สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในเกลือ

THE QUANTITY OF IODINE IN SALT ANALYZER

นางสาวนงค์เยาว จักรคำ

นายสมพล บุษบรรณ

นายไพวงค์ สุวรรณ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50228
วัน,เดือน,ปี 28 เม.ย. 2547

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

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2545

THE QUANTITY OF IODINE IN SALT ANALYZER

NONGYAOW JUKKUM

SOMPON BUTSABAN

PAIWONG SUWAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในเกลือ

THE QUANTITY OF IODINE IN SALT ANALYZER

นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวนงค์เยาว จักรคำ **รหัสประจำตัว** 43015513

นายไพวงค์ สุวรรณ **รหัสประจำตัว** 43015577

นายสมพล บุษบรรณ **รหัสประจำตัว** 43015592

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2545

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
อาจารย์เชื้อ นกอยู่	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันที่ 22 เมษายน พ.ศ. 2546

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(ผ.ศ.ประสิทธ์ จุลเสรีวงค์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสือรับรอง

ข้าพเจ้านางดวงใจ คานะปรีชา ปฏิบัติงานในตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดลและเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมของโครงงานเครื่องวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในเกลือ ซึ่งมีผู้ร่วมงานดังนี้

1. นางสาวนงค์เยาว จักรคำ
2. นายสมพล บุษบรรณ
3. นายไพวงค์ สุวรรณ

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าโครงงานดังกล่าวผ่านการทดสอบแล้ว และพบว่าสามารถทำงานได้จริงตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ดังนั้นโครงการชิ้นนี้จึงมีความเหมาะสมนำไปใช้งานได้ต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(ผศ.ดร.ดวงใจ นาคะปรีชา)

หมายเหตุ โทร. 02-201-5127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในเกลือ	
	THE QUANTITY OF IODINE IN SALT ANALYZER	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวนงค์เยาว	จักรคำ
	นายสมพล	บุษบรรณ
	นายไพวงค์	สุวรรณ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์เชื้อ	นกอยู่
	อาจารย์ดวงใจ	นาคะปรีชา
ปีการศึกษา	2545	

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในเกลือไอโอดีมีความสำคัญในด้านการควบคุมคุณภาพของการผลิต ซึ่งในปัจจุบันในประเทศไทยผลิตเกลือเสริมไอโอดีนโดยการเติมไอโอดีนในรูปของโปเทสเซียมลงในเกลือแกงในการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีน ได้มีการพัฒนาวิธีการวัดหาปริมาณไอโอดีด้วยวิธีต่างๆ เพื่อให้สามารถวัดปริมาณไอโอดีนในเกลือที่มีอยู่ทั่วไปในท้องตลาด ต่อมาได้มีการพัฒนาการวัดโดยอาศัยเทคนิคโฟลอินเจคชัน ซึ่งทำการตรวจวัดด้วยเครื่องสเปคโทรมิเตอร์

ทางผู้จัดทำจึงมีแนวความคิดที่จะสร้างเครื่องตรวจวัดหาปริมาณไอโอดีน โดยอาศัยระบบโฟลอินเจคชั่น ที่สามารถเคลื่อนย้ายเพื่อให้การทำงานภาคสนามในการตรวจวัดหาปริมาณไอโอดีนในเกลือเสริมไอโอดีนที่มีอยู่ในท้องตลาด เพื่อนำไปเป็นข้อมูลคุณภาพในการผลิตของผู้ผลิต และเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อผู้บริโภคและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The Quantity Of Iodine In Salt Analyzer
Authors	Miss.Nongyaow Jukkum
	Mr.Sompon Butsaban
	Mr.Piwong Suwan
Thesis Advisor	Mr.Shuae Nokyoo
	Asst.Dr.Duangjai Nacapricha
Year	2002

ABSTRACT

The analysis of the Iodine quantity in salt have and important in controlling the quantity in production. At present, the manufacture of salt which has the mixture Iodine in Thailand if made by filling Iodine in form of Potassium into Sodium Chloride.The measuring the Iodine quantity has developed in various ways in order to measure Iodine quantity in salt distributed in general. Then ,there is the development in the measurement by using Flow Injection Process which is checked by an instrument called Spectrometer.

Hence the idea to invent the instrument for measuring the Iodine quantity has been developed by using the Flow Injection Process. More over the instrument must be portable to measure in everywhere. After that, the result of measurement will be applied for controlling the quantity in the production which will be useful for consumers and related organizations.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความเมตตาจากอาจารย์เชื้อ นกอยู่ และอาจารย์ดวงใจ นาคะปรีชา ที่ได้ให้ความกรุณาแนะนำแก่ผู้จัดทำตลอดมา คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิประสาทความรู้และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พี่ ๆ และเจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ได้กรุณาแนะนำให้ความรู้ อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆในการทำปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ อันเป็นที่รักยิ่งที่ได้อุปการะคณะผู้จัดทำ รวมทั้งสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดมา

ขอบคุณรุ่นพี่และเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้คำปรึกษาให้ยืมอุปกรณ์และให้กำลังใจแก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญภาพ.....XI

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....2

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและดำเนินการ.....2

บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นในการออกแบบสร้างเครื่องวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีในเกลือ.....3

2.1 กล่าวนำ.....3

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง.....3

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์กระแสตรง.....5

2.3.1 หลักการของมอเตอร์.....5

2.3.2 การเปรียบเทียบพฤติการณ์ของเครื่องกำเนิดและมอเตอร์ไฟฟ้า.....6

2.3.3 แรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อต้าน.....6

2.3.4 สมการแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์.....8

2.3.5 แรงบิดที่เกิดขึ้นในอาเมเจอร์.....8

2.3.6 แรงบิดที่ปลายเพลา.....9

2.3.7 ความเร็วของมอเตอร์.....10

2.3.7.1 กรณีซีรีส์มอเตอร์.....11

2.3.7.2 กรณีชั้นท์มอเตอร์.....11

2.3.8 สปีดเร็กกูเรชั่น.....11

2.3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็ว.....12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3.10 คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....12

2.3.11 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของมอเตอร์แบบชั้นท์และแบบซีรีย์.....13

2.3.11.1 มอเตอร์แบบชั้นท์.....13

2.3.11.2 มอเตอร์แบบซีรีย์.....13

2.3.12 คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบคอมเปานด์.....14

2.3.12.1 มอเตอร์แบบคิวมูเลตีฟ คอมเปานด์.....14

2.3.12.2 มอเตอร์แบบดิฟเฟอร์เรนเชียล คอมเปานด์.....15

2.3.13 การสูญเสียและประสิทธิภาพ.....15

2.4 ปรแกรมวิชวลเบสิก.....16

2.4.1 คุณสมบัติและข้อดีข้อเสียของ Visual Basic.....19

2.4.2 ส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้ในการทำงาน.....20

2.4.3 คอนโทรลของ VB/Win (Custom control).....26

2.4.4 ภาษาโปรแกรมของ Visual Basic.....28

2.4.4.1 ตัวแปรและค่าคงที่.....28

2.4.5 ขอบเขตของตัวแปร.....29

2.4.5.1 Local.....30

2.4.5.2 Module.....30

2.4.6 Global.....30

2.4.7 โอเปอร์เรเตอร์.....31

2.4.8 ประโยคคำสั่ง.....31

2.4.8.1 ประโยคสำหรับกำหนดค่า.....31

2.4.8.2 ประโยคหมายเหตุ.....32

2.4.8.3 ประโยคประกาศ.....32

2.4.9 ประโยคควบคุมลำดับการทำงาน.....32

2.4.9.1 IF..Then…Else.....32

2.4.9.2 Select Case.....33

2.4.9.3 For....Next.....33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4.9.4 Do....Loop.....33
2.4.9.5 หยุดการทำงานของโปแกรม.....34
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....35
2.5.1 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051.....37
2.5.2 ขาใช้งานต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์.....38
2.6 ระบบควบคุมทางอุตสาหกรรม.....43
2.6.1 ระบบควบคุมแบบ Open-Loop.....43
2.6.2 ระบบควบคุมแบบ Closed-Loop.....43
2.6.2.1 การควบคุมแบบ ON-OFF.....45
2.6.2.2 การควบคุมแบบ Proportional (P).....45
2.6.2.3 การควบคุมแบบ Integral (I) และการควบคุมแบบ PI.....47
2.6.2.4 การควบคุมแบบ D การควบคุมแบบ PD และการควบคุมแบบ PID.....48
2.6.2.5 สมการ PID สำหรับการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์.....49

บทที่ 3 การออกแบบวงจรและหลักการทำงาน.....51
3.1 หลักการทำงานเครื่อง.....51
3.2 ส่วนประกอบของเครื่อง.....54
3.3 ส่วนประกอบของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....55
3.4 การทำงานของชุดควบคุมอัตราการไหล.....56
3.5 การทำงานของชุดควบคุมอุณหภูมิ.....57

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....58
4.1 ผลการทดลองของชุดควบคุมอุณหภูมิ.....58
4.2 ผลการทดลองของชุดควบคุมอัตราการไหลของสารละลาย.....60
4.3 ภาพแสดงหน้าจอของกราฟแสดงอุณหภูมิ.....62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปหลักการทำงานและการวิจารณ์.....64

5.1 สรุปหลักการทำงานของการสร้างเครื่องวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในเกลือ.....64

บรรณานุกรม.....67

ภาคผนวก 68

ภาคผนวก ก. คู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 69

ภาคผนวก ข. โปรแกรมที่ใช้ในโครงงาน.....94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงย่านความถี่แสงที่ความถี่ต่างๆ 4

2.2 ตัวแปรและค่าคงที่ในโปรแกรม Visual Basic.....28

2.3 แสดงกลุ่มของโอเปอร์เรเตอร์.....31

2.4 Serial Port Control Register.....40

2.5 แสดงโหมดต่างๆ ของการรับส่งแบบอนุกรม.....41

2.6 แสดงค่ารีจีสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆ สำหรับ Timer 0.....42

2.7 แสดงค่าในรีจีสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆ สำหรับ Counter 0.....42

2.8 แสดงค่าในรีจีสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆ สำหรับ Timer 1.....43

3.1 แสดงช่วงความยาวคลื่น 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 แสดงการแยกแสงอาทิตย์ออกเป็นสเปกตรัมของแสงโดยใช้แก้วผลึกปริซึม.....3
2.2 ขั้นตอนการเปิดโปรแกรม Visual asic.....17
2.3 เมื่อเริ่มเปิดโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 18
2.4 ส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม Visual Basic 6.0 20
2.5 ส่วนของ .orm.....22
2.6 ส่วนประกอบต่างๆ ของ Project Container ...indow.....23
2.7 ส่วนประกอบต่างๆ ของ Project Explore Window.....23
2.8 ส่วนประกอบต่างๆ ของ Form Layout Windows.....24
2.9 ส่วนประกอบต่างๆ ของ Pop Up Menu or Shortcut Menu.....24
2.10 ส่วนประกอบต่างๆ ของ Properties Windows.....25
2.11 แสดงขอบเขตของการใช้ตัวแปรและค่าคงที่ในระดับต่างๆ 30
2.12 แสดงการทำงานจากส่วนของโปรแกรมแบบต่างๆ ด้วยคำสั่ง Exit.....34
2.13โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....36
2.14 แสดงโครงสร้างภายในชิปไมโครคอนโทรลเลอร์.....37
2.15 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....38
2.16 แสดงระบบควบคุมแบบ Open- loop.....43
2.17 แสดงระบบควบคุมแบบ Closed-Loop.....44
2.18 แสดงกิริยาการควบคุมแบบ ON-OFF.....45
3.1 แสดงไดอะแกรมการทำงานของเครื่อง.....51
3.2 ความสัมพันธ์ของการดูดกลืนและปริมาณไอโอดีน.....52
3.3 แสดงส่วนประกอบของเครื่อง.....53
3.4 แสดงส่วนประกอบของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....54
3.5 แสดงส่วนประกอบของชุดควบคุมอัตราการไหล 55
3.6 แสดงการทำงานของชุดควบคุมอุณหภูมิ.....56
4.1 แสดงภาพส่วนประกอบของโครงงาน.....58
4.2 แสดงภาพรูปคลื่นจากไอซี 785 58
4.3 แสดงภาพรูปคลื่นที่ทริก Triac เพื่อควบคุมการทำงานของ Heater ที่ 33.33 % 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.4 แสดงภาพรูปคลื่นที่ทริก Triac เพื่อควบคุมการทำงานของ Heater ที่ 66.66 % 59
4.5 แสดงภาพรูปคลื่นที่ทริก Triac เพื่อควบคุมการทำงานของ Heater ที่ 100 % 60
4.6 แสดงภาพรูปคลื่นจากชุดขับมอเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงที่ 33.33 %.60
4.7 แสดงภาพรูปคลื่นจากชุดขับมอเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงที่ 66.66%..61
4.8 แสดง ภาพรูปคลื่นจากชุดขับมอเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงที่ 100 % ..61
4.9 แสดงภาพหน้าจอแสดงกราฟอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้ 62
4.10 ภาพหน้าจอชุดแสดงค่าอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้ 62
5.1 แสดงไดอะแกรมการทำงานของเครื่อง.....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย

การวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในเกลือไอโอดีนมีความสำคัญในด้านการควบคุมคุณภาพของการผลิต ซึ่งในปัจจุบันในประเทศไทยผลิตเกลือเสริมไอโอดีนโดยการเติมไอโอดีนในรูปของโปแทสเซียมลงในเกลือแกงในการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนได้มีการพัฒนาวิธีการวัดหาปริมาณไอโอดีนด้วยวิธีต่าง ๆ เพื่อให้สามารถวัดปริมาณไอโอดีนในเกลือที่มีอยู่ทั่วไปในท้องตลาด ต่อมาได้มีการพัฒนาการวัดโดยอาศัยเทคนิคโฟลอินเจคชัน ซึ่งทำการตรวจวัดด้วยเครื่องสเปคโทรมิเตอร์

ทางผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะสร้างเครื่องตรวจวัดหาปริมาณไอโอดีน โดยอาศัยระบบโฟลอินเจคชันที่สามารถเคลื่อนย้ายเพื่อให้ทำงานภาคสนามในการตรวจวัดหาปริมาณไอโอดีนในเกลือเสริมไอโอดีนที่มีอยู่ในท้องตลาด เพื่อนำไปเป็นข้อมูลคุณภาพในการผลิตของผู้ผลิต และเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อผู้บริโภคและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้จะเป็นการศึกษาและพัฒนาออกแบบสร้างเครื่องวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในเกลือ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนที่อยู่ในเกลือแกงในท้องตลาด เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิศวกรรมการวัดคุมไปใช้ในด้านการแพทย์ให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่แม่นยำ สะดวกและรวดเร็ว

เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในเกลือที่มีขนาดเล็กออกแบบการทำงานโดยยึดหลักทางวิศวกรรม เพื่อให้ได้ผลทางเคมีที่ละเอียดและแม่นยำสูง การทำงานพัฒนาเอาเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้โดยสามารถควบคุมการทำงาน ประมวลผลและแสดงผลการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้จะกล่าวถึง การพัฒนาและออกแบบเครื่องวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในเกลือ ซึ่งขั้นตอนสำคัญของเครื่องวิเคราะห์ฯ นี้คือกระบวนการหาค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารทำปฏิริยาและไอโอดีนในเกลือ แล้วนำค่าที่ตรวจจับได้ไปวิเคราะห์ตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ค่าผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าเป็นปริมาณไอโอดีนมีหน่วยเป็น mg/Kg โดยโครงสร้างโดยรวมของเครื่องจะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ชุดรีดสารละลายที่สามารถปรับอัตราการไหลเป็นจำนวนรอบ/นาที
2. ชุดควบคุมอุณหภูมิเพื่อเร่งปฏิกิริยาของสารละลาย สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 3.
3. อุณหภูมิห้อง-60 องศาเซลเซียส
4. ชุดดีเทคเตอร์ที่วัดค่าออกมาเป็นแรงดัน

ชุดแสดงผลการทำงาน โดยแสดงเป็นกราฟของกระบวนการบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยทั้งหมดสามารถควบคุมประมวลผลและแสดงการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและดำเนินการ

1. ศึกษาทฤษฎีและกระบวนการเปลี่ยนแปลงของไอโอดีนในเกลือ และแนวทางที่จะนำกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ไปวิเคราะห์หาปริมาณของไอโอดีน
2. ศึกษาทฤษฎีการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี
3. ศึกษาการทำงานของ MCS-51 และทดลองเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี
4. ศึกษาการทำงานของไอซีตรวจวัดอุณหภูมิ DS1820
5. ศึกษาการทำงานของไอซีสร้างฐานเวลาจริง
6. ศึกษาการทำงานและการควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง
7. ศึกษาเกี่ยวกับหลักการของการควบคุมอุณหภูมิ ตัวควบคุมแบบ PID
8. ศึกษาการเขียนโปรแกรมแบบ PID ด้วยภาษาแอสเซมบลี
9. ศึกษาการทำงานของแสง ความสัมพันธ์ของการดูดกลืนและการส่งผ่านของแสง
10. ศึกษาการทำงานของโปรแกรมวิชวลเบสิก และการต่อใช้งานระหว่างโปรแกรมวิชวลเบสิกและไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
11. ทดลองการทำงานของแต่ละส่วน
12. ทดลองการทำงานทั้งหมดของเครื่องเทียบกับเครื่องตัวอย่างที่มีใช้อยู่
13. สรุปผลการทดลองและปัญหาการทำงานพร้อมทั้งข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

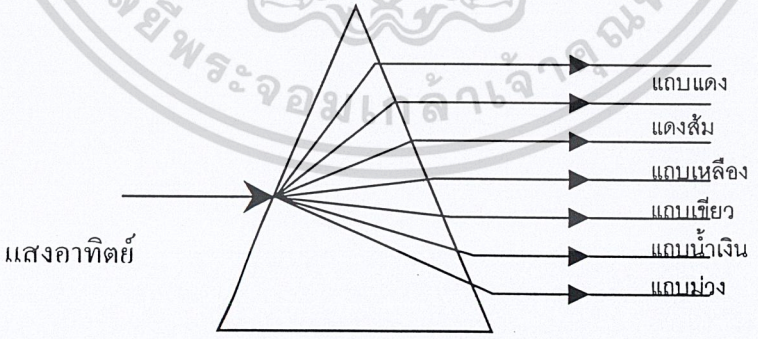
บทที่ 2
ความรู้เบื้องต้นในการออกแบบสร้าง เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในเกลือ

2.1 กล่าวนำ

การทดสอบหาปริมาณของไอโอดีนในเกลือแกงอาจจะใช้วิธีง่ายๆ โดยการสังเกตจากกระดาษหรือน้ำยาทดสอบ ที่เปลี่ยนสีหลังจากทำปฏิกิริยากับไอโอดีนที่มีอยู่ในเกลือ ซึ่งค่าที่อ่านได้จากการสังเกตสีของกระดาษหรือน้ำยาดังกล่าวอาจเกิดการคลาดเคลื่อนได้จากหลายๆสาเหตุด้วยกัน เช่น จากตัวของผู้ทดสอบ หรือ จากสัดส่วนของการเจือจางเกลือตัวอย่าง เป็นต้น ดังนั้นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจที่จะสามารถทราบค่าที่แน่นอนของปริมาณของไอโอดีนที่มีอยู่ในเกลือคือการสร้างเครื่องมือที่สามารถวิเคราะห์หาปริมาณของไอโอดีนโดยการนำเทคโนโลยีทางวิศวกรรมการวัดคุมไปประยุกต์ใช้

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง

ในปี ค.ศ. 1666 เซอร์ไอเซก นิวตัน (Sir Isaac Newton) ได้ค้นพบว่าเมื่อลำแสงอาทิตย์ส่องผ่านแก้วปริซึม (Glass Prism) แสงที่ทะลุผ่านแท่งแก้วไปยังอีกด้านหนึ่งจะกระจายออกเป็นแสงสีต่าง ๆ ดังนั้นแสงอาทิตย์ที่เรามองเห็นเป็นสีขาวหรือสีใดนั้น ๆ แท้ที่จริงแล้วประกอบด้วยแสงสีต่าง ๆ ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงการแยกแสงอาทิตย์ออกเป็นสเปกตรัมของแสงโดยใช้แก้วผลึกปริซึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงมีช่วงความถี่ 10^{14} Hzหรือความยาวคลื่น $4x10^{-7}$ ถึง $7x10^{-7}$ เมตรเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ประสาทตาของมนุษย์รับได้ สเปกตรัมของแสงสามารถแยกได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงย่านความถี่แสงที่ความถี่ต่าง ๆ

สี	ย่านความยาวคลื่น (nm)
ม่วง	380-450
น้ำเงิน	450-500
เขียว	500-570
เหลือง	570-590
แสด	590-610
แดง	610-760

จะเห็นได้ว่าแสงสีม่วง (Violet) มีความยาวช่วงคลื่นประมาณ 450-500 นาโนเมตร สีแดง (Red) มีความยาวช่วงคลื่นประมาณ 700 นาโนเมตร แสงในย่านความยาวคลื่น 380-760 นาโนเมตร เท่านั้นที่ตามนุษย์มองเห็น ได้แสงที่มีความยาวคลื่นอยู่นอกย่านที่ตามองเห็นนั้นได้แก่แสงอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) หมายถึง แสงที่มีความถี่สูงเลยแสงสีม่วงขึ้นไป และแสงอินฟราเรด (Infrared) หมายถึงแสงที่มีความถี่ต่ำกว่าแสงสีแดงลงมา

ขอบเขตที่ต่อเชื่อมกันระหว่างสีไม่สามารถชี้เจาะจงลงไปได้ แน่นอนว่าแต่ละสีจะสิ้นสุดลงตรง ณ ที่ใด เพราะต่างก็ค่อย ๆ จางลงแล้วเข้ามาเชื่อมติดต่อกันและกัน

เนื่องจากแสงนั้นมีความถี่ดังนั้นแสงก็เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกับคลื่นวิทยุ ต่างกันตรงที่ความถี่ และความยาวคลื่น ซึ่งคลื่นแสงอยู่ในย่างความถี่ 4×10^{8} เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งสูงกว่าคลื่นวิทยุ โดยสามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$C = \lambda / f \qquad (2.1)$$

เมื่อ C = ความเร็วของคลื่นแสง (เมตร/วินาที)

λ = ความยาวคลื่น (เมตร)

f = ความถี่ (เฮิรตซ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ย่านความถี่แสงย่านต่างๆสามารถถูกดูดกลืนได้ด้วยสารตัวกลางที่มีลักษณะสีต่างกัน เช่น สารตัวกลางสีเหลืองสามารถดูดกลืนแสงที่น้ำเงิน สารตัวกลางสีน้ำเงินสามารถดูดกลืนแสงสีแดงได้ เป็นต้น

ค่าของแสงที่สามารถส่งผ่านตัวกลางออกมาได้เราเรียกว่าค่าของการส่งผ่าน (Transmission) ของแสงจะเป็นค่าที่แสดงว่าวัตถุตัวกลางนั้นยอมให้แสงผ่านได้เท่าใดโดยทั่วไปนิยมวัดเป็นเปอร์เซ็นต์และค่าของการดูดกลืน(Absorbent)เป็นค่าที่แสดงว่าวัตถุตัวกลางนั้นมีความสามารถในการดูดกลืนแสงไว้เท่าใด โดยสามารถหาได้จาก

$$\text{Absorbent} = 2 - \log \% \text{ Transmission} \qquad (2.2)$$

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์กระแสตรง (D.C. motors)

2.3.1 หลักการของมอเตอร์ (Motor principle)

มอเตอร์ไฟฟ้า คือ เครื่องกลซึ่งเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการดังนี้ คือ เมื่อมีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำซึ่งวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงเกิดขึ้นที่ลวดตัวนำซึ่งวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงเกิดขึ้นที่ลวดตัวนำ ทำให้ลวดตัวนำเกิดการเคลื่อนที่ ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นหาได้จากสมการ

$$F = BIl \text{ นิวตัน} \qquad (2.3)$$

เมื่อ F = แรงที่เกิดขึ้นที่ลวดตัวนำ เป็น นิวตัน

B = ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก เป็น เทสลา (เวเบอร์/ตร.เมตร)

I = กระแสที่ไหลผ่านลวดตัวนำ เป็น แอมแปร์

l = ความยาวของลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก เป็น เมตร

เราสามารถหาทิศทางของแรง F ที่เกิดขึ้นได้โดยใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming's left hand rule) ซึ่งใช้สำหรับหาทิศทางการหมุนของมอเตอร์นั่นเอง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีโครงสร้างและส่วนประกอบเหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงทุกประการ ดังนี้จึงสามารถนำไปใช้งานแทนกันได้อย่างดี ดังนั้น การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง คือ อาจแบ่งออกได้ 4 แบบ คือ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกวงจรกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็ก(Separately-excitedD.C.motor)
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชั้นท์ (D.C. shunt motor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบซีรีส์ (D.C. series motor)

4. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบคอมเปานด์ (D.C. compound motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกวงจรกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กนั้น ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 2 ชุด เพื่อจ่ายให้แก่ขดลวดฟิลด์ และขดลวดอาเมเจอร์ จึงไม่นิยมใช้กันทั่วไป จะใช้งานในงานเฉพาะอย่างเป็นกรณีพิเศษเท่านั้น แต่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชั้นท์ ซีรีส์และคอมเปานด์นั้นเป็นมอเตอร์ที่ต้องการแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเพียงชุดเดียว จึงนิยมใช้กันมากกว่าแบบแรก

การต่อวงจรภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบคอมเปานด์นั้นต่อได้ 2 แบบคือถ้าต่อวงจรให้แอมแปร์เทินส์ของซีรีส์ฟิลด์เสริม หรือต่อต้าน (หักล้าง) กับแอมแปร์เทินส์ของชั้นฟิลด์ เรียกการต่อวงจรแบบแรกว่า“คิวมูเลตีฟ คอมเปานด์” (cumulative compound) และแบบหลังเรียกว่า “ดิฟเฟอเรนเชียล คอมเปานด์” (differential compound)

2.3.2 การเปรียบเทียบพฤติการณ์ ของเครื่องกำเนิดและมอเตอร์ไฟฟ้า (Comparison of generator and motor action)

ทั้งเครื่องกำเนิดและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงต่างก็เกิดพฤติการณ์ของเครื่องกำเนิดและมอเตอร์ขึ้นในเครื่องเดียวกัน นั่นคือ เมื่อเป็นเครื่องกำเนิดก็จะเกิดพฤติการณ์ของเครื่องกำเนิด (generator action) ขึ้นก่อน ถ้าพิจารณาตามรูปที่ 4 ด้านล่าง ซึ่งเป็นวงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเบื้องต้น ซึ่งถูกขับให้หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาโดยแรงบิดหมุน (driving torque) ของเครื่องต้นกำลัง เมื่อมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นและมีกระแสไหลออกจากอาเมเจอร์จะมีแรงต้านเกิดขึ้นในอาเมเจอร์ทำให้ความเร็วของเครื่องกำเนิดลดลงเรียกแรงต้านที่เกิดขึ้นในอาเมเจอร์ว่า “แรงบิดต้านกลับ” (retarding torque) หรือ พฤติการณ์ของมอเตอร์ เครื่องกำเนิดยิ่งจ่ายกระแสออกจากอาเมเจอร์ไปมากเท่าไร แรงต้านยิ่งเกิดมากขึ้น ทำให้ความเร็วลดลงมาก มีผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วลดลง จึงจำเป็นต้องเพิ่มพลังงานกลขึ้นที่เครื่องต้นกำลังเพื่อเร่งรอบให้สูงขึ้น

2.3.3 แรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อต้าน (back e.m.f. or counter e.m.f.)

เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้า (V) ให้กับอาเมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่ออาเมเจอร์เริ่มหมุนลวดตัวนำในอาเมเจอร์จะเคลื่อนที่ตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กของขั้วแม่เหล็กเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นลวดตัวนำ ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นนี้หาได้โดยใช้กฎมือขวาของเฟลมมิ่งดังรูปที่ 2. จะพบว่ามีทิศทางตรงข้ามกับแรงดันป้อน ดังนั้นจึงเรียกแรงเคลื่อนไฟฟ้านี้ว่า “แรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อต้าน” (back e.m.f.) ใช้สัญลักษณ์ Eb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อต้านเกิดจากการที่ลวดตัวนำหมุนตัดเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กเช่นเดียวกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้น จึงมีสมการเช่นเดียวกับการหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ

$$E_b = \frac{\text{Ø}ZN}{60}\left(\frac{P}{A}\right) \qquad \text{โวลท์} \tag{2.4}$$

และเนื่องจาก ZP/60A เป็นค่าคงที่ของมอเตอร์แต่ละตัว ดังนั้นจึงได้

$$E_b = K_1 \text{ØN} \tag{2.5}$$

เมื่อ K_1 = ค่าคงที่ของมอเตอร์ = ZP/60A

N = ความเร็วรอบของมอเตอร์ รอบต่อนาที

$\varnothing$ = จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งขั้วเวเบอร์

เมื่อกำหนดให้

V = แรงดันป้อน (applied voltage) โวล์ท

R_a = ความต้านทานในวงจรของอาเมเจอร์ โอห์ม

I_a = กระแสอาเมเจอร์ เป็น แอมแปร

E_b = แรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อต้าน โวล์ท

เราสามารถเขียนสมการกระแสอาเมเจอร์ได้ดังนี้

$$I_a = \frac{V - E_b}{R_a} \tag{2.6}$$

หรือ $V = E_b + I_a R_a$

$$\therefore E_b = V - I_a R_a \tag{2.7}$$

จากสมการ (2.5) และ (2.6) จะสังเกตเห็นว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อต้าน E_b จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ $\varnothing$ และ N ดังนั้นถ้า $\varnothing$ คงที่จะได้ $E_b \propto N$ นั่นคือ

เมื่อ N มีค่ามาก เช่น มอเตอร์หมุนตัวเปล่า (no-load) จะทำให้ E_b มีค่ามาก และกระแส I_a จะมีค่าลดลง ในทางตรงข้ามถ้าN มีค่าน้อย เช่น ขณะมอเตอร์หมุนขับโหลดเต็มพิกัด (full-load) จะทำให้ E_b มีค่าน้อยลง กระแส I_a จะมีค่าเพิ่มขึ้นเพื่อทำให้เกิดแรงบิด (torque) เหมาะสมกับขนาดของโหลดที่เพิ่มขึ้น และกระแส I_a จะมีค่ามากที่สุดเมื่อ N เท่ากับศูนย์ ซึ่งจะได้ E_b เท่ากับศูนย์ด้วย สภาพเช่นนี้จะเกิดขึ้นในขณะเริ่มหมุน (start) หมายถึง สับสวิทช์จ่ายแรงดันป้อนให้มอเตอร์แล้ว มอเตอร์กำลังจะเริ่มหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 สมการแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์ (Voltage equation of a motor)

จากสมการที่ (2.7) เขียนสมการของแรงดันป้อน (applied voltage) V. ที่ขั้วอาเมเจอร์ของมอเตอร์ได้ดังนี้คือ

$$V = E_b + I_a R_a$$

เรียกสมการข้างบนว่าสมการแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์ใช้กระแสอาเมเจอร์ I_a คูณเข้าไปทั้งสองข้างของสมการ

$$VI_a = E_b I_a + I_a^2 R_a \qquad (2.8)$$

โดย

VI_a = กำลังอินพุทที่จ่ายให้กับอาเมเจอร์ (electrical input to the armature) วัตต์

$E_b I_a$ = กำลังไฟฟ้าส่วนที่เปลี่ยนรูปเป็นกำลังกลในอาเมเจอร์ (electrical equivalent of mechanical power developed in the armature) วัตต์

$I_a^2 R_a$ = การสูญเสียในขดลวดอาเมเจอร์ (Cu loss in the armature) เป็น วัตต์

จากสมการที่ (2.7) จะสังเกตเห็นว่า กำลังไฟฟ้าที่อาเมเจอร์ได้รับ (armature input) ส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปในขดลวดอาเมเจอร์ คือ การสูญเสีย I^2R และอีกส่วนหนึ่งจะใช้สำหรับเปลี่ยนรูปเป็นกำลังกล (mechanical power) ภายในอาเมเจอร์ ดังนั้น การหาประสิทธิภาพของมอเตอร์จึงอาจหาได้จากอัตราส่วนของกำลังกลที่เกิดขึ้นในอาเมเจอร์ต่อกำลังอินพุทของมัน คือ $E_bI_a/VI_a = E_b/V$

2.3.5 แรงบิดที่เกิดขึ้นในอาเมเจอร์ (Armature torque of a motor) T

แรงบิด (torque) หมายถึง โมเมนต์ของแรงที่ทำให้เกิดการหมุนหรือการบิดรอบแกนอันหนึ่ง ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้ผลคูณของแรงกับรัศมี ณ จุดที่แรงกระทำ

พิจารณามูเล่ (pulley) อันหนึ่งที่มีรัศมี r เมตร ดังรูปที่ (9) มีแรง F นิวตัน มากระทำกับมูเล่ทำให้มูเล่หมุนไปด้วยความเร็ว n รอบต่อวินาที

ดังนั้น แรงบิด $T = F \times r$ นิวตัน-เมตร

งานที่ทำได้ 1 รอบจากแรง F = แรง x ระยะทาง

$= F \times 2\pi r$ จูลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานที่ทำได้ต่อวินาที หรือ กำลังกลที่เกิดขึ้น $= F \times 2\pi r \times n$ จูลส์/วินาที หรือ วัตต์

$$= (F \times r) \times 2\pi n \quad \text{วัตต์}$$

$$= T \times 2\pi n \quad \text{วัตต์}$$

$$= \frac{2\pi TN}{60} \quad \text{วัตต์} \qquad (2.9)$$

เมื่อ $n = N/60$ และ $N =$ ความเร็วรอบ เป็น รอบต่อนาที

จากสมการที่ (2.8) $VI_a = E_b I_a + I_a^2 R_a$

กำลังกลที่เกิดขึ้นในอาเมเจอร์ $= E_b I_a$ วัตต์ (2.10)

$$\therefore (1) = (2) \qquad \frac{2\pi TN}{60} = E_b I_a$$

$$\therefore T = \frac{60 E_b I_a}{2\pi n} \quad \text{นิวตัน-เมตร} \qquad (2.11)$$

หรือ $$T = \frac{9.55 E_b I_a}{N} \quad \text{นิวตัน-เมตร} \qquad (2.12)$$

จากสมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อต้าน $E_b = \frac{\text{Ø}ZN}{60}\left(\frac{P}{A}\right)$ โวล์ท

แทนค่า E_b จาสมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อต้าน ลงในสมการที่ (7) จะได้

$$T = [0.159ZP/A]\text{Ø}\,\mathrm{I_a} \quad \text{นิวตัน-เมตร} \qquad (2.13)$$

ค่าที่อยู่ภายในวงเล็บของสมการที่ (1.12) เป็นค่าคงที่ของแรงบิด

$$\therefore T = K_2 \text{Ø} \mathrm{I_a} \qquad (2.14)$$

เมื่อ $K_2 =$ ค่าคงที่ของแรงบิด

ข้อสังเกต จากสมการที่ (9) จะได้แรงบิด $T \propto \text{Ø}\,\mathrm{I_a}$

- ในกรณีซีรีส์มอเตอร์ $\varnothing$ จะแปรผันโดยตรงกับ I_a (ก่อนแกนเหล็กถึงจุดอิ่มตัว) ดังนั้นจะได้ $T \propto \text{Ø}\,\mathrm{I_a^2}$
- ในกรณีชั้นท์มอเตอร์ ถ้า V คงที่จะได้ $\varnothing$ คงที่ด้วย ดังนั้น $T \propto \text{Ø}\,\mathrm{I_a}$

2.3.6 แรงบิดที่ปลายเพลา (shaft torque) ใช้สัญลักษณ์ T_{sh}

แรงบิดทั้งหมดที่เกิดขึ้นในอาเมเจอร์ (armature torque)ในสมการที่(6),(7) และ(8) นั้นไม่ใช่แรงบิดที่นำไปใช้งาน ทั้งนี้เพราะว่าแรงบิดบางส่วนจะต้องจ่ายให้กับการสูญเสียในแกนเหล็กและความฝืด (iron and friction losses) ของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นแรงบิดที่นำไปใช้งานก็คือ แรงบิดที่ปลายเพลา (shaft torque) หรือ T_{sh} สำหรับกำลังกลเอาท์พุทของมอเตอร์นั้นหาได้จาก

$$P_{out} = T_{sh} \times 2\pi N / 60 \quad \text{วัตต์} \tag{2.15}$$

เมื่อ T_{sh} = แรงบิดที่ปลายเพลา เป็น นิวตัน-เมตร

N = ความเร็วเป็นรอบต่อนาที

และ P_{out} = กำลังเอาท์พุทของมอเตอร์ เป็น วัตต์

หรือ $$T_{sh} = \frac{P_{out}}{2\pi N / 60} \quad \text{นิวตัน-เมตร}$$

$$= \frac{60 P_{out}}{2\pi N} \quad \text{นิวตัน-เมตร}$$

$$\therefore T_{sh} = \frac{9.55 P_{out}}{N} \quad \text{นิวตัน-เมตร} \tag{2.16}$$

ความแตกต่างระหว่างแรงบิดทั้งสองแห่ง $(T - T_{sh})$ เรียกว่า "แรงบิดสูญเสีย" (lost torque) เนื่องจากการสูญเสียในแกนเหล็กและความฝืดของมอเตอร์

2.3.7 ความเร็วของมอเตอร์ (Speed of D.C. motor)

จากสมการของแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อต้าน

$$E_b = V - I_a R_a \qquad \text{หรือ} \qquad E_b = \frac{\text{Ø}NZ}{60}\left(\frac{P}{A}\right)$$

ดังนั้น $$\frac{\text{Ø}NZ}{60}\left(\frac{P}{A}\right) = V - I_a R_a$$

$$\therefore \quad N = \frac{V - I_a R_a}{\text{Ø}} \times \left(\frac{60A}{ZP}\right) \quad \text{r.p.m.} \tag{2.17}$$

หรือ $$N = \frac{E_b}{\text{Ø}} \times \left(\frac{60A}{ZP}\right)$$

$$\therefore \quad N = K_3 \frac{E_b}{\text{Ø}} \tag{2.18}$$

จากสมการที่ (12) จะพบว่าความเร็วของมอเตอร์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อต้าน E_b และเป็นสัดส่วนผกผันกับเส้นแม่เหล็ก $\varnothing$ หรือ $N \propto E_b / \text{Ø}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.7.1 กรณีซีรีส์มอเตอร์

ให้ N_1 = ความเร็วของมอเตอร์เมื่อขับโหลดค่าหนึ่ง

I_{a1} = กระแสอาเมเจอร์

$\emptyset_1$ = เส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้ว

และ N_2, I_{a2} และ $\emptyset_1$ เป็นค่าที่สอดคล้องกัน แต่โหลดของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงเป็นอีกค่าหนึ่ง ดังนั้นเราจะได้

$$N_1 \propto \frac{E_{b1}}{\emptyset_1} \quad \text{เมื่อ} \quad E_{b1} = V - I_{a1}R_a$$

$$N_2 \propto \frac{E_{b2}}{\emptyset_2} \quad \text{เมื่อ} \quad E_{b2} = V - I_{a2}R_a$$

$$\therefore \quad \frac{N_2}{N_1} = \frac{E_{b2}}{E_{b1}} \times \frac{\emptyset_1}{\emptyset_2} \tag{2.19}$$

ก่อนที่ขั้วแม่เหล็กจะถึงจุดอิ่มตัว (saturation); $\emptyset \propto I_a$

$$\therefore \quad \frac{N_2}{N_1} = \frac{E_{b2}}{E_{b1}} \times \frac{I_{a1}}{I_{a2}} \tag{2.20}$$

2.3.7.2 กรณีชั้นท์มอเตอร์

มีสมการของความเร็วเช่นเดียวกับมอเตอร์แบบซีรีส์ ดังนั้นจากสมการที่ (13) ถ้าจ่ายแรงดันป้อน V ของชั้นท์มอเตอร์คงที่ จะได้ $\emptyset$ คงที่ด้วย ดังนั้น $\emptyset_1 = \emptyset_2$

$$\therefore \quad \frac{N_2}{N_1} = \frac{E_{b2}}{E_{b1}} \tag{2.21}$$

2.3.8 สปีดเรกกูเรชั่น (Speed regulation)

หมายถึง การเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบจากสภาวะโหลดเต็มพิกัดมาเป็นสภาวะไร้โหลดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด อัตราการเปลี่ยนแปลงนี้จะอยู่ในรูปเปอร์เซนต์ของ ความเร็วรอบในสภาวะโหลดเต็มพิกัด เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\%\text{สปีดเรกกูเรชั่น} = \frac{N_0 - N}{N} \times 100 \tag{2.22}$$

เมื่อ N_0 = ความเร็วรอบเมื่อไร้โหลด (no-load)

N = ความเร็วรอบเมื่อโหลดเต็มพิกัด (full-load or rated load)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็ว (Relation between torque and speed)

ในการสตาร์ทมอเตอร์จากสภาวะหยุดนิ่งจนกระทั่งหมุนอยู่ที่ความเร็วค่าใดค่าหนึ่งนั้นแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อต้านจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจาก $E_b = O$ ในช่วงแรกซึ่งขณะนั้นกระแส I_a จะสูงมาก เนื่องจาก $I_a = \frac{V - E_b}{R_a}$ จึงทำให้แรงบิดของมอเตอร์ (motor torque) มีค่าสูงกว่าแรงบิดที่โหลดต้องการ (load torque) มาก จึงทำให้เกิดอัตราเร่งสูงมาก ความเร็วรอบของมอเตอร์จะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งแรงบิดที่โหลดต้องการเท่ากับแรงบิดของมอเตอร์ ความเร็วรอบจะคงที่ ถ้าโหลดของมอเตอร์เพิ่มขึ้น แรงบิดที่โหลดต้องการ (load torque) จะมีค่าสูงขึ้น แรงเบรกที่กระทำกับเพลาของมอเตอร์มีค่ามากขึ้น จะทำให้เกิดแรงหน่วงทำให้ความเร็วรอบลดลง ในกรณีของชั้นท์มอเตอร์ ถ้าแรงดันป้อนคงที่ถือได้ว่า$\varnothing$จะมีค่าคงที่ด้วย(ในทางปฏิบัติ $\varnothing$จะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเนื่องจากผลของอาเมเจอร์รีแอคชั่น) ดังนั้น เมื่อความเร็วรอบ N ลดลง E_b จึงลดลงด้วย แต่เนื่องจาก $I_a = \frac{V - E_b}{R_a}$ จึงทำให้ I_a เพิ่มขึ้น และแรงบิดของมอเตอร์ $T = K\varnothing I_a$ จะมีค่าเพิ่มขึ้นดังนั้นความเร็วรอบลดลงเรื่อยๆจนกระทั่งแรงบิดของมอเตอร์เท่ากับแรงบิดที่โหลดต้องการ ความเร็วรอบจึงจะคงที่

ในทางตรงข้าม ถ้าโหลดของมอเตอร์ลดลง แรงบิดที่โหลดต้องการจะน้อยกว่าแรงบิดของมอเตอร์ แรงเบรคหรือแรงหน่วงที่เพลาจะมีค่าลดลง ทำให้เกิดอัตราเร่งและความเร็วรอบเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วรอบ N เพิ่มขึ้น E_b จะเพิ่มขึ้นด้วย กระแส I_a จะลดลง ทำให้แรงบิดของมอเตอร์ลดลง อัตราเร่งจะค่อยๆลดลงจนกระทั่งเป็นศูนย์ จึงทำให้ความเร็วรอบเริ่มคงที่อีกครั้ง ณ ตำแหน่งที่แรงบิดของมอเตอร์เท่ากับแรงบิดที่โหลดต้องการ

2.3.10 คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. motor characteristic)

เป็นเส้นกราฟที่แสดงคุณลักษณะระหว่างปริมาณต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแต่ละแบบ คือ

1. แรงบิดและกระแสอาเมเจอร์ คือ เส้นกราฟคุณลักษณะของแรงบิดกับกระแสอาเมเจอร์ (T / I_a characteristic)หรืออาจจะเรียกว่าคุณลักษณะทางไฟฟ้า (electrical characteristic)
2. ความเร็วและกระแสอาเมเจอร์คือเส้นกราฟคุณลักษณะของความเร็วกับกระแสอาเมเจอร์ (N / I_a characteristic)
3. ความเร็วและแรงบิดคือเส้นกราฟคุณลักษณะของความเร็วกับแรงบิด(N / T characteristic) หรือ อาจจะเรียกว่า " คุณลักษณะทางกล " (mechanical characteristic) คุณลักษณะข้อนี้สามารถหาได้จากข้อ 1. และ ข้อ 2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิจารณาเกี่ยวกับคุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ของปริมาณทั้งสองประการซึ่งจะต้องนำใช้พิจารณาอยู่ตลอดเวลา คือ

$T \propto \emptyset I_a$ และ $N \propto E_b / \emptyset$

2.3.11 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของมอเตอร์แบบชั้นท์และแบบซีรีส์ (Comparison of shunt and series motor)

2.3.11.1 มอเตอร์แบบชั้นท์ (Shunt motor)

คุณลักษณะต่างๆ ของมอเตอร์แบบนี้ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. เป็นมอเตอร์ที่มีความเร็วรอบเกือบคงที่
2. เมื่อใช้กระแสอินพุทเท่ากัน จะให้แรงบิดเริ่มหมุนต่ำกว่าซีรีส์มอเตอร์

จากคุณลักษณะในข้อ 1 และ 2 มอเตอร์แบบนี้จึงนิยมใช้กับงานดังนี้

1. งานที่ต้องการรักษาความเร็วรอบให้คงที่จากสภาวะไร้โหลดถึงมีโหลดเต็มพิกัด
2. ขับโหลด ณ ความเร็วรอบต่างๆกัน โดยแต่ละความเร็วจะคงที่กับงานหนึ่งๆ เป็นเวลานาน เช่น ใช้ขับเครื่องกลึง ซึ่งต้องการใช้ความเร็วในการกลึงโลหะแต่ละชนิดแตกต่างกัน สามารถควบคุมความเร็วได้ง่ายและประหยัด

2.3.11.2 มอเตอร์แบบซีรีส์ (Series motor)

คุณลักษณะต่างๆ ของมอเตอร์แบบนี้ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. เป็นมอเตอร์ที่มีแรงบิดเริ่มหมุนสูงมาก (huge starting torque)
2. มีอัตราเร่งของแรงบิดดีมาก (good accelerating torque)
3. มีความเร็วรอบต่ำเมื่อโหลดมากและความเร็วจะสูงมากจนอาจเป็นอันตรายกับมอเตอร์เมื่อโหลดลดลงมาก

จากคุณลักษณะดังกล่าวข้างต้น มอเตอร์แบบนี้จึงเหมาะสมกับงานดังนี้

1. งานที่ต้องการแรงบิดเริ่มหมุนสูงมาก เช่นใช้ขับกว้าน (hoists) ปั้นจั่น (cranes) รถราง (trams) เป็นต้น
2. งานที่มอเตอร์สามารถต่อกับโหลดได้โดยตรง เช่น พัดลมซึ่งแรงบิดจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. งานที่ไม่ต้องการความเร็วรอบคงที่งานที่โหลดเพิ่มขึ้นแล้วความเร็วรอบลดลง ซึ่งถือว่าเป็นข้อได้เปรียบของมอเตอร์ คือแรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่กำลังอินพุทของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เช่น แรงบิดเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าแต่กำลังอินพุทที่มอเตอร์ต้องการจะเพิ่มขึ้นประมาณ50-60%เท่านั้น

4. ไม่ควรนำไปใช้กับงานที่โหลด มีโอกาสลดลงจนกระทั่งเหลือค่าน้อยมาก เช่น งานขับปั๊มหนีศูนย์กลาง (centrifugal pumps) และงานขับโหลดด้วยสายพาน เป็นต้น

2.3.12 คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบคอมเปานด์ (Characteristics of compound motor)

เป็นมอเตอร์ที่อาศัยการทำงานร่วมกันของขดลวดซีรีส์ฟีลด์ (ให้แรงบิดเริ่มหมุนสูง) และขดลวดชั้นท์ฟีลด์ (ให้ความเร็วรอบเกือบคงที่) ในอัตราส่วนที่เหมาะสม มอเตอร์แบบคอมเปานด์แบ่งออกได้ 2 แบบ คือ

2.3.12.1 มอเตอร์แบบคิวมูเลตีฟ คอมเปานด์ (Cumulative compound motor)

วงจรของมอเตอร์แบบนี้ จะต้องต่อขดลวดซีรีส์ฟีลด์ให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กเสริมหรือมีทิศทางเดียวกันกับเส้นแรงแม่เหล็กของชั้นท์ฟีลด์ ขณะหมุนตัวเปล่าหรือไร้โหลดจะมีกระแสจำนวนเล็กน้อยไหลในขดลวดซีรีส์ฟีลด์ ดังนั้น มอเตอร์จึงหมุนโดยอาศัยเส้นแรงแม่เหล็กส่วนมากที่เกิดจากชั้นฟีลด์ ด้วยความเร็วรอบคงที่เช่นเดียวกับชั้นท์มอเตอร์

เมื่อโหลดเพิ่มขึ้น เส้นแรงแม่เหล็กของขดลวดซีรีส์ฟีลด์จะเพิ่มขึ้นเสริมกับเส้นแรงแม่เหล็กของชั้นฟีลด์ ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้วเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดแรงบิดขับโหลดสูงกว่าชั้นท์มอเตอร์ ในเวลาเดียวกันความเร็วรอบของมอเตอร์จะลดลงอย่างรวดเร็วและลดลงมากกว่าชั้นท์มอเตอร์ และด้วยขนาดของแรงบิดที่เท่ากันมอเตอร์แบบคิวมูเลตีฟคอมเปานด์จะกินกระแสน้อยกว่าชั้นท์มอเตอร์

มอเตอร์แบบนี้เหมาะสมกับงานประเภทที่ต้องการแรงบิดเริ่มหมุนสูงและยังมีความเร็วคงที่อยู่ที่ค่า ๆ หนึ่งในขณะไร้โหลดจึงมักนำไปใช้หมุนขับโหลดหนักๆเช่นเครื่องอัดย้ำ เครื่องตัดโลหะ เครื่องม้วนเครื่องรีดโลหะ เป็นต้น เครื่องจักรกลดังกล่าวสามารถต่อกับมอเตอร์แบบคิวมูเลตีฟคอมเปานด์ด้วยสายพาน ซึ่งไม่สามารถกระทำได้ในซีรีส์มอเตอร์

ในงานบางประเภท เช่นลิฟท์ต้องการแรงบิดเริ่มหมุนสูง มักนำมอเตอร์แบบคิวมูเลตีฟคอมเปานด์ไปใช้ ภายหลังจากมอเตอร์หมุนได้ความเร็วรอบตามต้องการแล้ว จะทำการลัดวงจรขดลวดซีรีส์ฟีลด์โดยอัตโนมัติ มอเตอร์จะหมุนเป็นชั้นท์มอเตอร์ให้ความเร็วรอบคงที่ ในงานหมุนขับโหลดหนักๆ ในทันทีทันใดมักจะใช้ล้อช่วยแรง (fly-wheel) ต่อกับเพลาของมอเตอร์เป็นการเพิ่มพลังงานศักย์สะสมไว้ จะช่วยให้มีเสถียรภาพในการทำงานดีขึ้นมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.12.2 มอเตอร์แบบดิฟเฟอเรนเชียล คอมเปานด์

(Differential compound motor)

วงจรของมอเตอร์แบบนี้ จะต้องต่อขดลวดซีรีส์ฟีลด์ให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กต่อต้านหรือ สวนทางกับเส้นแรงแม่เหล็กของชั้นท์ฟีลด์ ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้วลดลง เมื่อมอเตอร์ได้รับโหลดเพิ่มขึ้น ความเร็วรอบของมอเตอร์จะคงที่อยู่ชั่วขณะหนึ่ง แล้วจึงเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของโหลด ในงานบางประเภท ต้องการความเร็วรอบคงที่ตลอดเวลาไม่ว่าโหลดจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรก็ตามนั้น แม้จะเลือกใช้ชั้นท์มอเตอร์ ก็ไม่สามารถตอบสนองความต้องการนี้ได้ ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้มอเตอร์แบบดิฟเฟอเรนเชียล คอมเปานด์ แต่เนื่องจากมอเตอร์แบบนี้มีข้อเสียอย่างมากตรงที่มีแรงบิดเริ่มหมุนต่ำ แต่ในขณะเริ่มหมุนอาจหมุนกลับทิศทางได้ ทั้งนี้เพราะว่าในขณะเริ่มหมุนมอเตอร์จะกินกระแสมาก ดังนั้น เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดซีรีส์ฟีลด์จะมีค่ามากกว่าเส้นแรงแม่เหล็กของชั้นท์ฟีลด์ อันเป็นสาเหตุทำให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทาง การแก้ไขอาจจะทำได้โดยลัดวงจรขดลวดซีรีส์ฟีลด์ในขณะเริ่มหมุน ข้อเสียอีกประการหนึ่งก็คือถ้าเพิ่มโหลดมากเกินไป จนกระทั่งโหลดเกินพิกัด (over load) กระแสจะไหลมากในขดลวดซีรีส์ฟีลด์ ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กมากกว่าชั้นท์ฟีลด์ มอเตอร์จะหมุนกลับทิศทางเช่นเดียวกัน

เนื่องจากมีข้อเสียดังกล่าวปัจจุบันจึงไม่นิยมใช้มอเตอร์แบบดิฟเฟอเรนเชียลคอมเปานด์ และกรณีที่จำเป็นต้องใช้มอเตอร์ซึ่งให้ความเร็วรอบคงที่ จะเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแทน

2.3.13 การสูญเสียและประสิทธิภาพ (Losses and efficiency)

การสูญเสียที่เกิดขึ้นในมอเตอร์ก็เช่นเดียวกับการสูญเสียที่เกิดขึ้นในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งมีดังนี้ คือ

1. การสูญเสียในขดลวดทองแดง (Copper losses)
2. การสูญเสียทางแม่เหล็ก (Magneric losses)
3. การสูญเสียทางกล (Mechanical losses)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โปรแกรมวิชวลเบสิก

เป็นที่ยอมรับในวงการกันดีว่าตั้งแต่วินโดวส์ 95 และวินโดว์ NT เป็นต้นมา วินโดวส์นั้นได้ช่วยให้คอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่าดอสดังนั้นในคอมพิวเตอร์ที่ใช้วินโดวส์ถ้าเขียนโปรแกรมสำหรับดอสเพื่อรันในดอสของวินโดวส์ก็เท่ากับไม่ได้ใช้วินโดวส์ที่มีอยู่เลย เพราะโปรแกรมจะลดความสามารถของวินโดวส์ให้เหลือเท่ากับคอมพิวเตอร์ที่ใช้ดอสเท่านั้นเพราะฉะนั้นสำหรับคอมพิวเตอร์ที่ใช้วินโดวส์ การเขียนโปรแกรมเพื่อรันในวินโดวส์จึงเป็น ทางเดียวที่จะทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด 2 ประการคือ

1. โปรแกรมสำหรับวินโดวส์จะนำความสามารถของวินโดวส์มาใช้ได้อย่างเต็มที่
2. การเขียนโปรแกรมสำหรับวินโดวส์ทำได้ง่ายกว่าการเขียนโปรแกรมสำหรับดอส

โปรแกรมหรือแอปพลิเคชั่นในวินโดวส์นั้นได้มีวิธีการเขียน 2 แบบ คือการเขียนโปรแกรมแบบวิชวลหรือวิชวลโปรแกรมมิ่ง (Visual Programming) และการเขียนโปรแกรมแบบนอนวิชวลหรือนอนวิชวลโปรแกรมมิ่ง (None Visual Programming) “วิชวล หมายถึง มองเห็นการเขียนโปรแกรม หมายความว่า การเขียนแบบนี้เราจะมองเห็นส่วนประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรมนั้นทันที ” ส่วนการเขียนโปรแกรมแบบนินวิชวลเป็นการเขียนโปรแกรมด้วยอักษรและเครื่องหมายซึ่งจะยังไม่เห็นส่วนประกอบของโปรแกรมในทันทีแต่สามารถจะมองเห็นส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรมได้ในภายหลังคือตอนรันโปรแกรม ดังนั้นการเขียนโปรแกรมแบบวิชวลจึงช่วยให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนได้สะดวกและรวดเร็วกว่าในการทำงานด้านโปรแกรมมิ่งนั้นนับตั้งแต่เริ่มต้นในการพัฒนาโปรแกรมต่าง ๆ นั้นจะมีโปรแกรมภาษาต่าง ๆ มากมายที่ใช้ในการพัฒนางานหรือสร้างเป็นโปรแกรมประยุกต์ขึ้นมาใช้งานสำหรับการทำงานในองค์กรหรือพัฒนาขึ้นมาใช้งานส่วนตัวแต่โดยส่วนใหญ่แล้ว โปรแกรมเหล่านี้จะเป็นโปรแกรมที่ต้องใช้ ความจำเป็นเลิศเกือบทั้งสิ้น เนื่องจากโปรแกรมเหล่านั้นโดยส่วนใหญ่จะเป็นโปรแกรมประเภทการเขียนโดยการขึ้นคำสั่งเฉพาะต่าง ๆ ในการสร้างหรือควบคุมการทำงานของส่วนต่าง ๆ ที่ต้องการ โดยเรียกการใช้งานโปรแกรมเหล่านี้ว่า “การโค๊ดดิ้ง” แต่สำหรับโปรแกรม Visual Basic 6.0 นั้นโปรแกรมพัฒนาที่การผสมผสานกันระหว่างการโค๊ดดิ้งและจับวาง (แกรกแอนด์ดรอป) นั่นก็คือ ในการทำงานนั้นสามารถที่จะกำหนดหรือสร้าง Object ต่าง ๆ โดยการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ที่ตัวโปรแกรมมีมาให้โดย ไม่ต้องเขียนคำสั่งเพื่อสร้าง Object ต่างๆ เหล่านั้นขึ้นมาใช้งานและสามารถ ที่จะเขียนคำสั่งเพื่อใช้ในการสร้างเงื่อนไขพิเศษอื่น ๆ ที่ใช้ในการทำงานได้อีกด้วย

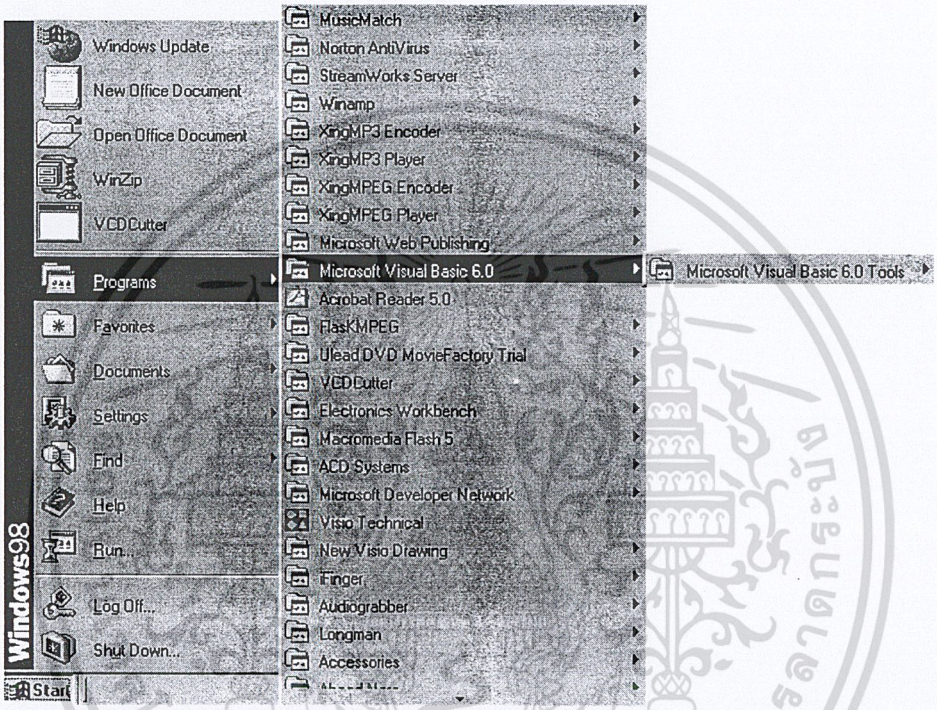
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเปิดโปรแกรมขึ้นมาใช้งาน

ในการเปิดโปรแกรมขึ้นมาใช้งานนั้นสามารถที่จะทำได้โดยวิธีการดังต่อไปนี้

- คลิกปุ่ม Start
- เลือกเมนู Programs
- เลือกเมนูย่อย Microsoft Visual Studio 6.0
- คลิกไอคอน Microsoft Visual Basic 6.0

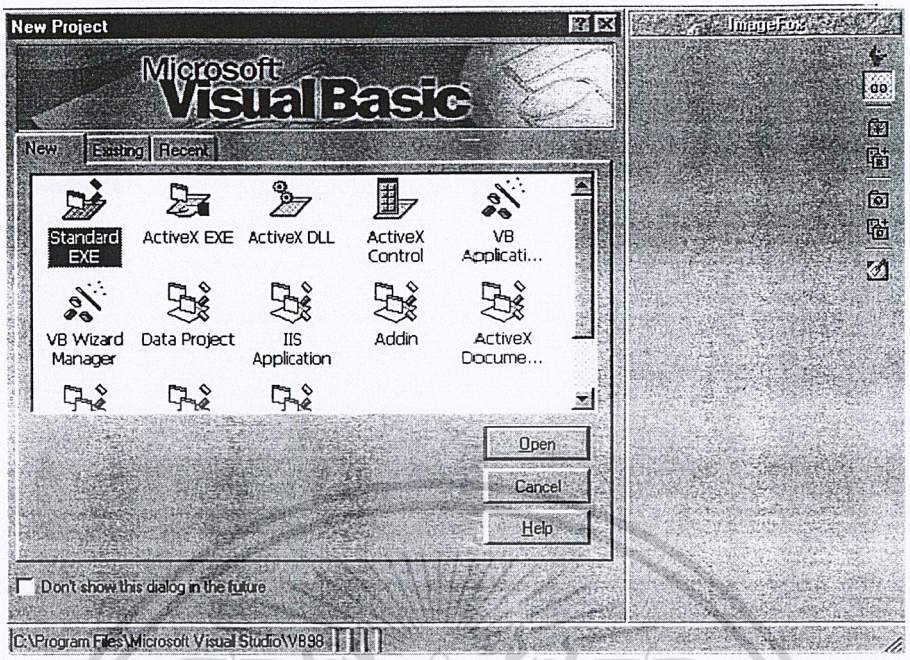


ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนเปิดโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0

เมื่อได้เปิดโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 ขึ้นมาแล้วนั้นจะปรากฏดังภาพที่ 2.26 และสำหรับส่วนประกอบในการทำงานต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำงานนั้นจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50228



ภาพที่ 2.3 เมื่อเริ่มเปิดโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0

จากรูปนั้นจะเห็นว่าจะปรากฏไดอะล็อกบล็อกซ์ New Project ขึ้นมาก่อนที่จะเข้าไปใช้งานโปรแกรมซึ่งในไดอาลี่ New Project นั้นจะประกอบด้วย 3 ส่วนด้วยกันคือ

New

ส่วนนี้เป็นส่วนที่ใช้ในการเลือกสร้างงานใหม่ขึ้นมา ซึ่งจะมีรูปแบบของการสร้างงานให้เลือกใช้หลากหลายรูปแบบด้วยกัน

Existing

ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้ในการเปิดงานที่ได้สร้างขึ้นจากโปรแกรม Visual Basic ในเวอร์ชั่นต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้วซึ่งเก็บไว้ในที่ต่าง ๆ ที่ต้องการขึ้นมาใช้งาน ได้ตามต้องการ

Recent

ในส่วนนี้จะเป็นการเลือกเปิดไฟล์ที่ได้เคยเปิดขึ้นมาใช้งานแล้วปิดลงไป ซึ่งในส่วนนี้จะปรากฏชื่อไฟล์ต่าง ๆ ที่ได้เคยเปิดขึ้นมาใช้งานแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 คุณสมบัติและข้อดีของ Visual Basic

ในVisual Basic มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการกล่าวคือ ในการเขียนโปรแกรมแบบเดิมนั้นจะต้องมานั่งออกแบบหน้าจอระบุตำแหน่งการแสดงผลคิดหาขั้นตอนการทำงานและอื่น ๆ จากนั้นจึงทำการเขียนโปรแกรม แต่ใน Visual Basic จะใช้หลักการของภาพและการมาองเห็น โดยเริ่มจากออกแบบวินโดวส์ย่อยหรือที่ใน Visual Basic เรียกว่า ฟอร์ม ในฟอร์มจะประกอบด้วยสิ่งต่างๆ ที่จะทำงานด้วยหรือเรียกว่าเป็น Object เช่น ข้อความ, ช่องรับข้อความ, Scroll Bar,หรือปุ่ม (Button) เมื่อกำหนดสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้คราบตามต้องการแล้วจึงระบุว่าองค์ประกอบแต่ละอย่างทำงานอย่างไร โดยเขียนโปรแกรมย่อยใส่เข้าไปกับ Object เหล่านี้ที่ต้องทำแบบนี้ ก็เพราะว่าการทำงานใน Windows เป็นแบบที่เรียกว่า Event-Driven คือขึ้นกับเหตุการณ์ (Even) การเขียนโปรแกรม แบบเดิมคือ สั่งงานตามลำดับยุ่งยากมาก

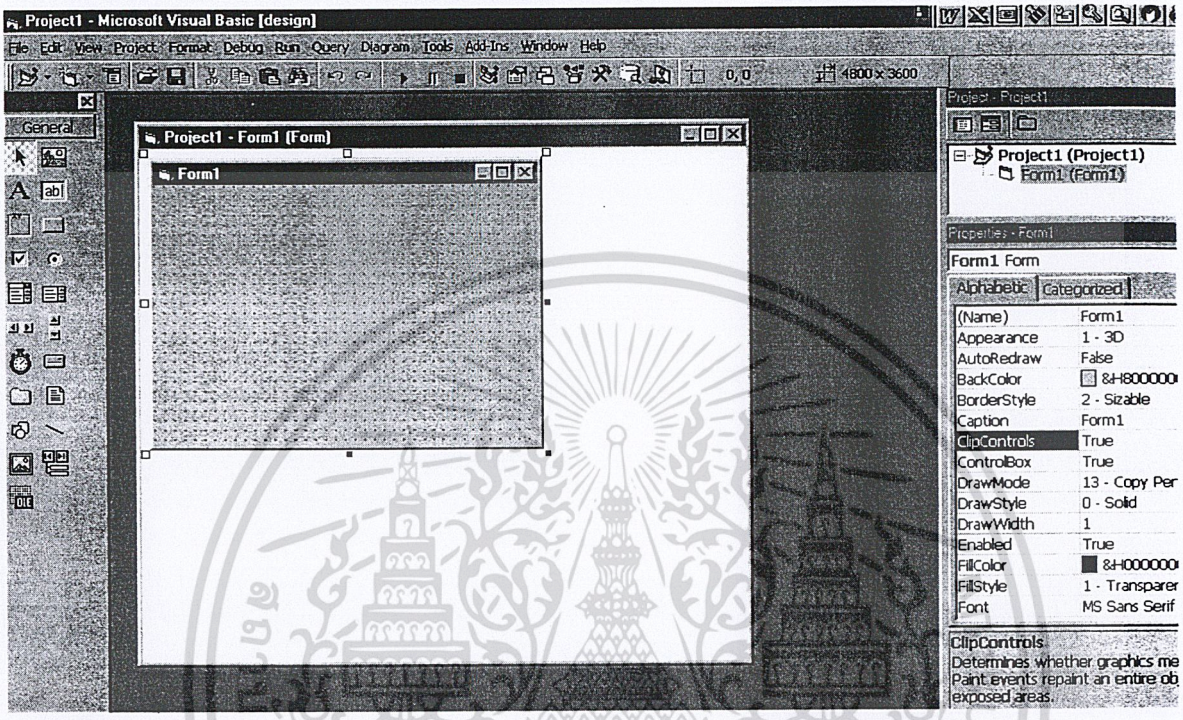
Visual Basicนี้ยังคงไว้ด้วยข้อดีต่าง ๆ ของ Microsoft Quick Basic และยังมีการเพิ่มเติมคุณสมบัติหลากหลายที่จะสนับสนุนให้ตัวมันเองเป็นโปรแกรมพื้นฐาน ซึ่งใช้สำหรับในการพัฒนาโปรแกรมบน Microsoft Windows อีกด้วย ตัวอย่างเช่น กราฟฟิกเอาต์พุทที่สามารถถูกส่งออกไปยังส่วนต่าง ๆ ของวินโดวส์หรือแม้กระทั่งส่งไปยังเครื่องพิมพ์ สามารถเลือกสีสำหรับงานกราฟฟิกได้มากกว่า 16 ล้านเฉดสี (โดยวินโดวส์จะจัดการแสดงผลกราฟฟิกนั้นตามที่ต้องการ หรือจะลดลงมาได้เท่าที่ฮาร์ดแวร์ของเครื่องนั้น ๆ จะสนับสนุนในการแสดงผลได้) โดยที่ไม่ต้องกังวลในส่วนนี้ว่าจะมีกระบวนการในการจัดการอย่างไรไม่ว่าในตอนนี้หรือต่อไปในอนาคต

ข้อดีเหนือ Quick Basic อีกอย่างหนึ่งก็คือ การจัดการตัวแปรใน Visual Basic มีกฎเกณฑ์ซึ่งง่ายในการเข้าใจและจดจำ เพราะว่าโปรแกรมตัวนี้ถูกพัฒนาให้ง่ายและมีประสิทธิภาพโดยที่โปรแกรมของ Visual Basic จะประกอบไปด้วยไฟล์ 2 แบบ คือ From และ Module ยกเว้นเมื่อ Declare globally ที่อื่น ตัวแปรและค่าคงที่ในโปรแกรมย่อยและฟังก์ชั่นนั้นจะเป็น Local สำหรับกระบวนการที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ในการทำงาน

เมื่อทำการเปิดโปรแกรมขึ้นมาใช้งานแล้วนั้นจะปรากฏส่วนประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรม ควรทราบก่อนที่จะเริ่มใช้งานโปรแกรมในการสร้างงานต่าง ๆ เพราะจะทำให้เลือกใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ในส่วนต่าง ๆ ได้สะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2.4 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรม Visual Basic 6.0

Title Bar

จะเป็นส่วนที่แสดงชื่อของ Application ที่กำลังเปิดใช้งานอยู่ขณะนั้น

Minimize Button

เป็นปุ่มที่ใช้สำหรับคลิกเพื่อหดหรือซ่อนส่วนของ Window หรือหน้าต่างทำการไว้ โดยจะปรากฏหรือแสดงที่หน้าจอเฉพาะส่วนของ Title Bar ของหน้าต่างดังกล่าวไว้และหากต้องการแสดงหรือ Show หน้าต่างอีกครั้งให้ใช้เมาส์คลิกซ้ำที่ปุ่มเดิม ซึ่งปุ่มดังกล่าวจะอยู่ทางด้านขวาของ Title Bar ของหน้าต่างนั้น ๆ

Maximize Button or Restore Button

จะเป็นปุ่มที่ใช้สำหรับคลิกเพื่อขยายขนาดใหญ่ขึ้นจนเต็มหน้าจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Close Button

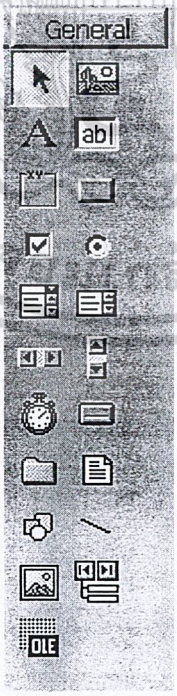
เป็นปุ่มสำหรับคลิดเพื่อปิดหรือจบการทำงานของหน้าต่างนั้น ๆ

Menu bar

เป็นแถบของเมนูหลักที่บรรจุคำสั่ง ย่อยหลายคำที่ใช้ในการทำงานไว้ สามารถเขียนใช้งานเมนูได้ โดยการใช้เมาส์คลิกที่ชื่อของเมนูที่ต้องการบน Menu Bar หรืออาจเรียกเมนูดังกล่าวได้ โดยการกดปุ่มที่คีย์บอร์ดดังนี้กดปุ่ม Alt ค้างไว้พร้อมกับกดตัวอักษรที่ขีดเส้นใต้ของชื่อเมนู ที่ต้องการเปิดดังตัวอย่างต่อไปนี้ หากต้องการใช้คำสั่งย่อยที่อยู่ในเมนู และที่ชื่อของเมนูบนจะมีเส้นขีดไว้ที่ใต้ตัวอักษร ดังนั้นในการเรียกใช้คำสั่งย่อยในเมนูดังกล่าวจำเป็นต้องเปิดเมนูก่อน โดยการกดปุ่มที่คีย์บอร์ดดังนี้ Alt+F

Tool Bar

เป็นส่วนที่ปรากฏอยู่ด้านใต้ของเมนูบาร์ ซึ่งเป็นส่วนที่รวบเอาไอคอนเล็ก ๆ มากมายเอาไว้ ซึ่งแต่ไอคอนเหล่านี้ก็เปรียบเสมือนคำสั่งหนึ่ง ๆ ของเมนู ดังนั้นไอคอนในส่วนนี้จึงถูกออกแบบเพื่อให้การเลือกใช้คำสั่งของเมนูรวดเร็วและมีลักษณะที่สื่อความหมายกับผู้ใช้มากขึ้น



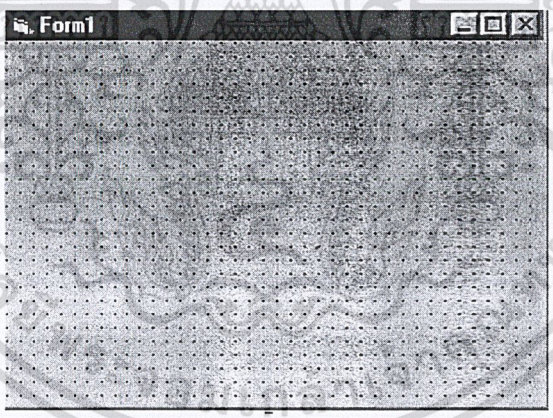
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tool Box

เป็นหน้าต่างที่รวบรวมเอาเครื่องมือต่าง ๆ สำหรับใช้ในขณะออกแบบฟอร์ม ซึ่งการรวมเอาเครื่องมือตัวใดให้กับฟอร์มผู้ใช้สามารถทำได้โดยการคลิ๊กที่คอนโทรลนั้นเพื่อเลือกแล้วนำมาวางลงในฟอร์มโดยวิธีการจากแล้ววาง หรือโดยวิธีการดับเบิลคลิ๊กที่ไอคอนคอนโทรลในทูลบ๊อกซ์ก็ได้ ซึ่ง Visual Basicก็จะทำการวางคอนโทรลลงในฟอร์มปัจจุบันโดยอัตโนมัติ

Form

ในการแสดงหน้าต่างเพื่อที่จะสื่อการทำงานกับผู้ใช้ ทั้งนี้เนื่องจาก Visual Basic ได้รับการออกแบบให้โปรแกรมเมอร์สามารถนำมาใช้ออกแบบแอพพลิเคชั่นในลักษณะของการสื่อด้วยรูป ดังนั้นการสื่อการทำงานระหว่างแอพพลิเคชั่นกับผู้ใช้จะต้องกระทำผ่านฟอร์มโดยในโปรเจคหนึ่งๆ ซึ่งสามารถมีได้หลายฟอร์มและภายในฟอร์มต่างๆนั้น ก็จะถูกใช้ในการบรรจุคอนโทรลต่างๆ เช่น text box, picture box หรือ image เอาไว้ ดังนั้นฟอร์มจึงทำหน้าที่เป็ ตัวบรรจุ (container) และฟอร์มก็ยังเป็นออบเจ็กต์ตัวหนึ่งของ Visual Basicที่อนุญาตให้ผู้ใช้แก้ไขคุณสมบัติได้ในขณะออกแบบจากหน้าต่างๆ ซึ่งคุณสมบัติและสามารถควบคุมพฤติกรรมต่างๆ ของฟอร์มได้โดยผ่านทางวิธีเช่นเดียวกับออบเจคอื่น ๆ

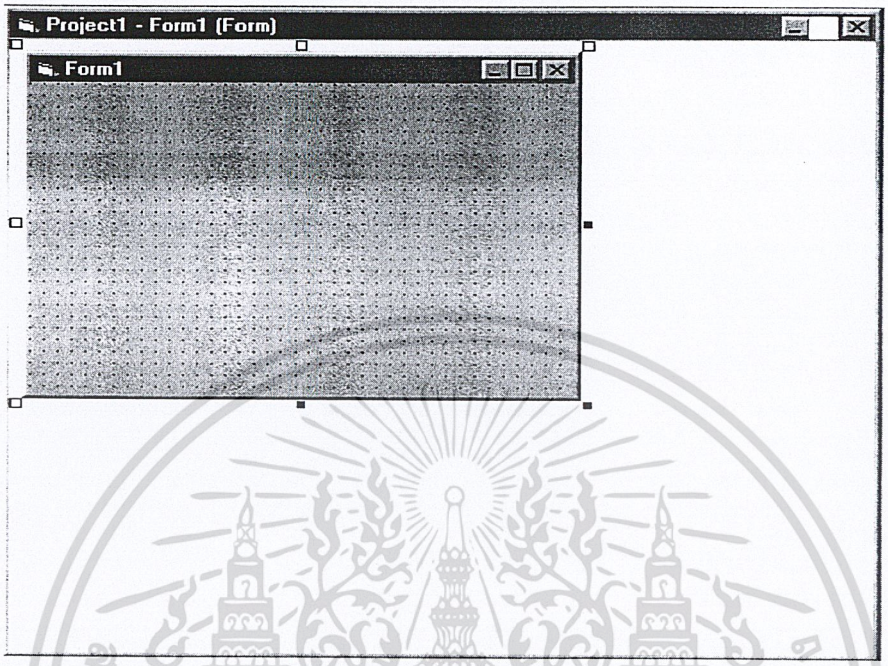


ภาพที่ 2.5 ส่วนของ Form

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Container Window

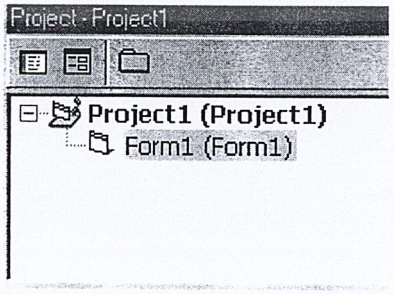
คือบริเวณทั้งหมดของฉากด้วยหลังที่เป็นสีขาว ของ From ซึ่งใช้สำหรับเป็นพื้นที่หรือหน้าต่างๆ ที่ใช้บรรจุ Form หรือ สร้าง Form



ภาพที่ 2.6 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของProject Container Window

Project Explore Window

เป็นหน้าต่างที่รวบรวมรายชื่อของฟอร์ม โมดูลไฟล์ Custom Control (Class Module) หรือไฟล์ทรัพยากร (resource file)สำหรับการสร้างแอพพลิเคชันหนึ่ง ๆ ซึ่งการรวมเอาไฟล์เหล่านี้เข้ามาด้วยกันเพื่อสร้างแอพพลิเคชั่นภายใต้ Visual Basic/win เรียกว่าโปรเจค (project)หรือโครงการซึ่งโดยปกติ Visual Basic จะจัดเก็บไฟล์โปรเจคโดยจะมีนามสกุล .MAK โดยจะมีการ จัดเก็บแยกออกจากไฟล์อื่น ๆ โดยเด็ดขาด

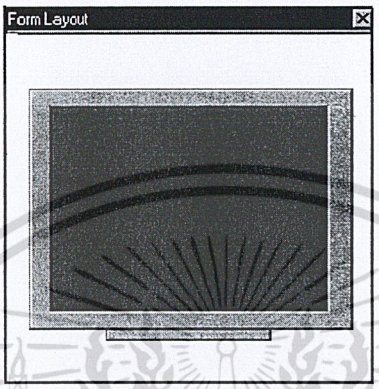


ภาพที่ 2.7 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของ Project Explore Window

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Form Layout Windows

เป็นส่วนที่ใช้กำหนดตำแหน่งของ Form ที่ต้องการแสดงบนหน้าจอและบนหน้าต่างที่ทำงานนอกจากนี้ในการกำหนดตำแหน่งของ Form จะสามารถเลือกกำหนดได้จากการกำหนด ค่าตัวแปรต่างๆ หรือคุณสมบัติต่างๆ ที่เกี่ยวกับการจัดวางตำแหน่งได้ในส่วนของ Properties ได้เช่นกัน



ภาพที่ 2.8 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของ Form Layout Windows

Pop Up Menu or Shortcut Menu

เป็นส่วนของเมนูคำสั่งต่าง ๆ ที่จะปรากฏหรือแสดงเมื่อมีการกดปุ่มด้านขวาของเมาส์หรือที่เรียกว่า คลิกขวา

ภาพที่ 2.9 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของ Pop Up Menu or Shortcut Menu

Tool Tips

เป็นส่วนที่ใช้บอกหรือแสดงชื่อของเครื่องมือหรือปุ่มต่าง ๆ ที่ตำแหน่งของ Mouse Pointer ชี้ อยู่ในขณะนั้น

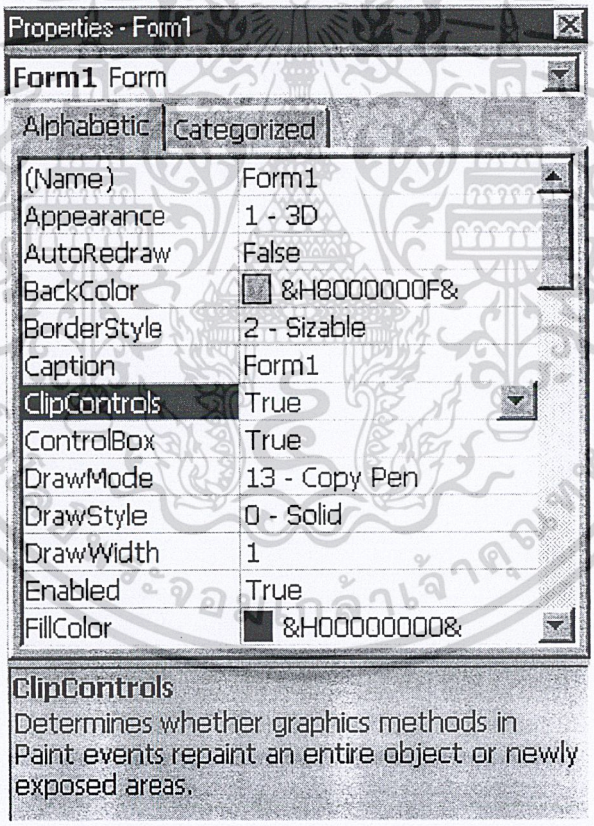
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pointer

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเลือกเมนูคำสั่งและเครื่องมือต่าง ๆ

Properties Windows

จะเป็นหน้าต่างที่รวบรวมคุณสมบัติทั้งหมดของฟอร์มหรือคอนโทรลเอาไว้ ซึ่งคุณสมบัติทั้งหมดที่ปรากฏในหน้าต่างนี้จะเป็นคุณสมบัติที่ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าได้ในขณะออกแบบ เช่น Caption, Text, Left, Top หรือ Back Color เป็นต้น เมื่อผู้ใช้ทำการแก้ไขค่าคุณสมบัติต่างๆ ในหน้าต่างคุณสมบัตินี้ก็จะส่งผลต่อคอนโทรลตัวนั้นทันที ซึ่งบางคุณสมบัติสามารถแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติได้ทันที เช่น Left, Top หรือ Fore Color เป็นต้น ส่วนคุณสมบัติบางอย่าง จะแสดงผลให้เห็นก็ต่อเมื่อผู้อ่านมีการรันแอปพลิเคชั่นเท่านั้น เช่น Enabled หรือ Visible เป็นต้น



ภาพที่ 2.10 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของ Properties Windows

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 คอนโทรลของVB/Win (custom control)

คอนโทรลเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ช่วยให้การสร้างแอพพลิเคชั่นด้วย Visual Basic สามารถกระทำได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งในความเป็นจริงคอนโทรลก็คือไฟล์ไดนามิกลิงค์ไลบรารีทั่ว ๆ ไปของวินโดวส์โดยทั่วไปมักจะถูกเขียนด้วยภาษาซี หรือ Visual C++ เพียงแต่ไฟล์เหล่านี้จะมีนามสกุล .VBX หรือ .OCX ซึ่งเรียกว่า custom control เนื่องจากคอนโทรลเหล่านี้ได้รับการออกแบบเป็นพิเศษเพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกับ Visual Basic ได้อย่างไม่มีปัญหาแล้ว ดังนั้นไฟล์เหล่านี้จะถูกย้ายไปจัดเก็บไว้ในไดเรคทอรีย่อย system ของวินโดวส์และไม่คอมแพตทิเบิลกับเวอร์ชันที่กำลังติดตั้งใหม่ ไฟล์ custom control ที่มีอยู่ในไดเรคทอรีย่อย system ของวินโดวส์นั้นก็จะถูกย้ายไปจัดเก็บไว้ในไดเรคทอรีของ Visual Basic เวอร์ชันนั้น ๆ แทนผู้ใช้สามารถโหลดไฟล์คอนโทรล มารวมกับโปรเจคได้ด้วยการใช้คำสั่ง Add File ในเมนู File แต่ถ้าหากโปรเจคไม่มีการใช้คอนโทรลใด ๆ ก็ให้ผู้ใช้ลบคอนโทรลตัวนั้น ๆ ออกจากโปรเจคซึ่งสามารถทำได้ด้วยการใช้คำสั่ง Remove Fileในเมนู File ทั้งนี้เพื่อจะให้การโหลดโปรเจคของ Visual Basicสามารถกระทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น เมื่อผู้ใช้นั้นได้มีการสร้างแอพพลิเคชั่นลงในไดเรคทอรีย่อย system ของวินโดสว์ของเครื่องผู้ใช้ด้วย (วิธีการสร้างแผ่นดิสก์สำหรับติดตั้งแอพพลิเคชั่น สามารถทำได้โดยใช้ Setup Wizard หรือชุดโค้ดที่มีในไดเรคทอรีย่อย System ในไดเรคทอรีของ Visual Basic)

คอนโทรลแต่ละตัวในความเป็นจริงก็คือโค้ดชุดหนึ่ง (Library) ที่สามารถทำงานได้เฉพาะด้านตามที่กำหนดและตัวคอนโทรลก็มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่ผู้อ่านสามารถแก้ไขได้นอกจากนี้เมื่อมีการกระทำใด ๆ กับคอนโทรล เช่น การคลิ๊ก การเปลี่ยนค่า เป็นต้น เหตุการณ์เกี่ยวข้องของคอนโทรลก็จะถูกเรียก (Event-Driven) ซึ่งผู้ใช้สามารถที่จะเขียนโค้ดเพื่อควบคุมการทำงานเมื่อเกิดเหตุการณ์ได้โดยการเขียนโค้ดลงในส่วนโพรซีเดอร์เหตุการณ์ (Event Procedure) ซึ่งจะมีรายละเอียดคร่าว ๆ ของคอนโทรลแต่ละตัวดังนี้

Pointer เป็นเคอร์เซอร์ ที่ใช้สำหรับเลือก เลื่อนตำแหน่ง หรือขยายขนาดของฟอร์ม หรือคอนโทรล ซึ่งคอนโทรลตัวนี้เป็นเครื่องมือของเอนไวรอนเมนท์ ดังนั้นผู้ใช้จึงไม่สามารถนำไปใช้ในแอพพลิเคชั่น

Picture box ตัวคอนโทรลนี้ใช้สำหรับแสดงบิตแม็พ ไอคอน ไฟล์ดาต้า วิธีการใช้ในการ แสดงผลกราฟฟิกเช่น Pset หรือ Line เป็นต้น หรือแสดงข้อความใดก็ได้ นอกจากนี้สามารถใช้บรรจุคอนโทรลอื่น ๆ ได้อีกด้วย (container)

Labelใช้แสดงข้อความที่ไม่สามารถแก้ไขได้โดยผู้ใช้ ยกเว้นแก้ไขโดยการเขียนโค้ดเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Command button ปุ่มคำสั่งซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกได้โดยการคลิกที่ปุ่ม

Frame Frame ใช้เป็นตัวบรรจุ (Container)คอนโทรลอื่น ๆนอกจากนี้ ยังใช้เป็นตัวรวมกลุ่ม (Group)คอนโทรลอื่น ๆ เช่น Option button เป็นต้น

Text box กรอบสี่เหลี่ยมสำหรับกรอกข้อความต่าง ๆ ซึ่งจะถูกใช้เป็นกล่องสำหรับตัวอักษรที่ถูกคีย์โดยผู้ใช้

Check box ปุ่มสำหรับเลือกสถานะถูกหรือผิดหรือสถานะใช่หรือไม่ใช่

Option buttonปุ่มที่ถูกใช้รวมกันเป็นกลุ่มเพื่อให้ผู้ใช้ได้ใช้เป็นตัวเลือก(อย่างใดอย่างหนึ่ง)

Combo box คอนโทรลที่รวมเอาความสามารถของ text box และ list box เอาไว้ด้วยกัน

List box คอนโทรลที่ใช้ในการแสดงผลรายการของข้อความเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกได้

Horizontal scroll bar แถบเลื่อนในแนวนอนซึ่งสามารถกำหนดค่าในช่วงที่ต้องการเลือก

Vertical scroll bar แถบเลื่อนในแนวตั้งซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดค่าในช่วงที่ต้องการเลือก

Time นาฬิกาที่นี้ถูกใช้ในการสร้างเหตุการณ์โดยที่อ้างอิงกับช่วงเวลา ซึ่งสามารถเทียบเคียงได้กับประโยค In Timer ของ Quick BASIC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 ภาษาโปรแกรมของ Visual Basic

2.4.4.1 ตัวแปรและค่าคงที่

ตัวแปรใน Visual Basic มีความยาวได้ถึง 40 ตัวอักษร สามารถตั้งชื่อตัวแปร โดยผสมจากตัวอักษร ตัวเลขและ underscore (_) แต่ตัวแรกต้องเป็นอักษรเท่านั้นและห้ามตั้งชื่อตรงกับคำที่สงวนไว้ (Reserved word) ซึ่งได้แก่ฟังชันก์และคำสั่งต่าง ๆ ตัวแปรแบ่งออกเป็น 7 ชนิด ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 ตัวแปรและค่าคงที่ในโปรแกรม Visual Basic

ชนิด	คำอธิบาย	ตัวอักษรบอกชนิด	ขอบเขต
Integer	2- byte integer	%	-32,768 จนถึง 32,767
Long	4- byte integer	&	-2,147,678จนถึง 2,147,483,647
Single	4- byte floating-point Number	!	-3.402823E38จนถึง-1.401298E-45
Double	8- byte floating-point Number	#	-1.797693134862232222D308จนถึง –4.94065645841247D-324 (ค่าลบ) 4.94065645841247D-324 จนถึง 1.797693134862232222D308
Currency	8- byte Number with Fixed decimal point	@	-922337203668547705808จนถึง 92233720366854770 5808
String	String of characters	$	0 จนถึงประมาณ65,000 ตัวอักษร
Variant	Date/time} floating-Pint number, or string		Date valued : วันที่ 1 มากราคม ปี ค.ศ. 0000 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ปี ค.ศ. 9999

Integer

ไว้สำหรับเก็บค่าจำนวนเต็มในช่วง –32,768 ถึง 32,767 ตัวแปรชนิดนี้สามารถคำนวณได้เร็วมากแต่มีข้อจำกัดด้านค่าที่เก็บได้ซึ่งอยู่ในขอบเขตแคบกว่าแบบอื่นตัวแปรชนิดนี้ระบุด้วย%

Long

เป็นค่าจำนวนเต็มเช่นเดียวกับชนิด Integer แต่ขยายช่วงไปเป็น –2,147,483,648 ถึง 2,147,483,647 ใช้เนื้อที่ 4 ไบต์และใช้ตัวอักษร & เป็นตัวระบุชนิด เช่น A&

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Single

ใช้เนื้อที่ในการเก็บ 4 ไบต์เก็บค่าตัวเลขที่เป็นทศนิยม ซึ่งไม่ต้องการความละเอียดมากนัก (-3.102823E38 ถึง –1.401298ฎ-45) ใช้ ! ในการระบุชนิด เช่น A!

Double

คล้ายกับชนิด Single แต่สามารถเก็บค่าได้มากว่า และใช้เนื้อที่เก็บเป็น 2 เท่า ของ Single (8 ไบต์) อย่างไรก็ตามก็ใช้เวลาการคำนวณมากกว่าด้วย ระบุชนิดด้วย # เช่น A#

Currency

ใช้เก็บค่าทางการเงิน โดยเฉพาะเป็นแบบทศนิยมคงที่ 4 ตำแหน่ง ใช้เนื้อที่ 8 ไบต์ การระบุถึงชนิดใช้ตัวอักษร @ เช่น A@

String

ใช้เก็บข้อความหรือตัวอักษรซึ่งไม่สามารถนำไปคำนวณได้ ความยาวของข้อความคือ 65,5000 ตัวอักษร เนื้อที่ที่ใช้เก็บขึ้นอยู่กับขนาดของข้อความที่เก็บ ระบุชนิดด้วย $ เช่น a$

Variant

ตัวแปรชนิดนี้เพิ่มเริ่มมีใช้ใน Visual Basic2.0ถูกออกแบบมาใช้เก็บค่าต่างๆกันโดยสามารถเก็บค่าชนิดใดก็ได้ 6 ชนิดข้างต้น ไม่ว่าจะเป็นตัวเลข ตัวอักษรหรือวันที่ ข้อมูลชนิดนี้มีประโยชน์ในกรณีที่ต้องการประกาศตัวแปรซึ่งอาจเก็บค่าได้หลายแบบ โดยที่ไม่สามารถระบุได้แน่นอนว่าเป็นแบบใดปัญหาคือจะทำงานช้ากว่าตัวแปรแบบอื่นเพราะ Visual Basic ต้องมีการตรวจสอบชนิดของตัวแปรประเภทนี้ทุกครั้งก่อนจะใช้งาน

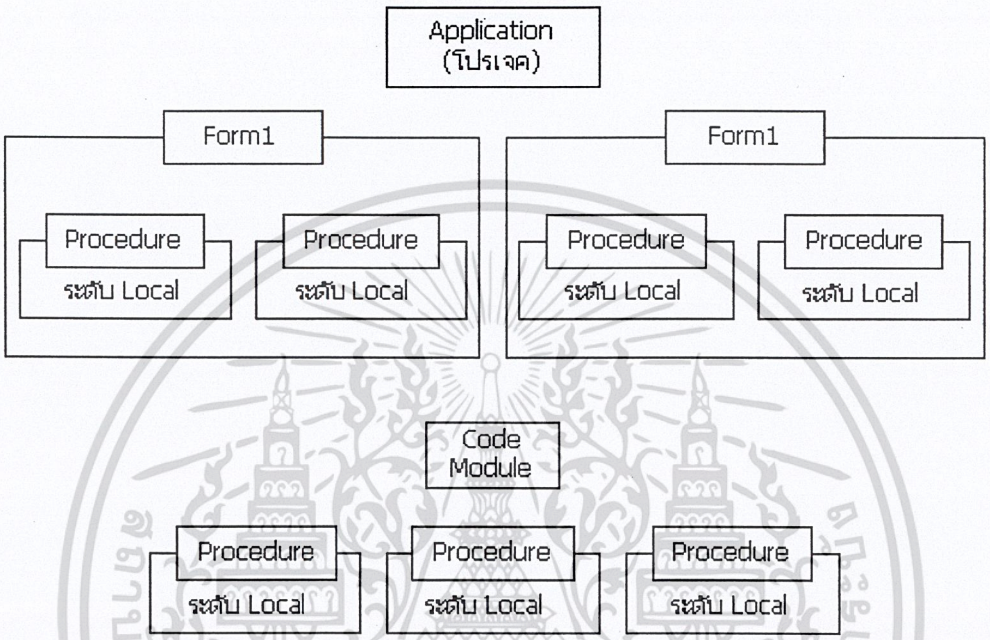
2.4.5 ขอบเขตของตัวแปร

ตัวแปรและค่าคงที่ที่ได้กล่าวถึงตอนต้นโดยปกติจะมีขอบเขตการใช้งานหรือใช้งานได้ในแต่ละส่วนของโปรแกรมเท่านั้น ซึ่งขอบเขตของตัวแปร (Scope) นี้แบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5.1 Local

ตัวแปรชนิดนี้จะเป็นที่รู้จักกันมาก ซึ่งใช้ได้ในระดับโพรซีเดอร์หรือฟังก์ชันที่ประกาศใช้ตัวแปรนั่นเองส่วนมากมักจะใช้กับการประกาศตัวแปรสำหรับการคำนวณหร้อจะใช้เก็บค่าชั่วคราว ตัวแปรในระดับ Local จะถูกยกเลิกไปเมื่อการทำงานของโพรซีเดอร์หรือฟังก์ชันนั้นสิ้นสุดลง



ภาพที่ 2.11 แสดงขอบเขตของการใช้ตัวแปรและค่าคงที่ในระดับต่าง ๆ

2.4.5.2 Module

ตัวแปรในระดับโมดูลสามารถอ้างอิงถึง สามารถใช้ร่วมกันได้หลายฟังก์ชันหรือหลายโพรซีเดอร์ซึ่งอยู่ในโมดูลนั้น ไม่ว่าจะเป็นในโมดูลของโปรแกรมที่ประกอบด้วยรูทีนย่อยๆ หลาย ๆ รูทีน หรือในโมดูลของฟอร์มซึ่งอยู่ในรูทีนสำหรับทำงานกับ Object ในฟอร์ม

2.4.6 Global

ในตัวแปรระดับ Global นี้สามารถจะอ้างอิงได้จากจุดใด ๆ ก็ตามใน Application ทุกรูทีนหรือทุกส่วนจะสามารถนำไปใช้ได้การประกาศใช้จะเหมือนกับระดับโมดูล คือประกาศค่าคงที่ในส่วน Declaration เพียงแต่ว่าจะต้องมีคำ “Global” นำหน้าชื่อตัวแปร สำหรับในการประกาศค่าคงที่ในระดับ Global ก็ใช้คำว่า “Global”นำหน้าเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.7 โอเปอร์เรเตอร์

โอเปอเรเตอร์ คือสิ่งที่จะก่อให้การกระทำเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมาพบโอเปอร์เรเตอร์ได้ในนิพจน์ทั่ว ๆ ไป ซึ่งแบ่งออกเป็นกลุ่มโอเปอร์เรเตอร์ทางคณิตศาสตร์ การเปรียบเทียบ และทางตรรกะ ดังตารางที่ 2.4 โดยสัญลักษณ์ในวงเล็บคือ โอเปอร์เรเตอร์ที่ใช้ในนิพจน์

ตารางที่ 2.3 แสดงกลุ่มของโอเปอร์เรเตอร์

ทางคณิตศาสตร์	การเปรียบเทียบ	ทางตรรกะ
ยกกำลัง ( )	เท่ากัน (=)	Not
ค่าลบ (-)	ไม่เท่ากัน (≠)	And
คูณ,หาร (*,/)	น้อยกว่า (<)	Or
หารจำนวนเต็ม (\)	มากกว่า (>)	Xor
Module (Mod)	น้อยกว่าหรือเท่ากับ (<=)	Eqv
บวก,ลบ (+,-)	มากกว่าหรือเท่ากับ(>=)	Imp
เชื่อมข้อความ (String)(& หรือ +)	เหมือน (Like)	Is

2.4.8 ประโยคคำสั่ง

เป็นประโยคที่ส่งให้เกิดการทำงานตามที่ผู้เขียนโปรแกรมต้องการ ประโยคคำสั่งหลัก ๆ ได้แก่ ประโยคสำหรับกำหนดค่า ประโยคหมายเหตุ ประโยคประกาศ และประโยคเพื่อควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรมนอกเหนือจากนี้จะเป็นประโยคเพื่อการทำงานอื่น ๆ เช่น ทำงานทางกราฟฟิก เป็นต้น

2.4.8.1 ประโยคสำหรับกำหนดค่า

ใช้สัญลักษณ์ “ =” เพื่อเป็นการกำหนดค่าทางขวามือของเครื่องหมายให้กับตัวแปรหรือคุณสมบัติ (Property) ทางซ้ายมือ เช่น

```
A = 5
Text1.Text = “Hi!”
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.8.2 ประโยคหมายเหตุ

สำหรับการใส่หมายเหตุต่อคำอธิบายการทำงานของโปรแกรม ซึ่งการใส่ หมายเหตุในโปรแกรมนี้ถือว่าเป็นเรื่องสำคัญเนื่องจากสิ่งนี้จะช่วยป้องกันการหลงลืมของคน เขียนโปรแกรมเองหรืออธิบายให้ผู้อ่านซึ่งต้องมาใส่การทำงานของโปรแกรมได้ง่ายขึ้น มิฉะนั้นจะพบว่าวันหนึ่งมีผู้ไม่เข้าใจโปรแกรมส่วนนี้ทำงานอย่างไรมีไว้เพื่ออะไร ซึ่งอาจเกิดกับตัวผู้เขียนโปรแกรมเองก็ได้ ประโยคหมายเหตุนี้อาจขึ้นต้นประโยคด้วยคำว่า “Rem” ที่ย่อมาจาก คำว่า “Remark” หรือใช้สัญลักษณ์

“ ” นำหน้าประโยคก็ได้ ดังตัวอย่าง

```
Rem This function is use to open database files
‘This function is use to close database files
```

2.4.8.3 ประโยคประกาศ

ใช้ประกาศถึงตัวแปร ค่าคงที่ และฟังก์ชันหรือรูทีนย่อยสำหรับการประกาศตัวแปรและค่าคงที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้างต้นว่าแบ่งออกเป็น Global, Module หรือ Local ส่วนการประกาศฟังก์ชันหรือรูทีนย่อยใช้คำสั่ง “declare”ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

```
Declare Sub globalname Lib “libname” [Alias aliasname”]
[([[ByVal] variable [As type][,ByVal] variable [As type]]…])]
Declare Function globalname Lib “libname” [As type][,ByVal]
        variable [As type]]…])] [As type]
```

2.4.9 ประโยคควบคุมลำดับการทำงาน

แบ่งออกเป็นหลายกลุ่มย่อยมีทั้งประโยคตัดสินใจ ประโยคการทำงานวนรอบ (loop) การกระโดดแบบมีเงื่อนไข รวมถึงคำสั่งจบการทำงานของโปรแกรมทั้งแบบชั่วคราวและถาวร ซึ่งจะขอกล่าวเรียงตามลำดับดังนี้

2.4.9.1 IF…Then…Else

เป็นคำสั่งตัดสินใจว่าจะทำงานหรือไม่ตามเงื่อนไขที่กำหนด สามารถกำหนดเพิ่มได้ว่าหากไม่เป็นไปตามเงื่อนไขให้ทำงานใด ซึ่งอยู่หลังคำว่า “Else” อีกทั้งยังกำหนดให้ตรวจสอบหลายเงื่อนไขได้ด้วย “Else”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.9.2 Select Case

ในบางครั้งการเขียนประโยคตัดสินใจด้วย IF…Then…Else จะทำให้โปรแกรมเยิ่นเย้อ และอ่านยาก ประโยค Select Case จะทำหน้าที่คล้ายกับ IF…Then…Else แต่ให้ความหมายกระชับกว่าโดยใช้กับค่าต่าง ๆ ของนิพจน์เดียวเท่านั้น

```
Select Case testexpression
[Case exp1
        [Statementblock-1]
[Case exp2
        [Statementblock-2]]…
[Case Else
        [Statementblock-n]
End Select
```

2.4.9.3 For …Next

เพื่อกำหนดให้มีการทำงานซ้ำ ๆ กันเป็นจำนวนครั้งที่ต้องการ รูปแบบคำสั่งได้แก่

```
For counter = start to end [Step increment]
    [Statements]
    Next [counter]
```

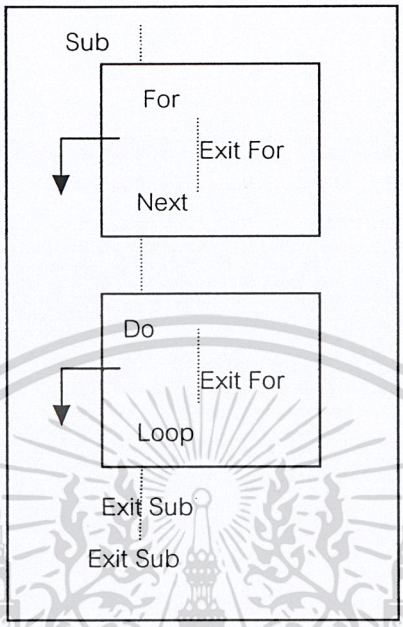
ทำการกำหนดค่าเริ่มต้น (Start) ให้กับ Counter เพื่อเป็นตัวนับให้มีการทำงานในส่วน Statements ไปเรื่อย ๆ จนกว่าค่า end โดยในการทำงานแต่ละรอบจะเพิ่มค่า Counter ขึ้นตามค่าใน Increment

2.4.9.4 Do…Loop

ใช้เมื่อต้องการให้ทำงานวนรอบแบบมีเงื่อนไข ประโยค Do…Loop นี้สามารถกำหนดให้ตรวจสอบเงื่อนไขก่อนหรือหลังการทำงานในแต่ละรอบก็ได้โดยใส่ค่า “While” หรือ “ Until ” ข้างหลัง Do หรือ Loop ตามลำดับการใช้ while จะหมายถึงให้ทำงานวนรอบเมื่อนิพจน์ที่ตามมาให้ค่าจริง (True) คำทำงานจนกว่านิพจน์จะกลายเป็นเท็จ (False) หรือพูดอีกนัยหนึ่งคือทำงานไปจนกว่านิพจน์เป็นจริงนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.9.5 หยุดการทำงานของโปรแกรม



ภาพที่ 2.12 แสดงการทำงานจากส่วนของโปรแกรมแบบต่าง ๆ ด้วยคำสั่ง Exit

ใน Visual Basic มีทั้งคำสั่งในการหยุดการทำงานแบบชั่วคราวและถาวรรวมทั้งจบการทำงานในวนรอบ (Loop) มีฟังก์ชันหรือโพรซีเดอร์ด้วย การหยุดทำงานชั่วคราวใช้คำสั่ง Stop ซึ่งจะเป็นคำสั่งโดดไม่ต้องมีพารามิเตอร์ประกอบส่วนการหยุดโปรแกรมอย่างถาวรใช้คำสั่งEnd ข้อแตกต่างของ 2 คำสั่งนี้คือ Stop จะไม่ยกเลิกตัวแปรและจะยังไม่ปิดไฟล์ที่เปิดค้างอยู่ให้อีกทั้งยังสามารถสั่งให้ทำงานต่อไปภายหลังได้โดยเลือกหัวข้อ Continue จากเมนู Run หรือหัวข้อ Single Step ในเมนู Debug ส่วน END จะยกเลิกตัวแปรและปิดไฟล์ทั้งหมดที่เปิดค้างอยู่ในโปรแกรมนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS–51

MCS–51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิปเดี่ยวที่มีข้อดีเมื่อเทียบกับไมโครโปรเซอร์ขนาด 8 บิตตระกูลอื่น ดังนี้

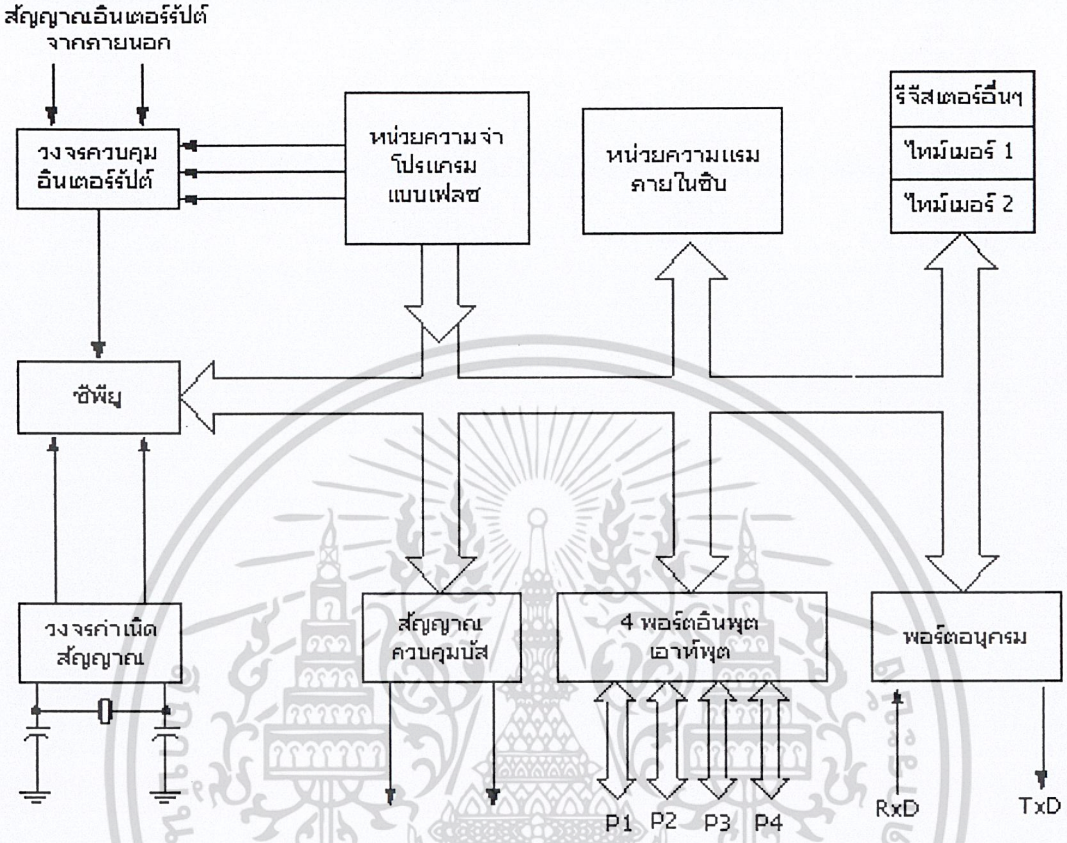
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป (RAM) บรรจุไว้ภายใน 128 – 256 ไบต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในจำนวน 4 กิโลไบต์
- มีวงจรตั้งเวลาวงจรนับขนาด 16 บิตอยู่ 2 ตัวภายใน
- มีวงจรรับส่งข้อมูลอนุกรมได้ 2 ทิศทาง
- มีสัญญาณนาฬิกาภายในตัว
- มีพอร์ทที่สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ 2 ทิศทางจำนวน 4 พอร์ท พอร์ทละ 8 บิต

นอกจากนี้ MCS–51 ยังมีคุณสมบัติอย่างอื่น ๆ ที่น่าสนใจคือ

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8บิต
- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมแบบเฟลชสามารถลบและเขียนได้พันครั้ง
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแรม ในบางเบอร์มีหน่วยความจำแบบอีอีพรอม เพิ่มเติม
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิบ
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89Sxx
- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลท์เพียงชุดเดียว
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในชิบ
- สามารถใช้หน่วยความจำ สำหรับโปแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายในชิบอย่างละ64 กิโลไบต์
- มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิต ในตัวเอง
- จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ 2 ระดับ
- รับส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ในตัว โดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับส่ง ข้อมูลได้ตั้งแต่ 300 – 375 กิโลบิตต่อวินาที่
- สามารถประมวลผลแบบบูลีนเพื่อใช้งานควบคุมโดยเฉพาะ
- มีรีจีสเตอร์สำหรับใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพื่อนำจำนวนสัญญาณนาฬิกาภายในชิบหรือ นับการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอกขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์หรือใช้วัดช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้ง ระดับไบต์ และระดับบิตเพื่อให้การออกแบบโปรแกรมและการควบคุมระบบงานทำได้ง่ายขึ้น

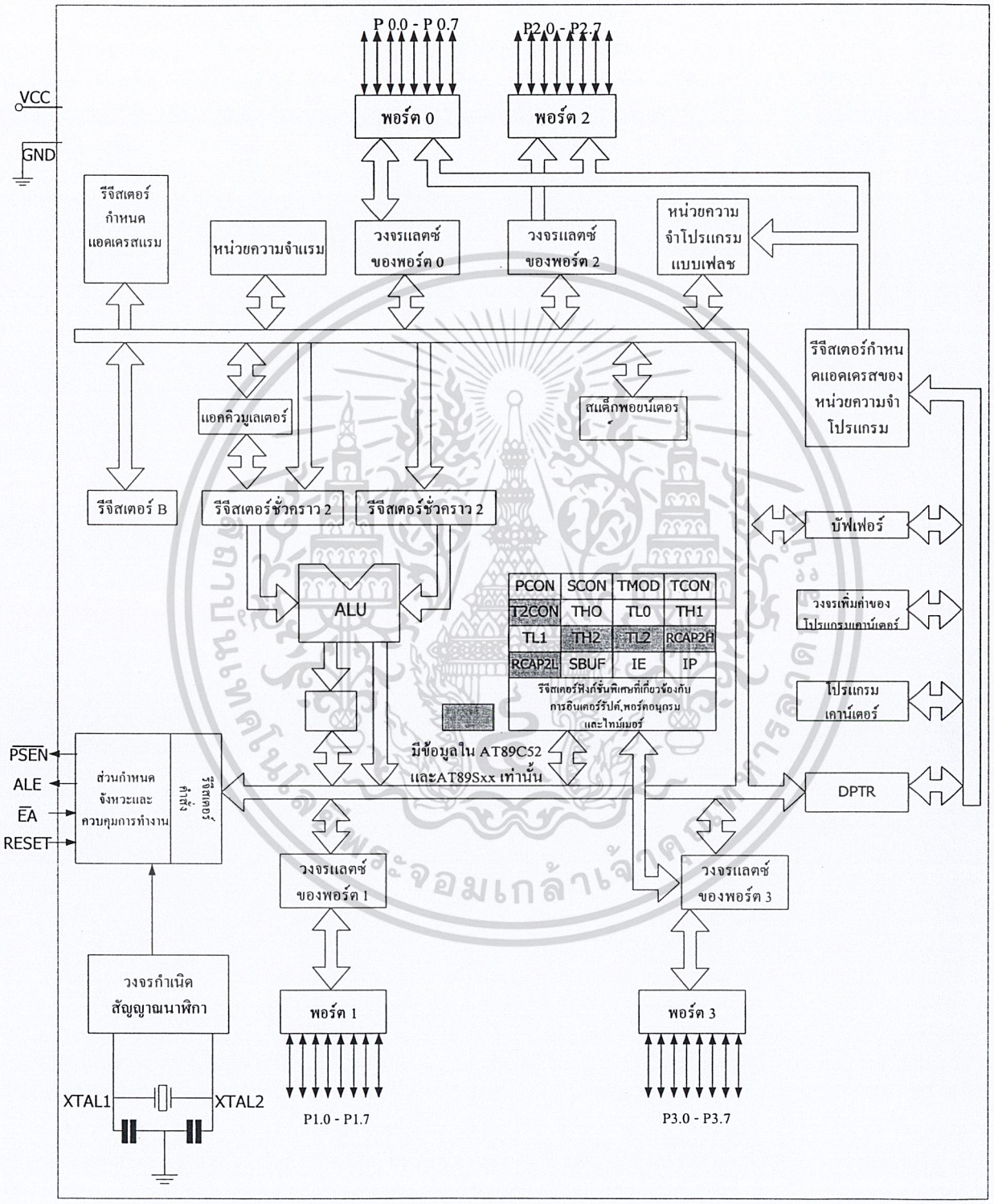


ภาพที่ 2.13 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

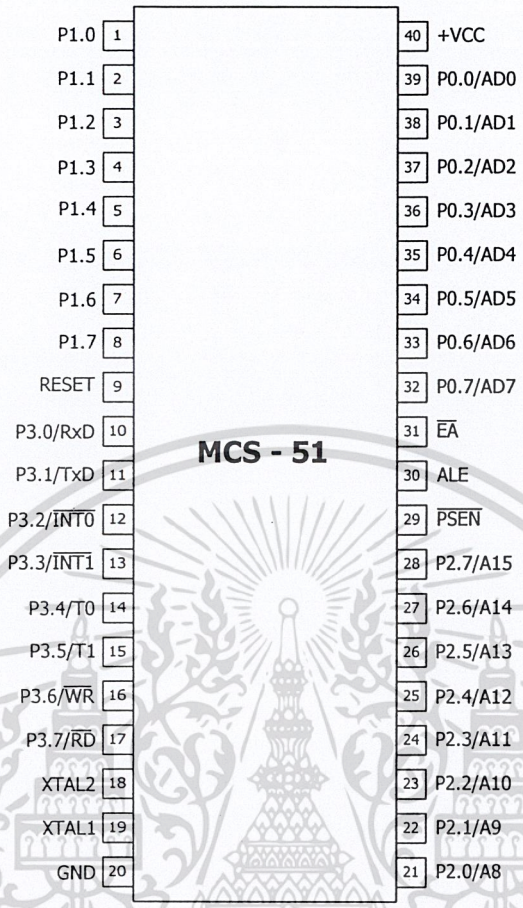
โครงสร้างภายในชิบไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ชิปเดี่ยวแสดงดังภาพที่ 2.37 ซึ่งอธิบายถึงส่วนย่อยๆ ภายใน 8051



ภาพที่ 2.14 แสดงโครงสร้างภายในชิปไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ขาใช้งานต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ มีดังนี้



ภาพที่ 2.15 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

- V_{CC} ขา 40 เป็นขาที่ต้องป้อนไฟเลี้ยง +5 โวลท์เข้าไปเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้

- V_{SS} ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อกราวด์ของแหล่งจ่ายไฟ

- RST ขา 9 ขารีเซ็ทนี้จะรีเซ็ทการทำงานของ 8051 ถ้าป้อนสัญญาณที่มีสภาวะลอจิก 1 ที่ขานี้จะเป็นการรีเซ็ทการทำงาน กลับไปเริ่มการทำงานจากคำสั่งที่อยู่ในหน่วยความจำ ตำแหน่ง 0000

- ALE ขา 30 ใช้เป็นขาส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการเลตช์ค่าตำแหน่งไบต์ต่ำจากพอร์ท 0 ในระหว่างการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมหรือข้อมูลภายนอก

- PSEN ขา 29 ใช้ส่งสัญญาณเพื่ออ่านคำสั่งจากโปแกรม ที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิฟ

- XTAL1 ขา 19 ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุทเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

- XTAL2 ขา 18 ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาท์พุทออกจากวงจรออสซิลเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- PORT 0 เป็นพอร์ทขนาน 8 บิต อยู่ที่ขา 39 ถึง 32 เริ่มจากบิต 0 ถึงบิต 7 พอร์ท 0 นี้ ใช้ได้ทั้งการรับส่งตำแหน่งและข้อมูลกับหน่วยความจำหรือใช้รับส่งข้อมูลก็ได้ นอกจากนี้ยังใช้งานได้หลายอย่างดังนี้

1. ใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อด้วย โดย 8 บิตล่างจะถูกส่งออกไปทางพอร์ท 0 และ 8 บิตบนถูกส่งออกทาง พอร์ท 2

2. ใช้สำหรับการส่งข้อมูลกับData Memoryหรือใช้รับข้อมูลจาก Program Memory

3. ใช้รับส่งข้อมูลออกทางพอร์ทโดยตรง

- PORT 1 เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิต อยู่ที่ขา 1 ถึง 8 เริ่มที่บิต 0 ถึงบิต 7 ตามลำดับใช้หน้าที่เป็นตัวรับส่งข้อมูลเท่านั้น ไม่สามารถส่งตำแหน่งได้

- PORT 2 เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิตอยู่ที่ขา 21 ถึง 28 เริ่มจาก บิต 0 ถึง บิต 7 ตามลำดับใช้งานเพียง 2 ลักษณะคือ

1. ใช้ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอก ที่ต้องการติดต่อทำงานร่วมกับพอร์ท 0

2. ใช้เป็นพอร์ทรับส่งข้อมูลกับภายนอก

- PORT 3 เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิตอยู่ที่ขา 10 ถึง 17 เริ่มที่บิต 0 ถึง 7 ตามลำดับ นอกจากจะใช้งานเหมือนพอร์ทอื่นๆ แล้วยังใช้งานอื่นโดยใช้คำสั่งควบคุมดังนี้

P3.0 (RxD) เป็นขาที่รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.1 (TxD) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P3.2 (INTO)ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.3 (INT1)ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะภายใน

P3.4 (T0) ใช้เป็นขารับสัญญาณให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 0

P3.5 (T1) ใช้เป็นขารับสัญญาณให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 1

P3.6 (WR) ใช้เป็นขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำ สำหรับข้อมูลภายนอก

P3.7 (RD) ใช้เป็นขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

พอร์ท 3 ของ MCS – 51 ถูกใช้เป็นพอร์ทอนุกรม จะใช้ขา TxD และ RxD ในการรับ-ส่งข้อมูล โดยทั้งสองจะอยู่ในพอร์ท 3 คือ P3.1 หรือขา 11 เป็น TxD และ P3.0 หรือขา 10 เป็น RxD พอร์ทอนุกรม MCS–51 สามารถทำงานเป็น Full Duplex ได้ คือสามารถรับและส่งข้อมูลในเวลาเดียวกันได้ โดยมีการรับส่งข้อมูลแบบบัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูลให้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจีสเตอร์ที่สำคัญในการรับส่งข้อมูลคือ SBUF และ SCON ซึ่งเป็นรีจีสเตอร์ที่อยู่ใน Special Function Register โดยรีจีสเตอร์ Serial Port Buffer (SBUF) จะอยู่ในตำแหน่ง 99H ถ้าเขียนข้อมูลลงในตำแหน่งนี้จะเป็นการส่งข้อมูลออกทางพอร์ทอนุกรมและถ้าอ่านข้อมูลจากตำแหน่งนี้จะเป็นการรับข้อมูลจากพอร์ตทอนุกรม โดยใน SBUF จะประกอบด้วย บัฟเฟอร์ 2 ตัว สำหรับส่งและรับข้อมูล

สำหรับ Serial Port Register (SCON) ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 98H จะเป็นรีจีสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ รีจีสเตอร์นี้จะทำหน้าที่ควบคุมและบอกสถานะต่างๆของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

สำหรับความเร็วของการส่งข้อมูล (Baud Rate) สามารถหาได้จากการหาสัญญาณนาฬิกาที่ใช้กับ MCS-51

ตารางที่ 2.4 Serial Port Control Register

บิต	ชื่อ	ตำแหน่ง	ความหมาย
SCON.7	SM0	9FH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 0
SCON.6	SM1	9EH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 1
SCON.5	SM2	9DH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 2
SCON.4	REN	9CH	บิตแฟลกกำหนดยอมให้มีการรับข้อมูล
SCON.3	TB8	9BH	ค่าของบิต 9 สำหรับส่งข้อมูลในโหมด 2 และโหมด 3 สามารถเซตและเคลียร์ได้โดยซอฟแวร์
SCON.2	RB8	9AH	ค่าของบิต 9 เมื่อรับข้อมูลเข้ามา
SCON.1	TI	99H	บิตแฟลกแสดงการอินเตอร์รัปต์ภายหลังการส่งข้อมูลออกไป โดยจะเซตเมื่อส่งข้อมูลออกไปหมดแล้ว และสามารถเคลียได้โดยซอฟแวร์
SCON.0	RI	98H	แฟลกแสดงการอินเตอร์รัปต์ภายหลังการรับข้อมูลเข้ามาสามารถเคลียได้โดยซอฟแวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงโหมดต่างๆ ของการรับส่งแบบอนุกรม

SM0	SM1	SM3	ความหมาย	Band Rate
0	0	0	Shift Register	เปลี่ยนแปลงไม่ได้ (Oscillator Frequency)
0	1	1	8-Bit UART	สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยกำหนดจากไทม์เมอร์
1	0	2	9-Bit UART	เปลี่ยนแปลงไม่ได้ (Oscillator Frequency/12 หรือ /64)
1	1	3	9-Bit UART	สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยกำหนดจากไทม์เมอร์

2.5.3 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูลมีรีจีสเตอร์พิเศษที่สามารถเลือกใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์อย่างใดอย่างหนึ่งรีจีสเตอร์ประเภทนี้มี 2 ตัวแต่ละตัวขนาด16บิตเรียกไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 ตามลำดับ

ไทม์เมอร์นั้นค่าในรีจีสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกเพิ่มเติมขึ้น ในทุกๆ ช่วงของทุกแมชชีนไซเคิลเคาน์เตอร์นั้นค่าในรีจีสเตอร์ที่ใช้เป็นเคาน์เตอร์ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกเพิ่มค่าที่ละ 1 เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะ

2.5.3.1 ไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1

สามารถเลือกการทำงานให้เป็นไทม์เมอร์ หรือเคาน์เตอร์ก็ได้ โดยการกำหนดค่าบิตในรีจีสเตอร์ใช้งานโดยเฉพาะ โดยหากบิตนี้มีค่าเป็น 0 หมายถึงเลือกใช้งานเป็นไทม์เมอร์ ถ้าบิตนี้เป็น 1 หมายถึงเลือกใช้งานเป็นเคาน์เตอร์

นอกจากจะเลือกการทำงานของรีจีสเตอร์ให้เป็นไทม์เมอร์ หรือเคาน์เตอร์ได้แล้ว ในแต่ละการทำงานยังมีการทำงานย่อยอยู่อีก 4 แบบ ตามความเหมาะสมของการใช้งาน

โหมด 0 จะใช้รีจีสเตอร์ขนาด 8 บิตเป็นตัวนับโดยมีการเพิ่มค่าครั้งละ 1 ทุกครั้งและนับสัญญาณได้ครบ 32 ครั้ง โดยในโหมดนี้รีจีสเตอร์ที่ใช้นับเพียง 13 บิต (8 บิตในรีจีสเตอร์ TLx รวมกับ 5 บิตใน THx)

โหมด 1 การทำงานเหมือนกับโหมด 0 เว้นแต่ค่าในรีจีสเตอร์ถูกใช้งานครบทั้ง 16 บิตนั่นเอง คือไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ในโหมดนี้มีขนาด 16 บิต

โหมด 2 ในโหมดนี้จะกำหนดรีจีสเตอร์ใช้งานในการนับเพียง 8 บิต (จากรีจีสเตอร์ TX) ที่มีการโหลดค่าด้วยค่าในรีจีสเตอร์ THx การใช้งานโหมดนี้มีไว้เพื่อใช้สร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ ที่มีคาบเวลาคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 3 ในโหมดนี้ไทม์เมอร์ 1 จะไม่มีการนับแต่ไทม์เมอร์จะบังคับให้รีจีสเตอร์ TL0 ของไทม์เมอร์ 0 ถูกใช้เป็นไทม์เมอร์เพียงอย่างเดียว การทำงานโหมด 3 มีไว้เพื่อใช้งานที่ต้องการไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ขนาด 8 บิตเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าในรีจีสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆสำหรับ Timer 0

โหมด	ฟังก์ชั่นไทม์เมอร์ 0	ควบคุมจากโปรแกรม	TMOD ควบคุมจากฮาร์ดแวร์ภายนอก
0	13 Bit Timer	00H	08H
1	16 Bit Timer	01H	09H
2	8 Bit Auto Reload	02H	0AH
3	Two 8 Bit Counter	03H	0BH

ตารางที่2.7 แสดงค่าในรีจีสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆสำหรับ Counter 0

โหมด	ฟังก์ชั่นไทม์เมอร์ 0	ควบคุมจากโปรแกรม	TMOD ควบคุมจากฮาร์ดแวร์ภายนอก
0	13 Bit Timer	04H	0CH
1	16 Bit Timer	05H	0DH
2	8 Bit Auto Reload	06H	0EH
3	Two 8 Bit Counter	07H	0FH

ตารางที่ 2.8 แสดงค่าในรีจีสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆสำหรับ Timer 1

โหมด	ฟังก์ชั่นไทม์เมอร์ 0	ควบคุมจากโปรแกรม	TMOD ควบคุมจากฮาร์ดแวร์ภายนอก
0	13 Bit Timer	00H	80H
1	16 Bit Timer	10H	90H
2	8 Bit Auto Reload	20H	A0H
3	Two 8 Bit Counter	30H	B0H

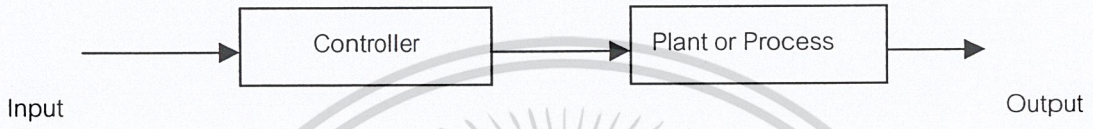
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ระบบควบคุมทางอุตสาหกรรม

ระบบควบคุมอาจจะแบ่งเป็นอย่างง่าย ๆ ออกเป็น 2 แบบ คือ

2.6.1 ระบบควบคุมแบบ Open-loop

ระบบควบคุมแบบ Open-loop นั้นเอาท์พุทของระบบจะไม่มีผลต่อการควบคุมเลย นั่นคือ ในกรณีของระบบควบคุมแบบ Open-loop นั้นเอาท์พุทจะไม่ถูกวัด หรือถูกป้อนกลับเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอินพุท จากภาพที่ 2.16 เป็น Block Diagram แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทกับเอาท์พุทของระบบควบคุมแบบ Open-loop



ภาพที่ 2.16 แสดงระบบควบคุมแบบ Open-loop

2.6.2 ระบบควบคุมแบบ Closed-loop

ระบบควบคุมแบบ Closed-loop เป็นระบบควบคุมแบบหนึ่งซึ่งสัญญาณเอาท์พุทจะมีผลโดยตรงต่อการควบคุม ดังนั้นระบบควบคุมแบบ Closed-loop ก็คือระบบควบคุมแบบป้อนกลับนั่นเอง ระบบควบคุมแบบป้อนกลับโดยทั่วไปประกอบด้วยอุปกรณ์ 4 ส่วนคือ

1. ตัวควบคุม (Controller) เป็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณควบคุมเพื่อทำหน้าที่ควบคุมให้ระบบหรือกระบวนการที่ต้องการีวบคุมมีเอาทพุทหรือผลตอบสนองเป็นไปตามต้องการ ตัวควบคุมจะมีหลายแบบ เช่น

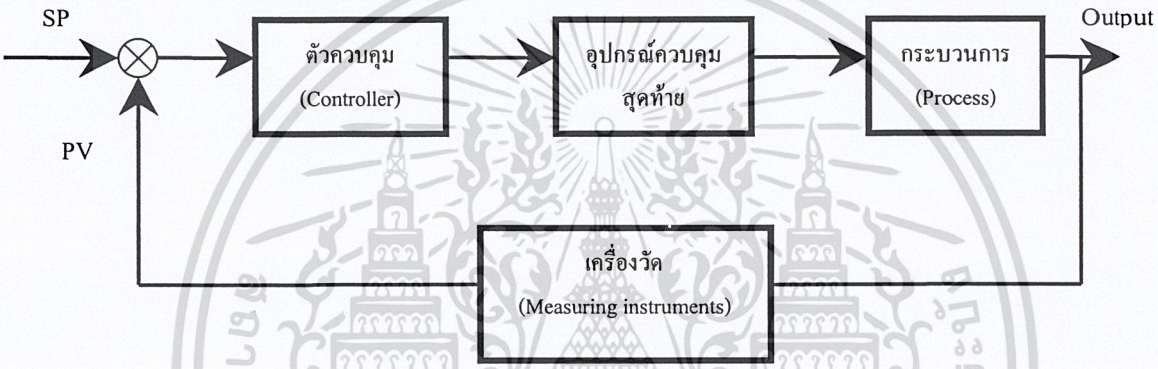
- ตัวควบคุมแบบ ON-OFF
- ตัวควบคุมแบบ Proportional (P)
- ตัวควบคุมแบบ Integral (I)
- ตัวควบคุมแบบ DERIVATIVE (D)
- ตัวควบคุมแบบ PID

2. อุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปรับสภาวะของกระบวนการ ด้วยการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรปรับกระบวนการ ตามคำสั่งหรือสัญญาณควบคุมที่ได้รับจากตัวควบคุม อุปกรณ์ควบคุมสุดท้ายนั้นมีอยู่หลายอย่างด้วยกัน เช่น วาล์วควบคุม (Control Valve) อินเวอร์เตอร์ (Inverter) และตัวกระทำ (Actuator) เป็นต้น แต่ที่มักพบเห็นกันมากในกระบวนการทางอุตสาหกรรมได้แก่ วาล์วคอนโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กระบวนการ (Plant or Process) หมายถึงระบบหรือกระบวนการทางฟิสิกส์ที่ต้องการควบคุมให้มีสถานะเป็นไปตามต้องการ เช่นกระบวนการที่เกี่ยวกับการควบคุมระดับของของเหลว กระบวนการเกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งสถานะของกระบวนการแสดงด้วยตัวแปรกระบวนการ (Process Variable :PV)

4. อุปกรณ์วัด (Measuring Instruments) หมายถึงอุปกรณ์ซึ่งอาจจะได้แก่ เซนเซอร์ (Sensor), ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) หรืออุปกรณ์แปลง (Transmitter) หรือเครื่องวัดสัญญาณอื่นๆ ในกระบวนการเพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปใช้เป็นตัวแปรในการควบคุม โดยสัญญาณขาออกของอุปกรณ์วัดทั่วไปจะเป็นสัญญาณมาตรฐานทางอุตสาหกรรมสัญญาณกระแสไฟฟ้า 4-20 มิลลิแอมป์ สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 1-5 โวลท์ หรือสัญญาณลมขนาด 3-15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นต้น



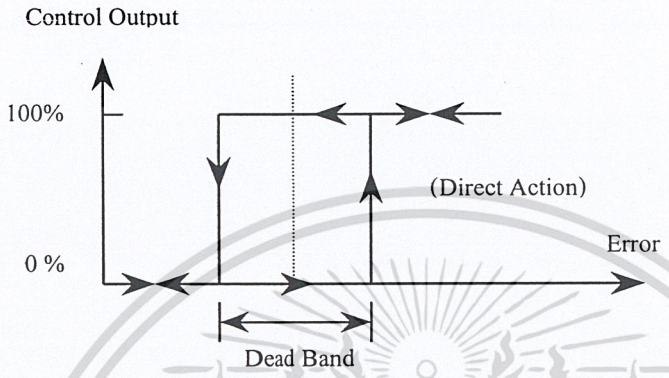
ภาพที่ 2.17 แสดงระบบควบคุมแบบ Close-loop

จากภาพที่ 2.17 อุปกรณ์วัดหรือเครื่องวัดจะวัดค่าตัวแปรของกระบวนการ (PV) เช่น อุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหล และระดับของของเหลว เป็น เพื่อเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงหรือค่าเป้าหมาย (SP) จากนั้นตัวควบคุมจะนำค่าความคลาดเคลื่อน (ERROR : r) ในการควบคุมมาใช้ในการคำนวณ เพื่อหาสัญญาณที่เหมาะสมที่จะไปควบคุมกระบวนการให้เข้าสู่เป้าหมายที่ต้องการ โดยตัวควบคุมที่นิยมนำมาใช้ควบคุมกระบวนการมากที่สุดก็คือ ตัวควบคุมแบบ PID ซึ่งจะใช้เฉพาะ P, PI, PD, หรือ PID นั้นขึ้นอยู่กับชนิดและคุณลักษณะของกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.1 การควบคุมแบบ ON-OFF

การควบคุมแบบ ON-OFF เป็นการควบคุมที่ง่ายที่สุดและราคาไม่แพง โดยตัวควบคุมจะทำงานเพียง 2 สถานะคือ ปิดและเปิด สัญญาณเอาท์พุทที่ได้ก็จะมี 2 สภาวะเช่นกัน คือ 0% และ 100% กริยาการควบคุม แบบON-OFF แสดงดังภาพที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงกริยาการควบคุมแบบON-OFF

การควบคุมแบบON-OFFจะนิยมใช้ในการควบคุมกระบวนการที่ไม่ต้องการความเที่ยงตรงสูงนัก และผลของความคลาดเคลื่อนไม่ส่งผลต่อการควบคุมเช่น การควบคุมอุณหภูมิในตู้เย็นการควบคุมระดับน้ำในถังน้ำทั่วไปตามบ้าน หรือการควบคุมอุณหภูมิในห้อง เป็นต้น

2.6.2.2 การควบคุมแบบ Proportional (P)

การควบคุมกระบวนการแบบ P นั้นค่าเอาท์พุตของตัวควบคุมจะแปรผันตามค่าความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นสัดส่วน กล่าวคือถ้าค่าความคลาดเคลื่อนมีค่ามากค่าเอาท์พุตของตัวแปรควบคุมก็จะมากขึ้นตาม และถ้าค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยค่าเอาท์พุทที่ได้ก็จะมีค่าน้อยด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง เรียกว่า อัตราขยายของตัวแปรควบคุมแบบ P (Proportional Gain) สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$m_p(t) = \overline{p} + K_p\, e(t) \qquad (2.23)$$

เมื่อ $m_p(t)$ = ค่าเอาท์พุตของตัวควบคุม

$\overline{p}$ = ค่า Baias

K_p = อัตราขยายของตัวควบคุม โดยปกติจะไม่มีหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เงื่อนไขของการควบคุมแบบ P

1. อัตราขยายของตัวควบคุม: K_p สามารถปรับค่าได้ เพื่อให้เอาท์พุตของตัวควบคุมสามารถควบคุมสามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ไวตามความต้องการและทำให้ผลตอบสนองของกระบวนการเข้าสู่ค่าเป้าหมาย

2. การเลือกค่า K_p สามารถทำให้เอาท์พุตของตัวควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้

ค่า $\overline{p}$ สามารถปรับค่าได้โดยที่เอาท์พุตของตัวควบคุมจะมีค่าเท่ากับ $\overline{p}$ ก็ต่อเมื่อค่าผิดพลาดเท่ากับศูนย์ ซึ่งในสภาวะนี้อาจกล่าวได้ว่าค่าเอาท์พุตของตัวควบคุมรวมไปถึงผลตอบสนองของกระบวนการอยู่ในสภาวะคงที่ (Steady – state) สำหรับตัวควบคุมที่ใช้งานกันโดยทั่วไป ค่า p(t) จะไม่มีหน่วยเพราะค่า p(t) และ e(t) มีหน่วยเดียวกัน เช่นในกรณีของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรือทาง นิวเมติกส์ หรืออาจอยู่ในรูปของตัวเลข 0 – 100% เพื่อความสะดวกในการทำงานของตัวแสดงกราฟฟิกและซอฟท์แวร์ควบคุมคอมพิวเตอร์ ในอีกกรณีหนึ่งค่าสัญญาณผิดพลาดจะอยู่ในรูปของหน่วยทางวิศวกรรมเช่นหน่วยอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียส (^{o}C) หรือหน่วยของความหนาแน่นเป็นmol/L ซึ่งในกรณีนี้ K_p และอัตราขยายที่สภาวะคงที่ (Steady – state gain)ของอุปกรณ์ในวงรอบควบคุมตัวอื่น ๆ เช่นทรานมิตเตอร์หรือวาล์วควบคุมก็จะมีหน่วยด้วยเช่นกัน

ตัวควบคุมแบบดั้งเดิมบางตัวจะใช้ค่า Proportional Band (PB) แทนการใช้ค่า K_p ซึ่ง PB จะมีหน่วยเป็น % และจะใช้เฉพาะในกรณีที่ค่า K_p ไม่มีหน่วยเท่านั้น

$$PB = \frac{100\%}{K_p} \tag{2.24}$$

ตัวควบคุมแบบ P ในทางอุดมคติจะไม่พิจารณาถึงข้อจำกัดทางกายภาพของเอาท์พุตตัวควบคุม ซึ่งปกติแล้วตัวควบคุมจะเกิดการอิ่มตัวเมื่อถึงของเขตทางกายภาพคือ P_{max} และ P_{min}

ในการพิจารณาฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวควบคุมแบบ P จะกำหนดให้

$$P'(t) = p(t) - \overline{p} \tag{2.25}$$

ดังนั้น

$$p'(t) = K_p e(t) \tag{2.26}$$

สมการลาปลาซซึ่งเป็นฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวควบคุมคือ

$$\frac{p'(s)}{E(s)} = K_p \tag{2.27}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของการควบคุมแบบ P คือไม่สามารถกำจัด Steady – state error ที่เกิดขึ้นหลังจากการเปลี่ยนแปลงค่าเป้าหมายหรือการได้รับสัญญาณรบกวนจากโหลด ซึ่งจะเกิดขึ้นกับการควบคุมแบบ P ในทุก ๆ ค่า K_p ในทางทฤษฎีค่าออฟเซตสามารถกำจัดได้ โดยการตั้งค่าเป้าหมายหรือค่า $\overline{p}$ ขึ้นใหม่หลังจากเกิดออฟเซตแต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ไม่ได้เป็นวิธีการที่ดีที่สุดเนื่องจากต้องอาศัยผู้มีความชำนาญเพียงพอและการหาค่าเป้าหมายหรือค่า ใหม่ก็ต้องใช้การลองผิดลองถูกซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ การแก้ไขปัญหานี้ในทางปฏิบัติจะใช้การทำงานของการควบคุมแบบ Integral (I)เข้ามาช่วยซึ่งจะให้ผลตอบสนองที่ดีขึ้น เนื่องจากการควบคุมแบบ I จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าการควบคุมเพื่อลดออฟเซตได้โดยอัตโนมัติ

ในการควบคุมกระบวนการบางอย่างที่ไม่ต้องคำนึงถึงการเกิดค่าออฟเซต การควบคุมแบบ P ก็มีความเหมาะสมในการใช้งานเนื่องจากมีรูปแบบการทำงานที่ง่ายและไม่ซับซ้อนเช่น การควบคุมระดับของเหลวที่ไม่จำเป็นต้องรักษาระดับให้อยู่ในค่าเป้าหมายแต่ต้องการเพียงควบคุมไม่ให้ ของเหลวล้นถังหรือหมดถังเท่านั้น เป็นต้น

2.6.2.3 การควบคุมแบบ Integral (I) และการควบคุมแบบ PI

การควบคุมแบบ I หมายถึงการควบคุมแบบรีเซตหรือแบบลอย (Floating) โดยที่ค่าเอาท์พุตของตัวควบคุมจะขึ้นอยู่กับการอินทิเกรตสัญญาณผิดพลาด ดังสมการ

$$p(t) = \overline{p} + \int_{o}^{t} e(t)dt \qquad (2.28)$$

เมื่อ T_i คือเวลาอินทิเกรตหรือเวลารีเซตซึ่งมีหน่วยเป็นหน่วยของเวลาและสามารถปรับค่าได้ตามความเหมาะสม

การควบคุมแบบ I เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางเพราะสามารถใช้งานได้ดีและสามารถกำจัดออฟเซตได้อย่างมีประสิทธิภาพจากสมการที่ (2.28)เมื่อกระบวนการเข้าสู่สภาวะคงที่สัญญาณผิดพลาดและเอาท์พุตของตัวควบคุมจะมีค่าคงที่ หรืออาจกล่าวได้ว่าค่า p(t) จะเปลี่ยนแปลงตามเวลาจนกระทั่ง e(t) =0 ดังนั้นเมื่อใช้การควบคุมแบบ Iค่าp(t) จะให้ค่าในการควบคุมซึ่งจะทำให้สัญญาณผิดพลาดในสภาวะคงที่นั้นจะมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งสัญญาณผิดพลาดนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเป้าหมายหรือได้รับสัญญาณรบกวนจากโหลดและการกำจัดสัญญาณผิดพลาดให้เท่ากับศูนย์จะกระทำได้ก็ต่อเมื่อเอาท์พุตของตัวควบคุมหรืออุปกรณ์ควบคุมตัวสุดท้ายยังไม่ถึงขอบเขตการอิ่มตัวแต่หากเกินช่วงขอบเขตนี้ไปแล้วค่าของกระบวนการจะไม่สามารถกลับสู่ค่าเป้าหมายได้ซึ่งการอิ่มตัวเกิดจากสัญญาณรบกวนหรือการเปลี่ยนแปลงค่าเป้าหมายเกินช่วงของ p(t)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์หลักของการควบคุมแบบ I คือการกำจัดค่าออฟเซต (Offset) แต่ตัวควบคุมแบบ I ไม่นิยมใช้งานเพียงตัวเดียวเพราะจะให้ผลในการควบคุมน้อยมากจนกว่าจะเกิดสัญญาณผิดพลาดขึ้นมาอย่างต่อเนื่องในบางเวลาเท่านั้น ดังนั้นจึงมักนำการควบคุมแบบ I มาทำงานร่วมกับการควบคุมแบบ P หรือที่เรียกว่าตัวควบคุมแบบ PI เพราะการควบคุมแบบ P จะให้ผลในการควบคุมแบบทันทีทันใดในขณะตรวจพบสัญญาณผิดพลาด

สมการของตัวควบคุมแบบ PI คือ

$$p(t) = \overline{p} + k_p\left[e(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t e(t)dt\right] \tag{2.29}$$

ฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวควบคุมแบบ PI ในรูปของสมการลาปลาซคือ

$$\frac{P'(s)}{E(s)} = K_p\left(1 + \frac{1}{T_i s}\right) = \left(\frac{T_i s + 1}{T_i s}\right) \tag{2.30}$$

ผลตอบสนองของตัวควบคุม PI ต่อการเปลี่ยนแปลงแบบขั้นบันไดของ e(t) ที่เวลา t = 0 เอาท์พุตของตัวควบคุมจะเปลี่ยนแปลงพร้อมกับค่าผิดพลาด โดยเกิดจากการควบคุมแบบ P การควบคุมแบบ I จะทำให้ p(t) เพิ่มขึ้นในลักษณะลาดชัน (Ramp) เมื่อ $t > 0$ ที่ $t = t_i$ เทอม I จึงให้ค่า ในการควบคุมเท่ากับเทอม P

ข้อเสียของการควบคุมแบบ Iคือมีการตอบสนองแบบแกว่งทำให้ระบบขาดเสถียรภาพ แต่บางครั้งก็สามารถยอมรับได้หากการแกว่งเกิดขึ้นพร้อมกับการตอบสนองของกระบวนที่รวดเร็ว แต่ข้อเสียของการควบคุมแบบ I ก็สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการปรับใช้ค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสม หรือเพิ่มการควบคุมแบบ D ซึ่งสามารถลดผลตอบสนองที่ไม่มีเสถียรภาพลงได้

2.6.2.4 การควบคุมแบบ Dการควบคุมแบบ PD และการควบคุมแบบ PID

การควบคุมแบบ D หมายถึงการควบคุมแบบอัตราส่วน (Rate action) หรือการทำนายล่วงหน้า (Pre – act) โดยจะทำนายพฤติกรรมของสัญญาณผิดพลาดที่เกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งจะพิจารณาอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าสัญญาณผิดพลาด เช่นในกรณีที่เตาปฏิกรณ์มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10°C ในเวลา 3 นาที ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเกิดขึ้นเร็วกว่าในกรณีที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10°C ในเวลา 30 นาที และสามารถประเมินประสิทธิภาพในการแก้ไขสภาวะของการเกิดปฏิกิริยาที่ทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นได้ ถ้าการควบคุมเตาปฏิกรณ์ใช้ระบบปรับด้วยมือ(Manual) ผู้ควบคุมที่มีประสบการณ์สามารถประเมินผลตอบสนองที่จะเกิดขึ้นและแก้ไขสภาวะการณ์ได้อย่างเหมาะสมในเวลาอันรวดเร็วเพื่อทำการลดอุณหภูมิลง แต่การควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติตัวควบคุมแบบ P จะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของช่วงเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ เช่นเดียวกับตัวควบคุมแบบ I ซึ่งโดยปกติแล้วจะสร้างสัญญาณควบคุมที่แปรผันตามระยะเวลาของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น ดังนั้นสัญญาณรบกวนขนาดเล็กที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆก็สามารถทำให้ตัวควบคุมสร้างสัญญาณควบคุมที่มีค่ามากขึ้นมาได้

การควบคุมแบบ D ทำให้กระบวนการมีเสถียรภาพและลดแนวโน้มความไม่มีเสถียรภาพของการควบคุมแบบ I นอกจากนี้ยังนำมาใช้เพื่อปรับปรุงผลตอบสนองทางพลศาสตร์โดยลดเวลาเข้าสู่สภาวะคงที่ (Settling time) ของกระบวนการลง ซึ่งทำให้กระบวนการเข้าสู่สภาวะคงที่เร็วขึ้นแต่ในกรณีที่เครื่องมือวัดในกระบวนการมีสัญญาณรบกวนความถี่สูงและมีการแกว่งไม่มีแบบแผนการควบคุมแบบ D จะทำให้ผลตอบสนองของกระบวนการเปลี่ยนแปลงในช่วงกว้างและสัญญาณรบกวนจะถูกขยายแต่สามารถป้องกันได้โดยการกรองความถี่โดยปกติแล้วการควบคุมแบบ D จะไม่นิยมใช้กับการควบคุมการไหลเนื่องจากวงรอบการควบคุมมีการตอบสนองที่รวดเร็วและเครื่องมือวัดอัตราการไหลมีสัญญาณรบกวนค่อนข้างสูง

ข้อเสียอีกประการหนึ่งของตัวควบคุมPID ทางอุดมคติคือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเป้าหมายอย่างรวดเร็วจะทำให้ค่าจากเทอม D มีค่ามากและทำให้เกิดค่าควบคุม D พุ่ง (Derivative Kick)ในอุปกรณ์ควบคุมตัวสุดท้ายการหลีกเลี่ยงความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นนั้นสามารถทำได้โดยเปลี่ยนแปลงค่าการควบคุมแบบ D โดยใช้ค่า

2.6.2.5 สมการ PID สำหรับการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์

จากสมการที่กล่าวมาข้างต้น คอมพิวเตอร์ไม่สามารถนำสมการนี้ไปใช้ในการประมวลผลได้โดยตรงจึงต้องทำการเปลี่ยนแปลงเป็นสมการดิฟเฟอร์เรนเชียลต่อเนื่องแบบย่อย (Discrete Didderential Equation) เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถทำการประมวลผลได้ดังนี้สมการอนุพันธ์อันดับหนึ่งคือ

$$\frac{dV_0(t)}{dt} = K_p\left[\frac{de(t)}{dt} + \frac{1}{T_i}\frac{d}{dt}\int e(t)dt + T_d\frac{d}{dt}\left[\frac{de(t)}{dt}\right]\right] \qquad (2.31)$$

$$= K_p\left[\frac{de(t)}{dt} + \frac{1}{T_i}\frac{d}{dt}e(t) + T_d\frac{d^2e(t)}{dt^2}\right]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้

$$e(t) = e_n$$

$$\frac{dV_0(t)}{dt} = \frac{\Delta V_0(t)}{\Delta t} = \frac{V_{0_n} - V_{0_{n-1}}}{\Delta t}$$

$$\frac{de(t)}{dt} = \frac{\Delta e}{\Delta t} = \frac{e_n - e_{n-1}}{\Delta t}$$

ดังนั้น

$$\frac{V_{0_n} - V_{0_{n-1}}}{\Delta t} = K_p\left[\frac{e_n - e_{n-1}}{\Delta t} + \frac{1}{T_i}e_n + T_d\frac{d}{dt}\left(\frac{(e_n - e_{n-1})}{\Delta t}\right)\right]$$

$$= K_p\left[\frac{e_n - e_{n-1}}{\Delta t} + \frac{1}{T_i}e_n + T_d\left(\frac{(e_n - e_{n-1} - (e_{n-1} - e_{n-2}))}{\Delta t^2}\right)\right] \qquad (2.32)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบวงจรและหลักการทำงาน

3.1 หลักการทำงานเครื่อง

อาศัยหลักการทำงานเช่นเดียวกับเครื่องสเปคโทรมิเตอร์ ที่ค่าของเอาท์พุทจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มของสีในวัตถุตัวกลางที่แสงผ่าน โดยที่คลื่นแสงที่ย่านความถี่แสงใด ๆ จะมีสีที่แตกต่างกันเช่น ที่ช่วงความถี่แสงที่ 420-460 nm จะให้แสงสีน้ำเงินและสามารถดูดกลืนแสงได้ดีด้วยวัตถุสีเหลืองที่ช่วงความถี่แสงที่590-600nmจะให้แสงสีแดงและสามารถดูดกลืนแสงได้ดีด้วยวัตถุสีน้ำเงิน

ตารางที่ 3.1 แสดงช่วงความยาวคลื่น

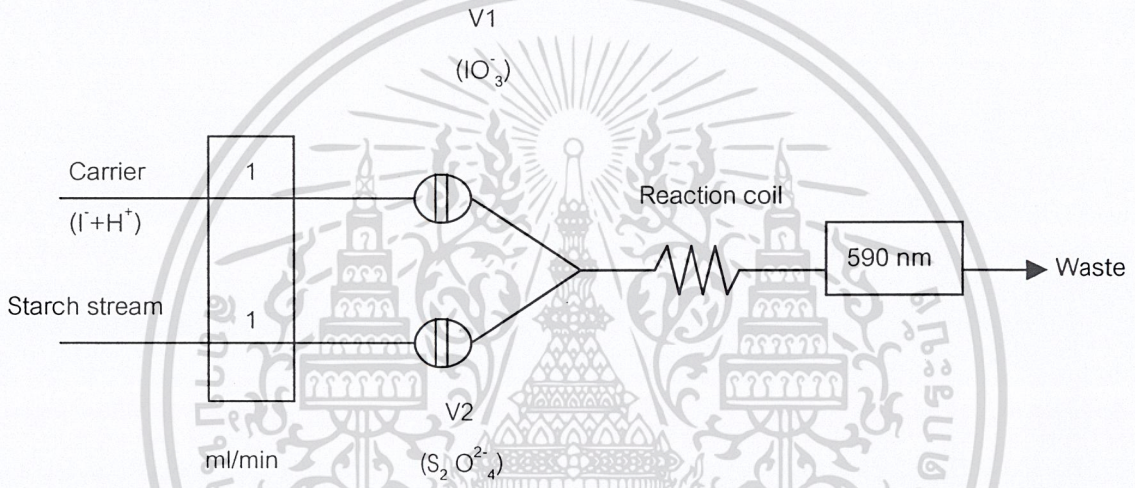
ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	สีของแสง	สีของสารละลายที่เป็นตัวดูดกลืน
180-220	ไม่สามารถมองเห็น	-
220-340	ไม่สามารถมองเห็น	-
340-430	สีม่วง	เหลืองเขียว
430-475	สีน้ำเงิน	เหลือง
475-495	สีเขียวน้ำเงิน	ส้ม
495-505	สีน้ำเงินเขียว	แดง
505-555	สีเขียว	แดงม่วง
555-575	สีเหลืองเขียว	ม่วง
575-600	สีเหลือง	น้ำเงิน
600-620	สีส้ม	เขียวน้ำเงิน
620-700	สีแดง	น้ำเงินเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าของการส่งผ่าน (Transmission) ของแสงจะเป็นค่าที่แสดงว่าวัตถุตัวกลางนั้นยอมให้แสงผ่านได้เท่าใด โดยทั่วไปนิยมวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ และค่าของการดูดกลืน (Absorbent) เป็นค่าที่แสดงว่าวัตถุตัวกลางนั้นมีความสามารถในการดูดกลืนแสงไว้เท่าใด โดยสามารถหาได้จาก

$$\text{Absorbent} = 2 - \log \%\text{Transmission} \qquad (3.1)$$

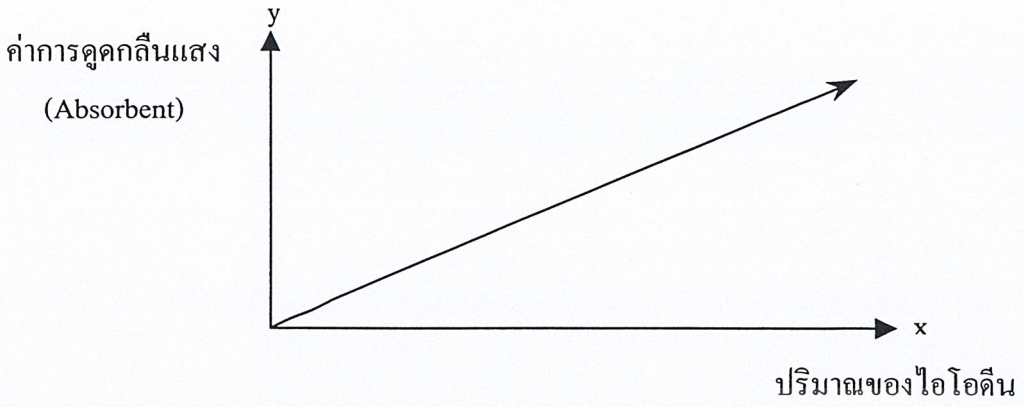
และอาศัยการทำปฏิกิริยาที่มีไอโอดีนเป็นตัวกระตุ้น ทำให้สีของสารละลายเปลี่ยนไป และมีค่าความเข้มข้นของสีเพิ่มหรือลดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณไอโอดีน



ภาพที่ 3.1 แสดงไดอะแกรมการทำงานของเครื่อง

จากไดอะแกรมการทำการข้างต้น ในส่วนของ Carrier จะเป็นการ ทำปฏิกิริยาของสารไอโดไดรส์ (I^+) และกรด (H^+) และทำการเติมไอโดดีน (IO^+_3) ที่ผสมอยู่ในเกลือหลังจากถูกทำให้เจือจางที่ความเข้มข้นต่ำทำให้สามารถแขวนลอยอยู่ในของเหลวได้โดยไม่เกิดการตกตะกอนที่ตำแหน่ง V1 เมื่อเกิดการผสมกับน้ำแป้งที่มาจาก Starch Stream จะทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของน้ำแป้งจากสีขาวเป็นสีน้ำเงินและจะมีค่าความเข้มของสีมากหรือน้อยเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าปริมาณของไอโอดีนที่เติมใน V1 เมื่อสารผสมดังกล่าวถูกทำให้ไหลผ่านแหล่งกำเนิดแสงสีแดง (ความถี่แสงอยู่ในช่วง 590-600 นาโนเมตร) จะทำการดูดกลืนแสงสีแดง ค่าเอาท์พุทที่ทำการตรวจวัดได้จะเป็นค่าของการส่งผ่านของแสง (Transmission) ของสารละลายสามารถแสดงโดยกราฟได้ดังนี้ลักษณะของกราฟที่ได้จะเป็นกราฟเส้นตรงที่มีสัดส่วนตามสมการเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 ความสัมพันธ์ของการดูดกลืนและปริมาณไอโอดีน

$$y = mx + c \tag{3.2}$$

y = ค่าของการดูดกลื่นที่ทำการตรวจวัดได้

x = ปริมาณไอโอดีนในเกลือที่ต้องการตรวจวัด

m = ค่าความชันของกราฟ สามารถหาได้จาก

$$m = \frac{\sum_i \left\{ \left(x_i - \bar{x} \right) \left[y_i - \bar{y} \right] \right\}}{\sum_i \left(x_i - \bar{x} \right)^2} \tag{3.3}$$

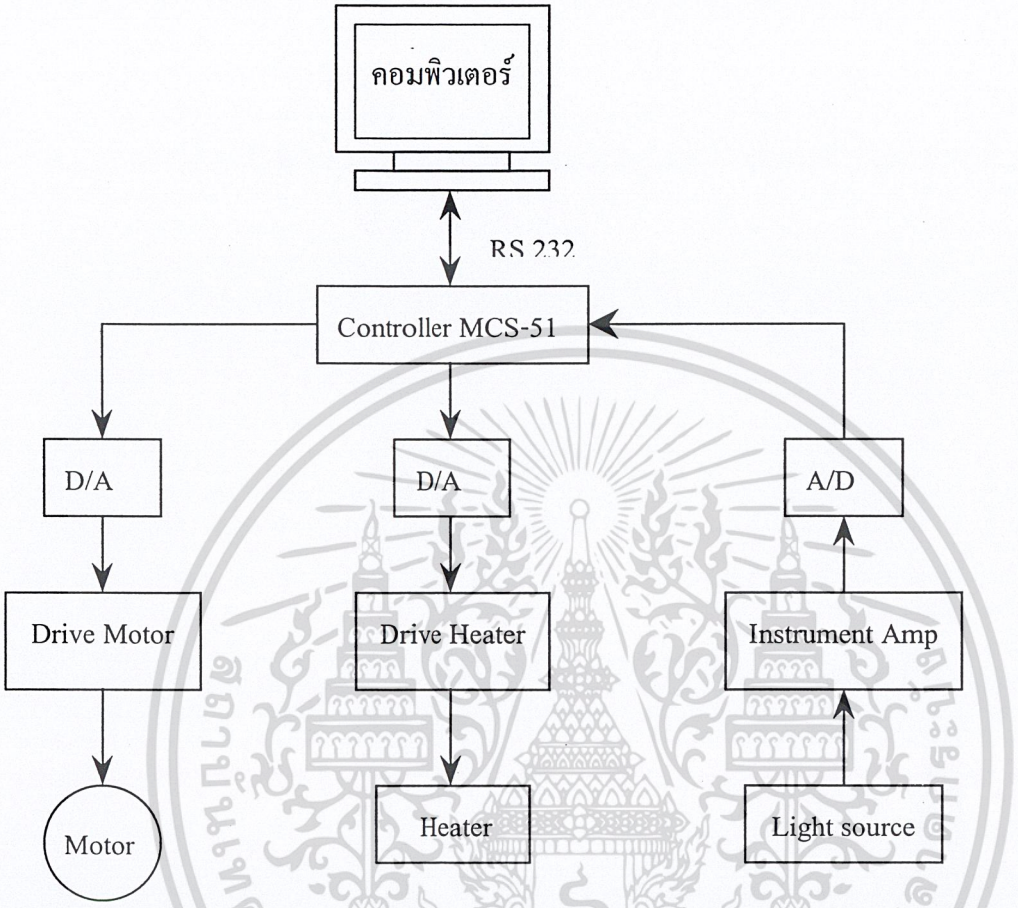
$$c = \bar{y} - b\bar{x} \tag{3.4}$$

โดยสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ซึ่งจะเป็นตัวแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลและแนวโน้มความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยมีค่าที่ 1, 0 และ (-1)

$$r = \frac{\sum_i \left\{ \left(x_i - \bar{x} \right) \left(y_i - \bar{y} \right) \right\}}{\left\{ \left[\sum_i \left(x_i - \bar{x} \right)^2 \right] \left[\sum_i \left(y_i - \bar{y} \right)^2 \right] \right\}^{1/2}} \tag{3.5}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

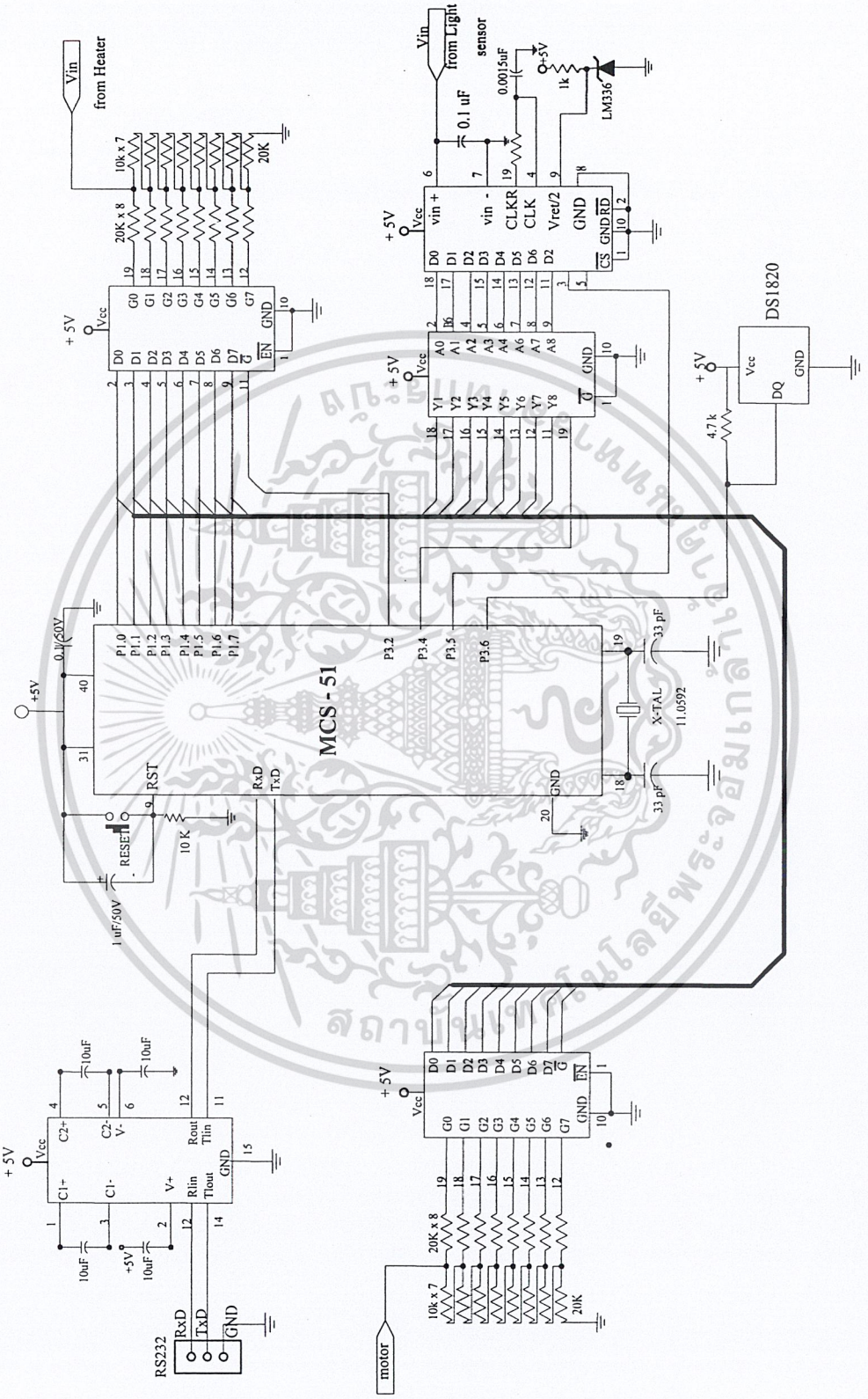
3.2 ส่วนประกอบของเครื่อง



ภาพที่ 3.3 แสดงส่วนประกอบของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

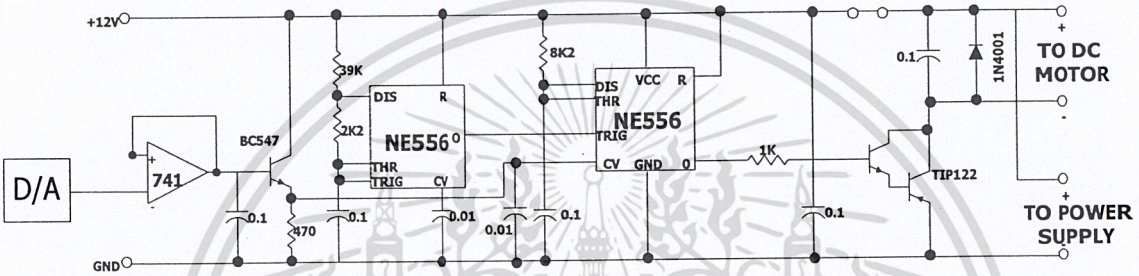
3.3 ส่วนประกอบของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51



ภาพที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

3.4 การทำงานของชุดควบคุมอัตราการไหล (Rate Control)

ใช้การทำงานของมอเตอร์กระแสตรงโดยเขียนโปรแกรมควบคุมให้ทำงานตั้งแต่0ถึง 100% โดยโปรแกรม MCS-51แล้วป้อนให้อุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์ดังแสดงในภาพที่ 3.4 โดยใช้เทคนิคการควบคุมโดยให้กระแสคงที่ แต่ทำการเปลี่ยนแปลงค่าดูเลชั่นของรูปคลื่นที่ป้อนออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อให้ค่าแรงดันเปลี่ยนแปลงส่งผลให้ความเร็วรอบของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน แต่ค่าของกระแสยังคงที่ตลอดเวลา

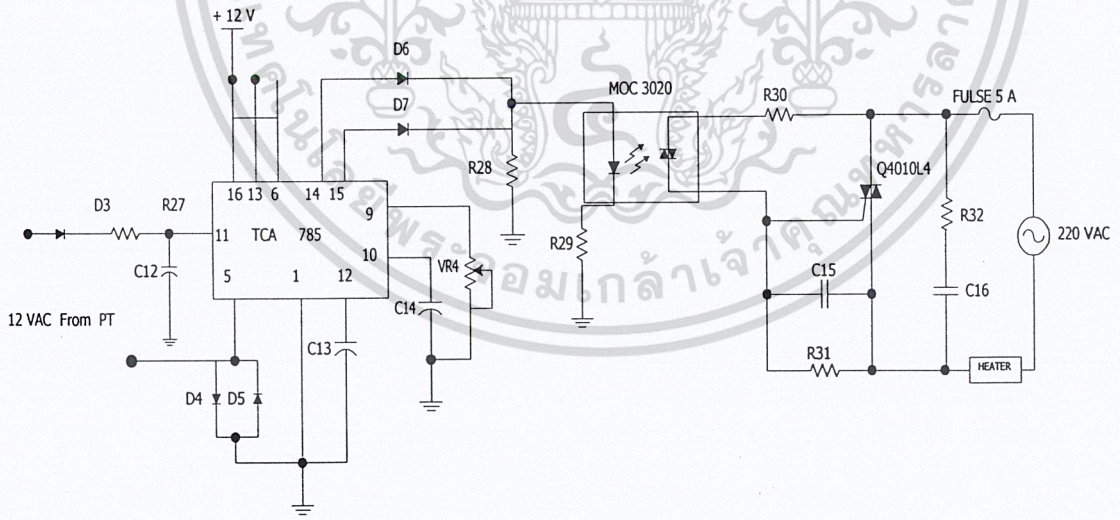


ภาพที่ 3.5 แสดงส่วนประกอบของชุดควบคุมอัตราการไหล (Rate Control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การทำงานของชุดควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control)

ในการทดสอบตรวจวัดค่าไอโอดีนในสารละลายบางชนิดจะต้องนำสารละลายมาทำการอุ่นเสียก่อนซึ่งสารละลายแต่ละชนิดจะใช้อุณหภูมิในการอุ่นแตกต่างกัน ดังนั้นในกระบวนการอุ่นสารละลายจึงต้องมีการควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการอุ่นให้มีความเหมาะสมกับสารละลายแต่ละชนิดที่นำมาทดสอบในกระบวนการอุ่นสารละลายจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิให้สามารถควบคุมแบบ PID ใช้ไอซีเบอร์ DS 1820 เป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิ ซึ่งตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับค่าจากคอมพิวเตอร์ และรับค่าจากไอซีเบอร์ DS1820 มาทำการเปรียบเทียบกันและส่งค่าเอาท์พุทที่ได้ผ่านD/A converter ให้เป็นแรงดันอ้างอิงให้กับตัว Proportional ซึ่งตัว Proportionalจะทำหน้าที่ส่งสัญญาณแรงดันรูปพัลซ์ไปขับชุด Opto drive ไปทริกให้Triacทำงานเพื่อควบคุมแรงดันที่จ่ายให้กับ Heater เพื่อเป็นการแยกระบบกราวด์ไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรงออกจากกัน ซึ่งเมื่ออุณหภูมิที่ตรวจวัดได้มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าของอุณหภูมิอ้างอิงHeaterหรือแหล่งจ่ายพลังงานความร้อนจะถูกสั่งให้หยุดทำงานโดยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งสั่งงานผ่าน DAConverter, Proportional , Opto drive ให้Triacตัดแหล่งจ่ายแรงดันออกจากHeaterและเมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำกว่าค่าของอุณหภูมิอ้างอิงHeaterก็จะทำงานอีกครั้ง

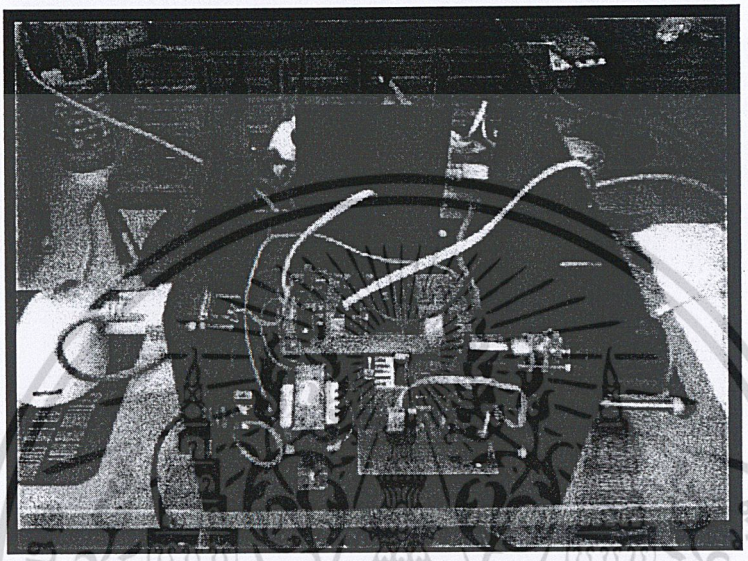


ภาพที่ 3.6 แสดงการทำงานของชุดควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

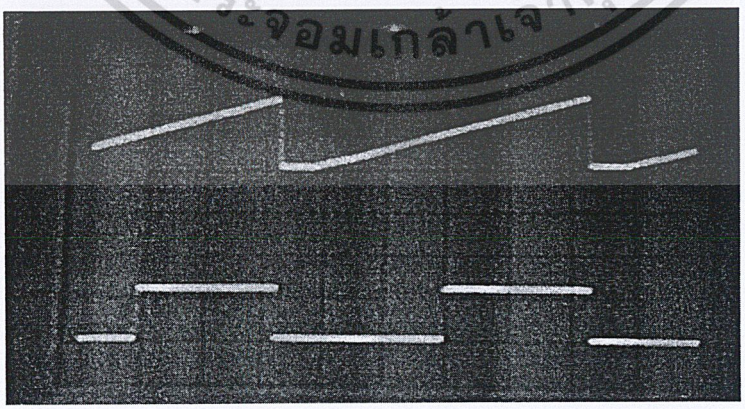
การทดลองและผลการทดลอง



ภาพที่ 4.1 แสดงภาพส่วนประกอบของโครงงาน

4.1 ผลการทดลองชุดควบคุมอุณหภูมิ

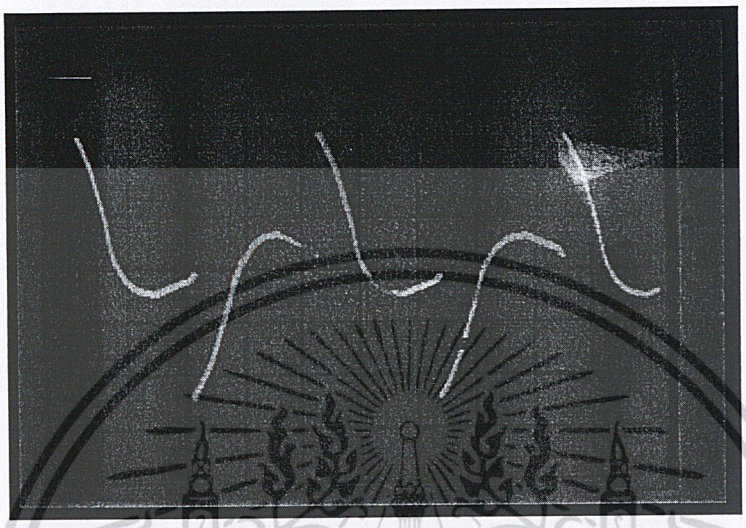
ภาพรูปคลื่นสามเหลี่ยมจากไอซี 785 ในการสร้างสัญญาณมาตราฐานความถี่ 50 Hz เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของ Heater



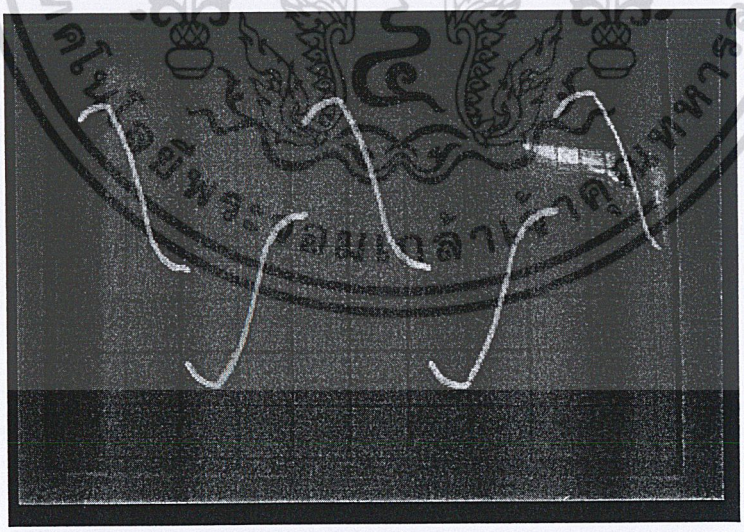
ภาพที่ 4.2 แสดงภาพรูปคลื่นจากไอซี 785

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแสดงรูปคลื่นที่ได้หลังจากนำสัญญานควบคุมจากไมโครคอนโทรล MCS-51 ป้อนให้แก่ Triac เพื่อควบคุมการทำงานของ Heater

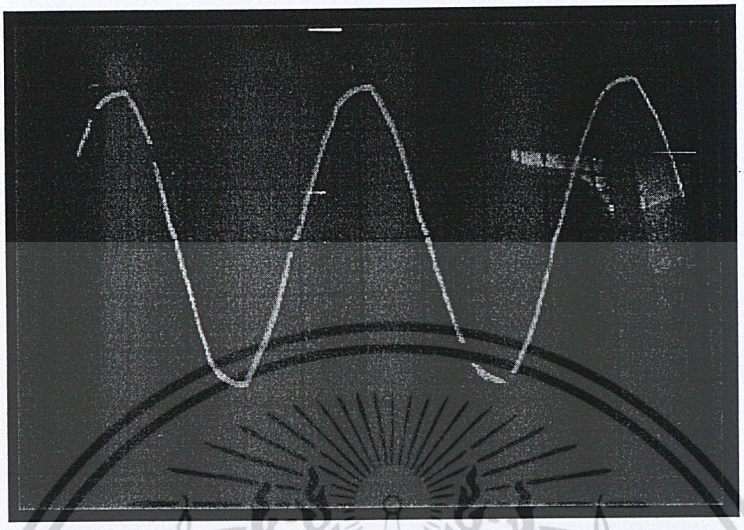


ภาพที่ 4.3 แสดงภาพรูปคลื่นที่ทริก Triac เพื่อควบคุมการทำงานของ Heater ที่ 33.33 %



ภาพที่ 4.4 แสดงภาพรูปคลื่นที่ทริก Triac เพื่อควบคุมการทำงานของ Heater ที่ 66.66 %

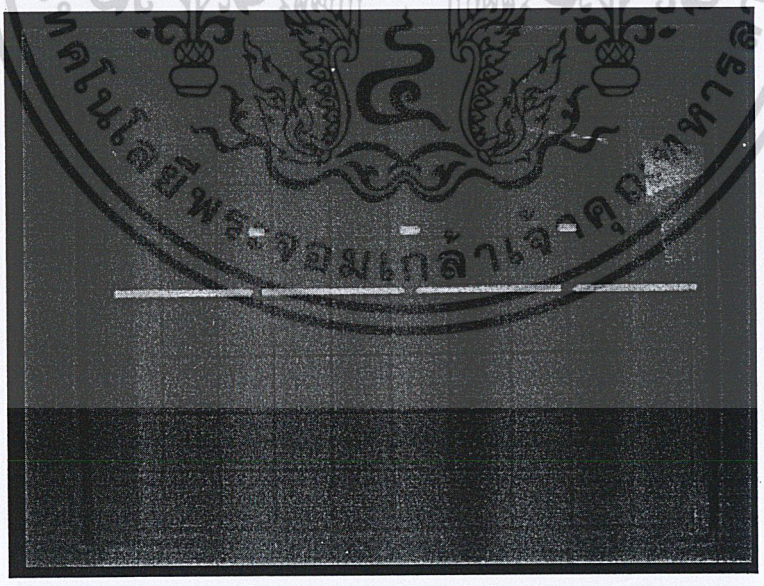
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 แสดงภาพรูปคลื่นที่ทริก Triac เพื่อควบคุมการทำงานของ Heater ที่ 100 %

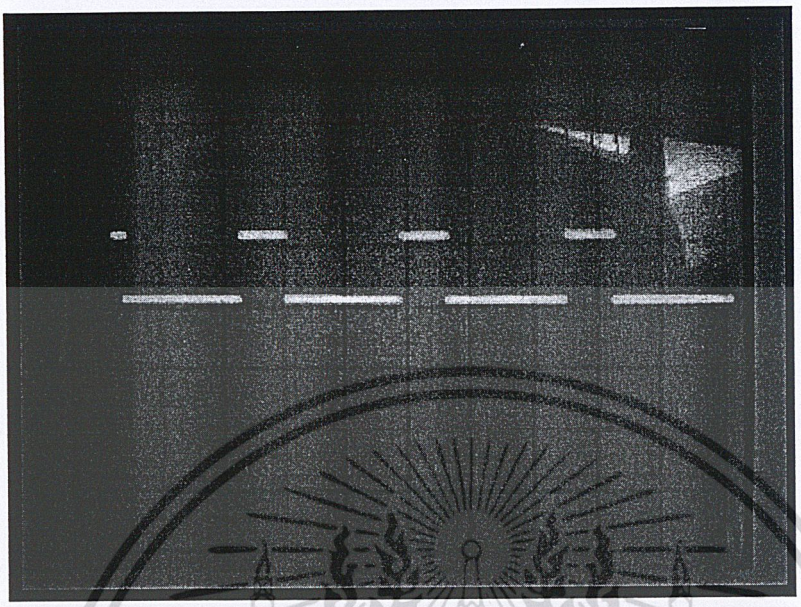
4.2 ผลการทดลองชุดควบคุมอัตราการไหลของสารละลาย

ภาพรูปคลื่นจากชุดขับมอเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

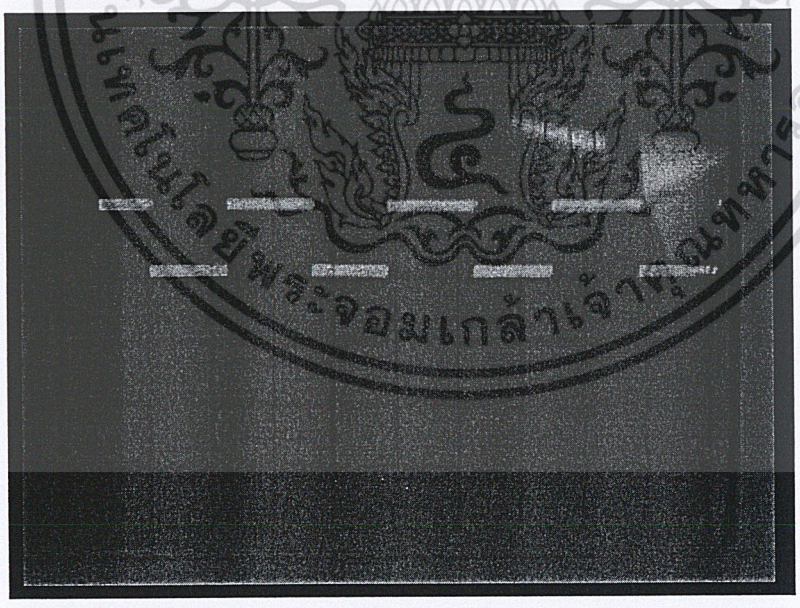


ภาพที่ 4.6 แสดงภาพรูปคลื่นจากชุดขับมอเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงที่ 33.33 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



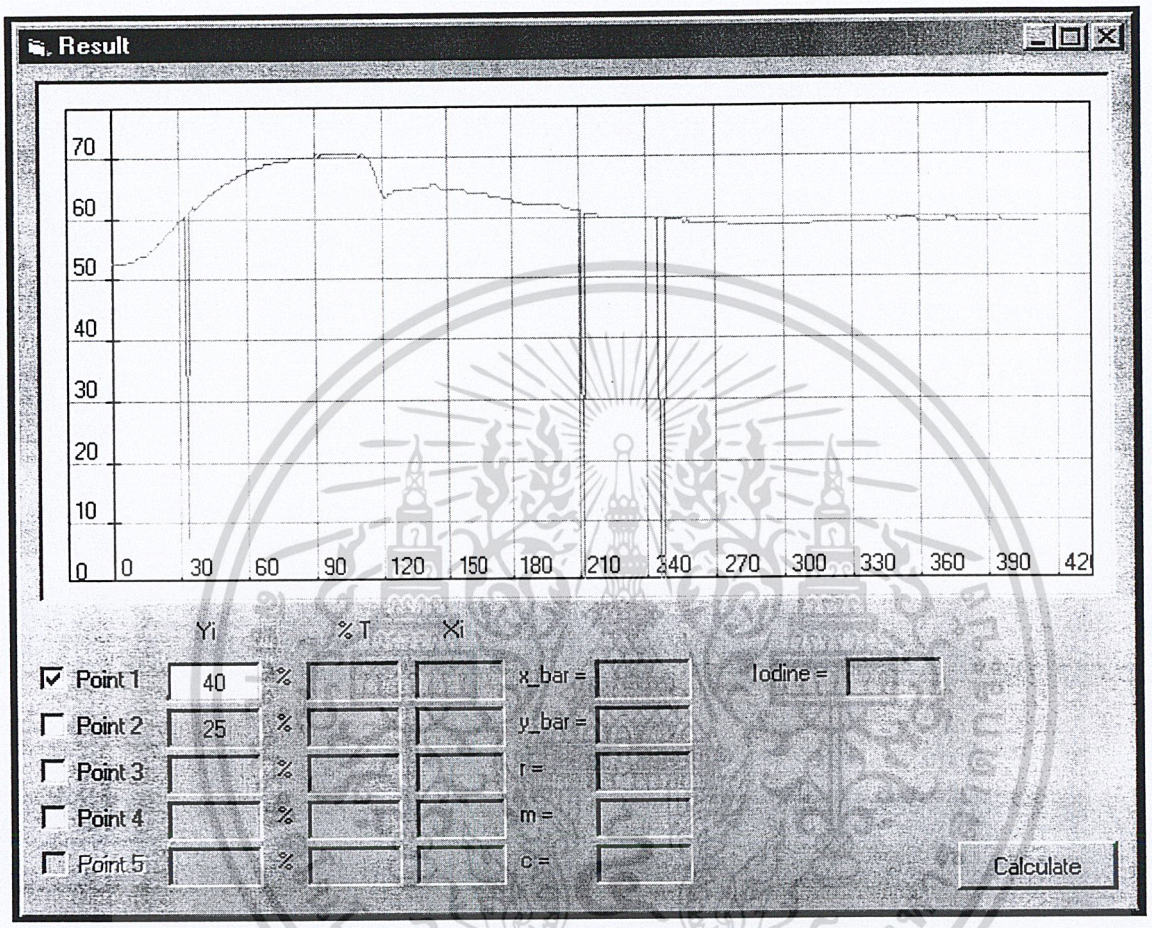
ภาพที่ 4.7 แสดงภาพรูปคลื่นจากชุดขับมอเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงที่ 66.66 %



ภาพที่ 4.8 แสดง ภาพรูปคลื่นจากชุดขับมอเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงที่ 100 %

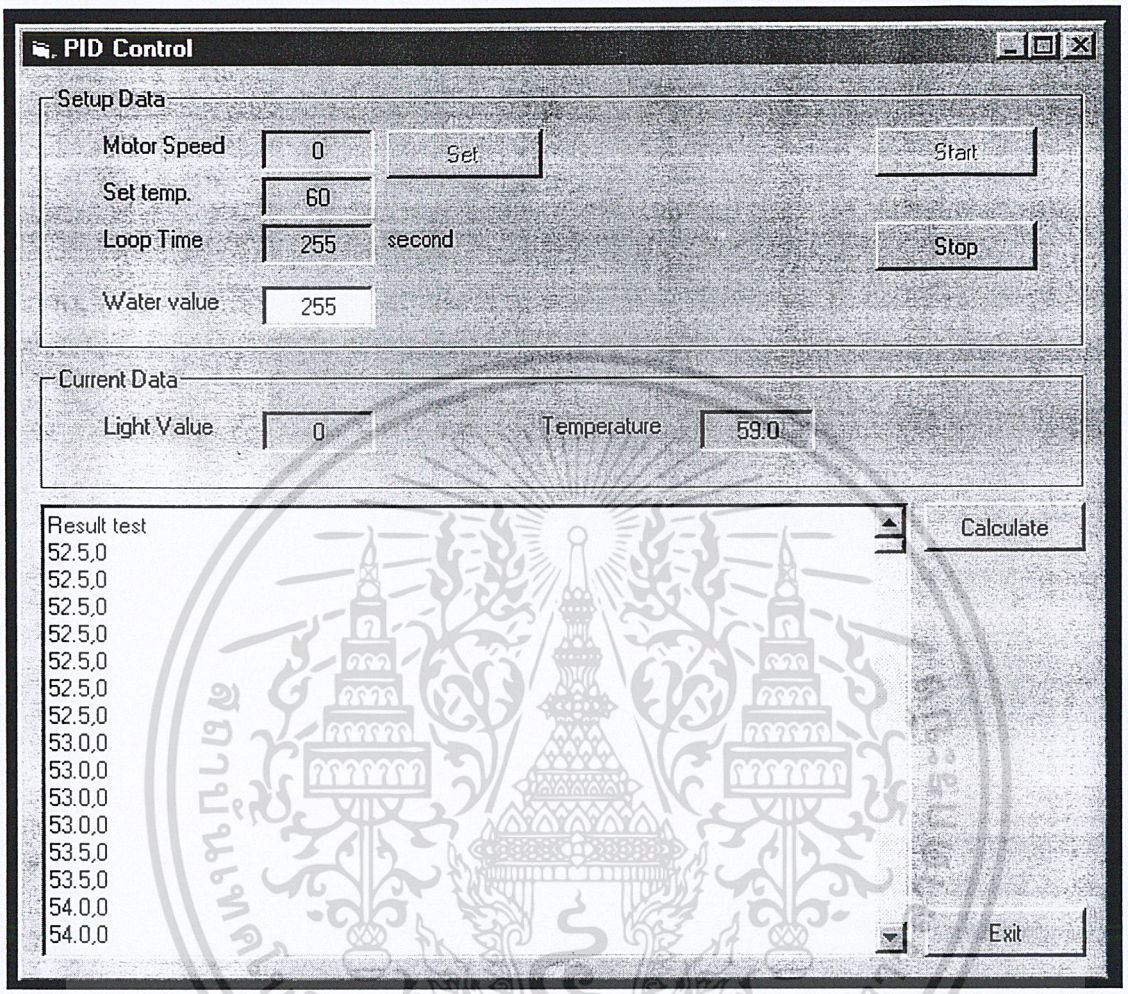
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ภาพแสดงหน้าจอของกราฟอุณหภูมิ



ภาพที่ 4.9 แสดงภาพหน้าจอแสดงกราฟอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.10 ภาพหน้าจอชุดแสดงค่าอุณหภูมิที่ทำการปรับตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

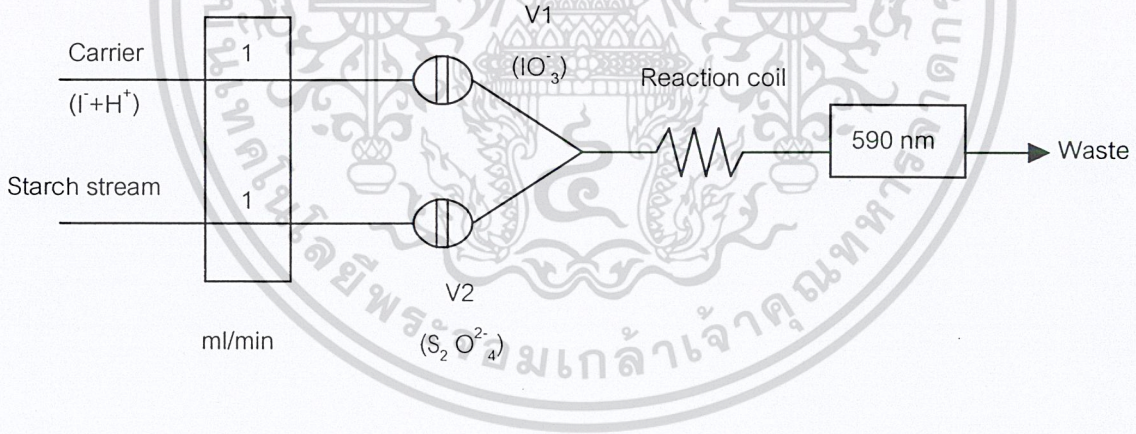
บทที่ 5
สรุปหลักการทำงานและการวิจารณ์

5.1 สรุปหลักการทำงานการสร้างเครื่องวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในเกลือ

อาศัยหลักการทำงานเช่นเดียวกับเครื่องสเปคโทรมิเตอร์ ที่ค่าของเอาท์พุทจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มของสีในวัตถุตัวกลางที่แสง ค่าของการส่งผ่าน (Transmission) ของแสงจะเป็นค่าที่แสดงว่าวัตถุตัวกลางนั้นยอมให้แสงผ่านได้เท่าใดโดยทั่วไปนิยมวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ และค่าของการดูดกลืน (Absorbent) เป็นค่าที่แสดงว่าวัตถุตัวกลางนั้นมีความสามารถในการดูดกลืนแสงไว้เท่าใด โดยสามารถหาได้จาก

$$\text{Absorbent} = 2 - \log \%\text{Transmission}$$

และอาศัยการทำปฏิกิริยาที่มีไอโอดีนเป็นตัวกระตุ้น ทำให้สีของสารละลายเปลี่ยนไป และมีค่าความเข้มข้นของสีเพิ่มหรือลดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณไอโอดีน



ภาพที่ 5.1 แสดงไดอะแกรมการทำงานของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเกิดการผสมกับน้ำแป้งที่มาจาก Starch Stream จะทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของน้ำแป้งจากสีขาวเป็นสีน้ำเงินและจะมีค่าความเข้มของสีมากหรือน้อยเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าปริมาณของไอโอดีนที่เติมใน V1 ดังนั้นเมื่อสารผสมดังกล่าวถูกทำให้ไหลผ่านแหล่งกำเนิดแสงสีแดง (ความถี่แสงอยู่ในช่วง 590-600 นาโนเมตร) จะทำการดูดกลืนแสงสีแดง ค่าเอาท์พุทที่ทำการตรวจวัดได้จะเป็นค่าของการส่งผ่านของแสง (Transmission) ของสารละลายสามารถแสดงโดยกราฟได้ดังนี้ ลักษณะของกราฟที่ได้จะเป็นกราฟเส้นตรงที่มีสัดส่วนตามสมการเส้นตรง

$$y = mx + c$$

y = ค่าของการดูดกลื่นที่ทำการตรวจวัดได้

x = ปริมาณไอโอดีนในเกลือที่ต้องการตรวจวัด

m = ค่าความชันของกราฟ สามารถหาได้จาก

$$m = \frac{\sum_i \left\{ \left(x_i - \bar{x} \right) \left[y_i - \bar{y} \right] \right\}}{\sum_i \left(x_i - \bar{x} \right)^2}$$

$$c = \bar{y} - b\bar{x}$$

โดยสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ซึ่งจะเป็นตัวแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลและแนวโน้มความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยมีค่าที่ 1, 0 และ (-1)

$$r = \frac{\sum_i \left\{ \left(x_i - \bar{x} \right) \left(y_i - \bar{y} \right) \right\}}{\left\{ \left[\sum_i \left(x_i - \bar{x} \right)^2 \right] \left[\sum_i \left(y_i - \bar{y} \right)^2 \right] \right\}^{1/2}}$$

จากการทำโครงงานสามารถนำความรู้ทางด้านวิศวกรรมการวัดคุมไปประยุกต์ใช้งานทางด้านวิทยาศาสตร์ ในการตรวจวัดหาค่าปริมาณของไอโอดีนในเกลือโดยแสดงค่าเป็น มิลลิกรัม (ไอโอดีน)/กิโลกรัม (เกลือ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดทำโครงงานชิ้นนี้ได้รับความร่วมมือจากทางคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในการให้ทุนวิจัยร่วม ทดสอบการใช้งาน และ ทดสอบผลการทดลองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นนอกจากจะได้ประโยชน์จากการสร้างเครื่องแล้วยังได้ฝึกตนเองในการทำงานการประสานงานกับหน่วยงานอื่น นับเป็นประโยชน์ที่หาได้ยากยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ธีรวัฒน์ ประกอบผล, **"การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์"** สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ,2541

รศ.สมยศ จุณณะปิยะ **"Microcontroller Applications MCS-51"** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล,ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, " **เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบเฟลช** " ,อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์

ฉัททวุฒิ พืชผล,พิชิต สันติกุลานนท์ **"คู่มือเรียน Visual Basic 6"** โปรวิชั่น

ธวัชชัย อัตถวิบุลย์กุล **"มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง"** ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ

James N.Miller, Jane c.Miller **"Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry "** Fourth Edition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

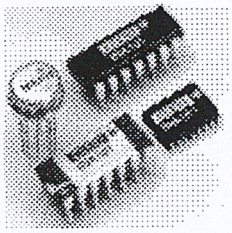
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

คู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BURR-BROWN®



INA101

High Accuracy INSTRUMENTATION AMPLIFIER

FEATURES

- LOW DRIFT: 0.25µV/°C max
- LOW OFFSET VOLTAGE: 25µV max
- LOW NONLINEARITY: 0.002%
- LOW NOISE: 13nV/√Hz
- HIGH CMR: 106dB AT 60Hz
- HIGH INPUT IMPEDANCE: $10^{10}\Omega$
- 14-PIN PLASTIC, CERAMIC DIP, SOL-16, AND TO-100 PACKAGES

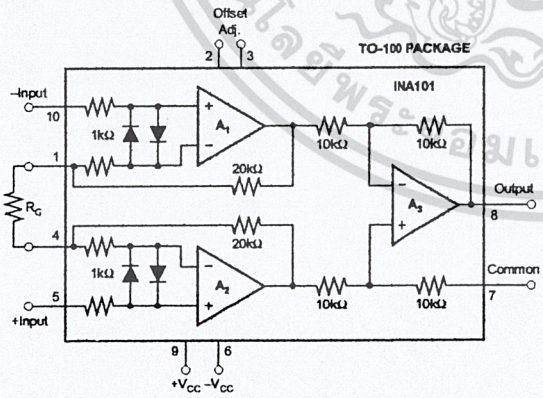
APPLICATIONS

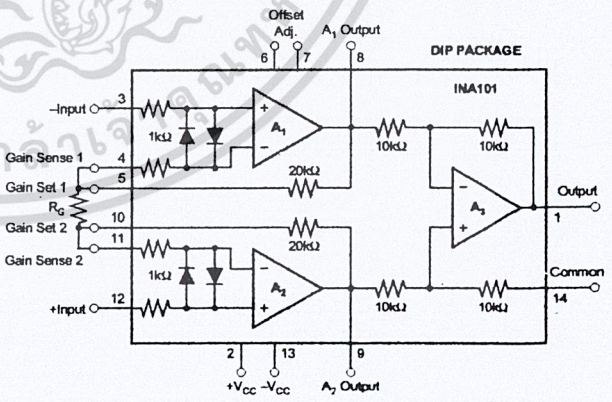
- STRAIN GAGES
- THERMOCOUPLES
- RTDs
- REMOTE TRANSDUCERS
- LOW-LEVEL SIGNALS
- MEDICAL INSTRUMENTATION

DESCRIPTION

The INA101 is a high accuracy instrumentation amplifier designed for low-level signal amplification and general purpose data acquisition. Three precision op amps and laser-trimmed metal film resistors are integrated on a single monolithic integrated circuit.

The INA101 is packaged in TO-100 metal, 14-pin plastic and ceramic DIP, and SOL-16 surface-mount packages. Commercial, industrial and military temperature range models are available.





International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11400, Tucson, AZ 85734 • Street Address: 6730 S. Tucson Blvd., Tucson, AZ 85706 • Tel: (520) 746-1111 • Twx: 910-952-1111
Internet: http://www.burr-brown.com/ • FAXLine: (800) 548-6133 (US/Canada Only) • Cable: BBRCORP • Telex: 066-6491 • FAX: (520) 889-1510 • Immediate Product Info: (800) 548-6132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

©1981 Burr-Brown Corporation
PDS-454K
Printed in U.S.A. July, 1998
SBOS133

SPECIFICATIONS

ELECTRICAL

At +25°C with ±15VDC power supply and in circuit of Figure 1, unless otherwise noted.

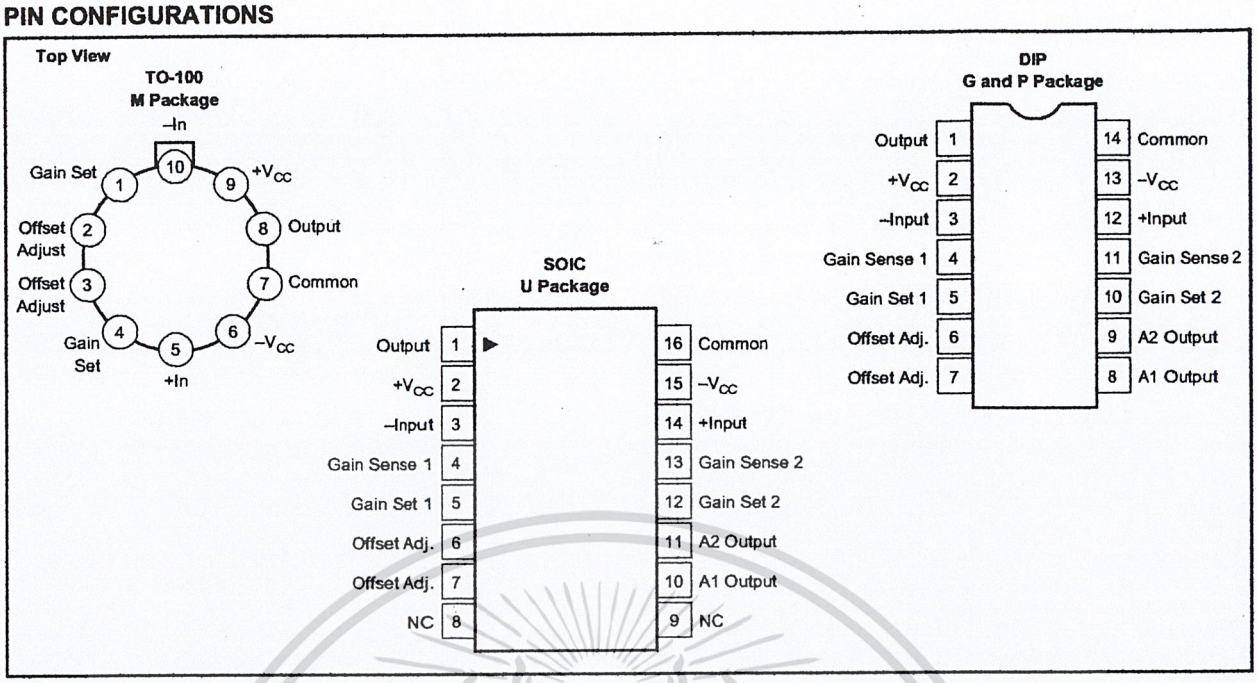
PARAMETER	INA101AM, AG			INA101SM, SG			INA101CM, CG			INA101HP, KU			UNITS
	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
GAIN													
Range of Gain	1		1000	*		*	*		*	*		*	V/V
Gain Equation		G = 1 + (40k/R_G)			*			*			*		V/V
Error from Equation, DC[1]		±(0.04 + 0.00016G −0.02/G)	±(0.1 + 0.0003G −0.05/G)		*	*		*	*		±(0.1 + 0.00015G) −0.05/G	±(0.3 + 0.0002G) −0.10/G	%
Gain Temp. Coefficient[3]													
G = 1		2	5		*	*		*	*		*	*	ppm/°C
G = 10		20	100		*	*		10	*		*	*	ppm/°C
G = 100		22	110		*	*		11	*		*	*	ppm/°C
G = 1000		22	110		*	*		11	*		*	*	ppm/°C
Nonlinearity, DC[2]		±(0.002 + 10^{-5} G)	±(0.005 + 2 x 10^{-5} G)		±(0.001 +10^{-5}G)	±(0.002 +10^{-5}G)		±(0.001 +10^{-5}G)	±(0.002 +10^{-5}G)		*	*	% of p-p FS
RATED OUTPUT													
Voltage	±10	±12.5		*	*		*	*		*	*		V
Current	±5	±10		*	*		*	*		*	*		mA
Output Impedance		0.2			*			*			*		Ω
Capacitive Load		1000			*			*			*		pF
INPUT OFFSET VOLTAGE													
Initial Offset at +25°C		±(25 + 200/G)	±(50 + 400/G)		±10+ 100/G)	±(25 +200/G)		±(10+ 100/G)	±(25 + 200/G)		±(125 + 450/G)	±(250 + 900/G)	µV
vs Temperature			±(2 + 20/G)			±(0.75 + 10/G)			±(0.25 + 10/G)		±(2 + 20/G)		µV/°C
vs Supply		±(1 + 20/G)			*			*			*		µV/V
vs Time		±(1 + 20/G)			*			*			*		µV/mo
INPUT BIAS CURRENT													
Initial Bias Current													
(each input)		±15	±30		±10	*		±5	±20		*	*	nA
vs Temperature		±0.2			*			*			*		nA/°C
vs Supply		±0.1			*			*			*		nA/V
Initial Offset Current		±15	±30		±10	*		±5	±20		*	*	nA
vs Temperature		±0.5			*			*			*		nA/°C
INPUT IMPEDANCE													
Differential		10^{10} || 3			*			*			*		Ω || pF
Common-mode		10^{10} || 3			*			*			*		Ω || pF
INPUT VOLTAGE RANGE													
Range, Linear Response	±10	±12		*	*		*	*		*	*		V
CMR with 1kΩ Source Imbalance													
DC to 60Hz, G = 1	80	90		*	*		*	*		65	85		dB
DC to 60Hz, G = 10	96	106		*	*		*	*		90	95		dB
DC to 60Hz, G = 100 to 1000	106	110		*	*		*	*		100	105		dB
INPUT NOISE													
Input Voltage Noise													
f_B = 0.01Hz to 10Hz		0.8			*			*			*		µV, p-p
Density, G = 1000													
f_O = 10Hz		18			*			*			*		nV/√Hz
f_O = 100Hz		15			*			*			*		nV/√Hz
f_O = 1kHz		13			*			*			*		nV/√Hz
Input Current Noise													
f_B = 0.01Hz to 10Hz		50			*			*			*		pA, p-p
Density													
f_O = 10Hz		0.8			*			*			*		pA/√Hz
f_O = 100Hz		0.46			*			*			*		pA/√Hz
f_O = 1kHz		0.35			*			*			*		pA/√Hz
DYNAMIC RESPONSE													
Small Signal, ±3dB Flatness													
G = 1		300			*			*			*		kHz
G = 10		140			*			*			*		kHz
G = 100		25			*			*			*		kHz
G = 1000		2.5			*			*			*		kHz
Small Signal, ±1% Flatness													
G = 1		20			*			*			*		kHz
G = 10		10			*			*			*		kHz
G = 100		1			*			*			*		kHz
G = 1000		200			*			*			*		Hz
Full Power, G = 1 to 100		6.4			*			*			*		kHz
Slew Rate, G = 1 to 100	0.2	0.4		*	*		*	*		*	*		V/µs
Settling Time (0.1%)													
G = 1		30	40		*	*		*	*		*	*	µs
G = 100		40	55		*	*		*	*		*	*	µs
G = 1000		350	470		*	*		*	*		*	*	µs
Settling Time (0.01%)													
G = 1		30	45		*	*		*	*		*	*	µs
G = 100		50	70		*	*		*	*		*	*	µs
G = 1000		500	650		*	*		*	*		*	*	µs
POWER SUPPLY													
Rated Voltage		±15			*			*			*		V
Voltage Range	±5		±20	*	*	*	*	*	*	*	*	*	V
Current, Quiescent[2]		±6.7	±8.5		*	*		*	*		*	*	mA
TEMPERATURE RANGE[4]													
Specification	−25		+85	−55		+125	*		*	0		+70	°C
Operation	−55		+125	*		*	*		*	−25		+85	°C
Storage	−65		+150	*		*	*		*	−40		+85	°C

* Specifications same as for INA101AM, AG.

NOTES: (1) Typically the tolerance of R_G will be the major source of gain error. (2) Nonlinearity is the maximum peak deviation from the best straight-line as a percentage of peak-to-peak full scale output. (3) Not including the TCR of R_G. (4) Adjustable to zero at any one gain. (5) θ_{JC} output stage = 113°C/W, θ_{JC} quiescent circuitry = 19°C/W, θ_{CA} = 83°C/W.

เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN CONFIGURATIONS



ORDERING INFORMATION

PRODUCT	PACKAGE	TEMPERATURE RANGE
INA101AM	10-Pin Metal TO-100	–25°C to +85°C
INA101CM	10-Pin Metal TO-100	–25°C to +85°C
INA101AG	14-Pin Ceramic DIP	–25°C to +85°C
INA101CG	14-Pin Ceramic DIP	–25°C to +85°C
INA101HP	14-Pin Plastic DIP	0°C to +70°C
INA101KU	SOL-16 Surface-Mount	0°C to +70°C
INA101SG	14-Pin Ceramic DIP	–55°C to +125°C
INA101SM	10-Pin Metal TO-100	–55°C to +125°C

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage	±20V
Power Dissipation	600mW
Input Voltage Range	±V_{CC}
Output Short Circuit (to ground)	Continuous
Operating Temperature M, G Package	–55°C to +125°C
P, U Package	–25°C to +85°C
Storage Temperature M, G Package	–65°C to +150°C
P, U Package	–40°C to +85°C
Lead Temperature (soldering, 10s) M, G, P Package	+300°C
Lead Temperature (wave soldering, 3s) U Package	+260°C

PACKAGE INFORMATION

PRODUCT	PACKAGE	PACKAGE DRAWING NUMBER(1)
INA101AM	10-Pin Metal TO-100	007
INA101CM	10-Pin Metal TO-100	007
INA101AG	14-Pin Ceramic DIP	169
INA101CG	14-Pin Ceramic DIP	169
INA101HP	14-Pin Plastic DIP	010
INA101KU	SOL-16 Surface-Mount	211
INA101SG	14-Pin Ceramic DIP	169
INA101SM	10-Pin Metal TO-100	007

NOTE: (1) For detailed drawing and dimension table, please see end of data sheet, or Appendix D of Burr-Brown IC Data Book.

ELECTROSTATIC DISCHARGE SENSITIVITY

This integrated circuit can be damaged by ESD. Burr-Brown recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet its published specifications.

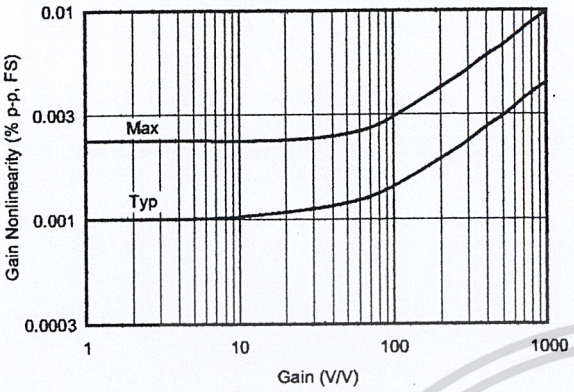
The information provided herein is believed to be reliable; however, BURR-BROWN assumes no responsibility for inaccuracies or omissions. BURR-BROWN assumes no responsibility for the use of this information, and all use of such information shall be entirely at the user's own risk. Prices and specifications are subject to change without notice. No patent rights or licenses to any of the circuits described herein are implied or granted to any third party. BURR-BROWN does not authorize or warrant any BURR-BROWN product for use in life support devices and/or systems.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้าน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

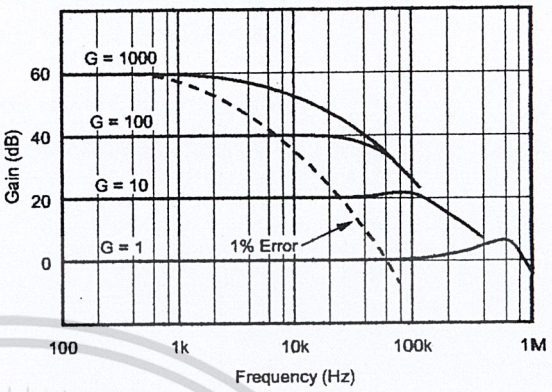
TYPICAL PERFORMANCE CURVES

At +25°C, V_{CC} = ±15V unless otherwise noted.

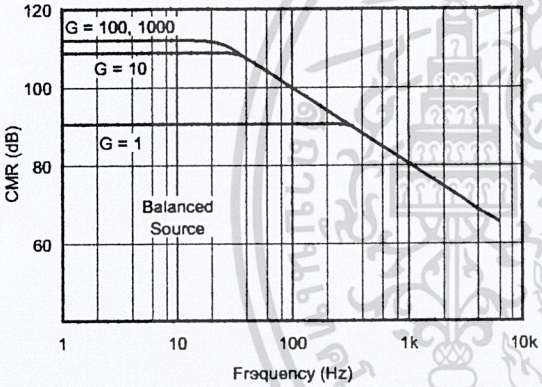
GAIN NONLINEARITY vs GAIN



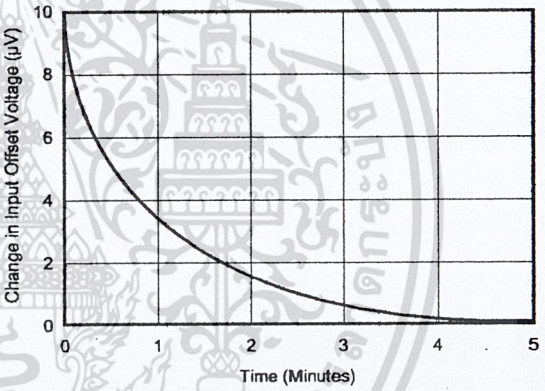
GAIN vs FREQUENCY



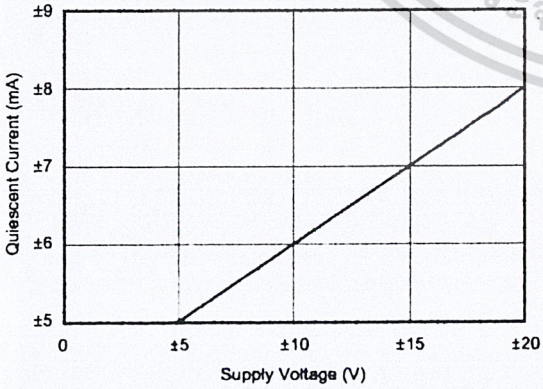
CMR vs FREQUENCY



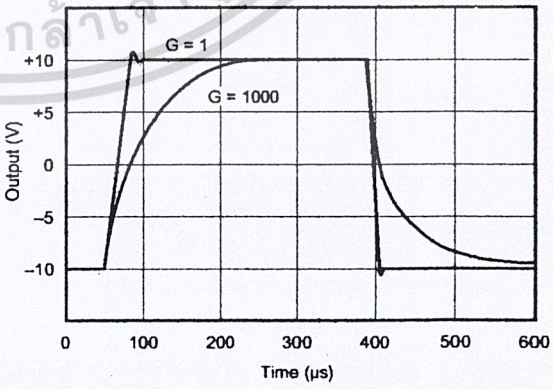
WARM-UP DRIFT vs TIME



QUIESCENT CURRENT vs SUPPLY



STEP RESPONSE

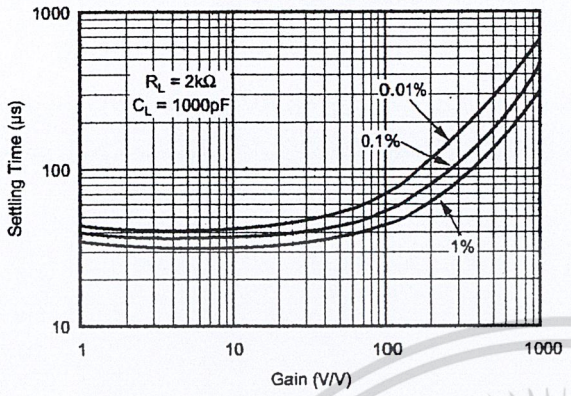


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า กรณีมีการฝ่าฝืนถือว่าผิดลิขสิทธิ์ อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

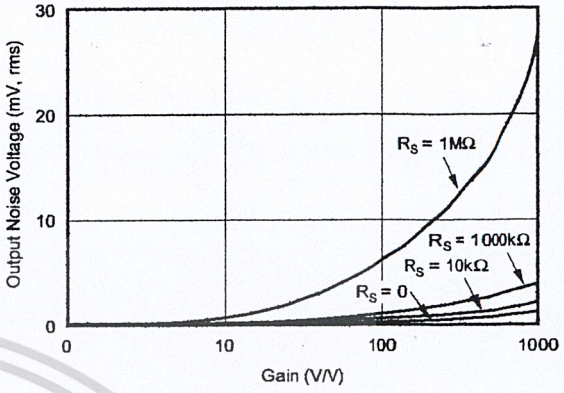
TYPICAL PERFORMANCE CURVES (CONT)

At +25°C, V_{CC} = ±15V unless otherwise noted.

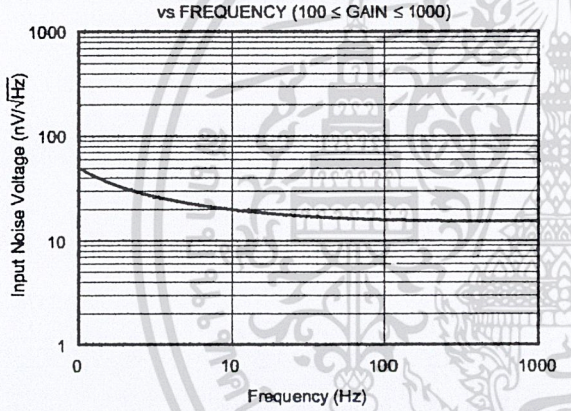
SETTLING TIME vs GAIN



OUTPUT NOISE vs GAIN



INPUT NOISE VOLTAGE
vs FREQUENCY (100 ≤ GAIN ≤ 1000)



APPLICATION INFORMATION

Figure 1 shows the basic connections required for operation of the INA101. (Pin numbers shown are for the TO-100 metal package.) Applications with noisy or high impedance power supplies may require decoupling capacitors close to the device pins as shown.

The output is referred to the output Common terminal which is normally grounded. This must be a low-impedance connection to assure good common-mode rejection. A resistance greater than 0.1Ω in series with the Common pin will cause common-mode rejection to fall below 106dB.

SETTING THE GAIN

Gain of the INA101 is set by connecting a single external resistor, R_G:

$$G = 1 + \frac{40k\Omega}{R_G} \qquad (1)$$

The 40kΩ term in equation (1) comes from the sum of the two internal feedback resistors. These are on-chip metal film resistors which are laser trimmed to accurate absolute values. The accuracy and temperature coefficient of these resistors are included in the gain accuracy and drift specifications of the INA101.

The stability and temperature drift of the external gain setting resistor, R_G, also affects gain. R_G's contribution to gain accuracy and drift can be directly inferred from the gain equation (1). Low resistor values required for high gain can make wiring resistance important. Sockets add to the wiring resistance which will contribute additional gain error (possibly an unstable gain error) in gains of approximately 100 or greater. The gain sense connections on the DIP and SOL-16 packages (see Figure 2) reduce the gain error produced by wiring or socket resistance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OFFSET TRIMMING

The INA101 is laser trimmed for low offset voltage and drift. Most applications require no external offset adjustment. Figure 2 shows connection of an optional potentiometer connected to the Offset Adjust pins for trimming the input offset voltage. (Pin numbers shown are for the DIP package.) Use this adjustment to null the offset voltage in high gain (G ≥ 100) with both inputs connected to ground. Do not use this adjustment to null offset produced by the source or other system offset since this will increase the offset voltage drift by 0.3µV/°C per 100µV of adjusted offset.

Offset of the output amplifier usually dominates when the INA101 is used in unity gain (G = 1). The output offset voltage can be adjusted with the optional trim circuit connected to the Common pin as shown in Figure 2. The voltage applied to Common terminal is summed with the output. Low impedance must be maintained at this node to assure good common-mode rejection. The op amp connected as a buffer provides low impedance.

THERMAL EFFECTS ON OFFSET VOLTAGE

To achieve lowest offset voltage and drift, prevent air currents from circulating near the INA101. Rapid changes in temperature will produce a thermocouple effect on the package leads that will degrade offset voltage and drift. A shield or cover that prevents air currents from flowing near the INA101 will assure best performance.

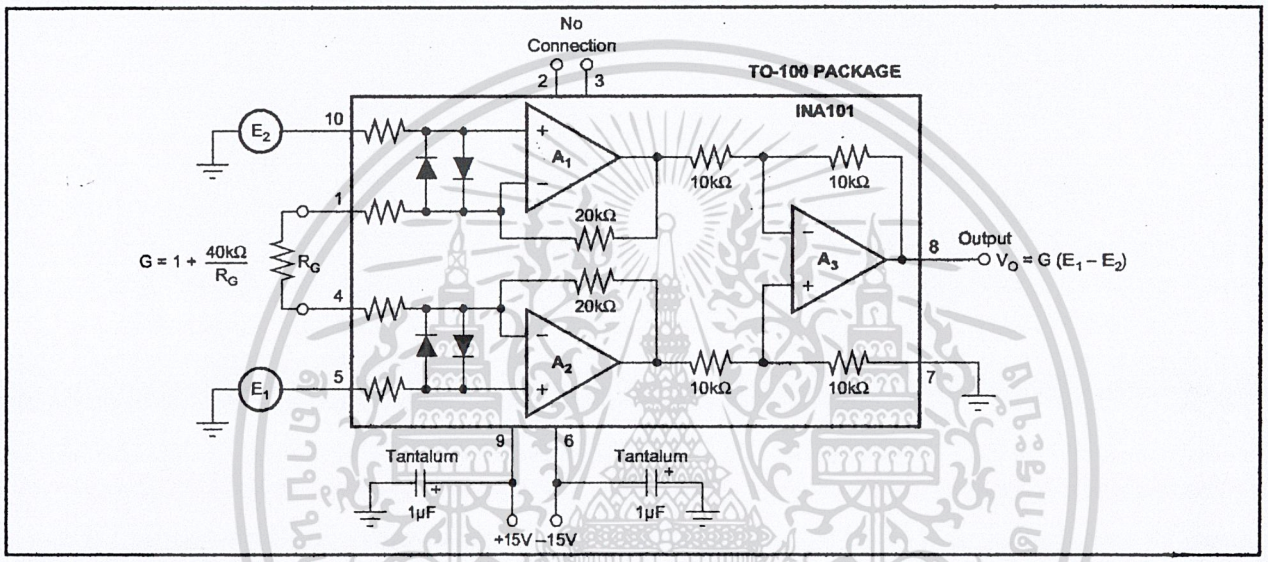


FIGURE 1. Basic Connections.

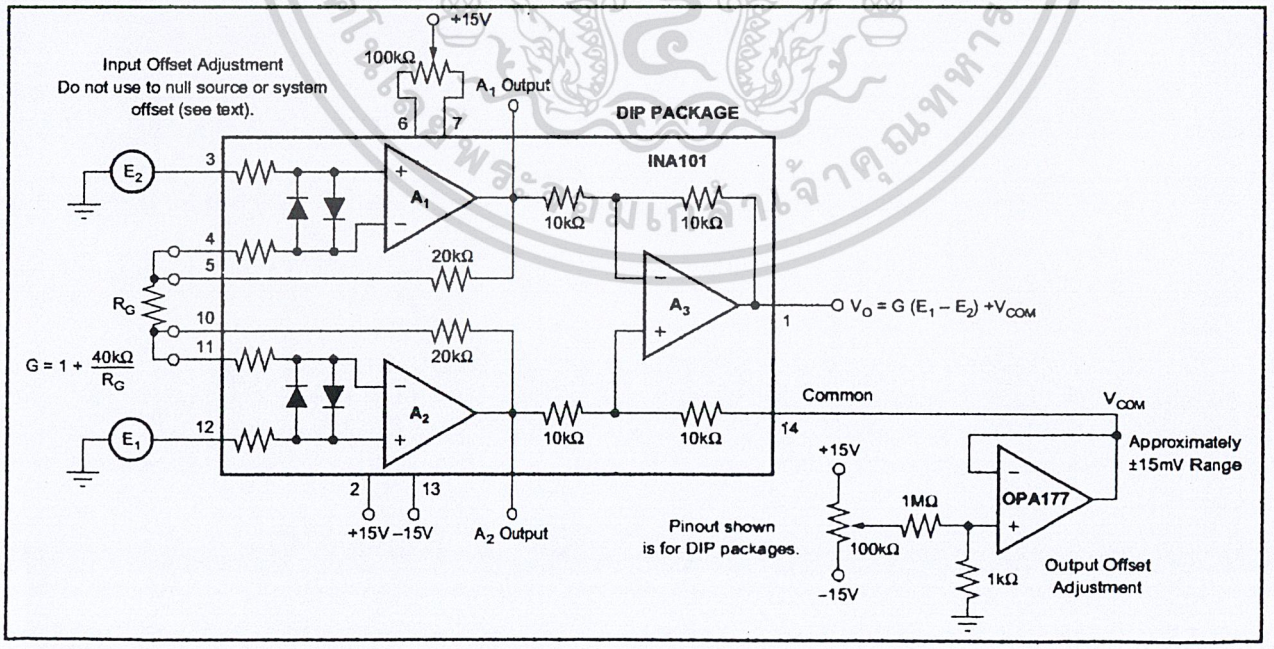


FIGURE 2. Optional Trimming of Input and Output Offset Voltage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การแสวงหากำไร ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

Customers are responsible for their applications using TI components.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

Copyright © 2000, Texas Instruments Incorporated

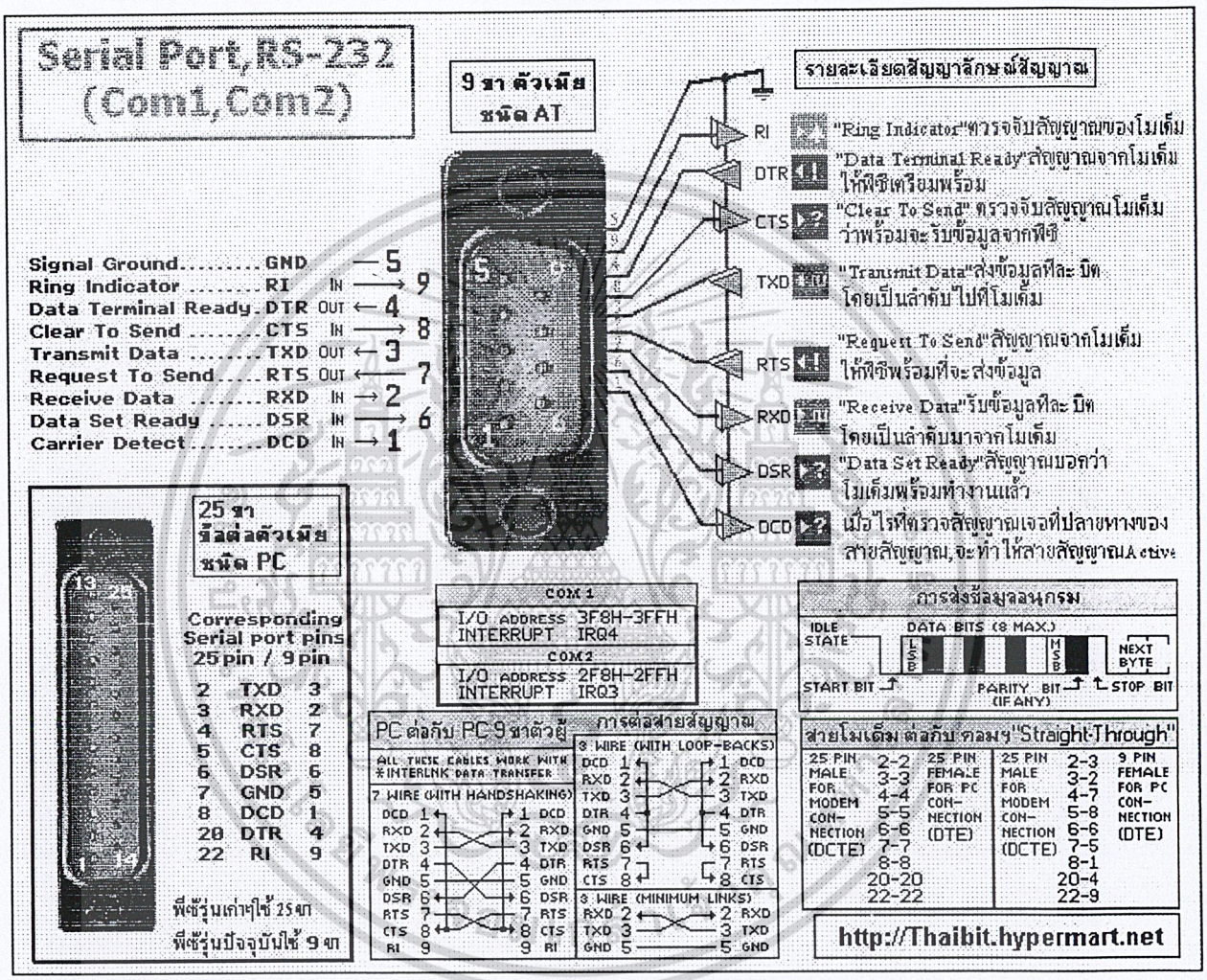
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ThaiIO
www.thaiio.com

The page cannot be found

สนับสนุนสปอนเซอร์ของเรา คลิกที่นี่

รายละเอียดของ Com Port



CASINO.TV - THE BEST GAMBLING PORTAL! - www.casino.tv
Play free games!
Click Here!
CRAPS
ROULETTE
0% Intro APR* with the NEW Discover Platinum Clear Card!

Copyright© 2001 ThaiIO.com All rights reserved.
Contact webmaster :thaiio@mail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIEMENS

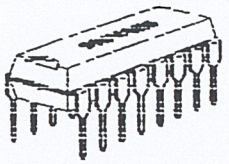
Phase Control IC

TCA 785

Bipolar IC

Features

- Reliable recognition of zero passage
- Large application scope
- May be used as zero point switch
- LSL compatible
- Three-phase operation possible (3 ICs)
- Output current 250 mA
- Large ramp current range
- Wide temperature range

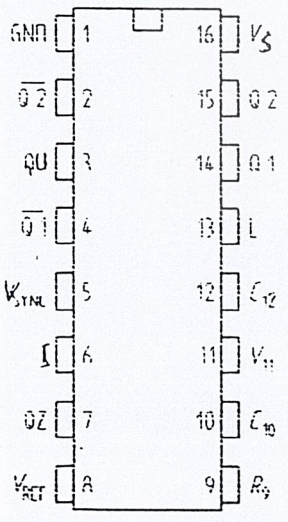


P-DIP-16-1

Type	Ordering Code	Package
TCA 785	Q67000-A2321	P-DIP-16-1

This phase control IC is intended to control thyristors, triacs, and transistors. The trigger pulses can be shifted within a phase angle between 0 ° and 180 °. Typical applications include converter circuits, AC controllers and three-phase current controllers.

This IC replaces the previous types TCA 780 and TCA 780 D.



IEP00356

Pin Definitions and Functions

Pin	Symbol	Function
1	GND	Ground
2	$\overline{Q2}$	Output 2 inverted
3	Q U	Output U
4	Q2	Output 1 inverted
5	V_{SYNC}	Synchronous voltage
6	I	Inhibit
7	Q Z	Output Z
8	V_{REF}	Stabilized voltage
9	R_9	Ramp resistance
10	C_{10}	Ramp capacitance
11	V_{11}	Control voltage
12	C_{12}	Pulse extension
13	L	Long pulse
14	Q 1	Output 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

The synchronization signal is obtained via a high-ohmic resistance from the line voltage (voltage V_5). A zero voltage detector evaluates the zero passages and transfers them to the synchronization register.

This synchronization register controls a ramp generator, the capacitor C_{10} of which is charged by a constant current (determined by R_9). If the ramp voltage V_{10} exceeds the control voltage V_{11} (triggering angle φ), a signal is processed to the logic. Dependent on the magnitude of the control voltage V_{11}, the triggering angle φ can be shifted within a phase angle of 0° to 180°.

For every half wave, a positive pulse of approx. 30 µs duration appears at the outputs Q 1 and Q 2. The pulse duration can be prolonged up to 180° via a capacitor C_{12}. If pin 12 is connected to ground, pulses with a duration between φ and 180° will result.

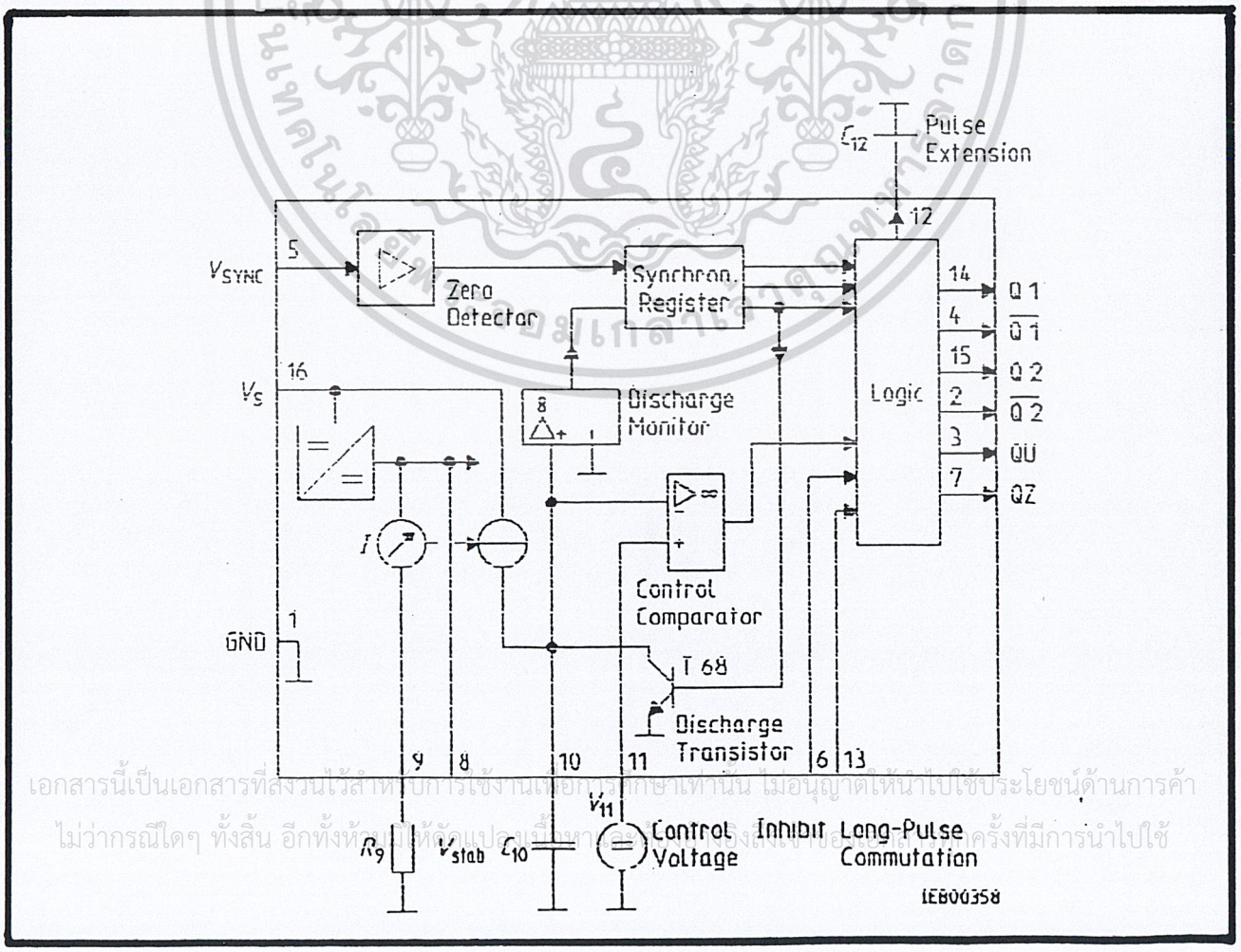
Outputs $\overline{Q1}$ and $\overline{Q2}$ supply the inverse signals of Q 1 and Q 2.

A signal of φ +180° which can be used for controlling an external logic is available at pin 3.

A signal which corresponds to the NOR link of Q 1 and Q 2 is available at output Q Z (pin 7).

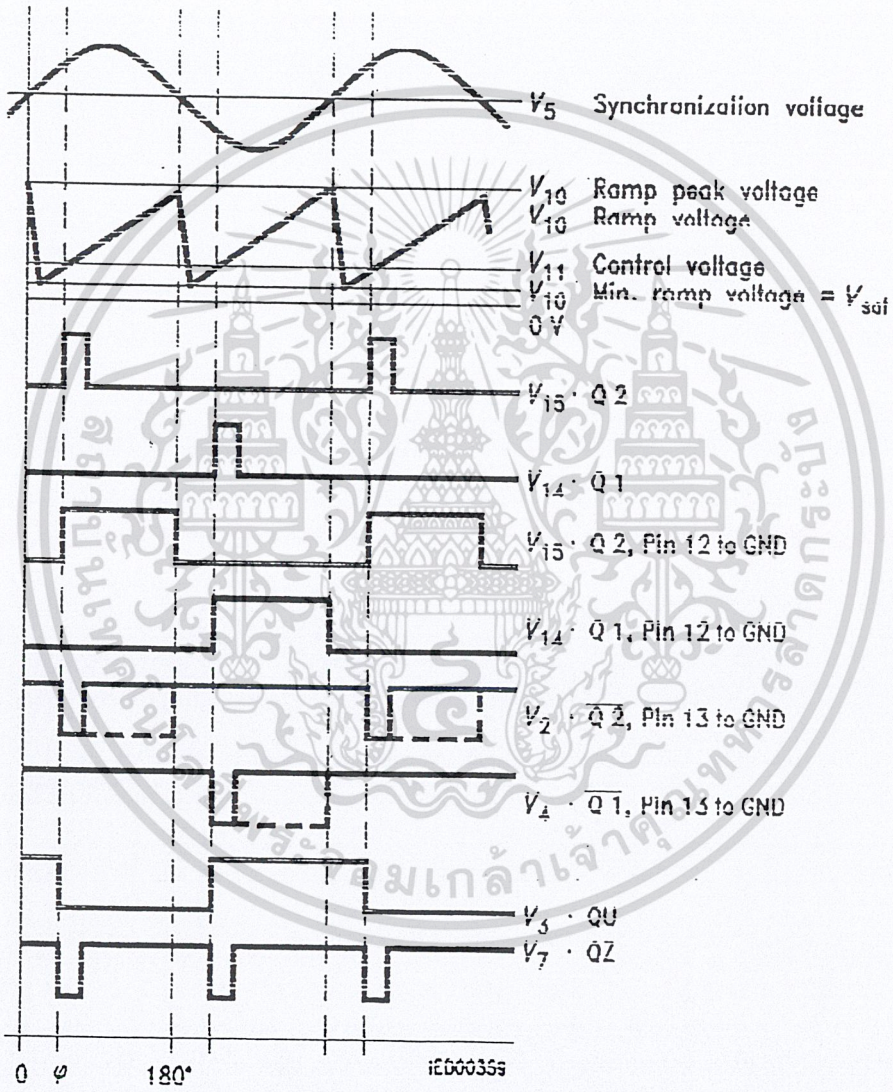
The inhibit input can be used to disable outputs Q1, Q2 and $\overline{Q1}$, $\overline{Q2}$.

Pin 13 can be used to extend the outputs $\overline{Q1}$ and $\overline{Q2}$ to full pulse length (180° − φ).



Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit
		min.	max.	
Supply voltage	V_S	− 0.5	18	V
Output current at pin 14, 15	I_Q	− 10	400	mA
Inhibit voltage	V_8	− 0.5	V_S	V
Control voltage	V_{11}	− 0.5	V_S	V
Voltage short-pulse circuit	V_{13}	− 0.5	V_S	V
Synchronization input current	I_5	− 200	± 200	µA
Output voltage at pin 14, 15	V_Q		V_S	V
Output current at pin 2, 3, 4, 7	I_Q		10	mA
Output voltage at pin 2, 3, 4, 7	V_Q		V_S	V
Junction temperature	T_j		150	°C
Storage temperature	T_{stg}	− 55	125	°C
Thermal resistance system - air	$R_{th\,SA}$		80	K/W

Operating Range

Supply voltage	V_S	8	18	V
Operating frequency	f	10	500	Hz
Ambient temperature	T_A	− 25	85	°C

Characteristics

$8 \le V_S \le 18$ V; $-25\ ^\circ C \le T_A \le 85\ ^\circ C$; $f = 50$ Hz

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Supply current consumption 11 ... S6 open $V_{11} = 0$ V $C_{10} = 47$ nF; $R_9 = 100$ kΩ	I_S	4.5	6.5	10	mA	1
Synchronization pin 5 Input current V_5 varied	$I_{5\,rms}$	30		200	µA	1
Offset voltage	ΔV_5		30	75	mV	4

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Characteristics (cont'd)
$8 \le V_S \le 18$ V; -25 °C $\le T_A \le 85$ °C; $f = 50$ Hz

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Ramp generator						
Charge current	I_{10}	10		1000	µA	
Max. ramp voltage	V_{10}			$V_2 - 2$	V	1
Saturation voltage at capacitor	V_{10}	100	225	350	mV	1.6
Ramp resistance	R_9	3		300	kΩ	1
Sawtooth return time	t_r		80		µs	1
Inhibit pin 6 switch-over of pin 7						
Outputs disabled	V_{6L}		3.3	2.5	V	1
Outputs enabled	V_{6H}	4	3.3		V	1
Signal transition time	t_r	1		5	µs	1
Input current $V_6 = 8$ V	I_{6H}		500	800	µA	1
Input current $V_6 = 1.7$ V	$-I_{6L}$	80	150	200	µA	1
Deviation of I_{10} R_9 = const. V_S = 12 V; C_{10} = 47 nF	I_{10}	-5		5	%	1
Deviation of I_{10} R_9 = const. V_S = 8 V to 18 V	I_{10}	-20		20	%	1
Deviation of the ramp voltage between 2 following half-waves, V_S = const.	$\Delta V_{10\,max}$		± 1		%	
Long pulse switch-over pin 13 switch-over of S8						
Short pulse at output	V_{13H}	3.5	2.5		V	1
Long pulse at output	V_{13L}		2.5	2	V	1
Input current $V_{13} = 8$ V	I_{13H}			10	µA	1
Input current $V_{13} = 1.7$ V	$-I_{13L}$	45	65	100	µA	1
Outputs pin 2, 3, 4, 7						
Reverse current $V_Q = V_S$	I_{QRM}			10	µA	2.6
Saturation voltage $I_Q = 2$ mA	V_{sat}	0.1	0.4	2	V	2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Characteristics (cont'd)
$8 \le V_S \le 18$ V; -25 °C $\le T_A \le 85$ °C; $f = 50$ Hz

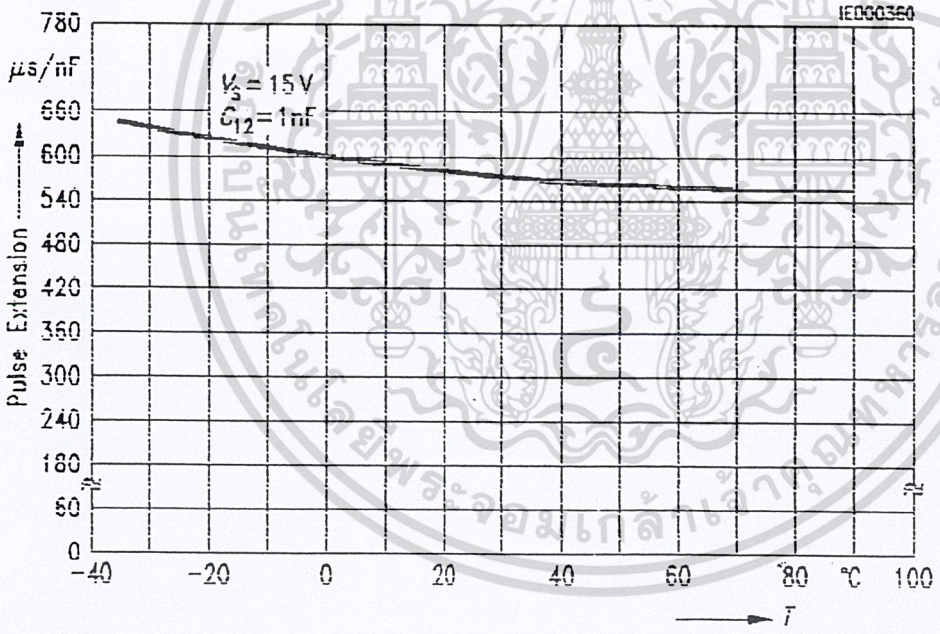
Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Outputs pin 14, 15						
H-output voltage $-I_Q = 250$ mA	$V_{14/15\,H}$	$V_S - 3$	$V_S - 2.5$	$V_S - 1.0$	V	3.6
L-output voltage $I_Q = 2$ mA	$V_{14/15\,L}$	0.3	0.8	2	V	2.6
Pulse width (short pulse) S9 open	t_p	20	30	40	µs	1
Pulse width (short pulse) with C_{12}	t_p	530	620	760	µs/ nF	1
internal voltage control						
Reference voltage Parallel connection of 10 ICs possible	V_{REF}	2.8	3.1	3.4	V	1
TC of reference voltage	α_{REF}		2×10^{-4}	5×10^{-4}	1/K	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints for External Components

		min	max	
Ramp capacitance	C_{10}	500 pF	1 µF[1]	The minimum and maximum values of I_{10} are to be observed
Triggering point	$t_{Tr} = \frac{V_{11} \times R_9 \times C_{10}}{V_{REF} \times K}$		[2]	
Charge current	$I_{10} = \frac{V_{REF} \times K}{R_9}$		[2]	Ramp voltage $V_{10\,max} = V_S - 2\,V$ $V_{10} = \frac{V_{REF} \times K \times t}{R_9 \times C_{10}}$ [2]

Pulse Extension versus Temperature

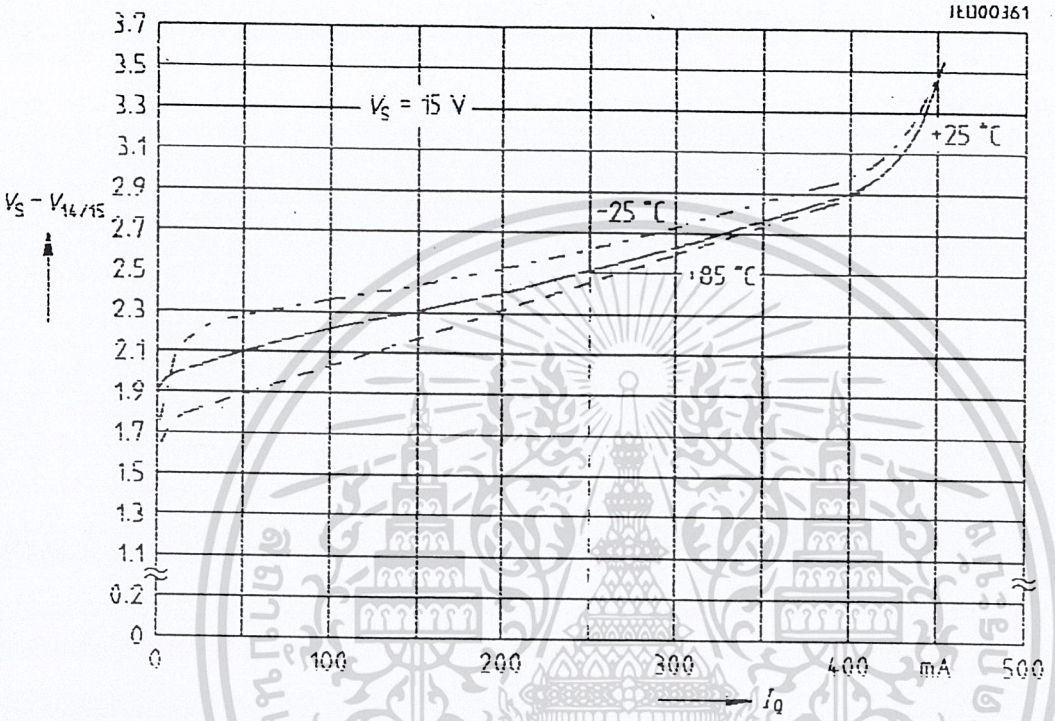


[1] Attention to flyback times

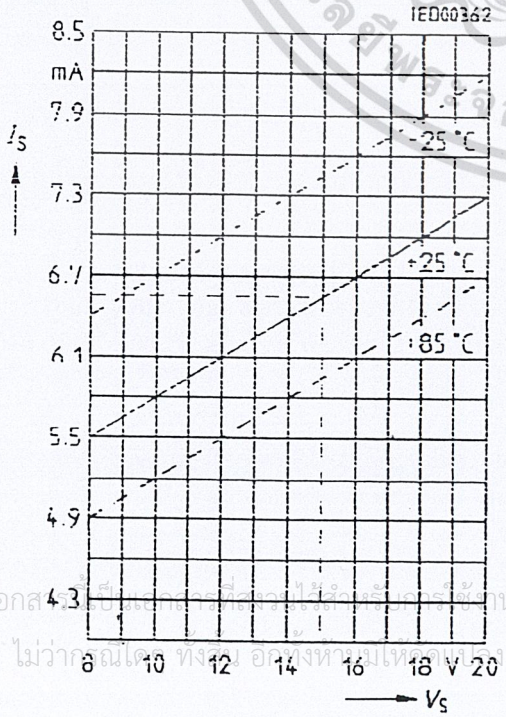
[2] $K = 1.10 \pm 20\ \%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

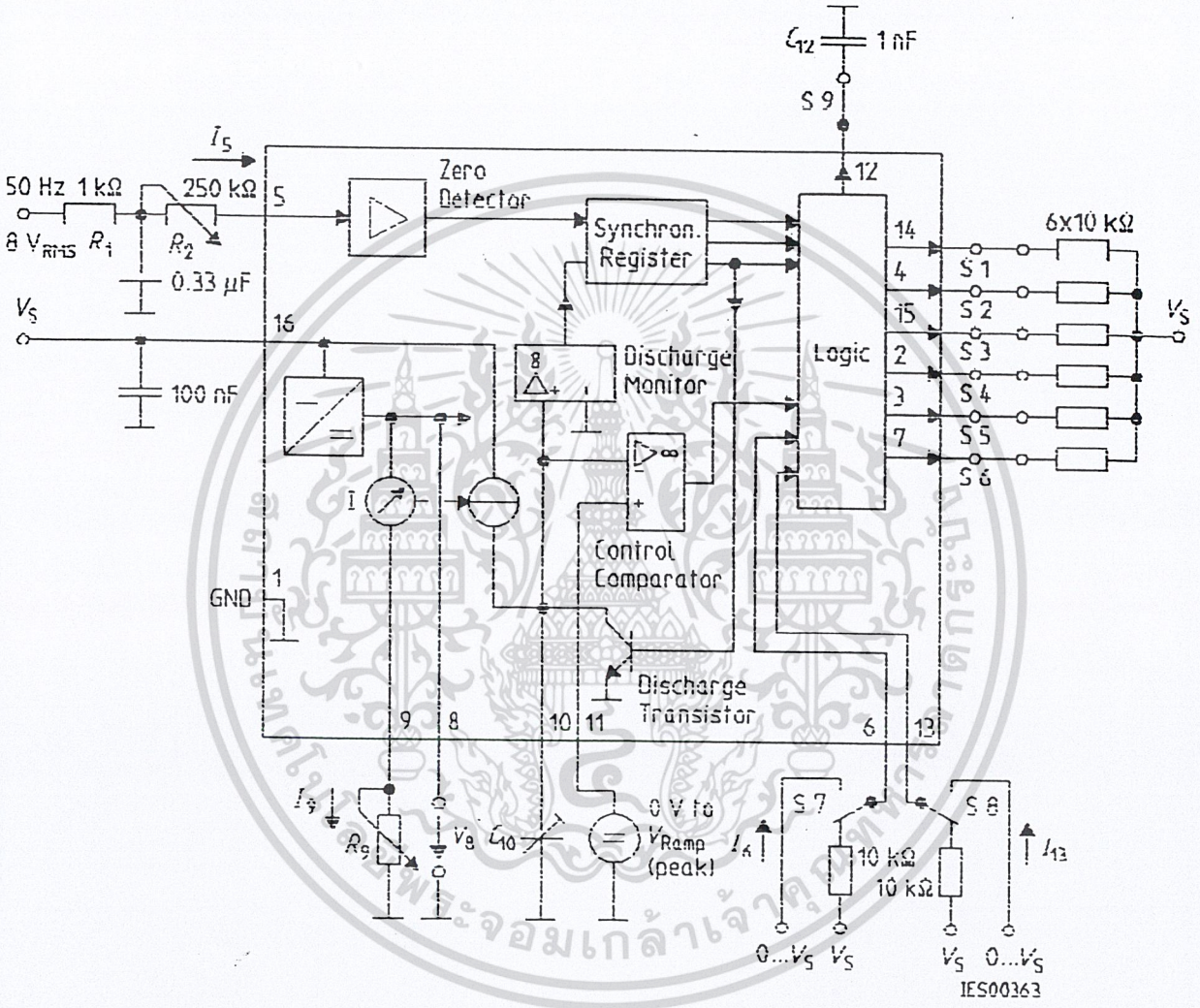
Output Voltage measured to + V_S



Supply Current versus Supply Voltage

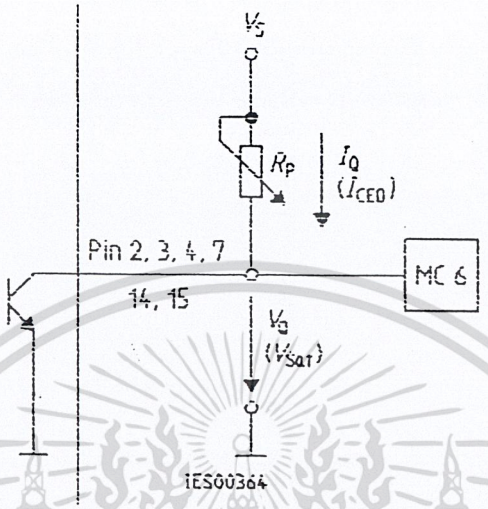


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



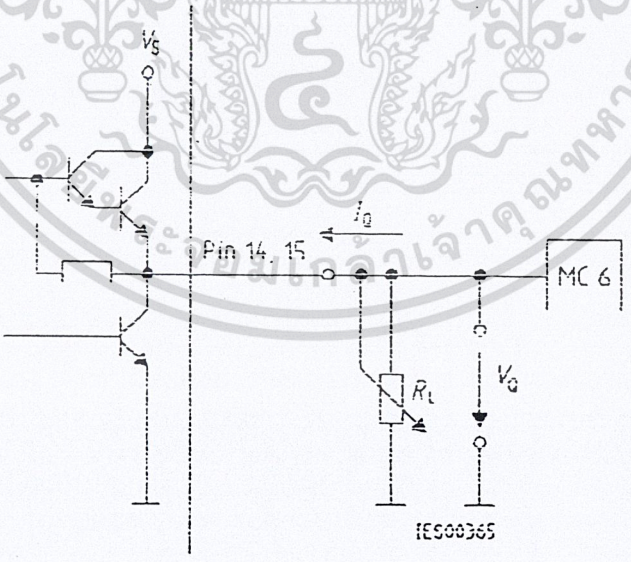
It is necessary for all measurements to adjust the ramp with the aid of C_{10} and R_9 in the way that $3\,V \leq V_{ramp\,max} \leq V_S - 2\,V$
e.g. C_{10} = 47 nF; 18 V: R_9 = 47 kΩ; 8 V: R_9 = 120 kΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The remaining pins are connected as in test circuit 1

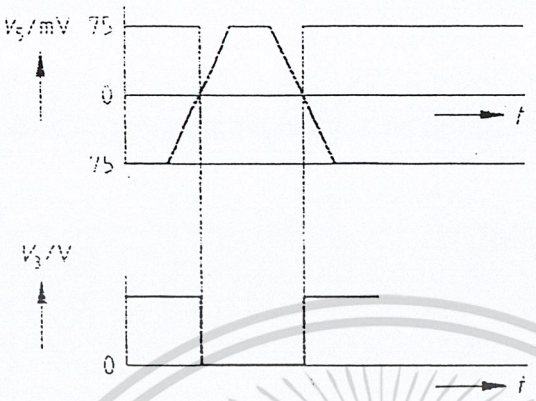
Test Circuit 2

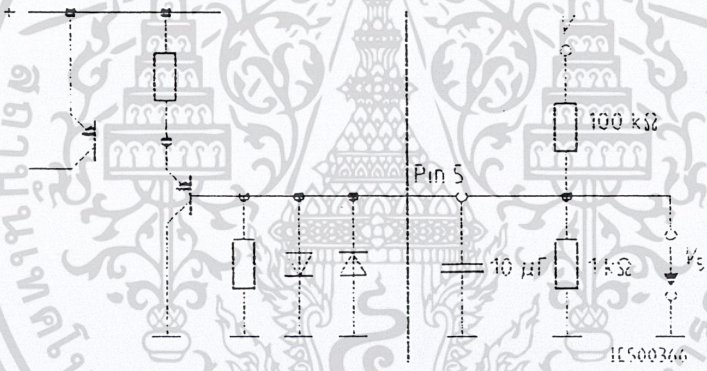


The remaining pins are connected as in test circuit 1

Test Circuit 3

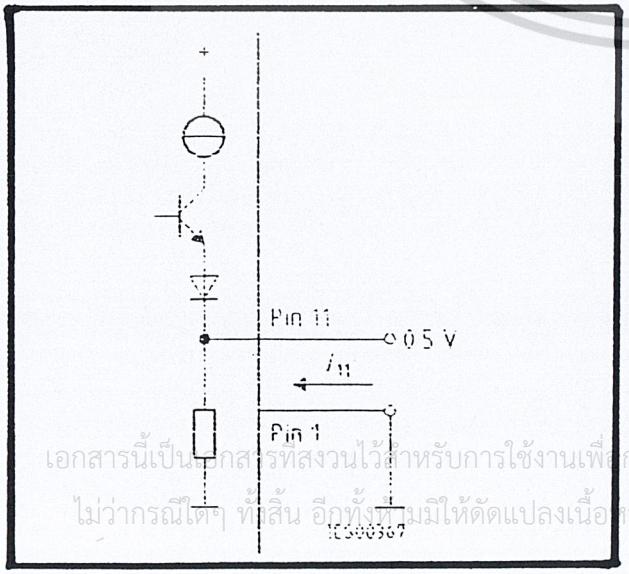
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

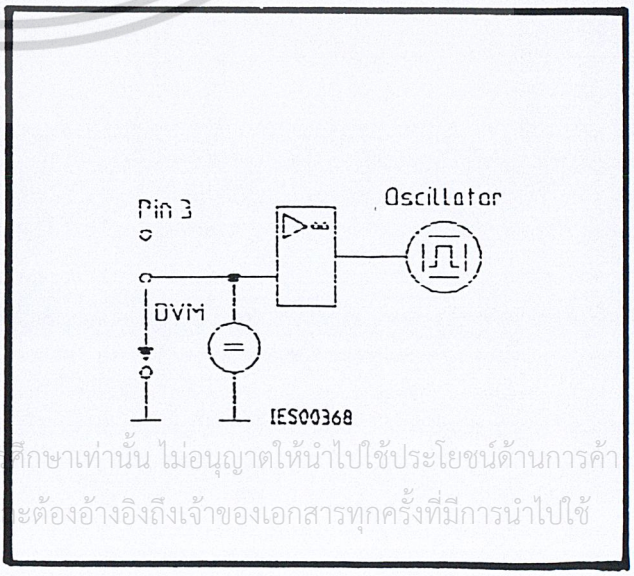




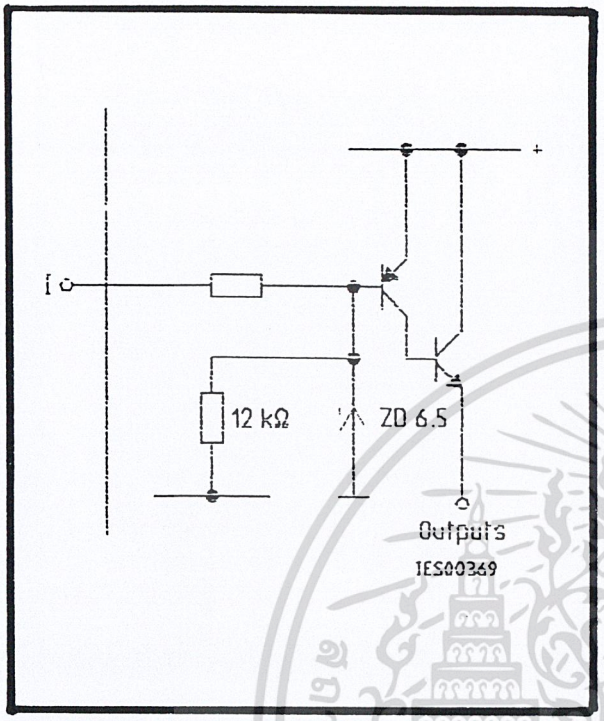
Remaining pins are connected as in test circuit 1.
The 10 µF capacitor at pin 5 serves only for test purposes

Test Circuit 4

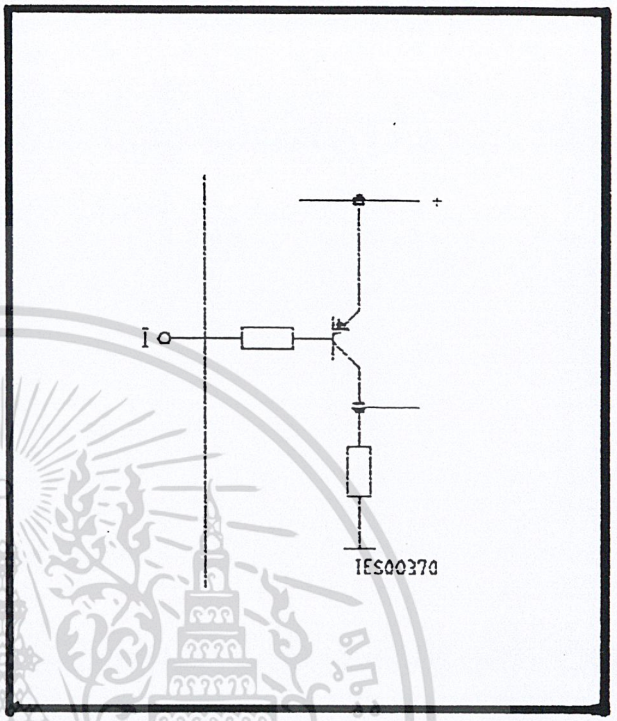




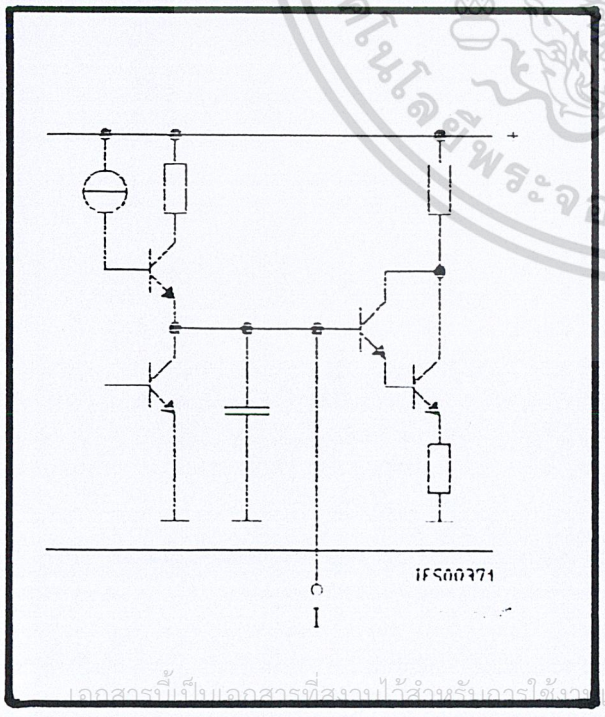
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



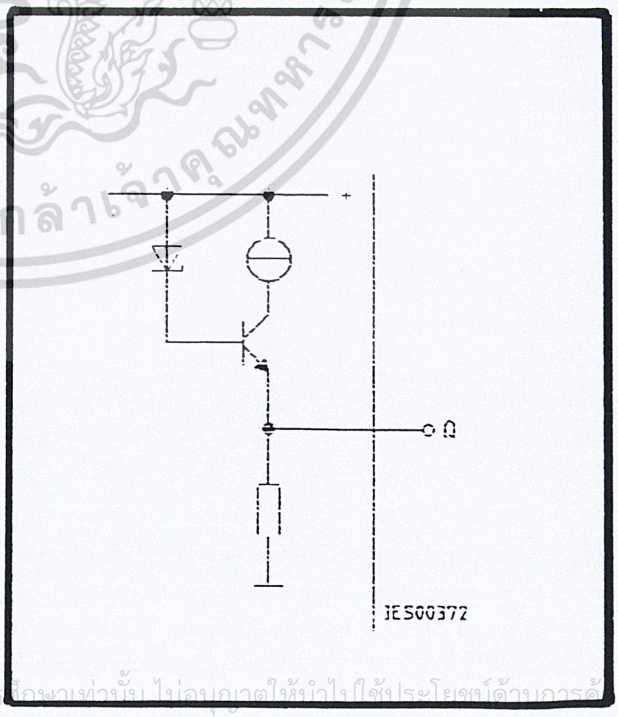
Inhibit 6



Long Pulse 13

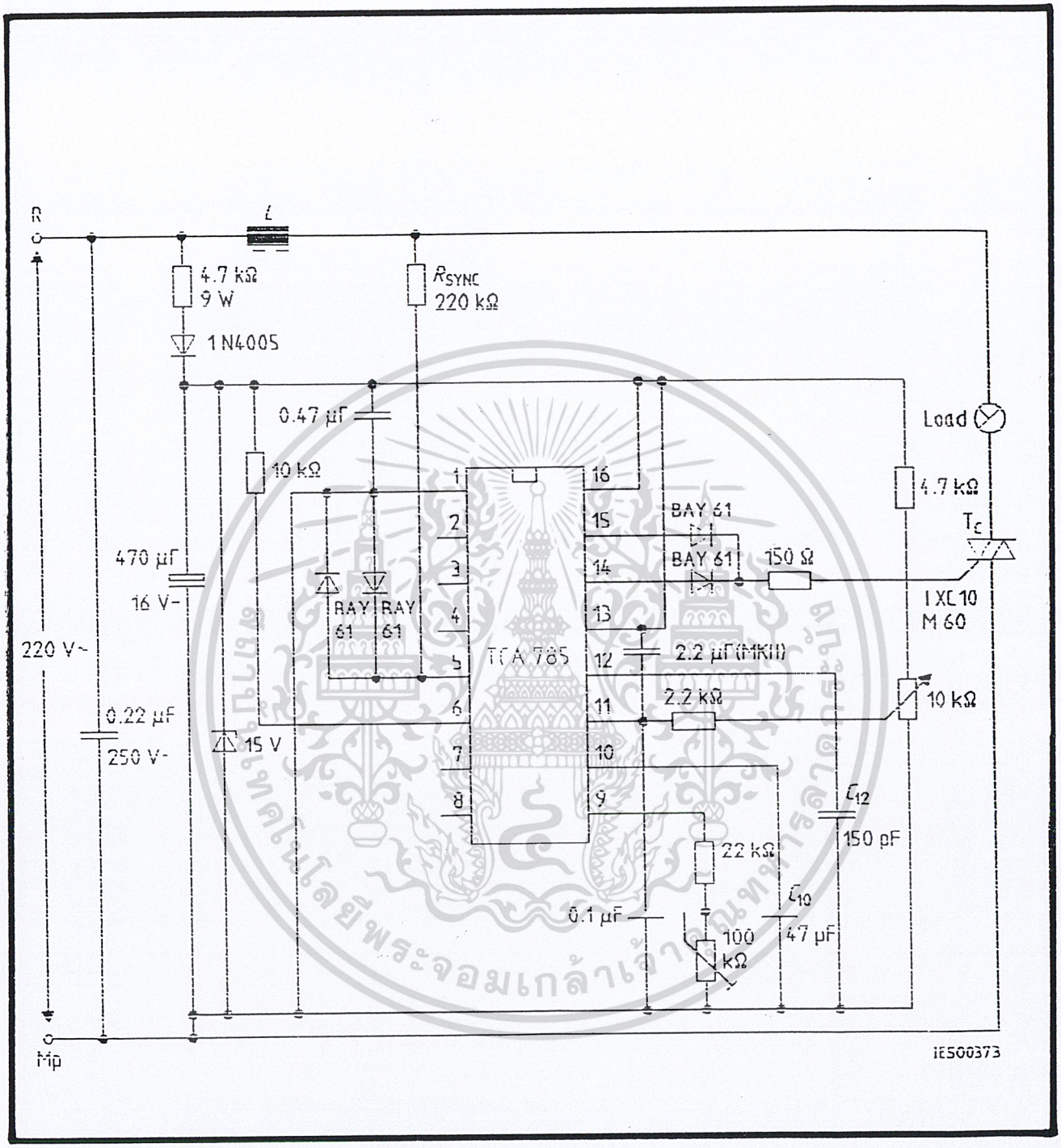


Pulse Extension 12



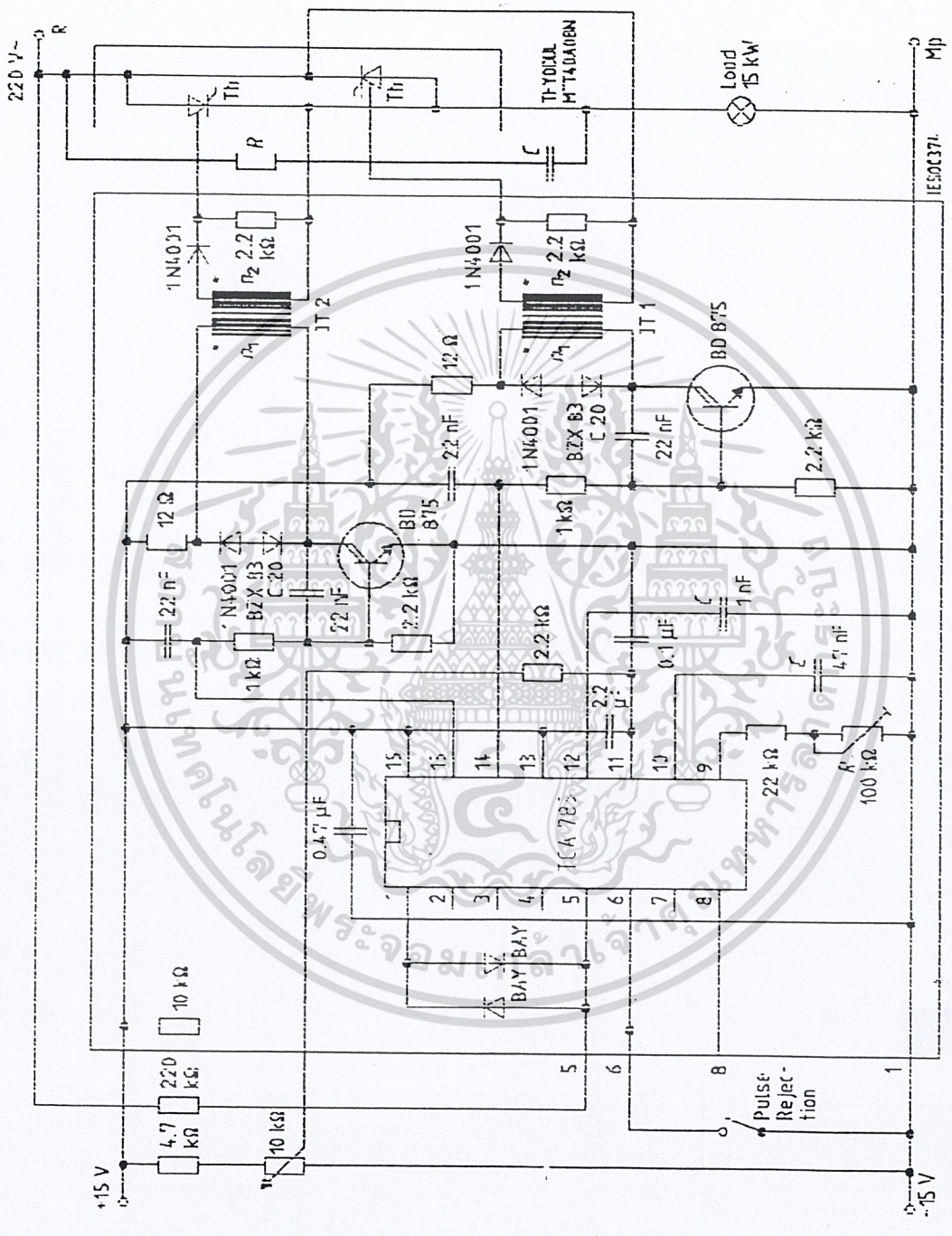
Reference Voltage 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



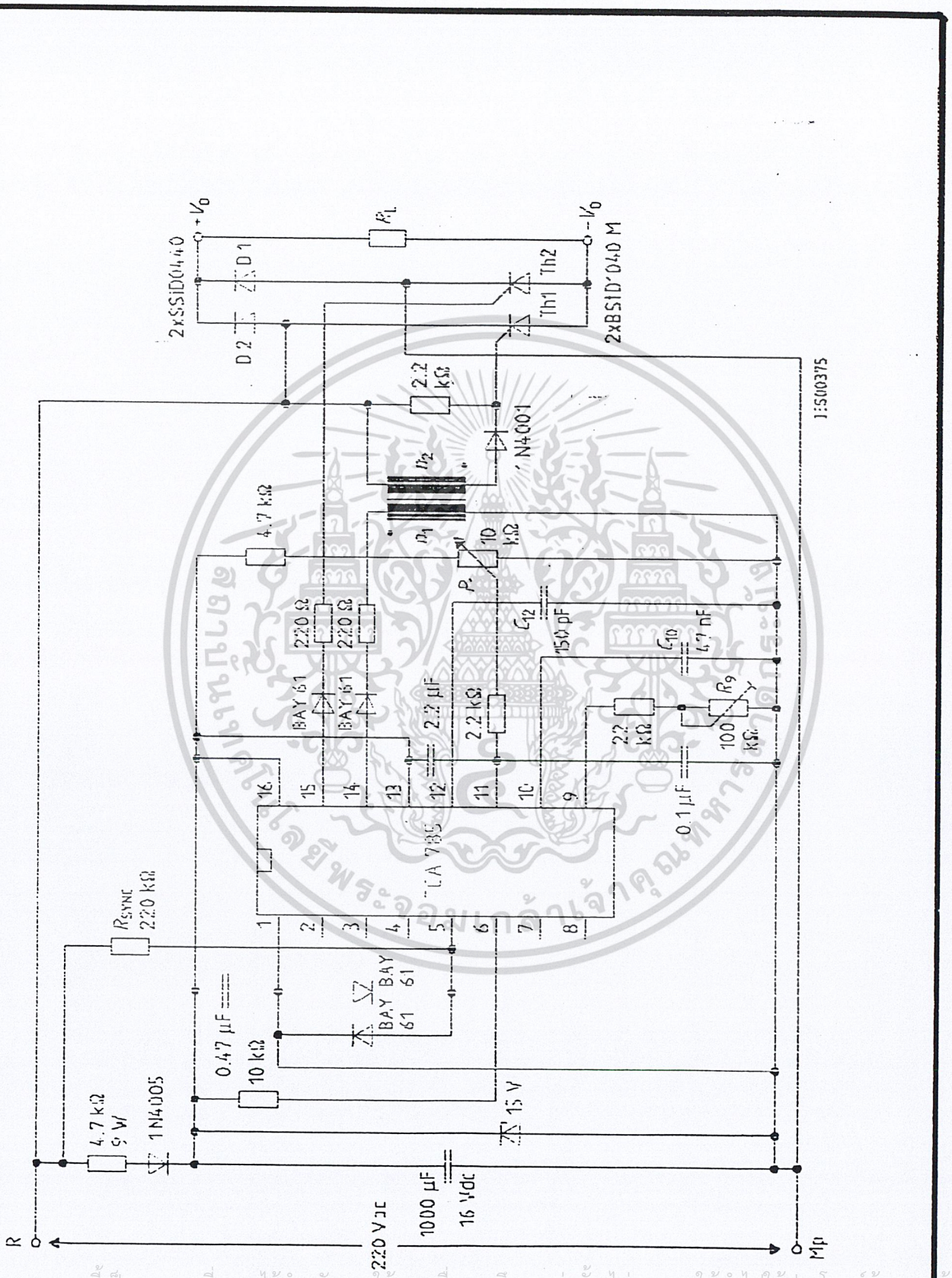
Application Examples
Triac Control for up to 50 mA Gate Trigger Current

A phase control with a directly controlled triac is shown in the figure. The triggering angle of the triac can be adjusted continuousiy between 0° and 180° with the aid of an external potentiometer. During the positive half-wave of the line voltage, the triac receives a positive gate pulse from the IC output pin 15. During the negative half-wave, it also receives a positive trigger pulse from pin 14. The trigger pulse width is approx. 100 µs.



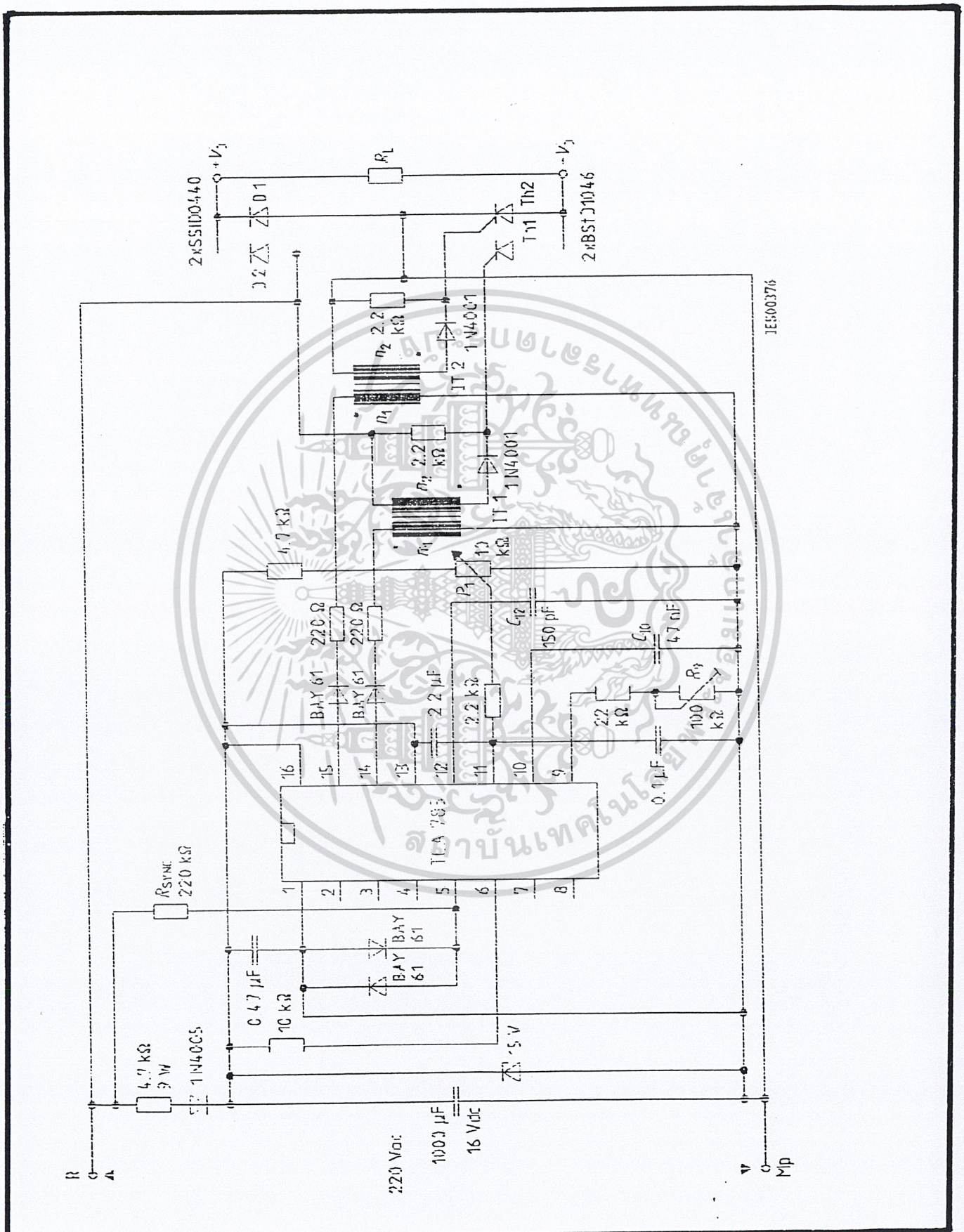
Fully Controlled AC Power Controller
Circuit for Two High-Power Thyristors

Shown is the possibility to trigger two antiparalleled thyristors with one IC TCA 785. The trigger pulse can be shifted continuously within a phase angle between 0° and 180° by means of a potentiometer. During the negative line half-wave the trigger pulse of pin 14 is fed to the relevant thyristor via a trigger pulse transformer. During the positive line half-wave, the gate of the second thyristor is triggered by a trigger pulse transformer at pin 15.



Half-Controlled Single-Phase Bridge Circuit with Trigger Pulse Transformer and Direct Control for Low-Power Thyristors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Half-Controlled Single-Phase Bridge Circuit with Two Trigger Pulse Transformers for Low-Power Thyristors

ภาคผนวก ข.

โปรแกรมที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของโปรแกรม I2C

การสื่อสารของแต่ละส่วนในการทดลองซึ่งได้แก่ PCF8574 (ขยายพอร์ท), PCF8591 (AtoD-DToA), DS1307 (RealTime), MCS-51Slave ทุกส่วนจะสื่อสารกันบนบัส I2Cทั้งหมด รายละเอียดของการติดต่อกับอุปกรณ์ต่างๆจะอธิบายไว้ในตัวโปรแกรม

```
NAME   ModuleI2CBus
PUBLIC Pcf8574Rd,Pcf8574Wr,PCF8591_RD,PCF8591_WR,RTC_RD,RTC_WR

    ProgI2C  SEGMENT  Code
SDA             BIT     P3.6
SCL             BIT     P3.7
Flag            EQU     02FH
I2C_Ack         BIT     Flag.2
I2C_Addr        EQU     036H
I2CData         EQU     037H
IOData          EQU     038H
OutData         EQU     039H
InData          EQU     03AH
CONTROL         EQU     03BH
DA_DATA         EQU     03CH
AD_DATA         EQU     03EH
SECONDS         EQU     040H
MINUTES         EQU     041H
HOURS           EQU     042H
DAY             EQU     043H
DATE            EQU     044H
MONTH           EQU     045H
YEAR            EQU     046H
CONTROLR        EQU     047H
PCF8574ID       EQU     01110000B
PCF8591ID       EQU     10010000B
RTC_ID          EQU     11010000B
```

เอกสารนี้มีไว้สำหรับเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SlaveR          EQU     00000010B
SlaveW          EQU     00000001B
Rseg            ProgI2C
RTC_RD:         MOV     I2C_Addr,#RTC_ID
                LCALL   I2C_Slave
                MOV     I2CData,#000H
                LCALL   I2CData_Wr
                MOV     I2C_Addr,#RTC_ID+1
                LCALL   I2C_Slave
                LCALL   I2CData_Rd
                MOV     SECONDS,I2CData
                LCALL   I2C_Ack_Bit
                LCALL   I2CData_Rd
                MOV     MINUTES,I2CData
                LCALL   I2C_Ack_Bit
                LCALL   I2CData_Rd
                MOV     HOURS,I2CData
                LCALL   I2C_Ack_Bit
                LCALL   I2CData_Rd
                MOV     DAY,I2CData
                LCALL   I2C_Ack_Bit
                LCALL   I2CData_Rd
                MOV     DATE,I2CData
                LCALL   I2C_Ack_Bit
                LCALL   I2CData_Rd
                MOV     MONTH,I2CData
                LCALL   I2C_Ack_Bit
                LCALL   I2CData_Rd
                MOV     YEAR,I2CData
                LCALL   I2C_Ack_Bit
                LCALL   I2CData_Rd
                MOV     CONTROLR,I2CData
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   I2C_Nack_Bit
                LCALL   I2CStop
                RET
RTC_WR:         MOV     I2C_Addr,#RTC_ID
                LCALL   I2C_Slave
                MOV     I2CData,#000H
                LCALL   I2CData_Wr
                MOV     I2CData,SECONDS
                LCALL   I2CData_Wr
                MOV     I2CData,MINUTES
                LCALL   I2CData_Wr
                MOV     I2CData,HOURS
                LCALL   I2CData_Wr
                MOV     I2CData,DAY
                LCALL   I2CData_Wr
                MOV     I2CData,DATE
                LCALL   I2CData_Wr
                MOV     I2CData,MONTH
                LCALL   I2CData_Wr
                MOV     I2CData,YEAR
                LCALL   I2CData_Wr
                MOV     I2CData,CONTROLR
                LCALL   I2CData_Wr
                LCALL   I2CStop
                RET
PCF8591_RD:     MOV     I2C_Addr,#PCF8591ID+1
                ACALL   I2C_Slave
                ACALL   I2CData_Rd
                MOV     AD_DATA,I2CData
                ACALL   I2C_Nack_Bit
                ACALL   I2CStop
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PCF8591_WR:     MOV     I2C_Addr,#PCF8591ID
                ACALL   I2C_Slave
                MOV     I2CData,CONTROL
                ACALL   I2CData_Wr
                MOV     I2CData,DA_DATA
                ACALL   I2CData_Wr
                ACALL   I2CStop
                RET
Pcf8574Rd:      MOV     I2C_Addr,#PCF8574ID+1
                ACALL   I2C_Slave
                ACALL   I2CData_Rd
                MOV     INData,I2CData
                ACALL   I2C_Nack_Bit
                ACALL   I2CStop
                RET
Pcf8574Wr:      MOV     I2C_Addr,#PCF8574ID
                MOV     I2CData,IOData
                ACALL   I2CData_Wr
                ACALL   I2CStop
                RET
I2CData_Wr:     PUSH    Acc
                SETB    I2C_Ack
                MOV     A,I2CData
                MOV     R5,#008
I2CWr1:         RLC     A
                MOV     Sda,C
                ACALL   I2CClk
                DJNZ    R5,I2CWr1
                SETB    Sda
                ACALL   I2CDelay
                SETB    Scl
                ACALL   I2CDelay
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JB      Sda,I2CWr2
                CLR     I2C_Ack
I2CWr2:         CLR     Scl
                POP     Acc
                RET
I2CData_Rd:     PUSH    Acc
                CLR     A
                MOV     R5,#008
I2CRd1:         ACALL   I2CDelay
                SETB    Scl
                ACALL   I2CDelay
                MOV     C,Sda
                RLC     A
                CLR     Scl
                DJNZ    R5,I2CRd1
                MOV     I2CData,A
                POP     Acc
                RET
I2C_Slave:      PUSH    Acc
                SETB    I2C_Ack
                MOV     A,I2C_Addr
                ACALL   I2CStart
                MOV     R5,#008
I2CSlave1:      RLC     A
                MOV     Sda,C
                ACALL   I2CClk
                DJNZ    R5,I2CSlave1
                SETB    Sda
                ACALL   I2CDelay
                SETB    Scl
                ACALL   I2CDelay
                JB      Sda,I2CSlave2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     I2C_Ack
I2CSlave2:      CLR     Scl
                POP     Acc
                RET
I2CStart:       JNB     Scl,I2CStart1
                CLR     Scl
I2CStart1:      SETB    Sda
                SETB    Scl
                ACALL   I2CDelay
                CLR     Sda
                ACALL   I2CDelay
                CLR     Scl
                RET
I2CStop:        JNB     Scl,I2CStop1
                CLR     Scl
I2CStop1:       CLR     Sda
                ACALL   I2CDelay
                SETB    Scl
                ACALL   I2CDelay
                SETB    Sda
                RET
I2CClk:         ACALL   I2Cdelay
                SETB    Scl
                ACALL   I2CDelay
                CLR     Scl
                RET
I2C_Ack_Bit:    CLR     Sda;I2C Acknowledge
                ACALL   I2CDelay
                ACALL   I2CClk
                SETB    Sda
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
I2C_Nack_bit:   SETB    Sda     ;I2C Not AcKnowledge
                ACALL   I2CDelay
                ACALL   I2CClk
                SETB    Scl
                RET
I2CDelay:       MOV     R6,#00CH
I2CDelay1:      NOP
                NOP
                DJNZ    R6,I2CDelay1
                RET
                END
```

ส่วนของโปรแกรม A To D และ D To A

ติดต่อกับมาสเตอร์บนบัส I2C และนำค่าที่อ่านได้แสดงยังLCDของตัวมาสเตอร์

```
NAME        AtoDAndDtoA
EXTRN       Code(IniLcd,PCF8591_WR,PCF8591_RD,SetAddrLcd,W2LINELCD)
EXTRN       Code(Delay_1S,WrCharLcd,ChEND)
PUBLIC      MainAdTDa
MainPro SEGMENT Code
CONTROL     EQU   03BH
DA_DATA     EQU   03CH
CHANNEL     EQU   03DH
AD_DATA     EQU   03EH
BUFFER      EQU   03FH
LcdAddr     EQU    030H
LcdData     EQU    031H
CheckEnd    EQU    035H
MainAdTDa:    MOV       DA_DATA,#0
MAIN_LOOP:    MOV       CHANNEL,#0
              MOV       R1,#BUFFER
              MOV       R4,#4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CONVERSION_LOOP: MOV     A,CHANNEL
                 ADD     A,#01000000B
                 MOV     CONTROL,A
                 ACALL   PCF8591_WR
                 ACALL   PCF8591_RD
                 ACALL   PCF8591_RD
                 MOV     @R1,AD_DATA
                 INC     R1
                 INC     CHANNEL
                 DJNZ    R4,CONVERSION_LOOP
                 MOV     LcdAddr,#040H
                 ACALL   SetAddrLcd
                 MOV     DPTR,#SCR_DA
                 ACALL   W2LINELCD
                 MOV     LcdAddr,#04CH
                 ACALL   SetAddrLcd
                 MOV     LcdData,DA_DATA
                 ACALL   HEX2LCD
                 INC     DA_DATA
                 ACALL   Delay_1S
                 ACALL   Delay_1S
                 MOV     R1,#BUFFER
                 MOV     LcdAddr,#040H
                 ACALL   SetAddrLcd
                 MOV     DPTR,#SCR_AD01
                 ACALL   W2LINELCD
                 MOV     LcdAddr,#044H
                 ACALL   SetAddrLcd
                 MOV     LcdData,@R1
                 ACALL   HEX2LCD
                 INC     R1
                 MOV     LcdAddr,#04CH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   SetAddrLcd
                MOV     LcdData,@R1
                ACALL   HEX2LCD
                ACALL   Delay_1S
                ACALL   Delay_1S
                INC     R1
                MOV     LcdAddr,#040H
                ACALL   SetAddrLcd
                MOV     DPTR,#SCR_AD23
                ACALL   W2LINELCD
                MOV     LcdAddr,#044H
                ACALL   SetAddrLcd
                MOV     LcdData,@R1
                ACALL   HEX2LCD
                INC     R1
                MOV     LcdAddr,#04CH
                ACALL   SetAddrLcd
                MOV     LcdData,@R1
                ACALL   HEX2LCD
                ACALL   Delay_1S
                ACALL   Delay_1S
                ACALL   ChEND
                MOV     R2,CheckEnd
                CJNE    R2,#01,MAIN_LOOP
                RET
HEX2LCD:        PUSH    ACC
                MOV     A,LcdData
                MOV     B,#16
                DIV     AB
                ADD     A,#030H
                MOV     LcdData,A
                ACALL   HEX_CHK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL     WrCharLcd
                MOV       A,B
                ADD       A,#030H
                MOV       LcdData,A
                ACALL     HEX_CHK
                ACALL     WrCharLcd
                POP       ACC
                RET
HEX_CHK:        MOV       A,LcdData
                CJNE      A,#03AH,CHK_OTHER
CHK_OTHER:      JNC       CONV_2_ALPHA
                RET
CONV_2_ALPHA:   ADD       A,#7
                MOV       LcdData,A
                RET
SCR_AD01:       DB        'Ch0:  H Ch1:  H    '
SCR_AD23:       DB        'Ch2:  H Ch3:  H    '
SCR_DA:         DB        'Analog Out :   H   '
                END
```

ส่วนของโปรแกรม RealTime

ติดต่อกับมาสเตอร์บนบัสI2Cและนำค่าวันที่และเวลาที่อ่านได้แสดงยังLCDของตัวมาสเตอร์และยังสามารถตั้งค่าวันที่และเวลาได้

```
NAME            RealTime
EXTRN           Code(RTC_RD,SetAddrLcd,WrCharLcd,WR3CHAR_LCD,StartKeypad)
EXTRN           Code(LcdClr,LcdBlink,W2LINELCD,RTC_WR)
PUBLIC          LOOPRT
ProgReal  SEGMENT  Code
LcdAddr          EQU       030H
 LcdData         EQU       031H
 I2C_Addr        EQU       036H
 I2C_Data        EQU       037H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
KeyData         EQU     032H
BUFFERT         EQU     048H
LCD_PTR         EQU     049H
SECONDS         EQU     040H
MINUTES         EQU     041H
HOURS           EQU     042H
DAY             EQU     043H
DATE            EQU     044H
MONTH           EQU     045H
YEAR            EQU     046H
CONTROLR        EQU     047H
        RSEG    ProgReal
LOOPRT:         ACALL   RTC_RD
                MOV     LcdAddr,#040H
                ACALL   SetAddrLcd
                MOV     LcdData,#' '
                ACALL   WrCharLcd
                MOV     LcdData,DATE
                ACALL   BCD2LCD
                MOV     LcdData,#' '
                ACALL   WrCharLcd
                MOV     A,MONTH
                CJNE    A,#010H,WR_CHK_MONTH_1
                MOV     A,#00AH
                AJMP    WRITE_MONTH_NX
WR_CHK_MONTH_1: CJNE    พอร์ท(Pcf8574)A,#011H,WR_CHK_MONTH_2
                MOV     A,#00BH
                AJMP    WRITE_MONTH_NX
WR_CHK_MONTH_2: CJNE    A,#012H,WRITE_MONTH_NX
                MOV     A,#00CH
WRITE_MONTH_NX: MOV     LCD_PTR,A
                MOV     DPTR,#MONTH_JAN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   WR3CHAR_LCD
                MOV     LcdData,#' '
                ACALL   WrCharLcd
                MOV     LcdData,YEAR
                ACALL   BCD2LCD
                MOV     LcdData,#' '
                ACALL   WrCharLcd
                MOV     A,HOURS
                ANL     A,#00110000B
                JZ      WRITE_TIME_HN
                SWAP    A
                ADD     A,#030H
                AJMP    WRITE_TIME_HH
WRITE_TIME_HN:  MOV     A,#' '
WRITE_TIME_HH:  MOV     LcdData,A
                ACALL   WrCharLcd
                MOV     A,HOURS
                ANL     A,#00001111B
                ADD     A,#030H
                MOV     LcdData,A
                ACALL   WrCharLcd
                MOV     A,SECONDS
                ANL     A,#001H
                JNZ     WRITE_SPACE
                MOV     LcdData,#':'
                ACALL   WrCharLcd
                JMP     WRITE_MINUTES
WRITE_SPACE:    MOV     LcdData,#' '
                ACALL   WrCharLcd
WRITE_MINUTES:  MOV     LcdData,MINUTES
                ACALL   BCD2LCD
                ACALL   StartKeypad
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV         A,KeyData
                    CJNE        A,#0DH,CheckSetD
                    ACALL       SET_TIME_1
CheckSetD:          CJNE        A,#0EH,ChkEd
                    ACALL       SET_DATE
ChkEd:      CJNE        A,#10H,BackLRT
                    JMP         TurnToMain
BackLRT:            AJMP        LOOPRT
TurnToMain:         RET
SET_TIME_1:         AJMP        SET_TIME
SET_DATE:           Acall       LcdClr
                    MOV         LcdAddr,#040H
                    ACALL       SetAddrLcd
                    MOV         DPTR,#SCR_SET_DATE
                    ACALL       W2LINELCD
                    MOV         LcdAddr,#048H
                    ACALL       SetAddrLcd
                    ACALL       LcdBlink
                    ACALL       WAIT_KEYPRESSED
                    MOV         BUFFERT,KeyData
                    ACALL       KPAD2LCD
                    ACALL       LcdBlink
                    ACALL       WAIT_KEY
                    ACALL       WAIT_KEYPRESSED
                    MOV         BUFFERT+1,KeyData
                    ACALL       KPAD2LCD
                    ACALL       WAIT_KEY
                    ACALL       BUFFER2ACC
                    MOV         DATE,A
                    MOV         LcdAddr,#04BH
                    ACALL       SetAddrLcd
                    ACALL       LcdBlink
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ACALL   WAIT_KEYPRESSED
            MOV     BUFFERT,KeyData
            ACALL   KPAD2LCD
            ACALL   LcdBlink
            ACALL   WAIT_KEY
            ACALL   WAIT_KEYPRESSED
            MOV     BUFFERT+1,KeyData
            ACALL   KPAD2LCD
            ACALL   WAIT_KEY
            ACALL   BUFFER2ACC
            MOV     MONTH,A
            MOV     LcdAddr,#04EH
            ACALL   SetAddrLcd
            ACALL   LcdBlink
            ACALL   WAIT_KEYPRESSED
            MOV     BUFFERT,KeyData
            ACALL   KPAD2LCD
            ACALL   LcdBlink
            ACALL   WAIT_KEY
            ACALL   WAIT_KEYPRESSED
            MOV     BUFFERT+1,KeyData
            ACALL   KPAD2LCD
            ACALL   WAIT_KEY
            ACALL   BUFFER2ACC
            MOV     YEAR,A
            ACALL   RTC_WR
            ACALL   LcdClr
            AJMP    LOOPRT
SET_TIME:   ACALL   LcdClr
            MOV     LcdAddr,#040H
            ACALL   SetAddrLcd
            MOV     DPTR,#SCR_SET_TIME
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ACALL   W2LINELCD
MOV     LcdAddr,#048H
ACALL   SetAddrLcd
ACALL   LcdBlink
ACALL   WAIT_KEYPRESSED
MOV     BUFFERT,KeyData
ACALL   KPAD2LCD
ACALL   LcdBlink
ACALL   WAIT_KEY
ACALL   WAIT_KEYPRESSED
MOV     BUFFERT+1,KeyData
ACALL   KPAD2LCD
ACALL   WAIT_KEY
ACALL   BUFFER2ACC
MOV     HOURS,A
MOV     LcdAddr,#04BH
ACALL   SetAddrLcd
ACALL   LcdBlink
ACALL   WAIT_KEYPRESSED
MOV     BUFFERT,KeyData
ACALL   KPAD2LCD
ACALL   LcdBlink
ACALL   WAIT_KEY
ACALL   WAIT_KEYPRESSED
MOV     BUFFERT+1,KeyData
ACALL   KPAD2LCD
ACALL   WAIT_KEY
ACALL   BUFFER2ACC
MOV     MINUTES,A
MOV     LcdAddr,#04EH
ACALL   SetAddrLcd
ACALL   LcdBlink
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   WAIT_KEYPRESSED
                MOV     BUFFERT,KeyData
                ACALL   KPAD2LCD
                ACALL   LcdBlink
                ACALL   WAIT_KEY
                ACALL   WAIT_KEYPRESSED
                MOV     BUFFERT+1,KeyData
                ACALL   KPAD2LCD
                ACALL   WAIT_KEY
                ACALL   BUFFER2ACC
                MOV     SECONDS,A
                ACALL   RTC_WR
                ACALL   LcdClr
                AJMP    LOOPRT
BUFFER2ACC:     MOV     A,BUFFERT
                ANL     A,#00FH
                SWAP    A
                MOV     B,A
                MOV     A,BUFFERT+1
                ANL     A,#00FH
                ADD     A,B
                RET
KPAD2LCD:       MOV     A,KeyData
                ADD     A,#030H
                MOV     LcdData,A
                ACALL   WrCharLcd
                RET
BCD2LCD:        PUSH    ACC
                PUSH    B
                MOV     A,LcdData
                MOV     B,A
                ANL     A,#11110000B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SWAP    A
                ADD     A,#030H
                MOV     LcdData,A
                ACALL   WrCharLcd
                MOV     A,B
                ANL     A,#00001111B
                ADD     A,#030H
                MOV     LcdData,A
                ACALL   WrCharLcd
                POP     B
                POP     ACC
                RET
WAIT_KEY:       MOV     A,P1
                ANL     A,#00FH
                CJNE    A,#00FH,WAIT_KEY
                RET
WAIT_KEYPRESSED: ACALL  StartKeypad
                MOV     A,KeyData
                CJNE    A,#0,CHK_KEY_NEXT
                AJMP    WAIT_KEYPRESSED
CHK_KEY_NEXT:   CJNE    A,#10,CHK_KEY_0
                JMP     WAIT_KEYPRESSED
CHK_KEY_0:      CJNE    A,#11,CHK_VALID_KEY
                MOV     KeyData,#0
                RET
CHK_VALID_KEY:  JNC     WAIT_KEYPRESSED
                RET
SCR_SET_DATE:   DB      ' Date : dd/mm/yy  '
SCR_SET_TIME:   DB      ' Time : hh/mm/ss  '
MONTH_JAN:      DB      'Jan'
MONTH_FEB:      DB      'Feb'
MONTH_MAR:      DB      'Mar'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MONTH_APR:      DB      'Apr'
MONTH_MAY:      DB      'May'
MONTH_JUN:      DB      'Jun'
MONTH_JUL:      DB      'Jul'
MONTH_AUG:      DB      'Aug'
MONTH_SEP:      DB      'Sep'
MONTH_OCT:      DB      'Oct'
MONTH_NOV:      DB      'Nov'
MONTH_DEC:      DB      'Dec'
                END
```

ส่วนของโปรแกรม Temperature

สาเหตุที่เขียนโมดูลนี้ขึ้นมาก็เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับโมดูล serial เพื่อส่งค่าอุณหภูมิที่อ่านได้ออกมาแสดงยังเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งการติดต่อกับตัววัดอุณหภูมิจะเป็นแบบ 1-Wire

```
Name    Temperature
Extrn   Code(IniLcd,SetAddrLcd,WRLINE_LCD1L,Delay_1S,WrCharLcd,Delay1_ms)
Public  MainTemp
ProgTemp    Segment  Code
ONEWIRE     BIT      P3.3
FLAG        EQU      02FH
BUSY        BIT      FLAG.0
LcdAddr     EQU      030H
LcdData     EQU      031H
ONEWIRE_DATA EQU     032H
    TEMP    EQU      033H
Rseg    ProgTemp
Start:      SETB     ONEWIRE
MainTemp:   ACALL    IniLcd
            MOV      LcdAddr,#000H
            ACALL    SetAddrLcd
            MOV      DPTR,#TITLE_1
            ACALL    WRLINE_LCD1L
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   Delay_1S
                ACALL   Delay_1S
                MOV     LcdAddr,#000H
                ACALL   SetAddrLcd
                MOV     DPTR,#SCR_TEMP
                ACALL   WRLINE_LCD1L
LOOP:           ACALL   DS1820_RST
                ACALL   DS1820_PRES
                MOV     ONEWIRE_DATA,#0CCH
                ACALL   DS1820_WR
                MOV     ONEWIRE_DATA,#044H
                ACALL   DS1820_WR
                SETB    BUSY
PRES_CHK_LOOP:  ACALL   DS1820_RST
                ACALL   DS1820_PRES
                JB      BUSY,PRES_CHK_LOOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                ACALL   DS1820_RST
                ACALL   DS1820_PRES
                MOV     ONEWIRE_DATA,#0CCH
                ACALL   DS1820_WR
                MOV     ONEWIRE_DATA,#0BEH
                ACALL   DS1820_WR
                ACALL   DS1820_RD
                MOV     TEMP,ONEWIRE_DATA
                ACALL   DS1820_RST
                ACALL   DS1820_PRES
                MOV     LcdAddr,#040H
                ACALL   SetAddrLcd
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,TEMP
                CLR     C
                RRC     A
                MOV     LcdData,A
                ACALL   HEX2LCD
                MOV     LcdAddr,#044H
                ACALL   SetAddrLcd
                MOV     A,TEMP
                JNB     ACC.0,WRITE_0C
                MOV     LcdData,#'5'
                AJMP    WRITE_NEXT
WRITE_0C:       MOV     LcdData,#'0'
WRITE_NEXT:     ACALL   WrCharLcd
                ACALL   Delay_1S
                AJMP    LOOP
                Ret
HEX2LCD:        PUSH    ACC
                MOV     A,LcdData
                MOV     B,#100
                DIV     AB
                ADD     A,#030H
                CJNE    A,#030H,HEX2_LCD_NX
                MOV     A,#' '
HEX2_LCD_NX:    MOV     LcdData,A
                ACALL   WrCharLcd
                MOV     A,B
                MOV     B,#10
                DIV     AB
                ADD     A,#030H
                MOV     LcdData,A
                ACALL   WrCharLcd
                MOV     A,B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ADD     A,#030H
                MOV     LcdData,A
                ACALL   WrCharLcd
                POP     ACC
                RET
DS1820_RD:      MOV     R4,#8
                CLR     A
DS1820_RD_LOOP: CLR     ONEWIRE
                NOP
                NOP
                SETB    ONEWIRE
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                MOV     C,ONEWIRE
                ACALL   ONEWIRE_DELAY
                RRC     A
                DJNZ    R4,DS1820_RD_LOOP
                MOV     ONEWIRE_DATA,A
                RET
DS1820_WR:      MOV     R4,#8
                MOV     A,ONEWIRE_DATA
DS1820_WR_LOOP: RRC     A
                JNC     DS1820_WR_L
                CLR     ONEWIRE
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                SETB    ONEWIRE
                ACALL   ONEWIRE_DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                AJMP    DS1820_WR_NX
DS1820_WR_L:    CLR     ONEWIRE
                ACALL   ONEWIRE_DELAY
                SETB    ONEWIRE
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
DS1820_WR_NX:   DJNZ    R4,DS1820_WR_LOOP
                RET
DS1820_RST:     CLR     ONEWIRE
                ACALL   Delay1_ms
                SETB    ONEWIRE
                MOV     R4,#8
                DJNZ    R4,$
                RET
DS1820_PRES:    MOV     R4,#8
DS1820_PRES_1:  MOV     R3,#0
DS1820_PRES_2:  JNB     ONEWIRE,DS1820_PRES_3
                DJNZ    R3,DS1820_PRES_2
                DJNZ    R4,DS1820_PRES_1
                RET
DS1820_PRES_3:  JNB     ONEWIRE,$
                MOV     R4,#8
                DJNZ    R4,$
                CLR     BUSY
                RET
ONEWIRE_DELAY:  MOV     R6,#012H
ONEWIRE_DELAY_1: NOP
                NOP
                DJNZ    R6,ONEWIRE_DELAY_1
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY_50us:     MOV     R6,#00CH
DELAY_50us_1:   NOP
                NOP
                DJNZ    R6,DELAY_50us_1
                RET
DELAY_100us:    MOV     R6,#017H
DELAY_100us_1:  NOP
                NOP
                DJNZ    R6,DELAY_100us_1
                RET
TITLE_1:        DB      ' 1-Wire  DS1820 '
SCR_TEMP:       DB      ' Temp :    .',0DFH,'C '
                End
```

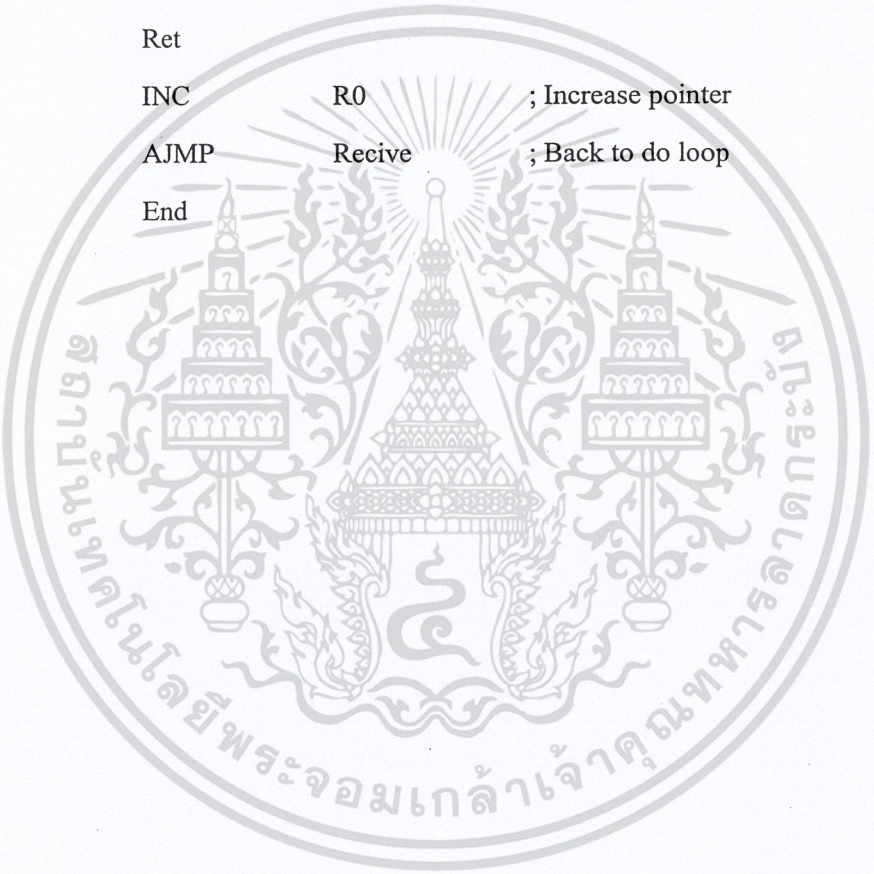
ส่วนของโปรแกรมชุด Serial

ใช้เพื่อสื่อสารระหว่างคอนโทรลเลอร์กับคอนโทรลเลอร์และคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ซึ่งจะแบ่งเป็นสองส่วนหลักคือรับและส่งข้อมูล

```
NAME            ModuleSerial
PUBLIC          InitialSerial,Recive,Send
ProgSerial      SEGMENT   Code
BUFFER          EQU       050H              ; Buffer
 DataSend       EQU       05FH
                Rseg      ProgSerial
InitialSerial:  MOV       TMOD,#021H
                MOV       TH1,#0FDH
                MOV       TL1,#0FDH
                SETB      TR1
                MOV       SCON,#040H
                MOV       R0,#BUFFER
                SETB      REN
                Ret
Recive:         JNB       RI,$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     RI
                MOV     A,SBUF
                MOV     @R0,A
                CJNE    A,#00DH,RX_NEXT
Send:           CLR     TI
                MOV     A,Datasend
                MOV     SBUF,A
                JNB     TI,$
                CLR     TI
                Ret
RX_NEXT:        INC     R0          ; Increase pointer
                AJMP    Recive      ; Back to do loop
                End
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้