

เครื่องกำเนิดโอโซนพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์
OZONE GENERATOR USING SOLAR ENERGY WITH SUN TRACKING



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 557697

วัน,เดือน,ปี 25 พ.ค. 2548

.....
.....
.....

OZONE GENERATOR USING SOLAR ENERGY WITH SUN TRACKING



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR IN DEPARTMENT OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
PROGRAM IN ELECTRONICS
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องกำเนิดไอโซนพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์
ชื่อนักศึกษา นายพงษ์ศักดิ์ จุฬิทรัพย์ รหัสประจำตัว 41013455
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. อุทัย ศรีธีระวิโรจน์
ระดับการศึกษา ปริญญาตรีอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา 2546

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องกำเนิดโอโซนพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์
ชื่อนักศึกษา	นายพงษ์ศักดิ์ ชูสิทธิ์พย์ รหัสประจำตัว 41013455
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. อุทัย ศรีธีระวีโรจน์
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรีอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2546

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ ได้นำเอาพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานขนาดใหญ่ที่สุดที่มีอยู่ในธรรมชาติ มาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นพลังงานที่จ่ายให้กับเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาควบคุมสเต็มเพอร์มอเตอร์ให้ขับแรงรับพลังงานแสงอาทิตย์ให้หมุนตามทิศทางของดวงอาทิตย์ หลังจากนั้นจะเก็บประจุไว้ที่แบตเตอรี่ก่อนที่จะถูกแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายให้กับวงจรสร้างไฟฟ้าแรงดันสูง ซึ่งใช้หลักการทวีคูณแรงดันขึ้นไปเรื่อยๆจนได้ระดับแรงดันไฟฟ้าประมาณ 10 กิโลโวลต์ ผลที่ได้รับจากสนามไฟฟ้านี้จะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าลบและจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (O_2) ในอากาศทำให้เกิดก๊าซชนิดหนึ่งขึ้นมา ซึ่งก็คือก๊าซโอโซน(O_3)นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title Ozone generator using solar energy with sun tracking
Student Mr. Pongsak Khuleesab ID. 41013455
Advisor Asst. Prof. U-thai Sritheeravirojana
Graduate Level Bachelor of Industrial Technology Program in Electronics
Department Information Engineering
Academic Year 2003

Abstract

This thesis has been exploited the benefit of solar energy which is the biggest energy resources available to apply ozone generator.

Microcontroller MCS- 51 has been used for controlling stepping motor to drive moving solar cell according to the sun position. Electron from solar cells is stored in battery. Then DC voltage is converted to AC voltage for supplying high voltage generated circuit which operates by multiplying voltage until it reaches 10 Kilo volts. The result of this high voltage is negative electron which will react with O_2 in order to get Ozone(O_3).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สามารถสำเร็จได้ด้วยความรู้ในการให้คำแนะนำปรึกษา และความช่วยเหลือ
ในด้านความรู้ แนวทางการจัดทำโครงการ และอื่นๆ จาก ผศ. อุทัย ศรีธีระวิโรจน์ และคณาจารย์
ประจำภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง

ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไปยังคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์
ด้านเครื่องมือทางเคมี สารเคมีต่างๆ ตลอดจนคำแนะนำ ปรึกษาด้านการทดสอบโครงการ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้จัดการแผนกวิศวกรรม บริษัท โทมิ ประเทศไทย จำกัด ที่เอื้อเพื่อ
เครื่องมือในการทดลอง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ที่เอื้ออุปการคุณเรื่องค่าเล่าเรียน ตลอดจนเอาใจใส่
และคอยให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

พงษ์ศักดิ์ ขูลีทรัพย์
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญรูป.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 แนวคิดและที่มาของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	1
1.4 โครงสร้างของโครงการ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน.....	3
2.1 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์กับพื้นผิวโลก.....	3
2.1.1 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในท้องฟ้า.....	3
2.1.2 ฤดูกาลและการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์.....	4
2.1.3 นิยามคำศัพท์ของดาราศาสตร์.....	6
2.1.4 ตารางการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์.....	9
2.1.5 การติดตั้งอุปกรณ์แสงอาทิตย์.....	14
2.2 เซลล์สุริยะ หรือ โซลาร์เซลล์ (Solar cell).....	15
2.2.1 ความเป็นมาของโซลาร์เซลล์.....	15
2.2.2 หลักการทำงานโซลาร์เซลล์.....	16
2.2.3 คุณลักษณะประจำตัวของโซลาร์เซลล์.....	18
2.2.4 ความมั่นคงเชื่อถือได้ของงานที่ใช้โซลาร์เซลล์.....	20
2.2.5 ลักษณะการใช้งานของโซลาร์เซลล์.....	23
2.3 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับไอโซน.....	24
2.3.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับ ไอโซน.....	24
2.3.2 ผลของไอโซนต่อสารต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำ.....	24
2.3.3 การใช้งานไอโซน.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของไอโซนกับคลอรีน.....	29
2.4	ทฤษฎีเกี่ยวกับไมโครคอนโทรล	30
2.4.1	ภาพรวมของ MCS - 51	30
2.4.2	ลักษณะเด่นของ MCS - 51.....	31
2.4.3	รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม.....	34
2.4.4	ชุดคำสั่ง (Instruction set).....	35
2.4.5	ประเภทของชุดคำสั่ง.....	38
2.4.6	บูลีนอินสตรัคชัน (Boolean Instruction).....	42
2.4.7	ชุดคำสั่งกระโดดเรียกโปรแกรมย่อย.....	43
บทที่ 3	แนวทางการพัฒนาและการออกแบบ.....	45
3.1	หลักการทำงาน.....	46
3.2	วงจรมินิเวอ์เตอร์	46
3.3	วงจรวีแรงดัน	47
3.4	โครงสร้างของกล่องระบบปิด.....	48
3.5	วงจรมอเตอร์ควบคุมมอเตอร์.....	49
3.6	วิธีการวัดและตรวจสอบหาปริมาณไอโซน.....	52
3.6.1	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	52
3.6.2	สารเคมีและการเตรียมสารเคมี.....	52
3.6.3	กระบวนการทดสอบหาปริมาณ ไอโซน.....	53
บทที่ 4	ผลการทดลอง.....	54
4.1	ผลการทดลอง.....	54
4.1.1	การทดลองวงจรมินิเวอ์เตอร์.....	54
4.2	วิธีการทดสอบวัดปริมาณ ไอโซน.....	56
4.2.1	รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	56
4.2.2	ขั้นตอนการทดลอง.....	56
บทที่ 5	สรุปและวิจารณ์.....	62
บรรณานุกรม.....		63
ภาคผนวก ก	แสดงรูปวงจรมินิเวอ์เตอร์ที่ใช้ในโครงงาน.....	64
ภาคผนวก ข	แสดงรูปลายวงจรมินิเวอ์เตอร์ที่ใช้ในโครงงาน.....	66
ภาคผนวก ค	แสดงไฟล์ชาร์ต และโปรแกรมที่ใช้ในโครงงาน.....	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงโครงสร้างของโครงการงาน	2
รูปที่ 2.1 (ก) แสดงตำแหน่งการ โจรของ โลก	3
รูปที่ 2.1 (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของโลกกับแนวแสงอาทิตย์	4
รูปที่ 2.2 แสดงเส้นทางเดินสุริยวิถี และ เส้นศูนย์สูตร	5
รูปที่ 2.3 แสดงการเปลี่ยนตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ในฤดูกาลต่างๆ	8
รูปที่ 2.4 แสดงการเปลี่ยนตำแหน่งขึ้น และตกของดวงอาทิตย์ในระยะเวลา 1 ปี	9
รูปที่ 2.5 (ก) Equatorial Mounting หรือระบบเส้นศูนย์สูตร	14
รูปที่ 2.5 (ข) Azimute mounting หรือระบบเส้นของ	15
รูปที่ 2.6 (ก) แสงแดดตกกระทบซีกโลกทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า	16
รูปที่ 2.6 (ข) เซลแสงอาทิตย์เปลี่ยนพลังงาน โฟตอนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า	17
รูปที่ 2.7 วงจรสมมูลย์ทางไฟฟ้าของ โซลาร์เซลล์	18
รูปที่ 2.8 รูป (ก) คือ IV Characteristic ของ โซลาร์เซลล์	19
รูป (ข) คือ IV Characteristic เฉพาะส่วน Power guardrant เท่านั้น	19
รูปที่ 2.9 รูปแบบของโซลาร์เซลล์ที่ใช้งานในอวกาศ	20
รูปที่ 2.10 โซลาร์เซลล์ต่อแบบอนุกรมและขนาน	21
รูปที่ 2.11 ระบบการต่อโซลาร์เซลล์พร้อมกับซันด์ไดโอด (shunt diode)	22
รูปที่ 2.12 แสดงส่วนต่าง ๆ ของหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์	31
รูปที่ 2.13 แสดง bit ต่างๆภายใน register PSW	32
รูปที่ 2.14 แสดง SFR ของ MCS – 51	33
รูปที่ 2.15 การอ้างตำแหน่งแบบ Indirect Addressing	37
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงาน	45
รูปที่ 3.2 วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้งานจริง	47
รูปที่ 3.3 วงจรทวิแรงดัน	48
รูปที่ 3.4 ลักษณะของกล่องอลูมิเนียม ระบบปิด	49
รูปที่ 3.5 วงจรควบคุมหลัก	50
รูปที่ 3.6 โพลวชาร์ตแสดงการทำงานของส่วนควบคุมมอเตอร์	51
รูปที่ 4.1 สัญญาณอินพุตที่ได้มาจากแบตเตอรี่ 13.7 โวลต์	54
รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาต์พุตจากวงจรอินเวอร์เตอร์และผลิตความถี่ออกมาประมาณ 50 Hz	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.3 สัญญาณเข้าที่พุกจากวงจรอินเวอร์เตอร์และผลิตความถี่ออกมาประมาณ 50 Hz	55
รูปที่ 4.4 สัญญาณเข้าที่พุกที่ป้อนให้วงจรผลิตโอโซนประมาณ 200 V 50 Hz	55
รูปที่ 4.6 รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการวัดปริมาณ โอโซน	56
รูปที่ 4.7 นำเอาสารละลายโปตัสเซียมไอโอไดค์ (KI) ผ่านโอโซนจากเครื่องกำเนิดโอโซน	57
รูปที่ 4.8 โอโซนทำปฏิกิริยากับสายละลาย KI และเปลี่ยนเป็นสีเหลือง	57
รูปที่ 4.9 สารโปตัสเซียมไอโอไดค์ที่ผ่านโอโซนแล้วมาใส่กรดซัลฟูริก	58
รูปที่ 4.10 การไทเทรตสารละลายด้วยโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.005 m	58
รูปที่ 4.11 เติมน้ำที่สารละลายเพื่อบอกจุดยุติที่แน่นอน	59
รูปที่ 4.12 แป้งทำปฏิกิริยากับสารละลายจนกลายเป็นสีม่วงเข้ม	59
รูปที่ 4.13 การไทเทรตสารละลายจนกลายเป็นสีใส	60
รูปที่ 4.14 การไทเทรตสารละลายที่ไม่ผ่านโอโซน	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เวลาขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ที่Bangkok Airport E100 36'00" N13 55'00"	11
ตารางที่ 2.2 เวลาขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ที่Bangkok Airport E100 36'00" N13 55'00"	12
ตารางที่ 2.3 เวลาขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ที่Bangkok Airport E100 36'00" N13 55'00"	13
ตารางที่ 2.4 ความสามารถในการฆ่าเชื้อ (99%) ที่เป็นอันตรายของสารประกอบคลอรีน เทียบกับ โอ โชนที่ pH 6 – 7	25
ตารางที่ 2.5 ข้อมูลแสดงผลของ โอ โชนต่อสารต่าง ๆ	26
ตารางที่ 2.6 ข้อมูลปริมาณการใช้โอ โชนในลักษณะต่าง ๆ	28
ตารางที่ 2.7 ข้อมูลระดับ โอ โชน และผลที่เกิดขึ้น	28
ตารางที่ 2.8 เปรียบเทียบคุณสมบัติของ โอ โชนกับคลอรีน	29
ตารางที่ 2.9 การเลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ โดยใช้ M0,M1	35
ตารางที่ 2.10 แสดงชุดคำสั่งทางคณิตศาสตร์	38
ตารางที่ 2.11 แสดงชุดคำสั่งทางลอจิก	40
ตารางที่ 2.12 แสดงชุดคำสั่งการโอนย้ายข้อมูลระหว่างหน่วยความจำภายใน	41
ตารางที่ 2.13 ชุดคำสั่งโอนย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์ A และหน่วยความจำภายนอก	42
ตารางที่ 2.14 คำสั่งแบบเปิดตาราง	42
ตารางที่ 2.15 ชุดคำสั่ง Boolean	43
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองจากการไทเทรตสารละลายโปตัสเซียม ไฮโอไดด์	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวคิดและที่มาของโครงการ

ในปัจจุบันมลภาวะต่างๆที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ทำให้สิ่งแวดล้อมต่างๆเริ่มที่จะเสื่อมโทรมลงไปเรื่อยๆ เช่น อากาศเสีย น้ำเสีย ฯลฯ แต่ปัจจัยต่างๆเหล่านี้มนุษย์มีความจำเป็นต้องใช้ในการดำเนินชีวิตทุกวัน เราจำเป็นต้องช่วยรักษาสภาพแวดล้อมให้คงอยู่นานๆ หรือช่วยทำให้สภาพแวดล้อมดีขึ้น โดยการทำให้สิ่งแวดล้อมสะอาด เหมาะแก่การอุปโภค บริโภค เช่น ทำน้ำดื่มให้สะอาดโดยการเติมคลอรีนลงไปลงในน้ำเพื่อฆ่าเชื้อโรค แต่การใช้คลอรีนยังมีปัญหาเรื่องกลิ่นที่เกิดขึ้น ก่อให้เกิดความรำคาญแก่ผู้ใช้น้ำได้ แต่ยังมีวิธีการที่ทำให้น้ำสะอาดได้อีกโดยการใช้โอโซนเป็นตัวช่วยทำให้น้ำสะอาดขึ้น นอกจากจะนำไปใช้อุปโภค บริโภคแล้ว ยังสามารถนำไปใช้ล้างผักล้างเครื่องมืออุปกรณ์ทางการแพทย์ได้ เพราะน้ำมีความสะอาดและไม่มีการปนเปื้อนของคลอรีน

จากทฤษฎีเมื่อเราจ่ายแรงดันไฟฟ้าสูงผ่านเข้าขั้วของอิเล็กโทรด แล้วจะทำให้เกิดปรากฏการณ์อย่างหนึ่งขึ้นเรียกว่าการเกิด โอโซน คือจะเกิดการแตกตัวของอากาศบริเวณระหว่างขั้วของอิเล็กโทรดขึ้น และเมื่อมารวมตัวกันใหม่ก็จะมีโอโซนเกิดขึ้นได้จากการรวมตัวของออกซิเจน

แต่ในขณะเดียวกันการนำพลังงานทดแทนพลังงานที่มนุษย์ใช้หมดไปทุกวัน มาใช้ให้เกิดประโยชน์ จึงเกิดแนวความคิดที่จะนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีอยู่อย่างมากมายในธรรมชาติ มาเป็นแหล่งจ่ายพลังงานเพื่อผลิตโอโซน

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำก๊าซโอโซนที่ผลิตได้ไปใช้ประโยชน์ในการช่วยลดมลภาวะในน้ำ และในอากาศ
2. เพื่อนำพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่อย่างมากมายในธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
3. เพื่อศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องกำเนิด โอโซน

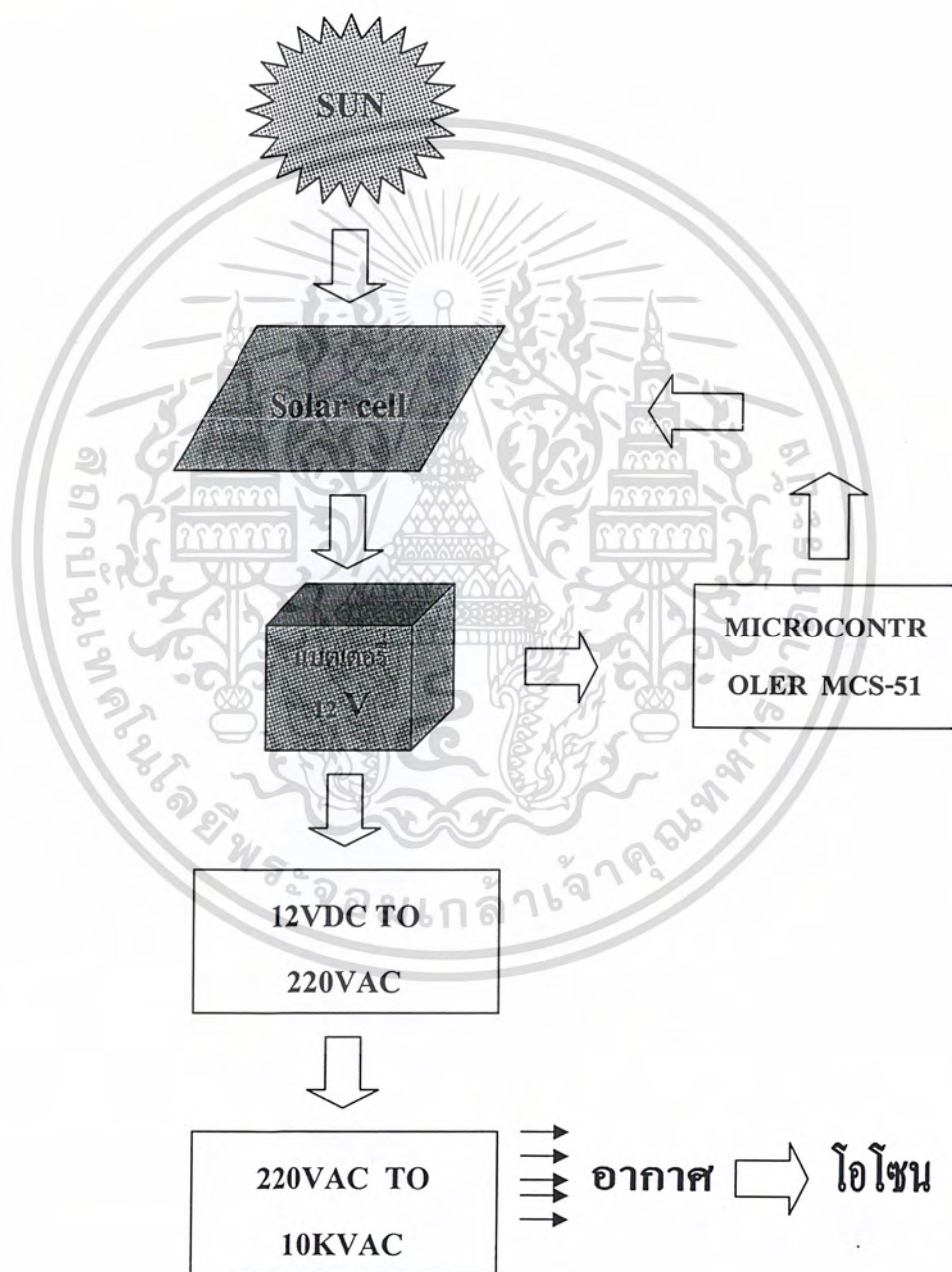
1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สามารถสร้างเครื่องกำเนิดโอโซน ให้ผลิตก๊าซโอโซนออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สร้างเครื่องติดตามแสงอาทิตย์ โดยที่สามารถใช้งานได้ทุกสภาวะอากาศ

1.4 โครงสร้างของโครงการ



รูปที่ 1.1 แสดงโครงสร้างของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

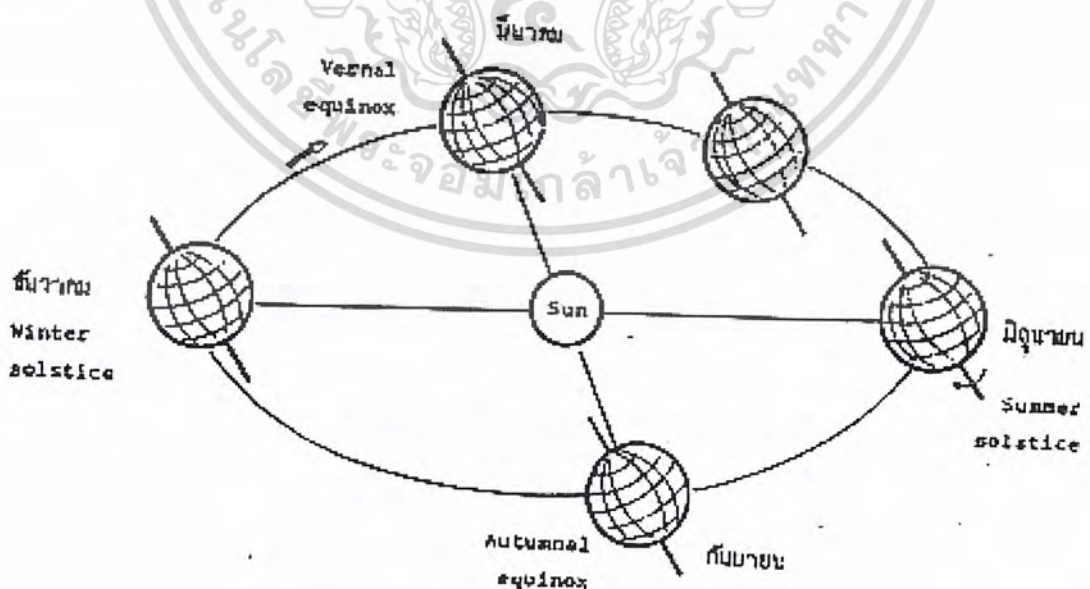
บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์กับพื้นผิวโลก

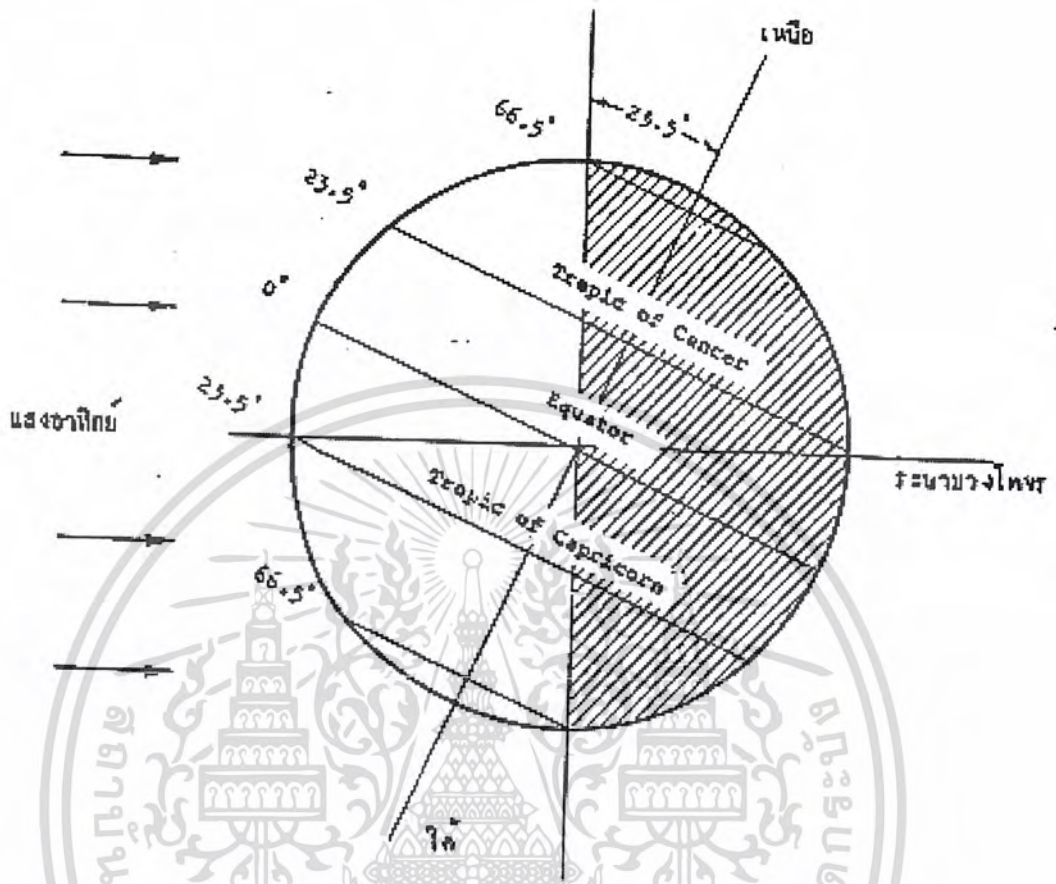
2.1.1 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในท้องฟ้า

โลกเคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์มีวงโคจรเป็นรูปวงรี ใช้เวลาหนึ่งปีต่อรอบ ขณะเดียวกันโลกหมุนรอบตัวเองจากทิศตะวันตกไปสู่ทิศตะวันออก จึงทำให้เราเห็นกลายเป็นว่า ดาวมีการขึ้นจากทิศตะวันออกไปตกกลับฟ้าทางทิศตะวันตกสวนทางกับการหมุนของโลก แกนหมุนของโลกทำมุมเอียงคงที่เท่ากับ 23.5 องศากับเส้นที่ตั้งฉากกับระนาบการโคจรตลอดเวลา ดังนั้นเมื่อขั้วเหนือหันเข้าใกล้ดวงอาทิตย์จึงเกิดฤดูร้อนในซีกโลกเหนือ และฤดูหนาวในซีกโลกใต้ ในทำนองเดียวกัน เมื่อขั้วใต้หันเข้าหาดวงอาทิตย์จะเกิดฤดูร้อนในซีกโลกใต้ และฤดูหนาวในซีกโลกเหนือ จากการหมุนรอบตัวเองของโลก ทำให้คนมองเห็นท้องฟ้ามีลักษณะต่างกันไปในแต่ละชั่วโมงและเนื่องจากโลกหมุนรอบดวงอาทิตย์ด้วยทำให้สังเกตเห็นดวงดาวอยู่ในตำแหน่งต่างๆ กัน ในช่วงเวลาหนึ่งปี ถ้ามองท้องฟ้าไปในทางทิศเหนือจะมองเห็นท้องฟ้าเคลื่อนที่รอบจุด ๆ หนึ่ง คือ ขั้วเหนือของท้องฟ้า ดาวที่อยู่ใกล้กับจุดนี้คือ ดาวเหนือ เป็นผลให้มองเห็นหมู่ดาวในทางทิศเหนือเคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบดาวเหนือ



รูปที่ 2.1 (ก) แสดงตำแหน่งการโคจรของโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของโลกกับแนวแสงอาทิตย์

2.1.2 ฤดูกาลและการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

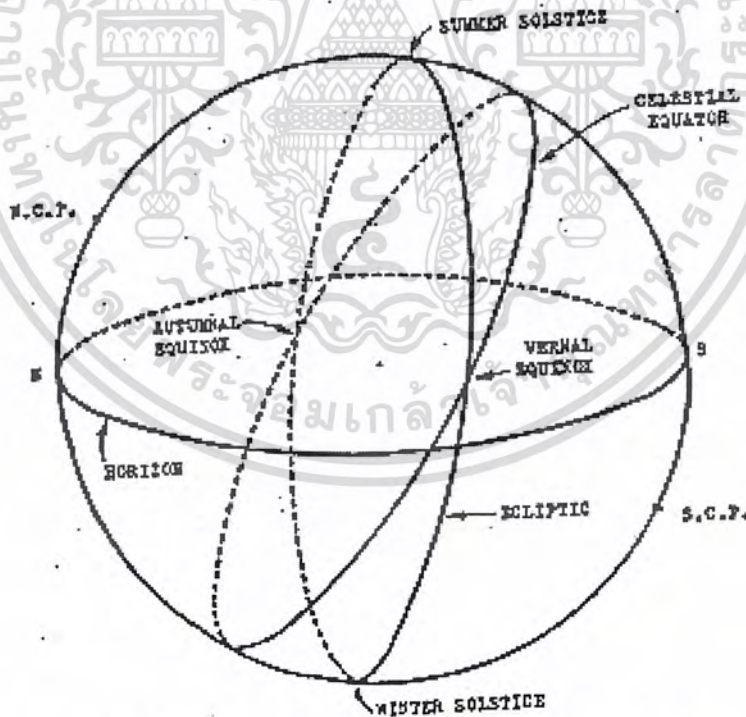
ในการศึกษาดาราศาสตร์มีการสมมุติทรงกลมท้องฟ้าขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในการอธิบายและคำนวณข้อมูลทางดาราศาสตร์ สามารถใช้เป็นพื้นฐานหลักการออกแบบอุปกรณ์ติดตามดวงอาทิตย์อัตโนมัติ (Tracking) และอุปกรณ์ดาราศาสตร์ เช่น แผงรับแสงแดด แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (โซลาร์เซลล์) กล้องโทรทรรศน์ดูดาว เป็นต้น สำหรับข้อกำหนดคุณสมบัติพื้นฐานของทรงกลมท้องฟ้ามีดังนี้

- ให้ถือว่าทรงกลมท้องฟ้ามีรัศมีเป็นอนันต์ (Infinity)
- คั้งนั้นไม่ว่าผู้สังเกตการณ์จะไปอยู่ ณ ตำแหน่งใด จะเป็นตำบลใดบนพื้นผิวโลก หรือที่จุดกลางของโลกหรือในอวกาศภายนอกโลก เขาจะรู้สึกเหมือนว่าเขายังคงอยู่ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมท้องฟ้าเสมอ
- ให้ถือว่าดาวเคราะห์ ดาวฤกษ์ ดวงอาทิตย์ และอื่น ๆ เป็นสิ่งที่ติดอยู่ผิวภายในของทรงกลมท้องฟ้า สำหรับดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ ดาวเคราะห์ และดาวหางทางนั้นมีการเคลื่อนที่ไปบนผิวทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ง. ทรงกลมท้องฟ้าหมุนไปรอบแกนซึ่งผ่านจุดศูนย์กลางของทรงกลม ซึ่งเป็นตำแหน่งของผู้สังเกตการณ์ด้วยอัตราวันละรอบเป็นผลเนื่องจากการหมุนรอบตัวเองของโลก ดังนั้นวัตถุบนท้องฟ้าต่างๆ จะปรากฏหมุนไปรอบผู้สังเกตการณ์บนโลกวันละรอบ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเคลื่อนที่ประจำวัน (Diurnal motion or Daily motion)
- จ. ผู้สังเกตการณ์ซึ่งอยู่คนละตำแหน่ง ถ้าชี้หรือเล็งไปยังดวงเดียวกัน แนวที่ชี้หรือเล็งนั้น จะเป็นเส้นตรงที่ขนานกัน ผลนี้สืบเนื่องมาจาก ข้อ ก. และหลักการเรขาคณิตที่ว่า เส้นตรงที่ขนานกันจะไปพบกันที่อนันต์

ถ้าต่อเส้นที่โยงระหว่างแนวเหนือใต้ของแกนหมุนของโลกตัดกับทรงกลมท้องฟ้าสองจุด คือขั้วเหนือท้องฟ้า หรือ N.C.P (North Celestial Pole) และขั้วท้องฟ้าใต้ หรือ S.C.P. ถ้าขยายระนาบของเส้นศูนย์สูตรโลกออกไปตัดกับทรงกลมท้องฟ้าจะได้เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า (Celestial Equator) ถ้าขยายระนาบวงโคจรของโลกให้ตัดกับทรงกลมท้องฟ้าจะเกิดวงกลมใหญ่ เรียกว่า สริยวิถี (Ecliptic)



รูปที่ 2.2 แสดงเส้นทางเดินสุริยวิถี และ เส้นศูนย์สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 นิยามคำศัพท์ของดาราศาสตร์

<i>Zenith</i> (จุดซีกินิท)	เป็นจุดยอดของท้องฟ้าที่อยู่เหนือและตรงกับศีรษะของผู้สังเกต
<i>Nadir</i> (จุดเนอเตอ)	เป็นจุดยอดของท้องฟ้าที่อยู่ตรงข้ามกับจุดซีกินิท
<i>Hour circle</i>	เส้นวงกลมชั่วโมง เป็นเส้นวงกลมใหญ่ที่ลากผ่านขั้วเหนือและขั้วใต้ของท้องฟ้า และตั้งฉากกับเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า
<i>Horizon circle</i>	เป็นวงกลมแนวระนาบที่แสดงเส้นขอบฟ้าของผู้สังเกต ซึ่งตั้งฉากกับเส้นต่อจุด ระหว่างจุดซีกินิท และ เนเคอ
<i>Meridian</i>	เส้นเมริเดียน เป็นวงกลมชั่วโมงที่ผ่านจุดซีกินิท
<i>Latitude and Longitude</i>	เป็นเส้นวงกลมบอกตำแหน่งบนผิวโลก
<i>Latitude</i> (เส้นรุ้ง)	เริ่มต้นจากเส้นศูนย์สูตร (ซึ่งนับเป็น 0 องศา) วัดไปตามวงกลมชั่วโมงขึ้นไปทางเหนือ และวัดลงมาทางใต้
<i>Longitude</i> (เส้นแวง)	เป็นเส้นวงกลมชั่วโมงบนผิวโลก โดยแต่ละเส้นห่างกันช่วงละ 15 องศา (ควงอาทิตย์เคลื่อนที่ชั่วโมงละ 15 องศา เพราะโลกหมุนรอบตัวเอง 360 องศาในเวลา 24 ชั่วโมง) และใช้เส้นเมริเดียนที่ผ่านเมืองกรีนวิช (Greenwich) ประเทศอังกฤษ เป็นจุดเริ่มต้น (0 องศา) วัดไปทางตะวันออก และตะวันตกทิศละ 180 องศา การที่เราทราบค่าเส้นแวงของตำแหน่ง ก. และ ข. ถ้าที่ ก. เป็นเวลาที่เที่ยงวัน เราจะทราบเวลาที่ตำแหน่ง ข. ด้วย
<i>Azimuth</i>	ค่าอิมูทของดาว หมายถึง ระยะทางมุมวัดจากจุดเหนือไปทางตะวันออกไปตามแนววงกลมระนาบจนถึงวงกลมแนวคิงของดวงดาวนั้นมีค่าตั้งแต่ 0 องศา ถึง 360 องศา บางครั้ง ค่าอิมูท อาจวัดจากจุดเหนือไปทางตะวันออก 180 องศา และวัดจากจุดใต้มาทางตะวันตก 180 องศา
<i>Altitude</i>	ค่าออลติจูดของดาว หมายถึง ระยะทางมุมวัดจากวงกลมระนาบนี้ขึ้นไปตามวงกลมแนวคิงของดวงดาวนั้น มีค่าตั้งแต่ 0 องศาที่วงกลมระนาบถึง 90 องศาที่จุดซีกินิท
<i>Declination</i>	มุมเด็คคิเลชันของดาว หมายถึง มุมที่รองรับที่ผู้สังเกตเวลาเที่ยงโซลาร์ (Solarmoon) ระหว่างเวกเตอร์ที่ขนานกับรังสีแสงดาวและผ่านจุดศูนย์กลางโลกกับเงาฉาย (Projection) ของเวกเตอร์นี้บนระนาบศูนย์สูตร (Equatorial Plane) ของโลก สำหรับดวงอาทิตย์ มุมเด็คคิเลชันนี้แปรเปลี่ยนไปทุกวันระหว่าง + 23.5 องศาถึง -23.5 องศา ปราภฏการณ์นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมุกตักกระทบของแสงแดดบนผิว และทำให้ราคาไม่เท่ากันใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดการเปลี่ยนแปลงความยาวของกลางวันตามฤดูกาล เช่น ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตร (เส้นรุ้ง 0 องศา) เวลากลางวันจะนานประมาณ 12 ชั่วโมง นับจากพระอาทิตย์ขึ้นถึงพระอาทิตย์ตกตลอดทั้งปี แต่ในบริเวณที่มีเส้นรุ้งสูงนั้น ในฤดูหนาวกลางวันมีระยะสั้นเพียง 8 ชั่วโมง แต่ในฤดูร้อนกลางวันระยะนานถึง 16 ชั่วโมง ส่วนตำแหน่งดวงอาทิตย์ขึ้นและตกก็เปลี่ยนแปลง

Equinox

วัน อี – คิวโนกซ์ (วสันตวิษุวัต) เป็นวันที่ดวงอาทิตย์อยู่บนเส้นศูนย์สูตรของท้องฟ้า เวลากลางวันและกลางคืนยาวเท่ากัน เท่ากับ 12 ชั่วโมง ปีละ 2 วัน คือ

ก. วันที่ 21 มีนาคม เรียกว่า วสันตวิษุวัต (Vernal Equinox)

ข. วันที่ 22 กันยายน เรียกว่า ศารทวิษุวัต (Autumnal Equinox)

Solstice

เป็นวันที่ดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้ามากที่สุด ปีละ 2 วัน คือ

ก. วันที่ 21 มิถุนายน เป็นวันที่ดวงอาทิตย์อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้ามากที่สุด เรียกว่า Summer Solstice ดวงอาทิตย์จะขึ้นเร็วที่สุดและตกช้าที่สุด ทำให้เวลากลางวันยาวที่สุด และกลางคืนสั้นที่สุด

ข. วันที่ 22 ธันวาคม เป็นวันที่ดวงอาทิตย์อยู่ใต้เส้นศูนย์สูตรมากที่สุด เรียกว่า Winter Solstice เป็นวันที่ดวงอาทิตย์ขึ้นช้าที่สุด และตกเร็วที่สุด ทำให้เวลากลางวันสั้นที่สุด และเวลากลางคืนยาวที่สุด (ตะวันอ้อมข้าว)

Green Mean Time (GMT) เป็นเวลามาตรฐานที่เส้นเมริเดียนผ่านเมืองกรีนวิช กรุงลอนดอน เริ่มต้นเวลาที่เที่ยงคืน

Zone Mean Time (ZMT) เป็นเวลาของเมริเดียนมาตรฐานที่ใกล้ที่สุด ค่า ZMT แต่ละค่า หมายถึงจำนวนชั่วโมงก่อนหรือหลัง GMT ประเทศส่วนใหญ่ มักใช้เวลา นาฬิกาในประเทศตรงตามค่า ZMT สำหรับประเทศไทยทั่วประเทศตั้งเวลาตามค่า ZMT ของเมริเดียนมาตรฐานที่ 105 องศาตะวันออก (105 E) ซึ่งเป็นเวลาล่วงหน้า GMT จำนวน 7 ชั่วโมง ส่วนประเทศมาเลเซียตั้งเวลาในประเทศล่วงหน้า GMT จำนวน $7\frac{1}{2}$ ชั่วโมง

Local Mean Time (LMT) เป็นเวลาที่ท้องถิ่น ณ ตำบลนั้น หาได้โดยใช้เส้นเมริเดียนของตำบล

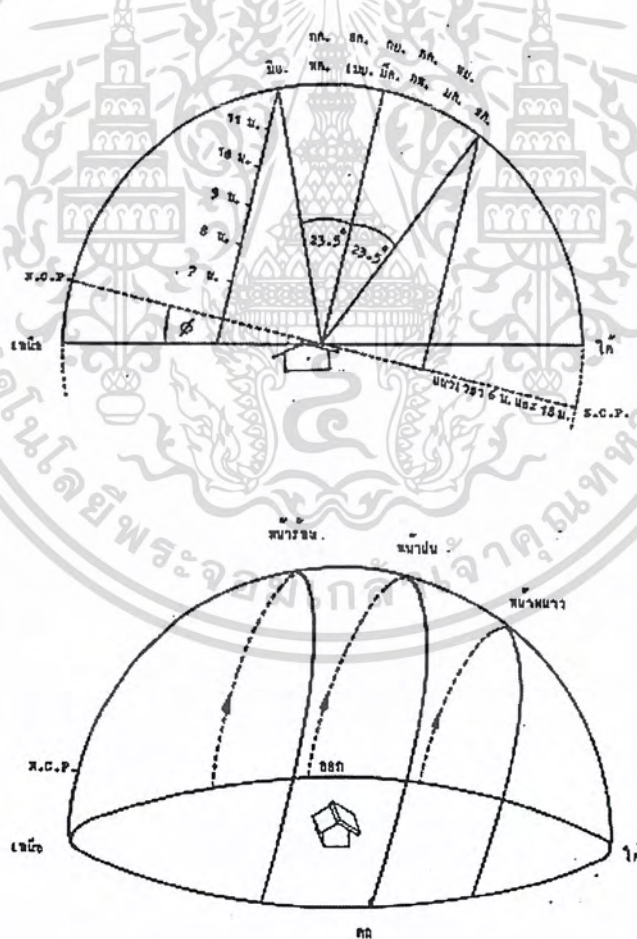
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบอกใช้หรือลบออกจาก ZMT ของประเทศ ถ้าตำบลนั้นอยู่ทางไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะวันออก หรือ ตะวันตกของ ZMT ตามลำดับ (1 องศาเส้นแวงเท่ากับ 4 นาที)

Apparent Solar Time (AST) เป็นเวลาขณะที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่านเส้นเมริเดียนของตำแหน่งนั้น เวลา 12.00 น พอดี แต่เนื่องจากความยาวของเวลากลางวันมักเปลี่ยนแปลง คือ อาจมากกว่าหรือน้อยกว่า LMT เราหา AST ได้จาก

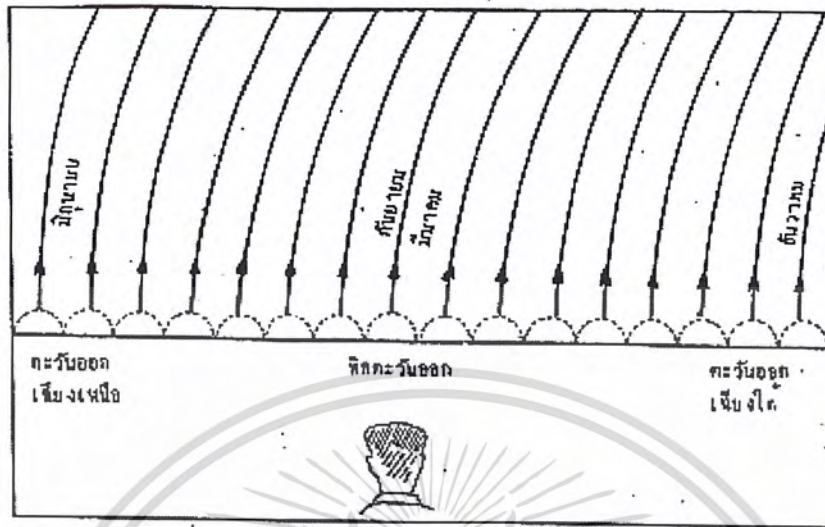
$$AST = LMT + E$$

โดย E คือค่าสมการเวลา (Equation of time) ค่า E นี้ทำให้เราหาเวลาที่แท้จริงในขณะที่ดวงอาทิตย์ข้ามเส้นเมริเดียน (Solar noon) ซึ่งมีประโยชน์ต่อการติดตั้งอุปกรณ์แสงอาทิตย์ได้อย่างถูกต้องแน่นอน

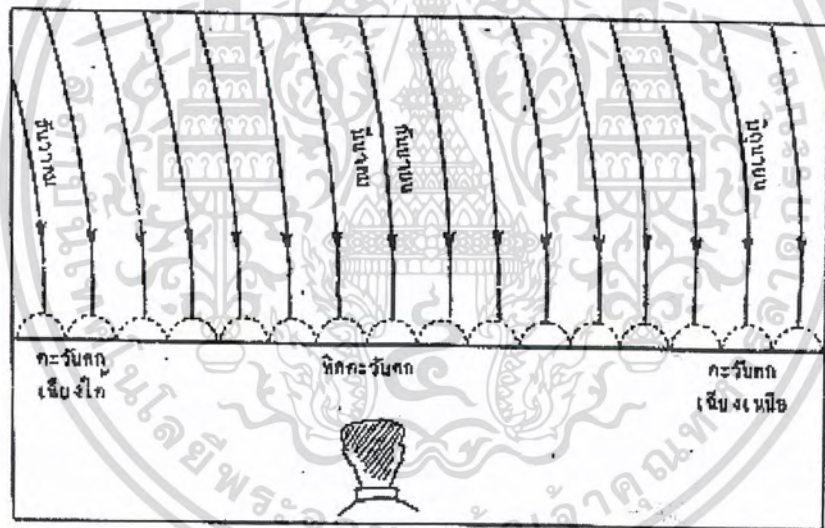


รูปที่ 2.3 แสดงการเปลี่ยนตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ในฤดูกาลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตำแหน่งต่างๆที่ดวงอาทิตย์ขึ้นในระยะเวลา 1 ปี



ตำแหน่งต่างๆที่ดวงอาทิตย์ตกในระยะเวลา 1 ปี

รูปที่ 2.4 แสดงการเปลี่ยนตำแหน่งขึ้น และตกของดวงอาทิตย์ในระยะเวลา 1 ปี

2.1.4 ตารางการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์

จากช่วงที่ดวงอาทิตย์ขึ้นและตกนั้น ได้รับข้อมูลมาจากกรมอุตุนิยมวิทยา ทำให้ทราบเวลาที่ดวงอาทิตย์ขึ้นและตกมาตลอดทั้งปีที่ 2543 ซึ่งข้อมูลที่ได้รับมานั้นเป็นข้อมูลตามสถานที่ต่างๆ จากทั่วประเทศ เราได้ใช้ข้อมูลที่จุด E100 36'00" N13 55'00" คือที่ทำอากาศยานดอนเมือง

จากข้อมูลเราพบว่า

เดือนมกราคม จะมีช่วงเวลากลางวันนานประมาณ 11.24 ชั่วโมง โดยดวงอาทิตย์ขึ้นเฉลี่ยที่เวลา 6:44 น. และตกที่เวลา 18:08 น.

เดือนกุมภาพันธ์ จะมีช่วงเวลากลางวันนานประมาณ 11.42 ชั่วโมง โดยดวงอาทิตย์ขึ้นเฉลี่ยที่เวลา 6:40 น. และตกที่เวลา 18:22 น.

เดือนมีนาคม จะมีช่วงเวลากลางวันนานประมาณ 12.03 ชั่วโมง โดยดวงอาทิตย์ขึ้นเฉลี่ยที่เวลา 6:24 น. และตกที่เวลา 18:27 น.

เดือนเมษายน จะมีช่วงเวลากลางวันนานประมาณ 12.27 ชั่วโมง โดยดวงอาทิตย์ขึ้นเฉลี่ยที่เวลา 6:04 น. และตกที่เวลา 18:31 น.

เดือนพฤษภาคม จะมีช่วงเวลากลางวันนานประมาณ 12.45 ชั่วโมง โดยดวงอาทิตย์ขึ้นเฉลี่ยที่เวลา 5:51 น. และตกที่เวลา 18:36 น.

เดือนมิถุนายน จะมีช่วงเวลากลางวันนานประมาณ 12.56 ชั่วโมง โดยดวงอาทิตย์ขึ้นเฉลี่ยที่เวลา 5:50 น. และตกที่เวลา 18:45 น.

เดือนกรกฎาคม จะมีช่วงเวลากลางวันนานประมาณ 12.51 ชั่วโมง โดยดวงอาทิตย์ขึ้นเฉลี่ยที่เวลา 5:58 น. และตกที่เวลา 18:49 น.

เดือนสิงหาคม จะมีช่วงเวลากลางวันนานประมาณ 12.34 ชั่วโมง โดยดวงอาทิตย์ขึ้นเฉลี่ยที่เวลา 6:04 น. และตกที่เวลา 18:38 น.

เดือนกันยายน จะมีช่วงเวลากลางวันนานประมาณ 12.12 ชั่วโมง โดยดวงอาทิตย์ขึ้นเฉลี่ยที่เวลา 6:06 น. และตกที่เวลา 18:18 น.

เดือนตุลาคม จะมีช่วงเวลากลางวันนานประมาณ 11.48 ชั่วโมง โดยดวงอาทิตย์ขึ้นเฉลี่ยที่เวลา 6:09 น. และตกที่เวลา 17:57 น.

เดือนพฤศจิกายน จะมีช่วงเวลากลางวันนานประมาณ 11.29 ชั่วโมง โดยดวงอาทิตย์ขึ้นเฉลี่ยที่เวลา 6:18 น. และตกที่เวลา 17:47 น.

เดือนธันวาคม จะมีช่วงเวลากลางวันนานประมาณ 11.19 ชั่วโมง โดยดวงอาทิตย์ขึ้นเฉลี่ยที่เวลา 6:32 น. และตกที่เวลา 17:51 น.

เฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 12.07 ชั่วโมง

ดังนั้นเพื่อให้ครอบคลุมการทำงานตลอดทั้งปีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ควรจะเริ่มทำการ

Tracing ที่เวลา 6:00 น. ถึง 18:00 น. รวมเวลา 12.00 ชั่วโมง หรือ 720 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 เวลาขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ที่ Bangkok Airport E100 36'00" N13 55'00"

Day	Jan		Feb		Mar		Apr	
	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set
1	6.41	18.00	6.45	18.17	6.34	18.26	6.14	18.30
2	6.42	18.01	6.45	18.18	6.33	18.26	6.13	18.30
3	6.42	18.02	6.45	18.18	6.33	18.26	6.12	18.30
4	6.42	18.02	6.45	18.18	6.32	18.27	6.12	18.30
5	6.43	18.03	6.44	18.19	6.32	18.27	6.11	18.30
6	6.43	18.03	6.44	18.19	6.31	18.27	6.10	18.30
7	6.43	18.04	6.44	18.20	6.30	18.27	6.10	18.30
8	6.44	18.04	6.44	18.20	6.30	18.27	6.09	18.30
9	6.44	18.05	6.43	18.20	6.29	18.27	6.08	18.30
10	6.44	18.06	6.43	18.21	6.29	18.27	6.08	18.30
11	6.44	18.06	6.43	18.21	6.28	18.28	6.07	18.31
12	6.45	18.07	6.42	18.21	6.27	18.28	6.06	18.31
13	6.45	18.07	6.42	18.22	6.27	18.28	6.06	18.31
14	6.45	18.08	6.42	18.22	6.26	18.28	6.05	18.31
15	6.45	18.08	6.41	18.22	6.25	18.28	6.04	18.31
16	6.45	18.09	6.41	18.23	6.25	18.28	6.04	18.31
17	6.45	18.10	6.41	18.23	6.24	18.28	6.03	18.31
18	6.46	18.10	6.40	18.23	6.23	18.28	6.03	18.31
19	6.46	18.11	6.40	18.24	6.23	18.28	6.02	18.32
20	6.46	18.11	6.39	18.24	6.22	18.28	6.01	18.32
21	6.46	18.12	6.39	18.24	6.21	18.29	6.01	18.32
22	6.46	18.12	6.38	18.24	6.20	18.29	6.00	18.32
23	6.46	18.13	6.38	18.25	6.20	18.29	6.00	18.32
24	6.46	18.13	6.37	18.25	6.19	18.29	5.59	18.32
25	6.46	18.14	6.37	18.25	6.18	18.29	5.59	18.33
26	6.46	18.14	6.36	18.25	6.18	18.29	5.58	18.30
27	6.46	18.15	6.36	18.25	6.17	18.29	5.58	18.33
28	6.46	18.15	6.35	18.26	6.16	18.29	5.57	18.33
29	6.46	18.16	6.35	18.26	6.16	18.29	5.57	18.33
30	6.45	18.16			6.15	18.29	5.56	18.33
31	6.45	18.17			6.14	18.29		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 เวลาขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ที่ Bangkok Airport E100 36'00" N13 55'00"

Day	May		Jun		Jul		Aug	
	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set
1	5.56	18.34	5.49	18.42	5.53	18.49	6.02	18.46
2	5.55	18.34	5.49	18.43	5.54	18.50	6.02	18.45
3	5.55	18.34	5.49	18.43	5.54	18.50	6.02	18.45
4	5.55	18.34	5.49	18.43	5.54	18.50	6.03	18.45
5	5.54	18.35	5.49	18.44	5.55	18.50	6.03	18.44
6	5.54	18.35	5.49	18.44	5.55	18.50	6.03	18.44
7	5.53	18.35	5.49	18.44	5.55	18.50	6.03	18.43
8	5.53	18.35	5.49	18.44	5.55	18.50	6.03	18.43
9	5.53	18.36	5.49	18.45	5.56	18.50	6.03	18.42
10	5.52	18.36	5.49	18.45	5.56	18.50	6.04	18.42
11	5.52	18.36	5.49	18.45	5.56	18.50	6.04	18.41
12	5.52	18.36	5.49	18.46	5.57	18.50	6.04	18.41
13	5.51	18.37	5.49	18.46	5.57	18.50	6.04	18.40
14	5.51	18.37	5.50	18.46	5.57	18.50	6.04	18.40
15	5.51	18.37	5.50	18.46	5.57	18.50	6.04	18.39
16	5.51	18.37	5.50	18.47	5.58	18.50	6.04	18.38
17	5.50	18.38	5.50	18.47	5.58	18.49	6.05	18.38
18	5.50	18.38	5.50	18.47	5.58	18.49	6.05	18.37
19	5.50	18.38	5.50	18.47	5.59	18.49	6.05	18.37
20	5.50	18.39	5.51	18.48	5.59	18.49	6.05	18.36
21	5.50	18.39	5.51	18.48	5.59	18.49	6.05	18.36
22	5.49	18.39	5.51	18.48	5.59	18.49	6.05	18.35
23	5.49	18.39	5.51	18.48	6.00	18.48	6.05	18.34
24	5.49	18.40	5.52	18.48	6.00	18.48	6.05	18.34
25	5.49	18.40	5.52	18.49	6.00	18.48	6.05	18.33
26	5.49	18.40	5.52	18.49	6.00	18.48	6.06	18.32
27	5.49	18.41	5.52	18.49	6.01	18.47	6.06	18.32
28	5.49	18.41	5.53	18.49	6.01	18.47	6.06	18.31
29	5.49	18.41	5.53	18.49	6.01	18.47	6.06	18.30
30	5.49	18.42	5.53	18.49	6.01	18.46	6.06	18.30
31	5.49	18.42	-	-	6.02	18.46	6.06	18.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมการช่างานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 เวลาขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ที่ Bangkok Airport E100 36'00" N13 55'00"

Day	Sep		Oct		Nov		Dec	
	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set
1	6.06	18.29	6.07	18.07	6.12	17.50	6.26	18.30
2	6.06	18.28	6.07	18.07	6.13	17.50	6.26	18.30
3	6.06	18.28	6.07	18.06	6.13	17.49	6.27	18.30
4	6.06	18.27	6.07	18.05	6.13	17.49	6.27	18.30
5	6.06	18.26	6.07	18.04	6.14	17.48	6.28	18.30
6	6.06	18.25	6.07	18.04	6.14	17.48	6.28	18.30
7	6.06	18.25	6.08	18.03	6.14	17.48	6.29	18.30
8	6.06	18.24	6.08	18.02	6.15	17.48	6.30	18.30
9	6.06	18.23	6.08	18.02	6.15	17.47	6.30	18.30
10	6.06	18.23	6.08	18.01	6.15	17.47	6.31	18.30
11	6.06	18.22	6.08	18.01	6.16	17.47	6.31	18.31
12	6.06	18.21	6.08	18.00	6.16	17.47	6.32	18.31
13	6.06	18.20	6.08	17.59	6.17	17.47	6.32	18.31
14	6.06	18.20	6.08	17.59	6.17	17.47	6.33	18.31
15	6.06	18.19	6.08	17.58	6.18	17.47	6.33	18.31
16	6.06	18.18	6.08	17.57	6.18	17.47	6.34	18.31
17	6.07	18.17	6.09	17.57	6.18	17.47	6.34	18.31
18	6.07	18.17	6.09	17.56	6.19	17.47	6.35	18.31
19	6.07	18.16	6.09	17.56	6.19	17.46	6.35	18.32
20	6.07	18.15	6.09	17.55	6.20	17.46	6.3	18.32
21	6.07	18.14	6.10	17.55	6.20	17.46	6.36	18.32
22	6.07	18.14	6.10	17.54	6.21	17.47	6.00	18.32
23	6.07	18.13	6.10	17.54	6.21	17.47	6.00	18.32
24	6.07	18.12	6.10	17.53	6.21	17.47	5.59	18.32
25	6.07	18.12	6.10	17.53	6.22	17.47	5.59	18.33
26	6.07	18.11	6.11	17.52	6.22	17.47	5.58	18.30
27	6.07	18.10	6.11	17.52	6.23	17.47	5.58	18.33
28	6.07	18.09	6.11	17.51	6.23	17.47	5.57	18.33
29	6.07	18.09	6.11	17.51	6.24	17.47	5.57	18.33
30	6.07	18.08	6.12	17.51	6.25	17.47	5.56	18.33
31	-	-	6.12	17.50	6.25	17.47		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่สำหรับบริการเชิงพาณิชย์เท่านั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

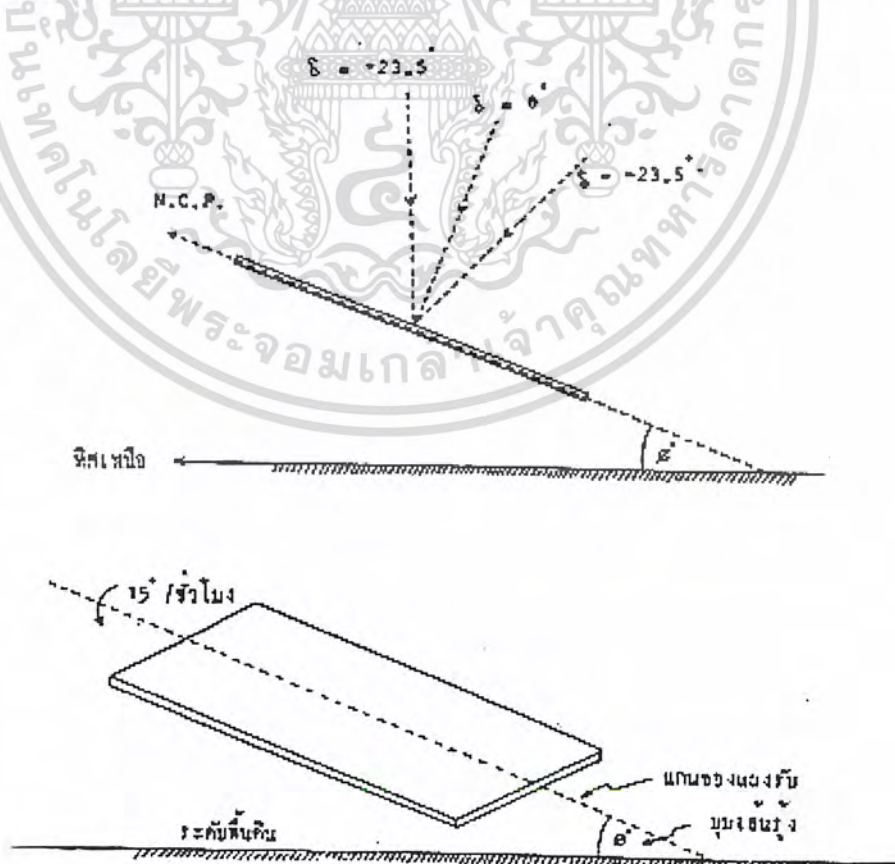
2.1.5 การติดตั้งอุปกรณ์แสงอาทิตย์ เช่น แผงรับรังสีแคดแบบแผ่นราบ

2.1.5.1 กรณีติดตั้งอยู่กับที่ จะต้องวางให้แกนของแผงรับอยู่ในแนวเหนือใต้ คือ มุมอิมพิทเท่ากับศูนย์องศา และแกนของแผงรับทำมุมยกขึ้นกับพื้นดินเท่ากับเส้นรุ้งของตำบลนั้น เช่น ที่กรุงเทพฯ ($\phi = 14^\circ$) ต้องวางให้แกนของแผงรับชี้ไปทางเหนือและแผงรับชี้ไปทางเหนือและแผงรับทำมุมยกขึ้น 14 องศา

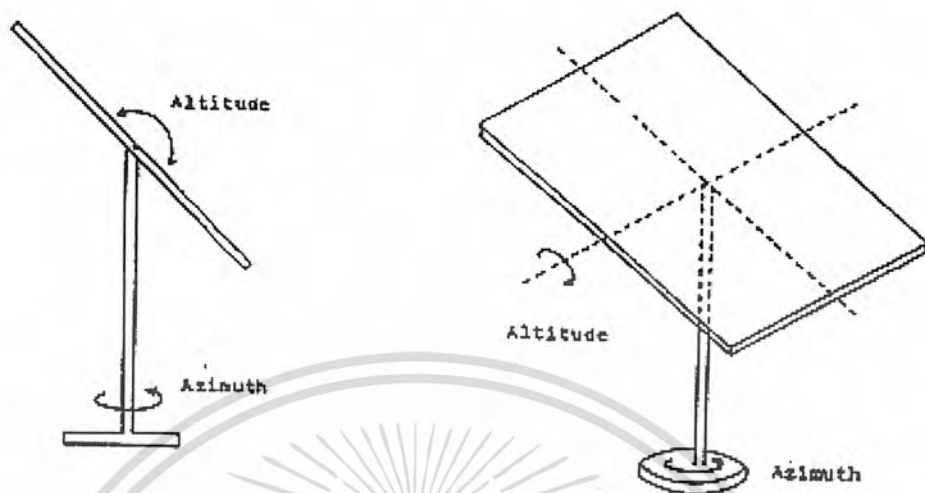
2.1.5.2 กรณีติดตั้งให้หมุนติดตามดวงอาทิตย์ (Tracking) มีสองระบบ

ก. ระบบอิกเวเตอร์ (Equatorial mounting) ติดตั้งแบบเดียวกับข้อ 2.1.5.1 เพียงแต่ใช้เครื่องยนต์ขับให้แผงรับแสงหมุนรอบแกนของแผงรับด้วยอัตราวันละ 1 รอบ และในกรณีต้องการให้ถูกต้องมากขึ้น (เช่น การวัดรังสีตรง) ก็ต้องปรับให้เคลื่อนตามดวงอาทิตย์ตามฤดูกาล คือ มุมเด็คลินชัน (วันละ 0.25 องศา)

ข. ระบบอิมพิท (Azimuth mounting) เป็นการติดตามดวงอาทิตย์ในระบบมุมอิมพิท และออลติจูด โดยทั้งสองค่านี้เปลี่ยนแปลงทุกที่ ระบบนี้ต้องควบคุมเครื่องยนต์ที่ขับด้วยคอมพิวเตอร์ เช่น การติดตามดวงอาทิตย์ของกระจกสะท้อนแสงในระบบหอพลังงานแสงอาทิตย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์
รูปที่ 2.5 (ก) Equatorial Mounting หรือระบบเส้นศูนย์สูตร
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 (ข) Azimute mounting หรือระบบเดินของฟ้า

2.2 เซลล์สุริยะ หรือ โซลาร์เซลล์ (Solar cell)

2.2.1 ความเป็นมาของโซลาร์เซลล์

โซลาร์เซลล์ เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าทำจากสารกึ่งตัวนำ สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงแดด มาเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง โดยอาศัยหลักการโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic) กล่าวคือ พลังงานแดดหรือที่เรียกกันว่า โฟตอนจะไปกระตุ้นให้อิเล็กตรอนเกิดการเคลื่อนที่ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนนี้เป็นเหตุให้มีกระแสไฟฟ้าไหล

ข้อดีของการใช้โซลาร์เซลล์ มาผลิตพลังงานไฟฟ้าคือ ไม่มีชิ้นส่วนใดเคลื่อนไหว จึงไม่มีเสียงดัง ไม่ต้องใช้ของไหลทำงานที่อุณหภูมิสูงหรือความดันสูง โซลาร์เซลล์มีน้ำหนักเบา คงทน ติดตั้งได้ง่าย ง่ายต่อการใช้งาน ทำความสะอาดง่าย ไม่ต้องการดูแลบำรุงรักษา และมียอายุการใช้งานนานมาก (ประมาณยี่สิบปี)

ปัจจุบันปัญหาสำคัญอยู่ที่ต้นทุนการผลิตโซลาร์เซลล์ ซึ่งมีราคาต่อวัตต์สูงมาก คือ 200 บาทต่อวัตต์ ในขณะที่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยน้ำมันราคา 10 บาท ต่อวัตต์และนิวเคลียร์ 20 บาทต่อวัตต์ ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการผลิตเซลล์ดังกล่าวต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ไม่สามารถผลิตครั้งละมาก ๆ ได้ อีกทั้งมีพลังงานสูญเสียเปล่าเป็นจำนวนมาก ประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ยังคงมีค่าต่ำ คือ ประมาณร้อยละ 16 – 18 ในทางปฏิบัติ และร้อยละ 22 ตามทฤษฎี นอกจากนี้ยังมีการสูญเสียพลังงานจากการสะท้อนแสงที่เกิดบนผิวเซลล์ การดูดกลืนพลังงานแสงไม่ได้สมบูรณ์ที่ต้องการ ดังนั้น การพัฒนาโซลาร์เซลล์ ในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะแก้ปัญหาสองประการคือ ประการแรก คือ

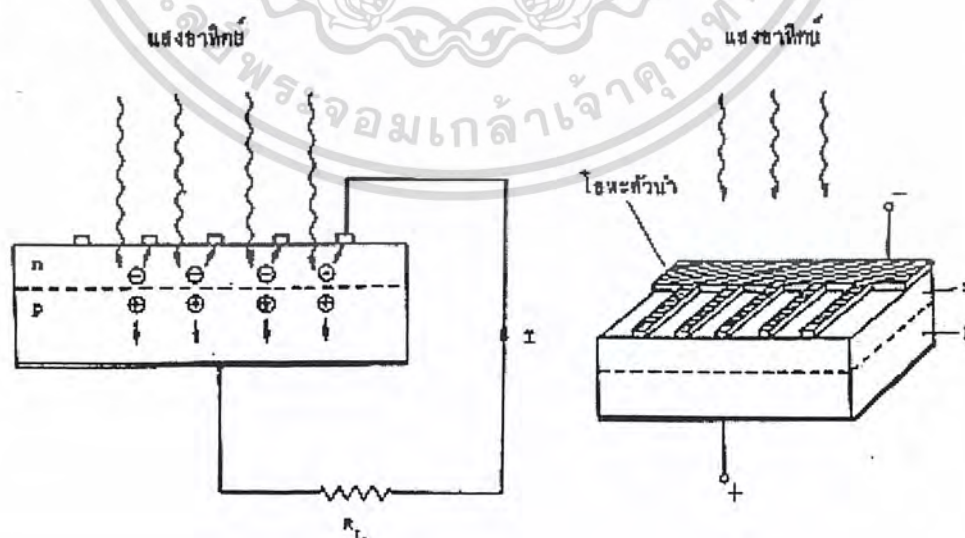
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์สูงขึ้น ประการที่สองคือ ลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลง คาดว่าจะลดเหลือราคา 15 บาทต่อวัตต์ (ในปี พ.ศ. 2529)

สารที่ใช้ทำโซลาร์เซลล์ ในปัจจุบันส่วนใหญ่ทำจากซิลิกอน (Si) ซึ่งเป็นสารที่หาได้ง่ายและราคาถูก ซิลิกอนเป็นสารที่มีมากมายบนพื้นโลกเป็นอันดับสองรองจากออกซิเจน แต่มันมักอยู่ในรูปของสารประกอบ เช่น ทราช (SiO₂) เป็นต้น ดังนั้นทราชจึงเป็นแหล่งกำเนิดที่ดีของซิลิกอนนั่นเอง หลังจากที่ได้สกัดออกซิเจนออกไป และทำให้เป็นซิลิกอนที่บริสุทธิ์แล้ว ต่อจากนั้นก็นำผลึกของซิลิกอนไปเลือนออกเป็นชิ้นบาง ๆ ซิลิกอนที่เป็นสารบริสุทธิ์นั้นมีคุณสมบัติเป็นตัวนำที่เลว ฉะนั้นจึงต้องเติมสารบางอย่างลงไป เพื่อให้กลายเป็นสารกึ่งตัวนำที่จุดที่ต้องการ ในระหว่างที่มีการตกผลึกของซิลิกอนอยู่นั้นได้เติมฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นสิ่งเจือปน (impurity) ลงไป เพื่อทำให้เกิดพาหะไฟฟ้า (Carrier) ของ ประจุลบ (electron) ส่วนการเติมโบรอน (Boron) ลงไปนี้เพื่อให้เกิดตัวพาหะไฟฟ้าของประจุบวก (hole) วิธีนี้ทำให้ได้ซิลิกอนที่เป็นชนิดลบ (N-type) และชนิดบวก (P-type) หรือเป็น P-n junction ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับไดโอดธรรมดาของมันเอง ซิลิกอนต่างชนิดถึงชั้นดังกล่าวจะมีศักดาไฟฟ้าต่างกัน เมื่อแสงแดดตกกระทบจะผลิตประจุไฟฟ้าออกมาจากความต่างศักย์ไฟฟ้าของชั้นทั้งสอง นำไปใช้กับวงจรไฟฟ้าได้

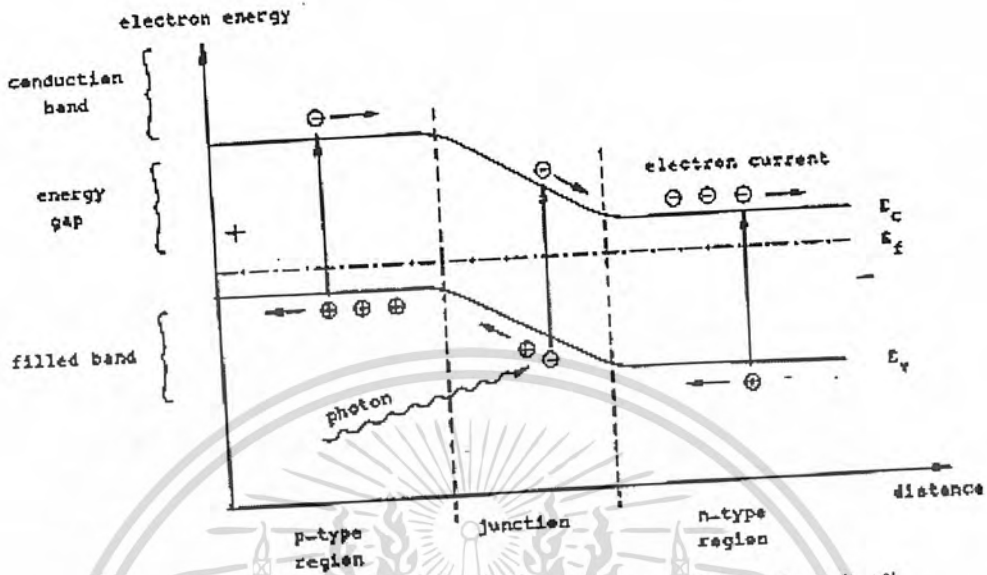
2.2.2 หลักการทำงานโซลาร์เซลล์

โซลาร์เซลล์สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงแดดเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยกระบวนการต่อไปนี้



รูปที่ 2.6 (ก) แสงแดดตกกระทบซิลิกอนทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 (ข) เซลล์แสงอาทิตย์เปลี่ยนพลังงานโฟตอนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า

เมื่ออนุภาคแสงหรือโฟตอนตกกระทบบนผิวหน้าของซิลิกอน ทำให้แสงสีแดงแทรกผ่าน (penetrate) ลึกลงไปบนผิวหน้า และขณะเดียวกันแสงสีน้ำเงินจะถูกดูดกลืนโดยทันทีจากผิวล่างอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำเมื่อได้รับพลังงานดังกล่าวจะสามารถขยับตัวได้อย่างอิสระในเนื้อสาร

ถ้าพิจารณาในเทอมของการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนยกระดับพลังงานตัวเองแถบวาเลนซ์ (Valence Band, VB) ไปยังแถบความนำ (Conduction Band, CB) และกลายเป็นพาหะไฟฟ้าลบ (Negative charge carrier) การกระตุ้นอิเล็กตรอนดังกล่าว นอกจากทำให้เกิดอิเล็กตรอนในแถบความนำแล้ว ยังสร้างพาหะไฟฟ้าบวก (positive charge carrier) หรือโฮล (hole) ให้เกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ด้วย

อนุภาคแสงหรือโฟตอนที่มาตกกระทบบจะต้องมีพลังงานอย่างน้อยเท่ากับช่วงห่างพลังงาน (Energy gap) ของสารกึ่งตัวนำเท่านั้นจึงจะถูกดูดกลืน และ กำหนดไว้โดยสมการ

	Hv	\geq	Eg
โดย	h	คือ	Planck's constant
	v	คือ	ความถี่ของแสง
	Eg	คือ	Energy gap ของสารกึ่งตัวนำ

พลังงานจากโฟตอนทำให้เกิดคู่ของพาหะไฟฟ้าบวก (โฮล) และพาหะไฟฟ้าลบ (อิเล็กตรอน) ขึ้น โฮลและอิเล็กตรอนจะถูกกวาดด้วยสนามไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นเองภายในเซลล์บริเวณไม่วาร์กรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

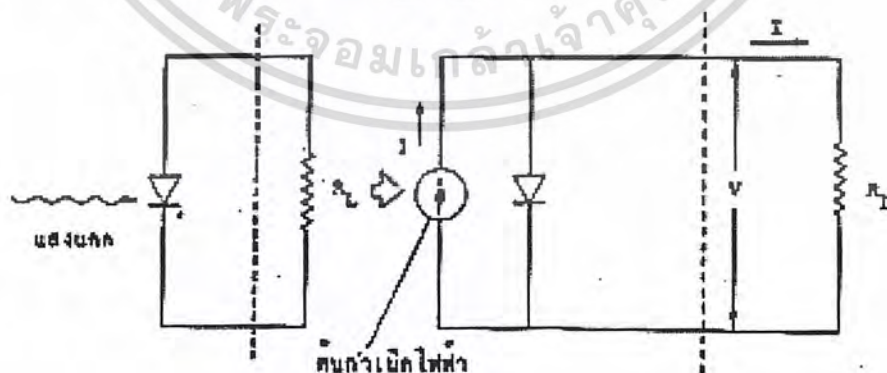
รอยต่อ (P-N junction) ให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่แน่นอน อิเล็กตรอนจะแพร่ (diffuse) ข้ามรอยต่อเข้าไปยังซิลิกอน ประเภท N-type ส่วนโฮลจะเคลื่อนไปยังซิลิกอนประเภท P-type การเคลื่อนที่ของพาหะดังกล่าวเรียกว่าเป็นการขจัดอย่างรวดเร็ว (drift) ในสนามไฟฟ้า

จากกระบวนการทำงานดังกล่าวข้างต้น ทำให้พาหะไฟฟ้าทั้งสองชนิดถูกขับออกมาจากโซลาเซลล์ก่อนที่มันจะกลับไปรวมตัวกันอีก ดังนั้นจึงทำให้เกิดการไหลของประจุไฟฟ้าออกมาจากเซลล์เป็นกระแสไฟฟ้าเมื่อต่อสายไฟเข้ากับขั้วบนและขั้วล่างของเซลล์แล้วต่อไปยังวงจรไฟฟ้าภายนอก ก็ทำให้ได้กระแสไหลกลับไปยังขั้วข้างบนของเซลล์ ฉะนั้นจึงเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าทำให้ได้แหล่งกำเนิดกำลังงานที่เป็นเครื่องผลิตไฟฟ้าจากแสงแดด (Photovoltaic generator) หรือ โซลาร์เซลล์นั่นเอง

อนึ่ง กรณีที่โฟตอนที่ทำให้เกิดคู่ของพาหะไฟฟ้าบวกและลบนั้น (electron – hole pair) นี้ ถ้าโฟตอน ไม่มีพลังงานมากพอที่จะทำให้มันแพร่ข้ามรอยต่อไปได้แล้ว จะทำให้มันกลับรวมตัวกันเข้าดังเดิมอีก เพราะคู่ของพาหะไฟฟ้านี้มีชีวิตสั้นมาก คือ ประมาณหนึ่งในล้านของวินาทีเท่านั้น การรวมตัวของพาหะชนิดตรงข้ามนี้เป็นการสูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์

2.2.3 คุณสมบัติประจำตัวของโซลาร์เซลล์

โซลาร์เซลล์มีรูปร่างแบบต่าง ๆ คือ มีทั้งวงกลม สี่เหลี่ยมจัตุรัส และสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน โซลาร์เซลล์ไม่ว่าจะมีโครงสร้างแบบใดก็ตามจะมีวงจรสมมูลไฟฟ้า (Equivalent circuit) เหมือนกันคือ มีแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าคงที่ (current source) ตัวหนึ่งต่อขนาดกับไดโอดตัวหนึ่ง แล้วต่ออนุกรมกับความต้านทานตัวหนึ่ง ดังรูป

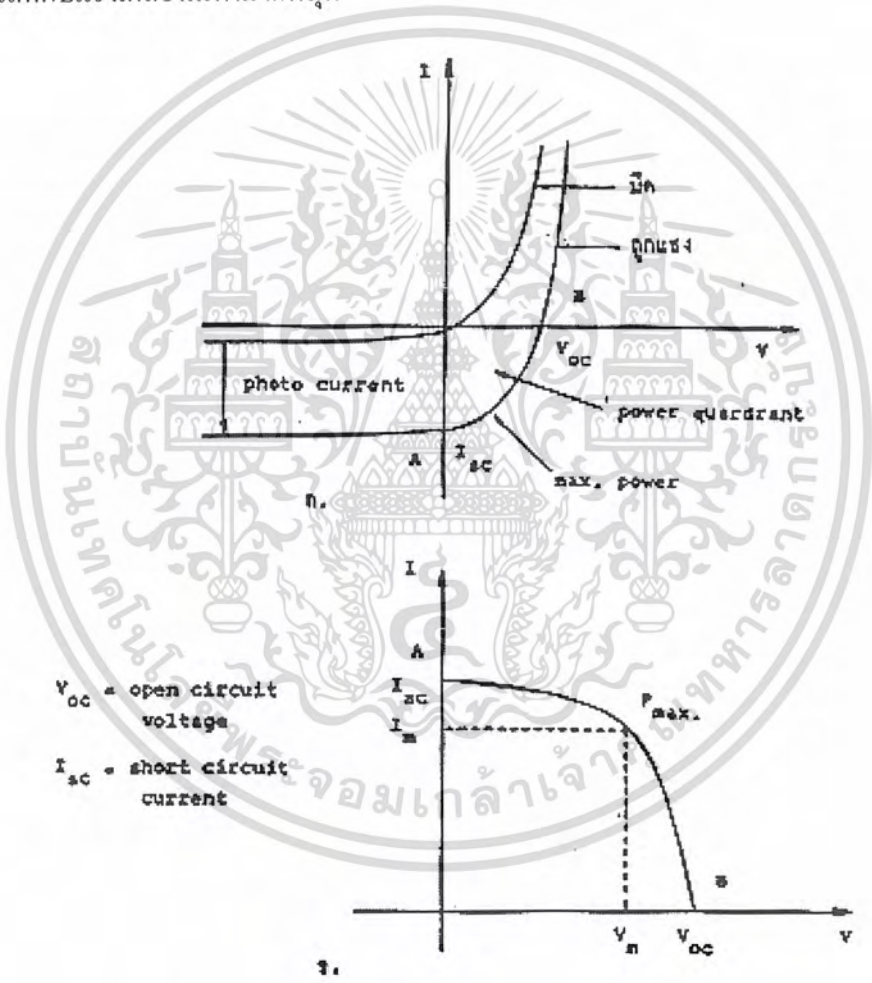


รูปที่ 2.7 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์

คุณสมบัติของโซลาร์เซลล์นี้สามารถหาได้จากความสัมพันธ์จากคุณสมบัติของ

แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Voltage-current) ของไดโอดธรรมดา กล่าวคือความสัมพันธ์ระหว่างกระแสซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหลผ่านโซลาร์เซลล์กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ปลายทั้งสองของเซลล์ เมื่อไม่มีแสงแดดตกกระทบบจะเหมือนกับ IV Characteristic ของ P-N junction ปกติธรรมดา แต่เมื่อโซลาร์เซลล์ได้รับแสง เส้นกราฟ IV Characteristic จะเปลี่ยนไปดังรูป 2.8 จะเห็นได้ว่าในควอดแรนท์ที่ 4 ทางด้านล่างขวามือนั้นเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์เซลล์ และขั้วที่แสดงแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสของเซลล์นี้ดูคล้ายคลึงกับขั้วเบตเตอรี่เช่นกัน โซลาร์เซลล์สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เมื่อจุดทำงาน (operation point) ของเซลล์อยู่ ณ จุดใดจุดหนึ่งบน โด่ง AB ดังรูป 2.8 (ก) กำลังไฟสูงสุดนี้เกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผลคูณของกระแสกับแรงเคลื่อนมีค่ามากที่สุด



รูปที่ 2.8 รูป (ก) คือ IV Characteristic ของโซลาร์เซลล์

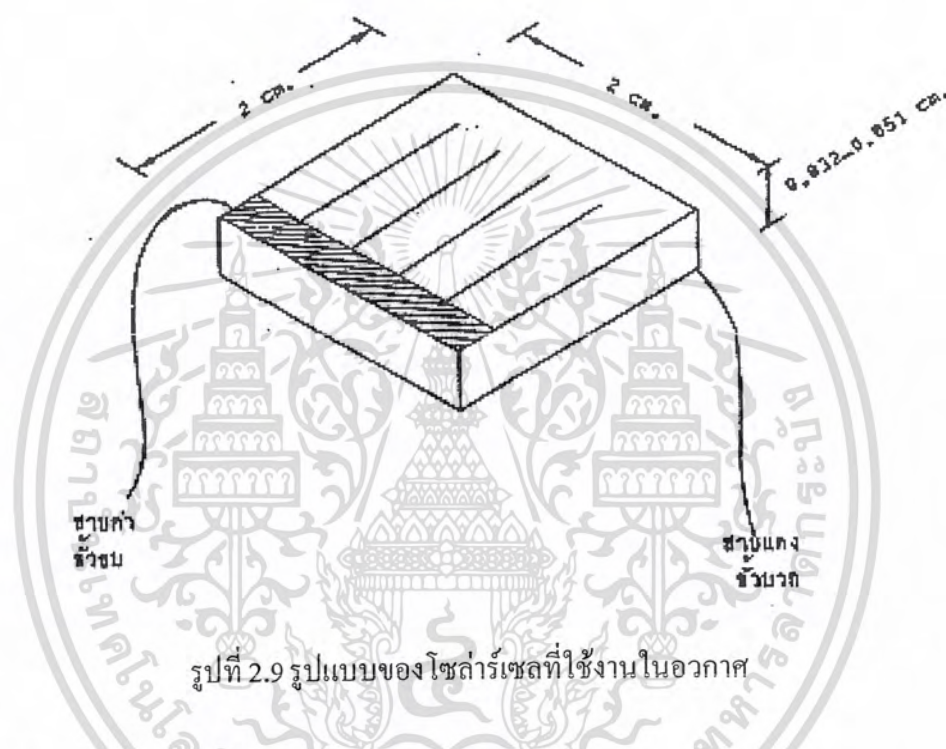
รูป (ข) คือ IV Characteristic เฉพาะส่วน Power guardrant เท่านั้น

โดยปกติแล้วคุณลักษณะประจำตัวของโซลาร์เซลล์นั้นแสดงให้เห็นเฉพาะช่องที่แสงกำลังงาน (power quadrant) เท่านั้น คุณลักษณะดังกล่าวของแรงเคลื่อนไฟฟ้า – กระแสไฟฟ้าแสดงไว้ดังรูป เช่น โซลาร์เซลล์ที่ใช้ในอวกาศมีขนาด เซลล์ละ 2x 2 ตารางเซนติเมตร และมีความหนา 0.05

เซนติเมตรเซลล์ต่าง ๆ เหล่านี้ ให้กระแสไฟฟ้าเมื่อลัดวงจร (Short circuit current) ประมาณ 140 ไม่วากรณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิแอมแปร์ และแรงเคลื่อนไฟฟ้าเมื่อวงจรเปิด (open circuit voltage) 0.55 โวลต์ จึงมีกำลังไฟฟ้าประมาณ 0.055 วัตต์ ในอวกาศ แต่สำหรับบนพื้นดินเมื่อมีแสงแดดก็มีค่า 0.048 วัตต์ ปกติเราจะเห็นว่าโซลาร์เซลล์แผ่นเล็ก ๆ เหล่านี้ มีสีเป็นสีน้ำเงินเพราะมีการเคลือบสารพวกออกไซด์บางชนิด เพื่อลดการสะท้อนของแสงที่ตกกระทบบนพื้นผิวของเซลล์ ทั้งนี้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์

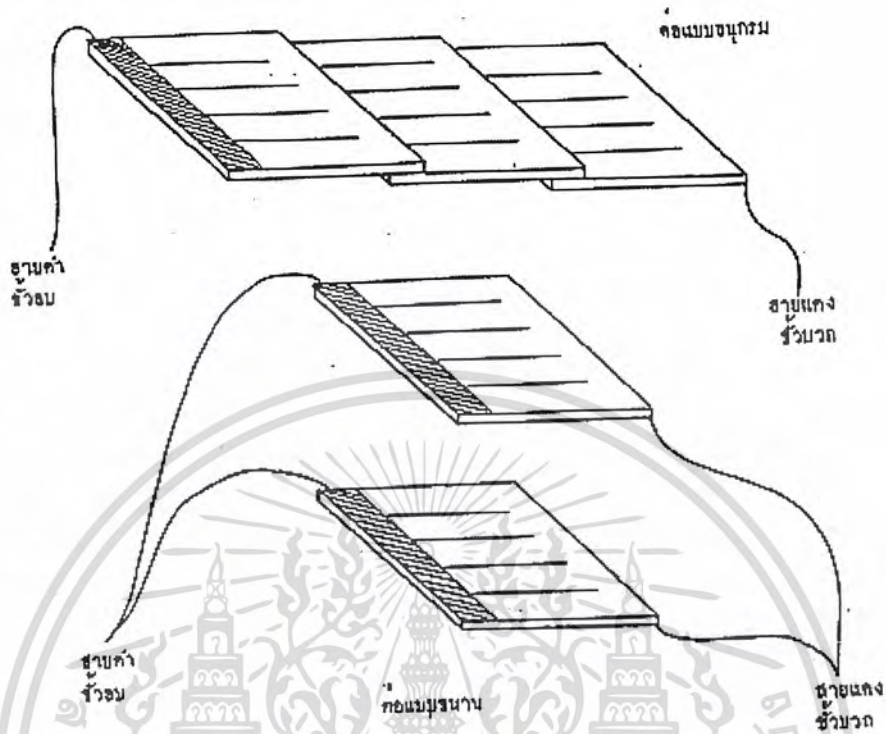
156



2.2.4 ความมั่นคงเชื่อถือได้ของงานที่ใช้โซลาร์เซลล์

เนื่องจากโซลาร์เซลล์แต่ละตัวให้กำลังไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นในการใช้งานจริงมักไม่ใช่ลำพังเซลล์เดียว แต่จะใช้เซลล์หลายๆ ตัวมาต่อกันทั้งแบบอนุกรมและขนานในรูปของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าที่ต้องการ โดยมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเหมาะสมกับโหลด รูป 2.10 แสดงให้เห็นถึงการต่อโซลาร์เซลล์สองตัวเมื่อต้องการให้มีกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น กล่าวคือ ถ้าต้องการให้ได้ค่าแรงเคลื่อนเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าก็ให้นำโซลาร์เซลล์สองตัวมาต่ออนุกรมกัน โดยนำมาวางซ้อนกันให้ขั้วบวกของเซลล์ตัวหนึ่งและกับขั้วลบของอีกตัวหนึ่ง หรือถ้าหากต้องการเพิ่มกำลังไฟฟ้าต่อและมีค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงก็ให้นำโซลาร์เซลล์ตัวหนึ่งมาแบ่งออกเป็นสองส่วนให้มีพื้นที่ผิวเท่าๆ กัน แล้วนำมาต่ออนุกรมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 โซลาร์เซลล์ต่อแบบอนุกรมและขนาน

เพื่อให้อายุการใช้งานของโซลาร์เซลล์มีระยะยาว มีความคงทน คู่มากับการลงทุนการ ออกแบบแผงโซลาร์เซลล์จะต้องกระทำอย่างรอบคอบเพื่อป้องกันปัญหาต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น ทำให้ ระบบการผลิตไฟฟ้าจากแสงแดดเกิดทำงานล้มเหลว ปัญหาที่เกิดขึ้นในทางปฏิบัติมีดังนี้

1. การต่อสายไฟจากโซลาร์เซลล์เพื่อนำไปใช้ในงาน ถ้าวรอยเชื่อมต่อไม่เรียบร้อยจะทำให้ เกิดวงจรเปิด ทำให้ได้กระแสลดลง ข้อเสียนี้มักเกิดขึ้นบ่อยเพราะในการใช้งานจริง ๆ จะต้องมียรอย เชื่อมต่อมากเนื่องจากต้องใช้โซลาร์เซลล์หลายๆ เซลล์ การต่อสายก็ทำได้ยาก

2. เกิดการเสื่อมคุณภาพบริเวณรอยต่อ เป็นการเพิ่มความต้านทานอนุกรมในวงจร

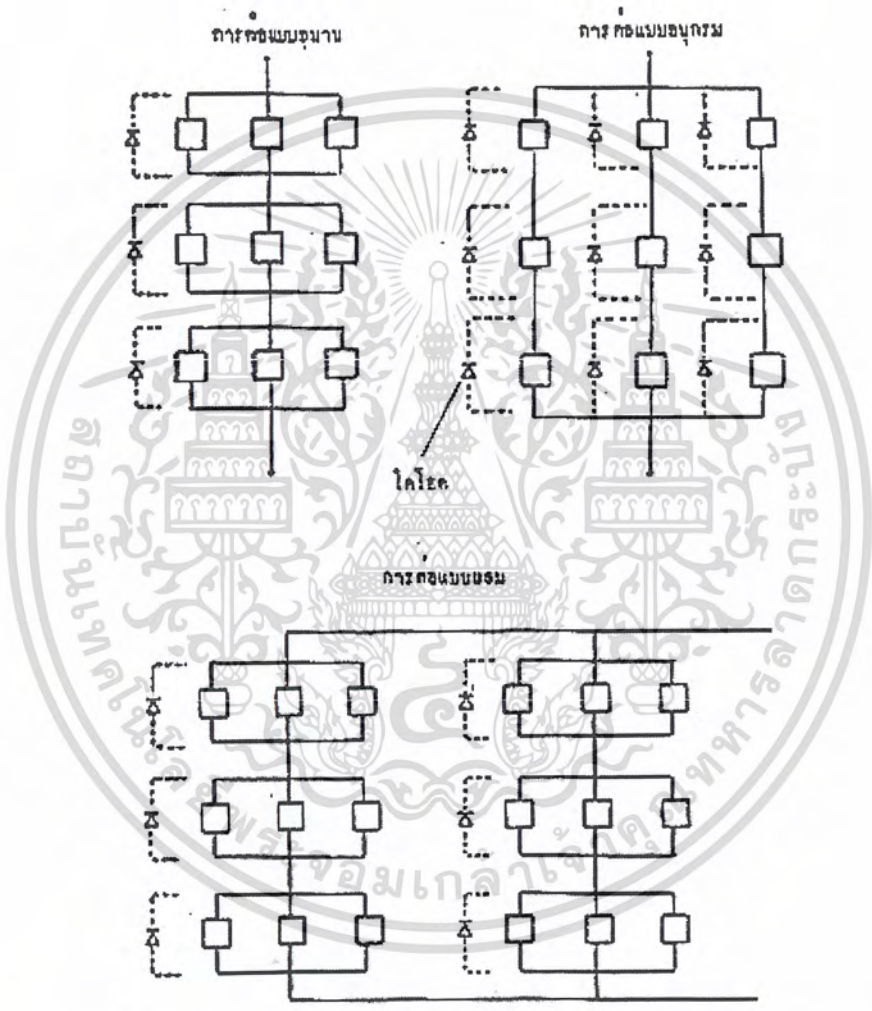
3. เกิดการเสื่อมคุณภาพเนื่องจากได้รับรังสีบางชนิด

4. การบรรจุปิดผนึกป้องกันไอน้ำและฝุ่นละออง

5. การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์จะต้องตั้งในบริเวณที่ไม่มีร่มเงา (Shading) บนตัวโซลาร์ เซลล์จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ "Hot spot" ขึ้นในแผงเนื่องจากการย้อนกลับทางแรงเคลื่อนไฟฟ้า ก่อให้เกิดความร้อน ทำให้ลดกำลังการผลิตไฟฟ้าให้ลดลง วิธีแก้ก็คือ ใช้ไดโอด (By-pass diode) มาต่อคร่อมตัวโซลาร์เซลล์จะช่วยลดความเสียหายได้ โดยการยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอด ดังกล่าวแทนการไหลผ่านตัวเซลล์ที่ถูกเงาบังตัวนั้น และเพื่อป้องกันความเสียหายทางด้านไฟฟ้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการบังเงา จึงมักมีการออกแบบแผงโซลาร์เซลล์เป็นโมดูลย่อย ขนาดเล็ก แยกเป็นอิสระจากกัน โดยมี Blocking diode ต่อไว้แต่ละชุด ดังรูป 2.11 การออกแบบแผงโซลาร์เซลล์จึงมักทำในรูปของโมดูลมาตรฐานที่มีกำลังไฟฟ้าแน่นอน จากนั้นจึงนำเอาโมดูลมาตรฐานมาต่อเข้าด้วยกันอีกทีหนึ่งเช่น แผงโซลาร์เซลล์ขนาดพื้นที่ประมาณ 0.4 ตารางเมตร ประกอบด้วยโซลาร์เซลล์ประมาณ 200 ตัว ผลิตไฟฟ้าได้ 175 วัตต์



รูปที่ 2.11 ระบบการต่อโซลาร์เซลล์พร้อมกับชนิดไดโอด (shunt diode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ลักษณะการใช้งานของโซลาร์เซลล์

ปกติเรามักใช้โซลาร์เซลล์ผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับบริเวณที่อยู่ห่างจากแหล่งชุมชน หรือแหล่งกำเนิดไฟฟ้า หรือใช้เป็นตัวอะไหล่ของระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าก็ได้ ตัวอย่างที่ใช้งานอยู่ในขณะนี้มีดังนี้ คือ

1. ใช้สำหรับเรือหรือระบบการเดินเรือ เช่น เป็นแหล่งกำลังงานสำหรับแสงสว่าง และระบบสัญญาณต่าง ๆ ในการเดินเรือ ให้แสงสว่างตามท่อนที่ลอยอยู่ในทะเล หรือแม่น้ำ ตลอดจนไฟสัญญาณของประภาคารบนเกาะต่าง ๆ และแท่นเจาะน้ำมันกลางทะเล
2. ใช้สำหรับสถานีสื่อสารในท้องถิ่นทุรกันดารและบนยอดเขาสูง ระบบโทรศัพท์ในชนบท ระบบเครื่องมือสื่อสารที่ต้องเคลื่อนย้ายไปมาเสมอ รวมทั้งบริเวณค้ำขันที่ต้องการความช่วยเหลือ เช่นกรณีสงคราม เป็นต้น
3. ใช้สำหรับอุปกรณ์ให้ความปลอดภัยบนทางหลวง เช่น มีแสงสว่างเป็นไฟกระพริบอยู่ตามรั้วของถนน เป็นตัวป้อนกำลังไฟฟ้าให้กับโทรศัพท์ที่ใช้ในยามฉุกเฉินที่ติดตั้งอยู่ตามถนน สัญญาณไฟที่ใช้เตือนในการจราจร
4. ใช้เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำขนาดเล็กในชนบท
5. ใช้เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสำหรับอัดไฟให้เข้ากับแบตเตอรี่ สำหรับประชาชนในชนบท เพื่อใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าประจำวัน เช่น โคมไฟไฟฟ้า วิทยุ โทรทัศน์ เป็นต้น
6. ใช้เป็นโรงไฟฟ้าภาคอวกาศ ประเทศสหรัฐอเมริกา จะเริ่มใช้สถานีอวกาศที่มีแผงโซลาร์เซลล์ไปโคจรในอวกาศ ณ ระดับความสูง 35680 กิโลเมตร จากผิวโลกที่นอกบรรยากาศนี้ จะมีความเข้มของแสงแดดมากกว่าที่บริเวณผิวโลกถึง 8 เท่า และได้รับแสงแดดตลอดเวลา 24 ชั่วโมง แผงโซลาร์เซลล์ดังกล่าวจะโคจรไปด้วยความเร็วเท่าพื้นผิวโลก กระแสไฟฟ้าตรงที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์จะถูกเปลี่ยนรูปเป็นไมโครเวฟ (microwave) จากนั้นจะยังลงมายังแผงรับที่สถานีบนพื้นโลก แล้วไมโครเวฟนี้ก็จะถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นกระแสไฟฟ้าอีกครั้งหนึ่ง ดูรูป 6.19

โรงไฟฟ้าลักษณะนี้คาดว่าควรมีกำลังผลิต 10-15 ล้านกิโลวัตต์ ต่อหนึ่งสถานีอวกาศและมีน้ำหนักทั้งหมดประมาณ 60-80 ล้านกิโลกรัม แผงโซลาร์เซลล์ประมาณ 200 ตารางเมตร อายุใช้งาน 30 ปี สถานีรับบนพื้นโลกจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางแผงรับประมาณ 7 กิโลเมตร

2.3 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโอโซน

2.3.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับโอโซน

โอโซน (Ozone: O_3) เป็นก๊าซที่เกิดจากก๊าซออกซิเจน (O_2) แยกเป็นอะตอมของออกซิเจน แล้วอะตอมของออกซิเจนจะไปรวมตัวกับก๊าซออกซิเจนกลายเป็น โอโซนมีจุดเดือดคือ 115°C จุดหลอมเหลวคือ 192 °C เป็นก๊าซที่มีสีน้ำเงิน

- โอโซนมีรากศัพท์มาจากภาษากรีก คือ โอเซอิน (Ozein) แปลว่ากลิ่นฉุน (Smelling)
- โอโซนเป็นก๊าซที่ต้องใช้งานทันที จะไม่มีการเก็บไว้ใช้งาน เนื่องจากสลายตัวได้ง่ายซึ่งปัจจัยการสลายตัวขึ้นอยู่กับ
 1. ความหนาแน่น (Concentration)
 2. อุณหภูมิ (Temperature)
 3. ความบริสุทธิ์ของอากาศ (Purity of air) จากฝุ่น และความชื้น (Humidity)
- โอโซนเป็นหนึ่งในสารที่มีความสามารถในการออกซิไดส์สูงสุด จะเป็นรองเพียง F_2 และอนุมูลอิสระบางตัว โอโซนมีค่าความสามารถในการออกซิไดส์ (Oxidation potential) $E_o = 2.7 V$ โดย F_2 มีค่า $E_o = 3.3 V$, $HCL = 1.49 V$, $Cl_2 = 1.36 V$
- โอโซนมีความสามารถในการละลายน้ำดีกว่าออกซิเจน 20 เท่า
- โอโซนสามารถเกิดได้จาก
 1. จากรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) โอโซนจะพบอยู่รอบชั้นบรรยากาศห่างจากพื้นโลก 15 – 30 Km เกิดจากการสลายตัวของออกซิเจนโดยรังสีอัลตราไวโอเล็ต
 2. จากปฏิกิริยาเคมี เกิดจากการสลายตัวของสารประกอบที่มีออกซิเจนเป็นสารประกอบ
 3. จากสนามไฟฟ้า ทั้งจากธรรมชาติ เช่น ฟ้าผ่า และจากเครื่องกำเนิดโอโซน
- ประวัติความเป็นมา และการใช้งานของ โอโซน
 - ปี 1840 Schonbein ค้นพบก๊าซ และเรียกว่าโอโซน
 - ปี 1857 Werner von Siemens สร้างเครื่องกำเนิด โอโซนเครื่องแรกขึ้น
 - ปี 1893 โรงงานผลิตน้ำดื่มที่ใช้โอโซนแห่งแรกถูกสร้างขึ้นที่ ออดฮอร์น (Oudshorn), เนเธอร์แลนด์

2.3.2 ผลของโอโซนต่อสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำ

สิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ (Micro organism)

โอโซนสามารถฆ่าสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ และยับยั้งไวรัส ซึ่งคลอรีนไม่สามารถฆ่าได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือต้องใช้สารในปริมาณมาก ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ความสามารถในการฆ่าเชื้อ (99%) ที่เป็นอันตรายของสารประกอบคลอรีนเทียบกับ

โอโซนที่ pH 6 – 7

Microorganism	Disinfectant (mg*min/L)			
	Free Chlorine	Performed Chloramine	Chloramine Dioxide	Ozone
E.Coli	0.034 – 0.05	95 – 180	0.4 – 0.75	0.02
Polio I	1.1 – 2.5	770 – 3740	0.2 – 6.7	0.1 – 0.2
Rotavirus	0.01 – 0.05	3810 – 6480	0.2 – 2.1	0.006 – 0.06
Pliage f2	0.08 – 0.18	-	-	-
G. Lanibia cysts	47 – 150	-	-	-
G. Muris cysts	30 – 360	1400	7.2 – 18.5	1.8 – 2.0

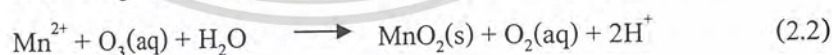
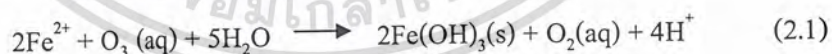
ตัวออกซิไดส์ (Oxidizer)

หน้าที่หลักที่สำคัญ และเป็นลักษณะเด่นของ โอโซนคือ ทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน

(Oxidation)

1) เหล็ก และแมงกานีส

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือการทำให้ไอออนของเหล็ก และแมงกานีสกลายเป็นน้ำแข็ง และตกตะกอน ดังแสดงในสมการที่ 2.1 – 2.2



ปริมาณ โอโซนที่ใช้คือ 0.43 mgO₃/mgFe และ 0.88 mgO₃/mgMn แต่ถ้าเป็นสารเคมีชนิดอื่น ๆ เช่น คลอรีน (ClO₂) ต้องใช้ 1.20 mg/mgFe และ 2.45 mg/mgMn เป็นต้น

2) สารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่น และรส (Taste and odor control)

กลิ่น และรสในน้ำเกิดเนื่องจากสารประกอบอินทรีย์และการเผาผลาญอาหารของสารอินทรีย์เป็นต้น ถ้าสารประกอบเหล่านี้ไม่เป็นสารประกอบประเภทอิมตัว โอโซนจะสามารถ

ทำปฏิกิริยากับสารเหล่านี้ได้อย่างดี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) กำจัดสี (Color Abatement)

สีที่พบในน้ำแบ่งออกเป็น สีจริง (True color) กับสีปรากฏ (Apparent color) ซึ่งแล้วแต่สารประกอบที่ทำให้เกิดการกระเจิงของแสงออกมาสู่สายตามนุษย์โอโซนสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบเหล่านี้ และกำจัดให้หมดไปได้

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลแสดงผลของโอโซนต่อสารต่าง ๆ

Tested Substance	Application Of mg/L	Before O ₃ Treatment	After O ₃ treatment	O ₃ destroyed
Methanol	2,000	175	14	92 %
Ethanol	1,000	620	56	91 %
Isoamyl acetate	1,000	200	16	92 %
Acetic ether	1,000	90	78	Of on consequence
Acetic acid	2,000	2,000	1,800	Do
Sugar	2,000	2,000	1,900	Negligible
Matter colouring	Black	Black	Light yellow	Brightening
Hydrazine	100	300	4	Completely
Carbon bisulphide	100	Odour	No odour	Destroyed
H ₂ S	10	10	0	Destroyed
Phenole	1,000	900	130	Destroyed
Chloroform	500	490	400	Hardly destroyed
Xylene	500	Do	Do	Do
Toluole	500	Do	Do	DO

2.3.3 การใช้งานโอโซน

1. ผลิตน้ำดื่ม

จุดมุ่งหมายเพื่อ :

- ให้โลหะหนักตกตะกอน
- กำจัดสี, กลิ่น, รส
- กำจัดสารประกอบอินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จับตัวให้สารต่าง ๆ ให้เป็นคอลลอยด์

2. ระบายน้ำ

จุดมุ่งหมายเพื่อ :

- กำจัดกลิ่นของระบายน้ำในร่ม
- ยับยั้งการเติบโตของไวรัส
- สลายหรือทำให้สารอินทรีย์ในน้ำจับตัวกัน
- สลายยูเรียเพื่อให้อยู่ในรูปสารประกอบของคลอรีนกับไนโตรเจน
- ทำให้น้ำใสขึ้น
- ก่อให้เกิดการระคายเคืองกับผิวหนัง และเนื้อเยื่อต่าง ๆ น้อย ถ้าใช้ปริมาณที่เหมาะสม

3. การบำบัดน้ำเสีย

จุดมุ่งหมายเพื่อ :

- กำจัดกลิ่น, สี และความเป็นพิษ
- กำจัดสารประกอบอินทรีย์
- เปลี่ยนรูปของไอออนไนตรัส (Nitrite, NO_2^-) และซัลไฟด์ (Sulfide, SO_3^{2-}) ซึ่งเป็นสารที่เป็นพิษ
- ลดความเป็นพิษของไซยาไนด์ (Cyanide)

4. ผลิตน้ำโซดา

จุดมุ่งหมายเพื่อ :

- กำจัดเหล็ก และแมงกานีสโดยใช้ชั้นกรองคาร์บอน หรือชั้นกรองสองชั้น
- กำจัดเชื้อโรคโดยไม่มีสารตกค้าง

5. บ่อเลี้ยงปลา

จุดมุ่งหมายเพื่อ :

- กำจัดเชื้อโรค, สารประกอบอินทรีย์ และเพิ่มออกซิเจนโดยปราศจากสารตกค้าง

6. กรองอากาศ

จุดมุ่งหมายเพื่อ :

- กำจัดกลิ่น และกำจัดเชื้อโรคจากอากาศ ในสถานที่ เช่น โรงบำบัดน้ำเสีย, โรงฟอกหนัง หรือโรงฆ่าสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ข้อมูลปริมาณการใช้โอโซนในลักษณะต่าง ๆ

ลักษณะ และพื้นที่ของการใช้งาน	ปริมาณที่ใช้ (mg/hour)
1. ในรถยนต์	10 - 15
2. ในห้อง	10 ตารางเมตร
	20 ตารางเมตร
	33 ตารางเมตร
	55 ตารางเมตร
3. ทำน้ำดื่ม 10 - 30 ลิตร	100 - 125
4. สลายสารพิษในผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์	100
ทำความสะอาดภาชนะ	
ซักล้างที่ตกค้างบนเสื้อผ้า	
เสริมความงาม	
5. ในอ่างอาบน้ำ 150 ลิตร	200
6. สลายสารเคมี ทำลาย และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรค และกลิ่นอันไม่พึงประสงค์	250

ตารางที่ 2.7 ข้อมูลระดับ โอโซน และผลที่เกิดขึ้น(ข้อมูลจาก IOA : International Ozone Association)

Ozone Level (ppm.partpermillion)	Effect
0.001 - 0.125	ระดับที่พบในบรรยากาศ คำนี้อาจผันตามตำแหน่งแต่ละสภาพบรรยากาศแวดล้อม
0.005	ระดับสูงสุดที่ผลิตจาก Electronic air cleaner และอุปกรณ์ในบ้าน
0.1	ระดับสูงสุดที่ยอมรับได้ในบรรยากาศ บริเวณอุตสาหกรรม และที่สาธารณะ
0.3	เริ่มปรากฏผลต่อสิ่งมีชีวิตที่สัมผัสโดยตรง ในพืชเกิดจุดสีดำ สีซีด มีใบตาย ในสัตว์เกิดการระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ
0.5	เกิดการปวดศีรษะ ปอดถูกทำลาย ติดเชื้อทางเดินหายใจ
1.00 - 2.00	ในการทดสอบ การสูดดมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เกิดอาการป่วย คือ ปวดศีรษะ ปวดหน้าอก และทางเดินหายใจแห้งผาก
1.4 - 5.6	การทดสอบกับต้นถั่วพบว่าใน 70 วินาที ใบถั่วเกิดอาการป่วยอย่างรวดเร็ว
25 ขึ้นไป	เป็นอันตรายเฉียบพลันต่อสิ่งมีชีวิต ในการทดสอบกับสัตว์พบอาการป่วยซึ่งน่าจะเป็นขั้นสุดท้ายแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมีหลายชนิดมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคโดยเฉพาะสารประกอบคลอรีน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับโอโซนแล้วจะเห็นข้อแตกต่างทางความสามารถที่ชัดเจนดังแสดงในตารางที่ 2.5

2.3.4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของโอโซนกับคลอรีน

ตัวอย่างระบบบำบัดที่มีปัญหาจากสารเคมีที่ใช้ในปัจจุบันที่เห็นได้ชัดเจนคือ สระว่ายน้ำ เนื่องจากการสัมผัสโดยตรงของน้ำกับร่างกายของผู้ใช้บริการทำให้ความรุนแรงของการทำปฏิกิริยาของคลอรีนส่งผลต่อร่างกายของผู้ใช้สระโดยตรง โอโซนมีการทำปฏิกิริยาที่รุนแรงกว่าคลอรีน แต่มีช่วงเวลาสิ้นสุดการทำปฏิกิริยาเนื่องจากโอโซนสามารถสลายตัวง่าย ดังนั้นต่างประเทศจึงมีการนำโอโซนไปใช้ในสระว่ายน้ำอย่างกว้างขวางเนื่องจากไม่มีโทษต่อผู้ใช้ และยังมีประโยชน์ต่อการรักษาผิวหนังบางชนิดด้วย แต่ทั้งนี้ต้องอยู่ภายใต้การตรวจสอบ และดูแลอย่างดี เนื่องจากในสระว่ายน้ำต้องไม่มีโอโซนหลงเหลืออยู่แล้ว นอกจากนี้ อันตรายที่พบจากการใช้งานคลอรีนในระบบที่น้ำสัมผัสโดยตรงกับเนื้อเยื่อที่อ่อนบางของมนุษย์โดยเฉพาะสาร โครเดน (chlordane) ซึ่งเป็นสารจำพวก THM : Trihalonethane ชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณสมบัติเป็น โทษต่อร่างกายมนุษย์

ตารางที่ 2.8 เปรียบเทียบคุณสมบัติของโอโซนกับคลอรีน

Chlorine	Ozone
1. มีความเป็นพิษสูง	1. ระดับความเป็นพิษอยู่ที่ 1 mg/l (ระบุโดย EPA สหรัฐอเมริกา) มีกลิ่นฉุนเริ่มสังเกตได้ที่ระดับ 0.01 mg/l ที่ระดับสูงกว่านี้มีการระคายเคืองสูงมาก
2. คลอรีนจะถูกเก็บที่ภาชนะบรรจุความดันสูง และสามารถเป็นอันตรายได้เมื่อมีการรั่วไหลเกิดขึ้น	2. โอโซนต้องทำการผลิต ณ ตำแหน่งที่ใช้งาน ไม่สามารถเก็บได้
3. คลอรีนเมื่อผสมกับยูรีน และเหงื่อจะทำให้เกิดสารประกอบโครเดน ซึ่งทำให้เกิดการระคายเคืองตา และเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต	3. โอโซนมีวงจรชีวิตสั้น หลังทำปฏิกิริยาสลายตัวเป็นออกซิเจน
4. ราคาคลอรีนสูง	4. ราคาโอโซนต่ำลงเนื่องจากการพัฒนาเทคโนโลยี และการใช้พลังงานน้อยลงในการผลิตในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. คลอรีนมีค่าความรุนแรงในการทำปฏิกิริยา (Oxidation potential) 1.36 V
6. คลอรีนฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้แต่ไม่สามารถฆ่าเชื้อไวรัสได้
7. คลอรีนมีกลิ่นฉุนรุนแรงตกค้างหลังการบำบัด
8. คลอรีนทำงานกับตะไคร่น้ำได้ดีผลมากกำจัดตะไคร่น้ำได้ดี
9. คลอรีนทำงานได้ดีต้องควบคุม pH ให้อยู่ในย่าน 7.0 – 7.4
5. โอโซนเป็นตัวออกซิไดส์ที่ทำปฏิกิริยาสูงสุดเนื่องจากค่า Oxidation potential 2.07 V
6. โอโซนมีค่าความเข้มข้นเดียวกับคลอรีนสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย และไวรัสได้ดีกว่าคลอรีน 600 – 3,000 เท่า
7. โอโซนไม่มีกลิ่นตกค้าง แต่สามารถกำจัดกลิ่นของยูรีน, ควัน, อาหาร และสีได้
8. โอโซนพบการเติบโตของตะไคร่น้ำ ต้องใช้คลอรีนช่วยโดยการทำให้ Shock treatment
9. โอโซนไม่ต้องมีการควบคุมค่า pH

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์

2.4.1 ภาพรวมของ MCS - 51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้น เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “Single chip microcomputer” ซึ่ง chip ที่นำมาใช้ในโครงการนี้คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C2051 ซึ่งมีคุณสมบัติที่น่าสนใจดังนี้

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ขนาด 8 bits
- มีวงจร oscillator และวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายใน IC
- มีขาสัญญาณ Input / Output จำนวน 15 bits
- สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (RAM) โดยอ้าง address ได้ถึง 64 Kbytes
- มีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน (ROM) เป็นแบบ flash memory ซึ่งมีขนาด 2 Kbytes
- มีหน่วยความจำภายใน (RAM) ขนาด 128 bytes
- หน่วยความจำข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับ bit ได้ทำให้การควบคุมหรือการตรวจสอบสถานะทำได้ง่าย ส่งผลให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่าย
- มี timer / counter ขนาด 16 bits จำนวน 2 ตัว
- การ interrupt สามารถทำได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดยการ interrupt ยังสามารถจัดระดับความสำคัญได้เป็น 2 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

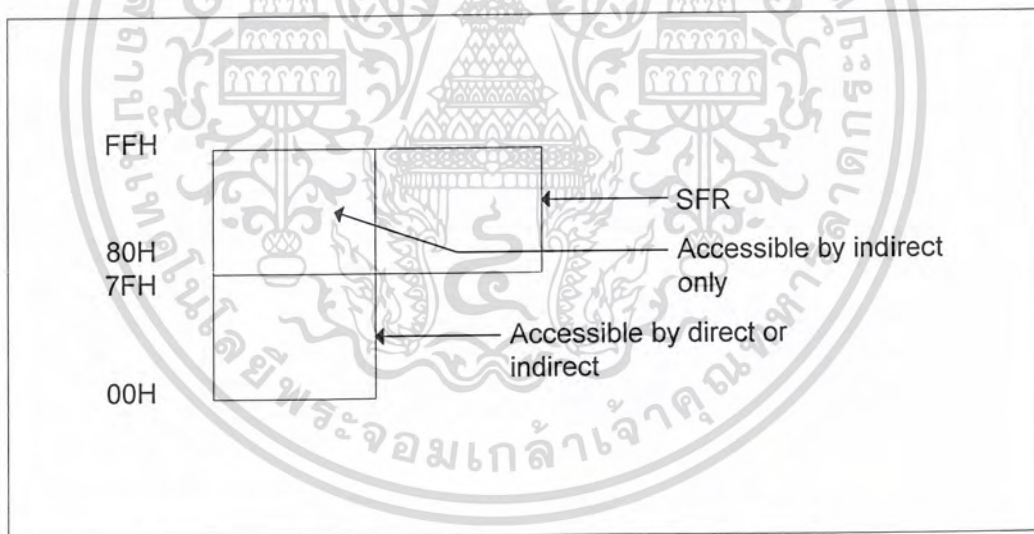
- มี port สื่อสารอนุกรมภายในตัวเอง ซึ่งทำงานแบบ full duplex
- มีคำสั่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์

2.4.2 ลักษณะเด่นของ MCS - 51

2.4.2.1 หน่วยความจำภายใน (Internal Memory)

ในคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไปนั้น ต้องมีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมเพื่อสั่งงานให้ CPU ทำงานหรือหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล ซึ่งอาจอยู่ใน ROM (Read Only memory) หรือ RAM (Random Access Memory) ก็ได้ สำหรับ MCS -51 จะมีหน่วยความจำภายในสำหรับเก็บโปรแกรม และ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล

อย่างไรก็ตาม ถ้าหากหน่วยความจำภายในที่ให้มานี้ไม่พอใช้ ผู้ใช้สามารถต่อหน่วยความจำภายนอกเพิ่มให้กับ MCS - 51 นี้ได้ ซึ่งสามารถเชื่อมต่อได้มากที่สุดถึง 64 Kbytes โดยจะมีการจัดวางหน่วยความจำดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงส่วนต่าง ๆ ของหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนที่ 1 หน่วยความจำภายใน (internal RAM) ตั้งแต่ address 00H ถึง 7FH ใช้สำหรับเก็บข้อมูล ทั่วไปจำนวน 128 bytes

1. Working Register address 00H ถึง 1FH เป็นจำนวน 32 bytes ถูกแบ่งให้เป็นกลุ่มของ register ใช้ งานทั่วไป 4 ชุด ชุดละ 8 ตัวคือ R0 -R7 register ทั้ง 4 ชุด การใช้งานจะถูกเลือกโดยการกำหนดใน Register Program Status Word ซึ่งมีรูปแบบดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.หน่วยความจำที่สามารถเข้าถึงในระดับ bit ได้ (Bit Addressable) ที่ address 20H ถึง 2FH เป็นจำนวน 16 bytes แต่ละ bit ของหน่วยความจำบริเวณนี้จะมีการกำหนด address ของแต่ละ bit ไว้แน่นอนเพื่อใช้สำหรับการทำงานของชุดคำสั่งที่ประมวลผลแบบ Boolean ได้

3.หน่วยความจำสำหรับการใช้งานทั่ว ๆ ไป หน่วยความจำส่วนนี้จำอยู่ที่ address ตั้งแต่ 30H ถึง 7FH เป็นจำนวน 80 bytes โดยทั่ว ๆ ไปแล้วจะกำหนด address เริ่มต้นของ Data ที่ address 30H นี้

CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	-	P
			0	0	เลือกใช้รีจิสเตอร์กลุ่มที่ 1		
			0	1	เลือกใช้รีจิสเตอร์กลุ่มที่ 2		
			1	0	เลือกใช้รีจิสเตอร์กลุ่มที่ 3		
			1	1	เลือกใช้รีจิสเตอร์กลุ่มที่ 4		
ชื่อบิต							
RS1	ใช้เลือกกลุ่มรีจิสเตอร์ R0 - R7						
RS0	ใช้เลือกกลุ่มรีจิสเตอร์ R0 - R7						
CY	Carry Flag						
AC	Auxillary Carry Flag						
OV	บิตแสดงการเกิด overflow						
-	บิตที่ผู้ใช้กำหนดการใช้งานเองได้						
P	Parriy Flag ถูกเซตหรือเคลียร์โดยวงจรภายใน MCS -51 ในแต่ละไซเคิลของคำสั่งแต่ละคำสั่ง ใช้เป็นตัวบอกให้ทราบว่าในรีจิสเตอร์ ACC มีข้อมูลที่เป็น 1 เป็นจำนวนคู่หรือคี่						

รูปที่ 2.13 แสดง bit ต่างๆภายใน register PSW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 มีตั้งแต่ address 80H - FFH เก็บส่วนของหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลของ Register ใช้งานเฉพาะสำหรับ Register ที่ใช้สำหรับงานเฉพาะบางตัว (SFR : Special Function Register) ซึ่งสามารถเข้าถึงโดยวิธีโดยตรงเท่านั้น Address ต่าง ๆ ของ SFR มีดังนี้

8 Byte								
F0	B							F7
E8								EF
E0	ACC							E7
D8								DF
D0	PSW							D7
C8	T2CO	RCAP2	RCAP2	TL2	TH2			CF
	N	L	H					
C0								C7
B8	IP							BF
B0	P3							B7
A8	IE							AF
A0	P2							A7
98	SCON	SBUF						9F
90	P1							97
88	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1		8F
80	P0	SP	DPL	DPH			PCON	87

รูปที่ 2.14 แสดง SFR ของ MCS - 51

ส่วนที่ 3 มีตั้งแต่ address 80H ถึง FFH ซึ่งจะเห็นว่าซ้ำกับส่วนที่ 2 แต่การเข้าถึง ข้อมูลจะใช้วิธีโดยทางอ้อมเท่านั้น ซึ่ง MCS - 51 จะทราบเองว่าจะเข้าถึงข้อมูลใดตำแหน่งใดและต้องใช้วิธีไหน ในไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C2051 นั้นจะไม่มี memory ใน ส่วนนี้

2.4.2.2 การติดต่อและควบคุมอุปกรณ์ภายนอก (I/O Interface Driving Power)

จะเห็นได้ว่าความสามารถทางด้าน I/O interface ของ MCS - 51 นี้สามารถนำไปใช้งานได้โดยแต่ถ้าไม่เพียงพอกับความต้องการใช้งานก็สามารถต่ออุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตเพิ่มได้ และมีพอร์ตอนุกรมที่สามารถกำหนดความเร็วได้

2.4.3 รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

2.4.3.1 IE: อินเทอร์รัพต์ อินาเบิล รีจิสเตอร์

EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0
----	---	-----	----	-----	-----	-----	-----

ในกรณีที่ต้องการให้มีการอินเทอร์รัพท์จาก TIMER1 และ TIMER0 ให้ใช้คำสั่ง SET ET0 และ SET ET1 แล้วนำเอาโปรแกรมในการรับและส่งไปไว้ที่ตำแหน่ง 000BH (t0 interrupt vector) และ 001B (t1 interrupt vector) แต่ต้องไม่เกิน 8 ไบต์ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วโปรแกรมมักจะมากกว่า 8 ไบต์ ดังนั้นตำแหน่ง 000BH และ 001B ส่วนมากจึงเป็นคำสั่ง JUMP

2.4.3.2 IP: อินเทอร์รัพต์ ไพออริตี รีจิสเตอร์

-	-	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0
---	---	-----	----	-----	-----	-----	-----

รีจิสเตอร์ตัวนี้เป็นรีจิสเตอร์ใช้กำหนดความสำคัญในการอินเทอร์รัพต์ ถ้าบิตใดเป็น “1” ลักษณะการอินเทอร์รัพต์ในบิตนั้นจะมีความสำคัญสูงสุด ใช้คำสั่ง SETB PT1

2.4.3.3 TCON: ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ คอนโทรล รีจิสเตอร์

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

ในรีจิสเตอร์มีบิตที่เราจะต้องใช้คือ TR0 และ TR1 ในตัวควบคุมไทมเมอร์และเคาน์เตอร์ โดยถ้าให้เป็น “0” จะหมายถึง “off” และ “1” จะหมายถึง “on”

2.4.3.4 TMOD: ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ โหมด คอนโทรล รีจิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0
------	-----	----	----	------	-----	----	----

ในการใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรมหรือ TIMER จะใช้งานรีจิสเตอร์ TMOD นี้บางบิต คือ Gate ,C/T,M1,M0

M0	M1	Mode	คำอธิบาย
0	0	0	13 Bit Timer
0	1	1	16 Bit Timer
1	0	2	8 Bit Auto-reload
1	1	3	Timer/Counter 8 bit 2 ชุด

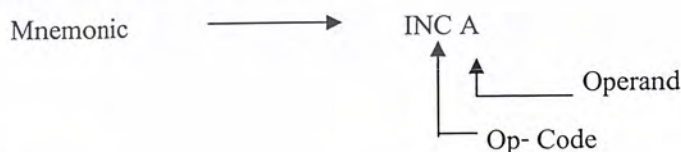
ตารางที่ 2.9 การเลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์โดยใช้ M0,M1

2.4.4 ชุดคำสั่ง (Instruction set)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมีชุดคำสั่ง (Instruction Set) อยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งจะอยู่ในรูปเลขฐานสอง เช่นต้องการให้ MCS-51 เพิ่มค่าในรีจิสเตอร์ A ขึ้นหนึ่ง รหัสคำสั่งที่ MCS-51 รู้จักจะเป็น

00000100 หรือ 04H

แต่การเขียนเป็นเลขฐานสิบหกนั้น จะทำให้เข้าใจยากจึงใช้รหัสคำสั่งช่วยจำ (Mnemonic) แทนเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น คำสั่งที่จะเพิ่มค่าใน A เขียนได้เป็น



รหัสคำสั่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. Operation Code (Op - Code) → INC จะบอกให้ MCS-51 ทำอะไร
2. Operand บอกว่าสิ่งที่ถูกกระทำคืออะไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4.1 โหมดการอ้างแอดเดรส (Addressing Modes)

สามารถติดต่อกับหน่วยความจำได้ 8 โหมด คือ

2.4.4.2 Register Address

เป็นการติดต่อข้อมูลที่อยู่ในรีจิสเตอร์โดยตรง ซึ่งจะเป็นรีจิสเตอร์ของ bank ที่กำลังใช้งานอยู่ คือ Rn (R0 – R7) ตัวอย่างเช่น

```
MOV A,R0
```

หมายความว่า ย้ายข้อมูลที่เก็บไว้ใน R0 มาเก็บไว้ใน A ในการติดต่อกับรีจิสเตอร์ R0 – R7 นั้นเราสามารถเลือก Banks ที่จะติดต่อกับได้โดยการโปรแกรมค่าใน PSW บิตที่ 3 และ 4 โดยปกติแล้ว จะเป็นการติดต่อกับ Bank 0 เสมอ ถ้าเขียนค่า

```
MOV PSW , #00011000B
```

จะเป็นการเลือกให้การติดต่อ Bank 3 โดยการ Set บิต RS1 และ RS0 ใน PSW

2.4.4.3 Direct Addressing

เป็นการเข้าถึงตำแหน่งของหน่วยความจำโดยตรง ซึ่งจะเป็นการติดต่อกับหน่วยความจำภายในของ MCS-51 เท่านั้น เช่น

```
MOV A ,35H ; ย้ายข้อมูลที่เก็บมาในตำแหน่ง 35H มาเก็บใน A
ADD A ,20H ; บวกข้อมูลที่เก็บมาในตำแหน่ง 20H กับข้อมูลใน A
```

2.4.4.4 Indirect Addressing

การอ้างแบบนี้เป็นการอ้างตำแหน่งโดยทางอ้อม ซึ่งจะใช้รีจิสเตอร์ R0 และ R1 เป็นตั้งชี้ข้อมูลโดยการเขียนรหัส Mnemonic จะใช้เครื่องหมาย @ นำหน้า เช่น

```
MOV A , @ R0
```

การเขียนแบบนี้ หมายความว่า ย้ายข้อมูลจากตำแหน่งที่ R0 ชี้อยู่มาเก็บในรีจิสเตอร์ A ถ้าในรีจิสเตอร์ R1 เก็บค่า 40H และในตำแหน่ง 40H ของหน่วยความจำภายในเก็บค่า 55H เอาไว้แล้ว เขียนคำสั่งได้ดังนี้

```
MOV A , @ R1
```

ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นการนำค่า 55H ไปใส่ในรีจิสเตอร์ A

2.4.4.5 Immediate Addressing

วิธีเป็นการกำหนดค่าของข้อมูลโดยตรง โดยจะใช้เครื่องหมาย # นำหน้าตัวเลข ตัวอย่างเช่น

```
MOV A , #12
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการกำหนดค่า 12 ให้กับรีจิสเตอร์ A หรือค่า 0CH ในระบบเลขฐานสิบหก ถ้าจะกำหนดเป็นเลขฐานสิบหกจะต้องใส่ตัว H ด้วย

2.4.4.6 Relative Addressing

การอ้างตำแหน่งแบบนี้มักจะใช้กับคำสั่งกระโดด SJMP โดยค่า Relative Addressing (Offset) จะมีขนาด 8 บิต ซึ่งสามารถกระโดดกลับหลังหรือไปข้างหน้าได้ -128 ถึง +127 ตำแหน่ง เป็นชุดคำสั่ง ที่มีขนาด 2 byte

2.4.4.7 Absolute Addressing

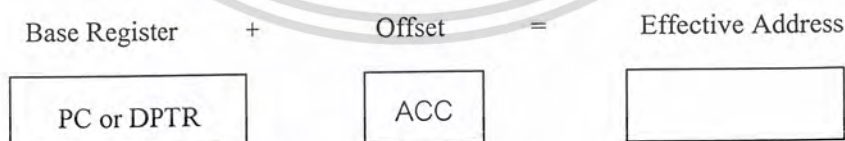
เป็นการอ้างตำแหน่งเมื่อคำสั่ง ACALL และ AJMP ซึ่งเป็นคำสั่งที่มีขนาด 2 ไบต์ โดยตำแหน่งที่จะกระโดดอยู่ในช่วง 2K ตำแหน่ง ซึ่งจะใช้หน่วยความจำในการเก็บตำแหน่ง 11 บิต โดยในไบต์ของ Opcode จะเก็บค่า A8 – A10 ส่วนไบต์ที่ 2 จะเก็บค่า A0 – A7

2.4.4.8 Long Addressing

เป็นการอ้างตำแหน่งเมื่อทำคำสั่ง LCALL และ LJMP โดยชุดคำสั่งนี้ใช้เนื้อที่เก็บ 3 ไบต์ โดยไบต์ที่ 2 และ 3 ใช้ในการอ้างตำแหน่งขนาด 16 บิต ซึ่งเท่ากับ 64K byte การอ้างตำแหน่งแบบนี้สามารถอ้างได้ตลอดที่ MCS-51 มีหน่วยความจำภายนอกต่ออยู่

2.4.4.9 Indexed Addressing

การอ้างตำแหน่งแบบนี้เป็นการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกในลักษณะการเปิดตาราง โดยใช้รีจิสเตอร์พิเศษ (Program Counter หรือ Data Pointer) เป็นตัวชี้ตำแหน่งเริ่มต้นและบวกด้วยค่า Offset ซึ่งเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ A (Accumulator) ซึ่งจะใช้กับชุดคำสั่ง MOVC หรือ JMP คำสั่งที่อ้างตำแหน่งแบบนี้จะมีลักษณะดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.15 การอ้างตำแหน่งแบบ Indirect Addressing

ตัวอย่างเช่น

MOVC A , @ A+PC

เป็นการอ้างข้อมูลจากตำแหน่งที่ PC ซึ่งอยู่บวกกับค่าใน A มาเก็บในรีจิสเตอร์ A ถ้า PC ซึ่งอยู่ที่ 1000H และ A = 3 จะเป็นการอ่านค่าจากตำแหน่ง 1003H มาเก็บในรีจิสเตอร์ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 ประเภทของชุดคำสั่ง

ใน MCS-51 จะแบ่งชุดคำสั่งได้ 5 ประเภท ดังนี้

Arithmetic

Logical

Data Transfer

Boolean Variable

Program Branching

ในที่นี้จะแสดงตารางของชุดคำสั่งต่างๆพร้อมทั้งบอกว่าคำสั่งนั้นๆใช้อ้างแอดเดสแบบใด และแต่ละคำสั่งใช้เวลาในการทำงาน (Execution Time) เท่าใด

2.4.5.1 ชุดคำสั่งทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Instruction)

เป็นกลุ่มคำสั่งที่ทำงานด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งจะเกี่ยวกับรีจิสเตอร์ A และมักจะใช้รีจิสเตอร์ A เก็บผลลัพธ์ เช่น คำสั่ง ADD A คำสั่งนี้จะอ้างตำแหน่งได้หลายแบบ เช่น

ADD A , 7FH (Direct Addressing)

ADD A , @R0 (Indirect Addressing)

ADD A , R7 (Register Addressing)

ADD A , #35H (Immediate Addressing)

ตารางที่ 2.10 แสดงชุดคำสั่งทางคณิตศาสตร์

Mnemonic	Poeration	Addressing Modes				Execution Time
		Dir	Ind	Reg	Imm	
ADD A , < byte >	$A = A + \text{< byte >}$	X	X	X	X	1
ADDC A , < byte >	$A = A + \text{< byte >} + C$	X	X	X	X	1
SUBB A , < byte >	$A = A - \text{< byte >} - C$	X	X	X	X	1
INC A	$A = A + 1$	Accumation Only				1
INC < byte >	$\text{< byte >} = \text{< byte >} + 1$	X	X	X		1
INC DPTR	$DPTR = DPTR + 1$	Data Pointer Only				2
DEC A	$A = A - 1$	Accumation Only				1
DEC < byte >	$\text{< byte >} = \text{< byte >} - 1$	X	X	X		1
MUL AB	$B:A = B \times A$	ACC and B Only				4
DIV AB	$A = \text{Int} [A/B]$	ACC and B Only				4
	$B = \text{Mod} [A/B]$					
DA A	Decimal Adjust	Accumation Only				1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งทางคณิตศาสตร์ทุกคำสั่งจะมี 1 Machine Cycle ยกเว้น INC DPTR ใช้ 2 Machine Cycle และคำสั่ง MUL AB และ DIV AB จะใช้ 4 Machine Cycle โดย 1 Machine Cycle จะใช้เวลา 1 μ S ถ้า MCS-51 ทำงานที่ความถี่ 12 MHz ชุดคำสั่งทางคณิตศาสตร์แสดงได้ดังตารางที่ 2.11

นอกจากนี้ MCS-51 ยังมีคำสั่งที่ใช้เพิ่มค่า และลดค่าในหน่วยความจำได้โดยตรง โดยใช้การอ้างตำแหน่งแบบ Direct Addressing เช่น ถ้าหน่วยตำแหน่ง 7FH เก็บ 40H ไว้ ถ้ามีคำสั่ง

INC 7FH

ค่าในหน่วยจำ 7FH จะมีค่าเป็น 41H

สำหรับคำสั่งคูณ เช่น MUL AB จะเป็นการคูณเลขที่อยู่ในรีจิสเตอร์ A กับเลขที่เก็บในรีจิสเตอร์ B ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะมีขนาด 16 บิต โดยจะเก็บค่าไบต์สูงที่รีจิสเตอร์ B และเก็บค่าไบต์ต่ำในรีจิสเตอร์ A ถ้าเป็นคำสั่งหาร เช่น คำสั่ง DIV AB จะเป็นการหารค่าใน A ด้วยค่า B โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเก็บใน A และเศษที่เหลือจะเก็บใน B เช่นถ้าใน A มีค่าเท่ากับ 25(19H) และค่าใน B มีค่าเท่ากับ 6(6H) ถ้าถูกกระทำด้วยคำสั่ง

DIV AB

ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็น 4 เหลือเศษ 1 โดยค่า 4 จะเก็บใน A และ B จะเก็บค่า 1

สำหรับการทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์ กับเลข BCD (Binary – code Decimal) เช่น ADD และ ADDC จะต้องตามด้วยคำสั่ง DA A (Decimal Adjust) เพื่อปรับค่า Binary ให้เป็น BCD เพราะค่า BCD นี้จะถูกปรับค่า ถ้าเลขไบนารีมีค่าเกิน 9 เช่น ถ้าใน A เป็นเลข BCD เก็บค่า 59(59H) เอาไว้ และต้องการบวกกับ 1 จะเขียนได้ดังนี้

ADD A, #1

DA A

ค่าที่ได้ใน A จะเป็น 5A(H) ซึ่งจะต้องปรับค่าให้เป็น BCD โดยใช้คำสั่ง DA A ค่าใน A จะกลายเป็น 60(60H)

2.4.5.2 ชุดคำสั่งทางลอจิก (Logical Instruction)

MCS-51 มีคำสั่งกระทำทางลอจิกซึ่งจะคล้ายกับ Boolean Operation (AND , OR , Execlutive OR และ NOT) ซึ่งสามารถกระทำแบบ ไบต์ต่อไบต์ หรือ บิตต่อบิต ได้ ชุดคำสั่งแสดงได้ดังตารางที่ 2.12

ANL A, #01010011B

ผลลัพธ์ที่ได้จะเก็บไว้ใน A คือ 00010001B ชุดคำสั่งทางลจิกสามารถอ้างตำแหน่งได้หลายแบบ พิจารณาชุดคำสั่งต่อไปนี้ ซึ่งกระทำการ AND ทางลจิก

ANL A , 55H (Direct Addressing)

ANL A , @R0 (Indirect Addressing)

ANL A , R6 (Register Addressing)

ANL A , #33H (Immediate Addressing)

คำสั่งทางลจิกส่วนมากจะใช้รีจิสเตอร์ A กับค่าต่างๆและผลลัพธ์ที่ได้เก็บใน รีจิสเตอร์ A

ตารางที่ 2.11 แสดงชุดคำสั่งทางลจิก

Mnemonic	Poeration	Addressing Modes				Executi on Time
		Dir	Ind	Reg	Imm	
ANL A , < byte >	A = A AND < byte >	X	X	X	X	1
ANL < byte > , A	< byte > = < byte > AND A	X				1
ANL < byte > , #Data A	< byte > = < byte > AND #Data	X				2
ORL A , < byte >	A = A OR < byte >	X	X	X	X	1
ORL < byte > , A	< byte > = < byte > OR A	X				1
ORL < byte > , #Data	< byte > = < byte > OR #Data	X				2
XRL A , < byte >	A = A XOR < byte >	X	X	X	X	1
XRL < byte > , A	< byte > = < byte > XOR A	X				1
XRL < byte > , #Data	< byte > = < byte > XOR #Data	X				2
CLR A	A = 00H	Accumution Only				1
CPL A	A = NOT A	Accumution Only				1
RL A	Rotate ACC Left 1 bit	Accumution Only				1
RLC A	Rotate Left Through Carry	Accumution Only				1
RR A	Rotate ACC Right 1 bit	Accumution Only				1
RRC A	Rotate Right Through Carry	Accumution Only				1
DA A	Swap Nipples in A	Accumution Only				1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5.3 กลุ่มคำสั่งการโอนย้ายข้อมูล (Data Transfer Instruction)

การโอนย้ายข้อมูลสามารถแบ่งตามที่จะติดต่อดังนี้

หน่วยความจำภายใน (Internal RAM)

หน่วยความจำภายนอก (External RAM)

การเปิดตาราง (Look – up Tables)

1. หน่วยความจำข้อมูลภายใน การโอนข้อมูลของหน่วยความจำภายในจะใช้ 1 หรือ Machine Cycle รูปแบบของคำสั่งจะเป็น

MOV < Destination > , < Source >

โดยจะเป็นการย้ายข้อมูลของ 2 ตำแหน่งจากหน่วยความจำภายใน หรือในรีจิสเตอร์พิเศษ สามารถอ้างตำแหน่งได้หลายวิธี ดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว

ตารางที่ 2.12 แสดงชุดคำสั่งการโอนย้ายข้อมูลระหว่างหน่วยความจำภายใน

Mnemonic	Poeration	Addressing Modes				Execut ion Time
		Dir	Ind	Reg	Im m	
MOV A , < src >	A = <scr >	X	X	X	X	1
MOV < dest > , A	< dest > = A	X	X	X		1
MOV < dest > , < src >	< dest > = < src >	X	X	X	X	2
MOV DPTR, # Data16	DPTR = 16 – bit Immediate Constant				X	2
PUSH <src>	INC SP : MOV “ @SP “ : < src >	X				2
PUSH < dest >	MOV < dest > , “ @SP “ : DEC SP	X				2
XCH A , < byte >	ACC and < byte > Exchange Data	X	X	X		1
XCHD A , @Ri	ACC and @Ri Exchange Low Nibbles		X			1

2. หน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Ram) เป็นการย้ายข้อมูลระหว่างหน่วยความจำข้อมูลภายในกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ใช้การอ้างตำแหน่งแบบ Indirect Addressing โดยใช้ @Ri เป็นตัวชี้ตำแหน่ง หรือใช้ @DPTR เป็นตัวชี้ซึ่งจะอ้างตำแหน่งแบบ 16 บิตหรืออ้างได้ 64 K เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย้ายข้อมูลระหว่างหน่วยความจำภายนอกจะใช้เวลา 2 Machine Cycles และใช้รีจิสเตอร์ A เป็น source หรือ destination โดยใช้คำสั่งคือ MOVX การติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกจะต้องใช้ สัญญาณ RD และ WR

ตารางที่ 2.13 ชุดคำสั่งโอนย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์ A และหน่วยความจำภายนอก

Address Width	Mnemonic	Operation	Execution Time
8 bits	MOVX A,@Ri	Read External Ram @Ri	2
8 bits	MOVX @Ri,A	Write External Ram @Ri	2
16 bits	MOVX A,@DPTR	Read External Ram @DPTR	2
16 bits	MOVX @DPTR,A	Write External Ram @DPTR	2

3.การเปิดตาราง (Look up Tables) ชุดคำสั่งของการเขียนโปรแกรมแบบเปิดตารางแสดงได้ ดังตารางที่ 2.15

ตาราง 2.14 คำสั่งแบบเปิดตาราง

Mnemonic	Operation	Execution Time
MOVC A,@A+DPTR	Read Pgm Memory at (A+DPTR)	2
MOVC A,@A+PC	Read Pgm Memory at (A+PC)	2

การเขียนโปรแกรมแบบเปิดตารางนั้นจะใช้ DPTR หรือ PC ในการอ้างตำแหน่ง และใช้รีจิสเตอร์ A เป็น offset เช่น คำสั่ง

MOVC A,@A+DPTR

โดยค่าของ DPTR จะชี้ที่ตำแหน่งเริ่มต้นของตาราง และค่ารีจิสเตอร์ A เป็นค่า offset ถ้า DPTR มีค่า 2000H และ A มีค่า 08H จะเป็นการอ่านค่าจากตำแหน่ง 2008H มาเก็บใน A

2.4.6 บูลีนอินสตรัคชัน (Boolean Instruction)

ประกอบด้วยชุดคำสั่ง Set, Clear, Complement, Or และ And เป็นคำสั่งที่ทำงานในระดับ

บิต

ตาราง 2.15 ชุดคำสั่ง Boolean

Mnemonic	Operation	Execution Time
ANL C, bit	$C = C \text{ AND bit}$	2
ANL C, /bit	$C = C \text{ AND (NOT bit)}$	2
ORL C, bit	$C = C \text{ OR bit}$	2
ORL C, /bit	$C = C \text{ OR (NOT bit)}$	2
MOV C, bit	$C = \text{bit}$	1
MOV bit, C	$\text{Bit} = C$	2
CLR C	$C = 0$	1
CLR bit	$\text{Bit} = 0$	1
SETB C	$C = 1$	1
SETB bit	$\text{Bit} = 1$	1
CPL C	$C = \text{NOT } C$	1
CPL bit	$\text{Bit} = \text{NOT bit}$	1
JC Rel	Jump if $C = 1$	2
JNC Rel	Jump if $C = 0$	2
JB bit,Rel	Jump if bit = 1	2
JNB bit,Rel	Jump if bit = 0	2
JBC bit,Rel	Jump if bit = 0; CLR bit	2

2.4.7 ชุดคำสั่งกระโดดเรียกโปรแกรมย่อย

เป็นชุดคำสั่งที่ให้โปรแกรมกระโดดข้ามไปทำงานยังตำแหน่งต่าง ๆ แบ่งเป็นชุดคำสั่งกระโดด และชุดคำสั่งเรียกโปรแกรมย่อย

2.4.7.1 ชุดคำสั่งกระโดด เป็นคำสั่งที่ให้โปรแกรมกระโดดไปทำงานที่ตำแหน่งที่กำหนด แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ กระโดดแบบมีเงื่อนไขและกระโดดแบบไม่มีเงื่อนไข

1. คำสั่งกระโดดแบบไม่มีเงื่อนไข ประกอบด้วยคำสั่ง AJMP LJMP SJMP ซึ่งขนาดตำแหน่งที่สามารถกระโดดได้ ได้กล่าวแล้วที่หัวข้อ 2.3.1

2. คำสั่งกระโดดแบบมีเงื่อนไข เป็นคำสั่งที่จะมีการตรวจสอบเงื่อนไขก่อนทำคำสั่ง ถ้าไม่จริงจะทำคำสั่งถัดไป ชุดคำสั่งเหล่านี้ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JZ Rel *Jump on Zero* ถ้าค่าในรีจิสเตอร์ A เป็น 0 จะกระโดดไปตำแหน่ง Rel

JNZ Rel *Jump on not Zero* ถ้าค่าในรีจิสเตอร์ A ไม่เป็น 0 จะกระโดดไปตำแหน่ง Rel

DJNZ <byte>, Rel *Decrease Jump not Zero* จะทำการลดค่าใน byte ลง 1 และกระโดดไปตำแหน่ง Rel ถ้าค่าใน byte ยังไม่เป็น 0

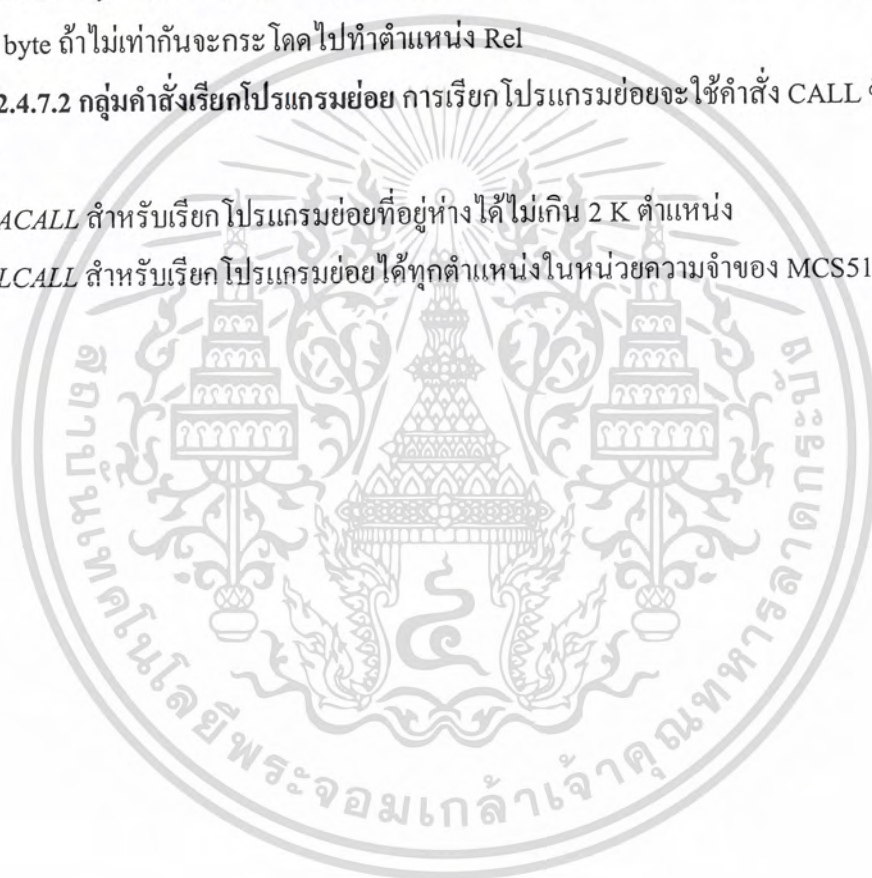
CJNE A, <byte>, Rel *Compare Jump not Equal* จะทำการเปรียบเทียบค่าในรีจิสเตอร์ A กับใน byte ถ้าไม่เท่ากันจะกระโดดไปตำแหน่ง Rel

CJNE <byte>, #Data, Rel *Compare Jump not Equal* จะทำการเปรียบเทียบข้อมูล #Data กับค่าใน byte ถ้าไม่เท่ากันจะกระโดดไปตำแหน่ง Rel

2.4.7.2 กลุ่มคำสั่งเรียกโปรแกรมย่อย การเรียกโปรแกรมย่อยจะใช้คำสั่ง CALL ซึ่งมี 2 คำสั่งคือ

ACALL สำหรับเรียกโปรแกรมย่อยที่อยู่ห่างได้ไม่เกิน 2 K ตำแหน่ง

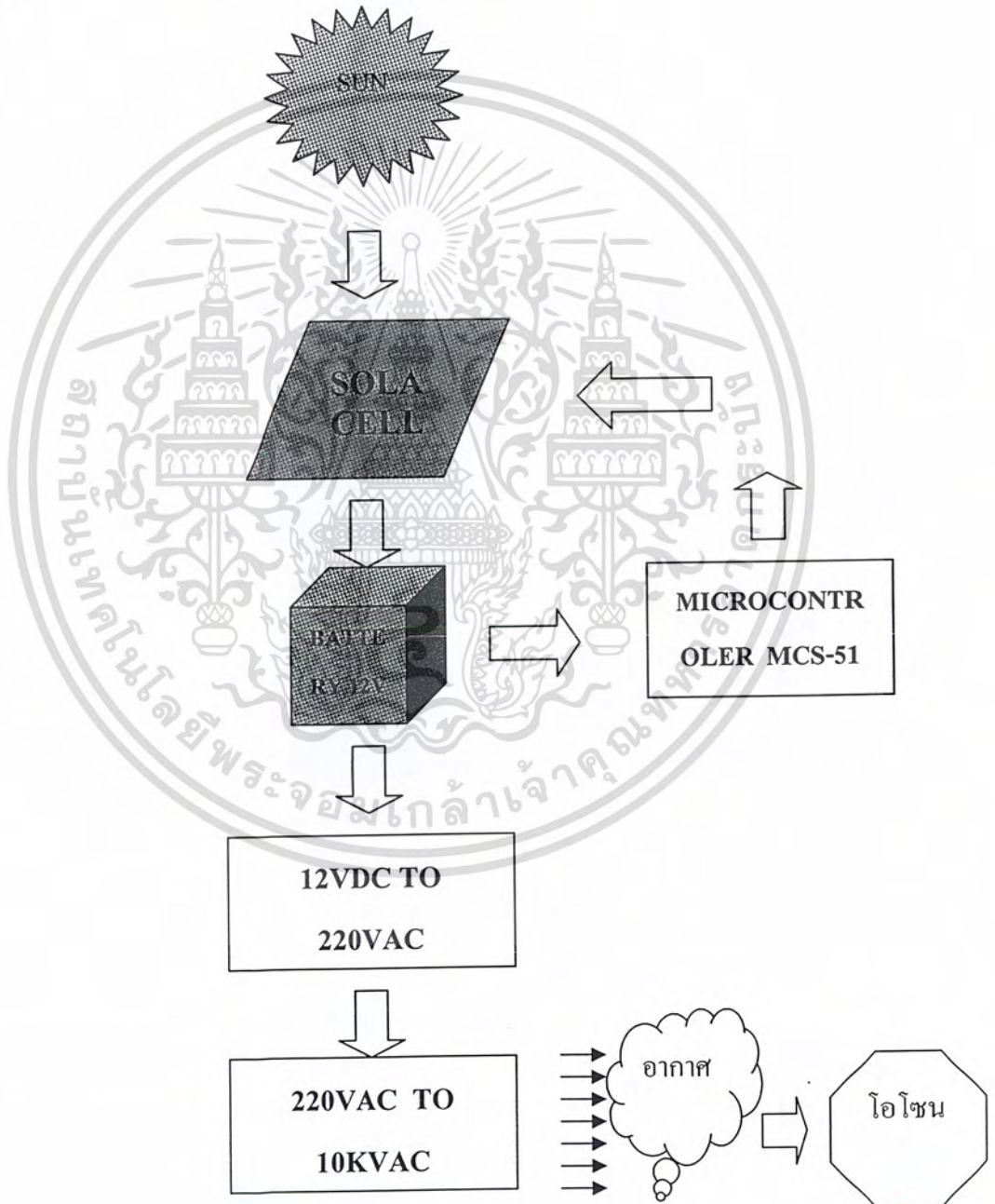
LCALL สำหรับเรียกโปรแกรมย่อยได้ทุกตำแหน่งในหน่วยความจำของ MCS51



บทที่ 3

แนวทางการพัฒนาและการออกแบบ

ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไอโซนพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์แบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่ควบคุมการหมุนของแผงโซลาร์เซลล์ และส่วนที่ผลิตก๊าซไอโซนดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 หลักการทำงาน

เมื่อเริ่มการทำงานของเครื่อง จะถือว่าเป็นการเริ่มต้นนับเวลาไปจากนี้ไปจนครบ 12 ชั่วโมง ตามทฤษฎีที่กล่าวเอาไว้ในบทที่ 2 หลังจากนั้น ทุกๆ 3 นาทีมอเตอร์หมุน 1 ครั้ง เพื่อเปลี่ยนไปตาม ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่เปลี่ยนตามไปด้วย จนเลื่อนอย่างนี้ไปเรื่อยๆและเมื่อครบ 12 ชั่วโมง หรือ จนกระทั่งแผง โซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ไปแตะสวิทช์ที่ติดตั้งไว้ทางทิศตะวันตก หลังจากนั้นเครื่องจะรอ จนกว่าจะครบ 12 ชั่วโมงในช่วงกลางคืน แล้วแผงโซลาร์เซลล์จะหมุนกลับมาด้านทิศตะวันออก จนแตะสวิทช์อีก 1 ตัวเพื่อเริ่มนับเวลาและเริ่มการทำงานอีกรอบ และจะวนอย่างนี้ไปทุกๆวัน

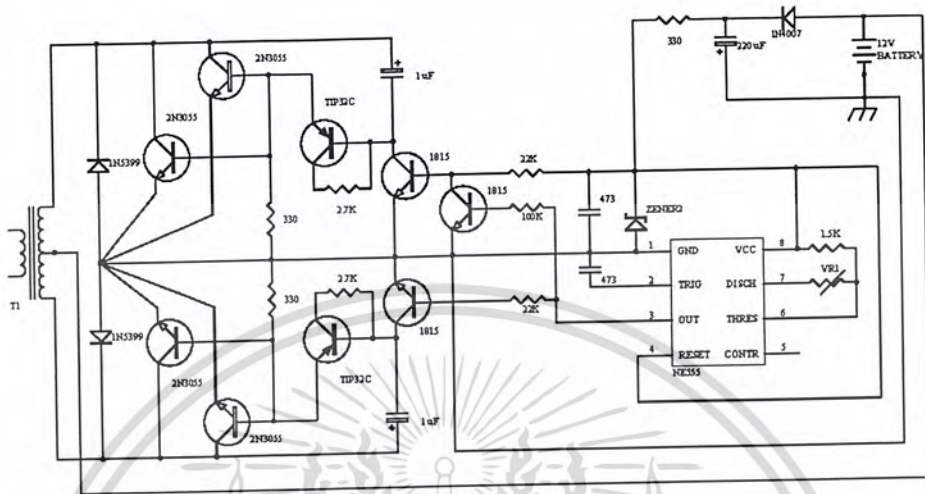
แผงโซลาร์เซลล์ที่เคลื่อนตามทิศทางของดวงอาทิตย์จะทำให้สามารถเก็บสะสมพลังงานได้ สูงสุดในแต่ละวัน แล้วจะถูกเก็บพลังงานไว้ที่แบตเตอรี่ในรูปแบบของไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นจะถูกแปลงพลังงานจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และทวีคูณแรงดันขึ้นไปเรื่อยๆด้วย วงจรทวีคูณแรงดัน จนเกิดไฟฟ้าแรงดันสูงประมาณ 10 กิโลโวลต์ ออกที่ปลายอิเล็กโตรด และทำปฏิกิริยากับอากาศด้วยการแตกตัวของอากาศ(O_2) ที่ผ่านเข้ามา แล้วมารวมตัวกันอีกครั้งจึงทำให้เกิดก๊าซโอโซนขึ้นมาได้

3.2 วงจรอินเวอร์เตอร์

ทำหน้าที่แปลงแรงดันจากไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้รับจากแบตเตอรี่ เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งมีส่วนประกอบหลักๆอยู่ดังนี้

วงจรอะอสเตเบิลิตีไวนเวอร์เตอร์ จะทำหน้าที่ผลิตความถี่ 50 Hz ออกมา ความถี่ที่ออกมานี้ จะถูกกำหนดโดยค่า R กับค่า C ในวงจร โดยหาได้จากสมการ (3.1)

$$F = \frac{1.43}{(Ra + Rb)C} \quad (3.1)$$



รูปที่ 3.2 วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้งานจริง

ทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.1 และวัดรูปสัญญาณที่ได้จากเอาต์พุตของ IC 555 และบันทึกผล จากนั้นทำการวัดสัญญาณที่ออกมาจาก เอาต์พุตของวงจรที่หม้อแปลง และบันทึกผล

3.3 วงจรทวีแรงดัน (Voltage multiplier)

ส่วนประกอบของวงจรจะประกอบไปด้วย C1 ถึง C30 และ D1 ถึง D30 โดยขั้นแรกจะป้อนแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ เข้าทางอินพุตของวงจรทวีแรงดัน ซึ่งสามารถคำนวณแรงดันที่ออกจากเอาต์พุตได้จาก

$$V_{out} = V_m \times \text{จำนวนชุดของตัวเก็บประจุและไดโอด}$$

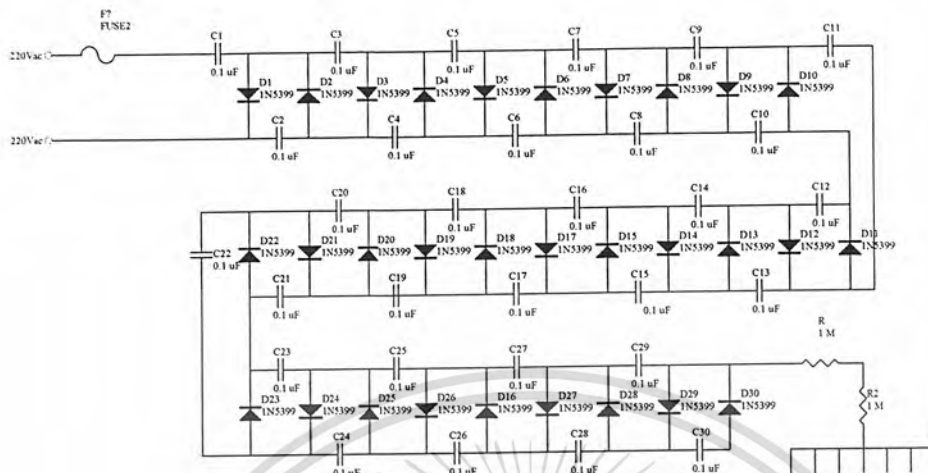
$$\text{โดยที่ } V_m = \text{แรงดันสูงสุด} = \text{แรงดันที่ใช้งานจริง} \times \sqrt{2}$$

$$= 220V \times \sqrt{2} = 311 V$$

$$\text{จำนวนชุดของตัวเก็บประจุและไดโอด} = 30 \text{ ชุด}$$

$$V_{out} = 311V \times 30 = 9330 V$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรทวิแรงดัน

ในขั้นตอนนี้เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดเพราะว่าในส่วนนี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเลือกอุปกรณ์ที่มีคุณภาพดี และต้องเลือกเป็นพิเศษเพราะว่าถ้าหากอุปกรณ์คุณภาพไม่ดีแล้ววงจรจะไม่ทำงานเลย เพราะถ้าอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งเกิดเสีย ไม่ว่าจะเป็นกรณีตัวเก็บประจุตัวใดตัวหนึ่งชอร์ตรั่ว หรือ ไดโอดขาดแล้ว แรงดันของวงจรจะตกลง จนไม่สามารถใช้งานได้เลย

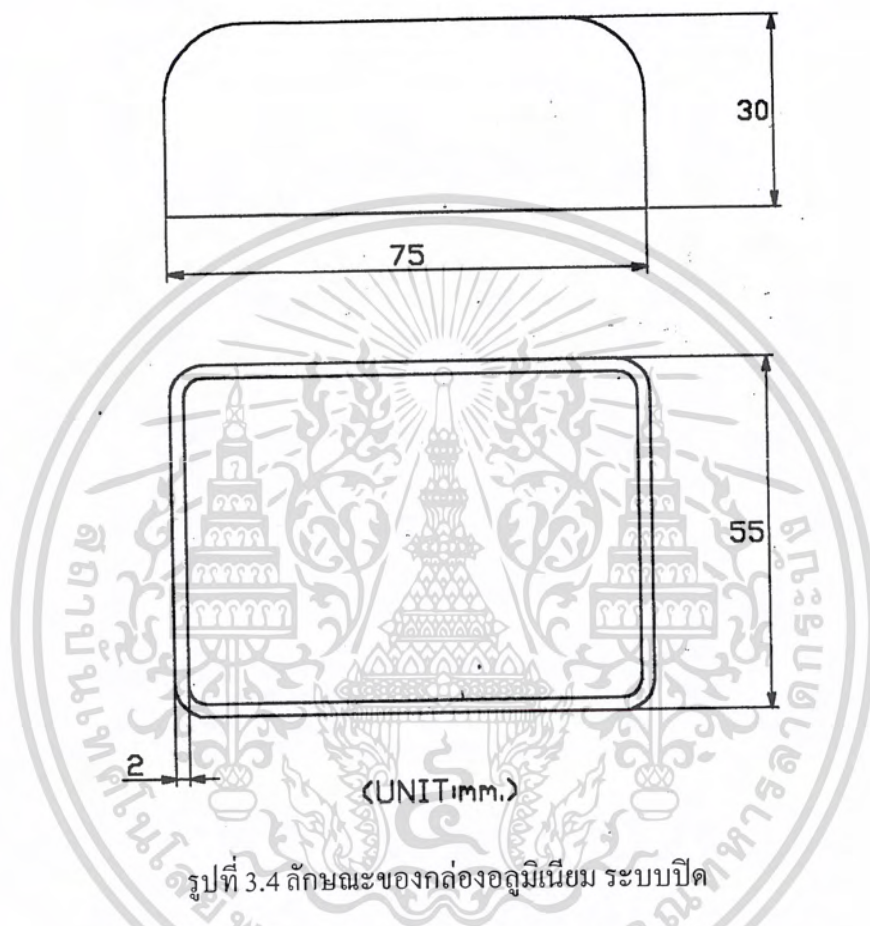
ตัวเก็บประจุที่สามารถใช้ได้จะต้องสามารถทนแรงดันสูงสุดได้มากกว่า 2 เท่าของแรงดันสูงสุด และไดโอดจะต้องทนกระแสได้ตั้งแต่ 1 แอมป์ขึ้นไป และทนแรงดันย้อนกลับได้ 1000 โวลต์ ทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าแรงดันสูง

3.4 โครงสร้างของกล่องระบบปิด

เตรียมกล่องอลูมิเนียมขนาด 55 x 75 x 30 มิลลิเมตร และหนา 2 มิลลิเมตร ไปเคลือบภายใน 1 ชั้นด้วยซิลิโคนหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร จากนั้นนำแผ่นวงจรทวิแรงดันที่เตรียมไว้ใส่เข้าไปข้างใน ทากาวตามขอบเพื่อยึดให้ตำแหน่งของแผ่นวงจรอยู่ในระดับที่ต้องการ ต่อแกนเหล็กที่ตำแหน่งไฟเลี้ยงวงจร 2 ขา และ อีก 2 ขาสำหรับล๊อคติดกับแผ่นวงจรที่ถูกออกแบบมาให้ยึดเข้ากับกล่อง และขั้นตอนสุดท้ายคือ ใช้ซิลิโคนปิดทับทั้งหมดให้เกิดเป็นระบบปิด โดยเหลือให้เห็นเฉพาะตำแหน่ง ลมเข้า และออกจากปัดลม เท่านั้น จากนั้นนำไปพันสีเคลือบทั้งตัวเพื่อป้องกันอันตรายจากการสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

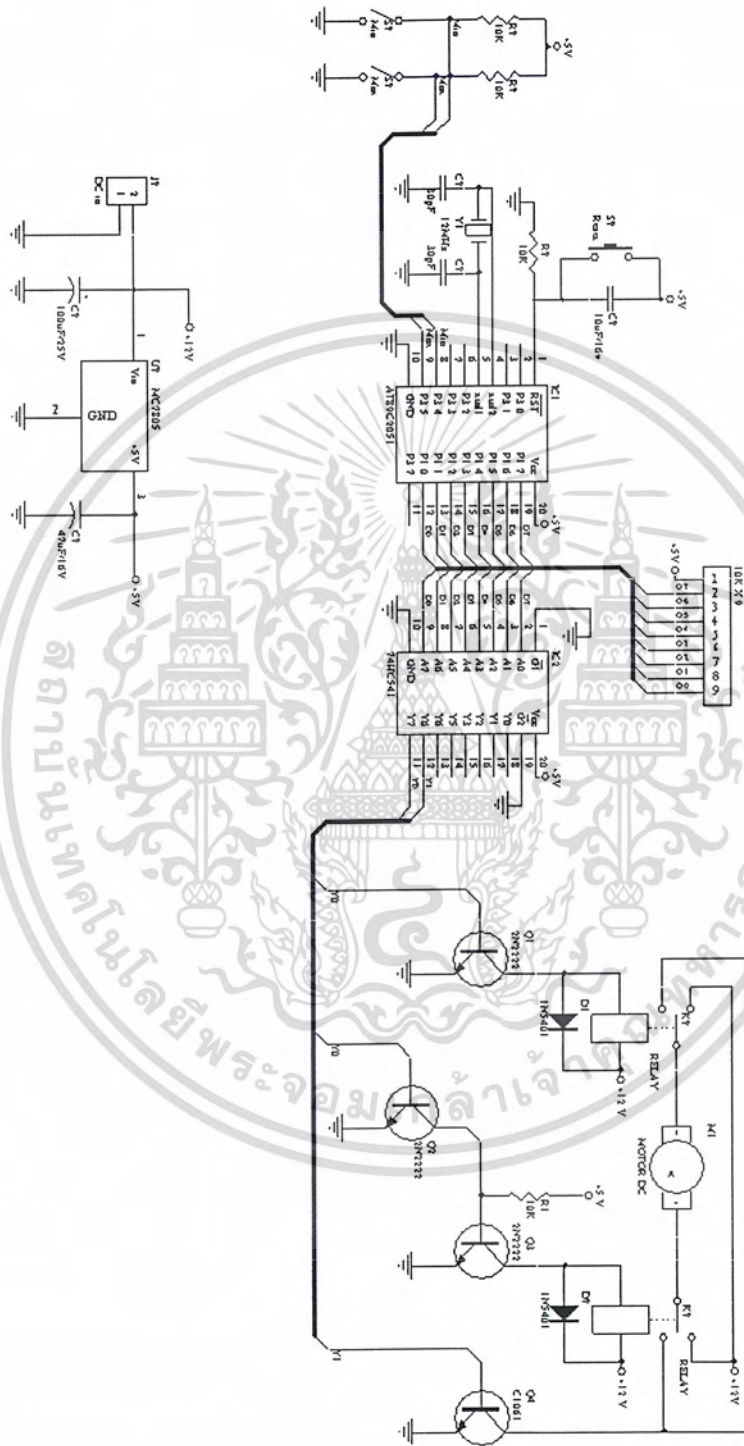
ข้อดีของระบบปิดคือปริมาณ โอโซนที่สังเคราะห์ได้ทั้งหมดจะผ่านลมออกมาไปถึง ตำแหน่งที่ต้องการใช้งาน โดยไม่สูญเสียไปในบรรยากาศ ทำให้ได้ปริมาณ โอโซนที่ผลิตได้ทั้งหมด ไปใช้งาน และเกิดประสิทธิภาพสูงสุดด้วย



รูปที่ 3.4 ลักษณะของกล่องอคูมิเนียม ระบบปิด

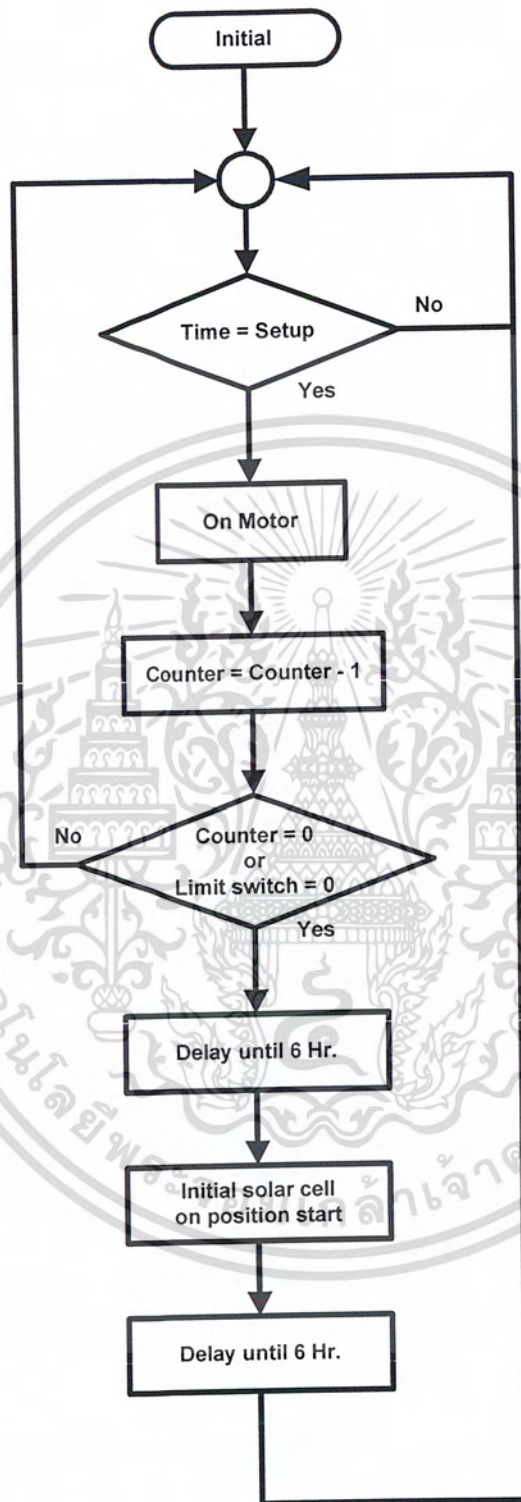
3.5 วงจรส่วนควบคุมมอเตอร์

ทำหน้าที่ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ และ ควบคุมเวลาในการทำงานของเครื่องติดตาม ดวงอาทิตย์ โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้าช่วยในการควบคุมทั้งหมด ซึ่งมีวงจรควบคุม ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.5 วงจรควบคุมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของส่วนควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วิธีการวัดและตรวจสอบหาปริมาณไอโชน

การวัดปริมาณ ไอโชนที่ใช้ในโครงการนี้ใช้วิธีที่เรียกว่า Iodometric Method มีหลักการคร่าว ๆ คือ ใช้สาร โปแตสเซียมไอโอไดด์ (Potassium iodide, KI) ทำหน้าที่เก็บก๊าซ ไอโชน และนำสารที่ได้มาทำการไทเทรต (Titrate) กับ โซเดียมไทโอซัลเฟต (Sodium thiosulfate, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) จะได้ปริมาณสารเคมีที่ใช้ไปแทนค่าในสูตรเพื่อหาปริมาณ ไอโชนต่อไป

การไทเทรต Titrimetric analysis เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณสาร หรือความเข้มข้นของสารละลาย โดยนำเอาสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์มาทำปฏิกิริยากับสารที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน ซึ่งเรียกว่าสารละลายมาตรฐาน (Standard solution) ปกติสารละลายมาตรฐานจะบรรจุในอุปกรณ์มาตรฐานที่เรียกว่า บิวเรต (buret) ส่วนสารที่นำมาวิเคราะห์ ซึ่งทราบปริมาตรแล้วบรรจุในขวดรูปกรวย ซึ่งขบวนการหยดสารละลายมาตรฐานจากบิวเรตไปในขวดรูปกรวย จนกระทั่งสารทั้งสองทำปฏิกิริยากันสมบูรณ์พอดี เรียกว่า การไทเทรต (Titration) จุดที่สารทำปฏิกิริยากันสมบูรณ์พอดี เรียกว่า จุดสมมูล (equivalence point)

จากความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน และการวัดปริมาณที่แน่นอนของสารที่เข้าทำปฏิกิริยากัน แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณ หรือ ความเข้มข้นของสารละลาย

ในการไทเทรตนั้นสามารถหาจุดที่ใกล้เคียงกับจุดสมมูลมากที่สุดได้ โดยการสังเกตการเปลี่ยนสีของสารละลาย ซึ่งจุดที่สารละลายเปลี่ยนสีไปนี้เรียกว่าจุดยุติ (end point)

3.6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- | | |
|---|-------|
| 1. ขวดรูปชมพู่ (Flask) 250 ml | 6 ใบ |
| 2. บีกเกอร์ (biger) 250 ml | 6 ใบ |
| 3. ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml, 250 ml, 1000 ml อย่างละ | 2 ใบ |
| 4. กระบอกตวง 50 ml | 1 ใบ |
| 5. ปิเปต 2 ml, ลูกยาง, กระบอกน้ำกลั่น, บิวเรต 50 ml อย่างละ | 1 อัน |

3.6.2 สารเคมีและการเตรียมสารเคมี

1. สารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI)
เตรียมสารโปแตสเซียมไอโอไดด์ ปริมาณ 20 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 L
2. กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid, H_2SO_4) เข้มข้น 1 M
3. สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตมาตรฐาน (Standard sodium thiosulfate titrant, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), 0.1 M
เตรียมสารโซเดียมไทโอซัลเฟต ปริมาณ 25 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตมาตรฐาน 0.005 M

ทำให้สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตเจือจางลงให้เหลือเป็นสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตมาตรฐาน 0.005 M โดยการนำสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตมาตรฐาน 0.1 M ที่เตรียมไว้ปริมาณ 50 ml มาทำเจือจางกับน้ำกลั่น 1000 ml

5. น้ำแป้ง (Starch indicator solution) ต้มน้ำให้เดือดแล้วใส่แป้งมันปริมาณ 5 กรัม ลงไปคนไปเรื่อย ๆ จะเป็นเนื้อเดียว กันจึงทิ้งไว้ให้เย็น

3.6.3 กระบวนการทดสอบหาปริมาณไอโชน

- นำสารละลายโปตัสเซียมไอโอไดค์แบ่งปริมาณ 100 mL ใส่ในขวดบิกเกอร์ขนาด 250 mL แล้วนำไปผ่านไอโชนจากเครื่องกำเนิดไอโชนเป็นเวลา 10 นาที
- นำสารละลายโปตัสเซียมไอโอไดค์ที่ผ่านไอโชนมาแล้วมาเติมกรดซัลฟูริกปริมาณ 5 mL เพื่อปรับค่าพีเอช (pH) ให้ต่ำลง
- ทำการไทเทรตสารละลายจากข้อ 2 ด้วย สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตมาตรฐาน 0.005 M จนสารละลายเปลี่ยนสีเป็นสีฟางข้าวจึงใส่แป้งลงไปเพื่อทำหน้าที่เป็นอินดิเคเตอร์บอกจุดยุติที่แน่นอน
- ไทเทรตสารละลายต่อจนกลายเป็นสารละลายใสจึงหยุด แล้วทำการอ่านค่าที่ได้จากบิวเรตและบันทึกปริมาณสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไป จากกระบวนการนี้ค่าที่อ่านได้จากบิวเรต ก็คือค่า A นำไปแทนค่าในสูตร (2.3)
- นำสารละลายโปตัสเซียมไอโอไดค์ที่ยังไม่ผ่านไอโชนมาปริมาณ 100 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL แล้วทำกระบวนการไทเทรตดังข้อ 2 – 4 ทำการวัดปริมาณสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ จากกระบวนการนี้ค่าที่อ่านได้จากบิวเรต ก็คือค่า B นำไปแทนค่าในสูตร (2.3)
- แทนค่าในสูตร

$$mgO_3/L = \frac{(A - B) \times M \times 24000}{mLsample} \quad (3.1)$$

A = mL ของไทเทรนต์ (Titrant) สำหรับสารตัวอย่าง (Sample) ค่าที่บันทึกจากข้อ 4

B = mL ของไทเทรนต์สำหรับแบลงค์ (Blank) ค่าที่บันทึกจากข้อ 5

M = ค่ามาตรฐานของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตมาตรฐานมีค่า 0.005

7. ทำการบันทึกผลการทดลอง และทำการวิเคราะห์ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

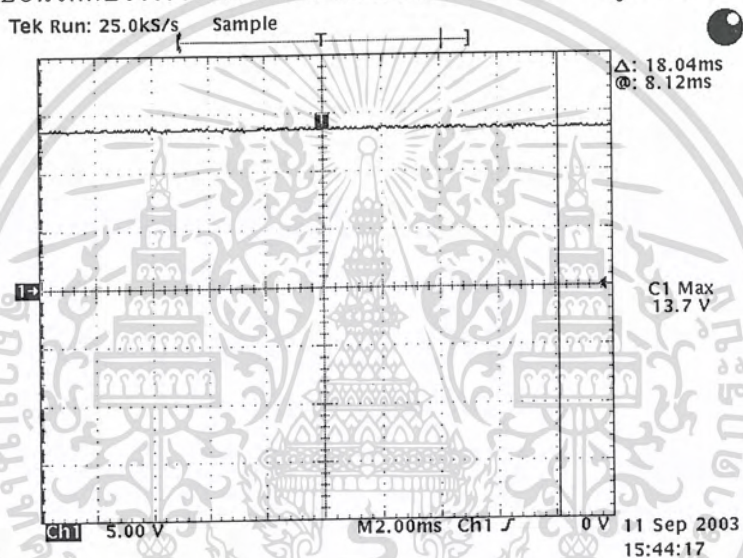
บทที่ 4

ผลการทดลอง

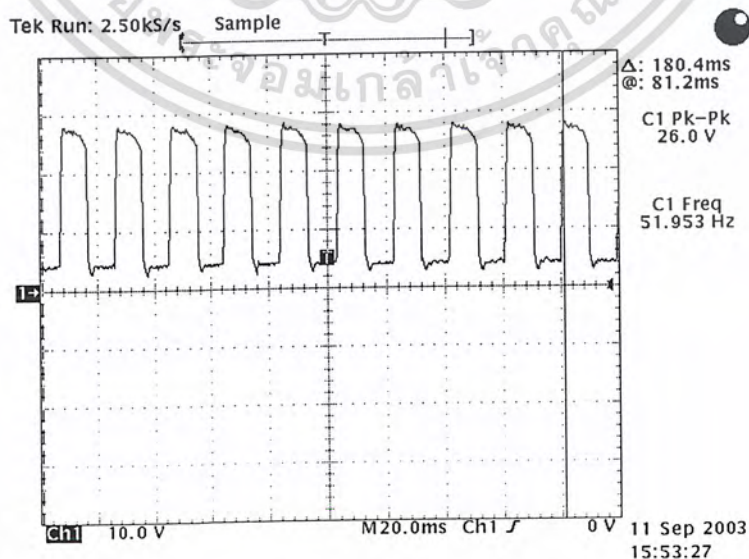
4. ผลการทดลอง

4.1 การทดลองวงจรผลิตโอโซน

ในการทดลองเครื่องกำเนิดโอโซนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ จะเริ่มวัดสัญญาณจากระดับแรงดันอินพุตที่ป้อนให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์ ซึ่งได้มาจากแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 4.1

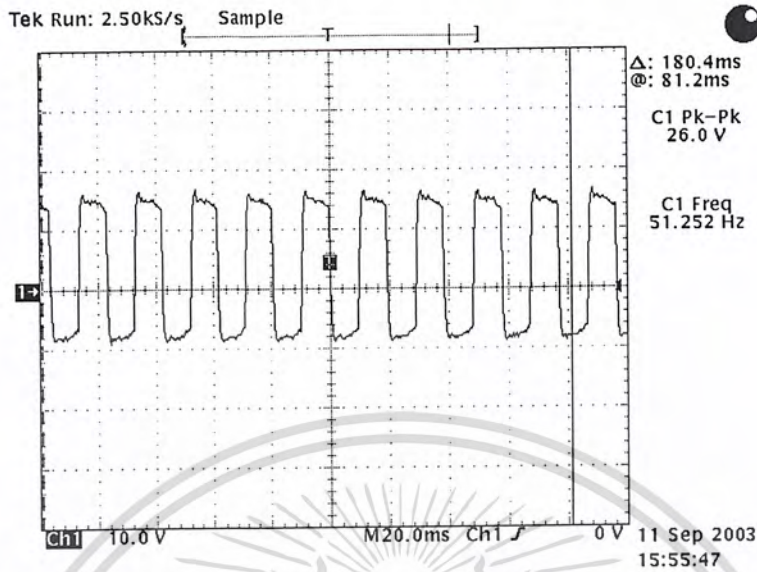


รูปที่ 4.1 สัญญาณอินพุตที่ได้มาจากแบตเตอรี่ 13.7 โวลต์

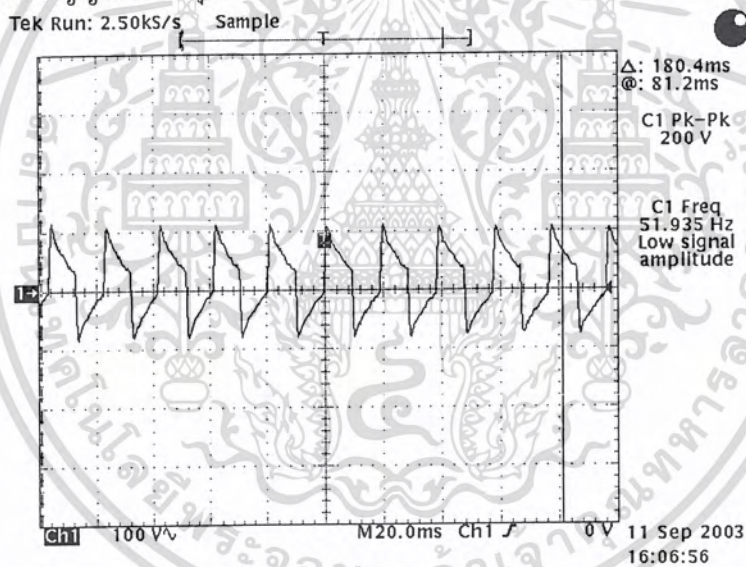


รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาต์พุตจากวงจรอินเวอร์เตอร์และผลิตความถี่ออกมาประมาณ 50 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 สัญญาณเข้าที่พุ่มจากวงจรอินเวอร์เตอร์และผลิตความถี่ออกมาประมาณ 50 Hz



รูปที่ 4.4 สัญญาณเข้าที่พุ่มที่ป้อนให้วงจรผลิตโอโซนประมาณ 200 V 50 Hz

ผลการวัดสัญญาณที่ได้จากโครงการนี้ สามารถแสดงการวัดและทดสอบได้เพียงส่วนที่เป็น อินพุต และ เอาท์พุตของวงจรอินเวอร์เตอร์เท่านั้นเนื่องจาก สัญญาณของเอาท์พุตของส่วนวงจรผลิตโอโซน จะมีเอาท์พุตเป็นแรงดันสูง ซึ่งทางห้องทดลองไม่มีเครื่องมือวัดระดับแรงดันที่สูงประมาณ 8000 โวลต์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วิธีการทดสอบวัดปริมาณไอโซน

4.2.1 รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

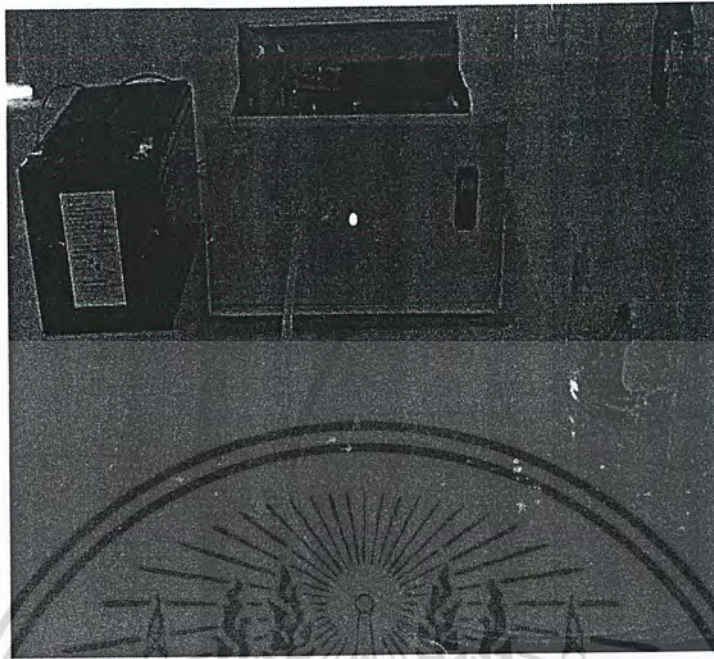
1. เครื่องกำเนิดก๊าซไอโซน
2. สารละลายโปตัสเซียมไอโอไดด์(KI)
3. กรดซัลฟูริก
4. สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต มาตรฐาน 0.005 m ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)



รูปที่ 4.6 รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการวัดปริมาณไอโซน

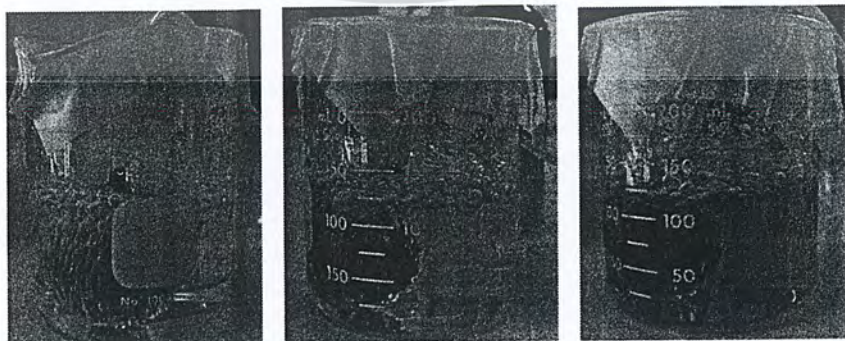
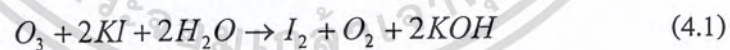
4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมสารละลายโปตัสเซียมไอโอไดด์(KI) 20 กรัมในน้ำกลั่น 1 ลิตร ใส่ในขวดบีกเกอร์ (Biger) ขนาด 250 mL แล้วนำไปผ่านไอโซนจากเครื่องกำเนิดไอโซนเป็นเวลา 10 นาที ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 นำเอาสารละลายโปตัสเซียมไอโอไดด์ (KI) ผ่านไอโชนจากเครื่องกำเนิดไอโชนจากรูปที่ 4.7 นำไอโชนมาผ่านสารละลายโปตัสเซียมไอโอไดด์ หรือที่เรียกกันว่า KI โดยการผ่านในที่นี้ต้องมีลักษณะที่จุ่มลงไปโดยใช้ลูกบอลเป็นตัวช่วยถ่วงน้ำหนัก และช่วยกระจายให้ไอโชนทำปฏิกิริยากับสารละลายให้มากที่สุด แล้วใช้พลาสติกบางใสปิดปากบีกเกอร์อีกทีเพราะต้องทดลองในภาชนะที่ปิดสนิทเป็นเวลา 10 นาที สาเหตุที่ต้องทำลักษณะนี้ก็เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีของไอโชนกับสารละลายโปตัสเซียมไอโอไดด์ได้อย่างเต็มที่

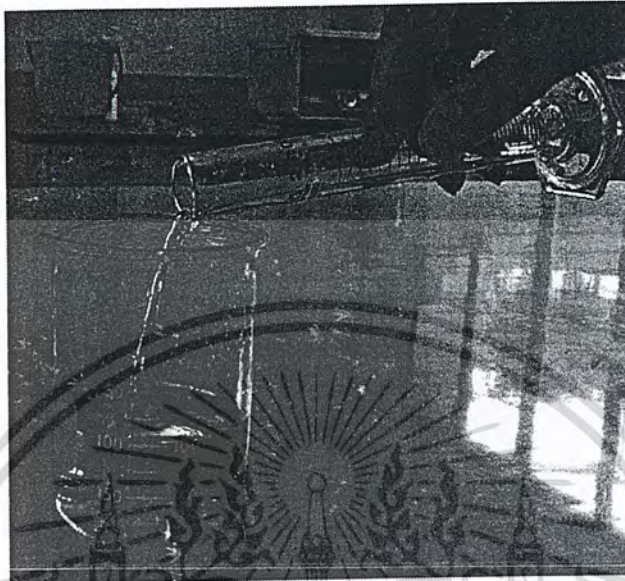
เมื่อผ่านขั้นตอนนี้แล้วไอโชนจะถูกดูดซับในสาร KI ทำให้เรามองเห็นสารละลายเป็นสีเหลืองของไอโอดีนดังรูปที่ 4.8 จะเห็นได้จากสมการ (4.1)



รูปที่ 4.8 ไอโชนทำปฏิกิริยากับสารละลาย KI และเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

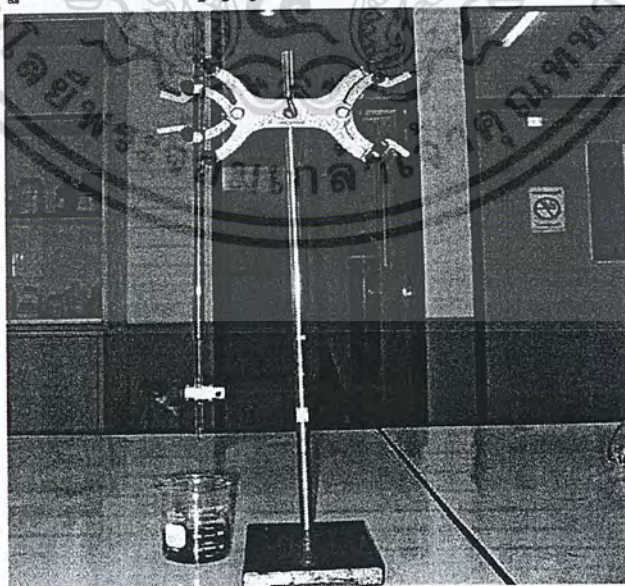
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำซัลฟูริกปริมาณ 5 mL มาเติมลงในสายละลายโปตัสเซียมไอโอไดด์ที่ผ่านไอโซนแล้ว เพื่อทำการปรับค่าพีเอช (pH) ให้ต่ำลง ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 สารโปตัสเซียมไอโอไดด์ที่ผ่าน ไอโซนแล้วมาใส่กรดซัลฟูริก จากรูปที่ 4.9 เราจะทำให้ KI ที่ผ่าน ไอโซนแล้วเป็นกรดด้วยสาร H_2SO_4 เพื่อช่วยให้ไอโซนแตกตัวช้าลง และช่วยให้มีค่า pH mเหมาะสม

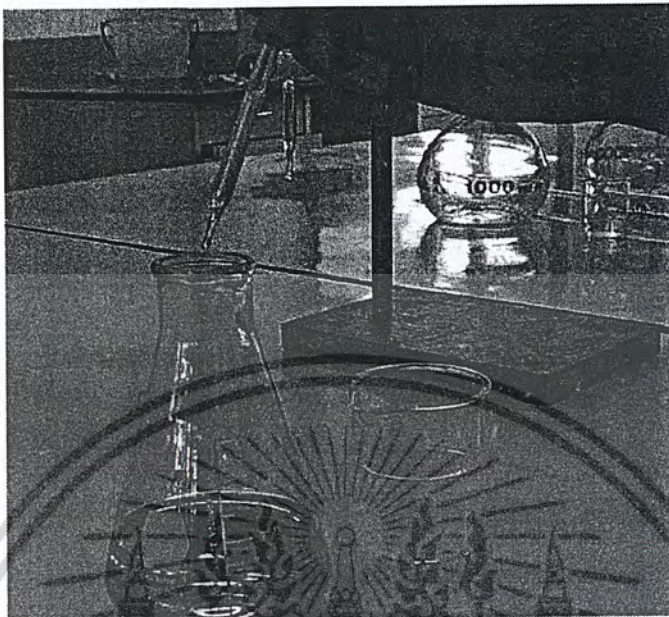
- ทำการไทเทรตสารละลายจากข้อ 2 ด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตมาตรฐาน 0.005 m ($Na_2S_2O_3$)



รูปที่ 4.10 การไทเทรตสารละลายด้วยโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.005 m

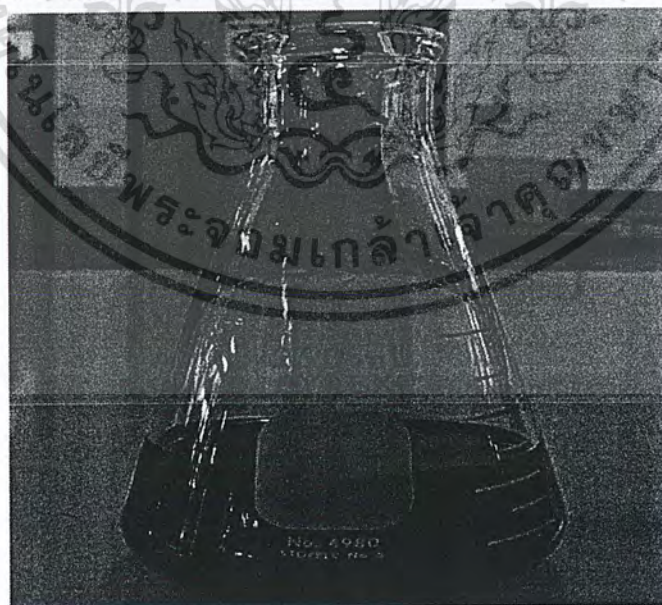
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ใส่ น้ำแข็ง เพื่อทำหน้าที่เป็นอินดิเคเตอร์บอกจุดยุติที่แน่นอน



รูปที่ 4.11 เติม น้ำแข็ง ที่สารละลาย เพื่อบอกจุดยุติที่แน่นอน

จากรูปที่ 4.11 เป็นการเติม น้ำแข็ง ลงในสารละลาย จากการทดลองสังเกตได้ว่าสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลือง ไอโอดีน เป็นสีม่วง ซึ่งสังเกตได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 4.12 น้ำแข็ง ทำปฏิกิริยากับสารละลายจนกลายเป็นสีม่วงเข้ม

5. ไทเทรตสารละลายต่อจนกลายเป็นสารละลายใสแล้วจึงหยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 การไทเทรตสารละลายจนกลายเป็นสีใส

จากรูปที่ 4.13 ทำการไทเทรตสารละลายต่อจนสารละลายใสแล้วจึงหยุดการไทเทรต ให้ทำอ่านค่าโดยค่าที่ได้จากกระบวนการนี้คือค่า A เพื่อนำไปแทนในสมการที่ (4.2) แล้วทำการบันทึกค่าปริมาณสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ลงในตารางที่ 4.1 จากนั้นทำการทดลองซ้ำจากข้อ 1-5 อีก 2 รอบเพื่อทำการหาค่าเฉลี่ย และ เพื่อให้ได้ค่าของปริมาณไอโอดีนที่ออกมา ถูกต้อง และใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

6. นำสารละลายโปตัสเซียมไอโอไดด์ที่ยังไม่ผ่านไอโอดีนมาปริมาณ 100 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL แล้วทำกระบวนการไทเทรตดังข้อ 1-5 แล้วนำไปไทเทรต จนสายละลายเปลี่ยน เป็นสีใส และอ่านค่าซึ่งค่าที่อ่านได้นี้คือค่า B ที่จะนำไปแทนค่าในสมการที่ (4.2)



รูปที่ 4.14 การไทเทรตสารละลายที่ไม่ผ่าน ไอโอดีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองจากการไทเทรตสารละลายโปรแตสเซียมไอโอไดด์

ค่า	ผลที่ได้
A1	54.7
A2	62
A3	69
B	2.5

ค่าเฉลี่ยของ A = 61.9 และค่าของ B = 2.5 เมื่อนำไปแทนค่าในสมการ (3.1)

$$\text{mgO}_3/\text{L} = \frac{(A - B) \times M \times 24000}{\text{mLsample}} \quad (3.1)$$

ค่า A = mL ของไทเทรนต์ สำหรับสารตัวอย่าง (ค่าที่บันทึกจากข้อ 4.2.5)

ค่า B = mL ของไทเทรนต์ สำหรับแบลนค์ (ค่าที่บันทึกจากข้อ 4.2.6)

โดยค่า M มีค่าเท่ากับ 0.005

mL sample คือ ค่าปริมาณของโปรแตสเซียมไอโอไดด์ มีค่าเท่ากับ 100 mL

จากผลการทดลองเครื่องกำเนิดโอโซนนี้สามารถสังเคราะห์ปริมาณโอโซนได้เท่ากับ 71.28 mg/L ซึ่งเป็นปริมาณที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ



รูปที่ 4.15 ภาพรวมของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์

การติดตามดวงอาทิตย์ของแผงโซลาร์เซลล์มีการทำงานเทียบกับเวลา จึงทำให้เกิดความเที่ยงตรงต่อการหมุนเพื่อรับปริมาณแสงอาทิตย์ให้ได้มากที่สุดในแต่ละวัน แต่ว่าการปรับองศาของตำแหน่งแผงโซลาร์เซลล์ยังต้องใช้การปรับด้วยมืออยู่ ซึ่งต้องมีการปรับเปลี่ยนเรื่อยๆเมื่อฤดูกาลเปลี่ยนไป จึงไม่ค่อยสะดวกนักเมื่อนำไปใช้งานจริง

เครื่องกำเนิดโอโซนพลังงานแสงอาทิตย์นี้ สามารถผลิตโอโซนออกมา ประมาณ 70 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งถือว่าเหมาะกับการนำไปใช้งานได้หลายด้าน เช่น ใช้ปรับความสมดุลในอากาศภายในห้องขนาด 33-50 ตารางเมตร และใช้นำไปล้างผักและผลไม้ เป็นต้น

ปริมาณของก๊าซโอโซนที่วัดออกมาได้เป็นค่าโดยประมาณ ซึ่งอาจมีการคลาดเคลื่อนอยู่บ้างขึ้นอยู่กับกระบวนการทดลอง ระยะเวลาที่รอให้สารทำปฏิกิริยากัน รวมไปถึงการให้ปริมาณสารเคมีที่ไม่เท่ากันในบางขั้นตอนเช่น ขั้นตอนของการเติมเบ็งซึ่งใช้การนับหยดเป็นการวัดปริมาณ เป็นต้น

แนวทางการพัฒนาและปรับปรุงต่อไป ผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ส่วนควบคุมการหมุนแผงโซลาร์เซลล์ ควรมีความละเอียดในการเคลื่อนที่มากกว่านี้ โดยอาจนำเอาการทศรอบของเฟืองเกียร์เข้ามาประยุกต์ใช้งาน แล้วเปลี่ยนมอเตอร์จาก DC มอเตอร์มาใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์แทนเพื่อความละเอียดในการหมุนยิ่งขึ้น
2. หากต้องการนำเครื่องกำเนิดโอโซนที่ไปใช้กับงานด้านอื่นๆเช่นนำไปทำลายเชื้อโรค และแบคทีเรียต่างๆ ควรใช้วิธีสร้างไฟฟ้าแรงดันสูงโดยการพันหม้อแปลงหรือประยุกต์ใช้ฟลายแบค(flyback)ที่วิมาใช้แทน เพื่อให้ได้ปริมาณโอโซนที่มากขึ้น
3. ระบบการเก็บประจุจากแผงโซลาร์มาเก็บที่แบตเตอรี่ อาจใช้ทฤษฎีของ วงจรอะสแตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ (Astable multivibrator) มาช่วยในการเก็บประจุ

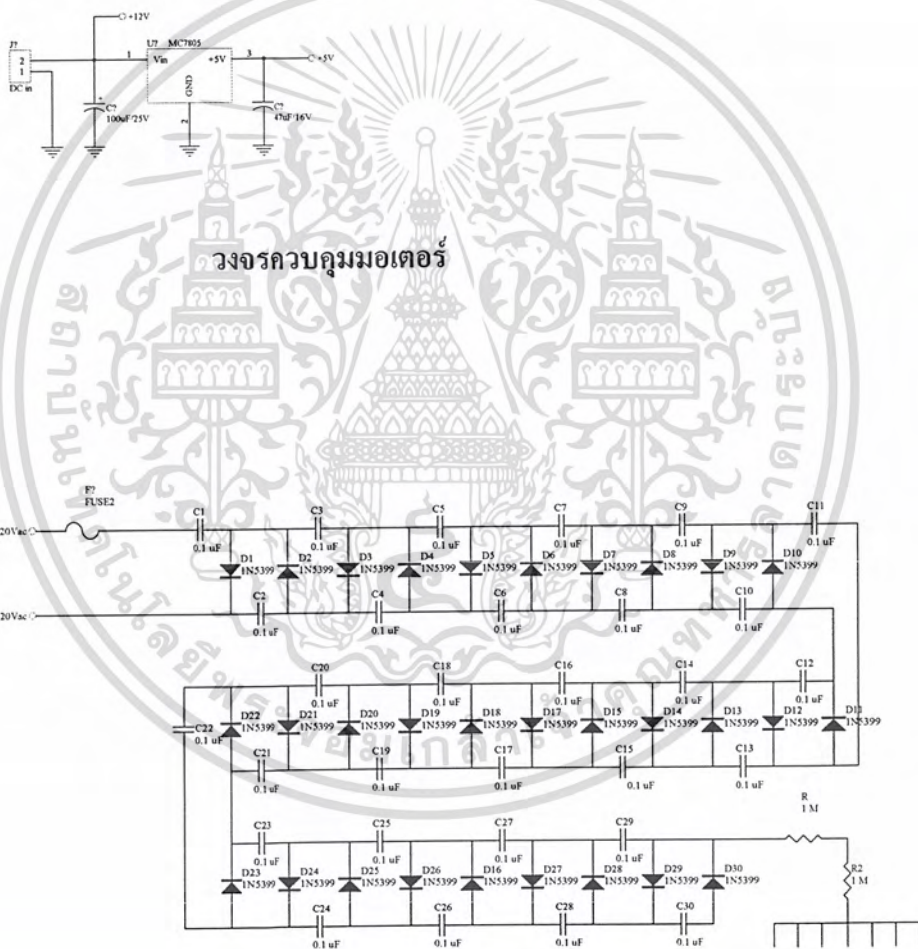
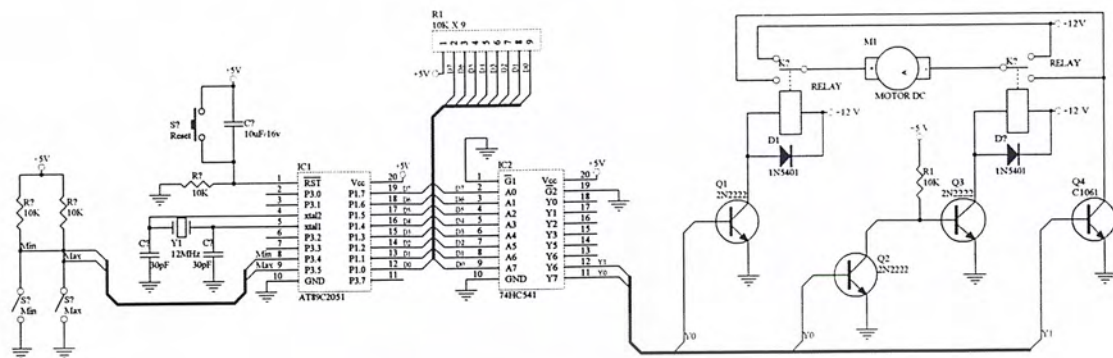
บรรณานุกรม

1. ธงชัย ศิริประยุทธ์ , พลังงานแสงแดด , ภาควิชาวิทยาศาสตร์ , คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
2. ประเมษฐ์ ประณยานันท์ และ ปิยะพงศ์ เผ่าวนิช , ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 , โรงพิมพ์ ซีเอ็ดดูเคชั่นจำกัด , กรุงเทพมหานคร , 2536
3. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว , เทคโนโลยีเซตแสงอาทิตย์ , กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2530
4. สุพัฒน์ ราชณรงค์ , ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ , กรุงเทพฯ : มหาลัยรามคำแหง , 2533
5. คู่มือปฏิบัติการเคมีทั่วไป 1 , คณาจารย์ภาควิชาเคมี , คณะวิทยาศาสตร์ , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , สำนักพิมพ์พื้นดิน , 2529
6. นัทธีรา สรรมณี , เคมีสิ่งแวดล้อม , ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม , มหาวิทยาลัยศิลปากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

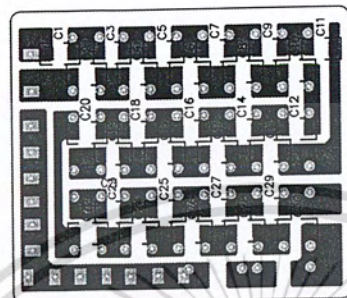


วงจรทวิแรงดัน

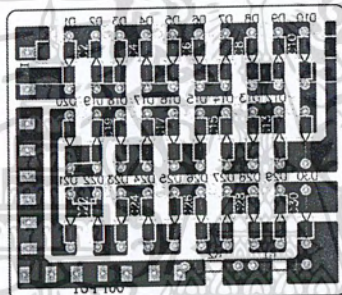
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



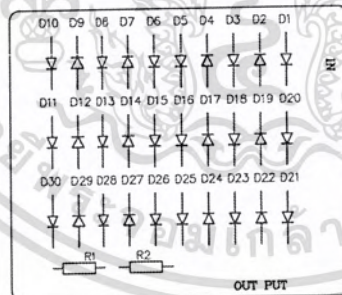
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TOP LAYER



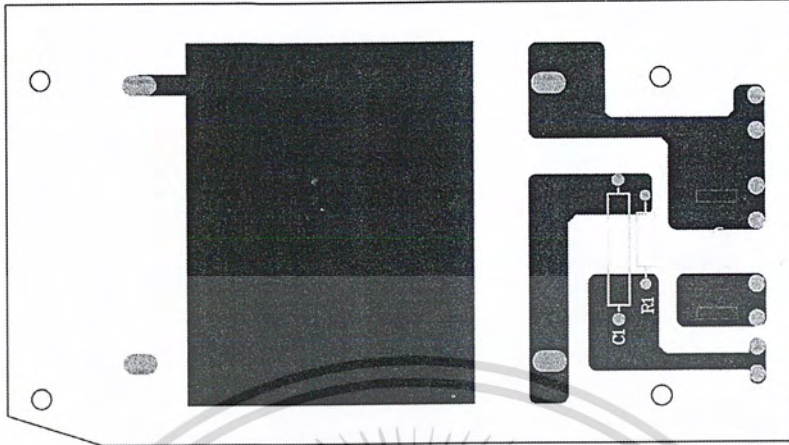
MIX



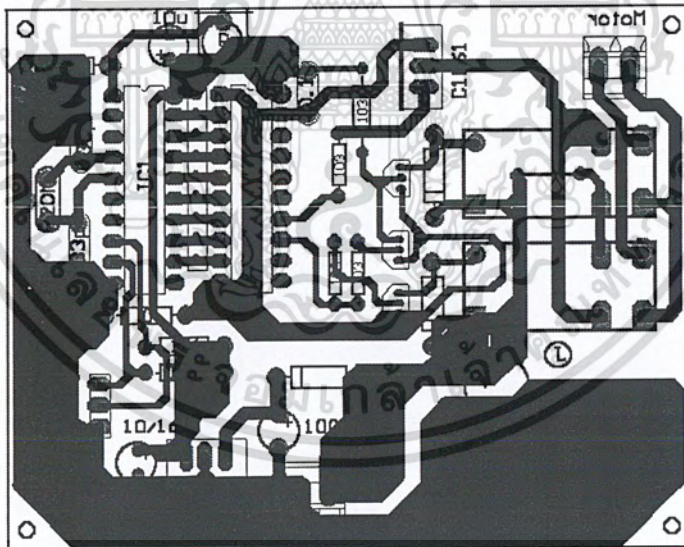
BOTTOM LAYER

ลักษณะลายวงจรชุด ทวีแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลายวงจรสำหรับติดตั้งกล่องระบบปิด

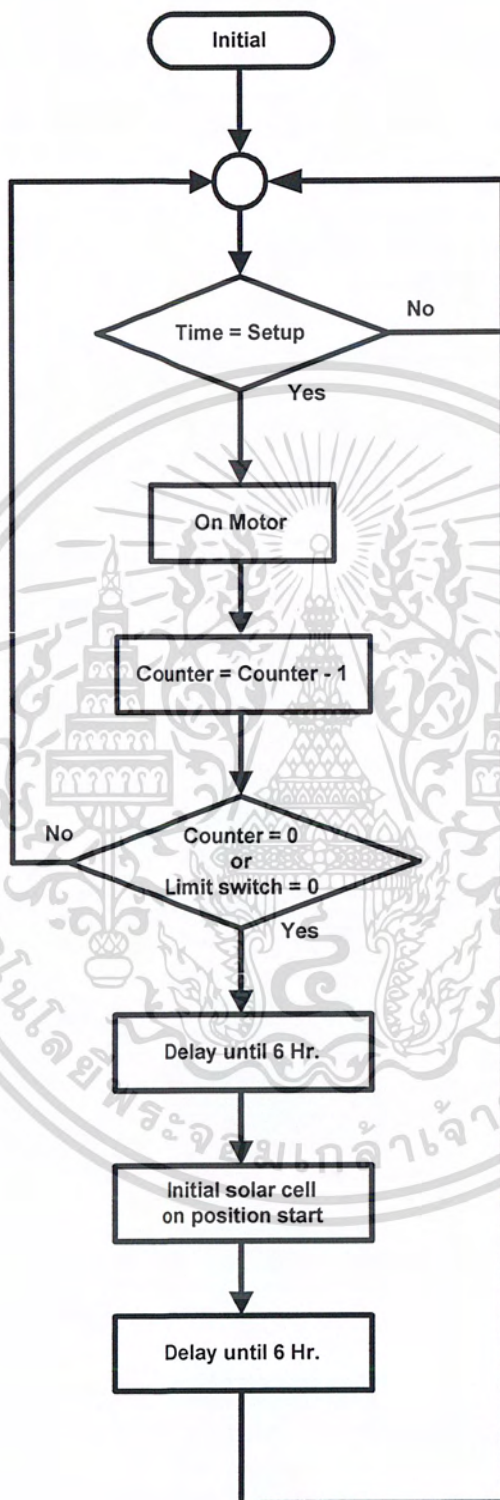


ลักษณะลายวงจรชุดควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โฟลว์ชาร์ต แสดงการทำงานของชุดควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****
; Sola Cell Controller
; Start 12/03/2004
; update 27/03/2004
;*****

```

```

                                ORG      0000
                                AJMP     MAIN
                                ORG      000BH
                                AJMP     T0_ISR

CR      EQU      13
LF      EQU      10
NL      EQU      12

D_OUT  EQU      P1
U_SW   EQU      P3.5
L_SW   EQU      P3.4
PWM    EQU      P1.3
DIRE   EQU      P1.2

MAIN:   ACALL   INIT

ML:     MOV     R5,#3
        ACALL  WAIT
        SETB  PWM
        ACALL  DELAY
        CLR   PWM
        JB    L_SW,ML

        MOV   R5,#18

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                                ACALL    WAIT
                                CLR       DIRE
                                MOV       R5,#18
                                ACALL    WAIT

MR:                               ACALL    DELAY
                                SETB     PWM
                                ACALL    DELAY
                                CLR       PWM
                                JB        U_SW,MR
                                SETB     DIRE
                                MOV       R5,#36
                                ACALL    WAIT
                                AJMP     ML

TO_ISR:                           DJNZ    R7,E_T0
                                MOV       R7,#200
                                DJNZ    R6,E_T0
                                MOV       R6,#20
                                DJNZ    R5,E_T0
                                SETB     F0
                                CLR       TR0
                                RETI

E_T0:                               CLR     F0
                                RETI

```

```
#####
```

```
FDEL:                               MOV     R1,#60
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DE1:          ACALL    DELAY
              DJNZ    R1,DE1
              RET

;#####

LDEL:        MOV      R1,#0
DL1:         ACALL    DELAY
              DJNZ    R1,DL1
              RET

;#####

DELAY:       MOV      R7,#01H
D2:          MOV      R6,#025
D1:          MOV      R5,#0
              DJNZ    R5,$
              DJNZ    R6,D1
              DJNZ    R7,D2
              RET

;#####

TDEL:       MOV      R0,#10
TD1:        ACALL    DELAY
              DJNZ    R0,TD1
              RET

;#####

INIT:        MOV      TMOD,#022H
              SETB   EA
              SETB   ET0
              MOV    TH0,#-250    ; 250 uS PRE SCALE
              MOV    TL0,#-250    ; 250 uS PRE SCALE
              MOV    R7,#200      ; 50 mS PRE
SCALE
              MOV    R6,#20      ; 1 S PRE SCALE

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV R5,#1 ; SEC PRE SCALE
```

```
CLR PWM
MOV R5,#1
ACALL WAIT
CLR DIRE
ACALL DELAY
```

WST:

```
CLR PWM
ACALL DELAY
SETB PWM
ACALL DELAY
JB U_SW,WST
CLR PWM
MOV R5,#10
ACALL WAIT
SETB DIRE
MOV R5,#10
ACALL WAIT
RET
```

```
WAIT: MOV R7,#200 ; 50 mS PRE SCALE
MOV R6,#20 ; 1 S PRE SCALE
CLR F0
SETB TR0
JNB F0,$
RET
```

END

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1N5400 - 1N5408

Features

- 3.0 ampere operation at $T_A = 75^\circ\text{C}$ with no thermal runaway.
- High current capability.
- Low leakage.



DO-201AD
COLOR BAND DENOTES CATHODE

General Purpose Rectifiers

Absolute Maximum Ratings*

$T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value									Units
		5400	5401	5402	5403	5404	5405	5406	5407	5408	
V_{RRM}	Maximum Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	300	400	500	600	800	1000	V
$I_{F(AV)}$	Average Rectified Forward Current, .375" lead length @ $T_A = 75^\circ\text{C}$	3.0									A
I_{FSM}	Non-repetitive Peak Forward Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine-Wave	200									A
T_{stg}	Storage Temperature Range	-55 to +150									$^\circ\text{C}$
T_J	Operating Junction Temperature	-55 to +150									$^\circ\text{C}$

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Value	Units
P_D	Power Dissipation	6.25	W
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	20	$^\circ\text{C/W}$

Electrical Characteristics

$T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Device									Units
		5400	5401	5402	5403	5404	5405	5406	5407	5408	
V_F	Forward Voltage @ 3.0 A	1.2									V
I_{rr}	Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle $T_A = 105^\circ\text{C}$	0.5									mA
I_R	Reverse Current @ rated V_R $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 100^\circ\text{C}$	5.0 500									μA μA
C_T	Total Capacitance $V_R = 4.0\text{ V}, f = 1.0\text{ MHz}$	30									pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics

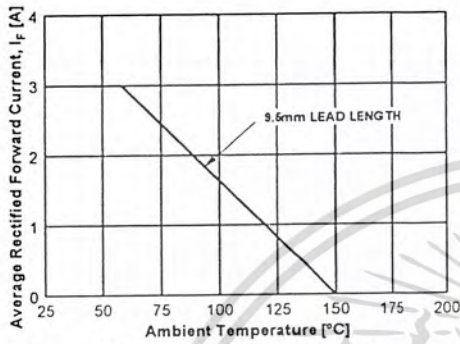


Figure 1. Forward Current Derating Curve

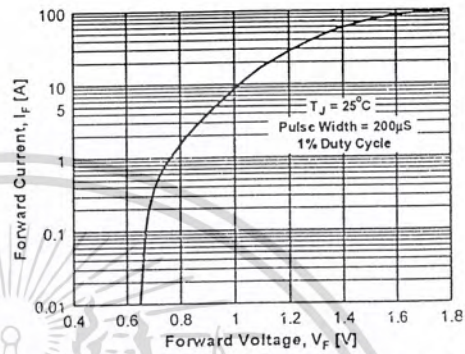


Figure 2. Forward Voltage Characteristics

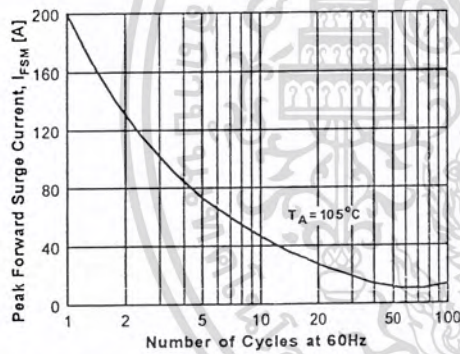


Figure 3. Non-Repetitive Surge Current

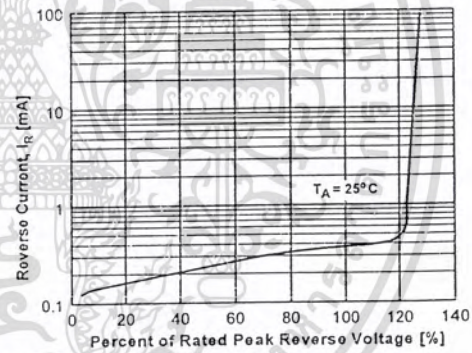


Figure 4. Reverse Current vs Reverse Voltage

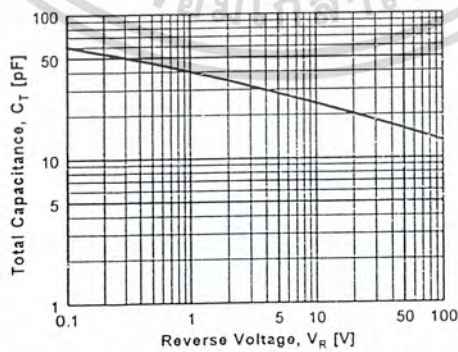


Figure 5. Total Capacitance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACEx™	FAST®	OPTOLOGIC™	SMART START™	VCX™
Bottomless™	FASTr™	OPTOPLANAR™	STAR*POWER™	
CoolFET™	FRFET™	PACMAN™	Stealth™	
CROSSVOLT™	GlobalOptoisolator™	POP™	SuperSOT™-3	
DenseTrench™	GTO™	Power247™	SuperSOT™-6	
DOME™	HiSeC™	PowerTrench®	SuperSOT™-8	
EcoSPARK™	ISOPLANAR™	QFET™	SyncFET™	
E ² CMOS™	LittleFET™	QS™	TinyLogic™	
EnSigna™	MicroFET™	QT Optoelectronics™	TruTranslation™	
FACT™	MicroPak™	Quiet Series™	UHC™	
FACT Quiet Series™	MICROWIRE™	SILENT SWITCHER®	UltraFET®	

STAR*POWER is used under license

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

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

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

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

Rev 144

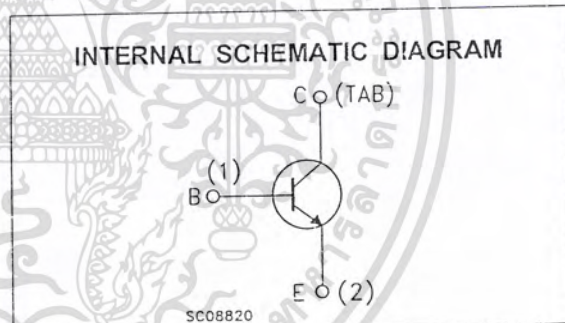
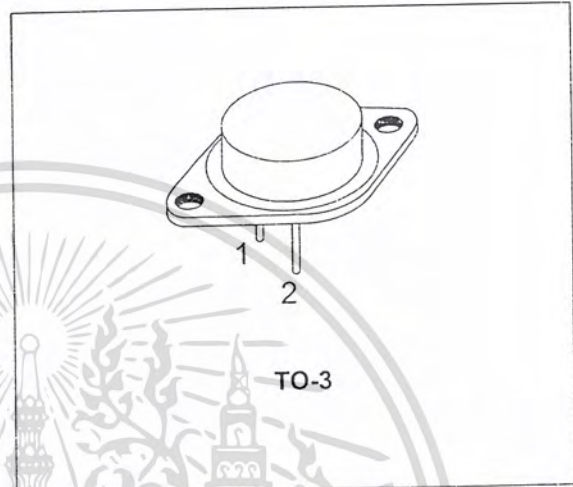
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SILICON NPN TRANSISTOR

- SGS-THOMSON PREFERRED SALESTYPE
- NPN TRANSISTOR

DESCRIPTION

The 2N3055 is a silicon epitaxial-base NPN transistor in Jedec TO-3 metal case. It is intended for power switching circuits, series and shunt regulators, output stages and high fidelity amplifiers.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CB0}	Collector-Base Voltage ($I_E = 0$)	100	V
V_{CER}	Collector-Emitter Voltage ($R_{BE} = 100\Omega$)	70	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage ($I_B = 0$)	60	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage ($I_C = 0$)	7	V
I_C	Collector Current	15	A
I_B	Base Current	7	A
P_{tot}	Total Dissipation at $T_c \leq 25^\circ C$	115	W
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to 200	$^\circ C$
T_j	Max. Operating Junction Temperature	200	$^\circ C$

THERMAL DATA

R _{thj-case}	Thermal Resistance Junction-case	Max	1.5	°C/W
-----------------------	----------------------------------	-----	-----	------

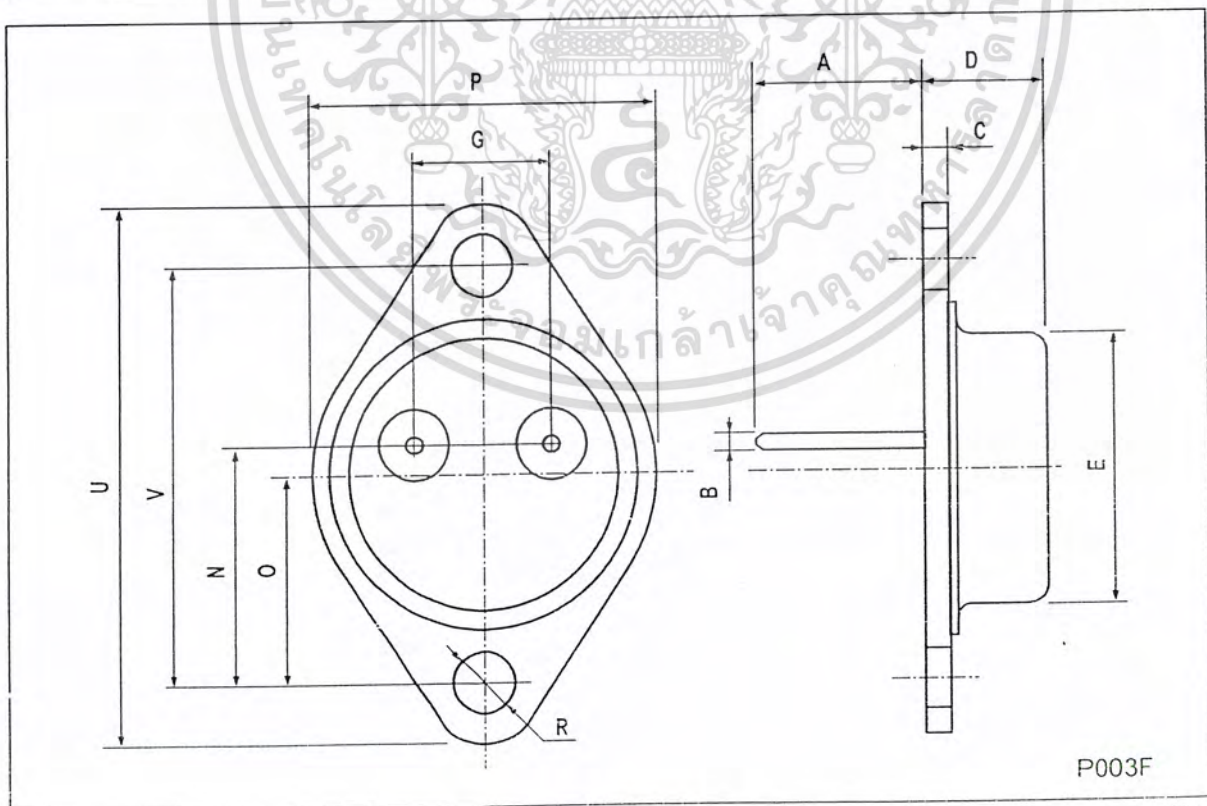
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{case} = 25 °C unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I _{CEV}	Collector Cut-off Current (V _{BE} = -1.5V)	V _{CE} = 100 V V _{CE} = 100 V T _j = 150 °C			1 5	mA mA
I _{CEO}	Collector Cut-off Current (I _B = 0)	V _{CE} = 30 V			0.7	mA
I _{EBO}	Emitter Cut-off Current (I _C = 0)	V _{EB} = 7 V			5	mA
V _{CEO(sus)*}	Collector-Emitter Sustaining Voltage	I _C = 200 mA	60			V
V _{CER(sus)*}	Collector-Emitter Sustaining Voltage	I _C = 200 mA R _{BE} = 100 Ω	70			V
V _{CE(sat)*}	Collector-Emitter Saturation Voltage	I _C = 4 A I _B = 400 mA I _C = 10 A I _B = 3.3 A			1 3	V V
V _{BE*}	Base-Emitter Voltage	I _C = 4 A V _{CE} = 4 V			1.5	V
h _{FE*}	DC Current Gain	I _C = 0.5 A V _{CE} = 4 V Group 4 I _C = 0.5 A V _{CE} = 4 V Group 5 I _C = 0.5 A V _{CE} = 4 V Group 6 I _C = 0.5 A V _{CE} = 4 V Group 7 I _C = 4 A V _{CE} = 4 V I _C = 10 A V _{CE} = 4 V	20 35 60 120 20 5		50 75 145 250 70	
h _{FE1} /h _{FE1*}	DC Current Gain	I _C = 0.5 A V _{CE} = 4 V			1.6	
f _T	Transition frequency	I _C = 1 A V _{CE} = 4 V	2.5			MHz
I _{s/b*}	Second Breakdown Collector Current	V _{CE} = 40 V	2.87			A

* Pulsed: Pulse duration = 300 μs, duty cycle 1.5 %

TO-3 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	11.00		13.10	0.433		0.516
B	0.97		1.15	0.038		0.045
C	1.50		1.65	0.059		0.065
D	8.32		8.92	0.327		0.351
E	19.00		20.00	0.748		0.787
G	10.70		11.10	0.421		0.437
N	16.50		17.20	0.649		0.677
P	25.00		26.00	0.984		1.023
R	4.00		4.09	0.157		0.161
U	38.50		39.30	1.515		1.547
V	30.00		30.30	1.187		1.193



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIP32 Series(TIP32/32A/32B/32C)

Medium Power Linear Switching Applications

- Complement to TIP31/31A/31B/31C



1 TO-220
1.Base 2.Collector 3.Emitter

PNP Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage : TIP32 : TIP32A : TIP32B : TIP32C	- 40	V
		- 60	V
		- 80	V
		- 100	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage : TIP32 : TIP32A : TIP32B : TIP32C	- 40	V
		- 60	V
		- 80	V
		- 100	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	- 5	V
I_C	Collector Current (DC)	- 3	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)	- 5	A
I_B	Base Current	- 3	A
P_C	Collector Dissipation ($T_C=25^\circ\text{C}$)	40	W
P_C	Collector Dissipation ($T_a=25^\circ\text{C}$)	2	W
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature	- 65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$V_{CEO(sus)}$	* Collector-Emitter Sustaining Voltage : TIP32 : TIP32A : TIP32B : TIP32C	$I_C = - 30\text{mA}, I_B = 0$	- 40		V
			- 60		V
			- 80		V
			- 100		V
I_{CEO}	Collector Cut-off Current : TIP32/32A : TIP32B/32C	$V_{CE} = - 30\text{V}, I_B = 0$		- 0.3	mA
		$V_{CE} = - 60\text{V}, I_B = 0$		- 0.3	mA
I_{CES}	Collector Cut-off Current : TIP32 : TIP32A : TIP32B : TIP32C	$V_{CE} = - 40\text{V}, V_{EB} = 0$		- 200	μA
		$V_{CE} = - 60\text{V}, V_{EB} = 0$		- 200	μA
		$V_{CE} = - 80\text{V}, V_{EB} = 0$		- 200	μA
		$V_{CE} = - 100\text{V}, V_{CE} = 0$		- 200	μA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = - 5\text{V}, I_C = 0$		- 1	mA
h_{FE}	* DC Current Gain	$V_{CE} = - 4\text{V}, I_C = - 1\text{A}$	25		
		$V_{CE} = - 4\text{V}, I_C = - 3\text{A}$	10	50	
$V_{CE(sat)}$	* Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = - 3\text{A}, I_B = - 375\text{mA}$		- 1.2	V
$V_{BE(sat)}$	* Base-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE} = - 4\text{V}, I_C = - 3\text{A}$		- 1.8	V
f_T	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE} = - 10\text{V}, I_C = - 500\text{mA}$	3.0		MHz

* Pulse Test: $PW \leq 300\mu\text{s}$, Duty Cycles 2%

Typical Characteristics

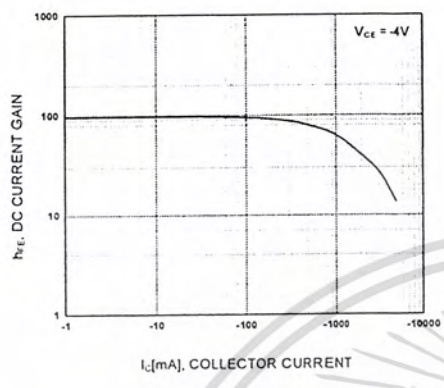


Figure 1. DC current Gain

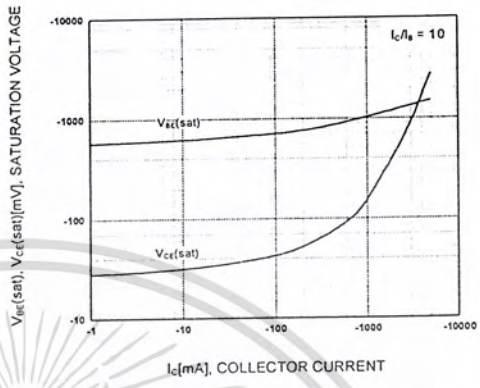


Figure 2. Base-Emitter Saturation Voltage
Collector-Emitter Saturation Voltage

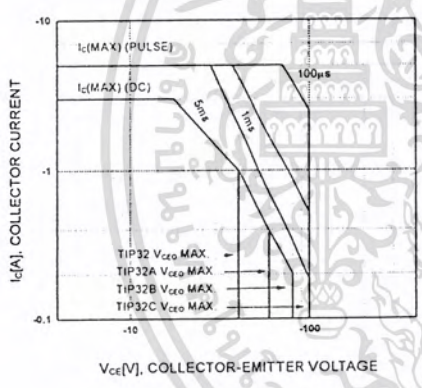


Figure 3. Safe Operating Area

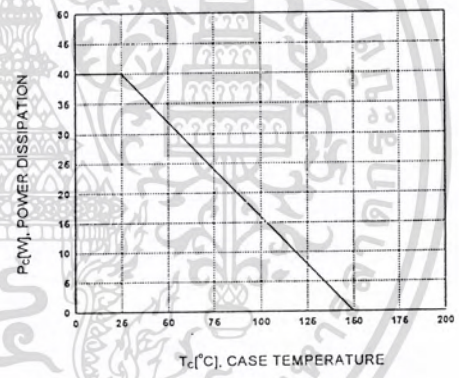
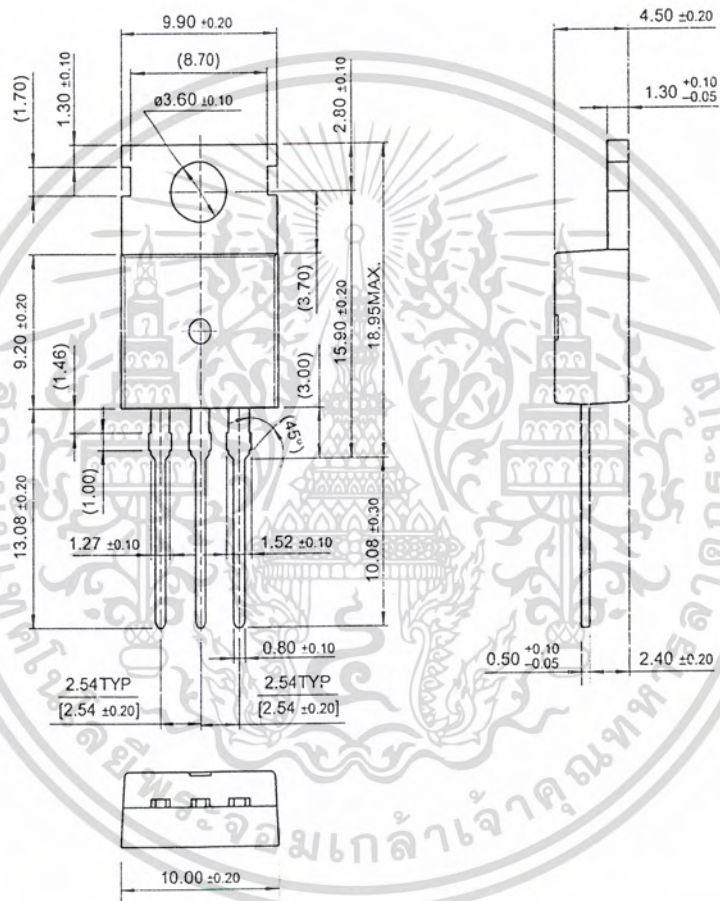


Figure 4. Power Derating

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Dimensions

TO-220



Dimensions in Millimeters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACE ^x ™	HiSeC™	SuperSOT™-8
Bottomless™	ISOPLANAR™	SyncFET™
CoolFET™	MICROWIRE™	TinyLogic™
CROSSVOLT™	POP™	UHC™
E ² CMOS™	PowerTrench®	VCX™
FACT™	QFET™	
FACT Quiet Series™	QS™	
FAST®	Quiet Series™	
FAST _r ™	SuperSOT™-3	
GTO™	SuperSOT™-6	

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR INTERNATIONAL.

As used herein:

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

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM555/NE555/SA555

Single Timer

Features

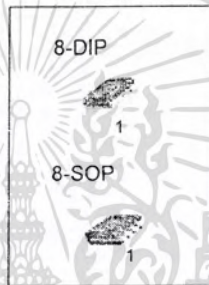
- High Current Drive Capability (200mA)
- Adjustable Duty Cycle
- Temperature Stability of 0.005%/°C
- Timing From μ Sec to Hours
- Turn off Time Less Than 2 μ Sec

Applications

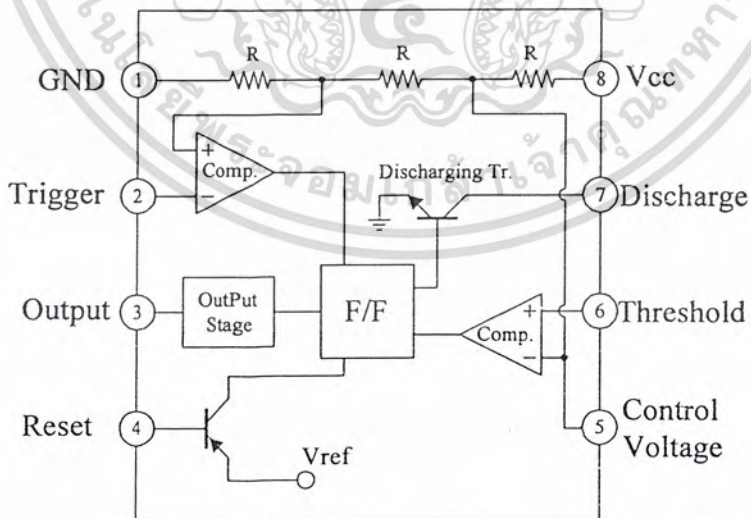
- Precision Timing
- Pulse Generation
- Time Delay Generation
- Sequential Timing

Description

The LM555/NE555/SA555 is a highly stable controller capable of producing accurate timing pulses. With a monostable operation, the time delay is controlled by one external resistor and one capacitor. With an astable operation, the frequency and duty cycle are accurately controlled by two external resistors and one capacitor.



Internal Block Diagram



Absolute Maximum Ratings (TA = 25°C)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	VCC	16	V
Lead Temperature (Soldering 10sec)	TLEAD	300	°C
Power Dissipation	PD	600	mW
Operating Temperature Range LM555/NE555 SA555	TOPR	0 ~ +70 -40 ~ +85	°C
Storage Temperature Range	TSTG	-65 ~ +150	°C



Electrical Characteristics

($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5 \sim 15\text{V}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Supply Voltage	V_{CC}	-	4.5	-	16	V
Supply Current (Low Stable) (Note1)	I_{CC}	$V_{CC} = 5\text{V}$, $R_L = \infty$	-	3	6	mA
		$V_{CC} = 15\text{V}$, $R_L = \infty$	-	7.5	15	mA
Timing Error (Monostable) Initial Accuracy (Note2) Drift with Temperature (Note4) Drift with Supply Voltage (Note4)	ACCUR $\Delta t/\Delta T$ $\Delta t/\Delta V_{CC}$	$R_A = 1\text{k}\Omega$ to $100\text{k}\Omega$ $C = 0.1\mu\text{F}$	-	1.0 50 0.1	3.0 -	% ppm/ $^\circ\text{C}$ %/V
Timing Error (Astable) Initial Accuracy (Note2) Drift with Temperature (Note4) Drift with Supply Voltage (Note4)	ACCUR $\Delta t/\Delta T$ $\Delta t/\Delta V_{CC}$	$R_A = 1\text{k}\Omega$ to $100\text{k}\Omega$ $C = 0.1\mu\text{F}$	-	2.25 150 0.3	-	% ppm/ $^\circ\text{C}$ %/V
Control Voltage	V_C	$V_{CC} = 15\text{V}$	9.0	10.0	11.0	V
		$V_{CC} = 5\text{V}$	2.6	3.33	4.0	V
Threshold Voltage	V_{TH}	$V_{CC} = 15\text{V}$	-	10.0	-	V
		$V_{CC} = 5\text{V}$	-	3.33	-	V
Threshold Current (Note3)	I_{TH}	-	-	0.1	0.25	μA
Trigger Voltage	V_{TR}	$V_{CC} = 5\text{V}$	1.1	1.67	2.2	V
		$V_{CC} = 15\text{V}$	4.5	5	5.6	V
Trigger Current	I_{TR}	$V_{TR} = 0\text{V}$	-	0.01	2.0	μA
Reset Voltage	V_{RST}	-	0.4	0.7	1.0	V
Reset Current	I_{RST}	-	-	0.1	0.4	mA
Low Output Voltage	V_{OL}	$V_{CC} = 15\text{V}$ $I_{SINK} = 10\text{mA}$ $I_{SINK} = 50\text{mA}$	-	0.06 0.3	0.25 0.75	V V
		$V_{CC} = 5\text{V}$ $I_{SINK} = 5\text{mA}$	-	0.05	0.35	V
High Output Voltage	V_{OH}	$V_{CC} = 15\text{V}$ $I_{SOURCE} = 200\text{mA}$ $I_{SOURCE} = 100\text{mA}$	12.75	12.5 13.3	-	V V
		$V_{CC} = 5\text{V}$ $I_{SOURCE} = 100\text{mA}$	2.75	3.3	-	V
Rise Time of Output (Note4)	t_R	-	-	100	-	ns
Fall Time of Output (Note4)	t_F	-	-	100	-	ns
Discharge Leakage Current	I_{LKG}	-	-	20	100	nA

Notes:

- When the output is high, the supply current is typically 1mA less than at $V_{CC} = 5\text{V}$.
- Tested at $V_{CC} = 5.0\text{V}$ and $V_{CC} = 15\text{V}$.
- This will determine the maximum value of $R_A + R_B$ for 15V operation, the max. total $R = 20\text{M}\Omega$, and for 5V operation, the max. total $R = 6.7\text{M}\Omega$.
- These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Application Information

Table 1 below is the basic operating table of 555 timer:

Table 1. Basic Operating Table

Threshold Voltage (V _{th})(PIN 6)	Trigger Voltage (V _{tr})(PIN 2)	Reset(PIN 4)	Output(PIN 3)	Discharging Tr. (PIN 7)
Don't care	Don't care	Low	Low	ON
V _{th} > 2V _{cc} / 3	V _{th} > 2V _{cc} / 3	High	Low	ON
V _{cc} / 3 < V _{th} < 2 V _{cc} / 3	V _{cc} / 3 < V _{th} < 2 V _{cc} / 3	High	-	-
V _{th} < V _{cc} / 3	V _{th} < V _{cc} / 3	High	High	OFF

When the low signal input is applied to the reset terminal, the timer output remains low regardless of the threshold voltage or the trigger voltage. Only when the high signal is applied to the reset terminal, the timer's output changes according to threshold voltage and trigger voltage.

When the threshold voltage exceeds 2/3 of the supply voltage while the timer output is high, the timer's internal discharge Tr. turns on, lowering the threshold voltage to below 1/3 of the supply voltage. During this time, the timer output is maintained low. Later, if a low signal is applied to the trigger voltage so that it becomes 1/3 of the supply voltage, the timer's internal discharge Tr. turns off, increasing the threshold voltage and driving the timer output again at high.

1. Monostable Operation

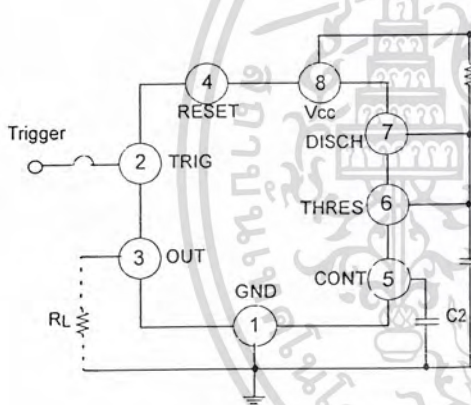


Figure 1. Monoatable Circuit

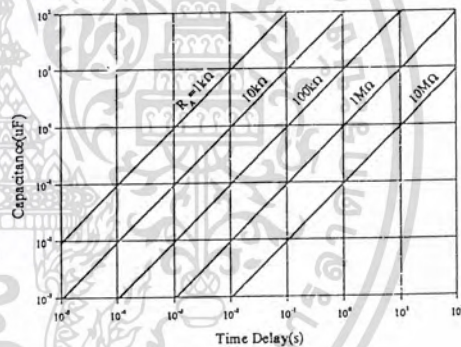


Figure 2. Resistance and Capacitance vs. Time delay(td)

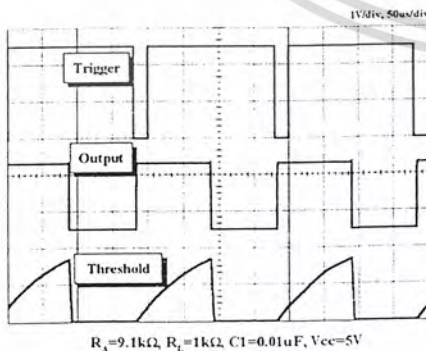


Figure 3. Waveforms of Monostable Operation

Figure 1 illustrates a monostable circuit. In this mode, the timer generates a fixed pulse whenever the trigger voltage falls below $V_{cc}/3$. When the trigger pulse voltage applied to the #2 pin falls below $V_{cc}/3$ while the timer output is low, the timer's internal flip-flop turns the discharging Tr. off and causes the timer output to become high by charging the external capacitor C1 and setting the flip-flop output at the same time.

The voltage across the external capacitor C1, V_{C1} increases exponentially with the time constant $\tau = R_A * C$ and reaches $2V_{cc}/3$ at $t_d = 1.1R_A * C$. Hence, capacitor C1 is charged through resistor R_A . The greater the time constant $R_A C$, the longer it takes for the V_{C1} to reach $2V_{cc}/3$. In other words, the time constant $R_A C$ controls the output pulse width.

When the applied voltage to the capacitor C1 reaches $2V_{cc}/3$, the comparator on the trigger terminal resets the flip-flop, turning the discharging Tr. on. At this time, C1 begins to discharge and the timer output converts to low.

In this way, the timer operating in the monostable repeats the above process. Figure 2 shows the time constant relationship based on R_A and C. Figure 3 shows the general waveforms during the monostable operation.

It must be noted that, for a normal operation, the trigger pulse voltage needs to maintain a minimum of $V_{cc}/3$ before the timer output turns low. That is, although the output remains unaffected even if a different trigger pulse is applied while the output is high, it may be affected and the waveform does not operate properly if the trigger pulse voltage at the end of the output pulse remains at below $V_{cc}/3$. Figure 4 shows such a timer output abnormality.

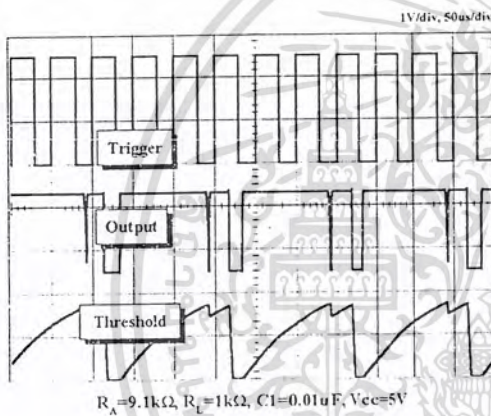


Figure 4. Waveforms of Monostable Operation (abnormal)

2. Astable Operation

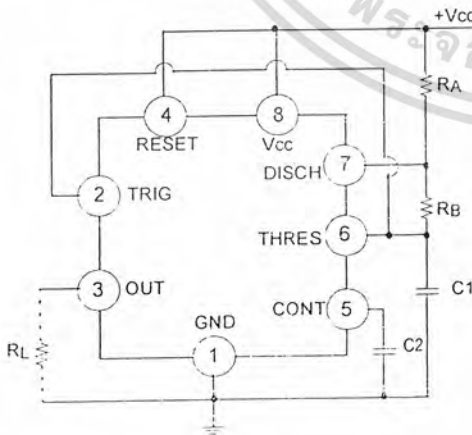


Figure 5. Astable Circuit

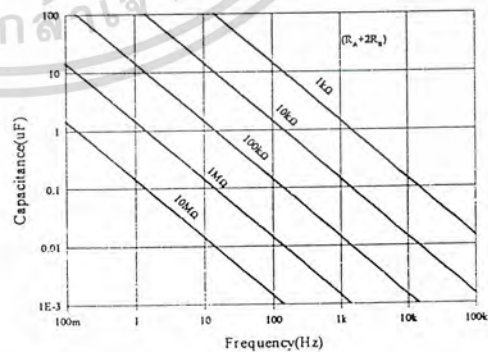


Figure 6. Capacitance and Resistance vs. Frequency

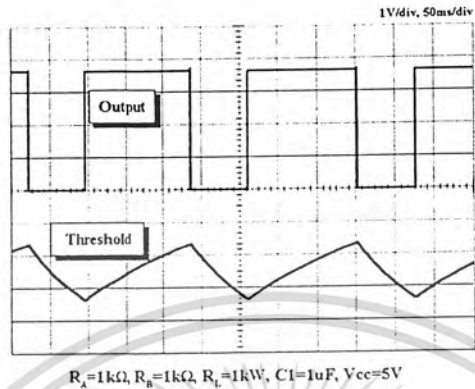
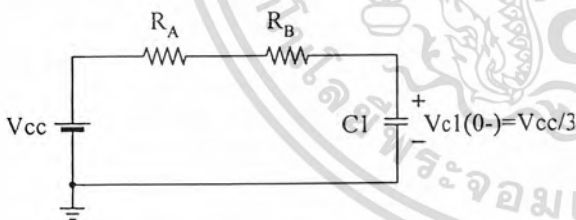


Figure 7. Waveforms of Astable Operation

An astable timer operation is achieved by adding resistor R_B to Figure 1 and configuring as shown on Figure 5. In the astable operation, the trigger terminal and the threshold terminal are connected so that a self-trigger is formed, operating as a multi vibrator. When the timer output is high, its internal discharging Tr turns off and the V_{C1} increases by exponential function with the time constant $(R_A+R_B) \cdot C$.

When the V_{C1} , or the threshold voltage, reaches $2V_{CC}/3$, the comparator output on the trigger terminal becomes high, resetting the F/F and causing the timer output to become low. This in turn turns on the discharging Tr and the $C1$ discharges through the discharging channel formed by R_B and the discharging Tr . When the V_{C1} falls below $V_{CC}/3$, the comparator output on the trigger terminal becomes high and the timer output becomes high again. The discharging Tr turns off and the V_{C1} rises again.

In the above process, the section where the timer output is high is the time it takes for the V_{C1} to rise from $V_{CC}/3$ to $2V_{CC}/3$, and the section where the timer output is low is the time it takes for the V_{C1} to drop from $2V_{CC}/3$ to $V_{CC}/3$. When timer output is high, the equivalent circuit for charging capacitor $C1$ is as follows:



$$C_1 \frac{dv_{c1}}{dt} = \frac{V_{CC} - V(0-)}{R_A + R_B} \quad (1)$$

$$V_{C1}(0+) = V_{CC}/3 \quad (2)$$

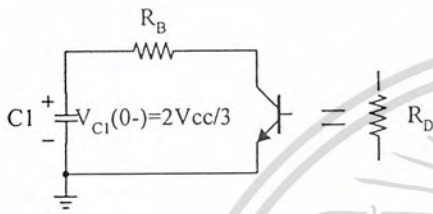
$$V_{C1}(t) = V_{CC} \left(1 - \frac{2}{3} e^{\left(-\frac{t}{(R_A + R_B)C_1} \right)} \right) \quad (3)$$

Since the duration of the timer output high state (t_H) is the amount of time it takes for the $V_{C1}(t)$ to reach $2V_{CC}/3$,

$$V_{C1}(t) = \frac{2}{3}V_{CC} = V_{CC} \left(1 - \frac{2}{3}e^{-\left(\frac{t_H}{(R_A + R_B)C_1}\right)} \right) \quad (4)$$

$$t_H = C_1(R_A + R_B)\ln 2 = 0.693(R_A + R_B)C_1 \quad (5)$$

The equivalent circuit for discharging capacitor C1, when timer output is low is, as follows:



$$C_1 \frac{dv_{C1}}{dt} + \frac{1}{R_A + R_B} V_{C1} = 0 \quad (6)$$

$$V_{C1}(t) = \frac{2}{3}V_{CC} e^{-\frac{t}{(R_A + R_D)C_1}} \quad (7)$$

Since the duration of the timer output low state (t_L) is the amount of time it takes for the $V_{C1}(t)$ to reach $V_{CC}/3$,

$$\frac{1}{3}V_{CC} = \frac{2}{3}V_{CC} e^{-\frac{t_L}{(R_A + R_D)C_1}} \quad (8)$$

$$t_L = C_1(R_B + R_D)\ln 2 = 0.693(R_B + R_D)C_1 \quad (9)$$

Since R_D is normally $R_B \gg R_D$ although related to the size of discharging Tr ,
 $t_L = 0.693R_B C_1$ (10)

Consequently, if the timer operates in astable, the period is the same with ' $T = t_H + t_L = 0.693(R_A + R_B)C_1 + 0.693R_B C_1 = 0.693(R_A + 2R_B)C_1$ ' because the period is the sum of the charge time and discharge time. And since frequency is the reciprocal of the period, the following applies.

$$\text{frequency, } f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C_1} \quad (11)$$

3. Frequency divider

By adjusting the length of the timing cycle, the basic circuit of Figure 1 can be made to operate as a frequency divider. Figure 8. illustrates a divide-by-three circuit that makes use of the fact that retriggering cannot occur during the timing cycle.

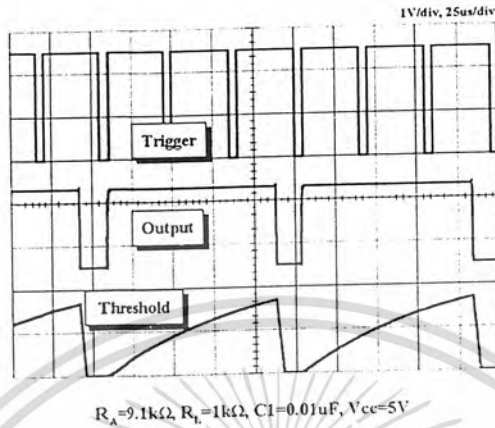


Figure 8. Waveforms of Frequency Divider Operation

4. Pulse Width Modulation

The timer output waveform may be changed by modulating the control voltage applied to the timer's pin 5 and changing the reference of the timer's internal comparators. Figure 9 illustrates the pulse width modulation circuit. When the continuous trigger pulse train is applied in the monostable mode, the timer output width is modulated according to the signal applied to the control terminal. Sine wave as well as other waveforms may be applied as a signal to the control terminal. Figure 10 shows the example of pulse width modulation waveform.

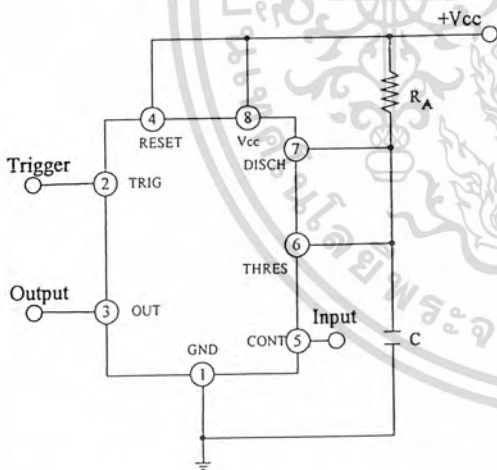


Figure 9. Circuit for Pulse Width Modulation

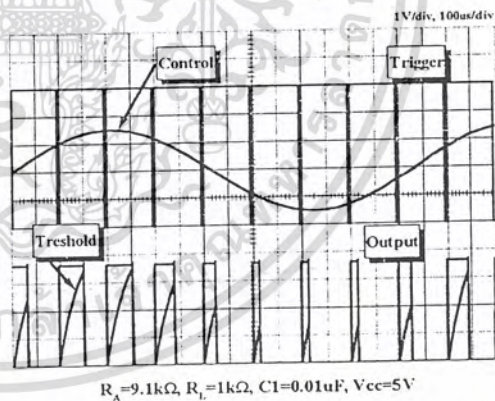


Figure 10. Waveforms of Pulse Width Modulation

5. Pulse Position Modulation

If the modulating signal is applied to the control terminal while the timer is connected for the astable operation as in Figure 11, the timer becomes a pulse position modulator.

In the pulse position modulator, the reference of the timer's internal comparators is modulated which in turn modulates the timer output according to the modulation signal applied to the control terminal.

Figure 12 illustrates a sine wave for modulation signal and the resulting output pulse position modulation : however, any wave shape could be used.

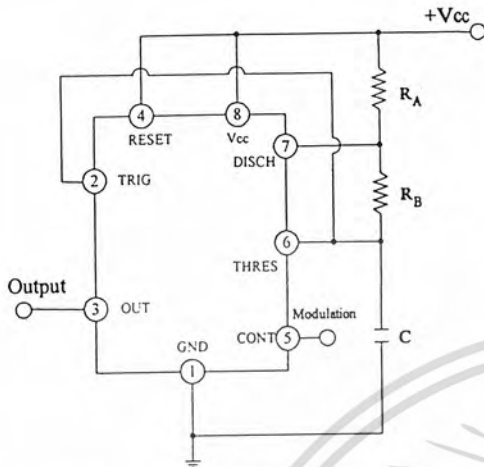


Figure 11. Circuit for Pulse Position Modulation

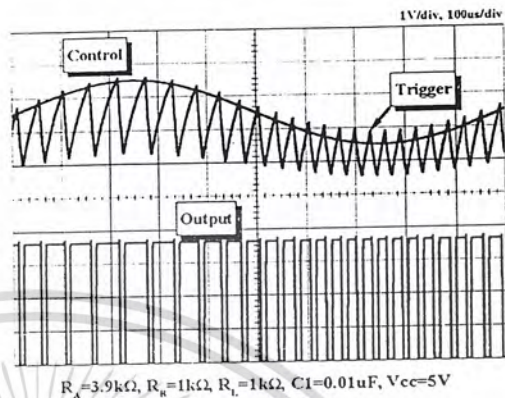


Figure 12. Waveforms of pulse position modulation

6. Linear Ramp

When the pull-up resistor RA in the monostable circuit shown in Figure 1 is replaced with constant current source, the VC1 increases linearly, generating a linear ramp. Figure 13 shows the linear ramp generating circuit and Figure 14 illustrates the generated linear ramp waveforms.

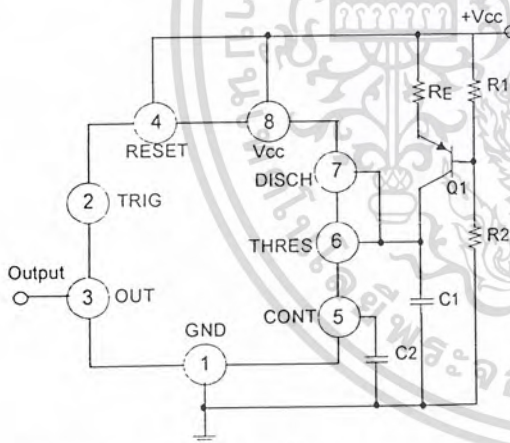


Figure 13. Circuit for Linear Ramp

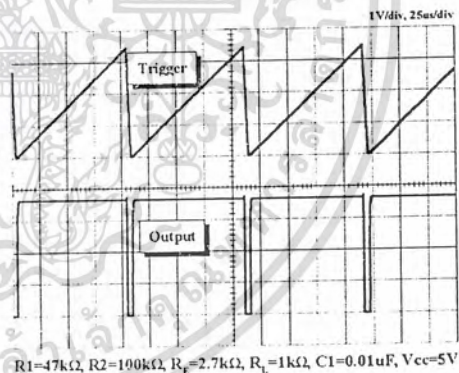


Figure 14. Waveforms of Linear Ramp

In Figure 13, current source is created by PNP transistor Q1 and resistor R1, R2, and RE.

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_E}{R_E} \quad (12)$$

Here, V_E is

$$V_E = V_{BE} + \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} \quad (13)$$

For example, if $V_{CC}=15V$, $R_E=20k\Omega$, $R_1=5k\Omega$, $R_2=10k\Omega$ and $V_{BE}=0.7V$.
 $V_E=0.7V+10V=10.7V$
 $I_C=(15-10.7)/20k=0.215mA$

When the trigger starts in a timer configured as shown in Figure 13, the current flowing through capacitor C1 becomes a constant current generated by PNP transistor and resistors. Hence, the V_C is a linear ramp function as shown in Figure 14. The gradient S of the linear ramp function is defined as follows:

$$S = \frac{V_{p-p}}{T} \quad (14)$$

Here the V_{p-p} is the peak-to-peak voltage.

If the electric charge amount accumulated in the capacitor is divided by the capacitance, the V_C comes out as follows:

$$V=Q/C \quad (15)$$

The above equation divided on both sides by T gives us

$$\frac{V}{T} = \frac{Q/T}{C} \quad (16)$$

and may be simplified into the following equation.

$$S=I/C \quad (17)$$

In other words, the gradient of the linear ramp function appearing across the capacitor can be obtained by using the constant current flowing through the capacitor.

If the constant current flow through the capacitor is 0.215mA and the capacitance is $0.02\mu\text{F}$, the gradient of the ramp function at both ends of the capacitor is $S = 0.215\text{m}/0.022\mu = 9.77\text{V/ms}$.

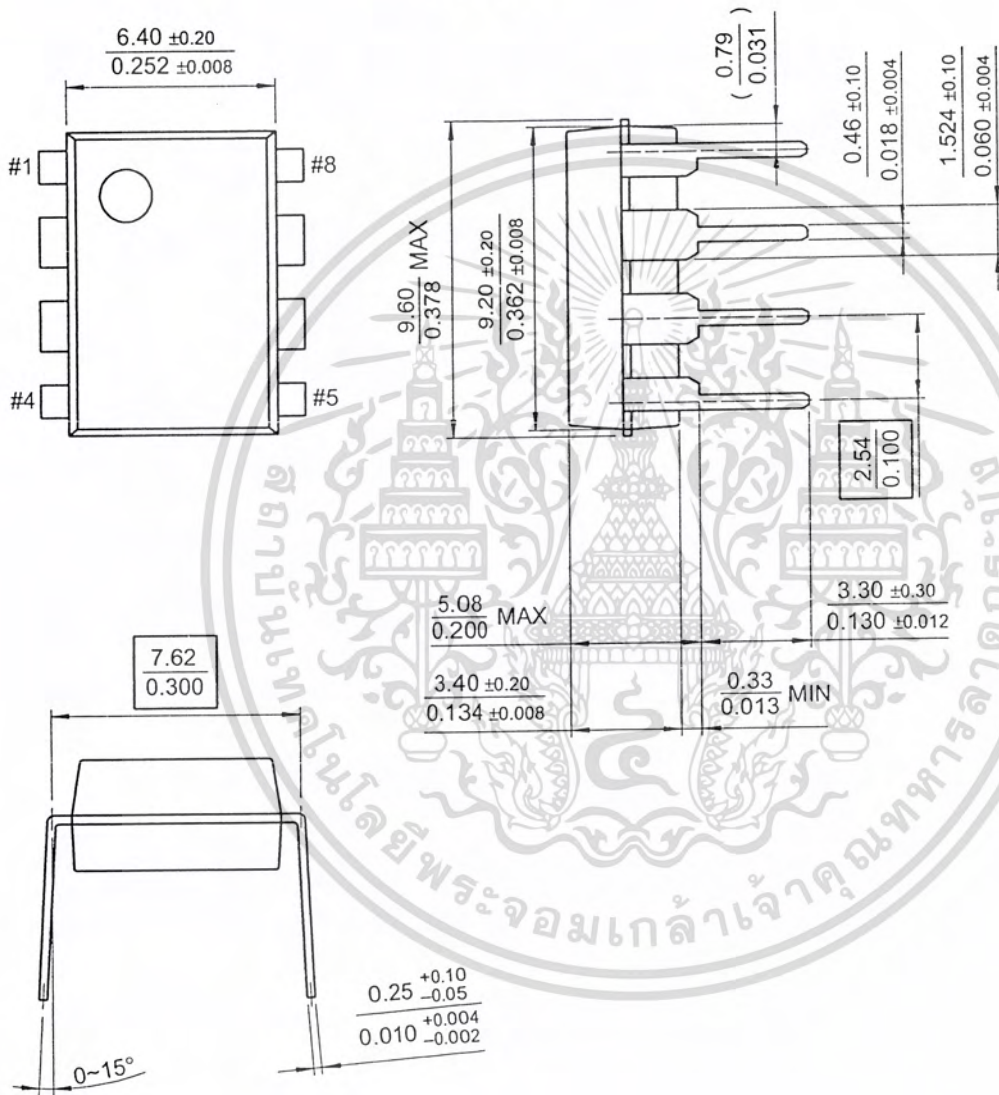


Mechanical Dimensions

Package

Dimensions in millimeters

8-DIP



Ordering Information

Product Number	Package	Operating Temperature
LM555CN	8-DIP	0 ~ +70°C
LM555CM	8-SOP	
Product Number	Package	Operating Temperature
NE555N	8-DIP	0 ~ +70°C
NE555D	8-SOP	
Product Number	Package	Operating Temperature
SA555	8-DIP	-40 ~ +85°C
SA555D	8-SOP	

