สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หุ่นยนต์สำรวจ

EXPLORER ROBOT

โดย

นางสาว วาสนา ศรอิ่ม

นาย ธรรมรัตน์ ทุ่งสินธุ์

นาย มนัส แซ่เอี๊ยว

วศ.
ว491ห
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 82958
วัน,เดือน,ปี 29 ก.ค. 2551

b 11957864
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์สำรวจ

EXPLORER ROBOT

โดย

นางสาว วาสนา ศรอิ่ม

นาย ธรรมรัตน์ ทุ่งสินธุ์

นาย มนัส แซ่เอี้ยว

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

ปริญญานิพนธ์นี้สำหรับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานปีการศึกษา 2550

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หุ่นยนต์สำรวจ

ผู้จัดทำ

1. นางสาว วาสนา ศรอิ่ม	รหัส 48015181
2. นาย ธรรมรัตน์ ทุ่งสินธุ์	รหัส 48015207
3. นาย มนัส แซ่เอี้ยว	รหัส 48015220

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.ชูชาติ ปีณฑวิรุจน์)

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์สำรวจ

นางสาว วาสนา ศรอิ่ม รหัส 48015181
นาย ธรรมรัตน์ ทุ่งสินธุ์ รหัส 48015207
นาย มนัส แซ่เอี้ยว รหัส 48015220
รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันหุ่นยนต์ได้เข้ามามีบทบาทและถูกนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางทั้งในวงการแพทย์ อุตสาหกรรม งานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ และที่เห็นกันบ่อยๆก็คือ การนำหุ่นยนต์ไปใช้ในการสำรวจหรืองานเสี่ยงภัยแทนมนุษย์ ดังนั้นปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้นำเสนอแนวความคิดในการศึกษาการออกแบบ และสร้างหุ่นยนต์สำรวจที่ควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย โดยจะอาศัยจากกล้อง Web Camera 2 ตัว มาทำการประมวลผลสัญญาณภาพหาพิกัด 3 มิติ ระยะห่างจากวัตถุที่กีดขวางเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Explorer Robot

Ms. Vassana sornim ID.48015181

Mr.Thammarat Tungsin ID. 48015207

Mr. Manat Saeeiaw ID.48015220

Assoc.Prof.Chuchat Pintawirut Advisor

Educational Year 2007

Abstract

In the present, Robot is widely extended in to many industry sector, medical surgery and science research. Robot is often used in the survey method and the risky work to replace the humans .The objective of thesis is to study, design and devise a robot which can be controlled via a wireless computer .The 2 Web Cameras will be installed to capture the stereo-scopic image which can be process by PC to device the 3D coordinate. The 3D coordinate will be compiled and used for controlling the movement of Robot Via micro processor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้จะไม่สามารถลุล่วงลงไปได้ ถ้าไม่ได้รับความร่วมมือและความช่วยเหลือจากหลาย ๆ ฝ่าย โดยเฉพาะอาจารย์ รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ (อาจารย์ที่ปรึกษา) และอาจารย์ในภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่าน ที่ให้การอุปการะในการให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับโครงงานในครั้งนี้ และให้ยืมใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการทดลอง และสั่งสอนให้ความรู้จนสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในการทำโครงงานครั้งนี้ อีกทั้ง พี่ๆห้อง CT LAB ทุกท่าน และเพื่อนทุกท่านที่ได้ร่วมทำงานและแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็นซึ่งกันและกัน จนทำให้ผลงานที่ได้มีประสิทธิภาพและเป็นประโยชน์ต่อส่วนรวมอีกด้วย

นาย ธรรมรัตน์ ทุ่งสินธุ์
นางสาววาสนา ศรอิ่ม
นาย มนัส แซ่เอี้ยว

ผู้จัดทำโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	I V
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงาน	2
1.4 รายละเอียดโดยย่อของโครงงาน	2
1.5 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	**4**
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	4
2.1.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	4
2.1.2 โครงสร้างหน่วยความจำภายในไมโครคอนโครลเลอร์ MCS-51	5
2.2 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์กับพอร์ทอนุกรม	8
2.2.1 หน้าที่ของสัญญาณต่าง ๆ	11
2.2.2 Null Modems	13
2.2.3 Flow Control	13
2.2.4 รูปคลื่น สัญญาณ RS-232	14
2.2.5 ตัวแปลงสัญญาณ RS-232	15
2.3 การสื่อสารข้อมูล	16
2.3.1 ประเภทของการสื่อสารข้อมูล	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.3.1.1 การจำแนกตามทิศทางในการส่งข้อมูล	16
2.3.1.1.1 การรับส่งข้อมูลทางเดียว (Simplex)	16
2.3.1.1.2 การรับส่งแบบผลัดกันส่ง (Half Duplex)	17
2.3.1.1.3 การรับส่งสวนทางได้พร้อมกัน (Full Duplex)	18
2.3.1.2 การจำแนกตามลักษณะการจัดข้อมูล	19
2.3.1.2.1 การส่งข้อมูลแบบขนาน (Parallel Transmission)	19
2.3.1.2.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Series Transmission)	19
2.3.1.3 การจำแนกตามความสัมพันธ์ของข้อมูล	20
2.3.1.3.1 การส่งแบบสัมพันธ์ (Synchronous Transmission)	20
2.3.1.3.2 การส่งแบบไม่สัมพันธ์ (Asynchronous Transmission)	21
2.4 ดีซีมอเตอร์ (DC Motor)	22
2.4.1 หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์	22
2.4.2 ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่	22
2.4.3 ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนหลัก	23
2.5 เพาเวอร์มอสเฟท	23
2.5.1 คุณลักษณะของเพาเวอร์มอสเฟท	24
2.5.2 เงื่อนไขของวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟท	25
2.5.3 การกำหนดเวลาในการเปลี่ยนสถานะ	27
2.6 การเชื่อมต่อทางแสง	28
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	**29**
3.1 โครงสร้างการทำงานของหุ่นยนต์	29
3.2 การออกแบบหุ่นยนต์และโครงสร้าง	29
3.2.1 โครงสร้างหุ่นยนต์	29
3.3 การออกแบบภาคควบคุมหุ่นยนต์ (ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51)	31
3.4 การออกแบบภาคส่งสัญญาณจากคอมพิวเตอร์	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.5 การออกแบบภาคควบคุมมอเตอร์	33
3.6 การทำงานของโปรแกรม	36
บทที่ 4 เนื้อหาแขนกล	**38**
4.1 วัตถุประสงค์โครงการ	39
4.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	39
4.3ขอบเขตของโครงงานที่ทำ	39
4.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	39
4.5 รายละเอียดโดยย่อของโครงงาน	40
4.6 นิยามของหุ่นยนต์ (Robotics definition)	40
4.7 การแบ่งชนิดของหุ่นยนต์	40
4.8 มือของหุ่นยนต์ (Robot end effector)	43
4.9 ความแม่นยำของการเคลื่อนที่	46
4.10 รายละเอียดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	47
4.11 การสั่งงาน	48
4.12 องค์ประกอบที่ใช้ในการสร้างแขนกล	49
4.13 การวางแผนและการออกแบบโครงสร้าง	60
4.14 การออกแบบโครงสร้างแขนกล	63
บทที่ 5 ผลการทดลอง	**71**
5.1 การทดลองที่1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	71
5.1.1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ผ่านคีย์บอร์ด คอมพิวเตอร์	71
5.1.1.1 การทดลองควบคุมการเคลื่อนที่ แบบไม่มีสิ่งกีดขวาง ในพื้นที่เปิดโล่ง	71
5.1.2 การทดลองควบคุมการเคลื่อนที่ แบบมีสิ่งกีดขวาง	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 การทดลองควบคุมการเคลื่อนที่ และ จับภาพขณะเคลื่อนที่ 72

5.1.4 ภาพบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ 73

5.2 การทดลองที่ 2 วัดสัญญาณ TRANSMITTER 315 MHZ 74

5.3 การทดลอง 3 วัดสัญญาณ RECEIVER 315 MHZ 77

5.4การจับสัญญาณการหมุนของ Servo Motor 80

บทที่ 6 บทสรุป **84**

เอกสารอ้างอิง ก

ภาคผนวก

Code For Robot ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 5

รูปที่ 2.2 แสดงรูปร่างและการจัดวางขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ40ขาและ20ขา 6

รูปที่ 2.3 ตารางแสดงถึงหน้าที่ของขาต่าง ๆ 10

รูปที่ 2.4 แสดงสัญญาณต่างๆที่ส่งในรูปแบบอนุกรม 11

รูปที่ 2.5 แสดงการเชื่อมต่อของสายสัญญาณ 13

รูปที่ 2.6 รูปคลื่นของสัญญาณที่ส่ง 14

รูปที่ 2.7 แสดงโครสร้างภายในและตำแหน่งขาต่างๆของ Max232 15

รูปที่ 2.8 แสดงการรับส่งข้อมูลแบบทางเดียว (Simplex) 17

รูปที่ 2.9 แสดงการรับส่งข้อมูลสวนทางกันได้แบบผลัดการส่ง(Half Diplex) 17

รูปที่ 2.10 แสดงการรับส่งข้อมูลแบบสวนทางกันได้พร้อมกัน (Full Duplex) 18

รูปที่ 2.11 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนาน 19

รูปที่ 2.12 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรม 20

รูปที่ 2.13 แสดงการส่งข้อมูลแบบสัมพันธ์ 21

รูปที่ 2.14 แสดงการส่งข้อมูลแบบไม่สัมพันธ์ 21

รูปที่ 2.15 โครงสร้างของเพาเวอร์มอสเฟท 24

รูปที่ 2.16 แรงดันพังทลายที่เดรนกับซอร์สเมื่ออุณหภูมิของรอยต่อเปลี่ยนไป 25

รูปที่ 2.17 แสดงตัวอย่างของ Gate Charge Chart 26

รูปที่ 2.18 (ก) แสดงการชาร์จประจุที่ขาเกทตามเวลาที่มีผลต่อการนำกระแส 27

(ข) แสดงผลเมื่อเริ่มหยุดนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟท 27

รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างการทำงาน ของหุ่นยนต์ 29

รูปที่ 3.2 มุมมองด้านหน้า 29

รูปที่ 3.3 มุมมองด้านข้าง 30

รูปที่ 3.4 มุมมองด้านบน 30

รูปที่ 3.5 ภาคควบคุมหุ่นยนต์(ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51) 31

รูปที่ 3.6 วงจรภาค TRANSMITTER 32

รูปที่ 3.7 วงจร DRIVE MOTOR 34

รูปที่ 3.8 สัญลักษณ์ของ MOSFET 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.9 โฟลว์ชาร์ตแสดงการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบ MANUAL 36
รูปที่ 3.10 โฟล์วชาร์ทโปรแกรมการควบคุมหุ่นยนต์แบบ AUTO 67
รูปที่ 4.1 แสดงภาพหน้าต่างของโปรแกรมใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ 40
รูปที่ 4.2 แสดงภาพหน้าต่างของโปรแกรมใช้จับภาพ 40
รูปที่ 4.3 การทดสอบการจับสัญญาณ TRANSMITTER สภาวะปกติเมื่อยังไม่มีการส่งข้อมูล 41
รูปที่ 4.4 การทดสอบการจับสัญญาณ TRANSMITTER เมื่อส่งข้อมูล Forward 41
รูปที่ 4.5 การทดสอบการจับสัญญาณ TRANSMITTER เมื่อส่งข้อมูลBackward 42
รูปที่ 4.6 การทดสอบการจับสัญญาณ TRANSMITTER เมื่อส่งข้อมูล Turn left 42
รูปที่ 4.7 การทดสอบการจับสัญญาณ TRANSMITTER เมื่อส่งข้อมูล Turn right 43
รูปที่ 4.8 การทดสอบการจับสัญญาณ RECEIVER สภาวะปกเมื่อยังไม่มีการรับข้อมูล 44
รูปที่ 4.9 การทดสอบการจับสัญญาณ RECEIVER เมื่อรับข้อมูล Forward 44
รูปที่ 4.10 การทดสอบการจับสัญญาณ RECEIVER เมื่อรับข้อมูล Backward 45
รูปที่ 4.11 การทดสอบการจับสัญญาณ RECEIVER เมื่อรับข้อมูล Turn left 45
รูปที่ 4.12 การทดสอบการจับสัญญาณ RECEIVER เมื่อรับข้อมูล Turn right 46
รูปที่ 4.13 การทดสอบการจับสัญญาณ RECEIVER เมื่อรับข้อมูล ในพื้นที่อับ 46
รูปที่5.14 สัญญาณที่ Servo Motor หมุน 0 องศา 80
รูปที่5.15 สัญญาณที่ Servo Motor หมุน 90 องศา 81
รูปที่5.16 สัญญาณที่ Servo Motor หมุน 180 องศา ค่าเริ่มต้น 82
รูปที่5.17 สัญญาณที่ 180 องศา เมื่อ Servo Motor หมุนอยู่ตรงกลาง 83
รูปที่5.18 สัญญาณที่ PIC ขณะที่Servo Motorหมุน180 องศา 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 5.1 การทดลองควบคุมการเคลื่อนที่ แบบไม่มีสิ่งกีดขวาง ในพื้นที่เปิดโล่ง	71
ตารางที่ 5.2 การทดลองควบคุมการเคลื่อนที่ แบบมีสิ่งกีดขวาง	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันพบว่าเทคโนโลยีใหม่ๆ มีบทบาทต่อการพัฒนาสังคม หรือแม้แต่การพัฒนาประเทศ เนื่องจากเทคโนโลยีเป็นพื้นฐานสำคัญอย่างหนึ่งในการพัฒนาทางด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านการแพทย์ การศึกษา การสื่อสารคมนาคม และการรักษาความปลอดภัย เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมาใหม่ ๆ นี้ก็มีจำนวนมากมายและมีความหลากหลาย แต่ในที่นี้เราจะกล่าวถึงเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความสนใจมากในตอนนี้คือ หุ่นยนต์ ซึ่งเราจะสังเกตเห็นได้จากสื่อหลาย ๆ แขนง และบุคคลทุกเพศทุกวัยให้ความสนใจเป็นจำนวนมาก ซึ่งหุ่นยนต์ที่มีในปัจจุบันก็มีการใช้งานอยู่หลายประเภท เช่น หุ่นยนต์ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม หุ่นยนต์ที่เป็นของเล่น และหุ่นยนต์สำรวจ เป็นต้น

ประโยชน์ของหุ่นยนต์ก็จะขึ้นอยู่กับประเภทของหุ่นยนต์ โดยในที่นี้เราจะกล่าวถึงหุ่นยนต์สำรวจ ซึ่งจะมีประโยชน์ทางด้านการช่วยเหลือหรือการสำรวจพื้นที่ที่เสี่ยงอันตรายซึ่งมนุษย์ไม่สามารถเข้าไปสำรวจได้ ในส่วนของการช่วยเหลือหุ่นยนต์จะช่วยเหลือในด้านการค้นหา ดังนั้นหุ่นยนต์สำรวจจึงจำเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ทำให้ต้องมีการวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์ประเภทนี้เป็นอย่างยิ่ง นอกจากประโยชน์ที่ได้รับดังที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว หุ่นยนต์ประเภทนี้ ยังท้าทายความสามารถและต้องใช้ความรู้หลายๆ แขนงในการสร้าง อีกทั้งยังได้สัมผัสกับอุปกรณ์ที่ เป็นเทคโนโลยีใหม่ ๆ จึงทำให้คณะผู้จัดทำมีความสนใจที่จะนำหุ่นยนต์สำรวจตัวนี้มาเป็นโครงงาน ซึ่งโครงงานนี้อาจจะยังไม่สามารถนำไปใช้งานจริง ๆ ได้ เนื่องจากอุปกรณ์ที่นำมาสร้างยังไม่เหมาะสมกับสถานการณ์จริงๆ แต่ก็สามารถนำไปพัฒนาและประยุกต์ให้ใช้งานจริงๆ ได้เช่นกัน

1.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการและประยุกต์ใช้งานการทำงานของ DC MOTOR
2. เพื่อศึกษาหลักการและประยุกต์ใช้งานติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
3. เพื่อศึกษาหลักการและประยุกต์ใช้งานการสร้างโครงสร้างตัวถังของหุ่นยนต์
4. เพื่อศึกษาหลักการและประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ที่เป็นเทคโนโลยีใหม่ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เพื่อศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
6. เพื่อศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรมด้วย Borland C++ Builder

1.2 ขอบเขตของโครงงาน

หุ่นยนต์กู้ภัย จะใช้กล้องเป็นตัวเซ็นเซอร์มองวัตถุที่อยู่ข้างหน้าแล้วหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ซึ่งจะมองเป็นภาพ 3 มิติ เพราะใช้กล้อง 2 ตัวในการมองภาพ เปรียบเสมือนกันตาของมนุษย์ที่มี 2 ดวง จากการจับภาพต่างๆแล้วนำไปควบคุมหุ่นยนต์ ได้รับเข้ามา ยังมีระบบควบคุมด้วยมือเพื่อคอยช่วยควบคุมหุ่นยนต์อีกทางหนึ่งด้วยในกรณีที่หุ่นยนต์ ตัดสินใจเองไม่ได้ในการควบคุมหุ่นยนต์จะใช้การสื่อสารแบบไร้สายระหว่างหุ่นยนต์กับคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะสามารถสื่อสารได้ในระยะทาง 5-7 เมตร

1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงงาน

ประโยชน์จากโครงงานนี้ คือได้นำทฤษฎีความรู้ที่ได้จากการศึกษามาประยุกต์ใช้งานจริงๆ เช่น การออกแบบวงจรต่างๆ การวิเคราะห์วงจร เป็นต้น หรือจะเป็นการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 การเขียนโปรแกรมด้วย C++Builder ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เราต้องศึกษาด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังได้ความรู้และ ประสบการณ์ใหม่ ๆ ซึ่งจะทำให้ เรามีความรู้ความสามารถและทักษะเพิ่มขึ้น และยังจะนำไปใช้ในการทำงานในอนาคตได้อีกด้วย

1.4 รายละเอียดโดยย่อของโครงงาน

หุ่นยนต์กู้ภัย จะมีโครงสร้างที่สร้างมาจากอะลูมิเนียม หุ่นยนต์จะมีทั้งหมด 4 ล้อ ด้านหน้า 2 ล้อ ด้านหลัง 2 ล้อ หุ่นยนต์จะขับเคลื่อนโดยใช้ดีซีมอเตอร์ 2 ตัว ส่งกำลังโดยใช้สายพาน และฐานที่ติดตั้งกล้องจะใช้อะลูมิเนียมติดกับตัวหุ่นและติดกับฐานกล้อง ส่วนของกล้องเป็นกล้องแบบ Web Camera ที่เป็นภาพสีโดยจะต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์และส่งสัญญาณผ่านสายสัญญาณมาแสดงภาพที่คอมพิวเตอร์ ในการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังหุ่นยนต์จะส่งผ่านพอร์ตอนุกรมไปยังเครื่องส่งสัญญาณโมดูลเรดิโอเมททริก(Radio Matrix)ตัวส่งและจะส่งสัญญาณไปที่ตัวรับที่ติดอยู่กับหุ่นโดยความถี่ที่ใช้ส่งคือ 315 MHz ซึ่งมีการส่งแบบฮาร์ฟดูเพล็ก (Half Duplex)ส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงานจะใช้ Borland C++Builder ควบคุมส่วนที่เป็นซอฟแวร์ (Software)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

โครงงาน “หุ่นยนต์สำรวจ” เป็นโครงงานที่รวมเอาความรู้หลาย ๆ แขนงมาใช้สร้างโครงงานนี้ จึงทำให้รายละเอียดของเนื้อหา และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของโครงงานมีมากพอสมควร โดยจะมีการแบ่งเนื้อหาออกเป็นบทต่างๆ ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ จะกล่าวถึงรายละเอียดความเป็นมา ขอบเขต และรายละเอียดโดยย่อของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ โดยจะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการพื้นฐานต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการออกแบบ และ แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ในการทำงานของอุปกรณ์ในแต่ละส่วน

บทที่ 3 การออกแบบทางด้านวงจรควบคุมและโครงสร้างหุ่นยนต์ (Hardware) โดยจะกล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบส่วนต่างๆ ของวงจรควบคุมและโครงสร้างตัวถังของหุ่นยนต์

บทที่ 4 ผลการทดลอง โดยจะกล่าวถึงผลจากการทดสอบวงจรและโปรแกรมต่าง ๆ ว่ามีการทำงานเป็นอย่างไรบ้าง

บทที่ 5 บทสรุป กล่าวถึงปัญหาที่พบในการทำงานเพื่อนำไปพัฒนาและปรับปรุงต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ที่มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในหลายอย่าง ได้แก่ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในนี้เอง ทำให้การใช้งานง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมากเหมือนกับตัวไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป นอกจากนี้หากเราต้องการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับอุปกรณ์อื่นเพิ่มเติม เช่น ไอซี 8255 หรือหน่วยความจำภายนอก เรายังสามารถนำมาเชื่อมต่อเพิ่มเติมเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อีกด้วย

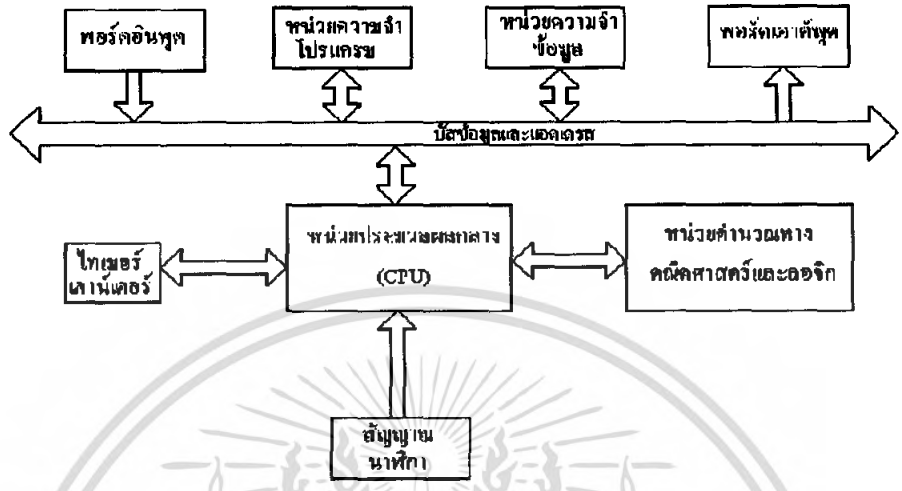
2.1.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โครงสร้างภายในพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แสดงในรูปที่ 2.1 ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
- หน่วยประมวลผลสำหรับข้อมูลแบบบิต (BOOLEAN PROCESSOR)
- ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม 64 กิโลไบต์
- ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูล 64 กิโลไบต์
- หน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์ แบบ อีพรอม (เบอร์ 8451)
- หน่วยความจำแบบ แรม ภายในจำนวน 128 ไบต์
- พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบขนานจำนวน 32 เส้น ซึ่งสามารถแยกทำงานได้อย่างอิสระ
- วงจรนับ/จับเวลาขนาด 16 บิต จำนวนสองวงจร
- วงจรสื่อสารแบบอนุกรมแบบดูเพล็กเต็ม(FULL DUPLEX)
- วงจรควบคุมการอินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 6 ประเภท พร้อมการกำหนดลำดับวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในซึ่งโครงสร้างการทำงานทั้งหมดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะ อาศัยหลักการทำงานที่เกี่ยวข้องกัน โดยอาศัยหลักการทำงานที่เป็นไปตามโครงสร้างเสมอ



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

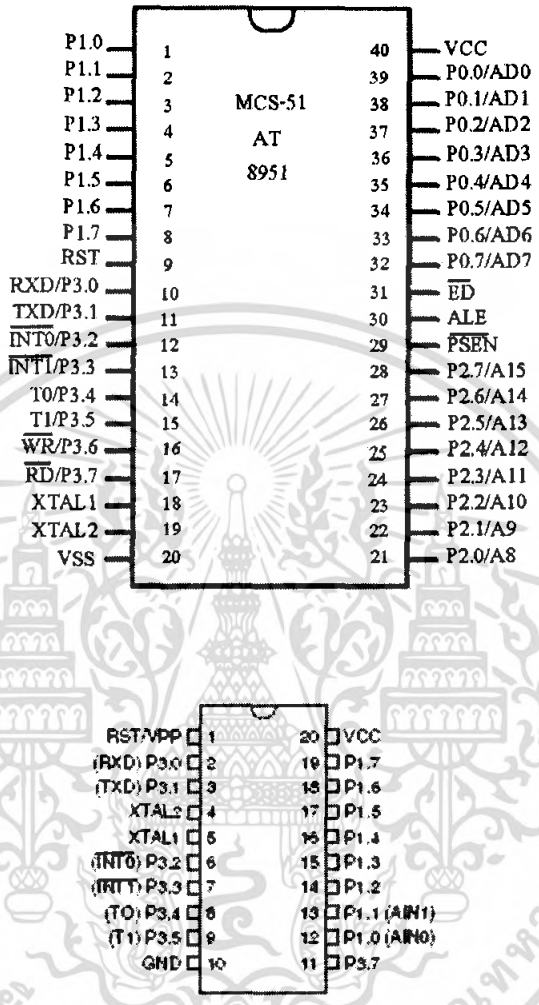
โดยมากแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้มักจะมีรูปร่างของไอซีเป็นแบบขนาด 40 ขา ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งแต่ละขาสัญญาณจะมีหน้าที่ที่ระบุชัดเจนตามสัญลักษณ์ชื่อย่อที่กำกับในแต่ละขาอย่างไรก็ตามจะมีบางขาสัญญาณที่อาจจะมีหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งอย่าง (ซึ่งเขียนกำกับไว้ว่า ALTERNATE FUNCTION ในรูปที่ 2.2) ซึ่งจะไม่สามารถใช้งานในเวลาเดียวกันได้ ตัวอย่างเช่น ขาสัญญาณบิต 0 ของพอร์ต 3 (ใช้ตัวย่อเป็น P3.0) อาจจะใช้เป็นขาสัญญาณเอาต์พุต หรืออินพุต ตาม ปกติ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งประกอบด้วยหน่วยการทำงานต่างๆ ภายในไอซีMCS-51 จำนวนมาก โดยแต่ละบล็อกซึ่งเป็นวงจรควบคุมรีจิสเตอร์ (REGISTER) หรือหน่วยความจำภายในของไอซี MCS-51 จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันผ่านทางเส้นสัญญาณที่เรียกว่าบัสข้อมูลภายใน รีจิสเตอร์และหน่วยความจำเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ระหว่างการประมวลผลคำสั่งหน้าที่ของโปรแกรมที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมาก็เป็นการควบคุมการรับหรือส่งข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์เหล่านี้ ซึ่งอาจจะมีการดำเนินการร่วมกับหน่วยการดำเนินงานประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก หรือเรียกว่าARITHMATIC AND LOGIC UNIT :ALU

2.1.2 โครงสร้างหน่วยความจำภายในไมโครคอนโครลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แยกการจัดการหน่วยความจำออกเป็นสองส่วนอย่างชัดเจน คือ หน่วยความจำโปรแกรม (PROGRAM MEMORY) และหน่วยความจำข้อมูล (DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEMORY) หน่วยความจำทั้งสองนี้ มีหน้าที่แตกต่างไปจากกัน และใช้วิธีการอ้างแอดเดรส สัญญาณการติดต่อแยกออกจากกัน



รูปที่2.2 แสดงรูปร่างและการจัดวางขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 40 ขา และ 20 ขา

หน้าที่และการทำงานของขาไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51

Pin หน้าที่ / การทำงาน

P0.0-P0.7 Port 0 เป็น Open drain bidirectional I/O Port 8 Bit เมื่อใช้เป็น Output มันสามารถรับ (Sink) กระแสของ Input แบบ LS TTL ได้ 8 ตัว สำหรับ Port 0 Bit ที่ถูกส่งค่า '1' ออกมา จะทำให้ขานั้นเป็น Float ซึ่งสามารถใช้งานเป็น High impedance Input ได้นอกจากนี้ ยังทำหน้าที่เป็น Address Bus ส่วนของ Low byte (PCL) สลับกับ Data Bus ในกรณีที่มีการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Memory ในการนี้ Logic '1' จะถูกสร้างจาก Strong Internal pull-upและท้ายสุด Port 0จะใช้ส่งค่าที่มีอยู่ใน Internal program memory ออกมาเพื่อการตรวจสอบ (Program verification) แต่จะต้องต่อ External pull-up ให้ด้วย

P1.0-P1.7 Port 1 เป็น Bidirectional I/O Port 8 Bit with Internal pull-up เมื่อใช้เป็น Output มันสามารถ รับ/จ่าย (Sink/Source) กระแสของ Input แบบ LS TTL ได้ 4 ตัว สำหรับ Port 1 Bit ที่ถูกส่งค่า '1' ออกมา จะทำให้ขานั้นเป็น High จาก Internal pull-up ซึ่งสามารถใช้งานเป็น Input ได้ และเมื่อถูกป้อนด้วย Logic '0' นั้น มันจะให้กระแสออกมาได้ ซึ่งกระแสจะไหลมาจาก Internal pull-up นั่นเอง (IIL, on data sheet) นอกจากนี้ สำหรับ 80C52, 83C154 and 83C154D ขา Port 1.0 และ P1.1 จะสามารถใช้งานเป็น T2 , T2EX (T2: Timer 2 input , T2EX: Timer 2 "Capture" input)

P2.0-P2.7 Port 2 เป็น Bidirectional I/O Port 8 Bit with Internal pull-up เมื่อใช้เป็น Output มันสามารถ รับ/จ่าย (Sink/Source) กระแส ของ Input แบบLS TTL ได้ 4 ตัว นอกจากนี้ Port 2 ยังทำหน้าที่เป็น Address Bus ในส่วนของ High byte (PCH) ในกรณีที่มีการใช้งาน External Memory ที่ใช้การอ้าง Address แบบ 16 Bit ในการนี้ Logic '1' จะถูกสร้างจาก Strong Internal pull-up

P3.0-P3.7 Port 3 เป็น Bidirectional I/O Port 8 Bit with Internal pull-up นอกจากนี้แล้ว ขา ต่างๆ ของ Port 3 จะมีการใช้งานเป็น Special feature ของ MCS–51 ดังต่อไปนี้

P3.0: RXD (Serial input port)

P3.1: TXD (Serial output port)

P3.2: INT0 (External interrupt 0)

P3.3: INT1 (External interrupt 1)

P3.4: T0 (Timer 0 external input)

P3.5: T1 (Timer 1 external input)

P3.6: WR (External data memory write strobe)

P3.7: RD (External data memory read strobe)

RST Reset เป็นสัญญาณป้อนให้กับ MCS เพื่อเป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	การทำ Reset นี้จะต้องทำทุกครั้งที่จ่ายไฟให้กับวงจร ในการ Reset สัญญาณ RST ต้องมีอยู่อย่างน้อย 2 Machine cycles จึงจะทำการ Resetได้
ALE	Address Latch Enable เป็นสัญญาณ จะไป ทำให้ค่าของ PCL ถูกเก็บเข้าที่ LATCH ในระหว่างที่ ค่าของ PCL ออกมาที่ P0 สัญญาณ ALE นี้จะมีออกมาตลอดเวลา (ไม่ว่าจะมีการใช้ External memory หรือไม่) เป็นความถี่ 1/6 ของสัญญาณ Clock ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นฐานเวลาให้กับวงจรภายนอกได้แต่อย่างไรก็ดีในกรณีที่เป็นการติดต่อกับ External data memory สัญญาณ ALE จะข้ามไป หนึ่ง ลูก
$\overline{\text{PSEN}}$	Program Store Enable สัญญาณ *PSEN* ซึ่งเป็นสัญญาณที่ใช้ในการ Fetch คำสั่งจาก External program memory นั้น จะไม่ทำงานเมื่อเป็นการ Fetch คำสั่งจาก Internal program memory สัญญาณ *PSEN* นี้จะมีเกิดขึ้น สองครั้ง External data memory สัญญาณ *PSEN* จะข้ามไป
$\overline{\text{EA}}$	External Access โดยการต่อขาสัญญาณ *EA* เป็น 'High' การ Fetch คำสั่งที่ Address น้อยกว่า 0FFFh (4K สำหรับ 80C51) จะได้จาก Internal program memory และถ้าเป็น Address ตั้งแต่ 1000h ก็ จะเป็นการอ่านจาก External program memory ถ้าต่อขา *EA* เข้ากับ 'Low' การ Fetch คำสั่งทั้งหมดจะกระทำกับ External program memory
XTAL1	Input to inverting oscillator amplifier และใช้สำหรับการป้อน External clock
XTAL2	Output to inverting oscillator amplifier

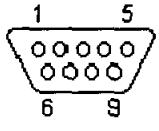
2.2 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์กับพอร์ตอนุกรม

การติดต่อกับพอร์ตอนุกรมนั้นจะยากกว่าการ ติดต่อกับกับพอร์ตขนาน การสื่อสารของอุปกรณ์ที่ต่อกับพอร์ตอนุกรมจะถูกเปลี่ยน (Convert) เป็นสัญญาณแบบขนาน แล้วจึงนำไปประมวลผลต่อ ซึ่งจะใช้ Universal Asynchronous Receive / Transmitter (UART) เป็นตัวทำหน้าที่ ส่วนทางด้านโปรแกรม ก็มีรีจิสเตอร์ที่ต้องจัดการมากกว่า Standard Parallel Port (SPP) อีกหลายตัว

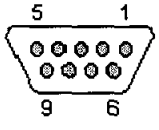
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของพอร์ตอนุกรม

1. ระยะของสายอนุกรมสามารถมีความยาวได้มากกว่าสายของขนานมาก ทั้งนี้เพราะสัญญาณของพอร์ตอนุกรม ซึ่งส่วนใหญ่ใช้มาตรฐาน RS-232C จะมีค่า –3 Volt ถึง –15 Volt สำหรับ Logic "1" หรือ "Mark" และมีค่า +3 Volt ถึง +15 Volt สำหรับ Logic "0" หรือ "Space" (สำหรับช่วง +3 Volt ถึงถึง -3 Volt เป็นช่วง Undefined) ส่วนสัญญาณของสายขนานนั้น Logic "1" จะมีค่า +5 Volt และ logic "0" จะมีค่า 0 Volt ทำให้สัญญาณของสายอนุกรมสามารถรับการสูญเสียของสาย (Cable loss) ได้มากกว่าสัญญาณของสายขนานปรกติสายขนานจะไปได้เพียง 5 ฟุต ส่วนสาย RS-232 จะไปได้ถึง 50 ฟุตที่ความเร็วสูงสุดของมัน
2. สายอนุกรมจะใช้จำนวนสายไฟน้อยกว่าสายขนานถ้าต่อในลักษณะ Null Modemจะใช้สายเพียง 3 เส้น ขณะที่แบบขนาน จะต้องใช้สาย 19 ถึง 25 เส้น
3. การสื่อสารแบบไร้สายเช่นการใช้ Infra Red การส่งพร้อมกันทีละ 8 บิต แบบขนาน จะทำให้ไม่สามารถแยกแยะได้ว่า Bit ใดเป็น Bit0 หรือ Bit1 ... เป็นต้น ปัจจุบันอุปกรณ์ IrDA มีความเร็วไม่ต่ำกว่า 115.2K Baud แต่มี Pulse length เพียง 3/16 ของ RS-232 เพื่อประหยัดพลังงาน เพราะส่วนมากใช้ในอุปกรณ์แบบพกพาเช่น Laptop หรือ Palmtop
4. ปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ มักมีการผนวกพอร์ตการสื่อสารแบบอนุกรมไว้ด้วย เพราะใช้จำนวนขาน้อยกว่าแบบขนาน RS-232C กำหนด Baud rate ไว้ไม่เกิน 20K Baud ปัจจุบันได้แก้ไขให้รองรับกับเทคโนโลยีใหม่ได้ จึงมีการปรับปรุงถึง RS-232E ซึ่งมีรายละเอียดอีกหลายอย่าง



(Male at the computer side)



(Female at the cable side)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin	Name	RS232	V.24	Dir	Description
1	CD	CF	109	←	Carrier Detect
2	RXD	BB	104	←	Receive Data
3	TXD	BA	103	→	Transmit Data
4	DTR	CD	108.2	→	Data Terminal Ready
5	GND	AB	102	—	Signal Ground
6	DSR	CC	107	←	Data Set Ready
7	RTS	CA	105	→	Request to Send
8	CTS	CB	106	←	Clear to Send
9	RI	CE	125	←	Ring Indicator

รูปที่ 2.3 ตารางแสดงถึงหน้าที่ของขาต่าง ๆ

Abbreviation	Full Name	Originator	Function
TD	Transmit Data	DTE	Serial data output (TXD) from DTE.
RD	Receive Data	DCE	Serial data input (RXD) to DTE.
CTS	Clear To Send	DCE	Tell DTE that DCE is ready to exchange data.
(D)CD	(Data) Carrier Detect	DCE	Carrier from remote DCE is detected.
DSR	Data Set Ready	DCE	Tell DTE that DCE is ready to establish a link.
DTR	Data Terminal Ready	DTE	Tell DCE that DTE is ready to establish a link.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RTS	Ready To Send	DTE	Tell DCE that DTE is ready to exchange data.
RI	Ring Indicator	DCE	Ringing signal from the phone line is detected.

รูปที่ 2.4 แสดงสัญญาณต่างๆที่ส่งในรูปแบบอนุกรม

2.2.1 หน้าที่ของสัญญาณต่าง ๆ มีดังนี้

Protective ground เป็นจุดที่ต่อกับตัวเปลือกของอุปกรณ์ และไม่ต่อกับสัญญาณใด ๆ ในระบบเพื่อใช้ต่อลงดิน เป็นการป้องกันอันตรายจากไฟลัดวงจร และใช้เป็น Shield ป้องกันการรบกวน

Signal ground หรือ Common return เป็นจุดสำคัญที่สุดที่ต้องมีในระบบ RS-232 เพราะเป็นจุดอ้างอิงของทุกสัญญาณ ยกเว้น Protective ground

Transmit data เป็นสัญญาณข้อมูลที่ส่งจาก DTE ไปยัง DCE ในขณะที่ไม่ได้ส่งข้อมูลมันจะมีสถานะเป็นLogic "1" หรือ "Mark" หรือ "Off" หรือ -5 V ถึง -15 V ที่ด้านส่ง (DTE) หรือ -3 V ถึง -15 V ที่ด้านรับ (DCE) การส่งข้อมูลจะเกิดขึ้นได้ต้องมีสัญญาณควบคุมที่เกี่ยวข้อง "On" ก่อน คือสัญญาณ RTS, CTS, (D)CD, DTR และ DSR

Receive data เป็นสัญญาณข้อมูลจาก DCE มายัง DTE ในขณะที่ไม่ได้ส่งข้อมูลมันจะมีสถานะเป็น Logic "1" หรือ "Mark" หรือ "Off" หรือ -5 V ถึง -15 V ที่ด้านส่งหรือ -3 V ถึง -15 V ที่ด้านรับ ในขณะที่ไม่ได้ส่งข้อมูลมันจะมีสถานะเป็น Logic "1" หรือ "Mark" หรือ "Off" หรือ -5 V ถึง -15 V ที่ด้านส่ง (DCE) หรือ -3 V ถึง -15 V ที่ด้านรับ (DTE) กรณีที่เป็นการสื่อสารแบบ Half-duplex สัญญาณ RD จะอยู่สถานะ "Off" ขณะที่สัญญาณ RTS อยู่ในสถานะ "On" และสัญญาณ RD จะยังคงอยู่ในสถานะ "Off" อีกชั่วระยะหนึ่งหลังจากที่สัญญาณ RTS เปลี่ยนจากสถานะ "On" มาเป็น "Off" แล้วเพื่อให้การรับ-ส่งข้อมูลเสร็จสมบูรณ์

Request to send เป็นสัญญาณจากDTE ส่งไปให้DCEเพื่อขอส่งข้อมูลไปปรกติจะอยู่ในสถานะ "Off" เมื่อต้องการส่งข้อมูลจะเปลี่ยนเป็นสถานะ "On" จนกว่าการส่งเสร็จสิ้นจึงเปลี่ยนกลับมาที่สถานะ "Off" ตามเดิม ทั้งนี้ทาง DTE ต้องได้รับสัญญาณ CTS จึงจะสามารถส่งข้อมูล TD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปยัง DCE ได้ และสัญญาณ RTS ที่กลับสู่สถานะ “Off" จะไม่สามารถเปลี่ยนเป็น "On" ใหม่ ขณะที่สัญญาณ CTS อยู่ในสถานะ "On" ต้องรอจนกว่าสัญญาณ CTS เปลี่ยนมาอยู่ในสถานะ "Off" ก่อน เพื่อป้องกันการเกิด Overrun

Clear to send เป็นสัญญาณที่ DCE ส่งให้ DTE เพื่อแจ้งว่าพร้อมรับการส่งข้อมูลจาก DTE

Data set ready เป็นสัญญาณที่ DCE ส่งให้ DTE เพื่อแจ้งว่า DCE สามารถเชื่อมโยงไปยังปลาย ทาง และพร้อมที่จะติดต่อแล้ว

Data Terminal ready เป็นสัญญาณที่ DTE ส่งให้ DCE เพื่อแจ้งว่า DTE พร้อมหรือต้องการจะติดต่อสื่อสาร ซึ่งสัญญาณ DTR นี้ต้องเกิดก่อนทาง DCE จึงจะทำการติดต่อไปยังปลายทางและเมื่อติดต่อได้แล้วจึงส่งสัญญาณ DSR มายัง DTE เพื่อแจ้งให้รู้ว่าพร้อมรับการสื่อสารแล้ว และถ้า DTR เปลี่ยนเป็น Off แปลว่า DTE ไม่ต้องการติดต่อสื่อสารแล้วทาง DCE ก็จะปิดช่องสื่อ-สาร และเปลี่ยนสัญญาณ DSR เป็น Off ทันที คู่สัญญาณระหว่าง RTS กับ CTS เป็นเรื่องของความพร้อมเกี่ยวกับช่องสื่อสารระหว่าง DTE กับ DCE ส่วนคู่สัญญาณ DTR กับ DSR เป็นเรื่องของความพร้อมเกี่ยวกับตัวอุปกรณ์ DTE กับ DCE

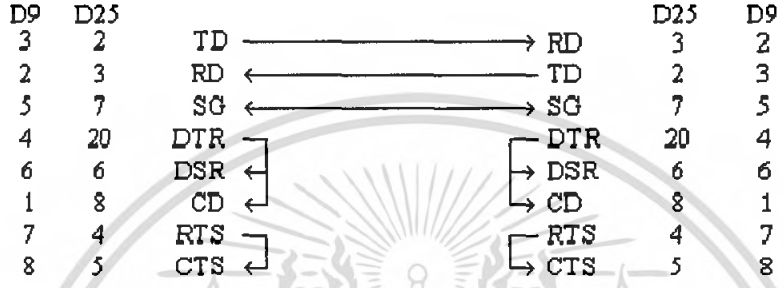
Data carrier detect เป็นสัญญาณที่ DCE ส่งให้ DTE เพื่อแจ้งว่าได้รับสัญญาณพาหะจาก DCE ที่อยู่อีกด้านหนึ่งของการสื่อสาร ซึ่งหมายความว่า ช่องการสื่อสารระหว่าง DCE ทั้ง 2 ไม่ขาดตอน พร้อมที่จะทำการสื่อสารได้ ซึ่งอุปกรณ์ DTE หรือโปรแกรมที่ควบคุมการสื่อสารมักจะตรวจ สัญญาณนี้ ถ้าไม่อยู่ที่ on แสดงว่าช่องการสื่อสารขาด ก็จะไม่ทำการรับหรือส่งข้อมูล

Ring Indicator เป็นสัญญาณจาก DCE แจ้งให้ DTE รู้ว่ามีการเรียกจาก DCE ที่อยู่อีกด้านหนึ่งของการสื่อสาร ซึ่งมักจะใช้ในระบบ automatic answering

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 Null Modems

Null Modem ใช้สำหรับเชื่อมโยงระหว่าง DTE 2 ตัวเข้าด้วยกันโดยตรง ซึ่งโดยมากใช้ในการถ่ายข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ หรือใช้ในการพัฒนาระบบไมโครโปรเซสเซอร์



รูปที่ 2.5 แสดงการเชื่อมต่อของสายสัญญาณ

2.2.3 Flow Control

การติดต่อระหว่าง DTE และ DCE จะมีการควบคุมการไหลของข้อมูล เพื่อไม่ให้เกิดกา over flow ขึ้นได้ ซึ่งมีอยู่ 2 แบบคือ Hardware flow control และ Software flow control

สำหรับ Software flow control มักจะเรียกว่า Xon/Xoff flow control ซึ่งใช้รหัส ASCII 17 เป็นสัญญาณ Xon และใช้รหัส ASCII 19 เป็นสัญญาณ Xoff หลักการทำงานก็ง่าย ๆ คือ Modem จะมี Buffer อยู่เมื่อ Modem รับข้อมูลจาก Computer จน Bufferใกล้จะเต็มมันก็จะส่งสัญญาณ Xoff ไปให้ Computer เพื่อให้ Computer หยุดส่งข้อมูลให้มันชั่วคราว และเมื่อ Buffer มีที่ว่างถึงระดับหนึ่ง Modem ก็จะส่งสัญญาณ Xon ไปให้ Computer เพื่อให้ Computer ส่งข้อมูลให้มันต่อการควบคุมโดยวิธีนี้ประหยัดสาย สัญญาณ เพราะรับ-ส่งผ่าน TD และ RD แต่อาจทำให้การสื่อสารช้าลงอย่างเห็นได้ชัดในกรณีที่ใช้กับการสื่อสารที่มี speed ต่ำ เพราะแต่ละตัวอักษร ASCII ที่รับ-ส่งจะมีขนาด 10 Bit

ส่วน Hardware flow control มักจะเรียกว่า RTS/CTS flow control จะใช้สายสัญญาณของ Serial Port ในการควบคุม ทำให้ไม่บั่นทอนความเร็วของข้อมูล หลักการทำงานคือ เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Modem มีที่ว่างเพื่อรับข้อมูล มันก็จะส่งสัญญาณ CTS ไปให้ Computer และเมื่อมันใกล้จะเต็ม มันก็จะหยุดส่งสัญญาณ CTS ไปให้ Computer

2.2.4 รูปคลื่น สัญญาณ RS-232

การสื่อสารโดย RS-232 เป็นการสื่อสารแบบ asynchronous หมายความว่าสัญญาณ clock ที่ใช้ควบคุมจังหวะไม่ได้ส่งไปพร้อมกับ Data แต่จะใช้ start bit เป็นตัว sync.ในแต่ละ word ของการสื่อสารและใช้สัญญาณ clock ภายในของแต่ละด้านเป็นตัวให้จังหวะเอง

รูปที่ 2.6 รูปคลื่นของสัญญาณที่ส่ง

แสดงลักษณะของสัญญาณจาก UART เมื่อใช้ format แบบ 8N1 คือ 8 data bits ไม่มี parity bit และมี 1 stop bit ขณะที่ idle จะอยู่ในสถานะ "Mark" หรือ logic "1" การส่งจะเริ่มจากการส่ง start bit คือ logic "0" และตามด้วย LSB bit จนหมด data bits และถ้ามี parity bit ก็จะส่งที่จุดนี้แล้วลงท้ายด้วย stop bit ซึ่งมีค่าเป็น logic "1" ในรูปได้แสดง bit ที่ต่อถัดจาก stop bit ซึ่งมีค่าเป็น logic "0" หมายความว่าเป็น start bit ของ การส่ง word ถัดไป แต่ถ้ายังไม่มีการส่ง word ถัดไป ก็ต้องอยู่ในสถานะของ logic "1" ซึ่งเป็นสถานะของ idle และถ้าสายอยู่ในสถานะของ logic "0" นานกว่าเวลาของการส่ง 1 full word ระบบจะถือว่าเป็นสัญญาณ "Break" เพื่อหยุดการสื่อสาร ดังนั้นต้องไม่ลืมที่จะสั่งในสายกลับสู่สถานะ idle เมื่อสิ้นสุดการส่ง การรับ-ส่งข้อมูลในลักษณะนี้เรียกว่าแบบ frame คือมีกรอบปิดล้อมข้อมูลไว้ด้วย start bit และ stop bit

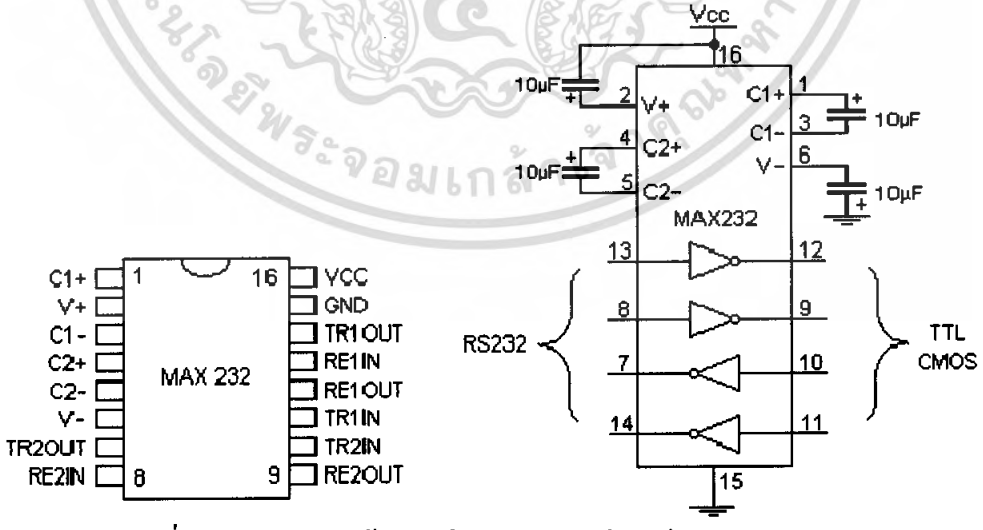
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ตัวแปลงสัญญาณ RS-232

สัญญาณ RS-232 มีค่าแรงไฟต่างจากที่ใช้ใน UART ดังนั้นจึงต้องมีตัวแปลงสัญญาณเพื่อแปลงระดับสัญญาณให้เหมาะสมก่อนที่ จะเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรม หรือ RS-232 port ของคอมพิวเตอร์

สัญญาณ RS-232 นั้น logic "0" จะมีค่า +3 V ถึง +25 V และ logic "1" จะมีค่า –3 V ถึง –25 V ส่วนค่าระหว่าง –3 V ถึง +3 V เป็นค่า undefined ระดับสัญญาณนี้ใช้กับทุกสัญญาณไม่ใช่เฉพาะสัญญาณรับ-ส่งข้อมูลเท่านั้นแต่ยังรวมถึงสัญญาณควบคุมต่าง ๆ เช่น DTR, RTS, CTS เป็นต้น

IC ที่ใช้มักจะเป็นเบอร์ 1488 (RS-232 Driver) และ 1489 (RS-232 Receiver) โดยภายในแต่ละตัวจะประกอบด้วย inverter 4 ตัวและต้องการไฟเลี้ยง 2 ชุดคือ +7.5 V ถึง +15 V และ –7.5 V ถึง –15 V ซึ่งอาจจะมีปัญหาในเครื่องที่มีไฟเลี้ยง +5 V เพียงชุดเดียว แต่ก็ยังมี IC อีกตัวหนึ่งคือเบอร์ MAX-232 ซึ่งมีวงจร charge pump สามารถสร้างไฟ +10 V และ –10 V จากไฟ +5 V ได้ พร้อมทั้งมี 2 Tx และ 2 Rx อยู่ใน package เดียวกัน และรองรับ baud rate ได้ถึง 120 Kbps จึงสะดวกมากเพราะใช้ IC เพียงตัวเดียว รูปข้างล่างคือ MAX-232



รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างภายในและตำแหน่งขาต่างๆของ Max232

ส่วนการที่เราจะนำข้อมูลมาใช้งานก็ต้องแปลงเป็น Parallel ก่อนซึ่งเป็นหน้าที่ของ UART ซึ่งปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์มักจะมี serial communication interface (SCI) อยู่ในตัว แต่อาจจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานบางอย่างที่ไม่ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และต้องการประมวลผลข้อมูลกับพอร์ตอนุกรม เช่น ต่อ ADC เข้ากับ UART หรือต่อ LCD display เข้ากับ Serial comm. ก็ต้องใช้ UART ช่วย เช่น เบอร์ 8250 หรือ 16550A หรือเบอร์อื่น ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่มี UART อีกพวกหนึ่งที่แยก Tx bus กับ Rx bus ออกจากกันทำให้มีความคล่องตัวมากขึ้น

2.3 การสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูลมีจุดมุ่งหมายในการส่ง หรือการถ่ายทอดข่าวสารจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งอย่างถูกต้องเหมือนกับการที่ด้านส่งออกมา ในการสื่อสารรูปแบบใดๆ จะต้องประกอบไปด้วยส่วน ประกอบหลักเบื้องต้น 3 ส่วนดังนี้

1. แหล่งต้นกำเนิดข่าวสาร(Source)
2. ตัวกลางในการสื่อสาร(Media)
3. แหล่งรับข่าวสาร(Receiver)

2.3.1 ประเภทของการสื่อสารข้อมูล

ข้อมูลในระบบของการสื่อสารเขียนแสดงได้ด้วยค่าในระบบเลขฐานสอง โดยใช้ค่าตัวเลข 0 หรือ 1 มาประกอบกันเป็นรหัส แต่ในการส่งเราอาศัยการส่งทางไฟฟ้า ข้อมูลจะถูกเปลี่ยน ให้อยู่ในรูปแบบทางไฟฟ้าโดยใช้ค่าสัญญาณไฟฟ้า 2 ระดับคือสูงและต่ำ ในการวัดอัตราเร็วในการส่งได้จากจำนวนบิตที่ส่งไปในหน่วยเวลาโดยทั่วไปใช้หน่วย Bit per second (bps) ซึ่งในระบบการสื่อสาร ข้อมูลนั้นอาจจะมีขนาดใดก็ได้แต่ในการส่งนั้นจะต้องมีการกำหนดจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดของการแต่ละส่ง ตามปกติจะจัดแบ่งข่าวสารที่จะส่งเป็นบล็อกๆ ซึ่งหนึ่งบล็อกคือกลุ่มของบิตจำนวนหนึ่งที่ถูกส่งออกไปเป็นหน่วยเดียวกัน โดยมีการนำกลุ่มบิตนั้นไปผ่านกระบวนการบางอย่าง เพื่อใช้ในการควบ คุมข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น

เราสามารถจำแนกวิธีการส่งข้อมูลได้หลายแบบตามคุณสมบัติต่างๆดังนี้

2.3.1.1 การจำแนกตามทิศทางในการส่งข้อมูล

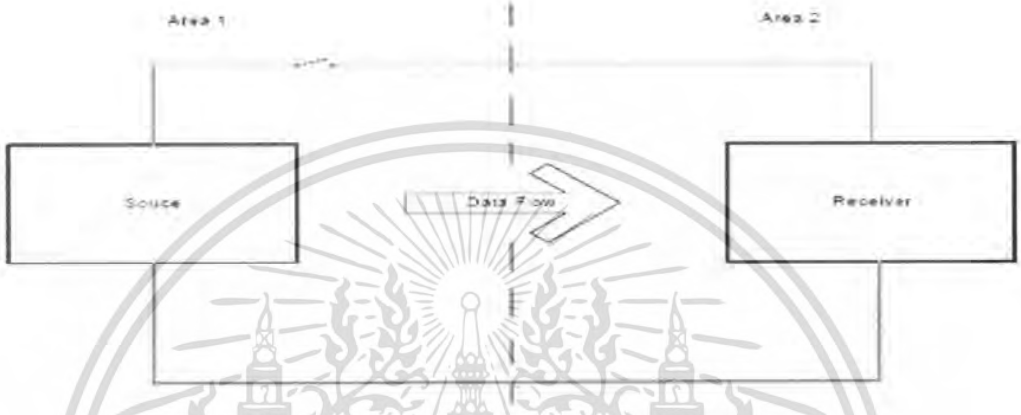
สามารถแบ่งการส่งข้อมูลออกได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

2.3.1.1.1 การรับส่งข้อมูลทางเดียว (Simplex)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

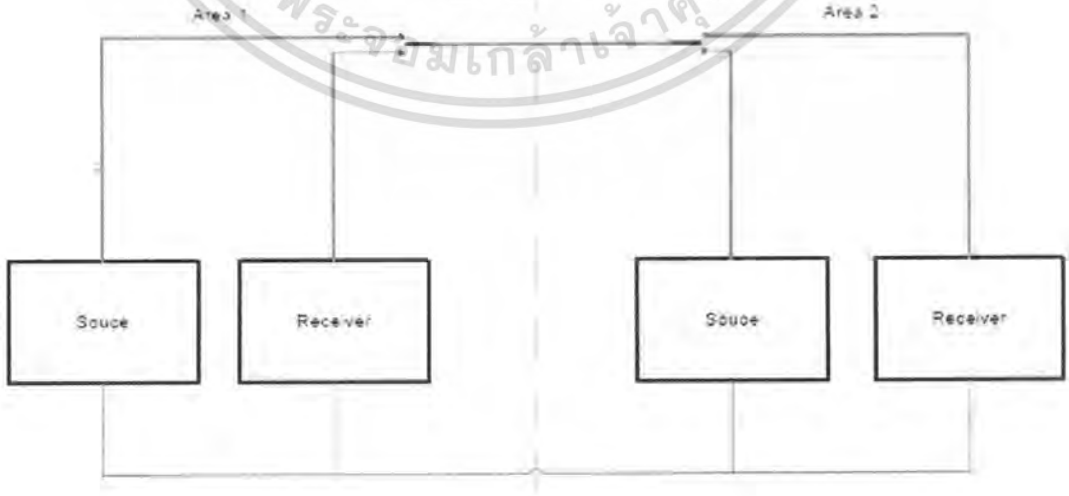
เป็นการสื่อสารทางเดียว ที่เห็นได้ชัดก็คือ การรับส่งโทรทัศน์ และวิทยุกระจายเสียงนั่นเอง สถานีโทรทัศน์จะเป็นตัวส่งและเครื่องรับทำหน้าที่รับเพียงอย่างเดียว จะส่งข่าวสารมายังสถานีส่งไม่ได้



รูปที่ 2.8 แสดงการรับส่งข้อมูลแบบทางเดียว (Simplex)

2.3.1.1.2 การรับส่งแบบผลัดกันส่ง (Half Duplex)

มีคุณสมบัติสามารถรับและส่งข้อมูลได้ แต่ว่าต้องสลับการส่งโดยจะส่งพร้อมกันทั้งสองด้านไม่ได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อในแบบนี้ ได้แก่ วิทยุสื่อสาร และอินเตอร์คอม



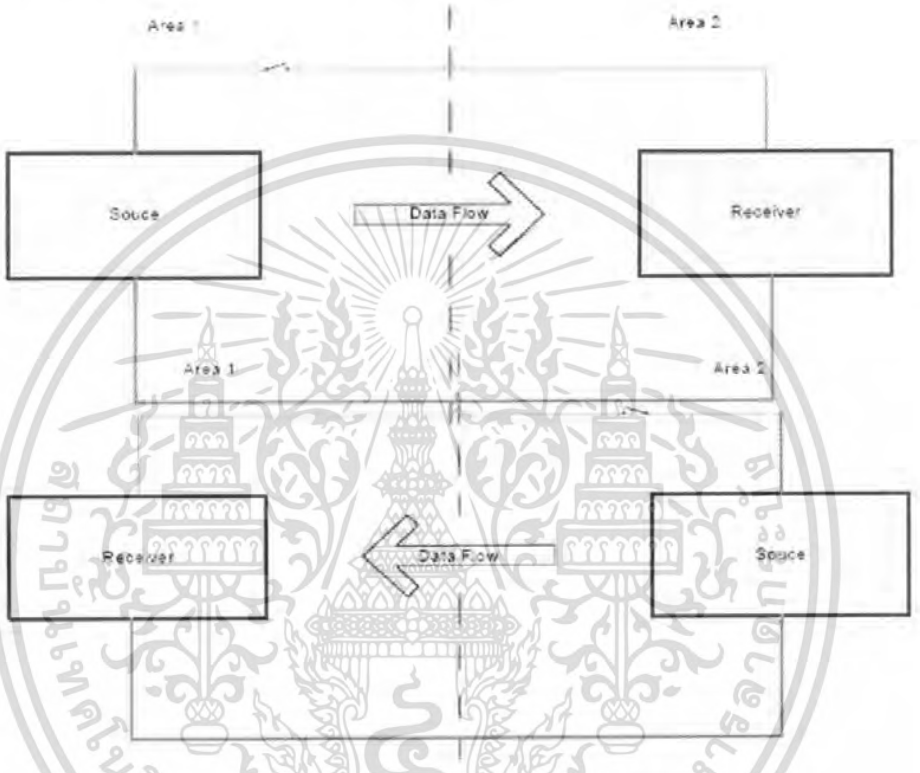
รูปที่ 2.9 แสดงการรับส่งข้อมูลสวนทางกันได้แบบผลัดการส่ง(Half Diplex)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

82958

2.3.1.1.3 การรับส่งสวนทางได้พร้อมกัน (Full Duplex)

การรับส่งแบบนี้ผู้รับและผู้ส่งสามารถรับและส่งพร้อมๆกันได้ ในเวลาเดียวกันโดยไม่จำเป็นต้องรอให้อีกฝ่ายหนึ่งส่งจบเสียก่อน เช่น การพูดโทรศัพท์ของเรา



รูปที่ 2.10 แสดงการรับส่งข้อมูลแบบสวนทางกันได้พร้อมกัน (Full Duplex)

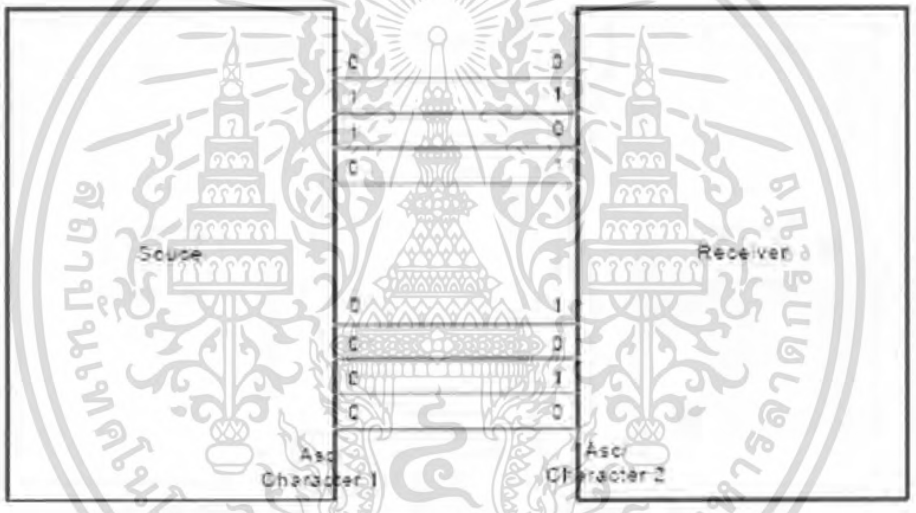
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 การจำแนกตามลักษณะการจัดข้อมูล

สามารถแบ่งการส่งข้อมูลออกได้เป็น 2 ชนิดดังนี้

2.3.1.2.1 การส่งข้อมูลแบบขนาน (Parallel Transmission)

เป็นการส่งข้อมูลทีละไบท์ คือส่งทุกบิตของรหัสที่ประกอบขึ้นเป็นอักขระไปพร้อมๆ กันในเวลาเดียวกัน มีข้อดีคือ ความสามารถในการส่งข้อมูลที่สูงขึ้น แต่จำนวนช่องทางการสื่อสารที่จะต้องมีจำนวนเท่ากับจำนวนที่บิตที่ประกอบขึ้นเป็นอักขระ ซึ่งต้อง ใช้การมัลติเพล็กข้อมูลต่างๆ

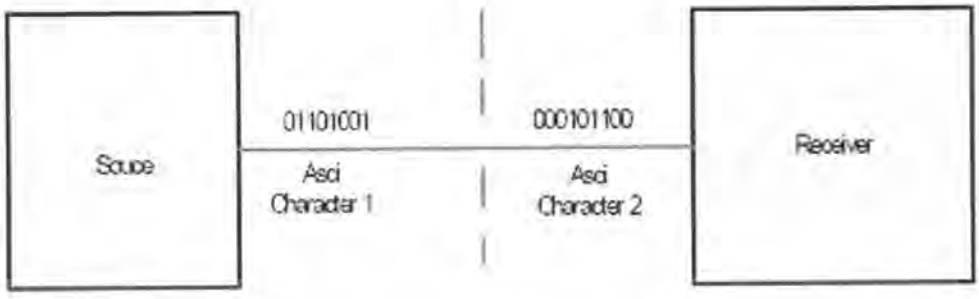


รูปที่ 2.11 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนาน

2.3.1.2.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Series Transmission)

การส่งข้อมูลแบบนี้จะกระทำทีละบิตด้วยแชนแนลเพียงแชนแนลเดียว ทางด้านรับจะมีอุปกรณ์สำหรับจัดการจัดข้อมูลดังกล่าวเป็นชุดอักขระ ตามข้อตกลงระหว่างอุปกรณ์ปลายทั้งสองที่สื่อสารกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

2.3.1.3 การจำแนกตามความสัมพันธ์ของข้อมูล

ในการสื่อสารข้อมูลนั้นจะต้องพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชนิด คือ

- ความสัมพันธ์ระหว่างบิต (Bit Synchronization)

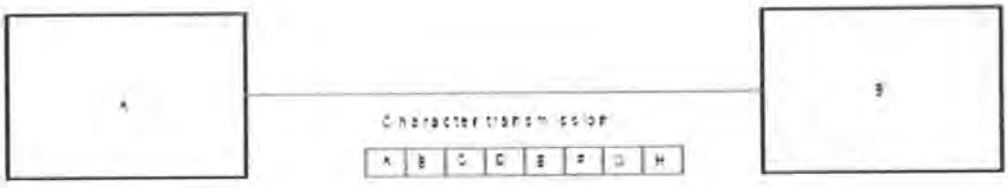
- ความสัมพันธ์ของอักขระ (Character Synchronization)

ในการสื่อสารข้อมูลเราจำแนกวิธีการส่งข้อมูลตามการกำหนดความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ 2 แบบ คือ

2.3.1.3.1 การส่งแบบสัมพันธ์ (Synchronous Transmission)

การส่งแบบนี้ใช้สำหรับการส่งข้อมูลทั้งชุดไปในครั้งเดียวดังรูป 2.19 เทคนิคการส่งแบบนี้ช่วงเวลาระหว่างบิตต่อบิตจะมีค่าเท่ากัน การส่งมีลักษณะคล้ายกับการส่งข่าวสารในรูปของเลขฐานสองที่มีจำนวนติดต่อกันไป โดยไม่ได้แยกว่าความยาวใดเป็นช่วงอักษรใดในระบบเช่นนี้ บิตแต่ละบิตจะมีความยาวเท่ากัน ตัวอักษรแต่ละตัวมีช่วงเวลาห่างกันเท่ากับศูนย์ ทางด้านรับนั้นเพียงหาว่าบิตแรกของตัวอักษรตัวแรกคือบิตใด และทราบขนาดหรือจำนวนบิตในหนึ่งตัวอักษร พร้อมทั้งความเร็วในการส่งก็สามารถแยกข่าวสารของแต่ละอักษรออกมาได้

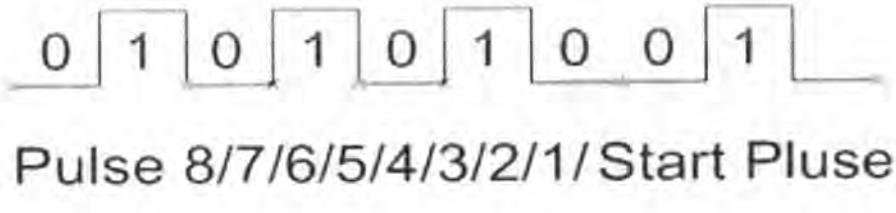
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แสดงการส่งข้อมูลแบบสัมพันธ์

2.3.1.3.2 การส่งแบบไม่สัมพันธ์ (Asynchronous Transmission)

การส่งแบบนี้ตัวอักขระจะถูกส่งออกไปที่เวลาใดๆ ก็ได้โดยไม่จำเป็นต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวอักษรว่าต้องมีเวลาที่แน่นอนอย่างไร ทางด้านรับจะต้องทราบถึงบิตเริ่มต้นของรหัสแต่ละตัวว่าเริ่มต้นเมื่อใดซึ่งเมื่อใดซึ่งสามารถกระทำได้โดยการเพิ่มบิตที่เรียกว่า พัลส์เริ่มต้น (Start Pulse) โดยเติมเข้าไปที่ข้างหน้าชุดของทุกอักขระ และเมื่อการส่งส่งครบทุกบิตของตัวอักษรแล้วจะต้อง มีบิตสำหรับบอกถึงการสิ้นสุดที่เรียกว่า พัลส์การสิ้นสุด (Stop Pulse) ส่งมาให้ทางด้านรับมีเวลาสำหรับ การเตรียมข้อมูลของตัวอักษรตัวต่อไปดังรูป 2.20 บางครั้งจึงเรียกระบบการส่งแบบนี้ว่า ระบบการส่งแบบเริ่มหยุด (Start-stop Transmission)



รูปที่ 2.14 แสดงการส่งข้อมูลแบบไม่สัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ดีซีมอเตอร์ (DC Motor)

2.4.1 หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์เป็นทรานสดิวเซอร์แรงบิดซึ่งมีการออกแบบให้มีคุณลักษณะพิเศษคือแรงบิดของเพลาของมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์เมเจอร์ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเพลาและกระแสคือ

$$T=K\Phi I$$

เมื่อ T คือแรงบิดของเพลามีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร

Φ คือเส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็น เวเบอร์

I คือกระแสมีหน่วยเป็น แอมแปร์

K คือค่าคงตัว

จะเห็นได้ว่าแรงบิดของเพลาจะเป็นสัดส่วน โดยตรงกับผลคูณของเส้นแรงแม่เหล็กและกระแส การที่ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมตัวมันเองโดยแรงดันนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลาของมอเตอร์และเส้นแรงแม่เหล็ก โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$E=K\Phi\omega$$

เมื่อ E คือแรงดันย้อนกลับมีหน่วยเป็น โวลท์

Φ คือเส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็น เวเบอร์

ω คือความเร็วของมอเตอร์มีหน่วยเป็น เรเดียน/วินาที

K คือค่าคงตัว

2.4.2 ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิลด์ (Field) ของมอเตอร์ชนิดนี้นิยมใช้แม่เหล็กถาวร มอเตอร์ชนิดนี้จึงอาจจะเรียกว่า มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent-Magnet Motors) มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรนี้ไม่ต้องใช้การกระตุ้นเพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็ก เนื่องจากมีแกนขั้ว (Core) ทำด้วยอัลลอยซึ่งสามารถรักษาคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็กหรือขดลวดฟิลด์ มอเตอร์ชนิดนี้จึงมีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์ชนิดชันท์หรือมอ- เตอร์คอมปาวด์ที่มีพิกัดเท่ากันนอกจากนั้นยังควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนได้ง่าโดยการกำหนด ขนาดและขั้วแรงดันที่ป้อนให้แก่มอเตอร์ ซึ่งหมายความว่าถ้ากลับขั้วของแรงดันจะทำให้ทิศทางของกระแสที่อาร์เมเจอร์เปลี่ยนแปลงไปเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ไม่ทำให้ฟลักซ์เปลี่ยนแปลงจึงได้อัตรา ส่วนระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์และแรงบิดมีค่าคงที่ ดังมีความสำคัญดังนี้

$$T=KtI$$

$$E=Ke\omega$$

ระบบนี้จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์ , แรงบิด และความเร็วอยู่ในลักษณะเชิงเส้น สมการทางไฟฟ้าของดีซีมอเตอร์แบบนี้เขียนได้เป็น

$$V=Ke\omega+L(di/dt)+Ri$$

เมื่อ V คือแรงดันที่ป้อนให้มอเตอร์

Ke คือค่าคงที่ของแรงดันย้อนกลับ

L คือค่าความเหนี่ยวนำของขดอาร์เมเจอร์

R คือความต้านทานที่ขั้วของมอเตอร์

2.4.3 ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนหลัก

โครงสร้างของโรเตอร์และสเตเตอร์ของมอเตอร์แบบแกนหลัก โครงสร้างของมอเตอร์แบบนี้โมเมนท์ของแรงเฉื่อยสูงที่สุด และมีค่าอินดัคแตนซ์ของโรเตอร์สูงที่สุดด้วย ดังนั้นมอเตอร์นี้จึงมีปริมาณการจุความร้อนได้สูง และสามารถจะทนโอเวอร์โหลดได้ในระยะเวลาที่ยาวนานโดยไม่ทำให้มอเตอร์เสียหาย

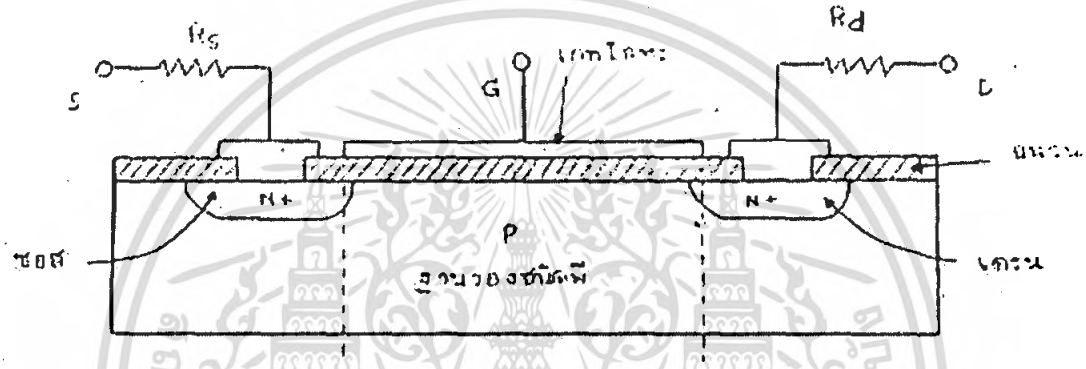
2.5 เพาเวอร์มอสเฟท

เพาเวอร์มอสเฟทเป็นอุปกรณ์ประเภทอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังชนิดหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะโครง สร้างของเพาเวอร์มอสเฟทจะแบ่งเป็น N-channel และ P-channel จากโครงสร้างจะพบว่าเกทกับซอร์สจะถูกแยกออกจากกันด้วยชั้นของซิลิกอน ซึ่งเปรียบเสมือนมีความจุไฟฟ้าอยู่ เมื่อป้อนแรงดันที่เหมาะ- สมเข้าที่ขาเกทจะทำให้ชั้นของซิลิกอนเกิดการเหนี่ยวนำจนเกิดมีกระแสไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพาเวอร์มอสเฟทนิยมใช้มากในวงจรสวิทช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย และการควบคุมมอเตอร์เนื่องจากมีข้อดีกว่าเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์คือ

- กำลังสูญเสียขณะสวิทช์ต่ำ
- มีสัญญาณรบกวนต่ำกว่าแบบไบโพล่าร์
- มีคุณสมบัติการทำงานที่มั่นคงและเสถียรภาพทางอุณหภูมิดี
- ใช้ในวงจรความถี่สูงได้ดี

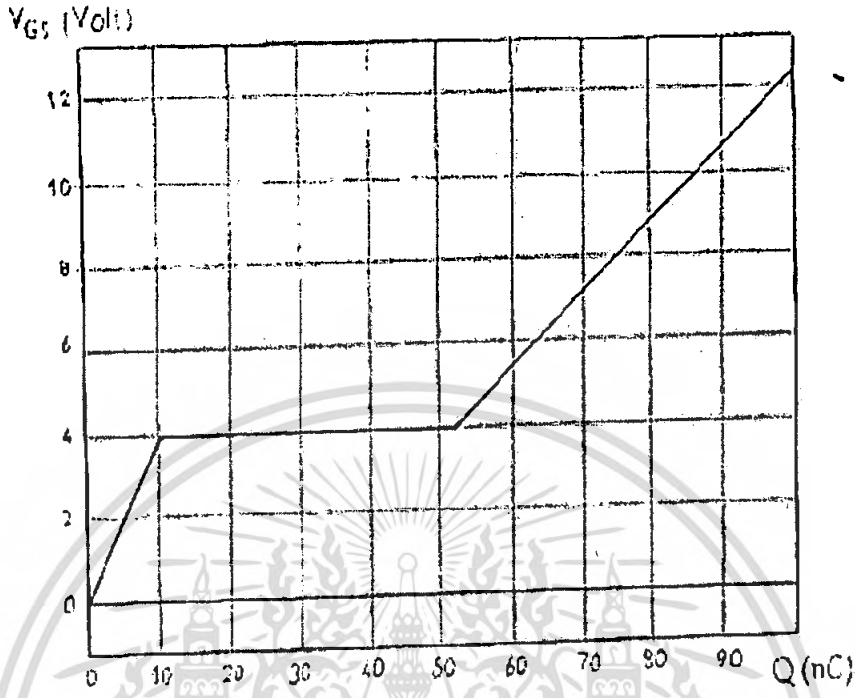


รูปที่ 2.15 โครงสร้างของเพาเวอร์มอสเฟท

2.5.1 คุณลักษณะของเพาเวอร์มอสเฟท

แรงดันพังทลายเป็นระหว่างขาเดรนกับขาซอร์สดังรูป 2.23 โดยที่อุณหภูมิต่ำๆ ค่าแรง- ดันพังทลายจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด ขณะที่เพาเวอร์มอสเฟทนำกระแสอย่างสมบูรณ์แรงดันที่ตกคร่อมระหว่างขาเดรนกับขาซอร์สจะแปรผันตรงกับกระแสที่ไหลผ่านตัวมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

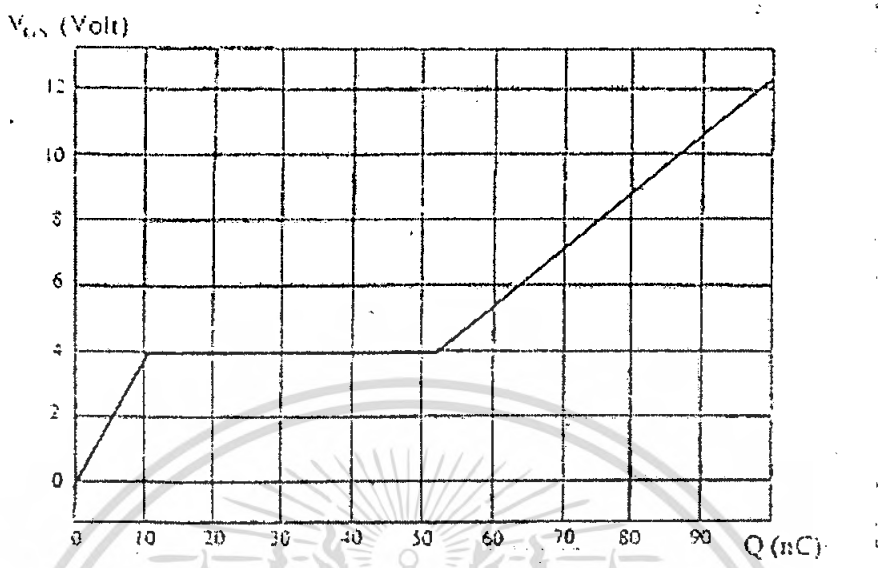


รูปที่ 2.16 แรงดันพังทลายที่เดรนกับซอร์สเมื่ออุณหภูมิของรอยต่อเปลี่ยนไป

2.5.2 เงื่อนไขของวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟท

การขับเพาเวอร์มอสเฟทให้นำกระแสนั้นแตกต่างจากการขับกระแสไบอัส ในไบโพล่าร์ทรานซิสเตอร์ เนื่องจากมีเงื่อนไขการไบอัสที่แตกต่างกัน สำหรับไบโพล่าร์ทรานซิสเตอร์กระแสจะไหลผ่านคอลเลคเตอร์และอีมิตเตอร์ได้ก็ต่อเมื่อมีกระแสไหลไบอัสไหลผ่านที่เบสและอีมิตเตอร์ แต่เพาเวอร์มอสเฟทจะมีกระแสไหลผ่านเดรนและซอร์ส ก็ต่อเมื่อแรงดันตกคร่อมขาเกทและซอร์สมีค่าอย่างต่ำเท่ากับค่าแรงดันขีดเริ่ม (Threshold Voltage) ของมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงตัวอย่างของ Gate Charge Chart

ลักษณะของกราฟแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง ตามผลของประจุที่เพิ่มขึ้น คือ

1. ช่วงเวลาหน่วงก่อนเริ่มนำกระแส (Time-on Delay Time) t=0

2. ช่วงเวลาเริ่มนำกระแส (Rise Time) t=0-1

3. ช่วงเวลาสะสมประจุส่วนเกิน (Excess Charge Time) t=2-3

เมื่อเพาเวอร์มอสเฟทเริ่มชาร์จประจุที่ขาเกท จนกระทั่งพ้นช่วงเวลาหน่วงก่อนเริ่มนำกระแส เมื่อแรงดันที่ขาเกทมากกว่าแรงดันขีดเริ่มจึงจะเริ่มมีกระแสไหลผ่านเดรนและซอร์ส ที่เวลา t=0 ค่าของแรงดันตกคร่อมเดรนกับซอร์ส Vds จะไม่ลดลงจนกว่าจะถึงเวลา t=1 แรงดันตกคร่อมเดรนกับซอร์ส Vds จึงมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว เพาเวอร์มอสเฟทจะนำกระแสได้เต็มที่ในช่วงเวลาเท่ากับ t=1 ถึง t=2 นี้เอง และช่วงนี้แรงดันที่ขาเกท Vgs จะคงที่

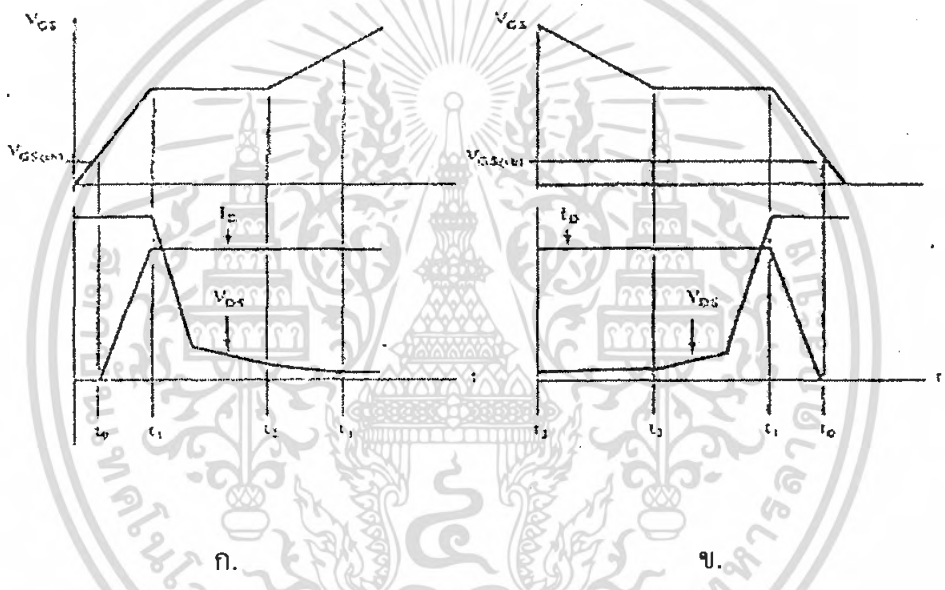
ในช่วงเวลาสะสมประจุส่วนเกินค่าความต้านทานระหว่างเดรนและซอร์ส จะลดลงเรื่อยๆ หากปล่อยให้มีการสะสมประจุต่อไปในช่วงเวลาt=2 ถึง t=3 ประจุที่สะสมเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการหน่วงขณะเริ่มหยุดนำกระแส เนื่องจากเพาเวอร์มอสเฟทจะต้องใช้เวลามากในการคายประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วน เกินนี้ทิ้งไป ดังนั้นการขับขาเกทด้วยแรงดันที่สูงเกินความจำเป็น จะทำให้ช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแสเพิ่มขึ้นด้วย

2.5.3 การกำหนดเวลาในการเปลี่ยนสถานะ

ปกติแล้วผู้ผลิตจะให้กราฟค่า Vgs ที่เพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าประจุสะสมที่ขาเกทเพิ่มขึ้นหรือที่เรียกว่า Gate Charge Chart มาในดาต้าชีทด้วย กราฟนี้มีประโยชน์มากในการคำนวณค่ากระแสไบอัสเกทและเวลาในการเปลี่ยนสถานะของเพาเวอร์มอสเฟท



ก. ข.

รูปที่ 2.18 (ก) แสดงการชาร์จประจุที่ขาเกทตามเวลาที่มีผลต่อการนำกระแส

(ข) แสดงผลเมื่อเริ่มหยุดนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟท

การหยุดนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟทจึงทำได้ง่ายๆ ด้วยการคายประจุที่ขาเกททิ้งไป เพื่ออัดประจุและคายประจุมีค่าเท่ากันช่วงเวลาเริ่มนำกระแสและช่วงเวลาหยุดนำกระแส จะมีค่าเท่ากันด้วย ยกเว้นหากมีประจุสะสมมากในช่วงเวลา t=2 ถึง t=3 การเริ่มหยุดนำ กระแสจะมีช่วงเวลาหน่วงเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องใช้เวลาในการคายประจุส่วนเกินทิ้งไป

จะเห็นได้ว่าการขับเพาเวอร์มอสเฟทให้นำกระแสได้นั้น จะต้องมีการอัดและคายประจุ ที่ขาเกท วงจรขับเกทของเพาเวอร์มอสเฟทจะต้องมีคุณสมบัติของการจ่ายกระแสและนำกระแสได้ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 200 ถึง 400 มิลลิแอมแปร์ด้วย และต้องให้แรงดันตกคร่อมที่ขาเกท Vgs มีค่ามากพอ เพื่อที่เพาเวอร์มอสเฟทจะทำงานได้เต็มที่ (ประมาณ 10 โวลท์)

สิ่งสำคัญอีกประการคือ การเลือกใช้งานเพาเวอร์มอสเฟทเราควรจะเลือกเพาเวอร์มอส-เฟท ที่มีพิกัดกระแสและแรงดันมากกว่ามอเตอร์ประมาณ 1.5-2 เท่า

2.6 การเชื่อมต่อทางแสง

ตัวเชื่อมโยงทางแสง (Optocoupler) หรือตัวแยกโดยใช้แสง (Opto Isolater) เป็นอุปกรณ์ที่นำมาเชื่อมโยงสัญญาณต่างๆ ของวงจรที่มีกราวด์ต่างกัน สามารถป้องกันการรบกวนซึ่งกันและกันระหว่างภาคอินพุทกับภาคเอาท์พุทได้อย่างเด็ดขาด ออปโต้คัปเปิ้ลเป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยแหล่ง กำเนิดแสงและตัวตรวจจับแสงอยู่ภายในตัวเดียวกัน แหล่งกำเนิดแสงส่วนใหญ่จะใช้ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดที่ทำมาจากแกลเลี่ยมอาร์ซาไนด์ (GaAs) ส่วนตัวตรวจจับแสง (Photo Detector) สามารถเป็น ไปได้ทั้งโฟโต้ทรานซิสเตอร์ , โฟโต้ไดโอด , SCR และTRIAC ในออปโต้คัปเปิ้ลสัญญาณอินพุทจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณแสงแล้ว จึงส่งสัญญาณแสงนี้ไปยังโฟโต้ดีเทคเตอร์ ออปโต้คัปเปิ้ลถูกออกแบบมาเพื่อป้องกันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่ให้รับแรงกระชากสูงๆ ซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดสัญญาณเอาท์พุทที่ไม่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้าง

3.1 โครงสร้างการทำงานของหุ่นยนต์

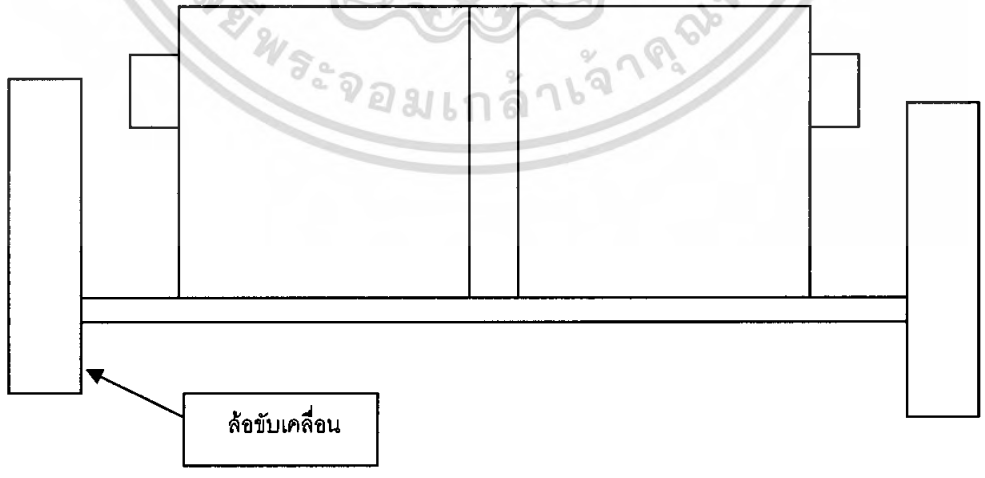
โครงสร้างการทำงานของหุ่นยนต์ สามารถแบ่งได้ 3 ส่วนใหญ่ ดังรูป

รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างการทำงาน ของหุ่นยนต์

จากรูป3.1 คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์และรับ-ส่งข้อมูลระหว่างหุ่นยนต์กับคอมพิวเตอร์ โดยใช้พอร์ทอนุกรม ส่วนการสื่อสารแบบไร้สายก็จะทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูลระหว่างหุ่นยนต์กับคอมพิวเตอร์ โดยส่งข้อมูลกันแบบ ฮาร์ฟดูเพล็ก (Half Du plex)

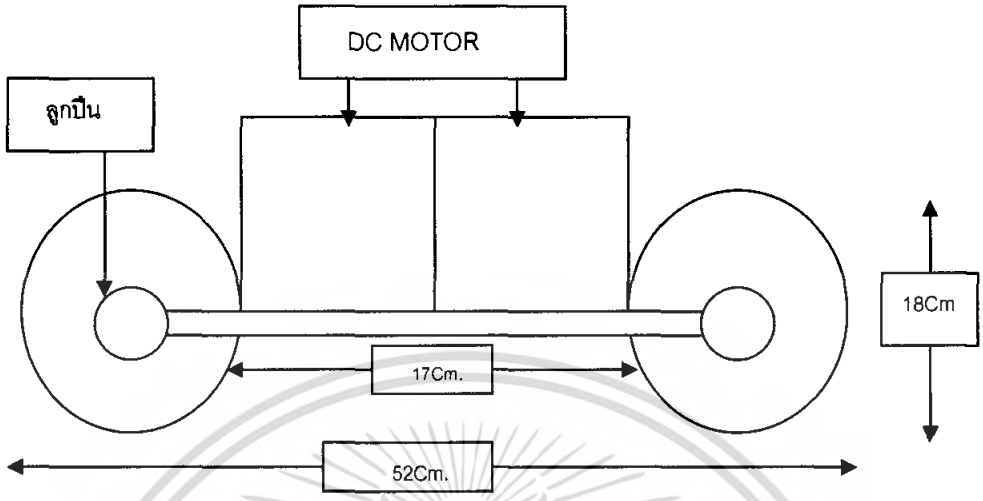
3.2 การออกแบบหุ่นยนต์และโครงสร้าง

3.2.1โครงสร้างหุ่นยนต์

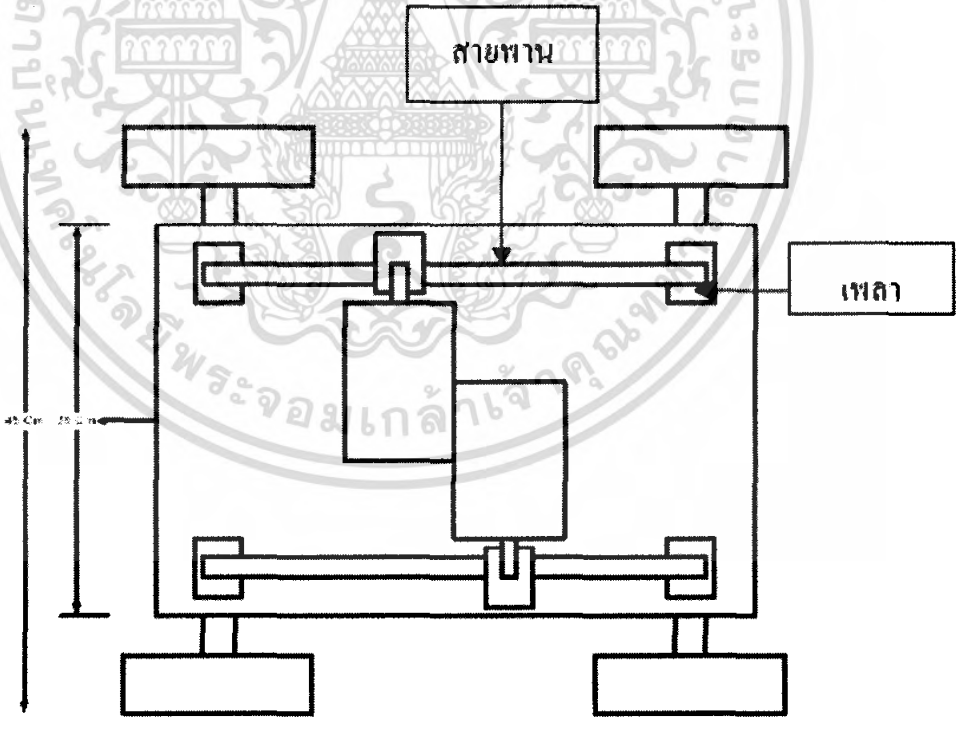


รูปที่ 3.2 มุมมองด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 มุมมองด้านข้าง

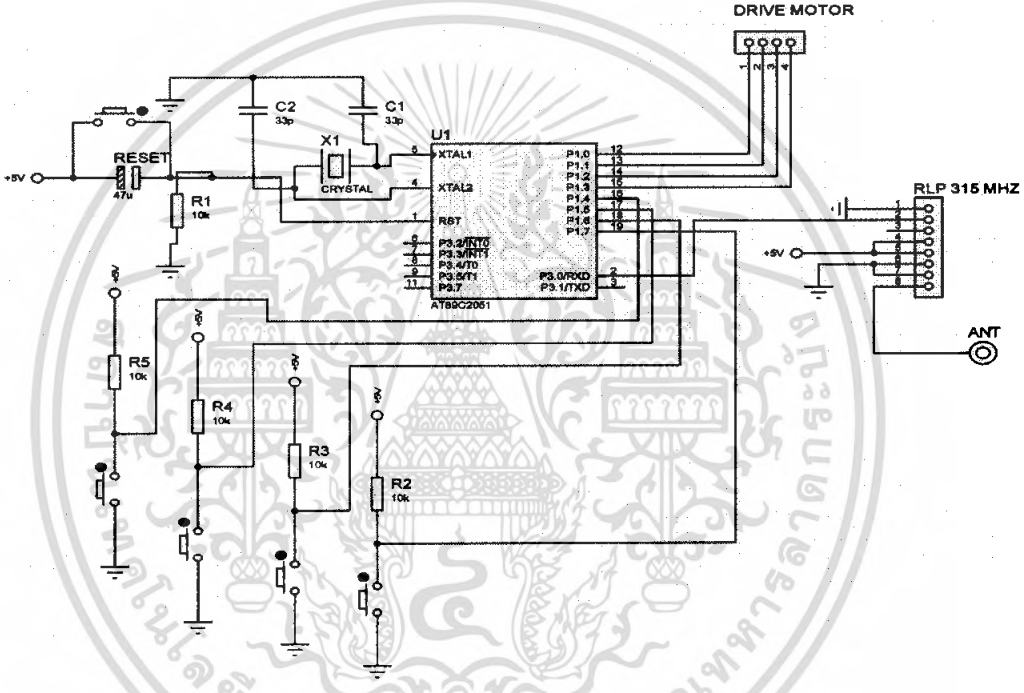


รูปที่ 3.4 มุมมองด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของหุ่นยนต์ จะขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ด้วย DC Motor 2 ตัว ส่งกำลังด้วยสายพาน 4เส้น ขับเคลื่อน 4 ล้อ ควบคุมการทำงาน แบบ ธรรมดา การเลี้ยวจะทำได้โดยให้ มอเตอร์ทำงานหมุนสวนทางกัน

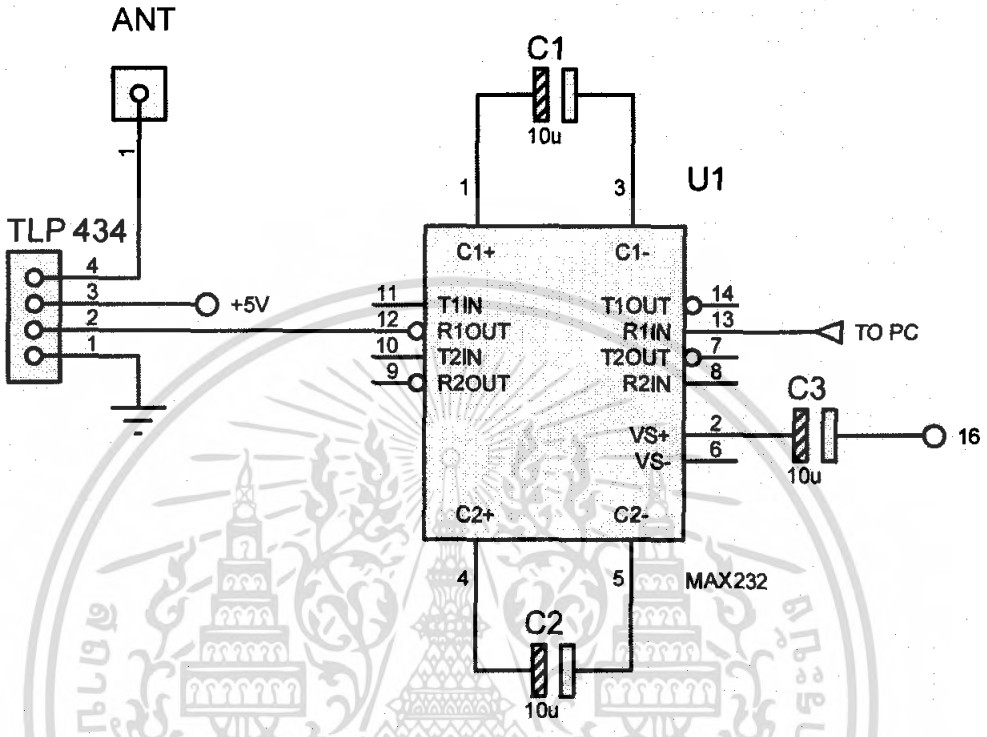
3.3 การออกแบบภาคควบคุมหุ่นยนต์ (ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51)



รูปที่ 3.5 ภาคควบคุมหุ่นยนต์(ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบภาคส่งสัญญาณจากคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.6 วงจรภาค TRANSMITTER

จากรูปที่ 3.5 เป็นการบอกตำแหน่งขาแต่ละพอร์ตของ MCS-51 ที่จะใช้ควบคุม หรือ ใช้รับข้อมูลจากภายนอกโดยสามารถอธิบายได้เป็นส่วนๆดังต่อไปนี้

อินพุท(Input)เป็นส่วนที่รับข้อมูลไปควบคุมเอาต์พุท(Output)ซึ่งควบคุมการหมุนของมอเตอร์ที่ใช้ควบคุมหุ่นจะใช้พอร์ต P1.4 ถึง P1.7

เอาต์พุท(Output) เป็นส่วนที่ส่งข้อมูลไปควบคุมการหมุนของมอเตอร์จะใช้พอร์ต P1.0 ถึง P1.7 โดยจะแยกควบคุมพอร์ต P1.0 และ P1.1 จะควบคุมมอเตอร์ซ้าย พอร์ต P1.2 และ P1.3 จะควบคุมมอเตอร์ขวา

การทำงานของพอร์ต อินพุท(Input) จะมีความสัมพันธ์กันกับพอร์ตเอาต์พุท (Output) ดังนี้

1. เมื่ออินพุต P1.4 เท่ากับ 0(0 volt) จะทำให้เอาต์พุท ‘0101’P1.0 ถึง P1.4 ตามลำดับ
2. เมื่ออินพุต P1.5 เท่ากับ 0(0 volt) จะทำให้เอาต์พุท ‘1010’P1.0 ถึง P1.4 ตามลำดับ
3. เมื่ออินพุต P1.6 เท่ากับ 0(0 volt) จะทำให้เอาต์พุท ‘0110’P1.0 ถึง P1.4 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

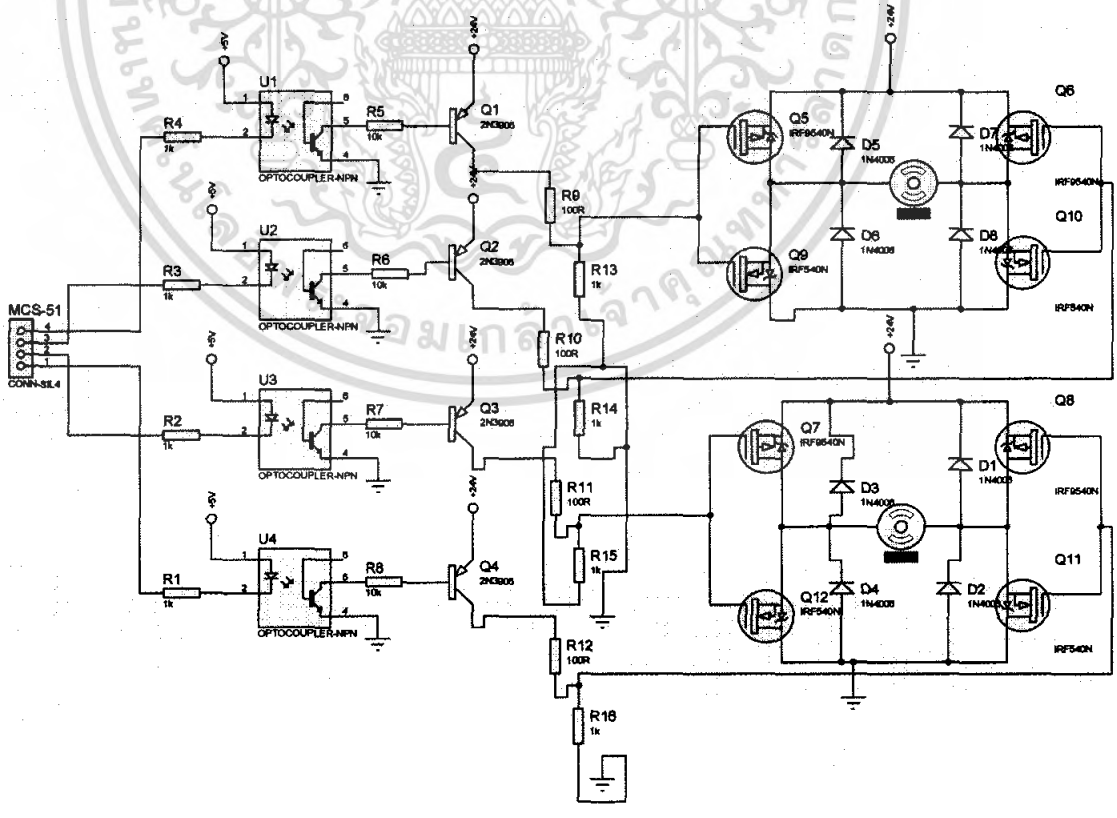
4. เมื่ออินพุต P1.7 เท่ากับ 0(0 volt) จะทำให้เอาต์พุท ‘1001’P1.0 ถึง P1.4 ตามลำดับ

จากรูป 3.6 การส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์จะใช้TRANSMITTER 315 MHZ ในการส่งข้อมูลผ่านพอร์ทอนุกรมไปยังหุ่นยนต์เพื่อรับคำสั่งในการทำงาน จากวงจรภาคส่งเมื่อคอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลเรดิโอเมทริกตัวส่ง (Tx) จากนั้นจะทำการมอดดูเลตกับความถี่ 315 เม็กกะเฮร์ทผ่านสายอากาศไปยังตัวรับ RECEIVER 315 MHZ ไปยังภาครับต่อไป

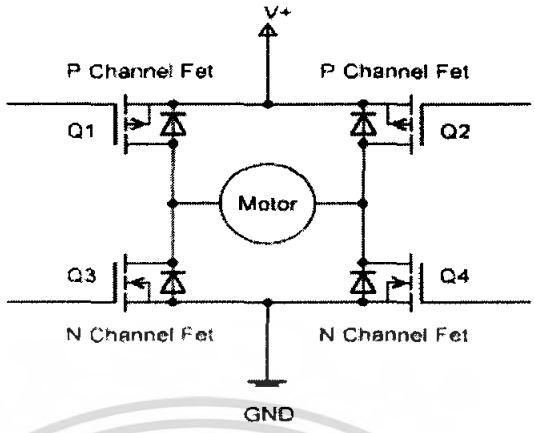
จากรูป 3.8 ภาครับจะมีการรับสัญญาณมาจากสายอากาศที่ขา 8 (Antenna) ของเรดิโอเมททริกที่ตัวรับ (RX) โดยจะแยกความถี่ 315 เมกกะเฮริทออกมาเป็นสัญญาณดิจิตอลออกมาที่ขา 2 (data out) ของเรดิโอเมททริก จากกนั้นภาครับจะส่งสัญญาณออกที่ขา 2 (data out) ไปควบคุมอินพุตของไมโครคอนโทลเลอร์ต่อไป

3.5 การออกแบบภาคควบคุมมอเตอร์

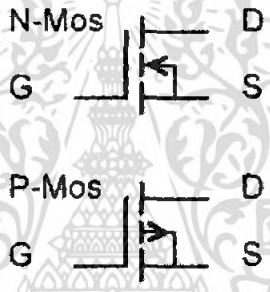
ในโครงงานนี้ ใช้มอเตอร์กระแสตรง ดังนั้นภาคขับมอเตอร์จึงใช้วงจร H-Bridge โดยใช้มอสเฟสชนิด พี-แชลแนล เบอร์ IRF9540 กับ เอ็น-แชนแนล เบอร์ IRF540 ในการควบคุมการไหลของกระแส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจร DRIVE MOTOR



รูปที่ 3.8 สัญลักษณ์ของ MOSFET

โดยเมื่อ Q1 ,Q4 ทำงาน และQ3 , Q2 ไม่ทำงาน จะทำให้มีกระแสไหลจาก Q1 ผ่านมอเตอร์ ไป Q4 ลงกราวด์ มอเตอร์จะหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา

แรงดันตกคร่อม มอสเฟส Q4 (ขณะไม่มีโหลด) $V_{DSn}=I*R_{ds\,(on)}=2A*0.44\Omega=0.88V$

แรงดันตกคร่อม มอสเฟส Q1 (ขณะไม่มีโหลด)

$V_{DSp}=I*R_{ds\,(on)}=2A*0.117\Omega=0.234V$

เมื่อ $R_{DS\,(on)}$ p-mos (IRF9540) $=0.117\Omega$

$R_{DS\,(on)}$ n-mos (IRF540) $=0.44\Omega$

ดังนั้นจะมีแรงดันตกคร่อมที่มอเตอร์เท่ากับ

$$V_{motor}=V_s-(V_{DSp}+V_{DSn})=24V-(0.88V+0.234V)=22.886V$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเมื่อ Q2 ,Q3 ทำงาน และQ1 , Q4 ไม่ทำงาน จะทำให้มีกระแสไหลจาก Q2 ผ่าน มอเตอร์ ไป Q3 ลงกราวด์ มอเตอร์จะหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา

จะมีแรงดันตกคร่อม มอสเฟส Q3 (ขณะไม่มีโหลด) เท่ากับ $V_{DSn}=I*R_{ds\,(on)}=2A*0.44\Omega=0.88V$

จะมีแรงดันตกคร่อม มอสเฟส Q4 (ขณะไม่มีโหลด) เท่ากับ

$V_{DSp}=I*R_{ds\,(on)}=2A*0.117\Omega=0.234V$

เมื่อ $R_{DS\,(on)}$) p-mos (IRF9540) $=0.117\Omega$

$R_{DS\,(on)}$) n-mos (IRF540) $=0.44\Omega$

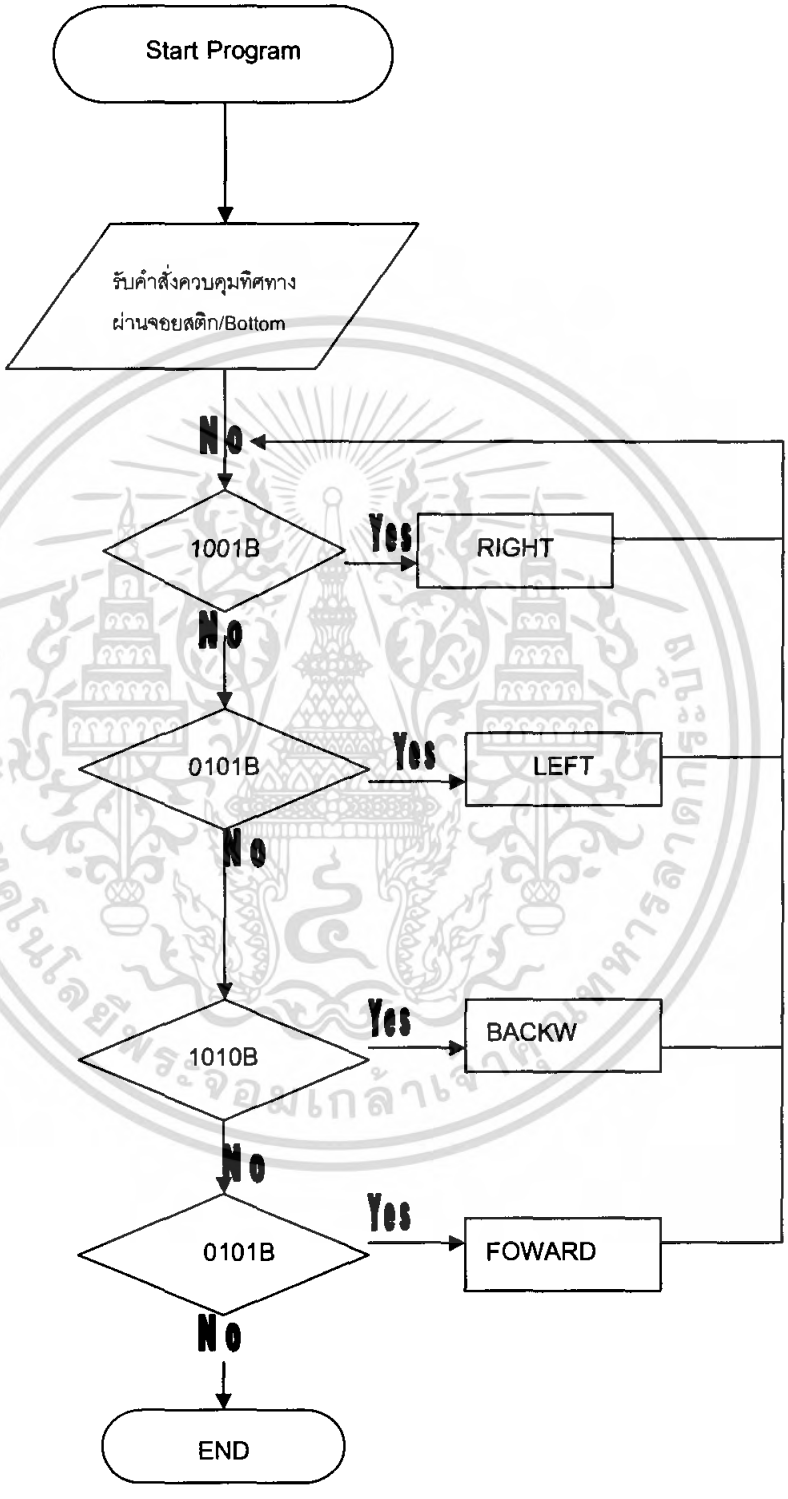
ดังนั้นจะมีแรงดันตกคร่อมที่มอเตอร์เท่ากับ

$$V_{motor}=V_s-(V_{DSp}+V_{DSn})=24V-(0.88V+0.234V)=22.886V$$

ไดโอดจะทำหน้าที่ป้องกันการเสียหายของมอสเฟสจากสนามไฟฟ้าย้อนกลับ(back EMF) จากมอเตอร์ ข้อระวังคือ Q1และ Q3 (Q2 และ Q4) จะต้องไม่ทำงานพร้อมกัน เพื่อป้องกันมอสเฟสเสียหาย การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์จะควบคุมโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีการต่อ Opto-isolate เพื่อแยกระหว่างภาคขับมอเตอร์กับภาคของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อป้องกันการรบกวนจากมอเตอร์กระแสตรง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ซึ่งเขียนโปรแกรมควบคุมการหมุนของมอเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม

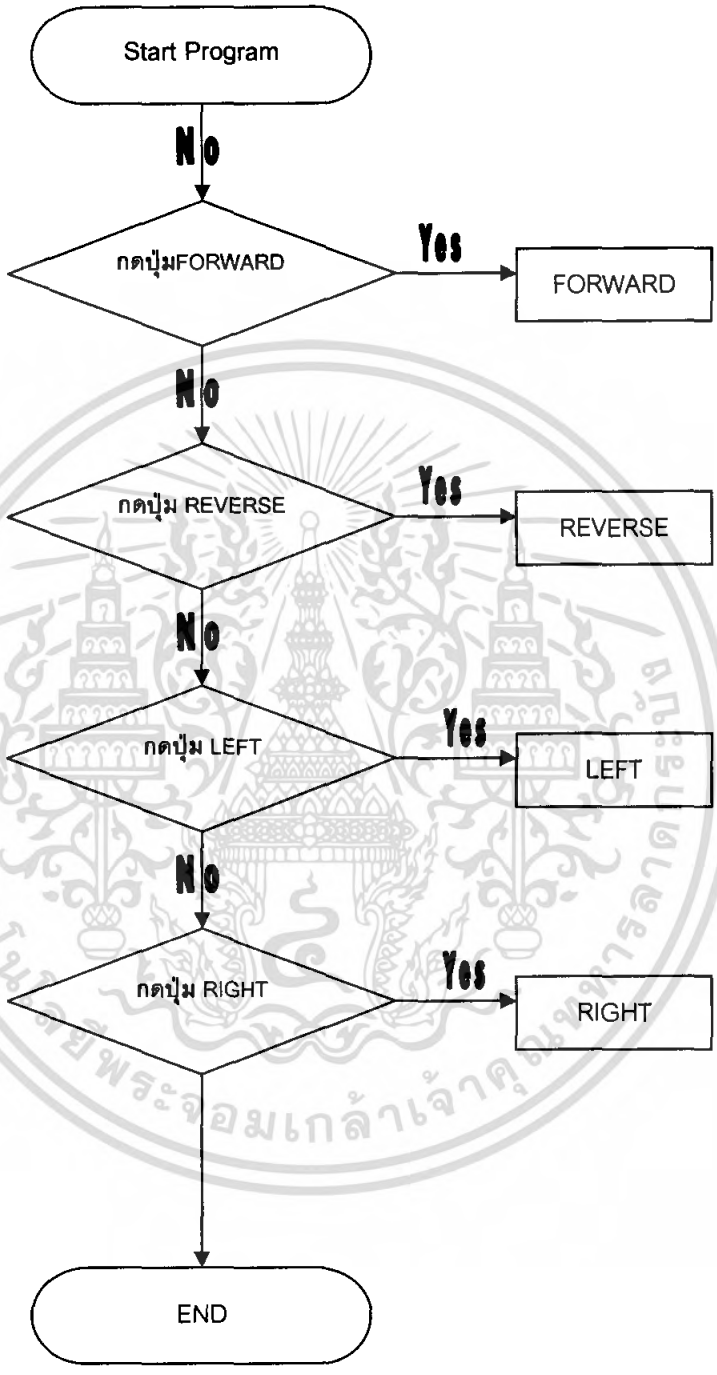
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 3.9 โฟลว์ชาร์ตแสดงการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบ MANUAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 โฟล์วชาร์ทโปรแกรมการควบคุมหุ่นยนต์แบบ AUTO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ส่วนของแขนกล

ในปัจจุบันพบว่าเทคโนโลยีใหม่ๆ มีบทบาทต่อการพัฒนาสังคม หรือแม้แต่การพัฒนาประเทศ เนื่องจากเทคโนโลยีเป็นพื้นฐานสำคัญอย่างหนึ่งในการพัฒนาทางด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านการ แพทย์ การศึกษา การสื่อสารคมนาคม และการรักษาความปลอดภัย เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมาใหม่ ๆ นี้ก็มีจำนวนมากมายและมีความหลากหลาย แต่ในที่นี้เราจะกล่าวถึงเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความสนใจมากในตอนนี้คือ หุ่นยนต์ ซึ่งเราจะสังเกตเห็นได้จากสื่อหลาย ๆ แขนง และบุคคลทุกเพศทุกวัยให้ความสนใจเป็นจำนวนมาก ซึ่งหุ่นยนต์ที่มีในปัจจุบันก็มีการใช้งานอยู่หลายประเภท เช่น หุ่นยนต์ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม หุ่นยนต์ที่เป็นของเล่น และหุ่นยนต์สำรวจ เป็นต้น

ประโยชน์ของหุ่นยนต์ก็จะขึ้นอยู่กับประเภทของหุ่นยนต์ โดยในที่นี้เราจะกล่าวถึงหุ่นยนต์สำรวจที่มีแขนกล โดยแขนกลมีโครงงานนี้ประกอบด้วยแขนจำนวน 1 แขน และ 2 ข้อต่อ ข้อที่หนึ่งมี 2 องศาอิสระเป็นข้อต่อแบบหมุน (Revolute Joins) ข้อต่อที่สองมีหนึ่งองศาอิสระเป็นแบบหมุน

การขับเคลื่อนของข้อต่อทั้งสามส่วนใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการทดรอบในตัว ส่วนควบคุมของโครงงานนี้ประกอบไปด้วย วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง เซ็นเซอร์ตรวจจับมุมองศาของการเคลื่อนที่ของแขนกล และลิมิตสวิตช์ป้องกันการทำงานเกินมุมองศาของแขนกล โครงงานนี้สามารถนำไปใช้ในการศึกษาหลักการทำงานเบื้องต้นของหุ่นยนต์ สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งจะมีประโยชน์ทางด้านการช่วยเหลือหรือการสำรวจพื้นที่ที่เสี่ยงอันตรายซึ่งมนุษย์ไม่สามารถเข้าไปสำรวจได้ ในส่วนของการช่วยเหลือหุ่นยนต์จะช่วยเหลือในด้านการค้นหาและสามารถหยิบจับสิ่งของที่เป็นอันตรายแทนมนุษย์ ดังนั้นหุ่นยนต์สำรวจจึงจำเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ทำให้ต้องมีการวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์ประเภทนี้เป็นอย่างยิ่ง นอกจากประโยชน์ที่ได้รับดังที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว หุ่นยนต์ประเภทนี้ ยังท้าทายความสามารถและต้องใช้ความรู้หลายๆ แขนงในการสร้าง อีกทั้งยังได้สัมผัสกับอุปกรณ์ที่ เป็นเทคโนโลยีใหม่ ๆ จึงทำให้คณะผู้จัดทำมีความสนใจที่จะนำหุ่นยนต์สำรวจตัวนี้มาเป็นโครงงาน ซึ่งโครงงานนี้อาจจะยังไม่สามารถนำไปใช้งานจริง ๆ ได้ เนื่องจากอุปกรณ์ที่นำมาสร้างยังไม่เหมาะสมกับสถานการณ์จริงๆ แต่ก็สามารถนำไปพัฒนาให้ใช้งานจริงๆ ได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 วัตถุประสงค์โครงการ

1. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับหลักการโครงสร้าง และส่วนประกอบต่างๆของแขนกล
2. เพื่อสร้างแขนกลแบบสามองศาอิสระ (3 Degree of Freedom หรือ 3-DOF) โดยใช้มอเตอร์กระแสตรง
3. เพื่อศึกษาระบบควบคุมที่สามารถควบคุมตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
4. เพื่อนำแขนกลที่สร้างขึ้นมาใช้เป็นต้นแบบในการเทียบเคียงสมรรถภาพของตัวควบคุมต่างๆที่นำมาควบคุมแขนกล
5. เพื่อนำแขนกลที่สร้างขึ้นมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาทางด้านการศึกษาและการวิจัยต่อไปในอนาคต

4.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาโครงสร้างและการทำงานของแขนกล
2. ศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกลในรูปแบบต่างๆ
3. ทำการออกแบบลักษณะโครงสร้างและเงื่อนไขการทำงานของแขนกล
4. วิเคราะห์การทำงานและลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล
5. จัดสร้างแขนกล
6. ทดลองการทำงานของแขนกล
7. ปรับปรุงและแก้ไขการทำงานของแขนกล
8. วิเคราะห์และสรุปผลการทำงานที่ได้

4.3 ขอบเขตของโครงงานที่ทำ

1. แขนกลเคลื่อนที่ขึ้นลงตามโปรแกรมสั่งงานได้
2. สามารถหยิบจับสิ่งของที่มีน้ำหนักเบาได้

4.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้รับต้นแบบแขนกล ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสำรวจและจับสิ่งของ
2. ได้รับระบบควบคุมที่สามารถควบคุมตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ได้รับต้นแบบแขนกล ที่สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาทางด้านการศึกษาและการวิจัยระบบควบคุมหุ่นยนต์ต่อไปในอนาคต

4.5 รายละเอียดโดยย่อของโครงงาน

โครงสร้างของแขนกลทำจากอเคลิส (Arcalic) มีขนาดความหนา 10 มิลลิเมตร ประกอบด้วยส่วนฐาน แขนท่อนบน แขนท่อนล่าง ข้อมือหมุนได้0 - 90 องศา มือสามารถจับวัตถุที่มีขนาดเบาได้ โดยใช้โซ่ในการขับเคลื่อนส่งกำลังโดยใช้ดีซีมอเตอร์ ส่วนข้อมือและมือจับจะใช้ Servo Moter ในการควบคุมองศา โดยที่ข้อมือสามารถหมุนได้ 0- 90 องศา การควบคุมองศาของ Moter Servo จะคุมมุม Step ละ 30 องศา

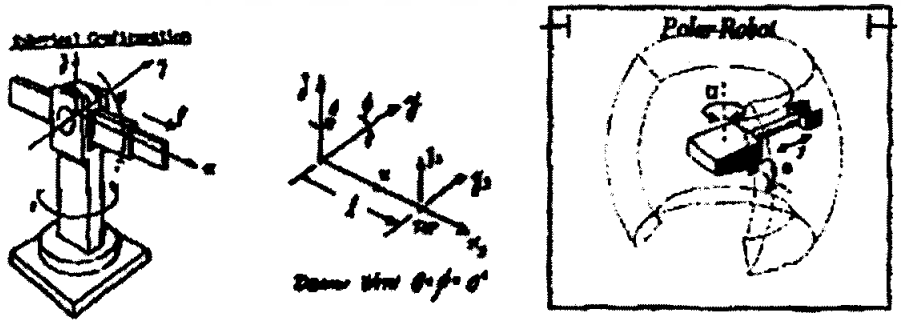
4.6 นิยามของหุ่นยนต์ (Robotics definition)

หุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรที่ถูกควบคุมอัตโนมัติ สามารถเขียนโปรแกรมใหม่ได้ ใช้งานเอนกประสงค์ โปรแกรมการเคลื่อนที่ต้องสามารถโปรแกรมให้เคลื่อนที่ได้อย่างน้อย 3 แกนหรือมากกว่าหุ่นยนต์อาจยึดอยู่กับที่หรือย้ายตำแหน่ง(Mobile)

4.7 การแบ่งชนิดของหุ่นยนต์

โดยทั่วไปการแบ่งชนิดของหุ่นยนต์จะแบ่งตามลักษณะรูปทรงของพื้นที่ทำงาน (Envelope Geometric) การเคลื่อนที่และลักษณะของแขน ซึ่งการทำงานของจุดต่อ (Joint) ของหุ่นยนต์หรือแขนกลแต่ละชนิดแตกต่างกันออกไป แบ่งได้เป็น 4 ชนิดใหญ่ๆ คือ

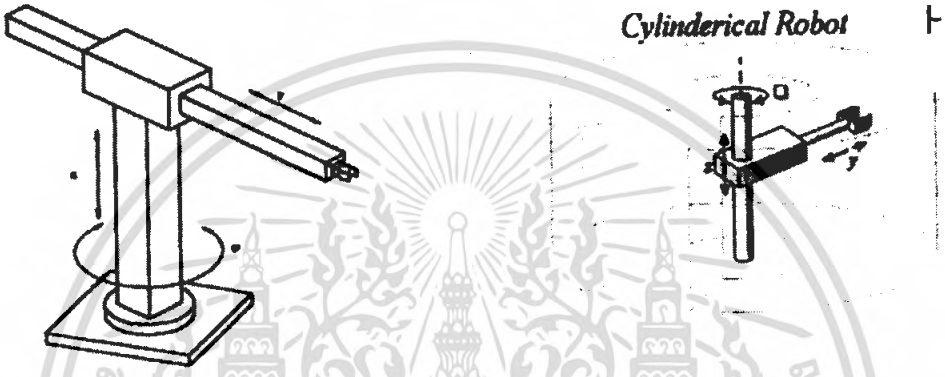
4.7.1 หุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนไหวได้ในระบบพิกัดขั้ว(Polar Coordinate Configuration) หุ่นยนต์ที่มีลักษณะเป็นแบบ โพล่าร์ (Polar) นั้นลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนจะสามารถยกขึ้นลงได้ในแนวดิ่งโดยยกทำมุมกับฐาน สามารถหมุนได้รอบตัว พื้นที่การทำงานจะเป็นแบบทรงกลม ดังนั้นในบางครั้งจึงเรียกว่า " Spherical coordinate" (ดังรูปที่ 5.1)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

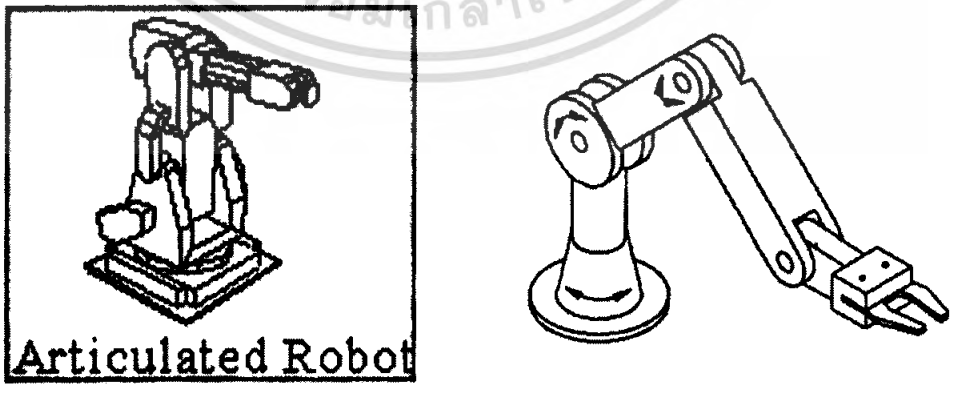
รูปที่ 4.1 แขนกลที่เคลื่อนที่ในระบบพิกัดขั้วหรือพิกัดเชิงกลม

4.7.2 หุ่นยนต์ที่มีลักษณะแบบ ไซเลนดริคัล (Cylindrical coordinate configuration)เคลื่อนที่ขึ้น ข้างบนได้ตามแกนตั้งที่เป็นแกนหลัก และสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้โดยใช้แกนนอน แกนตั้ง สามารถที่จะหมุนได้พื้นที่การทำงานจะเป็นแบบทรงกระบอก (ดังรูปที่ 5.2)



รูปที่ 4.2 แขนกลที่เคลื่อนที่ในระบบพิกัดเชิงขั้ว

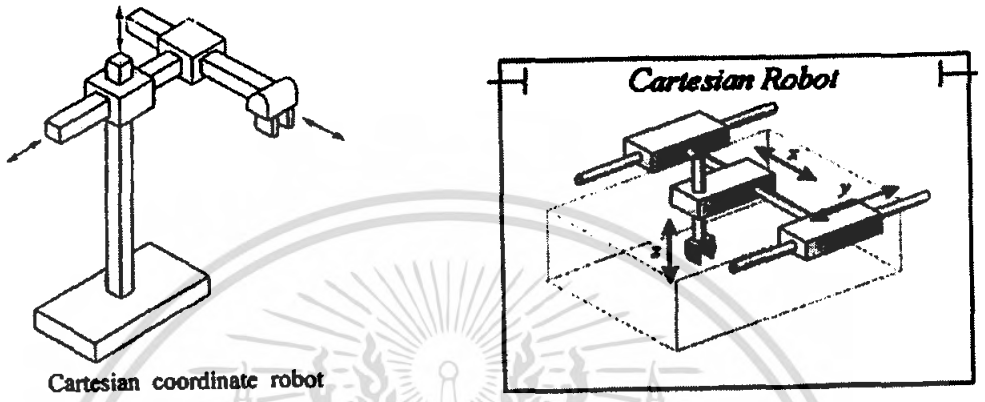
4.7.3 หุ่นยนต์ที่มีลักษณะเป็นแบบ คาร์ทีเซียน Cartesian Configuration) ลักษณะการเคลื่อนที่จะมีแกน 3 แกน เป็นเหมือนแกน X,Y.Z ดังนั้นในบางครั้งจึงเรียกว่า หุ่นยนต์เรดติลิเนียร์ (Rectilinear Robot) พื้นที่การทำงานสามารถที่จะทำงานได้ในส่วนที่เป็นด้านของมือเพียงด้านเดียวเท่านั้นเพราะไม่มีการหมุนของฐาน (ดังรูปที่ 5.3)



รูปที่ 4.3 แขนกลที่เคลื่อนที่ในลักษณะแขนเป็นข้อต่อ

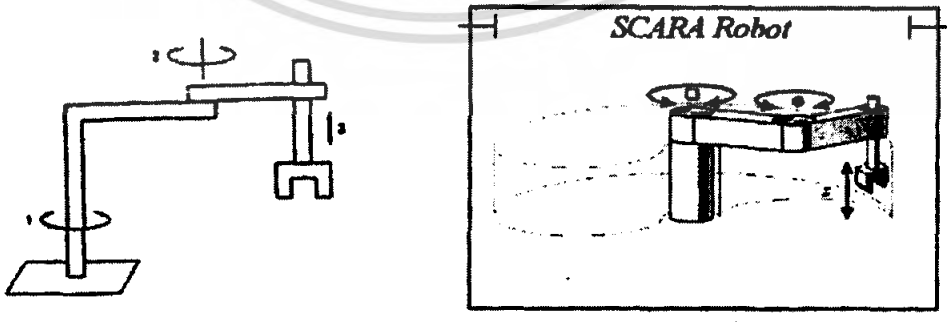
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.4 หุ่นยนต์ที่มีลักษณะเป็น อาร์ติคูเลต(Articulated Configuration) หุ่นยนต์แบบนี้จะมีลักษณะใกล้เคียงกับแขนของมนุษย์ มีข้อหมุนต่างๆ เหมือนกัน ดังนั้นพื้นที่การทำงานจึงสามารถ ที่จะทำงานได้ในทุกตำแหน่งในระยะความยาวของแขน (ดังรูปที่ 5.4)



รูปที่ 4.4 แขนกลที่เคลื่อนที่ในระบบพิกัดคาร์ทิเซียน

4.7.5 แขนกลที่มีการเคลื่อนที่ได้ในระบบพิกัดเชิงกลมหรือหุ่นยนต์ SCARA (Selective Compliance Assembly Robor Arm) มีลักษณะคล้ายหุ่นยนต์พิกัดทรงกลม มีสัญลักษณ์ RRP แต่แกนตั้งทั้ง 3 จะอยู่ในแนวตั้ง โดยข้อที่ 2 ทำให้แขนหมุนรอบแกนตั้งในแนวนอนเหมือนการหมุนของข้อแรก ภาพตัดขวางของแนวนอนในพื้นที่การทำงานค่อนข้างซับซ้อนขึ้นอยู่กับข้อจำกัดในการเคลื่อนที่ของสองแกนแรก (ดังรูปที่ 5.5)



รูปที่ 4.5 แขนกลที่มีการเคลื่อนที่ได้ในระบบพิกัดเชิงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงงานนี้ได้เลือกแบบ อาร์ติคูเลต เป็นต้นแบบในการทำทั้งนี้เพราะว่ามีลักษณะเหมือนแขนของมนุษย์ ซึ้งคนส่วนใหญ่ก็มีความคิดอยู่แล้วว่า หุ่นยนต์ต้องมีลักษณะเหมือนมนุษย์และอีกอย่างในการพัฒนาหุ่นยนต์ชนิด อาร์ติคูเลตนี้สามารถที่จะพัฒนาไปสู่การทำงานได้ดีกว่าชนิดอื่นๆ ข้อดีข้อเสียของแต่ละชนิดนี้แตกต่างกันออกไป เพราะว่าลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน แต่ถ้ามองใน แง่การทำงานที่เป็นแบบซ้ำๆ ที่เดิมตลอด ชนิด คาร์ทีเชียน จะสามารถทำงานได้ดีกว่า (สามารถเคลื่อนที่ไปหาเป้าหมายโดยมีความผิดพลาดน้อยที่สุด แต่ถ้ามองในแง่การเข้าถึงวัตถุชนิดที่เป็นแบบ โพล่าร์ และ อาร์ติคูเลต จะสามารถเข้าถึงวัตถุได้ดีกว่าชนิดอื่น และชนิดที่เป็นแบบ ไซเลนดริคัล จะมีข้อดีในแง่ที่สามารถยกวัตถุได้มากกว่า ในงานทั่งไปแล้วใช้แบบโพล่าร์ และ ไซเลนดริคัล เพราะ 2 ชนิดนี้สามารถที่จะทำงานเป็นแบบ Load และ Unload โดยมีการเคลื่อนที่ของแขนออกไปในด้านข้างได้ดีกว่าชนิดอื่นๆ

4.8 มือของหุ่นยนต์ (Robot end effector)

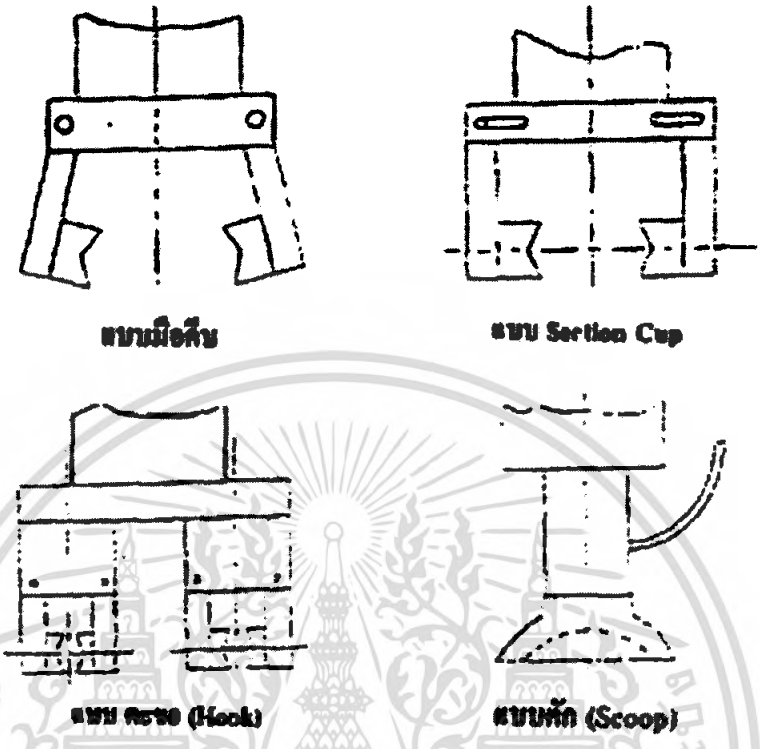
มือจับของหุ่นยนต์คือตัวที่ทำหน้าที่ขั้นสุดท้ายของหุ่นยนต์ มือจับของหุ่นยนต์สามารถแบ่งตามลักษณะของการทำงานได้ดังนี้

4.8.1 แบบมือจับ(Cripper)

Cripper นี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้จับชิ้นส่วนหรือเครื่องมือ โดยการออกแบบมีได้หลายลักษณะทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น

- แบบมือคีบ (อาศัยแรงเสียดทานในการจับ)ใช้งานได้กับวัสดุทุกประเภท แต่หากเป็น วัสดุบอบบางอาจต้องมีอุปกรณ์อื่นช่วยเสริม
- แบบ Suction Cup อาศัยคุณสมบัติการทำให้เกิดสภาพสุญญากาศ เป็นตัวดึงชิ้นงาน ใช้ได้กับวัตถุผิดเรียบเท่านั้น
- แบบ ตะขอ (Hook) สำหรับการลำเลียงของ เช่น ของที่อยู่บนสายพาน ฯลฯ
- แบบ ตัก (SCOOP) สำหรับการลำเลียงของที่เป็นของเหลวหรือฝุ่นผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.6 ลักษณะของมือจับแบบต่างๆ

มือของหุ่นยนต์ที่ชนิดที่เป็นตัวจับมีหน้าที่โดยทั่วไปคือ การจับและการยกวัตถุ สามารถแบ่งออกอีกเป็น 2 ชนิดคือ Single gripper และ Double Gripper

- Single gripper หมายถึง มือจับที่มีการเคลื่อนที่ของนิ้วเพียงข้างเดียวอีกข้างหนึ่งอยู่กับที่
- Double Gripper มีการเคลื่อนที่ของนิ้วทั้ง 2 ข้างเข้าหากัน

มือของหุ่นยนต์ชนิดที่เป็นตัวจับ สามารถแบ่งออกเป็นหลายๆ ชนิดตามลักษณะของตัวควบคุมได้ดังนี้

เมคคานิคกริปเปอร์ (Mechanical gripper)

เมคคานิคกริปเปอร์ คือมือจับที่มีกลไกทาง เมคคานิค เป็นตัวควบคุมนิ้วบางครั้งเรียกว่า จอว์ส (jaws) หน้าที่พื้นฐานของมือจับแบบเมคคานิค คือการส่งถ่ายกำลังจากมือไปสู่วัตถุต้นกำลังอาจใช้ไฟฟ้า , นิวเมติกส์ , เชิงกล หรือ ไฮโดรลิค ลักษณะการจับของมือจับนี้ สามารถที่จะออกแบบการจับได้ 2 อย่างคือ

1. ใช้ลักษณะทางกายภาพ เช่น ต้องการจับวัตถุเป็นทรงกลมตรงปลายมือก็ทำเป็นส่วนโค้งที่ขนาดพอเหมาะกับวัตถุนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้ความเสียดทานรูป นิ้วไม่ได้ออกแบบให้มีลักษณะเหมือนกับรูปทรงของวัตถุแต่อาศัยแรงเสียดทานของนิ้วกับวัตถุโดยมีสมการของแรงเสียดทานคือ

$$\mu N_f Fg = W \quad \text{..... (4.1)}$$

เมื่อ μ = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของนิ้วกับวัตถุ

Nf = จำนวนนิ้วของมือจับ

Fg = แรงจับ

W = น้ำหนักของวัตถุ

สมการ 4.1 นี้ใช้เมื่อแรงโน้มถ่วงมีทิศทางขนานกันกับพื้นที่สัมผัส ถ้าทิศทางของแรงโน้มถ่วงเปลี่ยนไปจะใช้สมการ 2.2 คือ

$$\mu N_f Fg = mg \quad \text{..... (4.2)}$$

เมื่อ m = มวล

g = gravity factor และความเร่ง

g = เมื่อ ความเร่งมีทิศทางตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วง

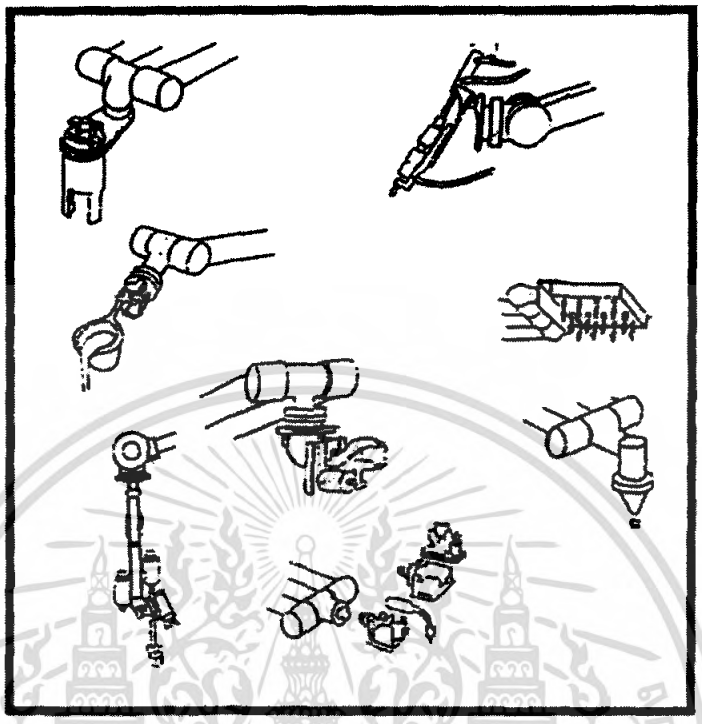
g = เมื่อ ความเร่งมีทิศทางในแนวราบ (ตั้งฉากกับแรงโน้มถ่วง)

g = เมื่อ ความเร่งมีทิศทางเดียวกันกับแรงโน้มถ่วง

4.8.2 แบบมือที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือ (Tools as End Effector)

เนื่องจาก Gripper มีข้อจำกัด ใช้ได้เฉพาะกับงานหยิบจับวัสดุเท่านั้น แต่การใช้งานของหุ่นยนต์มีขอบเขตกว้างขวาง จึงได้มีการออกแบบอุปกรณ์ใช้งานติดเข้าในส่วนปลายหรือส่วนมือนี้ เพื่อใช้ในการทำงานโดยอาจจะเป็นอุปกรณ์ที่ติดตายหรืออาจถอดเปลี่ยนได้ (ดังรูปที่ 4.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.7 ลักษณะของมือที่เป็นอุปกรณ์แบบต่างๆ

4.9 ความแม่นยำของการเคลื่อนที่

ความสำคัญอย่างหนึ่งของการสร้างหุ่นยนต์คือต้องการความแม่นยำในการทำงานแม่นยำของหุ่นยนต์แต่ละตัวขึ้นกับ ตัวแปร 3 ประการคือ

1. สปาเชียนรีโซลูชั่น (Spatial Resolution)
2. แอคคูเรซี (Accuracy)
3. รีพีททีบิลิตี้ (Repeatability)

4.9.1 สปาเชียนรีโซลูชั่น คือช่วงการเคลื่อนที่ที่มีระยะทางสั้นที่สุดที่หุ่นยนต์แต่ละตัวสามารถที่จะทำได้ สปาเชียนรีโซลูชั่นขึ้นอยู่กับ องค์ประกอบสำคัญ 2 ประการคือ

4.9.1.1 ระบบการควบคุม (Control System) ระบบการควบคุมนี้จะรวมถึงการวัดสัญญานป้อนกลับของหุ่นยนต์ด้วย ช่วงการเคลื่อนที่ที่ระบบควบคุมสามารถที่จะทำได้ขึ้นอยู่กับหน่วยความจำหลักของเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่มีความจำ 8 bit จะสามารถที่จะแบ่งช่วงการเคลื่อนที่ออกได้ เป็น 256 ช่วง คือช่วงของการเคลื่อนที่ที่คอมพิวเตอร์แบ่งได้ มีค่าเท่ากับ 2 n เมื่อ n คือหน่วยความจำหลักของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9.1.2 ความคลาดเคลื่อนเชิงกล (Mechanical Inaccuracy) ความคลาดเคลื่อนเชิงกลของหุ่นยนต์แต่ละตัวขึ้นอยู่กับลักษณะของ ข้อหมุน (joint) และข้อต่อ (link) และระบบต้นกำลังของหุ่นยนต์ตัวนั้นด้วย

4.9.2 แอคคูเรซี คือตัวที่แสดงถึงความสามารถของหุ่นยนต์ในการที่เคลื่อนที่เข้าใกล้จุดเป้าหมายตามที่เราสั่ง แอคคูเรซี สามารถที่จะกำหนดให้อยู่ในเทอมของ สปาเชียนรีโซลูชั่น ได้ทั้งนี้เพราะว่าการเคลื่อนที่ให้เข้าใกล้จะเป้าหมาย ก็ต้องขึ้นอยู่กับช่วงของการเคลื่อนที่ว่า มีความละเอียดมากน้อยเพียงใด ในการทำงานเราต้องวางจะที่เราต้องการให้หุ่นยนต์ทำงานอยู่ระหว่างกลางของตำแหน่งการเคลื่อนที่ ของหุ่นยนต์ทั้งนี้เพราะว่าความคลาดเคลื่อนเชิงกลมีผลต่อความแม่นยำของหุ่นยนต์

4.9.3 รีพีททีบิลิตี้ คือความสามารถของหุ่นยนต์ในการกลับมาทำงานซ้ำที่เดิม

4.10 รายละเอียดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สามารถแบ่งออกได้ 2 ส่วน คือ

4.10.1 การเคลื่อนที่ของตัวและแขน (body and arm)

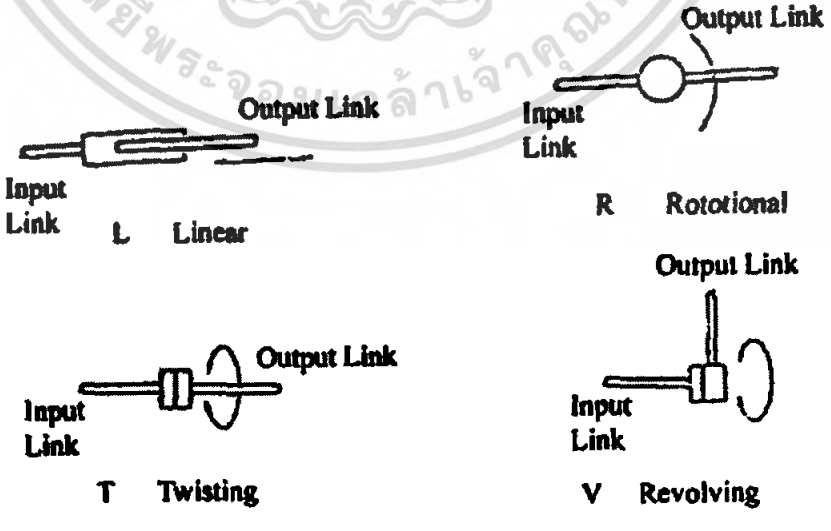
การเคลื่อนที่ของตัวและแขนแบ่งตามลักษณะของหมุนได้ดังนี้

5.10.1.1 การเคลื่อนที่แบบเส้นตรง (Linear)

5.10.1.2 การเคลื่อนที่แบบหมุนรอบจุดหมุน (Rotational)

5.10.1.3 การเคลื่อนที่แบบบิดรอบจุดหมุน (Twisting)

5.10.1.4 การเคลื่อนที่แบบหมุนตั้งฉาก (Revolving)



รูปที่ 4.8 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนแบบต่าง ๆ

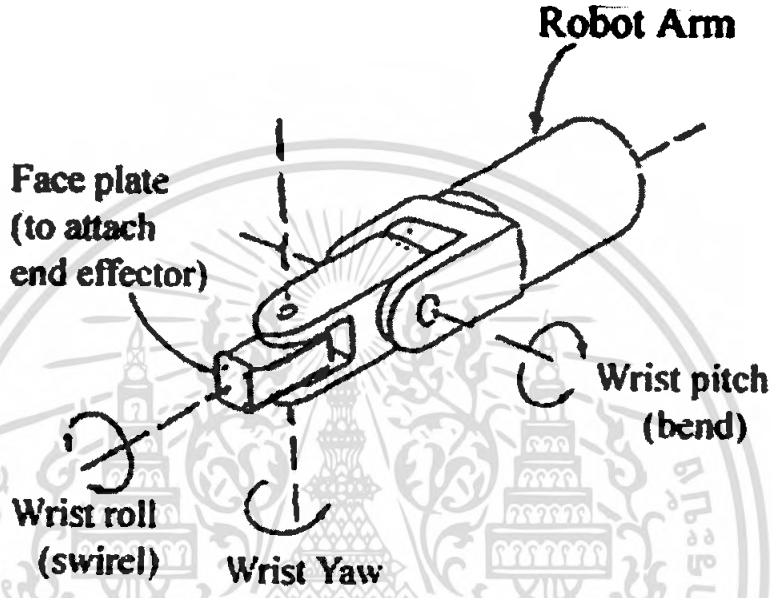
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10.2 การเคลื่อนที่ของมือ

2.5.2.1 หมุน (Rool) บางครั้งเรียกว่า Swival ข้อมือหมุนรอบแกนของแขน

2.5.2.2 การบิดของข้อมือ (Wrist Bend) เช่นการยกขึ้นยกลง

2.5.2.3 การหันแหข้อมือ (Wrist Yaw) โดยหันไปทางซ้ายหรือขวา



รูปที่ 4.9 การเคลื่อนที่ของมือ

4.11 การสั่งงาน

การสั่งงานให้หุ่นยนต์ทำงานตามที่กำหนดนี้ อาจทำได้ในหลายลักษณะ คือ

1. แบบ Manual
2. Lead Through
3. แบบการสั่งงานด้วยโปรแกรม

4.11.1 การสั่งงานแบบ Manual

การสั่งงานแบบนี้เป็นการสั่งงานที่ง่ายที่สุด และใช้กันมากในการสั่งงานให้หุ่นยนต์ทำงานแบบจากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่ง (Point-To- Point) โดยวิธีการจะเป็นการเคลื่อนที่แกนต่างๆ ไปยังตำแหน่งที่ต้องการโดยการกดปุ่มบังคับ ดังนั้นลักษณะนี้จึงคล้ายกับการ SetUp มากกว่าการโปรแกรม กล่าวคือมีการเคลื่อนไปยังจุดเริ่มต้นแล้วก็กำหนดค่าไว้ จากนั้นก็เคลื่อนไปยังตำแหน่งต่อไป แล้วกำหนดค่าไว้ ฯลฯ โดยค่าที่กำหนดไว้นี้จะเก็บไว้ในหน่วยความจำ เรียกออกมาใช้ได้ในภายหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11.2 การสั่งงานแบบ Lead Through

การสั่งงานแบบนี้คล้ายๆ กับการจับมือหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ไปตามแนวที่ต้องการในลักษณะที่เป็นการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่องแล้วจึงเก็บค่าตำแหน่งต่างๆ ที่เคลื่อนที่ไปพร้อมกับความเร็วที่เคลื่อนที่ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำได้ เนื่องจากข้อจำกัดในแง่เทคนิค (อาทิเช่นระบบเกียร์ ฯลฯ) ดังนั้นจึงมีผู้คิดค้นอุปกรณ์ซึ่งเลียนแบบแขนหุ่นยนต์โดยสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ ได้ อุปกรณ์นี้มีชื่อเรียกว่า Robot Simulator ซึ่งการทำงานก็ใช้หลักการข้างต้นกล่าวคือ ผู้สั่งงานจะเลื่อนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยมีแนวทางการเคลื่อนที่กำหนดได้โดยตำแหน่งต่างๆจะเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ ซึ่งวิธีนี้พบว่าเป็นการโปรแกรมโดยตรงวิธีหนึ่ง ซึ่งข้อเสียก็มีบ้างอาทิ เช่น ความละเอียดไม่ดี ไม่สามารถกำหนดความเร็วได้ ต้องการซื้อ Simulator มาเพิ่มเข้ากับระบบเป็นการสิ้นเปลืองและหากการสั่งการผิดพลาดอาจต้องทำใหม่ทั้งหมด ฯลฯ

4.11.3 การสั่งงานด้วยโปรแกรม

การสั่งงานให้หุ่นยนต์ทำงานโดยใช้การเรียกโปรแกรมสั่งงานนี้ จะเป็นการให้ข้อมูลกับหุ่นยนต์เพื่อให้แขนของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการและทำงานตามที่กำหนด โดยในปัจจุบัน ได้มีผู้เขียนภาษาคอมพิวเตอร์แล้วส่งไปควบคุมหุ่นยนต์อีกต่อหนึ่ง

4.12 องค์ประกอบที่ใช้ในการสร้างแขนกล

4.12.1 โครงสร้างของระบบควบคุมแขนกล

สามารถแบ่งโครงสร้างของระบบออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

4.12.1.1 ส่วนตรวจจับ (Sensor & Encoder)

เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในระบบที่มีการป้อนกลับ ตัวตรวจจับที่ใช้กันมากนระบบควบคุม เช่น โพเ ทนทิโอมิเตอร์ (Potentiometer) ออบทิคอล เอ็นโคดเดอร์ (Optical encoder) เป็นต้นโดยสัญญาณอนาล็อกจากส่วนตรวจจับนี้ถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล หลังจากนั้นจะถูกส่งไปยังหน่วยประมวลผลกลางต่อไป

4.12.1.2 หน่วยประมวลผลกลางและควบคุม ได้แก่ คอมพิเตอร์(Computer) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ที่ใช้ในการควบคุการทำงานของแขนกล โดยหน่วยประมวลผลกลางและควบคุมนี้จะรับสัญญาณป้อนกลับจากส่วนตรวจจับมาใช้ในการประมวลผลแล้วส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของแขนกลต่อไป

4.12.1.3 วงจรขับมอเตอร์ เป็นวงจรที่ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ซึ่งเป็นอุปการณ์ที่ทำให้แขนกลเกิดการเคลื่อนไหว มอเตอร์จะถูกติดตั้งสำหรับควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่างๆ ของแขนกล โดยวงจรขับมอเตอร์จะได้รับสัญญาณควบคุมากรทำงานจากหน่วยประมวลผลกลางและควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

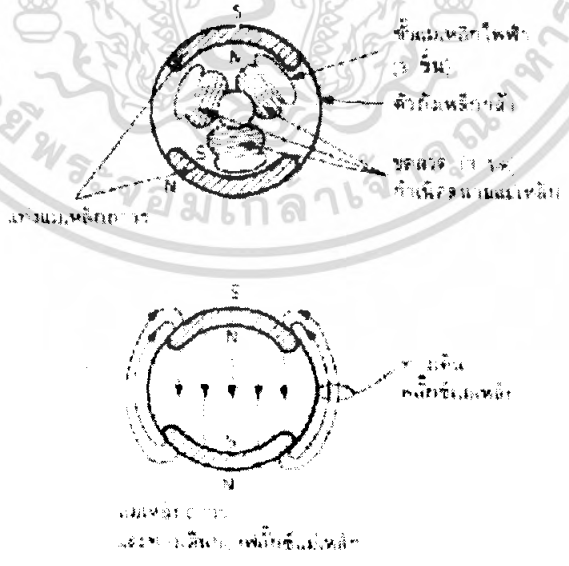
4.12.2 อุปกรณ์ตรวจจับที่ใช้หลักการตัดแสง (Interruption Senser)

ส่วนประกอบที่สำคัญของตัวตรวจจับบบนี้คือ แอลอีดีอินฟาเรด (LED Infared) และโฟโตทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) โดยจะจัดวางตำแหน่งของแอลอีดีอินฟาเรดและโฟโตทรานซิสเตอร์ให้หันหน้าเข้าหากันโดยให้มีช่องแคบๆ ลำแสงอินฟาเรดจากแอลอีดีจะส่งผ่านช่องว่างมากระทบกับทรานซิสเตอร์ ทำให้ทำงมนตลอดเวลา อต่เมื่อใดที่มีวตถุทึบแสงมาตัดผ่านในช่องว่าง จะทให้แสงที่กระทบกับโฟโตทรานซิสเตอร์ขาดหายไปและทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์หยุดการทำงานทันที

การใช้งานตัวตรวจจับแบบนี้จะต้องใช้ร่วมกับจานเข้ารหัสที่มีขนาดพอเหมาะและไม่บิดเบี้ยว เพื่อป้องกันการเสียดสีระหว่างจานเข้ารหัสและตัวตรวจนับในช่องแคบ จานเข้ารหัสที่ใช้จะเป็นวัตถุทึบแสงและมีการเจาะรูเป็นช่องเพื่อให้แสงผ่านได้เป็นช่วงๆ การทำงานของตัวตรวจจับแบบใช้กลักการตัดแสงจะให้ความแน่นอนสูงเพราะไม่ตอ้งอาศัยการสะท้อนแสง แต่ก็มีข้อเสีย คือ ไม่สามารถทำงานในพื้นที่ที่มีแสงสว่างมาก ๆ ได้ เพราะแสงจากแหล่งอื่นจะตกกระทบโฟโตทรานซิสเตอร์จนไม่สามารถตรวจจับแสงได้ เพื่อแก้ไขปัญหานี้อุปกรณ์ตรวจจับที่ใช้หลักการตัดแสงจะต้องมีชิลด์ (Shield) เพื่อป้องกันแสงจากแหล่งภายนอกด้วย

4.12.3หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรงจะมีหลักการทำงานโดยวิธีการผ่านกระแสให้กับขดลวดในสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็ก โดยส่วนของแรงนี้จะขึ้นอยู่กับกระแสและกำลังของสนามแม่เหล็ก



โครงสร้างเบื้องต้นของมอเตอร์กระแสตรง

รูปที่ 4.10 แสดงโครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์กระแสตรง

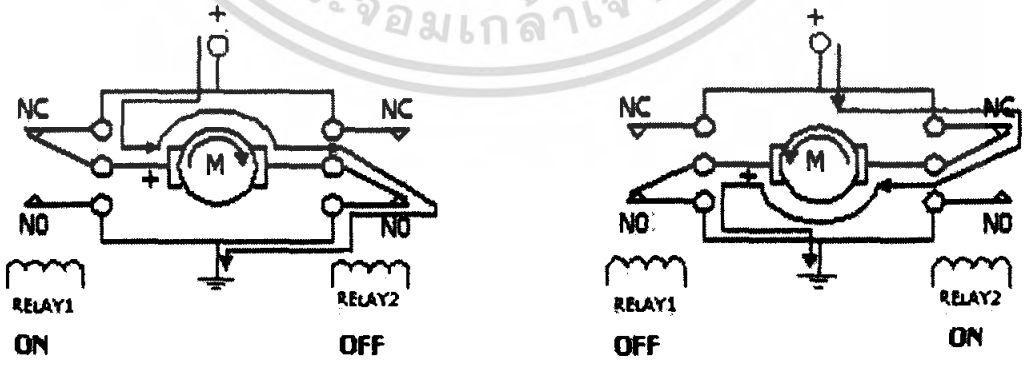
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากในรูปทางเดินของฟลั๊กซ์แม่เหล็ก และสนามแม่เหล็กจะเกิดจากแท่งแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ 2 ชิ้นที่ขึ้นรูปเป็นแบบโค้งยึดติดกับตัวถังได้พอดี เพื่อที่จะให้เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งเข้าสู่ใจกลางของมอเตอร์ได้ ดังนั้นความเข้มของแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับขนาดความหนาของแม่เหล็กด้วย ซึ่งส่งผลให้ฟลั๊กซ์แม่เหล็กวิ่งไปบนตัวถังโลหะ กระแสไฟฟ้าในขดลวดที่พันกับทุ่นโรเตอร์ก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และต้านกับสนามแม่เหล็กถาวร จึงเกิดเป็นแรงบิดเพื่อที่จะหมุนทุ่นโรเตอร์ให้ไปในทิศทางเดียวกันกับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่มีแรงมากกว่า กระแสก็จะไหลผ่านไปยังทุ่นโรเตอร์ โดยผ่านแปรงถ่าน ซึ่งจะสัมผัสกับแหวนตัวนำในทุ่นโรเตอร์ และแหวนคอมมิวเตเตอร์ ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็น 3 เซกเมนต์เพื่อที่จะทำหน้าที่นำกระแสเข้าขดลวดนั้นเองการขับและกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR)

4.12.3.1 การขับและการกลับทิศของมอเตอร์กระแสตรง

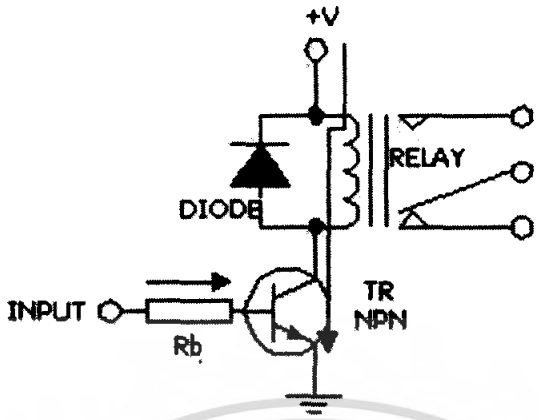
ในการใช้ไอซีไมโครคอนโทรเลอร์เป็นตัวควบคุมการหมุน และทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงนั้น เราจะต้องมีส่วนของวงจร ที่เรียกว่าวงจรขับมอเตอร์ (Driver) ในส่วนของวงจรกลับทิศทางของมอเตอร์นั้น สามารถที่จะใช้รีเลย์ต่อวงจร สวิตซ์เพื่อกลับทิศทางของขั้วไฟกระแสตรง หรืออาจใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เป็นวงจรขับกำลังเช่น ทรานซิสเตอร์ มอสเฟต แล้วแต่วิธีที่เราจะเลือกใช้งาน

จากรูปเป็นการใช้รีเลย์ควบคุมการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยการควบคุมการปิด - เปิดที่รีเลย์ 2 ตัว ซึ่งจะทำหน้าที่กลับทิศทางของขั้วไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ โดยการสลับการทำงานของรีเลย์ เช่นให้รีเลย์ตัวที่ 1 ทำงาน (ON) และรีเลย์ตัวที่ 2 หยุดทำงาน (OFF) จะทำให้มอเตอร์หมุนไปทางซ้าย และในทำนองเดียวกันถ้าหากรีเลย์ตัวที่ 1 หยุดทำงาน (OFF) และรีเลย์ตัวที่ 2 ทำงาน (ON) ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา (ดังรูปที่ 5.11)



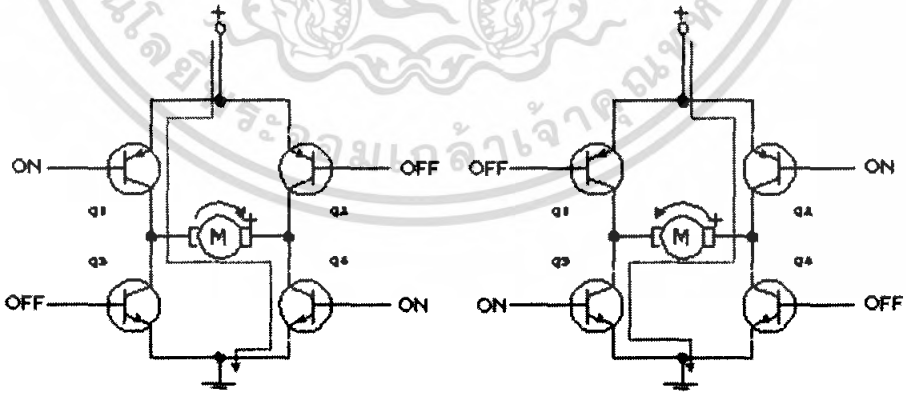
รูปที่ 4.11 แสดงการกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อขับรีเลย์ให้ทำงาน

จากรูปเป็นวงจรขับรีเลย์โดยใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายกระแส ด้วยเหตุผลเพราะไม่สามารถจะใช้ขา เอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ป้อนกระแสไฟที่ขดลวดของรีเลย์โดยตรงได้ เนื่องจากว่ากระแสที่จ่ายออกมาจากขาเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์มีค่าน้อยเกินไป ดังนั้น เราจึงต้องมีส่วนของวงจรทรานซิสเตอร์เพื่อที่จะทำการขยายกระแสให้เพียงพอในการป้อนให้กับขดลวดของรีเลย์ ส่วนไดโอดนำมาต่อไว้สำหรับป้องกันแรงดันย้อนกลับที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กในขณะเกิดการยุบตัว ซึ่งอาจจะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้



รูปที่ 4.13 แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรขับและกำหนดทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปเป็นวงจรลิเนียร์บริดจ์แอมป์ ซึ่งจะประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์กำลัง 4 ตัวที่ทำหน้าที่ขับ และควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ถ้าหากกำหนดให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 อยู่ในสภาวะทำงาน (Active) กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านทรานซิสเตอร์จากซ้ายไปขวา โดยผ่านมอเตอร์ กระแสตรงทำให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา ในทำนองเดียวกันถ้าหากเราทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 อยู่ในสภาวะทำงาน (Active) กระแสไฟฟ้าก็จะไหลจากทางขวาไปทางซ้ายซึ่งจะส่งผลให้มอเตอร์กลับทิศทางการหมุนจากทางขวาไปทางซ้าย

4.12.3.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งอาจจะใช้วิธีการควบคุมแบบพื้นฐานทั่วไปเช่นการควบคุมด้วยวิธีการใช้ตัวต้านทานปรับค่าโดยต่ออนุกรมกับมอเตอร์ หรือใช้ วิธีการการควบคุมโดยการเปลี่ยนค่าของระดับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ แต่การควบคุมในวิธีดังกล่าวถึงแม้ว่าจะควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้คงที่ได้ แต่ที่ความเร็วต่ำจะส่งผลให้แรงบิดต่ำไปด้วย ดังนั้นเราจึงเลือกใช้วิธีการควบคุมโดยการจ่ายกระแสไฟให้กับมอเตอร์เป็นช่วงๆ โดยอาศัยกระแสไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ให้เป็นค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง ซึ่งเราเรียกว่าวิธีการของการมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation)

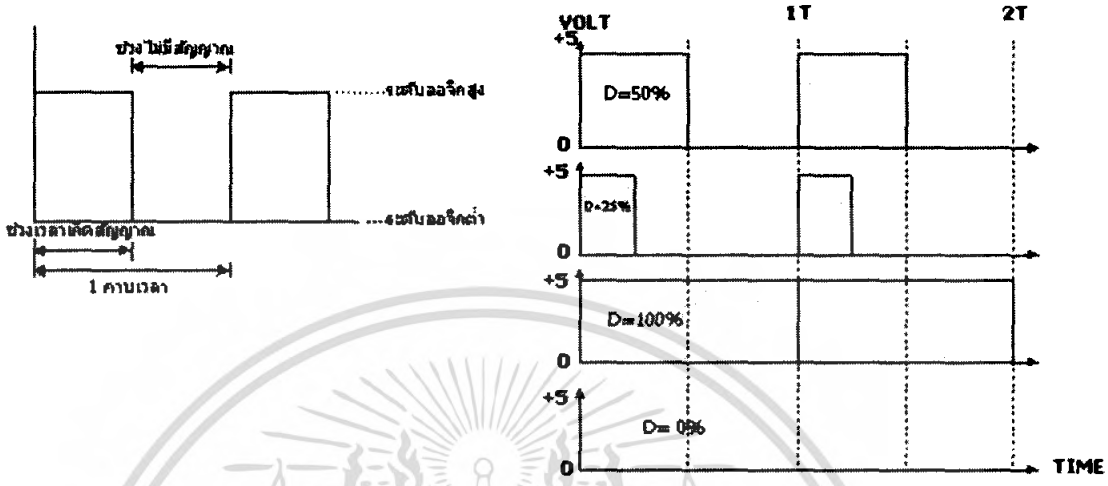
4.12.3.3 วิธีการมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ (PWM)

การมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation) จะเป็นการปรับเปลี่ยนที่สัดส่วน และความกว้างของสัญญาณพัลส์ โดยความถี่ของสัญญาณพัลส์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ค่าของดิวตี้ไซเกิล (duty cycle) นั้นเอง ซึ่งค่าของดิวตี้ไซเคิล คือช่วงความกว้างของพัลส์ที่มีสถานะลอจิกสูง โดยคิดสัดส่วนเป็นเปอร์เซตน์จากความกว้างของพัลส์ทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับเท่ากับ 50% ก็หมายถึงใน 1 รูปสัญญาณพัลส์จะมีช่วงของสัญญาณที่เป็นสถานะลอจิกสูงอยู่ครึ่งหนึ่ง และสถานะลอจิกต่ำอยู่อีกครึ่งหนึ่ง ดังรูป 5.14 และในทำนองเดียวกันถ้าหากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่ามาก หมายความว่าความกว้างของพัลส์ที่เป็นสถานะลอจิกสูงจะมีความกว้างมากขึ้น หากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 100% ก็หมายความว่าจะไม่มีสถานะลอจิกต่ำเลย ซึ่งค่าดิวตี้ไซเคิลสามารถ จะหาได้จากค่าความสัมพันธ์ดังนี้

ค่าดิวตี้ไซเคิล = (ช่วงของสัญญาณพัลส์/คาบเวลาทั้งหมดของสัญญาณ)

X100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.14 แสดงความกว้างของสัญญาณพัลส์วิธมอดูเลชั่น

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เป็นทรานสดิวเซอร์ (Transducer) แรงบิดซึ่งมีการออกแบบให้มีคุณลักษณะพิเศษ คือ แรงบิดของเพลามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์เมเจอร์ (Armature Current) แรงบิดของเพลาของมอเตอร์จะได้จากผลระหว่างสนามแม่เหล็กและขดลวดตัวนำ หลักการในที่นี้กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำจะสร้างฟิลด์ (Field) ที่ประกอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก ความสัมพันธระหว่างแรงบิดของเพลาและกระแสเท่ากับ

$$T = K\phi I$$

เมื่อ T คือแรงบิดของเพล่า มีหน่วยเป็น นิวตัน – เมตร (N – m)

ϕ คือเส้นแรงแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เวบอร์ (vabor)

I คือกระแส มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (Ampare)

K คือค่าคงที่

ดังนั้นแรงบิดของเพล่าจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของเส้นแรงแม่เหล็กและกระแสเมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กก็จะทำหเกิดโวลท์เต็จ (Voltage) ตกคร่อมตัวมันเองโวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เต็จนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลาของมอเตอร์และด้านการไหลของกระแส ความสัมพันธ์ระหว่างโวลท์เต็จย้อนกลับนี้และความเร็วของเพลามอเตอร์ คือ

$$E = K\phi\omega$$

เมื่อ E คือโวลท์เต็จย้อนกลับ emf มีหน่วยเป็นโวลท์ (Volt)

ϕ คือเส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็น เวเบอร์ (vabor)

ω คือความเร็วของมอเตอร์ มีหน่วยเป็นเรเดียน/วินาที (radian / sec)

K คือค่าคงที่

4.12.3.4 การแยกประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับพื้นฐานการอฮกแบบโครงสร้างของอาร์เมเจอร์ การแบ่งประเภทตามลักษณะการจ่ายสนามแม่เหล็กแยกออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าคงที่

ถ้าเราจะพิจารณาแยกประเภทตามลักษณะการออกแบบโครงสร้างอาร์เมเจอร์สามารถแยกออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็ก
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอาร์เมเจอร์ที่มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว
3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดหมุน

นอกจากนี้ยังมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสครงชนิดพิเศษอีกแบบหนึ่งคือ แบบไม่มีแปรงถ่านซึ่งมีหลักการทางเทคโนโลยีเหมือนกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดมีแปรงถ่านยกเว้น การคอมมิวเตชั่น (Commutation) กระทำโดยเทคนิคทางอิเล็กทรอนิกส์แทนที่จะกระทำโดยวิธีการทางเชิงกล

4.12.3.5 พื้นฐานของระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบคอนโทรลดีซีมอเตอร์ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วน คือ

1. ตัวคอนโทรลเลอร์
2. วงจรไดรเวอร์หรือเพาเวอร์แอมปลิไฟ (Power Amplifier)
3. ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์ (Feedback Transducer) หรือเอ็นโคดเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ดีซีมอเตอร์และโหลด (Load)

- ตัวคอนโทรลเลอร์ เป็นส่วนของระบบที่ทำให้เกิดสัญญาณคอนโทรลไปบังคับดีซีมอเตอร์และโหลด คอนโทรลเลอร์ที่ทำให้สัญญาณคอนโทรลเป็นสัญญาณอนาลอก เราเรียกว่าอนาลอกคอนโทรลเลอร์ (Analog Controller) ส่วนคอนโทรลเลอร์ที่ให้สัญญาณคอนโทรลเป็นสัญญาณดิจิตอล เราเรียกวาดิจิตอลคอนโทรลเลอร์ (Digital Controller)

- วงจรไดรเวอร์ (Driver) เป็นส่วนประกอบของระบบที่อยู่ระหว่างตัวคอนโทรลเลอร์กับดีซีมอเตอร์และโหลด มีหน้าที่ปรับรูปและขยายสัญญานให้เหมาะสมก่อนที่จะป้อนเข้าไปขับดีซีมอเตอร์และโหลดวงจรไดรเวอร์ส่วนใหญ่ ได้แก่ เพาเวอร์แอมปลิไฟซึ่งอาจแบ่งย่อยออกเป็นลิเนียร์เพาเวอรีแอมปลิไฟ (Linear Power Amplifier) และพัลซ์วิดโมดูเลชั่นแอมปลิไฟ (PWM Amplifier)

- ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์หรือเอ็นโคดเดอร์ เป็นส่วนที่ใช้รับรู้หรือดีเท็คสัญญาณเอาท์พุทที่ต้องการ โดยไม่มีผลของการโหลดดิ้ง (Loading) สัญญาณที่ดีเท็คได้นี้จะป้อนกลับไปเปรียบกับสัญญาณอ้างอิงทำให้ได้สัญญาณเออเรอร์ (Error) ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ อนาลอกทรานสดิวเซอร์ ได้แก่ ทาโคเยนเนอเรเตอร์ โพเทนทิโอมิเตอร์ เป็นต้น ส่วนฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์อีกแบบหนึ่งคือดิจิตอลทรานสดิวเซอร์ (Digital Transducer) เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานรูปหนึ่งให้เป็นสัญญาณดิจิตอล

- ดีซีมอเตอร์และโหลด คือระบบที่ถูกคอนโทรลหรือส่วนที่ออกแรงทำงานซึ่งจะเป็นเครื่องจักรกล (ดีซีมอเตอร์) หรืออะไรก็ตามที่ให้ตัวแปร ดีซีมอเตอร์ในที่นี้เป็นแบบแม่เหล็กถาวรที่มีคุณสมบัติการทำงานสูง มีอาร์เมเจอริอินดัคแต้นซ์และแรงเฉื่อยของโรเตอร์ต่ำ

4.12.3.6 ลักษณะการควบคุมของระบบดีซีมอเตอร์

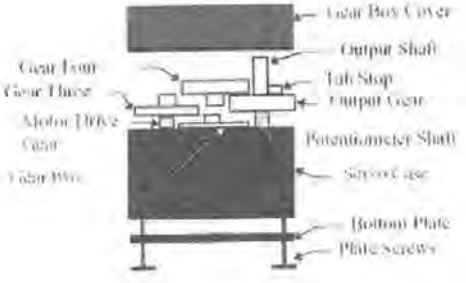
ระบบการคอนโทรลดีซีมอเตอร์สามารถที่จะจำแนกการคอนโทรลออกได้เป็น 2 แบบ คือ ระบบอนาลอกคอนโทรลและระบบดิจิตอลคอนโทรล

ระบบดิจิตอลคอนโทรล คือระบบที่คอนโทรลลูปมีฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์เป็นดิจิตอลทรานสดิวเซอร์ซึ่งสามารถวัดค่าไดนามิควาริเอเบิล (Dynamic Variable) อกกเป็นสัญญาณดิจิตอลหรือในรูปของสัญญาณเอนโคดดิ้งของไบนารี (Binary Encoding) คือ สัญญาณเอาท์พุทของดิจิตอลทรานสดิวเซอร์จะเป็นโค้ดไบนารีป้อนกลับไปยังตัวดิจิตอลคอนโทรลเลอร์เพื่อคอนโทรลให้คุณสมบัติการทำงานของระบบเป็นไปตามที่ต้องการ

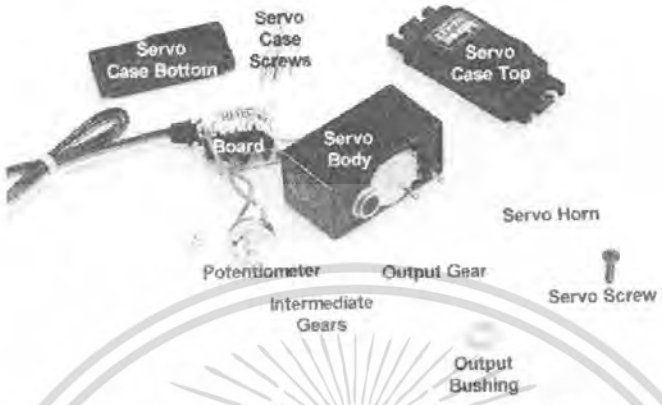
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12.4 **Servo motor**

Servo motor คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) ที่ถูกประกอบรวมกับ ชุดเกียร์ และส่วนควบคุม ต่างๆไว้ในโมดูลเดียวกัน หรือภายในกล้องพลาสติกเดียวกัน โดยมอเตอร์ชนิดนี้จะมีสายต่อให้งานเพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ VCC , GNDและ สายสัญญาณควบคุม (Control Line) ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนซ้าย หรือขวาได้จากสายสัญญาณเพียงเส้นเดียว โดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณ พัลส์วิตมอด(PWM) แบบ TTL Level ระดับแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์นี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 4 ถึง 6 โวลต์ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของ มอเอตร์แต่ละตัว ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้ก็คือ จะมีขนาดเล็กน้ำหนักเบาให้แรงบิตสูงเกินพลังงานน้อย และสามารถควบคุมด้วยแรงดันลอจิกที่เป็น TTL ได้โดยตรงไม่จำเป็นต้องต่อวลจรขับ (Driver) อื่นๆ เพราะมอเตอร์ชนิดนี้จะมีวงจรควบคุมบรรจุไว้ภายในอยู่แล้ว ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้สามารถควบคุมให้หมุนไปในตำแหน่ง หรือทิศทางองศาที่ต้องการได้ โดยอาศัยสัญญาณความกว้างพัลส์ ที่ป้อนให้มอเตอร์ แต่เซอร์โวมอเตอร์นี้จะหมุนได้แต่เพียงในช่วงประมาณ 180 องศา หรือ ครึ่งรอบเท่านั้น หรือ บางรุ่นอาจหมุนได้ถึง 210 องศา แต่จะไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้เนื่องจากโครงสร้างภายในจะประกอบด้วย ตัวต้านทานชนิดปรับค่าด้ (VR) ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ และตัวต้านทานนี้จะพูกยึดติดกับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งจากการที่ตัวต้านทานปรับค่านี้ไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ ดังนั้นเซอร์โวมอเตอร์จึงถูกออกแบบให้หมุนได้เพียงแต่ประมาณ 180 องศา หรือ ครึ่งรอบเท่เท่านั้น เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับตัวต้านทานปรับค่าได้ แต่ถ้าหากเราต้องการให้มอเตอร์หมุนเป็นวงรอบ (360 องศา) นั้นก็สามารถทำได้ โดยจะต้องทำการปรับแต่ง (Modify)ดัดแปลงชิ้นส่วนบางอย่างของมอเตอร์ ซึ่งวิธีการต่างๆจะได้กล่าวไว้ในภายหลัง



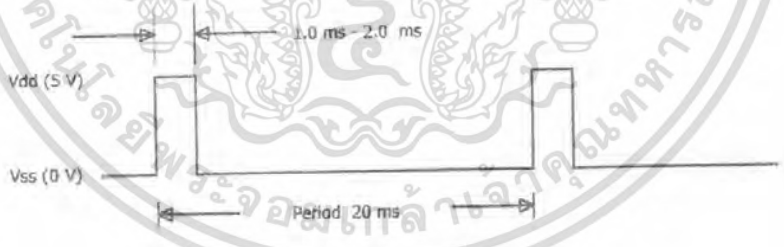
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

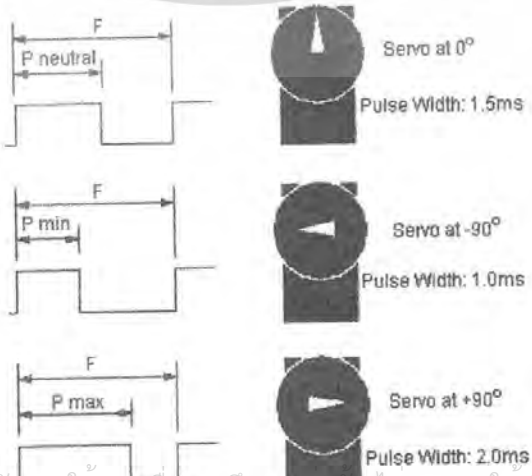


รูป 4.15 ส่วนประกอบต่างๆของ Servo motor

4.12.4.1 หลักการทำงานของ Servo motor

การควบคุมการทำงานของ เซอร์โวมอเตอร์ ทำได้โดย การป้อนสัญญาณความกว้างพลส์ให้กับมอเตอร์ซึ่งตำแหน่งและทิศทางการหมุนของมอเตอร์นี้จะขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างของพัลส์นั้นๆโดยทั่วไปแล้วความกว้างของสัญญาณพัลส์จะมีจุดให้อ้างอิง 3 จุด (ดังรูปที่ 5.16)





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 4.16 ขนาดความกว้างของพัลส์ที่ใช้ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม 0 องศาหรือจุด กึ่งกลางของมอเตอร์
- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่ง
- มุม -90 องศาหรือในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 2 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม +90 องศาหรือในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ส่วนการที่จะควบคุมให้มอเตอร์หมุนเป็นมุมอื่นๆนั้นก็สามารถทำได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์เป็นระดับความกว้างต่างๆโดยอ้างอิงจากจุดทั้ง 3 จุดที่กล่าวมาแล้วนี้ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปที่มุม -45 องศา เราก็จะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้าง 1.25 ms เป็นต้น และ สัญญาณพัลส์นี้จะต้องจ่ายให้มอเตอร์ทุกๆ 20 ms (Period) เพื่อรักษาสภาพตำแหน่งของมอเตอร์ไว้

โดยหลักการก็คือ จะอาศัยการเปรียบเทียบช่วงเวลาของความกว่างพัลส์ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุมกับค่าเวลาของวงจร RC ภายในบอร์ดควบคุมในตัวของมอเตอร์ ซึ่งค่าเวลาของวงจร RC นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงการหมุนของมอเตอร์ เนื่องจากตัวต้านทานปรับค่าจะถูกยึดติดอยู่กับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งการหมุนของมอเตอร์จะทำให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่า (VR)เปลี่ยนแปลงไป เป็นผลทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยในขณะที่เราป้อนสัญญาณความกว่างพัลส์ให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุม สัญญาณนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าเวลาของวงจร RC หากค่าทั้ง 2 ไม่เท่ากันมอเตอร์ก็จะหมุนทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนกระทั่งค่าเวลาความกว้างพัลส์ของ วงจร RC เปลี่ยนแปลงจนเท่ากับสัญญาณพัลส์ทางขาควบคุม (Control line) มอเตอร์จึงจะหยุดหมุน

5.12.4.การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

ในเซอร์โวมอเตอร์หนึ่งตัวจะประกอบไปด้วย 3 ภาคการทำงานแต่ละภาคมีหนาที่และการทำงานดังนี้

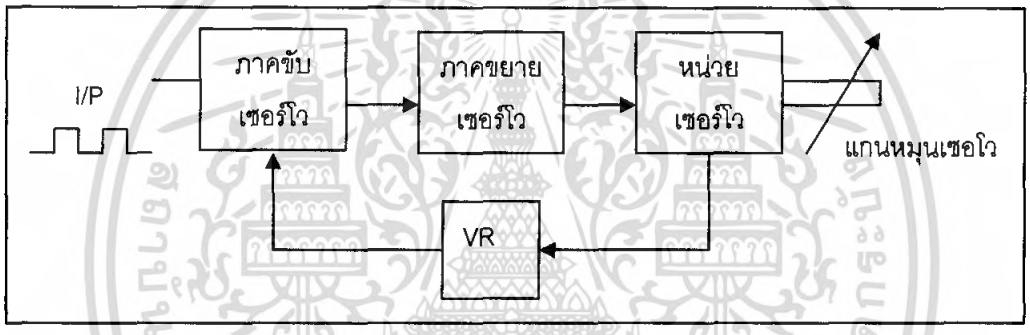
ภาคขับเซอร์โว ประกอบด้วย วงจรสร้างสัญญาณพัลซ์ และวงจรเปรียบเทียบสัญญาณพัลซ์ที่สร้างขึ้น กับสัญญาณพัลซ์ I/P ที่รับเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคขยายเซอร์โซ ประกอบด้วย วงจร RC Network ที่ช่วยหน่วงสัญญาณให้เซอร์โว สามารถทำงานได้ตอลดช่วงคาบเวลา จนกระทั่มีสัญญาณลูกต่อไปมา รวมถึงวงจรกลับขั้วแรงดันไฟฟ้าควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

หน่วยเซอร์โว ประกอบด้วย มอเตอร์ความเร็วสูง เฟืองทดรอบ แกนหมุน อุปกรณ์ต่างๆ และVR (ตัวต้านทานปรับค่าได้) ทำหน้าที่ป้อนกลับตำแหน่ง (Position Feedback)

ซึ่งในขณะที่มอเตอร์หมุน VR จะถูกปรับค่า Feedback กลับมาปรับและเปรียบเทียบค่าความกว้างของพัลซ์ที่ภาคขับเซอร์โว เมื่อขนาดความกว่างของพัลซ์ มีค่าเฉลี่ยของค่าแรงดันเท่ากับมอเตอร์จะหยุดหมุนทันที่ ซึ่งรูปที่ 3-3 ได้แสดงภาคการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น และได้แสดงไว้ (ดังรูปที่ 5.17)



รูป 4.17 แสดงภาคการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

4.13 การวางแผนและการออกแบบโครงสร้าง

5.13.1 การวางแผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน ประกอบด้วย 11 ขั้นตอน ได้แก่

1. วางแผนการทำงาน
2. ศึกษาหาข้อมูลของระบบอัตโนมัติ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรม Auto Cad
4. ทำการคำนวณและออกแบบ
5. ปรับปรุงแก้ไขในจุดที่บกพร่อง
6. ศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ที่นำมาใช้
7. ศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลเกี่ยวกับวงจรควบคุม
8. วางแผนการสร้างฮาร์ดแวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. วางแผนสร้างวงจรควบคุม

10. ทำการทดสอบการทำงาน

11. สรุปและจัดทำปริญญานิพนธ์

4.13.2 แผนการทำงานและสร้างแบบจำลองแขนกล

ในส่วนของการสร้างแบบจำลองแขนกลอัตโนมัตินี้ ได้ทำการวางแผนการทำงานออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของฮาร์ดแวร์ ส่วนของวงจรควบคุม และ ส่วนของโปรแกรมที่ใช้ติดต่อและควบคุมการทำงาน เพื่อนให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ รายละเอียดในการออกแบบแต่ละส่วน มีดังนี้

4.13.2.1 ส่วนของการออกแบบด้านฮาร์ดแวร์

ขั้นตอนการออกแบบฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย

1. ศึกษาหาข้อมูลและเลือกรูปแบบของแขนกล

2. ศึกษารายละเอียดของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติได้เลือกเอาไว้

3. ทำการออกแบบโครงสร้าง และ ลักษณะของแขนกลรวมถึงความสามารถในการทำงานของแขนกล (แขนกลสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้)

4. ดำเนินการเขียนแบบชิ้นส่วนทั้งหมดของแขนกล ที่ต้องการสร้างขึ้น

5. ทำการสรุปและตรวจทานอีกครั้งเพื่อหาจุดบกพร่องและทำการปรับปรุงแก้ไขให้เรียบร้อย

6. ดำเนินการจัดซื้อวัสดุและอุปการณ์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ

7. สร้างตัวฐานของแขนกลและสร้างแขนกลท่อนกลาง

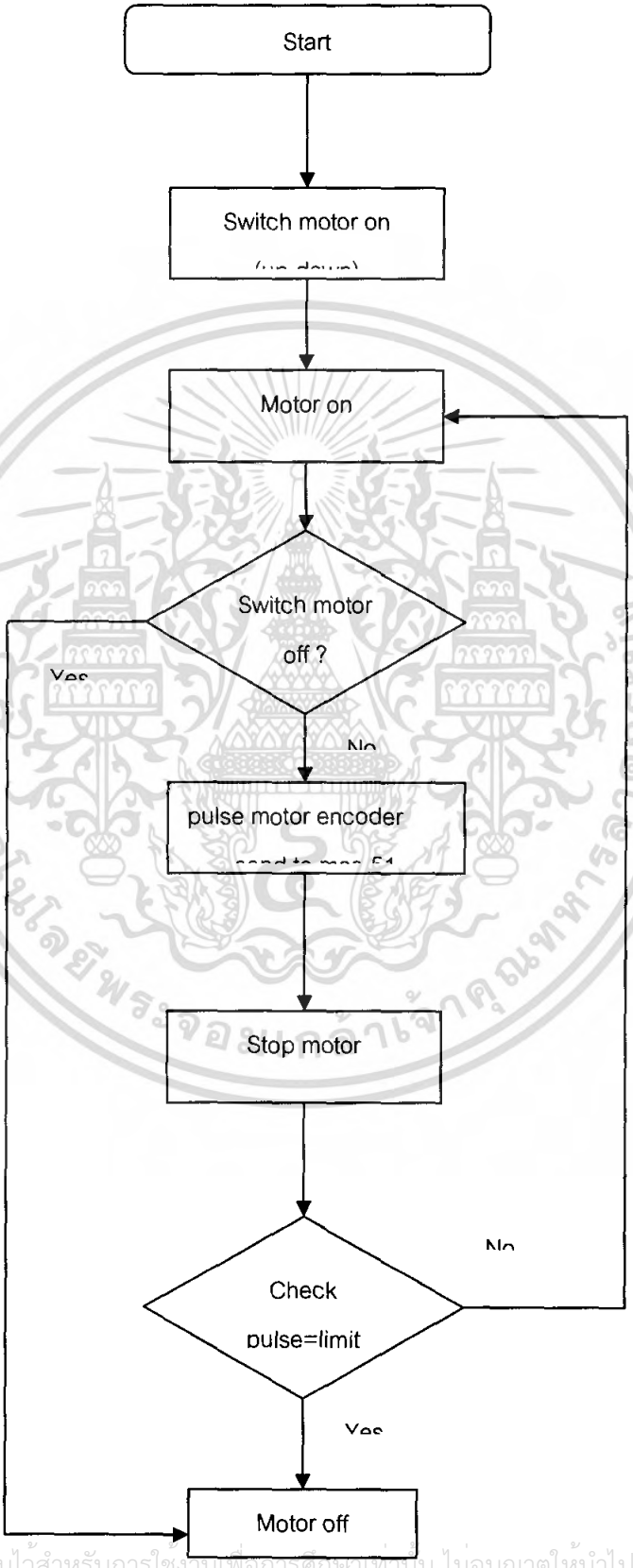
8. สร้างแขนกลท่อนบนและรายละเอียดของแขนกล

9. ทดสอบการทำงานในส่วนของฮาร์ดแวร์ให้สามารถทำงานได้ตามเป้าหมาย

10. ดำเนินการแก้ไขในส่วนที่บกพร่องและจะนำวงจรควบคุมมาติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

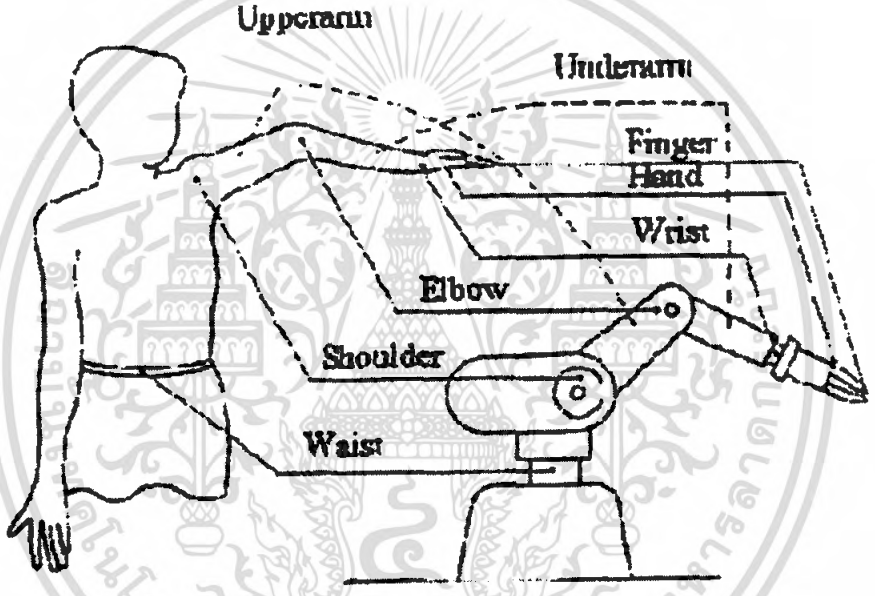
4.13.2.2 Flowchart แสดงหลักการ การควบคุมมอเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.14 การออกแบบโครงสร้างแขนกล

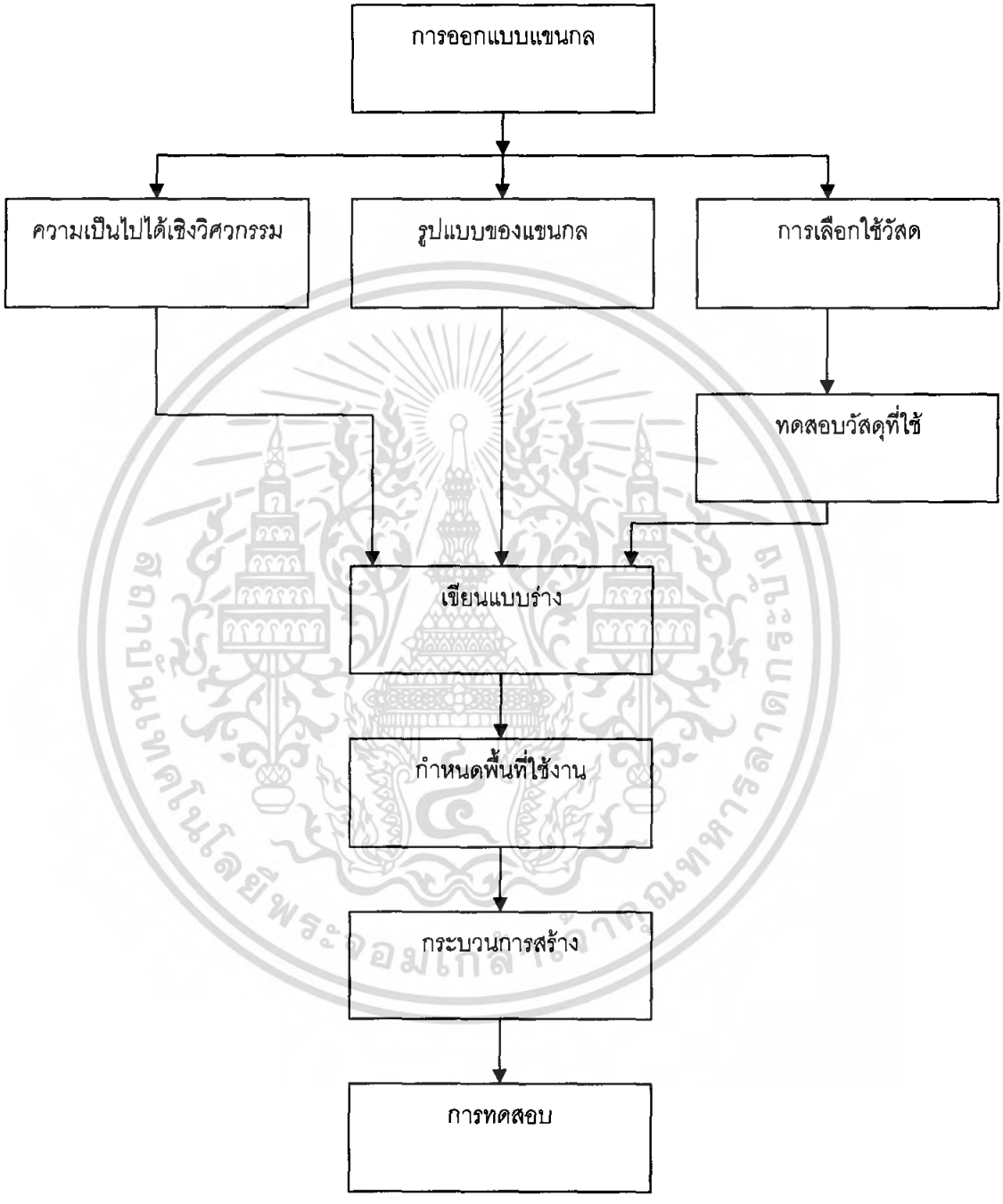
ในการศึกษา และเก็บข้อมูลได้เลือกการออกแบบแขนกลเป็นแบบ Articulated Arm (Revolute) ทุกแกนการเคลื่อนที่เป็นแบบหมุน (Revolute) รูปแบบการเคลื่อนที่คล้ายกับแขนคน ซึ่งประกอบด้วยช่วงเอว ท่อนแขนหน้า ท่อนแขนหลัง และข้อมือ ซึ่งการเคลื่อนที่ในแต่ละ Link จะใช้มอเตอร์แยกการควบคุมการทำงาน การเคลื่อนที่ทำให้ได้พื้นที่การทำงาน (ดังรูปที่ 5.18)



รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบหุ่นยนต์แขนกลกับแขนมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.14.1 Project Flowchart



รูปที่ 4.19 แสดงโฟวลชาร์ทการออกแบบแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.14.2 การคำนวณแขนกล

หลักการคำนวณ และ การออกแบบแขนกล มีองค์ประกอบสำคัญ 4 ส่วน ได้แก่

4.14.2.1 การศึกษากลศาสตร์การเคลื่อนที่ (Kinematics) ได้แก่

- การหมุน (Rotation)
- พิกัดโฮโมจีเนียส (Homogeneous Coordinates)
- พิกัด Link (Link Coordinates)
- สมการแขน (Arm Equation)
- INVERSE KINEMATIC

4.14.2.2 ความเป็นไปได้เชิงวิศวกรรม ปัจจัยในการพิจารณา ได้แก่

- สามารถสร้างได้จริงหรือไม่
- ใช้ร่วมกับอุปกรณ์อะไร
- ความแข็งแรงทนทาน
- ความปลอดภัยในการใช้งาน
- การคำนวณที่ถูกต้องแม่นยำ
- ข้อดี ข้อเสีย ที่เกิดขึ้น

4.14.2.3 รูปร่างของแขนกล ปัจจัยในการออกแบบ ได้แก่

- สภาพแวดล้อมการทำงานของแขนกล
- ลักษณะของงาน
- ความสะดวกและง่ายในการใช้งาน
- ความสวยงาม
- กลไกการเคลื่อนที่ของแขนกล

4.14.2.4 การเลือกใช้วัสดุ ปัจจัยในการเลือกใช้ ได้แก่

- งบประมาณในการสร้างความเหมาะสมกับงาน
- วัสดุที่มีอยู่แล้ว
- การใช้วัสดุทดแทน

4.14.3 แสดงโครงสร้างและรายละเอียดในการออกแบบสร้างแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ

รายละเอียดในการออกแบบสร้างแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ

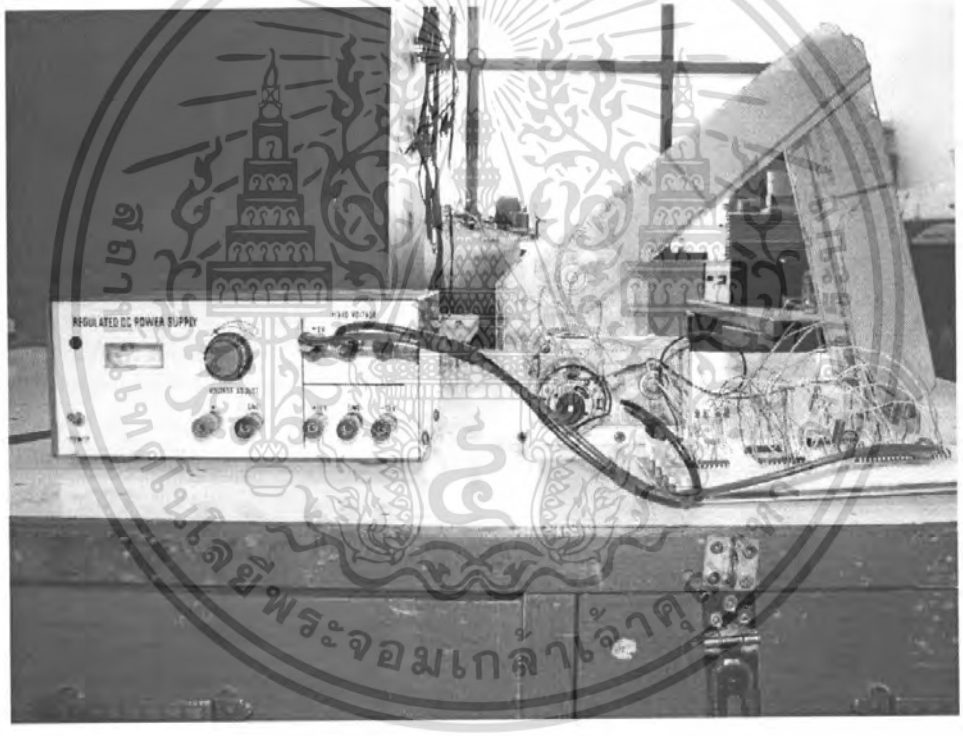
สามารถแสดงรายละเอียดในการออกแบบ ได้ดังนี้

- แขนท่อนหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แขนท่อนหลัง
- ฐานรองแขนท่อนบนและท่อนกลางฐานแขนกล
- ส่วนที่ใส่กับมือจับ
- ที่เลื่อนแขน
- เฟืองขับฐาน
- มอเตอร์ขับแขนท่อนหลัง

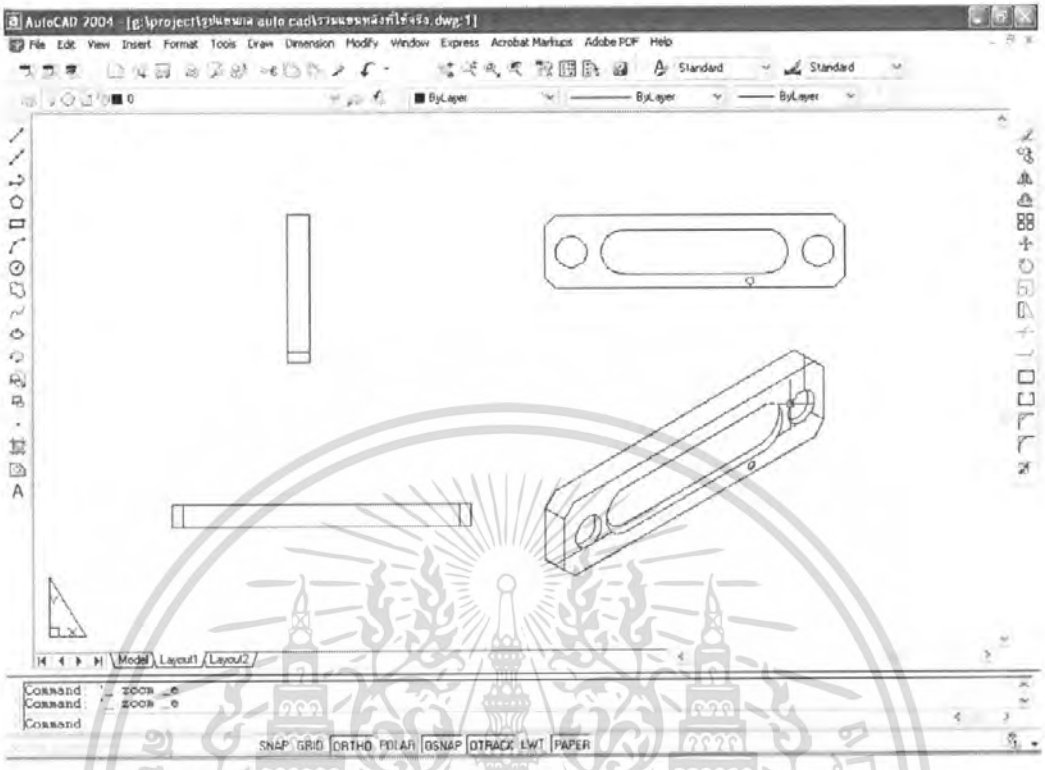
แสดงภาพถ่ายที่ได้จากการออกแบบและโครงสร้างของแขนกล

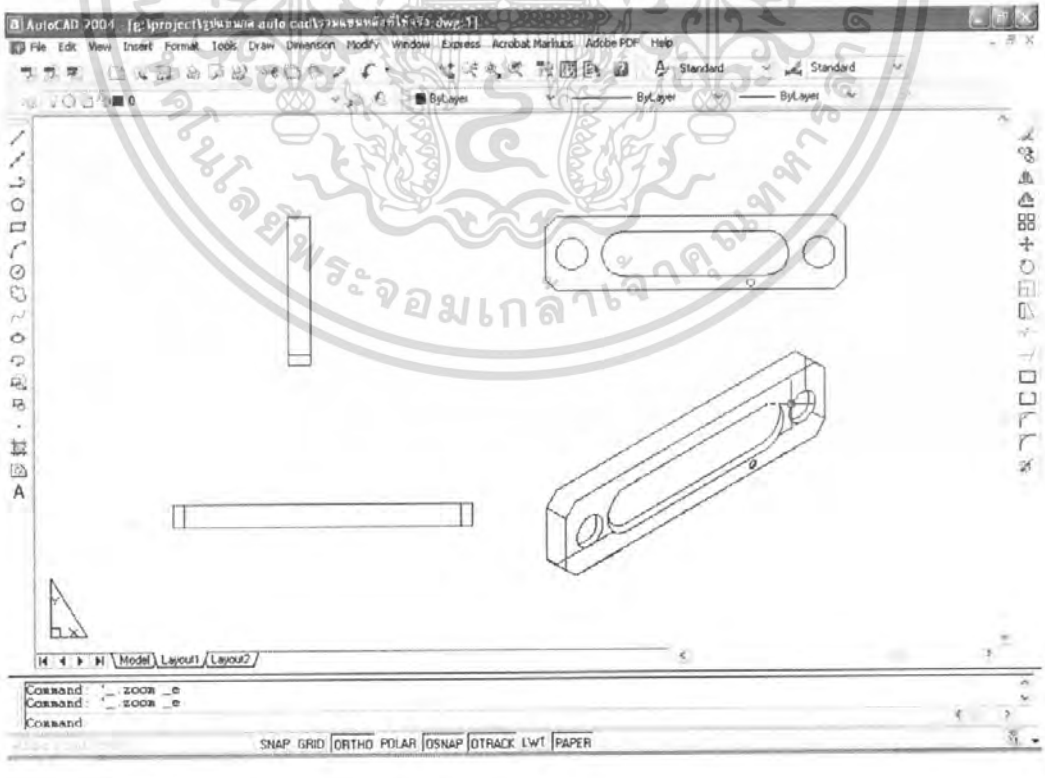


รูปที่ 4.20 แสดงออกแบบแขนกลที่

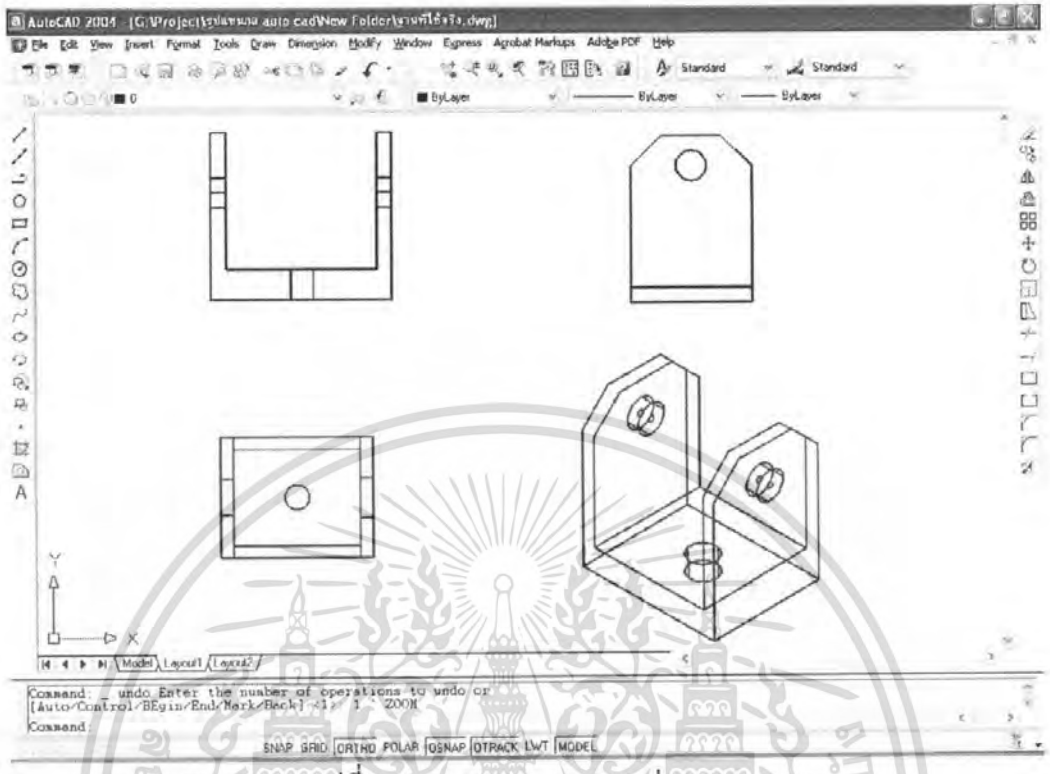
รูปที่ 4.21 แสดงการออกแบบแขนท่อนหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

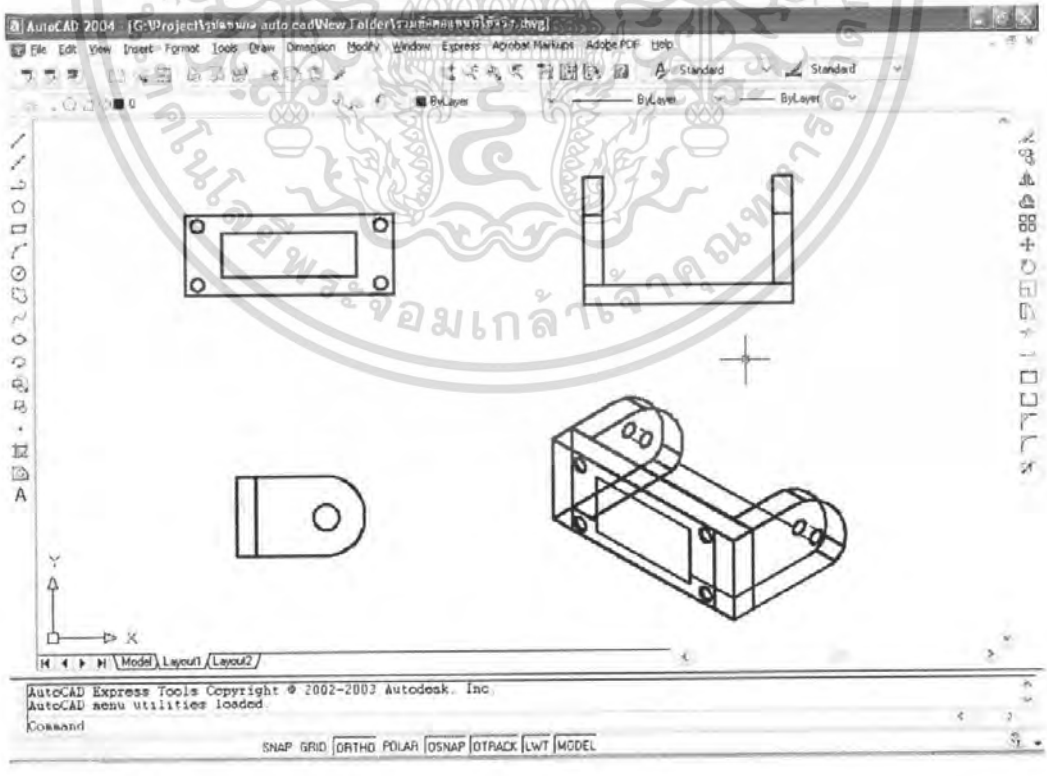




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

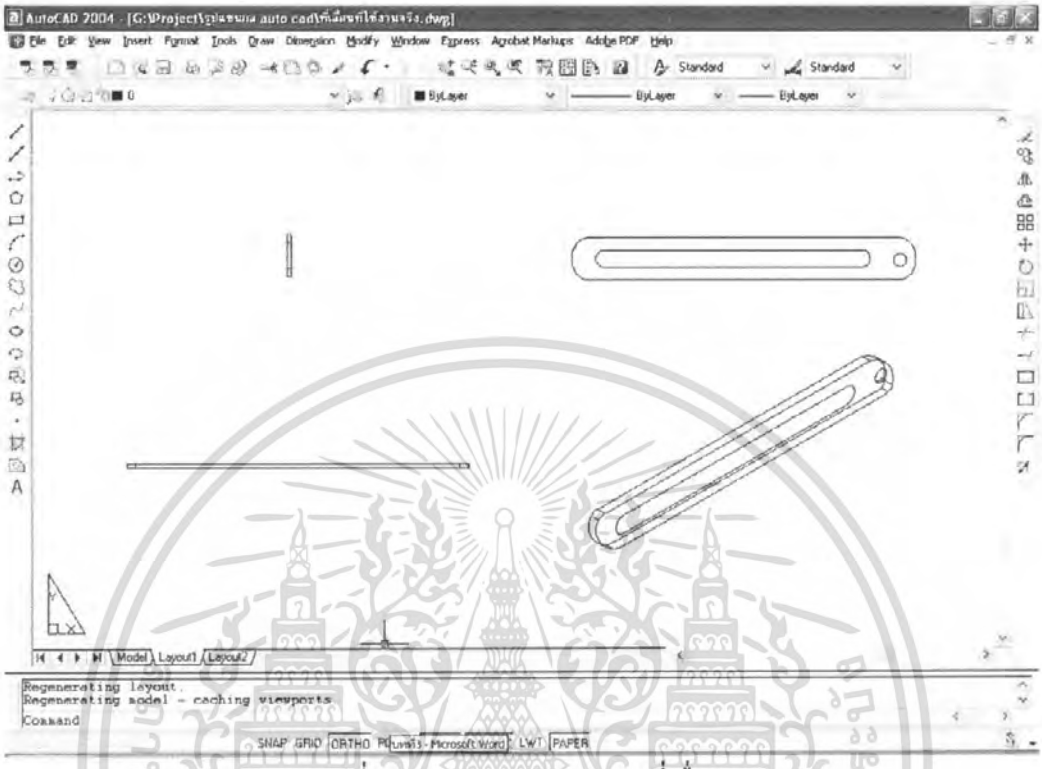


รูปที่ 4.23 แสดงการออกแบบส่วนฐาน

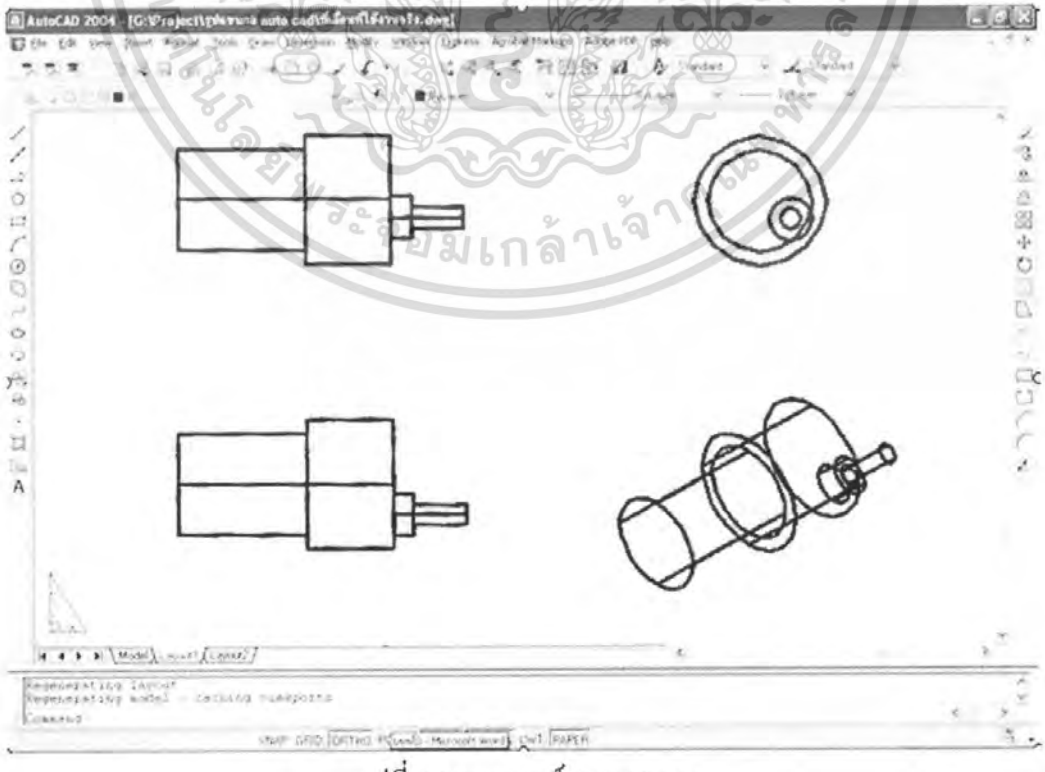


รูปที่ 4.24 แสดงการออกแบบส่วนที่ใส่กับมือจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

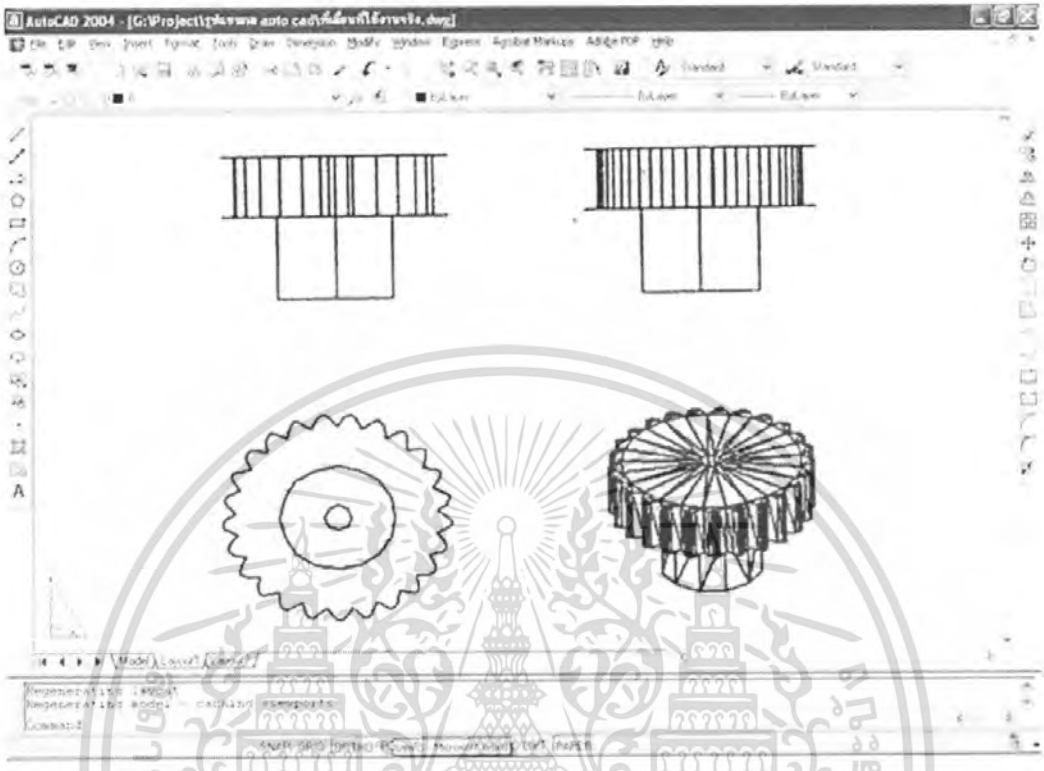


รูปที่ 4.25 แสดงการออกแบบที่เลื่อน



รูปที่ 4.26 มอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 แสดงรูปของเฟืองขับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดสอบ

5.1 การทดลองที่1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

5.1.1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ผ่านคีย์บอร์ด คอมพิวเตอร์

จากการทดลองการรับและการส่งสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ การบังคับการเคลื่อนที่จะใช้ปุ่มบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่กำหนดทิศทางการเคลื่อนที่โดยใช้เมาส์คลิ้กที่ปุ่ม (ปุ่มFOWARD, REVERSE, LEFT, RIGHT) จากการทดลอง การควบคุมจะพบว่าหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ 360 องศา รอบทิศทางโดยการหมุนรอบตัวเองอาศัยหลักการหมุนล้อทั้งสองข้างสลับกัน เมื่อจะทำการเลี้ยว ล้อข้างหนึ่งจะเดินหน้าและอีกข้างหนึ่งจะถอยหลังเพื่อทำให้การคล่องตัวของตัวหุ่นยนต์ หรือล้อทั้งสองข้างหมุนไม่เท่ากันจึงจะเลี้ยว จะบังคับให้รถเคลื่อนที่ได้ประมาณ 5-7 เมตร

- เมื่อรถหยุดการเคลื่อนที่จะปรากฏตัวอักษร p ที่หน้าจอของโปรแกรม
- เมื่อรถเคลื่อนที่ไปด้านหน้าจะปรากฏตัวอักษร w ที่หน้าจอของโปรแกรม
- เมื่อรถเคลื่อนที่ไปด้านหลังจะปรากฏตัวอักษร z ที่หน้าจอของโปรแกรม
- เมื่อรถเคลื่อนที่ไปด้านซ้ายจะปรากฏตัวอักษร a ที่หน้าจอของโปรแกรม
- เมื่อรถเคลื่อนที่ไปด้านขวาจะปรากฏตัวอักษร d ที่หน้าจอของโปรแกรม

5.1.1.1 การทดลองควบคุมการเคลื่อนที่ แบบไม่มีสิ่งกีดขวาง ในพื้นที่เปิดโล่ง

ผลการทดลอง

ระยะทาง	จำนวนคำสั่ง	จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	จำนวนครั้งที่ผิดพลาด	%ความผิดพลาด
1 เมตร	10	10	0	0 %
2 เมตร	10	9	1	10 %
3 เมตร	10	10	0	0 %
4 เมตร	10	9	1	10 %
5 เมตร	10	9	1	10 %

ตารางที่ 5.1 การทดลองควบคุมการเคลื่อนที่ แบบไม่มีสิ่งกีดขวาง ในพื้นที่เปิดโล่ง

ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นจะขึ้นอยู่กับระยะทางของรถกับเครื่องส่ง ซึ่งจะพบว่าในระยะทางไม่เกิน 5 เมตร เราจะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ทั้งเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวาได้อย่างแม่นยำ แต่ถ้าในระยะทางที่ห่างออกไปจะเริ่มเกิดความผิดพลาดขึ้นเพราะกำลังส่งไม่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 การทดลองควบคุมการเคลื่อนที่ แบบมีสิ่งกีดขวาง

ผลการทดลอง

ระยะทาง	จำนวนคำสั่ง	จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	จำนวนครั้งที่ผิดพลาด	%ความผิดพลาด
1 เมตร	10	10	0	0 %
2 เมตร	10	10	0	0 %
3 เมตร	10	9	1	10 %
4 เมตร	10	9	1	10 %
5 เมตร	10	7	3	30 %

ตารางที่ 5.2 การทดลองควบคุมการเคลื่อนที่ แบบมีสิ่งกีดขวาง

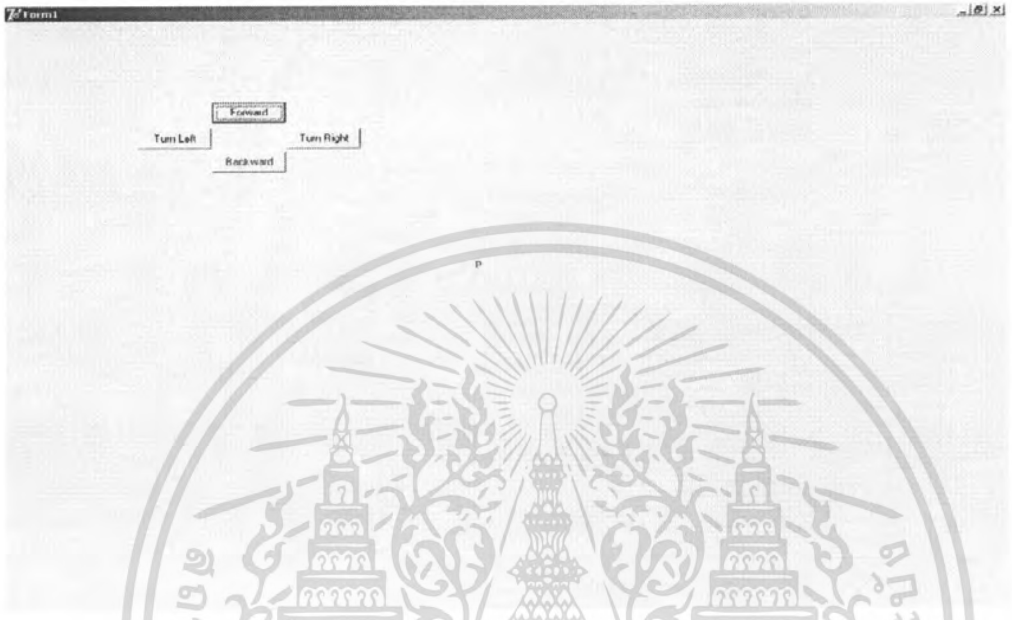
ในการทดลองนี้เป็นการวัดความผิดพลาดของการควบคุมผ่านสิ่งกีดขวาง จะเห็นได้ว่าระยะทางเกินกว่า 4 เมตรจะเกิดความผิดพลาดในการควบคุมหุ่นยนต์มากขึ้น อันเนื่องมาจากสิ่งกีดขวางมาลดทอนสัญญาณในการส่งของเครื่องส่ง

5.1.3 การทดลองควบคุมการเคลื่อนที่ และ จับภาพขณะเคลื่อนที่

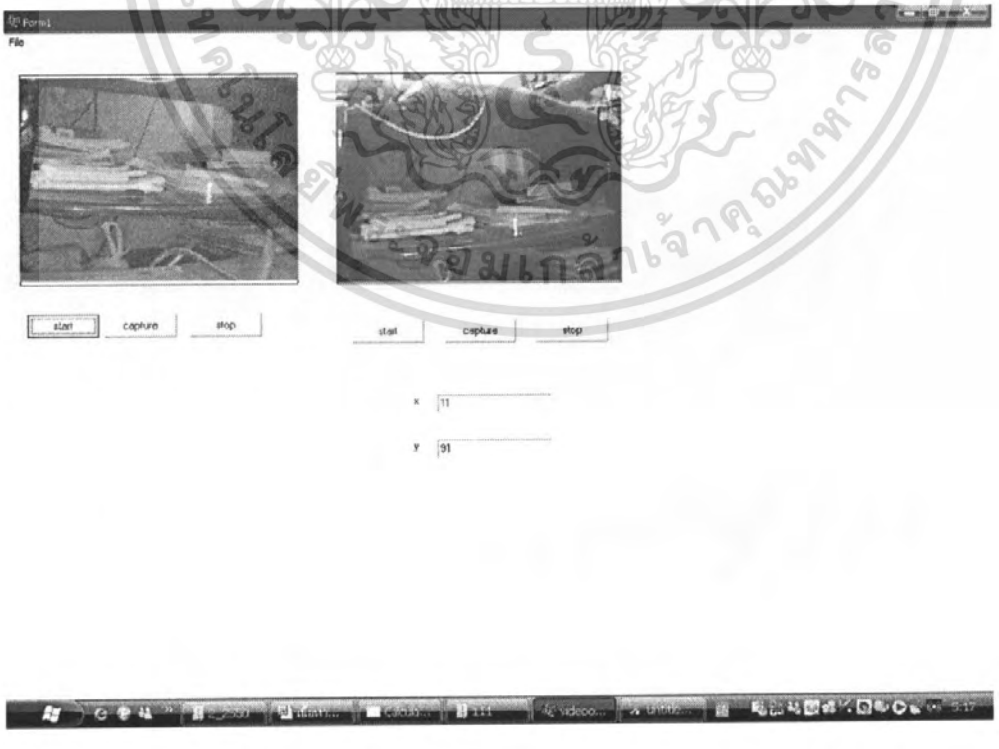
จะใช้โปรแกรม C++ Builder 6 ในการจับภาพเราจะใช้กล้อง Web Camera จับผ่านสาย USB ยาว 5 เมตร หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ภาพที่ได้จากตัวกล้องที่ติดกับตัวหุ่นยนต์ก็ยังสามารถส่งมายังผู้ควบคุมได้อย่างดี อยู่ในระดับที่ดี ภาพที่ได้ต่อเนื่องไม่ติดขัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4 ภาพบนหน้าจอคอมพิวเตอร์



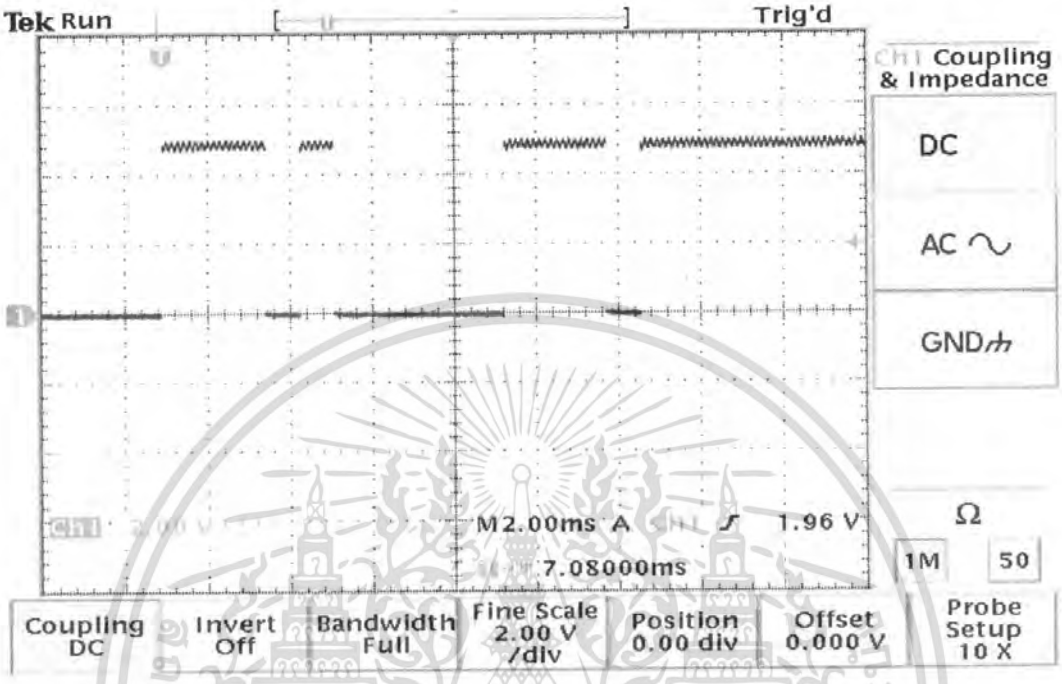
รูปที่5.1 แสดงภาพหน้าต่างของโปรแกรมใช้ควบคุมการเคลื่อนที่



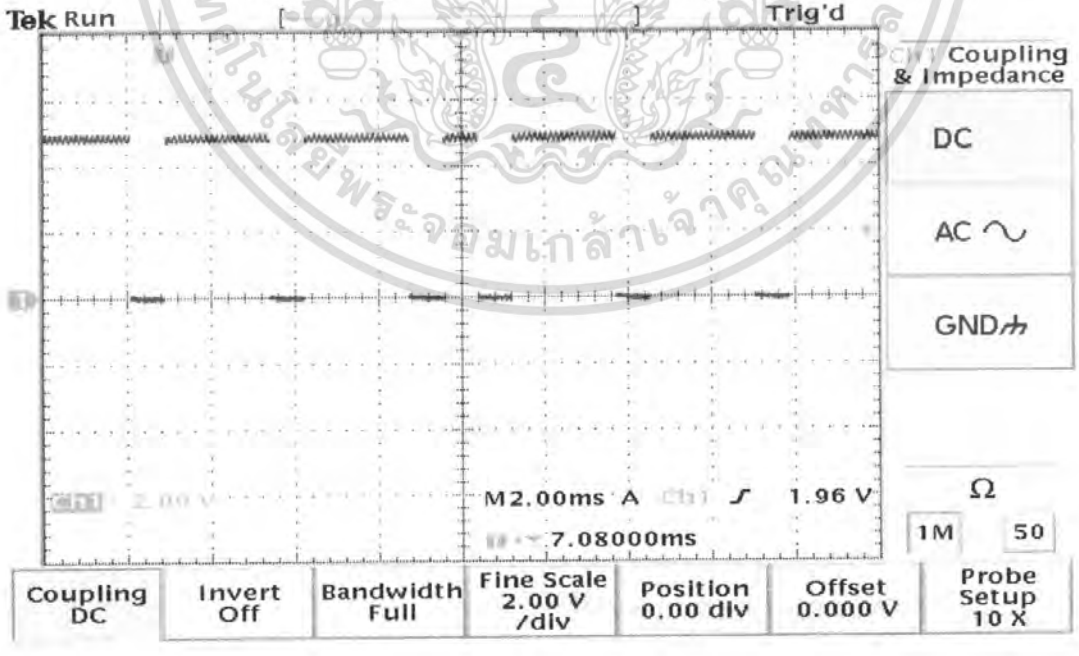
รูปที่5.2 แสดงภาพหน้าต่างของโปรแกรมใช้จับภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การทดลองที่ 2 วัดสัญญาณ TRANSMITTER 315 MHZ

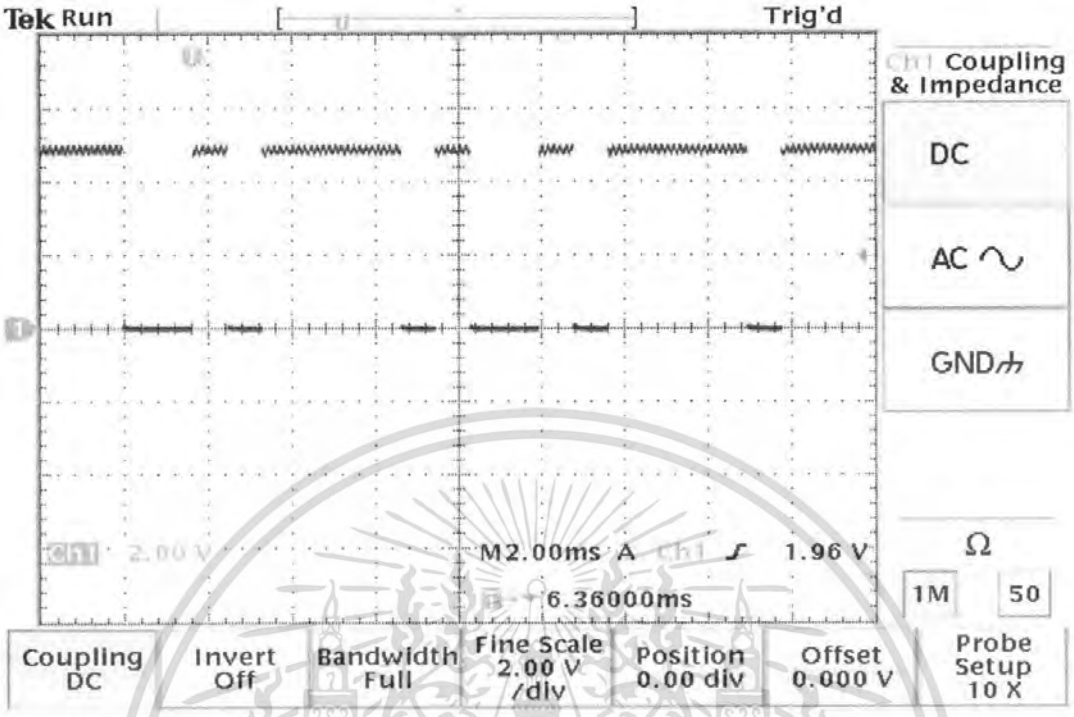


รูปที่ 5.3 การทดสอบการจับสัญญาณ TRANSMITTER สภาวะปกติเมื่อยังไม่มีการส่งข้อมูล

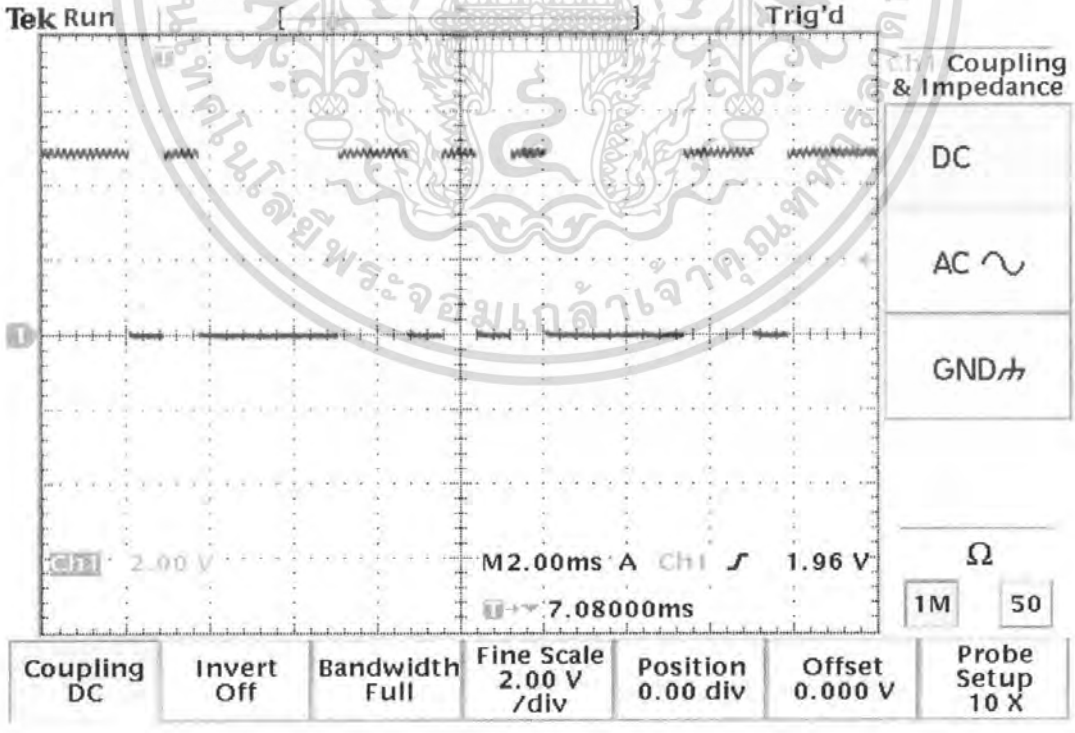


รูปที่ 5.4 การทดสอบการจับสัญญาณ TRANSMITTER เมื่อส่งข้อมูล Forward

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

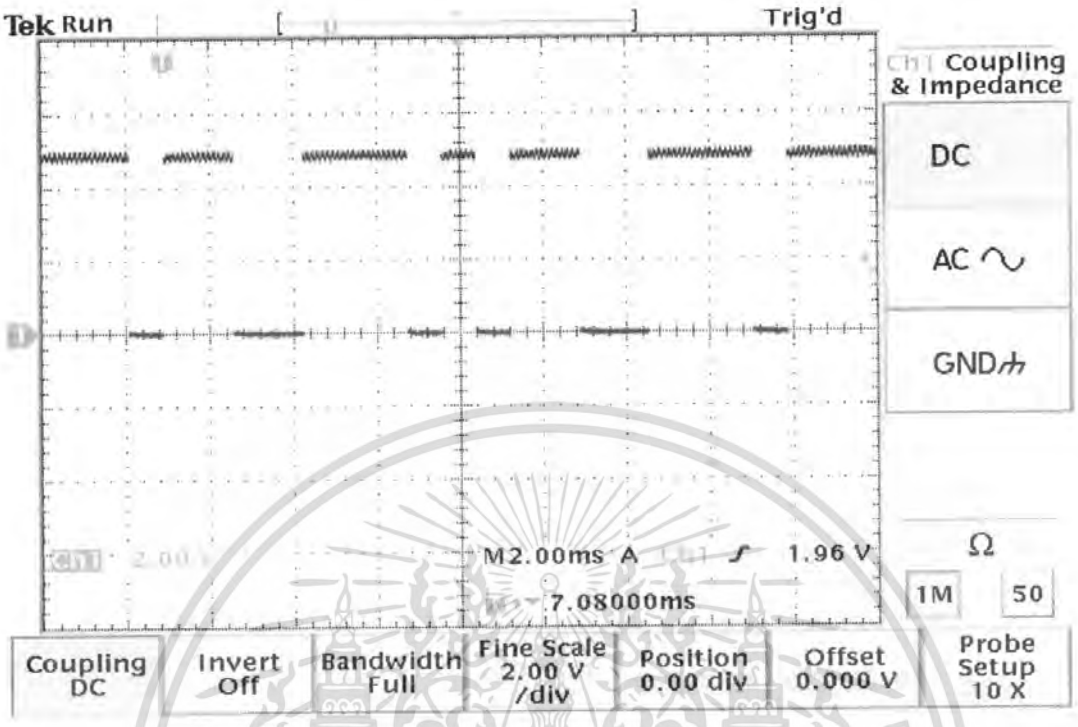


รูปที่ 5.5 การทดสอบการจับสัญญาณ TRANSMITTER เมื่อส่งข้อมูลBackward



รูปที่ 5.6 การทดสอบการจับสัญญาณ TRANSMITTER เมื่อส่งข้อมูล Turn left

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

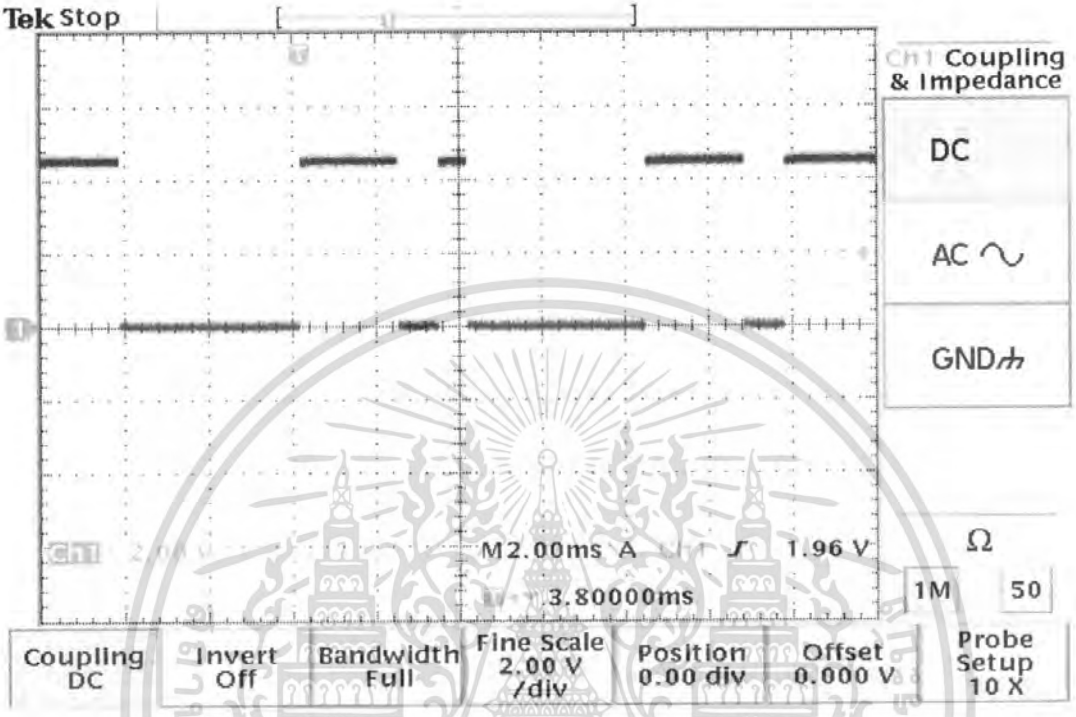


รูปที่ 5.7 การทดสอบการจับสัญญาณ TRANSMITTER เมื่อส่งข้อมูล Turn right

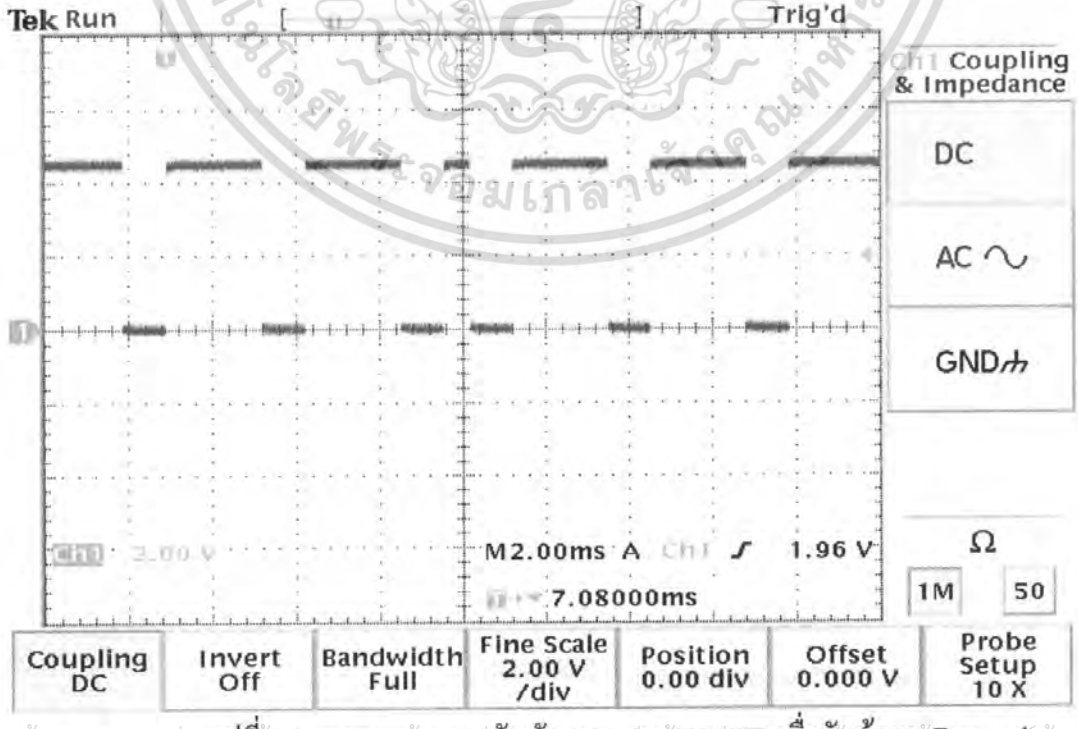
จะใช้ MAX232 เป็นไอซีที่แปลงระดับสัญญาณของ RS-232 มาเป็นระดับ TTL ให้กับตัว TRANSMITTER ทำการตรวจสอบการวัดสัญญาณที่ขา 2 (TX) ของตัว TRANSMITTER ที่ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นตัวส่งข้อมูลไปให้กับตัว RECEIVER ขณะอยู่ในสภาวะปกติเมื่อยังไม่ส่งข้อมูลออกไปและสัญญาณจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อส่งข้อมูลออกไปโดยกดปุ่ม Forward , Backward , Turn Left and Turn Right ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังที่แสดงในรูปตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การทดลอง 3 วัดสัญญาณ RECEIVER 315 MHZ

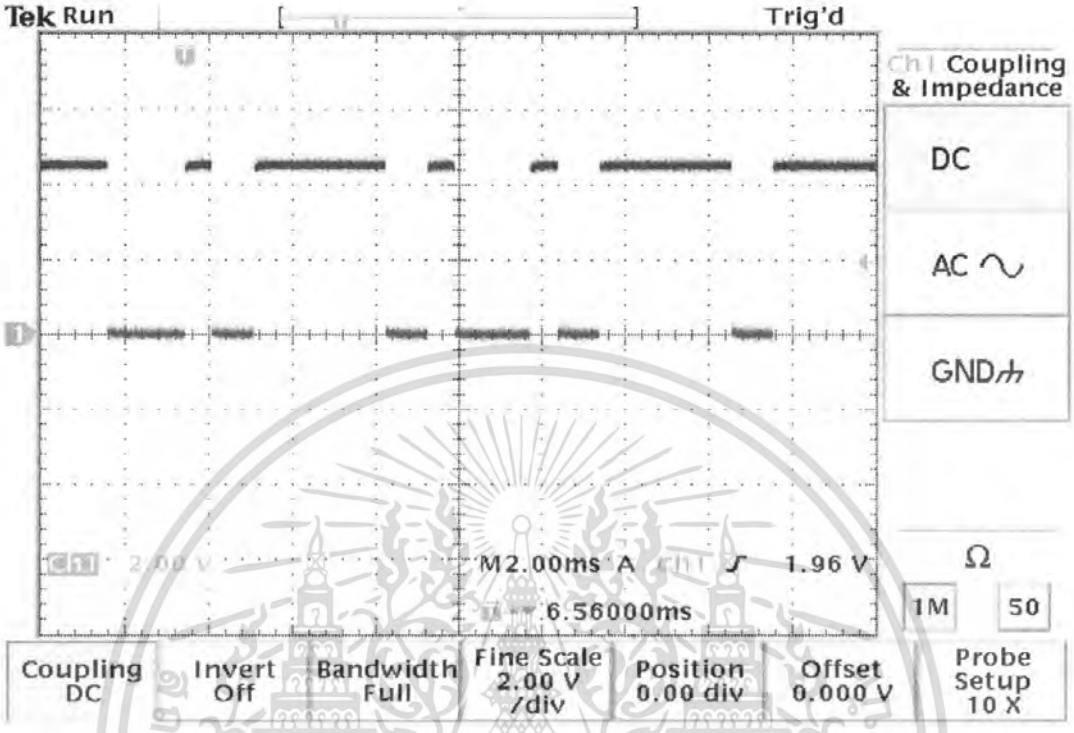


รูปที่ 5.8 การทดสอบการจับสัญญาณ RECEIVER สภาวะปกเมื่อยังไม่มีการรับข้อมูล

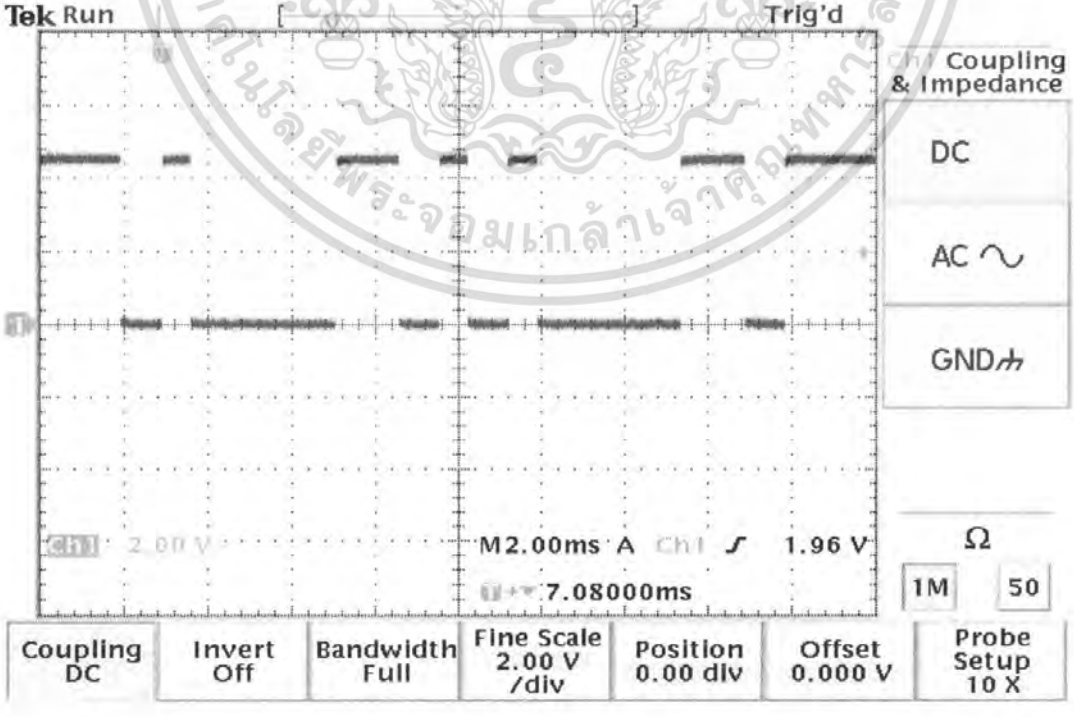


รูปที่ 5.9 การทดสอบการจับสัญญาณ RECEIVER เมื่อรับข้อมูล Forward

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

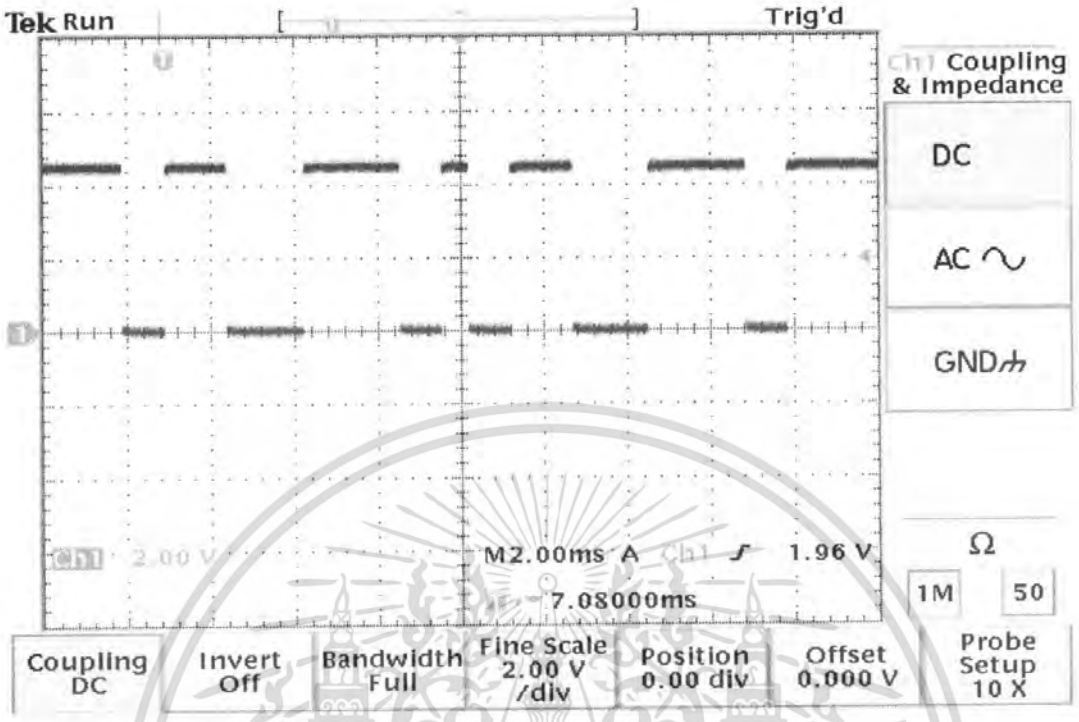


รูปที่ 5.10 การทดสอบการจับสัญญาณ RECEIVER เมื่อรับข้อมูล Backward

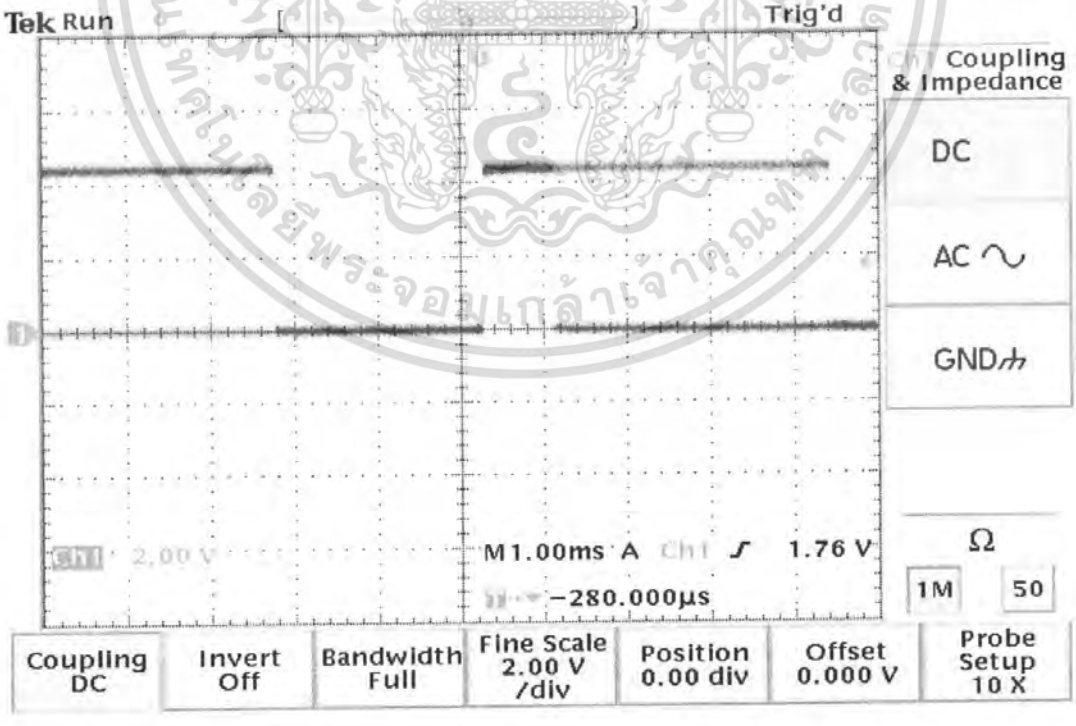


รูปที่ 5.11 การทดสอบการจับสัญญาณ RECEIVER เมื่อรับข้อมูล Turn left

เอกสารนี้เป็นเอกสาร
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12 การทดสอบการจับสัญญาณ RECEIVER เมื่อรับข้อมูล Turn right



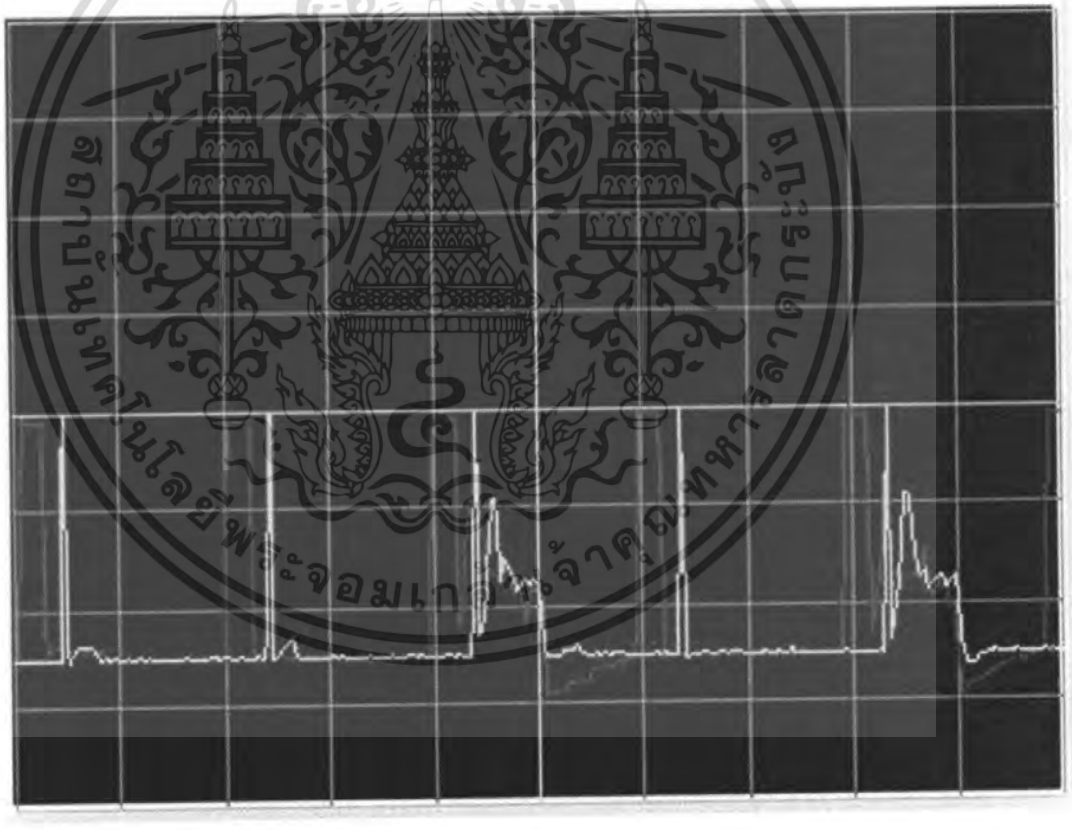
รูปที่ 5.13 การทดสอบการจับสัญญาณ RECEIVER เมื่อรับข้อมูล ในพื้นที่อับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อรับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากคอมพิวเตอร์ ทำการตรวจสอบการวัดสัญญาณที่ขา 2 (RX) ของตัว RECEIVER ซึ่งเป็นตัวรับข้อมูลไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อสั่งงานให้หุ่นยนต์เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา รูปด้านบนจะแสดงสัญญาณการรับข้อมูลเมื่ออยู่ในสภาวะปกติและเมื่อกดปุ่ม Forward , Backward , Turn Left and Turn Right ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังที่แสดงในรูปตามลำดับ และจากรูปที่ 4.12 จะเป็นรูปสัญญาณการรับข้อมูลในพื้นที่อับ จะมีสัญญาณรบกวนมากทำให้การรับข้อมูลไม่ดี

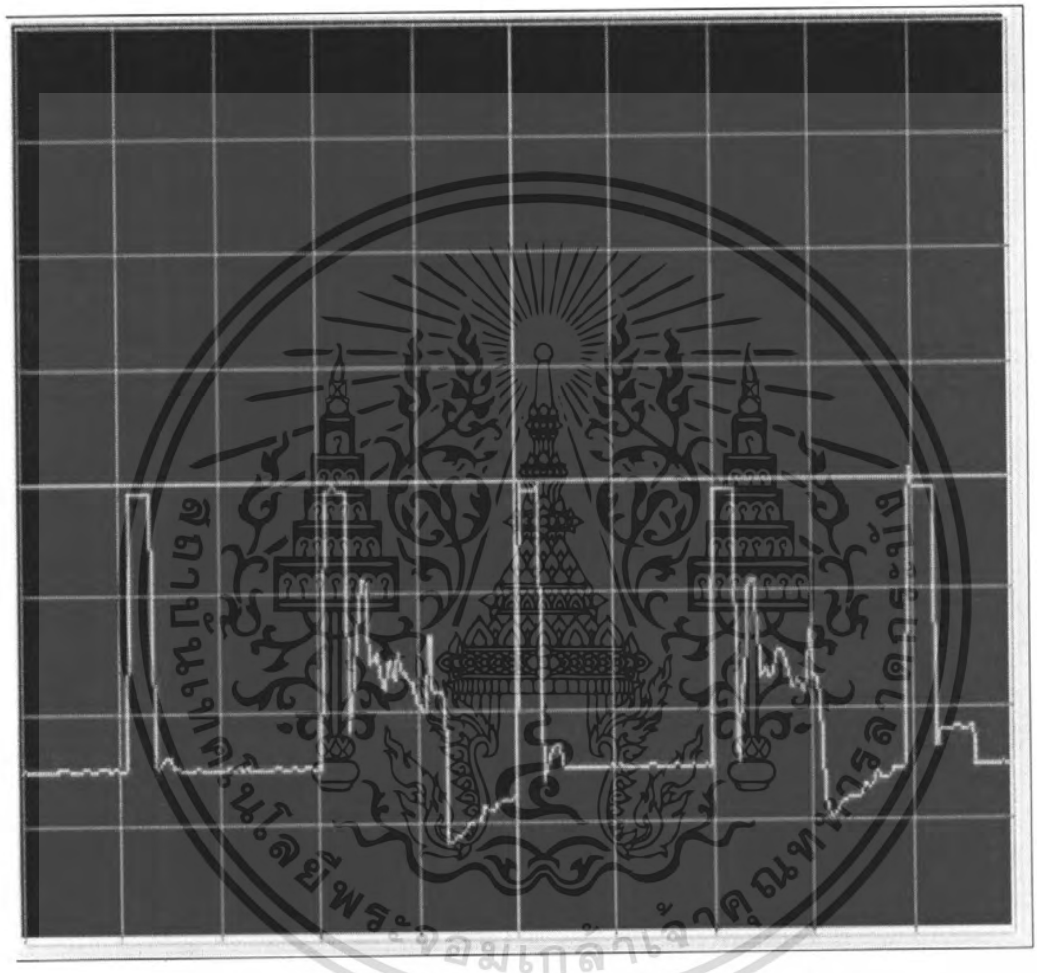
ผลการทดลองแขนกล

5.4การจับสัญญาณการหมุนของ Servo Motor



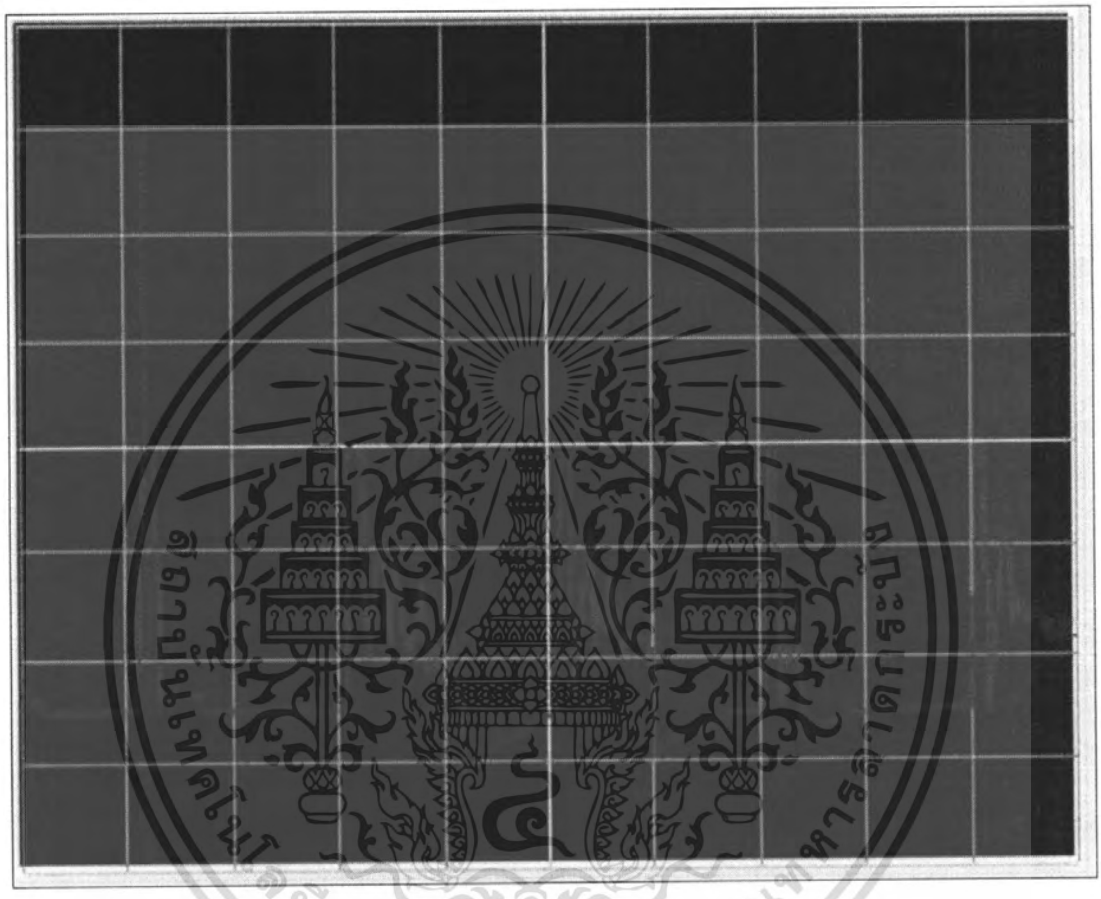
รูปที่ 5.14 แสดงสัญญาณที่ servo motor +90องศาที่ 2ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



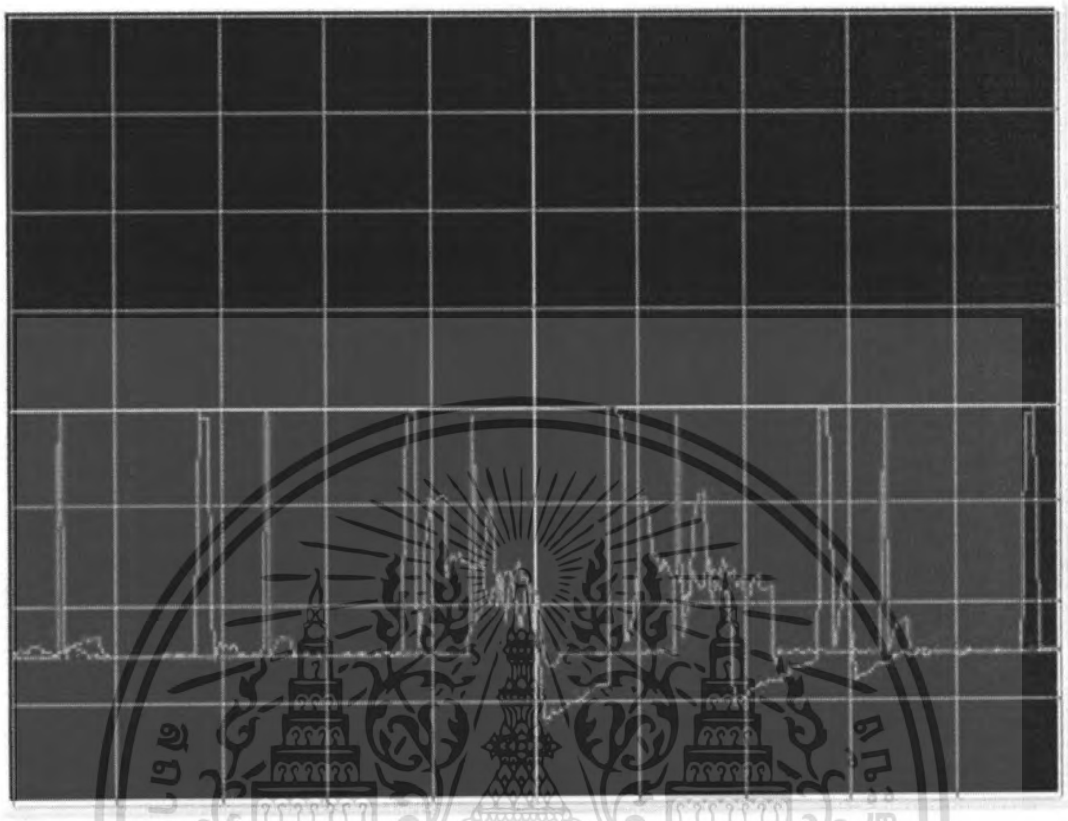
รูปที่5.15 แสดงสัญญาณที่ servo motor -90องศาที่ 1 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่5.16 แสดงสัญญาณที่ servo motor 0 องศาที่ 1.5 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่5.17 เปรียบเทียบสัญญาณที่ Servo Motor หมุน 0 องศา (สีแดง) กับ 90 องศา(สีเขียว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุป

โครงงานนี้ทำขึ้นเพื่อเรียนรู้ส่วนต่างๆซึ่งประกอบขึ้นมาเป็นรถสำรวจที่สามารถควบคุมระยะใกล้ได้ รถสำรวจที่ได้สร้างขึ้นนั้น จุดประสงค์หลักคือ การควบคุมโดยใช้คอมพิวเตอร์แล้วทำการเพิ่ม Option ต่างๆเข้าไป เช่น การาติดตั้งกล้อง เพื่อส่งข้อมูลต่างๆกลับมายังผู้ควบคุม

หุ่นยนต์สำรวจนี้อาจจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาต่อในอนาคต ที่เคลื่อนที่โดยการบังคับจากสถานีควบคุมไปยังสถานที่ที่อันตราย พร้อมทั้งมีแขนกลในการตรวจจับวัตถุอันตราย และส่งภาพผ่านกล้องกลับมายังสถานีควบคุมเพื่อทราบถึงวิธีเก็บกู้วัตถุอันตรายต่างๆ เพื่อที่จะเสี่ยงอันตรายแทนมนุษย์

จากการทำโครงงาน หุ่นยนต์สำรวจ สามารถสรุปโครงสร้างการทำงานในส่วนต่างๆ พร้อมทั้งปัญหา อุปสรรคได้ดังนี้

การทำงานในด้านรับ ใช้ Wireless รับส่ง 315 MHz จะรับสัญญาณที่ภาคส่งที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์แล้วทำการแปลงสัญญาณ RS-232 ให้เป็นระดับ TTL โดยใช้ไอซี MAX 232 เมื่อได้สัญญาณที่เหมาะสมจากนั้นจึงส่งต่อให้กับMCS – 51 โดย MCS – 51 จะทำการประมวลผลสัญญาณที่รับมาให้กลายเป็นสัญญาณพัลส์ที่ป้อนให้กับ OPTO ผ่านไปยังชุด Drive Motor (H-Bridge) เพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์ทั้งสองตัวในการเคลื่อนที่ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ของหุ่นยนต์

การทำงานในด้านส่งนั้นต้องการแหล่งจ่าย 5 โวลต์ จึงใช้แบตเตอรี่ 9 โวลต์ ผ่านเร็กกูเลเตอร์ 7805 ในด้านรับจะใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 2 ก้อน ต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้ เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟ 24 โวลต์ ของชุด Drive Motor (H-Bridge) เครื่องรับ – เครื่องส่ง และ ส่วนของ MCS – 51 ใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ ซึ่งได้จากการเร็กกูเลเตอร์ผ่าน 7805

อย่างไรก็ดีโครงงานนี้ยังมีปัญหาก็คือ การรับส่งระหว่าง เครื่องรับ – เครื่องส่ง ยังทำได้ไม่ดีนักเนื่องจากคุณภาพของเครื่องรับ – เครื่องส่ง ยังไม่ดีพอ และกำลังส่งของเครื่องส่งค่อนข้างต่ำ หุ่นยนต์จึงเคลื่อนที่ได้ในระยะทางใกล้ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้ว่าในบางส่วนจะทำงานได้โดยไม่มีประสิทธิภาพที่ไม่ดีนัก แต่ก็สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น และกว้างขางมากกว่าที่จะเป็นเพียงรถสำรวจธรรมดา

สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนาต่อแขนกล

จากการทดลองได้ทำการควบคุมมอเตอร์ของแขนกล 2 แบบ คือ ใช้ดีซีมอเตอร์ที่มีเฟืองทดภายใน และใช้เอ็นโค้ดเดอร์ในการคอนโทรลการหยุดมอเตอร์ ซึ่งมี Error จากพัลส์ที่ส่งมาให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เล็กน้อย กับส่วนที่ไปควบคุมมือจับซึ่งใช้ Servo Motor ซึ่งในส่วนนี้จะเห็นว่าควบคุมได้ดีและมีความเที่ยงตรงสูง

ด้านกลไก การทดลองเลือกเฟืองเพื่อเปลี่ยนอัตราทด เพื่อควบคุมการหมุนของแขนนั้นจะช่วยให้ผ่อนแรงมอเตอร์ได้

ด้านสายพานเนื่องจากสายพานไทม์มิ่งไม่สามารถรับแรงได้มากพอ จึงทำการเปลี่ยนเป็นสายพานโซ่ แต่พบว่ามีเสียงดังมากกว่าสายพานไทม์มิ่ง

ส่วนมือจับในส่วนนี้ได้ใช้ชุดมือจับสำเร็จรูป จากนั้นทำการควบคุมพัลส์โดยใช้ IC555 มาเป็นส่วนที่จ่ายพัลส์และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวีไล, เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51, กรุงเทพ, อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์, 2538
2. เดชฤทธิ์ มณีธรรม , สำเริง เต็มราม , คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 , กรุงเทพฯ : เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด , 2548
3. นายอดิศร วงศ์จันลา, นายปัญจวุธ เสาเวียง, นายเอดิสัน จิตปรีดา "หุ่นยนต์กู้ภัย" ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 2546
4. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ , รศ.ดร.การประมวลภาพเชิงเลข Digital Image Processing เล่ม 1 กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//***** 89c2051 code for robot *****

#include <reg2051.h>

sbit m_left1  =P1^0; //motor1
sbit m_left2  =P1^1;
sbit m_right1 =P1^2; // motor2
sbit m_right2 =P1^3;

sbit b_left   =P1^4; //Button Switch
sbit b_right  =P1^5;
sbit b_forw   =P1^6;
sbit b_backw  =P1^7;

void input_init();
void turn_left();
void turn_right();
void turn_forw();
void turn_backw();
void stop();

unsigned char man;


void rx_int(void) interrupt 4
{
   char rxdata;

   RI=0;
   rxdata=SBUF;

   switch(rxdata)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        {
    case 'a' : turn_left(); break;
        case 'w' : turn_right(); break;
    case 's' : turn_forw(); break;
    case 'z' : turn_backw(); break;
        case 'p' : stop(); break;
  }

}

void main()
{
 stop();
 input_init();

 SCON=0x50;                    // Set serial-port mode 1
 ES=1;                         // Enable serial interrupt
 PS=1;
 TMOD=0x21;                    // Set Timer1 mode 2 Timer0 mode 1
 TH1=0x0E8;                    // baud rate 1200bps use XTAL=11.0952MHz
 //TH0=0x0FF;
 //TL0=0x0FF;
 //ET0=1;          // Enable Timer 0 Interrupts
 TR1=1;                        // Start Timer 1
 EA=1;                         // Enable Global Interrupt

 while(1)
 {
      if(b_left==0 && b_right==1 && b_forw==1 && b_backw==1) turn_left();
  if(b_left==1 && b_right==0 && b_forw==1 && b_backw==1) turn_right();
      if(b_left==1 && b_right==1 && b_forw==0 && b_backw==1) turn_forw();
  if(b_left==1 && b_right==1 && b_forw==1 && b_backw==0) turn_backw();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   //if(b_left==1 && b_right==1 && b_forw==1 && b_backw==1) stop();}
  }
}

void input_init()
{
 b_left=1;
 b_right=1;
 b_forw=1;
 b_backw=1;
}

void turn_left()
{
 m_left1=1;
 m_left2=0;
 m_right1=0;
 m_right2=1;
}

void turn_right()
{
 m_left1=0;
 m_left2=1;
 m_right1=1;
 m_right2=0;
}

void turn_forw()
{
 m_left1=1;
 m_left2=0;
```

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 m_right1=1;
 m_right2=0;
}

void turn_backw()
{
 m_left1=0;
 m_left2=1;
 m_right1=0;
 m_right2=1;
}

void stop()
{
 m_left1=0;
 m_left2=0;
 m_right1=0;
 m_right2=0;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code Camera

```
//---------------------------------------------------------------------------

#include <vcl.h>
#pragma hdrstop

#include "videoocx1.h"
//---------------------------------------------------------------------------
#pragma package(smart_init)
#pragma link "VIDEOOCXLib_OCX"
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
//---------------------------------------------------------------------------
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
        : TForm(Owner)
{
}
//---------------------------------------------------------------------------
 // CAMERA 1
void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender)
{
 VideoOCX1->ShowDriverDlg();
 VideoOCX1->Init();
  camera1x1 = VideoOCX1->GetColorImageHandle();
  VideoOCX1->SetPreview(TRUE);
  VideoOCX1->Start();
}
//---------------------------------------------------------------------------
void __fastcall TForm1::Button2Click(TObject *Sender)
{
      Sleep(20);
     VideoOCX1->Stop();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        VideoOCX1->Close();
}
//---------------------------------------------------------------------------

void __fastcall TForm1::Button3Click(TObject *Sender)
{
        VideoOCX1->Capture(camera1x1);
        BSTR bstrHeaders;
        wchar_t a[50];
        swprintf(a,L"c:\\camera1x1_1.bmp");
        bstrHeaders = SysAllocString(a);
       VideoOCX1->SaveBMP(camera1x1,bstrHeaders);
}




//CAMERA2
//---------------------------------------------------------------------------

void __fastcall TForm1::Button4Click(TObject *Sender)
{
  VideoOCX2->ShowDriverDlg();
 VideoOCX2->Init();
  camera1x1 = VideoOCX2->GetColorImageHandle();
  VideoOCX2->SetPreview(TRUE);
  VideoOCX2->Start();
}
//---------------------------------------------------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void __fastcall TForm1::Button6Click(TObject *Sender)
{
      Sleep(20);
      VideoOCX2->Stop();
      VideoOCX2->Close();
}
//---------------------------------------------------------------------------


void __fastcall TForm1::Button5Click(TObject *Sender)
{
        VideoOCX2->Capture(camera1x1);
        BSTR bstrHeaders;
        wchar_t a[50];
        swprintf(a,L"c:\\camera1x1_2.bmp");
        bstrHeaders = SysAllocString(a);
        VideoOCX2->SaveBMP(camera1x1,bstrHeaders);
}
//---------------------------------------------------------------------------


void __fastcall TForm1::Open1Click(TObject *Sender)
{
OpenDialog1->Filter="bmp (*.bmp)|*.bmp";
if( OpenDialog1->Execute())
Image1->Picture->LoadFromFile(OpenDialog1->FileName.c_str());
}
//---------------------------------------------------------------------------


void __fastcall TForm1::OnMouseMove(TObject *Sender, TShiftState Shift,
    int X, int Y)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Form1->Edit1->Text=IntToStr(X);
FormI->Edit2->Text=IntToStr(Y);
}
//---------------------------------------------------------------------------

void __fastcall TForm1::FormCreate(TObject *Sender)
{
 ----------
}
//---------------------------------------------------------------
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้