ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ เครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ

Automatic Low Temperature Instrument Tester

ชื่อนักศึกษา 1. นายปริญญา รุ่งแสง รหัสประจำตัว 45035474

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์อำพล ทองระอา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	
2. อาจารย์สุรพงษ์	สิริพงศ์ดี	
3. อาจารย์อำพล	ทองระอา	
4. ดร.สุรสิทธิ์	ราตรี	
5. อาจารย์สุระชัย	พิมพ์สาลี	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546 เวลา 11:00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(นายสุรสิทธิ์ ราตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 31 เดือน พ.ศ. 2547

<BT4610452>

เครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

เครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ

AUTOMATIC LOW TEMPERATURE INSTRUMENT TESTER

T051056

นายปริญญา รุ่งแสง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 51056
วัน,เดือน,ปี 29 ส.ค. 2547
.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ

Automatic Low Temperature Instrument Tester

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของโปรแกรม VISUAL BASIC ส่งสัญญาณเข้าคอมพิวเตอร์
2. เพื่อออกแบบโครงสร้างของเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ
3. เพื่อสร้างเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ
4. เพื่อทดสอบระบบเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ
5. เพื่อนำเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติไปใช้งานในการตรวจสอบได้จริง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของโปรแกรม VISUAL BASIC และการส่งสัญญาณเข้าคอมพิวเตอร์
2. ได้โครงสร้างของเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ
3. ได้เครื่องต้นแบบของเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ
4. ได้แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นและสามารถนำมาประยุกต์ใช้งาน
5. สามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนหรือเป็นสื่อในการเรียนการสอนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ
นักศึกษา	นายปริญญา รุ่งแสง
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์อำพล ทองระอา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2546

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติชุดทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นส่วนของการควบคุมอุณหภูมิของกล่องอุณหภูมิ ส่วนที่สองเป็นส่วนของการแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์และเครื่องตัวนี้จะช่วยให้เข้าใจหลักการทำงาน ของการตรวจสอบเครื่องมือวัดให้ง่ายยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Automatic Low Temperature Instrument Tester
Students	Mr.Parinya Rungsang
Advisor	Mr.Ampon Thongra
Co-Advisor	Mr.Surapong Siripongdee
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Programe	Industrial Instrument Technology
Academic Year	2003

ABSTRACT

This Thesis propased Automatic low temperature instrument tester which was divided intr 2 parts: Part I was the temperature controlling of the temperature box. And the second was the indicat which was shown by computer. This wall help as to the prineiple of working Automatic low temperature instrument tester undersfarel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องมาจากความอนุเคราะห์ช่วยเหลือและสนับสนุนของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผู้จัดทำขอกราบพระคุณอาจารย์อำพล ทองระอา และอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านเป็นอย่ายิ่งที่ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ แนวความคิด ความรู้ต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์และเป็นประโยชน์สำหรับการทดลอง

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษาบุคคลที่ให้การช่วยเหลือที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย ทุกท่านที่คอยให้กำลังใจ และสละเวลาแก่คณะผู้จัดทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	3
2.1 ระบบอัตโนมัติ	3
2.1.1 การบันทึกอุณหภูมิที่ทำการตรวจสอบจริง	3
2.1.2 การบันทึกค่าของเครื่องหรือระบบที่อยู่ภายใต้การทดสอบ	3
2.1.3 ระบบครบสมบูรณ์	3
2.2 หลักการและแบบของเทอร์โมคัปเปิล	4
2.2.1 ประวัติการค้นพบ	4
2.2.2 เทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน	4
2.2.3 เทอร์โมคัปเปิลแบบ Nonstandard	11
2.3 อาร์ทีดี	12
2.3.1 หลักการของอาร์ทีดี	13
2.3.2 โครงสร้างของอาร์ทีดี	15
2.3.3 วงจรต่อใช้งานของอาร์ทีดี	15
2.4 เทอร์มิสเตอร์	18
2.4.1 วงจรการใช้งานของเทอร์มิสเตอร์	19
2.5 หลักการทำความเย็น	20
2.5.1 อีแวปปอเรเตอร์	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5.2 ท่อดูด	22
2.5.3 ท่อจ่าย	23
2.5.4 ท่อของเหลว	23
2.5.5 คอมเพรสเซอร์	23
2.5.6 ถังรับน้ำยา	28
2.5.7 คอนเดนเซอร์	29
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	32
3.1 กล่าวนำ	32
3.2 ทฤษฎีสภาวะของสัญญาณ	32
3.2.1 วงจรขยายการวัด	32
3.3 การออกแบบการเขียนโปรแกรม	35
3.3.1 การกำหนดการทำงานของโปรแกรม	35
3.3.2 การกำหนดการติดต่อวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล	36
3.3.3 ตารางมาตรฐาน	37
3.4 ผังการทำงานของโปรแกรม	40
3.5 การออกแบบเครื่องทำความเย็น	40
3.5.1 การทำงานของระบบเครื่องทำความเย็น	41
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	42
4.1 การทดลองเครื่องทำความเย็น	42
4.1.1 ลำดับขั้นการทดลอง	42
4.1.2 ผลการทดลอง	42
4.2 การทดลองส่วนของวงจรฮาร์ดแวร์	43
4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง	43
4.2.2 ผลการทดลอง	44
4.3 การทดลองส่วนการทดลองโปรแกรมการทำงาน	45
4.3.1 ลำดับขั้นการทดลอง	45
4.3.2 ผลการทดลอง	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

4.4 การทดลองส่วนของโปรแกรมแสดงผลการทำงานที่ตัวเครื่องทำความเย็น 46

4.4.1 ลำดับขั้นการทดลอง 46

4.4.2 ผลการทดลอง 47

บทที่ 5 บทสรุป 48

5.1 สรุป 48

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 48

5.3 แนวทางการพัฒนา 49

บรรณานุกรม 50

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ 51

ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์ 54

ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์ 57

ภาคผนวก ง แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม 59

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน 81

ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์ 86

ประวัติผู้แต่ง 96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 วงจรการทดลองของซีเบ็ค	4
2.2 กราฟสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิ ของเทอร์โมคัปเปิลแบบ S	5
2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิ ของเทอร์โมคัปเปิลแบบ R	6
2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิ ของเทอร์โมคัปเปิลแบบ B	7
2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิ ของเทอร์โมคัปเปิลแบบ J	8
2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิ ของเทอร์โมคัปเปิลแบบ K	9
2.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิ ของเทอร์โมคัปเปิลแบบ T	10
2.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิ ของเทอร์โมคัปเปิลแบบ E	11
2.9 แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดจากผลต่างของอุณหภูมิของ เทอร์โมคัปเปิลมาตรฐาน	12
2.10 อัตราส่วนของความต้านทานของโลหะที่ใช้ทำอาร์ทีดี เทียบกับค่าที่ 0 °C	15
2.11 วงจรต่ออาร์ทีดีแบบ 2 สาย	16
2.12 วงจรต่ออาร์ทีดีแบบ 3 สาย	17
2.13 วงจรต่ออาร์ทีดีแบบ 4 สาย	18
2.14 วงจรต่อของเทอร์มิสเตอร์	19
2.15 การทำงานของระบบทำความเย็น	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.16 อีแวปปอเรเตอร์แบบแห้ง	21
2.17 อีแวปปอเรเตอร์แบบน้ำท่วม	22
2.18 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ	23
2.19 โครงสร้างคอมเพรสเซอร์โรตารี่แบบใบพัดอยู่กับที่	25
2.20 โครงสร้างคอมเพรสเซอร์โรตารี่แบบใบพัดหมุน	25
2.21 คอมเพรสเซอร์แบบสโคลล์	26
2.22 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู	27
2.23 การทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบสกรู	27
2.24 คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยง	28
2.25 ถังรับน้ำยา	29
2.26 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศ	30
2.27 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำ	30
2.28 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำและอากาศ	31
3.1 แสดงโครงสร้างการทำงานเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ	32
3.2 วงจรขยายการวัด	35
3.3 แสดงการทำงานของโปรแกรม	36
3.4 แสดงลำดับขั้นการทำงานของการแสดงผล	40
3.5 แสดงวงจรการทำงานของระบบทำความเย็น	41
4.1 แสดงส่วนประกอบของ เครื่องทำความเย็น	43
4.2 วงจรวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล และวงจรวงจรขยายสัญญาณ	44
4.3 แสดงผลที่เกิดขึ้นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ตามการทดลอง	45
4.4 แสดงผลที่เกิดขึ้นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่ไม่มีสัญญาณเข้ามา	46
4.5 แสดงผลที่เกิดขึ้นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่มีสัญญาณเข้ามา	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตารางมาตรฐานเทอร์โมคัปเปิลแบบเจในย่านอุณหภูมิติดลบ	37
3.2 ตารางมาตรฐานเทอร์โมคัปเปิลแบบเจในย่านอุณหภูมิด้านบวก	37
3.3 ตารางมาตรฐานเทอร์โมคัปเปิลแบบทีในย่านอุณหภูมิติดลบ	38
3.4 ตารางมาตรฐานเทอร์โมคัปเปิลแบบทีในย่านอุณหภูมิด้านบวก	38
3.5 ตารางมาตรฐานเทอร์โมคัปเปิลแบบเคในย่านอุณหภูมิติดลบ	38
3.6 ตารางมาตรฐานเทอร์โมคัปเปิลแบบเคในย่านอุณหภูมิด้านบวก	39
3.7 ตารางมาตรฐานของ อาร์ ที ดีแบบเจในย่านอุณหภูมิติดลบ	39
3.8 ตารางมาตรฐานของ อาร์ ที ดีแบบเจในย่านอุณหภูมิติดด้านบวก	39
4.2 ผลการทดลอง วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล และวงขยายสัญญาณ	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันงานทางด้านการตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมินั้น จำเป็นมากในงานด้านการวัด เพราะอุปกรณ์ทางด้านการวัดอุณหภูมินั้นต้องการการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ เพราะงานทางด้านนี้ต้องการความแม่นยำในการวัดสูงเพราะถ้าหากมีการผิดพลาดก็อาจหมายถึงความเสียหายที่จะเกิดตามมา ดังนั้นการตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิจึงมีความจำเป็นมากในงานทางค่าอุณหภูมิ เพราะเป็นเครื่องที่ทำให้อุปกรณ์เหล่านี้ เช่น TC (Thermocouple), RTD (Resistance Temperature Detector) หรือ เทอร์มิสเตอร์ เป็นต้น มีความเที่ยงตรงแม่นยำและสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพแต่การตรวจสอบในปัจจุบันจะมีความยุ่งยากมากเพราะจะต้องอุปกรณ์หลากหลายตัวที่ใช้ในการตรวจสอบและยุ่งยากในการบันทึกผลและอาจเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นเราจึงเล็งเห็นปัญหาเหล่านี้ จึงคิดทำเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว จากการศึกษาค้นคว้าที่ผ่านมาพบว่าในการตรวจสอบเครื่องมือวัดแต่ละครั้งจะยุ่งยากมากทั้งอุปกรณ์ที่นำมาต่อและการบันทึกค่าที่วัดได้ จะยุ่งยากเพราะจะมีอุปกรณ์มาเชื่อมต่อหลายอย่างและในการบันทึกค่าแต่ละครั้งก็ทำได้ค่อนข้างยาก เพราะจะต้องมาบันทึกทีละค่าและบันทึกทีละหลายๆ ครั้งเพื่อนำค่ามาเฉลี่ยซึ่งค่อนข้างยุ่งยากเราจึงคิดที่จะทำให้เครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิให้เป็นแบบอัตโนมัติ โดยการบันทึกค่าจะพร็อตออกมาเป็นกราฟอัตโนมัติก็จะสามารถรู้ได้เลยว่าเครื่องมือวัดอุณหภูมินั้นเสียหรือไม่

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. ควบคุมแสดงผลการหาคุณลักษณะของเครื่องมือวัดอุณหภูมิได้อย่างอัตโนมัติ
2. มีฐานข้อมูลของลักษณะอุปกรณ์เครื่องมือวัดอุณหภูมิเพิ่มเติมได้
3. แสดงผลข้อมูลเป็นรูปของตารางและกราฟ
4. ทำอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -10°C ขึ้นไปจนถึงอุณหภูมิห้อง
5. สามารถตรวจสอบได้ทั้ง เทอร์โมคัพเปิ้ล,อาร์ทีดี และ เทอร์มิสเตอร์ อย่างน้อยอย่างละ 2 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงงาน และเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี ประกอบด้วยเนื้อหา 2 ส่วนดังนี้ คือ ส่วนแรก เป็นส่วนเนื้อหาเกี่ยวกับระบบการทำงานอัตโนมัติ หลักการและแบบของเทอร์โทคัปเปิล อาร์ทีดี และ เทอร์มิสเตอร์ หลักการทำความเย็น การทำงานของระบบทำความเย็น ส่วนที่สอง เป็นส่วนเนื้อหาเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม Visual Basic ซึ่งได้กล่าวถึงความเป็นมา การใช้กล่องเครื่องมือ และ แถบเครื่องมือ หน้าที่ของแต่ละหน่วยควบคุม และคุณสมบัติการสร้างเมนู

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้างและการทำงานของเนื้อหาที่เกี่ยวกับการออกแบบภาคต่างๆ ของ กล่องอุณหภูมิ ภาควงจรการควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และการสร้างโปรแกรมควบคุมทางคอมพิวเตอร์ด้วยการใช้โปรแกรม Visual Basic

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง ประกอบด้วยการตรวจสอบและเปรียบเทียบเทอร์โมคัปเปิล, RTD และ เทอร์มิสเตอร์ กับค่ามาตรฐานที่แสดงอยู่บนจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะแสดงรูปภาพของค่าที่ได้อย่างละเอียด

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข การพัฒนา ขั้นการสรุปผลในการจัดทำโครงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และได้เสนอแนวทางแก้ปัญหา รวมทั้งแนวทางในการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์

ภาคผนวก ง แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน

ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ระบบอัตโนมัติ

ความคิดที่จะใช้คอมพิวเตอร์แบบคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทำการตรวจสอบตัววัดแบบอัตโนมัติ เป็นที่น่าสนใจอย่างหนึ่งซึ่งจะให้ประโยชน์ต่อไปนี้

1) ลดเวลาของคนทำงาน

2) เก็บบันทึกการรายงานผล

3) ทำรายงานได้โดยอัตโนมัติ

แต่ก็มีบางจุดที่ต้องระวังเพื่อให้ระบบประสบผลสำเร็จ

2.1.1 การบันทึกอุณหภูมิที่ทำการตรวจสอบจริง

อ่างอุณหภูมิแบบโลหะเป็นตัวกลาง ส่วนติดต่อเป็นชุดที่ยอมให้ต่อเข้ากับ PC ได้ จึงทำให้ง่ายที่จะปรับและตั้งอุณหภูมิของอ่างอุณหภูมิ แต่อย่างไรก็ตาม เราได้พูดคุยถึงปัญหาของความเชื่อถือของตัวควบคุมอุณหภูมิ ที่จะแสดงอุณหภูมิจริงของ Block โลหะได้ ตัวอ่านค่าอุณหภูมิอิสระพร้อมตัววัดควรใช้ในการตรวจสอบ อ่างอุณหภูมิสำหรับอนาคตของ Isotech สามารถบรรจุตัวอ่านอิสระนี้ไว้ด้วยและสามารถจัดให้มี ส่วนติดต่อเป็นชุดไว้ด้วย ซึ่งยอมให้ปรับตัวควบคุมอุณหภูมิและตั้งตัวอ่านอุณหภูมิจากคอมพิวเตอร์ผ่านส่วนติดต่อเป็นชุดนี้ได้

2.1.2 การบันทึกค่าของเครื่องหรือระบบที่อยู่ภายใต้การทดสอบ (Recording The Units Under Test)

นอกจากจะควบคุมอ่างอุณหภูมิสำหรับการตรวจสอบแล้วตัววัดที่กำลังตรวจสอบก็ต้องการการวัดด้วย ถ้าใช้เครื่องมือเป็นแบบรับส่งได้หลายช่องสัญญาณ (Multi Channel device) เป็นไปได้ที่จะรวมเอาเทอร์โมมิเตอร์อ่าวอิง (Reference Thermometer) เข้าไปเพื่อบันทึกค่าอุณหภูมิของ Block ไปพร้อมกับการตรวจสอบตัววัดด้วย

2.1.3 ระบบครบสมบูรณ์ (Complete Systems)

กำลังอยู่ภายใต้การพัฒนาคือ ระบบซึ่งจะทำงานตรวจสอบแบบอัตโนมัติสำหรับ 16 ตัววัด ระบบนี้ชื่อ Virtual "Lab Technician" หรือ VLT โปรแกรมสำเร็จนี้ถูกทำขึ้นเพื่อ Isotech True Temperature Indicator, 16 Channel Selector Switch และ Isotech Calibration Bath

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบนี้จะสามารถตั้งอ่านอุณหภูมิของอ่างอุณหภูมิและเก็บผล ตามประสบการณ์ในการดำเนินการห้องปฏิบัติการตรวจสอบ NAMAS ได้วางระบบจากความต้องการสำหรับห้องปฏิบัติการที่สามารถสอบย้อนกลับได้และเป็นที่เชื่อถือ (A Traceable Accredited Laboratory)

ระบบอื่นๆ มักจะใช้ระบบการเก็บข้อมูลทั่วๆ ไป ซึ่งทำให้ขาดความสามารถในการทำงานที่ดีได้ ข้อเสนอแนะของ Isotech คือ ให้ผู้ใช้เลือกอุปกรณ์ตรวจสอบแล้วจึงนำ VLT เข้ามาทำงานแทนคน

2.2 หลักการและแบบของเทอร์โมคัปเปิล

2.2.1 ประวัติการค้นพบ

ความเป็นมา ในปี ค.ศ. 1821 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน โธมัส ซีเบ็ค (Thomas Seebeck) พบว่าเมื่อนำลวดโลหะ 2 เส้นที่ทำด้วยโลหะต่างชนิดกันมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน ถ้าปลายจุดต่อทั้งสองมีอุณหภูมิต่างกัน จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรเส้นลวดทั้งสองนี้ตามรูปที่ 2.1 ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้านี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามผลต่างของอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสอง และถ้าเปิดปลายจุดต่อด้านหนึ่งออก จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นที่ปลายด้านเปิด แรงเคลื่อนไฟฟ้านี้เรียกว่า “ซีเบ็ค โวลเตจ”

รูปที่ 2.1 แสดงวงจรการทดลองของซีเบ็ค

2.2.2 เทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน

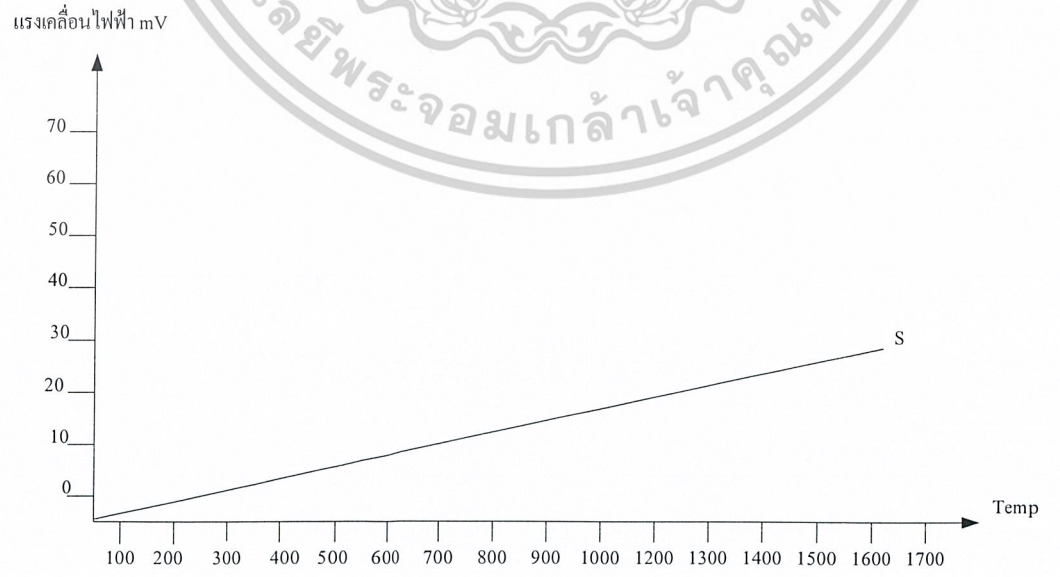
นับตั้งแต่ซีเบ็คได้ค้นพบหลักการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลในปี ค.ศ. 1821 เป็นต้นมารายละเอียดในหลักการได้ถูกพัฒนาให้ก้าวหน้าเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมมาโดยตลอด และได้เกิดเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐานขึ้นหลายชนิด เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในลักษณะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) เทอร์โมคัปเปิลแบบ S (Type S Platinum 10% Rhodium V.S. Platinum)

ในปี ค.ศ. 1886 Le Chatelier ได้ประดิษฐ์เทอร์โมคัปเปิล โดยสายลบทำจากแพลทินัม และสายบวกทำจากโลหะผสม 90% ของแพลทินัม + 10% ของโรเดียม สามารถวัดอุณหภูมิได้สูงถึง 1400°C ซึ่งต่อมาเทอร์โมคัปเปิลแบบนี้ได้กลายเป็นแบบ S, มาตรฐานสากลตาม IPTS 68 ระบุว่าสามารถใช้ในการสอบเทียบค่า และเปรียบเทียบเป็นค่ามาตรฐาน (Calibration and Comparision) ตั้งแต่จุดแข็งตัวของแอนติโมนี (630.74°C) จนถึงจุดแข็งตัวของทอง (1064.43°C) ตามกราฟรูปที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบ S

เทอร์โมคัปเปิลแบบ S นี้สามารถใช้งานในสภาวะที่เป็น Oxidizing และ Inert ได้ดีโดยสามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 1400°C หรือกับการใช้งานในระยะเวลาสั้นๆ สามารถทนได้ถึง 1482°C แต่ไม่เหมาะสำหรับสภาวะงานที่เป็นแบบ Reducing, Vacuum หรือสภาพงานที่มีไอของโลหะ เช่น ตะกั่ว สังกะสี และไอของโลหะ เช่น อาเซนิก ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส ซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานสั้นลง ถ้าจำเป็นต้องใช้จะต้องป้องกันด้วย Protecting Tube ที่เป็นแบบอโลหะ เช่น อะลูมินาบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิสูงๆ เม็ดเกรนของแพลทินัมจะพองตัวและแพลทินัมก็จะเกิดสกปรก (Contamination) ได้ง่าย ทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้ามีค่าต่ำลง จากการวิเคราะห์ส่วนผสม (Composition) ภายหลังการใช้งาน 20 ปี ส่วนผสมของโรเดียมจะเปลี่ยนสภาพเป็นพาลาเดียม ทำให้มีคุณสมบัติผิดไป การเปลี่ยนสภาพเช่นนี้จะเกิดกับเทอร์โมคัปเปิลทุกแบบที่มีส่วนผสมของโรเดียม



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เทอร์โมคัปเปิลแบบ R (Type R Platinum 13% Rhodium V.S. Platinum)

เทอร์โมคัปเปิลแบบ R สายบวกทำจาก พลาตินัม สายลบทำจาก พลาตินัม 87% + โรเดียม 13% ผลที่ได้จะทำให้แบบ R ให้เอาท์พุทสูงกว่าแบบ S ตามกราฟแสดงคุณสมบัติเปรียบเทียบกับแบบ S คุณสมบัติเหมือนกับแบบ S ทนอุณหภูมิสูงสุดได้ 1400 °C

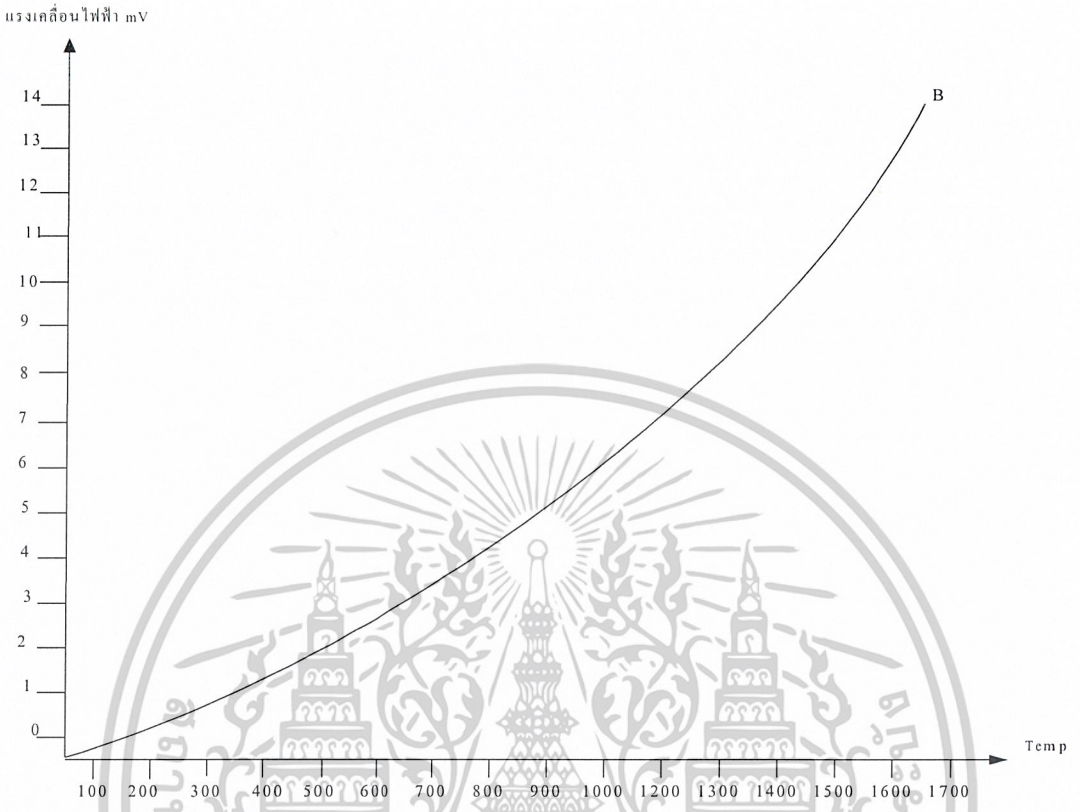
รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ R

3) เทอร์โมคัปเปิลแบบ B (Type B Platinum 30% Rhodium / Platinum 6% Rhodium)

ผลิตขึ้นครั้งแรกเมื่อปี 1954 ในประเทศเยอรมัน สายบวกทำจากพลาตินัม 70% + โรเดียม 30%, สายลบทำจากพลาตินัม 94% + โรเดียม 6% คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบ B ตามกราฟที่แสดง

เทอร์โมคัปเปิลแบบ B ทำให้แรงเคลื่อนต่ำกว่าแบบ S และแบบ R แต่คุณสมบัติที่เด่นกว่าคือแข็งแรงและทนทานกว่า สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงสุดได้ถึง 1700 °C (3100 °F) ในสภาวะที่เป็น Oxidizing หรือ Inert แต่ไม่เหมาะกับการใช้งานในสภาวะ Reducing หรือ Vacuum และในงานที่มีไอของโลหะและอโลหะเช่นเดียวกับแบบ R และแบบ S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



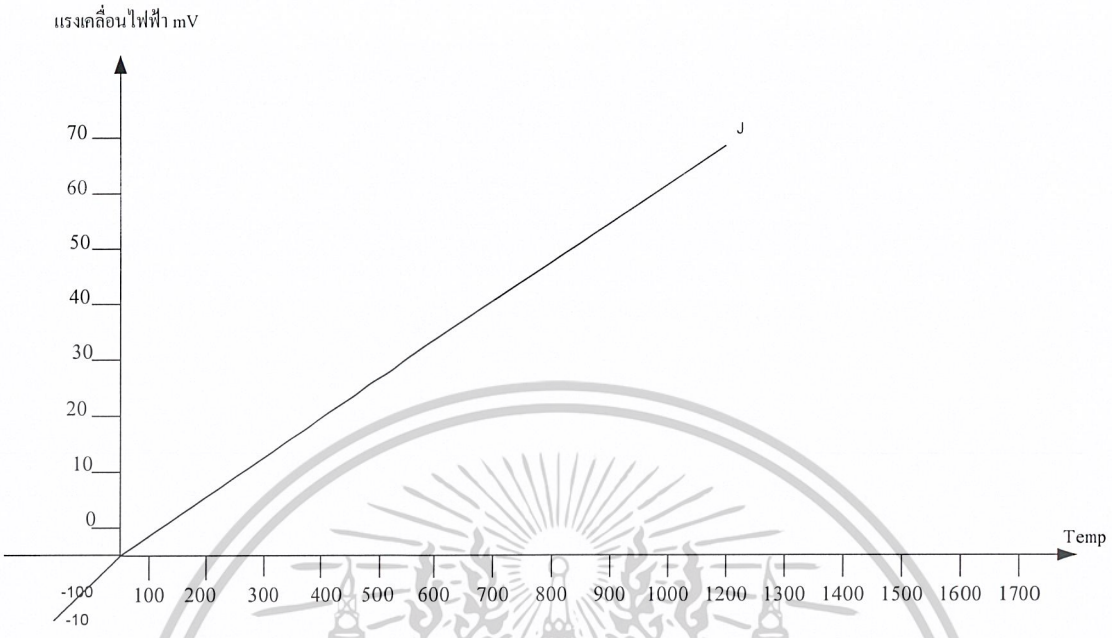
รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ B

4) เทอร์โมคัปเปิลแบบ J (Type J Iron V.S. Constantan)

เนื่องจากพลาตินัมเป็นธาตุที่มีราคาแพง เพื่อที่จะทำให้เทอร์โมคัปเปิลมีราคาถูกลงได้มีการค้นคว้าหาวัสดุที่มีราคาถูกกว่าเพื่อใช้แทนพลาตินัม วัสดุที่เริ่มทดลองใช้ เช่น เหล็ก นิเกิล นิเกิลบริสุทธิ์ เปราะมากในสภาพงานที่เป็น Oxidizing การทดลองต่อมาพบว่าในโลหะผสมระหว่าง 60% ของทองแดง + 40% ของนิเกิล ที่ต่อมาเรียกว่า Constantan สามารถแก้ปัญหานี้ได้ เทอร์โมคัปเปิลที่ใช้สายบวกทำด้วยเหล็ก และสายลบทำด้วย Constantan จึงถือกำเนิดขึ้น และต่อมากลายเป็นแบบมาตรฐาน แบบ J

คุณสมบัติเทอร์โมคัปเปิลแบบ J เหมาะสำหรับสภาพงานที่เป็น Vacuum, Oxidizing, Reducing หรือ Inert ที่อุณหภูมิไม่เกิน 760°C ไม่เหมาะสำหรับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C และที่อุณหภูมิสูงกว่า 538°C (1000°F) สายที่เป็นเหล็กจะเกิด Oxidization ด้วยอัตราสูงกว่าปกติมาก สำหรับอุณหภูมิที่สูงกว่า 538°C จะต้องใช้สายเทอร์โมคัปเปิลขนาดใหญ่จะช่วยให้อายุการใช้งานยืนยาวขึ้น จากการทดลองใช้งานภายใน 20 ปี พบว่าส่วนผสมของโลหะเทอร์โมคัปเปิลจะเปลี่ยนไป 0.5% (แมงกานีสเพิ่มขึ้นในเนื้อเหล็ก)

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ J

5) เทอร์โมคัปเปิลแบบ K (Type K Chromel V.S. Alumel)

เพื่อที่จะทำให้เทอร์โมคัปเปิลสามารถวัดอุณหภูมิได้สูงกว่าแบบ J และมีราคาถูกกว่าจึงได้มีผู้ประดิษฐ์เทอร์โมคัปเปิลแบบใหม่ที่สายบวกทำจากโลหะผสมระหว่าง นิเกิล 10% + โครเมียม 90% และสายลบทำจากโลหะผสมระหว่าง นิเกิล 95% + 5% ของส่วนผสมระหว่าง อลูมิเนียม, แมงกานีสและซิลิกอน ซึ่งต่อมาได้กลายเป็นแบบมาตรฐานแบบ K เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด สามารถใช้กับสภาวะงานที่เป็น Oxidizing หรือ Inert ได้ดีกว่าแบบอื่น สามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 1260 °C (2300 °F) และที่อุณหภูมิต่ำถึง -250 °C (-420 °F) ในสภาพงานที่ต้องรับการแผ่รังสีโดยตรงจากแหล่งกำเนิดความร้อน แบบ K ก็สามารถใช้งานได้ดีเช่นกัน

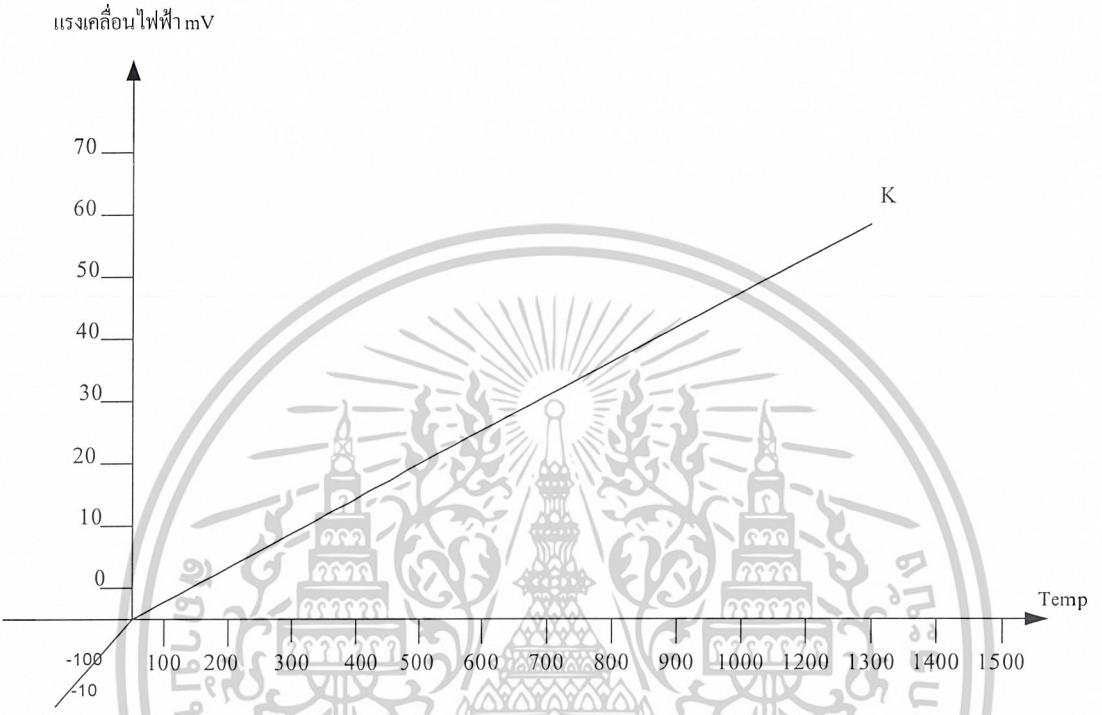
ข้อควรระวัง ไม่ควรใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบ K สัมผัสโดยตรงกับ

1. ในสภาวะที่เป็น Reducing หรือเป็นการใช้งานสลับกันระหว่าง Oxidizing และ Reducing
2. สภาวะงานที่มีไอของซัลเฟอร์ เพราะซัลเฟอร์จะทำลายโลหะทั้งคู่ของเทอร์โมคัปเปิลโดยเฉพาะสายลบจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว
3. สภาวะงานที่เป็น Vacuum ยกเว้นในช่วงระยะเวลาสั้นๆ

ถ้าจำเป็นต้องใช้งานเทอร์โมคัปเปิลกับสภาพดังกล่าวนี้จะต้องใช้ Protecting Tube ป้องกันเสียก่อนอายุการใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลแบบ K นี้ประมาณ 20 ปี เพราะหลังจากนั้นส่วนผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนไปโดยจะมีเหล็กเพิ่มขึ้นประมาณ 2% และส่วนผสมบางอย่างเช่น แมงกานีส จะลดปริมาณลง



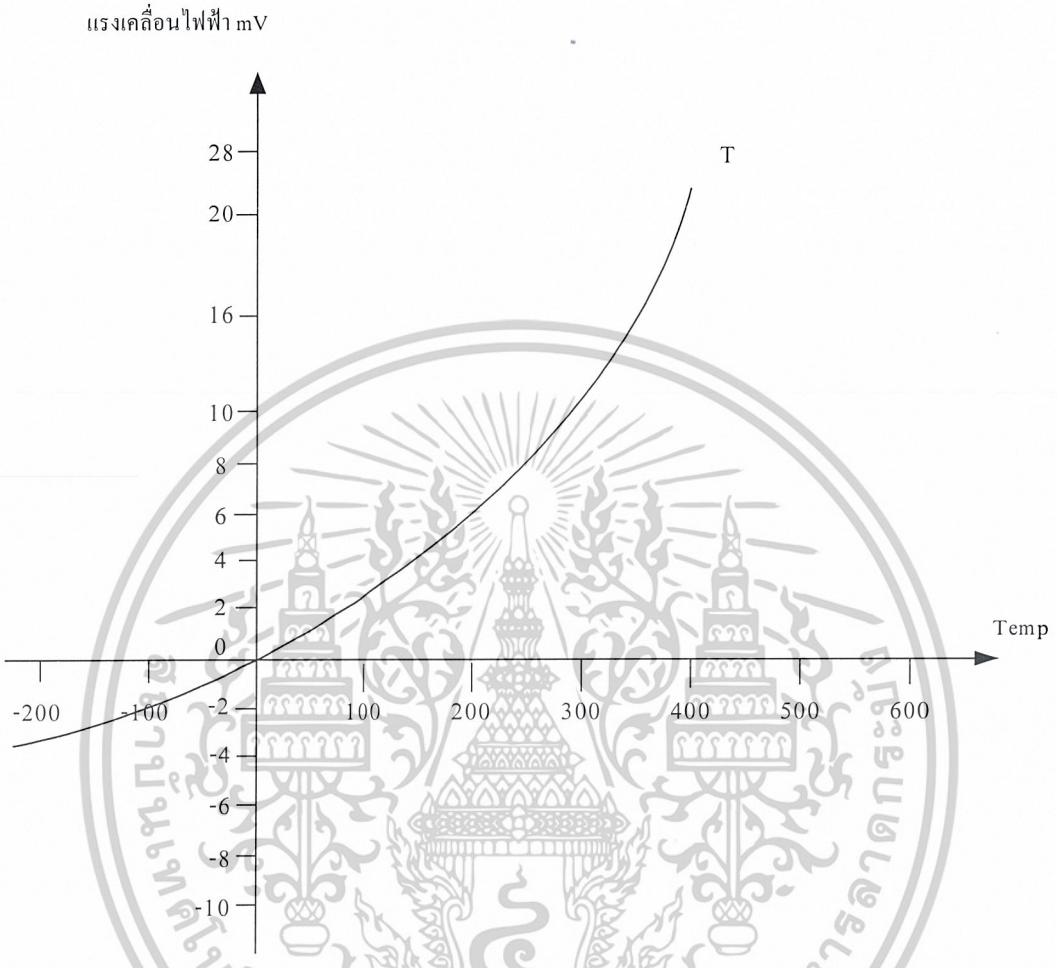
รูปที่ 2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ K

6) เทอร์โมคัปเปิลแบบ T (Type T Copper V.S. Constantan)

เป็นเทอร์โมคัปเปิลแบบที่เหมาะสำหรับการวัดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ สายบวกของเทอร์โมคัปเปิลแบบ T ทำจากทองแดง และสายลบทำจาก Constantan ในสภาพการใช้งานปกติสามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำถึง -184 °C อัตราการเกิด Oxide ของโลหะเทอร์โมคัปเปิลจะเพิ่มมากขึ้น เป็นแบบที่ทนการกัดกร่อนในบรรยากาศที่มีความชื้นได้ดีเป็นพิเศษ และสามารถใช้งานในสภาวะที่เป็น Vacuum, Oxidizing, Reducing หรือ Inert ได้ดี

การใช้งานที่ต้องสัมผัสกับการแผ่รังสีโดยตรงจะทำให้ส่วนผสมของเทอร์โมคัปเปิลเปลี่ยนไปได้จึงไม่เหมาะกับงานในลักษณะนี้ จากการทดลองใช้งานใน 20 ปี ส่วนผสมของนิเกิล และสังกะสี จะเพิ่มขึ้นประมาณ 10%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

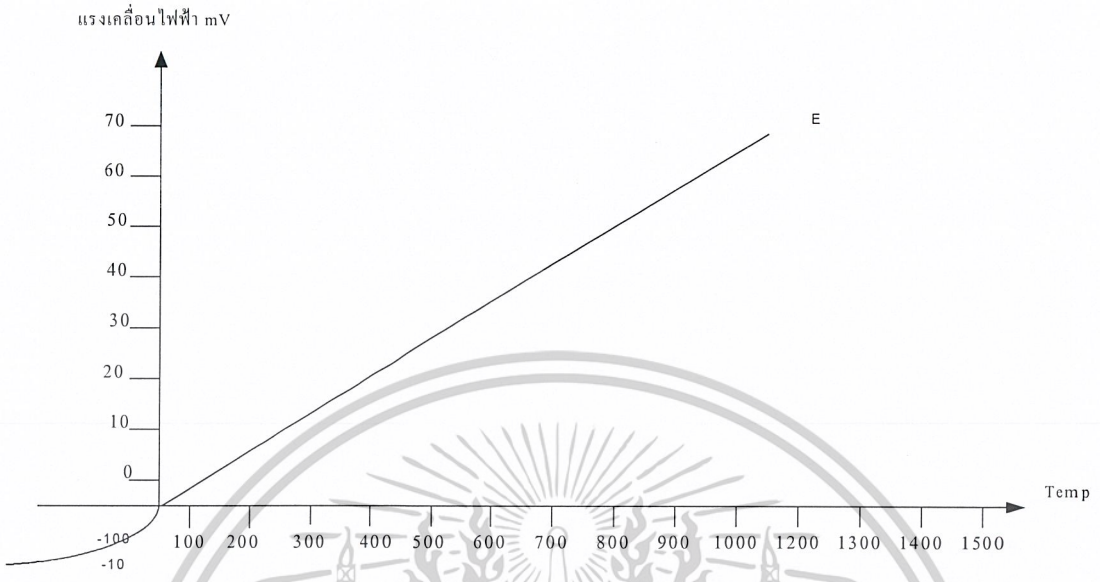


รูปที่ 2.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ T

7) เทอร์โมคัปเปิลแบบ E (Type E Chromel V.S. Constantan)

สายบวกทำจากส่วนผสมระหว่าง 10% ของโครเมียม + 90% ของนิเกิล และสายลบทำจาก Constantan อุณหภูมิใช้งานปกติอยู่ระหว่าง -250 °C ถึง 871 °C เหมาะกับสภาพงานที่เป็น Oxidizing คุณสมบัติด้านอื่นๆ คล้ายกับเทอร์โมคัปเปิลแบบ K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ E

2.2.3 เทอร์โมคัปเปิลแบบ Nonstandard

แบบของเทอร์โมคัปเปิลที่กล่าวมาแล้วนั้นเป็นแบบมาตรฐาน แต่ในปัจจุบันได้มีการทดลองนำโลหะอีกหลายชนิด เช่น ทังสเตน รีเนียม (Rhynium) เออริเดียม (Iridium) มาประดิษฐ์เทอร์โมคัปเปิลแบบใหม่เพื่อให้ได้คุณสมบัติที่ต่างไปจากแบบมาตรฐานที่มีอยู่ ซึ่งจะได้รับการจัดเข้าเป็นแบบมาตรฐานในอนาคตต่อไป

1) นิโครซิล – นิซิล (นิเกิล, โครเมียม, ซิลิกอน – นิเกิล, ซิลิกอน) คุณสมบัติ ช่วงอุณหภูมิใช้งานจาก - 240 $^{\circ}$C ถึง 1230 $^{\circ}$C คุณสมบัติโดยทั่วไปเหมือนแบบ K แต่ให้อายุการใช้งานนานและมีเสถียรภาพดีกว่าแบบ K

2) พลาตินัม 20%, โรเดียม 80% - พลาตินัม 5%, โรเดียม 95% พัฒนามาจากแบบ

3) พลาตินัม 40%, โรเดียม 60% - พลาตินัม 20%, โรเดียม 80% R, S และ B

4) พลาตินัม 13%, โรเดียม 87% - พลาตินัม 1%, โรเดียม 99%

5) พลาตินัม 15%, เออริเดียม 85% - พาลาเดียม ให้แรงเคลื่อนเอาท์พุทสูงกว่าแบบที่มีส่วนผสมพลาตินัมชนิดอื่นๆ

6) พลาตินัม 5%, โมลิบดีนัม 95% - โมลิบดีนัม 99.9%, พลาตินัม 0.1% ทำให้คุณสมบัติการรับการแผ่รังสีโดยตรงจากแหล่งกำเนิดความร้อนได้ดีกว่าแบบที่มีส่วนผสมพลาตินัมชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) เออริเดียม 40%, โรเดียม 60% - โรเดียม สามารถวัดอุณหภูมิได้สูงถึง 1830 °C

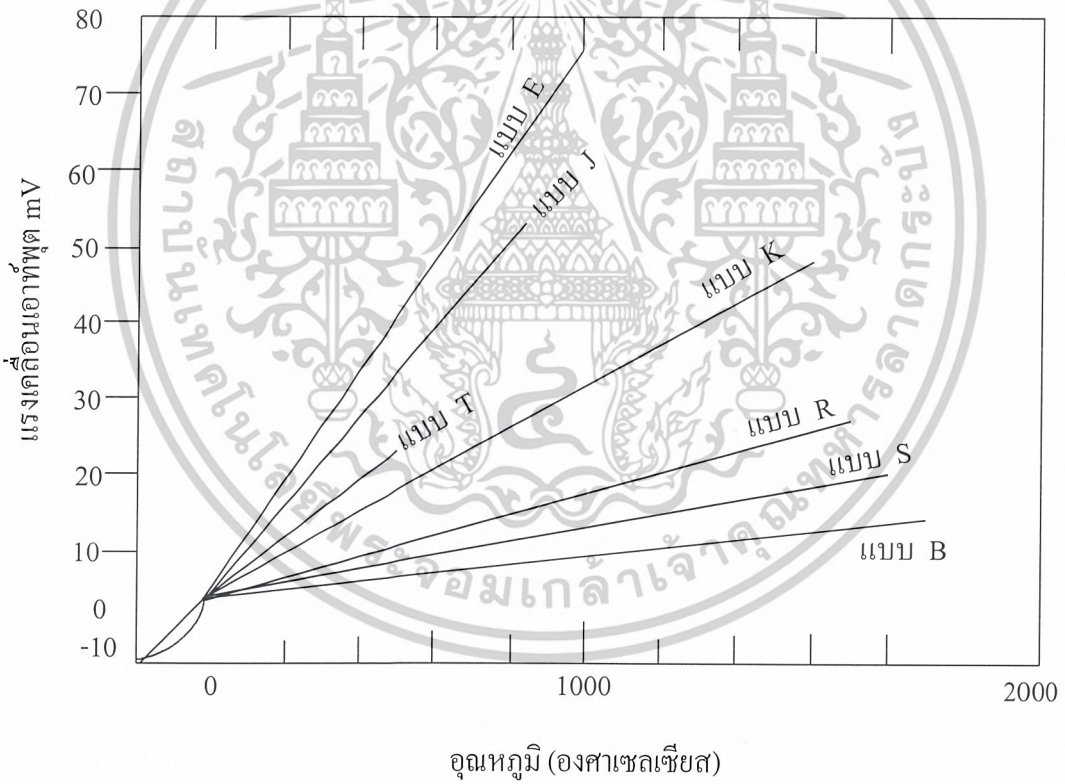
8) ทังสเตน – ทังสเตน 74%, รีเนียม 26%

9) ทังสเตน 97%, รีเนียม 3% - ทังสเตน 75%, รีเนียม 25% สามารถวัดอุณหภูมิได้สูงถึง 2760 °C

10) ทังสเตน 95%, รีเนียม 5% - ทังสเตน 74%, รีเนียม 26%

11) ทองแดง – ทอง 97.89%, โคบอลท์ 2.11% สำหรับวัดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำถึงจุด 0 °สัมบูรณ์ แต่ไม่เหมาะสำหรับการวัดอุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศปกติ

12) โครเมล – ทอง 99.03%, เหล็ก 0.07% สำหรับการวัดอุณหภูมิที่มีค่าเป็นลบมากๆ ให้แรงเคลื่อนเอาท์พุทสูง และมีเสถียรภาพดี



รูปที่ 2.9 กราฟแสดงแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดจากผลต่างของอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐาน

2.3 อาร์ทีดี (RTD)

Resistance Temperature Detectors, ในปีเดียวกันกับที่ซีเบ็คค้นพบกฎของพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากความร้อน (Thermoelectric Law) เซอร์ฮัมฟรีย์ เดวี ก็ค้นพบว่า ค่าความต้านของลวดโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็จะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ อีก 50 ปี ต่อมา เซอร์ วิลเลียม ซีเมนส์ ได้ทำการทดลองอย่างจริงจัง และพบว่า เส้นลวดพลาตินัมสามารถใช้เป็นตัวกลางวัดอุณหภูมิได้ และต่อมาได้กลายเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่แพรหลายเช่นในปัจจุบัน ใช้เป็นเครื่องมือมาตรฐานสากลในการวัดอุณหภูมิ ตั้งแต่จุดแข็งตัวของออกซิเจน (-182.96°C) ไปจนถึงจุดแข็งตัวของแอนติโมนี (630.74°C)

2.3.1 หลักการของอาร์ทีดี

ความต้านทานไฟฟ้าในเส้นลวดโลหะจะเปลี่ยนค่าไปตามสมการ ดังนี้

$$R_t = R_o (1+ \alpha T) \text{ หรือ } dR_t / dT = \propto R_o$$

เมื่อ R_t คือ ค่าความต้านทานของลวดโลหะ ที่อุณหภูมิ t°C

R_o คือ ค่าความต้านทานของลวดโลหะ ที่อุณหภูมิ 0°C

α คือ สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความทานไฟฟ้า ต่ออุณหภูมิ 1°C ($\Omega / \Omega /$ °C) (Temperature Coefficient of Resistance)

ซึ่งค่า α มีค่าเปลี่ยนไปตามชนิดของโลหะ เช่น พลาตินัม 0.00392 $\Omega / \Omega /$ °C จากย่านอุณหภูมิ 0°C ถึง 100°C, นิเกิล 0.0063 $\Omega / \Omega /$ °C ทองแดง 0.00425 $\Omega / \Omega /$ °C

ในทางปฏิบัติ ค่า α ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแต่ละช่วงจะไม่แปรผันเป็นเส้นตรง (Nonlinearity) ในห้องปฏิบัติการมาตรฐาน ที่ต้องการค่าแน่นอน สามารถทำได้โดยการใช้สมการต่อไปนี้

$$R_t = R_o (1 + \alpha T + \beta T^2 + \gamma T^4 \ldots\ldots)$$

ค่า α , β และ γ ได้จากการทดลอง (Empirical Quantity) ซึ่งทางบริษัทผู้ผลิตเป็นผู้กำหนดมา เช่น พลาตินัม

$$\alpha = 3.985 \times 10^{-3}$$

$$\beta = 5.856 \times 10^{-7}$$

$$\gamma = 4.330 \times 10^{-10}$$

สุตรนี้สามารถใช้ได้ตลอดทั้งย่านการใช้งาน ที่ต้องการ Accuracy สูง แต่โดยทั่วๆไป การคำนวณจะใช้สูตร $R_t = R_o (1+ \alpha T)$ โดยเลือกใช้ค่า α ตามตาราง

ในช่วง 90 ปีที่ผ่านมา สถาบันและสมาคมหลายแห่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอาร์ทีดี ได้กำหนดมาตรฐานต่างกันไป สมาคมเหล่านี้ได้แก่สมาคมผู้ผลิตเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ (SAMA) แห่งสหรัฐ สถาบันมาตรฐานแห่งอังกฤษ (British Standard Institute), และสถาบันมาตรฐานแห่งเยอรมัน (Deutsches Institute fur Normunge.V.'s) แต่ต่อมากลุ่มกำหนดมาตรฐาน IEC (IES Standard Qroups) ได้กำหนด Calibration Curve ของอาร์ทีดี แบบพลาตินัมใหม่และเป็นที่ยอมรับของสมาคมทั้งสามดังกล่าวช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 400°C ค่าผิดพลาดไม่เกิน ± 0.2°C และที่ช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 400 °C ถึง 600 °C ค่าผิดพลาดไม่เกิน ± 0.5 °C กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของอาร์ทีดีที่ทำจากโลหะชนิดต่างๆ แกนในแนวตั้งจะบอกว่า ความต้านทานที่อุณหภูมิ T(R_t) จะมีค่าเป็นกี่เท่าของความต้านทานที่ 0 °C ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงได้ถึง 5 เท่าหรือมากกว่า อาร์ทีดี แบบพลาตินัมเป็นแบบที่ใช้กันมากที่สุดในงานอุตสาหกรรม มีค่ามาตรฐาน 100 โอห์ม ที่ 0 °C และเป็นแบบมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป หรือเรียกว่าแบบ Standard Platinum Resistance-Thermometers (SPRTs) ในช่วงอุณหภูมิสูงถึง 600 °C ควรใช้อาร์ทีดีพลาตินัมแบบ 10 โอห์มเพราะจะให้เสถียรภาพดีกว่าแบบ 100 โอห์ม

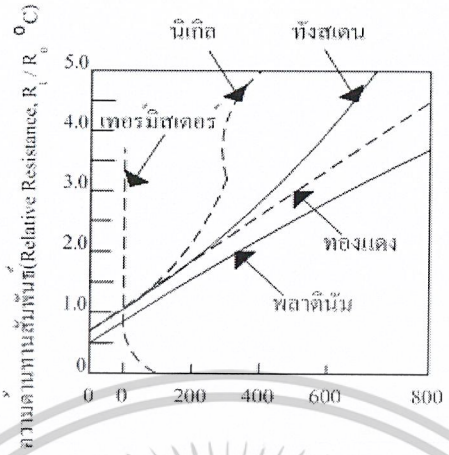
นิเกิล อาร์ทีดีไม่ใช่แบบมาตรฐานเหมือนพลาตินัมเพราะต่างบริษัทก็กำหนดค่าความต้านทานที่ 0 °C ต่างกันออกไปทำให้การเลือกใช้อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ เช่น ทรานสมิตเตอร์, เครื่องควบคุม, เครื่องบันทึก เฉพาะของบริษัทนั้นๆ บางบริษัทกำหนดค่าความต้านทาน 235.116 โอห์ม ที่ 0 °C นิเกิลอาร์ทีดี วัดอุณหภูมิได้ไม่สูงเท่ากับพลาตินัม ย่านในการใช้งานอยู่ในช่วง -195 °C ถึง 360 °C ค่าความผิดพลาดต่ำกว่าแบบพลาตินัม ตาให้ลิเนียริตี้ดีกว่าแบบพลาตินัม

อาร์ทีดีแบบทองแดง เป็นแบบที่ให้ลิเนียริตี้ในการวัดดีที่สุดแต่ย่านการใช้งานแคบประมาณ -200 °C ถึง 150 °C และมีค่าความต้านทานจำเพาะต่ำ ปกติจะมีค่าความต้านทาน 10 โอห์ม ที่ 0 °C

อาร์ทีดีแบบทังสเตน ก็มีที่ใช้อยู่บ้าง แต่ไม่เป็นที่แพร่หลายเพราะมีเสถียรภาพไม่ดี (คุณสมบัติเปลี่ยนไปเมื่อผ่านการใช้งานไปแล้ว) แต่มีข้อดีคือมีความแข็งแรง (Strength) สูงกว่าแบบอื่นๆ สามารถทนอุณหภูมิได้สูง

อาร์ทีดีแบบพลาตินัม 100 โอห์ม จะเปลี่ยนค่าความต้านทานโดยเฉลี่ย 0.385 โอห์ม ต่อ 1 °C ในการใช้งานปกติมีแหล่งจ่ายกระแสคงที่ (Current Source) 1 m.A เลี้ยงอาร์ทีดีอยู่ทุกๆ 1 °C ที่เปลี่ยนแปลงจะทำให้เกิดค่าโวลเตจ เปลี่ยนแปลง 0.385 mV. ซึ่งมากกว่าเทอร์โมคัปเปิลแบบ K ถึง 10 เท่า ดังนั้นที่สัญญาณรบกวนค่าเดียวกันจะมีผลต่ออาร์ทีดีน้อยกว่าเทอร์โมคัปเปิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 กราฟแสดงอัตราส่วนของความต้านทานของโลหะที่ใช้ทำอาร์ทีดีเทียบกับค่าที่ 0 °C

2.3.2 โครงสร้างของอาร์ทีดี

อาร์ทีดี ทำด้วยลวดโลหะที่มีความยาวค่าหนึ่งซึ่งทำให้เกิดค่าความต้านทานที่ต้องการ ณ อุณหภูมิ 0 °C ลวดโลหะนี้จะพันอยู่บนแกนที่เป็นฉนวนไฟฟ้าและมีคุณสมบัติทนต่อความร้อน แกนที่ใช้เป็นสารประเภทเซรามิคหรือแก้ว เช่น อลูมินาบริสุทธิ์, สารที่เจือปนอยู่ (Impurities) เช่น ซิลิกาจะทำให้เส้นลวดความต้านทานสกปรก (Contaminate) สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นพิเศษในกระบวนการผลิตคือ ขณะใช้งานขดลวดนี้ต้องทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ, ความสั่นสะเทือนได้ ทั้งนี้เพราะเมื่อขดลวดได้รับความร้อนจะขยายตัว, เมื่อเย็นลงจะหดตัว แกนที่ใช้พันจะต้องมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวสัมพันธ์กับการขยายตัวของขดลวดการพันขดลวดจะทำขณะที่ขดลวดร้อนจนอ่อนตัว หลังจากนั้นต้องผ่านกรรมวิธีการอบร้อนคลายความเครียดที่มีอยู่ในขดลวด (Stress relieve) ด้วยอุณหภูมิอย่างน้อย 500 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สภาพภายนอกของอาร์ทีดีเหมือนเทอร์โมคัปเปิล อาร์ทีดีจะถูกบรรจุอยู่ใน Sheath (ฝักโลหะ) ตามรูปเป็นภาพตัดและขยายให้เห็นส่วนประกอบของอาร์ทีดี ฉนวนที่ใช้เป็นพวกแมกนีเซียมออกไซด์หรืออลูมิเนียมออกไซด์ ช่วงที่มีผลต่อการวัดโดยตรง (Sensitive Portion) อยู่ตรงส่วนปลายของ Sheath อาจยาว 0.5 ถึง 2.5 นิ้วซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ของขดลวด การเลือก Metal Sheath ฉนวน, เทอร์โมเวลล์เหมือนกับเทอร์โมคัปเปิล

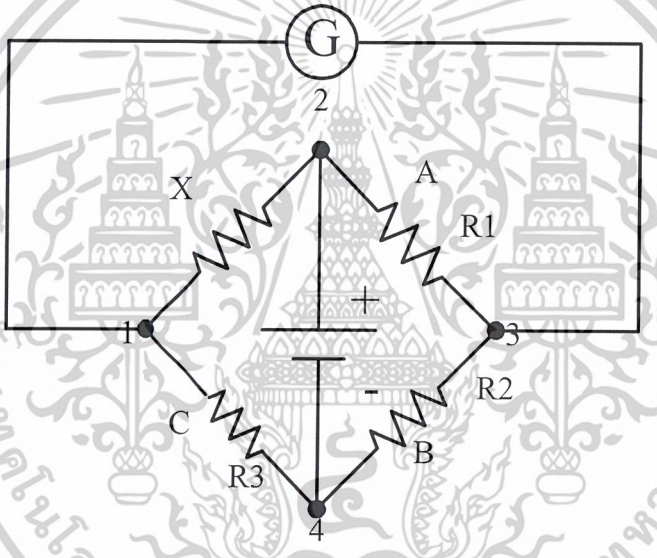
2.3.3 วงจรต่อใช้งานของ อาร์ทีดี

วงจรต่อใช้งานพื้นฐานของอาร์ทีดี คือ “วีธสโตน บริดจ์” ให้ “X” คือตัวอาร์ทีดี ซึ่งติดตั้งอยู่ในจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิ รีซิสเตอร์ประกอบอีก 3 ตัวคือ A, B และ C อยู่ในทรานสมิตเตอร์ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิบรรยากาศ รีซิสเตอร์ A, B และ C ที่ใช้เป็นแบบที่มีความถูกต้องสูง, ค่า drift. ต่ำมาก (การเปลี่ยนค่าความต้านทานเมื่ออุณหภูมิบรรยากาศเปลี่ยน)

วงจรบริดจ์นี้จะอยู่ในสภาวะสมดุลเมื่อ อาร์ทีดีอยู่ในอุณหภูมิ 0°C ซึ่งจะทำให้อัตราส่วน X/C = A/B กัลวาโนมิเตอร์จะชี้ที่ 0°C วงจรนี้ใช้ได้เมื่อตัวทรานสมิตเตอร์อยู่ใกล้กับตัวอาร์ทีดีมากๆ เท่านั้น เพราะถ้าสายยาว ค่าผิดพลาดจะเกิดขึ้นเนื่องจากความต้านทานของสาย ค่าผิดพลาดนี้ขึ้นอยู่กับ ความยาวของสายตัวนำจากอาร์ทีดีและอุณหภูมิของสายตัวนำนี้ ถ้ามีค่ามากขึ้นค่าผิดพลาดก็จะสูงขึ้น วงจรแบบสองสายจึงเหมาะสำหรับการวัดที่ไม่ต้องการความถูกต้องสูงนัก



รูปที่ 2.11 แสดงวงจรต่ออาร์ทีดีแบบ 2 สาย

วงจรอาร์ทีดีแบบ 3 สายเป็นแบบมาตรฐานที่นิยมใช้กันมากที่สุดในวงการอุตสาหกรรมทั่วไป สายทั้งสาม a, b และ c จากอาร์ทีดีที่ต่อเข้าวงจรบริดจ์จะต้องมีขนาด, ความยาวเท่ากันและอยู่ในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิเดียวกันตลอด เพื่อให้ค่าความต้านทานของทั้งสามสายเปลี่ยนแปลงไปในขนาดและทิศทางเดียวกัน เป็นการชดเชยความผิดพลาดอันเกิดจากการลากสายตัวนำยาวในสภาวะงานที่หลีกเลี่ยงไม่ได้จากวงจรเมื่อบริดจ์อยู่ในภาวะสมดุล

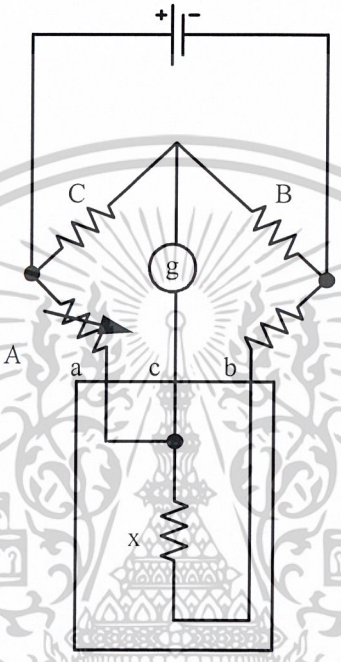
$$X = C/B \quad A \quad \text{ให้} \quad B = C$$

เนื่องจาก a = b = c, X + b จึงเท่ากับ A + a ค่าอุณหภูมิของการวัดจึงขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานของ อาร์ทีดี “X” เพียงตัวเดียว วงจรการวัดแบบ 3 สายนี้เป็นแบบที่มีให้ความถูกต้องสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

วงจรการวัดแบบ 4 สาย แบบแรกเป็นแบบที่เลื่อนจุดต่อของบริดจ์ (Bridge Point) ไปอยู่ภายนอก สายที่ต่อจากอาร์ทีดีทั้ง 4 เส้นจะต้องมีขนาด, ความยาวและอยู่ในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิเดียวกันตลอดเหมือนวงจรการวัดแบบ 3 สาย แต่วิธีนี้ให้ความถูกต้องสูงกว่า

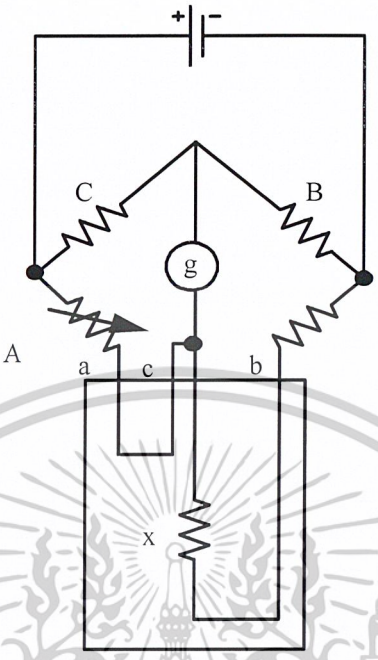


รูปที่ 2.12 แสดงวงจรต่ออาร์ทีดีแบบ 3 สาย

วงจรการวัดแบบ 4 สายแบบที่ 2 ใช้ในกรณีที่ต้องการความถูกต้องสูงสุด ต้องการทราบค่าอุณหภูมิเป็นจุดๆ ไม่ต้องการวัดค่าแบบต่อเนื่อง เช่น ในห้องปฏิบัติการ ลักษณะการต่อวงจรเป็นแบบ 3 สาย มีสวิทช์สำหรับโยกสลับสายเพื่อหาค่าเฉลี่ย ในการวัดครั้งหนึ่งๆ ต้องทำการอ่านค่า 2 ครั้ง ตามตำแหน่งสวิทช์ ค่าความต้านทานของอาร์ทีดีเป็นค่าเฉลี่ยของค่าที่อ่านได้ทั้งสองครั้ง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนอันเกิดจากวิธีการวัดแบบ 3 สาย เนื่องจากค่าความต้านทานของสายอาจไม่เท่ากันได้ เช่น ตำแหน่งบนอ่านได้ 250.17 °C และตำแหน่งล่างอ่านได้ 250.16 °C ค่าที่บันทึก 250.165 °C เป็นต้น + สิ่งที่ต้องระมัดระวังในการวัดด้วยวิธีนี้ คือ จุดต่อหรือหน้าคอนแทคท์ ทุกจุดจะต้องมั่นใจว่าแน่นสนิท สะอาดปราศจากออกไซด์ ซึ่งจะทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่แน่นอน และกัลวาโนมิเตอร์ที่ใช้จะต้องเป็นแบบอิมพีแดนซ์สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

51056



รูปที่ 2.13 แสดงวงจรต่ออาร์ทีดีแบบ 4 สาย

2.4 เทอร์มิสเตอร์ (Thermisters)

เทอร์มิสเตอร์ เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเหมือนอาร์ทีดี แต่เทอร์มิสเตอร์ใช้คาร์บอน และสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) เช่น พวกออกไซด์ของโลหะ เช่น นิเกิล, โคบอลท์, แมงกานีส, เหล็ก, ทองแดง, เยอรมันเนี่ยม, แมกนีเซี่ยมและไทตาเนียม โดยปกติทำจาก ออกไซด์ของแมงกานีสกับทองแดง และออกไซด์ของนิเกิลกับทองแดง ที่ให้สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานสูง เช่น เทอร์มิสเตอร์บางตัวอาจเปลี่ยนค่าความต้านทาน 156 Ω เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปเพียง 1 °C แต่การเปลี่ยนค่าความต้านทานจะกลับกับแบบ RTD คือ จะลดค่าความต้านทานลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (NegativeTemperature Coefficient) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำ

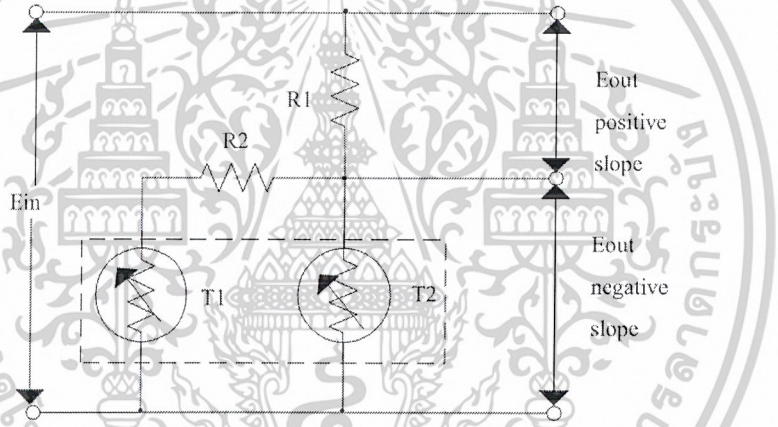
การที่เทอร์มิสเตอร์มีสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานสูงทำให้ช่วงการวัดอุณหภูมิแคบ โดยทั่วไปจะใช้วัดอยู่ในย่านต่ำกว่า 100 °C แต่ก็มีบางแบบที่สามารถวัดได้ถึง 450 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะในย่านอุณหภูมิต่ำๆ เทอร์มิสเตอร์ก็สามารถใช้งานได้ดี เช่น ในย่านอุณหภูมิต่ำกว่า 100 °K ข้อสำคัญคือ เทอร์มิสเตอร์มีความสัมพันธ์ในการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานต่ออุณหภูมิไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinearity) ทำให้ต้องเลือกใช้งานในบางช่วงที่ความสัมพันธ์อันนี้ค่อนข้างเป็นเส้นตรง จึงทำให้ Calibration Curve ของเทอร์มิสเตอร์ ไม่มีมาตรฐานเหมือนอาร์ทีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ เทอร์โมคัปเปิล ต้องใช้ตามคู่มือที่ทางบริษัทให้มากับเทอร์มิสเตอร์ตัวนั้น และต้องสอบเทียบค่าเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ให้ทำงานได้ถูกต้องตลอด แม้ว่าอุณหภูมิบรรยากาศจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ในวงจร Reference สำหรับเทอร์โมคัปเปิล แบบอิเล็กทรอนิกส์ก็ใช้เทอร์มิสเตอร์เป็นตัวชดเชยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

2.4.1 วงจรการใช้งานของเทอร์มิสเตอร์

เนื่องจากสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงของความต้านทานเทอร์มิสเตอร์สูง วงจรบริดจ์แบบอาร์ทีดี ทำให้สามารถอ่านค่าได้ละเอียดมากในช่วงอุณหภูมิแคบๆ สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแม้เพียง 0.0005°C เท่านั้น ดังนั้นวงจรการวัดทั่วไปจึงเป็นแบบวงจรแบ่งแรงดัน สังเกตตามรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดงวงจรต่อของเทอร์มิสเตอร์

เนื่องจากเทอร์มิสเตอร์เปลี่ยนค่าความต้านทานมาก ดังนั้น จึงจัดไว้ในลักษณะขนานกันตามรูปเพื่อลดการเปลี่ยนแปลงลง สายที่ใช้ต่อจากเทอร์มิสเตอร์ มายังวงจรวัดไม่มีส่วนสร้างความผิดพลาดในการวัดเหมือนอาร์ทีดี จากการทดลองใช้สายทองแดง ขนาดเบอร์เท่ากับ 18 ยาว 400 ฟุต ณ อุณหภูมิบรรยากาศ 25°C จะทำให้เกิดค่าผิดพลาดเพียง 0.05°C เท่านั้น

นอกจากใช้เทอร์มิสเตอร์เป็นตัววัดอุณหภูมิโดยตรงแล้ว ยังสามารถใช้เป็นตัวเลขชดเชยการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ให้ทำงานได้ถูกต้องตลอด แม้ว่าอุณหภูมิบรรยากาศจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ในวงจรอ้างอิง สำหรับเทอร์โมคัปเปิลแบบอิเล็กทรอนิกส์ใช้เทอร์มิสเตอร์เป็นตัวชดเชยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิบรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 หลักการทำความเย็น

หลักการทำความเย็นเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากพื้นที่หนึ่ง ที่ต้องการทำความเย็น โดยความร้อนจะถูกส่งผ่านน้ำยา จากนั้นน้ำยาจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศภายนอกพื้นที่ น้ำยาจะเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน โดยอาศัยกระบวนการอัดน้ำยาให้เป็นไอ กระบวนการควบแน่น กระบวนการขยายตัว และกระบวนการระเหย ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะเกิดตามส่วนต่างๆของระบบ เช่น ที่คอมเพรสเซอร์ ที่คอนเดนเซอร์ ที่อุปกรณ์ควบคุมการไหล เป็นต้น ดังนั้นการเรียนรู้เกี่ยวกับหลักการทำความเย็น จึงเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ระบบทำความเย็นได้ถูกต้อง การทำงานของระบบทำความเย็นดังรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 การทำงานของระบบทำความเย็น

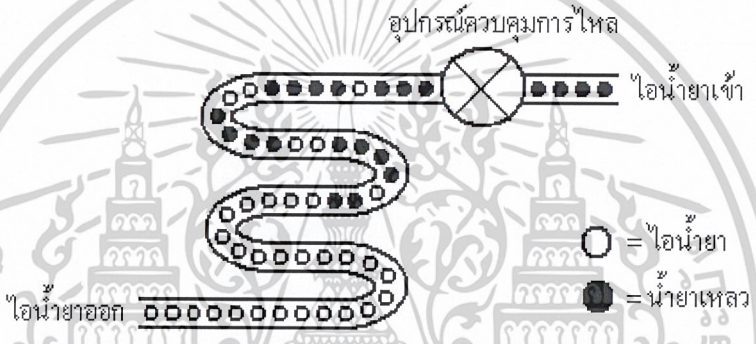
2.5.1 อีแวปปอเรเตอร์ (Evaporator)

ทำหน้าที่ดูดความร้อนจากพื้นที่หรือวัตถุที่ต้องการทำความเย็น ไปให้น้ำยาเหลวใช้ในการเดือดกลายเป็นไอน้ำยา อีแวปปอเรเตอร์ที่ใช้ในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ มี 2 ชนิด ดังนี้

1) อีแวปปอเรเตอร์แบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นแบบที่ใช้ในตู้เย็นทั่วๆไป ขณะที่น้ำยาเหลวไหลผ่าน อีแวปปอเรเตอร์ จะเกิดการเดือดเป็นไอตลอดเวลาและเป็นไอหมด เมื่อออกจากอีแวปปอเรเตอร์ อีแวปปอเรเตอร์ชนิดนี้ มีอุปกรณ์ควบคุมการไหล คอยควบคุมปริมาณน้ำยาที่ไหลเข้าอีแวปปอเรเตอร์ให้เหมาะสมกับโหลดที่อยู่ในห้องเย็น เมื่อน้ำยารไหลผ่านอุปกรณ์ควบคุมการไหล จะถูกลดความดันและอุณหภูมิลง ทำให้น้ำยาบางส่วนเกิดการเดือดกลายเป็นไอก่อนที่จะเข้าอีแวปปอเรเตอร์ และเรียกไอนี้ว่า ก๊าซแฟลช (Flash Gas) ส่วนน้ำยาเหลวที่ยังไม่เดือดจะเข้าไปเดือดในอีแวปปอเรเตอร์ ข้อดีของอีแวปปอเรเตอร์แบบนี้คือ ไม่มีน้ำยาเหลวตกค้างในอีแวปปอเรเตอร์ ภาพที่ 2.16 แสดงอีแวปปอเรเตอร์แบบแห้ง

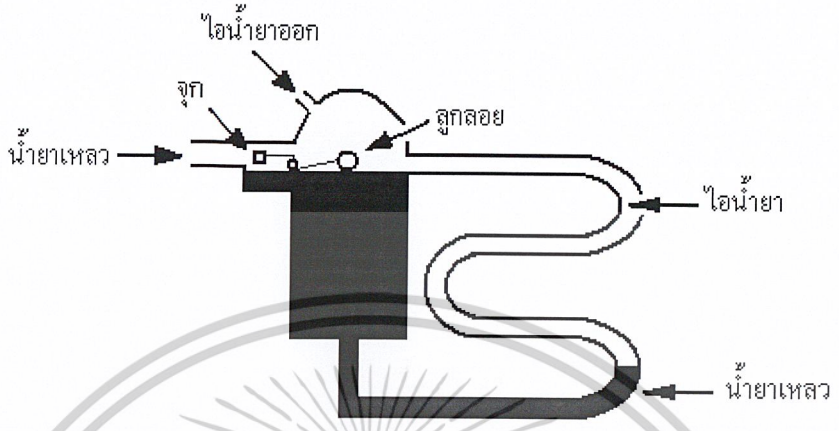


รูปที่ 2.16 อีแวปปอเรเตอร์แบบแห้ง

2) อีแวปปอเรเตอร์แบบน้ำท่วม

ถังเก็บน้ำยาทำหน้าที่ส่งน้ำยาเข้าท่วมอีแวปปอเรเตอร์ตลอดเวลา ระดับของน้ำยาในถังและอีแวปปอเรเตอร์ จะถูกควบคุมโดยสวิตช์ลูกลอย ถ้าน้ำยาระเหยไปมาก สวิตช์ลูกลอยจะตกและเปิดลิ้นปล่อยให้น้ำยาเข้าถัง น้ำยาที่เดือดเป็นไอ จะลอยอยู่เหนือระดับน้ำยาเหลว และถูกดูดเข้าไปยังคอมเพรสเซอร์ อีแวปปอเรเตอร์แบบนี้มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนดีกว่าแบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 อีแวปปอเรเตอร์แบบน้ำท่วม

3) รูปแบบของท่ออีแวปปอเรเตอร์

อีแวปปอเรเตอร์มีหลายรูปแบบ หลายชนิด ในการเลือกอีแวปปอเรเตอร์ ควรพิจารณาขนาดของท่อที่ใช้ทำอีแวปปอเรเตอร์ ต้องมีขนาดท่อเพียงพอให้น้ำยาเหลวเข้ามาเดือดได้หมด โดยไม่ทำให้ความดันของน้ำยาลดลง นอกจากนี้ท่ออีแวปปอเรเตอร์ จะต้องออกแบบให้ถ่ายเทความร้อนได้ดี การแบ่งอีแวปปอเรเตอร์ตามโครงสร้างของท่อมี 3 แบบ คือ

2.1) อีแวปปอเรเตอร์แบบท่อเปลือย (Bare Tube Evaporators)

โลหะที่ใช้ทำท่ออีแวปปอเรเตอร์ชนิดนี้ จะเป็นท่อเหล็กหรือท่อทองแดง ถ้าเป็นท่อเหล็กจะใช้กับอีแวปปอเรเตอร์ขนาดใหญ่หรือระบบที่ใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็นส่วนท่อทองแดงใช้กับ อีแวปปอเรเตอร์ขนาดเล็ก

2.2) อีแวปปอเรเตอร์แบบเพลต (Plate Evaporators)

ประกอบด้วยโลหะ 2 แผ่นเชื่อมประกอบเป็นท่ออีแวปปอเรเตอร์ นิยมใช้ในตู้เย็นตามบ้าน เพราะมีราคาถูกและทำความสะอาดได้ง่าย อีแวปปอเรเตอร์แบบเพลต

2.3) อีแวปปอเรเตอร์แบบครีบ (Finned Evaporators)

เป็นอีแวปปอเรเตอร์แบบท่อเปลือยที่ติดแผ่นครีบพาดขวางตามแนวท่อครีบอาจเป็นเหล็กหรืออลูมิเนียม ครีบช่วยพื้นที่ผิวในการระบายความร้อนของอีแวปปอเรเตอร์ให้มากขึ้น อีแวปปอเรเตอร์แบบนี้

2.5.2 ท่อดูด (Suction Line)

ทำหน้าที่ส่งไอน้ำยาที่เดือดจากอีแวปปอเรเตอร์แล้วเข้าคอมเพรสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ท่อจ่าย (Discharge Line)

ทำหน้าที่ส่งไอน้ำยาที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงเข้าคอนเดนเซอร์

2.5.4 ท่อของเหลว (Liquid Line)

ทำหน้าที่ส่งน้ำยาที่เป็นของเหลวจากถังรับน้ำยาเข้าอุปกรณ์ควบคุมการไหล

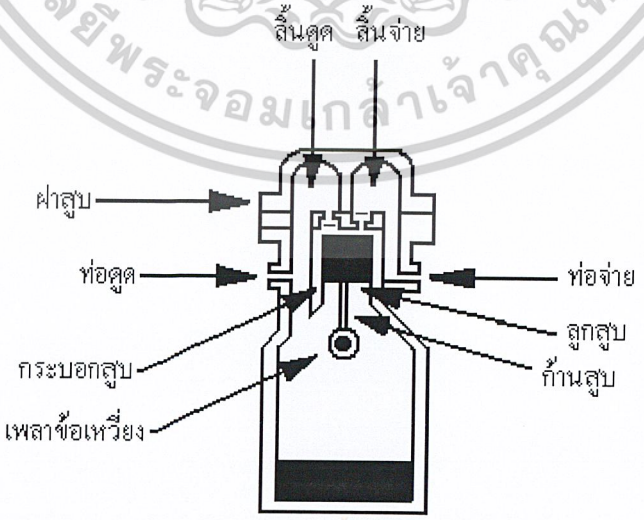
2.5.5 คอมเพรสเซอร์ (Compressor)

ทำหน้าที่สูบน้ำยาให้ไหลเวียนภายในระบบพร้อมกับอัดไอน้ำยาที่มีความดันต่ำ ให้เป็นไอน้ำยาที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง คอมเพรสเซอร์มีมากหลายชนิด แต่มีเพียงไม่กี่ชนิดที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่

1) คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor)

คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ เป็นคอมเพรสเซอร์ที่นิยมใช้ในตู้เย็น และระบบปรับอากาศทั่วไป งานด้านธุรกิจและอุตสาหกรรม ลูกสูบของคอมเพรสเซอร์ชนิดนี้มีลักษณะเหมือนลูกสูบของรถยนต์ โดยใช้แรงจากภายนอกมาขับเคลื่อนลูกสูบให้อัดไอน้ำยาในกระบอกสูบผ่านทางข้อเหวี่ยง ซึ่งข้อเหวี่ยงจะถูกขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าอีกทอดหนึ่ง ดังรูปที่ 2.18

นอกจากนี้คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ ยังแบ่งออกได้หลายแบบตามลักษณะต่างๆ เช่น แบ่งตามจำนวนกระบอกสูบ เป็นแบบกระบอกสูบเดี่ยว แบบสองกระบอกสูบ เป็นต้น แบ่งตามวิธีการวางกระบอกสูบ เป็นแบบกระบอกสูบตั้ง แบบกระบอกสูบนอน แบ่งตามโครงสร้าง เป็นแบบเปิด (Open) แบบปิด (Hermetic) และแบบกึ่งปิด (Semihermetic)



รูปที่ 2.18 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี่ (Rotary Compressor)

คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี่ เป็นคอมเพรสเซอร์ที่ใช้กันทั่วไป ในตู้เย็นตามบ้านเรือนและเครื่องปรับอากาศหน้าต่าง ข้อดีของคอมเพรสเซอร์แบบโรตารี่ เมื่อเปรียบเทียบกับคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ มีดังนี้ ทำงานได้เร็วกว่า ทำงานได้ราบเรียบไม่สั่นสะเทือนมากนัก มีอัตราการอัดไอต่ำกว่า แต่ไหลเวียนน้ำยาได้มากกว่า มีส่วนเคลื่อนน้อยกว่าแบบลูกสูบคอมเพรสเซอร์แบบนี้สามารถแบ่งได้อีก 2 ชนิด คือ แบบใบพัดอยู่กับที่ และแบบใบพัดหมุน แต่ละชนิดมีลักษณะและการทำงานดังต่อไปนี้

2.1) คอมเพรสเซอร์โรตารีแบบใบพัดอยู่กับที่ ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่สำคัญดังต่อไปนี้

2.1.1) กระบอกสูบ (Cylinder) เป็นพื้นที่ที่ใช้อัดไอน้ำยาความดันต่ำให้เป็นไอน้ำยาความดันสูง

2.1.2) ลูกกลิ้ง (Roller) ทำหน้าที่หมุนไปรอบๆ กระบอกสูบ ขณะที่ลูกกลิ้งหมุนจะสัมผัสผิวด้านในของกระบอกสูบตลอดเวลา เพื่อไล่บีบไอน้ำยาให้มีปริมาณลดลง การหมุนของลูกกลิ้ง หนึ่งรอบจะมีทั้งการดูดและการอัดไอน้ำยาพร้อมๆ กัน

2.1.3) เพลา (Shaft) ทำหน้าที่หมุนลูกกลิ้ง

2.1.4) ใบพัด (Blade) ทำหน้าที่แยกและป้องกันไม่ให้ไอน้ำยาจากท่อดูดและท่อจ่ายไหลปะปนกัน

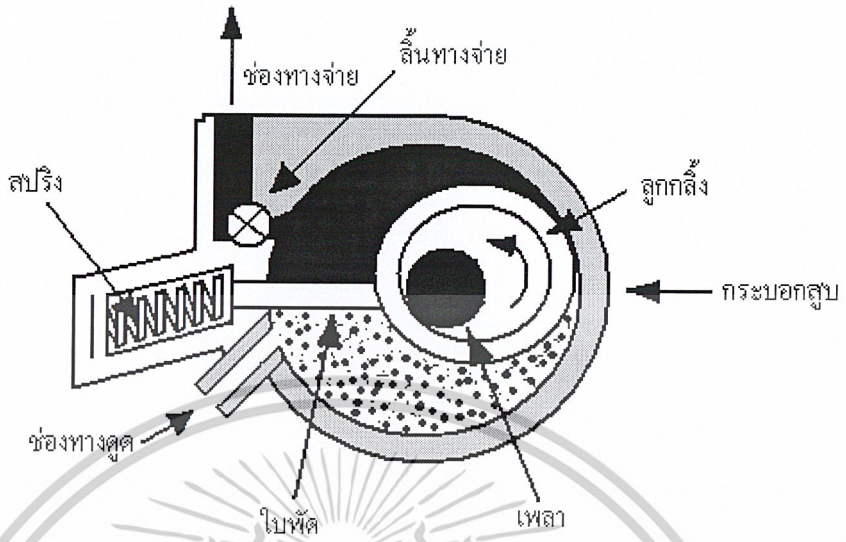
2.1.5) สปริง (Spring) ทำหน้าที่ดันใบพัดให้สัมผัสกับลูกกลิ้งตลอดเวลาที่หมุน

2.1.6) ช่องทางดูด (Suction Port) ทำหน้าที่ส่งน้ำยาเหลวความดันต่ำ อุณหภูมิต่ำเข้ากระบอกสูบ

2.1.7) ท่อทางจ่าย (Discharge Port) ทำหน้าที่ส่งไอน้ำยาความดันสูง อุณหภูมิสูงไปคอนเดนเซอร์

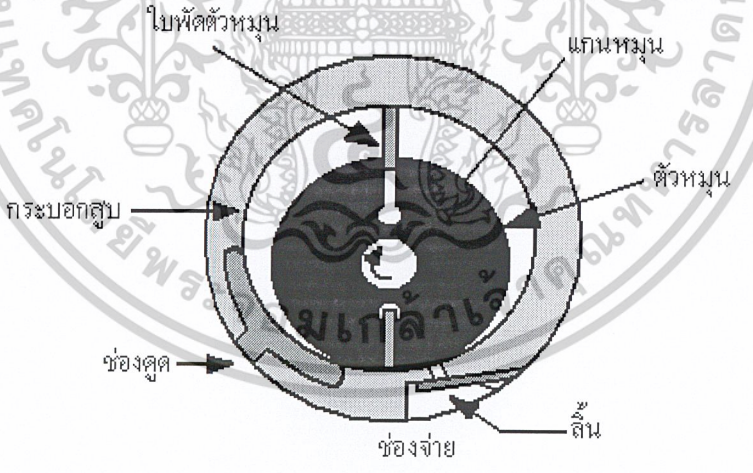
2.1.8) ลิ้นทางจ่าย (Discharge Valve) ทำหน้าที่ปิดเปิดให้ไอน้ำยาความดันสูงและอุณหภูมิสูง ไหลไปคอนเดนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 โครงสร้างคอมเพรสเซอร์โรตารี่แบบใบพัดอยู่กับที่

2.2) คอมเพรสเซอร์โรตารี่แบบใบพัดหมุน โครงสร้างหลักของคอมเพรสเซอร์แบบโรตารี่แบบใบพัดหมุนแสดงดังรูปที่ 2.20 ซึ่งประกอบด้วย



รูปที่ 2.20 โครงสร้างคอมเพรสเซอร์โรตารี่แบบใบพัดหมุน

2.2.1) ช่องดูด (Suction Port)

2.2.2) ช่องจ่าย (Discharge Port)

2.2.3) กระบอกสูบ (Cylinder)

2.2.4) ตัวหมุนและแกนหมุน (Rotor and Shaft)

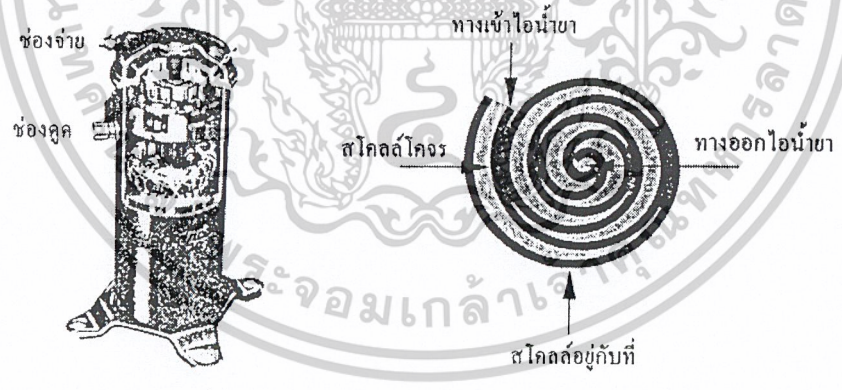
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5) ใบพัดของตัวหมุน (Rotor Vane)

3) คอมเพรสเซอร์แบบสโคลล์ (Scroll Compressor)

คอมเพรสเซอร์แบบสโคลล์ มีประสิทธิภาพในการอัดไอน้ำยาสูงกว่าคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ เมื่อเทียบขนาดเท่ากัน ส่วนประกอบของคอมเพรสเซอร์ชนิดนี้มี 2 ส่วน คือ สโคลล์อยู่กับที่ (Stationary Scroll) กับสโคลล์โคจร (Orbiting Scroll) โดยสโคลล์ทั้งสองจะขดเป็นเกลียวคล้ายก้นหอยมีจุดศูนย์กลางร่วมกัน ที่จุดศูนย์กลางร่วม จะเชื่อมต่อกับท่อทางอัด

ลำดับขั้นการทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบสโคลล์ โดยใช้ไอน้ำยาเพียงส่วนเดียว แต่ในการทำงานจริงๆ จะมีไอน้ำยาถึง 6 ส่วนไหลเวียนอยู่ระหว่างโพรงของสโคลล์ ทั้งสองอย่างต่อเนื่อง การทำงานอธิบายได้ดังนี้ เมื่อโพรงระหว่างสโคลล์ทั้งสองเปิด ไอน้ำยาความดันต่ำจะไหลเข้าโพรง การหมุนของสโคลล์โคจร ทำให้เกิดแรงเหวี่ยง เหวี่ยงสโคลล์โคจรปิดปากโพรงทางเข้า จากนั้นไอน้ำยา จะถูกอัดส่งไปยังก้นหอยเรื่อยๆ โดยแรงเหวี่ยงของสโคลล์โคจร เมื่อไอน้ำยาถูกส่งมาถึงโพรงสุดท้ายของสโคลล์ทั้งสอง จะทำให้ไอน้ำยาถูกอัดจนมีความดันสูง จากนั้นจะถูกส่งออกด้านบนของคอมเพรสเซอร์ผ่านด้านทางจ่าย ปากโพรงทางเข้าจะเปิดและปิดตามจังหวะการหมุนของสโคลล์โคจร ทำให้ไอน้ำยาเข้ามาในโพรงของสโคลล์อย่างต่อเนื่อง และขบวนการอัดไอน้ำยาจึงเกิดตลอดเวลา



(ก) โครงสร้าง (ข) ลักษณะการทำงาน

รูปที่ 2.21 คอมเพรสเซอร์แบบสโคลล์

4) คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw Compressor)

คอมเพรสเซอร์แบบนี้มีใช้ในระบบทำความเย็นขนาดใหญ่ ตั้งแต่ 20 ถึง 300 ตันหรือมากกว่า เป็นคอมเพรสเซอร์ที่ทำงานราบเรียบและมีประสิทธิภาพสูง โครงสร้างประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สกรู 2 ตัว ซึ่งตัวหนึ่งเป็นสกรูตัวผู้และอีกตัวเป็นสกรูตัวเมียขบเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดช่องว่างลักษณะเป็นลอน (Lobes) ไอน้ำยาจะไหลเข้าไปอยู่ในลอน เพื่อรอการอัดเป็นไอน้ำยาที่มีความดันสูง ไอน้ำยาความดันต่ำเข้าไปอยู่ในลอนของสกรู เมื่อสกรูหมุนขบกัน จะเกิดปฏิกิริยาของสกรูบีบให้ไอน้ำยาไหลเข้าไปอยู่ในพื้นที่ที่เล็กลงเรื่อยๆ จนถึงท่อทางจ่าย จากนั้นสกรูจะเปิดท่อทางจ่าย เพื่อปล่อยไอน้ำยาความดันสูง ออกไปสู่คอนเดนเซอร์

รูปที่ 2.22 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู

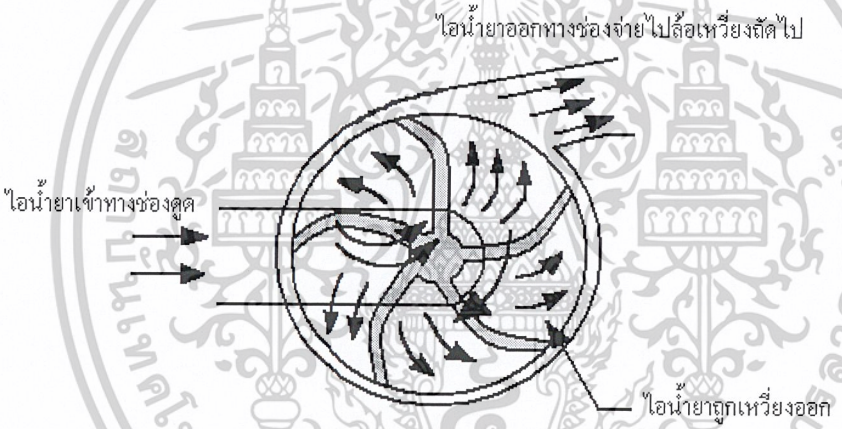
รูปที่ 2.23 การทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบสกรู

5) คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal Compressor)

คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยง เป็นคอมเพรสเซอร์ที่ใช้กับระบบทำความเย็นขนาดใหญ่ตั้งแต่ 50 ถึง 5,000 ตัน ส่วนประกอบหลักของคอมเพรสเซอร์ชนิดนี้ คือ ล้อเหวี่ยง (Impeller Wheel) คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยง มีล้อเหวี่ยง 4 ล้อเหวี่ยง ซึ่งจะหมุนด้วยความเร็วประมาณ 10,000 รอบต่อนาที เพื่อเหวี่ยงไอน้ำยาที่อยู่จุดศูนย์กลางของล้อเหวี่ยง ให้กระเด็นออกตามขอบด้านนอกของล้อเหวี่ยง ลักษณะของล้อเหวี่ยงเป็นใบพัดวางเรียงรายโดยรอบ ไอน้ำยาเมื่อถูกเหวี่ยงจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระเด็นออกตามช่องจ่าย ล้อเหวี่ยงของคอมเพรสเซอร์ ประกอบด้วยสองล้อเหวี่ยงยึดติดบนเพลาเดียวกัน ไอน้ำยาที่ถูกเหวี่ยงออกตามช่องจ่ายของล้อเหวี่ยงตัวแรก จะถูกส่งไปตามร่องเข้าจุดศูนย์กลางของล้อเหวี่ยงตัวที่สองล้อเหวี่ยงตัวที่สองจะเหวี่ยงไอน้ำยาออกมาอีกครั้ง เพื่อให้ความดันของไอน้ำยาเพิ่มขึ้น ขนาดของล้อเหวี่ยงตัวที่สองจะเล็กกว่าตัวแรก ในกรณีที่มีหลายล้อเหวี่ยงขนาดล้อเหวี่ยงจะถูกลดลงไปตามลำดับ การทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยง แสดงดังรูปที่ 2.24 ไอน้ำยาถูกล้อเหวี่ยงเหวี่ยงให้เกิดแรงอัดเพื่อเพิ่มความดันของไอน้ำยา โดยไอน้ำยาถูกเหวี่ยงด้วยล้อเหวี่ยง 3 ตัว แต่ละตัวขนาดของล้อเหวี่ยงจะเล็กลงเรื่อยๆ ส่วนความเร็วในการหมุนของล้อเหวี่ยงแต่ละตัวจะเท่ากันเพราะยึดติดกับเพลาเดียวกัน ไอน้ำยาจะไหลเข้าจุดศูนย์กลางของล้อเหวี่ยงและถูกหมุนจนกระเด็นออก ตามร่องใบพัดของล้อเหวี่ยง จากนั้นถูกส่งต่อไป ตามร่องเข้าจุดศูนย์กลางของล้อเหวี่ยงตัวถัดไป และถูกเหวี่ยงอีกเช่นเดิม เป็นอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนถึงล้อเหวี่ยงตัวสุดท้าย

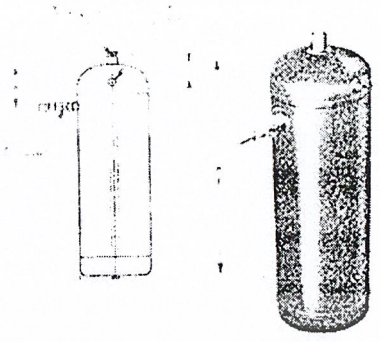


รูปที่ 2.24 คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยง

2.5.6 ถังรับน้ำยา (Receivers)

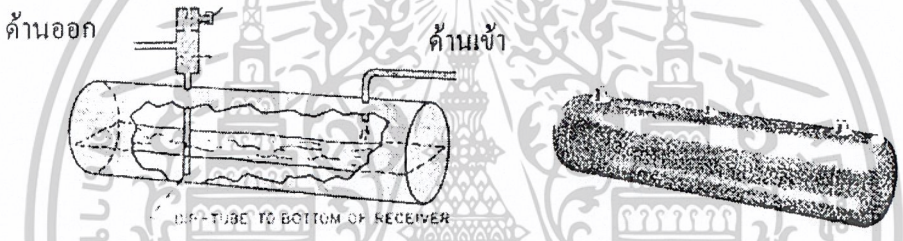
ทำหน้าที่เก็บน้ำยาที่เป็นของเหลวซึ่งออกมาจากคอนเดนเซอร์ เพื่อจ่ายให้กับอีแวปปอเรเตอร์ต่อไป หรือ เก็บน้ำยาในระหว่างที่มีการซ่อมแซมระบบ ถังรับน้ำยาจะใช้ในระบบ ที่อุปกรณ์ควบคุมการไหลของน้ำยาพวก TEV AEV ยกเว้นระบบที่ใช้ท่อแคปทิ้วเท่านั้น ตำแหนงของถังรับน้ำยา จะอยู่ถัดคอนเดนเซอร์ ในการติดตั้งถังรับน้ำยาควรอยู่ต่ำกว่าคอนเดนเซอร์ เพื่อให้น้ำยาที่เป็นของเหลวไหลเข้าถัง โดยแรงโน้มถ่วงของโลก ถังรับน้ำยาแสดงดังรูปที่ 2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) แนวตั้ง

รูปที่ 2.25 ถังรับน้ำยา



(ข) แนวนอน

รูปที่ 2.25 (ต่อ) ถังรับน้ำยา

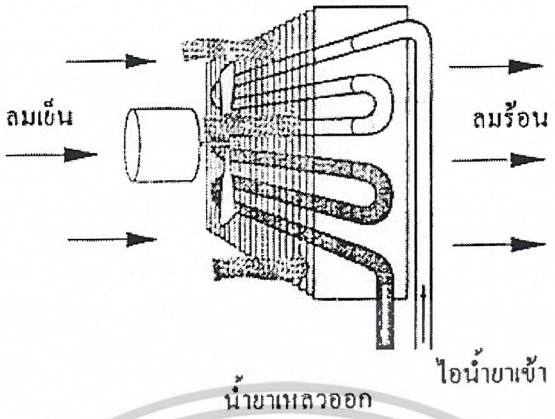
2.5.7 คอนเดนเซอร์

ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับไอน้ำยา ที่มีอุณหภูมิสูง ออกสู่อากาศภายนอกระบบ เมื่อไอน้ำยาได้รับการระบายความร้อนจะเกิดการควบแน่นเป็นน้ำยาเหลวความดันและอุณหภูมิสูง คอนเดนเซอร์ แบ่งตามสื่อตัวนำที่ใช้ระบายความร้อนสามารถแบ่งได้ 3 ชนิดคือ

1) คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Condenser)

คอนเดนเซอร์ชนิดนี้นิยมใช้ในงานระบบทำความเย็นขนาดเล็ก โครงสร้างจะมีครีบ (fin) ติดขวางอยู่ตลอดแผงท่อคอนเดนเซอร์ เพื่อช่วยในการระบายความร้อน อากาศเป็นสื่อตัวนำความร้อน โดยหมุนเวียนผ่านคอนเดนเซอร์ วิธีการหมุนเวียนของอากาศมี 2 วิธีคือ การหมุนเวียนโดยธรรมชาติ และการหมุนเวียนโดยพัดลมเป่าอากาศ ดังรูปที่ 2.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



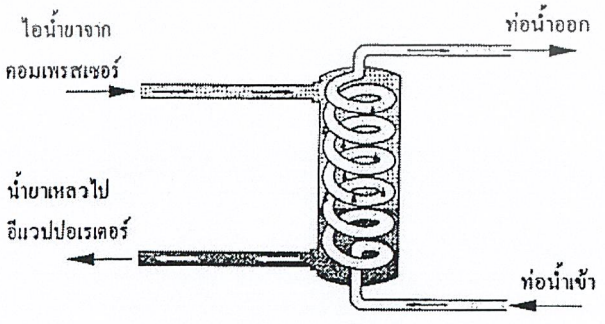
รูปที่ 2.26 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศ

2) คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Condenser)

คอนเดนเซอร์ชนิดนี้ อาศัยน้ำเป็นตัวระบายความร้อน โดยขบวนการพาความร้อน ซึ่งแบ่งระบบการไหลเวียนของน้ำผ่านคอนเดนเซอร์ได้ 2 ระบบคือ

2.1) ระบบน้ำทิ้ง (Wasts-Water System) น้ำที่ใช้ระบายความร้อนจากคอนเดนเซอร์แล้ว จะถูกปล่อยทิ้งไม่นำกลับมาใช้อีก ระบบนี้นิยมใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง เป็นต้น

2.2) ระบบน้ำไหลเวียน (Recirculated Water System) น้ำที่ใช้ระบายความร้อนจากคอนเดนเซอร์แล้ว เครื่องสูบ (Pump) จะสูบหมุนเวียนกลับมาใช้อีกโดยมีหอทำน้ำเย็น (Cooling Tower) ทำหน้าที่ระบายความร้อนของน้ำร้อนที่ออกจากคอนเดนเซอร์ ให้เป็นน้ำเย็นจากนั้นเครื่องสูบทำหน้าที่สูบน้ำเย็นให้ไหลกลับเข้าคอนเดนเซอร์ เพื่อใช้ระบายความร้อนอีกครั้ง

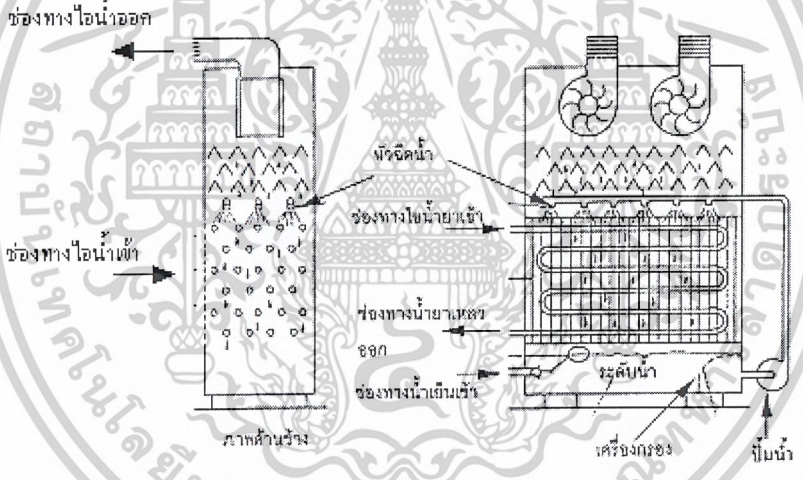


รูปที่ 2.27 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำและอากาศ (Evaporative Condenser)

คอนเดนเซอร์ชนิดนี้ ใช้น้ำและอากาศร่วมกันระบายความร้อน ประกอบด้วยท่อไอน้ำยาที่ขดเรียงไปมาในหอทำน้ำเย็น และมีหัวฉีดน้ำติดอยู่ด้านบนของท่อไอน้ำยา ด้านข้างทั้ง 4 ของหอทำน้ำเย็น จะมีช่องระบายอากาศ เพื่อให้อากาศไหลเวียนผ่านท่อไอน้ำยา โดยมีทิศทางไหลจากข้างล่างขึ้นไปข้างบน ตามแรงเป่าของพัดลม ที่ติดอยู่บนสุดของคอนเดนเซอร์ ส่วนด้านล่างเป็นอ่างเก็บน้ำ เก็บน้ำที่ตกมาจากหัวฉีด มอเตอร์เครื่องสูบ จะสูบน้ำในอ่างเก็บน้ำขึ้นไปยังหัวฉีด แล้วฉีดน้ำเย็นออกเป็นฝอยเล็กๆ รดท่อไอน้ำยาซึ่งเป็นท่อร้อน น้ำบางส่วนจะเกิดการเดือดกลายเป็นไอ ขณะเดียวกันอากาศเย็นจากภายนอกหอทำน้ำเย็น จะไหลผ่านท่อไอน้ำยา ช่วยระบายความร้อนให้กับท่อไอน้ำยา นอกจากนี้ยังช่วยเป่าน้ำที่กำลังเดือดกลายเป็นไอให้เย็นลงกลับเป็นน้ำตามเดิม และตกลงมายังอ่างเก็บน้ำ เพื่อรอให้มอเตอร์เครื่องสูบ สูบน้ำกลับไปใช้อีก ดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำและอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ การสร้างและการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนที่สำคัญ คือ ส่วนของโปรแกรม ส่วนของวงจรขับสัญญาณและส่วนที่เป็นตัวเครื่องทำความเย็น ของงาน ซึ่งส่วนของโปรแกรมจะประกอบไปด้วยส่วนของการเขียนโปรแกรมแสดงผลการทำงานทั้งหมด ที่มีวงจรแปลงสัญญาณจากแอนะลอกเป็นดิจิตอลเพื่อเป็นตัวรับเซนเซอร์ จากเครื่องทำความเย็น ซึ่งได้แสดงโครงสร้างการทำงานเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.1 ดังนี้

รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างการทำงานเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ

3.2 ทฤษฎีสภาวะของสัญญาณ

เนื่องจากสัญญาณที่ส่งมาจากอุปกรณ์เซนเซอร์หรือสัญญาณที่ส่งมาให้กับอุปกรณ์ที่แสดงเป็นสัญญาณแอนะลอก ดังนั้น เมื่อมีการแสดงผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ จึงต้องทำสัญญาณให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณดิจิตอลเพื่อนำไปส่งเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อไปแสดงผล ซึ่งทำได้โดยใช้วงจรแอนะลอกเป็นดิจิตอล ขนาด 16 บิตซึ่งใช้กับไอซีเบอร์CS5525 และภายในตัวชิพอนาลอกเป็นดิจิตอล มีวงจรขยายการวัด ให้ที่สามารถโปรแกรม GAIN (PGA) ได้

การออกแบบในวงจรส่วนนี้ใช้ตัวเซนเซอร์ทำงานร่วมกับวงจรขยายการวัด โดยตัวเซนเซอร์จะตรวจจับอุณหภูมิที่มาจากตัวเครื่องทำความเย็น แล้วส่งสัญญาณให้กับวงจรขยายการวัดและส่งไปยังชิพอนาลอกเป็นดิจิตอล เพื่อเปลี่ยนสัญญาณเข้าคอมพิวเตอร์ไปแสดงผลอีกที

3.2.1 วงจรขยายการวัด

วงจรขยายการวัด เป็นวงจรขยายสัญญาณแบบ หนึ่งที่ใช้วัดสัญญาณจากทรานสดิวเซอร์แบบต่างๆ โดยสัญญาณที่รับมาขยายนั้นจะมีความถูกต้องสูงมีความเพี้ยนต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น วงจรขยายการวัด จึงต้องมีคุณสมบัติเป็นวงจรขยายในอุดมคติเมื่อพิจารณาระบบควบคุมแล้วพบว่าใช้ในความถี่ต่ำ คือ ตั้งแต่ 0 Hz ถึง 500 KHz ดังนั้นการนำเอาออปแอมป์มาใช้จึงเป็นอุปกรณ์ขยายสัญญาณที่เหมาะสม ดังนั้นการพัฒนา วงจรขยายการวัด ให้ใช้งานได้จริงต้องมีคุณสมบัติคือ

1) อิมพีแดนซ์ที่ขาเข้าเป็นอนันต์

2) กระแสออฟเซตทางเข้าและแรงดันออฟเซตขาเข้า

3) อัตราการขยายเป็นอนันต์ พิจารณา วงจรขยายการวัด ประกอบด้วย 2 ส่วนคือส่วนแรกเป็นส่วนอินพุตอิมพีแดนซ์ที่มีค่าสูง และสามารถกำหนดอัตราการขยายของวงจรได้โดยใช้การปรับ VR เพียงตัวเดียว จะได้เอาต์พุตระหว่างออปแอมป์ทั้งสองตัวตามสูตร

$$V0 = (Via\ \ Vib)\,[2R/R4 + 1]\,Rf\ /\ Ri$$

ในวงจรที่ออกแบบนั้นจะได้

$$Rf = Ri.Rin = (Via - Vib)R4 = VR$$

$$V0 = Vin\,[2R\ /\ VR + 1]$$

การกำหนดอัตราการขยายฯของวงจรนี้จะเป็นการกำหนดช่วงของความดันที่ต้องการควบคุม (กำหนด ค่าสูงสุด)

ส่วนที่ 2 ของวงจรขยายการวัด เป็นวงจรขยายความแตกต่างที่มี อัตราการขยายเท่ากับหนึ่งมีป้อนแบบลบ มีการกำหนดจุดการกำหนดจุดอ้างอิงโดยการปรับระดับไฟตรงที่ป้อนทางด้านขา ที่ไม่มีการกลับกัน ของออปแอมป์เพื่อการกำหนดจุด ต่ำสุด ของวงจรดังรูปที่ 3.2

เรากำหนดสัญญาณโหมดธรรมดา โดยใช้ V_{com} เป็น V_{ib} ที่ออปแอมป์ A จะทำให้ $V_{2a} = V_{com}$ เพราะฉะนั้นจะไม่มีค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_4 หมายความว่าจะไม่มีกระแสไหลผ่าน R_3 และจะทำให้ $V_a = V_{2a}$ ดังนั้นจะได้

$$\frac{Va - Vb}{R3 + R4 + R5} = \frac{V2a - V2b.}{R4}$$

จากคุณสมบัติของออปแอมป์เราจะได้ว่า V2 = V3

$$\frac{Va - Vb}{R3 + R4 + R5} = \frac{Via - Vib}{R4}$$

หรือ

$$Va - Vb = \frac{(Via - Vib)R3 + R4 + R5}{R4}$$

$$I1 = If$$

$$Va - V2\ /\ R1 = V2 - V0\ /\ R1$$

$$VaFrV2Rf = V2R1 - V0R1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$VoR1 = V2R1\ \ VaRf + V2Rf$$

$$VoR1 = V2(R1 + Rf)\ \ VaRf$$

หา $V3$

$$V3 = Vb\ (R2 / R1 + R2) \qquad (3.11)$$

กำหนดให้

$$V2 = V3$$

$$VoRi = Vb\ R2\ (Ri + Rf) - \frac{VaRf}{R1 + R2}$$

ให้ $R1 = Ri$

$R2 = Rf$

ได้สมการ

$$VoRi = VbRfVaRf$$

ได้

$$V0 = (Vb - Va)Rf\ /\ Ri \qquad (3.12)$$

จากนั้นกำหนดให้ V_a กับ V_b ต่อสลับกันจะได้สมการใหม่

$$Vo = (Va - Vb)Rf\ /\ Ri \qquad (3.13)$$

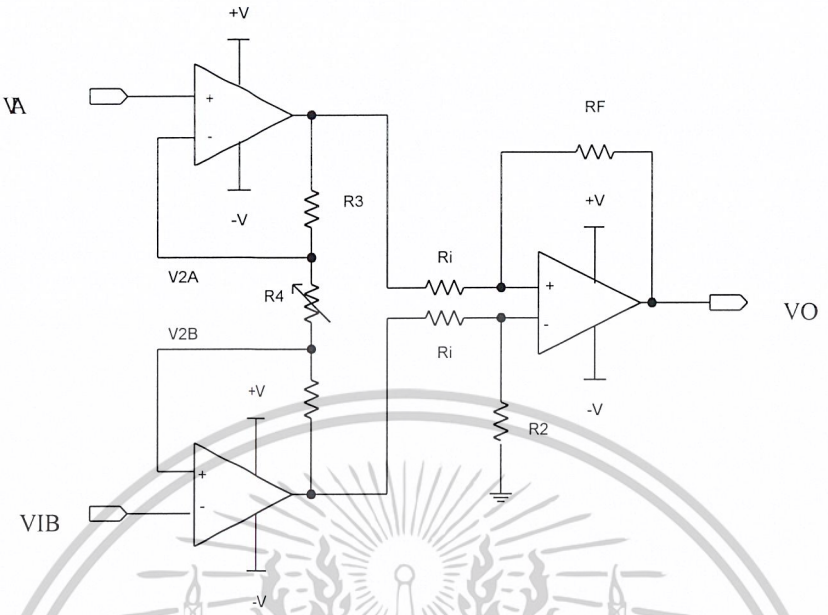
จะได้ว่า

$$Vo = \frac{(Via - Vib)(R3 + R4 + R5)}{R4.Rf\ /\ Rin}$$

กำหนดให้ $R3 = R4 = R5$ จะได้

$$Vo = (Via\ \ Vib)[2R + 1]/R4.Rf/Rin$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงจร Instrument Amplifier

3.3 การออกแบบการเขียนโปรแกรม

เนื่องจากว่าโปรแกรมการทำงานที่ใช้ในโครงงานนี้เป็น โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Visual Basic6 มีเครื่องมือที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมมากมาย และวิธีการเขียนโปรแกรมได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2

3.3.1 การกำหนดการทำงานของโปรแกรม

การทำงานของโครงงานนี้มีการกำหนดอุปกรณ์การใช้งานต่างๆ เพื่อการทำงานของโปรแกรมแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 3.3 ดังนี้

ประเภท คือ เป็นการเลือกชนิดของเซนเซอร์ที่ใช้ในการทดสอบ

เส้นกราฟ คือ เป็นส่วนที่แสดงค่าการวัดของเซนเซอร์ที่เทียบกับมาตรฐาน มีด้วยกันอยู่ 2 เส้นเส้นแรกที่เป็นสีแดงจะเป็นเส้นที่ได้จากตารางมาตรฐานของเซนเซอร์ชนิดนั้น และเส้นที่สองสีเหลืองเป็นเส้นที่มาจากการวัดอุณหภูมิจากเซนเซอร์ที่ถูกทดสอบ

เริ่มต้น คือ เริ่มกระบวนการทดสอบเซนเซอร์

เริ่มใหม่ คือ เมื่อต้องการเปลี่ยนชนิดของเซนเซอร์หรือต้องการเริ่มกระบวนการวัดนั้นอีกครั้ง

หยุดชั่วคราว คือ เมื่อต้องการที่จะหยุดกระบวนการวัดชั่วคราว เช่น มีปัญหากับอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

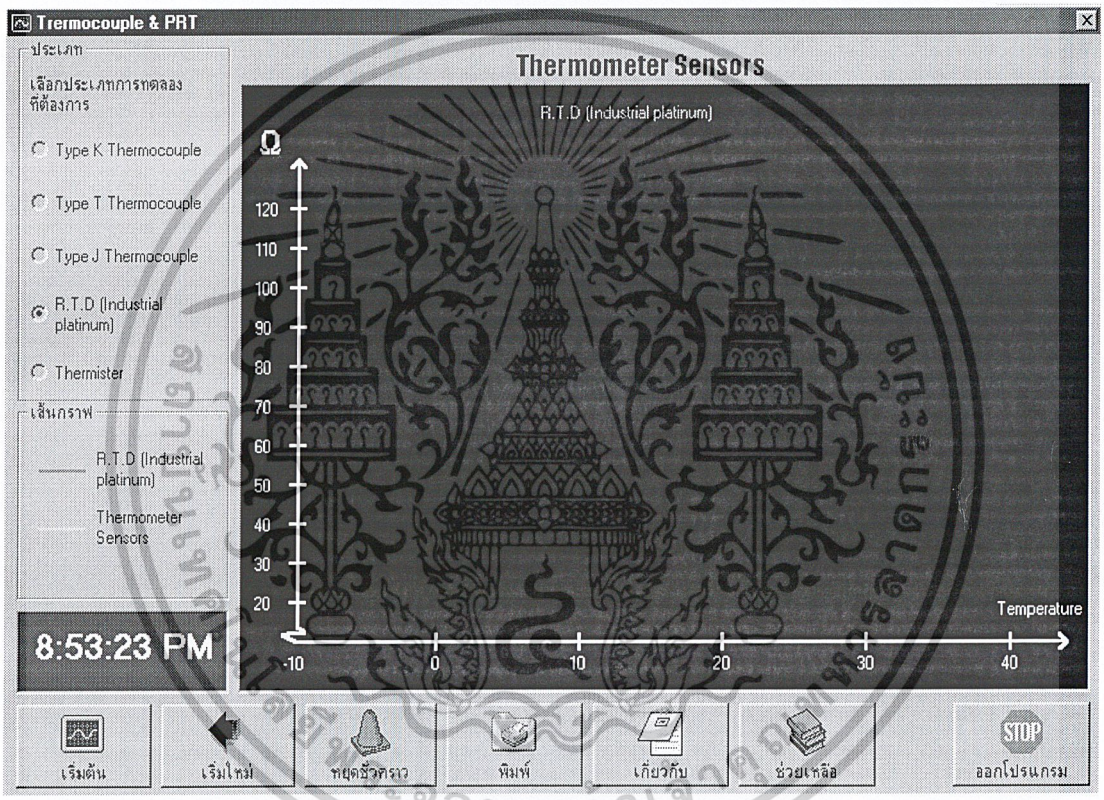
การวัด ฯลฯ

พิมพ์ คือ เป็นการพิมพ์ผลที่วัดออกทางเครื่องพิมพ์

เกี่ยวกับ คือ ผู้พัฒนาโปรแกรมนี้

ช่วยเหลือ คือ เมื่อผู้ใช้ต้องการความช่วยเหลือในการใช้โปรแกรม

ออกโปรแกรม คือ เมื่อผู้ใช้ต้องการออกจากโปรแกรมและเป็นการหยุดกระบวนการทดสอบเซนเซอร์



รูปที่ 3.3 แสดงการทำงานของโปรแกรม

3.3.2 การกำหนดการติดต่อวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

1) การทำงานของบอร์ดติดต่ออุปกรณ์การทำงาน

เนื่องจากวงจรแปลงสัญญาณจากแอนาลอกเป็นดิจิตอล มีการรับและส่งสัญญาณติดต่อกับอุปกรณ์ทั้งนี้เนื่องจากว่าเซนเซอร์เป็นตัวส่งสัญญาณมาติต่อกับวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล เข้ากับบอร์ด Jazz-31 ทางพอร์ต 1 หรือ 12B-Port ด้วยสายแพ 16 Pin หรือใช้ Rs232 แล้วจึงต่อพอร์ตไปยังคอมพิวเตอร์ที่พอร์ตอนุกรมหรือพอร์ตขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การอ่านสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอก

การอ่านสัญญาณอินพุตของโปรแกรม เซนเซอร์จะส่งสัญญาณมาที่วงจร Instrument Amplifier โดยการอ่านค่าจะหน่วงเวลาไว้ 100 ms กราฟในคอมพิวเตอร์ที่แสดงผลจะผลออกมาตามอุณหภูมิและช่วงเวลาที่กำหนด

3.3.3 ตารางมาตรฐาน

ในการเขียนโปรแกรมต้องอ้างถึงมาตรฐานของเซนเซอร์ชนิดนั้น เพื่อให้เป็นที่ยอมรับว่ามีความเที่ยงตรง หรือมีค่าผิดเพี้ยนจากความเป็นจริงมากน้อยขนาดไหนตามมาตรฐานสากล ส่วน ตารางมาตรฐานที่นำมาอ้างอิงนี้ได้มาจาก หนังสือคู่มือการสอบเทียบเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยอ่างอุณหภูมิแบบแห้ง ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

ตารางที่ 3.1 ตารางมาตรฐานเทอร์โมคัปเปิลแบบเจในย่านอุณหภูมิติดลบ

E/μV

190/°C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	190/°C
-10	-501	-550	-600	-650	-699	-749	-798	-847	-896	-946	-10
0	0	-50	-101	-151	-201	-251	-301	-351	-401	-451	0

ตารางที่ 3.2 ตารางมาตรฐานเทอร์โมคัปเปิลแบบเจ ในย่านอุณหภูมิด้านบวก

E/μV

190/°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	190/°C
0	0	50	101	151	202	253	303	354	405	456	0
10	507	558	609	660	711	762	814	865	916	968	10
20	1019	1071	1122	1174	1226	1277	1329	1381	1433	1485	20
30	1537	1589	1641	1693	1745	1797	1849	1902	1954	2006	30
40	2059	2111	2164	2216	2269	2322	2374	2427	2480	2532	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ตารางมาตรฐานเทอร์โมคัปเปิลแบบที ในย่านอุณหภูมิติดลบ

E/μV

190/°C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	190/°C
-10	-383	-421	-459	-496	-534	-571	-608	-646	-683	-720	-10
0	0	-39	-77	-116	-154	-193	-231	-269	-307	-345	0

ตารางที่ 3.4 ตารางมาตรฐานเทอร์โมคัปเปิลแบบที ในย่านอุณหภูมิด้านบวก

E/μV

190/°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	190/°C
0	0	39	78	117	156	195	234	273	312	352	0
10	391	431	470	510	549	589	629	669	709	749	10
20	790	830	870	911	951	992	1033	1074	1114	1155	20
30	1196	1238	1279	1320	1362	1403	1445	1486	1528	1570	30
40	1612	1654	1696	1738	1780	1823	1865	1908	1950	1993	40

ตารางที่ 3.5 คารางมาตรฐานเทอร์โมคัปเปิลแบบเคในย่านอุณหภูมิติดลบ

E/μV

190/°C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	190/°C
-10	-392	-431	-470	-508	-547	-586	-624	-663	-701	-739	-10
0	0	-39	-79	-118	-157	-197	-236	-275	-314	-353	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 ตารางมาตรฐานเทอร์โมคัปเปิลแบบเคในย่านอุณหภูมิด้านบวก

E/μV

190/°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	190/°C
0	0	39	79	119	158	198	238	277	317	357	0
10	397	437	477	517	557	597	637	677	718	758	10
20	798	838	879	919	960	1000	1041	1081	1122	1163	20
30	1203	1244	1285	1326	1366	1407	1448	1489	1530	1571	30
40	1612	1653	1694	1735	1776	1817	1858	1899	1941	1982	40

ตารางที่ 3.7 ตารางมาฐานของอาร์ ที ดี ในย่านอุณหภูมิติดลบ

Industrial Platinum Resistance Thermometer Sensors

R(0) = 100.00Ω

°C ITS90	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 °C ITS90
-10	96.09	95.69	95.30	94.91	94.52	94.12	93.73	93.34	92.95	92.55	92.16 -10
0	100.00	99.61	99.22	98.83	98.44	98.04	97.65	97.26	96.87	96.48	96.09 0

ตารางที่ 3.8 ตารางมาฐานของอาร์ ที ดี ในย่านอุณหภูมิด้านบวก

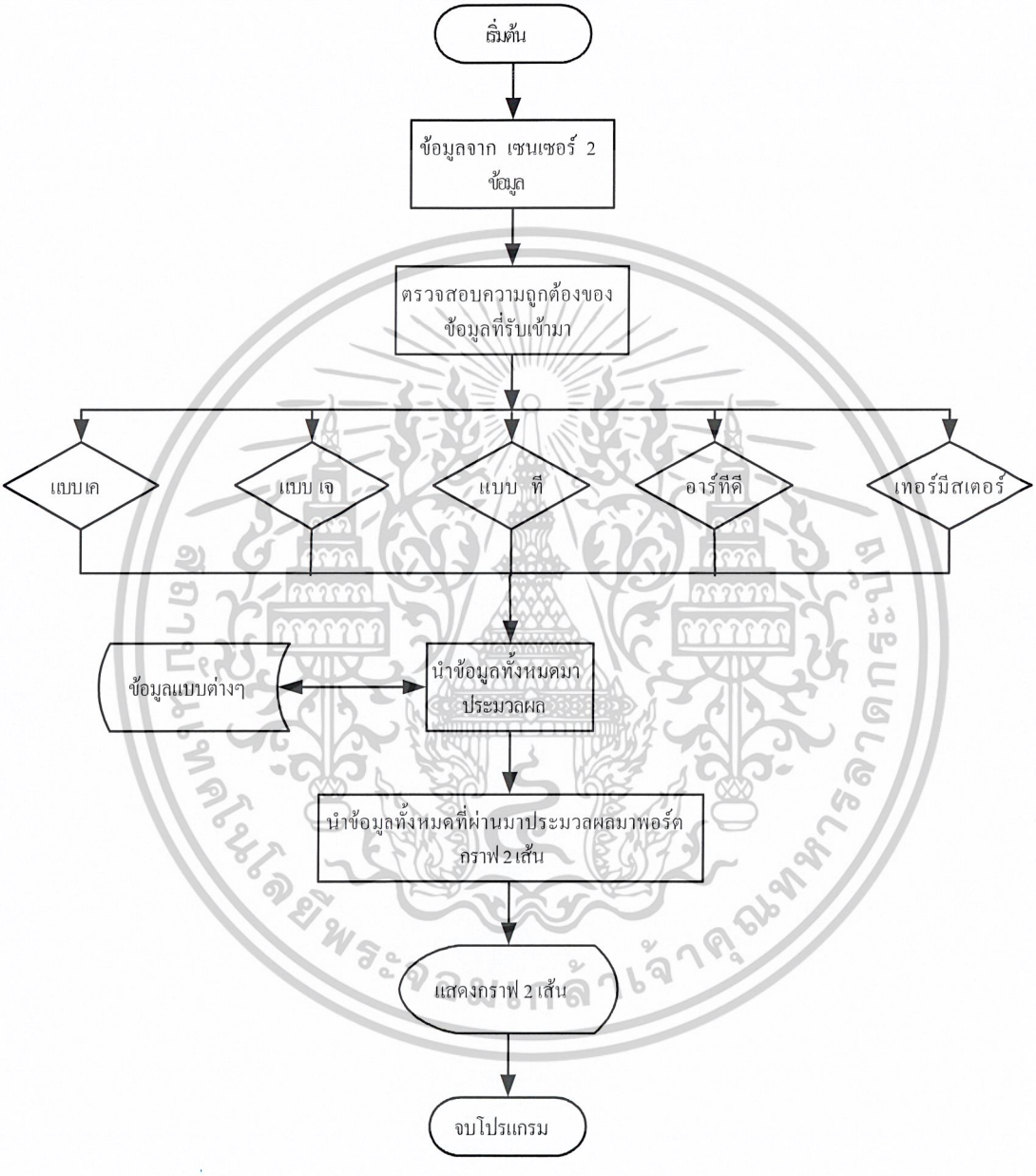
Industrial Platinum Resistance Thermometer Sensors

R(0) = 100.00Ω

°C ITS90	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C ITS90
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.65	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51	103.90	0
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.40	107.79	10
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.73	110.12	110.51	110.90	111.29	111.67	20
30	111.67	112.06	112.45	112.83	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.15	115.54	30
40	115.54	115.93	116.31	116.70	117.08	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01	119.40	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ผังการทำงานของโปรแกรม



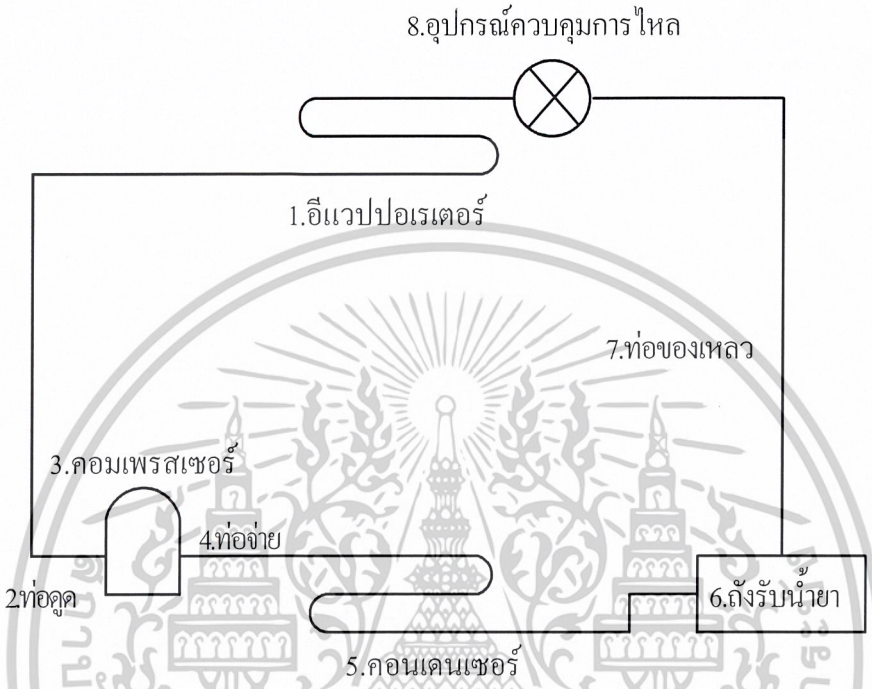
รูปที่ 3.4 แสดงลำดับขั้นการทำงานของการแสดงผล

3.5 การออกแบบเครื่องทำความเย็น

การออกแบบเครื่องทำความเย็นเนื่องจากว่ากำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบเซนเซอร์ตั้งแต่อุณภูมิห้อง ถึง –10 องศาเซลเซียส ดังนั้นการออกแบบจึงต้องคำนึงถึงอุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จะต้องคำนวณขนาดของคอมเพรสเซอร์ที่ใช้ในระบบเครื่องทำความเย็นและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ร่วมกันด้วย



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรการทำงานของระบบเครื่องทำความเย็น

คอมเพรสเซอร์ที่ใช้เป็นของที่นิยมใช้ในตู้แช่ขนาด 6 คิว ซึ่งเพียงพอต่อการทำความเย็น –10 องศาเซลเซียส

3.5.1 การทำงานของระบบเครื่องทำความเย็น

คอมเพรสเซอร์จะอัดสารทำความเย็นที่มีความดันสูงออกทางท่อจ่ายไปยังคอนเดนเซอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ช่วยให้ไอน้ำยา เกิดการควบแน่นเป็นของเหลว ความร้อนที่ไอน้ำยาคายออกถูกถ่ายเทให้กับอากาศหรือน้ำแล้วจึงจะส่งต่อไปยังถังรับน้ำยาซึ่งจะทำหน้าที่กรองสารทำความเย็นและยังเป็นตัวพักสารทำความเย็นที่ยังเป็นของเหลวไม่สมบูรณ์ และส่งต่อไปยังอุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นและส่งต่อไปยังอีแวปปอเรเตอร์ซึ่งเป็นบริเวณที่สารทำความเย็นที่เป็นของเหลวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ โดยจะดูดความร้อนจากอากาศหรือวัตถุที่อยู่รอบ ๆ จากนั้นสารทำความเย็นจะไหลต่อไปยังคอมเพรสเซอร์ด้วยความดันต่ำเพื่อเริ่มต้นการทำงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

จากการทดลองและมีการตรวจสอบการทำงานของระบบเพื่อแสดงผลเปรียบเทียบกับมาตรฐานแบ่งออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการทดลองส่วนของเครื่องทำความเย็นที่สร้างอุณหภูมิติดลบ ส่วนที่ 2 เป็นการทดลองส่วนที่เป็นวงจรทางด้านฮาร์ดแวร์ทั้งหมดได้แก่ วงจรเปลี่ยนสัญญาณจากแอนะลอกเป็นดิจิตอล และวงจรขยายสัญญาณ ส่วนที่สามเป็นการทดลองโปรแกรมการทดลอง ส่วนที่ 4 เป็นการทดลองโปรแกรมการทำงานเครื่องทำความเย็น โดยแสดงผลทางคอมพิวเตอร์

4.1 การทดลองของเครื่องทำความเย็น

4.1.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบเครื่องทำความเย็น ตามรูปที่ 4.1
2. ตรวจสอบความเรียบร้อยของตัว Plant แล้วทำการจ่ายไฟให้กับคอมเพรสเซอร์
3. นำเทอร์โมมิเตอร์มาวัดอุณหภูมิ
4. เอาแหล่งจ่ายไฟออกจากคอมเพรสเซอร์เมื่อถึงอุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส
5. อ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์ -10 องศาเซลเซียสถึงอุณหภูมิห้อง

4.1.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองส่วนของเครื่องทำความเย็น ผลปรากฏว่าเมื่อจ่ายไฟกับคอมเพรสเซอร์ทำงาน ตั้งแต่อุณหภูมิห้อง ระบบของเครื่องทำความเย็นจะสร้างอุณหภูมิให้ต่ำลงจนถึงอุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงว่าระบบเครื่องทำความเย็นที่สร้างขึ้นมานี้สามารถที่จะสร้างอุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

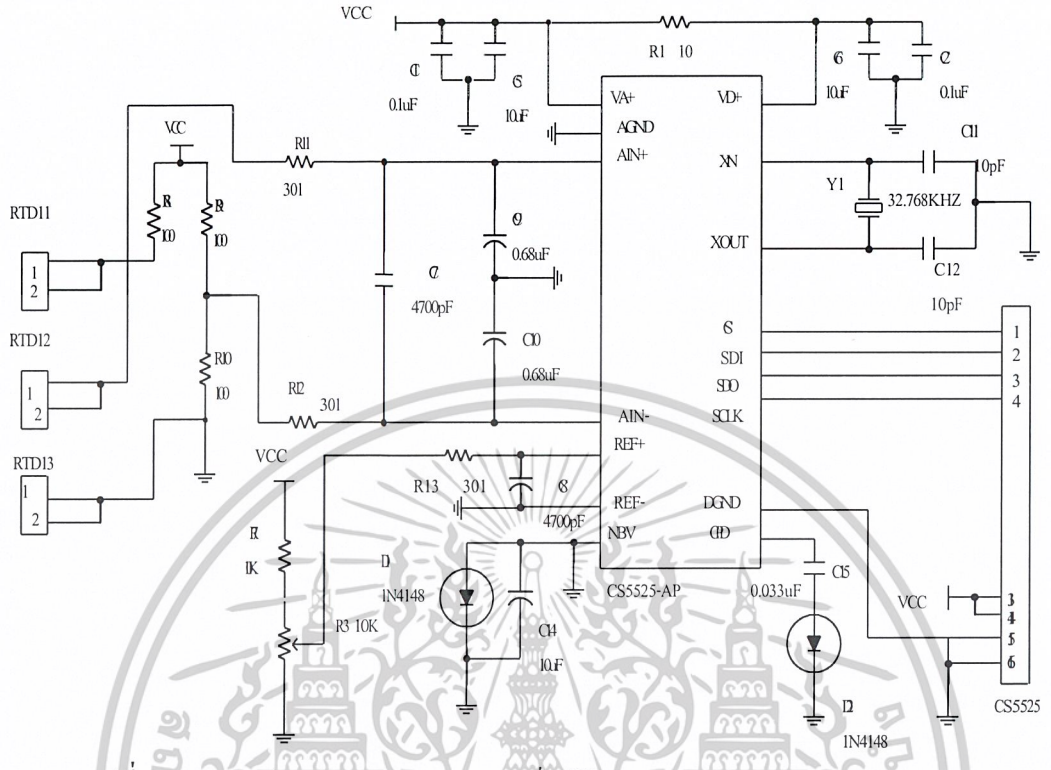
รูปที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบของ เครื่องทำความเย็น

4.2 การทดลองส่วนของวงจรทางด้านฮาร์ดแวร์

4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบวงจรวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล และวงจร Instrument Amplifier ตามรูปที่4.2
2. ตรวจสอบความเรียบร้อยของวงจร
3. ทำการจ่ายไฟให้กับวงจร
4. นำแหล่งจ่ายไฟมาต่อเข้ากับวงจรทางด้านอินพุต
5. นำมิเตอร์มาวัดแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล และวงจร Instrument Amplifier

ตารางที่ 4.2 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล และวงจร Instrument Amplifier

อินพุท (V)	ค่าจากการคำนวณ (V)	ค่าที่ได้จากการวัด (V)
5	5	5
4	4	4
3	3	3
2	2	2
1	1	1

4.2.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองและบันทึกค่าจากตารางจะเห็นได้ว่าการทำงานของวงจร Instrument Amplifier จากค่าที่คำนวณและค่าที่วัดได้มาตรฐานตามที่ต้องการ และสามารถทำงานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองส่วนการทดลองโปรแกรมการทำงาน

4.3.1 ลำดับขั้นการทดลอง

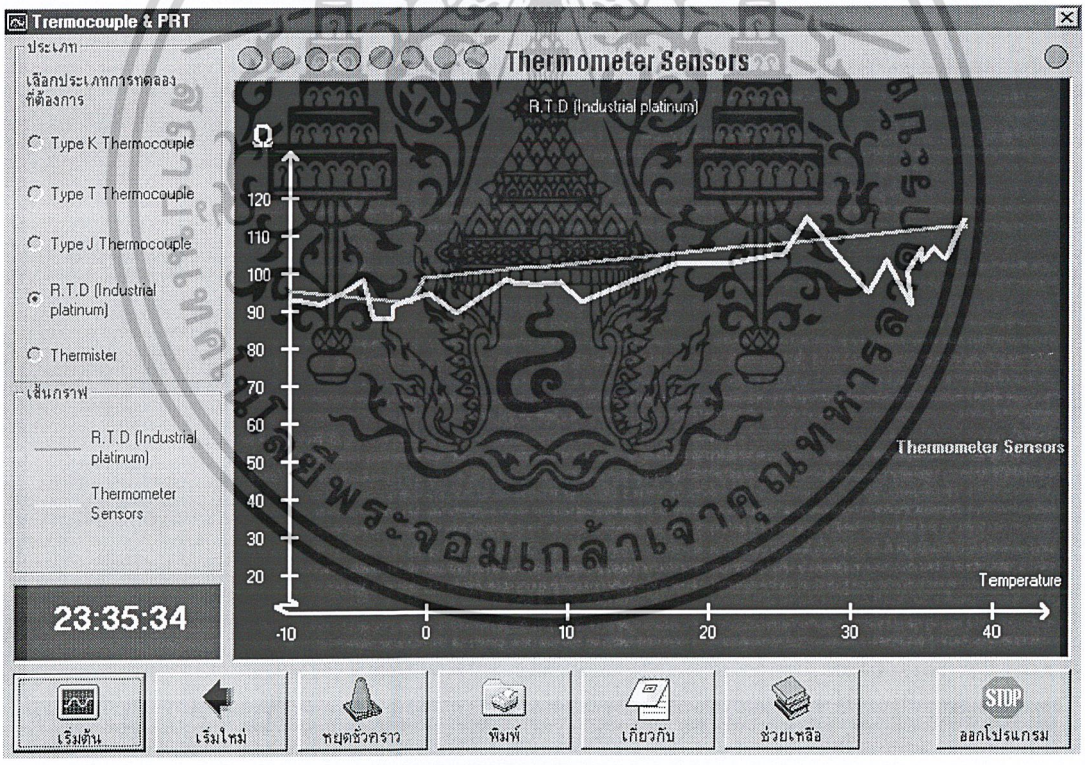
1. เขียนโปรแกรมการทำงานตามผังงานของโปรแกรม

2. ต่อวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล เข้ากับตัว RS232 แล้วต่อไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์

3. ตรวจสอบความเรียบร้อยของวงจร

4. ทำการรันโปรแกรมและทำการจ่ายแรงดันอินพุทให้กับบอร์ดตามมาตรฐานของเซนเซอร์ที่ต้องการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน

5. ทดลองกดปุ่ม Start สังเกตผลที่แสดงออกมาบนหน้าจอเครื่องคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงผลที่เกิดขึ้นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ตามการทดลอง

4.3.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองโปรแกรมการแสดงผลการทำงาน ผลปรากฏว่าเมื่อทำการป้อนค่าให้กับตัวบอร์ดที่เปรียบเสมือนเป็นเซนเซอร์และลองคลิกที่ปุ่ม Start โปรแกรมจะเริ่มแสดงผลออกมาเป็น

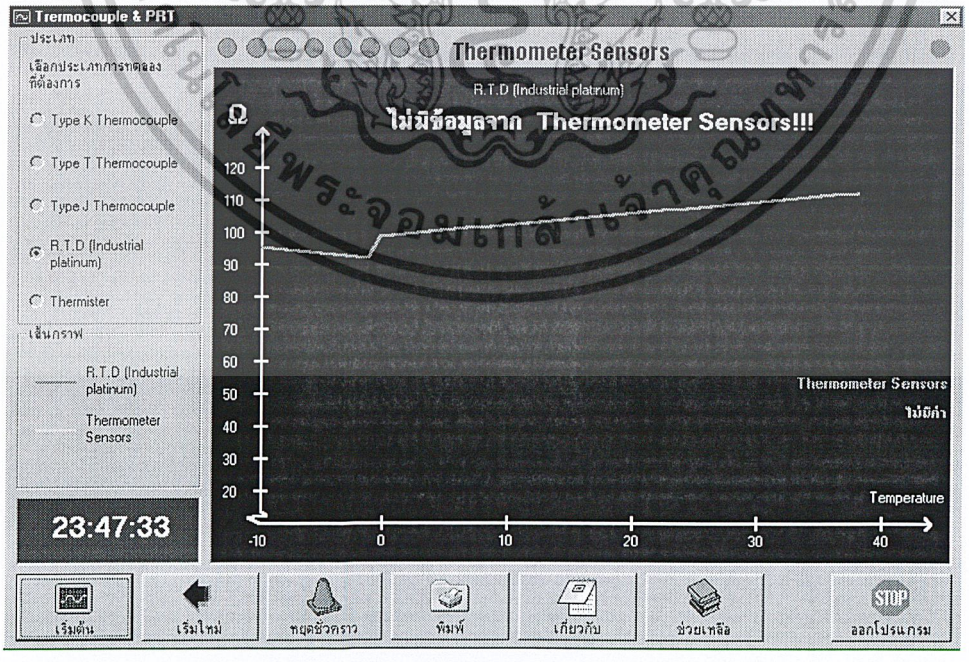
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่มีการบอกอุณหภูมิเทียบกับมาตรฐานของเซนเซอร์ตัวนั้นเช่น เซนเซอร์ที่เป็นเทอร์โมคัปเปิลจะมีเอาท์พุทที่ออกมาจะมีค่าเป็นแรงดันไฟฟ้า แต่การทดลองจะเห็นได้ว่ามีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้น อาจจะเกิดที่ตัววงจรที่ใช้ในการส่งสัญญาณ หรือระบบไฟฟ้าตกหรือสัญญาณรบกวนก็เป็นได้

4.4 การทดลองส่วนของโปรแกรมแสดงผลการทำงานที่ตัวเครื่องทำความเย็น

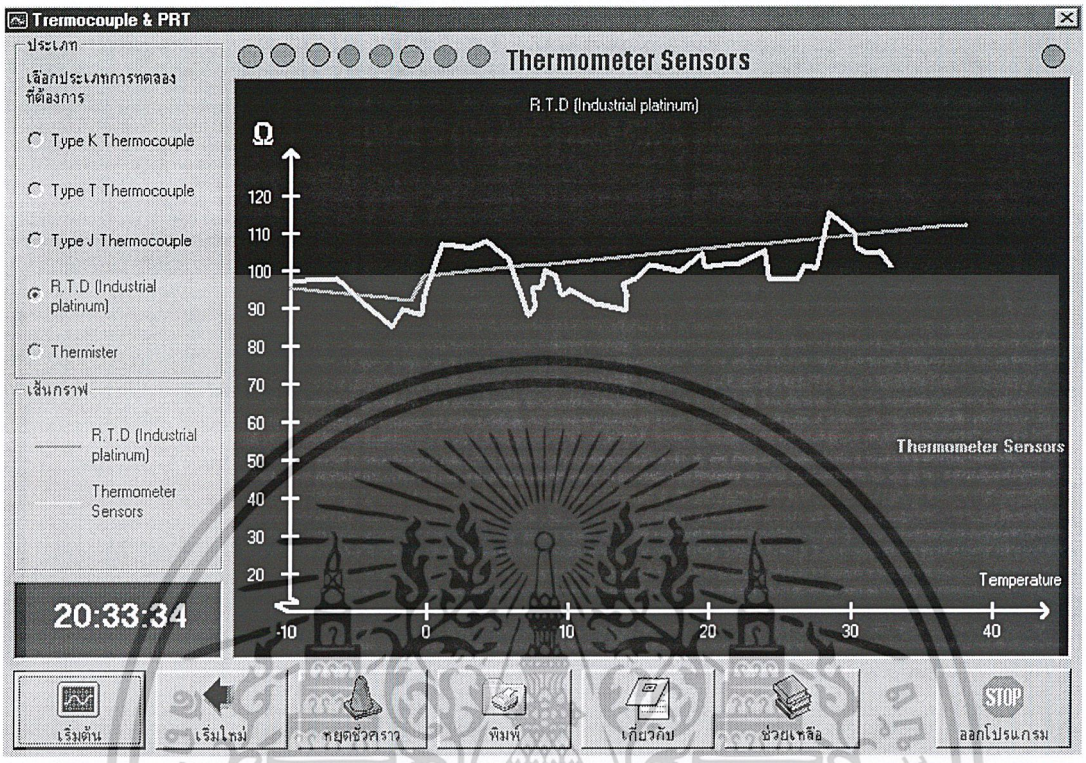
4.4.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบวงจรทั้งหมดเข้ากับชุดวงจรขับสัญญาณทุกส่วน
2. นำเซนเซอร์ที่ใช้ในการทดสอบ เสียบลงไปที่หัวเสียบของเครื่องทำความเย็น
3. ต่อสายของเซนเซอร์เข้ากับวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล
4. ต่อวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล กับ RS232 เข้าที่ตัวคอมพิวเตอร์
5. ทดสอบความเรียบร้อยของวงจรและการต่อวงจรทุกส่วนให้ถูกต้อง
6. เข้าสู่โปรแกรมการทำงานที่แสดงออกบนเครื่องคอมพิวเตอร์
7. ทำการรันโปรแกรมการทำงานโดยกดปุ่ม Start
8. สังเกตผลการทำงานบนหน้าจอคอมพิวเตอร์และการทำงานที่ตัวเครื่องทำความเย็น



รูปที่ 4.4 แสดงผลที่เกิดขึ้นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่ไม่มีสัญญาณเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงผลที่เกิดขึ้นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่มีสัญญาณเข้ามา

4.4.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองโปรแกรม วงจรขับสัญญาณ และเครื่องทำความเย็น การทดลองนี้จะเริ่มที่อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส เมื่อทำการรันโปรแกรมและคลิกที่ปุ่มเริ่มต้นถ้าไม่สัญญาณเข้ามาจากอุปกรณ์ขับสัญญาณจะแสดงดังรูปที่ 4.4 แต่ถ้ามีสัญญาณเข้ามาจะแสดงดังรูปที่ 4.5 ขณะที่ทำการทดลองอุณหภูมิไม่ถึง 40 องศาเซลเซียส และผลที่ได้ยังไม่เป็นจริงเท่าที่ควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 บทสรุป

เครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งการสร้างได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนแรกการเขียนโปรแกรมแสดงผล สามารถแสดงผลออกมาที่คอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเป็นกราฟที่ได้จากการวัดอุณหภูมิเทียบกับมาตรฐานซึ่งจะแสดงผลได้ตั้งแต่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียสถึงอุณหภูมิห้องซึ่งจะใช้โปรแกรม Visual Basic ในการทำงานสามารถที่จะเขียนเป็นกราฟออกมาแสดงผลได้ และส่วนที่สองชุดการสร้างอุณหภูมิ สามารถที่จะทำอุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียสได้ และส่วนที่สามวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล สามารถทำงานได้แต่ไม่ดีเท่าที่ควร ชุดทดลองนี้จะสามรถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในการแสดงผลด้านอื่น ๆ ได้อีกด้วย

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำโครงงาน

จากการดำเนินงานการสร้างและทดสอบโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสรุปได้ดังนี้ได้ดังนี้

1. ปัญหา ในการเขียนโปรแกรม คือ โปรแกรมที่ใช้เขียนแสดงผลทางด้านคอมพิวเตอร์ นั้นเป็นการใช้โปรแกรม Visual Basic ซึ่งต้องใช้เวลาเป็นอย่างมากและโปรแกรมเมื่อเขียนแล้วก็ยังต้องมีการแก้ไขอยู่เรื่อยๆ

แนวทางแก้ไข สอบถามผู้ที่ชำนาญโปรแกรม และทดลองเขียนเป็นประจำ

2. ปัญหา ด้านอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเกิดการขัดข้อง และอุปกรณ์ที่ต้องการบางอย่างหาไม่ได้ตามท้องตลาด

แนวทางแก้ไข ใช้เฉพาะเท่าที่มีอยู่ตามท้องตลาด

3. ปัญหา ในการทดลองส่วนรวมโปรแกรมเพื่อแสดงผลกับเครื่องทำความเย็น ยังไม่สัมพันธ์กันเท่าที่ควรเกิดค่าความผิดพลาดขึ้นพอสมควรจึงทำให้ผลคาดเคลื่อนไปบ้าง

แนวทางแก้ไข เขียนโปรแกรมให้ดีกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. ในโปรแกรมชุดนี้ยังไม่ครบชนิดของเซนเซอร์ ทำให้ไม่ครอบคลุมชนิดของเซนเซอร์ได้ จึงควรพัฒนาให้สามารถใช้เซนเซอร์ได้หลายชนิดมากกว่านี้

2. ในส่วนของวงจรแปลงสัญญาณจากแอนะลอกเป็นดิจิตอลยังมีปัญหาในเรื่องการส่งข้อมูล ควรพัฒนาในสามารถส่งข้อมูลได้ดีกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

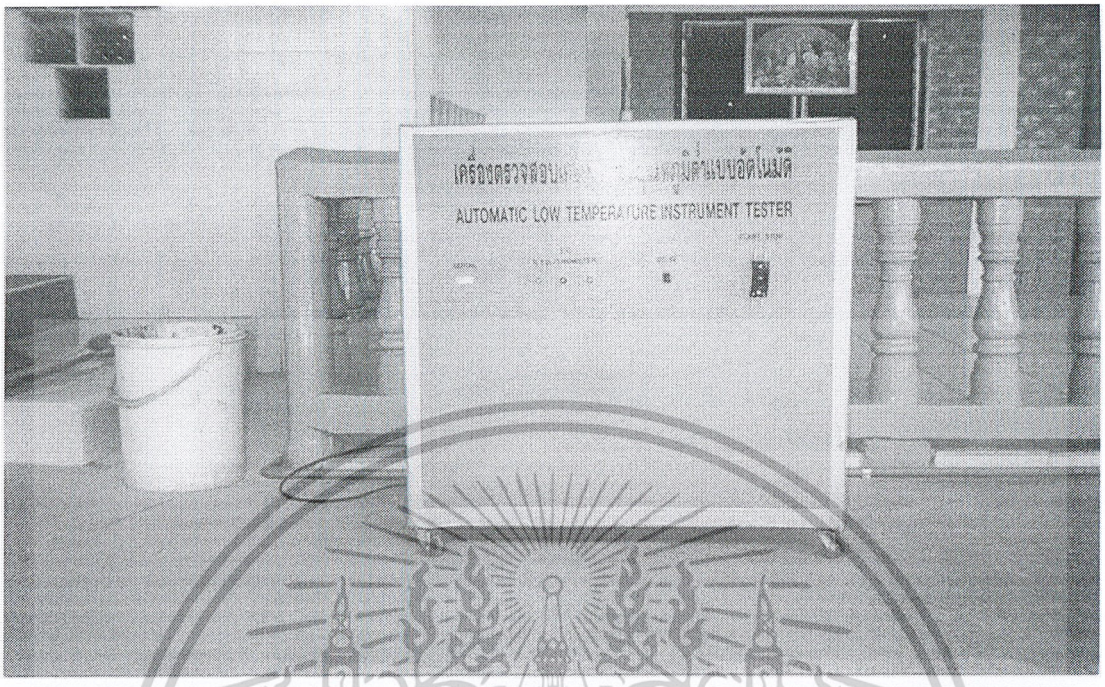
สมยศ จุณณะปิยะ 2543 "**การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์**" ตระกูล MCS-51 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สมศักดิ์ กีรติวุฒิเศรษฐ์ 2545 "**หลักการและใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม**" :สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

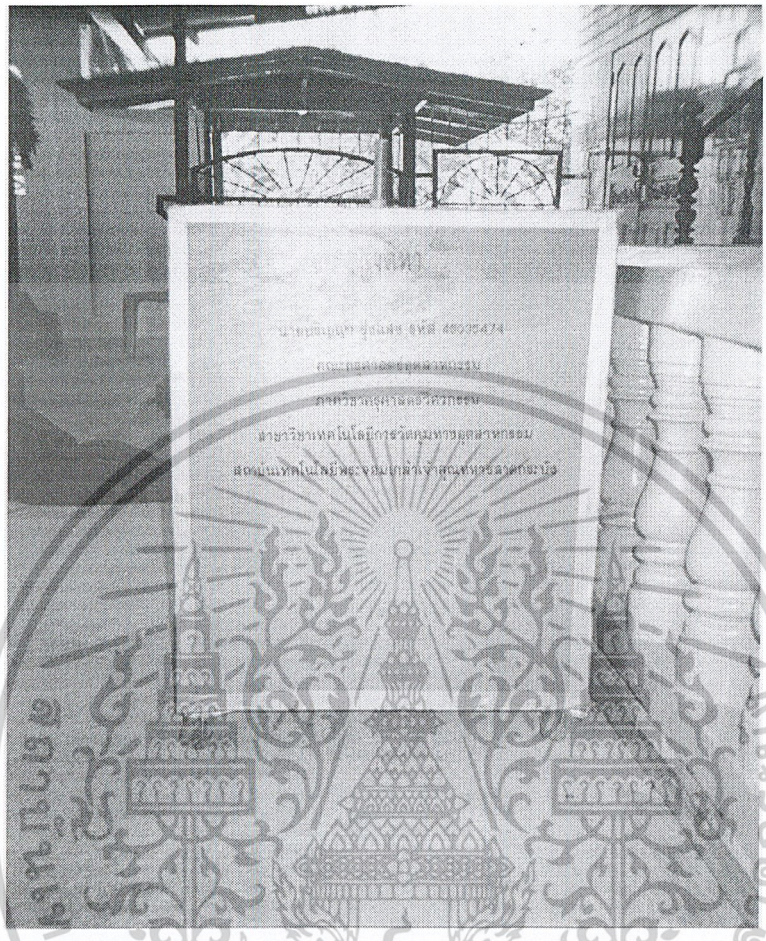
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ

รูปที่ ก.2 ภาพด้านบนของเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



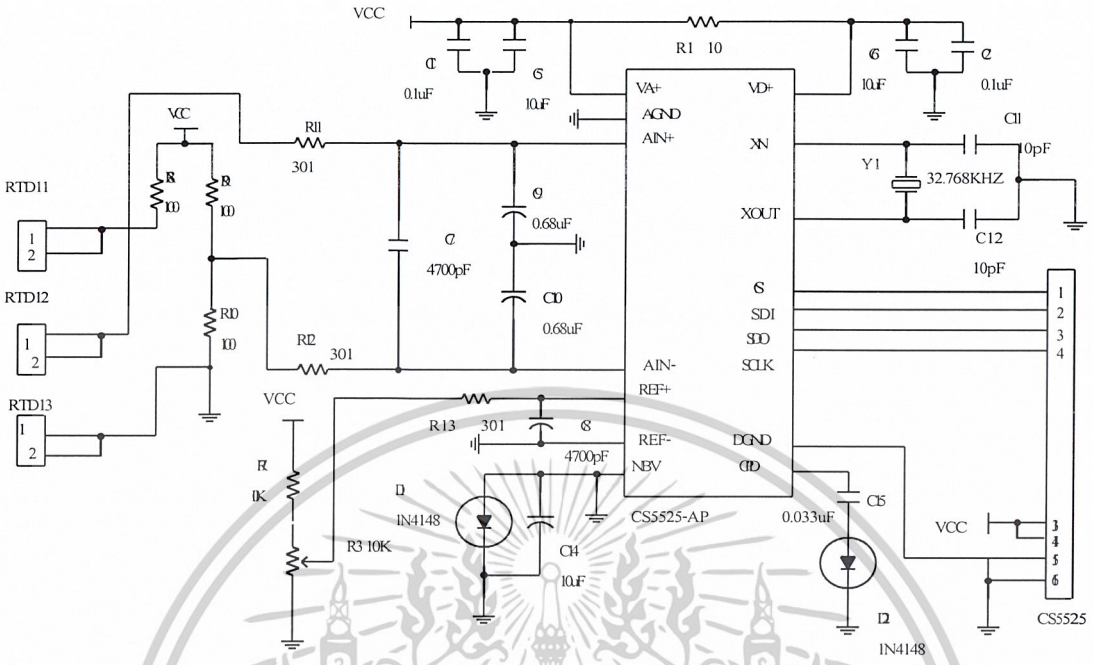
รูปที่ ก.3 ภาพด้านข้างของเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

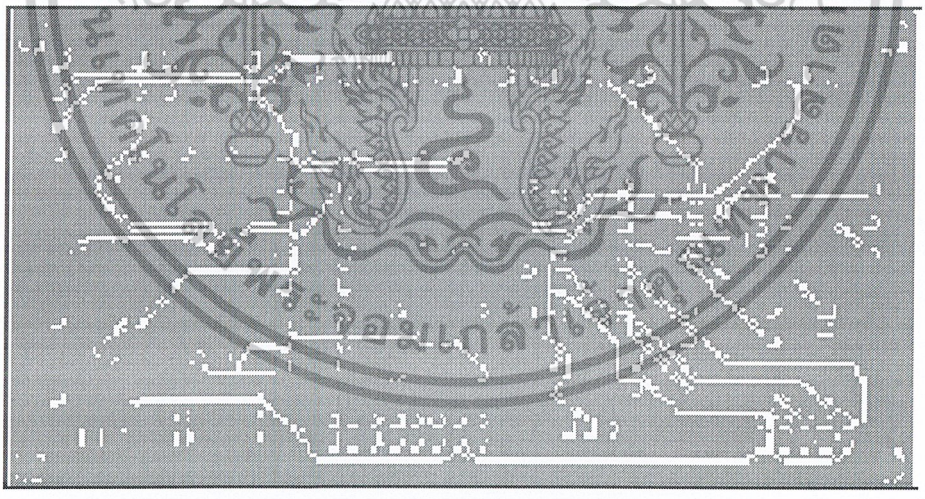
ภาคผนวก ข

วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

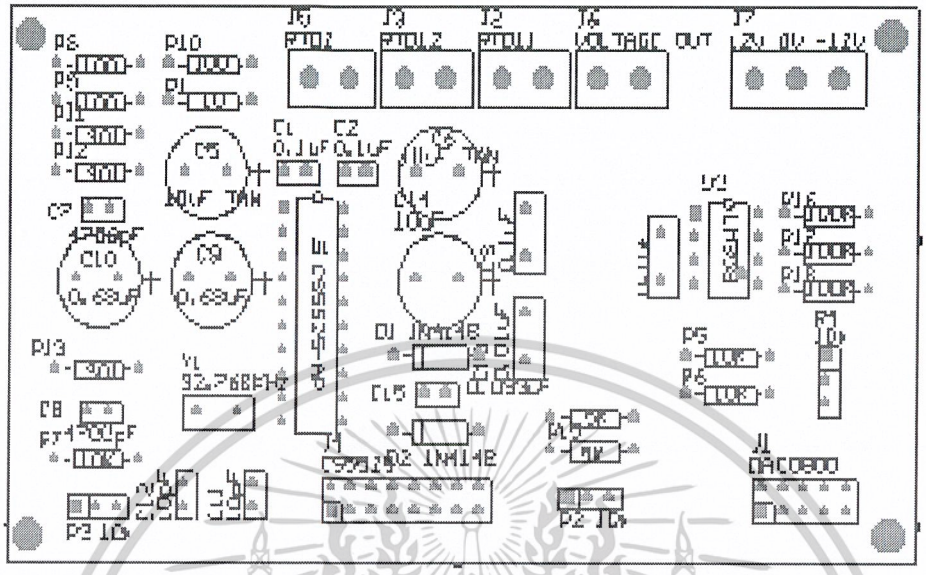


รูปที่ ข.1 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลและวงจร Instrument Amplifier



รูปที่ ข.2 ลายวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข. 3 การวางอุปกรณ์รวมของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของเครื่องทำความเย็น

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
คอมเพรสเซอร์	6Q	1 ตัว
ท่อทองแดง	6 หุ้น	3 เมตร
แคปทิ้ว		10 เมตร

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

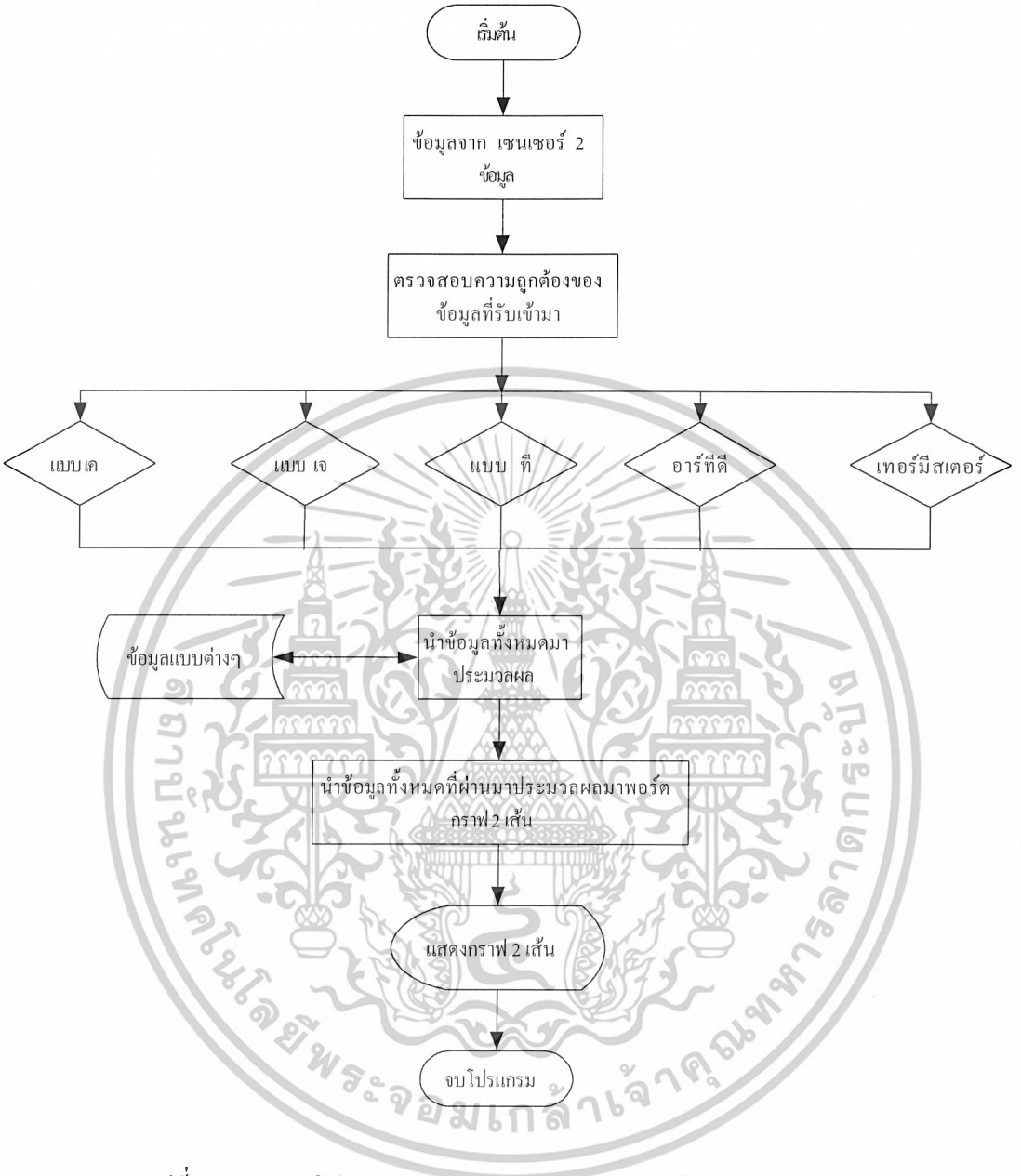
ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
U1	CS5525-AP	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1-D2	1N4148	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1,C2	0.1μF	2 ตัว
C5,C6	10μF	2 ตัว
C7,C8	4700pF	2 ตัว
C9,C10	0.68μF	2 ตัว
C11,C12	10pF	2 ตัว
C14	10μF	1 ตัว
C15	0.033μF	1ตัว
Y1	32.768 KHz	1ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J2,J3,J4	ที่ต่อสาย	3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 ผังงานโปรแกรมแสดงผลการวัดอุณหภูมิเทียบกับมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมแสดงผลการวัดเทียบกับมาตรฐาน

```
Dim i As Integer
Dim X As Integer
Dim Y As Single
Dim XP1 As Integer
Dim numP As Integer
Public TypeG As String

Private Sub Command1_Click()
frmAbout.Show vbModal

End Sub

Private Sub Command2_Click()
frmTip.Show vbModal
End Sub
Private Sub Command3_Click()
TimerWork.Enabled = False
Dim i As Integer
For i = 0 To 10
    Shape1(i).Visible = False
Next i
End Sub

Private Sub Command4_Click()
Dim tmp As Double
Dim datH As Integer
Dim datL As Integer
 '*********************************************
'สั่งให้เวลาทำงาน
Dim i As Integer
For i = 0 To 10
    Shape1(i).Visible = True
Next i
MSComm1.DTREnable = False
TimerWork.Enabled = True
N1 = 0
'*************************************************
'เส้นที่ 1
If Not IsNull(Data1) Then
Picture1.ForeColor = &HFF&
Picture1.DrawWidth = 2
Picture1.CurrentX = 40
Picture1.CurrentY = 380 - Data1(0) * 2.4
    For i = 0 To 49
        X = 40 + i * 10                          '* 4.2
        Y = 380 - Data1(i) * 2.4                 ' * 218
        Picture1.Line -(X, Y)
        Picture1.CurrentX = X
        Picture1.CurrentY = Y

    Next i
End If
'*************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'เส้นที่ 3
If Not IsNull(Data3) Then
Picture1.ForeColor = vbBlue
Picture1.DrawWidth = 2

Picture1.CurrentX = 40
Picture1.CurrentY = 380 - Data3(0) * 2.4
    For i = 0 To 49
        X = 40 + i * 10                          '* 4.2
        Y = 380 - Data3(i) * 2.4              ' * 218

        Picture1.Line -(X, Y)
        Picture1.CurrentX = X
        Picture1.CurrentY = Y

    Next i
End If
'*********************************************************

'*********************************************************
If Option4.Value = True Then
'Picture1.ForeColor = vbWhite
'Picture1.DrawWidth = 2
'TypeG = Y & "mV"
'Picture1.CurrentX = 500
'Picture1.CurrentY = 300
'Picture1.Print TypeG
'TypeG = 40 & "  C"
'Picture1.CurrentX = 500
'Picture1.CurrentY = 280
'Picture1.Print TypeG

End If

If Option1.Value = True Then
'Picture1.ForeColor = vbWhite
'Picture1.DrawWidth = 2
'TypeG = 1610 & "uV"
'Picture1.CurrentX = 500
'Picture1.CurrentY = 300
'Picture1.Print TypeG
'TypeG = 40 & "  C"
'Picture1.CurrentX = 500
'Picture1.CurrentY = 280
'Picture1.Print TypeG
End If

If Option2.Value = True Then
'Picture1.ForeColor = vbWhite
'Picture1.DrawWidth = 2
'TypeG = 1615 & "uV"
'Picture1.CurrentX = 500
'Picture1.CurrentY = 300
'Picture1.Print TypeG
'TypeG = 40 & "  C"
'Picture1.CurrentX = 500
'Picture1.CurrentY = 280
'Picture1.Print TypeG
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End If

If Option3.Value = True Then
'Picture1.ForeColor = vbWhite
'Picture1.DrawWidth = 2
'TypeG = 2025 & "uV"
'Picture1.CurrentX = 500
'Picture1.CurrentY = 300
'Picture1.Print TypeG
'TypeG = 40 & "  C"
'Picture1.CurrentX = 500
'Picture1.CurrentY = 280
'Picture1.Print TypeG
End If

Picture1.ForeColor = vbWhite
Picture1.CurrentX = 500
'Picture1.CurrentY = 260
'Picture1.Print "Thermometer Sensors"

Picture1.CurrentX = 40
Picture1.CurrentY = 380
Picture1.Line (590, 380)-(40, 380) '□□□ x

Label7.Visible = True
Label8.Visible = True
End Sub

Private Sub ExitCmd_Click()
If MsgBox("คุณต้องการออกจากโปรแกรม?", vbYesNo + vbQuestion, "Exit") = vbYes
Then
        End

End If
End Sub

Private Sub Form_Activate()
Dim i As Integer
For i = 0 To 10
    Shape1(i).Visible = False
Next i

sensorLbl.Visible = False

Option4.Value = True
Call Option4_Click
End Sub

Private Sub Form_Load()
Label7.Visible = False
Label8.Visible = False

     MSComm1.CommPort = 1
    MSComm1.Settings = "9600,n,8,1"
    MSComm1.PortOpen = True

TimerWork.Enabled = False
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
If MsgBox("คุณต้องการออกจากโปรแกรม?", vbYesNo + vbQuestion, "Exit") = vbYes
Then
        Cancel = False
Else
        Cancel = True
End If
End Sub

Private Sub Label10_Click()

End Sub

Private Sub MSComm1_OnComm()

 Select Case MSComm1.CommEvent
   Case comEventFrame
            Shape1(8).BackColor = vbGreen
        Case comEventOverrun
            Shape1(9).BackColor = vbGreen
        Case comEventRxParity
            Shape1(10).BackColor = vbGreen
    End Select
End Sub

Private Sub Option1_Click()
TimerWork.Enabled = False
Label7.Visible = False
Label8.Visible = False
Label9.Caption = ""

Picture1.Cls

Label4.Caption = Option1.Caption

Image2.Visible = False
Image1.Visible = True

'title
Picture1.ForeColor = &H80FF&

TypeG = Option1.Caption
Picture1.CurrentX = 233
Picture1.CurrentY = 10
Picture1.Print TypeG

Picture1.ForeColor = vbWhite
Picture1.DrawWidth = 2

'Scale
'Picture1.CurrentX = 35
'Picture1.CurrentY = 20
'Picture1.Print "uV"

XP1 = 380
numP = 1000
For i = 1 To 4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          XP1 = XP1 - 27
        Picture1.CurrentX = 5
        Picture1.CurrentY = XP1 - 7
        Picture1.Print -numP
         numP = numP - 250
Next i
numP = 0
For i = 1 To 7
          XP1 = XP1 - 27
        Picture1.CurrentX = 5
        Picture1.CurrentY = XP1 - 7
        Picture1.Print numP
         numP = numP + 250
Next i

'************************************************
'data
Data1(0) = 40
Data1(1) = 35
Data1(2) = 35
Data1(3) = 34
Data1(4) = 32
Data1(5) = 31
Data1(6) = 30
Data1(7) = 27
Data1(8) = 26
Data1(9) = 25
Data1(10) = 57
Data1(11) = 58
Data1(12) = 60
Data1(13) = 62
Data1(14) = 65
Data1(15) = 65
Data1(16) = 68
Data1(17) = 70
Data1(18) = 73
Data1(19) = 75
Data1(20) = 77
Data1(21) = 77
Data1(22) = 78
Data1(23) = 80
Data1(24) = 85
Data1(25) = 88
Data1(26) = 88
Data1(27) = 90
Data1(28) = 95
Data1(29) = 99
Data1(30) = 100
Data1(31) = 101
Data1(32) = 105
Data1(33) = 105
Data1(34) = 106.35
Data1(35) = 106.73
Data1(36) = 107.12
Data1(37) = 110.51
Data1(38) = 110.9
Data1(39) = 111
Data1(40) = 111.67
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Data1(41) = 115
Data1(42) = 119.45
Data1(43) = 122.83
Data1(44) = 123.22
Data1(45) = 127.61
Data1(46) = 130
Data1(47) = 133.38
Data1(48) = 134
Data1(49) = 135
Data1(50) = 140

'show XY
Call showXY
'Call Command4_Click
End Sub

Private Sub Option2_Click()
TimerWork.Enabled = False
Label7.Visible = False
Label8.Visible = False
Label9.Caption = ""
Picture1.Cls

Label4.Caption = Option2.Caption
Image2.Visible = False
Image1.Visible = True

Picture1.ForeColor = &H80FF&
TypeG = Option2.Caption
Picture1.CurrentX = 233
Picture1.CurrentY = 10
Picture1.Print TypeG

Picture1.ForeColor = vbWhite
'Picture1.DrawWidth = 2
'Picture1.CurrentX = 35
'Picture1.CurrentY = 20
'Picture1.Print "uV"

'ค่าสเกล
XP1 = 380
numP = 750
For i = 1 To 3
          XP1 = XP1 - 27
        Picture1.CurrentX = 5
        Picture1.CurrentY = XP1 - 7
        Picture1.Print -numP
         numP = numP - 250
Next i
numP = 0
For i = 1 To 8
          XP1 = XP1 - 27
        Picture1.CurrentX = 5
        Picture1.CurrentY = XP1 - 7
        Picture1.Print numP
         numP = numP + 250
Next i
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Data1(0) = 30
Data1(1) = 29
Data1(2) = 26
Data1(3) = 25
Data1(4) = 20
Data1(5) = 19
Data1(6) = 18
Data1(7) = 15
Data1(8) = 15
Data1(9) = 13
Data1(10) = 45
Data1(11) = 47
Data1(12) = 55
Data1(13) = 62
Data1(14) = 65
Data1(15) = 65
Data1(16) = 68
Data1(17) = 70
Data1(18) = 73
Data1(19) = 75
Data1(20) = 77
Data1(21) = 77
Data1(22) = 78
Data1(23) = 80
Data1(24) = 85
Data1(25) = 88
Data1(26) = 88
Data1(27) = 90
Data1(28) = 95
Data1(29) = 99
Data1(30) = 100
Data1(31) = 101
Data1(32) = 105
Data1(33) = 105
Data1(34) = 106.35
Data1(35) = 106.73
Data1(36) = 107.12
Data1(37) = 110.51
Data1(38) = 110.9
Data1(39) = 111
Data1(40) = 111.67
Data1(41) = 115
Data1(42) = 115
Data1(43) = 116
Data1(44) = 117
Data1(45) = 117
Data1(46) = 118
Data1(47) = 119
Data1(48) = 120
Data1(49) = 120
Data1(50) = 140
Call showXY
End Sub

Private Sub Option3_Click()
TimerWork.Enabled = False
Label7.Visible = False
Label8.Visible = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Label9.Caption = ""
Picture1.Cls

Label4.Caption = Option3.Caption

Image2.Visible = False
Image1.Visible = True

Picture1.ForeColor = &H80FF&
Picture1.DrawWidth = 2
TypeG = Option3.Caption
Picture1.CurrentX = 233
Picture1.CurrentY = 10
Picture1.Print TypeG

Picture1.ForeColor = vbWhite
'Picture1.CurrentX = 35
'Picture1.CurrentY = 20
'Picture1.Print "uV"

'ค่าสเกล
XP1 = 380
numP = 1050
For i = 1 To 3
          XP1 = XP1 - 27
        Picture1.CurrentX = 5
        Picture1.CurrentY = XP1 - 7
        Picture1.Print -numP
         numP = numP - 350
Next i
numP = 0
For i = 1 To 8
          XP1 = XP1 - 27
        Picture1.CurrentX = 5
        Picture1.CurrentY = XP1 - 7
        Picture1.Print numP
         numP = numP + 350
Next i

Data1(0) = 30
Data1(1) = 29
Data1(2) = 26
Data1(3) = 25
Data1(4) = 20
Data1(5) = 19
Data1(6) = 18
Data1(7) = 15
Data1(8) = 15
Data1(9) = 13
Data1(10) = 45
Data1(11) = 47
Data1(12) = 55
Data1(13) = 62
Data1(14) = 65
Data1(15) = 65
Data1(16) = 68
Data1(17) = 70
Data1(18) = 73
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Data1(19) = 75
Data1(20) = 77
Data1(21) = 77
Data1(22) = 78
Data1(23) = 80
Data1(24) = 85
Data1(25) = 88
Data1(26) = 88
Data1(27) = 90
Data1(28) = 95
Data1(29) = 99
Data1(30) = 100
Data1(31) = 101
Data1(32) = 105
Data1(33) = 105
Data1(34) = 106.35
Data1(35) = 106.73
Data1(36) = 107.12
Data1(37) = 110.51
Data1(38) = 110.9
Data1(39) = 111
Data1(40) = 111.67
Data1(41) = 115
Data1(42) = 115
Data1(43) = 116
Data1(44) = 117
Data1(45) = 117
Data1(46) = 118
Data1(47) = 119
Data1(48) = 120
Data1(49) = 120
Data1(50) = 140
Call showXY
End Sub

Private Sub Option4_Click()
TimerWork.Enabled = False
Label7.Visible = False
Label8.Visible = False
Label9.Caption = ""
Picture1.Cls

Label4.Caption = Option4.Caption

Image2.Visible = True
Image1.Visible = False
Picture1.ForeColor = &H80FF&

Picture1.DrawWidth = 2
TypeG = Option4.Caption
Picture1.CurrentX = 215
Picture1.CurrentY = 10
Picture1.Print TypeG

Picture1.ForeColor = vbWhite

'Scale
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
XP1 = 380
numP = 10
For i = 1 To 11
          XP1 = XP1 - 27
          numP = numP + 10
        Picture1.CurrentX = 5
        Picture1.CurrentY = XP1 - 7
        Picture1.Print numP
Next i

'Picture1.CurrentX = 35
'Picture1.CurrentY = 20
'Picture1.Print "mV"

'data
Data1(0) = 96.09
Data1(1) = 95.69
Data1(2) = 95.3
Data1(3) = 94.91
Data1(4) = 94.52
Data1(5) = 94.12
Data1(6) = 93.73
Data1(7) = 93.34
Data1(8) = 92.95
Data1(9) = 92.55
Data1(10) = 100
Data1(11) = 100.39
Data1(12) = 100.78
Data1(13) = 101.17
Data1(14) = 101.56
Data1(15) = 101.95
Data1(16) = 102.34
Data1(17) = 102.73
Data1(18) = 103.12
Data1(19) = 103.51
Data1(20) = 103.9
Data1(21) = 104.29
Data1(22) = 104.68
Data1(23) = 105.07
Data1(24) = 105.46
Data1(25) = 105.85
Data1(26) = 106.24
Data1(27) = 106.63
Data1(28) = 107.02
Data1(29) = 107.4
Data1(30) = 107.79
Data1(31) = 108.18
Data1(32) = 108.57
Data1(33) = 108.96
Data1(34) = 109.35
Data1(35) = 109.73
Data1(36) = 110.12
Data1(37) = 110.51
Data1(38) = 110.9
Data1(39) = 111.29
Data1(40) = 111.67
Data1(41) = 112.06
Data1(42) = 112.45
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Data1(43) = 112.83
Data1(44) = 113.22
Data1(45) = 113.61
Data1(46) = 114
Data1(47) = 114.38
Data1(48) = 114.77
Data1(49) = 115.15
Data1(50) = 115.54

Call showXY
End Sub

Private Sub Option5_Click()
Dim i As Integer
Label7.Visible = False
Label8.Visible = False
Label9.Caption = ""
For i = 0 To 50
        Data1(i) = 0
        Data2(i) = 0
        Data3(i) = 0
Next i

TimerWork.Enabled = False

Picture1.Cls
Label4.Caption = Option5.Caption

Image2.Visible = True
Image1.Visible = False

Picture1.ForeColor = &H80FF&

Picture1.DrawWidth = 2
TypeG = Option5.Caption
Picture1.CurrentX = 250
Picture1.CurrentY = 10
Picture1.Print TypeG

Picture1.ForeColor = vbWhite

'Scale

XP1 = 380
numP = 10
For i = 1 To 11
          XP1 = XP1 - 27
          numP = numP + 10
        Picture1.CurrentX = 5
        Picture1.CurrentY = XP1 - 7
        Picture1.Print numP
Next i

Call showXY

End Sub

Private Sub PrintCmd_Click()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PRT_graphFrm.PrintForm

End Sub

Private Sub ResetCmd_Click()
    N1 = 0
Load Me
Picture1.Cls
Call Form_Activate
sensorLbl.Visible = False

End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
Label2.Caption = Time

End Sub
Private Sub showXY()
'Option4.Value = True

Picture1.ForeColor = vbWhite
Picture1.DrawWidth = 2

Picture1.CurrentX = 40
Picture1.CurrentY = 380
Picture1.Line -(30, 375)

Picture1.CurrentX = 30
Picture1.CurrentY = 375
Picture1.Line -(45, 373)

Picture1.CurrentX = 45
Picture1.CurrentY = 373
Picture1.Line -(40, 370)

Picture1.Line (40, 370)-(40, 50) ' y

Picture1.CurrentX = 40
Picture1.CurrentY = 380
Picture1.Line (590, 380)-(40, 380) '□□□ x

Picture1.CurrentX = 590
Picture1.CurrentY = 380
Picture1.Line -(585, 375)

Picture1.CurrentX = 590
Picture1.CurrentY = 380
Picture1.Line -(585, 385)

Picture1.CurrentX = 40
Picture1.CurrentY = 50
Picture1.Line -(45, 55)

Picture1.CurrentX = 40
Picture1.CurrentY = 50
Picture1.Line -(35, 55)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
' แกน x
'-10
Picture1.CurrentX = 30
Picture1.CurrentY = 387
Picture1.Print -10


'0
Picture1.CurrentX = 142
Picture1.CurrentY = 375
Picture1.Line -(142, 385)

Picture1.CurrentX = 135
Picture1.CurrentY = 387
Picture1.Print 0
'10
Picture1.CurrentX = 244
Picture1.CurrentY = 375
Picture1.Line -(244, 385)

Picture1.CurrentX = 234
Picture1.CurrentY = 387
Picture1.Print 10

'20
Picture1.CurrentX = 346
Picture1.CurrentY = 375
Picture1.Line -(346, 385)

Picture1.CurrentX = 336
Picture1.CurrentY = 387
Picture1.Print 20

'30
Picture1.CurrentX = 448
Picture1.CurrentY = 375
Picture1.Line -(448, 385)

Picture1.CurrentX = 438
Picture1.CurrentY = 387
Picture1.Print 30

'40
Picture1.CurrentX = 550
Picture1.CurrentY = 375
Picture1.Line -(550, 385)

Picture1.CurrentX = 540
Picture1.CurrentY = 387
Picture1.Print 40

'temp
Picture1.CurrentX = 540
Picture1.CurrentY = 350
Picture1.Print "Temperature"

'***********************************
'แกน y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'10
Picture1.CurrentX = 35
Picture1.CurrentY = 353
Picture1.Line -(45, 353)

'20
Picture1.CurrentX = 35
Picture1.CurrentY = 326
Picture1.Line -(45, 326)

'30
Picture1.CurrentX = 35
Picture1.CurrentY = 299
Picture1.Line -(45, 299)

'40
Picture1.CurrentX = 35
Picture1.CurrentY = 272
Picture1.Line -(45, 272)

'50
Picture1.CurrentX = 35
Picture1.CurrentY = 245
Picture1.Line -(45, 245)

'60
Picture1.CurrentX = 35
Picture1.CurrentY = 218
Picture1.Line -(45, 218)

'70
Picture1.CurrentX = 35
Picture1.CurrentY = 191
Picture1.Line -(45, 191)

'80
Picture1.CurrentX = 35
Picture1.CurrentY = 164
Picture1.Line -(45, 164)

'90
Picture1.CurrentX = 35
Picture1.CurrentY = 137
Picture1.Line -(45, 137)

'100
Picture1.CurrentX = 35
Picture1.CurrentY = 110
Picture1.Line -(45, 110)

'110
Picture1.CurrentX = 35
Picture1.CurrentY = 83
Picture1.Line -(45, 83)

End Sub

Private Sub TimerWork_Timer()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim tmp As String
Dim tmp2 As Byte
Dim i As Integer
Dim ST1 As Boolean
Dim tmp1 As Variant
Dim tmpT1 As Variant

ST1 = False
    For i = 8 To 10
         Shape1(i).BackColor = vbRed
       '  Shape1(i).FillColor = vbYellow
    Next

   MSComm1.DTREnable = False
   MSComm1.DTREnable = True
   MSComm1.InputLen = 0

    For i = 1 To 30000              'Delay
    Next i

    If MSComm1.InBufferCount Then
        tmp = MSComm1.Input
        'txtUARTIn.Text = Hex$(Asc(tmp))
        Label18.Caption = Hex$(Asc(tmp))
        tmpT1 = CSng(Asc(tmp))
        sensorLbl.Visible = False
    End If

'*****************************************************************

    'test data
 'tmpT1 = 255
        If Option1.Value = True And tmpT1 = 0 Then
                tmp1 = 57

       ElseIf Option2.Value = True And tmpT1 = 0 Then
                tmp1 = 45

     ElseIf Option3.Value = True And tmpT1 = 0 Then
                tmp1 = 45

      ElseIf Option4.Value = True And tmpT1 = 0 Then
                tmp1 = 100
     Else
                tmp1 = tmpT1 * 0.47
        End If

     ' Text1.Text = tmp1
     '  Text1.Refresh

  '*********************************************************
  '*********************************************************
  '*********************************************************
 'พรอตกราฟ
 If tmp <> "" Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'เส้นที่ 2
If Not IsNull(Data1) Then
Picture1.ForeColor = vbYellow
Picture1.DrawWidth = 2

'*********************************************************
'หาค่าอุณภูมิเทียบกับมาตรฐาน
Dim GP As Single                                    'ข้อมูลเทียบมาตรฐาน
Dim GPX As Integer                                  'อุณภูมิ

   For i = 0 To 49
               If tmp1 = Data1(i) Then
                                   GP = Data1(i)
                                   GPX = i
                                   ST1 = True
                                   Exit For
               End If
    Next i

      If ST1 = False Then
       For i = 0 To 49
            If tmp1 >= Data1(i) - 1 And tmp1 <= Data1(i) + 1 Then
                                   GP = Data1(i)
                                   GPX = i
                                   ST1 = True
                                   Exit For
            End If
         Next i
     End If

      If ST1 = False Then
       For i = 0 To 49
            If tmp1 >= Data1(i) - 2 And tmp1 <= Data1(i) + 2 Then
                                   GP = Data1(i)
                                   GPX = i
                                   ST1 = True
                                   Exit For
            End If
         Next i
     End If

    If ST1 = False Then
       For i = 0 To 49
            If tmp1 >= Data1(i) - 3 And tmp1 <= Data1(i) + 3 Then
                                   GP = Data1(i)
                                   GPX = i
                                   ST1 = True
                                   Exit For
            End If
         Next i
     End If

         If ST1 = False Then
       For i = 0 To 49
            If tmp1 >= Data1(i) - 4 And tmp1 <= Data1(i) + 4 Then
                                   GP = Data1(i)
                                   GPX = i
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                                ST1 = True
                                Exit For
            End If
        Next i
    End If


       If ST1 = False Then
      For i = 0 To 49
            If tmp1 >= Data1(i) - 5 And tmp1 <= Data1(i) + 5 Then
                                GP = Data1(i)
                                GPX = i
                                ST1 = True
                                Exit For
            End If
        Next i
    End If

        If ST1 = False Then
      For i = 0 To 49
            If tmp1 >= Data1(i) - 6 And tmp1 <= Data1(i) + 6 Then
                                GP = Data1(i)
                                GPX = i
                                ST1 = True
                                Exit For
            End If
        Next i
    End If

        If ST1 = False Then
      For i = 0 To 49
            If tmp1 >= Data1(i) - 7 And tmp1 <= Data1(i) + 7 Then
                                GP = Data1(i)
                                GPX = i
                                ST1 = True
                                Exit For
            End If
        Next i
    End If

        If ST1 = False Then
      For i = 0 To 49
            If tmp1 >= Data1(i) - 8 And tmp1 <= Data1(i) + 8 Then
                                GP = Data1(i)
                                GPX = i
                                ST1 = True
                                Exit For
            End If
        Next i
    End If

        If ST1 = False Then
      For i = 0 To 49
If tmp1 >= Data1(i) - 9 And tmp1 <= Data1(i) + 9 Then
                                GP = Data1(i)
                                GPX = i
                                ST1 = True
                                Exit For
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            End If
          Next i
      End If

          If ST1 = False Then
        For i = 0 To 49
             If tmp1 >= Data1(i) - 10 And tmp1 <= Data1(i) + 10 Then
                                GP = Data1(i)
                                GPX = i
                                ST1 = True
                                Exit For
            End If
          Next i
      End If
'*****************************************************
            N1 = N1 + 1
            Label9.Caption = GPX - 10 & "   C"


                If Option4.Value Then
                   If N1 = 1 Then
                                Picture1.CurrentX = 40 + (GPX * 10) - 1
                                Picture1.CurrentY = 380 - (tmp1 * 2.4) +
1
                   Else
                                 Picture1.CurrentX = X
                                Picture1.CurrentY = Y
                    End If

                              X = 40 + (GPX * 10)                    '*
4.2
                              Y = 380 - (tmp1 * 2.4)          ' * 218


                               Picture1.Line -(X, Y)
                              Picture1.CurrentX = X
                              Picture1.CurrentY = Y


    '                          Picture1.CurrentX = 40 + (GPX * 10) - 1
    '                          Picture1.CurrentY = 380 - (tmp1 * 2) + 10


    '                          X = 40 + (GPX * 10)                    '*
4.2
    '                          Y = 380 - (tmp1 * 2)           ' * 218


    '                           Picture1.Line -(X, Y)
    '                          Picture1.CurrentX = X
    '                          Picture1.CurrentY = Y

'    Label8.Caption = Hex$(Asc(tmp)) &
                     If GP > o Then
                       Label8.Caption = GP & "  ohme"
                     End If
                     If (GPX - 10) = o Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    Label8.Caption = 100 & "  ohme"
                End If

            Else
                If N1 = 1 Then
                    Picture1.CurrentX = 40 + (GPX * 10) - 1
                    Picture1.CurrentY = 380 - (tmp1 * 2.4) +
1
                Else
                    Picture1.CurrentX = X
                    Picture1.CurrentY = Y
                End If

                X = 40 + (GPX * 10)                    '*
4.2
                Y = 380 - (tmp1 * 2.4)            ' * 218


                Picture1.Line -(X, Y)
                Picture1.CurrentX = X
                Picture1.CurrentY = Y

                If tmp1 = 57 Then
                    Label8.Caption = 52.256 & "  uV"
                End If

                If tmp1 = 45 And Option2.Value = True Then
                    Label8.Caption = 74.263 & "  uV"
                End If

                If tmp1 = 45 And Option3.Value = True Then
                    Label8.Caption = 23.346 & "  uV"
                End If

'*************************************************************
                '   Picture1.Line -(X, Y)
                If (GP > o) And (Option1.Value = True) And
tmp1 <> 57 Then
                    Label8.Caption = (GP * 11.5) & "
uV"

                End If


                If (GP > o) And (Option2.Value = True) And
tmp1 <> 45 Then
                Label8.Caption = (GP * 11.53) & "  uV"
                End If

            If (GP > o) And (Option3.Value = True) And tmp1
<> 45 Then
                Label8.Caption = (GP * 14.46) & "  uV"
            End If


'*************************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

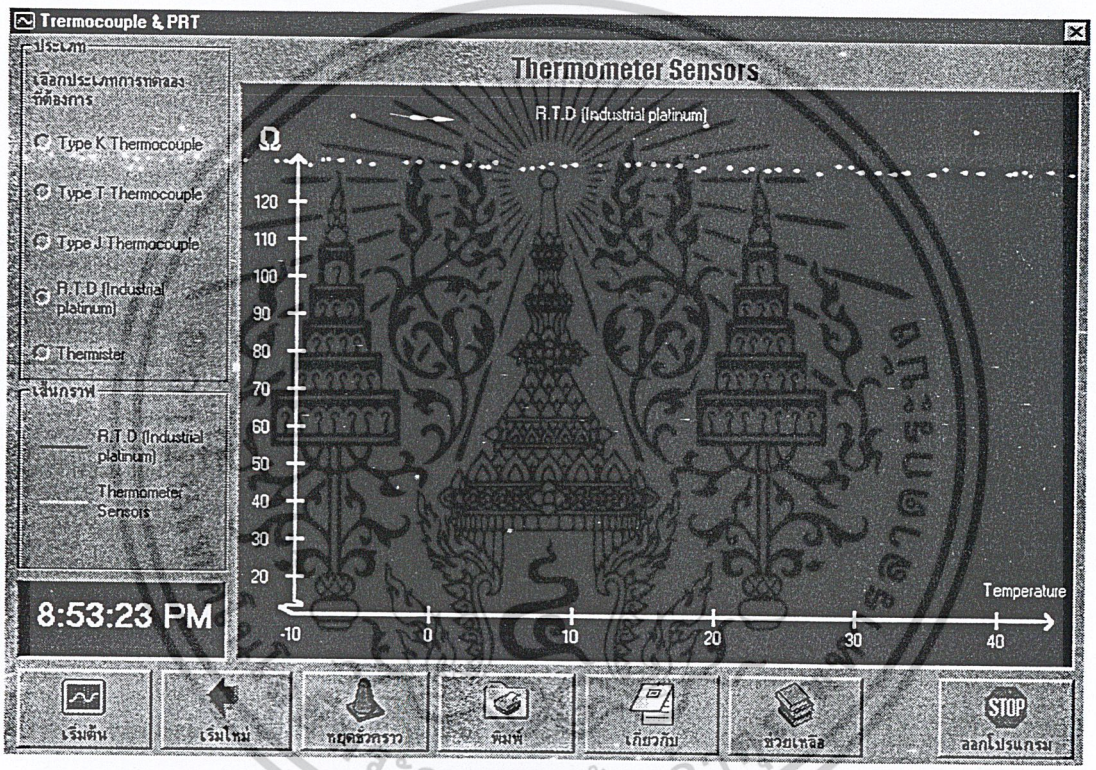
```
                    If (GP > o) And (Option1.Value = True) And
tmp1 < 57 Then
                              Label8.Caption = -(GP * 11.5) & "
uV"
                    End If

                    If (GP > o) And (Option2.Value = True) And
tmp1 < 45 Then
                    Label8.Caption = -(GP * 11.53) & "  uV"
                    End If

                  If (GP > o) And (Option3.Value = True) And tmp1
< 45 Then
                    Label8.Caption = -(GP * 14.46) & "  uV"
                   End If


                   '  If GP > o Then
                   ' Label8.Caption = -(GP / 2.4) & "  uV"
                   ' End If
          End If

End If

End If

  tmp2 = Asc(tmp1)
  For i = 7 To 0 Step -1
       If (tmp2 And 2 ^ i) = 2 ^ i Then
          Shape1(i).BackColor = vbGreen
       Else
          Shape1(i).BackColor = vbRed
'&H80&
       End If
   Next i

  '*****************************************************
  '*****************************************************
  '*****************************************************
    If tmp = "" Then
    ' Picture1.ForeColor = vbYellow
    '    Picture1.DrawWidth = 2
    '        Picture1.CurrentX = 200
    '        Picture1.CurrentY = 200
    '        Picture1.Print "ไม่มีข้อมูลจาก  Thermometer Sensors!!! "
    For i = 0 To 7
    Shape1(i).BackColor = vbRed
    Next i
              Label8.Caption = "ไม่มีค่า"
              sensorLbl.Visible = True
            Exit Sub
    End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
เครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ



สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนที่ลงมือทำการวัดเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ ควรทำการศึกษาการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจเพื่อผลการวัดค่าที่ถูกต้อง และเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ

2. ส่วนประกอบและควบคุม

รูปที่ จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ

จากรูปที่ จ.1 มีรายละเอียดต่างๆดังนี้

ℵ คลิกเพื่อเลือกชนิดเซนซอร์

ℑ ปุ่ม เริ่มต้น

ℜ ปุ่ม เริ่มใหม่

℘ ปุ่ม หยุดชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

⊗ ปุ่ม พิมพ์

⊕ ปุ่ม เกี่ยวกับ

∅ ปุ่ม ช่วยเหลือ

∩ ปุ่ม ออกโปรแกรม

∪ จอแสดงผล

⊃ ปุ่มปิดหน้าจอ

1. การติดตั้งและการใช้งาน

1.1 เซนเซอร์เสียบเข้าที่หัววัดเครื่องทำความเย็น

1.2 ต่อเซนเซอร์เข้ากับบอร์ด E12-AD16

1.3 ต่อบอร์ด E12-AD16 กับ RS-232 เข้ากับคอมพิวเตอร์

1.4 เลือกชนิดของเซนเซอร์ที่ต้องการวัด

1.5 กดปุ่ม เริ่มต้น เพื่อเริ่มทำการวัด

-สังเกตหน้าจอแสดงผล

1.6 กดปุ่ม เริ่มใหม่ เมื่อต้องการเปลี่ยนชนิดของเซนเซอร์

1.7 กดปุ่ม หยุดชั่วคราว เมื่อต้องการหยุดชั่วขณะเพื่อทำการอ่านค่า

1.8 กดปุ่ม พิมพ์ เมื่อต้องการพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์

1.9 กดปุ่ม เกี่ยวกับ เมื่อต้องการดูชื่อคนพัฒนาโปรแกรม

3.10 กดปุ่ม ช่วยเหลือ เมื่อต้องการผู้ช่วย

3.11 กดปุ่ม ออกโปรแกรม เมื่อต้องการออกจากโปรแกรม

2. การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในการใช้งานเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดอุณภูมิต่ำแบบอัตโนมัติ สามารถตรวจสอบแนวทางแก้ไขปัญหาเบื่องต้นได้จากตารางข้างล้างนี้

อาการ	สาเหตุและ/หรือวิธีแก้ไข
จอภาพไม่ติด	ตรวจสอบเครื่องคอมพิวเตอร์
ไม่มีผลการวัดเกิดขึ้น	ตรวจสอบสายที่ต่อเข้าเครื่ององคอมพิวเตอร์,วงจรA/D,แหล่งจ่ายไฟเลี้ยง,ตรวจสอบเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

3.1 การดูแลรักษา

- ถอดสายที่ทั้งหมดที่ต่อพ่วงกันทุกครั้งหลังใช้งานเสร็จ
- ดูดน้ำออกจากโพรบของเครื่องทำความเย็น

3.2 ข้อควรระวัง

- อย่าเดินเครื่องทำความเย็นทันทีหลังจากหยุดเครื่องต้องรอประมาณ 5 นาที จึงจะเดินเครื่องได้

4. ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
หลักการวัด	ใช้หลักการวัดค่าความต้านทานหรือแรงดัน
ย่านการวัด	-10 °C ถึงอุณหภูมิห้อง
การแสดงผล	ใช้กราฟแสดงผล
ความเที่ยงตรง	±0.5%
แหล่งจ่ายพลังงาน	ไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ ,ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CRYSTAL
A DIVISION OF CIRRUS LOGIC

16/20-Bit ΔΣ Multi-Range ADC w/ 4-Bit Latch

Features

- Delta-Sigma A/D Converter
  - Linearity Error: 0.0015%FS
  - Noise Free Resolution: 18-bits
- Bipolar/Unipolar Input Ranges
  - 25 mV, 55 mV, 100 mV, 1 V, 2.5 V and 5 V
- Chopper Stabilized Instrumentation Amplifier
- On-Chip Charge Pump Drive Circuitry
- 4-Bit Output Latch
- Simple three-wire serial interface
  - SPI™ and Microwire™ Compatible
  - Schmitt Trigger on Serial Clock (SCLK)
- Programmable Output Word Rates
  - 3.76 Hz to 202Hz (XIN = 32.768 kHz)
  - 11.47 Hz to 616 Hz (XIN = 100 kHz)
- Output Settles in One Conversion Cycle
- Simultaneous 50/60 Hz Noise Rejection
- System and Self-Calibration with Read/Write Registers
- Single +5 V Analog Supply
  +3.0 V or +5 V Digital Supply
- Low Power Mode Consumption: 4 mW
  - 1.8 mW in 1 V, 2.5 V, and 5 V Input Ranges

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

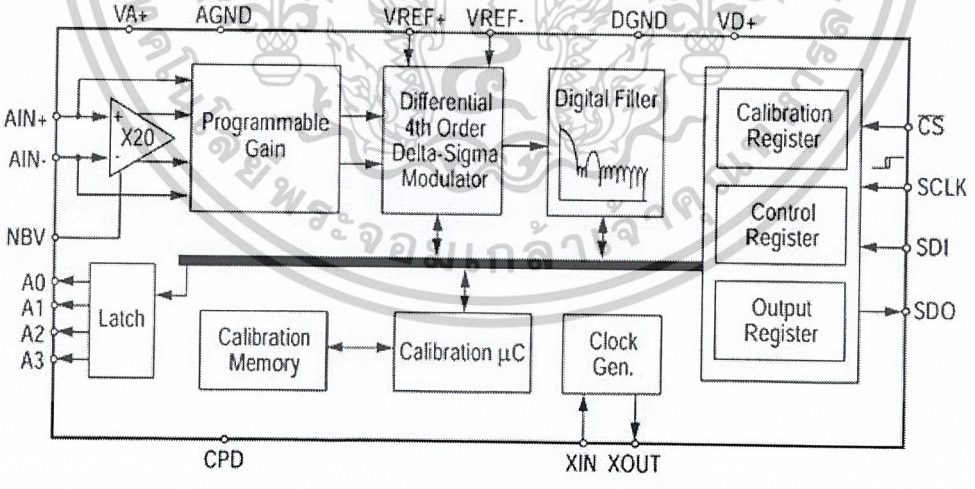
Description

The 16-bit CS5525 and the 20-bit CS5526 are highly integrated ΔΣ A/D converters which include an instrumentation amplifier, a PGA (programmable gain amplifier), eight digital filters, and self and system calibration circuitry.

The converters are designed to provide their own negative supply which allows their on-chip instrumentation amplifiers to measure bipolar ground-referenced signals ≤±100 mV. By directly supplying NBV with -2.5 V and with VA+ at 5 V, ±2.5 V signals (with respect to ground) can be measured.

The digital filters provide programmable output update rates between 3.76 Hz to 202 Hz (XIN = 32.768 kHz). Output word rates can be increased by approximately 3X by using XIN = 100 kHz. Each filter is designed to settle to full accuracy for its output update rate in one conversion cycle. The filters with word rates of 15 Hz or less (XIN = 32.768 kHz) reject both 50 and 60 Hz (±3 Hz) line interference simultaneously.

Low power, single conversion settling time, programmable output rates, and the ability to handle negative input signals make these single supply products ideal solutions for isolated and non-isolated applications.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Overview

The CS5525 and CS5526 are 16 and 20-bit A/D converters respectively, employing the Delta-Sigma topology. They are highly integrated with an on-chip chopper stabilized instrumentation amplifier, programmable gain amplifier, charge pump drive circuitry and negative bias voltage input all operating from a single +5 V supply. A simple programming structure and 3-wire SPI™ and Microwire™ compatible interface enables selectable output word rates, system/self-calibration with read/write registers and the ability to control external portions of the application circuit via the on-chip 4-bit output latch.

FAQs

1) Do you have a four channel part?

A: Not at this time, but we have plans to do a multi-channel product Q4 '97. We also have 4 digital output lines which can be used to control either switches or a multiplexer through the ADC's serial port, thus eliminating the use of an extra port on the system mC and additional opto-isolators in isolated applications.

2) How does the 4-bit digital latch on a DS ADC allow me to change channels?

A: The CS5525 and CS5526 as well as the CS5504 family of ADC's are designed to settle in one conversion cycle. This means a mux can be switched from channel-to-channel with every conversion while maintaining resolution and accuracy.

3) What determines the input span of the converter?

A: Performing a full scale gain calibration, or modifying the reference voltage. For example, if the reference voltage is reduced by 50% the default input ranges scale by one half. Example: Vref = 2.5 V, Vin = 25 mV to 5 V and Vref = 1.25 V, Vin = 12.5 mV to 2.5 V.

4) How does the output word rate affect the ADC's bandwidth?

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A: The input bandwidth is limited to 1/2 the selected output word rate due to the Nyquist theory of sampling. Example: With the default 15 Hz output word rate the available signal bandwidth of the ADC is 7.5 Hz.

5) What is recommended if I need more or less bandwidth than is provided by the on-chip digital filter?

A: Use an external clock between 30 KHz and 100 KHz to scale the digital filters corner frequency accordingly. Example: Using a 3x clock = 3x32.768 kHz = 3 x the word rate = 3 x 3.76 Hz to 3 x 202 Hz = 11.47 Hz to 616 Hz.

6) How fast can the converter shift data from its serial port?

A: Up to 2 Mhz.

7) How does the instrumentation amplifier's chopping frequency affect the converter's input impedance and input current?

A: The input impedance of the converter is a dynamic impedance and depends on whether the instrumentation amplifier is engaged or not. For the lower ranges (25 mV, 55 mV, 100 mV), the instrumentation amplifier is engaged setting the input impedance to 1/fC (where C is 2 pF, and f is the chopping frequency, either 256 or 32,768). A typical input impedance for the lower ranges is 1900 MW (with f = 256, and C = 2 pF). For the higher ranges (1 V, 2.5 V, and 5 V), the amplifier is bypassed leaving an equivalent input impedance of 1/fC where C is 32 pF and f is either 256 or 32,768. A typical input impedance for the higher ranges is 120 MW (with f = 256 and C = 2 pF).

The input current is a dynamic current and also depends on whether the instrumentation amplifier is engaged or not. For the lower ranges (25 mV, 55 mV, 100 mV), the input current is fVosC (where Vos is the offset of the instrumentation amplifier, typically less than 40 mV, f is the chopping frequency, either 256 or 32,768, and C is 2 pF). A typical input current for the lower ranges is 100 pA. For the higher ranges (1 V, 2.5 V, and 5 V), the input current is [(VAIN+)-(VAIN-)]fC where (VAIN+)-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(VAIN-) is the voltage between AIN+ and AIN-, f is either 256 or 32,768, and C is 32 pF. A typical input current for the higher ranges is 1.2 µA/V.

8) When reading the conversion data I get all zeroes no matter what the analog signal is. Please explain why.

A: Check the voltage between pins 19 and 20 (VREF+ and VREF-). If it is zero, the converter will compute all zeros because the digital output word represents the ratio of the input signal to the voltage reference.

9) Is calibration required to use the converter?

A: When the CS5525/26 is reset, the registers are set to known values. If the signal to be measured by the converter is within the nominal range, the converter can perform conversions without the need for calibrations. Errors in the system remain present when calibration is not performed, however, this may be acceptable if the errors are insignificant to the measurement or if the errors are removed by some other means, such as software and registers in the microcontroller.

10) How often do I need to recalibrate?

A: To answer this question one must ask: 1) What accuracy is required from the A/D converter? 2) What effects will temperature changes have upon the entire circuit, including components outside the A/D? To obtain optimum calibration accuracy, a calibration should be performed approximately one minute after power is applied to allow the chip to reach thermal equilibrium.

A higher accuracy measurement requirement will generally require calibrations more often, because, after the initial calibration has been performed, the converter is subject to some drift if the operating temperature changes. Typical offset drift and gain drift are given in the data sheet tables. The observed drift in the application circuit may be considerably greater due to parasitic thermocouple effects and gain drift caused by the limited tempco tracking of the external resistors. Once an estimate of drift is determined for the entire application circuit (drift will usually be dominated by error sources external to the converter), an assessment of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

how it affects measurement accuracy as temperature changes can be made. Once the amount of drift is known, you can determine if a new calibration is required. A good rule of thumb is to recalibrate the converter (or system) with every ten degrees of ambient temperature change.

11) What do the numbers in the calibration registers actually mean?

A: There are two internal read/write calibration registers in the CS5525/26 (offset, and gain). One LSB in the offset register is 2^{-24} proportion of the input span (bipolar span is 2 times the unipolar span). The MSB in the offset register determines if the offset that is to be trimmed is either positive or negative. The converter can typically trim ±50% of the input span. The gain register spans from 0 to $(2 - 2^{-23})$. The decimal equivalent meaning of the gain register is:

$$D = b_0 2^0 + b_1 2^{-1} + b_2 2^{-2} + b_3 2^{-3} + \ldots + b_N 2^{-N}$$

where the binary numbers have a value of either zero or one. After a gain calibration has been performed, the numeric value in the gain register should not exceed the range of 0.5 to 2.0 (decimal) [400000(Hex) to FFFFFF(Hex)].

12) How can the gain be calibrated if a full-scale signal is not available?

A: The CS5525/26 can be gain calibrated with some input signal other than full scale. For example, when the converter is reset, the gain register's calibration word is 1.0 (decimal). If a signal representing ten percent of full scale reads three percent less than it should, the value in the gain register can be scaled up by three percent. Gain accuracy can be improved if output words are averaged while using this technique. Use caution when a calibration signal less than full scale is being used. If the transfer function of the transducer being used to generate the ten percent signal happens to have a major nonlinearity at the point at which calibration is being performed, it will cause the rest of the transfer function to be incorrect.

13) Why does the offset move when the CS5525/26 with a 2.5 V reference, is calibrated several times? What can be done to prevent this?

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A: The CS5526 is a 20-bit ADC with inherent Gaussian thermal and quantization noise associated with each conversion. Therefore, every time the converter is calibrated, a different offset calibration output has a chance of occurring. By averaging conversions, the peak-to-peak noise can be reduced by a factor of 1/sqrt(n) (where n is the number of samples taken). The offset register can be accessed after calibration, and the offset uncertainty of a converter can almost be eliminated (to 1 code) by averaging. The CS5525 (16-bits) always has 1 count of variability, even if averaged, because the noise and calibration can occur at a boundary between two codes. If the calibration code is on the boundary the random noise could toggle the offset between the two codes.

14) Is a different calibration required for each gain getting?

A: For maximum accuracy, calibrations should be performed for offset and gain for each gain setting. If a factory calibration is performed using a system calibration, the offset and gain register contents can be read by the system microcontroller and stored in EEPROM. These same calibration words can then be uploaded into the offset and gain registers of the converter when power is re-applied to the system, or when the gain range is changed.

15) What is the advantage of performing calibrations at lower output word rates?

A: Calibrations are performed at the output word rate selected by the WR2-WR0 bits of the configuration register. Since higher word rates result in conversion words with more peak-to-peak noise, it is better to calibrate at lower output word rates. To minimize the digital noise near the device, the user should wait for each calibration step to be completed before reading or writing to the serial port.

16) How can I get the best noise performance from the CS5525/26?

A: Use the bipolar mode or increase the reference voltage, since each of these increase the size of the LSB.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17) If the charge pump is engaged, how do I ensure that the converter and its external components are intrinsically safe?

A: Intrinsic safety prohibits the use of electrolytic (or bipolar) capacitors thus limiting the use of certain size capacitors. Although a 10 µF cap. is recommended for the charge pump, two 0.47 µF ceramic caps in parallel can be used.

18) What benefit does an evaluation board offer?

A: The CDB5525/26 evaluation board saves time and money over prototyping. The preassembled board comes equipped with an 80C51 microcontroller and a 9-pin cable to link the evaluation board to a PC-compatible computer. The evaluation system also includes software which provides easy access to the internal registers of the converter and displays the converter's time domain, frequency domain and noise histogram performance.

Ordering Information

CS5525-AP	-40°C to +85°C	20-pin PDIP
CS5526-BP	-40°C to +85°C	20-pin PDIP
CS5525-AS	-40°C to +85°C	20-pin SSOP
CS5526-BS	-40°C to +85°C	20-pin SSOP

For further information on Crystal products, please visit our website "www.crystal.com" or call our literature department (800) 888-5016 ext. 3594 or (512) 912-3594 for data sheets and application notes.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sales Office and Applications Support

UNITED STATES

Sales Office and Applications Support:

WESTERN AREA
Cirrus Logic
Crystal Semiconductor Div.
50 Airport Pkwy.
San Jose, CA 95110
Ph: 408-437-7743
FAX: 408-437-4943

Cirrus Logic
Crystal Semiconductor Div.
6 Venture,
Ste. 100
Irvine, CA 92718
Ph: 714-453-5910
FAX: 714-453-5914

CENTRAL AREA
Cirrus Logic
Crystal Semiconductor Div.
14205 Burnet Rd.,
Ste. 400
Austin, TX 78728
Ph: 512-255-8893
FAX: 512-255-0733

EASTERN AREA
Cirrus Logic
Crystal Semiconductor Div.
5511 Capital Center Dr.,
Ste. 103
Raleigh, NC 27606
Ph: 919-859-5393
FAX: 919-859-5334

Cirrus Logic
10 New England Business Center,
Ste. 100
Andover, MA 01810
Ph: 978-794-9138
FAX: 978-794-9998

Cirrus Logic
Crystal Semiconductor Div.
10440 Little Patuxent Pkwy.,
Ste. 300
Columbia, MD 21044-3559
Ph: 410-740-5654
FAX: 410-740-6961

EUROPE

Sales Office and Applications Support:

Cirrus Logic France
Immeuble Andre Malraux
93561 Rosny s/s Bois CEDEX,
France
Ph: +33(148)122812
FAX: +33(148)122810

Cirrus Logic
Crystal Semiconductor (UK) Ltd.
Spectrum Point,
279 Farnborough Rd.,
Farnborough,
Hampshire GU14 7LS,
United Kingdom
Ph: +44(0)1252372762
FAX: +44(0)1252372763

Cirrus Logic GmbH
Muehlfelder-Strasse 2
D-82211 Herrsching, Germany
Ph: +49(08152)92460
FAX: +49(08152)924699

FAR EAST

Sales Office and Applications Support:

CHINA
Cirrus Logic International Ltd.
A-1403, Qiancun Commercial Mansion
Beijing, China 100029
Ph: (8610)6443-0783
Ph: (8610)6443-0784
Ph: (8610)6443-0785
FAX: (8610)6443-0786

HONG KONG
Cirrus Logic International Ltd.
1203 Park Tower
15 Austin Rd., Tsimshatsui
Kowloon, Hong Kong
Ph: (852)2376-0801
FAX: (852)2375-1202

KOREA
Cirrus Logic, Korea Co., Ltd.
Rm 1302 SangKyung Bldg., 824-21 YeokSam-Dong,
KangNam-Ku,
Seoul, Korea
Ph: +82(2)565-8561
FAX: +82(2)565-8565

SINGAPORE
Cirrus Logic
Crystal International
6 Kaki Bukit Ave. 1,
Ste. 03-03
Singapore 417940
Ph: +65-743-4111
FAX: +65-742-4111

TAIWAN
Cirrus Logic International Ltd.
Taiwan Branch
10F, No.214 Tun Hwa North Rd.
Taipei, Taiwan R.O.C.
Ph: +886(2)2718-4533
FAX: +886(2)2718-4526

JAPAN

Sales Office and Applications Support:
Cirrus Logic K.K.
Shinjuku Green Tower, Bldg. 26F
6-14-1 Nishi-Shinjuku,
Shinjuku-ku,
Tokyo, 160
Japan
Ph: +81(03)3340-9111
FAX: +81(03)3340-9120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายปริญญา รุ่งแสง
วัน เดือน ปีเกิด	4 มิถุนายน พ.ศ.2523
ภูมิลำเนา	57/3 หมู่8 ตำบลบางคูวัด อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 12000 โทรศัพท์ 0-2976-0314
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดบางคูวัด จังหวัดปทุมธานี
มัธยมศึกษา	โรงเรียนปทุมธานี “นันทมุนี”บำรุง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	โรงเรียนเทคโนโลยีแหลมทอง จังหวัดปทุมธานี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ผลงานที่ได้รับรางวัล	รางวัลชนะเลิศอันดับที่ 3 ในการประกวดมารยาท ปี 2542
คติพจน์	ทำดีได้ดี ทำชั่วได้ชั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้