

ระบบติดตามสภาพแวดล้อมสำหรับเกษตรกรรม

ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM FOR AGRICULTURE

ตุลภาค ศรีวัฒนานุพันธ์
ศิवा กนต์ธีร์
สแกนต์ เพียรสูงเนิน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบติดตามสภาพแวดล้อมสำหรับเกษตรกรรม

ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM FOR AGRICULTURE



ตุลภาค ศรีวัฒนานุพันธ์
คิวา กนต์ธีร์
สภานต์ เพียรสูงเนิน

๑/พ.
๓๖๕/ร
๒๕๕๘

สาขา.....
เลขทะเบียน 144454
วันเดือนปี 24 พ.ย. 2559

b. 12818100
i.

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM FOR AGRICULTURE

TULLAPAK

SIWA

SAKAN

SRIWATTANANUPHAN

KONTEE

PEANSUNGNERN

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015


ปริญญาโทปีการศึกษา 2558

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบติดตามสภาพแวดล้อมสำหรับเกษตรกรรม
ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM FOR AGRICULTURE

ผู้จัดทำ	นายตุลภาค	ศรีวัฒนานุพันธ์	55010438
	นายศิวา	กนต์ธีร์	55011217
	นายสกันต์	เพียรสูงเนิน	55011259


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดอน อิศรากร)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สองเมือง นันทขว้าง)

ระบบติดตามสภาพแวดล้อมสำหรับเกษตรกรรม

โดย

นายตุลภาค	ศรีพัฒนานุพันธ์	55010438
นายศิวา	กนต์ธีร์	55011217
นายสแกนต์	เพียรสูงเนิน	55011259

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดอน	อิศรากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สองเมือง	นันทขว้าง

ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการสร้างพลังงานทดแทน โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกมีลักษณะเป็นแผ่นบางที่สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน เรียกว่าปรากฏการณ์เพลทีเยอร์และเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า เรียกว่าปรากฏการณ์ซีเบค ซึ่งสามารถนำมาสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ ซึ่งงานวิจัยนี้ทดลองนำพลังงานที่ผลิตได้จากเพลทีเยอร์ มาใช้กับเซนเซอร์วัดสภาพแวดล้อมทางเกษตรกรรม ที่สามารถส่งข้อมูลแบบไร้สายในช่วงเวลาต่างๆ ไปบันทึกผลเพื่อให้เกษตรกรหรือผู้ใช้รู้ถึงปัญหา และความต้องการปัจจัยต่างๆ ของพืช เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุดและยังสามารถคาดการณ์ผลผลิตในอนาคตได้อีกด้วย ข้อดีของการใช้ผลต่างอุณหภูมิดังกล่าวคือ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าในเวลาที่เหมาะสมที่สุดไปแล้ว เพราะอุณหภูมิใต้ผิวดินสูงกว่าอุณหภูมิเหนือผิวดิน นอกจากนี้ยังสามารถออกแบบโครงสร้างได้หลากหลายรูปแบบ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดและเหมาะสมกับการใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก รองผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดอน อิศรากร และผู้ช่วยศาสตราจารย์สองเมือง นันทขว้าง ที่ให้ความเมตตากรุณาและให้คำปรึกษามาโดยตลอด รวมทั้งเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการดำเนินงาน โดยผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือ เตือนสติ และชักชวนทำแต่สิ่งที่ดีมีประโยชน์

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ผู้ให้การอุปการะเลี้ยงดู ให้การศึกษา และคอยเป็นกำลังใจให้ผู้จัดทำเสมอมา

ผู้จัดทำ

นายตุลภาค

ศรีวิฒนานุพันธ์

นายศิวา

กนต์ธีร์

นายสกานต์

เพียรสูงเนิน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	XIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขั้นตอนศึกษาและการจัดทำโครงการงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การเก็บเกี่ยวพลังงาน	3
2.1.1 เทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple)	3
2.1.2 ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect)	3
2.1.3 ผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน (Thermoelectric Effect)	4
2.1.4 เพลเทียร์เอฟเฟกต์	5
2.1.5 กลไกการถ่ายเทความร้อน	7
2.1.6 ปรากฏการณ์เรือนกระจก	8
2.1.7 การรวมแสง	8
2.2 การรับส่งข้อมูลและเซนเซอร์	9
2.2.1 วงจรแบ่งแรงดัน	9
2.2.2 LDR (Light Dependent Resistor)	10
2.2.3 เซนเซอร์วัดความชื้น	11
2.2.3 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	12
บทที่ 3 แนวคิดและการออกแบบ	13
3.1 การออกแบบการเก็บพลังงานด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก	13
3.2 การออกแบบการสร้างผลต่างอุณหภูมิ	13
3.2.1 อุปกรณ์นำความเย็นจากดิน	13
3.2.2 อุปกรณ์นำความร้อนด้วยฮีตซิงก์	14
3.2.3 อุปกรณ์นำความร้อนด้วยรางรวมแสง	15
3.2.4 อุปกรณ์นำความร้อนด้วยเลนส์รวมแสง	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การออกแบบตัวส่งสัญญาณไร้สาย	16
3.3.1 วงจรเซนเซอร์และวงจรส่งสัญญาณไร้สาย	16
3.3.2 วงจรเก็บพลังงาน	17
3.4 ออกแบบตัวรับสัญญาณไร้สาย	18
3.4.1 วงจรรับสัญญาณไร้สายและบันทึกข้อมูล	18
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	20
4.1 ทดลองเซนเซอร์วัดความชื้น	20
4.1.1 ทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้น	20
4.1.2 ทดลองการเกิดสนิมของเซนเซอร์วัดความชื้น	20
4.1.3 ทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นแกรไฟต์	21
4.1.4 ทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดแสง	22
4.1.5 ทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	22
4.2 ทดลองการรับและส่งสัญญาณไร้สาย	23
4.3 ทดลองการบันทึกข้อมูลลง SD Card	23
4.4 การหาแรงดันที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริก	24
4.4.1 Power Maximum ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 10 องศาเซลเซียส	27
4.4.2 Power Maximum ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 20 องศาเซลเซียส	28
4.5 การใช้พลังงานของวงจรส่งสัญญาณ	28
4.6 การหาขนาดตัวเก็บประจุ	29
4.7 ทดลองหาแรงดันไฟฟ้าจากการสร้างความร้อนด้วยฮีตซิงก์	30
4.8 ทดลองหาแรงดันไฟฟ้าจากการสร้างความร้อนด้วยรางรวมแสง	31
4.9 ทดลองหาแรงดันไฟฟ้าจากการสร้างความร้อนด้วยเลนส์รวมแสง	33
4.10 สร้างและหาจุดโฟกัสของเลนส์รวมแสง	34
4.10.1 สร้างเลนส์รวมแสง	34
4.10.2 หาจุดโฟกัสของเลนส์รวมแสง	35
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	37
5.1 สรุปผลการทดลอง	37
5.2 ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไข	37
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาครั้งถัดไป	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	41

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 หลักการทำงานเทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple)	3
2.2 ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect)	4
2.3 ผลของเพลเทียร์ (Peltier Effects)	5
2.4 ซีเบค เอฟเฟกต์ (Seebeck Effect) และปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect)	6
2.5 รูปภาพแสดงจุดโฟกัสเลนส์นูน	8
2.6 รูปวงจรกระแสแบ่งแรงดัน	9
2.7 การใช้วงจรแบ่งแรงดันกับเซนเซอร์	10
2.8 แอลดีอาร์ (LDR) และส่วนประกอบของแอลดีอาร์ (LDR)	10
2.9 การเปรียบเทียบค่าความต้านเมื่อความเข้มแสงเพิ่มหรือลดกับระยะเวลา	11
2.10 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	12
3.1 แบบจำลองอุปกรณ์นำความเย็นจากดิน	13
3.2 อุปกรณ์นำความเย็นจากดิน	14
3.3 อุปกรณ์นำความร้อนด้วยฮีตซิงก์	14
3.4 อุปกรณ์นำความร้อนด้วยรางรวมแสง	15
3.5 อุปกรณ์นำความร้อนด้วยเลนส์รวมแสง	15
3.6 ขั้นตอนการทำงานภาคส่งสัญญาณไร้สาย	16
3.7 อุปกรณ์ภาคส่งสัญญาณเซนเซอร์ไร้สาย	17
3.8 ขั้นตอนการเก็บพลังงาน	17
3.9 ขั้นตอนการทำงานภาครับสัญญาณไร้สายและบันทึกข้อมูล	18
3.10 อุปกรณ์ภาครับสัญญาณไร้สายและบันทึกข้อมูล (1)	19
3.11 อุปกรณ์ภาครับสัญญาณไร้สายและบันทึกข้อมูล (2)	19
4.1 ภาพการทดลองการอ่านค่าที่สภาวะดินเปียกและดินแห้ง	20
4.2 ภาพการทดลองการเกิดสนิมของเซนเซอร์วัดความชื้น (1)	20
4.3 ภาพการทดลองการเกิดสนิมของเซนเซอร์วัดความชื้น (2)	21
4.4 ภาพการทดลองการอ่านค่าของฮาเซนเซอร์แกรไฟต์ที่สภาวะดินเปียกและดินแห้ง	21
4.5 ภาพการทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดแสง	22
4.6 ภาพการทดลองการทำงานของเซนเซอร์อุณหภูมิ	22
4.7 การรับและส่งสัญญาณไร้สาย	23
4.8 การต่ออุปกรณ์รับสัญญาณไร้สายและบันทึกข้อมูล	23
4.9 การบันทึกข้อมูลลง SD Card	24
4.10 การหาแรงดันที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริก 1 แผ่น	24
4.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันของเทอร์โมอิเล็กทริกทั้ง 4 แผ่น	27
4.12 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 10 องศาเซลเซียส	27
4.13 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 20 องศาเซลเซียส	28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.14 การวัดกระแสของวงจรส่งสัญญาณ	29
4.15 อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยฮีตซิงก์	30
4.16 กราฟแสดงผลต่างอุณหภูมิและเวลาของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยฮีตซิงก์	30
4.17 กราฟแสดงแรงดันและเวลาของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยฮีตซิงก์	31
4.18 อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยรางรวมแสง	31
4.19 กราฟแสดงผลต่างอุณหภูมิและเวลาของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยราง	32
4.20 กราฟแสดงแรงดันและเวลาของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยรางรวมแสง	32
4.21 อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยเลนส์รวมแสง	33
4.22 กราฟแสดงผลต่างอุณหภูมิและเวลาของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยเลนส์รวมแสง	33
4.23 กราฟแสดงแรงดันและเวลาของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยเลนส์รวมแสง	34
4.24 เลนส์รวมแสง	35
4.25 ลำแสงขนาน	35
4.26 การหาระยะโฟกัสของเลนส์	36

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงค่าแรงดันที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริก 1 แผ่น	25
4.2 แสดงค่าแรงดันที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริก 2 แผ่น	25
4.3 แสดงค่าแรงดันที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริก 3 แผ่น	26
4.4 แสดงค่าแรงดันที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริก 4 แผ่น	26

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในประเทศไทยภาคเกษตรยังคงมีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ เพราะนอกจากจะก่อให้เกิดรายได้แล้ว คนส่วนใหญ่ของประเทศยังมีอาชีพทำการเกษตร และผลการพัฒนาการเกษตรที่ผ่านมา พบว่ารายได้และความเป็นอยู่ของเกษตรกรโดยรวมดีขึ้น ซึ่งในยุคสมัยปัจจุบันการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการทำเกษตรเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งตั้งอยู่บนแนวคิดของการทำเกษตรสมัยใหม่ที่เรียกว่า เกษตรแม่นยำสูง (Precision Farming) เกษตรกรสามารถจะปรับการใช้ทรัพยากรให้สอดคล้องกับสภาพของพื้นที่ย่อยๆ รวมไปถึงการดูแลอย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ ซึ่งสามารถนำไปปรับใช้ได้ทั้งฟาร์มพืชและสัตว์ ยกตัวอย่างเช่น การปลูกข้าว ใน พื้นที่นาหลายๆ แห่ง จะสังเกตได้ว่า ผลผลิตของข้าวที่ออกมาในแต่ละต้น ให้รวงข้าวที่ไม่เท่ากัน บางบริเวณก็ ให้รวงข้าวเยอะ บางบริเวณให้รวงข้าวน้อย และการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยที่เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จำเป็นต้องหาพลังงานให้กับอุปกรณ์

พลังงานเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยพลังงานที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่จะเป็นพลังงานที่ได้จากฟอสซิลเป็นจำนวนมาก ได้แก่ ถ่านหิน ปิโตรเลียม และแก๊สธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิดมลพิษและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณสูง ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกซึ่งเป็นปัญหาของภาวะโลกร้อน ทำให้พลังงานทดแทนจึงได้รับความสนใจมากขึ้น และพลังงานทดแทนที่หาได้จากธรรมชาติ ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ (พลังงานความร้อน) พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น ซึ่งพลังงานที่น่าสนใจ คือ พลังงานแสงอาทิตย์ (พลังงานความร้อน) เนื่องจากประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตใกล้เส้นศูนย์สูตร จึงได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง

งานวิจัยนี้จึงได้มีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาช่วยในการทำเกษตร โดยได้ทำอุปกรณ์ติดตามสภาพแวดล้อม ให้เกษตรกรนำผลสภาพแวดล้อมมาเปรียบเทียบกับผลผลิตที่ได้ เพื่อก่อให้เกิดผลผลิตที่ดีและมากที่สุด และการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยก็จำเป็นต้องมีแหล่งพลังงานให้กับอุปกรณ์ จากการทำการเกษตรกลางแจ้ง จึงใช้การผลิตพลังงานจากผลความต่างของอุณหภูมิ ที่ได้ อุณหภูมิความร้อนจากดวงอาทิตย์ และอุณหภูมิที่เย็นกว่าจากดิน และอุปกรณ์ติดตามสภาพแวดล้อมนี้รับส่งข้อมูลแบบไร้สาย จึงสามารถย้ายอุปกรณ์ได้สะดวกและสามารถสร้างพลังงานจากธรรมชาติใช้ได้เอง

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาและออกแบบวงจรเซนเซอร์การตรวจสอบสภาพแวดล้อม ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช
2. เพื่อศึกษาและออกแบบวงจรการรับ-ส่งข้อมูลไร้สายและการบันทึกข้อมูล
3. เพื่อศึกษาและออกแบบแหล่งกำเนิดพลังงานจากธรรมชาติ (ความแตกต่างของอุณหภูมิ) ให้มีพลังงานเพียงพอต่อวงจร

1.3 ขั้นตอนศึกษาและการจัดทำโครงการ

ศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เพื่อหาเซนเซอร์ที่จะมาทำวงจรตรวจสอบสภาพแวดล้อม ออกแบบวงจรตรวจสอบสภาพแวดล้อมการรับส่งข้อมูลไร้สายและการบันทึกข้อมูล ส่วนต่อมาศึกษาการสร้างพลังงานจากแผ่นเพลเทียร์ แนวคิดที่จะได้พลังงานคือ ให้ออกแบบให้ด้านบนรับความร้อนมากๆ และด้านล่างรับความเย็นจากพื้นดิน สุดท้ายนำแหล่งจากพลังงานไปต่อกับวงจรตรวจสอบสภาพแวดล้อม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำอุปกรณ์ติดตามสภาพแวดล้อมมาช่วยในการทำการเกษตรได้จริง
2. สามารถใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิ มาผลิตพลังงานให้กับวงจรติดตามสภาพแวดล้อมได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการ

1.5 ขอบเขตการศึกษา

ในการทำโครงการนี้เป็นการใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการติดตามสภาพแวดล้อม จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักคือ ส่วนแรกวงจรเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของพืชคือ อุณหภูมิ แสง ความชื้น สามารถรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย และส่วนที่สองหาแหล่งพลังงานที่สามารถผลิตได้จากธรรมชาติ ซึ่งใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิเพื่อผลิตพลังงานให้กับวงจร

บทที่ 2

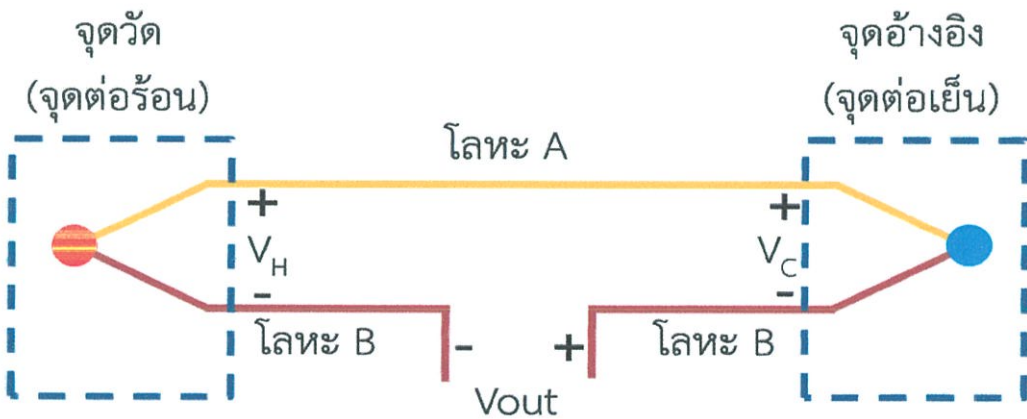
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเก็บเกี่ยวพลังงาน

การเก็บเกี่ยวพลังงาน (Energy Harvesting) เป็นกระบวนการการนำหรือเปลี่ยนแปลงพลังงานซึ่งเป็นผลพลอยได้จากแหล่งพลังงานอื่นๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานความร้อน พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานจลน์ เป็นต้น[1]

2.1.1 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

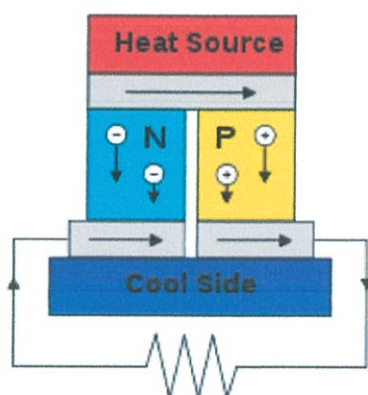
เทอร์โมคัปเปิล คืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ชนิด โดยนำปลายโลหะทั้ง 2 ชนิดมาเชื่อมเข้าด้วยกันเป็นจุดสำหรับวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยเปิดไว้ เรียกว่าจุดอ้างอิง ดังแสดงในรูปที่ 2.1 หากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกัน ก็จะทำให้มีการนำกระแสในวงจรเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองข้าง ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ค้นพบโดย Thomas Seebeck นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันในปี ค.ศ. 1821[2]



รูปที่ 2.1 หลักการทำงานเทอร์โมคัปเปิล[2]

2.1.2 ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect)

ปรากฏการณ์ซีเบค เป็นปรากฏการณ์ที่มีการเปลี่ยนจากพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า ที่ปลายด้านร้อน (Hot End) จะมีพลังงานมากกว่าที่ปลายด้านเย็น (Cold End) และจะแพร่ไปที่ปลายด้านเย็น และจะเกิดการเคลื่อนที่ของประจุทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ ซึ่งตรงกันข้ามกับการไหลของประจุ[3] ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ปรากฏการณ์ซีเบค[3]

วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck Coefficient) ไม่เท่ากับศูนย์จะเป็นวัสดุ Thermoelectric และจะมีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคเป็นได้ทั้งบวกและลบ ขึ้นอยู่กับสมบัติของวัสดุนั้นๆ เช่น ในกรณี N-type จะมี Seebeck Coefficient เป็นลบ แต่ P-type จะมี Seebeck Coefficient เป็นบวก เป็นต้น

2.1.3 ปรากฏการณ์แรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน (Thermoelectric Effect)

เกิดจากการส่งผ่านพลังงานทางไฟฟ้าและพลังงานทางความร้อนของโลหะที่ต่างกัน จึงทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าตกคร่อมที่โลหะนั้นๆ ซึ่งความต่างศักย์นี้จะสัมพันธ์กับความจริงที่ว่า อิเล็กตรอนในปลายด้านร้อนของโลหะจะมีพลังงานความร้อนมากกว่าปลายทางด้านเย็น จึงทำให้อิเล็กตรอนมีความเร็วไปหาปลายด้านเย็น และที่อุณหภูมิเดียวกันนี้ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะแปรเปลี่ยนไปตามโลหะที่ต่างชนิดกันด้วย ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า โลหะที่ต่างกันจะมีการนำความร้อนที่ต่างกัน[3]

1. ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect) โดยใช้ทฤษฎีโซลิตสเตต สามารถวิเคราะห์ค่าได้จากสมการที่ (2.1) เป็นสมการอินทิเกรตค่าจากย่านของอุณหภูมิดังกล่าว นั่นคือ

$$\varepsilon = \int_{T_1}^{T_2} (Q_A - Q_B) dT \quad (2.1)$$

สมการนี้จะอธิบายผลของซีเบค ซึ่งพบว่า

1. ค่า emf. ที่เกิดจะเป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของอุณหภูมิ จึงเกิดความแตกต่างของค่าคงที่ในการส่งผ่านความร้อนของโลหะ
2. ถ้าใช้โลหะชนิดเดียวกันมาทำเทอร์โมคัปเปิลค่า emf. ที่ได้ก็จะมีค่าเป็นศูนย์
3. ถ้าอุณหภูมิทั้งสองจุดคือจุดวัดและจุดอ้างอิงเหมือนกันค่า emf. ก็จะเป็นศูนย์

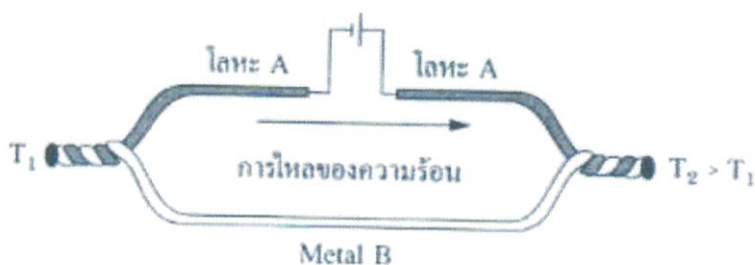
โดยสูตรที่ง่ายและสามารถนำมาคำนวณได้เช่น สมการที่ (2.2)

$$\varepsilon = \alpha(T_2 - T_1) \quad (2.2)$$

เมื่อ α = ค่าคงที่หรือเรียกว่าสัมประสิทธิ์ของซีเบค ; volts/K

T_1, T_2 = อุณหภูมิที่จุดต่อ ; K

2. ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effects) หากคิดย้อนกลับจากปรากฏการณ์ซีเบค จะพบว่ามันคือการใช้โลหะที่แตกต่างกันสองชนิดมาเชื่อมต่อทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วจ่ายพลังงานจากภายนอกเข้าไป ก็จะทำให้เกิดกระแสไหลในวงจร เพราะจากคุณสมบัติในการส่งพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนของโลหะ พบว่าขั้วหนึ่งจะเกิดความร้อน (T_2) และอีกขั้วหนึ่งจะเกิดความเย็น (T_1) ขึ้น โดยผลดังกล่าวเรียกว่า “ปรากฏการณ์เพลเทียร์” (Peltier Effect) มักถูกนำไปใช้สำหรับการทำความเย็นกับส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือแม้กระทั่งเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก[4] ดังรูปที่ 2.3

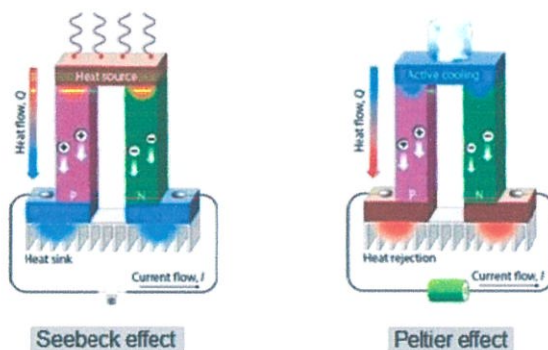


รูปที่ 2.3 ปรากฏการณ์เพลเทียร์[4]

2.1.4 เพลเทียร์เอฟเฟกต์

ปรากฏการณ์ที่เรียกว่า เพลเทียร์เอฟเฟกต์ (Peltier Effect) ได้ถูกค้นพบมากกว่า 176 ปีแล้ว โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส 2 คนที่ชื่อ เฟรนช์ วัตช์เมคเกอร์ (French Watchmaker) และ ยีน ชาร์เลส เอธานาสซี เพลเทียร์ (Jean Char Athanase Peltier) เมื่อปี ค.ศ. 1834 พบว่า เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำสองด้านจะกลายเป็นผิวร้อน (Hot Surface) และผิวเย็น (Cold Surface) ขึ้นกับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect) ในทางกลับกัน ถ้าถ่ายเทความร้อนให้กับผิวด้านหนึ่งจะเกิดแรงดันไฟฟ้าที่เรียกว่า ซีเบคโวลต์เตจ (Seebeck Voltage) สารกึ่งตัวนำดังกล่าวเรียกว่า P-N Junction โดยที่การผลิตกระแสไฟฟ้าจะต่อแบบอนุกรม และการทำความเย็นจะต่อแบบขนานเป็นแบบแซนวิช ในพื้นที่ระหว่างแผ่นฉนวนเซรามิกมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อาศัยหลักการของปรากฏการณ์เพลเทียร์ ซึ่งจัดเป็นปั๊มความร้อน (Heat Pump) เรียกว่าเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์

หลักการทำความเย็นแบบนี้เกิดขึ้นได้ โดยการใช้สารกึ่งตัวนำแบบ พี-เอ็น (P-N Type) ซึ่งสารกึ่งตัวนำแบบพี-เอ็นนั้น ก็คือส่วนประกอบหลักของแผ่นทำความเย็นเพลเทียร์ โดยการทำทำความเย็นจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ มีการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current : DC) หรือไฟกระแสตรงให้กับแผ่นทำความเย็นเพลเทียร์ เพราะเมื่อกระแสไฟฟ้าเดินทางผ่านวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำแล้ว ก็จะทำให้เกิดการทำให้ปฏิกิริยาขึ้น และเมื่อสารกึ่งตัวนำ แบบพี-เอ็น ซึ่งต่างชนิดกันมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ก็จะมีการดูดกลืนกันของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนจากระดับพลังงานต่ำทางด้านสารกึ่งตัวนำแบบพี ไปสู่ระดับพลังงานที่สูงกว่าทางด้านสารกึ่งตัวนำแบบเอ็น ทำให้กระบวนการดังกล่าวส่งผลให้ที่ผิวด้านหนึ่งของแผ่นเพลเทียร์มีการดูดพลังงานความร้อน ซึ่งก็ได้จากความร้อนที่อยู่โดยรอบนั่นเอง เมื่อความร้อนในบริเวณรอบๆ ถูกดูดเข้ามา ก็จะทำให้ในบริเวณนั้นมีอุณหภูมิต่ำลง ซึ่งด้านนี้ก็คือด้านทำความเย็น และในขณะเดียวกันก็จะเกิดการดูดกลืนของอิเล็กตรอนจากระดับพลังงานที่สูง ในสารกึ่งตัวนำแบบเอ็น สู่อิเล็กตรอนที่ต่ำกว่า ในสารกึ่งตัวนำแบบพี ส่งผลให้เกิดการคายความร้อนออกมาที่บริเวณผิวด้านของอีกด้านหนึ่ง[4] อธิบายความแตกต่างระหว่างปรากฏการณ์ข้างต้น ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ปรากฏการณ์ซีเบค และปรากฏการณ์เพลเทียร์[3,4]

2.1.5 กลไกการถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เกิดขึ้นจากความไม่สมดุลทางความร้อนของตำแหน่งสองตำแหน่งที่มีค่าความร้อนที่แตกต่างกัน โดยที่ความร้อนจะถ่ายเทจากอุณหภูมิสูงไปยังที่มีอุณหภูมิต่ำเสมอ ในกลไกการถ่ายเทความร้อนในธรรมชาติมีอยู่ 3 ประเภทคือ การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสี[5]

1. การนำความร้อน

การนำความร้อน (Heat Conduction) เป็นปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทระหว่างวัตถุสองชิ้นที่ติดสัมผัสกัน หรือถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่งๆ โดยการถ่ายเทความร้อนจะมีทิศทางของการเคลื่อนที่พลังงานความร้อนจากตำแหน่งบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังตำแหน่งบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยที่ตัวกลางในการนำความร้อนต้องไม่ขยับหรือเคลื่อนที่ การนำความร้อนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นบนชั้นอะตอมของอนุภาค การนำความร้อนเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการนำไฟฟ้า การนำความร้อนเป็นลักษณะการถ่ายเทความร้อนผ่านโดยตรงจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งโดยการสัมผัสกัน วัสดุที่นำความร้อนได้เรียกว่า ตัวนำความร้อนซึ่งส่วนมากจะเป็นวัสดุประเภทโลหะ ส่วนวัสดุที่ไม่นำความร้อน เรียกว่า ฉนวนความร้อน วัสดุที่เป็นฉนวนความร้อน ได้แก่ ไม้ ผ้า พลาสติก การนำความร้อนดีหรือไม่ดี ขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)

2. การพาความร้อน

การพาความร้อน (Heat Convection) เป็นปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทระหว่างสสารสองสถานะคือ ของเหลวและก๊าซ โดยที่ของเหลวหรือแก๊สส่วนที่ได้รับความร้อนจะเคลื่อนที่พาความร้อนไปด้วย การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจากสารใดสารหนึ่งได้รับความร้อนแล้ว ความหนาแน่นของอนุภาคจะน้อยลง และขยายตัวลอยสูงขึ้น พร้อมทั้งพาความร้อนไปด้วย ในขณะที่เดียวกันอีกส่วนที่ไม่ได้รับความร้อนมีความหนาแน่นของอนุภาคมากกว่า จะเคลื่อนที่มาแทนไปเรื่อยๆ จนสสารนั้นได้รับความร้อนเท่ากัน ปรากฏการณ์นี้มีตัวอย่างคือ การเกิดลมบก ลมทะเล เป็นต้น

3. การแผ่รังสีความร้อน

การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) เป็นปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทอกรอบตัวทุกทิศทุกทาง โดยที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน ซึ่งวัตถุทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นของแข็งหรือของเหลว ถ้ามีอุณหภูมิสูงกว่าศูนย์องศาสัมบูรณ์จะแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาทุกความถี่ วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงแผ่รังสีคลื่นสั้น วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำแผ่รังสีคลื่นยาว ร้อน โดยการแผ่รังสี โดยที่วัตถุแต่ละชนิดสามารถดูดกลืนความร้อนจากการแผ่รังสีได้ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ

1. สีของวัตถุ วัตถุสีดำหรือสีเข้มดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าวัตถุสีขาวหรือสีอ่อน
2. ผิววัตถุ วัตถุผิวขรุขระดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าวัตถุผิวเรียบและขัดมัน

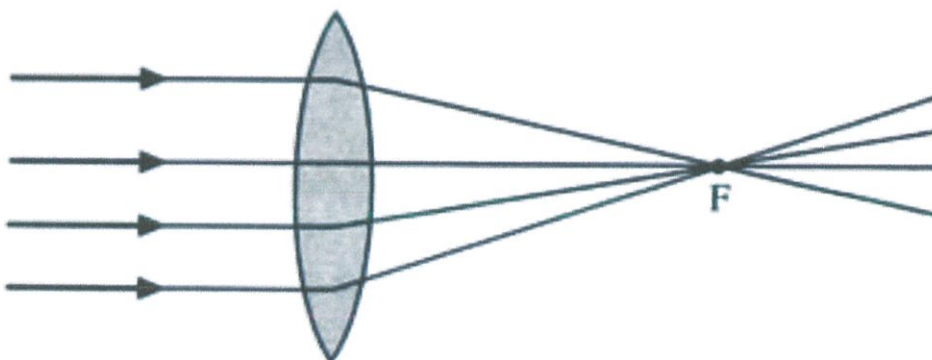
2.1.6 ปรากฏการณ์เรือนกระจก

ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) เป็นกระบวนการที่รังสีความร้อนของพื้นผิวโลกถูกดูดซับโดยก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ และทำการแผ่รังสีออกไปอีกครั้ง การที่โลกถูกห่อหุ้มด้วยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นองค์ประกอบของบรรยากาศโลก ซึ่งก๊าซเหล่านี้ดูดคลื่นรังสีความร้อนไว้ในเวลากลางวัน แล้วค่อยๆ แผ่รังสีความร้อนออกมาในเวลากลางคืน ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศโลกไม่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันถ้าไม่มีก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ จะทำให้อุณหภูมิในตอนกลางวันนั้นร้อนจัด และในตอนกลางคืนนั้นหนาวจัด

การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่ความถี่ตามองเห็นผ่านชั้นบรรยากาศส่วนใหญ่ ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกสูงขึ้น จะมีการแผ่พลังงานออกมาในรูปรังสีอินฟราเรดที่มีความถี่ต่ำกว่า รังสีอินฟราเรดจะถูกก๊าซเรือนกระจกดูดซับไว้ และจะมีการแผ่พลังงานปริมาณมากกลับไปบนพื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศที่ต่ำสุด กลไกนี้ตั้งชื่อตามปรากฏการณ์ที่การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจกแล้วทำให้เรือนกระจกอุ่นขึ้น ส่วนวิธีการกักเก็บความร้อนจะต่างไปโดยเรือนกระจกเป็นการลดการไหลของอากาศแยกอากาศที่อุ่นข้างในเพื่อไม่ให้ความร้อนสูญเสียไปโดยการพาความร้อน[6]

2.1.7 การรวมแสง

เลนส์นูน (Convex Lens) เป็นเลนส์ที่มีลักษณะตรงกลางหนากว่าส่วนขอบ เลนส์นูนทำหน้าที่รวมแสงให้เข้ามารวมกันที่จุดจุดหนึ่งเรียกว่า จุดโฟกัส หรือจุดรวมแสง จำลองการรวมแสงของเลนส์นูนดังรูปที่ 2.5 ภาพที่เกิดจากเลนส์นูน เป็นได้ทั้งภาพจริงและภาพเสมือน ซึ่งภาพจริงเป็นภาพที่ฉากรับได้เป็นภาพหัวกลับของวัตถุ ส่วนภาพเสมือนเป็นภาพที่ฉากไม่สามารถรับได้เป็นภาพหัวตั้งเหมือนวัตถุ ภาพที่เกิดขึ้นจากเลนส์นูนมีหลายขนาด ขึ้นอยู่กับระยะของวัตถุ และตำแหน่งภาพจริงที่จะเกิดหลังเลนส์ ภาพเสมือนที่เกิดจากเลนส์นูนมีขนาดใหญ่กว่าวัตถุและตำแหน่งภาพเสมือนจะเกิดขึ้นหน้าเลนส์[7]



รูปที่ 2.5 จุดโฟกัสเลนส์นูน[7]

คำนวณหาความยาวโฟกัสได้จากสมการที่ (2.3)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \quad (2.3)$$

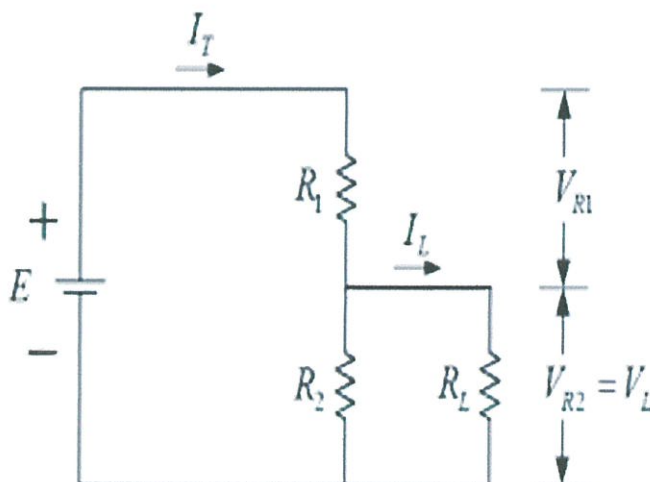
โดยที่	f	คือ ความยาวโฟกัส ; f เป็นบวกเมื่อเป็นเลนส์นูน
	s	คือ ระยะวัตถุ
	s'	คือ ระยะภาพ

2.2 การรับส่งข้อมูลและเซนเซอร์

2.2.1 วงจรแบ่งแรงดัน

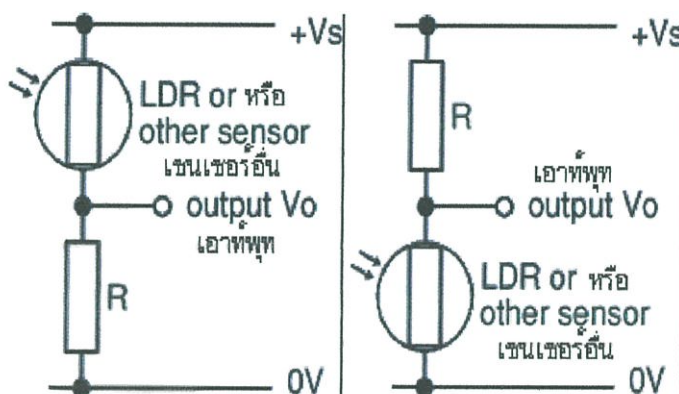
วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage Divider Circuit) เป็นวงจรที่ใช้สำหรับแบ่งค่าแรงดันไฟฟ้าออกเป็นหลายๆ ค่าเพื่อใช้เลี้ยงอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ในวงจร โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าเพียงแหล่งเดียว ซึ่งใช้ต้านทาน (Resistor) ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยอาศัยกฎของโอห์มมาประยุกต์ใช้ในการแบ่งแรงดันไฟฟ้าในวงจร[8] ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.6 วงจรแบ่งแรงดันนี้ แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1. วงจรแบ่งแรงดันแบบไม่มีโหลด (Unloaded Voltage Divider Circuit)
2. วงจรแบ่งแรงดันแบบมีโหลด (Loaded Voltage Divider Circuit) ดังในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 วงจรกระแสแบ่งแรงดัน[8]

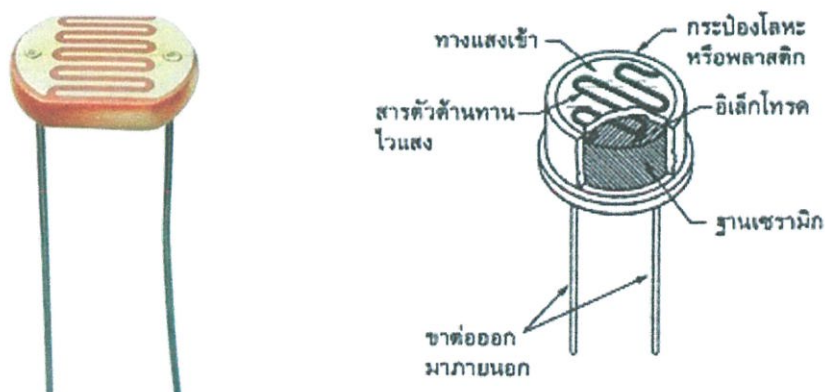
ค่าของตัวต้านทาน R จะเป็นตัวกำหนดช่วงของแรงดันเอาต์พุต V_o ยิ่งแรงดัน V_o มีช่วงกว้างก็จะยิ่งดี โดยที่ค่าความต้านทาน R จะต้องมีค่าระหว่าง R_{max} และ R_{min} ของความต้านทานของเซนเซอร์ ซึ่งมากสามารถใช้มัลติมิเตอร์ช่วยในการหาค่าความต้านทาน R_{max} และ R_{min} ของเซนเซอร์ จากนั้นเลือกค่าตัวต้านทาน : $R =$ รากที่สองของ $(R_{min} \times R_{max})$ การเลือกค่า R จะเลือกค่าที่ใกล้เคียงกับค่าจากการคำนวณ ตัวอย่างการต่อใช้งานกับเซนเซอร์วัดแสง (LDR) ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การใช้วงจรแบ่งแรงดันกับเซนเซอร์[8]

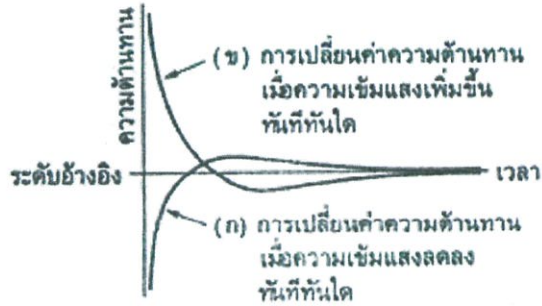
2.2.2 LDR : Light Dependent Resistor)

แอลดีอาร์ (LDR : Light Dependent Resistor) คือ ความต้านทานชนิดที่ไวต่อแสง กล่าวคือ ตัวความต้านทานนี้สามารถเปลี่ยนสภาพทางความนำไฟฟ้าได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบ บางครั้งเรียกว่าโฟโตริซิสเตอร์ หรือโฟโตคอนดักเตอร์ เป็นตัวต้านทานที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำประเภท แคดเมียมซัลไฟด์ (Cds : Cadmium Sulfide) หรือแคดเมียมซีลีไนด์ (CdSe : Cadmium Selenide) ซึ่งทั้งสองตัวนี้เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำ เอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบไว้ออกมา[10] ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แอลดีอาร์ และส่วนประกอบของแอลดีอาร์[10]

ผลตอบสนองทางไฟฟ้า ความต้านทานของ LDR ในขณะที่ไม่มีแสงกับขณะมีแสง จะไม่เท่ากัน โดยทั่วไปแล้วเมื่อความเข้มแสงตกกระทบบมาจะมีความต้านมาก และเมื่อความเข้มแสงน้อยก็ จะมีความต้านน้อยเช่นกัน ซึ่งค่าความต้านทานของแต่ละรุ่นก็จะไม่เท่ากัน ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มแสงกับความต้านทานของ LDR แสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การเปรียบเทียบค่าความต้านเมื่อความเข้มแสงเพิ่มหรือลดกับระยะเวลา[10]

2.2.3 เซนเซอร์วัดความชื้น

เซนเซอร์วัดความชื้น (Soil Moisture Sensor) เป็นการใช้อิเล็กโทรด 2 ขา ที่มีความสามารถในการนำไฟฟ้าเสียลงดิน หากดินมีความชื้นมากก็มีความต้านมาก จะใช้หลักการโดยการวัดความต้านทานระหว่างขาอิเล็กโทรด 2 ขานี้ และเพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องต่อร่วมกับวงจรแบ่งแรงดันเพื่อให้ค่าที่อ่านได้อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้า

การต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต่อที่ขานาล้อคอินพุต ซึ่งให้ค่าแรงดันออกมาตั้งแต่ 0 - 5V (ในทางอุดมคติ) โดยหากความชื้นในดินมีมากแรงดันที่ปล่อยออกไปก็จะน้อยตามไปด้วย ในลักษณะของการแปรผกผันกลับ[11]

บทที่ 3

แนวคิดและการออกแบบ

3.1 การออกแบบการเก็บพลังงานด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก

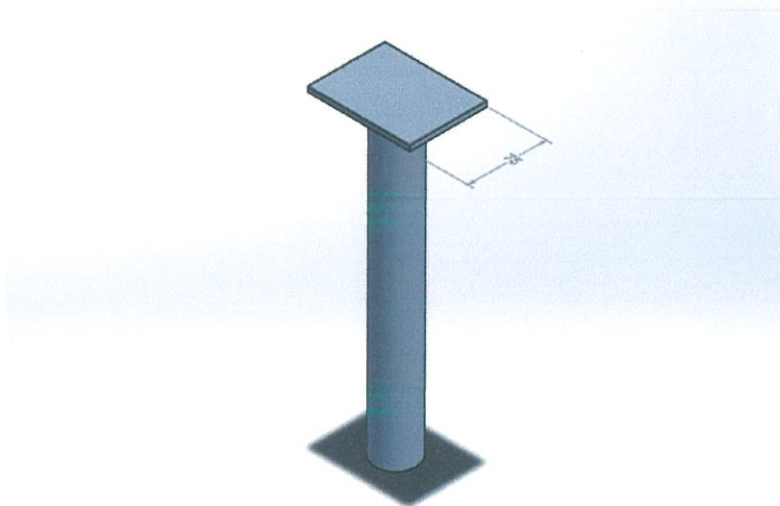
จากหลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก มีการกำเนิดพลังงานขึ้นเมื่อด้าน 2 ด้านของเทอร์โมอิเล็กทริกมีความแตกต่างกันของอุณหภูมิ จึงออกแบบโครงสร้างโดยอาศัยผลต่างระหว่าง อุณหภูมิเหนือดินกับอุณหภูมิตใต้ดิน

3.2 การออกแบบการสร้างผลต่างอุณหภูมิ

โครงสร้างนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนใต้ดิน ทำหน้าที่นำความเย็นจากใต้ดินมายังผิวเทอร์โมอิเล็กทริกด้านล่าง และส่วนเหนือดิน ทำหน้าที่นำความร้อนมายังผิวเทอร์โมอิเล็กทริกด้านบน

3.2.1 อุปกรณ์นำความเย็นจากดิน

สร้างอุปกรณ์นำความเย็นด้วยวัสดุอะลูมิเนียม มีลักษณะเป็นแท่งกลมตัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ปลายด้านบนมีลักษณะเป็นแป้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 7.5×10 เซนติเมตร โดยนำปลายด้านล่างฝังลงดิน ดังรูปที่ 3.1 - 3.2 เพื่อนำความเย็นจากดินมายังเทอร์โมอิเล็กทริกด้านล่างที่ติดอยู่กับแป้นของอุปกรณ์ที่อยู่เหนือผิวดิน



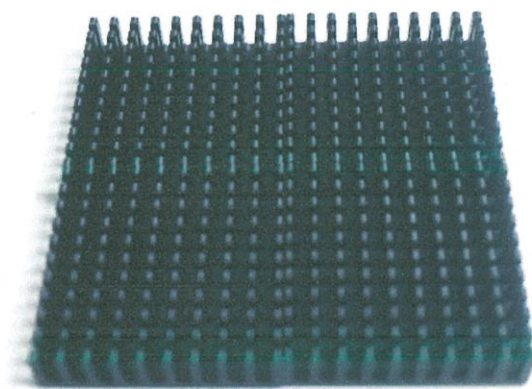
รูปที่ 3.1 แบบจำลองอุปกรณ์นำความเย็นจากดิน



รูปที่ 3.2 อุปกรณ์นำความเย็นจากดิน

3.2.2 อุปกรณ์นำความร้อนด้วยฮีตซิงก์

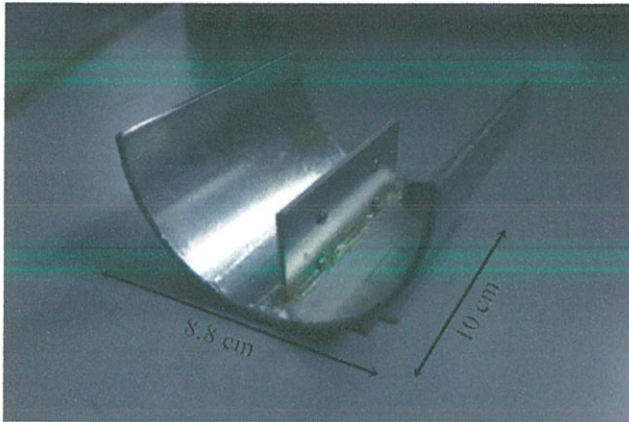
ฮีตซิงก์ หรือแผงระบายความร้อน (Heat Sink) เป็นชิ้นส่วนซึ่งทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยเพิ่มพื้นที่สัมผัสอากาศ วัสดุที่นิยมนำมาทำแผงระบายความร้อนมี 3 รูปแบบ คือ อะลูมิเนียม ทองแดง และทองแดงผสมอะลูมิเนียม ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป นำหลักการของแผงระบายความร้อนมาประยุกต์ใช้ เพื่อให้นำความร้อนจากแสงอาทิตย์มายังแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยเลือกใช้วัสดุประเภทอะลูมิเนียม ขนาด 4×4 เซนติเมตร เนื่องจากเป็นขนาดที่พอดีกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก มีน้ำหนักเบา ราคาถูก และหาง่าย ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์นำความร้อนด้วยฮีตซิงก์

3.2.3 อุปกรณ์นำความร้อนด้วยรางรวมแสง

รางรวมแสง (Parabolic Troughs) เป็นอุปกรณ์รวมแสงไว้ที่วัดถูรับแสง โดยใช้กระจกหรือวัสดุสะท้อนแสง เพื่อสะท้อนแสงอาทิตย์และส่งไปยังตัวรับแสง ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานที่มีอุณหภูมิสูง ใช้รางรวมแสงจำลองมาจากรางพาราโบลิกที่ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากความร้อน ซึ่งประกอบด้วยตัวรับแสงที่มีลักษณะเป็นรางโค้ง ยาว 10 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.8 เซนติเมตร ทำหน้าที่รวมพลังงานแสงอาทิตย์สะท้อนไปยังแผ่นโลหะ เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์นำความร้อนด้วยรางรวมแสง

3.2.4 อุปกรณ์นำความร้อนด้วยเลนส์รวมแสง

เลนส์รวมแสง (Burning Lens) คือ เลนส์นูนที่ใช้ในการรวมแสงอาทิตย์ให้ตกกระทบบลงในพื้นที่เล็กๆ ทำให้พื้นที่นั้นมีความร้อนสูงขึ้น สร้างเลนส์นูนขึ้นเองจากเรซินใสเพื่อให้ได้ขนาดตามต้องการ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร ระยะโฟกัส 8 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.5

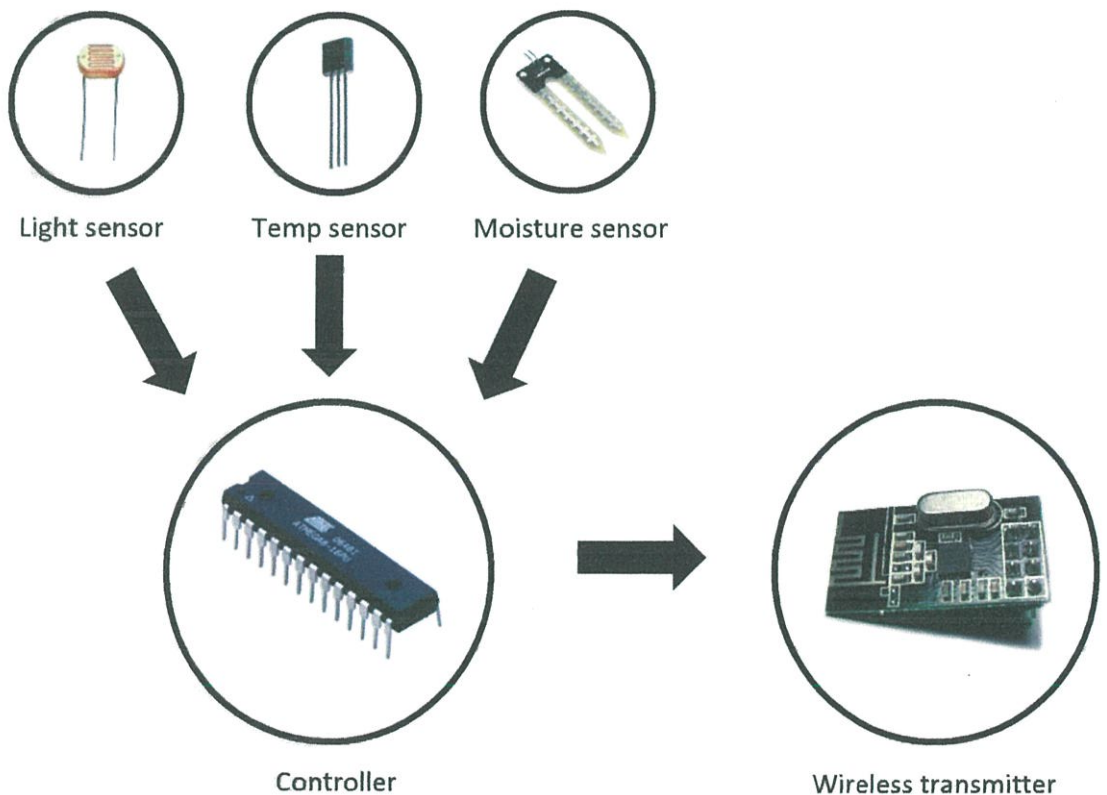


รูปที่ 3.5 อุปกรณ์นำความร้อนด้วยเลนส์รวมแสง

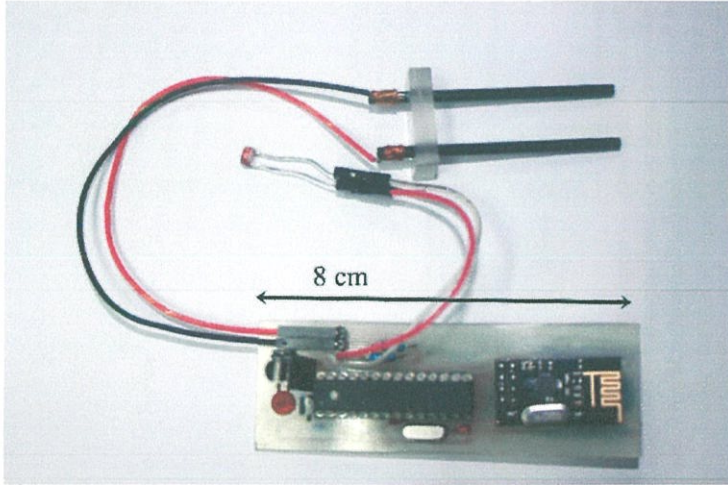
3.3 การออกแบบตัวส่งสัญญาณไร้สาย

วงจรตัวส่งสัญญาณไร้สายประกอบด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชคือ เซนเซอร์วัดความเข้มแสง (Light Sensor) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temp Sensor) เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน (Moisture Sensor) และใช้โมดูลส่งสัญญาณ (Wireless Transmitter) เพื่อส่งข้อมูลสภาพแวดล้อมไปยังตัวรับข้อมูลดังรูปที่ 3.7 และแสดงขั้นตอนการทำงาน ดังรูปที่ 3.6

3.3.1 วงจรเซนเซอร์และวงจรส่งสัญญาณไร้สาย



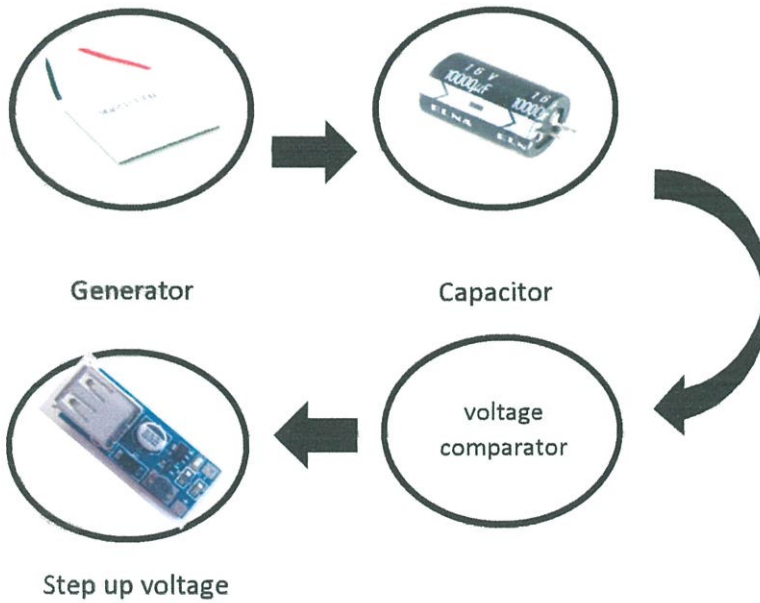
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการทำงานภาคส่งสัญญาณไร้สาย



รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ภาคส่งสัญญาณเซนเซอร์ไร้สาย

3.3.2 วงจรเก็บพลังงาน

เพื่อให้ได้พลังงานที่เพียงพอกับโหลด วงจรเก็บพลังงานจึงต้องนำตัวเก็บประจุมาเก็บพลังงานที่ได้จากแผ่นเพลเทียร์ และตัวเก็บประจุต่อกับวงจรขยายแรงดันเพื่อส่งต่อให้กับโหลด ดังรูปที่ 3.8

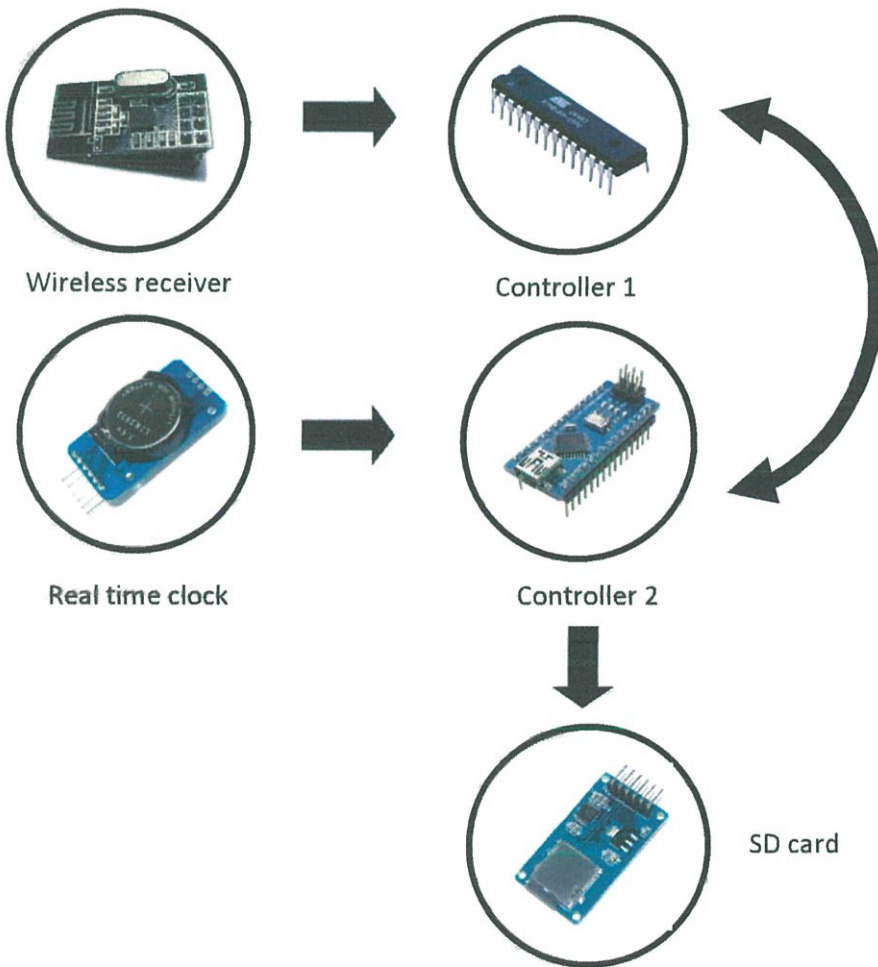


รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการเก็บพลังงาน

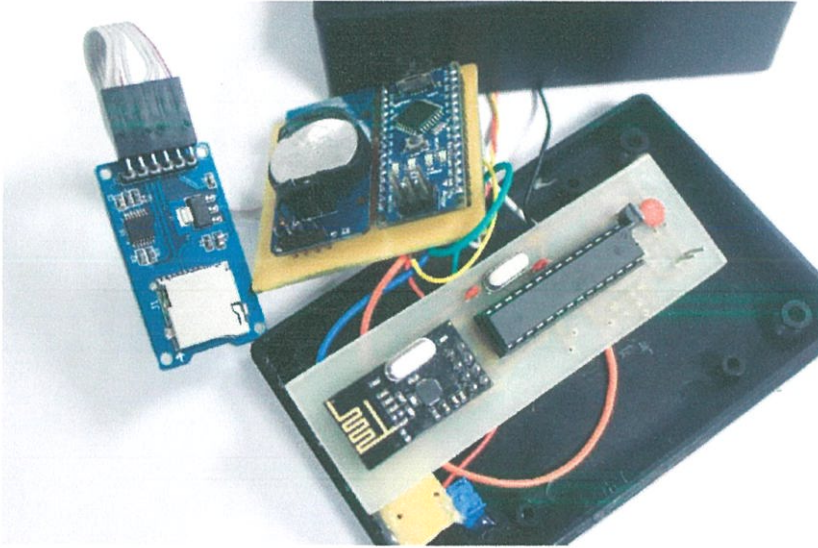
3.4 ออกแบบตัวรับสัญญาณไร้สาย

วงจรตัวรับสัญญาณไร้สาย โดยให้โมดูลรับสัญญาณ (Wireless Receiver) รับข้อมูลของสภาพแวดล้อมส่งไปที่คอนโทรลเลอร์ตัวที่หนึ่ง และใช้โมดูลนาฬิกา (Real Time Clock) บันทึกเวลาของข้อมูลส่งไปที่คอนโทรลเลอร์ตัวที่สอง นำข้อมูลทั้งหมดบันทึกใส่โมดูล SD Card แสดงขั้นตอนการทำงาน ดังรูปที่ 3.9 และการประกอบอุปกรณ์สำเร็จ ดังรูปที่ 3.10 และ รูปที่ 3.11

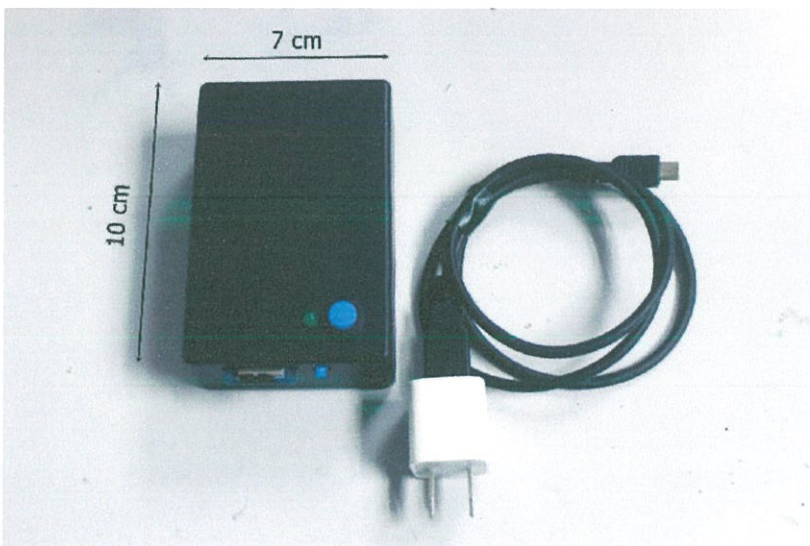
3.4.1 วงจรรับสัญญาณไร้สายและบันทึกข้อมูล



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการทำงานภาครับสัญญาณไร้สายและบันทึกข้อมูล



รูปที่ 3.10 อุปกรณ์ภาครับสัญญาณไร้สายและบันทึกข้อมูล (1)



รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ภาครับสัญญาณไร้สายและบันทึกข้อมูล (2)

บทที่ 4

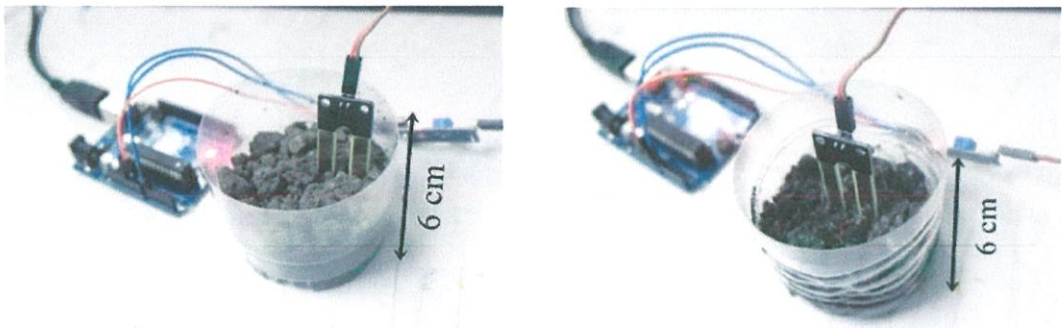
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ทดลองเซนเซอร์วัดความชื้น

4.1.1 ทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้น

เป็นการทดสอบค่าที่อ่านได้จากโมโครคอนโทรลเลอร์ในสภาวะดินเปียกและดินแห้ง ดังรูปที่ 4.1

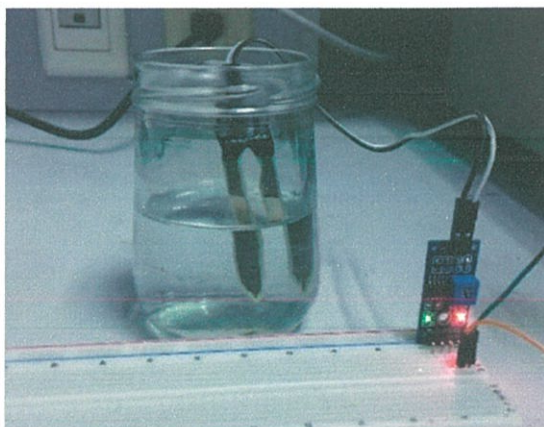
- ดินเปียกอ่านค่าได้ 90
- ดินแห้งอ่านค่าได้ 690



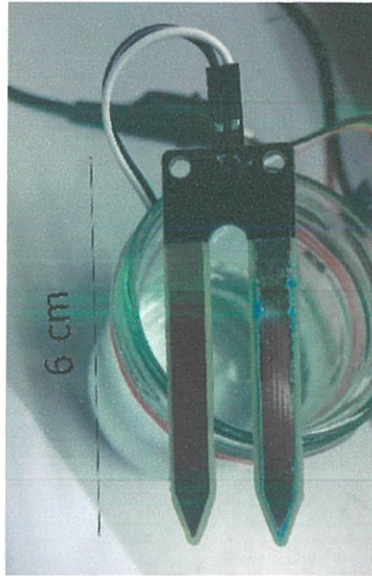
รูปที่ 4.1 ภาพการทดลองการอ่านค่าที่สภาวะดินเปียกและดินแห้ง

4.1.2 ทดลองการเกิดสนิมของเซนเซอร์วัดความชื้น

จากการสันนิษฐานการเกิดสนิมของโมลดูวัดความชื้นที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ จึงทดลองโดยการจุ่มเซนเซอร์และจ่ายไฟให้เซนเซอร์ ดังรูปที่ 4.2 ทำงานต่อเนื่องเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ซึ่งสรุปได้ว่าหาอิเล็กทรอนิกส์นี้ เมื่อใช้งานจริงจะก่อให้เกิดสนิม ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 ภาพการทดลองการเกิดสนิมของเซนเซอร์วัดความชื้น (1)



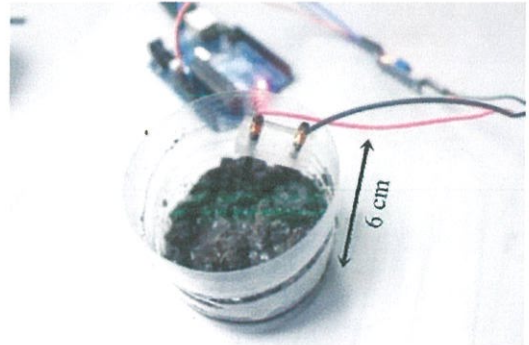
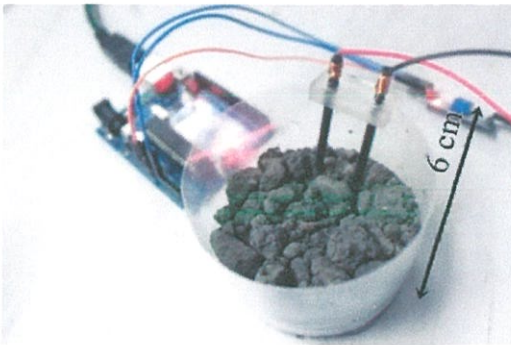
รูปที่ 4.3 ภาพการทดลองการเกิดสนิมของเซนเซอร์วัดความชื้น (2)

4.1.3 ทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นแกรไฟต์

เนื่องจากเซนเซอร์วัดความชื้นเมื่อใช้งานจริงจะทำให้เกิดสนิมและจะมีผลต่อการวัด จึงสร้างเซนเซอร์วัดความชื้นที่ทำจากแกรไฟต์เพื่อป้องกันสนิม ซึ่งให้ผลในแนวโน้มเดียวกันกับเซนเซอร์วัดความชื้นแบบเก่าและสามารถนำไปใช้งานจริงได้ ดังรูปที่ 4.4

ดินเปียกอ่านค่าได้ 140

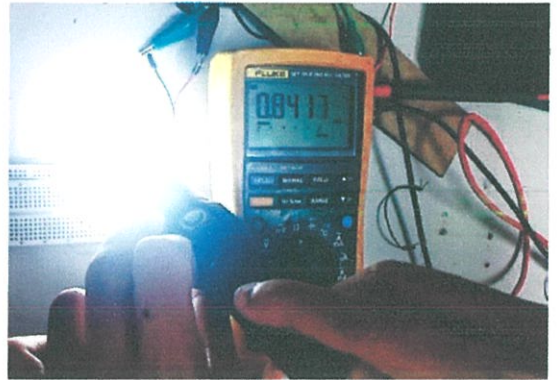
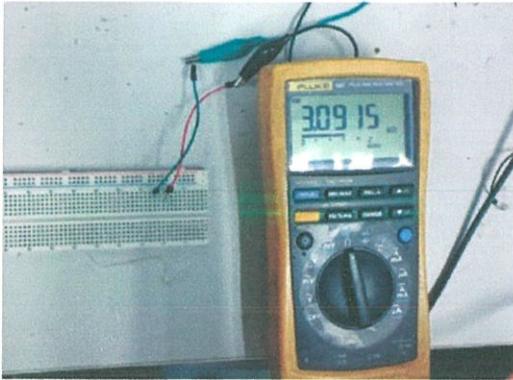
ดินแห้งอ่านค่าได้ 900



รูปที่ 4.4 ภาพการทดลองการอ่านค่าของเซนเซอร์แกรไฟต์ที่สภาวะดินเปียกและดินแห้ง

4.1.4 ทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดแสง

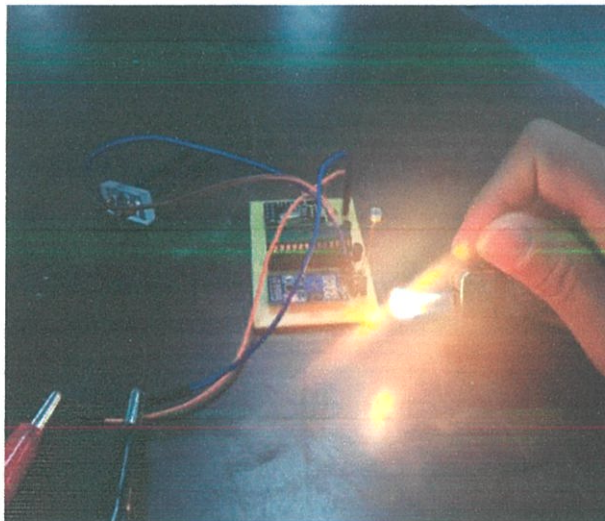
ทดลองโดยใช้แสงจากไฟฉายส่องลงบนเซนเซอร์เพื่อวัดค่าความต้าน จะเห็นว่าเมื่อแสงมาก จะทำให้ความต้านทานมากขึ้น ดังรูปที่ 4.5 และนำหลักการนี้ไปประกอบกับวงจรแบ่งแรงดันเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านค่าได้



รูปที่ 4.5 ภาพการทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดแสง

4.1.5 ทดลองการทำงานของเซนเซอร์อุณหภูมิ

ทดลองโดยให้ความร้อนกับเซนเซอร์เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงความต้านทาน จะเห็นว่าเมื่อ ความร้อนมากขึ้น ดังรูปที่ 4.6 จะทำให้ความต้านทานมากขึ้นและนำหลักการนี้ไปประกอบกับวงจรแบ่งแรงดันเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านค่าได้

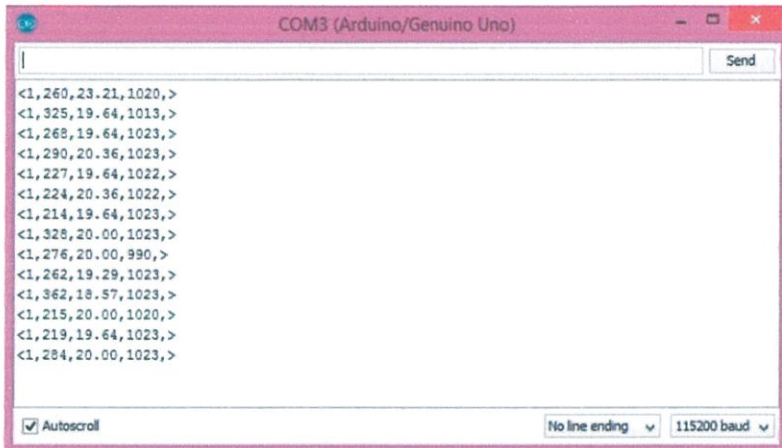


รูปที่ 4.6 ภาพการทดลองการทำงานของเซนเซอร์อุณหภูมิ

4.2 ทดลองการรับและส่งสัญญาณไร้สาย

การรับสัญญาณโดยแสดงผ่าน Serial Monitor ที่จะแสดงค่าต่างๆ ดังรูปที่ 4.7

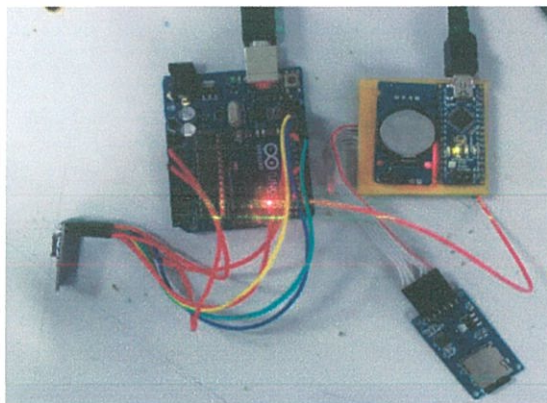
- ตำแหน่งที่ 1 คือ หมายเลขอุปกรณ์ส่งสัญญาณตัวที่ 1
- ตำแหน่งที่ 2 คือ ค่าความเข้มของแสงที่ได้จาก LDR
- ตำแหน่งที่ 3 คือ ค่าอุณหภูมิที่ได้จาก LM35
- ตำแหน่งที่ 4 คือ ค่าความชื้นของดินที่ได้จาก Moisture Sensor



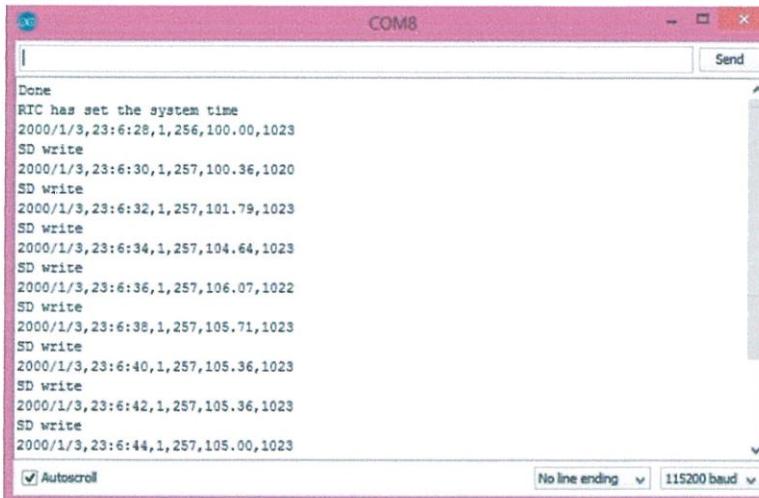
รูปที่ 4.7 การรับและส่งสัญญาณไร้สาย

4.3 ทดลองการบันทึกข้อมูลลง SD card

หลังจากรับข้อมูลด้วย Controller ตัวที่ 1 แล้วส่งต่อให้ Controller ตัวที่ 2 ซึ่งเชื่อมต่อแบบ Serial เพื่อบันทึกข้อมูลลง SD Card ที่ระยะเวลาแต่ละครั้งที่รับข้อมูลโดยใช้โมดูล Real Time Clock โดยทดลองการต่อใช้งาน ดังรูปที่ 4.8 และการบันทึกข้อมูลโดยแสดงผ่าน Serial Monitor ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.8 การต่ออุปกรณ์รับสัญญาณไร้สายและบันทึกข้อมูล

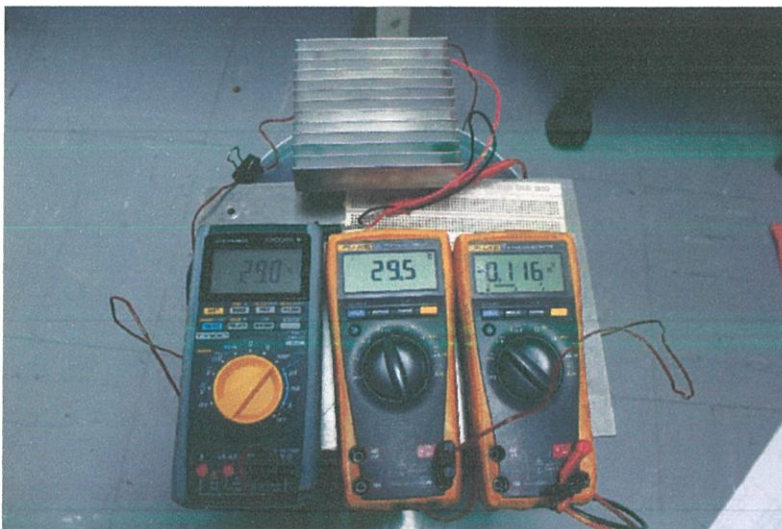


รูปที่ 4.9 การบันทึกข้อมูลลง SD Card

4.4 การหาแรงดันที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริก

วิธีการทดลอง

1. ให้ความร้อนที่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านบน โดยควบคุมอุณหภูมิที่แผ่นด้านล่างให้คงที่ด้วยน้ำ (หล่อเย็น) ดังรูปที่ 4.10 จำนวน 1, 2, 3 และ 4 แผ่น เพื่อหาแรงดัน
2. บันทึกผล ได้ดังตารางที่ 4.1 – 4.4 และรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.10 การหาแรงดันที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริก 1 แผ่น

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าแรงดันที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริก 1 แผ่น

TH (°c)	TC (°c)	ΔT (°c)	V
24.42	24.42	0.00	0.01
30.00	24.60	5.40	0.16
35.00	24.90	10.10	0.28
40.00	25.10	14.90	0.41
45.00	25.20	19.80	0.54
50.00	25.60	24.40	0.65
55.00	26.00	29.00	0.78
60.00	26.50	33.50	0.92
65.00	26.80	38.20	1.05
70.00	27.60	42.40	1.16
75.00	28.70	46.30	1.28
80.00	30.00	50.00	1.54

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าแรงดันที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริก 2 แผ่น

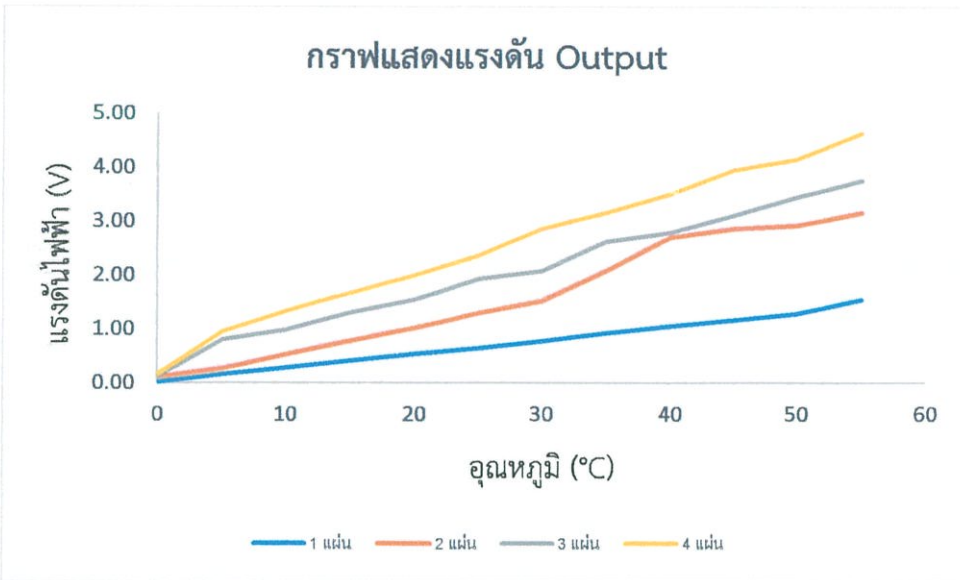
TH (°c)	TC (°c)	ΔT (°c)	V
26.70	25.00	1.70	0.11
30.00	26.00	4.00	0.26
35.00	26.10	8.90	0.52
40.00	26.50	13.50	0.78
45.00	26.90	18.10	1.02
50.00	27.50	22.50	1.30
55.00	27.90	27.10	1.52
60.00	29.30	30.70	2.08
65.00	30.60	34.40	2.70
70.00	31.30	38.70	2.86
75.00	32.80	42.20	2.93
80.00	34.50	45.50	3.16

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าแรงดันที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริก 3 แผ่น

TH (°c)	TC (°c)	ΔT (°c)	V
25.00	25.00	0.00	0.34
30.00	25.60	4.40	0.80
35.00	25.80	9.20	0.98
40.00	26.10	13.90	1.30
45.00	26.50	18.50	1.55
50.00	27.00	23.00	1.93
55.00	27.70	27.30	2.08
60.00	29.50	30.50	2.63
65.00	30.90	34.10	2.79
70.00	31.60	38.40	3.11
75.00	32.00	43.00	3.45
80.00	33.00	47.00	3.76

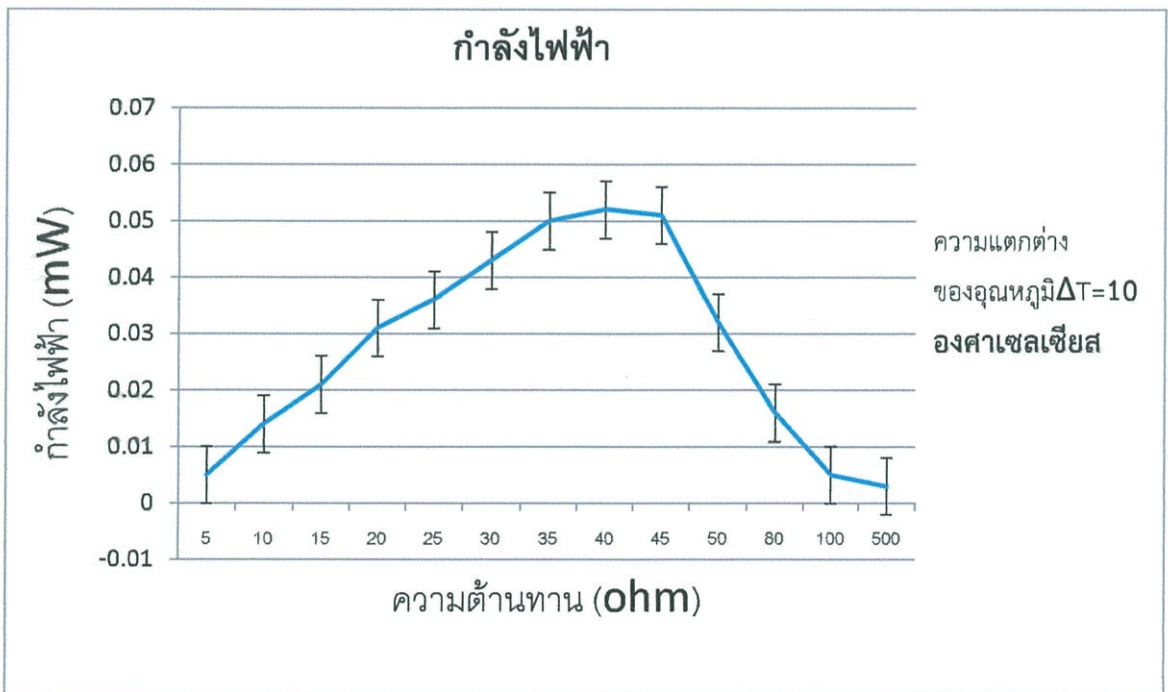
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าแรงดันที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริก 4 แผ่น

TH (°c)	TC (°c)	ΔT (°c)	V
25.00	25.00	0.00	0.76
30.00	25.90	4.10	0.95
35.00	26.00	9.00	1.33
40.00	26.10	13.90	1.67
45.00	26.70	18.30	2.00
50.00	27.20	22.80	2.37
55.00	28.00	27.00	2.87
60.00	28.90	31.10	3.16
65.00	29.70	35.30	3.51
70.00	30.60	39.40	3.95
75.00	31.10	43.90	4.15
80.00	32.60	47.40	4.63



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันของเทอร์โมอิเล็กทริกทั้ง 4 แผ่น

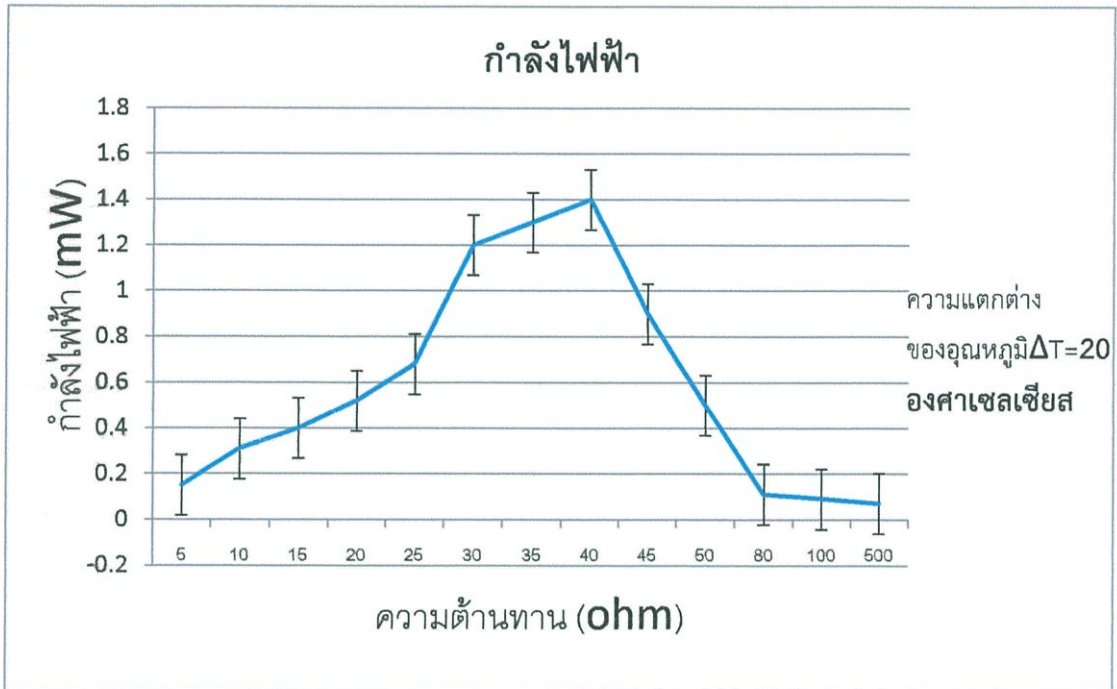
4.4.1 Power Maximum ที่อุณหภูมิแตกต่าง 10 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าที่อุณหภูมิแตกต่าง 10 องศาเซลเซียส

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าที่เก็บได้ที่อุณหภูมิแตกต่าง 10 องศาเซลเซียส พบว่ามีกำลังสูงสุดที่ 0.529 mW

4.4.2 Power Maximum ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 20 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 4.13



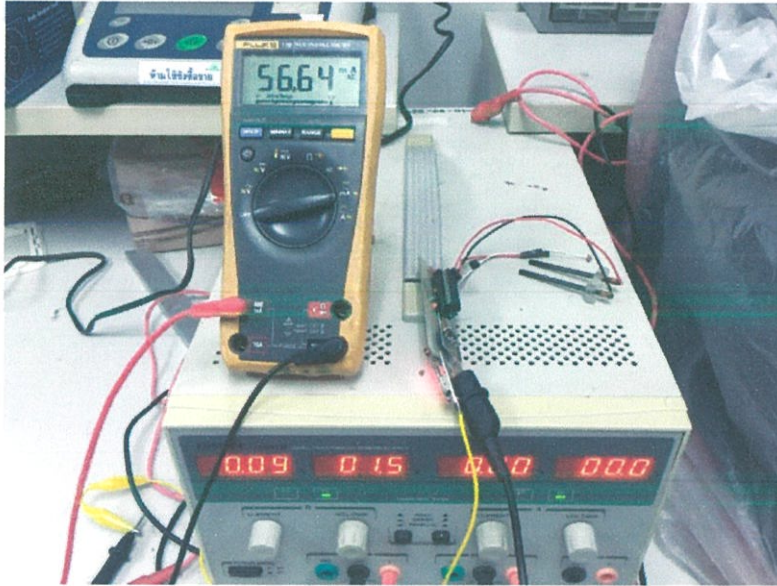
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 20 องศาเซลเซียส

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าที่เก็บได้ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 20 องศาเซลเซียส พบว่ามีกำลังสูงสุดที่ 1.44 mW

ในส่วนของกระแสกำลังไฟฟ้าไว้ใช้เพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งานจะใช้วงจรตัวเก็บประจุเพื่อสะสมพลังงาน ซึ่งสามารถคำนวณหาขนาดตัวเก็บประจุได้ดังนี้

4.5 การใช้พลังงานของวงจรส่งสัญญาณ

วัดการใช้กระแสที่แรงดัน 1.5 V ดังรูปที่ 4.14 เพื่อให้แรงดันเท่ากับการผลิตพลังงานปกติของเทอร์โมอิเล็กทริก โดยการใช้งานจริงจะต้องต่อกับวงจรเพิ่มแรงดัน (step up DC to DC 5 V) จึงจะสามารถใช้งานได้ จากการทดลองจะเห็นว่าวงจรสัญญาณใช้กระแสประมาณ 57 mA ที่แรงดัน 1.5 V ซึ่งจะใช้พลังงาน 85 mW



รูปที่ 4.14 การวัดกระแสของวงจรส่งสัญญาณ

4.6 การหาขนาดตัวเก็บประจุ

ในการส่งสัญญาณแต่ละครั้งจะใช้เวลา 2 วินาที ซึ่งจะสามารถหาขนาดตัวเก็บประจุได้ดังสมการที่ (4.1)

$$E = \frac{1}{2} CV^2 \quad (4.1)$$

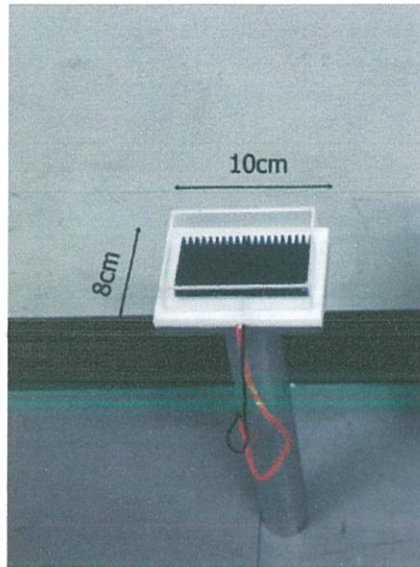
$$85.5 \times 2 = \frac{1}{2} \times C \times 1.5^2$$

$$C = 15200 \mu\text{F}$$

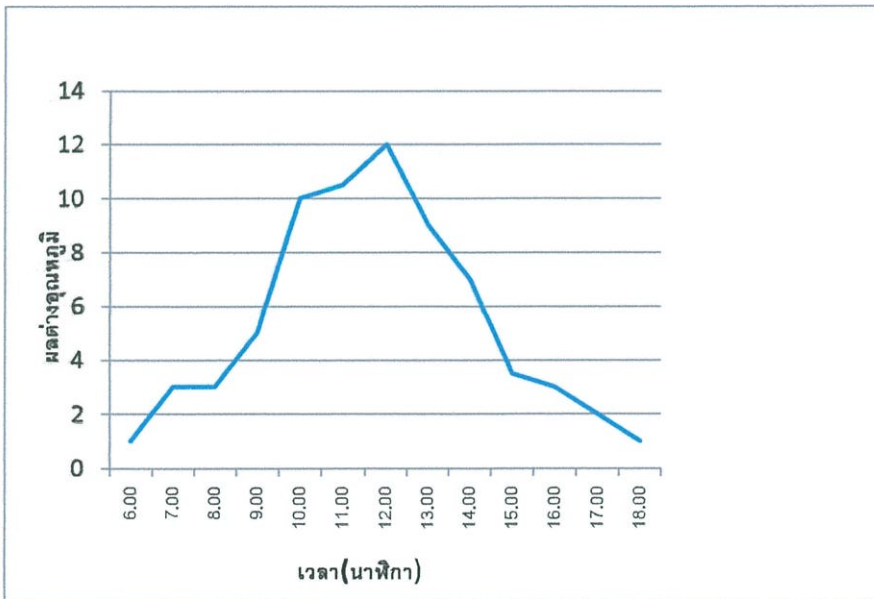
โดยจะเลือกใช้ตัวเก็บประจุขนาด 15000 μF 2 ตัวต่อขนานกัน

4.7 ทดลองหาแรงดันไฟฟ้าจากการสร้างความร้อนด้วยฮีตซิงก์

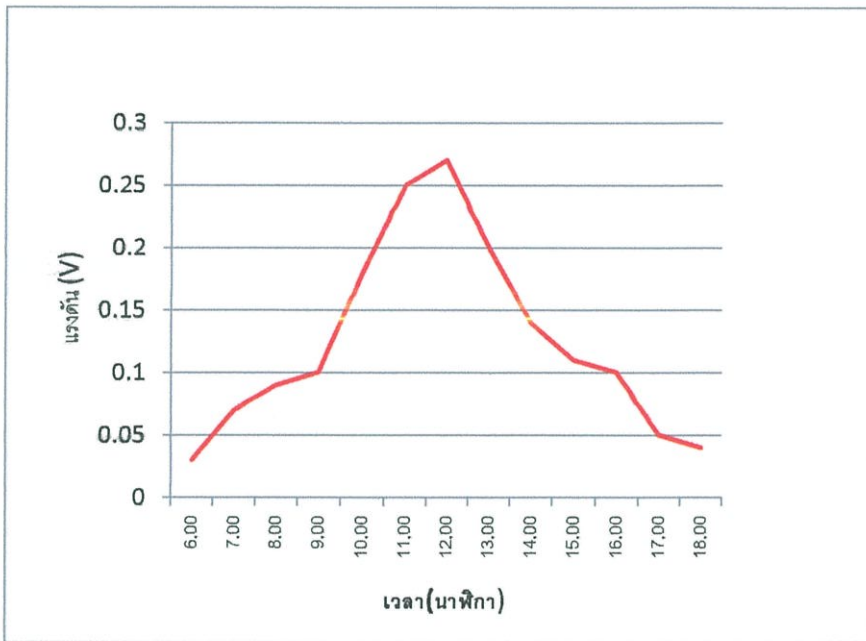
ในการทดลองนี้ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 2 แผ่น ในการสร้างพลังงาน ประกอบกับอุปกรณ์นำความเย็นจากดิน ดังรูปที่ 4.15 เพื่อบันทึกผลต่างอุณหภูมิ และแรงดันที่ได้ในช่วงเวลา 6.00 – 18.00 น. ดังรูปที่ 4.16 - 4.17



รูปที่ 4.15 อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยฮีตซิงก์



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงผลต่างอุณหภูมิและเวลาของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยฮีตซิงก์

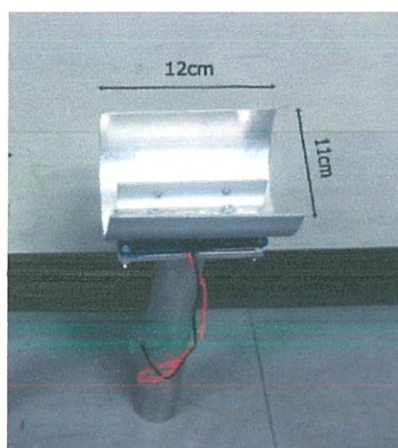


รูปที่ 4.17 กราฟแสดงแรงดันและเวลาของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยฮีตซิงก์

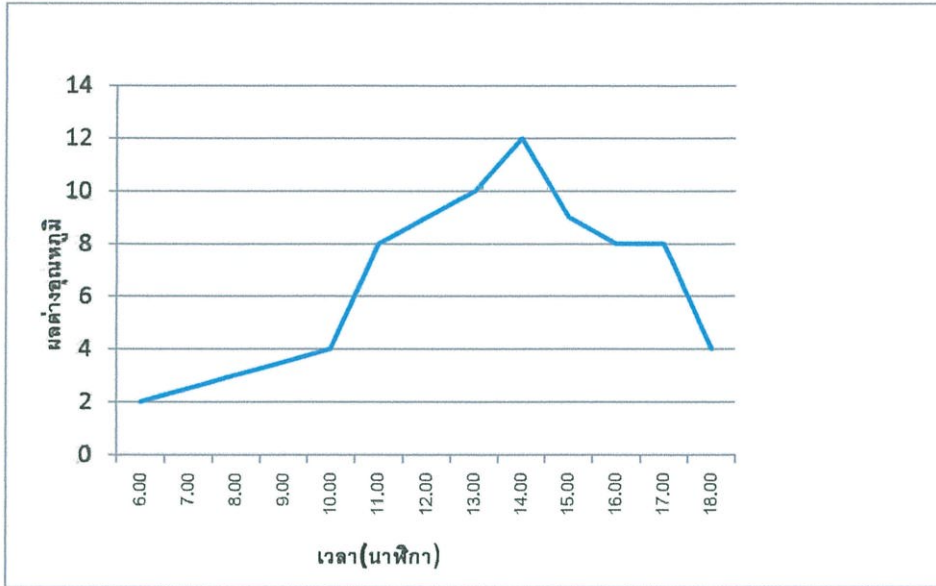
จากการทดลองดังกล่าวจะเห็นว่า อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยฮีตซิงก์ ให้แรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ 0.27 V ซึ่งไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

4.8 ทดลองหาแรงดันไฟฟ้าจากการสร้างความร้อนด้วยรางรวมแสง

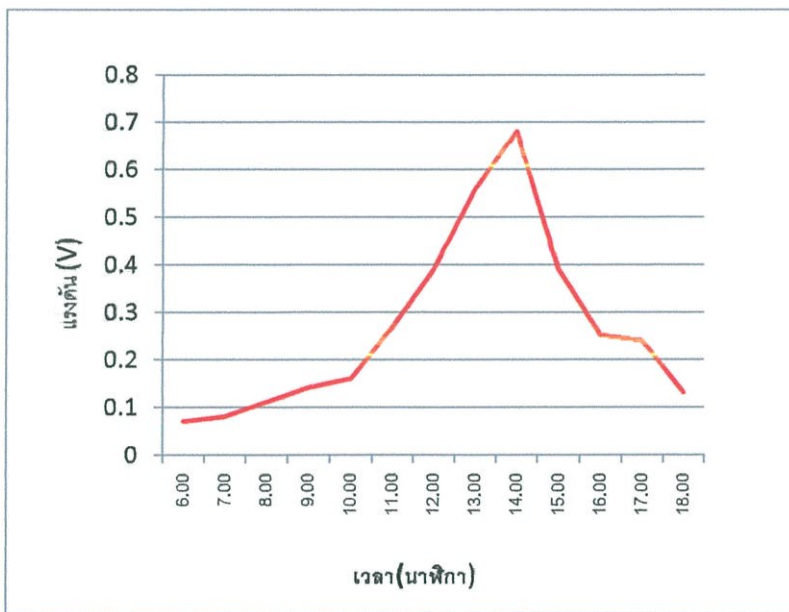
ในการทดลองนี้ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 3 แผ่น ในการสร้างพลังงาน ประกอบกับอุปกรณ์นำความเย็นจากดินเพื่อบันทึกผลต่างอุณหภูมิ ดังรูปที่ 4.18 และแรงดันที่ได้ในช่วงเวลา 6.00 – 18.00 น. ดังรูปที่ 4.19 - 4.20



รูปที่ 4.18 อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยรางรวมแสง



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงผลต่างอุณหภูมิและเวลาของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยรางรวมแสง

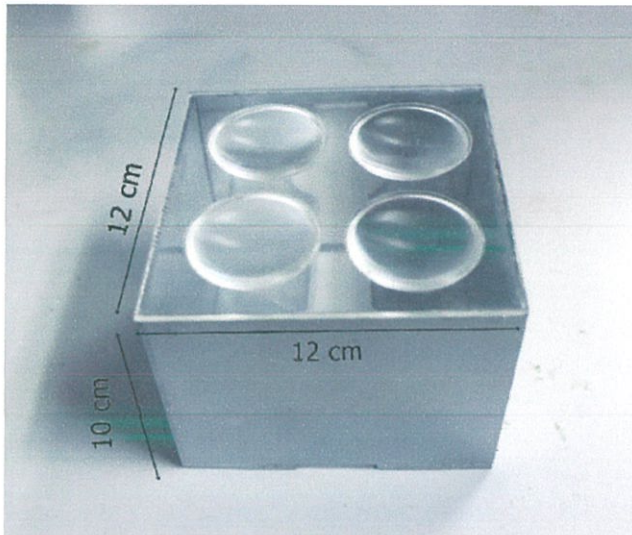


รูปที่ 4.20 กราฟแสดงแรงดันและเวลาของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยรางรวมแสง

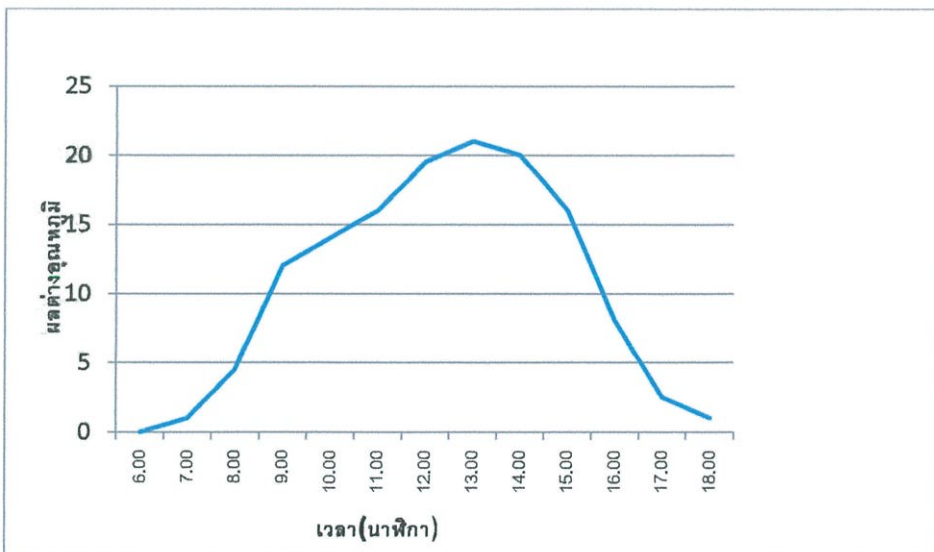
จากการทดลองดังกล่าวจะเห็นว่า อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยฮีตซิงก์ ให้แรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ 0.68 V ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งาน

4.9 ทดลองหาแรงดันไฟฟ้าจากการสร้างความร้อนด้วยเลนส์รวมแสง

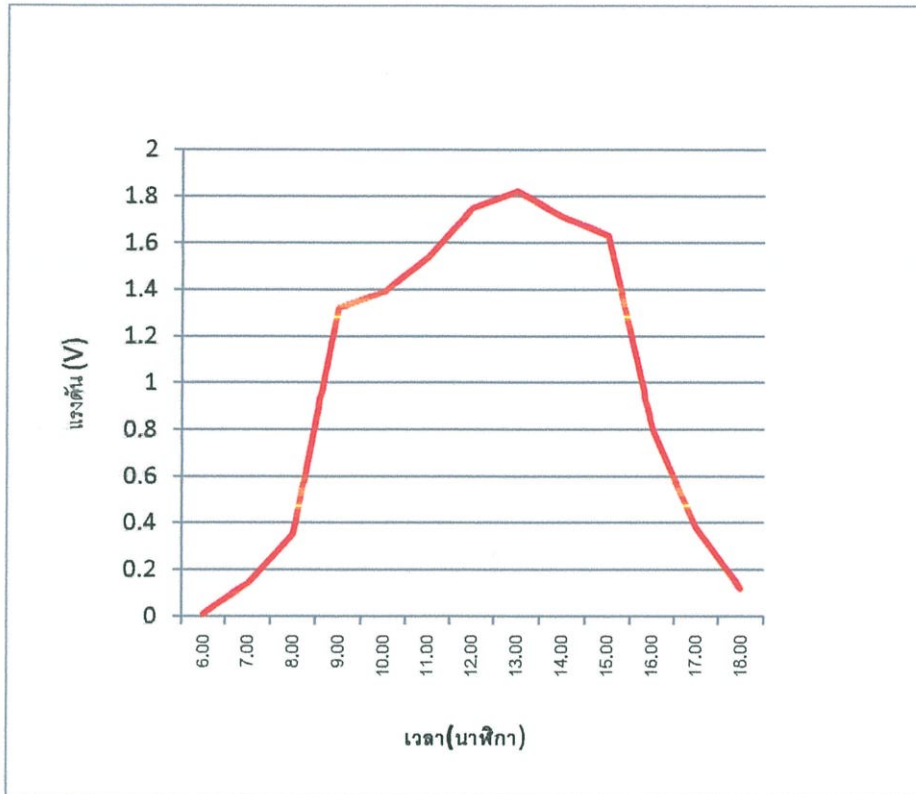
ในการทดลองนี้ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 4 แผ่น ในการสร้างพลังงาน ประกอบกับอุปกรณ์นำความเย็นจากดิน ดังรูปที่ 4.21 เพื่อบันทึกผลต่างอุณหภูมิและแรงดันที่ได้ในช่วงเวลา 6.00 – 18.00 น. ดังรูปที่ 4.22 – 4.23



รูปที่ 4.21 อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยเลนส์รวมแสง



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงผลต่างอุณหภูมิและเวลาของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยเลนส์รวมแสง



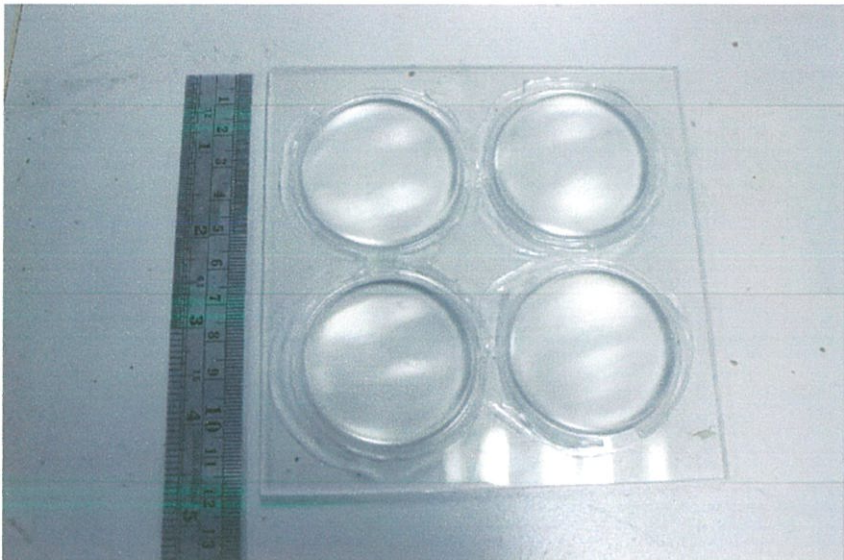
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงแรงดันและเวลาของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยเลนส์รวมแสง

จากการทดลองดังกล่าวจะเห็นว่า อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสร้างความร้อนด้วยฮีตซิงก์ ให้แรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ 1.83 V ซึ่งระดับแรงเพียงพอต่อการใช้งาน และสามารถนำไปใช้กับวงจรเซนเซอร์และวงจรส่งสัญญาณไร้สายได้ โดยจะต้องต่อกับตัวเก็บประจุขนาด 15000 μF 2 ตัวที่ต่อขนานกัน เพื่อสะสมพลังงานให้เพียงพอและใช้วงจรเพิ่มแรงดันให้ 5 V เพื่อให้อยู่ในระดับแรงที่อุปกรณ์ต่างสามารถทำงานได้

4.10 สร้างและหาจุดโฟกัสของเลนส์รวมแสง

4.10.1 สร้างเลนส์รวมแสง

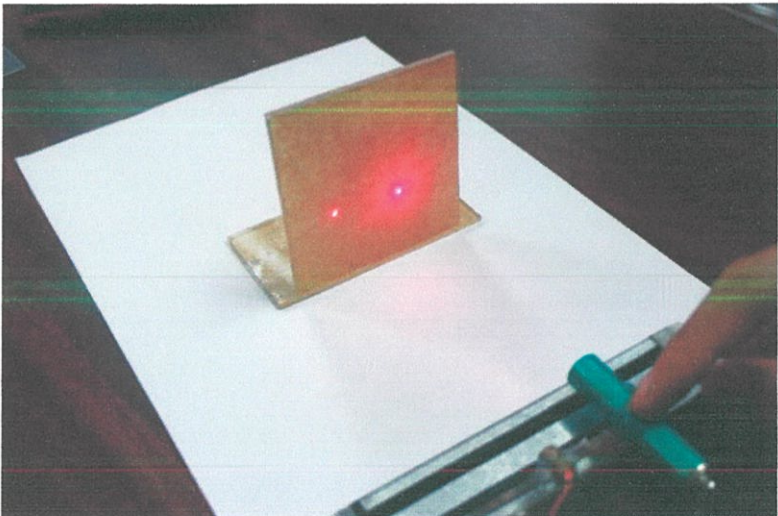
เนื่องจากเลนส์ที่มีขายตามท้องตลาดจะมีรัศมีมีความโค้งมากซึ่งทำให้ระยะโฟกัสมาก มีผลให้โครงสร้างของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานมีขนาดใหญ่ จึงสร้างเลนส์ขึ้นมาจากรезิ่นใส โดยหล่อใส่กันกระป๋องน้ำอัดลมที่มีผิวเรียบและโค้งมน ดังรูปที่ 4.24



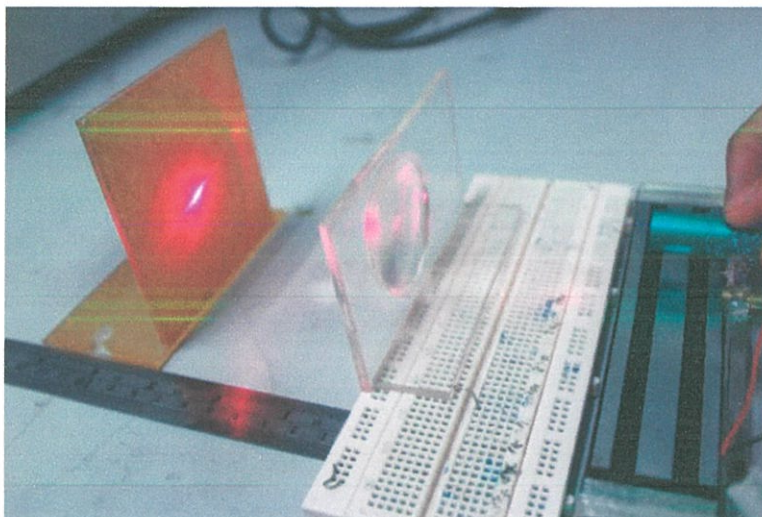
รูปที่ 4.24 เลนส์รวมแสง

4.10.2 หาจุดโฟกัสของเลนส์รวมแสง

เพื่อให้ได้ความร้อนสูงสุดที่จุดโฟกัส จึงจำเป็นต้องหาระยะโฟกัสเพื่อความแม่นยำต่อการประกอบเข้ากับโครงสร้างอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน ซึ่งการหาจุดโฟกัสทำการยิงลำแสงขนานผ่านเลนส์และใช้ฉากรับด้านหลังเลนส์จะทำให้เกิดการหักเหของแสงมารวมที่จุดโฟกัส ดังรูปที่ 4.25 และ 4.26



รูปที่ 4.25 ลำแสงขนาน



รูปที่ 4.26 การหาระยะโฟกัสของเลนส์

จากการทดลองนี้ทำให้ได้ระยะโฟกัสของเลนส์คือ 8 เซนติเมตร ดังนั้นในการประกอบโครงสร้างอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานจะต้องประกอบให้เลนส์ห่างจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 8 เซนติเมตร

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเก็บเกี่ยวพลังงานจากพื้นดิน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานจากผิวดินจากการนำแผ่นเพลเทียร์มาเป็นแหล่งกำเนิดของพลังงานได้ โดยใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวดินและใต้ดิน และยังสามารถเพิ่มพลังงานที่เก็บเกี่ยวได้ โดยการออกแบบโมเดลเพิ่มความร้อนให้ด้านบนของเพลเทียร์ และการเพิ่มจำนวนเพลเทียร์ที่ใช้ โดยนำมาต่อกันหลายๆ ตัวในแบบอนุกรม

2. พลังงานที่เก็บเกี่ยวได้สามารถสะสมเข้าวงจรตัวเก็บประจุ และสามารถปรับระดับพลังงานได้ เพื่อให้เพียงพอต่อการนำไปใช้งานจริง

3. พลังงานที่เก็บสะสมไว้ในวงจรตัวเก็บประจุสามารถนำไปใช้กับวงจรเซนเซอร์เพื่อใช้ส่งข้อมูลได้ แต่ไม่สามารถ ควบคุมเวลาการส่งได้ เพราะเมื่อพลังงานสะสมเต็มตัวเก็บประจุเมื่อไหร่ ระบบจะส่งข้อมูลทันที ซึ่งในการเก็บเกี่ยวพลังงานนั้นจะได้พลังงานที่ไม่สม่ำเสมอ วงจรตัวเก็บประจุจะสามารถเต็มช้าหรือเร็วก็ได้

5.2 ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไข

1. ในขั้นตอนการทดลองเก็บเกี่ยวพลังงาน จากความแตกต่างของอุณหภูมิ ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิของทั้งสองด้านได้เพราะแผ่นเพลเทียร์จะถ่ายเทความร้อนทำให้อุณหภูมิของด้านล่างเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จึงใช้น้ำถ่ายเทความร้อนด้านล่างของเพลเทียร์

2. ในการเก็บเกี่ยวพลังงานในสภาพอากาศจริง ในแต่ละช่วงเวลาของวัน ได้ค่าความต่างของอุณหภูมิไม่เท่ากันทำให้แรงดันที่ได้ออกมาน้อย จึงใช้วงจรบูทเพิ่มระดับแรงดันให้พอต่อวงจร

3. ในการทดลองมีการเก็บค่าต่างๆ ของอุณหภูมิที่พื้น เนื่องจากออกนอกสถานที่จึงมีปัจจัยภายนอกต่างๆ มารบกวน ทำให้ค่าที่ได้ควบคุมยาก จึงออกแบบเครื่องมือวัดให้มีความแม่นยำมากที่สุด

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาครั้งถัดไป

จากผลการทดลองการเก็บเกี่ยวพลังงานพบว่าควรใช้เพลเทียร์ที่มีคุณภาพ และจำนวนที่มาก เพื่อสร้างพลังงานให้เพียงพอต่อของวงจร เพิ่มชนิดของเซนเซอร์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตเพื่อให้ครอบคลุมกับการเกษตรที่หลากหลาย คิดค้นระบบส่งข้อมูลให้เป็นเวลาเพื่อความสม่ำเสมอในการเก็บข้อมูล และจัดทำโปรแกรมแอปพลิเคชันวิเคราะห์และบันทึกข้อมูลของสภาพแวดล้อมเทียบกับผลผลิตทางการเกษตรเพื่อนำไปใช้ในชีวิตจริง

เอกสารอ้างอิง

[1] การเก็บเกี่ยวพลังงาน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://micropelt.com/energy_harvesting.php

[2] เทอร์โมคัปเปิ้ล. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://www.pballtechno.com/article/%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%97%E0%B8%A4%E0%B8%A9%E0%B8%8E%E0%B8%B5%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B9%82%E0%B8%A1%E0%B8%84%E0%B8%B1%E0%B8%9B%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B8%B4%E0%B8%A5thermocouple>

[3] ปรากฎการณ์ซีเบค. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://www.wintronics.co.th/article/topic-46975.html>.

<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/6808/seebeck-effect-%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%8F%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%93%E0%B9%8C%E0%B8%8B%E0%B8%B5%E0%B9%80%E0%B8%9A%E0%B8%84>

[4] เพลเทียร์เอฟเฟกต์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<https://www.gotoknow.org/posts/443859>

[5] กลไกการถ่ายเทความร้อน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://www.lesa.biz/earth/atmosphere/heat-transfer>

[6] ปรากฎการณ์เรือนกระจก. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter2/chapter2_airpollution13.htm

[7] การรวมแสง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://www.nakhamwit.ac.th/pingpong_web/Light.htm

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[8] การแบ่งแรงดันไฟฟ้า. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก :

http://www.tatc.ac.th/files/110528099420636_11062312120245.pdf

[9] เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://www.tpemagazine.com/2009/2013-07-03-11-21-48/89--21/427-mcp9701-.html>

[10] เซนเซอร์วัดแสง . [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://www.mwit.ac.th/~ponchai/CAI_electronics/image/LDR.HTM

[11] เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://www.ioxhop.com/product/87/%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B9%87%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%8A%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99-soil-moisture-sensor>

[12] การรับส่งข้อมูลไร้สาย.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<https://beerdota.wordpress.com/%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%84%E0%B9%82%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%A5%E0%B8%A2%E0%B8%B5%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%AA%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1-2/>

[13] Datasheet Peltier TEC-12706.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก :

<http://www.hebeiltd.com.cn/peltier.datasheet/TEC1-12706.pdf>

[14] Peltier Application Note.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก :

<http://www.cui.com/catalog/resource/peltier-app-note.pdf>

[14] Custom Thermoelectric.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก :

<http://www.customthermoelectric.com/>

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[15] Aluminum Alloy Properties. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://www.maxsteelthai.com/index.php?option=com_content&view=article&id=124:-aluminum-alloys&catid=

ภาคผนวก

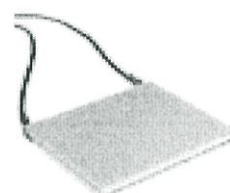


Thermoelectric Cooler

TEC1-12706

Performance Specifications

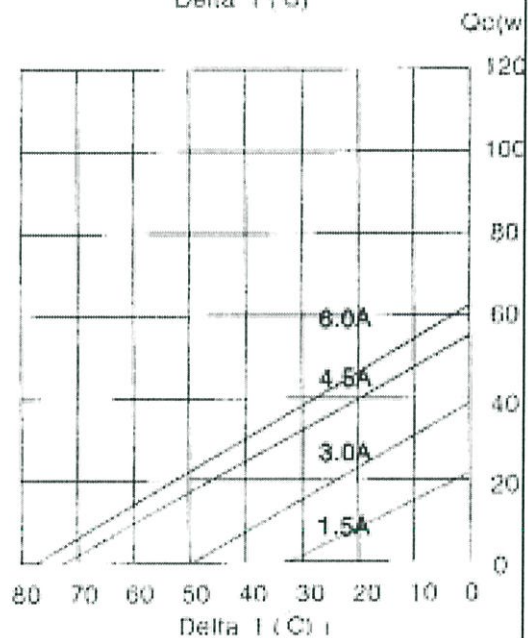
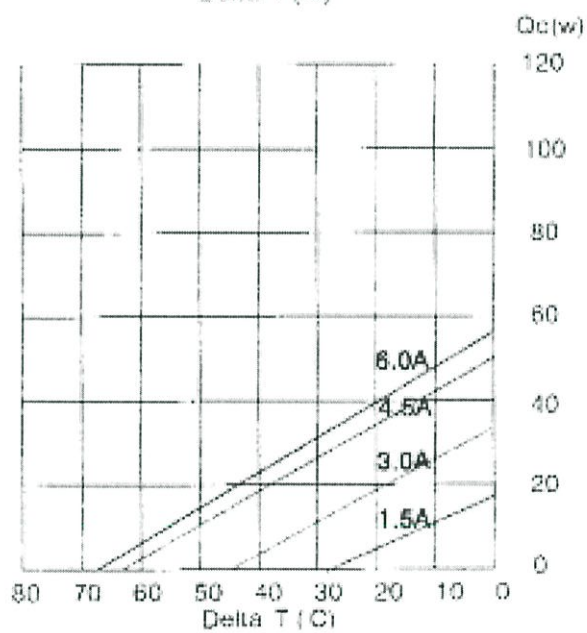
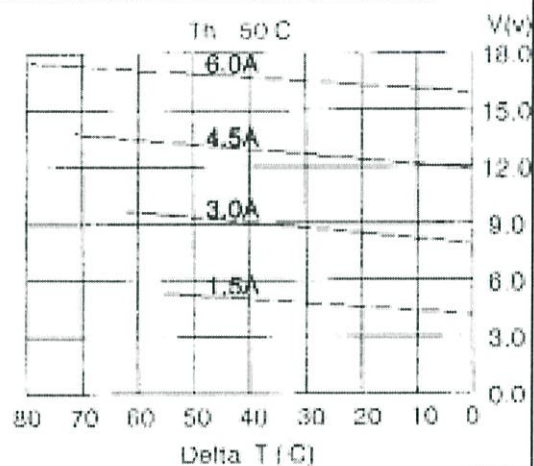
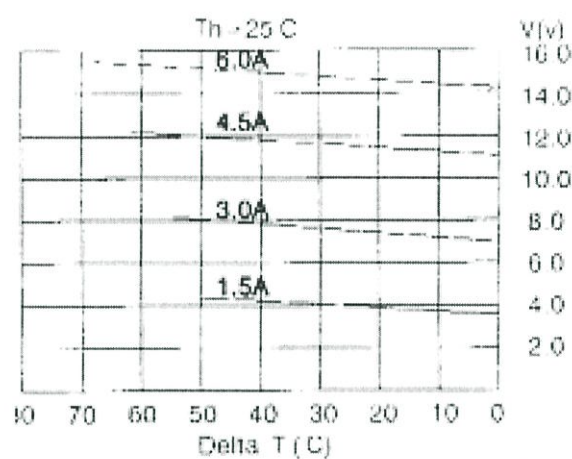
Hot Side Temperature (°C)	25° C	50° C
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (°C)	68	75
I _{max} (Amps)	6.4	6.4
V _{max} (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30



Performance curves on page 2

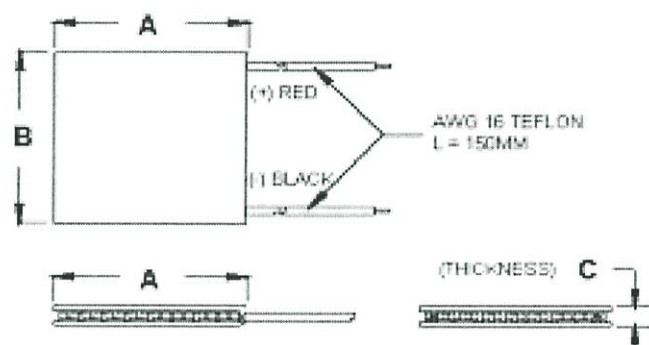


TEC1-12706





TEC1-12706



Ceramic Material: Alumina (Al_2O_3)
Solder Construction: 138°C, Bismuth Tin (BiSn)

Size table:

A	B	C			
40	40	3.8			

Operating Tips

- Max. Operating Temperature: 138°C
- Do not exceed I_{max} or V_{max} when operating module.
- Life expectancy: 200,000 hours
- Please consult HB for moisture protection options (sealing).
- Failure rate based on long time testings: 0.2%.

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in $^{\circ}$ Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ at room temperature and $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ over a full $+55^{\circ}$ to $+150^{\circ}\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only 60 μA from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a $+55^{\circ}$ to $+150^{\circ}\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a $+40^{\circ}$ to $+110^{\circ}\text{C}$ range ($\pm 10^{\circ}$ with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-18 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-18 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in $^{\circ}$ Celsius (Centigrade)
- Linear $+ 10.0\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteed (at $+25^{\circ}\text{C}$)
- Rated for full $+55^{\circ}$ to $+150^{\circ}\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than 60 μA current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for 1 mA load

Typical Applications

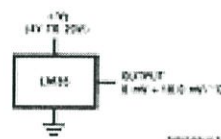
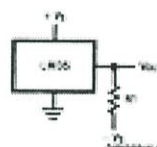


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^{\circ}\text{C}$ to $+150^{\circ}\text{C}$)



$$\begin{aligned} \text{Choose } R_L &= 100\ \Omega \\ V_{\text{OUT}} &= 1,000\ \text{mV at } +100^{\circ}\text{C} \\ &= 0\ \text{mV at } +0^{\circ}\text{C} \\ &= -100\ \text{mV at } -50^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

Connection Diagrams

TO-46
Metal Can Package*



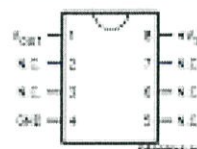
TOP VIEW
Circles 1, 2

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH

See NS Package Number H03H

SO-8
Small Outline Molded Package



N.C. = No Connector

Top View
Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

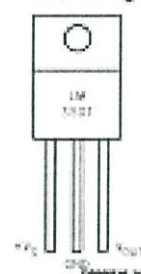
TO-92
Plastic Package



TOP VIEW
Circles 1, 2

Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DC
See NS Package Number Z03A

TO-220
Plastic Package*



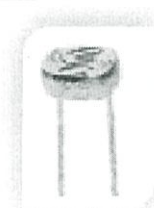
*Case is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT product is different than the discontinued LM35DT.

Order Number LM35DT
See NS Package Number T03F

Light Dependent Resistor - LDR

Two cadmium sulphide(cds) photoconductive cells with spectral responses similar to that of the human eye. The cell resistance falls with increasing light intensity. Applications include smoke detection, automatic lighting control, batch counting and burglar alarm systems.



Applications

Photoconductive cells are used in many different types of circuits and applications.

Analog Applications

- Camera Exposure Control
- Auto Slide Focus - dual cell
- Photocopy Machines - density of toner
- Colorimetric Test Equipment
- Densitometer
- Electronic Scales - dual cell
- Automatic Gain Control - modulated light source
- Automated Rear View Mirror

Digital Applications

- Automatic Headlight Dimmer
- Night Light Control
- Oil Burner Flame Out
- Street Light Control
- Absence / Presence (beam breaker)
- Position Sensor

Electrical Characteristics

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Cell resistance	1000 LUX	-	400	-	Ohm
	10 LUX	-	50	-	K Ohm
Dark Resistance	-	-	1	-	M Ohm
Dark Capacitance	-	-	3.5	-	pF
Rise Time	1000 LUX	-	2.8	-	ms
	10 LUX	-	1.8	-	ms
Fall Time	1000 LUX	-	4.8	-	ms
	10 LUX	-	1.20	-	ms
Voltage AC/DC Peak		-	-	320	V max
Current		-	-	75	mA max
Power Dissipation				100	mW max
Operating Temperature		-50	-	+75	Deg. C

Guide to source illuminations

Light source illumination	LUX
Moonlight	0.1
60W Bulb at 1 m	50
1W IRIS Bulb at 0.1 m	100
Fluorescent Lighting	500
Bright Sunlight	30,000

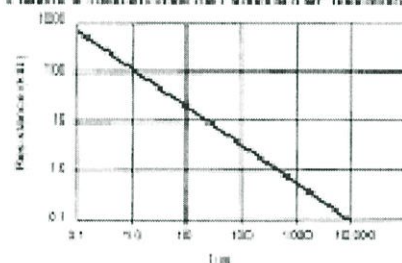
FIGURE 1 CIRCUIT SYMBOL



Sensitivity

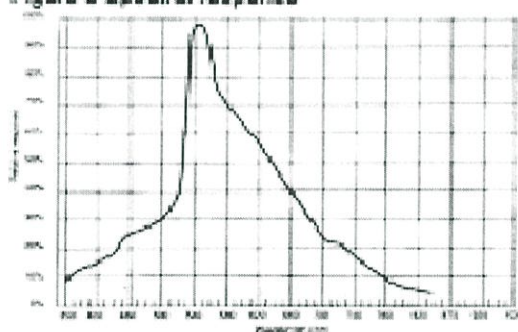
The sensitivity of a photodetector is the relationship between the light falling on the device and the resulting output signal. In the case of a photocell, one is dealing with the relationship between the incident light and the corresponding resistance of the cell.

FIGURE 2 RESISTANCE AS FUNCTION OF ILLUMINATION



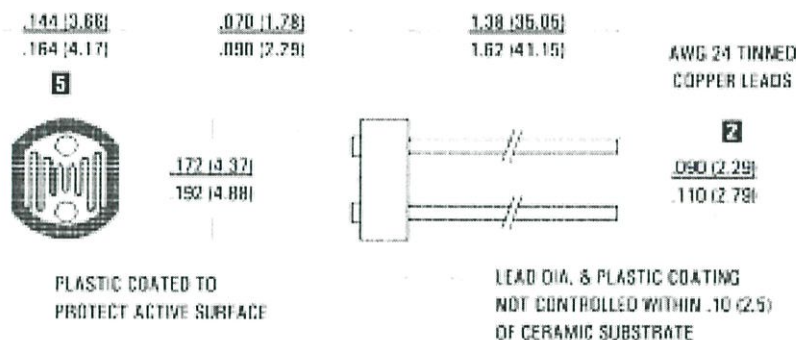
Spectral Response

FIGURE 3 Spectral response



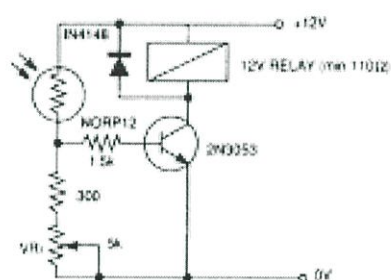
Like the human eye, the relative sensitivity of a photoconductive cell is dependent on the wavelength (color) of the incident light. Each photoconductor material type has its own unique spectral response curve or plot of the relative response of the photocell versus wavelength of light.

Dimensions



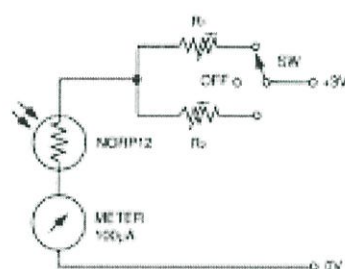
Typical Application Circuits

Figure 6 Sensitive light operated relay



Relay energized when light level increases above the level set by VR_1

Figure 9 Logarithmic law photographic light meter

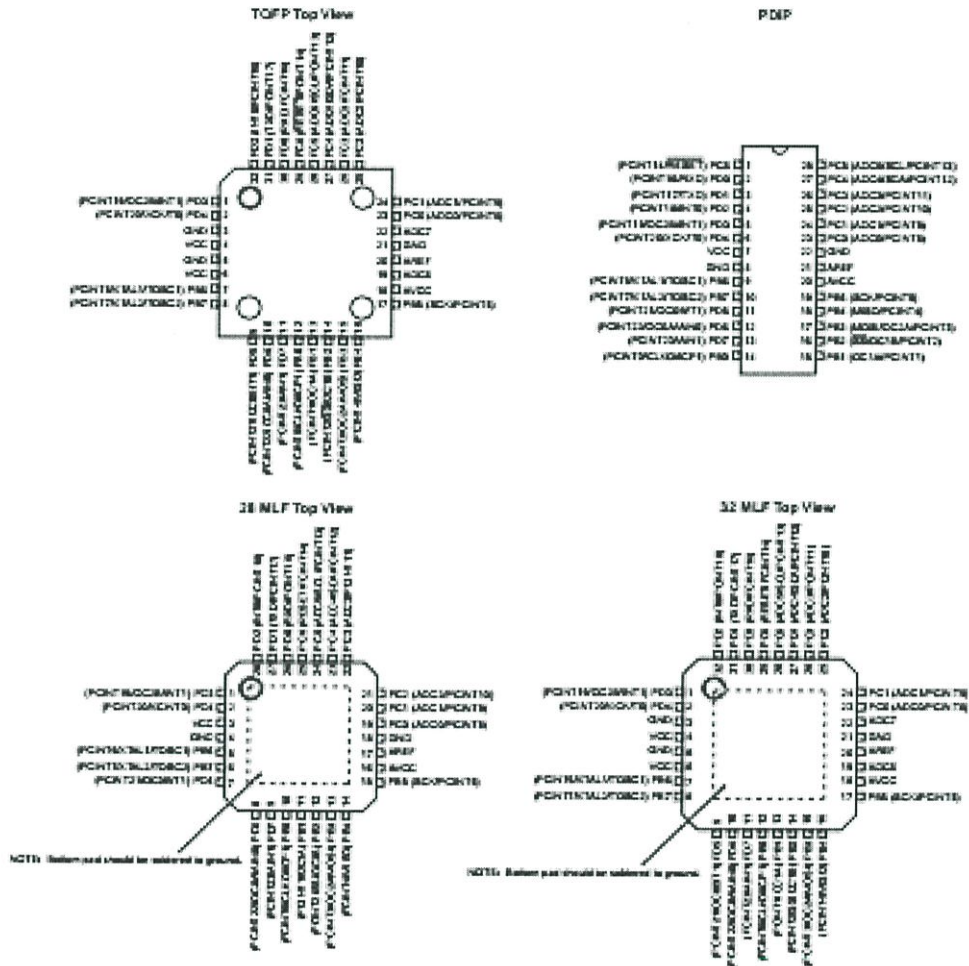


Typical value $R^1 = 1000\Omega$
 $R^2 = 2000\Omega$ preset to give two overlapping ranges.
 (Calibration should be made against an accurate meter.)

ATmega48/88/168

1. Pin configurations

Figure 1-1. Pinout Atmel ATmega48/88/168.



1.1 Pin descriptions

1.1.1 VCC

Digital supply voltage.

1.1.2 GND

Ground.

1.1.3 Port B (PB7:0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Depending on the clock selection fuse settings, PB5 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.

If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB7..5 is used as TOSC2..1 input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.

The various special features of Port B are elaborated in "Alternate functions of port B" on page 83 and "System clock and clock options" on page 27.

1.1.4 Port C (PC5:0)

Port C is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The PC5..0 output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

1.1.5 $\overline{PC6}$ /RESET

If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.

If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 29-3 on page 314. Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.

The various special features of Port C are elaborated in "Alternate functions of port C" on page 86.

ATmega48/88/168

resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

The various special features of Port D are elaborated in "Alternate functions of port D" on page 89.

1.1.7 AV_{CC}

AV_{CC} is the supply voltage pin for the A/D Converter, PC3:0, and ADC7:6. It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter. Note that PC5..4 use digital supply voltage, V_{CC}.

1.1.8 AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

1.1.9 ADC7:6 (TQFP and QFN/MLF package only)

In the TQFP and QFN/MLF package, ADC7:6 serve as analog inputs to the A/D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit ADC channels.