

# กล่องรักษาความเย็นแบบพกพาขนาดเล็ก

Mini Portable Cooler Box

ณรงค์ศักดิ์ จรเสถียร

Narongsak Jornsathien

สิทธิพล รัตนพร

Sittipon Rattanaporn

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กล่องรักษาความเย็นแบบพกพาขนาดเล็ก

Mini Portable Cooler Box

โดย

ณรงค์ศักดิ์ จรเสถียร

สิทธิพล รัตนพร

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.แสงระวี บัวแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2565

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
คณะ วิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง กล่องรักษาความเย็นแบบพกพาขนาดเล็ก  
Mini Portable Cooler Box  
ผู้จัดทำ นายณรงค์ศักดิ์ จรเสถียร รหัสประจำตัว 62010249  
นายสิทธิพล รัตน์พร รหัสประจำตัว 62010939

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



(ผศ.ดร.แสงระวี บัวแก้ว)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการ	กล่องรักษาความเย็นแบบพกพาขนาดเล็ก		
นักศึกษา	นายณรงค์ศักดิ์	จรเสถียร	รหัสประจำตัว 62010249
	นายสิทธิพล	รัตนพร	รหัสประจำตัว 62010939
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์		
ปีการศึกษา	2565		
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	ผศ.ดร.แสงระวี บัวแก้ว		

### บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอเกี่ยวกับกล่องรักษาความเย็นแบบพกพาขนาดเล็ก(Mini Portable Cooler Box) จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาการออกแบบและการทำความเย็นของแผ่นเพเวเทีย(Peltier) ซึ่งด้านร้อนและด้านเย็นติดกับฮีตซิงก์(Heat sink)และพัดลมระบายอากาศ กำหนดให้ภายในกล่องมีอุณหภูมิที่สามารถกำหนดได้โดยสามารถกำหนดอุณหภูมิผ่าน แอป Blynk แต่ไม่เกิน 10 องศาเซลเซียสและสามารถแสดงค่าผ่านแอป Blynk รวมทั้งแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD โดยในการออกแบบจะใช้ ESP-32 ในการ Processing ป้อนอินพุตโดยใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิความชื้น DHT11

การทำงานของวงจร ใช้ Power Supply จ่าย 12V DC เข้าวงจรลดแรงดันเพื่อกันไฟกระชาก 9 V โดยมี IC7809 ทำหน้าที่ลดแรงดัน ไปยัง ESP-32 เพื่อจ่ายไฟให้กับ DHT11 และจอ LCD

<b>Project Title</b>	Mini Portable Cooler Box		
<b>Student</b>	Mr. Narongsak	Jornsathein	Student ID. 62010249
	Ms. Sittipon	Rattanapron	Student ID. 62010939
<b>Degree</b>	Bachelor of Engineering		
<b>Program</b>	Electronics Engineering		
<b>Year</b>	2022		
<b>Project Advisor</b>	Asst.Prof.Dr. Seangrawee Buakaew		

### ABSTRACT

This project presents a Mini Portable Cooler Box to study the design and cooling of a Peltier plate, which the hot side and the cold side are attached to. Heat sink (Heat sink) and ventilation fan Set the inside of the box to have a temperature that can be set by using the Blynk app, but not more than 10 degrees Celsius and can display the value through the Blynk app, including the display via the LCDscreen

In the design, ESP- 32 In Processing Enter the input by using DHT1Humidity Temperature Sensor Circuit operation Use Power Supply to supply 12 V DC to the circuit to reduce voltage to prevent 9 V surge with IC-7809 to reduce voltage to ESP- 32 to supply power. to DHT11 and LCD

## กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงการครั้งนี้ เรื่องกล่องรักษาความเย็นแบบพกพาขนาดเล็ก (Mini Portable Cooler Box) สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของ อาจารย์ที่คำปรึกษา ผศ.รศ.แสงระวี บัวแก้ว ที่ได้สนับสนุนและให้คำแนะนำต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากแก่การทำโครงการนี้ รวมถึงเพื่อนๆ ชั้นปีที่ 4 และบุคลากรในภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ช่วยให้คำชี้แนะแนวทางและช่วยแก้ไขข้อผิดพลาดบางอย่างที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงการ ทำให้โครงการนี้ สำเร็จตามเป้าหมายได้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณเพื่อนร่วมโครงการ ที่ได้ช่วยกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆ ช่วยกันแก้ไขปัญหาด้วยความสามัคคี ร่วมกันทำงานด้วยความเข้าใจกัน และเป็นกำลังใจให้กันและกัน ส่งผลให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และคณะผู้จัดทำหวังว่าโครงการเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านไม่มากก็น้อย หากผิดพลาดประการใด ต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ณรงค์ศักดิ์ จรเสถียร  
สิทธิพล รัตนพร

## สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
<b>บทที่ 1 บทนำ .....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.2.1 เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการใช้งานระบบทำความเย็นและวงจรอิเล็กทรอนิกส์.....	1
1.2.2 เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันต่างๆ .....	1
1.2.3 เพื่อฝึกการคิดวิเคราะห์และการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา .....	1
1.3.1 สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในกล่องไม่เกิน 15 องศาเซลเซียส.....	1
1.3.2 มีขนาดเล็กพกพาสะดวก ขนาดไม่เกิน 10 ลบ.ม. ....	1
1.3.3 สามารถลดอัตราการสูญเสียของบริโคที่ต้องการความเย็น .....	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา .....	2
1.4.1 เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา.....	2
1.4.2 สถานที่.....	2
1.4.3 ระยะเวลาในการทำงาน .....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	3
<b>บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....</b>	<b>4</b>
2.1 ESP32.....	4
2.1.1 ESP32 คืออะไร.....	4
2.1.2 ส่วนประกอบของ ESP32.....	5
2.2 ฮีตซิงก์ (Heatsink) .....	7
2.2.1 ฮีตซิงก์ (Heatsink) คืออะไร.....	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ชนิดของฮีตซิงก์ (Heatsink) .....	7
2.3 เพวเทีย หรือ เทอร์โมอิเล็กทริก(Peltier,Thermoelectric) .....	9
2.3.1 เพวเทีย(Peltier) คืออะไร.....	9
2.3.2 การใช้งานเพลเทีย(Peltier).....	10
2.4 รีเลย์(Relay).....	11
2.4.1 รีเลย์(Relay) คืออะไร .....	11
2.4.2 การทำงานของรีเลย์(Relay).....	12
2.5 เซมิคอนดักเตอร์เบส เซนเซอร์(Semiconductor-based Temperature Sensor).....	13
2.5.1 เซมิคอนดักเตอร์เบส เซนเซอร์(Semiconductor-based Temperature Sensor) คืออะไร .....	13
2.5.2 หลักการทำงานของเซนเซอร์อุณหภูมิ(Temperature Sensor).....	14
2.6 IC 7809 .....	14
2.6.1 IC LM7809 คืออะไร.....	14
2.6.2 หลักการทำงานของ IC LM7809.....	14
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย .....</b>	<b>16</b>
3.1 อุปกรณ์ เครื่องมือ หรือโปรแกรมที่ใช้ในการดำเนินโครงการ .....	16
3.2 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ.....	16
3.3 ลักษณะการทำงาน .....	16
3.4 หลักการทำงาน.....	17
3.5 การออกแบบ .....	17
3.5.1 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ .....	17
3.5.2 การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์.....	20
3.5.3 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงาน(Flowchart) .....	20
<b>บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....</b>	<b>21</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การทดลองวัดค่าอุณหภูมิของเทอร์มอมิเตอร์แบบปรอทเพื่อเปรียบเทียบการรับค่าของ เซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ.....	21
<b>บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง .....</b>	<b>21</b>
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	26
5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	26
<b>เอกสารอ้างอิง .....</b>	<b>21</b>
<b>ภาคผนวก .....</b>	<b>21</b>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน.....	2
4.1 การทดลองเปรียบเทียบตู้ทำความเย็นสองชนิด.....	21
4.2 การทดลองวัดค่าอุณหภูมิของเซ็นเซอร์และเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทเทียบกับเวลา.....	25



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ESP32.....	3
2.2 ส่วนประกอบของ ESP32.....	4
2.3 Heatsink.....	6
2.4 ฮีตซิงก์อะลูมิเนียม.....	7
2.5 ฮีตซิงก์ทองแดง(Copper heat sink).....	7
2.6 แผ่นเพเทีย (Peltier).....	8
2.7 การปล่อยพลังงานความร้อนของเพลเทีย เมื่อข้ามรอยต่อระหว่างซิลิกอนกับอะลูมิเนียม.....	8
2.8 Peltier thermoelectric couple.....	9
2.9 การทำความเย็นของแผ่นเพเทียที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอก.....	9
2.10 รีเลย์ (Relay).....	10
2.11 วงจรภายในรีเลย์(Relay).....	11
2.12 ในสภาวะปกติที่ไม่มีการกดสวิทช์ แบตเตอรี่ไม่จ่ายไฟให้ขดลวด (coil) ทำให้ไม่เกิดการเหนี่ยวนำหน้าสัมผัส(contact) จึงอยู่ในสภาวะปกติปิด(NC) ไฟติด.....	11
2.13 เมื่อกดสวิทช์ แบตเตอรี่จ่ายไฟให้ขดลวด(coil) ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำส่งผลให้หน้าสัมผัส(contact) เปลี่ยนสถานะเป็นสภาวะปกติเปิด(NO) ทำให้ไฟดับ.....	12
2.14 เซมิคอนดักเตอร์เบส เซนเซอร์.....	12
2.15 IC 7809.....	15
2.16 Schematic IC 7809.....	15
3.1 ลักษณะการทำงาน.....	17
3.2 Schematic วงจรลดแรงดัน.....	17
3.3 PCB วงจรลดแรงดัน.....	18
3.4 วงจรลดแรงดัน.....	18
3.5 Schematic วงจรแสดงอุณหภูมิ.....	19
3.6 กล่องรักษาความเย็น.....	19
3.7 หน้าจอ LCD และ หน้าจอโทรศัพท์มือถือแสดงค่าองศาเซลเซียสและฟาเรนไฮต์.....	20
3.8 Flowchart การทำงานของการเก็บค่าอุณหภูมิ.....	20
4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา.....	21
4.2 ผลการทดลองนาฬิกาที่ 0 อุณหภูมิภายใน 29.30 องศาเซลเซียส.....	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองนาที่ที่ 10 อุณหภูมิ 17.80 องศาเซลเซียส.....	23
4.4 ผลการทดลองนาที่ที่ 20 อุณหภูมิ 15.70 องศาเซลเซียส.....	23
4.4 ผลการทดลองนาที่ที่ 30 อุณหภูมิ 13.70 องศาเซลเซียส.....	23
4.5 ผลการทดลองนาที่ที่ 40 อุณหภูมิ 13.00 องศาเซลเซียส.....	24
4.6 ผลการทดลองนาที่ที่ 50และ 60 อุณหภูมิ 12.20 องศาเซลเซียส.....	24
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของเซ็นเซอร์และเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทเทียบกับเวลา.....	25



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีในการทำความเย็นมีมากมายให้เราได้ออกแบบและสร้าง ระบบทำความเย็นได้หลากหลายซึ่งเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลหรือที่ทราบกันในชื่อแผ่นเพลเทียร์นั้นก็เป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่น่าสนใจในการนำไปใช้ทำความเย็นเช่นกันเพราะมีลักษณะการทำงานที่คล้ายคลึงกับระบบทำความเย็นที่ใช้ ระบบคอมเพรสเซอร์ ซึ่งการทำความเย็นของแผ่นเพลเทียร์นั้นไม่จำเป็นต้องใช้คอมเพรสเซอร์หรือส่วนที่เป็นกลไกขับเคลื่อนใดๆและไม่ต้องใช้สารทำความเย็นเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนเพราะการทำความเย็นที่เกิดขึ้นนั้นมาจากการที่ให้ไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปเหนี่ยวนำให้อิเล็กตรอนของสารกึ่งตัวนำให้เคลื่อนที่พร้อมกับแลกเปลี่ยนความร้อนไปด้วยซึ่งเป็นข้อดีของการทำความเย็นประเภทนี้เพราะใช้เวลาทำความเย็นไม่นานก็สามารถได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ อีกทั้งแผ่นเพลเทียร์นี้ยังไปใช้งานได้หลากหลายอีกด้วยไม่ว่าจะเป็นตู้เย็น แอร์ขนาดเล็ก หรือระบบทำความเย็นส่วนบุคคลอีกด้วย ก็เป็นที่ทราบกันแล้วว่าเพลเทียร์นั้นมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายซึ่งในปัจจุบันนี้ก็หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดแต่เนื่องจากแผ่นเพลเทียร์ที่มีขายทั่วไปนั้นไม่ได้บอกถึงรายละเอียดการใช้งานที่ชัดเจนทำให้ผู้ที่จะนำไปใช้ไม่ทราบถึงคุณสมบัติที่ต้องการแน่ชัดโดยจุดประสงค์ของผู้จัดทำโครงการนี้คือต้องการออกแบบทดลองหาคุณลักษณะที่แน่ชัดของแผ่นเพลเทียร์ที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไปเพื่อที่จะได้ทราบถึงคุณสมบัติและข้อจำกัดการใช้งานของแผ่นเพลเทียร์พร้อมทั้งหาประสิทธิภาพการทำความเย็นของแผ่นเพลเทียร์แล้วนำไปประยุกต์ใช้งานให้สามารถใช้งานได้แบบทันสมัยและสามารถพกพาได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

#### 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการใช้งานระบบทำความเย็นและวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- 1.2.2 เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันต่างๆ
- 1.2.3 เพื่อฝึกการคิดวิเคราะห์และการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน
- 1.2.4 เพื่อฝึกการเขียนโค้ดเพื่อควบคุมวงจรทำความเย็น

#### 1.3 สมมติฐานของการศึกษา

- 1.3.1 สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในกล่องไม่เกิน 15 องศาเซลเซียส
- 1.3.2 มีขนาดเล็กพกพาสะดวก ขนาดไม่เกิน 10 ลบ.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 สามารถลดอัตราการสูญเสียของบริโภาคที่ต้องการความเย็น

1.3.4 สามารถปรับอุณหภูมิตามที่ต้องการได้

## 1.4 ขอบเขตของการศึกษา

### 1.4.1 เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา

1.4.1.1 หลักการทำงานของเพอเทีย

1.4.1.2 หลักการทำงานของ IC 7809

1.4.1.3 หลักการออกแบบวงจร Arduino

1.4.1.4 หลักการทำงานของเซนเซอร์ DHT11

1.4.1.5 หลักการทำงานของจอ LCD

1.4.1.6 หลักการทำงานของรีเลย์ (Relay)

1.4.1.7 หลักการทำงานการใช้แอปพลิเคชัน Blynk

1.4.1.8 หลักการใช่วงจรจ่ายไฟ

1.4.1.9 หลักการประยุกต์ใช้ PU โฟม

### 1.4.2 สถานที่

1.4.2.1 ตึกภาคอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### 1.4.3 ระยะเวลาในการทำงาน

#### ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน

1 กุมภาพันธ์ 2566 ถึง 30 เมษายน 2566

รายละเอียด	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
ออกแบบวงจร	←→		
ซื้ออุปกรณ์		←→	
สร้างวงจรจริง		←→	
ทดสอบวงจร			←→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประดิษฐ์ ตรวจสอบ และแก้ไขปัญหา							←	→	
สรุปผลการทดลอง									↔
จัดทำรูปเล่มโครงการ									↔

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้ความรู้เกี่ยวกับระบบการทำความเย็นและสามารถต่อยอดได้
- 1.5.2 อำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน
- 1.5.3 ลดอัตราการเสียหายเกี่ยวกับสิ่งของบริโภคที่ต้องการความเย็น
- 1.5.4 ฝึกทักษะการทำงานและการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน
- 1.5.5 ได้ความรู้เกี่ยวกับการเขียนแอปเพิ่มเติมและสามารถนำไปปรับใช้กับการทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### หลักการและทฤษฎี

#### 2.1 ESP32

##### 2.1.1 ESP32 คืออะไร



รูปที่ 2.1 ESP32

(ที่มา <https://www.gravitechthai.com>)

ESP32 เป็นชื่อของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ WiFi และ Bluetooth 4.2 BLE ในตัว ผลิตโดยบริษัท Espressif จากประเทศจีน ชิพที่ใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 แบบ 2 แกนสมอง สัญญาณนาฬิกา 240MHz มีแรมในตัว 512KB รองรับการเชื่อมต่อรวมภายนอกสูงสุด 16MB มาพร้อมกับ WiFi มาตรฐาน 802.11 b/g/n รองรับการใช้งานทั้งในโหมด Station softAP และ Wi-Fi direct มีบลูทูธในตัว รองรับการใช้งานในโหมด 2.0 และโหมด 4.0 BLE ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.6V ถึง 3V ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40°C ถึง 125°C นอกจากนี้ ESP32 ยังมีเซ็นเซอร์ต่าง ๆ มาในตัวด้วย เช่น วงจรกรองสัญญาณรบกวนในวงจรขยายสัญญาณ เซ็นเซอร์แม่เหล็ก เซ็นเซอร์สัมผัส (Capacitive touch) รองรับ 10 ช่อง รองรับการเชื่อมต่อคลิสตอล 32.768kHz สำหรับใช้กับส่วนวงจรนับเวลาโดยเฉพาะ

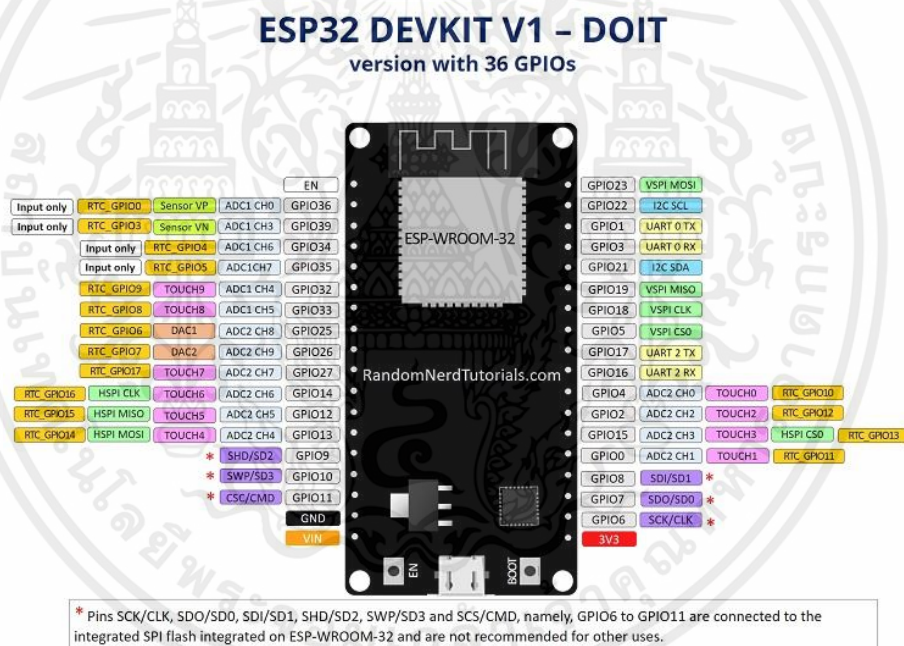
ขาใช้งานต่าง ๆ ของ ESP32 รองรับการทำงานต่อบัสต่าง ๆ ดังนี้

- มี GPIO จำนวน 32 ช่อง
- รองรับ UART จำนวน 3 ช่อง รองรับ SPI จำนวน 3 ช่อง รองรับ I2C จำนวน 2 ช่อง
- รองรับ ADC จำนวน 12 ช่อง รองรับ DAC จำนวน 2 ช่อง รองรับ I2S จำนวน 2 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รองรับ PWM / Timer ทุกช่อง รองรับการทำงานเชื่อมต่อกับ SD-Card  
นอกจากนี้ ESP32 ยังรองรับฟังก์ชันเกี่ยวกับความปลอดภัยต่าง ๆ ดังนี้  
รองรับการเข้ารหัส WiFi แบบ WEP และ WPA/WPA2 PSK/Enterprise  
มีวงจรเข้ารหัส AES / SHA2 / Elliptical Curve Cryptography / RSA-4096 ในตัว  
ในด้านประสิทธิภาพการใช้งาน ตัว ESP32 สามารถทำงานได้ดี โดย  
รับ - ส่ง ข้อมูลได้ความเร็วสูงสุดที่ 150Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT40 ได้ความเร็วสูงสุด  
72Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT20 ได้ความเร็วสูงสุดที่ 54Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11g และได้  
ความเร็วสูงสุดที่ 11Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11b  
เมื่อใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล UDP จะสามารถรับ - ส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 135Mbps  
โหมด Sleep ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 2.5uA

### 2.1.2 ส่วนประกอบของ ESP32



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของ ESP32  
(ที่มา <https://www.ai-corporation.net>)

การควบคุมอินพุต / เอาต์พุตแบบดิจิทัล คือการใช้งานขา GPIO ในการอ่านค่า หรือเขียนค่าสถานะ  
แบบดิจิทัล ซึ่งใช้งานตั้งอยู่บนพื้นฐานดิจิทัล คือค่าที่ได้หรือค่าที่เขียนจะมีแค่ 2 สถานะ คือสถานะ  
HIGH และสถานะ LOW

การควบคุมโหมดใช้งานขา GPIO แบบดิจิทัล

ในการใช้งานขา GPIO แบบดิจิทัล จำเป็นต้องมีการควบคุมหรือบอกให้ขา GPIO ได้รู้ว่าต้องการจะ  
ให้ใช้รับค่าดิจิทัลเข้ามา หรือจะให้เขียนค่าออกไป ซึ่งจะใช้ฟังก์ชัน pinMode() ในการกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชัน `pinMode()` มีรูปแบบการใช้งานดังนี้ `void pinMode(int pin, int mode);`

จะเห็นได้ว่าฟังก์ชันมีค่าพารามิเตอร์ 2 ตัว คือ (int) pin – กำหนดหมายเลขขา GPIO ที่ต้องการควบคุม (int) mode – โหมดที่ต้องการกำหนดให้ขา GPIO ซึ่งสามารถเป็นได้ดังนี้

INPUT – กำหนดให้ขา GPIO มีสถานะเป็นอินพุต รอรับค่าเข้ามา

OUTPUT – กำหนดให้ขา GPIO มีสถานะเป็นเอาต์พุต รอเขียนค่าออกไป

INPUT\_PULLUP – กำหนดให้ขา GPIO มีสถานะเป็นอินพุตและเรียกใช้วงจร Pull-up ภายใน และไม่มีค่าที่ส่งกลับมา เอาต์พุตแบบดิจิตอล ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์แบบ 2 สถานะ คือเปิด และปิดเท่านั้น โดยการควบคุมจะใช้ขา GPIO ในการควบคุมการจ่ายจ่ายลอจิก ซึ่งขา GPIO จะรองรับการจ่ายกระแสสูงสุดเพียง 12mA เท่านั้น หากต้องการควบคุมอุปกรณ์ที่ใช้กระแสไฟฟ้ามาก จำเป็นต้องใช้วงจร หรืออุปกรณ์เช่น รีเลย์ ในการช่วย ค่าเอาต์พุตแบบดิจิตอลจะใช้ฟังก์ชันมีค่าพารามิเตอร์ 2 ตัว คือ

(int) pin – กำหนดหมายเลขขา GPIO ที่ต้องการเขียนค่า

(int) value – ค่าที่ต้องการเขียนออกไป สามารถเป็นได้ดังนี้

HIGH – เขียนค่าลอจิก 1 หรือสถานะ HIGH หรือแรงดัน 3V ออกไป

LOW – เขียนค่าลอจิก 0 หรือสถานะ LOW หรือเทียบเท่ากับขากราวด์

ไม่มีค่าที่ส่งกลับมา ทั้งนี้คำสั่ง `digitalWrite()` จะใช้คู่กับ `pinMode()` ที่ใช้กำหนดให้ขา GPIO มีสถานะเป็น OUTPUT หากไม่มีการใช้คำสั่ง `pinMode()` ก่อน หรือกำหนดโหมดเป็น INPUT จะทำให้ขาขาเปิดใช้งานวงจร Pull-up ภายในที่ขาขา นั้น ๆ แทน ซึ่งจะสามารถสังเกตได้จากขา GPIO จะไม่สามารถทำงานได้เต็มที่ หากต่อกับหลอด LED จะทำให้หลอด LED มีความสว่างน้อย การอ่านค่าอินพุตแบบดิจิตอล

อุปกรณ์บางอย่างจำพวกสวิตช์ และเซ็นเซอร์บางชนิด จะให้เอาต์พุตออกมาในรูปแบบดิจิตอล เราสามารถใช้คำสั่ง `digitalRead()` ในการอ่านค่าสถานะอินพุตแบบดิจิตอลได้ มีพารามิเตอร์อยู่ 3 ตัว คือ

(int) pin – กำหนดหมายเลขขา GPIO ที่ต้องการใช้อินเตอร์รัพท์

(void) (\*ISR)(void) – กำหนดฟังก์ชันที่จะให้ทำงานเมื่อเกิดอินเตอร์รัพท์ขึ้น

(int) mode – กำหนดว่าเหตุการณ์แบบใดจึงจะเกิดอินเตอร์รัพท์ สามารถเป็นได้ดังนี้

LOW – หากสถานะที่ขา GPIO ที่กำหนดเป็น LOW จะเกิดอินเตอร์รัพท์

HIGH – หากสถานะที่ขา GPIO ที่กำหนดเป็น HIGH จะเกิดอินเตอร์รัพท์

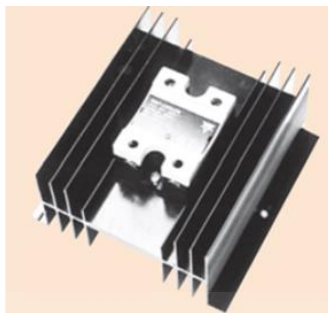
CHANGE – หากสถานะที่ขา GPIO ที่กำหนดมีการเปลี่ยนแปลง เช่น จาก HIGH เป็น LOW จาก LOW เป็น HIGH จะเกิดอินเตอร์รัพท์

RISING – หากสถานะที่ขา GPIO ที่กำหนดมีการเปลี่ยนจาก LOW เป็น HIGH จะเกิดอินเตอร์รัพท์

FALLING – หากสถานะที่ขา GPIO ที่กำหนดมีการเปลี่ยนจาก HIGH เป็น LOW จะเกิดอินเตอร์รัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ฮีตซิงก์ (Heatsink)



รูปที่ 2.3 Heatsink  
(ที่มา <http://th.led-diode.com>)

### 2.2.1 ฮีตซิงก์ (Heatsink) คืออะไร

ฮีตซิงก์ หรือ แผงระบายความร้อน (อังกฤษ: Heat sink) ในระบบอิเล็กทรอนิกส์ เป็นชิ้นส่วนซึ่งทำหน้าที่ลดอุณหภูมิขณะทำงานของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยเพิ่มพื้นที่สัมผัสอากาศ ทำให้การพาความร้อนจากตัวอุปกรณ์สู่อากาศโดยรอบทำได้เร็วขึ้น โดยปกติจะมีการติดตั้งแผงระบายความร้อนกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความร้อนสูง เช่นทรานซิสเตอร์กำลัง, ไดโอดเปล่งแสงบางชนิด, หลอดเลเซอร์

### 2.2.2 ชนิดของฮีตซิงก์ (Heatsink)

วัสดุที่นิยมนำมาทำแผงระบายความร้อนในปัจจุบันมีอยู่ 3 รูปแบบคือ อะลูมิเนียม, ทองแดง และทองแดง+อะลูมิเนียม ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไปอะลูมิเนียม โดยคุณสมบัติของอะลูมิเนียมจะนำความร้อนได้ไม่เท่าทองแดง แต่มีน้ำหนักเบา, มีราคาถูกกว่าและขั้นตอนการผลิตง่ายกว่า จึงทำให้เป็นที่นิยมมากกว่าทองแดง ทองแดงมีคุณสมบัตินำความร้อนได้ดีกว่าอะลูมิเนียม แต่ด้วยขั้นตอนการผลิตที่ยุ่งยาก การประกอบจำเป็นต้องใช้การเชื่อม มีน้ำหนักมากและราคาแพง จึงทำให้เป็นที่นิยมเฉพาะกลุ่มบุคคลที่ชื่นชอบการโอเวอร์คล็อก ซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนมากกว่าปกติและต้องการ การระบายความร้อนที่รวดเร็ว ซึ่งฮีตซิงก์ทองแดงทำหน้าที่ได้ดีกว่าทองแดง+อะลูมิเนียม โครงสร้างส่วนใหญ่จะมีแกนกลาง ที่สัมผัสผิวหน้าของซีพียูทำจากทองแดง และครีบทำจากอะลูมิเนียม ซึ่งผิวสัมผัสระหว่างทองแดงและอะลูมิเนียม จะมีสารช่วยนำความร้อนอยู่เพื่อให้ผิวสัมผัสแนบสนิทและถ่ายเทความร้อนได้ดี ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมดีกว่าแบบอะลูมิเนียมทั้งชิ้น, ราคาประหยัด และน้ำหนักเบากว่าแบบทองแดงทั้งชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.2.1 ฮีตซิงก์อะลูมิเนียม(Aluminum heat sink)

โดยคุณสมบัติของอะลูมิเนียมจะนำความร้อนได้ไม่ดีเท่าทองแดง แต่มีน้ำหนักเบา, มีราคาถูกกว่าและขั้นตอนการผลิตง่ายกว่าจึงทำให้เป็นที่นิยมมากกว่าทองแดง

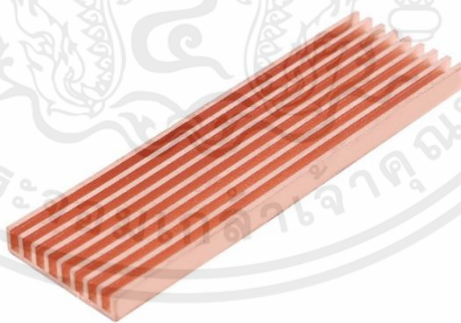


รูปที่ 2.4 ฮีตซิงก์อะลูมิเนียม

(ที่มา <https://sites.google.com>)

### 2.2.2.2 ฮีตซิงก์ทองแดง(Copper heat sink)

มีคุณสมบัตินำความร้อนได้ดีกว่าอะลูมิเนียม แต่ด้วยขั้นตอนการผลิตที่ยุ่งยาก การประกอบจำเป็นต้องใช้การเชื่อม มีน้ำหนักมากและราคาแพงจึงทำให้เป็นที่นิยมเฉพาะกลุ่มบุคคลที่ชื่นชอบการโอเวอร์คล็อกซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนมากกว่าปกติและต้องการการระบายความร้อนที่รวดเร็ว ซึ่งฮีตซิงก์ทองแดงทำหน้าที่ได้ดีกว่า



รูปที่ 2.5 ฮีตซิงก์ทองแดง(Copper heat sink)

(ที่มา <https://www.foodnetworksolution.com>)

### 2.2.3 ฮีตซิงก์ทองแดงผสมอะลูมิเนียม(CopperAluminum heat sink)

ทองแดง+อะลูมิเนียม โครงสร้างส่วนใหญ่มักจะมีแกนกลางที่สัมผัสผิวหน้าของซีพียูทำจากทองแดง และครีบทาจากอะลูมิเนียม ซึ่งผิวสัมผัสระหว่างทองแดงและอะลูมิเนียมจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีสารช่วยนำความร้อนอยู่เพื่อให้ผิวสัมผัสแนบสนิทและถ่ายเทความร้อนได้ดี ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมดีกว่าแบบอะลูมิเนียมทั้งชิ้น, ราคาประหยัด และน้ำหนักเบากว่าแบบทองแดงทั้งชิ้น

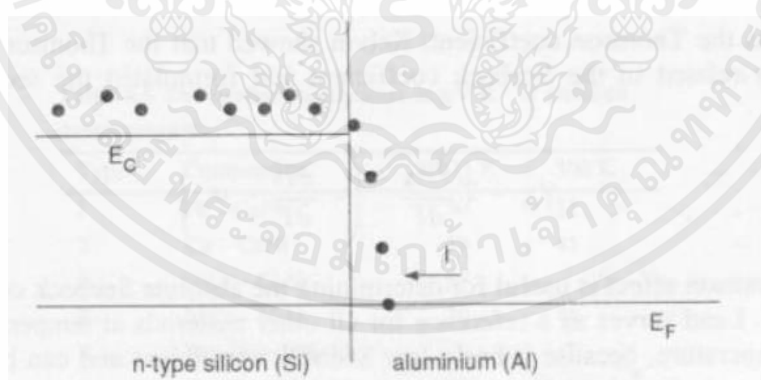
## 2.3 เพวเทีย หรือ เทอร์โมอิเล็กทริก(Peltier,Thermoelectric)



รูปที่ 2.6 แผ่นเพวเทีย (Peltier)  
(ที่มา <http://www.eak-electronic.com>)

### 2.3.1 เพวเทีย(Peltier) คืออะไร

Peltier effect เป็นปรากฏการณ์ที่กระแสไหลผ่านรอยต่อของโลหะต่างชนิดกัน จะเกิดความร้อนคายออกหรือดูดความร้อนที่รอยต่อทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสที่วิ่งผ่านรอยต่อ

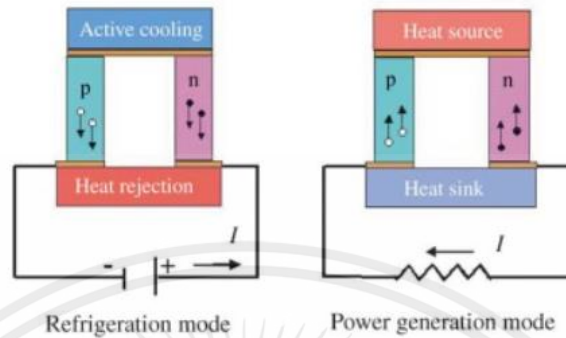


รูปที่ 2.7 การปล่อยพลังงานความร้อนของเพวเทีย เมื่อข้ามรอยต่อระหว่างซิลิกอนกับอะลูมิเนียม  
(ที่มาจากสไลด์ Thermal sensor ของ รศ.ดร.เต็มพงษ์ เพ็ชรกุล หน้า 33)

ปรากฏการณ์ Peltier แสดงให้เห็นอิเล็กตรอนในแถบพลังงานความนำ (conduction band) จากสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นไปยังโลหะ อะลูมิเนียม (กระแสวิ่งจากโลหะอะลูมิเนียมไปยังสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น) อิเล็กตรอนจะปล่อยพลังงานความร้อนออกมาเพื่อลดพลังงานจากแถบความนำไปยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับพลังงานเฟอร์มิในโลหะในทำนองเดียวกันถ้ากระแสวิ่งจากสารกึ่งตัวนำไปยังโลหะ อิเล็กตรอนจะวิ่งจากโลหะที่ระดับพลังงานเฟอร์มิไปยังสารกึ่งตัวนำที่ระดับพลังงานแถบความนำ อิเล็กตรอนจะดูดพลังงานความร้อนเพื่อเพิ่มระดับพลังงาน

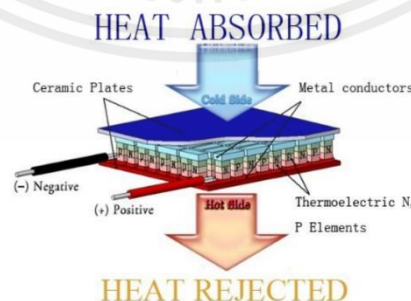


รูปที่ 2.8 Peltier thermoelectric couple  
(ที่มา [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com))

### 2.3.2 การใช้งานเพลเทีย(Peltier)

แผ่นเพลเทียร์จะทำความเย็นได้ก็ต่อต้องใช้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอกเหมือนกันกับเครื่องปรับอากาศทั่วไป กระแสไฟฟ้าจากภายนอกที่ไหลผ่านแผ่นเพลเทียร์จะมีผลทำให้ด้านหนึ่งของแผ่นเพลเทียร์สามารถดูดความร้อนเพื่อนำความร้อนไปทิ้งที่ด้านตรงข้ามได้ ผลที่ตามมาคือด้านที่ดูดความร้อนจะมีอุณหภูมิลดลง แต่ด้านที่นำความร้อนไปทิ้งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น

ข้อควรระวังในการใช้แผ่นเพลเทียร์เพื่อทำความเย็นคือ จะต้องมีการระบายความร้อนของด้านที่ร้อนอยู่ตลอดเวลาเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสะสมของพลังงานความร้อนซึ่งอาจจะทำให้แผ่นเพลเทียร์เสียหายได้ ดังนั้นแผ่นเพลเทียร์จึงต้องมี heat sink หรือตัวระบายความร้อนเป็นอุปกรณ์เสริมที่ขาดไม่ได้เสมอ



รูปที่ 2.9 การทำความเย็นของแผ่นเพลเทียร์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอก  
(ที่มา <http://www.thaiphysoc.org/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 รีเลย์(Relay)



รูปที่ 2.10 รีเลย์ (Relay)

(ที่มา <http://www.arduino-indy.com/product/39/relay-5v-2-channel>)

### 2.4.1 รีเลย์(Relay) คืออะไร

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมายรีเลย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักก็คือ

1. ส่วนของขดลวด (coil) เหนียวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระตุ้นให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนียวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน(ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่คุณผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระตุ้นให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

2. ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการนั่นเอง

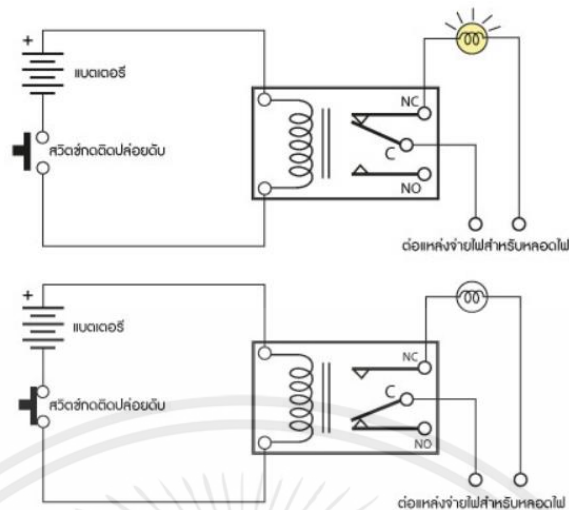
จุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย

จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนียวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลาเช่น

จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนียวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิดเช่น โคมไฟสนามหรือหน้าบ้าน

จุดต่อ C ย่อมาจาก common คือจุดรวมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ

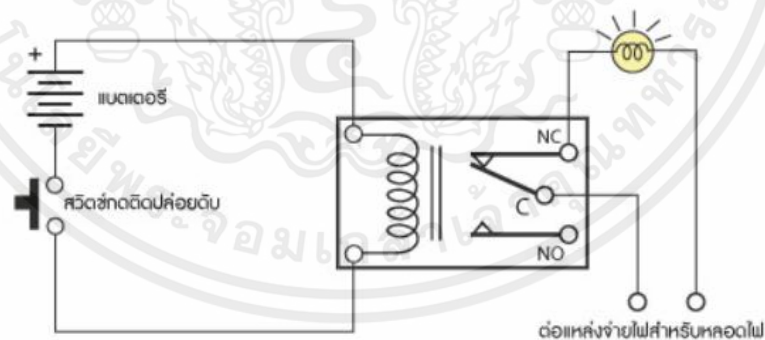
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 วงจรภายในรีเลย์(Relay)  
(ที่มา <http://www.pspotech.co.th/> )

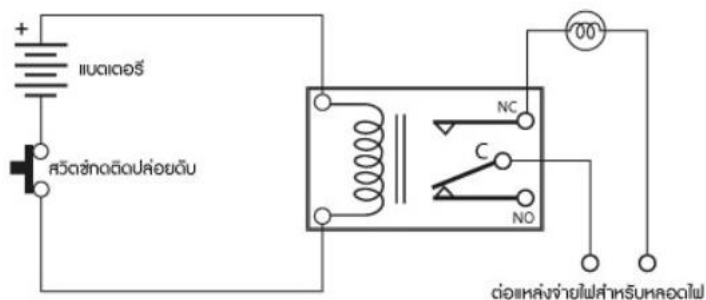
#### 2.4.2 การทำงานของรีเลย์(Relay)

รีเลย์จะทำงานโดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก สำหรับใช้ดึงดูดหน้าสัมผัส(contact)ให้เปลี่ยนทิศทางการไหลของไฟฟ้า เพื่อควบคุมการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆคล้ายกับสวิตช์



รูปที่ 2.12 ในสภาวะปกติที่ไม่มีกระแสสวิตช์ แบตเตอรี่ไม่จ่ายไฟให้ขดลวด (coil) ทำให้ไม่เกิดการเหนี่ยวนำหน้าสัมผัส(contact) จึงอยู่ในสภาวะปกติปิด(NC) ไฟติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 เมื่อกดสวิตช์ แบตเตอรี่จ่ายไฟให้ขดลวด(coil) ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำส่งผลให้หน้าสัมผัส (contact) เปลี่ยนสถานะเป็นสภาวะปกติเปิด(NO) ทำให้ไฟดับ

(ที่มา <https://misumitechnical.com/> )

## 2.5 เซมิคอนดักเตอร์เบส เซนเซอร์(Semiconductor-based Temperature Sensor)



รูปที่ 2.14 เซมิคอนดักเตอร์เบส เซนเซอร์(Semiconductor-based Temperature Sensor)

(ที่มา <https://th.cytron.io/> )

### 2.5.1 เซมิคอนดักเตอร์เบส เซนเซอร์(Semiconductor-based Temperature Sensor) คืออะไร

เซนเซอร์อุณหภูมิที่ใช้เซมิคอนดักเตอร์ (หรือที่เรียกว่าเซนเซอร์ IC) มีวงจรรวมแบบคู่ (IC) ที่มีไดโอดสองตัวที่คล้ายคลึงกัน ไดโอดและแรงดันไฟฟ้าที่ไวต่ออุณหภูมิวัดอุณหภูมิ เซนเซอร์เหล่านี้ให้เอาต์พุตเชิงเส้นที่สมเหตุสมผล

อย่างไรก็ตาม มีความแม่นยำน้อยกว่าระหว่าง 1 ถึง 5 °C เซนเซอร์ที่ใช้เซมิคอนดักเตอร์เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการใช้งานแบบฝัง แต่ต่างจากเซนเซอร์อุณหภูมิอื่นๆ ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าและทางกลของเซนเซอร์นั้นไม่แข็งแกร่งเท่ากับเทอร์โมคัปเปิลและ RTDs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5.2 หลักการทำงานของเซนเซอร์อุณหภูมิ(Temperature Sensor)

เซนเซอร์อุณหภูมิวัดการอ่านอุณหภูมิผ่านสัญญาณไฟฟ้า ประกอบด้วยโลหะสองชนิดที่สร้างแรงดันไฟฟ้าหรือความต้านทานเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เช่น เซอร์มีบทบาทสำคัญในการรักษาอุณหภูมิเฉพาะสำหรับอุตสาหกรรมต่างๆ

รวมถึงการใช้งานทางการแพทย์ และเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านของเรา เช่น เซอร์อุณหภูมิมีความสำคัญต่อความแม่นยำและการควบคุมอุณหภูมิในอุตสาหกรรมเช่นนี้ เซอร์อุณหภูมิทำงานโดยการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วไดโอด เมื่อแรงดันไฟเพิ่มขึ้น อุณหภูมิก็จะสูงขึ้นด้วย ซึ่งตามมาด้วยแรงดันตกคร่อมระหว่างขั้วทรานซิสเตอร์กับอีซีแอล(ในไดโอด)

เซอร์มีหลายประเภท ซึ่งจัดหมวดหมู่ตามการเชื่อมต่อ เซอร์อุณหภูมิมีสองประเภทหลักขึ้นอยู่กับประเภทของการใช้งานหรืออุตสาหกรรมที่คุณกำลังทำงานอยู่ เซอร์อุณหภูมิ

- เซอร์อุณหภูมิแบบสัมผัส เซอร์อุณหภูมิสัมผัสวัดระดับความร้อนหรือความเย็นของวัตถุหรือสารผ่านการสัมผัสโดยตรง โดยทั่วไปจะใช้เพื่อตรวจจับอุณหภูมิที่หลากหลายในของแข็งของเหลว หรือก๊าซต่างๆ

- เซอร์อุณหภูมิแบบไม่สัมผัส เครื่องวัดอุณหภูมิเหล่านี้ไม่เคยสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือสาร ดังนั้นจึงใช้กันอย่างแพร่หลายในสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตราย เช่น อุตสาหกรรมโรงไฟฟ้า พวกเขาวัดว่าบางสิ่งร้อนหรือเย็นผ่านรังสีที่ปล่อยออกมาจากแหล่งความร้อน

## 2.6 IC 7809

### 2.6.1 IC LM7809 คืออะไร

เป็นตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าแต่ เพื่อไม่ให้สับสนกับตัวแบ่งแรงดันไฟฟ้า ซึ่งเราได้พูดถึงไปแล้ว ในบทความก่อนหน้านี้ นอกจากนั้นมันไม่ได้เป็นเพียงตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้า แต่เป็นหนึ่งในอุปกรณ์ที่

### 2.6.2 หลักการทำงานของ IC LM7809

PIN 1-INPUT

ฟังก์ชันของพินนี้คือให้สัญญาณแรงดันไฟฟ้า. ควรอยู่ในช่วง 7V ถึง 35V เราใช้แรงดันไฟฟ้าที่ไม่มีการควบคุมกับพินนี้เพื่อควบคุม สำหรับอินพุต 7.2V PIN จะให้ประสิทธิภาพสูงสุด

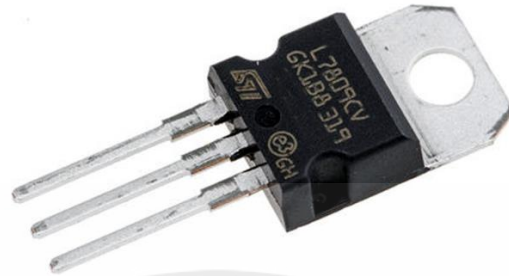
PIN 2-GROUND

เราเชื่อมต่อกราวด์กับพินนี้ สำหรับเอาต์พุตและอินพุตพินนี้มีความเป็นกลางเท่ากัน (0V)

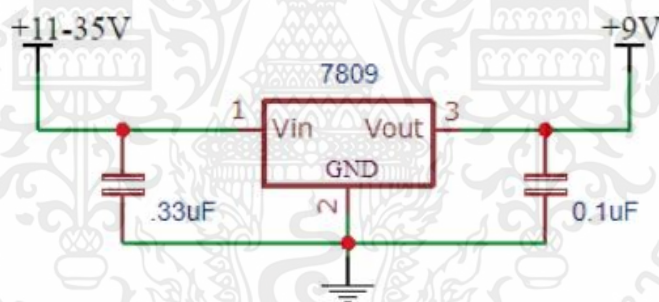
PIN 3-OUTPUT

พินนี้ใช้สำหรับเอาต์พุตที่มีการควบคุม มันจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 IC 7809

(ที่มา <https://www.arduino4.com/>)

รูปที่ 2.16 Schematic IC 7809

(ที่มา <https://riverglennapts.com/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการวิจัย

#### 3.1 อุปกรณ์ เครื่องมือ หรือโปรแกรมที่ใช้ในการดำเนินโครงการ

3.1.1 Nodemcu ESP32 WROOM-32	1 ตัว
3.1.2 Heat sink	2 ตัว
3.1.3 Peltier	1 แผ่น
3.1.4 รีเลย์ (Relay 5 V.)	1 ตัว
3.1.5 C 0.1 $\mu$ F	1 ตัว
3.1.6 C 0.33 $\mu$ F	1 ตัว
3.1.7 Micro USB	1 สาย
3.1.8 Cables and Connectors	
3.1.9 Arduino IDE	
3.1.10 Easy-EDA	
3.1.11 IC L7809	1 ตัว
3.1.12 โฟมความหนา 1 นิ้ว ขนาด 60x120	1 แผ่น
3.1.13 แผ่นอะคริลิกความหนา 3 มม. ขนาด 30x60 ซม.	2 แผ่น
3.1.14 PU Foam	1 ครอบ
3.1.15 Adobe illustrator	
3.1.16 แผ่นทองแดง ขนาด 5x2 ซม.	1 แผ่น

#### 3.2 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

- 3.2.1 ศึกษาค้นคว้าความสำคัญของปัญหา วางจุดประสงค์ และกำหนดขอบเขตของโครงการ
- 3.2.2 ทำการศึกษาค้นคว้าและทำความเข้าใจข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวกับโครงการ
- 3.2.3 ออกแบบชิ้นงาน ระบบการทำงาน ทั้งในด้านซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์
- 3.2.4 เรียนรู้วิธีการใช้โปรแกรม อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงการ และทำการจัดซื้ออุปกรณ์
- 3.2.5 เริ่มลงมือทำโครงการ
- 3.2.6 ประดิษฐ์ชิ้นงาน ทดสอบชิ้นงาน วิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

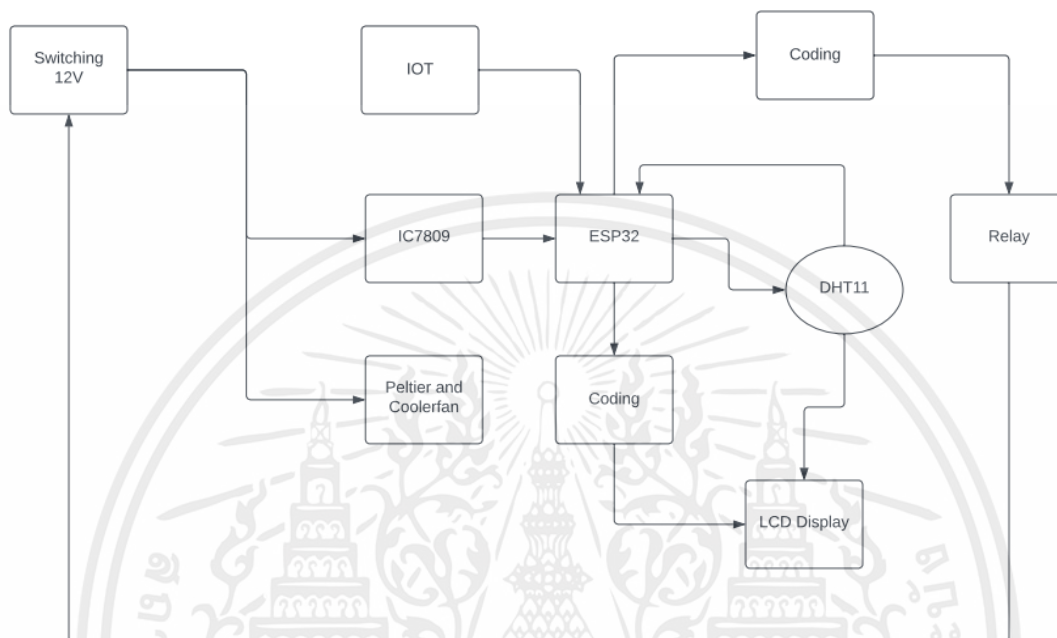
#### 3.3 ลักษณะการทำงาน

แบ่งเป็น 2 ส่วน Input และ Output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input คือ ส่วนที่รับค่าสัญญาณรับเข้าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยอุปกรณ์อินพุตประกอบไปด้วยเซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ ความชื้น ซึ่งถูกจ่ายไฟเลี้ยงโดย วงจรลดแรงดัน

Output คือ ส่วนที่ทำงานตามการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะประมวลผลตามที่เขียนโปรแกรม และแสดงออกมาในรูปแบบจอ LCD รวมทั้งแสดงผ่านแอปพลิเคชัน Blynk



รูปที่ 3.1 ลักษณะการทำงาน

### 3.4 หลักการทำงาน

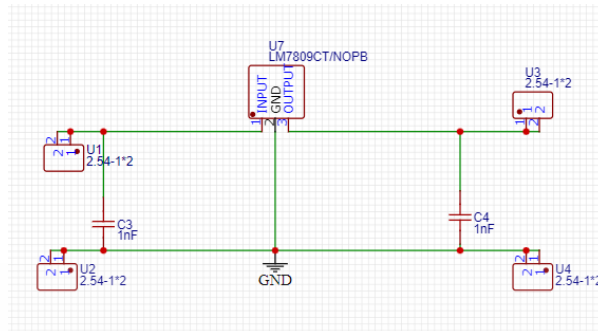
หลักการทำงานให้ Power Supply จ่ายไฟ 12V DC ให้กับ Peltier เพื่อให้เกิด Peltier effect ภายในกล่อง ทำให้อุณหภูมิลดลง และจ่ายให้กับวงจรลดแรงดัน เพื่อให้วงจรจ่ายไฟให้กับ ESP - 32 ทำให้ ESP - 32 จ่ายไฟให้กับ รีเลย์ และ Sensor เพื่อวัดอุณหภูมิภายในกล่อง และ จอ Lcd เพื่อแสดงค่าของ Sensor เป็นรูปแบบของ Digital รวมทั้งแสดงอุณหภูมิและควบคุมอุณหภูมิตามที่ต้องการผ่านแอปพลิเคชัน Blynk

### 3.5 การออกแบบ

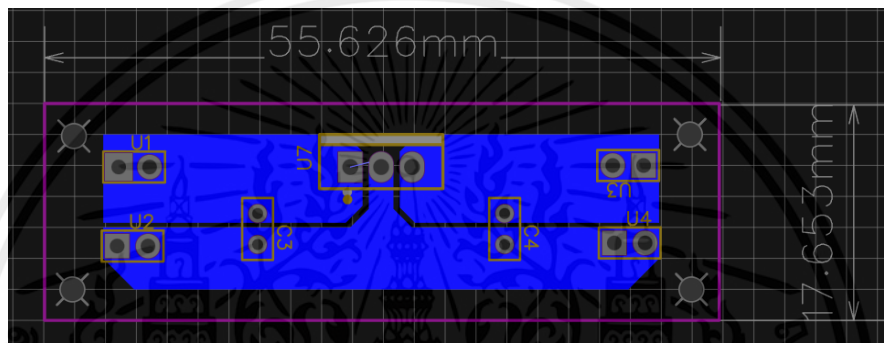
การออกแบบของระบบการทำงานของโครงการนี้ ได้แก่ การออกแบบทางด้าน Hardware และการออกแบบทางด้าน Software รวมถึงการออกแบบผังงานและการต่อวงจรดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.1 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์



รูปที่ 3.2 Schematic วงจรลดแรงดัน

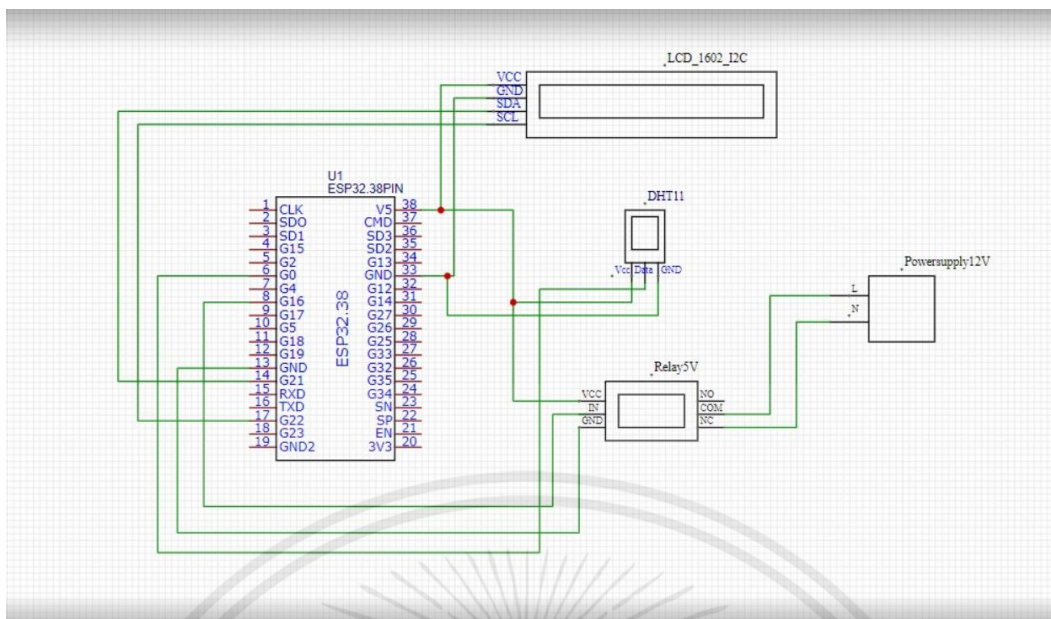


รูปที่ 3.3 PCB วงจรลดแรงดัน



รูปที่ 3.4 วงจรลดแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 Schematic วงจรแสดงควบคุมอุณหภูมิ

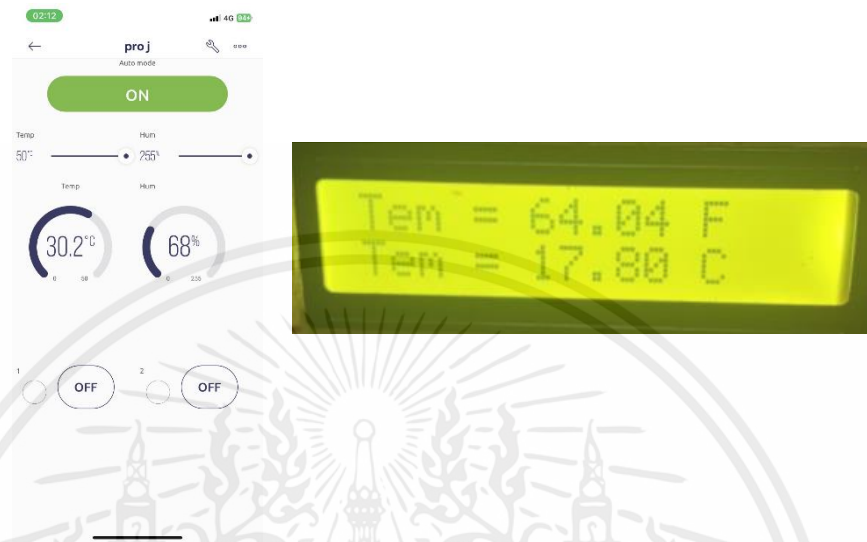


รูปที่ 3.6 กล่องรักษาความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

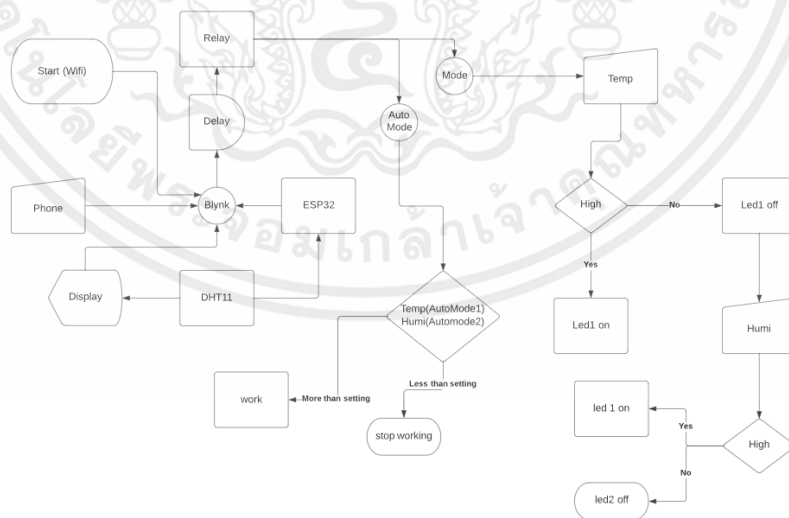
### 3.5.2 การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์

Coding ให้ ESP32 และ เซนเซอร์ DHT11 แสดงค่าบนหน้าจอ LCD แสดงค่าอุณหภูมิแบบ องศาเซลเซียสและฟาเรนไฮต์ และแสดงผ่านแอปพลิเคชัน Blynk สามารถควบคุมอุณหภูมิได้



รูปที่ 3.7 หน้าจอ LCD และ หน้าจอโทรศัพท์มือถือแสดงค่าองศาเซลเซียสและฟาเรนไฮต์

### 3.5.3 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงาน(Flowchart)



รูปที่ 3.8 Flowchart การทำงานของการเก็บค่าอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

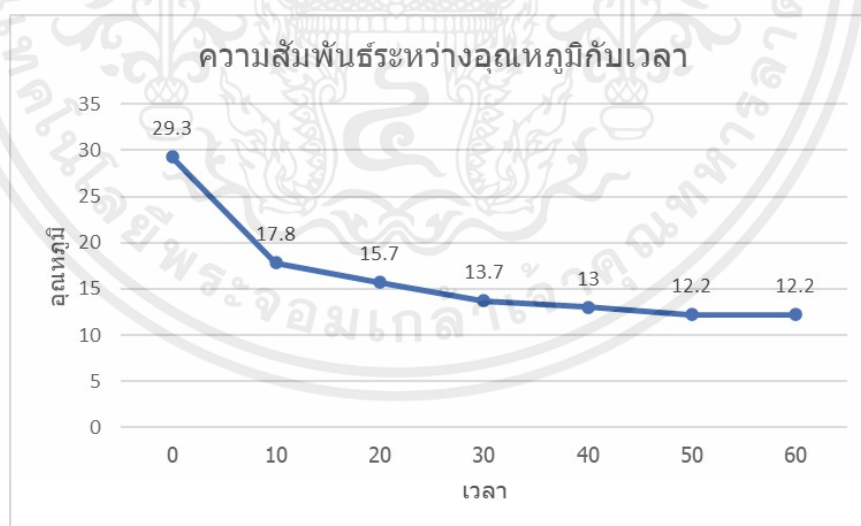
### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 การทดลองวัดค่าไฟของตู้เย็นขนาด 4 คิวกับตู้เย็นที่ประดิษฐ์ขึ้นมา

##### 4.1.1 การทดลองวัดค่าไฟของตู้เย็นแต่ละชนิด

ตารางที่ 4.1 การทดลองเปรียบเทียบตู้ทำความเย็นสองชนิด(กำหนดให้ค่าไฟหน่วยละ4บาท)

	ความจุ (คิว)	กำลังงาน (W)	ค่าไฟ (บาท/วัน)	$\Delta T$ (1 ชั่วโมง)
Mini portable coolerbox	0.9	37	3.552	17
ตู้เย็นเล็ก TOSHIBA รุ่น GR-D706MG	1.7	20	1.922	12

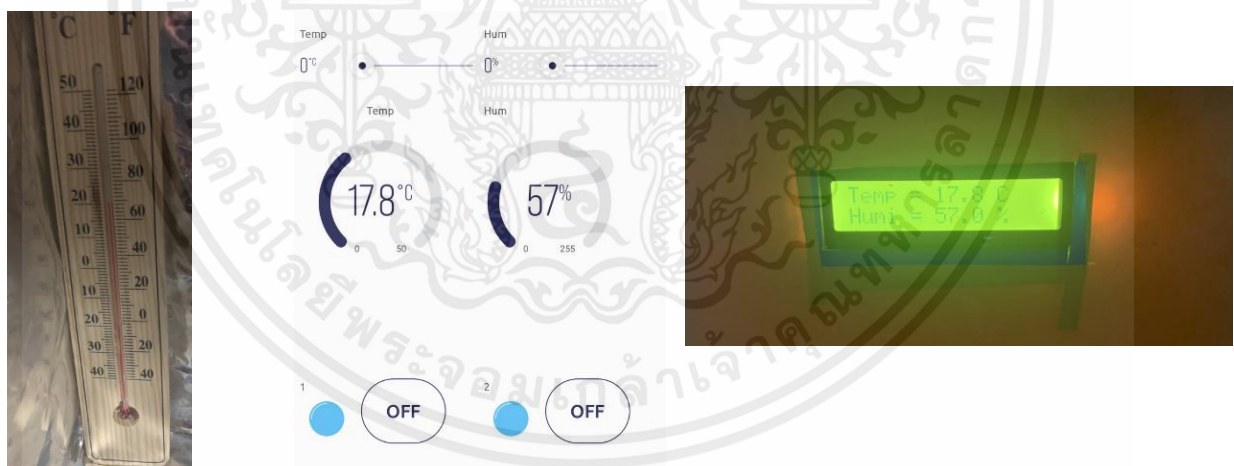


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ผลการทดลองนาที่ที่ 0 อุณหภูมิภายใน 29.30 องศาเซลเซียส

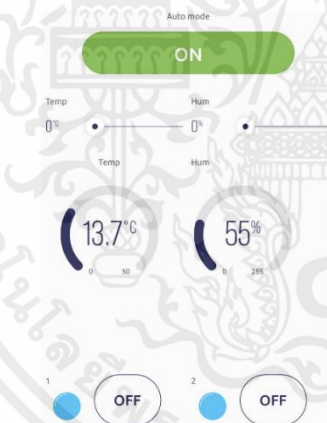


รูปที่ 4.3 ผลการทดลองนาที่ที่ 10 อุณหภูมิภายใน 17.80 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ผลการทดลองนาที่ที่ 20 อุณหภูมิภายใน 15.70 องศาเซลเซียส

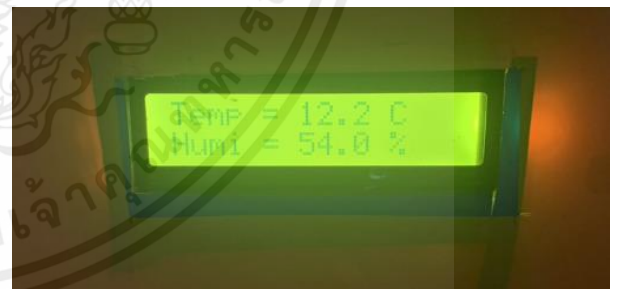
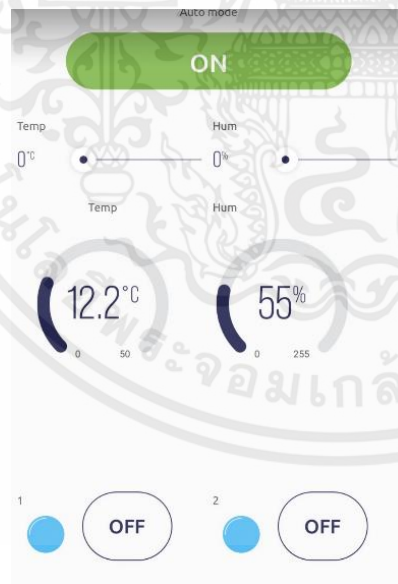


รูปที่ 4.5 ผลการทดลองนาที่ที่ 30 อุณหภูมิภายใน 13.70 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ผลการทดลองนาที่ที่ 40 อุณหภูมิ 13.00 องศาเซลเซียส

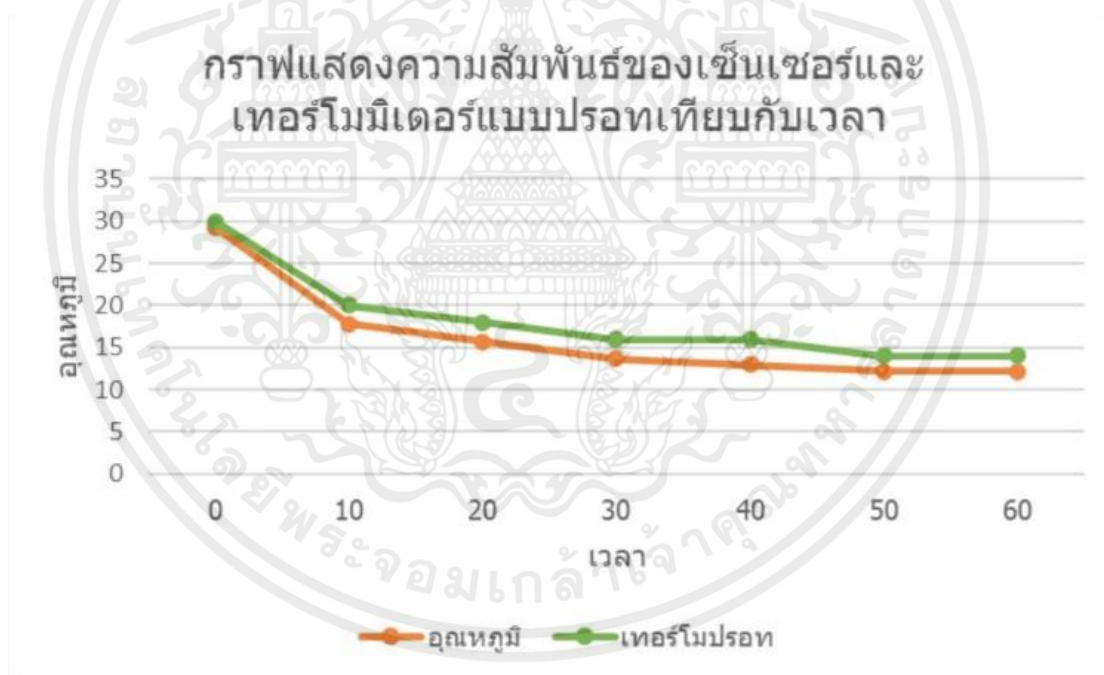


รูปที่ 4.7 ผลการทดลองนาที่ที่ 50และ 60 อุณหภูมิ 12.20 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การทดลองวัดค่าอุณหภูมิของเซ็นเซอร์และเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทเทียบกับเวลา

เวลา (นาทีก)	ค่าที่วัดได้จาก เซ็นเซอร์	ค่าที่วัดได้จาก เทอร์โมมิเตอร์	ความความเคลื่อน (%)
0	29.3	30	2.3
10	17.8	20	11
20	15.7	18	12.7
30	13.7	16	14.4
40	13	16	18.7
50	12.2	14	12.8
60	12.2	14	12.8



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของเซ็นเซอร์และเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทเทียบกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองประดิษฐ์ตู้เย็นขนาดเล็กพบว่า ความเย็นที่ทำให้กล่องเย็นนั้นเกิดจากแผ่นเพวเทียและเราจึงใช้เซ็นเซอร์ที่สามารถตรวจจับอุณหภูมิได้นั้นในการทดสอบอ่านค่าเพื่อเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทโดยจับเวลาครั้งละ 10 นาทีต่อรอบ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เราจึงพบว่าค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์นั้นมีความคลาดเคลื่อน โดยประมาณไม่เกิน 20% ยิ่งอุณหภูมิภายนอกมาสัมผัสข้างในกล่องเท่าไร อุณหภูมิจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จะต้องปิดกล่องให้สนิทเพื่อไม่ให้อากาศข้างนอกถ่ายเทความร้อนเข้ามาข้างในกล่อง

#### 5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า ค่าที่อ่านจากเซ็นเซอร์นั้นมีความคลาดเคลื่อนมากเพราะ มีการเปิดประตูตู้เย็นเพื่อดูเทอร์โมมิเตอร์ที่วัดอุณหภูมิอยู่ข้างในจึงทำให้ความเย็นนั้นออกทางประตูและทำให้ในตัวมีอุณหภูมิสูงขึ้นจึงทำให้การอ่านค่าของเทอร์โมมิเตอร์คลาดเคลื่อนจากการอ่านค่าโดยใช้เซ็นเซอร์วัดค่อนข้างมาก

## เอกสารอ้างอิง

- [1] บริษัท เอไอซีเอส จำกัด (สำนักงานใหญ่) Arduino Uno R3 จาก <https://www.ai-corporation.net/2021/11/19/arduino-uno-r3/>
- [2] ComGeeks.net Heat Sink จาก <https://www.comgeeks.net/heat-sink/index.htm>
- [3] ดร. ปิยวัฒน์ ทัพสนิท แผ่นเพวเทียร์ จาก <http://www.thaiphysoc.org/article/100/>
- [4] Thai Elec Arudino IC7809 จาก <https://www.thaielecs.com/product/651/ic-7809>
- [5] element14 AN AVNET COMPANY เซ็นเซอร์อุณหภูมิ จาก <https://th.element14.com/sensor-temperature-sensor-technology>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## UTC LM78XX LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

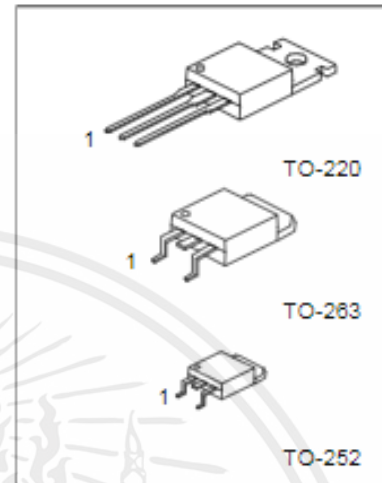
### 3-TERMINAL 1A POSITIVE VOLTAGE REGULATOR

#### DESCRIPTION

The UTC 78XX family is monolithic fixed voltage regulator integrated circuit. They are suitable for applications that required supply current up to 1 A.

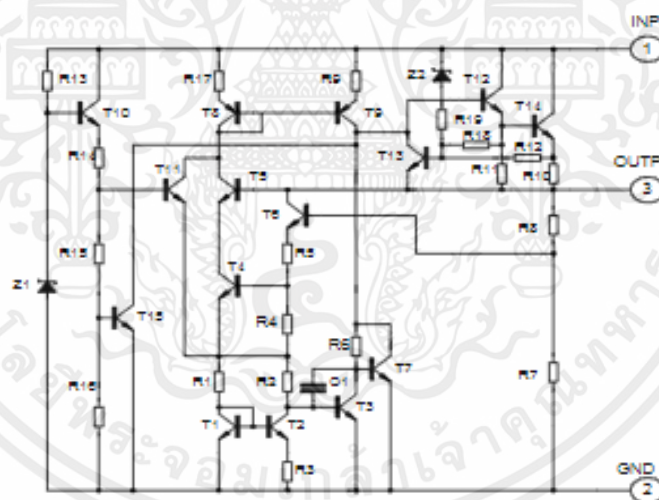
#### FEATURES

- \*Output current up to 1.5 A
- \*Fixed output voltage of 5V, 6V, 8V, 9V, 10V, 12V, 15V, 18V and 24V available
- \*Thermal overload shutdown protection
- \*Short circuit current limiting
- \*Output transistor SOA protection



1: Input 2: GND 3: Output

#### TEST CIRCUIT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## UTCLM78XX LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

### UTC LM7824 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

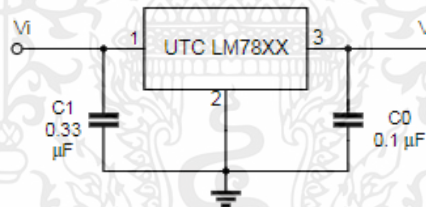
( $V_i=33V$ ,  $I_o=0.5A$ ,  $T_j=0^\circ C - 12^\circ C$ ,  $C_1=0.33\mu F$ ,  $C_o=0.1\mu F$ , unless otherwise specified)(Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	$V_o$	$T_j=25^\circ C$ , $I_o=5mA - 1.0A$	23.04	24.0	24.96	V
		$V_i=27V$ to $38V$ , $I_o=5mA - 1.0A$	22.80		25.20	V
Load Regulation	$\Delta V_o$	$T_j=25^\circ C$ , $I_o=5mA - 1.5A$			240	mV
		$T_j=25^\circ C$ , $I_o=0.25A - 0.75A$			120	mV
Line regulation	$\Delta V_o$	$V_i=27V$ to $38V$ , $T_j=25^\circ C$			240	mV
		$V_i=27V$ to $38V$ , $T_j=25^\circ C$ , $I_o=1A$			240	mV
Quiescent Current	$I_q$	$T_j=25^\circ C$ , $I_o \leq 1A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	$\Delta I_q$	$V_i=28V$ to $38V$			1.0	mA
		$I_o=5mA - 1.0A$			0.5	mA
Output Noise Voltage	$V_N$	$10Hz \leq f \leq 100kHz$		170		$\mu V$
Temperature coefficient of $V_o$	$\Delta V_o/\Delta T$	$I_o=5mA$		-2.8		mV/ $^\circ C$
Ripple Rejection	RR	$V_i=28V - 38V$ , $f=120Hz$ , $T_j=25^\circ C$	60	66		dB
Peak Output Current	$I_{PK}$	$T_j=25^\circ C$		1.8		A
Short-Circuit Current	$I_{SC}$	$V_i=35V$ , $T_j=25^\circ C$		250		mA
Dropout Voltage	$V_d$	$T_j=25^\circ C$		2.0		V

Note 1: The Maximum steady state usable output current are dependent on input voltage, heat sinking, lead length of the package and copper pattern of PCB. The data above represents pulse test conditions with junction temperatures specified at the initiation of test.

Note 2: Power dissipation < 0.5W

### APPLICATION CIRCUIT



Note 1: To specify an output voltage, substitute voltage value for "XX".

Note 2: Bypass capacitors are recommended for optimum stability and transient response and should be located as close as possible to the regulators.

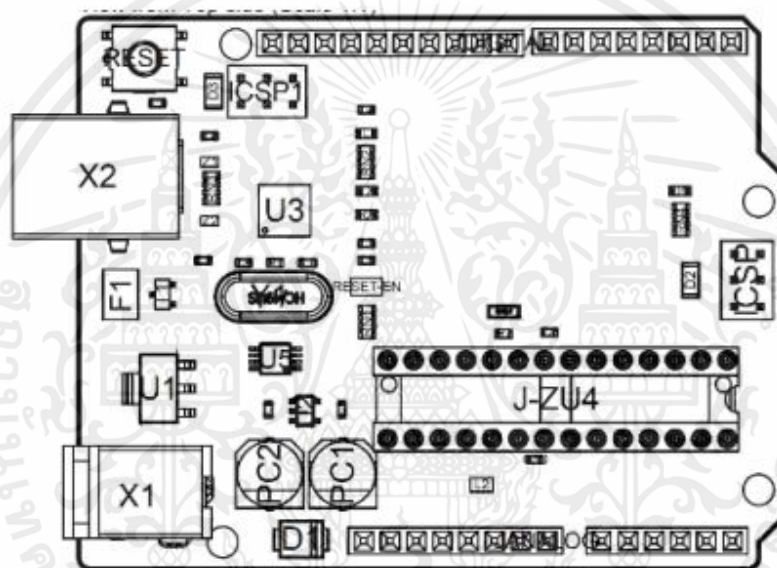
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Symbol	Description	Min	Typ	Max	Unit
VINMax	Maximum input voltage from VIN pad	6	-	20	V
VUSBMax	Maximum input voltage from USB connector	-	-	5.5	V
PMax	Maximum Power Consumption	-	-	xx	mA

### 3 Functional Overview

#### 3.1 Board Topology

Top view



Board topology

Ref.	Description	Ref.	Description
X1	Power jack 2.1x5.5mm	U1	SPX1117M3-L-5 Regulator
X2	USB B Connector	U3	ATMEGA16U2 Module
PC1	EEE-1EA470WP 25V SMD Capacitor	U5	LMV358LIST-A.9 IC
PC2	EEE-1EA470WP 25V SMD Capacitor	F1	Chip Capacitor, High Density
D1	CGRA4007-G Rectifier	ICSP	Pin header connector (through hole 6)
J-ZU4	ATMEGA328P Module	ICSP1	Pin header connector (through hole 6)
Y1	ECS-160-20-4X-DU Oscillator		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin	Function	Type	Description
1	NC	NC	Not connected
2	IOREF	IOREF	Reference for digital logic V - connected to 5V
3	Reset	Reset	Reset
4	+3V3	Power	+3V3 Power Rail
5	+5V	Power	+5V Power Rail
6	GND	Power	Ground
7	GND	Power	Ground
8	VIN	Power	Voltage Input
9	A0	Analog/GPIO	Analog input 0 /GPIO
10	A1	Analog/GPIO	Analog input 1 /GPIO
11	A2	Analog/GPIO	Analog input 2 /GPIO
12	A3	Analog/GPIO	Analog input 3 /GPIO
13	A4/SDA	Analog input/I2C	Analog input 4/I2C Data line
14	A5/SCL	Analog input/I2C	Analog input 5/I2C Clock line

## 5.2 JDIGITAL

Pin	Function	Type	Description
1	D0	Digital/GPIO	Digital pin 0/GPIO
2	D1	Digital/GPIO	Digital pin 1/GPIO
3	D2	Digital/GPIO	Digital pin 2/GPIO
4	D3	Digital/GPIO	Digital pin 3/GPIO
5	D4	Digital/GPIO	Digital pin 4/GPIO
6	D5	Digital/GPIO	Digital pin 5/GPIO
7	D6	Digital/GPIO	Digital pin 6/GPIO
8	D7	Digital/GPIO	Digital pin 7/GPIO
9	D8	Digital/GPIO	Digital pin 8/GPIO
10	D9	Digital/GPIO	Digital pin 9/GPIO
11	SS	Digital	SPI Chip Select
12	MOSI	Digital	SPI1 Main Out Secondary In
13	MISO	Digital	SPI Main In Secondary Out
14	SCK	Digital	SPI serial clock output
15	GND	Power	Ground
16	AREF	Digital	Analog reference voltage
17	A4/SD4	Digital	Analog input 4/I2C Data line (duplicated)
18	A5/SD5	Digital	Analog input 5/I2C Clock line (duplicated)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

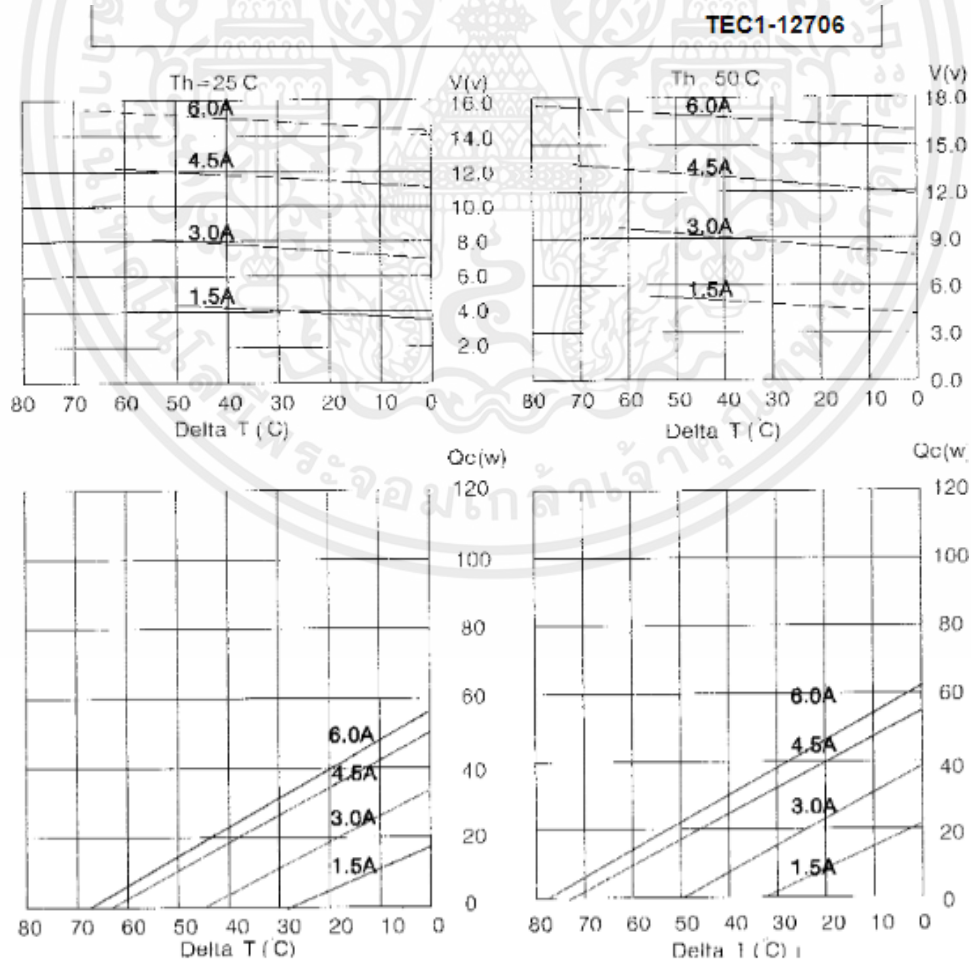
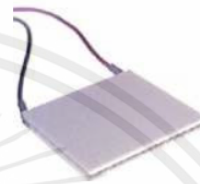


## Thermoelectric Cooler

TEC1-12706

### Performance Specifications

Hot Side Temperature (°C)	25°C	50°C
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (°C)	66	75
I <sub>max</sub> (Amps)	6.4	6.4
V <sub>max</sub> (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Parameters	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
<b>Humidity</b>				
<b>Resolution</b>		1%RH	1%RH	1%RH
			8 Bit	
<b>Repeatability</b>			± 1%RH	
<b>Accuracy</b>	25°C		± 4%RH	
	0-50°C			± 5%RH
<b>Interchangeability</b>	Fully Interchangeable			
<b>Measurement Range</b>	0°C	30%RH		90%RH
	25°C	20%RH		90%RH
	50°C	20%RH		80%RH
<b>Response Time (Seconds)</b>	1/e(63%)25°C , 1m/s Air	6 S	10 S	15 S
<b>Hysteresis</b>			± 1%RH	
<b>Long-Term Stability</b>	Typical		± 1%RH/year	
<b>Temperature</b>				
<b>Resolution</b>		1°C	1°C	1°C
		8 Bit	8 Bit	8 Bit
<b>Repeatability</b>			± 1°C	
<b>Accuracy</b>		± 1°C		± 2°C
<b>Measurement Range</b>		0°C		50°C
<b>Response Time (Seconds)</b>	1/e(63%)	6 S		30 S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#define BLYNK_PRINT Serial
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6st2W9rxG"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "pro j"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "_js6RWRoqfVWswyWYOmJxBYzsL6CUR6g"

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "DHT.h"
#include <Blynk.h>
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>

//กำหนดขาและชนิด DHT
#define DHTPIN 0
#define DHTTYPE DHT11

//กำหนดขา relay
#define relay1 16
#define relay2 17

char auth[] = "_js6RWRoqfVWswyWYOmJxBYzsL6CUR6g"; //token
//char ssid[] = "Narong_2.4G";
char ssid[] = "Narongsak J.";
char pass[] = "999999999";

byte auto_relay = 0;
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//#define BLYNK_Green      "#23C48E"
#define BLYNK_Blue        "#04C0F8"
//#define BLYNK_Red        "#D3435C"
//#define BLYNK_White     "#ffffff"

float temp_auto=0;
float humi_auto=0;

BlynkTimer timer;
WidgetLED led1(V10);
WidgetLED led2(V11);

BLYNK_CONNECTED() {
  Blynk.syncAll();
}

BLYNK_WRITE(V0)
{
  if (param.asInt() == 1&&auto_relay==0) {
    digitalWrite(relay1, !digitalRead(relay1));
    if (digitalRead(relay1) == HIGH) {
      led1.on();
    }
    else {
      led1.off();
    }
  }
}
BLYNK_WRITE(V1)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

BLYNK_WRITE(V1)
{
  if (param.asInt() == 1&&auto_relay==0) {
    digitalWrite(relay2, !digitalRead(relay2));
    if (digitalRead(relay2) == HIGH) {
      led2.on();
    }
    else {
      led2.off();
    }
  }
}

BLYNK_WRITE(V9)
{
  auto_relay = param.asInt();
  digitalWrite(relay1, LOW);
  digitalWrite(relay2, LOW);
  led1.off();
  led2.off();
}

BLYNK_WRITE(V5)
{
  temp_auto = param.asInt();
}

BLYNK_WRITE(V6)
{
  humi_auto = param.asInt();
}

void LCD() {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//lcd.clear();
float h = dht.readHumidity();
float t = dht.readTemperature();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Temp = " + String(t, 1) + " C");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Humi = " + String(h, 1) + " %");
Blynk.virtualWrite(V20, String(t,1));
Blynk.virtualWrite(V21, String(h,1));
if (auto_relay == 1) {
  if (t > temp_auto) {
    digitalWrite(relay1, HIGH);
    led1.on();
  }
  else {
    digitalWrite(relay1, LOW);
    led1.off();
  }
  if (h > humi_auto) {
    digitalWrite(relay2, HIGH);
    led2.on();
  }
  else {
    digitalWrite(relay2, LOW);
    led2.off();
  }
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void setup() {
  lcd.init();
  lcd.display();
  lcd.backlight();
  //lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Connecting...");
  Serial.begin (9600);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  led1.setColor(BLYNK_Blue);
  led2.setColor(BLYNK_Blue);
  timer.setInterval(1000L, LCD);
  pinMode(relay1, OUTPUT);
  pinMode(relay2, OUTPUT);
  dht.begin();
  //lcd.clear();
  digitalWrite(relay1, LOW);
  digitalWrite(relay2, LOW);
}

void loop() {
  Blynk.run();
  timer.run();
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้