ระบบควบคุมการปลูกพืชไม้ประดับ
ORNAMENTAL CUBE : CONTROL SYSTEM OF PLANT GROWING PARAMETERS

ณัฐยา พิมพา

ธีรภพ คำเมือง

สรวิศ ตรีอมรเลิศ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

ระบบควบคุมการปลูกพืชไม้ประดับ
ORNAMENTAL CUBE : CONTROL SYSTEM OF PLANT GROWING PARAMETERS

ณัฐยา พิมพา
ธีรภพ คำเมือง
สรวิศ ตรีอมรเลิศ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORNAMENTAL CUBE
CONTROL SYSTEM OF PLANT GROWING PARAMETERS

NATTAYA PIMPA
TEERAPOP KAMMUANG
SORAVIT TRIAMORNLERT

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมการปลูกพืชไม้ประดับ

ORNAMENTAL CUBE : CONTROL SYSTEM OF PLANT GROWING PARAMETERS

ผู้จัดทำ นางสาวณัฐยา พิมพา 58010423

นายธีรภพ คำเมือง 58010600

นายสรวิศ ตรีอมรเลิศ 58011272

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุมิตร พนาอุดมทรัพย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สังวาล บกสุวรรณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมการปลูกพืชไม้ประดับ

โดย

นางสาวณัฐยา	พิมพา	58010423
นายธีรภพ	คำเมือง	58010600
นายสรวิศ	ตรีอมรเลิศ	58011272

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุมิตร พนาอุดมทรัพย์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สังวาล บกสุวรรณ

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

ปัจจุบันความนิยมในการปลูกไม้ประดับขนาดเล็ก เพื่อความสวยงามมีความแพร่หลาย อาทิ การปลูกต้นกระบองเพชร บอนไซ การทำสวนถาด เป็นต้น ซึ่งการปลูกยังต้องมีปัจจัยต่างๆ มาเกี่ยวข้องเพื่อการดำรงชีพของพืช โดยเฉพาะสภาพอากาศมักจะเป็นเรื่องเหนือการควบคุมของเกษตรกรหรือผู้ปลูก ประกอบกับสภาพสังคมปัจจุบันเป็นสภาพสังคมเมืองที่ประชาชนมักจะอาศัยตามอาคารพาณิชย์หรือคอนโดมิเนียม ที่มีพื้นที่ที่มีแสงไม่เพียงพอต่อการปลูกต้นไม้ จึงเกิดระบบควบคุมความชื้น แสง และอุณหภูมิ ที่เป็นปัจจัยสำคัญให้พืชมีชีวิตอยู่ได้อย่าง Ornamental Cube นี้มีการพัฒนาระบบที่ควบคุมปัจจัยในการดำรงชีวิตของพืช เพื่อลดปัญหาการมีชีวิตอยู่ของพืชในสภาพแวดล้อมที่มีแต่ความแปรปรวน เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของพืช ระบบจะสามารถตอบโจทย์คนทำงานหรือคนที่ไม่มีเวลาดูแลต้นไม้ของตนเอง Ornamental Cube สามารถทำหน้าที่เป็นแปลงขนาดย่อมที่มีระบบในการดูแลต้นไม้แทนมนุษย์ได้ โดยโครงงานนี้จะถูกพัฒนาขึ้นโดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมระบบแสงอาทิตย์เทียม ควบคุมอุณหภูมิในแปลงปลูกตามการตั้งค่าของผู้ใช้งาน (Set Point) และควบคุมความชื้นโดยใช้หัวจ่ายน้ำผ่านระบบรางเลื่อนที่สามารถเคลื่อนที่เพื่อจ่ายน้ำตามตำแหน่งของแปลงที่มีความชื้นในดินแตกต่างกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORNAMENTAL CUBE
CONTROL SYSTEM OF PLANT GROWING PARAMETERS

By

Miss Nattaya Pimpa 58010423

Mr. Teerapop Kammuang 58010600

Mr. Soravit Triamornlert 58011272

Advisors

Asst. Prof. Sumit Panaudomsub

Asst. Prof. Dr. Sungwan Boksuwan

Academic Year 2018

ABSTRACT

Nowadays, the cultivation of small ornamental plants had been widely popular, such as planting cactus, bonsai, tray gardening, etc. The cultivation relies on various factors for the survivor of the plants. Especially climate is one of uncontrollable factors for farmers. Besides, in current social condition, people tend to live in commercial buildings or condominiums under areas with insufficient light to plant trees. Therefore, creating a control system for humidity, light and temperature is important for plant survivor. This project aimed to develop a system to control factors affecting the plant survivor in order to reduce the plant survivor problems in fluctuated environment, causing plant growth obstacles. The developed system could meet the users' needs, especially those without time to monitor their own plants. The developed controller could act as a small plot to care plants and an assistant for plant growing for humans. This project was developed using microcontroller to control the artificial solar system, the temperature in the plot according to the set point of the user, the humidity by using the water dispenser through a sliding rail system that can move to supply water according to the location of the plot with different soil humidity levels.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุมิตร พนาอุดมทรัพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์และบุคคลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำโครงงาน อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานอีกด้วย

อนึ่ง ผู้จัดทำหวังว่า ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ ให้แก่เหล่าคณาจารย์ ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาจนทำให้ผลงานวิจัยอาจเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง และขอมอบความกตัญญูกตเวทิตาคุณ แด่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับข้อบกพร่องต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น ผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนาจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

ผู้จัดทำ
ณัฐยา พิมพา
ธีรภพ คำเมือง
สรวิศ ตรีอมรเลิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 Arduino	2
2.2 การสังเคราะห์แสงของพืช	3
2.3 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	5
2.4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง	6
2.5 อุปกรณ์รับค่า	11
2.6 อุปกรณ์แสดงผล	15
2.7 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)	18
2.8 กลไกการถ่ายเทความร้อน	24
บทที่ 3 แนวคิดและการออกแบบ	26
3.1 โครงสร้างและขนาดของโรงเรือนจำลอง	26
3.2 การควบคุมระบบแสงอาทิตย์เทียม	27
3.3 อุณหภูมิ	32
3.4 ระบบน้ำ	34
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน	42
5.1 สรุป	42
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	42
5.3 ข้อเสนอแนะ	46
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก	44
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมระบบแสงอาทิตย์เทียม	45
ภาคผนวก ข แบบชิ้นส่วน Solidwork	51
ภาคผนวก ค DATASHEET	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Arduino Mega	1
2.2 Arduino Uno R3	2
2.3 กราฟการดูดกลืนแสงในช่วงต่างๆ ของรงควัตถุ	4
2.4 ผลการทดลองของธีโอดอร์ เอนเกลแมน	5
2.5 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในส่วนต่างๆ ของพืช	5
2.6 สมการการสังเคราะห์ด้วยแสง	6
2.7 กราฟแสดงความแปรผันของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเทียบกับความเข้มแสง	7
2.8 ตำแหน่งของขาใน RTC	11
2.9 Real Time Clock Module DS1307	11
2.10 Ultrasonic Module	12
2.11 ผลกระทบของอุณหภูมิ	13
2.12 มุมของวัตถุกับองศาการยิงของอัลตร้าโซนิค	13
2.13 Temperature Sensor DS18b20 Waterproof	14
2.14 Soil Moisture Sensor Module	14
2.15 แผ่นเพลเทียร์	15
2.16 ส่วนประกอบของแผ่นเพลเทียร์	16
2.17 กลไกการทำงานของเทอร์โมอิเล็กตริกเจนเนอร์เรเตอร์	17
2.18 4 Channel Relay Module	17
2.19 แผนผังการทำงานของ Switching Power Supply	19
2.20 วงจรพื้นฐานของ Flyback Converter	20
2.21 วงจร Forward Converter	21
2.22 วงจร Push-Pull Converter	22
2.23 วงจร Half-Bridge Converter	23
2.24 วงจร Full-Bridge Converter	23
2.25 การถ่ายเทความร้อน	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.26 เซลล์การพาความร้อนในบรรยากาศโลก	25
3.1 โครงสร้างโรงเรือนที่ทำจากไม้	26
3.2 อุปกรณ์ในระบบแสงอาทิตย์เทียม	27
3.3 การผสมแสงแอลอีดีสีแดงและสีน้ำเงิน ในอัตราส่วน 2 : 1	28
3.4 โรงเรือน Ornamental Cube ในขณะที่แสงขาวทำงาน	28
3.5 การดูดกลืนแสง Glow Light พืชในโรงเรือน	29
3.6 พืชในโรงเรือนขณะแสงไฟขาวทำงาน	29
3.7 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบแสงอาทิตย์เทียม	30
3.8 แผนผังการทำงานของระบบแสงอาทิตย์เทียม	31
3.9 เทอร์โมอิเล็กตริกขณะติดตั้งในระบบ	32
3.10 แผนผังการทำงานของระบบอุณหภูมิ	33
3.11 Cad Solidwork คานเลื่อนหัวจ่ายน้ำ	35
3.12 ฐานเลื่อนสายจ่ายน้ำ	35
3.13 การประกอบคานกับฐานรองหัวจ่ายน้ำ	35
3.14 ฐานประกบมอเตอร์	36
3.15 การประกอบชิ้นส่วนจริงในส่วนของรางเลื่อนกับสายหัวจ่าย	36
3.16 การติดตั้งมอเตอร์กับคาน	37
3.17 เซนเซอร์วัดความชื้นขณะถูกปักในพื้นที่แปลง	37
3.18 แผนผังการทำงานในระบบจ่ายน้ำ	39
4.1 เครื่อง Ornamental Cube ขณะ Glow Light ทำงาน	40
4.2 เครื่อง Ornamental Cube ขณะแสงขาวทำงาน	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ ของรงควัตถุ	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบัน ความนิยมในการปลูกไม้ประดับขนาดเล็กเพื่อความสวยงามมีความแพร่หลาย อาทิ การปลูกต้นกระบองเพชร บอนไซ เป็นต้น ซึ่งการปลูกยังต้องมีปัจจัยต่างๆ มาเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะสภาพอากาศ มักจะเป็นเรื่องเหนือการควบคุมของเกษตรกรหรือผู้ปลูก ซึ่งคือการผันแปรของฤดูกาล จะมีผลต่อการสร้างผลผลิตทางการเกษตร ประกอบกับสภาพสังคมปัจจุบันเป็นสภาพสังคมเมืองที่ประชาชนมักจะอาศัยตามอาคารพาณิชย์หรือคอนโดมิเนียม ที่มีพื้นที่ไม่เพียงพอต่อการปลูกต้นไม้ จึงเกิดระบบควบคุม ความชื้น แสง และอุณหภูมิ ที่เป็นปัจจัยสำคัญให้พืชมีชีวิตอยู่ได้ ซึ่งสามารถปลูกได้ในพื้นที่ที่จำกัด นอกจากนี้ยังสามารถช่วยดูแลต้นไม้แทนคนที่ไม่มีเวลาในการดูแลต้นไม้เองอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อพัฒนาระบบที่ควบคุมปัจจัยในการดำรงชีวิตของพืชอัตโนมัติ เพื่อลดปัญหาการแปรผันของสภาพแวดล้อมซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งสร้างระบบดูแลพืชแทนมนุษย์

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. เครื่อง Ornamental Cube สามารถบรรจุขนาดแปลงได้ไม่เกิน 2000 ตารางเซนติเมตร
2. เครื่อง Ornamental Cube เหมาะแก่การปลูกพืชไม้ประดับขนาดเล็กหรือสวนถาด
3. ระบบแสงจะทำงานตามเวลา 09.00 น. – 15.00 น. ในทุกๆ วัน
4. จะต้องมีการตั้งเวลา (Set Times) ให้กับโมดูลนาฬิกา

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีที่ใช้
2. ศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้
3. ศึกษาต้นไม้ที่จะนำมาทดลอง
4. ออกแบบแปลงต้นไม้
5. จัดซื้ออุปกรณ์ที่ใช้
6. ใช้ 3D Printer ในการพิมพ์ชิ้นส่วนต่า
7. ประกอบติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ
8. ทดสอบการทำงาน
9. ปรับปรุงแก้ไขและพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

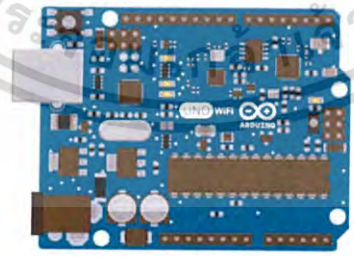
บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Arduino

Arduino เป็นภาษาอิตาลี อ่านว่า "อาดุอีโน่" หรือจะเรียกว่า "อาดุยโน่" ก็ได้ ไม่ผิดเอาเป็นว่าเข้าใจตรงกันเป็นพอ Arduino เป็น Open-Source Platform (แพลตฟอร์มสาธารณะ) โดยเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR สำหรับการสร้างต้นแบบทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ง่ายต่อการใช้งาน โดยประกอบด้วย

2.1.1 ส่วนที่เป็น Hardware ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU : Microcontroller Unit) เป็นการร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ประกอบเป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน หรือที่เรียกกันว่า บอร์ด Arduino โดยบอร์ด Arduino เองก็มีหลายรุ่นให้เลือกใช้ โดยในแต่ละรุ่นอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดหรือสเปค เช่น จำนวนของขารับส่งสัญญาณ แรงดันไฟที่ใช้ประสิทธิ ดังรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.1 Arduino Mega



รูปที่ 2.2 Arduino Uno R3

2.1.2 ส่วนที่เป็น Software คือ ภาษา C และภาษา C++ เป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรม เป็นโปรแกรมควบคุม Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Arduino คอมไพล์โปรแกรม (Compile) และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด (Upload)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Arduino ถูกใช้ประโยชน์ในลักษณะเดียวกับ MCU อื่นๆ คือ ใช้ติดต่อสื่อสารและควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ด้วยการเขียนโปรแกรมให้กับ MCU เพื่อควบคุมการรับส่งสัญญาณทางไฟฟ้าตามเงื่อนไขต่างๆ โดยตัวอย่าง การประยุกต์ใช้ Arduino ในชีวิตประจำวัน เช่น ระบบเปิด/ปิดไฟอัตโนมัติ ระบบเปิดปิดประตูอัตโนมัติ ระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ หรือใช้ควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนของคุมมอเตอร์ เป็นต้น

2.2 การสังเคราะห์แสงของพืช

2.2.1 รงควัตถุที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

คลอโรฟิลล์ทำหน้าที่ดูดคลื่นแสงได้ดีในบางช่วงของความยาวคลื่น โดยเฉพาะในช่วงแถบสีม่วงและสีน้ำเงิน คลอโรฟิลล์ดูดพลังงานแสงได้ดีที่สุด ช่วงคลื่นที่ดูดพลังงานแสงได้รองลงมาคือ แถบแสงสีแดง ส่วนแถบแสงสีเขียวดูดได้น้อยที่สุดและปล่อยแถบแสงสีเขียวออกมามากที่สุด จึงทำให้มองเห็นคลอโรฟิลล์มีสีเขียว ดังรูปที่ 2.3

คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a) พบในพืชทุกชนิดจัดเป็นรงควัตถุสังเคราะห์แสงขั้นต้น (Primary Pigment) ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงโดยตรง โดยจะดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร (แสงสีน้ำเงิน) และ 662 นาโนเมตร (แสงสีแดง)

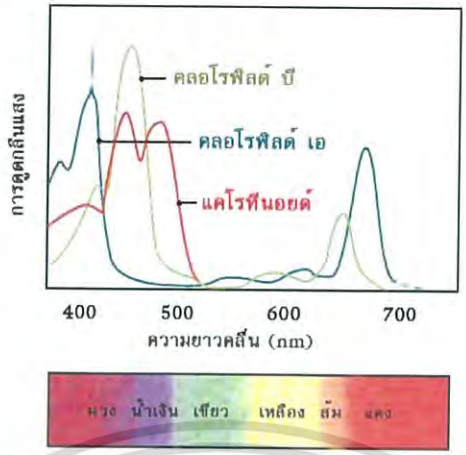
คลอโรฟิลล์ เอ ไม่ใช่รงควัตถุชนิดเดียวที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง แต่คลอโรฟิลล์ เอ เท่านั้นที่เกี่ยวข้องโดยตรงในปฏิกิริยาสังเคราะห์ด้วยแสงแบบใช้แสง ซึ่งเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมี รงควัตถุชนิดอื่นๆ สามารถดูดพลังงานแสงและส่งต่อให้คลอโรฟิลล์ เอ ได้แก่ คลอโรฟิลล์บี แคโรทีนอยด์ เป็นต้น

คลอโรฟิลล์ บี (Chlorophyll b) ทำหน้าที่ดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 453 นาโนเมตร และ 642 นาโนเมตร

แคโรทีนอยด์ (Carotenoid) ทำหน้าที่เป็นรงควัตถุช่วยในการสังเคราะห์แสง (Accessory Pigment) โดยจะทำหน้าที่รับพลังงานแสงแล้วส่งต่อให้กับคลอโรฟิลล์ เอ แคโรทีนอยด์ดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่นระหว่าง 460-550 นาโนเมตร

โดยคุณสมบัติพื้นฐานของพืชทุกชนิดจะมี คลอโรฟิลล์ เอและบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 กราฟการดูดกลืนแสงในช่วงต่างๆ ของรงควัตถุ

2.2.2 แสงอาทิตย์เทียม ในบางพื้นที่ของโลกมีปัญหาการเพาะปลูกต้นไม้เพราะไม่มีแสงแดดหรือมีแสงแดดจำกัด อาทิเช่น การเพาะปลูกในฤดูหนาวที่มีจำนวนแสงแดดน้อยมาก แสงสีขาวที่ตามนุษย์มองเห็น เป็นแสงที่มีช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 400-800 นาโนเมตร ขณะที่พืชสามารถดูดกลืนแสงได้มากเป็นพิเศษที่ 2 ช่วงความยาวคลื่นคือ แสงช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 400-500 นาโนเมตร ซึ่งประกอบด้วยแสงสีม่วง สีน้ำเงิน และสีเขียว กับแสงสีแดงที่มีความยาวช่วงคลื่นระหว่าง 600-800 นาโนเมตร โดยแสงสีแดงเป็นแสงที่พืชสามารถดูดกลืนไว้ได้มากที่สุด และมีอิทธิพลต่อการออกดอกของพืชด้วย ทั้งนี้พืชแต่ละชนิดและสายพันธุ์จะตอบสนองต่อช่วงความยาวคลื่นแสงแตกต่างกัน

แสงอาทิตย์จะประกอบด้วย Color Spectrum ทุกสี เหมือนตอนฉายแสงผ่านปริซึมหรือตอนเกิดรุ้งบนท้องฟ้า โดยแสงแต่ละสีก็จะมีความยาวคลื่นที่แตกต่างกันโดยความยาวคลื่นแสงที่จำเป็น กับการเจริญเติบโตของต้นไม้จริงๆแล้วมีเพียงแสงสีแดงกับแสงสีน้ำเงินเท่านั้น ส่วนสีเหลือง ส้ม เขียวจะไม่จำเป็นเพราะจะโดนสะท้อนกลับหมด

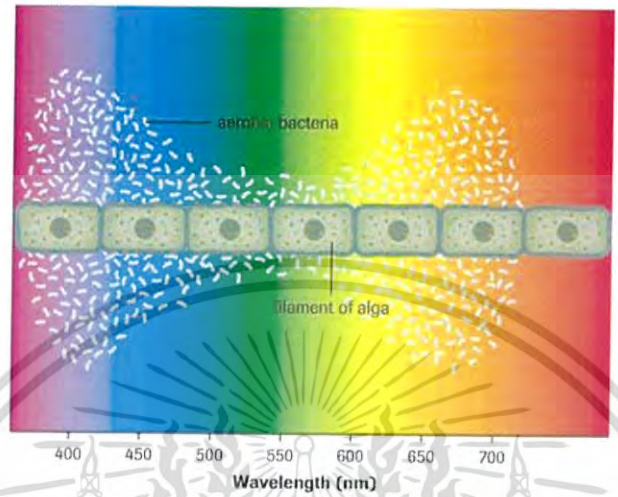
สามารถใช้ LED สีแดง 80-85 เปอร์เซ็นต์กับ LED สีน้ำเงิน 15-20 เปอร์เซ็นต์ รวมกันเป็นแสงที่มีความยาวคลื่นที่ต้นไม้ต้องการได้เช่นเดียวกับแสง อาทิตย์เหมาะจะใช้กับไม้ประดับที่ปลูกอยู่ในร่ม

โดยที่มาของการทดลองในยุคแรกเริ่มมาจาก ธีโอดอร์ เอนเกลแมน (Theodor Wilhelm Engelmann) นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันผู้มีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1843-1909 ทำการทดลองเพื่อหาคำตอบว่าพืชใช้แสงความยาวคลื่นช่วงไหนในการสังเคราะห์แสง การสังเกตเห็นว่าใบไม้มีสีเขียวแล้วสรุปว่าใบไม้สังเคราะห์แสงด้วยแสงสีม่วงและแดงนั้นอาจเป็นการด่วนสรุปเกินไป เพราะภายในใบไม้อาจมีกระบวนการอื่นที่ใช้แสงอาทิตย์เกิดร่วมด้วยก็ได้

ในขณะนั้นนักวิทยาศาสตร์รู้กันแล้วว่าการสังเคราะห์แสงนั้น ให้ผลผลิตเป็นแก๊สออกซิเจนออกมา เอนเกลแมนนำสาหร่ายสีเขียวมาวางไว้บนแผ่นพลาสติกบางๆ พร้อมใส่น้ำลงไปเพื่อให้มันมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชีวิตอยู่ได้ แล้วใช้แท่งแก้วแยกแสงอาทิตย์ออกเป็นสีต่างๆ ส่องเข้าใส่สาหร่ายสีเขียวอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นนำแบคทีเรียชนิดที่ต้องการออกซิเจนในการหายใจใส่เข้าไปในแผ่นพลาสติกนั้น

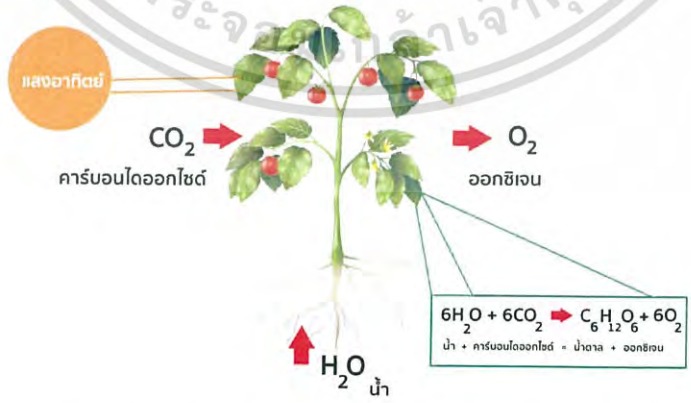


รูปที่ 2.4 ผลการทดลองของธีโอดอร์ เอนเกลแมน

เมื่อเวลาผ่านไปเขาพบว่าแบคทีเรียการกระจายตัวดังรูปที่ 2.4 จะสังเกตเห็นได้ว่าบริเวณสีม่วงและสีแดงนั้นแบคทีเรียมีการกระจุกตัวอยู่มาก เนื่องจากบริเวณนั้นมีแก๊สออกซิเจนที่เกิดจากการสังเคราะห์แสงอยู่อย่างหนาแน่นกว่าบริเวณอื่นๆ

ธีโอดอร์ เอนเกลแมน จึงสรุปได้ว่าบริเวณสีม่วงและแดงนั้นเกิดแก๊สออกซิเจนออกมามาก เนื่องจากแสงสองสีนั้นทำให้เกิดการสังเคราะห์แสงนั่นเอง

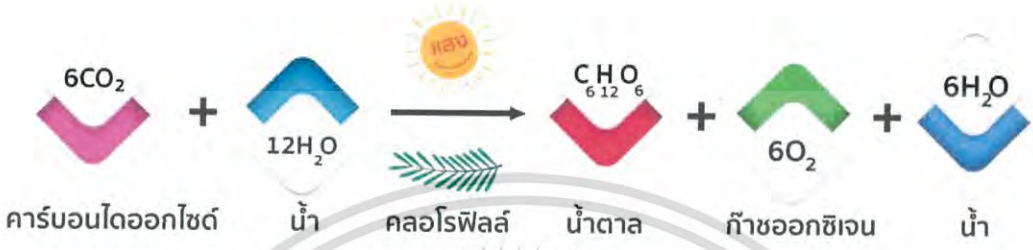
2.3 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง



รูปที่ 2.5 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในส่วนต่างๆ ของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) เป็นปฏิกิริยาเคมีพืชสร้างอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตซึ่งได้แก่ แป้ง และน้ำตาล จากวัตถุดิบ คือ น้ำ (H_2O) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยมีคลอโรฟิลล์และแสงสว่างเป็นเครื่องช่วย ผลจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช นอกจากจะได้อาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตแล้วยังได้ก๊าซออกซิเจน (O_2) และน้ำเกิดขึ้นอีกด้วย ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 สมการการสังเคราะห์ด้วยแสง

อาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงคือ น้ำตาลกลูโคส (Glucose) เนื่องจากพืชจะทำการสังเคราะห์ด้วยแสงได้เฉพาะในเวลากลางวัน เมื่อมีแสงสว่างเท่านั้น ดังนั้นน้ำตาลที่พืชสร้างขึ้นจะถูกเปลี่ยนเป็นแป้งเก็บสะสมไว้ชั่วคราวในเซลล์ ในเวลากลางคืนไม่มีแสงสว่างพืชจึงหยุดทำการสังเคราะห์ด้วยแสง ดังนั้นแป้งที่เก็บสะสมไว้จึงถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลลำเลียงไปสู่ส่วนต่างๆ

คลอโรฟิลล์ของพืชส่วนใหญ่จะพบบริเวณใบ ดังนั้นการสังเคราะห์ด้วยแสงส่วนมากจะเกิดขึ้นที่ใบ อย่างไรก็ตามนอกจากใบแล้วส่วนอื่นของพืชก็สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เช่น ลำต้น ราก ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงคลอโรฟิลล์จะดูดพลังงานจากแสงอาทิตย์ นำไปใช้ในปฏิกิริยาเคมีระหว่างน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยพืชจะดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเข้าทางปากใบ ซึ่งโดยเฉลี่ยอากาศจะมีก๊าซนี้ประมาณ 0.03 - 0.04 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงพืชจะได้จากดิน โดยมีขนรากทำหน้าที่ดูดน้ำจากดินด้วยวิธีออสโมซิส แล้วลำเลียงส่งมาตามท่อน้ำในราก ลำต้นและที่ใบ การสังเคราะห์ด้วยแสงจะเกิดขึ้นมากหรือน้อย นอกจากจะขึ้นอยู่กับแสงสว่างแล้ว ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอีกด้วย จากการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ พบว่าช่วงอุณหภูมิที่ทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นได้ดีที่สุดอยู่ระหว่าง 30 - 40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ต่ำหรือสูงกว่านี้พืชจะสังเคาะห์ด้วยแสงได้น้อยลง

2.4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

2.4.1 ความเข้มของแสง

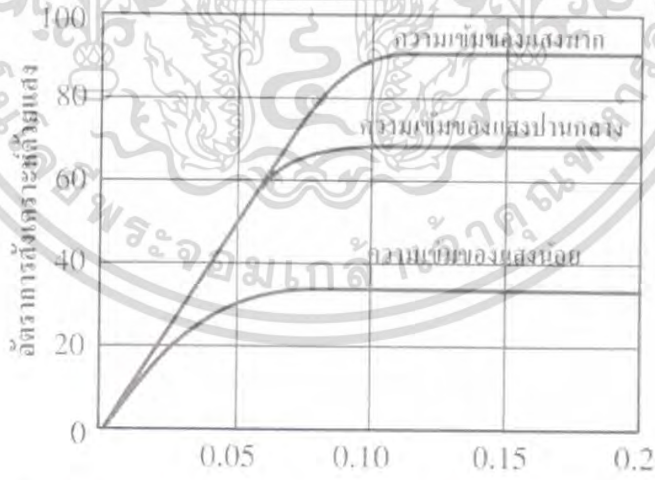
ถ้ามีความเข้มของแสงมาก อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดังรูปที่ 2.7 อุณหภูมิกับความเข้มของแสง มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงร่วมกันคือ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างเดียว แต่ความเข้มของแสงน้อยจะไม่ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้น อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงขีดหนึ่งแล้วอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะลดต่ำลงตามอุณหภูมิและความเข้มของแสงที่เพิ่มขึ้นและยังขึ้นอยู่กับชนิดของพืชอีกด้วย เช่น พืช C3 และพืช C4

โดยปกติ ถ้าไม่คิดถึงปัจจัยอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชส่วนใหญ่จะเพิ่มมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นในช่วง 0-35 °C หรือ 0-40 °C ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์ควบคุม และการทำงานของเอนไซม์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ดังนั้นเรื่องของอุณหภูมิจึงมีความสัมพันธ์กับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง เรียกปฏิกิริยาเคมีที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิว่า ปฏิกิริยาเทอร์โมเคมิคัล

ถ้าความเข้มของแสงน้อยมาก จนทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเกิดขึ้นน้อยกว่ากระบวนการหายใจ น้ำตาลถูกใช้หมดไป พืชจะไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชไม่ได้ ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับความยาวคลื่น (คุณภาพ) ของแสงและช่วงเวลาที่ได้รับ เช่น ถ้าพืชได้รับแสงนานจะมีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงดีขึ้น แต่ถ้าพืชได้แสงที่มีความเข้มมากๆ ในเวลานานเกินไป จะทำให้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงชะงัก หรือหยุดลงได้ทั้งนี้เพราะคลอโรฟิลล์ถูกกระตุ้นมากเกินไป ออกซิเจนที่เกิดขึ้นแทนที่จะออกสู่บรรยากาศภายนอกพืชกลับนำไปออกซิไดส์ส่วนประกอบและสารอาหารต่างๆ ภายในเซลล์ รวมทั้งคลอโรฟิลล์ทำให้สีของคลอโรฟิลล์จางลง ประสิทธิภาพของคลอโรฟิลล์และเอนไซม์เสื่อมลง ทำให้การสร้างน้ำตาลลดลง



รูปที่ 2.7 กราฟแสดงความแปรผันของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเทียบกับความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์

ถ้าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) เพิ่มขึ้นจากระดับปกติที่มีในอากาศ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย จนถึงระดับหนึ่งถึงแม้ว่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์จะสูงขึ้น แต่อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงไม่ได้สูงขึ้นตามไปด้วย และถ้าหากว่าพืชได้รับคาร์บอนไดออกไซด์ ที่มีความเข้มข้นสูงกว่าระดับน้ำแล้วเป็นเวลานานๆ จะมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดต่ำลงได้

คาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นด้วย เช่น ความเข้มข้นสูงขึ้น แต่ความเข้มของแสงน้อย และอุณหภูมิของอากาศก็ต่ำ กรณีเช่นนี้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะลดต่ำลงตามไปด้วย ในทางตรงกันข้ามถ้าคาร์บอนไดออกไซด์มีความเข้มข้นสูงขึ้น ความเข้มของแสงและอุณหภูมิของอากาศก็เพิ่มขึ้น กรณีเช่นนี้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย

นักชีววิทยาจึงมักเลี้ยงพืชบางชนิดไว้ในเรือนกระจกที่แสงผ่านเข้าได้มากๆ แล้วให้คาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้นเป็นพิเศษ ซึ่งมีผลทำให้พืชมีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มมากขึ้น อาหารเกิดมากขึ้น จึงเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ออกดอกออกผลเร็ว และออกดอกออกผลนอกฤดูกาลก็ได้

2.4.3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิ เป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยทั่วไปอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 10-35 °C ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นกว่านี้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะลดต่ำลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่อุณหภูมิสูงๆ ยังขึ้นอยู่กับเวลาอีกปัจจัยหนึ่งด้วย กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิสูงคงที่ เช่น ที่ 40 °C อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะเอนไซม์ทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่พอเหมาะ ถ้าสูงเกิน 40 °C เอนไซม์จะเสื่อมสภาพทำให้การทำงานของเอนไซม์ชะงักลง ดังนั้นอุณหภูมิจึงมีความสัมพันธ์ต่อการสังเคราะห์แสงด้วย เรียกปฏิกิริยาเคมีที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิว่า ปฏิกิริยาเทอร์มอเคมิคอล (Thermochemical Reaction)

2.4.4 ออกซิเจน

ตามปกติในอากาศจะมีปริมาณของออกซิเจน (O_2) ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมักคงที่อยู่แล้ว จึงไม่ค่อยมีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง แต่ถ้าปริมาณออกซิเจนลดลงจะมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงขึ้น แต่ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารต่างๆ ภายในเซลล์ โดยเป็นผลจากพลังงานแสง (Photorespiration) รุนแรงขึ้น การสังเคราะห์ด้วยแสงจึงลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 น้ำ

น้ำ ถือเป็นวัตถุดิบที่จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (แต่ต้องการประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น จึงไม่สำคัญมากนักเพราะพืชมีน้ำอยู่ภายในเซลล์อย่างเพียงพอ) อิทธิพลของน้ำมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงทางอ้อม คือ ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์

2.4.6 เกลือแร่

ธาตุแมกนีเซียม (Mg) และไนโตรเจน (N) ของเกลือในดิน มีความสำคัญต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง เพราะธาตุดังกล่าวเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ดังนั้นถ้าในดินขาดธาตุทั้งสอง พืชก็จะขาดคลอโรฟิลล์ ทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าเหล็ก (Fe) จำเป็นต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ และโปรตีนไซโตโครม (ตัวรับและถ่ายทอดอิเล็กตรอน) ถ้าไม่มีธาตุเหล็กในดินเพียงพอ การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ก็จะเกิดขึ้นไม่ได้และฟอสฟอรัสอีกด้วย

2.4.7 อายุของใบ

ใบจะต้องไม่แก่หรืออ่อนจนเกินไป ทั้งนี้เพราะในใบอ่อนคลอโรฟิลล์ยังเจริญไม่เต็มที่ ส่วนใบที่แก่มากๆ คลอโรฟิลล์จะสลายตัวไปเป็นจำนวนมาก

พืชที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ จะต้องมีสารที่มีความสามารถในการดูดกลืนพลังงานแสง (รงควัตถุ) แล้วนำพลังงานนั้นไปใช้ในการทำปฏิกิริยาเคมี โดยทำให้เกิดการแตกตัวของน้ำ ทำให้ได้ออกซิเจน อิเลคตรอนและโปรตอนออกมา และทำให้เกิดการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์เป็นน้ำตาลต่อไป

โมเลกุลที่มีความสามารถในการดูดกลืนแสงที่มีอยู่ในพืชคือ รงควัตถุ (Pigment) รงควัตถุที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ตามลักษณะของโครงสร้างของโมเลกุล ได้แก่

1. คลอโรฟิลล์ Chlorophyll
2. คาโรทีนอยด์ Carotenoids
3. ไฟโคบิลินส์ Phycobilins

ซึ่งใน 3 ส่วนนั้น สามารถแบ่งแยกย่อยออกไปได้อีก ในส่วนของรงควัตถุที่คุ้นเคยและรู้จักกันดี คือ คลอโรฟิลล์

รงควัตถุที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงก็มีความสามารถในการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นต่างๆ กัน ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ ของรงควัตถุ

ชนิดของรงควัตถุ	ช่วงแสงที่ดูดกลืนแสง (nm)	ชนิดของพืช
คลอโรฟิลล์ เอ	420, 660	พืชชั้นสูงทุกชนิดและสาหร่าย
คลอโรฟิลล์ บี	435, 643	พืชชั้นสูงทุกชนิดและ สาหร่ายสีเขียว
คลอโรฟิลล์ ซี	445, 625	ไดอะตอมและสาหร่ายสีน้ำตาล
คลอโรฟิลล์ ดี	450, 690	สาหร่ายสีแดง
เบตา คาร์โรทีน	425, 450, 480	พืชชั้นสูงและสาหร่ายส่วนใหญ่
แอลฟา คาร์โรทีน	420, 440, 470	พืชส่วนใหญ่และสาหร่ายบางชนิด
ลูตีออล (Luteol)	425, 445, 475	สาหร่ายสีเขียว สีแดงและพืชชั้นสูง
ไวโอลาแซนธอล	425, 450, 475	พืชชั้นสูง
ฟูโคแซนธอล	425, 450, 475	ไดอะตอมและสาหร่ายสีน้ำตาล
ไฟโคอีรีธรินส์	490, 546, 576	สาหร่ายสีแดงและสาหร่ายสีน้ำเงิน
ไฟโคอีรีธรินส์	490, 546, 576	สาหร่ายสีแดงและสาหร่ายสีน้ำเงิน
ไฟโคไซยานินส์	618	สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวและ สาหร่ายสีแดง

เมื่อมีแสงในช่วงที่พืชต้องการส่องมายังใบพืชที่มีรงควัตถุอยู่ จะเกิดกระบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้เกิดการสร้างอาหารในพืช แสงธรรมชาติที่มาจากดวงอาทิตย์ ประกอบด้วยสเปกตรัมของแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงระหว่าง 200-5000 นาโนเมตร (nm) การที่แสงมีความยาวคลื่นแตกต่างกัน ทำให้เกิดสีที่แตกต่างกันไปด้วย แสงที่พืชนำมาใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์ด้วยแสงคือ แสงในช่วงที่มนุษย์มองเห็น ซึ่งเป็นแสงที่มีความยาวคลื่น 380-770 นาโนเมตร

ปริมาณของแสง (ความเข้มแสง) คือ จำนวนพลังงานรวมที่แสงผลิตออกมา จะอยู่ในรูปของพลังงานต่อพื้นที่ มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m2) หรือในเทอมของจำนวนโฟตอน มีหน่วยเป็นไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที ($\mu mol/m^2/s$)

ในส่วนของความเข้มแสงนั้น ยิ่งแสงมีความเข้มมากก็จะยิ่งมีพลังงานมาก ทำให้พืชสังเคราะห์แสงได้มากขึ้น หากแสงมีความเข้มมาก แต่ความยาวคลื่นแสงไม่ตรงกับที่พืชต้องการก็จะไม่เกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

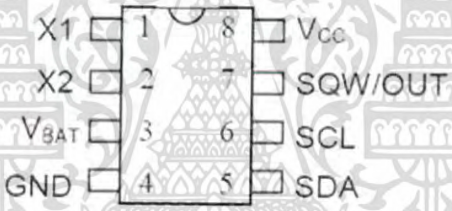
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 อุปกรณ์รับค่า

2.5.1 Real Time Clock (DS1307)

ระบบฐานเวลา เป็นสิ่งสำคัญที่สามารถนำไปใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้หลากหลาย ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เองก็มีไทเมอร์เพื่อใช้ในการจับเวลา หรือนำไปใช้เป็นฐานเวลาจริงได้เช่นกัน แต่เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้ต่อเมื่อมีไฟเลี้ยงเท่านั้น ดังนั้นการใช้ไทเมอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ สร้างฐานเวลาจริงจึงไม่เหมาะสมในบางแอพพลิเคชัน

DS1307 เป็น IC ฐานเวลาของดัลลัสเซมิคอนดักเตอร์ (Dallas Semiconductor) มีบัสรับส่งข้อมูลแบบ I2C ซึ่งเป็นแบบ 2 wire สามารถสื่อสารได้ 2 ทิศทาง (Bi-direction Bus) ฐานเวลาของ DS1307 นั้นสามารถเก็บข้อมูล วินาที, นาที, ชั่วโมง, วัน, วันที่, เดือน และปี ได้ ระบบเวลาสามารถทำงานโหมดรูปแบบ 24 ชั่วโมง หรือ 12 ชั่วโมง AM/PM ก็ได้ ภายมีระบบตรวจจับแหล่งจ่ายไฟ โดยถ้าแหล่งจ่ายไฟหลักถูกตัดไป DS1307 สามารถสวิตช์ไปใช้ไฟจากแบตเตอรี่ และทำงานต่อไป โดยที่ยังสามารถรักษาข้อมูลไว้ได้ โครงสร้างมีขาทั้งหมด 8 ขาดังแสดงในรูปที่ 2.8 และมีรายละเอียดการทำงานของขาต่างๆ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.8 ตำแหน่งของขาใน RTC

รูปที่ 2.9 Real Time Clock Module DS1307

2.5.2 อัลตร้าโซนิค

Ultrasonic หมายถึง คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่หูมนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 15 KHz เท่านั้น แต่พวกที่อายุยังน้อยๆ อาจจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่านี้ได้ ดังนั้นโดยปกติแล้วคำว่าอัลตร้าโซนิคจึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 KHz ขึ้นไป จะสูงขึ้นจนถึงเท่าใดไม่ได้ระบุจำกัดเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุที่มีการนำเอาคลื่นย่านอัลตร้าโซนิคมาใช้ก็เพราะว่าเป็นคลื่นที่มีทิศทาง ทำให้สามารถเล็งคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง เรื่องนี้เป็นคุณสมบัติของคลื่นอย่างหนึ่ง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ที่ให้เสียงนั้นออกมา) ของตัวกำเนิดเสียงความถี่นั้น เช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศจะมีความยาวถึงประมาณ 1 เมตรเศษๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียง โดยทั่วไปมากมายคลื่นจะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียง ทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่นแต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอัลตร้าโซนิค อย่างเช่น 40 KHz จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียงประมาณ 8 มิลลิเมตร เท่านั้น ซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นี้มากคลื่นเสียงจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบๆ หรือที่เรียกว่า “มีทิศทาง”

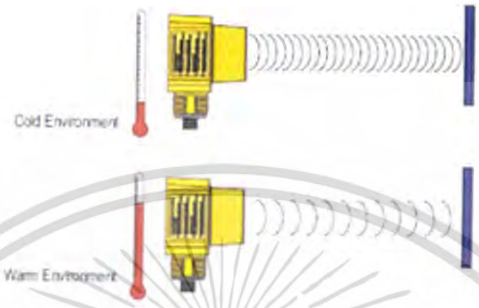
การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอัลตร้าโซนิคทำให้นำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (Ultrasonic Remote Control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic Cleaner) โดยให้น้ำสั่นที่ความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยสังเกตระยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกาย ใช้ทดสอบการรั่วไหลของท่อ เป็นต้น โดยความถี่ที่ใช้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น คลื่นเสียงต้องเดินทางผ่านอากาศแล้ว ความถี่ที่ใช้ก็มักจะจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 50 KHz เพราะที่ความถี่สูงขึ้นกว่านี้อากาศจะดูดกลืนคลื่นเสียงเพิ่มขึ้นมาก ทำให้ระดับความแรงของคลื่นเสียงที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้งานด้านการแพทย์ซึ่งต้องการรัศมีทำการสั้นๆ ก็อาจใช้ความถี่ในช่วง 1 MHz ถึง 10 MHz ขณะที่ความถี่เป็น GHz (109 Hz) ก็มีใช้กันในหลายๆ การใช้งานที่ตัวกลางที่คลื่นเสียงเดินทางผ่านไม่ใช่อากาศ

อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ส่งสัญญาณพัลส์ของพลังงานซึ่งเป็นการเดินทางของความเร็วเสียง การลดทอนของพลังงานที่ถูกสะท้อนกลับมาจากวัตถุเสียงนี้ เป็นการสะท้อนกลับจากวัตถุแล้วเดินทางกลับไปยังเซนเซอร์ โดยการตรวจจับระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางไปกลับของเสียง เมื่อมีการตกกระทบจากวัตถุแล้วนำมาคำนวณเป็นระยะทาง ดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 Ultrasonic Module

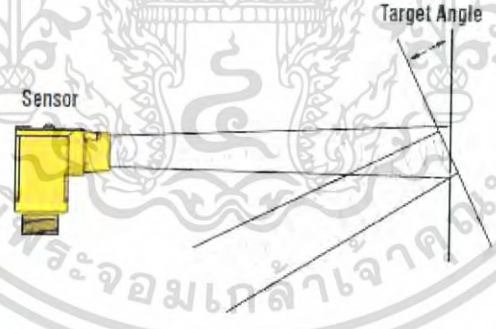
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความไวของเสียงขึ้นอยู่กับแรงดัน และอุณหภูมิของก๊าซที่เสียงเดินทางผ่าน ในการประยุกต์ใช้อัลตร้าโซนิค ส่วนใหญ่องค์ประกอบอื่นๆ และแรงดันของก๊าซจะถูกกำหนดให้มีความสัมพันธ์กัน ในขณะที่อุณหภูมิไม่ได้ถูกกำหนดไว้ โดยความไวของเสียงจะเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 10 °F ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ผลกระทบของอุณหภูมิ

วัตถุที่มีลักษณะแบนที่ตั้งกับแกนของลำแสง จะสะท้อนพลังงานเสียงไปยังเซนเซอร์ได้มากที่สุด ดังนั้นถ้ามุมของวัตถุเพิ่มมากขึ้น พลังงานรวมจะส่งกลับไปยังเซนเซอร์ได้น้อยลง สำหรับอัลตร้าโซนิคส่วนใหญ่มุมของวัตถุควรจะน้อยกว่า หรือเท่ากับ 10 องศา ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 มุมของวัตถุกับองศาการยิงของอัลตร้าโซนิค

กระแสอากาศที่เนื่องมาจากลม, พัดลม, อุปกรณ์นิวแมติกส์หรือแหล่งอื่นๆ สามารถรบกวนเส้นทางของพลังงานเสียงได้ ดังนั้นเซนเซอร์อาจไม่สามารถตรวจจับวัตถุในสภาพแวดล้อมแบบนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 Waterproof Temperature Sensor DS18B20

Temperature Sensor DS18b20 Waterproof (สายยาว 2 เมตร) เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่สามารถจุ่ม Sensor ลงไปในน้ำได้ วัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ –55 °C to +125 °C ค่า Error ±0.5 °C ใช้ไฟเลี้ยง 3-5.5 VDC การสื่อสารเป็นแบบ OneWire (ใช้สายเส้นเดียว ไม่นับไฟเลี้ยง) ใช้งานได้ทั้ง NodeMCU และ Arduino การใช้งานต้องต่อตัวต้านทาน 4.7 K Ohm เพิ่มเติมหรือใช้ร่วมกับชุด Module สำหรับเชื่อมต่อ Temperature Sensor DS18b20 ดังรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 Temperature Sensor DS18b20 Waterproof

2.5.4 Soil Moisture Sensor Module

เป็นเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน โดยการวัดค่าความต้านทานระหว่างอิเล็กโทรดที่ชุบโลหะอย่างดีเพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชัน (สนิม) เพิ่มอายุการใช้งานและลดการสึกหรอ เนื่องจากความชื้น เหมาะสำหรับการใช้งานเพื่อการทำระบบรดน้ำอัตโนมัติ ดังรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.14 Soil Moisture Sensor Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียด :

- แหล่งจ่ายไฟ : 3.3-5 V
- สัญญาณแรงดันขาออก : 0-4.2 V
- ใช้กระแสไฟฟ้า : 35 mA
- กำหนดพิน : เอาต์พุตอนาล็อก (สายสีน้ำเงิน), GND (สายสีดำ), VCC (สายสีแดง)
- ขนาด : 20x60x5 มิลลิเมตร (กว้างxยาวxสูง)
- พื้นผิว : Immersion Gold

2.6 อุปกรณ์แสดงผล

2.6.1 เทอร์โมอิเล็กทริก Thermoelectrics

อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Devices) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ และในทางกลับกันก็ยังสามารถเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานความร้อนได้เช่นเดียวกัน สำหรับคำว่า “เทอร์โมอิเล็กทริก” มาจากคำว่า “เทอร์โม (Thermo)” ซึ่งมีความหมายว่าความร้อน และคำว่า “อิเล็กทริก (Electric)” ซึ่งมีความหมายว่าไฟฟ้า เมื่อนำความหมายรวมกันจะเป็น “ความร้อนและไฟฟ้า” ดังนั้นเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นปรากฏการณ์ในการเปลี่ยนรูปแบบพลังงานระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน โดยผ่านวัสดุตัวกลางที่มีสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริก เรียกว่า วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Materials) ซึ่งจะทำเปลี่ยนพลังงานความ ร้อนให้เป็นพลังงานไฟฟ้าหรือเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานความร้อน โดยอาศัยหลักการสั่นสะเทือน ของโครงสร้างภายในวัสดุเชิงฟิสิกส์ควอนตัม เมื่อวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกได้รับอุณหภูมิที่แตก ต่างกันระหว่าง ปลายทั้งสองข้างพบว่าจะมีการถ่ายเทอุณหภูมิจากอุณหภูมิสูงไปยังอุณหภูมิต่ำกว่า นั้นคือมีการสั่นของอนุภาคโฟนอน (Phonon) และการเคลื่อนที่ของพาหะ มีทั้งอิเล็กตรอน (Electron) และโฮล (Hole) จะได้พลังงานไฟฟ้า และในทางตรงข้ามเมื่อวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกมีความต่างศักย์ไฟฟ้า จะมีการ ถ่ายเทความต่างศักย์ไฟฟ้า จากความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังความต่างศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าจะได้พลังงานความร้อน แสดงดังรูปที่ 2.15

TEC [1] TEG [2]

รูปที่ 2.15 แผ่นเพลเทียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Effect) โดยทั่วไปปรากฏการณ์พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูปพลังงานระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน มี 3 ปรากฏการณ์ได้แก่

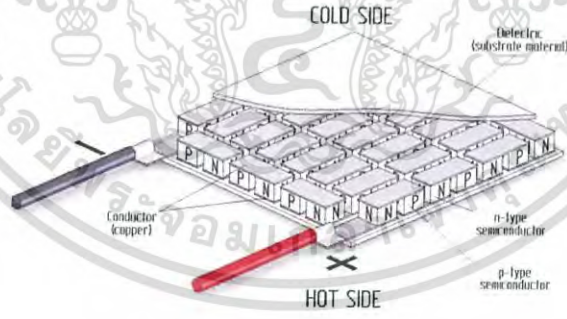
1. ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect) "เมื่อให้ความร้อนที่รอยต่อของตัวนำสองชนิดจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรปิด"

2. ปรากฏการณ์เพลทีเยอร์ (Peltier Effect) "เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลจะมีความร้อนเกิดขึ้นที่รอยต่อของตัวนำ ความร้อนจะเพิ่มขึ้น หรือลดลงขึ้นอยู่กับทิศทางการไฟลของกระแสไฟฟ้า"

3. ปรากฏการณ์ทอมสัม (Thomson Effect) "เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านตัวนำไฟฟ้าสองจุดที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน ทิศทางความร้อนขึ้นอยู่กับการไหลของกระแสไฟฟ้าจากจุดเย็นไปจุดร้อน หรือจากจุดร้อนไปจุดเย็น"

2.6.2 วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก

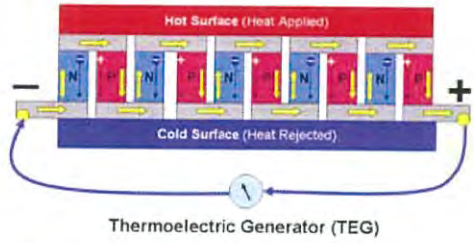
อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก เป็นการนำเอาวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก มาประกอบให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำไปใช้งานได้ เรียกว่า "เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล (Thermoelectric Module)" โดยการนำวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกที่เป็นวัสดุประเภทสารกึ่งตัวนำ (semi-conductor) ชนิดเอ็น (N Type) และชนิดพี (P Type) มาต่อกันเป็นคู่ๆ โดยวางสลับกัน และมีโลหะขนาดเล็กเชื่อมต่อทั้งคู่เข้าด้วยกัน ซึ่งแต่ละคู่ที่ต่อกันจะมีการเชื่อมต่อกันแบบอนุกรมทางไฟฟ้าตั้งแต่ตัวแรกจนถึงตัวสุดท้าย และด้านบนกับด้านล่างถูกประกบด้วยแผ่นเซรามิค แสดงดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ส่วนประกอบของแผ่นเพลเทียร์

เมื่อนำเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล แล้วทำให้อุณหภูมิแผ่นเซรามิคด้านบนและด้านล่างแตกต่างกัน ทำให้เกิดปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้าที่โมดูลผลิตได้ และเมื่อนำมาต่อเข้ากับโหลด (Load) หรือภาระไฟฟ้าจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลตามปรากฏการณ์ของซีเบค โดยทั่วไปเรียกเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลแบบนี้ว่า เทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอเรเตอร์ (Thermoelectric Generator ; TEG) แสดงดังรูปที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 กลไกการทำงานของเทอร์โมอิเล็กตริกเจนเนอร์เรเตอร์

ในทางกลับกันเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจะทำให้เกิดความร้อนและความเย็น เกิดขึ้นที่ผิวด้านบนและด้านล่างตามปรากฏการณ์ของเพลทีเยอร์ โดยทั่วไปเรียกเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลแบบนี้ว่า เทอร์โมอิเล็กทริกคูลลิ่ง (Thermoelectric Cooling ; TEC)

2.6.3 รีเลย์ (4 Channel Relay Module)

โมดูลรีเลย์ 4 ช่อง 5 V (4 Channel Relay Module) เป็นโมดูลที่ใช้ควบคุมโหลดได้ทั้งแรงดันไฟฟ้า DC และ AC ซึ่งโหลดสูงสุด (Maximum Load) คือ AC 250V/10A, DC 30V/10A โดยใช้สัญญาณในการควบคุมการทำงานด้วยสัญญาณโลจิก TTL ทำงานด้วยสัญญาณแบบ Active Low, กระแสขับรีเลย์ (Drive Current) 15-20 mA., มีการออกแบบให้เป็น Isolate ด้วย Optocoupler, มี LED แสดงสถานะ Relay สามารถนำไปประยุกต์ใช้งาน PLC Control, บ้านอัจฉริยะ, ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม หรืองานอื่นๆ ขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรมและการต่อใช้งานภายนอก สามารถเชื่อมต่อใช้งานกับบอร์ด Rasberry Pi, Arduino, ARM, MCS-51, AVR, PIC, 8051, DSP, MSP430, TTL Logic ดังรูปที่ 2.18

รูปที่ 2.18 4 Channel Relay Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specification :

- ไฟเลี้ยงโมดูลรีเลย์ VCC = 5 VDC.
- ควบคุมโหลดได้ทั้งแรงดันไฟฟ้า AC ได้สูงสุด 250 VAC 10 A หรือแรงดันไฟฟ้า DC ได้สูงสุด 30 VDC 10 A (Maximum Load)
- ระดับสัญญาณอินพุตควบคุมแบบ TTL ทำงานด้วยสัญญาณแบบ Active Low
- กระแสขับรีเลย์ (Drive Current) 15-20 mA.
- มีการออกแบบให้เป็น Isolate ด้วย Optocoupler
- มี LED แสดงสถานะ Relay
- โมดูลขนาด 5.3 เซนติเมตร (กว้าง) x 7.0 เซนติเมตร (ยาว) x 1.7 เซนติเมตร (สูง)

2.7 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)

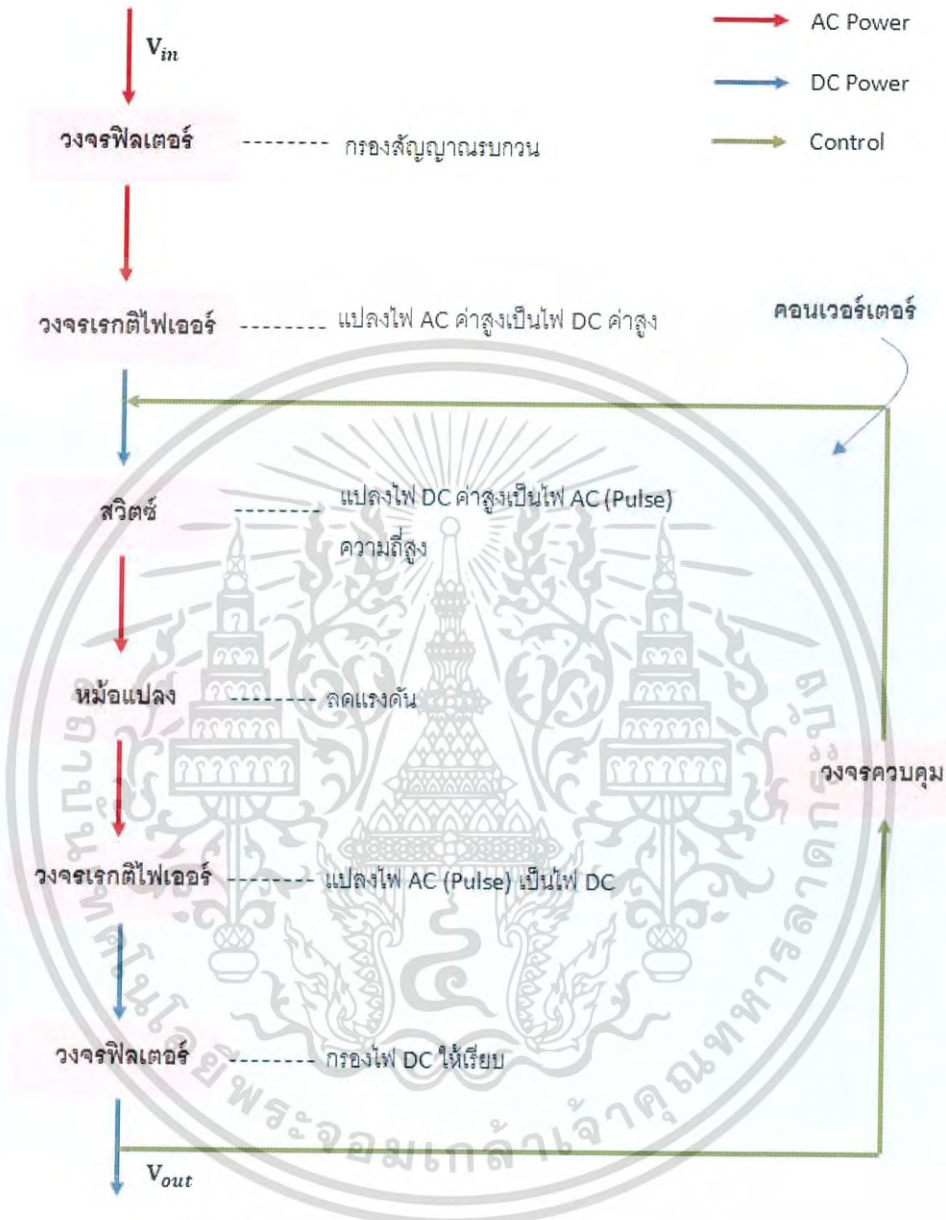
สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไฟสลับโวลต์สูง ให้เป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำ เพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ได้เช่นเดียวกันแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น (Linear Power Supply) ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบจะต้องมีการใช้หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำเช่นเดียวกัน แต่สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็ก และน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น อีกทั้งสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าอีกด้วย

ในปัจจุบันสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายได้เข้ามามีบทบาทกับชีวิตเราอย่างมาก เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กซึ่งต้องการแหล่งจ่ายไฟที่มีกำลังสูงแต่มีขนาดเล็ก เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องโทรสาร และโทรทัศน์ จำเป็นจะต้องใช้สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย แนวโน้มการนำสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายมาใช้ในเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภทจึงเป็นไปได้สูง การศึกษาหลักการทำงานและการออกแบบสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานอิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภท

2.7.1 หลักการทำงาน Switching Power Supply

ในปัจจุบันได้มีการใช้เทคโนโลยีแหล่งจ่ายกำลังสวิตชิ่งกันอย่างแพร่หลาย ซึ่ง Switching Power Supply นั้นถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไฟสลับโวลต์สูงให้เป็นแรงดันไฟตรงโวลต์ต่ำได้ ซึ่งองค์ประกอบพื้นฐานนั้นโดยทั่วไปจะคล้ายกันและสิ่งที่สำคัญที่สุดขององค์ประกอบนี้คือ คอนเวอร์เตอร์ ดังรูปที่ 2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แผนผังการทำงานของ Switching Power Supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

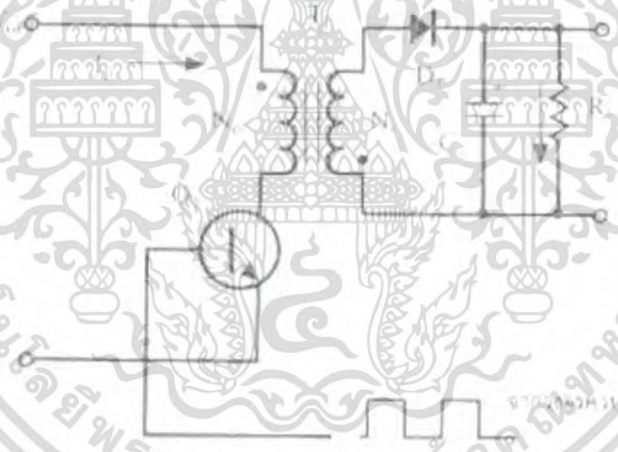
2.7.2 ประเภทของ Switching Power Supply

การจำแนกประเภทของ Switching Power Supply นั้นจะพิจารณาจากรูปแบบของคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ ซึ่งรูปแบบของคอนเวอร์เตอร์นั้นมีมากมาย แต่ที่จะกล่าวถึงนี้จะเป็นรูปแบบคอนเวอร์เตอร์ที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย ซึ่งจะมีด้วยกัน 5 รูปแบบดังนี้

2.7.2.1 Flyback Converter

เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่เป็นเหมือนสวิตช์ และจะนำกระแสตามคำสั่งของพัลส์สี่เหลี่ยมที่ป้อนให้ทางขาเบส เมื่อ Q1 นำกระแส ไดโอด D1 จึงอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับและไม่นำกระแส จึงทำให้มีการสะสมพลังงานที่ขดปฐมภูมิของหม้อแปลง T1 แทน เมื่อ Q1 หยุดนำกระแส สนามแม่เหล็ก T1 จะยุบตัวทำให้เกิดการกลับขั้วแรงดันที่ขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิ

D1 ก็จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรง พลังงานที่สะสมในขดปฐมภูมิของหม้อแปลงก็จะถูกถ่ายเทออกไปยังขดทุติยภูมิและมีกระแสไหลผ่านไดโอด D1 ไปยังตัวเก็บประจุเอาต์พุต Co และโหลดได้ ค่าของแรงดันที่เอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์จะขึ้นอยู่กับค่าความถี่การทำงานของ Q1, ช่วงเวลานำกระแสของ Q1 และอัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลงและค่าของแรงดันที่อินพุต ดังรูปที่ 2.20



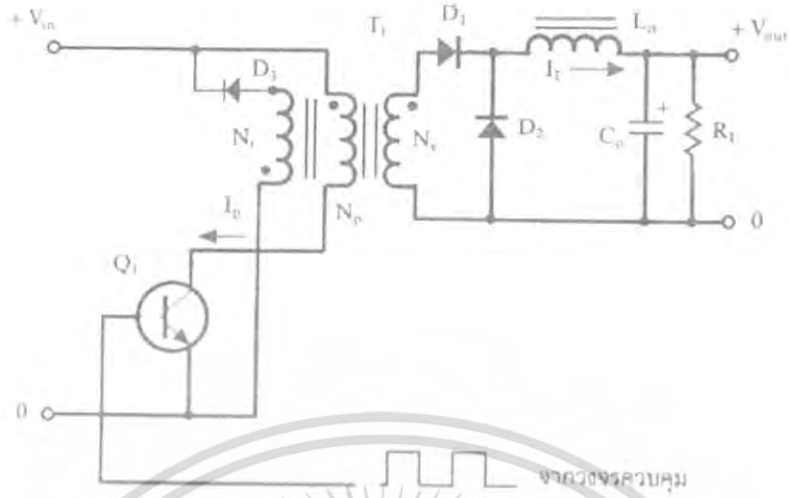
รูปที่ 2.20 วงจรพื้นฐานของ Flyback Converter

Flyback Converter มีโครงสร้างของวงจรไม่ซับซ้อน นิยมในงานที่ต้องการกำลังไฟฟ้าด้านออกต่ำๆ โดยอยู่ในช่วงไม่เกิน 150 W อุปกรณ์น้อยและมีราคาถูก ข้อเสียคือ จะมีแกนแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าจะต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะรองรับกำลังไฟฟ้าด้านออกที่เพิ่มขึ้นได้ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์ของวงจรฟลายแบ็กยังมีค่าสูง

2.7.2.2 Forward Converter

มีลักษณะใกล้เคียงกับ Flyback Converter แต่พื้นฐานการทำงานจะแตกต่างกันตรงที่หม้อแปลงใน Forward Converter จะทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานในช่วงที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 วงจร Forward Converter

ฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์นิยมใช้กับกำลังไฟฟ้าที่มีขนาด 100-200W การเชื่อมต่อสำหรับการควบคุมสวิตช์และการส่งออกของขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงและการแก้ไขและการกรองวงจรซับซ้อนกว่า Flyback Converter แกนแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าจะมีขนาดเล็ก ข้อเสียจะมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์มีค่าสูงและต้นทุนในการผลิตสูง

วงจรพื้นฐานของฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แสดงไว้ในรูปที่ 2.21 CNV-2 จะเห็นได้ว่าฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์มีลักษณะใกล้เคียงกับฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ แต่พื้นฐานการทำงานจะแตกต่างกันคือหม้อแปลงในฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานในช่วงที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำนำกระแส ต่างจากฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ซึ่งหม้อแปลงจะสะสมพลังงานในช่วงที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแส แล้วจึงถ่ายเทพลังงานออกไปขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส การทำงานของวงจรจะเป็นดังนี้

เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 จะทำงานโดยนำกระแสและหยุดนำกระแสสลับกันไป เมื่อ Q1 นำกระแส จะมีกระแส Ip ไหลผ่านขดไพรมารี่ Np และตัวมัน เนื่องจากหม้อแปลง T1 ในฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์จะกำหนดขดไพรมารี่และเซคันดารี่ให้มีเฟสตรงกัน ดังนั้นไดโอด D1 จึงถูกไบแอสตรง ทำให้มีกระแสไหลที่เซคันดารี่ Ns ผ่านตัวเหนี่ยวนำ Lo ไปยังตัวเก็บประจุเอาต์พุต Co และโหลดได้ ขณะที่มีกระแสไหลผ่าน Lo จะมีการสะสมพลังงานไว้ในตัวมันด้วย ส่วนไดโอด D2 จะอยู่ในลักษณะไบแอสกลับ จึงไม่มีการนำกระแส เช่นเดียวกันไดโอด D3 เนื่องจากขดดีเมกเนไตซิ่ง Nr ถูกพันไว้ในทิศตรงข้ามกับขดไพรมารี่ Np ไดโอด D3 จึงอยู่ในลักษณะไบแอสกลับ และไม่มีประแสไหล เมื่อ Q1 หยุดนำกระแส ไดโอด D1 จะถูกไบแอสกลับและไม่มีกระแสไหลจากขอเซคันดารี่ Ns แต่ในขณะเดียวกันสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นใน Lo ยุบตัว ทำให้มีการกลับขั้วแรงดันที่ Lo ไดโอด D2 จึงถูกไบแอสตรง พลังงานที่ถูกสะสมไว้ใน Lo จะถูกถ่ายเทออกมาทำให้มีกระแสไหลผ่านไดโอด D2 ไปยังตัวเก็บประจุ

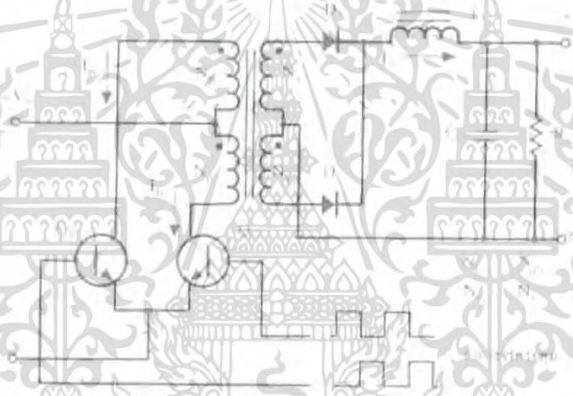
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Co และโหลดได้ กระแสที่ไหลผ่านโหลดจึงมีลักษณะต่อเนื่อง ทั้งในช่วงที่ Q1 นำกระแสและหยุดนำกระแส ทำให้มีการกระเพื่อมของแรงดันที่เอาต์พุตต่ำกว่าฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

ในขณะที่ Q1 หยุดนำกระแส สนามแม่เหล็กที่ตกค้างภายในหม้อแปลงจะมีการยุบตัวและกลับขั้วแรงดันที่ขด Np, Ns และ Nr ไดโอด D3 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรง ทำให้มีการถ่ายเทพลังงานที่เหลือค้างนี้ออกไปได้ ขดลวดดีแมกเนไตซิ่ง Nr และไดโอด D3 นี้มีความสำคัญมาก เพราะถ้าไม่มีการถ่ายเทพลังงานที่ตกค้างออกไปจากขดไพรมารี่ในขณะที่ Q1 หยุดนำกระแส เมื่อ Q1 เริ่มนำกระแสอีกครั้ง สนามแม่เหล็กที่หลงเหลืออยู่จะทำให้ Q1 เป็นอันตรายได้

2.7.2.3 Push-Pull Converter

คอนเวอร์เตอร์แบบนี้จะเปรียบเสมือนการนำ Forward Converter สองชุดมาทำงานร่วมกัน โดยผลัดกันทำงานในแต่ละครึ่งคาบเวลาในลักษณะกลับเฟส เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรยังคงมีแรงดันตกคร่อมในขณะหยุดนำกระแสค่อนข้างสูงเช่นเดียวกับ Flyback Converter และ Forward Converter ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 วงจร Push-Pull Converter

Push-Pull Converter เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่จ่ายกำลังได้สูงซึ่งจะอยู่ในช่วง 200-1000 W ข้อเสียจะมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์มีค่าสูงและปัญหาแกนแม่เหล็กเกิดการอิ่มตัว เนื่องจากความไม่สมมาตรของฟลั๊กในแกนแม่เหล็ก ซึ่งจะมีผลต่อการพังเสียหายของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้ง่าย

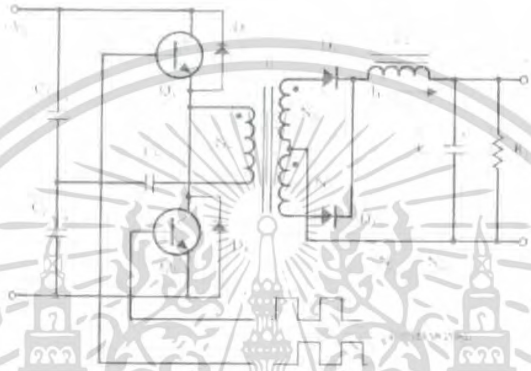
จากรูปที่ 2.22 Q1 และ Q2 จะสลับกันทำงานโดยผลัดกันนำกระแสในแต่ละครึ่งคาบเวลา T ในขณะที่ Q1 นำกระแสจะมีกระแส Ip ไหลผ่านขดไพรมารี่ Np1 และไดโอด D1 จะถูกไบแอสกลับ ส่วนไดโอด D2 จะถูกไบแอสตรง ทำให้มีกระแสไหลที่ขดไพรมารี่ Ns2 ผ่านไดโอด D2 และ Lo ไปยังตัวเก็บประจุ Co และโหลด ในจังหวะนี้แรงดันตกคร่อม Q2 จะมีค่าเป็น 2Vin (จำนวนรอบ Np1 = Np2 และ Ns1 = Ns2) ในทำนองเดียวกันขณะที่ Q2 นำกระแส Q1 และ D2 จะไม่นำกระแส เนื่องจากถูกไบแอสกลับ D1 ซึ่งถูกไบแอสตรงจะนำกระแสจากขดเซคันดารี่ Ns1 ผ่าน Lo ไปยังตัวเก็บประจุ Co และโหลด จะเห็นได้ว่าในหนึ่งคาบเวลาการทำงาน ขดเซคันดารี่จะให้กระแสไหลผ่าน Lo ได้ถึงสองครั้ง พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์จึงสามารถจ่ายกำลังงานได้มากเป็นสองเท่าของฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตอร์ที่ค่ากระแสสูงสุดด้านไพรมารี่มีค่าเท่ากัน และโหลดมีกระแสไหลต่อเนื่องตลอดเวลา กระแสที่ได้ทางเอาต์พุตจึงค่อนข้างเรียบ

2.7.2.4 Half-Bridge Converter

เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่อยู่ในตระกูลเดียวกับ Push-Pull Converter แต่ลักษณะการจัดวงจรจะทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรมีแรงดันตกคร่อมขณะหยุดนำกระแสเพียงค่าแรงดันอินพุตเท่านั้น ทำให้ลดข้อจำกัดเมื่อใช้กับระบบแรงดันไฟสูงได้มาก รวมทั้งยังไม่มีปัญหาการไม่สมมาตรของฟลักซ์ในแกนเฟอร์ไรต์ของหม้อแปลงได้ด้วย ดังรูปที่ 2.23

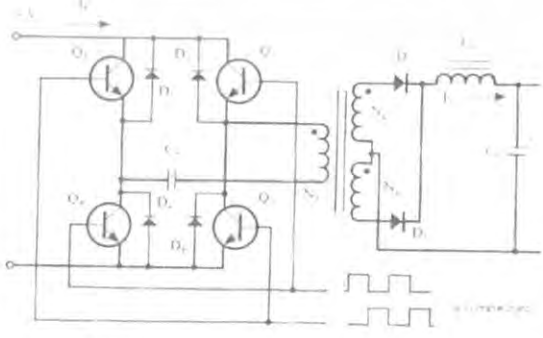


รูปที่ 2.23 วงจร Half-Bridge Converter

Half-Bridge Converter นิยมใช้กับพิกัดกำลังไฟฟ้าขนาดกลาง มีข้อดีเหมือนวงจรพุช-พูล ยกเว้นค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์จะมีค่าเท่ากับ v_s เท่านั้น

2.7.2.5 Full-Bridge Converter

คอนเวอร์เตอร์ชนิดนี้ในขณะทำงานจะมีแรงดันตกคร่อมขดปฐมภูมิเท่ากับแรงดันอินพุต แต่แรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีค่าเพียงครึ่งหนึ่งของแรงดันอินพุตเท่านั้น และค่ากระแสสูงสุดที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์แต่ละตัวนั้น มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของค่ากระแสสูงสุดใน Half-Bridge Converter ที่กำลังขาออกเท่ากัน เนื่องจากข้อจำกัดด้านเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ลดน้อยลงไป ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 วงจร Full Bridge Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

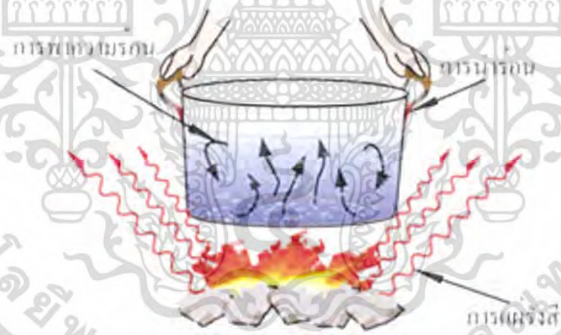
2.8 กลไกการถ่ายเทความร้อน

พลังงานความร้อนสามารถถ่ายเทจากสสารหนึ่งไปยังอีกสสารหนึ่ง โดยมีสื่อตัวกลางหรือไม่มีก็ได้ แบ่งกลไกการถ่ายเทความร้อนออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

การนำความร้อน (Conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนจากโมเลกุลไปสู่อีกโมเลกุลหนึ่งที่อยู่ติดกันไปเรื่อยๆ จากอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำ ยกตัวอย่างเช่น หากจับทัพพีในหม้อหุงข้าว ความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านทัพพีมายังมือของเรา ทำให้รู้สึกร้อน โลหะเป็นตัวนำความร้อนที่ดี อโลหะและอากาศเป็นตัวนำความร้อนที่เลว

การพาความร้อน (Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนด้วยการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของสสาร ซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวและแก๊ส ส่วนของแข็งมีการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนและการแผ่รังสีเท่านั้น การพาความร้อนส่วนมากมักเกิดขึ้นในบรรยากาศและมหาสมุทร รวมทั้งแมกมาและโลหะเหลวภายในโลก และแก๊สร้อนในดวงอาทิตย์

การแผ่รังสี (Radiation) เป็นการถ่ายเทความร้อนออกรอบตัวทุกทิศทุกทาง โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงานดังเช่น การนำความร้อนและการพาความร้อน การแผ่รังสีจึงสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านอวกาศได้ วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า -273° C หรือ 0 K (เคลวิน) ย่อมมีการแผ่รังสี วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงแผ่รังสีคลื่นสั้น วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำแผ่รังสีคลื่นยาวตามกฎของวีน

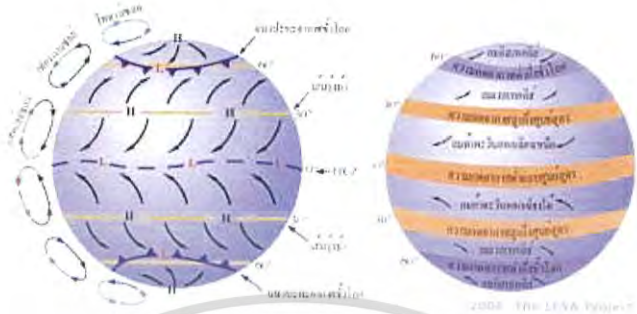


รูปที่ 2.25 การถ่ายเทความร้อน

รูปที่ 2.25 แสดงให้เห็นถึงธรรมชาติของวัฏจักรการพาความร้อน การแผ่รังสีจากกองไฟทำให้เกิดความร้อนที่ก้นหม้อน้ำด้านนอก โลหะทำให้เกิดการนำความร้อนเข้าสู่ภายในหม้อ ทำให้น้ำที่อยู่เบื้องล่างร้อนและขยายตัว มีความหนาแน่นต่ำจึงลอยขึ้นสู่ข้างบน ส่วนน้ำเย็นความหนาแน่นสูงซึ่งอยู่ด้านบนเคลื่อนตัวลงมาแทนที่ เมื่อน้ำเย็นที่เคลื่อนลงมาได้รับความร้อนเบื้องล่าง ก็จะลอยขึ้นหมุนวนเป็นวัฏจักรต่อเนื่องกันไป ซึ่งเรียกว่า “เซลล์การพาความร้อน” (Convection Cell) เซลล์การพาความร้อนที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ได้แก่ การหมุนเวียนของเหล็กเหลวในแก่นชั้นนอกของโลก กระบวนการธรณีแปรสัณฐานโลก การไหลเวียนของกระแสน้ำลึกในมหาสมุทรที่เรียกว่า “สายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยักษ์” วัฏจักรน้ำบนพื้นผิวโลก กระแสลมและความกดอากาศ กระแสอากาศในเมฆคิวมูโลนิมบัส บรรยากาศชั้นโฟโตสเฟียร์ของดวงอาทิตย์ แถบเข็มขัดเมฆบนดาวพฤหัสบดี เป็นต้น



รูปที่ 2.26 เซลล์การพาความร้อนในบรรยากาศโลก

ในการศึกษาระบบโลกและอุตุนิยมวิทยาจะเน้นเรื่องกลไกการแผ่รังสีและการพาความร้อน ทั้งนี้เนื่องจากดวงอาทิตย์ถ่ายเทพลังงานจากดวงอาทิตย์มาสู่โลกโดยการแผ่รังสี พื้นผิวโลกและบรรยากาศแต่ละชั้นดูดกลืนรังสีคลื่นสั้นแต่ละชนิดแล้วแผ่รังสีที่มีความยาวคลื่นมากกว่าออกมา เมื่อน้ำและอากาศได้รับพลังงานความร้อน ก็จะเคลื่อนที่ด้วยการพาความร้อน ทำให้เกิดหมุนเวียนของอากาศในรูปที่ 2.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
แนวคิดและการออกแบบ

3.1 โครงสร้างและขนาดของโรงเรือนจำลอง

โรงเรือนระบบปิด Ornamental Cube ทรงสี่เหลี่ยมหน้าจั่ว มีความยาว 40 เซนติเมตร ความกว้าง 45 เซนติเมตร และความสูง 50 เซนติเมตร วัสดุที่ใช้ทำโครงโรงเรือนคือ ไม้สนที่ทนแดดทนต่อความชื้น บุด้วยแผ่นอะคลิลิกใสเพื่อความสวยงาม บนเพดานภายในโรงเรือนมีการติดตั้ง LED Strips 12 V แบบ Warm Light (แสงสีแดงและสีน้ำเงิน) เพื่อทดแทนแสงอาทิตย์ และมีการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับทำความเย็นให้แก่โซนพืชอากาศเย็นด้วย โดยบริเวณเพดานสามารถเปิดปิดได้ ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 โครงสร้างโรงเรือนที่ทำจากไม้

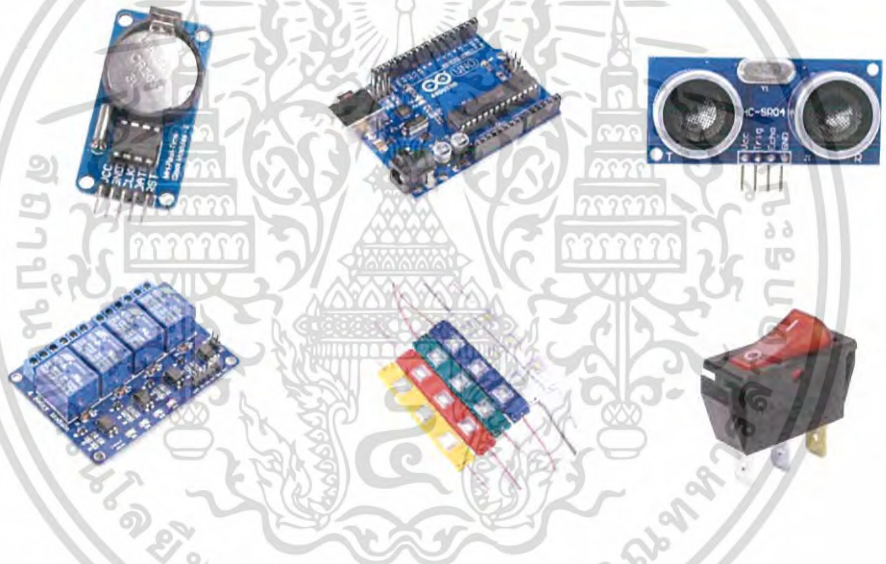
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การควบคุมระบบแสงอาทิตย์เทียม

ลักษณะการทำงานที่ต้องการคือ ต้องการเปิดแสงอาทิตย์เทียมตั้งแต่เวลา 09.00-15.00 น. ทุกๆ วัน

3.2.1 อุปกรณ์การดำเนินงาน

- Real Time Clock Module DS1307
- Arduino Uno R3
- Ultrasonic Module
- Relay Module 4 Chanals
- LED 12 vdc (Blue+Red+White)
- Push Button Switch



รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ในระบบแสงอาทิตย์เทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การดำเนินงาน

1. ทำการต่อวงจรดังรูปที่ 3.7

2. เขียนโปรแกรมควบคุมการเปิดปิดของ LED Strips โดยหลักการทำงานตามแผนผังดังรูปที่ 3.4 เพื่อติดตั้งระบบไฟแอลอีดีจำลองแสงอาทิตย์ โดยใช้ LED Strip 12 V 5050 แสงสีแดงและน้ำเงินสำเร็จรูป (Warm Light) อัตราส่วนแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินเท่ากับ 2 : 1

รูปที่ 3.3 การผสมแสงแอลอีดีสีแดงและสีน้ำเงิน ในอัตราส่วน 2 : 1

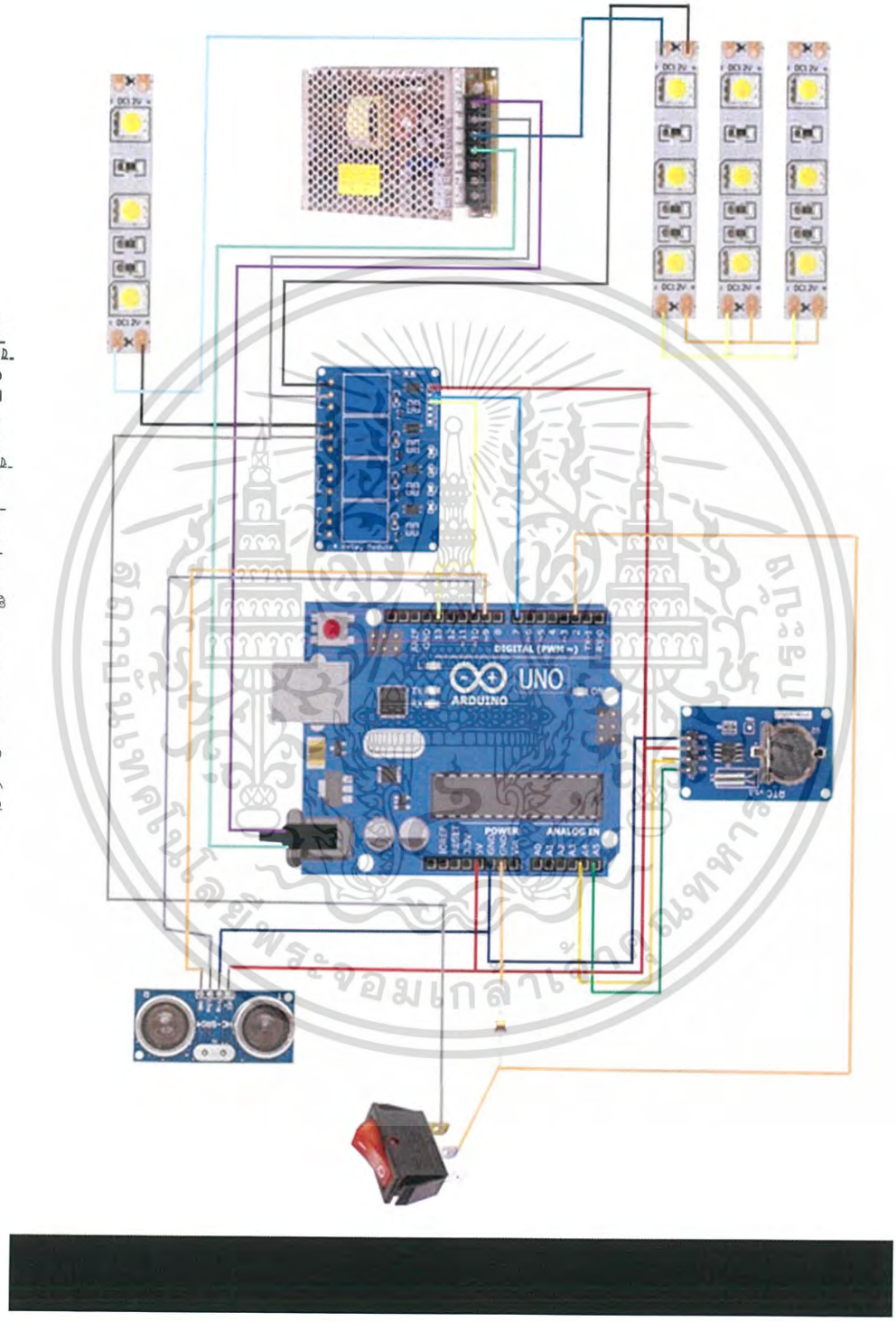
รูปที่ 3.4 โรงเรือน Ornamental Cube ในขณะที่แสงขาวทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 การดูดกลืนแสง Glow Light พืชในโรงเรือน

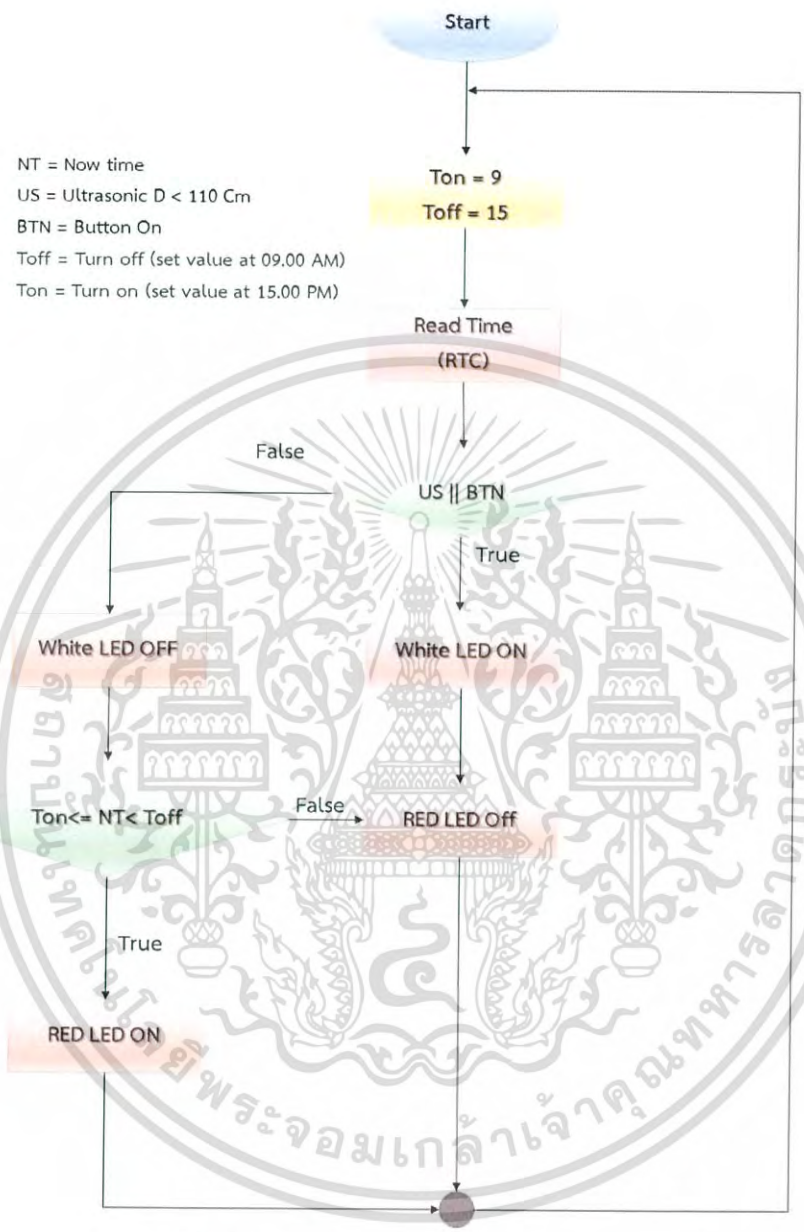
รูปที่ 3.6 พืชในโรงเรือนขณะแสงไฟขาวทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 การต่อวงจรอุปกรณ์ทั้งหมดเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แผนผังการทำงานของระบบแสงอาทิตย์เทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อุณหภูมิ

การทดลองสังเกตพฤติกรรมของเทอร์โมอิเล็กทริก

3.3.1 อุปกรณ์การดำเนินงาน

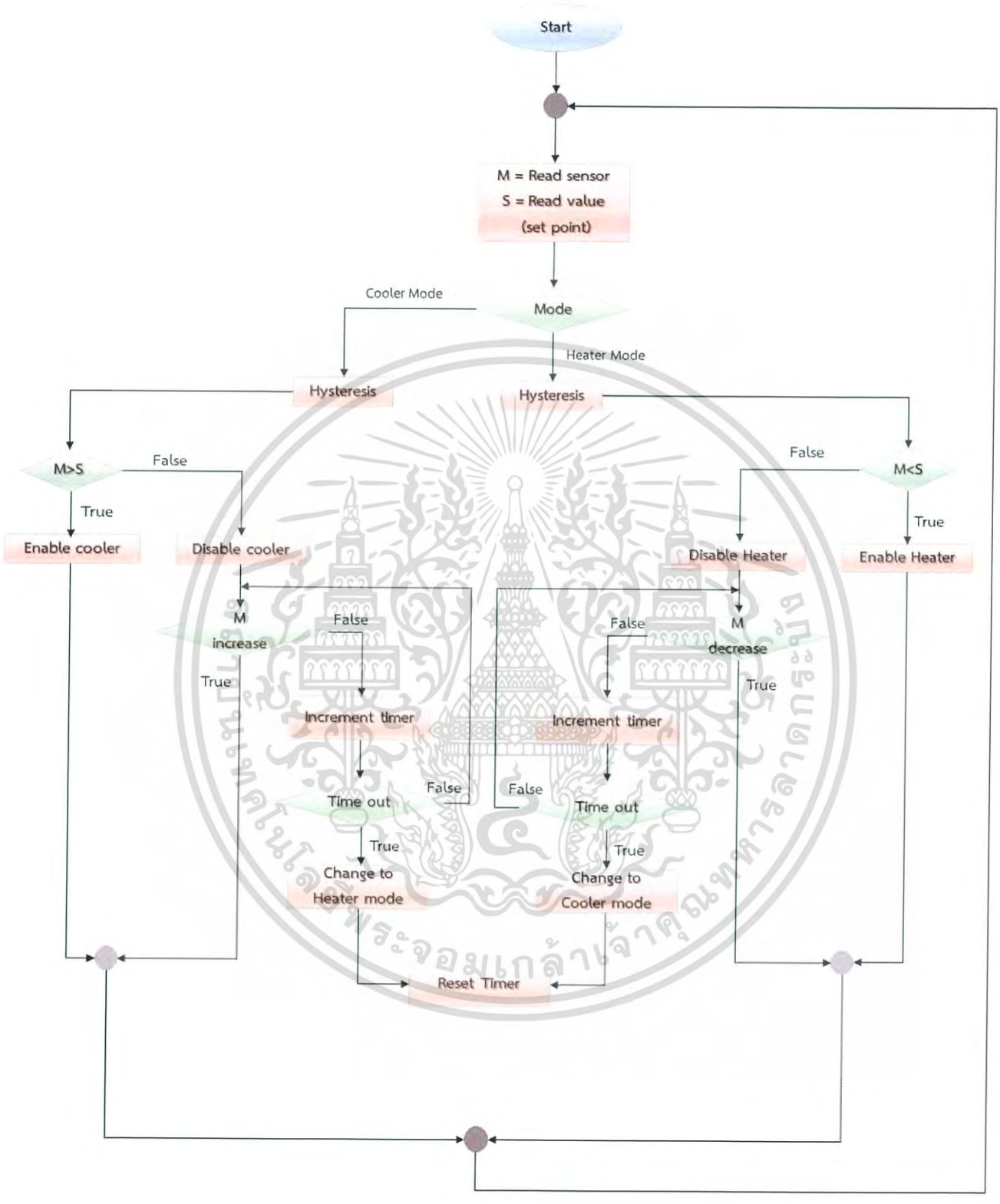
- Thermoelectric Peltier Refrigeration Cooling System Kit Cooler for DIY TEC-12706 Mini Air Conditioner
- Arduino Mega
- Waterproof Temperature Sensor DS18B20

3.3.2 การดำเนินงาน

- ติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อทำความเย็นใน Ornamental Cube โซนพืชเมืองหนาว
- เขียนโปรแกรม Arduino เพื่อรับค่าจาก Waterproof ใช้ในการวัดอุณหภูมิ ให้ปรากฏค่าอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาบน Serial Monitor

รูปที่ 3.9 เทอร์โมอิเล็กทริกขณะติดตั้งในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แผนผังการทำงานของระบบอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ระบบน้ำ

ลักษณะการจ่ายน้ำของระบบนี้คือ หัวจ่ายน้ำจะทำการจ่ายน้ำในตำแหน่งที่มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 30 ในพื้นที่แปลง ซึ่งหัวจ่ายจะทำการเลื่อนไปยังตำแหน่งนั้นเองโดยอัตโนมัติ

3.4.1 อุปกรณ์การดำเนินงาน

- สเตปปิ้งมอเตอร์ Nema 17 24 VDC 2 ตัว
- สเตปปิ้งมอเตอร์ 12 VDC 1 ตัว
- ปั๊มน้ำ 6-12 VDC 1 ตัว
- สายยาง 1 เมตร 1 เส้น
- เหล็กค้ำ 2 เส้น
- สายพาน

  80 เซนติเมตร 2 เส้น ความหนา 10 มิลลิเมตร

  70 เซนติเมตร 1 เส้น ความหนา 7 มิลลิเมตร

- พูเล่

  หนา 10 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร 20 ฟัน 4 ตัว

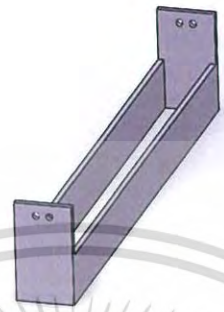
  หนา 7 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร 20 ฟัน 2 ตัว

- Arduino Uno R3 1 ตัว
- มอเตอร์ไดรเวอร์ Cnc Shield Arduino A4988 12 VDC 3 ตัว
- เซนเซอร์วัดความชื้น จำนวน 5 ตัว
- ชิ้นส่วนจาก 3D ปริ้นเตอร์ คานสำหรับหัวจ่าย และรางเลื่อน

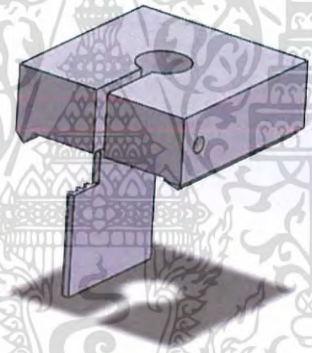
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การดำเนินงาน

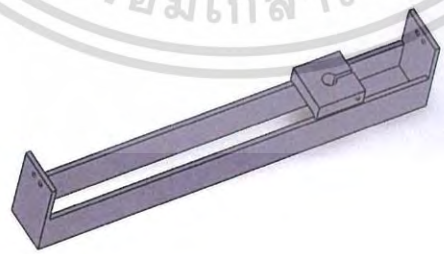
- ออกแบบระบบรางที่จะใช้โดยใช้ Solidwork ในการออกแบบ



รูปที่ 3.11 Cad Solidwork คานเลื่อนหัวจ่ายน้ำ

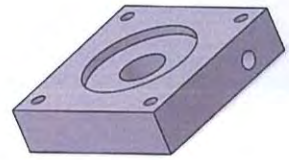


รูปที่ 3.12 ฐานเลื่อนสายจ่ายน้ำ



รูปที่ 3.13 การประกอบคานกับฐานรองหัวจ่ายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ฐานประกบมอเตอร์

- ปริ้นแบบที่ได้ โดยใช้ 3D Printer โดยปริ้น คานสำหรับหัวจ่าย หัวจ่ายน้ำ
- ทำการติดตั้ง มอเตอร์ Nema 17 24 VDC จำนวน 2 ตัว สานพานและพูเล่
- ทำการติดตั้งแท่งเหล็กค้ำ และติดชิ้นส่วนที่พิมพ์จาก 3D Printer ลงบนสายพาน
- ติดตั้ง มอเตอร์ตัวเล็ก 12 VDC 1 ตัว พร้อมกับสายพานและพูเล่

รูปที่ 3.15 การประกอบชิ้นส่วนจริงในส่วนของรางเลื่อนกับสายหัวจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.16 การติดตั้งมอเตอร์กับคาน

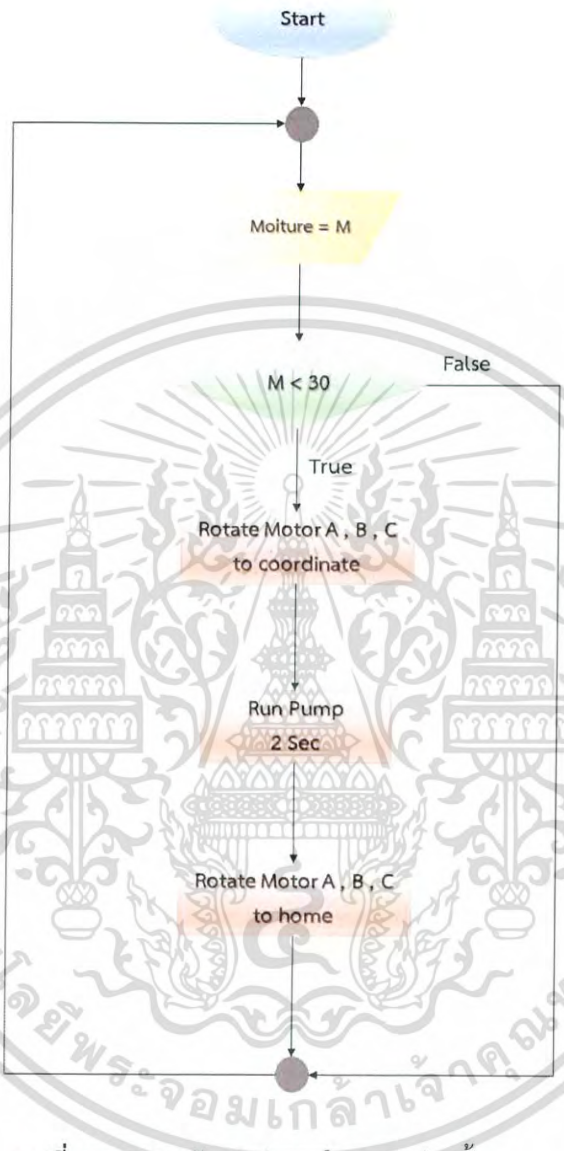
- ติดตั้งหัวจ่ายน้ำ สายยาง และปั๊มน้ำขนาด 6-12 V
- ติดตั้งมอเตอร์ เข้ากับมอเตอร์ไดรเวอร์ และ Arduino
- ทดลองโดยการใช้สเต็ปมอเตอร์ว่าสามารถทำให้สายพานเลื่อนไปตำแหน่งที่กำหนด
- ทำการปักเซนเซอร์และปรับความตอบสนองของเซนเซอร์

รูปที่ 3.17 เซนเซอร์วัดความชื้นขณะถูกปักในพื้นที่แปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ต่อเซนเซอร์วัดความชื้นและปั๊มเข้ากับ Arduino
- ทดลองการจ่ายน้ำโดยให้จ่ายน้ำเป็นเวลา 2 วินาที
- กำหนดตำแหน่งการจ่ายน้ำที่เซนเซอร์วัดความชื้นทั้ง 5 ตัว
- ทดลองระบบโดยทำให้เซนเซอร์วัดความชื้นแห้ง โดยระบบสามารถปล่อยน้ำได้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 แผนผังการทำงานในระบบจ่ายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

จากการทดลองให้ Ornamental Cube จัดสรรการดูแลสวนถาดขนาดเล็กในแปลง พบว่าระบบแสงอาทิตย์เทียมมีการทำงานอัตโนมัติตามเวลาที่ตั้งไว้ในระบบ ตั้งแต่ 09.00 น. ถึง 15.00 น. ของทุกๆ วัน ทั้งระหว่างนี้ยังสามารถปรับเปลี่ยนแสงอาทิตย์เทียมจาก Glow Light เป็นแสงสีขาวเพื่อใช้สำหรับการตรวจดูโรคของพืชได้ชัดเจนมากขึ้น ซึ่งเงื่อนไขการทำงานของระบบไฟหรือแสงอาทิตย์เทียมมีดังนี้

ช่วงเวลา 09.00 น. ถึง 15.00 น. ของทุกๆ วัน

แสง Glow Light จะติดอัตโนมัติเสมือนแสงอาทิตย์เพื่อเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสง แต่หากมีผู้ใช้งานเดินเคลื่อนเข้าใกล้เครื่องในระยะ 110 เซนติเมตร แสง Glow Light ก็จะถูกเปลี่ยนเป็นแสงสีขาวเพื่อถนอมสายตาและเอื้อประโยชน์ต่อการตรวจดูโรคของพืชตามกิ่งก้าน ใบ หรือลำต้นได้ ในขณะเดียวกัน ถ้าไม่มีผู้ใช้งานถอยห่างจากเครื่องออกไปแล้ว สถานะไฟสีขาวก็จะดับ ส่วนไฟ Glow Light ก็จะติดตามเดิม

ช่วงเวลา 15.01 น. ถึง 08.59 น. ของทุกๆ วัน

แสง Glow Light จะดับ เพื่อให้พืชไม่รับแสงมากจนเกินไป ไฟสีขาวจะไม่ติดจนกว่าจะมีการเปิดสวิตช์ที่เครื่อง

รูปที่ 4.1 เครื่อง Ornamental Cube ขณะ Glow Light ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 เครื่อง Ornamental Cube ขณะแสงขาวทำงาน

ส่วนระบบอุณหภูมิเครื่องจะมีการปรับอุณหภูมิได้ใกล้เคียงกับค่าที่ผู้ใช้งานตั้งไว้ ว่าอยู่ในโหมดทำความร้อนหรือทำความเย็นก็ตาม

ระบบการจ่ายน้ำ รางเลื่อนหัวจ่ายน้ำสามารถทำการจ่ายน้ำไปยังตำแหน่งที่มีการปักเซนเซอร์วัดความชื้นเอาไว้ได้อย่างใกล้เคียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุป

Ornamental Cube สามารถทำหน้าที่ในการดูแลสวนถาด หรือพืชขนาดเล็กแทนผู้ที่ต้องการปลูกพืช แต่ตัวผู้ปลูกเองไม่มีเวลาเพียงพอในการดูแล ทั้งยังช่วยปรับสภาพแวดล้อมตามการใช้งานของลูกค้าได้ กล่าวคือ "เครื่อง Ornamental Cube จะดูแลพืชในสวนถาดของผู้ใช้งานแทนผู้ใช้งานได้เอง" โดยควบคุมปัจจัยในการดำรงชีวิตของพืชหลักๆ อาทิ แสง ความชื้น อุณหภูมิ เป็นต้น

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาที่พบขณะดำเนินการคือ ปัญหาความแปรปรวนของอุปกรณ์รับค่าต่างๆ ที่มีความแม่นยำไม่มากพอ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความผิดพลาดของระบบที่อุปกรณ์แสดงผลบ้างเล็กน้อย ทั้งนี้ด้วยงบประมาณของอุปกรณ์เองก็คุ้มค่ากับความสามารถของอุปกรณ์ที่ได้ใช้ เหมาะสมกับราคา

ส่วนข้อจำกัดของการทำสวดถาดในระบบนี้คือ สวนถาดต้องมีการจัดสวนโดยมีความสูงไม่เกิน 25 เซนติเมตร เนื่องจากยอดของพืชอาจจะกระทบกับหัวจ่ายน้ำขณะเคลื่อนตัวตามรางเลื่อน

5.3 ข้อเสนอแนะ

การต่อยอด Ornamental Cube สามารถต่อยอดโดยการปรับเปลี่ยนระบบการจ่ายน้ำจากหัวจ่ายที่เคลื่อนไปตามรางเลื่อน ให้เป็นแขนกลสำหรับฉีดละอองน้ำขนาดเล็กเพื่อความกะทัดรัดคล่องตัวของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] **"The light-dependent reactions of photosynthesis".** by OpenStax College (CC BY 3.0) from http://cnx.org/contents/f829b3bd-472d-4885-a0a4-6fea3252e2b2@11

[2] **Chlorophyll a.** (2015, October 11). Retrieved September 22, 2018 from Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Chlorophyll_a.

[3] ผศ.ดร.ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง (2547) . **การถ่ายเทความร้อน** JACK P.HOLMAN.ท้อปแมค กรอ-ฮิล

[4] **Real Time Clock (RTC) Module + LCD I2C.**[ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา : https://sites.google.com/site/phasathaionline (สืบค้นเมื่อ 11 กันยายน 2561)

[5] **Ultra sonic.**(2018).[ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา : http://sittinfo.blogspot.com/2018/05/ultra-sonic.html (สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2561)

[6] **Arduino and Motor Control.**.[ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา : https://www.arduitronics.com/article/22/arduino-and-motor-control-part-1 (สืบค้น เมื่อ 11 มกราคม 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมควบคุมระบบแสงอาทิตย์เทียม

```
#include <Wire.h>
#include <Time.h>
#include <DS1307RTC.h>
#include <TimeLib.h>

const int led = 7;  //  Warm (Red+blue) LED control switch (Relay in1)
const int buttonPin = 2; //  White LED control switch
int buttonState = 0;         // state White LED control switch
const int Whiteled =  13;  // output White LED strip (Relay in2)
const int trigPin = 9;  // trig pin of altrasonic
const int echoPin = 10; // echo pin of altrasonic
long duration;  // variable for cal
int distance; // distance output



void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) ; // wait for serial
  delay(200);
  Serial.println("DS1307RTC Read Test");
  Serial.println("-------------------");
  pinMode(led, OUTPUT); // set of warm light
  digitalWrite(led, LOW); // set of warm light
  pinMode(Whiteled, OUTPUT); // set of white LED
  pinMode(buttonPin, INPUT); // set of switch white LED
  pinMode(trigPin, OUTPUT); // Sets the trigPin as an Output
  pinMode(echoPin, INPUT); // Sets the echoPin as an Input



}

void print2digits(int number) {
  if (number >= 0 && number < 10) {
    Serial.write('0');
  }
  Serial.print(number);
}

void check_alarm(int start_hour, int end_hour, int start_min, int
end_min,int hour_now, int min_now)
{
    int start_time = start_hour * 60 + start_min;
    int end_time = end_hour * 60 + end_min;
    int now_time = hour_now*60 + min_now;
    if(now_time >= start_time && now_time < end_time){
      Serial.println("Turn on the light");        // turn on warm LED
      digitalWrite(trigPin, LOW);
        delayMicroseconds(2);
// Sets the trigPin on HIGH state for 10 micro seconds
      digitalWrite(trigPin, HIGH);
      delayMicroseconds(10);
      digitalWrite(trigPin, LOW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// Reads the echoPin, returns the sound wave travel time in microseconds
      duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
// Calculating the distance
      distance= duration*0.034/2;
// Prints the distance on the Serial Monitor
      buttonState = digitalRead(buttonPin);
      //digitalWrite(led, HIGH);

      if (distance <= 110 && buttonState == HIGH )
        {
          digitalWrite(led, LOW);
          digitalWrite(Whiteled,HIGH);
          delay(100);
        }
      if (distance <= 110 && buttonState == LOW )
        {
        digitalWrite(led, LOW);
        digitalWrite(Whiteled,HIGH);
        delay(100);
        }
       if (distance > 110 && buttonState == HIGH )
        {
        digitalWrite(led, LOW);
        digitalWrite(Whiteled,HIGH);
        delay(100);
        }
      if (distance > 110 && buttonState == LOW )
        {
        digitalWrite(led, HIGH);

        digitalWrite(Whiteled,LOW);
        delay(100);
        }

}

 else{
   Serial.println("Turn off the light");       // turn off warm LED
    //digitalWrite(led,LOW);
    buttonState = digitalRead(buttonPin);
     if  (distance <= 110 && buttonState == HIGH )
       {
        digitalWrite(led, LOW);
       digitalWrite(Whiteled,HIGH);
       }
     if  (distance <= 110 && buttonState == LOW )
       {
       digitalWrite(led, LOW);
       digitalWrite(Whiteled,LOW);
       }
    if  (distance > 110 && buttonState == LOW )
       {
       digitalWrite(led, LOW);
       digitalWrite(Whiteled,LOW);
       }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
110         if  (distance > 110 && buttonState == HIGH)
111            {
112            digitalWrite(led, LOW);
113            digitalWrite(Whiteled,HIGH);
114            }
115
116
117       }
118   }
119
120   void loop()
121     {
122     tmElements_t tm;  // in time element
123
124     if (RTC.read(tm)) {
125       Serial.print("Ok, Time = ");
126       print2digits(tm.Hour);
127       Serial.write(':');
128       print2digits(tm.Minute);
129       Serial.write(':');
130       print2digits(tm.Second);
131       Serial.print(", Date (D/M/Y) = ");
132       Serial.print(tm.Day);
133       Serial.write('/');
134       Serial.print(tm.Month);
135       Serial.write('/');
136       Serial.print(tmYearToCalendar(tm.Year));
137       Serial.println();
138       check_alarm(6,15,0,30,tm.Hour,tm.Minute);
139
140     } else {
141       if (RTC.chipPresent()) {
142         Serial.println("The DS1307 is stopped.  Please run the SetTime");
143         Serial.println("example to initialize the time and begin
          running.");
144         Serial.println();
145       } else {
146         Serial.println("DS1307 read error!  Please check the circuitry.");
147         Serial.println();
148       }
149       delay(9000);
150     }
151      delay(1000);
152   }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการจ่ายน้ำ

```
int sensorMoi_1 = A0 ; //ขาเซ็นเซอร์วัดความชื้น
int sensorMoi_2 = A1;  //Abort
int sensorMoi_3 = A2;  //Hold
int sensorMoi_4 = A3;  //Resume
int sensorMoi_5 = A5;
int Relay_pump = 13;

#define EN        8

//Direction pin
#define Y_DIR     6
#define Z_DIR     7

//Step pin
#define Y_STP     3
#define Z_STP     4

int delayTime=60;

int sensorValue1;
int sensorValue2;
int sensorValue3;
int sensorValue4;
int sensorValue5;

void setup()
{
  pinMode(Y_DIR, OUTPUT); pinMode(Y_STP, OUTPUT);
  pinMode(Z_DIR, OUTPUT); pinMode(Z_STP, OUTPUT);
  pinMode(EN, OUTPUT);
  digitalWrite(EN, LOW);

  pinMode(sensorMoi_1, INPUT);
  pinMode(sensorMoi_2, INPUT);
  pinMode(sensorMoi_3, INPUT);
  pinMode(sensorMoi_4, INPUT);
  pinMode(sensorMoi_5, INPUT);

  pinMode(Relay_pump, OUTPUT);

  Serial.begin(9600);
}

void loop ()
{
  sensor ();
  Serial.print("Soil moisture1: ");
  Serial.print(sensorValue1);
  Serial.println(" %");
  Serial.print("Soil moisture2: ");
  Serial.print(sensorValue2);
  Serial.println(" %");
  Serial.print("Soil moisture3: ");
  Serial.print(sensorValue3);
  Serial.println(" %");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
110     for (int i = 0; i < steps; i++)
111     {
112       digitalWrite(stepperPin, HIGH);
113
114       delayMicroseconds(delayTime);
115
116       digitalWrite(stepperPin, LOW);
117
118       delayMicroseconds(delayTime);
119     }
120   }
121
122   void Moi1 ()
123   {
124     step(false, Z_DIR, Z_STP, 3200);
125     delay (1000);
126     digitalWrite(Relay_pump, HIGH);
127     delay(5000);
128     digitalWrite(Relay_pump, LOW);
129     delay (2000);
130     step(true, Z_DIR, Z_STP, 3200);
131   }
132
133   void Moi2 ()
134   {
135     step(false, Z_DIR, Z_STP, 3200);
136     step(false, Y_DIR, Y_STP, 11600);
137     delay (1000);
138     digitalWrite(Relay_pump, HIGH);
139     delay(5000);
140     digitalWrite(Relay_pump, LOW);
141     delay (2000);
142     step(true, Y_DIR, Y_STP, 11600);
143     step(true, Z_DIR, Z_STP, 3200);
144   }
145
146   void Moi3 ()
147   {
148     step(false, Z_DIR, Z_STP, 11200);
149     step(false, Y_DIR, Y_STP, 5000);
150     delay (1000);
151     digitalWrite(Relay_pump, HIGH);
152     delay(5000);
153     digitalWrite(Relay_pump, LOW);
154     delay (2000);
155     step(true, Y_DIR, Y_STP, 5000);
156     step(true, Z_DIR, Z_STP, 11200);
157   }
158
159   void Moi4 ()
160   {
161     step(false, Z_DIR, Z_STP, 19200);
162     delay (1000);
163     digitalWrite(Relay_pump, HIGH);
164     delay(5000);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

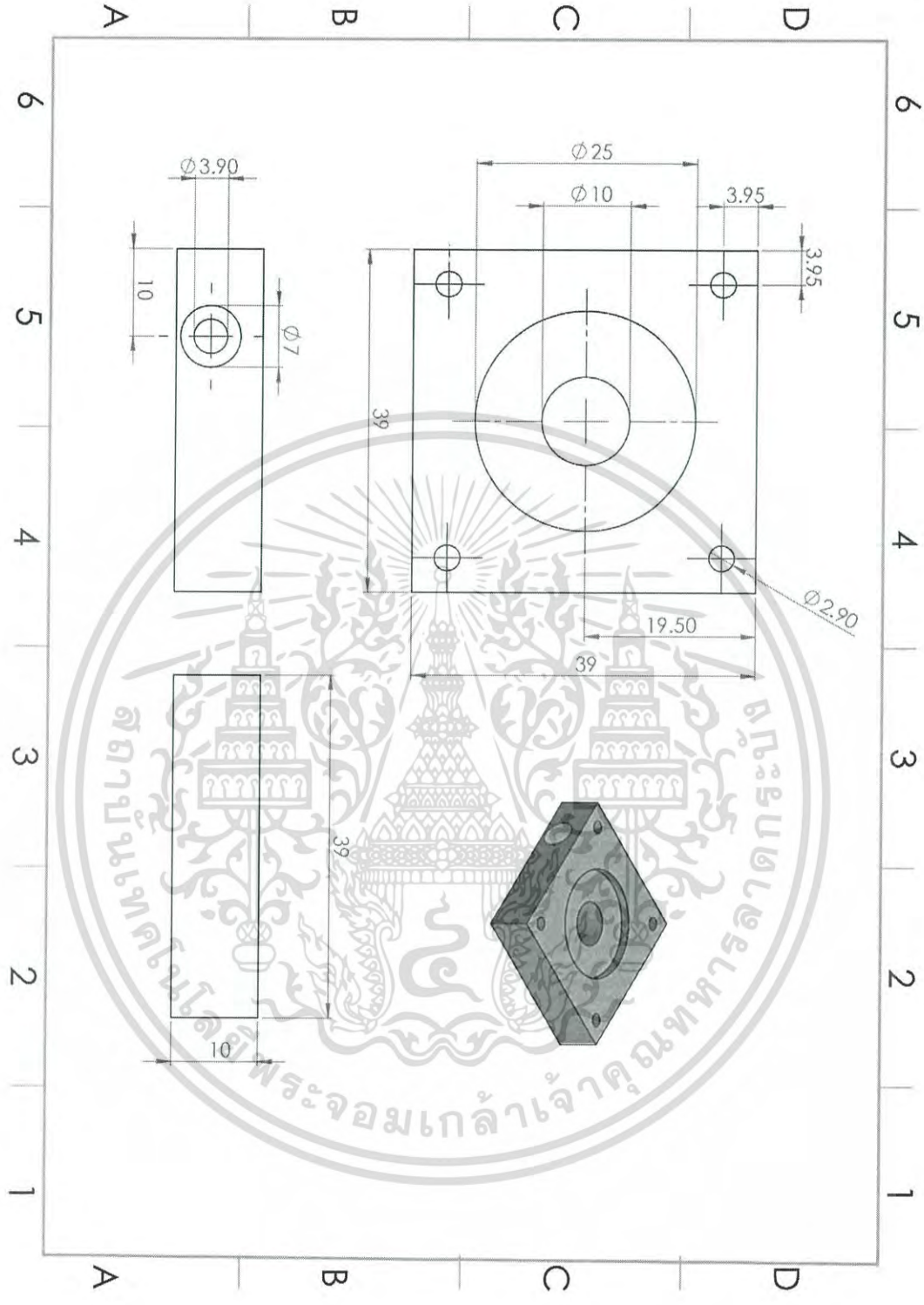
```
165     digitalWrite(Relay_pump, LOW);
166     delay (2000);
167     step(true, Z_DIR, Z_STP, 19200);
168   }
169
170   void Moi5 ()
171   {
172     step(false, Z_DIR, Z_STP, 19200);
173     step(false, Y_DIR, Y_STP, 11600);
174     delay (1000);
175     digitalWrite(Relay_pump, HIGH);
176     delay(5000);
177     digitalWrite(Relay_pump, LOW);
178     delay (2000);
179     step(true, Y_DIR, Y_STP, 11600);
180     step(true, Z_DIR, Z_STP, 19200);
181   }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

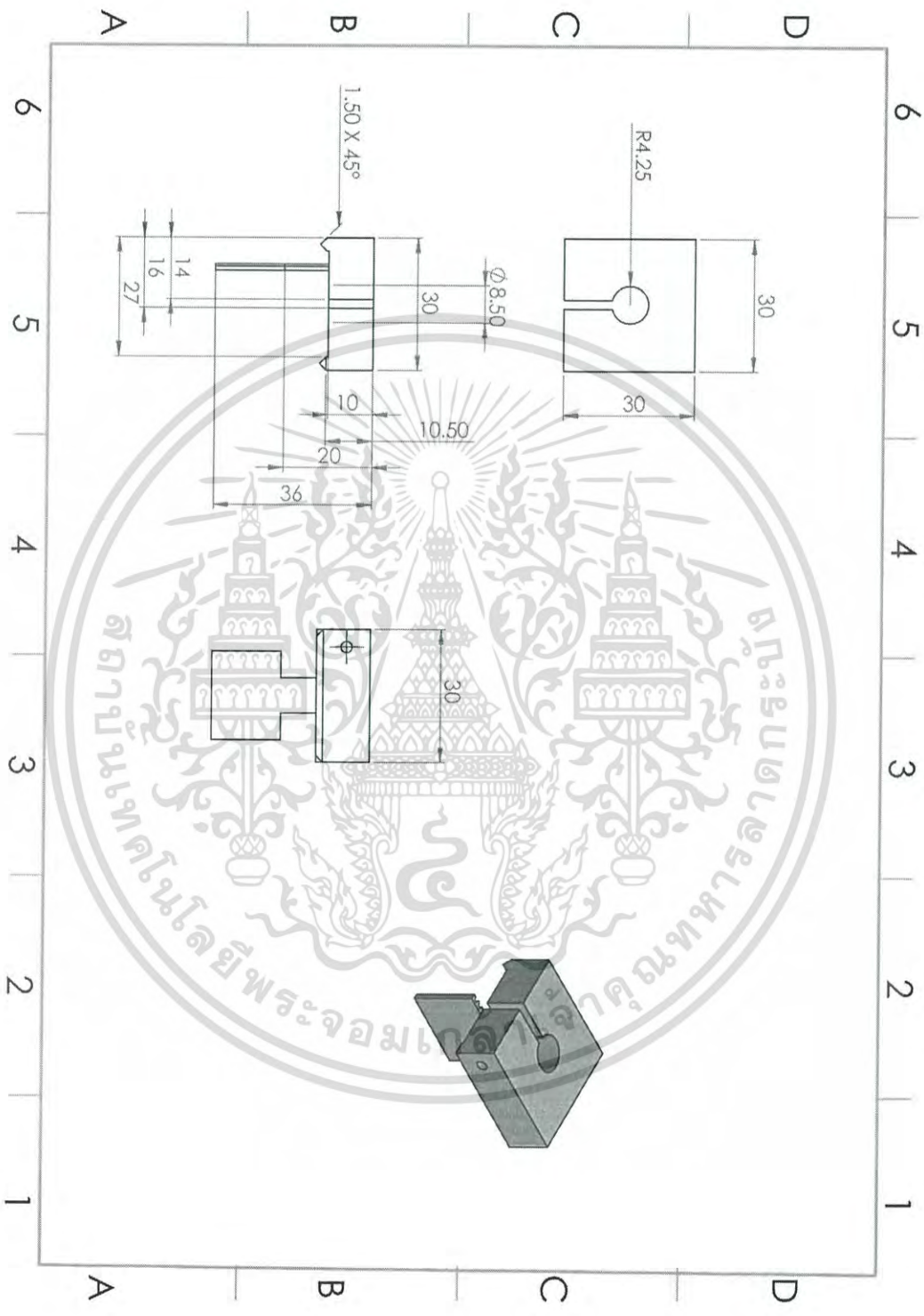
ภาคผนวก ข

แบบชิ้นส่วน Solidwork

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

DATASHEET

Click here for production status of specific part numbers.

DS18B20

Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer

General Description

The DS18B20 digital thermometer provides 9-bit to 12-bit Celsius temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points. The DS18B20 communicates over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. In addition, the DS18B20 can derive power directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

Each DS18B20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18B20s to function on the same 1-Wire bus. Thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18B20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment, or machinery, and process monitoring and control systems.

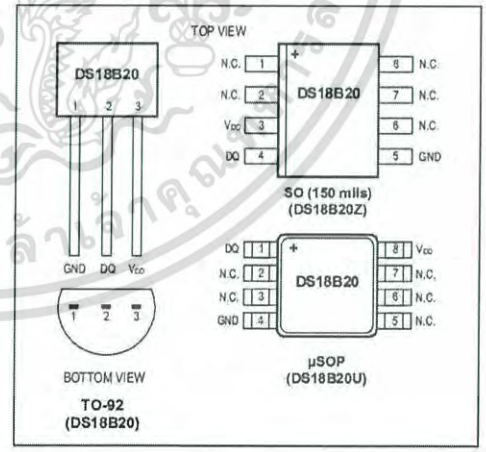
Applications

- Thermostatic Controls
- Industrial Systems
- Consumer Products
- Thermometers
- Thermally Sensitive Systems

Benefits and Features

- Unique 1-Wire® Interface Requires Only One Port Pin for Communication
- Reduce Component Count with Integrated Temperature Sensor and EEPROM
  - Measures Temperatures from -55°C to +125°C (-67°F to +257°F)
  - ±0.5°C Accuracy from -10°C to +85°C
  - Programmable Resolution from 9 Bits to 12 Bits
  - No External Components Required
- Parasitic Power Mode Requires Only 2 Pins for Operation (DQ and GND)
- Simplifies Distributed Temperature-Sensing Applications with Multidrop Capability
  - Each Device Has a Unique 64-Bit Serial Code Stored in On-Board ROM
- Flexible User-Definable Nonvolatile (NV) Alarm Settings with Alarm Search Command Identifies Devices with Temperatures Outside Programmed Limits
- Available in 8-Pin SO (150 mils), 8-Pin µSOP, and 3-Pin TO-92 Packages

Pin Configurations



Ordering Information appears at end of data sheet.

1-Wire is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.

maxim integrated.

19-7487; Rev 5; 9/18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground....-0.5V to +6.0V
Operating Temperature Range..... -55°C to +125°C
Storage Temperature Range..... -55°C to +125°C
Solder Temperature.....Refer to the IPC/JEDEC J-STD-020 Specification.

These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

DC Electrical Characteristics

(-55°C to +125°C; V_{DD} = 3.0V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{DD}	Local power (Note 1)		+3.0		+5.5	V
Pullup Supply Voltage	V_{PU}	Parasite power	(Notes 1, 2)	+3.0		+5.5	V
		Local power		+3.0		V_{DD}	
Thermometer Error	t_{ERR}	-10°C to +85°C	(Note 3)			±0.5	°C
		-30°C to +100°C				±1	
		-55°C to +125°C				±2	
Input Logic-Low	V_{IL}	(Notes 1, 4, 5)		-0.3		+0.8	V
Input Logic-High	V_{IH}	Local power	(Notes 1,6)	+2.2		The lower of 5.5 or V_{DD} + 0.3	V
		Parasite power		+3.0			
Sink Current	I_L	$V_{I/O}$ = 0.4V		4.0			mA
Standby Current	I_{DDS}	(Notes 7, 8)			750	1000	nA
Active Current	I_{DD}	V_{DD} = 5V (Note 9)			1	1.5	mA
DQ Input Current	I_{DQ}	(Note 10)			5		µA
Drift		(Note 11)			±0.2		°C

Note 1: All voltages are referenced to ground.
Note 2: The Pullup Supply Voltage specification assumes that the pullup device is ideal, and therefore the high level of the pullup is equal to V_{PU}. In order to meet the V_{IH} spec of the DS18B20, the actual supply rail for the strong pullup transistor must include margin for the voltage drop across the transistor when it is turned on; thus: $V_{PU_ACTUAL} = V_{PU_IDEAL} + V_{TRANSISTOR}$.
Note 3: See typical performance curve in Figure 1. Thermometer Error limits are 3-sigma values.
Note 4: Logic-low voltages are specified at a sink current of 4mA.
Note 5: To guarantee a presence pulse under low voltage parasite power conditions, V_{ILMAX} may have to be reduced to as low as 0.5V.
Note 6: Logic-high voltages are specified at a source current of 1mA.
Note 7: Standby current specified up to +70°C. Standby current typically is 3µA at +125°C.
Note 8: To minimize I_{DDS}, DQ should be within the following ranges: GND ≤ DQ ≤ GND + 0.3V or V_{DD} – 0.3V ≤ DQ ≤ V_{DD}.
Note 9: Active current refers to supply current during active temperature conversions or EEPROM writes.
Note 10: DQ line is high ("high-Z" state).
Note 11: Drift data is based on a 1000-hour stress test at +125°C with V_{DD} = 5.5V.

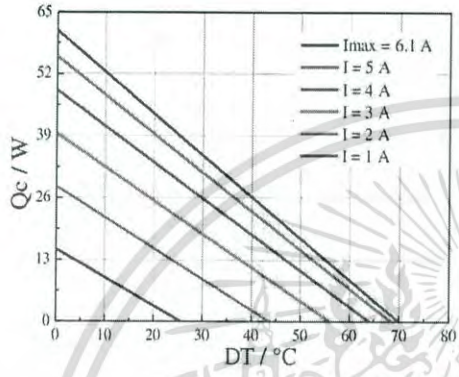
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEC

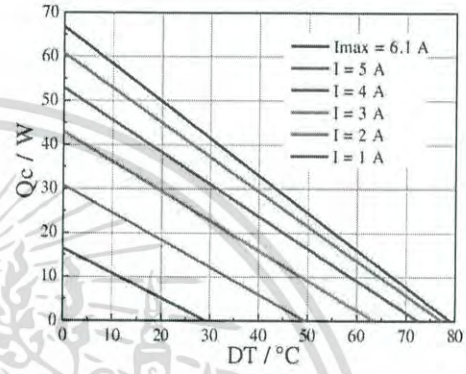
Specification of Thermoelectric Module

TEC1-12706

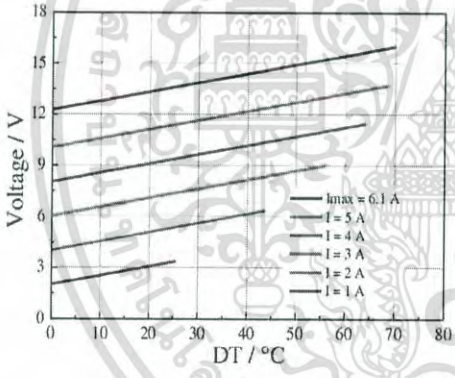
Performance Curves at Th=27 °C

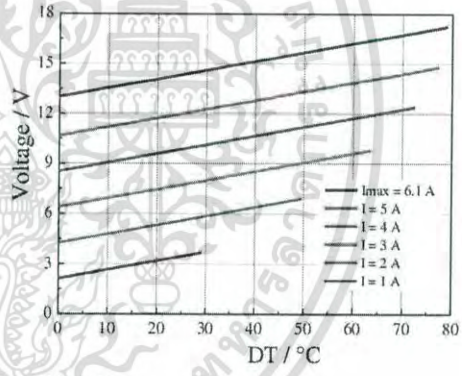


Performance Curves at Th=50 °C

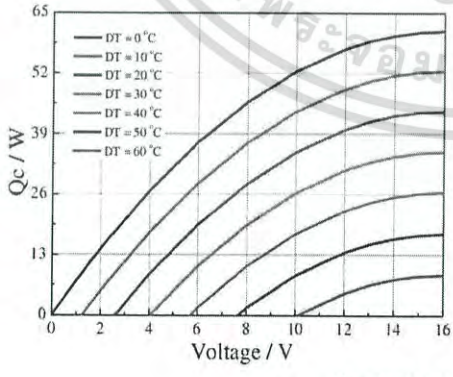


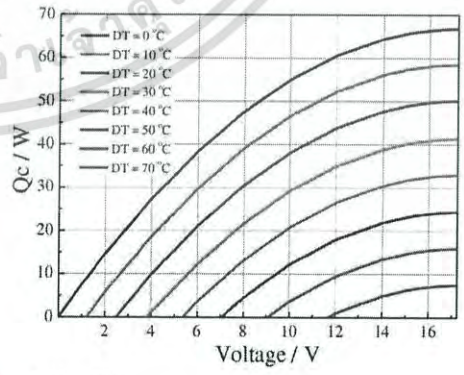
Standard Performance Graph Qc= f(DT)





Standard Performance Graph V= f(ΔT)





Standard Performance Graph Qc= f(V)

1-800-769-2395 N.A. 1-905-751-1362 World INFO@ESPRESSOMILKCOOLER.COM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

General Informations:

Injection molding technical, ABS overmolded design protects components from moisture, damage and corrosion. Aluminum PCB, constant current design, ABS housing to make sure excellent heat dissipation. With lens create wide viewing angle, while protect LED well.

Features:

- Constant Current Technology (CCT), 20 pcs per series
- The exposed Aluminum plate for heat dissipation
- Injection molding process, Waterproof:IP 65
- Bright illumination with fewer modules
- Energy saving, Environment friendly
- Long life span
- Suitable for 10-20cm height channel letters and light boxes backlighting etc.

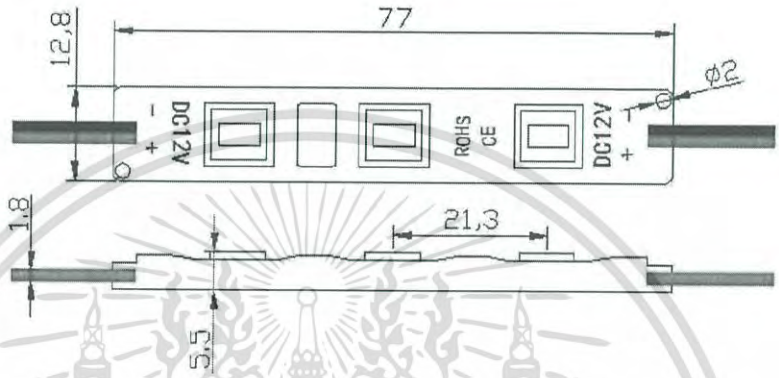
Application :

- Back Lighting for Signage & Channel Letter
- Outdoor Lighting for Advertising
- Decorative Lighting
- Architectural Lighting; Shelf Lighting, Garden, Building and others

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

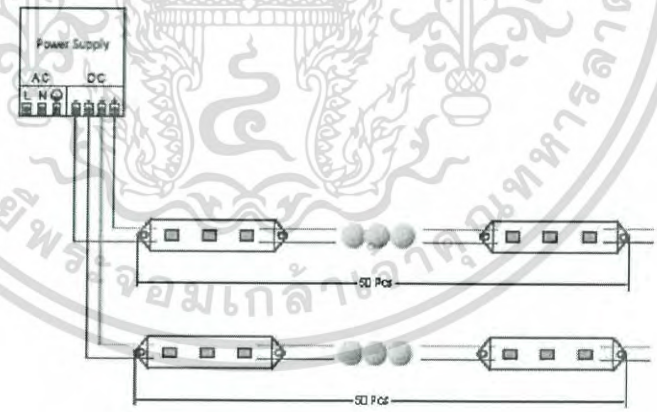
Mechanical Dimensions:

Technical Drawing:



Electrical Connection:

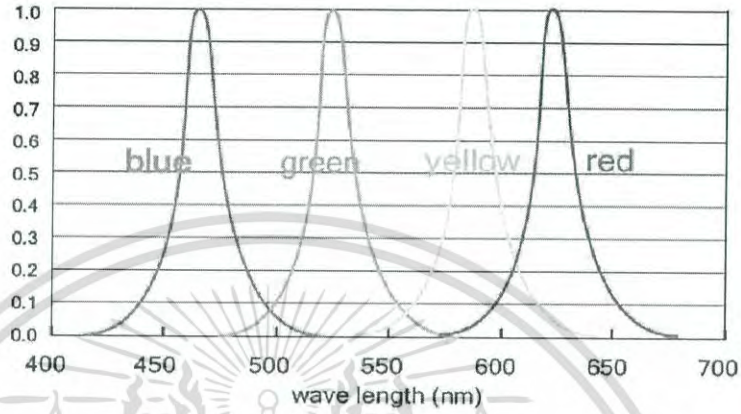
Connection Diagram for LED Modules:



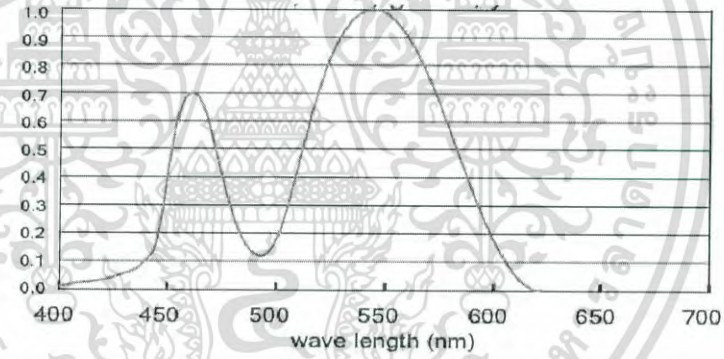
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Color Wavelength Diagram:

LED Color Spectrum for Red, Green, Blue, Yellow:



LED Color Spectrum for White (80 CRI) :



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (T_A = 25° C unless otherwise noted)

Table 3: Maximum Ratings

Parameter	Maximum Performance
Storage Temperature Range	-50 ~ +80° C
Operating Temperature Range	-40 ~ +60° C
Mounting Surface Temperature	60° C
Input Voltage (DC)	12 V
LED Junction Temperature[1]	120° C
Electrostatic Discharge Classification (JEDEC-JESD22-A114F)	Class 1C
Reverse Voltage[2,3]	-5V x Number of series LEDs
UL Recognition	UL recognized

Notes for Table 3:
1. Proper current de-rating must be observed to maintain junction temperature below the maximum.
2. SMD LEDs are not designed to be driven in reverse bias.
3. At maximum reverse current of 10μA/LED.

Application Notes:

- Please ensure that when connecting to supply, the correct polarity printed on module is observed.
- Use of a regulated 12V DC supply is recommended.
- To prevent voltage drop, a power feed at each end is recommended for chains longer than 20 modules in length. For very long lengths it is recommended to connect a power feed after every 20 modules.

Precautions:

- Current should be derated in order to keep junction temperature below maximum by reducing power dissipation.
- Current spikes should be avoided especially during power up. It is good practice to initially connect PCB to inactivated supply, then gradually ramp up voltage to desired value.
- Proper management of the thermal path should be observed. Adequate heatsinking of strip should be provided in order to maintain junction temperature below maximum. Proper thermal conduction layers should be introduced at all interfaces to prevent insulating air gaps in the thermal path.
- As with all semiconductor devices, it is good practice to avoid electrostatic discharge (ESD).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical and Flux Characteristics

Table 1: Flux Characteristics

Code	Number of LEDs	Case	Color	Wavelenght	Lm (Mod)	Angle
4660	3	SMD 5630	Red	620-625nm	50lm	120°
4661	3	SMD 5630	Yellow	590-595nm	60m	120°
4662	3	SMD 5630	Blue	460-465nm	30lm	120°
4663	3	SMD 5630	Green	520-525nm	80lm	120°
4664	3	SMD 5630	Cold White	8000-9000K	110lm	120°

Notes for Table 1:

1. Parts are tested in pulsed conditions, Tj = 25°C. Pulse width is 10 ms at rated test current.
2. İlker Elektronik maintains a ± 10% tolerance on flux measurements.
3. Typical R9 value for 80CRI can be change with 90CRı.
4. Center beam candle power is a calculated value based on Lambertian radiation pattern at nominal test current.

Table 2: Electrical Characteristics

Code	Color	Forward Current	Input Voltage (CV)	Power (W/mod)	Lm (Mod)
4660	Red	100mA	12 VDC	1,2W	50lm
4661	Yellow	100mA	12 VDC	1,2W	60m
4662	Blue	100mA	12 VDC	1,2W	30lm
4663	Green	100mA	12 VDC	1,2W	80lm
4664	Cold White	100mA	12 VDC	1,2W	110lm

Notes for Table 2:

1. Parts are tested in pulsed conditions, Tj = 25°C. Pulse width is 10 ms at rated test current.
2. İlker Elektronik maintains a ± 10% tolerance on Current values.
3. Typical stabilized DC performance values are provided as reference only and are not a guarantee of performance.
4. Voltages must be 12VDC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DALLAS SEMICONDUCTOR

DS1307
64 x 8 Serial Real-Time Clock

www.maxim-ic.com

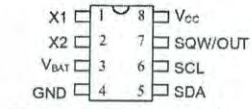
FEATURES

- Real-time clock (RTC) counts seconds, minutes, hours, date of the month, month, day of the week, and year with leap-year compensation valid up to 2100
- 56-byte, battery-backed, nonvolatile (NV) RAM for data storage
- Two-wire serial interface
- Programmable squarewave output signal
- Automatic power-fail detect and switch circuitry
- Consumes less than 500nA in battery backup mode with oscillator running
- Optional industrial temperature range: -40°C to +85°C
- Available in 8-pin DIP or SOIC
- Underwriters Laboratory (UL) recognized

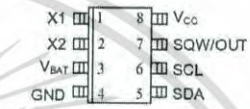
ORDERING INFORMATION

DS1307	8-Pin DIP (300-mil)
DS1307Z	8-Pin SOIC (150-mil)
DS1307N	8-Pin DIP (Industrial)
DS1307ZN	8-Pin SOIC (Industrial)

PIN ASSIGNMENT



DS1307 8-Pin DIP (300-mil)



DS1307 8-Pin SOIC (150-mil)

PIN DESCRIPTION

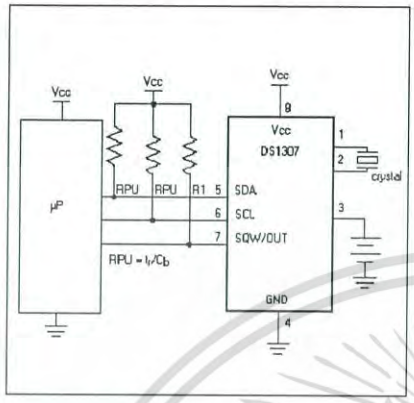
V_{CC}	- Primary Power Supply
X1, X2	- 32.768kHz Crystal Connection
V_{BAT}	- +3V Battery Input
GND	- Ground
SDA	- Serial Data
SCL	- Serial Clock
SQW/OUT	- Square Wave/Output Driver

DESCRIPTION

The DS1307 Serial Real-Time Clock is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially via a 2-wire, bi-directional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power sense circuit that detects power failures and automatically switches to the battery supply.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

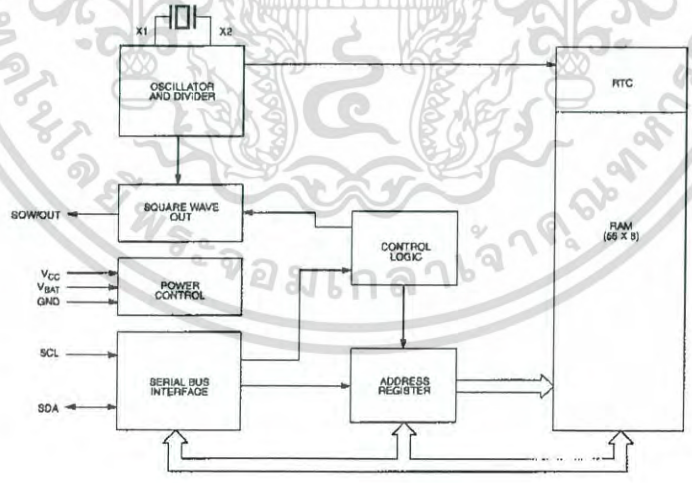
TYPICAL OPERATING CIRCUIT



OPERATION

The DS1307 operates as a slave device on the serial bus. Access is obtained by implementing a START condition and providing a device identification code followed by a register address. Subsequent registers can be accessed sequentially until a STOP condition is executed. When V_{CC} falls below 1.25 x V_{BAT} the device terminates an access in progress and resets the device address counter. Inputs to the device will not be recognized at this time to prevent erroneous data from being written to the device from an out of tolerance system. When V_{CC} falls below V_{BAT} the device switches into a low-current battery backup mode. Upon power-up, the device switches from battery to V_{CC} when V_{CC} is greater than V_{BAT} + 0.2V and recognizes inputs when V_{CC} is greater than 1.25 x V_{BAT}. The block diagram in Figure 1 shows the main elements of the serial RTC.

DS1307 BLOCK DIAGRAM Figure 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on Any Pin Relative to Ground	-0.5V to +7.0V
Storage Temperature	-55°C to +125°C
Soldering Temperature	260°C for 10 seconds DIP See JPC/JEDEC Standard J-STD-020A for Surface Mount Devices

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

Range	Temperature	V_{CC}
Commercial	0°C to +70°C	4.5V to 5.5V V_{CC1}
Industrial	-40°C to +85°C	4.5V to 5.5V V_{CC1}

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

(Over the operating range*)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V_{CC}	4.5	5.0	5.5	V	
Logic 1	V_{IH}	2.2		V_{CC} + 0.3	V	
Logic 0	V_{IL}	-0.5		+0.8	V	
V_{BAT} Battery Voltage	V_{BAT}	2.0		3.5	V	

*Unless otherwise specified.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Over the operating range*)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Leakage (SCL)	I_{LI}			1	µA	
I/O Leakage (SDA & SQW/OUT)	I_{LO}			1	µA	
Logic 0 Output (I_{OL} = 5mA)	V_{OL}			0.4	V	
Active Supply Current	I_{CCA}			1.5	mA	7
Standby Current	I_{CCS}			200	µA	1
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT OFF	I_{BAT1}		300	500	nA	2
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT ON (32kHz)	I_{BAT2}		480	800	nA	
Power-Fail Voltage	V_{PF}	1.216 x V_{BAT}	1.25 x V_{BAT}	1.284 x V_{BAT}	V	8

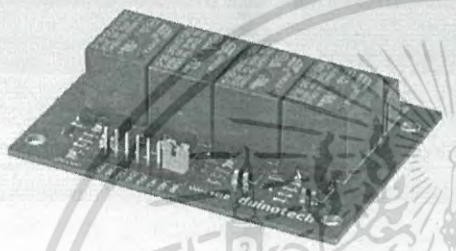
*Unless otherwise specified.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

duinotech

XC-4440

4 Channel Relay Board

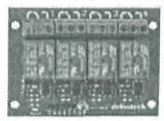


- Type: Module
- Application: Add On Module
  Switch up to 4 external devices.
- Dimensions: 77(L) x 55(W) x 17(H)mm

Specifications	
	4 Channel Relay Board
Relay Type	SPDT
Current Rating	10A @ 240VAC, 10A @ 30VDC
Supply Voltage	12V
Logic Voltage	5VDC Logic
Dimensions	77(L) x 55(W) x 17(H)
Additional Features	Optical isolation

Pinout		
Module	Duinotech	Function
VCC	12V	Power
GND	GND	Ground Connection
IN1		Relay 1 Control
IN2		Relay 2 Control
IN3		Relay 3 Control
IN4		Relay 4 Control

4 Channel Relay Board Sample Projects:



4 Channel Relay Board Overview:

These handy relay modules provide the easiest way to use your Duinotech to switch real world devices. Available in one, four and eight channel versions, these modules can switch up to 10A per channel. Includes back-EMF protection and LEDs so you can easily see the state of the outputs. The four and eight channel versions even have optical isolation to protect your Duinotech.

What is included: 1 x 4 Channel Relay Board

Essential Accessories: Jumper Leads (WC6028)

Optional Accessories:

Did you know:

This module needs a 12V supply because a 5V USB power supply would not be able to operate 4 relays.

Jaycar Electronics

Distributed by:
TechBrands by Electus Distribution Pty. Ltd.
Ph: 1300 738 555
www.techbrands.com
Made in China

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้