การทดลองการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

COMPUTER INTERFACE UNIT

จัดทำโดย

นายนัทที ไพรวัลย์

นายเรวัติ วันเอเลาะ

นายอภิชาติ อนุกูลเวช

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032767

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2535

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สาขาวิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง การทดลองการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

COMPUTER INTERFACE UNIT

ผู้จัดทำ

1. นายนัทที ไพรวัลย์ 34161113

2. นายเรวัติ วันเอเลาะ 34161124

3. นายอภิชาติ อนุกูลเวช 34161141

.....(แทน) อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ภากร หุตะสังกาศ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032767

การทดลองการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

นายนัทที ไพรวัลย์
นายเรวัติ วันเอเลาะ
นายอภิชาติ อนุกูลเวช
อาจารย์ภากร หุตะสังกาศ
ปีการศึกษา 2535

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยี ออกไปอย่างกว้างขวางจึงต้องเน้นการศึกษาทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติควบคู่กันไป จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องผลิตการทดลองเพื่อเป็นการปูพื้นฐานที่จำเป็นให้แก่นักศึกษารุ่นใหม่ เพื่อที่จะนำทักษะในการทดลองไปประยุกต์ใช้งาน เพื่อพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ให้ดีขึ้น เพราะฉะนั้นผู้จัดทำจึงเล็งเห็นว่าต้องมีอุปกรณ์ที่ทันสมัย เพื่อที่จะช่วยให้การทดลองรวดเร็ว สะดวก พร้อมทั้งให้ผลการทดลองที่ถูกต้องมีความเชื่อถือได้

ชุดทดลองการวัด และควบคุมอุณหภูมิเป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยในการค้นคว้าทดลองทางด้านการควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ โดยปรับปรุงให้กระบวนการในการควบคุมมีความเร็วในการตอบสนองเร็วกว่าปกติ ทำให้ผู้ทดลองไม่เกิดความเบื่อหน่าย แต่ยังคงรักษาเสถียรภาพของการควบคุมให้ได้ตามที่ต้องการ และยังสามารถใช้คู่กับบอร์ดทดลองไมโครคอมพิวเตอร์ และต่อเข้ากับชุดทดลองไมโครคอมพิวเตอร์อื่น ๆ เพื่อพัฒนาทักษะให้สูงขึ้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPUTER INTERFACING UNIT

MR.NATTEE PRIVAL

MR.RAWAT WAL-A-LOH

MR.APICHAT ANUGULWATE

ADVISOR

MR.PHAKORN HUTASANGKAT

1993

Abstract

Nowadays the high technology has been widely developed it is necessary that both the orical and practical education be steamlined and worked on at the same time. Also,the production of experiments is needed as essential base for the new generation,so that they can use those experimental skills to apply to their own experiments and to make use of them for their kinds of development.

In my opinion, having modern device to help the experiments,accurate convenient, and efficient has become a neccessity.

This is the reason why a set of experiment in measurement and control over the temperature has been made. The purpose of producing the device is to help in research of the temperature control experiment by using microcomputer.Since the microcomputer help simprove the process of temperature control to be faster in its reaction than usual so the person who makes the experiment would not get bored.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการสร้างชุดทดลองวัดอุณหภูมิ	
2.1 การทำงานภาค INPUT TEMPERATURE	3
2.2 การทำงานภาค CONTROL TEMPERATURE แบบ OPENLOOP (MANUAL CONTROL)	5
2.3 การทำงานภาค CONTROL TEMPERATURE แบบ CLOSELOOP (AUTOMATIC CONTROL)	10
บทที่ 3 การคำนวณและการออกแบบโปรแกรม	
3.1 การออกแบบส่วนแสดงผลแบบตัวอักษร (CHARACTER AND NUMERIC DISPLAY)	26
3.2 การออกแบบส่วนแสดงผลแบบกราฟแท่ง (BAR GRAPH DISPLAY)	27
3.3 การออกแบบส่วนแสดงผลแบบแปร (REAL TIME DISPLAY)	30
3.4 โปรแกรมประกอบการทดลอง	31
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	137
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	139
กิตติกรรมประกาศ	141
หนังสืออ้างอิง	142

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

ชุดทดลองเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์สำหรับใช้เป็นชุดทดลองในด้านไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งจะทำการประหยัดเวลาได้มาก ในการทดลองโดยทั่วไปเมื่อจะทำการทดลองแต่ละวงจรต้องเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ มากมาย และต่อวงจร เมื่อได้ผลการทดลองแล้วจึงรื้อวงจรต่าง ๆ ที่ต่อออกไปใช้ในการทดลองอื่นอีก หรือในกรณีที่วงจรไม่ทำงานก็ต้องรื้อออกมาต่อใหม่ทำให้เสียเวลาไปในการต่อวงจรมาก ซึ่งเวลาที่เสียไปนี้อาจจะนำไปใช้ในการพัฒนาโปรแกรมจะดีกว่า เนื่องจากจุดประสงค์ของการทดลองทางไมโครโปรเซสเซอร์นั้น จุดใหญ่คือ การทำโปรแกรมเพื่อควบคุม HARDWARE มากกว่าการเข้าใจในการทำงานของวงจรอย่างลึกซึ้ง

จึงเห็นว่าชุดทดลองสำเร็จรูปจึงเป็นสิ่งจำเป็น ในชุดทดลองการวัดและควบคุมอุณหภูมินี้มีการใช้งานที่ง่าย มีความถูกต้องและแม่นยำพอสมควร เนื่องจากการควบคุมความร้อนกระทำภายใน HOUSING คือส่วนที่สามารถปิดกั้นอากาศภายนอกไม่ให้มีผลต่ออุณหภูมิภายในมากนัก และเป็นชุดทดลองที่มีความยืดหยุ่นสูงสามารถประกอบเข้ากับชุดทดลองสำเร็จรูปอื่น ๆ เพื่อการทดลองวงจรที่ซับซ้อน หรือต้องการขั้นตอนที่มากขึ้นได้

การสร้างชุดทดลองการวัดควบคุมอุณหภูมิโดยทำเป็นชุดทดลองแบบโมดูลสำเร็จรูป

ประกอบด้วย 3 ชุดทดลองคือ

1. ชุดทดลองอ่านอุณหภูมิ โดยแสดงออกทางจอมอนิเตอร์ของคอมพิวเตอร์

2. ชุดทดลองควบคุมอุณหภูมิแบบไม่มีการป้อนกลับเพื่อชดเชย เป็นการควบคุมแบบ OPEN LOOP หรือแบบ MANUAL และมีการแสดงผลที่จอมอนิเตอร์ของคอมพิวเตอร์

3. ชุดทดลองควบคุมอุณหภูมิแบบมีการชดเชย เป็นการควบคุมแบบ CLOSELOOP หรือแบบ AUTOMATIC CONTROL และมีการแสดงผลที่จอของมอนิเตอร์คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแสดงผลจะแสดงผลแบบ GRAPHIC MODE และสามารถแสดงค่าอุณหภูมิได้ 4 มาตราอุณหภูมิ คือ องศาเซลเซียส (CELSIUS) องศาฟาเรนไฮต์ (FAHRENHEIT) องศาเคลวิน (KELVIN)และมาตราขององศาแรงคิน (RANKINE)

อุณหภูมิที่ควบคุมได้จะอยู่ในช่วงประมาณ 30-90 องศาเซลเซียส ความเร็วในการควบคุมมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียสต่อนาที มีการระบายหรือการลดลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็วถึง 20 องศาเซลเซียสต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการสร้างชุดทดลองวัดอุณหภูมิ

2.1 การทำงานของภาค INPUT TEMPERATURE

จาก BLOCK DIAGRAM ประกอบไปด้วย

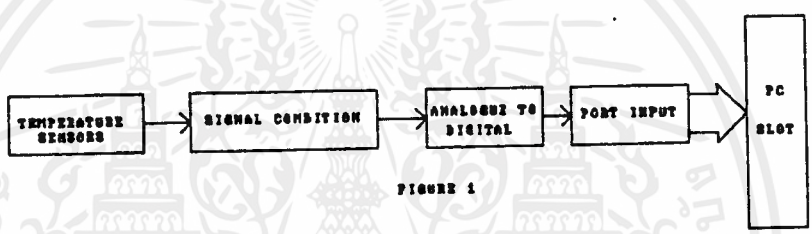


FIGURE 1

2.1.1) TEMPERATURE SENSORS

จะรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมเข้ามาโดยที่ตัวตรวจจับอุณหภูมิส่วนใหญ่จะมีย่านการทำงานที่ไม่เป็นเชิงเส้น แต่เนื่องจากในวงจรนี้ใช้ตัวตรวจจับอุณหภูมิแบบสารกึ่งตัวนำจึงสามารถให้ OUT PUT เป็นเชิงเส้นตลอดการทำงานของอุปกรณ์โดยที่จะมีการเปลี่ยนแปลงเอาท์พุท 10mV/ C ในการใช้งานจะกำหนดไม่ให้เกิน 90 C เพราะว่าตัวตรวจจับความสามารถทนแรงดันได้เพียง 100 C เพราะฉะนั้นตัวตรวจจับแบบนี้จึงเหมาะที่จะวัดอุณหภูมิในย่านแคบ ๆ แต่ต้องการความเที่ยงตรงสูงได้ดี

2.1.2) AMPLTFIER

ภาคนี้จะรับค่าแรงดันเอาท์พุทจาก TEMPERATURE SENSORS ซึ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันที่อยู่ในช่องหนึ่งจะต้องทำการปรับระดับเพื่อให้สามารถต่อเข้ากับวงจร A/D ได้ คือค่าต่ำสุด = 0 และค่าสูงสุดคือ 5 VOLTS

2.1.3) ANALOGUE TO DIGITAL CONVERTER

ค่าแรงดัน 0-5 VOLTS จากภาค SCALE จะไม่สามารถต่อโดยตรงกับระบบคอมพิวเตอร์ได้เพราะระบบคอมพิวเตอร์จะใช้สัญญาณเป็นแบบดิจิตอลจึงต้องให้ภาคนี้เปลี่ยนสัญญาณจากสัญญาณ ANALOGUE ไปเป็นสัญญาณ DIGITAL ในที่นี้ใช้ขนาด 8 BIT หรือมีทั้งหมด 2^8 = 256 ระดับ

2.1.4) PORT INPUT

สัญญาณ DIGITAL ที่ได้จาก A/D จะถูกเพิ่มกระแสและส่งต่อไปยัง SLOT และคอมพิวเตอร์ภาคนี้นอกจากจะเป็นตัวกั้นระหว่างอุปกรณ์ภายนอกไม่ให้มีผลกระทบต่อระบบ BUS ของ COMPUTOR แล้ว ยังจะทำหน้าที่เป็นตัวรักษาจังหวะการอ่าน INPUT ของ COMPUTOR ด้วย

2.1.5) PC SLOT PC SLOT ต่อออกมาจากระบบของ COMPUTER เพื่อทำการ INTERFACE กับวงจรภายนอก โดยจะมี CARD BUFFER INTERFACE เพื่อ INTERFACE กับระบบของ COMPUTER โดย CARD ดังกล่าวจะเสียบลงบน SLOT ของ COMPUTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 การทำงานของวงจร

ในรูป จากวงจร LM 335 Z จะเป็นตัวรับอุณหภูมิที่ภายนอกเข้ามา และเปลี่ยนเป็นแรงดัน คือ มีการเปลี่ยนแปลง 10mV/K R 1.8 K OHMS และ VR 5 K OHMS จะเป็นตัวปรับสเกลแฟกเตอร์ของการวัด LM 308 จะเปรียบเทียบแรงดันที่ขา 2 กับขา 3 เนื่องจากที่ขา 3 เราจะปรับให้มีแรงดันประมาณ 2.73 โวลท์ (เทียบกับกราวด์) แรงดันที่แตกต่างที่ OUTPUT ของ OP AMP. จะเป็นการนำเอาค่า 273 C มาลบจากค่าอุณหภูมิสมบูรณ์ เพื่อที่จะให้เอาท์พุทเท่ากับ 10mV/ C เทียบกับกราวด์ โดยที่ ไอซีเบอร์ LM 329 C เป็นตัวกำเนิดแรงดันอ้างอิงขนาด 6.9 โวลท์ในทางปฏิบัติอาจให้ ZENER DIODE ที่มีแรงดัน 6.9 แทนก็ได้ ซึ่งเอาท์พุทของ LM 308 จะต่อออกไปยัง ออปแอมป์ซึ่งต่อเป็นวงจรปรับค่าให้สัญญาณถูกต้อง จากนั้นจะส่งออกไปยังวงจรขยาย 2 อันดับเพื่อขยายสัญญาณให้มีขนาด 0-5 โวลท์ เพื่อป้อนเข้าไปยัง ADC 0809 ทางขา IN0 ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิท หรือ 256 ระดับ และส่งต่อไปเข้าพอร์ทอินพุทของไอซีเบอร์ 8255 ซึ่งในที่นี้ จากโปรแกรมจะกำหนดให้พอร์ทอินพุทของ 8255 คือ พอร์ท A และจาก OUTPUT ของ 8255 จะส่งเข้าไปยัง คอมพิวเตอร์เพื่อนำไปประมวลผลต่อไป

2.2 ภาค OUTPUT TEMPERATURE

การ CONTROLLED อุณหภูมินั้นเราจะใช้ SOFTWARE เป็นตัวกำหนดค่าโดยการ SET
ค่าอุณหภูมิที่ต้องการทางแป้นพิมพ์ของ COMPUTER จากนั้น SOFTWARE จะเป็นตัวกระทำการเปรียบเทียบค่า (COMPARATOR) แล้วส่งค่าออกมาทาง PORT ซึ่งเป็น PORT OUTPUT การส่งค่า
ออกมาเพื่อควบคุมนี้จะมี MODE การกระทำการอยู่ 2 MODE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

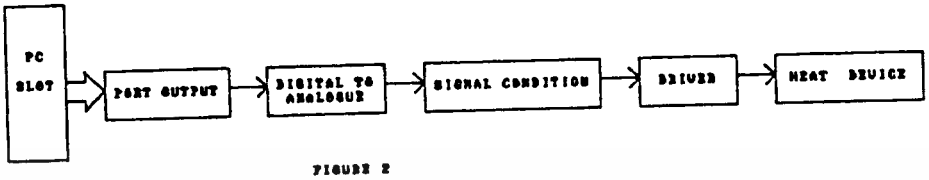


FIGURE 2

จาก BLOCK DIAGRAM สามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

2.2.1) PC SLOT, PORT OUT PUT

PC SLOT ต่อออกมาจากระบบของ COMPUTER เพื่อทำการ INTERFACE กับวงจรภายนอก โดยจะมี CARD BUFFER INTERFACE เพื่อ INTERFACE กับระบบของ COMPUTER โดย CARD ดังกล่าวจะเสียบลงบน SLOT ของ COMPUTER

ส่วน PORT OUTPUT นั้นจะต่อออกมาจาก CARD BUFFER INTERFACE อีกทีหนึ่ง มาเข้ายัง 8255 ซึ่งเป็น I/O PORT โดยเราจะกำหนด PORT B และ PORT C ล่างเป็น PORT OUTPUT ส่วน PORT A เรากำหนดให้เป็น PORT INPUT

2.2.2) DIGITAL TO ANALOG CONVERTER

ภาค D/A นี้จะใช้ IC เบอร์ DAC 0809 แปลงสัญญาณ DIGITAL ซึ่งส่งค่ามาจาก SOFT WARE เพื่อแปลงเป็นสัญญาณ ANALOGUE เพื่อส่งต่อไปยังภาคอื่นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3) ATTENUATER

เป็นการควบคุมอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่อแรงดันที่ป้อนให้กับ HEATER ซึ่งจากการทดลองตอนแรกใช้ SPAN มีค่าตั้งแต่ 0-5 VOLTS ปรากฏว่าการควบคุมอุณหภูมิไม่เป็นไปตามความต้องการหมายความว่า จุดประสงค์ของการควบคุมของโครงงานนี้อยู่ที่ 30-100 C ถ้าเราใช้ SPAN ซึ่งมีค่า 0-5 V เมื่อเราทำการปรับแรงดันจากประมาณ 0-1.5 lts. จะให้อุณหภูมิที่สูงถึงค่าสูงสุดที่เราต้องการคือ 100 C จะเห็นว่าย่านตั้งแต่ 2-5 VOLTS จะ NO USED หรือไม่มีความหมาย ดังนั้น เราจึงจำเป็นต้องปรับ SPAN ให้ลดลงมาโดยใช้ OP-AMP แล้วทำการคำนวณหาค่า R_1 และ R_2 ที่จะทำให้ได้ SPAN ที่ต้องการ ดังนั้นวงจรดังกล่าวจึงถูกใช้เพื่อการกำหนด SCALE

2.2.4) DRIVER

การ DRIVE ที่ MODE นี้จะใช้ TRANSISTOR เบอร์ BC 458 เป็นตัวขับกระแสที่ผ่าน coil ของ relay ให้มีการเปลี่ยน CONTACT ตาม MODE ที่ทำการ SET ไว้

2.2.5) HEATTER DEVICE

HEATERR ที่ใช้ในการทดลองนี้ใช้ขดลวดที่มีความต้านทานประมาณ 60 OHMS 2 เส้นทำการ PARALLEL กันทำให้เหลือความต้านทาน = 30 OHMS ต่ออยู่กับ POWER SUPPLY + 12 VOLTS จะมีกระแสไหลผ่านขณะ SATURATED = 400 mA

จาก BLOCK DIAGRAM นี้จะสังเกตได้ว่าจุดประะสงค์ของการทดลองจะเป็นการควบคุมระบบแบบ OPEN-LOOP หมายความว่าเป็นการควบคุมไปในทิศทางเดียวโดยไม่พิจารณาถึงการป้อนกลับ (FEED BACK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6) MODE SWITCH

MODE นี้จะอาศัยการ ON-OFF ของ RELAY เป็นตัวตัดต่อการจ่ายกระแสให้กับ HEATER การ MODE SWITCH นี้จะมีข้อดีคือ จะมีการเพิ่มของ

อุณหภูมิอย่างรวดเร็วเพราะกระแสที่จ่ายให้กับ HEATER นั้นจะ SATURATE เต็มที่เมื่อ ON และจะ OFF กระแสทันทีเมื่อ RELAY เปลี่ยน CONTAC ให้อุณหภูมิคงที่จึงต้องมีการ ON-OFF ของ RELAY อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เรา SET ค่า HI และ LOW ของอุณหภูมิอยู่ในย่านที่แคบ การERROR ก็จะยิ่งมาก เนื่องจากการเปลี่ยนสถานะแบบทันทีทันใดนั้น ทางปฏิบัติแล้วเราสามารถควบคุมอุณหภูมิมันได้ยากมาก โดยสามารถเห็นจากหลักความเป็นจริงได้ก็คือ ขณะที่ HEATER ON เต็มที่แล้วมีการ OFF อย่างกระทันหัน
STAY TEMPERATURE ของขดลวดก็จะยังคงมีอยู่ ช่วงนี้เองก็จะยังคงทำให้อุณหูมิมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่
ซึ่งจุดนี้ก็คือ ERROR ของการควบคุมนั้นเอง แต่การที่จะทำให้ ERROR นี้น้อยลงก็สามารถทำได้โดยการใช้พัดลมระบายอากาศดูดออกก็จะสามารถลดความร้อนที่ค้างอยู่ในระบบลงไปได้ ส่วนอีกประการหนึ่งก็คือ คุณสมบัติของสารที่ใช้ทำ HEATER ซึ่งถ้าเลือกใช้สารที่มีการถ่ายเทความร้อนได้รวดเร็ว ซึ่งก็หมายถึงมีการเก็บกักความร้อนในตัวเองได้น้อยก็จะทำให้การ CONTROL อุณหภูมิได้แม่นยำยิ่งขึ้น

ลักษณะการต่อ HARDWARE ของ MODE นี้จะต่อมาจาก PORT OUTPUT PC1 ที่ขา 15 ผ่านวงจร INVERTER (74LS04) ให้กับ TRANSISTOR BC458 โดยที่วงจรต่อเป็นแบบ COMMON EMITTER และขาCจะต่ออยู่กับ COIL ของ RELAY โดยมี DIODE 1N4001 เป็นตัวป้องกันแรงดันย้อนกลับ (BACK E.M.F) ขณะ RELAY OFF เมื่อ MODE นี้ทำงานเราจะกำหนดให้ระดับแรงดันที่ขา 15 เป็น 0 เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9

ผ่านวงจร INVERTER จะทำให้ระดับแรงดันกลับเป็นสภาวะ LOGIC "1" หรือมีระดับแรงดัน 5 V อีกทั้งยังเป็นวงจรที่ใช้สำหรับการ DRIVE กระแส จากนั้นจะผ่าน RB มีค่า 100 OHMS เพื่อเป็น BIAS ให้กับ TRANSISTER เมื่อ TRANSISTER ACTIVE จะทำให้ RELAY เปลี่ยน CONTACT จาก NC(NORMAL CLOSED) มาเป็น NO (NORMAL OPEN) ครบวงจรที่ GROUND จะทำให้มีกระแสจาก SUPPLY 12V ไหลผ่าน HEATER ลง GROUND ในสภาวะ SATURATED

2.2.7) MODE LINEAR

MODEนี้เป็นการ CONTROL อุณหภูมิโดยอาศัยหลักการควบคุมแรงดันของ TRANSISTER โดยการเพิ่มหรือลด VB การทำงานของ MODE นี้จะต้องอาศัยการส่งค่าจาก PORT ของ COMPUTER ผ่านมาทาง 8255 แล้วออกมาที่ 18-25 ผ่านวงจร D/A (DIGITAL TO ANALOG CONVERTER) โดยการกำหนดค่า DATA ออกมาเป็นแรงดันก็สามารถกำหนดจาก COMPUTER เช่นกันจากภาค D/A สัญญาณที่ได้ออกมาจะเป็นสัญญาณ ANALOGUE ผ่าน R 10K ผ่าน OP-AMP 741 2 ตัว เพื่อทำการกำหนด SPAN 0-5 VOLTS ซึ่งจากการทดลองการ CONTROL อุณหภูมิปรากฏว่าค่าดังกล่าวเป็นค่าที่ค่อนข้างจะหยาบ จึงจำเป็นต้องผ่านวงจรดังกล่าวเพื่อทำการลดระดับย่านแรงดัน (VOLTOGE SPAN) ให้เหลือประมาณ 0-1.2 VOLTS ซึ่งค่า 1.2 VOLTS ดังกล่าวได้มาจากการคำนวณจุด SATURATED ของแรงดันของทรานซิสเตอร์ T1061 โดยมี RB มีค่า 22K เพื่อเป็นแรงดัน BIAS ให้กับ T1061 โดยที่ขา C นั้นต่ออยู่กับ CONTACT NC (NORMAL CLOSED)

การทำงานใน MODE นี้มีข้อดีคือ เราสามารถ CONTROL อุณหภูมิได้ค่อนข้างเที่ยงตรงและมี ERROR น้อย เนื่องจากเราสามารถกำหนดความเป็นเชิงเส้นของอุณหภูมิจากการกำหนดค่า DATA นั้นหมายถึง เราสามารถกำหนดแรงดันให้มากหรือน้อยได้จาก SOFT WARE ยกตัวอย่างเช่นถ้า SET อุณหภูมิเอาไว้ที่ 50 C เมื่อเราสั่งให้ TRANSISTER ทำงานเรื่อย ๆ จนกระทั่งสภาวะ SATURATED เมื่ออุณ

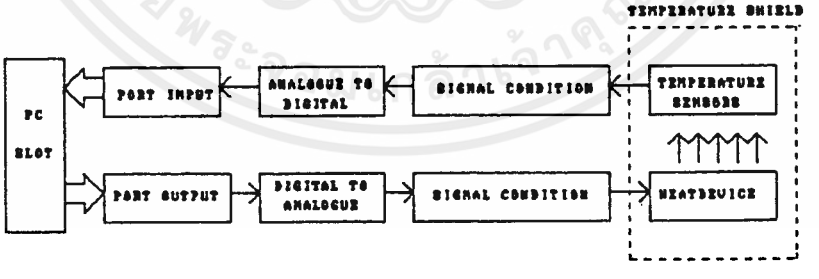
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.032767

หภูมิเข้าใกล้ 50 C ซึ่งขณะนั้นอาจจะมีอุณหภูมิประะมาณ 40 C เราจะเขียน SOFT WARE ให้มีการลดระดับแรงดัน เพื่อทำให้ TRANSISTOR ACTIVE น้อยลงเป็นผลให้กระแสที่ไหลผ่าน TRANSISTOR ซึ่งก็คือกระแสไหลผ่าน HEATER มีค่าน้อยลง ดังนั้นค่า ERROR ที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่ SET ไว้ก็จะมีค่าน้อยกว่า MODE SWITCH ดังนั้นจึงค่อนข้างที่จะนำไปใช้งานได้แม่นยำกว่า

2.3 ภาค CONTROL TEMPERATURE

ภาคนี้เป็นการนำการทำงานของสองภาคแรกมารวมกัน คือ จะรับค่าอุณหภูมิจากคีย์บอร์ด ส่งค่าออกไปยังขดลวดความร้อน และอ่านค่าอุณหภูมิเข้ามาแสดงผลและในขณะเดียวกันก็นำค่าที่อ่านได้นั้นไปเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ถ้าไม่ตรงก็ทำการส่งค่าออกไปควบคุมอุณหภูมิอีกโดยจะแสดงการทำงานได้ดังนี้



2.3.1) TEMPERATURE SENSORS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะรับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของขดลวดความร้อนเข้ามาโดยที่ตัวตรวจจับอุณหภูมิส่วนใหญ่จะมีย่านการทำงานที่ไม่เป็นเชิงเส้น แต่เนื่องจากในวงจรนี้ใช้ตัวตรวจจับอุณหภูมิแบบสารกึ่งตัวนำจึงสามารถให้ OUT PUT เป็นเชิงเส้นตลอดการทำงานของอุปกรณ์โดยที่จะมีการเปลี่ยนแปลงเอาท์พุท 10mV/ C ในการใช้งานจะกำหนดไม่ให้เกิน 90 C เพราะว่าตัวตรวจจับความสามารถทนแรงดันได้เพียง 100 C เพราะฉะนั้นตัวตรวจจับแบบนี้จึงเหมาะที่จะวัดอุณหภูมิในย่านแคบ ๆ แต่ต้องการความเที่ยงตรงสูงได้ดี

2.3.2) AMPLIFIER

ภาคนี้จะรับค่าแรงดันเอาท์พุทจาก TEMPERATURE SENSORS ซึ่งเป็นแรงดันที่อยู่ในช่องหนึ่งจะต้องทำการปรับระดับเพื่อให้สามารถต่อเข้ากับวงจร A/D ได้ คือค่าต่ำสุด = 0 และค่าสูงสุดคือ 5 VOLTS

2.3.3) ANALOGUE TO DIGITAL CONVERTER

ค่าแรงดัน 0-5 VOLTS จากภาค AMPLIFIER จะไม่สามารถต่อโดยตรงกับระบบคอมพิวเตอร์ได้เพราะระบบคอมพิวเตอร์จะใช้สัญญาณเป็นแบบดิจิตอลจึงต้องให้ภาคนี้เปรียบสัญญาณจากสัญญาณ ANALOGUE ไปเป็นสัญญาณ DIGITAL ในที่นี้ใช้ขนาด 8 BIT หรือมีทั้งหมด 2^8 = 256 ระดับ

2.3.4) PORT INPUT

สัญญาณ DIGITAL ที่ได้จาก A/D จะถูกเพิ่มกระแสและส่งต่อไปยัง SLOT และคอมพิวเตอร์ภาคนี้นอกจากจะเป็นตัวกั้นระหว่างอุปกรณ์ภายนอกไม่ให้มีผลกระทบต่อระบบ BUS ของ COMPUTOR แล้ว ยังจะทำหน้าที่เป็นตัวรักษาจังหวะการอ่าน INPUT ของ COMPUTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5) PC SLOT

PC SLOT ต่อออกมาจากระบบของ COMPUTER เพื่อทำการ INTERFACE กับวงจรภายนอก โดยจะมี CARD BUFFER INTERFACE เพื่อ INTERFACE กับระบบของ COMPUTER

โดย CARD ดังกล่าวจะเสียบลงบน SLOT ของ COMPUTER .

2.3.6) PORT OUT PUT

PORT OUTPUT นั้นจะต่อออกมาจาก CARD BUFFER INTERFACE อีกทีหนึ่ง มาเข้ายัง 8255 ซึ่งเป็น I/O PORT โดยเราจะกำหนด PORT B และ PORT C ล่างเป็น PORT OUTPUT ส่วน PORT A เรากำหนดให้เป็น PORT INPUT

2.3.7) DIGITAL TO ANALOG CONVERTER

ภาค D/A นี้จะใช้ IC เบอร์ DAC 0809 แปลงสัญญาณ DIGITAL ซึ่งส่งค่ามาจาก SOFTWARE เพื่อแปลงเป็นสัญญาณ ANALOGUE เพื่อส่งต่อไปยังภาคอื่นต่อไป

2.3.8) ATTENUATER

เป็นการควบคุมอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่อแรงดันที่ป้อนให้กับ HEATER ซึ่งจากการทดลองตอนแรกใช้ SPAN มีค่าตั้งแต่ 0-5 VOLTS ปรากฏว่าการควบคุมอุณหภูมิไม่เป็นไปตามความต้องการหมายความว่า จุดประสงค์ของการควบคุมของโครงงานนี้อยู่ที่ 30-100 C ถ้าเราใช้ SPAN ซึ่งมีค่า 0-5 V เมื่อเราทำการปรับแรงดันจากประมาณ 0-1.5 lts. จะให้อุณหภูมิที่สูงถึงค่าสูงสุดที่เราต้องการคือ 100 C จะเห็นว่าย่านตั้งแต่ 2-5 VOLTS จะ NO USED หรือไม่มีความหมาย ดังนั้น เราจึงจำเป็นต้องปรับ SPAN ให้ลดลงมาโดยใช้ OP-AMP แล้วทำการคำนวณหาค่า R_1 และ R_2 ที่จะทำให้ได้ SPAN ที่ต้องการ ดังนั้นวงจรดังกล่าวจึงถูกใช้เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนด SCALE

2.3.9) DRIVER

การ DRIVE ที่ MODE นี้จะใช้ TRANSISTOR เบอร์ BC 458 เป็นตัวขับกระแสที่ผ่าน coil ของ relay ให้มีการเปลี่ยน CONTACT ตาม MODE ที่ทำการ SET ไว้

2.3.10) HEATTER DEVICE

HEATERR ที่ใช้ในการททดลองนี้ใช้ขดลวดที่มีความต้านทานประมาณ 60 OHMS 2 เส้นทำการ PARALLEL กันทำให้เหลือความต้านทาน = 30 OHMS ต่ออยู่กับ POWER SUPPLY + 12 VOLTS จะมีกระแสไหลผ่านขณะ SATURATED = 400 mA

จาก BLOCK DIAGRAM นี้จะสังเกตได้ว่าจุดประสงค์ของการทดลองจะเป็นการควบคุมระบบแบบ OPEN-LOOP หมายความว่าเป็นการควบคุมไปในทิศทางเดียวโดยไม่พิจารณาถึงการป้อนกลับ (FEED BACK)

ในการทำงานในส่วนภาค OUTPUT TEMPERATURE จะมีการแบ่งออกเป็นสองโหมด มีการ
ทำงานที่แตกต่างกันดังนี้

2.3.11) MODE SWITCH

MODE นี้จะอาศัยการ ON-OFF ของ RELAY เป็นตัวตัดต่อการจ่ายกระแสให้กับ HEATER การ MODE SWITCH นี้จะมีข้อดีคือ จะมีการเพิ่มของอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเพราะกระแสที่จ่ายให้กับ HEATER นั้นจะ SATURATE เต็มที่เมื่อ ON และจะ OFF กระแสทันทีเมื่อ RELAY เปลี่ยน CONTRAC ให้อุณหภูมิคงที่จึงต้องมีการ ON-OFF ของ RELAY อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เรา SET ค่า HI และ LOW ของอุณหภูมอยู่ในย่านที่แคบ การERROR ก็จะยิ่งมวก เนื่องจากการเปลี่ยนสถานะแบบทันทีทันใดนั้น ทางปฏิบัติแล้วเราสามารถควบคุมอุณหภูมิมันได้ยากมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสามารถเห็นจากหลักความเป็นจริงได้ก็คือ ขณะที่ HEATERR ON เต็มที่แล้วมีการ OFF อย่างกระทันหัน
STRAY TEMPERATURE ของขดลวดก็จะยังคงมีอยู่ ช่วงนี้เองก็จะยังคงทำให้อุณหภูมิมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่
ซึ่งจุดนี้ก็คือ ERROR ของการควบคุมนั้นเอง แต่การที่จะทำให้ ERROR นี้น้อยลงก็สามารถทำได้โดยการใช้พัดลมระบายอากาศดูดออกก็จะสามารถลดความร้อนที่ค้างอยู่ในระบบลงไปได้ ส่วนอีกประการหนึ่งก็คือ คุณสมบัติของสารที่ใช้ทำ HEATER ซึ่งถ้าเลือกใช้สารที่มีการถ่ายเทความร้อนได้รวดเร็ว ซึ่งก็หมายถึงมีการเก็บกักความร้อนในตัวเองได้น้อยก็จะทำให้การ CONTROL อุณหภูมิได้แม่นยำยิ่งขึ้น

ลักษณะการต่อ HARDWARE ของ MODE นี้จะต่อมาจาก PORT OUTPUT PC1 ที่ขา 15 ผ่านวงจร INVERTER (74LS04) ให้กับ TRANSISTOR BC458 โดยที่วงจรต่อเป็นแบ COMMON EMITTER และขาCจะต่ออยู่กับ COIL ของ RELAY โดยมี DIODE 1N4001 เป็นตัวป้องกันแรงดันย้อนกลับ (BACK E.M.F) ขณะ RELAY OFF เมื่อ MODE นี้ทำงานเราจะกำหนดให้ระดับแรงดันที่ขา 15 เป็น 0 เมื่อผ่านวงจร INVERTER จะทำให้ระดับแรงดันกลับเป็นสภาวะ LOGIC "1" หรือมีระดับแรงดัน 5 V อีกทั้งยังเป็นวงจรที่ใช้สำหรับการ DRIVE กระแส จากนั้นจะผ่าน RB มีค่า 100 OHMS เพื่อเป็น BIAS ให้กับ TRANSISTER เมื่อ TRANSISTER ACTIVE จะทำให้ RELAY เปลี่ยน CONTACT จาก NC(NORMAL CLOSED) มาเป็น NO (NORMAL OPEN) ครบวงจรที่ GROUND จะทำให้มีกระแสจาก SUPPLY 12V ไหลผ่าน HEATER ลง GROUND ในสภาวะ SATURATED

2.3.12) MODE LINEAR

MODEนี้เป็นการ CONTROL อุณหภูมิโดยอาศัยหลักการควบคุมแรงดันของ TRANSISTER โดยการเพิ่มหรือลด VB การทำงานของ MODE นี้จะต้องอาศัยการส่งค่าจาก PORT ของ COMPUTER ผ่านมาทาง 8255 แล้วออกมาที่ 18-25 ผ่านวงจร D/A (DIGITAL TO ANALOG CONVERTER) โดยการกำหนดค่า DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกมาเป็นแรงดันก็สามารถกำหนดจาก COMPUTER เช่นกันจากภาค D/A สัญญาณที่ได้ออกมาจะเป็นสัญญาณ ANALOGUE ผ่าน R 10K ผ่าน OP-AMP 741 2 ตัว เพื่อทำการกำหนด SPAN 0-5 VOLTS ซึ่งจากการทดลองการ CONTROL อุณหภูมิปรากฏว่าค่าดังกล่าวเป็นค่าที่ค่อนข้างจะหยาบ จึงจำเป็นต้องผ่านวงจรดังกล่าวเพื่อทำการลดระดับย่ายแรงดัน (VOLTOGE SPAN) ให้เหลือประมาณ 0-1.2 VOLTS ซึ่งค่า 1.2 VOLTS ดังกล่าวได้มาจากการคำนวณจุด SATURATED ของแรงดันของทรานซิสเตอร์ T1061 โดยมี RB มีค่า 22K เพื่อเป็นแรงดัน BIAS ให้กับ T1061 โดยที่ขา C นั้นต่ออยู่กับ CONTACT NC (NORMAL CLOSED)

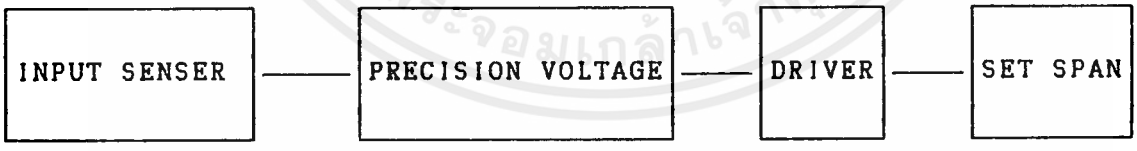
การทำงานใน MODE นี้มีข้อดีคือ เราสามารถ CONTROL อุณหภูมิได้ค่อนข้างเที่ยงตรงและมี ERROR น้อย เนื่องจากเราสามารถกำหนดความเป็นเชิงเส้นของอุณหภูมิจากการกำหนดค่า DATA นั้นหมายถึง เราสามารถกำหนดแรงดันให้มากหรือน้อยได้จาก SOFTWARE ยกตัวอย่างเช่นถ้า SET อุณหภูมิเอาไว้ที่ 50 C เมื่อเราสั่งให้ TRANSISTER ทำงานเรื่อย ๆ จนกระทั่งสภาวะ SATURATED เมื่ออุณหภูมิเข้าใกล้ 50 C ซึ่งขณะนั้นอาจจะมีอุณหภูมิประะมาณ 40 C เราจะเขียน SOFTWARE ให้มีการลดระดับแรงดัน เพื่อทำให้ TRANSISTOR ACTIVE น้อยลงเป็นผลให้กระแสที่ไหลผ่าน TRANSISTOR ซึ่งก็คือกระแสไหลผ่าน HEATER มีค่าน้อยลง ดังนั้นค่า ERROR ที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่ SET ไว้ก็จะมีค่าน้อยกว่า MODE SWITCH ดังนั้นจึงค่อนข้างที่จะนำไปใช้งานได้แม่นยำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การทดลองภาค INPUT TEMPERATURE SENSOR

การทดลองภาคนี้ใช้วงจรที่ชื่อว่าGROUND REFERREDCENTIGRADE THERMOMETER ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้ในการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็นแรงดันไฟฟ้า โดยใช้SENSORคือ LM335H เป็นตัวเปลี่ยนอุณหภูมิมาเป็นVOLTAGEที่สามารถวัดได้ด้วยDIGITAL VOLT METER แต่เนื่องจากแรงดันดังกล่าวยังเป็นเพียงสัญญาณไฟฟ้าที่มีขนาดสัญญาณเป็น MILLIVOLT เท่านั้น ยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้ จึงต้องส่งสัญญาณดังกล่าวเข้าไปเป็นแรงดัน INPUT ของ LM308 ซึ่งเป็นตัว OP AMP ที่ให้ความเที่ยงตรงสูง(PRECISION OP AMP) เพื่อทำการขยายสัญญาณดังกล่าวให้แรงขึ้น เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้งานได้ แต่จากสัญญาณดังกล่าวเป็นสัญญาณที่ยังไม่มีขอบเขตที่แน่ชัด(UNBOUNDARY VOLTAGE) เวลานำไปใช้งานจริงจึงต้องมีวงจรปรับแต่งสัญญาณดังกล่าวให้มีขอบเขตที่แน่ชัด วงจรดังกล่าวเรียกว่า SET SPAN CIRCUIT หรือวงจรปรับย่านการทำงานของวงจรให้เป็นย่านมาตรฐาน 0-5 VOLTS เพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกับวงจร ANALOG TO DIGITAL ต่อไปได้

ลักษณะการทำงานของวงจรดังกล่างสามารถแสดงเป็น BLOCK DIAGRAMดังนี้



2.4.1 การทำงานของวงจร

จากวงจรจะเห็นว่า LM335Hจะต่อศักดา+(อุปกรณ์ตัวนี้ CATHODE เป็น+)ลงกราวด์ โดยมีขั้วลบ(ANODE)ต่อกับแรงดันอ้างอิง(VOLTAGE REFERENCE)ที่ -15 volts โดยที่ R12K และR18Kเป็นตัวแบ่งแรงดัน(VOLTAGE DIVIDER)เข้าสู่ INPUT ของตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRECISION OP-AMP

โดยผ่าน VR10K ซึ่งเป็นตัวปรับแต่งย่านให้เหมาะสม(SCALE FACTOR) ที่ขา INVERTING ส่วนที่ขา

NONINVERTING จะต่อมาจากแรงดันที่ได้รับการ DIVIDER ระหว่าง RESISTER 2ตัวซึ่งต่อคร่อม

LM329 ที่เป็นตัวรักษาแรงดันให้คงที่จากแรงดัน REFERENCE -15 volts.จากสัญญาณ INPUTของLM308 ที่ขา 2 และ 3จะมีการทำงานเหมือนOP-AMP ตัวหนึ่งโดยที่ OUTPUTจะขึ้นอยู่กับแรงดันที่แตกต่างระหว่างINPUT ทั้งสองขา โดยมี R20Kเป็นตัวกำหนดอัตราการขยาย จากสัญญาณ OUTPUT จะได้สัญญาณค่าหนึ่งซึ่งเป็นค่าที่ยังไม่ถูกต้องจะต้องทำการปรับแต่งอีก แต่จากการทดลองได้สัญญาณ OUTPUT ที่ขา6 ของ LM308 ประมาณ 7 VOLTS.เป็นหลัก ส่วนแรงดันที่เปลี่ยนแปลงเป็น millivolts เป็นค่าที่ได้จากการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็นแรงดัน ดังนั้นภาค SETSPANที่ขา NONINVERTINGของOP-AMP 741จึงต้องต่อแรงดัน REFERENCE ให้มีค่าเท่ากับแรงดันที่ค่าหลัก เพื่อหักล้างค่าแรงดันที่เกินทำให้ได้แรงดันออกมาเป็นแรงดันที่ตัววัดอุณหภูมิส่งออกมา โดยเราจะคำนวณค่า RESISTER เพื่อกำหนดสัดส่วนอัตราการขยายให้เหมาะสมโดยใช้สูตร

$$GAIN = -RF/R1$$

จากนั้นนำสัญญาณดังกล่าวไปผ่าน OP-AMP 741เพื่อกลับเฟส จากนั้นสัญญาณที่ OUTPUTที่ได้จะมีย่านของแรงดันเป็น 0-5 VOLT.เพื่อส่งต่อให้กับวงจร ANALOG TO DIGITAL ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การปรับแต่งค่า(CALIBRATION)

จากค่าของแรงดันที่ได้จากการทดลองที่อุณหภูมิต่างเราจะไม่สามารถทราบได้เลยว่าเป็นอุณหภูมิเท่าใดถ้าปราศจากการสอบเทียบ ดังนั้นการสอบเทียบจึงถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการจัดการใดๆก็ตามที่เกี่ยวกับการวัดทางอุตสาหกรรม

เราอาจทำการ CALIBRATE ได้หลายวิธี เช่น การวัดอุณหภูมิโดยการจุ่มตัววัดลงในน้ำที่มีอุณหภูมิที่คงที่ แล้วทำการปรับค่าที่ได้ให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของน้ำ เช่นนี้เป็นต้น

แต่ในการทดลอง เรามีตัววัดอุณหภูมิแบบ DIGITALของ YOKOGAWA ดังนั้นเราสามารถ CALIBRATE ค่าที่ได้โดยเทียบกับ METER ตัวนี้ได้ แต่เนื่องจากอุณหภูมิ ณ. จุดต่างๆมีค่าไม่เท่ากันอีกทั้งอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้น ในการCALIBRATEแบบนี้จะต้องมีHOUSINGเอาไว้เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิให้น้อยลง

ในการCALIBRATE เราจะวางSENSOR ให้มีระยะห่างเท่าๆกับตัววัดของMETER แม้ว่าค่าที่ได้จะไม่ตรงเสียทีเดียว แต่เราพอที่จะ APPROXIMATEค่าที่ได้ว่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

การCALIBRATE นั้นเราจะเริ่มที่อุณหภูมิห้องแล้วทำการปรับแรงดัน OUTPUTของOP-AMPให้มีค่า0 VOLT จากนั้น ค่อยๆ ON HEATER และดูว่าที่อุณหภูมิ 100 องศาได้แรงดัน OUTPUT เท่าไร จากนั้นเริ่มต้นใหม่โดยการปรับ SCALE FACTOR แล้วทำการทดลองซ้ำไปเรื่อยๆจนกระทั่งได้ค่าแรงดันที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ0 VOLTS.และอุณหภูมิที่100องศาเท่ากับ5 VOLTS.

จากนั้นทำการบันทึกค่าแล้วเปรียบเทียบกันหลายๆครั้งก็จะได้ค่าSCALE ที่อยู่ในย่านที่ต้องการ

<u>ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการCALIBRATE</u>

1. เนื่องจากการวางตัววัดของMETER กับตัวSENSOR จะอาศัยการประมาณเนื่องจากถ้าระยะห่างผิดไปเพียงนิดเดียวจะทำให้ค่าผิดไปทันที จึงเป็นผลให้เกิดความผิดพลาดในการCALIBRATE

2. เนื่องจาก SENSITIVITY ของMETER กับ SENSOR ไม่เท่ากันจึงทำให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิดพลาดในการCALIBRATE

3. เนื่องจาก STAY HEATที่เกิดขึ้นภายใน HOUSINGทำให้เกิดความผิดพลาดในการ CALIBRATE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การแปลงสัญญาณดิจิตอลกับอนาลอก

TRANSFORMING DIGITAL AND ANALOG SIGNAL

ปริมาณทางฟิสิกส์รอบ ๆ ตัวเราส่วนใหญ่จะเป็นปริมาณเชิงอนาลอก (analog quantity) เช่น แรงดัน กระแส ความร้อน น้ำหนัก ความดัน ความสว่าง เป็นต้น ปริมาณเหล่านี้เราสามารถวัดได้ด้วยเครื่องวัดเชิงอนาลอก เช่น มิเตอร์ซึ่งเป็นเครื่องวัดอิเล็กทรอนิกส์ที่มีวงจรขยายและชี้ค่าด้วยเข็มแต่ วงจรอนาลอกโดยทั่วไปมักมีปัญหาเรื่องความเที่ยงตรง สัญญาณรบกวน การเปลี่ยนแปลงค่าเนื่องจากอุณหภูมิและการบวกลบคูณหารด้วยวงจรอนาลอกเป็นเรื่องยุ่งยากมาก

สัญญาณดิจิตอล ระดับสัญญาณมีแค่ "สูง" กับ "ต่ำ" ความแน่นอนของสัญญาณดีกว่าสัญญาณ
อนาลอก ได้รับผลกระทบจากสัญญาณรบกวนและอุณหภูมิได้น้อยกว่า การแสดงตัวเลขใช้ตัวเลขฐานสองสามารถนำมาบวกลบคูณหารตามกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ ผลลัพธ์ออกมาถูกต้องแน่นอนว่า นอกจากนั้นการส่งสัญญาณไปไกล ๆ เช่น ส่งไปตามสายโทรศัพท์ หรือคลื่นวิทยุยังทำได้ดีกว่าสัญญาณอนาลอกมาก

อุปกรณ์ที่ภายในใช้สัญญาณดิจิตอลทั้งหมด อุปกรณ์ส่วนใหญ่ยังต้องรับอินพุตและส่งเอาต์พุตในรูปของสัญญาณอนาลอกอยู่ดังนั้นการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลซึ่งเราเรียกว่า A/D converter และการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลเป็นอนาลอกหรือที่เรียกว่า D/A converter จึงเป็นเรื่องสำคัญของวงจรดิจิตอล ถ้าเรามีทั้งวงวร A/D และ D/A ครบแล้ว การสร้างอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ไม่ว่าจะซับซ้อนเท่าใดก็สามารถทำได้ง่ายขึ้น อุปกรณ์และใช้วงจร A/D ในการแปลงสัญญาณอินพุตต่าง ๆ ที่เป็นสัญญาณอนาลอกให้เป็นดิจิตอล ป้อนสัญญาณดิจิตอลที่ได้เข้าในวงจรดิจิตอลเพื่อประมวลผลจากนั้นแสดงผลเป็นตัวเลขและใช้วงจร D/A แปลงเป็นสัญญาณอนาลอกใหม่เพื่อเป็นเอาต์พุตนำออกไปใช้ในการควบคุมกระบวนการภายนอกได้

ในปัจจุบัน วงจร D/A และ A/D ที่สามารถใช้ในการแปลงสัญญาณระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หว่างอนาลอกกับดิจิตอล จะใช้วงจรสำเร็จรูป (INTIGRATE CIRCUIT) เป็นส่วนใหญ่ เพราะใช้งานได้ง่ายมีการชดเชยค่าผิดพลาดภายในตัวเอง

Digital to analogue converters (DAC_) แบ่งเป็น

(a) scaled resistors into a summing IC amplifier,

(b) *R*-2*R* resistor ladder and amplifier, and

(C) pulse width or pulse ratio methods.

Analogue to digital coverters (ADC_) แบ่งเป็น

(a) the successive approximation method,

(b) voltage to frequency method, and

(c) dual-ramp method.

การแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิตอลและแปลงสัญญาณดิจิตอลไปเป็นสัญญาณอนาล็อก

(ANALOG TO DIGITAL & DIGITAL TO ANALOG CONVERSION)

หลักการและเหตุผล ในการควบคุมอุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหลของก๊าซ หรือของเหลว สัญญาณที่รับจากตัวตรวจจับ (SENSOR) มายังเครื่องควบคุมจะถือว่าเป็นสัญญาณแบบต่อเนื่องที่อยู่ในรูปของสัญญาณมาตรฐานทางไฟฟ้า หรือเรียกได้อีกลักษณะหนึ่งว่สัญญาณอนาล็อก (ANALOG SIGNAL) แต่ในการประมวลผลของเครื่องควบคุมชนิดไมโคโปรเซสเซอร์ สามารถกระทำได้เฉพาะสัญญาณดิจิตอลเท่านั้น ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงจำเป็นต้องแปลงหรือเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเหล่านั้นให้เป็นสัญญาณดิจิตอลที่เทียบเท่ากันเสียก่อนแล้วจึงค่อยส่งข้อมูลให้เครื่องควบคุมไปทำการประมวลผลต่อไป ส่วนของวงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณลักษณะนี้เรียกว่า ANALOG TO DIGITAL CONVERTER (ADC) ในทางกลับกัน ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของเครื่องควบคุมจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสัญญาณดิจิตอล และถ้าต้องการส่งข้อมูลออกไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกที่รับสัญญาณแบบอนาล็อก จะต้องมีส่วนของวงจรที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิตอลให้เป็นอนาล็อกที่เรียกว่า DIGITAL TO ANALOG CONVERTER (DAC)

สัญญาณอินพุท (Volt)	สัญญาณเอาท์พุท (HEX)	
	จากการวัด	จากการคำนวณ
0	00	0
0.5	1A	19
1	34	33
1.5	4F	4C
2	69	66
2.5	83	80
3	9C	99
3.5	B6	B3
4	D1	CC
4.5	EC	E6
5	FF	100

วิธีการคำนวณ

การใช้งาน ADC ตามมาตรฐานทางด้านการวัดในรูปของแรงดันจะใช้อยู่ในย่าน 0 ถึง 5 โวลต์ ดังนั้นช่วงของการวัดของสัญญาณอนาล็อกจึงเป็น 5-0 = 5 โวลต์ แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากว่า ADC มีขนาด 8 BIT ทางด้านดิจิตอลจึงทำให้ย่านการวัดดังกล่าวถ้าเปลี่ยนเป็นดิจิตอลจะได้ข้อมูลเป็น 00 ถึง FF หรือมีช่วงการวัดเท่ากับ 256 สเต็ป ความละเอียดของการแปลงสัญญาณ V/STEP เป็น 5/256 = 19.5 มิลลิโวลต์/สเต็ป

ตัวอย่าง

สัญญาณอนาล็อกมีแรงดัน 3 โวลต์ ผ่านวงจร ADC อยากทราบว่าทางด้านเอาท์พุทของ ADC
จะมีข้อมูล (HEX) เท่ากับเท่าใด

วิธีหา จากแรงดันอินพุทจะมีช่วงของแรงดันเป็น 3-0 = 3 โวลต์

ดังนั้นเมื่อคิดเป็นสเต็ปจะได้ = $3 / 19.5 * 10^{-3}$

= 153 สเต็ป

= $(99)_{HEX}$

ดังนั้นแรงดันอนาล็อกขนาด 3 โวลต์ถ้าแปลงเป็นดิจิตอลแล้วจะได้เป็น 99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณอินพุท (HEX)	สัญญาณเอาท์พุท (VOLT)	
	จากการวัด	จากการคำนวณ
0	0	0
19	0.5	0.5
33	1	1
4C	1.5	1.5
66	2	2
80	2.5	2.5
99	3	3
B3	3.5	3.5
CC	4	4
E6	4.5	4.5
100	5	5

วิธีการคำนวณ

สมมุติว่าข้อมูลจากเครื่องควบคุมมีค่าเป็น $CO_{(HEX)}$ ส่งออกไปยังวงจร DAC อยากทราบว่าแรงดันที่เกิดขึ้นทางด้านเอาท์พุทของวงจรจะมีค่าเท่าใด? ถ้าย่านการวัดเป็น 0-5 โวลต์

วิธีหา ค่าของข้อมูล $CO_{(HEX)}$ ถ้าเปลี่ยนเป็นเลขฐานสิบ = $(192)_{10}$

แต่แรงดันต่อสเต็ปเป็น $19.5*10^{-3}$ โวลต์/สเต็ป

แรงดันที่เป็นช่วงการวัด = $192*10^{-3}$ = 3.75 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เนื่องจากแรงดันของสัญญาณอนาล็อกเริ่มต้นที่ 0 โวลต์
แรงดันจริงที่เกิดที่เอาท์พุทของวงจร จึงเท่ากับ 0+3.75 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การคำนวณและออกแบบโปรแกรม

3.1 การออกแบบส่วนแสดงผลแบบตัวอักษร (Characterand numeric display)

ปกติในการแสดงผลทางกราฟฟิคจะมีจุดมุ่งหมายเพื่อแสดงรูปภาพหรือ โครงสร้างทางเรขาคณิตเป็นส่วนใหญ่ แต่ในขณะเดียวกัน การแสดงผลเป็นตัวอักษรก็เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยกไม่ได้

ตัวอักษรที่แสดงออกทางหน้าจอภาพจะสามารถแบ่งออกตามโครงสร้างของการเขียนโปรแกรมได้เป็น 2 แบบ คือ

3.1.1 แบบที่เป็นค่าคงที่

3.1.2 แบบที่เปลี่ยนแปลงค่าได้

3.1.1) ตัวอักษรแบบเป็นค่าคงที่ได้แก่ ตัวอักษรที่ บอก MIN, MAX, TIME และอื่น ๆ อีก

วิธีการแสดงตัวอักษรแบบนี้จะง่ายที่สุด เพราะในภาษาปาสคาลจะมี โปรแกรมย่อย เพื่อทำหน้าที่นี้อยู่แล้ว

3.1.2) ตัวอักษรแบบปรับค่าได้จะแบ่งออกเป็นสองอย่าง คือ ตัวอักษรและตัวเลข ในการแสดงผลตัวอักษรจะใช้การกำหนดให้เป็นตัวแปรและส่งค่าออกไปแสดงผลที่หน้าจอ วนการแสดงผลแบบตัวเลขจะนำตัวเลขที่ได้จากการประมวลผล เปลี่ยนเป็นตัวอักษรเสียก่อนแล้วจึงจะนำมาแสดงผลทีหลัง

ในการแสดงผลตัวอักษรแบบปรับค่าได้นั้น ถ้าใช้ใน การแสดงในโหมดตัวอักษร (TEXT MODE) เราอาจจะส่งตัวอักษรออกไปที่เดิมได้ทันทีโดยที่ตัวอักษรเก่าจะถูกลบโดยอัตโนมัติ แต่ในโหมดกราฟฟิค (GRAPHIC MODE) นั้น จะต้องลบตัวอักษรเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกเสียก่อน โดยการนำเอาสีซึ่งเป็นสีเดียวกันกับ แบล็คกราวด์ (BACKGROUND) มาทับตัวอักษรเดิมเสียก่อน แล้วจึงรีบนำค่าใหม่แสดงทับลงไปทันทีมิฉะนั้นจะมองเห็นการกระพริบขึ้นได้ และถ้าเป็นกราฟพิคภาพที่มีขนาดใหญ่ด้วยแล้ว จะทำให้เห็นการกระพริบได้ชัดเจนมาก ทั้งนี้จึงจำเป็นต้องกำหนดเวลาการ แสดงผลให้เหมาะสมกับขนาดของภาพ

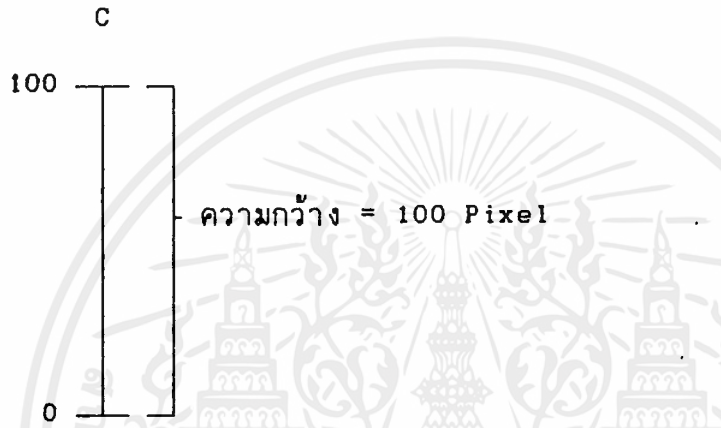
3.2 การออกแบบส่วนแสดงผลแบบกราฟแท่ง (Bargraph Display)

ในคำสั่งทางกราฟฟิกของภาษาปาสคาลจะสามารถแสดงผลออกมาในรูปของกราฟแท่งได้ทั้งแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ แต่ในการแสดงผลที่ต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง ในที่นี้คือ การอ่านค่าของอุณหภูมิซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งถึงแม้จะเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ แต่ก็เป็นผลดี ถ้าสามารถแสดงผลให้เร็วที่สุด เพื่อจะได้เห็นการเปลี่ยนแปลงได้ทุกช่วงของการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นในการอ่านค่าและแสดงผลอย่างทันทีทันใดในรูปของกราฟแท่ง จะแสดงผลได้ไม่ดีนักเพราะในการเปลี่ยนค่าของปริมาณเพียงเล็กน้อย ก็จะต้องลบกราฟเก่าออกด้วยสีพื้นหลัง (Background) แล้วจึงวาดกราฟที่แสดงปริมาณที่เปลี่ยนไปรูปใหม่ ซึ่งการลบและวาดใหม่นี้จะมีพื้นที่มากทำให้เกิดการหน่วงเวลาขึ้น จึงมองเห็นการกระพริบได้ชัดเจน แก้ไขได้โดยวิธีวาดเส้นทีละเส้น ให้ได้จำนวนเส้นตามที่ต้องการ เพื่อประกอบเป็นรูปกราฟแท่ง ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงในทางเพิ่มขึ้นก็จะวาดเส้นเพิ่มขึ้นอีก แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงในทางลดลงก็จะลบเส้นที่เกินออก วิธีนี้การเปลี่ยนแปลงจะเร็ว และละเอียดมากคิดเป็นขนาด แค่ 1 จุด (Pixel) เท่านั้น เพราะฉะนั้นจึงเป็นการเปลี่ยนแปลงได้อย่างต่อเนื่อง ไม่เกิดการกระพริบอย่างแน่นอน

การแสดงค่าต่าง ๆ ออกทางจอภาพจะสามารถกำหนดได้ว่าขนาดของภาพจะมีอัตราส่วนเท่าใด ต่อ ขนาดของวัตถุ หรือภาพจริงก็ได้ การวาดเส้นและประกอบกันขึ้นเป็นกราฟแท่ง(Bargraph) จะสามารถออกแบบโปรแกรมได้ตรง ๆ ในกรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

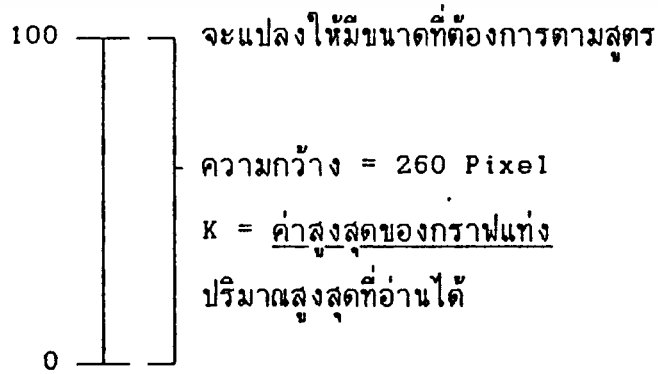
ที่ปริมาณที่อ่านเข้ามามีความละเอียด หรือขนาดพอดีกับจำนวนของ จุด (pixel) ที่แสดงบนจอ เช่น อุณหภูมิอยู่ในช่วง 0 - 100 การแสดงผลเป็นการแท่ง (Bargraph) จะมีความสูง = 100 พอดี ดังรูป



รูปแสดงความกว้างและขนาดของจุดที่พอดีกัน

แต่ในกรณีที่ปริมาณนั้นมีค่าไม่เท่ากับขนาด Pixel ที่แสดงบนจอเราจำเป็นจะต้องแปลงปริมาณนั้นให้มีขนาดตามที่ต้องการแสดงบนจอแสดงผล ยกตัวอย่างเช่น เมื่อเราอ่านค่าของปริมาณมาได้ (ในที่นี้คือ ค่าของอุณหภูมิ) ในย่าน 0 - 100 หน่วย แต่ต้องการให้แสดงกราฟแท่งที่มีความสูงสูงสุด เพียง 600 เส้น (Pixel) จะต้องนำค่าที่

C ต้องการมาคูณกับค่าคงที่ค่าหนึ่งเพื่อที่



จะแปลงให้มีขนาดที่ต้องการตามสูตร

ความกว้าง = 260 Pixel

K = $\frac{\text{ค่าสูงสุดของกราฟแท่ง}}{\text{ปริมาณสูงสุดที่อ่านได้}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ต้องการอ่านอุณหภูมิ 0 - 100 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุด = 100

ต้องการแสดงกราฟที่ความสูง 260 จุด ค่าสูงสุดของกราฟ = 260

$$K = \frac{260}{100} = 2.6$$

ถ้าอุณหภูมิ = 50 องศาเซลเซียส

ความสูงของกราฟ = 2.6 * 50 = 130 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบส่วนแสดงผลแบบแปรค่าตามเวลา(Real time)

การแสดงผลแบบแปรค่าตามเวลา (Real Time) เป็นการแสดงผลที่สามารถอ่านค่าที่เวลาต่าง ๆ ซึ่งค่าปริมาณนั้น ได้แปรเปลี่ยนไปตามเวลา จะทำให้รู้ได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไป ค่าปริมาณจะเปลี่ยนไปเช่นไร และอาจสามารถคาดการณ์ได้ว่า ต่อไปจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เช่น มีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เป็นต้น

การแสดงผลจะให้ค่าของอุณหภูมิที่เวลาต่าง ๆ โดยจะอ่านค่าอุณหภูมิตลอดเวลาเรียกใช้เวลาของนาฬิกาในเครื่องเป็นฐานเวลา โดยเอาเวลาเริ่มต้นโปรแกรมเป็นเวลาเริ่มต้นในการแสดงผล เมื่ออ่านอุณหภูมิเข้ามาจะแสดงผลบนจอ หลังจากนั้นจึงเก็บภาพที่แสดงลงในหน่วยความจำ ขั้นตอนต่อไปคือ อ่านค่าเข้ามาแสดงอีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงนำภาพที่เก็บไว้นั้นมาแสดงโดยให้เลื่อนไปทางซ้ายหนึ่งจุด และเมื่อสั่งให้ทำงานวนรอบตามนี้ เราก็จะเห็นภาพที่แสดงค่านั้นเลื่อนไปทางซ้ายและ ในขณะเดียวกันนั้นเราก็ใช้หลักการนี้อ่านเวลาไปพร้อม ๆ กัน ดังนั้นค่าต่าง ๆ ที่อ่านจึงตรงกับเวลาขณะนั้นตลอดเวลา
สามารถนำมาเป็นค่าอ้างอิงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 โปรแกรมประกอบการทดลอง

3.4.1 โปรแกรมแสดงอุณหภูมิ(Temperature Display)

```
program Input_Temperature; { Begin Display Temperature }

 {
     Program read temperature from Analog to Digital and
convert to Display
     in unit of temperature. This program used read output
from Analog to
     Digital Integrate Circuit (ADC0809) and connected with
input port
     (8255) for data input lathed.
 }

uses
Crt, Dos, Graph;
var
     Ainput, Celcuis, Fahrenheit, Kelvin, Rankine, Xmax, Ymax,
     LinecountCelcuis, LinecountFahrenheit, LinecountKelvin,
     LinecountRankine : integer;
     SoundFlag : shortint;
     SoundOut : string[3];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Ch : Char;
     TimeInit,      TimeLast,      TimeFirst,      TimeBuffer,
CelcuisPointOld : integer;
Hour, Minute, Second, Sec100 : word;

const
     PortA = $300; { Port A = Input, Port B,Port C = Output }
     PortB = $301;
     PortC = $302;
     PortCntrl = $303;
     ControlWord = $90 ;
     On = $1;
     Off = $0;

procedure OutIntxy(Xin, Yin, Numin : Integer);
var
   Textout : string;
begin
     Str(Numin, TextOut);
     OutTextxy(Xin, Yin, TextOut);
end;

procedure Init;
var
   GraphDriver, GraphMode : integer;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin
      GraphDriver := detect;
      InitGraph(GraphDriver, GraphMode,'c:\pascal');
      Xmax := GetMaxx;
      Ymax := GetMaxy;
      LinecountCelcuis := 0;
      LinecountFahrenheit := 0;
      LinecountKelvin := 0;
      LinecountRankine := 0;
      port[PortCntrl] := Controlword;
      port[PortB]  :=  $0; { define relay off and data to output
= 0 }
      port[PortC] := $02;
      SoundFlag := On;
Soundout :='On'; { define Display Sound is on }
      Timeinit := 0;
Setcolor(lightmagenta);
GetTime(Hour, Minute, Second, Sec100);
TimeFirst := Second;
OutIntxy(Xmax  div  2+250-7,  433,  TimeInit); { Set first time
Display }
      CelcuisPointOld := 413;
end;

procedure LineInit;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    begin
         LinecountCelcuis := 0;
         LinecountFahrenheit := 0;
         LinecountRankine := 0;
         LinecountKelvin := 0;
    end;

    procedure SoundExit; { Sound exit generate }
    Begin
         if SoundFlag = on then
            begin
                 Sound(800); Delay(250); NoSound;
                 Sound(700); Delay(200); NoSound;
                 Sound(950); Delay(150); NoSound;
            end;
    End;

    procedure SoundBeep; { Sound loop generate }
    Begin
         if Celcuis > 90 then
               begin
                    Sound(140); Delay(100); NoSound; Delay(90);
                    Sound(140); Delay(100); NoSound; Delay(90);
                    Sound(140); Delay(120); NoSound;
               end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        if (SoundFlag = On) and (Celcuis < 91) then
           begin
                Sound(1300); Delay(15); NoSound;
           end;
    End;

    procedure Frame;
    begin
         SetViewPort(0,    0,    Xmax,    Ymax-(TextHeight('M')+4)-1,
    ClipOn);
         Setcolor(blue);
         Rectangle(0, (TextHeight('M')+4)+2,
                      Xmax, (Ymax-(TextHeight('M')+4)-1)-1);
         SetViewPort(1, (TextHeight('M')+4)+3,
                        Xmax-2,(Ymax-(TextHeight('M')+4)-1)-2,
    ClipOn);
    end;

    procedure FullPort;
    begin
      SetViewPort(0, 0, Xmax, Ymax, ClipOn);
    end;

    procedure MessageFrameBottom(Msg:string);
    begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  FullPort;
  Setcolor(lightblue);
  SetTextStyle(DefaultFont, HorizDir, 1);
  SetTextJustify(CenterText, TopText);
  SetLineStyle(SolidLn, 0, NormWidth);
  SetFillStyle(EmptyFill, 0);
  Bar(0, Ymax-(TextHeight('M')+4), Xmax, Ymax);
  Rectangle(0, Ymax-(TextHeight('M')+4), Xmax, Ymax);
  Setcolor(lightcyan);
  OutTextxy(Xmax div 2, Ymax-(TextHeight('M')+2), Msg);
  Frame;
end;

procedure MessageFrameTop(Msg:string);
begin
  FullPort;
  Setcolor(lightblue);
  SetTextStyle(DefaultFont, HorizDir, 1);
  SetTextJustify(CenterText, TopText);
  SetLineStyle(SolidLn, 0, NormWidth);
  SetFillStyle(EmptyFill, 0);
  Bar(0, 0, Xmax, (TextHeight('M')+4));
  Rectangle(0, 0, Xmax, (TextHeight('M')+4));
  Setcolor(lightcyan);
  OutTextxy(Xmax div 2, (TextHeight('M')-5), Msg);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Frame;
end;

procedure DisplayBar;
var
   Step,   SteP2,   Text,   CelcuisDisplay,  FahrenheitDisplay,
RankineDisplay,
   KelvinDisplay, Skip : integer;
begin
     Setcolor(lightmagenta);
     Step := 0; Skip := 95;
     for Step2 := 1 to 4 do { draw line bottom graph }
         begin
              Line(Skip,273,Skip+32,273);
              inc(Skip,70);
         end;
                                  { draw line vertical graph }
     line(95,273,95,123-10);
     line(165,273,165,73-10);
     line(235,273,235,123-10);
     line(305,273,305,73-10);
                                  {  draw  line  close vertical
line }
     line(90,123-10,100,123-10);
     line(160,73-10,170,73-10);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
line(230,123-10,240,123-10);
line(300,73-10,310,73-10);
                                { display unit temp }
setcolor(lightgreen);
outtextxy(95,123-22,'C');
outtextxy(165,73-22,'F');
outtextxy(235,123-22,'K');
outtextxy(305,73-22,'R');
setcolor(green);
Step := 0; Text := 0;
for SteP2 := 1 to 11 do { Display celcuis scale }
    begin
        Line(90,Step+273,95,Step+273);
        OutIntxy(77,Step+271,Text);
        Text := Text+10;
        Step := Step-15;
    end;

Step := 0; Text := 32;
for Step2 := 1 to 19 do { Display farenheit scale }
    begin
        Line(160,Step+273,165,Step+273);
        Outintxy(147,Step+271,Text);
        Text := Text+10;
        Step := Step-11;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        end;
    Step := 0; Text := 273;
    for Step2 := 1 to 11 do { Display kelvin scale }
        begin
            line(230,Step+273,235,Step+273);
            Outintxy(217,Step+271,Text);
            Text := Text+10;
            Step := Step-15;
        end;

    Step := 0; Text := 492;
    for Step2 := 1 to 19 do { Display farenheit scale }
        begin
            Line(300,Step+273,305,Step+273);
            Outintxy(287,Step+271,Text);
            Text := Text+10;
            Step := Step-11;
        end;

Setcolor(yellow); { Display box }
    Rectangle(Xmax div 2-250,Ymax div 2+60,Xmax div 2+250,
Ymax div 2+160);
OutTextxy(Xmax div 2-280,Ymax div 2+180,'Time');
OutTextxy(Xmax div 2+270,Ymax div 2+58,'Max');
OutTextxy(Xmax div 2+270,Ymax div 2+155,'Min');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Step := 0;
for StePP2 := 1 to 21 do { Display Line of box }
    begin
    Line(Step+Xmax  div  2-250,Ymax  div 2+160,Step+Xmax div 2-
250,
                              Ymax div 2+165);
    Step := Step+25;
         end;

              { Display graph }

     CelcuisDisplay := Celcuis * 15 div 10;
     KelvinDisplay := CelcuisDisplay;

     FahrenheitDisplay := Celcuis * 20 div 10;
     RankineDisplay := FahrenheitDisplay;

     SetLineStyle(solidln,0,normwidth);
     while  LinecountCelcuis  <  CelcuisDisplay  do  {  Display
graph readtemp }
            begin
                 setcolor(magenta);
  Line(100,271-LinecountCelcuis,120,271-LinecountCelcuis);
  Inc(LinecountCelcuis);
  end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
while LinecountCelcuis > CelcuisDisplay do { delete Line }
 begin
 Setcolor(black);
 Line(100,272-LinecountCelcuis,120,272-LinecountCelcuis);
                Dec(LinecountCelcuis);
           end;

     while   LinecountFahrenheit   <   FahrenheitDisplay   do   {
Display graph readtemp }
           begin
                setcolor(yellow);
  Line(170,271-LinecountFahrenheit,190,271-
LinecountFahrenheit);
  Inc(LinecountFahrenheit);
  end;
while  LinecountFahrenheit  >  FahrenheitDisplay  do  {  delete
Line }
 begin
 Setcolor(black);
 Line(170,272-LinecountFahrenheit,190,272-LinecountFahrenheit);
                Dec(LinecountFahrenheit);
           end;

     while  LinecountKelvin  < KelvinDisplay do { Display graph
readtemp }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            begin
                setcolor(lightgreen);
  Line(240,271-LinecountKelvin,260,271-LinecountKelvin);
  Inc(LinecountKelvin);
  end;
while LinecountKelvin > KelvinDisplay do { delete Line }
 begin
 Setcolor(black);
 Line(240,272-LinecountKelvin,260,272-LinecountKelvin);
            Dec(LinecountKelvin);
          end;

    while LinecountRankine < RankineDisplay do { Display
graph readtemp }
          begin
            setcolor(white);
  Line(310,271-LinecountRankine,330,271-LinecountRankine);
  Inc(LinecountRankine);
  end;
while LinecountRankine > RankineDisplay do { delete Line }
 begin
 Setcolor(black);
 Line(310,272-LinecountRankine,330,272-LinecountRankine);
            Dec(LinecountRankine);
          end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end;

procedure Y;
begin
Setcolor(yellow);
end;

procedure G;
begin
Setcolor(lightgreen);
end;

procedure DisplayText;
begin
     FullPort;
     if   celcuis   >   90  then  Messageframebottom('Warning..
Temperature exceed limit');
     if   celcuis   <   90   then  Messageframebottom('Computer
intefacing unit (group 3) Shift+? to help');
     FullPort;
     Setcolor(yellow); { Display mode and Sound status }
     OutTextxy(50,60,'Sound :');
     Bar(85,60,115,70); { delete SoundDisplay }
     G;
     OutTextxy(97,60,Soundout);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Setcolor(lightblue); { Display temp }
     SetviewPort(355,35+2+(textheight('A')),605,235+2+
(textheight('A')),
         clipon);
     Rectangle(2,2,248,198);
     Rectangle(0,0,250,200);
     Setcolor(yellow);
     OutTextxy(80,50,' Temperature process');
     Bar(60,80,80,90); { delete Display temp variable celcuis }
     G;
OutIntxy(70,80,celcuis);
     Y;
OutTextxy(80,80,' Celcuis');
Bar(55,100,90,110); { delete Display temp variable fahrenheit }
     G;
OutIntxy(70,100,fahrenheit);
     Y;
OutTextxy(80,100,' Fahrenheit ');
Bar(55,120,90,130); { delete Display temp variable kelvin }
     G;
OutIntxy(70,120,kelvin);
     Y;
OutTextxy(80,120,' Kelvin');
Bar(55,140,90,150); { delete Display temp variable rankine }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      G;
   OutIntxy(70,140,rankine);
   Y;
   OutTextxy(80,140,' Rankine');
   end;

   procedure  DisplayRealtime;  { Display temperature in realtime
   mode }
   var
   CelcuisPoint : integer;
   PlotgraphSize, TimegraphSize : word;
   P, G : pointer;

   procedure RealtimeInit;
   begin
                  { find Size of picture , send value to memory }
      PlotgraphSize := ImageSize(Xmax div 2-250+2,Ymax div 2+60-
   1+18,
                                    Xmax  div  2+250-1,Ymax  div
   2+160+14);
   TimegraphSize := ImageSize(Xmax div 2-250+2,Ymax div 2+187,
                                    Xmax   div   2+250-1+10,Ymax
   div 2 + 213);
   GetMem(P, PlotgraphSize);
      GetMem(G, TimegraphSize);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end;

procedure DisplayTime;
begin
Setcolor(lightmagenta);
Gettime(Hour, Minute, Second, Sec100 );
TimeLast := Second;
TimeBuffer := TimeFirst - TimeLast;
TimeBuffer := Abs(TimeBuffer);
if TimeBuffer = 59 then
begin
Inc(TimeInit);
OutIntxy(Xmax div 2+250-10, 433, TimeInit);
end;
TimeFirst := TimeLast;
Getimage(Xmax div 2-250+2,Ymax div 2+187,Xmax div 2+250-1+10,
                    Ymax div 2 + 213,G^);
Putimage(Xmax div 2-250+1,Ymax div 2+187,G^,Copyput);
     Freemem(G, TimegraphSize);
end;

begin
FullPort;
RealtimeInit;
DisplayTime;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 { converse to graphic coordinate }
CelcuisPoint := 317 + (96 - Celcuis * 96 div 100);

      { plot point of temp in first column from right }
     setcolor(lightred);
     line(Xmax   div   2+250-1,CelcuisPoint,Xmax  div  2+250-2,
CelcuispointOld);

                  { shift picture from right to left }
Getimage(Xmax div 2-250+3,Ymax div 2+60-1+18,Xmax div 2+250,
                  Ymax div 2+160+14,P^);
Putimage(Xmax div 2-250+2,Ymax div 2+60-1+18,P^,Copyput);
     CelcuisPointOld := CelcuisPoint;

{ clear memory }
Freemem(P, PlotgraphSize);
end;

procedure DisplayFrame;
begin
     MessageFrameTop('Temperature Display');
     MessageFrameBottom
     ('Computer intefacing unit (group 3) Shift+? to Help ');
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure ReadportandConvert; { read data from port a and
convert to
                                    temperature unit }
Begin
     Ainput := port[PortA];
     Celcuis  := Ainput * 390625 div 1000000; { Temp time scale
adjust }
     Fahrenheit  :=  (Celcuis  *  9  div  5)+32;  {  Celcuis to
Fahrenheit }
     Kelvin  :=  Celcuis  +  273  +  15  div  100; { Celcuis to
Kelvin }
     Rankine  :=  (Celcuis  +  273  +  15  div 100)* 9 div 5; {
Celcuis to Rankine }
End;

procedure Quit; { Display before exit from program }
var
P1, P2 : pointer;
Size1, Size2 : word;
Ch : Char;
begin
FullPort;
    { send safety value to port }
port[PortB] := $0;
port[PortC] := $02;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SoundExit;

    { save picture to memory }
Size1  :=  ImageSize(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2
+250 +15,
           Ymax div 2 +15);
Size2  :=  ImageSize(Xmax  div 2 -250,Ymax div 2 +16,Xmax div 2
+250 +15,
           Ymax div 2 +200 +15);
GetMem(P1, Size1);
GetMem(P2, Size2);
Getimage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250 +15,
                  Ymax div 2 +15,P1^);
Getimage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,Xmax div 2 +250 +15,
                  Ymax div 2 +200 +15,P2^);

Setfillstyle(1,lightmagenta); { shadow of window }
Bar(Xmax  div  2  -250  +15,Ymax div 2 -200 +15,Xmax div 2 +250
+15,
              Ymax div 2 +200 +15);

    Setfillstyle(1,black);  {  delete  background  for place a
window }
    Bar(Xmax  div  2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250,Ymax
div 2 +200);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Setfillstyle(1,magenta); { background of window }
     Bar(Xmax  div  2 -247,Ymax div 2 -197,Xmax div 2 +247,Ymax
div 2 +197);

     Setcolor(yellow); { edge of window }
     Rectangle(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250,
                    Ymax div 2 +200);
Setcolor(lightgreen);
OutTextxy(320,70,'TEMPERATURE Display');
Setcolor(yellow);
OutTextxy(320,110,'Made  by : Computer interfacing Unit ( group
3 ) ');
     OutTextxy(320,140,'Faculty   of   Engineering,Industrial
Instrumentation TeChnology');
OutTextxy(320,170,'King  Mongkut"s  Institue  of  TeChnology
Ladkrabang.');
OutTextxy(320,200,'KMITL');
Setcolor(lightgreen);
OutTextxy(320,240,'PRODUCER');
Setcolor(yellow);
OutTextxy(320,270,'Mr. Nattee Prival : Programmer ');
OutTextxy(320,295,'Mr. Rewat Wan-a-loh : Circuit hardware');
OutTextxy(320,320,'Mr.    ApiChart    Anugulvach    :    Project
hardware');
OutTextxy(320,345,'Ms. Jiraporn Janmalila : Report formed ');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
OutTextxy(320,370,'Mr. Phakorn Hutasangkas : Advisor ');
Setcolor(lightred);
OutTextxy(320,405,' Press any key to Quit');
Ch := readkey;

 { return picture to screen }
Putimage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,P1^,copyput);
Putimage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,P2^,copyput);
Freemem(P1,Size1);
Freemem(P2,Size2);

Closegraph;
End;



Procedure Readin; { Read keyboard pressed}
Var
   Readkeyboard:Char;

procedure SetSound; { define Sound on or off }
begin
     if Soundflag=on then
        begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Soundflag:=off;
                Soundout:='off';
            end
        else
            begin
                Soundflag:=on;
                Soundout:=' on';
            end;
            Readin;
    end;

    procedure Helptext;
    var
    Size1,Size2:word;
    P1,P2:pointer;
    procedure HelponHelp; { Help on Help }
    var
    Size:word;
    P:pointer;
    begin
        FullPort;

                        { save picture to memory }
        Size :=imageSize(Xmax div 2 -200,Ymax div 2 -100,
                         Xmax div 2 +200 +15,Ymax div 2 +170 +15);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    GetMem(P,Size);
    Getimage(Xmax  div  2  -200,Ymax div 2 -100,Xmax div 2 +200
+15,
                          Ymax div 2 +170 +15,P^);

              Setfillstyle(1,blue); { shadow of window }
              Bar(Xmax div 2 -200 +15,Ymax div 2 -100 +15,
                    Xmax  div  2  +200  +15,Ymax  div 2 +170
+15);

              Setfillstyle(1,black); { delete  background for
place a window }
              Bar(Xmax  div  2  -200,Ymax div 2 -100,Xmax div 2
+200,
                    Ymax div 2 +170);

              Setfillstyle(1,lightblue);   {   background   of
window }
              Bar(Xmax  div  2  -197,Ymax div 2 -97 ,Xmax div 2
+197,
                    Ymax div 2 +167);

              Setcolor(yellow); { edge of window }
              Rectangle(Xmax  div  2  -200,Ymax div 2 -100,Xmax
div 2 +200,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                                Ymax div 2 +170);
                Setcolor(lightcyan);
                OutTextxy(320,170,'About');
                Setcolor(white);
      OutTextxy(320,200,'Temperature Display');
      OutTextxy(320,220,'Operating range 0 - 100 Celcuis');
                Setcolor(lightcyan);
                OutTextxy(320,260,'Temperature          converse
  expression');
                Setcolor(white);
                OutTextxy(320,290,'C = ( F - 32 ) * 5/9');
                OutTextxy(320,310,'K = C + 273.15 ');
                OutTextxy(320,330,'R = 4/5 * C ');
                Setcolor(lightred);
                OutTextxy(320,370,' Press any key to previous ');
                OutTextxy(320,390,' Esc to exit Help ');
     Ch := readkey;

        { return picture to screen }
      Putimage(Xmax div 2 -200,Ymax div 2 -100,P^,copyput);
                Setfillstyle(solidfill,black);
                        { refresh old bar }
      Bar(100,80,350,285);
      Freemem(P, Size);

      if  Ch  =^[ then Readin else Helptext; { if Esc pressed end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Help }
          end;

begin
FullPort;

                              { save picture to memory }
Size1   :=  imageSize(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2
+250 +15,
            Ymax div 2 +15);
Size2   :=  imageSize(Xmax  div 2 -250,Ymax div 2 +16,Xmax div 2
+250 +15,
            Ymax div 2 +200 +15);
GetMem(P1, Size1);
GetMem(P2, Size2);
Getimage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250 +15,
                     Ymax div 2 +15,P1^);
Getimage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,Xmax div 2 +250 +15,
                     Ymax div 2 +200 +15,P2^);

     Setfillstyle(1, blue); { shadow of window }
     Bar(Xmax  div  2  -250  +15,Ymax div 2 -200 +15,Xmax div 2
+250 +15,
               Ymax div 2 +200 +15);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     Setfillstyle(1,  black);  {  delete background for place a
window }
     Bar(Xmax  div  2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250,Ymax
div 2 +200);

     Setfillstyle(1, lightblue); { background of window }
     Bar(Xmax  div  2 -247,Ymax div 2 -197,Xmax div 2 +247,Ymax
div 2 +197);

     Setcolor(yellow); { edge of window }
     Rectangle(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250,
               Ymax div 2 +200);
     Setcolor(lightcyan);
     OutTextxy(320,90,'Help');
     Setcolor(white);
OutTextxy(320,130,'This   program   is   used   for   Display
temperature in process ');
OutTextxy(320,160,'by  Bargraph,  real  value  and  temperature
relate realtime.');
Setcolor(lightcyan);
     OutTextxy(320, 220, 'Hot key Help');
     Setcolor(white);
     OutTextxy(320,270,'Ctrl+Q  :  quit  from  this program and
exit to dos ');
     OutTextxy(320,300,'Ctrl+O : on or off Sound ( Toggle ) ');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        OutTextxy(320,330,'Shift+?: Display Help ');
        Setcolor(lightred);
        OutTextxy(320,410,' Press any key to exit Help..');
        OutTextxy(320,390,' Shift+? to about program...');
    Ch := readkey;

       { return picture to screen }
        Putimage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,P1^,copyput);
        Putimage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,P2^,copyput);
        Setfillstyle(solidfill,black);
        Bar(100,80,350,285);
        Freemem(P1, Size1);
        Freemem(P2, Size2);

    if Ch = #63 then HelponHelp { if Shift+? goto Help_on_Help }
    else Readin;
    end;

    Begin
            DisplayFrame;
            Lineinit;
            repeat
                  Soundbeep;
                  ReadportandConvert;
                  DisplayBar;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Displaytext;
Displayrealtime;
Frame;
    until keypressed; { If key pressed }
Readkeyboard := readkey;
case readkeyboard of
#17 : Quit; { if Ctrl+Q pressed goto quit }
#15 : SetSound; { if Ctrl+O pressed goto SetSound }
#63 : Helptext; { if Shift+? pressed goto Help }
else Readin
end; { anather return to loop }
End;


Begin { Main program }
        Init; { Set initial port status }
        Readin;
End.
                        { End Temperature Display }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 โปรแกรมควบคุมอุณหภูมิแบบไม่มีการป้อนกลับ(Open Loop Control,Manual Control)

```
Program Open_Loop_Control; { Begin Open loop }

 {
        This program is used for send data to Digital to
Analogue converter
        and set temperature.
 }

uses
Crt, Dos, Graph;

var
   Readkeyboard, Ch : char;
   Modeflag, SoundOut : string;
   Temp, Ainput, Celcuis, Fahrenheit, Kelvin, Rankine,
DataTemp, Xmax, Ymax,
   LinecountSet, LinecountProcess, LinecountError, Error2,
Temporary,
   CelcuispointOld, ErrorpointOld, SetpointOld : integer;
   Modetemp,TempFlag, SoundFlag : word;
   TimeInit, TimeLast, TimeFirst, TimeBuffer : integer;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Hour, Minute, Second, sec100 : word;

const
      PortA = $300; { Port A = Input, Port B,Port C = Output }
      PortB = $301;
      PortC = $302;
      PortCntrl = $303;
      ControlWord = $90;
      Switchon  =  $08;{  led  display relay On is displayed and
relay is in On
                        status }
      Switchoff = $02; { relay is in Off status }
      Linear = $02;
      On = $1;
      Off = $0;
      MaxTemp = $90;
      MinTemp = $30;

procedure OutIntxy(Xin, Yin, Numin : integer);
var
   TextOut : string;
begin
      str(Numin, TextOut);
      OutTextxy(Xin, Yin, TextOut);
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure Init; { Set initial value }
var
   GraphDriver, GraphMode : integer;
Begin
     GraphDriver := detect;
     initgraph(GraphDriver, GraphMode, 'c:\pascal');
     Xmax := getmaxx;
     Ymax := getmaxy;
     LinecountSet := 0;
     LinecountProcess := 0;
     LinecountError := 0;
     port[Portcntrl] := Controlword;
     Modetemp := switchon;
     Temp := 0;
     DataTemp := 0;
     Modeflag := 'switch On';
     TempFlag := 2;
     SoundFlag :=On;
SoundOut :='On';
TimeInit := 0;
SetColor(lightmagenta);
Gettime(Hour, Minute, Second, Sec100);
TimeFirst := Second;
OutIntxy(Xmax  div  2+250-7,433,  TimeInit);  {  set first time
display }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CelcuisPointOld := 413;
        ErrorPointOld := 413;
        SetPointOld := 413;
    End;

    procedure LineInit;
    begin
        LinecountSet := 0;
        LinecountProcess := 0;
        LinecountError := 0;
    end;

    procedure Frame;
    begin
        SetviewPort(0,    0,    Xmax,    Ymax-(TextHeight('M')+4)-1,
    ClipOn);
        SetColor(blue);
        Rectangle(0, (TextHeight('M')+4)+2,
                     Xmax, (Ymax-(TextHeight('M')+4)-1)-1);
        SetviewPort(1, (TextHeight('M')+4)+3,
                       Xmax-2,(Ymax-(TextHeight('M')+4)-1)-2,
    ClipOn);
    end;

    procedure FullPort;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin
  SetviewPort(0, 0, Xmax, Ymax, ClipOn);
end;

procedure MessageFrameBottom(Msg : string);
begin
  FullPort;
  SetColor(lightblue);
  SetTextStyle(DefaultFont, HorizDir, 1);
  SetTextJustify(CenterText, TopText);
  SetlineStyle(SolidLn, 0, NormWidth);
  SetfillStyle(EmptyFill, 0);
  Bar(0, Ymax-(TextHeight('M')+4), Xmax, Ymax);
  Rectangle(0, Ymax-(TextHeight('M')+4), Xmax, Ymax);
  SetColor(lightcyan);
  OutTextxy(Xmax div 2, Ymax-(TextHeight('M')+2), Msg);
  Frame;
end;

procedure MessageFrametop(Msg : string);
begin
  FullPort;
  SetColor(lightblue);
  SetTextStyle(DefaultFont, HorizDir, 1);
  SetTextJustify(CenterText, TopText);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    SetlineStyle(SolidLn, 0, NormWidth);
    SetfillStyle(EmptyFill, 0);
    Bar(0, 0, Xmax, (TextHeight('M')+4));
    Rectangle(0, 0, Xmax, (TextHeight('M')+4));
    SetColor(lightcyan);
    OutTextxy(Xmax div 2, (TextHeight('M')-5), Msg);
    Frame;
  end;

  procedure Outint(Numin : integer);
  var
     TextOut : string;
     Ch : char;
  begin
       str(Numin, TextOut);
       OutText(TextOut);
  end;

  procedure DisplayBar;

  var
     Step, Step2, Text, SettempDisplay, CelcuisDisplay,
     ErrorDisplay, Error1 : integer;

  begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      SetColor(lightmagenta);
      Line(80,75,80,235);
      Line(80,235,295,235);
      Step := 0;
        Text := 100;
      for Step2 := 1 to 6 do { display Line and tempscale }
          begin
               Line(75,Step+80,80,Step+80);
               OutIntxy(60,Step+77,Text);
               Text := Text-20;
               Step := Step+31;
          end;
      OutTextxy(79,65,'C'); { display index value }
      OutTextxy(115,245,'set');
      OutTextxy(115,255,'value');
      OutTextxy(188,245,'process');
      OutTextxy(190,255,'value');
      OutTextxy(264,245,'error');

SetColor(yellow); { display box }
      Rectangle(Xmax  div  2-250,Ymax  div  2+60,Xmax div 2+250,
Ymax div 2+160);
OutTextxy(Xmax div 2-280,Ymax div 2+180,'Time');
OutTextxy(Xmax div 2+270,Ymax div 2+58,'Max');
OutTextxy(Xmax div 2+270,Ymax div 2+155,'Min');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     Step := 0;
for Step2 := 1 to 21 do { display Line of box }
    begin
    Line(Step+Xmax  div  2-250,Ymax  div 2+160,Step+Xmax div 2-
250,
                              Ymax div 2+165);
    Step := Step+25;
         end;
              { display graph }


     SettempDisplay := temp * 15 div 10;
     CelcuisDisplay := celcuis * 15 div 10;
     Error2 := celcuis - temp;
     Error1 := SettempDisplay - CelcuisDisplay;
     ErrorDisplay := abs(Error1);
     SetlineStyle(solidln,0,normwidth);

     while  LinecountSet  <  SettempDisplay  do { display graph
Settemp }
           begin
                SetColor(lightgreen);
                Line(100,230-LinecountSet,125,230-
LinecountSet);
                Inc(LinecountSet);
           end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        while  LinecountSet  >  SettempDisplay  do  { delete graph
Settemp }
            begin
                SetColor(black);
                Line(100,230-LinecountSet,125,230-
LinecountSet);
                Dec(LinecountSet);
            end;


        while  LinecountProcess  <  CelcuisDisplay  do  {  display
graph readtemp }
             begin
                 SetColor(lightblue);
                 Line(175,230-LinecountProcess,200,230-
LinecountProcess);
                 Inc(LinecountProcess);
             end;
        while  LinecountProcess > CelcuisDisplay do { delete graph
readtemp }
            begin
                SetColor(black);
                Line(175,230-LinecountProcess,200,230-
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LinecountProcess);
                Dec(LinecountProcess);
            end;


      while  LinecountError  <  ErrorDisplay  do { display graph
error }
            begin
                SetColor(lightred);
                Line(250,230-LinecountError,275,230-
LinecountError);
                Inc(LinecountError);
            end;
      while  LinecountError  >  ErrorDisplay  do  { delete graph
error }
            begin
                SetColor(black);
                Line(250,230-LinecountError,275,230-
LinecountError);
                Dec(LinecountError);
            end;

end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure Y;
begin
SetColor(yellow);
end;

procedure G;
begin
SetColor(lightgreen);
end;

procedure DisplayText;
begin
     SetfillStyle(emptyfill,black);
     FullPort;
     if   celcuis   >   90  then  Messageframebottom('Warning..
Temperature exceed limit');
     if   celcuis   <   90   then  Messageframebottom('Computer
intefacing unit (group 3) Shift+? to help');
     Fullport;
     SetColor(yellow); { display mode and Sound status }
     OutTextxy(50,40,'mode :');
     OutTextxy(50,60,'Sound :');
     Bar(85,40,170,50); { delete modedisplay }
G;
OutTextxy(125,40,modeflag);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Y;
      Bar(85,60,115,70); { delete SoundOut }
   G;
   OutTextxy(97,60,SoundOut);
   SetColor(lightblue); { display temp }
      SetviewPort(355,35+2+(textheight('A')),605,235+2+
   (textheight('A')),
                  clipon);
      Rectangle(2,2,248,198);
      Rectangle(0,0,250,200);
      SetColor(yellow);
      OutTextxy(160,15,'.');
      OutTextxy(80,25,' Set value : C');
      Bar(125,25,160,45); { delete display set temp }
      G;
   OutIntxy(140,25,temp);
      Y;
      OutTextxy(80,50,' Temperature process');
      Bar(60,80,80,90);   { delete  display  temp  variable  in
   celcuis }
      G;
   OutIntxy(70,80,celcuis);
      Y;
      OutTextxy(80,80,' Celcuis');
      Bar(55,100,90,110);  { delete  display  temp  variable in
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
farenheit }
      G;
OutIntxy(70,100,fahrenheit);
      Y;
      OutTextxy(80,100,' Fahrenheit');
      Bar(55,120,90,130);  {  delete  display  temp  variable in
kelvin }
      G;
OutIntxy(70,120,kelvin);
Y;
      OutTextxy(80,120,' Kelvin');
      Bar(55,140,90,150);  {  delete  display  temp  variable in
rankine }
      G;
OutIntxy(70,140,rankine);
      Y;
      OutTextxy(80,140,' Rankine');
      OutTextxy(80,165,' Error : C');
      OutTextxy(147,155,'.');
      Bar(110,165,140,185); { delete display error }
      G;
OutIntxy(125,165,Error2);
end;

procedure  DisplayRealtime;  {  display temperature in realtime
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
mode }
var
     CelcuisPoint, ErrorPoint, SetPoint, Colorerror : integer;
     PlotgraphSize, TimegraphSize: word;
     P, G : pointer;

procedure RealtimeInit;
begin
                { find Size of picture , send value to memory }
     PlotgraphSize := imagesize(Xmax div 2-250+2,Ymax div 2+60-
1+18,
                          Xmax  div  2+250-1,Ymax  div
2+160+14);
TimegraphSize := imagesize(Xmax div 2-250+2,Ymax div 2+187,
                          Xmax   div   2+250-1+10,Ymax
div 2 + 213);
GetMem(P, PlotgraphSize);
     GetMem(G, TimegraphSize);
end;

procedure DisplayTime;
begin
SetColor(lightmagenta);
Gettime(Hour, Minute, Second, sec100 );
TimeLast := Second;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  TimeBuffer := TimeFirst - TimeLast;
  TimeBuffer := Abs(TimeBuffer);
  if TimeBuffer = 59 then
  begin
  Inc(TimeInit);
  OutIntxy(Xmax div 2+250-10,433, TimeInit);
  end;
  TimeFirst := TimeLast;
  GetImage(Xmax div 2-250+2,Ymax div 2+187,Xmax div 2+250-1+10,
                    Ymax div 2 + 213,G^);
  PutImage(Xmax div 2-250+1,Ymax div 2+187,G^,Copyput);
  Freemem(G, TimegraphSize);
  end;



  begin
  FullPort;
       RealtimeInit;
       DisplayTime;
       SetColor(black);

   { converse to graphic coordinate }
  CelcuisPoint := 317 + (96 - celcuis * 96 div 100);
  ErrorPoint := 317 + (96 - abs(Error2) * 96 div 100);
  SetPoint := 317 + (96 - temp * 96 div 100);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            { plot point of Temp in first column from right }
      setcolor(lightred);
      line(Xmax   div   2+250-1,ErrorPoint,Xmax   div   2+250-2,
  ErrorpointOld);

      if celcuis > 90 then ColorError := red
         else ColorError := lightblue;
      setcolor(ColorError);
      line(Xmax   div   2+250-1,CelcuisPoint,Xmax  div  2+250-2,
  CelcuispointOld);

      setcolor(lightgreen);
      line(Xmax    div    2+250-1,SetPoint,Xmax   div   2+250-2,
  SetpointOld);

                  { shift picture from right to left }
  GetImage(Xmax div 2-250+3,Ymax div 2+60-1+18,Xmax div 2+250,
                   Ymax div 2+160+14,P^);
  SetfillStyle(emptyfill,black);
  PutImage(Xmax div 2-250+2,Ymax div 2+60-1+18,P^,Copyput);

      CelcuispointOld := CelcuisPoint;
      ErrorpointOld := ErrorPoint;
      SetpointOld := SetPoint;
                   { clear memory }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Freemem(P, PlotGraphSize);
end;

procedure DisplayFrame;
begin
     MessageFrametop('Open loop control temperature');
     MessageFrameBottom('Computer  intefacing  unit  (group  3)
Shift+? to help ');
end;

procedure Outtemp;
Begin
port[Portcntrl] := Controlword;
     port[PortC] := Modetemp;
     port[PortB] := DataTemp;

End;
procedure Soundkey; { generate if key set pressed }
Begin
     if SoundFlag = On then
        begin
             Sound(1350); Delay(100); NoSound;
             Sound(1600); Delay(100); NoSound;
        end;
End;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure SoundError; { Sound generate when error occur }
begin
     if SoundFlag = On then
        begin
             Sound(3000);
             Delay(100);
             NoSound;
        end;
end;

procedure SoundExit; { Sound before exit generate }
Begin
     if SoundFlag = On then
        begin
             Sound(800); Delay(250); NoSound;
             Sound(700); Delay(200); NoSound;
             Sound(950); Delay(150); NoSound;
        end;
End;

procedure SoundBeep; { Sound generate every loop }
Begin
     if Celcuis > 90 then
          begin
               Sound(140); Delay(100); NoSound; Delay(90);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Sound(140); Delay(100); NoSound; Delay(90);
                Sound(140); Delay(120); NoSound;
            end;
      if (SoundFlag = On) and (celcuis < 91) then
         begin
              Sound(1300); Delay(15); NoSound;
         end;
  End;

  procedure  ReadportandConvert;  { Read  data  from  port a and
  convert to temp }
  Begin
       Ainput := port[PortA];
       Celcuis  := Ainput * 390625 div 1000000; { Temp time scale
  adjust }
       Fahrenheit  :=  (Celcuis  *  9  div  5)+32;  {  Celcuis to
  Fahrenheit }
       Kelvin  :=  Celcuis  +  273  +  15  div  100; { Celcuis to
  Kelvin }
       Rankine  :=  (Celcuis  +  273  +  15 div 100) * 9 div 5; {
  Celcuis to Rankine }
  End;

  procedure Quit; { Display before exit from program }
  var
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
P1, P2 : pointer;
Size1, Size2 : word;
Ch : char;
Begin
FullPort;
    { send safety value to port }
port[portB] := $0;
port[portC] := switchoff;
     SoundExit;
    { save picture to memory }
Size1:=imagesize(Xmax  div  2  -250,Ymax  div 2 -200,Xmax div 2
+250 +15,
                          Ymax div 2 +15);
Size2:=imagesize(Xmax  div  2  -250,Ymax  div  2 +16,Xmax div 2
+250 +15,
                          Ymax div 2 +200 +15);
GetMem(P1, Size1);
GetMem(P2, Size2);
GetImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250 +15,
                    Ymax div 2 +15,P1^);
GetImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,Xmax div 2 +250 +15,
                    Ymax div 2 +200 +15,P2^);

SetfillStyle(1,lightmagenta); { shadow of window }
Bar(Xmax  div  2  -250  +15,Ymax div 2 -200 +15,Xmax div 2 +250
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
+15,
                Ymax div 2 +200 +15);

     SetfillStyle(1,black);  { delete  background  for place a
window }
     Bar(Xmax  div  2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250,Ymax
div 2 +200);

SetfillStyle(1,magenta); { background of window }
     Bar(Xmax  div  2 -247,Ymax div 2 -197,Xmax div 2 +247,Ymax
div 2 +197);

     SetColor(yellow); { edge of window }
     Rectangle(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250,
Ymax div 2 +200);
SetColor(lightgreen);
OutTextxy(320,70,'OPEN LOOP CONTROL TEMPERATURE');
SetColor(yellow);
OutTextxy(320,110,'Made  by : Computer Interfacing Unit ( group
3 ) ');
OutTextxy(320,140,'Faculty      of      Engineering,Industrial
Instrumentation Technology');
OutTextxy(320,170,'King   Mongkut"s   Institue   of   Technology
Ladkrabang.');
OutTextxy(320,200,'KMITL');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SetColor(lightgreen);
OutTextxy(320,240,'PRODUCER');
SetColor(yellow);
OutTextxy(320,270,'Mr. Nattee Prival : Programmer ');
OutTextxy(320,295,'Mr. Rewat Wan-a-loh : Circuit hardware');
OutTextxy(320,320,'Mr.    Apichart    Anugulvach    :    Project
hardware');
OutTextxy(320,345,'Ms. Jiraporn Janmalila : Report formed ');
OutTextxy(320,370,'Mr. Phakorn Hutasangkas : Advisor ');
SetColor(lightred);
OutTextxy(320,405,' Press any key to Quit');
Ch := readkey;

 { return picture to screen }
PutImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,P1^,Copyput);
PutImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,P2^,Copyput);
Freemem(P1, Size1);
Freemem(P2, Size2);
Closegraph;
End;

procedure Readin; { Read keyboard pressed}
Var
   Readkeyboard : char;
procedure ErrorSet;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
var
   size : integer;
   p : pointer;
begin
   FullPort;
{ save picture to memory }
    Size  :=imagesize(Xmax  div 2 -200,Ymax div 2 -100,Xmax div
2 +200 +15,
                                Ymax div 2 +100 +15);
    GetMem(P,Size);
    GetImage(Xmax  div  2  -200,Ymax div 2 -100,Xmax div 2 +200
+15,
                      Ymax div 2 +100 +15,P^);

    SetfillStyle(1,lightred); { shadow of window }
         Bar(Xmax  div  2 -200 +15,Ymax div 2 -100 +15,Xmax div
2 +200 +15,
                   Ymax div 2 +100 +15);

         SetfillStyle(1,black);  {  delete background for place
a window }
         Bar(Xmax  div  2 -200,Ymax div 2 -100,Xmax div 2 +200,
Ymax div 2 +100);

         SetfillStyle(1, red); { background of window }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          Bar(Xmax  div  2  -196,Ymax div 2 -96,Xmax div 2 +196,
Ymax div 2 +96);

          SetColor(yellow); { edge of window }
          Rectangle(Xmax  div  2 -200,Ymax div 2 -100,Xmax div 2
+200,
                         Ymax div 2 +100);

          SetColor(yellow);
          OutTextxy(320,180,'Error missing input');
     OutTextxy(320,240,'You want to help ? press shift+?');
     OutTextxy(320,260,'while in set temperature');
          SetColor(lightred);
          OutTextxy(320,310,' press any key to continue...');
     Ch := readkey;

{ clear memory }
     PutImage(Xmax div 2 -200,Ymax div 2 -100,P^,Copyput);
     SetfillStyle(solidfill,black);
     Bar(90,80,280,245);
     Freemem(P, Size);
          Temp := Temporary;
          DataTemp := Temp * (2 + 55 div 100);
          readin;
     end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    procedure Setmode;
    Begin
      Soundkey;
      if Readkeyboard = #12 then { mode linear }
                        Begin
                             Modetemp := linear; { Off relay }
                             DataTemp  :=  temp  *  (  2  + 56 div
  100 );
                             Modeflag  :=  'linear  ';  {  display
  linear }
                             TempFlag := 1; { Code pass set temp }
                        End;
      if Readkeyboard = #14 then { mode switch On }
                        Begin
                             Modetemp := switchon; { On relay }
                             Modeflag  :=  'switch  On'; { display
  switchon }
                             TempFlag := 2; { Code pass set temp }
                        End;
      if Readkeyboard = #6 then { mode switch Off }
                        Begin
                             DataTemp := $0; { set tr. Off }
                             Modetemp := switchoff; { Off relay }
                             Modeflag  :=  'switch Off'; { display
  switchoff }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    TempFlag := 3; { Code pass set temp }
                End;
                    Readin;
    end;

    procedure Settemp; { set temperature }
    var
  Code : integer;
  Size : word;
  P : pointer;
      procedure Readint(var value : integer; Count : integer;
                        var Code : integer);
      var
         Strg : string;
         Ptr : integer;
         Quit : boolean;

         procedure HelpSet; { help On set }
    var
   Size1 : word;
   Size2 : word;
   P1, P2 : pointer;
     begin
     FullPort;
 { save picture to memory }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Size1 := imagesize(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,
                       Xmax div 2 +250 +15,Ymax div 2 +15);
    Size2 := imagesize(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,
                       Xmax div 2 +250 +15,Ymax div 2 +200
+15);
    GetMem(P1, Size1);
    GetMem(P2, Size2);
    GetImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250
+15,
                       Ymax div 2 +15,P1^);
    GetImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,Xmax div 2 +250
+15,
                       Ymax div 2 +200 +15,P2^);

              SetfillStyle(1,blue); { shadow of window }
              Bar(Xmax div 2 -250 +15,Ymax div 2 -200 +15,
                  Xmax div 2 +250 +15,Ymax div 2 +200
+15);

              SetfillStyle(1,black); { delete background for
place a window }
              Bar(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2
+250,
                  Ymax div 2 +200);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SetfillStyle(1,lightblue);    { background    of
window }
                Bar(Xmax  div  2  -247,Ymax div 2 -197,Xmax div 2
+247,
                        Ymax div 2 +197);

                SetColor(yellow); { edge of window }
                Rectangle(Xmax  div  2  -250,Ymax div 2 -200,Xmax
div 2 +250,
                        Ymax div 2 +200);
                SetColor(lightcyan);
                OutTextxy(320,90,'Help');
                SetColor(white);
                OutTextxy(320,130,'Setting temperature help.');
                OutTextxy(320,160,'Operating   range   30   -   90
celcuis');
                OutTextxy(320,260,'  Esc  :  Exit set temperature
no change value ');
                OutTextxy(320,300,'  Enter : to confirm enter new
value ');
                SetColor(lightcyan);
                OutTextxy(320,210,'Help key');
                SetColor(lightred);
                OutTextxy(320,370,'  press any key to continue...
');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Ch := readkey;

   { clear memory }
      PutImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,P1^,Copyput);
      PutImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,P2^,Copyput);
      Freemem(P1, Size1);
      Freemem(P2, Size2);
      Settemp;
           end;

           procedure Number;
           var
             X : integer;
           begin
              if Ptr > Count then write(^G)
             else
                 begin
                      case Ptr of
                           1 : X := 388;
                           2 : X := 396;
   end;
   SetColor(lightgreen);
              OutTextxy(X, 250, Ch);
              Ptr := Ptr+1;
              Strg := Strg + Ch;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          end;
          end;

     begin
          Ptr := 1;
          Strg := '';
          quit := false;
          repeat
               Ch := readkey;
               case Ch of
                  ^[   :  begin  Strg:=#27; quit:=true; end; { if
Esc pressed }
                  ^m : quit := true; { if Enter pressed }
        #63 : begin { clear memory }
     PutImage(Xmax div 2 -200,Ymax div 2 -100,P^,Copyput);
   Freemem(P,Size);
HelpSet;
   end;
              '0'..'9': Number;
               else
                   write(^G);
               end;
          until quit;
          val(Strg, value, Code);
          if (Strg = #27) or (Strg = '') then Code := 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    end;

Begin { Settemp }
      if TempFlag = 1 then
         begin
   FullPort;
              { save picture to memory }
   Size :=imagesize(Xmax div 2 -200,Ymax div 2 -100,
                                    Xmax  div  2  +200  +15,Ymax
div 2 +100 +15);
   GetMem(P, Size);
   GetImage(Xmax  div  2  -200,Ymax  div 2 -100,Xmax div 2 +200
+15,
                          Ymax div 2 +100 +15,P^);

              SetfillStyle(1,blue); { shadow of window }
              Bar(Xmax  div  2 -200 +15,Ymax div 2 -100 +15,Xmax
div 2 +200 +15,
                          Ymax div 2 +100 +15);

              SetfillStyle(1,black);  {  delete  background  for
place a window }
              Bar(Xmax  div  2  -200,Ymax  div 2 -100,Xmax div 2
+200,
                       Ymax div 2 +100);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SetfillStyle(1,lightblue);    {    background    of
window }
                Bar(Xmax  div  2  -196,Ymax  div  2 -96,Xmax div 2
+196,
                        Ymax div 2 +96);

                SetColor(yellow); { edge of window }
                Rectangle(Xmax  div  2  -200,Ymax  div 2 -100,Xmax
div 2 +200,
                              Ymax div 2 +100);

                Soundkey;
                Temporary := temp;
                SetColor(lightcyan);
                OutTextxy(320,170,' Set temperature ');
    SetColor(white);
                OutTextxy(280,220,' temperature old value : ');
                OutIntxy(392,220,Temporary);
                OutTextxy(280,250,' temperature new value : ');
                SetColor(lightred);
                OutTextxy(320,310,' press Shift+? to help');
    Readint(temp,2,Code);
    if Code = 1 then { Esc pressed }
  begin
  SoundError;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 SoundError;
 temp := Temporary; { Esc pressed use old value }
 end;
                PutImage(Xmax  div  2  -200,Ymax div 2 -100,P^,
Copyput);
                SetfillStyle(solidfill,black);
           Bar(90,80,280,245);
 Freemem(P, Size);

   if  ( temp>29  )  and  (  temp<91 ) then { set temp 30 - 90
celcuis }
 DataTemp := temp * ( 2 + 55 div 100)
   else
  begin
  SoundError;
  SoundError;
  ErrorSet;
  end;
{ clear memory }
   end
else { if anather mode no permit to set }
    begin
         SoundError;
         SoundError;
    FullPort;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{ save picture to memory }
    Size  :=imagesize(Xmax  div 2 -200,Ymax div 2 -100,Xmax div
2 +200 +15,
                                  Ymax div 2 +100 +15);
    GetMem(P,Size);
    GetImage(Xmax  div  2  -200,Ymax div 2 -100,Xmax div 2 +200
+15,
                       Ymax div 2 +100 +15,P^);

    SetfillStyle(1,magenta); { shadow of window }
         Bar(Xmax  div  2 -200 +15,Ymax div 2 -100 +15,Xmax div
2 +200 +15,
                  Ymax div 2 +100 +15);

         SetfillStyle(1,black);  {  delete background for place
a window }
         Bar(Xmax  div  2 -200,Ymax div 2 -100,Xmax div 2 +200,
Ymax div 2 +100);

         SetfillStyle(1,lightmagenta); { background of window }
         Bar(Xmax  div  2  -196,Ymax div 2 -96,Xmax div 2 +196,
Ymax div 2 +96);

         SetColor(yellow); { edge of window }
         Rectangle(Xmax  div  2 -200,Ymax div 2 -100,Xmax div 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
+200,
                    Ymax div 2 +100);

          SetColor(yellow);
          OutTextxy(320,180,'Can  not  set  temperature  in this
mode.');
     OutTextxy(320,220,'This mode is used to On or Off relay.');
     OutTextxy(320,260,'Use setting in linear mode only.');
          SetColor(lightred);
          OutTextxy(320,310,' press any key to continue...');
     Ch := readkey;

{ clear memory }
     PutImage(Xmax div 2 -200,Ymax div 2 -100,P^,Copyput);
     SetfillStyle(solidfill,black);
     Bar(90,80,280,245);
     Freemem(P, Size);
     end;
          Readin;
end;

procedure SetSound;
begin
     if SoundFlag = On then
          begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SoundFlag := Off;
                SoundOut := 'Off';
            end
        else
            begin
                SoundFlag := On;
                SoundOut := 'On';
            end;
        Readin;
    end;

    procedure HelpText;
    var
    Size1, Size2 : word;
        P1, P2 : pointer;
    begin
    FullPort;
    { save picture to memory }
    Size1  :=imagesize(Xmax  div  2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2
    +250 +15,
                                Ymax div 2 +15);
    Size2  :=imagesize(Xmax  div  2  -250,Ymax div 2 +16,Xmax div 2
    +250 +15,
                                Ymax div 2 +200 +15);
    GetMem(P1,Size1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
GetMem(P2,Size2);
GetImage(Xmax  div  2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250 +15,
Ymax div 2 +15,P1^);
GetImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,Xmax div 2 +250 +15,
                    Ymax div 2 +200 +15,P2^);

     SetfillStyle(1,blue); { shadow of window }
     Bar(Xmax  div  2  -250  +15,Ymax div 2 -200 +15,Xmax div 2
+250 +15,
               Ymax div 2 +200 +15);

     SetfillStyle(1,black);  {  delete  background  for place a
window }
     Bar(Xmax  div  2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250,Ymax
div 2 +200);

     SetfillStyle(1,lightblue); { background of window }
     Bar(Xmax  div  2 -247,Ymax div 2 -197,Xmax div 2 +247,Ymax
div 2 +197);

     SetColor(yellow); { edge of window }
     Rectangle(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250,
                    Ymax div 2 +200);
     SetColor(lightcyan);
     OutTextxy(320,70,'Help');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      SetColor(white);
OutTextxy(320,110,'This    program    is    used    for    control
temperature by user .');
      OutTextxy(320,140,'This is called open loop control.');
      SetColor(lightcyan);
      OutTextxy(320,200,'Hot key help');
      SetColor(white);
      OutTextxy(320,240,'Ctrl+Q  :  quit  from  this program and
exit to dos ');
      OutTextxy(320,270,'Ctrl+O : On or Off Sound ( Toggle ) ');
      OutTextxy(320,300,'Ctrl+N  :  set  operation in switchon (
On relay ) ');
      OutTextxy(320,330,'Ctrl+L  :  set operation in linear mode
');
      OutTextxy(320,360,'Ctrl+F  :  set operation in switchoff (
Off relay ) ');
      OutTextxy(320,390,'Ctrl+S   :  define   operation   point
temperature (linear only)');
      SetColor(lightred);
      OutTextxy(320,420,' press any key to continue...');
Ch := readkey;

{ clear memory }
PutImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,P1^,Copyput);
PutImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,P2^,Copyput);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SetfillStyle(solidfill,black);
Bar(90,80,280,245);
Freemem(P1,Size1);
Freemem(P2,Size2);
Readin;
end;

Begin
     DisplayFrame;
     LineInit;
         repeat
               SoundBeep;
               Outtemp;
               ReadportandConvert;
               DisplayBar;
DisplayText;
               DisplayRealtime;
               Frame;
          until
              keypressed; { If key pressed }
              Readkeyboard := readkey;
              case Readkeyboard of
            #12,#14,#6    :  Setmode;{  if  Ctrl+l,Ctrl+N,Ctrl+F
pressed goto setmode}
                    #19   :  Settemp;  {  if  Ctrl+S pressed goto
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Settemp }
                    #15  :  SetSound;  {  if Ctrl+O pressed goto
set Sound }
                    #17 : Quit; { if Ctrl+Q pressed goto quit }
                    #63  :  HelpText;  { if Shift+? pressed goto
help }

               else
                Readin;
               end; { Return to loop }
End;

Begin { Main program }
        Init;
        Readin;
End.
                          { End Openloop Control }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 โปรแกรมควบคุมอุณหภูมิแบบมีการป้อนกลับ(Close Loop Control Temperature)

```
Program Close_Loop_Control; { Begin Close Loop Control }

 {
        This   program   is   used   for   control   temperature   by
computer.
 }

uses
     Crt, Dos, Graph;
var
   HelpFlag : boolean;
   Ch : char;
   SettempDisplay, CelcuisDisplay,
   ErrorDisplay,   Temporary,   CelcuispointOld,   ErrorpointOld,
SetpointOld : integer;
   Readkeyboard : char;
   ModeFlag, OutSound : string;
   Temp,   Ainput,   Celcuis,   Fahrenheit,   Kelvin,   Rankine,
DataTemp,
   SetTemperature, Xmax, Ymax, LinecountSet, LinecountProcess,
   LinecountError,   Error2,   TimeInit,   TimeLast,   TimeFirst,
TimeBuffer : integer;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Hour, Minute, Second, sec100 : word;
    ModeTemp, TempFlag, SoundFlag : shortint;
Const
      PortA = $300; { Port A = Input, Port B,Port C = Output }
      PortB = $301;
      PortC = $302;
      PortCntrl = $303;
      ControlWord = $90;
      Switchon = $08;
      Switchoff = $02;
      Linear = $02;
      Linearmode = $1;
      SwitchMode = $2;
      FanOff = $0;
      FanOn = $05;
      On = $01;
Off = $0;

procedure OutIntxy(Xin, Yin, Numin : integer);
var
   TextOut : string;
begin
      Str(Numin, TextOut);
      OutTextxy(Xin, Yin, TextOut);
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Procedure Init; { Set initial value }
var
   GraphDriver, GraphMode : integer;
Begin
     GraphDriver := detect;
     initgraph(GraphDriver, GraphMode,'C:\pascal');
     Xmax := getmaxx;
     Ymax := getmaxy;
     port[PortCntrl]  :=  ControlWord;  {  send control word to
portcontrol }
     ModeTemp := SwitchMode; { set to mode switch }
     Temp := 0;
     DataTemp := 0; { set Temp to zero }
     ModeFlag := 'switch'; { set display linear }
     TempFlag := SwitchMode; { set Code pass Compare Temp }
     SoundFlag := on;
OutSound := 'on';
TimeInit := 0;
SetColor(lightmagenta);
GetTime(Hour, Minute, Second, Sec100);
TimeFirst := Second;
OutIntxy(Xmax  div  2+250-7,433,TimeInit);  {  set  first  time
display }
     CelcuisPointOld := 413;
     ErrorPointOld := 413;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SetPointOld := 413;
    End;

    procedure Frame;
    begin
        SetviewPort(0,    0,    Xmax,    Ymax-(TextHeight('M')+4)-1,
    ClipOn);
        SetColor(blue);
        Rectangle(0, (TextHeight('M')+4)+2,
                     Xmax, (Ymax-(TextHeight('M')+4)-1)-1);
        SetviewPort(1, (TextHeight('M')+4)+3,
                       Xmax-2,(Ymax-(TextHeight('M')+4)-1)-2,
    ClipOn);
    end;

    procedure LineInit; { startup draw after set or help }
    begin
        LinecountSet := 0;
        LinecountProcess := 0;
        LinecountError := 0;
    end;

    procedure Fullport;
    begin
      SetviewPort(0, 0, Xmax, Ymax, ClipOn);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end;
procedure MessageFrameBottom(Msg:string);
begin
  Fullport;
  SetColor(lightblue);
  SetTextStyle(DefaultFont, HorizDir, 1);
  SetTextJustify(CenterText, TopText);
  SetlineStyle(SolidLn, 0, NormWidth);
  SetfillStyle(EmptyFill, 0);
  Bar(0, Ymax-(TextHeight('M')+4), Xmax, Ymax);
  Rectangle(0, Ymax-(TextHeight('M')+4), Xmax, Ymax);
  SetColor(lightcyan);
  OutTextxy(Xmax div 2, Ymax-(TextHeight('M')+2), Msg);
  Frame;
end;

procedure MessageFrameTop(Msg:string);
begin
  Fullport;
  SetColor(lightblue);
  SetTextStyle(DefaultFont, HorizDir, 1);
  SetTextJustify(CenterText, TopText);
  SetlineStyle(SolidLn, 0, NormWidth);
  SetfillStyle(EmptyFill, 0);
  Bar(0, 0, Xmax, (TextHeight('M')+4));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Rectangle(0, 0, Xmax, (TextHeight('M')+4));
    SetColor(lightcyan);
    OutTextxy(Xmax div 2, (TextHeight('M')-5), Msg);
    Frame;
end;

procedure OutInt(Numin : integer);
var
   TextOut : string;
   Ch : char;
begin
     Str(Numin, TextOut);
     OutText(TextOut);
end;

procedure DisplayBar;
var
   Step, Step2, Text, Error1 : integer;
begin
     SetColor(lightmagenta);
     Line(80,75,80,235);
     Line(80,235,295,235);
     Step := 0;
     Text := 100;
     for Step2 := 1 to 6 do { display Line and tempscale }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        begin
             Line(75,Step+80,80,Step+80);
             OutIntxy(60,Step+77,Text);
             Text := Text-20;
             Step := Step+31;
        end;
      OutTextxy(79,65,'C'); { display index value }
      OutTextxy(115,245,'set');
      OutTextxy(115,255,'value');
      OutTextxy(188,245,'process');
      OutTextxy(190,255,'value');
      OutTextxy(264,245,'error');

SetColor(yellow); { display box }
Rectangle(Xmax  div 2-250,Ymax div 2+60,Xmax div 2+250,Ymax div
2+160);
OutTextxy(Xmax div 2-280,Ymax div 2+180,'Time');
OutTextxy(Xmax div 2+270,Ymax div 2+58,'Max');
OutTextxy(Xmax div 2+270,Ymax div 2+155,'Min');
     Step := 0;
for Step2 := 1 to 21 do { display Line scale of box }
    begin
    Line(Step+Xmax  div  2-250,Ymax  div 2+160,Step+Xmax div 2-
250,
                              Ymax div 2+165);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Step := Step+25;
      end;
                { display graph }
       SettempDisplay := Temp * 15 div 10;
       CelcuisDisplay := celcuis * 15 div 10;
       Error2 := celcuis - Temp;
       Error1 := SettempDisplay - CelcuisDisplay;
       ErrorDisplay := abs(Error1);
       SetlineStyle(solidln,0,normwidth);

      while  LinecountSet  <  SettempDisplay  do { display graph
SetTemp }
             begin
                  SetColor(lightgreen);
                  Line(100,230-LinecountSet,125,230-
LinecountSet);
                  Inc(LinecountSet);
             end;
      while  LinecountSet  >  SettempDisplay  do  { delete graph
SetTemp }
             begin
                  SetColor(black);
                  Line(100,230-LinecountSet,125,230-
LinecountSet);
                  Dec(LinecountSet);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            end;
      while  LinecountProcess  <  CelcuisDisplay  do  {  display
graph readtemp }
             begin
                  SetColor(lightblue);
                  Line(175,230-LinecountProcess,200,230-
LinecountProcess);
                  Inc(LinecountProcess);
            end;
      while  LinecountProcess > CelcuisDisplay do { delete graph
readtemp }
            begin
                  SetColor(black);
                  Line(175,230-LinecountProcess,200,230-
LinecountProcess);
                  Dec(LinecountProcess);
            end;
      while  LinecountError  <  ErrorDisplay  do { display graph
error }
            begin
                  SetColor(lightred);
                  Line(250,230-LinecountError,275,230-
LinecountError);
                  Inc(LinecountError);
            end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        while  LinecountError  >  ErrorDisplay  do  { delete graph
    error }
                begin
                     SetColor(black);
                     Line(250,230-LinecountError,275,230-
    LinecountError);
                     Dec(LinecountError);
                end;

    end;

    procedure DisplayText;

    procedure Y;
    begin
         SetColor(yellow);
    end;

    procedure C;
    begin
         SetColor(lightgreen);
    end;

    begin
         SetfillStyle(emptyfill,black);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Fullport;
      if   celcuis   >   90   then   Messageframebottom('Warning..
Temperature exceed limit');
      if   celcuis   <   90   then   Messageframebottom('Computer
intefacing unit (group 3) Shift+? to help');
      Fullport;
      SetColor(yellow); { display mode and Sound status }
      OutTextxy(50,40,'mode :');
      OutTextxy(50,60,'Sound :');
      Bar(85,40,170,50); { delete modedisplay }
      C;
      OutTextxy(125,40,ModeFlag);
      Bar(85,60,115,70); { delete soundout }
      OutTextxy(97,60,OutSound);
      Y;
      SetColor(lightblue); { display Temp }
      SetviewPort(355,35+2+(textheight('A')),605,235+2+
(textheight('A')), clipon);
      Rectangle(2,2,248,198);
      Rectangle(0,0,250,200);
      SetColor(yellow);
      OutTextxy(160,15,'.');
      OutTextxy(80,25,' Set value : C');
      Bar(125,25,160,45); { delete display set Temp }
      C;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      OutIntxy(140,25,Temp);
      Y;
      OutTextxy(80,50,' Temperature process');
      Bar(60,80,80,90);   { delete display Temp variable in
celcuis }
      C;
      OutIntxy(70,80,celcuis);
      Y;
      OutTextxy(80,80,' Celcuis');
      Bar(55,100,90,110); { delete display Temp variable in
farenheit }
      C;
      OutIntxy(70,100,fahrenheit);
      Y;
      OutTextxy(80,100,' Fahrenheit');
      Bar(55,120,90,130); { delete display Temp variable in
kelvin }
      C;
      OutIntxy(70,120,kelvin);
      Y;
      OutTextxy(80,120,' Kelvin');
      Bar(55,140,90,150); { delete display Temp variable in
rankine }
      C;
      OutIntxy(70,140,rankine);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Y;
        OutTextxy(80,140,' Rankine');
        OutTextxy(80,165,' Error : C');
        OutTextxy(147,0155,'.');
        Bar(110,165,140,185); { delete display error }
        C;
        OutIntxy(125,165,Error2);
        Y;
        Fullport;
    end;

    procedure  DisplayRealtime;  {  display temperature in realtime
    mode }
    var
        CelcuisPoint, ErrorPoint, SetPoint, ColorError : integer;
        PlotGraphSize, TimeGraphSize : word;
        P, G : pointer;

    procedure RealTimeinit;
    begin
                    { find Size of picture , send value to memory }
        PlotGraphSize := imagesize(Xmax div 2-250+2,Ymax div 2+60-
    1+18,
                        Xmax div 2+250-1,Ymax div 2+160+14);
    TimeGraphSize := imagesize(Xmax div 2-250+2,Ymax div 2+187,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    Xmax div 2+250-1+10,Ymax div 2 + 213);
  GetMem(P, PlotGraphSize);
       GetMem(G, TimeGraphSize);
  end;

  procedure DisplayTime;
  begin
  SetColor(lightmagenta);
  GetTime(Hour, Minute, Second, sec100 );
  TimeLast := Second;
  TimeBuffer := TimeFirst - TimeLast;
  TimeBuffer := abs(TimeBuffer);
  if TimeBuffer = 59 then
  begin
  Inc(TimeInit);
  OutIntxy(Xmax div 2+250-10,433, TimeInit);
  end;
  TimeFirst := TimeLast;
  GetImage(Xmax div 2-250+2,Ymax div 2+187,Xmax div 2+250-1+10,
                    Ymax div 2 + 213,G^);
  PutImage(Xmax div 2-250+1,Ymax div 2+187,G^,Copyput);
  Freemem(G, TimeGraphSize);
  end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin
     RealTimeinit;
     DisplayTime;
     SetColor(black);

 { converse to graphic coordinate }
CelcuisPoint := 317 + (96 - celcuis * 96 div 100);
ErrorPoint := 317 + (96 - abs(Error2) * 96 div 100);
SetPoint := 317 + (96 - Temp * 96 div 100);

      { plot line of Temp in first column from right }
     setcolor(lightred);
     line(Xmax   div   2+250-1,ErrorPoint,Xmax   div   2+250-2,
ErrorpointOld);

     if celcuis > 90 then ColorError := red
        else ColorError := lightblue;
     setcolor(ColorError);
     line(Xmax   div   2+250-1,CelcuisPoint,Xmax   div   2+250-2,
CelcuispointOld);

     setcolor(lightgreen);
     line(Xmax    div    2+250-1,SetPoint,Xmax    div    2+250-2,
SetpointOld);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    { shift picture from right to left }
GetImage(Xmax div 2-250+3,Ymax div 2+60-1+18,Xmax div 2+250,
                    Ymax div 2+160+14,P^);
SetfillStyle(emptyfill,black);
PutImage(Xmax div 2-250+2,Ymax div 2+60-1+18,P^,Copyput);


     CelcuispointOld := CelcuisPoint;
     ErrorpointOld := ErrorPoint;
     SetpointOld := SetPoint;
                    { clear memory }
     Freemem(P, PlotGraphSize);
end;

procedure DisplayFrame;
begin
     MessageFrameTop('Close loop control temperature');
     MessageFrameBottom('Computer  intefacing  unit  (group  3)
Shift+? to help');
end;

Procedure Outtemp;
Begin
     port[PortCntrl] := ControlWord;
     port[PortC]  :=  ModeTemp;  {  set status of relay ; on or
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
off }
     port[PortB] := DataTemp; { send data to port output }
End;

Procedure Soundkey; { Sound generate while set mode }
Begin
     if SoundFlag = on then
        begin
             Sound(1350); Delay(100); NoSound;
             Sound(1600); Delay(100); NoSound;
        end;
End;

Procedure SoundError; { Sound generate when error occur }
begin
     if SoundFlag =on then
        begin
             Sound(3000); Delay(100); NoSound;
        end;
end;

Procedure SoundExit; { Sound generate before exit }
Begin
     if SoundFlag = on then
        begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Sound(800); Delay(250); NoSound;
                Sound(700); Delay(200); NoSound;
                Sound(950); Delay(150); NoSound;
          end;
End;

Procedure SoundBeep; { Sound generate repeat loop }
Begin
     if celcuis > 90 then
          begin
               Sound(140); Delay(100); NoSound; Delay(90);
               Sound(140); Delay(100); NoSound; Delay(90);
               Sound(140); Delay(100); NoSound;
          end;
     if (SoundFlag = on) and (celcuis < 91) then
        begin
             Sound(1300); Delay(15); NoSound;
        end;
End;

Procedure  ReadportandConvert; { read data from port and
convert to Temp }
Begin
     Ainput := port[PortA];
     Celcuis  := Ainput * 392156 div 1000000; { Temp time scale
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
adjust }
     Fahrenheit  :=  (Celcuis  *  9  div  5)+32;  {  Celcuis to
Fahrenheit }
     Kelvin  :=  Celcuis  +  273  +  15  div  100; { Celcuis to
Kelvin }
     Rankine  :=  (Celcuis  +  273  +  15  div 100)* 9 div 5; {
Celcuis to Rankine }
End;

Procedure Quit; { Display before exit from program }
var
P1, P2 : pointer;
Size1, Size2 : word;
Ch : char;
Begin
Fullport;
    { send safety value to port }
port[PortB] := $0;
     port[PortC] := switchoff or fanoff;
     SoundExit;
    { save picture to memory }
Size1  :=  imagesize(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2
+250 +15,
               Ymax div 2 +15);
Size2  :=  imagesize(Xmax  div 2 -250,Ymax div 2 +16,Xmax div 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
+250 +15,
                Ymax div 2 +200 +15);
    GetMem(P1, Size1);
    GetMem(P2, Size2);
    GetImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250 +15,
                        Ymax div 2 +15,P1^);
    GetImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,Xmax div 2 +250 +15,
                        Ymax div 2 +200 +15,P2^);

    SetfillStyle(1,lightmagenta); { shadow of window }
    Bar(Xmax  div  2  -250  +15,Ymax div 2 -200 +15,Xmax div 2 +250
    +15,
                Ymax div 2 +200 +15);

        SetfillStyle(1,black);  {  delete  background  for place a
    window }
        Bar(Xmax  div  2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250,Ymax
    div 2 +200);

    SetfillStyle(1,magenta); { background of window }
        Bar(Xmax  div  2 -247,Ymax div 2 -197,Xmax div 2 +247,Ymax
    div 2 +197);

        SetColor(yellow); { edge of window }
        Rectangle(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    Ymax div 2 +200);
  SetColor(lightgreen);
  OutTextxy(320,70,'CLOSE LOOP CONTROL TEMPERATURE');
  SetColor(yellow);
  OutTextxy(320,110,'Made  by : Computer interfacing Unit ( group
  3 ) ');
  OutTextxy(320,140,'Faculty      of      Engineering,Industrial
  Instrumentation Technology');
  OutTextxy(320,170,'King  Mongkut"s  Institue  of  Technology
  Ladkrabang.');
  OutTextxy(320,200,'KMITL');
  SetColor(lightgreen);
  OutTextxy(320,240,'PRODUCER');
  SetColor(yellow);
  OutTextxy(320,270,'Mr. Nattee Prival : Programmer ');
  OutTextxy(320,295,'Mr. Rewat Wan-a-loh : Circuit hardware');
  OutTextxy(320,320,'Mr.   Apichart   Anugulvach   :   Project
  hardware');
  OutTextxy(320,345,'Ms. Jiraporn Janmalila : Report formed ');
  OutTextxy(320,370,'Mr. Phakorn Hutasangkas : Advisor ');
  SetColor(lightred);
  OutTextxy(320,405,' Press any key to Quit');
  Ch := readkey;

   { return picture to screen }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PutImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,P1^,Copyput);
PutImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,P2^,Copyput);
Freemem(P1, Size1);
Freemem(P2, Size2);
Closegraph;
End;

Procedure Readin; { Read keyboard pressed }
var
   Readkeyboard : char;

procedure ErrorSet;
var
   size : integer;
   p : pointer;
begin
   FullPort;
{ save picture to memory }
    Size  :=imagesize(Xmax  div 2 -200,Ymax div 2 -100,Xmax div
2 +200 +15,
                                Ymax div 2 +100 +15);
    GetMem(P,Size);
    GetImage(Xmax  div  2  -200,Ymax div 2 -100,Xmax div 2 +200
+15,
                        Ymax div 2 +100 +15,P^);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      SetfillStyle(1,lightred); { shadow of window }
           Bar(Xmax  div  2 -200 +15,Ymax div 2 -100 +15,Xmax div
2 +200 +15,
                    Ymax div 2 +100 +15);

           SetfillStyle(1,black);  {  delete background for place
a window }
           Bar(Xmax  div  2 -200,Ymax div 2 -100,Xmax div 2 +200,
Ymax div 2 +100);

           SetfillStyle(1, red); { background of window }
           Bar(Xmax  div  2  -196,Ymax div 2 -96,Xmax div 2 +196,
Ymax div 2 +96);

           SetColor(yellow); { edge of window }
           Rectangle(Xmax  div  2 -200,Ymax div 2 -100,Xmax div 2
+200,
                          Ymax div 2 +100);

           SetColor(yellow);
           OutTextxy(320,180,'Error missing input');
      OutTextxy(320,240,'You want to help. press shift+?');
      OutTextxy(320,260,'while in set temperature');
           SetColor(lightred);
           OutTextxy(320,310,' press any key to continue...');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Ch := readkey;
    { clear memory }
        PutImage(Xmax div 2 -200,Ymax div 2 -100,P^,Copyput);
        SetfillStyle(solidfill,black);
        Bar(90,80,280,245);
        Freemem(P, Size);
            Temp := Temporary;
            SetTemperature := Temp * (2 + 55 div 100);
            readin;
        end;

    Procedure SetMode; { set operation mode }
    Begin
         Soundkey;
         if Readkeyboard = #12 then { modelinear }
                        Begin
                             ModeTemp := linear;
                             ModeFlag    :='linear';    {    display
    linear }
                             TempFlag  :=  linearmode;  { set Code
    pass Compare }
                        End;
         if Readkeyboard = #23 then
                        Begin
                             ModeFlag    :=    'switch';  {  display
    switch }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    TempFlag  :=  SwitchMode;  { set Code
pass Compare }
                End;
                    Readin;
end;

Procedure SetTemp; { set temperature }
var
   Code : integer;
   P : pointer;
   Size : word;
   procedure  ReadInt(var  value:integer;  count:integer;  var
Code:integer);
   var
      Strg : string;
      Ptr : integer;
      quit : boolean;
         procedure HelpSet; { help on set }
    var
   Size1, Size2 : word;
   P1, P2 : pointer;
    begin
    Fullport;
{ save picture to memory }
    Size1 := imagesize(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    Xmax div 2 +250 +15,Ymax div 2 +15);
    Size2 := imagesize(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,
                    Xmax div 2 +250 +15,Ymax div 2 +200
+15);
    GetMem(P1, Size1);
    GetMem(P2, Size2);
    GetImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250
+15,
                    Ymax div 2 +15,P1^);
    GetImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,Xmax div 2 +250
+15,
                    Ymax div 2 +200 +15,P2^);

    SetfillStyle(1,blue); { shadow of window }
          Bar(Xmax div 2 -250 +15,Ymax div 2 -200 +15,
                    Xmax div 2 +250 +15,Ymax div 2 +200
+15);

          SetfillStyle(1,black); { delete background for
place a window }
          Bar(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2
+250,
                    Ymax div 2 +200);
          SetfillStyle(1,lightblue);    { background of
window }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Bar(Xmax  div  2  -247,Ymax div 2 -197,Xmax div 2
+247,
                        Ymax div 2 +197);

                SetColor(yellow); { edge of window }
                Rectangle(Xmax  div  2  -250,Ymax div 2 -200,Xmax
div 2 +250,
                                Ymax div 2 +200);
                SetColor(lightcyan);
                OutTextxy(320,90,'Help');
                SetColor(white);
                OutTextxy(320,130,'Setting temperature help.');
                OutTextxy(320,160,'Operating   range   30   -   90
celcuis');
                OutTextxy(320,260,'  Esc   :  Exit set temperature
no change value ');
                OutTextxy(320,300,'  Enter : to confirm enter new
value ');
                SetColor(lightcyan);
                OutTextxy(320,210,'Help key');
                SetColor(lightred);
                OutTextxy(320,370,'  press any key to continue...
');
    Ch := readkey;
    { restore memory clear heap }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PutImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,P1^,Copyput);
PutImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,P2^,Copyput);
Freemem(P1, Size1);
Freemem(P2, Size2);
SetTemp;
end;

     procedure Number;
     var
       X : integer;
     begin
        if Ptr > count then write(^G)
        else
           begin
              case Ptr of
                   1 : X := 388;
                   2 : X := 396;
           end;
          OutTextxy(X,250,Ch);
          Ptr := Ptr+1;
          Strg := Strg + Ch;
     end;
  end;

begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          Ptr := 1;
          Strg := '';
          HelpFlag := false;
          quit := false;
          repeat
                Ch := readkey;
                case Ch of
                  ^[  : begin Strg := #27; quit := true; end;{ if
Esc pressed }
                  ^m : quit := true; { if Enter pressed }
     #63 : begin
PutImage(Xmax div 2 -200,Ymax div 2 -100,P^,Copyput);
Freemem(P,Size);
HelpSet;
  end;
            '0'..'9': Number;
                else
                    write(^G);
                end;
          until quit;
          val(Strg, value,Code);
          if (Strg = #27) or (Strg = '') then Code := 1;
    end;

Begin { SetTemp }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Fullport;
Size  :=  imagesize(Xmax  div 2 -200,Ymax div 2 -100,Xmax div 2
+200 +15,
             Ymax div 2 +100 +15);
GetMem(P, Size);
GetImage(Xmax div 2 -200,Ymax div 2 -100,Xmax div 2 +200 +15,
                  Ymax div 2 +100 +15,P^);

SetfillStyle(1,blue); { shadow of window }
     Bar(Xmax  div  2  -200  +15,Ymax div 2 -100 +15,Xmax div 2
+200 +15,
             Ymax div 2 +100 +15);

     SetfillStyle(1,black); { delete background for place a
window }
     Bar(Xmax  div  2 -200,Ymax div 2 -100,Xmax div 2 +200,Ymax
div 2 +100);

     SetfillStyle(1,lightblue); { background of window }
     Bar(Xmax  div  2  -196,Ymax div 2 -96,Xmax div 2 +196,Ymax
div 2 +96);

     SetColor(yellow); { edge of window }
     Rectangle(Xmax div 2 -200,Ymax div 2 -100,Xmax div 2 +200,
                  Ymax div 2 +100);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Soundkey;
    Temporary := Temp;
    SetColor(lightcyan);
    OutTextxy(320,170,' Set temperature ');
    SetColor(white);
    OutTextxy(280,220,' temperature old value : ');
    OutIntxy(392,220,Temporary);
    OutTextxy(280,250,' temperature new value : ');
    SetColor(lightred);
    OutTextxy(320,310,' press Shift+? to help');

    SetColor(lightgreen);
    ReadInt(Temp,2,Code);
    if Code =1 then { Esc pressed }
       begin
            SoundError;
            SoundError;
            Temp := Temporary; { Esc pressed use old value }
       end;

       PutImage(Xmax div 2 -200,Ymax div 2 -100,P^,Copyput);
  SetfillStyle(solidfill,black);
  Bar(90,80,280,245);
  Freemem(P, Size);
    if  (  Temp  > 29 ) and ( Temp < 91 ) then { set Temp 30 -
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
90 celcuis }
        SetTemperature := Temp * ( 2 + 55 div 100)
     else { input missing value }
          begin
               SoundError;
               SoundError;
               ErrorSet;

    end;

   Readin; { end SetTemp }
end;

procedure Compare;
begin
     if  Temp+2  >  celcuis  then { if set > Temp then increase
Temp }
        begin
             if  TempFlag  =  linearmode  then  { if linear off
relay and fan }
                begin
                     ModeTemp := linear or fanoff;
                    while DataTemp < 255 do
                     DataTemp  :=  DataTemp  +  2;  {  increase
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Temp }
                    ModeFlag := 'linear '; { display linear }
                end;
            if  TempFlag  =  SwitchMode  then  {  if switch on
relay, off fan }
                begin
                    ModeTemp := switchon or fanoff;
                    ModeFlag  :=  'switch  on  ';  {  display
switch on }
                end;
        end
    else
        begin
            if  TempFlag  =  linearmode  then  { if linear off
relay,on fan }
                begin
                    ModeTemp := linear or fanon;
                while DataTemp = $0 do
                    DataTemp  :=  DataTemp  -  2;  {  decrease
Temp }
                    ModeFlag := 'linear '; { display linear }
                end;
            if  TempFlag  =  SwitchMode  then  { if switch off
relay,on fan }
                begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    DataTemp := $0; { set tr off }
                    ModeTemp := switchoff or fanon;
                    ModeFlag   :=   'switch  off';  {  display
switch off }
                end;
        end;
end;

procedure SetSound;
begin
     if SoundFlag = on then
        begin
            SoundFlag := off;
            OutSound := 'off';
        end
      else
         begin
              SoundFlag := on;
              OutSound := ' on';
         end;
        Readin;
end;
procedure HelpText;
var
P1, P2 : pointer;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Size1, Size2 : word;
begin
Fullport;
    { save picture to memory }
Size1  :=  imagesize(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2
+250 +15,
             Ymax div 2 +15);
Size2  :=  imagesize(Xmax  div 2 -250,Ymax div 2 +16,Xmax div 2
+250 +15,
             Ymax div 2 +200 +15);
GetMem(P1, Size1);
GetMem(P2, Size2);
GetImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250 +15,
                Ymax div 2 +15,P1^);
GetImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,Xmax div 2 +250 +15,
                Ymax div 2 +200 +15,P2^);

SetfillStyle(1,blue); { shadow of window }
     Bar(Xmax  div  2  -250  +15,Ymax div 2 -200 +15,Xmax div 2
+250 +15,
             Ymax div 2 +200 +15);

     SetfillStyle(1,black);  {  delete  background  for place a
window }
     Bar(Xmax  div  2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250,Ymax
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
div 2 +200);
     SetfillStyle(1,lightblue); { background of window }
     Bar(Xmax  div  2 -247,Ymax div 2 -197,Xmax div 2 +247,Ymax
div 2 +197);

     SetColor(yellow); { edge of window }
     Rectangle(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,Xmax div 2 +250,
                    Ymax div 2 +200);
     SetColor(lightcyan);
     OutTextxy(320,70,'Help');
     SetColor(white);
     OutTextxy(320,110,'This   program   is   used   to   control
temperature by feed back.');
     OutTextxy(320,140,'This is called close loop control');
     SetColor(lightcyan);
     OutTextxy(320,200,'Hot key help');
     SetColor(white);
     OutTextxy(320,240,'Ctrl+Q  :  quit  from  this program and
exit to dos ');
     OutTextxy(320,270,'Ctrl+O : on or off Sound ( Toggle ) ');
     OutTextxy(320,300,'Ctrl+W  :  set operation in switch mode
( on off relay ) ');
     OutTextxy(320,330,'Ctrl+L  :  set operation in linear mode
');
     OutTextxy(320,360,'Ctrl+S   :   define   operation   point
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
temperature ');
     OutTextxy(320,390,'Shift+? : display this help ');
     SetColor(lightred);
     OutTextxy(320,420,' press any key to continue...');
Ch:= readkey;
 { return picture to screen }
PutImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 -200,P1^,Copyput);
PutImage(Xmax div 2 -250,Ymax div 2 +16,P2^,Copyput);
     SetfillStyle(solidfill,black);
Bar(90,80,280,245);
Freemem(P1,Size1);
Freemem(P2,Size2);
Readin;
end;

Begin { Readin }
               LineInit;
               DisplayFrame;
          repeat
               SoundBeep;
               Outtemp;
               ReadportandConvert;
               DisplayBar;
               DisplayText;
               DisplayRealtime;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Compare;
                Frame;
        until
                keypressed; { If key pressed }
                Readkeyboard := readkey;
                case Readkeyboard of
                  #23,  #12 : SetMode; { if Ctrl+L,Ctrl+W pressed
goto SetMode }
                        #19  :  SetTemp;  { if Ctrl+S pressed goto
SetTemp }
                        #15  :  SetSound; { if Ctrl+O pressed goto
set Sound }
                        #17  :  Quit;  {  if  Ctrl+Q  pressed goto
quit }
                        #63 : HelpText;
                else
                 Readin;
                end; { Return to loop }
End;

Begin { Main program }
        Init;
        Readin;
End. { end main }
        { End Close Loop Control }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

เมื่อต่อสายเชื่อมต่อเข้ากับ COMPUTER INTERFACE UNIT (TEMPERATURE) และ INTERFACE CARD เรียบร้อยแล้ว จึงใส่ INTERFACE CARD ลงไปใน SLOT ของคอมพิวเตอร์ แล้วจึงเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ และ เปิดเครื่อง COMPUTER INTERFACE UNIT (TEMPERATURE) และใส่ดิสต์ที่มีโปรแกรม

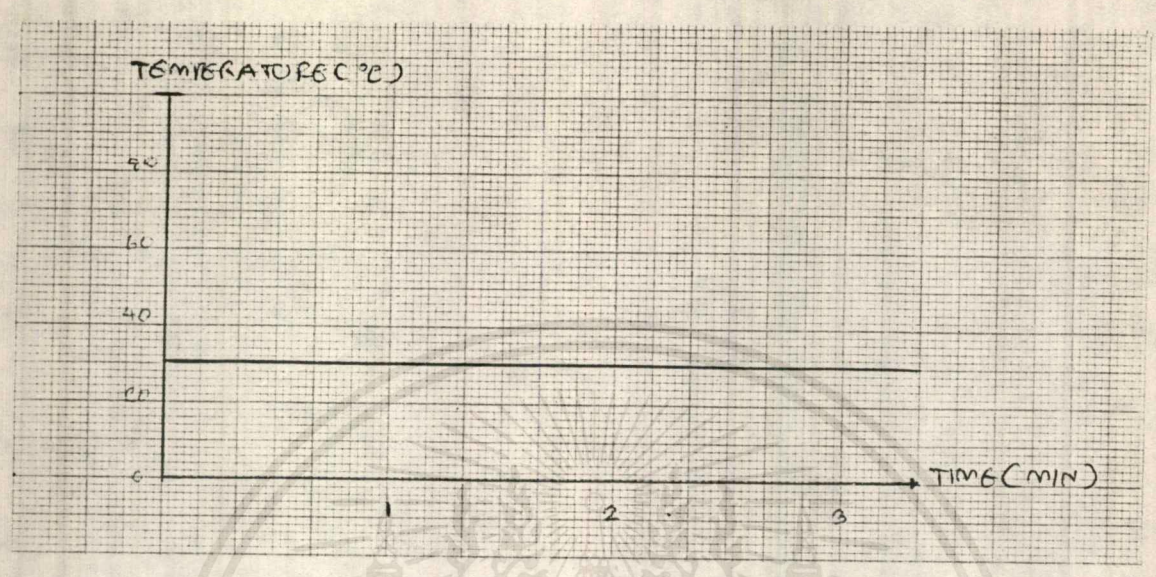
- READTEMP.EXE
- OPENLP.EXE
- CLOSELP.EXE

ลงใน disk drive ขณะนี้พร้อมที่จะทดลองชุดการเชื่อมต่อทางไมโครคอมพิวเตอร์ โดยเป็นการเชื่อมต่อ เพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในบริเวณที่ควบคุม

ภาคตรวจจับอุณหภูมิเปลี่ยนอุณหภูมิให้เป็นแรงดันอนาล็อกซึ่งจะสามารถวัดได้ที่จุด TP (Test Point)

เมื่อเรียกโปรแกรม READTEMP.EXE อ่านค่าอุณหภูมิที่แสดงบนจอภาพในขณะนี้ ตัวทำความร้อนจะปิดอยู่ และอ่านอุณหภูมิจากจอแสดงผลได้ประมาณ 28 - 30 องศาเซลเซียส และวัดแรงดันที่จุดทดสอบได้ 1.78 โวลท์ และที่ภาพกราฟฟิคจะได้กราฟดังรูปที่ 4.1

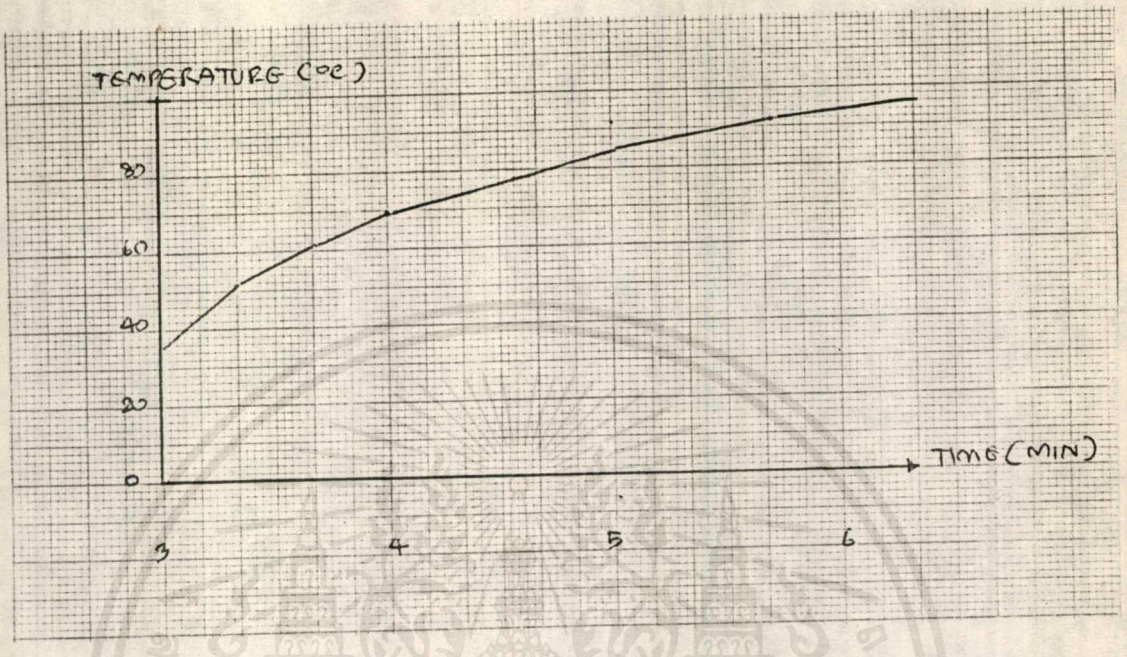
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงกราฟของอุณหภูมิในตอนเริ่มต้นโปรแกรม READTEMP.EXE

ต่อมากดคีย์H บนคีย์บอร์ดเพื่อให้ อุปกรณ์ทำความร้อนทำงาน จะเห็นกราฟของอุณหภูมิค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อถึงแรงดันต่าง ๆ ก็วัดค่าแรงดันที่จุดทดสอบ ซึ่งอุณหภูมิจะดูได้จากกราฟฟิกบนจอแสดงผลดังรูปที่ 4.2 แล้วบันทึกค่าที่ได้ลงในตาราง จะได้ค่าเป็นไปตามตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหลังจากให้อุปกรณ์ทำความร้อนทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	แรงดัน (โวลท์)	แรงดัน/อุณหภูมิ
32	1.78	0.055625
35	1.86	0.0531428
40	2.04	0.051
45	2.13	0.047333
50	2.30	0.046
55	2.71	0.0492727
60	2.90	0.0483333
65	3.24	0.0498461
70	3.32	0.0474285
75	3.60	0.048
80	3.85	0.048125
85	4.14	0.0487058
90	4.36	0.0484444

ตารางที่ 4.1 แสดงระดับแรงดันที่อุณหภูมิต่าง ๆ

และคำนวณอัตราส่วนของ แรงดัน ต่อ อุณหภูมิ ได้ดังตารางช่องท้าย

หาค่าเฉลี่ยได้เท่ากับ 0.6412562/13 = 0.0493274

ซึ่งค่าเฉลี่ยที่ได้นี้จะสามาระนำไปหาอุณหภูมิโดยประมาณที่ค่าแรงดันต่าง ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

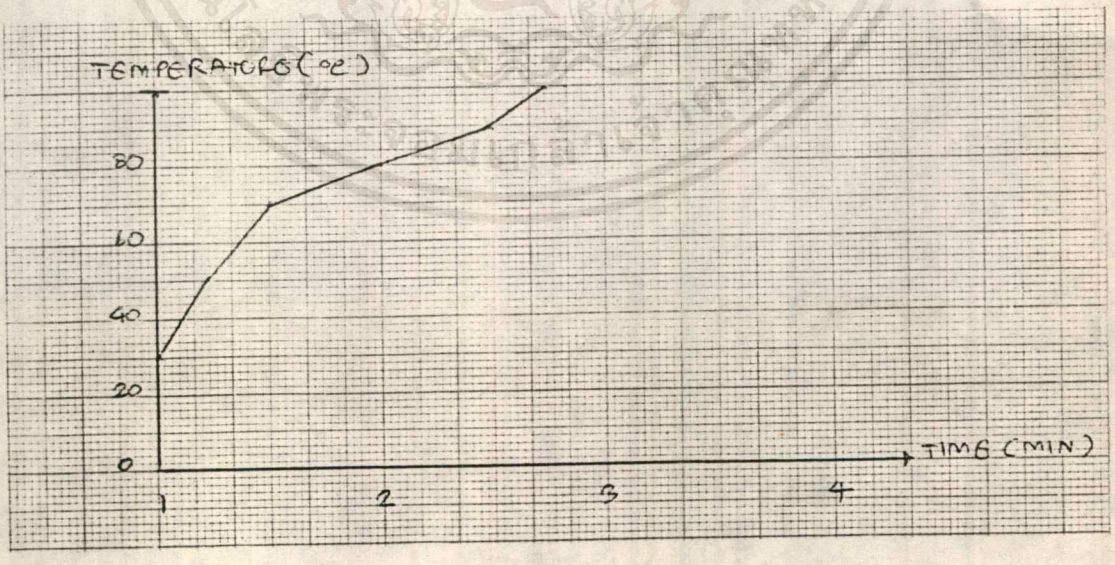
อุณหภูมิ = แรงดันที่อ่านได้ * อุณหภูมิ/แรงดัน

เช่น วัดแรงดันได้ 1.78 จะได้ค่าอุณหภูมิประมาณ

คือ 1.78 * 1/0.0493274 = 36 องศาเซลเซียส

ซึ่งดูจากตารางที่วัดได้จะได้ค่าประมาณ 32 โวลท์ แสดงว่าสเกลการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่อแรงดันมีลักษณะที่เป็นเชิงเส้นที่ไม่สมบูรณ์

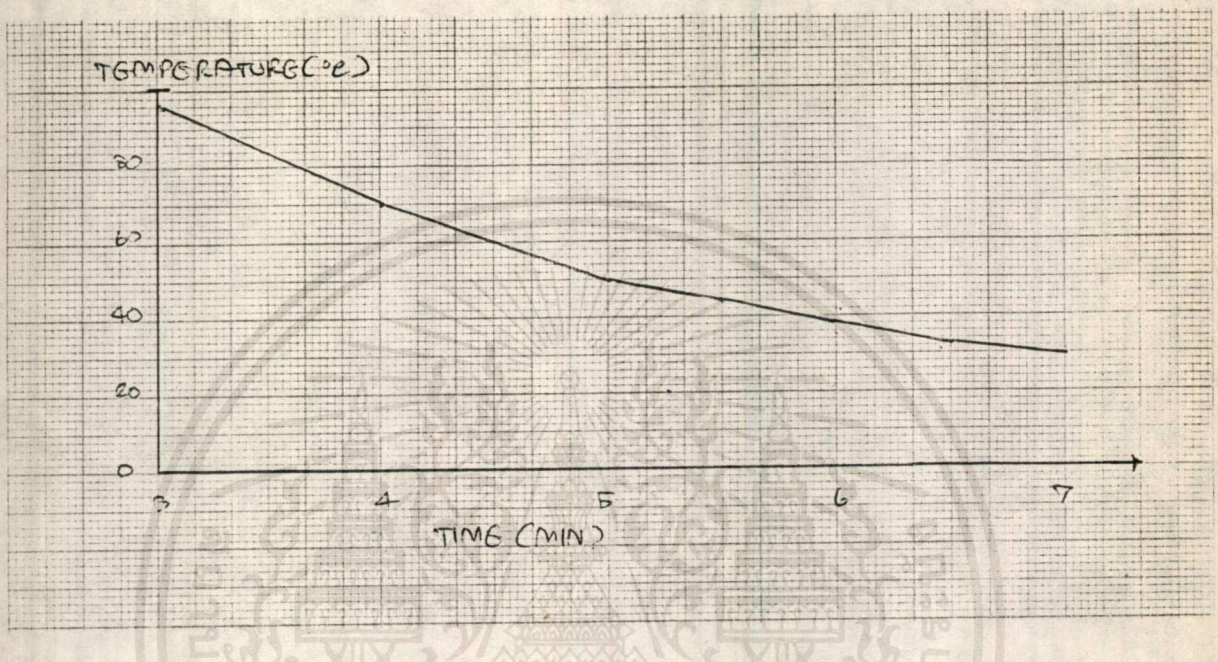
การควบคุมอุณหภูมิแบบลูปเปิด หรือ แบบ Manual Control เป็นการควบคุมอุณหภูมิโดยผู้ทดลอง สามารถกำหนดการทำงานต่าง ๆ ได้ โดยการกำหนดที่คีย์บอร์ดเรียกโปรแกรม OPENLP.EXE เปลี่ยนการควบคุมเป็น MODE SWITCH ON โดยการกดคีย์ CTRL พร้อมกับ N หรือจะดูได้ใน HELP ของโปรแกรม และสังเกตอุณหภูมิแล้วเขียนกราฟ โดยแสดงค่าอุณหภูมิเทียบกับเวลาได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงอุณหภูมิเมื่อกำหนดให้ทำงานเป็น MODE SWITCH ON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

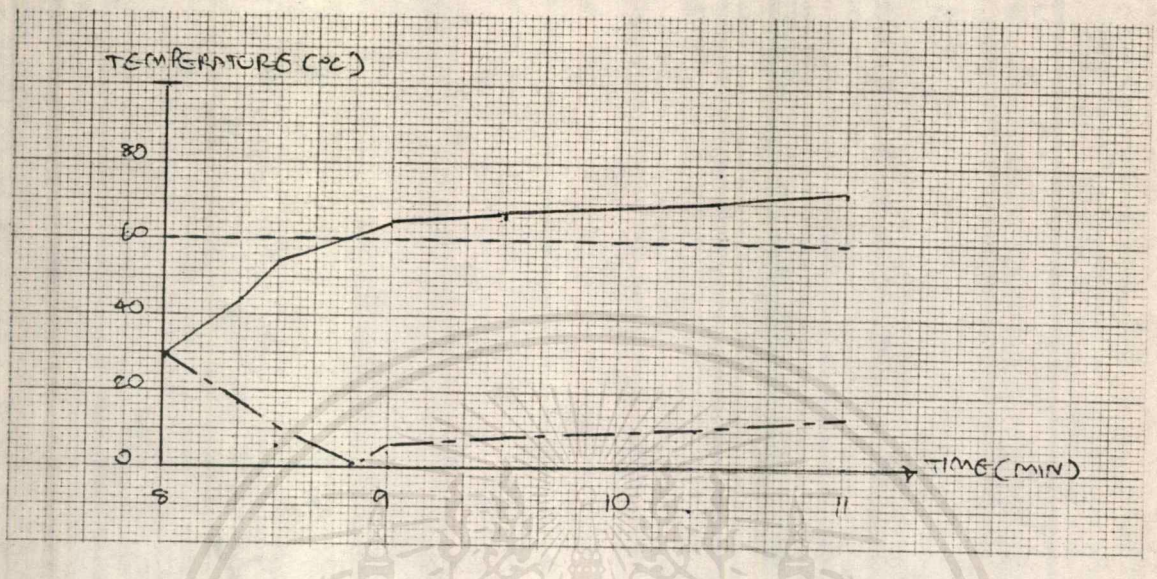
เปลี่ยนการควบคุมเป็น MODE SWITCH OFF โดยการกดคีย์ CTRL พร้อมกับ F หรือจะดูได้ใน HELP ของโปรแกรม และสังเกตุอุณหภูมิแล้วใส่ลงในกราฟโดยแสดงค่าของอุณหภูมิเทียบกับเวลา แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิเมื่อกำหนดให้ทำงานเป็น MODE SWITCH OFF

จากนั้นเปลี่ยนเป็น MODE LINEAR โดยการกดคีย์ CTRL พร้อมกับ L และ SET อุณหภูมิไว้ในย่าน 50 - 70 องศาเซลเซียส โดยการกดคีย์ CTRL พร้อม S สังเกตุการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ซึ่งแสดงดังรูป 4.5

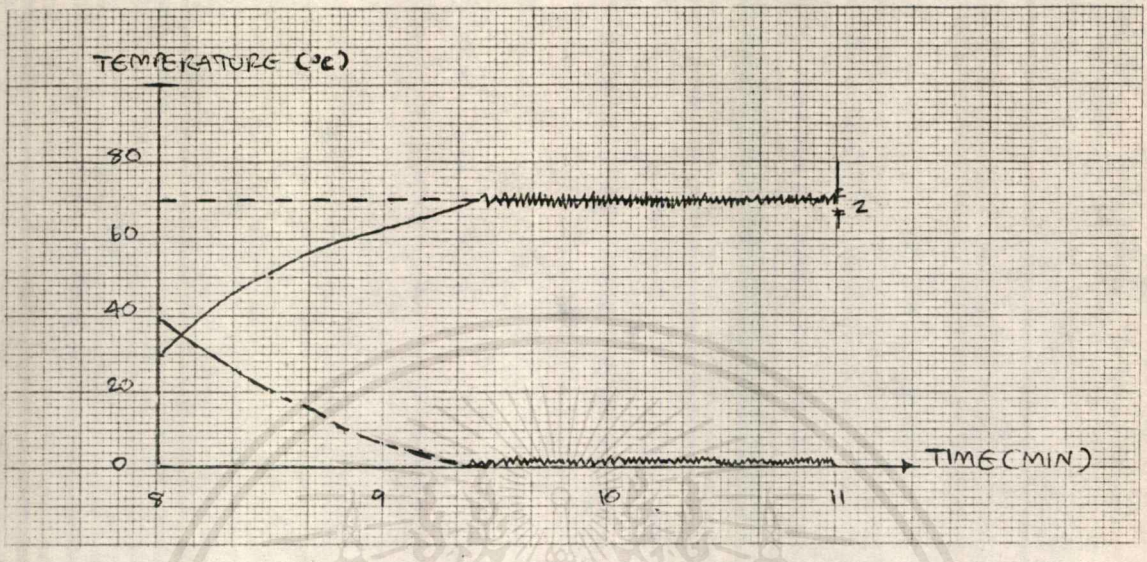
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงอุณหภูมิเมื่อกำหนดให้ทำงานเป็น MODE LINEAR และตั้งค่าอุณหภูมิไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส

การควบคุมอุณหภูมิแบบลูปปิด หรือแบบ AUTOMATIC CONTROL จะเป็นการควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ผู้ทดลองมีหน้าที่เพียงแต่กำหนดค่าอุณหภูมิที่ต้องการเท่านั้นโดยใช้โปรแกรม CLOSELP.EXE เปลี่ยนการควบคุมเป็น MODE SWITCH โดยกดคีย์ CTRL พร้อมกับ W หรือดูการตั้งได้จาก HELP ในโปรแกรม ตั้งอุณหภูมิไว้ 70 องศาเซลเซียส สังเกตุอุณหภูมิแล้วเขียนกราฟ โดยแสดงค่าอุณหภูมิเทียบกับเวลาดังแสดงดังรูป 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

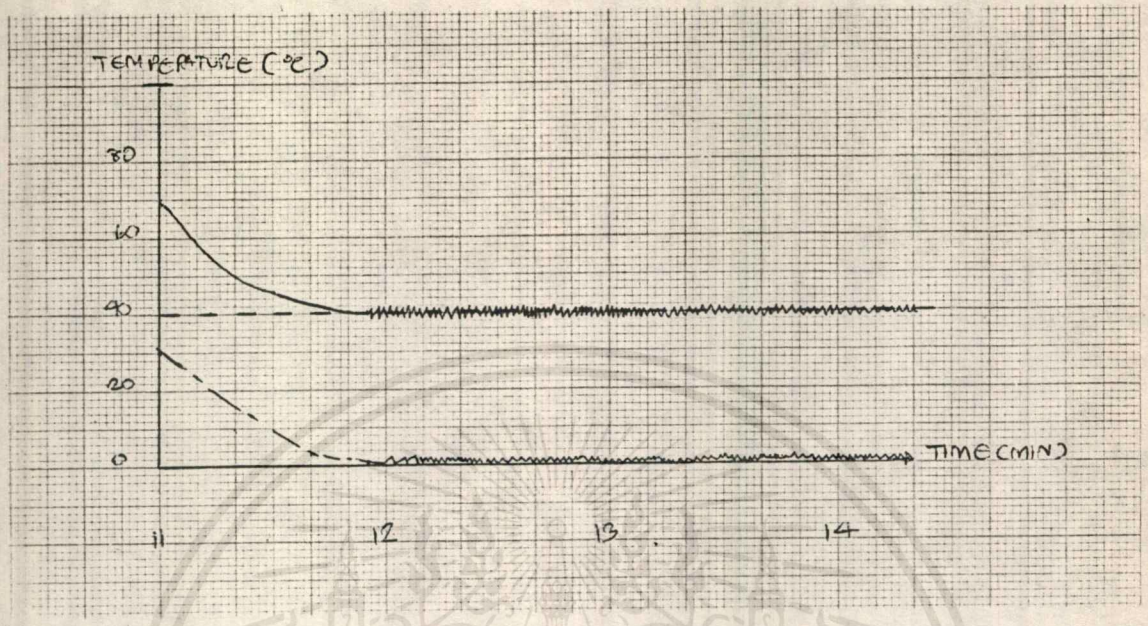


รูปที่ 4.6 แสดงอุณหภูมิเมื่อกำหนดให้ทำงานเป็น MODE SWITCH และตั้งให้อยู่ที่ 70 องศาเซลเซียส

จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อกำหนดอุณหภูมิที่ต้องการแล้วค่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นจากระดับปกติ คือ 30 องศาเซลเซียสไปจนกระทั่งถึงระดับที่ตั้งไว้ และจะมีช่วงที่ผิดพลาดประมาณ 2 องศาเซลเซียส

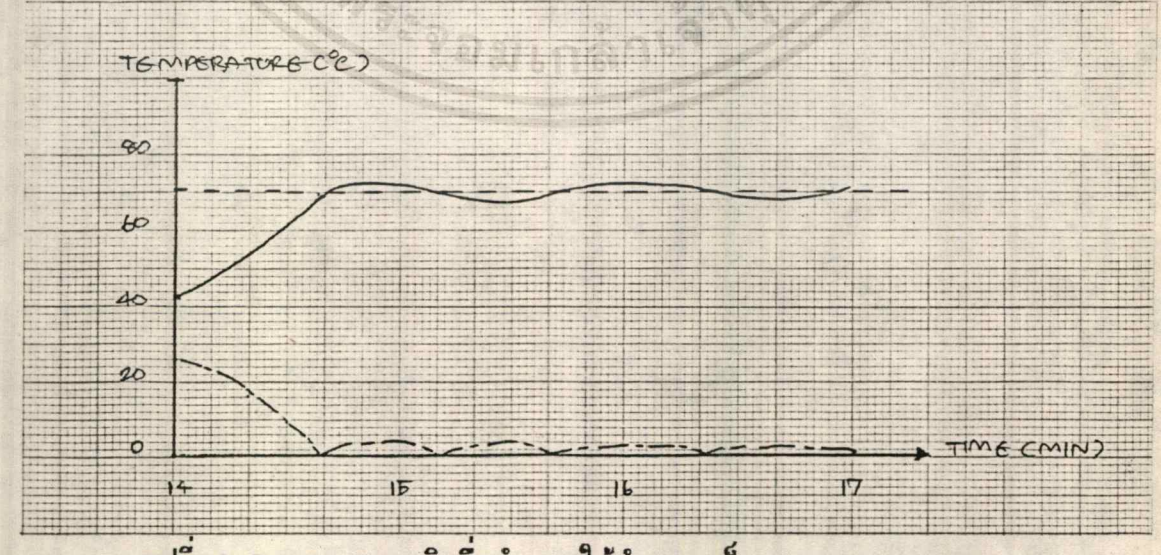
ต่อมาตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 40 องศาเซลเซียสอุณหภูมิจะลดลงจนกระทั่งอุณหภูมิคงที่สังเกตุอุณหภูมิแล้วเขียนกราฟ โดยแสดงค่าอุณหภูมิเทียบกับเวลาได้ดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงอุณหภูมิเมื่อกำหนดให้ทำงานเป็น SWITCH MODE และตั้งให้อุณภูมิ 40 องศาเซลเซียส

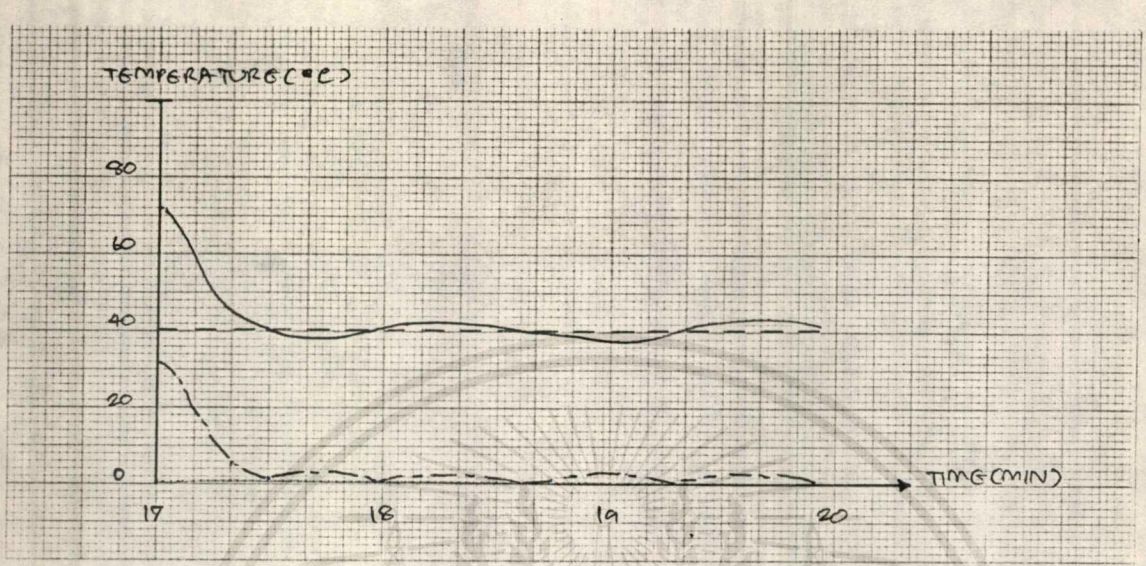
เปลี่ยนเป็น MODE LINEAR โดยการกดคีย์ CRTL และ L พร้อมกัน และ SET อุณหภูมิไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส สังเกตุการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และเขียนกราฟโดยแสดงค่าของอุณหภูมิเทียบกับเวลาดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงอุณหภูมิเมื่อกำหนดให้ทำงานเป็น LINEAR MODE และตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส สังเกตุการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เขียนกราฟโดยแสดงค่าของอุณหภูมิเทียบกับเวลาดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงอุณหภูมิเมื่อกำหนดให้ทำงานเป็น LINEAR MODE และตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ เราสามารถดูการทำงานของ ตัวทำความร้อน และตัวระบายความร้อน เพื่อรักษาอุณหภูมิภายใน HOUSING ให้คงที่ โดยดูจากสถานะของ LED บนหน้าปัด

สัญญลักษณ์

———— = TEMPERATURE PROCESS

--------- = SET POINT TEMPERATURE

—-—-—- = ERROR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป

จากผลการทดลอง จะเห็นว่าเวลาในการตอบสนองของตัวกำเนิดความร้อน มีระยะเวลานาน จึงต้องมีการเร่งให้เวลาที่ใช้นั้นให้สั้นลง ด้วยการใช้พัดลมระบายอากาศ เพื่อลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว และใช้ sofeware ช่วยเร่งในการจ่ายกระแสให้ กับตัวกำเนิดความร้อนอย่างเหมาะสมก็จะช่วยลดปัญหานี้ไปได้มาก

ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลองที่ผ่านมาเกิดจากการทดลองของวงจรวัดอุณหภูมิ เนื่องจากค่าอุณหภูมินั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอในทุกขณะ อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับว่า ขณะที่ทำการทดลองนั้นสภาพอากาศเป็นอย่างไร เช่น มีลมพัด หรือ การทำงานของเครื่องปรับอากาศ เหล่านี้ก็เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ นอกจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมแล้ว การ CALIBRATE วงจรวัดอุณหภูมิ อีกทั้งคุณสมบัติของสารที่ใช้ทำ HEATER ก็เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้น เนื่องจากเราจะต้อง CALIBRATE ค่าของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นต่อค่าของแรงดันที่จ่ายให้ HEATER ให้มีความสัมพันธ์กันในเหตุผลของความเป็นจริง ซึ่งการเพิ่มหรือลดของอุณหภูมิดังกล่าว ไม่สามารถจะควบคุมการเพิ่มหรือลดของอุณหภูมิให้เป็นเชิงเส้นได้ แต่ปัญหาดังกล่าวสามารถทำให้ลดน้อยลงก็คือ

1) การสร้าง HOUSING เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้อุณหภูมิภายนอกไม่มีผล ต่ออุณหภูมิภายในเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยลง ซึ่งจากการทดลองปรากฏว่าอุณหภูมิภายนอกมีผลกับอุณหภูมิภายในน้อยมาก ในกรณีที่เป็นการนำความร้อน แต่ถ้าเป็นการแผ่รังสีเช่น ความร้อนจากแสงอาทิตย์ เราจะไม่สามารถกันได้
2) การใช้ HEATER ที่มีความต้านทานต่ำเพื่อทำให้เกิด STAY HEAT น้อยลง แต่ก็มีข้อจำกัดที่ สามารถลดความต้านทานให้ต่ำได้จนกระทั่งถึงค่าที่ ภาคจ่ายไฟจะสามารถจ่ายได้สูงสุดเท่านั้น
3) การติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพื่อลดระดับความร้อน หรือระบายความร้อนออกจาก HOUSING เพื่อจะให้การลดลงของระดับความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ลดอุณหภูมิให้รวดเร็ว

4) การเขียน PROGRAM เพื่อ COMPENSATE การเพิ่มของอุณหภูมิ.

5) ทำการ SET ค่าที่วัดได้จากวงจรที่ DESIGN กับค่าที่อ่านได้ในทางปฏิบัติ ซึ่งจะได้มาจากการทดลองเสียเป็นส่วนใหญ่ เพราะในบางกรณีถ้าใช้ค่าในทางทฤษฎีแล้วผลที่ได้จะไม่เป็นที่พอใจจึงต้องดัดแปลงวงจร หรือ ปรับค่าต่าง ๆ จากปัญหาดังกล่าวมีปัญหาที่สามารถแก้ไขได้แล้ว และปัญหาที่ยังไม่สามารถแก้ได้แต่ก็ได้วิธีการที่จะชดเชยการทำงานเช่น การอ่านค่าของอุณหภูมิปกติซึ่งได้ ปรับแล้วจะไม่ตรงกับ ค่าที่แสดงออกทางหน้าจอ เพราะแรงดันที่ส่งให้ คอมพิวเตอร์คำนวณ มีความผิดพลาดมาก จึงต้องมีการปรับ ค่าต่าง ๆ ภายในโปรแกรมใหม่เพื่อชดเชย ค่าที่ผิดพลาดที่เกิดจากทาง ฮาร์ดแวร์

เนื่องจากโครงงานนี้จะต้องทดลองวงจรซึ่งอุปกรณ์บางตัวไม่มีในตลาด จึงต้องมีการเปลี่ยนแปลงของวงจรซึ่งได้ออกแบบไว้ในเทอมที่แล้วบางส่วน ดังนั้นโครงงานนี้มีค่าใช้จ่ายในการค้นหาเพิ่มขึ้นอีก แต่ทางกลุ่มผู้จัดทำพยายามที่จะทำให้โครงงานนี้สมบูรณ์ที่สุด และจะพยายามทำให้โปรแกรมนี้ใช้งานได้สะดวก และสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นโดยรุ่นอื่น ๆ ต่อไป เพราะโครงงานนี้จะต้องนำไปเป็นต้นแบบให้รุ่นน้องศึกษาทั้งทางด้าน ฮาร์ดแวร์ และ ซอร์ฟแวร์ จึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ถ้าโครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งในการเพิ่มทักษะ หรือเป็นแนวทางในการศึกษาทางด้านคอมพิวเตอร์ ทางคณะผู้จัดทำก็จะมีกำลังในการคิดค้นต่อไป ถ้าท่านอาจารย์มีข้อติติง หรือข้อเสนอแนะอย่างไรได้โปรดกรุณาแนะนำด้วย เพื่อที่จะทำให้โครงงานนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างจริงจัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

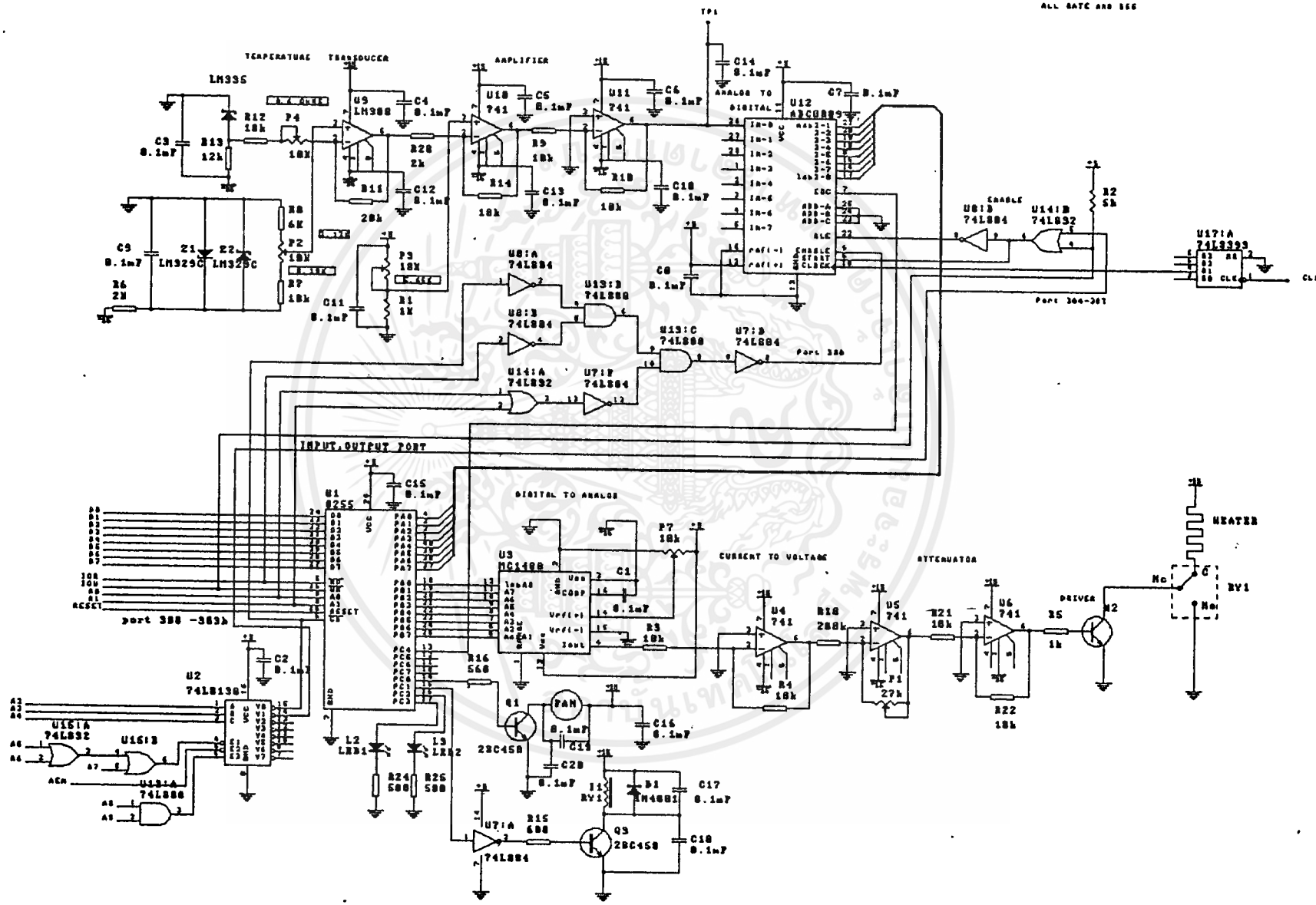
ภาคผนวก

- วงจรควบคุมอุณหภูมิ (MAINBOARD)
- ภาพแสดงด้านลงอุปกรณ์ของภาคควบคุมอุณหภูมิ
- ภาพแสดงด้านลายทองแดงด้านบนของภาคควบคุมอุณหภูมิ
- ภาพแสดงด้านลายทองแดงด้านล่างของภาคควบคุมอุณหภูมิ

- วงจรจ่ายไฟเลี้ยงวงจร
- ภาพแสดงด้านลงอุปกรณ์ของภาคจ่ายไฟเลี้ยงวงจร
- ภาพแสดงด้านลายทองแดงของภาคจ่ายไฟเลี้ยงวงจร

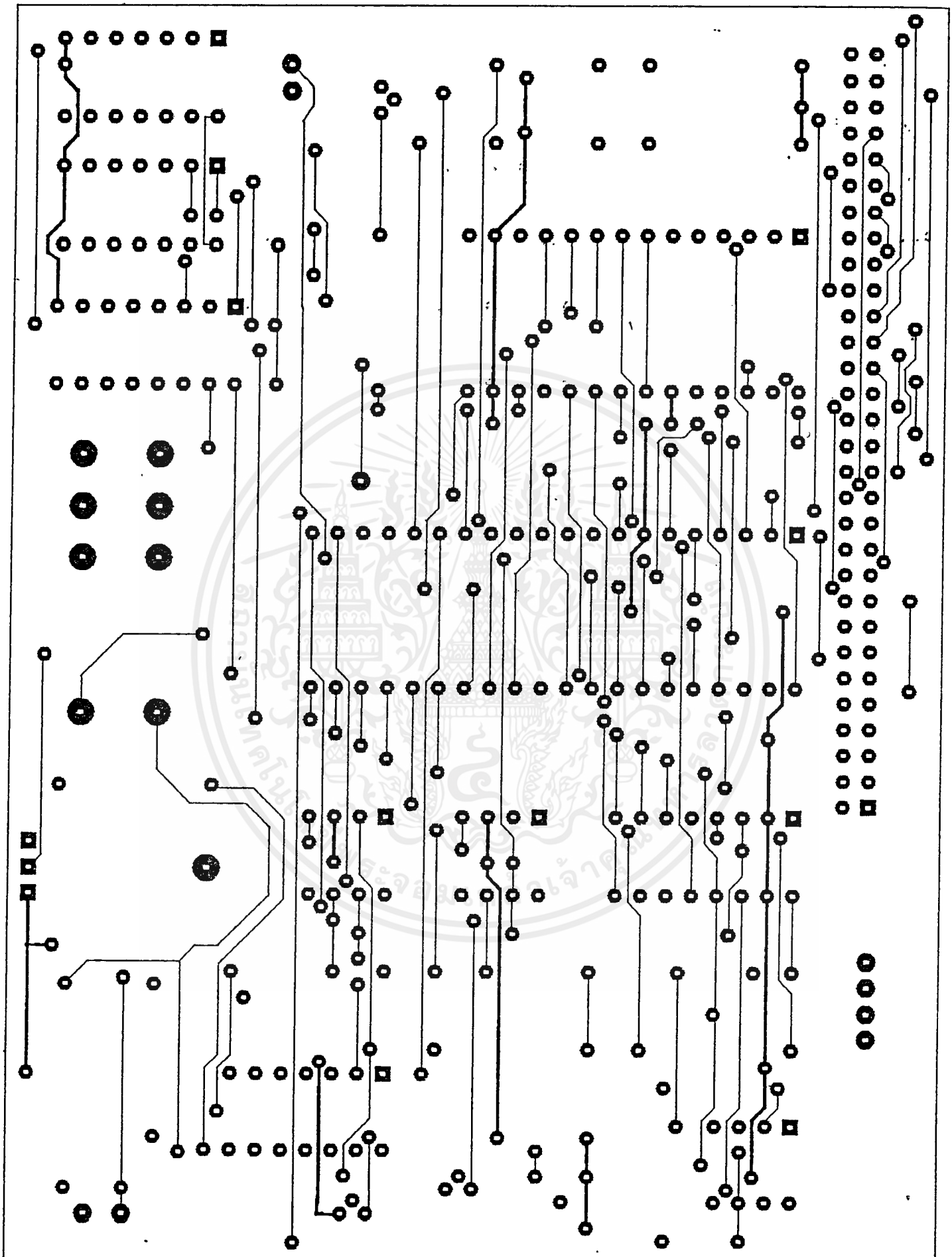
- วงจรขับมอเตอร์ (HOUSING)
- ภาพแสดงด้านลงอุปกรณ์ของภาคขับมอเตอร์
- ภาพแสดงด้านลายทองแดงของภาคขับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

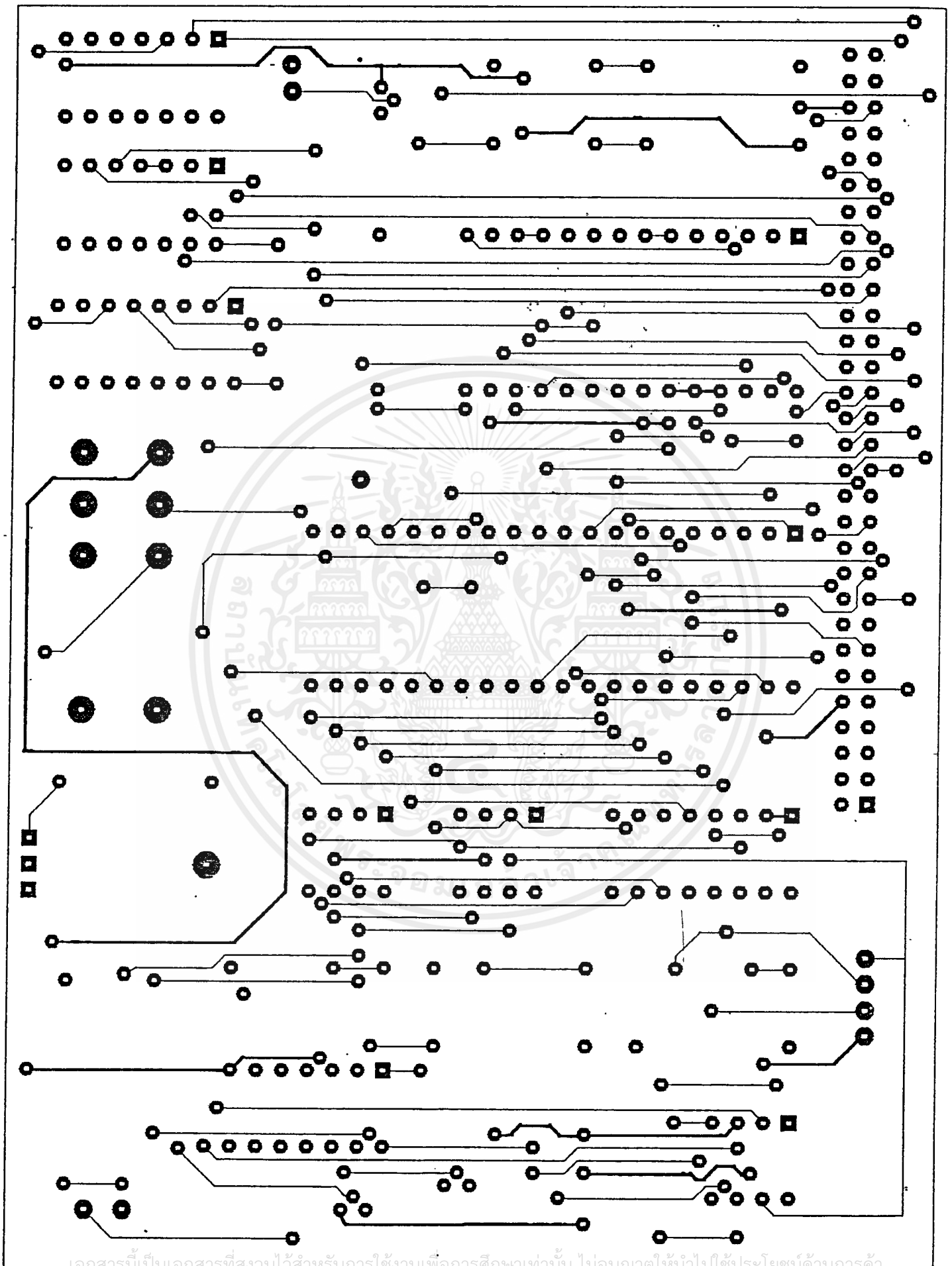


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

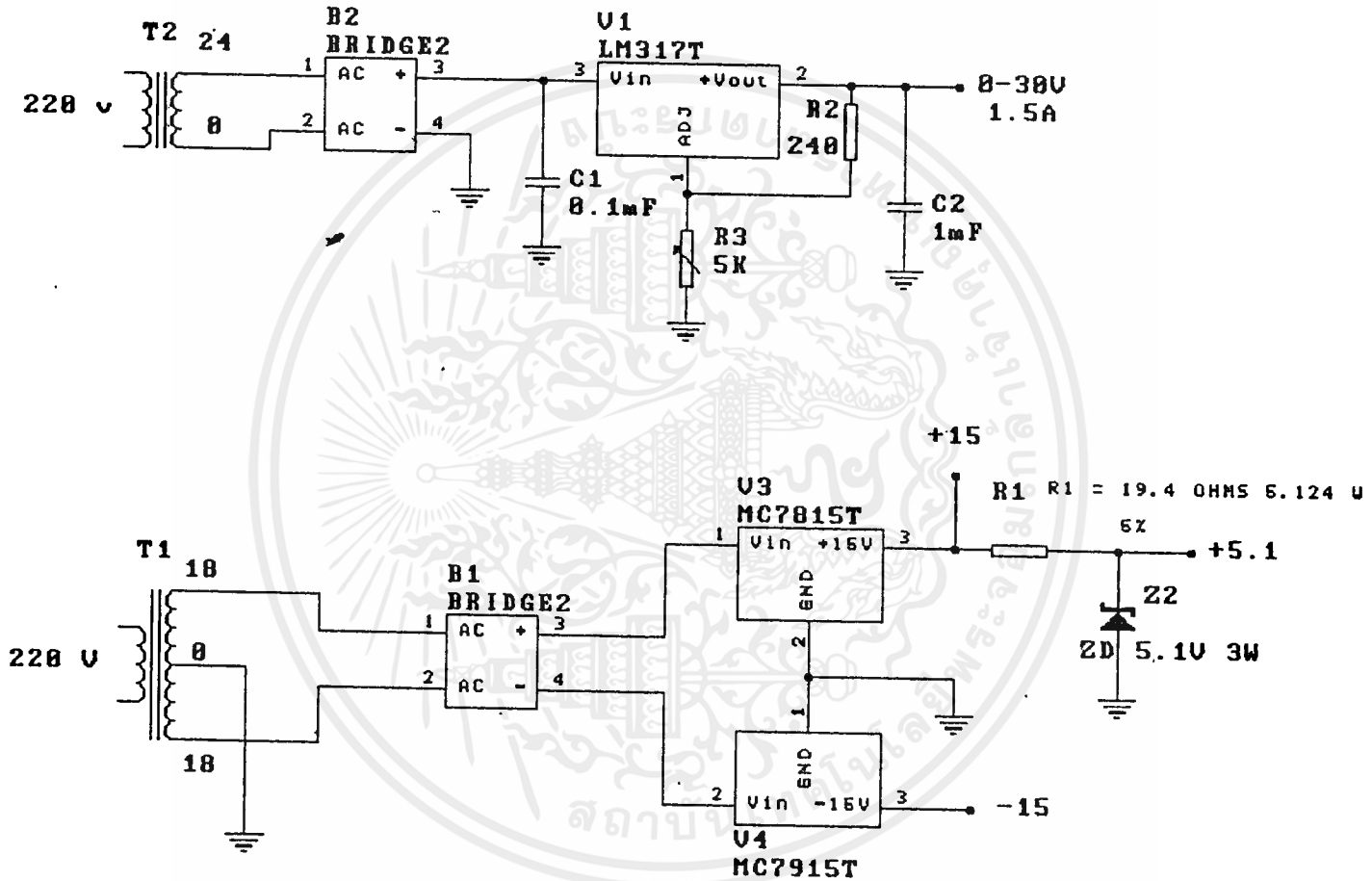
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

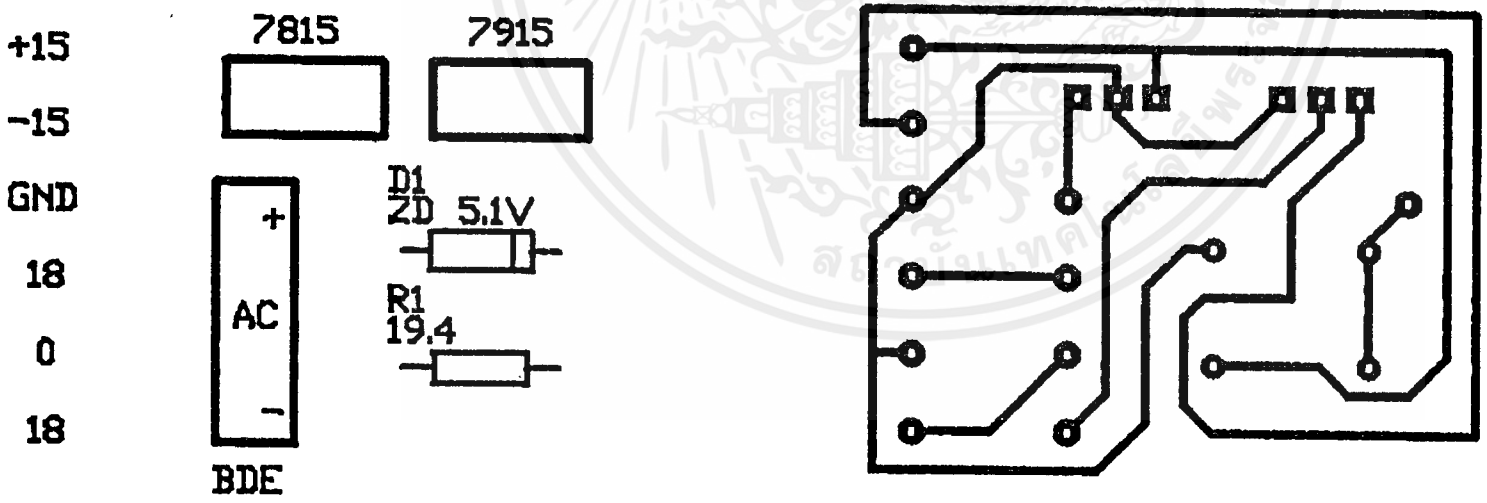


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SUPPLY PROJECT

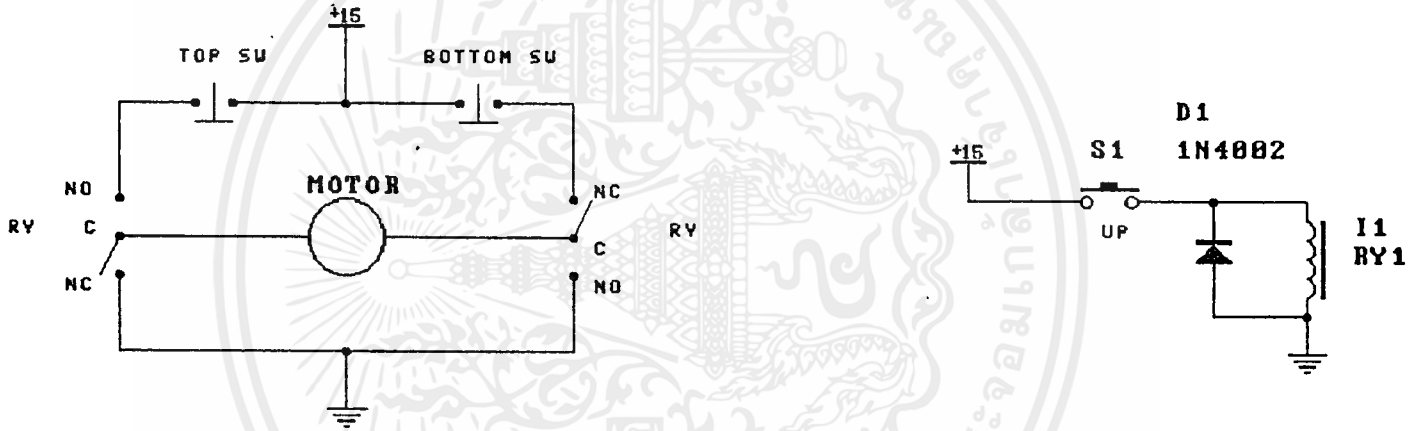
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SUB15 Top Overlay SUB15 Top Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DRIVE MOTOR

1

4 4

NATTE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานการวิจัยและค้นคว้าทดลองในภาคการศึกษาแรกนี้สำเร็จลงได้ด้วยความร่วมมือกันภายในกลุ่ม อีกทั้งยังมีบุคคลซึ่งอยู่เบื้องหลัง ผู้ซึ่งให้ความอุปการะให้คำแนะนำตลอดจนกำลังใจในด้านต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลทำให้การค้นคว้านี้สำเร็จตามเป้าหมาย ซึ่งทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านเหล่านี้มา ณ ที่นี้

1) ท่านอาจารย์ภากร หุตะสังกาศ อาจารย์ที่ปรึกษาประจำกลุ่มให้คำปรึกษาด้านวิชาการ

2) คุณอมรฤทธิ์ ธีรธรากร ผู้จัดการบริษัท คิวนิค จำกัด เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทำรายงาน

3) คุณจิราภรณ์ จันทร์มะลิลา จัดทำรูปเล่มรายงาน

กลุ่มผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1) บัณฑิตย์ จามรภูติ "ฮาร์ดแวร์ ไมโครคอมพิวเตอร์ 8088 80286 80386 ", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด , 249 หน้า,2534.

2) หัสรังษี คิริวิมลวรรณ, อภิชาติ พัฒนไพรสณฑ์, อาทิตย์ จิตต์จุฬานนท์ และ วีรศักดิ์ วิทวัสกุล, "เทคนิคการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี้สำหรับเครื่อง IBM PC", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 326 หน้า, 2532.

3) บุญเลิศ เอี่ยมทัศนา, "คู่มือเทอร์โบปาสคาลรุ่น 4.0 - 5.0", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 227 หน้า, 2532.

4) นุกูล กระจาย, "หลักการเขียนเทอร์โบปาสคาล", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 252 หน้า, 2533.

5) สุรศักดิ์ สงวนพงษ์,"แอดวานซ์ เทอร์โบปาสคาล", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 199 หน้า, 2532.

6) มงคล อัศวโกวิทกรณ์,"การเขียนโปรแกรมกราฟฟิคส์",บริษัท ดวงกมลสมัย จำกัด, 191 หน้า, 2533.

7) ธานินทร์, ทินกร ดุ๊ก,"การอินเทอร์เฟส IBM PC", PHYSICS CENTER, 182 หน้า, 2533.

8) Stephen K. O'Brien,"TURBO PASCAL 6: THE COMPLETE REFERENCE", Borland International, 690 p., 1990.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้