สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมการทำงานของมอเตอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

MICROCONTROLLER BASED MORTOR CONTROL

นายวิวัฒน์ สุธรรมมาจารย์
นายวีรวุฒิ แซ่ตั้ง
นายเอกชัย ทะยาหมอ

เลขหมู่ 2543
เลขทะเบียน 42516
วัน, เดือน, ปี 24 พ.ค. 2545

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROCONTROLLER BASED MOTOR CONTROL

WIWAT SUTHAMMAJAN

WEERAWUT SAETANG

EKKACHAI THAYAMOR

A THESIS SUBMITED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL INSTRUMENTATION TECHNOLOGY

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การควบคุมการทำงานของมอเตอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

MICROCONTROLLER BASED MOTOR CONTROL

นักศึกษาผู้จัดทำ นายวิวัฒน์ สุธรรมมาจารย์ **รหัสประจำตัว** 41013426

นายวีรวุฒิ แซ่ตั้ง **รหัสประจำตัว** 41013427

นายเอกชัย ทะยาหมอ **รหัสประจำตัว** 41013439

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2543

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
รศ.ดร.กิตติ ตีรเศรษฐ ผศ.ประสิทธ์ จุลเสรีวงศ์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันอังคาร ที่ 10 เมษายน พ.ศ. 2544

สถานที่สอบ ณ. ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

ภาควิชารับรองแล้ว

(ผศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การควบคุมการทำงานของมอเตอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
MICROCONTROLLER BASED MOTOR CONTROL

นักศึกษาผู้จัดทำ นายวิวัฒน์ สุธรรมมาจารย์
นายวีรวุฒิ แซ่ตั้ง
นายเอกชัย ทะยาหมอ

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.กิตติ ตีรเศรษฐ
ผศ.ประสิทธ์ จุลเสรีวงศ์

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมอเตอร์ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรม โดยใช้รีเลย์แบบกลไกเป็นชุดควบคุมการทำงานของมอเตอร์ อย่างไรก็ตามการใช้ รีเลย์แบบกลไกควบคุมการทำงานของมอเตอร์จะมีปัญหาในเรื่องหน้าสัมผัส มีค่าใช้จ่ายสูง ใช้พื้นที่ในการติดตั้งค่อนข้างมาก การตรวจซ่อมทำได้ยาก และถ้าจะเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมการทำงานยิ่งยากมากขึ้น ปริญญานิพนธ์เล่มนี้จึงได้นำเสนอการออกแบบสร้างชุดควบคุมการทำงานของมอเตอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ชุดควบคุมนี้ประกอบด้วย ส่วนประกอบ 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนควบคุม และส่วนป้องกัน โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ในการควบคุมลำดับการทำงานของมอเตอร์ เช่น การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้าหรือเลือกทางหมุน รวมถึงนำค่ากระแส แรงดัน และเฟสที่ได้จากตัวตรวจจับมาแสดงผล พร้อมทั้งทำการประมวลผลเพื่อตรวจจับความผิดปกติที่เกิดกับมอเตอร์ เช่นกระแสเกิน แรงดันเกิน แรงดันต่ำ และ เฟสไม่ครบ และยังแจ้งถึงสาเหตุความผิดปกติให้ทราบ สำหรับอุปกรณ์ควบคุมจะใช้โซลิดสเตทรีเลย์แทนรีเลย์แบบกลไกทั้งนี้เนื่องจากโซลิดสเตทรีเลย์มีข้อดีมากกว่ารีเลย์แบบกลไก เช่น จะไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหวขณะทำงาน ไม่เกิดเสียงดัง ไม่มีฝุ่นละอองที่หน้าสัมผัส และไม่เกิดประกายไฟขณะใช้งาน รวมถึงสามารถนำไปใช้อินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง และที่พิเศษกว่ารีเลย์แบบกลไกก็คือ ไม่ส่งสัญญาณรบกวนเข้าไปในระบบไฟฟ้า ผลจากการทดลองควบคุมมอเตอร์และสมมุติข้อผิดพลาดต่างๆให้เกิดขึ้น พบว่าชุดควบคุมที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนด อีกทั้งช่วยประหยัดเวลาในการติดตั้งเพราะชุดควบคุมที่สร้างขึ้นนี้เป็นตู้สำเร็จรูป เมื่อนำไปใช้งานก็เพียงต่อสายให้ถูกต้องก็สามารถใช้งานได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	MICROCONTROLLER BASED MOTOR CONTROL
Authers	Mr.Wiwat Suthammajan
	Mr.Weerawut Saetang
	Mr.Ekkachai Thayamor
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Kitti Tirasesth
	Asst.Prof.Prasit Julsereewong
Year	2000

ABSTRACT

Nowadays, the motor is widely used in the industry by applying the mechanic relay in the operation control. However, using this control method is expensive, loses at the contact, required the large area for installation and difficult to repair on improve the operation program. This thesis proposed the design of the microcontroller as a motor controller which consists of the two main parts, the motor control part and protection part. The sequence control of motor such as star-delta starting or select direct rotation are controlled by microcontroller. In addition the current, voltage and phase from sensor are measured and displayed. In the protection part, the fault operation of the motor and cause of fault such as over current, over voltage, under voltage and phase failure are protected. The solid state relay is used as the control device instead of the mechanic relay because solid state relay has more advantage than mechanic relay such as no part movement while operated, no noise, no dust at contact, no spark and do not send the harmonic to the electrical system. Moreover, it can be directly interfaced with the computer. Experiment results with assume the fault to the system show the good operation when using the purposed controller set, and the time for the installation can be decreased because it is the completed set.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องด้วยได้รับความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ รศ.ดร. กิตติ ตีรเศรษฐ และ ผศ. ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับปริญญานิพนธ์ชิ้นนี้ พร้อมทั้งขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรมทุกท่าน ที่กรุณาได้มอบความรู้และแง่คิดต่างๆ ในการทำงานและขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้ยืมใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และคอยให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาที่ให้ชีวิตและโอกาสทางการศึกษา อีกทั้งยังคอยให้การสนับสนุนทุกๆ ด้านแก่ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างดี คุณประโยชน์อันใดที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ทางผู้จัดทำขอมอบแด่บิดามารดาและผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 แนวคิดในการจัดทำปริญญานิพนธ์ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ 2

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 3

2.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับ 3

2.1.1 ทฤษฎีพื้นฐานและหลักการควบคุมมอเตอร์ 3

2.1.2 แรงบิดของอินดักชั่นมอเตอร์ 4

2.1.3 วิธีสตาร์ทอินดักชั่นมอเตอร์ 5

2.1.4 วิธีการควบคุมความเร็วรอบของอินดักชั่นมอเตอร์ 10

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล 51 14

2.2.1 บทนำ 14

2.2.2 โครงสร้างของ 8051 16

2.2.3 ฐานเวลาในการทำงานของซีพียูภายใน 8051 17

2.2.4 หน่วยความจำข้อมูล 19

2.2.5 รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ 22

2.2.6 พอร์ทอินพุต และเอาต์พุต 23

2.2.7 การอินเตอร์รัปต์ 26

2.3 8255 พอร์ทข้อมูลแบบขนาน 31

2.3.1 โครงสร้างพื้นฐานของ 8255 31

2.3.2 ขาต่างๆ ของ 8255 33

2.3.3 รีจิสเตอร์ภายในของ 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.4 โหมดการทำงาน 34
2.3.5 รหัสควบคุม (Control Code) 36
2.4 การเชื่อมต่อ LCD MODULE เข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ 37
2.4.1 ชุดคำสั่งควบคุมและการแสดงข้อความ 38
2.4.2 การใช้งาน LCD MODULE 38
2.4.3 แนวทางการเขียนโปรแกรมควบคุม 38
2.5 การอินเตอร์เฟสและการแปลงสัญญาณของข้อมูล 39
2.5.1 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล 39
2.5.2 หลักการของ A/D คอนเวอร์เตอร์ 40
2.5.3 วงจรของ A/D คอนเวอร์เตอร์ 43

บทที่ 3 การออกแบบและการทำงาน 46
3.1 การทำงานของระบบโดยรวม 46
3.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 46
3.3 วงจรรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด (Keyboard Interface) 48
3.4 วงจรตรวจจับแรงดัน 48
3.5 การตรวจจับกระแส 50
3.5.1 หม้อแปลงกระแส 50
3.5.2 วงจรตรวจวัดกระแส 52
3.5.3 การแปลงสัญญาณไฟสลับเป็นไฟตรงโดยวงพรีซิชันฟลูเวฟเรคติไฟร์ 53
3.6 การออกแบบการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล 57
3.6.1 เอ/ดี คอนเวอร์เตอร์ ADC 0809 57
3.6.2 ลักษณะสำคัญของ ADC 0809 57
3.6.3 การทำงานของขา ADC 0809 59
3.6.4 ขั้นตอนการทำงานของ ADC 0809 60
3.6.5 การเชื่อต่อ ADC 0809 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ 61
3.7 โซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay) 61
3.7.1 การตรวจจับแรงดันศูนย์ (Zero Crossing Detector) 62
3.7.2 หลักการทำงาน 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.7.3 การนำไปใช้งาน 63

3.8 วงจรมอเตอร์ที่ต่อใช้งาน 63

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 65

4.1 วงจรตรวจวัดแรงดัน 65

4.2 วงจรตรวจวัดกระแส 67

4.3 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล 68

4.4 การทดลองสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส 70

4.5 การทดลองสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส 71

4.6 แสดงชุดควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์ (ชุดโซลิดสเตท) 73

บทที่ 5 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข 74

5.1 ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น 74

5.2 แนวทางการปรับปรุงแก้ไขในอนาคต 74

5.3 สรุป 75

บรรณานุกรม 76

ภาคผนวก 77

โฟร์ลชาร์ทโปรแกรมที่ใช้ในปริญญานิพนธ์ 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงตารางของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวในตระกูล 51.....14
2.2 แสดงบริเวณแอดเดรส 00H –1FH.....21
2.3 แสดงบริเวณแอดเดรสของกลุ่มรีจิสเตอร์.....21
2.4 แสดงรีจิสเตอร์ใช้งานพิเศษ (Special Function Register ;SFR).....23
2.5 แสดงสัญญาณอินเตอร์รัปต์ และ Vector Address.....27
2.6 แสดงบิตต่างๆ ของการอนุญาตการอินเตอร์รัปต์ภายใน Register IE.....29
2.7 แสดงบิตต่างๆ ของการจัดระดับความสำคัญของการอินเตอร์รัปต์ภายใน Register IP.....30
2.8 แสดงตำแหน่งของการอินเตอร์รัปต์.....31
2.9 แสดงสัญญาณควบคุมการกระทำของ 8255.....34
2.10 แสดงการสรุปโหมดต่างๆ ของ 8255.....35
3.1 แสดงการเขียนโปรแกรมสั่งงานพอร์ท 8255.....46
3.2 แสดงการเขียนโปรแกรมสั่งงานพอร์ท LCD.....47
3.3 แสดงเอาท์พุทของ ADC 0809.....49
3.4 แสดงกระแสเข้ามอเตอร์และศักดาไฟฟ้าที่ต้องการทางด้านเอาท์พุท.....51
3.5 แสดงการกำหนดแอดเดรสอินพุทของ ADC 0809.....59
4.1 แสดงผลการทดลองของวงจรตรวจวัดแรงดัน.....65
4.2 แสดงผลการทดลองวงจรตรวจวัดกระแส.....67
4.3 แสดงผลการทดลองวงจรสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล.....68
4.4 แสดงผลการทดลองการสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส 220V 50Hz 1/4 HP 2.8 A.....70
4.5 แสดงผลการทดลองค่ากระแสของการสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส
220/380V 50Hz 3HP 8.8/5.1A.....71
4.6 แสดงผลการทดลองค่าแรงดันของการสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส
220/380V 50Hz 3HP 8.8/5.1A.....71
4.7 แสดงผลการทดลองค่ากระแสการสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส
(แบบกลับทางหมุน).....72
4.8 แสดงผลการทดลองค่าแรงดันการสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส
(แบบกลับทางหมุน).....72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 แสดงกราฟการสตาร์ทแบบโดยตรง....6
2.2 แสดงกราฟการสตาร์ทแบบลดแรงดันป้อนโดยต่อความต้านทานอันดับกับมอเตอร์....7
2.3 แสดงกราฟการสตาร์ทแบบต่อ ออโต้-ทรานฟอร์เมอร์....8
2.4 แสดงกราฟการสตาร์ทแบบสตาร์-เดลต้า....9
2.5 แสดงกราฟการสตาร์ทแบบสลิปริงมอเตอร์แบบต่อตรง....10
2.6 แสดงวงจรกำลัง 3 เฟส เอซีเพาเวอร์คอนโทรลแบบควบคุมเฟส....11
2.7 แสดงแผนภาพบล๊อกไดอะแกรมแสดงหน่วยทำงานพื้นฐานของ MCS-51....16
2.8 แสดงการใช้คริสตอลภายนอกต่อเข้ากับวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน....18
2.9 แสดงแผนภาพเวลาพื้นฐานของ 8051 และลำดับช่วงเวลา state ในการทำคำสั่ง 1 ไบท์....19
2.10 แสดงการจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์....20
2.11 แสดงโครงสร้างของแต่ละบิตภายในพอร์ท อินพุท/เอาท์พุท ของ 8051....26
2.12 แสดงแผนภาพโครงสร้างระบบอินเตอร์รัปต์ของ 8051....28
2.13 แสดงแผนผังโครงสร้างของไอซี 8255....32
2.14 แสดงแผนผังวงจรภายในและการจัดขาของ 8255....32
2.15 แสดงความหมายของบิทต่างๆ ในรหัสควบคุม....37
2.16 แสดงสัญลักษณ์ของ A/D คอนเวอร์เตอร์....40
2.17 แสดงคุณสมบัติของ A/D คอนเวอร์เตอร์แบบ 4 บิท....40
2.18 แสดงข้อผิดพลาดของ A/D คอนเวอร์เตอร์....40
2.19 แสดงการตอบสนองของเวลาแปลงสัญญาณ (conversion time) ของ A/D....41
2.20 แสดงขบวนการแปลงสัญญาณดิจิตอลด้วยการ A/D คอนเวอร์เตอร์....42
2.21 แสดงการ A/D คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งทั่วไปใช้ไบนารีเคาร์เตอร์(binary counter)....43
2.22 แสดงกราฟเอาทีพุทของส่วน A/D คอนเวอร์เตอร์....44
2.23 แสดงคอนเวอร์เตอร์ซึ่งใช้เทคนิค SAR....44
3.1 แสดงภาพบอร์ดและตำแหน่งจัมพ์เปอร์บนบอร์ด....47
3.2 แสดงรูปวงจรการรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด....48
3.3 แสดงวงจรตรวจวัดแรงดัน....50
3.4 แสดงลักษณะของหม้อแปลงกระแสที่ใช้แกนเทอร์รอยด์....50
3.5 แสดงโครงสร้างวงจรตรวจวัดกระแส....52
3.6 แสดงวงจรบริดเรคติไฟร์....53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.7 แสดงคุณสมบัติของไดโอด....53
3.8 แสดงการใช้ออปแอมป์แทนไดโอด....54
3.9 แสดงวงจรพรีซิชันฟลูเวฟเรคติไฟร์....54
3.10 แสดงวงจรพรีซิชันเมื่อป้อนไฟบวก....55
3.11 แสดงวงจรพรีซิชันเมื่อป้อนไฟลบ....56
3.12 แสดงวงจรพรีซิชันที่ใช้งานจริง....56
3.13 แสดง Block Diagram ของ ADC 0809....57
3.14 แสดงลักษณะของ switch tree....58
3.15 แสดงขาของ IC ADC 0809....58
3.16 แสดงผังเวลาการทำงานของ ADC 0809....60
3.17 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลที่ใช้งานจริง.... 61
3.18 แสดงวงจรโซลิดสเตทรีเลย์ที่นำมาใช้งาน....63
3.19 แสดงภาพวงจรมอเตอร์ที่ต่อใช้งาน....63
3.20 แสดงบล๊อกไดอะแกรมภาพระบบโดยรวม....64
4.1 แสดงรูปวงจรตรวจวัดแรงดัน....65
4.2 แสดงวงจรตรวจวัดกระแส....67
4.3 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล....68
4.4 แสดงการสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส....70
4.5 แสดงหน้าจอ LCD ก่อนการสตาร์ท....70
4.6 แสดงการสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส....71
4.7 แสดงค่ามิเตอร์ขณะมอเตอร์หมุน....72
4.8 แสดงวงจรโซลิดสเตท....73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวคิดในการจัดทำปริญญานิพนธ์

ในโรงงานอุตสาหกรรมปัจจุบันนี้ ไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงการใช้มอเตอร์ในกระบวนการผลิตต่างๆ ได้ ซึ่งการควบคุมมอเตอร์ในแบบดั้งเดิมนั้น เป็นการสตาร์ทมอเตอร์แบบโดยตรงคือ ใช้เซอร์กิตเบรคเกอร์ (Circuit Breaker ; CB) หรือสะพานไฟ เมื่อต้องการควบคุมมอเตอร์ให้สามารถทำงานได้หลายสถานะ เช่น การกลับทางหมุนหรือการสตาร์ทมอเตอร์ บางประเภทจำเป็นต้องใช้การสตาร์ทแบบ สตาร์ (Star;Y) ขณะรันเป็นเดลต้าร์ (Delta;Δ) ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดกระแสขณะเริ่มสตาร์ทซึ่งส่งผลให้ภายในตู้ควบคุมต้องใช้อุปกรณ์ต่อร่วมในการทำงานมากขึ้น เช่น คอนแทคเตอร์ (Contractor) ไทม์เมอร์ (Timer) สายไฟ (Wire) สวิทช์ปุ่มกด (Push-button switch) ถาดเดินสาย (Wireway) และอุปกรณ์ป้องกัน (Protector) ประเภทต่างๆ เป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองอุปกรณ์ต่อร่วมและมีความยุ่งยากในการเดินสายไฟ เพื่อต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับมอเตอร์ และยังเป็นการยุ่งยาก ในการหาสิ่งผิดปกติ ในกรณีที่เกิดความผิดปกติในวงจร

ดังนั้นปริญญานิพนธ์นี้จึงมีจุดประสงค์หลัก เพื่อลดปัญหาในการเดินสายที่ยุ่งยากเพราะภายในโรงงานฯ หนึ่งนั้นจะต้องใช้มอเตอร์ในการควบคุมกระบวนผลิตและกระบวนการต่างๆ เป็นจำนวนมาก ดังนั้นถ้าสามารถลดจำนวนอุปกรณ์ต่อร่วมลงได้ก็สามารถทำให้ประหยัดและสะดวกในการติดตั้ง และการค้นหาสาเหตุการเกิดผิดปกติ ก็จะสามารถกระทำได้ง่ายตลอดจนถึงการนำไปใช้งานและยังสามารถใช้เป็นตัวป้องกันมอเตอร์ได้ด้วย

ปริญญานิพนธ์นี้มีลักษณะรูปแบบเป็นกล่องปกปิด ซึ่งภายในถูกบรรจุไว้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจรต่างๆ โดยผู้ใช้งานเพียงแค่นำสายที่มีไฟ (Line) ต่อเข้าเครื่องตามจุดอินพุท (Input) ที่กำหนดไว้ และจุดเอาท์พุท (Output) ต่อไปยังตัวมอเตอร์ที่จะกระทำการควบคุม โดยที่อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถทำการสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟส แบบสตาร์-เดลต้า แบบอัตโนมัติได้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการลดกระแสขณะเริ่มสตาร์ท และให้มีแรงบิดสูงขณะมอเตอร์ทำงาน อนึ่งปริญญานิพนธ์นี้ยังเป็นตัวประมวลผลเพื่อป้องกันมอเตอร์ได้ด้วย โดยการรับค่าพิกัดต่างๆ จากคีย์บอร์ด (Keybord) และทำการประมวลผลโดยการคำนวณจากค่ากระแสและแรงดันที่พิกัดของมอเตอร์ เพื่อเป็นข้อมูลในการป้องกันมอเตอร์ โดยมีตัววัดกระแสและแรงดันของมอเตอร์ ทั้งขณะสตาร์ทและขณะทำงาน เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากคีย์บอร์ด ถ้าค่าที่ทำการวัดมาได้นั้นมีค่าสูงกว่าข้อมูลพิกัดของมอเตอร์ที่ได้รับจากคีย์บอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการตัดการทำงานของมอเตอร์ออก และแสดงถึงสาเหตุของความผิดปกติของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาและรู้จักการออกแบบซอฟท์แวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์

2. เพื่อศึกษาและรู้จักการออกแบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการอินเตอร์เฟส เพื่อประยุกต์ใช้ในการควบคุมมอเตอร์กระแสสลับ

3. เพื่อให้สามารถควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับทั้งชนิด 1 เฟส และ 3 เฟสได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

4. เพื่อให้สามารถใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลและป้องกันมอเตอร์ กรณีที่มีความผิดปกติที่ตัวมอเตอร์

5. ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผล และส่งสัญญาณแจ้งให้ทราบในกรณีที่เกิดการผิดปกติของมอเตอร์

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ในปริญญานิพนธ์นี้จะใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์ แบบ สตาร์-เดลต้าอัตโนมัติโดยสามารถใช้ได้ทั้งกับมอเตอร์ชนิด 1 เฟส และ 3 เฟส และยังใช้ในการประมวลผลเพื่อป้องกันมอเตอร์ในกรณีเกินค่าพิกัดที่ปรับตั้งจากคีย์บอร์ด โดยถ้าหากเกิดกรณีการผิดปกติที่ตัวมอเตอร์ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งตัดวงจรอัตโนมัติก่อนที่มอเตอร์จะเกิดความเสียหาย และส่งสัญญาณเตือนและบอกถึงสาเหตุของการเกิดผิดปกติให้ผู้ควบคุมรับทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับ

2.1.1 ทฤษฎีพื้นฐานและหลักการควบคุม

โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับส่วนใหญ่นั้น จะประกอบด้วยส่วนที่อยู่นิ่งหรือสเตเตอร์(Stator) และส่วนที่เคลื่อนที่หรือโรเตอร์ (Rotor) การทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำเริ่มจากการได้รับพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟที่ป้อนให้กับสเตเตอร์ เกิดการเหนี่ยวนำส่งผ่านไปขับที่โรเตอร์ ทำให้เกิดการหมุนขึ้น โดยที่ขดลวดของสเตเตอร์จะทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กที่มีค่าคงที่ขึ้นในช่องอากาศ (Air Slip) ระหว่างสเตเตอร์และโรเตอร์ และสนามแม่เหล็กจะหมุนด้วยความเร็วซิงโครนัส ซึ่งเป็นไปตามความสัมพันธ์ ดังสมการที่ 2.1

$$N_s = \frac{120f}{P} \tag{2.1}$$

โดยที่ N_s = ความเร็วรอบซิงโครนัส (RPM)

f = ความถี่ขดลวดสเตเตอร์ได้รับ (Hz)

P = จำนวนขั้ว (Pole) ของขดลวดสเตเตอร์

ด้วยผลของการเหนี่ยวนำทำให้เกิดกระแสไหลในโรเตอร์ ซึ่งมีความถี่เดียวกันกับแหล่งจ่ายไฟขณะที่โรเตอร์มีความเร็วรอบ N_r ใดๆ ที่มีค่าความแตกต่างจากความเร็ว N_s จะเกิดการเหนี่ยวนำขึ้นบนโรเตอร์และทำให้เกิดแรงบิด ความแตกต่างของความเร็วทั้งสองค่านี้เรียกว่าสลิปหรือการไถล (Slip)

$$s = \frac{N_s - N_r}{N_r} \tag{2.2}$$

$$= \frac{W_s - W_r}{W_s}$$

$$= \frac{W_{sl}}{W_s} \tag{2.3}$$

โดยที่ W_s = ความถี่เชิงมุมของสเตเตอร์ (Stator angular frequency)

W_r = ความถี่เชิงมุมไฟฟ้าโรเตอร์ (Rotor angular frequency)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W_{sl} = ความถี่เชิงมุมสลิป (Slip angular frequency)

จากสมการที่ (2.1) และ (2.2) จะได้ความเร็วของมอเตอร์ดังนี้

$$N_r = \frac{(1-S)}{P}(120f) \tag{2.4}$$

จากสมการที่ (2.4) การควบคุมความเร็วมอเตอร์ทำได้โดยการควบคุมความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ (f) จำนวนของสเตเตอร์ (P) และสลิปของโรเตอร์ (s)

2.1.2 แรงบิดของอินดักชั่นมอเตอร์

แรงบิดที่เกิดขึ้นที่โรเตอร์คือ แรงที่จะต้านหรือเอาชนะต่อโหลดที่กระทำอยู่กับมอเตอร์ หรือ หมายถึงแรงที่ทำให้มอเตอร์หมุนจากเรื่องมอเตอร์ไฟตรงแรงบิดที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ไฟตรงจะแปรผันโดยตรงกับกระแสอาร์เมเจอร์ และเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กสเตเตอร์ในทำนองเดียวกัน แรงบิดของอินดักชั่นมอเตอร์จะแปรผันโดยตรงกับกระแสโรเตอร์ เส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดแม่เหล็ก และเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสเตเตอร์ นอกจากนี้แล้วแรงบิดมอเตอร์ไฟสลับยังขึ้นอยู่กับค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของโรเตอร์อีกด้วย

ดังนั้น แรงบิด ; $T \propto \Phi I_2 \cos\theta_2$

$$= KI_2\cos\theta_2 \tag{2.5}$$

เมื่อ I_2 = กระแสโรเตอร์ขณะโรเตอร์อยู่กับที่

Φ = เส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสเตเตอร์

$\cos\theta_2$ = เพาเวอร์เฟคเตอร์โรเตอร์

θ_2 = มุมต่างเฟสของกระแสโรเตอร์กับแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำโรเตอร์

K = ค่าคงที่

แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำโรเตอร์ขณะโรเตอร์อยู่กับที่

$$E \propto \Phi$$

$$\therefore T \propto E_2 I_2 \cos\theta$$

$$= K_1 E_2 I_2 \cos\theta \tag{2.6}$$

โดย K = ค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

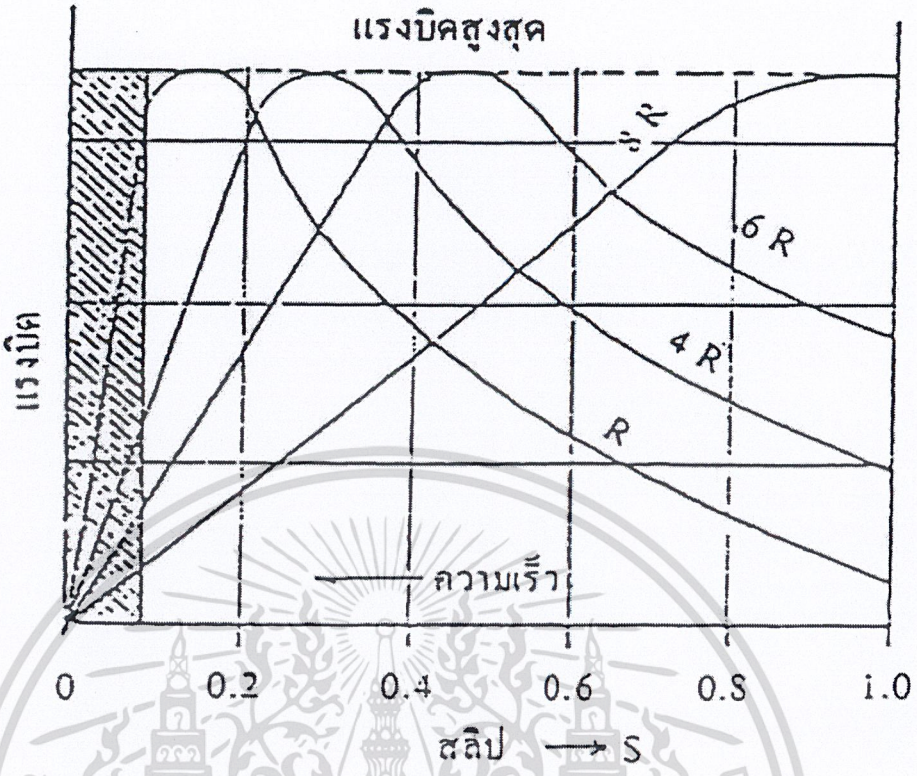
2.1.3 วิธีสตาร์ทอินดักชั่นมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้าสลับเรียกว่าอินดักชั่นมอเตอร์มีลักษณะเหมือนหม้อแปลงไฟฟ้า นั่นก็คือโรเตอร์ซึ่งทำหน้าที่เป็นขดลวดทุติยภูมิจะต่างกันเพียงนิดเดียวคือ โรเตอร์ของมอเตอร์จะเชื่อมครบวงจรแบบลัดวงจรตลอดเวลา ดังนั้นเมื่อเราป้อนไฟฟ้ากระแสสลับให้กับขดลวดสเตเตอร์แล้ว กระแสอินพุทของขดลวดสเตเตอร์ (ขดลวดปฐมภูมิ) จะสูงมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงหมุนสตาร์ เนื่องจากในช่วงที่เริ่มสตาร์ทนี้ จะยังไม่มีแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำย้อนกลับ(Back EMF) เกิดขึ้นมาต้านกับแรงดันป้อน กระแสไฟฟ้าในช่วงสตาร์ทของการสตาร์ทอินดักชั่นมอเตอร์จะมีค่าประมาณ 5-7 เท่าของกระแสไฟฟ้าเมื่อมอเตอร์ทำงานเต็มพิกัด แต่แรงบิดในช่วงนี้จะมีค่าประมาณ 1.5-2.5 เท่าของแรงบิดที่โหลดเต็มพิกัดเท่านั้น กระแสไฟฟ้าที่มีค่าสูงในชั่วขณะนี้ จะมีผลทำให้เกิดแรงดันลด (Drop) ในสาย อันจะมีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างอื่น ที่ต่อร่วมอยู่ในวงจรเดียวกัน ดังนั้นมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ตั้งแต่ 30แรงม้าขึ้นไปจึงไม่ควรที่จะสตาร์ทโดยตรง (Direct start หรือ On line start) แรงบิดสตาร์ทของอินดักชั่นมอเตอร์ สามารถที่จะแก้ไขให้ดีขึ้นได้ โดยการเพิ่มความต้านทานให้กับวงจรโรเตอร์ ซึ่งกรณีนี้สามารถใช้ได้กับมอเตอร์ 3 เฟสแบบสลิปริงได้เป็นอย่างดี แต่ไม่สามารถนำไปโดยการลดแรงดันป้อนของสเตเตอร์ ในช่วงสตาร์ท เมื่อมอเตอร์ทำงานแล้วจึงเพิ่มแรงดันให้มีค่าตามพิกัดกำหนด

2.1.3.1 วิธีสตาร์ทอินดักชั่นมอเตอร์แบบสไควเรลเกจโรเตอร์

ก. วิธีสตาร์ทโดยตรง วิธีนี้มักจะใช้กับมอเตอร์ขนาดแรงที่ไม่สูงมากนัก คือไม่ควรเกิน 30 แรงม้า ดังได้กล่าวมาแล้ว กระแสสตาร์ทจะมีค่าสูงมากประมาณ 5-7 เท่าของกระแสเต็มพิกัด แต่แรงบิดต่ำมากคือเพียง 1.5-2.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัดเท่านั้น วงจรสตาร์ทโดยตรงดังแสดงในรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



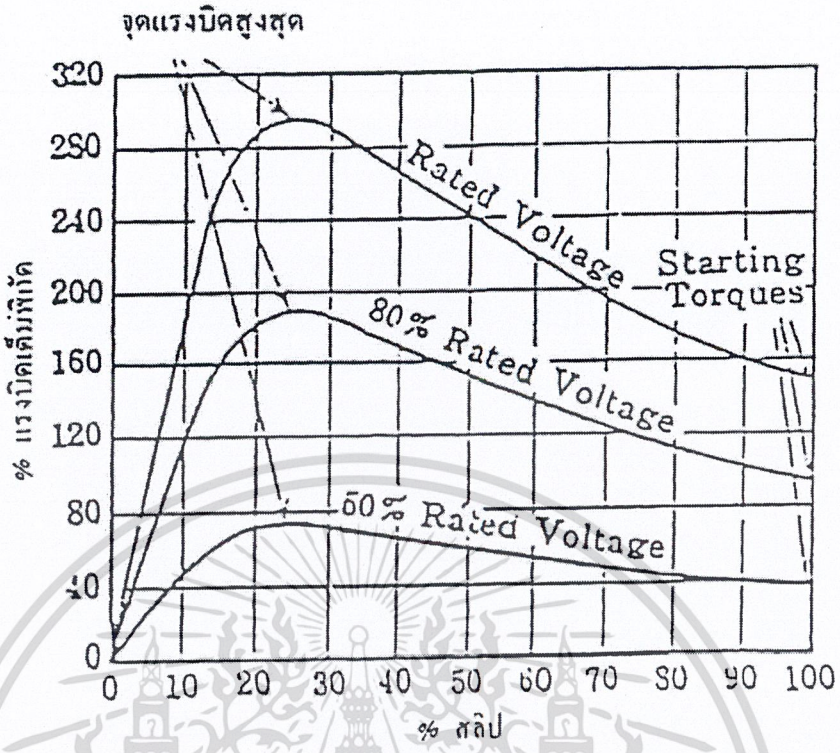
รูปที่ 2.1 แสดงกราฟการสตาร์ทโดยตรง

ข. วิธีสตาร์ทโดยลดแรงดันป้อน (Reduce voltage start)

วิธีสตาร์ทอินดักชั่นมอเตอร์แบบลดแรงดันป้อนมีหลายวิธีด้วยกันดังนี้

1. ต่อความต้านทานอันดับกับมอเตอร์ (Primary resistor or rhostar) เพื่อที่จะลดแรงดันที่ป้อนในช่วงสตาร์ทให้ต่ำลง กระแสไฟฟ้าในช่วงสตาร์ทก็จะลดลงด้วย เนื่องจากกระแสจะแปรผันโดยตรงกับแรงดัน และแรงบิดแปรผันกับแรงดันกำลังสองและสมมติว่าแรงดันป้อนลดลง 50% ด้วยแต่แรงบิดสตาร์ทจะลดลงเพียง 25% ของแรงบิดเต็มพิกัดเท่านั้น เมื่อมอเตอร์ทำงานและมีความเร็วสูงขึ้นแล้วจึงค่อยๆ ลดขดลวดสเตเตอร์ วงจรสตาร์ทแบบนี้ดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



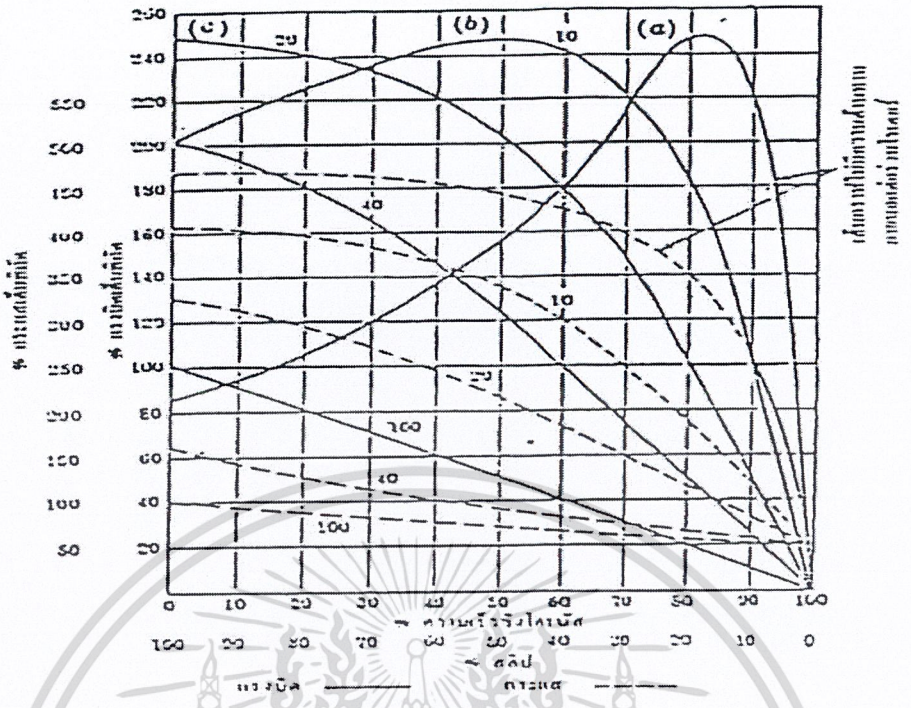
รูปที่ 2.2 แสดงกราฟการสตาร์ทลดแรงดันป้อนโดยต่อความต้านทานอันดับกับมอเตอร์

2. ต่อออโต-ทรานซ์ฟอรเมอร์อันดับกับมอเตอร์ (Auto-transformer)

วิธีสตาร์ทมอเตอร์แบบนี้เรียกว่า ออโต-สตาร์ทเตอร์ (Auto-starter) หรือบางทีเรียกว่าคอมเพนแตอร์ (Compentor) ซึ่งประกอบด้วย ออโต-ทรานซ์ฟอร์เมอร์ และสวิทช์อัตโนมัติ ตามรูปใช้ออโต-ทรานซ์ฟอร์เมอร์ หนึ่งเฟส 3 ตัว หรือ ออโต-ทรานซ์ฟอร์เมอร์สามเฟสหนึ่งตัว เมื่อเริ่มสตาร์ทจะทำการสับสวิทช์ ไปยังตำแหน่งสตาร์ท ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าแรงดันป้อนมอเตอร์ จะมีค่าลดลงเหลือเพียง XV เท่านั้น เมื่อมอเตอร์มีความเร็วสูงขึ้นประมาณ 80 %ของความเร็วเต็มพิกัด แล้วจึงสับสวิทช์ไปยังตำแหน่งรัน (Run) ขณะนี้แรงดันป้อนมอเตอร์จะมีค่าเต็มพิกัด คือ V สวิทช์ที่ใช้ ถ้าใช้กับมอเตอร์ขนาดแรงม้าต่ำ จะใช้ชนิด air break แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดแรงม้า สูงจะใช้สวิทช์ชนิด oil-immersed ทั้งนี้เพื่อลดการสปาร์ค (Spark) ที่หน้าสัมผัส

วิธีการสตาร์ทแบบนี้จะออกแบบให้มีรอยต่อ (Tap) ที่หม้อแปลงเป็น 3 ขนาดด้วยกันคือ 80 65 และ50 เปอร์เซ็นต์ของแรงดันป้อนเต็มพิกัดเพื่อให้สามารถเลือกแรงดันสตาร์ทได้อย่างเหมาะสมวงจรสตาร์ทแบบนี้ดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

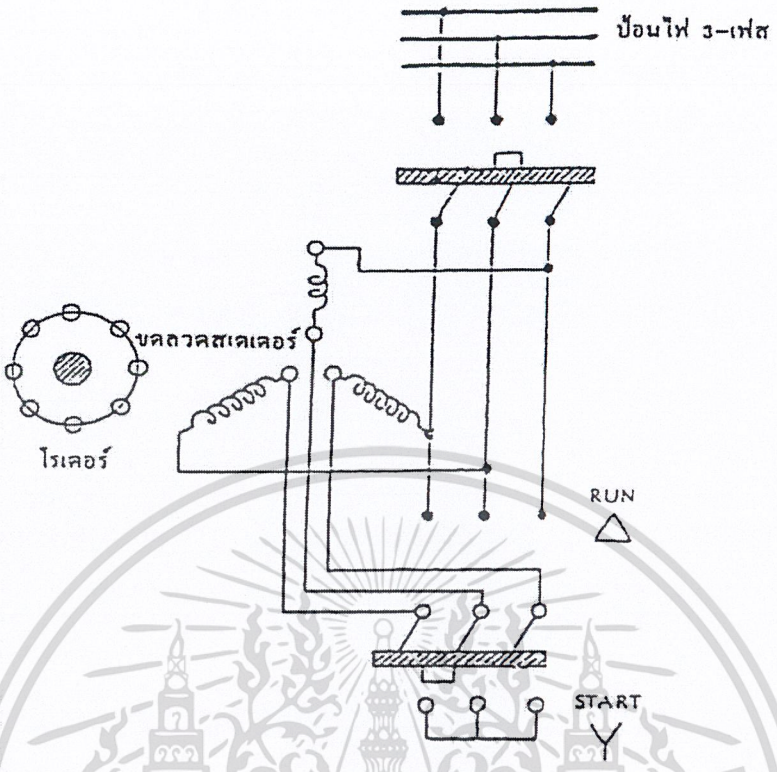


รูปที่ 2.3 แสดงกราฟการสตาร์ทแบบต่อออโต้-ทรานซ์ฟอร์เมอร์

3. วิธีสตาร์ทแบบ สตาร์ – เดลต้า (Star – Delta Starter)

วิธีนี้จะใช้กับมอเตอร์สามเฟสที่ขดลวดสเตเตอร์ทำงานแบบเดลต้าเท่านั้น วงจรสตาร์ทจะประกอบด้วยสวิทช์จะประกอบด้วยสวิทช์ชนิด 2 ทาง แบบ TPDT โดยสวิทช์นี้จะต่อขวดลวด สเตเตอร์แบบสตาร์ในตอนสตาร์ท และต่อขดลวดแบบเดลต้าเมื่อมอเตอร์ทำงานปกติ ขณะสตาร์ทขดลวดต่อแบบสตาร์นั้น แรงดันป้อนขดลวดแต่ละชุดจะมีค่า$1/\sqrt{3}$ ของแรงดันปกติ แต่แรงบิดช่วง สตาร์ทจะมีค่าเพียง 1 / 3 ของแรงบิดเมื่อโหลดเต็มพิกัด คือเมื่อมอเตอร์ต่อแบบเดลต้าและทำงานที่แรงดันเต็มพิกัด และกระแสสตาร์ทจะลดลงในสัดส่วนเดียวกับแรงดันที่ป้อนขณะสตาร์ทคือลดลง $1/\sqrt{3}$ ของกระแสโหลดเต็มพิกัด วิธีสตาร์ทมอเตอร์วิธีนี้มีราคาถูก และการควบคุมทำได้ง่ายและสะดวก วงจรสตาร์ทแสดงดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



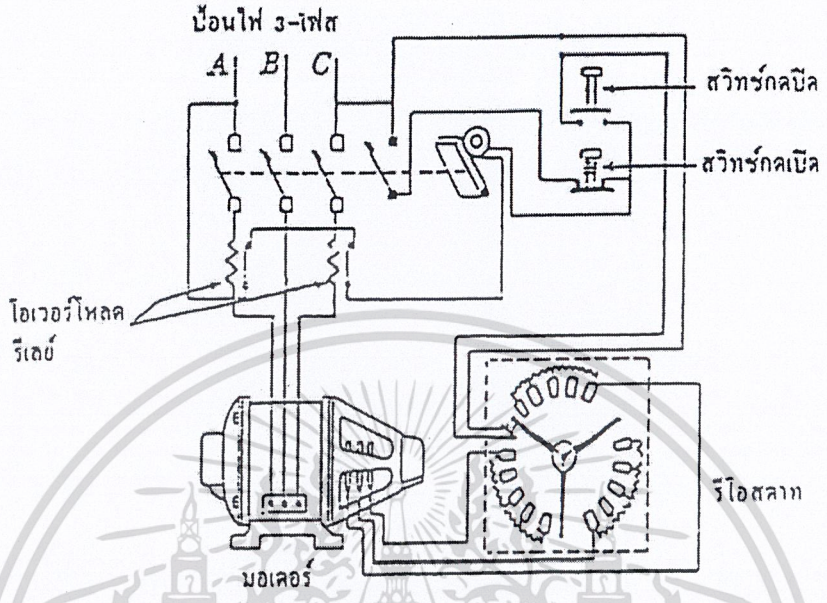
รูปที่ 2.4 แสดงรูปการสตาร์ทแบบสตาร์-เดลต้า

2.1.3.2 วิธีสตาร์ทอินดักชันมอเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์

มอเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์หรือบางที่เรียกอาจว่า สลิปริงมอเตอร์นี้มักจะ สตาร์ทด้วยแรงดันเต็มพิกัดคือแรงดันตามพิกัดให้กับขดลวดสเตเตอร์เลย กระแสไฟตอนสตาร์ทจะถูกปรับให้ลดลงโดยการต่อความต้านทานที่ปรับค่าได้เข้ากับวงจรโรเตอร์ ความต้านทานที่ปรับค่าได้หรือที่เรียกว่า รีโอสตาท จะต่อร่วมกับโรเตอร์ด้วยการต่อแบบสตาร์ ขณะสตาร์ทจะปรับความต้านทานให้มีค่าสูงๆ ร่วมในวงจรโรเตอร์ แต่พอความเร็วสูงขึ้นแล้ว จึงค่อยๆ ลดความต้านทานลง จนกระทั่งตัดออกหมด และต่อลัดวงจรโรเตอร์

การเพิ่มความต้านทานเข้าไปในโรเตอร์นั้น ไม่เพียงแต่จะให้กระแสสตาร์ทลดลงเท่านั้นยังทำให้แรงบิดช่วงสตาร์ทสูงขึ้นด้วยเนื่องจากเพาเวอร์แฟคเตอร์ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงรูปการสตาร์ทสลิปริงมอเตอร์แบบต่อตรง

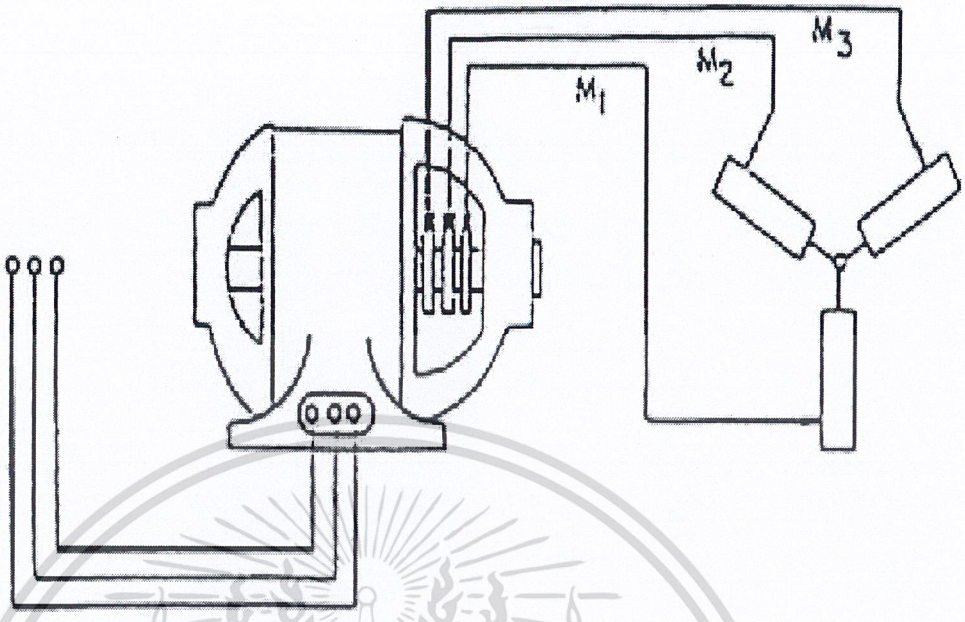
2.1.4 วิธีการควบคุมความเร็วรอบของอินดักชันมอเตอร์

การควบคุมความเร็วรอบของอินดักชันมอเตอร์ ทำได้หลายวิธีซึ่งสามารถควบคุมได้ดังนี้

2.1.4.1 การควบคุมแรงดันของสเตเตอร์ (Stator voltage control)

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยควบคุมแรงดันของสเตเตอร์นี้ ช่วงความเร็วที่ควบคุมได้จะแคบ ไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน ที่ต้องการแรงบิดเริ่มต้นสูง สำหรับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด – ความเร็ว ของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ได้จากวิธีการควบคุมแรงดันของขดสเตเตอร์จะเห็นว่าแรงบิดเปลี่ยนแปลงไปตามแรงดันที่จ่ายให้กับขดสเตเตอร์ของมอเตอร์ เส้นกราฟแรงบิด–ความเร็วนั้นจะแปรค่าโดยตรงกับความเร็วกำลังสองดังนั้นเราสามารถปรับความเร็วของมอเตอร์ได้ โดยการปรับแรงดันที่ป้อนเข้ามอเตอร์ เพื่อให้จุดตัดระหว่างเส้นกราฟแรงบิด– ความเร็ว ของมอเตอร์ตัดกับเส้นกราฟแรงบิด–ความเร็ว ของโหลดที่ความเร็วหรือสลิปที่ต้องการ การควบคุมของมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยการควบคุมแรงดันของสเตเตอร์นี้ จะใช้วิธีการควบคุมแบบเฟสของสายไลน์ (Phase control) ดังแสดงในรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงวงจรกำลัง 3 เฟสเอซีเพาเวอร์คอนโทรลแบบควบคุมเฟส

วิธีการควบคุมแบบนี้จะทำได้ง่าย และวงจรควบคุมมีราคาถูก แต่มีประสิทธิภาพต่ำเนื่องจากเปอร์เซ็นต์ของกำลังการสูญเสียในโรเตอร์ของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นตามค่าสลิป และนอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของกระแสในสเตเตอร์เมื่อสลิปเพิ่มขึ้นทำให้กำลังสูญเสียในสเตเตอร์เพิ่มขึ้นด้วย เป็นผลให้ประสิทธิภาพและแรงบิดของมอเตอร์ลดลงมาก โดยเฉพาะที่ความเร็วรอบต่ำๆ เนื่องจากมอเตอร์ต้องทำงานที่ค่าสลิปสูง อีกทั้งการควบคุมแบบ 3 เฟสนี้เป็นผลทำให้เกิดฮาร์โมนิคส์ขึ้นทั้งในเอซีไลน์ และในตัวของมอเตอร์ ทำให้มีการสูญเสียเพิ่มขึ้นอีกและทำให้เพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบลดลงตามความเร็วของมอเตอร์

2.1.4.2 การควบคุมสลิปเพาเวอร์

วิธีการควบคุมความเร็วโดยการควบคุมสลิปของโรเตอร์นี้ สามารถควบคุมได้จากแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ หรือควบคุมกำลังในโรเตอร์ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเอาต์พุท (P_{out}) กำลังสูญเสียในโรเตอร์ (P_c) กับกำลังที่ส่งผ่านจากสเตเตอร์ไปยังโรเตอร์ (Airgap power; P_g) แสดงได้ดังนี้

$$P_{out} = (1\text{-}S)P_g \tag{2.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการเหล่านี้จะเห็นว่า ถ้าควบคุมอัตราส่วนระหว่างกำลังสูญเสียในโรเตอร์กับกำลังเอาต์พุทของมอเตอร์ได้ก็จะควบคุมสลิปของโรเตอร์ได้ ตัวอย่างเช่น ในกรณีของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบขดลวดพัน (Wound rotor induction motor) การควบคุมสลิปของโรเตอร์ทำได้โดยการแปรค่าของความต้านทานที่ต่อเข้ากับวงจรของโรเตอร์ การควบคุมวิธีนี้ถึงแม้จะทำได้ง่ายแต่จะมีข้อเสียในแง่ของประสิทธิภาพของระบบโดยเฉพาะที่ความเร็วรอบต่ำ ๆ หรือที่สลิปค่าสูง ดังจะเห็นได้จากค่าของ Rotor power ratio ดังสมการที่ (2.8)

$$\text{Rotor power ratio} = \frac{P_{out}}{P_g} = 1 - S \tag{2.8}$$

2.1.4.3 การควบคุมโดยไซโคลคอนเวอร์เตอร์

ไซโคลคอนเวอร์เตอร์ (Cyclo converter) เป็นวงจรที่ทำการเปลี่ยนความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับความถี่หนึ่งไปเป็นอีกความถี่หนึ่ง ที่ปรับค่าโดยตรงโดยไม่ผ่านดีซีลิงค์ โดยทั่วไปความถี่เอาต์พุทของไซโคลคอนเวอร์เตอร์จะต่ำกว่าความถี่อินพุทคือ อยู่ในย่าน 0 – 1/3 เฮริทซ์ของความถี่อินพุท ส่วนใหญ่ไซโคลคอนเวอร์เตอร์จะใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ต้องการความเร็วรอบต่ำและต้องการกำลังงานสูง การเปลี่ยนแปลงความถี่ของไซโคลคอนเวอร์เตอร์อาจจะใช้เทคนิคแบบควบคุมเฟส ข้อเสียของการควบคุมความเร็วโดยใช้ไซโคลคอนเวอร์เตอร์คือสามารถควบคุมความถี่ได้ในย่านที่จำกัด อินพุทเพาเวอร์แฟคเตอร์มีค่าต่ำ และแรงดันเอาต์พุทมีองค์ประกอบของฮาร์โมนิคส์ปะปนอยู่มาก ข้อดีของการควบคุมแบบนี้คือ ประสิทธิภาพการทำงานของระบบดีขึ้นเนื่องจากไม่มีดีซีลิงค์ สามารถควบคุมองค์ประกอบหลักมูลของแรงดันเอาต์พุทภายในไซโคร-คอนเวอร์เตอร์ วงจรใช้วิธีการเปลี่ยนการนำกระแสไลน์คอมมิวเตทซึ่งมีความยุ่งยากในการควบคุมน้อยกว่าการเปลี่ยนการนำกระแสแบบบังคับ (Forced Commutation)

2.1.4.4 การควบคุมอัตราส่วนระหว่างแรงดันต่อความถี่ (V/F)

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์อีกวิธีหนึ่งคือ การควบคุมโดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่ป้อนเข้ามอเตอร์ แต่การเปลี่ยนแปลงความถี่จะมีผลทำให้สนามแม่เหล็ก หรือฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic flux) ในช่องอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไป และถ้าการเปลี่ยนแปลงไปของฟลักซ์แม่เหล็กเป็นไปแบบไม่คงที่แล้ว จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง การควบคุมการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กให้คงที่ตามการเปลี่ยนแปลงของความถี่ สามารถควบคุมได้จากอัตราส่วนของแรงดันต่อความถี่โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ป้อนเข้ามอเตอร์ ความถี่และฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดจะเป็นไปตามสมการที่ (2.9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V = k\Phi f \tag{2.9}$$

หรือ $$\Phi = \frac{V}{kf}$$

โดย V = แรงดันที่ป้อนเข้ามอเตอร์

Φ = ฟลักซ์แม่เหล็กในช่องอากาศ

k = ค่าคงที่

f = ความถี่

โดยปกติมอเตอร์จะถูกออกแบบให้ฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าอยู่ตรงส่วนเข้าโค้ง (knee point) ของเส้นโค้งลักษณะสมบัติของการทำให้เป็นแม่เหล็ก (Magnetization curve) ซึ่งถ้ามีการลดความถี่ลงโดยที่ไม่ลดระดับแรงดันลงด้วยแล้ว จะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าสูงขึ้นตามความสัมพันธ์ ในสมการที่ 2.8 และจะมีค่าเข้าไปในย่านอิ่มตัว (Satuation tegion) ทำให้ความหนาแน่นของฟลักซ์ แม่เหล็กในแกนเหล็กเพิ่มขึ้นเกิดการสูญเสียในแกนเหล็ก (Iron loss) เพิ่มมากขึ้น เป็นผลทำให้ ประสิทธิภาพของมอเตอร์ลดลง ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงต้องทำการลดอัตราการเพิ่มในมอเตอร์ลงโดยลดระดับแรงดันให้เป็นอัตราส่วนโดยตรงกับอัตราการลดลงของความถี่ เพื่อจะรักษาฟลักซ์แม่เหล็กให้มีค่าอยู่ตรงส่วนเข้าโค้งการทำให้เป็นแม่เหล็กของแกนเหล็ก ในทางตรงกันข้ามถ้ามีการเพิ่มความถี่ที่ป้อนเข้ามอเตอร์ให้สูงขึ้นโดยไม่เพิ่มระดับแรงดันแล้ว ก็ทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กลดลง ซึ่งมีผลทำให้แรงบิดของมอเตอร์ลดลงดังความสัมพันธ์ในสมการที่ (2.10) ทำให้มอเตอร์ไม่สามารถทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุดได้

$$T = k\Phi I_r \cos\theta \tag{2.10}$$

โดย T = เอาต์พุทแรงบิดของมอเตอร์

Φ = ฟลักซ์แม่เหล็กในช่องอากาศ

I_r = กระแสในโรเตอร์

θ = มุมแตกต่างระหว่างเฟสของแรงดันและกระแสในโรเตอร์

ในทำนองเดียวกันจึงต้องการเพิ่มระดับแรงดันให้สูงขึ้น เพื่อจะรักษาฟลักซ์แม่เหล็กและแรงบิดของมอเตอร์ให้มีค่าคงที่ การรักษาฟลักซ์แม่เหล็กสามารถพิจารณาได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์โดยพิจารณาจากกฎของฟาราเดย์ (Faraday's law)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$e = \frac{d\Phi}{dt} \tag{2.11}$$

$$\Phi = \int edt \tag{2.12}$$

จากสมการที่ 2.11 จะได้ว่าค่าฟลักซ์คือ พื้นที่ใต้เส้นโค้งคลื่นแรงดัน ดังนั้นถ้ารักษาพื้นที่ใต้เส้นโค้งรูปคลื่นแรงดัน ให้มีค่าคงที่แล้วมอเตอร์ก็จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีแรงบิดเหมาะสมสูงสุดซึ่งวิธีการนี้เรียกว่า วิธีการรักษาแรงดันต่อความถี่คงที่ (V/f)

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล 51 (Single Chip Microcontroller System-51 Family)

2.2.1 บทนำ

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยว(Single Ship Microcontroller) คือชิพไอซีหรือไมโครคอมพิวเตอร์แบบที่มีขนาดเล็กโดยบรรจุไว้ในแผงวงจรรวม(Integrated Circuit) เพียงชิพเดี่ยวเหมาะสำหรับงานควบคุมอุปกรณ์อื่นๆ แบบอัตโนมัติ เพราะผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้ตามต้องการ ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล 51 หรือ MCS-51 อันได้แก่ เบอร์ 8051 และ 8052 ซึ่งมีโครงสร้างและชุดคำสั่งแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยดังตารางที่ 2.1

ตารางที่2.1 แสดงตารางของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวในตระกูล 51

Device	ROMless Version	EPROM Version	ROM Bytes	RAM Bytes	8-Bit I/O Ports	16-Bit Timer/ Counters	Programmable Counter Array (PCA)	UART	Serial Expansion Port (SEP)	Global Serial Channel (GSC)	DMA Channels	A/D Channels	Interrupt Sources/ Vectors	Power Down and Idle Modes
8051	8031	-	4K	128	4	2		✓					6/5	*
8051AH	8031AH	8751H 8751BH	4K	128	4	2		✓					6/5	
8052AH	8032AH	8752BH	8K	256	4	3		✓					8/6	
80C51BH	80C31BH	87C51	4K	128	4	2		✓					6/5	✓
80C52	80C32	-	8K	256	4	3		✓					8/6	✓
83C51FA	80C51FA	87C51FA	8K	256	4	3	✓	✓					14/7	✓
83C51FB	80C51FB	87C51FB	16K	256	4	3	✓	✓					14/7	✓
83C152JA	80C152JA	-	8K	256	5	2		✓		✓	2		19/11	✓
-	80C152JB	-	-	256	7	2		✓		✓	2		19/11	✓
83C152JC	80C152JC	-	8K	256	5	2		✓		✓	2		19/11	✓
-	80C152JD	-	-	256	7	2		✓		✓	2		19/11	✓
83C452	80C452	87C452P	8K	256	5	2		✓					9/8	✓

จากตารางที่ 2.1 แต่ละคอลัมน์จะบอกถึงคุณสมบัติ หรือโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูล MCS-51 เช่นมี ROM หรือ RAM ภายในเท่าใด ถ้าเป็นรุ่นที่ไม่มี ROM อยู่ภายในจะเป็นเบอร์อะไร ถ้าเป็นรุ่นที่มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมเป็นแบบ EPROM จะเป็นเบอร์อะไร เช่นในบรรทัดแรกจะบอกว่า 8051 มี ROM อยู่ภายในขนาด 4 กิโลไบท์ แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8031 จะไม่มี ROM ขนาด 4 กิโลไบท์อยู่ภายใน นอกจากนี้ในตารางยังจะบอกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นั้นๆ มีพอร์ทสำหรับอ่านเขียนข้อมูลขนาด 8 บิทอยู่กี่ชุด (8 Bit I/O Port) , มี Timer/Counters ขนาด 16 บิทกี่ชุด (16 Bit Timer\Couters) และยังบอกถึง คุณสมบัติอื่นๆ อีก ทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุด

MCS-51 มีการทำงานเป็นแบบ 8 บิท หมายความว่า ส่วนที่ทำหน้าที่ในการคำนวณ (Arithmetic Logic Unit ; ALU) จะทำงานสูงสุดทีละ 8 บิท

MCS-51 มีข้อดีดังนี้

- สามารถนำเอาข้อมูลมา AND, OR หรือทำ Complement ทั้วแบบทีละ 8 บิท หรือ 1 บิท

- สามารถใช้กับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม (Program Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำ ที่ใช้สำหรับเก็บชุดคำสั่งที่จะให้ MCS-51 ทำงานได้สูงสุด 64 กิโลไบท์ (Kilobyte) (64*1024 ไบท์) ทำให้เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้มาก

- สามารถต่อกับหน่วยความจำสำหรับข้อมูล (Data Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลในระหว่างการทำงานของโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบท์

- ใน 8051 และ 8751 มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจำนวน 4 กิโลไบท์ (ใน 8052 และ 8752 มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจำนวน 8 กิโลไบท์) อยู่ภายในวงจรรวมทำให้ไม่ต้องต่อหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมอยู่ภายนอกระบบ รวมทั้งหมดจึงมีขนาดเล็กและสัญญาณรบกวนจากภายนอกจะทำให้ MCS-51 ทำงานผิดพลาดได้ยาก

- มีพอร์ทแบบขนาน (Parallel Port) สำหรับข้อมูลเข้าและออกจำนวน 32 บิท โดยที่ข้อมูลแต่ละบิทเป็นอิสระต่อกัน

- มีวงจร Timer/Counters ขนาด 16 บิท 2 ชุด (8052 มี 3 ชุด) ที่ทำงานในโหมดต่างๆ ได้ถึง 4 โหมด

- มี Universal Asynchonous Receiver Transmitter (UART) สำหรับรับส่งข้อมูลอนุกรม (Serial) แบบ Full duplex ที่สามารถเลือกรูปแบบการรับ-ส่งข้อมูลได้ 4 แบบ

- มีแหล่งกำเนิดสัญญาณขอขัดจังหวะการทำงานของโปรแกรม (Interrupt Request Signal) 6 แหล่งซึ่งสามารถทำการกระโดดไปทำงานตอบสนองการขัดจังหวะ (Interrupt Survice Routine) ได้ต่างๆ กัน 5 ตำแหน่ง

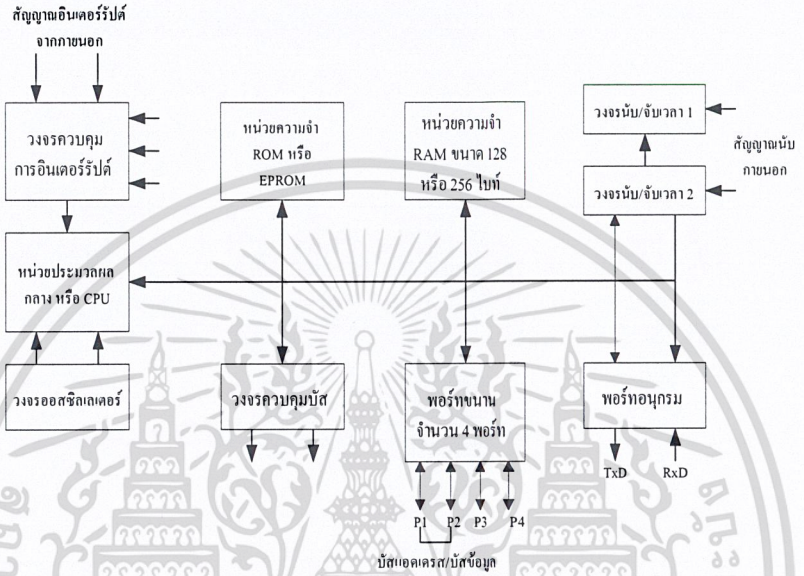
- สามารถเลือกการทำงานให้อยู่ในโหมดของ Idle และ Power Down ซึ่งจะประหยัดการใช้กำลังไฟฟ้าในการทำงาน

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5V เพียงชุดเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 โครงสร้างของ 8051

ภายใน 8051 จะประกอบขึ้นด้วย GATE ต่างๆ เช่น AND, OR, NOT ซึ่ง GATE เหล่านี้จะถูกนำเอามาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่นวงจรถอดรหัสคำสั่ง (Instruction Decoder) วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Clok Signal Generator) โดยโครงสร้างภายในของ 8051 จะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ดังไดอะแกรมในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 แสดงแผนภาพบล็อกไดอะแกรมแสดงหน่วยทำงานพื้นฐานของ MCS-51

ไดอะแกรมในรูปที่ 2.8 เป็นโครงสร้างใหญ่ๆ ของ 8051 เนื่องจากลักษณะของ 8051 เป็นคอมพิวเตอร์จึงประกอบด้วย 3 ส่วน หลักๆ คือ

1. ซีพียู (Central Processing Unit ; CPU) หรือตัวประมวลผล ส่วนนี้จะมีวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ ซึ่งเรียกว่า วงจรควบคุม (Control Unit) ซีพียูนี้จะทำการสร้างสัญญาณ โดยการถอดรหัสคำสั่ง (Instruction) ตามที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์ เพื่อให้ทุกส่วนในวงจรทำงานประสานกัน (Synchronize) อย่างถูกต้อง และในซีพียู นี้ยังประกอบด้วยส่วนย่อยอีกส่วนที่เรียกว่าส่วนประมวลผล (Arithmetic Logic Unit ; ALU) ซึ่งส่วนนี้จะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การบวก, ลบ, คูณ หรือหารข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์หรือหน่วยความจำที่ต้องการ

2. หน่วยความจำ (Memmory) มีไว้ใช้สำหรับจดจำข้อมูลหรือเก็บข้อมูลชั่วคราวไว้ใช้สำหรับให้ซีพียูประมวลผล

3. อุปกรณ์อินพุทและเอาต์พุท (Input/Output Device) เป็นส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ออกจาก 8051 ทำให้ 8051 ติดต่อกับภายนอกได้ดังในไดอะแกรมรูปที่ ซึ่งอุปกรณ์อินพุทและ เอาต์พุทนั้นได้แก่ 4 I/O Port , Timer 0 , Timer 1 , Serial Port

2.2.3 ฐานเวลาในการทำงานของซีพียูภายใน 8051

8051 จะมีวงจรออสซิลเลเตอร์อยู่ภายใน สำหรับการสร้างพัลส์ของสัญญานาฬิกาซึ่งจะนำไปเป็นฐานเวลา หรือการกำหนดจังหวะการทำงานของหน่วยการทำงานทั้งหมดให้ สอดคล้องกัน (Sinchronization) ซึ่งโดยปกติแล้วก็มักจะทำโดยการใช้คริสตอลเชื่อมต่อเข้ากับ ขาสัญญาณ XTAL1 และ XTAL2 พร้อมกับตัวเก็บประจุดังลักษณะดังรูปที่ 2.8 หรืออาจจะใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกก็ได้ ซึ่งในโครงงานนี้เลือกใช้ คริสตอลที่มีความถี่ 11.059 MHz

พัลช์ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาจะเรียกว่า Pulse (ใช้สัญญลักษณ์เป็นตัวอักษร P) คาบของสัญญาณนาฬิกานี้ เรียกว่า **"คาบเวลาออสซิลเลเตอร์"** (Oscillator Period) โดยที่คาบเวลาออสซิลเลเตอร์จำนวนสองคาบ เรียกว่า State (สัญญลักษณ์เป็นตัว S) ซึ่งจะนำไปใช้เป็นช่วงเวลาพื้นฐานการทำงานย่อยของไมโครอนโทรลเลอร เช่น การนำคำสั่ง (Fetch) การถอดความหมาย(Decode) การประมวลผล (Execute) และการเขียนข้อมูล (Write) เป็นต้น ดังแสดงเป็นแผนภาพในรูปที่ 2.9 ช่างเวลาของ State จำนวนหกครั้ง จะเรียกว่า แมชชีนไซเคิล (machine cycle) ดังนั้น ค่าหนึ่งแมชชีนไซเคิลจะใช้เวลา 12 คาบเวลาออสซิลเลเตอร์ ค่าของแมชชีนไซเคิลนี้จัดว่าเป็นช่วงเวลาที่น้อยที่สุดในการทำคำสั่งใดคำสั่งหนึ่ง ซึ่งหากว่าเป็นคำสั่งที่ซับซ้อนมากก็จะต้องใช้เวลานานสองถึงสามแมชชีนไซเคิล

การคำนวณหาว่าเวลาที่ใช้ในการทำคำสั่งใดจนเสร็จสิ้น จะต้องดูว่าคำสั่งที่ใช้นั้นจำนวนแมชชีนไซเคิลในการประมวลผลเป็นเท่าไร ซึ่งเวลาที่ใช้จะสามารถคำนวณได้ตามสูตร

$$T = \frac{C \times 12}{\text{Crystal Frequency}}$$

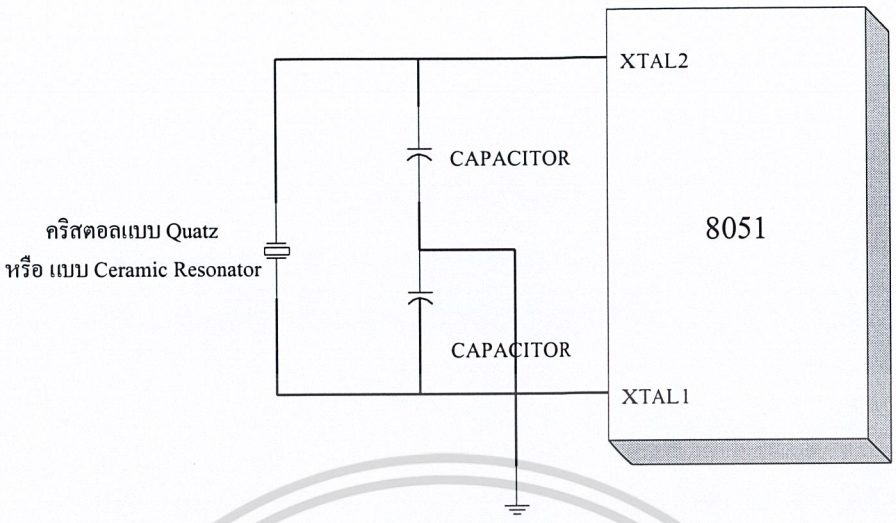
โดย T = เวลาที่ใช้ในการทำคำสั่ง

C = ค่าจำนวนแมชชีนไซเคิลของคำสั่ง

Crystal Frequency = ค่าความถี่ของคริสตอลที่ใช้กับ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

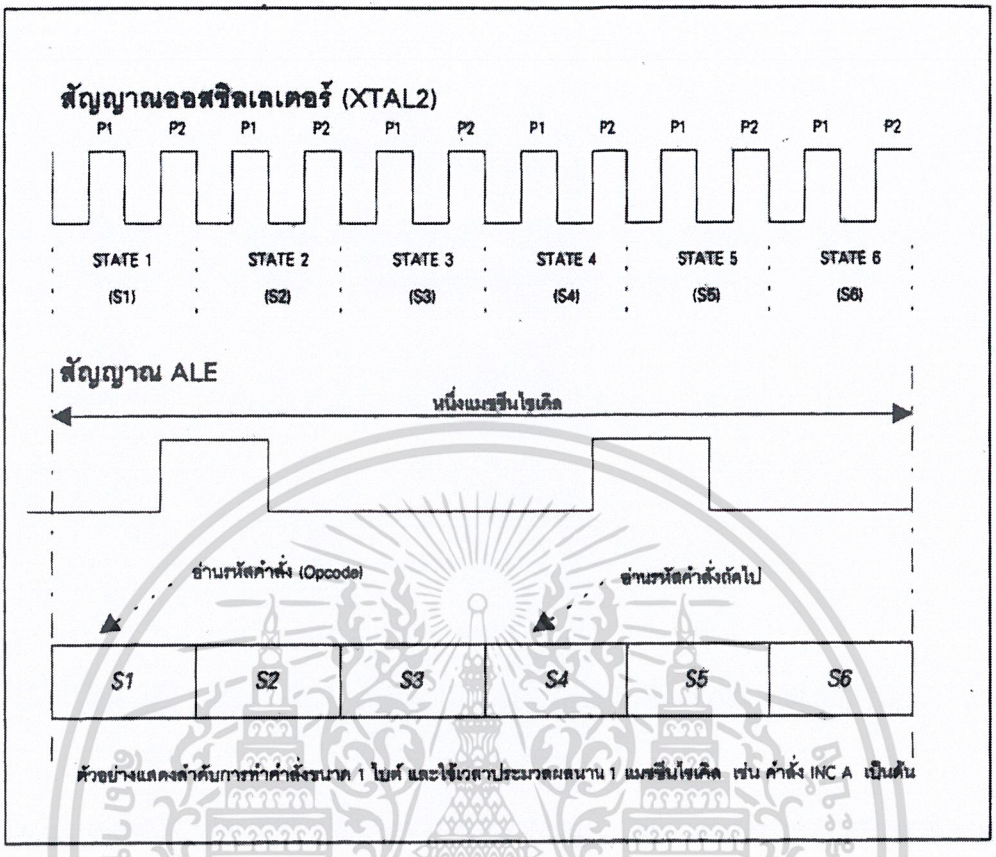
42516



รูปที่ 2.8 แสดงการใช้คริสตอลภายนอกต่อเข้ากับวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งอาจจะพบเห็นการใช้ค่าของคริสตอลเป็น 11.059 เมกกะเฮริทซ์ เป็นส่วนมาก ทั้งนี้มีเหตุผลมาจากสามารถนำค่าความถี่ที่ได้นี้ ไปใช้ในการเป็นฐานเวลาสำหรับการสร้างความถี่ในการรับ/ส่งข้อมูลอนุกรมซึ่งเป็นหน่วยการทำงานหนึ่งภายใน 8051 เอง โดยจะทำให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน คือ 19200, 9600, 4800, 2400, 1200, 1200 และ 300 บิท/วินาที (bit/sec ; bps)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

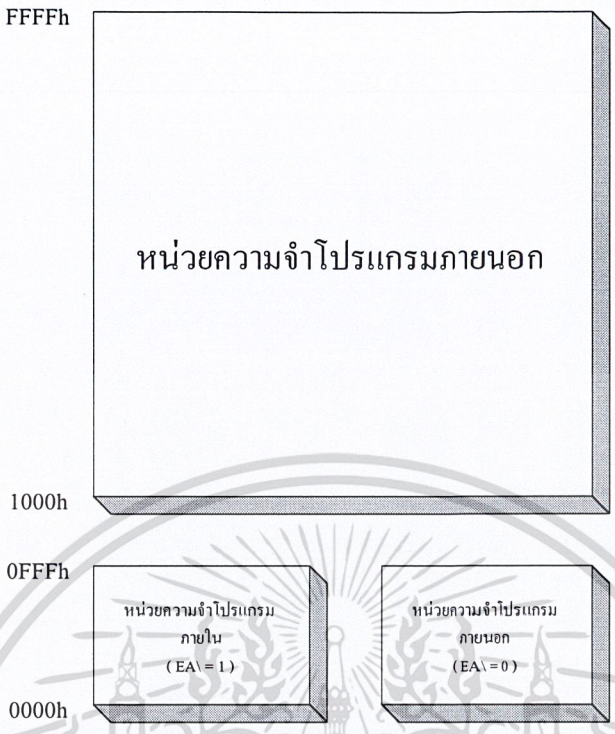


รูปที่ 2.9 แสดงแผนภาพเวลาพื้นฐานของ 8051 และลำดับช่วงเวลา state ในการทำคำสั่ง 1 ไบท์

2.2.4 หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูลที่มีหน้าที่สำหรับเก็บข้อมูล หรือตัวแปรที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราวโดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำ RAM แบบสแตติก ดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำนี้สูญหายไป พื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลของ 8051 สามารถมีได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบท์ และแยกประเภทออกเป็นสองลักษณะตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำนั้นดังลักษณะของแผนภาพในรูปที่ 5 คือ หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (Internal Data Memory) ซึ่งเป็น RAM ที่บรรจุอยู่ภายในตัวของ ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เองและหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory) ซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำ RAM มาเพิ่มเติมเข้าไปในวงจรซึ่งมี ลักษณะเดียวกันกับการนำไอซี EPROM มาใช้งานเป็นหน่วยความจำโปรแกรมนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงการจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.4.1 หน่วยความจำข้อมูลภายใน

หน่วยความจำข้อมูลภายในของ 8052 มีทั้งหมด 256 ไบท์ โดยจำแนกออกได้เป็นสองลักษณะคือ พื้นที่เฉพาะสำหรับตัวประมวลผลกลาง หรือ ซีพียู ใช้งานเท่านั้นซึ่งเรามักจะเรียกกันในอีกชื่อหนึ่งว่า รีจิสเตอร์ และพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในของ 8052 ซึ่งจำแนกออกเป็นสองส่วนดังนี้

ก. หน่วยความจำขนาด 128 ไบท์แรก

บริเวณนี้จะมีตำแหน่งแอดเดรสอยู่ในช่วง 00H - 7FH ซึ่งยังได้มีการจำแนกย่อยออกไปอีกเป็นสามส่วนตามประเภทของการใช้งาน ดังนี้

บริเวณแอดเดรส 00H - 1FH เป็นจำนวน 32 ไบท์ จำแนกออกเป็นกลุ่ม หรือ แบงก์ (BANK) ข้อมูลจำนวน 8 ไบท์รวมทั้งหมดสี่กลุ่มพื้นที่ข้อมูลในแต่ละกลุ่มจะถูกใช้งานในฐานะของรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปซึ่งมีชื่อเรียกว่า รีจิสเตอร์ R0-R7 ดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงบริเวณแอดเดรส 00H - 1FH

รีจิสเตอร์แอดเดรส	แบงก์	ชื่อรีจิสเตอร์ใช้งาน
00H - 07H	0	R0 - R7
08H - 0FH	1	R0 - R7
10H - 17H	2	R0 - R7
18H - 1FH	3	R0 - R7

จะเห็นได้ว่าชื่อของรีจิสเตอร์ไม่ว่าจะอยู่ในรีจิสเตอร์แบงก์ใดก็ตาม ก็จะมีชื่อ R0 – R7 เหมือนกันทั้งสิ้น ดังนั้นในการใช้งานผู้ใช้จะต้องให้ความระมัดระวังว่าต้องการ รีจิสเตอร์นั้นๆ จากแบงก์ใด การสวิตช์เลือกแต่ละกลุ่มของรีจิสเตอร์นี้ก็ทำได้โดยเพียงการกำหนดค่าของบิท RS0 และ RS1 ที่อยู่ภายในรีจิสเตอร์ PSW ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 แสดงบริเวณแอดเดรสของกลุ่มรีจิสเตอร์

รีจิสเตอร์	บิท RS0	บิท RS1	ตำแหน่งหน่วยความจำ
แบงก์ 0	0	0	0000H
แบงก์ 1	0	1	0008H
แบงก์ 2	1	0	0010H
แบงก์ 3	1	1	0018H

อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปก็มักจะมีการใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 เฉพาะในแบงก์ 0 เท่านั้น ดังนั้นพื้นที่ของแบงก์อื่นๆ ที่เหลือก็สามารถนำมาใช้ในลักษณะของหน่วยความจำข้อมูลภายในปกติ ด้วยการอ้างถึงหมายเลขของแอดเดรสนั้น ๆ โดยตรง

บริเวณแอดเดรส 20H- 2FH จำนวน 16 ไบท์ บริเวณพื้นที่เป็นส่วนสำหรับผู้ใช้ซึ่งจะมีความพิเศษต่างไปจากหน่วยความจำอื่น ๆ เนื่องจากผู้ใช้สามารถอ้างถึงหน่วยความจำบริเวณนี้ได้ทั้งในลักษณะของไบท์ข้อมูลเหมือนปกติ หรืออาจจะเป็นแบบบิทได้โดยตรงดังนั้นหากว่ามองในลักษณะบิทข้อมูลแล้ว ก็จะมีพื้นที่ตัวแปรแบบบิทใช้งานได้ถึง 128 บิท โดยตำแหน่งแรกของบิทจะเป็นบิทซึ่งเริ่มต้นนับจากบิทนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ของแอดเดรส 20H เป็นต้นไปจนกระทั่งถึงบิท ที่ 127 ซึ่งเป็นบิทนัยสำคัญสูงสุด (MSB) ของแอดเดรส 2FH

ความสามารถในการใช้งานพื้นที่ส่วนนี้แบบบิทข้อมูลโดยตรงนี้นับว่าน่าสนใจมาก และถือเป็นการใช้งาน 8051 อย่างเต็มประสิทธิภาพทีเดียว เนื่องจากว่า 8051ได้รับการออกแบบมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับงานควบคุมเป็นพื้นฐานอยู่แล้ว ซึ่งส่วนมากงานลักษณะนี้หากเป็นการนำเข้าข้อมูลก็มักจะเป็นเพียงการอ่านค่าสถานะลอจิกของสายสัญญาณ หรือกรณีการส่งออกข้อมูลก็จะเป็นการกำหนดสภาวะลอจิกให้กับวงจรภายนอกผ่านทางบิทใดบิทหนึ่งอยู่แล้ว ดังนั้นหากว่ามีการกำหนดบิทหรืออ่านค่าของบิทมาโดยตรงแทนที่กระทำกันภายในโปรเซสเซอร์โดยทั่วไปก็จะเพิ่มความสะดวกและรวดเร็วในการเขียนโปรแกรมควบคุมมาก

บริเวณแอดเดรส 30H –7FH เป็นบริเวณที่สามารถนำไปใช้งานได้อย่างอิสระโดยสามารถอ้างถึงได้ในลักษณะของไบท์ข้อมูลตามปกติเท่านั้น

ข. หน่วยความจำขนาด 128 ไบท์ถัดไป

พื้นที่ตั้งแต่บริเวณตั้งแต่แอดเดรส 80H - FFH เป็นบริเวณของหน่วยความจำที่มีการใช้งานได้ตั้งแต่เบอร์ 8052 ขึ้นไป โดยจะนำมาใช้เป็นตำแหน่งของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ(Special Function Register หรือ SFR) จำนวน 20 ตำแหน่ง

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8052 จะมีหน่วยความจำข้อมูลภายในสำหรับการใช้งานเพิ่มมากขึ้นกว่าเบอร์อื่นๆ เช่น 8031 หรือ 8751 อีก 128 ไบท์ โดยจะอยู่บริเวณช่วงแอดเดรส 80H – FFH เช่นกัน ซึ่งแม้ว่าจะเป็นพื้นที่ที่มีหมายเลขแอดเดรสเดียวกับส่วนของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ แต่ในความเป็นจริงแล้วจะเป็นพื้นที่หน่วยความจำอีกบริเวณหนึ่ง ซึ่งจะมีการซ้อนทับ (Overlap) กันให้อยู่ในบริเวณแอดเดรสส่วนนี้ ซึ่งหากว่าผู้ใช้งานต้องการจะเก็บข้อมูลในพื้นที่บริเวณนี้ จะต้องอาศัยการอ้างถึงหน่วยความจำแบบอ้อม (Indirect Addressing) เท่านั้น

2.2.5 รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR) เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการควบคุมหน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์ หรือพอร์ทของ 8051 ทั้งหมด โดยมีตำแหน่งอยู่ในบริเวณแอดเดรส 80H – FFH การใช้งานรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้ สามารถทำได้ทางการระบุถึงชื่อของรีจิสเตอร์ หรือตำแหน่ง แอดเดรสที่เป็นของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้

สำหรับการอ้างถึงตำแหน่งของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษต่าง ๆ นั้น จะต้องเป็นการระบุโดยการอ้างถึงหน่วยความจำโดยตรง (Direct addressing) เท่านั้น เพราะจะได้เป็นการแบ่งแยกพื้นที่ที่ซ้อนทับกันอยู่ได้ว่า พื้นที่ที่อ้างถึงนั้นเป็นของส่วนใด

ตารางต่อไปนี้แสดงให้เห็นลักษณะการจัดพื้นที่หน่วยความจำ สำหรับ SFR เหล่านี้โดยมีข้อสังเกตว่า รีจิสเตอร์ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรสที่เป็นจำนวนทวีคูณของค่า 8 จะสามารถอ้างถึงระดับบิทได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงรีจิสเตอร์ใช้งานพิเศษ (Special Function Register หรือ SFR)

สัญลักษณ์	ชื่อรีจิสเตอร์	แอดเดรส	การอ้างถึงแบบบิท
ACC	Accumulator	0E0H	ได้
B	B register	0F0H	ได้
PSW	Program Status Word	0D0H	ได้
SP	Stack Pointer	81H	ไม่ได้
DPTR	Data Pointer (DPH & DPL)	82H-83H	ไม่ได้
P0	Port 0	80H	ได้
P1	Port 1	90H	ได้
P2	Port 2	0A0H	ได้
P3	Port 3	0B0H	ได้
IP	Interrupt Priority	0B8H	ได้
IE	Interrupt Enable	0AH	ได้
TMOD	Timer / Counter mode	89H	ไม่ได้
TCON	Timer / Counter control	88H	ได้
TH0	Timer / Counter 0 (high)	8CH	ไม่ได้
TL0	Timer / Counter 0 (low)	8AH	ไม่ได้
TH1	Timer / Counter 1 (high)	8DH	ไม่ได้
TL1	Timer / Counter 1 (low)	8BH	ไม่ได้
SCON	Serial Control	98H	ได้
SBUF	Serial data buffer	99H	ไม่ได้
PCON	Power control	87H	ไม่ได้

2.2.6 พอร์ทอินพุท และ เอาต์พุต

พอร์ท มีความหมายถึง แอดเดรสหนึ่งที่ได้รับการกำหนดไว้เพื่อการโอนย้ายข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก การกำหนดประเภทของการติดต่อขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของข้อมูลเมื่อพิจารณาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก ดังนั้นการนำเข้าข้อมูลจากภายนอกจึงเรียกว่า การอินพุท (input) และสำหรับในกรณีตรงกันข้ามกัน การส่งออกข้อมูลออกไปก็จะเรียกว่า การเอาต์พุท(output)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6.1 พอร์ทแบบขนานของ 8051

8051มีโครงสร้างของพอร์ทที่สามารถใช้งานแบบขนานได้จำนวนทั้งหมดสี่พอร์ท เรียกชื่อเรียงตามลำดับว่า พอร์ท 0, 1, 2 และ 3 ซึ่งเป็นพอร์ทขนาด 8 บิททั้งหมด โดยการใช้งานพอร์ท สามารถทำได้ทั้งในลักษณะของเส้นสัญญาณเดี่ยว ๆ หรือกลุ่มของสัญญาณได้ นอกจากนี้พอร์ท 0, 2 และ 3 ยังถูกนำไปใช้งานอื่นที่ไม่ใช่เป็นพอร์ทอินพุท หรือ เอาต์พุทด้วยโดยที่ พอร์ท 0 จะทำหน้าที่ มัลติเพล็กซ์ ระหว่างแอดเดรสไบท์ต่ำและบัสข้อมูลสำหรับการติดต่อกับวงจรภายนอก ซึ่งต้องรวมกับข้อมูลบัสแอดเดรสไบท์สูงซึ่งจะส่งออกมาทางพอร์ท 2 สำหรับพอร์ท 3 นั้นนอกเหนือไปจากความสามารถเช่นพอร์ทปกติแล้วยังประกอบไปด้วย

- P3.0 / RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม (UART)
- P3.1 / TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (UART)
- P3.2 / INT0 (External Interrupt0) ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 0
- P3.3 / INT1 (External Interrupt1) ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 1
- P3.4 / T0 (Counter0 External Input) รับสัญญาณพัลซ์อินพุท เข้าไปยังวงจร Counter 0
- P3.5 / T1 (Counter1 External Input) รับสัญญาณพัลซ์อินพุท เข้าไปยังวงจร Counter 1
- P3.6 / WR (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก
- P3.7 / RD (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

การใช้งานพอร์ทลักษณะงานแบบอื่นๆ ที่ไม่ใช่เป็นพอร์ทแบบอินพุทและเอาต์พุทนี้จะดำเนินการโดย 8051 เองโดยอัตโนมัติ

2.2.6.2 โครงสร้างการทำงานของพอร์ท 8051

จากลักษณะโครงสร้างของแต่ละบิทภายในพอร์ททั้งหมดของ 8051 ซึ่งได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.11 นั้นจะเห็นว่ามีความคล้ายคลึงกันตามลักษณะโครงสร้างที่เรียกว่า Quasi- bidirectional port แต่ยกเว้น พอร์ท 0 ซึ่งเพียงแต่ไม่มีตัวต้านทานที่ทำหน้าที่ Pull- up สัญญาณไว้ภายในเท่านั้น วงจรประกอบอื่นภายในยังมีฟลิปฟลอปแบบ D ซึ่งมีผลทำให้พอร์ทสามารถแลตซ์หรือค้างสภาวะของสัญญาณไว้ได้ นอกจากนี้ในส่วนเอาต์พุตของฟลิปฟลอปเฉพาะของพอร์ท 0 และพอร์ท 2 จะมีโครงสร้างที่ทำหน้าที่คล้ายกับสวิตซ์เพิ่มขึ้น เพื่อควบคุมเอาต์พุทต่อเข้ากับส่วนของทรานซิสเตอร์ในระหว่างที่ไม่ได้มีการทำงาน ในลักษณะของบัสแอดเดรสหรือบัสข้อมูลด้วย สำหรับบัฟเฟอร์จำนวนสองตัวของทุกบิทในพอร์ทนั้นมีการทำงานแยกกันโดยอิสระ โดยตัวที่อยู่ห่างทางด้านบนจะยอมให้สัญญาณผ่านได้ก็ต่อเมื่อการอ่านค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ค้างไว้ ส่วนอีกตัวหนึ่งซึ่งอยู่ทางด้านล่างจะถูกใช้งานเฉพาะเมื่อได้มีการอ่านสถานะของขาสัญญาณเท่านั้น

2.2.6.3 การใช้งานพอร์ทเป็นการอินพุท

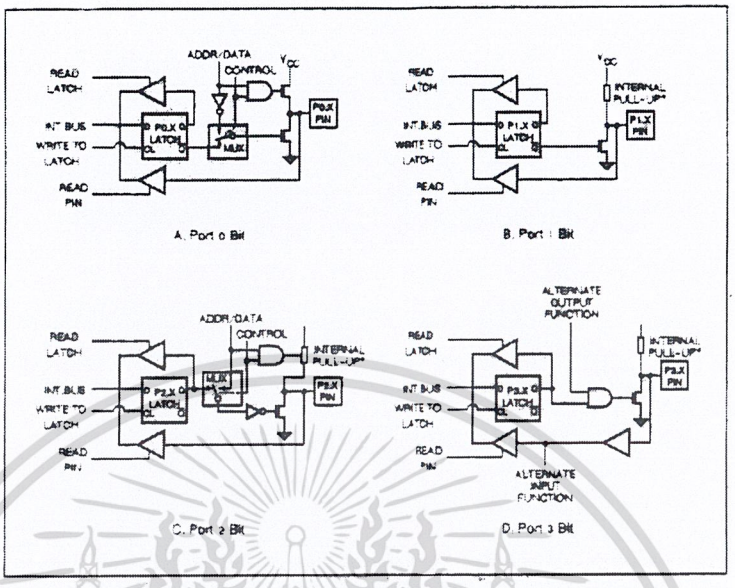
การใช้งานพอร์ทเป็นการอินพุทข้อมูลจะต้องเริ่มด้วยการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมาทางบิทของพอร์ทนั้นก่อนเป็นลำดับแรก เพื่อหยุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุท ของบิทนั้นทำให้ขาสัญญาณของบิทนั้นถูกต่อเข้ากับตัวต้านทาน ซึ่งทำหน้าที่พูลอัพ ภายในซึ่งจะมีผลให้บิทนั้นๆ ของพอร์ท 1, 2 และ 3 เป็นสภาวะลอจิกสูงตัวต้านทานนี้มีค่าประมาณ 50 kΩ ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก และทำให้อุปกรณ์ภายนอกสามารถขับสัญลักษณ์ของพอร์ทเหล่านี้เป็น ลอจิกต่ำได้ง่าย สำหรับบิทของพอร์ท 0 นั้นแม้ว่าจะมีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกันกับบิทของพอร์ทอื่นๆ แต่เนื่องจากการที่ไม่มีตัวต้านทานที่ทำหน้าที่ ที่พูลอัพ ภายในไว้ทำให้เมื่อทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุทนั้นหยุดการทำงาน ก็จะทำให้ขาสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะอิมพีแดนซ์สูงแทน

2.2.6.4 การใช้งานพอร์ทเป็นการเอาต์พุท

เมื่อมีการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 ให้กับแต่ละบิทของพอร์ททุกพอร์ท ข้อมูลนี้จะถูกส่งให้กับฟลิปฟลอบ ซึ่งจะค้างค่านี้ไว้ และจะมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุทนั้นทำงานดังนั้นขาสัญญาณก็จะมีสภาวะลอจิกต่ำด้วยส่วนการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมานั้น ในกรณีที่เป็นการทำงานแต่ละบิทของพอร์ท 1, 2 หรือ 3 จะทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุท นั้นหยุดการทำงานมีผลทำให้ขาของสัญญาณเป็นลอจิกสูงด้วยตัวต้านทานที่พูลอัพอยู่ภายใน แต่สำหรับการทำงานในแต่ละบิทของทางพอร์ท 0 นั้น จะมีผลที่แตกต่างกันออกไปโดยขาสัญญาณจะเป็นสภาวะอิมพีแดนซ์สูงแทนเนื่องจากไม่มีตัวต้านทานภายในเชื่อมอยู่นั่นเอง ดังนั้นในการใช้งานพอร์ท 0 เป็นการเอาต์พุทข้อมูลจึงจำเป็นจะต้องใช้ตัวต้านทานทางภายนอก ที่พูลอัพสัญญาณไว้กับลอจิกสูงแทนความสามารถอีกประการหนึ่งเกี่ยวกับพอร์ท อินพุท/เอาต์พุท ของ 8051 เป็นวิธีการอ่านค่าลอจิก จากพอร์ทซึ่งมีได้สองวิธี คือการอ่านค่าลอจิกที่ขาสัญญาณ (Port Pin) และการอ่านค่าลอจิกของการแลตซ์ที่พอร์ท (Port Latch) ดังจะสังเกตได้จากรูปที่ 2.11 วิธีการอ่านค่าจากพอร์ททั้งแบบนี้จะช่วยให้ระบบทำงานได้ด้วยความถูกต้องมาก ยิ่งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น หากว่าพอร์ทถูกนำไปต่อกับขาเบสของทรานซิสเตอร์แบบ NPN และขาอิมิตเตอร์ต่อกับกราวด์ของระบบเมื่อเกิดมีการส่งค่าลอจิก 1 ออกไปจะมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน ในขณะนั้นถ้าซีพียูมีการอ่านค่าลอจิกจากขาสัญญาณของพอร์ทนี้ก็จะมีการส่งค่าลอจิกต่ำ เนื่องจากมองเห็นค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างขาเบสและขาอิมิตเตอร์ซึ่งมีค่าประมาณ 0.6 โวลต์แทน ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีเช่นนี้ถ้าหากว่าเป็นการอ่านค่าจากลอจิกของการแลตซ์ ก็จะได้รับค่าระดับลอจิกสูงซึ่งเป็นค่าที่ถูกต้องตามความเป็นจริง



รูปที่ 2.11 แสดงโครงสร้างของแต่ละบิทภายในพอร์ทอินพุท / เอาต์พุทของ 8051

2.2.6.5 ลักษณะสมบัติของพอร์ทอินพุท / เอาต์พุท

ดังได้กล่าวมาแล้วว่าพอร์ท 1, 2 และ 3 ของ 8051 มีตัวต้านทาน (ซึ่งสร้างขึ้นจาก FET) ทำหน้าที่พูลอัพขาสัญญาณไว้และมีค่าประมาณ 50 kΩ ซึ่งถือว่ามีค่าที่สูงมาก เป็นผลทำให้การเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณลอจิกจากสูงไปต่ำทำได้อย่างรวดเร็ว แต่ในกรณีตรงข้ามจะใช้เวลาน้อยมาก ดังนั้นในการแก้ปัญหาจึงได้มีการออกแบบตัวต้านทานเพิ่มขึ้นอีกตัวขนานไว้โดยมีประมาณ 1 kΩ เรียกว่า Speed-up Resistor ซึ่งยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากขึ้นประมาณ 50 -100 เท่า และจะมีการเชื่อมต่อตัวต้านทานที่เพิ่มขึ้นนี้ เฉพาะเมื่อมีการเปลี่ยนระดับสัญญาณจากลอจิกต่ำไปเป็นลอจิกสูงเท่านั้น โดยใช้เวลาประมาณ 2 คล็อกไซเคิล

2.2.7 การอินเตอร์รัปต์

การอินเตอร์รัปต์ คือการขัดจังหวะโปรแกรมชั่วขณะแล้วมาทำโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ (Interrupt Service Routine; ISR) การตรวจสอบสัญญาณการร้องขออินเตอร์รัปต์จะตรวจสอบที่ตำแหน่ง S5P2 ของทุกๆ แมชชีนไซเคิลเมื่อพบแล้วในช่วงแมชชีนไซเคิลที่ 2 จะเป็นการตรวจสอบว่าเป็นของอุปกรณ์ใด และแมชชีนไซเคิลที่ 3 จะกระโดดไปทำโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์นั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7.1 ประเภทของการอินเตอร์รัปต์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 สามารถเกิดการอินเตอร์รัปต์ โดยจำแนกตามแหล่งที่มาของสัญญาณ (Signal Source) ของสัญญาณอินเตอร์รัปต์นั้นๆ ได้แก่

- สัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก (External Interrupt) การตรวจสอบสัญญาณที่เข้าอินเตอร์รัปต์นี้ จะสามารถกำหนดให้มีการตรวจสอบในลักษณะ ได้มีการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ (Level - Sensitive) ไปแล้ว หรือในช่วงเวลาขณะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากลอจิกสูงไปเป็นลอจิกต่ำ
- สัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายใน (Internal Interrupt) แหล่งกำเนิดของสัญญาณนี้จะเป็นวงจรภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เอง

2.2.7.2 โครงสร้างการอินเตอร์รัปต์

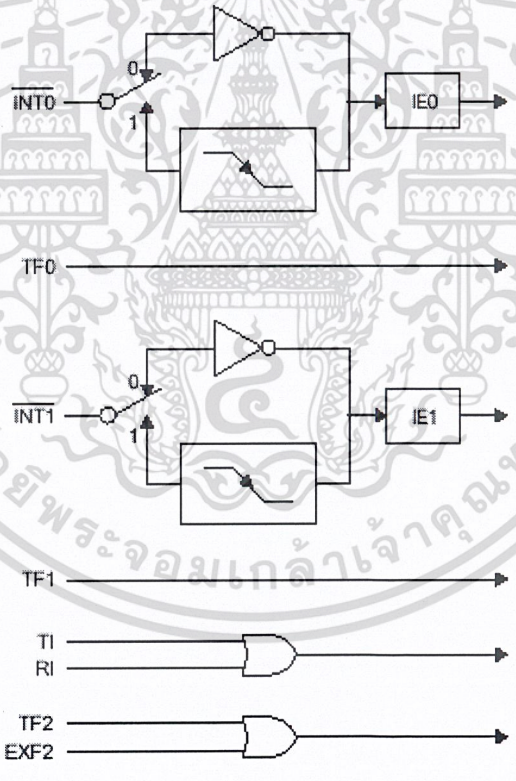
ตารางที่ 2.5 แสดงสัญญาณอินเตอร์รัปต์ และ Vector Address

ลำดับที่	ชื่อสัญญาณ	ความหมาย	Vector Address
1	IE0	สัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกทางขาสัญญาณ P3.2 (INT0) โดย 8051 จะทำการสุ่มตัวอย่างเมื่อสิ้นสุดทุกแมชชีนไซเคิล	0003H
2	TF0	สัญญาณการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 0	000BH
3	IE1	สัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกทางขาสัญญาณ P3.3 (INT1) โดย 8051 จะทำการสุ่มตัวอย่างเมื่อสิ้นสุดทุกแมชชีนไซเคิล	0013H
4	TF1	สัญญาณการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของ Timer1	001BH
5	TI+RI	การเกิดอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นจากการรับ/ ส่งข้อมูล อนุกรมทำให้มีผลต่อแฟลก อินเตอร์รัปต์ RI และ TI	0023H
6	TF2+EXF2	จาก Timer/ Counter 2 (มีเฉพาะเบอร์ 8252 ขึ้นไป)	002BH

จากแผนภาพโครงสร้างระบบอินเตอร์รัปต์ของ 8051 ในรูปที่ 2.12 จะเห็นได้ว่าเมื่อเกิดการอินเตอร์รัปต์สัญญาณต่างๆ ขึ้น จะส่งผลให้มีการควบคุมเพื่อสั่งให้ไมโครโปรเซสเซอร์กระโดดไปทำงานที่ตำแหน่งแอดเดรสต่าง ๆ ตามประเภทของแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้น ซึ่งปกติแล้วควรจะต้องมีการสร้างโปรแกรมที่ตำแหน่งเหล่านี้ไว้ เพื่อทำหน้าที่เป็น

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือจำหน่ายเพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์การกำหนดให้ 8051 สามารถตอบรับการอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภท ทำได้โดยการกำหนดเขตของข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมักจะอยู่ภายในรีจิสเตอร์ TCON และ SCON หากว่าได้มีการกำหนดบิทของข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมักจะอยู่ภายในรีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable Register) ด้วยแล้ว ก็สามารถตอบรับการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณนั้น ๆ ก็ได้ นอกจากนี้แล้วตามแผนภาพในรูปที่ 2.12 ยังแสดงให้เห็นว่าสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทนั้น ยังสามารถที่จะกำหนดระดับความสำคัญ (Priority) ของการอินเตอร์รัปต์ได้สองลักษณะ คือระดับความสำคัญสูง หรือ ต่ำ (Higher / Low Priority) กล่าวคือขณะที่กำลังประมวลผลอยู่ภายในส่วนของโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณที่มีระดับความสำคัญต่ำอยู่ ก็อาจจะถูกขัดจังหวะให้ไปประมวลผลของสัญญาณที่มี ระดับความสำคัญสูงกว่าได้ แต่หากว่าเป็นสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญต่ำเช่นเดียวกันแล้ว ก็จะต้องรอให้เสร็จสิ้นการประมวลผลที่ดำเนินการอยู่ก่อน



รูปที่ 2.12 แสดงแผนภาพแสดงโครงสร้างระบบอินเตอร์รัปต์ของ 8051

2.2.7.3 การควบคุมอินเตอร์รัปต์

ตามโครงสร้างด้านการจัดอินเตอร์รัปต์ของ 8051 สามารถกำหนดเลือกเพื่อยินยอมหรือไม่ยินยอม (Enable / Disable) ให้มีการอินเตอร์รัปต์ของแต่ละสัญญาณได้ โดยวิธีการกำหนดค่าของบิทภายในรีจิสเตอร์ IE ซึ่งมีทั้งแบบที่ระบุถึงอินเตอร์รัปต์โดยรวมทั้งหมด (บิทที่ 7 : EA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทได้ ในกรณีที่กำหนดค่าข้อมูลเป็น 1 ให้กับบิทจะมีความหมายถึงการยินยอมให้มีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้นได้ และจะเป็นกรณีตรงข้ามกันสำหรับการกำหนดค่าข้อมูลที่เป็น 0 หากลองย้อนกลับไปพิจารณาแผนภาพในรูปที่ 2.12 อีกครั้งจะเห็นว่าจะต้องทำการกำหนดให้ยินยอมการอินเตอร์รัปต์ทั้งหมดเกิดขึ้นก่อน จึงจะมีผลทำให้การกำหนดบิทเพื่อการยินยอมของแต่ละอินเตอร์รัปต์มีผลเกิดขึ้นได้

ชื่อ Register IE (Interrupt Enable Control)ตำแหน่ง : A8H ค่าเริ่มต้น : 0x00 0000B

EA	–	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

ตารางที่ 2.6 แสดงบิทต่าง ๆ ของการอนุญาตการอินเตอร์รัปต์ภายใน Register IE

ชื่อบิท	ตำแหน่ง	การทำงาน
EA	IE.7	อีนาเบิล / ดิสเอเบิล การเกิดอินเตอร์รัปต์โดยรวม
——	IE.6	——
ET2	IE.5	อีนาเบิล / ดิสเอเบิล การเกิดอินเตอร์รัปต์ Timer 2
ES	IE.4	อีนาเบิล / ดิสเอเบิล การเกิดอินเตอร์รัปต์พอร์ทอนุกรม
ET1	IE.3	อีนาเบิล / ดิสเอเบิล การเกิดอินเตอร์รัปต์ Timer 1
EX1	IE.2	อีนาเบิล / ดิสเอเบิล การเกิดอินเตอร์รัปต์ INT1
ET0	IE.1	อีนาเบิล / ดิสเอเบิล การเกิดอินเตอร์รัปต์ Timer 0
EX0	IE.0	อีนาเบิล / ดิสเอเบิล การเกิดอินเตอร์รัปต์ INT0

หมายเหตุ ถ้าต้องการ Disable ทั้งหมดให้ใช้คำสั่ง CLR , EA เพียงคำสั่งเดียว

2.2.7.4 ระดับความสำคัญของการอินเตอร์รัปต์

การกำหนดระดับความสำคัญให้กับสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทนั้นสามารถทำได้โดยการกำหนดข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 หรือ 0 ให้กับบิทภายในรีจิสเตอร์ IP (Interrupt Priority) ดังแสดงในตารางที่ 2.6 โดยหากว่ามีค่าเป็น 1 ก็จะทำให้สัญญาณอินเตอร์รัปต์นั้นๆ มีระดับความสำคัญสูง และในกรณีตรงข้ามกันสำหรับการกำหนดค่าเป็น 0 กรณีที่สัญญาณที่เข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเตอร์รัปต์มีระดับความสำคัญเดียวกันเกิดขึ้นพร้อมกัน ก็อาจจะทำให้เกิดปัญหาขึ้น อย่างไรก็ตาม 8051 ก็มีโครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์ในการพิจารณาตามลำดับดังตารางที่ 2.6 ซึ่งลำดับความสำคัญเอาไว้ตามลำดับ

ชื่อ Register IP (Interrupt Priority) ตำแหน่ง : B8H ค่าบิทเริ่มต้น : 0000 0000B

PCT	–	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

ตารางที่ 2.7 แสดงบิทต่าง ๆ ของการจัดระดับความสำคัญของการอินเตอร์รัปต์ ภายใน Register IP

ชื่อบิท	ตำแหน่ง	การทำงาน
PCT	IP.7	อีนาเบิล / ดิสเอเบิลการจัดลำดับความสำคัญ
——	IP.6	——
PT2	IP.5	ระดับความสำคัญของ Timer 2
PS	IP.4	ระดับความสำคัญของพอร์ทอนุกรม
PT1	IP.3	ระดับความสำคัญของ Timer 1
PX1	IP.2	ระดับความสำคัญของ INT1
PT0	IP.1	ระดับความสำคัญของ Timer 0
PX0	IP.0	ระดับความสำคัญของ INT0

2.2.7.5 การจัดการอินเตอร์รัปต์

เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำคำสั่งที่กำลังดำเนินการอยู่แล้วให้เสร็จจากนั้นจึงจะทำการเก็บค่าตำแหน่งแอดเดรสของคำสั่งที่จะทำงานต่อไปไว้ยังบริเวณของหน่วยความจำที่ถูกกำหนดไว้ให้เป็นที่เก็บสแต๊ก (Stack) และกระโดดไปยังตำแหน่งแอดเดรสที่ได้มีการกำหนดไว้แน่นอนตำแหน่งหนึ่งโดยอัตโนมัติ (ดูตารางที่ 2.8) ตำแหน่งนี้เรียกว่า แอดเดรสของอินเตอร์รัปต์เวคเตอร์ (Interrupt Vector Address) ซึ่งผู้ใช้จะต้องทำการเขียนโปรแกรมย่อย (Subroutine) ยังตำแหน่งแอดเดรสเหล่านี้ ซึ่งเรียกว่า โปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์ตำแหน่งแอดเดรสเหล่านี้ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 แสดงตำแหน่งของการอินเตอร์รัปต์

แหล่งกำเนิดสัญญาณ	สัญญาณ	ตำแหน่งแอดเดรส
IE0	อินเตอร์รัปต์ภายนอก0	0003H
TF0	วงจรนับ / จับเวลา 0	000BH
IE1	อินเตอร์รัปต์ภายนอก1	0013H
TF1	วงจรนับ / จับเวลา1	001BH
RI หรือ TI	วงจรรับ / ส่งข้อมูลอนุกรม	0023H

สิ่งที่ควรให้ความสนใจในการเขียนโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์ คือ

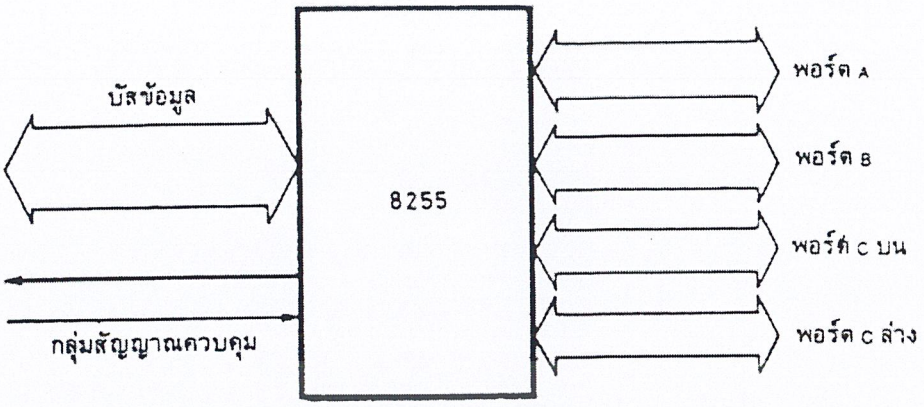
- ส่วนเริ่มต้นของโปรแกรมย่อย ควรจะมีการเก็บค่าของรีจิสเตอร์หรือแฟล็กแสดงสถานะต่างๆ ที่จะต้องนำไปใช้ในโปรแกรมย่อยมิฉะนั้นอาจจะมีผลทำให้โปแกรมปกติที่ทำงานอยู่ก่อนหน้า การมาทำโปรแกรมย่อยตอบสนองอินเตอร์รัปต์ทำงานผิดพลาดได้
- บรรทัดสุดท้ายของโปรแกรมย่อยจะต้องสิ้นสุดด้วยคำสั่ง RETI (Return From Interrupt) เพื่อ สั่งให้มีการนำค่าที่เก็บไว้ก่อนหน้าการกระโดดมายัง โปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์นี้ออกจากแสตกและกลับไปทำงานเดิมต่อไป นอกจากนี้แล้วยังมีผลทำให้แฟล็กสถานะที่เกี่ยวข้องกับ การอินเตอร์รัปต์นั้นๆ ถูกรีเซตกลับไปเป็นค่าปกติเพื่อรอรับการอินเตอร์รัปต์ครั้งใหม่ต่อไปด้วย

2.3 8255 พอร์ทข้อมูลแบบขนาน

2.3.1 โครงสร้างพื้นฐานของ 8255

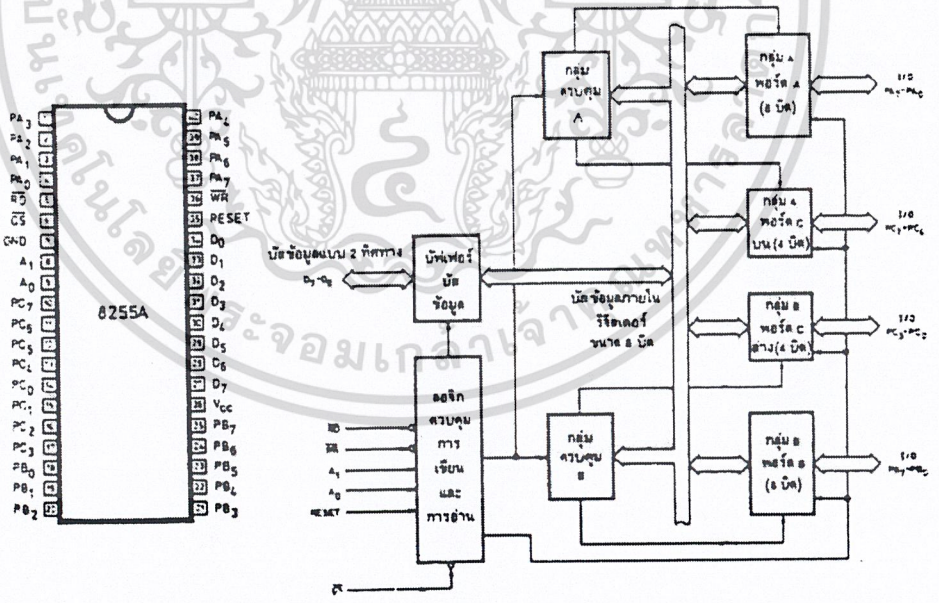
8255 เป็นไอซีที่มี 40 ขา ที่ต่อเป็นพอร์ทให้ไมโครโปรเซสเซอร์ได้ 3 พอร์ท โดยมีโครงสร้างพื้นฐานแสดงดังรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แสดงแผนผังแสดงโครงสร้างของไอซี 8255

การเรียกพอร์ทของ 8255 จะเรียกพอร์ทต่างๆ ว่า พอร์ท A , พอร์ท B , พอร์ท C โดยที่พอร์ท C นั้นสามารถแยกเป็น 2 ส่วนคือ พอร์ท C บน และ พอร์ท C ล่าง โดยที่ทุกพอร์ทนั้นสามารถเป็นได้ทั้งพอร์ทอินพุท (Input Port) และพอร์ทเอาต์พุท (Output Port)



รูปที่ 2.14 แสดงแผนผังแสดงวงจรภายในและการจัดขาของ 8255

รูปที่ 2.14 เป็นแผนผังภายในไอซี และการจัดวางขาของ 8255 ซึ่งการทำงานของวงจรจะใช้สัญญาณควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ มาควบคุมการทำงานโดยจะส่งคำสั่งมาโปรแกรมการทำงานหรือกำหนดรูปแบบของพอร์ทให้เป็นอินพุทหรือเอาต์พุทได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ขาต่างๆของ 8255

ขาทั้ง 40 ขาของไอซีจะประกอบด้วย

- D0 – D7 เป็นที่ข้อมูลอินพุทเอาต์พุทจะต้องผ่านเข้าออกจากส่วนนี้ จึงต้องต่อเข้ากับระบบบัสของไมโคร เพื่อให้ไมโครสามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลจากพอร์ทผ่านส่วนนี้
- CS\ (สัญญาณเลือกชิพ) ขานี้เป็นขาอินพุทที่จะรับสัญญาณจากภายนอกเพื่อเลือกชิป 8255โดยเมื่อขานี้เป็น “0” จะทำให้ 8255 ต่อเข้ากับระบบบัสของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้เขียนหรืออ่านข้อมูลจากพอร์ทได้
- RD\ (สัญญาณการอ่าน) เป็นสัญญาณอินพุทที่ต้องส่งมาจากซีพียูเมื่อสัญญาณที่ขานี้เป็น “0” และสัญญาณ CS\ เป็น “0” ด้วย 8255 จะทำตัวให้ซีพียูอ่านข้อมูลจากบัสขณะทำหน้าที่เป็นพอร์ทอินพุท
- WR\ เป็นสัญญาณการเขียน ซึ่งจะแอคทีฟเมื่อสัญญาณ WR\ และสัญญาณ CS\ เป็น “0” โดยสัญญาณนี้จะมาจากซีพียูเมื่อต้องการเขียนข้อมูลลงบนพอร์ทที่กำหนด
- A0 – A1 (สัญญาณแอดเดรส) ลอจิกของสัญญาณทั้งสองจะถอดรหัสออกเป็น 4 รหัส เพื่อกำหนดรีจิสเตอร์ภายในที่เชื่อมต่อกับพอร์ทอินพุทเอาต์พุทของ 8255
- RESET (สัญญาณรีเซ็ท) เป็นสัญญาณที่ส่งจากภายนอกเข้ามาทำการรีเซ็ท 8255 เพื่อเคลียร์สถานะต่างๆ ของ 8255 เมื่อ 8255 ได้รับการรีเซ็ทพอร์ททุกพอร์ทก็จะกลับไปเป็นโหมดอินพุททุกพอร์ท
- PA0 – PA7 เป็นขาสัญญาณที่เป็นพอร์ทของ 8255 ที่ชื่อพอร์ท A การเลือกพอร์ทจะเลือกโดยสัญญาณแอดเดรส A0 – A1
- PB0 – PB7 เป็นขาสัญญาณที่เป็นพอร์ทของ 8255 ที่ชื่อพอร์ท B การเลือกพอร์ทจะเลือกโดยสัญญาณแอดเดรส A0 – A1
- PC0 – PC7 เป็นขาสัญญาณที่เป็นพอร์ทของ 8255 ที่ชื่อพอร์ท C การเลือกพอร์ทจะเลือกโดยสัญญาณแอดเดรส A0 – A1

2.3.3 รีจิสเตอร์ภายในของ 8255

การใช้งาน 8255 จะต้องส่งรหัสควบคุม (control code) เข้าไปยังพอร์ทข้อมูลควบคุมเพื่อควบคุมการทำงานของ 8255 โดยแต่ละพอร์ทจะเสมือนเป็นรีจิสเตอร์ ซึ่งสามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ สัญญาณของขาควบคุมที่ประกอบกันจะแสดงในตารางที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 แสดงสัญญาณควบคุมการกระทำของ 8255

RD\	WR\	A1	A0	ความหมาย
1	0	0	0	เขียนพอร์ท A ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	0	0	อ่านพอร์ท A ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	0	1	เขียนพอร์ท B ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	0	1	อ่านพอร์ท B ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	1	0	เขียนพอร์ท C ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	1	0	อ่านพอร์ท C ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	1	1	เขียนข้อมูลซึ่งเป็นรหัสควบคุม
0	1	1	1	อ่านเข้ามาซึ่งไม่มีความหมายใด

2.3.4 โหมดการทำงาน

ในการควบคุมการทำงานของ 8255 จะมีอยู่หลายโหมด ซึ่งแต่ละโหมดนั้นจะมีการทำงานแตกต่างกันไป โดยการจะโปรแกรมให้ 8255 ทำงานนั้นจะทำได้ 3 โหมดคือ โหมด 0 , โหมด 1 และโหมด 2

โหมด 0 : มีการทำงานเป็นแบบอินพุทเอาต์พุทธรรมดา (Basic I\O) ซึ่งไม่มีการตรวจสอบสัญญาณ (No handshake)

โหมด 1 : โหมดนี้จะใช้พอร์ท A,B ในการรับหรือส่งข้อมูล และใช้พอร์ท C ในการตรวจสอบสัญญาณ (handshake)

โหมด 2 : โหมดนี้ใช้พอร์ท A ในการรับส่งข้อมูล 2 ทิศทางและพอร์ท B ในการรับหรือส่งข้อมูลและใช้พอร์ท C บิท 0, 1, 2 ในการรับส่งข้อมูลบิท และบิท 4, 5, 6 เป็นสัญญาณ handshake

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 แสดงโหมดต่างๆของ 8255

	MODE 0		MODE 1		MODE 2
	IN	OUT	IN	OUT	Group A Only
PA0	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA1	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA2	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA3	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA4	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA5	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA6	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA7	IN	OUT	IN	OUT	↔
PB0	IN	OUT	IN	OUT	—
PB1	IN	OUT	IN	OUT	—
PB2	IN	OUT	IN	OUT	—
PB3	IN	OUT	IN	OUT	—
PB4	IN	OUT	IN	OUT	—
PB5	IN	OUT	IN	OUT	—
PB6	IN	OUT	IN	OUT	—
PB7	IN	OUT	IN	OUT	—
PC0	IN	OUT	$INTR_B$	$INTR_B$	I/O
PC1	IN	OUT	IBF_B	$\overline{OBF_B}$	I/O
PC2	IN	OUT	$\overline{STB_B}$	ACK_B	I/O
PC3	IN	OUT	$INTR_A$	$INTR_A$	$INTR_A$
PC4	IN	OUT	$\overline{STB_A}$	I/O	$\overline{STB_A}$
PC5	IN	OUT	IBF_A	I/O	IBF_A
PC6	IN	OUT	I\O	$\overline{ACK_A}$	$\overline{ACK_A}$
PC7	IN	OUT	I\O	$\overline{OBF_A}$	$\overline{OBF_A}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 รหัสควบคุม (Control Code)

การกำหนดโหมดการทำงานของ 8255 นั้น จะต้องส่งข้อมูลคำสั่งเข้าไปโปรแกรมในพอร์ทควบคุมของ 8255 แต่ละบิทของข้อมูลที่ส่งไปจะมีความหมายในตัวเอง ซึ่งลักษณะความหมายของแต่ละบิทในรหัสควบคุมแสดงได้ดังรูปที่ 2.15

การโปรแกรม 8255 คือการให้ค่ารหัสบิทต่างๆเข้าไปในรหัสควบคุมแล้วส่งไปยังรีจิสเตอร์ของพอร์ทควบคุม ความหมายของบิทต่างๆมีดังนี้

– บิท D7 เป็นบิทที่แสดงรหัสคำสั่งควบคุม ถ้าบิทนี้เป็น “1” หมายถึง รหัสควบคุมนี้จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเซ็ทโหมดค่าต่างๆ

– บิท D6 และ D5 เป็นการเลือกโหมดของพอร์ท A ซึ่งมี 3 โหมด คือ โหมด 0 โหมด1 และ โหมด 3

– บิท D4 ถ้ามีค่าเป็น “0” หมายถึงการกำหนดพอร์ท A เป็นเอาต์พุท ถ้ามีค่าเป็น “1” จะหมายถึงการกำหนดให้พอร์ท A เป็นอินพุท

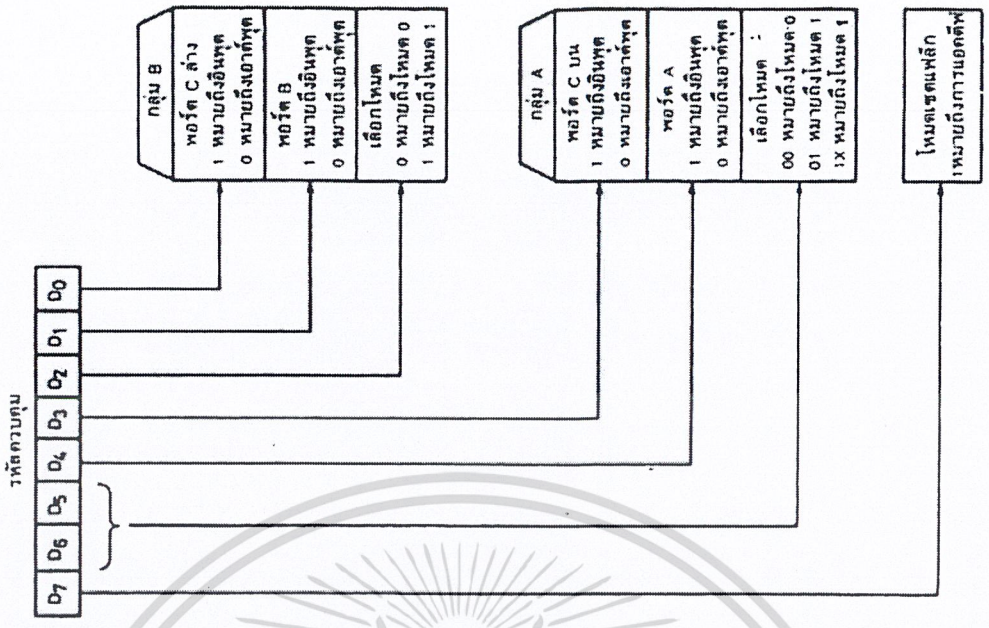
– บิท D3 เป็นบิทที่บอกถึงการเซ็ทพอร์ท C บน ถ้าเป็น “0” จะทำให้พอร์ท C บนเป็นเอาต์พุทถ้าเป็น “1” จะเป็นอินพุท

– บิท D2 เป็นบิทที่บอกถึงการเซ็ทโหมดที่พอร์ท B ซึ่งถ้าเป็น “0” หมายถึงเลือกพอร์ท B เป็นโหมด 0 และถ้าเป็น “1” หมายถึงการเลือกโหมด 1

– บิท D1 ถ้ามีค่าเป็น “0” หมายถึงการกำหนดพอร์ท B เป็นเอาต์พุท แต่ถ้ามีค่าเป็น “1” จะหมายถึงการกำหนดให้พอร์ท B เป็นอินพุท

บิท D0 ถ้ามีค่าเป็น “0” หมายถึงการกำหนดพอร์ท C ล่างเป็นเอาต์พุท แต่ถ้ามีค่าเป็น “1” จะหมายถึงการกำหนดพอร์ท C ล่างเป็นอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงความหมายของบิทต่างๆในรหัสควบคุม

2.4 การเชื่อมต่อ LCD MODULE เข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

LCD MODULE จะต่อเข้ากับระบบไมโครได้ 2 ลักษณะ คือ

1. แบบMemory Map โดยการต่อผ่าน LCD Bus ขนาด 14 ขา
2. แบบ I/O Port โดยผ่าน บัส 8255 ขนาด 26 ขา

โดยทั้งสองแบบนั้นมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป แต่ในโครงงานนี้จะเลือกใช้วิธีการต่อแบบ Memory Map ซึ่งจะมีข้อดีดังนี้

1. สามารถต่อเข้ากับชิพเบอร์ทั่วๆ ไปได้ เช่น 8051 หรือ Z80 โดยจะทำให้ระบบไมโครมองเห็น LCD ในลักษณะของหน่วยความจำได้ทันที

2. สามารถเขียนและอ่านข้อมูลจาก LCD Module ได้ทำให้มองเสมือนว่าเป็น Memory Buffer ไปในตัว

3. เนื่องจากสามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงทำให้สามารถตรวจสอบแฟล็ก (Flag) ความพร้อมในขณะที่ทำงานได้

4. ใช้ได้กับบอร์ดที่มี LCD Bus เท่านั้น

5. เนื่องจากจะต้องใช้พื้นที่หน่วยความจำส่วนหนึ่ง จึงทำให้สูญเสียหน่วยความจำไปส่วนหนึ่ง ดังนั้นในการออกแบบบอร์ดจึงต้องมีการถอดรหัส (Decode) ที่ละเอียดพอควร

6. การจัดขาสัญญาณจะต้องเป็นไปตามลักษณะของชิพตัวนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ชุดคำสั่งควบคุมและการแสดงข้อความ

การเขียนหรืออ่านข้อมูลกับ LCD Module นั้นจะต้องมีการกำหนดคุณสมบัติต่างๆในการใช้งานของ LCD ตามชุดคำสั่งควบคุม และรวมถึงการเขียนข้อมูลที่เป็นข้อความ เพื่อให้ปรากฏบนแผงแสดงด้วย

2.4.2 การใช้งาน LCD Module

1. การเขียนข้อมูลให้กับ LCD Module จะแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือคำสั่ง (Instruction) และข้อมูล (Data) โดยจะกำหนดด้วยขาสัญญาณ RS คือถ้า RS = 0 จะหมายถึงส่งสัญญาณควบคุม (Instructin) หรืออ่านค่า flag สภาพการทำงานของ LCD Module และถ้า RS = 1 จะหมายถึงการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ LCD Module

2. หลักการในการเขียนข้อมูลให้ LCD Module นี้ คือเมื่อมีการเขียนข้อมูลไปแล้วตัวLCD Module จะต้องใช้เวลาในการทำงานชั่วขณะหนึ่ง (ตามค่าเวลาทำงานตามตาราง) ซึ่งระบบไมโครสามารถตรวจสอบได้จากแฟล็กบิวซี่ (Busy flag ; BF) และถ้าเรียบร้อยแล้วจึงจะสามารถเขียนข้อมูลอันต่อไปได้

3. การเขียนข้อมูลให้กับ LCD Module นี้ สามารถทำได้ทั้งแบบ 8 บิท และ 4 บิท โดยในกรณี 4 บิท จะใช้สายสัญญาณ Data เพียง 4 เส้น คือ DB4 – DB7 (ใช้สำหรับระบบไมโครแบบ 4 บิท หรือเพื่อการประหยัดสาย) การเขียนข้อมูลจะกระทำเหมือนกับ 8 บิท เพียงแต่ให้เขียน 2 ครั้ง คือ DB4 – DB7 ก่อน แล้วตามด้วย DB0 – DB3 และจะต้องกำหนดคุณสมบัติตามค่า DL ในคำสั่ง Function Set ด้วย

4. DDRAM (Display Data RAM) คือหน่วยความจำที่อยู่ภายในตัว LCD Module ที่เป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) ของข้อมูลโดยถ้าเขียนรหัส ASCII ใดๆ ลงไปในหน่วยความจำนี้ก็จะปรากฏเป็นตัวอักษรที่แผงแสดงทันที

5. CGRAM (Character Generator RAM) คือหน่วยความจำภายในตัว LCD Module ใช้สำหรับเก็บภาพตัวอักษรที่ผู้ใช้สามารถสร้างเองได้ (8 ตัว) โดยจะอ้างแอดเดรส (Address) ได้ทั้งหมด 64 ไบท์ คือ 8 ตัวอักษรคูณกับ 8 แถว

2.4.3 แนวทางการเขียนโปรแกรมควบคุม

1. เมื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ LCD Module ครั้งแรก ภายในจะมีการรีเซ็ทระบบโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะใช้เวลา 10 ms หลังจากที่ระดับแรงดันไฟขึ้นถึง 4.5 โวลท์แล้ว ทั้งนี้ระบบรีเซ็ท ดังกล่าวจะกระทำสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

– ทำการเคลียร์จอภาพทั้งหมด (Clear Display)

– กำหนดคุณสมบัติด้วยคำสั่ง Function Set คือ DL = 1 (ติดต่อกับระบบไมโครในแบบ 8 บิท) , N = 0 (แสดงข้อมูล 1บรรทัด) , F = 0 (กำหนดตัวอักษรแบบ 5*7 จุด)

– กำหนดคุณสมบัติด้วยคำสั่ง Display On/Off คือ D = 0 (ไม่แสดงข้อมูล) , C = 0 (ปิดเคอเซอร์) , B = 0 (เคอเซอร์ไม่กระพริบ)

– กำหนดคุณสมบัติ ด้วยคำสั่ง Entry Mode Set คือ I/D = 1 (Increment) , S = 0 (No Shift)

ในการที่จะใช้งาน LCD Module นั้น จะต้องรอให้ขบวนการรีเซ็ทภายในให้เรียบร้อยเสียก่อน ซึ่งสามารถที่จะตรวจสอบได้ด้วย Busy flag

2. การใช้งาน LCD Module นั้น จะเกี่ยวข้องกับทางด้านโปรแกรมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งชุดคำสั่งต่างๆ รวมทั้งการอ่านหรือเขียนข้อมูลนั้น จะถูกกำหนดด้วยขาสัญญาณทั้งหมดที่มีอยู่ ซึ่งการเขียนโปรแกรมควบคุมจะต้องกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ต้องการไว้ที่ส่วนต้นของโปรแกรม และจากนั้นจากนั้นก็จะเป็นการอ่านและเขียนข้อมูลลงใน DDRAM ซึ่งจะเป็นข้อความที่จะแสดงบนหน้าจอนั่นเอง

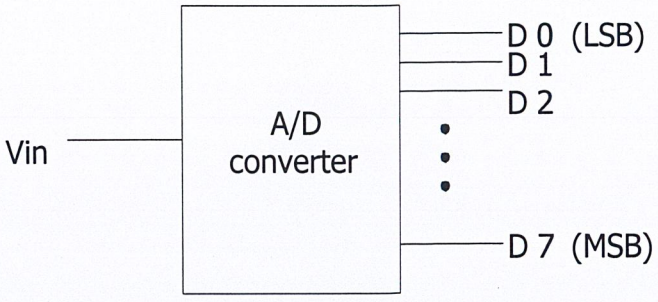
2.5 การอินเตอร์เฟสและการแปลงสัญญาณของข้อมูล

ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นปกติจะมีพอร์ท (Port) อยู่กับตัวมันเสมอเพื่อเป็นการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อประโยชน์ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ แต่ในหลายๆ กรณีอุปกรณ์จำนวนมากต้องถูกควบคุมด้วยสัญญาณอนาล็อก (Analog) ซึ่งเป็นสัญญาณที่ต่อเนื่อง ตัวอย่างอุปกรณ์เช่น เอซีมอเตอร์ (ความเร็วในการหมุน) จะถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงเป็นเหตุให้สัญญาณทางดิจิตอลที่เอาต์พุทต้องเปลี่ยนเป็นสัญญาณอนาลอก และอินพุทจะต้องทำการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลเสียก่อน ดังนั้นวงจรการแปลงสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอนาลอก (D/A) และจาก อนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D) จึงมีบทบาทเข้ามาเกี่ยวข้อง

2.5.1 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

ปกติแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีการติดต่อกับอุปกร์ทางอนาลอก ดังนั้นจึงเป็นที่จะต้องการรับสัญญาณหรือข้อมูลเข้ามาเพื่อที่จะประมวลผลต่อไป ตัว A/D คอนเวอร์เตอร์นั้นก็คือตัวเปลี่ยนสัญญาณจากอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล รูปที่ 2.16 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ A/D คอนเวอร์เตอร์ วงจรนี้จะผลิตเอาต์พุทแบบไบนารี่ N บิทซึ่งจะเป็นอัตราส่วนกับแรงดันอินพุท จากกราฟรูปที่ 2.17 ซึ่งแสดงถึงคุณสมบัติของ A/D คอนเวอร์เตอร์แบบ 4 บิท จะเห็นว่าคล้ายคลึงกันมากกับรูปที่ 2.18 หลังจากนี้ไปเราจะมาพิจารณาถึงพารามิเตอร์ ที่สำคัญซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติของ A/D คอนเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

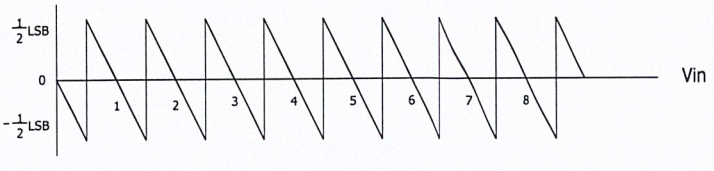


รูปที่ 2.16 แสดงสัญลักษณ์ของ A/D คอนเวอร์เตอร์

รูปที่ 2.17 แสดงคุณสมบัติของ A/D คอนเวอร์เตอร์แบบ 4 บิท

2.5.2 หลักการของ A/D คอนเวอร์เตอร์

กุญแจสำคัญที่เราใช้ในการพิจารณา คุณสมบัติของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ อนาลอกเป็นดิจิตอลนั้นสามารถสังเกตได้จากรูปที่ 2.17 ในกรณีของการแปลงสัญญาณจากดิจิตอล เป็นอนาลอกนั้นตัวที่กำหนดความถูกต้องก็คือ จำนวนบิท ในกรณีของการแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอลก็เช่นเดียวกันจากรูปที่ 2.17 จะเห็นว่าจำนวนขั้นบันได (Stair – step) ทั้งหมดมี 16 ขั้น เอาต์พุทของ A/D คอนเวอร์เตอร์นั้น จะถูกประมาณว่าเป็นสัญญาณอินพุทแบบดิจิตอล กราฟแสดง ข้อผิดพลาดในเอาต์พุทที่จุดต่าง ๆ ดูได้จากรูปที่ 2.18

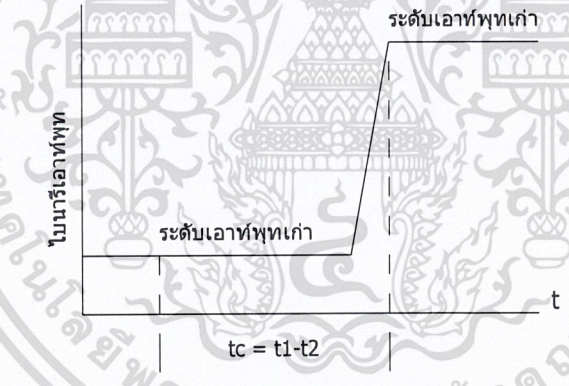


รูปที่ 2.18 แสดงข้อผิดพลาดของ A/D คอนเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของตัวแปลงที่มีเรสโซลูชั่นสูงๆ (อินพุทบิทมาก) ความกว้างสูงสุดของข้อผิดพลาดจะลดลงตามบททฤษฎีแล้ว ถ้าเป็น A/D คอนเวอร์เตอร์ในอุดมคติจะต้องมีเอาต์พุทมากจนนับไม่ได้ (ถึง ∞) ดังนั้นจะมีค่าเรสโซลูชั่นถึง ∞ จะทำให้กราฟรูปที่ 2.18 แกนตั้งเป็น 0 แต่ไม่มีทางเกิดขึ้นได้ในทางปฏิบัติข้อผิดพลาดที่เกิดจากมีเรสโซลูชั่นที่จำกัดเรียกว่า ข้อผิดพลาดควอนไตร์ (Quantizing error) ข้อผิดพลาดชนิดนี้ไม่สามารถจำกัดได้

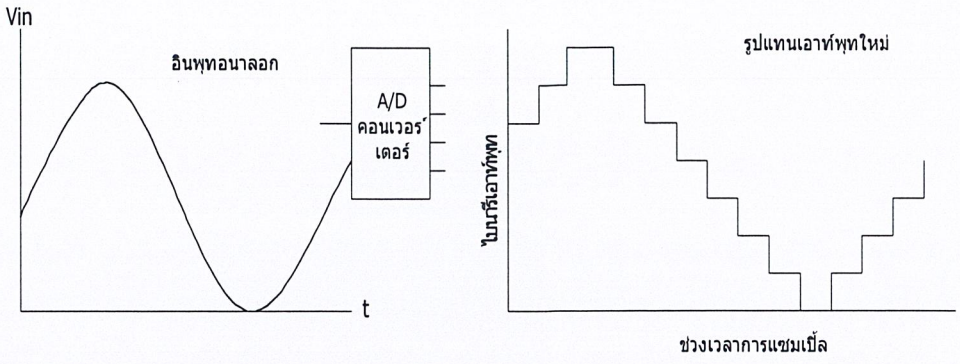
เอาต์พุทของ A/D คอนเวอร์เตอร์ ก็คือระดับอินพุทซึ่งจะคงที่ในเวลาหนึ่ง สิ่งนี้ชี้ให้เห็นว่า A/D คอนเวอร์เตอร์ ทำงานโดยการแซมเปิ้ลปริมาณของสัญญาณอนาลอกและต้องแน่ใจว่าสัญญาณจะคงที่ ณ ช่วงเวลานั้น เราจึงต้องมีวงจรสำหรับค้างค่า (Hold) ของสัญญาณจึงทำให้เรานิยมใช้วงจรแซมเปิ้ลและโฮลด์ (Sample and hold) เพื่อแน่ใจว่าปริมาณของอินพุท จะไปเปลี่ยนขณะที่กำลังทำการแปลงสัญญาณ เวลาในการแปลงสัญญาณและอัตราการแซมเปิ้ล เป็นปัจจัยในการพิจารณาอย่างมาก เวลาในการแปลงสัญญาณ (Conversion time; t_c) คือเวลาที่ช้าไประหว่างที่อินพุทเข้ามาจนถึงการแสดงค่าของไบนารีเอาต์พุท ในกรณีที่เอาต์พุทจะเริ่มต้นเปลี่ยนจาก 0 ไปถึงค่าที่มากที่สุด ในรูปที่ 2.19 เป็นตัวอย่างของเวลาหน่วย (Time delay)



รูปที่ 2.19 แสดงการตอบสนองของเวลาแปลงสัญญาณ (Conversion time) ของ A/D

อินพุทที่เข้าในคอนเวอร์เตอร์จะอยู่ ณ เวลา t_1 และสัญญาณตอบสนอง ณ t_2 ผลต่างของทั้งสองก็คือ เวลาแปลงสัญญาณ t_c เวลาแปลงเป็นอัตราที่มากที่สุด ซึ่งสัญญาณถูกแซมเปิ้ลช่วงเวลาของการแซมเปิ้ล เรียกว่าเวลาแซมเปิ้ล อัตราแซมเปิ้ลใช้ช่วงในการบอกเวลาแซมเปิ้ลเพื่อให้ทราบถึงผลของการแซมเปิ้ลบนสัญญาณอินพุทอนาลอกไปเป็นปริมาณดิจิตอล พิจารณาจากรูปกราฟไซน์ดังรูปที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 แสดงขบวนการแปลงสัญญาณดิจิตอลด้วยการ A/D คอนเวอร์เตอร์

ถ้าเราให้เวลาแปลงสัญญาณ t_c น้อยมาก ๆ จนตัดทิ้งได้เวลาในการแซมเปิ้ล 1/10 ของสัญญาณอินพุท จะได้กราฟเป็นรูปลักษณะแบบรูปที่ 2.20 ถ้าเราเพิ่มอัตราแซมเปิ้ลและเพิ่มเรสโซลูชั่น (จำนวนเอาต์พุทบิท) ให้มากขึ้นก็จะได้ว่าเอาต์พุทที่ใกล้เคียงกับสัญญาณอนาลอกจากอินพุทมากขึ้น

ถ้าอินพุทเปลี่ยนแปลงระดับอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับอัตราแซมเปิ้ล A/D คอนเวอร์เตอร์ไม่สามารถแสดงให้เห็นจากระบบเวลาแซมเปิ้ล (Time sample system) เช่น A/D คอนเวอร์เตอร์อัตราความถี่ของการแซมเปิ้ลต้องอย่างน้อย 2 ครั้ง ต่อหนึ่งลูกคลื่นของสัญญาณอินพุท การกำหนดความถี่ในการแซมเปิ้ลแบบนี้ก็คือ ทฤษฎีในควิสต์แซมเปิ้ล (Nygist sampling treorem) เราจะได้เอาต์พุทของ A/D คอนเวอร์เตอร์เป็นเพี้ยน (Alias) ในการใช้งานที่มีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอินพุทเร็ว ๆ เราควรที่จะใช้ในการแซมเปิ้ลแบบความเร็วสูง เพื่อจะให้ความถูกต้องมากในปัจจุบันการควบคุมระบบ จะใช้การแซมเปิ้ลที่มีอัตราสูง อัตราการแซมเปิ้ลที่มากสุดถูกจำกัดโดยความเร็วในการแปลงสัญญาณของ A/D คอนเวอร์เตอร์ เช่น ถ้าแซมเปิ้ลทุก ๆ 10 ns ก็จะไม่ดีเมื่อความเร็วในการแปลงสัญญาณเป็น 500 ns จะทำให้เอาต์พุทออกมาแบบนำไปใช้งานไม่ได้

อีกจุดหนึ่งที่สำคัญก็คือ ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นของ A/D คอนเวอร์เตอร์จะเกิดเป็นข้อผิดพลาดทางออฟเซต (Offset) , เกน (Gain) และความไม่เป็นเส้นตรง (Nonliniarity) ซึ่งมีผลต่อความเที่ยงตรงของการแปลงสัญญาณข้อผิดพลาดพวกนี้จากวงจรที่นำมาสร้างเป็นตัว A/D คอนเวอร์เตอร์ซึ่งกล่าวในเรื่องต่อไปนี้

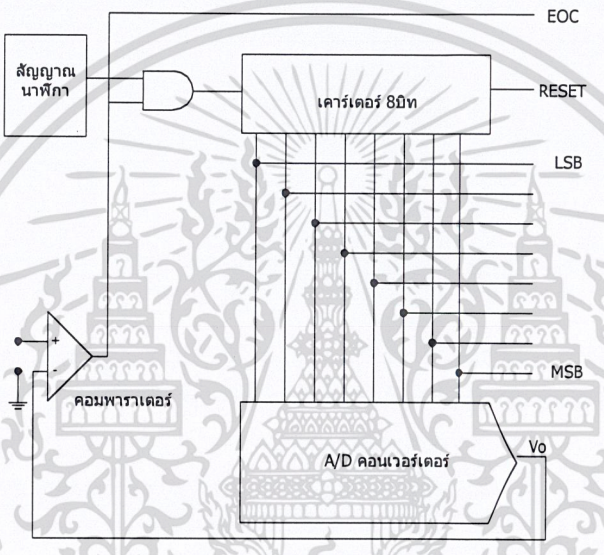
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 วงจรของ A/D คอนเวอร์เตอร์

ในปัจจุบันมีวิธีการและเทคนิคมากมายเกี่ยวกับการแปลงสัญญาณ แต่วิธีการหลักๆ ก็จะเป็นพวกที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้

2.5.3.1 RAMP A/DCONVERTER

เป็นวิธีการที่เข้าใจได้ง่ายที่สุด แสดงดังรูป 2.21 หลักการของวงจรนี้ก็คือ ตัว D/A คอนเวอร์เตอร์ ตัวคอมพาราเตอร์ (Comparator) และ D/A คอนเวอร์เตอร์ นี่คือรูปร่างของ A/D คอนเวอร์เตอร์ สมมติให้แรงดันบวกไฟตรงเข้าที่อินพุทของคอมพาราเตอร์



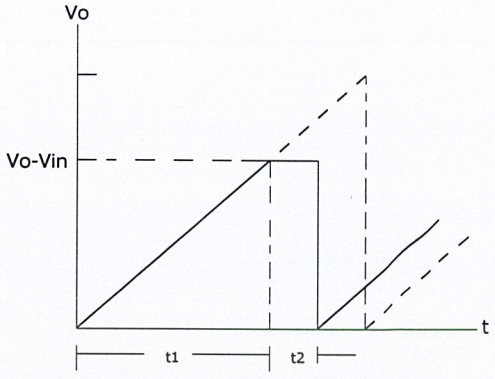
รูปที่ 2.21 แสดงA/D คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งทั่วไปใช้ไบนารีเคาน์เตอร์ (Binary counter)

1. คอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณเซ็ตไปให้กับเคาน์เตอร์ก็จะป้อนสัญญาณอินพุทขณะที่สัญญาณนาฬิกาส่งไปที่เคาท์เตอร์เอาต์พุทของ D/A คอนเวอร์เตอร์ (V_0) จะแสดงระดับแรงดันที่สูงขึ้น ดังรูปที่ 2.23

2. ณ จุดเดียวกันนั้นเองตัวเคาน์เตอร์จะนับเพิ่มขึ้น จนกระทั่งเอาต์พุทของตัวD/A คอนเวอร์เตอร์เกินค่าของ V_{in} เมื่อถึงจุดนี้เอาต์พุทของคอมพาราเตอร์จะแสดงค่าไปจนกระทั่งเป็น 0 โวลท์เมื่อถึง 0 โวล์ทก็จะหยุดสัญญาณนาฬิกา หยุดการนับที่จุดซึ่ง V_0 เพิ่งจะมากกว่า V_{in}ขา EOC จะลดระดับเป็นระดับต่ำและส่งไปให้คอมพิวเตอร์รู้ว่าขณะนี้ข้อมูลพร้อมที่จะอ่านได้แล้ว ขา EOC ยังสามารถใช้ไปในการเริ่มต้นอินเตอร์รัปต์ หรือใช้ในการส่งค่าควบคุมไปที่อินพุทพอร์ทแลชท์

3. หลังจากคอมพิวเตอร์อ่านข้อมูลเสร็จแล้ว ก็จะส่งสัญญาณ A/D คอนเวอร์เตอร์ หลังจากนั้นก็เริ่มทำกระบวนการแบบเดิมอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

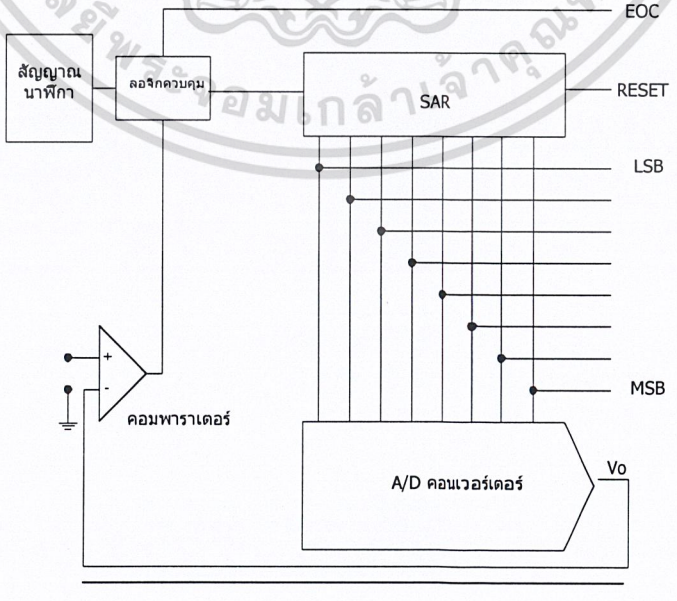


รูปที่ 2.22 แสดงกราฟเอาต์พุทของส่วน A/D คอนเวอร์เตอร์

กราฟรูปนี้แสดงการทำงานของแรมป์ A/D คอนเวอร์เตอร์ โดย t_1 แทนเวลาที่ตัวนับใช้เพื่อจะแรมป์ (Ramp) เอาต์พุทของ A/D คอนเวอร์เตอร์ที่เพิ่มจะเลย V_{in} t_2 แทนเวลาระหว่างที่คอมพิวเตอร์อ่านข้อมูลและส่งสัญญาณรีเซ็ต t_2 ขึ้นอยู่กับซอฟท์แวร์ที่จะควบคุมรีเซ็ตเวลาที่ใช้ในการแปลงสัญญาณก็คือ t_1 ถูกกำหนดโดยค่าของ V_{in} และความถี่ของสัญญาณ

2.5.3.2 SUCCESSIVE APPROXIMATION A/D CONVERTER

ซักเซสซีฟแอปบล็อกซิเมชั่นรีซิสเตอร์(SAR) เป็นตัวหลักของ A/D คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งก็ใกล้เคียงกับแบบแรมป์ (RAMP) รูปที่ 2.23 แสดงบล๊อกไดอะแกรมสำหรับแบบ SAR A/D คอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.23 แสดงคอนเวอร์เตอร์ซึ่งใช้เทคนิค SAR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งวิธีการของแรมป์และ SAR คอนเวอร์เตอร์ต่างก็ใช้ D/A คอนเวอร์เตอร์ และคอมพาราเตอร์ในการทำงานเหมือนกับส่วนที่แตกต่างกันเห็นจะได้แก่ส่วนเคาท์เตอร์ วิธีการแรมป์ทำงานโดยอาศัยการนับขึ้นในการลำดับไบนารี่จนกระทั่งเกิน V_{in}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการทำงาน

3.1 การทำงานของระบบโดยรวม

เมื่อป้อนค่าพิกัดต่างๆของมอเตอร์ที่ใช้งานตามป้ายพิกัด (Name Plate) ผ่านทางคีย์บอร์ด โดยค่าที่ต้องป้อนนั้นจะประกอบด้วย ขนาดจำนวนเฟสของมอเตอร์ที่ต้องการนำมาใช้งาน , ขนาดพิกัดแรงม้าของมอเตอร์ , ขนาดพิกัดแรงดัน (Voltage Rating), ขนาดพิกัดกระแสตาม Name plate (Current Rating) และ ขนาดกระแสตัดวงจร (Trip Current) ที่ต้องการให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำการประมวลผลให้เลือกเข้าสู่โหมดของการสตาร์ทมอเตอร์แต่ละแบบ และเมื่อทำการกดปุ่มสตาร์ทมอเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการสั่งงานให้ชุดโซลิดสเตททำงานเพื่อต่อวงจรให้มอเตอร์เริ่มหมุนไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการประมวลผลค่าแรงดันและกระแสจากชุดตรวจวัดแรงดันและกระแส ซึ่งจะทำการตรวจเช็คเฟสไปด้วย และจะทำการแสดงค่าแรงดันและกระแส ผ่านทางจอ LCD ในสภาวะปกติแต่ถ้าเกิดการผิดปกติในค่าพิกัดที่ทำการตรวจวัดมาได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำการหยุดมอเตอร์โดยอัตโนมัติและจะแสดงผลการผิดปกติ ผ่านทางจอ LCD พร้อมทั้งส่งสัญญาณเตือน (Alarm) ให้ผู้ใช้งานรับรู้ว่าได้เกิดการผิดปกติที่มอเตอร์

3.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาใช้ในโครงงานนี้เป็นบอร์ดรุ่น ANT-32 ซึ่งประกอบไปด้วย CPU 80C32 พอร์ทขยาย 8255 จำนวน 2 ชุด สำหรับใช้งานเป็นพอร์ทอินพุทเอาต์พุท พอร์ทสำหรับต่อ LCD โดยเป็นการต่อแบบ Memory Map หน่วยความจำสำหรับโปรแกรม จำนวน 32 กิโลไบท์ หน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 32 กิโลไบท์ หน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูลอีก 32 กิโลไบท์ และ ไอซี MAX 691 สำหรับการสำรองข้อมูล (Backup RAM)

โดยในการเขียนโปรแกรมสั่งงานพอร์ท 8255 ทั้งสองชุด จะต้องอ้างตามแอดเดรสต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงการเขียนโปรแกรมสั่งงานพอร์ท 8255

USER PORT 1	ADDRESS
PORT A	F800H
PORT B	F801H
PORT C	F802H
MODE PORT	F803H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

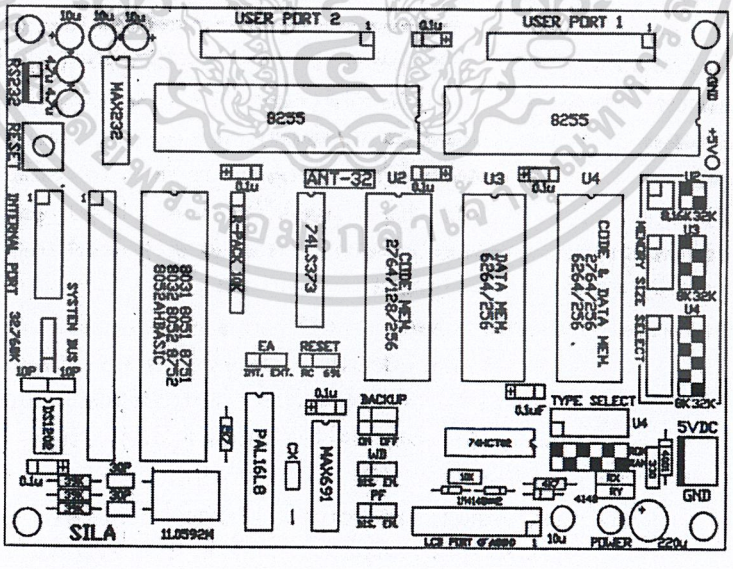
ตารางที่ 3.1 แสดงการเขียนโปรแกรมสั่งงานพอร์ท 8255 (ต่อ)

USER PORT 2	ADDRESS
PORT A	FC00H
PORT B	FC01H
PORT C	FC02H
MODE PORT	FC03H

ส่วนการเขียนให้ติดต่อกับ LCD Module นั้น จะต้องโปรแกรมให้กับพอร์ทดังนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงการเขียนโปรแกรมสั่งงานพอร์ท LCD

ลักษณะของพอร์ทที่ติดต่อ	ADDRESS
สำหรับเขียนคำสั่ง (RS=0,R/W=0)	FA00H
สำหรับอ่านค่า BUSY (RS=0,R/W=1)	FA01H
สำหรับเขียนข้อมูล (RS=1,R/W=0)	FA02H
สำหรับอ่านข้อมูล (RS=1,R/W=1)	FA03H

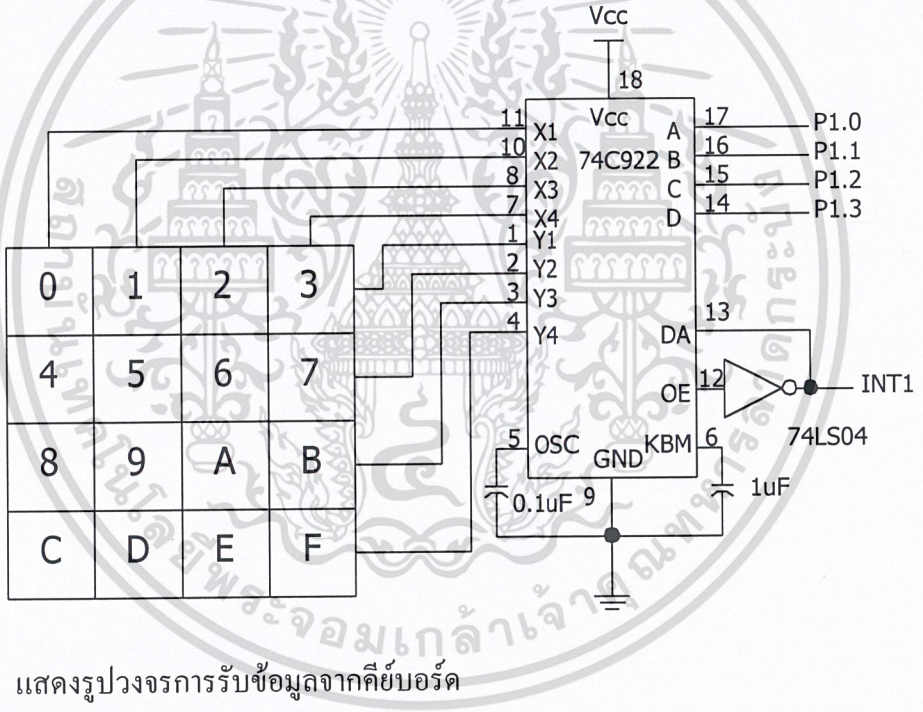


รูปที่ 3.1 แสดงภาพบอร์ดและตำแหน่งจัมพ์เปอร์บนบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด (Keyboard Interface)

ในโครงงานนี้ ใช้คีย์บอร์ดขนาด 16 ปุ่มซึ่งได้ใช้ไอซีเบอร์ 74C922 เป็นไอซีถอดรหัสคีย์บอร์ดขนาด 16 คีย์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการลดสัญญาณเบาวนซ์(Debounce) ในการกดคีย์ และยังมีคุณสมบัติเด่นอีกประการหนึ่งคือ มีความสามารถในการจดจำลำดับคีย์ต่างๆ ที่กดได้ ในการแก้เบานซ์นั้นจะใช้คาปาซิเตอร์ขนาด 1uF ต่อเข้าที่ขา KBM ซึ่งจะทำให้มีช่วงเวลาดีเบานซ์ (Debounce period) 0.01 วินาที และเลือกใช้ความถี่สแกนคีย์บอร์ด 1 kHz โดยใช้ คาปาซิเตอร์ขนาด 0.1 uF ต่อเข้าที่ขา OSC ของไอซี ซึ่งลักษณะการต่อวงจรเป็นดังรูปที่ 3.2 โดยที่เมื่อมีการกดคีย์แล้ว ขา DA ของ 74C922 จะเป็นตัวซึ่งส่งสัญญาณไปบอกไมโครคอนโทรลเลอร์ว่ามีการกดอินพุทที่คีย์บอร์ดแล้ว เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับสัญญาณนี้แล้ว ก็จะทำการอ่านค่าข้อมูลเข้าไปที่พอร์ท 1 และประมวลผลว่าได้ทำการกดคีย์ใดเข้าไปและจะทำงานตามคีย์ที่กดเข้ามา



รูปที่ 3.2 แสดงรูปวงจรการรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด

3.4 วงจรตรวจวัดแรงดัน (Voltage Sensor)

วงจรตรวจวัดแรงดันนี้อาศัยหลักการทำงานของวงจรเรกติไฟร์เออร์(Rectifier) เป็นวงจรที่ใช้ตรวจวัดแรงดันที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง ไม่ได้มีจุดประสงค์เพื่อจ่ายกระแสให้กับอุปกรณ์เหมือนกับวงจรอื่นทั่วไป แต่วงจรนี้มีไว้เพื่อตรวจวัดระดับแรงดันต่างๆในสายไฟ 220V ให้แรงดันอยู่ในช่วง 0-5V และที่สำคัญวงจรนี้ไม่ต้องการกระแสจำนวนมากโดยวงจรนี้ต้องการกระแสจำนวนน้อยมากระดับไมโครแอมป์เพื่อป้อนเข้าสู่อินพุทของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล โดยมีซีเนอร์ไดโอดเป็นตัวป้องกันแรงดันเกิน 5 V ที่เอาต์พุท โดยจะปรับแรงดันให้อยู่ในช่วง 0V-5Vโดยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

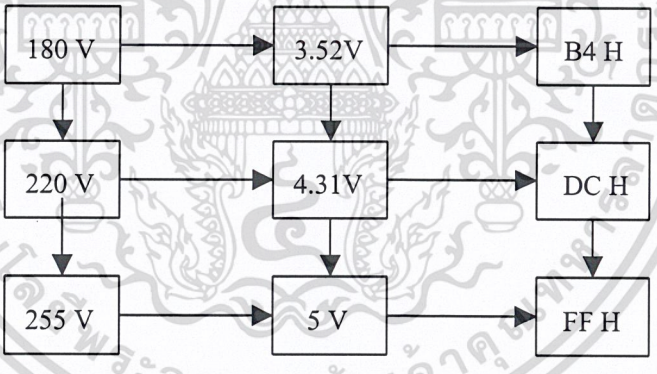
ปรับ VR1 ให้ระดับแรงดันเท่ากับ 0 VDC ที่ 0 VAC ที่ระดับแรงดัน 4.31 VDC ที่ 220VAC โดยใช้โวลท์มิเตอร์เป็นตัววัดแรงดัน และเนื่องจากวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลนั้นสามารถรับระดับแรงดันได้สูงสุดแค่ 5V แต่ถ้าแรงดัน 220V มีการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันที่เอาท์พุทก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เนื่องจากแรงดันที่เข้ามาเพิ่มขึ้น แรงดันทางด้านออกก็จะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย และถ้าระดับแรงดันเอาต์พุทเป็น 5 V แรงดันอินพุทจะมีค่าเป็น 255 V ดังนั้นจะแบ่งได้ดังนี้ ในการทดลองความสว่างของ LED ที่ 4.31V (LEDสว่างเป็น 1 และLED ดับเป็น 0)

ตารางที่ 3.3 แสดงเอาท์พุทของ ADC 0809

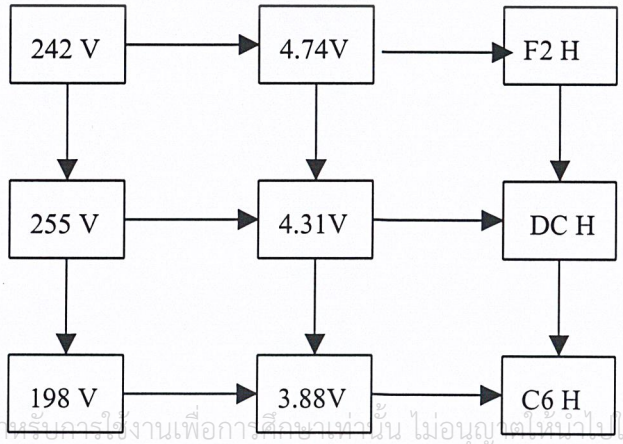
MSB				LSB			
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	1	0	1	1	1	0	0

เมื่อเป็นเลขฐาน 16 จะได้ DCH

จากการทดลองจะได้ผลตารางการบันทึกค่าคือ

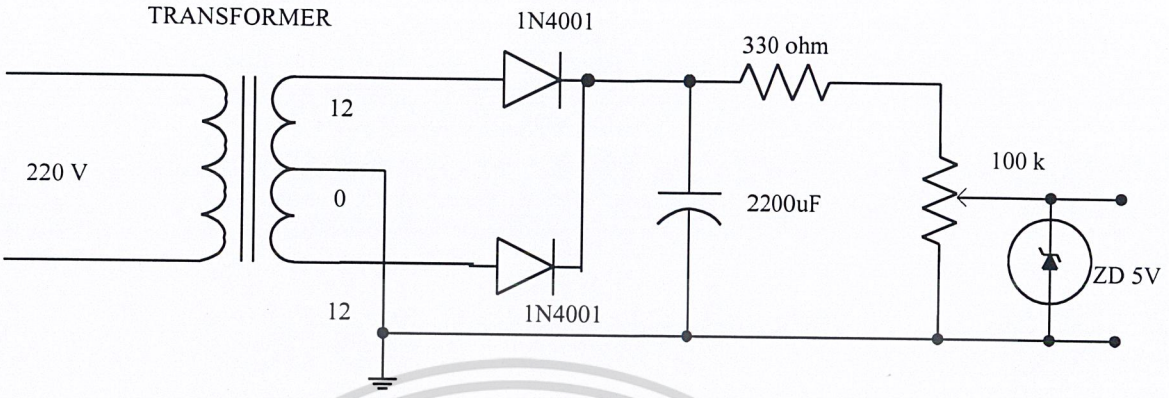


ซึ่งในสภาวะแรงดันทั่วไปแรงดันเกินจะอยู่ที่ 242V และแรงดันไฟตกจะอยู่ที่ 198V



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวงจรตรวจวัดแรงดันนี้สัญญาณยอดแหลม (Transient voltage) จะไม่สามารถผ่านไปได้เนื่องจากมีหม้อแปลงทำหน้าที่เป็นฟิลเตอร์ยอดแหลมให้หมดไป

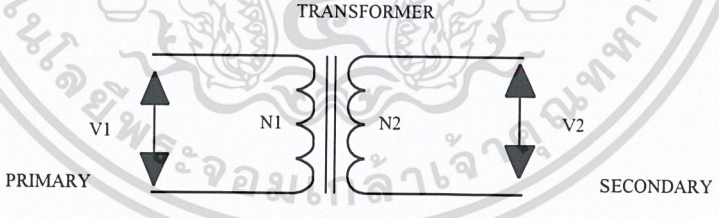


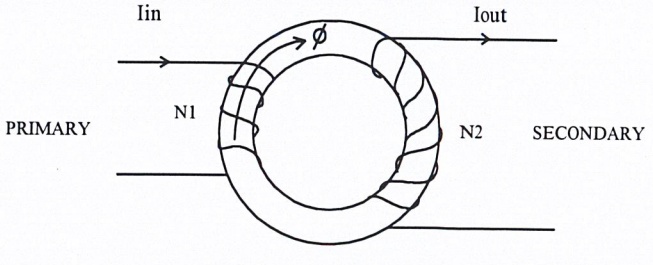
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรตรวจวัดแรงดัน

3.5 การตรวจวัดกระแส

3.5.1 หม้อแปลงกระแส

หม้อแปลงกระแสเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าเหมือนกับหม้อแปลงแรงดัน โดยกระแสที่ไหลเข้าทางฝั่งปฐมภูมิ (Primary) จะทำให้เกิดฟลักซ์ (Flux) ไหลในแกนเหล็กไปตัดกับขดลวดทุติยภูมิ (Secondary) ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดทุติยภูมิเกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้น แต่มีข้อแตกต่างจากหม้อแปลงแรงดันก็คือ ค่าของกระแสในด้านปฐมภูมิขณะที่ด้านทุติยภูมิไม่มีโหลดจะสูงกว่าค่ากระแสกระตุ้น





รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของหม้อแปลงกระแสที่ใช้แกนเทอร์รอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเป็นหม้อแปลงกระแสที่ใช้แกนเทอร์รอยด์ (Terroid) ซึ่งจะเหมาะสมในการวัดกระแสสลับที่มีความถี่สูง ถ้านำมาใช้งานที่ความถี่ต่ำจะทำให้เกิดการอิ่มตัวของแกนเหล็กขึ้น รูปคลื่น IA ที่วัดได้จะไม่เป็นรูป Sinusoidal แต่จะเป็นรูปกราฟของการอิ่มตัวของแกนเหล็กแทน นอกจากแกนเทอร์รอยด์แล้วยังมี แกนซีไอ (CI) แกนอีไอ (EI) ที่ใช้ในความถี่ทั่วไป (50-60 Hz) จะทำมาจากแผ่นลามิเนต (Laminate) ซึ่งมีค่าความซึมซาบแม่เหล็กต่ำกว่าแกนเฟอร์ไรต์ทำให้เกิดการอิ่มตัวช้ากว่าที่ความถี่ต่ำ พิกัดการใช้งานทั่วไป (ที่ 50-60 Hz) ในการออกแบบใช้งานหม้อแปลงกระแสของปริญญานิพนธ์นี้ จะเลือกใช้หม้อแปลงกระแสที่ใช้วัดกระแสในช่วง 60A มาประยุกต์ใช้งาน โดยเปลี่ยนจำนวนรอบทางด้านปฐมภูมิให้เหมาะสม โดยพันจำนวนรอบเพิ่มเพื่อให้อัตราส่วนทรานฟอร์เพิ่มขึ้น

ในการออกแบบปริญญานิพนธ์นี้จะใช้กับมอเตอร์ที่มีขนาดพิกัดอยู่ในช่วง 0-15 A แต่หม้อแปลงที่มีขายอยู่ในท้องตลาดจะใช้งานในช่วงกระแสสูงกว่ามาก จึงมีการประยุกต์ใช้งานเพื่อให้มีความเหมาะสม กับช่วงพิกัดของมอเตอร์ดังที่กล่าวมแล้วข้างต้น โดยดูจากค่ากระแสเอาท์พุทที่ต้อง การซึ่งสัมพันธ์กับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขดทุติยภูมิที่คงที่กับกระแสอินพุทแต่ละค่า

เนื่องจากวงจรรับข้อมูลเพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นได้ใช้ IC 0809 เป็นตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ซึ่ง IC 0809 นี้จะมี VREF(+) = 5 V และ VREF(+) = 0 V ดังนั้นสัญญาณกระแสที่ต้องแปลงส่งไปยังวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ต้องสัมพันธ์กับแรงดันไฟฟ้าตามตาราง

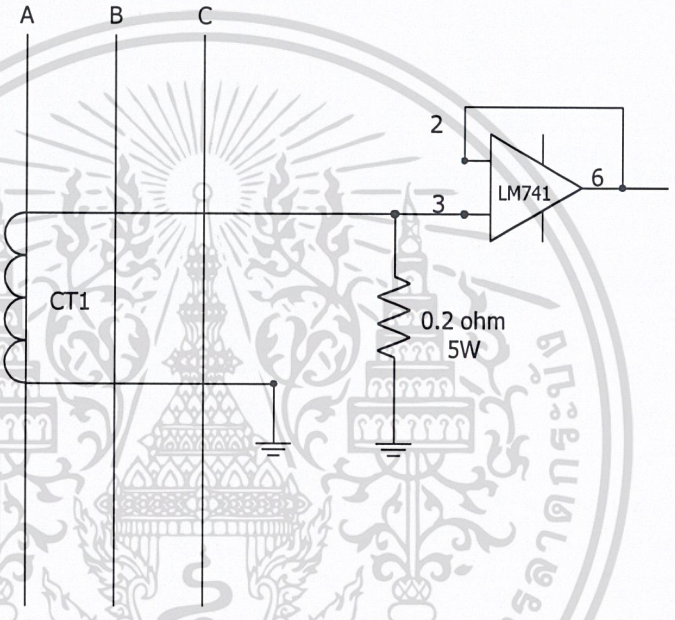
ตารางที่ 3.4 แสดงกระแสเข้ามอเตอร์และแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการทางด้านเอาท์พุท

กระแสเข้ามอเตอร์ (แอมป์)	แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการแปลง (โวล์ท)
1	0.333
2	0.666
3	0.999
4	1.332
5	1.665
6	1.998
7	2.331
8	2.664
9	2.997
10	3.330

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11	3.663
12	3.996
13	4.329
14	4.662
15	4.995

3.5.2 วงจรตรวจวัดกระแส



รูปที่ 3.5 แสดงโครงสร้างวงจรตรวจวัดกระแส

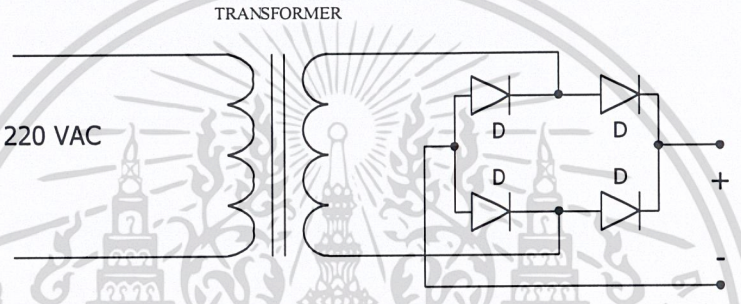
วงจรตรวจวัดกระแสนี้ จะต่ออยู่ทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงกระแส ทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสเป็นแรงดันซึ่งจะส่งต่อไปในวงจรการวัด โดย R ทำหน้าที่เปลี่ยนกระแส IS เป็นแรงดัน RIS โดยที่ออปแอมป์ถูกต่อให้มีลักษณะมีอินพุทอิมพีแดนซ์สูงมาก และมีเอาต์พุทอิมพีแดนซ์ต่ำมาก ดังนั้นแรงดันอินพุทที่ปรากฏที่เอาต์พุทของออปแอมป์ด้วย ดังนั้นถ้าความสัมพันธ์ระหว่าง IP และ IS เป็นเชิงเส้น และ R มีค่าคงที่ IP จะมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับแรงดัน V ด้วย ในการพิจรณาเลือกค่า R นั้นต้องคำนึงถึงค่าเบอร์เดนของหม้อแปลงกระแสและขนาดของแรงดันที่จะไปขับวงจรในภาคการวัด กล่าวคือ ในกรณีที่เลือกค่า R น้อยไปจะมีผลทำให้แรงดันเอาทต์พุทน้อยไป สำหรับใช้ในการขับวงจรภาคต่อไป แต่ถ้าเลือกค่า R มากไป ก็จะมีผลให้ความผิดพลาดอันเนื่องจากหม้อแปลงกระแสเพิ่มมากขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปริญญานิพนธ์นี้ ใช้ค่าเปอร์เซนต์เท่ากับ 5 โวลท์-แอมป์ โดยเลือกค่า R = 0.2 โอห์ม และเป็นแบบเซรามิก พิกัด 5 วัตต์ (เนื่องจากผลของ I2R) เพื่อให้สามารถทนกระแส 5 แอมป์ได้ ส่วนออปแอมป์เลือกใช้เบอร์ LM741C

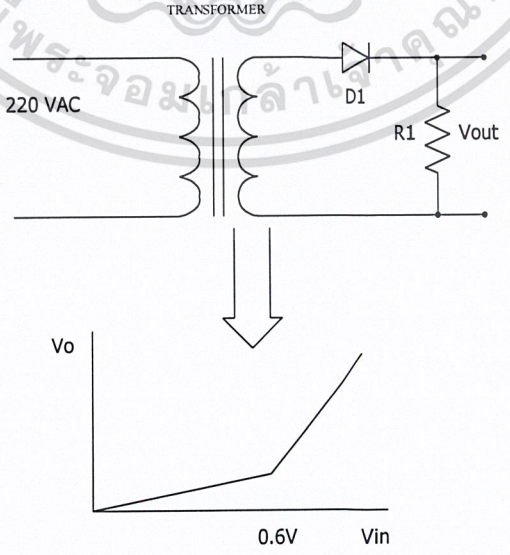
3.5.3 การแปลงสัญญาณไฟสลับเป็นไฟตรงโดยวงจร พรีซิชันฟลูเวฟเรคติไฟร์ (Precision fullwave rectifier)

โดยทั่วๆ ไปการแปลงสัญญาณไฟสลับไปเป็นไฟตรงนั้น จะใช้วงจรบริดเรคติไฟร์ (Bridge rectifier) ซึ่งลักษณะการต่อวงจรจะมีส่วนประกอบของไดโอดประกอบอยู่ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรบริดเรคติไฟร์

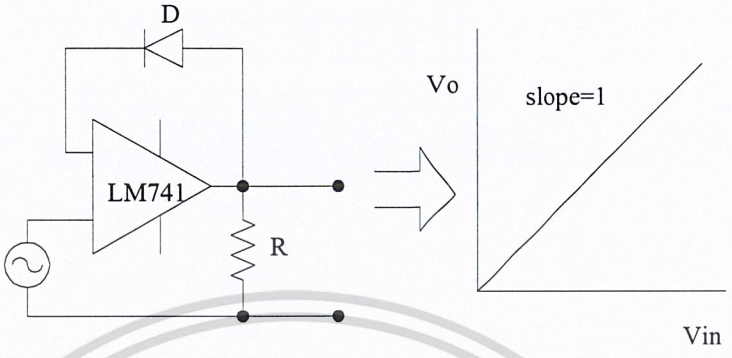
ซึ่งคุณสมบัติของไดโอดแต่ละตัวจะมีค่าแรงดันเบรคดาวน์(Voltage break down) ประมาณ 0.6โวลท์ ทำให้ไม่สามารถใช้เรคติไฟร์ในวงจรที่มีสัญญาณขนาดเล็ก V< 1โวลท์ได้ ลักษณะการทำงานของไดโอด โดยทั่วไปจะเป็นดังรูปกราฟ



รูปที่ 3.7 แสดงคุณสมบัติของไดโอด

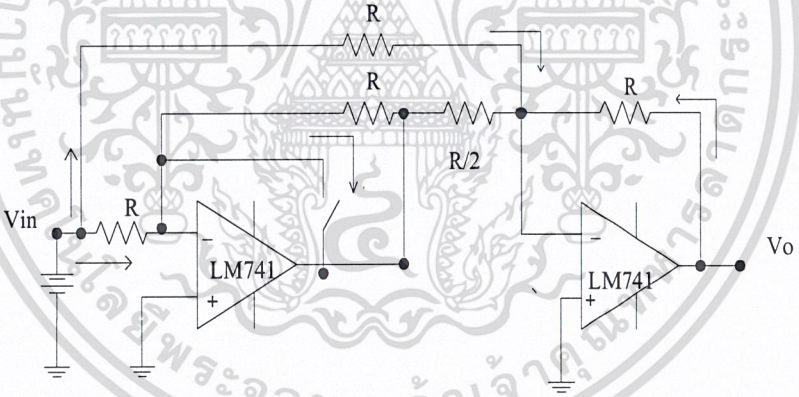
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทำให้มีการดัดแปลงเพื่อสร้างวงจรเรคติไฟร์ขนาดเล็กขึ้นดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงการใช้ออปแอมป์แทนไดโอด

โดยให้ไดโอดมาต่อเป็นตัวป้อนกลับให้กับออปแอมป์ (Op-amp) ซึ่งเมื่อนำมาดัดแปลงให้เป็นสัญญาณเต็มคลื่น จะได้วงจรดังรูปที่ 3.8

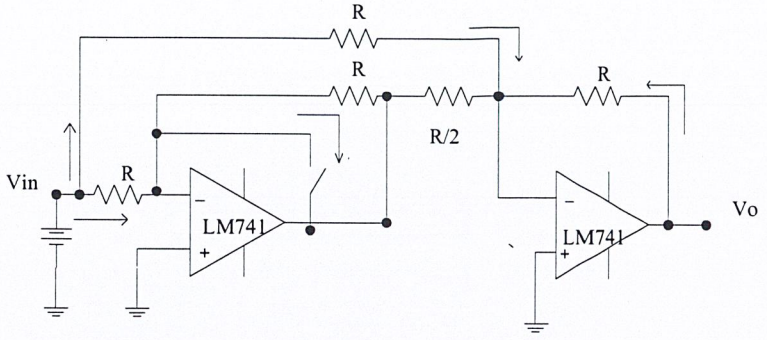


รูปที่ 3.9 แสดงวงจรพรีซิชัน ฟูลเวฟเรคติไฟร์

การทำงานของวงจร พรีซิชันฟลูเวฟเรคติไฟร์ (Prrecision fullwave rectifier) ลักษณะของ วงจรจะเป็นแบบ อินเวอร์เตอร์ (Inverter) 2 ตัวมาต่ออยู่ด้วยกัน

เมื่อ Vin > 0

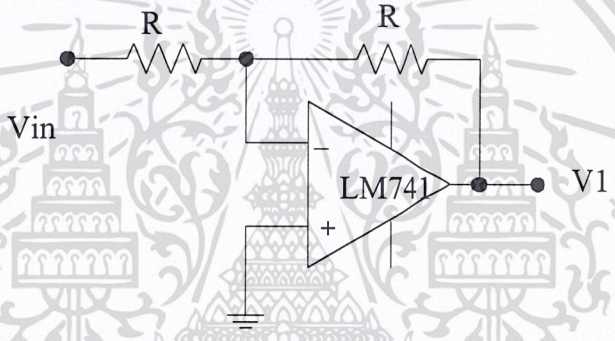
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงวงจรพรีซชันเมื่อป้อนไฟบวก

แยกเป็น 2 วงจรดังนี้

1.



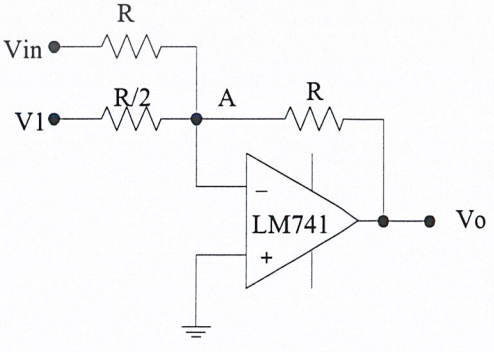
$$\left(\frac{V_a - V_{in}}{R}\right) + \left(\frac{V_a - V_1}{R}\right) = 0$$

ให้ $V_a = 0$,

$$\left(\frac{-V_{in} \times V_1}{2R}\right) = 0$$

$$V_1 = -V_{in}$$

2.



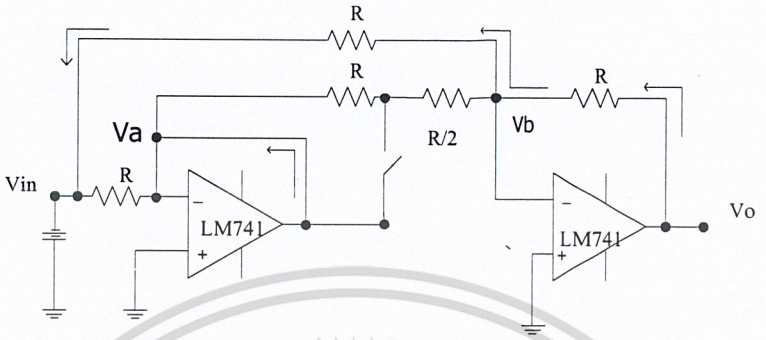
$$\left(\frac{V_r - V_{in}}{R}\right) + \left(\frac{V_b - (-V_{in})}{R/2}\right) + \left(\frac{V_b - V_o}{R}\right) = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ $V_b = 0$;

$$\frac{-V_{in}}{R} + \frac{2V_{in}}{R} - \frac{-V_o}{R} = 0$$

$$V_b = V_{in}$$



รูปที่ 3.11 แสดงวงจรพรีซิชันเมื่อป้อนไฟลบ

เมื่อ $V_{in} < 0$

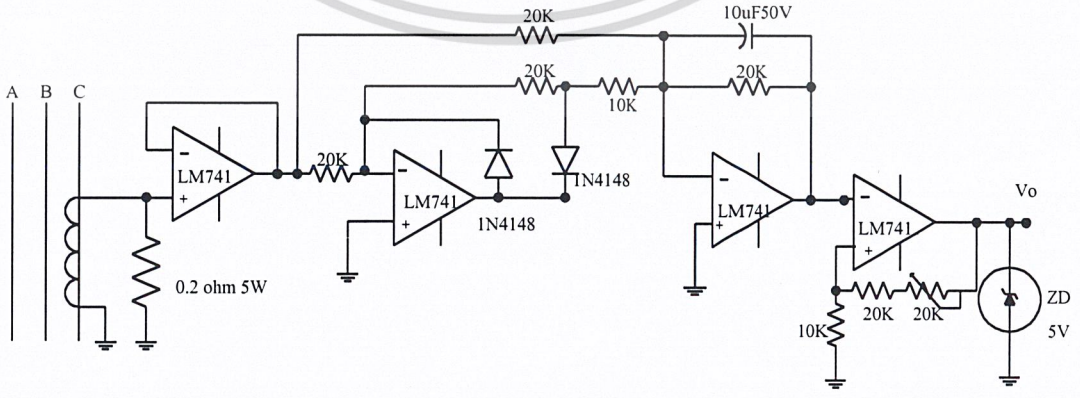
ช่วงซีกลบ

$$\left(\frac{V_b - V_{in}}{R}\right) + \left(\frac{V_b - V_a}{R + (R/2)}\right) + \left(\frac{V_b - V_o}{R}\right) = 0$$

$$\frac{-V_{in}}{R} - \frac{V_o}{R} = 0$$

$$V_o = -V_{in}$$

นั่นคือ สัญญาณที่ผ่านวงจรพรีซิชันฟูลเวฟจะได้สัญญาณไฟบวกออกมา



รูปที่ 3.12 แสดงวงจรพรีซิชันที่ใช้งานจริง

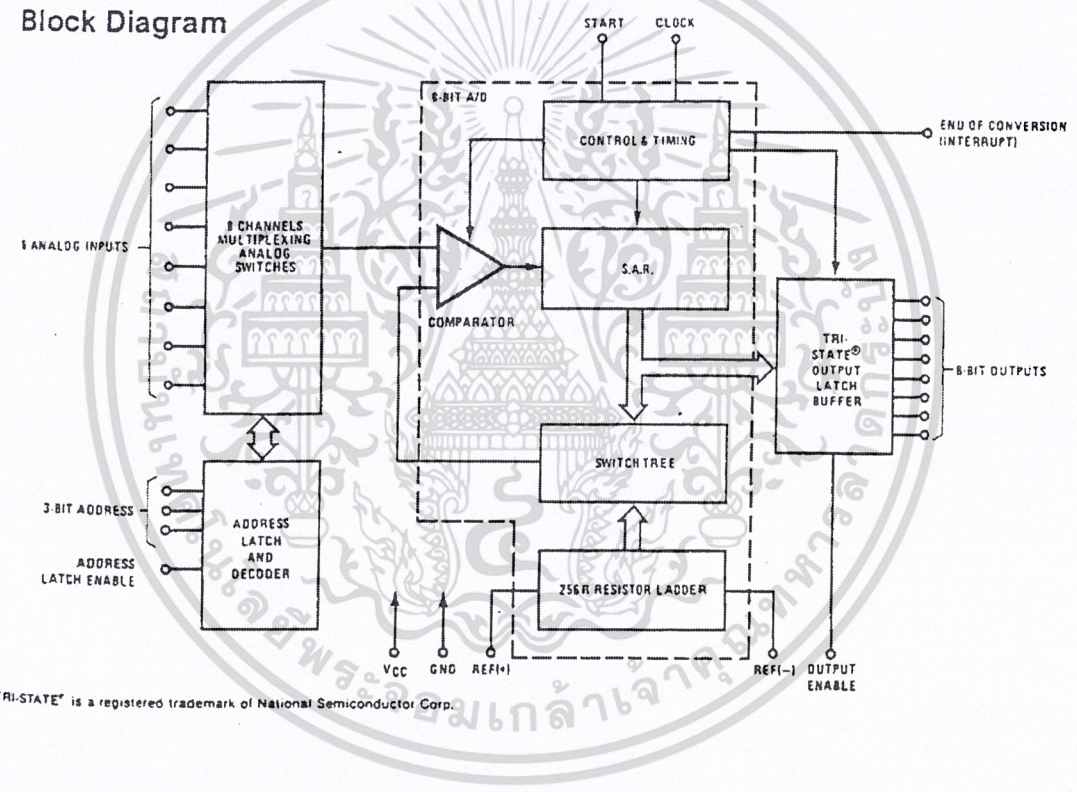
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การออกแบบและการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

3.6.1 เอ / ดี คอนเวอร์เตอร์ ADC 0809

ADC 0809 เป็น IC แบบ CMOS ที่ใช้แปลงสัญญาณ Analog เป็นข้อมูล Digital ที่มีขนาดของข้อมูล 8 bit ซึ่งการทำงานภายในแบบ Soccessive Approximation ที่มีความเร็วปานกลาง และความเที่ยงตรงสูง

และ ADC 0809 มี Analog input ถึง 8 channel ซึ่งสามารถต่อกับสัญญาณ Analog ที่ต้องการแปลงเป็นข้อมูล Digital ได้ถึง 8 ช่องสัญญาณ โดยมีขา Multiplex ในการเลือก Analog input อยู่ 3 ขา คือ ADD A , ADD B และ ADD C ดังรูปเป็นโครงสร้างภายใน ADC 0809



รูปที่ 3.13 แสดง Block Diagram ของ ADC 0809

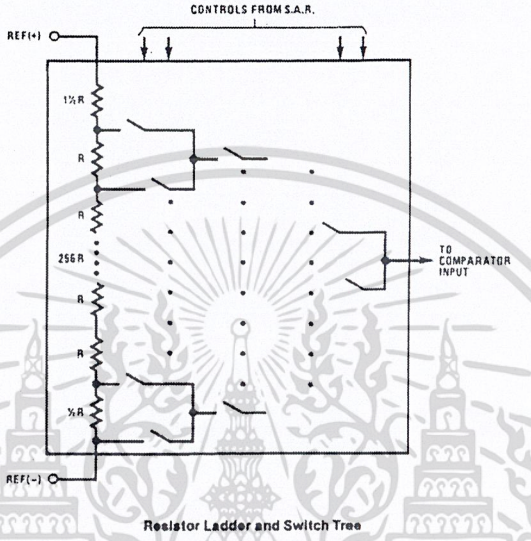
3.6.2 ลักษณะสำคัญของ ADC 0809

- สามารถเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอลได้ถึง 8 บิท
- ตวมไม่ลิเนียร์ประมาณ ± ½ LSB และ ± 1 LSB
- แหล่งจ่ายไฟ 5 VDC
- 8 channel Analog input และ Multiplex with Latch control logic
- ง่ายในการต่อใช้งาน และ Interface กับ microprocessor

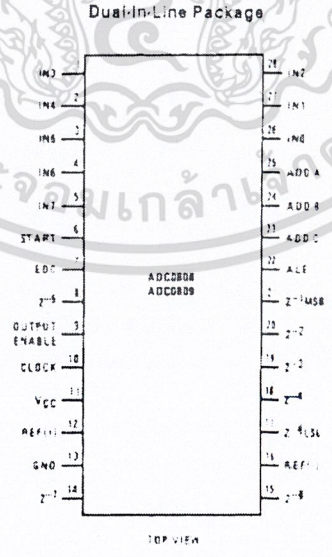
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ย่านอุณหภูมิ -20 °C to + 85°C หรือ –55°C to +125°C
- Latched TRI-STATE output

ลักษณะของ ADC แบบ Successive Approximation Register (SAR) โดย ADC ภายในเป็นแบบ 256R ladder network โดยผ่าน switch three โดยควบคุมจาก SAR



รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะของ swith tree



รูปที่ 3.15 แสดงขาของ IC ADC 0809

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 การทำงานของขา ADC 0809

IN0-IN เป็นขา Analog signal ที่สามารถต่อสัญญาณ Analog ได้ 8 ช่องสัญญาณ

ADD A,BและC เป็นขา Multiplex สัญญาณ Analog ินput ตามขาที่ต้องการแปลงสัญญาณ Analog to digital

ALE (Address Latch Enable) เป็นขา input ที่รับสัญญาณเพื่อ Latch ข้อมูลขนาด 3 bit ที่ขา ADD A, ADD B และ ADD C เพื่อในการเลือกช่องสัญญาณที่จะแปลง

START เป็นขา input เพื่อรับสัญญาณในการ START ให้ ADC 0809 ทำงานในการแปลงสัญญาณ Analog เป็น Digital

2- 8 - 2- 1 เป็นขาของข้อมูล Digital ขนาด 8 bit

OE (Output Enable) เป็นขาที่ควบคุมข้อมูล Digital ขนาด 8 bit ว่าต้องการที่จะให้ส่งออกทางขา output ของ ADC 0809 หรือไม่

EOC (End Of Conversion) เป็นขา output ที่จะส่งสัญญาณเพื่อบอกว่าการทำงานของ ADC 0809 ทำการแปลงข้อมูลเสร็จแล้วหรือยัง

จากโครงสร้างของ ADC 0809 จะพบว่า ADC 0809 มี Analog input อยู่ 8 channel ที่สามารถต่อAnalog signal เพื่อที่จะแปลงเป็น Digital 8 bit ได้ถึง 8 channel และในการ Multiplex channel ที่จะทำการแปลง จะต้องกำหนดข้อมูลขนาด 3 bit ให้กับขา ADD A, ADD B และ ADD C ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงการกำหนดแอดเดรสอินพุทของ ADC0809

SELECTED ANALOG CHANEL	ADD A	ADD B	ADD B
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 ขั้นตอนการทำงานของ ADC 0809

จากแผนผังเวลาดังรูปที่ 3.16

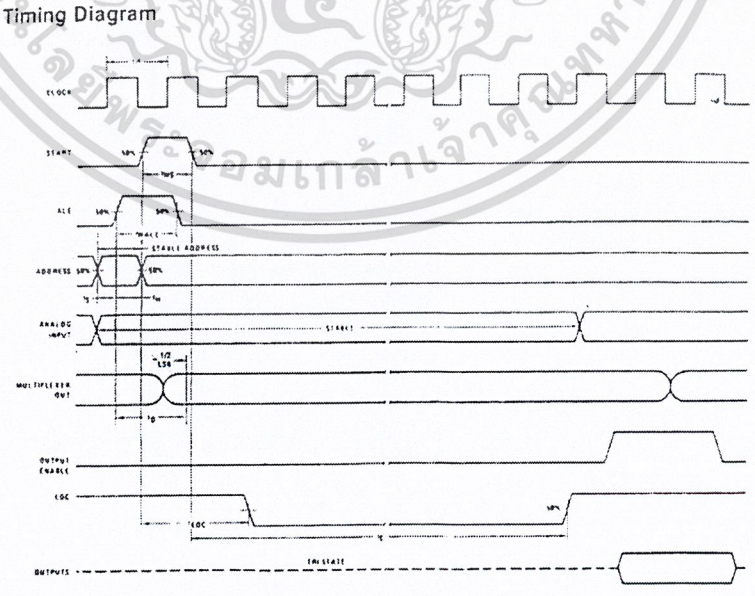
1. กำหนด channel ของ Analog input ที่ต้องการ โดยป้อนเป็นสัญญาณ Digital 3 bit เข้าที่ขา ADD A, ADD B และ ADD C

2. ป้อนพัลซ์บวกเข้าที่ขา ALE (Address Latch Enable) เพื่อทำการ Latch ข้อมูลขนาด 3 bit ที่ป้อนเข้าที่ขา ADD A, ADD B และ ADD C และวงจรจะทำการ Multiplex Analog channel ตามข้อมูล 3 bit ตามตาราง

3. ป้อนพัลซ์บวกที่ขา START เพื่อให้วงจรทำงานแปลงข้อมูล

4. เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 1, 2 และ 3 เสร็จ ADC 0809 จะทำการเลือก channel ที่เป็น Analogsignal ตาม Data 3 bit มายังวงจรภายใน เข้ากับ Comparator in สัญญาณ Analog ก็จะถูกทำการแปลงเป็นสัญญาณ Digital โดยมีขนาด 8 bit ขณะที่ทำการแปลงสัญญาณนั้น ที่ขา EOC (End Of Conversion) จะ Active Low จนกระทั่งวงจรภายในแปลงสัญญาณเสร็จ EOC ก็จะเปลี่ยนสถานะเป็น High นั้นแสดงว่าข้อมูลที่นำมาแปลงเป็น Digital เรียบร้อยแล้ว

5. Output ของ ADC 0809 โดยมี 3 สถานะ โดยปกติจะอยู่สถานะ High Impedance ดังนั้นถ้าต้องการให้ ADC แสดงข้อมูลออกทางเอาต์พุทก็ให้ป้อนพัลซ์บวกที่ขา Output Enable(OE) ด้านเอาต์พุท จึงแสดงค่าข้อมูลที่เป็น Digital ออกมาโดยเอาต์พุทจะแสดงค่านานเท่าใดนั้น ขึ้นอยู่กับความกว้างของพัลซ์บวกที่ป้อนให้ที่ขา OE (Output Enable)

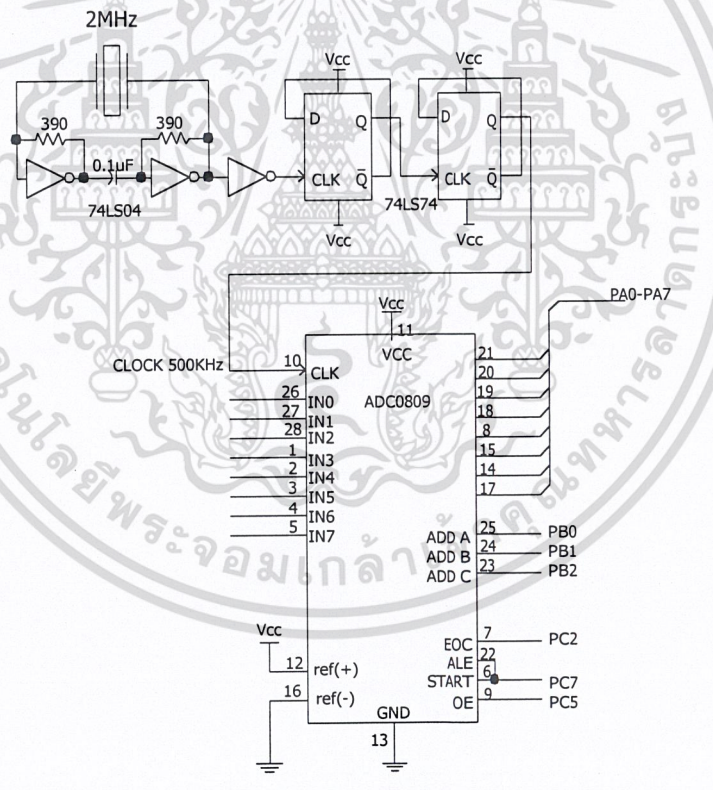


รูปที่ 3.16 แสดงผังเวลาการทำงานของ ADC 0809

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.5 การเชื่อมต่อ ADC 0809 กับไมโครคอนโทรลเลอร์

การเชื่อมต่อ ADC 0809 นั้นจะใช้พอร์ทของ 8255 ชุดที่ 1 เป็นตัวส่งสัญญาณติดต่อ และอินพุทเอาต์พุทข้อมูลกับ ADC 0809 โดยใช้พอร์ท A เป็นอินพุท ใช้สำหรับรับค่าข้อมูลที่ ADC 0809 แปลงมาได้จากชุดตรวจวัดกระแสและแรงดัน และใช้พอร์ท B ในการส่งสัญญาณเลือกช่องสัญญาณโดยใช้พอร์ท C เป็นพอร์ทสำหรับส่งสัญญาณติดต่อกับ ADC 0809 ให้เริ่มทำงานโดยส่งค่า “1” ออกทางพอร์ท C บิทที่ 7 ค้างไว้ประมาณ 10 mS และเมื่อ ADC 0809 แปลงข้อมูลเสร็จแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการตรวจเช็คสัญญาณที่พอร์ท C บิทที่ 2 ที่ต่อกับขา EOC ของไอซีแปลงสัญญาณ ADC 0809 ถ้าเป็น“1” แสดงว่า ADC 0809 ได้ทำการแปลงข้อมูลเสร็จแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งค่า “1” ออกทางพอร์ท C บิท 5 เพื่อสั่งให้ ADC 0809 ส่งข้อมูลออกมาทางเอาต์พุทของ ADC 0809 และไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะอ่านค่าข้อมูลเข้ามาทางพอร์ท A ของ 8255



รูปที่ 3.17 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลที่ใช้งานจริง

3.7 โซลิดสเตทรีเลย์ (SOLID STATE RELAY)

ปัจจุบันนี้ได้มีการนำเอาโซลิดสเตทมาใช้แทนรีเลย์แบบกลไกมากขึ้น รีเลย์แบบเก่าอาจจะมีปัญหาเช่นหน้าสัมผัสไม่ดีพออันเนื่องมาจากฝุ่นละอองเกิดประกายไฟขณะหน้าสัมผัสแยกออกจากกัน มีเสียงคราง จากรีเลย์ในขณะที่ทำงานเสียงคราง จากรีเลย์ในขณะเริ่มและหยุดทำงาน ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเชื่อมต่อ (Interface) กับการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ได้ ปัญหาข้างต้นเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดยใช้โซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay หรือเขียนย่อว่า SSR) รีเลย์แบบกลไกกับโซลิดสเตทรีเลย์

รีเลย์ทั้ง 2 แบบทำงานโดยอาศัยแรงดันไฟฟ้าทำให้เกิดการต่อวงจรไฟฟ้า รีเลย์แบบกลไกประกอบด้วยขดลวดพันรอบแกนเหล็ก เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเกิดอำนาจแม่เหล็กไปดึงชุดหน้าสัมผัสที่ติดอยู่กับส่วนเคลื่อนที่เข้ามาต่อวงจรให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ เมื่อต้องการให้หน้าสัมผัสแยกออกจากกันก็ทำได้โดยหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ไปเข้าคอยล์ของรีเลย์

ส่วนโซลิดสเตทมีโครงสร้างประกอบด้วยภาคต่างๆดังรูปที่ 3.18 ประกอบด้วย ภาคควบคุม ตัวเชื่อมโยงทางแสง ภาคตรวจรับจุดแรงดันศูนย์ ภาคป้องกันทรานเซียนท์ และไตรแอค แทนหน้าสัมผัส

3.7.1 การตรวจจับจุดแรงดันศูนย์ (ZERO CROSSING DETECTOR)

ขณะที่การใช้รีเลย์แบบกลไก เมื่อรีเลย์เริ่มทำงานดึงให้หน้าสัมผัสต่อวงจร ซึ่งอาจจะเป็นช่วงที่แรงดันไฟสลับมีค่าสูงสุด ทำให้กระแสผ่านหน้าสัมผัสสูงกว่าปกติในช่วงแรก เช่น โหลดพวกมอเตอร์ไฟฟ้า หลอดไฟหรือขดลวดไฟฟ้า (ขณะเย็นมีความต้านทานต่ำ) และทำให้เกิดสัญญาณรบกวนเข้าไปในสายไฟฟ้า ดังนั้นโซลิดสเตทรีเลย์จึงจำเป็นต้องมีวงจรตรวจจับแรงดันศูนย์เพื่อช่วยในการกำหนดจุดที่ป้อนกระแสเกทของไตรแอค แต่ข้อเสียของโซลิดสเตทรีเลย์คือ มีกระแสรั่วไหลผ่านวงจรตรวจจุดแรงดันศูนย์ แต่ก็เป็นกระแสเพียงเล็กน้อย

3.7.2 หลักการทำงาน

จากรูปในส่วนแรกจะเป็นส่วนควบคุมการทำงานของโซลิดสเตทรีเลย์ โดยใช้ แรงดันไฟต่ำเป็นควบคุมตัวเชื่อมโยงทางแสง(Opto Coupler) แบบ LED กับ ทางด้าน LED จะมี R1 เป็นตัวกำจัดกระแสที่ไหลผ่าน LED ไม่ให้เกินค่าสูงสุดซึ่งมีค่าประมาณ 50 มิลลิแอมป์ ส่วน D1 เป็นตัวป้องกันการเสียหายของตัวเชื่อมโยง จากการป้อนแรงดันควบคุมกลับขั้ว

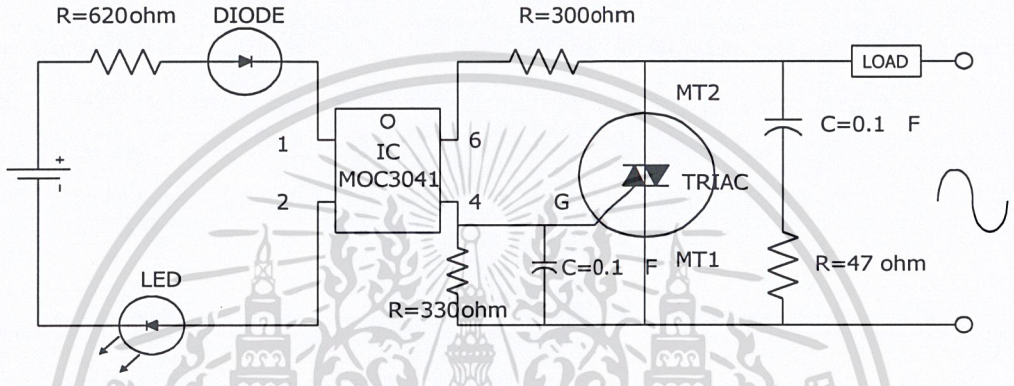
ภายในตัวเชื่อมโยงทางแรงดันจะมีวงจรตรวจจับแรงดันศูนย์เมื่อเราป้อนแรงดันควบคุมเข้าไป R1 จะควบคุม ให้กระแสไหลผ่าน LED ภายใน IC1 ให้มีค่าระหว่าง 3-40 มิลลิแอมป์ LED ที่อยู่ภายใน IC1 จะทำให้โฟโตไตรแอค (Photo Traic) ภายในนำกระแส แต่โฟโตไตรแอคจะนำกระแส เมื่อแรงดันในสายมีค่าเริ่มจากศูนย์เพิ่มขึ้นทางบวกหรือลบ เมื่อโฟโตไตรแอคนำกระแส ก็จะไปทริกขาเกทของไตรแอค Q1 ทำงานที่จุดนี้ทุกครั้ง ส่วน R2 และ R3 จะเป็นตัวแบ่งกระแสที่ไหลผ่านเกทของไตรแอคไม่ให้สูงเกินไป C1 เป็นตัวป้องกันการทำงานผิดพลาดจากสัญญาณรบกวนจากภายนอก R4 และ C2 เป็นตัวป้องกันทรานเซียนต์จากการเพิ่มแรงดันของโหลดอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวดเร็ว ซึ่งทำให้ไตรแอคเสียหายได้ นอกจากนี้ C2 ยังเป็นตัวลดสัญญาณรบกวนกระแสแรงดันกระชากในสายไฟด้วย R4 เป็นตัวจำกัดกระแสที่ไหลผ่าน C2

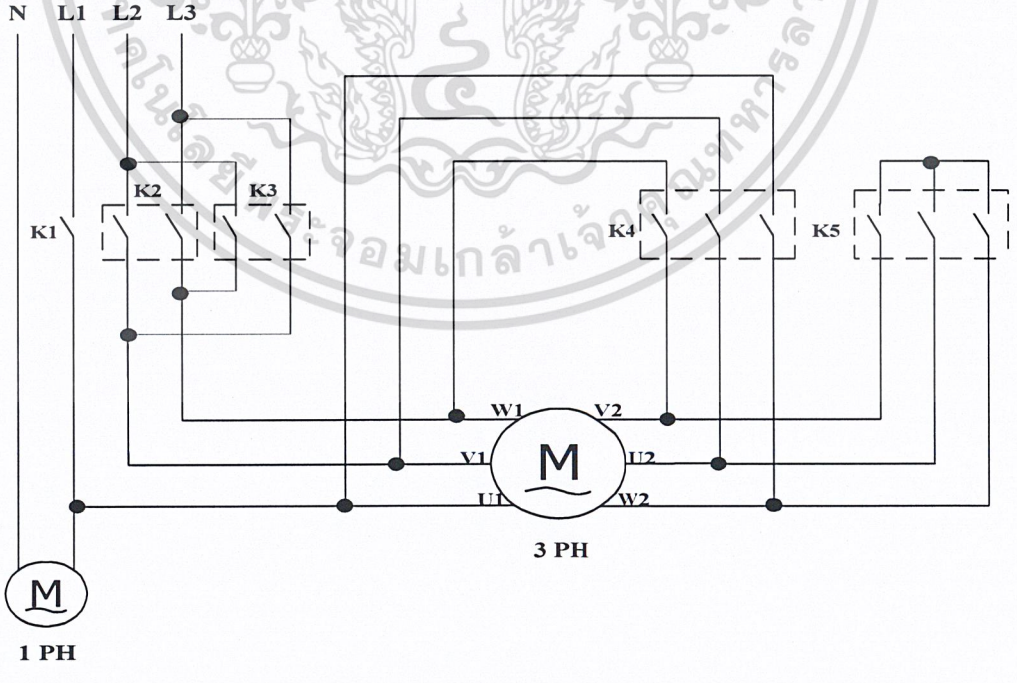
3.7.3 การนำไปใช้งาน

สำหรับการนำไปใช้งานในวงจร 3 เฟส ให้ต่อชุดควบคุมอนุกรมกันทั้งสามชุดดังรูปเพราะถ้า LED ของตัวเชื่อมโยงทางแสงชุดใดชุดหนึ่งเสีย จะทำให้โซลิดสเตทรีเลย์อีกสองตัวหยุดทำงานด้วย (ไม่ทำให้โหลดเกิดการเสียหายเนื่องจากเฟสใดเฟสหนึ่งขาดหายไป)



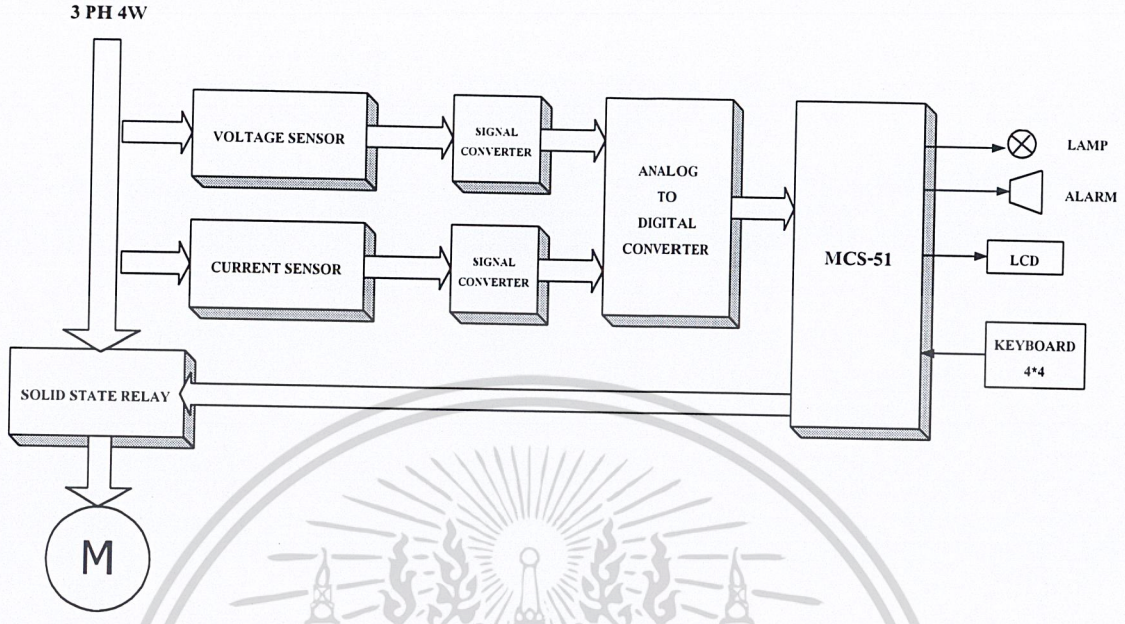
รูปที่ 3.18 แสดงวงจรโซลิดสเตทรีเลย์ที่นำมาใช้งาน

3.8 วงจรมอเตอร์ที่ต่อใช้งาน



รูปที่ 3.19 แสดงภาพวงจรมอเตอร์ที่ต่อใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



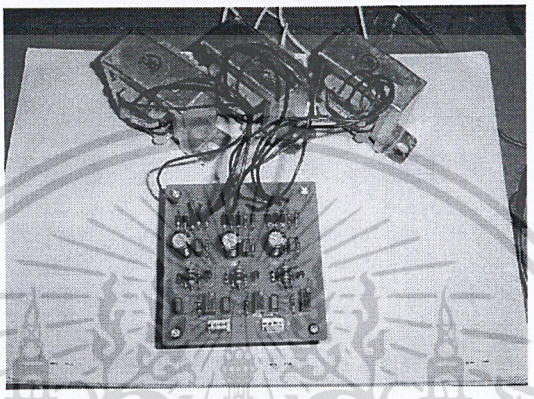
รูปที่ 3.20 แสดงภาพบล็อกไดอะแกรมแสดงภาพระบบโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วงจรตรวจวัดแรงดัน



รูปที่ 4.1 แสดงรูปวงจรตรวจวัดแรงดัน

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองของวงจรตรวจวัดแรงดัน

แรงดันอินพุต Volt(AC)	แรงดันเอาท์พุทVolt(DC)				แรงดันอินพุต Volt(AC)	แรงดันเอาท์พุทVolt(DC)			
	คำนวณ	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3		คำนวณ	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3
185	3.627	3.58	3.58	3.57	195	3.823	3.79	3.8	3.79
186	3.647	3.6	3.61	3.59	196	3.843	3.8	3.82	3.81
187	3.666	3.62	3.63	3.62	197	3.862	3.82	3.84	3.83
188	3.686	3.64	3.65	3.64	198	3.882	3.85	3.86	3.85
189	3.882	3.66	3.67	3.66	199	3.901	3.87	3.88	3.87
190	3.725	3.68	3.68	3.68	200	3.921	3.89	3.9	3.89
191	3.745	3.71	3.71	3.7	201	3.941	3.91	3.92	3.92
192	3.764	3.73	3.73	3.72	202	3.96	3.93	3.94	3.94
193	3.784	3.75	3.76	3.74	203	3.98	3.95	3.96	3.95
194	3.803	3.77	3.78	3.77	204	4	3.97	3.98	3.97

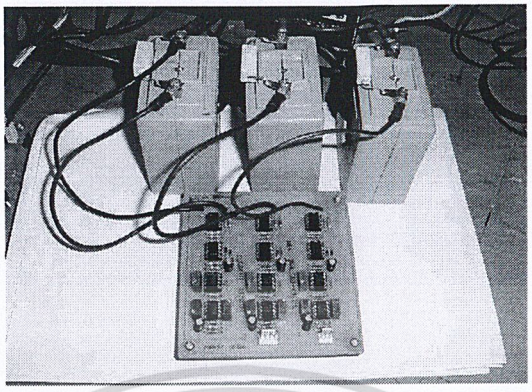
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองของวงจรตรวจวัดแรงดัน (ต่อ)

แรงดันอินพุท Volt(AC)	แรงดันเอาท์พุทVolt(DC)				แรงดันอินพุท Volt(AC)	แรงดันเอาท์พุทVolt(DC)			
	คำนวณ	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3		คำนวณ	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3
205	4.019	4.04	4	4	231	4.529	4.54	4.54	4.53
206	4.039	4.01	4.01	4.01	232	4.549	4.56	4.56	4.55
207	4.058	4.03	4.03	4.03	233	4.568	4.58	4.57	4.57
208	4.078	4.05	4.06	4.05	234	4.588	4.6	4.6	4.6
209	4.098	4.08	4.08	4.07	235	4.607	4.62	4.62	4.62
210	4.117	4.1	4.1	4.1	236	4.627	4.64	4.64	4.64
211	4.137	4.12	4.13	4.12	237	4.647	4.66	4.65	4.66
212	4.156	4.14	4.15	4.13	238	4.666	4.68	4.67	4.68
213	4.176	4.16	4.17	4.15	239	4.686	4.71	4.69	4.7
214	4.196	4.18	4.19	4.18	240	4.705	4.73	4.71	4.72
215	4.215	4.2	4.21	4.2	241	4.725	4.75	4.73	4.74
216	4.235	4.22	4.23	4.22	242	4.745	4.77	4.75	7.76
217	4.254	4.25	4.25	4.24	243	4.764	4.79	4.77	4.78
218	4.274	4.27	4.27	4.26	244	4.784	4.81	4.79	4.81
219	4.294	4.29	4.29	4.28	245	4.803	4.83	4.82	4.83
220	4.313	4.31	4.31	4.31	246	4.823	4.85	4.84	4.85
221	4.333	4.33	4.33	4.33	247	4.843	4.88	4.86	4.87
222	4.352	4.35	4.35	4.35	248	4.862	4.9	4.88	4.89
223	4.372	4.38	4.37	4.37	249	4.882	4.92	4.91	4.91
224	4.392	4.4	4.39	4.39	250	4.901	4.94	4.93	4.93
225	4.411	4.42	4.4	4.41	251	4.921	4.96	4.95	4.95
226	4.431	4.44	4.43	4.43	252	4.941	4.98	4.97	4.97
227	4.445	4.46	4.45	4.45	253	4.946	5	4.99	5
228	4.47	4.48	4.47	4.47	254	4.98	5.12	5.01	5.02
229	4.49	4.5	4.49	4.49	255	5	5.04	5.03	5.04
230	4.509	4.52	4.51	4.509	256	5.019	5.06	5.05	5.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วงจรตรวจวัดกระแส



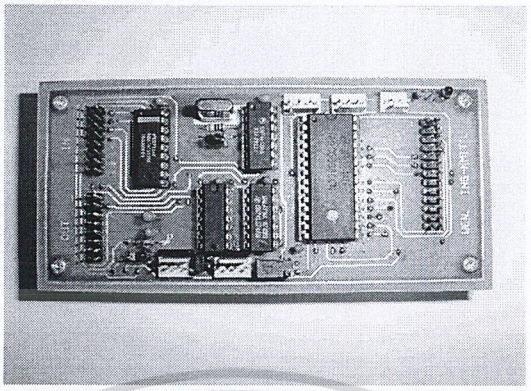
รูปที่ 4.2 แสดงวงจรตรวจวัดกระแส

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองวงจรตรวจวัดกระแส

กระแสอินพุท	แรงดันเอาท์พุท Volt(DC)			
A	คำนวณ	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3
0.86	0.286	280 mV	280.1 mV	279.9 mV
1.72	0.572	0.565	0.577	0.575
2.59	0.862	0.861	0.876	0.869
3.46	1.152	1.168	1.176	1.169
4.33	1.441	1.468	1.477	1.475
5.19	1.728	1.766	1.774	1.782
6.06	2.017	2.059	2.072	2.083
6.91	2.303	2.344	2.368	2.38
7.77	2.587	2.616	2.661	2.671
8.62	2.870	2.85	2.943	2.949
9.47	3.153	3.05	3.21	3.21
9.9	3.296	3.14	3.33	3.33
10.74	3.576	3.32	3.57	3.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล



รูปที่ 4.3 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

อินพุท	เอาท์พุทจากการคำนวณ		เอาท์พุทจาก ADC0809	
Volt(DC)	MSB LSB	ฐาน 16	MSB LSB	ฐาน 16
0.00	0000 0000	00 H	0000 0000	00 H
0.25	0000 1100	0C H	0000 1100	0C H
0.50	0001 1001	19 H	0001 1001	19 H
0.75	0010 0110	26 H	0010 0110	26 H
1.0	0011 0011	33 H	0011 0011	33 H
1.25	0011 1111	3F H	0011 1111	3F H
1.50	0100 1100	4 C H	0100 1100	4C H
1.75	0101 1001	59 H	0101 1001	59 H
2.00	0110 0110	66 H	0110 0101	65 H
2.25	0111 0010	72 H	0111 0010	72 H
2.50	0111 1111	7F H	0111 1111	7F H
2.75	1000 1100	8C H	1000 1011	8B H
3.00	1001 1001	99 H	1001 1000	98 H
3.25	1010 0101	A5 H	1010 0101	A5 H
3.50	1011 0010	B2 H	1011 0010	B2 H
3.75	1011 1111	B6 H	1011 1110	BE H
4.00	1100 1100	CC H	1100 1011	CB H

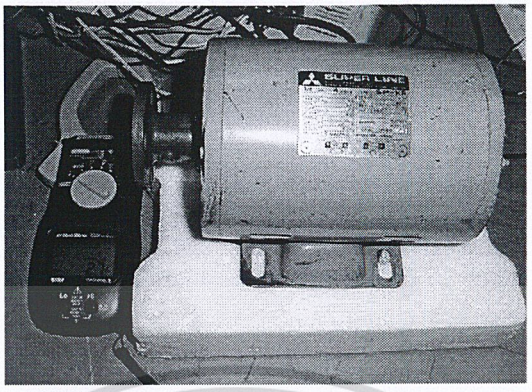
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (ต่อ)

อินพุท Volt(DC)	เอาท์พุทจากการคำนวณ		เอาท์พุทจาก ADC0809	
	MSB LSB	ฐาน 16	MSB LSB	ฐาน 16
4.25	1101 0111	D7 H	1101 0111	D7 H
4.50	1110 0100	E4 H	1110 0100	E4 H
4.75	1111 0010	F2 H	1111 0001	F1 H
5.00	1111 1111	FF H	1111 1111	FF H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส



รูปที่ 4.4 แสดงการสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส

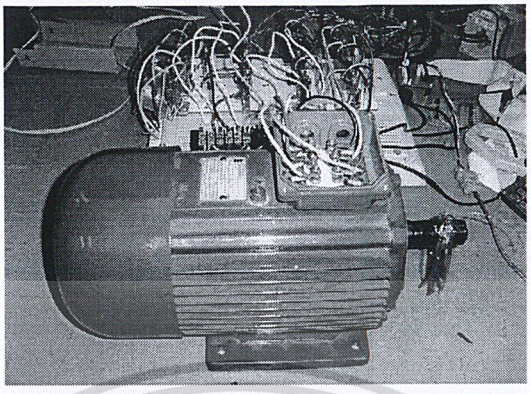
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองการสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส 220V 50 Hz 1/4 HP 2.8 A

ค่า	ผลจาก LCD	มิเตอร์
แรงดัน	230	229
กระแส	2.6	2.7

รูปที่ 4.5 แสดงหน้าจอ LCD ก่อนการสตาร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดลองสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส



รูปที่ 4.6 แสดงการสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลองการสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส 220/380V 50 Hz 3 HP 8.8/5.1 A

ค่ากระแส (แอมป์)	ผลจาก LCD		แอมป์มิเตอร์	
	STAR(Y)	DELTA(Δ)	STAR(Y)	DELTA(Δ)
เฟส R	1.1	4.5	1.1	4.5
เฟส S	1.1	4.4	1.1	4.4
เฟส T	1.2	4.9	1.24	4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองการสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส 220/380V 50 Hz 3 HP 8.8/5.1 A

ค่าแรงดัน (โวล์ท)	ผลจาก LCD		โวล์ทมิเตอร์			
	STAR(Y)	DELTA(Δ)	STAR(Y)		DELTA(Δ)	
เฟส R	211	207	122Vph	$211V_{L-L}$	121ph	$209V_{L-L}$
เฟส S	207	201	119 Vph	$206V_{L-L}$	117ph	$202V_{L-L}$
เฟส T	205	201	119 Vph	$206V_{L-L}$	117ph	$202V_{L-L}$

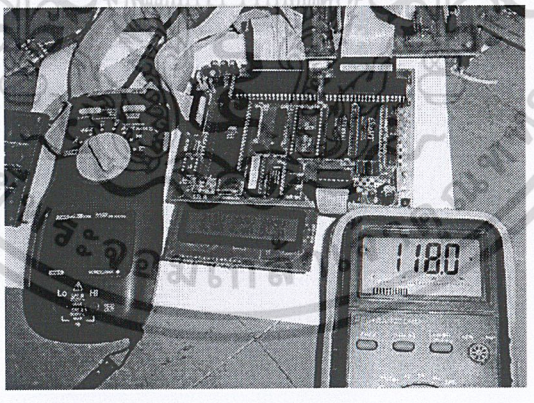
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองการสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส (แบบกลับทางหมุน)

ค่ากระแส (แอมป์)	ผลจาก LCD		แอมป์มิเตอร์	
	STAR(Y)	DELTA(Δ)	STAR(Y)	DELTA(Δ)
เฟส R	1.1	4.5	1.1	4.2
เฟส S	1.1	4.2	1.1	4.1
เฟส T	1.2	4.9	1.25	4.6

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองการสตาร์ทมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส (แบบกลับทางหมุน)

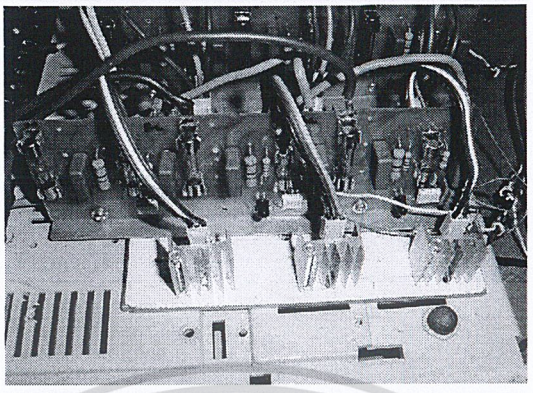
ค่าแรงดัน (โวล์ท)	ผลจาก LCD		โวล์ทมิเตอร์			
	STAR(Y)	DELTA(Δ)	STAR(Y)		DELTA(Δ)	
เฟส R	215	207	123Vph	$213V_{L-L}$	122ph	$211V_{L-L}$
เฟส S	207	203	120 Vph	$207V_{L-L}$	118ph	$204V_{L-L}$
เฟส T	205	201	119 Vph	$206V_{L-L}$	117ph	$202V_{L-L}$



รูปที่ 4.7 แสดงค่ามิเตอร์ขณะมอเตอร์หมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 แสดงชุดควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์ (ชุดโซลิดสเตท)



รูปที่ 4.8 แสดงวงจรชุดโซลิดสเตท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ปัญหาที่เกิดและแนวทางการแก้ไข

5.1 ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น

จากการศึกษาการทำปริญญานิพนธ์เครื่องควบคุมและป้องกันมอเตอร์นี้นั้นได้พบกับปัญหามากมายหลายประการโดยเฉพาะชุดตรวจวัดแรงดันและกระแสซึ่งค่าที่วัดออกมาได้นั้นบางช่วงจะไม่เป็นเชิงเส้นอันเป็นสาเหตุทำให้การวัดค่าเข้ามาให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลบางครั้งเกิดความผิดพลาด โดยชุดตรวจวัดแรงดันนี้โดยปกติมอเตอร์ 3 เฟส ที่ใช้สตาร์ทแบบสตาร์-เดลต้านั้น จะใช้กับแรงดันระหว่างสาย 380 โวล์ท แต่เนื่องจากการทดลองนั้นไม่มีมอเตอร์ขนาด 380 โวล์ทให้ทดลอง ทางผู้จัดทำจึงได้ใช้มอเตอร์แบบสตาร์ทตรงที่มีพิกัด 220 โวล์ทแทน ทำให้ค่าที่วัดออกมาได้นั้นผิดพลาด จึงต้องมีการปรับแต่งกันใหม่ ส่วนชุดตรวจวัดกระแสนั้นจะพบว่าที่ค่ากระแสมีค่ามากๆ ค่าที่ออกมานั้นจะไม่ตรงกับความเป็นจริงนั่นคือไม่เป็นเชิงเส้น และจากการที่ใช้ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลเพียง 8 บิท ทำให้ค่าที่วัดนั้นไม่ละเอียด จากทั้งสามปัญหาทำให้บางครั้งการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีความผิดพลาดไปบ้าง ส่วนปัญหาอื่นๆ ที่พบในระหว่างปฏิบัติงานนั้นพบว่าเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองนั้นมีไม่เพียงพอทำให้บางครั้งต้องเกิดความล่าช้าในการปฏิบัติงาน

5.2 แนวทางการปรับปรุงแก้ไขในอนาคต

เนื่องจากชุดตรวจวัดแรงดันและกระแสมีความไม่เป็นเชิงเส้นดังนั้นจึงต้องหาวงจรหรือใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นมาทำการปรับปรุงต่อไป ในส่วนของการแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอลนี้นั้นควรจะใช้ไอซีที่มีความละเอียดสูงๆ และมีค่าผิดพลาดจากการแปลงสัญญาณน้อย เช่นไอซีที่มีขนาด 12 หรือ 16 บิท เป็นต้น และควรออกแบบชุดโซลิดสเตทรีเลย์ให้มีขนาดเล็กลงจะทำให้กล่องของโครงงานมีขนาดเล็กลงได้ รวมทั้งขนาดของหม้อแปลงกระแสก็เช่นกัน ควรหาขนาดที่มีขนาดเล็กลงจะทำให้ลดเนื้อที่กล่องลงได้ จะทำให้ขนาดของกล่องเล็กและสามารถที่จะนำไปติดตั้งได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 สรุป

จากการทำปริญญานิพนธ์เครื่องควบคุมและป้องกันมอเตอร์นี้นั้น พบว่าผลที่ได้เป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่งแม้จะไม่เที่ยงตรง 100 เปอร์เซนต์ และสามารถนำไปใช้งานได้จริงซึ่งสามารถสรุปได้คือ

- สะดวกในการนำไปติดตั้งและการนำไปใช้งาน
- มีสัญญาณเตือนแจ้งให้ทราบในกรณีที่มีอาการผิดปกติเกิดกับมอเตอร์
- มีตัวตรวจวัดแรงดัน , กระแส และ เฟสในตัว
- สามารถสั่งให้มอเตอร์กลับทางหมุนได้ในกรณีที่เป็นมอเตอร์ 3 เฟส
- สามารถใช้ได้กับทั้งมอเตอร์ 1 เฟส และ 3 เฟส
- มีจอสำหรับบอกสภาวะของมอเตอร์ขณะมอเตอร์ทำงานอยู่
- เป็นตัวป้องกันมอเตอร์ในกรณีที่เกิดผิดปกติที่ตัวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. สุนทร วิทูสุรพจน์ “การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051”, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
2. ธีรวัฒน์ ประกอบบผล “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์”, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2540
3. ทรงฤทธิ์ ศิริวัฒนะ “เครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ 2”, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2540
4. ผศ. อำนาจ ทองผาสุข, ผศ. วิทยา ประยงค์พันธุ์, “ การควบคุมมอเตอร์”, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
5. วิจิตร บุญธโรกุล, “ระบบควบคุมมอเตอร์”, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2527
6. ธวัชชัย อัตถวิบูลย์กุล, “เครื่องกลไฟฟ้า 2”, สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ, 2533
7. ณรงค์ ชอนตะวัน, “มอเตอร์กระแสสลับ”, เอราวัณการพิมพ์, 2530
8. R.L McIntyre, “Electric motor control fundamentals”, McGraw-Hill, 1966

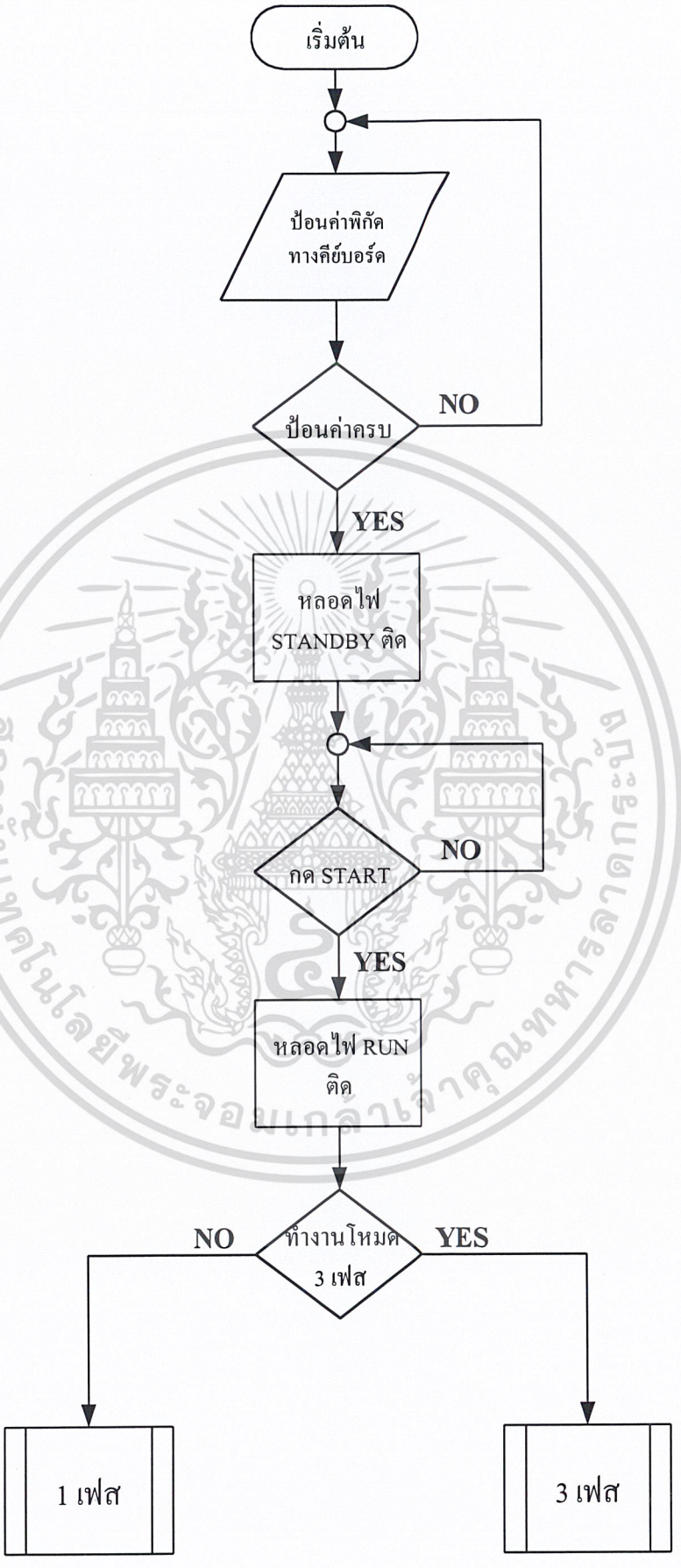
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

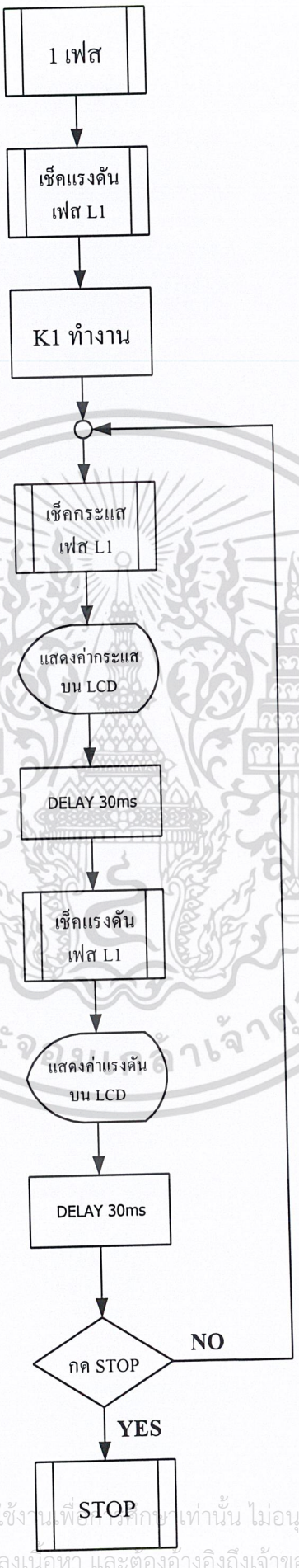
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟล์วชาทโปรแกรมที่ใช้ในปริญญานิพนธ์

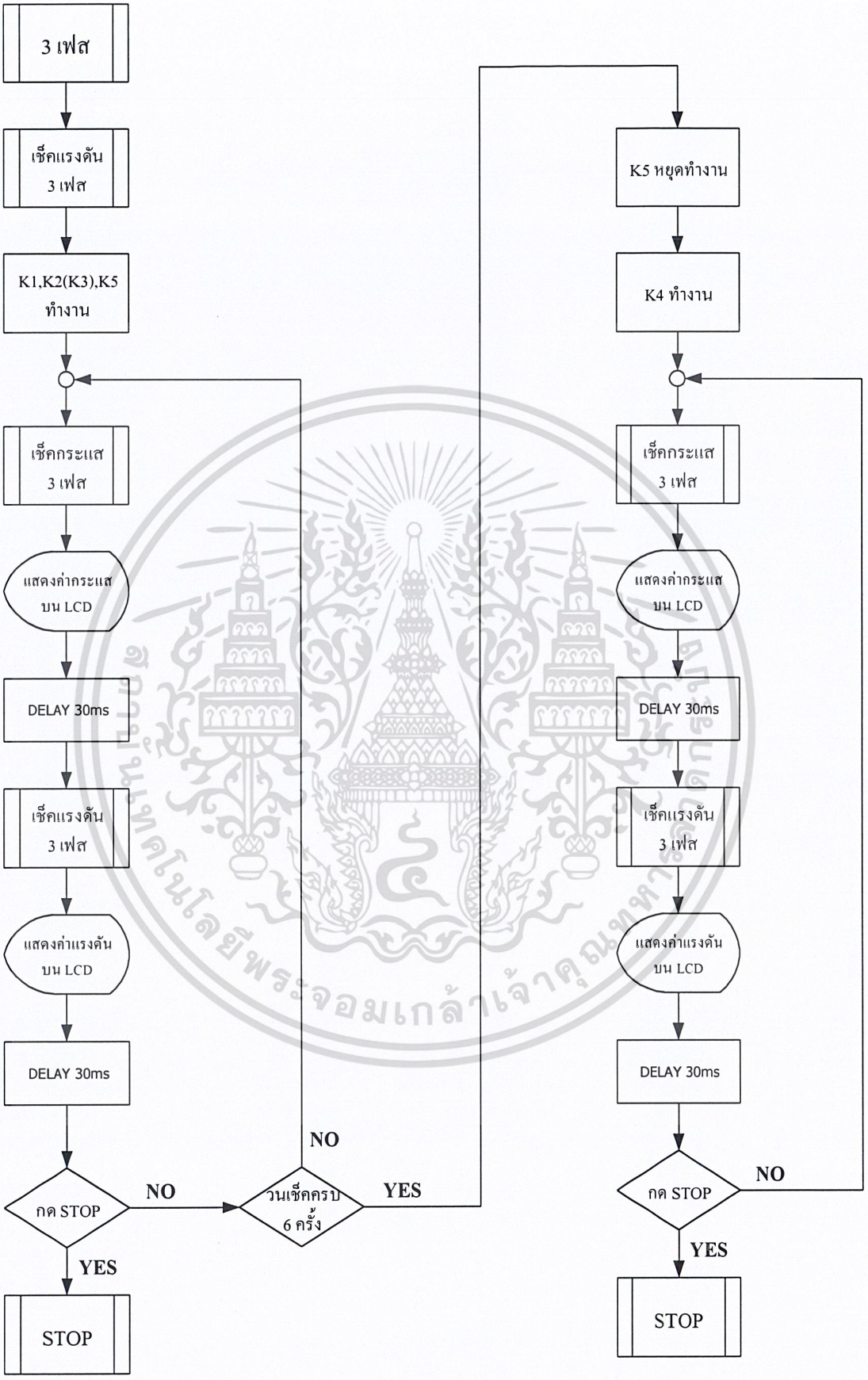
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



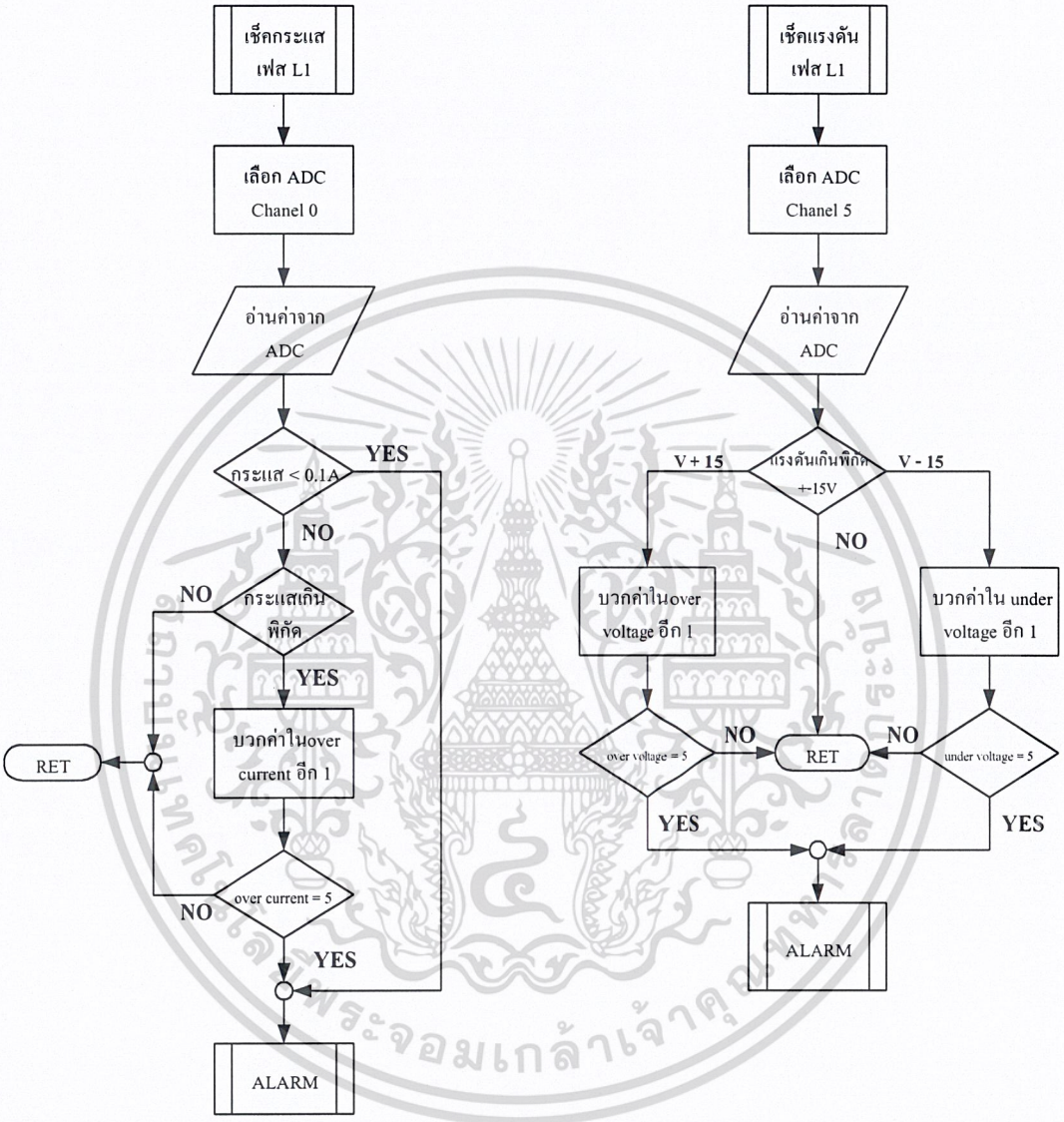
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



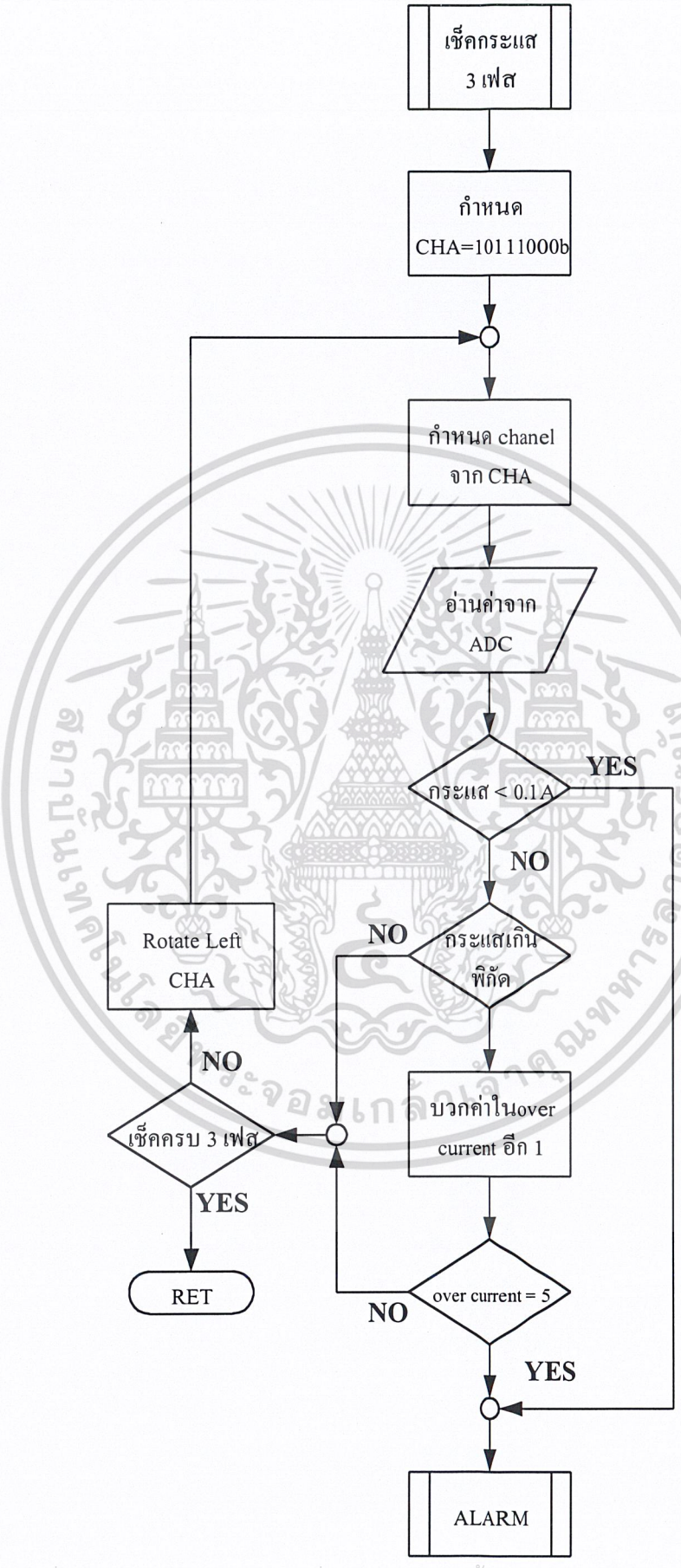
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



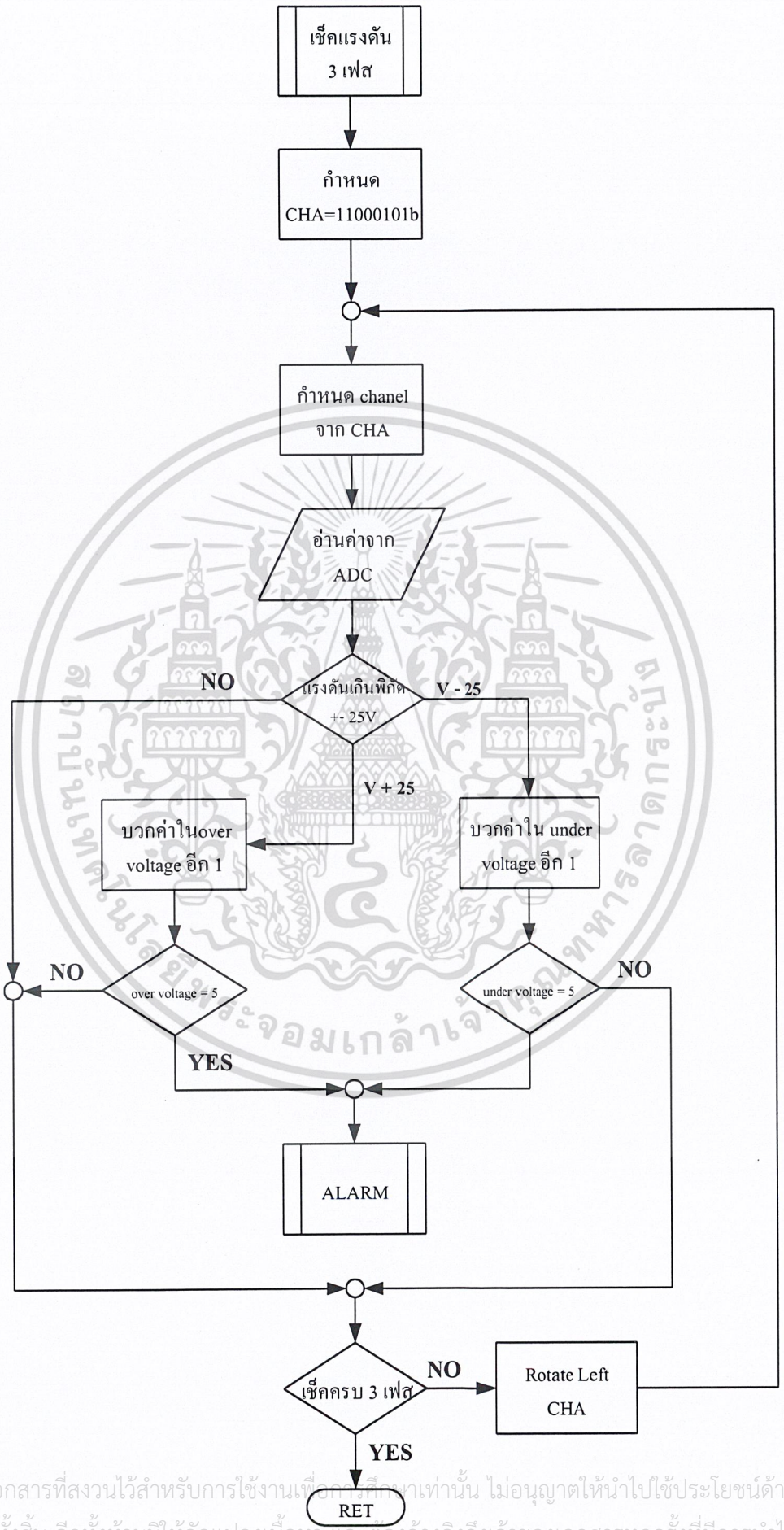
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



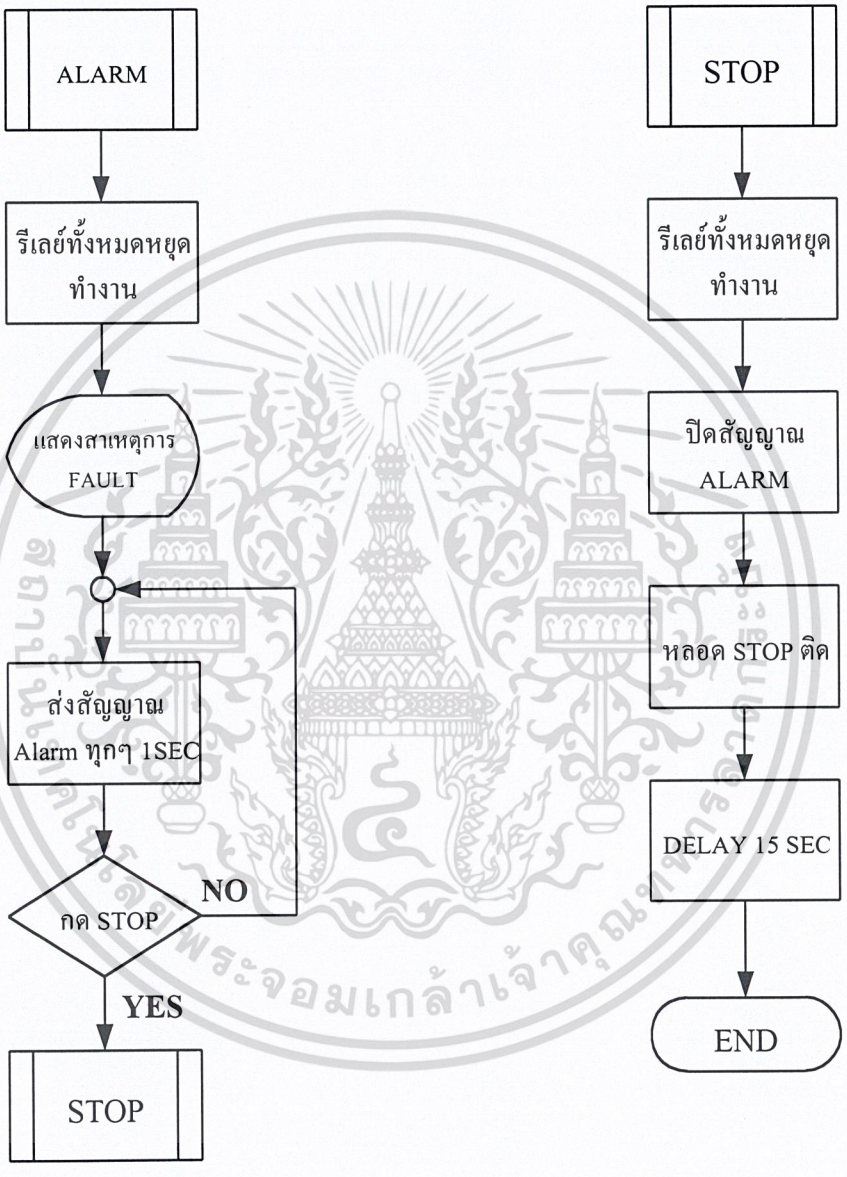
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้