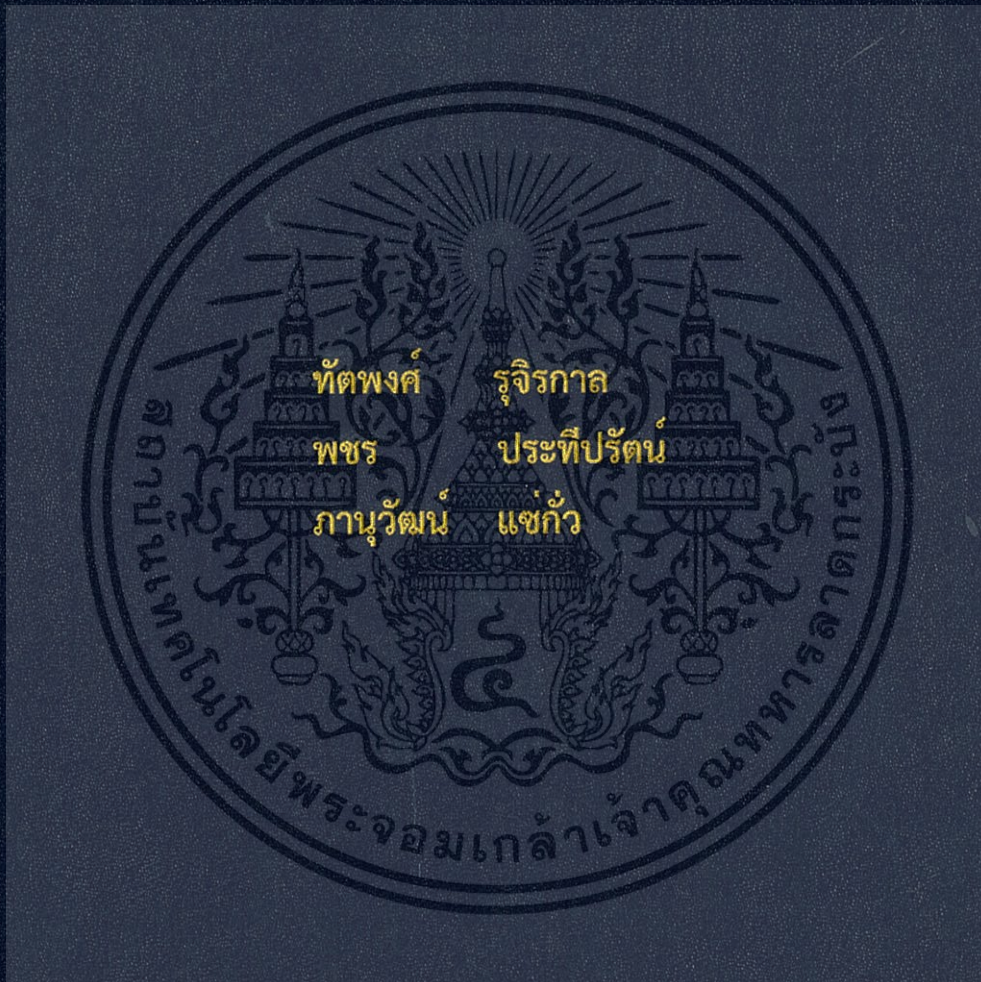


การค้นหาแสงอย่างง่ายสำหรับระบบโซลาร์เซลล์  
SIMPLE TRACKING FOR SOLAR CELL SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
หลักสูตรวิศวกรรมอัตโนมัติ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การค้นหาแสงอย่างง่ายสำหรับระบบโซลาร์เซลล์  
SIMPLE TRACKING FOR SOLAR CELL SYSTEM



12810915  
b.....  
l.....

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 143906  
วันเดือนปี 04 ต.ค. 2559

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
หลักสูตรวิศวกรรมอัตโนมัติ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SIMPLE TRACKING FOR SOLAR CELL SYSTEM



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULLFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN AUTOMATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์      การค้นหาแสงอย่างง่ายสำหรับระบบโซลาร์เซลล์

นักศึกษาผู้จัดทำ	นายทัตพงศ์    รุจิรกาล	รหัสนักศึกษา 54010514
	นายเพชร      ประทีปรัตน์	รหัสนักศึกษา 54010857
	นายภาณุวัฒน์    แซ่แก้ว	รหัสนักศึกษา 54010995
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.สาท คำมูล	
ปีการศึกษา	2558	

### บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอเกี่ยวกับการควบคุมแผงโซลาร์เซลล์ให้เคลื่อนที่ตามแสงอาทิตย์ โดยการออกแบบให้โซลาร์เซลล์สามารถหมุนหาทิศทางของแสงอาทิตย์ได้ 2 แกน โดยใช้บอร์ด Arduino ในการควบคุมทิศทางและการทำงานของ DC Motor ในโครงงานนี้จะใช้ LDR ในการตรวจวัดความเข้มของแสง โดยจะทำการเปรียบเทียบแรงดันของ LDR แต่ละตัว เพื่อนำไปควบคุมการหมุน และการทำงานของ DC Motor แต่ละตัวให้เคลื่อนที่ไปตามแสงอาทิตย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title      Simple Tracking for Solar cell System  
Authors            Mr. Tatpong Rujirakarn  
                         Mr. Phachara Prateepat  
                         Mr. Phanuwat Saekua  
Thesis Advisor    Asistant.Professor.Sart    Kummool  
Year                2015

## ABSTRACT

This thesis presents to control of Solar Cell moving to the sunlight. By designing, the solar cells can rotate two-axis direction of sunlight with Arduino Board for control the direction and operate of the DC motor. Moreover, light intensity was measured with LDR and compared each of the LDR voltage to control the rotation and DC motor function moving to sunlight.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ .

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2558  
สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์      การค้นหาแสงอย่างง่ายสำหรับระบบโซลาร์เซลล์  
Simple Tracking for Solar cell System

นักศึกษาผู้จัดทำ      นายหัตตพงศ์    รุจิรกาล                      รหัสนักศึกษา 54010514  
   นายเพชร            ประทีปรัตน์                      รหัสนักศึกษา 54010857  
   นายภาณุวัฒน์    แสงแก้ว                              รหัสนักศึกษา 54010995

ปริญญา                      วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา                    วิศวกรรมอัตโนมัติ  
ปีการศึกษา                   2558

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.สาท คำมูล	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญต่อ.....	V
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	1
1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 การโคจรของดวงอาทิตย์.....	3
2.2 Solar cell.....	6
2.2.1 หลักการทำงาน.....	6
2.2.2 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์.....	7
2.2.3 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์.....	8
2.2.4 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์.....	8
2.2.5 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์.....	9
2.3 LDR : (Light Dependent Resistor).....	10
2.3.1 สมบัติทางแสง.....	11
2.3.2 ผลตอบสนองทางไฟฟ้า.....	13
2.3.3 ทำเป็นเครื่องวัดแสง.....	13
2.3.4 สวิตซ์ทำงานด้วยแสง.....	14
2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor).....	16
2.4.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	17
2.4.2 หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง.....	18
2.4.3 แรงและแรงบิด.....	18
2.4.4 พาวเวอร์.....	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้ง IV อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

2.5	เฟืองและการทดรอบ.....	19
2.5.1	ชนิดของเฟือง.....	19
2.5.2	ระบบการทดรอบ.....	20
2.6	Arduino UNO.....	22
2.6.1	วิธีใช้งาน.....	22
2.7	แบตเตอรี่รีแท้ง 12V1.3AH/20HR.....	24
2.8	ทรานซิสเตอร์ (TRANSISTOR).....	25
2.8.1	โครงสร้างของทรานซิสเตอร์.....	25
2.9	มอสเฟส (MOSFET).....	26
2.9.1	ประเภทของ MOSFET.....	27
2.9.2	การทำงานของ MOSFET.....	28
บทที่ 3	วิธีดำเนินงาน.....	29
3.1	กล่าวนำ.....	29
3.1.1	บล็อกไดอะแกรม.....	29
3.2	การออกแบบวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์.....	32
3.2.1	ใช้โปรแกรม proteus 8 professional.....	33
3.3	การออกแบบการจัดวางของเซนเซอร์แสง(Light Dependent Resistor).....	36
3.3.1	การออกแบบ LDR Sensor.....	36
3.4	Flowchart แสดงการทำงาน.....	37
3.5	การเขียนภาษา C# ลงในโปรแกรม Arduino.....	39
3.6	การออกแบบโครงสร้างชิ้นงาน.....	40
3.6.1	การใช้โปรแกรม proteus 8 professional.....	40
3.6.2	การคำนวณการหมุนของมอเตอร์ทั้งสองแกน.....	41
บทที่ 4	การทดลอง.....	43
4.1	การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากเซนเซอร์ LDR.....	43
4.2	การวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์.....	48
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	70
5.1	สรุปผลการทดลอง.....	70
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	70
ภาคผนวก ก	.....	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีต่างๆได้ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว มีการนำเครื่องจักรหรือระบบต่างๆเข้ามาใช้งาน เป็นผลทำให้การใช้พลังงานในโรงงานหรืออาคารต่างๆเป็นไปอย่างสิ้นเปลือง เพื่อให้ระบบภายในโรงงานหรืออาคารมีการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า จึงจำเป็นต้องมีการจัดการการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุดและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ดังนั้นการนำระบบอัตโนมัติมาใช้ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์จึงเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นพลังงานสะอาดไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และระบบอัตโนมัติเป็นระบบที่ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน นับเป็นระบบที่มีความสำคัญสำหรับประเทศอุตสาหกรรม เนื่องจากมีโรงงานจำนวนมาก จึงได้นำระบบต่างๆเข้ามาใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นด้านการใช้งานทางไฟฟ้าทั่วไป ด้านการควบคุมการผลิต ซึ่งการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในระบบทำให้ได้พลังงานสะอาดและยังสามารถช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

### 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุมบนวงจรถูก Arduino Uno R3
2. เพื่อศึกษาอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของโซลาร์เซลล์
3. เพื่อเพิ่มผลการทดลองของประสิทธิภาพการจัดการด้านพลังงาน

### 1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

1. สามารถออกแบบตัวเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดปริมาณแสงแบบสามสมมุติ 3 ทิศทาง
2. สามารถออกแบบแกนการหมุนได้ทั้งแกน X AXIS และ Y AXIS
3. สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของวงจรถูก Arduino Uno R3
4. สามารถออกแบบวงจรถูกควบคุมมอเตอร์
5. สามารถออกแบบวงจรถูกแบ่งระดับแรงดัน
6. ระบบสามารถทำงานได้เฉพาะในวันที่ไม่มีฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาค้นคว้าและหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ
2. ศึกษาหลักการทำงานของโซลาร์เซลล์
3. ศึกษาการทำงานของ LDR
4. ออกแบบและสร้างเซนเซอร์ LDR 2 ชุด
5. ศึกษาและเขียนโปรแกรมวงจร Arduino Uno R3
6. ออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์
7. ออกแบบวงจรแบ่งแรงดัน
8. ออกแบบกลไกในการทำงานของการหมุนแผงโซลาร์เซลล์
9. เชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกัน
10. ทดลองการทำงานและบันทึกผลการทดลอง
11. สรุป วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน
12. จัดทำปริญญานิพนธ์

#### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

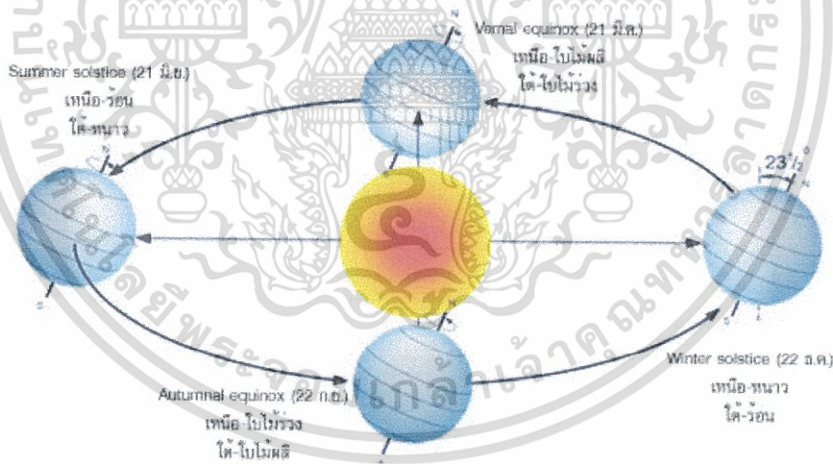
1. สามารถประยุกต์ใช้งาน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และ อุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์ ให้เกิดระบบการค้นหาแสงได้
2. ได้ความรู้ทางด้านการเขียนโปรแกรมที่ใช้สำหรับบอร์ด Arduino Uno R3
3. ได้ฝึกทักษะการทำงาน การออกแบบ การร่วมงานเป็นกลุ่ม และการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 การโคจรของดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่สำคัญที่เป็นแหล่งให้แสงสว่าง และพลังงาน อยู่ห่างจากโลกมากแต่ก็ทำให้โลกอบอุ่น การเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทุกอย่างบนโลกขึ้นอยู่กับรังสีจากดวงอาทิตย์เป็นสำคัญ แกนโลกเอียงทำมุม 23.5 องศาที่ระนาบวงโคจรของดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศมีการเปลี่ยนแปลง เกิดฤดูกาลที่เหมาะสมขึ้น ความร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสอากาศ และกระแสน้ำในมหาสมุทร ภูมิอากาศจะแตกต่างกันไปตามส่วนต่างๆ ของโลก บริเวณที่ร้อนที่สุดของโลกได้แก่บริเวณที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ซึ่งหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ทุกวัน ของโลก แต่ในเวลากลางคืนอากาศจะเย็นลงเล็กน้อย ส่วนบริเวณที่หนาวที่สุดของโลกได้แก่ บริเวณที่อยู่รอบๆ ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ ซึ่งไม่เคยรับแสงอาทิตย์โดยตรงแม้เป็นเวลาเที่ยงก็ตาม ดังนั้นบริเวณที่อยู่รอบๆ ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ซึ่งไม่เคยรับแสงอาทิตย์โดยตรงแม้เป็นเวลาเที่ยงวันก็ตาม ดังนั้นบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรจึงเป็นเขตที่มีภูมิอากาศร้อนและมีฝนตกชุก ในแต่ละวันจะมีอากาศร้อนและความกดอากาศโดยทั่วไปต่ำ ความร้อนจากแสงแดดทำให้น้ำระเหยอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดเมฆและมีฝนตกในตอนบ่าย ส่วนบริเวณที่อยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรทั้งเหนือและใต้จะมีอากาศแห้งแล้ง



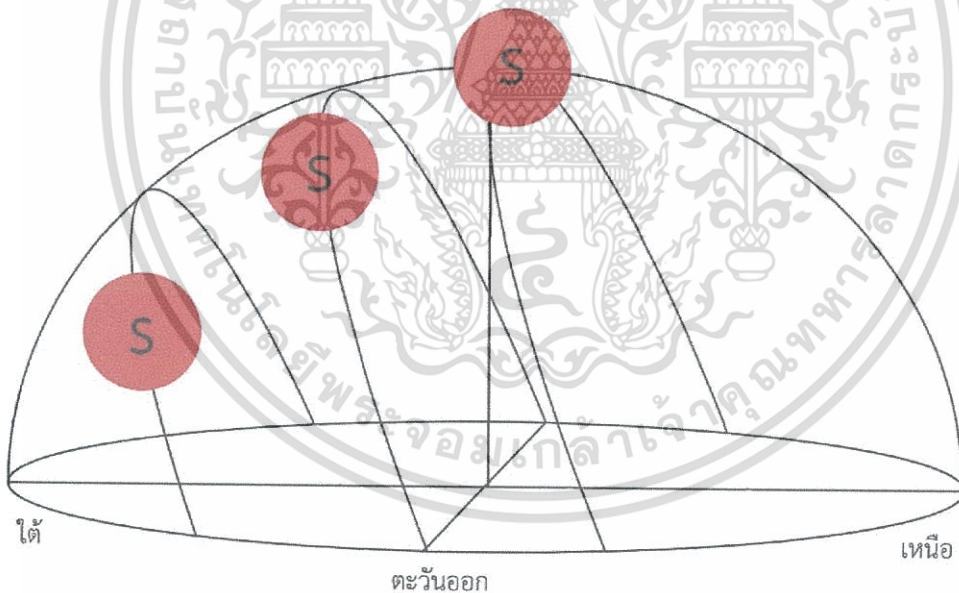
รูปที่ 2.1 การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากแกนของโลกเอียง 23.50 องศา จากเส้นตั้งกับระนาบการโคจรและอาการเอียง จะชี้เป็นทางเดียวกันเสมอจะทำให้ภาพที่ปรากฏบนท้องฟ้า ณ ตำแหน่งหนึ่งเปลี่ยนไปอย่างต่อเนื่องตลอดปีและจะกลับมาเหมือนเดิมอีกครั้งเมื่อโลกถึงตำแหน่งเดิมในวงโคจรสำหรับปรากฏการณ์ ดวงอาทิตย์ ตอนเที่ยงวัน ในวันที่ 22 ธันวาคม แสงอาทิตย์จะส่องแสงตั้งฉากที่เส้นทรอปิกออฟแคปริคอร์น หรือ 23.50 องศาใต้ หรือ วันเริ่มต้นฤดูหนาวในซีกโลกเหนือ หรือ วันเริ่มต้นฤดูร้อนในซีกโลกใต้สำหรับประเทศไทย จะสังเกตเห็นดวงอาทิตย์ขึ้น ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และตกทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ จากปรากฏการณ์ดังกล่าวจะเกิดขึ้นในช่วงที่มีข่าวหลอ้งเมนาเก็บเกี่ยวข่าวของประเทศไทยจึงเรียกว่า ตะวันอ้อมข้าวหรือ ตะวันอ้อมใต้ จะสัมพันธ์กับวิถีสุริยะดวงอาทิตย์จะอยู่ระหว่างกลุ่มดาวแมงป่อง กำลังเคลื่อนสู่กลุ่มดาวคนยิงธนู

**หมายเหตุ** การส่องแสงตั้งฉากของแสงดวงอาทิตย์จะอยู่ระหว่าง 23.50 องศาเหนือ – 23.50 องศาใต้ โดยจะผ่านเส้นศูนย์สูตร 2 ครั้งในรอบ 1 ปี

- วันที่ 21 มิถุนายน แสงอาทิตย์จะตั้งฉากที่เส้นทรอปิกออฟแคนเซอร์ 23.50 องศาเหนือ
- วันที่ 21 มีนาคม และ 22 กันยายน ดวงอาทิตย์ส่องแสงตั้งฉากที่ศูนย์สูตร
- วันที่ 22 ธันวาคม แสงอาทิตย์จะส่องแสงตั้งฉากที่ เส้นทรอปิกออฟแคปริคอร์น หรือ 23.50 องศาใต้



รูปที่ 2.2 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การโคจรของโลกกับภาพท้องฟ้ากับแสงอาทิตย์ตอนเที่ยงวันที่ปรากฏบนท้องฟ้า ณ ละติจูดต่างๆ ในตอนเที่ยงวันที่ 22 ธันวาคม หรือ ละติจูด 23.50 ใต้ จะเห็นว่า

1. ลำแสงดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวัน ส่องข้ามขั้วโลกใต้ ข้ามไปฝั่งตรงกันข้ามถึงละติจูด 66.50 องศา ใต้ทางตะวันตก แสดงว่า พื้นที่โลกระหว่าง 60.50 องศาใต้ถึง ขั้วโลกใต้ (90 องศาใต้) จะสว่างตลอด24ชั่วโมง

2. ขั้วโลกใต้ (90 องศาใต้) จะเห็นดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวัน อยู่สูงจากขอบฟ้าด้านเหนือ 23.50 องศาและดวงอาทิตย์ จะเคลื่อนที่ปรากฏในแนวขนานกับเส้นขอบฟ้าตลอด 24 ชั่วโมง

3. ที่เส้นแวนดารค์ติคเคอร์เคล หรือ 60.50 องศาใต้ ดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวัน จะอยู่สูงจากขอบฟ้าด้านเหนือ47องศา

4. ที่เส้นทรอปิคออฟแคปริคอร์น หรือละติจูด 23.50 องศาใต้ ดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวันจะส่องแสงตั้งฉากที่นี้จึงเห็นดวงอาทิตย์อยู่ที่ศูนย์กลางท้องฟ้าด้านใต้53องศา

5. ที่เส้นศูนย์สูตร หรือละติจูดศูนย์องศา ดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวัน จะเอียงไปทางขอบฟ้าด้านใต้สูงจากขอบฟ้าด้านใต้66.50องศา

6. ที่เส้นทรอปิคออฟแคนเซอร์ หรือ ที่ละติจูด 23.50 เหนือ จะเห็นดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวันเอียงไปทางขอบฟ้าด้านใต้และสูงจากขอบฟ้าด้านใต้53องศา

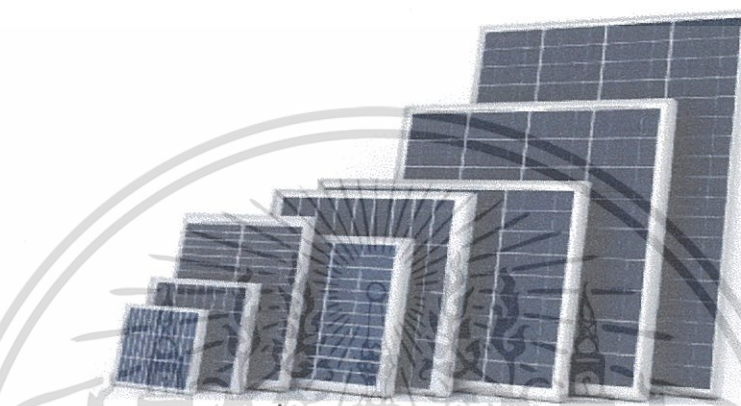
7. ที่เส้นอาร์คติกเซอร์เคิล หรือ 60.50 องศาเหนือ จะเห็นดวงอาทิตย์จะอยู่ที่ขอบฟ้าด้านใต้ แสดงว่าดวงอาทิตย์ขึ้น 12.00 น. และตกเวลา 12.00 น. ดวงอาทิตย์ปรากฏที่ ขอบฟ้าด้านใต้อยู่ชั่วอึดใจเดียว ดังนั้นพื้นที่จากเส้นอาร์คติกเซอร์เคิลไปถึงขั้วโลกเหนือ (90 องศาเหนือ) จะมีมืดตลอด 24 ชั่วโมง

8. ที่ขั้วโลกเหนือ จะมีมืดตลอด 24 ชั่วโมง และดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวัน อยู่ต่ำกว่าขอบฟ้า - 23.50 องศา

**หมายเหตุ** ให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง วัน เดือน ปี และตำแหน่งของผู้สังเกตุดูประกอบกับ มิติสัมพันธ์ระหว่าง ดวงอาทิตย์ และโลก และดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่ผ่านโลกจากตะวันออกไปยังตะวันตก 15 องศาทุกๆหนึ่งชั่วโมง

## 2.2 Solar cell

เซลล์แสงอาทิตย์ หรือ โซลาร์เซลล์ (solar cell) หรือ เซลล์สุริยะ หรือ เซลล์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic cell) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงหรือโฟตอนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง โดยปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก นั่นก็คือ คุณสมบัติของสารเช่น ค่าความต้านทาน แร่งตัน และกระแส จะเปลี่ยนไปเมื่อมีแสงตกกระทบโดยไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟภายนอก และเมื่อต่อโหลดให้ จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านโหลดนั้นได้



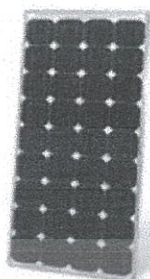
รูปที่ 2.3 โซลาร์เซลล์ขนาดต่างๆ

### 2.2.1 หลักการทำงาน

หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เริ่มจากแสงอาทิตย์ตกกระทบโซลาร์เซลล์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบ (เรียกว่าอิเล็กตรอน) และประจุบวก (เรียกว่าโฮล) ซึ่งอยู่ภายในโครงสร้างรอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ โดยโครงสร้างรอยต่อพีเอ็น จะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนให้ไหลไปขั้วลบ และทำให้พาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไหลไปขั้วบวก ซึ่งทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงขึ้นที่ขั้วทั้งสอง เมื่อเราต่อโซลาร์เซลล์เข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า (เช่น หลอดไฟ มอเตอร์ เป็นต้น) ก็จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรเนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นชนิดกระแสตรง ดังนั้นถ้าต้องการจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ จะต้องต่อโซลาร์เซลล์เข้ากับอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.2 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ



รูปที่ 2.4 Single Crystalline Silicon Solar Cell(c-Si)

### 2.2.2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอน

ซิลิกอนเป็นวัสดุสารกึ่งตัวนำที่มีราคาถูกที่สุดเนื่องจากซิลิกอนเป็นธาตุที่มีมากที่สุดในโลกชนิดหนึ่ง สามารถถลุงได้จากหินและทราย ได้รับความนิยมและใช้งานกันอย่างแพร่หลาย นิยมใช้งานในพื้นที่เฉพาะได้แก่ในชนบทที่ไม่มีไฟฟ้าใช้เป็นหลัก



รูปที่ 2.5 Polycrystalline Silicon Solar Cell(pc-Si)

### 2.2.2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกโพลีซิลิกอน

จากความพยายามในการที่จะลดต้นทุนการผลิตของ c-Si จึงทำให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยี pc-Si ขึ้น เป็นผลให้ต้นทุนการผลิตของ pc-Si ต่ำกว่า c-Si ร้อยละ 10 อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยี pc-Si ก็ได้รับ ได้รับความนิยมและใช้งานกันอย่างแพร่หลายเช่นกัน



รูปที่ 2.6 Amorphous Silicon Solar Cell(a-Si)

### 2.2.2.3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิกอน

เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ธาตุซิลิกอนเช่นกัน แต่จะไม่ใช่ผลึก แต่ผลของสารอะมอร์ฟัสจะทำให้เกิดเป็นฟิล์มบางของซิลิกอน ซึ่งมีความบางประมาณ 300 นาโนเมตร ทำให้ไม่สิ้นเปลืองเนื้อวัสดุ น้ำหนักเบา การผลิตทำได้ง่าย และข้อดีของ a-Si คือไม่เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม จึงเหมาะที่จะประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้าน้อย เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือวิทยุทรานซิสเตอร์

### 2.2.3 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนโลก คือ ซิลิกอน จึงถูกนำมาสร้างโซลาร์เซลล์ โดยนำซิลิกอนมาถูกลง และผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น โดยเมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น(เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ) และเมื่อเติมสารเจือโบรอน จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี(เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกันจะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนอาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าด้านที่รับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเติมพื้นผิว

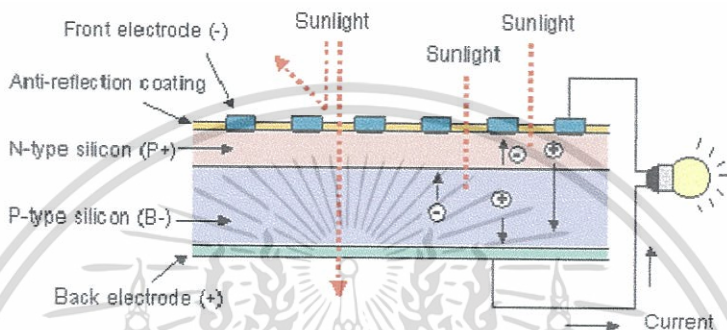
### 2.2.4 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์

การทำงานของโซลาร์เซลล์ เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า(อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าง่ายๆไปใช้งานได้

n - type ซิลิกอน ซึ่งอยู่ด้านบนของเซลล์ คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้รับการโด๊ปด้วยสารฟอสฟอรัส มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์

p - type ซิลิคอน คือสารกึ่งตัวนำที่ได้การโด๊ปปิ้งด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน(โฮล) เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกันด้วย p - n junction จึงทำให้เกิดเป็น “ โซลาร์เซลล์ ” ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด n - type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ n - type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p - type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p - type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล



รูปที่ 2.7 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อมีแสงอาทิตย์มาตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n - type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p type อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจร ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน

### 2.2.5 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของโซลาร์เซลล์

ตัวแปรสำคัญที่มีส่วนทำให้โซลาร์เซลล์มีประสิทธิภาพการทำงาน ในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

#### 2.2.5.1 ความเข้มของแสง

กระแส (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลใน

สภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้ม ของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 mW ต่อตารางเซนติเมตร หรือ 1,000 W ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5(Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศาที่พื้นโลกความเข้มของแสง จะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 mW ต่อ ตารางซม. หรือ 750 W ต่อ ตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง

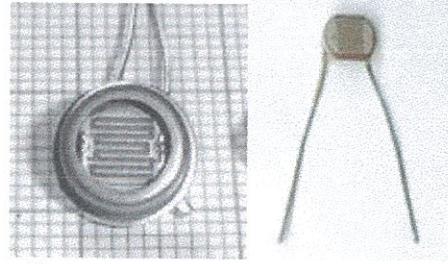
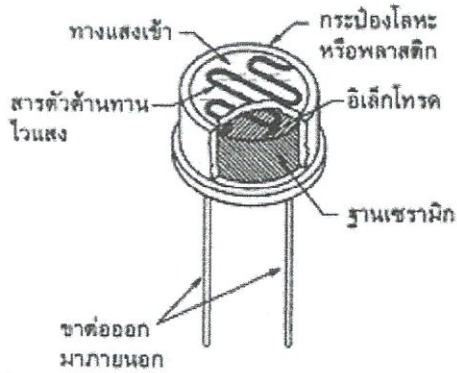
### 2.2.5.2 อุณหภูมิ

กระแส (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (Voltage) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศา C เช่น กำหนดไว้ว่าแผงโซลาร์เซลล์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ  $V_{oc}$ ) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25 องศา C ก็จะหมายความว่าแรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศา C จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศา C เช่น อุณหภูมิ 30 องศา C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลง 2.5% ( $0.5\% \times 5$  องศา C) นั่นคือ แรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่  $V_{oc}$  จะลดลง  $0.525 V (21 V \times 2.5\%)$  เหลือเพียง  $20.475 V (21V \times 97.5\%)$

## 2.3 LDR : (Light Dependent Resistor)

แอลดีอาร์ (LDR : Light Dependent Resistor) คือ ความต้านทานชนิดที่ไวต่อแสง กล่าวคือตัวความต้านทานนี้สามารถเปลี่ยนสภาพทางความนำไฟฟ้าได้ เมื่อมีแสงมาตกกระทบ บางครั้งเรียกว่าโฟโตรีซิสเตอร์ (Photo Resistor) หรือ โฟโตคอนดักเตอร์ (Photo Conductor) เป็นตัวต้านทานที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ประเภทแคดเมียมซัลไฟด์ (Cds : Cadmium Sulfide) หรือแคดเมียมซีลีไนด์ (CdSe : Cadmium Selenide) ซึ่งทั้งสองตัวนี้ก็เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำ เอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบ ให้ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



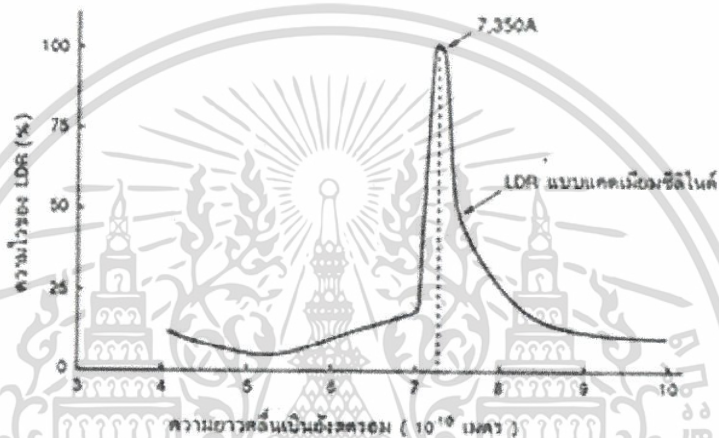
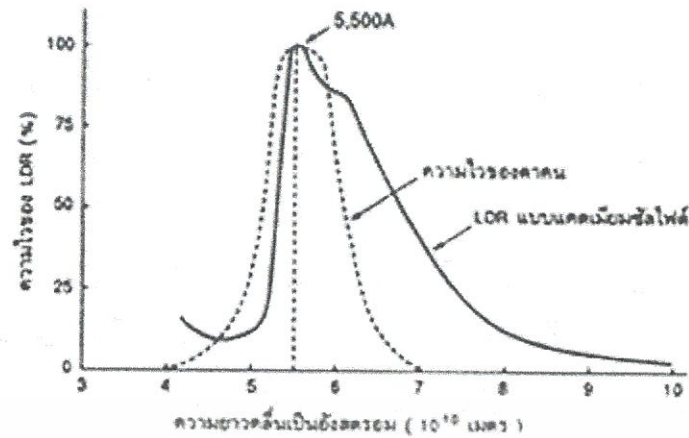
รูปที่ 2.8 โครงสร้าง LDR

รูปร่างของ LDR ในรูปที่ 2.6 ส่วนที่ขีดเป็นแนวเล็กๆสี่ ด้านทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไวแสง และแนวสีดำ นั้นจะแบ่งพื้นที่ของตัวมันออกเป็น 2 ข้าง สีทองนั้น เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สัมผัสกับตัวต้านทานไวแสง เป็นที่สำหรับต่อขาออกมาภายนอก หรือ เรียกว่าอีเล็กโทรด ที่เหลือก็จะเป็นฐานเซรามิก และ อุปกรณ์ สำหรับห่อหุ้มมัน ซึ่งมีได้หลายแบบ

### 2.3.1 สมบัติทางแสง

การทำงานของ LDR เพราะว่า เป็นสารกึ่งตัวนำ เวลาที่มีแสงมาตกกระทบก็จะถ่ายทอดพลังงานให้กับสารที่ฉาบอยู่ ทำให้เกิดโฮลกับอิเล็กตรอนวิ่งกันพล่าน การที่มีโฮลกับอิเล็กตรอนอิสระนี้มาก ก็เท่ากับ ความต้านทานลดลงนั่นเอง ยิ่งความเข้มของแสงที่ตกกระทบมากเท่าไร ความต้านทานก็ยิ่งลดลงมากเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



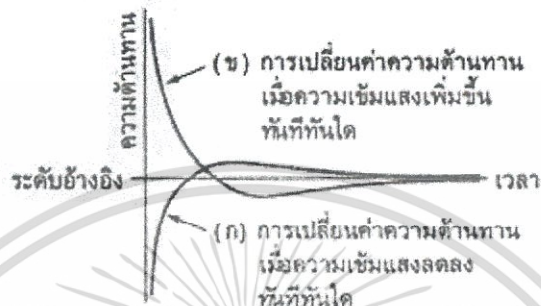
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างกราฟแสดงความไวต่อแสงความถี่ต่าง ๆ ของ LDR ทั้ง 2 แบบ เมื่อเทียบกับความไวของตาคน

ในส่วนที่ว่าแสงตกกระทบนั้น มิใช่ว่าจะเป็นแสงอะไรก็ได้ เฉพาะแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 4,000 อังสตรอม (1 อังสตรอม เท่ากับ  $10^{-10}$  เมตร) ถึงประมาณ 10,000 อังสตรอม เท่านั้นที่จะใช้ได้ (สายตาคนจะเห็นได้ ในช่วงประมาณ 4,000 อังสตรอม ถึง 7,000 อังสตรอม) ซึ่งคิดแล้วก็ยังเป็นช่วงคลื่นเพียงแคบ ๆ เมื่อเทียบกับการทำงานของอุปกรณ์ไวแสงประเภทอื่นๆ แต่ถึงอย่างไร แสงในช่วงคลื่นนี้ ก็มีอยู่ในแสงอาทิตย์ แสงจากหลอดไฟแบบไส้ และ แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ด้วย หรือ ถ้าจะคิดถึงความยาวคลื่น ที่ LDR จะตอบสนองไวที่สุดแล้ว ก็ยังมีอยู่หลายความยาวคลื่น โดยทั่วไป LDR ที่ทำจากแคดเมียมซัลไฟด์จะไวต่อแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 5,000 กว่า อังสตรอม ซึ่งเราจะเห็นเป็นสีเขียว ไปจนถึงสีเหลือง สำหรับ บางตัวแล้ว ความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของมันใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของตาคนมาก (ตาคนไวต่อความ ยาวคลื่น ประมาณ 5,550 อังสตรอม) จึงมักจะทำเป็นเครื่องวัดแสง ในกล้องถ่ายรูป ถ้า LDR ทำจาก แคดเมียมซีลีไนด์ก็จะไวต่อ ความ ยาว คลื่นในช่วง 7,000 กว่า อังสตรอม ซึ่งไปอยู่ใน ช่วงอินฟราเรดแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.2 ผลตอบสนองทางไฟฟ้า

อัตราส่วนระหว่างความต้านทานของ LDR ในขณะที่ไม่มีแสง กับขณะที่มีแสง อาจจะเป็นได้ตั้งแต่ 100 เท่า 1,000 เท่า หรือ 10,000 เท่า แล้วแต่รุ่น แต่โดยทั่วไปแล้วค่าความต้านทานในขณะที่ไม่มีแสงจะอยู่ในช่วง ประมาณ 100 k $\Omega$  ขึ้นไป และในขณะที่มีแสงจะเป็นประมาณ 1 k $\Omega$  ลงไป อาจจะมีเหลือเพียงไม่กี่โอห์ม หรือ ไม่ถึงโอห์มก็ได้ ทนแรงดันสูงสุดได้ไม่ต่ำกว่า 100 V และ กำลังสูญเสีย อย่างต่ำประมาณ 50 mW

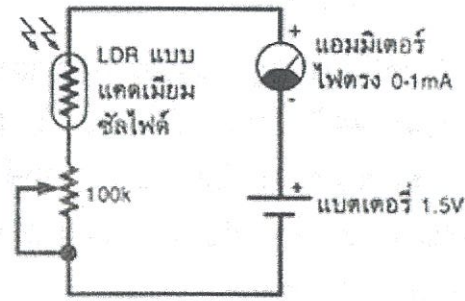


รูปที่ 2.10 ผลของการเปลี่ยนความเข้มแสงในทันทีทันใดกับ LDR

นอกเหนือจากลักษณะสมบัติต่างๆ เหล่านี้แล้ว ยังมีอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญ คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากความเข้มแสงเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ซึ่งจะดูตัวอย่างได้ในรูปที่ 2.8 ถ้า LDR ได้รับแสงที่มีความเข้มสูงดัง เส้น ( ก ) ความต้านทานจะมีค่า ต่ำ และ ทันทีที่ความเข้มของแสง ถูกลดลงเหลือเพียงระดับอ้างอิง ความต้านทานก็จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นไปจนถึงค่าความต้านทานที่มันควรจะเป็นในระดับอ้างอิง แต่แทนที่มันจะไปหยุดอยู่ระดับอ้างอิง มันกลับเพิ่มเลยขึ้นไปอีก แล้วจึงจะลดลงมาอยู่ในระดับอ้างอิง เหมือนกับว่าเบรกมันไม่ค่อยดี และ ในทำนองเดียวกันถ้าเก็บมันไว้ในที่ความเข้มแสงน้อยๆ แล้วเปลี่ยนความเข้มเป็นระดับอ้างอิงทันที ดังในรูป เส้น ( ข ) ความต้านทานก็จะลดต่ำลงมาจากระดับอ้างอิงแล้วจึงขึ้นไปใหม่ ยิ่งความเข้มของแสงเท่ากัน LDR แบบแคดเมียมซีลีไนด์ จะใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะที่มันควรจะเป็นน้อยกว่าแบบ แคดเมียมซัลไฟด์ แต่ก็จะวิ่งเลยไปไกลกว่าด้วย และอีกอย่างหนึ่ง ความเร็วในการเปลี่ยนระดับความต้านทานจากค่าหนึ่งไปอีกค่าหนึ่งซ้ำๆ กัน จะอยู่ในช่วงของมิลลิวินาทีหรือ บางทีก็เป็นวินาทีเลย จึงทำให้ LDR ใช้ได้ กับงานความถี่ต่ำๆ เท่านั้น

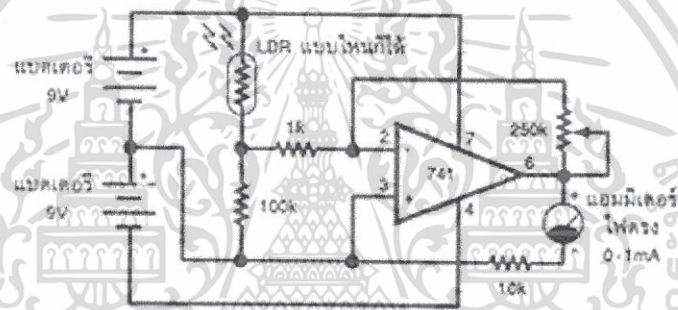
### 2.3.3 ทำเป็นเครื่องวัดแสง

ในรูปที่ 2.9 เป็นวงจรเครื่องวัดแสงอย่างง่าย LDR ที่ใช้ก็ควรจะมีอัตราส่วนความต้านทานระหว่าง ไม่มีแสง กับ มีแสง มากๆ เวลาใช้ควรระวังอย่าให้เข็มมิเตอร์ตีเกินสเกล เนื่องจาก อาจทำให้อุปกรณ์เสียหายได้



รูปที่ 2.11 เครื่องวัดแสงแบบง่ายที่สุด

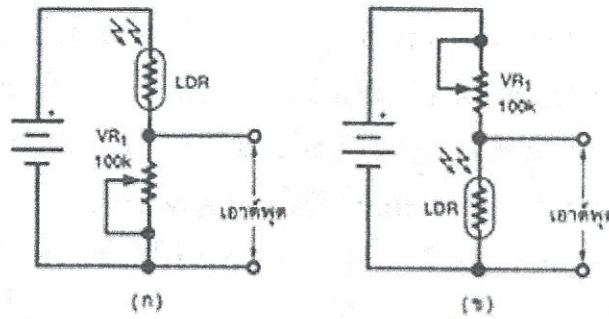
อีกวงจรหนึ่งในรูปที่ 2.10 เป็นวงจรที่ดัดแปลงให้ดีขึ้นแล้วโดยเอาออปแอมป์เบอร์ 741 เข้ามาช่วยทำให้ไวขึ้น มาก จะเอา ดิจิตอลสปีดมิเตอร์มาต่อแทนแบบเข็มก็ได้ แต่ต้องระวังแสงจาก LED จะไปกวนการทำงานของ LDR



รูปที่ 2.12 วงจรเครื่องวัดแสงที่ปรับปรุงขึ้นแล้ว

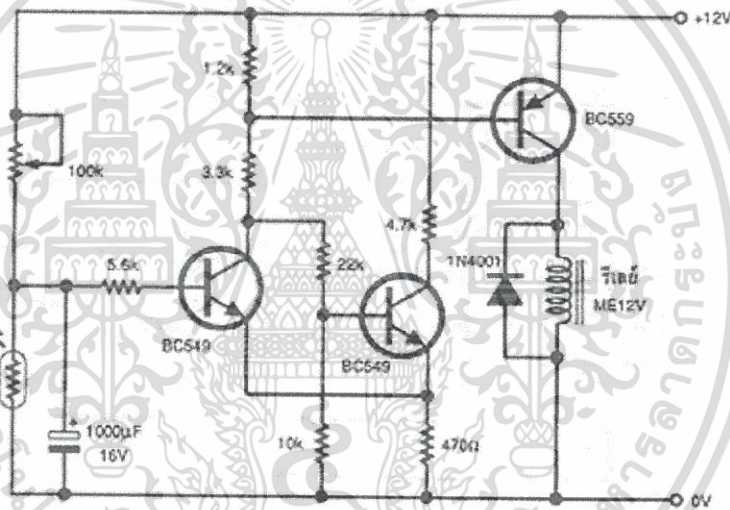
### 2.3.4 สวิตช์ทำงานด้วยแสง

การใช้ LDR ทำงานในวงจรเปิดปิดสวิตช์ เราจะใช้เพียง 2 อย่างเท่านั้น คือ มีแสง หรือ ไม่มีแสง โดยทั่วไปเราจะใช้วิธีเอาอนุกรมกับตัวต้านทานตัวหนึ่ง แล้วต่อเป็นวงจรแบ่งแรงดัน ออกมาตามรูปที่ 2.11 อย่างในรูป ( ก ) จะทำงานดังนี้ คือ ถ้ามีแสงสว่าง LDR จะมีความต้านทานต่ำ ทำให้แรงดันส่วนใหญ่มาตกคร่อม R1 เสียหมด แรงดันเอาต์พุตจึงสูงเกือบเท่าของแรงดันไฟเลี้ยง และ ถ้าไม่มีแสง LDR จะมีความต้านทานสูง แรงดันส่วนใหญ่จะไปตกที่ LDR แรงดันเอาต์พุตจึงเกือบเป็น 0 โวลต์



รูปที่ 2.13 หลักการใช้ LDR ในวงจรปิดเปิดสวิตช์

ในรูปที่ 2.11 ( ข ) วงจรจะทำงานในทางตรงข้าม เพียงแต่สลับที่ระหว่าง LDR กับ R1 เวลาที่มีแสงสว่าง เอาต์พุตก็จะเกือบเป็น 0 โวลต์ เวลาไม่มีแสงสว่างเอาต์พุตก็เกือบเท่าแรงดันไฟเลี้ยง จะเห็นได้ว่ากลับกันกับกรณีแรก



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างวงจรควบคุมสวิตช์โดยรีเลย์จะทำงานเมื่อไม่มีแสงสว่าง

ทั้ง 2 กรณี จะมีวงจรที่ต่อออกไปสำหรับจับสัญญาณว่ามีแสงสว่างหรือไม่ แล้วนำไปควบคุมสวิตช์อีกที ให้ทำงานในกรณีที่ต้องการ ในรูปที่ 7 เป็นตัวอย่างวงจรซึ่งรีเลย์จะทำงานเมื่อไม่มีแสงสว่าง ซึ่งถ้าเราไม่ต้องการแบบนี้ และอยากให้รีเลย์ทำงานเมื่อมีแสงสว่างก็เพียงแต่สลับที่ระหว่าง LDR กับความต้านทานปรับค่าได้ 100 kW เท่านั้น

## 2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

ในปัจจุบันการคอนโทรลมอเตอร์กระแสตรง หรือ ดีซีมอเตอร์ (DC Motor) จะพบได้โดยทั่วไป โดยเฉพาะในงานอุตสาหกรรมสมัยใหม่ส่วนมาก ด้วยความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (Microelectronic) และไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) ทำให้การออกแบบระบบคอนโทรลมอเตอร์กระแสตรง และการวิเคราะห์ปัญหาเป็นสิ่งที่น่าสนใจและมีความสำคัญมาก ระบบการคอนโทรลแบบดั้งเดิมมีพลังจักรกลที่สำคัญ คือ พวкмอเตอร์ไฟฟ้าต่างๆ Hydraulic และ พวกเบรก และ clutch เป็นต้น แต่ด้วยความเจริญของเทคโนโลยีการสร้างแม่เหล็กถาวรที่มีคุณภาพสูง ทำให้มอเตอร์กระแสตรงกลายเป็นพลังจักรกลที่สำคัญในระบบคอนโทรลเกือบทุกชนิดในปัจจุบัน ซึ่งพบเห็นได้ตั้งแต่การใช้มอเตอร์กระแสตรงในเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน การใช้ในรถยนต์ การใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ การใช้ในหุ่นยนต์ตลอดถึงเครื่องจักรกลที่ทำงานแบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมต่างๆ ฯลฯ บวกกับความก้าวหน้าของไมโครโปรเซสเซอร์ สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการคอนโทรลมอเตอร์กระแสตรงได้ จึงทำให้ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน



รูปที่ 2.15 DC Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนดังนี้

#### 2.4.1.1 ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่าสเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วย

1. เฟรมหรือโยค (Frame or Yoke) เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจร และยึดส่วนประกอบอื่นๆ ให้แข็งแรงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก

2. ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือแกนขั้วแม่เหล็กและขดลวดส่วนแรกแกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ กั้นด้วยฉนวนประกบกัน เป็นแท่งยึดติดกับเฟรมส่วนปลาย ที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่า ขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุด เพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุด จะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็ก ผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุดแล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มาก ทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน ส่วนที่สองขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบๆ แกนขั้วแม่เหล็ก ขดลวดทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้น และเส้นแรงแม่เหล็กนี้ จะเกิดการหักล้าง และเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาเมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น

#### 2.4.1.2 ตัวหมุน (Rotor) ตัวหมุนหรือเรียกว่าโรเตอร์ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดพลังงานมี

แกนวางอยู่ในตลับลูกปืน (Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย (End Plate) ของมอเตอร์ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

1. แกนเพลลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลลานั้นจะวางอยู่บนแบร์ริง เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวหนึ่งไม่มีการสั่นสะเทือน

2. แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated Sheet Steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque)

3. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่ แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสายของขดลวดอาร์มาเจอร์ ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลลาเป็นรูปกลมทรงกระบอก มีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยังขดลวดอาร์มาเจอร์ เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับ เส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน เกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็กดังกล่าวมาแล้วเรียกว่าปฏิกิริยามอเตอร์ (Motor action)

4. ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอท (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ การออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้น ๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่าง ๆ

#### 2.4.2 หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรง เข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปลงผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขั้วจะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวจะเสริมแรงกันทำให้เกิดแรงบิด ในตัวอาร์มาเจอร์ซึ่งวางแกนเพลลาและแกนเพลลานี้สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ทำให้อาร์มาเจอร์นี้ หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่า ตัวหมุน การที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกันทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์หรือ โรเตอร์หมุนไปนั้น เป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming left hand rule)

#### 2.4.3 แรงและแรงบิด

วัตถุประสงค์พื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้า คือการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้าให้เกิดการเคลื่อนไหวในช่องว่างอากาศระหว่าง สเตเตอร์และโรเตอร์ เพื่อผลิตแรงบิดที่เป็นประโยชน์ หรือ แรงแนวราบ ตามกฎของ Lorentz แรงของตัวนำขดลวดจะจ่ายออกมาเท่ากับ:

#### 2.4.4 พาวเวอร์

ถ้า rpm เป็นความเร็วของเพลลา และ T เป็นแรงบิด กำลังงานกลที่ออกมาจากมอเตอร์  $P_{em}$  จะเท่ากับในหน่วยอังกฤษ, T มีหน่วยเป็น ฟุต-ปอนด์

$$P_{em} = \frac{rpm \times T}{5252} \text{ (แรงแม้า)} \quad (2.1)$$

$$P_{em} = \frac{rpm \times T}{9.55} \text{ (วัตต์)} \quad (2.2)$$

สำหรับมอเตอร์แนวราบ ที่มีแรง F นิวตันและ ความเร็ว v เมตรต่อวินาที

$$P_{em} = F \times V \text{ (วัตต์)} \quad (2.3)$$

ในมอเตอร์อสังโครนัสหรือมอเตอร์เหนี่ยวนำความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วมอเตอร์ และช่องว่างอากาศ, ถ้าไม่คิด skin effect ที่ได้รับดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_{airgap} = \frac{R_r}{s} \times I_r^2 \text{ (วัตต์)} \quad (2.4)$$

เมื่อ

$R_r$  - ความต้านทานโรเตอร์

$I_r^2$  - กำลังสองของกระแสที่เหนี่ยวนำในโรเตอร์

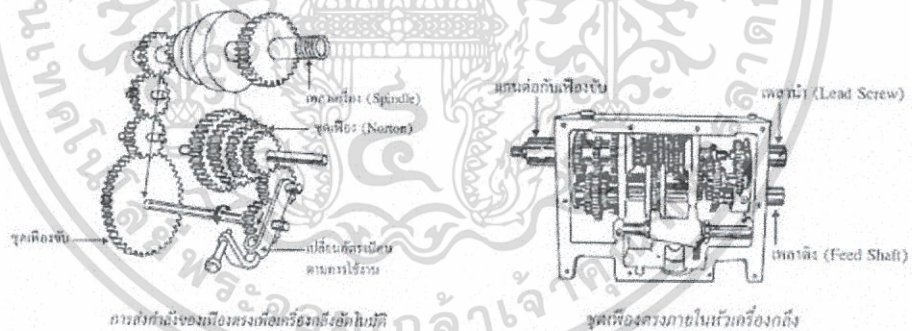
$s$  - สลิป มอเตอร์ ; คือ ความแตกต่างระหว่างความเร็วซิงโครนัสและความเร็วสลิป ซึ่งให้การเคลื่อนไหวเกี่ยวข้องที่จำเป็นสำหรับกระแสเหนี่ยวนำในโรเตอร์

## 2.5 เฟืองและการทดรอบ

เฟือง คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งถ่ายกำลังระหว่างเพลากับเพลลา โดยอาศัยฟันและเฟืองทั้งสองขบกัน นอกจากนี้เฟืองยังสามารถใช้ในการทดรอบเพื่อเพิ่มและลดความเร็วของเฟืองตัวที่ใช้ขับได้

### 2.5.1 ชนิดของเฟือง

1. เฟืองตรง (Spur Gear) เป็นเฟืองที่มีลักษณะฟันตรงและมีทิศขนานกับแกนเพลลา เฟืองชนิดนี้เป็นแบบธรรมดา ทำง่ายและมีราคาถูกที่สุดเมื่อเทียบกับเฟืองชนิดอื่นๆ ใช้ถ่ายทอดกำลังระหว่างเพลลาที่ขนานกัน เช่น ชุดเฟืองทดใน เครื่องจักรเฟืองตรงใช้ส่งกำลังกับเพลลาที่ขนานกัน เหมาะสำหรับการส่งกำลังที่มีความเร็วรอบต่ำหรือความเร็วรอบปาน กลางไม่เกิน 20 เมตร ต่อนาที เช่น ชุดเฟืองทดของเครื่องกลึงเพื่อเดินกลึงอัตโนมัติ หรือชุดเฟืองทดของ เครื่องจักรกลการเกษตรที่ความเร็วรอบต่างๆ



รูปที่ 2.16 ชุดเฟืองตรงภายในหัวเครื่องกลึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5.2 ระบบการทอรอบ

1. ทอรอบครั้งเดียว ในการหาอัตราทด  $I$  ความเร็วเชิงมุมของมู่เล่นสำหรับระบบทอรอบครั้งเดียวนั้น หาได้โดยสมมติให้ทางเพลลาขับ หมุนด้วยความเร็วเชิงมุม  $1\omega$  รอบต่อวินาทีเพลลาตาม หมุนด้วยความเร็วเชิงมุม  $2\omega$  รอบต่อวินาทีขนาดรัศมีของมู่เล่น เพลลา  $1\omega$  และ  $2\omega$  คือ  $r_1$  และ  $2r_1$  โดยให้  $v$  คือความเร็วของสายพาน



รูปที่ 2.17 ระบบการทอรอบครั้งเดียว

$$v = \omega r \text{ (เมตร/วินาที)} \quad (2.5)$$

$$v_1 = v_2$$

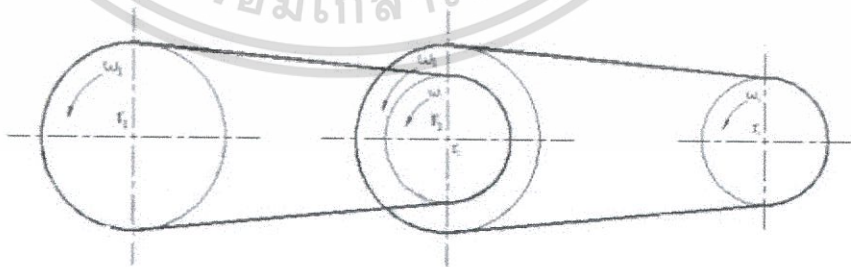
$$\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$$

ดังนั้นอัตราทดการทอความเร็วเชิงมุม ( $I$ )

$$I = \omega_1 / \omega_2$$

$$= r_2 / r_1$$

2. ระบบทอรอบหลายครั้ง ในการหาอัตราทดการทอรอบก็ทำนองเดียวกับระบบทอรอบครั้งเดียว ดังรูป



รูปที่ 2.18 ระบบทอรอบหลายครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ (2.5)

$$v = \omega r \text{ (เมตร/วินาที)}$$

$$v_1 = v_2$$

$$\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$$

เพราะฉะนั้น

$$\omega_2 = \omega_1 r_1 / r_2$$

$$v_3 = v_4$$

$$\omega_3 r_3 = \omega_4 r_4$$

$$\omega_4 = \omega_3 r_3 / r_4$$

แต่

$$\omega_2 = \omega_3$$

เพราะฉะนั้น

$$\omega_4 = r_3 \omega_1 r_1 / r_2 r_4$$

อัตราการทดความเร็วเชิงมุม ( $I$ ) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$I_1 = \omega_1 / \omega_2$$

$$I_2 = \omega_3 / \omega_4$$

$$I = I_1 * I_2 = (\omega_1 / \omega_2) * (\omega_3 / \omega_4)$$

จาก

$$\omega_2 = \omega_3$$

$$I = \omega_1 / \omega_4$$

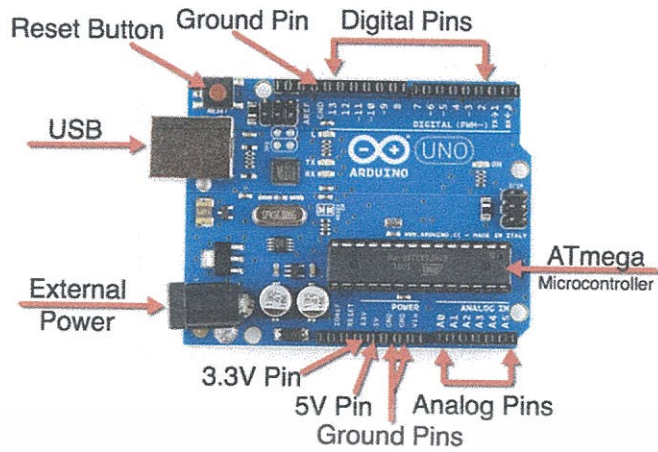
$$I = (\omega_2 r_2 / r_1) / (\omega_3 r_3 / r_4)$$

$$I = r_2 r_4 / r_1 r_3$$

## 2.6 Arduino UNO

Arduino หรือ อาดูอิโน้ หรือ อาดูยโน้ เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย รวมถึงยังมีความง่ายในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา Input ของบอร์ดได้เลย

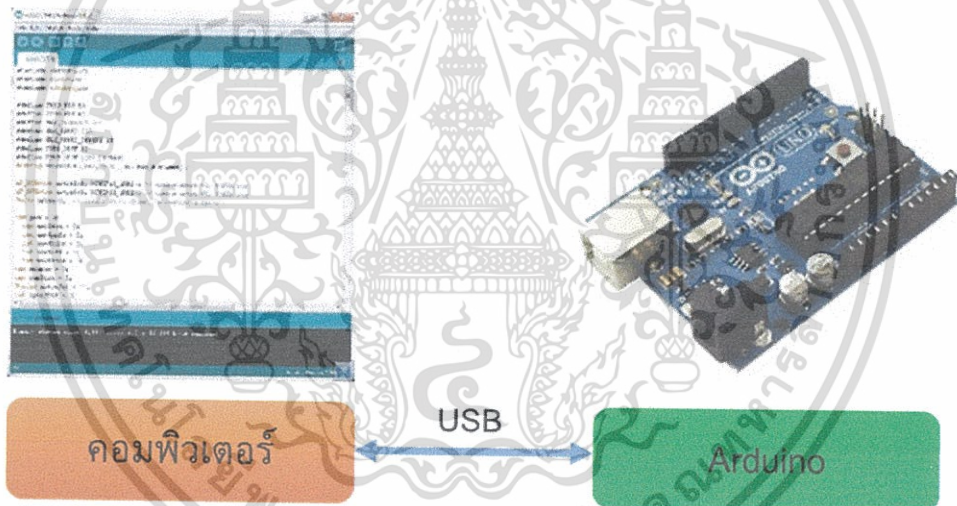
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 โครงสร้างพอร์ตของ Arduino

### 2.6.1 วิธีใช้งาน

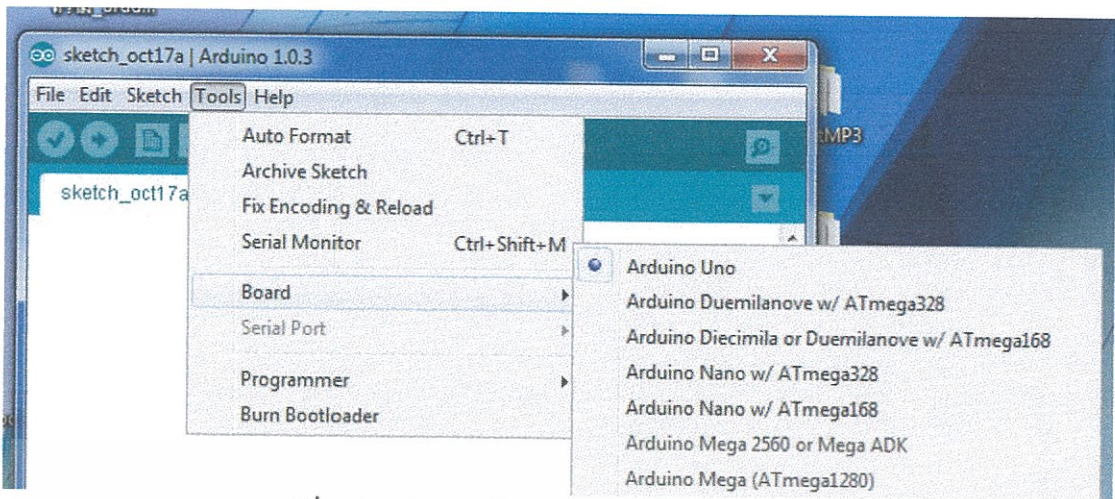
1.เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม ArduinoIDE ซึ่งสามารถโหลดได้จาก [Arduino.cc/en/main/software](http://Arduino.cc/en/main/software)



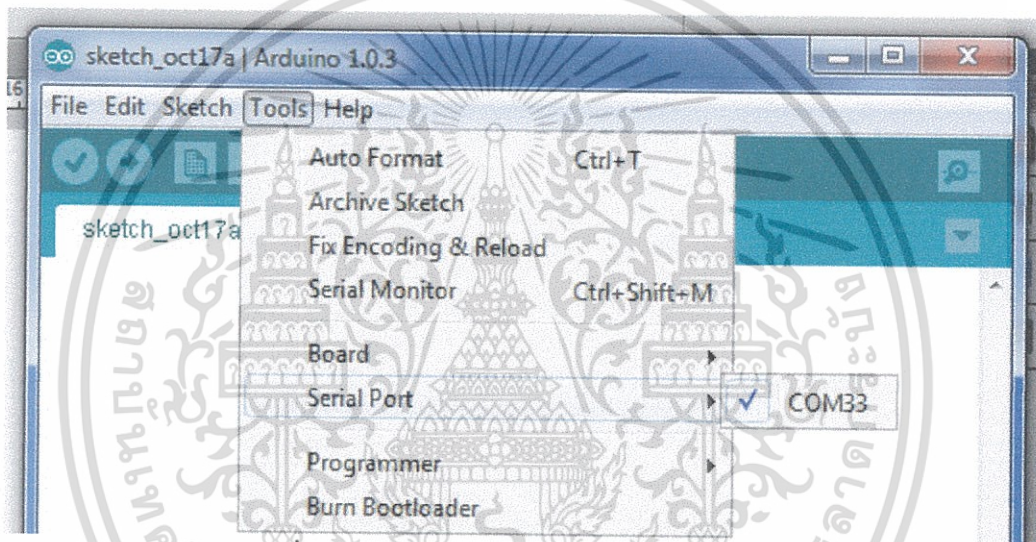
รูปที่ 2.20 รูปแบบการเชื่อมต่อ

2.หลังจากเขียนโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกบอร์ด Arduino ที่ใช้ และหมายเลข Com port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



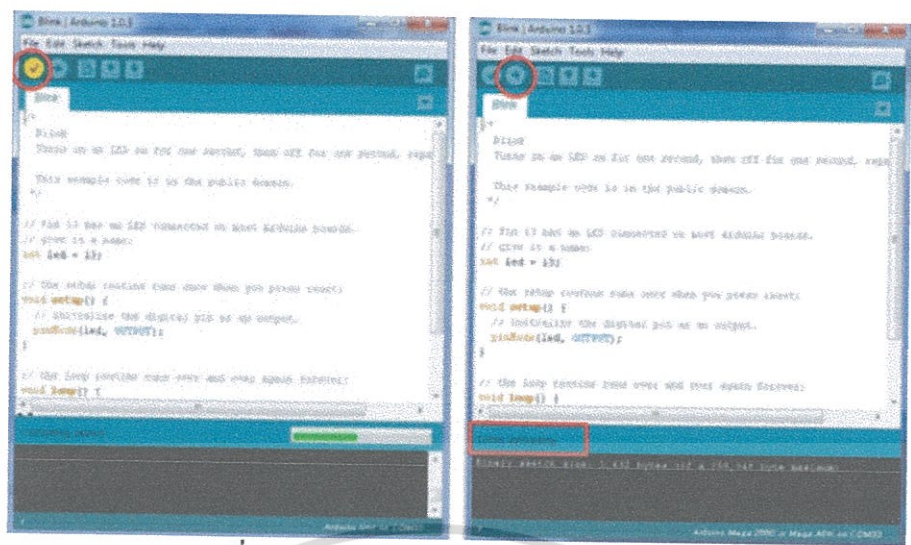
รูปที่ 2.21 เลือกบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload



รูปที่ 2.22 เลือกหมายเลข Com port ของบอร์ด

3. กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ด ไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่อ Upload เสร็จเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความที่แถบด้านล่าง “Done uploading” แล้วบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 การ Verify Compile และ upload

### 2.7 แบตเตอรี่แห้ง 12V1.3AH/20HR



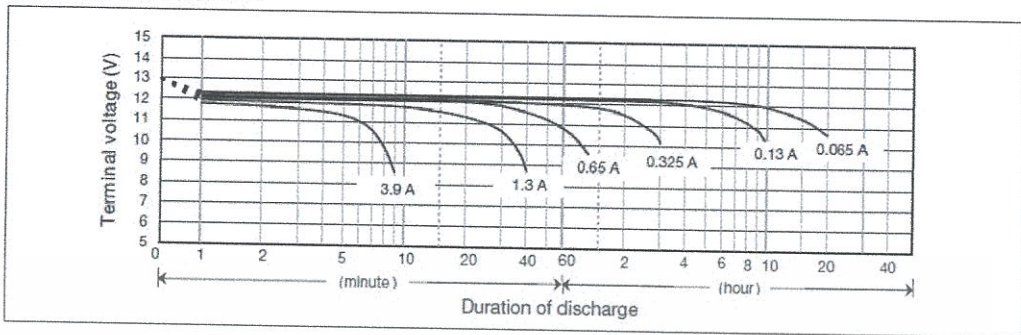
รูปที่ 2.24 แบตเตอรี่แห้ง 12V

แบตเตอรี่แห้ง 12V1.3AH/20HR initial current less then 0.39A หมายถึงชาร์จไฟให้น้อยกว่า 0.39A standby use 13.5-13.8 หมายถึงกรณีที่ชาร์จตลอด “AH/20HR” คือหน่วยที่แสดงความจุของแบตเตอรี่ ซึ่งจะคล้ายคลึงกับขนาดของถังเชื้อเพลิงในรถยนต์ ยิ่งตัวเลขที่อยู่ข้างหน้าคำว่า “AH” มากเท่าใด ความจุของแบตเตอรี่ก็จะมากขึ้นเท่านั้น ผลที่ได้ก็คือการทำงานที่ยาวนานกว่าต่อการชาร์จหนึ่งครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากความจุระบุ 1.3AH/20HR นั้นหมายความว่าสามารถใช้แบตเตอรี่ได้ต่อเนื่อง 20 ชั่วโมงเมื่อมันทำการปล่อยประจุที่กระแส 65 มิลลิแอมป์ ตามที่กำหนดไว้

Discharge characteristics



รูปที่ 2.25 แสดงการจ่ายไฟของแบตเตอรี่ที่เทียบกับระยะเวลาที่ใช้

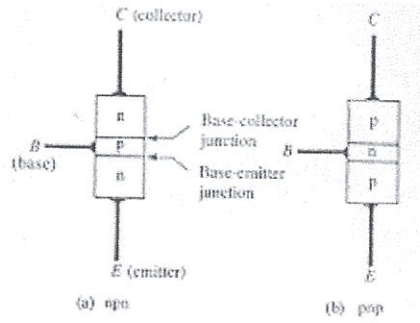
## 2.8 ทรานซิสเตอร์ (TRANSISTOR)

ทรานซิสเตอร์ (TRANSISTOR) คือ สิ่งประดิษฐ์ทำจากสารกึ่งตัวนำมีสามขา (TREE LEADS) กระแสหรือแรงเคลื่อน เพียงเล็กน้อยที่ขาหนึ่งจะควบคุมกระแสที่มีปริมาณมากที่ไหลผ่านขาทั้งสองข้างได้ หมายความว่าทรานซิสเตอร์เป็นทั้งเครื่องขยาย (AMPLIFIER) และสวิตช์ทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์ชนิดสองรอยต่อเรียกด้ายตัวย่อว่า BJT (BIPOlar JUNCTION TRANSISTOR) ทรานซิสเตอร์ (BJT) ถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น วงจรขยายในเครื่องรับวิทยุและเครื่องรับโทรทัศน์หรือนำไปใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ (Switching) เช่น เปิด-ปิด รีเลย์ (Relay) เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ เป็นต้น

### 2.8.1 โครงสร้างของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ชนิดสองรอยต่อหรือ BJT นี้ ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นต่อกัน โดยการเติมสารเจือปน (Doping) จำนวน 3 ชั้นทำให้เกิดรอยต่อ (Junction) ชั้นจำนวน 2 รอยต่อ การสร้างทรานซิสเตอร์จึงสร้างได้ 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีสารชนิด N 2 ชั้น เรียกว่าชนิด NPN และชนิดที่มีสารชนิด P 2 ชั้น เรียกว่าชนิด PNP โครงสร้างของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และชนิด PNP แสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 โครงสร้างของทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN และ PNP

เมื่อพิจารณาจากรูปจะเห็นว่าโครงสร้างของทรานซิสเตอร์จะมีสารกึ่งตัวนำ 3 ชั้น แต่ละชั้นจะต่อลวดตัวนำจากเนื้อสารกึ่งตัวนำไปใช้งาน ชั้นที่เล็กที่สุด (บางที่สุด) เรียกว่า เบส (Base) ตัวอักษรย่อ B สำหรับสารกึ่งตัวนำชั้นที่เหลือคือ คอลเลกเตอร์ (collector หรือ c) และอิมิตเตอร์ (Emitter หรือ E) นั่นคือทรานซิสเตอร์ทั้งชนิด NPN จะมี 3 ขา คือ ขาเบส ขาคอลเลกเตอร์ ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์นิยมเขียนทรานซิสเตอร์แทนด้วยสัญลักษณ์ดังรูป

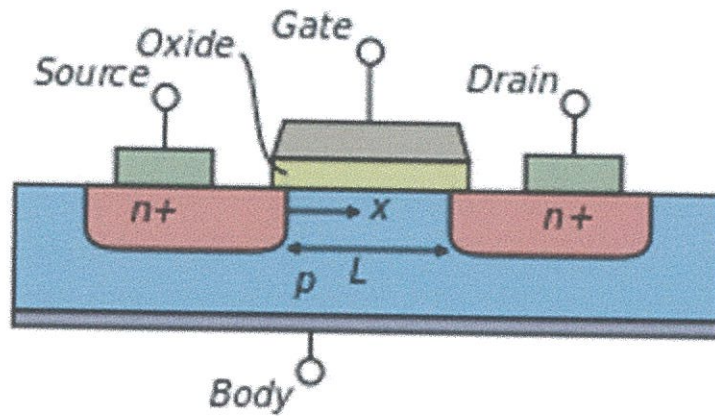


รูปที่ 2.27 สัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์

## 2.9 มอสเฟต (MOSFET)

MOSFET ในทางดิจิทัลถูกมองว่าเป็นสวิตช์ โดย nMOS จะเป็นสวิตช์ที่เมื่อสัญญาณเข้าเป็น "1" สวิตช์ก็จะปิด ถ้าไม่สวิตช์ก็ยังคงเปิดอยู่ (normal opened switch) ส่วน pMOS จะเป็นสวิตช์ที่เมื่อสัญญาณเข้าเป็น "1" สวิตช์ก็จะเปิด ถ้าไม่สวิตช์ก็จะปิดอยู่ (normal closed switch) และสัญลักษณ์ทั่วไปจะมีสามขา ขากลางเป็น gate ส่วนอีกสองขาคือ source และ drain โดยใช้ใน nMOS เป็นหลักเพื่อสื่อสัญญาณเดียวกับทรานซิสเตอร์ทั่วไปคือ ไฟขา base ไหล ขา Collector จะต่อกับ Emitter ส่วน pMOS ก็จะใส่ bubble ที่ขา gate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



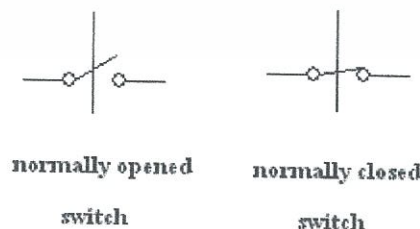
รูปที่ 2.28 โครงสร้างของมอสเฟส

MOSFET ประกอบด้วยสามส่วน คือ

1. GATE เป็นส่วนที่ทำมาจากออกไซด์ของโลหะ โดยสร้างให้เกิดความต่างศักย์ตกคร่อมระหว่างแผ่นสองแผ่นเพื่อ สร้างสนามไฟฟ้าเพื่อควบคุมการเข้าออกของสัญญาณไฟฟ้า
2. SOURCE เป็นส่วนขาเข้าของสัญญาณ
3. DRAIN เป็นส่วนขาออกของสัญญาณ

### 2.9.1 ประเภทของ MOSFET

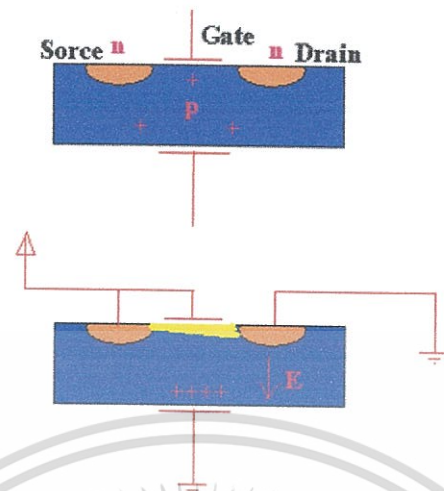
1. nMOS (negative MOSFET) เป็นทรานซิสเตอร์ประเภท NPN เมื่อมีความต่างศักย์เป็นบวก (สนามไฟฟ้าแรง) สัญญาณไฟฟ้าจึงจะไหลจาก source ไป drain ได้
2. pMOS (positive MOSFET) เป็นทรานซิสเตอร์ประเภท PNP เมื่อมีความต่างศักย์ต่ำหรือเป็นลบ (สนามไฟฟ้าอ่อน) สัญญาณไฟฟ้าจึงจะไหลจาก source ไป drain ได้



รูปที่ 2.29 สัญลักษณ์ของมอสเฟสในวงจรรีเลย์ทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9.2 การทำงานของ MOSFET



รูปที่ 2.30 แสดงการทำงานของ MOSFET

- nMOS เมื่อป้อนความต่างศักย์สูง จะเกิดสนามไฟฟ้าในทิศลงอย่างแรง โอลใน p-type จะถูกผลักลงมาอยู่ด้านล่าง (ตามรูปที่ประกอบข้างบน) ประกอบกับมีอิเล็กตรอนอิสระบางส่วน ถูกดูดขึ้นไปด้านบน ส่งผลให้บริเวณด้านบนมีอิเล็กตรอนอิสระมากจนเป็น n-type ได้เรียกว่า channel สัญญาณไฟฟ้าก็จะไหลผ่านช่วง channel นี้ซึ่งเป็น n-type เหมือนกับ drain และ source ได้โดยใช้อิเล็กตรอนอิสระเป็นพาหะ
- pMOS จะทำงานกลับกับ nMOS โดยเมื่อป้อนความต่างศักย์ต่ำ (โดยมากมักจะติดลบ) จะเกิดสนามไฟฟ้าในทิศขึ้นอย่างแรง อิเล็กตรอนอิสระใน n-type จะถูกผลักลงมาอยู่ด้านล่าง ประกอบกับมีโฮลบางส่วนถูกดูดขึ้นไปด้านบน ส่งผลให้บริเวณด้านบนมีโฮลมากจนเป็น p-type ได้เรียกว่า channel สัญญาณไฟฟ้าก็จะไหลผ่านช่วง channel นี้ซึ่งเป็น p-type เหมือนกับ drain และ source ได้โดยใช้โฮลเป็นพาหะ

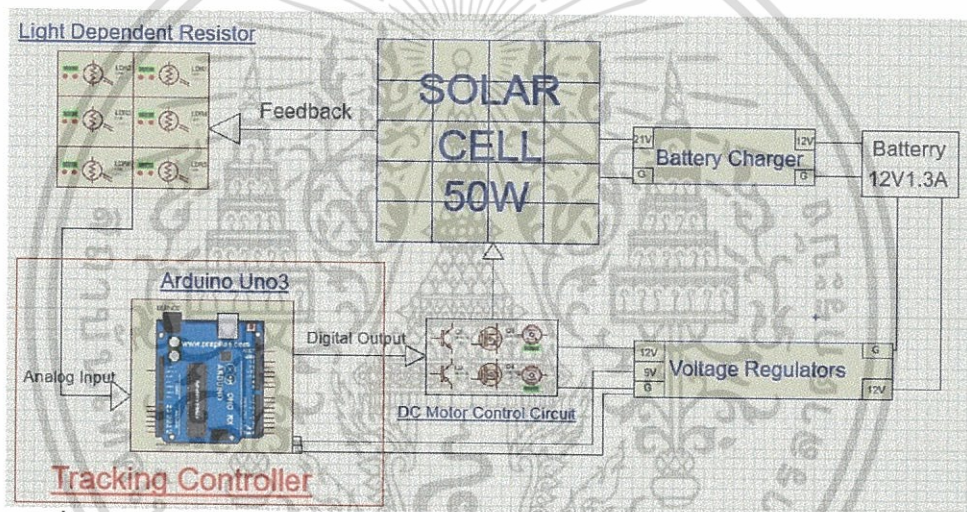
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน

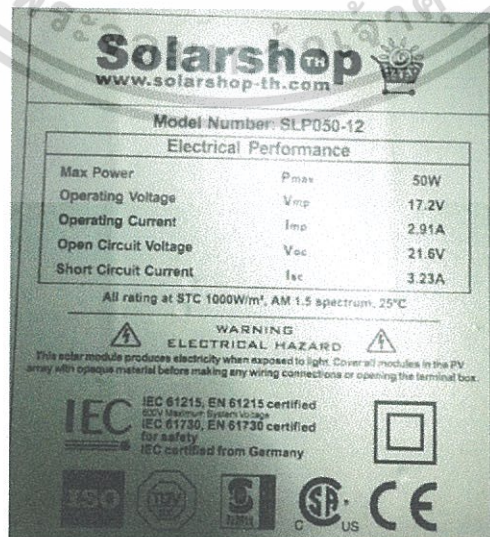
### 3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการสร้างการค้นหาแสงอย่างง่ายสำหรับระบบโซลาร์เซลล์ (Simple Tracking for Solar Cell System) โดย สำหรับโครงงานชิ้นนี้จะแบ่งส่วนประกอบออกเป็น 4 ส่วน  
1. วงจรไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ 2. การออกแบบการจัดวางเซนเซอร์แสง 3. ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการควบคุม 4. การออกแบบโครงสร้างชิ้นงาน

#### 3.1.1 บล็อกไดอะแกรม



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรม การออกแบบ Simple Tracking for Solar Cell System



รูปที่ 3.2 ข้อมูลแผงโซลาร์เซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. โพลีคริสตัลไลน์ (Poly-Crystalline Silicon Solar Cell Module 50W) ดังรูปที่ 3.2 ให้กำลังสูงสุด (Peak power) เท่ากับ 50 วัตต์ แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Open circuit voltage) เท่ากับ 21.6 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสม (Optimum power voltage) เท่ากับ 17.20 โวลต์ กระแสไฟฟ้าสูงสุด (Short Circuit Current) เท่ากับ 3.23 แอมป์ กระแสไฟฟ้าที่เหมาะสม (Optimum operation current) เท่ากับ 2.91 แอมป์ ทำหน้าที่รับพลังงานแสงอาทิตย์แล้วนำไปจ่ายให้ชาร์จเจอร์ถัดไป

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Cell resistance	1000 lux	-	400	-	$\Omega$
	10 lux	-	9	-	k $\Omega$
Dark resistance	-	1.0	-	-	M $\Omega$
Dark capacitance	-	-	3.5	-	pF
Rise time 1	1000 lux	-	2.8	-	ms
	10 lux	-	18	-	ms
Fall time 2	1000 lux	-	48	-	ms
	10 lux	-	120	-	ms

**Absolute maximum ratings**

Voltage, ac or dc peak \_\_\_\_\_ 320V

Current \_\_\_\_\_ 75mA

Power dissipation at 30°C \_\_\_\_\_ 250mW

Operating temperature range \_\_\_\_\_ -60°C to +75°C

รูปที่ 3.3 ข้อมูล LDR Sensor

2. LDR Sensor รับแรงดันได้สูงสุดที่ 320 โวลต์ รับกระแสได้สูงสุด 75 มิลลิแอมป์ กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 250 มิลลิวัตต์ ย่านการใช้งานตั้งแต่อุณหภูมิลบ 60 องศาเซลเซียสไปถึงอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เมื่อ LDR Sensor ได้รับความสว่างที่ 1000 ลักซ์ ความต้านทานภายในเซลล์ (Cell resistance) จะอยู่ที่ 400 โอห์ม เมื่อ LDR ได้รับความมืด ความต้านทานภายในเซลล์ (Dark resistance) จะอยู่ที่ 1 เมกะโอห์ม แบบ (Rise time1) เมื่อความสว่างอยู่ที่ 1000 ลักซ์ ความเร็วในการตอบสนองอยู่ที่ 2.8 มิลลิวินาที แต่เมื่อความสว่าง อยู่ที่ 10 ลักซ์ ความเร็วในการตอบสนองอยู่ที่ 18 มิลลิวินาที แบบ (Fall time 2) เมื่อความสว่างอยู่ที่ 1000 ลักซ์ ความเร็วในการตอบสนองอยู่ที่ 48 มิลลิวินาที แต่เมื่อความสว่างอยู่ที่ 10 ลักซ์ ความเร็วในการตอบสนองอยู่ที่ 120 มิลลิวินาที

สำหรับ LDR Sensor รับค่าป้อนกลับ (Feed Back) จากแผงโซลาร์เซลล์ และนำค่าที่ได้เป็นแรงดันไปป้อนให้กับ Analog Input ของ Board Arduino Uno3 ดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

รูปที่ 3.4 ข้อมูล Arduino Uno3 Board

3.จากรูปที่ 3.4 Arduino Uno3 Board ประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller ATmega328) แรงดันไฟฟ้า (Operating Voltage) 5 โวลต์ กระแสไฟฟ้า (DC Current) 20 มิลลิแอมป์ ประกอบด้วย 14 Digital Output (6 PWM output) 6 Analog Input Pins ความจำ 32 กิโลไบต์ และความเร็วสูงสุดในการประมวลผล (Clock Speed) ที่ 16 เมกะเฮิร์ตซ เป็นตัวที่ทำให้แผงโซลาร์มีการค้นหาแสงพระอาทิตย์

4. วงจรควบคุมมอเตอร์และมอเตอร์ 12 โวลต์ดีซี ดังรูปที่ 3.9 ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ทรานซิสเตอร์ (transistor) มอสเฟต (Mofet) และ มอเตอร์ขนาด 12 โวลต์ดีซี ซึ่งจะขับเคลื่อนให้มอเตอร์เกิดการหมุนโดยรับค่ามาจาก Digital Output ของบอร์ด Arduino Uno3

5. วงจรชาร์จแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 3.6 ประกอบด้วยไอซีเรกูเลเตอร์ เบอร์ LM317T ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดัน ส่วนไดโอด และช็อกกี้ไดโอดทำหน้าที่ป้องกันกระแสไหลย้อน ส่วนตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่เก็บสะสมประจุไฟฟ้าเอาไว้ ซึ่งวงจรชาร์จแบตเตอรี่ ทำหน้าที่ นำพลังงานจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

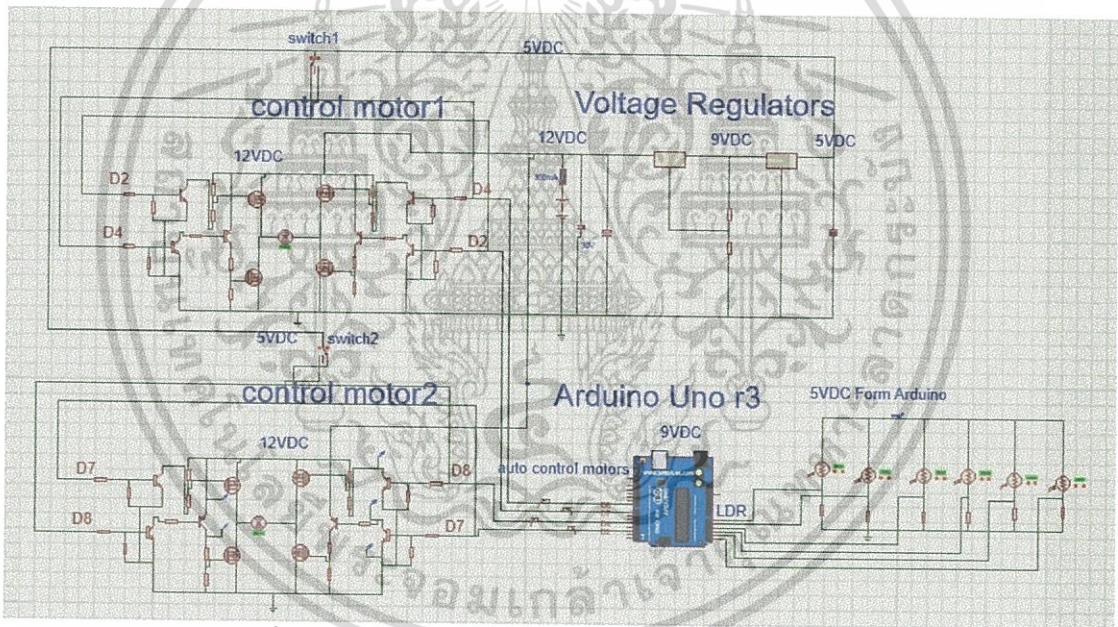
โซลาร์เซลล์ 50วัตต์ ไปชาร์จเข้ากับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ การชาร์จแบตเตอรี่เริ่มต้นอยู่ที่ 200 มิลลิแอมป์

6.แบตเตอรี่12ดีซี แรงดัน 12 โวลต์ กระแสในตัวสูงสุดที่ 1.3 แอมป์ ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานหลักให้กับระบบค้นหาแสงอัตโนมัติ

7.วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Regulator Circuit) ดังรูปที่ 3.7 ประกอบด้วยไอซีเรกูเลเตอร์เบอร์LM317T และเบอร์7805 ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันทำหน้าที่จ่ายแรงดันให้กับ Arduino และ วงจรควบคุมมอเตอร์

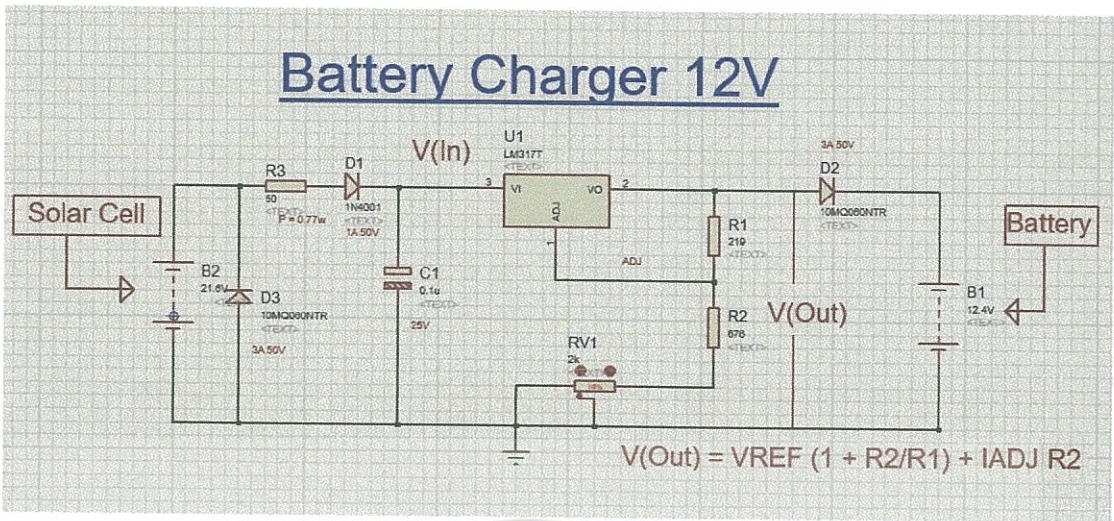
## 3.2 การออกแบบวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์

### 3.2.1 ใช้โปรแกรม proteus 8 professional

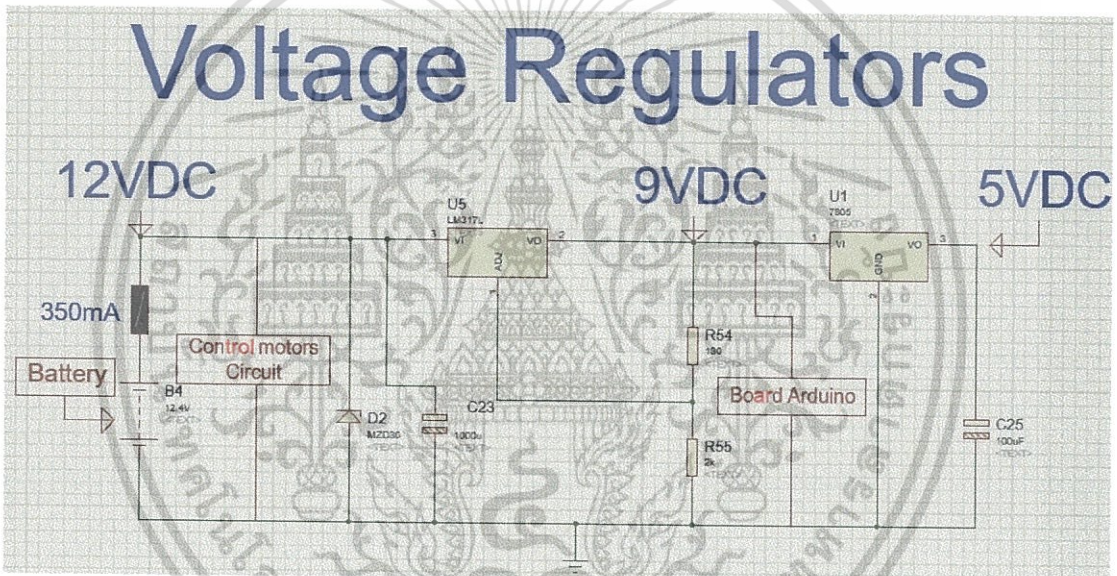


รูปที่ 3.5 วงจรค้นหาแสงอย่างง่ายสำหรับระบบโซลาร์เซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

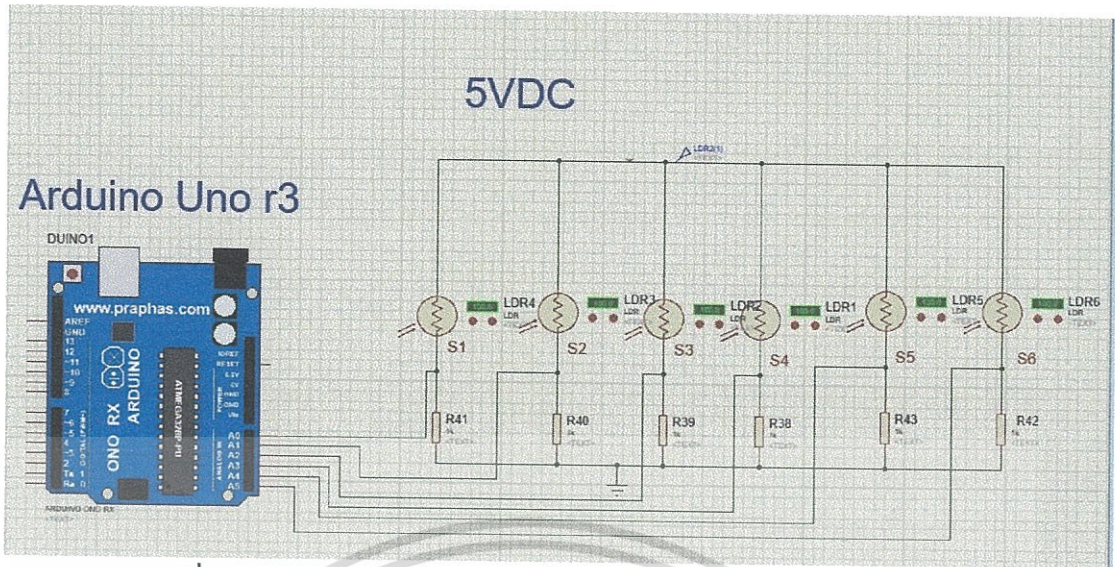


รูปที่ 3.6 วงจรชาร์จแบตเตอรี่

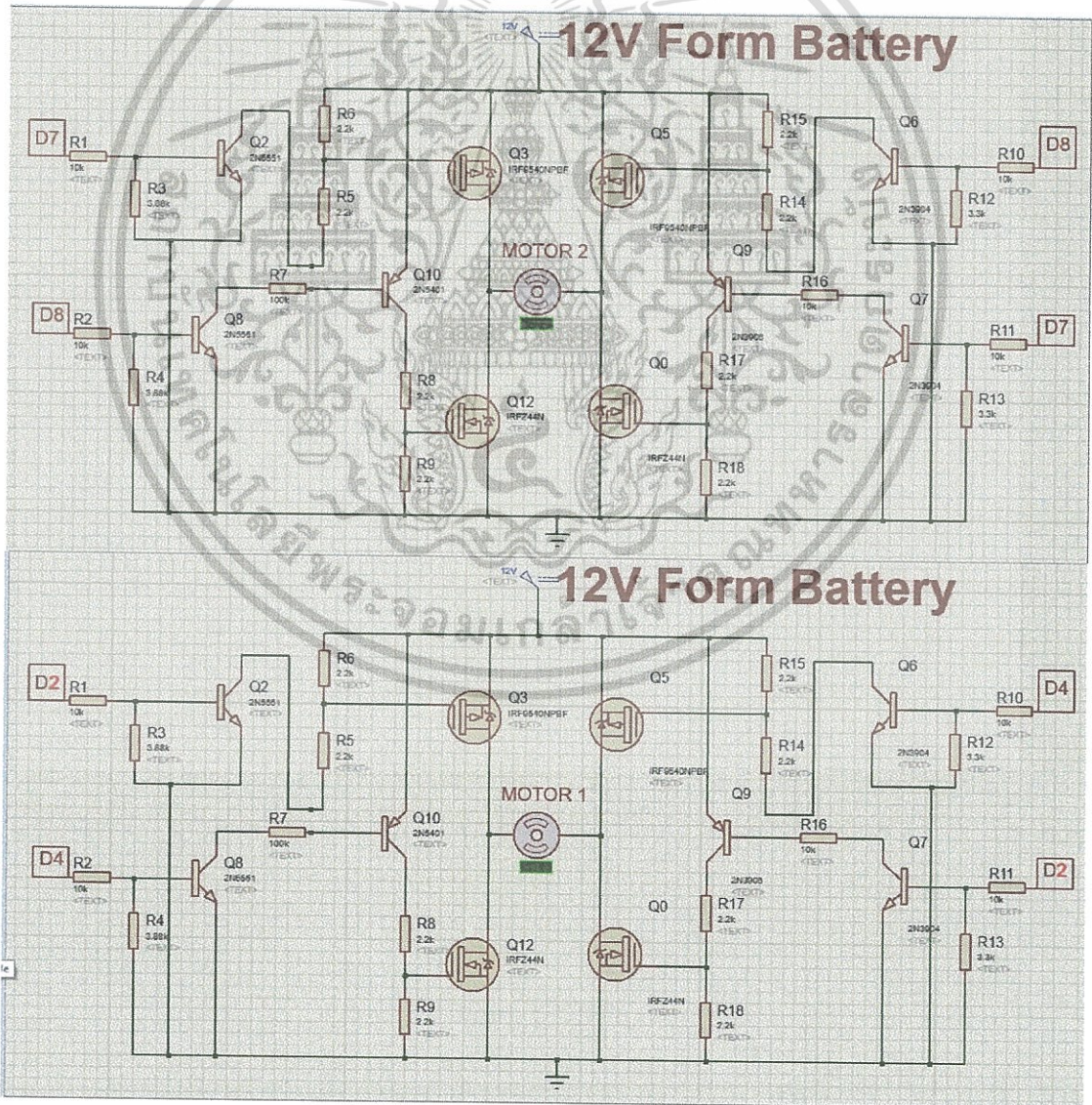


รูปที่ 3.7 วงจรแบ่งแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



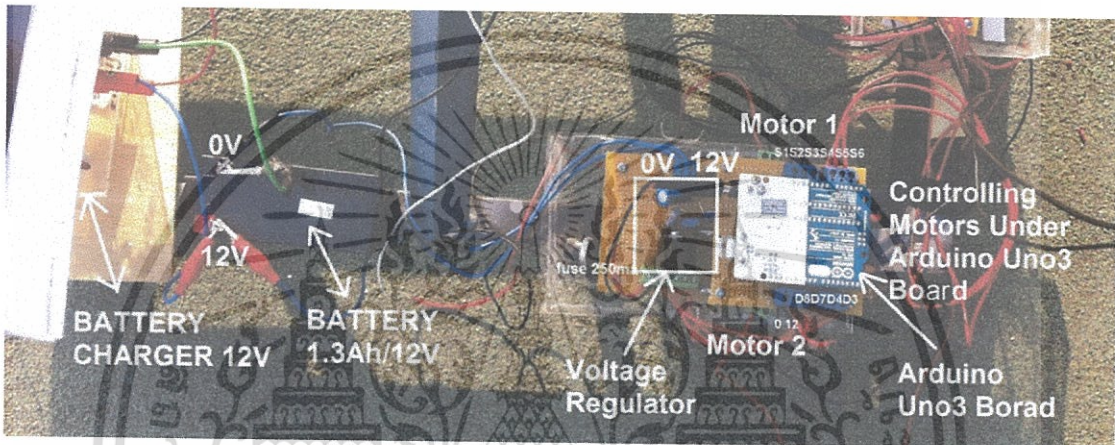
รูปที่ 3.8 วงจรเซนเซอร์ LDR ต่อเข้ากับ Analog input Arduino board



รูปที่ 3.9 วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.9 DN คือ Digital Output Arduino Uno3 N คือ เลขของขา จากวงจรควบคุมมอเตอร์ มี D3 D4 D7 และ D8 ทำหน้าที่ปล่อยแรงดันไฟฟ้า 5 Vdc โดยรับคำสั่งมาจากโปรแกรมอีกทีเพื่อไปควบคุมมอเตอร์การหมุนของมอเตอร์ เมื่อ D3 ทำงาน และ D4 ไม่ทำงาน วงจรควบคุมมอเตอร์ตัวที่ 1 จะหมุนไปทางทิศทางบวกเป็น 12 Vdc เมื่อ D3 ไม่ทำงาน และ D4 ทำงาน วงจรควบคุมมอเตอร์ตัวที่ 1 จะหมุนไปทางทิศทางลบเป็น -12Vdc เมื่อ D7 ทำงาน แต่ D8 ไม่ทำงาน วงจรควบคุมมอเตอร์ตัวที่ 2 จะหมุนไปทางทิศทางบวกเป็น 12 Vdc เมื่อ D7 ไม่ทำงาน แต่ D8 ทำงาน วงจรควบคุมมอเตอร์ตัวที่ 2 จะหมุนไปทางทิศทางลบเป็น -12Vdc เป็นกลไกที่ทำให้เกิดการติดตามแสงอัตโนมัติ

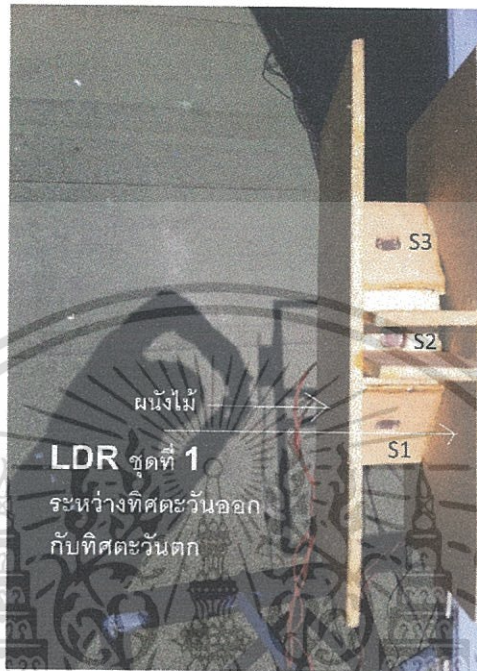


รูปที่ 3.10 เป็นการนำวงจรต่าง ๆ มาต่อเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การออกแบบการจัดวางของเซนเซอร์แสง (Light Dependent Resistor ; LDR)

#### 3.3.1 การออกแบบเซนเซอร์ LDR



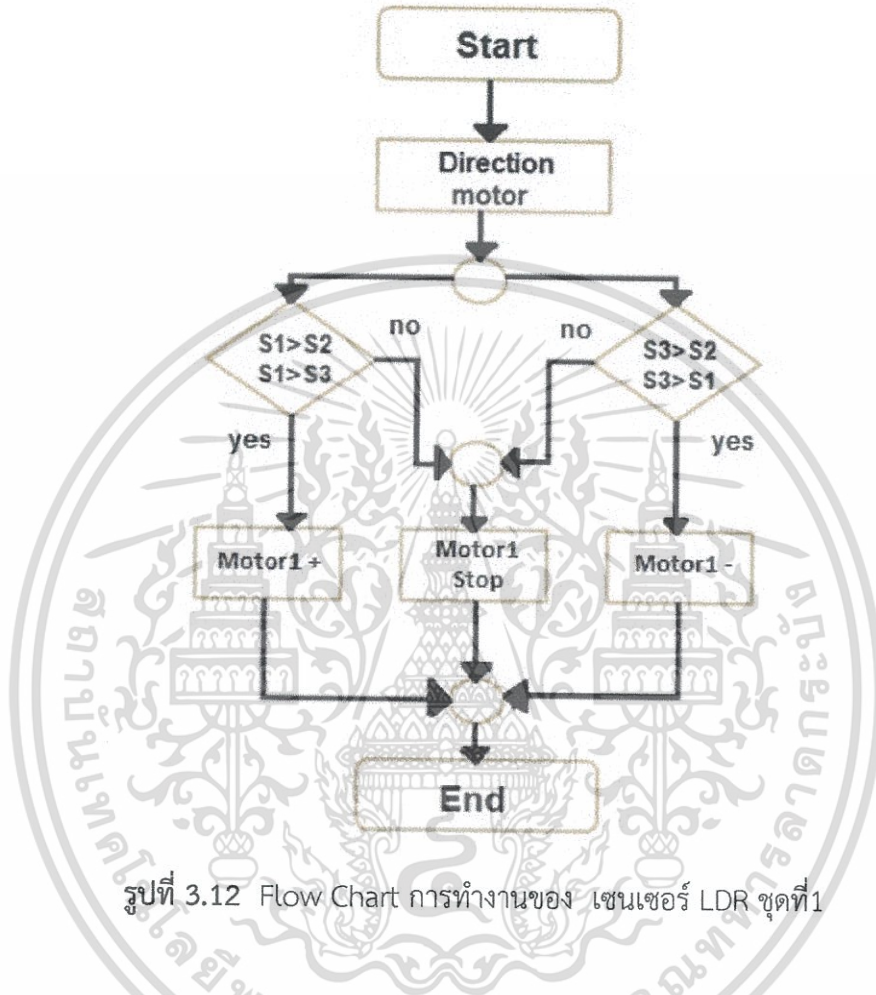
รูปที่ 3.10 เซนเซอร์ LDR ชุดที่1



รูปที่ 3.11 เซนเซอร์ LDR ชุดที่2

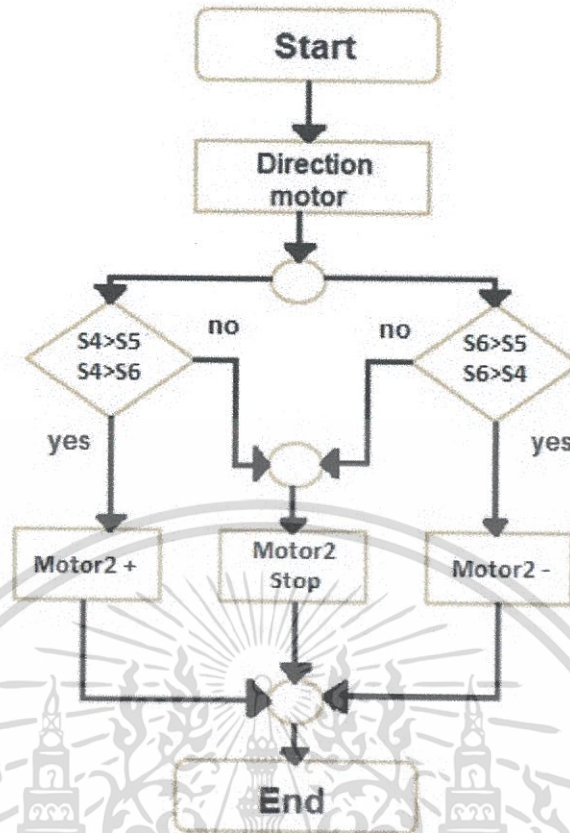
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 Flowchart แสดงการทำงาน



รูปที่ 3.12 Flow Chart การทำงานของ เซนเซอร์ LDR ชุดที่1

เซนเซอร์ LDR ชุดที่1 ทำหน้าที่ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์ ให้อยู่ระหว่างทิศตะวันออกกับทิศตะวันตก เมื่อ S1 หรือ LDR ตัวที่1 มีค่ามากกว่า S2 หรือ LDR ตัวที่2 และ S3 หรือ LDR ตัวที่3 ถ้าใช้มอเตอร์ตัวที่1 จะหมุนไปทิศทางบวก ถ้าไม่ใช่ มอเตอร์ตัวที่1 จะไม่หมุนหรือหยุดหมุน เมื่อ S3 หรือ LDR ตัวที่3 มีค่ามากกว่า S2 หรือ LDR ตัวที่2 และ S1 หรือ LDR ตัวที่1 ถ้าใช่ มอเตอร์ตัวที่1 จะหมุนไปทิศทางลบถ้าไม่ใช่มอเตอร์ตัวที่1จะไม่หมุนหรือหยุดหมุน

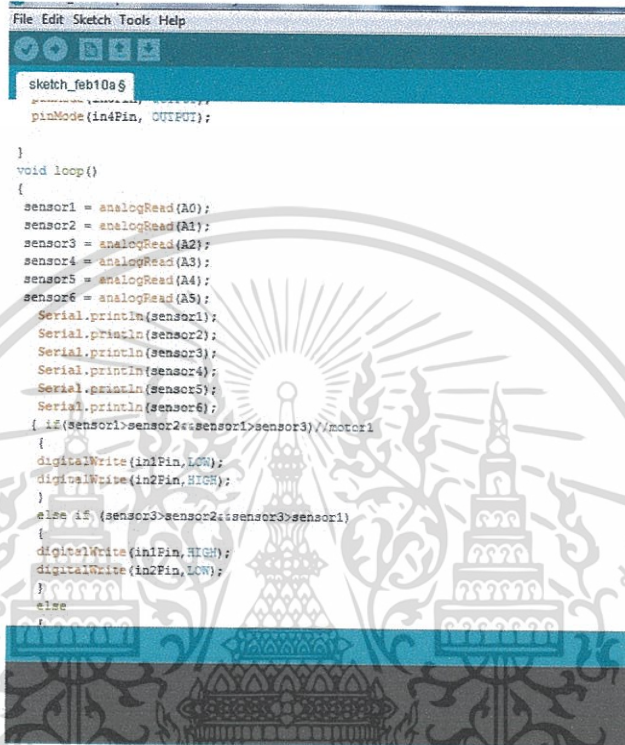


รูปที่ 3.13 Flow Chart การทำงานของ เซนเซอร์ LDR ชุดที่2

เซนเซอร์ LDR ชุดที่2 ทำหน้าที่ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์ ให้อยู่ระหว่างทิศเหนือกับทิศใต้ เมื่อ S4 หรือ LDR ตัวที่4 มีค่ามากกว่า S5 หรือ LDR ตัวที่5 และ S6 หรือ LDR ตัวที่6 ถ้าใช่ มอเตอร์ตัวที่2 จะหมุนไปทิศทางบวก ถ้าไม่ใช่ มอเตอร์ตัวที่2 จะไม่หมุนหรือหยุดหมุน เมื่อ S6 หรือ LDR ตัวที่6 มีค่ามากกว่า S5 หรือ LDR ตัวที่5 และ S4 หรือ LDR ตัวที่4 ถ้าใช่ มอเตอร์ตัวที่2จะหมุนไปทิศทางลบ ถ้าไม่ใช่ มอเตอร์ตัวที่2 จะไม่หมุนหรือหยุดหมุน FlowChart ทั้ง 2 นี้ ใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุม ดังรูปที่ 3.14 ต่อไป

### 3.5 การเขียนภาษา C# ลงในโปรแกรม Arduino

หลังจากที่ทำระบบค้นหาแสงพระอาทิตย์แล้ว นำ FlowChart จากรูปที่ 3.12 และ 3.13 มาเขียนภาษา C# แล้วอัปโหลดไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่าน USB เพื่อให้เป็นระบบค้นหาแสงพระอาทิตย์โดยสมบูรณ์



```

File Edit Sketch Tools Help
sketch_feb10a $
pinMode(in4Pin, OUTPUT);

}
void loop()
{
  sensor1 = analogRead(A0);
  sensor2 = analogRead(A1);
  sensor3 = analogRead(A2);
  sensor4 = analogRead(A3);
  sensor5 = analogRead(A4);
  sensor6 = analogRead(A5);
  Serial.println(sensor1);
  Serial.println(sensor2);
  Serial.println(sensor3);
  Serial.println(sensor4);
  Serial.println(sensor5);
  Serial.println(sensor6);
  if (sensor1>sensor2&sensor1>sensor3)/motor1
  {
    digitalWrite(in1Pin, LOW);
    digitalWrite(in2Pin, HIGH);
  }
  else if (sensor3>sensor2&sensor3>sensor1)
  {
    digitalWrite(in1Pin, HIGH);
    digitalWrite(in2Pin, LOW);
  }
  else
  {

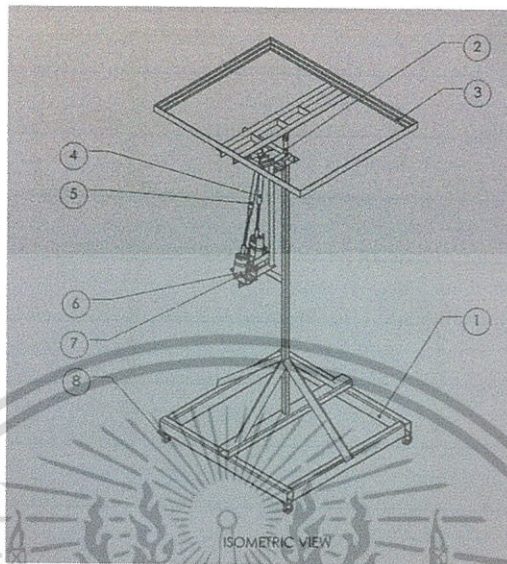
```

รูปที่ 3.14 ภาษา C# ของ Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 การออกแบบโครงสร้างชิ้นงาน

#### 3.6.1 การใช้โปรแกรม Solid work เบื้องต้น



รูปที่ 3.15 โครงสร้างโดยรวมแบบ Isometric View

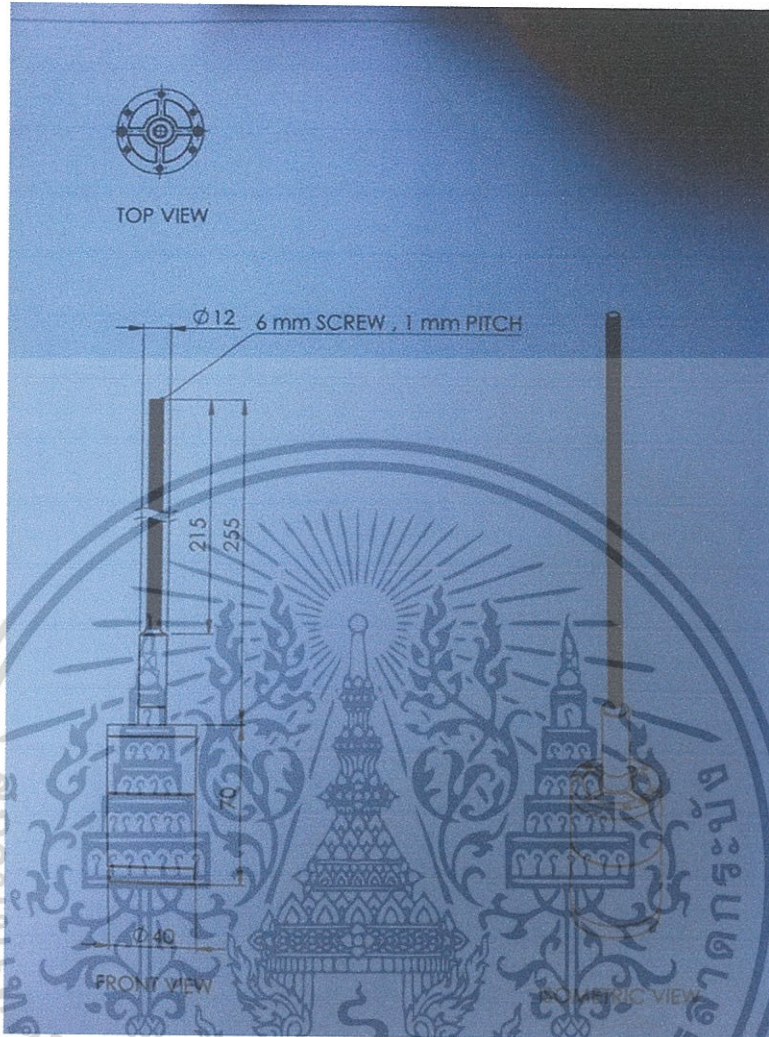
หมายเลข 1 คือ ส่วนที่เป็นฐานรองแกนกลาง , หมายเลข 2 คือ Neck Part ส่วนคอที่อยู่บนแกน X - Axis , หมายเลข 3 คือ Solar cell frame ส่วนที่เป็นกรอบให้แผงโซลาร์เซลล์ฝัง , หมายเลข 4 คือ X-Axis Control Shaft เพลาเพื่อการหมุนของเหล็กตัดแกน X , หมายเลข 5 คือ Y-Axis Control Shaft เพลาเพื่อการหมุนของเหล็กตัดแกน Y , หมายเลข 6 คือ Motor Holder ส่วนที่ยึดมอเตอร์ให้อยู่กับที่ , หมายเลข 7 คือ Motor สำหรับการหมุน , หมายเลข 8 คือ ล้อรถเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 35mm ไว้สำหรับเคลื่อนย้ายโครงสร้าง



รูปที่ 3.16 โครงสร้างที่ออกแบบใน Solid work

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

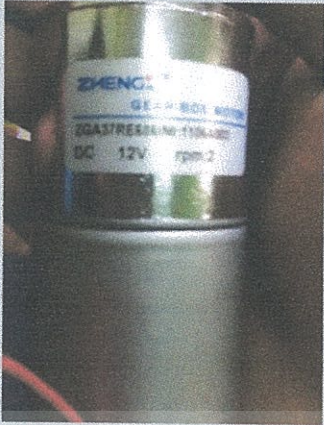
### 3.6.2 การคำนวณการหมุนของมอเตอร์ทั้งสองแกน



รูปที่ 3.17 Screw Motor

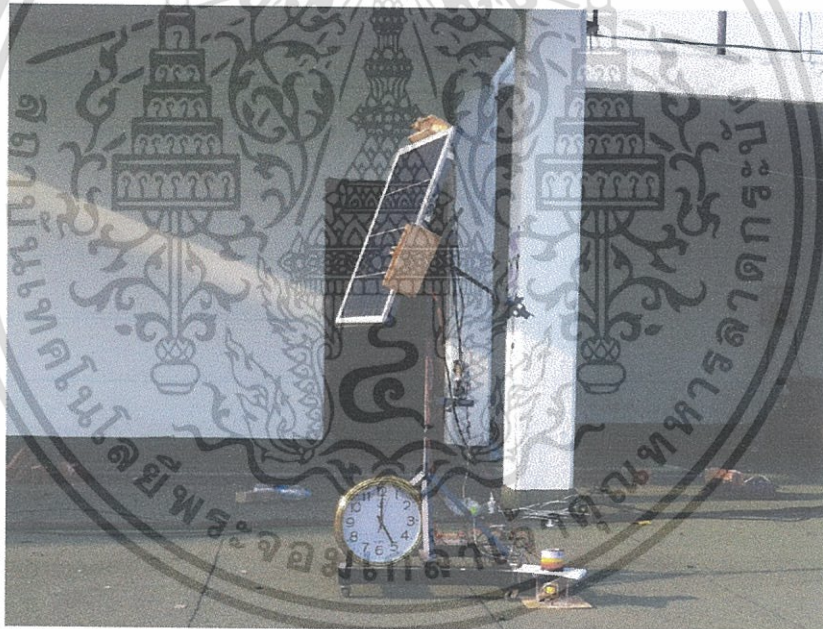
เนื่องจากดวงอาทิตย์จะหมุนรอบโลก 15 องศาทุกๆ ชั่วโมง จะได้เป็น 0.25 องศาต่อนาที ความยาวของ Screw Motor เท่ากับ 215 mm รูสำหรับไว้ Screw Motor หมุน ยาวเท่ากับ 25 mm จะได้ความยาวของการหมุนเป็น  $215 - 25 = 190$  mm โครงสร้างมีมุมในการหมุนรวม 135 องศาทั้งแกน X-Axis และแกน Y-Axis จากในรูป 3.17 Screw Motor 1เกลียว มีค่าเท่ากับ 1 มม ฉะนั้น 1 เกลียว จะเท่ากับ 0.710526 องศา จากรูปที่ 3.18 ข้อมูลทั่วไปของมอเตอร์ ความเร็วขณะมีโหลดเป็น 1.59 รอบต่อนาที หรือเท่ากับ 1.59 เกลียวต่อนาที จะได้องศาที่เปลี่ยนไปต่อนาที เป็น 1.13 องศาต่อนาที จะทำให้มอเตอร์นั้นหมุนๆแล้วหยุดไปก่อนเป็นช่วงๆ เป็นเพราะความเร็วในการเปลี่ยนองศาของมอเตอร์นั้นมีค่ามากกว่าความเร็วในการเปลี่ยนองศาของดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



No load current	45mA
load current	95mA
No load speed	2.00RPM
load speed	1.59RPM
Torque Max	309 oz-in.
Diameter Shaft	6mm

รูปที่ 3.18 ข้อมูลทั่วไปของมอเตอร์



รูปที่ 3.19 การค้นหาแสงอย่างง่ายสำหรับระบบโซลาร์เซลล์

ในส่วนของการทดลอง จะนำทั้งตัวโครงโซลาร์เซลล์ แผงโซลาร์เซลล์รวมถึงวงจรต่างๆ มาทดลองการค้นหาแสง และเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า รวมไปถึงกระแสไฟฟ้า ระหว่างการค้นหาแสงกับไม่ค้นหาแสง ผลการทดลองจะอยู่ในส่วนของบทที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4 การทดลอง

### 4.1 การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากเซนเซอร์ LDR



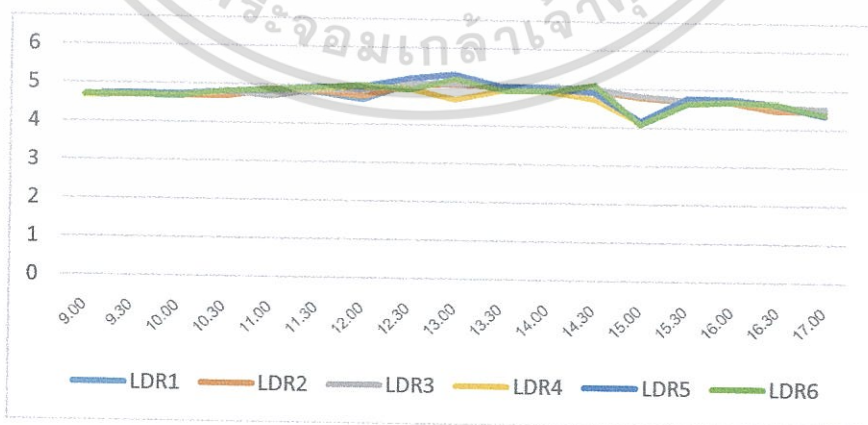
รูปที่ 4.1 เซนเซอร์ LDR 2 ชุด ที่ได้ติดตั้งเรียบร้อยแล้ว

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงเซนเซอร์ LDR ประกอบด้วย S1 คือ LDR ตัวที่ 1, S2 คือ LDR ตัวที่ 2, S3 คือ LDR ตัวที่ 3 โดย S1, S2, S3 จะเป็นชุดเซนเซอร์ที่ไปควบคุมการหมุนของมอเตอร์ตัวที่ 1 ให้อยู่ระหว่างทิศตะวันออก กับทิศตะวันตก S4 คือ LDR ตัวที่ 4, S5 คือ LDR ตัวที่ 5, S6 คือ LDR ตัวที่ 6 โดย S4, S5, S6 จะเป็นชุดเซนเซอร์ที่ไปควบคุมการหมุนของมอเตอร์ตัวที่ 2 ให้อยู่ระหว่างทิศเหนือ กับทิศใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1.1 การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจาก เซนเซอร์ LDR แบบค้นหาแสง ณ วันที่ 15 มกราคม 2559

Time	ldr1(V)	ldr2(V)	ldr3(V)	ldr4(V)	ldr5(V)	ldr6(V)
09.00	4.68	4.69	4.70	4.68	4.70	4.71
09.30	4.70	4.70	4.71	4.73	4.75	4.72
10.00	4.68	4.69	4.69	4.71	4.72	4.69
10.30	4.78	4.69	4.83	4.80	4.82	4.83
11.00	4.86	4.86	4.71	4.89	4.86	4.87
11.30	4.81	4.85	4.89	4.92	4.95	4.94
12.00	4.65	4.73	4.90	4.98	4.98	5.01
12.30	5.07	5.03	5.06	4.94	5.20	4.92
13.00	5.10	5.07	5.10	4.68	5.32	5.20
13.30	5.03	5.01	5.03	4.93	5.02	4.93
14.00	5.04	5.01	5.04	4.92	5.00	4.92
14.30	4.99	4.94	4.97	4.73	4.90	5.09
15.00	4.81	4.79	4.83	4.15	4.16	4.09
15.30	4.72	4.69	4.72	4.66	4.77	4.64
16.00	4.74	4.67	4.76	4.69	4.74	4.69
16.30	4.49	4.47	4.60	4.61	4.62	4.63
17.00	4.54	4.48	4.53	4.35	4.36	4.39
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>4.77</b>	<b>4.72</b>	<b>4.79</b>	<b>4.55</b>	<b>4.66</b>	<b>4.63</b>

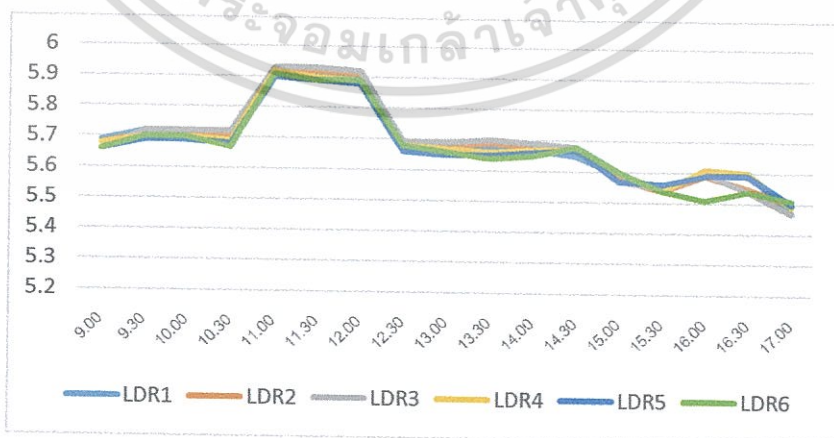


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ Voltage ของ LDR แต่ละตัว ทุกๆ30นาที ณ วันที่ 15 มกราคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1.2 การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจาก เซนเซอร์ LDR แบบค้นหาแสง ณ วันที่ 1 มีนาคม 2559

Time	ldr1(V)	ldr2(V)	ldr3(V)	ldr4(V)	ldr5(V)	ldr6(V)
09.00	5.69	5.68	5.66	5.68	5.66	5.66
09.30	5.72	5.71	5.72	5.70	5.69	5.70
10.00	5.71	5.71	5.72	5.70	5.69	5.70
10.30	5.70	5.71	5.72	5.69	5.68	5.67
11.00	5.91	5.92	5.93	5.92	5.90	5.91
11.30	5.90	5.92	5.93	5.90	5.89	5.89
12.00	5.90	5.91	5.92	5.89	5.88	5.89
12.30	5.68	5.69	5.69	5.68	5.66	5.68
13.00	5.67	5.68	5.69	5.67	5.65	5.66
13.30	5.68	5.69	5.70	5.66	5.65	5.64
14.00	5.67	5.68	5.69	5.67	5.66	5.65
14.30	5.65	5.67	5.68	5.67	5.67	5.68
15.00	5.59	5.58	5.57	5.60	5.57	5.60
15.30	5.55	5.54	5.55	5.54	5.56	5.54
16.00	5.60	5.59	5.60	5.61	5.59	5.51
16.30	5.60	5.55	5.54	5.60	5.59	5.54
17.00	5.47	5.50	5.47	5.49	5.50	5.51
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>5.69</b>	<b>5.69</b>	<b>5.69</b>	<b>5.68</b>	<b>5.68</b>	<b>5.67</b>

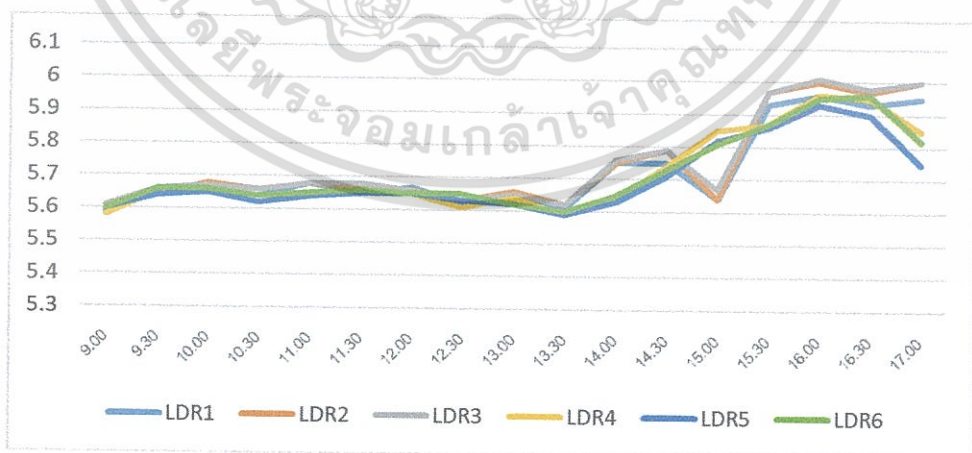


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ Voltage ของ LDR แต่ละตัวทุกๆ 30 นาที ณ วันที่ 1 มีนาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1.3 การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจาก เซนเซอร์ LDR แบบค้นหาแสง ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

Time	ldr1(V)	ldr2(V)	ldr3(V)	ldr4(V)	ldr5(V)	ldr6(V)
09.00	5.59	5.60	5.61	5.58	5.60	5.60
09.30	5.66	5.64	5.66	5.65	5.64	5.66
10.00	5.66	5.68	5.67	5.66	5.65	5.66
10.30	5.64	5.66	5.66	5.64	5.62	5.64
11.00	5.68	5.68	5.68	5.64	5.64	5.65
11.30	5.65	5.67	5.68	5.66	5.65	5.66
12.00	5.67	5.66	5.66	5.65	5.65	5.65
12.30	5.62	5.63	5.63	5.61	5.63	5.65
13.00	5.63	5.66	5.65	5.64	5.62	5.62
13.30	5.61	5.62	5.62	5.59	5.59	5.60
14.00	5.75	5.75	5.76	5.64	5.63	5.65
14.30	5.75	5.79	5.79	5.74	5.71	5.73
15.00	5.64	5.64	5.67	5.85	5.82	5.81
15.30	5.93	5.97	5.97	5.87	5.86	5.87
16.00	5.96	6.00	6.01	5.96	5.93	5.95
16.30	5.93	5.97	5.98	5.95	5.90	5.96
17.00	5.95	6.00	6.00	5.85	5.75	5.82
ค่าเฉลี่ย	5.72	5.74	5.74	5.71	5.70	5.71



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ Voltage ของ LDR แต่ละตัว ทุกๆ30นาที ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 การทดลอง เซนเซอร์ LDR ทั้ง 2 ชุด

จากการทดลอง ดังในรูปที่ 4.5 LDR1 หรือ S1 LDR2 หรือ S2 และ LDR3 หรือ S3 เมื่อมีค่าแรงดันใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ผนังไม้เซนเซอร์ LDR ชุดที่ 2 ตั้งฉากกับแสงพระอาทิตย์ ส่วน LDR4 หรือ S4 LDR5 หรือ S5 และ LDR6 หรือ S6 เมื่อมีค่าแรงดันใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ผนังไม้เซนเซอร์ LDR ชุดที่ 1 ตั้งฉากกับแสงพระอาทิตย์

#### 4.2 การวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์



รูปที่ 4.6 แผงโซลาร์เซลล์วางขนานกับพื้นโลก วันที่ฟ้าครึ้ม ณ วันที่ 16 มกราคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.1 การวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ วางขนานกับพื้นโลก วันที่ฟ้า  
ครีมี ณ วันที่ 16 มกราคม 2559

Time	Volt	Amp	Watt
9.00	19.90	0.30	5.97
9.30	19.90	0.45	8.96
10.00	19.60	0.49	9.60
10.30	20.00	0.56	11.20
11.00	19.50	0.71	13.84
11.30	19.64	0.77	15.12
12.00	19.83	0.60	11.90
12.30	19.52	<u>2.40</u>	<u>46.85</u>
13.00	19.64	2.36	46.35
13.30	20.10	2.21	44.42
14.00	<u>20.90</u>	2.09	43.68
14.30	20.00	1.84	36.80
15.00	20.00	1.62	35.56
15.30	20.00	1.35	27.00
16.00	19.80	0.95	18.81
16.30	19.74	0.70	13.82
17.00	19.23	0.42	8.08
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b><u>19.84</u></b>	<b><u>1.17</u></b>	<b><u>23.21</u></b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แผงโซลาร์เซลล์วางขนานกับพื้นโลก วันที่ฟ้าเปิด ณ วันที่ 17 มกราคม 2559

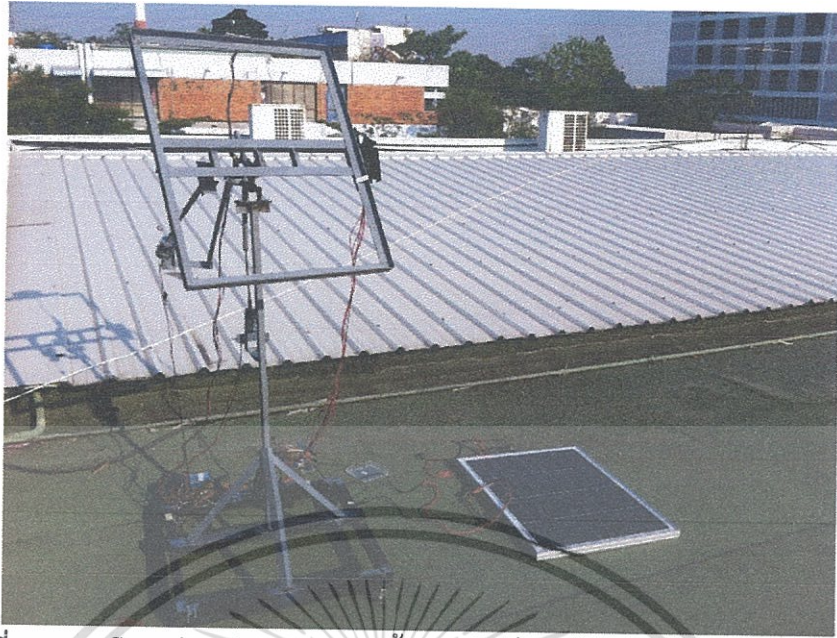


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.2 การวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ วางขนานกับพื้นโลก วันที่ฟ้า  
เปิด ณ วันที่ 17 มกราคม 2559

Time	Volt	Amp	Watt
9.00	20.30	0.54	10.96
9.30	19.50	0.93	18.14
10.00	19.84	1.27	25.2
10.30	<u>20.60</u>	1.30	29.52
11.00	20.10	1.47	29.55
11.30	19.54	1.56	30.48
12.00	21.30	2.17	46.22
12.30	19.42	<u>2.50</u>	<u>48.55</u>
13.00	19.51	2.42	47.21
13.30	19.73	2.32	45.77
14.00	20.00	2.09	41.8
14.30	19.00	1.75	33.25
15.00	20.00	1.54	30.8
15.30	20.10	1.45	19.14
16.00	19.51	0.98	19.12
16.30	19.62	0.78	15.3
17.00	19.34	0.52	10.06
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<u>19.85</u>	<u>1.50</u>	<u>29.77</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แผงโซลาร์เซลล์วางขนานกับพื้นโลก วันที่ฟ้าเปิด ณ วันที่ 6 มีนาคม 2559



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.3 การวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ วางขนานกับพื้นโลก วันที่ฟ้า  
เปิด ณ วันที่ 6 มีนาคม 2559

Time	Volt	Amp	Watt
9.00	<u>20.30</u>	1.50	30.45
9.30	20.30	1.83	37.15
10.00	20.00	2.10	42.00
10.30	19.80	2.28	45.14
11.00	19.70	2.49	49.05
11.30	19.40	2.59	50.25
12.00	19.35	<u>2.65</u>	<u>51.28</u>
12.30	19.28	2.64	50.90
13.00	19.41	2.57	49.88
13.30	19.22	2.46	47.28
14.00	19.18	2.20	42.20
14.30	19.14	1.99	38.09
15.00	19.32	1.72	33.23
15.30	19.82	1.52	30.13
16.00	19.74	1.23	24.28
16.30	19.12	0.70	13.38
17.00	18.80	0.46	8.65
<u>ค่าเฉลี่ย</u>	<u>19.52</u>	<u>1.94</u>	<u>37.87</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แผงโซลาร์เซลล์ค้นหาแสง วันที่ฟ้าเปิด ณ วันที่ 15 มกราคม 2559

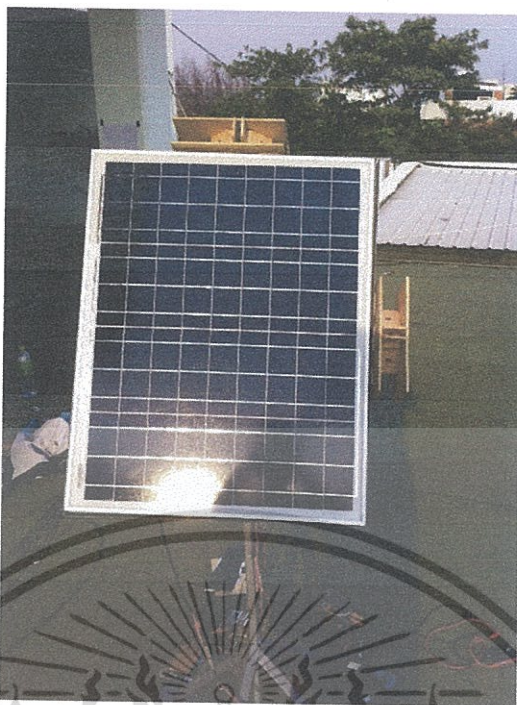


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.4 การวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ มีการค้นหาแสง วันที่ฟ้าเปิด  
ณ วันที่ 15 มกราคม 2559

Time	Volt	Amp	Watt
9.00	<u>20.21</u>	1.43	28.9
9.30	20.20	1.67	33.73
10.00	19.80	2.13	42.17
10.30	19.90	2.12	42.19
11.00	19.75	2.31	45.62
11.30	19.63	2.32	45.54
12.00	20.00	2.14	42.80
12.30	19.80	2.52	49.89
13.00	19.58	<u>2.55</u>	<u>49.93</u>
13.30	19.63	2.36	46.33
14.00	19.68	2.41	47.43
14.30	19.90	2.35	46.76
15.00	20.00	2.39	47.80
15.30	19.20	1.67	32.06
16.00	20.00	1.72	34.40
16.30	19.50	1.47	28.66
17.00	19.92	0.97	19.32
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b><u>19.81</u></b>	<b><u>2.03</u></b>	<b><u>40.21</u></b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แผงโซลาร์เซลล์ค้นหาแสง วันที่ฟ้าเปิด ณ วันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2559



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.5 การวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ มีการค้นหาแสง วันที่ฟ้าเปิด  
ณ วันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2559

Time	Volt	Amp	Watt
9.00	19.99	2.18	43.57
9.30	20.20	2.36	47.67
10.00	20.20	2.43	49.09
10.30	19.90	2.56	50.94
11.00	19.56	2.57	50.27
11.30	19.60	2.65	<u>52.33</u>
12.00	19.50	<u>2.67</u>	52.06
12.30	19.43	2.49	48.38
13.00	19.45	2.45	47.65
13.30	19.27	2.43	46.83
14.00	19.46	2.40	46.70
14.30	19.29	2.27	43.78
15.00	19.40	2.21	42.87
15.30	20.00	2.13	42.60
16.00	<u>20.50</u>	2.01	41.20
16.30	20.30	1.70	34.51
17.00	19.76	1.00	19.76
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b><u>19.75</u></b>	<b><u>2.26</u></b>	<b><u>44.63</u></b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แผงโซลาร์เซลล์ค้นหาแสง วันที่ฟ้าเปิด ณ วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.6 การวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ มีการค้นหาแสง วันที่ฟ้าเปิด  
ณ วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2559

Time	Volt	Amp	Watt
9.00	<u>20.30</u>	2.23	45.27
9.30	20.10	2.40	48.24
10.00	20.20	2.67	53.93
10.30	19.90	2.73	54.33
11.00	19.80	<u>2.75</u>	<u>54.45</u>
11.30	19.50	2.72	53.04
12.00	19.56	2.72	53.20
12.30	19.30	2.74	52.30
13.00	19.29	2.69	51.89
13.30	19.40	2.69	52.19
14.00	19.38	2.59	50.19
14.30	19.50	2.59	50.50
15.00	19.60	2.47	48.41
15.30	19.83	2.32	46.01
16.00	19.88	1.96	38.96
16.30	20.00	1.65	33.00
17.00	19.73	0.96	18.94
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b><u>19.74</u></b>	<b><u>2.27</u></b>	<b><u>44.81</u></b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แผงโซลาร์เซลล์ค้นหาแสง วันที่ฟ้าครึ้ม ณ วันที่ 29 กุมภาพันธ์ 2559



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.7 การวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ มีการค้นหาแสง วันที่ฟ้าครึ้ม  
ณ วันที่ 29 กุมภาพันธ์ 2559

Time	Volt	Amp	Watt
9.00	<u>20.90</u>	1.60	33.44
9.30	20.06	1.51	30.29
10.00	20.05	2.00	40.10
10.30	20.03	2.40	48.72
11.00	20.30	2.44	<u>49.53</u>
11.30	20.00	2.46	49.20
12.00	19.80	<u>2.49</u>	49.30
12.30	19.80	2.43	48.11
13.00	19.80	2.40	47.52
13.30	19.43	2.40	46.63
14.00	19.80	2.46	48.71
14.30	19.43	1.35	26.23
15.00	19.40	1.03	19.98
15.30	19.10	0.81	15.47
16.00	19.83	0.97	19.23
16.30	18.99	0.58	11.01
17.00	18.68	0.36	6.72
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b><u>19.80</u></b>	<b><u>1.75</u></b>	<b><u>34.65</u></b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



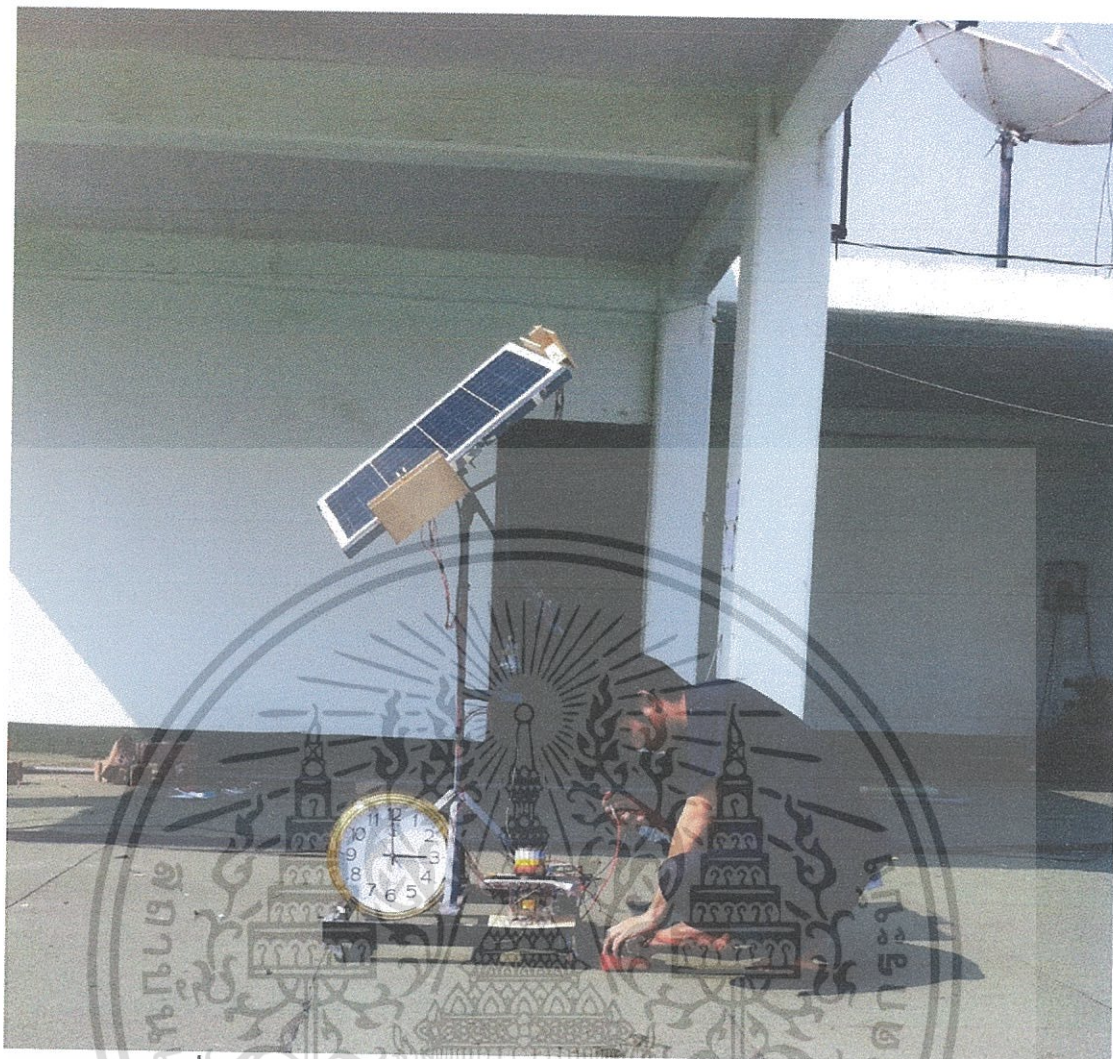
รูปที่ 4.13 แผงโซลาร์เซลล์ค้นหาแสง วันที่ฟ้าเปิด ณ วันที่ 1 มีนาคม 2559  
เวลา 12.00 นาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.8 การวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ มีการค้นหาแสง วันที่ฟ้าเปิด  
ณ วันที่ 1 มีนาคม 2559

Time	Volt	Amp	Watt
9.00	<u>20.90</u>	2.51	52.46
9.30	20.70	2.67	55.27
10.00	20.30	2.78	<u>56.43</u>
10.30	20.10	2.79	56.08
11.00	19.90	2.81	55.92
11.30	19.50	2.83	55.18
12.00	19.47	<u>2.88</u>	56.07
12.30	19.44	2.84	55.21
13.00	19.52	2.79	54.46
13.30	19.37	2.73	52.88
14.00	19.39	2.65	51.38
14.30	19.43	2.55	49.54
15.00	19.55	2.46	48.09
15.30	19.69	2.40	47.26
16.00	19.98	2.21	44.16
16.30	20.10	1.67	33.57
17.00	20.10	1.31	26.33
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<u>19.85</u>	<u>2.52</u>	<u>50.02</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



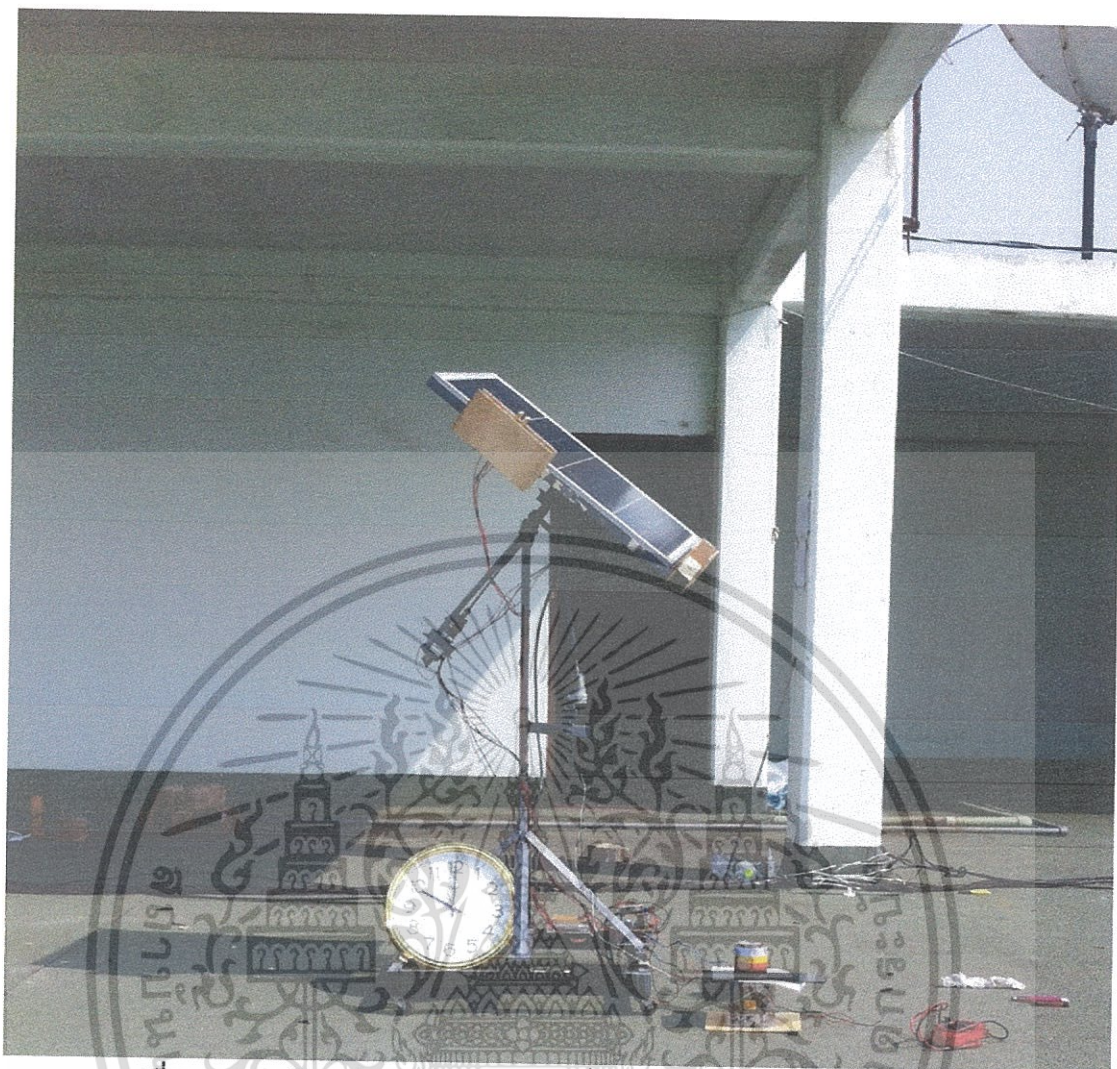
รูปที่ 4.14 แผงโซลาร์เซลล์ค้นหาแสง วันที่ฟ้าเปิด ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559  
เวลา 15.00 นาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.9 การวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ มีการค้นหาแสง วันที่ฟ้าเปิด  
ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

Time	Volt	Amp	Watt
9.00	<u>20.60</u>	2.43	50.06
9.30	20.00	2.60	52.00
10.00	19.74	2.73	53.89
10.30	19.90	2.79	55.52
11.00	19.69	<u>2.83</u>	55.73
11.30	19.99	2.80	<u>55.97</u>
12.00	19.69	2.77	54.54
12.30	19.69	2.76	54.34
13.00	19.64	2.77	54.40
13.30	19.72	2.68	52.85
14.00	19.58	2.54	49.73
14.30	19.65	2.51	49.32
15.00	20.10	2.46	49.47
15.30	20.30	2.21	44.86
16.00	20.00	1.86	37.20
16.30	20.00	1.49	29.80
17.00	20.00	1.16	23.20
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b><u>19.90</u></b>	<b><u>2.44</u></b>	<b><u>48.56</u></b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



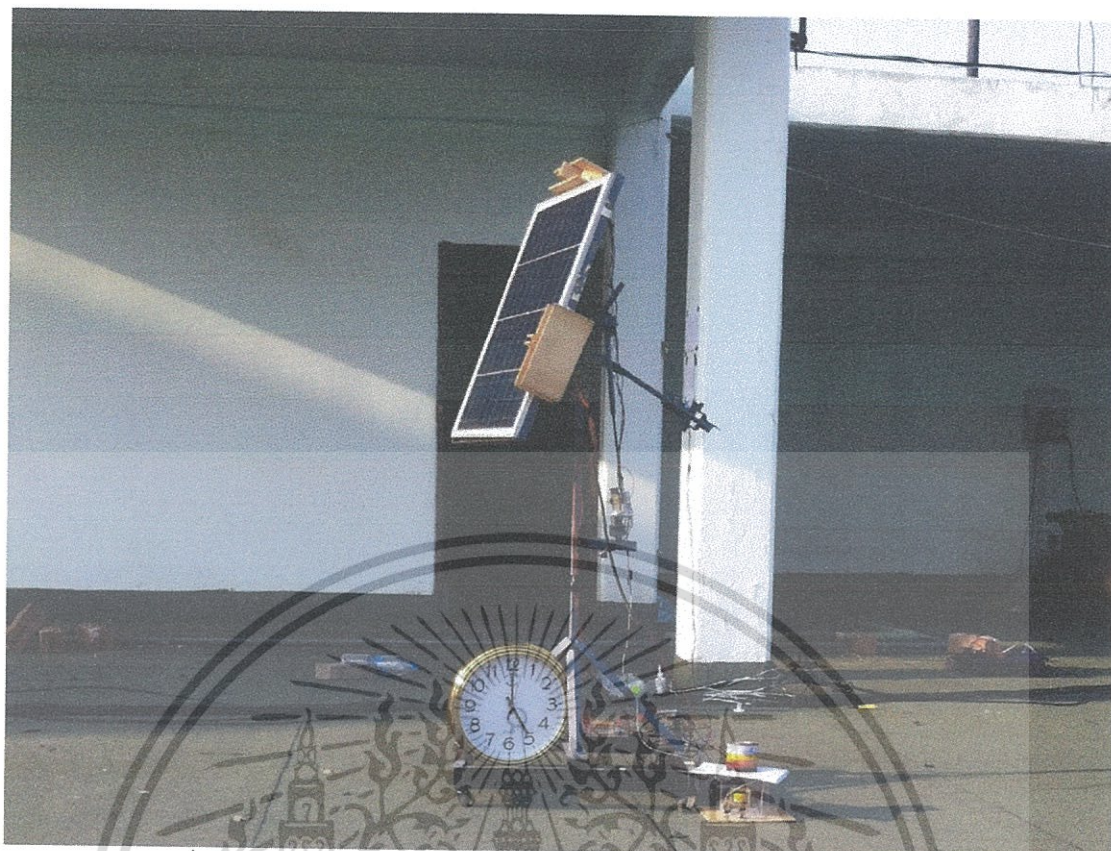
รูปที่ 4.15 แผงโซลาร์เซลล์ค้นหาแสง วันที่ฟ้าเปิด ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559  
เวลา 10.00 นาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.10 การวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ มีการค้นหาแสง วันที่ฟ้าเปิด  
ณ วันที่ 4 มีนาคม 2559

Time	Volt	Amp	Watt
9.00	<u>21.10</u>	2.14	45.15
9.30	20.20	2.30	46.46
10.00	19.71	2.54	50.06
10.30	19.78	2.69	53.21
11.00	21.40	2.99	63.98
11.30	21.50	<u>3.21</u>	<u>69.01</u>
12.00	19.60	2.93	57.43
12.30	19.65	2.83	55.61
13.00	20.10	2.34	47.03
13.30	20.00	2.73	54.60
14.00	19.42	2.66	51.66
14.30	19.88	2.65	52.68
15.00	20.10	2.44	49.04
15.30	19.71	2.30	45.33
16.00	19.74	2.12	41.85
16.30	19.83	1.88	37.28
17.00	19.89	1.46	29.04
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<u>20.09</u>	<u>2.78</u>	<u>55.85</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แผงโซลาร์เซลล์ค้นหาแสง วันที่ฟ้าครึ้ม ณ วันที่ 5 มีนาคม 2559  
เวลา 17.00 นาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.11 การวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ มีการค้นหาแสง วันที่ฟ้าครึ้ม  
ณ วันที่ 5 มีนาคม 2559

Time	Volt	Amp	Watt
9.00	21.00	1.23	25.83
9.30	20.30	2.28	46.28
10.00	19.98	2.50	49.95
10.30	20.00	1.29	25.80
11.00	20.00	2.41	48.20
11.30	20.00	<u>2.74</u>	<u>54.80</u>
12.00	19.60	2.66	52.14
12.30	20.10	2.67	53.67
13.00	19.64	2.64	51.85
13.30	19.64	0.58	11.39
14.00	18.99	0.73	13.86
14.30	19.99	2.31	46.18
15.00	19.98	2.23	44.55
15.30	19.64	2.08	40.85
16.00	19.82	1.88	37.26
16.30	19.68	1.60	31.49
17.00	<u>21.30</u>	1.37	29.18
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b><u>19.98</u></b>	<b><u>1.95</u></b>	<b><u>38.96</u></b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลอง การวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ เมื่อทำการทดลองวางขนานพื้นโลกวันที่ฟ้าเปิด จากตารางที่ 4.2.3 ตั้งแต่เวลา 9.00 นาฬิกา จนถึงเวลา 17.00 นาฬิกา เป็นการวัดทุกๆครึ่งชั่วโมง ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้คือ 19.32 โวลต์ ค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้คือ 1.72 แอมป์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเป็น 33.23 วัตต์ แต่เมื่อทำการทดลองให้ โซลาร์เซลล์มีการค้นหาแสง วันที่ฟ้าเปิด จากตารางที่ 4.2.8 การวัดเหมือนกับ ตารางที่ 4.2.3 ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้คือ 19.85 โวลต์ ค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้คือ 2.52 แอมป์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเป็น 50.02 วัตต์ เมื่อทำการทดลองวางขนานพื้นโลกวันที่ฟ้าครึ้ม จากตารางที่ 4.2.1 ตั้งแต่เวลา 9.00 นาฬิกา จนถึงเวลา 17.00 นาฬิกา เป็นการวัดทุกๆครึ่งชั่วโมง ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้คือ 19.84 โวลต์ ค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้คือ 1.17 แอมป์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเป็น 23.21 วัตต์ แต่เมื่อทำการทดลองให้ โซลาร์เซลล์มีการค้นหาแสง วันที่ฟ้าครึ้ม จากตารางที่ 4.2.7 การวัดเหมือนกับ ตารางที่ 4.2.1 ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้คือ 19.80 โวลต์ ค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้คือ 1.75 แอมป์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเป็น 34.65 วัตต์

ตารางที่ 4.2.12 การเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย ที่ได้จากการทดลองแบบต่างๆ

วัน	ค้นหาแสงรวมกับกำลังเฉลี่ยที่ใช้ไป	วางขนานกับพื้นโลก	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น
ฟ้าเปิด	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 47.62 วัตต์	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 33.23 วัตต์	43.30%
ฟ้าครึ้ม	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 33.25 วัตต์	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 23.21 วัตต์	43.26%

จากตาราง 4.2.12 การทดลองนี้ ทำให้เห็นว่า เมื่อโซลาร์เซลล์มีการค้นหาแสง วันที่ฟ้าเปิดและฟ้าครึ้ม จะได้กำลังไฟฟ้าสูงกว่า เมื่อเทียบกับการวางโซลาร์เซลล์ขนานกับพื้นโลกทั้งฟ้าเปิดและฟ้าครึ้ม สังเกตได้ว่า โซลาร์เซลล์ที่มีการค้นหาแสง วันที่ฟ้าครึ้ม กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 33.25 วัตต์ กำลังไฟฟ้าจะมากกว่าโซลาร์เซลล์ที่วางขนานกับพื้นโลกวันที่ฟ้าเปิด กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 33.23 วัตต์

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้โซลาร์เซลล์หันตามหาแสงอาทิตย์โดยอัตโนมัติ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิตกระแส จากการทดลองของแต่ละวัน ค่ากระแสที่ได้จะแปรผันตรงกับความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์ ถ้าความเข้มแสงมากกระแสก็จะมากขึ้นด้วยแบตเตอรี่ก็จะสามารถชาร์จได้เร็วขึ้น

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาการควบคุมแผ่นโซลาร์เซลล์ให้เคลื่อนที่ตามแสงอาทิตย์นั้น สามารถพัฒนาได้โดยการเพิ่มขนาด ของแผงโซลาร์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อที่จะได้รับพลังงานได้มากขึ้น และในกระบวนการทำงานนี้ไม่ได้ต้องการความเร็วของมอเตอร์มากนัก เพราะในความเป็นจริงดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ช้ามาก และโลกหมุนรอบตัวเองใช้เวลาถึง 24 ชั่วโมง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

วิศรุต ศิริรัตน์ “เซนเซอร์ และ ทรานดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม”

เอกชัย มะการ “เรียนรู้เข้าใจใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino”

ไสว พงศ์สวัสดิ์ “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง”

รศ. ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์ “ระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม”

วิธีเลือกใช้งาน Solar Cell [Online]

Available : <http://www.thaisolarsystem.com/product/71>

การใช้งานของบอร์ด Arduino [Online]

Available : <http://www.arduitronics.com/article>

การใช้งาน transistor [Online]

Available : <https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

## Code Program

```
const int in1Pin = 7;
const int in2Pin = 8;
const int in3Pin = 2;
const int in4Pin = 4;
```

```
int sensor1;
int sensor2;
int sensor3;
int sensor4;
int sensor5;
int sensor6;
```

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(in1Pin, OUTPUT);
  pinMode(in2Pin, OUTPUT);
  pinMode(in3Pin, OUTPUT);
  pinMode(in4Pin, OUTPUT);
```

```
}
void loop()
{
  sensor1 = analogRead(A0);
  sensor2 = analogRead(A1);
  sensor3 = analogRead(A2);
  sensor4 = analogRead(A3);
  sensor5 = analogRead(A4);
  sensor6 = analogRead(A5);
```

```
  Serial.println(sensor1);
  Serial.println(sensor2);
  Serial.println(sensor3);
  Serial.println(sensor4);
  Serial.println(sensor5);
  Serial.println(sensor6);
```

```
  { if(sensor1>sensor2&&sensor1>sensor3)//motor1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
digitalWrite(in1Pin,LOW);
digitalWrite(in2Pin,HIGH);
}
else if (sensor3>sensor2&&sensor3>sensor1)
{
digitalWrite(in1Pin,HIGH);
digitalWrite(in2Pin,LOW);
}
else
{
digitalWrite(in1Pin,LOW);
digitalWrite(in2Pin,LOW);
}}
{if(sensor4>sensor5&&sensor4>sensor6)//motor2
{
digitalWrite(in3Pin,LOW);
digitalWrite(in4Pin,HIGH);
}
else if (sensor6>sensor5&&sensor6>sensor4)
{
digitalWrite(in3Pin,HIGH);
digitalWrite(in4Pin,LOW);
}
else
{
digitalWrite(in3Pin,LOW);
digitalWrite(in4Pin,LOW);
}
}}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 แผงโซลาร์เซลล์มีการค้นหาแสง ณ เวลา 10.00 นาฬิกา ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 แผงโซลาร์เซลล์มีการค้นหาแสง ณ เวลา 10.30 นาฬิกา ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 แผงโซลาร์เซลล์มีการค้นหาแสง ณ เวลา 11.00 นาฬิกา ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 แผงโซลาร์เซลล์มีการค้นหาแสง ณ เวลา 11.30 นาฬิกา ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 แผงโซลาร์เซลล์มีการค้นหาแสง ณ เวลา 12.00 นาฬิกา ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 แผงโซลาร์เซลล์ที่มีการค้นหาแสง ณ เวลา 12.30 นาฬิกา ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 แผงโซลาร์เซลล์มีการค้นหาแสง ณ เวลา 13.00 นาฬิกา ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 แผงโซลาร์เซลล์มีการค้นหาแสง ณ เวลา 13.30 นาฬิกา ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 แผงโซลาร์เซลล์มีการค้นหาแสง ณ เวลา 14.02 นาฬิกา ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 แผงโซลาร์เซลล์มีการค้นหาแสง ณ เวลา 14.30 นาฬิกา ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 แผงโซลาร์เซลล์มีการค้นหาแสง ณ เวลา 15.00 นาฬิกา ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 แผงโซลาร์เซลล์มีการค้นหาแสง ณ เวลา 15.33 นาฬิกา ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 แผงโซลาร์เซลล์มีการค้นหาแสง ณ เวลา 16.01 นาฬิกา ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



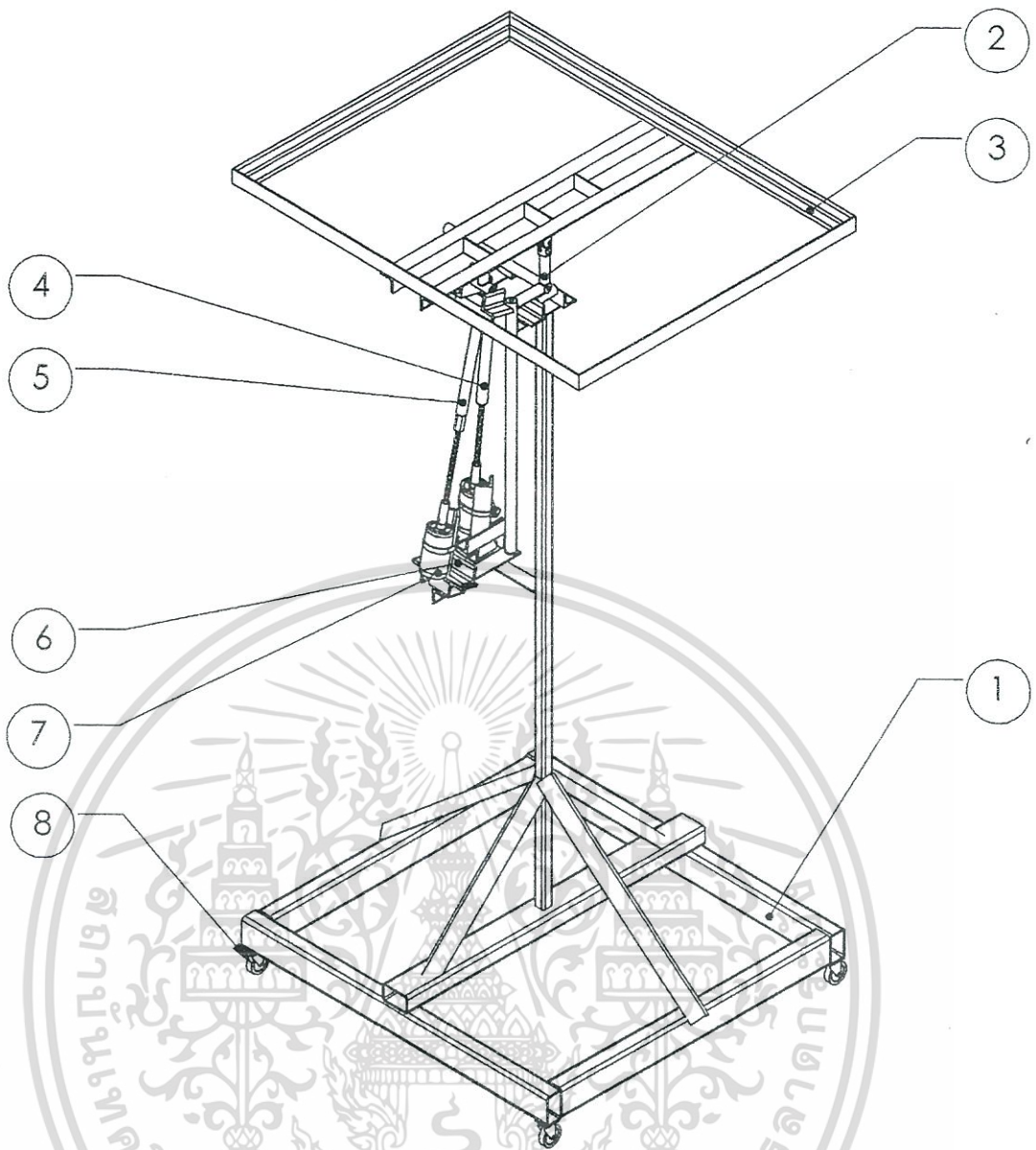
รูปที่ 14 แผงโซลาร์เซลล์มีการค้นหาแสง ณ เวลา 16.30 นาฬิกา ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15 แผงโซลาร์เซลล์มีการค้นหาแสง ณ เวลา 17.00 นาฬิกา ณ วันที่ 2 มีนาคม 2559

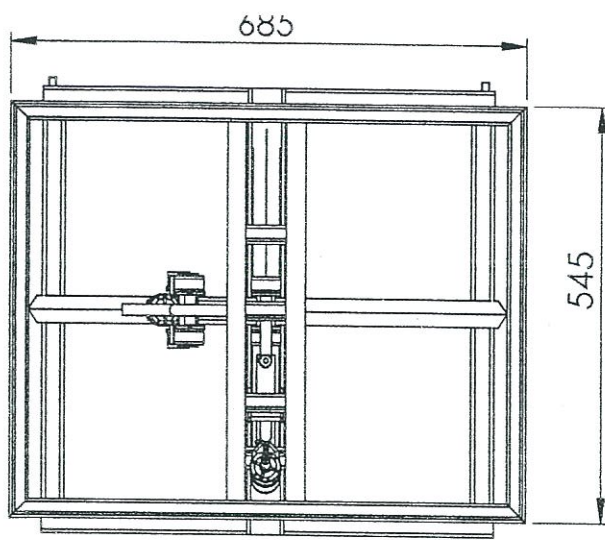
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



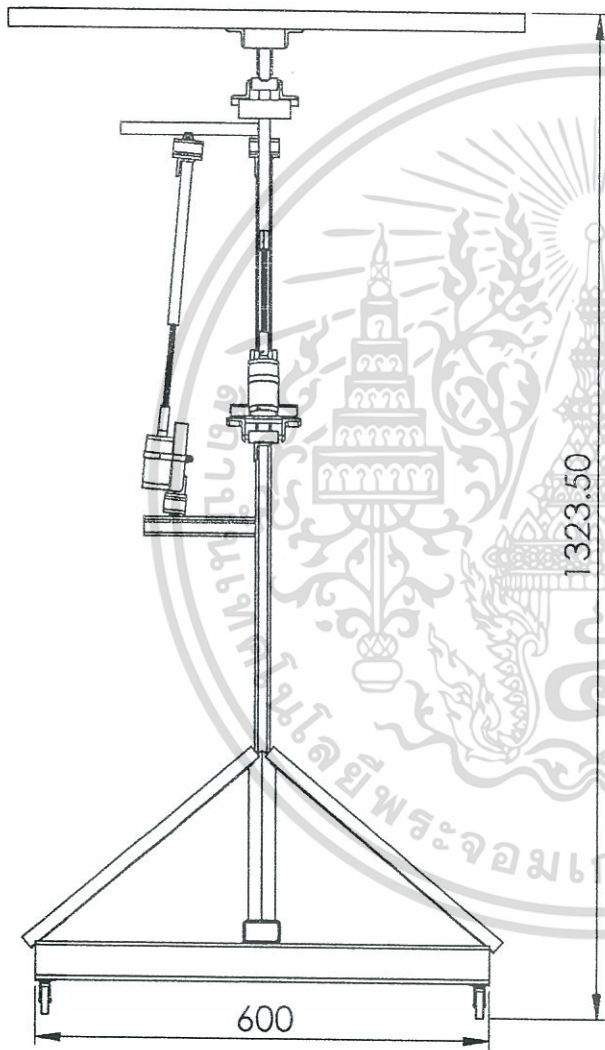
ISOMETRIC VIEW

1. BASE PART (NO.001)
2. NECK PART (NO.002)
3. SOLARCELL FRAME (NO.003)
4. X-AXIS CONTROL SHAFT (NO.004)
5. Y-AXIS CONTROL SHAFT (NO.005)
6. MOTOR HOLDER (NO.006)
7. MOTOR (NO.007)
8. 35 mm DIAMETER ROLLER WHEELS (NO.008)

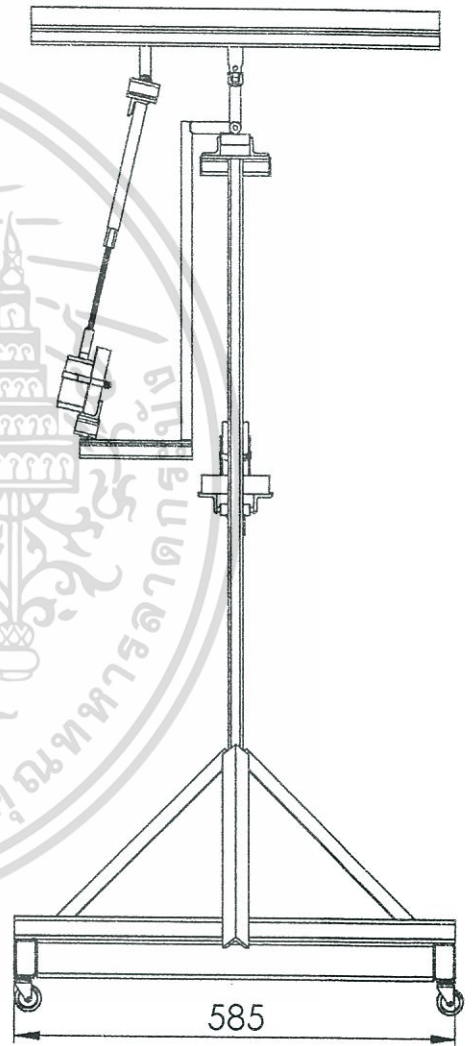
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">NAME</th> <th style="width: 35%;">SIGNATURE</th> <th style="width: 15%;">DATE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	NAME	SIGNATURE	DATE						TITLE:  <h2 style="text-align: center;">ANOTATION VIEW OF MODEL</h2>	
NAME	SIGNATURE	DATE								
DRAWN CHK'D APPVD MFG Q.A	MATERIAL:  ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้		DWG NO.:	A4						
		WEIGHT:	SCALE:1:10	SHEET 1 OF 1						



TOP VIEW



FRONT VIEW



SIDE VIEW

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

## VIEWS OF MODEL

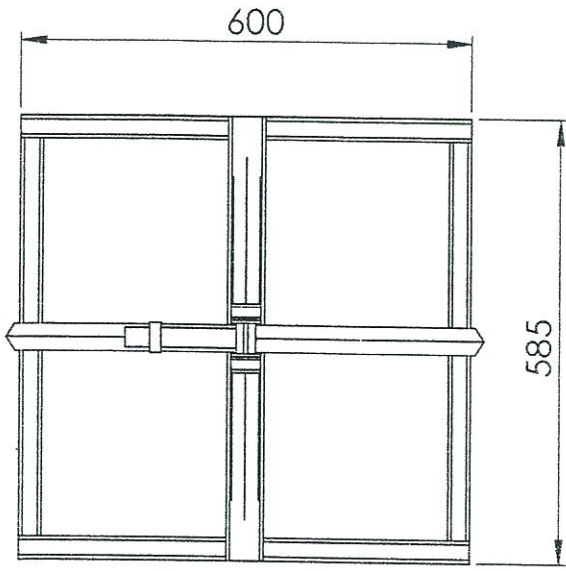
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น-อีกทั้งห้ามมีเหตุดแปลงเนื้อหา และต่อ... ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

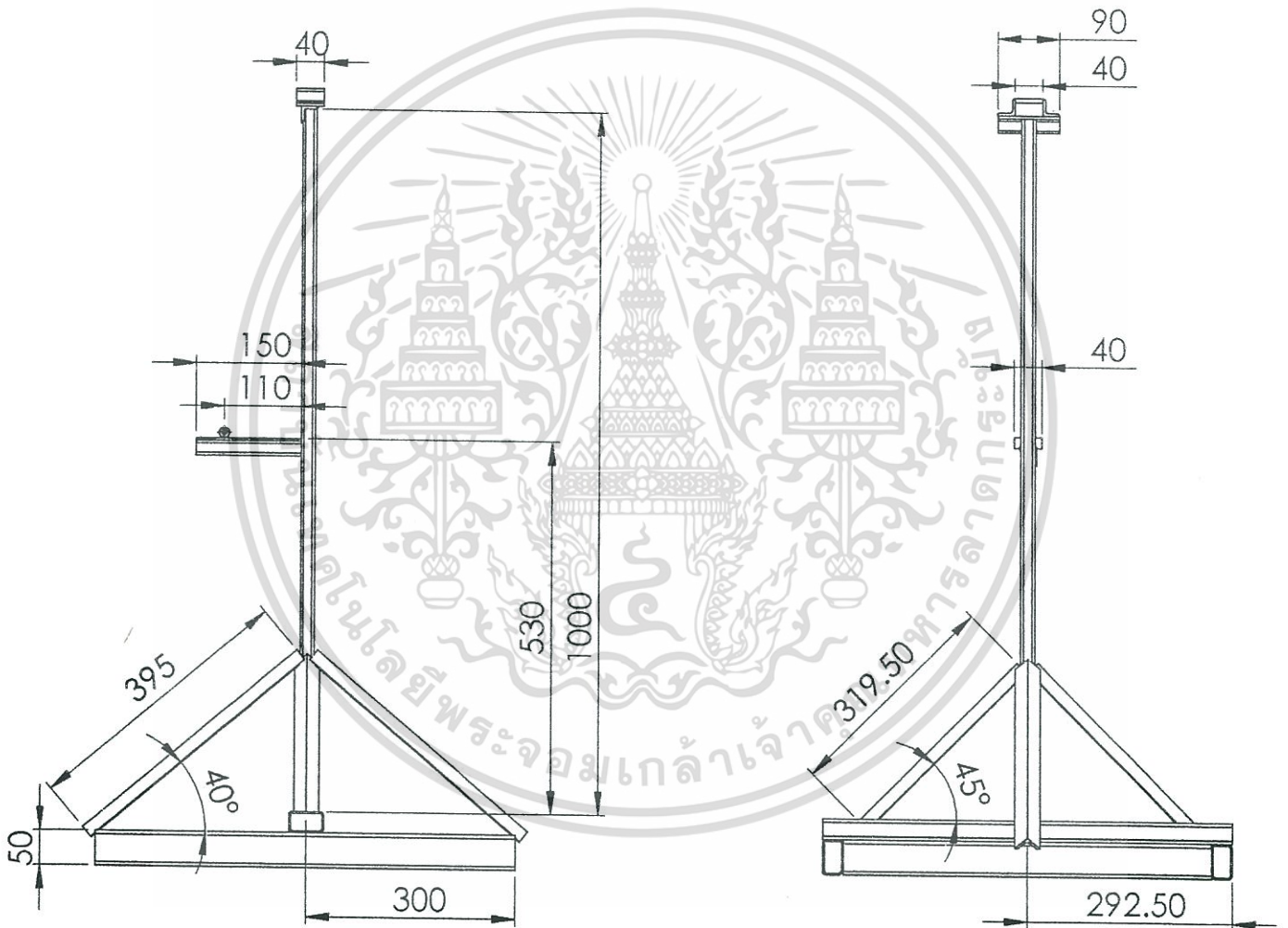
WEIGHT:

SCALE:1:10

SHEET 2 OF 2



TOP VIEW



FRONT VIEW

SIDE VIEW

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

1 PIECE

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN		
CHK'D		
APP'VD:		
MFG		
Q.A		
MATERIAL:		
WEIGHT:		

TITLE:

BASE PART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องขออนุญาตไปยังถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง การนำไปใช้

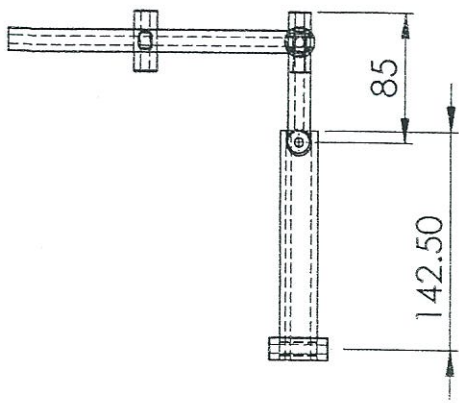
DWG NO.

001

A4

SCALE:1:10

SHEET 1 OF 1



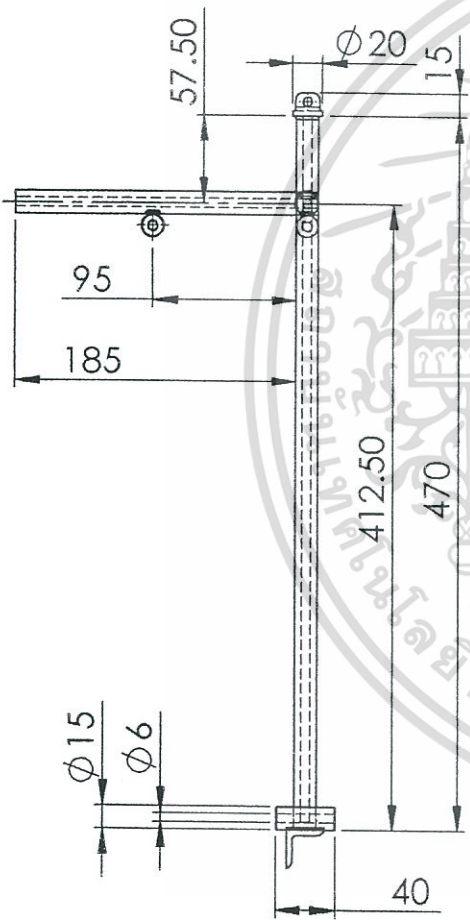
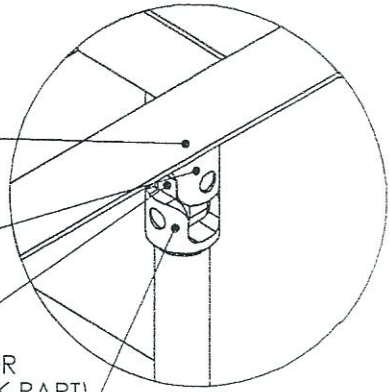
TOP VIEW

SOLARCELL FRAME

UPPER CONNECTOR  
(WELDED WITH FRAME)

JOINTER

LOWER CONNECTOR  
(WELDED WITH NECK PART)



FRONT VIEW



SIDE VIEW

LOWER CONNECTOR



ISOMETRIC VIEW

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

1 PIECES

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPVD			
MFG			
Q.A			

TITLE:

NECK PART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

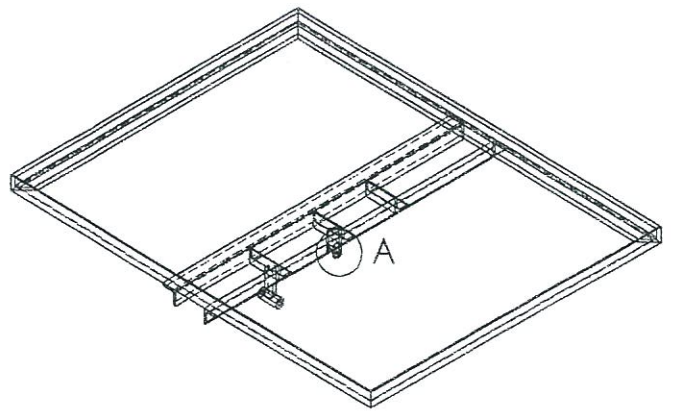
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกร่างหนึ่งมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้อง DWG No. 002

WEIGHT:

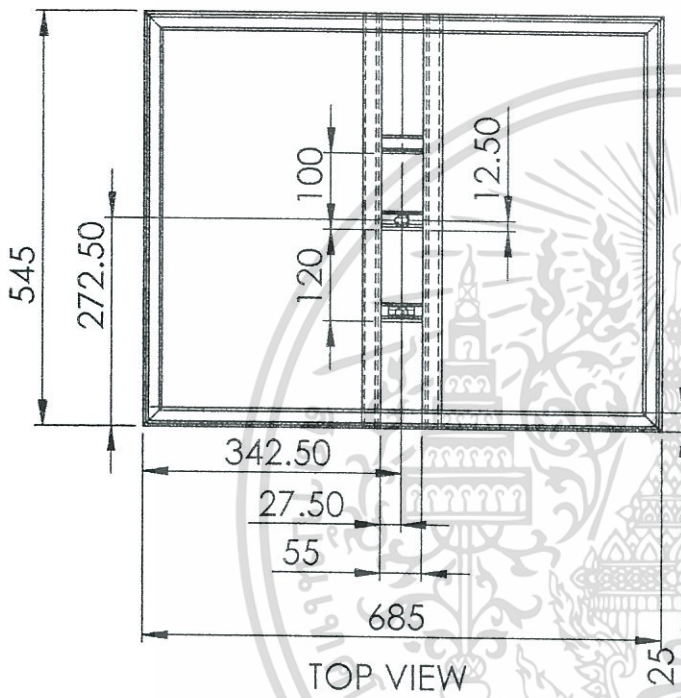
SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1

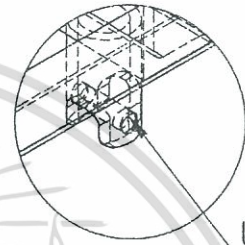
A4



ISOMETRIC VIEW

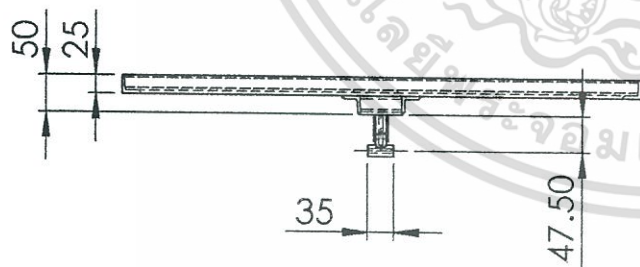


TOP VIEW

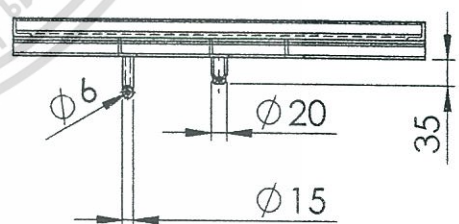


UPPER CONNECTOR

DETAIL A  
SCALE 1 : 2



FRONT VIEW



SIDE VIEW

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

1 PIECE

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN		
CHK'D		
APPVD		
MFG		
Q.A		

TITLE:

SOLARCELL FRAME

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ชักห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องแจ้งเจ้าของเอกสารทุกครั้งก่อนนำไปใช้

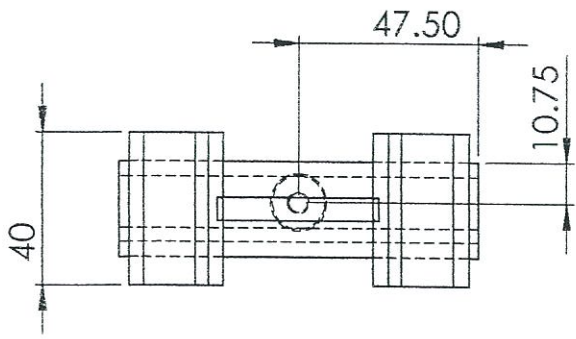
WEIGHT:

SCALE:1:10

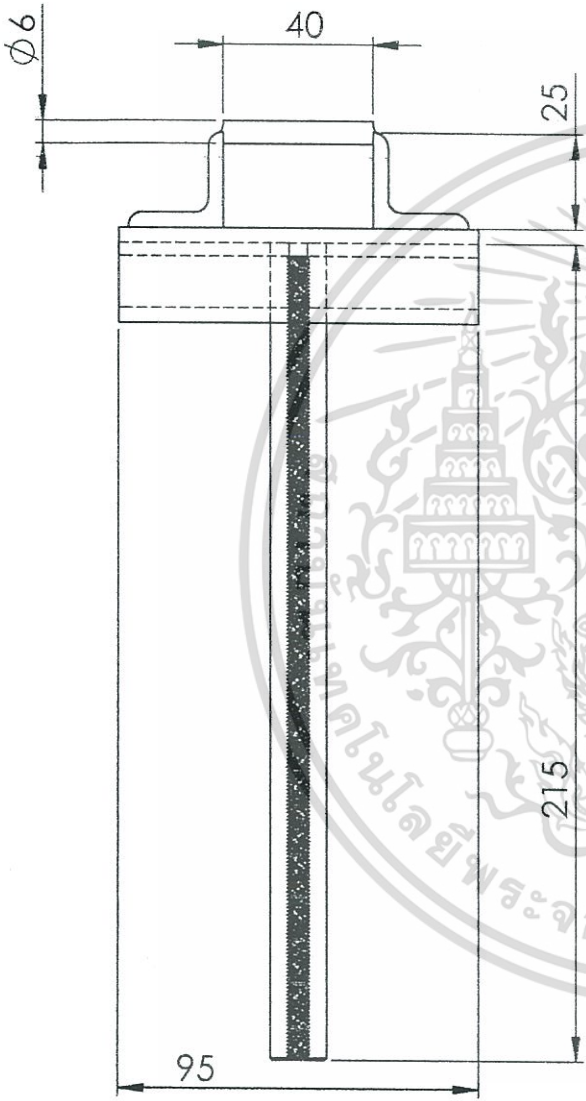
SHEET 1 OF 1

003

A4

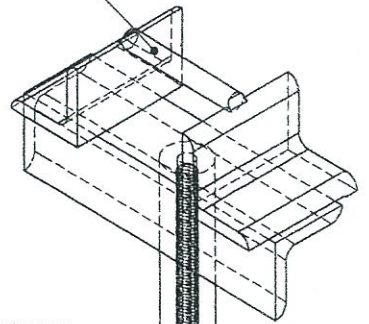


TOP VIEW

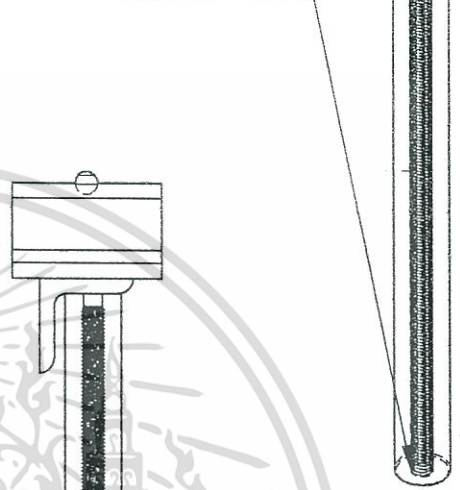


FRONT VIEW

CONNECT WITH NECK PART



CONNECT WITH MOTOR



ISOMETRIC VIEW

Ø15

6 mm SCREW, 1 mm PITCH

SIDE VIEW

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

1 PIECE

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN			
CHK'D			
APPVD			
MFG			
Q.A			

X-AXIS CONTROL SHAFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องขออนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งก่อนนำไปใช้

WEIGHT:

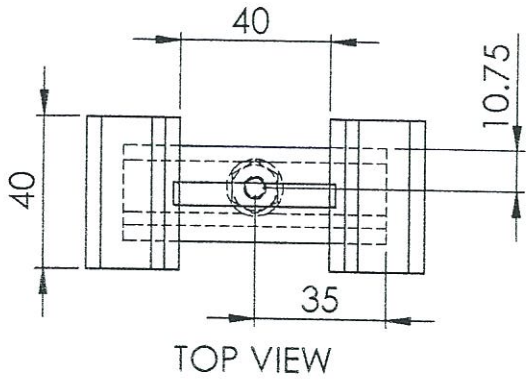
SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1

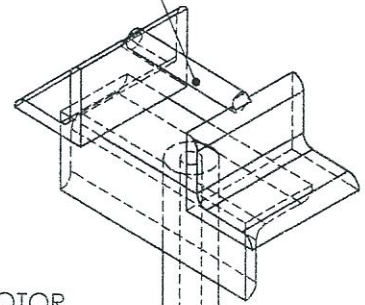
A4

004

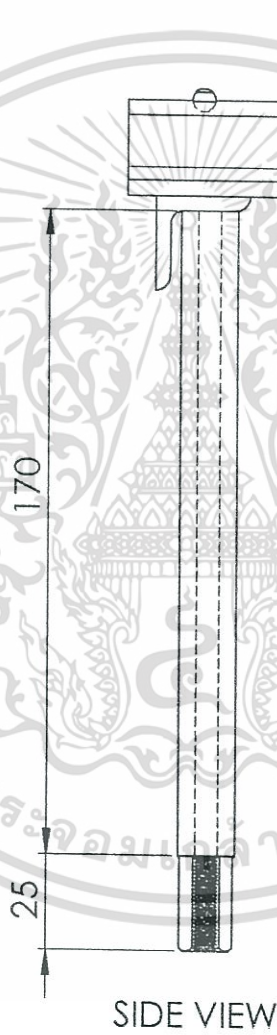
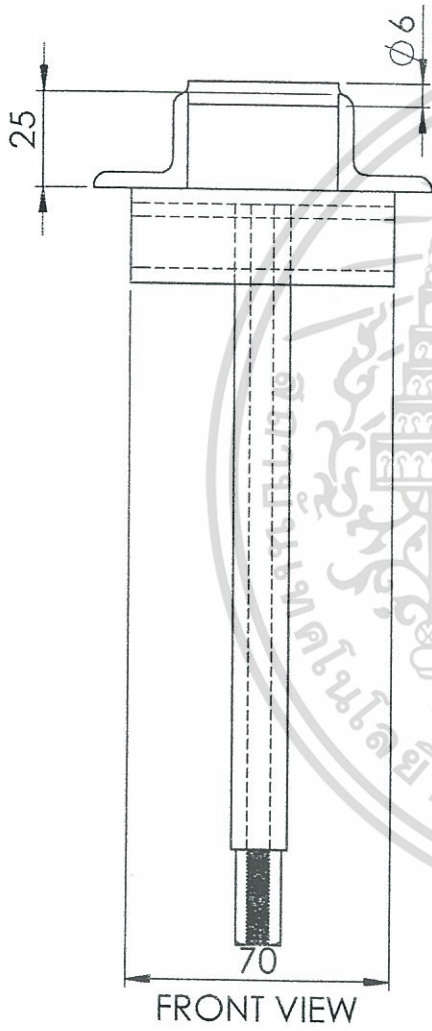
DWG NO.



CONNECT WITH NECK PART



CONNECT WITH MOTOR



ISOMETRIC VIEW

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

1 PIECE

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN			Y-AXIS CONTROL SHAFT
CHK'D			
APPVD:			
MFG			
Q.A			
MATERIAL:			DWG NO. 005
WEIGHT:			SCALE:1:2

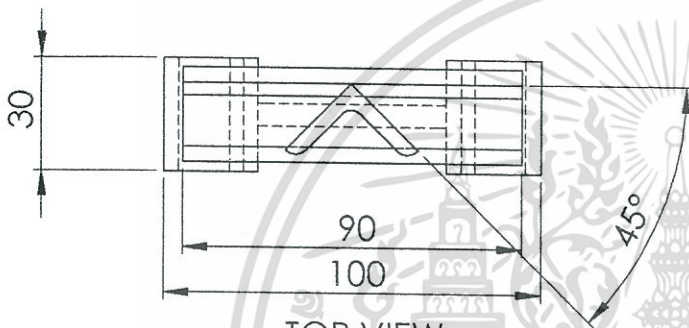
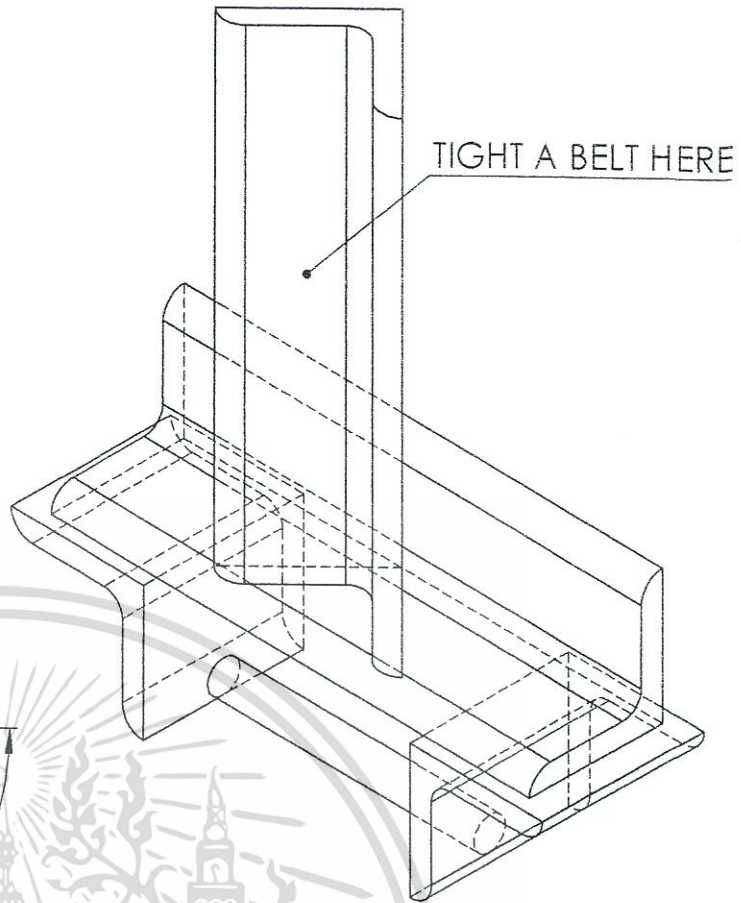
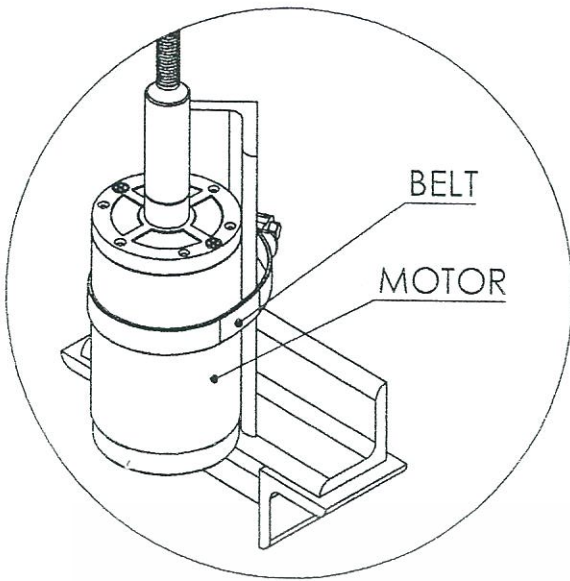
Y-AXIS CONTROL SHAFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องขออนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งก่อนนำไปใช้

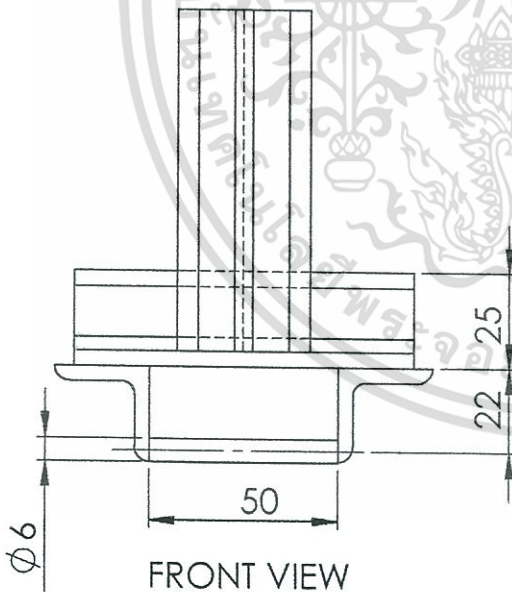
005

A4

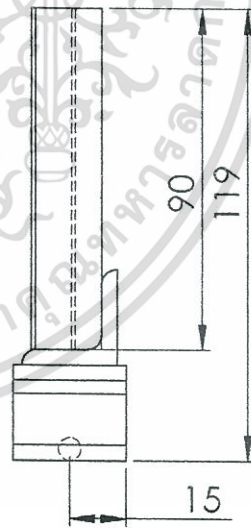


TOP VIEW

ISOMETRIC VIEW (SCALE:1:1)



FRONT VIEW



SIDE VIEW

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

2 PIECES

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN		
CHKD		
APPVD		
MFG		
Q.A		
MATERIAL:		
WEIGHT:		

TITLE:

MOTOR HOLDER

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่าการแก้ไขใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องขออนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งก่อนนำไปใช้

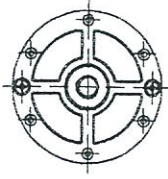
DWG NO.

006

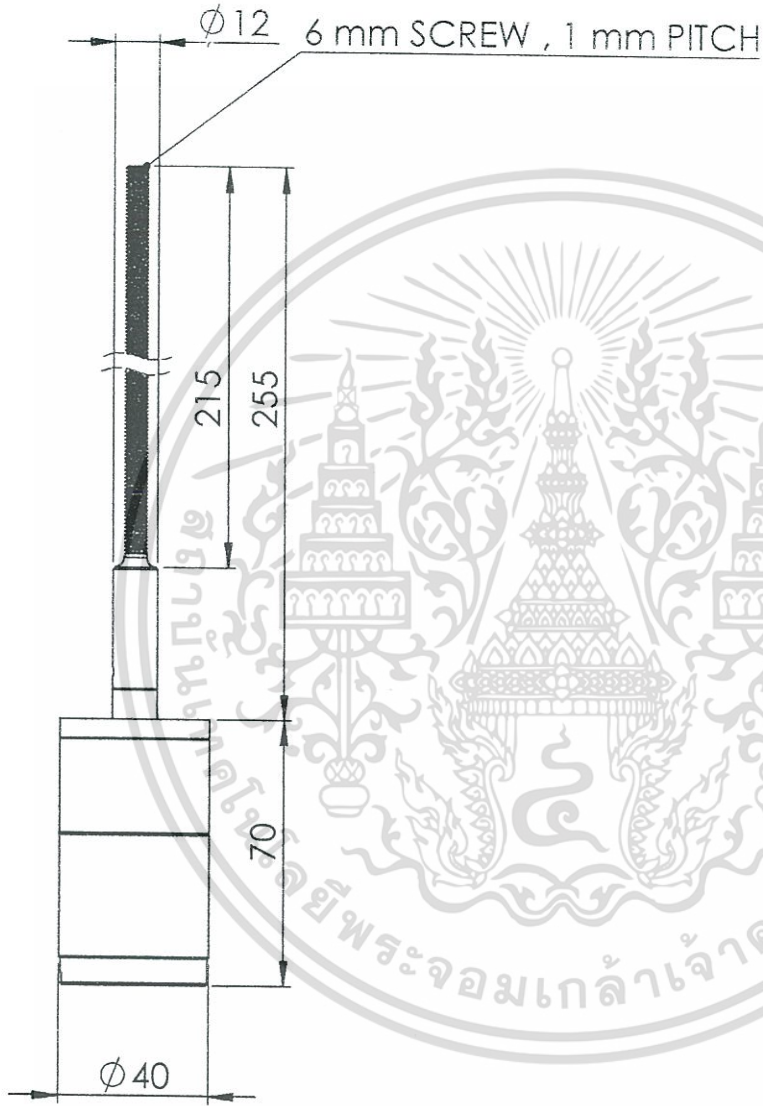
A4

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1



TOP VIEW



FRONT VIEW



ISOMETRIC VIEW

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

2 PIECES

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN			
CHKD			
APPVD:			
MFG			
Q.A			

MOTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีศกฯ ห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องแจ้งเจ้าของเอกสารทุกครั้งก่อนนำไปใช้

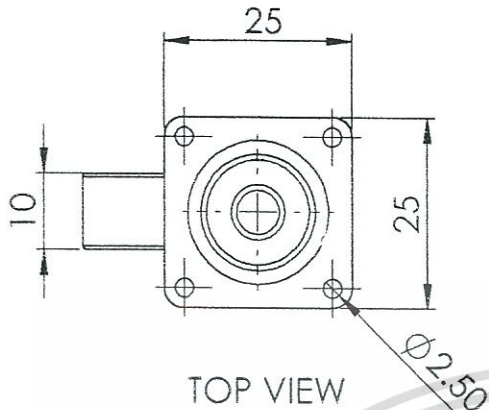
WEIGHT:

SCALE:1:2

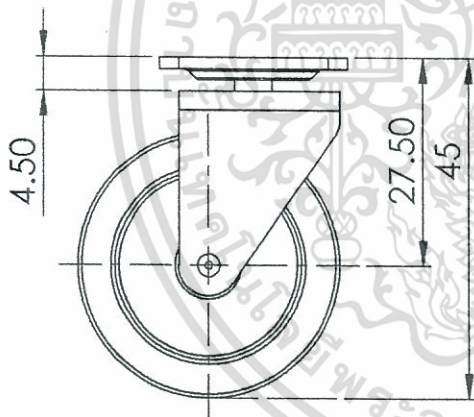
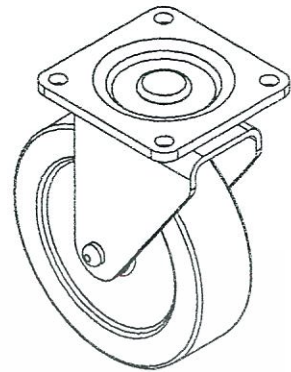
SHEET 1 OF 1

007

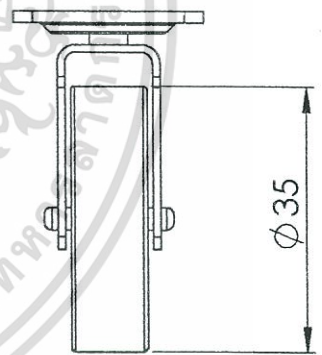
A4



TOP VIEW



FRONT VIEW



SIDE VIEW

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

4 PIECES

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN			35 mm DIAMETER ROLLER WHEELS
CHK'D			
APP'VD			
MFG			
Q.A			
WEIGHT:			SCALE: 1:1
MATERIAL:			SHEET 1 OF 1

35 mm DIAMETER ROLLER WHEELS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง 008 นำไปใช้