สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมไร้สาย

Wireless Control System

โดย

นายบุญมาก เพ็งกลัด

นายพรชัย แหงมมา

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72691
วัน,เดือน,ปี 21 มิ.ย. 2550

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมไร้สาย

Wireless Control System

โดย

นายบุญมาก เพ็งกลัด

นายพรชัย แหงมมา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมไร้สาย

Wireless Control System

ผู้จัดทำ

1. นายบุญมาก เพ็งกลัด รหัสประจำตัว 47015293
2. นายพรชัย แหงมมา รหัสประจำตัว 47015295

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมไร้สาย

นายบุญมาก เพ็งกลัด
นายพรชัย แหงมมา
อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร. วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบระบบควบคุมกระบวนการแบบไร้สาย ซึ่งได้นำมา ประยุกต์ใช้กับระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ให้มีความเร็วตามที่กำหนดและมีการทำงานเป็นไปตามที่ต้องการ โดยสามารถแสดงผลการทำงานแบบเวลาจริง ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ และยังสามารถเก็บบันทึกค่าสถานะการทำงานของมอเตอร์ไว้ในรูปแบบของฐานข้อมูล ทำให้สามารถเรียกดูผลการทำงานย้อนหลังได้ สำหรับการควบคุมและประมวลผลในระบบจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ซึ่งจะติดต่อสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางคลื่นวิทยุความถี่ 2.4 GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wireless Control System

Mr. Boonmak Pengklad

Mr. Pornchai Ngaemma

Advisor

Assoc. Prof. Dr. Worapong Tangsrirat

Academic Year 2006

Abstract

The wireless control system is proposed in this project. The designed system is applied to the motor speed control system. The status of the process parameters can be displayed real-time through the monitor and also recorded in the database for future access. Microcontroller PIC16F877 is used as a processor to implement the system. The communication between computer and microcontroller PIC is base on the use of radio frequency 2.4GHz.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานในครั้งนี้ที่สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น เพราะได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จึงต้องขอขอบพระคุณ รศ.ดร. วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา เป็นอย่างสูง ที่คอยให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่างๆ ในโครงงาน รวมทั้งตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ภาควิศวกรรมระบบควบคุมที่สนับสนุนค่าใช้จ่ายทั้งหมด ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

อีกทั้งขอขอบคุณ นายดนุชา ประเสริฐสม นักศึกษาปริญญาโท ภาควิศวกรรมระบบควบคุม ที่ให้คำปรึกษาอย่างเต็มที่ทุกครั้งที่ผู้จัดทำได้ซักถาม และแนะนำแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงงานนี้และเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ สนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือ กระตุ้นเตือน รวมทั้งคอยถามไถ่ความคืบหน้าของโครงงานอยู่เสมอ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา รวมถึงการสนับสนุนในเรื่องของงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงงานนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงได้

ผู้จัดทำ
นายบุญมาก เพ็งกลัด
นายพรชัย แหงมมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบเขตโครงงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน	3
2.1 โปรแกรม Visual Basic	3
2.1.1 จุดเด่นของ Visual Basic 6.0	3
2.1.2 การเริ่มใช้งานโปรแกรม Visual Basic	4
2.1.3 การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานพอร์ตอนุกรม	7
2.1.4 คุณสมบัติของ MSComm Control ให้สามารถติดต่อกับพอร์ตได้	9
2.2 สถาปัตยกรรม ADO ของ 6.0	10
2.2.1 องค์ประกอบของกลุ่มออบเจ็กต์ ADO	10
2.3 โปรแกรม Microsoft Office Access 2003	11
2.3.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของไฟล์ฐานข้อมูลใน Access 2003	12
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์	13
2.5 มอเตอร์กระแสตรง	13
2.5.1 โมเดลอิเล็กโทรแมคคานิคอล	14
2.6 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ขั้นพื้นฐาน	17
2.6.1 การควบคุมด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้	17
2.6.2 การควบคุมด้วยวิธีเปลี่ยนค่าแรงดัน	19
2.6.3 การควบคุมแบบ PWM (Pulse Width Modulation)	20
2.7 วงจรขับมอเตอร์	21
2.8 เอ็นโค้ดเดอร์	22
2.9 วงจรนับ 74HC393	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.10 การอนุวัตตัวควบคุม พีไอดี ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	27
2.10.1 องค์ประกอบ P	27
2.10.2 องค์ประกอบ I	27
2.10.3 องค์ประกอบ D	28
2.11 การรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย	29
2.11.1 TRW 2.4G	29
บทที่ 3 การออกแบบและการทำงาน	31
3.1 ภาพรวมของโครงงาน	31
3.1.1 ส่วนควบคุมและสั่งงาน	31
3.2 การสร้างและออกแบบจอภาพ	31
3.3 การออกแบบหน้าต่างในการใช้งาน	33
3.4 การส่งผ่านข้อมูล	38
3.5 การควบคุมการทำงาน	38
3.5.1 การออกแบบและทดสอบ	40
3.5.2 การอ่านค่าความเร็วรอบของมอเตอร์จากเอ็นโค้ดเดอร์และไอซีเคาน์เตอร์	41
บทที่ 4 การทดลอง	43
4.1 การสั่งงานการทำงาน	43
4.1.1 การเลือกค่าอัตราบอตของข้อมูล	43
4.1.2 การเลือกค่าความเร็วของมอเตอร์	44
4.1.3 การตั้งค่าสถานะต่างๆของการทำงาน	45
4.2 ผลการทดสอบการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม	47
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	53
5.1 บทวิจารณ์	53
5.2 ปัญหาในการทำงาน	54
5.3 สรุปผลการทำงาน	54
ภาคผนวก	55
ภาคผนวก ก คู่มือไอซี (Data sheet)	56
ภาคผนวก ข วงจรการทำงาน	66
เอกสารอ้างอิง	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางการทำงานของไอซีเบอร์ 74HC393	26
3.1 การกำหนดการเพิ่มโหลดด้วยบิท 13-15	41
4.1 ผลการทดลองที่ความรอบ 800 รอบต่อนาที เมื่อ Kp = 10 และ Ki = 80	47
4.2 ผลการทดลองที่ความรอบ 800 รอบต่อนาที เมื่อ Kp = 2 และ Ki = 80	49
4.3 ผลการทดลองเปลี่ยนความรอบ 1600 เป็น 1000 รอบต่อนาที	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงงานระบบควบคุมไร้สาย	2
2.1 หน้าต่าง New Project	5
2.2 โปรแกรม Visual Basic	6
2.3 หน้าต่าง Components	7
2.4 การใช้งาน Serial Port	8
2.5 Provider แต่ละชนิดของ ADO	10
2.6 แบบจำลองของออบเจ็กต์ 3 ตัว ของ ADO	11
2.7 ส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม	12
2.8 โมเดลของดีซีมอเตอร์แบบฟิลด์แยกกระตุ้น	14
2.9 แรงบิดที่เกิดขึ้นต่อโหลดของมอเตอร์	16
2.10 บล็อกไดอะแกรมของดีซีมอเตอร์	17
2.11 วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานอนุกรม และกราฟแสดงคุณสมบัติ	18
2.12 การควบคุมความเร็วโดยเปลี่ยนค่าแรงดัน	19
2.13 สัญญาณ PWM ซึ่งแสดงค่า duty cycles ที่ต่างๆ กัน	20
2.14 โครงสร้าง H bridge	21
2.15 การควบคุมแบบ Sign/Magnitude	22
2.16 Rotary Encoder	23
2.17 การสร้าง pulse ของ Rotary Encoder	23
2.18 พัลซ์ของ Rotary แบบสองเฟส	24
2.19 การตรวจเช็คสัญญาณพัลซ์ของ Rotary Encoder	24
2.20 ลักษณะพัลซ์ของ Rotary Encoder ทั้ง สองเฟส	25
2.21 การจัดวางขาของไอซีวงจรนับ	25
2.22 บล็อกไดอะแกรมของตัวควบคุม PID	29
3.1 หน้าต่างการทำงานเบื้องต้น	32
3.2 การกำหนดพอร์ตอนุกรม RS 232	33
3.3 การเลือกโหมดการทำงาน	34
3.4 หน้าต่างโปรแกรมหลักในการควบคุม	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.5 โพลว์ชาร์ตการทำงานการส่งค่าของหน้าต่างควบคุมหลัก	36
3.6 โพลว์ชาร์ตการรับค่าการทำงานเพื่อแสดงผล	37
3.7 บล็อกไดอะแกรมของการรับและส่งข้อมูล	38
3.8 โพลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	39
3.9 ส่วนควบคุมกระบวนการ	40
3.10 รูปแบบการส่งข้อมูล 16 บิท	40
4.1 การเลือกค่าอัตราบอดเรต	43
4.2 การเลือกค่าความเร็วของมอเตอร์	44
4.3 ผลของการวัดค่าการทำงานเวลาปัจจุบัน	44
4.4 เลือกโหมดการบันทึกค่าสถานะ	45
4.5 การบันทึกค่าสถานะต่างของมอเตอร์	45
4.6 กำหนดวันที่ต้องการดูสถานะการทำงาน	46
4.7 สถานะการทำงานที่เก็บในฐานข้อมูล Access 2003	46
4.8 ผลการตอบสนองของระบบ เมื่อ Kp = 10 และ Ki = 80	48
4.9 กราฟผลตอบสนองของระบบ เมื่อ Kp = 2 และ Ki = 80	50
4.10 กราฟผลตอบสนองของระบบที่เปลี่ยนความรอบ 1600 เป็น 1000 รอบต่อนาที	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัญหาอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นมาก ในการเชื่อมโยง ติดต่อสื่อสารระหว่าง จุดสองจุด หรือหลายๆจุด ซึ่งมีระยะทางที่ไกลกัน นั่นก็คือการที่จะต้องมีการเดินสาย เพื่อเป็นสายสัญญาณในการติดต่อสื่อสารระหว่างกันและกัน การควบคุมไร้สายจึงเป็นส่วนหนึ่งที่เข้ามาช่วยอำนวยความสะดวก และจัดการกับปัญหาที่เกี่ยวกับการที่ต้องเดินสายสัญญาณได้

ในโครงงานนี้ได้นำเสนอการออกแบบระบบควบคุมแบบไร้สาย เพื่อทำการควบคุมการทำงานของมอเตอร์โดยจะส่งค่าเป้าหมาย (ความเร็วที่ต้องการ) ทิศทางการหมุน และโหลดที่ต้องการ (เพื่อทดสอบว่ามอเตอร์สามารถหมุนด้วยความเร็วตามเป้าหมายได้) ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ และมีการบันทึกการทำงานเก็บเป็นฐานข้อมูล และสามารถที่จะเรียกดูข้อมูลการทำงานของมอร์เตอร์ย้อนหลังได้ การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ที่ใช้ส่งข้อมูลและรับข้อมูลมาแสดงผลจะถูกแยกจากส่วนควบคุม ซึ่งจะเป็นการติดต่อแบบไร้สาย โดยจะส่งข้อมูลผ่านทางตัวกลางอากาศ เช่นเดียวกันส่วนควบคุมเมื่อได้รับข้อมูลและทำการประมวลผลแล้วจะส่งข้อมูลไปแสดงผลที่คอมพิวเตอร์โดยผ่านตัวกลางอากาศเช่นกัน

1.1 วัสดุประสงค์

1) เพื่อศึกษาการส่ง รับ สัญญาณผ่านทางคลื่นวิทยุ
2) เพื่อศึกษาการเก็บบันทึกข้อมูล ไว้เป็นฐานข้อมูล
3) เพื่อให้ได้ชุดควบคุมมอเตอร์ไร้สาย
4) เป็นการศึกษาการควบคุมวงปิด
5) เป็นการศึกษาการควบคุมดิจิตอล
6) เพื่อนำความรู้และทฤษฎีที่ได้ศึกษาไปแล้วมาประยุกต์ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ขอบเขตโครงงาน

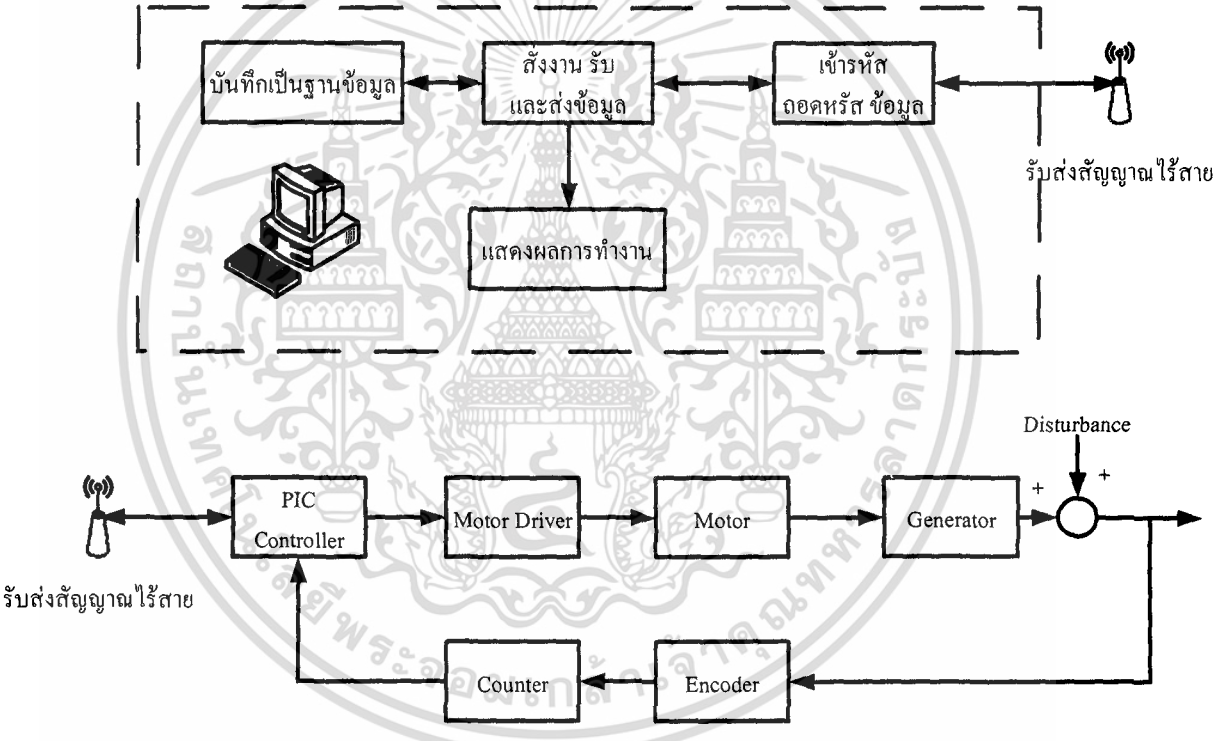
1) การควบคุมติดต่อสื่อสารรับ ส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม และส่งผ่านตัวกลางเป็นอากาศ โดยผ่านทางความถี่วิทยุ 2.4 GHz

2) สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ให้เป็นไปตามค่าเป้าหมายที่รับมา

3) เมื่อมีการรบกวนทำให้ความเร็วของมอเตอร์เปลี่ยนไป สามารถที่จะทำให้ความเร็วกลับมาที่ความเร็วที่ต้องการได้

4) สามารถสั่งงานและแสดงผลการทำงาน แบบเวลาจริง

5) ทำการบันทึกค่าการทำงาน สถานะต่างๆ เก็บไว้เป็นฐานข้อมูล และสามารถเรียกดูข้อมูลการทำงานต่างๆ ย้อนหลังได้



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงงานระบบควบคุมไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน

2.1 โปรแกรม Visual Basic

ในโครงงานนี้เลือกใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 เนื่องจาก เป็นเครื่องมือที่ใช้เขียนโปรแกรมบน Windows ที่ได้รับความนิยมสูง และนอกจากจะง่ายต่อการเรียนรู้แล้ว Visual Basic 6.0 ยังมีเครื่องมือช่วยในการเขียนโปรแกรมเป็นเรื่องที่ไม่ยุ่งยาก เพราะมีเครื่องมือช่วยให้ไม่ต้องจดจำไวยากรณ์ภาษาที่ยุ่งยากตรวจสอบได้อัตโนมัติว่าโปรแกรมที่เขียนนั้นถูกต้องตามหลักภาษาหรือไม่ มีการแยกแยะส่วนของโปรแกรมอย่างเป็นระเบียบ ทำให้งานของโปรแกรมเมอร์ลดลงได้มาก

2.1.1 จุดเด่นของ Visual Basic 6.0

Visual Basic 6.0 เป็นเครื่องมือและภาษาสำหรับการเขียนโปรแกรมที่ได้รับความนิยมสูงสุด มีผู้ใช้งานมากสุด ซึ่งจุดเด่นที่ Visual Basic 6.0 มีเหนือกว่าภาษาเขียนโปรแกรมอื่นๆ คือ

1) สร้างแอพพลิเคชันได้ง่ายและรวดเร็ว Visual Basic 6.0 ได้รับการวางตัวให้เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้สร้างแอพพลิเคชันได้อย่างรวดเร็วและง่ายดาย เพื่อลดเวลาในการสร้างแอพพลิเคชันให้สั้นลง ซึ่งเรียกรูปแบบนี้ว่า Repaid Application Development หรือ RAD

ทั้งนี้เพราะมีการขจัดงานที่โปรแกรมเมอร์ต้องทำซ้ำๆ ซากๆ ออกไป,ขจัดสิ่งที่ไม่จำเป็นต้องรู้เกี่ยวกับการควบคุมฮาร์ดแวร์ และการจัดการภายในของ Windows ออกไปให้เหลือเฉพาะที่ต้องโฟกัสเกี่ยวกับปัญหาของงานจริงๆ แล้วเขียนโปรแกรมจัดการกับปัญหานั้นๆ ส่วนเรื่องอื่นๆ ปล่อยให้ Visual Basic จัดการ

2) *ภาษาเขียนโปรแกรมที่ง่ายต่อการเริ่มเรียนรู้* ถ้าได้มีโอกาสเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic 6.0 แล้วจะเห็นว่า ภาษา Basic ใน Visual Basic 6.0 นั้นอ่านง่ายคือ อ่านแล้วใกล้เคียงภาษาที่เราใช้งานปกติ อ่านแล้วสื่อความหมายได้เข้าใจง่ายกว่าภาษาโปรแกรมอื่นๆ ทำให้ผู้เริ่มต้นเขียนโปรแกรมทำความเข้าใจกับการเขียนโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว

แม้บรรดานักโปรแกรมหลายๆ คนจะค่อนขอดว่าภาษา Basic ใน Visual Basic 6.0 มีโครงสร้างไม่ค่อยดีนักเมื่อเทียบกับภาษาปาสคาล (Pascal) หรือภาษาจาวา (Java) แต่ต้องไม่ลืมว่าภาษา Basic ใช้เวลาในการเรียนรู้สั้นกว่า จึงง่ายต่อการเรียนรู้และการเข้าใจของคนทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) รวมเครื่องมืออำนวยความสะดวกในการเขียนโปรแกรม นอกจากจะง่ายต่อการเรียนรู้ แล้วโปรแกรม ยังมีเครื่องมือช่วยในการเขียนโปรแกรมเป็นเรื่องที่ไม่ยุ่งยาก เพราะจะมีเครื่องมือช่วยให้ไม่ต้องจดจำไวยากรณ์ภาษาที่ยุ่งยาก ตรวจสอบได้อัตโนมัติว่าโปรแกรมที่เขียนนั้นถูกต้องตามหลักภาษาหรือไม่ มีการแยกแยะส่วนของโปรแกรมอย่างเป็นระเบียบ ทำให้งานของโปรแกรมเมอร์ลดลงได้มาก

นอกจากจะมีเครื่องมือช่วยในการเขียนโปรแกรมแล้ว ยังมีเครื่องมือใช้ทดสอบและแก้ไขโปรแกรม (Debugger) ที่เขียนขึ้นมาว่าทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ มีระบบขอความช่วยเหลือ (Online Help) ไว้อ้างอิง และขอความช่วยเหลือในจุดที่เราข้องใจ

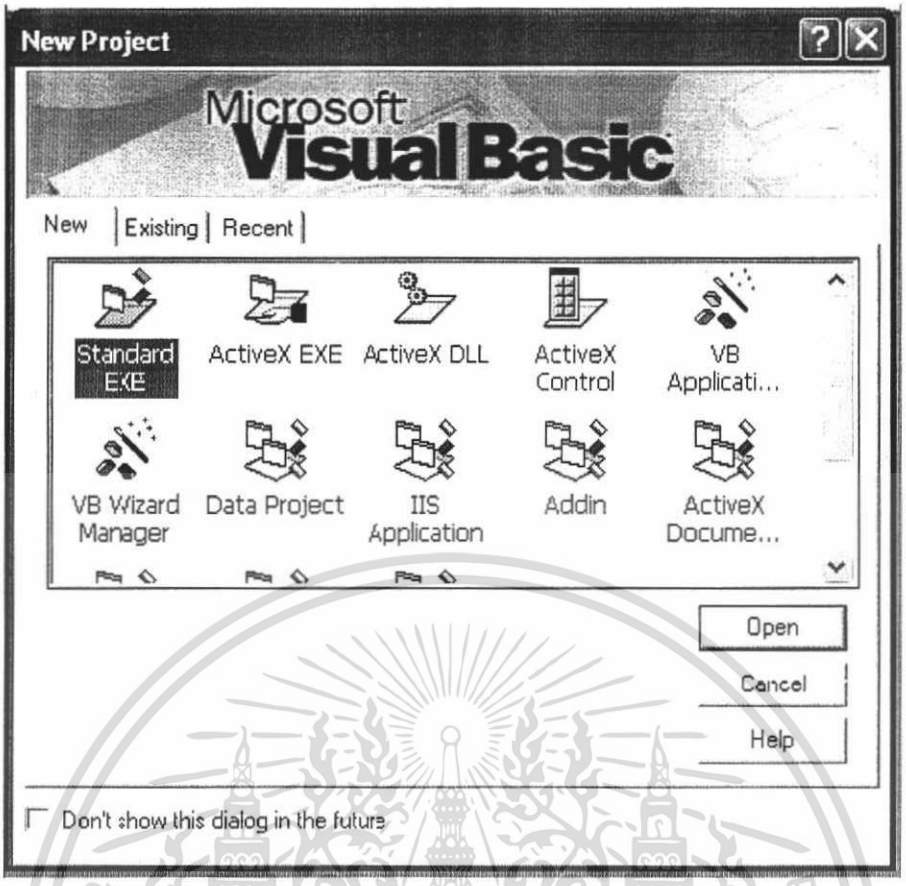
เครื่องมือที่กล่าวมาทั้งหมดที่กล่าวมาจัดรวมไว้ในสภาพแวดล้อมการทำงานเดียวกัน (เรียกย่อว่าๆ IDE ซึ่งมาจาก Integrated Development Environment) ทำให้เรียกใช้งานได้สะดวกตั้งแต่เขียนโปรแกรม ,ทดสอบ ,แก้ไข ,สร้างชุดติดตั้ง รวมทั้งระบบขอความช่วยเหลือ ซึ่งเราสามารถเพิ่มเติมเครื่องมือชนิดใหม่ๆ เข้าไปได้เรื่อยๆ หรือถอดเครื่องมือที่ไม่จำเป็นต้องใช้ออกเพื่อประหยัดเนื้อที่ฮาร์ดดิสก์ก็ได้เช่นกัน

4) มีการพัฒนา ActiveX Control ให้มีการใช้งานหลายด้าน เช่น การที่ Visual Basic ได้รับความนิยมอย่างสูง เนื่องจากมีบุคคลหรือบริษัททางด้านพัฒนาซอฟต์แวร์ได้สร้าง ActiveX Control ขึ้นมาใช้งานกับ Visual Basic มากมาย ครอบคลุมการทำงานหลายด้าน เช่น ฮาร์ดแวร์ กราฟิก ฐานข้อมูล การจัดการเครือข่าย อินเทอร์เน็ต ฯลฯ ซึ่งก็มีทั้งในรูปของฟรีแวร์ แชร์แวร์ และซอฟต์แวร์ที่ขายกันจริงๆ ซึ่งถือเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้ Visual Basic ยังคงถูกใช้งานแพร่หลายมายาวนาน

2.1.2 การเริ่มใช้งานโปรแกรม Visual Basic

สิ่งแรกเมื่อเข้าสู่โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 ได้แก่ จอภาพที่ใช้สำหรับเปิด Project (Project จะเป็นชื่อเรียกแทนระบบงานที่พัฒนาขึ้นด้วย Visual Basic)

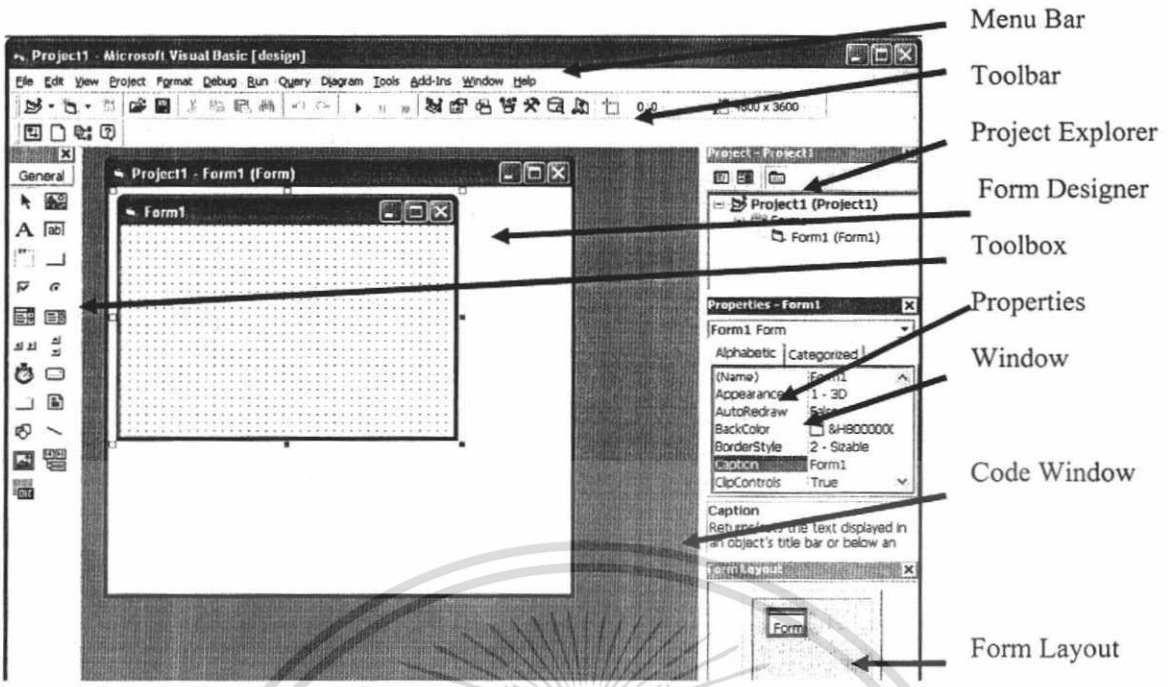
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 หน้าต่าง New Project

ในเบื้องต้นให้เลือก Icon "Standard EXE" ใน Tab "New" เพื่อเข้าสู่จอภาพของ Visual Basic ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 โปรแกรม Visual Basic

-Menu Bar เป็นส่วนที่รับข้อมูลในแบบเมนู เมื่อเราสร้างแอพพลิเคชันด้วย Visual Basic เป็นเสมือนศูนย์กลางที่ควบคุมการสร้างแอพพลิเคชัน

- Toolbar ในการใช้งานเมนูบาร์สั่งงานอาจมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก เพื่อลดขันตอนลงเราจะคลิกที่ทูลบาร์เพียงครั้งเดียว ก็สามารถสั่งงานที่เราต้องการได้ (เป็นเหมือนคีย์ลัดในการทำงาน)

- Toolbox เป็นกล่องเก็บ ActiveX Control ซึ่งเราจะนำมาประกอบเป็นส่วนต่างๆ ของแอพพลิเคชัน

- Project Explorer เป็นเครื่องมือที่ใช้ควบคุมการทำงานของโปรเจ็กต์

- Properties Window เป็นส่วนที่กำหนดพร็อพเพอร์ตี้ให้กับออบเจ็กต์ต่างๆ ในแอพพลิเคชัน

- Form Layout เป็นหน้าตาคร่าวๆ ของฟอร์มที่ได้จากการรันแอพพลิเคชัน ทำให้เราสามารถทราบตำแหน่งที่ปรากฏบนจอภาพเมื่อแอพพลิเคชันทำงาน

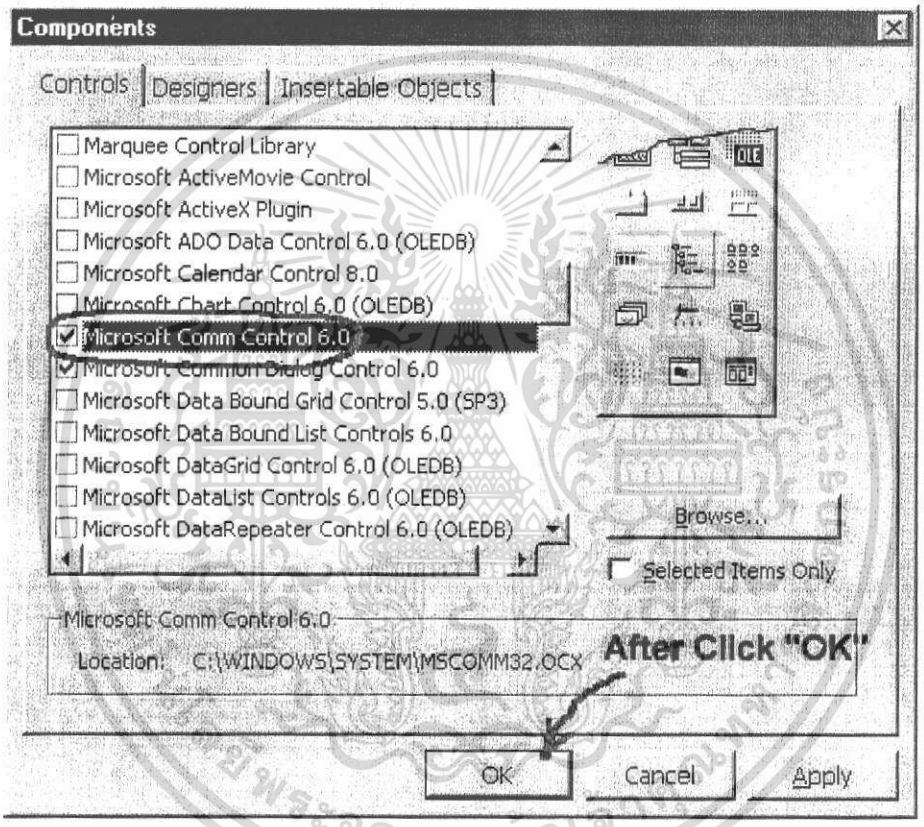
-Form Designer เป็นส่วนที่เรามองเห็นในขณะออกแบบแอพพลิเคชันของ Visual Basic ซึ่งเราจะออกแบบหน้าตาของแอพพลิเคชันผ่านฟอร์มดีไซเนอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-Code Window เป็นส่วนที่เราเขียนโปรแกรม (เรียกสั้นๆ ว่าเขียนโค้ด) เพื่อควบคุมการทำงานของแอพพลิเคชัน

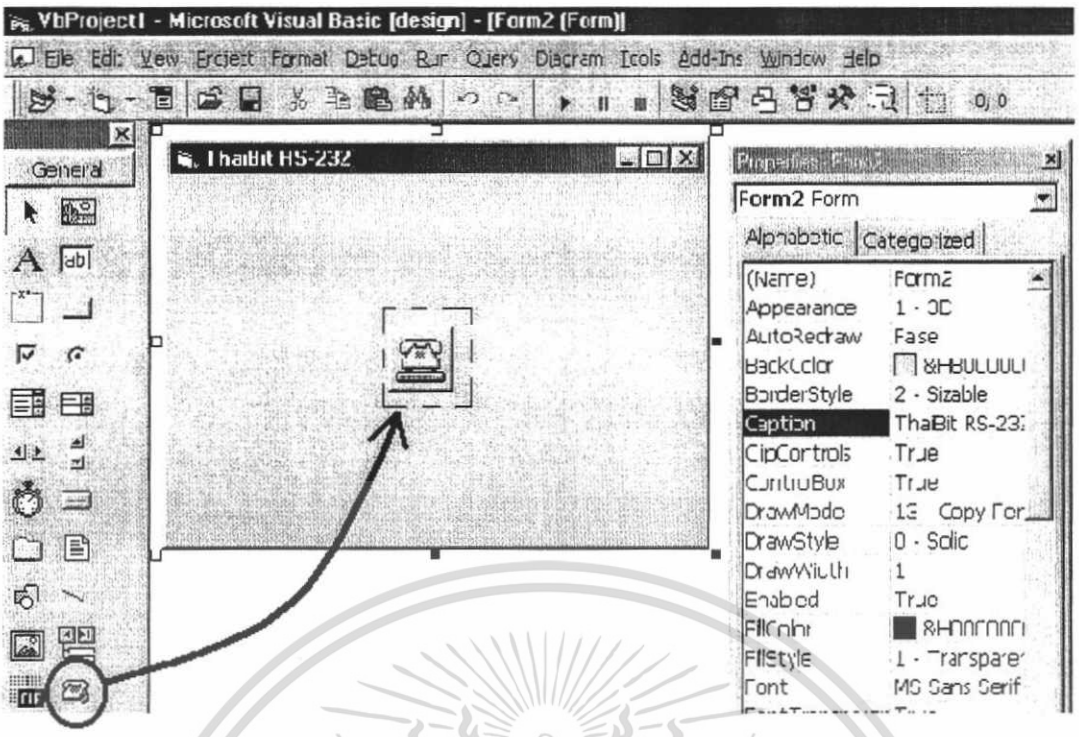
2.1.3 การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานพอร์ตอนุกรม

สำหรับการใช้งาน Visual Basic ตั้งแต่เวอร์ชั่น 2 เป็นต้นมาVisual Basic จะมีคัสตอมคอนโทรลสำหรับการสื่อสารอนุกรมผ่านทางพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์มาให้ โดยทำการเลือกเมนู Project ⟶ Components แล้วจะปรากฏหน้าต่าง Components ขึ้นมา จากนั้นทำการเลือกไปที่ Microsoft Comm Control 6.0



รูปที่ 2.3 หน้าต่าง Components

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การใช้งาน Serial Port

การเขียนโปรแกรมติดต่อกับSerial Port สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1) **การติดต่อแบบอินเตอร์รัพต์** ขบวนการอินเตอร์รัพท์ อุปกรณ์รอบข้างเกือบทุกชิ้นจะต้องปฏิบัติงานอยู่เพื่อส่งสัญญาณไปให้แก่ซีพียูเสมอ ถ้าอุปกรณ์นั้นพร้อมที่จะรับส่ง ที่เคยเจอจากการทำโครงงานอุปกรณ์ จะส่งเป็นรหัสแอสกี้ เราจะเขียน โปรแกรมอินเตอร์รัพต์ โดยเมื่อที่ข้อมูลเข้ามาก็จะทำให้มีCommEventกับOnCommEvent

2) **การติดต่อแบบโพลลิ่ง** ในระบบพีซี การโพลมีบ้างที่ใช้การส่งผ่านข้อมูลระหว่าง Terminal กับ CPU กรณีข้อมูลเป็นประเภทไบท์ที่ส่งจากคีย์บอร์ด โดยวิธีการนี้จะตรวจสอบ คีย์บอร์ดว่ามีข้อมูลส่งมาหรือเปล่า โดยจะตรวจสอบตลอดเวลา การทำงานกับข้อมูลที่รับเข้ามาจะตรวจสอบด้วยความเร็วที่สูงกว่าอัตราความเร็วข้อมูลที่ส่งเข้ามาทาง คีย์บอร์ด การที่ CPU ส่งสัญญาณออกไปตรวจสอบพบว่ามีข้อมูลที่ต้องส่งเข้ามา เรียกว่า"Wet Poll" ซึ่งจะเสียช่วงเวลา 90 เปอร์เซ็นต์ คาบเวลาที่เสียไปนั้น เราเลี่ยงไปใช้เทคนิค การโพลแบบ "Round Robin" แทน แต่ในVBเราจะใช้การตรวจสอบข้อมูลที่มาจาก Serial Port ตลอด โดยจะใช้ Control Timer เข้ามาช่วยในการเขียนโปรแกรมซึ่งสามารถตรวจสอบได้ถึงระดับ 1มิลลิวินาทีหรือจะใช้ Do……Loop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตัวคอนโทรล MSComm มี Event ที่ใช้เพียง Event เดียวเท่านั้นเอง ก็คือ OnComm Event ซึ่งจะใช้ในการติดต่อแบบอินเตอร์รัพต์ โดยการเขียนโปรแกรมติดต่อกับ Serial Port แบบธรรมดาจะใช้ comEvent เพียง comEvReceive,comEvSend ถ้าเป็นการติดต่อสื่อสารแบบ โมเด็มจะใช้หลายตัวในการตรวจสอบสัญญาณ

2.1.4 คุณสมบัติของ MSComm Control ให้สามารถติดต่อกับพอร์ตได้

1. Property ชื่อ CommPort คือ เลือกคอมพอร์ตที่เราจะต่อใช้งาน

ตัวอย่าง MSComm1.CommPort=1

2. Property ชื่อ Settingsคือ การตั้งค่าของการรับส่งข้อมูลซึ่งจะต้องรู้ด้วยว่าอัตราบอดเรต ของอุปกรณ์ที่จะติดต่อด้วยเป็นเท่าไร โดยมีรายละเอียดการใส่ต่างๆค่าดังนี้

MSComm1.Settings="Baud (อัตราการรับส่งข้อมูล) Parity (ถ้าไม่ใช้ใส่ N,จำนวนบิตข้อมูล,บิตสต๊อบ"

ตัวอย่าง MSComm1.Settings="1200,N,8,1"

3. Property ชื่อ InputLen คือ กำหนดขนาดขณะที่มีข้อมูลเข้ามาให้ไปอ่าน ข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ในบัพเฟอร์

ตัวอย่าง MSComm1.InputLen=1

4. Property ชื่อ PortOpen คือ จะเปิดให้พอร์ตใช้งานหรือไม่ ถ้าเปิด =True ถ้าปิด =False

ตัวอย่าง MSComm1.PortOpen=True

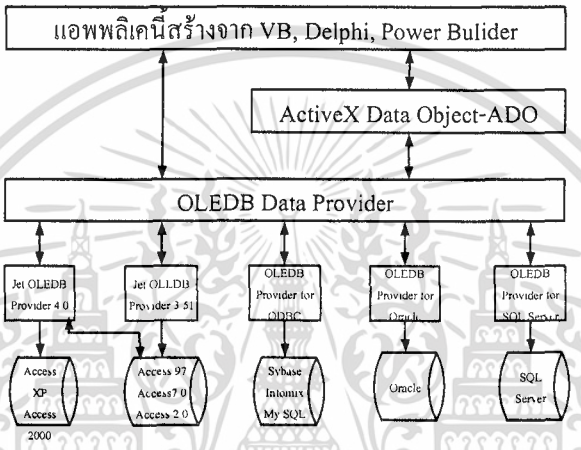
5. Property ชื่อ Rthreshold คือทำให้เกิดการกระตุ้นด้วย Event-drivenเมื่อมีข้อมูลบัฟเฟอร์รับข้อมูล(Comport)มันทำให้เกิดCommEvent ใน OnComm Event

ตัวอย่าง MSComm1.Rthreshold =1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สถาปัตยกรรม ADO ของ 6.0

การเขียนด้านฐานข้อมูลของ VB 6.0 จะอาศัยสถาปัตยกรรม ActiveX Data Object (ADO) ทำหน้าที่ เชื่อมต่อแหล่งข้อมูลประเภทต่างๆ โดยอาศัย Provider แต่ละชนิดเชื่อมต่อกับแหล่งข้อมูลแต่ละประเภท ในการเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลเราใช้งานกลุ่มออบเจ็กต์ ADO โดยตรง สำหรับการใช้งานแบบนี้ถือเป็นวิธีที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบงานฐานข้อมูล แต่ว่าจะต้องมีการที่จะต้องเขียนโค้ด เพื่อควบคุมการทำงานของออบเจ็กต์แต่ละตัว แต่มีข้อดีคือสามารถควบคุม แก้ไข ได้สะดวก และยืดหยุ่นในการที่จะติดต่อกับฐานข้อมูลนั้นจะต้องทำการเขียน ชุดคำสั่ง SQL ที่จะเป็นการติดต่อกับฐานข้อมูลที่เราต้องการ ซึ่งจะสามารถ เพิ่ม ลบ แสดง ข้อมูลตามต้องการ

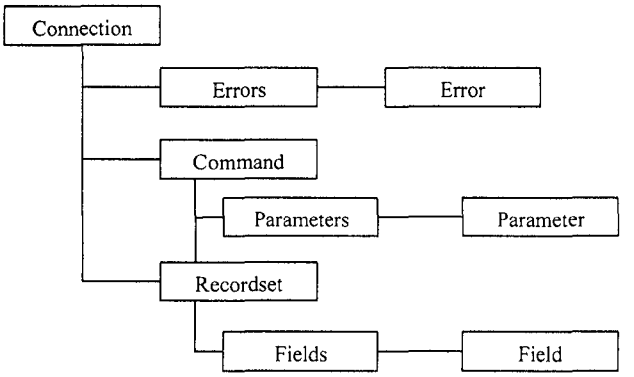


รูปที่ 2.5 Provider แต่ละชนิดของ ADO

2.2.1 องค์ประกอบของกลุ่มออบเจ็กต์ ADO

ออบเจ็กต์ของสถาปัตยกรรม ADO จะมีออบเจ็กต์ที่เป็นแกนหลักอยู่ 3 ตัว คือ ออบเจ็กต์ Connection, Command และออบเจ็กต์ Recordset ลักษณะที่สำคัญที่สุดของออบเจ็กต์ทั้ง 3 ตัวก็คือ การทำงานของออบเจ็กต์แต่ละตัว สามารถทำงานแยกอิสระจากกัน หรือทำงานด้วยกันได้ ดังรูป 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แบบจำลองของออบเจ็กต์ 3 ตัว ของ ADO

ADO โดยที่ออบเจ็กต์แต่ละตัวรับผิดชอบตามหน้าที่ของตัวเอง กล่าวคือ

1) เชื่อมต่อกับแหล่งข้อมูล หรือฐานข้อมูลด้วยออบเจ็กต์ Connection
2) คิวรีข้อมูลออกมาด้วยออบเจ็กต์ Command
3) เก็บข้อมูลที่คิวรีออกมาไว้ที่ออบเจ็กต์ Recordset

แต่ว่าสามารถใช้งานออบเจ็กต์แต่ละตัว ให้แตกต่างจากหน้าที่ที่มันรับผิดชอบอยู่ได้เช่นกัน ซึ่งเป็นคุณสมบัติของออบเจ็กต์ที่มีอยู่ในสถาปัตยกรรม ADO ข้อมูลที่ทำการบันทึกลงไปนั้นจะถูกจัดเก็บโดยโปรแกรม Microsoft Office Access

2.3 โปรแกรม Microsoft Office Access 2003

Microsoft Office Access 2003 เป็นโปรแกรมฐานข้อมูลที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจาก Access 2003 เป็นโปรแกรมฐานข้อมูลที่มีความสามารถในหลายๆ ด้าน ใช้งานง่าย ซึ่งผู้ใช้สามารถเริ่มทำได้ตั้งแต่การออกแบบฐานข้อมูลจัดเก็บข้อมูล เขียนโปรแกรมควบคุม ตลอดจนการทำรายงานแสดงผลของข้อมูล

Access 2003 เป็นโปรแกรมฐานข้อมูลที่ใช้งานง่าย โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความเข้าใจ ในการเจียนโปรแกรมก็สามารถใช้งาน ได้โดยที่ไม่จำเป็นต้องศึกษารายละเอียด ในการเขียนโปรแกรมให้ยุ่งยาก และสำหรับนักพัฒนาโปรแกรมมืออาชีพนั้น Access 2003 ยังตอบสนองความต้องการในระดับสูงขึ้นไปอีกเช่น การเชื่อมต่อระบบฐานข้อมูลกับฐานข้อมูลอื่นๆ เช่น SQL ERVER, ORACLE หรือแม้แต่การนำข้อมูลออกสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ตก็สามารถทำได้

ในโครงงานนี้ได้นำ Access 2003 มาใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูลต่างๆ ของมอเตอร์ที่เราได้ทำการควบคุมเพื่อเก็บไว้เป็นข้อมูลดิบ และสามารถที่จะดึงข้อมูลดิบนั้นๆ ออกมาแสดงได้ตามความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการ ในการที่จะเก็บข้อมูลต่างๆ นั้นจะต้องทำการออกแบบตารางที่ใช้เก็บข้อมูล ในโปรแกรม Access 2003 เสียก่อน

2.3.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของไฟล์ฐานข้อมูลใน Access 2003

ในโปรแกรม Access จะมีไดอะล็อกซ์บ๊อกซ์ที่สำคัญดังรูปที่ 2.7 ซึ่งไดอะล็อกซ์บ๊อกซ์นี้จะใช้ในการสร้างฐานข้อมูล Access และไดอะล็อกซ์บ๊อกซ์นี้จะมีส่วนประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้

รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม

ซึ่งส่วนประกอบที่สำคัญ จะประกอบไปด้วย Tables, Queries, Forms, Reports, Pages, Macros, Modules ในโครงงานนี้ได้ใช้ส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ด้วยกันคือ

1. Tables ในที่นี้จะเรียกส่วนนี้ว่า **ตาราง** เป็นส่วนที่เก็บโครงสร้างของฐานข้อมูล และข้อมูลต่างๆ ที่เรามี เช่น ตารางเก็บข้อมูลเกี่ยวกับความเร็วรอบของมอเตอร์และวัน เวลา ที่ทำงาน ตารางนี้จะเก็บข้อมูลอยู่ในรูปแถวและคอลัมน์ โดยข้อมูลในแต่ละแถวจะเรียกว่า เรคอร์ด (Record) ซึ่งจะเป็ข้อมของรายละเอียดต่างๆ ของมอเตอร์ และข้อมูลในแต่ละคอลัมน์จะเรียกว่า (Field)

2. Queries ในที่นี้ส่วนนี้เรียกว่า คิวรี เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการดึงข้อมูลดิบมากมายที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลออกมาใช้อย่างเป็นระเบียบ โดยเราสามารถเรียกดูทั้งหมด หรือเฉพาะข้อมูลที่เจาะจง และสามารถเรียงลำดับข้อมูลจากมากไปน้อย จากน้อยไปมาก รวมกลุ่มข้อมูลและสามารถหาค่ารวม (Summary) ของข้อมูลแต่ละกลุ่มได้ เราสามารถใช้คิวรีเป็นตัวดึงข้อมูลดิบมากมายออกมาเป็นข้อมูลพร้อมใช้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้จะเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ PIC16F877 มีโครงสร้าง 40 ขา มีพอร์ตใช้งานทั้งสิ้น 5 พอร์ต คือ พอร์ต A 6 บิทพอร์ต B 8 บิท พอร์ต C 8 บิท พอร์ต D 8 บิตและพอร์ตE 3 บิต เป็นพอร์ตแบบสองทิศทางสามารถเป็นได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุทและยังเป็นพอร์ตที่สามารถแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลได้อีกด้วย

คุณสมบัติของ PIC16F877 มีดังนี้

- หน่วยความจำแบบแฟลซ 8 กิโลเวิร์ด
- หน่วยความจำข้อมูล(Data Memory) 368 byte
- หน่วยความจำอีอีพรอม (EEPROM Data Memory) 256 byte
- ไทเมอร์/เคอน์เตอร์ 3 ตัว
  - ไทเมอร์ 0 ขนาด 8 บิท
  - ไทเมอร์ 1 ขนาด 16 บิท
  - ไทเมอร์ 2 ขนาด 8 บิท
- มีกระแสซิงค์และซอร์ส 25 mA
- วงจรแปลงสัญญาณ Analog to Digital Converter 10บิท
- มีวงจรสื่อสารแบบอนุกรมทั้ง SPI และ I2C
- มีวงจร Pulse Width Modulate (PWM) 10 บิท

หน่วยความจำแบบแฟลซ สามารถเขียนและลบได้ 100,000ครั้ง

2.5 มอเตอร์กระแสตรง

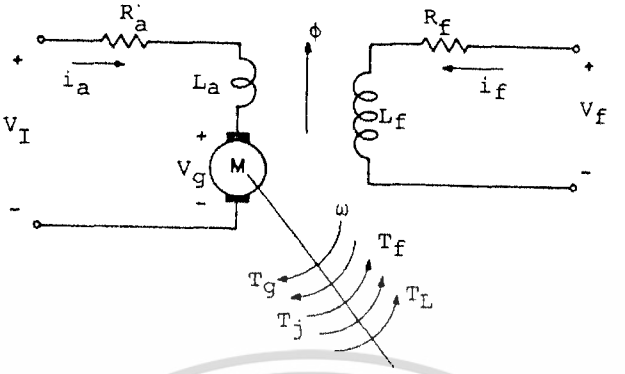
เมื่อมีการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดในสนามแม่เหล็ก จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็ก ซึ่งมีสัดส่วนของแรงขึ้นอยู่กับกระแสแรงของสนามแม่เหล็ก โดยแรงจะเกิดขึ้นเป็นมุมฉากกับกระแส และสนามแม่เหล็ก ขณะที่ทิศทางของแรงกลับมีทิศตรงกันข้ามกัน ถ้าหากกระแสของสนามแม่เหล็กไหลย้อนกลับ จึงมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแส และสนามแม่เหล็กเป็นผลทำให้ทิศทางของแรงเปลี่ยนไป ด้วยคุณสมบัตินี้ทำให้มอเตอร์กระแสตรงกลับทิศทางการหมุนได้

สนามแม่เหล็กของมอเตอร์ส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากแม่เหล็กถาวรซึ่งจะถูกยึดติดกับแผ่นเหล็ก หรือเหล็กกล้า โดยปกติส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ยึดอยู่กับที่ และ ขดลวดเหนี่ยวนำจะพันอยู่กับส่วนที่เป็นแกนหมุนของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 โมเดลอิเล็คโทรแมคคานิคอล

ส่วนสำคัญของดีซีมอเตอร์แบบฟิลด์แยกกระตุ้นมีโมเดลดังแสดงในรูป 2.8



รูปที่ 2.8 โมเดลของดีซีมอเตอร์แบบฟิลด์แยกกระตุ้น

R_a	คือ	ความต้านทานของอาร์เมเจอร์
L_a	คือ	อินดัคแต้นซ์ของอาร์เมเจอร์
V_g	คือ	แรงดันกำเนิดในอาร์เมเจอร์ (แรงดันย้อนกลับ)
R_f	คือ	ความต้านทานของฟิลด์
L_f	คือ	อินดัคแต้นซ์ของฟิลด์
ϕ	คือ	ช่องว่างอากาศของเส้นแรงสนามแม่เหล็ก
ω	คือ	ความเร็วของเพลาอาร์เมเจอร์
T_g	คือ	แรงบิดที่พัฒนาขึ้นในมอเตอร์
T_f	คือ	แรงบิดเสียดทานของมอเตอร์
T_J	คือ	แรงเฉื่อยของมอเตอร์
T_L	คือ	แรงบิดโหลดบนเพลาของมอเตอร์

ขั้นแรกเราจะหาสมการพื้นฐานโมเดลของดีซีมอเตอร์ได้จากลูปของอาร์เมเจอร์

$$V_i(t) = R_a i_a(t) + L_a \frac{di_a(t)}{dt} + V_g(t) \qquad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $V_g(t)$ คือ แรงดันย้อนกลับของมอเตอร์ซึ่งเกิดขึ้น เมื่อเส้นลวดตัวนำของอาร์มาเจอร์หมุนตัดเส้นแรงแม่เหล็กซึ่งเกิดขึ้นในกระแสของฟิลด์ (i_f) ตามกฎของฟาราเดย์ลูปของเส้นลวดตัวนำหมุนในฟิลด์แม่เหล็กคงที่จะมีการเหนี่ยวนำแรงดัน ขึ้นในขดลวดนั้น

$$V_j(t) = \frac{d\lambda(t)}{dt} \tag{2}$$

เมื่อ $\lambda(t)$ คือ เส้นแรงแม่เหล็กที่ลิงเคจ (linkages) ไปยังขดลวด และ t คือเวลาในการหมุนของคอมนิวเตเตอร์ของมอเตอร์ การควบคุมวงจรของแต่ละส่วนของตัวนำในโรเตอร์จะเกิดโวลท์เต็จขึ้นในส่วนของตัวนำนั้นตามสมการ (2) เมื่อ $\frac{d\lambda(t)}{dt}$ จะเป็นสัดส่วนต่อเส้นแรงแม่เหล็กในช่องว่างอากาศและความเร็วเชิงมุม $\omega(t)$ เราจะได้ว่า

$$V_g(t) = K\phi(t)\omega(t) \tag{3}$$

สมมุติให้กระแสของฟิลด์มีค่าคงที่ และไม่คิดถึงส่วนการเปลี่ยนแปลงในเส้นแรงฟิลด์เนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอคชั่น เส้นแรงฟิลด์ก็จะมีค่าคงที่ดังนั้นสมาการ (3) ก็จะเป็น

$$V_g(t) = K_e\omega(t) \tag{4}$$

เมื่อเราสมมติให้เส้นแรงของฟิลมีค่าคงที่ แรงบิดของแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเกิดขึ้น แก่โรเตอร์ของมอเตอร์ จะเป็นสัดส่วน กับกระแสของอาร์มาเจอร์

$$T_g(t) = K_t\, i_a(t) \tag{5}$$

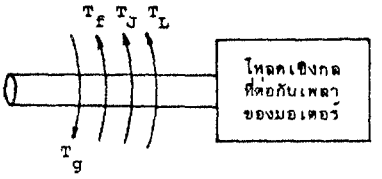
เมื่อ K_t คือ ค่าคงที่ของแรงบิดของมอเตอร์

กำลังงานเชิงกลที่เกิดขึ้นในโรเตอร์คือผลคูณของแรงบิดที่เกิดขึ้นและความเร็วเชิงมุม

$$P_g(t) = T_g(t)\,\omega(t) \tag{6}$$

กำลังงานเชิงกลที่เกิดขึ้นในโรเตอร์ทั้งหมดนี้จะจ่ายไปยังโหลดที่ต่ออยู่กับเพลาของมอเตอร์แต่กำลังงานนี้บางส่วนจะมีการสูญเสียไปในมอเตอร์ การสูญเสียจากแรงเสียดทาน หมายถึงความหน่วงเนื่องจากลมที่มีต่อโรเตอร์ แรงเสียดทานตัวรองรับโรเตอร์ กระแสที่ไหลวนในเหล็กของโรเตอร์และฮีสเทรีซิส โดยแรงบิดต่างๆแสดงดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แรงบิดที่เกิดขึ้นต่อโหลดของมอเตอร์

$T_g(t)$ คือ แรงบิดของมอเตอร์

$T_f(t)$ คือ แรงบิดที่ต้องชนะการสูญเสียเนื่องจากการเสียดทาน

$T_J(t)$ คือ แรงบิดเพื่อใช้เพิ่มอัตราเร่งแก่ความเฉื่อยของโหลด

$T_L(t)$ คือ แรงบิดโหลด

ในช่วงเวลาใดๆก็ตาม แรงบิดของมอเตอร์จะต้องเท่ากับ และมีทิศทางตรงข้าม กับผลรวมของแรงบิด $T_f(t)$,$T_J(t)$ และ $T_L(t)$ ดังนั้น

$$T_g(t) = T_f(t) + T_L(t) + J\frac{d\omega(t)}{dt} \qquad (7)$$

เมื่อ J คือผลรวมของโมเม้นท์แรงเฉื่อยของโรเตอร์และโหลดที่ต่ออยู่ที่เพาของมอเตอร์

ผลรวมของแรงบิดเสียดทานที่ประกอบกันขึ้นมาที่เพลาของมอเตอร์ ซึ่งเป็นลิเนียร์ฟังก์ชันกับความเร็วเชิงมุมของโรเตอร์เรียกว่า ส่วนประกอบของแรงเสียดทานเนื่องจากความเฉื่อย และมักจะอยู่ในเทอมที่แยกออกจากแรงเสียดทานอื่นๆ ซึ่งแสดงได้ด้วยสมการต่อไปนี้

$$T_g(t) = T_f(t) + T_L(t) + J\frac{d\omega(t)}{dt} + B\omega(t) \qquad (8)$$

เมื่อ B คือสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานเนื่องจากความเฉื่อยของมอเตอร์และโหลดที่ต่ออยู่กับเพลาของมอเตอร์ $T_f(t)$ คือผลรวมของฟริคชั่นของโหลดและมอเตอร์ทั้งหมด มีแรงต้านของลมและการสูญเสียกำลังในเหล็กของเพลามอเตอร์ยกเว้นวิสคอสฟริคชั่น

สมการ (1) (4) (5) และ (8) เป็นชุดสมการพื้นฐานของดีซีมอเตอร์โมเดลและสมการเหล่านี้เราสามารถจะหาทรานสเฟอร์ฟังก์ชั่นของดีซีมอเตอร์ได้ โดยใส่ลาปลาสทรานสฟอร์มทั้งสองข้างของชุดสมการพื้นฐานได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

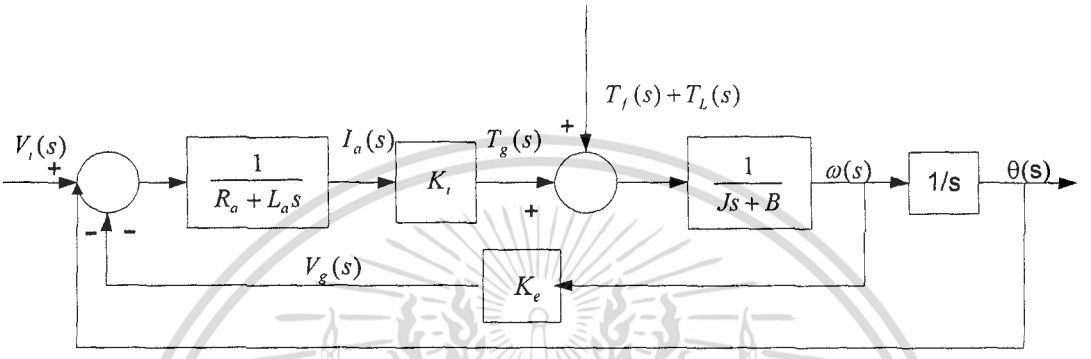
$$V_i(s) - V_g(s) = (R_a + sL_a)\, I_a(s) \quad (9)$$

$$V_g(s) = K_e \omega(s) \quad (10)$$

$$T_g(s) = K_t\, I_a(s) \quad (11)$$

$$T_g(s) - T_f(s) - T_L(s) = (B + sJ)\, \omega(s) \quad (12)$$

สามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมที่แสดงสมการพื้นฐานเหล่านี้ได้ดังนี้



รูปที่ 2.10 บล็อกไดอะแกรมของดีซีมอเตอร์

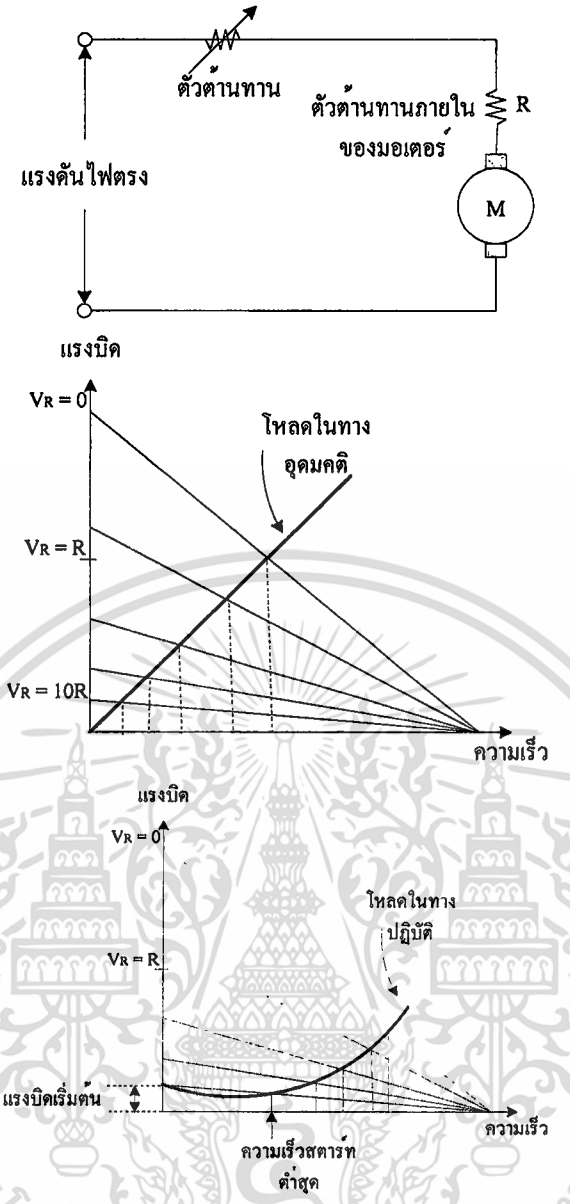
2.6 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ขั้นพื้นฐาน

2.6.1 การควบคุมด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้

การควบคุมมอเตอร์รูปแบบพื้นฐานที่สุดคือ ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ต่ออนุกรมกับมอเตอร์ โดยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ การบังคับแบบนี้ไม่มีประสิทธิภาพ เพราะกำลังไฟสูญเสียไปในตัวความต้านทาน มักนิยมใช้กับมอเตอร์ตัวเล็กๆ การบังคับแบบนี้ให้คุณสมบัติการสตาร์ทดี (ให้แรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ) แต่จะให้ความเร็วสูงมากเมื่อมอเตอร์อยู่ในภาวะที่มีโหลดน้อยๆ ดังนั้นการบังคับแบบนี้มีประโยชน์เฉพาะภาวะที่แรงต้านคงที่ เช่น การบังคับความเร็วของเครื่องจักรเย็บผ้า เป็นต้น

72691

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

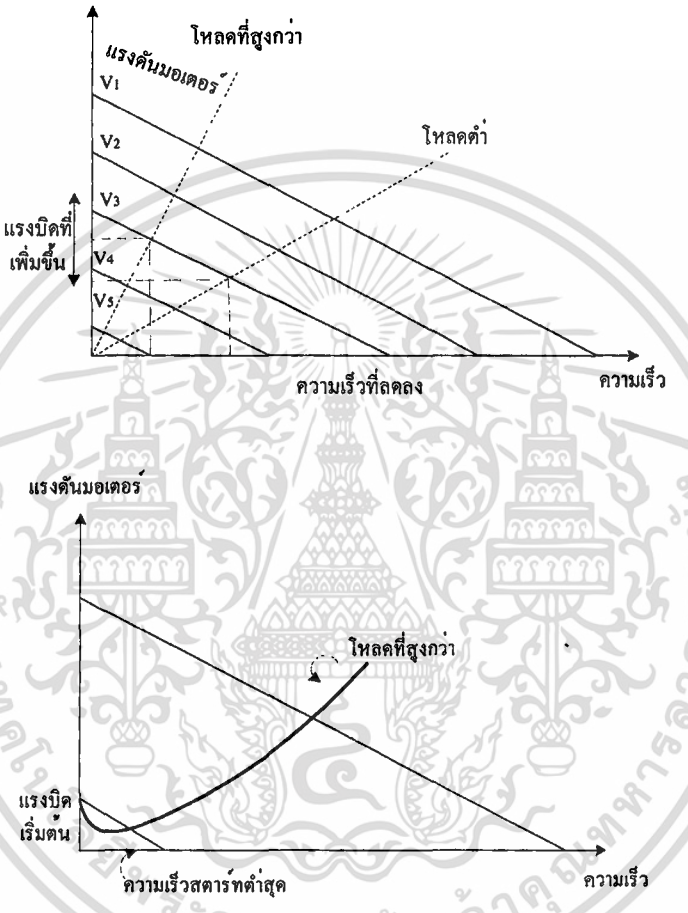


รูปที่ 2.11 วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานอนุกรม และกราฟแสดงคุณสมบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การควบคุมด้วยวิธีเปลี่ยนค่าแรงดัน

วิธีการนี้ดีกว่าวิธีการแรก แต่จะซับซ้อนกว่าต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ ที่ทีอัตราขยายกำลังสูง และ มอเตอร์จะถูกป้อนด้วยแรงดันที่เปลี่ยนแปลงค่าได้ จากแหล่งจ่ายที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ ข้อดีของการควบคุมวิธีนี้คือ ถ้าความเร็วลดลงจากผลของแรงบิด แรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาระดับความเร็ว ส่วนข้อเสียจากการควบคุมวิธีนี้คือ เมื่อมอเตอร์มีความเร็วต่ำแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะมีค่าต่ำเช่นกัน



รูปที่ 2.12 การควบคุมความเร็วโดยเปลี่ยนค่าแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 การควบคุมแบบ PWM (Pulse Width Modulation)

Pulse width modulation (PWM) คือ เทคนิคสำหรับควบคุมวงจรทางด้านฮาร์ดแวร์โดยใช้สัญญาณเอาท์พุตแบบดิจิตอลของไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุม

การทำงานของสัญญาณ PWM

รูปที่ 2.31 แสดงสัญญาณ PWM ที่แตกต่างกัน 3 สัญญาณโดยที่

รูปที่ 2.13 (ก) แสดงสัญญาณ PWM ที่ 10% duty cycle คือ สัญญาณในการออนจะเป็น 10% ของคาบสัญญาณ และ จะออฟเป็น 90% ของคาบสัญญาณ

รูปที่ 2.13 (ข) แสดงสัญญาณ PWM ที่ 50% duty cycle คือ สัญญาณในการออนจะเป็น 10% ของคาบสัญญาณ และ จะออฟเป็น 50% ของคาบสัญญาณ

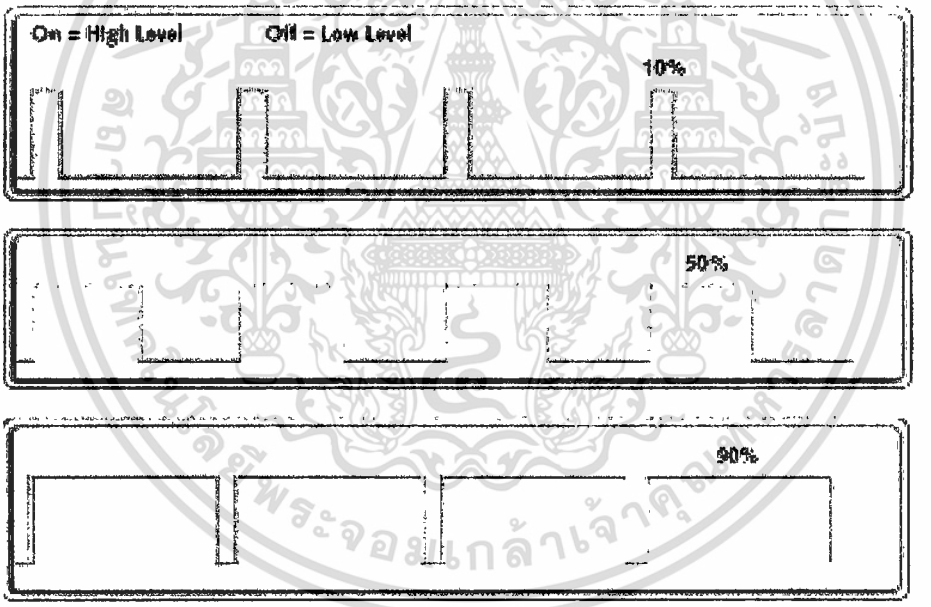
รูปที่ 2.13 (ค) แสดงสัญญาณ PWM ที่ 90% duty cycle คือ สัญญาณในการออนจะเป็น 10% ของคาบสัญญาณ และ จะออฟเป็น 10% ของคาบสัญญาณ

เช่น ถ้า Power Supply มี 9V และ duty cycle เป็น 10% จะได้เอาท์พุต 0.9V

(ก)

(ข)

(ค)



รูปที่ 2.13 สัญญาณ PWM ซึ่งแสดงค่า duty cycles ที่ต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

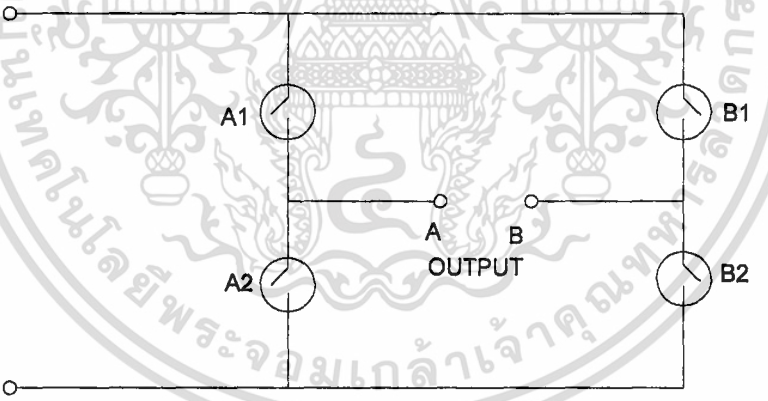
ทำไมถึงใช้ PWM ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์

มีหลายเหตุผลว่าทำไม PWM ถึงถูกเลือกใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ เช่น:

- PWM ง่ายในการอินเตอร์เฟสกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และ ใช้เพียงแค่เอาท์พุตสัญญาณเดียวในการควบคุมความเร็ว
- PWM มีประสิทธิภาพ คือ Power Supply จะจ่ายกำลังได้เต็มที่ทั้ง ON และ OFF(FULL ON and FULL OFF)
- PWM ทำให้ได้ค่า ทอร์ค และ ความเร็วสูงสุดของมอเตอร์ เป็นเพราะ Power Supply จะจ่ายกำลังได้เต็มที่ทั้ง ON และ OFF (FULL ON and FULL OFF)

ซึ่งในโครงงานนี้ที่ใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวตัดต่อวงจร เราสามารถจะควบคุมจังหวะในการจ่ายกระแสได้ การ on และ off ในสัดส่วนต่างๆกัน ด้วยความถี่ที่เหมาะสมก็จะทำให้มอเตอร์ หมุนที่ความเร็วต่างๆ กันตามความต้องการได้ ถ้าความถี่ต่ำไปมอเตอร์ก็จะหมุนแบบกระตุกๆ ไม่เรียบ และอาจจะได้ยินเสียง จากการสั่นของ ขดลวดทองแดง ถ้าความถี่สูงกว่า 20 kHz หูเราก็จะไม่ได้ยินเสียงขดลวดสั่นอีกต่อไป และ ที่ความถี่สูงขึ้นไป มากๆ ก็จะเกิดการสูญเสีย พลังงาน ในวงจรมากเกินความจำเป็น

2.7 วงจรขับมอเตอร์



รูปที่ 2.14 โครงสร้าง H bridge

วงจรควบคุมทิศทางของมอเตอร์โดยการเปิด-ปิด สวิทช์ A1,B2 หรือ B1,A2 เช่นถ้าปิด A1,B2 มอเตอร์จะหมุนไปทางหนึ่งและจะหมุนอีกทางหนึ่งเมื่อปิดสวิทช์ B1,A2 นอกจากที่เราต้องการควบคุมทิศทางแล้วเรายังต้องควบคุมความเร็วของมอเตอร์อีกด้วยโดยส่วนมากจะใช้วิธีการ PWM (Pulse

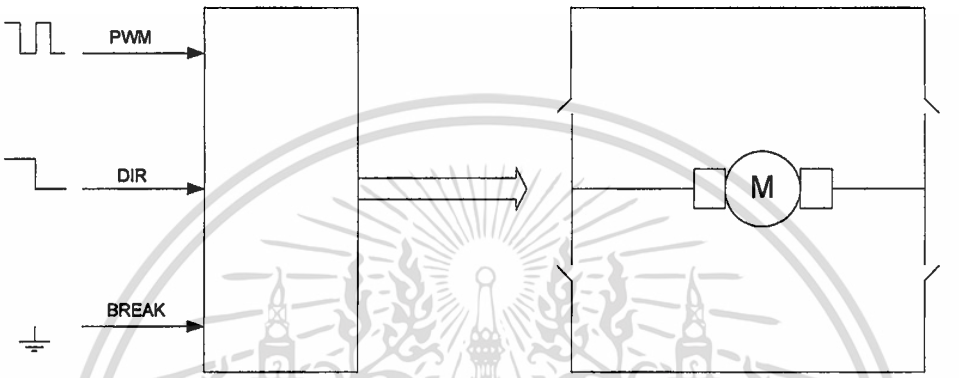
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Width Modulate) ซึ่งสามารถสร้างแรงดันเฉลี่ย (average Voltage) ที่มากกว่า 0 ได้ซึ่งก็หมายความว่าเราสามารถทำให้มอเตอร์เร็วขึ้นได้นั้นเอง

Sign/Magnitude PWM

สัญญาณที่ใช้ควบคุมทิศทางและกำลังนั้นแยกจากกันโดยกระแสที่โหลด ได้รับจะเป็นสัดส่วนโดยตรง กับความกว้างของ PWM ที่ส่งเข้ามา

ถ้าสัญญาณ DIR ที่ Pin 5 เป็น low มอเตอร์จะหมุนอีกทางหนึ่งและเช่นเดียวกันกำลังจะขึ้นกับการปรับ Duty cycle ถ้ามากมอเตอร์จะหมุนเร็ว

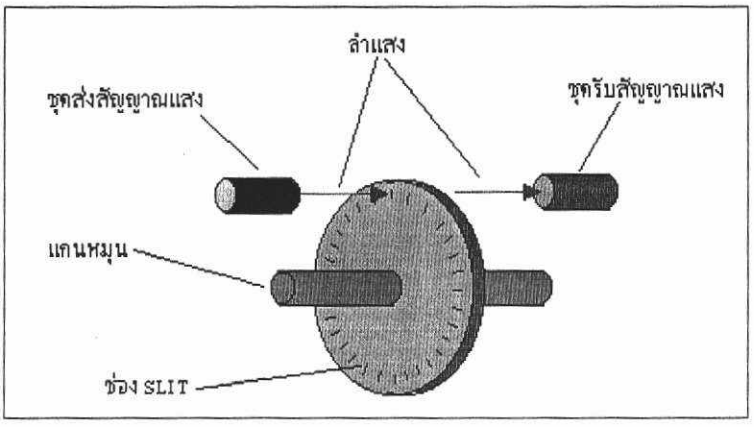


รูปที่ 2.15 การควบคุมแบบ Sign/Magnitude

2.8 เอ็นโค้ดเดอร์

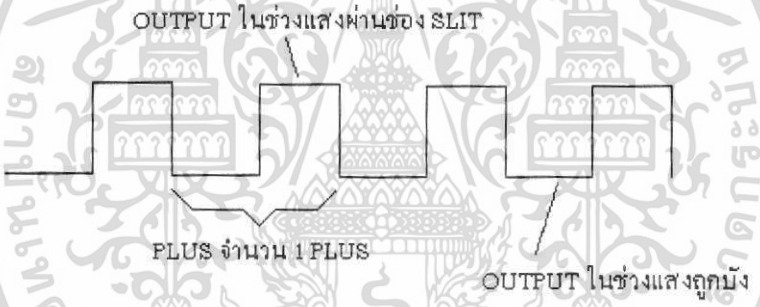
Rotary Encoder มีลักษณะเป็นแผ่นกลมมีแกนอยู่ตรงกลาง และ ที่แผ่นกลม จะมีช่องเล็ก ที่แสงสามารถ ส่องผ่านได้ เป็นจำนวนมากเราเรียกช่องนี้ว่า ช่อง slit ซึ่งที่ด้านหนึ่งของ แผ่นกลม นี้ จะมีตัวส่งแสงอินฟาเรต ไปยังตัวรับสัญญาณแสงอินฟาเรต ซึ่งจะอยู่ในด้านตรงกันข้าม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 Rotary Encoder

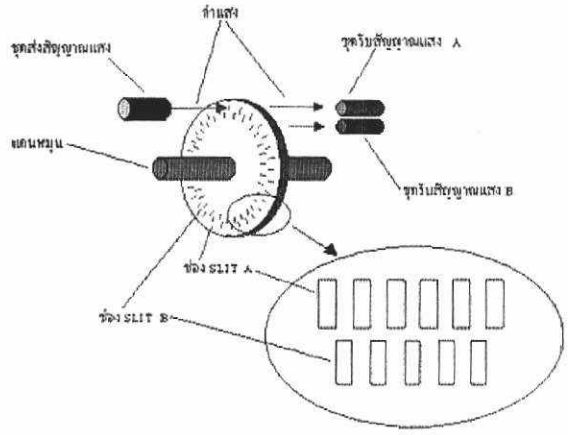
เมื่อหมุนแกนหมุนทำให้แผ่นกลมหมุนไปตัดลำแสงอินฟาเรด ดังนั้นชุดรับแสงอินฟาเรด จึงมีแสงมากระทบเป็นช่วงๆ ตามจังหวะที่แสงส่องผ่านช่อง slit จึงทำให้สัญญาณเอาต์พุตของชุดรับแสงอินฟาเรด มีลักษณะเป็นพัลซ์



รูปที่ 2.17 การสร้างพัลซ์ของ Rotary Encoder

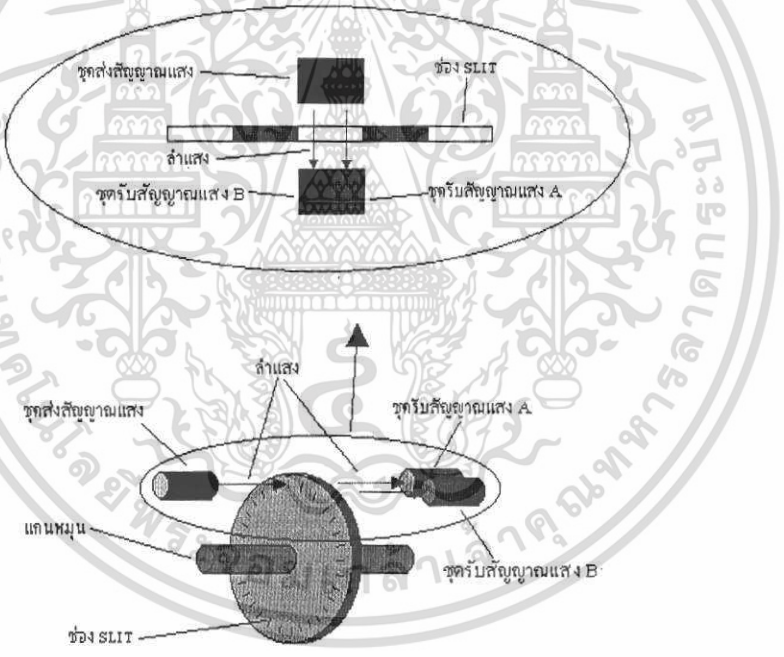
จำนวนพัลซ์ที่ได้ออกมานี้จะเป็นตัวที่ชี้บ่งว่ามอเตอร์หมุนไปกี่องศา หรือกี่รอบซึ่งเราสามารถคำนวณได้จาก สูตร จำนวนรอบที่ มอเตอร์หมุนไป = จำนวน plus ค่าความละเอียดของ rotary encoder โดยที่ ค่าความละเอียดของ rotary encoder นั้นนิยมใช้หน่วยเป็น plus/ round หรือ ppr เช่น 1000 ppr ก็หมายถึงว่าเมื่อ มอเตอร์หมุนไป 1 รอบจะมีพัลซ์ออกมา 1000 plus เป็นต้น ส่วนในเรื่องที่ว่าเราจะทราบได้อย่างไรว่า มอเตอร์หมุนไปทิศทางใดนั้น ส่วนใหญ่แล้วจะใช้วิธีสร้างช่องเป็น 2 ชุดเหลื่อมกัน 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 พัลซ์ของ Rotary แบบสองเฟส

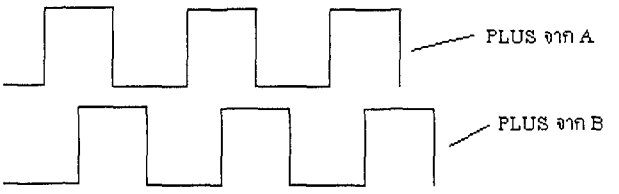
หรืออาจจะใช้ช่องเพียง 1 ชุดแต่มีการจัดวางชุดรับสัญญาณแสงดังรูปข้างล่างแต่ข้อสำคัญคือจะต้องมีเฟสต่างกัน 90 องศา



รูปที่ 2.19 การตรวจเช็คสัญญาณพัลซ์ของ Rotary Encoder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

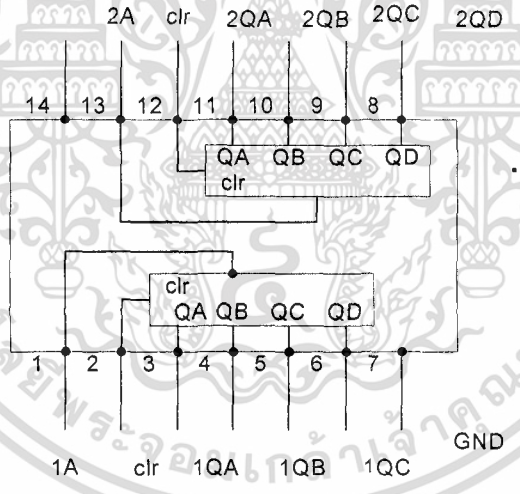
ดังนั้นสัญญาณเอาต์พุต จากมอเตอร์ จึงมี 2 ชุด คือ A และ B โดยที่สัญญาณพัลซ์จาก A และ B ก็จะเหลื่อมกัน 90 องศาด้วย อาจกล่าว ได้ว่าสัญญาณเอาต์พุต จากมอเตอร์ มีค่าเท่ากับ 2 บิต คือ หนึ่งบิต มาจาก A และอีกหนึ่งบิต มาจาก B



รูปที่ 2.20 ลักษณะพัลซ์ของ Rotary Encoder ทั้ง สองเฟส

2.9 วงจรนับ 74HC393

คือไอซีที่ใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์ของเอ็นโค้ดเดอร์ ซึ่งมีการจัดวางขา และตารางการ เป็นดังนี้



รูปที่ 2.21 การจัดวางขาของไอซีวงจรนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตารางการทำงานของไอซีเบอร์ 74HC393

COUNT	QA	QB	QC	QD
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H
10	H	L	H	L
11	H	L	H	H
12	H	H	L	L
13	H	H	L	H
14	H	H	H	L
15	H	H	H	H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 การอนุวัตตัวควบคุม พีไอดี ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ตัวควบคุมพีไอดี มีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในรูปของทรานสเฟอร์ฟังก์ชั่นก์เป็นดังสมการที่ (13)

$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int e(t)dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (13)$$

$$Gc(s) = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D \quad (14)$$

Kp	คือ	proportion gain
Ki	คือ	integral gain
Kd	คือ	derivative gain

ซึ่งค่า Kp, Ki และ Kd คือ ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID นั่นเอง

2.10.1 องค์ประกอบ P

เมื่อพิจารณาสมการที่ (13) องค์ประกอบ P สามารถแสดงได้ในสมการที่ (15) เมื่อทำการแปลงลาปลาซ (Laplace Transform) สมการที่ (15) จะได้เป็นสมการที่ (16) จากนั้นแปลง Z (Z-Transform) สมการที่ (16) และแปลงเป็นสมการผลต่างจะได้เป็นสมการที่(17) และ (18) ตามลำดับ

$$u_p(t) = K_P e(t) \quad (15)$$

$$U_P(s) = K_P E(s) \quad (16)$$

$$U_P(z) = K_P E(z) \quad (17)$$

$$u_p(i) = K_P e(i) \quad (18)$$

2.10.2 องค์ประกอบ I

เมื่อพิจารณาสมการที่ (13) องค์ประกอบ I สามารถแสดงได้ในสมการที่ (19) เมื่อทำการแปลงลาปลาซ (Laplace Transform) สมการที่ (19) จะได้เป็นสมการที่ (20) สมการที่ (21) แสดงการอินทิเกรตสี่เหลี่ยมคางหมู

$$ui(t) = Ki \int e(t)dt \quad (19)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$U_I(s) = \frac{K_I}{s} E(s) \tag{20}$$

$$S = \frac{T}{2} \frac{1+Z^{-1}}{1-Z^{-1}} \tag{21}$$

การประมาณค่าของทุสติน (Tustin's approximation) ได้เป็นสมการที่ (22)

$$S = \frac{2}{T} \frac{1-Z^{-1}}{1+Z^{-1}} \tag{22}$$

แทนค่า S จากสมการที่ (22) ลงในสมการที่ (20) เพื่อทำการแปลง Z หลังจากนั้นแปลงให้อยู่ในรูปสมการผลต่างได้ดังสมการที่ (23), (24) และ (25) ตามลำดับ

$$(1-Z^{-1})U_I(z) = \frac{K_I T}{2}(1+Z^{-1})E(z) \tag{23}$$

$$U_I(z) = U_I(z)U_I(Z^{-1})\frac{K_I T}{2}(E(z)+E(z)(z^{-1})) \tag{24}$$

$$u_I(i) = u_I(i-1) + \frac{K_I T}{2}(e(i)+e(i-1)) \tag{25}$$

2.10.3 องค์ประกอบ D

เมื่อพิจารณาสมการที่ (1) องค์ประกอบ D สามารถแสดงได้ในสมการที่ (26) เมื่อทำการแปลงลาปลาซ (Laplace Transform) สมการที่ (26) จะได้เป็นสมการที่ (27) สมการที่ (28) แสดงการอนุพันธ์ทำการแปลง Z-Transform และแปลงเป็นสมการผลต่างได้เป็นสมการที่ (29) และ (30) ตามลำดับ

$$u_D(t) = K_D \frac{de(t)}{d(t)} \tag{26}$$

$$U_D(s) = K_D s E(s) \tag{27}$$

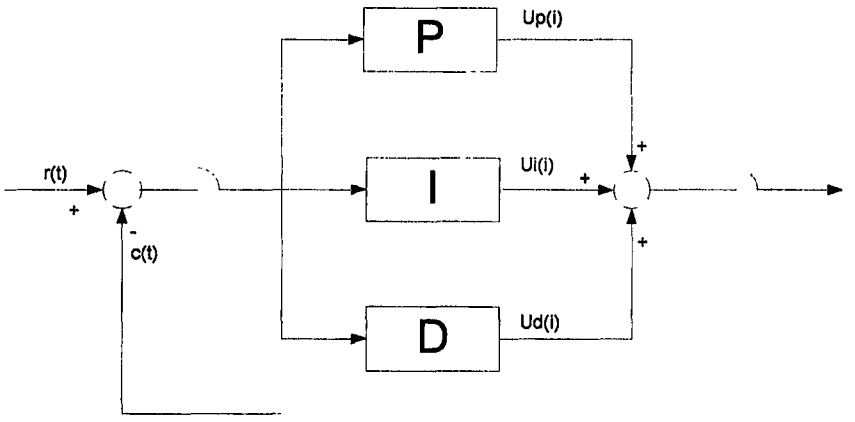
$$s = \frac{(1-Z^{-1})}{T} \tag{28}$$

$$U_D(z) = \frac{K_D}{T}(1-Z^{-1})E(z) \tag{29}$$

$$u_D(i) = \frac{K_D}{T}(e(i)-e(i-1)) \tag{30}$$

ดังนั้นจะได้ตัวควบคุมพีไอดี ในรูปของตัวควบคุมพีไอดี แบบดิจิตอล ซึ่งจะได้ออกมาสมาการข้างต้นเป็นดังบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 บล็อกไดอะแกรมของตัวควบคุม PID

2.11 การรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย

การรับส่งข้อมูลโดยใช้อากาศเป็นตัวกลางนั้นการสื่อสารในแบบนี้นั้นมีทั้งข้อดี แต่ก็มีข้อจำกัดอยู่บ้างบางประการเหมือนกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องของความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่รับและส่งกันซึ่งมีโอกาสผิดพลาดหรือสูญหายได้เหมือนกัน เนื่องจากในการลำเลียงข้อมูลนั้นไม่ได้ใช้สายสัญญาณเป็นตัวกลาง ในการรับส่งข้อมูล แต่ใช้อากาศเป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลแทน ซึ่งมีโอกาศที่ข้อมูลจะเกิดการรบกวนจากสัญญาณอื่นๆที่มีย่านความถี่ใกล้เคียงกัน แล้วทำให้ข้อมูลผิดเพี้ยนไปได้บ้างเหมือนกัน แต่ก็ได้มีการแก้ไขปัญหาในส่วนนี้โดยมีระบบการป้องกันโดยการเข้ารหัส และถอดรหัสของข้อมูลให้มีความน่าเชื่อถือ โดยข้อมูลแต่ละไบท์ ที่มีการรับส่งกันนั้น จะมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลให้ด้วยแล้ว โดยข้อมูลที่รับได้จากด้าน RF นั้นรับประกันได้ว่าเป็นข้อมูลที่มีความถูกต้องแน่นอน แต่อย่างไรก็ตามการรับส่งข้อมูลนั้นมีโอกาสผิดพลาดในเรื่องของการสูญหายของข้อมูลบ้างเหมือนกัน จึงมีการตรวจสอบข้อมูลทุกไบท์ ที่รับได้จาก RF เสมอ ซึ่งถ้าพบว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นจะทิ้งข้อมูลไบท์ นั้นไป ซึ่งผู้ใช้ควรมีกลไกลในการตรวจสอบข้อมูลที่รับส่งกันว่าครบถ้วนหรือไม่ด้วย ซึ่งหากพบว่ามีการสูญหายของข้อมูลเกิดขึ้นก็ให้ร้องขอให้มีการส่งข้อมูลนั้นซ้ำนั้นๆใหม่อีกครั้งหนึ่ง ก็จะสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

2.11.1 TRW 2.4G

ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ตัวรับ ส่งสัญญาณแบบไร้สาย คือ TRW 24G ซึ่งมีขนาดเล็ก ราคาไม่แพง และในตัว TRW 2.4G เพียงตัวนั้นยังสามารถที่เป็นได้ทั้ง ตัวส่งสัญญาณ (Transmit) และตัวรับสัญญาณ (Receive) ในตัวเดียวได้อีกด้วย ซึ่งจะสะดวกและประหยัด แต่ถ้าให้ตัว TRW 24G เป็นทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวรับและตัวส่งสัญญาณในตัวเดียวนั้น การรับแลัการส่งข้อมูลนั้นจะเป็นการทำงานแบบ Half Duplex แต่ว่าก็สามารถใช้งานแบบ Full Duplex ได้เช่นกัน เพียงแค่ใช้ตัว TRW 24G เพิ่มขึ้นเท่านั้น คุณสมบัติพิเศษของตัวรับส่งสัญญาณมีดังนี้

- ความถี่ที่ใช้งาน: 2.4~2.524 GHz
- โหมดที่ใช้ในการมอดดูเลต: GFSK
- แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน: 3V
- Output Power: +4dBm
- อัตราความเร็วในการส่งผ่านข้อมูล: 1Mbps; 250Kbps
- ขนาด: 20.0*36.7*2.4mm
- ระยะทางที่ใช้งานได้ไกลสุด: 280m (250Kbps); 150m (1Mbps)
- เสาอากาศในตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการทำงาน

3.1 ภาพรวมของโครงงาน

ในโครงงานนี้เป็นการรวมการ สั่งงาน และการแสดงผลค่าต่างๆ ของการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ มารวมกันบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อความสะดวก และรวดเร็วในการดูผลการทำงาน การสั่งงาน และการเก็บบันทึกค่าสถานะการทำงาน ในการออกแบบนั้นจึงได้แยกออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนควบคุมและสั่งงาน ส่วนปฏิบัติการ

3.1.1 ส่วนควบคุมและสั่งงาน

ในส่วนนี้จะอยู่บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อความสะดวกในการสั่งงาน และการดูผลการทำงาน จึงเลือกใช้โปรแกรม Visual Basic ในการออกแบบหน้าต่างควบคุมการทำงาน ซึ่งจะมีหน้าต่างๆ หลายๆ หน้าต่างเพื่อควบคุมการทำงานที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงต้องมีการเขียนโค้ดโปรแกรม เพื่อที่จะเชื่อมโยงส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน

3.2 การสร้างและออกแบบจอภาพ

Visual Basic เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ภาษาหนึ่งที่มี Tool สำหรับสร้างจอภาพด้วยเทคนิคแบบ Visual Basic กล่าวคือ ในการสร้างจอภาพด้วย Visual Basic จะเป็นเพียงการนำ Control ต่างๆที่ Visual Basicเตรียมไว้ให้ ไปวาดไว้บน Form ตามความต้องการซึ่งด้วยวิธีนี้การสร้างจอภาพจึงเป็นเรื่องที่ง่าย และใช้เวลาน้อยซึ่งต่างจากโปรแกรมในลักษณะเดิม ที่ต้องใช้เวลาค่อนข้างมาก ในการสร้างแต่ละจอภาพขึ้นใช้งาน Control ต่างๆใน Toolbox ซึ่งใช้ในการสร้างจอภาพ จะมีชื่อเรียกและการทำงานแตกต่างกันไป การจะเลือก Control ใดมาใช้งานนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบจอภาพของนักพัฒนาโปรแกรม และความเหมาะสมในการใช้งาน หลังจากที่วาด Control ลงบน Form แล้วขั้นตอนต่อไปในการพัฒนาโปรแกรมด้วย Visual Basic ได้แก่ การกำหนดคุณสมบัติ (ต่อไปนี้จะเรียกว่า “Property”) ให้กับแต่ละObject ที่ปรากฏอยู่บน Formซึ่งแต่ละ Object จะมี Propertyทั้งที่เหมือนกับ Object อื่นๆ และ Propertyประจำตัว การกำหนด Propertyให้กับ Objectจะกระทำตั้งแต่เริ่มวาด Objectลงบน Form หรืออาจเปลี่ยนแปลงโดยการเขียนโปรแกรมก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ Run และเลิกงาน Project

ในการ Run Project ที่พัฒนาขึ้นด้วย Visual Basicสามารถ Run ทั้งโดยใช้ Interpreter และการใช้ Complierกล่าวคือ เราสามารถทดลอง Run สิ่งต่างๆที่เราทำขึ้นพร้อมๆกับการแก้ไขโปรแกรมจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ แล้วจึง Compile โปรแกรมให้อยู่ในรูปของ Executed Program เพื่อนำไปใช้งาน

ในการ Run Project ทำได้ 3 วิธี คือ

วิธีที่ 1 โดยการกด F5

วิธีที่ 2 คลิกที่ Icon "Run" ใน Toolbar

วิธีที่ 3 เลือกจากเมนู Run และ Start ตามลำดับ

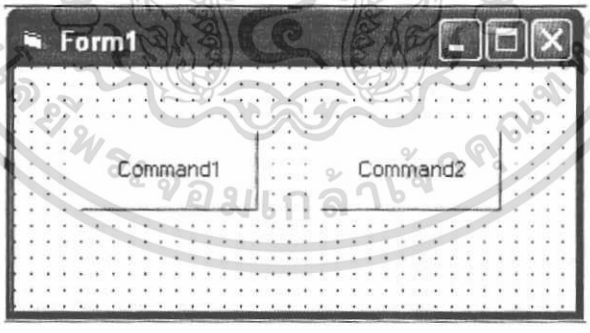
วิธีการเลิกงาน Project ทำได้ 2 วิธี คือ

วิธีที่1 คลิกที่ Icon"End" ใน Toolbar

วิธีที่2 เลือกจากเมนู Run และ End ตามลำดับ

Procedure และ Function ใน Visual Basic

Visual Basic จะแบ่งโปรแกรมออกเป็นส่วนๆที่เรียกว่า "โมดูล" โดยจะแบ่งโปรแกรมออกป็น "Procedure" และ "Function" แต่เนื่องจากการกำหนดการทำงานของโปรแกรมจะกำหนดตาม Even ที่เกิดขึ้นกับ Object ดังนั้นการแบ่ง Procedure ใน Visual Basic จึงแบ่งตามชื่อ Object และ Even เช่น การเขียนโปรแกรมให้กับ Object สมมุติชื่อ "Command1" ซึ่งเป็นปุ่มบนจอภาพภายใต้ Even กดปุ่ม ก็จะเขียนเป็น Procedure หนึ่งกับอีก Object หนึ่งเป็น Object ประเภทเดียวกันแต่คนละชื่อ สมมุติชื่อ "Command2" ภายใต้Even กดปุ่มเหมือนกันก็ต้องเขียนเป็นอีกProcedure หนึ่งถึงแม้จะเป็นEven ที่เกิดกับObject คนละตัว



รูปที่ 3.1 หน้าต่างการทำงานเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sub Command1_Click()

Action1

End Sub

Sub Command2_Click()

Action2

End Sub

ชื่อของ Procedure ใน Visual Basic จะอยู่ในรูปแบบดังนี้

[Public I Private] Sub *name* [(*arglist*)]

...

End Sub

โดยที่ Private Sub จะเป็นคำเฉพาะที่ใช้บอกว่าเป็น Procedure

name คือ ชื่อของ Procedure

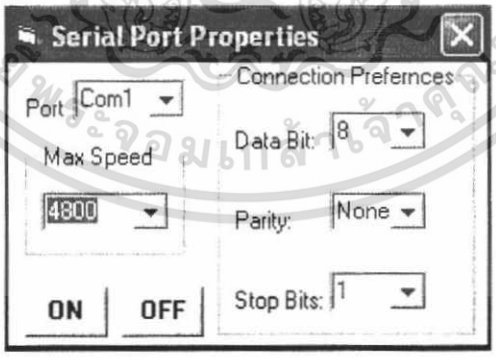
arglist คือ รายชื่อ Argument ที่ใช้ภายใน Procedure นั้น

End Sub คือ เป็นคำเฉพาะที่ใช้สำหรับจบการทำงานของแต่ละ Procedure

คำสั่ง Public ใช้ในกรณีที่ต้องการให้ Procedure นั้นสามารถถูกเรียกใช้โดย Procedure อื่นที่สร้างขึ้นใน Form อื่น ส่วนคำสั่ง Private จะใช้ในกรณีที่ต้องการให้ Procedure นั้นสามารถถูกเรียกใช้ได้ เฉพาะ Procedure ที่สร้างขึ้นใน Form เดียวกับ Procedure นั้น

3.3 การออกแบบหน้าต่างในการใช้งาน

ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกของโปรแกรม Visual Basic นั้นจะใช้การติดต่อแบบพอร์ตอนุกรม RS 232 ซึ่งจะต้องกำหนด พอร์ต อัตราความเร็วของข้อมูล จำนวนบิต สามารถกำหนดได้จากหน้าต่างควบคุมได้ และเปลี่ยนแปลงได้สะดวก



รูปที่ 3.2 การกำหนดพอร์ตอนุกรม RS 232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสั่งงานเพื่อที่จะนำไปควบคุมมอเตอร์นั้น ได้มีการแบ่งออกเป็น 4 โหมดการทำงาน คือ

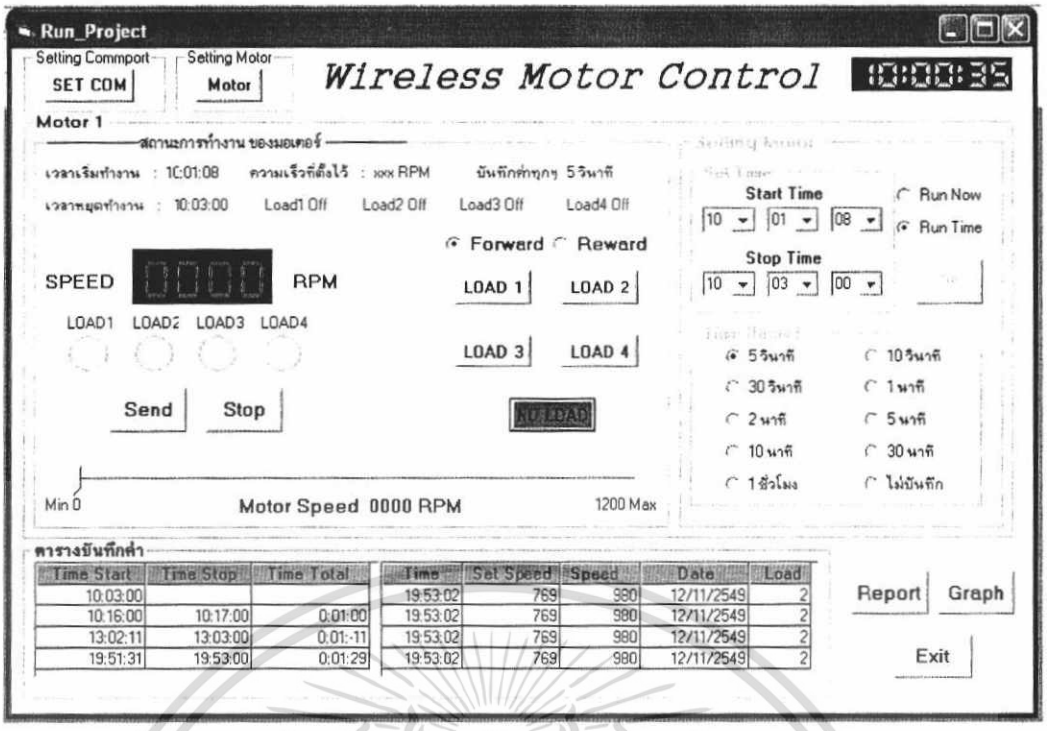
1) ไม่ตั้งเวลาในการทำงาน ไม่บันทึกข้อมูล
2) ไม่ตั้งเวลาในการทำงาน บันทึกข้อมูล
3) ตั้งเวลาในการทำงาน ไม่บันทึกข้อมูล
4) ตั้งเวลาในการทำงาน บันทึกข้อมูล

เพื่อความสะดวกในการใช้งานแต่ละแบบที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งในแต่ละโหมดนั้นสามารถเลือกได้จากหน้าต่างควบคุมหลัก โดยการคลิกเลือกในช่องที่เราต้องการ และทำเลือกเวลาที่ต้องการได้จากช่องที่กำหนด

รูปที่ 3.3 การเลือกโหมดการทำงาน

หน้าต่างที่ออกแบบให้เป็นตัวที่สั่งการทำงาน ทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน แสดงผลการทำงาน บันทึกค่าต่างๆบนคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถที่จะสั่งงาน หยุดการทำงาน ควบคุมความเร็ว ได้ในส่วนของโปรแกรมนี้ รูปร่างลักษณะของโปรแกรมควบคุม ดังรูปที่ 3.4

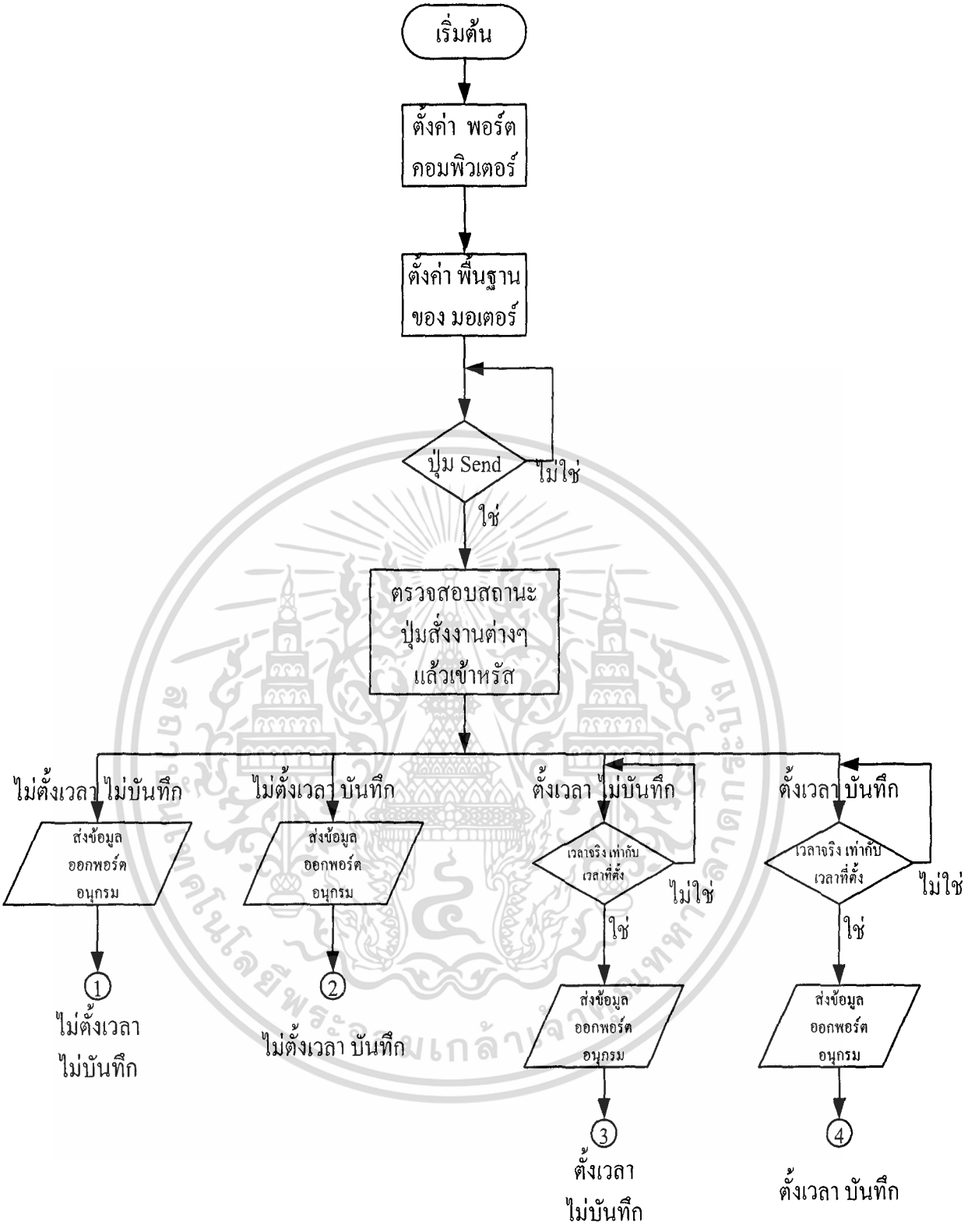
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 หน้าต่างโปรแกรมหลักในการควบคุม

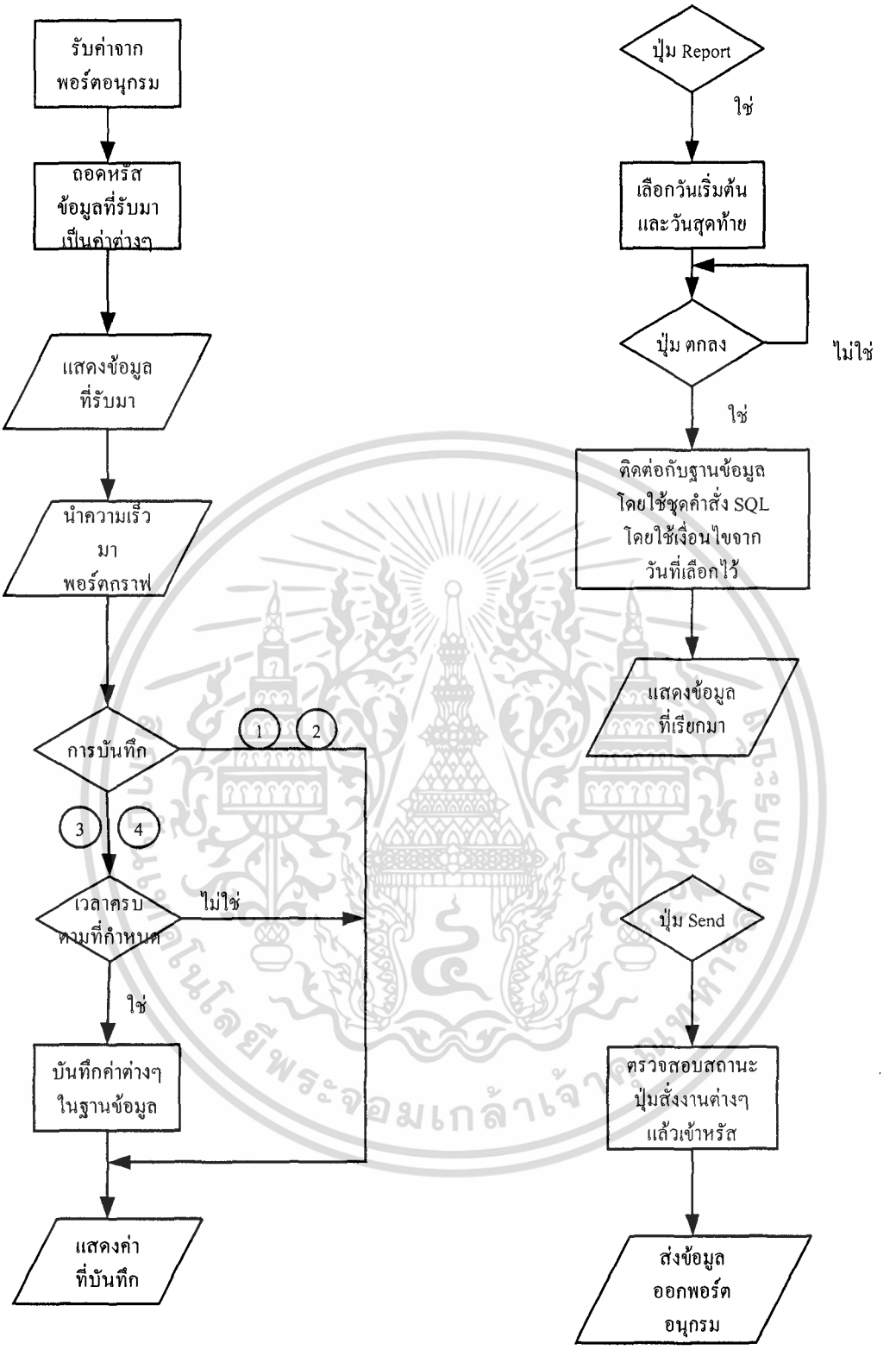
เมื่อมีการสั่งงานจากส่วนควบคุมออกไปนั้น ส่วนของตัวควบคุมนั้นก็จะทำการแสดงข้อมูลที่ส่งกลับมาให้ นั่นก็คือที่ค่าที่เราต้องการที่จะควบคุมนั่นเอง และจะนำค่านั้นมาทำการพร็อร์ตเป็นกราฟ เพื่อที่จะแสดงการเปรียบเทียบ ระหว่างค่าที่เราตั้งไว้ กับค่าที่ทำงานได้จริง ให้ดูเปรียบเทียบได้ทันที และทำการบันทึกค่าต่างๆ ในช่วงเวลาต่างๆ เพื่อที่จะเก็บเป็นข้อมูลการทำงานของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 โพลว์ชารต์การทำงานการส่งค่าของหน้าต่างควบคุมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

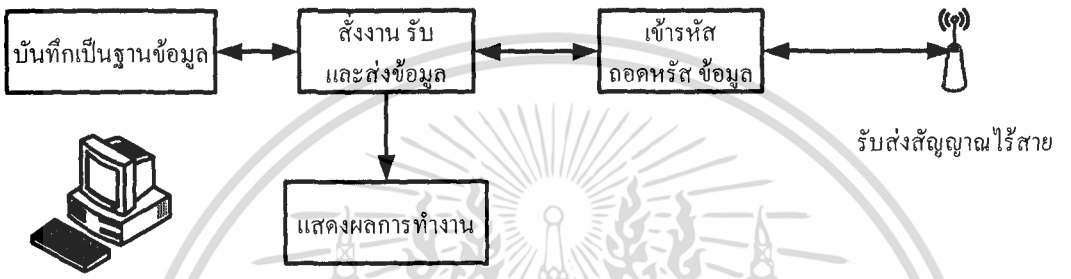


รูปที่ 3.6 โพลว์ชารต์การรับค่าการทำงานเพื่อแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การส่งผ่านข้อมูล

เมื่อส่งข้อมูลจากการสั่งงานของผู้ใช้แล้ว ตัวข้อมูลนั้นก็จะถูกจัดส่ง ไปยังตัวคอนโทรลเลอร์ เพื่อที่จะทำการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ให้เป็นไปตามต้องการ แล้วจากนั้นก็จะทำการวัดค่าต่างๆ ของมอเตอร์เพื่อที่จะนำกลับมาแสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งกระบวนการทั้งหมดนั้นจะกระทำการส่งข้อมูลทั้งหมด ผ่านตัวกลางเป็นอากาศ คือใช้ตัวรับ ส่งสัญญาณ TRW 2.4G สามารถเป็นทั้งตัวรับ ตัวส่ง หรือว่าเป็นทั้งรับและส่งในตัวเดียวกัน ซึ่งในโครงงานนี้เลือกใช้ให้ตัว TRW 2.4G เป็นทั้งตัวรับและตัวส่งในตัวเดียวกัน คือการรับการส่งจะเป็นแบบ Half Duplex คือ สลับหน้าที่กันระหว่างการเป็นตัวรับและตัวส่ง



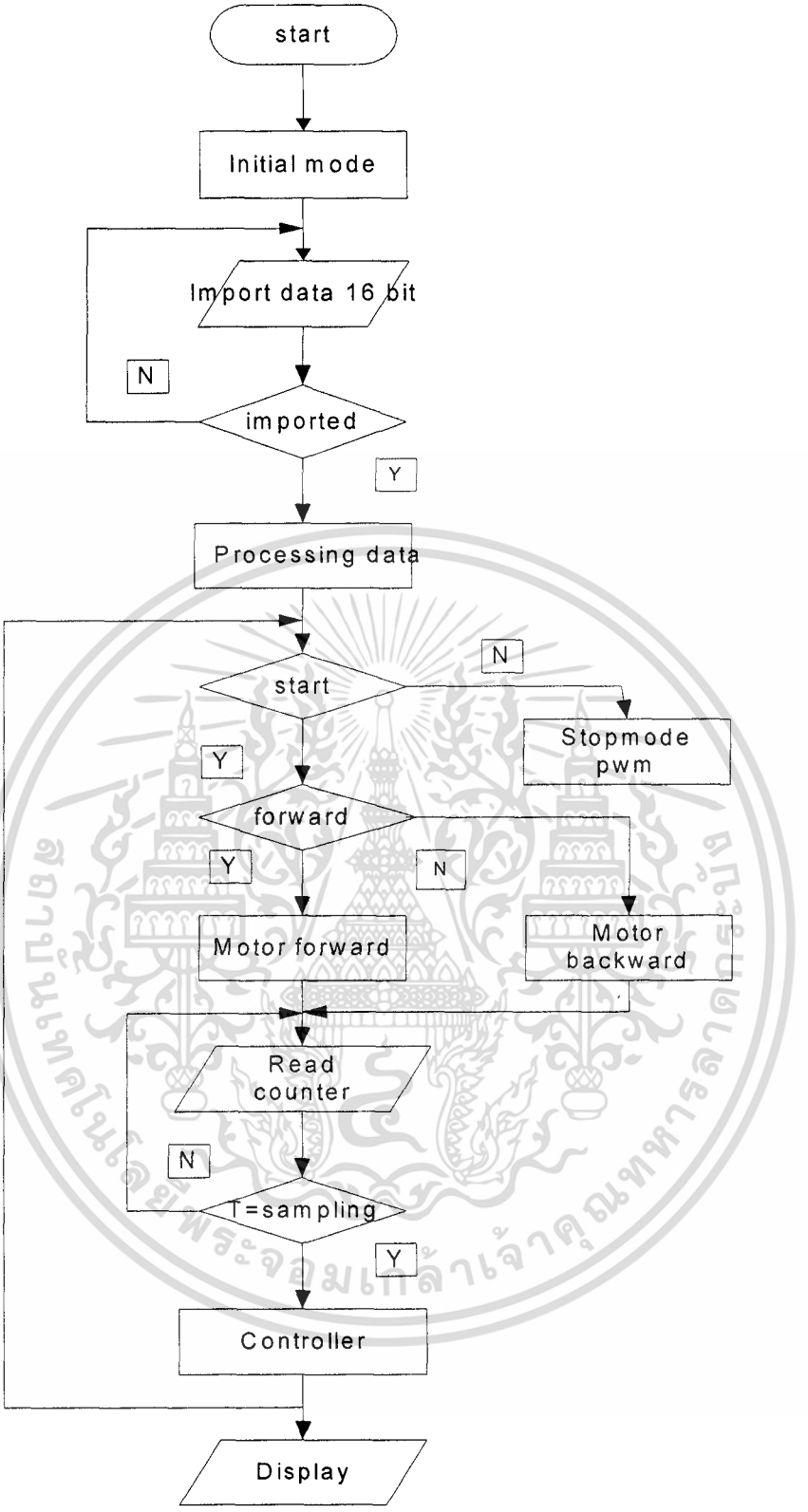
รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมของการรับและส่งข้อมูล

3.5 การควบคุมการทำงาน

เริ่มต้นโปรแกรมจะรอรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะส่งผ่านอากาศเป็นตัวกลางผ่านมา เป็นข้อมูลขนาด 16 บิท โดย 10 บิทล่างเป็นข้อมูลความเร็วและอีก 6 บิทที่เหลือเป็นข้อมูลคำสั่ง ทำงานและหยุดทำงาน และคำสั่งเพิ่มโหลด

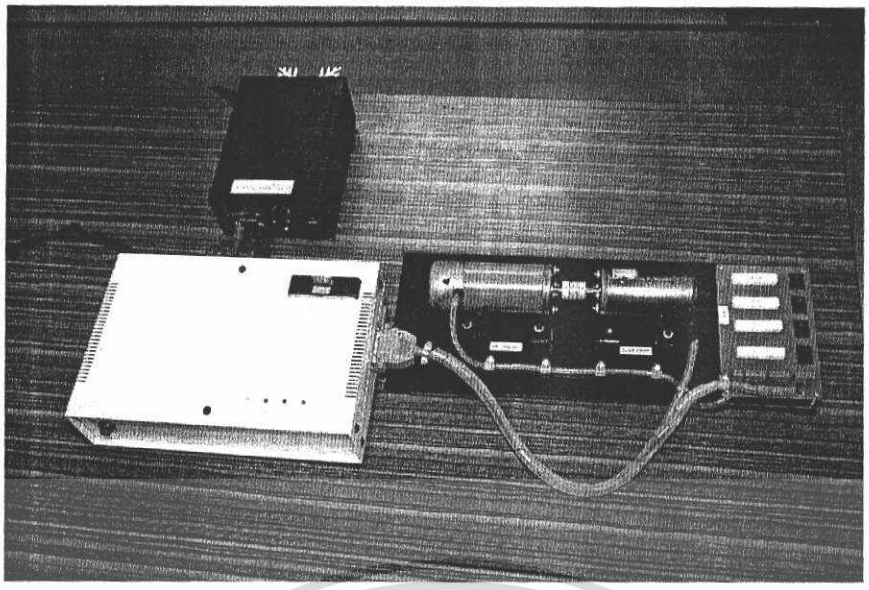
เมื่อได้รับคำสั่งมาแล้วตัวไมโครคอนโทรเลอร์ จะประมวณผลตามคำสั่งที่ได้รับ และในขณะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานอยู่นั้น ได้มีการเปิดบริการอินเตอร์รัพต์ จากพอร์ตอนุกรมตลอดเวลา เพื่อรอรับค่าข้อมูลมาประมวลผล ซึ่งก็คือการรับค่าเป้าหมายค่าใหม่ และคำสั่งต่างๆที่ได้กล่าวข้างต้นนั้นเอง ขณะที่ส่วนควบคุมกระบวนการทำงานอยู่นั้นจะมีการติดต่อกับส่วนคอมพิวเตอร์ตลอดเวลา เพื่อส่งข้อมูลไปแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์และรับข้อมูลมาประมวลผลโดยส่งข้อมูลผ่านอากาศที่ความถี่ 2.4 GHz ใช้อุประกรณ์รับส่งข้อมูล TRW 2.4G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 โพลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ส่วนควบคุมกระบวนการ

3.5.1 การออกแบบและทดสอบ

รูปแบบการรับส่งข้อมูลระหว่างส่วนคอมพิวเตอร์และส่วนควบคุมกระบวนการจะส่งข้อมูลที่มีขนาด 16 บิท ซึ่งแต่ละบิทมีหน้าที่เป็นดังนี้

รูปที่ 3.10 รูปแบบการส่งข้อมูล 16 บิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิท 0-10 กำหนดความเร็วของมอเตอร์ที่ต้องการ ซึ่งมีค่าจำนวนเต็ม 0-2048

บิท 11 กำหนดการทำงานและหยุดทำงานของมอเตอร์ ถ้าเป็น"1" หมายความว่าให้มอเตอร์ทำงาน ถ้าเป็น "0" หมายความว่าให้มอเตอร์หยุดทำงาน

บิท 12 กำหนดทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ถ้าเป็น "1" หมายความว่าให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา ถ้าเป็น "0" หมายความว่าให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา

บิท 13-15 กำหนดการเพิ่มโหลด ซึ่งมีโหลดเป็นความต้านทานสี่ตัวต่อขนานกัน การเพิ่มโหลดด้วยบิท 13-15 อธิบายเป็นตารางดังนี้

ตารางที่ 3.1 การกำหนดการเพิ่มโหลดด้วยบิท 13-15

บิท 15	บิท 14	บิท 13	จำนวนโหลด
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4

เมื่อกำหนดค่าตามที่ต้องการ ในแต่ละบิทแล้ว ค่าประจำหลักในแต่ละบิทจะถูกนำมาบวกกัน ซึ่งจะเป็นจำนวนเต็มที่อยู่ระหว่าง 0-65535 ไมโครคอนโทรลเลอร์ในส่วนควบคุมกระบวนการนี้จะนำข้อมูลนี้ไปประมวลผล

3.5.2 การอ่านค่าความเร็วรอบของมอเตอร์จากเอ็นโค้ดเดอร์และไอซีเคาน์เตอร์

จำนวนพัลส์ที่เอาท์พุตของเอ็นโค้ดเดอร์ถูกนับโดยไอซีเคาน์เตอร์ซึ่งมีขนาด 16 บิท จำนวนพัลส์ในไอซีเคาน์เตอร์จะเพิ่มขึ้นทุกๆ ขอบขาลงของสัญญาณเอาท์พุตของเอ็นโค้ดเดอร์ที่ต่อเป็น อินพุตให้ขาคล๊อคของไอซีเคาน์เตอร์ จากนั้นจึงทำการต่อขาเอาท์พุตของไอซีเคาน์เตอร์นำมาต่อร่วมกับพอร์ทของไมโครคอนโทรลเลอร์ และเขียนโปรแกรมอ่านข้อมูลจากพอร์ทอินพุต แล้วนำมาเข้าสมการเพื่อคำนวณแปลงเป็นความเร็วรอบต่อนาที ตามสมการต่อไปนี้

$$\text{รอบ/นาที} = (\text{จำนวนพัลส์/Slit}) * N * 60 \qquad (31)$$

$$\text{Slit} = 200$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N คือ ค่าที่นำมาคูณกับเวลาที่ใช้นับพัลส์แล้วมีค่าเท่ากับ 1 นาที เช่น ถ้าเวลาที่ใช้ในการนับเท่ากับ 200 ms เพราะฉะนั้น N=5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

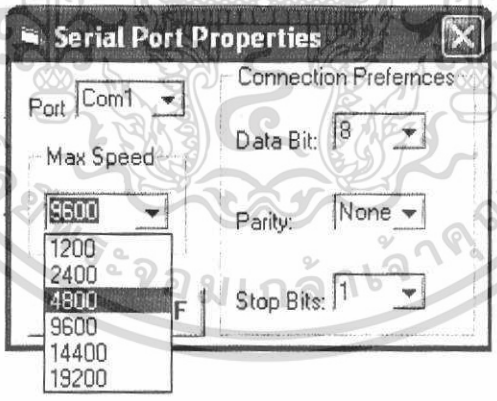
ในการทดลองนี้เป็นการทดสอบกระบวนการโดยการที่เราได้ตั้งค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ต้องการควบคุม ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่ความเร็วค่าต่างๆ จากนั้นก็จะมีการทำงานและส่งค่าความเร็วกลับมาแสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์และมีการเก็บบันทึกค่าสถานะต่างเก็บไว้ เพื่อเป็นข้อมูลของการทำงานของมอเตอร์ และสามารถที่ดึงข้อมูลของการทำงานของตัวมอเตอร์นี้ขึ้นมาดูเพื่อนำไปวิเคราะห์การทำงานต่อไป

4.1 การสั่งงานการทำงาน

เริ่มต้นโดยการที่กำหนดค่าอัตราบอตเรต ของข้อมูลที่เราต้องการส่งผ่าน จากนั้นเลือกโหมดการทำงาน ของการตั้งเวลา การบันทึกข้อมูล และเลือกค่าความเร็วรอบของมอเตอร์

4.1.1 การเลือกค่าอัตราบอตของข้อมูล

การเลือกค่าอัตราบอต (baud rate) นั้น จะมีหน้าต่างการทำงานใหม่ขึ้นมาซึ่งในหน้าต่างนี้สามารถที่จะเลือก พอร์ตของ RS 232 ว่าต้องการใช้พอร์ตที่เท่าไร ค่าอัตราบอตเรต จำนวนบิตของข้อมูล พาริตี้บิต บิตหยุด ว่าต้องการอย่างไร ได้ตามต้องการ

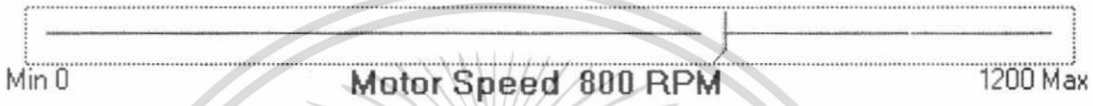


รูปที่ 4.1 การเลือกค่าอัตราบอต

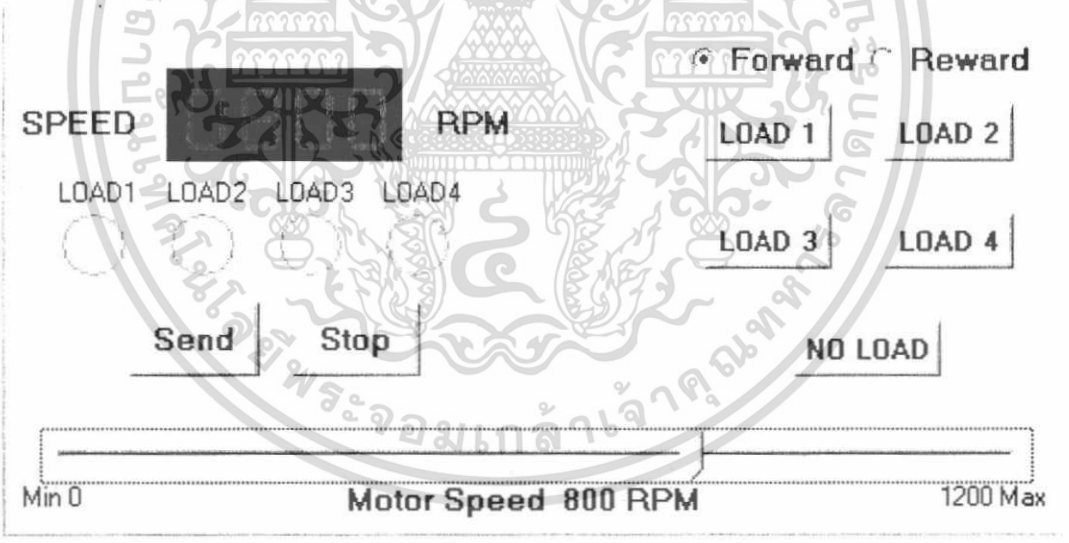
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การเลือกค่าความเร็วของมอเตอร์

การเลือกค่าความเร็วนี้ สามารถเลือกค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ออกมาเป็นหน่วยความเร็วรอบต่อนาที (rpm) เลือกได้โดยการคลิ๊กเลื่อนแถบค่าความเร็วที่กำหนดไว้ให้ และค่าความเร็วที่เลือกไว้จะปรากฏอยู่ที่ด้านล่างของแถบค่าความเร็ว และเมื่อเลือกค่าความเร็ว จากนั้นทำการส่งค่าความเร็วที่ต้องการออกไปนั้น โปรแกรมก็จะรอการส่งค่าการทำงานกลับมาเพื่อที่จะนำค่าที่วัดได้มาแสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ผู้ใช้งานได้ทราบว่าค่าความเร็วที่ทำงานได้ในขณะปัจจุบันเป็นเท่าไร



รูปที่ 4.2 การเลือกค่าความเร็วของมอเตอร์

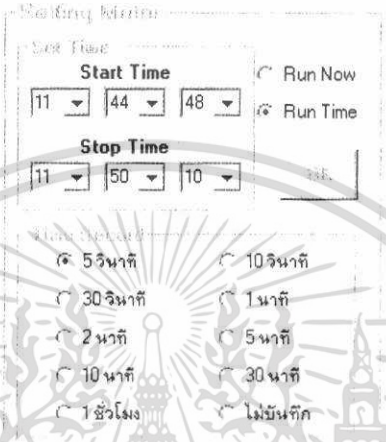


รูปที่ 4.3 ผลของการวัดค่าการทำงานเวลาปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การตั้งค่าสถานะต่างๆของการทำงาน

ในการทำงานของมอเตอร์นั้นได้มีการเลือกการ กำหนดการเก็บค่าสถานะการทำงานต่างๆไว้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งการเก็บข้อมูลนี้ไว้นั้น จะถือว่าข้อมูลนี้เป็นข้อมูลดิบของมอเตอร์ ซึ่งผู้ใช้งานนั้นสามารถที่จะดึงข้อมูลเฉพาะ ข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการทราบได้ ขึ้นมาดูได้สะดวก การเลือกการ ..บบันทึกข้อมูลนั้นสามารถเลือกได้ตามช่องที่กำหนดไว้ได้



รูปที่ 4.4 เลือกโหมดการบันทึกค่าสถานะ

เมื่อมีการเลือกค่าสถานะการบันทึกข้อมูลแล้ว โปรแกรมจะบันบึกเก็บข้อมูลการทำงาน ของมอเตอร์เก็บไว้ในฐานข้อมูล ตามช่วงเวลาที่ได้ถูกกำหนดไว้ในตอนต้น ผู้ใช้สามารถดูค่าการทำงานของมอเตอร์ได้จากหน้าต่างควบคุมหลัก ซึ่งในหน้าต่างนี้จะแสดงค่าการทำงาน เฉพาะ 4 ค่าหลังสุดของการเก็บบันทึกเท่านั้น

ตารางบันทึกค่า

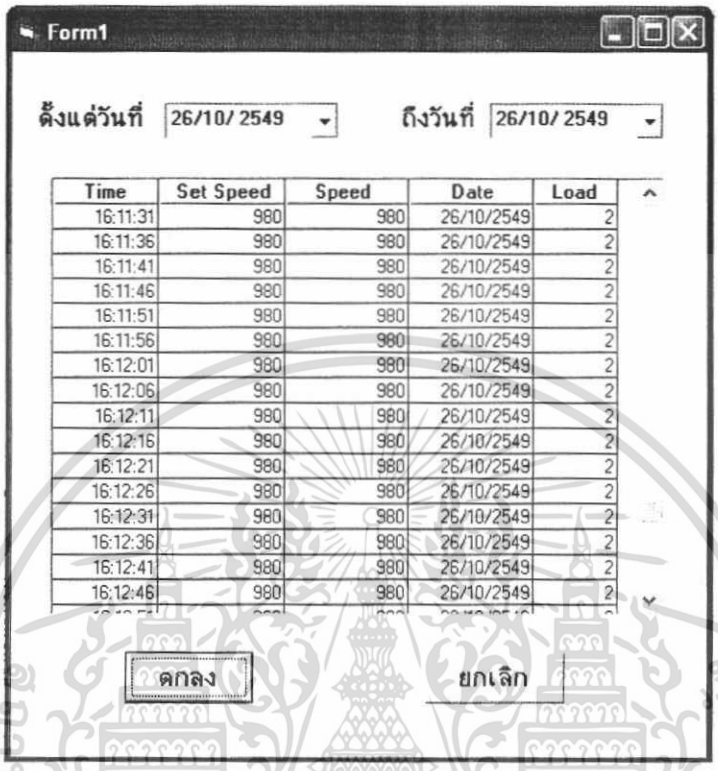
Time Start	Time Stop	Time Total
9:56:56	9:57:00	0:00:04
10:16:00	10:17:00	0:01:00
13:02:11	13:03:00	0:00:49
19:51:31	19:53:00	0:01:29

Time	Set Speed	Speed	Date	Load
19:52:47	980	980	12/11/2549	0
19:52:52	980	980	12/11/2549	0
19:52:57	980	980	12/11/2549	0
19:53:02	980	980	12/11/2549	0

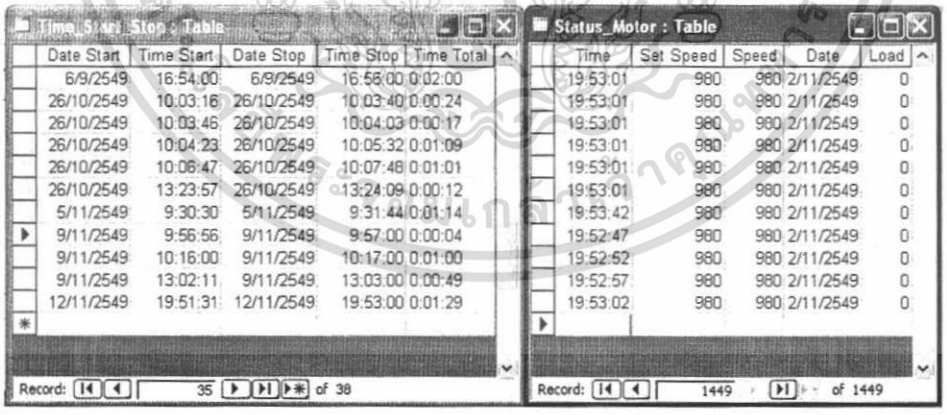
รูปที่ 4.5 การบันทึกค่าสถานะต่างของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผู้ใช้ต้องการดูค่าการทำงานของมอเตอร์ ย้อยหลังกลับไปจากเวลาปัจจุบัน ผู้ใช้สามารถเลือก กำหนดวัน ที่ผู้ใช้ต้องการดูค่าสถานะต่างได้ จากนั้นโปรแกรมจะทำการติดต่อกับฐานข้อมูล แล้วทำการดึงข้อมูลเฉพาะ ข้อมูลที่ต้องการขึ้นมาแสดง



รูปที่ 4.6 กำหนดวันที่ต้องการดูสถานะการทำงาน



รูปที่ 4.7 สถานะการทำงานที่เก็บในฐานข้อมูล Access 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดสอบการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม

ทำการทดสอบกระบวนการบวนควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดยการทำการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของตัวควบคุมกระบวนการ ซึ่งตัวควบคุมที่ใช้ในการ ควบคุมความเร็วของมอเตอร์นี้ ใช้ตัวควบคุมกระบวนการคือ ตัวควบคุมแบบ พีไอ (PI Controller) ซึ่งแปรที่ต้องทำการปรับตั้ง หรือพารามิเตอร์ต่างๆ มีอยู่ 2 ตัว คือ Kp และ Ki

Kp = 10 Ki = 80

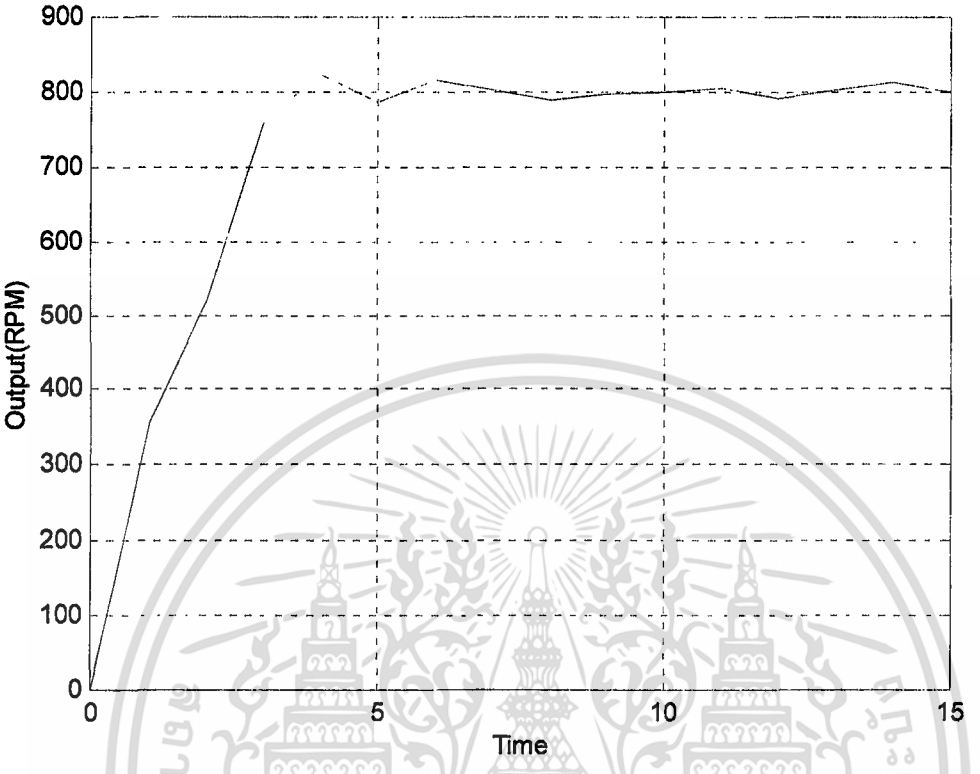
Kd = 0 T = 200ms

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ความรอบ 800 รอบต่อนาที เมื่อ Kp = 10 และ Ki = 80

เวลา	ค่าเป้าหมาย	ค่าที่วัดได้
T	800	357
2T	800	520
3T	800	760
4T	800	823
5T	800	786
6T	800	815
7T	800	802
8T	800	788
9T	800	798
10T	800	800
11T	800	805
12T	800	793
13T	800	803
14T	800	814
15T	800	799

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำค่าที่ได้จากตารางที่ 4.1 นำมาพร็อตกราฟ เพื่อดูผลตอบสนองของการทำงานของตัวมอเตอร์ เพื่อดูค่าของความเร็วในการตอบสนองของระบบ



รูปที่ 4.8 กราฟผลตอบสนองของระบบ เมื่อ Kp = 10 และ Ki = 80

จากกราฟการทำงานในช่วง ค่าพารามิเตอร์ Kp = 10 และ Ki = 80 จะเห็นได้ว่า ผลการทำงานของระบบยังคงช้าอยู่มาก จึงต้องทำการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ของระบบใหม่ เพื่อที่จะให้การทำงานของระบบเข้าสู่เป้าหมายได้เร็วที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ คือ

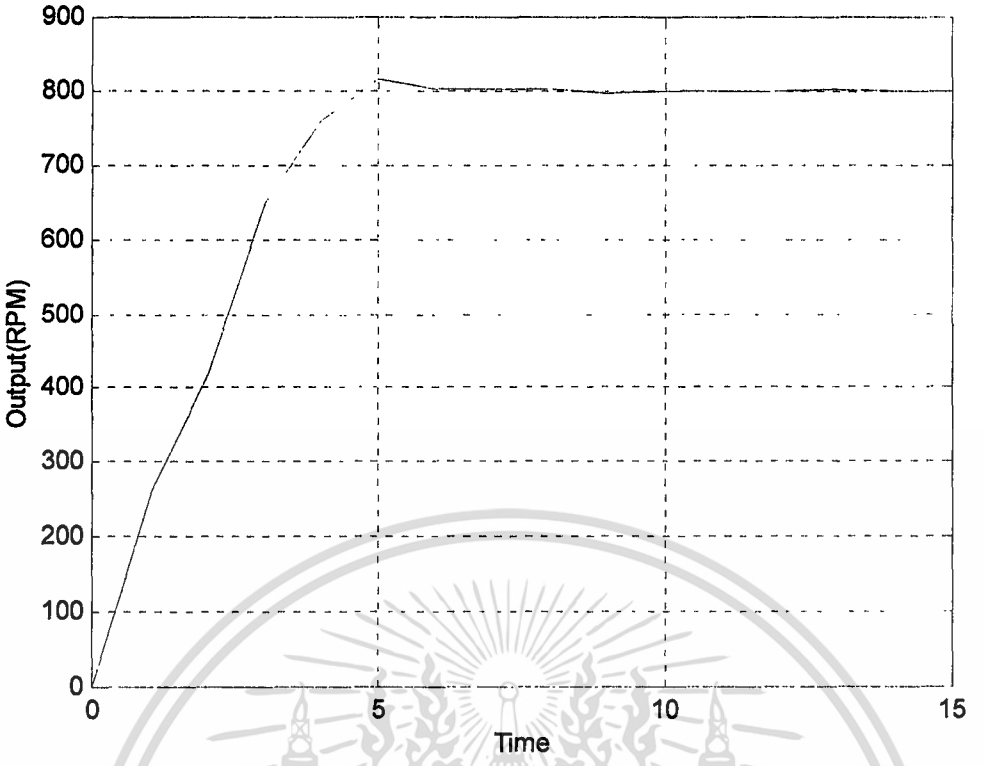
Kp = 2 Ki = 80

Kd = 0 T = 200ms

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองที่ความรอบ 800 รอบต่อนาที เมื่อ Kp = 2 และ Ki = 80

เวลา	ค่าเป้าหมาย	ค่าที่วัดได้
T	800	257
2T	800	420
3T	800	650
4T	800	760
5T	800	815
6T	800	803
7T	800	802
8T	800	802
9T	800	798
10T	800	800
11T	800	801
12T	800	801
13T	800	803
14T	800	800
15T	800	799

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กราฟผลตอบสนองของระบบ เมื่อ Kp = 2 และ Ki = 80

จากรูปที่ 4.9 เป็นผลตอบสนองการทำงานของมอเตอร์ ซึ่งตั้งความเร็วรอบที่ 800 รอบต่อนาที โดยที่ไม่มีการต่อโหลดให้กับมอเตอร์ ในสภาวะคงตัวผลตอบสนอง หรือความเร็วของมอเตอร์สามารถเข้าสู่เป้าหมายได้ ในขณะเดียวกันเมื่อทำการรบกวนระบบ คือการเพิ่มโหลดให้กับมอเตอร์ ซึ่งจะทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ตกลงไปชั่วขณะหนึ่ง แล้วกับเข้าสู่เป้าหมาย ตามหลักการของระบบควบคุมวงปิด

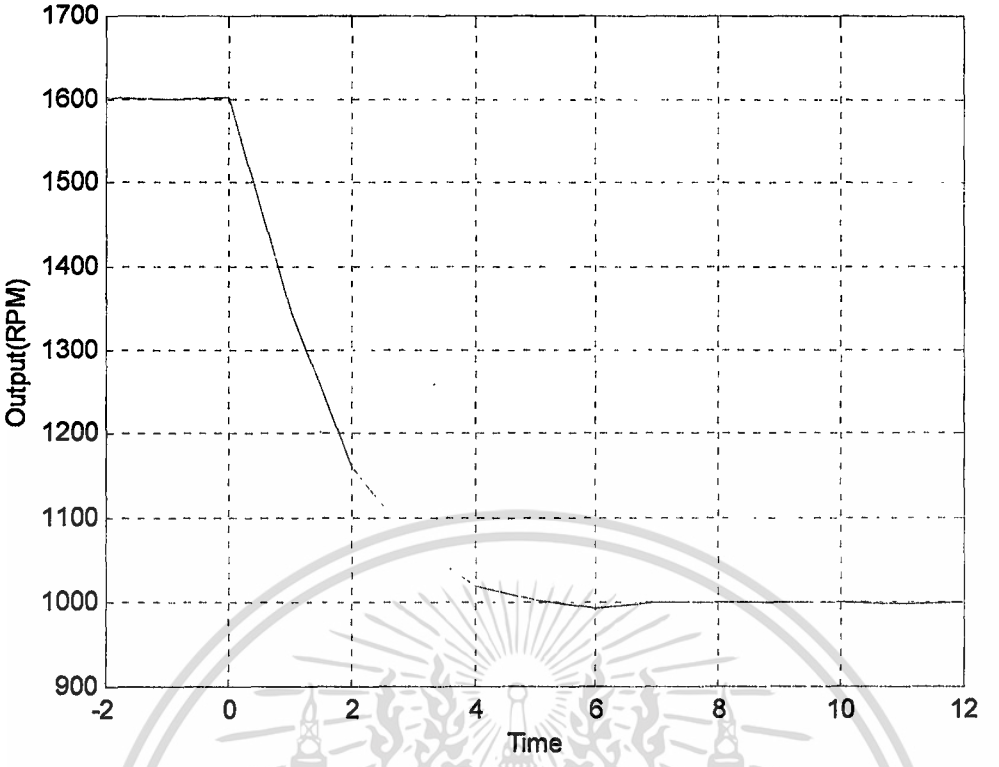
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดลองปรับเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์ โดยให้ความเร็วลดลงจาก 1600 รอบต่อนาที เหลือ 1000 รอบต่อนาที ผลการทดลองแสดงโดยตารางและกราฟต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเปลี่ยนความรอบ 1600 เป็น 1000 รอบต่อนาที

เวลา	ค่าเป้าหมาย	ค่าที่วัด
t-2T	1600	1602
t-T	1600	1600
t	1600	1601
t+T	1000	1345
t+2T	1000	1160
t+3T	1000	1070
t+4T	1000	1020
t+5T	1000	1003
t+6T	1000	1995
t+7T	1000	1002
t+8T	1000	1001
t+9T	1000	1000
t+10T	1000	1002
t+11T	1000	999
t+12T	1000	1000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 กราฟผลตอบสนองของระบบที่เปลี่ยนความรอบ 1600 เป็น 1000 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุป

5.1 บทวิจารณ์

ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้จัดทำขึ้นเพื่อทำการควบคุมกระบวนการ คือ การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งสามารถทำการควบคุม สั่งงาน และดูผลการทำงาน รวมถึงการเก็บบันทึกค่าการทำงาน ในเวลาต่างๆ ได้ เพื่อที่สามารถเรียกดูข้อมูลการทำงาน ในช่วงเวลาต่างๆ ได้อย่างสะดวก ซึ่งในการส่งผ่านข้อมูลของการสั่งงาน และการแสดงผลนั้นทำการส่งข้อมูลแบบไร้สาย โดยผ่านตัวส่งสัญญาณ TRW 2.4G การสั่งงานและการแสดงผลนั้น ทำการสั่งงานผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

จากผลการทดลองและสิ่งที่ได้ทั้งหมด คือการนำเสนอการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดยควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์ ในส่วนควบคุมกระบวนการได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877 เป็นหัวใจหลักในการควบคุมและประมวลผลการทำงานทั้งหมด เช่น

1 การอ่านค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ผ่านไอซีเคาน์เตอร์

2 การอนุวัตตัวควบคุม PI แบบดิจิตอล

3 การสร้างสัญญาณ PWM

4 การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม (RS 232)

ซึ่งสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี และแสดงให้เห็นว่า การควบคุมแบบดิจิตอลนั้นมีข้อดีคือสามารถปรับแต่งการทำงานของระบบได้ง่ายกว่าเพียงแค่แก้ไขในส่วนของซอร์ฟแวร์ แต่ขั้นตอนการออกแบบจะมีความซับซ้อนมากกว่าการควบคุมแบบอนาล็อก

นอกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญแล้วส่วนประกอบที่สำคัญที่จะทำให้ระบบควบคุมไม่ว่าจะเป็นการควบคุมความเร็วหรือปริมาณทางฟิสิกซ์ใดๆก็ตาม ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่เราต้องการก็คือ ส่วน Actuator หรือ Amplifier และ ระบบการวัด ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการพิจารณานำมาใช้งาน เช่น Amplifier สามารถขับพลังงานและทนต่อสภาพการทำงานของกระบวนการได้ดีหรือไม่ หรือระบบการวัด ต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับปริมาณที่จะวัด วิธีการวัด การปรับแต่งสัญญาณ และการเชื่อมต่อสัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดจากเซนเซอร์ เมื่อพิจารณาถึงส่วนประกอบในทุกด้านของระบบควบคุมแล้ว จะทำให้มีแนวทางในการออกแบบสร้างและทำให้ผลที่ได้มีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาในการทำงาน

1. การจัดส่งข้อมูลของการทำงาน การแสดงผล นั้นมีหลายค่า ทำให้เกิดความยุ่งยากในการส่งข้อมูล จึงจำเป็นต้องทำการนำข้อมูลทั้งหมด มาทำการเข้ารหัส และถอดรหัส เพื่อความสะดวก

2. การส่งผ่านข้อมูล ที่เป็นความถี่ อาจเกิดการรบกวน จากความถี่ใกล้เคียง สภาพแวดล้อม สภาพอากาศ ระยะทางระหว่างจุดรับและจุดส่งสัญญาณ ซึ่งจะมีผลต่อการส่งผ่านข้อมูล

3. การนับจำนวนพัลส์ของเอ็นโค้ดเดอร์ ไม่สามารถใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์นับได้โดยตรง ต้องใช้ไอซีเคอร์เตอร์เป็นตัวนับแล้วส่งค่าจำนวนพัลส์ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์

4. ในการส่งหรัสคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ให้ส่วนควบคุมกระบวนการใช้อัตราบอตเท่ากับ 9600 ไม่ได้ เนื่องจากตัวรับและตัวส่งสัญญาณ TRW 2.4G ไม่สามารถรับส่งข้อมูลได้ทัน จึงใช้อัตราบอตเท่ากับ 4800 ในการับและส่งข้อมูล

5.3 สรุปผลการทำงาน

โครงงานนี้เป็นการควบคุมกระบวนการแบบไร้สาย ใช้การส่งผ่านข้อมูลผ่านทางคลื่นวิทยุ สามารถควบคุมกระบวนการได้ หรือว่าควบคุมระบบที่ต้องการให้มีค่าเป็นไปตามต้องการ โดยมีความสะดวกโดยการที่ไม่ต้องมีการเดินสายสัญญาณ เพื่อทำการติดต่อระหว่างส่วนควบคุมม และกระบวนการ จึงไม่เกิดความยุ่งยากในส่วนนี้ เพราะใช้การติดต่อทางคลื่นวิทยุแทน จึงมีความคล่องตัวในการที่จะเคลื่อนย้าย ตัวกระบวนการไปได้ หลากหลายที่ แต่ต้องอยู่ในรัศมีการทำงานของตัว ส่ง และรับสัญญาณ TRW 2.4G ด้วย จากหลักการนี้สามารถที่จะนำไปใช้ได้หลากหลาย และเกิดประโยชน์ในการควบคุมในระบบอื่นๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

คู่มือไอซี (Data sheet)

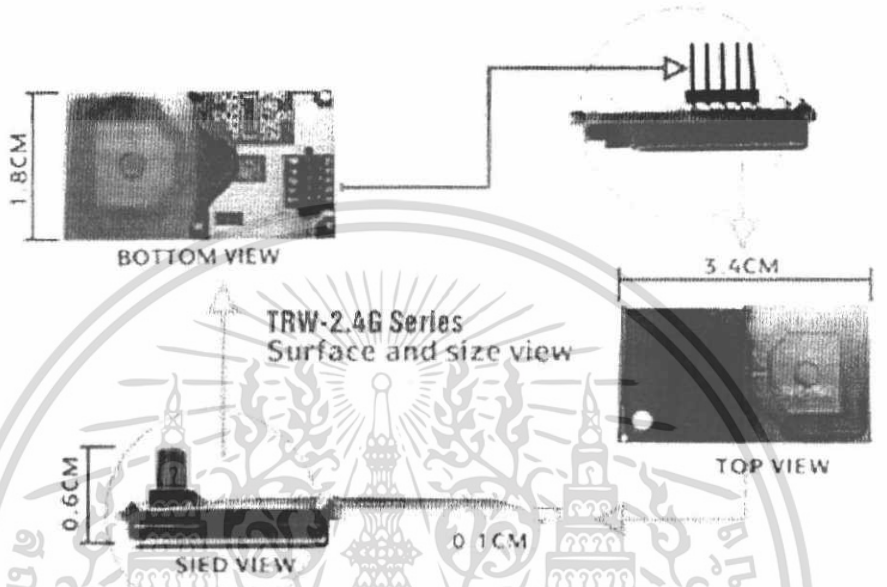
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RF-MODULE TRW-2.4G

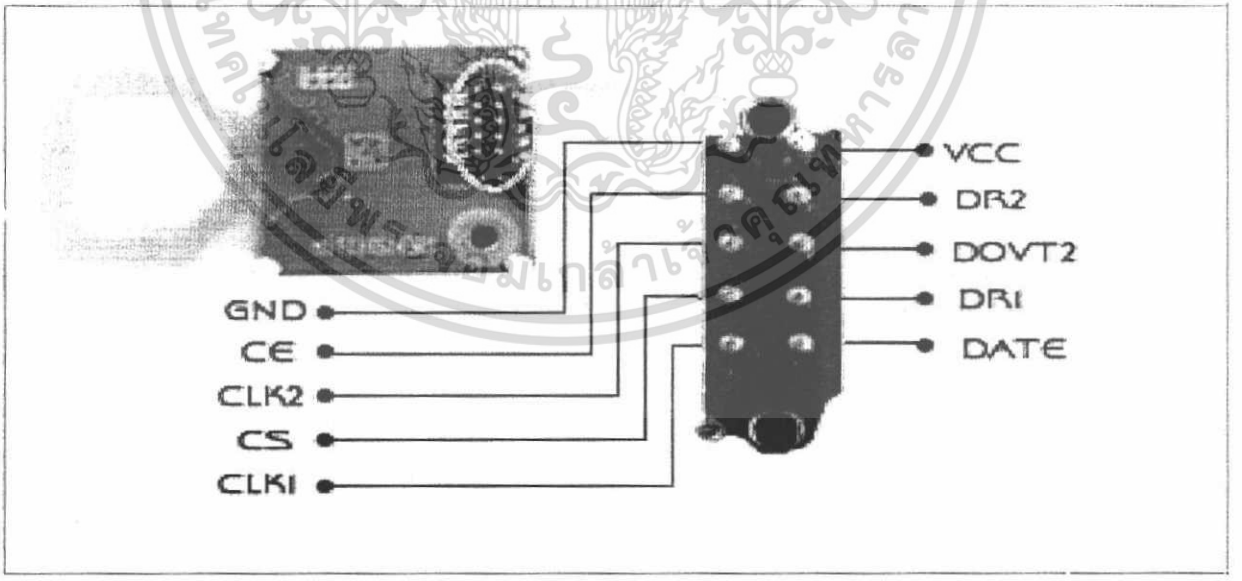
Ensemble list

Transmitter	Receiver	Distance
TRW-2.4G(250kbps)	TRW-2.4G(250kbps)	280m
TRW-2.4G(1Mbps)	TRW-2.4G(1Mbps)	150m

Suface And Size View



Wiring Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Conditions: VDD = +3V, VSS = 0V, T_A = - 40°C to + 85°C

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
	Operating conditions					
VDD	Supply voltage		1.9	3.0	3.6	V
TEMP	Operating Temperature		-40	+27	+85	°C
	Digital input pin					
V_{IH}	HIGH level input voltage		VDD- 0.3		VDD	V
V_{IL}	LOW level input voltage		Vss		0.3	V
	Digital output pin					
V_{OH}	HIGH level output voltage (I_{OH}=-0.5mA)		VDD- 0.3		VDD	V
V_{OL}	LOW level output voltage (I_{OL}=0.5mA)		Vss		0.3	V
	General RF conditions					
f_{OP}	Operating frequency	1)	2400		2524	MHz
Δf	Frequency deviation			±156		kHz
R_{GFSK}	Data rate ShockBurst™		250		1000	kbps
$F_{CHANNEL}$	Channel spacing			1		MHz
	Transmitter operation					
P_{RF}	Maximum Output Power	4)		0	+4	dBm
P_{RFC}	RF Power Control Range		16	20		dB
P_{RFCR}	RF Power Control Range Resolution				±3	dB
P_{BW}	20dB Bandwidth for Modulated Carrier				1000	kHz
P_{RF2}	2nd Adjacent Channel Transmit Power 2MHz				-20	dBm
P_{RF3}	3rd Adjacent Channel Transmit Power 3MHz				-40	dBm
I_{VDD}	Supply current @ 0dBm output power	5)		13		mA
I_{VDD}	Supply current @ -20dBm output power	5)		8.8		mA
I_{VDD}	Average Supply current @ -5dBm output power, ShockBurst™	6)		0.8		mA
I_{VDD}	Average Supply current in stand-by mode	7)		12		µA
I_{VDD}	Average Supply current in power down			1		µA
	Receiver operation					
I_{VDD}	Supply current one channel 250kbps			18		mA
I_{VDD}	Supply current one channel 1000kbps			19		mA
I_{VDD}	Supply current two channels 250kbps			23		mA
I_{VDD}	Supply current two channels 1000kbps			25		mA
RX_{SENS}	Sensitivity at 0.1%BER (@250kbps)			-90		dBm
RX_{SENS}	Sensitivity at 0.1%BER (@1000kbps)			-80		dBm
C/I_{CO}	C/I Co-channel			6		dB
C/I_{1ST}	1st Adjacent Channel Selectivity C/I 1MHz			-1		dB
C/I_{2ND}	2nd Adjacent Channel Selectivity C/I 2MHz			-16		dB
C/I_{3RD}	3rd Adjacent Channel Selectivity C/I 3MHz			-26		dB
RX_{B}	Blocking Data Channel 2			-41		dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ShockBurst™

The ShockBurst™ technology uses on-chip FIFO to clock in data at a low data rate and transmit at a very high rate thus enabling extremely power reduction.
When operating the TRW-2.4G in ShockBurst™, you gain access to the high data rates (1 Mbps) offered by the 2.4 GHz band without the need of a costly, high-speed micro controller (MCU) for data processing.
By putting all high speed signal processing related to RF protocol on-chip, the TRW-2.4G offers the following benefits:

- Highly reduced current consumption
- Lower system cost (facilitates use of less expensive micro controller)
- Greatly reduced risk of 'on-air' collisions due to short transmission time

The TRW-2.4G can be programmed using a simple 3-wire interface where the data rate is decided by the speed of the micro controller.
By allowing the digital part of the application to run at low speed while maximizing the data rate on the RF link, the nRF ShockBurst™ mode reduces the average current consumption in applications considerably.

ShockBurst™ principle

When the TRW-2.4G is configured in ShockBurst™, TX or RX operation is conducted in the following way (10 kbps for the example only).

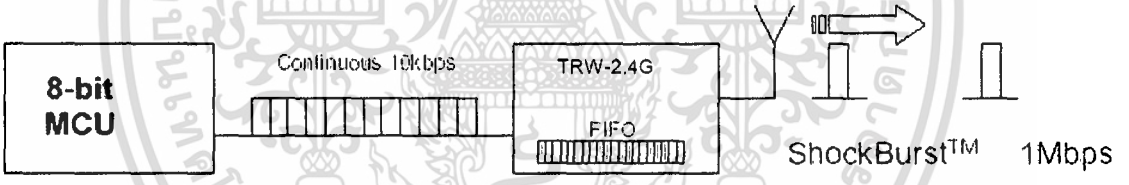


Figure 4 Clocking in data with MCU and sending with ShockBurst™ technology

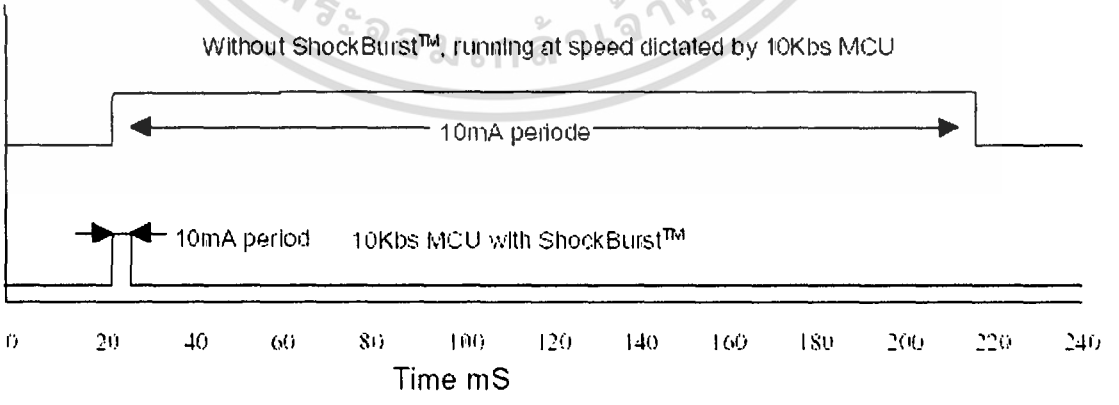


Figure 5 Current consumption with & without ShockBurst™ technology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

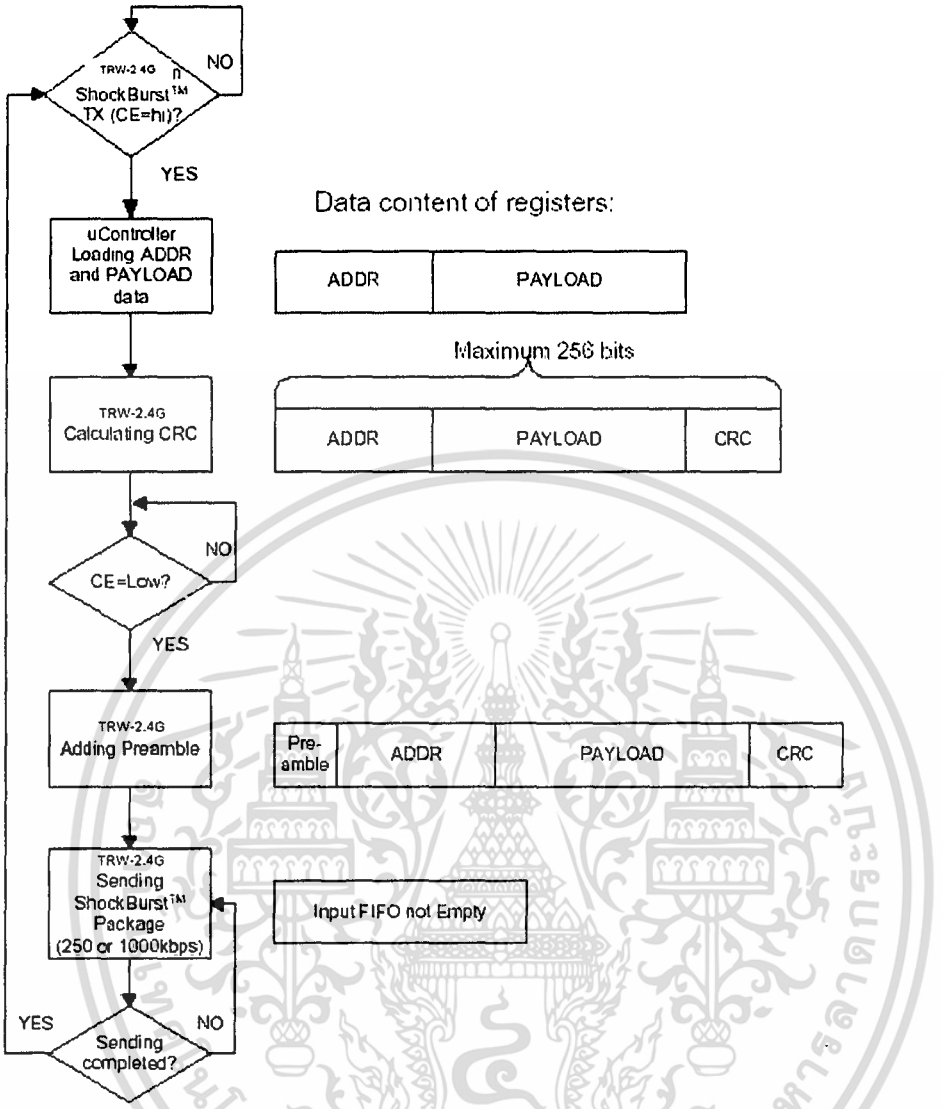


Figure 2 Flow Chart ShockBurst™ Transmit of TRW-2.4G

nRF2401 ShockBurst™ Transmit:

MCU interface pins: CE, CLK1, DATA

1. When the application MCU has data to send, set CE high. This activates TRW-2.4G on-board data processing.
2. The address of the receiving node (RX address) and payload data is clocked into the TRW-2.4G . The application protocol or MCU sets the speed <1Mbps (ex: 10kbps).
3. MCU sets CE low, this activates a TRW-2.4G ShockBurst™ transmission.
4. TRW-2.4G ShockBurst™:
   - RF front end is powered up
   - RF package is completed (preamble added, CRC calculated)
   - Data is transmitted at high speed (250 kbps or 1 Mbps configured by user).
   - TRW-2.4G return to stand-by when finished

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

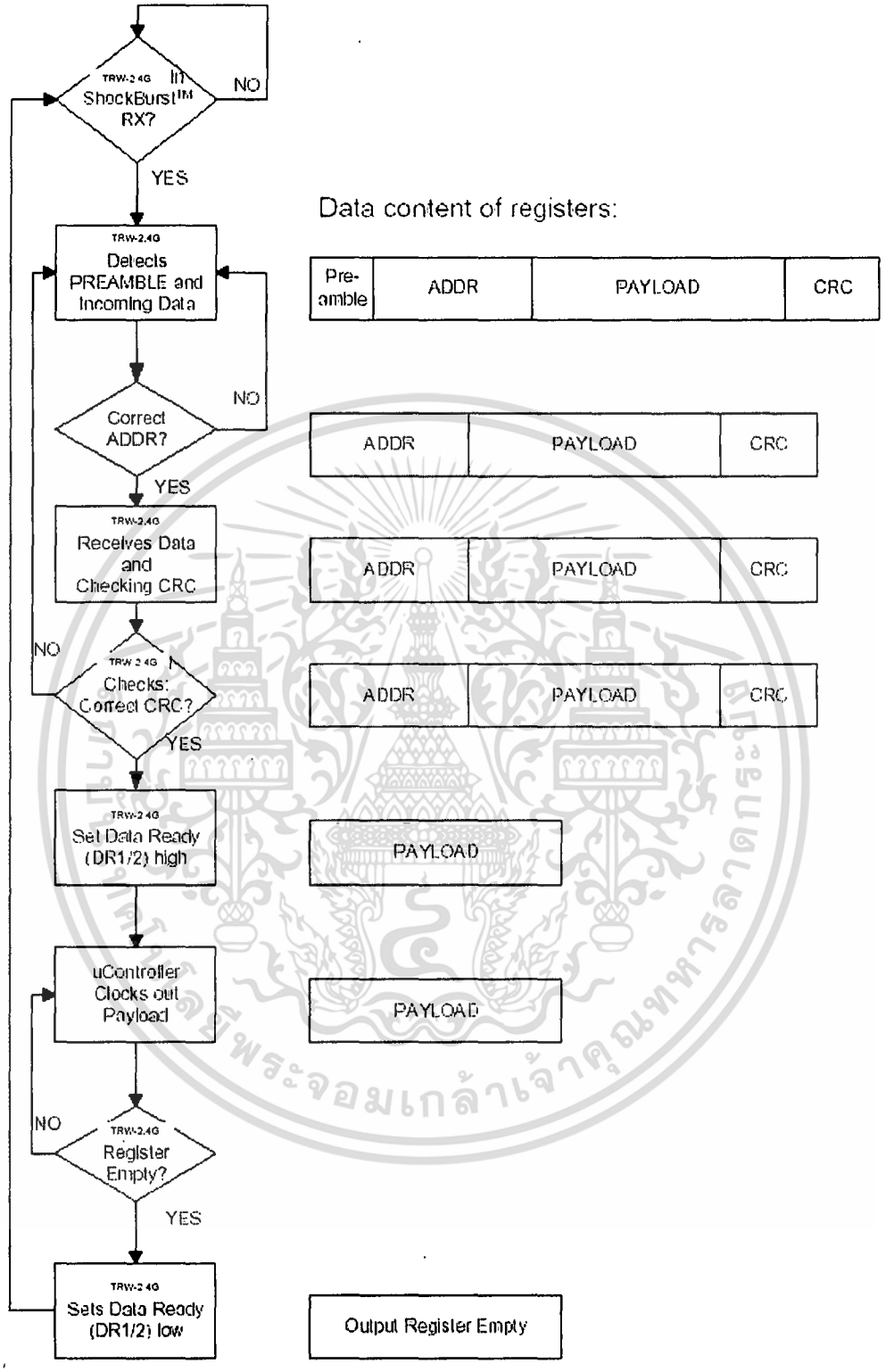


Figure 3 Flow Chart ShockBurst™ Receive of TRW-2.4G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRW-2.4G ShockBurst™ Receive:

MCU interface pins: CE, DR1, CLK1 and DATA (one RX channel receive)

1. Correct address and size of payload of incoming RF packages are set when TRW-2.4G is configured to ShockBurst™ RX.
2. To activate RX, set CE high.
3. After 200 µs settling, TRW-2.4G is monitoring the air for incoming communication.
4. When a valid package has been received (correct address and CRC found), TRW-2.4G removes the preamble, address and CRC bits.
5. TRW-2.4G then notifies (interrupts) the MCU by setting the DR1 pin high.
6. MCU may (or may not) set the CE low to disable the RF front end (low current mode).
7. The MCU will clock out just the payload data at a suitable rate (ex. 10 kbps).
8. When all payload data is retrieved TRW-2.4G sets DR1 low again, and is ready for new incoming data package if CE is kept high during data download. If the CE was set low, a new start up sequence can begin, see Figure 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DuoCeiver™ Simultaneous Two Channel Receive Mode

In both ShockBurst™ . . . modes the TRW-2.4G can facilitate simultaneous reception of two parallel independent frequency channels at the maximum data rate. This means:

- TRW-2.4G can receive data from two 1 Mbps transmitters (ex: TRW-2.4G or TRW-2.4G_) 8 MHz (8 frequency channels) apart through one antenna interface.
- The output from the two data channels is fed to two separate MCU interfaces.
  - Data channel 1: CLK1, DATA, and DR1
  - Data channel 2: CLK2, DOUT2, and DR2
  - DR1 and DR2 are available only in ShockBurst™.

The TRW-2.4G DuoCeiver™ technology provides 2 separate dedicated data channels for RX and replaces the need for two, stand alone receiver systems.

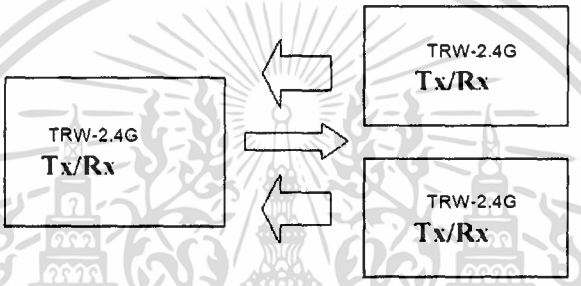


Figure 4 Simultaneous 2 channel receive on TRW-2.4G

There is one absolute requirement for using the second data channel. For the TRW-2.4G to be able to receive at the second data channel the frequency channel must be 8MHz higher than the frequency of data channel 1. The TRW-2.4G must be programmed to receive at the frequency of data channel 1. No time multiplexing is used in TRW-2.4G to fulfil this function. In direct mode the MCU must be able to handle two simultaneously incoming data packets if it is not multiplexing between the two data channels. In ShockBurst™ it is possible for the MCU to clock out one data channel at a time while data on the other data channel waits for MCU availability, without any lost data packets, and by doing so reduce the needed performance of the MCU.

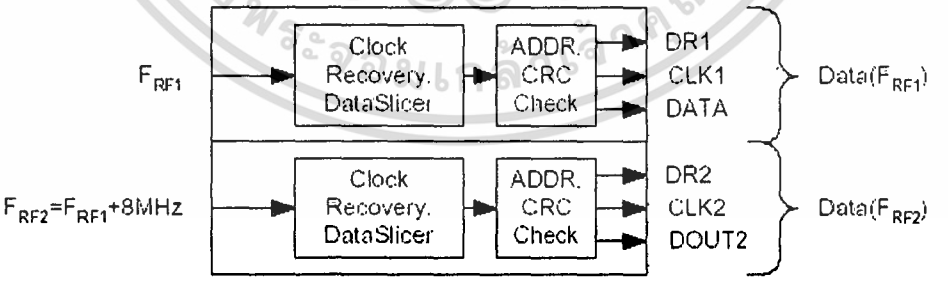


Figure 5) DuoCeiver™ with two simultaneously independent receive channels.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVICE CONFIGURATION

All configuration of the TRW-2.4G is done via a 3-wire interface to a single configuration register. The configuration word can be up to 15 bytes long for ShockBurst™

Configuration for ShockBurst™ operation

The configuration word in ShockBurst™ enables the TRW-2.4G to handle the RF protocol. Once the protocol is completed and loaded into TRW-2.4G only one byte, but[7:0], needs to be updated during actual operation.

The configuration blocks dedicated to ShockBurst™ is as follows:

- Payload section width: Specifies the number of payload bits in a RF package. This enables the TRW-2.4G to distinguish between payload data and the CRC bytes in a received package
- Address width: Sets the number of bits used for address in the RF package. This enables the TRW-2.4G to distinguish between address and payload data.
- Address (RX Channel 1 and 2): Destination address for received data.
- CRC: Enables nRF2401 on-chip CRC generation and de-coding.

NOTE:
These configuration blocks, with the exception of the CRC, are dedicated for the packages that a TRW-2.4G is to receive.
In TX mode, the MCU must generate an address and a payload section that fits the configuration of the TRW-2.4G that is to receive the data.
When using the TRW-2.4G on-chip CRC feature ensure that CRC is enabled and uses the same length for both the TX and RX devices.

Figure 10 Data packet set-up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Configuration Word overview

	Bit position	Number of bits	Name	Function
ShockBurst™ configuration	143:120	24	TEST	Reserved for testing
	119:112	8	DATA2_W	Length of data payload section RX channel 2
	111:104	8	DATA1_W	Length of data payload section RX channel 1
	103:64	40	ADDR2	Up to 5 byte address for RX channel 2
	63:24	40	ADDR1	Up to 5 byte address for RX channel 1
	23:18	6	ADDR_W	Number of address bits (both RX channels).
	17	1	CRC_L	8 or 16 bit CRC
	16	1	CRC_EN	Enable on-chip CRC generation,checking.
General device configuration	15	1	RX2_EN	Enable two channel receive mode
	14	1	CM	Communication mode (Direct or ShockBurst™)
	13	1	RFDR_SB	RF data rate (1Mbps requires 16MHz crystal)
	12:10	3	XO_F	Crystal frequency
	9:8	2	RF_PWR	RF output power
	7:1	7	RF_CH#	Frequency channel
	0	1	RXEN	RX or TX operation

Table 4 Table of configuration words.

The configuration word is shifted in MSB first on positive CLK1 edges. New configuration is enabled on the falling edge of CS.

NOTE.
On the falling edge of CS, the TRW-2.4G updates the number of bits actually shifted in during the last configuration.
Ex:
If the TRW-2.4G is to be configured for 2 channel RX in ShockBurst™, a total of 120 bits must be shifted in during the first configuration after VDD is applied.
Once the wanted protocol, modus and RF channel are set, only one bit (RXEN) is shifted in to switch between RX and TX.

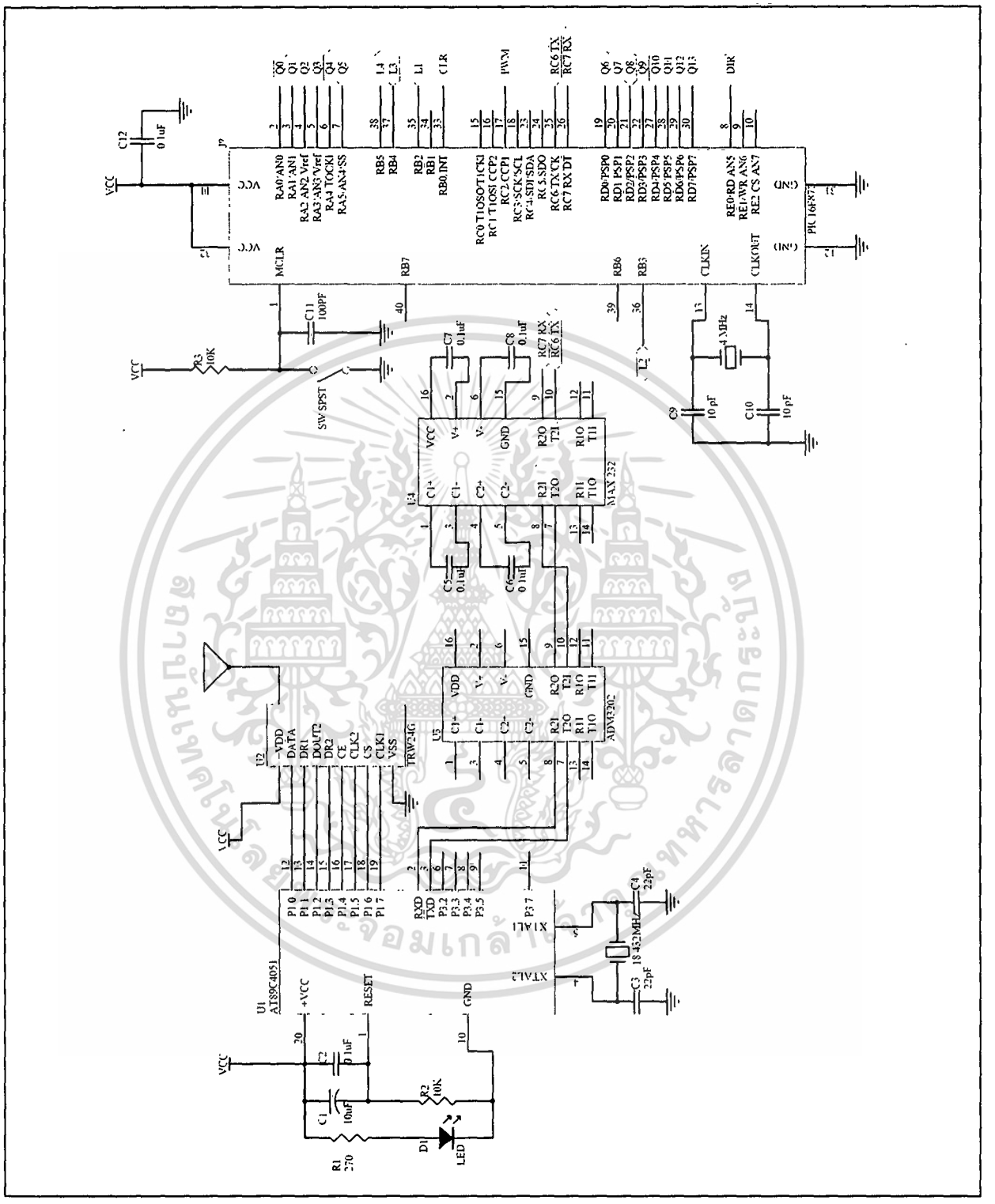
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วงจรการทำงาน

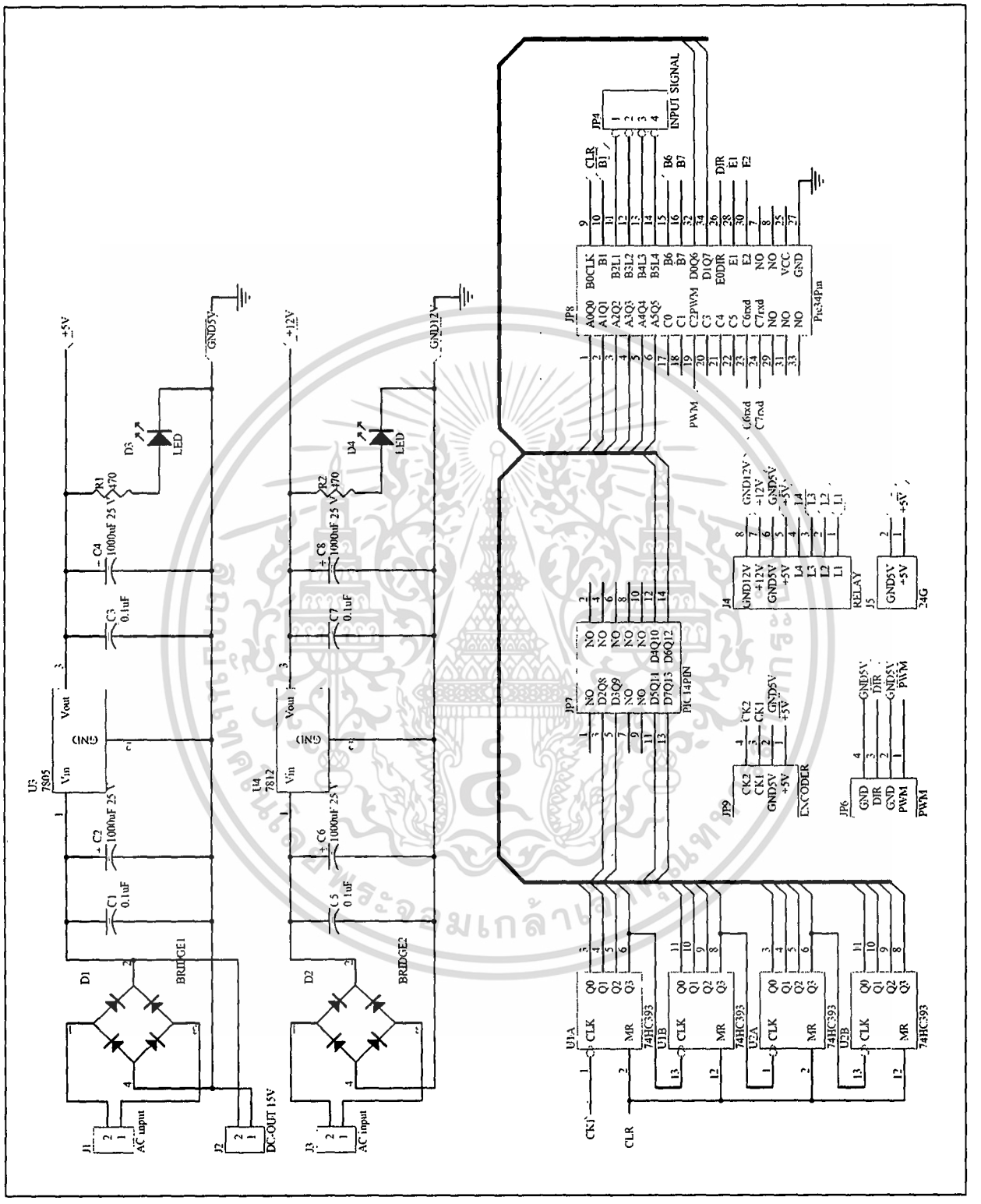
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรควบคุมกระบวนการทำงาน



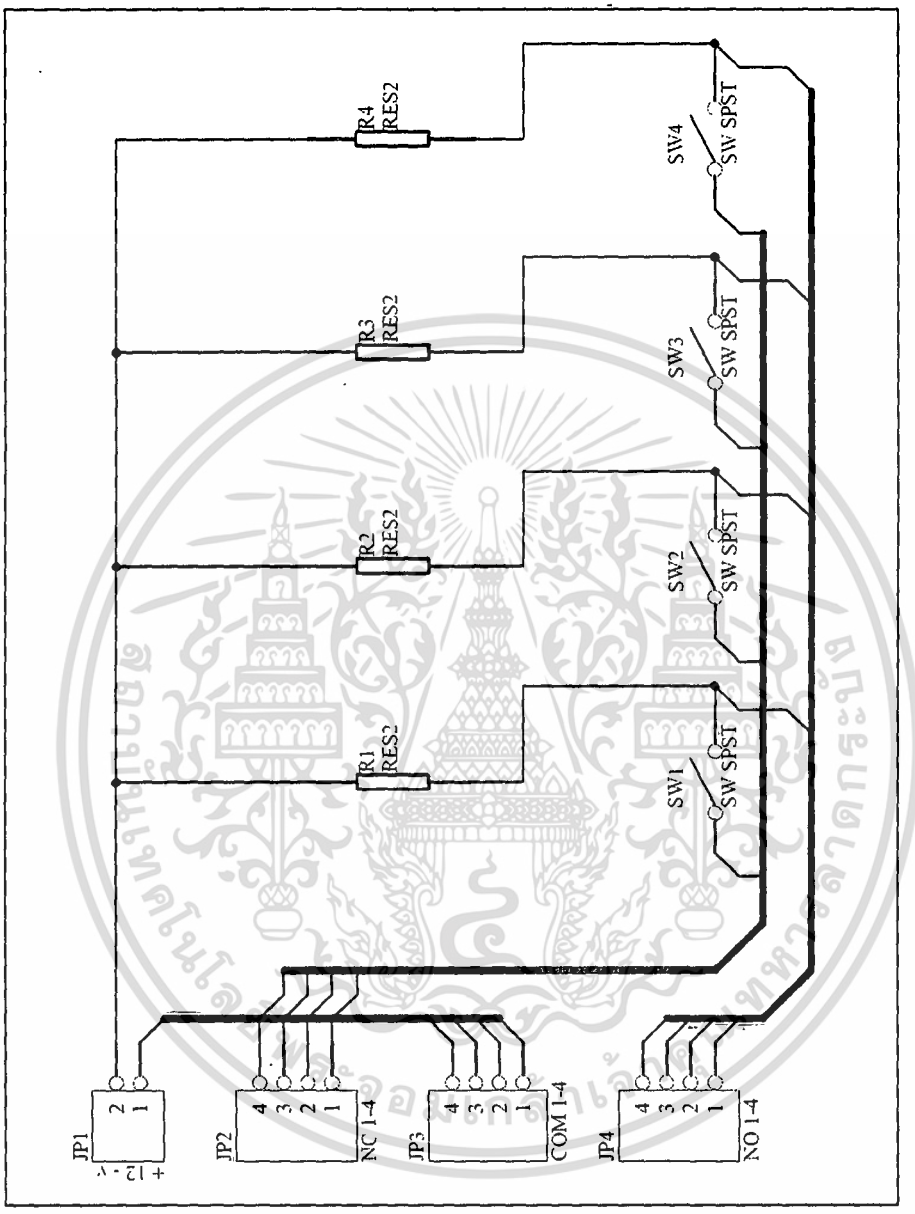
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรวมสายสัญญาณ



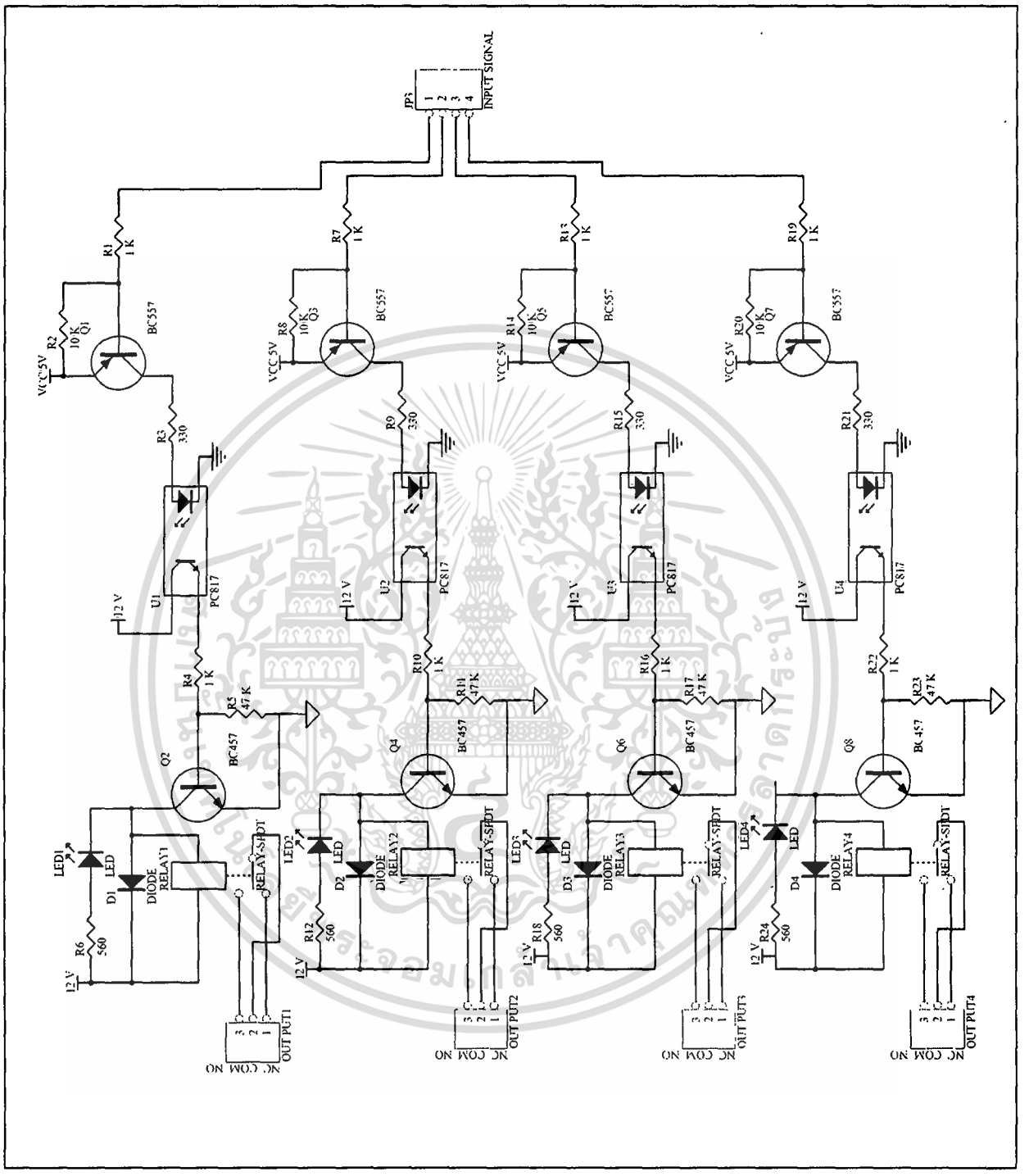
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรโหลด



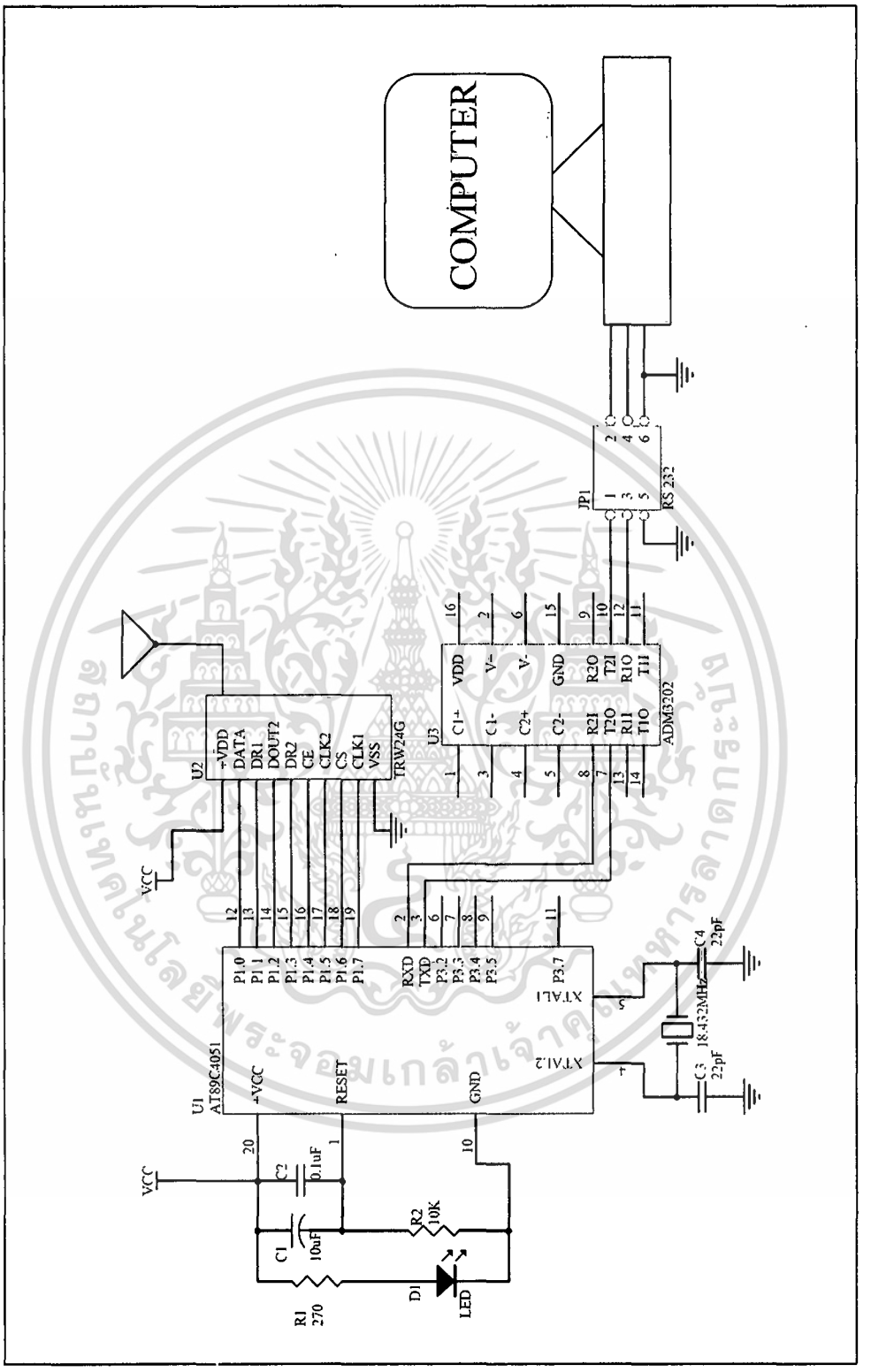
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรสวิตซ์ รีเลย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรการส่ง รับข้อมูลทางคอมพิวเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร, "คู่มือเขียนโปรแกรม Visual Basic ฉบับผู้เริ่มต้น", บริษัท ไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซนเตอร์ จำกัด, 432 หน้า, 2548
2. ศุภชัย สมภานิช, "Advanced Database Programming ด้วย VB 6+VB .NET", บริษัท ไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซนเตอร์ จำกัด, 384 หน้า, 2548
3. บัณฑิต จามรภูติ, "คู่มือการใช้งาน Protel 99", บัณฑิตเพรส, 290 หน้า, 2544
4. ธาริน สิทธิธรรมชารี, "สร้างระบบฐานข้อมูลอย่างมืออาชีพ Access 2003", บริษัท ซัคเซส มีเดีย จำกัด, 330 หน้า, 2549
5. โยธิน เปรมปราณีรัชต์, "SOLID-STATE DC MOTOR CONTROL", ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
6. เดชฤทธิ์ มณีธรรม, "คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC (Microcontroller PIC)", กรุงเทพฯ :เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์,2549, 368 หน้า.
7. ณัฏฐพล วงศ์สุนทรชัย "เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877", อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.
8. ประจิน พลังสันติกุลม, "เรียนรู้และใช้งาน CCS C คอมไพเลอร์", อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.
9. วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์, "เซนเซอร์ และทรานสดิวเซอร์", สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 292 หน้า, กรุงเทพฯ, 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้