

ประยุกต์ใช้งานแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก
(THERMOELECTRIC COOLER APPLICATION)

โดย

นายอิทธิเทพ พึ่งเมือง รหัสนักศึกษา B5322176
นายวิรุฬห์ พงษ์พานิช รหัสนักศึกษา B5308194

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 438499 โครงการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

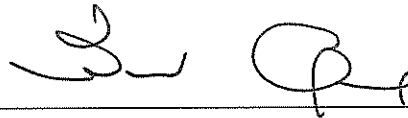
หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2553

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

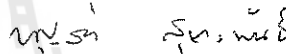
ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2556

การประยุกต์ใช้งานแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

คณะกรรมการสอบโครงการ



(รองศาสตราจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล)
กรรมการ/อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ



(อาจารย์ ดร.บุญส่ง สุตะพันธ์)
กรรมการ



(อาจารย์ ดร.ธนเสฏฐ์ ทศดิกรพัฒน์)
กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้รับรายงานโครงการฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม รายวิชา 438494 โครงการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ประจำปีการศึกษา 2556

โครงการงาน	การประยุกต์ใช้งานแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Cooler Application)
จัดทำโดย	นายอิทธิเทพ พึ่งเมือง นายวิรุฬห์ พงษ์พานิช
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ภาคการศึกษาที่	2/ 2556

บทคัดย่อ

(Abstract)

ปัจจุบันมีการศึกษาวัสดุที่เรียกว่าสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ในทางวิศวกรรมอย่างแพร่หลายไม่ว่าจะเป็นการศึกษาการได้ปัสสารเพื่อให้ได้คุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำที่ตรงหรือการนำสารกึ่งตัวนำที่มีอยู่แล้วในท้องตลาดมาประยุกต์ใช้งานในวงจรไฟฟ้า ซึ่งโครงการนี้เป็นการศึกษาโครงสร้าง คุณสมบัติ และ การทำงาน เพื่อประยุกต์ใช้งานสารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่ง นั่นคือ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric cooler) ซึ่งมีคุณสมบัติอย่างหนึ่งดังนี้ เมื่อจ่ายไฟกระแสตรง ให้กับ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก นี้จะทำให้ด้านหนึ่งของแผ่นเย็นมาก และในขณะเดียวกันอีกด้านหนึ่งของแผ่น ก็จะร้อนมากเช่นกัน

จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะนำคุณสมบัติเหล่านี้มาประยุกต์ใช้งานเพื่อให้เกิดประโยชน์ ซึ่งโครงการฉบับนี้ได้นำคุณสมบัติดังกล่าวมาสร้างอุปกรณ์ต้นแบบในการสร้างน้ำเพื่อใช้ในสาธารณูปโภคต่างๆ ซึ่งปัจจุบันจะเห็นได้ว่าเกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำของทุกๆพื้นที่ และเพื่อเป็นการนำเทคโนโลยีมาสร้างให้เกิดพลังงานทดแทนขึ้น โดยศึกษาจากคุณสมบัติเฉพาะตัวของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และยังใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ามาควบคุมการทำงานของชุดอุปกรณ์นี้อีกด้วยเพื่อให้อุปกรณ์นี้มีประสิทธิภาพและมีความสะดวกสบายในการใช้งานเพิ่มมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

จากการที่คณะจัดทำรายงานได้รับมอบหมายให้ทำโครงการเรื่อง การประยุกต์ใช้งานแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ส่งผลให้คณะจัดทำรายงานได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ เกี่ยวกับการวิเคราะห์โครงสร้างและลักษณะการทำงานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกและยังทำให้เข้าใจถึงการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆอีกด้วย บัดนี้โครงการดังกล่าวพร้อมทั้งรายงานได้สำเร็จลงแล้ว ทั้งนี้ด้วยความร่วมมือและสนับสนุนจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล (อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ)

ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาโครงการชิ้นนี้ ซึ่งข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายอิทธิเทพ พึ่งเมือง

นายวิรุฬห์ พงษ์พานิช

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญ(ต่อ)	จ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญภาพ(ต่อ)	ช
สารบัญภาพ(ต่อ)	ซ
สารบัญภาพ(ต่อ)	ณ
สารบัญตาราง	
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้พื้นฐาน	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 ทฤษฎีการควบคุม	3
2.3 ความรู้เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า	4
2.3.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟตรงเชิงเส้น (Linear DC Power Supply)	4
2.3.2 วงจรสวิตต์ควบคุมแสง (Opto-Isolator)	10
2.3.3 วงจรควบคุมรีเลย์ (Relay control circuit)	12
2.3.4 วงจรตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor)	14
2.3.5 วงจร PWM (Pulse Width Modulation) โดย IC555	23
2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	25
2.5 การถ่ายโอนความร้อน (Heat transfer)	27
2.6 ชุดปั๊มน้ำระบายความร้อน Cooler Master รุ่น Seidon120M	33
บทที่ 3 การออกแบบโครงงาน	35
3.1 กล่าวนำ	35
3.2 ระบบการทำงาน	35
3.3 การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ Electronics Circuit Designs	36
3.3.1 Linear Power Supply 12V with Opto isolate Relay Circuit	36

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.3.2 Linear Power Supply 12V 2A	37
3.3.3 PWM (Pulse Width Modulation) Circuit	38
3.4 ออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบ Structure and Component Design	39
3.4.1 ซิงค์ความร้อน Condensation Sink	39
3.4.2 แผ่นอลูมิเนียม Aluminum Plate	43
3.4.3 ระบบระบายความร้อน	44
3.4.4 ระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์	45
บทที่ 4 ผลการทดสอบใช้งาน	46
4.1 บทนำ	46
4.2 การทดสอบใช้งานของเครื่องต้นแบบ	46
บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบการทำงาน	66
5.1 สรุปผลการทำงาน	66
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	66
5.3 สิ่งที่ได้รับจากการทำโครงการ	67
เอกสารอ้างอิง	68

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1	3
รูปที่ 2.2	4
รูปที่ 2.3 (ก)	5
รูปที่ 2.3 (ข)	5
รูปที่ 2.4	6
รูปที่ 2.5 (ก)	7
รูปที่ 2.5 (ข)	7
รูปที่ 2.6 (ก)	7
รูปที่ 2.6 (ข)	8
รูปที่ 2.7	8
รูปที่ 2.8	8
ขนาด 5 โวลต์ เบอร์ LM7805	10
รูปที่ 2.9	10
รูปที่ 2.10	11
รูปที่ 2.11	12
รูปที่ 2.12	12
รูปที่ 2.13	13

สารบัญภาพ(ต่อ)

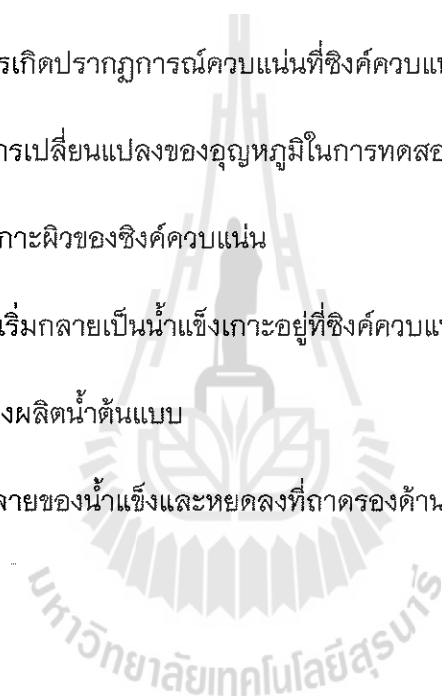
รูป	หน้า
รูปที่ 2.14	14
โครงสร้าง และขาของ DS18B20 ตัวถังแบบ TO-92	
รูปที่ 2.15	15
โครงสร้างรีจิสเตอร์ภายในของ DS18B20	
รูปที่ 2.16	16
โครงสร้างภายในรีจิสเตอร์ Temperature LSB และ MSB	
รูปที่ 2.17	16
การต่อใช้งาน DS18B20	
รูปที่ 2.18	17
การเริ่มการติดต่อสื่อสารแบบ 1-wire ด้วย Reset Pulse และ Presence Pulse	
รูปที่ 2.19	17
การเขียนข้อมูลลง DS18B20	
รูปที่ 2.20	18
การอ่านข้อมูลจาก DS18B20	
รูปที่ 2.21	19
การต่อวงจรทดสอบการใช้งาน DS18B20	
รูปที่ 2.22	20
ขั้นตอนการอ่าน Rom Code จาก DS18B20	
รูปที่ 2.23	20
การอ่าน ROM Code ขนาด 64 บิต จาก DS18B20	
รูปที่ 2.24	21
ขั้นตอนการแปลง และอ่านอุณหภูมิจาก DS18B20	
รูปที่ 2.25	22
ผลการอ่านอุณหภูมิจาก DS18B20	
รูปที่ 2.26	23
รูปสัญญาณ Duty Cycle	
รูปที่ 2.27	23
วงจรอะอสซิลเลเตอร์ 100 kHz	
รูปที่ 2.28	24
โครงสร้างของวงจรภายในและขาการใช้งานของไอซี 555	
รูปที่ 2.29	25
ปรากฏการณ์ของซีเบ็คทางเทอร์โมไดนามิกส์	
รูปที่ 2.30	25
ปรากฏการณ์ของเพลเทียร์ทางเทอร์โมไดนามิกส์	

สารบัญญภาพ(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.31 แสดงโครงสร้างทางกายภาพภายในของแผ่นเพลเทียร์	26
รูปที่ 2.32 แสดงการทำงานของแผ่นเพลเทียร์	27
รูปที่ 2.33 (ก) บรรจุภัณฑ์ ชุดปั๊มหม้อน้ำระบายความร้อน Cooler Master รุ่น Seidon120M	33
รูปที่ 2.33 (ข) อุปกรณ์ ชุดปั๊มหม้อน้ำระบายความร้อน Cooler Master รุ่น Seidon120M	33
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของระบบ	35
รูปที่ 3.2 (ก) วงจรสวิตต์ด้วยแสงควบคุมรีเลย์	36
รูปที่ 3.2 (ข) ลายปริ้นของวงจรสวิตต์ด้วยแสงควบคุมรีเลย์	36
รูปที่ 3.3 (ก) วงจรจ่ายไฟเลี้ยงขนาด 12 โวลต์ 2 แอมป์	37
รูปที่ 3.3 (ข) ลายปริ้นของวงจรจ่ายไฟเลี้ยงขนาด 12 โวลต์ 2 แอมป์	37
รูปที่ 3.4 (ก) วงจร PWM (Pulse Width Modulation)	38
รูปที่ 3.4 (ข) ลายปริ้นของวงจร PWM (Pulse Width Modulation)	38
รูปที่ 3.5 (ก) ซิงค์ควบแน่น (Condensation Sink)	39
รูปที่ 3.5 (ข) ซิงค์ควบแน่น (Condensation Sink)	40
รูปที่ 3.5 (ค) ซิงค์ควบแน่น (Condensation Sink)	41
รูปที่ 3.5 (ง) ซิงค์ควบแน่น (Condensation Sink)	42
รูปที่ 3.6 แสดง Dimension ของแผ่นอลูมิเนียม	43

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.7 ชุดปั๊มหม้อน้ำระบายความร้อน Cooler Master รุ่น Seidon120M	44
รูปที่ 4.1 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในการทดลองการใช้งาน	46
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ซิงค์ควมแน่นจากรางที่ 4.1	59
รูปที่ 4.3 ภาพแสดงการเกิดปรากฏการณ์ควมแน่นที่ซิงค์ควมแน่น	62
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในการทดสอบโหมดที่ 2	64
รูปที่ 4.5 แสดงหยดน้ำเกาะผิวของซิงค์ควมแน่น	64
รูปที่ 4.6 แสดงหยดน้ำเริ่มกลายเป็นน้ำแข็งเกาะอยู่ที่ซิงค์ควมแน่น	65
รูปที่ 4.7 แสดงตัวเครื่องผลิตน้ำดันแบบ	65
รูปที่ 4.8 แสดงการละลายของน้ำแข็งและหยดลงที่ถาดรองด้านล่าง	60



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงค่า Thermal conductivity ของวัสดุบางชนิด	29
ตารางที่ 2.2 แสดง Typical range of value of convective, Boiling and condensing heat transfer coefficients	32
ตารางที่ 2.3 Specification ของชุดปั๊มหม้อน้ำระบายความร้อน รุ่น Seidon120M	34
ตารางที่ 4.1 แสดงการบันทึกค่าอุณหภูมิ จากการทดสอบในโหมดที่ 1 แบบจ่ายกระแสต่อเนื่อง	48



บทที่ 1

คำนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

โครงการนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติ และ การทำงาน เพื่อประยุกต์ใช้งานสารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่ง คือ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งคุณสมบัติเฉพาะตัวของ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกคือเมื่อจ่ายไฟกระแสตรง ให้กับ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก นี้จะทำให้ด้านหนึ่งของแผ่นเย็นมาก และในขณะเดียวกันอีกด้านหนึ่งของแผ่น ก็จะร้อนมากเช่นกัน ซึ่งจากคุณสมบัติที่กล่าวไปนั้น ผนวกกับความรู้ทางด้านอุณหพลศาสตร์ ทฤษฎีการควบแน่น “ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงอนุภาคของก๊าซให้เป็นของเหลว เมื่ออุณหภูมิของไอน้ำต่ำลง ในขณะที่อุณหภูมิกอากาศรอบๆ นั้นสูงกว่า” จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะสร้างนวัตกรรมต้นแบบโดยนำคุณสมบัติในการสร้างความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก มาช่วยในการควบแน่นอากาศเพื่อผลิตน้ำจากอากาศ

ในการศึกษาการผลิตน้ำด้วยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสามารถทำได้โดยการจ่ายไฟกระแสตรง ให้กับ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จะเห็นได้ว่าจะมีด้านหนึ่งเย็นและอีกด้านหนึ่งร้อน หลักการของอุปกรณ์ชิ้นนี้คือ ระบายความร้อนด้านที่มีความร้อนออกให้มากที่สุดเพื่อที่จะทำให้ด้านเย็นมีอุณหภูมิต่ำสุดจนบริเวณด้านที่เย็นกลายเป็นน้ำแข็งจากนั้นทำการหยุดจ่ายกระแสให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อให้น้ำแข็งละลาย โดยจะถูกกำหนดให้ทำงานอัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบที่มีการนำแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมาประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์

1.3 ขอบเขตงาน

- 1.3.1 ศึกษาคุณสมบัติของ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก
- 1.3.2 ออกแบบระบบการทำงานของเครื่องต้นแบบ
- 1.3.3 ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- 1.3.4 ออกแบบโครงสร้างของตัวเครื่อง
- 1.3.5 สร้างและประกอบชิ้นงานเข้าด้วยกัน

- 1.3.6 ทดลองใช้งานครั้งที่หนึ่ง
- 1.3.7 วิเคราะห์ปัญหาประยุกต์และพัฒนาเครื่องให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
- 1.3.8 ทดลองใช้งานครั้งที่สอง

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการ

- 1.4.1 ศึกษาค้นหาข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.2 นำข้อมูลที่ได้มาออกแบบระบบการทำงานของเครื่องต้นแบบ
- 1.4.3 ออกแบบวงจรไฟฟ้าที่ตอบสนองต่อระบบที่ออกแบบไว้ในข้อ 1.4.2
- 1.4.4 ออกแบบโครงสร้างของเครื่องต้นแบบ
- 1.4.5 ประกอบเครื่องต้นแบบ
- 1.4.6 ทดลองใช้งานครั้งที่หนึ่ง
- 1.4.7 วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลองครั้งที่หนึ่งและพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบ
- 1.4.8 ทดลองใช้งานครั้งที่สอง
- 1.4.9 สรุปผลการทดลองเขียนรายงานและนำเสนอโครงงาน

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ให้มีการสร้างนวัตกรรมทางความคิดเพื่อคิดค้นนวัตกรรมด้านวิศวกรรมได้
- 1.5.2 ให้มีการคิดเพื่อออกแบบระบบที่เป็นองค์รวมของเครื่องต้นแบบได้
- 1.5.3 ให้มีการคิดเพื่อแก้ไขปัญหาโดยคำนึงถึงทุกองค์ประกอบ อย่างเป็นระบบ
- 1.5.4 ให้มีการนำความรู้มาประยุกต์ใช้งานจริงได้
- 1.5.5 ให้มีการสร้างเครื่องต้นแบบ

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อสร้างเครื่องผลิตน้ำดื่มแบบซึ่งต้องอาศัยทฤษฎีการควบแน่น ความรู้เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า ข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และความรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2 ทฤษฎีการควบแน่น

การควบแน่น (condensation) คือ กระบวนการที่ก๊าซ แปรสภาพเป็นของเหลว โดยการเกิดกระบวนการควบแน่นสามารถเกิดได้โดยการเพิ่มแรงดันอากาศหรือลดอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิของไอน้ำต่ำลง ในขณะที่อุณหภูมิก๊าซรอบๆ นั้นสูงกว่า จะส่งผลไอน้ำแปรสภาพเป็นเหลวหรือเป็นน้ำนั่นเอง ปรากฏการณ์ควบแน่นที่เราเห็นในชีวิตประจำวันบ่อยๆ เช่น การเกิดหยดน้ำที่ข้างแก้ว นั้นเป็นเพราะอุณหภูมิจุดน้ำค้างมีความเย็นมากกว่าอุณหภูมิก๊าซรอบแก้ว ส่งผลให้ไอน้ำบริเวณรอบๆ แก้ว เกิดการควบแน่นและกลายเป็นหยดน้ำติดอยู่บริเวณข้างแก้ว

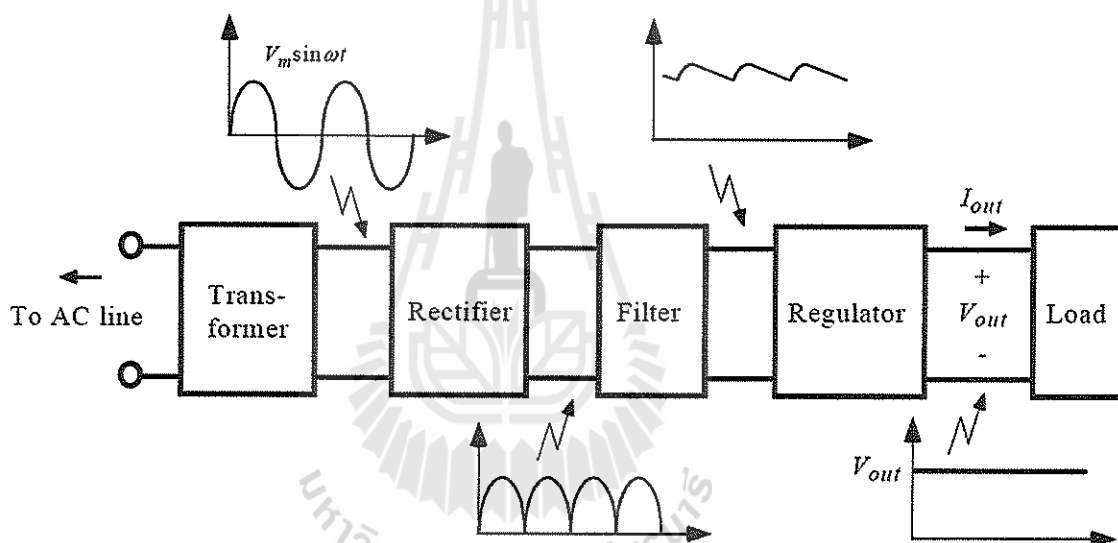


รูปที่ 2.1 หยดน้ำข้างแก้วอันเนื่องมาจากการควบแน่น

2.3 ความรู้เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า

2.3.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟตรงเชิงเส้น (Linear DC Power Supply)

เป็นสิ่งที่สำคัญมากในวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพราะอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกตัวจะสามารถทำงานได้ก็ต้องได้รับแรงดันไฟเลี้ยงจากแหล่งจ่ายไฟ แหล่งจ่ายที่ใช้ในงานวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีทั้งแหล่งจ่ายไฟสลับและแหล่งจ่ายไฟตรง สำหรับโครงการนี้จะเน้นเนื้อหาไปที่แหล่งจ่ายไฟตรงเป็นหลักเนื่องจากระบบการทำงานของโครงการนี้เป็นระบบไฟตรงทั้งหมด โดยส่วนประกอบหลักของแหล่งจ่ายไฟตรงเชิงเส้นมีดังนี้ หม้อแปลง(Transformer) วงจรเรียงกระแส(Rectifier) วงจรกรองแรงดัน(Filter) และส่วนควบคุมแรงดันคงที่(Regulator)

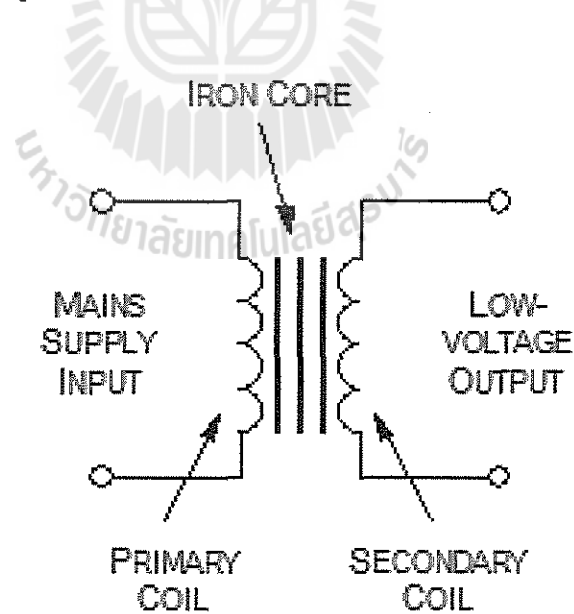


รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมของวงจรจ่ายไฟเลี้ยงแบบเชิงเส้น

หม้อแปลง (Transformer) หม้อแปลงทำหน้าที่ลดแรงดันไฟฟ้าบ้านจาก 220 โวลต์ เอซี ให้เหลือตามที่ต้องการ เช่น ลดเหลือ 12 โวลต์เอซีเป็นต้น ซึ่งสามารถเลือกซื้อได้ตามท้องตลาด



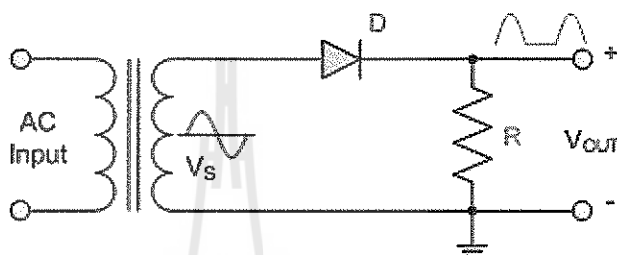
รูปที่ 2.3 (ก) ลักษณะทางกายภาพของหม้อแปลง



รูปที่ 2.3 (ข) สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของหม้อแปลง

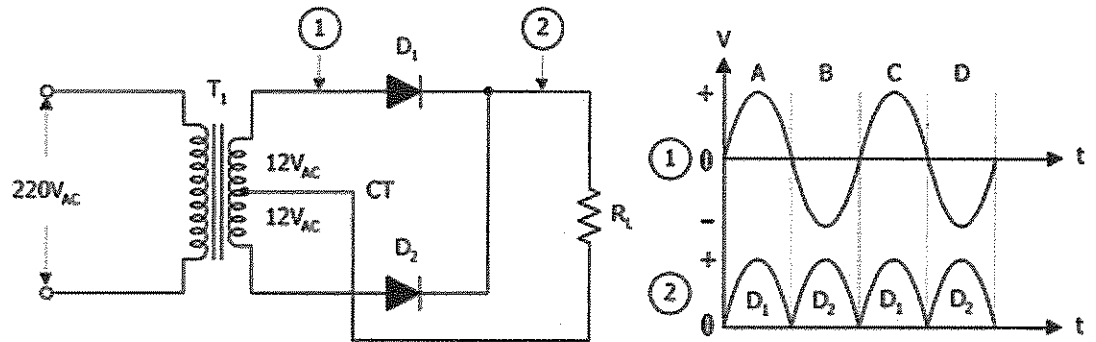
วงจรเรียงกระแส (Rectifier) มีอยู่ 3 แบบคือ แบบครึ่งคลื่น (half wave) แบบเต็มคลื่น (full wave) และแบบบริดจ์ (bridge)

วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ใช้ไดโอดเพียงตัวเดียวในการเรกติไฟร์ ไดโอดจะยอมให้กระแสผ่านไปได้เมื่อไดโอดได้รับแรงดันไบแอสตรง จากไฟสลับที่ผ่านการลดแรงดันโดยหม้อแปลง จะมีเพียงแรงดันซีกบวกเท่านั้นที่สามารถผ่านไปได้ จึงได้รูปของแรงดันเอาต์พุตเป็นช่วงๆ ทั้งนี้เพราะในซีกลบของแรงดันไฟสลับไม่สามารถผ่านไดโอดไปได้นั่นเอง



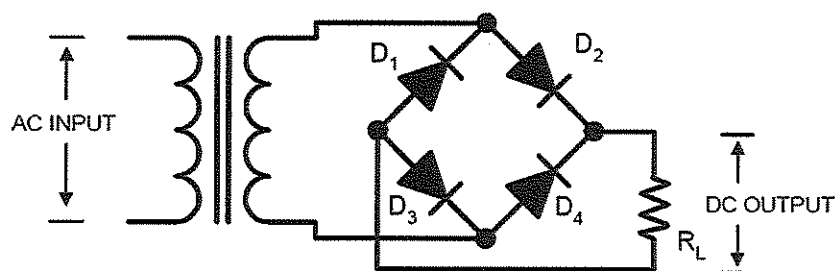
รูปที่ 2.4 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น จากข้อด้อยในการเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นที่ได้แรงดันเอาต์พุตจากไฟสลับเพียงซีกเดียว จึงเพิ่มไดโอดเข้ามาอีกหนึ่งตัวและใช้หม้อแปลงลดแรงดันแบบแถบกลางการทำงานจะเริ่มจากในช่วงซีกบวกของไฟสลับทางอินพุตจะทำให้ไดโอด D1 ทำงานยอมให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวมันไปยังโหลด R_L ส่งผลให้เกิดแรงดันตกคร่อมโหลด R_L ขึ้น ต่อมาเมื่อไฟสลับในซีกลบเข้ามา แท้ปกลางของหม้อแปลงจะมีขั้วทางไฟฟ้าเป็นลบ ในขณะที่ขั้วลวดของหม้อแปลงในตำแหน่ง B เป็นขั้วบวก ทำให้ไดโอด D2 ได้รับการไบแอสตรงจึงนำกระแส เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังโหลด R_L เกิดแรงดันตกคร่อมที่โหลด R_L เช่นเดียวกับในซีกบวก จึงได้รับแรงดันเอาต์พุตมีลักษณะเป็นพัลส์ อย่างไรก็ตามในการเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นต้องใช้หม้อแปลงที่มีแท้ปกลางทำให้กระแสของหม้อแปลงถูกแบ่งครึ่ง ส่งผลให้ความสามารถในการจ่ายกระแสของหม้อแปลงลดลง

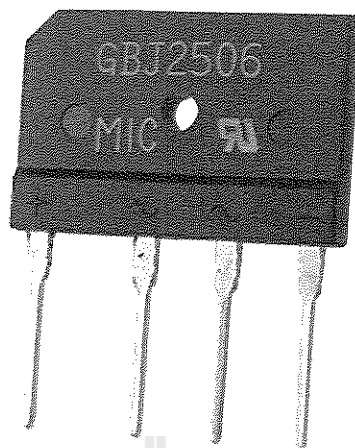


รูปที่ 2.5 (ก) วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น รูปที่ 2.5 (ข) รูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต

วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ ในการเรียงกระแสแบบนี้จะส่งผลให้ทางเอาต์พุต เหมือนกับการเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นทุกประการแต่หม้อแปลงที่ใช้ในการลดแรงดันไม่ต้องมีแท็ปกลาง และใช้ไดโอดเพิ่มขึ้นอีก 2 ตัว เป็น 4 ตัว ในซีกบวกของไฟสลับ จุด A จะมีขั้วเป็นบวก จุด B จะมีขั้วเป็นลบ ทำให้ไดโอด D2 และ D3 ทำงานเกิดกระแสไหลผ่านไปยังโหลด R_L และเกิดแรงดันตกคร่อมโหลด R_L ต่อมาเมื่อไฟสลับในซีกลบเข้ามา จุด A จะกลับเป็นขั้วลบ จุด B เป็นขั้วบวกทำให้ไดโอด D1 และ D4 สลับมาทำงานบ้างเกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโหลด R_L และเกิดแรงดันตกคร่อมโหลด R_L เหมือนกับในซีกบวกจึงได้แรงดันเอาต์พุตออกมาครบทั้งสองซีกของไฟสลับ และได้แรงดันเอาต์พุตมีลักษณะเป็นพัลส์เช่นเดียวกับวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น สำหรับโครงการนี้ได้เลือกใช้วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ โดยใช้ IC บริดจ์สำเร็จรูปเบอร์ GBJ2506

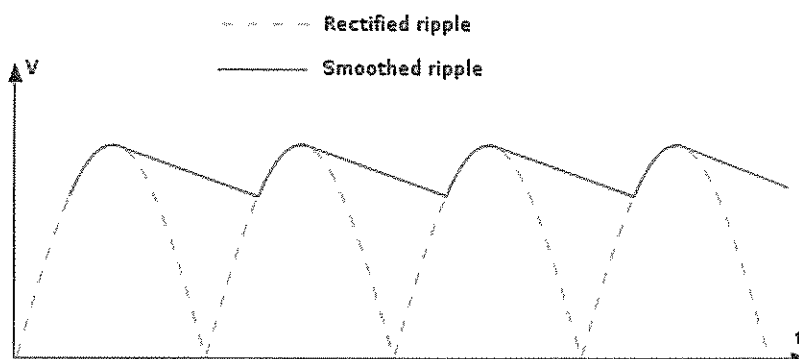


รูปที่ 2.6 (ก) วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์



รูปที่ 2.6 (ข) ไอซีวงจรมอเตอร์สำเร็จรูปเบอร์ GBJ2506

วงจรรองแรงดัน (Filter) จะเห็นว่าเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสจะได้เป็นพัลส์ไฟตรงซึ่งไม่มีความราบเรียบและแรงดันยังไม่คงที่เท่าที่ควรจึงต้องมีการต่ออุปกรณ์เพื่อทำหน้าที่กรองแรงดันให้เรียบ อย่างง่ายที่สุดคือต่อตัวเก็บประจุค่าสูงๆคร่อมที่เอาต์พุต จะทำสัญญาณเอาต์พุตออกมาเรียบขึ้น ด้วยคุณสมบัติของตัวเก็บประจุที่สามารถเก็บและคายประจุไฟฟ้าได้เมื่ วงจรเรียงกระแสได้พัลส์ไฟตรงมาในช่วงขาขึ้นของแรงดันตัวเก็บประจุจะเริ่มเก็บประจุแรงดัน และเมื่อแรงดันอินพุตจากวงจรเรียงกระแสเริ่มลดลง ตัวเก็บประจุจะทำการคายประจุออกมาอย่างช้าๆ จนเมื่อแรงดันจากการเรียงกระแสในอีกซีกหนึ่งของไฟสลับเข้ามาตัวเก็บประจุก็น่าจะกลับมาประจุแรงดันอีกครั้งหนึ่ง ช่วงเวลาของการคายประจุออกจะช้ากว่าช่วงเวลาของแรงดันซีกใหม่จากการเรียงกระแสเข้ามาประจุแรงดัน ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุนั้นก็คือแรงดันเอาต์พุตมีความเรียบเป็นเส้นตรงมากขึ้น



รูปที่ 2.7 กราฟแสดงลักษณะการกรองแรงดันของตัวเก็บประจุ

นอกจากตัวเก็บประจุเดี่ยวๆ และยังสามารถเพิ่มตัวเหนี่ยวนำและตัวต้านทานช่วยในการกรองแรงดันให้เรียบขึ้นด้วย เมื่อต่อตัวเหนี่ยวนำเข้าไป ค่าความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำจะสร้างอิมพีแดนซ์ค่าสูงด้านส่วนประกอบกระแสลับของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอดแต่ในขณะเดียวกัน ตัวเหนี่ยวนำก็ยอมให้ส่วนประกอบกระแสตรงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอดผ่านออกไปได้ ทำให้แรงดันเอาต์พุตมีความเรียบมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการใช้ตัวเหนี่ยวนำเพื่อกรองแรงดันเพียงอย่างเดียว ยังไม่สามารถทำให้ริบเบิล (ripple) หรือระลอกคลื่นบนแรงดันไฟตรงหมดไปได้ นอกจากนี้การใช้ตัวเหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียวในการกรองแรงดันยังทำให้แรงดันเอาต์พุตที่ได้มีค่าลดลง จึงต้องต่อตัวเก็บประจุเพิ่มเข้าไปด้วย เพื่อช่วยให้แรงดันเอาต์พุตมีความราบเรียบเพิ่มมากขึ้น และมีค่าแรงดันไฟตรงสูงขึ้นด้วย

อย่างไรก็ดีการใช้ตัวเหนี่ยวนำก็มีความยุ่งยากไม่น้อยในการสร้างตัวเหนี่ยวนำขึ้นมาใช้งาน จึงมีการใช้ตัวต้านทานมาต่อแทนตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งก็พอใช้งานได้แต่ไม่เหมาะที่จะใช้ในงานที่มีกระแสสูงๆ เพราะจะเกิดความร้อนสะสมจำนวนมากที่ตัวต้านทานอาจทำให้ตัวต้านทานเสียหายได้

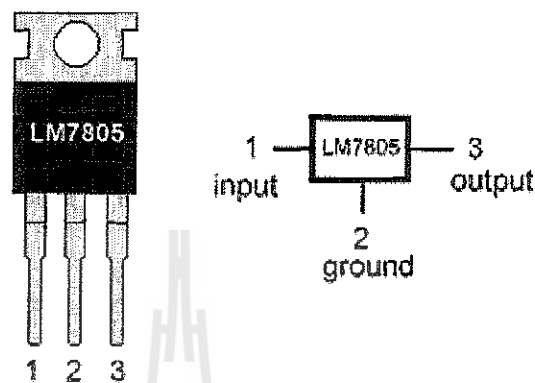
วงจรรีจูลเลเตอร์ (Regulator) หรือวงจรรักษาแรงดัน ที่ง่ายที่สุดคือการใช้ซีเนอริไดโอด โดยวงจรรีจูลเลเตอร์ที่ใช้ซีเนอริไดโอดสามารถแบ่งได้ 2 แบบคือ แบบอนุกรม (Series regulator) และแบบขนาน (Shunt regulator)

วงจรรีจูลเลเตอร์แบบอนุกรมคือ วงจรรีจูลเลเตอร์ที่ต่ออนุกรมระหว่างแหล่งจ่ายไฟตรงที่ยังไม่คงที่กับโหลด ในวงจรมีซีเนอริไดโอดเป็นตัวกำหนดแรงดันเอาต์พุต กระแสแทนที่จะไหลจากตัวซีเนอริไดโอดออกไปยังโหลดโดยตรง จะผ่านเข้าไปที่ขาเลสของทรานซิสเตอร์ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเกิดแรงดันปรอทขึ้นที่เอาต์พุต จากการต่อทรานซิสเตอร์เข้าไปนี้ทำให้วงจรมีความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูงขึ้นและเมื่อไม่มีโหลดในวงจรจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านซีเนอริไดโอดเพียงอย่างเดียวทำให้ไม่เกิดกำลังงานความร้อนสูญเสียที่ตัวทรานซิสเตอร์

วงจรรีจูลเลเตอร์แบบขนาน ซึ่งยังใช้ซีเนอริไดโอดเป็นตัวกำหนดแรงดันเอาต์พุตอยู่ โดยมีตัวต้านทาน R_S ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวซีเนอริไดโอด ต้องกระแสเพียง 5 มิลลิแอมป์ก็ทำงานแล้ว

นอกจากนี้ยังมีวิธีการคงค่าแรงดันที่ง่ายต่อการใช้งานโดยไม่ต้องผ่านการคำนวณที่ยุ่งยากเหมือนกับการใช้ซีเนอริไดโอด นั่นคือไอซีสำเร็จรูปหรือไอซีรีจูลเลเตอร์ซึ่งสามารถ

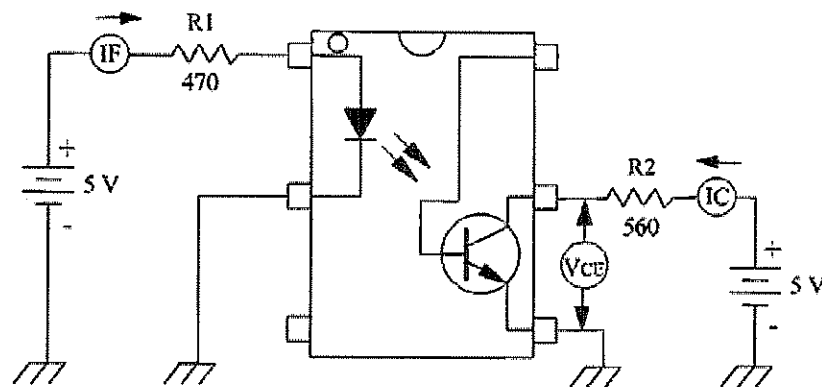
นำมาใช้ในวงจรจ่ายไฟเลี้ยงโดยแรงดันเอาต์พุตขึ้นอยู่กับเบอร์ของไอซีเรกูเลเตอร์ เช่น เบอร์ LM7805 มีแรงดันเอาต์พุต 5 โวลต์ หรือ LM7812 มีแรงดันเอาต์พุต 12 โวลต์ เป็นต้น



รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะทางกายภาพและสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของไอซีคงค่าแรงดันขนาด 5 โวลต์ เบอร์ LM7805

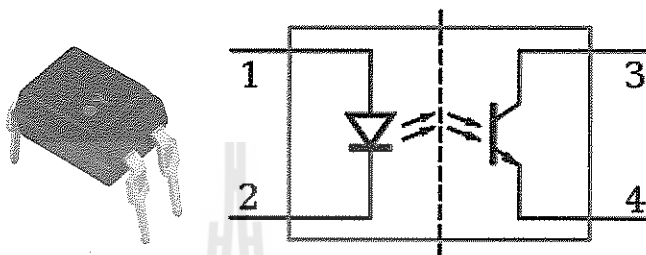
2.3.2 วงจรสวิตช์ควบคุมด้วยแสง (Opto-Isolator)

หรือที่เรียกว่าออปโตคัปเปิลเลอร์ (Opto-Coupler) เราสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบควบคุมไฟฟ้า โดยใช้หลักการ กระแสต่ำควบคุมกระแสสูง และแรงดันไฟฟ้าต่ำควบคุมแรงดันไฟฟ้าสูง จากแนวคิดนี้เราสามารถนำไปออกแบบวงจรควบคุม อุปกรณ์ไฟฟ้า หรือเครื่องกลได้ โดยข้อดีที่สำคัญของ ออปโตคัปเปิลเลอร์ (Opto-Coupler) นี้คือ กราวนั้นแยกออกจากกันทำให้ไม่มีการรบกวนกันทั้งสองฝั่งที่ต้องการความมีเสถียรภาพของการควบคุม หรือใช้กับความถี่ต่างๆ ที่ต้องการควบคุมได้แม่นยำ โดยใช้ไอซีออปโต



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างวงจรสวิตช์ควบคุมด้วยแสง

ไอโซลอปโต-ไอโซเลเตอร์ (Opto-Isolator IC) เป็นอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานโดยใช้แสง จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นแสงและเปลี่ยนจากแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยไม่ต้องมีสายเชื่อมต่อระหว่างวงจร ซึ่งเป็นการแยกทางไฟฟ้าอย่างเด็ดขาด เพื่อป้องกันการรบกวนกันทางไฟฟ้า อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงที่มีขายในท้องตลาดมีพิกัด และรูปร่างหลากหลาย

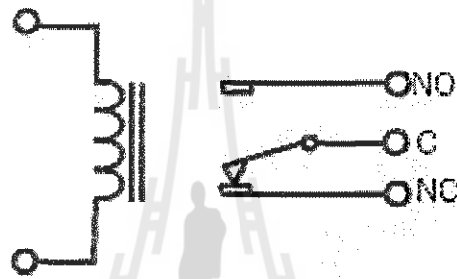


รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะทางกายภาพและสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของไอโซลอปโต

โครงสร้างของอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วยด้านอินพุตจะเป็นตัวกำเนิดแสง เช่นไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด (Light Emitter Diode Infrared) และส่วนทางด้านเอาต์พุตทำหน้าที่รับแสงประกอบด้วยโฟโตทรานซิสเตอร์ โฟโตไดโอด และอื่นๆ ผลิตรวมอยู่ในตัวถังเดียวกัน การทำงานเมื่อจ่ายไฟกระแสตรงทางด้านอินพุตที่ขา 1 และขา 2 จะทำให้ไดโอดเปล่งแสงทำงานและเปล่งแสงขึ้น ส่งผลให้โฟโตทรานซิสเตอร์ด้านเอาต์พุตนำกระแสจากขา 3 ไปขา 4 ได้

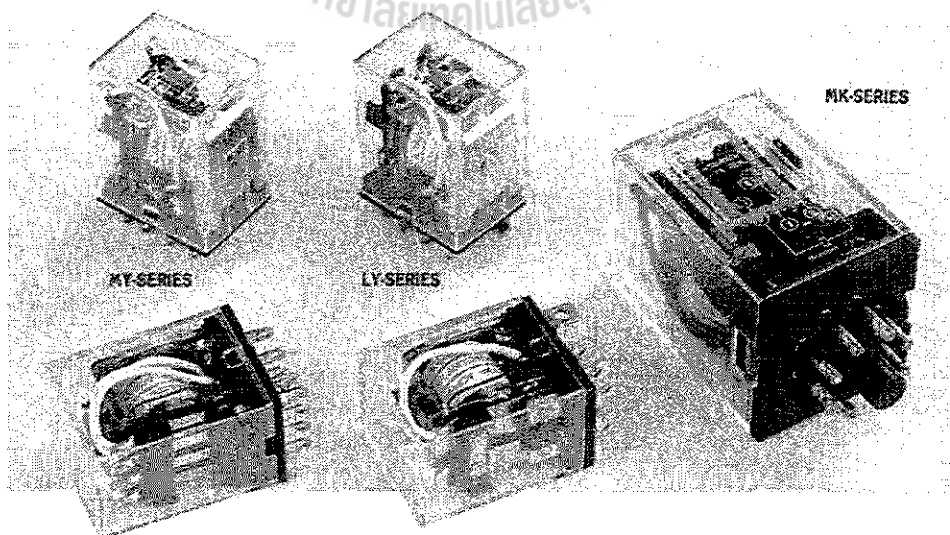
2.3.3 วงจรควบคุมรีเลย์ (Relay control circuit)

อุปกรณ์รีเลย์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กระแสต่ำๆ เพื่อควบคุมสวิตช์ให้ตัดต่อโหลดที่มีกระแสสูงๆ การทำงานของรีเลย์คือ เมื่อมีแรงดันตกคร่อมขดลวดจะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านขดลวด ซึ่งจะทำให้หน้าสัมผัส C เคลื่อนที่ เนื่องจากเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าดูดหน้าสัมผัส NO (Normally Open) ให้ต่อวงจร และเมื่อปลดแรงดันออกสนามแม่เหล็กก็จะหมดลง หน้าสัมผัส C ก็จะดีดกลับไปที่หน้าสัมผัส NC (Normally Close)



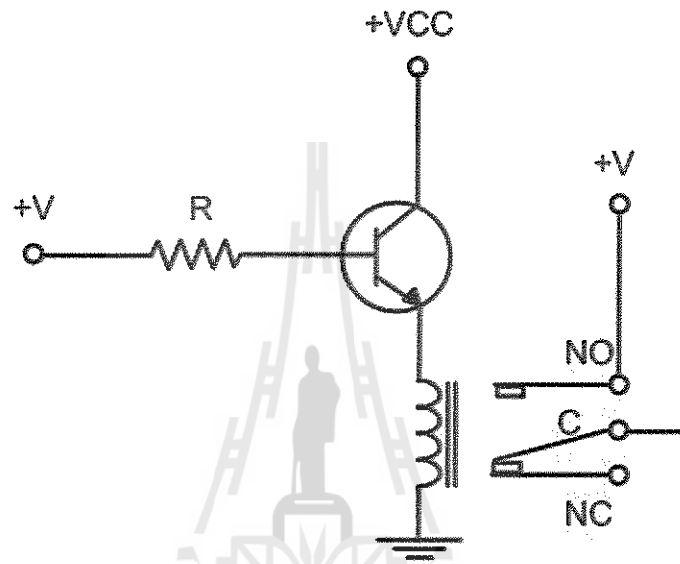
รูปที่ 2.11 แสดงสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของรีเลย์

ในปัจจุบันรีเลย์มีขายตามท้องตลาด โดยมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ออกไปขึ้นอยู่กับบริษัทที่ผลิต และมีอยู่หลากหลายขนาดขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น ขนาด 5V, 12V เป็นต้น



รูปที่ 2.12 ลักษณะทางกายภาพของรีเลย์

สำหรับการควบคุมรีเลย์นั้น จะใช้ทรานซิสเตอร์มาเป็นตัวสวิตช์เพื่อเปิดปิดการจ่ายกระแสให้กับขดลวดของรีเลย์เมื่อมีกระแสเข้ามาที่ขา B ของทรานซิสเตอร์จะทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสจากขา C ไปสู่ขา E ซึ่งต่ออยู่กับขดลวดของรีเลย์ และทำให้รีเลย์ทำงาน และกระแสที่ขา B ก็จะทำให้ไม่มีกระแสไหลผ่านขดลวดส่งผลให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ติดกลับหรือหยุดทำงานนั่นเอง

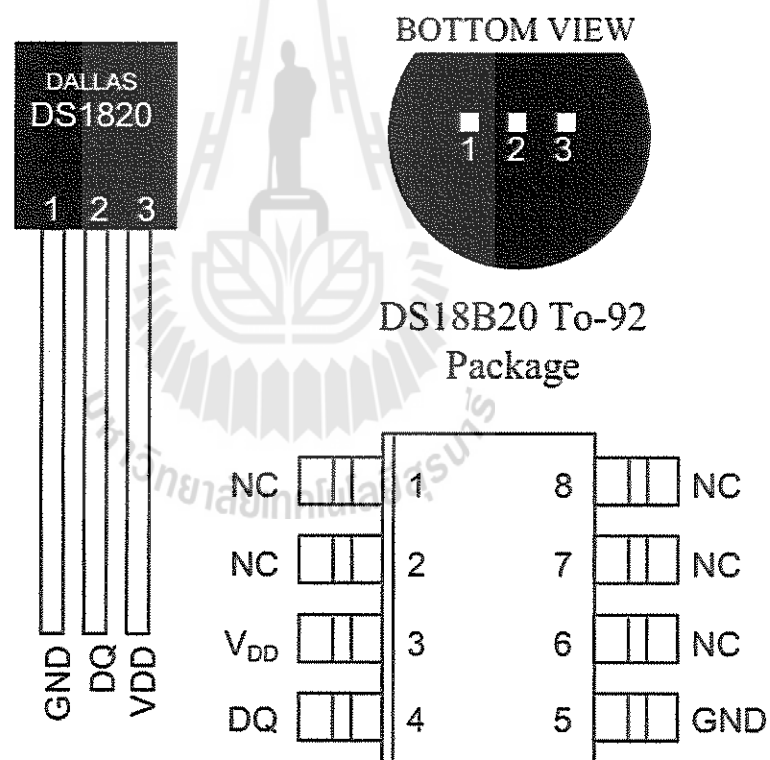


รูปที่ 2.13 วงจรควบคุมรีเลย์ด้วยทรานซิสเตอร์

2.3.4 วงจรตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermal Sensor)

ข้อมูลของไอซีดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์เบอร์ DS18B20

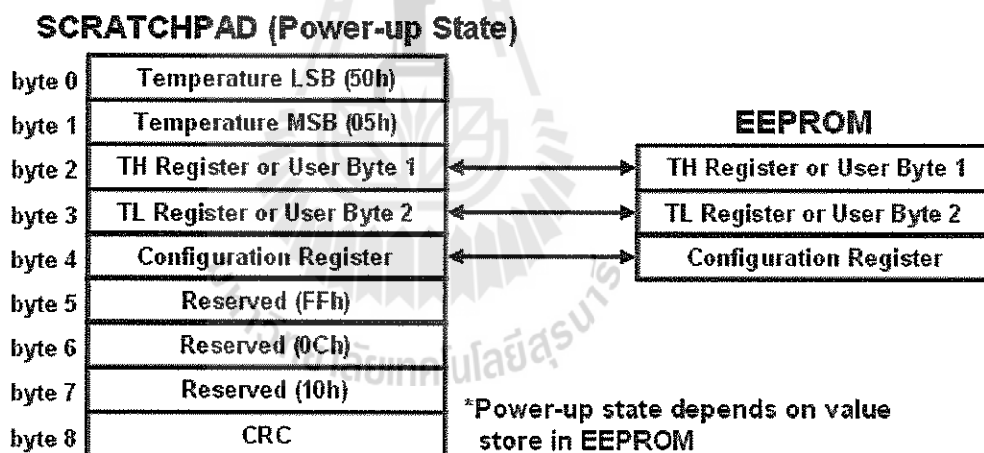
ในการสร้างวงจรตรวจวัดอุณหภูมิสามารถใช้ ไอซีดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์เบอร์ DS18B20 ซึ่งเป็นไอซีวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล ของ Dallas Semiconductor สามารถวัดอุณหภูมิเป็นหน่วยองศา C ในช่วง -55°C ถึง 125°C ที่ความละเอียด 9-12 บิต และมีความแม่นยำอยู่ที่ 0.5°C ในช่วง -10°C ถึง 85°C ในกรณีที่เป็นตัวถังแบบ TO-92 นั้นจะมีโครงสร้าง และขาตั้งแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 โครงสร้าง และขาของ DS18B20 ตัวถังแบบ TO-92

การสื่อสารและควบคุม DS18B20 นั้นสามารถทำได้โดยใช้บัสข้อมูลแบบ 1-wire ของ Dallas Semiconductor ซึ่งใช้สายสัญญาณเพียงแค่เส้นเดียวเท่านั้น ภายใน DS18B20 แต่ละตัว มีได้ค้ประจำตัวขนาด 64 บิต ทำให้สามารถใช้งาน DS18B20 หลายตัวทำงานบนบัสแบบ 1 wire พร้อมกันได้ นอกจากนี้ DS18B20 ยังสามารถทำงานในโหมดพาราสิต (Parasite Power Mode) ซึ่งเป็นการทำงานโดยไม่ใช่ไฟเลี้ยง แต่ใช้พลังงานจากสายสัญญาณ 1-wire ซึ่งมีประโยชน์มากสำหรับการวัดอุณหภูมิระยะไกล หรือในการใช้งานในที่ ๆ มีเนื้อที่จำกัด แต่ในบทความนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดการใช้งานขั้นพื้นฐานในโหมดธรรมดาเท่านั้น สำหรับผู้ที่สนใจสามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก Datasheet ของ DS18B20

โครงสร้างรีจิสเตอร์ภายในของ DS18B20 มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.15 จะเห็นได้ว่าประกอบไปด้วย SRAM Scratchpad ขนาด 9 ไบต์ และ EEPROM ขนาด 3 ไบต์ ซึ่งใช้เก็บค่าอุณหภูมิสูงสุด (TH) ต่ำสุด (TL) สำหรับเปรียบเทียบการเกิดสัญญาณเตือน และรีจิสเตอร์ควบคุม (Configuration Register)



รูปที่ 2.15 โครงสร้างรีจิสเตอร์ภายในของ DS18B20

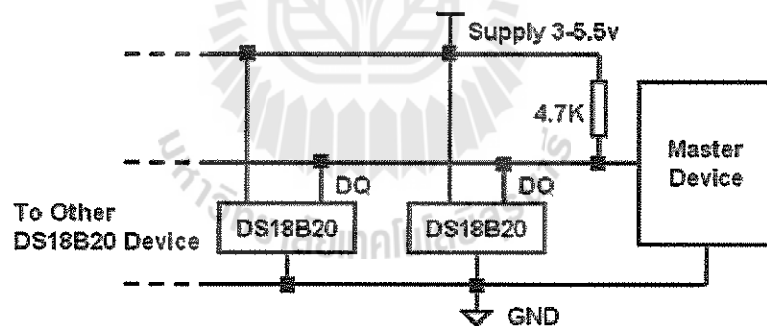
ข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้จะถูกเก็บอยู่ในรีจิสเตอร์ Temperature ซึ่งมีขนาด 16 บิต ดังแสดงในรูปที่ 2.16 ถ้าข้อมูลอุณหภูมิเป็นบวก S จะเป็น “1” แต่ถ้าข้อมูลอุณหภูมิเป็นลบ S จะเป็น “0” ในกรณีที่ DS18B20 ทำงานในโหมดความละเอียด 12 บิต บิตทุกบิตในรีจิสเตอร์ Temperature จะถูกใช้หมด แต่ในกรณีที่ทำงานในโหมด 9-11 บิต บิตล่าง (บิต 0 – บิต 2) จะไม่ถูกใช้งาน ซึ่งในการกำหนดโหมดความละเอียดการทำงานของ DS18B20 นั้นสามารถกำหนดได้ที่รีจิสเตอร์ Configuration ซึ่งโดยปกติเริ่มต้น DS18B20 จะทำงานในโหมด 12 บิต

	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
LS Byte	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}
	bit15	bit14	bit13	bit12	bit11	bit10	bit9	bit8
MS Byte	S	S	S	S	S	2^6	2^5	2^4

รูปที่ 2.16 โครงสร้างภายในรีจิสเตอร์ Temperature LSB และ MSB

การสื่อสารแบบ 1-wire เป็นระบบบัสข้อมูลแบบ Half-duplex นั่นคือสามารถสื่อสารได้ 2 ทิศทาง แต่ไม่สามารถรับ และส่งข้อมูลพร้อมกันในช่วงเวลาเดียวกันได้ ระบบบัสมีการทำงานเป็นแบบ Master/Slave โดยอุปกรณ์ Master จะเป็นตัวควบคุมสถานะ และแจ้งหะการรับส่งของบัสข้อมูล ในขณะที่อุปกรณ์ Slave จะทำงานตามการควบคุมของอุปกรณ์ Master เท่านั้น

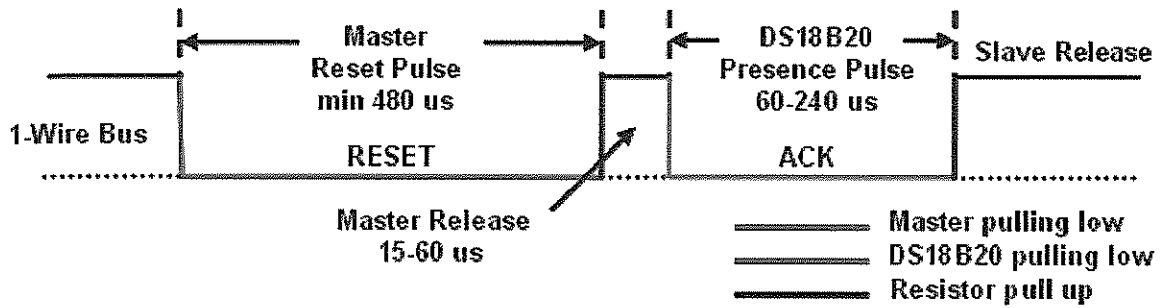
ในการใช้งานบัสแบบ 1 wire นี้ สายสัญญาณข้อมูล DQ จะต้องมีสถานะปกติที่ลอจิกสูง สามารถทำได้โดยการต่อตัวต้านทานประมาณ 5 กิโลโห์มพูลอัปไว้กับไฟเลี้ยง หรือในกรณีที่ใช้บัสแบบ 1 wire ต่อร่วมกับอุปกรณ์ DS18B20 หลายตัว ก็สามารถทำได้ดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 การต่อใช้งาน DS18B20

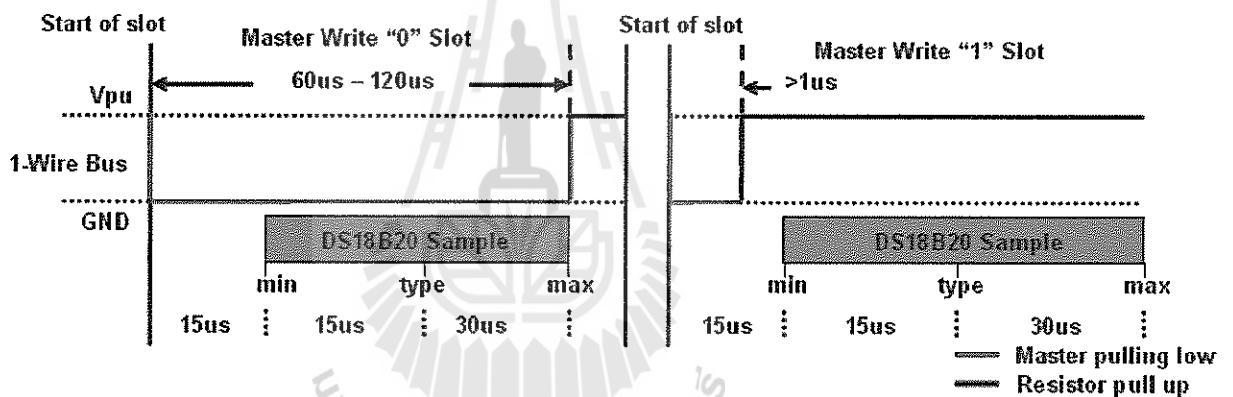
รูปแบบของสัญญาณบนบัส 1-wire สามารถแบ่งออกได้เป็น 6 รูปแบบ คือ Reset pulse, Presence pulse, write 0, write 1, read 0, read 1

ในกระบวนการเริ่มต้นการสื่อสารแบบ 1-wire ทั้งหมดนั้น อุปกรณ์ Master ต้องขอเริ่มการสื่อสารด้วยการสร้าง Reset pulse ก่อน เมื่ออุปกรณ์ Slave ได้รับ Reset pulse ก็จะมีการสร้าง Presence pulse เพื่อตอบรับการขอเริ่มการสื่อสารนั้น ซึ่งมีรายละเอียดของช่วงเวลาต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 การเริ่มการติดต่อสื่อสารแบบ 1-wire ด้วย Reset Pulse และ Presence Pulse

ในการเขียนข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือการเขียนข้อมูล “1” และการเขียนข้อมูล “0” ดังแสดงในรูปที่ 2.19 การเขียนข้อมูลลง DS18B20 ต้องใช้ช่วงเวลาของไทม์สล็อตอย่างต่ำ 60 μ sec และต้องมีช่วงเวลาระหว่างไทม์สล็อตอย่างต่ำ 1 μ sec

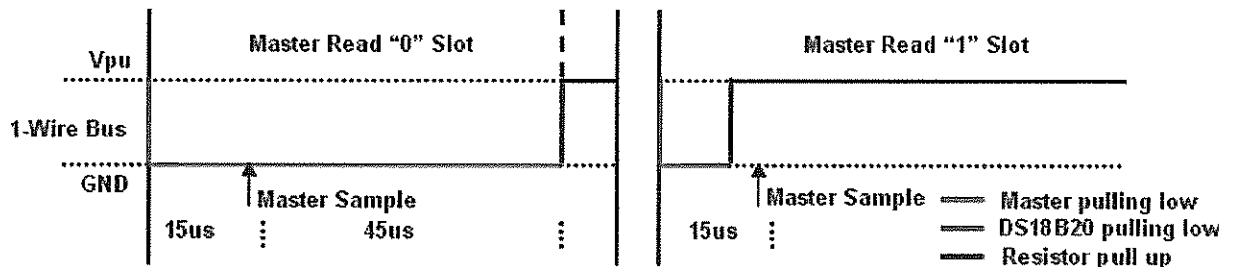


รูปที่ 2.19 การเขียนข้อมูลลง DS18B20

การเขียนข้อมูลทั้ง 2 ชนิด เริ่มแรกอุปกรณ์ Master ต้องดึงสัญญาณบนบัส 1-wire ลงมาให้อยู่ในสถานะลอจิกต่ำก่อน ในกรณีที่ต้องการเขียนข้อมูล “0” ลงใน DS18B20 อุปกรณ์ Master ต้องดึงสัญญาณบนบัสให้เป็นลอจิกต่ำต่อ จนกว่าจะครบช่วงเวลาไทม์สล็อต (อย่างต่ำ 60 μ sec) ส่วนในกรณีที่ต้องการเขียนข้อมูล “1” ลง DS18B20 อุปกรณ์ Master ต้องปล่อยบัสเพื่อให้บัสกลับไปอยู่ในสถานะลอจิกสูงก่อนการ Sampling ของ DS18B20 ซึ่งจะอยู่ในช่วง 15 μ sec - 60 μ sec หลังจากที่ถูกอุปกรณ์ Master ดึงสัญญาณบัส 1-wire ลงมา

ในการอ่านค่าภายใน SRAM ของ DS18B20 สามารถทำได้ก็ต่อเมื่ออุปกรณ์ Master ได้เขียนข้อมูลเพื่อขอทำการอ่านค่าใน SRAM (Read Scratchpad) ซึ่งมีค่าเป็น 0xBE ลงไปที่ DS18B20 เสียก่อน จากนั้นจึงเริ่มอ่านข้อมูลจากบัส 1-wire โดยไทม์สล็อตของการอ่านต้องมี

ช่วงเวลาอย่างต่ำ 60 μsec และต้องมีช่วงเวลาระหว่างไทม์สล๊อตอย่างต่ำ 1 μsec ดังแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 การอ่านข้อมูลจาก DS18B20

การอ่านข้อมูลจากบัส 1-wire เริ่มแรกอุปกรณ์ Master จะต้องดึงบัส 1-wire ลงให้อยู่ในสถานะลอจิกต่ำเป็นช่วงเวลาอย่างน้อย 1 μsec จากนั้นจึงค่อยปล่อยบัส ในกรณีที่ DS18B20 ส่งข้อมูล "0" DS18B20 จะดึงบัสให้เป็นลอจิกต่ำจนจนกว่าจะสิ้นสุดไทม์สล๊อตถึงจึงจะปล่อยบัสให้กลับไปอยู่ในสถานะลอจิกสูง ส่วนในกรณีที่ DS18B20 ส่งข้อมูล "1" DS18B20 จะปล่อยบัสให้อยู่ในสถานะลอจิกสูงตลอด ในการ Sample เพื่อรับข้อมูลจาก DS18B20 ควรทำภายใน 15 μsec หลังจากจุดเริ่มของไทม์สล๊อตดังแสดงในรูปที่ 2.20

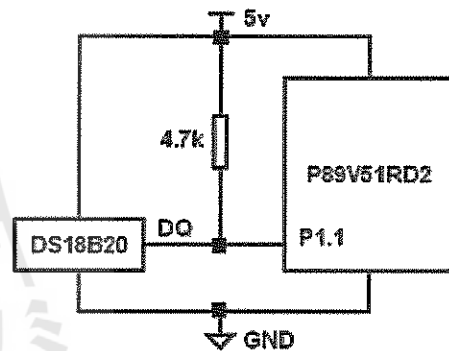
ขั้นตอนการเข้าใช้งาน DS18B20 มี 3 ขั้นตอนด้วยกันคือ

1. Initialization
2. ROM Command
3. DS18B20 Function Command

การ Initialization ประกอบไปด้วยการส่ง Reset Pulse จากอุปกรณ์ Master ตามด้วย Presence Pulse ซึ่งตอบรับโดย DS18B20 เพื่อบ่งบอกว่าอุปกรณ์พร้อมทำงาน หลังจากการทำ Initialization เสร็จเรียบร้อยแล้ว อุปกรณ์ Master ต้องส่ง ROM Command ไปยัง DS18B20 ROM Command นั้นแบ่งออกได้เป็น 5 คำสั่งด้วยกันคือ SEARCH ROM [F0h], READ ROM [33h], MATCH ROM [55h], SKIP ROM [CCh], ALARM SEARCH [ECh] ซึ่งในกรณีที่ต่อใช้งาน DS18B20 เพียงตัวเดียวนั้นจะใช้ ROM Command ได้แค่ 2 คำสั่งนั่นคือ READ ROM ซึ่งเป็นการอ่านค่า ROM Code ขนาด 64 บิต บนตัว DS18B20 อีกคำสั่งคือ SKIP ROM ซึ่งเป็นคำสั่งที่ใช้ในกรณีที่อุปกรณ์ Master ต้องการส่งคำสั่งควบคุม DS18B20 ทุกตัว ซึ่งไม่จำเป็นต้องระบุ ROM

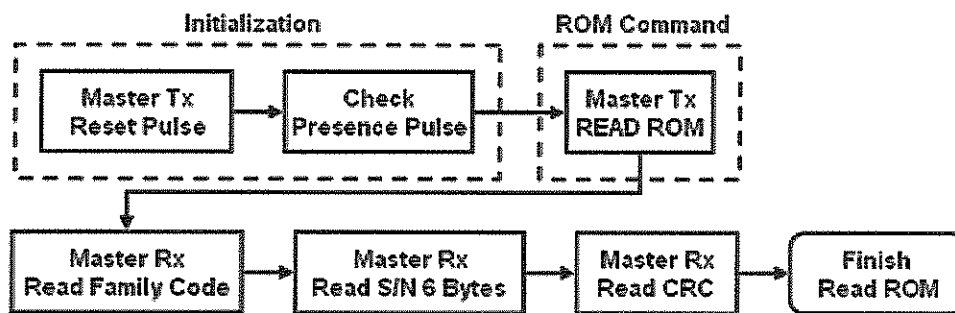
Code หลังจากทีอุปกรณ์ Master ส่ง Rom Command ไปยัง DS18B20 แล้ว อุปกรณ์ Master จะสามารถใช้ Function Command เพื่อเข้าไปควบคุมการทำงานของ DS18B20 ได้ Function Command ประกอบไปด้วย CONVERT T [44h], WRITE SCRATCHPAD[4Eh], READ SCRATCHPAD[BEh], COPY SCRATCHPAD [48h], RECALL E2[B8h], READ POWER SUPPLY [B4h]

ในตัวอย่างการใช้งานได้ต่อ DS18B20 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2 โดยใช้พอร์ต P1.1 เป็นพอร์ตสื่อสารแบบ 1-wire ดังแสดงในรูปที่ 2.21 และแสดงผลการทำงานโดยใช้โปรแกรม HyperTerminal สื่อสารกับพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยอัตราข้อมูล 9600bps



รูปที่ 2.21 การต่อวงจรทดสอบการใช้งาน DS18B20

ในส่วนโปรแกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์จะคอยตรวจสอบพอร์ตอนุกรม ในกรณีผู้ใช้งานพิมพ์ตัวอักษร "r" ผ่านโปรแกรม HyperTerminal เข้ามาทางพอร์ตอนุกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่าน ROM Code จาก DS18B20 ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานตามรูปที่ 2.22 จะเห็นได้ว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ Master จะต้องทำการ Initialization โดยส่ง Reset Pulse ไปที่บัส 1-wire ก่อน จากนั้นจึงคอยตรวจสอบ Presence Pulse จาก DS18B20 ในกรณีที่ได้รับ Presence Pulse แสดงว่า DS18B20 นั้นพร้อมที่จะทำงานและเป็น การสิ้นสุดกระบวนการ Initialization ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงคอยส่งคำสั่ง Read ROM [33h] ซึ่งเป็น ROM Command ไปยัง DS18B20 จากนั้นจึงคอยอ่านค่า ROM Code จาก DS18B20 ซึ่งมีขนาด 8 ไบต์ (64 บิต) ที่ละไบต์ โดยไบต์แรกนั้นเป็น Family Code ไบต์ที่ 2-7 เป็น Serial Number ส่วนไบต์สุดท้ายเป็น CRC ตามลำดับ พร้อมกับส่งข้อมูล ROM Code ที่อ่านได้นั้น ออกมาทางพอร์ตอนุกรมเพื่อแสดงในโปรแกรม HyperTerminal ในรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.22 ขั้นตอนการอ่าน Rom Code จาก DS18B20

```

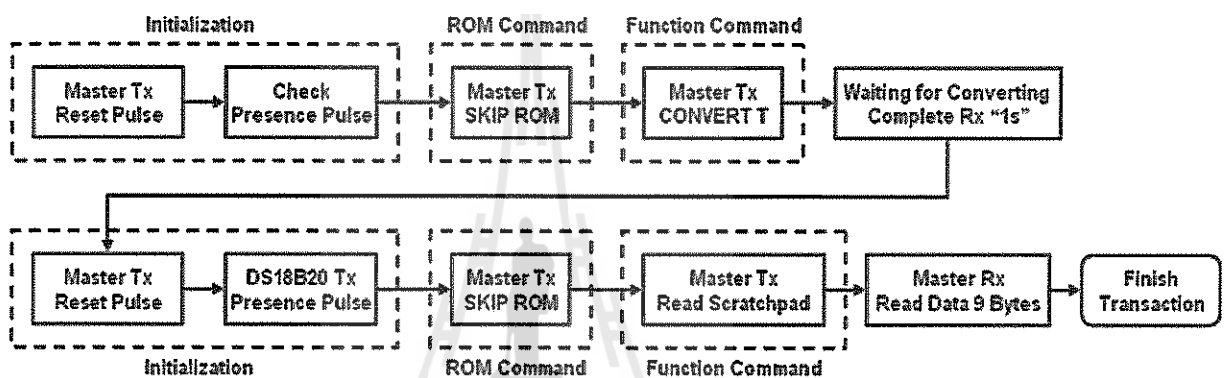
DS18B20 - HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help
TEST DS18B20 with 1-wire interface
Press r to Read DS18B20 ID
Press s to Show current temperature
r
Initial Complete
Family Code = 28
Serial Number = cd e5 5a 1 0 0
CRC = ab
  
```

รูปที่ 2.23 ผลการอ่าน ROM Code ขนาด 64 บิต จาก DS18B20

ในกรณีผู้ใช้งานพิมพ์ตัวอักษร “s” ผ่านโปรแกรม HyperTerminal เข้ามาทางพอร์ตอนุกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านค่าอุณหภูมิจาก DS18B20 และแสดงค่าอุณหภูมิที่อ่านได้ขณะนั้นออกมาทางพอร์ตอนุกรมดังแสดงในโปรแกรม HyperTerminal ในรูปที่ 2.25

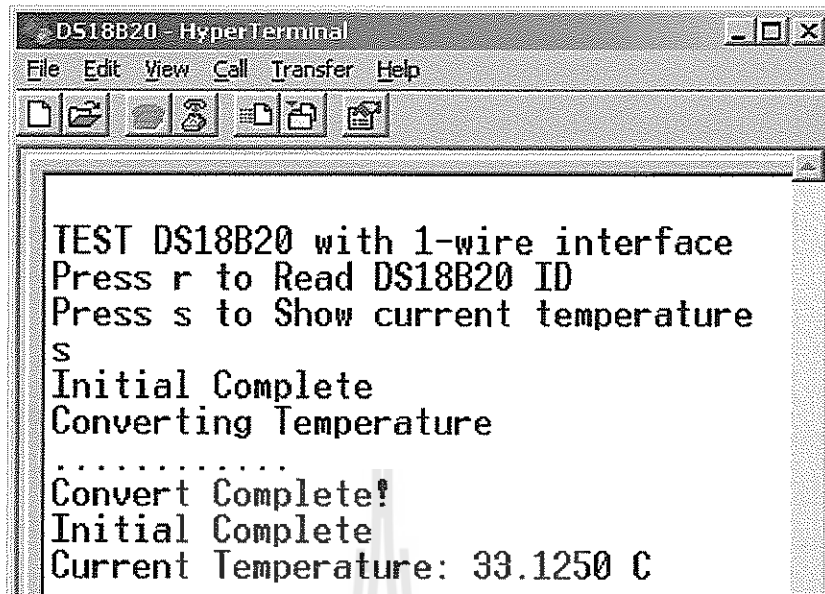
ขั้นตอนการอ่านค่าอุณหภูมิจาก DS18B20 นั้น แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ Converting Temperature ซึ่งเป็นการแปลงอุณหภูมิให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิตอลเก็บไว้ใน Scratchpad และ Read Scratchpad ซึ่งเป็นการอ่านข้อมูลที่เก็บใน Scratchpad นั้นออกมา ดังแสดงในรูปที่ 2.24 จะเห็นได้ว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ Master จะต้องทำการ Initialization จากนั้นจึงค่อยคำสั่ง SKIP ROM [CCh] ซึ่งเป็น ROM Command ที่ใช้ในกรณีที่ต้อง

ใช้งาน DS18B20 เพียงตัวเดียวจากนั้นจึงค่อยส่ง Function Command CONVERT T [44h] เพื่อสั่งให้ DS18B20 ทำการแปลงอุณหภูมิให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัลและเก็บไว้ใน Scratchpad กระบวนการแปลงนี้จะใช้เวลาประมาณ 750ms ซึ่งเราสามารถตรวจสอบสถานะการแปลงข้อมูลได้จากการเช็คสถานะของบัส 1-wire ในกรณีที่ DS18B20 ยังทำการแปลงข้อมูลอยู่บัส 1-wire จะมีสถานะเป็นลอจิกต่ำ แต่ถ้า DS18B20 ได้ทำการแปลงข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้วบัส 1-wire จะกลับมาอยู่ในสถานะปกติคือลอจิกสูง



รูปที่ 2.24 ขั้นตอนการแปลง และอ่านอุณหภูมิจาก DS18B20

เมื่อ DS18B20 แปลงข้อมูลอุณหภูมิเป็นดิจิทัลเก็บไว้ใน Scratchpad แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถอ่านข้อมูลภายใน Scratchpad นั้นโดยทำการ Initialization บัส 1-wire อีกครั้ง จากนั้นจึงส่งคำสั่ง SKIP ROM [CCh] ซึ่งเป็น ROM Command และส่งคำสั่ง READ SCRATCHPAD [BEh] ซึ่งเป็น Function Command เพื่อขออ่านข้อมูล Scratchpad ภายใน DS18B20 จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงค่อยทำการอ่านข้อมูลภายใน Scratchpad ของ DS18B20 มาทีละไบต์จนครบ 9 ไบต์ และแสดงผลข้อมูลอุณหภูมิที่อยู่ซึ่งเป็นข้อมูลในไบต์แรกและไบต์ 2 ที่อ่านมาจาก Scratchpad นั้นออกมาทางพอร์ตอนุกรม ดังแสดงในรูปที่ 2.24



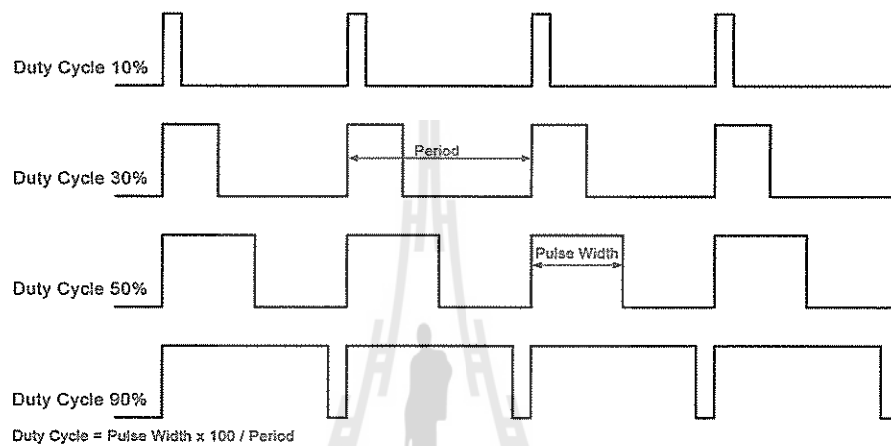
```
DS18B20 - HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help
TEST DS18B20 with 1-wire interface
Press r to Read DS18B20 ID
Press s to Show current temperature
S
Initial Complete
Converting Temperature
.....
Convert Complete!
Initial Complete
Current Temperature: 33.1250 C
```

รูปที่ 2.25 ผลการอ่านอุณหภูมิจาก DS18B20



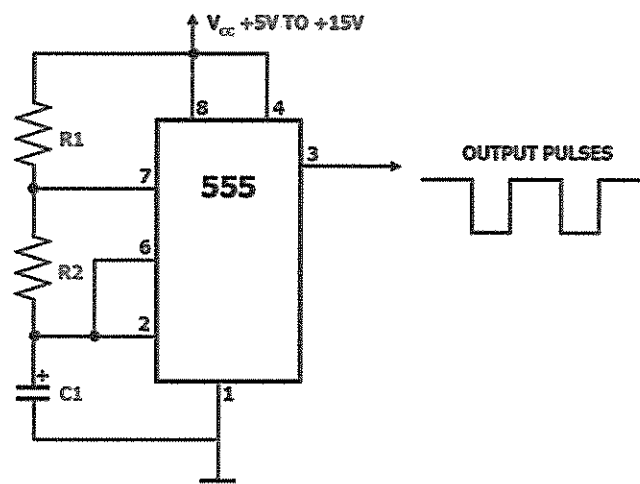
2.3.4 วงจร PWM (Pulse Width Modulation) โดย IC555

วงจร PWM (Pulse Width Modulation) คือวงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมหรือ Duty Cycle ซึ่งจะประกอบด้วยระดับของแรงดัน 2 ระดับด้วยกันคือ High และ Low ที่แสดงดังรูปที่ 2.26 การสร้างสัญญาณ Duty Cycle สามารถทำได้หลายวิธี วิธีหนึ่งที่เป็นที่นิยม คือการใช้ IC555

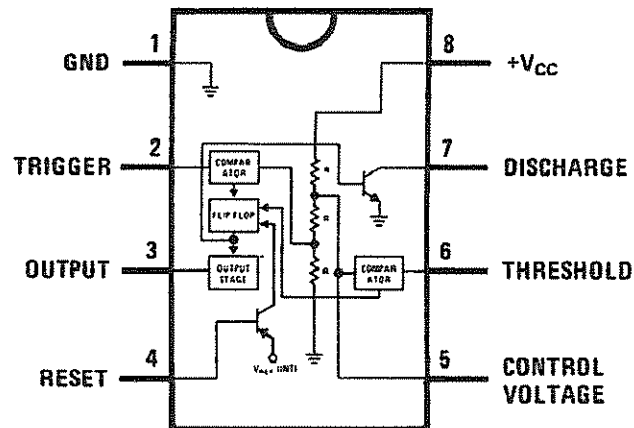


รูปที่ 2.26 รูปสัญญาณ Duty Cycle

การใช้ไอซี 555 เพื่อทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม สามารถทำได้โดยการต่อเป็น วงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Astable Multivibrator) ซึ่งจะได้สัญญาณเอาต์พุตจากขา 3 ของไอซี 555 เป็นสัญญาณ Duty Cycle แสดงดังรูปที่ 2.27 โครงสร้างของวงจรภายในและขา การใช้งานแสดงในรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.27 วงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์



รูปที่ 2.28 โครงสร้างของวงจรภายในและขาการใช้งานของไอซี 555

การทำงานของวงจรแบบอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์จะได้เอาต์พุตที่ขา 3 เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมโดยมีการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันสูงและต่ำสลับกันไปดังภาพที่ 2.26 การทำงานของวงจรเริ่มจากตัวเก็บประจุ C จะทำการชาร์จผ่านตัวต้านทาน R1 และ R2 ผลจากการชาร์จจะทำให้เอาต์พุต (ขา 3) มีแรงดันต่ำ ตัวเก็บประจุจะทำการดิสชาร์จผ่าน R2 และ ขา 7 เมื่อแรงดันของการดิสชาร์จลดลงถึง $1/3$ เท่าของแรงดันไฟเลี้ยง จะให้เอาต์พุตมีแรงดันสูงอีกครั้งหนึ่งและจะเกิดสลับกันเช่นนี้ไปเรื่อยๆ เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม

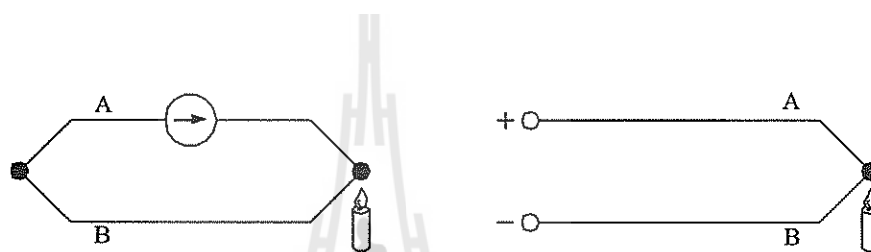
การคำนวณหาค่าความถี่ และ สัดส่วนความกว้างของรูปสัญญาณในซีกบวก และลบของสัญญาณเอาต์พุต (Duty Cycle) ของวงจรอะอสเตเบิล สามารถหาได้ดังนี้

$$f = \frac{1.44}{(R1 + 2 * R2)C}$$

$$Duty Cycle = \frac{Time Hi}{Time Lo} = \frac{(R1 + R2)}{(R1 + 2 * R2)}$$

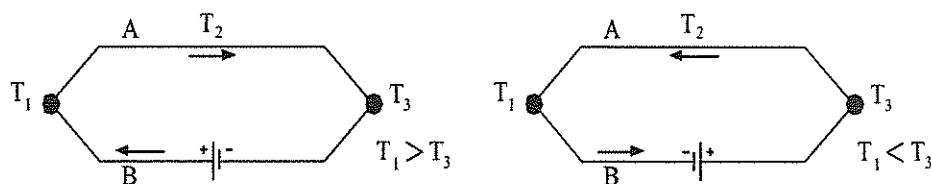
2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

ในปี ค.ศ. 1821 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน Thomas Seebeck ทำการศึกษาพบว่าเมื่อนำขดลวดโลหะ 2 เส้นที่ทำด้วยโลหะต่างชนิดกันมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน ถ้าปลายจุดต่อทั้งสองมีอุณหภูมิต่างกัน จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรขดลวดทั้งสอง ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปตามผลต่างอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสอง และถ้าเปิดปลายจุดต่อด้านหนึ่งออกจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ปลายด้านเปิด แรงเคลื่อนไฟฟ้านี้เรียกว่า “ซีเบ็คโวลต์เตจ”



รูปที่ 2.29 ปรากฏการณ์ของซีเบ็คทางเทอร์โมไดนามิกส์

ต่อมาในปี ค.ศ. 1834 Jean C.A. Peltier พบว่าเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในวงจรมีลักษณะเดียวกับซีเบ็คสร้างขึ้นโดยใช้ลวดด้านหนึ่งทำจากบิสมัทและอีกด้านหนึ่งทำจากแอนติโมนีจะทำให้เกิดอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อแตกต่างกัน โดยปลายข้างหนึ่งจะร้อนและปลายอีกข้างหนึ่งจะเย็น

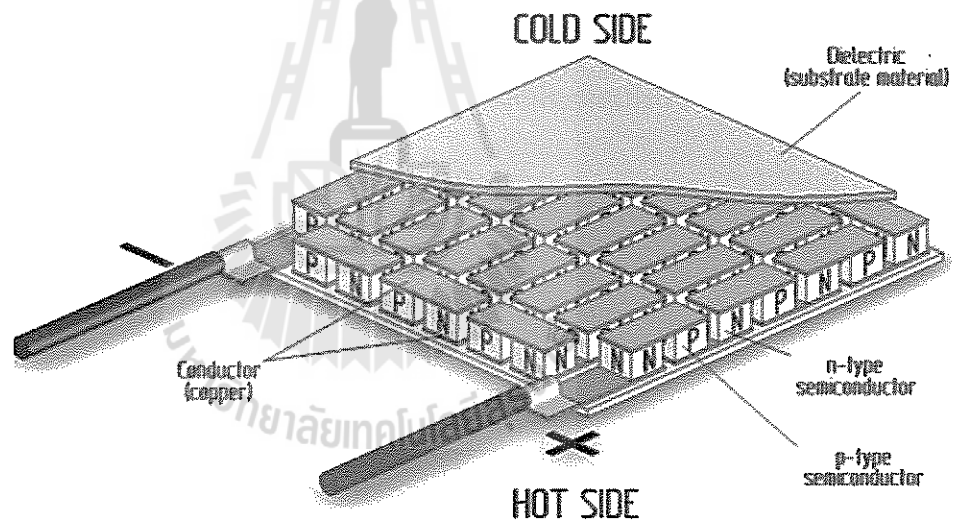


รูปที่ 2.30 ปรากฏการณ์ของเพลเทียร์ทางเทอร์โมไดนามิกส์

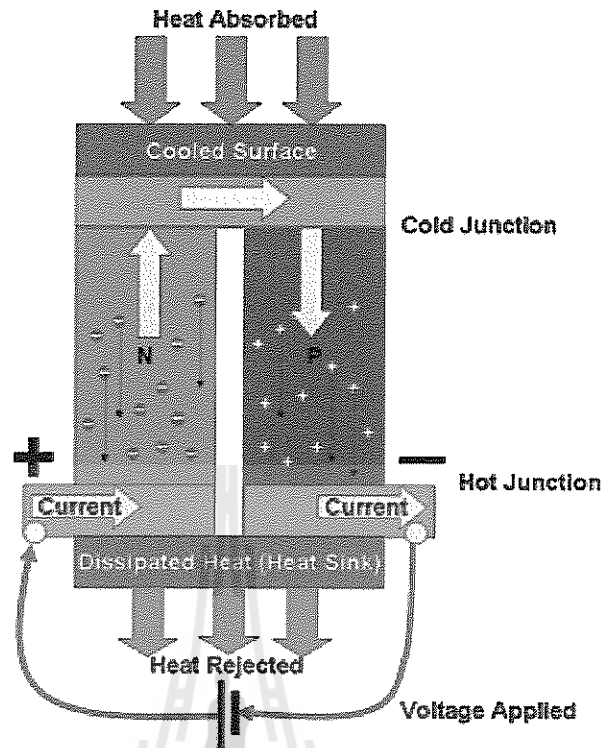
เมื่อมีกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายภายนอกไหลผ่านเข้าไปในในวงจรมีแสดงดังในรูปที่ 2.30 จะทำให้จุดต่อ T_1 มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดต่อ T_3 เมื่อมีกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายภายนอก

ไหลผ่านเข้าไปในในวงจรถึงแสดงดังในรูปที่ จะทำให้จุดต่อ T_3 มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดต่อ T_1 ซึ่งจากการค้นพบของซีเบ็คและ เพลเทียร์ทำให้เกิดการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเทอร์โมอิเล็กทริก ต่อมา

แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกหรือเรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่าเพลเทียร์ (Peltier) หลักการทำงานของเพลเทียร์ คือ เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงให้กับเพลเทียร์ที่สารกึ่งตัวนำแบบ พี-เอ็น (P-N type) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวัสดุที่ทำจากสารกึ่งตัวนำต่างชนิดกัน ทำให้เกิดการดูดกลืนของของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากพลังงานระดับต่ำในสารกึ่งตัวนำแบบพี สู่วงจรระดับสูงในสารกึ่งตัวนำแบบเอ็น ส่งผลให้เกิดการดูดกลืนความร้อนที่ด้านเย็น (Heat absorbed at cold side) และในขณะเดียวกันก็เกิดการดูดกลืนของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากพลังงานระดับสูงในสารกึ่งตัวนำแบบเอ็น สู่วงจรระดับต่ำในสารกึ่งตัวนำแบบพี ส่งผลให้เกิดการคายความร้อนที่ด้านร้อนขึ้น



รูปที่ 2.31 แสดงโครงสร้างทางกายภาพภายในของแผ่นเพลเทียร์



รูปที่ 2.32 แสดงการทำงานของแผ่นเพลเทียร์

2.5 การถ่ายโอนความร้อน (Heat Transfer)

การวิเคราะห์เรื่องการถ่ายเทความร้อนนี้ ถูกพัฒนามาจากทางเทอร์โมไดนามิกส์ว่า ด้วยกฎการอนุรักษ์มวลและพลังงาน จากกฎข้อที่ 2 ของเทอร์โมไดนามิกส์ และสมการคำนวณอัตราการความร้อนเกี่ยวกับการนำ (conduction) การพา (convection) และการแผ่รังสี (radiation) สมการคำนวณอัตราการความร้อนนี้จากการสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติทางกายภาพของการเปลี่ยนแปลงพลังงาน แล้วใช้คณิตศาสตร์เป็นแบบจำลองเพื่อปรากฏการณ์นั้น

การถ่ายเทความร้อนความร้อนผ่านวัตถุที่เป็นของแข็งเรียกว่า การนำความร้อน จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานในระดับโมเลกุลของวัตถุ การแผ่รังสีความร้อน (radiation) เป็นขบวนการเคลื่อนย้ายพลังงานโดยแผ่รังสีโฟตอน (photon) จากพื้นผิวหนึ่งไปยังอีกพื้นผิวหนึ่ง การแผ่รังสีความร้อนนี้สามารถส่งผ่านบริเวณสุญญากาศได้ และไม่ได้ขึ้นอยู่กับตัวกลางใด ๆ ที่เชื่อมระหว่างพื้นผิวทั้งสอง ส่วนการพาความร้อน (convection) ขึ้นอยู่กับการนำความร้อนที่บริเวณผิวของแข็งไปยังของไหลรอบข้างและของไหลนั้นเคลื่อนตัวไปตามผิว หรือเคลื่อนตัวออกไป แต่อย่างไรก็ตาม การถ่ายเทความร้อนทั้งสาม ก็มีลักษณะร่วมที่เหมือนกัน

คือ ต่างก็ขึ้นกับอุณหภูมิ และ ขนาดของวัตถุที่พิจารณา

การนำความร้อน (Conduction)

จากการสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติ และการพิจารณาอย่างมีเหตุผลเป็นขั้นตอน ทำให้เราสามารถสร้างสมการนำความร้อนขึ้นมาได้ จากการพิจารณาถึงพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทในแท่งวัตถุแข็ง พบว่าเป็นสัดส่วนผกผันกับความยาว Fourier ได้สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ขึ้นมาสำหรับกระบวนการเช่นนี้ เป็นปัญหามิติเดียว (one dimension)

$$q = -kA \frac{\Delta t}{L}$$

โดยที่ A = พื้นที่หน้าตัดขวาง [m^2]

Δt = ความแตกต่างของอุณหภูมิ [K]

L = ความยาว [m]

k = ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) [W/mk] ค่า k นี้จะเป็นลักษณะเฉพาะตัวของวัตถุแต่ละชนิด และอัตราส่วน k/L จะถูกเรียกว่า “Conductance”

ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) ซึ่งเป็นตัวบอกถึงความสามารถในการนำความร้อนของวัตถุนี้ จะขึ้นอยู่กับโครงสร้างโมเลกุลของวัตถุนั้น ๆ วัตถุที่มีโครงสร้างโมเลกุลแน่นหนา เช่น พวกโลหะ การส่งถ่ายพลังงานระหว่างโมเลกุล ก็จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าวัตถุที่มีโครงสร้างโมเลกุลไม่แน่นหนา สะเปะสะปะ เช่นพวกอโลหะ จำนวนอิเล็กตรอนอิสระในโลหะ ก็จะส่งผลต่อการเพิ่มค่าการนำความร้อนขึ้นเช่นกัน ดังนั้น สำหรับวัตถุที่มีการนำไฟฟ้าที่ดีก็มักจะมีการนำความร้อนที่ดีเช่นกัน ค่าการนำความร้อนของของแข็งพวกสารอนินทรีย์มักจะทำกว่าพวกโลหะ ส่วนวัตถุพวกสารอินทรีย์ หรือสารเส้นใยต่าง ๆ ยิ่งมีค่าต่ำลงไปอีก และในสารอโลหะในสภาพของเหลว ก็จะมีค่าต่ำกว่าในสภาพของแข็ง เช่นเดียวกับแก๊สในบรรยากาศก็มีค่าต่ำเช่นกัน ตาราง 2.1 แสดงค่าของการนำความร้อนของวัตถุต่าง ๆ

สมการการนำความร้อน ปกติมักจะถูกแสดงในรูปของดิฟเฟอเรนเชียล

$$q = -kA \frac{dt}{dx}$$

ตาราง 2.1 แสดงค่า Thermal conductivity ของวัสดุบางชนิด

วัสดุ	อุณหภูมิ °C	Conductivity, W/m- k
Aluminum (pure)	20	204
Copper (pure)	20	386
Face brick	20	1.32
Glass (window)	20	0.78
Water	21	0.604
Wood (yellow pine)	23	1.147
Air	27	0.026
Carbon Steel	25	54
Nickel	25	91
Zinc Zn	25	116

การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

ตามที่กล่าวไว้ข้างต้น พลังงานในการแผ่รังสีความร้อนมีผลจากโฟตรอนเคลื่อนย้ายจากพื้นผิวหนึ่งไปสู่อีกพื้นผิวหนึ่ง เมื่อโฟตรอนเคลื่อนมาถึงพื้นผิว มันอาจถูกดูดกลืนไว้โดยพื้นผิว สะท้อนกลับหรือส่งทะลุผ่านพื้นผิวนั้น ๆ ไปพลังงานในการแผ่รังสีจากพื้นผิวนี้จะถูกนิยามอยู่ในรูปของ emissive power ซึ่งเราสามารถแสดงโดยผลทางเทอร์โมไดนามิกส์ได้ว่า emissive power จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิสมบูรณ์ยกกำลังสี่ สำหรับวัตถุที่เป็นตัวแผ่รังสีได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งมักเรียกว่า blackbody ค่า emissive power (E W/m²) จะมีค่าเท่ากับ

$$E_b = \sigma T^4$$

โดยที่ σ = Stefan Boltzmann Constant = 5.669×10^{-8} W/m² K⁴

T = อุณหภูมิสมบูรณ์ K

แต่ในความเป็นจริง วัตถุโดยทั่วไปไม่ได้มีคุณสมบัติเป็น Black Body เสมอ ที่อุณหภูมิเดียวกัน อัตราส่วนระหว่าง Emissive Power ของ Black Body จะเรียกว่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสี

$$\text{โดยที่ } \varepsilon = \frac{E}{E_b}$$

ในวัตถุจำนวนมาก จะถูกสมมุติให้ค่า Emissivity และ Absorptivity (สัมประสิทธิ์การดูดกลืน) เท่ากันโดยประมาณ ซึ่งเราเรียกวัดสุเหล่านี้ว่า Gray bodies

$$\varepsilon = \alpha$$

โดยที่ α = Absorptivity (ไม่มีหน่วย)

เนื่องจากในการแผ่รังสีความร้อนนั้น เกิดขึ้นในลักษณะกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอออกไปทั่วทุกทิศทางรอบพื้นผิว ดังนั้น ความสัมพันธ์ในทางเรขาคณิตศาสตร์ระหว่างพื้นผิวก็จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการแผ่รังสีระหว่างแผ่นผิวสีดำ 2 แผ่น ขนาด 1x1 เมตร วางขนานกันในระยะห่าง 1 เมตร โดยมีอุณหภูมิสมบูรณ์ 1000 K และ 300 K ตามลำดับ

จะมีค่า 1.13 kW ถ้าเราเคลื่อนระยะห่างออกไปเป็น 2 เมตร จะเหลือค่า 0.39 kW แต่ถ้าเราจับวางตั้งฉากกันที่ขอบใดขอบหนึ่ง จะมีค่า 1.13 kW อีก ความสัมพันธ์กันทางเรขาคณิต เช่นนี้ เรานิยามอยู่ในคำว่า shape factor F_A

การพาความร้อน (Convection)

สมการการถ่ายเทความร้อนแบบการพานี้ ถูกนำเสนอโดยนิวตัน (Newton) ในปี ค.ศ. 1701

$$q = h_c A (t_s - t_f)$$

โดยที่ h_c = Convection Coefficient [$W/m^2 \cdot K$]

t_s = อุณหภูมิที่พื้นผิว [$^{\circ}C$]

t_f = อุณหภูมิของไหล [$^{\circ}C$]

ในการวิเคราะห์ปัญหาทางการพาความร้อนนั้น สิ่งสำคัญที่สุดก็คือ การหาค่า h จากการทดลองพบว่า ค่า h สำหรับของไหลไหลบนพื้นราบหรือในท่อ หรือผ่านชุดท่อวางขวางจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการไหล คุณสมบัติของของไหล และรูปทรงเรขาคณิตของพื้นผิว ทฤษฎีต่างๆ ได้ถูกพัฒนาขึ้นมา เพื่อสนับสนุนความสัมพันธ์ต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง และใช้ในการทำนายพฤติกรรมในการไหลอื่นๆ ในเงื่อนไขที่ไม่สามารถทดลองได้ ซึ่งในทางวิเคราะห์ทางวิศวกรรมเกี่ยวกับเรื่องนี้ มักจะเป็นความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ เสียมากกว่าทฤษฎี เทอมไร้หน่วยหลายตัวได้ถูกสร้างขึ้นมาใช้กับพื้นฐานในการวิเคราะห์โดยใช้วิธี Dimensional analysis ซึ่งมีการรวมกลุ่มตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการพาความร้อนเข้าด้วยกัน รายละเอียดต่างๆ สามารถหาอ่านได้จากหนังสือตำรา Heat transfer ทั่วไป ในที่นี้จะเพียงแต่นำความสัมพันธ์ต่างๆ ที่สำคัญ และถูกนำมาใช้บ่อยๆ ในการคำนวณหาค่า h :

$$\text{Reynolds number, } Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

$$\text{Prandtl number, } Pr = \frac{\mu c_p}{K}$$

$$\text{Nusselt number, } Nu = \frac{h_c D}{k}$$

ความสัมพันธ์ระหว่าง Nu, Re และ Pr สามารถแสดงอยู่ในรูป

$$Nu = C (Re^n) (Pr^m)$$

ค่าของตัวคงที่ C และตัวยกกำลัง n และ m ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจจะแสดงความสัมพันธ์ออกมาดังรูป 2.6 ซึ่งใช้สำหรับ Turbulent flow ในท่อผิวเรียบ ตาราง 1.2 แสดงค่า h ของน้ำ และอากาศ น้ำเดือดและการกลั่นตัวของน้ำ

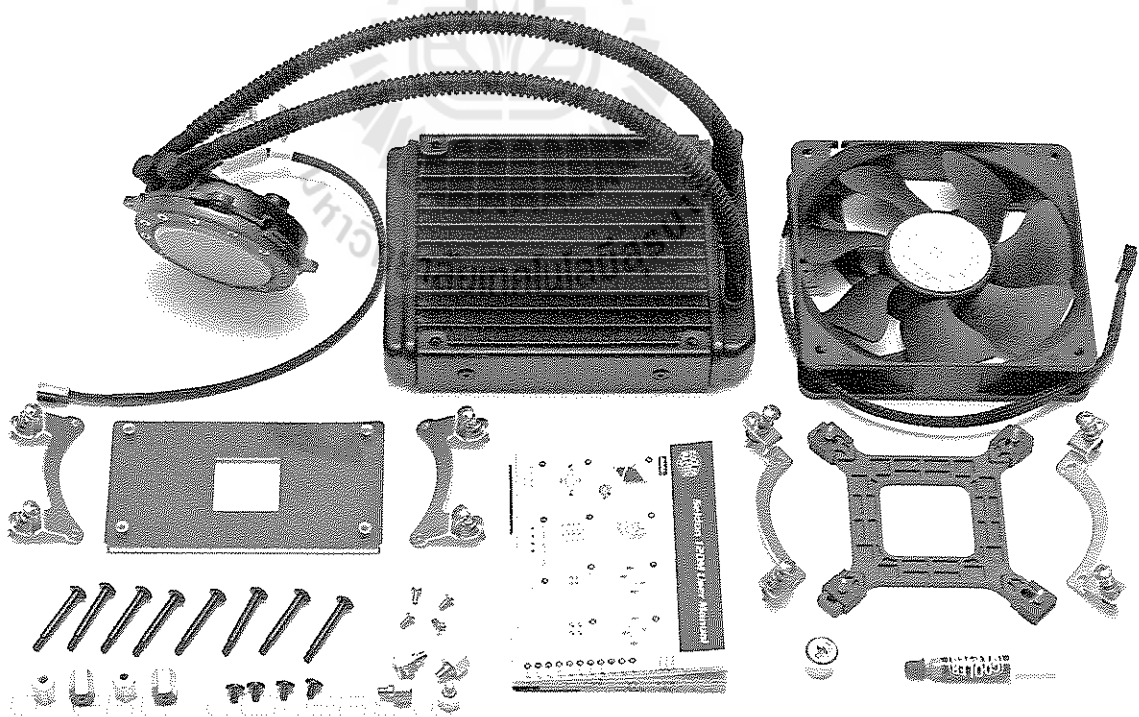
ตาราง 2.2 แสดง Typical range of value of convective, Boiling and condensing heat transfer coefficients

Process	h_c , W/m ² .K
Free convection, air	5-25
Free convection, water	20-100
Forced convection, air	10-200
Forced convection, water	50-10,000
Boiling water	3,000-100,000
Condensing water	5,000-100,000

2.6 ชุดปั๊มหม้อน้ำระบายความร้อน Cooler Master รุ่น Seidon120M



รูปที่ 2.33 (ก) บรรจุภัณฑ์ ชุดปั๊มหม้อน้ำระบายความร้อน Cooler Master รุ่น Seidon120M



รูปที่ 2.33 (ข) อุปกรณ์ ชุดปั๊มหม้อน้ำระบายความร้อน Cooler Master รุ่น Seidon120M

ตารางที่ 2.3 Specification ของชุดปั๊มหม้อน้ำระบายความร้อน รุ่น Seidon120M

CPU Socket	Intel Socket LGA 2011 / 1366 / 1156 / 1155 / 775 AMD Socket FM1/AM3+/AM3/AM2
Main System Dimensions	70x27mm (2.75x1.1 inch)
Radiator Dimensions	150.3x118x27mm (5.9x4.6x1.1inch)
Radiator Material	Aluminum
Fan Dimensions	120x120x25mm (4.7x4.7x1 inch)
Fan Speed	600–2400 RPM (PWM) \pm 10%
Fan Air Flow	19.17–86.15 CFM \pm 10%
Fan Air Pressure	0.31–4.16 mmH ₂ O \pm 10%
Fan Life Expectancy	40,000 hours
Fan Noise Level	19–40 dBA
Fan Bearing Type	Rifle bearing
Fan Connector	4 Pin
Fan Rated Voltage	12 VDC
Fan Rated Current	0.3 A
Fan Power Consumption	3.6 W
Pump Lift Expectancy	0.2 A
Pump Noise Level	<25 dBA
Pump Connector	3 Pin
Pump Rated Voltage	12 VDC
Pump Load Current	0.15A
Pump Power Consumption	1.8 W
*For the latest CPU support information, please visit our website	

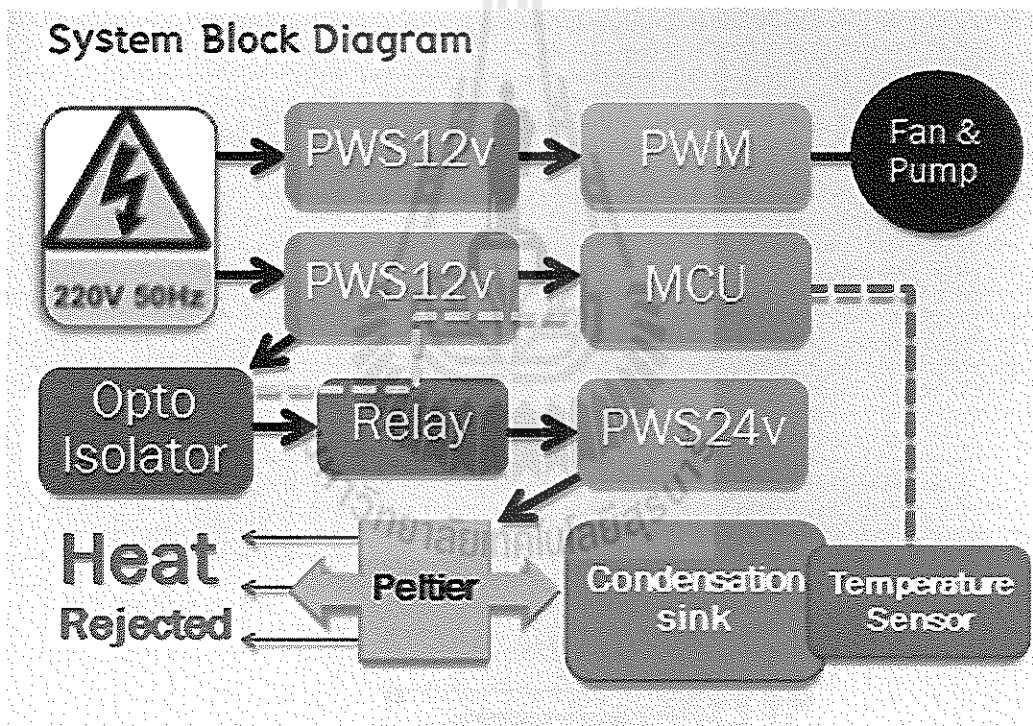
บทที่ 3

การออกแบบโครงงาน

3.1 กล่าวนำ

ในเนื้อหาของนี้กล่าวถึงการออกแบบเครื่องผลิตน้ำดื่มแบบ หลังจากการที่ได้ศึกษา ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องผลิตน้ำดื่มแบบแล้ว ในขั้นตอนต่อไปคือการ ออกแบบระบบการทำงาน การออกแบบ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ และการออกแบบโครงสร้างของตัวเครื่อง และการเขียนโปรแกรมควบคุม

3.2 ระบบการทำงาน

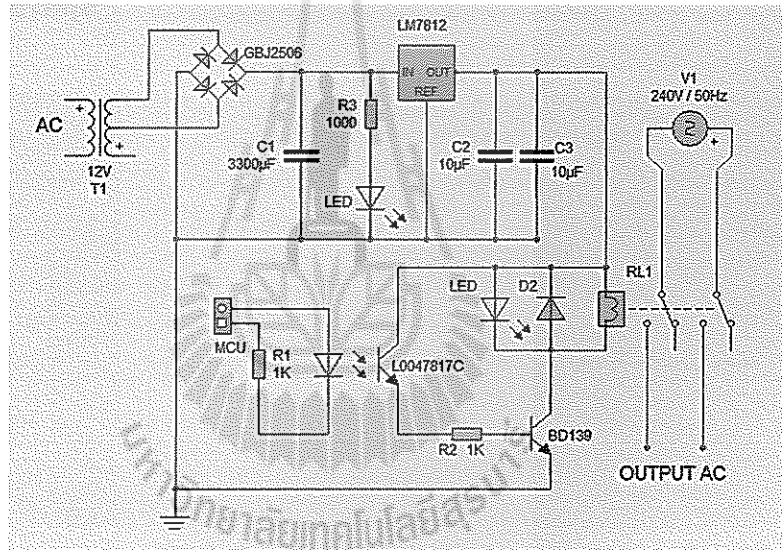


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของระบบ

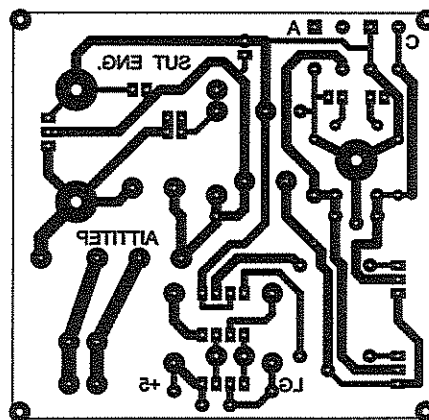
3.2 ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ Electronics Circuit Designs

3.3.1 Linear Power Supply 12V with Opto isolate Relay Circuit

วงจรนี้ประกอบด้วยวงจรจ่ายไฟเลี้ยงแบบเชิงเส้นขนาด 12 โวลต์ ทำหน้าที่จ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรสวิตช์รีเลย์ วงจรนี้จะรับ Logic มาจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งงานให้ Opto ทำงานตาม Logic ในกรณีที่ Opto On จะส่งผลให้กระแสสามารถไหลเข้าไปที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสจากขาคอเล็กเตอร์ไปสู่ขาคีมิตเตอร์ได้ ส่งผลให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดของรีเลย์ รีเลย์จึงทำงาน และในกรณี Opto Off ก็จะไม่มีการไหลไปที่ขาเบส ส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแส จึงไม่มีกระแสไหลไปที่ขดลวดรีเลย์หน้าสัมผัสของรีเลย์จึงดีดกลับ(Relay Off)



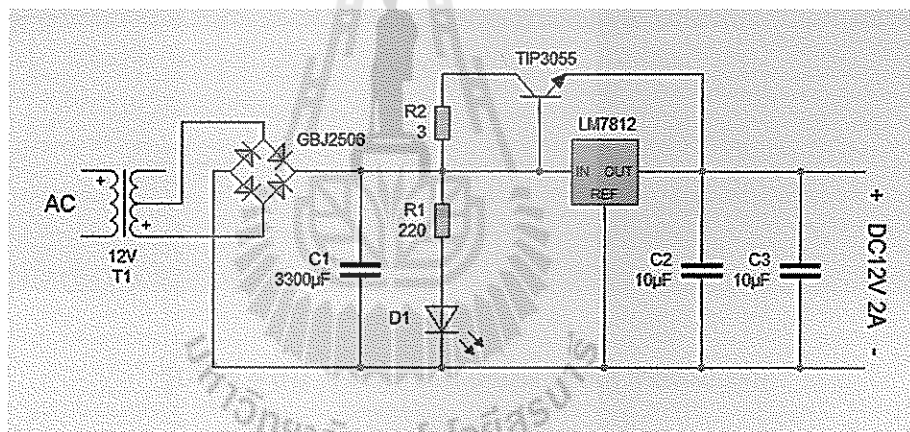
รูปที่ 3.2 (ก) วงจรสวิตช์ด้วยแสงควบคุมรีเลย์



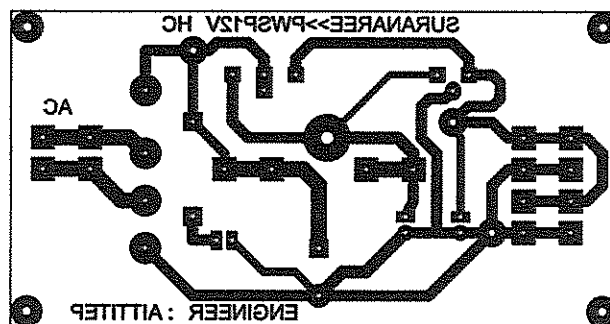
รูปที่ 3.2 (ข) ลายป린ท์ของวงจรสวิตช์ด้วยแสงควบคุมรีเลย์

3.3.2 Linear Power Supply Circuit 12V 2A

วงจรนี้เป็นวงจรจ่ายไฟเลี้ยงโดยให้แรงดันเอาต์พุต 12 โวลต์ กระแสเอาต์พุต 2 แอมป์ ซึ่งจะทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับวงจร PWM (Pulse Width Modulation) การทำงานของวงจรนี้ เริ่มต้นจากหม้อแปลง ทำหน้าที่แปลงไฟบ้านให้เป็นไฟกระแสสลับขนาด 12 โวลต์ จากนั้นผ่านวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ ซึ่งจะใช้อิซิบริดจ์เบอร์ GBJ2506 และ ตัวเก็บประจุ C1 จะทำหน้าที่ลดแรงกระเพื่อมจากการเรียงกระแสลง ตัวต้านทาน R1 และ LED D1 ทำหน้าที่เป็นดีสเพลย์ เพื่อบ่งบอกเมื่อมีกระแสไหลเข้าวงจร กระแสส่วนหนึ่ง จะไหลเข้าไปที่ไอซีคงค่าแรงดันเบอร์ LM7812 ซึ่งจะให้แรงดันเอาต์พุต 12 โวลต์ อีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปที่ทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP3055 ซึ่งทรานซิสเตอร์จะช่วยในการขยายกระแส เพื่อให้ได้กระแสเอาต์พุตที่มากขึ้น ตัวเก็บประจุ C2 และ C3 ทำหน้าที่คล้ายกับ C1 คือลดแรงดันกระเพื่อมที่อาจจะหลงเหลืออยู่ ก่อนที่จะออกไปเอาต์พุต



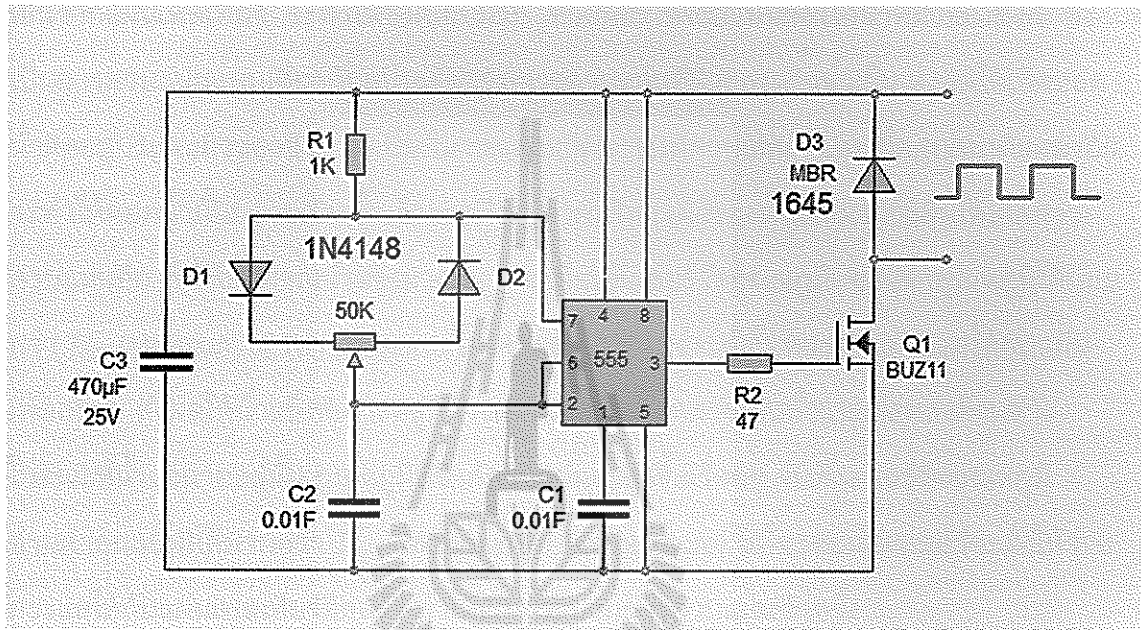
รูปที่ 3.3 (ก) วงจรจ่ายไฟเลี้ยงขนาด 12 โวลต์ 2 แอมป์



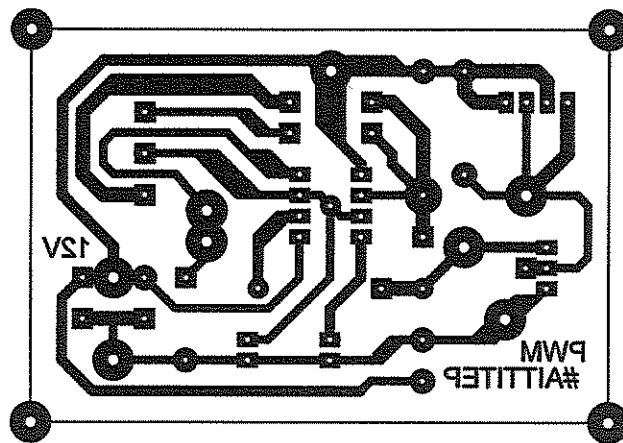
รูปที่ 3.3 (ข) ลายปรินของวงจรจ่ายไฟเลี้ยงขนาด 12 โวลต์ 2 แอมป์

3.3.3 PWM (Pulse Width Modulation) Circuit

วงจรนี้เป็นวงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Duty Cycle) ที่ความถี่เอาต์พุต 1 KHz แอมป์ปลิวต์ 12 V โดยใช้ไอซี 555 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณ สามารถปรับค่า %Duty Cycle ได้ โดยการปรับโพเทนชิโอมิเตอร์ โดยสามารถปรับได้ตั้งแต่ 0-100% โดยสัญญาณเอาต์พุตจะนำไปควบคุมพัดลมระบายอากาศและปั้มของหม้อน้ำ



รูปที่ 3.4 (ก) วงจร PWM (Pulse Width Modulation)



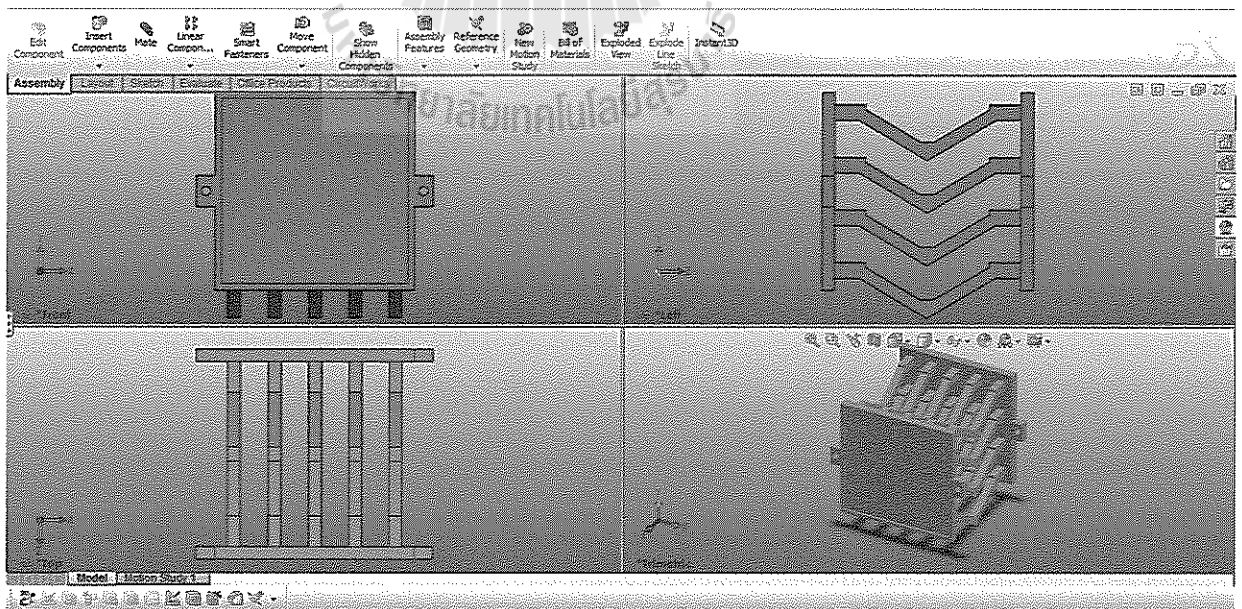
รูปที่ 3.4 (ข) ลายปรีนของวงจร PWM (Pulse Width Modulation)

3.3 ออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบ

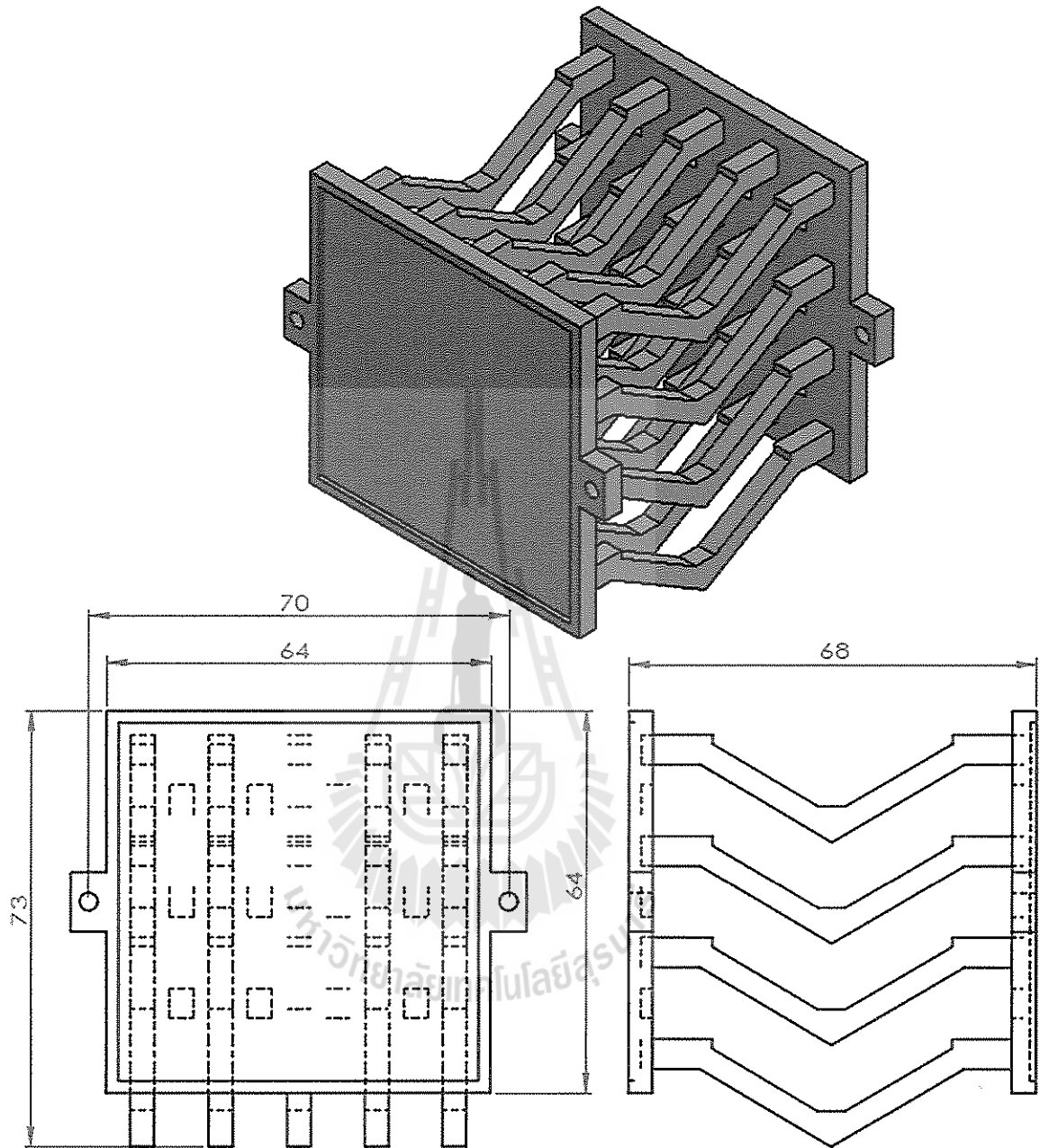
(Structure and Component Design)

3.4.1 ชิงค์ควบแน่น Condensation Sink

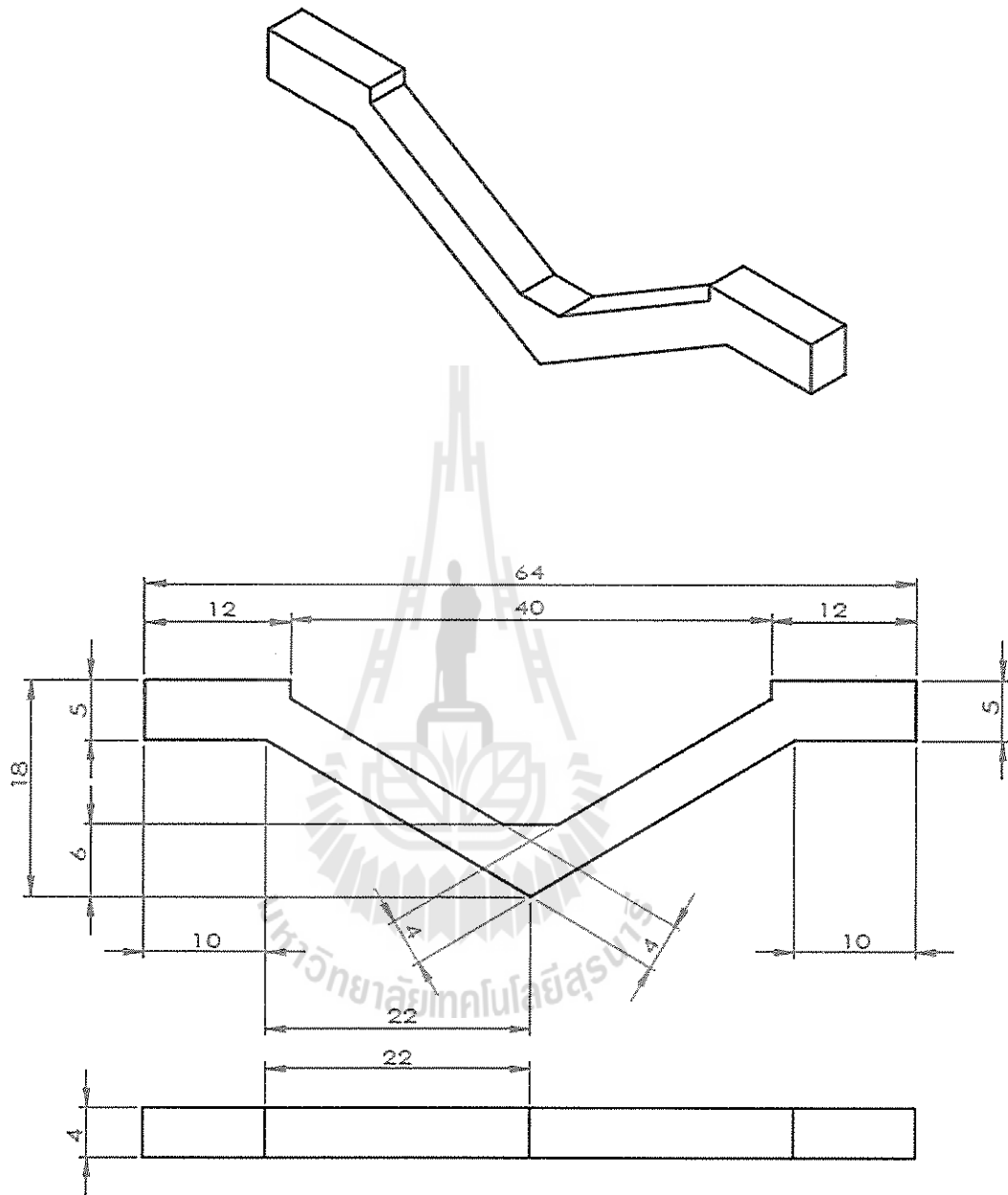
ชิงค์ควบแน่นทำหน้าที่รับความเย็นจากแผ่นเพลทเทียร์ ซึ่งจะมีแผ่นเพลทเทียร์ 2 แผ่น ประกบอยู่ทั้งสองด้านของชิงค์ โดยที่หันด้านเย็นเข้าหาชิงค์ควบแน่นทั้งสองด้าน และเมื่อชิงค์รับความเย็นจากแผ่นเพลทเทียร์ จะทำให้ชิงค์เย็นมาก จนเกิดการควบแน่นของไอน้ำที่ผิวของชิงค์ ซึ่งเป็นการควบแน่นแบบเดียวกับแบบเดียวกับการควบแน่นที่ผิวของแก้วน้ำเย็น ส่งผลให้เกิดหยดน้ำติดอยู่บริเวณผิวของชิงค์ จึงเป็นที่มาของชื่อเรียก “ชิงค์ควบแน่น” และเมื่ออุณหภูมิลดลงอีก จะทำให้หยดน้ำนั้นกลายป็นน้ำแข็งและตึงอากาศบริเวณผิวของน้ำแข็งมากกระตุ้นให้เกิดการควบแน่นอีก ทำให้ปริมาณน้ำแข็งมากขึ้น และเมื่อเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ อ่านค่าอุณหภูมิต่ำน้อยกว่า T_{MIN} (Minimum of Temperature) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้หยุดจ่ายกระแสให้กับแผ่นเพลทเทียร์ ส่งผลให้น้ำแข็งที่เกาะอยู่ที่ผิวของชิงค์ ละลายกลายเป็นน้ำและหยดลงด้านล่าง ในขณะที่น้ำละลายอยู่นั้น อุณหภูมิที่ชิงค์ควบแน่นจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ อ่านค่าอุณหภูมิต่ำมากกว่า T_{MAX} (Maximum of Temperature) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้จ่ายกระแสให้กับแผ่นเพลทเทียร์อีกครั้ง ทำให้เริ่มกระบวนการควบแน่นอีกครั้ง



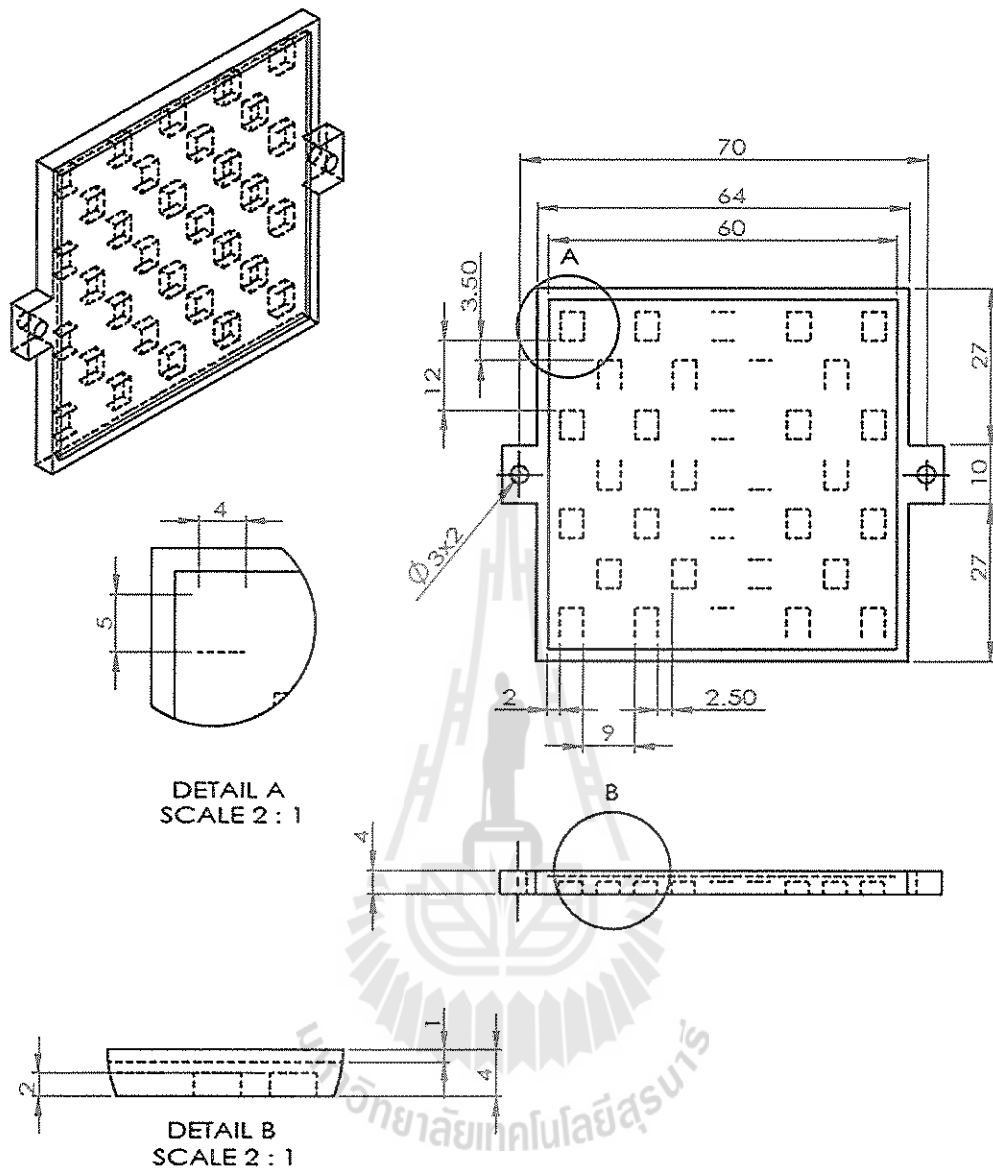
รูปที่ 3.5 (ก) ชิงค์ควบแน่น (Condensation Sink)



รูปที่ 3.5 (ข) ซิงค์ควบแน่น (Condensation Sink)



รูปที่ 3.5 (ค) ซิงค์ควบแน่น (Condensation Sink)



รูปที่ 3.5 (ง) ชิงค์ควบแน่น (Condensation Sink)

วัสดุที่เหมาะสมสำหรับการทำชิงค์ควบแน่นนั้น ควรจะมีค่าการนำความร้อนที่ค่อนข้างสูง ซึ่งจากตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงค่าการนำความร้อน Thermal conductivity วัสดุชนิดต่างๆ จะเห็นได้ว่าทองแดงและอลูมิเนียมมีค่าการนำความร้อนสูงที่สุด

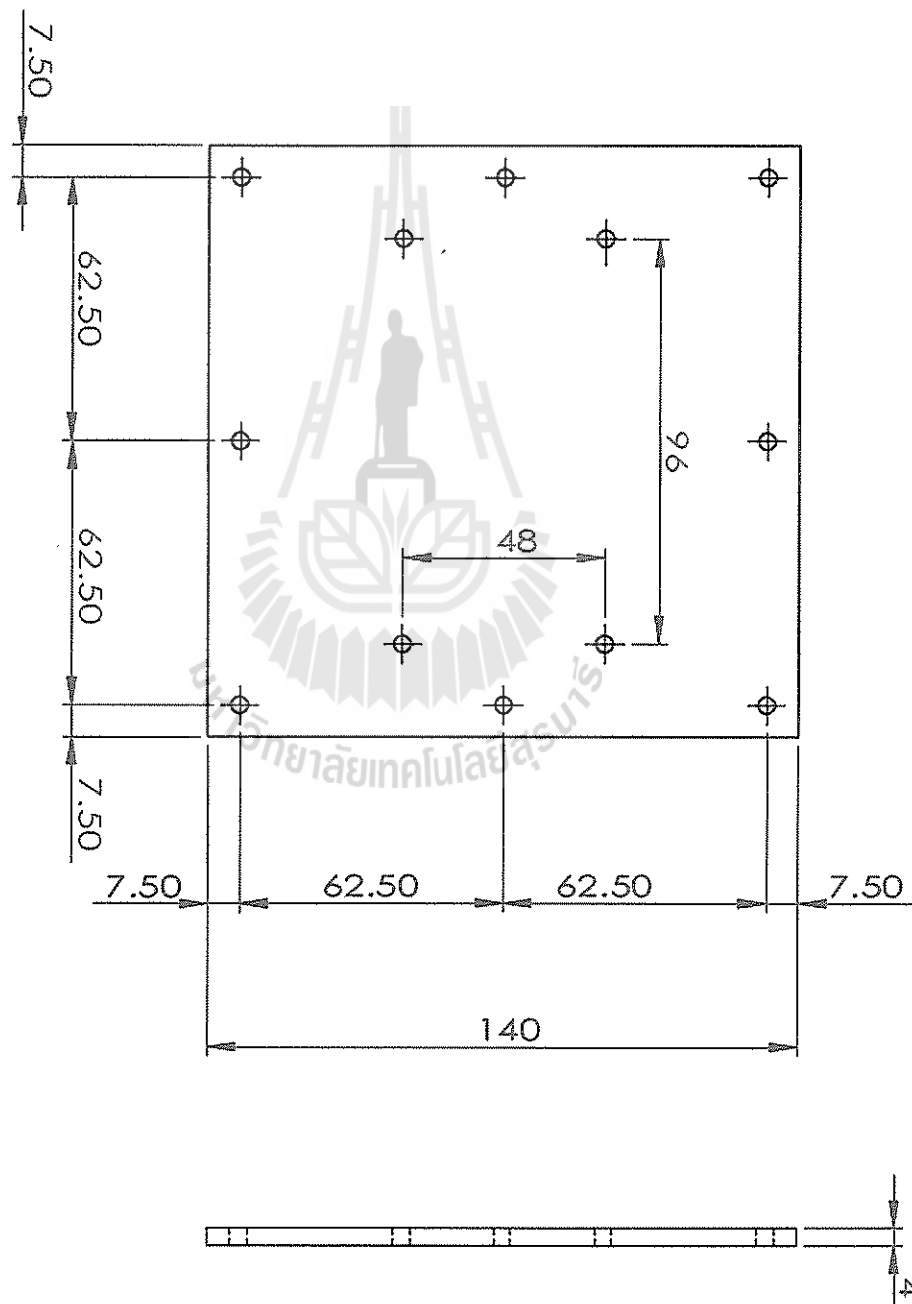
โดย ทองแดงมีค่า Thermal conductivity = 386 W/m.K

อลูมิเนียมมีค่า Thermal conductivity = 204 W/m.K

จะเห็นได้ว่าทองแดงมีค่าการนำความร้อนที่สูงกว่า แต่ในโครงการนี้จะเลือกใช้อลูมิเนียมเนื่องจากมีราคาที่ถูกกว่าทองแดง

3.4.2 แผ่นอลูมิเนียม Aluminum Plate

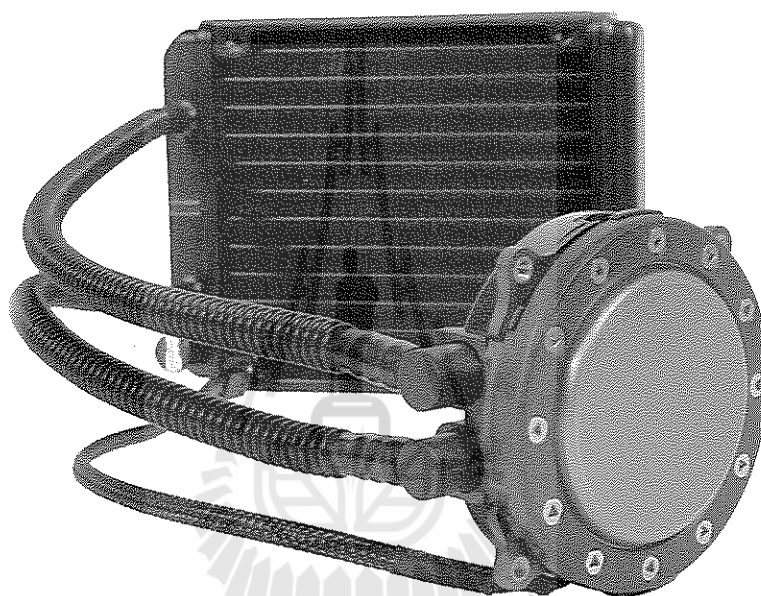
แผ่นอลูมิเนียมนี้จะทำหน้าที่ รับความร้อนจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และส่งผ่านความร้อนไปยังชุดปั๊มหม้อน้ำระบายความร้อน ซึ่งถูกติดตั้งอยู่อีกด้านหนึ่งของแผ่นอลูมิเนียม นอกจากนี้ แผ่นอลูมิเนียม ยังทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของตัวเครื่องด้วยตัวแผ่นถูกออกแบบให้มีความหนา 4 มิลลิเมตร เพื่อการถ่ายโอนความร้อนที่เร็วแต่ก็ยังแข็งแรงไม่บางจนเกินไป สามารถรับน้ำหนักของของชุดปั๊มหม้อน้ำและ ซิงค์ควบแน่นไว้ได้



รูปที่ 3.6 แสดง Dimension ของแผ่นอลูมิเนียม

3.4.3 ระบบระบายความร้อน

ระบบระบายความร้อนมีความสำคัญต่อการทำงานของแผ่นเพลทีเยอร์เป็นอย่างมาก เพราะยิ่งระบายความร้อนออกได้มากเท่าไร ก็จะทำให้ด้านเย็น เย็นลงได้มากเท่านั้น สำหรับระบบการระบายความร้อนของโครงการนี้ จะเลือกใช้ระบบระบายความร้อนด้วยของเหลว (Liquid cooler) โดยเลือกใช้ชุดปั๊มหม้อน้ำระบายความร้อนของ CPU ของ Cooler Master รุ่น Seidon120M



รูปที่ 3.7 ชุดปั๊มหม้อน้ำระบายความร้อน Cooler Master รุ่น Seidon120M

เมื่อจ่ายกระแสให้กับแผ่นเพลทีเยอร์ แผ่นเพลทีเยอร์จะทำงานและจะมีความร้อนออกมาจากด้านร้อนของแผ่นเพลทีเยอร์ ชุดปั๊มหม้อน้ำระบายความร้อนนี้ จะทำหน้าที่ระบายความร้อนจากด้านร้อนของแผ่นเพลทีเยอร์ ซึ่งอุปกรณ์ชิ้นนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของปั๊ม และส่วนของหม้อน้ำ โดยปั๊มจะทำหน้าที่ไหลเวียนน้ำจากแผ่นทองแดงซึ่งได้รับความร้อนโดยตรงจากแผ่นเพลทีเยอร์ ไหลเวียนน้ำไปยังหม้อน้ำเพื่อระบายความร้อนออกสู่อากาศ ที่หม้อน้ำจะมีพัดลมระบายอากาศติดอยู่เพื่อช่วยในการระบายความร้อนจากหม้อน้ำออกสู่อากาศ โดยจะติดตั้งทั้งหมด 2 ชุด ระบายความร้อนจากแผ่นเพลทีเยอร์ 2 แผ่น ที่ติดประกอบอยู่กับซิงค์ความแน่น

3.4.4 ระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์คือรับค่าอุณหภูมิมาจาก อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ DS18B20 แล้วทำการประมวลผลเพื่ออ่านค่าอุณหภูมิ ณ ขณะนั้นออกมา โดยจะอ่านค่าทุกๆ 500 มิลลิวินาที แล้วทำการแสดงผลออกที่ ไฮเปอร์เทอร์มินอล ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

ในกรณีควบคุมแบบวงรอบอุณหภูมิ จะมีการกำหนดตัวแปร อุณหภูมิต่ำสุด T_{MIN} และ อุณหภูมิสูงสุด T_{MAX} การทำงานคือ เมื่ออุณหภูมิสูงกว่าค่า T_{MAX} ไมโครคอนโทรลเลอร์จะจ่ายลอจิกศูนย์ ออกที่ขา P1.1 ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งต่ออยู่กับวงจร Opto isolator ส่งผลให้รีเลย์ On และเมื่ออุณหภูมಿನ้อยกว่า T_{MIN} ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะจ่ายลอจิกหนึ่ง ออกที่ขา P1.1 ส่งผลให้รีเลย์ Off



บทที่ 4

ผลการทดสอบใช้งาน

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบการใช้งานของเครื่องผลิตน้ำตันแบบ ที่ได้นำแผ่นเพลเทียร์หรือแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก มาประยุกต์ใช้ในการสร้างเครื่องผลิตน้ำตันแบบนี้

4.2 การทดสอบการใช้งานของเครื่องต้นแบบ

การทดสอบการใช้งาน ของเครื่องผลิตน้ำตันแบบ ประกอบด้วยอุปกรณ์เครื่องต้นแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ 50 Hz และเครื่องคอมพิวเตอร์ ทดสอบโดยการจ่ายไฟให้กับเครื่องแล้วทำการอ่านเก็บค่าอุณหภูมิด้วยคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์จะเชื่อมต่อกับตัวเครื่องโดย RS232 ดังรูปที่ 4.1 โดยการทดสอบจะมีอยู่ด้วยกัน 2 โหมดดังนี้



รูปที่ 4.1 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในการทดสอบการใช้งาน

โหมดที่ 1 ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งการ ให้เครื่องทำงานโดยจ่ายกระแสให้แผ่นเพลเทียร์อย่างต่อเนื่อง โดยสังเกตอุณหภูมิที่ลดลง เพื่อหาค่าโดยประมาณของอุณหภูมิต่ำสุด (T_{MIN})

โหมดที่ 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งการ ให้เครื่องทำงานโดยจ่ายกระแสให้แผ่นเพลเทียร์แบบ “วงรอบอุณหภูมิ” โดยการทำงานคือ เมื่ออุณหภูมิต่ำลงจนถึงค่า T_{MIN} ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะสั่งการให้หยุดจ่ายกระแสที่แผ่นเพลเทียร์ จะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงค่า T_{MAX} ไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะสั่งการให้จ่ายกระแสให้แผ่น

เพลเทียร์อีกครั้ง ส่งผลให้อุณหภูมิลดลง จนถึง T_{MIN} ไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะสั่งการให้หยุดจ่ายกระแสที่แผ่นเพลเทียร์ อีกครั้ง ค่าของ T_{MIN} ได้มาจากการทดลองในโหมดที่ 1 และค่า T_{MAX} ถูกกำหนดไว้ที่ $T_{MAX} = +25^{\circ}\text{C}$

ขั้นตอนการทดสอบเครื่องต้นแบบครั้งที่ 1 โหมดที่ 1

1. จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 50 Hz ให้กับเครื่องสร้างน้ำต้นแบบโดยที่ยังไม่เปิดสวิตช์ที่ตัวเครื่อง
2. เชื่อมต่อ RS232 ระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน
3. เปิดโปรแกรม Hyper Terminal และเปิดสวิตช์ของเครื่องผลิตน้ำต้นแบบ
4. ทำการ Capture ค่าอุณหภูมิ ที่เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิอ่านได้แล้วนำมาพล็อตกราฟ
5. วิเคราะห์และหาค่าโดยประมาณของอุณหภูมิต่ำสุด T_{MIN}

ขั้นตอนการทดสอบเครื่องต้นแบบครั้งที่ 2 โหมดที่ 2

1. จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 50 Hz ให้กับเครื่องสร้างน้ำต้นแบบโดยที่ยังไม่เปิดสวิตช์ที่ตัวเครื่อง
2. เชื่อมต่อ RS232 ระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน
3. เปิดโปรแกรม Hyper Terminal และเปิดสวิตช์ของเครื่องผลิตน้ำต้นแบบ
4. ทำการ Capture ค่าอุณหภูมิ ที่เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิอ่านได้แล้วนำมาพล็อตกราฟ

ผลการทดสอบไหมดที่ 1

ตารางที่ 4.1 แสดงการบันทึกค่าอุณหภูมิ จากการทดสอบไหมดที่ 1 แบบจ่ายกระแส ต่อเนื่อง

บันทึกค่า อุณหภูมิครั้งที่	เวลา วินาที	อุณหภูมิ องศาเซลเซียส
1	0.5	25
2	1	25
3	1.5	25.0625
4	2	25
5	2.5	25
6	3	24.875
7	3.5	24.625
8	4	24.375
9	4.5	24.125
10	5	23.8125
11	5.5	23.5
12	6	23.1875
13	6.5	22.875
14	7	22.5
15	7.5	22.1875
16	8	21.875
17	8.5	21.5625
18	9	21.1875
19	9.5	20.875
20	10	20.5
21	10.5	20.1875
22	11	19.875
23	11.5	19.5
24	12	19.1875
25	12.5	18.875
26	13	18.5625
27	13.5	18.1875
28	14	17.9375
29	14.5	17.625
30	15	17.25
31	15.5	16.9375
32	16	16.625
33	16.5	16.375
34	17	16.0625
35	17.5	15.75
36	18	15.4375

บันทึกค่า อุณหภูมิกครั้งที่	เวลา วินาที	อุณหภูมิต่อ องศาเซลเซียส
37	18.5	15.1875
38	19	14.875
39	19.5	14.625
40	20	14.375
41	20.5	14.0625
42	21	13.8125
43	21.5	13.5625
44	22	13.3125
45	22.5	13.0625
46	23	12.8125
47	23.5	12.5
48	24	12.25
49	24.5	12.0625
50	25	11.8125
51	25.5	11.5625
52	26	11.3125
53	26.5	11.125
54	27	10.875
55	27.5	10.6875
56	28	10.4375
57	28.5	10.1875
58	29	10
59	29.5	9.8125
60	30	9.625
61	30.5	9.375
62	31	9.1875
63	31.5	9
64	32	8.8125
65	32.5	8.625
66	33	8.4375
67	33.5	8.25
68	34	8.0625
69	34.5	7.875
70	35	7.75
71	35.5	7.5625
72	36	7.375
73	36.5	7.1875
74	37	7.0625
75	37.5	6.875
76	38	6.6875
77	38.5	6.5625
78	39	6.375
79	39.5	6.25

บันทึกค่า อุณหภูมิครั้งที่	เวลา วินาที	อุณหภูมิ องศาเซลเซียส
80	40	6.0625
81	40.5	5.9375
82	41	5.8125
83	41.5	5.625
84	42	5.5
85	42.5	5.3125
86	43	5.1875
87	43.5	5.0625
88	44	4.875
89	44.5	4.75
90	45	4.625
91	45.5	4.5
92	46	4.375
93	46.5	4.3125
94	47	4.1875
95	47.5	4.0625
96	48	3.875
97	48.5	3.75
98	49	3.625
99	49.5	3.5
100	50	3.375
101	50.5	3.25
102	51	3.125
103	51.5	3
104	52	2.9375
105	52.5	2.8125
106	53	2.6875
107	53.5	2.625
108	54	2.5
109	54.5	2.4375
110	55	2.3125
111	55.5	2.25
112	56	2.125
113	56.5	2.0625
114	57	2
115	57.5	1.875
116	58	1.8125
117	58.5	1.75
118	59	1.6875
119	59.5	1.5625
120	60	1.5
121	60.5	1.4375

บันทึกค่า อุณหภูมิครั้งที่	เวลา วินาที	อุณหภูมิ องศาเซลเซียส
122	61	1.3125
123	61.5	1.25
124	62	1.1875
125	62.5	1.125
126	63	1.0625
127	63.5	1
128	64	0.9375
129	64.5	0.9375
130	65	0.8125
131	65.5	0.75
132	66	0.6875
133	66.5	0.5625
134	67	0.5625
135	67.5	0.5
136	68	0.4375
137	68.5	0.4375
138	69	0.375
139	69.5	0.3125
140	70	0.3125
141	70.5	0.25
142	71	0.1875
143	71.5	0.125
144	72	0.0625
145	72.5	0
146	73	-0.0625
147	73.5	-0.125
148	74	-0.1875
149	74.5	-0.25
150	75	-0.25
151	75.5	-0.375
152	76	-0.375
153	76.5	-0.4375
154	77	-0.5
155	77.5	-0.5
156	78	-0.5625
157	78.5	-0.625
158	79	-0.6875
159	79.5	-0.6875
160	80	-0.75
161	80.5	-0.8125
162	81	-0.875
163	81.5	-0.875
164	82	-0.9375

บันทึกค่า อุณหภูมิตั้งที่	เวลา วินาที	อุณหภูมิตั้งที่ องศาเซลเซียส
165	82.5	-0.9375
166	83	-0.9375
167	83.5	-0.9375
168	84	-0.9375
169	84.5	-0.9375
170	85	-0.9375
171	85.5	-0.9375
172	86	-0.9375
173	86.5	-0.9375
174	87	-0.9375
175	87.5	-0.9375
176	88	-0.9375
177	88.5	-0.9375
178	89	-0.9375
179	89.5	-0.9375
180	90	-0.9375
181	90.5	-0.9375
182	91	-0.9375
183	91.5	-0.9375
184	92	-0.9375
185	92.5	-0.9375
186	93	-0.9375
187	93.5	-0.9375
188	94	-0.9375
189	94.5	-0.9375
190	95	-0.9375
191	95.5	-0.9375
192	96	-0.9375
193	96.5	-0.9375
194	97	-0.9375
195	97.5	-0.9375
196	98	-0.9375
197	98.5	-0.9375
198	99	-0.9375
199	99.5	-0.9375
200	100	-0.9375
201	100.5	-0.9375
202	101	-0.9375
203	101.5	-0.9375
204	102	-0.9375
205	102.5	-0.9375
206	103	-0.9375
207	103.5	-0.9375

บันทึกค่า อุณหภูมิครั้งที่	เวลา วินาที	อุณหภูมิ องศาเซลเซียส
208	104	-0.9375
209	104.5	-0.9375
210	105	-0.9375
211	105.5	-0.9375
212	106	-0.9375
213	106.5	-0.9375
214	107	-0.9375
215	107.5	-0.9375
216	108	-0.9375
217	108.5	-0.9375
218	109	-0.9375
219	109.5	-0.9375
220	110	-0.9375
221	110.5	-0.9375
222	111	-0.9375
223	111.5	-0.9375
224	112	-0.9375
225	112.5	-0.9375
226	113	-0.9375
227	113.5	-0.9375
228	114	-0.9375
229	114.5	-0.9375
230	115	-0.9375
231	115.5	-1
232	116	-1
233	116.5	-1
234	117	-1.0625
235	117.5	-1.125
236	118	-1.125
237	118.5	-1.1875
238	119	-1.1875
239	119.5	-1.0625
240	120	-0.9375
241	120.5	-0.9375
242	121	-0.9375
243	121.5	-0.9375
244	122	-0.9375
245	122.5	-0.9375
246	123	-0.9375
247	123.5	-0.9375
248	124	-0.9375
249	124.5	-0.9375
250	125	-0.9375

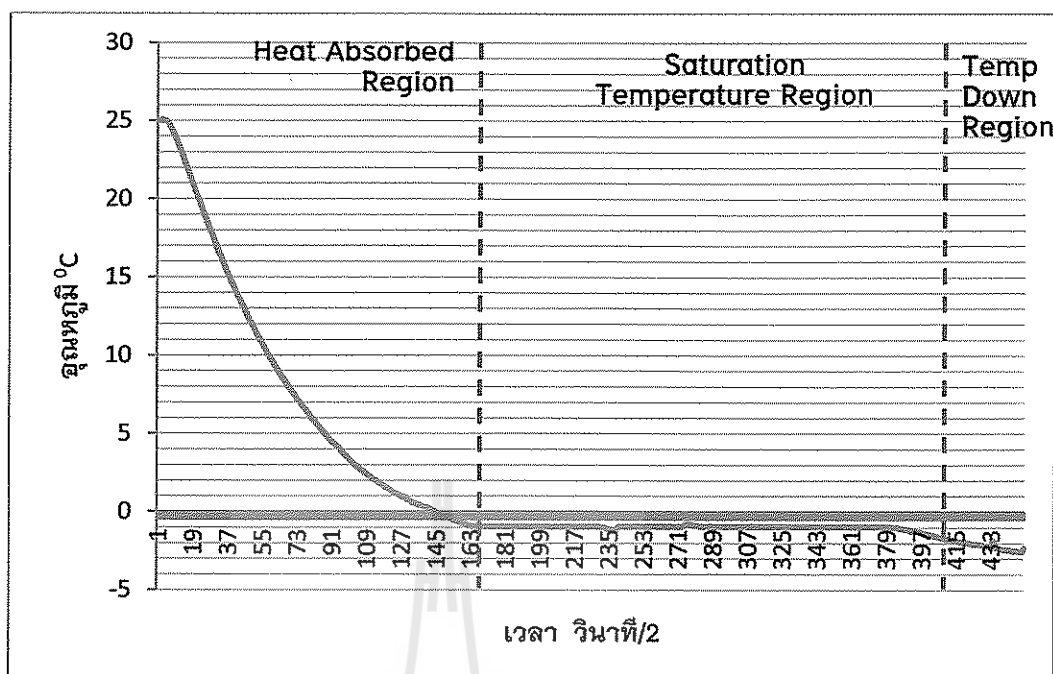
บันทึกค่า อุณหภูมิครั้งที่	เวลา วินาที	อุณหภูมิ องศาเซลเซียส
251	125.5	-0.9375
252	126	-0.9375
253	126.5	-0.9375
254	127	-0.9375
255	127.5	-0.9375
256	128	-0.9375
257	128.5	-0.9375
258	129	-0.9375
259	129.5	-0.9375
260	130	-0.9375
261	130.5	-0.9375
262	131	-0.9375
263	131.5	-0.9375
264	132	-0.9375
265	132.5	-0.9375
266	133	-0.9375
267	133.5	-0.9375
268	134	-0.9375
269	134.5	-0.9375
270	135	-0.9375
271	135.5	-0.9375
272	136	-0.9375
273	136.5	-0.9375
274	137	-0.875
275	137.5	-0.8125
276	138	-0.8125
277	138.5	-0.8125
278	139	-0.8125
279	139.5	-0.875
280	140	-0.875
281	140.5	-0.875
282	141	-0.9375
283	141.5	-0.9375
284	142	-0.9375
285	142.5	-0.9375
286	143	-0.9375
287	143.5	-0.9375
288	144	-0.9375
289	144.5	-0.9375
290	145	-0.9375
291	145.5	-0.9375
292	146	-0.9375
293	146.5	-0.9375

บันทึกค่า อุณหภูมิตั้งที่	เวลา วินาที	อุณหภูมิตั้งที่ องศาเซลเซียส
294	147	-0.9375
295	147.5	-0.9375
296	148	-0.9375
297	148.5	-0.9375
298	149	-0.9375
299	149.5	-0.9375
300	150	-0.9375
301	150.5	-0.9375
302	151	-0.9375
303	151.5	-0.9375
304	152	-0.9375
305	152.5	-0.9375
306	153	-0.9375
307	153.5	-0.9375
308	154	-0.9375
309	154.5	-0.9375
310	155	-0.9375
311	155.5	-0.9375
312	156	-0.9375
313	156.5	-0.9375
314	157	-0.9375
315	157.5	-0.9375
316	158	-0.9375
317	158.5	-0.9375
318	159	-0.9375
319	159.5	-0.9375
320	160	-0.9375
321	160.5	-0.9375
322	161	-0.9375
323	161.5	-0.9375
324	162	-0.9375
325	162.5	-0.9375
326	163	-0.9375
327	163.5	-0.9375
328	164	-0.9375
329	164.5	-0.9375
330	165	-0.9375
331	165.5	-0.9375
332	166	-0.9375
333	166.5	-0.9375
334	167	-0.9375
335	167.5	-0.9375
336	168	-0.9375

บันทึกค่า อุณหภูมิกครั้งที่	เวลา วินาที	อุณหภูมิ องศาเซลเซียส
337	168.5	-0.9375
338	169	-0.9375
339	169.5	-0.9375
340	170	-0.9375
341	170.5	-0.9375
342	171	-0.9375
343	171.5	-0.9375
344	172	-0.9375
345	172.5	-0.9375
346	173	-0.9375
347	173.5	-0.9375
348	174	-0.9375
349	174.5	-0.9375
350	175	-0.9375
351	175.5	-0.9375
352	176	-0.9375
353	176.5	-0.9375
354	177	-0.9375
355	177.5	-0.9375
356	178	-0.9375
357	178.5	-0.9375
358	179	-0.9375
359	179.5	-0.9375
360	180	-0.9375
361	180.5	-0.9375
362	181	-0.9375
363	181.5	-0.9375
364	182	-0.9375
365	182.5	-0.9375
366	183	-0.9375
367	183.5	-0.9375
368	184	-0.9375
369	184.5	-0.9375
370	185	-0.9375
371	185.5	-0.9375
372	186	-0.9375
373	186.5	-0.9375
374	187	-0.9375
375	187.5	-0.9375
376	188	-0.9375
377	188.5	-0.9375
378	189	-0.9375
379	189.5	-0.9375

บันทึกค่า อุณหภูมิครั้งที่	เวลา วินาที	อุณหภูมิ องศาเซลเซียส
380	190	-0.9375
381	190.5	-0.9375
382	191	-1
383	191.5	-1
384	192	-1
385	192.5	-1
386	193	-1.0625
387	193.5	-1.0625
388	194	-1.125
389	194.5	-1.125
390	195	-1.125
391	195.5	-1.1875
392	196	-1.25
393	196.5	-1.25
394	197	-1.25
395	197.5	-1.3125
396	198	-1.3125
397	198.5	-1.3125
398	199	-1.375
399	199.5	-1.375
400	200	-1.4375
401	200.5	-1.4375
402	201	-1.5
403	201.5	-1.5
404	202	-1.5625
405	202.5	-1.5625
406	203	-1.625
407	203.5	-1.625
408	204	-1.6875
409	204.5	-1.6875
410	205	-1.75
411	205.5	-1.75
412	206	-1.75
413	206.5	-1.8125
414	207	-1.8125
415	207.5	-1.875
416	208	-1.875
417	208.5	-1.9375
418	209	-1.9375
419	209.5	-1.9375
420	210	-2
421	210.5	-2
422	211	-2

บันทึกค่า อุณหภูมิกครั้งที่	เวลา วินาที	อุณหภูมิ องศาเซลเซียส
423	211.5	-2.0625
424	212	-2.0625
425	212.5	-2.0625
426	213	-2.0625
427	213.5	-2.125
428	214	-2.125
429	214.5	-2.1875
430	215	-2.1875
431	215.5	-2.25
432	216	-2.25
433	216.5	-2.3125
434	217	-2.3125
435	217.5	-2.375
436	218	-2.375
437	218.5	-2.4375
438	219	-2.4375
439	219.5	-2.4375
440	220	-2.4375
441	220.5	-2.5
442	221	-2.5
443	221.5	-2.5
444	222	-2.5
445	222.5	-2.5625
446	223	-2.5625
447	223.5	-2.5



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลง
ของอุณหภูมิที่ซึ่งคงแน่นอนจากตารางที่ 4.1

วิเคราะห์ผลการทดสอบโหมดที่ 1

จากผลการทดสอบในโหมดที่ 1 คือการจ่ายกระแสให้เพลทีเยอร์อย่างต่อเนื่อง ในรูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ซึ่งคงแน่นอน ซึ่งจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 บริเวณ คือ

1. บริเวณดูดซับความร้อน (Heat Absorbed Region)

บริเวณนี้เป็นบริเวณที่อุณหภูมิลดลงอย่างต่อเนื่อง จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิก่อนค่าได้ จะลดลงเรื่อยๆ จากอุณหภูมิห้อง ที่ประมาณ 25 °C ซึ่งอัตราการลดลงของอุณหภูมิ ของบริเวณนี้สามารถคำนวณได้จาก ความชันของกราฟ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{Temperature Ratio}(T_{\text{Ratio}}) \cong \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{|T_2 - T_1|}{|t_2 - t_1|}$$

เมื่อ T_{Ratio} คือ อัตราการลดลงของอุณหภูมิ [$^{\circ}C/sec$]

T คือ อุณหภูมิ [$^{\circ}C$]

t คือ เวลา [sec]

ซึ่งค่าพารามิเตอร์ T_1 T_2 และ t_1 t_2 ได้มาจากตารางที่ 4.1 และเลือกเอาพารามิเตอร์ในการบันทึกค่าอุณหภูมิครั้งที่ 50 และครั้งที่ 100 ซึ่งจะทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ดังนี้

$$T_1 = 11.8115 \text{ }^{\circ}C, t_1 = 25 \text{ sec}$$

$$T_2 = 3.375 \text{ }^{\circ}C, t_2 = 50 \text{ sec}$$

นำค่าพารามิเตอร์ T_1 T_2 t_1 t_2 แทนลงในสมการการหาอัตราการลดลงของอุณหภูมิจะได้ว่า

$$T_{Ratio} \cong \frac{|3.375 - 11.8115|}{|50 - 25|}$$

$$T_{Ratio} \cong 0.337 \text{ }^{\circ}C/sec \#$$

ระยะเวลาของบริเวณดูดซึมความร้อนสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$Heat\ Absorbed\ Time\ [T_A] = T_{High} - T_{Low}$$

$$T_A = 81.5 - 0.5$$

$$T_A = 81 \text{ วินาที}$$

$$T_A = 1 \text{ นาที } 21 \text{ วินาที}$$

จากการคำนวณ ในการหาค่าอัตราการลดลงของอุณหภูมิ และระยะเวลาในการลดลงของอุณหภูมิในบริเวณดูดซึมความร้อน ได้ค่าอัตราการลดลงของอุณหภูมิเท่ากับ $T_{Ratio} = 0.337$ องศาเซลเซียสต่อวินาที โดยใช้เวลาในบริเวณดูดซึมความร้อนทั้งหมด $T_A = 1$ นาที 21 วินาที

ผลการทดลองทำให้เห็นว่า ในบริเวณจุดซึมอุณหภูมินี้มีอัตราการลดลงของอุณหภูมิมากที่สุด เมื่อเทียบกับอีก 2 บริเวณที่เหลือ เมื่อสังเกตจากกราฟ ในช่วงแรกๆ ของบริเวณจุดซึมความร้อน จะมีความชันของกราฟมากกว่าช่วงท้ายๆ นั่นชี้ให้เห็นว่า อัตราการลดลงของอุณหภูมิในช่วงแรก จะมากกว่าช่วงท้าย ซึ่งจากการสังเกตการณ์ในช่วงแรกๆ ของบริเวณจุดซึมอุณหภูมินั้น จะยังไม่มีหยดน้ำเกาะที่ผิวของซิงค์คอบแน้น และช่วงท้ายจะเริ่มสังเกตเห็นหยดน้ำเกาะที่ซิงค์คอบแน้น การที่มีหยดน้ำเกาะที่ซิงค์คอบแน้นนั้น จะทำให้วัสดุที่ทำหน้าที่ส่งผ่านอุณหภูมิมิมีปริมาตรมากขึ้น นั่นคือ ปริมาตรน้ำกับอลูมิเนียม ซึ่งจากทฤษฎีการถ่ายโอนความร้อน (Heat Transfer) ในตารางที่ 2.1 จะบอกค่า thermal conductivity ของวัสดุอลูมิเนียม และน้ำ มีค่าเท่ากับ 204 W/m.K และ 0.604 W/m.K ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่า thermal conductivity ของน้ำ น้อยกว่า อลูมิเนียมมาก ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้การถ่ายโอนอุณหภูมินานกว่าตอนที่ไม่มีน้ำเกาะ และทำให้อัตราการลดลงของอุณหภูมิน้อยลงด้วย

2. บริเวณอุณหภูมิอิ่มตัว (Temperature Saturation Region)

บริเวณอุณหภูมิอิ่มตัว เป็นบริเวณที่มีค่าอัตราการลดลงของอุณหภูมิเข้าใกล้ศูนย์ นั้นหมายความว่าอุณหภูมิในบริเวณนี้จะคงที่ ซึ่งสามารถสังเกตได้สังเกตได้ในกราฟ จะเห็นได้ว่าช่วงเวลาของบริเวณนี้จะยาวที่สุดเมื่อเทียบกับบริเวณอื่นๆ ซึ่งสามารถคำนวณระยะเวลาของบริเวณอุณหภูมิอิ่มตัวได้ดังนี้

$$\text{Saturation Time } [T_s] = T_{High} - T_{Low}$$

$$T_s = 200.5 - 82$$

$$T_s = 118.5 \text{ วินาที}$$

$$T_s = 1 \text{ นาที } 58.5 \text{ วินาที}$$

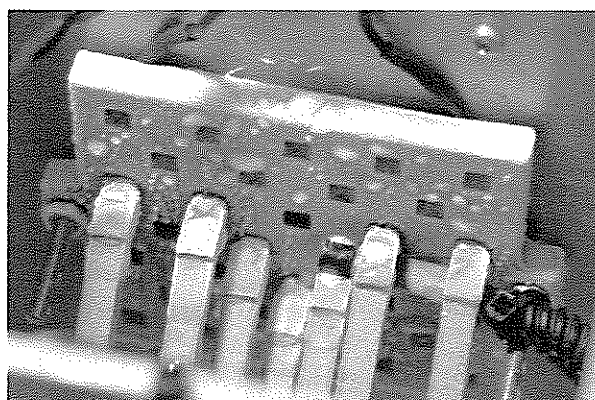
จากการคำนวณในการหาระยะเวลาของบริเวณอุณหภูมิอิ่มตัว (Saturation Time) ได้ค่าเท่ากับ $T_s = 1 \text{ นาที } 58.5 \text{ วินาที}$

ในบริเวณนี้จะเริ่มมีค่าอุณหภูมิคงที่ เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง น้อยกว่า 0°C ประมาณ -0.9°C ถึง -1.5°C อุณหภูมิจะคงที่ สิ่งที่ทำให้อุณหภูมิในบริเวณนี้คงที่นั้น มาจากสาเหตุและปัจจัยเดียวกันกับ การลดลงของอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (T_{Ratio}) ของบริเวณดูดซึมความร้อน (Heat Absorbed Region) เมื่อสังเกตที่ซิงค์ควบแน่น จะสังเกตเห็นว่าหยดน้ำที่เคยเกาะนั้นได้กลายเป็นน้ำแข็งและเพิ่มปริมาณของน้ำแข็งมากขึ้นดังรูปที่ 4.3 การที่มีปริมาณน้ำแข็งมากขึ้นนั้น จะส่งผลให้ปริมาตรของวัสดุที่ทำหน้าที่ส่งผ่านอุณหภูมิมียิ่งมีปริมาตรมากขึ้น ซึ่งส่วนที่เพิ่มขึ้นมานี้คือน้ำแข็ง ซึ่งมีค่า thermal conductivity ต่ำมากเพียง 0.604 W/m.K ด้วยเหตุที่กล่าวไปนั้น ส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ หรือที่เรียกว่าอัตราการลดลงของอุณหภูมินั้น มีค่าเป็นศูนย์

3. บริเวณอุณหภูมิต่ำลง (Temperature down Region)

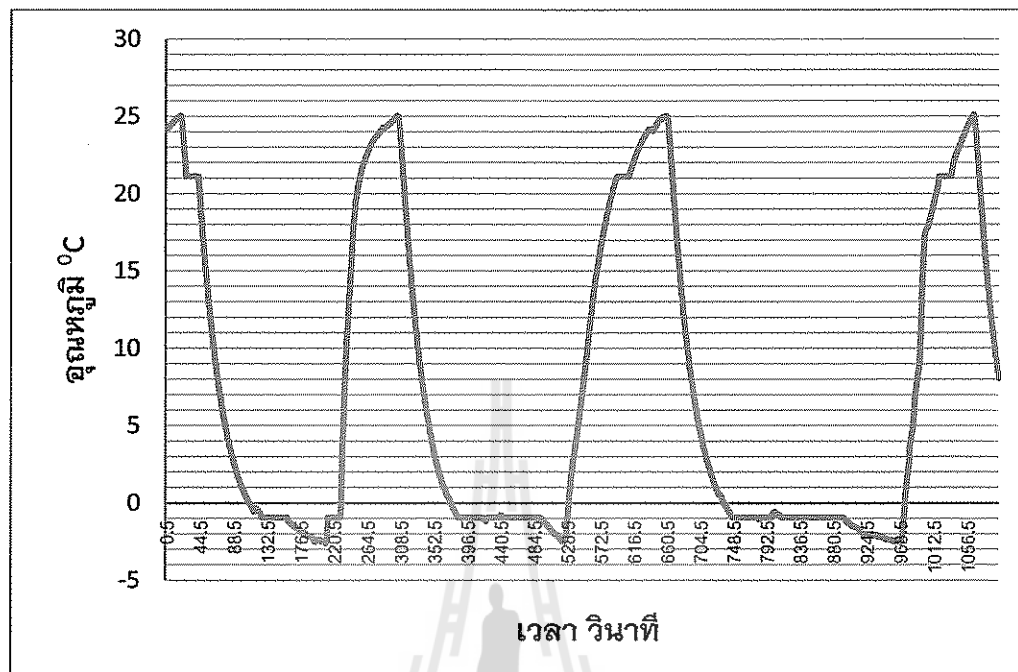
หลังจากที่อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิลดต่ำลงที่มาระยะหนึ่ง ในบริเวณอุณหภูมิมืดัว (Temperature Saturation Region) จากกราฟจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิลดลงอีกระดับหนึ่งจากตารางที่ 4.1 อุณหภูมิของบริเวณนี้ คือช่วง -1.5°C ถึง -2.5°C ซึ่งอุณหภูมิในช่วงนี้ จะนำไปเป็นอุณหภูมิจำกัดในโปรแกรม ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำสุด แทนด้วยตัวแปล T_{MIN} Minimum of Temperature

อย่างไรก็ดีค่าอุณหภูมิต่ำสุด T_{MIN} นั้น ก็อาจจะไม่แน่นอนว่าจะอยู่ในช่วงนี้หรือไม่ เนื่องจากปัจจัยของอุณหภูมิจำกัดของแต่ละพื้นที่ ที่ทำการทดลองไม่เหมือนกัน



รูปที่ 4.3 ภาพแสดงการเกิดปรากฏการณ์ควบแน่นที่ซิงค์ควบแน่น

ผลการทดสอบโหมดที่ 2

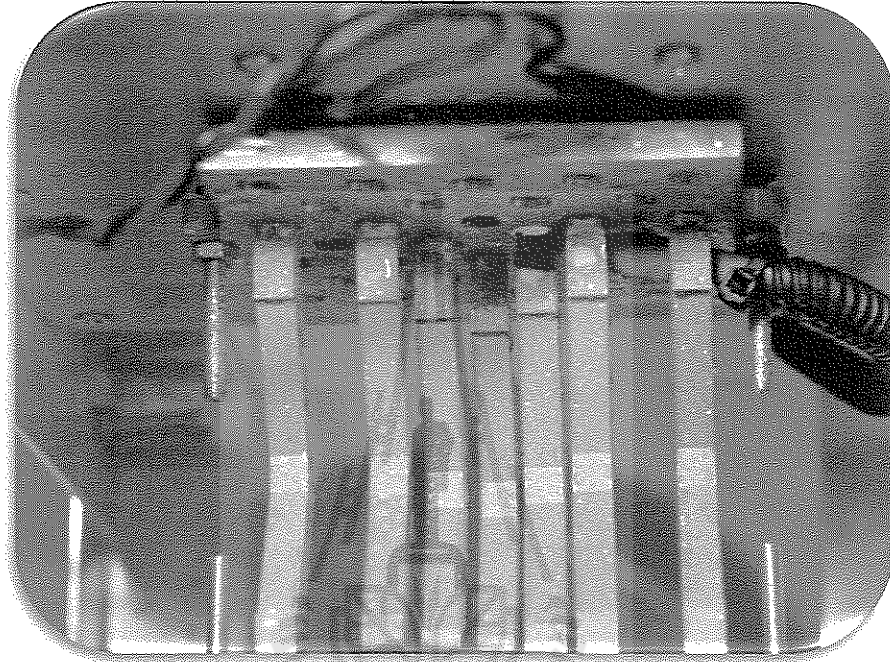


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในการทดสอบโหมดที่ 2

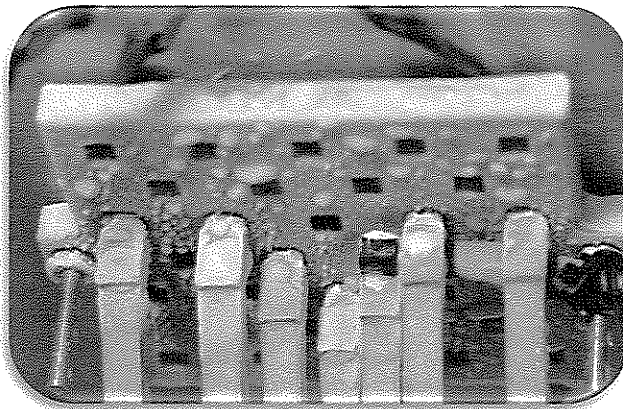
วิเคราะห์ผลการทดสอบโหมดที่ 2

ในการทดสอบการใช้งานในโหมดที่ 2 นั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งการ ให้เครื่องทำงาน โดยการจ่ายกระแสให้แผ่นเพลเทียร์แบบ “วงรอบอุณหภูมิ” โดยกำหนด ค่าอุณหภูมิสูงสุด $T_{MAX} = 25^{\circ}C$ และค่าอุณหภูมิต่ำสุด $T_{MIN} = -2.5^{\circ}C$ ซึ่งค่าอุณหภูมิต่ำสุด T_{MIN} นี้ได้มาจากผลการทดสอบใช้งานในโหมดที่ 1 ส่งผลให้ได้ผลของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิดังกราฟในรูปที่ 4.3 เมื่อเปิดเครื่อง อุณหภูมิจะลดลงจากค่าอุณหภูมิสูงสุด T_{MAX} ลงมาเรื่อยๆ เมื่อถึงจุดที่ซิงค์คั่วบ่มแน่น จะเริ่มเห็นหยดน้ำเริ่มเกาะที่บริเวณผิวของซิงค์ดังรูปที่ 4.4 และเมื่ออุณหภูมิเริ่มต่ำกว่า $0^{\circ}C$ หยดน้ำเริ่มกลายเป็นน้ำแข็งและเพิ่มปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆ ดังรูปที่ 4.5 และเมื่ออุณหภูมิต่ำลงจนมีค่าเท่ากับค่าอุณหภูมิต่ำสุด T_{MIN} ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งการให้หยุดจ่ายกระแสให้แผ่นเพลเทียร์ ส่งผลให้น้ำแข็งที่เกาะอยู่ที่ซิงค์ละลายกลายเป็นหยดน้ำ และหยดลงไปที่ถาดรองน้ำด้านล่างดังรูปที่ 4.7 อย่างไรก็ตามก็ยังคงเหลือหยดน้ำบางส่วนที่ยังไม่สามารถหยดลงไปที่ถาดได้ และอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงค่าอุณหภูมิสูงสุด T_{MAX}

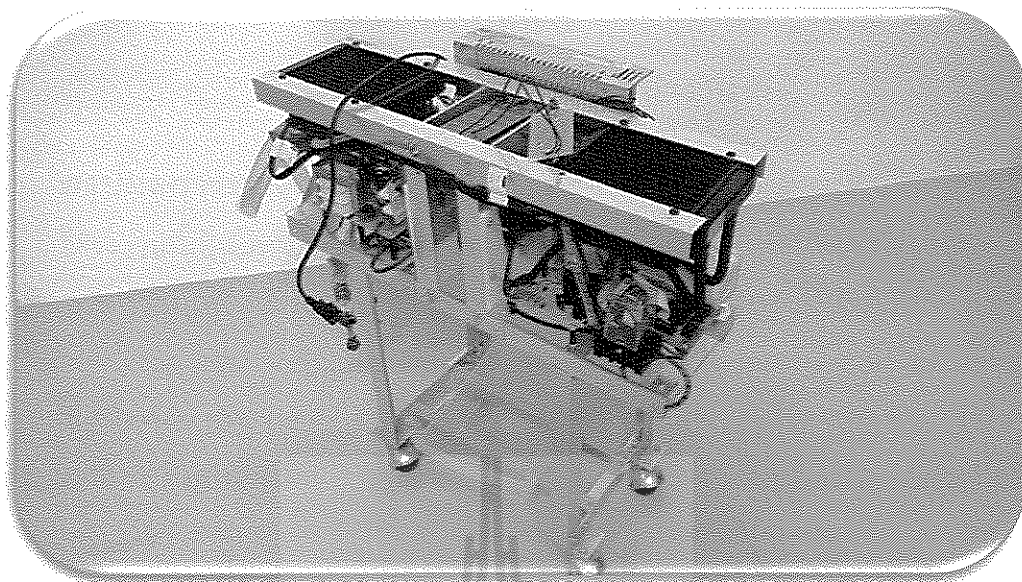
อีกครั้ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะสั่งการ ให้เครื่องทำงานโดยการจ่ายกระแสให้แผ่นเพลทเทียร์อีกครั้ง ส่งผลให้หยดน้ำที่เหลืออยู่นั้นเย็นลงและกลายเป็นน้ำแข็ง และจะละลายในวงรอบอุณหภูมิถัดไป การหยดลงมาของหยดน้ำนั้น ได้แสดงให้เห็นว่าวัฏกรรมนี้สามารถสร้างน้ำได้จริง



รูปที่ 4.5 แสดงหยดน้ำเกาะผิวของซิงค์ควบแน่น



รูปที่ 4.6 แสดงหยดน้ำเริ่มกลายเป็นน้ำแข็งเกาะอยู่ที่ซิงค์ควบแน่น



รูปที่ 4.7 แสดงตัวเครื่องผลิตน้ำดันแบบ



รูปที่ 4.8 แสดงการละลายของน้ำแข็งและหยดลงไปที่ถาดรองด้านล่าง

บทที่ 5

สรุปผลการทดสอบการทำงาน

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการนี้เป็นโครงการที่นำแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมาประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์ นั่นคือนวัตกรรมเครื่องผลิตน้ำ โดยนำความรู้ทางด้านการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Circuit Design) คุณสมบัติของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก รวมทั้งความรู้ในด้านเทอร์โมไดนามิกส์ (Thermo dynamics) มาใช้ในการสร้างเครื่องนี้ขึ้นมา โดยใช้คุณสมบัติการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก กับทฤษฎีการควบแน่นของน้ำ (Water Condensation) ซึ่งอาศัยความเย็นในการกระตุ้นให้เกิดปรากฏการณ์ควบแน่น และความรู้ในการสร้างวงจรรีเลย์ไฟฟ้้าเพื่อออกแบบระบบจ่ายไฟเลี้ยงให้กับตัวเครื่อง นอกจากนี้ยังมี ความรู้ด้านทฤษฎีการถ่ายโอนความร้อน (Theory of Heat Transfer) เพื่อออกแบบโครงสร้างและเลือกใช้วัสดุอย่างเหมาะสม เพื่อตอบสนองต่อการทำงานของเครื่องอย่างมีประสิทธิภาพ จากการทดลองพบว่า นวัตกรรมเครื่องผลิตน้ำนี้ สามารถผลิตน้ำได้จริง แต่ก็ยังประสบปัญหาในหลายจุด ซึ่งอาจจะต้องพัฒนาต่อไปในอนาคต

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. ปัญหาอุณหภูมิห้องไม่คงที่ ส่งผลให้การทำงานในโหมด วงรอบอุณหภูมิ ไม่สมบูรณ์ เช่นว่าเมื่ออุณหภูมิห้องสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้ระยะบริเวณอิมตัวของอุณหภูมินานขึ้นและอุณหภูมิอาจจะไม่สามารถลดต่ำลงไปได้จนถึงบริเวณ Temp Down ได้ ทำให้การทำงานไม่เป็นวงรอบอุณหภูมิ หรือเมื่ออุณหภูมิห้องต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้ในช่วงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิไม่ถึงค่า T_{MAX} ก็จะทำให้การทำงานไม่เป็นวงรอบเช่นกัน
2. ความชื้นในอากาศจะส่งผลต่อการเกิดปรากฏการณ์ควบแน่น ที่ใดที่ความชื้นน้อยก็จะเกิดการควบแน่นได้ช้ากว่าที่ที่มีความชื้นในอากาศมาก ซึ่งส่งผลต่ออัตราการเกิดน้ำโดยตรง
3. ปริมาณน้ำยังสามารถผลิตได้น้อย
4. โครงสร้างของซิงค์ควบแน่น มีผลโดยตรงต่อการหยดลงมาของน้ำ ซึ่งซิงค์ควบแน่นอันนี้จะมีน้ำเกาะเหลืออยู่ในแต่ละวงรอบอุณหภูมิ แต่หากพัฒนา

โครงสร้างหรือหาวิธีการที่ทำให้เชิงค้ควบแน่นมีน้ำเกาะอยู่น้อยที่สุดในแต่ละวงรอบอุณหภูมิก้จะส่งผลให้อัตราการลดลงของอุณหภูมิก้ในแต่ละวงรอบอุณหภูมิก้มีค่ามากขึ้น

5.3 สิ่งที่ได้รับจากการทำโครงการ

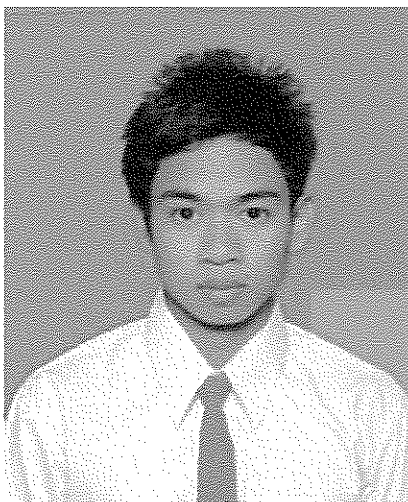
1. ได้นวัตกรรมเครื่องผลิตน้ำดื่มแบบที่นำแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมาประยุกต์ใช้
2. ได้มีการสร้างนวัตกรรมทางความคิดเพื่อการคิดค้นเพื่อแก้ไขปัญหาแบบองค์รวม
3. ได้ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบวงจรไฟฟ้า การออกแบบโครงสร้างของวัสดุ และ ทฤษฎีควบแน่น ตลอดจน ทฤษฎีการถ่ายโอนความร้อน
4. ได้นวัตกรรมทางวิศวกรรม ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดต่อไปได้
5. ได้ปัญหาและอุปสรรคที่มีประโยชน์ต่อการพัฒนาต่อ



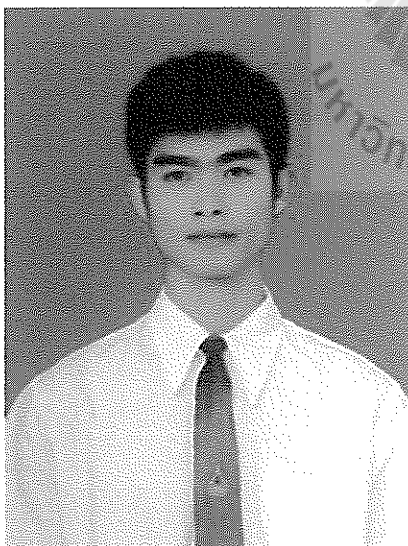
เอกสารอ้างอิง

- [1] วงจรจ่ายไฟเลี้ยง จากหนังสือ ทฤษฎีและการคำนวณวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ; ดร.สิทธิชัย โภไคยอุดม , ดร.พีรศักดิ์ วรสุนทรโรสถ , โตะมิโอะ อิระสะกิ
- [2] แหล่งจ่ายไฟ จากหนังสือ คู่มืออิเล็กทรอนิกส์ ; ชัยวัฒน์ ลิ่มพรจิตรวิไล
- [3] ข้อมูลของไอซีดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์เบอร์ DS18B20 (1 มีนาคม 2557) จากเว็บไซต์ <http://www.mind-tek.net/ds18b20.php>
- [4] การควมแน่น (20 มีนาคม 2557) จากเว็บไซต์ <http://www.gotoknow.org/posts/278301>
- [5] Melcor Corporation, 2000, "Structure and Function", (26 มีนาคม 2557) จากเว็บไซต์ <http://www.melcor.com/structure.htm>
- [6] บทความ การศึกษาเชิงทดลองของผ้าเพดานทำความเย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก
Experimental study of a thermoelectric ceiling radiant cooling panel เจริญพร เลิศสถิตชนกร วิชาญ ศรีสุวรรณ ห้องปฏิบัติการวิจัยกระบวนการทางอุณหภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

ประวัติผู้เขียน



นายอิทธิเทพ ฟิ่งเมือง เกิดวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2534 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลบางคสาน อำเภอโพทะเล จังหวัดพิจิตร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนโพธิธรรมสุวัฒน์ อำเภอโพทะเล จังหวัดพิจิตร ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



นายวิรุฬห์ พงษ์พานิช เกิดวันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2534 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลไผ่ล้อม อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี