สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อน
(HYPERTHERMIA)

T046530

โดย

นายจำรัส ปัญโญใหญ่

นายนิเวศน์ มณีลังกา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กโทรนิกส์ ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

ปพ.
TK5124
R522

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 46530
วัน, เดือน, ปี 4 มิ.ย. 2546

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อน

นักศึกษา นายจำรัส ปัญโญใหญ่ รหัส 42015550
นายนิเวศน์ มณีลังกา รหัส 42015556

ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.อรลาภ แสงอรุณ
ผศ.นภพินทุ์ อนันตรศิริชัย

ปีการศึกษา 2544

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
( )

..... กรรมการ
( )

..... กรรมการ
( )

..... กรรมการ
( )

..... กรรมการ
( )

..... กรรมการ
( )

..... กรรมการ
( )

..... กรรมการ
( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อน	
นักศึกษา	นายจำรัส ปัญโญใหญ่	รหัส 42015550
	นายนิเวศน์ มณีลังกา	รหัส 42015556
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.อรลาภ แสงอรุณ	
	ผศ.นภพินทุ์ อนันตรศิริชัย	
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2544	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอ เครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อน เป็นเครื่องที่ใช้สำหรับเพิ่มอุณหภูมิร่างกายผู้ป่วย เพื่อให้อุณหภูมิร่างกายอยู่ในสภาวะปกติ คือ 37° C โดยที่เครื่องจะใช้ระบบพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล คือระบบควบคุมแบบสัดส่วน เพื่อเป็นตัวควบคุมการทำงานของตัวทำความร้อน และมีการแสดงผลของอุณหภูมิทางส่วนแสดงผลที่เป็นแบบ แอลอีดี 7 เซ็กเมนท์ สามหลัก มีระบบการไหลเวียนของน้ำอยู่ตลอดเวลาในขณะที่เครื่องทำงาน ซึ่งเป็นปั๊มป์ ชนิดแม็กเนติกปั๊ม น้ำนี้จะไหลเวียนผ่านผ้าห่ม และยึดตัวเซ็นเซอร์ ไว้ที่ผ้าห่ม เพื่อการควบคุมที่ถูกต้อง เพราะเป็นอุณหภูมิที่ผู้ป่วยได้รับโดยตรง แต่ถ้าอุณหภูมิเกิน 42.0° C จะมีการเตือนว่ามีการตรวจจับของตัวเซ็นเซอร์ว่าอุณหภูมิสูงเกินค่าที่กำหนด และถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 30.0° C เครื่องจะแสดงสภาวะและเตือนว่ามีการตรวจจับของตัวเซ็นเซอร์ว่าอุณหภูมิต่ำเกินค่าที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROJECT TITLE HYPERTHERMIA

STUDENT MR.JUMRUS PANYOYAI 42015550
MR.NIVES MANEELANGKA 42015556

ADVISOR ASSIS.PROF. ORNLARP SANGAROON
ASSIS.PROF. NOPPIN ANANTRASIRICHAI

LEVEL OF STUDY BACHELOR'S DEGREE IN INDUSTRIAL
(ELECTRONIC TECHNOLOGY)

ACADEMIC YEAR 2001

SUBSTRACT

This thesis presents hyperthermia , the machine is used to increase temperature of patient to normal condition , that is 37° C. Hyperthermia uses proportional control system, that controls the working of heater and present the result of temperature by LED 7 SECMENT three's place. Hyperthermia has water cycle system all the time while the machine is working that is Mecnetic Pump. The water will flow into machine and flow out the blanket. We will stick sensor at the blanket for correctly control because the patient can receive temperature directly. If the temperature is more than 42.0° C , it will be warned by temperature sensor that is over than limit. And if the temperature is lower than 30° C , it will be warned by temperature sensor that is lower than limit 30.0° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปด้วยดีเนื่องมาจาก ความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณ ผศ.อรลาภ แสงอรุณ ผศ.นภพินทุ์ อนันตรศิริชัย และอาจารย์ประจำภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ แนวความคิดความรู้ต่าง ๆ แนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณผศ. สมศรี ดาวฉาย ผู้อำนวยการโครงการวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ชีวการแพทย์ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหิดล สำหรับคำปรึกษาและข้อมูลที่สำคัญ ขอขอบคุณ โรงพยาบาลนพรัตนราชธานีที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ทางการแพทย์ ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือสุดท้าย ควรระลึกถึงอย่างยิ่ง บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษา และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณอย่างสูง

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
หัวข้อปริญญานิพนธ์	I
บทคัดย่อภาษาไทย	II
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ	V
สารบัญรูป	VIII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 ชื่อโครงงาน	1
1.3 วัตถุประสงค์	1
1.4 คุณสมบัติของเครื่อง	2
1.5 เนื้อหาโดยสังเขป	3
บทที่ 2 ทฤษฎีทางการแพทย์	4
2.1 ข้อมูลทางการแพทย์	4
2.2 ปัญหาและความต้องการทางการแพทย์	7
บทที่ 3 หลักการทำงาน	9
3.1 หลักการทำงานของเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนตามบล็อคไดอะแกรม	9
บทที่ 4 การออกแบบและสร้างเครื่อง	12
4.1 การออกแบบวงจร	12
4.1.1 ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ (Temperature Set)	12
4.1.2 ภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor)	13
4.1.3 ภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ (Instrumentation Amplifier)	14
4.14 ภาควงจรพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล (Proportuonal Control)	15
4.1.5 ภาควงจรโซลิดสเตท รีเลย์ (Solid state relay)	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.1.6 ภาควงจรแสดงผล (Display)	16
4.1.7 ภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิความร้อนสูง (Heat Over Detector)	17
4.1.8 ภาควงจรแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิ สูง/ต่ำ (High/Low Temperature Alarm)	18
4.2 การออกแบบและสร้างส่วนประกอบของตัวโครงเครื่อง	20
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	26
5.1 การทดลองทางเทคนิคของเครื่อง (Technical Testing)	26
5.1.1 การทดลองภาควงจรตรวจวัดอุณหภูมิ(Temperature Sensor)	26
5.1.2 การทดสอบภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ(Temperature Set)	29
5.1.3 การทดลองภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมปลิฟายเออร์ (Instrumentation Amplifier)	34
5.1.4 การทดสอบภาควงจรพรอบพอร์ชันนัล คอนโทรลและภาควงจรโซลิด สเตท รีเลย์	36
5.1.5 การทดสอบภาควงจรแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิ สูง/ต่ำ (High / Low Temperature Alarm)	44
5.1.6 การทดสอบภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิความร้อนสูง (Heat Over Detector)	48
5.1.7 การทดสอบภาคแสดงผล (Display)	50
5.2 การทดสอบการใช้งานของเครื่อง (functional Testing)	52
บทที่ 6 การใช้งาน	66
6.1 การเปรียบเทียบแรงดันส่วนต่าง ๆ ของวงจร(caribration Testing)	66
6.2 การใช้เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมีย (Hyperthermai)	68
6.3 ข้อปฏิบัติ	69
บทที่ 7 อภิปรายผล ข้อเสนอแนะและสรุป	70
7.1 อภิปรายผล	70
7.2 ข้อเสนอแนะ	71
7.3 สรุป	71
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาคผนวก ก. รูป การออกแบบลายวงจร แต่ละภาค ของเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อน	74
ภาคผนวก ข. คู่มือการใช้งาน ไอ ซี	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 1.1(ก) ช่วงของอุณหภูมิของคนปกติในภาวะต่าง ๆ กัน	4
รูปที่ 1.1(ข) ช่วงอุณหภูมิ °C กับ °F	4
รูปที่ 1.2 ระบบควบคุมอุณหภูมิ	5
รูปที่ 3.1 บล็อคไดอะแกรม(Block Diagram) ของเครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมีย(Hyperthermia)	9
รูปที่ 4.1 ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ (Temperature Set)	13
รูปที่ 4.2 ภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor)	14
รูปที่ 4.3 ภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ (Instrumentation Amplifier)	15
รูปที่ 4.4 ภาควงจรพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล (Proportuonal Control)	15
รูปที่ 4.5 ภาควงจรโซลิดสเตท รีเลย์ (Solid state relay)	16
รูปที่ 4.6 ภาควงจรแสดงผล (Display)	17
รูปที่ 4.7 ภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิความร้อนสูง (Heat Over Detector)	17
รูปที่ 4.8 ภาควงจรแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิ สูง/ต่ำ (High/Low Temperature Alarm)	18
รูปที่ 4.9 วงจรทั้งหมดของเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อน	19
รูปที่ 4.10 แหล่งจ่ายไฟ (Power supply)	20
รูปที่ 4.11 ส่วนของฐานเครื่อง	21
รูปที่ 4.12 ส่วนของฝาครอบเครื่อง	21
รูปที่ 4.13 ถังเก็บน้ำ	22
รูปที่ 4.14 การติดตั้งตัวทำความร้อน	22
รูปที่ 4.15 ระบบการไหลเวียนของน้ำ	23
รูปที่ 4.16 ด้านหน้าของเครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมีย	24
รูปที่ 4.17 ด้านหลังของเครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมีย	25
รูปที่ 5.1 ภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor)	26
รูปที่ 5.2 ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ (Temperature Set)	29
รูปที่ 5.3 ภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ (Instrumentation Amplifier)	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 5.4 ภาควงจรพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล และภาควงจรโซลิด สเตท รีเลย์	36
รูปที่ 5.5 รูปคลื่นที่ขาต่าง ๆ ของ IC TCA 785 และ TRIAC ที่อุณหภูมิ 32.0° C	37
รูปที่ 5.6 รูปคลื่นที่ขาต่าง ๆของ IC TCA 785 และ TRIAC ที่ อุณหภูมิ 33.0° C	38
รูปที่ 5.7 รูปคลื่นที่ขาต่าง ๆ ของ IC TCA 785 และ TRIAC ที่อุณหภูมิ 34.0° C	39
รูปที่ 5.8 รูปคลื่นที่ขาต่าง ๆ ของ IC TCA 785 และ TRIAC ที่อุณหภูมิ 35.0° C	40
รูปที่ 5.9 รูปคลื่นที่ขาต่าง ๆ ของ IC TCA 785 และ TRIAC ที่อุณหภูมิ 36.0° C	41
รูปที่ 5.10 รูปคลื่นที่ขาต่าง ๆ ของ IC TCA 785 และ TRIAC ที่อุณหภูมิ 37.0° C	42
รูปที่ 5.11 รูปคลื่นที่ขาต่าง ๆ ของ IC TCA 785 และ TRIAC ที่อุณหภูมิ 38.0° C	43
รูปที่ 6 ลายวงจร ของวงจรแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิ สูง/ต่ำ (HIGH/LOW Temperature Alarm)	75
รูปที่ 7 ลายวงจร ของวงจรอินสรูเมนท์เตชัน คอนโทรล (Instrumentation Amplifier)	76
รูปที่ 8 ลายวงจร ของวงจรภาคพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล (Proportuonal Control)	77
รูปที่ 9 ลายวงจร ของวงจรแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 5.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335)	27
ตารางที่ 5.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิ (LM335)ตั้งแต่ 36.0° C ถึง 38.0° C	28
ตารางที่ 5.3 แสดงค่าแรงดันที่ได้จากการปรับตั้งอุณหภูมิจากภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิและแรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335)	30
ตารางที่ 5.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335) ตั้งแต่ 36.0° C ถึง 38.0° C	31
ตารางที่ 5.5 แสดงค่าแรงดันที่ขา 7 ของ IC 3B LM358 และขา 3 ของ LC 3A LM358	33
ตารางที่ 5.6 แสดงค่าแรงดันที่จุดต่าง ๆ ของภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชันแอมป์ปลิฟายเออร์	35
ตารางที่ 5.7 แสดงค่าแรงดันที่จุดต่าง ๆ ของภาควงจรแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิสูงและสภาวะของ แอล อี ดี และบัซเซอร์	45
ตารางที่ 5.8 แสดงค่าแรงดันที่จุดต่าง ๆ ของภาควงจรแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิต่ำและแสดงสภาวะของแอล อี ดี , บัซเซอร์ และ รีเลย์	47
ตารางที่ 5.9 แสดงค่าแรงดันและสภาวะการทำงานต่าง ๆ ของภาควงจรตรวจวัดอุณหภูมิความร้อนสูงและรีเลย์ 2	49
ตารางที่ 5.10 แสดงค่าแรงดันที่ขา Vin High ของ IC ICA7107 ที่ค่าอุณหภูมิต่าง ๆ ที่ได้จากภาควงจรตรวจวัดอุณหภูมิ และภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ	51
ตารางที่ 5.11 แสดงค่าอุณหภูมิที่ ผ้าห่ม และถังเก็บน้ำ	53
ตารางที่ 5.12 แสดงค่าอุณหภูมิที่จอแสดงผลกับอุณหภูมิที่ผ้าห่ม	54
ตารางที่ 5.13 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกับเวลา	55
ตารางที่ 5.14 แสดงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพิ่มขึ้นครั้งละ 1.0° C	57
ตารางที่ 5.15 แสดงเวลาที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิลดลงครั้งละ 1.0° C	58
ตารางที่ 5.16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิขณะที่มีผู้ถูกทดสอบนอนบนผ้าห่มและไม่มีผู้ถูกทดสอบนอนบนผ้าห่มที่อุณหภูมิ 37.0° C	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

รูป หน้า

ตารางที่ 5.17 การเปรียบเทียบอุณหภูมิของผ้าห่มในขณะที่ผู้ถูกทดสอบนอนที่ผ้าห่ม น้ำหนักต่างกัน 63

ตารางที่ 5.18 ค่าของอุณหภูมิของผ้าห่ม ที่จอแสดงผลขณะที่มีโหลดอุณหภูมิคงที่วางอยู่ที่บน ผ้าห่ม 64

ตารางที 5.19 อัตราการไหลเวียนของน้ำของเครื่องที่สภาวะต่างๆ 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ในปัจจุบันมีผู้ป่วยเพิ่มขึ้นจำนวนมาก มีผลทำให้หน้าที่และภาระในการดูแลผู้ป่วยให้ทั่วถึงของโรงพยาบาลมีเพิ่มมากขึ้น ในสถานะการณ์ที่เกี่ยวกับการดูแลผู้ป่วยหรือการผ่าตัดในด้านการปรับอุณหภูมิของร่างกายผู้ป่วยด้วยความร้อนจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องมือที่จะสามารถปรับอุณหภูมิในตัวผู้ป่วย ซึ่งมักจะมีอุณหภูมิที่ต่ำให้สูงขึ้นโดยวิธีอัตโนมัติ เพื่อจะได้ลดภาระในการดูแลได้

จึงได้มีแนวความคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนสำหรับผู้ป่วยหลังการผ่าตัดหรือผู้ป่วยที่มีไข้สูงและมีอาการหนาวสั่น ผู้ดูแลผู้ป่วยจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่เป็นตัวนำความร้อนได้ และปลอดภัยต่อผิวหนังของผู้ป่วย เช่น ถุงน้ำร้อน ถุงน้ำเย็น (Cold Hot Pack) กับผู้ป่วย ถึงแม้ว่าจะมีกรรมวิธีในการใช้งานง่ายแต่ว่ารักษาอุณหภูมิได้ไม่คงที่นานเท่าที่ผู้ป่วยต้องการและอุณหภูมิจะสูงมากเกินไปในช่วงแรก ในขณะการใช้งานซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผิวหนังของผู้ป่วยได้ เครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อน จึงเข้ามามีบทบาทในการรักษาพยาบาลผู้ป่วยในด้านนี้เป็นอย่างมาก

1.2 วัตถุประสงค์

เครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนจึงจำแนกวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องปรับอุณหภูมิด้วยความร้อนมีดังนี้

1. สามารถนำมาใช้ในการปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนแทนการใช้ถุงน้ำร้อน เนื่องจากสามารถที่จะรักษาระดับของอุณหภูมิให้คงที่ได้นานกว่าถุงน้ำร้อน

2. ใช้งบประมาณในการออกแบบสร้างเครื่องต่ำเพื่อช่วยในการประหยัดงบประมาณและเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือทางการแพทย์ใช้เองในประเทศ

3. สามารถใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายจากในประเทศเพื่อความสะดวกในการออกแบบและสร้างหรือทำการซ่อมแซมเมื่อเครื่องเกิดการขัดข้องขึ้น

4. เพื่อนำวิชาความรู้ที่ได้รับการศึกษามาประยุกต์ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 คุณสมบัติของเครื่อง

คุณสมบัติทั่วไป

1. ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 220 โวลท์ ความถี่ 50 เฮิร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สามารถปรับตั้งอุณหภูมิได้

3. มีระบบการไหลเวียนของน้ำเพื่อนำอุณหภูมิความร้อนจากผ้าห่มไปสู่ตัวผู้ป่วยได้

4. ผ้าห่มมีคุณสมบัติที่ดีในการนำอุณหภูมิความร้อนสู่ตัวผู้ป่วยและสามารถรักษาระดับอุณหภูมิได้คงที่และเท่ากับอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้ได้ตลอดเวลาการทำงานของเครื่อง

5. มีจอค่าของอุณหภูมิที่ให้กับผู้ป่วย (อุณหภูมิผ้าห่ม) และอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้ขณะที่เครื่องเปิดใช้งานอยู่ตลอดเวลา

6. มีสัญญาณเตือน (Alarm) เมื่อเครื่องทำงานผิดปกติและตัดการทำงานของเครื่องในส่วนที่ผิดปกตินั้น

คุณสมบัติเฉพาะ

1. มีหลอดไฟสภาวะการทำงานของเครื่องในสภาวะต่าง ๆ ดังนี้

- การ เปิด/ปิด เครื่อง (Power ON/OFF)
- การทำงานของตัวทำความร้อน (Heater ON/OFF)
- สภาวะการอุณหภูมิที่จอผลซึ่งบอกให้ทราบถึงการอุณหภูมิที่ทำการตรวจวัดได้จากตัวตรวจจับอุณหภูมิที่ผ้าห่ม (Blanket Temperature sensor) และอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้ง (Temperature Set)
- สภาวะอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงกว่าปกติกำหนด (High Temperature Alarm)
- สภาวะอุณหภูมิลดต่ำกว่ากำหนด (Low Temperatuer Alarm)

2. สามารถทำการปรับตั้งอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 26.0° C ถึง 41.0° C (อุณหภูมิที่ปรับตั้งใช้งานจริง 30.0 ถึง 41.0° C) โดยการปรับตั้งอุณหภูมิด้วยปุ่มแบบใช้การหมุนโดยมีความละเอียดในการปรับตั้งอุณหภูมิได้ครั้งละ 0.1° C

3. มีระบบควบคุมอุณหภูมิของน้ำแบบสัดส่วน ระบบพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล

4. ใช้ตัวทำความร้อน (Heater) ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลท์ ขนาดกำลัง 700 วัตต์

5. มีระบบสัญญาณเตือนด้วยแสงและเสียงเมื่อเครื่องทำงานผิดปกติ

- สภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงกว่าปกติกำหนด เมื่ออุณหภูมิที่ให้กับผู้ป่วยคืออุณหภูมิที่ผ้าห่ม สูงเกิน 42.0° C พร้อมทั้งตัดการทำงานของตัวทำความร้อนทันที
- สภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่ากำหนด เมื่ออุณหภูมิที่ให้กับผู้ป่วยคืออุณหภูมิที่ผ้าห่ม สูงกว่า 32.0° C และลดลงต่ำกว่า 30.0° C

6. สามารถทำการเลือกรูปแบบในการเตือนได้ โดยจะให้มีการเตือนทั้งแบบแสงและเสียงหรือเตือนแบบใช้แสงเพียงอย่างเดียว

7. ถังเก็บน้ำ ขนาด 2.6 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ผ้าห่ม ขนาด 60 × 140 เซ็นติเมตร

9. อัตราการไหลของน้ำ 1400 ลิตร/ ชั่วโมง

10. ใช้ปั้มป์เพื่อทำการหมุนเวียนน้ำชนิด แม็กเนติกปั้มป์ AC 220 – 240 โวลท์ 50 เฮิร์ท 18 วัตต์

11. สามารถเลือกที่จะค่าอุณหภูมิที่ได้จากการตรวจวัดที่ผ้าห่มจากตัวตรวจจับอุณหภูมิ อุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้โดยการกดสวิตซ์เลือกและค่าของอุณหภูมิด้วย แอล อี ดี 7 เซ็คเมนท์ ขนาด 3 หลัก

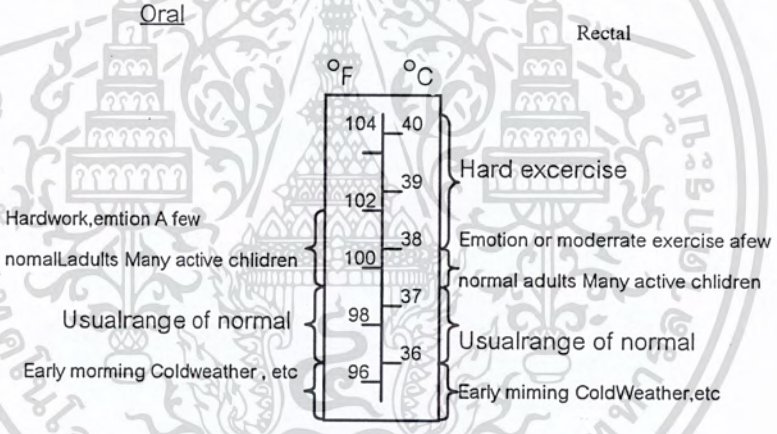
12. ความผิดพลาดในการควบคุมอุณหภูมิของเครื่อง ± 1° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีทางการแพทย์

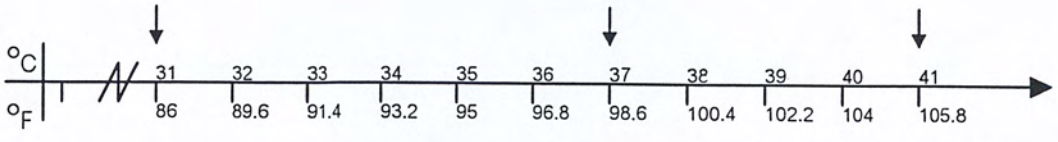
2.1 ข้อมูลทางการแพทย์

อุณหภูมิร่างกายของคนมีค่าคงที่ ประมาณ 37° C หรือ 98.6° F และอุณหภูมิจะถูกควบคุมให้คงที่อยู่เสมอ ภายในช่วง 1° F อย่างไรก็ดี อุณหภูมิกายของคนปกติสามารถแปรผันไปได้มาก ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยบางอย่าง เช่น ในขณะออกกำลังกายอย่างหนัก จะทำให้อุณหภูมิกายเพิ่มขึ้น อีกนัยหนึ่งถ้าร่างกายต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เย็นจัดก็อาจทำให้อุณหภูมิกายลดต่ำลง



รูปที่ 1.1(ก) ช่วงของอุณหภูมิของคนปกติในภาวะต่าง ๆ กัน

CELSIUS – FAHRENHEIT CONVERSION TABLE



รูปที่ 1.1(ข) ช่วงอุณหภูมิ ° C กับ ° F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

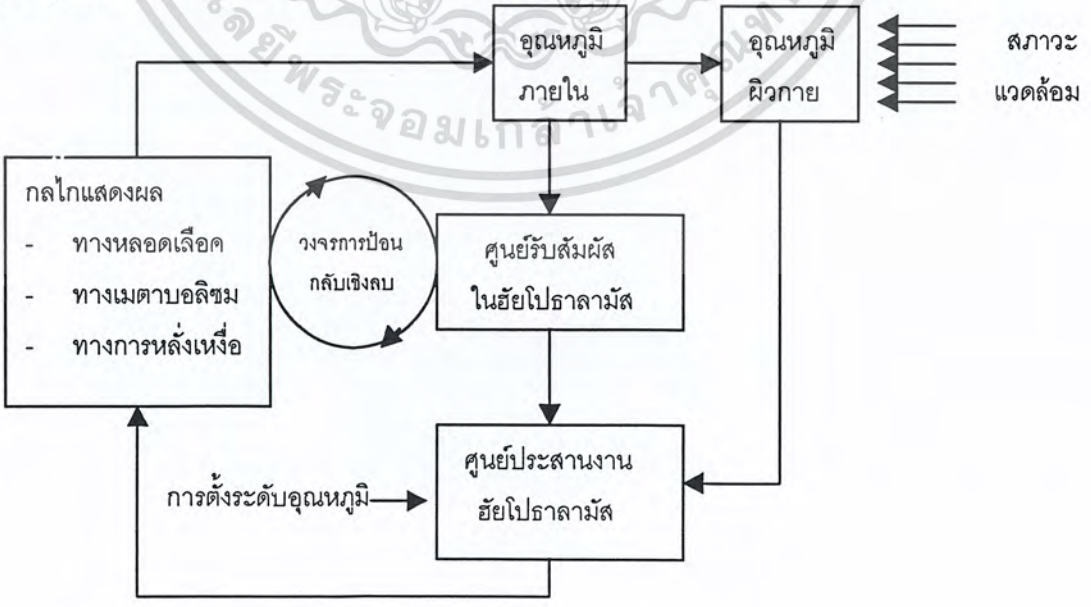
การเสียความร้อนจากร่างกายอาศัยวิธีการต่าง ๆ กันคือ การนำ (Conduction) การพา (Convection) การแผ่รังสี (Radiation) และการระเหย (Evaporation) การจะ เสียความร้อนโดยวิธีใดมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับสภาพของอากาศภายนอก ที่สำคัญที่สุดคืออุณหภูมิของอากาศภายนอก

ร่างกายมีกลไกควบคุมอุณหภูมิกายให้มีค่าคงที่อยู่เสมอ แม้ว่าอุณหภูมิแวดล้อมจะเปลี่ยนแปลงก็ตาม ทั้งนี้อาศัยการทำงานของระบบประสาทเป็นสำคัญ

ร่างกายมีตัวรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอยู่ทั้งบริเวณรอบนอก และที่ส่วนกลางตัวรับบริเวณรอบนอก (Peripheral Receptor) รับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ผิวหนัง และมี 2 พวก คือ ตัวรับความเย็น (Cold Receptor) กับตัวรับความร้อน (Warm Receptor) ตัวรับทั้ง 2 พวก ปรับตัวได้เร็ว ฉะนั้นจึงไวมาก ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเท่านั้น อย่างไรก็ดี มีตัวรับความเย็นมากกว่าตัวรับความร้อนถึง 10 เท่า ดังนั้นตัวรับที่อยู่รอบนอกจึงรายงานและรับรู้ความเย็นเป็นสำคัญ

ตัวปรับอุณหภูมิที่ส่วนลึกของร่างกาย ก็สามารถพบได้ที่อวัยวะภายใน เช่น ภายในช่องท้องที่ไขสันหลังและที่บริเวณหลอดเลือดใหญ่ ดังนั้นจะช่วยรายงานผลของอุณหภูมิ (Core Temperature) ตัวรับทางส่วนกลาง (Central Receptor) รับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในร่างกาย โดยมีเซลล์ประสาทอยู่ที่พรีออปติค แอเรีย (Preoptic Area) ของฮัยโปทาลามัส (Hypothalamus) โดยพบว่าประสาทในการรับรู้ความร้อน (Heat - Sensitive Neurons) ที่ทำงานเพิ่มขึ้นเพื่อปรับอุณหภูมิกายในร่างกายให้ลดต่ำลง

เมื่อตัวรับอุณหภูมิจากทั้งทางรอบนอกและส่วนกลาง รับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแล้วจึงส่งไปยังศูนย์ประสานงาน ศูนย์ประสานงานเหล่านี้จะทำหน้าที่รวมสัญญาณนำเข้า เพื่อตั้งระดับอุณหภูมิ และส่งสัญญาณออกไปตามประสาทนำออก



รูปที่ 1.2 แสดงระบบการควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวรับทั้งสองอย่างต้องทำงานร่วมกัน แต่ตัวรับส่วนกลางบริเวณฮัยโปทาลามัส เป็นตัวบอกสัญญาณที่แท้จริงของอุณหภูมิกายเพื่อให้จัดการแก้ไขอุณหภูมิของผิวหนังสำคัญน้อยกว่า ตัวอย่าง เช่น เมื่ออุณหภูมิของตัวรับส่วนกลางเพิ่มขึ้น แต่อุณหภูมิของผิวหนังกลับลดลงจากการระเหยของเหงื่อ ฉะนั้นกลไกการควบคุณอุณหภูมิจึงต้องอาศัยสัญญาณป้อนกลับจากตัวรับส่วนกลางเป็นสำคัญ อย่างไรก็ดี ในบางภาวะ การควบคุมอุณหภูมิอาศัยสัญญาณจากตัวรับรอบนอก เช่น เมื่อเข้าไปอยู่ในที่อากาศหนาวเย็นจะเกิดการสั่นทันทีเพื่อเพิ่มความร้อนให้แก่ร่างกายทั้ง ๆ ที่อุณหภูมิของตัวรับส่วนกลางไม่ได้ลดลง แต่กลับสูงขึ้นเล็กน้อยด้วยซ้ำ

ภายหลังที่ ฮัยโปธาลามัสรวบรวมข้อมูลและประมวลผลแล้ว จะส่งสัญญาณนำออกไปยังอวัยวะที่แสดงผล ซึ่งแยกได้ 3 อย่าง คือ

1. การควบคุมทางหลอดเลือด
2. การควบคุมทางเมตาบอลิซม
3. การควบคุมทางการหลั่งเหงื่อ

1). ระดับที่ควบคุมโดยหลอดเลือด

เมื่ออุณหภูมิแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย หรือมีการออกกำลังกาย อย่างเช่น การควบคุมอุณหภูมิจะใช้เพียงการเปลี่ยนแปลงฉนวนของผิวหนัง โดยการเปลี่ยนแปลงการไหลของเลือดที่มาสู่ผิวหนังก็ย่อมเพียงพอในการปรับปรุงสมดุลระหว่างการสร้างและการเสียความร้อน อุณหภูมิของผิวหนังที่อยู่ในช่วงการควบคุมนี้ จะอยู่ระหว่าง (31 – 34)° C และจะให้รู้สึกว่ากำลังสบายดี คืออุณหภูมิไม่ร้อน หรือไม่เย็น ที่เรียกว่า เทอร์มัล นิวแทรลลิตี (Thermal Neutrality) ตามปกติคนจะเลือกสวมเสื้อผ้าให้เหมาะสมเพื่อให้กลไกการควบคุณอุณหภูมิอยู่ในช่วงนั้น ๆ คือเมื่ออยู่ในอากาศแวดล้อมเย็นจะสวมเสื้อผ้าหนาและปกปิดมาก สำหรับกลไกการทำงานนั้น เชื่อว่าการไหลของเลือดไปยังผิวหนังนั้นถูกปรับให้ได้สัดส่วนกับสัญญาณที่ได้รับจากตัวรับอุณหภูมิ

2). ระดับที่ควบคุมโดยทางเมตาบอลิซม

เมื่อร่างกายอาศัยการเพิ่มฉนวนของผิวหนังยังไม่เพียงพอที่จะป้องกันการเสียความร้อนได้ ร่างกายต้องเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้ออาจเป็นการทำงานที่อยู่ในอำนาจจิตใจ หรือเป็นการสั่น (Shivering) ที่อยู่นอกเหนืออำนาจจิตใจ กลไกการสั่นของร่างกายนั้นเชื่อว่าเกิดจากการกระตุ้นฮัยโปธาลามัสโดยที่บริเวณ ดอร์โซมิเดียล (Dorsomedial) ของโปสทิเรียร์ ฮัยโปธาลามัส (Posterior Hypothaiamus) ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้กับผนังของ เธอร์ด เวนตริเคล (Third Ventricle) ตามปกติบริเวณนี้จะถูกยับยั้งโดยสัญญาณจากตัวกลางรับความร้อน (Heat Center) คือศูนย์นี้ถูกกระตุ้นเมื่ออุณหภูมิกายลดต่ำลงกว่าอุณหภูมิวิกฤต (Critical Temperature) แล้วจะส่งสัญญาณไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามก้านสมองเพื่อส่งไปสู่ แอนทีเรียร์ มอเตอร์นิวรอน (Anterior Motor Neurons) ของไขสันหลัง โดยไปให้ความตึงของกล้ามเนื้อทั่วร่างกายเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มถึงจุดหนึ่งก็จะทำให้มีการสั่น

การสั่นมีประสิทธิภาพอยู่ในขีดจำกัด เนื่องจากไม่สามารถจะทำให้ร่างกายสั่นอยู่ได้ตลอดเวลา ความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้เพิ่มมากกว่าขณะพักเพียง 3 เท่า ยิ่งกว่านั้นการสั่นยังต้องการให้เลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการช่วยให้เลือดจากส่วนกลางไปยังส่วนรอบนอก เพื่อรับความเย็นจากอากาศแวดล้อมอีกประการหนึ่ง วิธีการสั่นนี้นอกจากจะทำให้ความร้อนในร่างกายเพิ่มขึ้นแล้วยังทำให้ผิวหนังเสียความร้อนไปได้อีกด้วย

นอกเหนือจากกลไกการควบคุมอุณหภูมิกายที่อาศัยการควบคุมซึ่งอยู่นอกเหนือจากอำนาจจิตใจแล้วอุณหภูมิกายยังถูกควบคุมภายใต้อำนาจจิตใจอีกด้วย คือเมื่ออุณหภูมิร่างกายสูงเกินไปก็จะส่งสัญญาณทำให้บุคคลนั้นรู้สึกร้อน หรือเมื่ออุณหภูมิกายเย็นมากไปก็จะทำให้บุคคลนั้นรู้สึกเย็นและไม่สบายดังนั้นจึงเป็นตัวกระตุ้นที่ทำให้บุคคลนั้นต้องจัดหาหรือปรับปรุงสภาพแวดล้อมทางด้านอุณหภูมิทำให้รู้สึกเย็นสบายขึ้น ดังนั้นจึงถือได้ว่าเป็นกลไกการควบคุมและปรับอุณหภูมิร่างกายที่มีประสิทธิภาพ

3). ระดับที่ควบคุมโดยการหลั่งเหงื่อ

เมื่อความร้อนสะสมในร่างกายมากขึ้น จากการออกกำลังกายมากหรือการได้รับความร้อนจากภาวะแวดล้อม กลไกการรับความร้อนโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงขนาดของ หลอดเลือดอย่างเดียวไม่สามารถปรับอุณหภูมิได้ จึงต้องอาศัยการหลั่งเหงื่อช่วยเพื่อช่วยลดอุณหภูมิของร่างกายซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยลดความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อุณหภูมิร่างกายส่วนกลาง (Central Body Temperature) เปลี่ยนแปลงไปประมาณ 2° C จากปกติ (37.6° C) จะไปทำให้การทำงานของร่างกายผิดไปมากแต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นไปอีกจะเกิดภาวะอุณหภูมิสูงเกิน ฮัยเปอร์เทอร์เมีย ทำให้ระบบประสาทส่วนกลางทำหน้าที่ผิดไปได้ แต่ถ้าอุณหภูมิกาย ลดลงจะทำให้ร่างกายอยู่ในภาวะอุณหภูมิต่ำกว่าฮัยโปเทอร์เมียซึ่งจะทำให้การทำงานของระบบประสาทลดลง

2.2 ปัญหาและความต้องการทางการแพทย์

ในการรักษาพยาบาลผู้ป่วยที่ต้องการความอบอุ่นต่อร่างกาย เช่น ผู้ป่วยหลังการผ่าตัดหรือผู้ป่วยที่มีไข้สูงและมีอาการหนาวสั่น ผู้ดูแลผู้ป่วยจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่เป็นตัวนำความร้อนได้ และปลอดภัยต่อผิวหนังของผู้ป่วย เช่น ถุงน้ำร้อน (Cold Hot Pack) กับผู้ป่วย ถึงแม้ว่าจะมีกรรมวิธีในการใช้งานง่ายแต่ว่ารักษาอุณหภูมิได้ไม่คงที่นานเท่าที่ผู้ป่วยต้องการและอุณหภูมิจะสูงมากเกินไปในช่วงแรก ในขณะการใช้งานซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผิวหนังของผู้ป่วยได้ เครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อน จึงเข้ามามีบทบาทในการรักษาพยาบาลผู้ป่วยในด้านนี้เป็นอย่างมาก แต่ในปัจจุบันนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

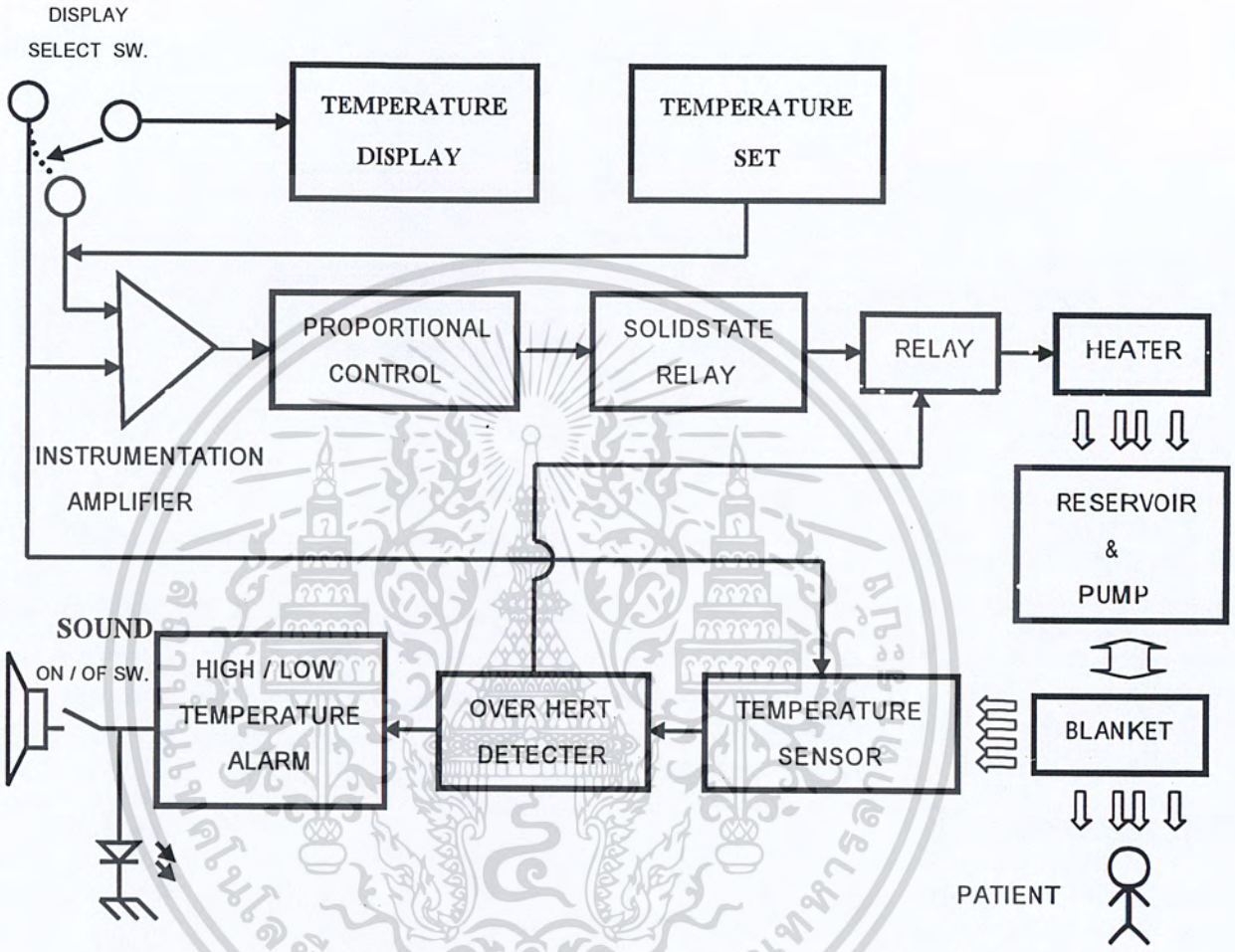
เครื่องที่มีใช้ในโรงพยาบาลทั่วไปจะเป็นเครื่องที่ใช้งานร่วมกันระหว่างเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนและความเย็น หรือมีทั้งระบบการทำความร้อนและระบบการทำความเย็นในตัวและจะมีราคาสูงกว่าที่จะเลือกใช้เฉพาะเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อน หรือเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความเย็นเพียงอย่างเดียว ในบางครั้งพบว่ามีความจำเป็นที่จะใช้เฉพาะเครื่องปรับอุณหภูมิด้วยความร้อนเท่านั้น จึงไม่จำเป็นจะต้องใช้งานในส่วนของเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความเย็นเลย ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนเพียงอย่างเดียว เพื่อความสะดวกเหมาะสมในการเลือกใช้งานและเพื่อความประหยัด สำหรับเครื่องปรับอุณหภมิผู้ป่วยด้วยความร้อนทั่วไปนั้นเมื่อได้ทำการศึกษาในส่วนของ การออกแบบและการสร้างพร้อมหลักการทำงานของเครื่องแล้ว พบว่าเครื่องที่ทำการตรวจวัดอุณหภูมิความร้อนในถังเก็บน้ำ (Reservoir) เพื่อที่จะควบคุมการทำงานของเครื่อง ซึ่งไม่ได้ทำการตรวจวัดอุณหภูมิจากบริเวณที่ผู้ป่วยสัมผัส จะมีข้อเสียคือ เครื่องจะไม่ได้รับอุณหภูมิที่ให้กับผู้ป่วยจริง เพราะเมื่อน้ำจากถังเก็บน้ำไหลเวียนมาที่ผ้าห่ม (บริเวณที่ผู้ป่วยสัมผัสเพื่อรับอุณหภูมิความร้อน) จะมีการสูญเสียอุณหภูมิไปบ้างซึ่งจะไม่ใช่อุณหภูมิที่ทำการตรวจวัดและควบคุมในถังเก็บน้ำ

ดังนั้นในการศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนจึงถูกจัดทำขึ้นมาเพื่อปรับปรุงวิธีการตรวจวัดอุณหภูมิเพื่อการควบคุมให้เหมาะสมกับการใช้งาน และ ตอบสนองต่อความต้องการ ที่จะใช้งานเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนกับผู้ป่วยในโรงพยาบาลเพื่อที่จะเป็นแนวทางในการเลือกใช้งานเพื่อที่จะลดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อเครื่องมือต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

หลักการทำงาน



รูปที่ 1.3 บล็อคไดอะแกรม (BLOCK DIAGRAM) ของเครื่อง ฮัยเปอร์เทอร์เมีย

3.1 หลักการทำงานของเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนตามบล็อคไดอะแกรม

1. ภาคปรับตั้งอุณหภูมิ (Temperature Set)

ทำหน้าที่ปรับตั้งอุณหภูมิของเครื่องตั้งแต่ 26.0-41.0° C อุณหภูมิที่ปรับตั้งใช้งานจริงคือ 30.0-41.0° C เพื่อให้เครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ให้กับผู้ป่วยได้เท่ากับอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้และนำค่าของอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้ส่งไปยังภาคแสดงผล เพื่อทำการแสดงผลต่อไป

2. ภาคตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor)

ทำหน้าที่เป็นการตรวจวัดอุณหภูมิที่จะให้กับผู้ป่วยผ่านทางผ้าห่ม โดยจะเปลี่ยนค่าจากอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้เป็นระดับแรงดันไฟฟ้าโดยจะนำค่าที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบกับค่าของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้เพื่อนำไปควบคุมระดับของอุณหภูมิและนำค่าของอุณหภูมิที่ทำการตรวจวัดได้ไปแสดงผลของอุณหภูมิที่ผ่านผ้าห่มให้กับผู้ป่วยในขณะนั้น

3. ภาคอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ (Instrumentation Amplifier)

ทำหน้าที่เปรียบเทียบและขยายความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการตรวจวัดของภาคตรวจจับอุณหภูมิและปรับตั้งไว้ที่ ภาคปรับตั้งอุณหภูมิ เพื่อนำผลต่างของแรงดันอ้างอิงส่งไปให้ภาคพรอพพอร์ชันนัลคอนโทรลผลิตสัญญาณไฟควบคุมภาคโซลิด สเตท รีเลย์ (Solid State Relay) ต่อไป

4. ภาคพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล (Proportuonal Control)

ทำหน้าที่ผลิตสัญญาณเพื่อนำไปควบคุมการทำงานของตัวทำความร้อนโดยรับสัญญาณจากภาคอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ ไปเปรียบเทียบกับสัญญาณซิ้ง (Sync) ที่สร้างขึ้นมาเองจากตัว ไอซี พรอพพอร์ชันนัลคอนโทรลเพื่อผลิตสัญญาณพัลซ์ ออกมาที่มีการเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณอินพุทที่ได้จากภาคอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์

5. ภาคโซลิดสเตท รีเลย์ (Solid-State Relay)

จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของตัวทำความร้อนให้มีระดับมากหรือน้อยตามการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่ได้จากภาค พรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล

6. ภาครีเลย์ (Relay)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับตัวทำความร้อนในลักษณะ ปิด/เปิด จากภาคโซลิดสเตท รีเลย์ มายังตัวทำความร้อน

7. ภาคตัวทำความร้อน (Heater)

ทำหน้าที่แผ่อุณหภูมิความร้อนแก่น้ำที่อยู่ในถังเก็บน้ำเพื่อให้อุณหภูมิที่จะให้กับผู้ป่วยอุณหภูมิที่ผ้าห่ม เท่ากับอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้

8. ถังเก็บน้ำ และ ปั๊มปั่ (Reservoir &Pump)

- Reservoir คือถังเก็บน้ำ ทำหน้าที่เก็บรักษาระดับของน้ำ และรักษาระดับอุณหภูมิของน้ำที่ควบคุมให้คงที่ก่อนที่จะให้น้ำหมุนเวียนผ่านผ้าห่ม สู่ตัวผู้ป่วย

- Pump คือปั๊มปั่นน้ำทำหน้าที่หมุนเวียนน้ำจากถังเก็บน้ำไปสู่ผ้าห่ม และจากผ้าห่ม กลับมาสู่ถังเก็บน้ำโดยจะทำงานตลอดเวลาขณะที่เครื่องเปิดใช้งาน

9. ผ้าห่ม (Blanket)

เป็นสื่อตัวนำความร้อนจากน้ำที่อยู่ข้างในผ้าห่ม ที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้โดยจะนำอุณหภูมิความร้อนจากผ้าห่ม ตรงบริเวณที่ผู้ป่วยสัมผัสผ่านทางผิวหนังสู่ตัวผู้ป่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ภาคตรวจจับอุณหภูมิความร้อนสูง (Heat Over Detector)

จะนำสัญญาณที่ได้จากอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้มาเปรียบเทียบค่าที่ตั้งไว้เพื่อควบคุมการทำงานของรีเลย์ เมื่ออุณหภูมิที่ให้กับผู้ป่วยที่ได้จากการตรวจวัดอยู่ในช่วงอุณหภูมิปกติของเครื่องคือ 26.0-41.0° C หรือต่ำกว่า 42.0° C ลงมา จะควบคุมให้รีเลย์อยู่ในสภาวะเปิด เพื่อให้ตัวทำความร้อนทำงานและเมื่ออุณหภูมิที่ให้กับผู้ป่วยสูงกว่า 42.0° C จะส่งสัญญาณไปควบคุมรีเลย์ให้อยู่ในสภาวะปิด เพื่อตัดการทำงานของตัวทำความร้อนและจะให้ตัวทำความร้อนทำงานอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 42.0° C

11. ภาคสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิ สูง/ต่ำ (High/Low Temperature Alarm)

ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเตือน แบบแสงจาก แอล อี ดี เพื่อแจ้งสภาวะอุณหภูมิ สูง/ต่ำ เกินไป และเสียงจากลำโพงซึ่งสามารถที่จะเลือกรูปแบบให้ทำการเตือนในลักษณะของแสงและเสียงหรือแบบแสงเพียงอย่างเดียวเท่านั้นโดยการเลือกสวิตซ์ ปิด/เปิดเสียง ในกรณีที่อุณหภูมิที่ให้กับผู้ป่วยที่ได้จากการตรวจวัดมีอุณหภูมิสูงกว่า 42.0° C เครื่องจะส่งสัญญาณเตือนแสดงการเตือนสภาวะอุณหภูมิสูงเกินไปและในกรณีที่อุณหภูมิที่ให้กับผู้ป่วยมีค่ามากกว่า 32.0° C และได้ลดลงต่ำกว่า 30.0° C จะทำการเตือนและแสดงภาวะการเตือนอุณหภูมิต่ำเกินไป

12. ภาคแสดงผล (Display)

ทำหน้าที่เป็นส่วนแสดงผลแสดงค่าของอุณหภูมิที่ได้จากการตรวจวัดที่ผ้าห่ม หรือการปรับตั้งจากภาคตรวจจับอุณหภูมิ หรือภาคปรับตั้งอุณหภูมิ (Setting Temperature)โดยการแสดงผลของแอล อี ดี 7 เซ็กเมนท์ ขนาด 3 หลักทศนิยม 1 ตำแหน่งโดยมีสวิทซ์เพื่อเลือกการแสดงค่าของอุณหภูมิที่ให้กับผู้ป่วยจากการตรวจวัดที่ผ้าห่ม หรือจากการปรับตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบและสร้างเครื่อง

การออกแบบและสร้างเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนได้คำนึงถึงหลักการและความถูกต้องที่จะใช้งานกับผู้ป่วยในสภาวะฮัยโปเทอร์เมีย เนื่องจากอุณหภูมิในร่างกายของผู้ป่วยลดลงต่ำกว่าปกติคือน้อยกว่า 35.0° C ในส่วนของเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนนี้ยังช่วยเพิ่มอุณหภูมิของผู้ป่วยโดยอาศัยการนำอุณหภูมิความร้อนผ่านทางผ้าห่ม ที่สัมผัสถูกตัวผู้ป่วยโดยการนอนทับหรือห่มซึ่งผู้ป่วยสามารถที่จะได้รับอุณหภูมิตามที่ร่างกายต้องการจากการปรับตั้งของเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนซึ่งจะอยู่ในช่วง 30.0° C - 40.0° C การออกแบบและสร้างเครื่องจึงมุ่งเน้นที่จะให้เครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนสามารถที่จะให้อุณหภูมิแก่ผู้ป่วยได้ในช่วงที่ร่างกายต้องการเมื่อผู้ป่วยตกอยู่ในสภาวะฮัยโปเทอร์เมียและสามารถเก็บรักษาระดับของอุณหภูมิที่ให้กับผู้ป่วยโดยการนำความร้อนผ่านทางผ้าห่ม สู่ตัวผู้ป่วย ซึ่งการทำงานหลักของแต่ละส่วนจะได้อธิบายในขั้นต่อไป

การออกแบบและสร้างเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนนั้นจะทำให้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งานกับผู้ป่วย ง่ายต่อการบำรุงรักษาง่ายต่อการตรวจซ่อมเครื่องและง่ายต่อการปรับแต่งค่าต่าง ๆ ของเครื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องเน้นในการใช้ประโยชน์และปลอดภัยเป็นที่สุดมีระบบการควบคุมอุณหภูมิที่มีความแม่นยำ มีระบบการไหลเวียนน้ำในการนำความร้อนสู่ตัวผู้ป่วยโดยผ่านทางผ้าห่ม มีการควบคุมอุณหภูมิด้วยระบบควบคุมแบบสัดส่วน พรอพพอร์ชันนัลคอนโทรล ซึ่งจะควบคุมการทำงานของตัวทำความร้อน

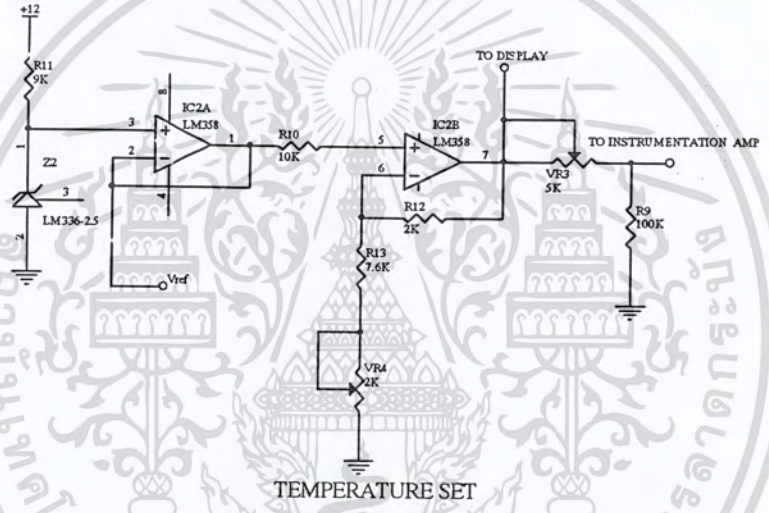
4.1 การออกแบบวงจร

4.1.1 ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ (Temperature Set)

ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิมี ไอซี LM336/2.5 V ทำหน้าที่สร้างแรงดันอ้างอิงโดยมี R1 19 kΩ จำกัดกระแสที่จ่ายให้กับไอซี LM336/2.5 V ทำให้ไอซี LM336 มีค่าแรงดันตกคร่อมเท่ากับ 2.5 โวลท์ โดยจะมีไอซี LM358 ทำหน้าที่เป็นวงจรบัฟเฟอร์ (Buffer) ค่าแรงดัน 2.5 โวลท์ จากไอซี LM336/2.5 V ยังนำไปเป็นแรงดันอ้างอิง (Vref) ให้กับภาคแสดงผล โดยผ่าน R14 10 kΩ แรงดันอ้างอิงนี้ใช้เพื่อทำการปรับตั้งอุณหภูมิของภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ โดยมีไอซี LM358 อีกตัวทำหน้าที่เป็นวงจรขยายแรงดันที่ได้จากไอซี LM358 ที่ทำหน้าที่เป็นวงจรบัฟเฟอร์ เพื่อให้ได้แรงดันตามค่าที่ต้องการปรับตั้งและเพื่อให้เครื่องสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการจะทำได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับค่าที่ VR4 2 kΩ ซึ่งจะทำให้อัตราการขยายของไอซี LM358 ที่ต่อเป็นวงจรขยายแรงดัน เปลี่ยนแปลงตามที่ปรับตั้งโดยจะมี VR3 10 kΩ ทำหน้าที่เป็นค่าความต้านทานดิไวด์เดอร์ (Divider) ร่วมกับ R9 100 kΩ ก่อนที่จะจ่ายแรงดันให้กับภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ เพื่อลดแรงดันให้ต่ำกว่าที่ทำการปรับตั้งไว้จริง เนื่องจากต้องการทำให้ภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ เริ่มลดการทำงานก่อนที่จะถึงอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้ที่ 4° C จึงทำการปรับตั้งให้ VR3 10 kΩ เท่ากับ 10 mV / 1° C โดยที่ 0° C มีค่าเท่ากับ 2.732 โวลท์ เพราะจะสัมพันธ์กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของตรวจจับ (Sensor) ไอซี LM 335 และแรงดันที่ได้จากการปรับตั้งของไอซี LM 358 ที่ VR 2 kΩ จะนำไปแสดงผลค่าของอุณหภูมิที่ภาคแสดงผล (Display)



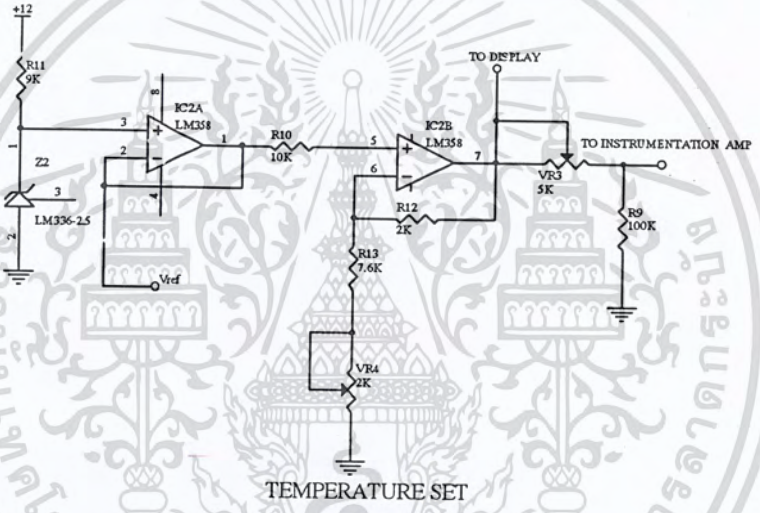
รูปที่ 4.1 ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ (Temperature Set)

4.1.2 ภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor)

ภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิที่จะให้กับผู้ป่วยทางผ้าห่ม โดยจะมีไอซี LM 335 ทำหน้าที่ตรวจจับ (Sensor) ระดับอุณหภูมิโดยจะเปลี่ยนแปลงเป็นระดับแรงดันตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ค่านั้นจะมีความสัมพันธ์กันที่ 10 mA / 1° C R1 9 kΩ จะต่อกับไอซี LM 335 เพื่อทำหน้าที่จำกัดกระแสให้ไอซี LM 335 โดยจะมี VR1 10 kΩ ต่อขนานกับไอซี LM 335 เพื่อทำหน้าที่ปรับให้ค่าแรงดันของไอซี LM 335 ได้แรงดันเท่ากับอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้ จะส่งผ่านไอซี LM 358 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรบัฟเฟอร์ (Buffer) ให้แรงดันที่ได้จากการตรวจวัดของไอซี LM 335 ค่าแรงดันที่ได้จะถูกนำไปต่อกับ ภาควงจรแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิ สูง/ต่ำ, ภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์, ภาคแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับค่าที่ VR4 2 kΩ ซึ่งจะทำให้อัตราการขยายของไอซี LM358 ที่ต่อเป็นวงจรขยายแรงดัน เปลี่ยนแปลงตามที่ปรับตั้งโดยจะมี VR3 10 kΩ ทำหน้าที่เป็นค่าความต้านทานดิไวด์เดอร์ (Divider) ร่วมกับ R9 100 kΩ ก่อนที่จะจ่ายแรงดันให้กับภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ เพื่อลดแรงดันให้ต่ำกว่าที่ทำการปรับตั้งไว้จริง เนื่องจากต้องการทำให้ภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ เริ่มลดการทำงานก่อนที่จะถึงอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้ที่ 4° C จึงทำการปรับตั้งให้ VR3 10 kΩ เท่ากับ 10 mV / 1° C โดยที่ 0° C มีค่าเท่ากับ 2.732 โวลท์ เพราะจะสัมพันธ์กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของตรวจจับ (Sensor) ไอซี LM 335 และแรงดันที่ได้จากการปรับตั้งของไอซี LM 358 ที่ VR 2 kΩ จะนำไปแสดงผลค่าของอุณหภูมิที่ภาคแสดงผล (Display)

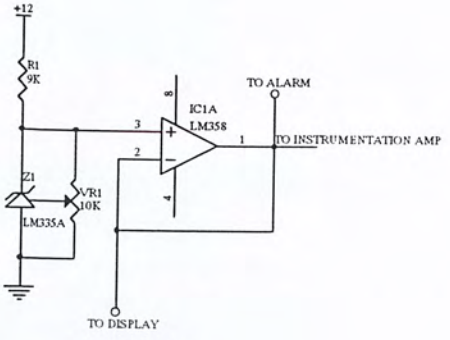


รูปที่ 4.1 ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ (Temperature Set)

4.1.2 ภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor)

ภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิที่จะให้กับผู้ป่วยทางผ้าห่ม โดยจะมีไอซี LM 335 ทำหน้าที่ตรวจจับ (Sensor) ระดับอุณหภูมิโดยจะเปลี่ยนแปลงเป็นระดับแรงดันตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ค่านั้นจะมีความสัมพันธ์กันที่ 10 mA / 1° C R1 9 kΩ จะต่อกับไอซี LM 335 เพื่อทำหน้าที่จำกัดกระแสให้ไอซี LM 335 โดยจะมี VR1 10 kΩ ต่อขนานกับไอซี LM 335 เพื่อทำหน้าที่ปรับให้ค่าแรงดันของไอซี LM 335 ได้แรงดันเท่ากับอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้ จะส่งผ่านไอซี LM 358 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรบัฟเฟอร์ (Buffer) ให้แรงดันที่ได้จากการตรวจวัดของไอซี LM 335 ค่าแรงดันที่ได้จะถูกนำไปต่อกับ ภาควงจรแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิ สูง/ต่ำ, ภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์, ภาคแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor)

4.1.3 ภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ (Instrumentation Amplifier)

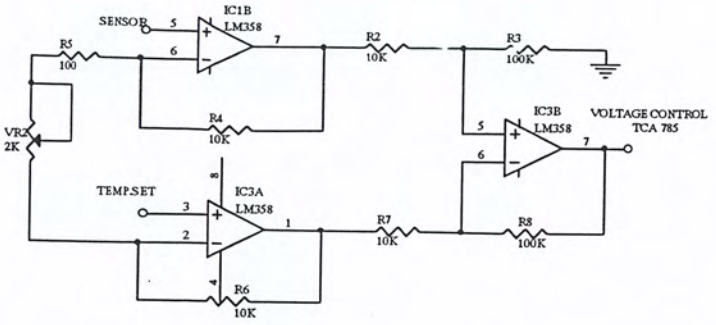
การต่อวงจรในลักษณะของวงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ จะนำสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจจับ (Sensor) ซึ่งจะเปลี่ยนอุณหภูมิ เป็นความดัน เข้ามายังวงจรดิฟเฟอร์เรนเชียล แอมป์ปลิฟายเออร์ (Differential Amplifier) และเพื่อขยายความแตกต่างระหว่าง แรงดันที่เข้ามากับแรงดันอ้างอิง โดยจะมีอัตราการขยายของวงจรทั้งหมด ดังนี้

$$\frac{Vout}{Vin} = \left[1 + \frac{2(R4*R7)}{(R5+P2)} \right] * \left[\frac{(R9*R10)}{(R6*R8)} \right]$$

(โดยที่เราสามารถปรับอัตราการขยายได้จากการปรับตั้งค่าความต้านทาน VR2)

จะได้อัตราการขยายสูงสุด 105 เท่า โดยรับสัญญาณเข้ามาทางด้านอินพุทของภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ จากภาคตรวจจับอุณหภูมิ และภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของสัญญาณและขยายความแตกต่างของสัญญาณ โดยที่สัญญาณที่ออกมาทางเอาท์พุท จะมีค่าเป็นแรงดันบวกหรือแรงดันลบ ตามอินพุท ซึ่งจะต่อร่วมกับไดโอด ซึ่งเมื่อแรงดันที่ได้จากการตรวจจับแล้ววัดค่าได้มากกว่าแรงดันที่ได้จากการปรับตั้ง หรืออุณหภูมิจากการตรวจจับมากกว่าอุณหภูมิของการปรับตั้ง จะทำให้แรงดันที่ได้จากภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ มีค่าเป็นแรงดันบวก ตามอัตราการขยายที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของแรงดันที่ได้จากการตรวจจับ (อุณหภูมิจากการปรับตั้งมีค่ามากกว่าอุณหภูมิที่ได้จากการเซ็นเซอร์) จะทำให้แรงดันที่ได้จากภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ มีค่าเป็นแรงดันลบนั้น จะไม่สามารถผ่านไดโอดไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

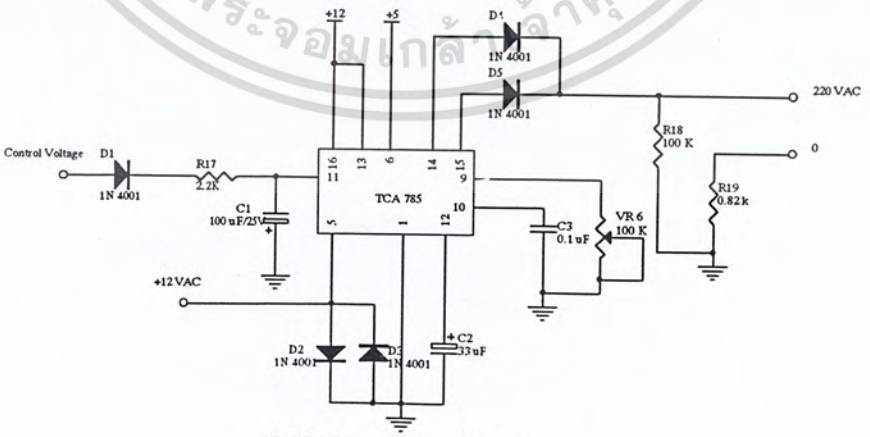


DIFFERENTIAL AMPLIFIER
(INSTRUMENTATION AMPLIFIER)

รูปที่ 4.3 ภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์(Instrumentation Amplifier)

4.1.4 ภาควงจรพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล (Proportional Control)

เมื่อมีสัญญาณแรงดันบวกจาก ภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ (ผ่านไดโอด D1 ทำให้มีสัญญาณเฉพาะบวกเท่านั้น ที่สามารถผ่านได้ จากนั้นจะถูกส่งผ่าน R17 2.2 kΩ และ C1 100 uF/25 V ซึ่งต่อแบบวงจรกรองความถี่ต่ำ (Low Pass Filter) กรองเอาสัญญาณความถี่สูงลงกราวด์ สัญญาณความถี่ต่ำที่ได้จะเข้าที่ขา 11 ของไอซี TCA 785 ที่นำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณแรมป์ (Ramp)โดยถูกควบคุมด้วยสัญญาณซิงค์ (Sync) จากขา 5 ซึ่งทำหน้าที่ผลิตสัญญาณซิงค์ ทำให้เกิดสัญญาณ แรมป์ จากขา 9 , ขา 10 มีค่าต่ำ หรือเข้าใกล้ศูนย์ ความกว้างของสัญญาณพัลซ์ (Pulse) กว้างขึ้นโดย สัญญาณพัลซ์ (Pulse) ช่วง 1-180 องศาเรเดียน จะผ่านออกขา 14 และช่วง 180-260 องศาเรดียน จะออกไปทางขา 15 ผ่านไดโอด D4 , D5 เพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของสัญญาณไฟดีซี สัญญาณที่ได้จะถูกส่งไปควบคุมตัวทำความร้อนโดยผ่านภาคโซลิดสเตท รีเลย์



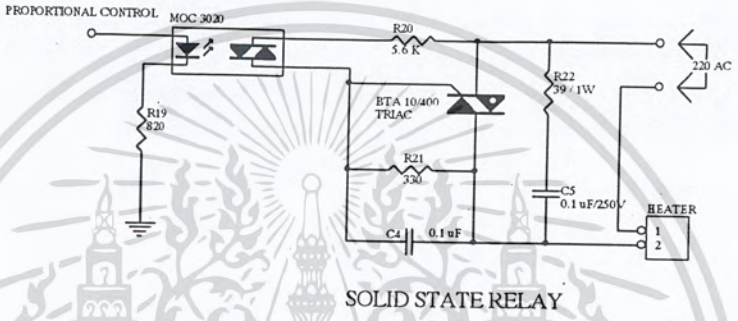
PROPORTIONAL CONTROL

รูปที่ 4.4 ภาควงจรพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล (Proportional Control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ภาควงจรโซลิดสเตท รีเลย์ (Solid state relay)

ภาควงจรโซลิดสเตท รีเลย์ จะรับสัญญาณ พัลซ์ จากภาควงจรพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล เข้าตัวเชื่อมทางแสง (Opto-Coupler) แบบแอล อี ดี(LED) โดยถ้ามีสัญญาณพัลซ์ เข้ามา ทำให้มีสัญญาณผ่านโฟโต้ ไตรแอค(Photo Triac) ไปทริกขาเกท (Gate) ของ ไตรแอค ก็จะทำให้ ไตรแอคนำกระแสโดยถ้าสัญญาณ พัลซ์ มีความกว้างมาก ก็จะทำให้ ไตรแอค และตัวทำความร้อน (Heater) ทำงานมากแต่ถ้าสัญญาณ พัลซ์ จากอินพุทเข้ามามีความกว้างน้อยก็จะทำให้ ไตรแอค และตัวทำความร้อน (Heater) ทำงานน้อยตามไปด้วย



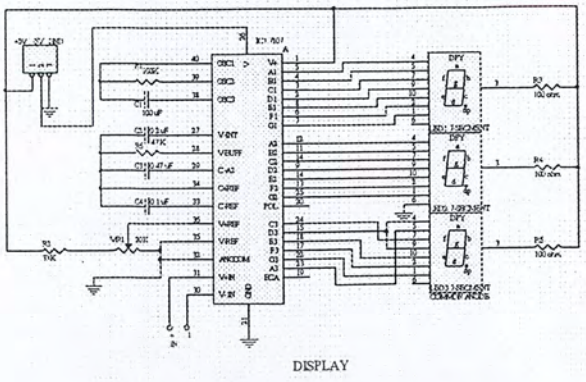
รูปที่ 4.5 ภาควงจรโซลิดสเตท รีเลย์ (Solid state relay)

4.1.6 ภาควงจรแสดงผล (Display)

วงจรนี้ใช้ไอซี IC 7107 เปลี่ยนสัญญาณจากสัญญาณอนาล็อก (Analog) เป็นสัญญาณดิจิตอล (Digital) โดยมีการต่อสัญญาณอนาล็อก ที่ต้องการถูกดัดแปลงมาจากวงจรดิจิตอล โวลท์มิเตอร์ (Digital Voltemetes) ซึ่ง โวลท์มิเตอร์ ทั่วไปจะวัดแรงดันเทียบกราวด์ หรือ 0 โวลท์ แต่คุณสมบัติของไอซี LM 335 ที่ 0° C จะมีแรงดันตกคร่อมตัวเอง 2.732 โวลท์ ดังนั้นสร้างแรงดัน 2.732 โวลท์ แทนกราวด์ของมิเตอร์เมื่ออุณหภูมิขึ้น 25.0° C จะมีแรงดันเป็น 2.982 โวลท์ มิเตอร์ดิจิตอล จะแสดงออกมาเป็น 25.0° C จะมีแรงดันเป็น 2.982 โวลท์ มิเตอร์ดิจิตอล จะแสดงออกมาเป็น 25.0 ° C (ย่านวัดสูงสุดเท่ากับ 1 โวลท์) วงจรแสดงผล (Display) นี้จะใช้แสดงอุณหภูมิทั้ง TEMPERATURE SET และ TEMPERATURE SENSOR เพื่อเป็นการลดต้นทุนจึงมีสวิทช์เลือกว่าจะให้เครื่องแสดงค่า อุณหภูมิที่ทำการปรับตั้ง หรือ อุณหภูมิที่ได้จากการตรวจจับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

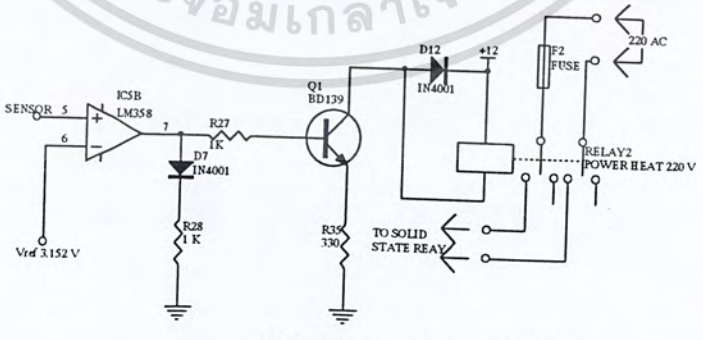
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 4.6 ภาควงจรแสดงผล (Display)

4.1.7 ภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิความร้อนสูง (Heat Over Detector)

วงจรนี้มีไอซี LM 358 ทำหน้าที่เป็น วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparater) เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่สูงกว่า 42.0° C (Overheat Detector) โดยอุณหภูมิที่ได้จากตัวตรวจจับเปลี่ยนเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าเข้ามาที่ไอซี LM 358 ซึ่งจะเปรียบเทียบ แรงดันกับแรงดันอ้างอิง (Vref) ที่ได้จากแรงดันตกคร่อมไอซี LM 336 โดยรับแรงดันเท่ากับ 3.152 โวลท์ (42.0° C) เมื่อแรงดันที่ขา 5 น้อยกว่าขา 6 ที่ไอซี LM 358 (อุณหภูมิที่ต่ำว่า 42.0° C) เอาท์พุท ที่ขา 7 ออกเป็นแรงดันลบ ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 BD 139 ไม่ทำงาน รีเลย์ เพาเวอร์ ที่ต่อกับขาคอลเลคเตอร์ ของทรานซีสเตอร์ Q1 ไม่ทำงาน รีเลย์อยู่ในสถานะ NC ทำให้ไฟฟ้าแรงดัน 220 โวลท์ ที่จะจ่ายให้ตัวทำความร้อนผ่านไปที่ขา NC ของรีเลย์ ได้เพราะตัวทำความร้อนต่ออยู่กับขา NC ทำให้ตัวทำความร้อนสามารถทำงานได้โดยจะถูก ควบคุมที่ภาควงจรโซลิดสเตท รีเลย์ แต่เมื่อแรงดันที่ขา 5 มากกว่า 3.152 โวลท์ อุณหภูมิมากกว่า 42.0° C เอาท์พุทที่ขา 7 ของไอซี LM 358 ออกเป็นแรงดันบวกรีเลย์อยู่ตำแหน่ง NO จึงทำให้ตัวทำความร้อนไม่สามารถทำงานได้เพราะไม่มีแรงดันจ่ายให้กับตัวทำความร้อน



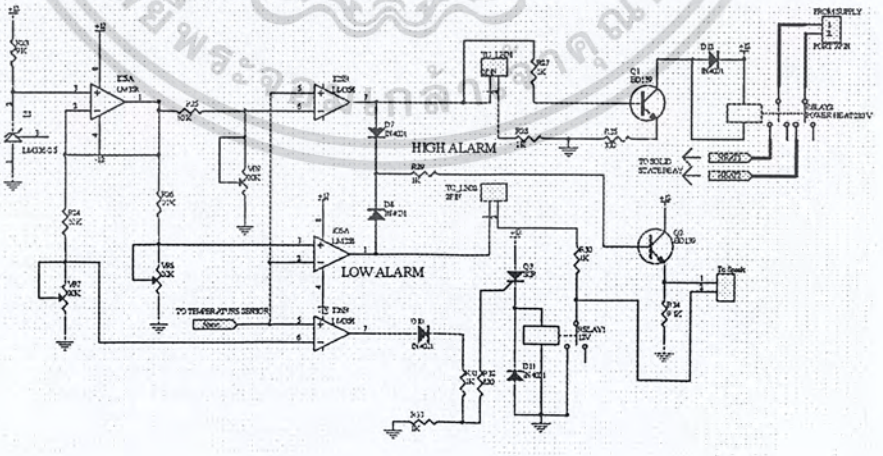
รูปที่ 4.7 ภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิความร้อนสูง (Heat Over Detector)

4.1.8 ภาควงจรแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิ สูง/ต่ำ (High/Low Temperature Alarm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

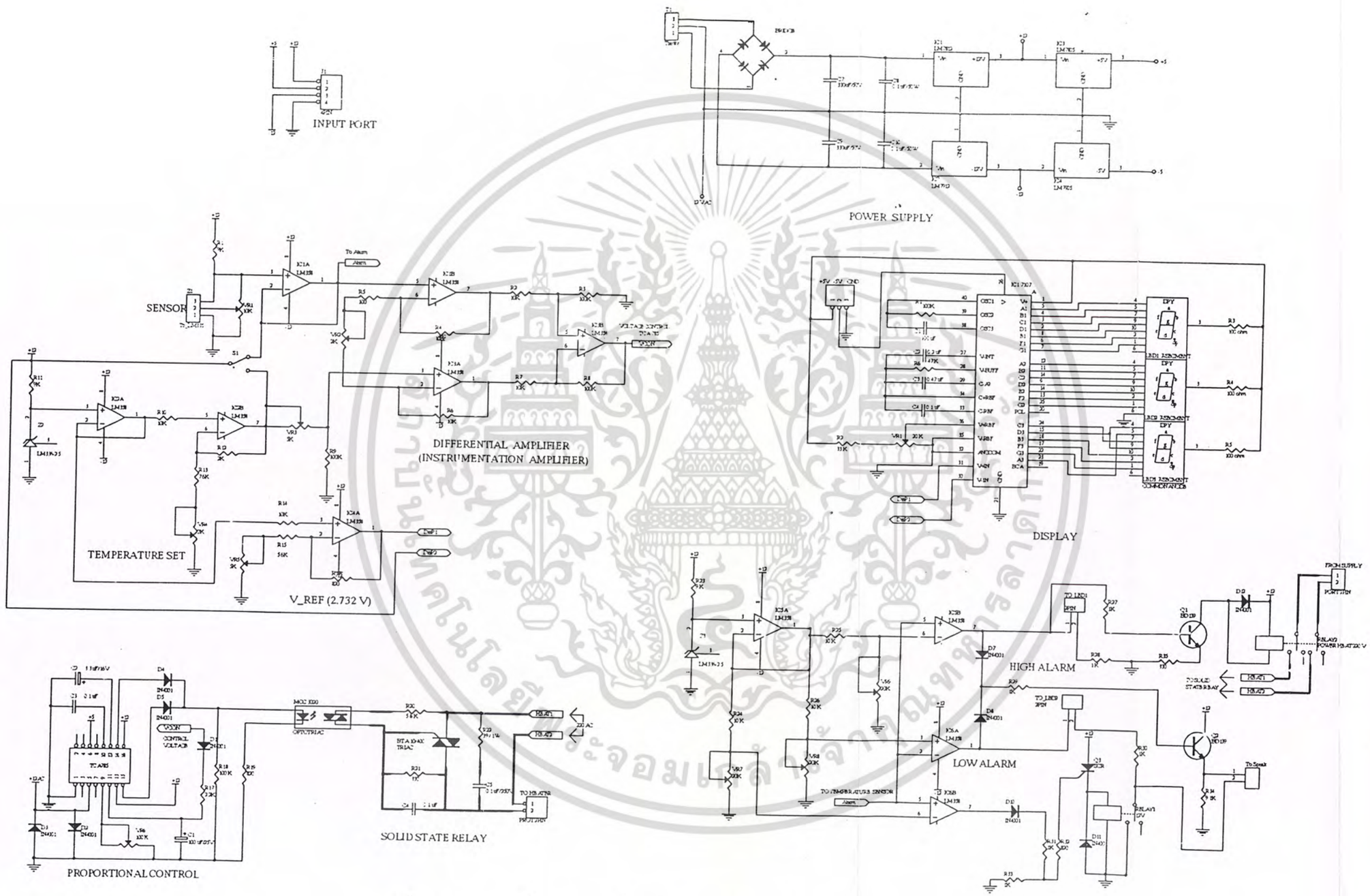
46530

การทำงานของวงจรใช้หลักการทำงานของตัวเปรียบเทียบแรงดัน Comparator เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดันตรวจจับกับแรงดันอ้างอิงที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ตัวตรวจจับ (ที่ 0° C = 2.732 โวลท์) วงจรสร้างแรงดันอ้างอิงใช้ไอซี LM 336 / 5.0 V มีความแม่นยำกว่าเซ็นเซอร์ ไดโอด แล้วส่งเข้าวงจรบัฟเฟอร์ เพื่อทำให้แรงดัน 5.0 โวลท์คงที่เมื่อจ่ายกระแสมาก ๆ แล้วหลังจากนั้นจึงนำมาเข้าวงจรโวลท์เตจ ดิไวท์เดอร์ (Volt age Divider) วงจรแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิ สูง/ต่ำ ใช้ไอซี LM 358 ซึ่งเป็น Dual Op-Amp นำมาต่อเป็นวงจร (Window Comparator)โดยกำหนดให้ทำงานเป็น (High Alam) เมื่ออินพุทมากกว่าหรือต่ำกว่าแรงดันอ้างอิงจะมีอยู่ 2 ค่า คือ กำหนดให้แรงดันอ้างอิงด้าน High = 3.152 โวลท์ (ที่ 42.0° C) และแรงดันอ้างอิงด้าน Low = 3.032 โวลท์ (ที่ 30.0° C) แต่ถ้าอินพุทอยู่ในช่วง 3.032 โวลท์ ถึง 3.152 โวลท์ เอาท์พุทของ วินโดว์ คอมพาราเตอร์ต่อไว้กับไดโอด จึงทำให้เอาท์พุท เป็น High เพียงอย่างเดียว เมื่อเอาท์พุทเป็น High ก็จะมีเสียงและมีแสงเพื่อบอกสภาวะการเตือนโดยจะมีแสงที่ แอล อี ดี และมีเสียงที่ บัซเซอร์(Buzzer) ใช้ทรานซีสเตอร์ Q2 เป็นสวิทซ์ให้กับ บัซเซอร์ 12 โวลท์ ในขณะที่ทำการเปิดเครื่องตอนเริ่มต้นใช้งานอุณหภูมิยังไม่ถึงที่ตั้งไว้เครื่องจะ Low Alarm จึงนำเอาเอส ซี อาร์ SCR เข้ามาแก้ปัญหาตอนเปิดเครื่องโดยให้ SCR ON RELAY ก็ต่อเมื่อเกินอุณหภูมิ Low Alarm (30.0° C) เมื่ออุณหภูมิของเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนสูงกว่า 32.0° C ขึ้นไปโดยที่หลอดไฟแสดงสภาวะ Low (LED) และบัซเซอร์ จะต่อย่านขา NO ของ รีเลย์ ลงกราวด์ เมื่ออุณหภูมิสูงเกิน 32.0° C ก็จะทำให้ SCR ON RELAY อยู่ในสภาวะ ON และเมื่อเอาท์พุทจากไอซี LM 358 เป็น High ก็จะทำให้หลอด แอล อี ดี ติดและมีเสียงสภาวะ Low Alarm ได้



รูปที่ 4.8 ภาควงจรแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิ สูง/ต่ำ (High/Low Temperature Alarm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

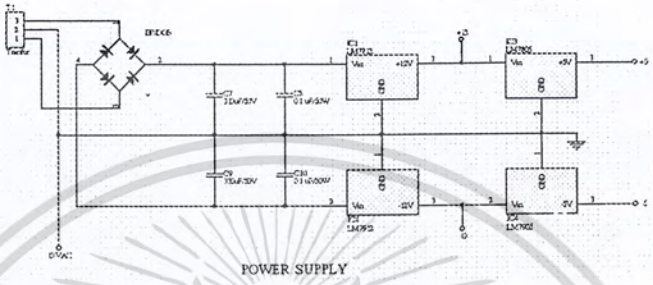


รูปที่ 4.9 แสดงวงจรทั้งหมดของเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. แหล่งจ่ายไฟ (Power supply)

ภาคแหล่งจ่ายไฟ ของวงจรทั้งหมดจะประกอบด้วย แหล่งจ่ายไฟฟ้า กระแสตรง (DC) และกระแสสลับ (AC) โดยที่ T1 จะผ่านวงจรเรคกูเลเตอร์ (Regulate) เพื่อให้ได้ไฟกระแสตรง (DC) +12 โวลท์, -12 โวลท์, +5 โวลท์, -5 โวลท์ กระแส 700 mA โดยจะจ่าย ให้กับส่วนต่าง ๆ ของวงจร

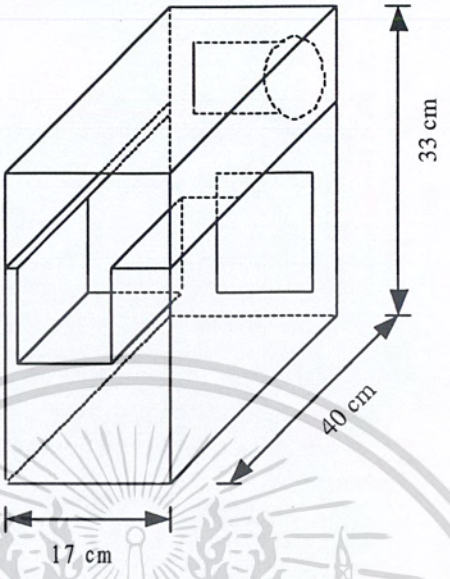


รูปที่ 4.10 แหล่งจ่ายไฟ (Power supply)

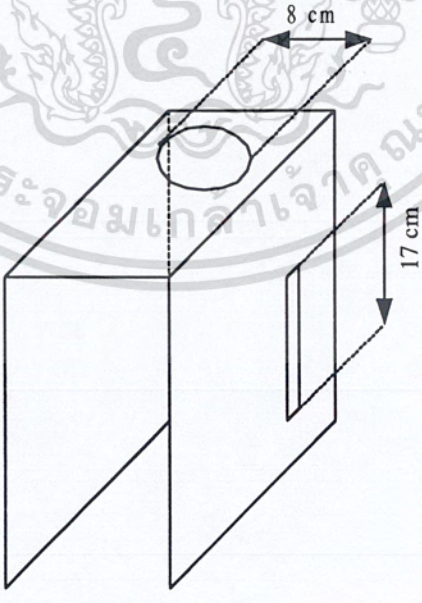
4.2 การออกแบบและสร้างส่วนประกอบของตัวโครงเครื่อง

ในการออกแบบส่วนของตัวโครงเครื่องได้เน้นถึงความประหยัด ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1. ส่วนฐาน 2. ส่วนฝาครอบ 3. ส่วนของถังเก็บน้ำ ซึ่งส่วนฐานและส่วนฝาครอบมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมทำด้วยโลหะชุบซิงค์ ส่วนของถังเก็บน้ำเป็นโลหะอลูมิเนียม ซึ่งสามารถกระจายความร้อนสู่น้ำได้ดีโดยการติดตัวทำความร้อนไว้ตรงด้านใต้ของถังเก็บน้ำ โลหะอลูมิเนียมที่นำมาทำถังเก็บน้ำซึ่งสามารถทำความสะอาดภายในถังเก็บน้ำได้ง่าย ในถังเก็บน้ำจะทำการติดตั้งปั๊มปี เอาไว้สำหรับการไหลเวียนของน้ำ หรือระบบการไหลเวียนของน้ำจากถังเก็บน้ำเข้าสู่ผ้าห่ม ส่วนของถังเก็บน้ำมีฝาที่สามารถเปิด ปิด ได้ง่าย ง่ายสำหรับการเติมน้ำ ตรงบริเวณส่วนบนของฝา ในส่วนของถังเก็บน้ำสามารถดูระดับน้ำได้จากสเกลวัดระดับน้ำที่อยู่บริเวณด้านข้างของตัวเครื่องซึ่งสามารถที่จะรู้ได้ว่ามีน้ำมากน้อยแค่ไหนอยู่ภายในถังเก็บน้ำซึ่งมีรายละเอียดรูปการออกแบบดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

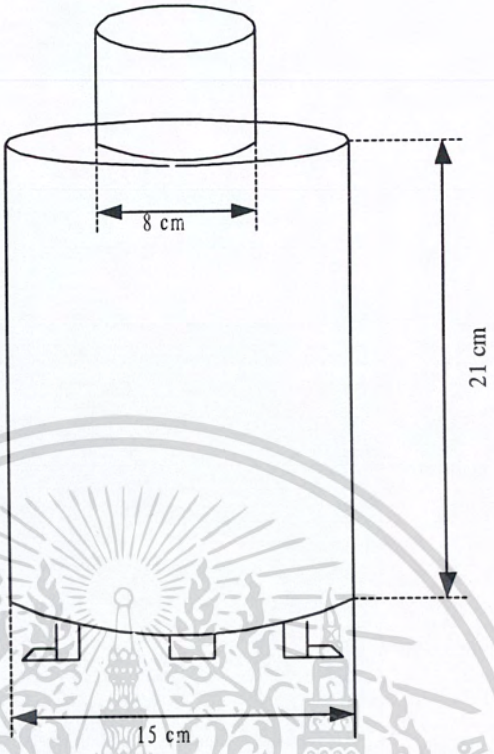


รูปที่ 4.11 ส่วนของฐานเครื่อง

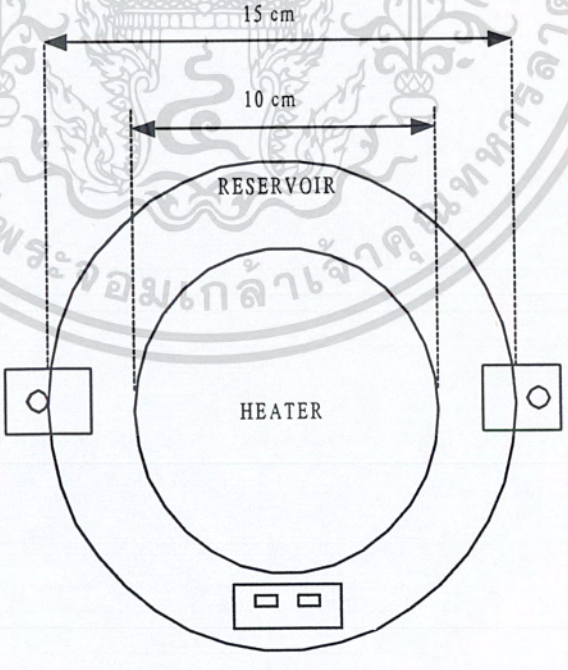


รูปที่ 4.12 ส่วนของฝาครอบเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



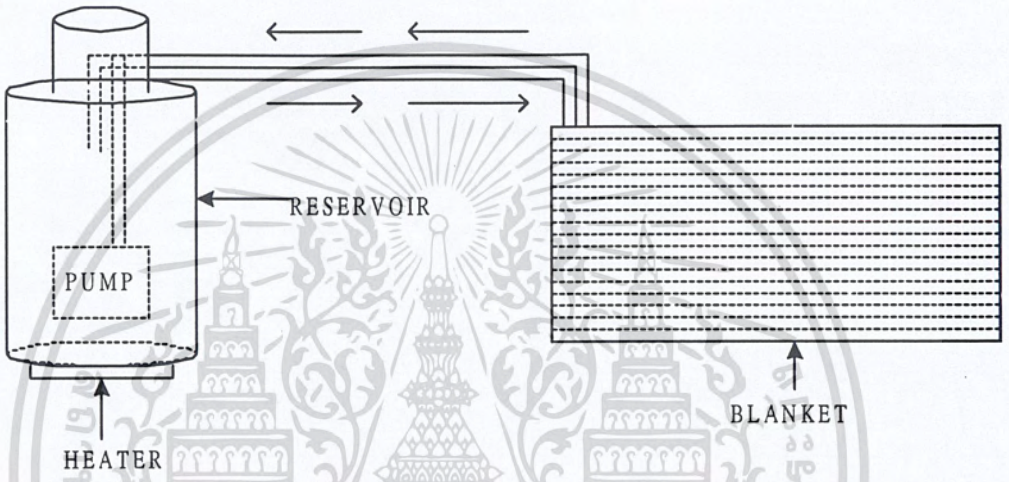
รูปที่ 4.13 ถังเก็บน้ำ



รูปที่ 4.14 การติดตั้งตัวทำความร้อน

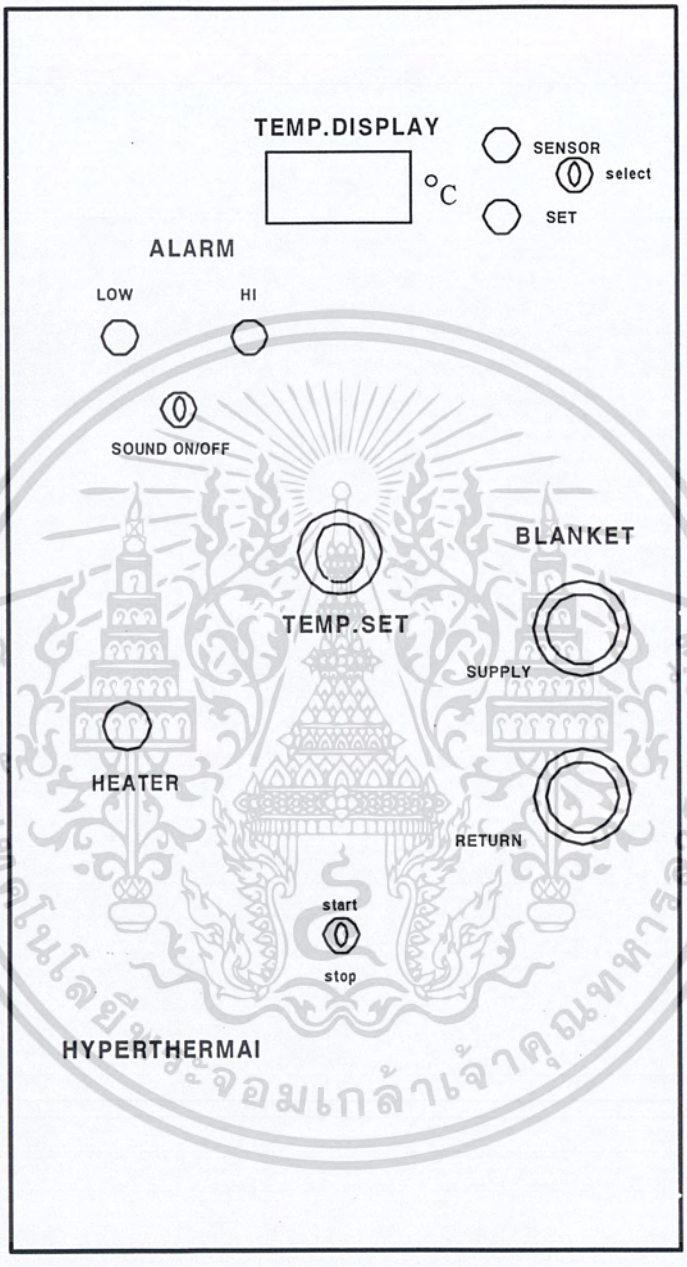
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการไหลเวียนของน้ำในเครื่องเป็นระบบวงจรปิด (Close loop) ซึ่งใช้ปั๊มปั๊มน้ำแบบแมกเนติกปั๊มปั๊มทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดการไหลเวียนของน้ำโดยจะทำหน้าที่ปั๊มปั๊มน้ำจากถังเก็บน้ำแล้วส่งผ่านสายยางเข้าไปยังผ้าห่ม เมื่อน้ำไหลผ่านผ้าห่ม ก็จะไหลกลับเข้ามายังถังเก็บน้ำอีกครั้ง ซึ่งจะทำงานอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ทำการเปิดเครื่องใช้งานจนกระทั่งหยุดการทำงาน



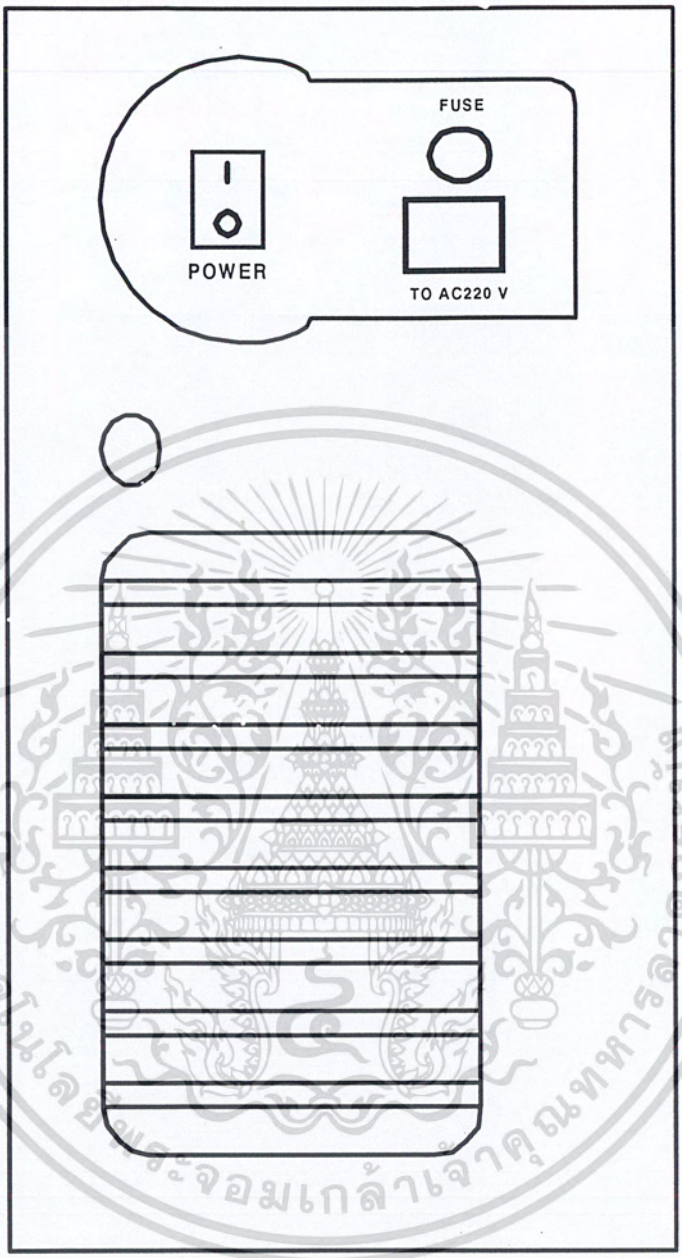
รูปที่ 4.15 ระบบการไหลเวียนของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ด้านหน้าของเครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 ด้านหลังของเครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมีย

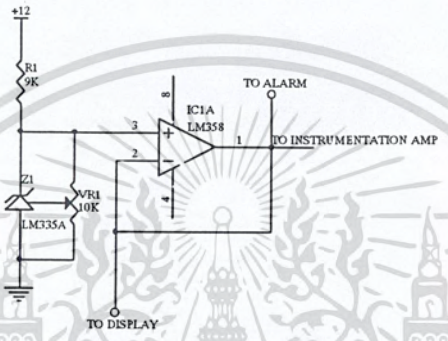
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

5.1 การทดลองทางเทคนิคของเครื่อง (Technical Testing)

5.1.1 การทดลองภาควงจรตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor)



รูปที่ 5.1 ภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor)

5.1.1.1 การทดลอง

การวัดค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี(LM335) ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 20.0° C ถึง 50.0° C

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทราบค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335) ที่อุณหภูมิที่ตั้งแต่ 20.0° C ถึง 50.0° C

2. เพื่อสามารถที่จะทราบถึงการตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335) และสามารถประยุกต์ใช้งานได้ถูกต้อง

อุปกรณ์การทดลอง

1. มัลติมิเตอร์ ดิจิตอล	1 เครื่อง
2. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ	1 ตัว
3. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ	1 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. ให้อุณหภูมิที่ตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335) ที่อุณหภูมิค่าต่าง ๆ ตามที่ตารางการทดลองที่ 5.1.1.1 (ตารางที่ 5.1) กำหนดให้
2. วัดค่าความดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335) บันทึกค่าแรงดันลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 5.1.1.1 (ตารางที่ 5.1)

ตารางที่ 5.1 การเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335)

อุณหภูมิ(° C)	แรงดันที่ตกคร่อม LM335(V)	อุณหภูมิ(° C)	แรงดันที่ตกคร่อม LM335(V)
20.0	2.932	35.0	3.082
21.0	2.942	36.0	3.092
22.0	2.952	37.0	3.102
23.0	2.962	38.0	3.112
24.0	2.972	39.0	3.122
25.0	2.982	40.0	3.132
26.0	2.992	41.0	3.142
27.0	3.002	42.0	3.152
28.0	3.012	43.0	3.162
29.0	3.022	44.0	3.172
30.0	3.032	45.0	3.182
31.0	3.042	46.0	3.192
32.0	3.052	47.0	3.202
33.0	3.062	48.0	3.212
34.0	3.072	49.0	3.222
		50.0	3.232

สรุปผลการทดลอง

จากตารางการทดลองที่ 5.1.1.1 จะเห็นว่าค่าที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335) จะมีการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิที่ได้รับคือ

10 mV/1.0° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1.2 การทดลอง

การวัดแรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335)ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 36.0° C ถึง38.0° C

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทราบค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี(LM335)เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงในช่วง 1° C
2. เพื่อสามารถที่จะทราบถึงการตอบสนองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335) อย่างละเอียด

อุปกรณ์การทดลอง

1. มัลติมิเตอร์ ดิจิตอล 1 เครื่อง
2. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ 1 ตัว
3. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ 1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

1. ให้อุณหภูมิที่ตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335) ที่อุณหภูมิค่าต่าง ๆ ตามตารางการทดลองที่ 5.1.1.2 (ตารางที่5.2) กำหนดให้
2. ทำการตรวจวัดแรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335) บันทึกค่าแรงดันลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 5.1.1.2 (ตารางที่ 5.2)

ตารางที่ 5.2 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิ (LM335) ตั้งแต่ 36.0° C ถึง 38.0° C

อุณหภูมิ(° C)	แรงดันที่ตกคร่อมLM335(V)	อุณหภูมิ(° C)	แรงดันที่ตกคร่อมLM335(V)
36.0	3.012	37.1	3.103
36.1	3.093	37.2	3.104
36.2	3.094	37.3	3.105
36.3	3.095	37.4	3.106
36.4	3.096	37.5	3.107
36.5	3.097	37.6	3.108
36.6	3.098	37.7	3.109
36.7	3.099	37.8	3.110
36.8	3.100	37.9	3.111

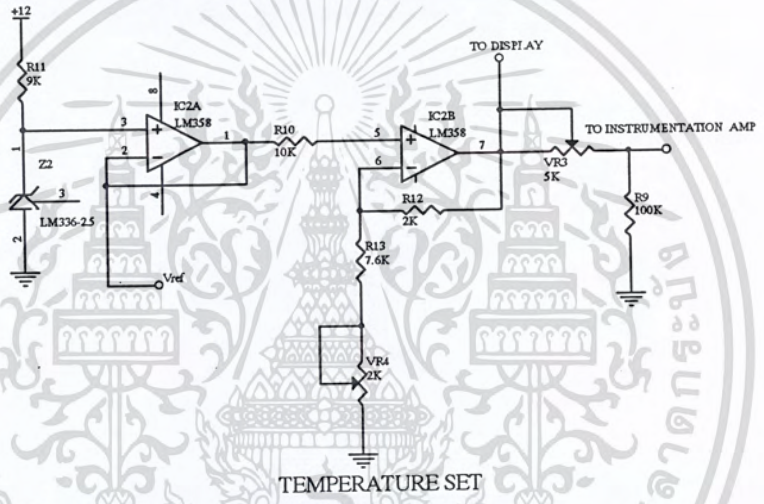
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

36.9 37.0	3.101 3.102	38.0	3.112

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณภูมิไอซี (LM335) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 0.1° C จะทำให้แรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335) เพิ่มขึ้น 0.1 mV/0.1° C

5.1.2 การทดสอบภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ (Temperature Set)



รูปที่ 5.2 ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ (Temperature Set)

5.1.2.1 การทดลอง

การวัดค่าแรงดันที่ได้จากการปรับตั้งอุณหภูมิจากภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ เปรียบเทียบวัดแรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิ ไอซี (LM335)

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อเปรียบเทียบค่าแรงดันที่ได้จากการปรับตั้งอุณหภูมิจากภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ เปรียบเทียบค่าแรงดันที่ได้จากแรงดันตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิเดียวกัน
2. เพื่อทราบและเข้าใจในการทำงานของภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ

อุปกรณ์การทดลอง

1. มัลติมิเตอร์ ดิจิตอล 1 เครื่อง
2. เทอร์โมมิเตอร์สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิ 1 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องยัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ 1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

1. ทำการปรับตั้งอุณหภูมิจากภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิตามตารางที่กำหนดให้ (ตารางที่ 5.3)
2. สังเกตค่าอุณหภูมิจากจอแสดงผลเครื่องวัดแรงดันจากภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ ที่ขา 7 ของ IC 2B LM358
3. บันทึกค่าแรงดันที่ได้ลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 5.1.2.1 (ตารางที่ 5.3)
4. เปรียบเทียบค่าแรงดันที่ได้จากการปรับตั้งภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ ที่ขา 7 ของ IC 2B LM358 กับค่าแรงดันที่จากการตกคร่อมตัวตรวจตั้งอุณหภูมิไอซี (LM335) ที่อุณหภูมิเดียวกัน

ตารางที่ 5.3 ค่าแรงดันที่ได้จากการปรับตั้งอุณหภูมิจากภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิและแรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335)

อุณหภูมิที่การปรับตั้ง(° C)	ค่าแรงดันที่ได้จากการปรับตั้งจากภาค Temperature Set (V)	ค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิ (LM335) (V)
30.0	3.032	3.032
31.0	3.042	3.042
32.0	3.052	3.052
33.0	3.062	3.062
34.0	3.072	3.072
35.0	3.082	3.082
36.0	3.092	3.092
37.0	3.102	3.102
38.0	3.112	3.112
39.0	3.122	3.122
40.0	3.132	3.132
41.0	3.142	3.142

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากตารางที่ 5.3 เป็นการเปรียบเทียบค่าแรงดันที่ได้จากการปรับตั้งภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิจะมีการเปลี่ยน 10mV/1.0° C ซึ่งจะเท่ากับการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันที่ตกคร่อมของอุณหภูมิไอซี (LM335) คือ 0mV/1.0° C เหมือนกัน

5.1.2.2 การทดลอง

การวัดค่าแรงดันที่ได้จากการปรับตั้งอุณหภูมิจากภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ อย่างละเอียดครั้งละ 0.1° C

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทราบค่าแรงดันที่ได้จากการปรับตั้งอุณหภูมิภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิอย่างละเอียดครั้งละ 0.1° C เปรียบเทียบกับค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335)
2. เพื่อทราบและเข้าใจการทำงานของภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ

อุปกรณ์การทดลอง

1. มัลติมิเตอร์ ดิจิตอล 1 เครื่อง
2. เทอร์โมมิเตอร์สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิ 1 เครื่อง
3. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ 1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

1. ทำการปรับตั้งอุณหภูมิจากภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิตามตารางทดลองที่ 5.1.2.3 (ตารางที่ 5.4)
2. สังเกตอุณหภูมิที่จอแสดงผลของเครื่องวัดแรงดันที่ขา 7 ของ IC 2B LM358
3. บันทึกค่าแรงดันที่ได้บันทึกลงในตารางการทดลองที่ 5.1.2.3 (ตารางที่ 5.4)

ตารางที่ 5.4 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันตกคร่อมตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335) ตั้งแต่ 36.0° C ถึง 38.0° C

อุณหภูมิที่ปรับตั้ง (° C)	ค่าแรงดันที่ได้จากการปรับตั้งจากภาค Temperature Set (V)	อุณหภูมิที่ปรับตั้ง (° C)	ค่าแรงดันที่ได้จากการปรับตั้งจากภาค Temperature Set (V)
36.0	3.092	37.1	3.103
36.1	3.093	37.2	3.104
36.2	3.094	37.3	3.105
36.3	3.095	37.4	3.106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

36.4	3.096	37.5	3.107
36.5	3.097	37.6	3.108
36.6	3.098	37.7	3.109
36.7	3.099	37.8	3.110
36.8	3.100	37.9	3.111
36.9	3.101	38.0	3.112
37.0	3.102		

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะทราบถึงการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ได้จากการปรับตั้งอุณหภูมิที่ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ เมื่อทำการปรับตั้งอุณหภูมิเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.1° C จะทำให้แรงดันที่ได้จากการปรับตั้งจากภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.1 mV/0.1° C

5.1.2.3 การทดลอง

การวัดค่าแรงดันที่ได้จากการปรับตั้งอุณหภูมิจากภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ ก่อนที่จะจ่ายให้กับภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทราบค่าแรงดันนี้ได้จากการปรับอุณหภูมิจากภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมินี้ก่อนจะจ่ายแรงดันให้กับภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์
2. เข้าใจและทราบถึงความสัมพันธ์ของการปรับอุณหภูมิจากภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิกับการทำงานของภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์

อุปกรณ์การทดลอง

1. มัลติมิเตอร์ ดิจิตอล 1 เครื่อง
2. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ 1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

1. ทำการปรับตั้งอุณหภูมิของเครื่องที่ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ ตามค่าที่กำหนดให้ในตารางการทดลองที่ 5.1.2.3 (ตารางที่ 5.5)
2. สังเกตค่าอุณหภูมิจากการปรับตั้งที่จอผลของเครื่อง
3. วัดค่าแรงดันที่ขา 3 ของ IC 3A LM358 และแรงดันที่ตกคร่อมขา 7 ของ IC 3B LM358 บันทึกการทดลองลงในตารางทดลองที่ 5.1.2.3 (ตารางที่ 5.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 ค่าแรงดันที่ขา 7 ของ IC 3B LM358 และขา 3 ของ LC 3A LM358

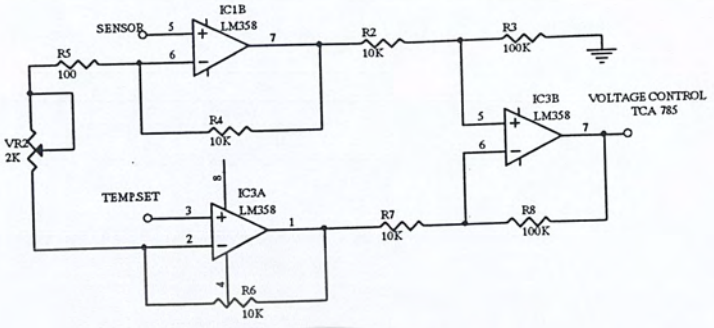
อุณหภูมิที่ปรับตั้ง (° C)	แรงดันที่ขา 3 IC 3A LM358 (V)	แรงดันที่ขา 7 IC 3B LM 335 (V)
30.0	3.032	2.992
31.0	3.042	3.002
32.0	3.052	3.012
33.0	3.062	3.022
34.0	3.072	3.030
35.0	3.082	3.042
36.0	3.092	3.052
37.0	3.102	3.062
38.0	3.112	3.072
39.0	3.122	3.082
40.0	3.132	3.092
41.0	3.142	3.102

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

จากการทดลองที่ 5.1.2.3 เมื่อทำการปรับตั้งอุณหภูมิที่ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ จะทำให้แรงดันเปลี่ยนแปลงที่เอาท์พุทของภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ ที่ขา 7 IC 2B LM 358 เท่ากับ 10 mV/1.0° C ซึ่งจะเท่ากับค่าแรงดันที่ตกคร่อมตรวจวัดที่อุณหภูมิไอซี (LM335) ที่ค่าอุณหภูมิเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 5.1.2.1 และ 5.1.2.2 แต่ค่าแรงดันที่จ่ายให้ภาควงจรอิน สตรูเมนท์ เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ จะลดลง 40 mV (หรือเท่ากับอุณหภูมิ4.0° C) แสดงว่าค่าอุณหภูมิที่ภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิได้จากการตรวจวัดลดลงจากค่าอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้ 4.0° C ก็จะทำให้มีการควบคุมอุณหภูมิเพื่อเริ่มลดการทำงานของขดลวดความร้อน เมื่ออุณหภูมิที่ทำการวัดได้เข้าได้กับอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้ 4.0° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 การทดลองภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ (Instrumentation Amplifier)



รูปที่ 5.3 ภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ (Instrumentation Amplifier)

5.1.3.1 การทดลอง

การเปรียบเทียบและขยายความแตกต่างค่าของอุณหภูมิที่ได้จากภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ และภาควงจรตรวจวัดอุณหภูมิ ของภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์

จุดประสงค์และการทดลอง

1. เพื่อเข้าใจการทำงานของภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์
2. เพื่อทราบหรือการควบคุมอุณหภูมิเครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียจากการทำงานของภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์

อุปกรณ์การทดลอง

1. มัลติมิเตอร์ ดิจิตอล 1 เครื่อง
2. เทอร์โมมิเตอร์สำหรับการวัดอุณหภูมิ 1 เครื่อง
3. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ 1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

1. ทำการปรับตั้งอุณหภูมิที่ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ ค่าที่กำหนดให้ไว้ในตารางการทดลองที่ 5.1.3.1 (ตารางที่ 5.6)
2. วัดค่าแรงดันที่ขา 7 ของ IC 3B LM358 (เอาท์พุทของภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์)
3. บันทึกค่าแรงดันที่ได้จากข้อ 2 ลงในตารางทดลองที่ 5.1.3.1(ตารางที่ 5.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 ค่าแรงดันที่จุดต่าง ๆ ของภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์

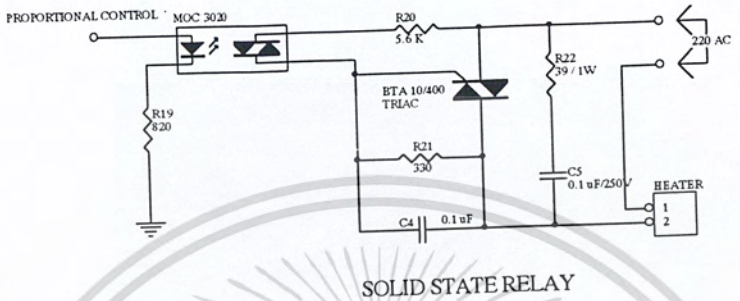
ค่าอุณหภูมิที่ปรับตั้งค่าอุณหภูมิที่ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ(LM358)		ค่าแรงดันที่จุดต่าง ๆ (V)			
		ที่ขา 3 IC 3A LM358	ที่ขา 5 IC 1B LM358	ที่ขา 7 IC 3B LM358	ที่ขา 11 TCA785
37.0	30.0	3.072	3.032	-4.20	0
37.0	31.0	3.072	3.042	-3.15	0
37.0	32.0	3.072	3.052	-2.10	0
37.0	33.0	3.072	3.062	-1.05	0
37.0	34.0	3.072	3.072	0	0
37.0	35.0	3.072	3.082	+1.05	+0.80
37.0	36.0	3.072	3.092	+2.10	+1.40
37.0	37.0	3.072	3.102	+3.15	+2.45
37.0	38.0	3.072	3.112	+4.20	+3.50
37.0	39.0	3.072	3.122	+5.25	+4.55
37.0	40.0	3.072	3.132	+6.30	+5.60
37.0	41.0	3.072	3.142	+7.35	+6.65

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิที่ภาควงจรตรวจวัดอุณหภูมิมากกว่าอุณหภูมิที่ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ 4° C จะทำให้มีเอาท์พุทของภาควงจรตรวจวัดอุณหภูมิมีค่าเป็น 0 และจะเพิ่มขึ้นเป็นแรงดันบวกก็ต่อเมื่ออุณหภูมิจากภาควงจรตรวจวัดอุณหภูมิมากกว่าภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แรงดันเอาท์พุทของภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์จะลดลงเป็นค่าแรงดันลบก็ต่อเมื่ออุณหภูมิจากภาควงจรตรวจวัดอุณหภูมิน้อยกว่าอุณหภูมิที่ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิซึ่งจะมีค่าแรงดันที่ถูกขยายตามอัตราขยายของวงจรเท่ากับ 105 เท่าซึ่งแรงดันได้จากเอาท์พุทของภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์นี้จะนำไปควบคุมการทำงานของ ภาควงจรพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4 การทดสอบภาควงจรพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล และภาควงจรโซลิด สเตท รีเลย์



รูปที่ 5.4 ภาควงจรพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล และภาควงจรโซลิด สเตท รีเลย์

5.1.4.1 การทดลอง

การควบคุมการทำงานของภาควงจรพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรลร่วมกับภาควงจรโซลิด สเตท รีเลย์

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อเข้าใจการทำงานของภาควงจรพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรลร่วมกับภาควงจรโซลิด สเตท รีเลย์
2. เพื่อให้เข้าใจการควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อน เพื่อควบคุมอุณหภูมิที่จะให้แก่ผู้ป่วยผ่านทางผ้าห่ม

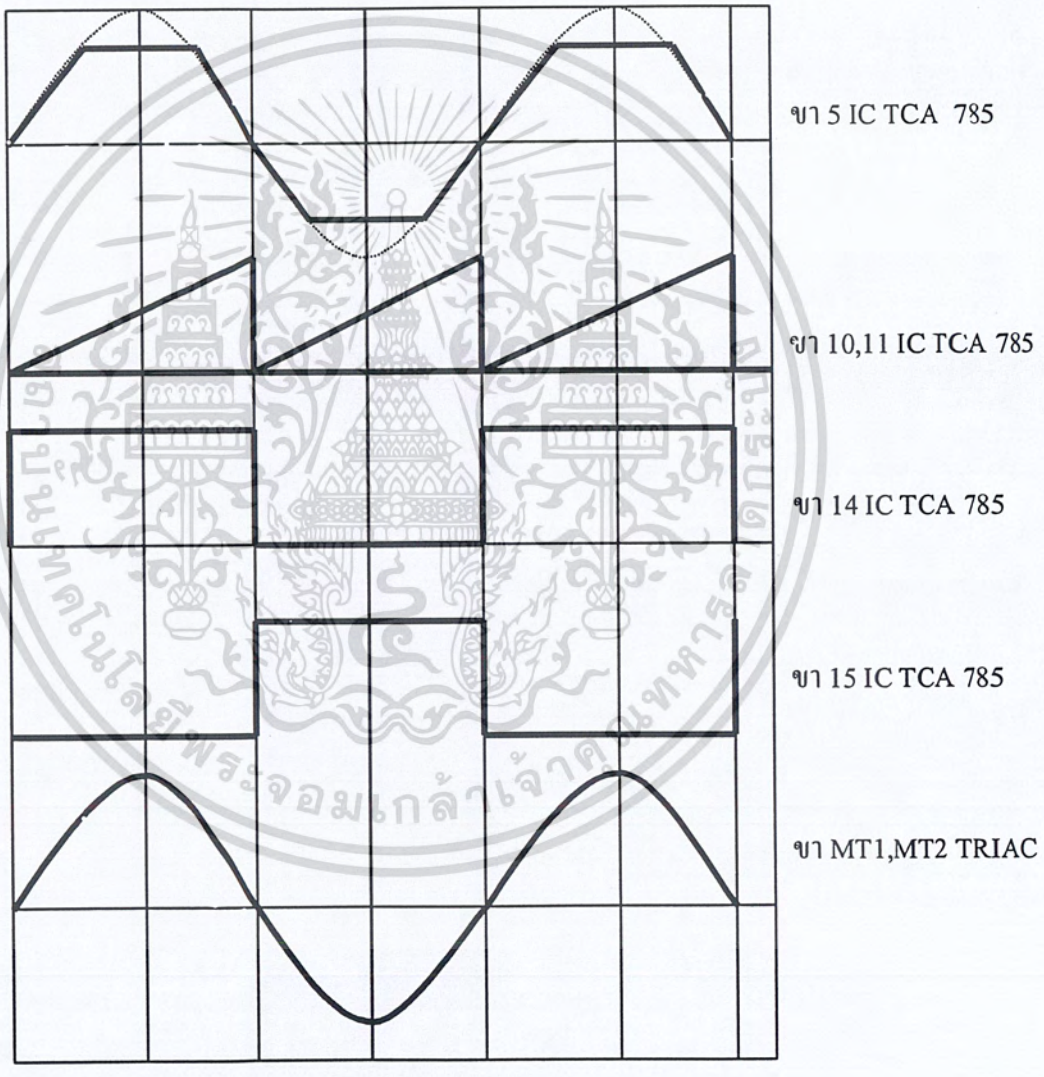
อุปกรณ์การทดลอง

1. มัลติมิเตอร์ ดิจิตอล	1 เครื่อง
2. ออสซิโลสโคป	1 เครื่อง
3. เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ	1 เครื่อง
4. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมีย	1 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

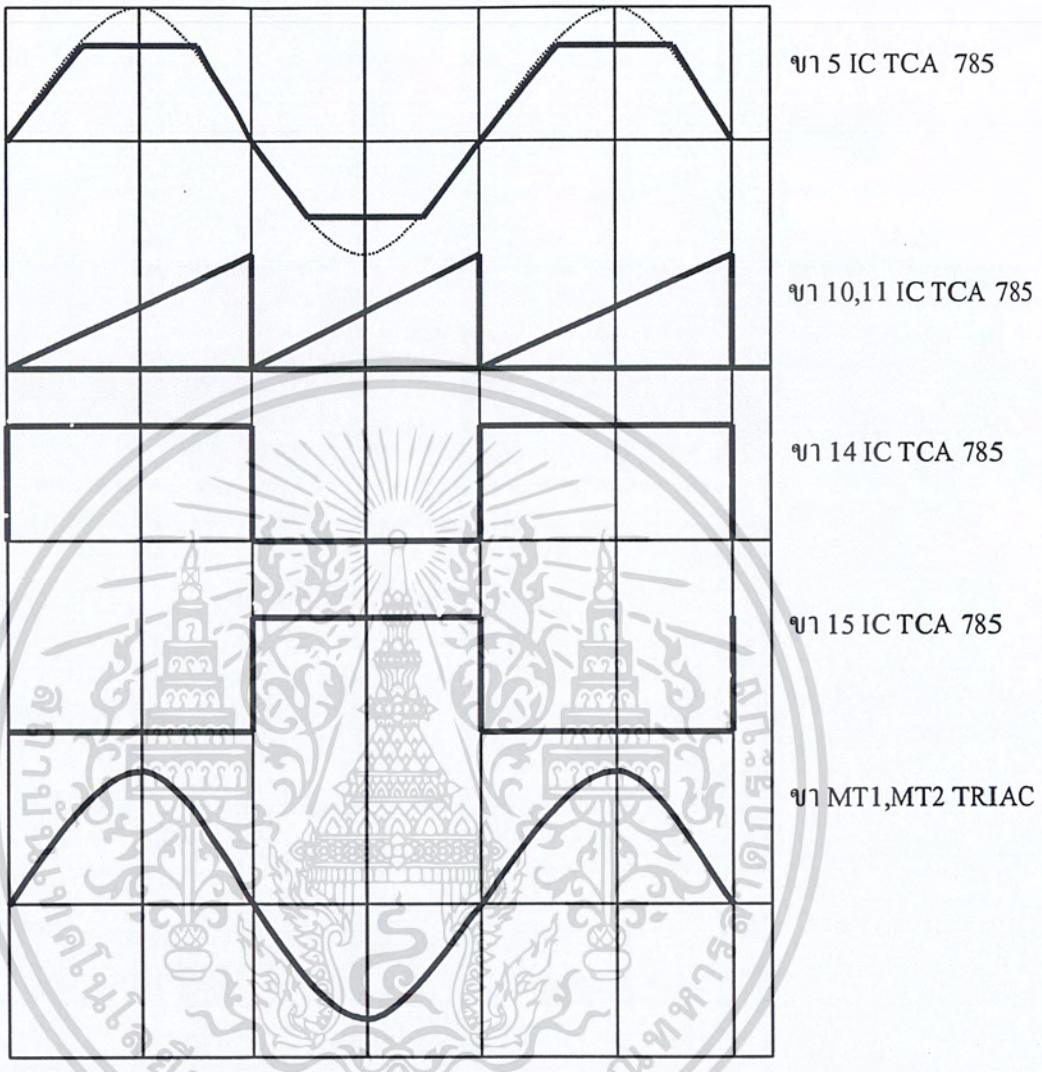
วิธีการทดลอง

1. ทำการปรับตั้งอุณหภูมิที่ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 37.0° C สังเกตอุณหภูมิที่จอแสดงผล
2. วัดรูปคลื่นของ ICA 785 และขา MT1 , MT2 ของไตรแอค BTA 10/400 ที่อุณหภูมิ 32.0° C ,33.0° C ,34.0° C ,35.0° C ,36.0° C ,37.0° C และ 38.0° C
3. บันทึกรูปคลื่นของสัญญาณที่ขาต่าง ๆ ของ IC TCA 785 และไตรแอค BTA 10/400 ลงในการทดลองที่ 5.1.4.1



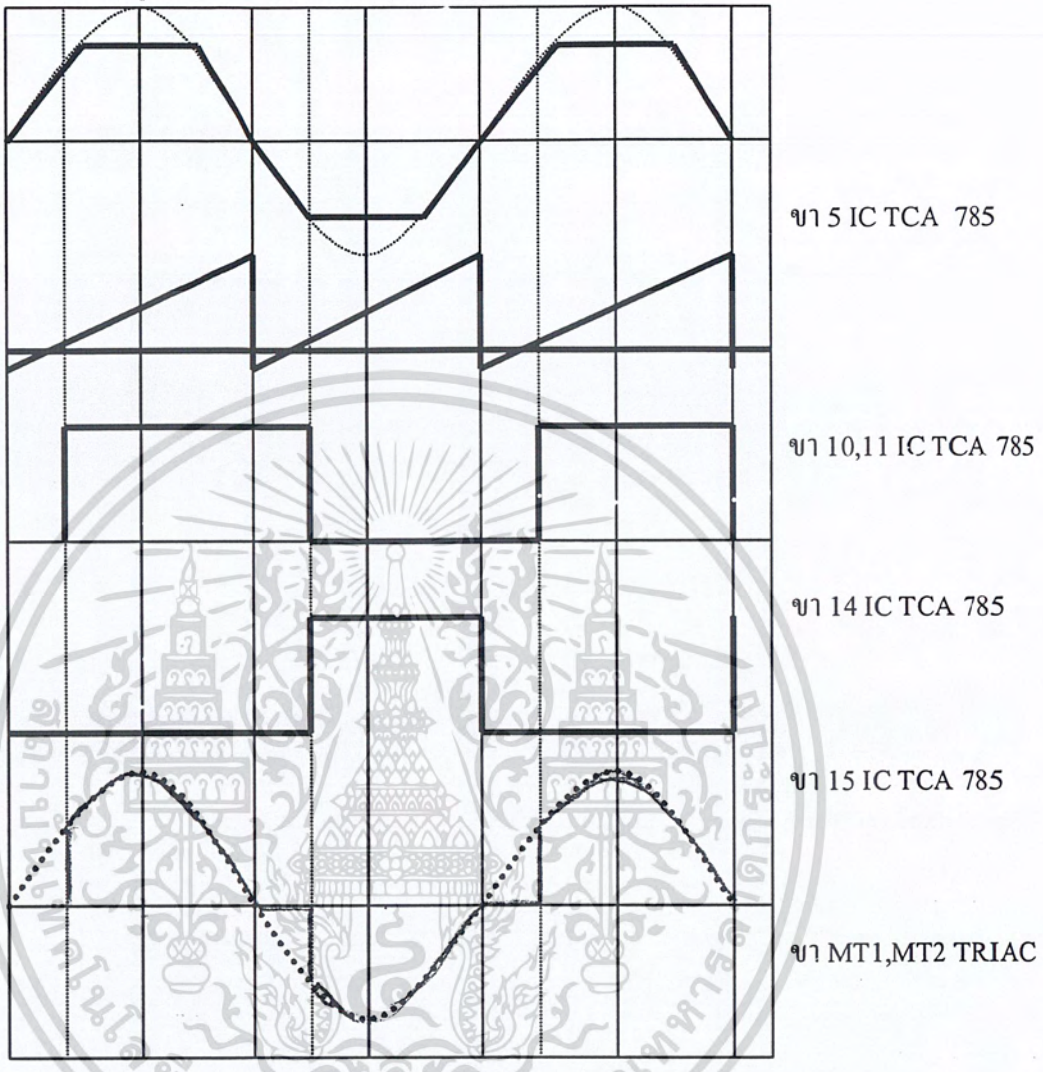
รูปที่ 5.5 รูปคลื่นที่ขาต่าง ๆ ของ IC TCA 785 และ TRIAC ที่อุณหภูมิ 32.0° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



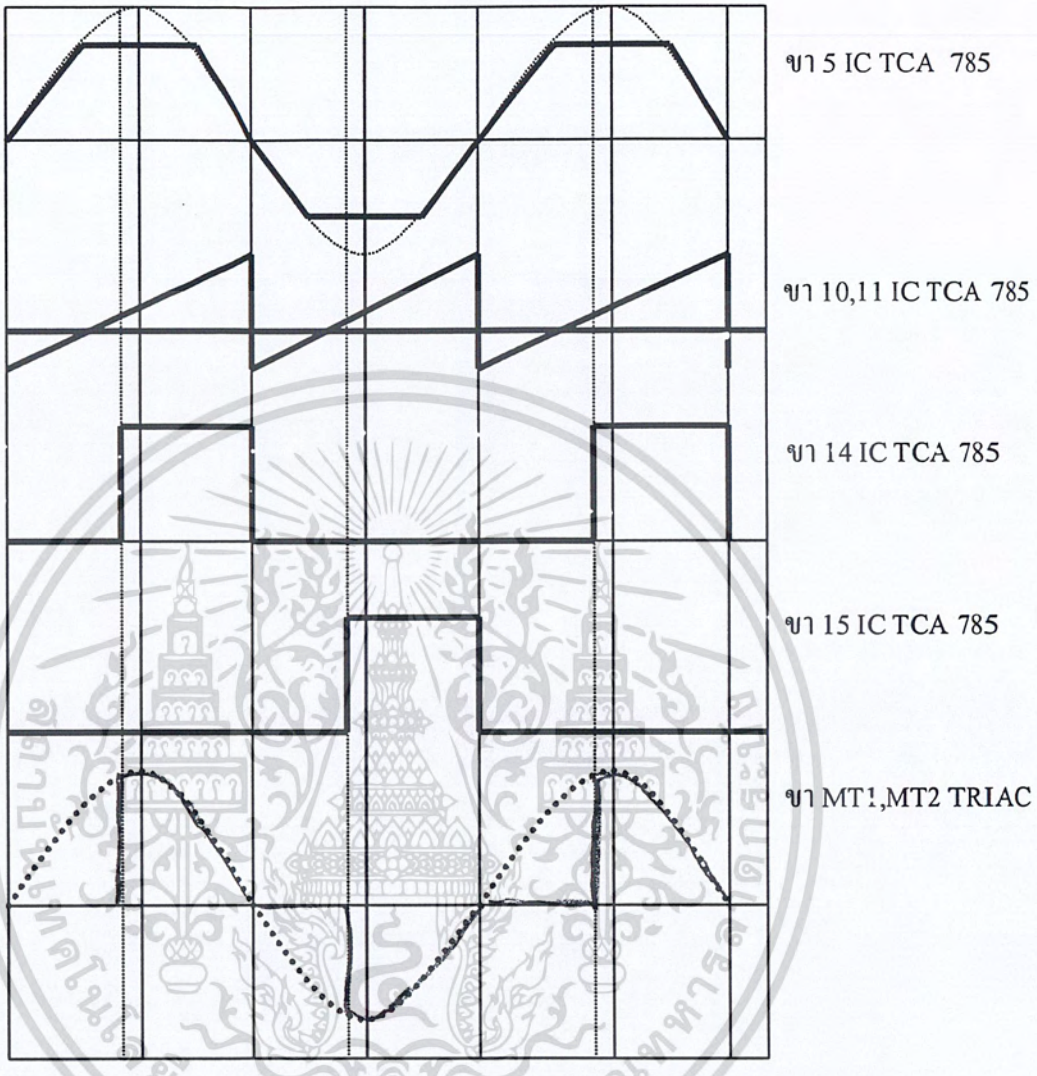
รูปที่ 5.6 รูปคลื่นที่ขาต่าง ๆ ของ IC TCA 785 และ TRIAC ที่อุณหภูมิ 33.0° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



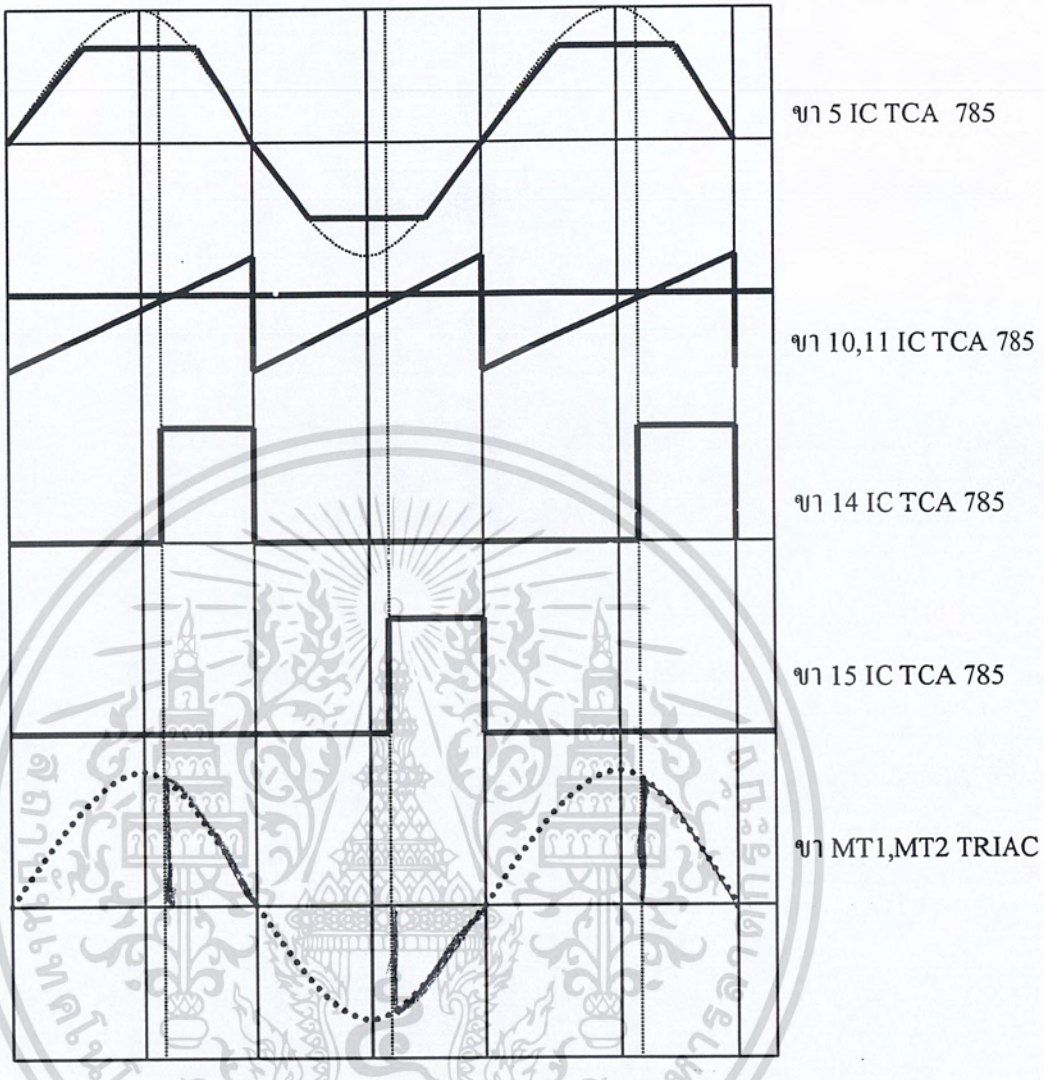
รูปที่ 5.7 รูปคลื่นที่ขาต่าง ๆ ของ IC TCA 785 และ TRIAC ที่อุณหภูมิ 34.0° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



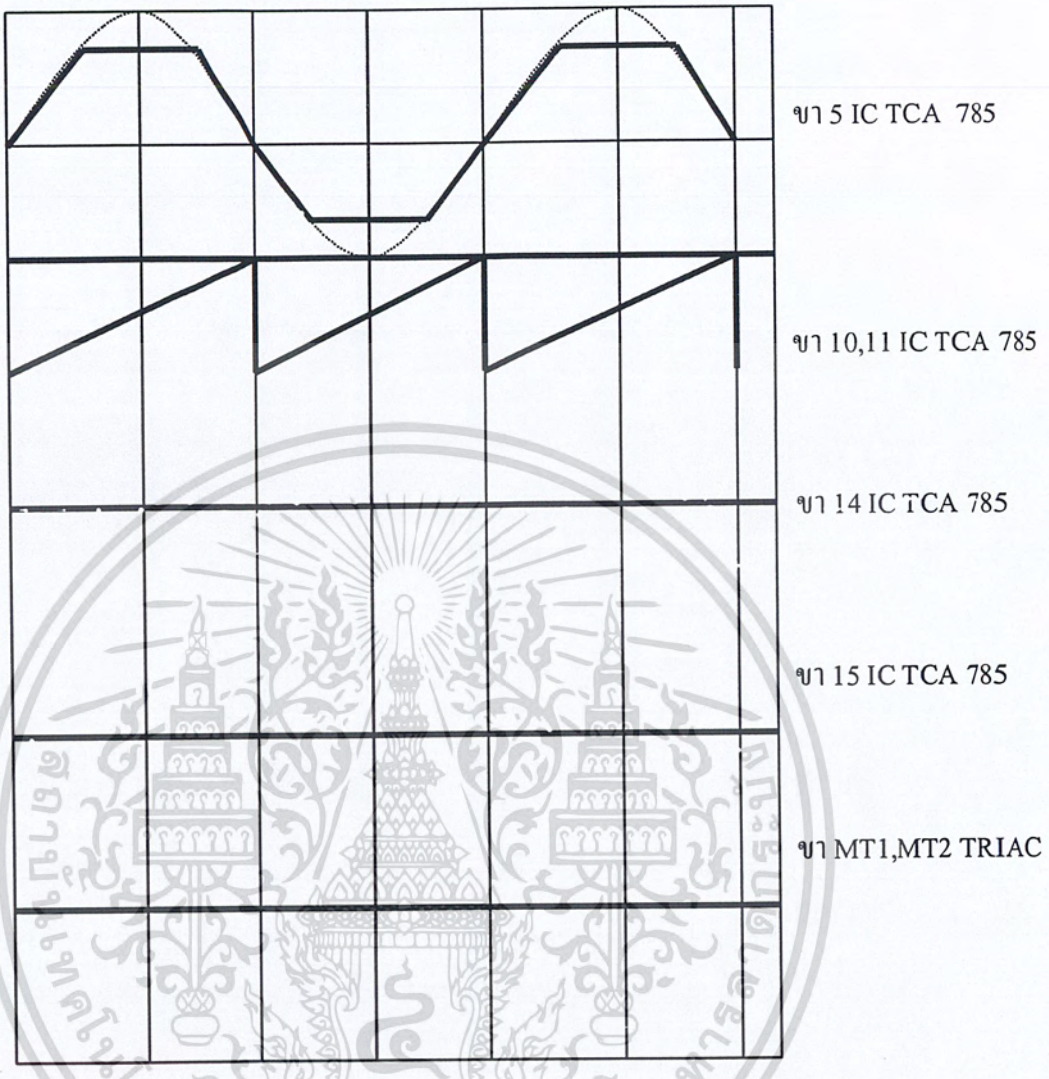
รูปที่ 5.8 รูปคลื่นที่ขาต่าง ๆ ของ IC TCA 785 และ TRIAC ที่อุณหภูมิ 35.0° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



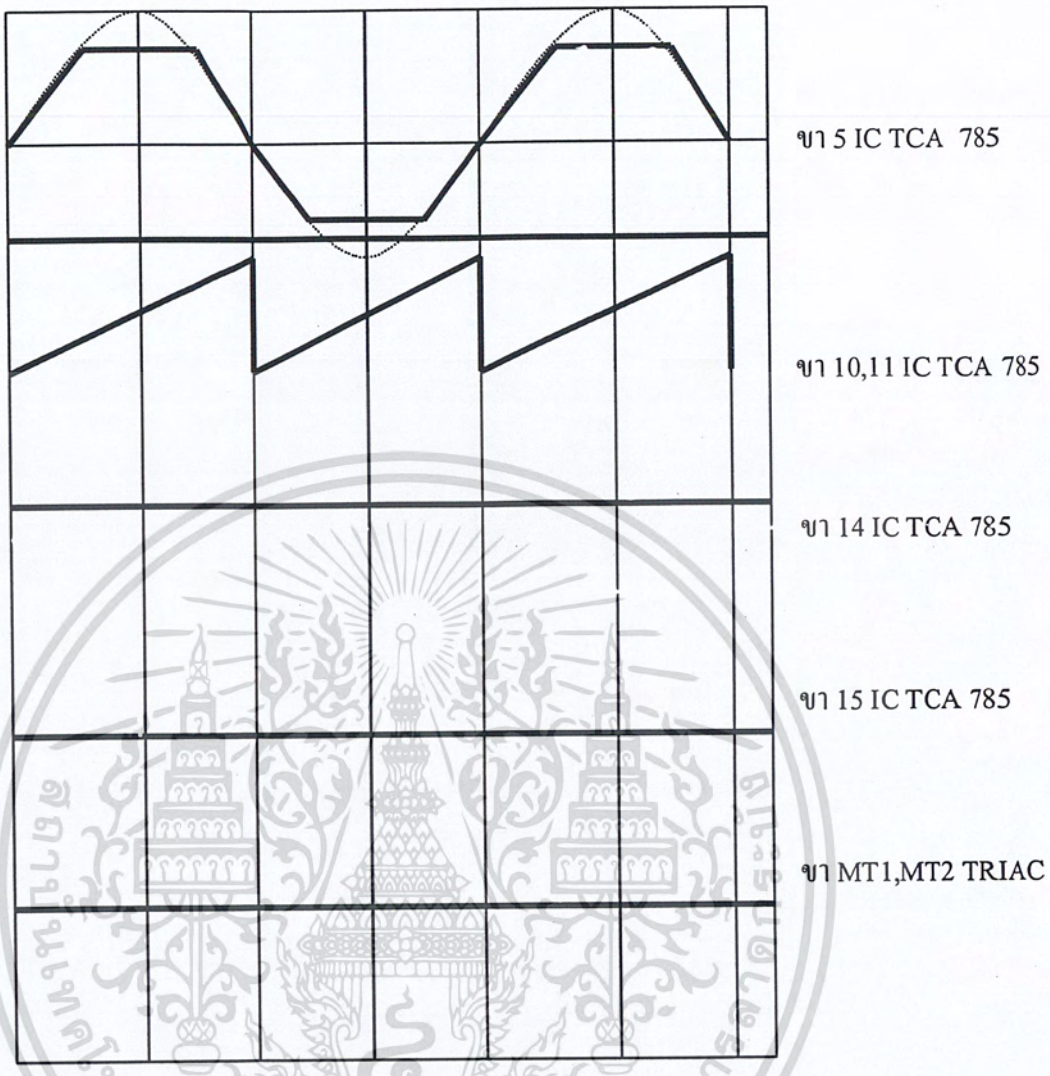
รูปที่ 5.9 รูปคลื่นที่ขาต่าง ๆ ของ IC TCA 785 และ TRIAC ที่อุณหภูมิ 36.0° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 รูปคลื่นที่ขาต่าง ๆ ของ IC TCA 785 และ TRIAC ที่อุณหภูมิ 37.0° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



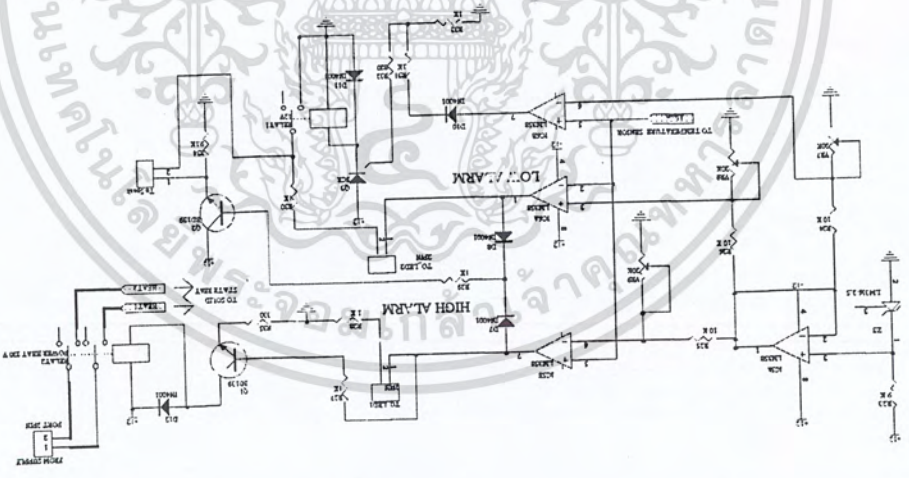
รูปที่ 5.11 รูปคลื่นที่ขาต่าง ๆ ของ IC TCA 785 และ TRIAC ที่อุณหภูมิ 38.0° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จาการทดลองที่ 5.1.4.1 จะเห็นว่าเมื่อทำการวัดรูปคลื่นที่ขาต่าง ๆ ของ IC TCA785 และไตรแอค BTA 10/400 จะทำให้ทราบการทำงานของภาควงจรพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรลและภาควงจรโซลิด สเตท รีเลย์ เมื่อแรงดันที่ได้จากภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์ มีค่ามากขึ้นจะทำให้เอาท์พุทที่ไปจ่ายให้ภาควงจรโซลิด สเตท รีเลย์ ซึ่งเป็นสัญญาณพัลซ์เพื่อทำการควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อนโดยการควบคุมมีความกว้างลดลงจะทำให้ขดลวดความร้อนถูกลดการทำงานลง โดยการควบคุมทางเฟสของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวล์ท ที่จ่ายให้กับขดลวดความร้อน และเมื่อแรงดันที่ได้จากภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์มีค่าน้อยลงจะทำให้เอาท์พุทที่ไปจ่ายให้ภาควงจรโซลิด สเตท รีเลย์ ซึ่งเป็นสัญญาณ พัลซ์ เพื่อทำการควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อนมีความกว้างมากขึ้น จะทำให้ขดลวดความร้อนถูกเพิ่มการทำงานมากขึ้น โดยการควบคุมทางเฟสของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวล์ท ที่จ่ายให้กับขดลวดความร้อน เช่นกัน

5.1.5 การทดสอบภาควงจรแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิ สูง/ต่ำ (High/Low Temperature Alarm)



รูปที่ 5.12 ภาควงจรแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิ สูง/ต่ำ (High/Low Temperature Alarm)

5.1.5.1 การทดลอง

การทำงานของภาควงจรแสดงสภาวะเมื่ออุณหภูมิสูง (High Temperature Alarm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อเข้าใจการทำงานของภาควงจรแสดงสภาวะเมื่ออุณหภูมิสูง และการทำงานของเครื่อง เมื่อเกิดสภาวะเมื่ออุณหภูมิสูง

อุปกรณ์การทดลอง

1. มัลติมิเตอร์ ดิจิตอล 1 เครื่อง
2. เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ 1 เครื่อง
3. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ 1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

1. ทำการปรับตั้งอุณหภูมิของเครื่องไว้ที่ 37.0° C
2. ให้อุณหภูมิที่ตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี(LM335) ตั้งแต่ 37.0° C จนถึง 43.0° C โดยสังเกตความร้อนของอุณหภูมิที่แสดงผลตามตารางการทดลองที่ 5.1.5.1 (ตารางที่ 5.7)
3. สังเกตอุณหภูมิที่จอแสดงผลบันทึกค่าแรงดันที่ขา 5,6,7 ของ IC 5B LM358
4. บันทึกสภาวะของหลอด แอล อี ดี แสดงที่สภาวะเมื่ออุณหภูมิสูงและสภาวะของ บัซเซอร์

ตารางที่ 5.7_ค่าแรงดันที่จุดต่าง ๆ ของภาควงจรแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิสูง และสภาวะของแอล อี ดี และบัซเซอร์

อุณหภูมิของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ (LM335) (°C)	ค่าแรงดันขาต่าง ๆ ของ IC 5B LM 358 (V)			สภาวะของ LED	สภาวะของ Buzzer
	ขา 7	ขา 6	ขา 5		
37.0	-12	3.152	3.102	ดับ	ไม่ดัง
38.0	-12	3.152	3.112	ดับ	ไม่ดัง
39.0	-12	3.152	3.122	ดับ	ไม่ดัง
40.0	-12	3.152	3.132	ดับ	ไม่ดัง
41.0	-12	3.152	3.142	ดับ	ไม่ดัง
42.0	0	3.152	3.152	ดับ	ดัง
42.1	+12	3.152	3.153	ติด	ดัง
43.0	+12	3.152	3.162	ติด	ดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการสร้างทดลองที่ 5.1.5 สามารถสรุปได้ว่าจะมีการเกิดภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิสูง ได้ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิที่ตรวจวัดได้จากภาควงจรตรวจวัดอุณหภูมิที่ไอซี (LM335) มากกว่า 42.0° C ซึ่งจะมีแรงดันเอาท์พุทเป็นค่า +12 Vไปทำให้และแอล อี ดี ที่แสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิสูง และบัซเซอร์เกิดการเตือนโดยมีเสียงเตือนให้ทราบ

5.1.5.2 การทดลอง

การทำงานของภาควงจรแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิต่ำ (Low Temperature Alarm)

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อให้เข้าใจในการทำงานของภาควงจรแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิต่ำเมื่อเกิดสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิต่ำ

อุปกรณ์การทดลอง

1. ดิจิตอล มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง
2. เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ 1 เครื่อง
3. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมีย 1 เครื่อง

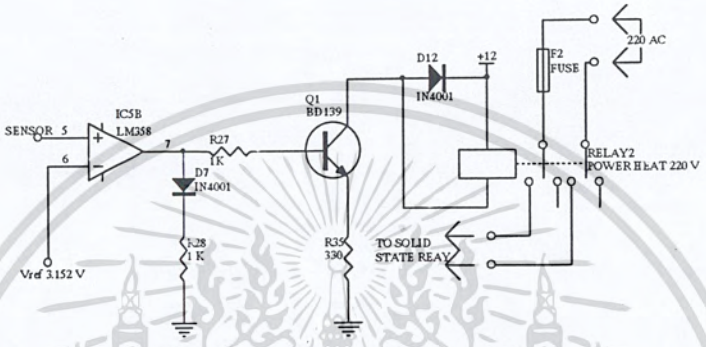
วิธีการทดลอง

1. ทำการปรับตั้งอุณหภูมิของเครื่องที่ 37.0° C
2. ให้อุณหภูมิที่ตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335) เท่ากับ 28.0° C และเพิ่มอุณหภูมิขึ้นตามตารางการทดลองที่ 5.1.5.2 (ตารางที่ 5.8) กำหนดตั้งแต่ 29.0° C ถึง 34.0° C
3. สังเกตค่าอุณหภูมิที่จอแสดงผล วัดค่าแรงดันที่ขา 1,2 และ 3 ของ IC 6A LM358 และแรงดันที่ขาเกทของแรงดันไตรแอค BTA 10/400 ทำการบันทึกสภาวะของหลอดแอล อี ดี แสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิต่ำ สภาวะของบัซเซอร์ และสภาวะของรีเลย์
4. ให้อุณหภูมิที่ตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี (LM335) ลดลงตั้งแต่ 34.0° C ถึง 28.0° C ตามตารางการทดลองที่ 5.1.5.2 (ตารางที่ 5.8)
5. ทำตามขั้นตอนในข้อที่ 3 และ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ บัซเซอร์ และแอล อี ดี แสดงสภาวะเตือนเมื่อจุณหภูมิต่ำ ไม่ถูกต้องกราวด์เพราะว่ารีเลย์ ไม่ทำงานแต่รีเลย์จะต้องทำงานก็ต่อเมื่อมีแรงดันมาทริกที่ขาเกทของไตรแอคBTA 10/400 ซึ่งไตรแอค BTA 10/400 จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีแรงดันทริกจาก ขา 7 ของ IC 6B LM358 ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นมากกว่า 32.0° C และลดลงต่ำกว่า30.0° C

5.1.6 การทดสอบภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิความร้อนสูง (Heat Over Detector)และ รีเลย์



รูปที่ 5.13 ภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิความร้อนสูง (Heat Over Detector)และ รีเลย์

5.1.6.1 การทดลอง

การทำงานของภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิความร้อนสูง ร่วมกับรีเลย์

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อเข้าใจในการทำงานของภาควงจรตรวจวัดอุณหภูมิความร้อนสูง ร่วมกับรีเลย์ ที่ทำหน้าที่ควบคุมทำงานของขดลวดความร้อน

อุปกรณ์การทดลอง

1. มัลติมิเตอร์ ดิจิตอล	1 เครื่อง
2. เทอร์โมมิเตอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	1 เครื่อง
3. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ	1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

1. ทำการปรับตั้งอุณหภูมิของเครื่องวัดไว้ 37.0° C
2. ให้อุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์ วัดอุณหภูมิไอซี (LM 335) เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 25.0° C จนถึง 45.0° C และลดลงจนถึง 25.0° C ตามตารางการทดลอง ที่ 5.1.6.1(ตารางที่ 5.9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สังเกตค่าของอุณหภูมิที่จอแสดงผล บันทึกผลการทดลองโดยการบันทึกค่าแรงดันที่ขา 7 ของ IC 5B LM 358 และสภาวะการทำงานของทรานซิสเตอร์ (Q1) และ รีเลย์ 2 ลงในตารางทดลองที่ 5.1.6.1 (ตารางที่ 5.9)

ตารางที่ 5.9 ค่าแรงดันและสภาวะการทำงานต่าง ๆ ของภาควงจรตรวจวัดอุณหภูมิความร้อนสูงและรีเลย์ 2

อุณหภูมิตัวตรวจวัดอุณหภูมิ LM335 (° C)	แรงดันที่ขา 7 ของ IC 5B LM358 (V)	สภาวะการทำงานของทรานซิสเตอร์ Q1 On/Off	สภาวะการทำงานของ Relay 2 On/Off
25.0	-12	Off	Off
31.0	-12	Off	Off
35.0	-12	Off	Off
40.0	-12	Off	Off
41.0	-12	Off	Off
42.0	0	Off	Off
42.1	+12	On	On
43.0	+12	On	On
45.0	+12	On	On
43.0	+12	On	On
42.0	0	Off	Off
41.9	-12	Off	Off
40.0	-12	Off	Off
35.0	-12	Off	Off
30.0	-12	Off	Off
25.0	-12	Off	Off

- หมายเหตุ - Relay ที่สภาวะ ON หน้าสัมผัสจะต่อ Common กับตำแหน่ง NO
  - Relay ที่สภาวะ OFF หน้าสัมผัสจะต่อ Common กับตำแหน่ง NC

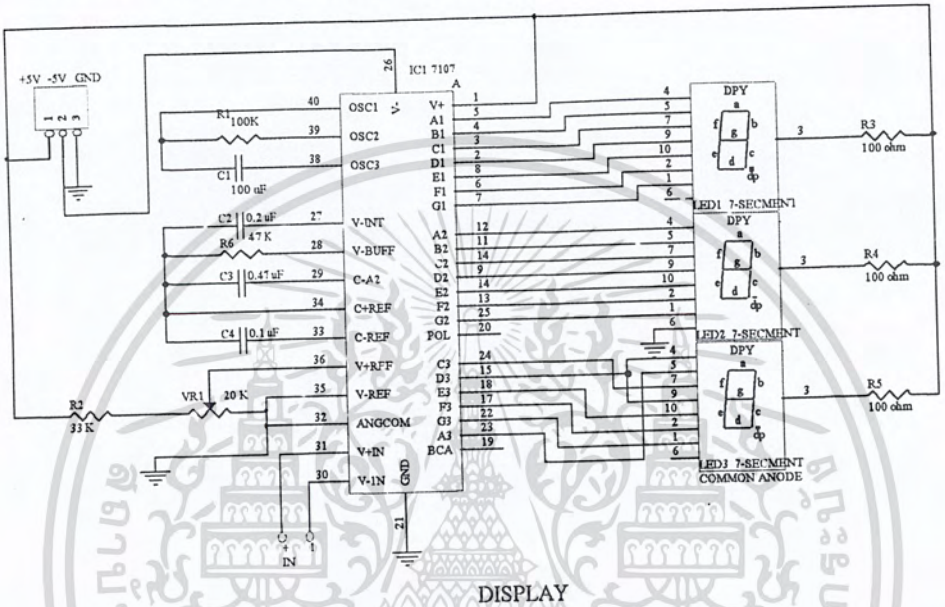
สรุปผลการทดลอง

จากตารางที่ 5.9 จะเห็นได้ว่าทรานซิสเตอร์ Q1 จะทำงานสภาวะเดียวกับ รีเลย์ 2โดยที่ได้รับการควบคุมการทำงานจากวงจรคอมพาราเตอร์ ที IC 5B LM358 ขนาดภาควงจรแสดงสภาวะเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่ออุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมื่ออุณหภูมิของเครื่องทำให้ผู้ป่วยต่ำกว่า 42.1° C ลงมาเครื่องจะยอมให้ตัวทำความร้อนทำงานความควบคุมจากภาควงจรพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล แต่ถ้าอุณหภูมิ สูงสุดกว่า 42.0° C (42.0° C ขึ้นไป) จะทำให้ขดลวดความร้อน หยุดทำงานและจะเริ่มทำงานก็ต่อเมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 41.1° C ลงมา

5.1.7 การทดสอบภาคแสดงผล(Display)



รูปที่ 5.14 ภาคแสดงผล (Display)

5.1.7.1 การทดลอง

การแสดงค่าอุณหภูมิที่ได้จากการตรวจวัดอุณหภูมิที่ผ้าห้ม (อุณหภูมิที่ให้กับผู้ป่วย) หรือค่าของอุณหภูมิจากภาควงจรตรวจวัดอุณหภูมิ

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อเข้าใจการทำงานของภาคแสดงผล ที่จะแสดงค่าของอุณหภูมิที่ได้จากการตรวจวัดที่ภาควงจรตรวจจับอณหภูมิและการปรับตั้งที่ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ

อุปกรณ์การทดลอง

1. ดิจิตอล มัลติมิเตอร์	1 เครื่อง
2. เทอร์โมมิเตอร์สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิ	1 เครื่อง
3. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ	1 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. ตัดการทำงานของขดลวดความร้อน ปรับให้สวิทช์ (SW1) อยู่ที่ตำแหน่ง Senser ที่หน้าปัดของเครื่อง
2. ทำการปรับตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 37.0° C
3. ให้อุณหภูมิที่ตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี(LM335) ตามที่กำหนดให้ตามตารางการทดลองที่ 5.1.7.1 (ตารางที่ 5.10)
4. สังเกตอุณหภูมิที่จอแสดงผลวัดค่าแรงดันที่ขา Vin High (ขา 31)ของ IC ICA 7107 ที่ภาคแสดงผล บันทึกผลในตาราง 5.10
5. เปลี่ยนตำแหน่งสวิทช์ (SW1) อยู่ที่ตำแหน่ง Set ที่มีหน้าปัดของเครื่อง
6. ปรับอุณหภูมิตามค่าในตารางการทดลองที่ 5.1.7.1 (ตามตารางที่ 5.10)
7. ทำการทดลองตามวิธีการในข้อ 4

ตารางที่ 5.10 ค่าแรงดันที่ขา Vin High ของ IC ICA7107 ที่ค่าอุณหภูมิต่าง ๆ ที่ได้จากภาควงจรตรวจวัดอุณหภูมิ และภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ

อุณหภูมิที่ได้จากการตรวจวัด (ภาค Temperature Sensor) (° C)	ค่าแรงดันที่ขา Vin High (V)	อุณหภูมิที่ได้ (Temperature Set) (° C)	ค่าแรงดันที่ขา Vin High (V)
30.0	3.032	30.0	3.032
31.0	3.042	31.0	3.042
32.0	3.052	32.0	3.052
33.0	3.062	33.0	3.062
34.0	3.072	34.0	3.072
35.0	3.082	35.0	3.082
36.0	3.092	36.0	3.092
37.0	3.102	37.0	3.102
38.0	3.112	38.0	3.112
39.0	3.122	39.0	3.122
40.0	3.132	40.0	3.132
41.0	3.142	41.0	3.142

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่าค่าอุณหภูมิที่แสดงที่จอแสดงผลจะเปลี่ยนแปลง ความค่าของแรงดันที่ตกคร่อมตัวตรวจอุณหภูมิไอซี (LM335) และการปรับตั้งอุณหภูมิ (ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ) ที่จ่ายให้กับ ICA 7107 โดยที่มีการเปลี่ยนแปลง 10 mV/1° C

5.2 การทดสอบการใช้งานของเครื่อง (Functional Testing)

5.2.1 การทดลอง

การเปรียบเทียบอุณหภูมิของเครื่องที่ทำอุณหภูมิของเครื่องที่ทำอุณหภูมิในถังเก็บน้ำและอุณหภูมิที่ผ้าห่ม

จุดประสงค์การทดลอง

3. เพื่อทราบถึงอุณหภูมิในถังเก็บน้ำและอุณหภูมิที่สูญเสียไปเมื่อน้ำถูกไหลเวียนไปที่ผ้าห่ม
4. เพื่อนำค่าอุณหภูมิที่เครื่องได้จริงเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่ผ้าห่มนำไปปรับการแสดงผลของจอแสดงผล
5. เพื่อให้ผู้ใช้เครื่องทราบถึงอุณหภูมิที่ผู้ป่วยได้รับ

อุปกรณ์การทดลอง

1. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอท	1 อัน
2. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดแอลกอฮอล์	1 อัน
3. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดดิจิตอลมิเตอร์	1 เครื่อง
4. นาฬิกาจับเวลา	1 เรือน
5. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ	1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียปรับตั้งอุณหภูมิตามตารางการทดลองที่ 5.2.1 (ตารางที่ 5.11) นำเทอร์โมมิเตอร์ชนิดต่าง ๆ คือปรอท, แอลกอฮอล์, ดิจิตอล เทอร์โมมิเตอร์ วัดอุณหภูมิในถังเก็บน้ำ และที่ผ้าห่ม
2. สังเกตอุณหภูมิและบันทึกผลอุณหภูมิที่ได้
3. ปรับตั้งอุณหภูมิระดับต่าง ๆ ตามที่กำหนดในตารางการทดลองที่ 5.2.1 (ตารางที่ 5.11) และทำการทดลองวัดอุณหภูมิจนครบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.11 ค่าอุณหภูมิที่ ผ้าห่ม และถังเก็บน้ำ

อุณหภูมิที่ปรับตั้ง (° C)	อุณหภูมิที่ Reservoir(° C)			อุณหภูมิเฉลี่ย (° C)	อุณหภูมิที่Blanket(° C)			อุณหภูมิเฉลี่ย (° C)
	ปรอท	แอลกอฮอล์	Digital		ปรอท	แอลกอฮอล์	Digital	
30	30.2	30.5	30.4	30.4	30.0	30.0	29.9	30.0
31	31.2	31.4	31.3	31.0	31.0	31.0	31.2	31.0
32	32.0	32.5	32.4	32.2	32.2	32.0	32.4	32.2
33	33.0	33.5	33.5	33.5	33.5	33.0	32.5	33.0
34	36.0	36.5	36.4	36.3	34.0	34.2	34.3	34.2
35	37.5	37.8	37.7	37.7	35.0	35.0	35.0	35.0
36	38.8	39.0	38.9	38.9	36.5	36.0	36.2	36.2
37	39.8	40.0	39.9	39.9	37.0	37.6	37.4	38.3
38	41.3	41.6	41.5	41.5	38.5	38.2	38.0	38.2
39	42.5	42.8	42.6	42.6	39.0	39.2	38.9	39.0
40	43.5	43.2	43.1	43.3	40.1	40.0	40.3	40.1
41	44.4	44.6	44.8	44.6	41.2	41.3	41.0	41.1

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่าอุณหภูมิที่ได้จากการตรวจวัดที่ผ้าห่มและอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บน้ำ จะมีค่าต่างกันอยู่ประมาณ 2.1° C ซึ่งแสดงว่าค่าอุณหภูมิที่ให้กับผู้ป่วย(อุณหภูมิที่ผ้าห่ม) จะมีค่าต่างกันกับอุณหภูมิที่เครื่องต้องทำจริงที่ถังเก็บน้ำ โดยจะมีอุณหภูมิที่ถังเก็บน้ำมากกว่าอุณหภูมิของผ้าห่ม ประมาณ 2.1° C

5.2.2 การทดลอง

การเปรียบเทียบอุณหภูมิที่จอแสดง กับอุณหภูมิ ผ้าห่ม

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทราบถึงอุณหภูมิที่ผู้ป่วยได้รับจริงเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เครื่องแสดง
2. เพื่อทราบถึงความแม่นยำในการแสดงค่าอุณหภูมิของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์การทดลอง

1. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอท 1 อัน
2. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดแอลกอฮอล์ 1 อัน
3. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดดิจิตอลมิเตอร์ 1 เครื่อง
4. นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน
5. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ 1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียปรับตั้งอุณหภูมิตามตารางนำเทอร์โมมิเตอร์ชนิด ปรอท, แอลกอฮอล์และ ดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์ ที่กำหนดวัดอุณหภูมิที่ผ้าห่ม
2. สังเกตอุณหภูมิที่จอแสดงผลเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่วัดได้ผ้าห่ม
3. บันทึกค่าอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดต่าง ๆ ลงในตารางการทดลองที่ 5.2.2 (ตารางที่ 5.12)
4. ปรับตั้งอุณหภูมิระดับต่าง ๆ ตามที่กำหนดและทำการทดลองวัดอุณหภูมิจนครบ

ตารางที่ 5.12 แสดงค่าอุณหภูมิที่จอแสดงผลกับอุณหภูมิที่ผ้าห่ม

อุณหภูมิที่ปรับตั้ง (° C)	อุณหภูมิที่ Blanket (° C)			ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของ Blanket (° C)	อุณหภูมิที่แสดงที่ Display (° C)
	ปรอท	แอลกอฮอล์	Digital		
30	30.6	30.2	30.4	30.3	30.0
31	31.2	31.3	30.3	31.2	31.0
32	32.2	32.3	32.2	32.2	32.0
33	34.5	31.4	30.5	31.5	33.0
34	34.5	34.6	34.1	34.4	34.0
35	35.1	35.6	35.3	35.5	35.0
36	36.2	36.4	36.0	36.3	36.0
37	37.2	37.1	37.5	37.3	37.0
38	38.0	38.4	38.2	38.3	38.0
39	39.0	38.9	39.1	39.3	39.0
40	39.8	40.2	40.1	40.1	40.0
41	41.2	40.9	41.4	41.5	41.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะสังเกตเห็นว่าอุณหภูมิที่ได้จากผ้าห่ม มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้ (ที่แสดงในส่วนแสดงผล) แสดงว่าเครื่องสามารถตรวจวัดอุณหภูมิจากตัวตรวจวัดอุณหภูมิจากตัวตรวจวัดอุณหภูมิ (LM335) ของเครื่อง ได้ค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ผ้าห่มจึงสรุปได้ว่าเครื่องสามารถแสดงค่าของอุณหภูมิที่ได้จากการตรวจโดยเทอร์โมมิเตอร์ ชนิดปรอท แอลกอฮอล์ และดิจิตอล เทอร์โมมิเตอร์โดยมีความผิดพลาดไม่เกิน ±1.0° C เพราะอุณหภูมิที่ได้จากการตรวจจับอุณหภูมิ ของไอซี (LM335) จะถูกนำไปควบคุมการทำงานของเครื่องซึ่งแสดงว่าเครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมีย สามารถควบคุมอุณหภูมิโดยมีค่าความผิดพลาดของการทำงานไม่เกิน ±1.0° C

5.2.3 การทดลอง

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเมื่อเทียบกับเวลา

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทราบถึงความคงที่ของอุณหภูมิของเครื่องเมื่อใช้ไปเป็นระยะเวลานาน ๆ

อุปกรณ์การทดลอง

1. นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน
2. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ 1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมีย ที่ทำการศึกษาและออกแบบ
2. จับเวลาและบันทึกค่าอุณหภูมิที่เครื่องแสดงบนจอแสดงผลเป็นช่วงระยะเวลาที่กำหนด
3. ปรับตั้งอุณหภูมิระดับต่าง ๆ ตามที่กำหนดและทำการทดลองสังเกตค่าอุณหภูมิที่แสดงที่ปรากฏบนจอแสดงผล ช่วงระยะเวลาต่าง ๆ จนครบ

ตารางที่ 5.13 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกับเวลา

อุณหภูมิที่ปรับตั้ง (° C)	อุณหภูมิที่เวลาต่าง ๆ (นาที) (° C)											
	0	5	10	15	20	30	35	40	45	50	55	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30	28.0	28.5	29.0	30.0	30.2	32.4	33.5	33.0	32.7	32.1	31.7	31.4
33	28.0	30.2	31.4	32.8	34.9	34.9	35.7	35.2	34.6	34.3	33.9	33.8
35	28.0	31.2	32.7	33.8	35.1	36.7	37.6	38.4	39.8	38.1	37.5	37.2
36	28.0	31.4	32.8	34.3	36.0	37.1	38.0	38.9	39.3	38.5	38.2	37.7
37	28.0	31.8	33.0	35.2	37.0	37.9	38.7	38.4	38.2	37.7	37.6	37.5
38	28.0	32.0	33.4	35.8	37.7	38.5	39.6	38.6	38.6	38.3	38.6	38.5
39	28.0	32.6	35.2	38.4	39.3	40.2	39.8	39.6	39.5	39.4	39.2	39.7
40	28.0	32.6	36.2	38.5	40.6	40.9	41.2	41.3	41.2	41.1	40.9	40.8
41	28.0	32.6	35.8	38.5	39.5	41.3	41.9	41.8	41.6	41.7	41.7	41.3

อุณหภูมิที่ปรับตั้ง (° C)	อุณหภูมิที่เวลาต่างๆ (นาที) (° C)											ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้อง (° C)
	65	70	75	80	85	90	120	150	180	210	240	
30	30.9	30.6	30.7	30.6	30.5	30.2	30.1	29.9	29.8	30.2	30.5	30.5
33	33.7	33.5	33.2	33.0	32.6	32.8	33.0	33.4	33.5	33.1	32.7	31.2
35	36.2	35.8	35.4	35.6	35.5	35.2	34.8	34.9	35.3	35.4	35.2	30.7
36	37.3	37.2	36.8	36.6	36.4	36.2	35.5	35.8	36.4	36.2	36.0	30.8
37	37.2	37.9	37.8	37.7	37.6	37.3	36.8	37.4	37.6	36.4	36.9	31.5
38	38.6	38.2	38.4	37.8	38.4	38.1	38.2	37.8	37.9	38.2	38.4	31.6
39	39.5	38.8	39.6	39.5	39.2	39.1	39.6	38.7	39.2	38.6	39.5	31.7
40	40.7	40.4	40.1	40.5	39.8	40.7	40.6	40.2	40.5	40.2	33.8	31.8
41	40.9	40.8	41.2	41.5	41.6	41.4	41.2	41.6	41.2	40.7	40.5	31.0

- หมายเหตุ ทุกตารางการทดลองเริ่มต้นอุณหภูมิที่ 28.0° C

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อทำการปรับตั้งอุณหภูมิในช่วง 30.0-41.0° C อุณหภูมิที่ได้จากการทำงานของเครื่องในตอนแรกคือในช่วงเวลา 0 - 60 นาที จะมีการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้และจะค่อย ๆ ลดลงจนถึงอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้ โดยที่ทำการปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งอุณหภูมิที่อยู่ในช่วง 30.0-36.0° C จะใช้เวลาในการเพิ่มขึ้นและลดลงของอุณหภูมิที่ได้จากการทำงานของเครื่องมากกว่าการปรับตั้งอุณหภูมิในช่วง 37.0-40.0° C เนื่องจากอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้มีค่าใกล้เคียงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิของห้องจึงทำให้อุณหภูมิของเครื่องใช้เวลาในการลดลงนาน จึงสรุปได้ว่าก่อนจะใช้งานเครื่องในแต่ละครั้งจะต้องทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง หลังจากทำการปรับตั้งอุณหภูมิเรียบร้อยแล้ว

5.2.4 การทดลองการหาเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งอุณหภูมิของเครื่อง

5.2.4.1 การทดลอง

การเปลี่ยนแปลงของเวลาเมื่อทำการปรับตั้งอุณหภูมิให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 1° C

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทราบเวลาในการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิของเครื่องที่เพิ่มขึ้นครั้งละ 1° C

อุปกรณ์การทดลอง

1. นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน
2. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ 1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียเริ่มจับเวลาจนกว่าจะถึงอุณหภูมิที่กำหนด
2. ปรับตั้งอุณหภูมิให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 1° C บันทึกเวลาที่ใช้ไปในการเปลี่ยนอุณหภูมิเพิ่มขึ้นลงในการทดลองที่ 5.2.4.1 (ตารางที่ 5.14)
3. ทำการทดลองจนครบอุณหภูมิที่กำหนด

ตารางที่ 5.14 แสดงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพิ่มขึ้นครั้งละ 1.0° C

อุณหภูมิที่ปรับตั้ง (° C)	เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
28-30	5
30-31	5
31-32	5
32-33	5
33-34	3
34-35	3
35-36	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

36-37	4
37-38	3
38-39	2
39-40	4
40-41	2

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าในการปรับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นครั้งละ 1° C จะใช้เวลาในการเพิ่มอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันตั้งแต่อุณหภูมิ 30-41° C จะใช้เวลาประมาณ 2-5 นาที

5.2.4.2 การทดลอง

การเปลี่ยนแปลงของเวลาเมื่อทำการปรับตั้งอุณหภูมิให้ลดลงครั้งละ1.0° C

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทราบเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนอุณหภูมิของเครื่องลดลงทีละ 1.0° C

อุปกรณ์การทดลอง

1. นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน
2. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ 1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียปรับตั้งอุณหภูมิให้สูงสุด 41.0° C
2. ปรับตั้งอุณหภูมิให้ลดลงครั้งละ 1° C บันทึกเวลาที่ใช้ไปในการเปลี่ยนอุณหภูมิลดลงในตารางการทดลองที่ 5.2.4.2 (ตารางที่ 5.15)
3. ทำการทดลองจนครบอุณหภูมิที่กำหนด

ตารางที่ 5.15 แสดงเวลาที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิลดลงครั้งละ 1.0° C

อุณหภูมิที่ปรับตั้ง(° C)	เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนอุณหภูมิ(นาที)
41-40	5
40-39	10
39-38	15
38-37	24
37-36	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

36-35	45
35-34	50
34-33	60
33-32	80
32-31	100
31-30	120

หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 33.0° C -32.0° C , 32.0° C -31.0° C , 31.0° C -30.0° C ทำการทดลองตอนอุณหภูมิห้องเท่ากับ28.0° C -30.0° C

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อทำการปรับตั้งให้อุณหภูมิของเครื่องลดลงครั้งละ1.0° C เวลาที่ใช้ในการลดลงของอุณหภูมิจะไม่เท่ากัน โดยที่เมื่อทำการปรับตั้งให้อุณหภูมิลดลงต่ำจะทำให้ใช้เวลาในการลดอุณหภูมินานมากขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิของเครื่องที่ให้ปรับลดลงมีค่าใกล้เคียงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิห้องจึงทำให้อุณหภูมิลดลงได้ช้า และถ้าอุณหภูมิที่จะปรับตั้งให้ลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง เครื่องจะไม่สามารถลดอุณหภูมิลงได้

5.2.5 การทดลอง

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องขณะที่ทำการทดสอบโดยการใช้งานขณะที่มีผู้ถูกทดสอบนอนที่ ผ้าห่ม และไม่มีผู้ถูกทดสอบนอนที่ ผ้าห่ม

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทราบถึงความแตกต่างของเครื่องที่เปิดใช้งานขณะที่มีผู้ถูกทดสอบนอนบน ผ้าห่ม และไม่มีผู้ถูกทดสอบนอนบน ผ้าห่ม
2. เพื่อทราบถึงความคงที่ของอุณหภูมิของเครื่องขณะที่มีผู้ถูกทดสอบนอนบนผ้าห่ม และไม่มีผู้ถูกทดสอบนอนบนผ้าห่ม

อุปกรณ์การทดลอง

1. นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน
2. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ 1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมีย ปรับตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 37.0° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผู้ถูกทดสอบนอนบนผ้าห่ม สังเกตอุณหภูมิที่จอแสดงผล ในช่วงระยะต่าง ๆ ตามที่กำหนดบันทึกอุณหภูมิที่ได้ลงในตารางการทดลองที่ 5.2.5 (ตารางที่ 5.16)
3. ให้เครื่องทำงานโดยไม่มีผู้ถูกทดสอบนอนบนผ้าห่มสังเกตอุณหภูมิที่จอแสดงผล ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ตามที่กำหนดบันทึกผลอุณหภูมิที่ได้

ตารางที่ 5.16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิขณะที่มีผู้ถูกทดสอบนอนบนผ้าห่มและไม่มีผู้ถูกทดสอบนอนบนผ้าห่มที่อุณหภูมิ 37.0° C

เวลา(นาที)	อุณหภูมิของเครื่อง (° C)	
	ขณะมีผู้ถูกทดสอบ	ขณะไม่มีผู้ถูกทดสอบ
0	30.0	31.2
5	32.0	33.5
10	35.8	36.5
15	36.4	38.5
20	37.5	38.6
25	38.3	37.8
30	38.5	37.6
35	38.7	38.5
40	38.4	38.4
45	38.2	37.7
50	38.0	37.5
55	37.6	37.5
60	36.9	37.2
65	37.0	36.8
70	37.4	36.7
75	37.7	37.8
80	37.2	37.4
85	36.3	37.4
90	36.7	37.4
95	37.2	37.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100	37.5	37.9
105	37.7	38.0
110	38.0	37.7
115	37.2	37.5
120	37.2	37.8
125	36.5	36.9
130	36.9	36.6
135	37.1	37.5
140	37.4	36.9
145	36.8	36.8
150	36.7	36.7
155	37.3	37.0
160	37.2	37.5
165	37.2	37.7
170	37.0	37.4
175	37.5	36.7
180	36.5	36.8
185	36.7	37.5
191	37.7	37.2
195	37.8	37.1
200	37.5	37.0
205	37.8	37.4
210	37.4	37.7
215	37.2	36.6
220	37.3	37.3
225	37.5	37.5
230	37.4	37.1
245	37.7	37.2
250	37.0	36.6
255	36.9	36.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

260	36.8	37.1
360	37.7	37.1
480	37.3	37.5
600	37.1	36.9
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย(° C)	37.2	37.4

หมายเหตุ ผู้ถูกทำการทดสอบมีน้ำหนัก 60 กิโลกรัม

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยของเครื่องขณะที่เปิดใช้งานโดยมีผู้ถูกทดสอบและไม่มีผู้ถูกทดสอบบนผ้าห่ม มีค่าใกล้เคียงกันมาก

5.2.6 การทดลอง

การทดสอบใช้งานเครื่องขณะที่มีผู้ถูกทดสอบนอนบนผ้าห่ม โดยที่ผู้ถูกทดสอบมีน้ำหนักต่างกัน

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อทราบความแตกต่างของอุณหภูมิของเครื่องขณะที่มีผู้ถูกทดสอบนอนบน ผ้าห่มที่มีน้ำหนักต่าง กัน

อุปกรณ์การทดลอง

1. นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน
2. เครื่องอัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ 1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่องอัยเปอร์เทอร์เมียปรับตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 37.0° C
2. ผู้ถูกทดสอบน้ำหนัก 45 กิโลกรัมนอนบนผ้าห่ม สังเกตอุณหภูมิที่จอแสดงผล ในช่วงเวลาที่กำหนดบันทึกอุณหภูมิที่ได้ลงในตารางทดลองที่ 5.2.6 (ตารางที่ 5.17)
3. เปลี่ยนผู้ถูกทดสอบที่มีน้ำหนัก 60 กิโลกรัม และ 80 กิโลกรัม ตามลำดับ
4. สังเกตอุณหภูมิที่จอแสดงผล ตามระยะเวลาที่กำหนด บันทึกผลอุณหภูมิที่ได้ลงในตารางการทดลองที่ 5.2.6 (ตารางที่ 5.17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของผ้าห่มในขณะที่ผู้ถูกทดสอบนอนที่ผ้าห่ม น้ำหนักต่างกัน

เวลา(นาที)	อุณหภูมิของ Blanket เมื่อใช้กับผู้ถูกทดสอบที่มีน้ำหนักต่างกัน (° C)		
	45 ก.ก.	60 ก.ก.	80 ก.ก.
0	28.0	28.0	28.0
5	31.5	31.4	32.0
10	34.6	34.7	35.8
15	35.4	36.0	36.5
20	36.5	37.2	37.2
25	37.2	37.5	37.9
30	37.9	38.0	38.9
35	38.6	38.8	40.0
40	38.9	39.5	39.3
45	39.2	39.3	38.7
50	38.4	38.6	38.4
55	37.7	38.2	37.8
60	37.5	37.5	37.4
70	37.2	37.4	37.2
80	37.4	37.2	36.8
90	37.8	37.0	36.7
100	37.8	36.8	37.6
120	37.5	37.6	37.3
150	37.4	37.2	36.9
180	36.9	37.2	37.1

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิเฉลี่ยจากการทำงานของเครื่องที่ ผ้าห่มจะเห็นได้ว่ามีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างกันที่น้ำหนักของผู้ทำการทดสอบนอนบนผ้าห่มและค่าของอุณหภูมิจะมีค่าใกล้เคียงอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ปรับตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.7 การทดลอง

การทดลองใช้เครื่องขณะที่มีโหลดอุณหภูมิคงที่อยู่ที่ผ้าห่ม

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทราบการทำงานของเครื่องขณะที่มีโหลดอุณหภูมิคงที่วางอยู่ที่ ผ้าห่ม
2. เพื่อทราบความคงที่ของอุณหภูมิที่เครื่องสามารถรักษาได้ขณะที่มีโหลดอุณหภูมิคงที่วางอยู่ที่ผ้าห่ม

อุปกรณ์การทดลอง

1. เทอร์โมมิเตอร์สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิ 1 เครื่อง
2. น้ำอุ่นอุณหภูมิ 35.0° C พร้อมภาชนะบรรจุ 1 แก้ว
3. นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน
4. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ 1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

1. ให้อุณหภูมิของน้ำในถังเก็บน้ำเท่ากัน
2. เปิดเครื่อง ฮัยเปอร์เทอร์เมียทำการปรับตั้งอุณหภูมิไปที่ 37.0° C
3. นำน้ำอุ่นอุณหภูมิ 35.0° C ที่เตรียมบรรจุภาชนะว่างที่บนผ้าห่มและเปลี่ยนน้ำอยู่ตลอดเวลาเมื่ออุณหภูมิของน้ำต่างจากค่า 35.0° C มาก ๆ
4. บันทึกค่าของอุณหภูมิลงในตารางตามเวลาที่กำหนดไว้ในตารางการทดลองที่ 5.2.7 (ตารางที่ 5.18)

ตารางที่ 5.18 แสดงค่าของอุณหภูมิของผ้าห่ม ที่จอแสดงผลขณะที่มีโหลดอุณหภูมิคงที่วางอยู่ที่บนผ้าห่ม

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของ Blanket ที่จอแสดงผล (° C)
0	28.0
5	30.5
10	32.3
15	34.1
20	35.7
25	37.8
30	38.6
35	39.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40	39.0
45	38.7
50	38.4
55	37.9
60	37.4
65	37.1
70	36.8
80	37.0
90	37.4
120	37.6
150	37.3
180	36.8
240	36.7
360	37.5

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่าเมื่อนำเอาโหลดที่มีอุณหภูมิคงที่ตลอดที่อุณหภูมิ 33.0° C มาวางไว้ที่บนผ้าห่ม เมื่อบันทึกค่าอุณหภูมิเทียบระดับเวลาเปลี่ยนไปจะทราบว่าอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่ทำการปรับตั้งไว้ตลอดเวลาหลังจากผ่านช่วงเวลาการอุ่นเครื่องแล้วแสดงว่าเครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียสามารถที่จะควบคุมอุณหภูมิได้มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิได้มีขณะที่มีโหลดอุณหภูมิคงที่หรือ (ในที่นี้ 35.0° C)

5.2.8 การทดลอง

การทดสอบอัตราการไหลของน้ำ

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทราบอัตราการไหลเวียนของน้ำ
2. เพื่อทราบความเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลของน้ำเมื่อมีผู้นอนบนผ้าห่มน้ำหนักต่าง ๆ

อุปกรณ์การทดลอง

1. บีกเกอร์สำหรับวัดปริมาตรของน้ำ 1000 ml	1 อัน
2. นาฬิกาสำหรับจดเวลา	1 แก้ว
3. เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียที่ทำการศึกษาและออกแบบ	1 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. ถอด จั้มเปอร์ออกเพื่อตัดการทำงานของ ตัวทำความร้อน
2. จัดเครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียและ ผ้าห่มให้อยู่ใช้ระบบเดียวกัน
3. เปิดเครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมียขณะที่ปั๊มป์น้ำทำการไหลเวียนน้ำนำให้ปลดข้อต่อที่น้ำจากผ้าห่ม เข้าสู่กับน้ำออก ปล่อยน้ำลงในอีเกร็ง ที่เตรียมไว้ ทำการจับเวลาขณะที่น้ำเริ่มไหลเข้าสู่บีกเกอร์เมื่อน้ำได้ปริมาตร 1000 ml การทดลองที่ 5.2.8 (ตารางที่ 5.19) บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางคำนวณค่าอัตราการไหลเวียนของค่าให้ได้หน่วย ลิตร/ นาที
4. ปิดสวิทซ์ เพาว์เวอร์ของเครื่องต่อข้อต่อเข้าที่เดิม
5. ทำการทดลองซ้ำข้อ 2 ถึง 5 ข้อแต่เปลี่ยนให้มีผู้ถูกทดสอบนอนบนผ้าห่มน้ำหนัก45,60 และ 80 กิโลกรัม ตามลำดับบันทึกค่าลงในตารางการทดลองที่ 5.2.8 (ตารางที่ 5.19)

ตารางที่ 5.19 แสดงอัตราการไหลเวียนของน้ำของเครื่องที่สภาวะต่าง ๆ

น้ำหนักของผู้ถูกทดสอบนอนบน Blanket (กิโลกรัม)	อัตราการไหลเวียนของน้ำ (ลิตร/นาที)
ไม่มีผู้ถูกทดสอบนอนบน Blanket	60
45	60
60	58
80	55

สรุปผลการทดลอง

จากอัตราไหลของน้ำจะเห็นได้ว่าเมื่อมีผู้ถูกทดสอบน้ำหนักต่างกันนอนบนผ้าห่มจะทำให้อัตราการไหลเวียนของน้ำเปลี่ยนแปลงน้อยมากซึ่งอยู่ในช่วงที่มีต่างกับค่าของอัตราการไหลของน้ำขณะที่ไม่มีผู้ถูกทดสอบนอนบนผ้าห่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การใช้งาน

6.1 การเปรียบเทียบแรงดันส่วนต่าง ๆ ของวงจร (Caribration Testing)

6.1.1 การปรับตั้งแรงดันที่ตกคร่อมไอซีLM 335

วัดแรงดันที่ตกคร่อมขา 1 กับขา 2 ของ IC LM335 ทำการปรับค่าความต้านทานที่ตัวต้านทาน VR1 10K โดยที่ให้อุณหภูมิ IC LM335 เป็น 25° C จะได้แรงดันตกคร่อมที่ตัว IC LM335 เป็น 2.982 V

6.1.2 การปรับตั้งภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ (Temperature Set)

ตรวจวัดแรงดันที่ขา 3 ของ IC 2A LM336 ต้องได้แรงดันเป็น 2.5.V เพราะนำมาเป็นแรงดันอ้างอิง Vref ให้ทำการปรับตั้งภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิปรับค่าความต้านทาน VR4 2K ให้ลดลงต่ำสุด (หมุนทวนเข็มนาฬิกา) จะได้แรงดันที่ขา 7 ของ IC 2B LM358 เป็น 2.992 V (ได้อุณหภูมิต่ำสุดที่ทำการปรับตั้งได้ 26.0° C) ปรับความต้านทาน VR4 2K ให้สูงสุด (หมุนปรับตามเข็มนาฬิกา) จะได้แรงดันที่ขา 7 IC 2B LM358 เป็น 3.142 V (ได้อุณหภูมิสูงสุดที่ทำการปรับตั้งได้ 41.0° C) เพื่อจ่ายให้กับภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์

6.1.3 การปรับตั้งภาควงจรอินสตรูเมนท์เตชัน แอมป์ปลิฟายเออร์

ถอดตัวทำความร้อนออกไปเพื่อไม่ให้ทำงาน ให้อุณหภูมิที่ตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี LM335 เท่ากับ3 4.0° C จะได้แรงดันตกคร่อมที่ขา 5 IC 1B LM358 เป็น 3.072V ปรับตั้งอุณหภูมิที่ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ (VR4 2K) ให้ได้อุณหภูมิ 38.0° C จะมีแรงดันตกคร่อมที่ขา 3 ของ IC 3A LM358 เท่ากับแรงดันที่ขา 5 IC 1B LM358 เป็น 3.072 V วัดแรงดันที่ตกคร่อมขา 7 ของ IC 3B LM358 ปรับค่าความต้านทานตัว VR2 2K ให้ได้แรงดันที่ขา 7 ของ IC 3B LM358 เป็น 0 V หรือใกล้เคียงมากที่สุดทำการตรวจสอบโดยทำการปรับค่าความต้านทาน VR4 2K ที่ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ ให้เท่ากับอุณหภูมิที่ตำแหน่ง ตัวตรวจวัดอุณหภูมิจะได้แรงดันที่ขา 3 ของ IC 1A LM358 มีค่าเท่ากับ 4.20 V

จาก V_o $=[1+(2 \times R4)/(R5+VR2)] \times [R3/R2] \times [V\ sensor-V\ set]$

$=[1+[(2 \times 10K)/(100+2K)]] \times [100K/10K] \times [40\ mV]$

$=4.20V$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือทำการทดสอบโดยการปรับค่าความต้านทาน VR4 2K ภาควงจรปรับตั้งอุณหภูมิ ให้มีแรงดันตกคร่อมที่ ขา 3 IC 3A LM358 มีค่าเป็น –4.20 V

จาก Vo =-[1+[2 x R4/R5+VR2]] x [R8/R7] x [V set-V sen]

=-[1+[2 x 10K/100+2K]] x [10K] x [10K] x [40mV]

=-4.20V

6.1.4 การปรับตั้งภาควงจรพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล (Proportional Control)

ทำการวัดรูปคลื่นที่ขา 5 จะได้สัญญาณที่มีลักษณะเป็นรูปคลื่นพลัสซ์ ซึ่งจะมีค่าแอมป์ปลิจูด (Amplitude) ของสัญญาณประมาณ 0.7 V วัดรูปคลื่นที่ขา 11 จะได้แรงดันไฟตรง DC 4.2 V ขณะที่อุณหภูมิที่ได้จากการตรวจวัดอุณหภูมิตามค่าอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้ 4° C วัดรูปคลื่นที่ขา 10 จะได้สัญญาณแรมป์ ที่ขา 10 มี แอมป์ปลิจูด สูงสุดไม่เกิน 4.2 V หรือใกล้เคียง วัดรูปคลื่นที่ขา 14 และ15 จะได้รูปคลื่นเปลี่ยนแปลงตามแรงดันที่ขา 11 ของ IC TCA 785

6.1.5 การปรับตั้งภาคแสดงผล (Display)

ทำการปรับค่าความต้านทานที่ VR5 5K ให้ได้แรงดันที่ขา 1 ของ IC 4A LM358 เท่ากับ 2.732 V ซึ่งจะเป็น Vin Low ให้กับ IC 7107 ที่ขา 30 ทำการปรับค่าความต้านทานที่ VR1 ของ ภาควงจรแสดงผล ให้ LED 7 Segment แสดงผลเท่ากับ 37.0° C ให้อุณหภูมิที่ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ ไอซี (LM335) ที่อุณหภูมิ 37.0° C เปลี่ยนตำแหน่ง Switch S2 ที่ทำการเลือกการแสดงค่าของ อุณหภูมิที่ Display ไปที่ ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ อ่านค่าอุณหภูมิได้เท่ากับ 37.0° C วัดแรงดันที่ขา Vin High (ขา 31)ของ IC 7107 เป็น 3.102 V

6.1.6 การปรับตั้งภาควงจรเตือน (Alarm)

วัดแรงดันอ้างอิงด้านสูง Vref High ที่ขา 6 ของ IC 5B LM358 ทำการปรับค่าความต้านทาน VR9 ให้ได้แรงดันที่ขา 6 ของ IC 5B LM358 เป็น 3.152 V (High Temperature Alarm =42.0° C) วัดแรงดันอ้างอิงด้านต่ำ Vref Low ที่ขา 3 ของ IC 6A LM358 ทำการปรับค่าความต้านทาน VR8 ให้ได้แรงดันที่ขา 3 ของ IC 6A LM358 เป็น 3.052 V

วัดแรงดันอ้างอิง Vref ที่ขา 6 ของ IC 6B LM 358 ปรับความต้านทานของ VR7 ให้ได้แรงดันที่ขา 6 ของ IC 6B LM358 เป็น 3.152 V นำตัวตรวจวัดอุณหภูมิไปวัดอุณหภูมิที่มากกว่า42.0° C จะต้องเกิดการเตือนการแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิสูงเกินค่าที่กำหนดขึ้นในภาวะของ High Temperature Alarm ทำอุณหภูมิที่ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ ให้ต่ำกว่า 32.0° C ค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิขึ้นจนถึง 32.0° C จะได้แรงดันที่ขา 7 IC 6B LM358 เป็น 12 V จะมีแรงดันตกคร่อมขาเกทของ SCR 12 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ รีเลย์ 1 เปลี่ยนตำแหน่งหน้าสัมผัสมาที่ NO ให้อุณหภูมิที่ตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี LM335 ลดต่ำกว่า 30.0° C จะทำให้เกิดการเตือนขึ้นในส่วนของวงจร Low Temperature Alarm

6.1.7 การปรับตั้งภาควงจรตรวจจับอุณหภูมิสูง (Overheat Detector)

เมื่ออุณหภูมิที่ได้จากการตรวจวัดอุณหภูมิสูงกว่า42.0° C แรงดันที่ขา 1 ของ IC 5A LM358 จะมีค่าเป็น +12 V รีเลย์ 2 จะเปลี่ยนตำแหน่งหน้าสัมผัสมาที่ตำแหน่ง NO ทำให้ตัวทำความร้อนไม่สามารถทำงานได้ ปรับค่าความต้านทาน VR7 20K ให้ได้แรงดัน 3.052 V (32.0° C) เมื่ออุณหภูมิของเครื่องต่ำกว่า 32.0° C ที่ขา 7 ของ IC 6B LM358 เป็นแรงดันลบ –12 V SCR Q3 ไม่นำกระแส รีเลย์ 2 อยู่ในสภาวะ NO ซึ่งบัซเซอร์ และ แอล อี ดี แสดงสภาวะ Low Alarm ต่อผ่านขา NC ลงกราวด์ ทำให้ไม่เกิดการเตือนเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 32.0° C แรงดันที่ขา 7 ของ IC 6B LM358 เป็นแรงดัน +12 SCR Q3 นำกระแสทำให้รีเลย์ 2 อยู่ในสภาวะ NC ทำให้เกิดการเตือนได้เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 42.0° C และลดลงต่ำกว่า 30.0° C

6.2 การใช้เครื่องฮัยเปอร์เทอร์เมีย (Hyperthermia)

1. ตรวจดูระดับน้ำภายในถังเก็บน้ำ เติมให้อยู่ในระดับที่กำหนดเอาไว้ถ้าระดับน้ำต่ำกว่าที่กำหนดโดยการเปิดฝาส่วนบนของตัวเครื่องเติมน้ำให้ได้ระดับ

2. ต่อข้อต่อสายผ้าห่มเข้าที่ข้อต่อที่อยู่ด้านหน้าของเครื่องทั้งสองเส้นให้เรียบร้อย

3 . จัดผ้าห่มให้อยู่ในแนวระนาบพร้อมใช้งาน

4. เปิดสวิทช์ ไปที่ตำแหน่ง ON ที่ด้านหลังเครื่องในขณะที่ปั๊มป์ยังไม่ทำงาน

5. ปรับสวิทช์ให้อยู่ในตำแหน่งของ Set และหมุน Volume จนกระทั่งจอแสดงผล แสดงค่าอุณหภูมิที่ต้องการ

6. ปรับสวิทช์ให้อยู่ในตำแหน่งของ Sensor เครื่องจะเริ่มทำอุณหภูมิให้ได้เท่ากับที่ปรับตั้งเอาไว้และเครื่องจะรักษาระดับอุณหภูมิเท่ากับที่ปรับตั้งไว้ตลอดเวลาการใช้งาน

7. ปรับสวิทช์ปั๊มป์ให้อยู่ในตำแหน่ง Start เพื่อให้ปั๊มป์เริ่มทำงาน น้ำก็จะเริ่มไหลวนเข้าไปในผ้าห่ม

8. ในขณะที่เครื่องทำงานจะมีไฟแสดงสภาวะการทำงานของ Heater ให้เห็น

9. ถ้าเกิดการเตือน Alarm ขึ้นจะมีไฟแสดงสภาวะ Low Temperature Alarm หรือ High Temperature Alarm และมีเสียงเตือน Alarm จากบัซเซอร์สามารถทำการปิดสวิทช์เพื่อไม่ให้มีเสียงจากการเตือนได้

10 การเกิด สภาวะ Low Temperature Alarm (อุณหภูมิต่ำกว่า 30.0° C) ให้ทำการปิดสวิทช์ การทำงานของเครื่องโดยทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ถ้าเกิดสภาวะ High Temperature Alarm (อุณหภูมิสูงกว่า 42.0° C) ให้ทำการปิดสวิทช์การทำงานของเครื่อง ทิ้งเครื่องไว้ระยะหนึ่งจนแน่ใจว่าอุณหภูมิลดลงต่ำแล้วจึงเริ่มใช้งานได้อีกครั้ง ถ้าเครื่องยัง แสดงสภาวะการเตือนอยู่ให้ตรวจสอบทันที
12 เมื่อต้องการเลิกใช้งานเครื่องให้ปิด Switch Power ไปที่ตำแหน่ง OFF ที่ด้านหลังเครื่อง
13 ถอดข้อต่อสายผ้าห่มออกทิ้งให้ผ้าห่มเย็นลงจึงค่อยเก็บเข้าที่ (จะเทน้ำในผ้าห่มออกหรือ
ไม่ตามสะดวก ข้อต่อของผ้าห่มจะมีระบบการปิดกั้นน้ำเมื่อทำการถอดออกจากส่วนของตัวเครื่อง)

6.3 ข้อปฏิบัติ

- ควรตรวจดูระดับน้ำให้อยู่ในระดับที่กำหนดก่อนการใช้เครื่องทุกครั้ง
- ก่อนใช้งานเครื่องต้องทำการอุ่นเครื่อง (Warm) ก่อนอย่างน้อย 1 ชั่วโมง (หลังจากการปรับอุณหภูมิตามที่ต้องการใช้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
อภิปรายผล ข้อเสนอแนะและสรุป

7.1 อภิปรายผล

ในการออกแบบและสร้างเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนฮัยเปอร์เทอร์เมีย (Hyperthermia) ได้นำหลักการของการควบคุมอุณหภูมิของวงจรพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล (Proportional control) มาใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องหลังจากที่ได้ศึกษาและทำการทดลองการทำงานของ วงจรพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล และ ได้ทำการศึกษาการทำงานของเครื่องฮัยโป/ฮัยเปอร์เทอร์เมีย (Hypo/ Hyperthermia) ของบริษัท GAYMAR จึงได้ทำการออกแบบและสร้างส่วนของวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องให้สามารถรักษาระดับอุณหภูมิได้ตามที่ทำการปรับตั้งไว้โดยที่จะใช้น้ำเป็นสื่อในการทำอุณหภูมิขจากเครื่องไปสู่ผ้าห่มเพื่อจะนำอุณหภูมิที่ปรับตั้งไว้ไปสู่ผู้ป่วยได้ โดยการให้น้ำมีการไหลเวียนอยู่ตลอดเวลาจากการทำงานของปั๊มป์โดยการให้ผู้ป่วยนอนทับผ้าห่มหรือทำการห่ม จากการทดลองการใช้งานของเครื่องจะเห็นได้ว่าเครื่องสามารถที่จะปรับอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการคือช่วง 30.0° C - 40.0° C โดยที่อุณหภูมิที่ให้กับผู้ป่วยจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้ทำการปรับตั้งไว้ คือ จะมีความผิดพลาดของการควบคุมอุณหภูมิ ±1.0° C แต่ยังมีปัญหาในส่วนของการทำงานในเวลาเริ่มต้นขณะเปิดเครื่องใช้งานตอนแรกคือ เมื่อทำการปรับตั้งอุณหภูมิไว้แล้วเครื่องจะทำงานโดยให้อุณหภูมิสูงกว่าที่ตั้งไว้และใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อจะทำให้อุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนที่สะสมในน้ำและอุณหภูมิของห้องมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งจึงทำให้อุณหภูมิของเครื่องลดลงช้าจึงเป็นข้อสรุปให้ทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้ในตอนแรกหลังจากทำการปรับตั้งอุณหภูมิไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง ในส่วนของการติดตำแหน่งตัวตรวจวัดอุณหภูมิไอซี LM335 จะติดไว้ที่ผ้าห่มเพื่อให้ได้อุณหภูมิเท่ากับหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ผู้ป่วยได้รับมากที่สุดซึ่งสามารถควบคุมให้เครื่องทำงานได้แม่นยำมากขึ้นซึ่งอาจจะดูไม่ค่อยเหมาะสมในส่วนของการออกแบบโครงสร้างของเครื่องในเรื่องของความสวยงามแต่ก็เป็นตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิที่ผู้ป่วยได้รับใกล้เคียงกับอุณหภูมิจริงมากที่สุด แต่ถึงอย่างไรก็ตามก็คือว่าเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนได้ผลในการทำงานเป็นที่น่าพอใจสามารถควบคุมอุณหภูมิได้อยู่ในช่วงที่ร่างกายยอมรับ จึงถือว่าเครื่องนี้ได้ประสบความสำเร็จในการสร้างและออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองการใช้งานของเครื่องจึงสรุปข้อเสนอแนะได้ดังนี้

1. ควรจะออกแบบให้วงจรควบคุมการทำงานเครื่องจะสามารถที่จะควบคุมให้อุณหภูมิให้อุณหภูมิของเครื่องได้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้มากที่สุด
2. ควรออกแบบในการควบคุมการทำงานของเครื่องเพื่อให้อุณหภูมิของผ้าห่มใช้เวลาในการลดอุณหภูมิได้น้อยที่สุด ในขณะที่ทำการปรับตั้งเครื่องให้ลดอุณหภูมิลงโดยการใช้พัดลมระบายอากาศบริเวณถังเก็บน้ำ
3. การเลือกใช้ปั๊มป์ที่ทำหน้าที่ไหลเวียนน้ำจากถังเก็บน้ำไปสู่ผ้าห่มและนำน้ำจากผ้าห่มเข้าสู่ถังเก็บน้ำ ควรเป็นปั๊มป์ที่มีกำลังในการไหลเวียนน้ำมากกว่านี้ เพราะทำให้สามารถวางตำแหน่งของผ้าห่มสูงกว่าตำแหน่งของตัวเครื่องได้หลายระดับและจะทำให้อุณหภูมิของน้ำลดลงได้เร็วกว่าเดิมเมื่อทำการปรับตั้งให้เครื่องลดอุณหภูมิลง
4. จากการออกแบบวงจรของเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อนนั้น ยังสามารถนำไปประยุกต์ทำเป็น เครื่องตู้อบทารกป่วย (Infant Incubator) , เครื่องส่องทารกตัวเหลือง (Radaint warmer) ได้

ดังนั้นจึงเห็นว่าหากจะมีการสร้างและออกแบบเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อน (Hyperthermia) ต่อไปควรจะคำนึงถึงข้อเสนอแนะที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ด้วย

7.3 สรุป

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อน (Hyperthermia) และได้ทำการทดลองให้เครื่องซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการและอยู่ในช่วงที่สามารถใช้งานได้โดยมีความผิดพลาดในการควบคุมอุณหภูมิ ±1.0° C และได้ใช้งบประมาณในการสร้างเครื่องไม่สูงมากนักตามที่กำหนดไว้แต่แรก

จึงถือได้ว่าการออกแบบและการสร้างเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อน (Hyperthermia) ได้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1.ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , คู่มือนักอิเล็คทรอนิกส์ . กรุงเทพมหานคร : หจก. เอช.เอ็น การพิมพ์ , 2538.

2. ชูศักดิ์ เวชแพศน์ , การจัดหา การบำรุงรักษา หลักการซ่อมอุปกรณ์การแพทย์และโปรแกรมความปลอดภัยในโรงพยาบาล . กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยมหิดล, 2524.

3. ชูศักดิ์ เวชแพศน์ , สมศรี ดาวฉาย , วัสดุทางการแพทย์และอวัยวะเทียม . กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยมหิดล , 2532.

4. เรณู กวยอะไพ , สมศรี ดาวฉาย , วิชาอุปกรณ์การแพทย์สำหรับหอผู้ป่วยหนัก I.C.U. Instrumentation . กรุงเทพมหานคร : สวัสดีการพิมพ์ , 2540

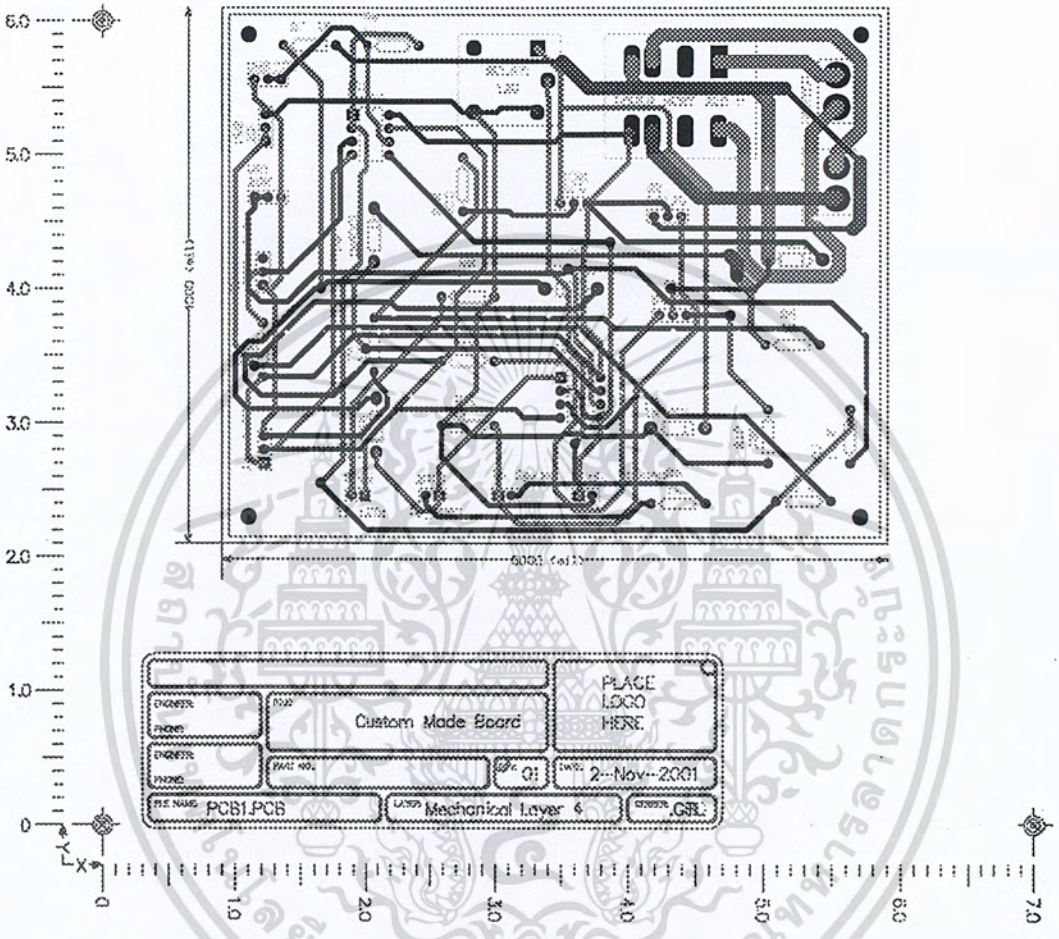
5. วิโรจน์ อัศวรังสี และคณะ , การใช้งานออปแอมป์และลิเนียร์ไอซี . กรุงเทพมหานคร : บริษัท เอช.เอ็น.กรุ๊ป จำกัด , 2536.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

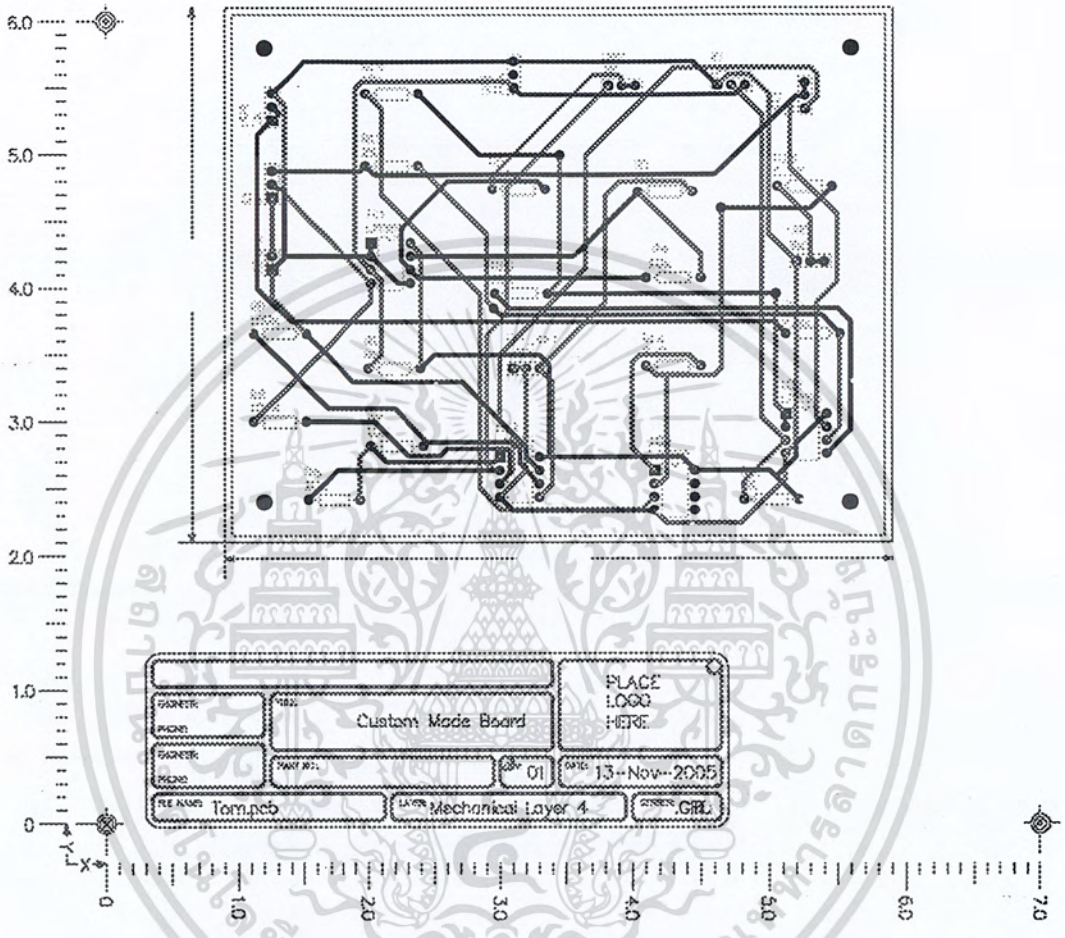
แสดงรูป การออกแบบลายวงจร แต่ละภาค ของเครื่องปรับอุณหภูมิผู้ป่วยด้วยความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 แสดงลายวงจร ของวงจรแสดงสภาวะเตือนเมื่ออุณหภูมิ สูง/ต่ำ
(HIGH/LOW Temperature Alarm)

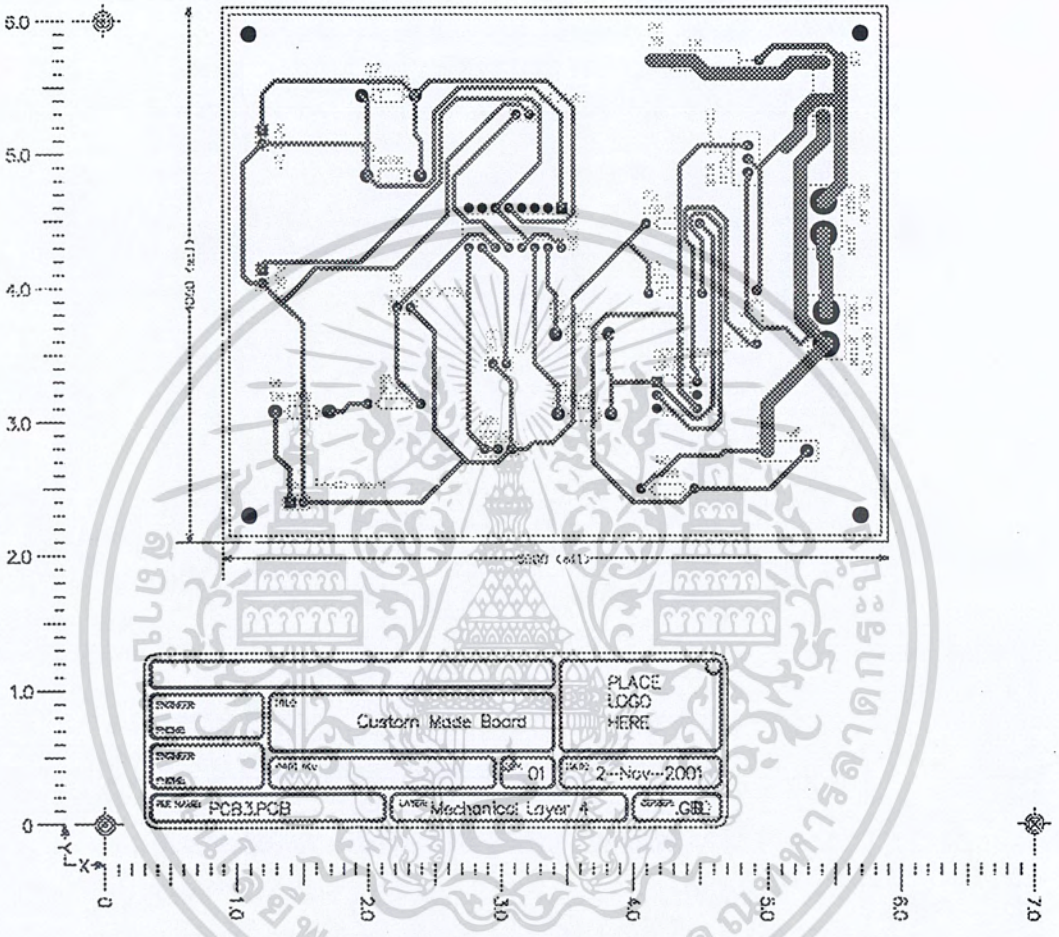
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 แสดงลายวงจร ของวงจรอินสตรูเมนท์เตชัน คอนโทรล

(Instrumentation Amplifier)

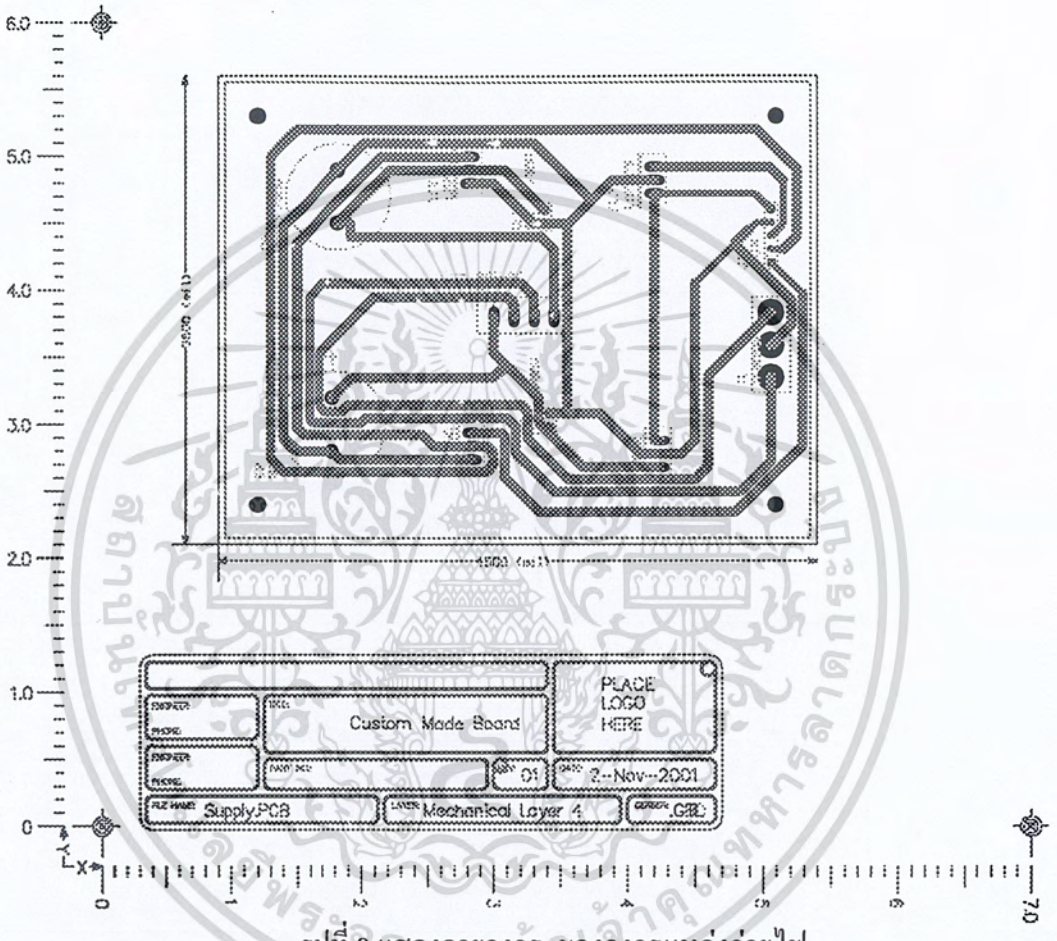
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 แสดงลายวงจร ของวงจรภาคพรอพพอร์ชันนัล คอนโทรล

(Proportional Control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 แสดงลายวงจร ของวงจรแหล่งจ่ายไฟ

(Power Supply)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

คู่มือการใช้งาน ไอ ซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM2904,LM358/LM358A

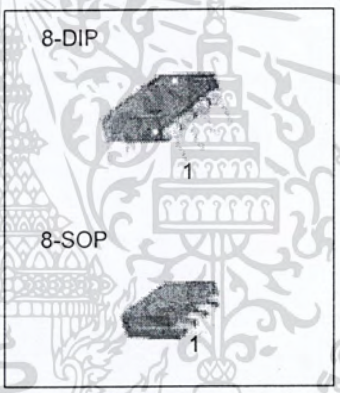
Dual Operational Amplifier

Features

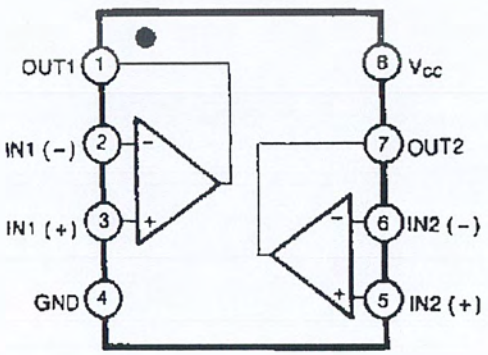
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain: 100dB
- Wide power supply range:
  LM358/LM358A: 3V~32V (or ±1.5V~16V)
  LM2904 : 3V~26V (or ±1.5V~13V)
- Input common-mode voltage range Includes ground
- Large output voltage swing: 0V DC to Vcc - 1.5V DC
- Power drain suitable for battery operation.

Description

The LM2904,LM358/LM358A consist of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltage. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power Supply voltage. Application areas include transducer amplifier, DC gain blocks and all the conventional OP amp circuits which now can be easily implemented in single power Supply systems.



Internal Block Diagram



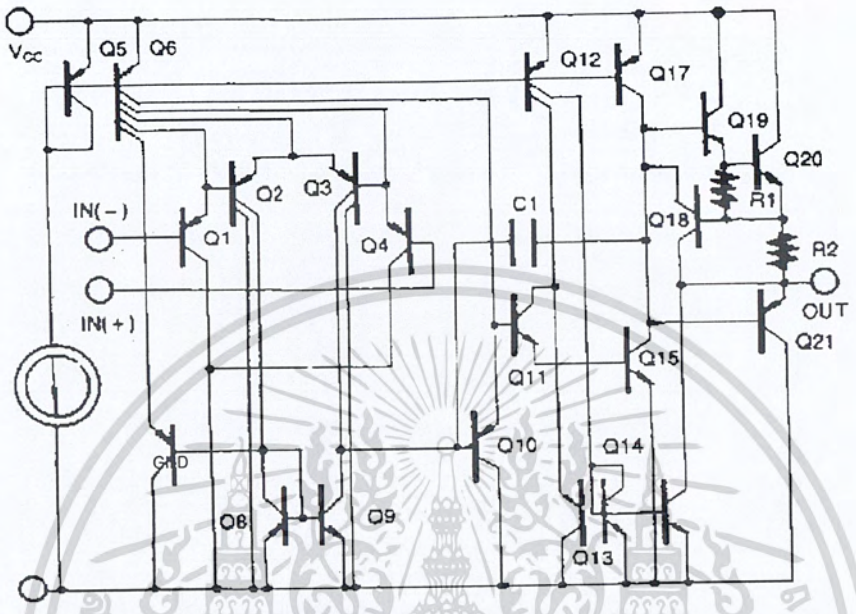
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

©2000 Fairchild Semiconductor International

ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic Diagram

(One section only)



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	LM358/LM358A	LM2904	Unit
Supply Voltage	V_{CC}	±16 or 32	±13 or 26	V
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	32	26	V
Input Voltage	V_I	-0.3 to +32	-0.3 to +26	V
Output Short Circuit to GND $V_{CC} \leq V$, T_A = 25 °C(One Amp)	-	Continuous	Continuous	-
Operating Temperature Range	T_{OPR}	0 ~ + 70	-40 ~ + 85	°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 ~ + 150	-65 ~ + 150	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics

(V_{CC} = 5.0V, V_{EE} = GND, T = 25 °C, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM358			LM2904			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	V_{IO}	V_{CM} = 0V to V_{CC} -1.5V $V_{O(P)}$ = 1.4V, R_S = 0Ω	-	2.9	7.0	-	2.9	7.0	mV
Input Offset Current	I_{IO}	-	-	5	50	-	5	50	nA
Input Bias Current	I_{BIAS}	-	-	45	250	-	45	250	nA
Input Voltage Range	$V_{I(R)}$	V_{CC} = 30V (LM2904, V_{CC} = 26V)	0	-	Vcc-1.5	0	-	Vcc-1.5	V
Supply Current	I_{CC}	R_L = ∞, V_{CC} = 30V (LM2902, V_{CC} = 26V)	-	0.8	2.0	-	0.8	2.0	mA
		R_L = ∞,over full temperature range	-	0.5	1.2	-	0.5	1.2	mA
Large Signal Voltage Gain	G_V	V_{CC} = 15V, R_L≥2KΩ $V_{O(P)}$ = 1V to 11V	25	100	-	25	100	-	V/mV
Output Voltage Swing	$V_{O(H)}$	V_{CC} = 30V R_L = 2KΩ	26	-	-	22	-	-	V
		V_{CC} = 26V R_L = 10KΩ for 2904	27	28	-	23	24	-	V
	$V_{O(L)}$	V_{CC} = 5V, R_L≥10KΩ	-	5	20		5	100	mV
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	-	65	80	-	50	80	-	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	-	65	100	-	50	100	-	dB
Channel Separation	CS	f = 1KHz to 20KHz	-	120	-	-	120	-	dB
Short Circuit to GND	I_{SC}	-	-	40	60	-	40	60	mA
Output Current	I_{SOURCE}	$V_{I(+)}$ = 1V, $V_{I(-)}$ = 0V V_{CC} = 15V, $V_{O(P)}$ = 2V	10	30	-	10	30	-	mA
	I_{SINK}	$V_{I(+)}$ = 0V, $V_{I(-)}$ = 1V V_{CC} = 15V, $V_{O(P)}$ = 2V	10	15	-	10	15	-	mA
		$V_{I(+)}$ = 0V, $V_{I(-)}$ = 1V V_{CC} = 15V; $V_{O(P)}$ = 200mA	12	100	-	-	-	-	µA
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	-	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics

(V_{CC}=5.0V, V_{EE}=GND, unless otherwise specified)
The following specification apply over the range of 0 °C ≤ T_A ≤ + 70 °C for the LM358 ; and the -40 °C ≤ T_A ≤ +85°Cfor the LM2904

Parameter	Symbol	Conditions	LM358			LM2904			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	V_{IO}	V_{CM} = 0V to V_{CC} = 1.5V $V_{O(P)}$ = 1.4V, R_S = 0Ω	-	-	9.0	-	-	10.0	mV
Input Offset Voltage Drift	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	R_S = 0Ω	-	7.0	-	-	7.0	-	μV/ °C
Input Offset Current	I_{IO}	-	-	-	150	-	45	200	nA
Input Offset Current Drift	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	-	-	10	-	-	10	-	pA/ °C
Input Bias Current	I_{BIAS}	-	-	40	500	-	40	500	nA
Input Voltage Range	$V_{I(R)}$	V_{CC} = 30V (LM2904 , V_{CC} = 26V)	0	-	Vcc=2.0	0	-	Vcc=2.0	V
Large Signal Voltage Gain	G_V	V_{CC} = 15V, R_L≥2.0KΩ $V_{O(P)}$ = 1V to 11V	15	-	-	15	-	-	V/mV
Output Voltage Swing	$V_{O(H)}$	V_{CC} = 30V, R_L = 2KΩ	26	-	-	26	-	-	V
		V_{CC} = 26V for 2904, R_L = 10KΩ	27	28	-	27	28	-	V
	$V_{O(L)}$	V_{CC} = 5V, R_L≥10KΩ	-	5	20	-	5	20	mV
Output Current	I_{SOURCE}	$V_{I(+)}$ = 1V, $V_{I(-)}$ = 0V V_{CC} = 15V, $V_{O(P)}$ = 2V	10	30	-	10	30	-	mA
	I_{SINK}	$V_{I(+)}$ = 0V, $V_{I(-)}$ = 1V V_{CC} = 15V, $V_{O(P)}$ = 2V	5	9	-	5	9	-	mA
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	-	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics

(V_{CC} = 5.0V. V_{EE}=GND. T_A=25 °C, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM358A			Unit
			Mln.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	V_{IO}	V_{CM} = 0V to V_{CC} = 1.5V $V_{O(P)}$ = 1.4V, R_S = 0Ω	-	2.0	3.0	mV
Input Offset Current	I_{IO}	-	-	5	30	nA
Input Bias Current	I_{BIAS}	-	-	45	100	nA
Input Voltage Range	$V_{I(R)}$	V_{CC} = 30V	0	-	V_{CC}=1.5	V
Supply Current	I_{CC}	R_L = ∞,V_{CC} = 30V	-	0.8	2.0	mA
		RL = ∞,over full temperature range	-	0.5	1.2	mA
Large Signal Voltage Gain	G_V	V_{CC} = 15V, R_L≥2KΩ V_O = 1V to 11V	25	100	-	V/mV
Output Voltage Swing	V_{OH}	V_{CC} = 30V, R_L = 2KΩ	26		-	V
		V_{CC} = 26V for 2904, R_L = 10KΩ	27	28	-	V
	$V_{O(L)}$	V_{CC} = 5V, R_L≥10KΩ	-	5	20	mV
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	-	65	85	-	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	-	65	100	-	dB
Channel Separation	CS	f = 1KHz to 20KHz	-	120	-	dB
Short Circuit to GND	I_{SC}	-	-	40	60	mA
Output Current	I_{SOURCE}	$V_{I(+)}$ = 1V, $V_{I(-)}$ = 0V V_{CC} = 15V, $V_{O(P)}$ = 2V	20	30	-	mA
	I_{SINK}	$V_{I(+)}$ = 1V, $V_{I(-)}$ = 0V V_{CC} = 15V, $V_{O(P)}$ = 2V	10	15	-	mA
		V_{in+} = 0V, V_{in-} = 1V $V_{O(P)}$ = 200mV	12	100	-	µA
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	-	-	-	V_{CC}	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ele tri al Chara teristi s

(V_{CC} = 5.0V, V_{EE} = GND. unless otherwise specified)
The following specification apply over the range of 0 °C ≤ T_A ≤ +70 °C for the LM358A

Parameter	Symbol	Conditions	LM358A			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	V_{IO}	V_{CM} = 0V to V_{CC} = 1.5V $V_{O(P)}$ = 1.4V, R_S = 0Ω	-	-	5.0	mV
Input Offset Voltage Drift	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	-	-	7.0	20	μV/°C
Input Offset Current	I_{IO}	-	-	-	75	nA
Input Offset Current Drift	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	-	-	10	300	pA/°C
Input Bias Current	I_{BIAS}	-	-	40	200	nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V_{I(R)}$	V_{CC} = 30V	0	-	Vcc=2.0	V
Output Voltage Swing	$V_{O(H)}$	V_{CC} = 30V, R_L = 2KΩ	26	-	-	V
		V_{CC} = 30V, R_L = 10KΩ	27	28	-	V
	$V_{O(L)}$	V_{CC} = 5V, R_L≥10KΩ	-	5	20	mV
Large Signal Voltage Gain	G_V	V_{CC} = 15V, R_L≥2.0KΩ $V_{O(P)}$ = 1V to 11V	15	-	-	V/mV
Output Current	I_{SOURCE}	$V_{I(+)}$ = 1V, $V_{I(-)}$ = 0V V_{CC} = 15V, $V_{O(P)}$ = 2V	10	30	-	mA
	I_{SINK}	$V_{I(+)}$ = 1V, $V_{I(-)}$ = 0V V_{CC} = 15V, $V_{O(P)}$ = 2V	5	9	-	mA
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	-	-	-	V_{CC}	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

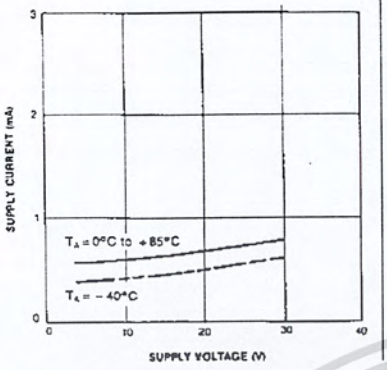


Figure 1. Supply Current vs Supply Voltage

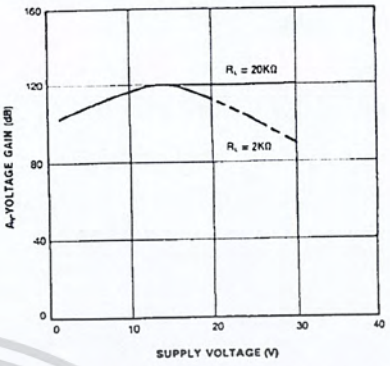


Figure 2. Voltage Gain vs Supply Voltage

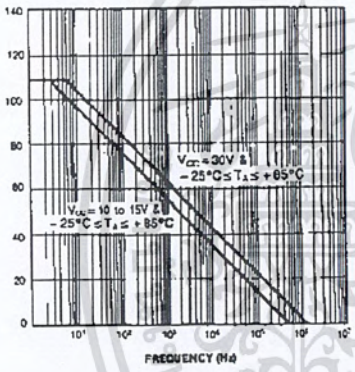


Figure 3. Open Loop Frequency Response

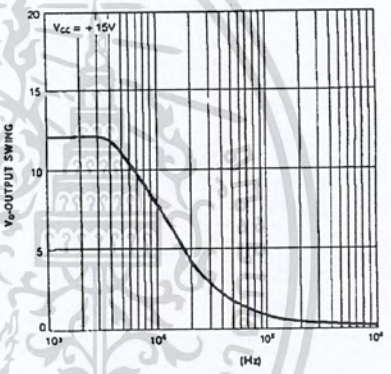


Figure 4. Large Signal Output Swing vs Frequency

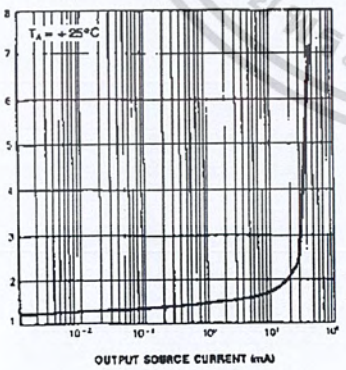


Figure 5. Output Characteristics vs Current Sourcing

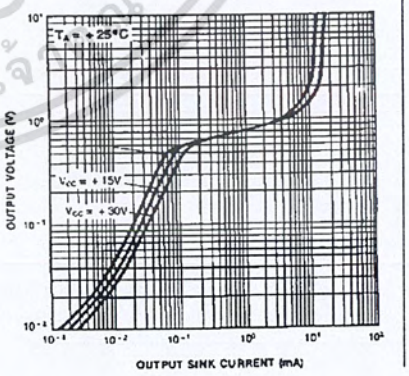


Figure 6. Output Characteristics vs Current Sinking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (continued)

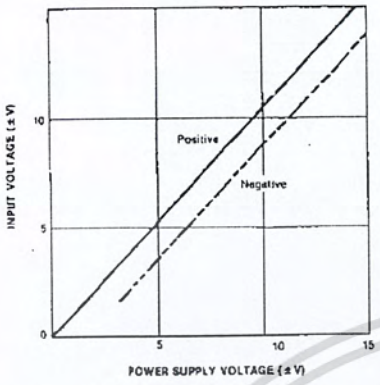


Figure 7. Input Voltage Range vs Supply Voltage

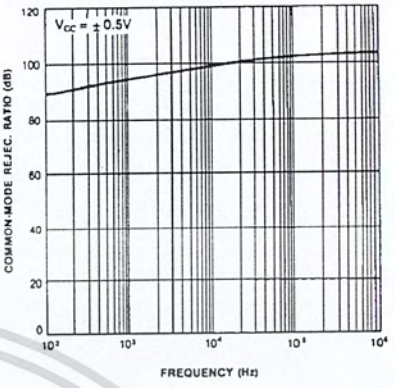


Figure 8. Common-Mode Relection Ratio

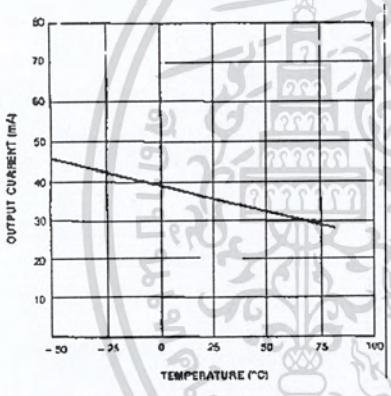


Figure 9. Current Limiting vs Temperature

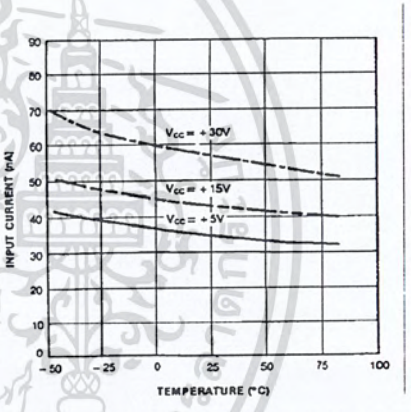


Figure 10. Input Current vs Temperature

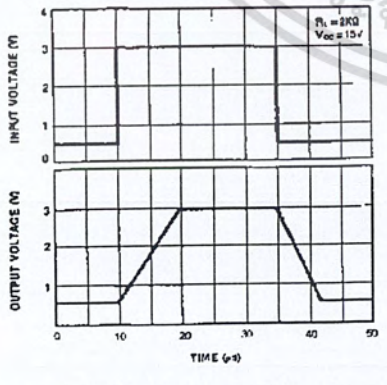


Figure 11. Voltage Follower Pulse Response

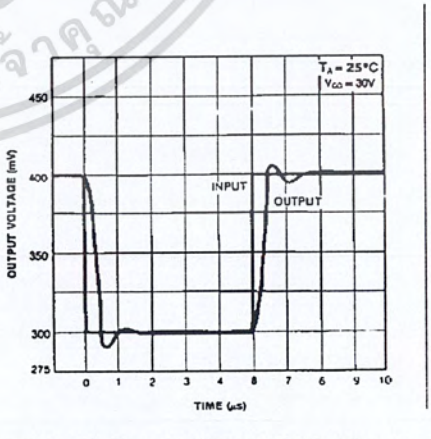


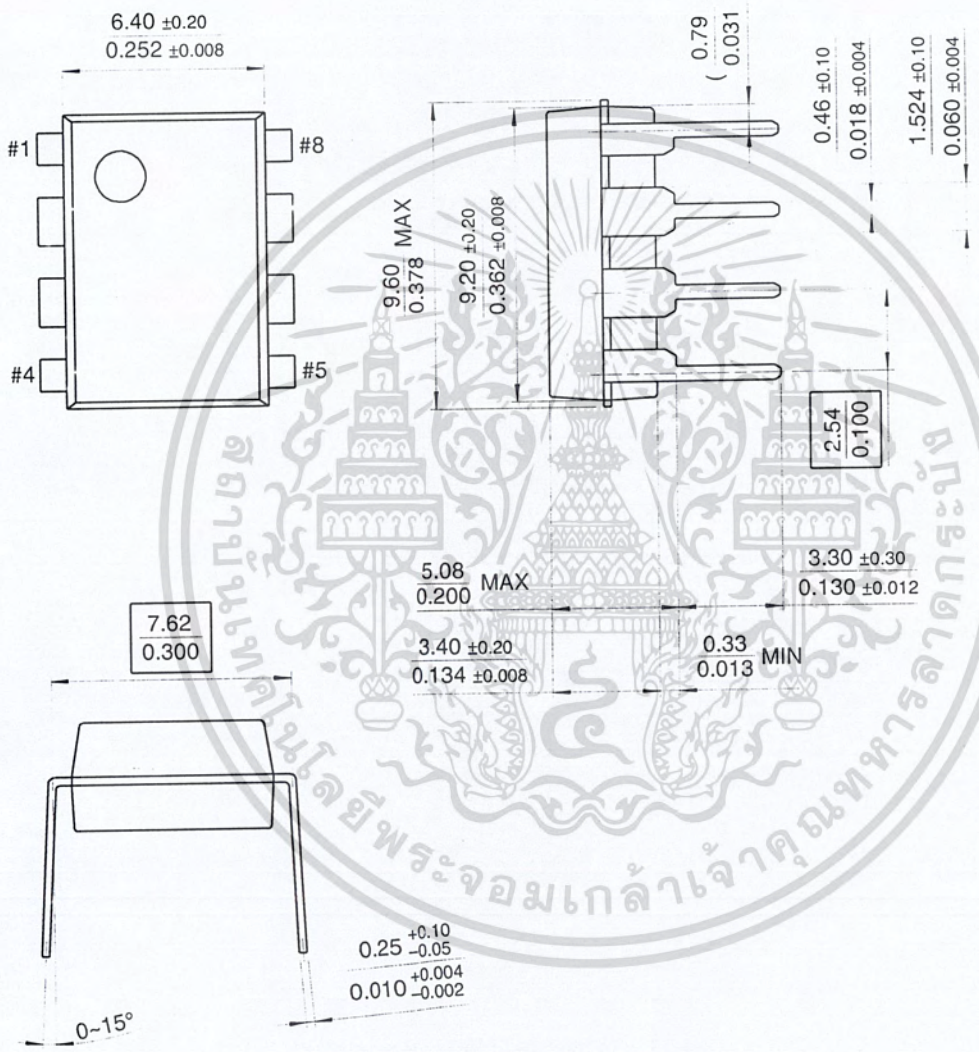
Figure 12. Voltage Follower Pulse Response (Small Signal)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical Dimensions

Package

8-DIP

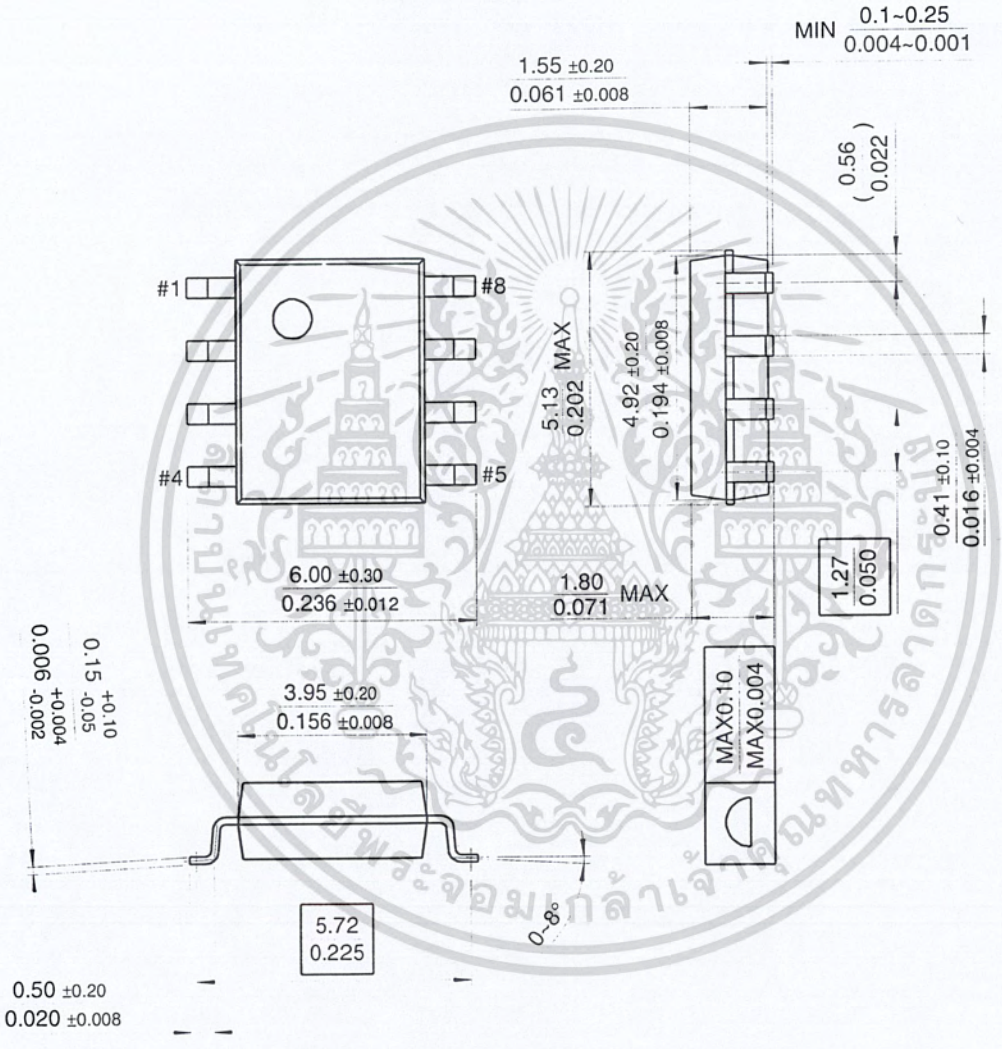


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical Dimensions (Continued)

Package

8-SOP



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Product Number	Package	Operating Temperature
LM358N	8-DIP	0 ~ + 70°C
LM358AN		
LM358M	8 SOP	
LM358AM		
LM2904N	8-DIP	-40 ~ + 85 °C
LM2904M	8 SOP	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR INTERNATIONAL. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.

2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7/13/00 0.0m 001
Stock#DSxxxxxxxx

© 2000 Fairchild Semiconductor International

February 1995

National Semiconductor

LM135/LM235/LM335, LM135A/LM235A/LM335A Precision Temperature Sensors

General Description

The LM135 series are precision, easily-calibrated, integrated circuit temperature sensors. Operating as a 2-terminal zener, the LM135 has a breakdown voltage directly proportional to absolute temperature at +10 mV/°K. With less than 1Ω dynamic impedance the device operates over a current range of 400 μA to 5 mA with virtually no change in performance. When calibrated at 25°C the LM135 has typically less than 1°C error over a 100°C temperature range. Unlike other sensors the LM135 has a linear output.

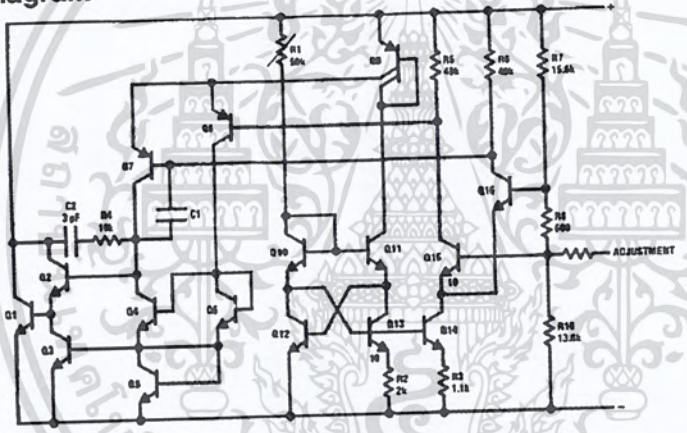
Applications for the LM135 include almost any type of temperature sensing over a −55°C to +150°C temperature range. The low impedance and linear output make interfacing to readout or control circuitry especially easy.

The LM135 operates over a −55°C to +150°C temperature range while the LM235 operates over a −40°C to +125°C temperature range. The LM335 operates from −40°C to +100°C. The LM135/LM235/LM335 are available packaged in hermetic TO-46 transistor packages while the LM335 is also available in plastic TO-92 packages.

Features

- Directly calibrated in °Kelvin
- 1°C initial accuracy available
- Operates from 400 μA to 5 mA
- Less than 1Ω dynamic impedance
- Easily calibrated
- Wide operating temperature range
- 200°C overrange
- Low cost

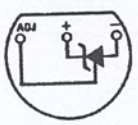
Schematic Diagram



TL/H/5698–1

Connection Diagrams

TO-92
Plastic Package

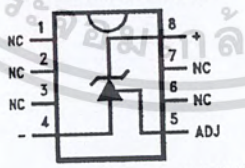


TL/H/5698–8

Bottom View

Order Number LM335Z or LM335AZ
See NS Package Number Z03A

SO-8
Surface Mount Package



TL/H/5698–25

Order Number LM335M or LM335AM
See NS Package Number M08A

TO-46
Metal Can Package*

TL/H/5698–26

Bottom View

*Case is connected to negative pin

Order Number LM135H, LM135H-MIL, LM235H, LM335H, LM135AH, LM235AH or LM335AH
See NS Package Number H03H

©1995 National Semiconductor Corporation TL/H/5698

RRD-B30M115/Printed in U. S. A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

(Note 4)

Reverse Current	15 mA
Forward Current	10 mA
Storage Temperature	
TO-46 Package	−60°C to +180°C
TO-92 Package	−60°C to +150°C
SO-8 Package	−65°C to +150°C

Specified Operating Temp. Range

	Continuous	Intermittent (Note 2)
LM135, LM135A	−55°C to +150°C	150°C to 200°C
LM235, LM235A	−40°C to +125°C	125°C to 150°C
LM335, LM335A	−40°C to +100°C	100°C to 125°C

Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
TO-92 Package:	260°C
TO-46 Package:	300°C
SO-8 Package:	300°C
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

Temperature Accuracy LM135/LM235, LM135A/LM235A (Note 1)

Parameter	Conditions	LM135A/LM235A			LM135/LM235			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage	$T_C = 25°C$, $I_R = 1$ mA	2.97	2.98	2.99	2.95	2.98	3.01	V
Uncalibrated Temperature Error	$T_C = 25°C$, $I_R = 1$ mA		0.5	1		1	3	°C
Uncalibrated Temperature Error	$T_{MIN} \le T_C \le T_{MAX}$, $I_R = 1$ mA		1.3	2.7		2	5	°C
Temperature Error with 25°C Calibration	$T_{MIN} \le T_C \le T_{MAX}$, $I_R = 1$ mA		0.3	1		0.5	1.5	°C
Calibrated Error at Extended Temperatures	$T_C = T_{MAX}$ (Intermittent)		2			2		°C
Non-Linearity	$I_R = 1$ mA		0.3	0.5		0.3	1	°C

Temperature Accuracy LM335, LM335A (Note 1)

Parameter	Conditions	LM335A			LM335			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage	$T_C = 25°C$, $I_R = 1$ mA	2.95	2.98	3.01	2.92	2.98	3.04	V
Uncalibrated Temperature Error	$T_C = 25°C$, $I_R = 1$ mA		1	3		2	6	°C
Uncalibrated Temperature Error	$T_{MIN} \le T_C \le T_{MAX}$, $I_R = 1$ mA		2	5		4	9	°C
Temperature Error with 25°C Calibration	$T_{MIN} \le T_C \le T_{MAX}$, $I_R = 1$ mA		0.5	1		1	2	°C
Calibrated Error at Extended Temperatures	$T_C = T_{MAX}$ (Intermittent)		2			2		°C
Non-Linearity	$I_R = 1$ mA		0.3	1.5		0.3	1.5	°C

Electrical Characteristics (Note 1)

Parameter	Conditions	LM135/LM235 LM135A/LM235A			LM335 LM335A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage Change with Current	400 μA≤I_R≤5 mA At Constant Temperature		2.5	10		3	14	mV
Dynamic Impedance	$I_R = 1$ mA		0.5			0.6		Ω
Output Voltage Temperature Coefficient			+10			+10		mV/°C
Time Constant	Still Air		80			80		sec
	100 ft/Min Air		10			10		sec
	Stirred Oil		1			1		sec
Time Stability	$T_C = 125°C$		0.2			0.2		°C/khr

Note 1: Accuracy measurements are made in a well-stirred oil bath. For other conditions, self heating must be considered.

Note 2: Continuous operation at these temperatures for 10,000 hours for H package and 5,000 hours for Z package may decrease life expectancy of the device.

Note 3: Thermal Resistance

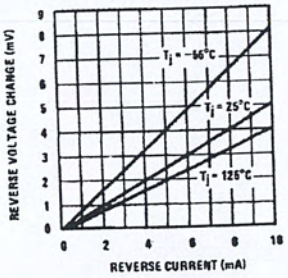
	TO-92	TO-46	SO-8
θ_{JA} (junction to ambient)	202°C/W	400°C/W	165°C/W
θ_{JC} (junction to case)	170°C/W	N/A	N/A

Note 4: Refer to RETS135H for military specifications.

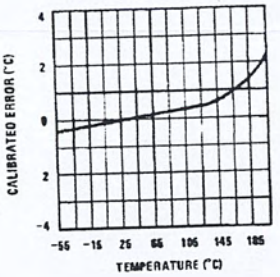
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

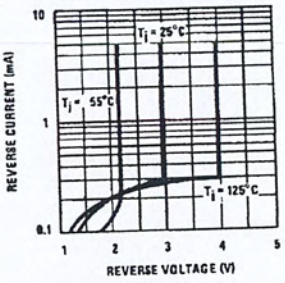
Reverse Voltage Change



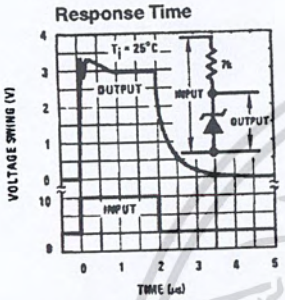
Calibrated Error



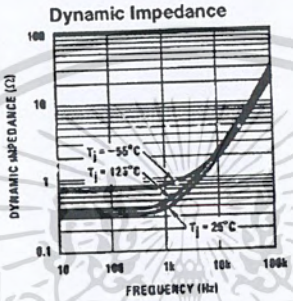
Reverse Characteristics



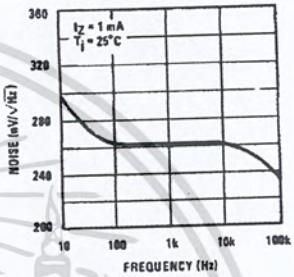
Response Time



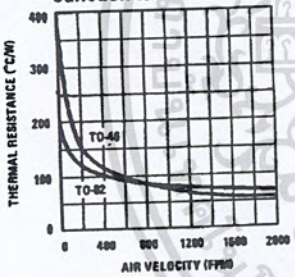
Dynamic Impedance



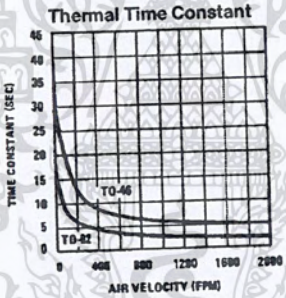
Noise Voltage



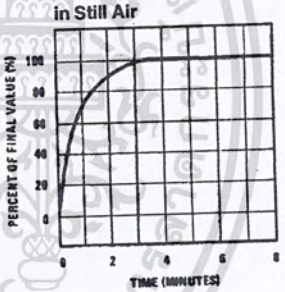
Thermal Resistance Junction to Air



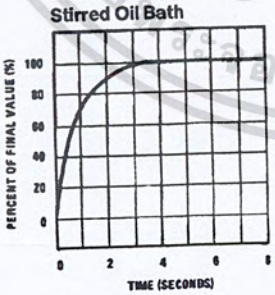
Thermal Time Constant



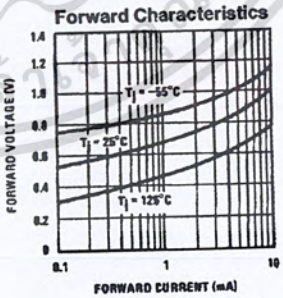
Thermal Response in Still Air



Thermal Response in Stirred Oil Bath



Forward Characteristics



TL/H/5698–3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints

CALIBRATING THE LM135

Included on the LM135 chip is an easy method of calibrating the device for higher accuracies. A pot connected across the LM135 with the arm tied to the adjustment terminal allows a 1-point calibration of the sensor that corrects for inaccuracy over the full temperature range.

This single point calibration works because the output of the LM135 is proportional to absolute temperature with the extrapolated output of sensor going to 0V output at 0°K (−273. 15°C). Errors in output voltage versus temperature are only slope (or scale factor) errors so a slope calibration at one temperature corrects at all temperatures.

The output of the device (calibrated or uncalibrated) can be expressed as:

$$V_{OUT_T} = V_{OUT_{T_o}} \times \frac{T}{T_o}$$

where T is the unknown temperature and T_o is a reference temperature, both expressed in degrees Kelvin. By calibrating the output to read correctly at one temperature the output at all temperatures is correct. Nominally the output is calibrated at 10 mV/°K.

To insure good sensing accuracy several precautions must be taken. Like any temperature sensing device, self heating can reduce accuracy. The LM135 should be operated at the lowest current suitable for the application. Sufficient current, of course, must be available to drive both the sensor and the calibration pot at the maximum operating temperature as well as any external loads.

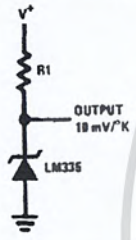
If the sensor is used in an ambient where the thermal resistance is constant, self heating errors can be calibrated out. This is possible if the device is run with a temperature stable current. Heating will then be proportional to zener voltage and therefore temperature. This makes the self heating error proportional to absolute temperature the same as scale factor errors.

WATERPROOFING SENSORS

Meltable inner core heat shrinkable tubing such as manufactured by Raychem can be used to make low-cost waterproof sensors. The LM335 is inserted into the tubing about ½" from the end and the tubing heated above the melting point of the core. The unfilled ½" end melts and provides a seal over the device.

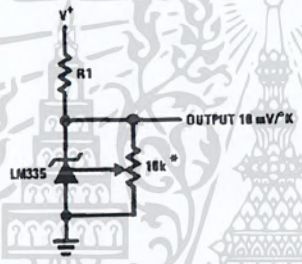
Typical Applications

Basic Temperature Sensor



TL/H/5698–2

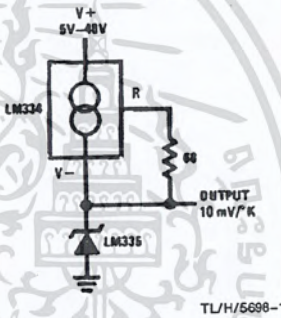
Calibrated Sensor



TL/H/5698–9

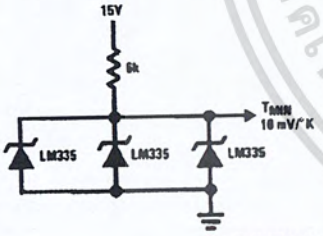
*Calibrate for 2.982V at 25°C

Wide Operating Supply



TL/H/5698–10

Minimum Temperature Sensing

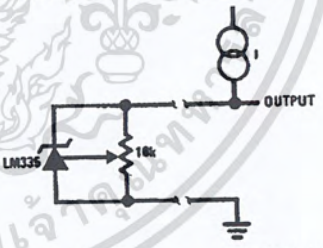


TL/H/5698–4

Average Temperature Sensing

TL/H/5698–18

Remote Temperature Sensing



TL/H/5698–19

Wire length for 1°C error due to wire drop

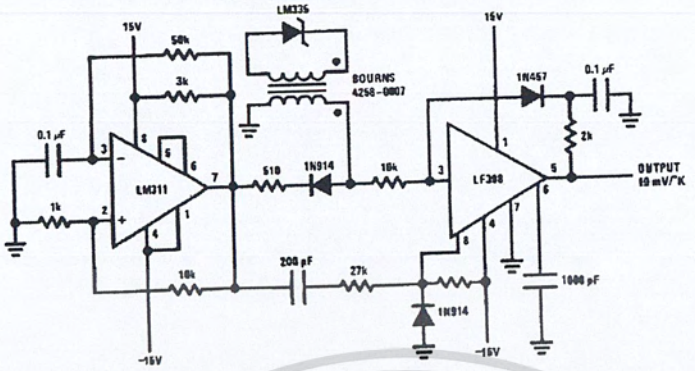
AWG	I_R = 1 mA FEET	I_R = 0.5 mA* FEET
14	4000	8000
16	2500	5000
18	1600	3200
20	1000	2000
22	625	1250
24	400	800

*For I_R = 0.5 mA, the trim pot must be deleted.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

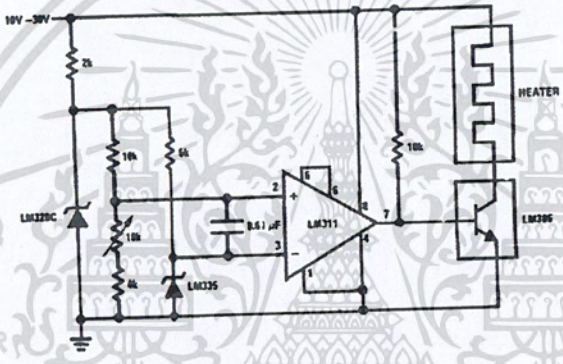
Typical Applications (Continued)

Isolated Temperature Sensor



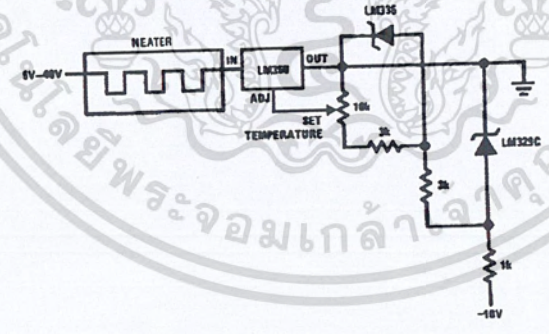
TL/H/5698–20

Simple Temperature Controller



TL/H/5698–5

Simple Temperature Control

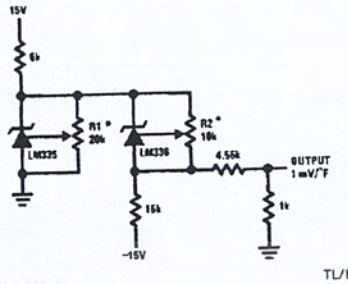


TL/H/5698–21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

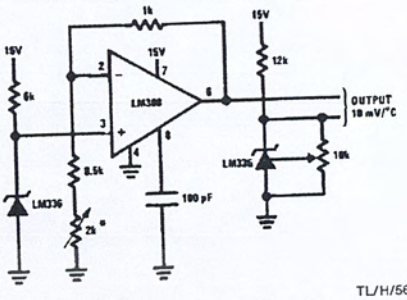
Ground Referred Fahrenheit Thermometer



TL/H/5698–22

*Adjust R2 for 2.554V across LM336.
Adjust R1 for correct output.

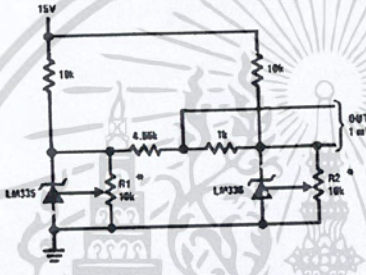
Centigrade Thermometer



TL/H/5698–23

*Adjust for 2.7315V at output of LM308

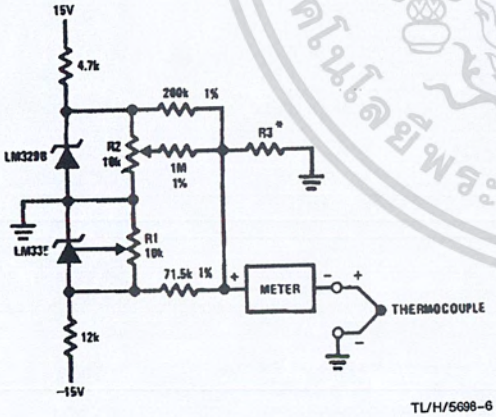
Fahrenheit Thermometer



TL/H/5698–24

*To calibrate adjust R2 for 2.554V across LM336.
Adjust R1 for correct output.

THERMOCOUPLE COLD JUNCTION COMPENSATION
Compensation for Grounded Thermocouple



TL/H/5698–6

*Select R3 for proper thermocouple type

THERMOCOUPLE	R3 (±1%)	SEEBECK COEFFICIENT
J	377Ω	52.3 μV/°C
T	308Ω	42.8 μV/°C
K	293Ω	40.8 μV/°C
S	45.8Ω	6.4 μV/°C

Adjustments: Compensates for both sensor and resistor tolerances

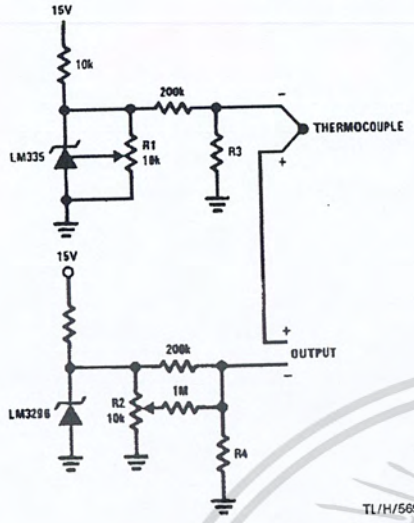
1. Short LM329B
2. Adjust R1 for Seebeck Coefficient times ambient temperature (in degrees K) across R3.
3. Short LM335 and adjust R2 for voltage across R3 corresponding to thermocouple type

J	14.32 mV	K	11.17 mV
T	11.79 mV	S	1.768 mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

Single Power Supply Cold Junction Compensation



*Select R3 and R4 for thermocouple type

THERMOCOUPLE	R3	R4	SEEBECK COEFFICIENT
J	1.05K	385Ω	52.3 μV/°C
T	856Ω	315Ω	42.8 μV/°C
K	816Ω	300Ω	40.8 μV/°C
S	128Ω	46.3Ω	6.4 μV/°C

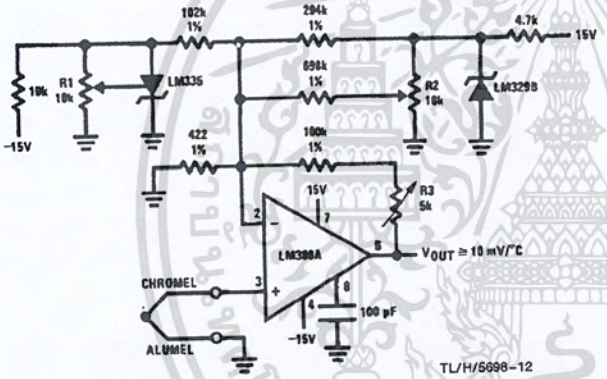
Adjustments:

1. Adjust R1 for the voltage across R3 equal to the Seebeck Coefficient times ambient temperature in degrees Kelvin.
2. Adjust R2 for voltage across R4 corresponding to thermocouple

J	14.32 mV
T	11.79 mV
K	11.17 mV
S	1.768 mV

TL/H/5698–11

Centigrade Calibrated Thermocouple Thermometer



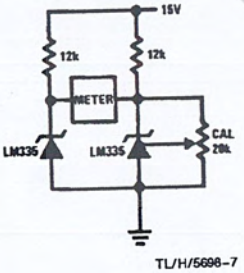
Terminate thermocouple reference junction in close proximity to LM335.

Adjustments:

1. Apply signal in place of thermocouple and adjust R3 for a gain of 245.7.
2. Short non-inverting input of LM308A and output of LM329B to ground.
3. Adjust R1 so that V_{OUT} = 2.982V @ 25°C.
4. Remove short across LM329B and adjust R2 so that V_{OUT} = 246 mV @ 25°C.
5. Remove short across thermocouple.

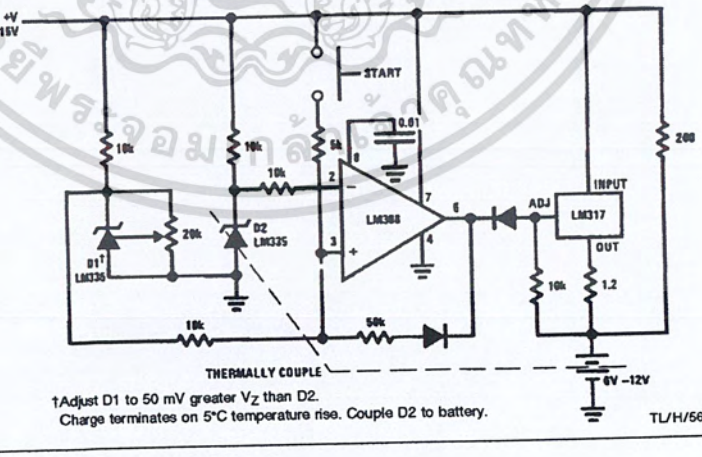
TL/H/5698–12

Differential Temperature Sensor



TL/H/5698–7

Fast Charger for Nickel-Cadmium Batteries



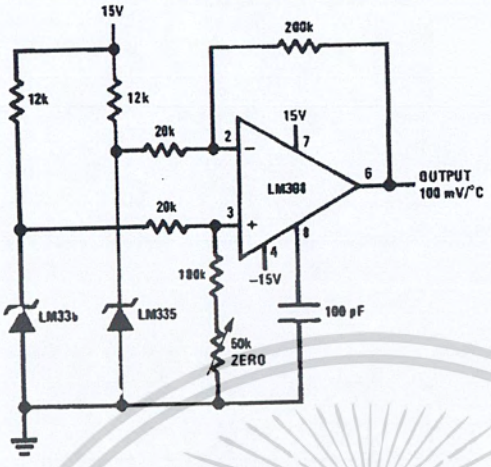
†Adjust D1 to 50 mV greater V_Z than D2.
Charge terminates on 5°C temperature rise. Couple D2 to battery.

TL/H/5698–13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

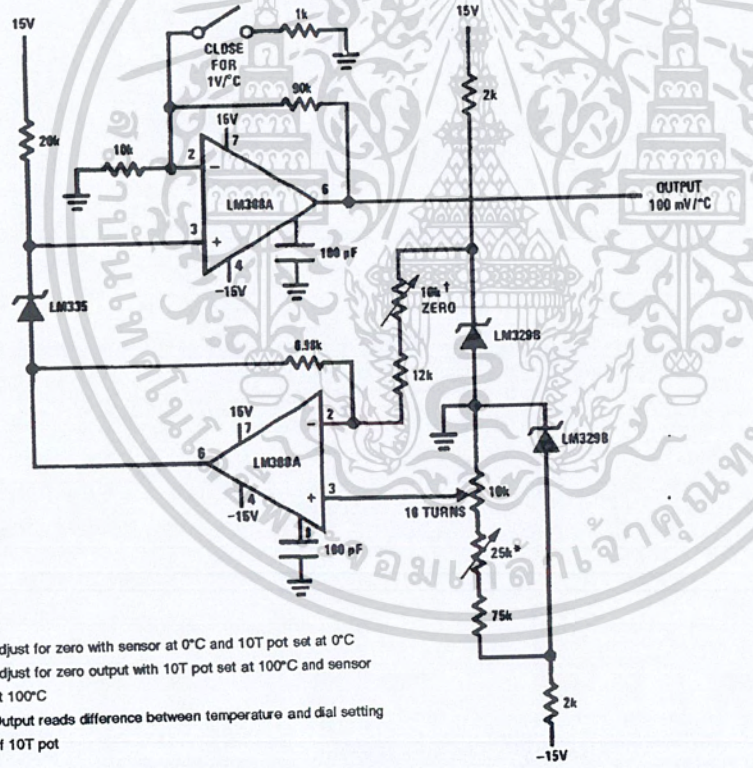
Typical Applications (Continued)

Differential Temperature Sensor



TL/H/5698–14

Variable Offset Thermometer‡



†Adjust for zero with sensor at 0°C and 10T pot set at 0°C

*Adjust for zero output with 10T pot set at 100°C and sensor at 100°C

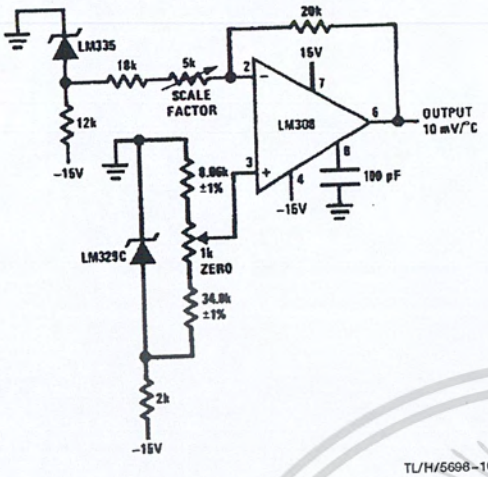
‡Output reads difference between temperature and dial setting of 10T pot

TL/H/5698–15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

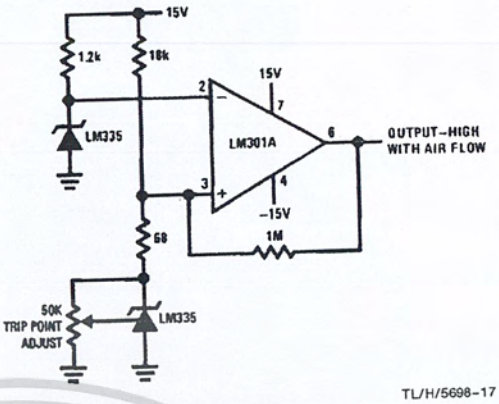
Typical Applications (Continued)

Ground Referred Centigrade Thermometer



TL/H/5698–16

Air Flow Detector*



TL/H/5698–17

*Self heating is used to detect air flow

Definition of Terms

Operating Output Voltage: The voltage appearing across the positive and negative terminals of the device at specified conditions of operating temperature and current.

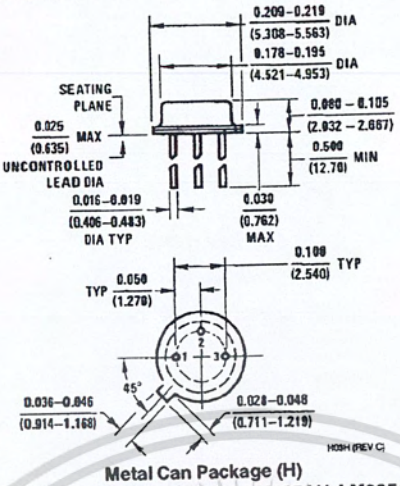
Uncalibrated Temperature Error: The error between the operating output voltage at 10 mV/°K and case temperature at specified conditions of current and case temperature.

Calibrated Temperature Error: The error between operating output voltage and case temperature at 10 mV/°K over a temperature range at a specified operating current with the 25°C error adjusted to zero.

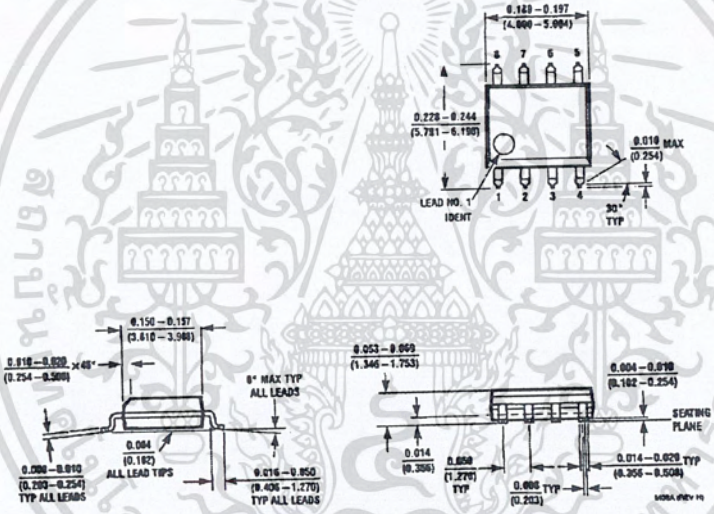
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters)



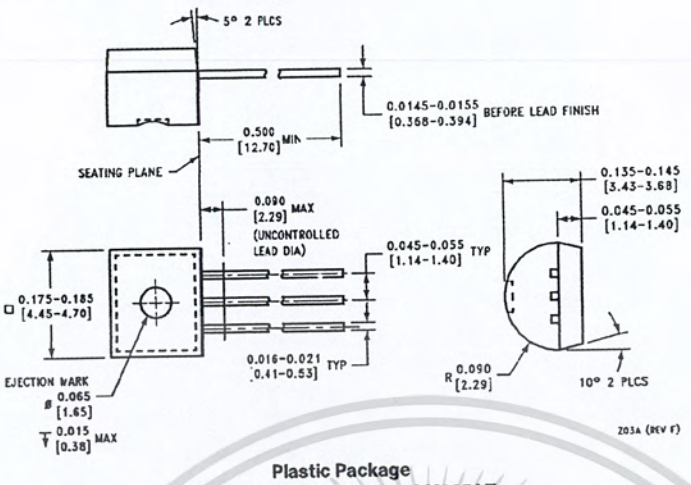
Metal Can Package (H)
Order Number LM135H, LM235H, LM335H, LM135AH, LM235AH or LM335AH
NS Package Number H03H



8-Lead Molded Small Outline Package (M)
Order Number LM335M or LM335AM
NS Package Number M08A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



Plastic Package
Order Number LM335Z or LM335AZ
NS Package Z03A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
1111 West Bardin Road
Arlington, TX 76017
Tel: 1(800) 272-9959
Fax: 1(800) 737-7018

National Semiconductor Europe
Fax: (+49) 0-180-530 85 86
Email: cnjwge@tevm2.nsc.com
Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85
English Tel: (+49) 0-180-532 78 32
Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58
Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80

National Semiconductor Hong Kong Ltd.
13th Floor, Straight Block,
Ocean Centre, 5 Canton Rd.
Tsimshatsui, Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2737-1600
Fax: (852) 2736-9960

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-043-299-2309
Fax: 81-043-299-2408

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

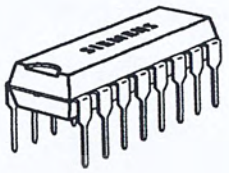
SIEMENS

Phase Control IC TCA 785

Bipolar IC

Features

- Reliable recognition of zero passage
- Large application scope
- May be used as zero point switch
- LSL compatible
- Three-phase operation possible (3 ICs)
- Output current 250 mA
- Large ramp current range
- Wide temperature range

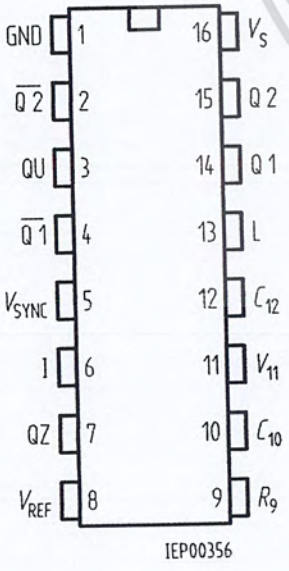


P-DIP-16-1

Type	Ordering Code	Package
TCA 785	Q67000-A2321	P-DIP-16-1

This phase control IC is intended to control thyristors, triacs, and transistors. The trigger pulses can be shifted within a phase angle between 0 and 180 . Typical applications include converter circuits, AC controllers and three-phase current controllers.

This IC replaces the previous types TCA 780 and TCA 780 D.



IEP00356

Pin Configuration
(top view)

Pin Definitions and Functions

Pin	Symbol	Function
1	GND	Ground
2	$\overline{Q2}$	Output 2 inverted
3	QU	Output U
4	$\overline{Q2}$	Output 1 inverted
5	V_{SYNC}	Synchronous voltage
6	I	Inhibit
7	QZ	Output Z
8	V_{REF}	Stabilized voltage
9	R_9	Ramp resistance
10	C_{10}	Ramp capacitance
11	V_{11}	Control voltage
12	C_{12}	Pulse extension
13	L	Long pulse
14	Q1	Output 1
15	Q2	Output 2
16	V_S	Supply voltage

สำเนาเอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

The synchronization signal is obtained via a high-ohmic resistance from the line voltage (voltage V_5). A zero voltage detector evaluates the zero passages and transfers them to the synchronization register.

This synchronization register controls a ramp generator, the capacitor C_{10} of which is charged by a constant current (determined by R_9). If the ramp voltage V_{10} exceeds the control voltage V_{11} (triggering angle φ), a signal is processed to the logic. Dependent on the magnitude of the control voltage V_{11}, the triggering angle φ can be shifted within a phase angle of 0 to 180 .

For every half wave, a positive pulse of approx. 30 µs duration appears at the outputs Q 1 and Q 2. The pulse duration can be prolonged up to 180 via a capacitor C_{12}. If pin 12 is connected to ground, pulses with a duration between φ and 180 will result.

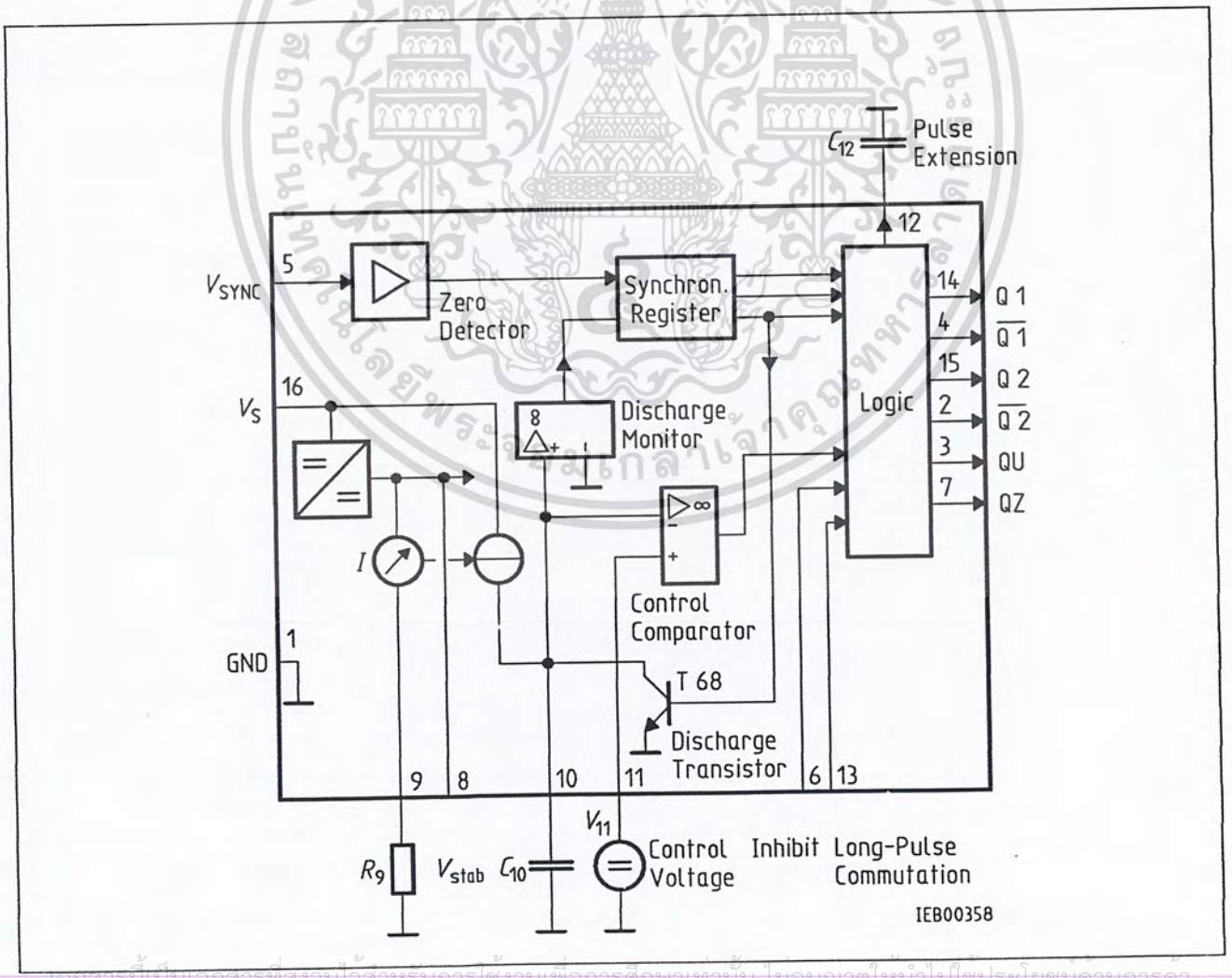
Outputs $\overline{Q1}$ and $\overline{Q2}$ supply the inverse signals of Q 1 and Q 2.

A signal of φ +180 which can be used for controlling an external logic, is available at pin 3.

A signal which corresponds to the NOR link of Q 1 and Q 2 is available at output Q Z (pin 7).

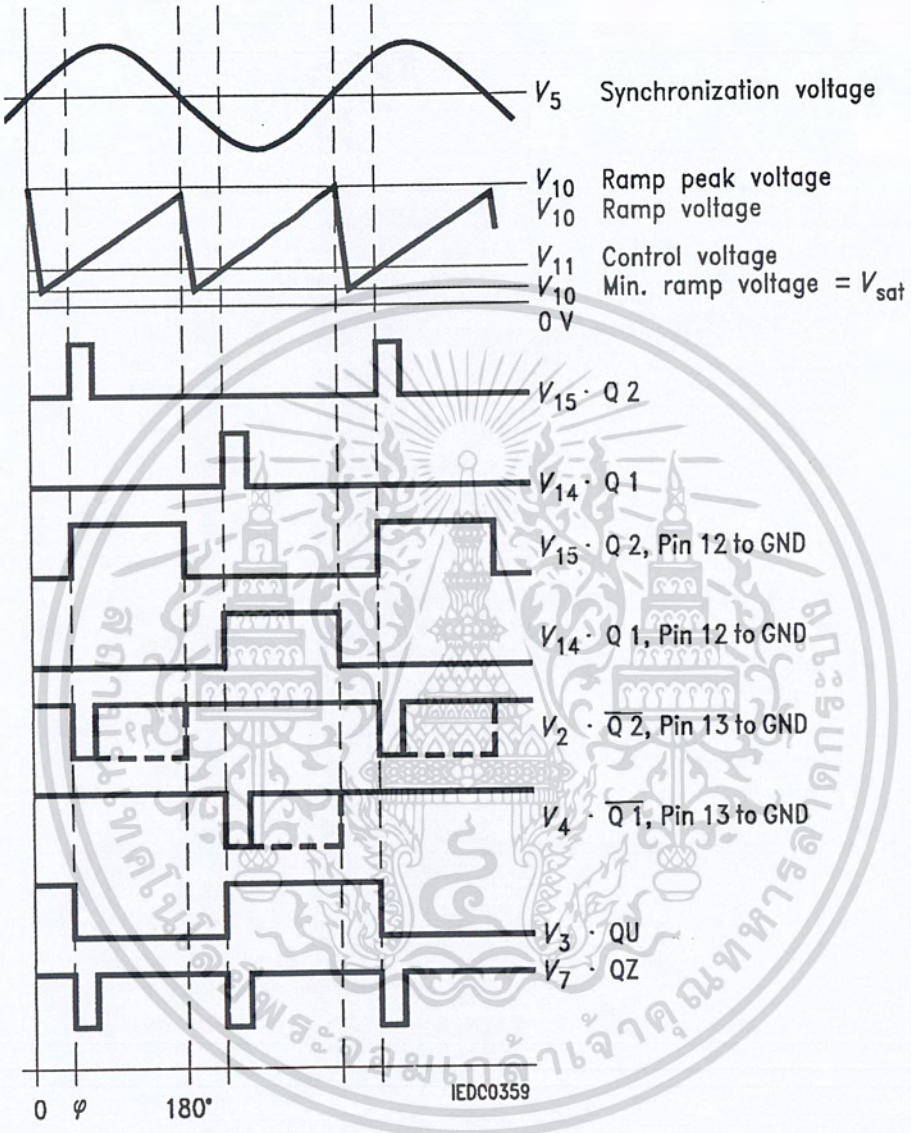
The inhibit input can be used to disable outputs Q1, $\overline{Q1}$ and $\overline{Q2}$.

Pin 13 can be used to extend the output pulses $\overline{Q1}$ and $\overline{Q2}$ to full pulse length (180 − φ).



Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Pulse Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Limit Values min.	Limit Values max.	Unit
Supply voltage	V_S	– 0.5	18	V
Output current at pin 14, 15	I_Q	– 10	40	mA
Inhibit voltage	V_6	– 0.5	V_S	V
Control voltage	V_{11}	– 0.5	V_S	V
Voltage short-pulse circuit	V_{13}	– 0.5	V_S	V
Synchronization input current	V_5	– 200	± 200	µA
Output voltage at pin 14, 15	V_Q		V_S	V
Output current at pin 2, 3, 4, 7	I_Q		10	mA
Output voltage at pin 2, 3, 4, 7	V_Q		V_S	V
Junction temperature	T_j		150	C
Storage temperature	T_{stg}	– 55	125	C
Thermal resistance system - air	$R_{th\ SA}$		80	K/W

Operating Range

Supply voltage	V_S	8	18	V
Operating frequency	f	10	500	Hz
Ambient temperature	T_A	– 25	85	C

Characteristics

$8 \le V_S \le 18$ V; -25 C $\le T_A \le 85$ C; $f = 50$ Hz

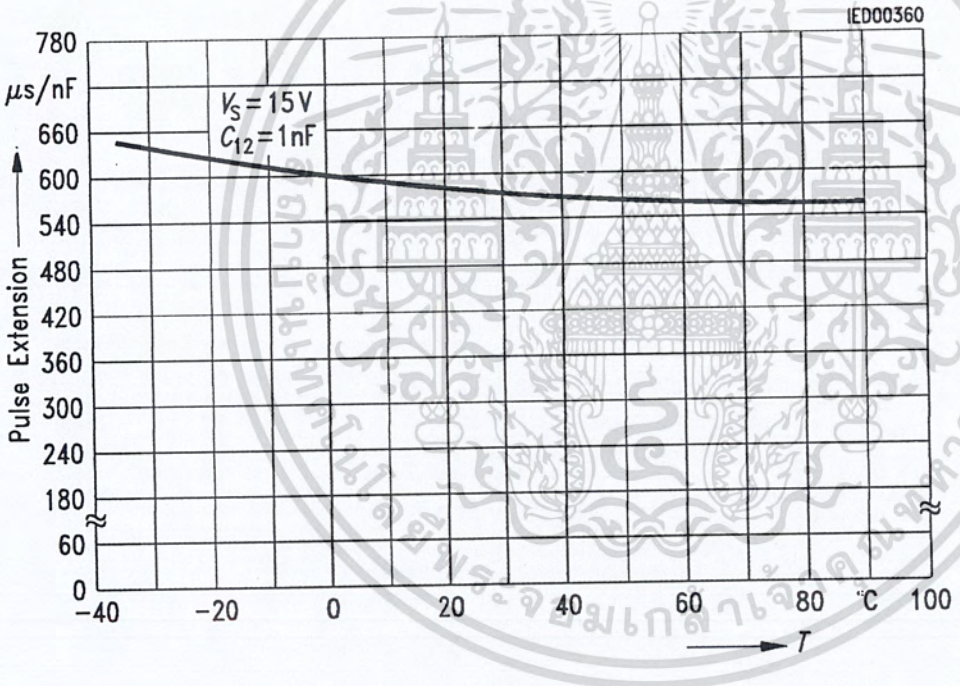
Parameter	Symbol	Limit Values min	Limit Values typ.	Limit Values max.	Unit	Test Circuit
Supply current consumption S1 ... S6 open $V_{11} = 0$ V $C_{10} = 47$ nF; $R_9 = 100$ kΩ	I_S	4	6.5	10	mA	1
Synchronization pin 5 Input current R_2 varied	$I_{5\ rms}$	3		200	µA	1
Offset voltage	ΔV_5		30	75	mV	4
Control input pin 11 Control voltage range	V_{11}	0		$V_{10\ peak}$	V	1
Input resistance	R_{11}		15		kΩ	5

เอกสารนี้จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints for External Components

		min	max	
Ramp capacitance	C_{10}	500 pF	1 µF[1]	The minimum and maximum values of I_{10} are to be observed
Triggering point	$t_{Tr} = \frac{V_{11} \times R_9 \times C_{10}}{V_{REF} \times K}$ [2]			
Charge current	$I_{10} = \frac{V_{REF} \times K}{R_9}$ [2]			Ramp voltage $V_{10\,max} = V_S - 2\,V$ $V_{10} = \frac{V_{REF} \times K \times t}{R_9 \times C_{10}}$ [2]

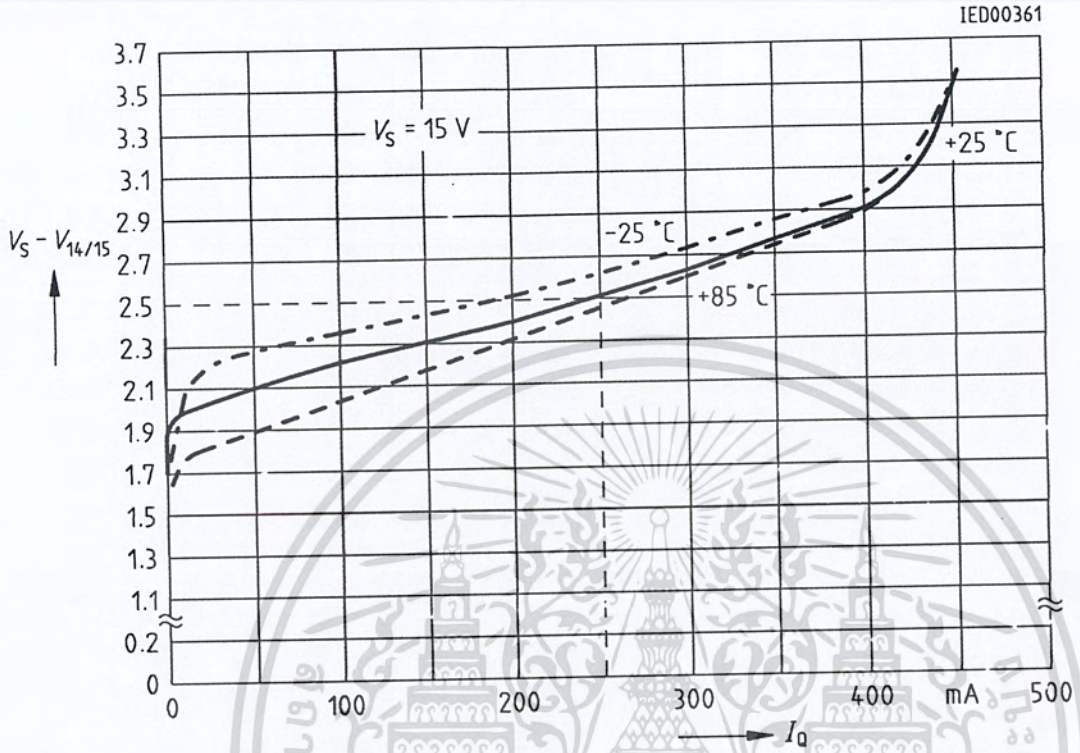
Pulse Extension versus Temperature



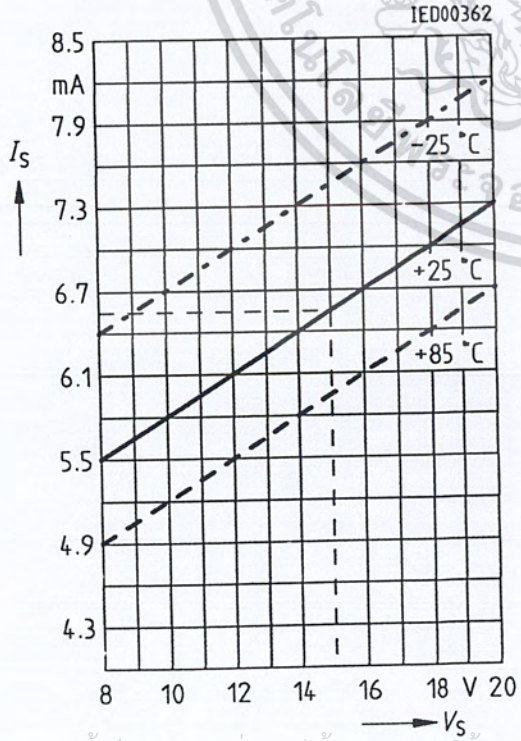
[1] Attention to flyback times
[2] $K = 1.10 \pm 20\,\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

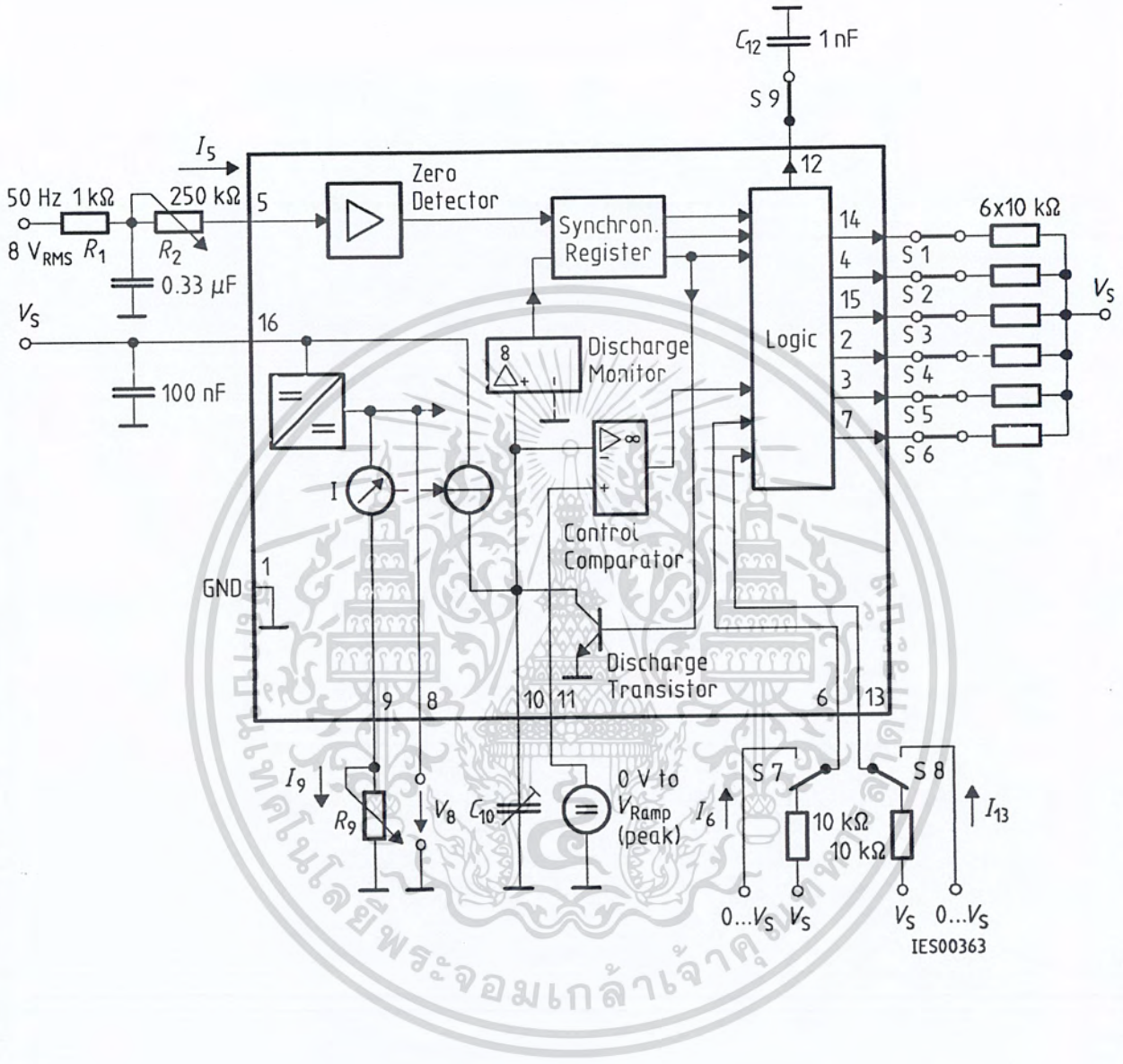
Output Voltage measured to + V_S



Supply Current versus Supply Voltage



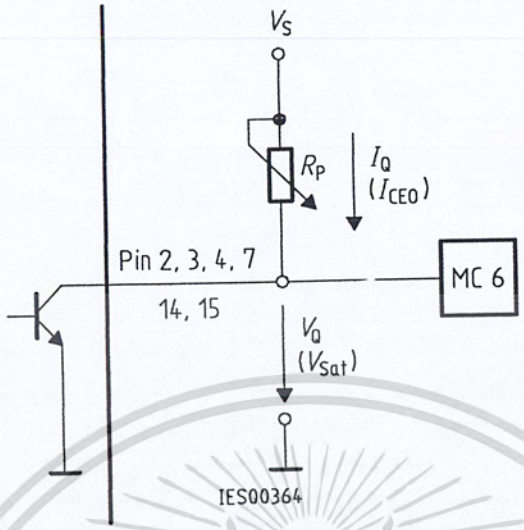
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



It is necessary for all measurements to adjust the ramp with the aid of C_{10} and R_9 in the way that $3V \leq V_{ramp\ max} \leq V_S - 2\ V$
e.g. C_{10} = 47 nF; 18 V: R_9 = 47 kΩ; 8 V: R_9 = 120 kΩ

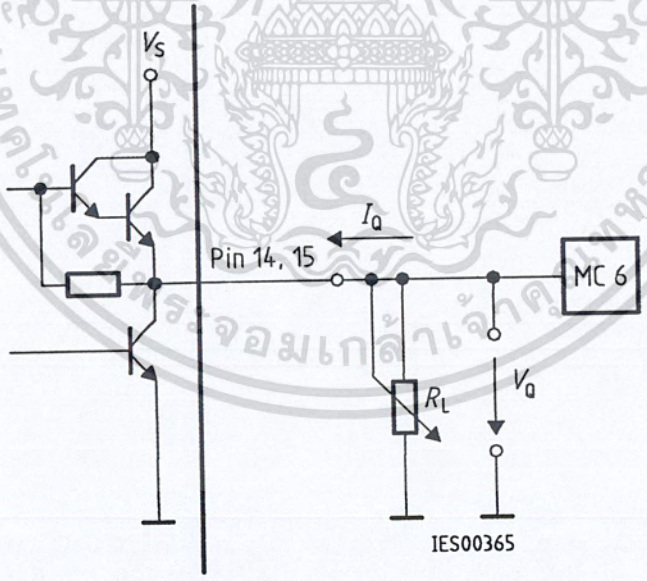
Test Circuit 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The remaining pins are connected as in test circuit 1

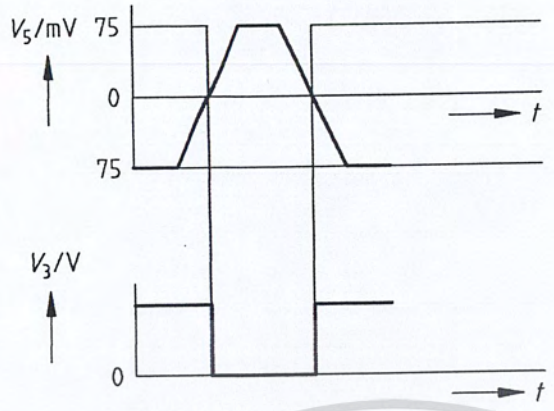
Test Circuit 2

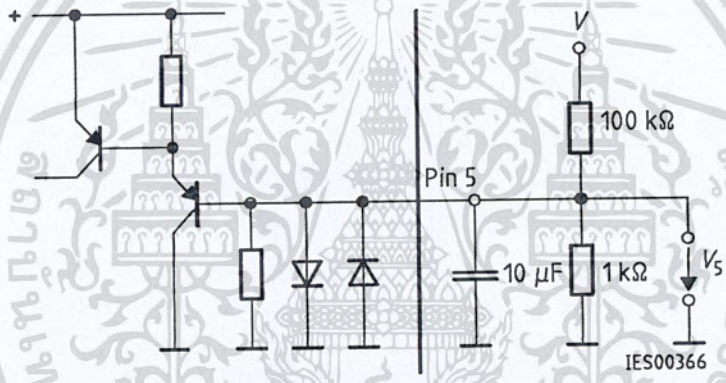


The remaining pins are connected as in test circuit 1

Test Circuit 3

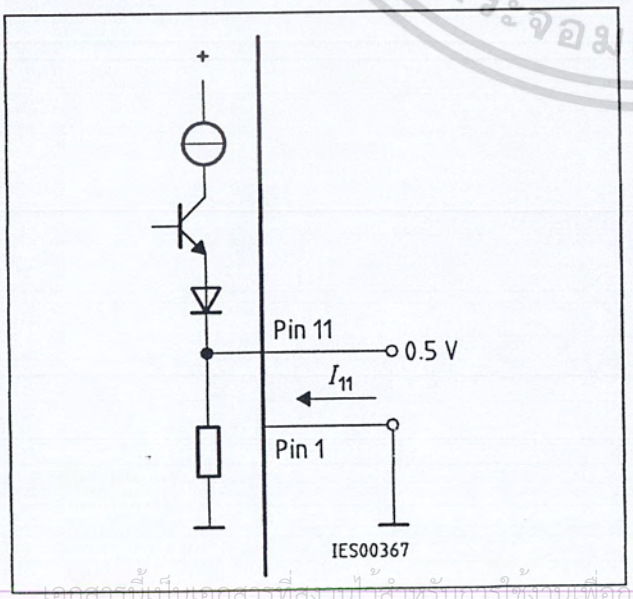
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

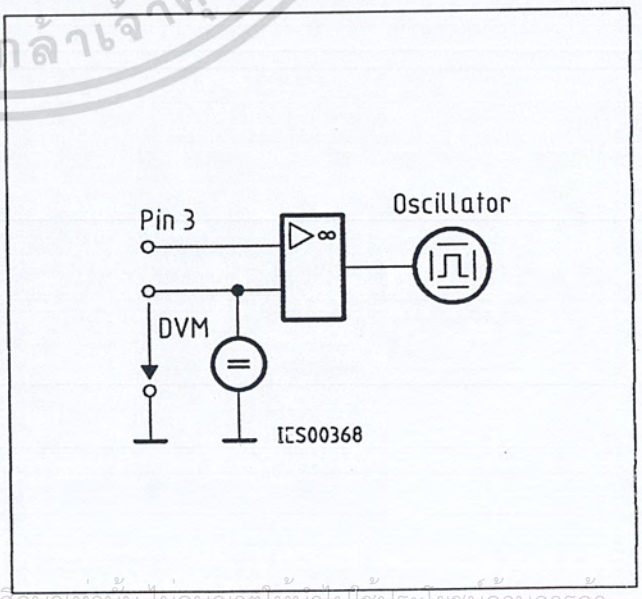




Remaining pins are connected as in test circuit 1
The 10 µF capacitor at pin 5 serves only for test purposes

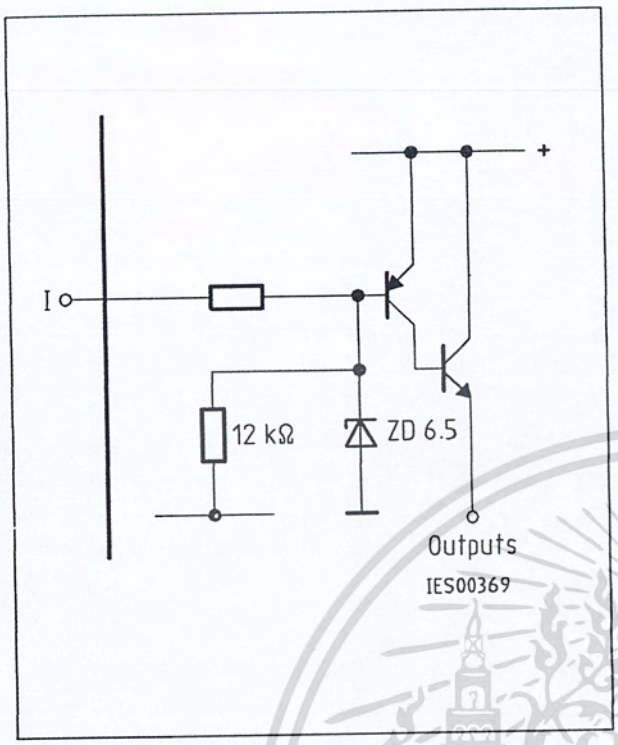
Test Circuit 4

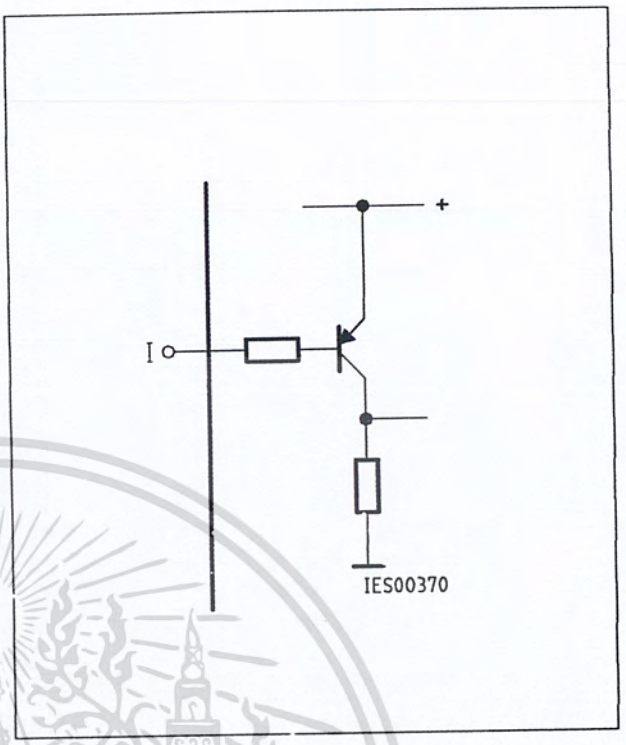




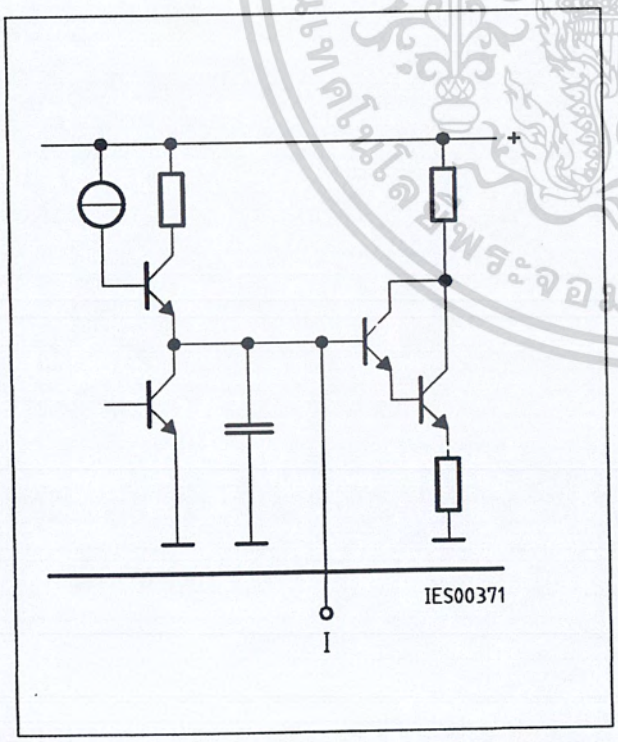
Test Circuit 5 **Test Circuit 6**

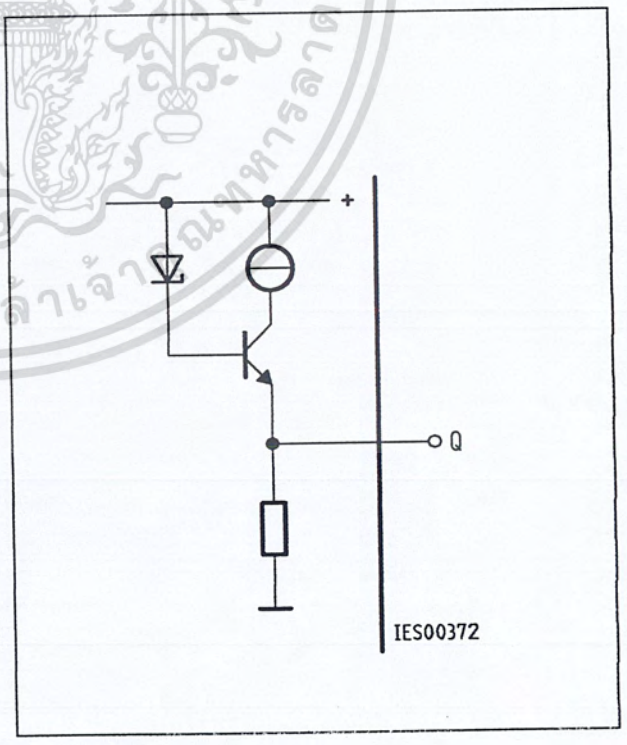
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





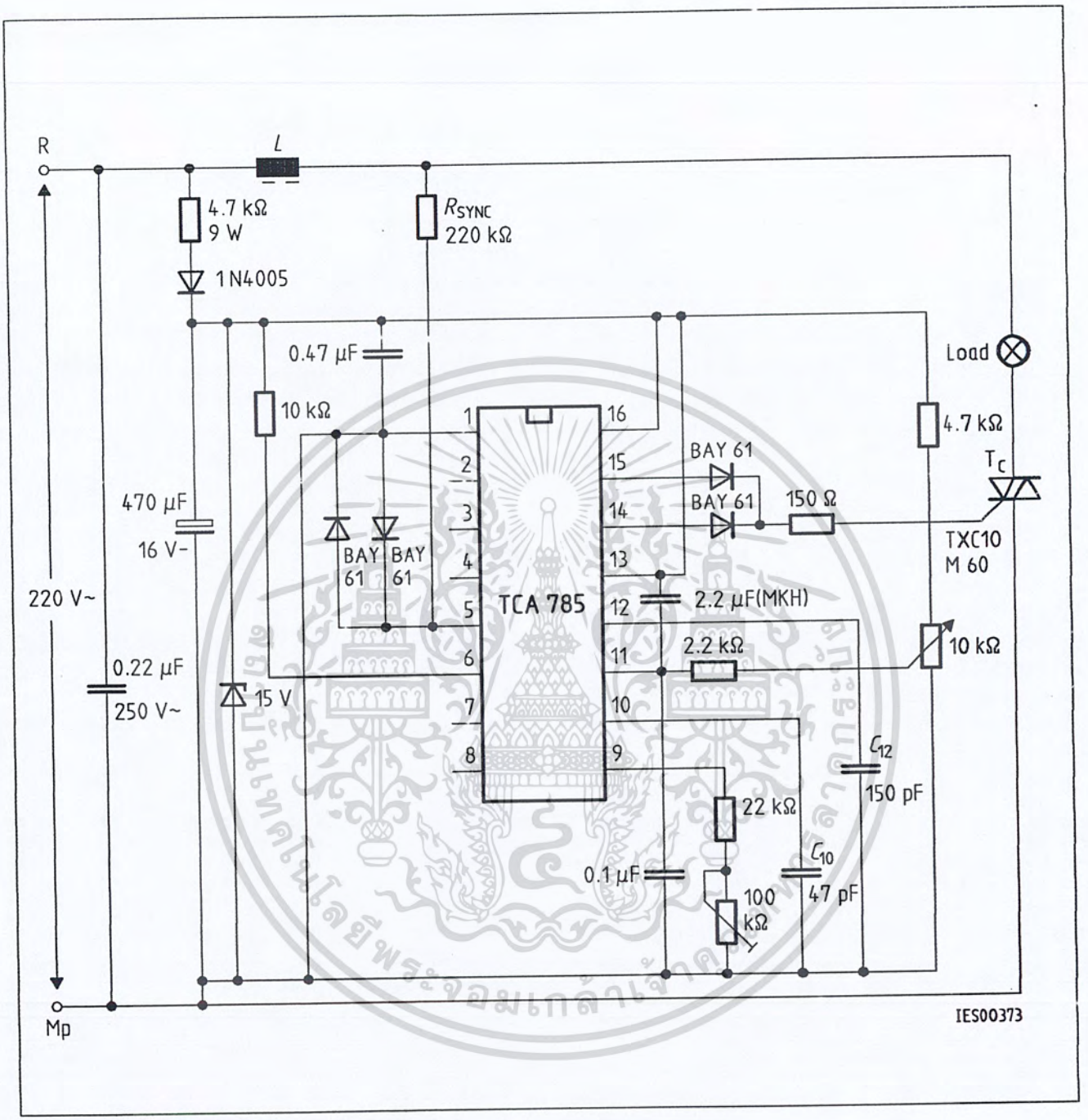
Inhibit 6 Long Pulse 13





Pulse Extension 12 Reference Voltage 8

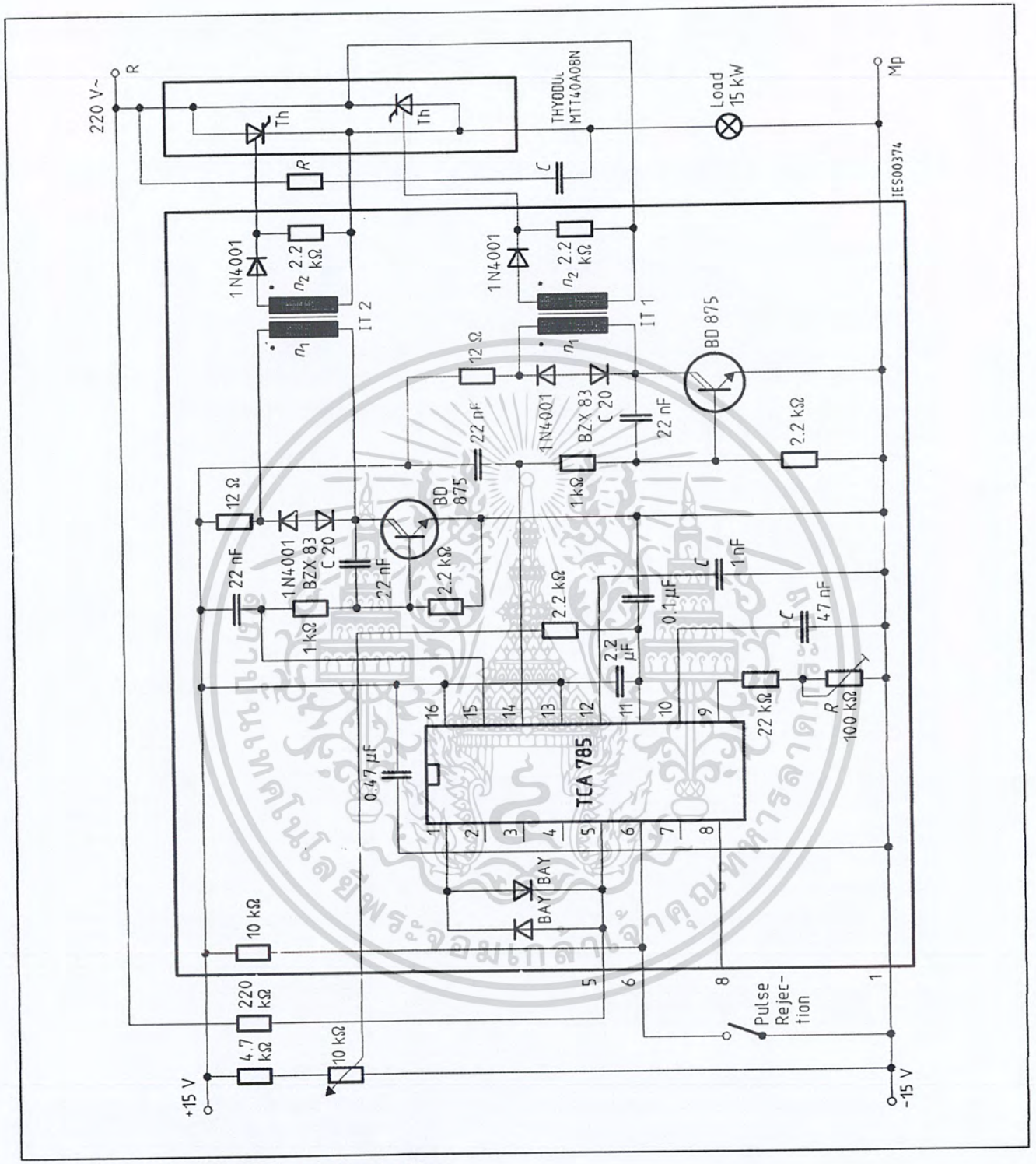
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Application Examples
Triac Control for up to 50 mA Gate Trigger Current

A phase control with a directly controlled triac is shown in the figure. The triggering angle of the triac can be adjusted continuously between 0 and 180 with the aid of an external potentiometer. During the positive half-wave of the line voltage, the triac receives a positive gate pulse from the IC output pin 15. During the negative half-wave, it also receives a positive trigger pulse from pin 14. The trigger pulse width is approx. 100 µs.

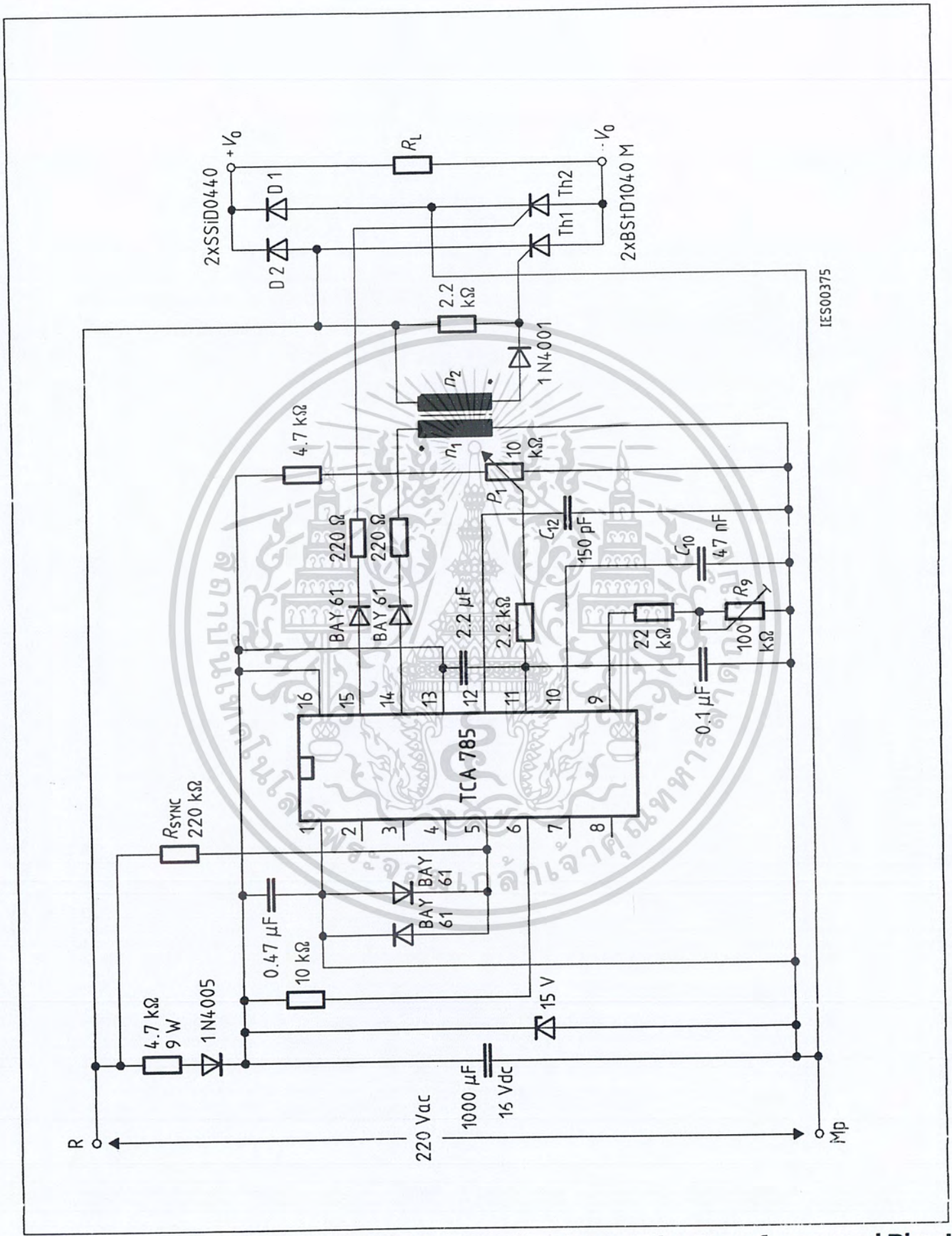
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Fully Controlled AC Power Controller Circuit for Two High-Power Thyristors

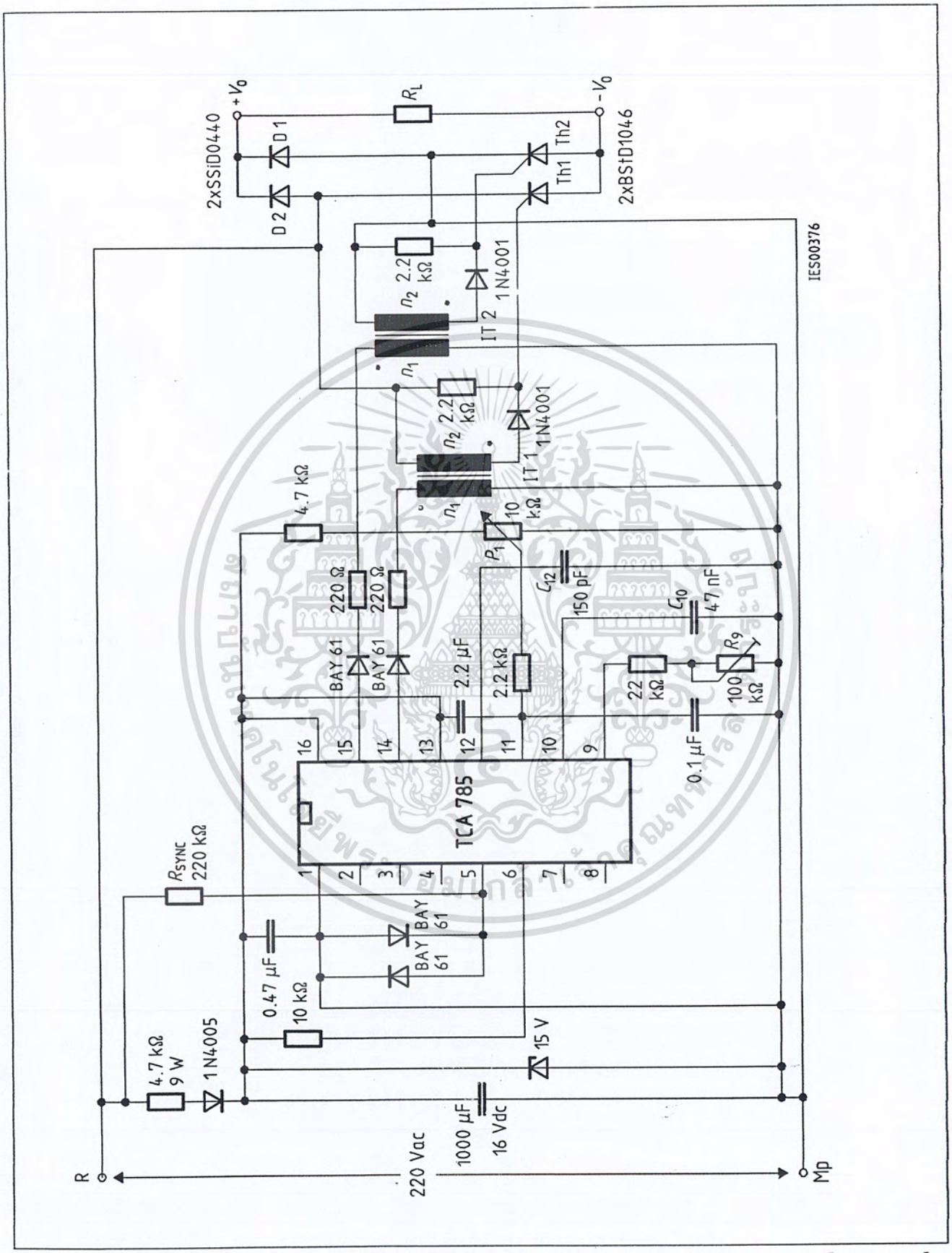
Shown is the possibility to trigger two antiparalleled thyristors with one IC TCA 785. The trigger pulse can be shifted continuously within a phase angle between 0 and 180 by means of a potentiometer. During the negative line half-wave the trigger pulse of pin 14 is fed to the relevant thyristor via a trigger pulse transformer. During the positive line half-wave, the gate of the second thyristor is triggered by a trigger pulse transformer at pin 15.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Half-Controlled Single-Phase Bridge Circuit with Trigger Pulse Transformer and Direct Control for Low-Power Thyristors

เอกสารนี้ใช้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Half-Controlled Single-Phase Bridge Circuit with Two Trigger Pulse Transformers for Low-Power Thyristors

เอกสารนี้ใช้ได้เฉพาะส่วนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้