

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมตำแหน่งเครน 2 มิติ

TWO DIMENSIONAL CRANE CONTROL SYSTEM



โดย

นายชโย

เดาหเรณู

นายบุญญฤทธิ์

ขอมอบกลาง

จ.ส.อ.สุรพงษ์

แจ้วงศ์

2/10
๙/๑๒/๕๕
๒๕๕๕

เลขานุ.....**83298**
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....ค.ศ. 2551

11๙๕๕๓33
.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2550


ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมตำแหน่งเครน 2 มิติ
TWO DIMENSIONAL CRANE CONTROL SYSTEM

ผู้จัดทำ	นายชโย	เลาหเรณู	48015283
	นายบุญญฤทธิ์	ขอมอบกลาง	48015293
	จ.ศ.อ.สุรพงษ์	แจ้วงศ์	48015317


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถาวร เบนุจนาสุทธิ์)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.จงกล งามวิวิทย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมตำแหน่งเครน 2 มิติ

โดย

นายชโย เลาหเรณู 48015283

นายบุญญฤทธิ์ ขอมอบกลาง 48015293

จ.ศ.อ.สุรพงษ์ แจ้งวงศ์ 48015317

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ถาวร เบญจนาสุทธี

รองศาสตราจารย์ ดร. จงกล งามวิทย์

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการออกแบบ โครงสร้างและระบบควบคุมตำแหน่งเครน 2 มิติ โดยโครงสร้างของเครนถูกออกแบบให้สามารถเคลื่อนที่ใน 2 ทิศทางบนระนาบ มีระยะในการเคลื่อนที่ตามแนวแกน X เท่ากับ 80 เซนติเมตร และระยะในการเคลื่อนที่ตามแนวแกน Y เท่ากับ 80 เซนติเมตร ส่วนตัวควบคุมนั้นอาศัยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและ โปรแกรมเดลไฟท์ 7 ซึ่งทำหน้าที่รับคำสั่งทั้ง 2 แกนจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งประมวลผลระยะทางจากการนับพัลส์ของเอ็นโค้ดเดอร์ จากนั้นคอมพิวเตอร์จะประมวลผลแล้วส่งคำสั่งสัญญาณควบคุมมายังชุดขับเคลื่อน

จากการทดลองพบว่า การควบคุมตำแหน่งเครนแบบ เปิด-ปิด ไม่สามารถทำให้เครนเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการ ได้ ดังนั้นจึงออกแบบตัวควบคุมแบบพีซีเพื่อใช้ในการควบคุมตำแหน่งของเครน ซึ่งพบว่าสามารถทำให้เครนเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการได้ โดยยังมีค่าความผิดพลาดอยู่ แต่ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

TWO DIMENSIONAL CRANE CONTROL SYSTEM

by

Mr. Chayo	Laoharanoo
Mr. Boonyarit	Komobkang
Sergeant. Surapong	Jhangwong

Advisor

Asst. Prof. Dr. Taworn Benjanarasuth
Assoc. Prof. Dr. Jongkol Ngamwiwit
Academic Year 2007

ABSTRACT

This thesis presents the design of a two-dimensional crane structure and its positional control system. The crane's structure is designed to allow its movements in two dimensions on the plane with the movement's distance of 80 centimeters in both X and Y axes. A personal computer with Delphi 7 is employed as a controller. The computer will receive the measured crane's position via microcontrollers, which are programmed to count the pulses from an encoder in each axis. Then the computer will calculate and send according command signals to motors' drivers.

Experimental results show that the on-off crane positional control systems cannot maintain the crane's positions at the desired locations. Therefore, the P control systems are implemented. It is found from the experiments that the P control systems can move the crane to and keep the crane at the desired position within the acceptable steady-state error.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือจาก ผศ.ดร.ถาวร เบญจนราสุทร ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและให้โอกาสมาโดยตลอด ตั้งแต่ต้นผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. โยธิน เปรมปราณีรัชต์ ที่ให้คำปรึกษาในเรื่องของการออกแบบวงจรควบคุมตำแหน่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. จงกล งามวิวิทย์ ที่ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาต่างๆ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วันชัย ธีรรัฐจา ที่ได้มอบบอลลูกู ที่ได้นำไปใช้เป็นส่วนประกอบของชิ้นงาน

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. เกียรติศักดิ์ คมวัชระ ที่ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาในเรื่องของวงจรไฟฟ้าต่างๆ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ส่องเมือง นันทขว้าง ที่ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ พี่ วิโรจน์ วุฒิ (พี่น้อง) ที่คอยช่วยเหลือมาโดยตลอด รวมถึงเครื่องมือต่างๆ ที่ยืมมาใช้งาน ขอขอบคุณพี่มากครับ ที่ช่วยตั้งแต่วันแรกจนถึงวันสอบเสร็จ

ขอขอบพระคุณ พี่ อมรเทพ กาพย์แก้ว (พี่เพชร) ที่ให้ยืมเครื่องมือดีๆ มาใช้งาน

ขอขอบคุณเพื่อนเจฟและเพื่อนๆ ทุกคนที่ ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือ โดยตลอด ต้องขอโทษด้วยที่ไม่ได้เอ่ยชื่อ เพราะมีหลายคนเกรงว่าจะเขียนไม่หมด ขอขอบคุณป้าวิทย์ และพี่เป๊าะที่ชี้ทางสว่างให้ ขอขอบคุณครับพี่

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว ที่เป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา รวมถึงการสนับสนุนในเรื่องของงบประมาณที่ขาดเหลือ จนทำให้โครงงานชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงขึ้นมาได้ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบุคคลทุกบุคคล และ ทุกสิ่งทุกอย่างที่ผ่านเข้ามาแล้วทำให้โครงงานชิ้นนี้สำเร็จขึ้น ขอขอบคุณมากครับ

ผู้จัดทำ

นายชโย เลหาเรณู

นายบุญญฤทธิ์ ขอมอบกลาง

จ.ส.อ. สุรพงษ์ แจ้งวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ตัวควบคุม	3
2.1.1 ตัวควบคุมแบบพี	3
2.1.2 ตัวควบคุมแบบไอ	6
2.1.3 ตัวควบคุมแบบดี	7
2.1.4 ตัวควบคุมแบบพีไอ	9
2.1.5 ตัวควบคุมแบบพีดี	11
2.1.6 ตัวควบคุมแบบพีไอดี	12
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	13
2.2.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	13
2.2.2 หลักการเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	15
2.2.3 การควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	16
2.2.4 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขั้นพื้นฐาน	17
2.3 หลักการทำงานของเอ็น โค้ดเดอร์	20
2.4 การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกโดยผ่านพอร์ทอนุกรม	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.1 การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส	21
2.4.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	22
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์	24
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	26
3.1 การออกแบบโครงสร้างส่วนประกอบต่างๆ ของเครน	26
3.2 การออกแบบระบบควบคุมการทำงานของเครน	28
3.2.1 ส่วนการประมวลผลสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์	29
3.2.2 ส่วนของการจัดการด้านการสื่อสาร	30
3.2.3 ส่วนของการส่งค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ป้อนกลับไปยังคอมพิวเตอร์	32
3.2.4 ส่วนของการรับค่าสัญญาณควบคุมมาจากคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่และตำแหน่งของเครน	32
3.3 การออกแบบวงจรที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครน	33
3.3.1 วงจรจับมอเตอร์	33
3.3.2 วงจรควบคุมมอเตอร์	38
3.3.3 วงจรรับ-ส่งข้อมูลจากเอ็นโค้ดเดอร์	39
3.3.4 วงจรควบคุมการสื่อสาร	40
บทที่ 4 ผลการทดลอง	42
4.1 การทดลองการควบคุมตำแหน่งเครน โดยการควบคุมแบบเปิด-ปิด	42
4.2 การทดลองการควบคุมตำแหน่งเครน โดยการควบคุมแบบพี	45
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	49
5.1 ผลสัมฤทธิ์ของโครงการ	49
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข	50
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา	51
ภาคผนวก	52
ภาคผนวก ก. โปรแกรมที่ใช้ในโครงการ	53
ก.1 โปรแกรมที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งาน	53
ก.2 โปรแกรมที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ก.2.1 โปรแกรมการส่งคำสั่งสัญญาณเบือนกลับระยะทาง ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC1 และ PIC2 ตามลำดับ	59
ก.2.2 โปรแกรมส่วนการจัดการด้าน การสื่อสารที่อยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC4	61
ก.2.3 โปรแกรมการรับคำสั่งสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์ ที่อยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC3	62
ภาคผนวก ข. คู่มือประกอบการใช้งานอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในโครงการ	65
ข.1 อุปกรณ์วัดตำแหน่ง	65
ข.2 อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในวงจร	71
ข.2.1 ไอซี PIC16F877	71
ข.2.2 ไอซี MC14052	72
ข.2.3 ไอซี MAX232	73
ข.2.4 ไอซี 7474	74
ข.2.5 ไอซี 74132	75
ข.2.6 ไอซี L6203	76
ข.2.7 ไอซี 7408	78
ข.2.8 มอสเฟต Z44N	79
ข.2.9 มอสเฟต IRF9540	80
ข.2.10 ทรานซิสเตอร์ BC547	81
ภาคผนวก ค. แผนผังอุปกรณ์และการเชื่อมต่อแผงวงจร	82
ค.1 วงจรควบคุมการสื่อสาร	82
ค.2 วงจรรับ-ส่งข้อมูลจากเอ็นโค้ดเดอร์	82
ค.3 วงจรควบคุมมอเตอร์	83
ค.4 วงจรขับมอเตอร์	84
เอกสารอ้างอิง	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 รูปแบบโครงสร้างจำลองของเครื่องที่ใช้งาน	2
2.1 การกำหนดช่วงจำกัดของเอาต์พุต	4
2.2 ผลการตอบสนองของตัวควบคุมแบบพี	5
2.3 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบพี	5
2.4 ผลการตอบสนองของตัวควบคุมแบบไอ	6
2.5 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบไอ	7
2.6 ผลตอบสนองของตัวควบคุมแบบดี	8
2.7 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบดี	8
2.8 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบพีไอ	9
2.9 การตอบสนองของตัวควบคุมแบบพีไอ	10
2.10 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบพีดี	11
2.11 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบพีไอดี	13
2.12 สเตเตอร์ของมอเตอร์กระแสตรง แบบ 2 โพล และแบบ 4 โพล	14
2.13 โรเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	14
2.14 วงจรสมมูลของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	15
2.15 ระบบควบคุมตำแหน่ง	17
2.16 วงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานอนุกรม	17
2.17 กราฟคุณสมบัติการควบคุมความเร็วโดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้	18
2.18 การควบคุมความเร็วโดยเปลี่ยนค่าแรงดัน	18
2.19 สัญญาณพีดับบิวเอ็มมีความกว้างพัลส์เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์	19
2.20 สัญญาณพีดับบิวเอ็มมีความกว้างพัลส์เท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์	19
2.21 สัญญาณพีดับบิวเอ็มมีความกว้างพัลส์เท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์	19
2.22 ส่วนประกอบของเอ็นโค้ดเดอร์ และสัญญาณที่ได้จากเอ็นโค้ดเดอร์	20
2.23 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส	21
2.24 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	22
2.25 ไอซี MAX 232	24
3.1 รางบอลสกรู แกน Y	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.2 ลิเนียร์สไลด์	27
3.3 บอลสกรู แกน X	27
3.4 โครงสร้างของเครนที่ใช้ในการทดลอง	28
3.5 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมตำแหน่งเครน 2 มิติ	29
3.6 แผนภาพขั้นตอนการควบคุมโดยคอมพิวเตอร์	30
3.7 แผนภาพขั้นตอนการควบคุมการจัดการด้านการสื่อสาร	31
3.8 แผนภาพขั้นตอนการอ่านค่าจากเอ็นโค้ดเดอร์และทำการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์	32
3.9 แผนภาพขั้นตอนการรับคำสั่งสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์	33
3.10 วงจรภายใน ไอซี L6203	34
3.11 วงจรขับมอเตอร์ใช้ ไอซี L6203	34
3.12 แผงวงจรขับมอเตอร์ ไอซี L6203	35
3.13 วงจรสวิตช์แบบ H-Bridge	35
3.14 ลักษณะการทำงานเมื่อทำการสับสวิตช์ในแต่ละคู่	36
3.15 วงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge	37
3.16 แผงวงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge	37
3.17 วงจรควบคุมมอเตอร์	38
3.18 แผงวงจรควบคุมมอเตอร์	38
3.19 วงจรรับส่งข้อมูลจากเอ็นโค้ดเดอร์	39
3.20 แผงวงจรรับส่งข้อมูลจากเอ็นโค้ดเดอร์	39
3.21 ลักษณะการใช้งาน ไอซี MC14052	40
3.22 วงจรควบคุมการสื่อสาร	41
3.23 แผงวงจรควบคุมการสื่อสาร	41
4.1 ผลการตอบสนองของการเคลื่อนที่ ณ ตำแหน่ง 20 เซนติเมตร โดยการควบคุมแบบเปิด-ปิด	43
4.2 ผลการตอบสนองของการเคลื่อนที่ ณ ตำแหน่ง 40 เซนติเมตร โดยการควบคุมแบบเปิด-ปิด	44
4.3 สัญญาณควบคุมการทำงานของเครนทั้ง 2 แกน ณ ตำแหน่ง 20 เซนติเมตร	44

เอกสาร 4.4 สัญญาณควบคุมการทำงานของเครนทั้ง 2 แกน ณ ตำแหน่ง 40 เซนติเมตร ไปใช้ประโยชน์ค่า 45
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 ผลการตอบสนองของการเคลื่อนที่ ณ ตำแหน่ง 40 เซนติเมตร โดยใช้ตัวควบคุมแบบพี	46
4.6 สัญญาณควบคุมการทำงานของเครน ณ ตำแหน่ง 40 เซนติเมตร เมื่อใช้ตัวควบคุมแบบพี	46
4.7 ผลการตอบสนองของการเคลื่อนที่ ณ ตำแหน่ง 60 เซนติเมตร โดยใช้ตัวควบคุมแบบพี	47
4.8 สัญญาณควบคุมการทำงานของเครน ณ ตำแหน่ง 60 เซนติเมตร เมื่อใช้ตัวควบคุมแบบพี	48
ก.1 หน้าต่างที่ใช้งานในการควบคุมตำแหน่งเครน	53
ข.1 มอเตอร์และอุปกรณ์วัดตำแหน่ง	65
ข.2 ไอซี PIC16F877	71
ข.3 ไอซี MC14052	72
ข.4 ไอซี MAX 232	73
ข.5 ไอซี 7474	74
ข.6 ไอซี 74132	75
ข.7 ไอซี L6203	77
ข.8 ไอซี 7408	78
ข.9 มอสเฟต Z44N	79
ข.10 มอสเฟต IRF9540	80
ข.11 ทรานซิสเตอร์ BC547	81
ค.1 แผนผังอุปกรณ์และจุดเชื่อมต่อของวงจรควบคุมการสื่อสาร	82
ค.2 แผนผังอุปกรณ์ และจุดเชื่อมต่อวงจรรับ-ส่งค่า เอ็นโค้ดเดอร์	83
ค.3 แผนผังอุปกรณ์ และจุดเชื่อมต่อวงจรควบคุมมอเตอร์	83
ค.4 แผนผังอุปกรณ์และจุดเชื่อมต่อของวงจรขับมอเตอร์	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการทดลองการควบคุมตำแหน่งเลนที่ 40 เซนติเมตร	47
4.2 ผลการทดลองการควบคุมตำแหน่งเลนที่ 60 เซนติเมตร	48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

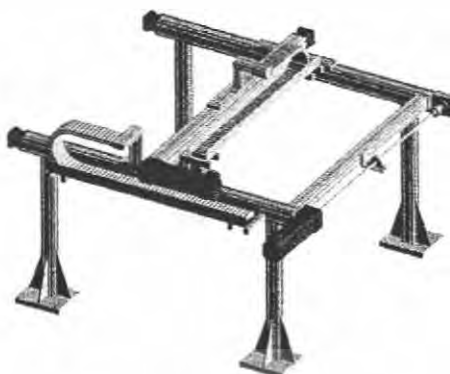
บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตและการทำงาน เพื่อความสะดวกสบาย มนุษย์จึงได้คิดค้นเทคโนโลยีใหม่ๆ ขึ้นมาเสมอ ยกตัวอย่าง เช่น เครื่องมือหรือมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง ถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์อีกหนึ่งชนิดที่สามารถพบเห็นในงานอุตสาหกรรมสมัยใหม่เป็น ส่วนมาก ด้วยความเจริญของเทคโนโลยีการสร้างแม่เหล็กถาวรที่มีคุณภาพสูง ทำให้มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงกลายเป็นพลังจักรกลที่สำคัญในระบบควบคุมเกือบทุกชนิด และในงานอุตสาหกรรมไม่ว่าจะมีขนาดเล็กหรือใหญ่ ในการขนย้ายวัสดุ หรือ สิ่งของที่มีน้ำหนักมากและมีขนาดใหญ่จากที่หนึ่ง ไปยังอีกที่หนึ่ง ซึ่งการขนย้ายในแต่ละครั้งอาจต้องใช้คนเป็นจำนวนมาก และในการขนย้าย อาจเกิดการกระแทกทำให้วัสดุ หรือ สิ่งของชำรุดหรือเกิดอันตรายกับผู้อื่นได้ เกรนจึงถูกสร้าง ขึ้นมาเพื่อช่วยเหลือในการเคลื่อนย้าย จึงมีความจำเป็นที่จะพัฒนา และนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ ในการปฏิบัติงานแทน โดยสามารถควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์และพัฒนา โครงสร้างและองค์ประกอบ ต่างๆ ทำให้สามารถป้อนค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่ได้ตามที่ต้องการ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกรนจึง จัดได้ว่ามีความสำคัญในการอุตสาหกรรม และสามารถนำไปประยุกต์เป็นเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ใน งานเล็กๆ ตลอดจนใช้เป็นเครื่องจักรกลขนาดใหญ่สำหรับงานอุตสาหกรรม เช่น เครื่องเจาะ อัด โนมัตติ หุ่นยนต์และเครื่องมือวัดคุมต่างๆ เป็นต้น

โครงการนี้นำเสนอการควบคุมตำแหน่งของเกรน 2 มิติ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นตัวขับเคลื่อน จากการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าไปยังมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรงจะพบว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีการหมุนเกิดขึ้นและเมื่อหยุดจ่ายแรงดันไฟฟ้า จะพบว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นไม่ได้หยุดหมุนทันที มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงยังคงหมุนด้วย แรงเฉื่อยก่อนที่จะหยุดหมุน จากลักษณะการทำงานดังกล่าวจะพบว่าระบบควบคุมแบบวงเปิดไม่ เหมาะสมกับการควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพราะไม่สามารถรักษาค่าตำแหน่งที่ ต้องการได้ ดังนั้นในโครงการนี้จึงเลือกใช้ระบบควบคุมวงปิดในการควบคุมตำแหน่งเกรน 2 มิติ และภายในโครงการยังได้ออกแบบเกรนขึ้นเพื่อใช้ในการทดลอง ตามแบบจำลองดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 รูปแบบโครงสร้างจำลองของเครนที่ใช้งาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาการควบคุมตำแหน่งเครน 2 มิติ โดยใช้คอมพิวเตอรื เป็นตัวควบคุมการทำงาน
2. ศึกษาการออกแบบระบบควบคุมวงปิด
3. ศึกษาการใช้งาน โปรแกรมเชื่อมต่อคอมพิวเตอรืเคล ไฟล์7 กับไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ออกแบบและทำการสร้างเครนเพื่อใช้ในการทดลอง
2. จัดสร้างอุปกรณ์ควบคุมตำแหน่งเครน 2 มิติ โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวควบคุม
3. จัดทำโปรแกรมเชื่อมต่อคอมพิวเตอรืกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ในการควบคุมตำแหน่งเครน 2 มิติ
4. ทำการทดลองควบคุมตำแหน่ง แบบเปิด-ปิด (On-Off) และ การควบคุม โดยใช้ตัวควบคุมแบบพี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877
2. ได้รับความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C และการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อคอมพิวเตอรืเคล ไฟล์7 ติดต่อกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์เพิ่มขึ้น
3. ได้รับความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการติดต่อข้อมูลผ่านทางพอร์ทอนุกรมเพิ่มขึ้น
4. ความเข้าใจในระบบควบคุมวงปิด สามารถออกแบบตัวควบคุมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีการควบคุม และหลักการของอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบการควบคุมตำแหน่งครน 2 มิติ ดังนี้

- ตัวควบคุม
- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- เอ็นโค้ดเดอร์
- การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกโดยผ่านพอร์ตอนุกรม
- ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1 ตัวควบคุม

ตัวควบคุมแบบดั้งเดิม (Classical Controller) เป็นส่วนประกอบหนึ่งในระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการเลือกใช้ตัวควบคุมที่เหมาะสมกับระบบควบคุมแบบป้อนกลับ วิธีการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับตัวควบคุม โดยที่เอาต์พุตของตัวควบคุมคือ กฎการควบคุม (Control Law) โดยมี 3 รูปแบบคือ

1. การควบคุมแบบพี (P: Proportional Control)
2. การควบคุมแบบไอ (I: Integral Control)
3. การควบคุมแบบดี (D: Derivative)

ในระบบควบคุมแบบป้อนกลับบางประเภท มีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงสมรรถนะของระบบควบคุม ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้ส่วนประกอบอื่นเพิ่มเติมเข้ากับระบบควบคุม การที่ปรับเปลี่ยนสมรรถนะของระบบควบคุมแบบป้อนกลับแบบนี้เรียกว่า การชดเชย (Compensation)

2.1.1 ระบบควบคุมแบบพี

ในระบบควบคุมแบบพี เอาต์พุตของตัวควบคุม $u(t)$ จะเป็นสัดส่วนกับอินพุตของตัวควบคุม และถ้ากำหนดสัญญาณอินพุตให้กับตัวควบคุมเป็น ค่าความผิดพลาด $e(t)$ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของเวลาจะได้

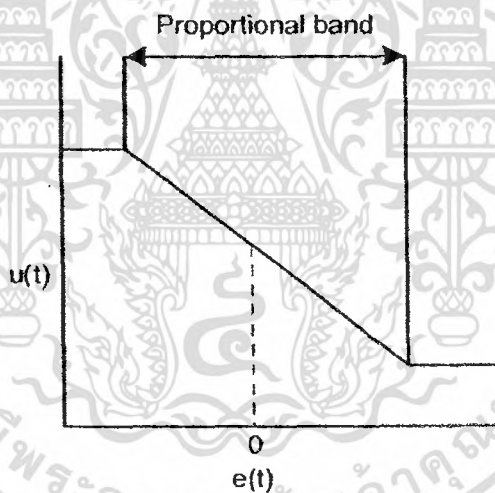
$$u(t) = K_p e(t) \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ K_p เป็นค่าคงที่เรียกว่า อัตราขยายแบบสัดส่วน (Proportional Gain) จะพบว่าเอาต์พุตที่ออกมาจากตัวควบคุมแบบพี เป็นสัดส่วน โดยตรงกับขนาดของความผิดพลาดในขณะที่กำลังพิจารณา ทำให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวควบคุม $G_c(s)$ มีค่าเป็น

$$G_c(s) = K_p \quad (2.2)$$

ดังนั้น การควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบนี้ก็จะเป็นเพียงการขยายสัญญาณความผิดพลาดเท่านั้น การที่ได้สัญญาณความผิดพลาดขนาดใหญ่ที่เวลาหนึ่ง ทำให้เกิดเอาต์พุตที่มีขนาดใหญ่จากตัวควบคุมในเวลา นั้น อย่างไรก็ตามการที่ให้อัตราขยายคงที่นั้น ในทางปฏิบัติอาจกำหนดไว้ในช่วงของสัญญาณความผิดพลาดเท่านั้น หรืออาจกำหนดให้ตัวควบคุมมีค่าเอาต์พุตไม่น้อยกว่าค่าๆหนึ่งและ ไม่มากเกินไปกว่าค่าๆหนึ่งก็ได้ ซึ่งการกำหนดช่วงจำกัดของเอาต์พุตจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.1 ช่วงที่มีการกำหนดสัดส่วนนี้ จะเรียกว่า Proportional Band



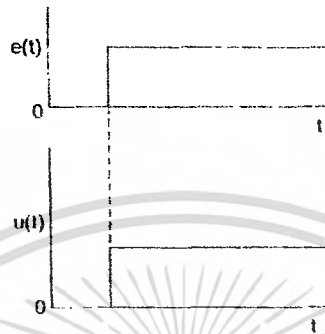
รูปที่ 2.1 การกำหนดช่วงจำกัดของเอาต์พุต

การกำหนด Proportional Band นี้จะช่วยให้สัญญาณเอาต์พุตมีค่าจำกัด ไม่ไปสู่ค่าอนันต์ ทั้งทางด้านบวกและทางด้านลบ และเมื่อตัวควบคุมมีเอาต์พุตสูงที่สุดที่เป็นไปได้ค่าหนึ่งก็นิยามที่กำหนดเอาต์พุตค่าใดๆ เป็นร้อยละของค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของค่าเอาต์พุต 100% ก็หมายถึงว่า เอาต์พุตจะเปลี่ยนจากค่าต่ำสุดที่เป็นไปได้ ไปเป็นค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ ซึ่งจะได้ว่า

$$K_p = \frac{100}{\text{Proportional Band}} \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเอาต์พุตของตัวควบคุมจะเป็นสัดส่วนกับอินพุต ดังนั้นหากอินพุตมีสัญญาณเป็นสัญญาณระดับ (Step Signal) เอาต์พุตที่ได้ก็จะมีลักษณะเป็นสัญญาณระดับเช่นกัน โดยลักษณะของกราฟแสดงอินพุตและเอาต์พุตจะมีสัดส่วนที่แน่นอนค่าหนึ่งตามรูปที่ 2.2 โดยรูปนี้แสดงถึงการตอบสนองของตัวควบคุม เมื่ออินพุตอยู่ในช่วง Proportional Band

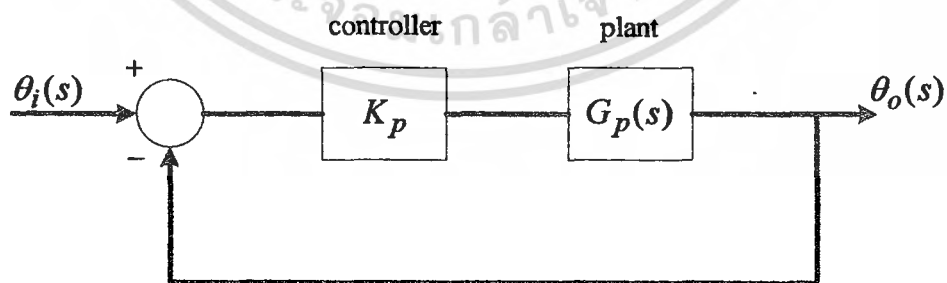


รูปที่ 2.2 ผลการตอบสนองของตัวควบคุมแบบพี

ในทางปฏิบัติตัวควบคุมแบบพีนี้มีลักษณะเหมือนกับเครื่องขยายสัญญาณรูปแบบหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นในลักษณะของอุปกรณ์ไฟฟ้า หรืออาจจะเป็นเครื่องขยายสัญญาณเชิงกล เช่น คาน ก็ได้ ลักษณะของระบบที่มีตัวควบคุมแบบพี แสดงไว้ในรูปที่ 2.3 และมีฟังก์ชันถ่ายโอนวงเปิดเป็น

$$G(s) = K_p G_p(s) \quad (2.4)$$

เมื่อ $G_p(s)$ เป็นฟังก์ชันถ่ายโอนของพลานต์หรือกระบวนการ



รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบพี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียของระบบที่มีตัวควบคุมแบบพี คือ ถ้าระบบชนิด 0 (Type 0) ตัวควบคุมจะไม่เปลี่ยนแปลงชนิด ทำให้ระบบชนิด 0 เหมือนเดิมและทำให้เกิดค่าความผิดพลาดที่สภาวะคงตัว (Steady-State Error) เนื่องจากตัวควบคุมไม่ได้ทำการเพิ่มโพล (Pole) ใหม่ให้กับระบบ เพียงแต่เปลี่ยนตำแหน่งของโพลเท่านั้นเนื่องจากระบบควบคุมแบบป้อนกลับหนึ่งหน่วย มีฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบวงปิดเป็น

$$\frac{\theta_o(s)}{\theta_s(s)} = \frac{K_p G_p(s)}{1 + K_p G_p(s)} \quad (2.5)$$

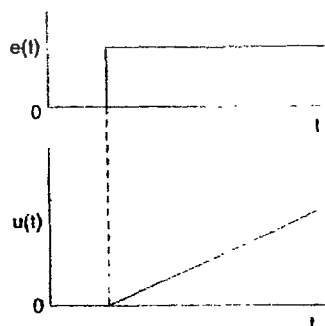
ซึ่งมีสมการคุณลักษณะเป็น $1 + K_p G_p(s) = 0$ และมีรากเปลี่ยนไปตามค่าของ K_p เท่านั้น

2.1.2 ระบบควบคุมแบบไอ

ในระบบควบคุมแบบไอ เอาท์พุทของตัวควบคุมแบบ ไอจะเป็นสัดส่วนกับการอินทิกรัลสัญญาณของค่าผิดพลาดเทียบกับเวลา หรือ

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \quad (2.6)$$

เมื่อ K_i เป็นค่าคงที่ที่เรียกว่า อัตราขยายอินทิกรัล (Integral Gain) ซึ่งจะมีหน่วยเป็น sec^{-1} รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะการตอบสนองของระบบควบคุมแบบ ไอ เมื่อได้รับสัญญาณอินพุทแบบระดับค่า $u(t)$ ณ เวลาใดๆ หมายถึงพื้นที่ใต้กราฟของสัญญาณอินพุทจากเวลา 0 ถึง t คูณด้วยอัตราขยายอินทิกรัล ดังนั้นเนื่องจากเริ่มมีค่าอินพุทแบบระดับ เอาท์พุทที่ออกจากตัวควบคุมมีค่ามากขึ้นเรื่อยๆด้วยอัตราคงที่ ในลักษณะรูปสัญญาณลาดเอียง (Ramp Signal)

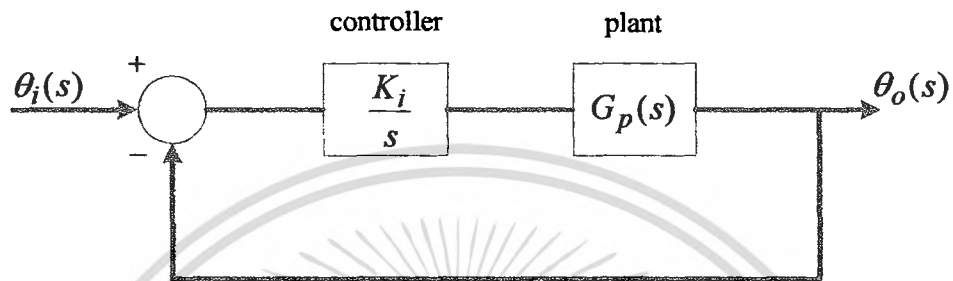


รูปที่ 2.4 ผลการตอบสนองของตัวควบคุมแบบ ไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ (2.6) จะ ได้ฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวควบคุมแบบโอ เป็น

$$G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s} \quad (2.7)$$



รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบโอ

ทำให้ระบบควบคุมแบบโอที่แสดงในรูปที่ 2.5 มีฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบเปิดเป็น $\frac{K_i}{s} G_p(s)$ และทำให้มีฟังก์ชันถ่ายโอนวงปิดเป็น

$$\frac{\theta_o(s)}{\theta_i(s)} = \frac{\frac{K_i}{s} G_p(s)}{1 + \frac{K_i}{s} G_p(s)} \quad (2.8)$$

ดังนั้นจากฟังก์ชันถ่ายโอนวงเปิด จะเห็นว่าระบบควบคุมแบบโอจะทำให้ระบบชนิด 0 เป็นชนิด 1 ซึ่งทำให้ระบบควบคุมวงปิดมีความผิดพลาดที่สภาวะคงตัวเป็นศูนย์ เมื่อสัญญาณอินพุตเป็นแบบระดับ

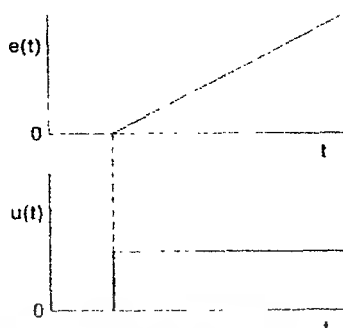
2.1.3 ระบบควบคุมแบบดี

ระบบควบคุมแบบดีนี้ เอาท์พุตจะเป็นสัดส่วนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงความผิดพลาดเทียบกับเวลา นั่นคือ

$$u(t) = K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.9)$$

เมื่อ K_d คือ Derivative Gain และมีหน่วยเป็นวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ผลตอบสนองของตัวควบคุมแบบดิ

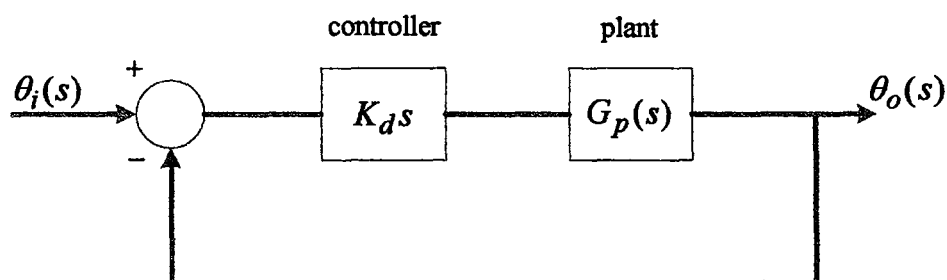
รูปที่ 2.6 แสดงผลตอบสนองของตัวควบคุมแบบดิ เมื่อสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณแบบความชัน จากสมการที่ (2.9) จะเห็นว่าตัวควบคุมแบบดิจะให้สัญญาณออกจากตัวควบคุมมีค่ามากเมื่อค่าอินพุตความผิดพลาดมีแนวโน้มเพิ่มในอัตราที่สูงก่อนที่จะเกิดความผิดพลาดมากขึ้นจริงๆ

อย่างไรก็ตาม หากความผิดพลาดมีค่าคงที่ก็จะไม่มีการสะสมค่าความผิดพลาดแม้ว่าค่าความผิดพลาดจะมีมากก็ตาม ทำให้การควบคุมแบบดินี้ไม่เปลี่ยนแปลงต่อค่าความผิดพลาดที่คงที่หรือเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ดังนั้นการควบคุมแบบนี้จึงไม่เป็นที่นิยมใช้เพียงลำพัง แต่มักใช้ควบคุมร่วมกับการควบคุมแบบอื่น ฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวควบคุมแบบดิ คือ

$$G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_d s \quad (2.10)$$

ดังนั้นระบบควบคุมแบบดิจึงมีฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบวงปิดเป็น

$$\frac{\theta_o(s)}{\theta_i(s)} = \frac{K_d s G_p(s)}{1 + K_d s G_p(s)} \quad (2.11)$$



รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบดิ

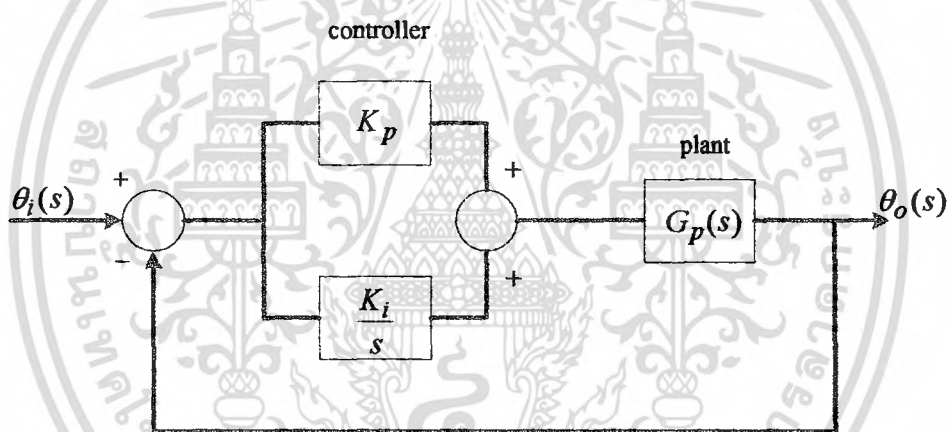
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากระบบเป็นแบบชนิด 1 หรือสูงกว่าการควบคุมแบบคิจะลดเทอม s ในพหุนามส่วนของฟังก์ชันถ่ายโอนวงเปิดลง ซึ่งจะปลดชนิดของระบบลง 1 อย่างไม่ก็ตามดั่งที่ได้กล่าวก่อนหน้านี้แล้วว่า การควบคุมแบบคินี้จะไม่ใช้เพียงลำพังแต่จะใช้ร่วมกับตัวควบคุมแบบอื่น เพราะเมื่อใช้ตัวควบคุมแบบคิ ทำให้เพิ่มความเร็วในการตอบสนองของระบบต่อความผิดพลาดที่ขึ้น

ในทางปฏิบัติการนำการควบคุมคิไปใช้งานนั้นค่อนข้างจะลำบาก ดังนั้นในทางปฏิบัติโดยทั่วไปจะเป็นการประมาณการควบคุมแบบคิโดยใช้ตัวชดเชยแบบมูมนำ (Lead Compensator)

2.1.4 ระบบควบคุมแบบพีไอ

การที่ระบบควบคุมมีความเสถียรสัมพัทธ์ลดลง เมื่อใช้การควบคุมแบบไอ สามารถที่จะแก้ไขได้ในระดับหนึ่ง โดยการใช้การควบคุมแบบพีร่วมกับไอ (PI: Proportional plus Integral Control) ซึ่งลักษณะของระบบควบคุมเป็นตามรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบพีไอ

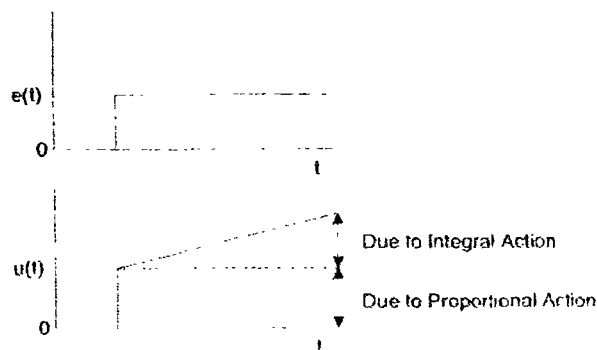
และจะมีเอาต์พุตของตัวควบคุมเป็น

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt \quad (2.12)$$

เอาต์พุตของตัวควบคุมแบบพีไอเมื่อได้รับอินพุตเป็นแบบระดับแสดงไว้ดังรูปที่ 2.9 และจะมีฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวควบคุมแบบพีไอเป็น

$$G(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p + \frac{K_i}{s}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การตอบสนองของตัวควบคุมแบบพีไอ

$$\begin{aligned}
 &= K_p \frac{(s + \frac{K_i}{K_p})}{s} \\
 &= \frac{K_p (s + \frac{1}{\tau_i})}{s}
 \end{aligned} \tag{2.13}$$

โดยที่ค่าเวลาคงตัวอินทิกรัล (Integral Time Constant) คือ $\tau_i = \frac{K_p}{K_i}$ และจะทำให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบวงเปิดเป็น

$$\begin{aligned}
 G(s) &= G_c(s)G_p(s) \\
 &= \frac{K_p [s + (1/\tau_i)G_p(s)]}{s}
 \end{aligned} \tag{2.14}$$

จะเห็นว่า มีขั้วที่ $s = -1/\tau_i$ และมีโพลที่ $s = 0$ ซึ่งเป็นการเพิ่มโพลให้กับฟังก์ชันถ่ายโอนวงเปิดของระบบ จึงเป็นการเพิ่มชนิดของระบบขึ้นไป 1 ซึ่งทำให้ระบบควบคุมพีไอนี้ไม่มีความผิดพลาดที่สถานะคงตัวสำหรับอินพุตแบบระดับและจะได้ฟังก์ชันถ่ายโอนวงปิดเป็น

$$\frac{\theta_o(s)}{\theta_i(s)} = \frac{K_p [s + (1/\tau_i)G_p(s)]}{s + K_p [s + (1/\tau_i)G_p(s)]} \tag{2.15}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ระบบควบคุมแบบพีดี

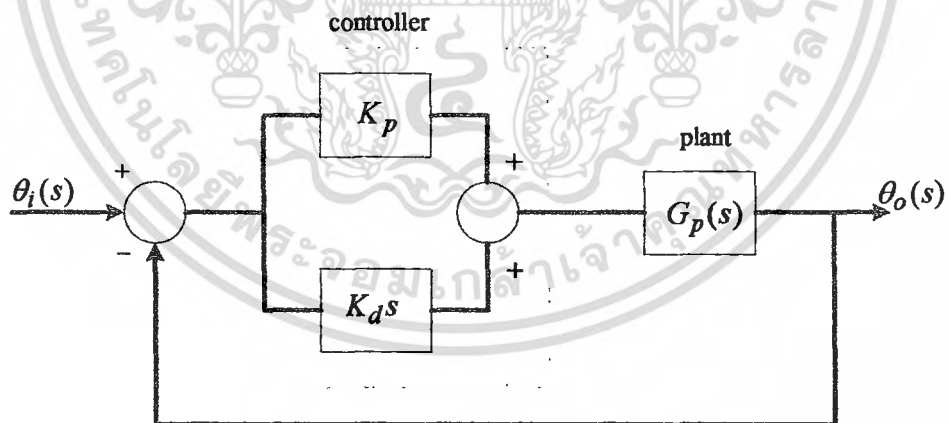
การควบคุมแบบพีดีร่วมกับการควบคุมแบบดี (PD: Proportional plus Derivative Control) ดังที่แสดงในรูปที่ 2.10 จะมีฟังก์ชันถ่ายโอนระบบวงเปิดเป็น

$$\begin{aligned} G(s) &= (K_p + K_d s)G_p(s) \\ &= K_p(1 + \tau_d s)G_p(s) \end{aligned} \quad (2.16)$$

และจะได้ฟังก์ชันถ่ายโอนวงปิดเป็น

$$\frac{\theta_o(s)}{\theta_i(s)} = \frac{K_p(1 + \tau_d s)G_p(s)}{1 + K_p(1 + \tau_d s)G_p(s)} \quad (2.17)$$

เมื่อ $\tau_d = \frac{K_p}{K_d}$ คือ ค่าคงตัวอนุพันธ์ (Derivative Time Constant) ซึ่งการควบคุมนี้ จะมีซีโรเพิ่มขึ้นที่ $s = -\tau_d$ และไม่มี การเปลี่ยนแปลงขนิคของระบบ ซึ่งทำให้ค่าความผิดพลาดที่สภาวะคงตัวยังคงมีอยู่



รูปที่ 2.10 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบพีดี

2.1.6 ระบบควบคุมแบบพีไอดี

การควบคุมโดยใช้แบบพีร่วมกับแบบไอร่วมกับแบบดี (PID: Proportional plus Integral plus Derivative Control) หรือที่เรียกการควบคุมแบบ 3 เทอม (Three – Term Control) ระบบจะมีลักษณะตามรูปที่ 2.11 ทำให้เอาต์พุตของตัวควบคุมเมื่อรับอินพุตเป็นความผิดพลาด $e(t)$ ดังนี้

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.18)$$

เพราะฉะนั้นฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวควบคุมจะเป็น

$$\begin{aligned} G_c(s) &= \frac{U(s)}{E(s)} = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \\ &= K_p \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s \right) \end{aligned} \quad (2.19)$$

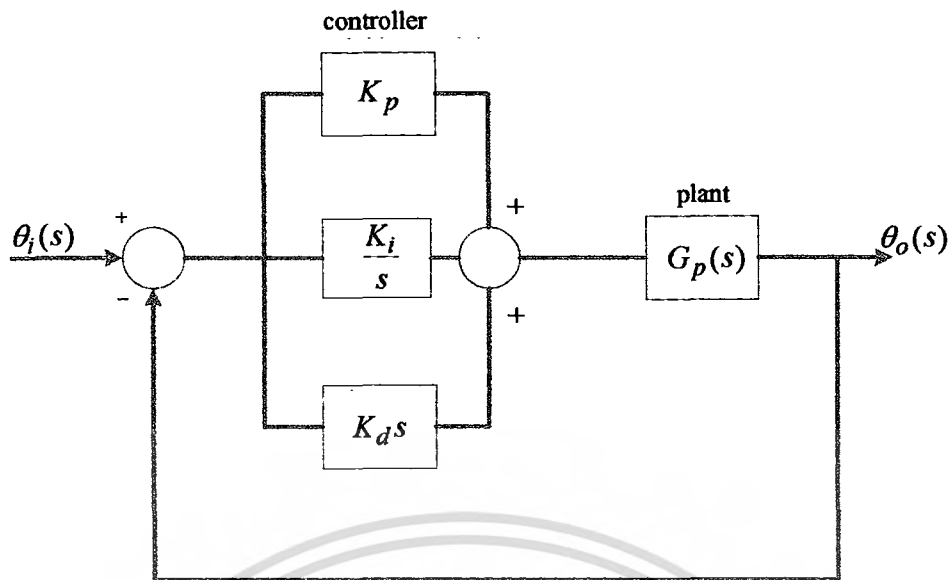
และฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบวงเปิดของระบบควบคุมแบบพีไอดี คือ

$$\begin{aligned} G(s) &= G_c(s)G_p(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s \right) G_p(s) \\ &= \frac{K_p (\tau_i s + 1 + \tau_i \tau_d s^2) G_p(s)}{\tau_i s} \end{aligned} \quad (2.20)$$

ดังนั้นจะได้ฟังก์ชันถ่ายโอนวงปิดเป็น

$$\frac{\theta_o(s)}{\theta_i(s)} = \frac{K_p (1 + \tau_i s + \tau_i \tau_d s^2) G_p(s)}{\tau_i s + K_p (1 + \tau_i s + \tau_i \tau_d s^2) G_p(s)} \quad (2.21)$$

เนื่องจากการควบคุมแบบพีไอดี จะเพิ่มจำนวนซีโรให้กับระบบเท่ากับ 2 ตัวและเพิ่มจำนวนโพล 1 ตัวและทำให้รัศมีของระบบเพิ่มขึ้น 1 ดังนั้นความผิดพลาดที่สถานะคงตัวจะมีค่าเท่ากับศูนย์



รูปที่ 2.11 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบพีไอดี

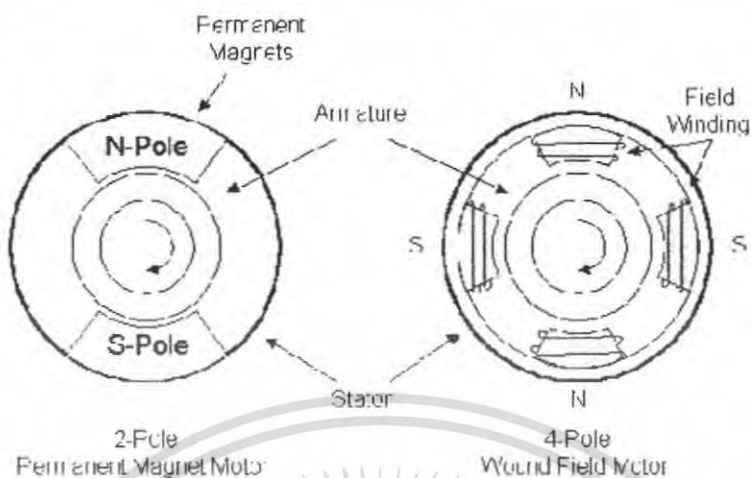
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่ง ในทางอุตสาหกรรม เพราะมีคุณสมบัติที่เด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมาก ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใย โพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะ หรือให้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟ เป็นต้น ในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงควรรู้จักส่วนประกอบต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และเข้าใจถึงหลักการทํางานและหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.2.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

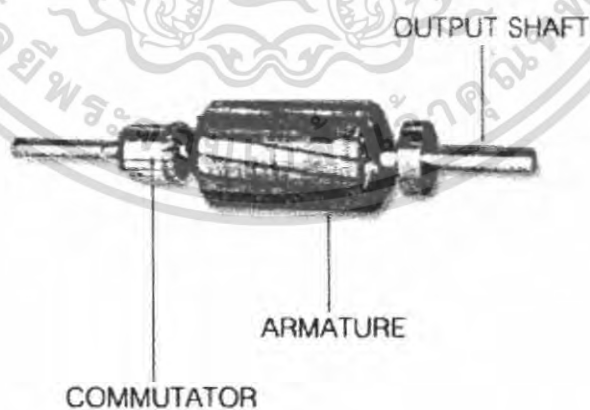
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนดังนี้

1. ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วย เฟรม (Frame) เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือ ไปขั้วใต้ดังรูปที่ 2.12 ให้ครบวงจร และยึดส่วนประกอบอื่นๆ ให้แข็งแรงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาเป็นรูปทรงกระบอก ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือแกนขั้วแม่เหล็กและขดลวด โดยแกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ กั้นด้วยฉนวนประกบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรม และส่วนขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบๆแกนของขั้วแม่เหล็ก ขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้น และเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาร์เมเจอร์ (Armature) ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น



รูปที่ 2.12 สเตเตอร์ของมอเตอร์กระแสตรง แบบ 2 โพล และแบบ 4 โพล

2. ส่วนที่เคลื่อนที่หรือที่เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) จะมีขดลวดอาร์เมเจอร์ ที่พันอยู่บนแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ และมีคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ยึดติดอยู่ที่ปลายของขดลวดอาร์เมเจอร์ดังรูปที่ 2.13 ซึ่งในส่วนนี้คอมมิวเตเตอร์จะทำหน้าที่ในการสัมผัสกับแปรงถ่านคาร์บอน (Carbon Brushes) ที่อยู่ในมอเตอร์เพื่อที่จะให้มีกระแสไหลผ่านไปยังขดลวดอาร์เมเจอร์ ทำให้เกิดการสร้างสนามแม่เหล็กขึ้น เพื่อให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็ก ที่เกิดจากขดลวดสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้มอเตอร์หมุนได้



รูปที่ 2.13 โรเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบที่สำคัญของโรเตอร์มีดังนี้

- แกนเพลลา (Shaft) ใช้สำหรับยึดตัวคอมมิวเตเตอร์และยึดแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature Core) ประกอบรวมกันเป็นตัวโรเตอร์ แกนเพลลานั้นจะวางอยู่บนแบร์ริง เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวตั้งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

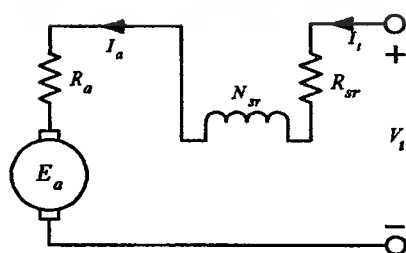
- แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ อาบฉนวน (Laminated Sheet Steel) เป็นที่ใช้สำหรับใช้พันขดลวดอาร์เมเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด

- คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงทำการออกแบบเป็นซี่ แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์ จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสาย ของขดลวดอาร์เมเจอร์ ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลลา เป็นรูปกลมทรงกระบอก มีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่านเพื่อรองรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยัง ขดลวดอาร์เมเจอร์เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็กดังกล่าวมาแล้วขดลวด

- ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอต (Slot) ของแกนอาร์เมเจอร์ ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่ละ จำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ การออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้นๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่างๆ ที่ต้องการ

2.2.2 หลักการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อมีกระแสไหลผ่านเข้าไปในมอเตอร์กระแสจะแบ่งออกไป 2 ทาง คือ ส่วนที่หนึ่งจะผ่านเข้าไปที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นและอีกส่วนหนึ่งจะผ่านแปรงถ่านคาร์บอนและผ่านคอมมิวเตเตอร์ เข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์ ทำให้เกิดการสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นเพื่อให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้มอเตอร์หมุนเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นเช่นกัน ซึ่งทั้งสองสนามจะเกิดขึ้นขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กแล้วจะ ไม่มีการตัดกัน จะมีแต่การหักล้างและการเสริมกัน ซึ่งทำให้เกิดแรงบิดในอาร์เมเจอร์ ทำให้อาร์เมเจอร์หมุน



รูปที่ 2.14 วงจรสมมูลของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาวงจรสมมูลของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมที่แสดงในรูปที่ 2.14 จะพบว่าแรงดันไฟฟ้าต้านกลับในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าเท่ากับ

$$V_t = E_a + I_a(R_a + R_s)$$

$$E_a = V_t - I_a(R_a + R_s) \quad (2.22)$$

และสำหรับสมการแรงบิดที่มอเตอร์สร้างขึ้น T_d หาได้ดังนี้ คือ

$$T_d = K_a \Phi I_a \quad (2.23)$$

เมื่อ

V_t คือ แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

E_a คือ แรงดันไฟฟ้าต้านกลับที่เกิดขึ้นในอาร์เมเจอร์

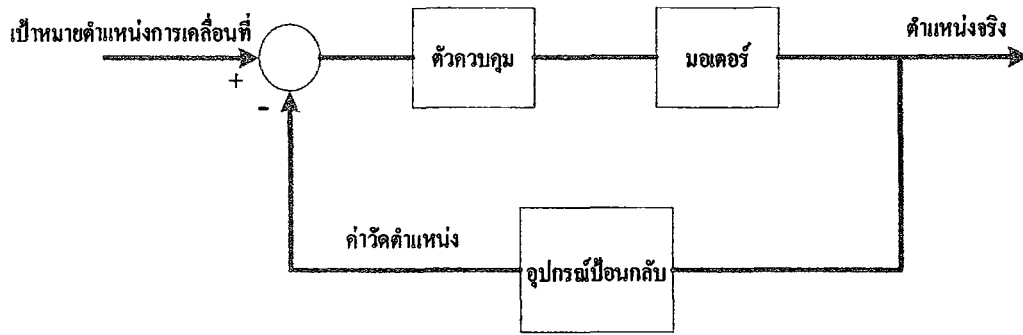
I_a คือ กระแสที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์

R_a คือ ค่าความต้านของอาร์เมเจอร์

R_s คือ ค่าความต้านทานของขดลวด

2.2.3 การควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การออกแบบระบบควบคุมตำแหน่ง จะต้องอาศัยสัญญาณอ้างอิงระบุตำแหน่งที่ต้องการ และสัญญาณการวัดตำแหน่งจริงที่ได้จากอุปกรณ์ป้อนกลับ ผลต่างหรือสัญญาณคลาดเคลื่อนของสองสัญญาณที่ได้นี้จะถูกป้อนเป็นสัญญาณขาเข้าของตัวควบคุม หลังจากนั้นตัวควบคุมจะทำการประมวลผลเพื่อกำหนดสัญญาณควบคุมส่งไปขับมอเตอร์ให้หมุนไปในตำแหน่งตามที่ต้องการ จะเห็นว่าหากตำแหน่งที่ต้องการเคลื่อนที่ไป มีค่าเท่ากับตำแหน่งที่อ่านได้ จากการอ่านค่าตำแหน่งป้อนกลับ สัญญาณคลาดเคลื่อนจะมีค่าเป็นศูนย์ นั่นคือจะไม่มีสัญญาณควบคุมออกมาจากตัวควบคุม ทำให้มอเตอร์ไม่มีการหมุนหรือมอเตอร์มีความเร็วเป็นศูนย์ โครงสร้างของระบบควบคุมตำแหน่ง สามารถแสดงอย่างคร่าวๆ ได้ดังรูปที่ 2.15



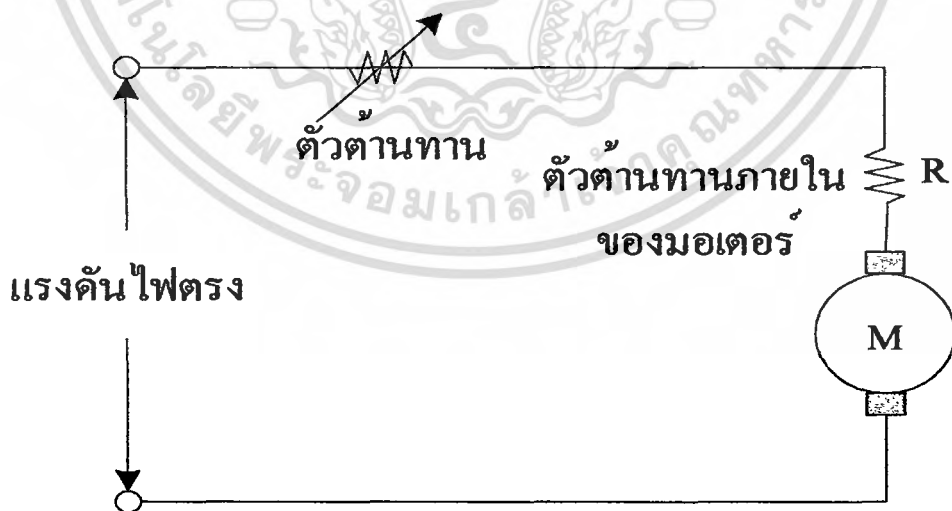
รูปที่ 2.15 ระบบควบคุมตำแหน่ง

2.2.4 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขั้นพื้นฐาน

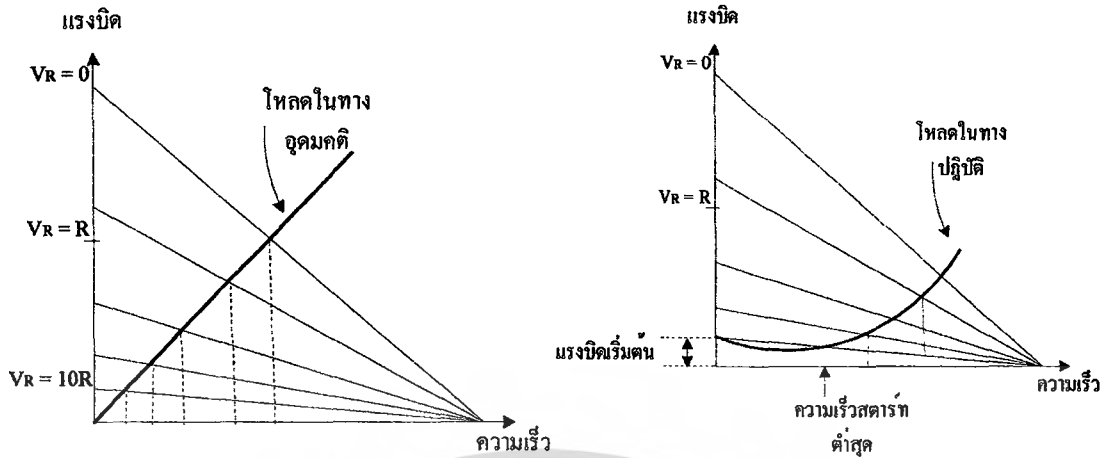
การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงขั้นพื้นฐาน สามารถแบ่งได้ดังนี้

- การควบคุมด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้

เป็นรูปแบบพื้นฐานที่สุดของการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงคือ ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้อนุกรมกับมอเตอร์ โดยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ การบังคับแบบนี้ไม่มีประสิทธิภาพเพราะกำลังไฟสูญเสียไปในตัวความต้านทาน มักนิยมใช้กับมอเตอร์ตัวเล็กๆ การบังคับแบบนี้ให้คุณสมบัติการสตาร์ทดี (ให้แรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ) แต่จะให้ความเร็วสูงมากเมื่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอยู่ในสถานะที่มีโหลดน้อยๆ ดังนั้นการบังคับแบบนี้มีประโยชน์เฉพาะภาวะที่แรงดันคงที่



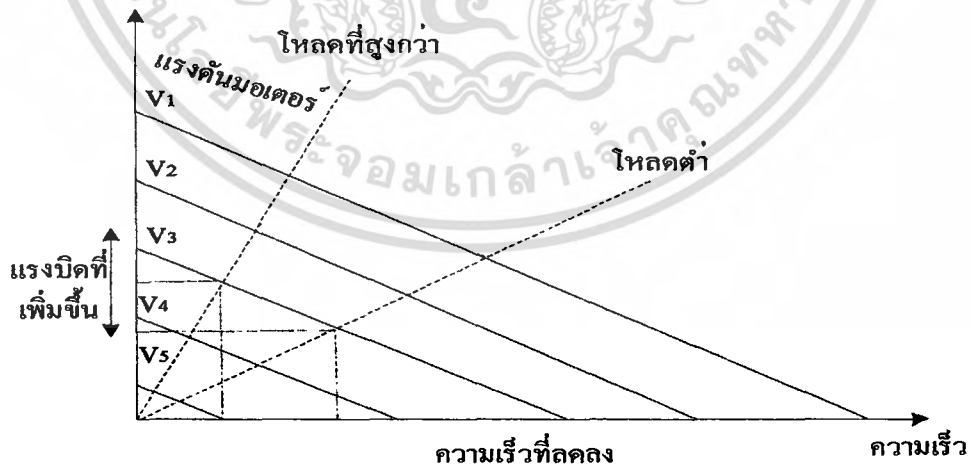
รูปที่ 2.16 วงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานอนุกรม



รูปที่ 2.17 กราฟคุณสมบัติการควบคุมความเร็วโดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้

● การควบคุมด้วยวิธีเปลี่ยนค่าแรงดัน

วิธีการนี้ดีกว่าวิธีการแรกแต่จะซับซ้อนกว่าต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อัตราขยายกำลังสูง และ มอเตอร์จะถูกป้อนด้วยแรงดันที่เปลี่ยนแปลงค่าได้ จากแหล่งจ่ายที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ ข้อดีของการควบคุมวิธีนี้คือ ถ้าความเร็วลดลงจากผลของแรงบิด แรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาระดับความเร็ว ส่วนข้อเสียจากการควบคุมวิธีนี้คือ เมื่อมอเตอร์มีความเร็วต่ำ แรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะมีค่าต่ำเช่นกัน



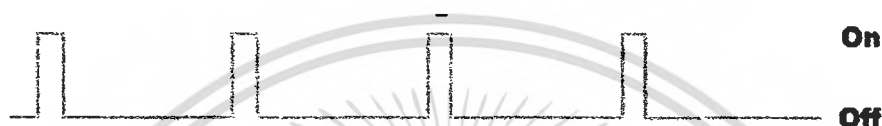
รูปที่ 2.18 การควบคุมความเร็วโดยเปลี่ยนค่าแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● การควบคุมด้วยสัญญาณพีดับบีวเอ็ม

สัญญาณพีดับบีวเอ็ม (PWM: Pulse Width Modulation) คือ การปรับความกว้างของพัลส์ โดยการนำเอาสองสัญญาณมาเปรียบเทียบกัน คือสัญญาณสามเหลี่ยมกับสัญญาณที่ใช้ปรับความกว้างของพัลส์โดยอาศัยวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator) ของไมโครโพรเซสเซอร์ PIC16F877 เป็นตัวกำหนดสัญญาณพีดับบีวเอ็ม ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การทำงานของสัญญาณพีดับบีวเอ็ม ที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นสามารถแสดงดังนี้



รูปที่ 2.19 สัญญาณพีดับบีวเอ็มมีความกว้างพัลส์เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์

เช่น จากรูปที่ 2.19 จะพบว่าสัญญาณมี Duty Cycle เป็น 10 เปอร์เซ็นต์ ของคาบสัญญาณทั้งหมด คือ การขับมอเตอร์ด้วยระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 10 เปอร์เซ็นต์ ของระดับแรงดันไฟฟ้าสูงสุดในวงจรขับ



รูปที่ 2.20 สัญญาณพีดับบีวเอ็มมีความกว้างพัลส์เท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์

หรือจากรูปที่ 2.20 จะพบว่าสัญญาณมี Duty Cycle เป็น 50 เปอร์เซ็นต์ ของคาบสัญญาณทั้งหมด คือ การขับมอเตอร์ด้วยระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 50 เปอร์เซ็นต์ ของระดับแรงดันไฟฟ้าสูงสุดในวงจรขับ



รูปที่ 2.21 สัญญาณพีดับบีวเอ็มมีความกว้างพัลส์เท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์

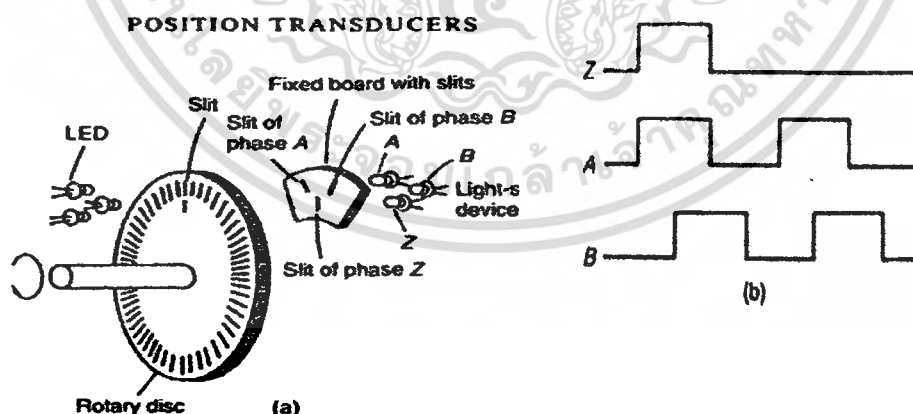
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือจากรูปที่ 2.21 จะพบว่าสัญญาณมี Duty Cycle เป็น 90 เปอร์เซ็นต์ ของคาบสัญญาณทั้งหมด คือ การจับมอเตอร์ด้วยระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 90 เปอร์เซ็นต์ ของระดับแรงดันไฟฟ้าสูงสุดในวงจรจับ

2.3 หลักการทำงานของเอ็นโค้ดเดอร์

เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) เป็นตัวทำหน้าที่ ตรวจวัดตำแหน่งหรือระยะทาง และทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แล้วส่งสัญญาณพัลส์กลับไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประมวลผลและกำหนดสัญญาณควบคุม ให้สัมพันธ์กับตำแหน่งของมอเตอร์

เอ็นโค้ดเดอร์สามารถแบ่งแยกประเภทตามหลักการใช้งานได้ 2 กลุ่มคือ ชนิดที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำหรือเรียกว่า อนาล็อกเอ็นโค้ดเดอร์ และอีกชนิดที่ทำงานโดยอาศัยหลักการออปติคอลลหรือแบบดิจิทัล เรียกว่า ดิจิตอลเอ็นโค้ดเดอร์ ในโครงการนี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะอินคริเมนต์เอ็นโค้ดเดอร์ (Increment Encoder) อินคริเมนต์เอ็นโค้ดเดอร์ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญคือ ตัวกำเนิดแสง จานหมุน และตัวเซ็นเซอร์ สัญญาณพัลส์ที่ได้จากเอ็นโค้ดเดอร์ชนิดนี้จะประกอบด้วย 3 เฟส คือ A, B และ Z เป็นเอ็นโค้ดเดอร์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการออปติคอลลหรือแบบดิจิทัล สร้างสัญญาณพัลส์แปรผันตรงกับการหมุนของเพลต (ความถี่ของพัลส์เปลี่ยนตามความเร็ว) ในระบบการควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ต้องใช้ อินคริเมนต์เอ็นโค้ดเดอร์หรือเอ็นโค้ดเดอร์สำหรับการรักษาตำแหน่งและสำหรับสร้างสัญญาณป้อนกลับ



รูปที่ 2.22 ส่วนประกอบของเอ็นโค้ดเดอร์ และสัญญาณที่ได้จากเอ็นโค้ดเดอร์

พัลส์ที่เกิดจากเฟส A และ B จะเกิดการเหลื่อมกันมีความต่างเฟสกัน 90 องศา เพื่อทำหน้าที่รายงานความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ดังนี้ เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อแจกจ่ายให้บุคลากรในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานโครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยไม่หวังผลตอบแทนใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

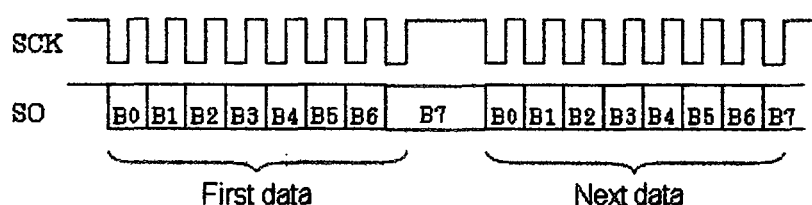
กรณีพัลส์เฟส A เกิดขึ้นก่อนเฟส B ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับรู้ว่ามีมอเตอร์กำลังหมุนด้วยทิศทางการหมุนตามเข็มนาฬิกา แต่ถ้าหากพัลส์เฟส B เกิดขึ้นก่อนเฟส A คอนโทรลเลอร์จะรับรู้ว่ามีมอเตอร์กำลังหมุนด้วยทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ส่วนเฟส Z หรือพัลส์อ้างอิง จะเกิดขึ้น 1 พัลส์ในการหมุน 1 รอบทำหน้าที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งของ โรเตอร์ความละเอียดของเอ็นโค้ดเดอร์คือ จำนวนคาบเวลาของสัญญาณเอาต์พุตต่อการหมุนของเพลลา 1 รอบ ซึ่งบอกเป็นจำนวนพัลส์ต่อรอบหรือจำนวนไซเคิลต่อ 360 องศา มุมทางเชิงกลหรือไซเคิลต่อองศาโดยเอ็นโค้ดเดอร์ที่ใช้กันทั่วไปมีค่าความละเอียดตั้งแต่ 15 ถึง 10,000 พัลส์ต่อรอบ

2.4 การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกโดยผ่านพอร์ตอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส

2.4.1 การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิกา ร่วมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วยการติดต่อกันแบบนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้นคือ สัญญาณนาฬิกา ข้อมูลและกราวด์ ข้อดีของการส่งแบบนี้สามารถควบคุมเครื่องส่งและเครื่องรับทำงานได้พร้อมกันอย่างถูกต้อง การส่งบิต 0 และ 1 ที่ต่อเนื่องกันไปโดยไม่มีการแบ่งแยก ผู้รับต้องแยกบิตเหล่านี้ออกมาเป็นไบต์ หรือเป็นตัวอักษรเองจากภาพแสดงการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส ผู้ส่งทำการส่งบิตติดต่อกันยาวๆ ถ้าผู้ส่งต้องการแบ่งช่วงกลุ่มข้อมูลก็ส่งกลุ่มบิต 0 หรือ 1 เพื่อแสดงสถานะว่าง เมื่อแต่ละบิตมาถึงผู้รับ ผู้รับจะนับจำนวนบิตแล้วจับกลุ่มของบิตให้เป็นไบต์ที่มี 8 บิต การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบอะซิงโครนัสมาก และทำให้มีการใช้ความสามารถของสายสื่อสารได้เกือบทั้งหมด ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส คือความเร็วในการส่งข้อมูล ทั้งนี้เพราะไม่มีบิตพิเศษหรือช่องว่างที่ไม่ได้ถูกนำไปใช้เมื่อถึงผู้รับ จึงทำให้ความเร็วของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสเร็วกว่าแบบอะซิงโครนัส ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำไปใช้งานที่ต้องการความเร็วสูง เช่น การส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.23 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

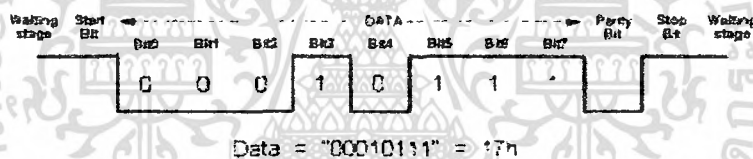
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือ การรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสายสัญญาณนาฬิกาพร้อมด้วย ซึ่งแตกต่างกับการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัสที่ต้องใช้สายสัญญาณนาฬิกาในการรับและส่งสัญญาณเพิ่มขึ้นมาอีกหนึ่งเส้น สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั้น จะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ทั้งภาครับและภาคส่งว่า อัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือ บอดเรต (Baudrate)

ซึ่งมีหน่วยเป็นบิต ต่อ วินาที (Bit Per Second: bps) จากรูปที่ 2.24 เป็นรูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัสซึ่งมีส่วนประกอบอยู่ด้วยกัน 4 ส่วนคือ

- บิตเริ่มต้น (Start Bit) จะมีขนาด 1 บิต
- บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5, 6, 7 หรือ 8 บิต
- บิตตรวจสอบพาริตี (Parity Bit) จะมีขนาด 1 บิตหรือไม่มีก็ได้
- บิตปิดท้าย (Stop Bit) จะมีขนาด 1, 1.5 หรือ 2 บิต



รูปที่ 2.24 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

ซึ่งหลักการทำงานของไอโอะแกรมในรูปที่ 1 สามารถอธิบายได้คือขณะที่ไม่มีข้อมูลส่งมานั้นขา Data จะมีสถานะลอจิก "1" (High) ซึ่งจะเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (Waiting Stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา Data มีลอจิก "0" (Low) ด้วยช่วงขนาด 1 บิตเราเรียกบิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มส่งจากบิต LSB ก่อนจนถึงบิต MSB จากนั้นจะตามด้วยบิตพาริตี ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่ง คือ บิตปิดท้าย ซึ่งจะให้ขา Data มีสถานะลอจิก "1" อีกครั้ง เพื่อให้ยืนยันสถานะหยุดรอด้วยขนาด 1 บิต และเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS 232 เป็นมาตรฐานที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรม แบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง ในการนำเอามาตรฐาน RS 232 ไปประยุกต์ใช้งาน จะถูกใช้งานในการส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์โดยเชื่อมต่อกับโมเด็ม มาตรฐาน RS 232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment: DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating: DCE) ไว้ว่า อุปกรณ์ DTE

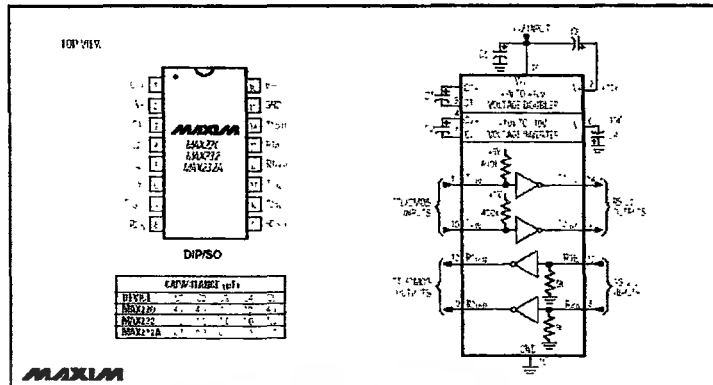
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS 232 ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เราเห็นได้ชัดคือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ที่ไม่เต็มจะเป็นแบบ DCE

ในโครงการนี้จะติดต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยผ่านพอร์ทอนุกรมแบบ RS 232 ในที่นี้จึงขอกล่าวการสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยได้กำหนดรูปแบบอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating: DCE) ไว้ว่า อุปกรณ์ DTE ต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัว ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น

ขาสัญญาณเอาต์พุตของพอร์ทอนุกรมได้แก่ ขา DTR, RTS และ TxD โดยรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมขาเหล่านี้คือ รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม (MCR) โดยมีแอดเดรสอยู่ถัดรีจิสเตอร์หลักของพอร์ทอนุกรม 4 ตำแหน่ง รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของขา DTR จะอยู่ที่ตำแหน่งบิต 0 ส่วนขา RTS จะอยู่ที่ตำแหน่งบิต 1 ส่วนขา TxD เป็นขาปกติในการส่งข้อมูล ดังนั้นจึงมีแอดเดรสอยู่ที่แอดเดรสรีจิสเตอร์หลักระดับแรงดันที่ใช้งานสำหรับพอร์ทอนุกรม RS 232 ได้ระบุช่วงระดับแรงดันสำหรับการทำงานของพอร์ทอนุกรมไว้ว่า ที่ลอจิก “0” จะมีระดับสัญญาณ +3V ถึง +15V

ส่วนลอจิก “1” จะมีระดับสัญญาณ -3V ถึง -15V ระดับสัญญาณนี้ทำให้ไม่สามารถที่จะนำขาเอาต์พุตใดๆ ต่อเข้ากับลอจิกเกตใช้งานได้โดยตรงจะต้องผ่านวงจรเพื่อเปลี่ยนระดับแรงดันเสียก่อน โดยปกติจะใช้ไอซีจำพวก RS 232 ซึ่งจะทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันของ RS 232 ให้อยู่ในระดับที่ที่แอล โดยลอจิก “0” ซึ่งเดิมมีระดับสัญญาณ +3V ถึง +15V จะถูกแปลงเป็น 0V ส่วนลอจิก “1” ซึ่งมีระดับสัญญาณ -3V ถึง -15V จะเปลี่ยนเป็น +5V ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ดิจิทัลอื่นที่ไ้ระดับแรงดันที่ที่แอลได้แสดงดังรูปที่ 2.25 ไอซี MAX 232



รูปที่ 2.25 ไอซี MAX 232

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิทัลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิทัลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้

ภายในชิพไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีหน่วยประมวลผล หน่วยความจำพอร์ท อยู่ในชิพเพียงตัวเดียว ซึ่งอาจเรียกได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรด้านงานควบคุมคือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่างๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโปรเซสเซอร์ก็จะรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ ส่วนอินพุต/เอาต์พุต บางส่วนเข้าไปในตัว ไอซี และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปเพื่อให้มีความสามารถและเหมาะสมกับการใช้งานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา วงจรการสื่อสารอนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง โดยมักจะนำไปใช้ฝังตัวในระบบของอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์ เตอบ ไมโครเวฟ เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะว่ามีชิพที่มีข้อดีเหมาะสมกับการใช้งานควบคุมหลายประการ เช่น

- ชิพไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็ก
- ระบบควบคุมที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิพไมโครโปรเซสเซอร์
- วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
- มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย
- ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายยี่ห้อ หลายตระกูลและหลายรุ่นด้วยกัน ซึ่งแต่ละรุ่นจะมีโครงสร้างภายในและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถเลือกใช้กับงานได้อย่างเหมาะสม และในโครงการนี้ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ซึ่งมีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้

- 35 Instruction (คำสั่ง)
- ปฏิบัติคำสั่งทั่วไปใน Cycle เดียวและ 2 Cycle ในคำสั่งการกระโดด
- ทำงานที่ความถี่สูงสุด 20 MHz (16F877 – 20/P)
- หน่วยความจำโปรแกรม 8K (14 Bit Words)
- หน่วยความจำข้อมูล (RAM) 368 Byte
- EEPROM 256 Byte
- สามารถตอบสนองอินเทอร์รัพท์ 14 แหล่ง
- STACK 8 ระดับ
- สามารถเลือกโหมดของสัญญาณนาฬิกาได้
- กระแสซิงก์และซอร์สของพอร์ตคือ 25 mA
- Time/Counter 3 ตัว Timer0, Timer1 และ Timer2
- โมดูล Capture/Compare/PWM จำนวน 2 ชุด
- Analog to Digital Converter 10 Bit 8 Channel
- พอร์ต I/O จำนวน 5 พอร์ต A, B, C, D และ E รวมทั้งสิ้น 33 บิต

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการออกแบบ โครงสร้างของตัวเครน หลักการทำงานของวงจรถ่างๆ ที่ใช้ในการควบคุม และการเชื่อมต่่วงจรที่ใช้ในการควบคุมตำแหน่งเครน 2 มิติ ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

- การออกแบบ โครงสร้างส่วนประกอบของเครน
- การออกแบบระบบควบคุมการทำงานของเครน
- การออกแบบวงจที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครน

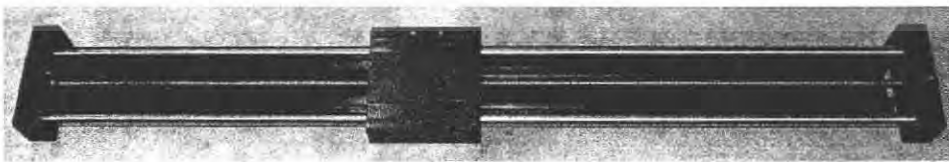
3.1 การออกแบบโครงสร้างส่วนประกอบของเครน

- โครงสร้างของฐาน

โครงสร้างของฐานทำจากเหล็กตัวยู นำมาประกอบกันเป็นเสาทั้งหมด 4 ต้น โดยมีความกว้าง 1.50 เมตร ความยาว 1.50 เมตรและความสูง 1.50 เมตร ซึ่งสามารถรับน้ำหนักของตัวคานทั้งแกน Y และแกน X ที่มีน้ำหนักมากได้

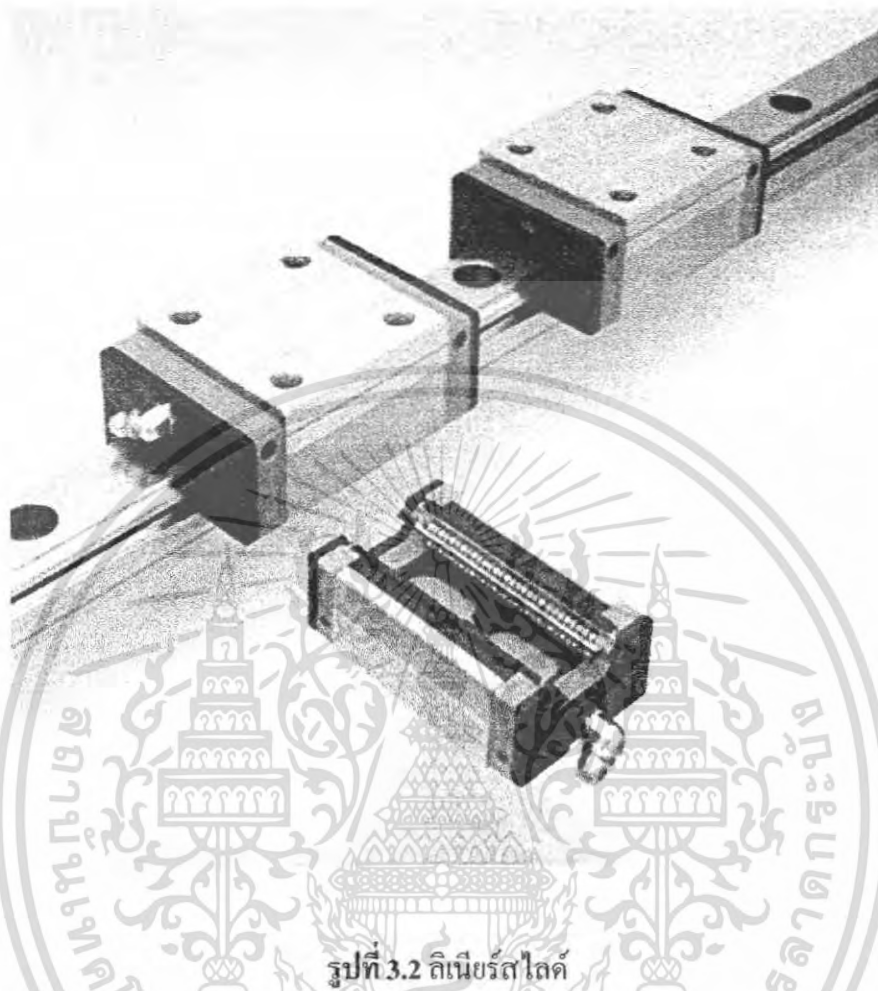
- ส่วนของแกน Y

ในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย รางบอลสกรูจรงรูปที่ 3.1 และลิเนียร์สไลด์จรงรูปที่ 3.2 ซึ่งใช้ในการเคลื่อนที่ รางบอลสกรูและลิเนียร์สไลด์มีความยาว 80 เซนติเมตรและนำมายึดติดกับอลูมิเนียมกล่องที่มีความยาว 1.50 เมตร ซึ่งเป็นคานรับน้ำหนักของรางบอลสกรูและลิเนียร์สไลด์ โดยมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวขับให้รางบอลสกรูและลิเนียร์สไลด์เคลื่อนที่ แกน Y นี้จะถูกบังคับจากรางบอลสกรู โดยการหมุนของมอเตอร์หนึ่งรอบสามารถเคลื่อนที่ได้ 0.5 เซนติเมตร



รูปที่ 3.1 รางบอลสกรูแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ลิเนียร์สไลด์

- ส่วนของแกน X

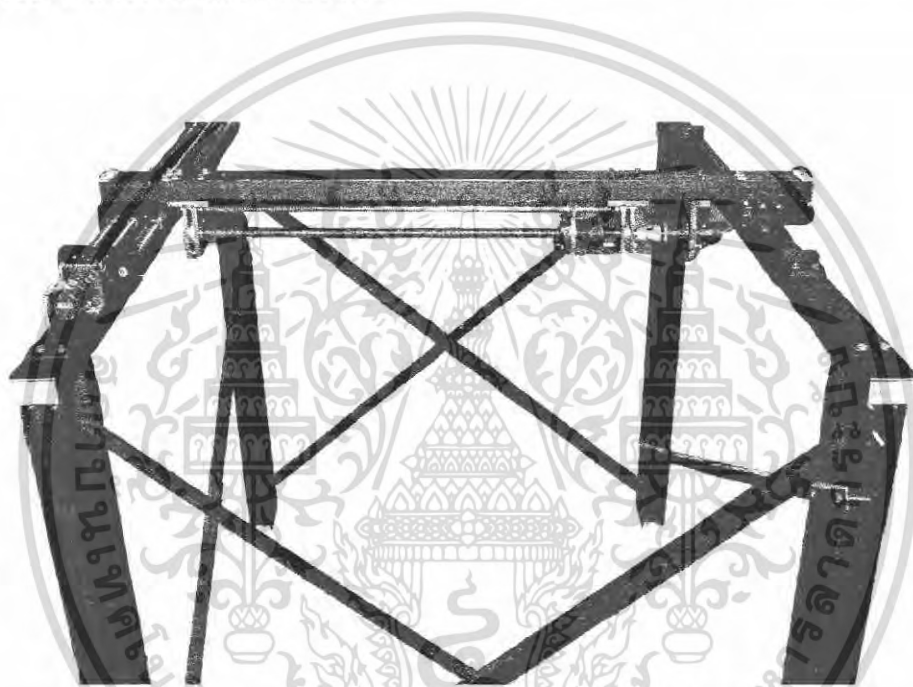
ในส่วนนี้ได้เลือกใช้รางบอลสกรูดังรูปที่ 3.3 ในการเคลื่อนที่ รางบอลสกรูมีความยาว 80 เซนติเมตร และนำมายึดติดกับอูมิเนียมก่ต่องที่มีความยาว 1.50 เมตรเพื่อรับน้ำหนักของโหลดได้มาก โดยมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวขับให้บอลสกรูเคลื่อนที่ ตัวแกน X นี้จะถูกบังคับจากบอลสกรู โดยการหมุนของมอเตอร์หนึ่งรอบสามารถเคลื่อนที่ได้ 1 เซนติเมตร



รูปที่ 3.3 รางบอลสกรูแกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำโครงสร้างของเครนทั้ง 3 ส่วน นำมาประกอบรวมเข้าด้วยกัน โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงเป็นตัวขับให้ แกน X และ แกน Y ได้ดังรูปที่ 3.4 โดยสามารถเคลื่อนที่ได้ทั้ง แกน X และ แกน Y ในระยะทาง 80 เซนติเมตร และมีความสูง 1.50 เมตร มอเตอร์ที่เลือกใช้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวรของ Minertia Motor RM Series รุ่น 02MA2OE ขนาด 100 วัตต์ มีค่าคงที่ของแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 8.5 โวลต์ ต่อ 1000 รอบต่อนาที ความเร็วสูงสุด 3000 รอบต่อ นาที กระแสไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 22.1 แอมป์ และมีแรงบิดสูงสุด 1.77 นิวตันเมตร ซึ่งข้อมูลการใช้งานโดยละเอียดนั้นสามารถดูได้จากคู่มือของมอเตอร์ ในภาคผนวก ข.1 และมีเอ็นโค้ดเดอร์ความละเอียด 800 พัลส์ต่อรอบ ติดมากับมอเตอร์



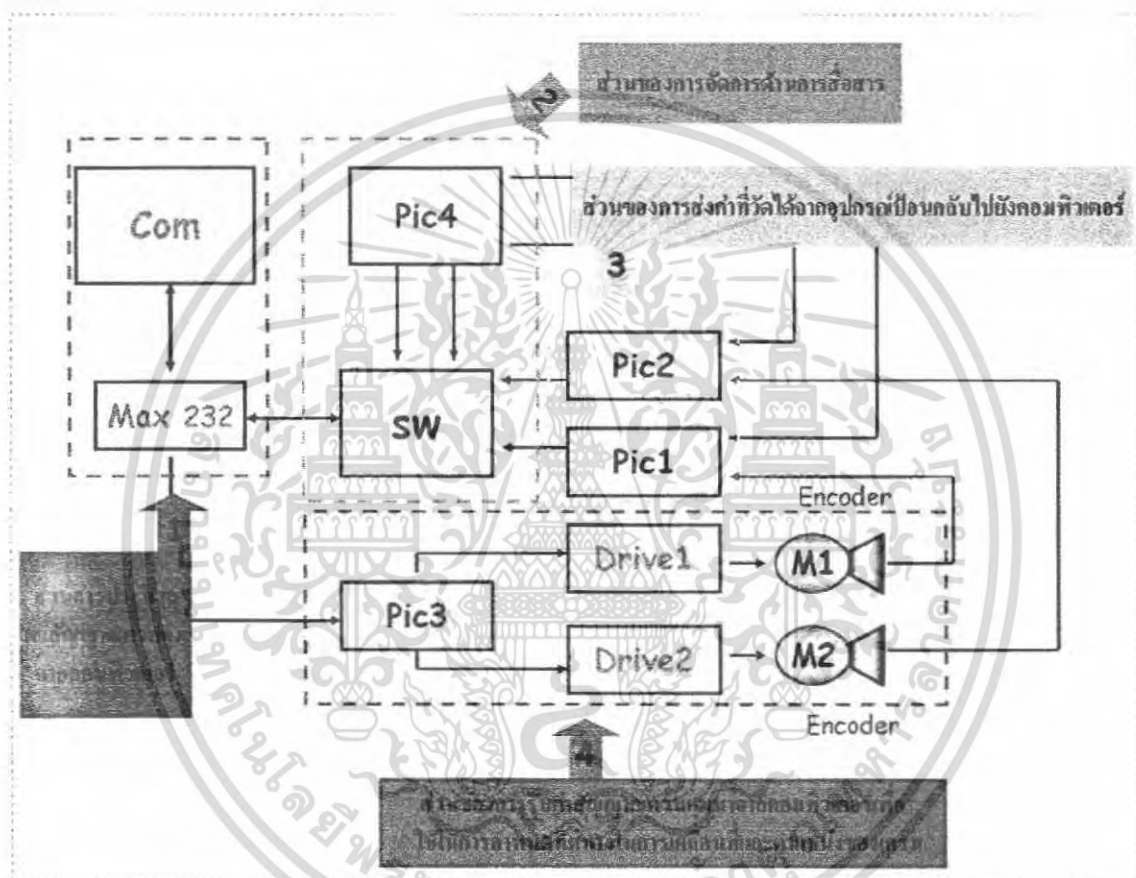
รูปที่ 3.4 โครงสร้างของเครนที่ใช้ในการทดลอง

3.2 การออกแบบระบบควบคุมการทำงานของเครน

ในการออกแบบระบบควบคุมตำแหน่งเครน 2 มิติ จัดทำโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ทั้งหมด 4 ตัว ดังที่แสดงในรูป 3.5 โดยที่ PIC1 และ PIC2 จะทำหน้าที่ประมวลผลระยะทางจากเอ็นโค้ดเดอร์ ทั้งแกน X และแกน Y แล้วจะทำการส่งข้อมูลของตำแหน่งที่อ่านได้ไปยังคอมพิวเตอร์โดยผ่านชุดของการจัดการข้อมูลด้านการสื่อสารซึ่งอาศัย PIC4 และอุปกรณ์สวิตช์ SW และเมื่อคอมพิวเตอร์ได้รับข้อมูลตำแหน่งการเคลื่อนที่ของเครนจะทำการประมวลผลและส่งสัญญาณควบคุมไปยัง PIC3 ซึ่งเป็นส่วนของการควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ ดังนั้นการออกแบบการควบคุมการทำงานของเครนสามารถแบ่งเป็นส่วนสำคัญได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนการประมวลผลสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์
- ส่วนของการจัดการด้านการสื่อสาร
- ส่วนของการส่งค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ป้อนกลับไปยังคอมพิวเตอร์
- ส่วนของการรับค่าสัญญาณควบคุมมาจากคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการกำหนดทิศทางในการเคลื่อนที่และตำแหน่งของเครน



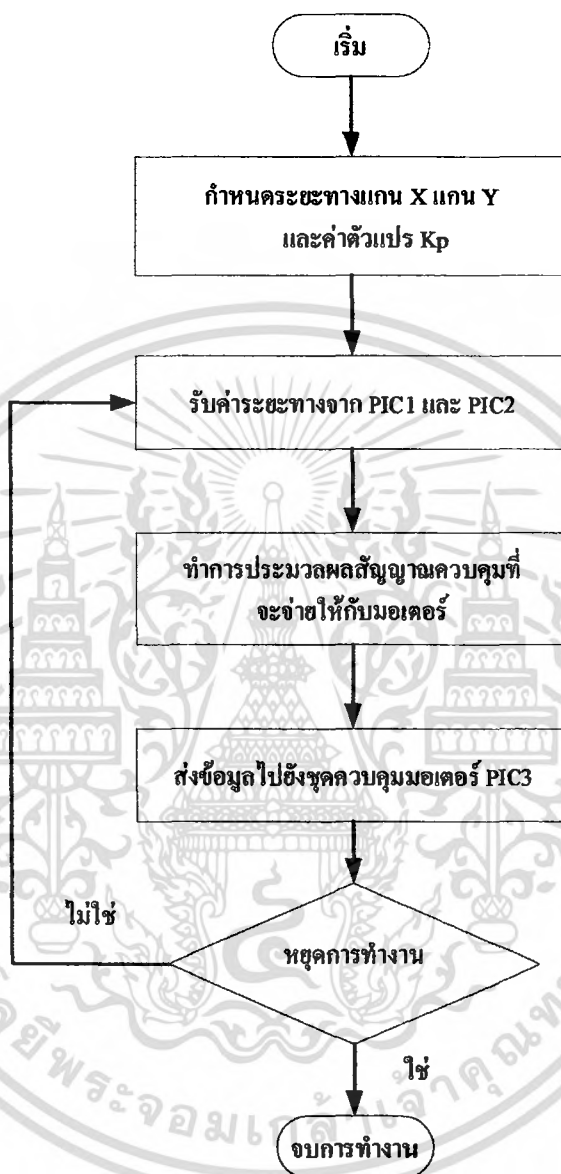
รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมตำแหน่งเครน 2 มิติ

3.2.1 ส่วนการประมวลผลสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์

ส่วนการประมวลผลสัญญาณควบคุมอาศัยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวประมวลผล ดังรูปที่ 3.5 (ในส่วนที่ 1) โดยเลือกใช้โปรแกรมเคลไพล์ 7 ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบออบเจกต์ปาสคาล เพื่อใช้ในการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน เพื่อให้สามารถรับคำสั่งจากผู้ใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC3 และประมวลผลสัญญาณควบคุมที่เหมาะสม ในการติดต่ออุปกรณ์นั้นได้ใช้พอร์ต RS 232 ในการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมตามแผนภาพดังรูปที่ 3.6 จากขั้นตอนดังกล่าว สามารถนำมาออกแบบโปรแกรมเซลล์ไฟล์ 7 เพื่อใช้ในการประมวลผลการควบคุมตำแหน่งเครน

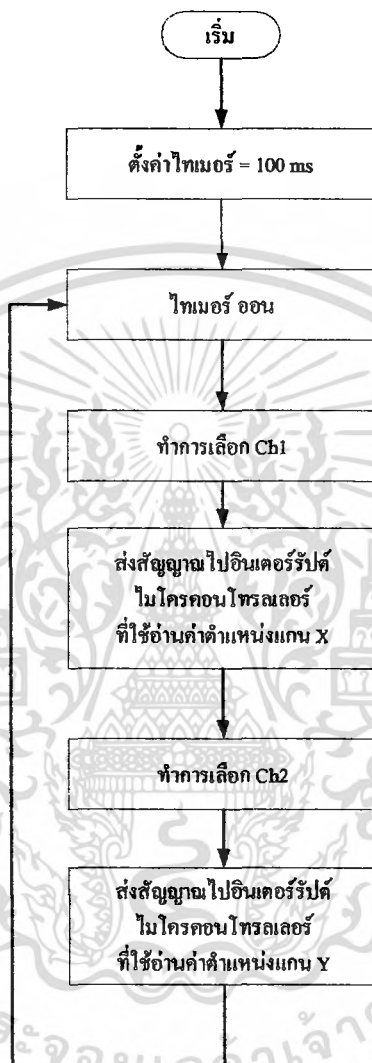


รูปที่ 3.6 แผนภาพขั้นตอนการควบคุม โดยคอมพิวเตอร์

3.2.2 ส่วนของการจัดการด้านการสื่อสาร

ส่วนของการจัดการด้านการสื่อสาร ดังรูปที่ 3.5 (ใน ส่วนที่ 2) เป็นส่วนที่ใช้สำหรับช่วยในการติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับคอมพิวเตอร์ เนื่องจากระบบควบคุมตำแหน่งเครน จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ป้อนกลับ 2 ตัว จึงจำเป็นต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC1 และ PIC2 ในการรับค่าจากอุปกรณ์ป้อนกลับแต่ละตัว แล้วจึงทำการส่งข้อมูลที่สามารอ่านได้ไปยังเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงต้องมีส่วนของการจัดการข้อมูลด้านการสื่อสาร เพื่อช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้หลายๆ ตัวพร้อมกัน จากแผนภาพดังรูปที่ 3.7 สามารถนำไปออกแบบโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC4 ได้

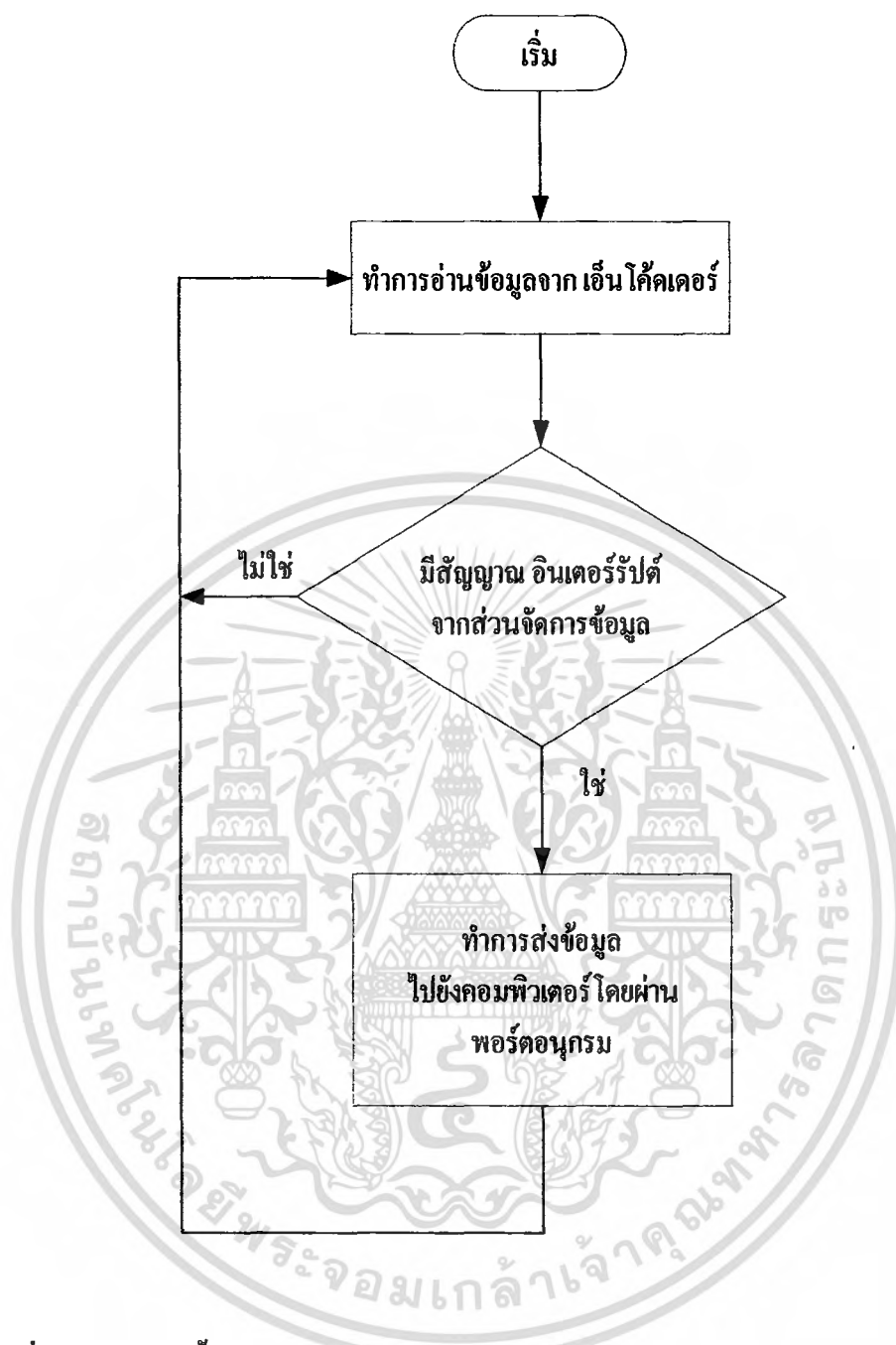


รูปที่ 3.7 แผนภาพขั้นตอนการควบคุมการจัดการด้านการสื่อสาร

3.2.3 ส่วนของการส่งค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ป้อนกลับไปยังคอมพิวเตอร์

ส่วนของการส่งค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ป้อนกลับดังรูปที่ 3.5 (ใน ส่วนที่ 3) เป็นส่วนที่ใช้ทำหน้าที่ส่งค่าของตำแหน่งการเคลื่อนที่ทั้ง 2 แกนของเครน โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC1 และ PIC2 ทำการอ่านค่าระยะทางจากเอ็นโค้ดเดอร์ แล้วจึงทำการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจากแผนภาพที่ 3.8 สามารถนำไปออกแบบโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

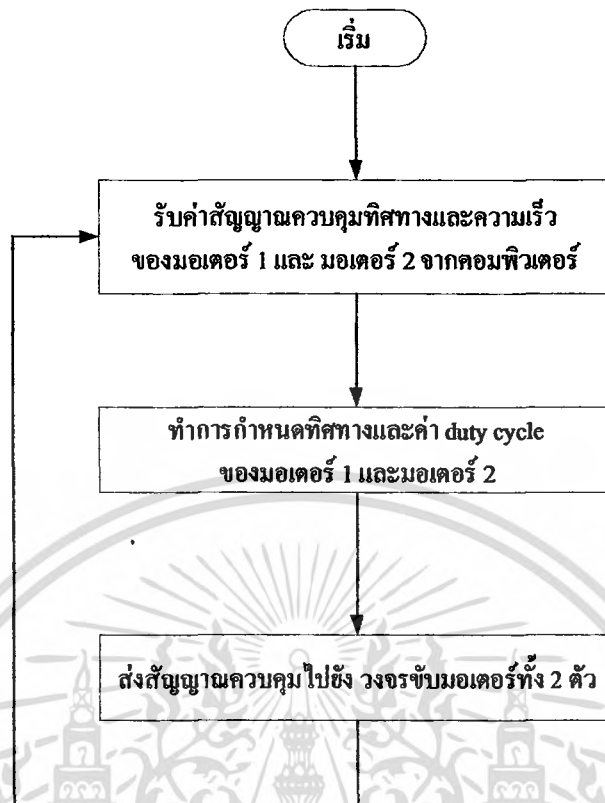


รูปที่ 3.8 แผนภาพขั้นตอนการอ่านค่าจากเอ็น โค้ดเดอร์และส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์

3.2.4 ส่วนของการรับค่าสัญญาณควบคุมมาจากคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่และตำแหน่งของเครน

ส่วนของการรับค่าสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 3.5 (ใน ส่วนที่ 4) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์ แล้วนำมาทำการประมวลผลเพื่อทำการส่งสัญญาณควบคุมทิศทาง และความเร็ว ไปยังวงจรถับมอเตอร์ มีการทำงานดังแผนภาพที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แผนภาพขั้นตอนการรับค่าสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์และขับมอเตอร์

3.3 การออกแบบวงจรที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครน

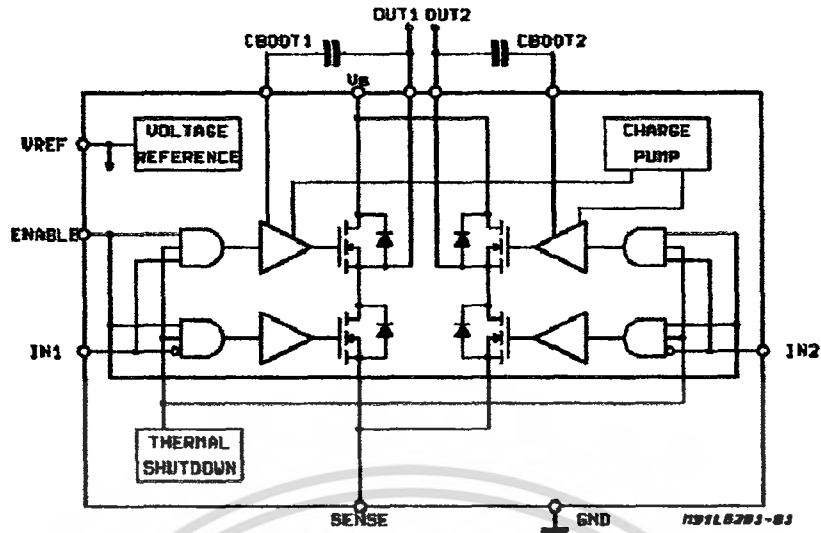
ในการควบคุมตำแหน่งของเครน ได้ทำการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆ ของเครน ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

- วงจรขับมอเตอร์
- วงจรรับค่าการควบคุมมอเตอร์จากคอมพิวเตอร์
- วงจรป้อนกลับค่าตำแหน่งในการเคลื่อนที่ของเครนส่งไปยังคอมพิวเตอร์
- วงจรการจัดการด้านการสื่อสารระหว่างวงจรควบคุมกับคอมพิวเตอร์

3.3.1 วงจรขับมอเตอร์

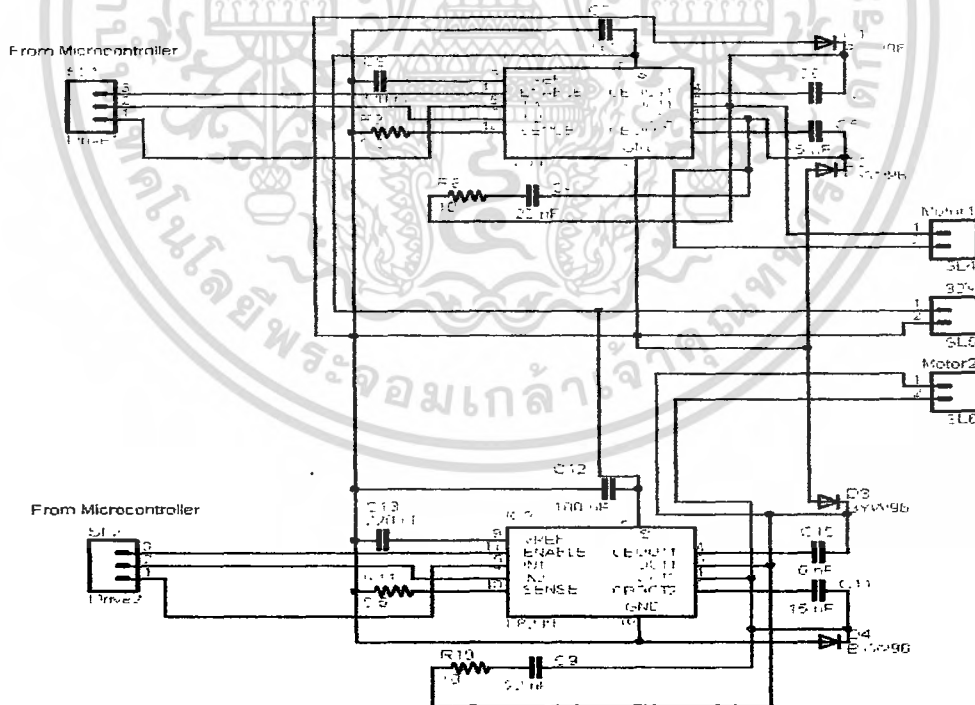
ในเรื่องต้นเลือกใช้ ไอซีสำเร็จรูปเบอร์ L6203 Demos Full Bridge Driver ดังรูปที่ 3.10 ซึ่งสามารถทนกระแสสูงสุดได้ 5A จากวงจรภายในจะพบว่าสามารถควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ได้จากขา IN1 และ IN2 ดังรูปที่ 3.10 และยังสามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยป้อนสัญญาณพีดับบีวเอ็ม ที่ขาเอ็นนาเบิ้ล (Enable) ของตัวไอซี และสามารถรองรับแรงดันสูงสุดได้ถึง 48 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



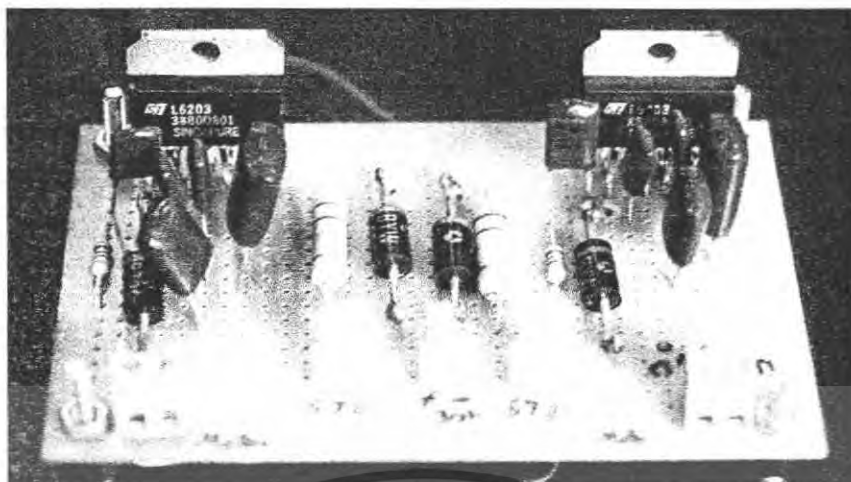
รูปที่ 3.10 วงจรภายในไอซี L6203

และเนื่องจากเป็นไอซีสำเร็จรูป การใช้งานก็สามารถต่อใช้งานได้ตามคู่มือการใช้งานของไอซี เพียงต่อตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุและไดโอดเพิ่ม ดังภาคผนวก ข.2.6 และสามารถออกแบบวงจรไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 3.11 ก็สามารถนำไปใช้งานได้



รูปที่ 3.11 วงจรขับมอเตอร์ใช้ไอซี L6203

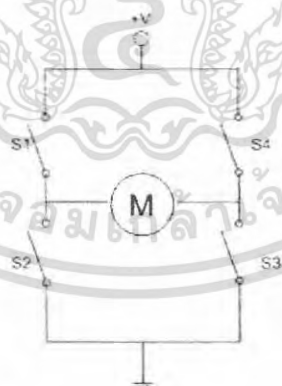
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แผงวงจรขับมอเตอร์ไอซี L6203

เนื่องจากวงจรขับมอเตอร์ที่ถูกออกแบบ โดยไอซีสำเร็จรูปไม่สามารถตอบสนอง การทำงานได้ดีเท่าที่ควร เพราะทนกระแสได้น้อย หากทำการขับมอเตอร์โดยมีการกลับทางหมุนอย่าง ทันทีทันใดติดต่อกันหลายครั้ง ก็อาจทำให้วงจรขับมอเตอร์เสียหายได้ ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบ วงจรขับมอเตอร์ โดยใช้วงจรขับแบบ H-Bridge มีรายละเอียดการทำงานดังนี้

วงจรขับแบบ H-Bridge ประกอบด้วยสวิตช์ 4 ตัวคือ S1 S2 S3 และ S4 โดยใช้มอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นภาระของวงจรดังรูปที่ 3.13 ในสภาวะเริ่มต้นสวิตช์ทุกตัวจะทำการเปิดวงจร ซึ่งทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่มอเตอร์

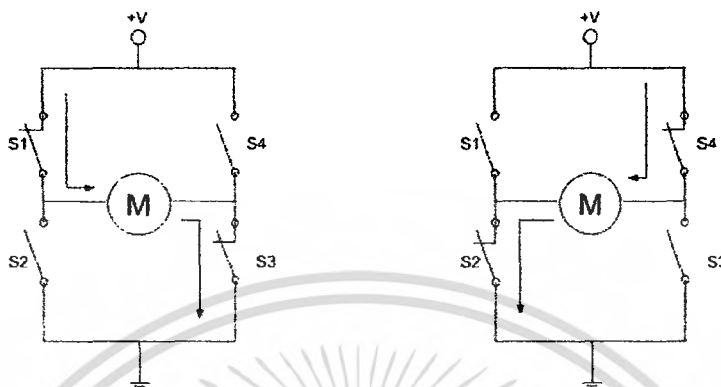


รูปที่ 3.13 วงจรสวิตช์แบบ H-Bridge

เมื่อสวิตช์ S1 และ S3 ทำงานพร้อมกันจะเป็นการเชื่อมวงจรทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน มอเตอร์จากขั้วบวกของมอเตอร์ไปยังขั้วลบของมอเตอร์จึงทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้ในทิศทาง ตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกานั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของการพันขดลวดภายในมอเตอร์ ในทาง

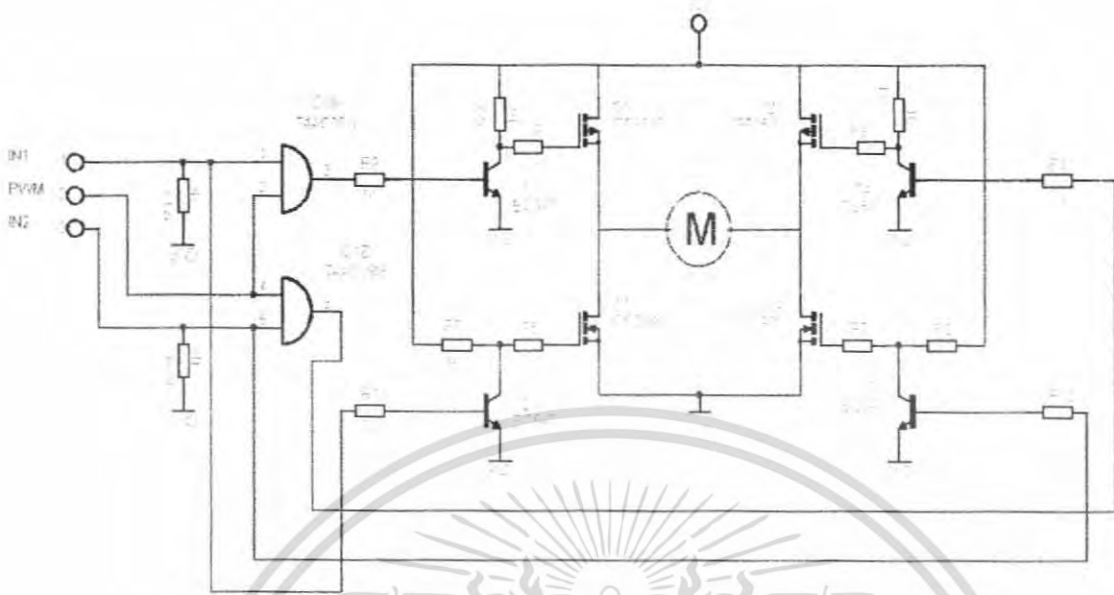
กลับกันหากสวิตช์ S2 และ S4 ทำงานพร้อมกันก็จะเป็นการเชื่อมวงจรและทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหลผ่านมอเตอร์จากขั้วลบของมอเตอร์ไปยังขั้วบวกของมอเตอร์ทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้และเป็นการหมุนในทิศทางกลับกันกับทิศทางแรกดังแสดงในรูปที่ 3.14

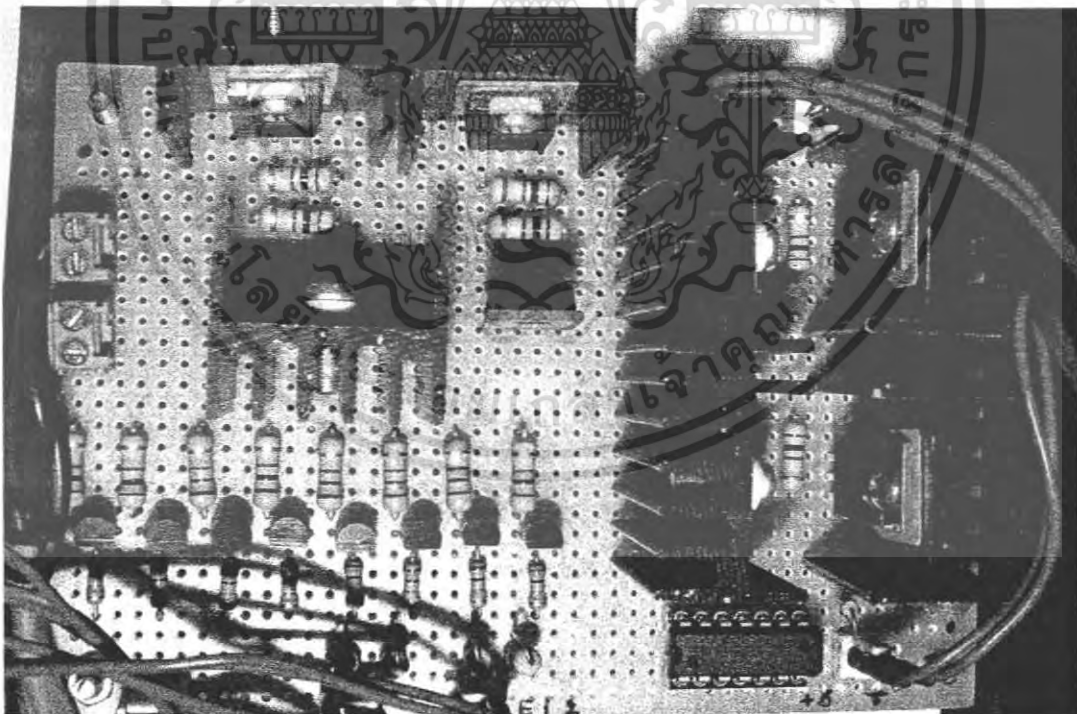


รูปที่ 3.14 ลักษณะการทำงานเมื่อทำการสับสวิทช์ในแต่ละคู่

สรุปว่า วงจรนี้จะใช้สวิทช์ 4 ตัวเพื่อบังคับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมอเตอร์ เพื่อขับให้มอเตอร์หมุนตามทิศทางที่ต้องการ โดยผลัดกันทำงานของสวิทช์ทีละ 2 ตัวพร้อมกันจากหลักการเบื้องต้นสามารถนำมาออกแบบวงจรขับมอเตอร์ได้ดังรูปที่ 3.15 ซึ่งประกอบไปด้วย ไอซี 7408 เป็นไอซี And Gate ทรานซิสเตอร์ BC547 ชนิด NPN มอสเฟต IRF9540 ชนิด N-Channel และมอสเฟต IRFZ44N ชนิด P-Channel นำมาต่อกันเป็นวงจรขับแบบ H-Bridge ดังรูปที่ 3.16 สามารถทนกระแสได้สูงถึง 19A และทนแรงดันได้ 50V วงจรนี้จะทำงานโดยรับสัญญาณที่ดับบีวเอ็ม จากวงจรควบคุมมอเตอร์ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 3.15 วงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge

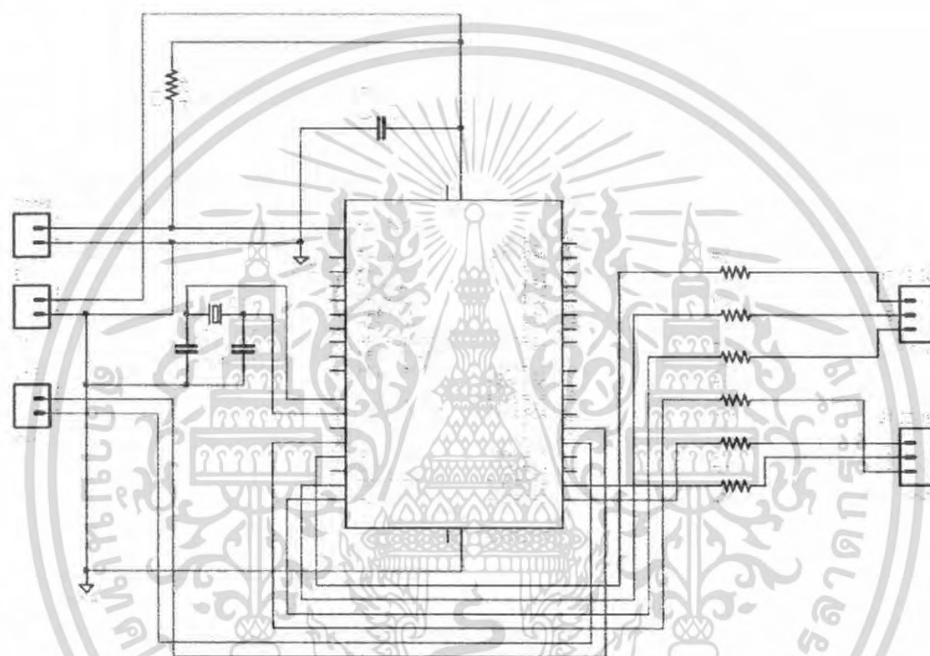


รูปที่ 3.16 แผงวงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge

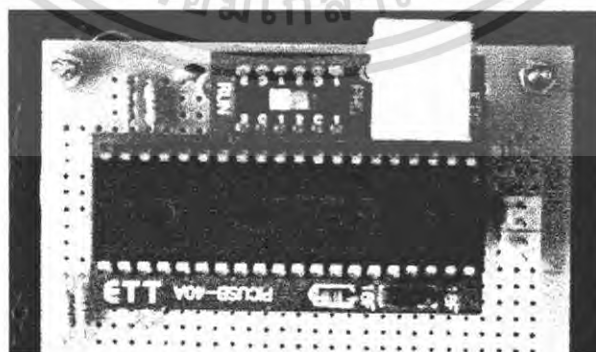
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 วงจรควบคุมมอเตอร์

วงจรควบคุมมอเตอร์ จากรูปที่ 3.5 (ในส่วนที่4) ที่ใช้ควบคุมการทำงานของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ ทางกลุ่มเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ใช้ทำหน้าที่เป็น PIC3 สำหรับรับสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์ เพื่อไปควบคุมการทำงานของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ 1 และมอเตอร์ 2 ซึ่งจะสามารถควบคุมได้ทั้งทิศทางและความเร็ว ในการควบคุมนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC3 จะส่งสัญญาณพีดับบีวเอ็ม ไปควบคุมการทำงานของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ ซึ่งได้ออกแบบวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 3.17 และมีแผงวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.17 วงจรควบคุมมอเตอร์

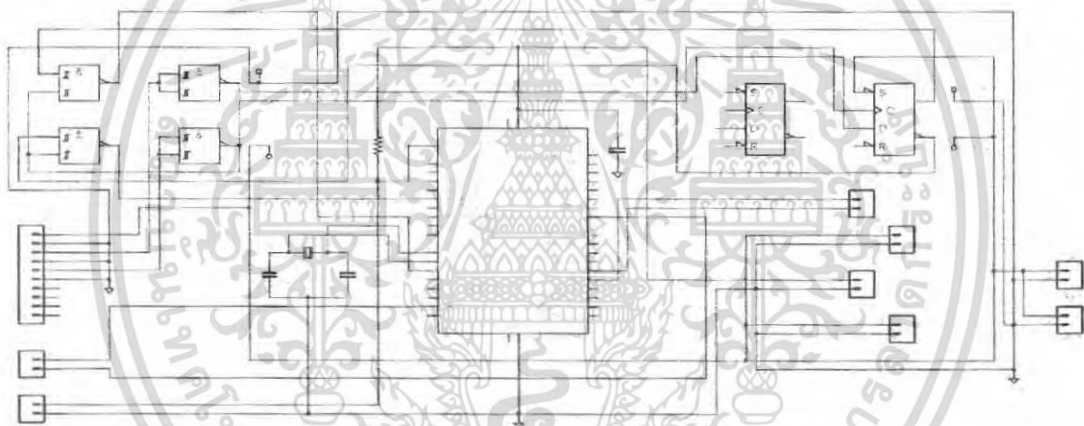


รูปที่ 3.18 แผงวงจรควบคุมมอเตอร์

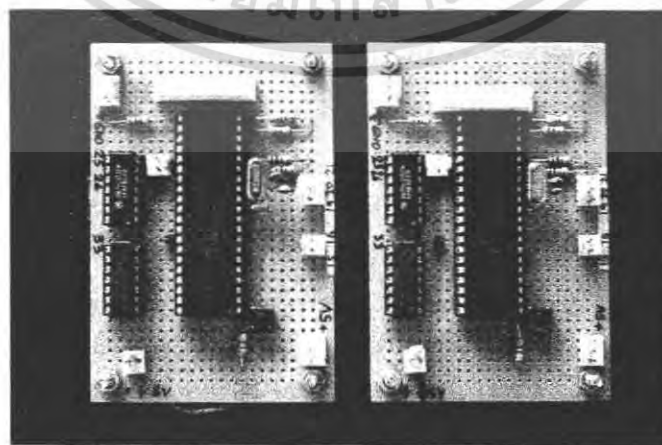
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 วงจรรับส่งข้อมูลจากเอ็นโค้ดเดอร์

วงจรรับส่งข้อมูลจากเอ็นโค้ดเดอร์ ดังรูปที่ 3.5 (ใน ส่วนที่ 3) หรือวงจรป้อนกลับทางกลุ่มเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่เป็น PIC1 และ PIC2 หนึ่งตัวต่อหนึ่งแกน ในการรับค่าสัญญาณพัลส์จากเอ็นโค้ดเดอร์ได้ใช้ไอซี 74132 และ ไอซี 7474 ต่อใช้งานร่วมกัน ทำหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณที่ได้จากพัลส์ A และพัลส์ B ของเอ็นโค้ดเดอร์ ว่ามีทิศทาง การเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกา แล้วจะทำการส่งสัญญาณนับขึ้นหรือนับลง ที่ได้จากการถอดรหัสสัญญาณมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วนำไปประมวลผลทิศทาง การเคลื่อนที่และตำแหน่งที่เคลื่อนที่ต่อไป โดยค่าที่วัดได้นั้นจะทำการส่งให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการประมวลผลสัญญาณควบคุม โดยที่ข้อมูลที่จะส่งไปยังคอมพิวเตอร์นั้นจะถูกจัดการ โดยส่วนของการจัดการด้านการสื่อสาร ซึ่งสามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.19 และมีแผงวงจรที่ใช้งานดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.19 วงจรรับส่งข้อมูลจากเอ็นโค้ดเดอร์

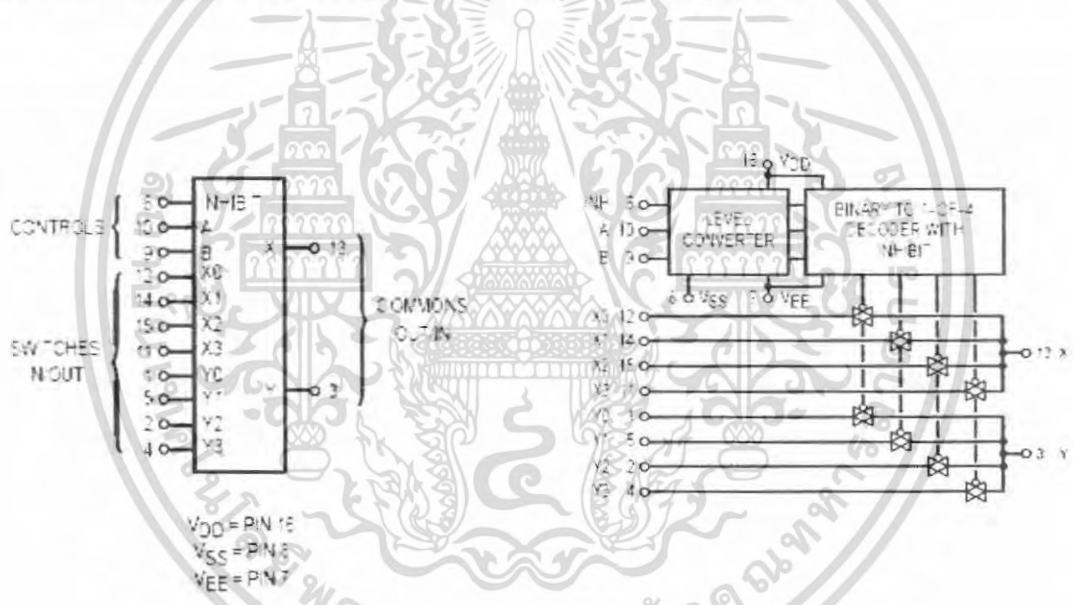


รูปที่ 3.20 แผงวงจรรับส่งข้อมูลจากเอ็นโค้ดเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

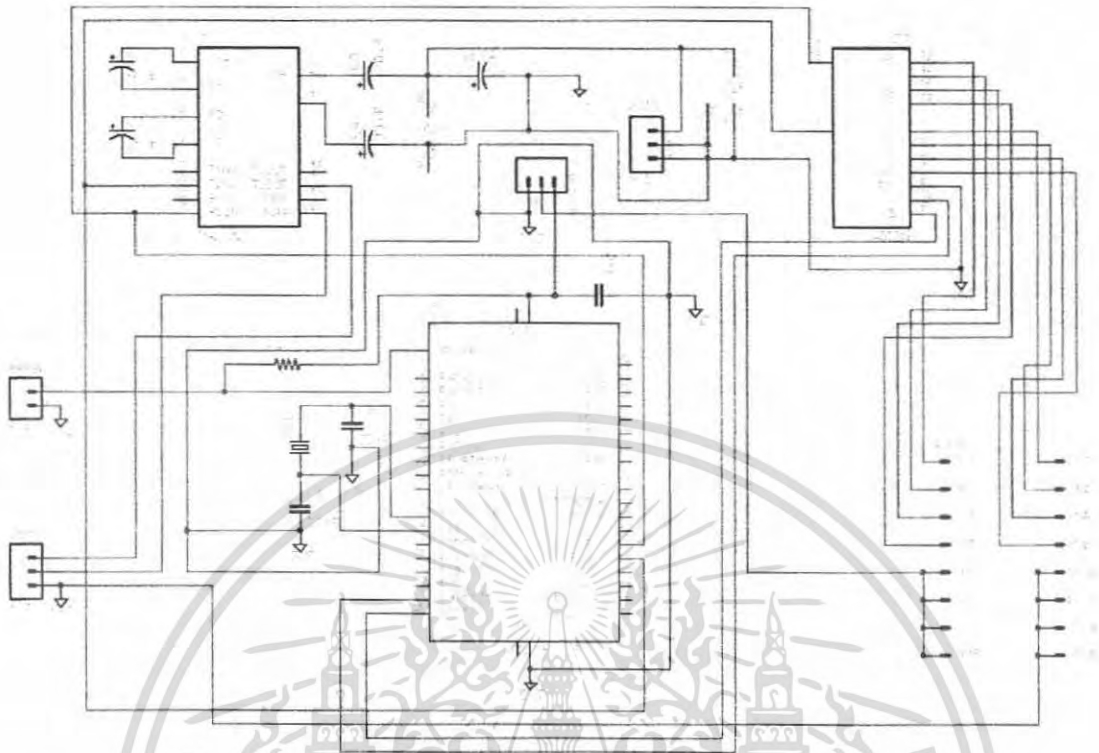
3.3.4 วงจรควบคุมการสื่อสาร

วงจรควบคุมการสื่อสาร ดังรูปที่ 3.5 (ส่วนที่ 2) เมื่อนำไอซี MC14052 ดังรูปที่ 3.21 มาต่อใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ที่ทำหน้าที่เป็น PIC4 และ ไอซี MAX 232 สำหรับนำไปใช้ในส่วนของวงจรควบคุมการสื่อสาร สามารถนำมาออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.22 เป็นวงจรควบคุมการสื่อสารเป็นวงจรที่ควบคุม การจัดการด้านการสื่อสารระหว่างวงจรถอนกลับค่าตำแหน่งกับคอมพิวเตอร์ ได้เลือกใช้ไอซี MC14052 ซึ่งเป็น ไอซี มัลติเพล็กซ์/ดีมัลติเพล็กซ์ (Mutiplex /Demutiplex) สามารถนำมาออกแบบการใช้งานได้มากที่สุด 4 ช่องทางสำหรับทำหน้าที่เป็นสวิทช์สลับสายสัญญาณของอุปกรณ์วัดตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแตรนทั้ง 2 แกน แล้วทำการส่งผ่านค่าข้อมูลของตำแหน่งการเคลื่อนที่ไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำการประมวลผลค่าของตำแหน่ง และทำการกำหนดสัญญาณควบคุมโดยที่ไอซี MC14052 นั้นจะถูกควบคุมการทำงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC4 ซึ่งสามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.23

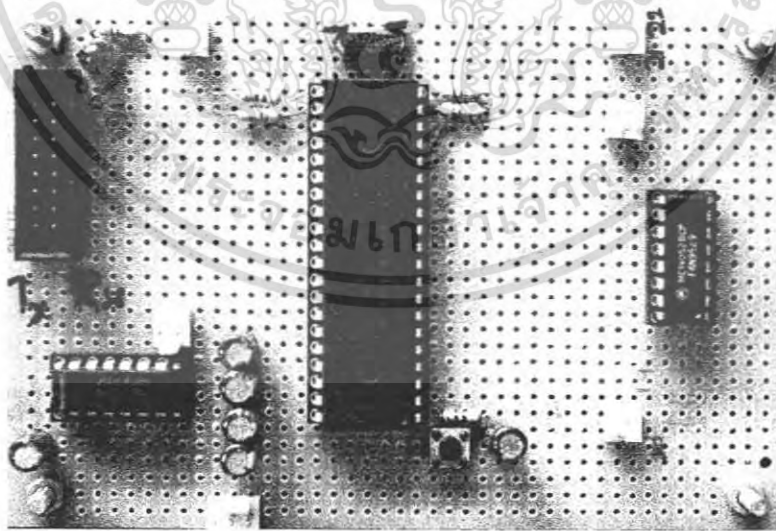


รูปที่ 3.21 ลักษณะการใช้งานไอซี MC14052

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 วงจรควบคุมการสื่อสาร



รูปที่ 3.23 แผงวงจรควบคุมการสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองของการควบคุมตำแหน่งเครน 2 มิติ โดยใช้วิธีการควบคุมแบบเปิด-ปิด และ การใช้ตัวควบคุมแบบพี เพื่อให้เครนเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการอย่างมีประสิทธิภาพ

ในการทดลองกำหนดความถี่ของสัญญาณพีคับบิวเอ็มเท่ากับ 1.22 KHz มีขนาด 10 บิต ซึ่งสามารถกำหนดระดับสัญญาณควบคุมได้เท่ากับ 1022 ระดับ โดยระดับ 0 สอดคล้องกับค่า Duty cycle ต่ำสุดที่ 0% และระดับ 1022 สอดคล้องกับค่า Duty cycle สูงสุดที่ 100% โดยมีสัญญาณอีก 1 บิตเป็นตัวกำหนดเครื่องหมายบวกหรือลบของสัญญาณควบคุม และเลือกใช้คาบเวลาการสุ่มเท่ากับ 100 มิลลิวินาที

4.1 การทดลองการควบคุมตำแหน่งเครนโดยการควบคุมแบบ เปิด-ปิด

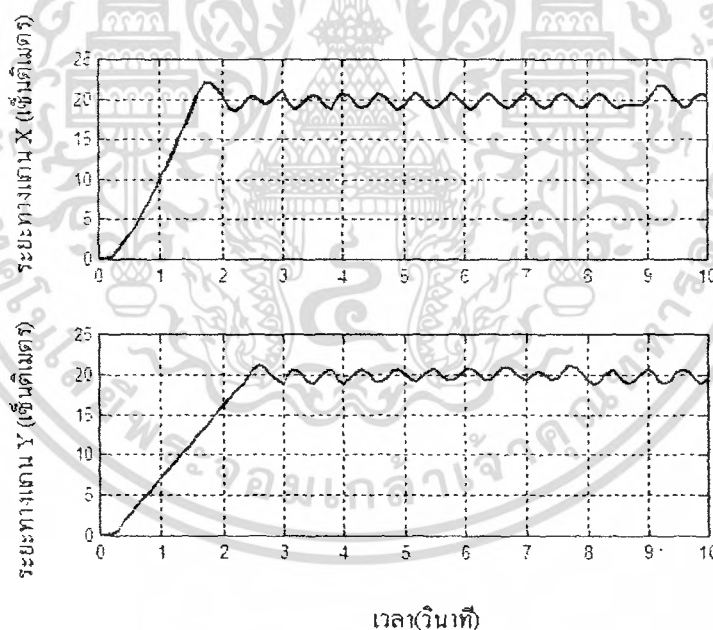
การทดลองการควบคุมตำแหน่งเครนที่ระยะ 20 เซนติเมตร และที่ระยะ 40 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีสัญญาณป้อนกลับเป็นจำนวนค่าพัลส์จากเอ็น โคลด์เดอร์ เพื่อใช้ในการประมวลผลสัญญาณการควบคุมจากคอมพิวเตอร์ การทดลองการควบคุมแบบเปิด-ปิดในการปรับค่า Duty cycle หรือระดับสัญญาณควบคุม จะป้อนสัญญาณ Duty cycle ให้กับแกน X และแกน Y ไม่เท่ากัน เนื่องจาก ถ้าปรับระดับสัญญาณ Duty cycle มากเกินไปในการควบคุมเครนแบบเปิด-ปิด ทำให้เครนเกิดการสั่นแรงมากจนอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ และถ้าปรับระดับสัญญาณ Duty cycle น้อยเกินไปมอเตอร์อาจไม่มีแรงหมุนพอที่จะทำให้เครนเคลื่อนที่ไปได้

- มอเตอร์ตัวที่ 1 (แกน X) ปรับค่า Duty cycle = 24.437% เมื่อค่าระยะทางที่ป้อนกลับมีค่าต่ำกว่าค่าของระยะทางที่กำหนด และทำการปรับค่า Duty cycle = -24.437% เมื่อค่าระยะทางที่ป้อนกลับมีค่ามากกว่าค่าของระยะทางที่กำหนด จากค่า Duty Cycle ดังกล่าวสามารถกำหนดเป็นข้อมูลขนาด 10 บิต เป็นระดับสัญญาณควบคุมเท่ากับ 250 และ -250 ตามลำดับ
- มอเตอร์ตัวที่ 2 (แกน Y) ปรับค่า Duty cycle = 29.325% เมื่อค่าระยะทางที่ป้อนกลับมีค่าต่ำกว่าค่าของระยะทางที่กำหนด และทำการปรับค่า Duty cycle = -29.325% เมื่อค่าระยะทางที่ป้อนกลับ มีค่ามากกว่าค่าของระยะทางที่กำหนด จากค่า Duty Cycle ดังกล่าวสามารถกำหนดเป็นข้อมูลขนาด 10 บิต เป็นระดับสัญญาณควบคุมเท่ากับ 300 และ -300 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

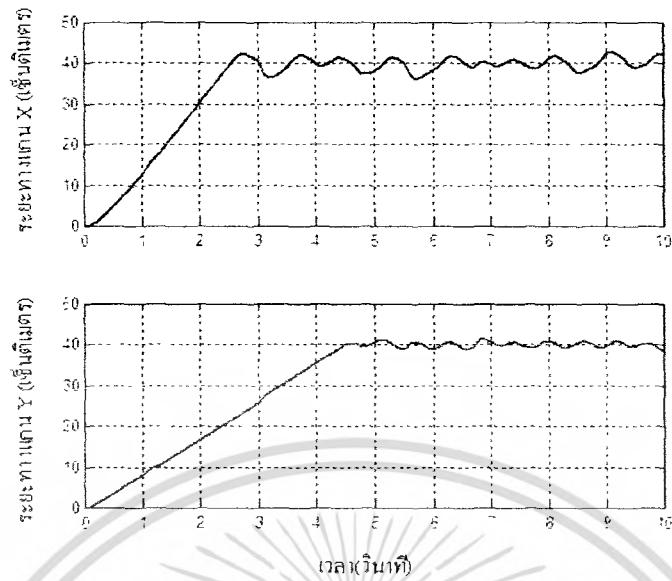
จากผลการทดลองดังรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 พบว่าการควบคุมแบบเปิด-ปิด ไม่สามารถควบคุมให้เครนเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการได้อย่างแม่นยำ ทำให้เพียงควบคุมให้เครนรักษาระดับตำแหน่งใกล้เคียงตำแหน่งที่ต้องการเท่านั้น โดยผลการควบคุมตำแหน่งทั้งสองระยะทาง จะเกิดการแกว่งคลอคเมื่อเข้าใกล้ตำแหน่งที่ต้องการ เนื่องจากการควบคุมเป็นการควบคุมแบบเปิด-ปิด ระบบควบคุมไม่มีการลดค่าของสัญญาณควบคุมที่ใช้กำหนดความเร็วของเครนก่อนเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการ ส่งผลให้เครนไม่สามารถหยุดได้ตรงตามตำแหน่ง ระบบควบคุมจึงเกิดการปรับปรุ่งค่าสัญญาณควบคุมไปยังระดับเปิดหรือปิดสูงสุดตลอดเมื่อตรวจพบว่าตำแหน่งที่ป้อนกลับมาไม่ใช่ตำแหน่งตามที่ต้องการ

จากรูปที่ 4.1 เป็นการควบคุมเครนที่ตำแหน่ง 20 เซนติเมตร ซึ่งสามารถกำหนดเป็นจำนวนพัลส์ของแกน X = 16,000 พัลส์และแกน Y = 32,000 พัลส์และในรูปที่ 4.2 เป็นการควบคุมที่ตำแหน่ง 40 เซนติเมตร สามารถกำหนดเป็นจำนวนพัลส์ของแกน X = 32,000 พัลส์และแกน Y = 64,000 พัลส์

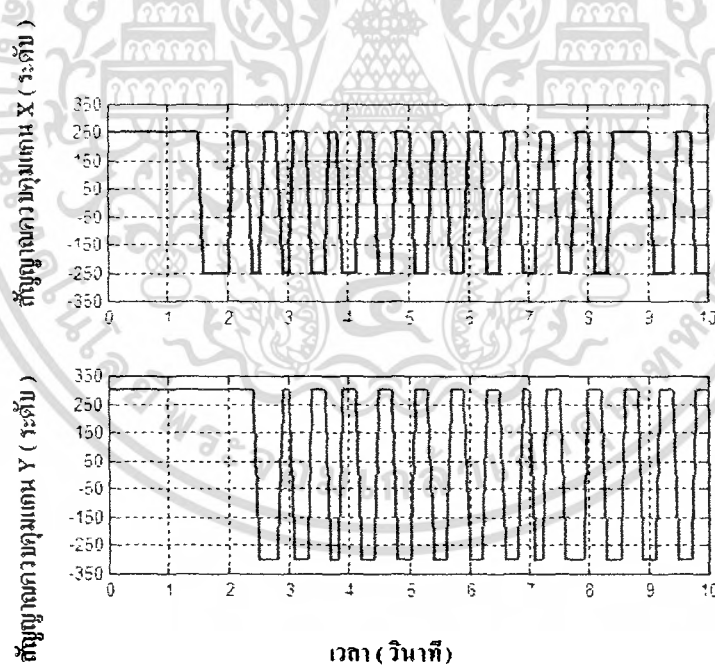


รูปที่ 4.1 ผลการตอบสนองของการเคลื่อนที่ ณ ตำแหน่ง 20 เซนติเมตร โดยการควบคุมแบบเปิด-ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

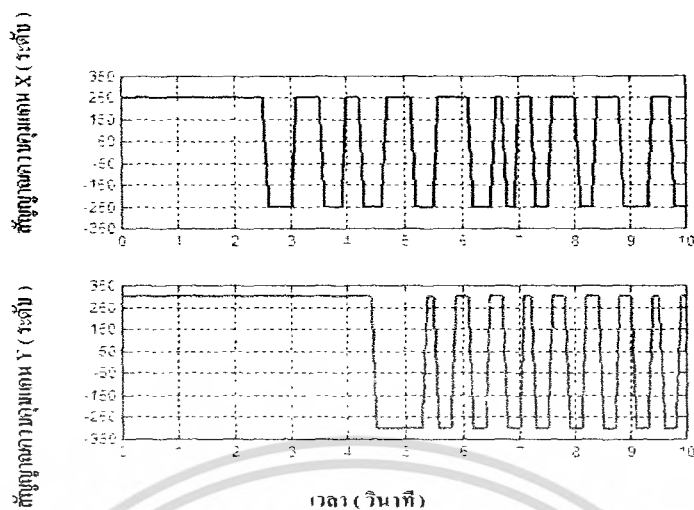


รูปที่ 4.2 ผลการตอบสนองของการเคลื่อนที่ ณ ตำแหน่ง 40 เซนติเมตร โดยการควบคุมแบบเปิด-ปิด



รูปที่ 4.3 สัญญาณควบคุมการทำงานของมอเตอร์ทั้ง 2 แกน ณ ตำแหน่ง 20 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

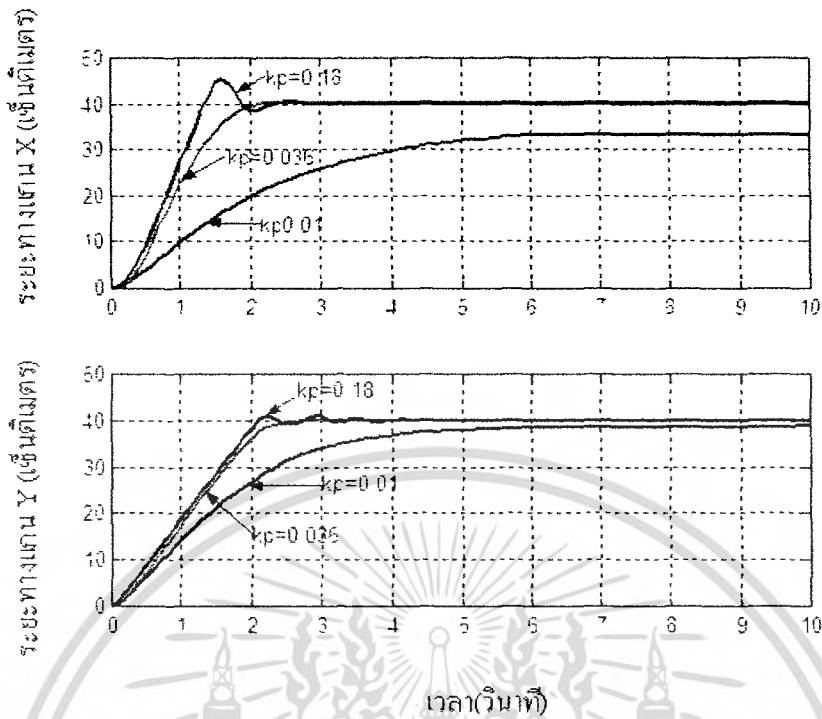


รูปที่ 4.4 สัญญาณควบคุมการทำงานของแกนทั้ง 2 แกน ณ ตำแหน่ง 40 เซนติเมตร

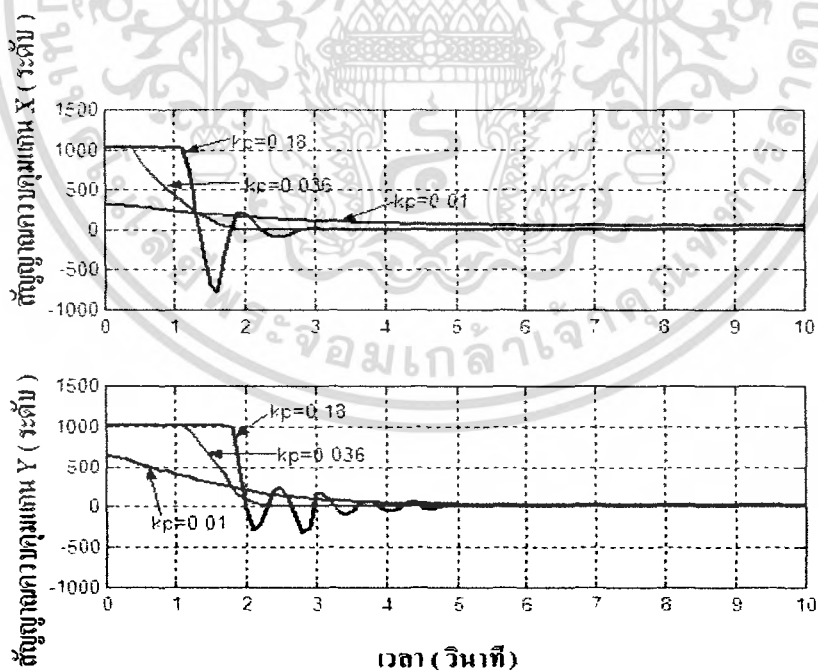
4.2 การทดลองการควบคุมตำแหน่งแกนโดยใช้ตัวควบคุมแบบพี

การทดลองการควบคุมตำแหน่งแกนโดยใช้ตัวควบคุมแบบพี จะกำหนดระยะในการเคลื่อนที่ 40 เซนติเมตร และ 60 เซนติเมตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับการทดลองการควบคุมแบบเปิด-ปิด โดยมีสัญญาณป้อนกลับเป็นจำนวนค่าพัลส์ที่อ่านได้จากเอ็นโค้ดเดอร์ เพื่อใช้ในการประมวลผลสัญญาณการควบคุมจากคอมพิวเตอร์ โดยในการทดลองจะทำการเปลี่ยนค่าเกนของตัวควบคุมแบบพีเพื่อเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบควบคุมเครื่องว่าค่าเกนของตัวควบคุมควรมีค่าเท่าไร เพื่อให้ระบบสามารถเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการและมีสมรรถนะที่ยอมรับได้

การทดลองควบคุมตำแหน่งที่ 40 เซนติเมตร ซึ่งสามารถกำหนดเป็นค่าพัลส์ที่ใช้เป็นค่าเป้าหมายได้ดังนี้ แกน X เท่ากับ 32000 พัลส์ และแกน Y เท่ากับ 64000 พัลส์ มีผลตอบสนองดังรูปที่ 4.5 มีผลการทดลองดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.5 ผลการตอบสนองของการเคลื่อนที่ ณ ตำแหน่ง 40 เซนติเมตร โดยใช้ตัวควบคุมแบบพี



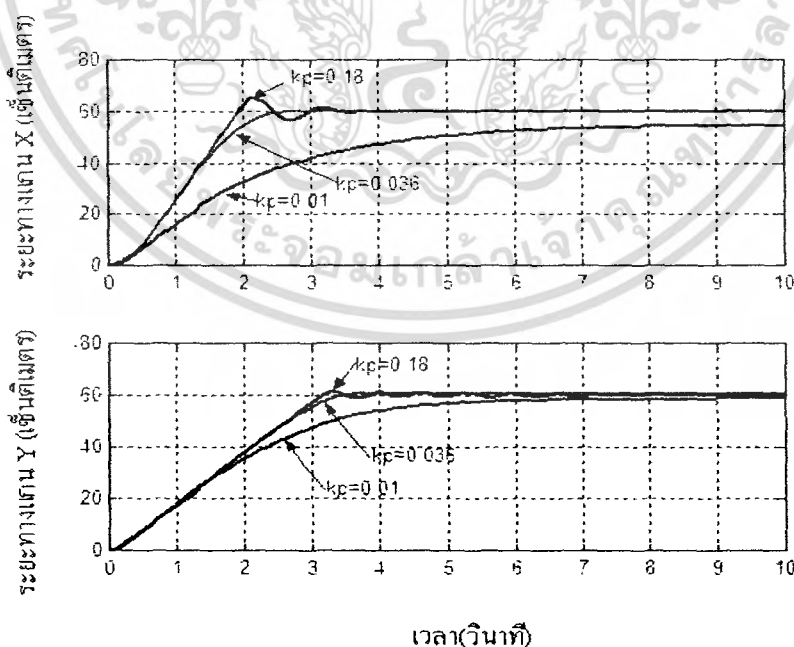
รูปที่ 4.6 สัญญาณควบคุมการทำงานของครน ณ ตำแหน่ง 40 เซนติเมตรเมื่อใช้ตัวควบคุมแบบพี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

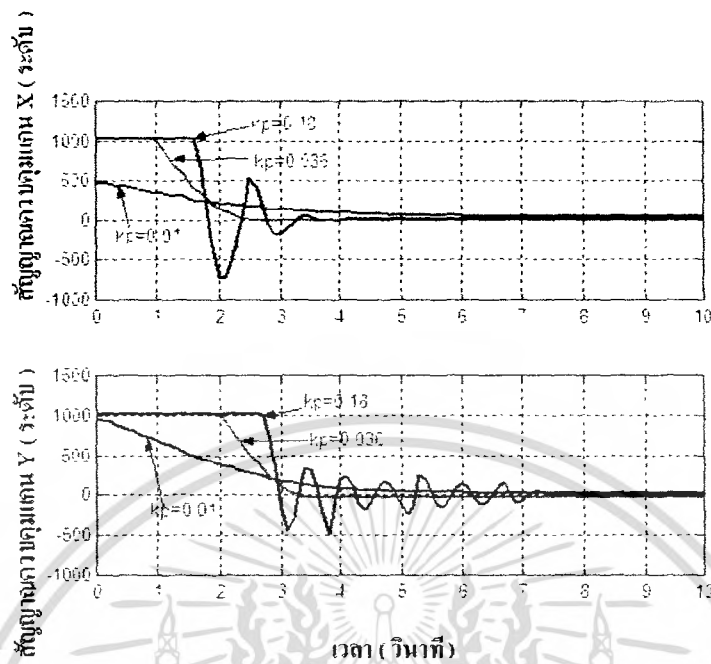
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการควบคุมตำแหน่งแรงแรงที่ 40 เซนติเมตร

ทิศทางการเคลื่อนที่ตามแนวแกน	K_p	ค่าที่วัดได้จากคอมพิวเตอร์		ระยะทางที่วัดได้จริง เซนติเมตร	ค่าความผิดพลาดที่สถานะคงตัว	ค่าความพุ่งเกิน
		จำนวนพัลส์	ระยะทาง/เซนติเมตร			
X	0.01	26537	33.17	33	17.07 %	0 %
	0.036	32071	40.08	40.1	0.2 %	0 %
	0.18	31987	39.98	39.8	0.05 %	13.89 %
Y	0.01	61969	38.73	38.8	3.17 %	0 %
	0.036	63616	39.76	39.7	0.6 %	0 %
	0.18	63962	39.97	39.9	0.075 %	2.49 %

การทดลองควบคุมตำแหน่งที่ 60 เซนติเมตร ซึ่งสามารถกำหนดเป็นค่าพัลส์ที่ใช้เป็นค่าเป้าหมายได้ดังนี้ แกน X เท่ากับ 48000 พัลส์ และแกน Y เท่ากับ 96000 พัลส์ มีผลการทดลองดังตารางที่ 4.2 และมีผลตอบสนองดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ผลการตอบสนองของการเคลื่อนที่ ณ ตำแหน่ง 60 เซนติเมตร โดยใช้ตัวควบคุมแบบพี
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 สัญญาณควบคุมการทำงานของครน ณ ตำแหน่ง 60 เซนติเมตรเมื่อใช้ตัวควบคุมแบบพี

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการควบคุมตำแหน่งครนที่ 60 เซนติเมตร

ทิศทางการเคลื่อนที่ตามแนวแกน	K_p	ค่าที่วัดได้จากคอมพิวเตอร์		ระยะทางที่วัดได้จริง เซนติเมตร	ค่าความผิดพลาดที่สถานะคงตัว	ค่าความพุ่งเกิน
		จำนวนพัลส์	ระยะทาง/เซนติเมตร			
X	0.01	44118	55.14	55	8.1 %	0 %
	0.036	47958	59.94	59.9	0.1 %	0 %
	0.18	47953	59.94	59.7	0.1 %	8.52 %
Y	0.01	94053	58.78	58.7	2.03 %	0 %
	0.036	96573	60.35	60.4	0.58 %	0 %
	0.18	96020	60.01	60	0.01 %	2.51 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 ผลสัมฤทธิ์โครงการ

ภายในโครงการได้ทำการออกแบบโครงสร้างเครนให้มีทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวระนาบสองทิศทางจนแล้วเสร็จ ทำการออกแบบวงจรที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นส่วนควบคุมย่อย โดยมีคอมพิวเตอร์เป็นส่วนควบคุมหลัก ทำการออกแบบการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้โปรแกรมเดลไฟล์7 เพื่อรับคำสั่งสัญญาณป้อนกลับตำแหน่ง สำหรับใช้ในการประมวลผลสัญญาณควบคุม และส่งคำสั่งสัญญาณควบคุมไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อกำหนดความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของเครน ดังนั้นจึงทำการทดลองควบคุมตำแหน่งของเครน โดยการควบคุมแบบเปิด-ปิด และการควบคุมโดยใช้ตัวควบคุมแบบพี ตามลำดับ

ผลการทดลองการควบคุมแบบเปิด-ปิด ที่ใช้ในการควบคุมตำแหน่งเครน จากการทดลองพบว่า การควบคุมแบบเปิด-ปิด ไม่สามารถควบคุมให้เครนเข้าสู่ตำแหน่งหรือหยุดตามที่ต้องการได้ ทำได้แค่เพียงทำให้รักษาตำแหน่งของเครนให้ใกล้เคียงกับตำแหน่งที่ต้องการเท่านั้น จากผลตอบสนองของการเคลื่อนที่ พบว่าผลตอบสนองของการควบคุมตำแหน่งทั้งสองระยะทาง จะเกิดการแกว่งตลอดเมื่อเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการ เนื่องจากการควบคุมเป็นการควบคุมแบบเปิด-ปิด ระบบควบคุมไม่มีการลดค่าของสัญญาณควบคุมที่ใช้กำหนดความเร็วของเครนก่อนเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการ ส่งผลให้เครนไม่สามารถหยุดได้ตรงตามตำแหน่ง ระบบควบคุมจึงเกิดการปรับปรุงคำสั่งสัญญาณควบคุม ไปยังระดับเปิดหรือปิดสูงสุดตลอด เมื่อตรวจพบว่าตำแหน่งที่ป้อนกลับมาไม่ใช่ตำแหน่งตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงทำการออกแบบระบบควบคุมโดยใช้ตัวควบคุมแบบพี

ผลการทดลองเมื่อใช้ตัวควบคุมแบบพีในการควบคุมตำแหน่งเครน จากการทดลองได้ทำการกำหนดค่าเกนของตัวควบคุมแบบพีให้มีค่าต่างๆ พบว่าการควบคุมโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีสามารถควบคุมให้เครนเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการได้ถ้าค่าเกน K_p มีค่ามากเพียงพอ โดยจากการทดลองพบว่าค่าเกน K_p ที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 0.036 ซึ่งทำให้ผลตอบสนองมีค่าความผิดพลาดที่สถานะคงตัวมีค่าน้อยอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ หากเพิ่มค่าเกน K_p ของตัวควบคุมแบบพีให้มีค่ามากกว่า 0.036 พบว่าเครนสามารถเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการได้เร็วขึ้น และทำให้ค่าความผิดพลาดที่สถานะคงตัวลดลงได้อีก แต่ก็จะทำให้ผลตอบสนองมีค่าพุ่งเกินเกิดขึ้นได้ หากลดค่าเกน K_p ของตัว

ควบคุมแบบพีให้มีค่าน้อยกว่า 0.036 พบว่าเฟรมเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการซ้ำและค่าความความผิดที่สถานะคงตัวก็มีมาก ดังนั้นค่าเกณฑ์ K_p ที่ 0.036 จึงมีค่าเหมาะสมที่สุด ที่จะใช้ในการควบคุมตำแหน่ง

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

ปัญหาที่พบในโรงงาน ในส่วนของโครงสร้างพบว่าระยะการเคลื่อนที่ใน 1 รอบ ของ บอลสกรูแกน X และแกน Y มีระยะการเคลื่อนที่ไม่เท่ากัน จึงส่งผลให้การควบคุมการเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการของแกนทั้งสองใช้เวลาไม่เท่ากันด้วย อาจจะใช้วิธีการทางโปรแกรมเพื่อลดปัญหานี้ได้ แต่ก็ไม่อาจจะแก้ไขได้ทั้งหมดเนื่องจากบอลสกรูด้านแกน X เป็นชิ้นส่วนที่ถูกนำมาประกอบขึ้นเป็นรางบอลสกรูเพื่อใช้งาน อาจจะมีคามผิดและการสั่นขณะที่มีการเคลื่อนที่ เพราะ ชิ้นส่วนต่างๆ ที่นำมาประกอบนั้นก็ล้วนแล้วแต่หาได้ตามท้องตลาดมือสองทั่วไป ดังนั้นจึงค่อนข้างยากที่จะหาชิ้นส่วนมือสองที่มีคุณสมบัติตรงตามรางบอลสกรูที่ใช้ในแกน Y ที่ได้รับมอบจากทาง ภาควิชา วิธีแก้ไขที่ดีที่สุดอาจจะต้องหาชิ้นส่วนที่เหมาะสมกว่าชิ้นส่วนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมาใช้ใน กรณีที่ต้องการพัฒนาต่อ ชิ้นส่วนที่เหมาะสมควรมีคุณสมบัติดังนี้ บอลสกรูมีระยะการเคลื่อนที่ใน 1 รอบเท่ากับ 5 มิลลิเมตร และระยะในการเคลื่อนที่รวมทั้งหมด ไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตร ควรจะมี รางลูกปืนสโกลด์ประกอบมาด้วย

ปัญหาในส่วนของวงจรควบคุมย่อยที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นส่วนประกอบ พบว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 มีคุณสมบัติการใช้งานโดยรวมไม่เพียงพอที่จะใช้งานภายใน โรงงานนี้ เนื่องจากภายในโรงงานมีอุปกรณ์ป้อนกลับที่เป็นเอ็นโค้ดเดอร์จำนวน 2 ตัว หากต้องการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวรับสัญญาณป้อนกลับก็ควรจะมีจำนวนเคาน์เตอร์ที่ใช้งาน มากกว่า 4 ตัว ทั้งนี้ยังไม่รวมไทเมอร์ ที่ไว้ใช้งานอีกด้วย ปัญหาดังกล่าวทางกลุ่มได้แก้ไขโดยทำการ ออกแบบวงจรควบคุมการจัดการด้านการสื่อสารขึ้นเพื่อใช้สำหรับจัดการ การส่งข้อมูลของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งสองตัวมายังคอมพิวเตอร์ ในกรณีที่จะมีการพัฒนาต่อก็ควรเลือกใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมมาใช้งานแทน เพื่อที่จะ ได้ลดจำนวนตัว ไมโครคอนโทรลเลอร์ลงด้วย

ปัญหาในส่วนของวงจรขับเคลื่อนพบว่าไอซีขับเคลื่อนสำเร็จรูปไม่เหมาะสมที่จะ นำมาใช้งานเนื่องจากการควบคุมอาจจะต้องมีการกลับทางหมุนแบบทันทีทันใดติดต่อกัน ทำให้ ไอซีเกิดการเสียหายได้เนื่องจากมีกระแสไหลสูง จากปัญหาดังกล่าวได้ทำการออกแบบวงจรขับเคลื่อนแบบ H-Bridge โดยใช้ออสเฟสมาต่อใช้งาน พบว่าสามารถใช้งานได้ดี

ปัญหาเนื่องจากสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายในเอ็นโค้ดเดอร์นับเป็นปัญหาที่สำคัญ เพราะ จะทำให้การตรวจสอบระยะทางผิดพลาดรวมทั้งการประมวลผลสัญญาณควบคุมก็จะผิดพลาดด้วย เช่นกัน การแก้ปัญหาควรต่อสายกราวด์ของเอ็นโค้ดเดอร์ และควรทำการต่อกราวด์กับโครงสร้าง

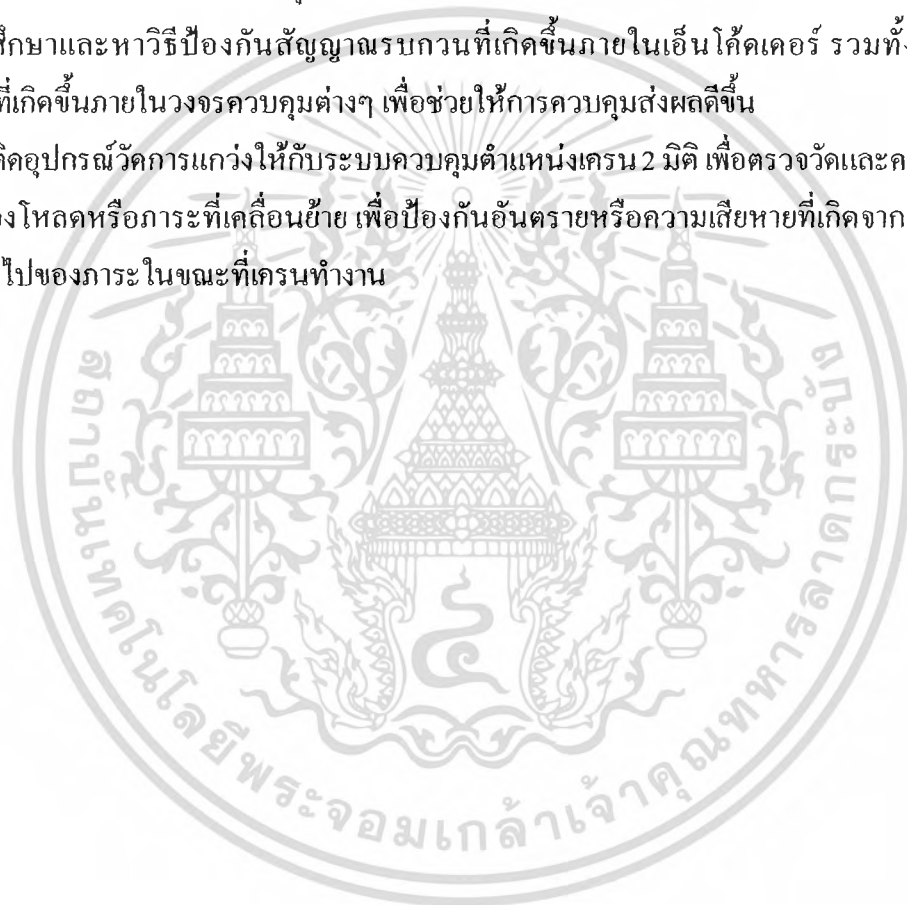
ของเฟรมก็จะเป็นอีกวิธีที่พอจะช่วยลดสัญญาณรบกวนที่เอ็นโค้ดเดอร์ได้ รวมทั้งการออกแบบวงจร

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมต่างก็ควรคำนึงถึงลายวงจรที่เป็นกราฟด์ ควรจะออกแบบให้ลายวงจรมีขนาดใหญ่ เพื่อช่วยในการลดสัญญาณรบกวนภายในวงจรต่างๆ ได้

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

1. ทำการเปลี่ยนบอลสกรูในส่วนของแกน X ให้มีระยะทางในการเคลื่อนที่เท่ากับบอลสกรูที่ใช้ในแกน Y เพื่อง่ายต่อการเขียนโปรแกรมควบคุม
2. ควรเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีคุณสมบัติรองรับเพียงพอ ต่อการใช้งานในส่วนต่างๆ เพื่อง่ายต่อการออกแบบวงจรควบคุม และเป็นการลดจำนวนของไมโครคอนโทรลเลอร์ลง
3. ศึกษาและหาวิธีป้องกันสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายในเอ็นโค้ดเดอร์ รวมทั้งสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายในวงจรควบคุมต่างๆ เพื่อช่วยให้การควบคุมส่งผลดีขึ้น
4. ติดอุปกรณ์วัดการแกว่งให้กับระบบควบคุมตำแหน่งแกน 2 มิติ เพื่อตรวจวัดและควบคุมการแกว่งของโหลดหรือภาระที่เคลื่อนย้าย เพื่อป้องกันอันตรายหรือความเสียหายที่เกิดจากการแกว่งมากเกินไปของภาระในขณะที่แกนทำงาน



เอกสารอ้างอิง

- [1] ฌ็อง-หลุยส์ วังศ์สุนทรชัย และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล. ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877x. บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด. ปี 2549.
- [2] เศรษฐธีร์ มณีธรรม และ ตำเรึง เต็มราม. คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC. บริษัท เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด. ปี 2549.
- [3] ประจัน พลังสันติกุล. PIC Work Examplsand C Source Code. บริษัท แอมซอพต์เทค จำกัด. ปี 2548.
- [4] ดอนสัน ปงผาบ. การเขียนโปรแกรม C ในงานควบคุม. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. ปี 2549.
- [5] ประจัน พลังสันติกุล. เรียนรู้และใช้งาน CCSC คอมไพเลอร์. บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด. ปี 2547.
- [6] ผศ.ปัญญา พลหอดะระ. หลักการเขียนโปรแกรมภาษาซี. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา. ปี 2545.
- [7] รศ.สุมาลี อุณหวนิชย์. ระบบควบคุม. บริษัท ว.เพชรสกล จำกัด. ปี 2545.
- [8] รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์ และ วรรัตน์ ภัทรอมรกุล. คู่มือการใช้ Matlab. สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส. ปี 2543.
- [9] สัจจะ จรัสรุ่งรวีร์ และ จักรพงษ์ สุขประเสริฐ. DelPhi7. บริษัท เอชเอ็น กรุ๊ป. ปี 2547.
- [10] รศ.ดร.โยชิน เปรมปราณีรัชต์. วิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมมอเตอร์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิศวกรรมระบบควบคุม. ปี 2525.
- [11] ข้อมูลจาก <http://www.9engineer.com>
- [12] ข้อมูลจาก <http://www.alldatasheet.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

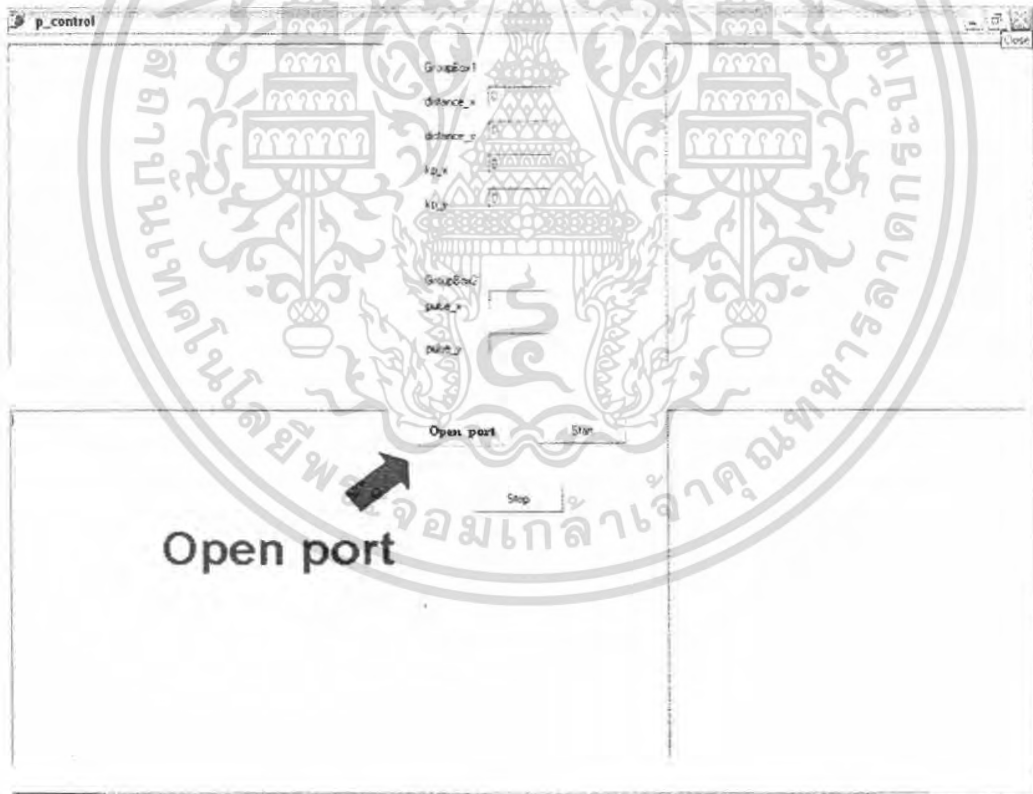
ภาคผนวก ก.

โปรแกรมที่ใช้ในโครงการ

ในบทนี้จะอธิบายถึงส่วนของโปรแกรมต่างๆที่ใช้ในโครงการ ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ส่วน โปรแกรมที่ใช้ติดต่อกับผู้ควบคุมบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และส่วน โปรแกรมที่อยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ในการควบคุมตำแหน่งเครน 2 มิติ

ก.1 โปรแกรมที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งาน

โปรแกรมที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งานบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ในโครงการนี้ได้ใช้โปรแกรมเดสทอป 7 ในการออกแบบโปรแกรมเพื่อรับค่าเป้าหมายต่างๆจากผู้ใช้งาน และทำการประมวลผลสัญญาณควบคุมส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่เครนต่อไป



รูปที่ ก.1 หน้าต่างที่ใช้งานในการควบคุมตำแหน่งเครน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานโปรแกรมเพื่อใช้ในการควบคุมตำแหน่งเครื่องสามารถทำได้โดยเปิดโปรแกรมขึ้นมา ก็จะพบกับหน้าต่างดังรูปที่ ก.1 ให้ทำการกำหนดค่าเป้าหมายในการเคลื่อนที่ของ แกน X และ แกน Y โดยมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร และสามารถกำหนดระยะทางในการเคลื่อนที่ได้ไม่เกิน 800 มิลลิเมตร ทั้งสองแกน จากนั้นทำการกำหนดค่าแกนของตัวควบคุมแบบพี เมื่อกำหนดข้อมูลต่างๆ เรียบร้อยให้ทำการกดปุ่ม Open port เพื่อทำการติดต่อกับอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ แล้วทำการกดปุ่ม Start ระบบก็จะเริ่มทำงาน ทำการควบคุมเครื่องให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

ในส่วนของโปรแกรมเดสทอปไฟล์7 ที่ถูกเขียนขึ้นเพื่อใช้ในการควบคุมตำแหน่งเครื่องสามารถแสดงได้ดังนี้

```

unit p_control;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, VaClasses, VaComm, ExtCtrls;
type
  TForm1 = class(TForm)
    Memo1: TMemo;
    Memo2: TMemo;
    GroupBox1: TGroupBox;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Edit3: TEdit;
    Edit4: TEdit;
    GroupBox2: TGroupBox;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Edit5: TEdit;
    Edit6: TEdit;
  end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Button1: TButton;
Button2: TButton;
Button3: TButton;
VaComm1: TVaComm;
Memo3: TMemo;
Memo4: TMemo;

procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure VaComm1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
procedure CheckCom;
procedure Button3Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form1: TForm1;
  i,distance_x,distance_y,size,motor1,motor2,ux,uy      : Integer;
  pulse_x,pulse_y,kp_x,kp_y,u1,u2                       : Real  ;
  St,buf,read1,read2,direction_x,direction_y,pwm_x,pwm_Y : String;
implementation
  {$R *.dfm}
  procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
  begin
    if(i=0) Then
      Begin
        Button1.Caption := 'Comport_Close';
        VaComm1.Open;
        i:=i+1;
      End
    
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Else
  Begin
    Button1.Caption := 'Comport_Open';
    VaComm1.Close;
    i := 0;
    End;
end;
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  i:=0;
end;
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  distance_x := StrToInt(Edit1.Text);
  distance_y := StrToInt(Edit2.Text);
  kp_x := StrToFloat(Edit3.Text);
  kp_y := StrToFloat(Edit4.Text);
  pulse_x := ((distance_x/10)*800);
  pulse_y := ((distance_y/5)*800);
  Edit5.Text := FloatToStr(pulse_x);
  Edit6.Text := FloatToStr(pulse_y);
end;
procedure TForm1.VaComm1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
begin
  St := VaComm1.ReadText;
  buf := buf + St;
  size := Length(buf);
  if(ord(buf[size])=13)
  Then Begin
    CheckCom ;
  End;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    VaComm1.WriteText('0'+#13);
```

```
    VaComm1.WriteText('0'+#13);
```

```
    VaComm1.WriteText('0'+#13);
```

```
    VaComm1.WriteText('0'+#13);
```

```
    Timer1.Enabled := False;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.CheckCom;
```

```
Begin
```

```
    if((buf[1]='y')And(buf[size-1]='y')) Then /** 'y'_Axis**//
```

```
        Begin
```

```
            read1 := Copy(Buf,2,size-3);
```

```
            motor1 := StrToInt(read1); // pulse read form y axis //
```

```
            buf := '';
```

```
            Memo1.Lines.Add(read1);
```

```
        End Else
```

```
        if((buf[1]='x')And(buf[size-1]='x')) Then /** 'x'_Axis**//
```

```
            Begin
```

```
                read2 := Copy(Buf,2,size-3);
```

```
                motor2 := StrToInt(read2); // pulse read form x axis //
```

```
                buf := '';
```

```
                Memo2.Lines.Add(read2);
```

```
            End;
```

```
        buf := '';
```

```
        u1 := kp_x*(pulse_x-motor2);
```

```
        u2 := kp_y*(pulse_y-motor1);
```

```
        ux := Round(u1);
```

```
        uy := Round(u2);
```

```
        if(ux>0)Then
```

```
            Begin
```

```
                if (ux>1022) Then Begin ux:=1022;End;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

End Else
if(ux<0)Then
  Begin
    if (ux<(-1022)) Then Begin ux:=-1022;End;
  End;
if(uy>0)Then
  Begin
    if (uy>1022) Then Begin uy:=1022;End;
  End Else
if(uy<0)Then
  Begin
    if (uy<(-1022)) Then Begin uy:=-1022;End;
  End;
VaComm1.WriteText(IntToStr(ux)+#13);
VaComm1.WriteText(IntToStr(uy)+#13);
Memo3.Lines.Add(IntToStr(ux));
Memo4.Lines.Add(IntToStr(uy));
End;
end.

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 โปรแกรมที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์

ในโครงการนี้ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 มาใช้งานทั้งหมด 4 ตัวด้วยกัน ถูกนำมาออกแบบให้เป็นส่วนควบคุมย่อย เพื่อใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ จากรูปที่ 3.5 ได้ถูกจัดแบ่งออกเป็นส่วนการทำงานทั้งหมด 3 ส่วนด้วยกัน คือ

1. ส่วนของการส่งคำสั่งสัญญาณป้อนกลับระยะทางในการเคลื่อนที่มายังคอมพิวเตอร์ ก็จะมี PIC1 และ PIC2 ทำหน้าที่ส่งคำสั่งสัญญาณป้อนกลับ

2. ส่วนการจัดการด้านการสื่อสาร เป็นส่วนการทำงานที่ช่วยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งสองตัวที่ทำหน้าที่ส่งคำสั่งสัญญาณป้อนกลับ สามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ โดยมี PIC4 ทำหน้าที่เป็น ส่วนการจัดการด้านการสื่อสาร

3. ส่วนของการรับคำสั่งสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้กำหนดทิศทางและความเร็วในการเคลื่อนที่ของเกรน จะมี PIC3 เป็นตัวทำหน้าที่การรับคำสั่งสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์

ก.2.1 โปรแกรมส่งคำสั่งสัญญาณป้อนกลับระยะทางของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC1 และ PIC2

```
#include <16F877.h>
#define TxD PIN_C6
#define RxD PIN_C7
#define clock_sp 2000000
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
#use delay(clock=2000000)
#use fast_io(A)
#use rs232(baud=115200,xmit=TxD,rcv=RxD)
#priority timer1,timer0
#include <math.h>

signed int32 tick_up;
signed int32 tick_down,value_up,value_down,forward,reverse,distance2;
float distance;

#INT_TIMER0
void Timer0_ISR(void){
    tick_down = tick_down + 1;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#INT_TIMER1

void timer1_ISR(void){
    tick_up = tick_up + 1;
}

#INT_Ext
void EXT_ISR(void){
printf("x%ld\r",distance2);    // ใน PIC2 ให้เปลี่ยนบรรทัดนี้เป็น printf("y%ld\r",distance2); //
}

void main (void){
    tick_up=0;
    tick_down=0;
    enable_interrupts(GLOBAL);
    enable_interrupts(INT_EXT);
    enable_interrupts(INT_TIMER0);
    enable_interrupts(INT_TIMER1);
    setup_timer_0(RTCC_EXT_L_TO_H|RTCC_DIV_1);
    setup_timer_1(T1_EXTERNAL|T1_DIV_BY_1);
    set_timer0(0);
    set_timer1(0);
    forward = 0;
    reverse = 0;
    while (TRUE){
        value_up = get_timer1();
        value_down = get_timer0();
        forward = ((tick_up*65536)+value_up);
        reverse = ((tick_down*256)+value_down);
        distance = forward - reverse;
        distance2 = distance;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2.2 โปรแกรมจัดการด้านการสื่อสารในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC4

```

#include <16F877.h>
#define TxD PIN_C6
#define RxD PIN_C7
#define clock_sp 2000000
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
#use delay(clock=2000000)
#use fast_io(A)
#use rs232(baud=115200,xmit=TxD,rcv=RxD)

int tick1;
#INT_TIMER2
void timer2_ISR(void){
    tick1 = tick1+1;
    if(tick1==6){
        set_timer2(0);
        tick1=0;
        delay_ms(2);
        output_d(5);
        delay_ms(6);
        output_d(10);
        delay_ms(6);
        set_timer2(0); }
    }
void main (void){
    tick1 = 0;
    set_tris_d(0x00);
    enable_interrupts(GLOBAL);
    enable_interrupts(INT_TIMER2);
    setup_timer_2(T2_DIV_BY_16,255,15);
    set_timer2(0);
    while (TRUE){ ; }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2.3 โปรแกรมรับคำสั่งยูทิลิตี้ควบคุมจากคอมพิวเตอร์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC3

```
#include <16F877A.h>
#include <CTYPE.H>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define TxD PIN_C6
#define RxD PIN_C7
#define clock_sp 2000000
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
#use delay(clock=2000000)
#use rs232(baud=115200,xmit=TxD,rcv=RxD)
```

```
char    str1[8],str2[8];
int     direction1,direction2,direction,old;
signed int16  pwm1,pwm2;
int32   duty1,duty2;
```

```
#INT_RDA
```

```
void RxD_ISR(void){
    //printf("\ninsert string");
    gets(str1);    /** direction of 'x' **/
    gets(str2);    /** direction of 'y' **/
    pwm1 = atol(str1);
    pwm2 = atol(str2);
    if(pwm1 > 0){
        duty1    = pwm1;
        direction1 = 1;
    } else if(pwm1 < 0){
        duty1    = abs(pwm1);
        direction1 = 2;
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        duty1    = 0;
        direction1 = 0;
    }

    if(pwm2 > 0){
        duty2    = pwm2;
        direction2 = 4;
    }

    else if(pwm2<0){
        duty2    = abs(pwm2);
        direction2 = 8;}

    else {
        duty2    = 0;
        direction2 = 0;
    }

    direction = direction1 + direction2;
    if(direction != old){
        output_d(0);
        delay_ms(10);
        old = direction;
    } else {old = direction;}
}

void main (void){
    direction1 = 0;
    duty1     = 0;
    duty2     = 0;

    enable_interrupts(GLOBAL);
    enable_interrupts(INT_RDA);
    setup_ccp1(CCP_PWM);
    setup_ccp2(CCP_PWM);
    setup_timer_2(T2_DIV_BY_16,255,1);    /** set_PWM_frequency = 1.22KHz **/
    set_timer2(0);
    set_tris_d(0x00);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
while (TRUE){  
output_d(direction);  
set_pwm1_duty(duty1);  
set_pwm2_duty(duty2);  
    }  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

คู่มือประกอบการใช้งานอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในโครงการ

ในส่วนของ ภาคผนวก ข. จะอธิบายในรายละเอียดสำคัญของ อุปกรณ์วัดตำแหน่ง และ อุปกรณ์ประกอบอยู่ภายในส่วนต่างๆ ของวงจรที่ได้สร้างขึ้นเพื่อควบคุมตำแหน่งครน 2 มิติ

ข.1 มอเตอร์และอุปกรณ์วัดตำแหน่ง

มอเตอร์และอุปกรณ์วัดตำแหน่งเป็นประกอบที่สำคัญสำหรับ โครงการนี้ เลือกใช้มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรของ Minertia Motor RM Series รุ่น 02MA20E และมีอุปกรณ์วัดตำแหน่ง หรือ เอ็นโค้ดเดอร์ เป็นชนิดอินคริเมนทัลเอ็นโค้ดเดอร์ ประกอบติดมากับมอเตอร์ ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3



รูปที่ ข.1 มอเตอร์และอุปกรณ์วัดตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งานมอเตอร์

เป็นคู่มือการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง Minertia Motor RM Series รุ่น 02MA2OE และมีเอ็นโค้ดเดอร์ติดมากับมอเตอร์ มีข้อมูลดังนี้

RATINGS AND SPECIFICATIONS

Time rating: Continuous

Insulation:

Class B for Type UGRMEM-01SA to -08MB

Class F for Type UGRMEM-40SA and -40MA

Dielectric Strength:

500VAC min. for Type UGRMEM-01SA to -08SA

1000VAC min. for Type UGRMEM-08MB to -40SA

1500VAC min. for Type UGRMEM-40MA

Enclosure: Totally-enclosed self-cooled type

Ambient Temperature: -10°C to +40°C in operation
-20°C to +60°C in storage (no condensation)

Humidity: 35% to 80% RH in operation

10% to 80% RH in storage (no condensation)

Vibration: V-FE

Finish in Munsell Notation: N1.5 (Black)

Excitation: Permanent magnet

Mounting: Flange-mounted type

Drive Method: Direct drive

Table 1 Ratings and Specifications

Spec.	Units	01SA	02SA	03SA	04SA	04MA	08SA	08MB	40SA	40MA
Peak Rated Torque	N.m	0.59	1.04	1.77	2.12	3.53	4.41	7.05	8.38	15.1
Rated Torque	N.m	0.157	0.29	0.35	0.474	0.79	1.05	1.71	3.18	6.0
Torque Constant	N.m/A	0.1534	0.28	0.0812	0.094	0.119	0.22	0.237	0.165	0.437
Armature Winding Resistance	Ohms	1.7	1.1	0.46	0.59	0.17	0.11	0.46	0.57	0.34
Armature Inductance	mH	1.2	0.9	0.35	0.7	0.6	2	2.0	4.0	3.1
Peak Current	A	3.8	3.8	2.2	3.5	3.0	3.75	26.5	27.6	35.3
Voltage Constant	V/rev/min	5.1	5.1	7.1	6.9	12.4	13.9	24	30.2	51.0
Viscous Damping Constant	N.m/rev/min	2.94	5.7	10.9	15.7	24	25.1	17.4	25.4	51.0
Friction Torque	N.m	0.31	1.0	24.5	25.5	30.3	49.0	58.0	1.0	13.7
Inertia	kg.m ²	0.046	0.15	0.28	0.35	1.05	1.1	8.0	25.9	44.1
Mechanical Time Constant	ms	4.4	5.5	2.0	8.0	4.9	10	7.7	11	6.1
Electrical Time Constant	ms	0.44	0.6	0.93	1.2	1.5	2.9	4.1	7.1	9.4
Power Rate	W/rev	2.44	2.87	4.45	1.87	2.97	2.2	3.72	3.94	8.16
Torque Inertia Ratio	rev/ft ²	23000	13500	12600	4410	4210	2080	2120	1230	1360
Thermal Resistance	°C/W	3.5	2.34	1.86	1.86	1.55	1.25	1.0	0.8	0.6
Max Temperature Rise	°C	100	100	100	100	100	100	100	130	130
Rated Speed	rpm	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	2500	2200
Max Safe Operating Speed	rpm	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	3500
Cooling Required	dim. HFC	Totally-enclosed self-cooled								

Note: Rated torque is indicated by allowable continuous torque value at ambient temperature 40°C.

when the following heat dissipating aluminum plate is mounted on the motor

150 mm × 150 mm × 3 mm for type UGRMEM-01, 04

250 mm × 250 mm × 6 mm for type UGRMEM-02, 04

300 mm × 300 mm × 12 mm for type UGRMEM-08, 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRIC CHARACTERISTICS

SPEED-TORQUE CHARACTERISTICS

Speed-torque characteristics shown in Fig. 1 are based on armature voltage (E_t) and armature current (I_a) maintained constant at an armature winding temperature of 100°C.

E_t : Armature voltage
 A: Continuous duty zone
 B: Intermittent duty zone
 C: Recommended commutation limit

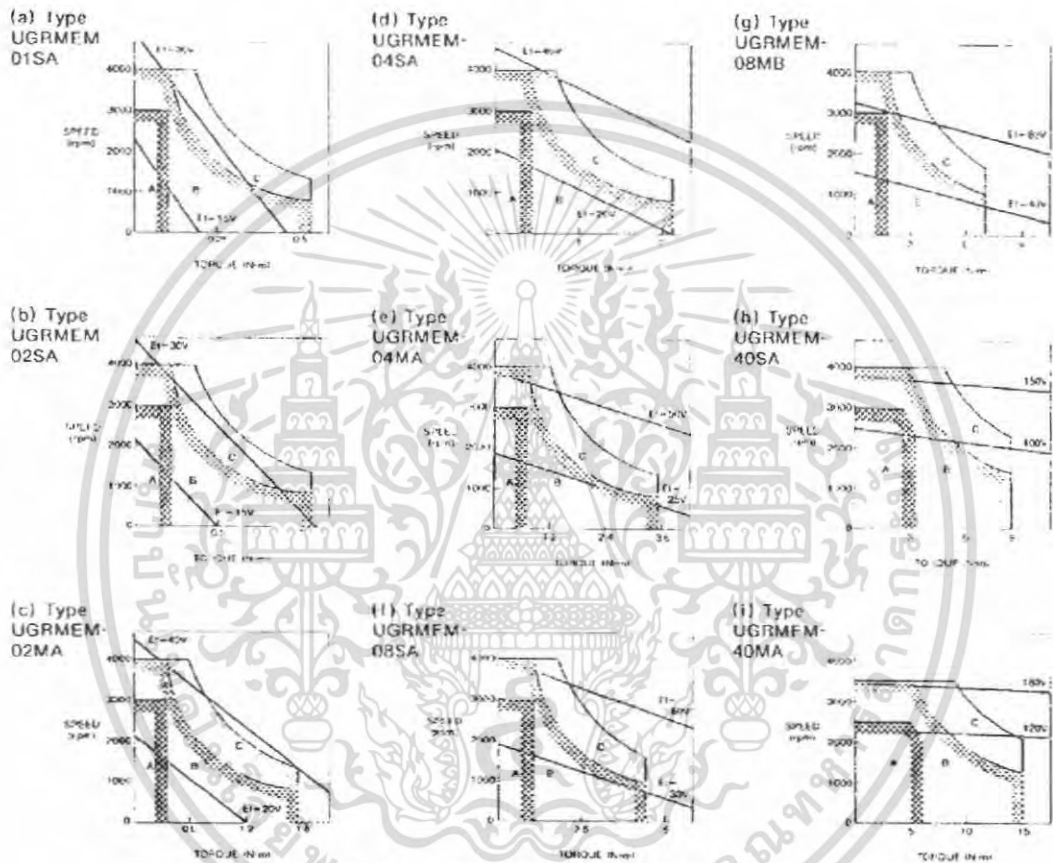
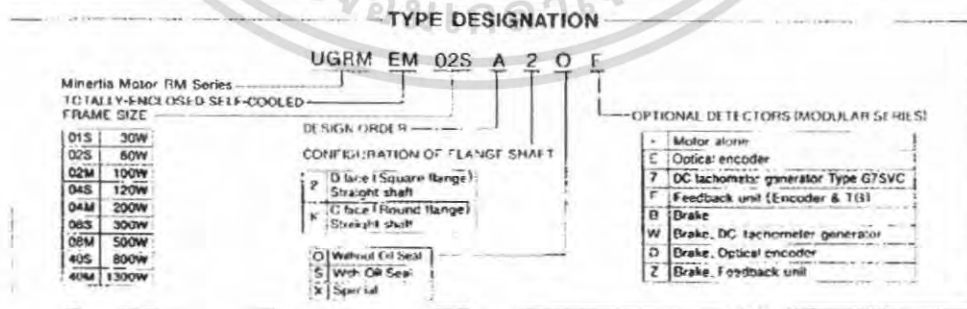


Fig. 1 Speed-Torque Characteristics



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STARTING AND OVERLOAD CHARACTERISTICS

Fig. 2 shows the allowable conduction time of armature current at starting and during overload operation.

At cold condition (A) - Curves are obtained at

starting operation when armature temperature is equal to ambient temperature.

At hot condition (B) - Curves obtained when armature temperature is at optimum at the rated operation.

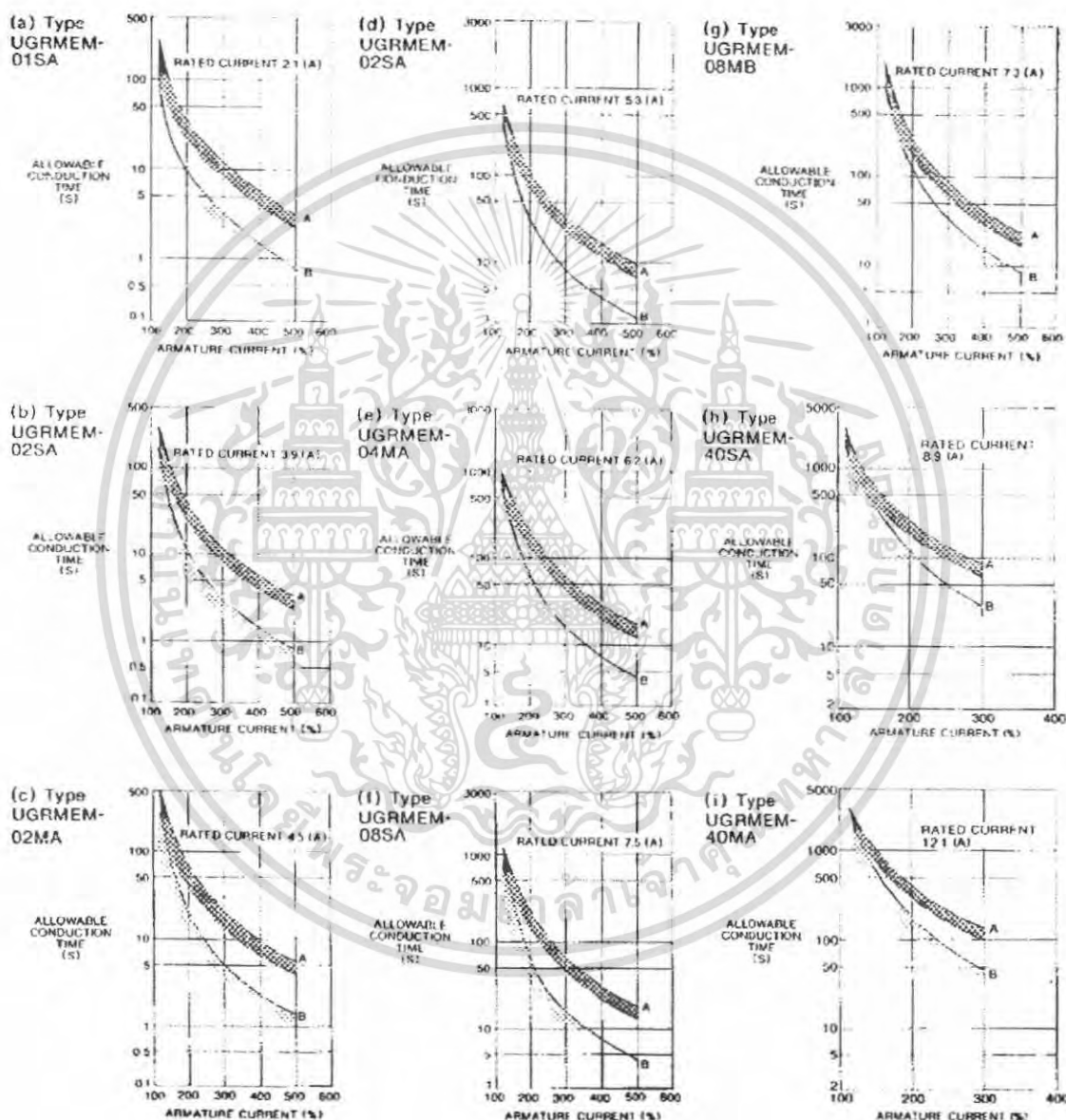


Fig. 2 Starting and Overload Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODULAR MINERTIA MOTORS RM SERIES

Modular Minertia Motors consist of any combination of Minertia Motor RM series with DC tachometer generator, optical encoder, or magnetic brake.

With Optical Encoder

Optical encoders are available as position and speed feedback signals. (For speed feedback signals, F/V converter should be used.) Specifications are listed in Table 7.

Table 6 List of Options Combined with Minertia Motors RM Series

⊙ Standard ⊙ Available on order ⊙ Not manufactured

Type	Z	E	B	W	D
Options	TG	OP	BR	FB	TG
01SAK0	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
02SA20	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
02MA20	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
04SA20	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
04MA20	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
08SA20	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
08MB20	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
40SA20	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
40MA20	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙

Note: For options indicated by ⊙, contact your Yaskawa representative.
 TG: DC tachometer generator OP: Optical encoder
 BR: Magnetic brake FB: Feedback unit

Table 7 Specifications of Optical Encoders

Optical Encoder Type	UTOP1-020, SAB, IAB	UTOP1-030, SUB, MUB, SC
Input Supply Voltage	+12VDC ±5%	
Current Consumption	150mA max	
No of Output Pulses	Type UTOP1-020 → 200 pulses/rev Type UTOP1-030 → 300 pulses/rev Type UTOP1-040 → 400 pulses/rev Type UTOP1-050 → 500 pulses/rev Type UTOP1-060 → 600 pulses/rev Type UTOP1-080 → 800 pulses/rev Type UTOP1-100 → 1000 pulses/rev Type UTOP1-150 → 1500 pulses/rev Type UTOP1-200 → 2000 pulses/rev Type UTOP1-250 → 2500 pulses/rev	
Output Wave Form	Square Wave	
Output Signal Level	V _{OH} : 1.8V Max V _{OL} : 0.5V Max	V _{OH} : 4V Min V _{OL} : 0.4V Max
Rise Time	17ns Max	
Fall Time	0.5µs Max	
Output Circuit		
Phase Offset	± 25 ± 10%	
Flutter	± 5% ± F Max	
Pulse Duty Cycle	50 ± 10%	
Channel Z Pulse Width	50 ± 10%	
Response Frequency	75 kHz	
Illumination Source	LED	
Sensor	Photo diode	
Max Allowable Speed	12,000rpm	
Moment of Inertia	7g·cm ²	
Ambient Temperature	0 to +60°C (in operation), 20 to +80°C (at standby)	
Humidity	20 to 80% RH	
Vibration (in operation)	2.5G Max	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

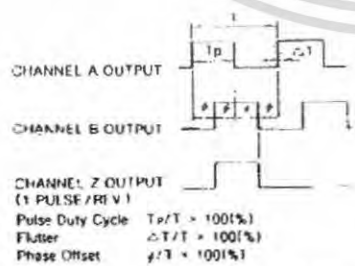
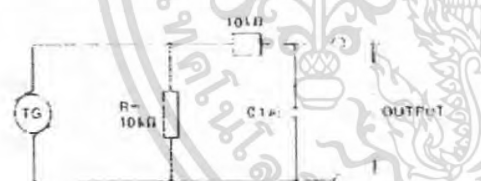
With DC Tachometer Generator

DC tachometer generators are available as speed feedback units. Specifications of DC tachometer generators are shown in table below.

Table 8 Specifications of DC Tachometer Generator

Type	TG-75VC
Output Voltage	7
Ripple Amplitude	1.5
Ripple Frequency	14
Linearity	15
Director Deviation	15
Armature Inertia	15
Armature Resistance	10
Temperature Coefficient	100
Speed Range	200-2300
Max Speed	5000
Min Load Resistance	1
Insulation Resistance	10
Dielectric Strength	10
Reliability Expectancy	20000

Note:
 1. Output Voltage is measured across the output terminals.
 2. Ripple amplitude and linearity are obtained through filter circuit as shown below.



Origin pulse: 1 pulse/rev synchronizes with channel B pulse.

With Feedback Units

Feedback units are available as position and speed detection units. Feedback units for Minertia Motor RM series unitized DC tachometer generator and optical encoder. Specifications are listed in Table 10.

Table 9 Specifications of Feedback Unit

	TRUE-IDEESA, TRUE-IDEESU	UTOPIA-IDEESA, SU (Optical encoder)
Characteristics	See Table 8	See Table 7
Motor Inertia J	25gram ² Max	
Friction Torque	14.7mN.m Max	
Filter Circuit	See Table 8	

With Magnetic Brakes

Magnetic brakes listed below are not used for stopping, but for holding after coming to a full stop.

Table 10 Specifications of Magnetic Brakes

	Magnetic Brake Type		FSBRC-16
Input Supply Voltage	90VDC ± 10%		
Braking Torque	0.7N.m	0.6N.m	1.0
Applicable Motor Type UGRVEM	02.5A	04SA	06SA
Type	02.5A	04MA	06MB
	Spring loaded fail-safe type		

Lead Identification of Encoders and DC Tachometer Generators

	Input	Output	Output
Encoder	Red		+ 5VDC
	Black		0V
	Blue		Channel A output
	Black		Channel A common
	Yellow		Channel B output
	Black		Channel B common
DC Tachometer Generator	Green		Channel Z output
	Black		Channel Z common
	White		Plus
		Black	Minus

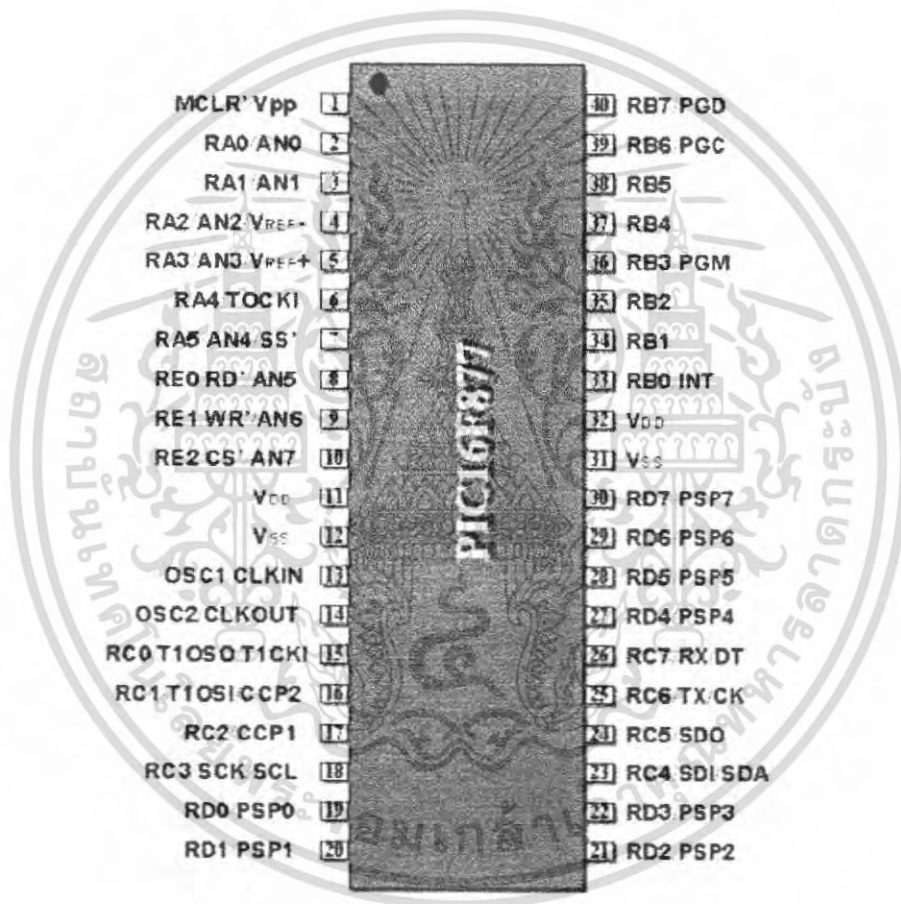
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 อุปกรณ์ประกอบในวงจร

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์ไอซีและทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในวงจรต่างๆ ของโครงการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ข.2.1 ไอซี PIC16F877

ไอซี PIC16F877 นี้จะประกอบอยู่ในส่วนของวงจรต่างๆ ซึ่งใช้เป็นตัวควบคุมการทำงานในแต่ละส่วนของวงจร โดยขาต่างๆ ของ PIC16F877 แสดงไว้ดังรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 ไอซี PIC16F877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2.2 ไอซี MC14052

เป็น ไอซี มัลติเพล็กซ์/ดีมัลติเพล็กซ์ (Multiplex/Demultiplex) นำมาออกแบบทำหน้าที่ เป็น สวิตช์สลับสายสัญญาณของอุปกรณ์วัดตำแหน่งทั้ง 2 ตัวในรูปวงจรที่ 3.22 โดยขาต่างๆ แสดงไว้ดัง รูปที่ ข.3

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Analog Multiplexers/Demultiplexers

The MC14051B, MC14052B, and MC14053B analog multiplexers are digitally-controlled analog switches. The MC14051B effectively implements an SP8T solid state switch, the MC14052B a DP4T, and the MC14053B a Triple SPDT. All three devices feature low ON impedance and very low OFF leakage current. Control of analog signals up to the complete supply voltage range can be achieved.

- Triple Diode Protection on Control Inputs
- Switch Function is Break Before Make
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Analog Voltage Range (VDD - VEE) = 3.0 to 18 V. Note: VEE must be \leq VSS
- Linearized Transfer Characteristics
- Low-noise - 12 nVA/Cycle, $f \geq 1.0$ kHz Typical
- Pin-for-Pin Replacement for CD4051, CD4052, and CD4053
- For 4PDT Switch - See MC14551B
- For Lower RON, Use the HC4051, HC4052, or HC4053 High-Speed CMOS Devices

MAXIMUM RATINGS*

Symbol	Parameter	Value	Unit
VDD	DC Supply Voltage (Referenced to VEE, VSS \leq VEE)	- 0.5 to +18.0	V
Vin, Vout	Input or Output Voltage (DC or Transient) (Referenced to VSS for Control Inputs and VEE for Switch I/O)	- 0.5 to VDD + 0.5	V
Iin	Input Current (DC or Transient), per Control Pin	± 10	mA
Isw	Switch Through Current	± 25	mA
PD	Power Dissipation, per Package†	500	mW
Tstg	Storage Temperature	- 65 to +150	°C
TL	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	°C

* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
† Temperature Derating: P and D/DW Packages - 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C
Ceramic L Packages - 12 mW/°C From 100°C To 125°C

MC14051B
MC14052B
MC14053B



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 620



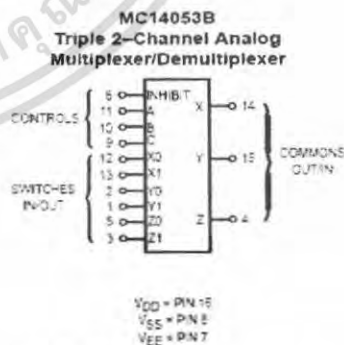
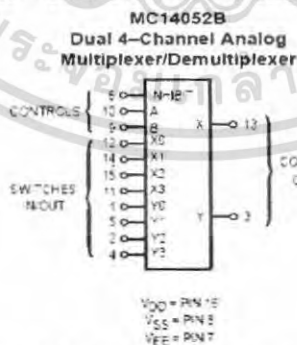
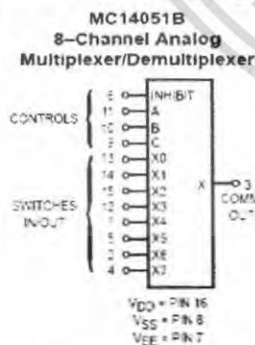
P SUFFIX
PLASTIC
CASE 648



D SUFFIX
SOIC
CASE 751B

ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP Plastic
MC14XXXBCL Ceramic
MC14XXXBD SOIC
TA = -55° to 125°C for all packages



Note: Control Inputs referenced to Vcc. Analog Inputs and Outputs reference to VEE. VEE must be < Vcc

REV 3
1/84

© Motorola, Inc. 1995



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ ข.3 ไอซี MC14052 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข 2.3 ไอซี MAX232

เป็นไอซีจำพวก RS232 ซึ่งทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันของ RS232 ให้อยู่ในระดับที่ที่แอลคิงรูปวงจรถที่ 3.22 ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ดิจิทัลอื่น ที่ใช้ระดับแรงดันที่ที่แอลคิงแสดงขาต่างๆ ไว้ดังรูปที่ ข.4

12-2322 Rev. 10-11-97

MAXIM

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

General Description

The MAX220-MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28 V.24 communications interfaces, particularly applications where a 12V supply is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5µW. The MAX225, MAX223, MAX235, and MAX245/MAX2451/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

- Portable Computers
- Low-Power Modems
- Interface Translation
- Battery-Powered RS-232 Systems
- Multi-Drop RS-232 Networks

Features

Superior to Bipolar

- Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231/MAX235)
- Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)
- Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications
- Multiple Drivers and Receivers
- 3-State Driver and Receiver Outputs
- Open-Line Detection (MAX243)

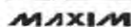
Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220/CE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220/SE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220/WE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220/CE	0°C to +70°C	QFN
MAX220/PE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220/SE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220/WE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220/CE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220/WE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering information continued at end of data sheet.
 †Product factory for stock availability.

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps.	Nominal Cap. Value (µF)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	4.7-10	Nc	Nc	120	Ultra-low-power, industry standard pricing
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	500	Low-power shutdown
MAX223 (MAX231)	+5	4/5	4	1.0-10	Yes	✓	120	MAX241 and receiver active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✓	120	Selectable in 5V
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	1	1.0-10	Yes	—	120	3 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +12V to +13.2	2/2	2	1.0-10	Nc	—	120	Standard +5-+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0-10	Nc	—	120 (1k)	Industry standard
MAX235A	+5	5/2	4	0.1	Nc	—	2000	Highest available sink caps.
MAX231 (MAX203)	+5	2/2	0	—	Nc	—	120	No external caps.
MAX233B	+5	2/2	0	—	Nc	—	200	High-speed caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0-10	Yes	—	120	Enables 1.8V
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps.
MAX236 (MAX206)	+5	4/0	4	1.0-10	Yes	—	120	Shutdown three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0-10	Nc	—	120	Completes IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0-10	Nc	—	120	Replaces F485 and 1485
MAX239 (MAX209)	+5 and +12V to +13.2	2/2	2	1.0-10	Yes	—	120	Standard +5-+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0-10	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✓	500	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	Nc	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	Nc	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✓	120	High slew rate, selective, full-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✓	120	Available in quad flatpack package



Maxim Integrated Products 1

For free samples & the latest literature: <http://www.maxim-ic.com>, or phone 1-800-998-8800.
 For small orders, phone 408-737-7600 ext. 3468.


MAX220-MAX249

รูปที่ ข.4 ไอซี MAX 232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2.4 ไอซี 7474

เป็นไอซีบัพเฟอร์ใช้สำหรับตัดต่อสัญญาณ การทำงานของสัญญาณพีคิบิวเอ็ม และเป็นตัวตัดต่อการควบคุม การหมุนของมอเตอร์ ซึ่งประกอบอยู่ในวงจรที่ 3.19 และขาต่างๆ แสดงไว้ผังรูปที่ ข.5


March 1998

DM7474

Dual Positive-Edge-Triggered D Flip-Flops with Preset, Clear and Complementary Outputs

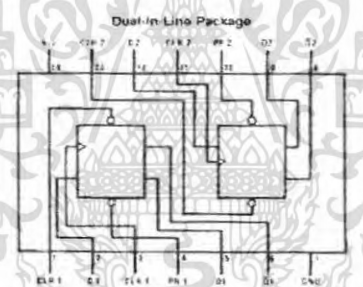
General Description

This device contains two independent positive-edge triggered D flip-flops with complementary outputs. The information on the D input is accepted by the flip-flop on the positive going edge of the clock pulse. The triggering pulse is a narrow edge level and is not directly related to the transition time of the rising edge of the clock. The data on the D input may be changed while the clock is low or high, without affecting the outputs as long as the data setup and hold times are not violated. A low logic level on the preset or clear inputs will set or clear the outputs regardless of the logic levels of the other inputs.

Features

- Available in a Military Aerospace device (5474) as well as a Commercial Fairchild Semiconductor Series CMOS product for applications.

Connection Diagram



Order Number 5474DMQB, 5474FMQB, DM5474J, DM5474W, DM7474M or DM7474N
See Package Number J14A, M14A, N14A or W14B

Function Table

Inputs				Outputs	
PR	CLR	CLK	D	Q	\bar{Q}
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	H	X	X	H	H
H	H	X	X	L	L
H	H	↑	H	H	L
H	H	↑	L	L	H
H	H	↓	X	Q ₀	\bar{Q}_0

† = High Logic Level
 X = Either a low or High Logic Level
 ↓ = Low Logic Level
 ↑ = Positive-going transition of the clock

Note 1 The configuration is nonstable. That is, it will not preset when either the preset and/or clear, inputs return to their inactive (high level). Q_0 = The output logic level of Q before the indicated input conditions were established.

© 1998 Fairchild Semiconductor Corporation D000058
www.fairchildsemi.com

DM7474 Dual Positive-Edge-Triggered D Flip-Flops with Preset, Clear and Complementary Outputs

รูปที่ ข.5 ไอซี 7474

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2.5 ไอซี 74132

เป็นไอซี Nan Gate ใช้ร่วมกับไอซี 7474 ในการถอดรหัสเอ็นโค้ดเดอร์ เรียกว่า วงจรคานันท์ อัพ/คานันท์ดาวน์ ซึ่งประกอบอยู่ในวงจรที่ 3.19 และขาต่างๆ แสดงไว้ดังรูปที่ ข.6

Philips Semiconductors

Product specification

Quad 2-input NAND Schmitt trigger

74F132

DESCRIPTION

The 74F132 contains four 2-input NAND gates which accept standard TTL input signals and provide standard TTL output levels. They are capable of transforming slowly changing input signals into sharply defined, jitter-free output signals. In addition, they have greater noise margin than conventional NAND gates. Each circuit contains a 2-input Schmitt trigger followed by a Darlington level shifter and a phase splitter driving a TTL totem-pole output. The Schmitt trigger uses positive feedback to effectively speed up slow input transitions and provide different input threshold voltages for positive and negative-going transitions. This hysteresis between the positive-going and negative-going input threshold (typically 800mV) is determined by resistor ratios and is essentially insensitive to temperature and supply voltage variations. As long as three inputs remain at a more positive voltage than V_{IL}/V_{IH} , the gate will respond in the transition of the other input as shown in Waveform 1.

PIN CONFIGURATION



TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
74F132	6.9ns	13mA

ORDERING INFORMATION

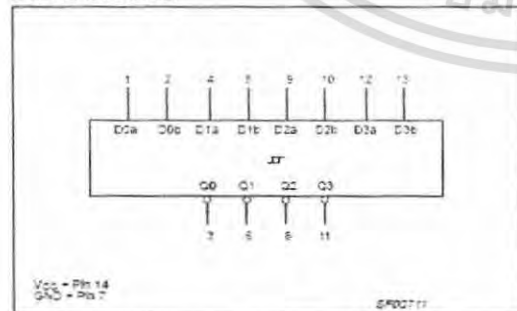
DESCRIPTION	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 10\%$ $T_{amb} = 0^\circ C \text{ to } +70^\circ C$	PKG DWG #
14-pin plastic DIP	H74F132N	SOT27-1
14-pin plastic SO	H74F132D	SOT108-1

INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

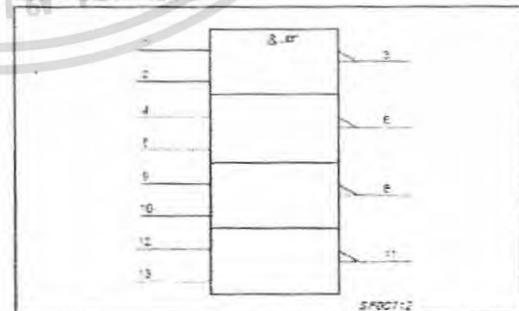
PINS	DESCRIPTION	74F (U.L.) HIGH/LOW	LOAD VALUE HIGH/LOW
D0a, D0c	Data inputs	1.0/1.0	20µA/0.6mA
O0	Data output	50/33	1.0mA/20mA

NOTE: One (1.0) FAST unit load is defined as 20µA in the High state and 0.6mA in the Low state.

LOGIC SYMBOL



IEC/IEEE SYMBOL



รูปที่ ข.6 ไอซี 74132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2.6 ไอซี L6203

เป็นไอซีขับมอเตอร์แบบ Demos Full Bridge สามารถจ่ายกระแสสูงสุดได้ 5A ประกอบอยู่ในวงจรที่ 3.11 โดยขาต่างๆ แสดงไว้ดังรูปที่ ข.7



L6201
L6202 - L6203

DMOS FULL BRIDGE DRIVER

- SUPPLY VOLTAGE UP TO 48V
- 5A MAX PEAK CURRENT (2A max. for L6201)
- TOTAL RMS CURRENT UP TO L6201: 1A; L6202: 1.5A; L6203/L6201PS: 4A
- $R_{DS(on)}$: 0.3 Ω (typical value at 25 °C)
- CROSS CONDUCTION PROTECTION
- TTL COMPATIBLE DRIVE
- OPERATING FREQUENCY UP TO 100 KHZ
- THERMAL SHUTDOWN
- INTERNAL LOGIC SUPPLY
- HIGH EFFICIENCY

MULTIPOWER BCD TECHNOLOGY

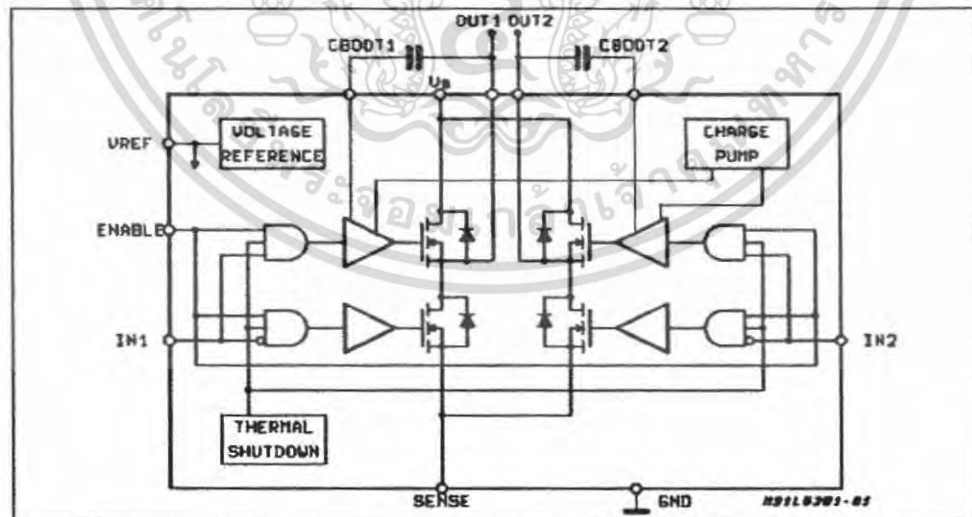
ORDERING NUMBERS:
L6201 (SO20)
L6201PS (PowerSO20)
L6202 (Powerdip 16)
L6203 (Multiwatt)

DESCRIPTION

The I.C. is a full bridge driver for motor control applications realized in Multipower-BCD technology which combines isolated DMOS power transistors with CMOS and Bipolar circuits on the same chip. By using mixed technology it has been possible to optimize the logic circuitry and the power stage to achieve the best possible performance. The DMOS output transistors can operate at supply voltages up to 42V and efficiently at high switch-

ing speeds. All the logic inputs are TTL CMOS and μ C compatible. Each channel (half-bridge) of the device is controlled by a separate logic input while a common enable controls both channels. The I.C. is mounted in three different packages.

BLOCK DIAGRAM



July 1997

1/20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L6201 - L6202 - L6203

Quiescent Energy

The last contribution to the energy dissipation is due to the quiescent supply current and is given by:

$$E_{\text{QUIESCENT}} = I_{\text{QUIESCENT}} \cdot V_S \cdot T$$

Total Energy Per Cycle

$$E_{\text{TOT}} = E_{\text{OFF-ON}} + E_{\text{LD}} + E_{\text{COM}} + E_{\text{ON-OFF}} + E_{\text{QUIESCENT}}$$

The Total Power Dissipation P_{DIS} is simply:

$$P_{\text{DIS}} = E_{\text{TOT}} \cdot f$$

- T_r = Rise time
- T_{LD} = Load drive time
- T_f = Fall time
- T_c = Dead time
- T = Period
- $T = T_r + T_{\text{LD}} + T_f + T_c$

DC Motor Speed Control

Since the I.C. integrates a full H-Bridge in a single package it is ideally suited for controlling DC motors. When used for DC motor control it performs the power stage required for both speed and direction control. The device can be combined with a current regulator like the L6506 to implement a transconductance amplifier for speed control, as shown in figure 17. In this particular configuration only half of the L6506 is used and the other half of the device may be used to control a second

motor.

The L6506 senses the voltage across the sense resistor R_S to monitor the motor current; it compares the sensed voltage both to control the speed and during the brake of the motor.

Between the sense resistor and each sense input of the L6506 a resistor is recommended; if the connections between the outputs of the L6506 and the inputs of the L6203 need a long path, a resistor must be added between each input of the L6203 and ground.

A snubber network made by the series of R and C must be foreseen very near to the output pins of the I.C.: one diode (BYW98) is connected between each power output pin and ground as well.

The following formulas can be used to calculate the snubber values

$$R \approx V_S / I_p$$

$$C = I_p / (dv/dt) \text{ where:}$$

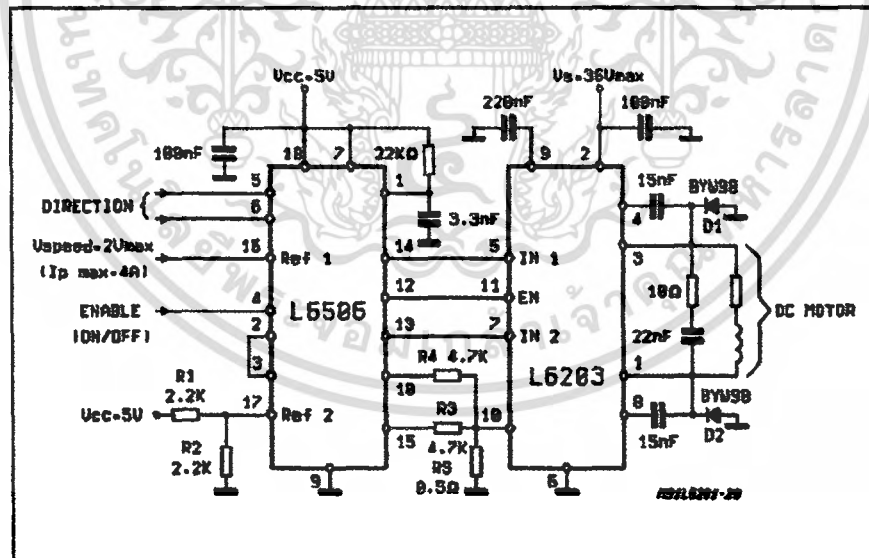
V_S is the maximum Supply Voltage foreseen on the application.

I_p is the peak of the load current.

dv/dt is the limited rise time of the output voltage (200V/us is generally used)

If the Power Supply Cannot Sink Current, a suitable large capacitor must be used and connected near the supply pin of the L6203. Sometimes a capacitor at pin 17 of the L6506 let the application better work. For motor current up to 2A max., the L6202 can be used in a similar circuit configuration for which a typical Supply Voltage of 24V is recommended.

Figure 17: Bidirectional DC Motor Control



12/23



รูปที่ ข.7 ไอซี L6203

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2.7 ไอซี 7408

เป็น ไอซี And Gate ใช้ต่อในวงจรจับแบบ Full-Bridge ซึ่งประกอบอยู่ในวงจรที่ 3.15 และ ขาต่างๆ แสดงไว้ดังรูปที่ ข.8

Philips Semiconductors

Product specification

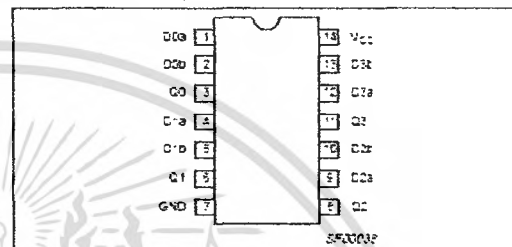
Quad 2-input AND gate

74F08

● 74F08 Available for industrial range -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$;

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
74F08	4.1ns	7.1mA

PIN CONFIGURATION



ORDERING INFORMATION

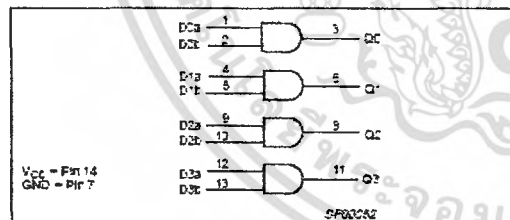
DESCRIPTION	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5.0V \pm 10\%$, $T_{amb} = 0^{\circ}\text{C}$ to $+70^{\circ}\text{C}$	INDUSTRIAL RANGE $V_{CC} = 5.0V \pm 10\%$, $T_{amb} = -40^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$	PKG DWG #
14-pin plastic DIP	N74F08N	174F08N	SOT27-1
14-pin plastic SO	N74F08D	174F08D	SOT103-1

INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

PINS	DESCRIPTION	74F (U.L.) HIGH/LOW	LOAD VALUE HIGH/LOW
D0a, D0b	Data inputs	1.0/1.0	20 μA /0.6mA
O0	Data output	50/33	1.0mA/20mA

NOTE: One (1.0) FAST unit load is defined as 20 μA in the High state and 0.6mA in the Low state.

LOGIC DIAGRAM

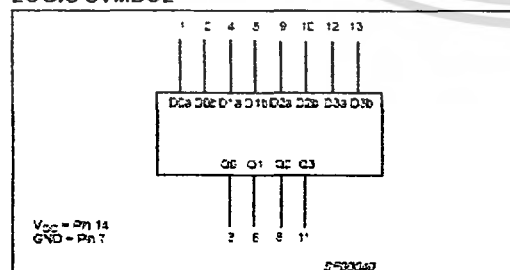


FUNCTION TABLE

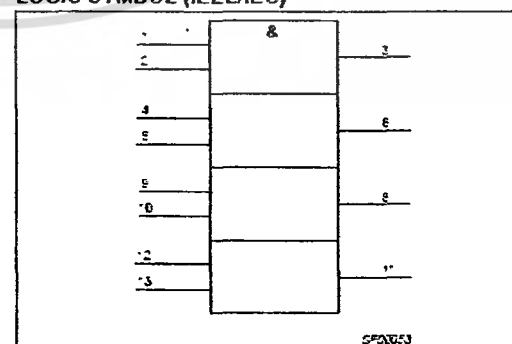
INPUTS		OUTPUT
D0a	D0b	O0
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

NOTES:
H = High voltage level
L = Low voltage level

LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



รูปที่ ข.8 ไอซี 7408

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2.8 มอสเฟต Z44N

เป็นมอสเฟตชนิด N-Channel ใช้ต่อในวงจรขับแบบ Full-Bridge ซึ่งประกอบอยู่ในวงจรที่ 3.15 และขาต่างๆ แสดงไว้ดังรูปที่ ข.9

International
IR Rectifier

PD - 94053

IRFZ44N

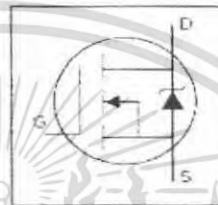
HEXFET® Power MOSFET

- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated

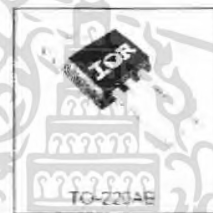
Description

Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



$V_{DS} = 55V$
$R_{DS(on)} = 17.5m\Omega$
$I_D = 49A$



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Max.	Units
I_D @ $T_c = 25^\circ C$	49	A
I_D @ $T_c = 100^\circ C$	35	A
I_{DM}	160	A
P_D @ $T_c = 25^\circ C$	54	W
Linear Derating Factor	0.63	W/°C
V_{GS}	± 20	V
I_{AS}	25	A
E_{AS}	9.4	mJ
dv/dt	5.0	V/ns
T_j	-55 to $+175$	°C
T_{SOL}	300 (1.6mm from case)	°C
Mounting torque: 6-32 or M3 screw	10 lbf-in (1.1Nm)	

Thermal Resistance

Parameter	Typ.	Max.	Units
R_{JC}	—	1.5	°C/W
R_{CS}	0.50	—	°C/W
R_{JA}	—	62	°C/W

www.irf.com

1

01/03/01

รูปที่ ข.9 มอสเฟต Z44N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2.9 มอสเฟต IRF9540

เป็นมอสเฟตชนิด P-Channel ใช้ต่อในวงจรขับแบบ Full-Bridge ซึ่งประกอบอยู่ในวงจรที่ 3.15 และขาต่างๆ แสดงไว้ดังรูปที่ ข.10

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

IRF9540, RF1S9540SM

Data Sheet

January 2002

19A, 100V, 0.200 Ohm, P-Channel Power MOSFETs

These are P-Channel enhancement mode silicon gate power field effect transistors. They are advanced power MOSFETs designed, tested, and guaranteed to withstand a specified level of energy in the breakdown avalanche mode of operation. All of these power MOSFETs are designed for applications such as switching regulators, switching converters, motor drivers, relay drivers, and drivers for high power bipolar switching transistors requiring high speed and low gate drive power. They can be operated directly from integrated circuits.

Formerly Developmental Type TA17521

Features

- 19A, 100V
- $r_{DS(ON)} = 0.200\Omega$
- Single Pulse Avalanche Energy Rated
- SOA Is Power Dissipation Limited
- Nanosecond Switching Speeds
- Linear Transfer Characteristics
- High Input Impedance
- Related Literature
 - TB334 "Guidelines for Soldering Surface Mount Components to PC Boards"

Ordering Information

PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
IRF9540	TO-220AB	IRF9540
RF1S9540SM	TO-263AB	RF1S9540

NOTE: When ordering, use the entire part number. Add the suffix 9A to obtain the TO-263AB variant in the tape and reel, i.e., RF1S9540SM9A.

Symbol



Packaging

JEDEC TO-220AB

SOURCE
DRAIN
GATE

JEDEC TO-263AB

DRAIN (FLANGE)



GATE
SOURCE



DRAIN
(FLANGE)

รูปที่ ข.10 มอสเฟต IRF9540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. 2.10 ทรานซิสเตอร์ BC547

เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ใช้ต่อในวงจรขับแบบ Full-Bridge ซึ่งประกอบอยู่ในวงจรที่

3.15 และขาต่างๆ แสดงไว้ดังรูปที่ ข.11

Philips Semiconductors

Product specification

NPN general purpose transistors

BC546; BC547

FEATURES

- Low current (max. 100 mA)
- Low voltage (max. 65 V).

APPLICATIONS

- General purpose switching and amplification.

DESCRIPTION

NPN transistor in a TO-92, SOT54 plastic package.
PNP complements: BC556 and BC557.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector

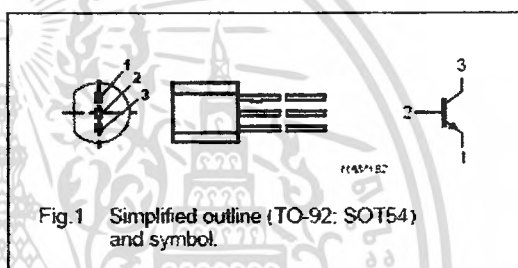


Fig.1 Simplified outline (TO-92; SOT54) and symbol.

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CB0}	collector-base voltage	open emitter	-	80	V
	BC546		-	50	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage	open base	-	65	V
	BC547		-	45	V
V_{EBO}	emitter-base voltage	open collector	-	6	V
	BC547		-	6	V
I_C	collector current (DC)		-	100	mA
I_{CM}	peak collector current		-	200	mA
I_{BM}	peak base current		-	200	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$; note 1	-	500	mW
T_{stg}	storage temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$
T_j	junction temperature		-	150	$^\circ\text{C}$
T_{amb}	operating ambient temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

รูปที่ ข.11 ทรานซิสเตอร์ BC547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

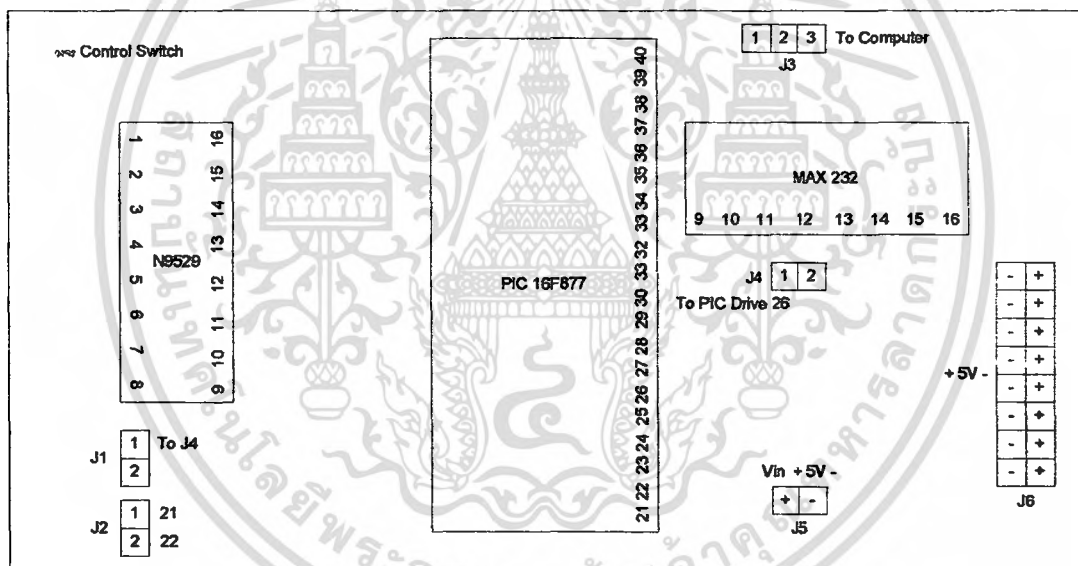
ภาคผนวก ค.

แผนผังอุปกรณ์และการเชื่อมต่อแผงวงจร

ในส่วนของ ภาคผนวก ค. จะประกอบด้วยแผนผังการวางอุปกรณ์ แต่ละวงจรดังที่ได้กล่าวมาในบทที่ 3 และจุดเชื่อมต่อระหว่างแผงวงจรแต่ละแผงวงจร

ค.1 วงจรควบคุมการสื่อสาร

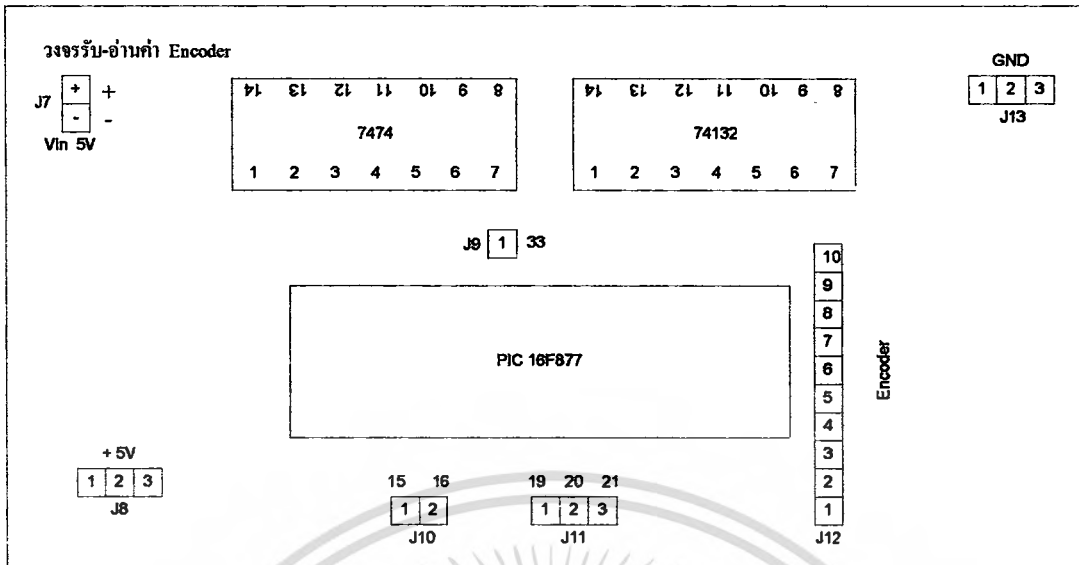
ในวงจรควบคุมสวิทช์ด้านการสื่อสารนี้ จะประกอบด้วยจุดเชื่อมต่อทั้งหมด 6 จุด ดังรูปที่ 3.23 คือ J1 J2 J3 J4 J5 และ J6 โดย J5 เป็น Vin และ J6 เป็น +5V และ GND ซึ่งวงจรควบคุมสวิทช์ด้านการสื่อสารนี้ จะแสดงอยู่ในรูปที่ 3.22 ดังที่แสดงไปแล้ว



รูปที่ ค.1 แผนผังอุปกรณ์และจุดเชื่อมต่อของวงจรควบคุมการสื่อสาร

ค.2 วงจรรับส่งข้อมูลจากเอ็นโค้ดเดอร์

ในวงจรรับส่งข้อมูลจากเอ็นโค้ดเดอร์ หรือวงจรป้อนกลับ ประกอบด้วยจุดเชื่อมต่อทั้งหมด 7 จุด ดังรูปที่ 3.20 คือ J7 J8 J9 J10 J11 J12 และ J13 โดย J7 เป็น Vin J8 และ J13 เป็น +5V และ GND ตามลำดับ ซึ่งรูปวงจรับส่งค่าเอ็นโค้ดเดอร์ นี้จะแสดงอยู่ในรูปที่ 3.19 ดังที่แสดงไปแล้ว



รูปที่ ค.2 แผนผังอุปกรณ์ และจุดเชื่อมต่อวงจรรับ-ส่งค่า เอ็นโค้ดเดอร์

ค.3 วงจรควบคุมมอเตอร์

ในวงจรควบคุมมอเตอร์ หรือวงจรขับพีดีบีวีเอ็น นี้จะประกอบด้วยจุดเชื่อมต่อทั้งหมด 5 จุดดังรูปที่ 3.18 คือ J14 J15 J16 J17 และ J18 โดย J17 เป็น Vin ซึ่งรูปวงจรถูกควบคุมนี้ จะแสดงอยู่ในรูปที่ 3.17 ดังที่แสดงไปแล้ว

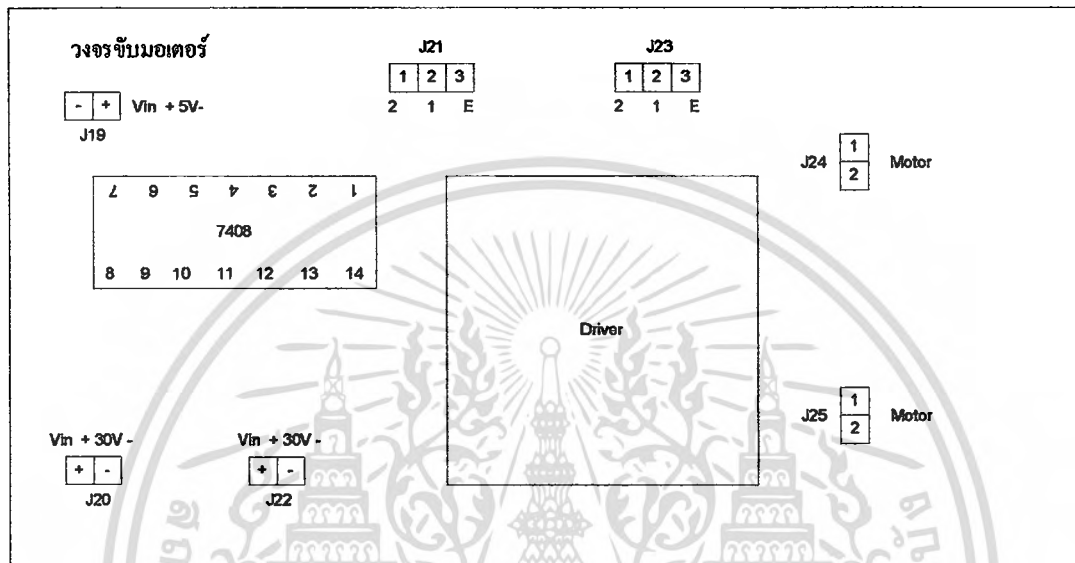


รูปที่ ค.3 แผนผังอุปกรณ์ และจุดเชื่อมต่อวงจรถูกควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.4 วงจรขับมอเตอร์

ในวงจรขับมอเตอร์นี้จะประกอบด้วยจุดเชื่อมต่อทั้งหมด 7 จุด ดังรูปที่ 3.16 คือ J19 J20 J21 J22 J23 J24 และ J25 โดย J19 เป็น $V_{in} +5V$ และ GND ส่วน J20 กับ J22 เป็น $V_{in} +30V$ และ GND ซึ่งรูปวงจรถูกขับมอเตอร์ จะอยู่ในรูปที่ 3.15 ดังที่แสดง ไปแล้ว



รูปที่ ก.4 แผนผังอุปกรณ์และจุดเชื่อมต่อของวงจรถูกขับมอเตอร์