สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมอุณหภูมิ

TEMPERATURE CONTROLLER

นางสาวตะวัน ทองสุข

นางสาวธัญลักษณ์ คุ้มเดช

นายอิสระพงษ์ โพธิบุรี

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119381
วัน,เดือน,ปี - 7 S.A. 2554

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEMPERATURE CONTROLLER

Miss. Tawan Thongsook

Miss. Thanyalak Kumdech

Mr. Itsarapong Pothiburee

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมอุณหภูมิ

TEMPERATURE CONTROLLER

ผู้จัดทำ นางสาวตะวัน ทองสุข 50010548

นางสาวธัญลักษณ์ คุ้มเดช 50010680

นายอิสระพงษ์ โพธิบุรี 50011959

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สังวาล บกสุวรรณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมอุณหภูมิ

โดย

นางสาวตะวัน ทองสุข 50010548

นางสาวธัญลักษณ์ คุ้มเดช 50010680

นายอิสระพงษ์ โพธิบุรี 50011959

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สังวาล บกสุวรรณ

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้ได้นำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC30F6014 มาประยุกต์ใช้ให้สามารถควบคุมอุณหภูมิตามที่ต้องการ ซึ่งในระบบควบคุม จะมีการตรวจจับอุณหภูมิ โดยจะทำการวัดอุณภูมิ และส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรเลอร์ เพื่อประมวลผล เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่วัดได้ กับค่าอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ หากอุณหภูมิที่เซนเซอร์วัดได้ มีค่าต่ำกว่าอุณภูมิที่เรากำหนดไว้ ไมโครคอนโทรเลอร์จะสั่งให้ฮีตเตอร์หยุดทำงาน หากอุณหภูมิที่เซนเซอร์วัดได้ มีค่ามากกว่ากว่าอุณภูมิที่เรากำหนดไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ฮีตเตอร์ทำงาน

ขั้นตอนดำเนินการ เริ่มจากการออกแบบวงจรและศึกษาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่จำเป็นในการใช้ควบคุมอุณหภูมิ และเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้ภาษาซี เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิ แล้วนำค่าไปประมวลผลยังไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยอาศัยแนวคิดระบบควบคุมแบบ on-off และจากการทดลองจะพบว่า ระบบควบคุมที่ได้ออกแบบนั้น สามารถควบคุมอุณหภูมิ ให้เท่ากับอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ได้ โดยมีค่าผิดพลาดอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEMPERATURE CONTROLLER

By

Miss. Tawan Thongsook

Miss. Thanyalak Kumdech

Mr. Itsarapong Pothiburee

Advisor

Sungwan Boksuwan

Academic Year 2010

Abstract

This thesis has brought dsPIC30F6014 20I/P microcontroller applied be able to control the as you wish temperature. In the control system will have inspection temperature by measured temperature and returns to the microcontroller for processing so the temperature measurements compare with preset temperature .If the temperature determinable sensor is lower than the temperature we defined , Microcontroller will be order to stop work Heaters if the temperature determinable sensor is greater than the temperature we defined , Microcontroller will be ordered to work Heaters. Process starting method the design of circuits and learn electronic circuits that the required to use in temperature control. And using computer C programming to check temperature. Then bring the process to microcontroller .By using concept the mode control system on-off and ,Finally of the experiment will find that the control system design can be temperature control equal the temperature we set have The error level is acceptable.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลืออย่างดีจาก อาจารย์สังวาล บกสุวรรณ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและความช่วยเหลือที่ดีและเป็นประโยชน์ต่อโครงงานมาตลอดตั้งแต่ต้น คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือ ให้กำลังใจ คอยกระตุ้นเตือน รวมถึงคอยถามไถ่ความคืบหน้าของโครงงานอยู่เสมอ

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา รวมทั้งการสนับสนุนงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

ผู้จัดทำ

นางสาวตะวัน ทองสุข

นางสาวธัญลักษณ์ คุ้มเดช

นายอิสระพงษ์ โพธิบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญภาพ VII

สารบัญตาราง X

บทที่ 1 บทนำ

1.1 แนวคิดในการจัดทำปริญญานิพนธ์ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ 1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ 2

1.4 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 บทนำ 3

2.2 ทฤษฎีเรื่องการควบคุมอุณหภูมิ 3

2.2.1 ระบบควบคุม 3

2.2.2 ระบบควบคุมแบบเปิด 4

2.2.3 ระบบควบคุมแบบปิด หรือระบบควบคุมป้อนกลับ 4

2.2.4 การควบคุมแบบ ON-OFF 5

2.2.5 ระบบควบคุมแบบสัดส่วน 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.6 ระบบควบคุมแบบปริพันธ์ 8

2.2.7 การควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์ 9

2.2.8 การควบคุมแบบอนุพันธ์ 11

2.2.9 การควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับอนุพันธ์ 12

2.2.10 การควบคุมแบบ PID 14

2.3 ทฤษฎีและหลักการทำงานของฮาร์ดแวร์ 19

2.3.1 ไตรแอก (TRIAC) 19

2.3.2 MOC3063 32

2.3.3 ไอซีควบคุมแรงดันไฟฟ้า 32

2.3.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 35

2.3.5 เซนเซอร์ DS18S20 37

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง 40

3.1 โครงสร้าง 40

3.1.1 โครงสร้างและการประกอบ 41

3.1.2 ฮีตเตอร์ 41

3.2 โครงสร้างของวงจรไฟฟ้า 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.1 เซนเซอร์ DS1820 42

3.2.2 dsPIC30F6014 20I/P 42

3.2.3 ส่วนแสดงผล 42

3.2.4 POSITIVE VOLTAGE REGULATORS 44

บทที่ 4 การทดลอง 45

4.1 การทดสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 46

4.1.1 เครื่องกำเนิดความร้อน 46

4.1.2 เซ็นเซอร์ 46

4.1.3 ท่อส่งอากาศ 47

4.1.4 การทดลองบอร์ด 47

4.2 ขั้นตอนการทดลอง 47

4.3 ผลการทดลอง 48

บทที่ 5 สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 50

5.1 สรุปผลการทดลอง 50

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน 50

5.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงาน 50

5.4 แนวทางการพัฒนาและแก้ไข 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	52
เอกสารอ้างอิง	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ **หน้า**

2.1 การควบคุมระบบ 4

2.2 ระบบควบคุมแบบเปิด 4

2.3 ระบบควบคุมแบบปิด 5

2.4 ตัวควบคุมแบบเปิด-ปิด 6

2.5 แผนภูมิบล็อกตัวควบคุมแบบสัดส่วน 7

2.6 แผนภูมิบล็อกตัวควบคุมแบบปริพันธ์ 9

2.7 แผนภูมิบล็อกตัวควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์ 10

2.8 แสดงบล็อกไดอะแกรมแสดงการควบคุมแบบอนุพันธ์ 12

2.9 แผนภูมิบล็อกตัวควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับอนุพันธ์ 13

2.10 แผนภาพบล็อกที่ประกอบด้วยระบบควบคุมแบบ PID 15

2.11 แสดงกราฟ PV ต่อเวลา, Kp กำหนดเป็น 3 ค่า (Ki และKd คงที่) 16

2.12 แสดงกราฟ PV ต่อเวลา, Ki กำหนดเป็น 3 ค่า (Kp และKd คงที่) 17

2.13 แสดงกราฟ PV ต่อเวลา, Kd กำหนดเป็น 3 ค่า (Ki และKp คงที่) 18

2.14 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของไตรแอก 19

2.15 สัญลักษณ์และวงจรสมมูลของไตรแอก 20

2.16 ลักษณะของไตรแอกชนิดต่าง ๆ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.17	กราฟคุณสมบัติของไตรแอกขณะเปิดขา G ลอยไว้	23
2.18	กราฟคุณสมบัติของไตรแอกขณะที่จ่ายแรงดันกระตุ้นที่ขา G	24
2.19	การทำงานของไตรแอกในสภาวะที่ 1	26
2.20	การทำงานของไตรแอกในสภาวะที่ 2	27
2.21	การทำงานของไตรแอกในสภาวะที่ 3	28
2.22	การทำงานของไตรแอกในสภาวะที่ 4	29
2.23	การทำงานของไตรแอกแบ่งตามควอแดรนต์	30
2.24	การทำให้ไตรแอกนำกระแสอยู่หยุดนำกระแส	31
2.25	แสดงลักษณะภายนอกและวงจรภายในของ Optoisolator triac driver	32
2.26	แสดงความแตกต่างระหว่างหน้าที่ของ MC78XX กับ MC79XX	33
2.27	แสดงวงจรมาตรฐานของวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบแรงดันเอาท์พุทคงที่ โดยใช้ MC 78XX เป็นเรกกูเลเตอร์	33
2.28	แสดงวงจรมาตรฐานของวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบแรงดันเอาท์พุทคงที่ โดยใช้ MC 79XX เป็นเรกกูเลเตอร์	34
2.29	แสดงวงจรมาตรฐานของวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบแรงดันเอาท์พุทคงที่ แบบบวก ลบ และกราวด์	35
2.30	แสดงไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F6014 20I/P	36
2.31	แสดงขาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F6014 20I/P	36
2.32	แสดงขาของเซนเซอร์ DS18S20	37
2.33	การต่อแบบใช้ไฟเลี้ยง R Pull-up	38
2.34	การต่อแบบจ่ายไฟเลี้ยงให้กับขา VDD	38
3.1	โครงสร้างของตัวควบคุมอุณหภูมิ	40
3.2	โครงสร้างวงจรของตัวควบคุมอุณหภูมิ	41
3.3	LCD 16 x 2 Line	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.4	LCD ที่ใช้ในวงจร	43
3.5	รูปแสดงวงจร VOLTAGE REGULATORS	44
4.1	การทำงานของระบบ	45
4.2	กราฟแสดงผลการทดลองจากทางทฤษฎี	45
4.3	การควบคุมแบบ on-off	46
4.4	แผงวงจรควบคุมการทำงาน	48
4.5	กราฟแสดงการควบคุมแบบ on-off	49

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับค่าที่อ่านได้ 39

3.1 ตำแหน่งของขาและหน้าที่การใช้งานของ LCD โมดูล 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวคิดในการจัดทำโครงงาน

ในปัจจุบันการแข่งขันทางด้านอุตสาหกรรมนั้นมีค่อนข้างสูง ทำให้ต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของโรงงานผลิต ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยต้นทุนการผลิต และคุณภาพของสินค้ารวมไปถึงการปรับอัตราการผลิตให้เหมาะสมกับสภาวะความต้องการของตลาด ซึ่งส่วนสำคัญในการดำเนินการให้ได้ตามเป้าหมายตามต้องการ จะต้องมีการควบคุมการผลิตให้เหมาะสม โดยจะต้องเลือกวิธีการควบคุมที่เหมาะสมได้

การควบคุมอุณหภูมิมีบทบาทสำคัญในงานอุตสาหกรรม ในขั้นตอนการผลิต จะมีการกำหนดอุณหภูมิ ไว้ด้วยเสมอ แนวคิดพื้นฐานของโครงงานนี้ คือ ต้องการควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตามที่ต้องการ การควบคุมแบบปิด (Close loop) มีการวัดเปรียบเทียบนำค่าที่ผิดพลาด ไปเปลี่ยนแปลงการทำงานของฮีตเตอร์ และใช้การควบคุมแบบต่างๆ ที่ใช้การควบคุมอัตโนมัติ เช่น การควบคุมแบบ ON-OFF ส่วนที่ใช้การทำการทดลองนี้ และยังมีในส่วนของเนื้อหาประกอบของตัวควบคุมอุณหภูมิต่างๆ การทำงานนี้จะเป็นแนวทางประยุกต์และปรับปรุงให้ดีขึ้น เพื่อใช้ในการศึกษาระบบการควบคุมแบบต่างๆต่อไปอีก

1.2 วัตถุประสงค์ในการจัดทำปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของการควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ
2. เพื่อศึกษาเทคนิคการปรับแต่งผลตอบสนองของระบบ
3. เพื่อออกแบบตัวควบคุมอุณหภูมิโดยเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านตัวไตรแอกถึงค่ากระแสโฮลดิ้ง IH1 หรือ IH2 ทันที ไตรแอกนำกระแส แรงดันที่จ่ายให้ขา A2 และขา A1 สามารถเปลี่ยนค่าได้ตามต้องการ ไตรแอกทำงานได้โดยไม่ชำรุดเสียหาย

กราฟในควอแดรนต์ที่ 3 จ่ายแรงดันไบอัสให้ขา A2 เป็นลบ ขา A1 เป็นบวก ถ้าในครั้งแรกยังไม่จ่ายแรงดันกระตุ้นที่ขา G (-IGO =0) ไตรแอกยังไม่นำกระแสจนกว่าแรงดันที่ป้อนให้ขา A2 และขา A1 ถึงค่าแรงดันเบรกโอเวอร์ที่ -VBFO ไตรแอกนำกระแส เพราะมีกระแสไหลผ่านตัวไตรแอกถึงค่ากระแสโฮลดิ้ง (- IHO) กระแสไหลผ่านตัวไตรแอกสูง ไตรแอกอาจชำรุดเสียหายได้ ถ้ากระแสไหลผ่านตัวไตรแอกเกินกว่าค่าสูงสุดที่ตัวไตรแอกทนได้ เหมือนกราฟในควอแดรนต์ที่ 1 และถ้าแรงดันไบอัสที่จ่ายให้ขา A2 และขา A1 ต่ำกว่าแรงดันเบรกโอเวอร์ การนำกระแสของตัวไตรแอกต้องอาศัยแรงดันกระตุ้นที่ขา G เป็นแรงดันลบ มีกระแส IG1 หรือ IG2 ไหล ไตรแอกนำกระแสทันที ได้กราฟคุณสมบัติเหมือนควอแดรนต์ที่ 1 และ 3

การทำงานและการจ่ายแรงดัน

ไตรแอกมีคุณสมบัติที่ทำงานได้ทั้งแรงดันช่วงบวกและแรงดันช่วงลบ สามารถให้กระแสไหลผ่านตัวไตรแอกได้ 2 ทิศทาง การจะนำกระแสของตัวไตรแอกขึ้นอยู่กับการควบคุมแรงดันกระตุ้นที่ขา G โดยจัดขั้วแรงดันกระตุ้นขา G ให้เหมาะสมถูกต้องกับแรงดันไบอัสที่ขา A2 และ A1 ไตรแอกจะสามารถนำกระแสได้ดี ลักษณะการจ่ายแรงดันไบอัสควบคุมการทำงานของไตรแอกทำได้ทั้งหมด 4 สภาวะ ดังนี้

1. การทำงานสภาวะที่ 1

   จ่ายแรงดันบวกให้ขา A2 จ่ายแรงดันลบให้ขา A1 และจ่ายแรงดันบวกกระตุ้นขา G เกิดการนำกระแสในตัวไตรแอก แสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวคิดในการจัดทำโครงงาน

ในปัจจุบันการแข่งขันทางด้านอุตสาหกรรมนั้นมีค่อนข้างสูง ทำให้ต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของโรงงานผลิต ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยต้นทุนการผลิต และคุณภาพของสินค้ารวมไปถึงการปรับอัตราการผลิตให้เหมาะสมกับสภาวะความต้องการของตลาด ซึ่งส่วนสำคัญในการดำเนินการให้ได้ตามเป้าหมายตามต้องการ จะต้องมีการควบคุมการผลิตให้เหมาะสม โดยจะต้องเลือกวิธีการควบคุมที่เหมาะสมได้

การควบคุมอุณหภูมิมีบทบาทสำคัญในงานอุตสาหกรรม ในขั้นตอนการผลิต จะมีการกำหนดอุณหภูมิ ไว้ด้วยเสมอ แนวคิดพื้นฐานของโครงงานนี้ คือ ต้องการควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตามที่ต้องการ การควบคุมแบบปิด (Close loop) มีการวัดเปรียบเทียบนำค่าที่ผิดพลาด ไปเปลี่ยนแปลงการทำงานของฮีตเตอร์ และใช้การควบคุมแบบต่างๆ ที่ใช้การควบคุมอัตโนมัติ เช่น การควบคุมแบบ ON-OFF ส่วนที่ใช้การทำการทดลองนี้ และยังมีในส่วนของเนื้อหาประกอบของตัวควบคุมอุณหภูมิต่างๆ การทำงานนี้จะเป็นแนวทางประยุกต์และปรับปรุงให้ดีขึ้น เพื่อใช้ในการศึกษาระบบการควบคุมแบบต่างๆต่อไปอีก

1.2 วัตถุประสงค์ในการจัดทำปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของการควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ
2. เพื่อศึกษาเทคนิคการปรับแต่งผลตอบสนองของระบบ
3. เพื่อออกแบบตัวควบคุมอุณหภูมิโดยเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ศึกษาทฤษฎีหลักการของระบบควบคุมอุณหภูมิ
2. ออกแบบและเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน
3. ศึกษาโปรแกรมและวงจรที่ใช้ในการทำโครงงาน
4. สร้างเครื่องต้นแบบ
5. ทดลองเครื่องต้นแบบและปรับแต่งระบบให้มีผลตอบสนองที่ดี พร้อมทำการบันทึกผล

1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 กล่าวถึงแนวความคิดในการจัดทำโครงงาน วัตถุประสงค์ในการจัดทำโครงงาน ขอบเขตของโครงงาน และเนื้อหาของโครงงาน

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีของการควบคุมกระบวนการกริยาควบคุมแบบต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุม และหลักการทำงานของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ

บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบ และการสร้างตัวควบคุม โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ ส่วนประกอบ ทางด้านฮาร์ดแวร์และโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบ

บทที่ 4 กล่าวถึงการทดลองชุดควบคุมอุณหภูมิที่สร้างขึ้น

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 บทนำ

อุณหภูมิ เป็นตัวแปรหนึ่งทางด้านกายภาพ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงโดยเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ตลอดเวลา ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบต่างๆ ที่เราสนใจ ไม่ว่าจะเป็นการทดลอง หรือในระบบอุตสาหกรรม จึงจำเป็นต้องควบคุม และ สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรเหล่านี้ เซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ซึ่งสามารถใช้ตรวจจับการเปลี่ยนต่างๆ รวมทั้งอุณหภูมิ และความดัน ด้วย ซึ่งผลที่ได้จากเซนเซอร์ สามารถนำมาควบคุมการทำงานของระบบได้

2.2 ทฤษฎีเรื่องชุดควบคุมอุณหภูมิ

ในโครงงานนี้เป็นการควบคุมอุณหภูมิ จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาการควบคุมแบบต่างๆ ซึ่งจะนำการควบคุมแบบต่างๆเข้ามาช่วยในการควบคุมระบบ และเพื่อเป็นการพัฒนาระบบให้มีเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น และพร้อมกับทำการศึกษาผลตอบสนองจากการควบคุมแบบต่างๆที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ

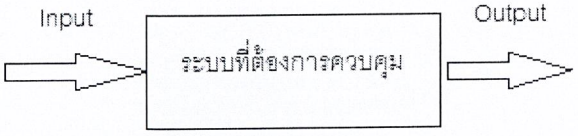
2.2.1 ระบบควบคุม

ระบบควบคุม คือ รูปแบบของระบบใด ๆ ที่มีการจัดองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบเพื่อให้มีผลตอบสนองของระบบเป็นไปตามที่ต้องการ ส่วนมากอาศัยพื้นฐานทฤษฎีระบบเชิงเส้นมาช่วยในการวิเคราะห์พิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผล (Cause-effect) ของแต่ละองค์ประกอบของระบบไม่ว่าระบบควบคุมนี้จะมีความซับซ้อนเพียงใดก็ตาม พื้นฐานของระบบควบคุมจะมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

- วัตถุประสงค์ของการควบคุม (Input)
- กระบวนการ, ขั้นตอน, หลักที่ใช้ในการควบคุม (Process)
- ค่าที่ได้รับจริง (Output)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

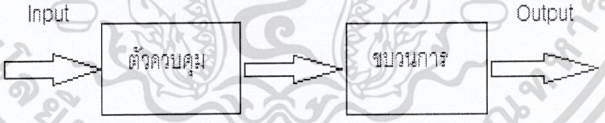
จากองค์ประกอบต่าง ๆ ข้างต้นสามารถนำมาเขียนแทนด้วยภาพบล็อกไดอะเกรมอย่างง่าย ๆ



รูปที่ 2.1 การควบคุมระบบ

2.2.2 ระบบควบคุมแบบเปิด

ระบบควบคุมแบบเปิด คือ ระบบควบคุมที่มีการควบคุมในลักษณะที่สั่งงานไปยังเครื่องควบคุมอย่างเดียวโดยไม่มีการอ่านค่าผลลัพธ์ของระบบป้อนกลับ เป็นระบบที่ง่ายที่สุดและมีอุปกรณ์ภายในที่ไม่ยุ่งยาก ค่าเอาต์พุตที่ได้จะไม่มีผลต่อการควบคุมกระบวนการของระบบ คือ จะไม่มีการนำเอาต์พุตที่ได้กลับมาเปรียบเทียบกับค่าอินพุตที่ป้อนให้กับระบบ

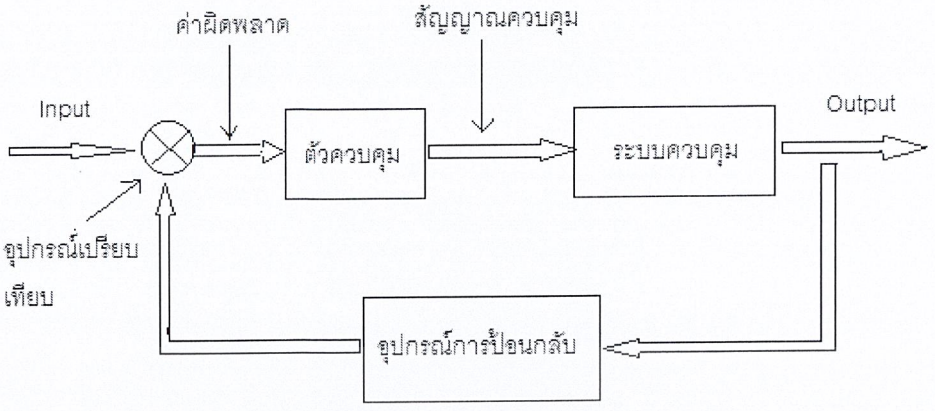


รูปที่ 2.2 ระบบควบคุมแบบเปิด

2.2.3 ระบบควบคุมแบบปิด

ระบบควบคุมแบบปิด คือ ระบบควบคุมที่มีการควบคุมในลักษณะที่มีการสั่งงานไปยังเครื่องควบคุมแล้วมีการอ่านค่าผลลัพธ์ของระบบป้อนกลับมาเพื่อเปรียบเทียบและสั่งงานควบคุมไปใหม่เพื่อให้ผลลัพธ์ของระบบเป็นตามเป้าหมายที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



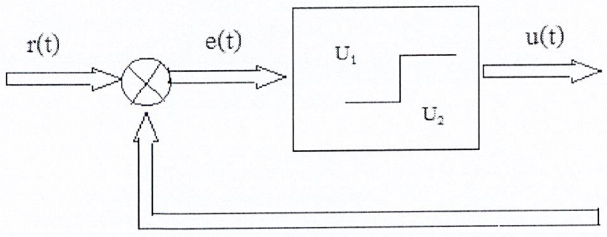
รูปที่ 2.3 ระบบควบคุมแบบปิด

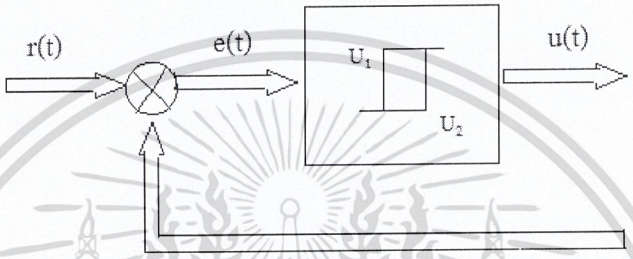
2.2.4 การควบคุมระบบแบบ ON-OFF

ระบบที่มีการควบคุมแบบเปิด-ปิด เป็นระบบที่ใช้กันค่อนข้างมากสำหรับการควบคุมกระบวนการในทางอุตสาหกรรม และอุปกรณ์เครื่องใช้ภายในบ้าน เช่น เตารีด กาน้ำร้อน และการควบคุมระดับน้ำในถังเก็บน้ำเป็นต้น ทั้งนี้เพราะระบบควบคุมดังกล่าวไม่ซับซ้อน การติดตั้งระบบควบคุมทำได้ง่าย และราคาค่อนข้างถูก ในระบบควบคุมแบบ ON-OFF เครื่องควบคุมจะสั่งเอาต์พุตทำงานเพียง 2 สถานะ คือ ON และ OFF เป็นการควบคุมแบบง่ายๆราคาไม่แพง จึงเป็นที่นิยมในงานที่ยอมรับผลของการแกว่งของอุณหภูมิได้

กำหนดให้สัญญาณเอาต์พุตเป็น O และผลต่างระหว่าง SP – PV เป็น E (Error) ดังนั้นในการควบคุมแบบ ON-OFFสัญญาณ O จะมีค่าเป็น 100% (ON) หรือ 0% (OFF) เท่านั้น โดยจะขึ้นอยู่กับว่า E มีค่าเป็น + หรือ – ลักษณะของ ON-OFF Control คือจะเกิดการแกว่งของอุณหภูมิ (Oscillation) อยู่ตลอดเวลาในกรณีที่มี (Hysteresis) ความถี่ในการตัดต่อลดลง แต่ค่า Overshoot จะมากขึ้น ในระบบที่ช้า เวลาแกว่งจะยาวกว่าในระบบที่เร็วกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 2. 4 ตัวควบคุมแบบเปิด-ปิด

สำหรับการทำงานของตัวควบคุมแบบเปิด-ปิด จะเห็นได้ว่าสัญญาณควบคุม u(t) จะมีสองค่าเท่านั้น คือค่าต่ำสุดหรือค่าสูงสุด ขึ้นอยู่กับค่าสัญญาณคลาดเคลื่อน e(t) มีค่าเป็นบวก สัญญาณควบคุมจะเป็น u_{max} และถ้าe(t) มีค่าเป็นลบ สัญญาณควบคุมจะเป็น u_{min} ดังนี้

$$u(t) = \begin{cases} \text{Umax} & \text{for} \quad \varepsilon(t) > 0 \\ \text{Umin} & \text{for} \quad \varepsilon(t) < 0 \end{cases}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 การควบคุมแบบสัดส่วน

สำหรับตัวควบคุมแบบสัดส่วน สัญญาณควบคุม u(t) จะแปรเป็นสัดส่วนโดยตรงกับสัญญาณคลาดเคลื่อน e(t) ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างสัญญาณอ้างอิงหรือสัญญาณเข้า r(t) กับสัญญาณออกหรือตัวแปรที่ควบคุม c(t) ของระบบดังนี้

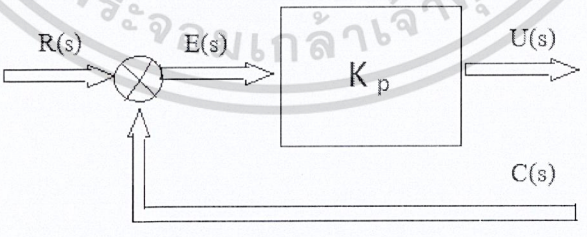
$$u(t) = k_p\, e(t) \qquad (2.1)$$

ดังนั้นฟังก์ชั่นถ่ายโอนของระบบควบคุมชนิดนี้คือ

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \qquad (2.2)$$

โดย

k_p = อัตราขยายแบบสัดส่วนที่สามารถปรับค่าได้



รูปที่ 2.5 แผนภูมิบล็อกตัวควบคุมแบบสัดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับค่า k_p ของตัวควบคุมแบบสัดส่วนจะสัมพันธ์กับค่าเปอร์เซนต์ของ proportional band ตามสมการ

$$K_p = \frac{100}{\text{proportional band}\,\%} \qquad (2.3)$$

โดย proportional band คือค่าความเปลี่ยนแปลงของความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับค่า Full scale error ที่ทำให้สัญญาณควบคุม (controller output) เปลี่ยนแปลงไปร้อยเปอร์เซ็นต์

2.2.6 การควบคุมแบบปริพันธ์

สำหรับตัวควบคุมแบบปริพันธ์ สัญญาณควบคุม u(t) จะสัมพันธ์กับสัญญาณคลาดเคลื่อน e(t)

$$u(t) = \frac{K_p}{T_i}\int_0^t e(t) \qquad (2.4)$$

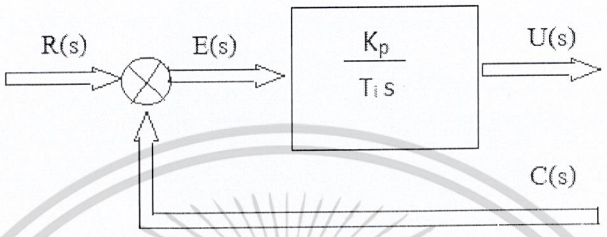
ดังนั้นฟังก์ชั่นถ่ายโอนของตัวควบคุมนี้คือ

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_p}{T_i s} \qquad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย

T_i = integral time or reset time สามารถปรับค่าได้



รูปที่ 2.6 แผนภูมิบล็อกตัวควบคุมแบบปริพันธ์

2.2.7 การควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์

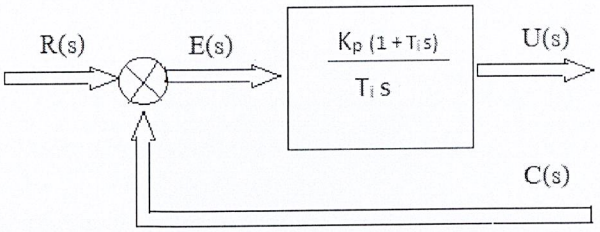
สำหรับตัวควบคุมแบบสัดส่วนบวกปริพันธ์ สัญญาณควบคุม$u(t)$ จะสัมพันธ์กับสัญญาณคลาดเคลื่อน$e(t)$ ตามสมการ

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i}\int_0^t e(t) \qquad (2.6)$$

ดังนั้นฟังก์ชั่นถ่ายโอนของตัวควบคุมชนิดนี้คือ

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p\left[1 + \frac{1}{T_i s}\right] \qquad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แผนภูมิบล็อกตัวควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์

ในกรณีที่สัญญาณคลาดเคลื่อน c(t) คือฟังชันขั้นบันไดหนึ่งหน่วยจะได้ว่าสัญญาณควบคุม u(t) คือ

$$u(t) = K_p . e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e_t . dt \qquad (2.8)$$

$\because e(t) = 1$

$$\therefore u(t) = K_p . e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t dt \qquad (2.9)$$

$$u(t) = K_p + \frac{K_p}{T_i} . t \qquad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.8 การควบคุมแบบอนุพันธ์

การควบคุมแบบอนุพันธ์ หมายถึง การควบคุมซึ่งมีการแก้ไขความคลาดเคลื่อน ของระบบในลักษณะที่เป็นสัดส่วนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด (Error) สามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ คือ

$$\delta m = Kd \cdot \frac{de}{dt} \qquad (2.11)$$

โดยที่ δ_m คือ ปริมาณแปรเปลี่ยนที่ทำให้เกิดการแก้ไข(Manipulated Variable)

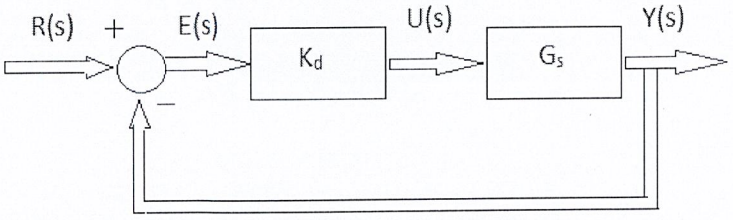
K_d คือ เกนของตัวควบคุมแบบอนุพันธ์

e คือ ค่าความผิดพลาด (Error) ระหว่างสัญญาณเข้ากับสัญญาณออก

การควบคุมแบบอนุพันธ์จะวัดอัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาด ทำให้สามารถทำนายค่าพุ่งเกินล่วงหน้า และทำการแก้ไขก่อนที่คาพุ่งเกินจะเกิดขึ้น การควบคุมแบบอนุพันธ์จะไม่มีผลต่อค่าความผิดพลาดที่เป็นในลักษณะอยู่ตัว หรือ Stead State Error, e_{ss} เพราะจะมีค่าเท่ากับศูนย์เมื่อ e เท่ากับค่าคงที่ จึงทำให้ในทางปฏิบัติไม่มีการใช้การ ควบคุมแบบอนุพันธ์เพียงชนิดเดียวแต่จะใช้ร่วมกับชนิดอื่น

อย่างไรก็ตามการควบคุมชนิดนี้จะมีประโยชน์เป็นอย่างมาก เพราะจะทำหน้าที่ เสมือนเป็นตัวเฝ้าดูการเคลื่อนไหวของความคลาดเคลื่อนและจะแก้ไขทันทีที่สภาพของความคลาดเคลื่อนเปลี่ยนไป จึงเท่ากับว่าเป็นการแก้ความคลาดเคลื่อนของระบบล่วงหน้า แทนที่จะแก้ไขหลังจากที่มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นแล้วรูปแบบโดยทั่วไปของการควบคุมแบบอนุพันธ์สามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงบล็อกไดอะแกรมแสดงการควบคุมแบบอนุพันธ์

2.2.9 การควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับอนุพันธ์

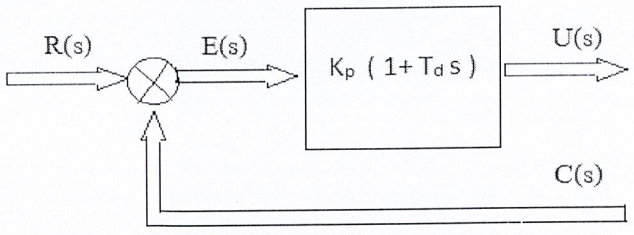
สำหรับตัวควบคุมแบบสัดส่วนบวกอนุพันธ์ สัญญาณควบคุม u(t) จะสัมพันธ์กับสัญญาณคลาดเคลื่อน e(t) ตามสมการ

$$u(t) = K_p . e(t) + K_p . T_d \frac{de(t)}{dt} \qquad (2.12)$$

ดังนั้นฟังก์ชั่นถ่ายโอนของตัวควบคุมชนิดนี้คือ

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + T_d s\right) \qquad (2.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แผนภูมิบล็อกตัวควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับอนุพันธ์

โดย

t_d = derivative time สามารถปรับค่าได้

$k_d = k_p . t_d$ = derivative

ในกรณีที่สัญญาณคลาดเคลื่อนe(t) คือฟังก์ชันแรมหนึ่งหน่วยจะได้ว่าสัญญาณควบคุม u(t) คือ

$$u(t) = K_p . e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \qquad (2.14)$$

$\because e(t) = 1$

$\therefore u(t) = K_p$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.10 การควบคุมแบบ PID

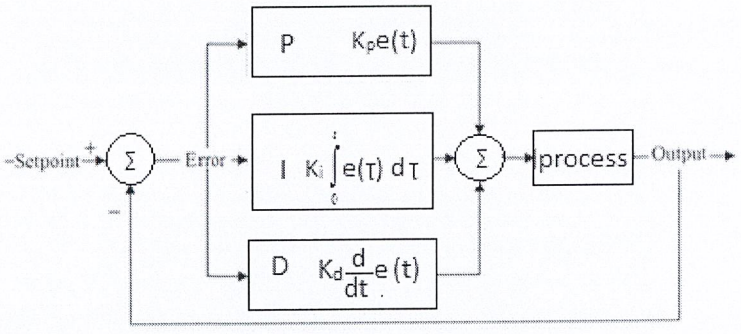
ระบบควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ (PID controller) เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณเป็นค่าความผิดพลาดที่หามาจากความแตกต่างของตัวแปรในกระบวนการและค่าที่ต้องการ ตัวควบคุมจะพยายามลดค่าผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของกระบวนการ ค่าตัวแปรของ PID ที่ใช้จะปรับเปลี่ยนตามธรรมชาติของระบบ

วิธีคำนวณของ PID ขึ้นอยู่กับสามตัวแปรคือค่าสัดส่วน, ปริพันธ์ และ อนุพันธ์ ค่าสัดส่วนกำหนดจากผลของความผิดพลาดในปัจจุบัน, ค่าปริพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของผลรวมความผิดพลาดที่ซึ่งพึ่งผ่านพ้นไป, และค่าอนุพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด น้ำหนักที่เกิดจากการรวมกันของทั้งสามนี้จะใช้ในการปรับกระบวนการ

โดยการปรับค่าคงที่ใน PID ตัวควบคุมสามารถปรับรูปแบบการควบคุมให้เหมาะกับที่กระบวนการต้องการได้ การตอบสนองของตัวควบคุมจะอยู่ในรูปของการไหวตัวของตัวควบคุมจนถึงค่าความผิดพลาด ค่าโอเวอร์ชูต (overshoots) และ ค่าแกว่งของระบบ (oscillation) วิธี PID ไม่รับประกันได้ว่าจะเป็นระบบควบคุมที่เหมาะสมที่สุดหรือสามารถทำให้กระบวนการมีความเสถียรแน่นอน

การประยุกต์ใช้งานบางครั้งอาจใช้เพียงหนึ่งถึงสองรูปแบบ ขึ้นอยู่กับกระบวนการเป็นสำคัญ พีไอดีบางครั้งจะถูกเรียกว่าการควบคุมแบบ PI, PD, P หรือ I ขึ้นอยู่กับว่าใช้รูปแบบใดบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แผนภาพบล็อกที่ประกอบด้วยระบบควบคุมแบบ PID

การควบคุมแบบ PID ได้ชื่อตามการรวมกันของเทอมของตัวแปรทั้งสามตามสมการ:

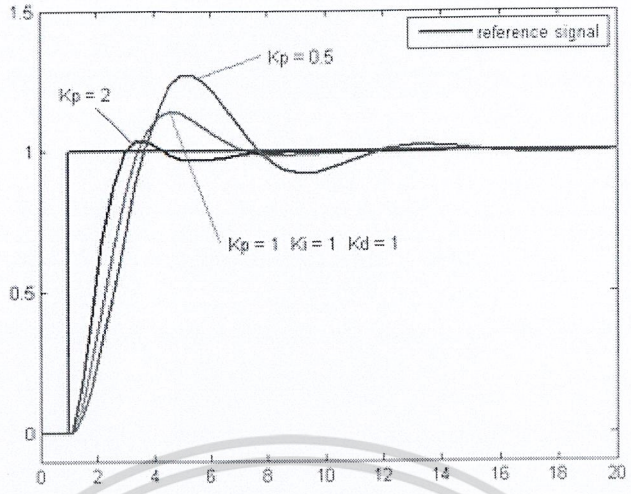
$$MV(t) = P_{out} + I_{out} + D_{out} \qquad (2.15)$$

P_{out} , I_{out} , D_{out} หมายถึง ผลของสัญญาณขาออกของระบบ

1. เทอมของสัดส่วน หรือ P บางครั้งเราเรียกว่า " อัตราการขยาย " จะเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนของค่าความผิดพลาด การตอบสนองของสัดส่วนสามารถทำได้โดยการคูณค่าความผิดพลาดด้วยค่าคงที่ Kp, หรือที่เรียกว่าอัตราขยายสัดส่วน

$$P_{out} = K_p e(t) \qquad (2.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงกราฟ PV ต่อเวลา, Kp กำหนดเป็น 3 ค่า (Ki และKd คงที่)

โดย

Pout: สัญญาณขาออกของเทอมสัดส่วน

Kp: อัตราขยายสัดส่วน, ตัวแปรปรับค่าได้

e: ค่าความผิดพลาด = SP − PV

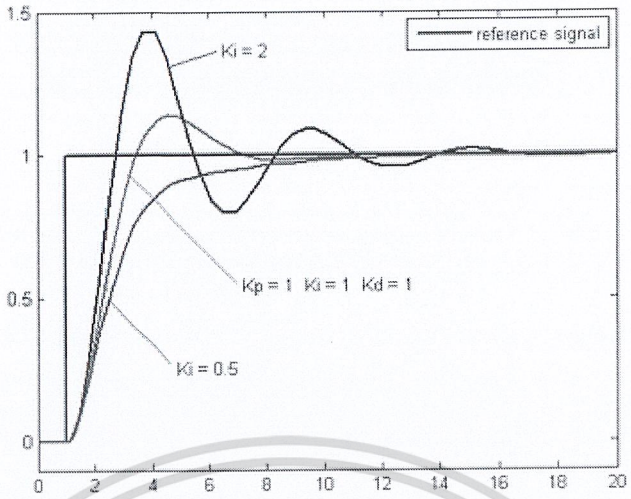
t: เวลา

2. เทอมของปริพันธ์ หรือ I บางครั้งบางคราวเราเรียกว่า "offset" เป็นสัดส่วนของขนาดความผิดพลาดและระยะเวลาของความผิดพลาด ผลรวมของความผิดพลาดในทุกช่วงเวลา (ปริพันธ์ของความผิดพลาด) จะให้ออฟเซตสะสมที่ควรจะเป็นในก่อนหน้า ความผิดพลาดสะสมจะถูกคูณโดยอัตราขยายปริพันธ์ ขนาดของผลของเทอมปริพันธ์จะกำหนดโดยอัตราขยายปริพันธ์, Ki.

$$I_{\text{out}} = K_i \int_0^t e(\tau)\, d\tau \qquad (2.17)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.12 แสดงกราฟ PV ต่อเวลา, Ki กำหนดเป็น 3 ค่า (Kp และKd คงที่)

โดย

Iout: สัญญาณขาออกของเทอมปริพันธ์

Ki: อัตราขยายปริพันธ์, ตัวแปรปรับค่าได้

e: ความผิดพลาด = SP − PV

t: เวลา

T: ตัวแปรปริพันธ์หุ่น

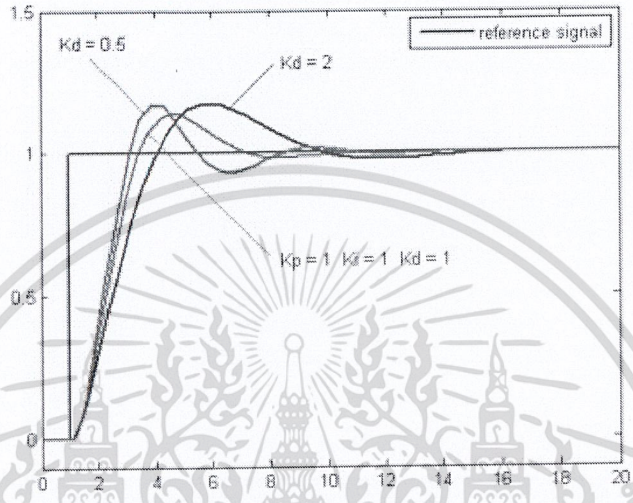
เทอมปริพันธ์ (เมื่อรวมกับเทอมสัดส่วน) จะเร่งกระบวนการให้เข้าสู่จุดที่ต้องการและขจัดความผิดพลาดที่เหลืออยู่ที่เกิดจากการใช้เพียงเทอมสัดส่วน แต่อย่างไรก็ตาม เทอมปริพันธ์เป็นการตอบสนองต่อความผิดพลาดสะสมในอดีต จึงสามารถทำให้เกิดโอเวอร์ชูตได้ (หมายถึง ข้ามจุดที่เราต้องการ)

4. เทอมของอนุพันธ์ หรือ D อัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาดจากกระบวนการนั้นคำนวนหาจากความชันของความผิดพลาดทุกๆเวลา (นั่นคือ เป็นอนุพันธ์อันดับหนึ่งสัมพันธ์กับเวลา) และคูณด้วยอัตราขยายอนุพันธ์ Kd ขนาดของผลของเทอมอนุพันธ์ (บางครั้งเรียก อัตรา) ขึ้นกับ อัตราขยายอนุพันธ์ Kd

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

119381

$$D_{\mathbf{out}} = K_d \frac{d}{dt} e(t) \qquad (2.18)$$



รูปที่ 2.13 แสดงกราฟ PV ต่อเวลา, Kd กำหนดเป็น 3 ค่า (Ki และKp คงที่)

โดย

D_{out} : สัญญาณขาออกของเทอมอนุพันธ์

K_d : อัตราขยายอนุพันธ์, ตัวแปรปรับค่าได้

e : ความผิดพลาด = SP − PV

t : เวลา

เทอมอนุพันธ์จะชะลออัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณขาออกของระบบควบคุมและด้วยผลนี้จะช่วยให้ระบบควบคุมเข้าสู่จุดที่ต้องการ ดังนั้นเทอมอนุพันธ์จะใช้ในการลดขนาดของโอเวอร์ชูตที่เกิดจาเทอมปริพันธ์และทำให้เสถียรภาพของการรวมกันของระบบควบคุมดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอนุพันธ์ของสัญญาณรบกวนที่ถูกขยายในระบบควบคุมจะไวมากต่อการรบกวนในเทอมของความผิดพลาดและสามารถทำให้กระบวนการไม่เสถียรได้ถ้าสัญญาณรบกวนและอัตราขยายอนุพันธ์มีขนาดใหญ่เพียงพอ

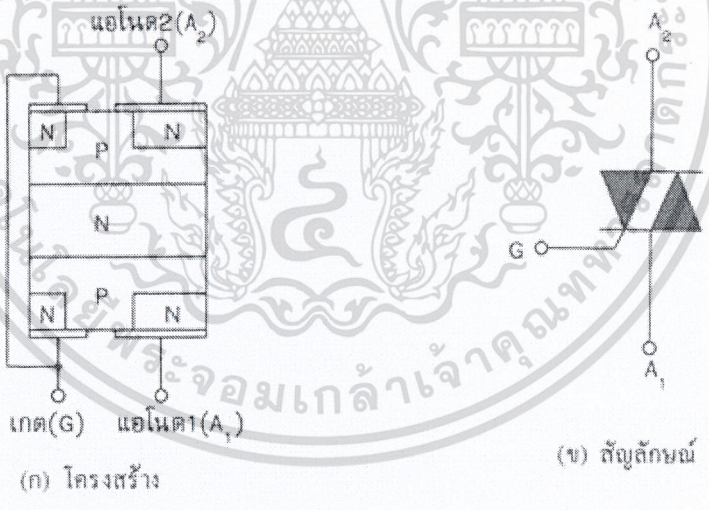
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีและหลักการทำงานของฮาร์ต์แวร์

2.3.1 ไตรแอก (TRIAC)

โครงสร้างและสัญลักษณ์

ไตรแอกเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจำพวกไธริสเตอร์ เช่นเดียวกับ SCR แต่มีโครงสร้างแตกต่างไปจาก SCR เพราะไตรแอกเสมือนการรวม SCR สองตัวไว้ด้วยกัน โครงสร้างของไตรแอกประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำตอนใหญ่ 3 ตอน คือ PNP และในสารกึ่งตัวนำตอนใหญ่ มีสารกึ่งตัวนำตอนย่อยชนิด N อีก 4 ตอน ต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด P ทั้ง 2 ด้าน มีขาต่อออกมาใช้งาน 3 ขาคือ ขาแอโนด 2(Anode2) ใช้ตัวย่อ A2 หรืออาจเรียกว่าขาเมน เทอร์มินอล 2 (Main Terminal 2)ใช้ตัวย่อ MT2 ขาแอโนด 1 (Anode 1) ใช้ตัวย่อ A1 หรืออาจเรียกว่าขาเมน เทอร์มินอล 1 (Main Terminal 1) ใช้ตัวย่อ MT1 และขาเกต (Gate) ใช้ตัวย่อ G โครงสร้างและสัญลักษณ์ของไตรแอก แสดงดังรูป

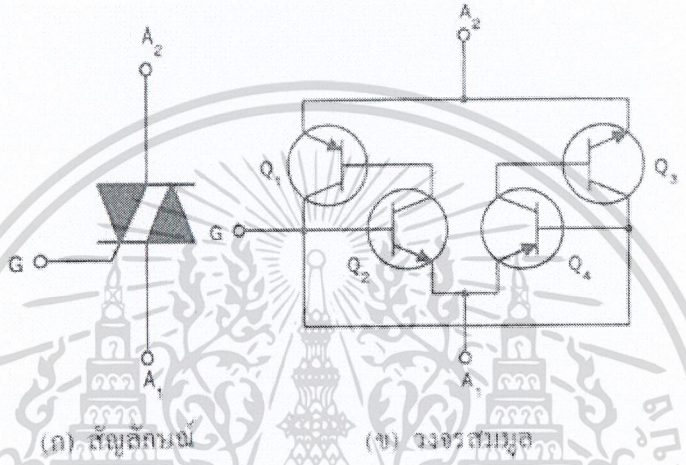


รูปที่ 2.14 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของไตรแอก

จากรูป (ก) เป็นโครงสร้างเบื้องต้นของไตรแอก ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำตอนใหญ่ 3 ตอน PNP และสารกึ่งตัวนำตอนย่อยชนิด N อีก 4 ตอน ต่อกับสาร P ด้านละ 2 ตอน การต่อขาออกมาใช้งานทั้ง 3 ขา คือขา A1 ,A1 และ G ถูกต่อร่วมกับสารกึ่งตัวนำทั้งชนิด P และชนิด N ทำให้ไตรแอกสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำกระแสได้กับแรงดันไฟสลับทั้งช่วงบวกและช่วงลบ ส่วนรูป (ข) เป็นสัญลักษณ์ของไตรแอก ประกอบด้วยรูป สามเหลี่ยมและขีด 2 รูป ต่อกลับด้านกัน เหมือนกับ SCR สองตัวต่อขนานแบบหันหัวกลับทางกัน ขาเกตของ SCR ทั้งสองต่อร่วมกัน ดังนั้นวงจรสมมูลของไตรแอก จึงเหมือนกับวงจรสมมูลของ SCR สองตัวต่อร่วมกัน ลักษณะวงจรแสดงดังรูป



รูปที่ 2.15 สัญลักษณ์และวงจรสมมูลของไตรแอก

คุณสมบัติพื้นฐานของไตรแอก

1). โดยปกติ ถ้าไม่มีสัญญาณทริกที่เกต ไตรแอกจะไม่ทำงาน โดยจะมีลักษณะ เหมือนกับสวิตช์ที่ถูกเปิดวงจร

2). ถ้าในกรณีที่ MT2 และ MT1 ถูกป้อนด้วยแรงดันบวกและลบตามลำดับ ไตรแอกจะถูกกระตุ้นให้ทำงานได้โดยการป้อน สัญญาณพัลส์เพียงสั้น ๆ ที่เกตของมัน ไตรแอกใช้เวลาเพียง 2 - 3 x 10 - 6 วินาที เท่านั้นในการทำเริ่มทำงานในขณะ ที่ไตรแอกทำงานนั้น จะมีแรงดันตกคร่อมตัวมัน มีค่าประมาณ 1 หรือ 2 โวลต์ เท่านั้น และก็เช่นกันคือเมื่อไตรแอกเริ่ม ทำงานแล้ว ก็จะสามารถคงสภาพ การทำงานอยู่เช่นนั้นต่อไปเรื่อย ๆ ตราบเท่าที่ยังมีกระแสไหลผ่านตัวมันอย่างต่อเนื่อง

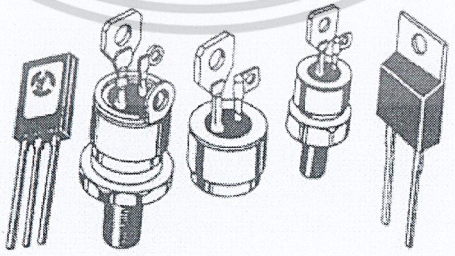
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3). หลังจากที่ไตรแอก คงสภาพการทำงานอยู่นั้น ทางเดียวที่จะหยุดการทำงานลงได้ ก็โดยการลดปริมาณกระแสที่ไหล ผ่านตัวมันลง ให้มีค่าต่ำกว่ากระแสโฮลดิ้งของมัน ในกรณีที่ใช้ไตรแอกในการจ่ายกระแส AC การหยุดทำงานจะเกิดขึ้น อย่างอัตโนมัติ เมื่อแรงดันของไฟสลับเข้าใกล้จุดตัดศูนย์ที่เกิดขึ้น ทุก ๆ ครึ่งคลื่น นั่นคือกระแสจะลดลงเป็นศูนย์

4). ไตรแอกถูกกระตุ้นให้ทำงานได้ ทั้งสัญญาณแบบบวกและลบที่ป้อนให้แก่ขาเกต โดยไม่คำนึงถึงขั้วที่ต่ออยู่ที่ MT1 และ MT2 ดังนั้น การทำงานของไตรแอกนี้จะมีอยู่ 4 โหมดเมื่อเปรียบเทียบกับ ขั้วแรงดันที่ป้อนให้แก่ขาต่าง ๆ ของมัน ข้อแตกต่างกันเล็กน้อย ของการทำงานในโหมดต่าง ๆ คือในกรณีของโหมดที่ขั้วแรงดันที่ให้แก่ขา MT2 และเกตเหมือนกัน (ทั้งบวกและลบ) จะทำให้มีค่าความไวที่เกตสูงขึ้น

5). ไตรแอกสามารถทนการกระชากของกระแสได้สูง เช่นโดยปกติสำหรับไตรแอกที่ทนกระแสปกติได้ 10 แอมแปร์ (rms) สามารถทนการกระชาก ของกระแสในช่วงหนึ่ง คาบเวลาของไฟ 60 เฮิรตซ์ได้สูงถึง 100 แอมแปร์ เป็นต้น

ไตรแอกถูกพัฒนาขึ้นมาใช้งานได้กับแรงดันไฟสลับ เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของ SCR ไตรแอกนำกระแสได้สองทิศทาง ทั้งช่วงบวกและช่วงลบของแรงดันไฟฟ้าสลับ โดยทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด-เปิดแรงดันไฟสลับ ไตรแอกถูกสร้างขึ้นมาให้ใช้งานได้กับกระแสสูง ๆ ดังนั้นเวลาทำงานมักเกิดความร้อนขึ้น จึงต้องยึดติดแผ่นระบายความร้อน สวิตช์ไตรแอกดีกว่าสวิตช์ธรรมดาหลายประการ คือ ทำงานได้เร็ว ควบคุมให้ทำงานได้ง่าย และไม่มีหน้าสัมผัสจึงไม่เกิดประกายไฟขณะทำงาน ดัดแปลงไปใช้งานได้กว้างขวาง



รูปที่ 2.16 ลักษณะของไตรแอกชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไตรแอกทำงานเป็นสวิตช์ทางอิเล็กทรอนิกส์ต่อแรงดันไฟสลับ มีข้อดีกว่าสวิตช์แบบกลไกหลายประการดังนี้

• การเปิด-ปิดของไตรแกเร็วกว่าสวิตช์กลไกหลายเท่า ทำให้การควบคุมให้สวิตช์ทำงานได้รวดเร็วขึ้น

• การควบคุมให้ไตรแอกทำงานในการปิด-เปิด วงจรไฟทำได้ง่าย โดยป้อนแรงดันไฟสลับค่าต่ำ ๆ เพียงเล็กน้อย ไปกระตุ้นขาเกต

• การปิด-เปิดวงจรไฟฟ้า ไม่มีการสัมผัสของหน้าสัมผัสเหมือนสวิตช์กลไกธรรมดาจึงไม่เกิดประกายไฟที่อาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ มีความปลอดภัยในการทำงานมากขึ้น

• สามารถดัดแปลงไปใช้งานกับวงจรต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวางมากมาย

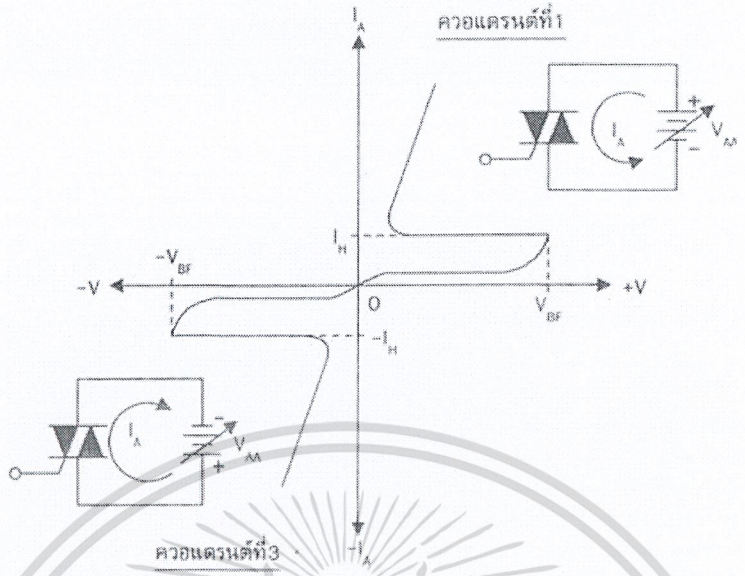
กราฟคุณสมบัติ

การควบคุมให้ไตรแอกนำกระแส ทำได้ 2 วิธี คือ วิธีแรกโดยจ่ายแรงดันไบอัสให้ไตรแอกเฉพาะขา A2 และขา A1 ส่วนขา G เปิดลอยไว้ไม่ต้องจ่ายแรงดันกระตุ้น วิธีนี้ไตรแอกจะนำกระแส เมื่อเพิ่มแรงดันให้ขา A2 และขา A1 จนมีกระแสไหลผ่านตัวไตรแอกถึงค่ากระแสโฮลดิ้ง วิธีที่สองโดยจ่ายแรงดันให้ขา A2 และขา A1 พร้อมกับแรงดันกระตุ้นขา G ไตรแอกสามรถนำกระแสได้ทันที

กราฟคุณสมบัติของไตรแอก ขณะเปิดขาเกตลอยไว้

จ่ายแรงดันให้ไตรแอกเฉพาะขา และขา แรงดันที่จ่ายต้องมีระดับที่สูงมากพอ จนถึงค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวไตรแอกเท่ากับหรือมากกว่าค่ากระแสโฮลดิ้ง วิธีนี้จะมีกระแสไหลผ่านตัวไตรแอกสูงมาก อาจทำให้ตัวไตรแอกชำรุดเสียหายได้ เขียนกราฟการทำงานได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 กราฟคุณสมบัติของไตรแอกขณะเปิดขา G ลอยไว้

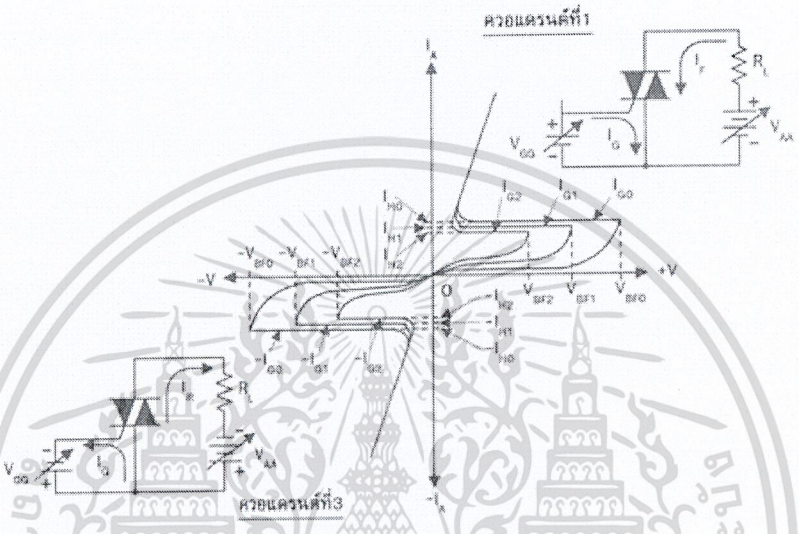
จากรูป เป็นกราฟคุณสมบัติของไตรแอกที่เปิดขา G ลอยไว้ ไม่ว่าจะจ่ายบวกให้ A2 จ่ายลบให้ A1 หรือจ่ายลบให้ A2 จ่ายบวกให้ A1 ไตรแอกสามารถนำกระแสได้เมื่อกระแสไหลผ่านตัวไตรแอกถึงค่ากระแสโฮลดิ้ง (I H) แต่ละควอแดรนต์อธิบายการทำงานได้ดังนี้

การจ่ายแรงดันไบอัสให้ไตรแอกทั้งควอแดรนต์ที่ 1 และ3 ในครั้งแรกไตรแอกไม่นำกระแส มีเพียงกระแสรั่วไหล ไหลผ่านตัวไตรแอกเพียงเล็กน้อย เมื่อค่อย ๆ ปรับเพิ่มแรงดัน VAA ให้ตัวไตรแอกมากขึ้นทีละน้อย กระแสรั่วไหลไหลผ่านตัวไตรแอกค่อย ๆ เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย จนเมื่อกระแสรั่วไหลไหลผ่านตัวไตรแอกถึงค่ากระแสโฮลดิ้ง IH ไตรแอกนำกระแสทันที ค่าความต้านทานในตัวไตรแอกลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดกระแสไหลผ่านตัวไตรแอกสูงขึ้นทันทีอย่างรวดเร็ว ถ้าไม่สามารถจำกัดค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวไตรแอกได้ มีกระแสไหลผ่านตัวไตรแอกมากกว่าค่าทนกระแสสูงสุดของไตรแอกตัวนั้น ตัวไตรแอกจะชำรุดเสียหายทันที กราฟที่ได้ในควอแดรนต์ที่ 1 และ 3 เหมือนกัน

การทำงานของไตรแอกวิธีนี้ไม่นิยมใช้งาน เพราะมีความเสี่ยงต่อการชำรุดเสียหายของไตรแอกสูง ต้องคอยระมัดระวังค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวไตรแอก ต้องไม่มากเกินค่าที่ตัวไตรแอกทนได้ และต้องใช้แรงดันไบอัสสูงมาก ซึ่งอาจส่งผลให้อุปกรณ์ที่ต่อร่วมกับไตรแอกชำรุดเสียหายตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟคุณสมบัติของไตรแอก ขณะควบคุมแรงดันที่ขาเกต วิธีนี้ตัวไตรแอกสามารถนำกรแสได้โดยแรงดันที่ป้อนให้ขา A2 และขา A1 ไม่จำเป็นต้องสูงมาก แต่ใช้แรงดันกระตุ้นขา G เข้ามาช่วย ไตรแอกก็สามารถนำกรแสได้ถึงค่ากระแสโฮลดิ้ง IH เขียนกราฟการทำงานได้ดังรูป



รูปที่ 2.18 กราฟคุณสมบัติของไตรแอกขณะที่จ่ายแรงดันกระตุ้นที่ขา G

จากรูป เป็นกราฟคุณสมบัติของไตรแอกขณะที่จ่ายแรงดันกระตุ้นที่ขา G แสดงสภาวะการทำงานทั้งควอแดรนต์ที่ 1 และ 3 แต่ละควอแดรนต์อธิบายการทำงานได้ดังนี้

กราฟในควอแดรนต์ที่ 1 จ่ายแรงดันไบอัสให้ขา A2 เป็นบวก ขา A1 เป็นลบ ถ้าในครั้งแรกยังไม่จ่ายแรงดันกระตุ้นที่ขา G (IGO = 0) ไตรแอกยังไม่นำกระแส จนกว่าแรงดันที่ป้อนให้ขา A2 และขา A1 ถึงค่าแรงดันเบรกโอเวอร์ที่ VBFO ไตรแอกนำกระแส เพราะมีกระแสไหลผ่านตัวไตรแอกถึงค่ากระแสโฮลดิ้ง IHO มีกระแสไหลผ่านตัวไตรแอกสูง ถ้ากระแสไหลผ่านเกินกว่าค่ากระแสสูงสุดที่ตัวไตรแอกทนได้ ไตรแอกจะชำรุดเสียหายทันที

ถ้าแรงดันไบอัสที่จ่ายให้ขา A2 และขา A1 ต่ำกว่าแรงดันเบรกโอเวอร์ การนำกระแสของตัวไตรแอกต้องอาศัยแรงดันกระต้นที่ขา G เป็นแรงดันบวก มีกระแสเกต IG1 หรือ IG2 ไหล มีกระแสไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านตัวไตรแอกถึงค่ากระแสโฮลดิ้ง IH1 หรือ IH2 ทันที ไตรแอกนำกระแส แรงดันที่จ่ายให้ขา A2 และขา A1 สามารถเปลี่ยนค่าได้ตามต้องการ ไตรแอกทำงานได้โดยไม่ชำรุดเสียหาย

กราฟในควอแดรนต์ที่ 3 จ่ายแรงดันไบอัสให้ขา A2 เป็นลบ ขา A1 เป็นบวก ถ้าในครั้งแรกยังไม่จ่ายแรงดันกระตุ้นที่ขา G (-IGO =0) ไตรแอกยังไม่นำกระแสจนกว่าแรงดันที่ป้อนให้ขา A2 และขา A1 ถึงค่าแรงดันเบรกโอเวอร์ที่ -VBFO ไตรแอกนำกระแส เพราะมีกระแสไหลผ่านตัวไตรแอกถึงค่ากระแสโฮลดิ้ง (- IHO) กระแสไหลผ่านตัวไตรแอกสูง ไตรแอกอาจชำรุดเสียหายได้ ถ้ากระแสไหลผ่านตัวไตรแอกเกินกว่าค่าสูงสุดที่ตัวไตรแอกทนได้ เหมือนกราฟในควอแดรนต์ที่ 1 และถ้าแรงดันไบอัสที่จ่ายให้ขา A2 และขา A1 ต่ำกว่าแรงดันเบรกโอเวอร์ การนำกระแสของตัวไตรแอกต้องอาศัยแรงดันกระตุ้นที่ขา G เป็นแรงดันลบ มีกระแส IG1 หรือ IG2 ไหล ไตรแอกนำกระแสทันที ได้กราฟคุณสมบัติเหมือนควอแดรนต์ที่ 1 และ 3

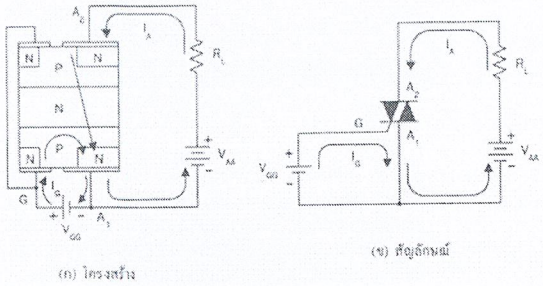
การทำงานและการจ่ายแรงดัน

ไตรแอกมีคุณสมบัติที่ทำงานได้ทั้งแรงดันช่วงบวกและแรงดันช่วงลบ สามารถให้กระแสไหลผ่านตัวไตรแอกได้ 2 ทิศทาง การจะนำกระแสของตัวไตรแอกขึ้นอยู่กับการควบคุมแรงดันกระตุ้นที่ขา G โดยจัดขั้วแรงดันกระตุ้นขา G ให้เหมาะสมถูกต้องกับแรงดันไบอัสที่ขา A2 และ A1 ไตรแอกจะสามารถนำกระแสได้ดี ลักษณะการจ่ายแรงดันไบอัสควบคุมการทำงานของไตรแอกทำได้ทั้งหมด 4 สภาวะ ดังนี้

1. การทำงานสภาวะที่ 1

จ่ายแรงดันบวกให้ขา A2 จ่ายแรงดันลบให้ขา A1 และจ่ายแรงดันบวกกระตุ้นขา G เกิดการนำกระแสในตัวไตรแอก แสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



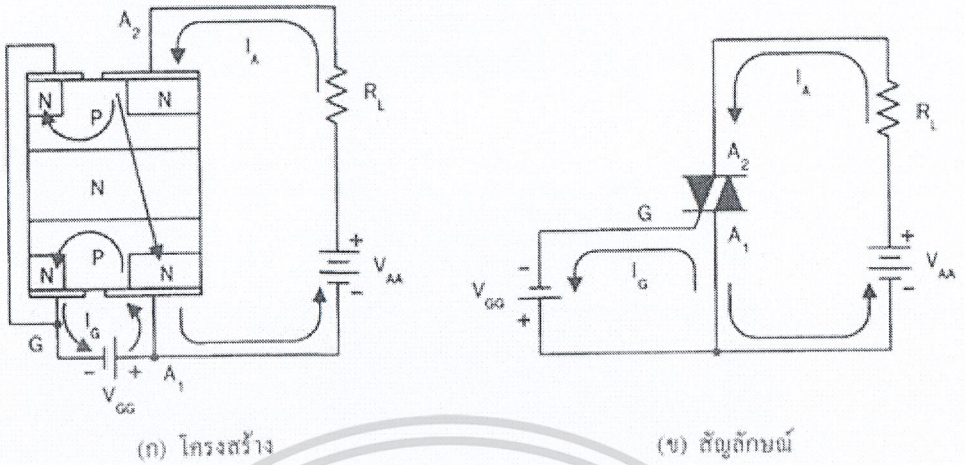
รูปที่ 2.19 การทำงานของไตรแอกในสภาวะที่ 1

จากรูป แสดงการทำงานของไตรแอกในสภาวะที่ 1 จ่ายแรงดันบวกให้ขา A2 จ่ายแรงดันลบให้ขา A1 ขณะยังไม่มีแรงดันกระตุ้นขา G ไตรแอกยังไม่นำกระแส จ่ายแรงดันบวกเป็นแรงดันกระตุ้นขา G ไตรแอกจึงนำกระแส มีกระแสไหลจากบวกของแหล่งจ่าย VAA ไปขา A2 รอยต่อของไตรแอกไปออกขา A1 ครบวงจรที่ขั้วลบของแหล่งจ่าย VAA การจ่ายแรงดันบวกกระตุ้นขา G ทำให้มีกระแสบวกไหลผ่านจากแหล่งจ่าย VAA ไปขา G ไหลผ่านออกที่ขา A1 ครบวงจรที่ขั้วลบแหล่งจ่าย VAA สังเกตทิศทางการไหลของกระแสทั้งสองมีทิศทางเดียวกัน เป็นลักษณะกระแสไหลเสริมกัน มีผลให้กระแส IA ไหลผ่านไตรแอกมากขึ้น

2. การทำงานสภาวะที่ 2

จ่ายแรงดันบวกให้ขา A2 จ่ายแรงดันลบให้ขา A1 และจ่ายแรงดันลบกระตุ้นขา G เกิดการนำกระแสในตัวไตรแอก แสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



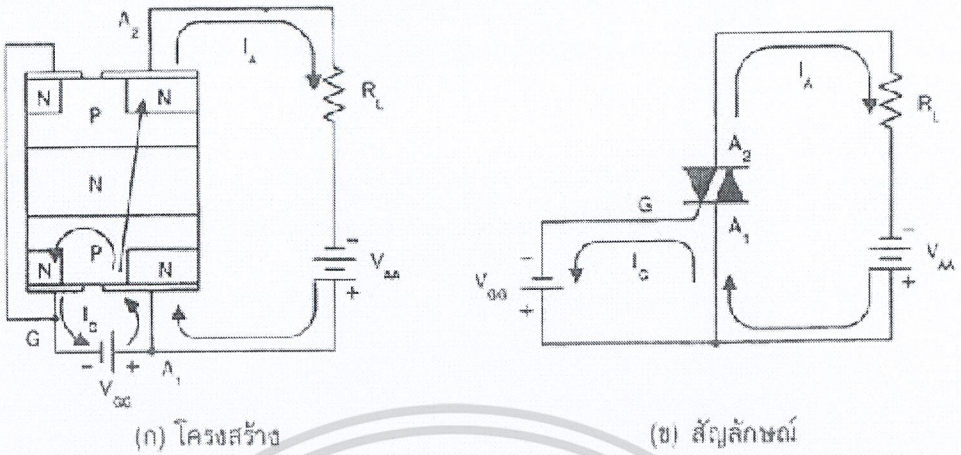
รูปที่ 2.20 การทำงานของไตรแอกในสภาวะที่ 2

จากรูป แสดงการทำงานของไตรแอกในสภาวะที่ 2 จ่ายแรงดันบวกให้ขา A2 จ่ายแรงดันลบให้ขา A1 ขณะยังไม่มีแรงดันกระตุ้นขา G ไตรแอกยังไม่นำกระแส จ่ายแรงดันลบเป็นแรงดันกระตุ้นขา G ไตรแอกจึงนำกระแส มีกระแสไหลจากบวกของแหล่งจ่าย VAA ไปขา A2 ผ่านรอยต่อของไตรแอกไปออกขา A1 ครบวงจรที่ขั้วลบของแหล่งจ่าย VAA การจ่ายแรงดันลบกระตุ้นขา G ทำให้มีกระแสบวกไหลผ่านจากแหล่งจ่าย VGG ไปขา A 1 ไปออกที่ขา G ครบวงจรที่ขั้วลบแหล่งจ่าย VGG สังเกตทิศทางการไหลของกระแสทั้งสอง มีทิศทางสวนทางกัน เป็นลักษณะกระแสไหลหักล้างกันและมีกระแสไหลไปทางขา G ได้มากขึ้น มีผลให้กระแส IA ไหลผ่านไตรแอกลดลง

3. การทำงานสภาวะที่ 3

จ่ายแรงดันลบให้ขา A2 จ่ายแรงดันบวกให้ขา A1 และจ่ายแรงดันกระตุ้นขา G เกิดการนำกระแสในตัวไตรแอก แสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



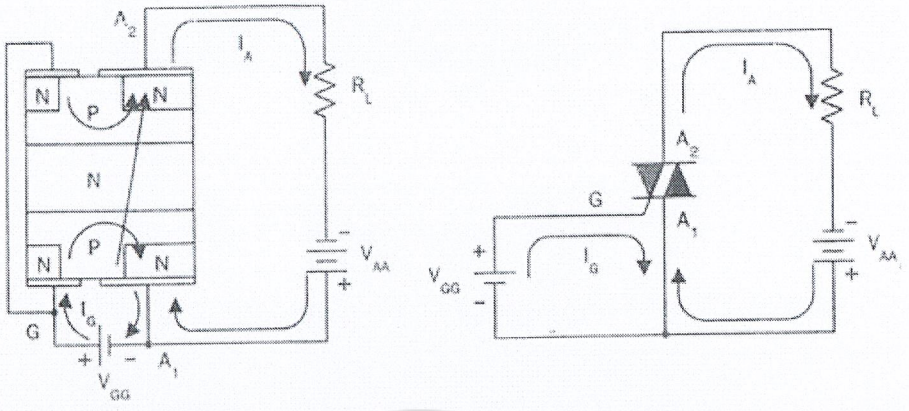
รูปที่ 2.21 การทำงานของไตรแอกในสภาวะที่ 3

จากรูป แสดงการทำงานของไตรแอกในสภาวะที่ 3 จ่ายแรงดันลบให้ขา A2 จ่ายแรงดันบวกให้ขา A1 ขณะยังไม่มีแรงดันกระตุ้นขา G ไตรแอกยังไม่นำกระแส จ่ายแรงดันลบเป็นแรงดันกระตุ้นขา G ไตรแอกจึงนำกระแส มีกระแสไหลจากบวกของแหล่งจ่าย VAA ไปขา A1 ผ่านรอยต่อของไตรแอกไปออกขา A2 ครบวงจรที่ขั้วลบของแหล่งจ่าย VAA ไปขา A1 ไหลออกที่ขา G ครบวงจรที่ขั้วลบแหล่งจ่าย VGG สังเกตทิศทางการไหลของกระแสทั้งสองมีทิศทางเดียวกัน เป็นลักษณะการไหลเสริมกัน มีผลให้กระแส IA ไหลผ่านไตรแอกมากขึ้น

4. การทำงานสภาวะที่ 4

จ่ายแรงดันลบให้ขา A2 จ่ายแรงดันบวกให้ขา A1 และจ่ายแรงดันบวกกระตุ้นขา G เกิดการนำกระแสในตัวไตรแอก แสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) โครงสร้าง (ข) สัญลักษณ์

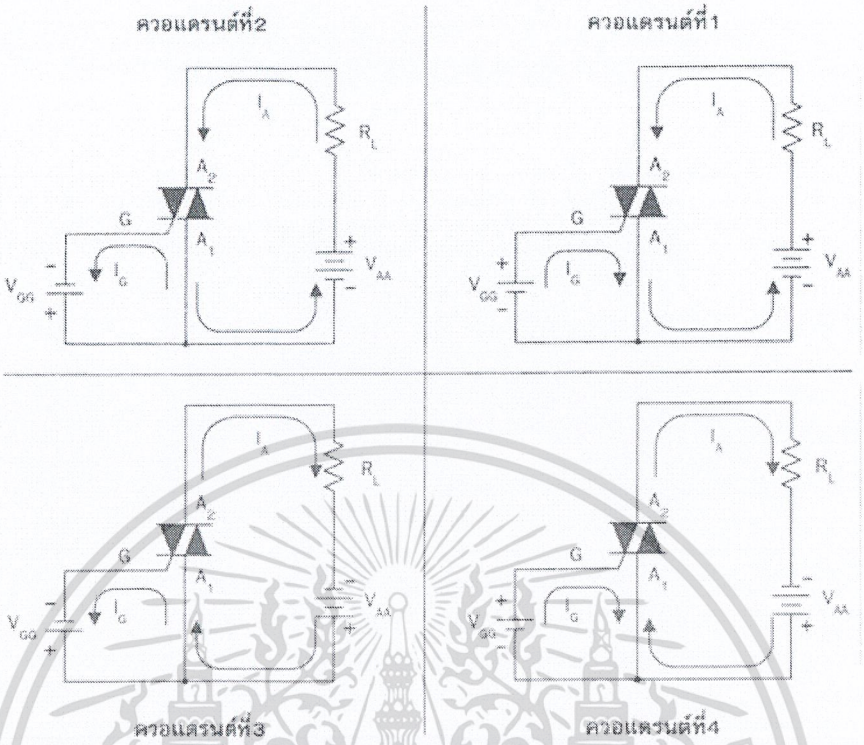
รูปที่ 2.22 การทำงานของไตรแอกในสภาวะที่ 4

จากรูป แสดงการทำงานของไตรแอกในสภาวะที่ 4 จ่ายแรงดันลบให้ขา A2 จ่ายแรงดันบวกให้ขา A1 ขณะยังไม่มีแรงดันกระตุ้นขา G ไตรแอกยังไม่นำกระแส จ่ายแรงดันบวกเป็นแรงดันกระตุ้นขา G ไตรแอกจึงนำกระแส มีกระแสไหลจากบวกของแหล่งจ่าย V AA ไปขา A 1 ผ่านรอยต่อของไตรแอกไปออกขา A2 ครบวงจรที่ขั้วลบของแหล่งจ่าย VAA ไปขา G ไหลออกที่ขา A1 ครบวงจรที่ขั้วลบแหล่งจ่าย VGG สังเกตทิศทางการไหลของกระแสทั้งสองมีทิศทางสวนทางกัน เป็นลักษณะกระแสไหลหักล้างกัน และมีกระแสไหลไปทางขา G ได้มากขึ้น มีผลให้กระแส IA ไหลผ่านไตรแอกลดลง

การเลือกสภาวะการจ่ายแรงดัน

ไตรแอกถูกสร้างขึ้นมาใช้สามารถทำงานกับแรงดันไฟสลับได้ ดังนั้นจึงสามารถนำกระได้ทั้งแรงดันช่วงบวกและแรงดันช่วงลบ สภาวะการทำงานของไตรแอก จัดแบ่งตามขั้วแรงดันที่ป้อนให้ขาต่าง ๆ ของไตรแอก แบ่งออกได้เป็น 4 สภาวะ หรือ 4 ควอแดรนต์ (Quadrant) นำมากำหนดลงในสภาวะการทำงานตามควอแดรนต์ต่าง ๆ เรียงเป็นลำดับได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 การทำงานของไตรแอกแบ่งตามควอแดรนต์

จากรูป แสดงการทำงานของไตรแอก แบ่งตามควอแดรนต์ จะเห็นได้ว่าการจ่ายแรงดันให้ขา A2 , A1 และขา G ไม่ว่าจะเป็นบวกหรือลบก็ตาม ไตรแอกสามารถนำกระแสได้ทุกสภาวะ หรือทุกควอแดรนต์ แต่บางควอแดรนต์ไตรแอกสามารถนำกระแสได้ดี และบางควอแดรนต์ไตรแอกนำกระแสได้ไม่ดี ตามรูปในควอแดรนต์ที่ 1 และ 3 กระแสแอโนด (IA) และกระแสเกต (IG) ไหลในทิศทางเสริมกัน จึงนำกระแสได้ดี และทำงานได้รวดเร็ว ส่วนในควอแดรนต์ที่ 2 และ 4 กระแสแอโนด (IA) และกระแสเกต (IG) ไหลในทิศทางหักล้างกัน จึงนำกระแสได้ไม่ดีทำงานได้ช้าและไม่แน่นอน

การนำไตรแอกไปใช้งาน จำเป็นต้องเลือกสภาวะการทำงานของไตรแอก โดยเลือกสภาวะการทำงานที่ดี นำกระแสได้ดี และทำงานได้รวดเร็ว คือ เลือกการทำงานที่สภาวะกระแสเสริมกันในควอแดรนต์ที่ 1 และ 3 ให้สังเกตที่ขา A2 และขา G ต้องจ่ายแรงดันให้มีขั้วเหมือนกัน คือ เมื่อขา A2 ได้รับแรงดันบวก ขา G ก็ต้องได้รับแรงดันบวก และเมื่อขา A2 ได้รับแรงดันลบ ขา G ก็ต้องได้รับแรงดันลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

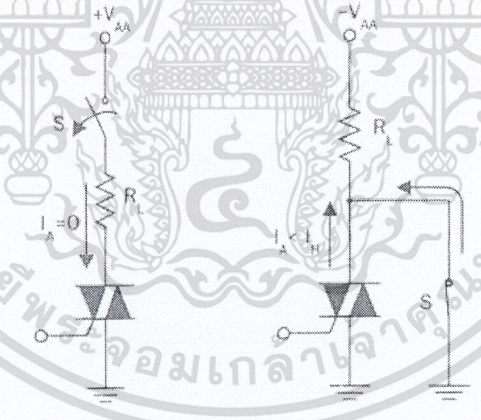
ลักษณะดังกล่าวเป็นสภาวะการนำกระแสได้ดี ส่วนถ้าแรงดันไบอัสที่จ่ายให้ขา A2 และขา G แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นสภาวะการนำกระแสได้ไม่ดี

การทำให้ไตรแอกหยุดการนำกระแส

ไตรแอกเมื่อนำกระแสแล้ว ไม่จำเป็นต้องจ่ายแรงดันกระตุ้นให้ที่ขา G อีก เพราะไตรแอกสามารถนำกระแสได้ต่อเนื่องเมื่อใช้งานกับแรงดันไฟตรง ทำงานเหมือน SCR ที่ใช้กับแรงดันไฟตรง แรงดันที่ G ทำหน้าที่เป็นแรงดันกระตุ้นเท่านั้น ไตรแอกที่นำกระแสแล้ว สามารถทำให้หยุดนำกระแสได้ 2 วิธีด้วนกัน เหมือนตัว SCR คือ

• ตัดแหล่งจ่ายแรงดัน V AA ที่ป้อนให้ขา A 2 และขา A 1 ของไตรแอกออกชั่วขณะ

• ลดกระแสที่ไหลผ่านขา A 2 และขา A 1 ลงให้ต่ำกว่าค่ากระแสโฮลดิ้งของไตรแอกตัวที่ใช้งาน การทำให้ไตรแอกหยุดนำกระแส ทำได้ดังรูป

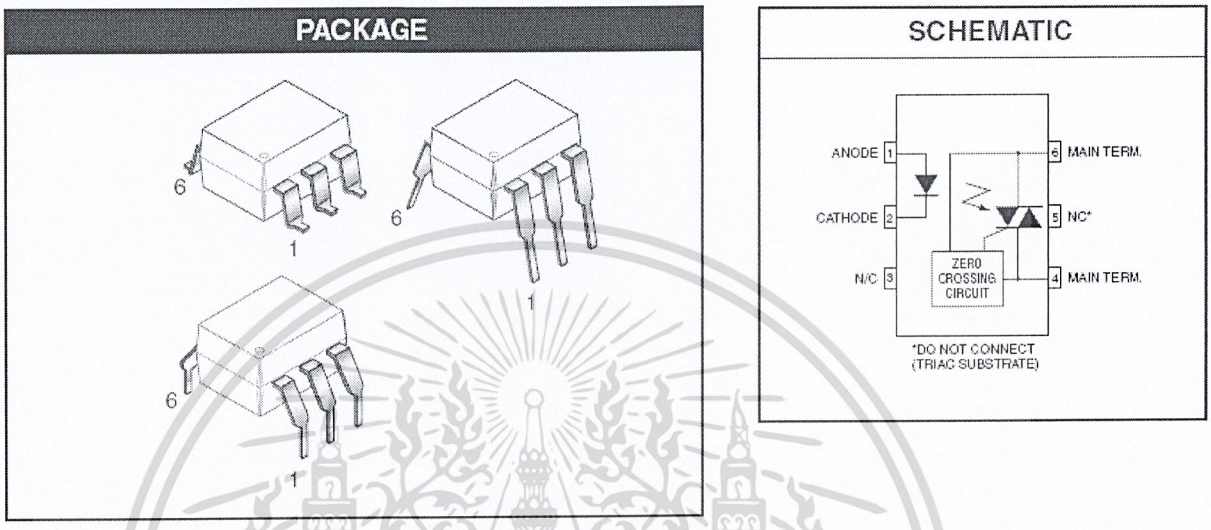


(ก) ตัดแหล่งจ่าย V_{AA} (ข) ลดกระแสไหลผ่านไตรแอก

รูปที่ 2.24 การทำให้ไตรแอกนำกระแสอยู่หยุดนำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 MOC3063



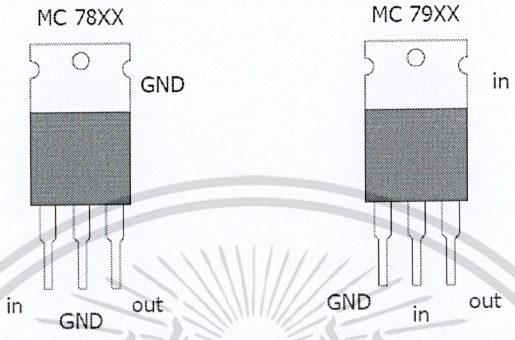
รูปที่ 2.25 แสดงลักษณะภายนอกและวงจรภายในของ Optoisolator triac driver

2.3.3 ไอซีควบคุมแรงดันไฟฟ้า (Voltage regulator IC)

วงจรแหล่งจ่ายไฟสมัยใหม่ที่นิยมกันมากที่สุด คือ วงจรเรกกูเลเตอร์โดยใช้ไอซีเพราะว่าออกแบบวงจรง่าย ราคาถูก ขนาดเล็ก และให้คุณภาพสูง ในการออกแบบวงจรเรกกูเลเตอร์โดยใช้ ไอซีในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้ คือ วงจรเรกกูเลเตอร์โดยใช้ IC หลายขา วงจรเรกกูเลเตอร์โดยใช้ IC 3 ขา แบบแรงดันเอาต์พุตคงที่บวกและลบ และวงจรเรกกูเลเตอร์โดยใช้ไอซี 3 ขา แบบปรับค่าแรงดัน ค่าเอาต์พุตได้ วงจรเรกกูเลเตอร์โดยใช้ไอซีจะได้สัญญาณแรงดันอินพุตมาจากวงจรเรคติไฟเออร์ที่ผ่านการกรองแรงดันมาแล้ว โดยวงจรเรกกูเลเตอร์จะทำหน้าที่ปรับแต่งแรงดันให้เรียบขึ้นและรักษาระดับแรงดันให้คงที่ตลอดการใช้งาน

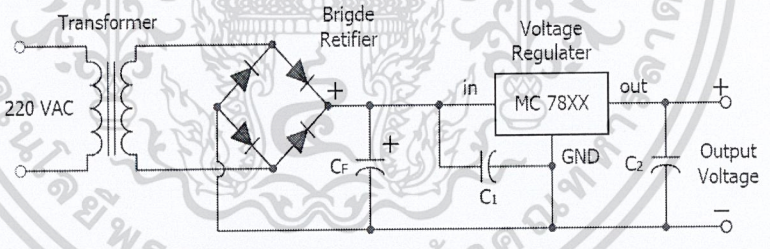
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเรกกูเลเตอร์โดยใช้ไอซี 3 ขา แบบแรงดันเอาต์พุตคงที่ ไอซี 3 ขา แบบแรงดันเอาต์พุตคงที่ที่นิยมใช้กันมาคือตระกูล MC78xx และตระกูล MC79xx โดยตระกูล 78xx จะใช้แรงดันแบบบวกที่คงที่ ส่วนตระกูล 79xx จะให้แรงดันแบบลบคงที่โดยที่ xx จะบอกขนาดแรงดัน



รูปที่ 2.26 แสดงความแตกต่างระหว่างหน้าที่ของ MC78XX กับ MC79XX

1. วงจรเรกกูเลเตอร์พื้นฐานโดยใช้ไอซีตระกูล MC78xx และ MC79xx

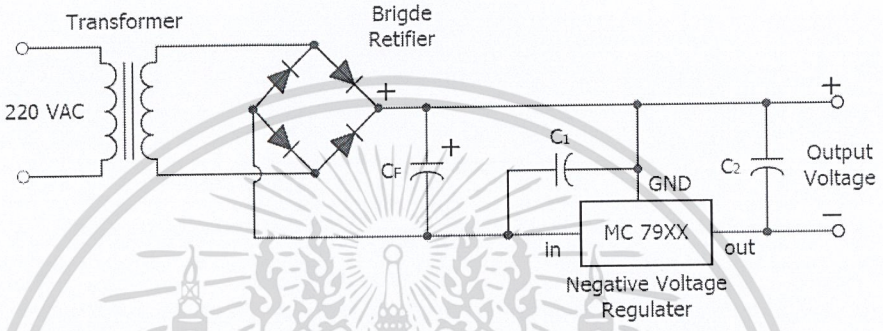


รูปที่ 2.27 แสดงวงจรมาตรฐานของวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบแรงดันเอาท์พุทคงที่ โดยใช้ MC 78XX เป็นเรกกูเลเตอร์

ในรูปที่ 2. 27 แสดงวงจรมาตรฐานของวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบแรงดันเอาท์พุทคงที่ โดยใช้ MC 78XX เป็นเรกกูเลเตอร์ จะเห็นว่าขา IN ต่อกับแรงดันไฟบวกส่วนขา GND ของ IC จะต่อกับไฟลบ มี C_1 ใส่ไว้เพื่อลดค่าความเหนี่ยวนำ ภายใน IC ซึ่งมักใช้ค่าเท่ากับ 1 ไมโครฟารัด ชนิดแทนทาลัม หรือ 0.1 ไมโครฟารัด ชนิดเซรามิกส่วน C_2 มีไว้เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน ซึ่งมักใช้ค่าเท่ากับ C_1 สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

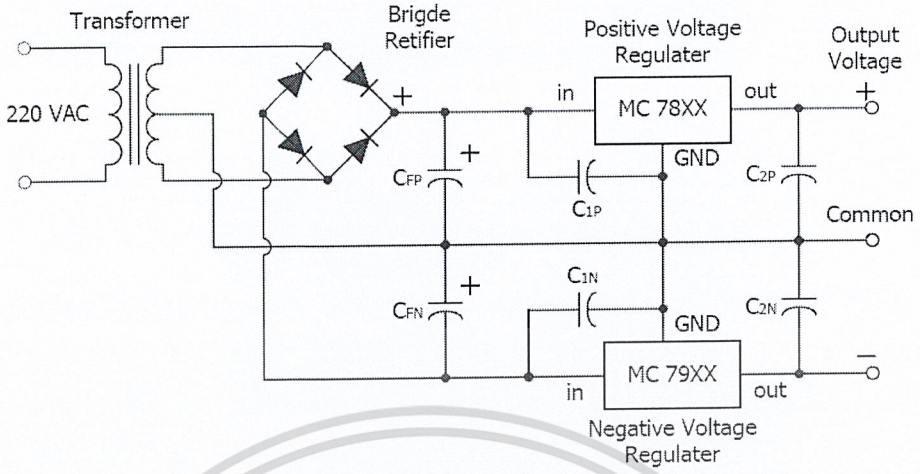
จ่ายกระแสได้สูงสุดถึง 1 แอมป์การป้อนแรงดันไฟที่ขา IN และขา OUT ของ MC 78XX จะต้องมีค่าต่างกันพอสมควร โดยดูจากค่าVin – Vout ใน Data Sheet เช่น MC 7805 ค่า Vin – Vout ใน Data Sheet เท่ากับ2 โวลท์ ฉะนั้นแรงดันที่ขา INต้องป้อนมากกว่า 7 โวลท์ ขึ้นไปแต่ต้องน้อยกว่าค่าVin(max) ซึ่งเท่ากับ 35 โวลท์



รูปที่ 2.28 แสดงวงจรมาตรฐานของวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบแรงดันเอาท์พุทคงที่ โดยใช้ MC 79XX เป็นเรกกูเลเตอร์

ในรูปที่ 2.28 แสดงวงจรมาตรฐานของวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบแรงดันเอาท์พุทคงที่ โดยใช้ MC 79XX เป็นเรกกูเลเตอร์ จะเห็นว่าขา IN ต่อกับแรงดันไฟลบ ส่วนขา GND ของ IC จะต่อกับไฟบวก แต่ขา OUT จะให้แรงดันลบ ค่า C1 และ C2 จะใช้เท่ากับวงจรในรูปที่ 27 ส่วนหลักการต่างๆก็จะเหมือนกับ MC 78XX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



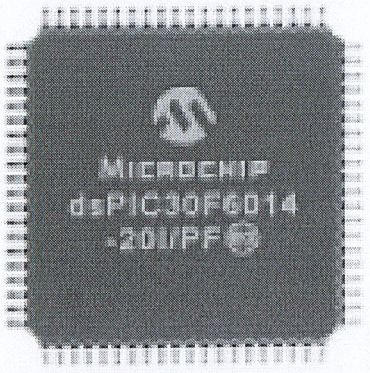
รูปที่ 2.29 แสดงวงจรมาตรฐานของวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบแรงดันเอาท์พุทคงที่แบบบวก ลบ และกราวด์ (เป็นขา Common) โดยใช้ IC ตระกูล MC 78XX และ 79XX

ในรูปที่ 2.29 แสดงวงจรมาตรฐานของวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบแรงดันเอาท์พุทคงที่แบบบวก ลบ และกราวด์ (เป็นขา Common) โดยใช้ IC ตระกูล MC 78XX และ 79XX ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับว่านำวงจรในรูปที่ 27 กับ 28 มารวมกัน

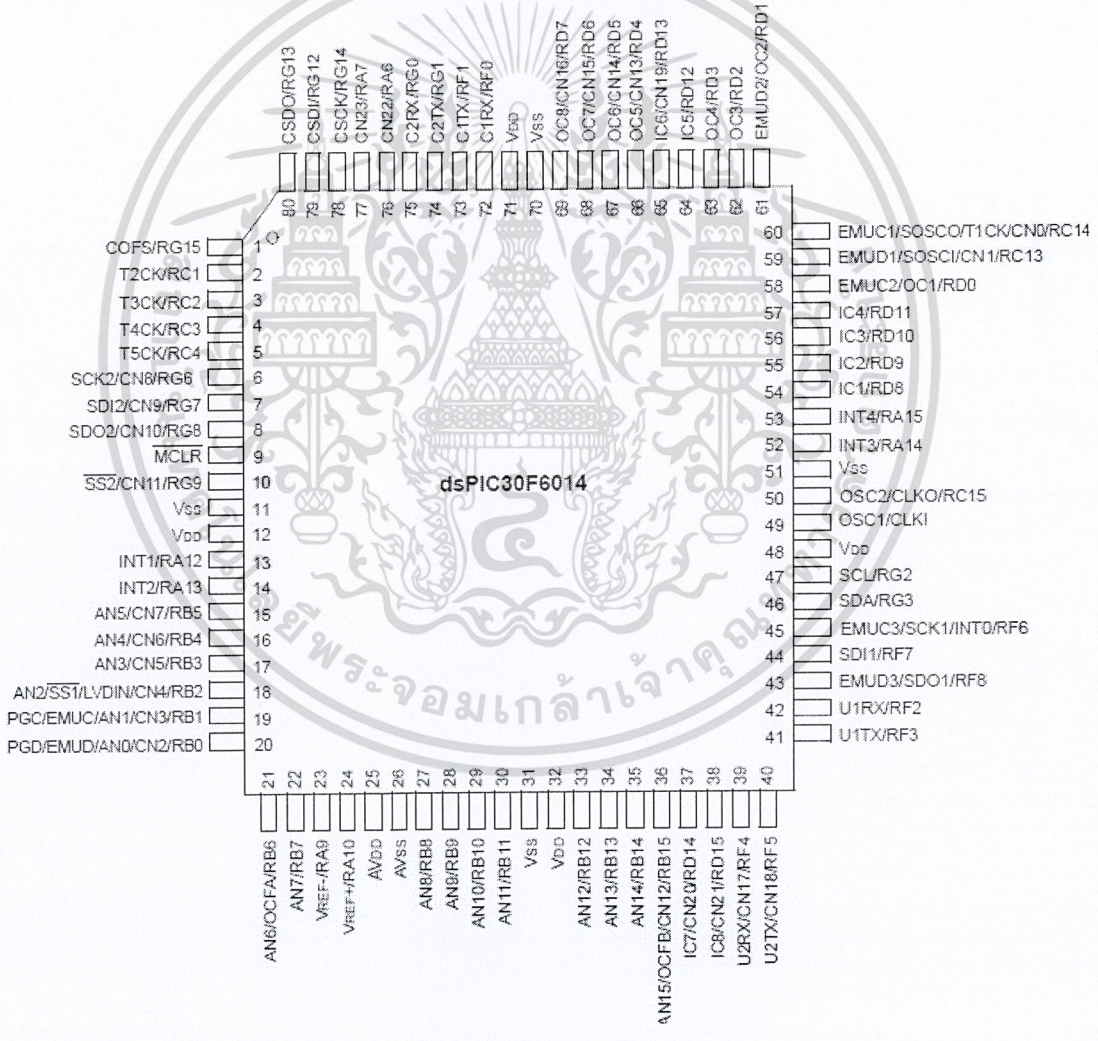
2.3.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้ คือ dsPIC30F6014 20I/P มีจำนวนขาทั้งหมด 80 ขา มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ Flash มี RAM ขนาด 8192 ไบต์ ให้เราใช้งาน มี EEPROM ขนาด 4096 ไบต์ ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2.5VDC ถึง 5.5VDC มีระบบ USART วงจรสื่อสารข้อมูลอนุกรม สำหรับต่อกับ การสื่อสารแบบ RS232 กระแสซิงก์และซอร์ส 25mA วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล 12 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



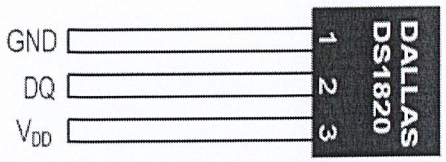
รูปที่ 2.30 แสดงไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F6014 20I/P



รูปที่ 2.31 แสดงขาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F6014 20I/P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 เซนเซอร์ DS18s20



รูปที่ 2.32 แสดงขาของเซนเซอร์ DS18S20

PIN DESCRIPTION

GND - Ground

DQ - Data In/Out

VDD - Power Supply Voltage

2.3.5.1 คุณสมบัติของ DS18S20

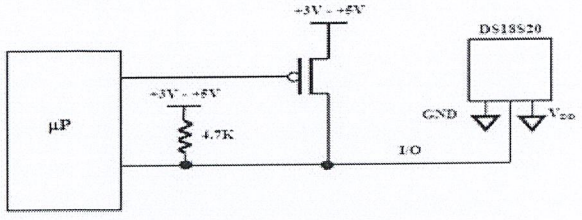
- ย่านการวัดอุณหภูมิจะอยู่ในช่วง -55 C ถึง + 125 C
- ใช้สายสัญญาณเพียง 1 เส้น_ เท่านั้น ถ้ารวม VCC, GND เข้าไปด้วยก็จะมีขาใช้งานเพียง 3 ขา เท่านั้น
- มี Alarm Triger TH, TL ไว้คอยเตือนเราด้วยว่าอุณหภูมิเกิด range ที่เราต้องการควบคุม
- แสดงความละเอียดของค่าอุณหภูมิได้ถึง 0.5 องศาเซลเซียสที่อุณหภูมิอยู่ในช่วง -10 ถึง +85 องศาเซลเซียส

การต่อใช้งานจะมีอยู่ 2 วิธี

1. ใช้ไฟเลี้ยงจาก R Pull-up (PARASITE POWER) วิธีนี้ขา VDD จะต้องต่อลง GND ทำให้ต่อสายเพียง 2 เส้นเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

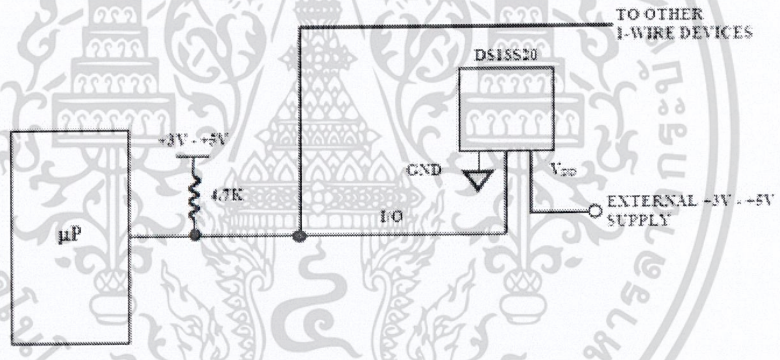
STRONG PULL-UP FOR SUPPLYING DS18S20 DURING TEMPERATURE CONVERSION Figure 2



รูปที่ 2.33 การต่อแบบใช้ไฟเลี้ยง R Pull-up

2. ต่อไฟเลี้ยงให้กับขา VDD (External power supply) วิธีนี้จะเป็นที่นิยมใช้กันมากกว่า

USING V_{DD} TO SUPPLY TEMPERATURE CONVERSION CURRENT Figure 3



รูปที่ 2. 34 การต่อแบบจ่ายไฟเลี้ยงให้กับขา VDD

ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จาก DS18S20 จะมีความละเอียดสเตปละ 0.5 C ขนาด 9 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	LSB
MSb			(unit = °C)				LSb	
S	S	S	S	S	S	S	S	MSB

TEMPERATURE	DIGITAL OUTPUT (Binary)	DIGITAL OUTPUT (Hex)
+85°C	0000 0101 0101 0000	0550h*
+125°C	0000 0000 1111 1010	00FAh
+25.0°C	0000 0000 0011 0010	0032h
+0.5°C	0000 0000 0000 0001	0001h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5°C	1111 1111 1111 1111	FFFFh
-25.0°C	1111 1111 1100 1110	FFCEh
-55°C	1111 1111 1001 0010	FF92h

*The power on reset register value is +85°C

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับค่าที่อ่านได้

- การทำงานของ Alarm TH, TL

หลังจากที่ DS18S20 ได้ทำการแปลงอุณหภูมิออกมาเป็นตัวเลขแล้ว ค่าอุณหภูมิก็จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับ TH, TL ค่าอุณหภูมิมีขนาด 9 บิต ส่วนค่า TH, TL มีขนาด 8 บิต แล้วจะเปรียบเทียบกันโดย มันก็จะตัดบิต LSB ของ DS18S20 ทิ้งไปนั่นเอง หลังจากเปรียบเทียบแล้วค่าอุณหภูมิมากกว่า TH หรือน้อยกว่า TL ค่า Alarm Flag ก็จะถูกเซต เมื่อใดก็ตามที่ Alarm Flag ถูกเซตอยู่ มันก็จะแสดงตัวออกมาให้รู้ในช่วงของคำสั่ง Search command เราจึงเข้าไปอ่าน DS18S20 ตัวนั้นได้ทันที โดยไม่ต้องไล่อ่าน DS18S20 ทีละตัว

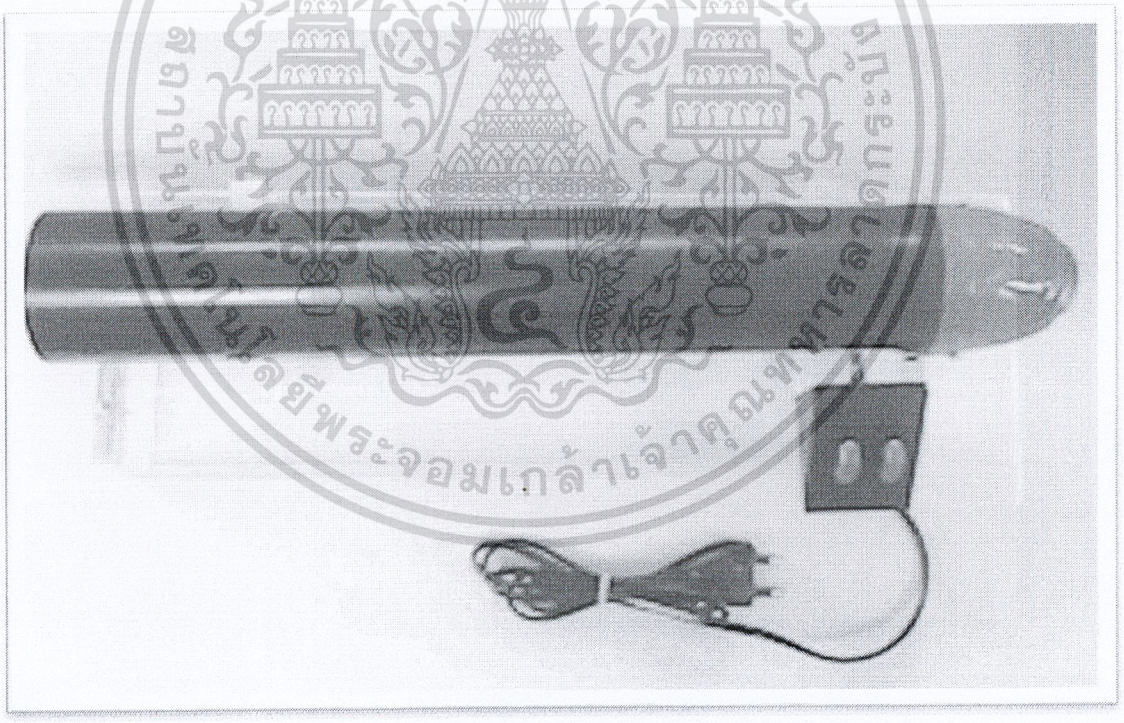
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎีและหลักการ

ในการออกแบบชุดควบคุมอุณหภูมิ เราต้องใช้วัสดุที่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่สูงได้ดี ไม่ละลายเมื่ออากาศร้อนไหลผ่าน ดังนั้นเราจึงเลือกใช้ท่อพีวีซีที่มีขนาดยาว 30 ซม. และมีความหนา 0.5 มม. มีรูกลวงตรงกลางเพื่อให้อากาศไหลผ่านได้สะดวก และมีแท่นยึดติดที่ฐาน เพื่อความมั่นคงของชิ้นงาน โครงสร้างและส่วนประกอบที่สำคัญต่างๆ มีดังนี้

3.1 โครงสร้าง



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของตัวควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

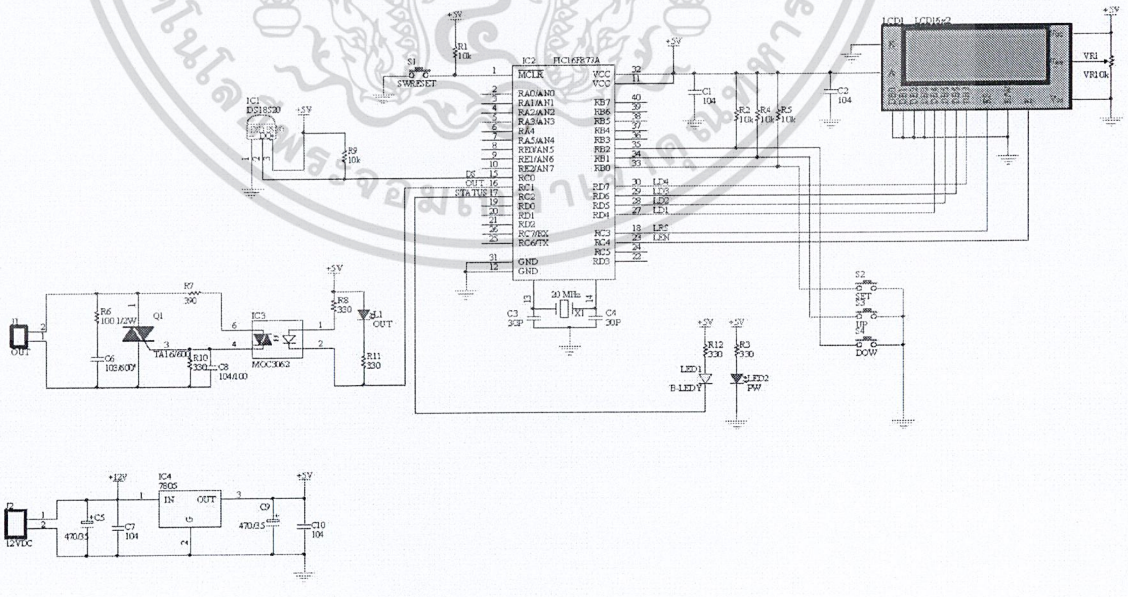
3.1.1 โครงสร้างและการประกอบ

เริ่มทำการออกแบบที่องค์ประกอบหลักก่อน โดยการวาดบล็อกการทำงานของเครื่องควบคุม ว่าจะให้ทำงานยังไงทำอะไรบ้าง เมื่อรู้แล้วว่าวงจรที่จะทำนั้นทำยังไง เราจึงมาทำวงจรของจริงตามที่เราเขียนบล็อกไว้ เราสร้างฐานวางเครื่องควบคุมอุณหภูมิโดยทำจากแผ่นพลาสติกใสขนาด 15x15 มม. ขนาดกว้างxยาว = 15x35 ซม. และทำการยึดติดด้วยน็อตเพื่อความแข็งแรงทนทาน อุปกรณ์ที่ทำเครื่องควบคุมความร้อน ได้แก่ เครื่องกำเนิดความร้อน ในที่นี่เราใช้ไดร์เป่าผมเป็นเครื่องกำเนิดความร้อนเพราะข้างในมีฮีตเตอร์ซึ่งเป็นตัวทำความร้อน

3.1.2 HEATER

เครื่องกำเนิดความร้อนที่เราใช้คือ ฮีตเตอร์ของไดร์เป่าผม ซึ่งเป็นขดลวดความร้อน ซึ่งจะเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ไดร์เป่าผมเป็นพลังงานความร้อนในขดลวด และไดร์เป่าผมสามารถปรับระดับความเร็วของมอเตอร์ได้ ซึ่งจะทำให้ความร้อนในระดับต่างๆของความเร็วมอเตอร์มีอุณหภูมิต่างกัน

3.2 โครงสร้างของวงจรไฟฟ้า



รูปที่ 3.2 โครงสร้างวงจรของตัวควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 เซนเซอร์ DS18S20

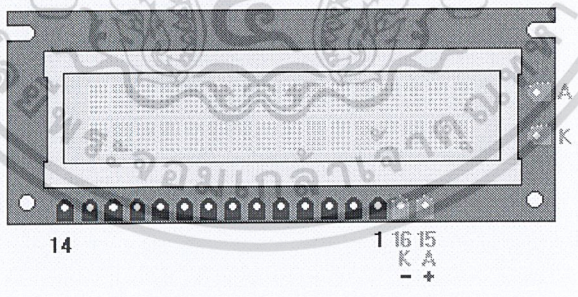
เหตุผลที่เราเลือก DS18S20 เนื่องจากสิ่งที่เราต้องการในการวัดอุณหภูมินี้เราต้องการระบบบัสที่สามารถเดินสายได้ในระยะไกลซึ่งเหมาะสำหรับระบบบัสแบบ 1-Wire ดูจะเหมาะกว่าในแง่ของความสะดวกในการใช้งานระยะห่างของแต่ละจุดที่วัดความแม่นยำของค่าที่วัดได้มีระดับความผิดพลาดของค่าวัดได้ 2 องศาเซลเซียสหากท่านที่ต้องการความแม่นยำกว่านี้สามารถใช้ไอซีเบอร์ DS18S20 แทนได้ซึ่งมีระดับความผิดพลาดที่น้อยกว่า 0.5องศาเซลเซียส

3.2.2 dsPIC30F6014 20I/P

ทำหน้าที่ประมวลผลต่างๆ เช่น ใช้สำหรับการอ่านค่าอุณหภูมิ โดยนำค่าที่อ่านได้ไปประเมินผลเพื่อนำไปใช้ในการควบคุมการ ON / OFF การทำงานของฮิตเตอร์

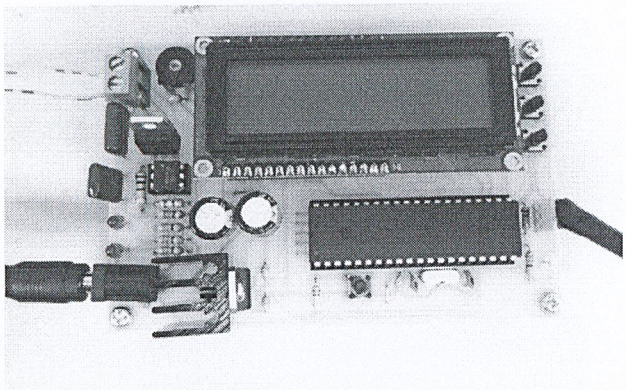
3.2.3 ส่วนแสดงผล

ลักษณะและตำแหน่งของขา LCD โมดูลที่ใช้ LCD 16x2 Line



รูปที่ 3.3 LCD 16 x2 Line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



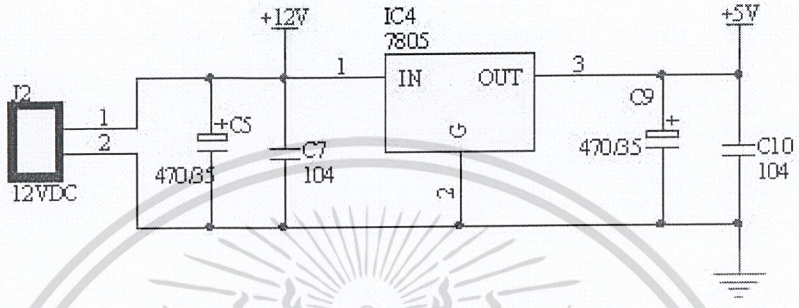
รูปที่ 3.4 LCD ที่ใช้ในวงจร

Pin No.	Symbol	Description	Level	Function	
1	VSS	Ground	-	0V	Ground
2	VDD	Power Supply	-	+5V	ต่อกับแรงดันไฟเลี้ยง +5V
3	VO	LCD Contr	-	-	ต่อกับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล
4	RS	Register Select	H/L	RS = 0 หมายถึงต้องการติดต่อกับรีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register) RS = 1 หมายถึงต้องการติดต่อกับรีจิสเตอร์ข้อมูล (Data Register)	
5	R/W	Read/Write	H/L	R/W = 0 หมายถึงต้องการเขียนข้อมูลไปยัง LCD โมดูล R/W = 1 หมายถึงต้องการอ่านข้อมูลจาก LCD โมดูล	
6	E	Enable	H, H->L	Enable Signal	
7 - 14	DB0-DB7	Data Bus	H/L	Data Bus Line	
15	A	Back Light A	-	Back Light +5V (สำหรับรุ่นที่มี Back Light)	
16	K	Back Light K	-	Back Light 0V (สำหรับรุ่นที่มี Back Light)	

ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งของขาและหน้าที่การใช้งานของ LCD โมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 POSITIVE VOLTAGE REGULATORS



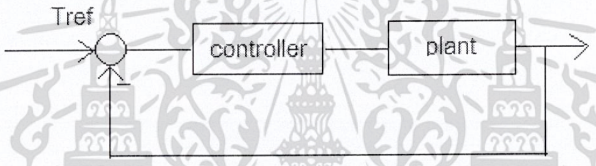
รูปที่ 3.5 วงจร VOLTAGE REGULATORS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

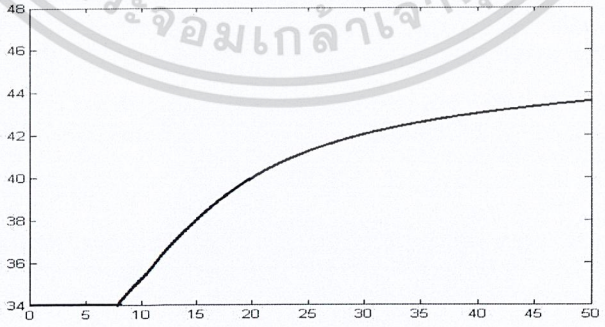
ในการทดลองครั้งนี้ ได้ทำการทดลองการทำงานของเครื่องมือชุดทดลองการควบคุมอุณหภูมิ และขอบเขตของการเปิดและปิดการทำงานของชุดทดลองการควบคุมอุณหภูมิ โดยระบบจะเป็นระบบปิดมีการวนลูบของการทำงาน และจะมีคอนโทรลเลอร์เป็นส่วนควบคุมการทำงานของระบบ โดยอินพุตของระบบนี้คืออุณหภูมิ เมื่อมีอุณหภูมิเข้าไปในระบบ คอนโทรลเลอร์จะเป็นตัวควบคุมว่าจะจ่ายกระแสไฟให้กับระบบ หรือทำการตัดกระแสไฟออกจากระบบ



รูปที่ 4.1 การทำงานของระบบ

ระบบของเราจะได้กราฟจากการทดลองดังรูปที่ 4.2 ซึ่งเป็นกราฟจากทฤษฎีการทดลอง โดยเราใช้ Ts (sampling times)

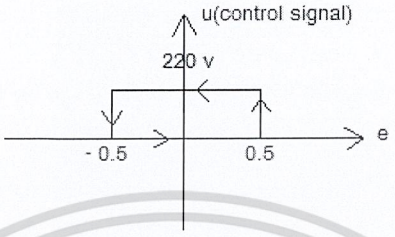
= 100 ms



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลการทดลองจากทางทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบของเราจะใช้การ ON-OFF เป็นตัวควบคุมค่าอุณหภูมิ โดยการคอนโทรลเลอร์จะตัดกระแสออกจากฮีตเตอร์เมื่ออุณหภูมิมากกว่าค่าที่ตั้งไว้ 0.5 องศาเซลเซียส และจะจ่ายไฟให้กับฮีตเตอร์เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ 0.5 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.3 การควบคุมแบบ on-off

4.1 การทดสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ก่อนจะทำการทดลองในขั้นตอนสุดท้าย ได้มีการแยกการทดลองบอกเป็นหลายๆส่วน เช่น ส่วนของการให้กำเนิดความร้อน การทดลองเซ็นเซอร์ การทดลองบอร์ด ท่อส่งอากาศ และสุดท้าย คือ การทดลองบอร์ด

4.1.1 เครื่องกำเนิดความร้อน

ในขั้นตอนแรก เราลองซื้อไดร์เป่าผมมา 2 ชนิด เพื่อมาทดสอบว่าชนิดไหนเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการทดลองมากกกว่า ชนิดแรก มีปุ่มปรับความร้อนอย่างเดียว ไม่มีปุ่มปรับอุณหภูมิ ซึ่งราคาถูก และชนิดที่ 2 มีปุ่มปรับระดับอุณหภูมิ 3 ระดับ และปุ่มปรับความเร็วของมอเตอร์อีก 3 ระดับ ซึ่งมีราคาสูงกว่าชนิดแรก เมื่อนำมาทดสอบแยกส่วนประกอบพบว่าทั้งสองชนิดใช้ขดลวดความร้อนให้พลังงานความร้อนเหมือนกัน แต่ชนิดที่สองมีขดลวดความร้อนมากกว่า จึงนำไดร์เป่าผมชนิดที่สองมาทำการทดลองเพราะว่ามีความเหมาะสมและมีความหลากหลายมากว่าชนิดแรก

4.1.2 เซ็นเซอร์

ในตอนแรกใช้เซ็นเซอร์เบอร์ DS16S20 ในการทดลอง แต่เนื่องจากว่า เซ็นเซอร์ตัวนี้ไม่ค่อยนิยมใช้กันแล้วจึงหาข้อมูลของคุณสมบัติยาก จึงเปลี่ยนมาใช้ DS18S20 แทน ซึ่งใช้กันมาก แล้วจึงทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบคุณสมบัติ โดยการนำไปวัดอุณหภูมิของไดร์เป่าผม พบว่าสามารุทนความร้อนได้สูง จึงเหมาะสมที่จะนำมาทำการทดลอง

4.1.3 ท่อส่งอากาศ

ในตอนแรกของการทดลองได้ใช้ท่อที่ทำจากเหล็ก ซึ่งมีขนาดยาว 30 ซม. และมีความหนา 0.5 มม. มีรูกลวงตรงกลางเพื่อให้อากาศไหลผ่า แล้วทดลองให้ความร้อนผ่านจากอีกด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่ง แล้วทำการวัดอุณหภูมิภายในท่อเหล็ก ปรากฏว่าอุณหภูมิภายในสูงมาก สูงเกินกว่าที่เซ็นเซอร์จะวัดค่าได้ เพราะมีการเก็บความร้อนไว้ภายในเนื่องจากท่อทำจากเหล็ก จึงเปลี่ยนไปใช้ท่อพลาสติกแทน ซึ่งขนาด ความยาว และความหนาเท่ากับท่อเหล็ก แล้วทดลองให้ความร้อนผ่านภายในท่อ ปรากฏว่า ไม่มีการเก็บอุณหภูมิไว้ภายใน และอากาศก็ไหลสะดวก จึงเหมาะกับการทดลองมากกว่า

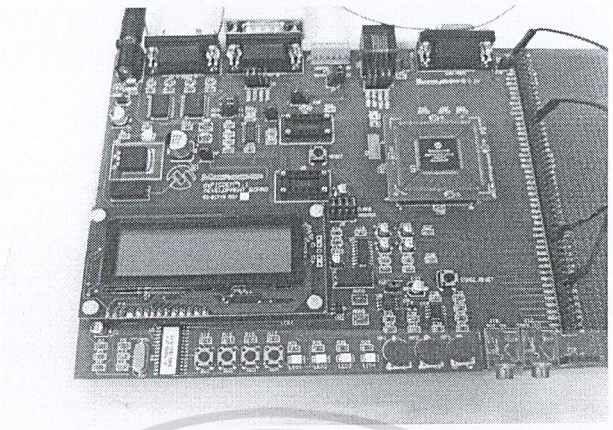
4.1.3 การทดลองบอร์ด

เมื่อทำบอร์ดที่ใช้ในการควบคุมเสร็จก็ทำการตรวจสอบความเรียบร้อยของวงจร ว่าถูกต้องหรือไม่ แล้วจึงนำไปทดสอบกับคอมพิวเตอร์ว่าโปรแกรมที่เขียนมาถูกต้องหรือป่าว ถ้าไม่ถูกต้องก็แก้ไขโปรแกรมใหม่ จนกว่าจะถูกต้องเรียบร้อย

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. เซ็ตค่าอุณหภูมิที่ต้องการ ในการทดลอง โดยจะเซ็ตไว้ที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส
2. ทำการทดลองโดยเซ็ตให้อุณหภูมิให้สูงกว่าค่าที่ตั้งไว้
3. สังเกตผลที่เกิดขึ้น จากหน้าต่างการแสดงผลค่าอุณหภูมิ
4. ทำการทดลอง โดยเซ็ตค่าอุณหภูมิให้ต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้
5. สังเกตผลที่เกิดขึ้น จากหน้าต่างการแสดงผลค่าอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แผงวงจรควบคุมการทำงาน

4.3 ผลการทดลอง

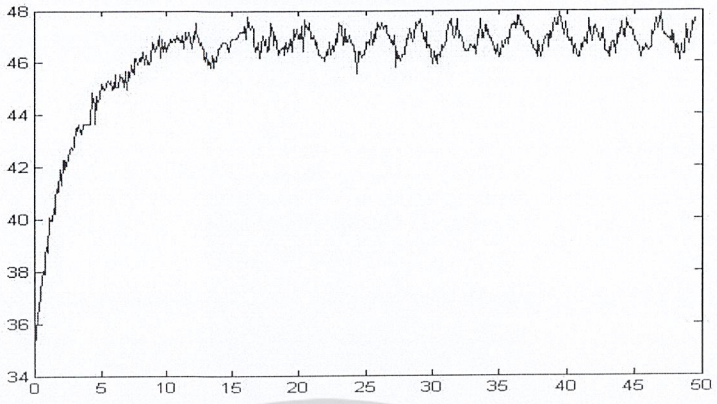
1. เมื่อจ่ายไฟให้กับระบบ ฮีตแตอร์จะทำงานและให้ความร้อนเข้าไปในระบบ เซนเซอร์เซอร์จะอ่านค่าอุณหภูมิแล้วส่งไปยังคอนโทรลเลอร์ โดยในตอนนี้เราจะให้อุณหภูมิความร้อนสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้

2. เมื่ออุณหภูมิสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ ปรากฏว่า แผงวงจรควบคุมการทำงานจะทำการ OFF โดยการตัดไฟออกจากระบบ ฮีตเตอร์จึงหยุดทำงาน ทำให้อุณหภูมิค่อยๆลดลง

3. เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง เซนเซอร์จะอ่านค่า เมื่อพบว่าอุณหภูมิน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้ เซนเซอร์จะส่งค่าไปยังหน่วยควบคุม แล้วหน่วยควบคุมจะทำการ ON โดยการจ่ายไฟให้กับระบบ ทำให้ฮีตเตอร์ทำงาน อุณหภูมิจึงสูงขึ้น

4. ระบบจะทำการ ON-OFF ไปเรื่อยๆ จนกว่าเราจะหยุดการทำงาน กราฟจากการทดลองที่ได้เป็นดังรูปที่ 4.4 ค่าอุณหภูมิจากการทดลองจะอยู่ที่ 47+0.5,47-0.5 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการควบคุมแบบ on-off

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

เมื่อทำการทดลองโดยการตั้งค่าที่อุณหภูมิต่างๆ ระบบจะทำงานได้ตามเป้าหมาย ที่ตั้งไว้ โดยที่ระบบจะทำงานก็ต่อเมื่อ มีอุณหภูมิที่สูงกว่า ค่าของอุณหภูมิที่ได้ตั้งค่าไว้ และ ระบบจะหยุดทำงาน เมื่ออุณหภูมิมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ ค่าของอุณหภูมิที่ได้ตั้งค่าไว้ โดยอัตโนมัติ

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

เนื่องจากไอซีที่ใช้วัดอุณหภูมิ เมื่อโดนความร้อนมักจะสะสมความร้อน ทำให้เวลาในการคืนสภาพค่อนข้างช้า รวมถึงสภาพแวดล้อมภายนอกที่ทำการรบกวนระบบ เช่น เมื่ออุณหภูมิภายนอกไม่สม่ำเสมอ เป็นต้น ดังนั้นเมื่อทำการทดลองจึงทำให้ค่าที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย สามารแก้ไขโดยการเปลี่ยนไอซีที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ โดยใช้ไอซีที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอุณหภูมิน้อยลง และทำการทดลองในห้องปิดที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไม่มากเพื่อให้ค่าที่ได้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงาน

ได้นำความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีทางระบบควบคุมมาใช้ รู้จักการเขียนโปรแกรม ศึกษาการทำงานของวงจรและไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ฝึกการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 แนวทางการพัฒนา

นำไปประยุกต์การใช้งาน

- ทางด้านการตรวจวัดค่าอุณหภูมิหรือสภาพภูมิอากาศเพื่อประโยชน์ทางการเกษตร
- ทางด้านการตรวจสอบค่าอุณหภูมิภายในห้องหรือพื้นที่ที่ต้องการทำการวัดเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปประเมินและวิเคราะห์
- ทางด้านการนำค่าอุณหภูมิไปควบคุมอุปกรณ์เอาท์พุตให้เกิดการทำงานในรูปแบบสัญญาณเตือนภัย หรือการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการควบคุมอุณหภูมิแบบ on-off

/********** ADCLogging.c **********

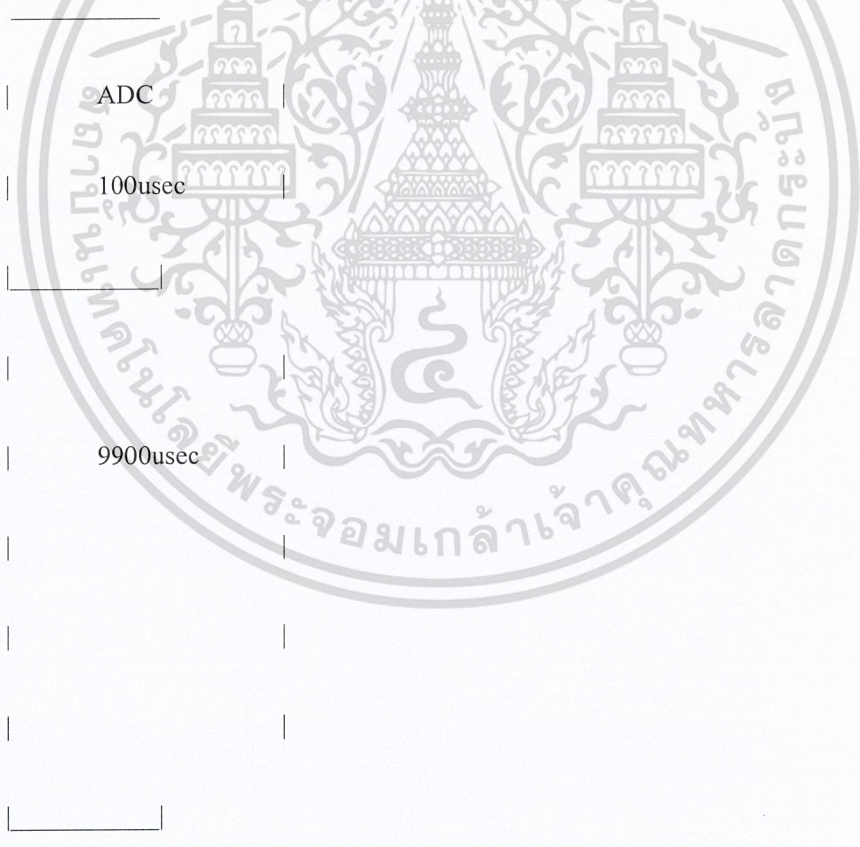
Hardware Nodes: dsPIC30F6014 20I/P

crystal 7.3728 MHz

UART Nodes: Baud Rate 115200

AD Nodes: Sampling rate 100 microsecond

Analog Pin: AN2



System Sampling 100 msec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
RE8 is used to control ADC.

RE0 is ligth if it properly works.

*********************************************************************/

#include <p30f6014.h>

#include <dsp.h>

#include <math.h>

#include <stdio.h>


/************************ Configuration Fuse ************************/

_FOSC(CSW_FSCM_OFF & XT_PLL4);                  /* Fuses for 7.3728MHz crystal */

_FWDT(WDT_OFF);

_FBORPOR(PBOR_OFF & BORV_27 & PWRT_16 & MCLR_EN);

_FGS(CODE_PROT_OFF);


/************************ Global variables ***************************/

#define      Tref        47.0

unsigned int RTC = 0;

float VoltageOut,T,e;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/********************** 500 usec Interrupt ***************************/


void _ISR _T1Interrupt(void)

{

        RTC++;

        _T1IF = 0;

}

void Timer1(void)

{

        _NSTDIS = 1;

        _T1IF = 0;

        _T1IE = 1;

        TMR1 = 0;

        PR1 = 7372;

        T1CON = 0x8000;

}


/********************** Mainline **********************************/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int main(void)

{

        _TRISD0 = 0;

        Timer1();

/************ Initialize UART ************************************/

        U1MODEbits.PDSEL = 0b00;                        /* 8 bit data, no parity */

        U1MODEbits.STSEL = 0;                           /* One stop bit */

        U1BRG = 3;                                      /* baud rate
115200 */

        U1MODEbits.UARTEN = 1;                          /* Enable UART Module
*/

        U1STAbits.UTXEN = 1;                            /* One at a time */



        /************ Initialize ADC ************************************/

        IEC0bits.ADIE = 0;                              /* Disable Interrupt */

        /************ Set up pin for analog function ********************/

        ADPCFGbits.PCFG0 = 0;

        ADCHSbits.CH0SA = 0b0111;

        /************ Number of Sample/Hold *****************************/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//ADCON2bits.CHPS = 0b00;

ADCON1bits.SAMP = 0;

/********** Select voltage reference **************************/

ADCON2bits.VCFG = 0b000;

/********** Choose Time and Clock sample and convert **********/

ADCON3bits.ADCS = 0b000010;

/********** Channels scaning ***********************************/

ADCON2bits.CSCNA = 0;

/********** Sample/Convert sequence ****************************/

ADCON1bits.SSRC = 0b111;

ADCON1bits.ASAM = 0;

ADCON3bits.SAMC = 479;

/********** Form data reading **********************************/

ADCON1bits.FORM = 0b00;

/********** Interrupt rate *************************************/

ADCON2bits.SMPI = 0b0000;

/********** Turn on A/D Module *********************************/

ADCON1bits.ADON = 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/************** Initialize Ports *********************************/

    TRISB = 0xFFF0;

    TRISD = TRISDbits.TRISD0 = 0;

    IIRCanonicInit(&BPsFilter);

    while (1) {         // loop forever


        if(RTC >= 100)

        {

            ADCON1bits.SAMP = 1;

            while (ADCON1bits.DONE == 0);

            ADCON1bits.DONE = 0;

            IFS0bits.ADIF = 0;

            VoltageOut = (5.0/4096.0)*ADCBUF0;

            T = (VoltageOut-0.5)*100.0;

            e = Tref - T;

            if(e>= 0.5){

                LATDbits.LATD0 = 0;

            }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                if(e <= -0.5){

                        LATDbits.LATD0 = 1;

                }

                printf("\r %0.4f \n ",(double)T);


                RTC = 0;

        }


    } // end loop forever

} // end Mainline
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Webmaster. “Automatic control." [Online].

http://www.men.neu.ac.th/Control/control1.html. 2010.

[2] ประจิน พลังสันติกุล. เรียนรู้และใช้งาน CCS C คอมไพล์เลอร์ เขียนโปรแกรมภาษา C ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร : อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์. 2547.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้