สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุดควบคุมอุณหภูมิ

TEMPERATURE CONTROLLER

โดย

นาย ยศชร วงศ์เบญญานฤมิต

นาย วัชระ จงสุขกิจพานิช

นาย สุจิน ดอกรัก

วศ.
ย1536
2550

เลขทะเบียน 82016
วัน,เดือน,ปี -4 ก.ค. 2551

b 11941383x
i

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชา วิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมระบบควบคุม สาขาแมคคาทรอนิคส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ชุดทดลองการควบคุมอุณหภูมิ

Temperature Control

ผู้จัดทำ

1. นาย ยศชร วงศ์เบญญานฤมิต รหัส 47012261
2. นาย วัชระ จงสุขกิจพานิช รหัส 47012263
3. นาย สุจิน ดอกรัก รหัส 47012270

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.วันชัย ริ้วรุจา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดควบคุมอุณหภูมิ

โดย

นาย ยศชร วงศ์เบญญานฤมิต รหัส 47012261

นาย วัชระ จงสุขกิจพานิช รหัส 47012263

นาย สุจิน ดอกรัก รหัส 47012270

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ดร. วันชัย ริ้วรุจา

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้ได้นำเอา ไมโครคอนโทรเลอร์ PIC 16F877 มาประยุกต์ใช้ให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามต้องการ โดยใช้โปรแกรมวิชวลเบสิกเป็นตัวควบคุมระบบทั้งหมด ซึ่งในระบบควบคุมจะมีการตรวจจับอุณหภูมิ โดยจะทำการวัดอุณหภูมิ และส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่าที่ต้องการควบคุม ถ้าหากค่าที่วัดได้ไม่ตรงกับค่าที่ต้องการควบคุมจะสั่งการให้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิทำงาน เมื่อได้อุณหภูมิที่ต้องการ อุปกรณ์จะหยุดทำงาน ซึ่งเป็นการควบคุมระบบแบบ ON/OFF และเพื่อง่ายต่อการเข้าใจค่าอุณหภูมิที่วัดได้จะมีการแสดงผลผ่านทางโปรแกรมวิชวลเบสิกไว้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEMPERATURE CONTROLLER

By

Mr. Yosachorn Wongbenyanaruemid

Mr. Vatchara Jongsukkitpanich

Mr. Sujin Dokrak

Advisor

Assoc. Prof. Dr. Vanchai Riewruja

Academic Year 2007

Abstract

This project uses microcontroller technology for controlling temperature by using visual basic program to control all system. Temperature detector measures the value of the temperature and send this value to microcontroller for process the result. Microcontroller will compare between the measured value and the set point value. If the measured value doesn't match with the set point value, the instrument will be commanded to control the temperature. When the temperature is the required value, the instrument will be stopped. The measured value will be shown the resulting graph through visual basic program.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถลุล่วงไปด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก รศ.ดร. วันชัย ริ้วรุจา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำที่ดีมาตลอดตั้งแต่ต้นให้ความช่วยเหลือที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงาน คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ สนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือ กระตุ้นเตือน รวมทั้งคอยถามไถ่ความคืบหน้าของโครงงานอยู่เสมอ

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา รวมถึงการสนับสนุนในเรื่องของงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงงานนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงได้

คณะผู้จัดทำ

นาย ยศชร	วงศ์เบญญานฤมิต	รหัส	47012261
นาย วัชระ	จงสุขกิจพานิช	รหัส	47012263
นาย สุจิน	ดอกรัก	รหัส	47012270

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญภาพ VII

บทที่ 1บทนำ 1

1.1 แนวคิดในการจัดทำปริญญานิพนธ์ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ 1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ 2

1.4 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 3

2.1 บทนำ 3

2.2 ทฤษฎีเรื่องชุดควบคุมอุณหภูมิ 3

2.2.1 ระบบควบคุม 3

2.2.2 ระบบควบคุมแบบเปิด 4

2.2.3 ระบบควบคุมแบบปิด หรือ ระบบควบคุมป้อนกลับ 4

2.2.4 การควบคุมแบบ ON-OFF 5

2.2.5 ระบบควบคุมแบบสัดส่วน 6

2.2.6 ระบบควบคุมแบบปริพันธ์ 8

2.2.7 การควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์ 10

2.2.8 การควบคุมแบบอนุพันธ์ 12

2.2.9 การควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับอนุพันธ์ 14

2.2.10 การควบคุมแบบ PID 15

2.3 ทฤษฎีและหลักการทำงานของฮาร์ดแวร์ 16

2.3.1 ไทรแอก 16

2.3.2 MOC3021M 17

2.3.3 ไอซีควบคุมแรงดันไฟฟ้า 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 19
2.3.5 เซนเซอร์ DS1620 19
2.3.6 RS232 21
2.3.7 โปรแกรม Visual Basic 22
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง 25
3.1 โครงสร้าง 25
3.1.1 โครงสร้างและการประกอบ 26
3.1.2 ฮีตเตอร์ 26
3.1.3 ตัวรบกวน 27
3.2 โครงสร้างของวงจรไฟฟ้า 27
3.2.1 เซนเซอร์ DS1620 27
3.2.2 PIC16F877 28
3.2.3 MAX232 28
3.2.4 อุปกรณ์ขับไทรแอก 29
3.2.5 หม้อแปลง 29
บทที่ 4 การทดลอง 31
4.1 การทดลองที่ 1 32
4.2 การทดลองที่ 2 33
4.3 การทดลองที่ 3 34
4.4 การทดลองที่ 4 35
4.5 การทดลองที่ 5 36
4.6 การทดลองที่ 6 37
4.7 การทดลองที่ 7 38
บทที่ 5 สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 38
5.1 สรุปผลการทดลอง 39
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง 39
5.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงาน 39
5.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.5 แนวทางการพัฒนาและแก้ไข 40
เอกสารอ้างอิง 41
ภาคผนวก 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1	การควบคุมระบบ	4
2	ระบบควบคุมแบบเปิด	4
3	ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ	5
4	การกำหนดช่วงจำกัดของเอาท์พุต	6
5	การตอบสนองของคอนโทรลเลอร์แบบ P	7
6	ระบบควบคุมแบบ P	8
7	ลักษณะการตอบสนองของคอนโทรลเลอร์แบบ I	9
8	ระบบควบคุมแบบ I	9
9	แผนภาพบล็อกที่ประกอบด้วย PI	10
10	การตอบสนองของระบบควมคุมแบบ PI	10
11	การตอบสนองของระบบควมคุมแบบ D	13
12	แผนภาพบล็อกที่ประกอบด้วยระบบควมคุมแบบ D	13
13	แผนภาพบล็อกที่ประกอบด้วยระบบควมคุมแบบ PD	14
14	แผนภาพบล็อกที่ประกอบด้วยระบบควมคุมแบบ PID	15
15	ไทรแอก	17
16	(ก) แสดงลักษณะภายนอกของ Optoisolator triac driver	17
	(ข) แสดงลักษณะภายในของ Optoisolator triac driver	17
17	ไอซีควบคุมแรงดันไฟฟ้า	18
18	หน้าที่ของขาต่อใช้งานของไอซีควบคุมแรงดันไฟฟ้า	18
19	แสดงไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877	19
20	(ก) รูปแบบข้อมูลอุณหภูมิที่ DS1620 ส่งออกมา	20
	(ข) การแปลงข้อมูลอุณหภูมิจากเลขไบนารีเป็นเลขฐาน	20
21	แสดงขาของพอร์ตอนุกรม	21
22	แสดงหน้าโปรแกรมการสร้างงานบนวิชวลเบสิก 6	23
23	ส่วนประกอบต่างๆ ของวิชวลเบสิก 6	24
24	แสดงโครงสร้างของชิ้นงาน	25
25	แสดงโครงสร้างชิ้นงานจริง	25
26	แสดงแหล่งกำเนิดความร้อน	26
27	ตัวรบกวน	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
28	วงจรเซนเซอร์	27
29	วงจรแสดงการต่อ PIC กับ RS232	28
30	วงจรขับไทรแอก	29
31	วงจรจ่ายไฟ	29
32	กราฟผลตอบสนองต่อเวลาจากการทดลองที่ 1	32
33	กราฟผลตอบสนองต่อเวลาจากการทดลองที่ 2	33
34	กราฟผลตอบสนองต่อเวลาจากการทดลองที่ 3	34
35	กราฟผลตอบสนองต่อเวลาจากการทดลองที่ 4	35
36	กราฟผลตอบสนองต่อเวลาจากการทดลองที่ 5	36
37	กราฟผลตอบสนองต่อเวลาจากการทดลองที่ 6	37
38	กราฟผลตอบสนองต่อเวลาจากการทดลองที่ 7	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวคิดในการจัดทำปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันการแข่งขันทางด้านอุตสาหกรรมนั้นมีค่อนข้างสูง ทำให้ต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของโรงงานผลิต ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยต้นทุนการผลิต และคุณภาพของสินค้ารวมไปถึงการปรับอัตราการผลิตให้เหมาะสมกับสภาวะความต้องการของตลาด ซึ่งส่วนสำคัญในการดำเนินการให้ได้ตามเป้าหมายตามต้องการ จะต้องมีการควบคุมการผลิตให้เหมาะสม โดยจะต้องเลือกวิธีการควบคุมที่เหมาะสมได้

การควบคุมอุณหภูมิมีบทบาทสำคัญในงานอุตสาหกรรม ในขั้นตอนการผลิต จะมีการกำหนด อุณหภูมิ ไว้ด้วยเสมอ แนวคิดพื้นฐานของโครงการนี้ คือ ต้องการควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตามที่เราต้องการ การควบคุมแบบปิด (Close loop) มีการวัดเปรียบเทียบนำค่าผิดพลาด ไปเปลี่ยนแปลงการทำงาน ของฮีตเตอร์ และใช้การควบคุมแบบต่างๆ ที่ใช้การควบคุมอัตโนมัติ เช่น การควบคุมแบบ ON–OFF ส่วนที่ใช้การทำการทดลองนี้ และ ยังมีในส่วนของเนื้อหาประกอบของชุดควบคุมอุณหภูมิต่างๆ การทำงานนี้จะเป็นแนวทางประยุกต์ และปรับปรุงให้ดี ขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาระบบการควบคุมแบบต่างๆต่อไปได้อีก

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของการควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ
2. เพื่อศึกษาเทคนิคการปรับแต่งผลตอบสนองของระบบ
3. เพื่อออกแบบตัวควบคุมอุณหภูมิโดยให้ทำงานผ่านทางโปรแกรมวิชวลเบสิก โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาทฤษฎีหลักการของระบบควบคุมอุณหภูมิ
2. ทำการออกแบบและ เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการทำงาน
3. ศึกษาโปรแกรมและวงจรที่ใช้ในการทำของโครงงาน
4. สร้างเครื่องต้นแบบ
5. ทดลองเครื่องต้นแบบและปรับแต่งระบบให้มีผลตอบสนองที่ดีพร้อมทำการบันทึกผล

1.4 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์

บทที่ 1 กล่าวถึงแนวความคิดในการจัดทำโครงงาน วัตถุประสงค์ในการจัดทำโครางาน ขอบเขตของโครงงาน และเนื้อหาของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีของการควบคุมกระบวนกริยาควบคุมแบบต่างๆที่ใช้ในการควบคุม และหลักการการทำงานของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ

บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบ และการสร้างชุดควบคุม โดยแบ่งส่วนเป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ ส่วนประกอบทางด้านฮาร์ดแวร์และโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบ

บทที่ 4 กล่าวถึงการทดลองชุดควบคุมอุณหภูมิที่สร้างขึ้น

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

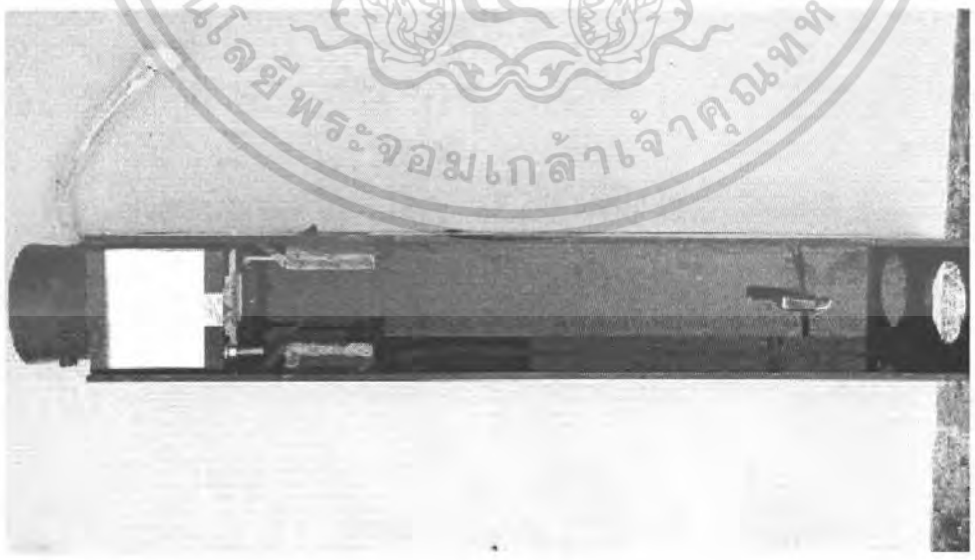
การออกแบบและการสร้าง

ในการออกแบบชุดควบคุมอุณหภูมิ เราต้องคำนึงถึงวัสดุที่ทนต่ออากาศร้อนได้ ไม่ละลายเมื่อมีอากาศร้อนไหลผ่านดังนั้นเราจึงเลือกใช้อะคิลิกสีดำความหนา 6 ม.ม เป็นโครงสร้างหลักโดยการนำมาตัดเป็นชิ้นส่วนย่อยๆ แล้วนำมาประกอบขึ้นรูป ซึ่งจะมีส่วนประกอบต่างๆที่สำคัญดังต่อไปนี้

3.1 โครงสร้าง

ขั้นตอนในการของแบบโครงสร้างของชุดควบคุมอุณหภูมิ โดยเริ่มจากส่วนสำคัญดังนี้

รูปที่ 24 โครงสร้างของชิ้นงาน



รูปที่ 25 โครงสร้างชิ้นงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 โครงสร้างและการประกอบ

เริ่มทำการออกแบบที่เป็นองค์ประกอบหลักๆ ก่อนได้แก่ พัดลมเป่าอากาศ ฮีตเตอร์ ตำแหน่งของเซ็นเซอร์ เมื่อทำการของแบบได้แล้วจงทำการออกแบบโครงสร้างโดยรวมโดยสร้างขึ้นมาเป็น Model แบบง่ายๆ ก่อนเพื่อให้เห็นถึงความผิดพลาดที่เกิดขึ้น เมื่อเห็นข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นแล้วก็ทำการปรับเปลี่ยน และทำการสร้างชิ้นงานจริงโดยใช้อะคิลิกสีดำเป็นตัวโครงสร้างทั้งหมด โดยชิ้นส่วนที่สร้างทั้งหมดมาประกอบเข้าด้วยกันตามแบบร่างที่ได้เขียนเอาไว้ตอนแรก ซึ่งชิ้นส่วนแต่ละชิ้นจะสัมพันธ์กัน แต่สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในขั้นตอนนี้ก็คือ ต้องประกอบชิ้นส่วนให้แข็งแรง และชิ้นส่วนแต่ละชิ้นจะต้องสวมเข้าพอดีเมื่อนำมาประกอบกัน

3.1.2 ฮีตเตอร์ (Heater)

เราได้สร้างHeaterโดยใช้แผ่นร้อนมาทำเป็นตัวกำเนิดความร้อนและ ใช้ Heat sink ประกบทั้ง 2 ด้านเพื่อทำหน้าที่ระบายความร้อน ใช้พัดลมช่วยเป่าลมออกเพื่อนำความร้อนออกผ่านจาก Heat sink และใช้แผ่นใยหินปิดทั้ง 4 ด้านของ Heat sink เพื่อป้องกันความร้อนจากลวดทำความร้อนในแผ่นร้อนมาทำลายท่อ

รูปที่ 26 แหล่งกำเนิดความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ตัวรบกวน (Disturbance)

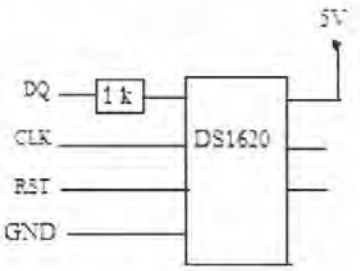
ตัวรบกวนเป็นพัดลมชนิดก้นหอยติดไว้ในชิ้นงานทั้ง 2 ข้างโดยใช้แรงดันไฟ 5 โวลต์เพื่อเป็นตัวสร้างการรบกวนจากภายนอกให้แก่ระบบ

รูปที่ 27 พัดลมรบกวน

3.2 โครงสร้างของวงจรไฟฟ้า

3.2.1 เซนเซอร์ DS1620

รายละเอียดการใช้งานDS1620 แหล่งจ่ายไฟที่ใช้อยู่ในช่วง 2.7 ถึง 5.5 โวลต์ ช่วงการวัดอุณหภูมิ -55°C ถึง +125 °C ความละเอียด 0.5 °C หรือ -67 °F ถึง +257 °F ความละเอียด 0.9 °F การแปลงค่าของอุณหภูมิให้เป็นค่าทางดิจิตอลจะใช้เวลาไม่เกิน 1 วินาที การอ่านหรือเขียนข้อมูลจะกระทำผ่านการสื่อสารแบบอนุกรมโดยใช้สายสัญญาณ 3 เส้น(CLK, DQ, RST) ตัวถังเป็นแบบ DIP 8-pin หรือ SOIC โดยทำการต่อเชื่อมขา DQ , CLK , RST เข้ากับขา 15, 16, 17 ของ PIC 16F877 ตามลำดับ เพื่อเป็นการส่งข้อมูลการตรวจจับอุณหภูมิ

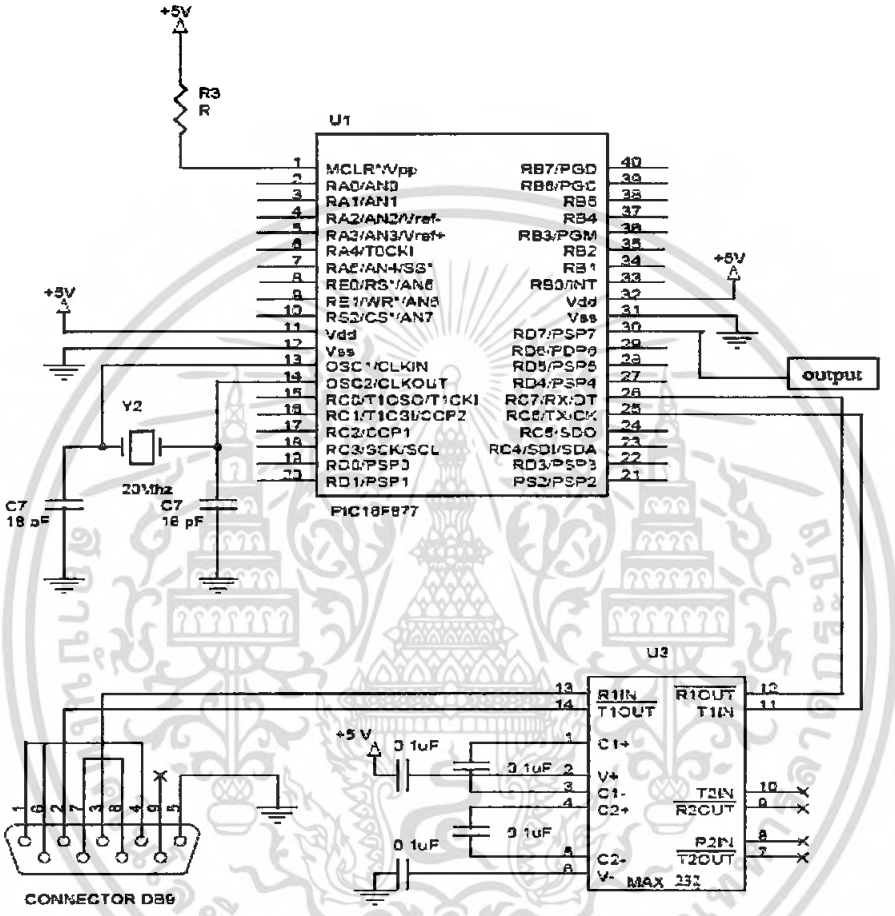


รูปที่ 28 วงจรเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 PIC 16F877

ทำหน้าที่ประมวลผลต่างๆ อาทิเช่น ใช้สำหรับการอ่านค่าอุณหภูมิโดยผ่านทางขา 15, 16, 17 แล้วนำค่าที่อ่านได้ไปประเมินผลเพื่อนำไปใช้ในการควบคุมการ ON / OFF การทำงานของฮีตเตอร์ แล้วยังทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลออกไปพอร์ตการโดยใช้โปรแกรม Visual Basic



รูปที่ 29 การต่อ PIC กับ RS 232

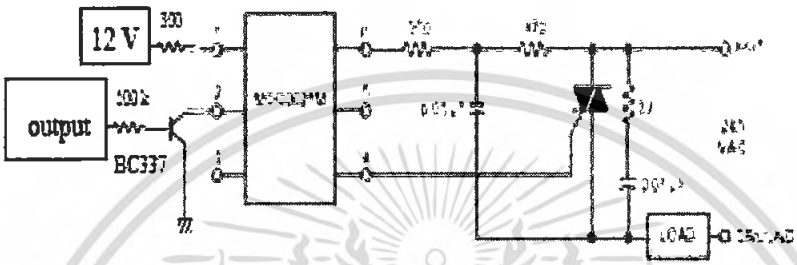
3.2.3 MAX232

ICL 232 เป็นไอซีที่แปลงระดับสัญญาณของ RS-232 มาเป็นระดับ TTL และในทำนองเดียวกันก็แปลงระดับสัญญาณ TTL ไปเป็นระดับสัญญาณ RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 อุปกรณ์ขับไทรแอก (Optoisolator Triac drive)

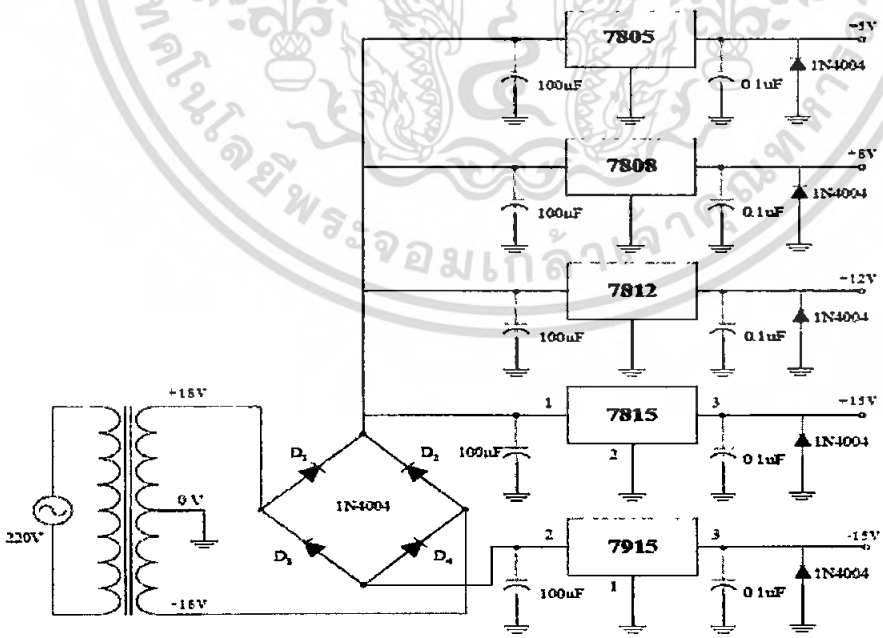
เป็นการนำเอา MOC 3021 กับ Triac มาทำงานรวมกันเท่าหน้าที่ เป็น on-off control เมื่อแรงดัน 5 โวลต์ จ่ายจากขา 30 ของวงจร PIC 16F877 วงจรก็จะเกิดการนำกระแสได้ทำให้ ไทรแอกเกิดการทริกทำให้ทำงาน จึงเป็นการ ON วงจร แต่ในทางกลับกันเหมือน PIC 16F877 ทำการจ่ายแรงดัน 0 โวลต์ออกมาจากขา 30 ของ PIC 16F877 กระแสจะไม่มีทำให้ไทรแอก นั้นไม่ทำงานจึงเป็นการทำให้วงจรนั้น OFF



รูปที่ 30 วงจรขับไทรแอก

3.2.5 หม้อแปลง (Transformer)

หม้อแปลงเป็นตัวแปลงไฟจาก 220v มาเป็น 18v และได้มี regulator เบอร์ 7805, 7808, 7812, 7815, 7915 ทำหน้าที่จ่ายไฟ 5, 8, 12, 15, -15 โวลต์ตามลำดับ เพื่อใช้ในการจ่ายไฟทั้งหมดให้แก่วงจรทั้งหมดในโครงงานชิ้นนี้



รูปที่ 31 วงจรจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรใช้งานของไอซีควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบแรงดันไฟฟ้าบวกและลบคงที่แสดงในรูปที่31 วงจรนี้ ประกอบด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งจะทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลท์ให้มีขนาดเล็กลง (+18V 0V -18V) ไดโอด D1 และ D2 จะทำหน้าที่เป็นวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มลูกคลื่น (full wave rectifier)เพื่อป้อนเป็นอินพุตของไปซีควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบแรงดันไฟฟ้าบวกในทำนองเดียวกัน ไดโอด D3 และ D4 จะทำหน้าที่เป็นวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มลูกคลื่น (full wave rectifier) เพื่อป้อนเป็นอินพุตของไปซีควบคุมรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบแรงดันไฟฟ้าลบ ไอซี 78XX หรือ 79XX จะทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่เอาท์พุตให้มีค่าคงที่อยู่เสมอถึงแม้ว่าแรงดันที่อินพุตหรือขนาดของโหลดจะเปลี่ยนแปลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ ได้ทำการทดลองการทำงานของเครื่องมือชุดทดลองการควบคุมอุณหภูมิ ได้ทดลองตั้งค่าอุณหภูมิและขอบเขตของการเปิดและปิดการทำงานของชุดทดลองการควบคุมอุณหภูมิ เพื่อดูกราฟผลตอบสนองของอุณหภูมิที่ได้จากการทดลอง โดยแบ่งการทดลองดังนี้

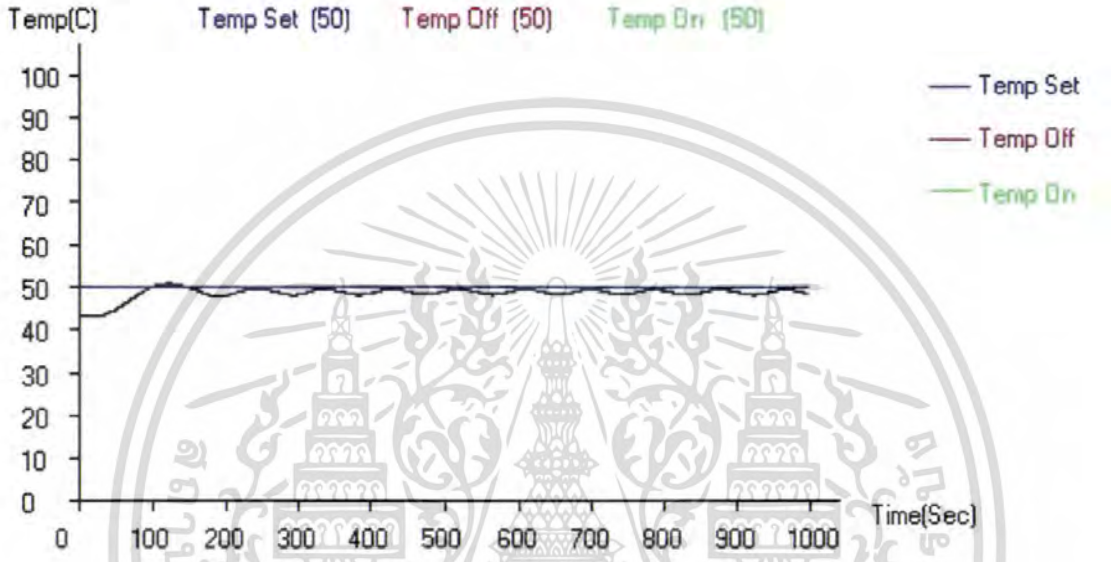
1. ทำการทดลองโดยไม่มีขอบเขตของการเปิดและการปิดการทำงาน ที่อุณหภูมิดังนี้
   1.1 ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
   1.2 ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
   1.3 ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

2. ทำการทดลองโดยมีขอบเขตของการเปิดและการปิดการทำงาน ที่อุณหภูมิดังนี้
   2.1 ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
   2.2 ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
   2.3 ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
   2.3 ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การทดลองที่ 1

ตั้งค่าอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส และค่าขอบเขตการเปิดการทำงานของชุดทดลองที่ 2 องศาเซลเซียส ค่าขอบเขตการปิดการทำงานของชุดทดลองที่ 4 องศาเซลเซียส จะแสดงผลออกมาทางกราฟได้ดังนี้



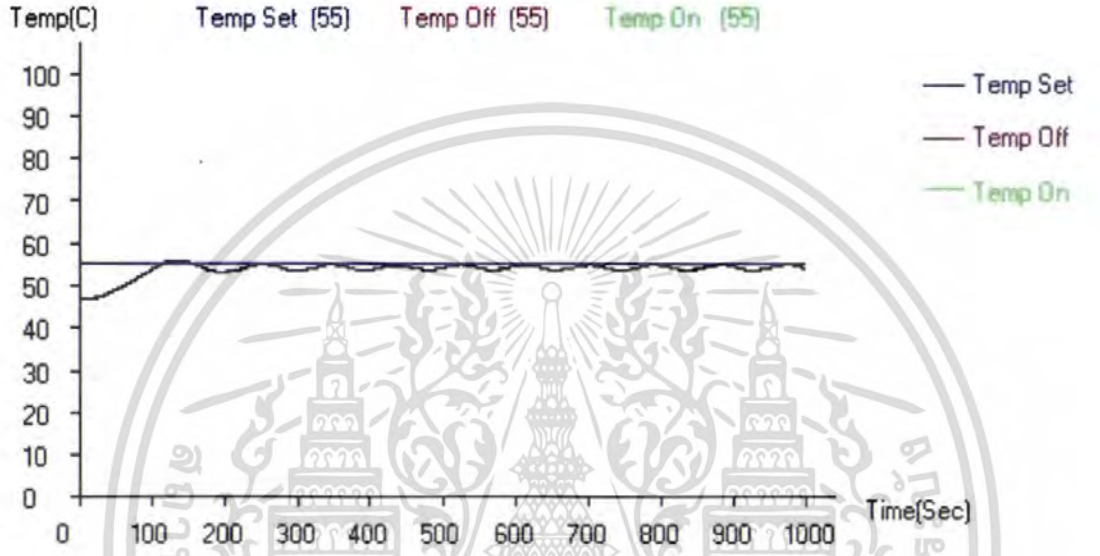
รูปที่ 32 กราฟผลตอบสนองต่อเวลา จากการทดลองที่ 1

จากกราฟผลตอบสนองที่ได้จากการทดลองที่ 1 จะเห็นได้ว่า การทำงานของชุดทดลองควบคุมอุณหภูมิ จะทำการเปิดการทำงานที่อุณหภูมิน้อยกว่า 50 องศาเซลเซียส และ ปิดการทำงานที่อุณหภูมิมากกว่า 50 องศาเซลเซียส ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าในการทดลองจะมีความคลาดเคลื่อนจากเดิมบ้างเล็กน้อย จากขอบเขตที่ตั้งไว้ในบางครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองที่ 2

ตั้งค่าอุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส และค่าขอบเขตการเปิดการทำงานของชุดทดลองที่ 0 องศาเซลเซียส ค่าขอบเขตการปิดการทำงานของชุดทดลองที่ 0 องศาเซลเซียส จะแสดงผลออกมาทางกราฟได้ดังนี้



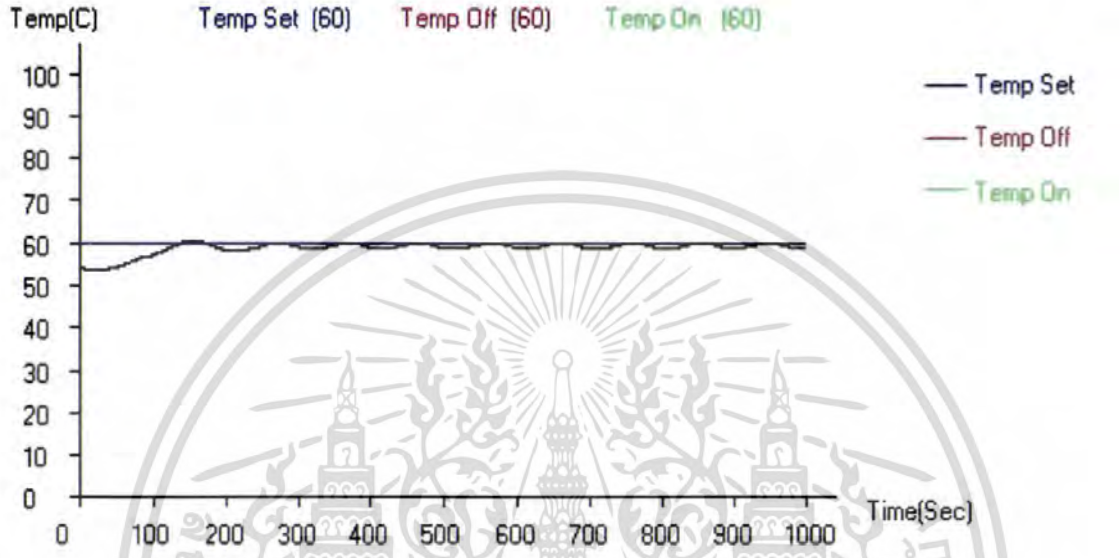
รูปที่ 33 กราฟผลตอบสนองต่อเวลา จากการทดลองที่ 2

จากกราฟผลตอบสนองที่ได้จากการทดลองที่ 2 จะเห็นได้ว่า การทำงานของชุดทดลองควบคุมอุณหภูมิจะทำการเปิดการทำงานที่อุณหภูมิน้อยกว่า 55 องศาเซลเซียส และ ปิดการทำงานที่อุณหภูมิมากกว่า 55 องศาเซลเซียส ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าในการทดลองจะมีความคลาดเคลื่อนจากเดิมบ้างเล็กน้อยจากขอบเขตที่ตั้งไว้ในบางครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองที่ 3

ตั้งค่าอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส และค่าขอบเขตการเปิดการทำงานของชุดทดลองที่ 0 องศาเซลเซียส ค่าขอบเขตการปิดการทำงานของชุดทดลองที่ 0 องศาเซลเซียส จะแสดงผลออกมาทางกราฟได้ดังนี้



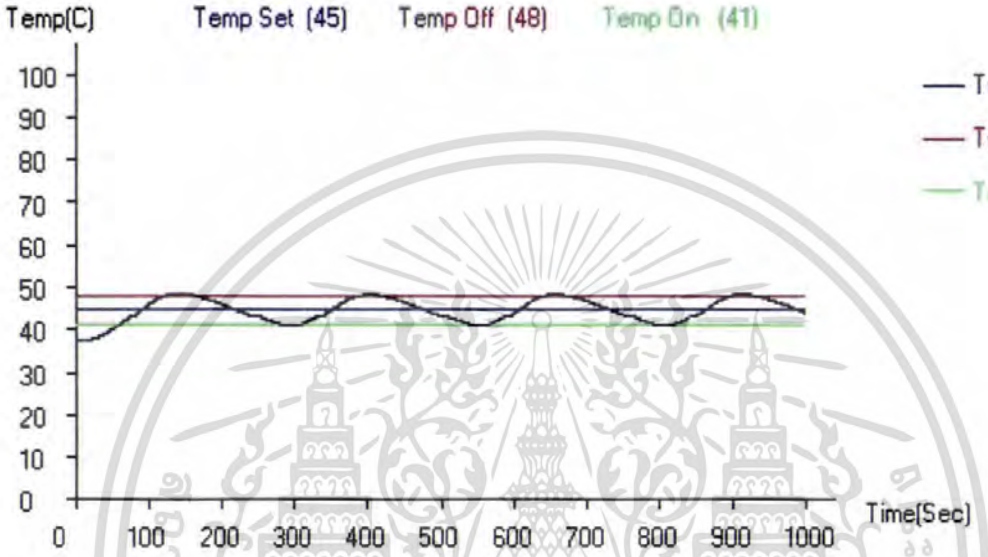
รูปที่ 34 กราฟผลตอบสนองต่อเวลา จากการทดลองที่ 3

จากกราฟผลตอบสนองที่ได้จากการทดลองที่ 3 จะเห็นได้ว่า การทำงานของชุดทดลองควบคุมอุณหภูมิจะทำการเปิดการทำงานที่อุณหภูมิน้อยกว่า 60 องศาเซลเซียส และ ปิดการทำงานที่อุณหภูมิมากกว่า 60 องศาเซลเซียส ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าในการทดลองจะมีความคลาดเคลื่อนจากเดิมบ้างเล็กน้อยจากขอบเขตที่ตั้งไว้ในบางครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองที่ 4

ตั้งค่าอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส และค่าขอบเขตการเปิดการทำงานของชุดทดลองที่ 3 องศาเซลเซียส ค่าขอบเขตการปิดการทำงานของชุดทดลองที่ 4 องศาเซลเซียส จะแสดงผลออกมาทางกราฟได้ดังนี้



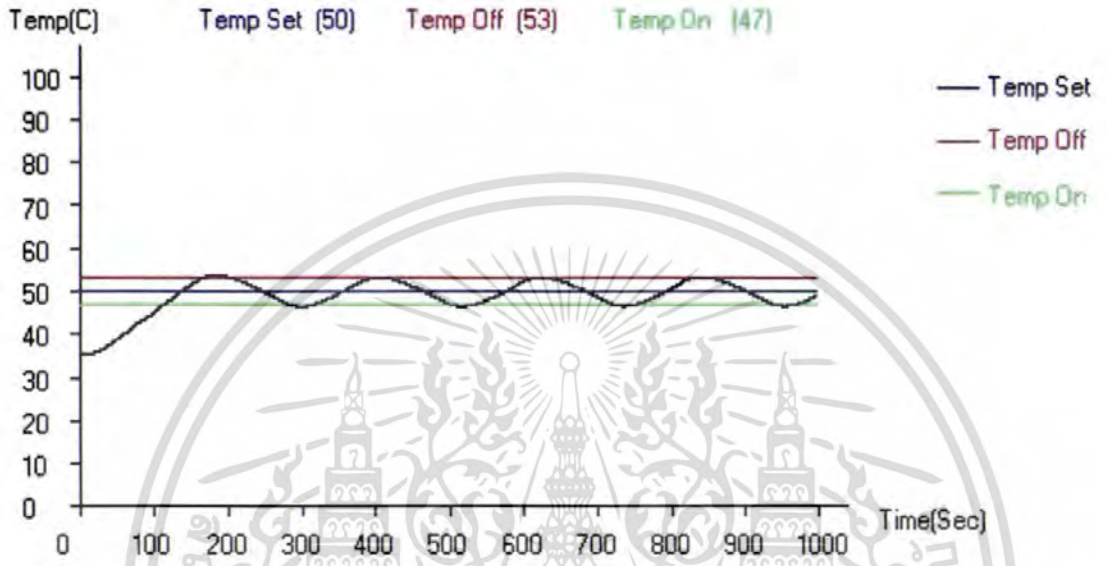
รูปที่ 35 กราฟผลตอบสนองต่อเวลา จากการทดลองที่ 4

จากกราฟผลตอบสนองที่ได้จากการทดลองที่ 4 จะเห็นได้ว่า การทำงานของชุดทดลองควบคุมอุณหภูมิ จะทำการเปิดการทำงานที่อุณหภูมิน้อยกว่า 41 องศาเซลเซียส และ ปิดการทำงานที่อุณหภูมิมากกว่า 48 องศาเซลเซียส ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าในการทดลองจะมีความคลาดเคลื่อนจากเดิมบ้างเล็กน้อยจากขอบเขตที่ตั้งไว้ในบางครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดลองที่ 5

ตั้งค่าอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส และค่าขอบเขตการเปิดการทำงานของชุดทดลองที่ 3 องศาเซลเซียส ค่าขอบเขตการปิดการทำงานของชุดทดลองที่ 3 องศาเซลเซียส จะแสดงผลออกมาทางกราฟได้ดังนี้



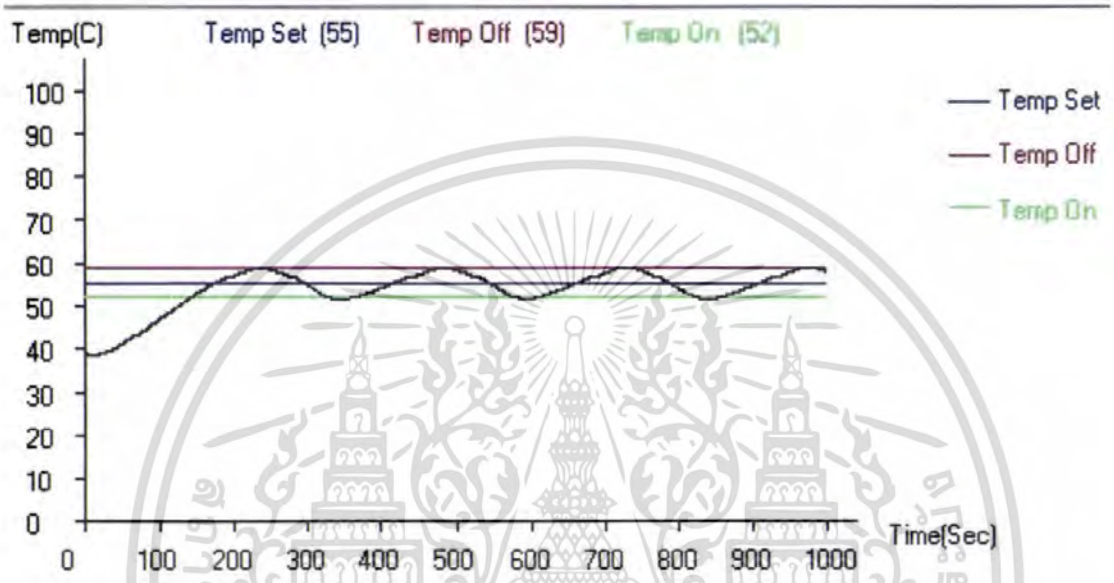
รูปที่ 36 กราฟผลตอบสนองต่อเวลา จากการทดลองที่ 5

จากกราฟผลตอบสนองที่ได้จากการทดลองที่ 2 จะเห็นได้ว่า การทำงานของชุดทดลองควบคุมอุณหภูมิ จะทำการเปิดการทำงานที่อุณหภูมิน้อยกว่า 47 องศาเซลเซียส และ ปิดการทำงานที่อุณหภูมิมากกว่า 53 องศาเซลเซียส ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าในการทดลองจะมีความคลาดเคลื่อนจากเดิมบ้างเล็กน้อยจากขอบเขตที่ตั้งไว้ในบางครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดลองที่ 6

ตั้งค่าอุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส และค่าขอบเขตการเปิดการทำงานของชุดทดลองที่ 4 องศาเซลเซียส ค่าขอบเขตการปิดการทำงานของชุดทดลองที่ 3 องศาเซลเซียส จะแสดงผลออกมาทางกราฟได้ดังนี้



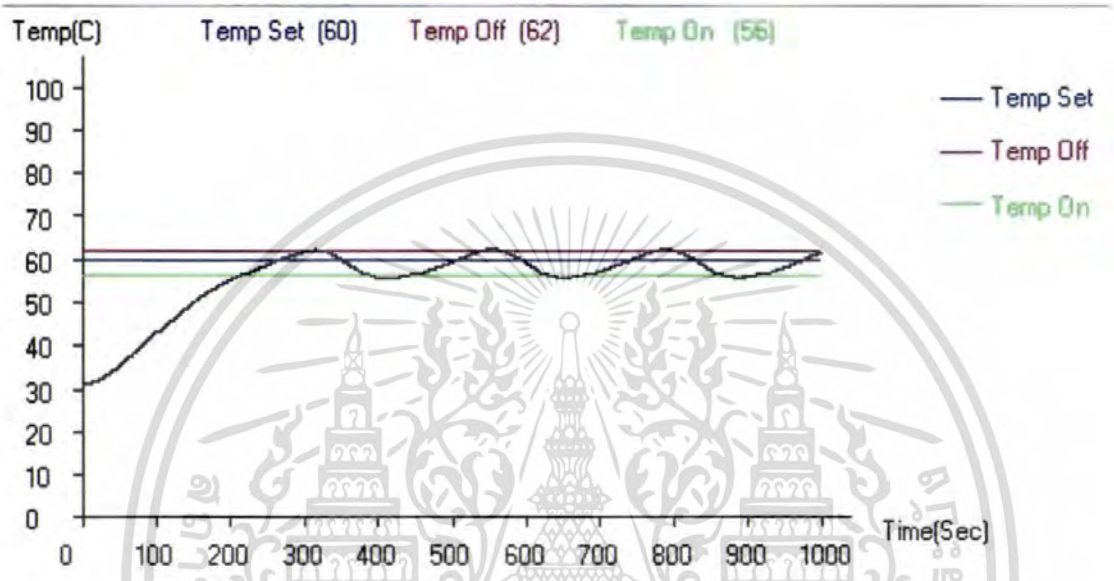
รูปที่ 37 กราฟผลตอบสนองต่อเวลา จากการทดลองที่ 6

จากกราฟผลตอบสนองที่ได้จากการทดลองที่ 3 จะเห็นได้ว่า การทำงานของชุดทดลองควบคุมอุณหภูมิ จะทำการเปิดการทำงานที่อุณหภูมิน้อยกว่า 52 องศาเซลเซียส และ ปิดการทำงานที่อุณหภูมิมากกว่า 59 องศาเซลเซียส ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าในการทดลองจะมีความคลาดเคลื่อนจากเดิมบ้างเล็กน้อย จากขอบเขตที่ตั้งไว้ในบางครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การทดลองที่ 7

ตั้งค่าอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส และค่าขอบเขตการเปิดการทำงานของชุดทดลองที่ 2 องศาเซลเซียส ค่าขอบเขตการปิดการทำงานของชุดทดลองที่ 4 องศาเซลเซียส จะแสดงผลออกมาทางกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 38 กราฟผลตอบสนองต่อเวลา จากการทดลองที่ 7

จากกราฟผลตอบสนองที่ได้จากการทดลองที่ 4 จะเห็นได้ว่า การทำงานของชุดทดลองควบคุมอุณหภูมิ จะทำการเปิดการทำงานที่อุณหภูมิน้อยกว่า 62 องศาเซลเซียส และ ปิดการทำงานที่อุณหภูมิมากกว่า 56 องศาเซลเซียส ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าในการทดลองจะมีความคลาดเคลื่อนจากเดิมบ้างเล็กน้อยจากขอบเขตที่ตั้งไว้ในบางครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 บทนำ

การศึกษาในสาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม เป็นการศึกษาและประยุกต์ทฤษฎีต่างๆเพื่อการออกแบบและควบคุมระบบให้มีเสถียรภาพ และมีสมรรถนะตามความต้องการหรือให้เป็นไปตามข้อกำหนด ดังนั้นเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการนี้จำเป็นต้องมีการศึกษาตามข้อกำหนด ดังนั้นเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการนี้จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาการจำลองระบบควบคุมด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ การออกแบบตัวควบคุมหรือตัวชดเชยแบบต่างๆ การศึกษาวงจรอิเล็กทรอนิกส์รวมถึงศึกษาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การศึกษาและการเลือกอุปกรณ์วัดและแปลงสัญญาณ ตลอดจนการบูรณาการเรื่องที่ศึกษาเหล่านี้ในการประยุกต์ใช้กับระบบควบคุมทางกายภาพจริงซึ่งนับเป็นสิ่งจำเป็นในการศึกษาในสาขาวิชานี้

2.2 ทฤษฎีเรื่องชุดควบคุมอุณหภูมิ

ในโครงงานนี้เป็นการควบคุมอุณหภูมิ จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาการควบคุมแบบต่างๆซึ่งจะได้นำการควบคุมแบบต่างๆเข้ามาช่วยในการควบคุมในระบบ และเพื่อเป็นการพัฒนาระบบให้มีเสถียรภาพยิ่งขึ้น และพร้อมกับทำการศึกษาผลตอบสนองจากการควบคุมแบบต่างๆที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ

2.2.1 ระบบควบคุม

ระบบควบคุม คือ ส่วนประกอบหลายๆส่วนต่อเชื่อมกันขึ้นเป็นระบบที่จะให้การตอบสนองตามที่เราต้องการ พื้นฐานของการวิเคราะห์ระบบจะมีพื้นฐานจากทฤษฎีระบบเชิงเส้นซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ของอินพุทและเอาท์พุทหรือการตอบสนอง ดังนั้นส่วนประกอบหรือกระบวนการ (process) ที่เราต้องการที่จะควบคุม สามารถแทนด้วย บล็อกไดอะแกรม (block diagram) ดังแสดงในรูปที่ 1 ส่วนอินพุทและเอาท์พุทของระบบมักจะแทนด้วยสัญญาณ โดยสัญญาณอินพุทจะเป็นส่วนสำคัญของผลลัพธ์หรือเอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1 การควบคุมระบบ

ระบบควบคุมสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ตามลักษณะการทำงานได้เป็น 2 แบบ คือ

1.ระบบควบคุมแบบเปิด (Open Loop Control System)

2.ระบบควบคุมแบบปิด (Closed Loop) หรือ ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System)

2.2.2 ระบบควบคุมแบบเปิด

เป็นการใช้อุปกรณ์ควบคุม หรือ อุปกรณ์ส่งกำลัง (Control Actuator) เพื่อให้ได้การตอบสนองตามที่เราต้องการ โดยไม่ต้องนำผลการตอบสนองของระบบเข้ามาสู่การพิจารณา ลักษณะของระบบควบคุมแบบเปิดแสดงในรูปที่ 2

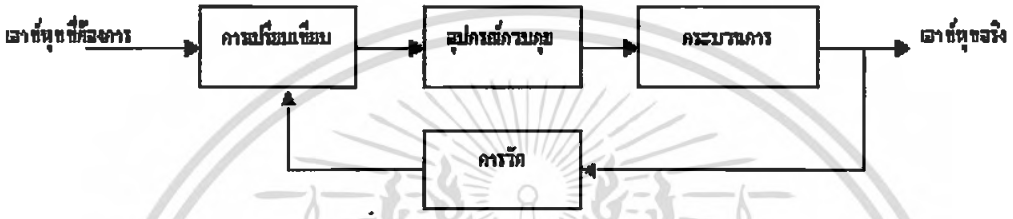
รูปที่ 2 ระบบควบคุมแบบเปิด

2.2.3 ระบบควบคุมแบบปิด หรือ ระบบควบคุมป้อนกลับ

ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ จะแตกต่างจากระบบควบคุมแบบเปิดก็คือมีการนำเอาผลที่ได้จากกระบวนการกลับเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลที่จะส่งเข้าไปเป็นอินพุทที่จะให้กับระบบ การที่เราจะทราบค่าเอาท์พุทได้เราจะต้องมีการวัดข้อมูลของเอาท์พุท เมื่อเราทราบค่าเอาท์พุตแล้วเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มักจะนำค่าเอาท์พุทที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเอาท์พุทที่เราต้องการจากระบบ จากนั้นความแตกต่างระหว่างเอาท์พุทที่ต้องการและเอาท์พุทที่แท้จริงจะได้รับการส่งต่อไปสู่อุปกรณ์ควบคุม แล้วส่งต่อเป็นอินพุทเข้าสู่ระบบเพื่อให้ความแตกต่างของเอาท์พุทที่ต้องการและเอาท์พุทที่แท้จริงลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่มีความแตกต่างระหว่างค่าทั้งสอง ดังนั้นเราก็จะได้ว่า ค่าเอาท์พุทของระบบเป็นไปตามต้องการ ระบบควบคุมแบบป้อนกลับแสดงในรูปที่ 3 สำหรับหลักการของการป้อนกลับที่ได้อธิบายไปแล้วนี้ถือว่าเป็นพื้นฐานของการวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน



รูปที่ 3 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

2.2.4 การควบคุมแบบ ON-OFF

เป็นลักษณะการควบคุมแบบเปิดปิดธรรมดาเหมือนการเปิดปิดสวิตช์ไฟฟ้าตัวอย่างเช่น เทอร์โมสตัสในเตารีดหรือการปิด - เปิดวาล์ว จากรูปที่ 2.2 จะสังเกตเห็นว่าการทำงานแบบ ON-OFF นั้นเอาท์พุทจะไม่คงที่จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทำให้ไม่สามารถจะใช้ในการควบคุมบางอย่างได้ ปกติการควบคุมแบบ ON-OFF จะมี Dead band ซึ่งหมายความว่าเอาท์พุตของตัวควบคุม ที่ออกมาจะมีการแกว่งอยู่ในย่านที่ยอมรับได้ เช่น จากรูปจะเห็นว่าอุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 58 องศาเซลเซียส ถึง 62 องศาเซลเซียส ถ้ากำหนด Set point ที่ค่า 60 องศาเซลเซียส การทำงานแบบ ON-OFF จะมี Dead band เท่ากับ 62 – 58 = 4 องศาเซลเซียส หรือจะพูดได้ว่าตัวควบคุม เกิดการแกว่งระหว่าง 62 องศาเซลเซียส ถึง 58 องศาเซลเซียส ซึ่งการแกว่งนี้จะขึ้นกับค่า Dead time ของระบบเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ระบบควบคุมแบบสัดส่วน (Proportional Control)

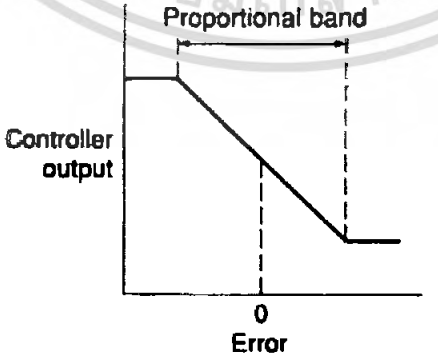
ในระบบควบคุมแบบสัดส่วนเราจะได้ว่า เอาท์พุทของคอนโทลเลอร์จะเป็นสัดส่วนกับอินพุทของคอนโทรลเลอร์ และถ้าเรากำหนดสัญญาณอินพุทที่ให้กับคอนโทลเลอร์เป็น ค่าความผิดพลาด (e) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของเวลา เราจะได้

$$output = k_p e \tag{1.1}$$

เมื่อ K_p เป็นค่าคงที่เรียก proportional gain เราจะพบว่าเอาท์พุทที่ออกจากคอนโทรลเลอร์แบบ proportional control จะขึ้นกับขนาดของความผิดพลาดในขณะที่เรากำลังพิจารณา ทำให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของคอนโทรลเลอร์ $G_c(s)$

จะมีค่าเป็น $$G_c(s) = k_p \tag{1.2}$$

ดังนั้นการควบคุมด้วยคอนโทรลเลอร์แบบนี้ก็จะเป็นเพียงการขยายสัญญาณความผิดพลาดเท่านั้น การที่เราได้สัญญาณความผิดพลาดขนาดใหญ่ที่เวลาหนึ่ง จะทำให้เกิดเอาท์พุทที่มีขนาดใหญ่จากคอนโทรลเลอร์ในเวลานั้น อย่างไรก็ตามการที่เรากำหนดให้อัตราขยายคงที่นั้นในทางปฏิบัติเราอาจจะกำหนดไว้ในบางช่วงของสัญญาณความผิดพลาดเท่านั้น เราอาจกำหนดให้คอนโทรลเลอร์ของเรามีค่าเอาท์พุทไม่น้อยกว่าค่าค่าหนึ่งและไม่มากเกินกว่าค่าค่าหนึ่งก็ได้ ซึ่งการกำหนดช่วงจำกัดของเอาท์พุทจะมีลักษณะดังรูปที่ 4 และการกำหนดเอาท์พุทแบบ proportional control ช่วงที่มีการกำหนดสัดส่วนนี้ เราจะเรียกว่า proportional band.



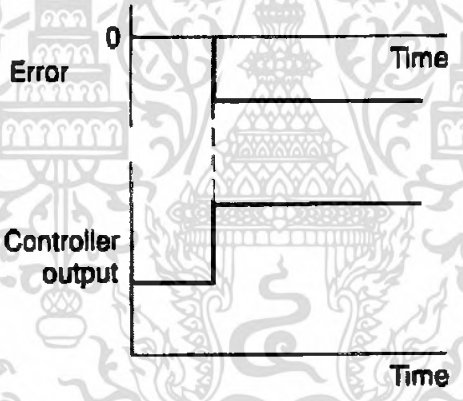
รูปที่ 4 การกำหนดช่วงจำกัดของเอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนด proportional band นี้ จะช่วยให้สัญญาณเอาท์พุทมีค่าจำกัดไม่ไปสู่ค่าอนันต์ ทั้งทางด้านบวกและทางด้านลบ และเมื่อคอนโทรลเลอร์มีเอาท์พุทสูงที่สุดที่เป็นไปได้ค่าหนึ่งแล้ว เราก็นิยมที่จะกำหนดเอาท์พุทค่าใด ๆ เป็นร้อยละของค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าเอาท์พุทของคอนโทรลเลอร์ 100% ก็หมายถึงว่าเอาท์พุทจะเปลี่ยนจากค่าต่ำสุดที่เป็นไปได้ ไปเป็นค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ ซึ่งจะทำให้เราได้ว่า

$$K_p = \frac{100}{proportional\ band} \tag{1.3}$$

เนื่องจากเอาท์พุทของคอนโทรลเลอร์จะเป็นสัดส่วนกับอินพุทดังนั้น ถ้าหากอินพุทมีลักษณะเป็นขั้นบันได เอาท์พุทที่ได้ก็จะมีลักษณะเป็นขั้นบันได เช่นกัน โดยลักษณะของกราฟแสดงอินพุทและเอาท์พุทจะมีสัดส่วนที่แน่นอนค่าหนึ่งตามรูปที่ 5 โดยรูปนี้แสดงถึงการตอบสนองของคอนโทรลเลอร์ เมื่ออินพุทอยู่ในช่วง proportional band



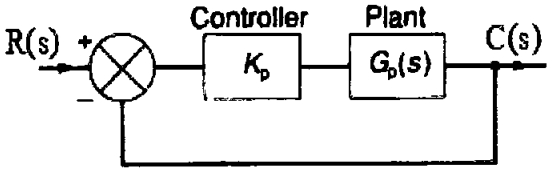
รูปที่ 5 การตอบสนองของคอนโทรลเลอร์แบบ proportional control

ในทางปฏิบัติ proportional control นี้ จะมีลักษณะเหมือนกับเครื่องขยายสัญญาณรูปแบบหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นในลักษณะของอุปกรณ์ไฟฟ้า หรืออาจจะเป็นเครื่องขยายสัญญาณเชิงกล เช่น คาน ก็ได้ ลักษณะของระบบที่ควบคุมแบบ proportional control จะมีลักษณะดังที่แสดงในรูปที่ 6 และจะทำให้ได้ฟังก์ชันถ่ายโอนระบบเปิดเป็น

$$G_0(s) = K_p G_p(s) \tag{1.4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $G_p(s)$ เป็นฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบ



รูปที่ 6 ระบบควบคุมแบบ proportional control

ข้อเสียประการสำคัญของระบบควบคุมที่คอนโทรลเลอร์คือ ไม่ได้มีการเพิ่มเทอม $\frac{1}{s}$ (หรือการเพิ่มปริพันธ์) ในส่วน forward path ซึ่งหมายความว่า ถ้าระบบเป็นระบบ type 0 คอนโทรลเลอร์จะไม่ได้เปลี่ยนแปลง type ของระบบ ทำให้ระบบเป็น type 0 เหมือนเดิม และทำให้เกิดความผิดพลาดที่สภาพคงตัว เนื่องจากคอนโทรลเลอร์ไม่ได้ทำการเพิ่มโพลหรือซีโร่ใหม่ให้กับระบบเพียงแต่เปลี่ยนตำแหน่งของโพลหรือซีโร่เท่านั้น เนื่องจากระบบควบคุมแบบป้อนกลับหนึ่งหน่วย ตามรูปที่ 6 จะมีฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบเป็น

$$G(s) = \frac{K_p G_p(s)}{1 + K_p G_p(s)} \tag{1.5}$$

และสมการคุณลักษณะจะเป็น $1 + K_p G_p(s)$ และมีรากเปลี่ยนไปตามค่าของ K_p

2.2.6 ระบบควบคุมแบบปริพันธ์ (Integral Control)

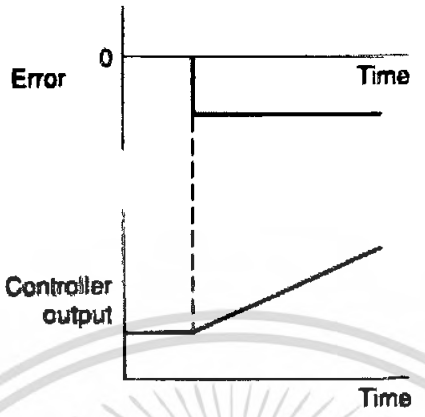
ในระบบควบคุมแบบปริพันธ์เอาท์พุทของคอนโทรลเลอร์จะเป็นสัดส่วนกับปริพันธ์ของสัญญาณผิดพลาดเทียบกับเวลา หรือ

$$Output = K_i \int_0^t e dt \tag{1.6}$$

เมื่อ K_i เป็นค่าคงที่เรียกว่า integral gain ซึ่งจะมีหน่วยเป็น 1/sec รูปที่ 7 แสดงลักษณะการตอบสนองของ integral control เมื่อได้รับสัญญาณความผิดพลาดแบบขั้นบันได ค่าปริพันธ์ระหว่างเวลา t และ 0 จะหมายถึงพื้นที่ใต้กราฟของสัญญาณความผิดพลาดจากเวลา 0 ถึง t ดังนั้นเนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มการมีสัญญาณความผิดพลาดแบบขั้นบันได เอาท์พุทที่ออกจากคอลโทรลเลอร์จะมีค่ามากขึ้นเรื่อย ๆ ด้วยอัตราที่คงที่ ทำให้เอาท์พุทที่เวลาใดๆจะเป็นสัดส่วนกับความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

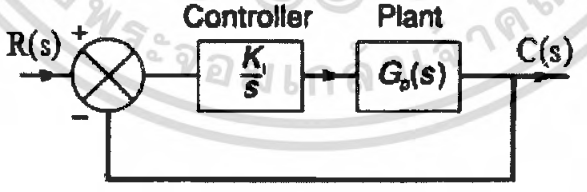


รูปที่ 7 ลักษณะการตอบสนองของคอนโทรลเลอร์แบบ integral control

เปลี่ยนรูปลาปลาสของสมการ 1.5 จะทำให้เราได้ฟังก์ชันถ่ายโอนของคอนโทรลเลอร์เป็น

$$G_c(s) = \frac{output\ (s)}{e\ (s)} = \frac{K_i}{s} \qquad (1.7)$$

ดังนั้นสำหรับระบบที่แสดงในรูปที่ 8 การควบคุมแบบ integral control ทำให้มี ฟังก์ชันถ่ายโอนระบบเปิดเป็น $\frac{k_i}{s} G_p(s)$



รูปที่ 8 ระบบควบคุมแบบ integral control

เราสามารถพิจารณาถึงข้อได้เปรียบของการควบคุมแบบ integral control ได้จากสมการ 1.7 ซึ่งเราจะเห็นว่าระบบควบคุมแบบ integral control จะเพิ่มจำนวนโพลให้กับระบบควบคุมและเพิ่ม type ของระบบ จาก type 0 เป็น type 1 ซึ่งทำให้ระบบมีความผิดพลาดที่สภาวะคงตัวเป็นศูนย์เทียบต่ออินพุตแบบขั้นบันได อย่างไรก็ตามการเพิ่มโพลที่ S = 0 และไม่มีการเพิ่มซีโร่ให้กับระบบควบคุมจะทำให้ความแตกต่างระหว่างจำนวนโพล (n) และจำนวนซีโร่ (m) เพิ่มขึ้นอีก 1 ซึ่งจะมีผลให้

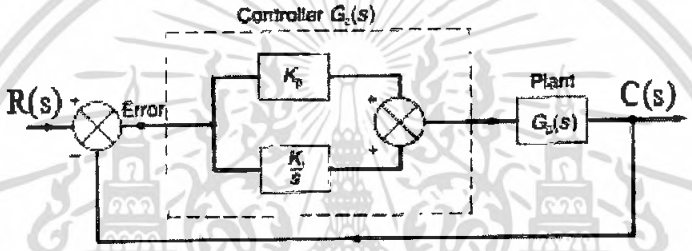
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

asymptote angles ของทางเดินรากลดลง และจุดตัดจะเคลื่อนไปทางครึ่งขวาของ s-plane มากขึ้น มีผลทำให้ความเสถียรสัมพัทธ์ของระบบลดลง

$$\text{Asymptote angle} = \pm \frac{\pi}{n-m}, \frac{3\pi}{n-m}, \ldots \tag{1.8}$$

2.2.7 การควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์ (Proportional plus integral Control)

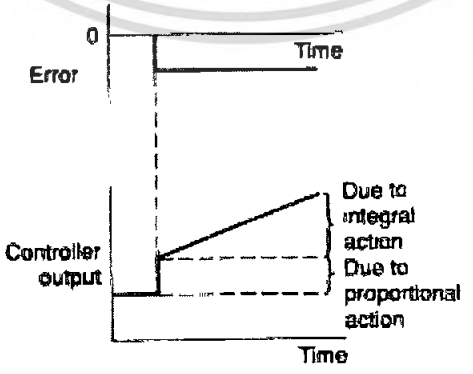
การที่ระบบควบคุมมีความเสถียรสัมพัทธ์ลดลง เมื่อเราใช้การควบคุมแบบปริพันธ์สามารถที่จะแก้ไขได้ในระดับหนึ่งโดยการใช้การควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับแบบปริพันธ์ (Proportional plus Integral , PI) ซึ่งลักษณะของระบบควบคุมจะเป็นตาม รูปที่ 9



รูปที่ 9 แผนภาพบล็อกที่ประกอบด้วย Proportional plus Integral

สำหรับระบบดังกล่าวจะมีเอาท์พุทของคอนโทรลเลอร์เป็น

$$output = K_p e + K_i \int_0^t e\,dt \tag{1.9}$$



รูปที่ 10 การตอบสนองของระบบควมคุมแบบ PI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 10 แสดงเอาท์พุทของคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับเมื่อมีอินพุทเป็นสัญญาณความผิดพลาดแบบ step ถ้าเราเปลี่ยนรูปลาปลาสของสมการ 1.7 เราจะได้ฟังก์ชันถ่ายโอนของคอนโทรลเลอร์แบบ PI เป็น

$$G_0(s) = K_p + \frac{K_i}{s}$$

$$= \frac{sK_p + K_i}{s}$$

$$= K_p \frac{(s + K_i/K_p)}{s}$$

เราให้ค่าคงที่ทางเวลาแบบ integral τ_i เป็น $\tau_i = \frac{K_p}{K_i}$

ดังนั้นเราจะได้ $$G_c(s) = \frac{K_p[s + (1/\tau_i)]}{s} \quad (1.10)$$

และจะทำให้เราได้ฟังก์ชันถ่ายโอนระบบเปิดเป็น

$$G_0(s) = G_c(s)G_p(s)$$

$$= \frac{K_p[s + (1/\tau_i)G_p(s)]}{s} \quad (1.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะเห็นว่าเรามีซีโร่ที่ $s = -\frac{1}{\tau_i}$ และโพลที่ s = 0 เพิ่มให้กับฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบเมื่อเราใช้การควบคุมแบบ PI การที่เราเพิ่มตัวประกอบ s เข้ากับเทอมส่วนของฟังก์ชันถ่ายโอนก็เสมือนกับเราเพิ่มแบบของระบบขึ้นไป 1 จึงทำให้ระบบนี้จะไม่มีความผิดพลาดที่สภาพคงตัวสำหรับอินพุทแบบขั้นบันได นอกจากนั้นการที่เราเพิ่มซีโร่ให้กับระบบไปพร้อม ๆ กัน ก็จะทำให้ความแตกต่างระหว่างจำนวนโพล n และจำนวนซีโร่ m มีค่าคงที่ ดังนั้นมุมของ asymptote สำหรับทางเดินของรากมีค่าคงเดิม เพราะจากอย่างไรก็ตามจุดตัดของเส้น asymptotes บนแกนจริง จะเคลื่อนที่เข้าหาจุดกำเนิดมากขึ้น ยังผลให้ความเสถียรของระบบลดลงบ้าง

Intersection / point = (ผลรวมของโพล – ผลรวมของซีโร่) / (n – m)

การเพิ่มโพลที่ s = 0 และซีโร่ ที่ $s = -\frac{1}{\tau_i}$ จะทำให้จุดต้องเปลี่ยนไปเท่ากับ $\pm\frac{(1+\tau_i)}{(n-m+1)}$

ซึ่งจะทำให้มีค่าเป็นบวกมากขึ้น และจุดตัดจะเคลื่อนที่มาทางขวามือเข้าใกล้จุดกำเนิดมากขึ้น อย่างไรก็ตามการลดลงของความเสถียรสัมพัทธ์นี้จะน้อยกว่าการที่เราใช้การควบคุมแบบปริพันธ์เพียงอย่างเดียวค่าของ K_p และ K_i จะเป็นค่าที่ใช้กำหนดตำแหน่งของซีโร่และโพลของระบบ โดยตำแหน่งของศูนย์จะกำหนดด้วยค่า K_p ในขณะที่ K_i จะเป็นค่าที่ใช้กำหนดโพลระบบปิด

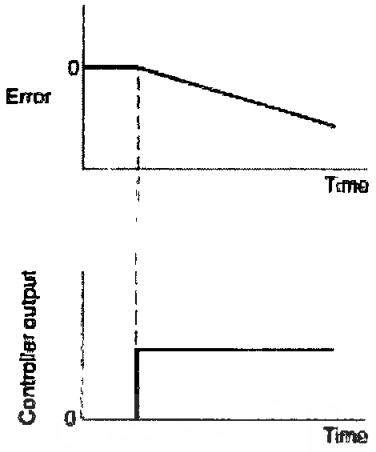
2.2.8 การควบคุมแบบอนุพันธ์ (Derivative Control)

การควบคุมอีกแบบหนึ่งก็คือการควบคุมแบบอนุพันธ์ (Derivative Controller) การควบคุมแบบนี้เอาท์พุทจะเป็นสัดส่วนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงความผิดพลาดเทียบต่อเวลา นั่นคือ

$$output = k_d \frac{de}{dt} \qquad (1.12)$$

เมื่อ K_d คือ derivative gain และมีหน่วยเป็นวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



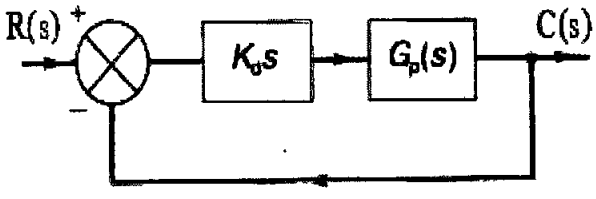
รูปที่ 11 การตอบสนองของระบบควมคุมแบบ D

รูปที่ 11 แสดงสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อสัญญาณความผิดพลาดเป็นสัญญาณแบบลาดเอียง เมื่อเริ่มได้รับสัญญาณความผิดพลาดและไม่ใช่ค่าของความผิดพลาดซึ่งทำให้เราได้สัญญาณส่งออกจากคอนโทรลเลอร์มีค่ามากก่อนที่จะเกิดความผิดพลาดขึ้นมากจริง ๆ อย่างไรก็ตามหากความผิดพลาดมีค่าคงที่ก็จะไม่มีการสะสมค่าความผิดพลาดแม้ว่าค่าความผิดพลาดจะมีมากก็ตาม ทำให้การควบคุมแบบอนุพันธ์นี้ไม่อ่อนไหวต่อค่าความผิดพลาดที่คงที่หรือเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ ซึ่งผลที่ตามมา การควบคุมแบบนี้จะไม่ใช้เพียงตัวเดียว แต่มักจะใช้ควบคุมร่วมกับการควบคุมแบบอื่น เปลี่ยนรูปลาปลาสสมการ 1.12 เพื่อที่จะหาฟังก์ชันถ่ายโอนของคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะเป็น

$$G_c(s) = K_d\, s \tag{1.13}$$

ดังนั้นสำหรับระบบควบคุม ดังที่แสดงในรูปที่ 12 การที่มีการควบคุมแบบอนุพันธ์จะทำให้เราได้ฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น

$$G_0 = \frac{K_d\, s\, G_p(s)}{1 + k_d\, s\, G_p(s)} \tag{1.14}$$



รูปที่ 12 แผนภาพบล๊อกที่ประกอบด้วยระบบควมคุมแบบ D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากว่าระบบเป็นแบบ type 1 หรือสูงกว่า การควบคุมแบบอนุพันธ์จะลด s ในเทอมส่วนลงและลด type ของระบบลง 1 อย่างไรก็ตามเราได้กล่าวก่อนหน้านี้แล้วว่า การควบคุมแบบอนุพันธ์นี้มักจะไม่ใช่เพียงลำพังแต่เราจะใช้ร่วมกับการควบคุมแบบอื่น เพราะเมื่อเราใช้การควบคุมแบบอนุพันธ์จะทำให้เราเพิ่มความเร็วในการตอบสนองของระบบต่อความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ในทางปฏิบัติการนำกฎการควบคุมแบบอนุพันธ์ไปใช้นั้นค่อนข้างจะลำบาก ดังนั้นในทางปฏิบัติโดยทั่วไปจะเป็นการประมาณการควบคุมแบบอนุพันธ์ โดยใช้ lead compensator ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

2.2.9 การควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับอนุพันธ์ (Proportional plus Derivative Control)

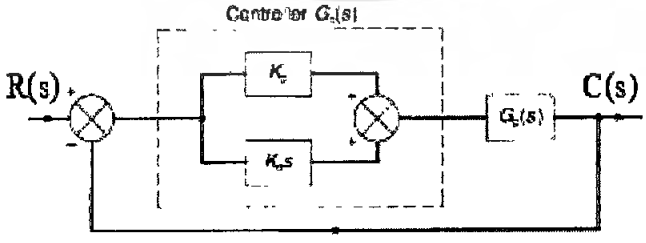
ถ้าการควบคุมแบบอนุพันธ์ใช้ร่วมกับการควบคุมแบบสัดส่วน (PD) ดังที่แสดงในรูปที่ 13 เราจะได้ฟังก์ชันถ่ายโอนระบบเปิดเป็น

$$G_0(s) = \left(K_p + K_p\, s\right) G_p(s)$$

$$G_0(s) = K_d[(\,1/\tau_d + \,s\,)](s) \qquad (1.15)$$

เมื่อ $\tau_d = \frac{K_p}{K_d}$ คือ ค่าคงที่ทางเวลาแบบ derivative ซึ่งในการควบคุมแบบนี้

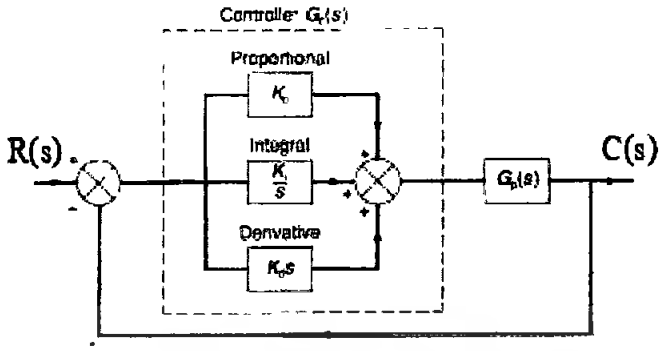
จะมีซีโร่เพิ่มขึ้นที่ $s = -\frac{1}{\tau_d}$ และจะเห็นว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของระบบ ทำให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความผิดพลาดที่สภาวะคงตัว



รูปที่ 13 แผนภาพบล็อกที่ประกอบด้วยระบบควบคุมแบบ PD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.10 PID control



รูปที่ 14 แผนภาพบล็อกที่ประกอบด้วยระบบควมคุมแบบ PID

การควบคุมโดยใช้แบบสัดส่วนรวมกับแบบปริพันธ์และรวมกับแบบอนุพันธ์ (PID control) หรือ ที่เรียก การควบคุมแบบ 3 เทอม (tree-term control) ระบบจะมีลักษณะตามรูปที่ 14 จะทำให้เอาท์พุทของคอนโทรลเลอร์เมื่อรับอินพุทเป็นความผิดพลาด (e) ดังนี้

$$output = K_p e + K_i \int_0^t e\,dt + K_d \frac{de}{dt} \qquad (1.16)$$

ฟังก์ชันถ่ายโอนของคอนโทรลเลอร์ จะเป็น

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d\, s \qquad (1.17)$$

ซึ่งเราสามารถจัดรูปได้เป็น

$$G_c(s) = K_p[\,1 + \frac{K_i}{K_p s} + \frac{K_d s}{K_p}\,]$$

หรือ

$$G_c(s) = K_p\,(\,1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s\,) \qquad (1.18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันถ่ายโอนระบบเปิดของระบบที่แสดงในรูปที่ 14 จะเป็น

$$G_0(s) = G_c(s)G_p(s) = K_p\left(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s\right)G_p(s)$$

$$G_0(s) = \frac{K_p\left(\tau_i + 1 + \tau_i \tau_d s^2\right)G_p(s)}{\tau_i s} \qquad (1.19)$$

ดังนั้นการควบคุมแบบ PID จะเพิ่มจำนวนซีโร่ให้กับระบบเท่ากับ 2 และเพิ่มจำนวนโพล 1 โพล และทำให้ชนิด type ระบบเพิ่มขึ้น 1

2.3 ทฤษฎีและหลักการทำงานของฮาร์ดแวร์

2.3.1 ไทรแอก (TRIAC)

ไทรแอกเป็นไธรีสเตอร์ชนิดหนึ่งสามารถควบคุมการปิด-เปิดกระแสไฟฟ้าได้เช่นเดียวกับ SCR แต่ SCR สามารถควบคุมการปิด – เปิดกระแสไฟฟ้าได้เมื่อขั้วอาโนด มีแรงดันไฟฟ้าบวก ส่วน ไทรแอก สามารถควบคุมได้ทั้งแรงดันไฟฟ้าเป็นบวกหรือลบ ดังนั้นขั้วของไทรแอก จึงมีชื่อเรียกเป็น T_2, T_1 และเกทแทนที่จะเป็น อาโนด, คาโธด, และเกท แบบกรณีของ SCR ในการบอกค่าแรงแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วต่าง ๆ ของไตรแอค เราจะถือเอา ขั้ว T_1 เป็นขั้วอ้างอิงเสมอ เช่น เมื่อบอกว่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว T_2 เป็นบวก ก็หมายความว่าขั้ว T_2 มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าขั้ว T_1 เป็นต้น

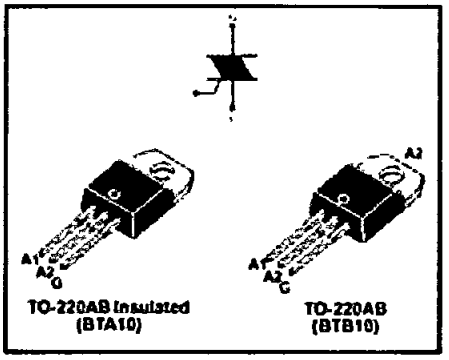
ไทรแอกสามารถปิดกั้นกระแสได้สองทิศทาง และสามารถถูกสวิตช์ให้นำ กระแสได้ทั้งสองทิศทาง โดยกระแสเกทที่ใช้จุดชนวนจะมีทิศทางเข้าหรือออกจากไตรแอคก็ได้ดังนั้นการจุดชนวนไตรแอค จึงแบ่งออกได้เป็น 4 แบบคือ

1.) แบบ I+ แรงดันไฟฟ้าที่ T_2 เป็นบวก และกระแสเกทไหลเข้าไทรแอก
2.) แบบ I^- แรงดันไฟฟ้าที่ T_2 เป็นบวก และกระแสเกทไหลออกจากไทรแอก
3.) แบบ III^+ แรงดันไฟฟ้าที่ T_2 เป็นลบ และกระแสเกทไหลเข้าไทรแอก
4.) แบบ III^- แรงดันไฟฟ้าที่ T_2 เป็นลบ และกระแสเกทไหลผ่านออกจากไทรแอก

สำหรับไทรแอกที่นำมาใช้ในการทำโครงการในครั้งนี้คือ 10A TRIAC (BTA16) Series โดยมีคุณ สมบัตินำกระแสสูงสุดได้ถึง 10 แอมป์ และต้องการกระแสทริคขนาด 20-50 มิลลิแอมป์ ทำงานที่ 50-60 Hz 220 Vac

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

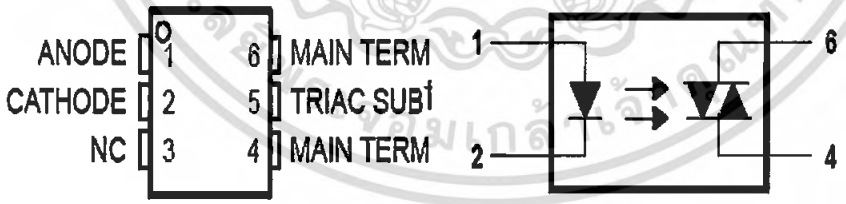
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าฉลาดกระบัง



รูปที่ 15 ไทรแอก

2.3.2 MOC3021M

เป็นอุปกรณ์ช่วยในการขับไทรแอกให้นำกระแส โดยอุปกรณ์ภายในของ Optoisolator Triac Driver แยกวงจรออกเป็นสองส่วนแต่เชื่อมต่อกันด้วยแสงอินฟาเรด จึงทำหน้าที่แยกวงจรออกเป็นสองส่วน เพื่อประโยชน์ในการป้องกันกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าเกินขนาดจากวงจรทางด้านอินพุตของไทรแอกมาทำ อันตรายกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของ Optoisolator Triac Driver ที่นำมาใช้กับการทดลองนี้คือ MOC3021M โดยมีคุณสมบัติดังนี้ ทำงานได้ที่แรงดันกระแสสลับ 240 โวลต์ และมีการป้องกันแรงดันสูงสุดที่ระดับแรงดัน 400 โวลต์ ระดับกระแสไหลผ่าน EMITER เท่ากับ 60 มิลลิแอมป์ และให้กระแสทริกไทรแอกขนาด 30 มิลลิแอมป์ โดยมีลักษณะและการต่อใช้งานดังรูปที่ 16



(ก) (ข)

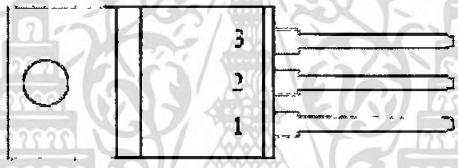
รูปที่ 16 Schematic Optoisolator triac driver
(ก) ลักษณะภายนอกของ Optoisolator triac driver
(ข) วงจรภายในของ Optoisolator triac driver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

82016

2.3.3 ไอซีควบคุมแรงดันไฟฟ้า (Voltage regulator IC)

วิธีการควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่นิยมกันมากคือการควบคุมโดยใช้ไอซีควบคุมแรงดันไฟฟ้าเนื่องจากภายในตัวไอซีมีวงจรสร้างแรงดันอ้างอิง (reference source) วงจรขยายเปรียบเทียบสัญญาณ (comparator amplifier) ส่วนควบคุม (control device) และการป้องกันโหลดเกิน (overload protection) ไอซีควบคุมแรงดันไฟฟ้าสามารถแบ่งลักษณะของแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุตได้ 3 แบบคือ แบบแรงดันไฟฟ้าบวกคงที่ แบบแรงดันไฟฟ้าลบคงที่ กระแสไฟฟ้าเอาท์พุตของของไอซีควบคุมแรงดัน ไฟฟ้ามีขนาดตั้งแต่ 100 มิลลิแอมป์ขึ้นไปจนถึงระดับเป็น 10 แอมป์ การต่อวงจรของไอซีควบคุมแรงดันไฟฟ้า สามารถทำได้ง่ายเพราะว่าไอซีควบคุมแรงดันไฟฟ้ามีขาต่อออกมาภายนอกเพียง 3ขา ดังแสดงในรูปที่ 17 รหัส ของไอซีควบคุมแรงดันไฟฟ้าแบบแรงดันไฟฟ้าบวกคงที่และแบบแรงดันไฟฟ้าลบคงที่คือ MC78XX และ MC79XX ตามลำดับ รหัส XX สองตัวท้ายจะบ่งบอกระดับของแรงดันคงที่



รูปที่ 17 ไอซีควบคุมแรงดันไฟฟ้า

แสดงขาต่อใช้งานของไอซีควบคุมแรงดันไฟฟ้าทั้งแบบแรงดันไฟฟ้าบวกและลบคงที่และแบบปรับค่าแรงดันไฟฟ้าที่เอาท์พุตได้ ดังรูปที่ 18

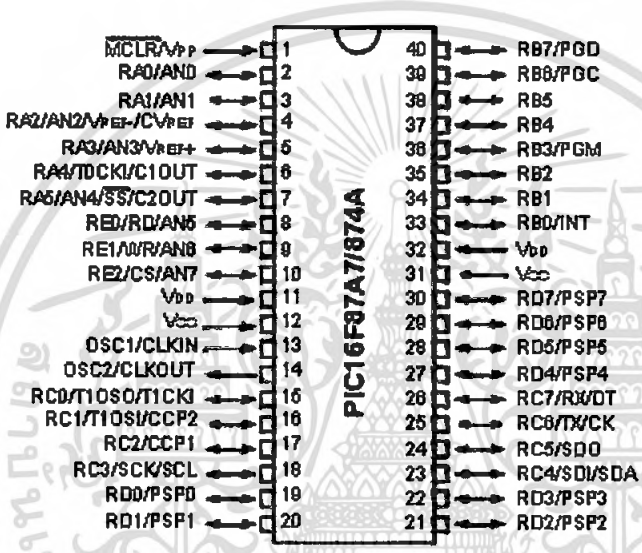
Code	Pin 1	Pin 2	Pin 3
78XX	Input	Ground	Output
79XX	Ground	Input	Output

รูปที่ 18 หน้าที่ของขาต่อใช้งานของไอซีควบคุมแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

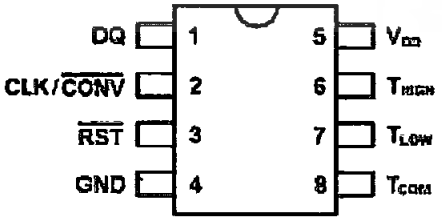
2.3.4 ไมโครคอนโทรลเออร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้คือ PIC 16F877 ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้จำนวนขาทั้งหมด 40 pin ใช้กับความถี่สัญญาณนาฬิกา 50-20MHz และมีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช 8 กิโลเวิร์ด (8K x 14 bit) และหน่วยความจำข้อมูลแรม 368 ไบต์ มีหน่วยความจำอีอีพรอม 256 ไบต์ มีพอร์ต A-E เป็นพอร์ตอินเอาต์พุต จำนวน 33บิต มีโมดูลแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล และ มีโมดูลสื่อสารอนุกรม (USART) ตอบสนองแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์สูงสุด 15 แหล่ง เช่นแหล่งตอบสนองสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก ใช้ไฟเลี้ยง 2-5.5โวลต์ มีกระแสซิงก์และซอร์สของพอร์ต 25 มิลลิแอมป์



รูปที่ 19 แสดง ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

2.3.5 เซ็นเซอร์ DS1620



DQ 3-Wire Input/Output

CLK/CONV 3-Wire Clock Input and Stand-alone Convert Input

RST 3-Wire Reset Input

GND Ground

THIGH High Temperature Trigger

TLOW Low Temperature Trigger

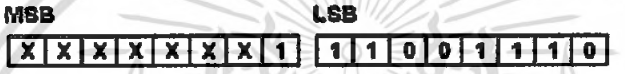
TCOM High/Low Combination Trigger

VDD Power Supply Voltage (3V-5V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package และตำแหน่งขาของไอซี DS1620

- แหล่งจ่ายไฟที่ใช้อยู่ในช่วง 2.7 ถึง 5.5 โวลต์
- ช่วงการวัดอุณหภูมิ -55 °C ถึง +125 °C ความละเอียด 0.5 °C หรือ -67 °F ถึง +257 °F ความละเอียด 0.9 °F การแปลงค่าของอุณหภูมิให้เป็นค่าทางดิจิตอลจะใช้เวลาไม่เกิน 1 วินาที
- การอ่านหรือเขียนข้อมูลจะกระทำผ่านการสื่อสารแบบอนุกรมโดยใช้สายสัญญาณ 3 เส้น (CLK, DQ, RST)
- ตัวถังเป็นแบบ DIP 8-pin หรือ SOIC ดังรูปด้านบน



Temp = 25 °C

(a)

TEMP	DIGITAL OUTPUT (Binary)	DIGITAL OUTPUT (Hex)
+125°C	0 11111010	00FAh
+25°C	0 00110010	0032h
+0.5°C	0 00000001	0001h
+0°C	0 00000000	0000h
-0.5°C	1 11111111	01FFh
-25°C	1 11001110	01CEh
-55°C	1 10010010	0192h

(b)

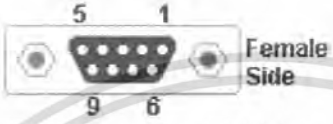
รูปที่ 20 (ก) รูปแบบข้อมูลอุณหภูมิที่ DS1620 ส่งออกมา
(ข) การแปลงข้อมูลอุณหภูมิจากเลขไบนารีเป็นเลขฐาน 10

การทำงานของ DS1620 การสั่งงาน DS1620 จะเริ่มจากการส่งชุดคำสั่งขออ่านค่าอุณหภูมิให้กับ DS1620 ก่อน จากนั้นตัวไอซีเองจะส่งข้อมูลกลับออกมา ซึ่งรูปแบบข้อมูลที่ได้มานั้นจะเป็นข้อมูลอนุกรมขนาด 9 บิตดัง รูปที่ 20 (ก) โดยข้อมูลที่ DS1620 ส่งออกมานั้นจะเป็นตัวเลขดิจิตอลหรือเลขฐาน 2 ดังนั้นจึงต้องทำการปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของเลขฐาน 10 ก่อน ดังรูปที่ 2 (ข) สำหรับอุณหภูมิที่ไอซีตัวนี้สามารถวัดได้นั้นจะอยู่ในช่วง -55 °C ถึง +125 °C ความละเอียด 0.5 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 RS 232

ใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม ซึ่งมีข้อดีคือ ใช้สายสัญญาณน้อยและส่งได้เป็นระยะทางไกล สำหรับโครงงานนี้ใช้การติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ รับส่งข้อมูลแบบอนุกรมกับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการเปลี่ยนระดับสัญญาณไฟฟ้าได้มาตรฐานในการรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์อนุกรม (Serial Port) ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งสัญญาณข่าวสารที่ได้อย่างถูกต้องประมวลโดยโปรแกรม Visual Basic เพื่อแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์



RS232 Pin Assignments (DB9 PC signal set)

Pin 1	Received Line Signal Detector (Data Carrier Detect)
Pin 2	Received Data
Pin 3	Transmit Data
Pin 4	Data Terminal Ready
Pin 5	Signal Ground
Pin 6	Data Set Ready
Pin 7	Request To Send
Pin 8	Clear To Send
Pin 9	Ring Indicator

รูปที่ 21 แสดงขาของพอร์ตอนุกรม

2.3.6.1 รายละเอียดของ RS 232

Transmit Data (TD) เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก DTE (หรือตัวไมโครคอมพิวเตอร์พิวเตอร์) ไปยังโมเด็มหรือต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่น เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออกสถานะภาพของลอกจิกที่ขานี้มีค่าเท่ากับ"1" หรือเที่ยบเท่า Stop Bit

Received Data (RD) เป็นทางสัญญาณเข้าไปยัง DTE หรือไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามา ขานี้จะมีสถานะภาพลอจิกเป็น "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Request to Send (RTS) ใช้สำหรับส่งสัญญาณไปยังโมเด็มหรือเครื่องพิมพ์เป็นการเรียกร้องที่จะส่งสัญญาณมาทาง TD สัญญาณนี้จะใช้คู่กับ CTS ที่อุปกรณ์รับ หากได้รับ สัญญาณ RTS จะตรวจตัวเองว่าพร้อมจะรับสัญญาณได้หรือยัง หากพร้อมก็จะส่งสัญญาณออกไปที่สาย CTS

Clear to Send (CTS) เมื่อสายสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะออฟ (Negative Voltage หรือลอจิก"1") หมายความว่า อุปกรณ์รับกำลังบอกว่า พร้อมจะรับข้อมูลแล้ว

Data Set Ready (DSR) เมื่อสายสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะออน (ลอกจิก"0") จะเป็นการบอกไมโครคอมพิวเตอร์ว่า พร้อมที่จะส่งได้แล้ว

Signal Ground (SG) ทำหน้าที่เป็นระดับแรงดันอ้างอิงสำหรับทุกๆสายสัญญาณจะมีแรงดันเป็น "0" เมื่อเทียบกับสายสัญญาณอื่นๆ

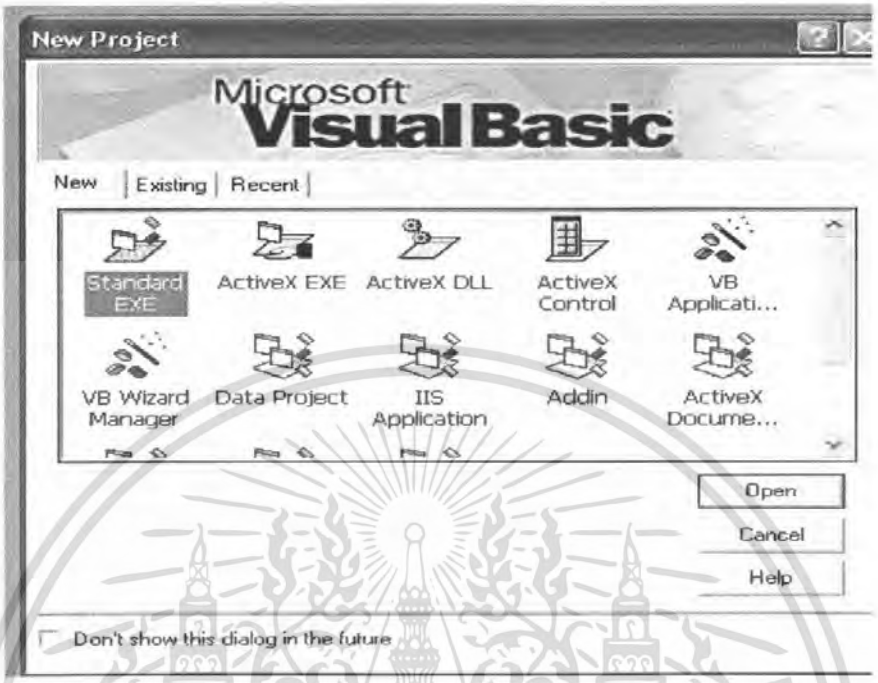
Data Terminal Ready (DTR) คอมพิวเตอร์เปิดสัญญาณนี้ให้ออน (ลอจิก"0") เมื่อพร้อมที่จะติดต่อรับส่งข้อมูล

2.3.7 โปรแกรมวิชวลเบสิก 6 (Visual Basic 6)

พื้นฐานเกี่ยวกับ Visual Basic 6.0 ภาษา BASIC ได้พัฒนาขึ้น ปี ค.ศ. 1963 โดย Thomas Kurtz โดยเน้นความง่ายต่อการเข้าใจและการใช้งาน รวมทั้งการทำงานในรูปแบบ Interpreter คือ ทำงานเรียงตามบรรทัด ต่อมาได้พัฒนาเป็น GW-BASIC ซึ่งเป็น Interpreter บนระบบปฏิบัติการ DOS ต่อมาในปี ค.ศ. 1982 ได้เพิ่มความสามารถในการประมวลผล โดยการตัดเลขประจำบรรทัดออก และมาใช้รูปแบบของ Sub Program User Define แทน เรียกว่า QUICK BASIC Visual Basic เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการพัฒนาต่อเนื่อง ตั้งแต่ QUICK BASIC จนกระทั่งถึง PDS BASIC จากนั้น Microsoft ได้นำเอาหลักการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้ในการออกแบบภาษา BASIC จนเป็นที่มาของคำว่า Visual Basic Visual Basic เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ ที่มีประสิทธิภาพสูง และออกแบบมาเพื่อทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows คำว่า Visual หมายถึงวิธีการที่ใช้สร้างติดต่อกับผู้ใช้แบบกราฟิก (GUI : Graphic User Interface) ส่วน BASIC เป็นคำที่ย่อมาจาก (Beginner All-Purpose Symbolic Instruction Code) ในที่นี้จะขอเรียก Visual Basic สั้นๆว่า VB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของ Visual Basic



รูปที่ 22 แสดงหน้าโปรแกรมการสร้างงานบน วิชวลเบสิก 6.0

Standard.EXE ใช้สร้างโปรแกรมทั่วไปในรูปแบบ GUI

ActiveX.EXE สร้างโปรแกรมติดต่อกับโปรแกรมในรูปแบบ OLE

ActiveX.DLL เหมือนกับ AXtiveX.EXE แต่จะเป็นนามสกุล DLL ไม่สามารถ run ด้วยตัวเองได้

ActiveXControl ใช้สร้าง control ขึ้นเองในโปรแกรม

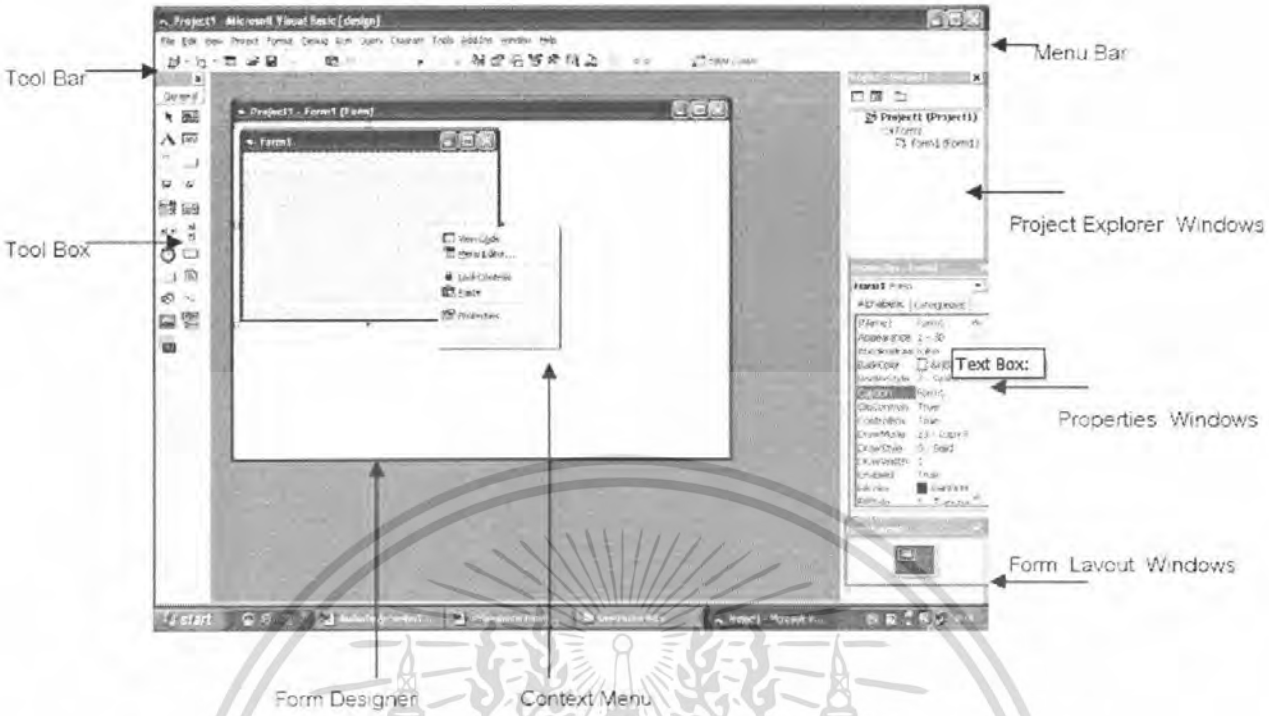
VB Application Wizard สร้างโปรแกรมตามโครงสร้างของ Database

Addin ใช้เพิ่ม Utility ใน Visual Basic

ActiveX Document DLL ใช้ run บน internet explorer แต่มีนามสกุลเป็น DLL

ActiveX Document EXE ใช้ run บน internet explorer แต่มีนามสกุลเป็น EXE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 23 ส่วนประกอบต่างๆของวิชวลเบสิก 6.0

1. Menu Bar แสดงคำสั่งต่างๆ ที่สามารถเรียกใช้งานได้ใน VB
2. Context Menu เป็นเมนูที่มีคำสั่งสามารถเรียกใช้ได้บางคำสั่ง โดยการ click เมาส์ปุ่มขวาบนส่วนประกอบที่ต้องการ
3. Tool Bar ปุ่มคำสั่งต่างๆ ที่ช่วยให้การใช้งานคำสั่ง ที่อยู่ในเมนู ของ VB ได้ง่ายและสะดวก
4. Toolbox จะมีคอนโทรลต่างๆ ที่นำมาใช้ในการออกแบบหน้าจอ
5. Project Explorer Windows เป็นหน้าต่างที่แสดง ฟอร์ม (form) และ โมดูล (module)
6. Properties Windows เป็นหน้าต่างที่ใช้ในการกำหนดคุณลักษณะของคอนโทรล (control) ฟอร์ม (form)
7. Form Designer เป็นหน้าต่างที่ใช้ในการสร้างและออกแบบหน้าจอ
8. Form Layout Windows เป็นหน้าต่างที่ใช้กำหนดตำแหน่งของฟอร์ม ที่แสดงออกทางหน้าจอของคอมพิวเตอร์ในขณะที่ run

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

เมื่อทำการทดลองตั้งค่าที่อุณหภูมิต่างๆ ระบบจะทำงานได้ตามเป้าหมาย ขึ้นอยู่กับการตั้งค่าขอบเขตการเปิดและปิดการทำงานของชุดควบคุมอุณหภูมิ ที่ขอบเขตการเปิดและปิดการทำงานมีค่าต่ำ จะมีค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่าที่ขอบเขตการเปิดและปิดการทำงานมีค่าสูง แต่จะใช้เวลาในการทำงานแต่ละรอบการทำงานน้อยกว่า ในบางเวลาอาจมีการรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายในส่งผลต่อการทำงานของชุดควบคุม

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

การทำโครงงานนี้ต้องการำศึกษาความรู้พื้นฐานที่จำเป็นได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ การเขียนโปรแกรม Visual Basic การตรวจวัดอุณหภูมิ ทฤษฎีของการควบคุม ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้งานกับระบบควบคุมแบบอื่นๆและสามารถนำไปประยุกต์ในสาขาที่เกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

5.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงาน

ได้นำความรู้ที่เรียนมาใช้ เพราะได้นำความรู้ทางทฤษฎีทางระบบควบคุมมาใช้โดยตรงทั้งความรู้เกี่ยวกับวงจรและ ไมโครคอนโทรลเลอร์ การเขียนโปรแกรมต่างๆ ได้ฝึกการแก้ปัญหาที่เกิดจากการทำงานจริงและปัญหาที่เกิดจากปัจจัยภายนอก และการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มร่วมกับผู้อื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงงาน

เนื่องจากขดลวดทำความร้อนเมื่อร้อนจัดจะใช้เวลาในการคืนสภาพนานและไอซีที่ใช้วัดอุณหภูมิเมื่อนำมาวัดลมร้อน มักจะเกิดการสะสมความร้อนทำให้ได้ค่าคลาดเคลื่อน ใช้เวลาในการคืนสภาพค่อนข้างช้าเช่นกัน เมื่อทำการทดลองจึงทำให้เกิด อีสเตอริซีสขึ้นรวมทั้งสภาพแวดล้อมภายนอกที่ทำการรบกวนระบบ เช่น เมื่ออุณหภูมิภายนอกไม่สม่ำเสมอ เป็นต้น

5.5 แนวทางการพัฒนาและแก้ไข

ในการทำโครงงานชิ้นนี้ยังขาดความสมบูรณ์และมีข้อบกพร่องอยู่พอสมควร เราสามารถเพิ่มการควบคุมเป็น P และ PI, PID โดยปรับเปลี่ยนวงจรโดยการใช้ TCA 785 มาทำการควบคุมมุมทริกของเฟส กระแสเพื่อทำการปรับค่าของ Kp และในส่วนการเขียนโปรแกรมและออกแบบส่วนแสดงผลและส่วนของการตั้งค่าให้ทำงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ได้ สามารถนำไปควบคุมการทำงานของระบบอื่นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

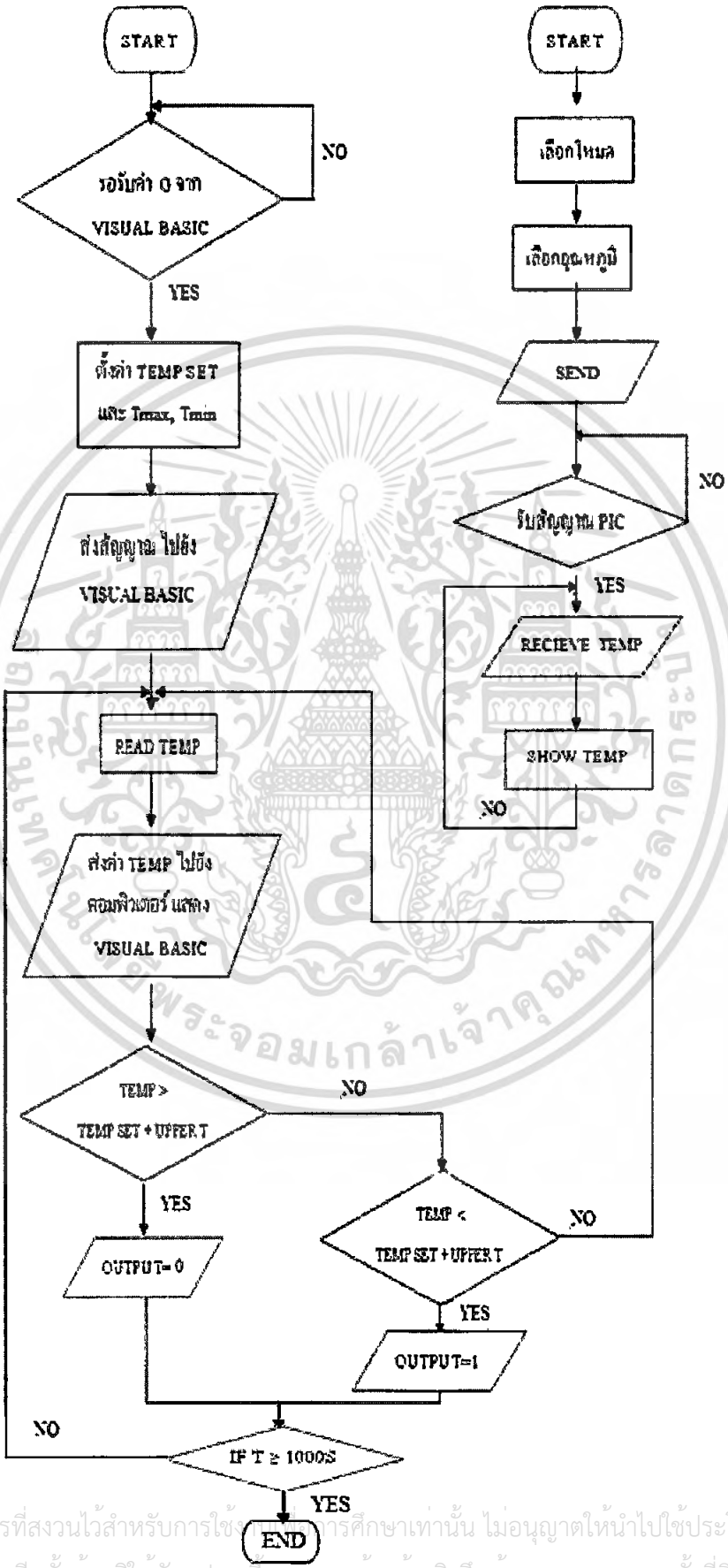
[1] สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร. " คู่มือเขียนโปรแกรม VISUAL BASIC 6 ฉบับผู้เริ่มต้น " DEV BOOK พ.ศ. 2548

[2] ธาริน สิทธิธรรมชารี. " สร้างโปรแกรมบน WINDOWS ด้วย VISUAL BASIC 6 " SUCCESS MEDIA พ.ศ. 2548

[3] สุภัทรชัย สิงห์บาง. " คู่มือการใช้งาน Protel DXP " กรุงเทพฯ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น) พ.ศ 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม PIC 16F877

```
#define _PIC16F877_
#include <16F877.h>
#define DQxD  PIN_C2
#define CLKxD PIN_C1
#define RSTxD PIN_C0
#define TxD   PIN_C6
#define RxD   PIN_C7
#fuses WDT,HS,NOPUT,NOPROTECT,BROWNOUT,NOLVP,NOCPD,NOWRT,NODEBUG
#use delay(clock=20000000)
#use rs232(baud=9600 ,xmit=TxD,rcv=RxD,restart_wdt)
#use fast_io(C)
#use fast_io(D)
unsigned int c_1,c_2,r_c,r_cs,r_ce,i,m_1,m_2,modekey,c_out,s_t,xxx;
double temp_off,temp_read,buffer_t[12],t_upper,t_lower,temp_l,temp_h;
char d_in,buffer_rx[20],c_in;
void check();
void check1();
void check_mode();
void check_fm();
void check_fn();
void check_reset();
unsigned int check_c(char Data);
void clear_buffer_rx();
void onoff_control();
char t_out(unsigned int Data);
void setting();
void setmode();
void readtemp();
void control();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void send_out();
void DS1620_InitTemp(void);
unsigned int DS1620_GetTemp(void);
void DS1620_Write(unsigned char Data);
void readtemp_ds18s20();
void Showtemp();
int DS1620_Read(void);
#INT_RDA
        void rs232_isr(){
                disable_interrupts(GLOBAL);
                disable_interrupts(INT_RDA);
                c_I = 1;
                d_in = getc();
                r_c =  r_c + 1 ;
                buffer_rx[r_c] = d_in;
                if (d_in == 'E') {r_ce = r_c; check();
                }
                enable_interrupts(GLOBAL);
                enable_interrupts(INT_RDA);
                }
void main(){
        restart_wdt();
        setup_wdt(WDT_2304MS);
        enable_interrupts(GLOBAL);
        enable_interrupts(INT_RDA);
        setting();
        set_tris_D(0);
        DS1620_InitTemp();
        readtemp();
        restart_wdt();
while(1){
        restart_wdt();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        if(m_2 == 0){putc('o');putc('o');}
        check1();
        setmode();
        if(m_2){
                if (s_t == 0 ){    putc('G');s_t = 1;output_high(PIN_D7);}
                readtemp();
                send_out();
                control();
        }
        }
        restart_wdt();
        }
//-------------------------------------------------------------//
void check(){
                restart_wdt();
                r_c = r_ce;
                while (c_1){
                if (buffer_rx[r_c] != 'S'){
                        if (r_c == 0 ) {
                        c_1 = 0;
                        c_2 = 0;
                        m_1 = 0;
                        r_c = 1;
                        r_cs = 0;
                        r_ce = 0;
                        clear_buffer_rx();
                        }
                        else if (r_c != 0){
                        c_1 = 1;
                        }
                  }
                else if(buffer_rx[r_c] == 'S'){
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                C_1 = 0;
                C_2 = 1;
                r_cs = r_c;
            }
            r_c = r_c - 1;
            }
                restart_wdt();
        }
//-------------------------------------------------------------------//
void check_mode(){
                restart_wdt();
                if ((r_ce - r_cs) == 9 ){
                        modekey = 1;
                        for (i=0;i<7;i++){
                        buffer_t[i] = check_c(buffer_rx[r_cs + 2 + i]);
                        }
                        clear_buffer_rx();
                        m_1 = 1;
                        }
            restart_wdt();
            }
//-------------------------------------------------------------------//
void check_reset(){
                        restart_wdt();
                        if ((r_ce - r_cs) == 3) {
                        if      (buffer_rx[r_cs + 2] == '1'){
                        setup_wdt(WDT_18MS);
                        delay_ms(20);
                        }
                        }
        }
//-------------------------------------------------------------------//
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void check1(){
        restart_wdt();
        while (c_2) {
                if( buffer_rx[r_cs + 1] == '1'){check_mode();}
                if( buffer_rx[r_cs + 1] == '4'){check_reset();}
                c_2 = 0;
                }
        restart_wdt();
        }
//-------------------------------------------------------------------//
unsigned int check_c(char Data){
        unsigned int data1;
        restart_wdt();
        switch(Data) {
        case '0' : data1 = 0; break;
        case '1' : data1 = 1; break;
        case '2' : data1 = 2; break;
        case '3' : data1 = 3; break;
        case '4' : data1 = 4; break;
        case '5' : data1 = 5; break;
        case '6' : data1 = 6; break;
        case '7' : data1 = 7; break;
        case '8' : data1 = 8; break;
        case '9' : data1 = 9; break;
        case 'X' : data1 = 0; break;
        }
        restart_wdt();
        return(data1);
        }
//-------------------------------------------------------------------//
void clear_buffer_rx(){
        restart_wdt();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        for (i=0;i<20;i++){
        buffer_rx[i] = 0;
        }
        restart_wdt();
        }
//-------------------------------------------------------------------//
void setting(){
        restart_wdt();
        set_tris_D(0);
        set_tris_C(0x80);
        output_D(0);
        output_C(0);
        c_1 = 0;
        c_2 = 0;
        m_1 = 0;
        m_2 = 0;
        r_c = 0;
        r_ce = 0;
        r_cs = 0;
        s_t = 0;
        modekey = 0;
        c_out = 0;
        temp_off = 0;
        temp_read = 0;
        for (i=0;i<12;i++){buffer_t[i] = 0;}
        clear_buffer_rx();
        i = 0;
        d_in = 0;
        c_in = 0;
        restart_wdt();
}
//-------------------------------------------------------------------//
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void setmode(){
        restart_wdt();
        while(m_1){
        if (modekey == 1){
        temp_off = (((buffer_t[0]*10)+buffer_t[1]) +(buffer_t[2]/10));
        t_upper = ((buffer_t[3]*10)+buffer_t[4])/10;
        t_lower = ((buffer_t[5]*10)+buffer_t[6])/10;
        m_1 = 0;
        m_2 = 1;
        temp_h =  (temp_off + t_upper);
        temp_l =  (temp_off - t_lower);
        if ((temp_off >= 40) && (temp_off < 42.5)){temp_h = temp_h - 2 ;}
        else if ((temp_off >= 42.5) && (temp_off < 48)){temp_h = temp_h - 1.5 ;}
        else if ((temp_off >= 48) && (temp_off < 53.5)){temp_h = temp_h - 1 ;}
        else if ((temp_off >= 53.5) && (temp_off < 58)){temp_h = temp_h - 0.5 ;}
        else if ((temp_off >= 58) && (temp_off < 60.5 )){temp_h = temp_h  ;}
        if ((temp_off >= 40) && (temp_off < 42.5)){temp_l = temp_l - 0.5 ;}
        else if ((temp_off >= 42.5) && (temp_off < 49)){temp_l = temp_l  ;}
        else if ((temp_off >= 49) && (temp_off < 54)){temp_l = temp_l + 0.5 ;}
        else if ((temp_off >= 54) && (temp_off < 57)){temp_l = temp_l + 1 ;}
        else if ((temp_off >= 57) && (temp_off < 60.5)){temp_l = temp_l + 1.5 ;}
        }
        }
        restart_wdt();
        }
//-------------------------------------------------------------------------//
void readtemp(){
         unsigned int iii;
         restart_wdt();
         iii = DS1620_GetTemp();
         temp_read = iii;
         temp_read = (temp_read/2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        restart_wdt();
        }
//-------------------------------------------------------------------//
void control(){
        restart_wdt();
        onoff_control();
        restart_wdt();
        }
//-------------------------------------------------------------------//
void onoff_control(){
        unsigned int ii;
        restart_wdt();
        //ii = temp_read*2;
        //output_D(ii);
        if (temp_read >= temp_h) {
        output_low(PIN_D7);
        }
        else if (temp_read <= temp_l) {
        output_high(PIN_D7);
        }restart_wdt();
        }
//-------------------------------------------------------------------//
void send_out(){
        double x1,x2,x3;
        long Data1;
        unsigned int Data2;
        restart_wdt();
        Data1 = (temp_read * 10);
        Data1 = (Data1 % 10);
        x3 = Data1;
        Data1 =temp_read;
        Data1 = Data1 % 10;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        x2 = Data1;
        Data1 = (temp_read - x2) / 10;
        Data1 = Data1 % 10;
        x1 = Data1;
        putc('C');
        putc('I');
        putc('N');
        Data2 = x1;
        putc(t_out(Data2));
        Data2 = x2;
        putc(t_out(Data2));
        Data2 = x3;
        putc(t_out(Data2));
        putc('E');
        restart_wdt();
        }
//-------------------------------------------------------------------//
unsigned char t_out(unsigned int Data){
unsigned char Data1;
        restart_wdt();
        switch (Data){
        case 0 : Data1 = '0';break;
        case 1 : Data1 = '1';break;
        case 2 : Data1 = '2';break;
        case 3 : Data1 = '3';break;
        case 4 : Data1 = '4';break;
        case 5 : Data1 = '5';break;
        case 6 : Data1 = '6';break;
        case 7 : Data1 = '7';break;
        case 8 : Data1 = '8';break;
        case 9 : Data1 = '9';break;
        }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        restart_wdt();
        return(Data1);
        }
//-------------------------------------------------------------------//
void DS1620_InitTemp(void){
                restart_wdt();
                output_low(RSTxD);
                output_high(RSTxD);
                DS1620_Write(0x0C);
                DS1620_Write(0x02);
                output_low(RSTxD);
                output_high(RSTxD);
                DS1620_Write(0xEE);
                output_low(RSTxD);
                restart_wdt();
}
//-------------------------------------------------------------------//
unsigned int DS1620_GetTemp(void){
                unsigned int Data;
                restart_wdt();
                output_high(RSTxD);
                DS1620_Write(0xAA);
                Data = DS1620_Read();
                output_low(RSTxD);
                restart_wdt();
                return(Data);
}
//-------------------------------------------------------------------//
void DS1620_Write(unsigned char Data){
                unsigned char i0;
                restart_wdt();
                set_tris_c(0x80);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                output_high(CLKxD);
                for (i0=1; i0<=8; i0++) {
                output_low(CLKxD);
                output_bit(DQxD,(Data & 1));
                output_high(CLKxD);
                Data = Data >> 1;
                }
                restart_wdt();
}
//---------------------------------------------------------------//
int DS1620_Read(void){
                unsigned int Data;
                unsigned int T;
                unsigned char i0;
                restart_wdt();
                set_tris_c(0x84);
                Data = 0;
                T = 1;
                output_high(CLKxD);
                for (i0=0; i0<8; i0++) {
                output_low(CLKxD);
                if (input(DQxD) == 1){
                Data = Data + T;
                }
                output_high(CLKxD);
                T = T * 2;
                }
                set_tris_c(0x80);
                restart_wdt();
                return(Data);
}
//---------------------------------------------------------------//
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม Visual Basic

```
Dim modekey As Integer, md As String, pm As Integer, pmd As String, pn As Integer, pnd As
String, st As Integer
Dim c_out As String, temp_check As Integer, temp_off As Double, temp_on As Double, temp_x
As Double, t_upper As Double
Dim temp_in As Integer, t1_in As Integer, t2_in As Integer, t3_in As Integer, charin As Integer,
t_lower As Double
Dim charout As String, t1 As String, t2 As String, t3 As String, t4 As String, t5 As String
Dim t6 As String, t7 As String, t8 As String, t9 As String, t10 As String, t11 As String, t12 As
String
Dim kp As Integer, ki As Double, kd As Double, kid As Integer, kid_1 As Integer, kid_2 As
Integer
Dim usb_count As Integer, usb_set As Boolean, t As Double, c_in_d As String, c_in As String
Dim c_out_d As Integer, temp1_in As Double, temp2_in As Double, tempg As Double, c1n As
Integer
Dim c2n As Integer, c3n As Integer, t4_g As Integer, ch_in As String, i As Integer, temp_out As
Double
Dim ki_1 As String, ki_2 As String, kd_1 As String, kd_2 As String, kp_in As Integer, timeg As
Double
Dim t1c As String, t2c As String, t3c As String, t4c As String, t5c As String, t6c As String, z As
Double, xxx As Integer, xxxx As String
Private Sub Form_Load()
    Me.Height = 8227.4995
    Me.Width = 14760
    Picture1.AutoRedraw = True
    Call drawgraph1
    Call form_const
    Call form_reg
    Call form_set
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub drawgraph1()
   Picture1.Scale (-10, -41.5)-(38, 4.5)
   Picture1.BackColor = vbWhite
   Picture1.ForeColor = vbBlack
   Picture1.Line (0, 0)-(26, 0)
   Picture1.Line (0, -37.5)-(0, 0)
For X = 0 To 10
   Picture1.Line ((2.5 * X), 0)-((2.5 * X), 0.8)
   Picture1.CurrentX = (2.5 * X) - 1
   Picture1.CurrentY = 2
   Picture1.Print (X * 100)
   Next X
For Y = 0 To -10 Step -1
   Picture1.Line (-0.3, (3.5 * Y))-(0, (3.5 * Y))
   Picture1.CurrentX = -2.2
   Picture1.CurrentY = (3.5 * Y) - 0.9
   Picture1.Print (Y * -10)
   Next Y
   Picture1.CurrentX = 27
   Picture1.CurrentY = 0
   Picture1.Print "Time(Sec)"
   Picture1.CurrentX = -2.4
   Picture1.CurrentY = -40.75
   Picture1.Print "Temp(C)"
End Sub
Sub drawgraph3()
   Picture1.ForeColor = vbBlue
   Picture1.Line (29, -34)-(30.5, -34)
   Picture1.CurrentX = 30
   Picture1.CurrentY = -35.25
   Picture1.Print "   Temp Set"
   Picture1.ForeColor = vbRed
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Picture1.Line (29, -29.75)-(30.5, -29.75)
    Picture1.CurrentX = 30
    Picture1.CurrentY = -31
    Picture1.Print "   Temp Off"
    Picture1.ForeColor = vbGreen
    Picture1.Line (29, -25.5)-(30.5, -25.5)
    Picture1.CurrentX = 30
    Picture1.CurrentY = -26.5
    Picture1.Print "   Temp On"
End Sub
Sub drawgraph4()
    Picture1.ForeColor = vbRed
    Picture1.Line (27, -30)-(30, -30)
    Picture1.CurrentX = 30
    Picture1.CurrentY = -31
    Picture1.Print "   Temp set"
End Sub
Sub form_const()
    modekey = 0
    temp_off = 0
    temp_in = 0
    t1_in = 0
    t2_in = 0
    t3_in = 3
    t1 = 0
    t2 = 0
    t3 = 0
    t4 = 0
    t5 = 0
    t6 = 0
    t7 = 0
    usb_count = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    usb_set = False
    tempg = 0
    c1n = 0
    c2n = 0
    c3n = 0
    t4_g = 0
    st = 0
    t = 0
End Sub
Sub form_reg()
    Shape1.BackColor = vbRed
    Label6.BackColor = Shape1.BackColor
    Label6.ForeColor = vbBlue
    Label6.Caption = "OFF"
    Optiononoff.Value = False
    Frametype.Enabled = True
    Optiononoff.Enabled = True
    Textt.Enabled = False
    Textkp.Enabled = False
    Textki.Enabled = False
    tempsc.Enabled = False
    kpsc.Enabled = False
    kisc.Enabled = False
    texttype.Text = "                    ---"
    labeltemp.Caption = ""
    labelkp.Caption = ""
    Labelki.Caption = ""
    Textt.Text = ""
    Textkp.Text = ""
    Textki.Text = ""
    Text3.Text = "ok"
    texttemp.Text = "      " & "---"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        texttime.Text = "     " & "---"
        startclick.Enabled = True
        resetclick.Enabled = True
        Call reset_out
End Sub
Sub reset_out()
        t1 = "4"
        t2 = "0"
        t3 = "0"
        t4 = "0"
        t5 = "0"
        t6 = "0"
        t7 = "0"
End Sub
Sub form_set()
        Timer1.Interval = 1
        Timer1.Enabled = True
        Timer2.Interval = 150 '150
        Timer2.Enabled = True
        Timer3.Interval = 238 '300
        Timer3.Enabled = False
End Sub
Private Sub Optiononoff_Click()
        Optiononoff.Value = True
        Call drawgraph1
        Call onoff_set
        Call reset_out
End Sub
Sub onoff_set()
        modekey = 1
        md = "1"
        Textt.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Textkp.Enabled = True
Textki.Enabled = True
tempsc.Enabled = True
kpsc.Enabled = True
kisc.Enabled = True
texttype.Text = "                " & "On-Off"
labeltemp.Caption = " Temp Set"
labelkp.Caption = "  Upper T"
Labelki.Caption = "  Lower T"
tempsc.Max = 600
tempsc.Min = 400
tempsc.Value = 400
tempsc.SmallChange = 5
tempsc.LargeChange = 50
Textt.Text = "    40.0"
kpsc.Max = 50
kpsc.Min = 0
kpsc.Value = 0
kpsc.SmallChange = 5
kpsc.LargeChange = 10
Textkp.Text = "    0.0"
kisc.Max = 50
kisc.Min = 0
kisc.Value = 0
kisc.SmallChange = 5
kisc.LargeChange = 10
Textki.Text = "    0.0"
temp_off = tempsc.Value / 10
t_upper = kpsc.Value / 10
t_lower = kisc.Value / 10

End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub send()
    MSComm1.Output = c_out
End Sub
Private Sub resetclick_Click()
    Call reset_p
End Sub
Sub reset_p()
    MSComm1.Output = "S"
    MSComm1.Output = "4"
    MSComm1.Output = "1"
    MSComm1.Output = "E"
    Call drawgraph1
    Call form_const
    Call form_reg
    Call form_reset
End Sub
Sub form_reset()
    Timer1.Enabled = False
    Timer2.Enabled = True
    Timer3.Enabled = False
    Timer4.Enabled = False
End Sub
Private Sub startclick_Click()
    If modekey = 0 Then
      resp = MsgBox(" change mode before press start ", vbCritical + vbOKOnly, "Error")
        If resp = vbOK Then
        Call reset_p
        End If
    ElseIf modekey = 1 Then
        Call stop_set
        Call start_set
        Picture1.ForeColor = vbRed
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Picture1.Line (0, (temp_off + t_upper) * (-0.35))-(25, (temp_off + t_upper) * (-0.35))
            Picture1.ForeColor = vbGreen
            Picture1.Line (0, (temp_off - t_lower) * (-0.35))-(25, (temp_off - t_lower) * (-0.35))
            Picture1.ForeColor = vbBlue
            Picture1.Line (0, (temp_off) * (-0.35))-(25, (temp_off) * (-0.35))
            Picture1.ForeColor = vbBlue
            Picture1.CurrentX = 4
            Picture1.CurrentY = -40.75
            Picture1.Print "Temp Set  (" & temp_off & ")"
            Picture1.ForeColor = vbRed
            Picture1.CurrentX = 11
            Picture1.CurrentY = -40.75
            Picture1.Print "Temp Off  (" & (temp_off + t_upper) & ")"
            Picture1.ForeColor = vbGreen
            Picture1.CurrentX = 18
            Picture1.CurrentY = -40.75
            Picture1.Print "Temp On   (" & (temp_off - t_lower) & ")"
            Call drawgraph3
        End If
End Sub
Sub stop_set()
        Frametype.Enabled = False
        Optiononoff.Enabled = False
        tempsc.Enabled = False
        kpsc.Enabled = False
        kisc.Enabled = False
        startclick.Enabled = False
        Timer1.Enabled = False
End Sub
Sub start_set()
        st = 1
        Shape1.BackColor = vbGreen
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Label6.BackColor = Shape1.BackColor
        Label6.ForeColor = vbBlue
        Label6.Caption = "ON"
        Call send_start
End Sub
Sub send_start()
   c_out = "S"
   Call send
   c_out = "1"
   Call send
   c_out = t1
   Call send
   c_out = t2
   Call send
   c_out = t3
   Call send
   c_out = t4
   Call send
   c_out = t5
   Call send
   c_out = t6
   Call send
   c_out = t7
   Call send
   c_out = "E"
   Call send
   'Text1.Text = t1 & t2 & t3 & t4 & t5 & t6 & t7 'test
End Sub
Private Sub tempsc_Change()
      If modekey = 1 Then
         If tempsc.Value Mod 10 = 0 And tempsc.Value Mod 10 < 5 Then
         temp_off = tempsc.Value \ 10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ElseIf tempsc.Value Mod 10 >= 5 And tempsc.Value Mod 10 <= 9 Then
        temp_off = (tempsc.Value \ 10) + 0.5
        End If
    End If
    If modekey = 1 Then
    temp_in = temp_off * 10
    Call t123456
    t1 = t1c
    t2 = t2c
    t3 = t3c
    If ((temp_off * 10) Mod 10) = 0 Then
    Textt.Text = "     " & (temp_off) & ".0"
    Else
    Textt.Text = "     " & temp_off
    End If
    End If
End Sub
Sub t123456()
    t1_in = temp_in \ 100
        charin = t1_in
        Call charnum
        t1c = charout
    t2_in = (temp_in - (t1_in * 100)) \ 10
        charin = t2_in
        Call charnum
        t2c = charout
    t3_in = temp_in Mod 10
        charin = t3_in
        Call charnum
        t3c = charout
End Sub
Sub charnum()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    If (charin = 0) Then
       charout = "0"
    ElseIf (charin = 1) Then
       charout = "1"
    ElseIf (charin = 2) Then
       charout = "2"
    ElseIf (charin = 3) Then
       charout = "3"
    ElseIf (charin = 4) Then
       charout = "4"
    ElseIf (charin = 5) Then
       charout = "5"
    ElseIf (charin = 6) Then
       charout = "6"
    ElseIf (charin = 7) Then
       charout = "7"
    ElseIf (charin = 8) Then
       charout = "8"
    ElseIf (charin = 9) Then
       charout = "9"
    End If
End Sub
Private Sub kpsc_Change()
      If modekey = 1 Then
        If kpsc.Value Mod 10 = 0 Then
        t_upper = kpsc.Value / 10
        ElseIf kpsc.Value Mod 10 = 5 Then
        t_upper = (kpsc.Value \ 10) + 0.5
        End If
      temp_in = t_upper * 100
      Call t123456
      t4 = t1c
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        t5 = t2c
        If ((t_upper * 10) Mod 10) = 0 Then
        Textkp.Text = "     " & (t_upper) & ".0"
        Else
        If (t_upper * 10) < 10 Then
        Textkp.Text = "     0" & (t_upper)
        Else
        Textkp.Text = "     " & t_upper
        End If
        End If
        End If
End Sub
Private Sub kisc_Change()
        If modekey = 1 Then
          If kisc.Value Mod 10 = 0 Then
          t_lower = kisc.Value / 10
          ElseIf kisc.Value Mod 10 = 5 Then
          t_lower = (kisc.Value \ 10) + 0.5
          End If
        temp_in = t_lower * 100
        Call t123456
        t6 = t1c
        t7 = t2c
        If (t_lower = 0) Then
        Textki.Text = "     " & "0.0"
        Else
        If ((t_lower * 10) Mod 10) = 0 Then
        Textki.Text = "    -" & (t_lower) & ".0"
        Else
        If (t_lower * 10) < 10 Then
        Textki.Text = "    -0" & (t_lower)
        Else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Textki.Text = "     -" & t_lower
        End If
        End If
        End If
        End If
End Sub
Private Sub Timer1_Timer()
    If usb_set = False Then
    'usb_count = usb_count
    'Text2.Text = usb_count
    On Error GoTo errorcomport
    MSComm1.CommPort = 4
    MSComm1.Settings = "9600,n,8,1"
    MSComm1.PortOpen = True
    MSComm1.InputLen = 0
    usb_set = True
    MSComm1.Output = "S"
    MSComm1.Output = "4"
    MSComm1.Output = "1"
    MSComm1.Output = "E"
    Timer1.Enabled = False
    Text3.Text = "ok"
    Exit Sub
errorcomport:
    usb_set = False
    usb_count = usb_count + 1
    Exit Sub
    End If
End Sub
Sub cal_cin()
    c_in_d = c_in
    Select Case c_in_d
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Case "1"
        c_out_d = 1
        Case "2"
        c_out_d = 2
        Case "3"
        c_out_d = 3
        Case "4"
        c_out_d = 4
        Case "5"
        c_out_d = 5
        Case "6"
        c_out_d = 6
        Case "7"
        c_out_d = 7
        Case "8"
        c_out_d = 8
        Case "9"
        c_out_d = 9
        Case "0"
        c_out_d = 0
        End Select
End Sub
Private Sub Timer2_Timer()
        MSComm1.DTREnable = False
        MSComm1.DTREnable = True
        ch_in = MSComm1.Input
        Text3.Text = ch_in
        If InStr(ch_in, "G") Then
        Timer3.Enabled = True
        z = -Timer
        Text3.Text = "Go"
        ElseIf (InStr(ch_in, "CIN") And InStr(ch_in, "E")) Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    c_in = Mid(ch_in, InStr(ch_in, "CIN") + 3, 1)
    Call cal_cin
    c1n = c_out_d
    c_in = Mid(ch_in, InStr(ch_in, "CIN") + 4, 1)
    Call cal_cin
    c2n = c_out_d
    c_in = Mid(ch_in, InStr(ch_in, "CIN") + 5, 1)
    Call cal_cin
    c3n = c_out_d
    'Else
    'Text3.Text = "ok"
    End If
End Sub
Sub temp_d()
  temp1_in = (c1n * 10) + c2n
  temp2_in = c3n
  tempg = temp1_in + (0.1 * temp2_in)
  temp_out = tempg
  If tempg > 0 Then
  texttemp.Text = "      " & c1n & c2n & "." & c3n
  tempg = (tempg * 3.5) / 10
  End If
End Sub
Sub drawgraph2()
  If t4_g = 0 Then
  If t >= 0 And tempg > 0 Then
  Picture1.ForeColor = vbBlack
  Picture1.Line (0, -tempg)-(0, -tempg)
  t4_g = 1
  End If
  ElseIf t4_g = 1 Then
  Picture1.ForeColor = vbBlack
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Picture1.Line -(timeg, -tempg)
    End If
    If (temp_out >= (temp_off + t_upper)) Then
    Shape1.BackColor = vbRed
    Label6.BackColor = Shape1.BackColor
    Label6.ForeColor = vbBlue
    Label6.Caption = "OFF"
    ElseIf (temp_out <= (temp_off - t_lower)) Then
    Shape1.BackColor = vbGreen
    Label6.BackColor = Shape1.BackColor
    Label6.ForeColor = vbBlue
    Label6.Caption = " ON"
    End If
End Sub
Private Sub Timer3_Timer()
    t = (z + Timer) \ 1
       timeg = (t * 25) / 1000
       Call temp_d
       If t = 0 Then
       texttime.Text = "      0"
       End If
       If t > 0 Then
       If (t >= 0 And t < 10) Then
       texttime.Text = "      " & t '/**********
       ElseIf (t >= 10 And t < 100) Then
       texttime.Text = "     " & t
       ElseIf (t >= 100) Then
       texttime.Text = "    " & t '/**********
       End If
       Call drawgraph2
       If t = 1000 Then
       Timer2.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Timer3.Enabled = False
        End If
        End If
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้