

หุ่นยนต์หนอน
A WORM ROBOT



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 42367
วัน, เดือน, ปี..... 20 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์

หุ่นยนต์หนอน

WORM ROBOT

จัดทำโดย

นายภานุ นิลเลี่ยม

นายศรีทัศน์ ทรหาญ

นายอวิรุทธิ์ หมี่อินทร์

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ประกิจ ตั้งศิลานนท์

ผศ.ดร.ปิติเขต สุร์รักษา

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2544

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการคุมสอบปริญญานิพนธ์

ประธานกรรมการ

()

กรรมการ

()

กรรมการ

()

กรรมการ

()

กรรมการ

()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์หนอน

นายภานุ นิลล้อม
 นายศรีทัศน์ ทรหาญ
 นายอวิรุทธิ์ หมี่อินทร์

อาจารย์ที่ปรึกษา
 รศ.ประกิจ ตังติสานนท์
 ผศ.ดร.ปิติเขต ผู้รักษา
 ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

ปฏิญานិพนธ์ฉบับนี้ เป็นการค้นคว้าเพื่อศึกษาและสร้างหุ่นยนต์หนอนที่สามารถเคลื่อนที่ได้ในแนวที่มีความชัน ตามผนังพื้นเรียบในขั้นต้น การออกแบบให้สามารถรองรับภาระโหลดได้ในขั้นตอนการศึกษาและทดลองในขั้นต้นจะใช้การควบคุมด้วยมือก่อน ทั้งนี้เพื่อป้องกันความเสียหายอันเกิดจากการตกจากที่สูง หลักการพื้นฐานของตัวหุ่นยนต์ เป็นการใช้หัวจับสุญญากาศและบนผนังแล้วใช้การดูดอากาศออกให้ภายในหัวจับเป็นสุญญากาศแล้วปิดทางเดินลม ชุดอุปกรณ์ทำสุญญากาศที่ประกอบด้วย ถังลม อีเจ็คเตอร์ (Ejector) และโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) เมื่อพบว่าขาแรกของหุ่นยนต์ยึดติดที่ผนังได้แล้ว ก็ทำการยึดติดขาที่สองในลักษณะเดียวกัน ส่วนการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะใช้เซอร์โวมอเตอร์ เพื่อใช้ยึดขาเข้าออกได้ การจะให้หุ่นยนต์เคลื่อนขาใดก็ทำการเปิดโซลินอยด์วาล์วที่ขา นั้น หัวจับสุญญากาศก็จะเป็นอิสระจากนั้นก็ยึดขาของหุ่นไปข้างหน้าให้เตะผนังแล้วใช้การทำสุญญากาศเหมือนเดิม จากนั้นก็ทำการขยับขาหุ่นเข้าหาขาแรกแล้วทำสุญญากาศเช่นกันหุ่นยนต์ก็จะเคลื่อนที่ได้ระยะทางค่าหนึ่ง ทั้งนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A WORM ROBOT

PANU NILLIUM
 SRITUS TORAHAN
 AVIRUT MEIN

Academic Advisor

Assoc.Prof.PRAKIT TUNGTISANON

Asst.Prof.Dr.PITIKHATE SOORAKSA

Academic Year 2001

ABSTRACT

This thesis studies and implements "a worm robot." The specification of the given tasks is that it can climb on the wall with the carrying load. In the initial phase of the project, a manual control mode has been realized and built. Conceptually, the worm robot uses vacuum pad for holding to the wall by sucking the air in and out from the holding pads.

The vacuum kits comprise of an ejector air-tank and solenoid valves. After a leg of robot is attached to the wall, then do the same method for another leg. In doing so, the movement of the robot can be done by using servomotors to drive each leg. To let a leg free from the adhesive to the wall, solenoid valves must be in reset mode to get air out of the pads. Then applying the above procedure to place the leg at desired position by vacuum method. Gaits can also be generated by a micro-controller MCS-52.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ รองศาสตราจารย์ ประกิจ ตั้งศิษานนท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิติเขต ผู้รักษา ท่านคณาจารย์ภาคเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้โอกาสและให้การช่วยเหลือแนะนำ สนับสนุน เครื่องมือต่างๆ จนปริญญาานิพนธ์และโครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณพี่ๆและเพื่อน ร่วมงานที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือสำหรับงานด้านฮาร์ดแวร์ และขอขอบพระคุณท่านอื่นๆที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ ที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้ด้วย

ภานู นิลเลื่อม
ศรีทัศน์ ทรหาญ
อวิรุทธิ์ หมี่อินทร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IV
สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาของโครงการ	1
1.2 จุดประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษาและหลักการเบื้องต้น	2
1.4 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่ใช้ในโครงการ	
2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของหุ่นยนต์	3
2.2 ทฤษฎีจำเป็นที่ใช้ในโครงการหุ่นยนต์หนอน	
2.2.1 อุปกรณ์ทางเครื่องกล	8
2.2.2 ส่วนประกอบทางนิวแมติกส์	13
2.2.3 อุปกรณ์ทางไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์	21
บทที่ 3 โครงสร้างของระบบหุ่นยนต์หนอน	
3.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์	29
3.2 การออกแบบซอฟต์แวร์	33
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	37
บทสรุปและวิจารณ์	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง

ภาคผนวก ก. รูปถ่ายหุ่นยนต์

ภาคผนวก ข. โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

ภาคผนวก ค. รายละเอียดของวงจร

ภาคผนวก ง. คุณสมบัติของเซอร์โวมอเตอร์

ภาคผนวก จ. รายละเอียดไอซี ADC0804

บรรณานุกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบหุ่นยนต์	5
รูปที่ 2.2 ลักษณะหุ่นยนต์ทรงกระบอกล	6
รูปที่ 2.3 ลักษณะหุ่นยนต์ทรงกลม	6
รูปที่ 2.4 ลักษณะหุ่นยนต์ทรงลูกบาศก์	7
รูปที่ 2.5 เฟืองตรง	9
รูปที่ 2.6 เฟืองสะพานและเฟืองหมุน	10
รูปที่ 2.7 เฟืองเฉียง	10
รูปที่ 2.8 เฟืองก้างปลา	11
รูปที่ 2.9 เฟืองเฉียงไขว้	11
รูปที่ 2.10 เฟืองคอกจอกชนิดต่างๆ	12
รูปที่ 2.11 เฟืองชุดหนอน	12
รูปที่ 2.12 แสดงโซ่ลิ้นขอควาล์วแบบเปิด/ปิด	14
รูปที่ 2.13 แสดงอุปกรณ์ควบคุมความดันแบบใช้มือปรับ	14
รูปที่ 2.14 ตัวอย่างปลอกกรองเพลลา	15
รูปที่ 2.15 แสดงโครงสร้างของรองเพลลาถูกกลิ้ง	16
รูปที่ 2.16 วาล์วควบคุมความเร็วที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ทำงาน	17
รูปที่ 2.17 แสดงการทำงานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	17
รูปที่ 2.18 หัวจับและอุปกรณ์สุญญากาศ	18
รูปที่ 2.19 แสดงหัวจับแบบต่างๆ	19
รูปที่ 2.20 ลักษณะการดูดจับพื้นผิวของหัวจับสุญญากาศ	20
รูปที่ 2.21 กราฟที่ใช้หาค่าขนาดของหัวจับสุญญากาศเมื่อการดูดจับในแนวนอน	20
รูปที่ 2.22 กราฟที่ใช้หาค่าขนาดของหัวจับสุญญากาศเมื่อการดูดจับในแนวนอน	20
รูปที่ 2.23 เซอร์โวมอเตอร์ที่นิยมใช้งาน	22
รูปที่ 2.24 การจัดตำแหน่งขาต่างๆของคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	24
รูปที่ 2.25 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	26
รูปที่ 2.26 การจัดหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม	27
รูปที่ 2.27 การจัดหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล	27
รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์	29
รูปที่ 3.2 ขนาดโครงสร้างของหุ่นยนต์	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 3.3 แสดงสภาวะการดึงอากาศออกจากหัวจับ	31
รูปที่ 3.4 แสดงสภาวะการเกิดสูญญากาศที่หัวจับได้แรง W	31
รูปที่ 3.5 INPUT PULSE SERVO	33
รูปที่ 3.6 Flowchart Program	35
รูปที่ 3.7 Block Diagram	36
รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของแรงดันลมกับสภาวะสูญญากาศ	38
รูปที่ 4.2 การเดินหน้าของหุ่น	39
รูปที่ 4.3 เสถียรภาพในการเดินหน้าของหุ่นที่ 20 องศา	39
รูปที่ 4.4 เสถียรภาพในการเดินหน้าของหุ่นที่ 20 องศา	40
รูปที่ 4.5 เสถียรภาพในการเดินหน้าของหุ่นที่ 10 องศา	41
รูปที่ 4.6 เสถียรภาพในการเดินหน้าของหุ่นที่ 10 องศา	42
รูปที่ 4.7 เสถียรภาพในการเดินหน้าของหุ่นที่ 5 องศา	42
รูปที่ 4.8 เสถียรภาพในการเดินหน้าของหุ่นที่ 5 องศา	43
รูปที่ 4.9 เสถียรภาพในการเดินหน้าของหุ่นที่ 5 องศา	44
รูปที่ 4.10 การเดินถอยหลังของหุ่น	44
รูปที่ 4.11 เสถียรภาพในการเดินถอยหลังของหุ่นที่ 20 องศา	44
รูปที่ 4.12 เสถียรภาพในการเดินถอยหลังของหุ่นที่ 10 องศา	46
รูปที่ 4.13 เสถียรภาพในการเดินถอยหลังของหุ่นที่ 10 องศา	47
รูปที่ 4.14 เสถียรภาพในการเดินถอยหลังของหุ่นที่ 5 องศา	47
รูปที่ 4.15 เสถียรภาพในการเดินถอยหลังของหุ่นที่ 5 องศา	48
รูปที่ 4.16 เสถียรภาพในการเดินถอยหลังของหุ่นที่ 5 องศา	49
รูปที่ 4.17 มุมหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ก่อนการเดิน	49
รูปที่ 4.18 มุมการเลี้ยวของหุ่น	50
รูปที่ 4.19 เสถียรภาพในการเลี้ยวซ้ายของหุ่นที่ 45 องศา	50
รูปที่ 4.20 เสถียรภาพในการเลี้ยวซ้ายของหุ่นที่ 45 องศา	51
รูปที่ 4.21 เสถียรภาพในการเลี้ยวซ้ายของหุ่นที่ 45 องศา	52
รูปที่ 4.22 เสถียรภาพในการเลี้ยวซ้ายของหุ่นที่ 45 องศา	52
รูปที่ 4.23 เสถียรภาพในการเลี้ยวขวาของหุ่นที่ 45 องศา	53
รูปที่ 4.24 การก้าวเดินหน้า	54
รูปที่ 4.25 การก้าวเดินถอยหลัง	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VIII
สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูล MCS-51	23
ตารางที่ 2.2 แสดงหน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต P3	25
ตารางที่ 4.1 แสดงการทดลองที่ 4.1	37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการ

ในโลกปัจจุบันประดิษฐกรรมหุ่นยนต์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาโดยตลอด ทั้งในด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ ทั้งนี้ก็เพื่อสนองตอบกับความต้องการของมนุษย์ที่ต้องการให้หุ่นยนต์มาทำงานแทนมนุษย์ เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้กับตนเอง และเพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานบางอย่างที่มนุษย์เห็นว่าป็นงานเสี่ยงอันตรายหรือมนุษย์ไม่สามารถทำได้ แต่จากการติดตามข่าวความเคลื่อนไหวในวงการหุ่นยนต์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ หุ่นยนต์ที่ถูกสร้างขึ้นมามากมายจะถูกจำกัดในเรื่องการเคลื่อนที่อยู่ในแนวขนานพื้นเท่านั้น แต่ความคาดหมายความต้องการในการใช้งานจริงทั้งในปัจจุบันและอนาคต จะมีความต้องการหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ในแนวตั้ง สามารถเคลื่อนที่ได้ในที่สูง มีความเสี่ยงต่ออันตราย หรือในสถานที่คับแคบที่มนุษย์ไม่สามารถจะเข้าถึงเพื่อปฏิบัติงานได้ ซึ่งโดยสรุปถือเป็นหุ่นยนต์เพื่อใช้งานอุตสาหกรรมและมีวัตถุประสงค์เพื่อภารกิจพิเศษเฉพาะบางอย่าง

ดังนั้นโครงการนี้จึงได้เริ่มมีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะนำอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว นำมาประยุกต์เข้าด้วยกันเพื่อให้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งอาจจะต้องมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ทดลอง ทั้งนี้เพื่อให้ได้สิ่งที่ดีและเหมาะสมที่สุดทั้งในเรื่องของคุณภาพและในเรื่องของราคา

เนื่องจากการศึกษาและทดลองในเรื่องหุ่นยนต์นี้ จะเป็นอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์เป็นส่วนใหญ่ซึ่งมีราคาค่อนข้างจะสูง ฉะนั้นในการสร้างหุ่นยนต์จึงอาจถูกจำกัดอยู่ในงบประมาณหรือต้นทุนทดลองและจัดสร้างที่เหมาะสมและสามารถเป็นไปได้

1.2 จุดประสงค์

จุดประสงค์ของโครงการนี้คือ การสร้างและควบคุมหุ่นยนต์ที่สามารถเกาะติดและเคลื่อนที่ตามพื้นผนัง เคลื่อนที่ขึ้น - ลง ซ้าย-ขวา ได้ในเบื้องต้น และจะทำการพัฒนาให้สามารถรับภาระโหลดได้ในระดับหนึ่ง เมื่อหุ่นยนต์สามารถทำได้ในขั้นต้นแล้ว ก็จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆได้ เช่น งาน รปภ. การขนย้าย การกู้ภัยอันตรายต่างๆ เป็นต้น

1.3 ขอบเขตของการศึกษาและหลักการเบื้องต้น

1.3.1 สามารถเคลื่อนที่ไปด้านซ้าย-ขวาได้

1.3.2 สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่ง

1.3.2 สามารถรับภาระไหลลได้

1.4 เนื้อหาโดยสังเขป

บทที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีเบื้องต้นของหุ่นยนต์ แสดงรายละเอียดของชิ้นส่วนและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลองและสร้าง โครงงานหุ่นยนต์หอน

บทที่ 3 จะกล่าวถึงการออกแบบ โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์และ โครงสร้างทางซอฟต์แวร์ที่มีในโครงงาน

บทที่ 4 จะกล่าวถึงการทดสอบการทำงานทั้งระบบของหุ่นยนต์หอน

บทสรุปและวิจารณ์ เป็นการสรุปผลการทำโครงงานทั้งหมด ชี้ดจำกัด ปัญหาในการทดลอง และข้อเสนอแนะในการพัฒนาหุ่นยนต์หอน

บทที่ 2

ทฤษฎีที่ใช้ในโรงงาน

สำหรับเนื้อหาในบทที่ 2 นี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานของหุ่นยนต์โดยทั่วไป เพื่อให้มีความเข้าใจเรื่องหุ่นยนต์ในภาพรวมก่อน แล้วจึงจะกล่าวถึงการนำความรู้พื้นฐานนั้นมาใช้ในการสร้างโรงงานหุ่นยนต์หนอน ซึ่งในการสร้างโรงงานหุ่นยนต์หนอนนี้มีการใช้อุปกรณ์ใดบ้างก็นำทฤษฎีมากกล่าวโดยละเอียดในบทนี้

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของหุ่นยนต์

ความหมายของหุ่นยนต์ คือ อุปกรณ์หรือเครื่องจักรอัตโนมัติชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถปฏิบัติงานเลียนแบบการทำงานของมนุษย์ หรือปฏิบัติการได้เทียบเคียงกับภูมิปัญญามนุษย์ เป็นความหมายตามพจนานุกรม แต่ความหมายในมุมมองของเครื่องมืออุตสาหกรรม โดย หมายถึง เครื่องมือชนิดหนึ่งที่สามารถ โปรแกรมการทำงานใหม่ได้ สามารถออกแบบให้ทำงานได้หลากหลายเพื่อเคลื่อนย้ายวัสดุชิ้นส่วนงาน เครื่องมือชนิดต่างๆ หรือเครื่องมือพิเศษชนิดหนึ่ง ซึ่งเคลื่อนที่ได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ เพื่อทำงานต่างๆ ตามต้องการ

2.1.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของหุ่นยนต์

2.1.1.1 ตัวปฏิบัติการ (Manipulator) คือ ส่วนประกอบของชุดข้อต่อที่ใช้เป็นตัวเชื่อมระหว่างอุปกรณ์ต่ออุปกรณ์ แบ่งเป็น 3 ส่วนย่อยคือ ชุดเชื่อมต่อหลัก ชุดเชื่อมต่อรอง และตัวกระทำการปลายสุด

2.1.1.1(1) ชุดเชื่อมต่อหลัก คือ ชุดคู่แกนเชื่อมต่อ – จุดหมุน ซึ่งเป็นตัวนำชุดกระทำการไปที่ตำแหน่งต่างๆในที่ว่าง โดยปกติจะเป็นสามชุดแรก (นับจากฐานตัวหุ่นยนต์ขึ้นมา)

2.1.1.1(2) แกนเชื่อมต่อรอง คือ จุดหมุนและแกนเชื่อมต่อที่ใช้ในการหาตำแหน่งอย่างละเอียด

2.1.1.1(3) ตัวกระทำการปลายสุด จะมีความสามารถในการนำฐานยึดเครื่องมือและตัวปฏิบัติการปลายสุดเข้าไปยังจุดทำงาน เมื่อแกนเชื่อมต่อหลักเคลื่อนเข้ามาใกล้ตำแหน่งที่ต้องการทำงานในระดับหนึ่ง ตัวปฏิบัติการปลายสุดอาจเป็นเครื่องมือที่ใช้เชื่อม หรือใช้เจาะ หรือ นิวหีบจับ เคลื่อนย้ายชิ้นงานไปยังตำแหน่งต่างๆก็ได้

2.1.1.2 อุปกรณ์ตรวจจับ (Sensory devices) คือ อุปกรณ์ที่จะทำให้ทราบว่สถานะการในขณะนั้นของข้อต่อแต่ละข้อ ในแง่ความเร็ว ตำแหน่ง อัตราเร่ง การสัมผัส แรงกด และการหาระยะ

เป็นข้อมูลในการควบคุมให้ตัวปฏิบัติการทำงานได้ถูกต้องตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3 ตัวควบคุม (Controller) คือ ภูมิปัญญาหรือสมองของตัวปฏิบัติการที่จะสั่งให้ตัวปฏิบัติทำงานตามความต้องการของผู้ฝึกสอนหรือผู้ใช้ ซึ่งจะประกอบไปด้วย

2.1.1.3(1) ส่วนความจำเพื่อเก็บข้อมูลตำแหน่ง ที่แขนได้เคลื่อนไป และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับลำดับขั้นการทำงานของระบบหุ่นยนต์

2.1.1.3(2) ส่วนจัดลำดับขั้นการทำงาน ใช้แปลความหมายของข้อมูลที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำ และทำข้อมูลนั้นให้อยู่ในรูปที่อุปกรณ์ต่างๆ สามารถนำไปใช้เชื่อมต่อกับชุดควบคุมได้

2.1.1.3(3) หน่วยคำนวณคณิตศาสตร์ จะจัดการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นเพื่อช่วยการทำงานของตัวจัดลำดับการทำงาน

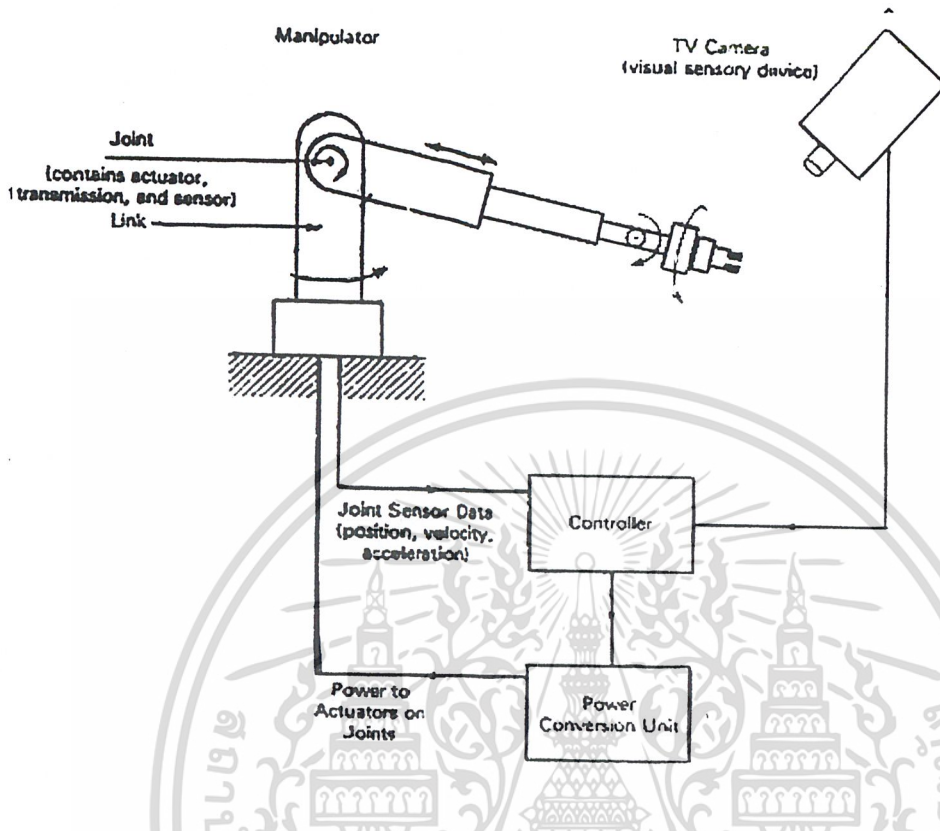
2.1.1.3(4) ส่วนเชื่อมต่อข้อมูลการตรวจจับ เพื่อป้อนให้กับ ตัวจัดลำดับการทำงาน

2.1.1.3(5) หน่วยเชื่อมต่ออุปกรณ์ร่วมงาน เป็นการเชื่อมต่อเพื่อโอนถ่ายข้อมูลจากตัวจัดลำดับการทำงาน ให้กับหน่วยแปลงกำลังงาน เพื่อให้จุดหมุนเคลื่อนที่ได้ตามความต้องการ

2.1.1.3(6) หน่วยเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หลักอื่นๆ ในระบบ ชุดควบคุมหุ่นยนต์สามารถทำงานพ้องจังหวะกับชุดควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้

2.1.1.3(7) หน่วยควบคุมอีกบางชนิด สำหรับผู้ฝึกสอนที่ใช้สำหรับแสดงตำแหน่งหรือจุด เพื่อบอกลำดับการปฏิบัติงานในการควบคุมระบบหุ่นยนต์รูปแบบการควบคุมอาจอยู่ในลักษณะเป็นแผงควบคุมที่มีฟังก์ชันการควบคุมแบบคงที่ แผงป้อน โปรแกรมภาษาควบคุม และเป็นสอนการทำงาน หรืออุปกรณ์ที่คล้ายคลึงกัน ที่มีเมนูชุดคำสั่งสำหรับผู้ปฏิบัติงาน สามารถฝึกสอนหุ่นยนต์ได้

2.1.1.4 หน่วยแปลงกำลัง (Power conversion unit) คือ หน่วยที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการนำสัญญาณจากหน่วยจัดลำดับขั้นการทำงาน ซึ่งอาจเป็นสัญญาณดิจิทัลหรือสัญญาณอนาลอกระดับต่ำ แล้วแปลงให้สูงขึ้นพอเพียง ที่จะไปขับเคลื่อนตัวกระทำทำได้ เช่น ตัวขยายสัญญาณกำลังอิเล็กทรอนิกส์ คอมเพรสเซอร์และชุดควบคุมวาล์ว เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบหุ่นยนต์

2.1.2 การกำหนดชนิดของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม กำหนดตามคำแนะนำของ ENGELBERGER แบ่งได้ 2 ชนิดคือ

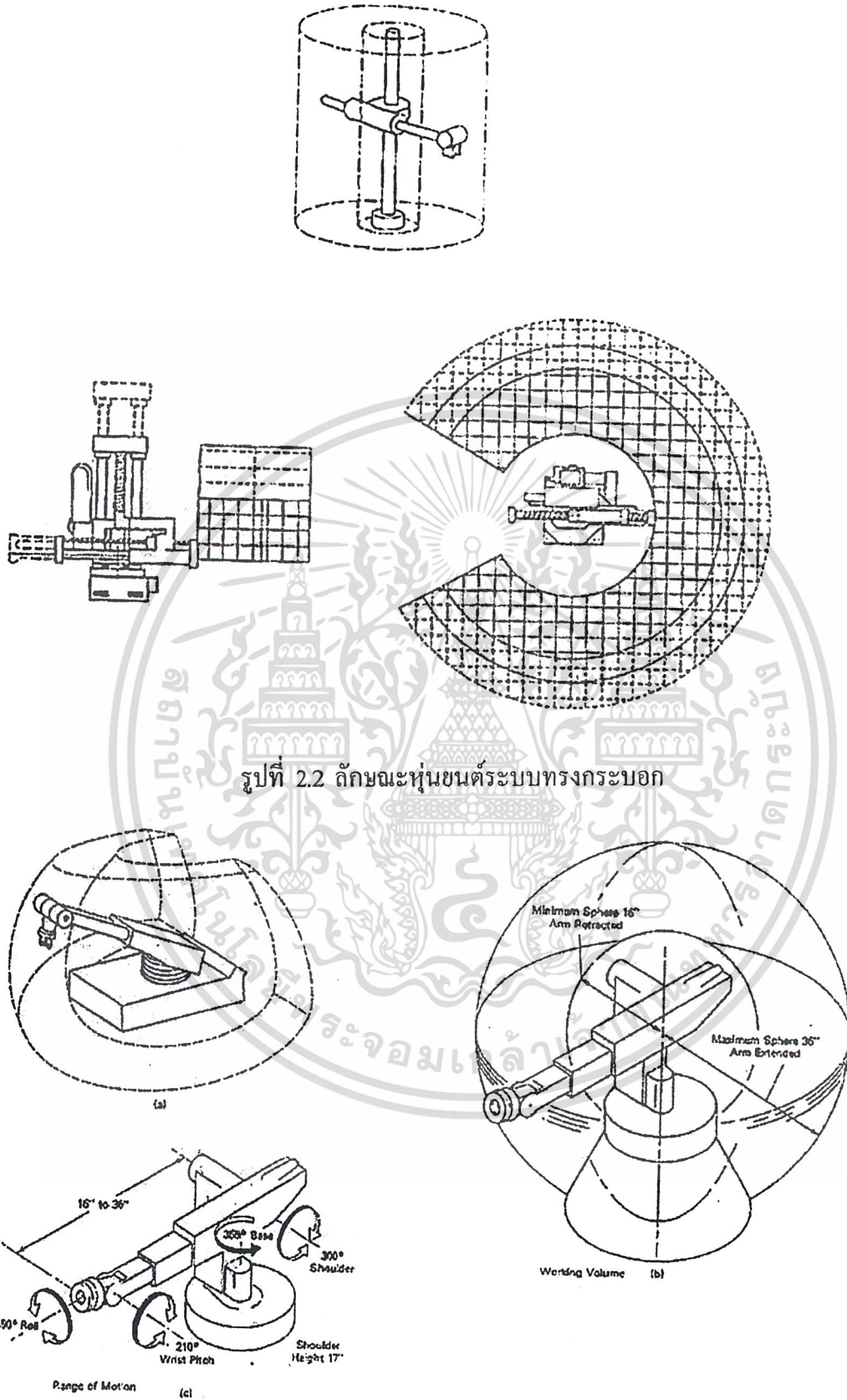
2.1.2.1 แบ่งตามรูปแบบทางกลไก จำแนกได้เป็น

2.1.2.1(1) หุ่นยนต์ระบบทรงกระบอก คือ หุ่นยนต์ที่แขนในแนวนอนถูกยึดกับแกนในแนวตั้ง และแกนนี้ถูกยึดกับฐานที่หมุนไปมาได้

2.1.2.1(2) หุ่นยนต์ระบบทรงกลม คือ หุ่นยนต์ที่แขนของหุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้า - ออก ในแนวรัศมีได้ตามแนวนอน ซ้ายขวา และแขนทั้งชุดหมุนได้ตามแนวตั้งขึ้นลง

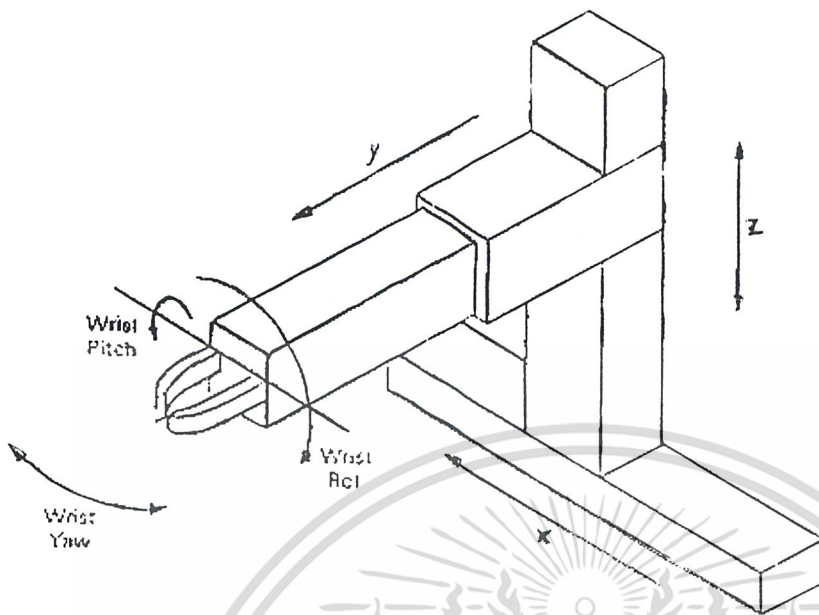
2.1.2.1(3) หุ่นยนต์ระบบทรงลูกบาศก์ คือ หุ่นยนต์ที่ส่วนปฏิบัติการจะเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงโดยพื้นที่ปฏิบัติการจะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมตามลักษณะแนวแกนการเคลื่อนที่ ซึ่งมี 2 แบบคือแบบแขนคานเคลื่อนที่ และแบบแกนทรี-สเตย (GANTRY - STYE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ลักษณะหุ่นยนต์ระบบทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ลักษณะหุ่นยนต์ระบบทรงลูกบาศก์

2.1.2.2 แบ่งประเภทตามรูปแบบทางการควบคุม อันแรกได้เป็น

2.1.2.2(1) หุ่นยนต์ควบคุมแบบไม่ใช้เซอร์โว หมายถึง เมื่อตัวปฏิบัติการเริ่มเคลื่อน มันเคลื่อนต่อไปจนกระทั่งถึงจุดที่ควรหยุด จะไม่มีการตรวจสอบใดๆ ในการเคลื่อนที่นั้น ระหว่างจุดสองจุดที่กำลังเคลื่อน วิธีการเคลื่อนที่ลักษณะนี้บางทีเรียกว่า ชนิดแบบลูฟ-เปิด

2.1.2.2(2) หุ่นยนต์ควบคุมแบบใช้เซอร์โว หมายถึง สามารถตั้งการให้ตัวปฏิบัติการเคลื่อนที่ หรือหยุดได้ทุกตำแหน่ง ตลอดย่านระยะของแกนแนวปฏิบัติการ เป็นลูฟ-ปิด แบ่งได้สองแบบคือแบบเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง และแบบจุดถึงจุด

2.1.3 คุณลักษณะเฉพาะของระบบหุ่นยนต์

2.1.3.1 ความสามารถในการรับภาระโหลด (Load-carrying Capacity) ความสามารถในการรับ โหลด หรือคุณลักษณะเฉพาะในการรับ โหลด มิใช่ข้อกำหนดในความสามารถในการรับน้ำหนักเพิ่มขึ้นของตัวปฏิบัติการซึ่งกำลังรับน้ำหนักของเครื่องมือหรือตัวปฏิบัติปลายสุดอยู่แล้ว เป็นเรื่องที่ใช้ต้องทราบเองว่าต้องการแรงหน่วงสูงสุดเท่าใด ที่ตัวปฏิบัติการปลายสุดของหุ่นยนต์ที่ตัวเองต้องการใช้ ที่เป็นเช่นนี้ก็เนื่องมาจากเหตุผลที่แรงหน่วงมีผลกระทบถึงทอร์คที่ต้องใช้ในการเพิ่มอัตราเร่ง เป็นไปได้ว่าผู้ใช้อาจต้องการเคลื่อนที่ โหลดที่มีแรงหน่วงสูงถ้าลดอัตราเร่งลง

2.1.3.2 อัตราการทำซ้ำ (Repeatability) อัตราการทำซ้ำตำแหน่งเดิมของหุ่นยนต์ไม่ใช่ความแม่นยำ เป็นการวัดความสามารถของตัวปฏิบัติการ ในการกลับมายังตำแหน่งเดิมที่เคยอยู่ว่าแน่นอนเพียงใด เป็นการวัดการเข้าสู่ตำแหน่งพิกัดเดิมด้วยวิธีการเดิมทุกประการ ไม่ว่าจะเส้นทางที่

ไม่ต่างกันใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้น้ำหนัก ความเร็ว อัตราเร่ง อุณหภูมิ ฯลฯ โดยทำซ้ำหลายๆครั้ง เนื่องจากถูกออกแบบให้มีค่าความหน่วงต่ำ ตัวปฏิบัติภารกิจมักสั้น กระตุก ที่ตำแหน่งหยุดทำงาน จึงจำเป็นต้องหยุดรอสักระยะเวลาหนึ่งก่อนทำการวัดค่าอัตราการทำซ้ำ

2.1.3.3 ความเร็วสูงสุดที่ปลายแขนในสภาพไม่มีโหลด (No load maximum tip speed) ความเร็วสูงสุดที่ปลายแขนเมื่อไม่มีโหลด คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวปฏิบัติโดยนัยของความหมายนี้เป็นที่แน่นอนว่าจะต้องแตกต่างจากความเร็วเมื่อมีโหลด

2.1.3.4 ระบบพิกัดตำแหน่ง (Coordinate Systems) รูปแบบพิกัดตำแหน่งของหุ่นยนต์แบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ แบบทรงกระบอก แบบทรงกลม และแบบลูกบาศก์ ทั้ง 3 ชนิด จะมีโครงสร้างและคุณสมบัติเฉพาะงานแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้

2.1.3.5 ความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่ (Maximum movement) จะหมายถึงความเร็วที่ปลายแขนปฏิบัติงาน อาจมีข้อเพิ่มเติมคือ กำหนดให้ข้อต่อไม่เคลื่อนไหวยึดติดอยู่กับที่ได้ ด้วยขีดจำกัดลักษณะนี้ทำให้ปลายแขนของหุ่นยนต์ไม่สามารถเคลื่อนเข้าไปยังตำแหน่งบางตำแหน่งของพื้นที่ปฏิบัติได้ เพราะข้อจำกัดทางโครงสร้างของตัวเอง

2.1.3.6 ชนิดของชุดต้นกำลัง (Types of drives) หมายถึงชุดต้นกำลังสำหรับขับเคลื่อนข้อต่อของตัวปฏิบัติกรรมมี 3 แห่ง คือ ทางไฟฟ้า ไฮดรอลิกส์ และนิวเมติก โดยระบบไฮดรอลิกส์มีคุณสมบัติในการรับแรงได้ดีกว่าแต่ต้องระวังการรั่วไหลของน้ำมัน ซึ่งอาจนำไปใช้กับอุตสาหกรรมอาหาร หรืออุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ น้ำมันไฮดรอลิกส์จะส่งผลร้ายต่อแผ่นวงจรพิมพ์ในช่วงการบัดกรี

2.1.3.7 วิธีการควบคุม (Controlling methods) หมายถึง วิธีการที่ใช้ควบคุมแกนการเคลื่อนที่มีอยู่ 2 วิธี คือ แบบลูป-ปิด และแบบลูป-เปิด ซึ่งก็คือการเคลื่อนที่แบบจุดต่อจุด หรือเคลื่อนที่ต่อเนื่องตลอดเส้นทาง

2.2 ทฤษฎีจำเป็นที่ใช้ในโครงงานหุ่นยนต์หุ่น

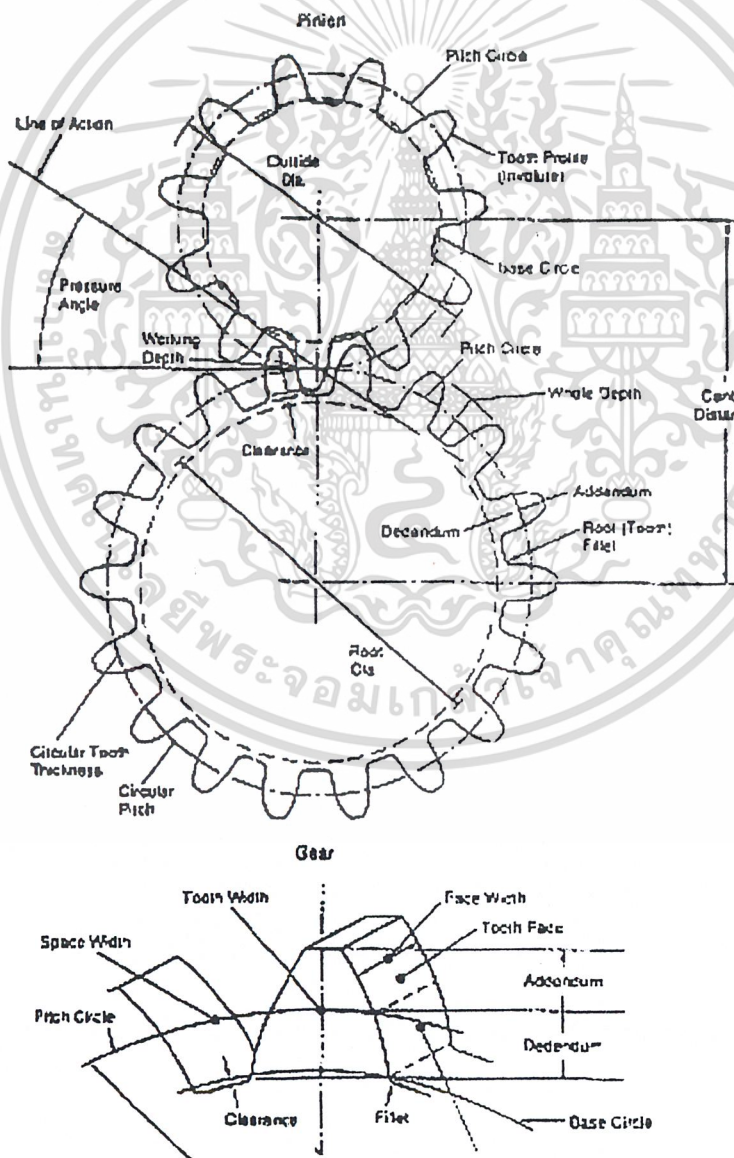
2.2.1 ส่วนประกอบทางกล

กลไกของหุ่นยนต์เกิดจากการเอาวัตถุเกร็งหลายๆ ชิ้นมารวมเข้าด้วยกัน โดยวัตถุเหล่านั้นจะถูกต่อโยงด้วยกันไว้และเคลื่อนที่โดยมีรูปแบบเฉพาะ การเคลื่อนที่ของวัตถุหนึ่งจะเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของวัตถุอีกชิ้นหนึ่งเสมอ รูปแบบของการส่งผ่านการเคลื่อนที่สามแบบคือ การส่งผ่านการเคลื่อนที่แบบสัมผัสกันโดยตรงระหว่างชิ้นต่อ โยงสองชิ้น เช่น เฟืองกับเฟือง เป็นต้น การส่งผ่านการเคลื่อนที่โดยอาศัยชิ้นต่อโยงตัวกลางที่เพิ่มขึ้นมา เช่น การต่อ คัปปลิงแบบต่างๆ เป็นต้น

และสุดท้ายคือการส่งผ่านการเคลื่อนที่โดยอาศัยตัวต่อโยงที่ยึดหัดตัวได้ เช่น สปริงต่างๆ สายพาน เป็นต้น

2.2.1.1 เฟือง ใช้ทำหน้าที่ถ่ายเทโมเมนตัมระหว่างเพลาที่มีระยะระหว่างแกนเพลาไม่มากนัก โดยที่การถ่ายเทโมเมนตัมดังกล่าวจะอยู่ในรูปแบบของแรง ด้วยเหตุผลที่ไม่มีการสูญเสียอันเนื่องมาจากการสั่นไหว จึงมีอัตราทดที่คงที่ เฟืองเหมาะกับการหมุนที่ความเร็วรอบต่ำจนไปถึงความเร็วรอบค่อนข้างสูงแต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเฟือง

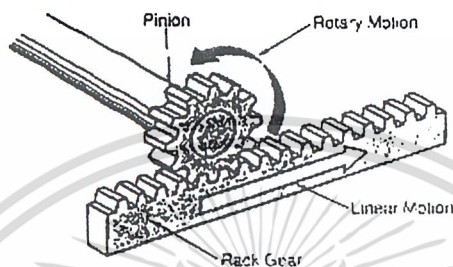
2.2.1.1(1) เฟืองตรง (Spur gears) ทำหน้าที่ส่งกำลังและการหมุนจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่งที่ขนานกันและโดยส่วนมากเฟืองขับจะมีขนาดเล็กกว่าเฟืองตาม



รูปที่ 2.5 เฟืองตรง

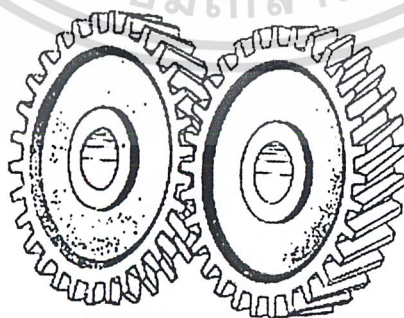
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1(2) เฟืองสะพานและเฟืองหมุน (Rack & Pinion gear) เป็นชุดเฟืองที่ใช้ในการเปลี่ยนการหมุนให้เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง หรือจากการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงเป็นการหมุน ในกรณีที่เปลี่ยนการหมุนให้เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงระยะทางที่ได้จากการเคลื่อนที่ที่สามารถคำนวณได้จากความกว้างและจำนวนฟันของเฟืองที่หมุน ซึ่งในหนึ่งรอบของการหมุนที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงมีค่าเท่ากับ พาย คูณด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางของเฟือง



รูปที่ 2.6 เฟืองสะพานและเฟืองหมุน

2.2.1.1(3) เฟืองเฉียง (Helical gear) เฟืองเฉียง ฟันเฟืองไม่ขนานกับแกนหมุนของเฟืองแต่จะเอียงทำมุมกับเฟืองตั้งนั้นแรงที่กระทำต่อฟันเฟืองจึงเป็นแบบสามมิติ มุมที่ฟันเฟืองกับแกนหมุนของเฟืองนี้ชื่อเรียกว่า มุมฮิลิกซ์ เฟืองแบบนี้สามารถใช้ส่งกำลังระหว่างเพลาที่ขนานกันหรือที่ทำมุมกันก็ได้ ลักษณะการสัมผัสของฟันเฟืองมุมมวกกว่าของเฟืองฟันตรงจึงทำให้เสียงในการทำงานน้อยแรงกระแทกน้อย เหมาะกับงานที่ใช้ความเร็วสูงและส่งกำลังได้สูงกว่าเฟืองตรง มีข้อเสียคือเกิดแรงที่กระทำต่อฟันเฟืองส่วนหนึ่งมีทิศทางอยู่ในแนวแกนทำให้เกิดแรงที่แกนซึ่งรองรับเพลาหรือแบร์ริงต้องรองรับแรงส่วนนี้ให้ได้



รูปที่ 2.7 เฟืองเฉียง

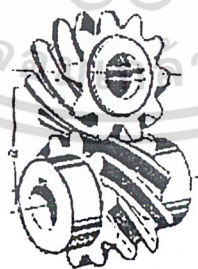
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1(4) เฟืองก้างปลา (Herringbone gear) เป็นเฟืองที่ใช้แก้ไขข้อเสียดของเฟืองเฉียงโดยใช้เฟืองเฉียงสองอันมีมุมเฉียงตรงข้ามกันวางคู่กันทำให้เกิดแรงในแนวแกนทิศทางตรงข้ามกันข้ามเพื่อที่เบร็งจะได้ไม่ต้องรับแรงดังกล่าว เพื่อจะขจัดแรงรุมที่เกิดจากการขับด้วยเฟืองเฉียง



รูปที่ 2.8 เฟืองก้างปลา

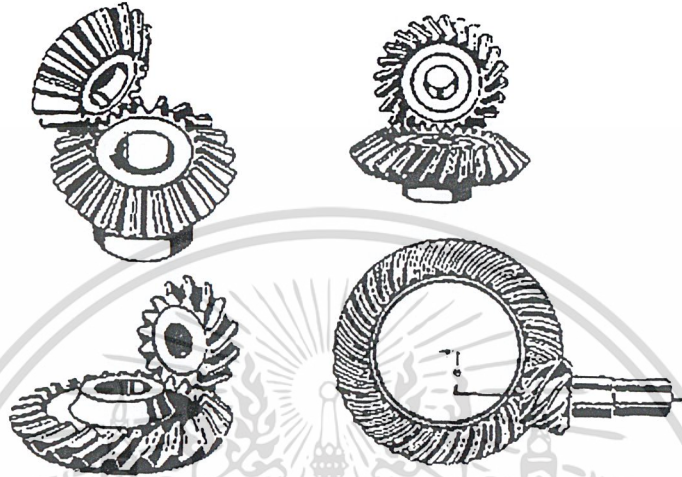
2.2.1.1(5) เฟืองเฉียงไขว้ (Crossed helical gear) การขบฟันเฟืองในลักษณะนี้จะมีการสัมผัสกันเป็นจุด จึงเหมาะสำหรับการส่งกำลังน้อยๆเท่านั้น การสึกหรอค่อนข้างสูง ในการเลือกใช้เฟืองไขว้ ควรให้มีการขัดสีกันระหว่างฟันเฟืองน้อยที่สุดทั้งนี้ก็เพื่อลดอัตราการสึกหรอและความร้อนที่จะเกิดขึ้น



รูปที่ 2.9 เฟืองเฉียงไขว้

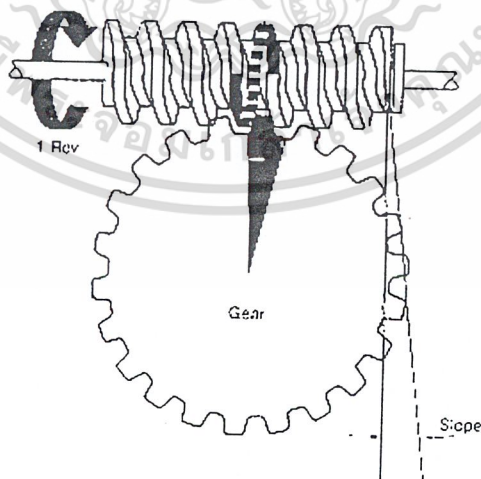
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1(6) เฟืองดอกจอก (Bevel gear) ใช้สำหรับการส่งกำลังผ่านเพลาคี่ทำมุมใด ๆ ต่อกัน เฟืองแบบนี้อาจจะเรียกได้ว่าเป็นเฟืองกรวยตัด เพราะผลิตขึ้นมาจากแบบรูปกรวย สำหรับการรับแรงของเฟืองดอกจอกก็จะมีส่วนคล้ายคลึงกับเฟืองตรงและเฟืองเฉียง เฟืองดอกจอกต้องผลิตขึ้นใช้งานเป็นคู่เพื่อใช้เฉพาะงานและเราไม่สามารถที่จะสลับการใช้งานกับเฟืองอื่นๆได้ เหมือนกับเฟืองตรง



รูปที่ 2.10 เฟืองดอกจอกชนิดต่างๆ

2.2.1.1(7) ชุดเฟืองหนอน (Worm gear set) จะใช้สำหรับส่งกำลังระหว่างเพลาคี่ไม่ขนานกันและไม่ตัดกันรวมทั้งต้องการให้มีอัตราทดสูง ชุดเฟืองตัวหนอนประกอบด้วยเกียตัวหนอน (Worm) และเฟืองหนอน (Worm gear) มักใช้ชุดเฟืองหนอนส่งกำลังระหว่างเพลาคี่ทำมุมกัน 90 องศา



รูปที่ 2.11 เฟืองชุดหนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1(8) ขบวนเฟือง (Gear trains) คือ การส่งผ่านการเคลื่อนที่จากชั้นต่อโยงที่เป็นตัวขับไปยังชั้นต่อโยงที่เป็นตัวตามซึ่งประกอบไปด้วยเฟืองชนิดต่างๆ ขบกันอยู่รวมกันเป็นระบบ สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่มคือ ขบวนเฟืองแบบปกติ และขบวนเฟืองแบบแพลนเนตารี(Planetary gear trains) ซึ่งแบบที่สองนี้เป็นการเปรียบเทียบกับการที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ และในขณะเดียวกันก็หมุนรอบตัวเองด้วย

2.2.2 ส่วนประกอบทางนิวแมติกส์

2.2.2.1 ถังเก็บลม (Receiver tank) ในระบบนิวแมติกส์โดยทั่วไปหากอุปกรณ์ทำงานพร้อมกันหลายๆ ตัว มักจะเกิดปัญหา กล่าวคือปริมาณลมที่เครื่องอัดลมผลิตออกมาจะไม่เพียงพอ กับความต้องการและถ้าอุปกรณ์เหล่านั้น ไม่ได้ทำงานลมอัดที่ผลิตออกมาก็ไม่มีที่เก็บ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงจำเป็นที่จะต้องมียังถังเก็บลมที่สามารถจ่ายอัตราลมได้อย่างคงที่ตลอดเวลาโดยทั้งนี้จะต้องมีความดันคงที่ด้วย

2.2.2.2 เครื่องอัดลม (Compressor) การนำเอาอากาศมาเป็นวัสดุใช้งานในทางอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านขับเคลื่อน หรือการควบคุมและทำงานเครื่องจักร หุ่นยนต์ และอุปกรณ์เครื่องช่วยต่างๆ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมียังแหล่งจ่ายลมที่มีความดันสูง มาเป็นตัวจ่ายพลังงานให้กับระบบการทำงานดังกล่าว อุปกรณ์ที่มีความสามารถในการทำให้อากาศมีความดันเพิ่มสูงขึ้นได้ คือเครื่องอัดลม

2.2.2.3 เครื่องระบายความร้อน (After cooler) เนื่องจากลมอัดที่ออกมาจากเครื่องอัดลมจะมีความดันและอุณหภูมิสูง ถ้านำเอาลมอัดเหล่านี้ไปใช้งานโดยตรงแล้ว จะทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์นิวแมติกส์สั้นลงหรือเกิดปัญหา เพราะความร้อนและไอน้ำหรือความชื้นที่ปนมากับลมอัดซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการกัดกร่อนซีด เกิดสนิม และทำให้เกิดการอุดตันขึ้นภายในวาล์วหรืออุปกรณ์ต่างๆ จากสาเหตุดังกล่าวจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องระบายความร้อนหลังจากลมอัดผ่านเครื่องอัดมาแล้วเพื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลง ที่จุดนี้ไอน้ำจะกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำ

2.2.2.4 เครื่องกำจัดความชื้น (Air dryer) โดยปกติเครื่องระบายความร้อน ไม่สามารถที่จะกำจัดความชื้นหรือไอน้ำที่ปะปนเข้ามากับลมอัดออกไปได้ทั้งหมด โดยจะกำจัดได้ประมาณ 70% ที่เหลือยังคงปะปนอยู่กับลมอัดต่อไป ดังนั้นจึงต้องใช้เครื่องกำจัดความชื้นช่วยอีกทีหนึ่ง

2.2.2.5 ตัวกรองลม (Filter) มีหน้าที่ในการกำจัดหรือป้องกันสิ่งสกปรก ฝุ่นละอองต่างๆ รวมทั้งละอองไอน้ำที่ปะปนเข้ามากับลมอัด

2.2.2.6 อุปกรณ์ส่งจ่ายน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator) ทำหน้าที่ส่งจ่ายน้ำมันให้กับวงจรนิวแมติกส์เพื่อลดการสึกหรอของซีลภายในวาล์วและอุปกรณ์ทำงาน แต่ในปัจจุบันอุปกรณ์นิวแมติกส์รุ่นใหม่ ๆ ส่วนมากทำงานโดยไม่ต้องมีการหล่อลื่นได้

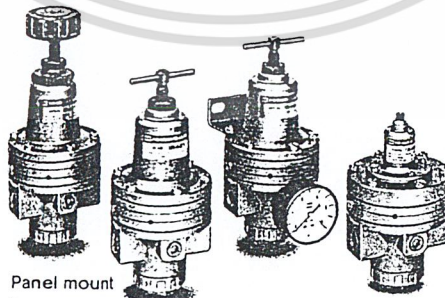
2.2.2.7 โซลินอยด์วาล์วแบบเปิด/ปิด (On/off solenoid valves) นิยมนำมาใช้ในการควบคุมตำแหน่งของอุปกรณ์ทำงานไม่ว่าจะเป็นแบบเคลื่อนที่ในลักษณะเส้นตรงหรือเชิงมุมส่วนใหญ่มักจะใช้วาล์ว 5/3 ซึ่งการทำงานของวาล์วประเภทนี้นั้นอาจจะใช้ไฟฟ้าเลื่อนวาล์วโดยตรงหรือใช้ไฟฟ้าเป็นตัวช่วยเลื่อนโดยอาศัยลมอัดเป็นตัวเลื่อนก็ได้ การไหลของลมอัดไปยังอุปกรณ์ทำงานที่ถูกตัดต่อคดขยการควบคุมที่ชุดโซลินอยด์ซึ่งอาจจะใช้รีเลย์ หรือ PLC ที่มีฟังก์ชันควบคุมการปิดเปิด



รูปที่ 2.12 แสดงโซลินอยด์วาล์วแบบเปิด/ปิด

2.2.2.8 พร็อพออร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทาง (Proportional directional control valves) วาล์วควบคุมอัตราการไหลที่สามารถปรับค่าได้โดยวิธีการทางไฟฟ้า ซึ่งการกระทำดังกล่าวทำให้ความเร็วของอุปกรณ์ทำงานสามารถควบคุมได้ง่าย และยังสามารถควบคุมความแรงให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ด้วย

2.2.2.9 อุปกรณ์ควบคุมความดัน (pressure regulator) เนื่องจากสมการพื้นฐาน $F = PA$ เมื่อ F คือแรง P คือความดัน และ A คือพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ทำงานที่ได้รับ ความดัน วิธีพื้นฐานที่ธรรมดาที่สุดคือการควบคุมด้วยอุปกรณ์ควบคุมความดันแบบใช้มือปรับ



รูปที่ 2.13 แสดงอุปกรณ์ควบคุมความดันแบบใช้มือปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.10 อุปกรณ์ควบคุมความดันแบบพรีออพอร์ชันนัล (Proportional pressure regulator) การควบคุมแรงโดยผ่านการควบคุมความดันด้วยอุปกรณ์ควบคุมความดันแบบใช้มือปรับ นั้น จะถูกจำกัดในเรื่องของความแม่นยำและถูกต้อง ซึ่งทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของมันที่ใช้ในการรักษาความดันภายใต้เงื่อนไขที่แปรเปลี่ยนไป เช่น อุณหภูมิ ปฏิกริยาของไหลที่กระทำกับ อุปกรณ์ทำงาน ดังนั้นหากต้องการระดับความแม่นยำและความคล่องตัวหรือความยืดหยุ่นในการควบคุมที่เพิ่มสูงขึ้นก็สามารถทำได้โดยการนำตัวแบบพรีออพอร์ชันนัล มาควบคุมความดันทดแทน

2.2.2.11 ร่องเพลลา (Bearing) มีหน้าที่รองรับเพลลาด้วยแรงเสียดทานที่ต่ำ สำหรับร่องเพลลาที่รับแรงขวางกับแนวแกนของเพลลาเรียกว่า ร่อง เพลลารัศมี ส่วนร่องเพลลาที่รับแรงตามแนวแกนของเพลลาเรียกว่า ร่องเพลลาแนวแกน ประเภทของร่องเพลลาสองกลุ่มใหญ่ๆ คือ ร่องเพลลาธรรมดา และ ร่องเพลลาลูกกลิ้ง



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างปลอกกรองเพลลา

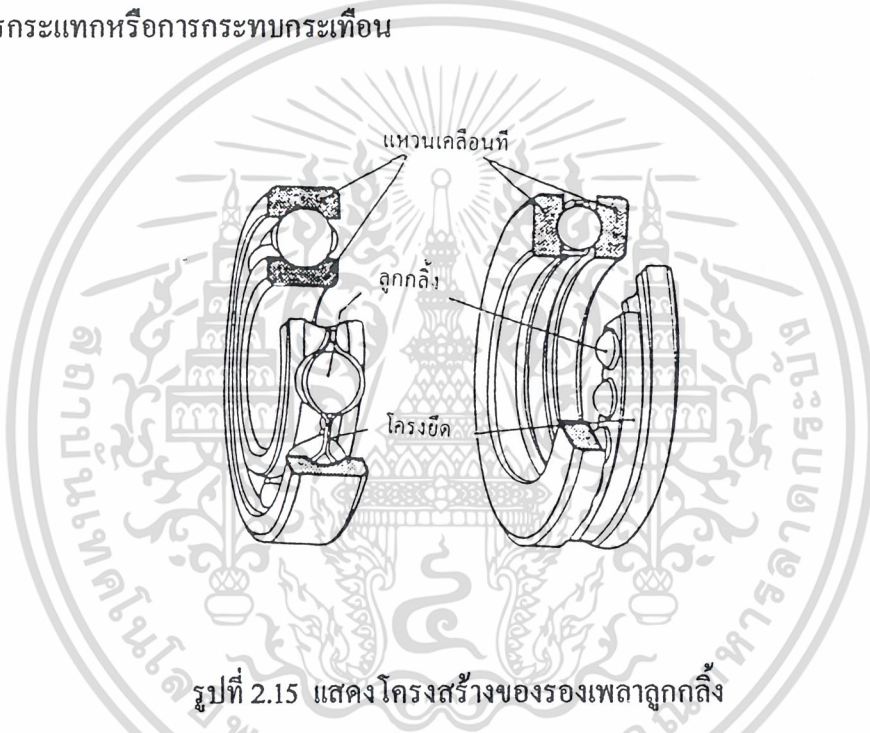
2.2.2.12 ร่องเพลลาลูกกลิ้ง (Rolling bearing) ร่องเพลลาลูกกลิ้งประกอบไปด้วย แหวนนอก แหวนใน ลูกกลิ้ง และ โครงยึดลูกกลิ้ง แหวนนอกจะเป็นส่วนที่แนบกับเรือนเพลลาและในขณะเดียวกันยังทำหน้าที่เป็นรางลูกกลิ้งสำหรับลูกกลิ้งด้วย ส่วนแหวนในจะสวมอัดแน่นติดกับแกนเพลลา และทำหน้าที่เป็นรางกลิ้งภายใน สำหรับลูกกลิ้งจะมีรูปร่างเป็นทรงกลม ทรงกระบอกทรงกลม ทรงผิวโค้งหรือทรงเรียวปลายตัด โดยจะมีโครงยึดลูกกลิ้งให้มีระยะที่เท่ากัน แหวนนอก แหวนใน และ ลูกกลิ้งจะทำจากเหล็กกล้าโครเมียมอบชุบจากนั้นจะนำลูกกลิ้งและร่องรางกลิ้งมาทำการขัดผิวมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติรองเพลาลูกกลิ้งขนาดเล็กจะมีโครงยึดลูกกลิ้ง และส่วนมากจะทำจากแผ่นเหล็กกล้าและมี ส่วนน้อยที่ทำจากทองเหลืองหรือพลาสติก

2.2.2.12(1) ข้อดีของรองเพลาลูกกลิ้ง คือ เกิดความร้อนน้อยเนื่องจากความเสียดทานต่ำ ไม่ต้องใช้เวลาขณะเริ่มต้นหมุน รับภาระได้สูงที่ความเร็วรอบต่ำ มีการขยายตัวของระยะฟรีของรองเพลาลังใช้งาน ไปนานๆต่ำ ความต้องการสารหล่อลื่นและการบำรุงรักษาน้อย

2.2.2.12(2) ข้อเสียของรองเพลาลูกกลิ้ง คือ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใช้ประกอบโตกว่าปลอกกรองเพลลา พิกัดความเผื่อสำหรับตัวเรือนรองเพลลาและเพลลา มีค่าน้อยด้วยเหตุนี้จึงมีต้นทุนการผลิตสูง (มีราคาสูงกว่าปลอกกรองเพลลา) ไวต่อสิ่งสกปรกและมีเสียงดังมากกว่าปลอกกรองเพลลา ไวต่อการกระแทกหรือการกระทบกระเทือน



รูปที่ 2.15 แสดง โครงสร้างของรองเพลาลูกกลิ้ง

2.2.2.13 คัปปลิ่งและคลัตช์ (Coupling and clutch) มีหน้าที่ยึดเพลาสองเพลลาให้ต่อเข้าด้วยกันหรือส่งถ่ายในลักษณะของการส่งกำลังด้วยรูปทรงหรือการส่งด้วยแรง คัปปลิ่งหรือคลัตช์ช่วยให้การประกอบง่ายขึ้น และยังทำหน้าที่ตัดหรือต่อ การส่งกำลังระหว่างเพลลา หรือส่วนอื่น ๆ ของชิ้นต่อ โยง

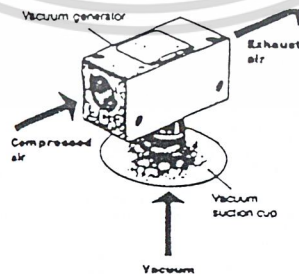
2.2.2.14 วาล์วคอคอดปรับค่าได้และวาล์วควบคุมการไหลทางเดียว (Throttle valve adjustable & one – way flow control vales) วาล์วทั้งสองแบบนี้เป็นวาล์วพื้นฐานที่นิยมนำมาใช้ควบคุมความเร็ว หลักการทำงานคือ ควบคุมปริมาณการไหลของลมที่อัดเข้าหรือออกจากอุปกรณ์ทำงาน จากสมการพื้นฐาน $V = Q/A$ เมื่อ V คือความเร็ว Q คืออัตราการไหลของลมอัด และ A คือ

พื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์การทำงานที่รับแรงดัน ส่วนวาล์วคอคอดปรับค่า มีหลักการการทำงานคือ เมื่อมีความดันลมเข้ามาไม่ว่าจะเป็นด้านใดก็ตาม ปริมาณลมจะไหลผ่านไปยังอีกด้านหนึ่งเสมอโดยจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ การปรับสกรูของวาล์วเพื่อให้ลีนคอคอดมีพื้นที่ที่กว้างหรือแคบสอดคล้องกับปริมาณการไหลของลมอัดตามที่ต้องการ



รูปที่ 2.16 วาล์วควบคุมความเร็วที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ทำงาน

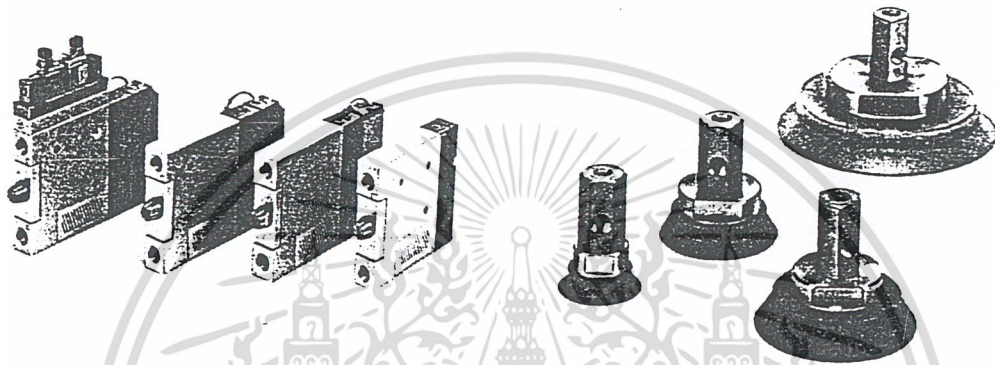
2.2.2.15 อุปกรณ์จับยึดที่ทำงานด้วยระบบสุญญากาศ (Vacuum generator & Suction cup) การใช้หัวจับสุญญากาศจับยึดวัสดุผิวเรียบ หรือชิ้นงานที่มีน้ำหนักไม่มากนักมีใช้กันอย่างกว้างขวางในหุ่นยนต์หรือเครื่องจักรอัตโนมัติ สำหรับงานส่งถ่ายวัสดุหรือชิ้นงานต่าง ๆ ระบบสุญญากาศจำเป็นต้องใช้ปั๊มสุญญากาศเป็นต้นกำลัง แต่ในที่นี้สามารถใช้กับลมอัดปกติที่มีใช้อยู่ในระบบนิวเมตริกส์ทั่วไปได้ อุปกรณ์ที่ช่วยที่ใช้ในการสร้างสุญญากาศ (Vacuum generator or Ejector)



รูปที่ 2.17 แสดงการทำงานของอีเจคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.15(1) หลักการทำงาน หัวจับสุญญากาศจะอาศัยความดันลมที่ไหลผ่านคอคอดในอุปกรณ์สร้างสุญญากาศด้วยความเร็วสูงทำให้บริเวณดังกล่าวเกิดเป็นสุญญากาศขึ้นและอากาศที่หัวจักรจะถูกดึงออกมาด้วย ระดับของสุญญากาศจะมีค่ามากหรือน้อยเพียงใดนั้นจะขึ้นอยู่กับความเร็ว ความดัน รวมทั้งขนาดของคอคอดภายในของอุปกรณ์สร้างสุญญากาศที่ลมอัดไหลผ่าน นอกจากนี้แรงที่ได้จะขึ้นอยู่กับสุญญากาศแล้ว ขนาดของหัวจับจะมีผลโดยตรงด้วย วงจรตัวอย่างการนำเอาหัวจักรสุญญากาศไปประยุกต์ใช้งาน โดยมีโซลินอยด์แล้วเป็นตัวควบคุมให้อุปกรณ์สร้างสุญญากาศทำงานหรือไม่ทำงาน และอีกตัวหนึ่งจะทำงานเมื่อต้องการปล่อยชิ้นงาน นอกจากนั้นในวงจรยังมี เซนเซอร์ ที่ใช้สำหรับตัวจับสุญญากาศ ทั้งนี้ก็เพื่อตรวจสอบดูว่าชิ้นงานถูกดูดติดหรือไม่

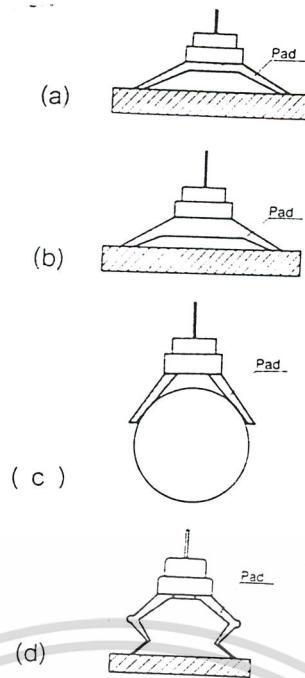


รูปที่ 2.18 หัวจับและอุปกรณ์สุญญากาศ

2.2.2.15(2) การเลือกชนิดและขนาดของหัวจับสุญญากาศ

ลักษณะรูปร่าง ขนาด รวมทั้งชนิดของชิ้นงานที่แตกต่างกันต้องเลือกใช้หัวจับที่แตกต่างกัน

- (a) หัวจับแบบเรียบ จะใช้กับชิ้นงานทั่วไปที่เป็นแผ่นเรียบซึ่งไม่มีการเปลี่ยนรูปหรือโค้งงอตัว
- (b) หัวจับแบบเรียบแต่มีโครง โดยโครงของหัวจับจะช่วยให้หัวจับไม่เกิดการอ่อนตัวในขณะที่ดูดจับชิ้นงานที่มีโอกาสโค้งงอตัวได้
- (c) หัวจับแบบลึก เป็นหัวจับสุญญากาศที่ใช้กับชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นทรงกลมหรือมีพื้นผิวโค้ง
- (d) หัวจับแบบกระเปาะ จะใช้ในกรณีที่มีการกระแทกในการดูดจับชิ้นงานหรือใช้ในกรณีที่มีพื้นผิวของชิ้นงานเฉียง



รูปที่ 2.19 แสดงหัวจับแบบต่างๆ

2.2.2.15(3) การหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวจับสุญญากาศ(suction pad diameter ;

ΦD)

2.2.2.15(3.1) การหาค่าจากการคำนวณจากบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายอุปกรณ์นิวแมติกส์ของประเทศญี่ปุ่น

$$\Phi D = \sqrt{\frac{(4 * 760 * w' * t * 100)}{(3.14 * p' * 1.033 * n)}}$$

$$\Phi D = \sqrt{\frac{(4 * w * t * 1000)}{(3.14 * p * n)}}$$

โดยที่ ΦD = เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของหัวจับสุญญากาศ (mm)

W' = แรงที่ได้จากการยกหรือดูดจับ (Kgi)

W = แรงที่ได้จากการยกหรือดูดจับ (N)

P' = ความดันสุญญากาศที่เสถียร (mmHg)

P = ความดันสุญญากาศที่เสถียร (kPa)

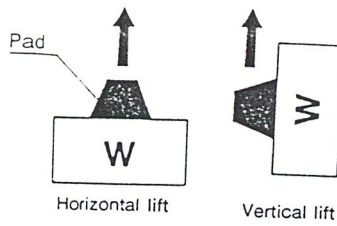
n = จำนวนของหัวจับสุญญากาศที่ใช้

t = ค่าแฟคเตอร์เพื่อความปลอดภัย โดยกำหนดให้

การดูดจับในแนวนอน (horizontal lift) ≥ 4 (dynamic) ; ≥ 2 (static)

การดูดจับในแนวตั้ง (vertical lift) ≥ 8 (dynamic) ; ≥ 4 (static)

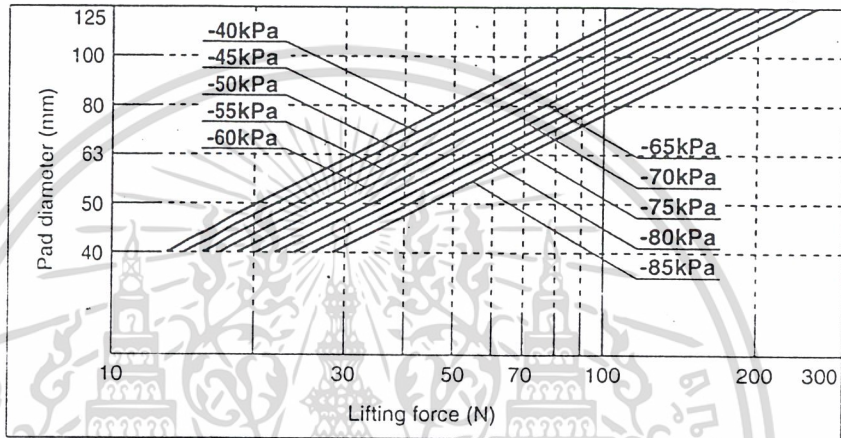
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 ลักษณะการดูดจับพื้นผิวของหัวจับสุญญากาศ

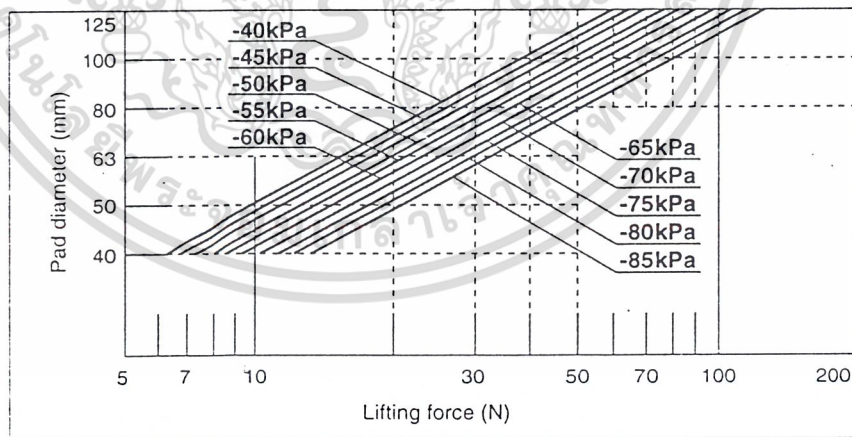
2.2.2.15(3.2) การหาค่าขนาดจากกราฟจากบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายอุปกรณ์นิวแมติกส์ของประเทศญี่ปุ่น

Selection Graph ① Selection graph of pad diameter by lift force horizontal (Reference value)



รูปที่ 2.21 กราฟที่ใช้หาค่าขนาดของหัวจับสุญญากาศเมื่อการดูดจับในแนวนอน

Selection Graph ② Selection graph of pad diameter by lift force vertical (Reference value)



รูปที่ 2.22 กราฟที่ใช้หาค่าขนาดของหัวจับสุญญากาศเมื่อการดูดจับในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวจับสุญญากาศโดยใช้กราฟ ตัวอย่างเช่น ต้องการให้รับน้ำหนักรวมตัวหุ่นและโหลดขนาด 10 กิโลกรัม หรือ 98 นิวตัน (1 กิโลกรัม = 9.8 นิวตัน) จะใช้หัวจับจำนวน 2 หัวสลับกันรับน้ำหนัก ทำงานที่ความดันสุญญากาศมีค่าเป็น -75 kPa (-450 mmHg) การดูดจับในลักษณะแนวตั้งสามารถหาขนาดของหัวจับได้โดย

- ก. หาแรงที่เกิดจากการดูดจับได้ 98 N ให้ดูกราฟที่ 2 (เนื่องจากการดูดจับในแนวตั้ง)
- ข. ใช้กับความดันที่ -75 kPa
- ค. ดูที่แกน Y จะได้ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางมีค่า 100 mm ในการใช้งานควรเลือกให้มีขนาดใหญ่กว่า

โดยขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวจับสุญญากาศจะมีค่าผกผันกับความดันสุญญากาศกล่าวคือที่ความดันต่ำ(ติดลบน้อย) หัวจับจะมีขนาดใหญ่และที่ความดันสูง(ติดลบมาก)หัวจับจะมีขนาดเล็ก

2.2.2.16 คำจำกัดความที่เกี่ยวกับอุปกรณ์และการวัด

2.2.2.16(1) ค่าความดันสัมบูรณ์ (Absolute pressure) มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุดสุญญากาศ ค่าที่กำหนดเป็นความดันสัมบูรณ์มักมีตัวย่อต่อท้าย abs หรือ a

2.2.2.16(2) ค่าความดันเกจ (gauge pressure) ค่าความดันเกจจะอ้างอิงค่าศูนย์ที่ความดันบรรยากาศ โดยค่าที่บอกจะเป็นค่าที่สูงกว่าความดันบรรยากาศขึ้นไปซึ่งค่าความดันบรรยากาศนี้จะถือที่ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ $1.01325 \text{ bar}_{\text{abs}}$

$$P_{\text{abs}} = P_g + P_{\text{atm}}$$

2.2.2.16(3) สุญญากาศ (Vacuum) สุญญากาศจะอ้างอิงค่าศูนย์ที่ความดันบรรยากาศและจะมีค่ามากขึ้นเมื่อความดันลดลง โดยจะมีค่าสูงสุดที่จุดศูนย์ของความดันสัมบูรณ์ สุญญากาศบางครั้งเรียกว่า ความดันลบ นิยมกำหนดหน่วยวัดเป็นค่าความสูงของของเหลว เช่น mmHg, inHg, mmH₂O เป็นต้น หรือเรียก 1 ทอร์ (torr) หมายถึง 1 mmHg

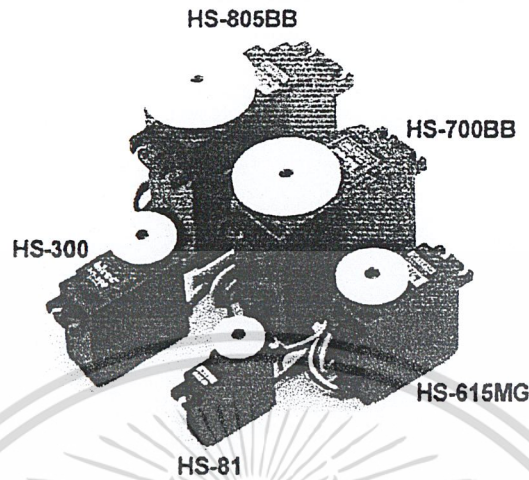
2.2.3 อุปกรณ์ทางไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์

2.2.3.1 เซอร์โวมอเตอร์

เป็นอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เป็นมอเตอร์ชนิดหนึ่งที่แตกต่างกันโดยทั่วไปคือการกำหนดตำแหน่งการหมุนเป็นช่วงๆหรือตามองศาที่ต้องการ โดยการกำหนดการหมุนในลักษณะครึ่งวงกลม ที่ช้าสุด 0.5 ms ที่ตำแหน่งตรงกลาง 1.5 ms และที่ตำแหน่งขวา 2.5 ms เมื่อมอเตอร์หมุนมาที่ตำแหน่งซ้ายหรือขวา ความเร็วของมอเตอร์จะลดลง โดยมีโวลต์ลุ่ม (volume) ที่อยู่ภายในเป็นตัวปรับความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในตัวเซอร์โวจะประกอบด้วยแผงควบคุม ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมมอเตอร์ดีซี (DC Motor) ให้หมุนได้ตามต้องการ ระบบทรอบภายในรูป



ที่ 2.23 เซอร์โวมอเตอร์ที่นิยมใช้งาน

ประกอบด้วยเฟืองทรอบ เพื่อเป็นการเพิ่มกำลังหรือเพิ่มแรงบิดให้กับตัวเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งเซอร์โวมอเตอร์ใช้ขา I/O จากไมโครคอนโทรลเลอร์เพียง 1 I/O จึงประหยัดขา I/O ได้มากกว่าใช้สเต็ปมอเตอร์ (Steptomotor) ติดตั้งง่ายกว่า เพราะมีลักษณะที่เรียบง่าย ใช้ไฟได้ ขนาดตั้งแต่ 4.8 ถึง 6 โวลต์ เซอร์โวมีให้เลือก 2 แบบ คือ หมุนได้ 180 องศาหรือครึ่งวงกลม กับหมุนได้ 360 องศารอบตัว และทั้ง 2 แบบหมุนได้ทั้งซ้ายและขวา

2.2.3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

2.2.3.2(1) คุณสมบัติทั่วไป

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 มีคุณสมบัติทั่วไปที่สำคัญคือ

1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต
2. มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในไอซี
3. มีขาสัญญาณอินพุตเอาต์พุตจำนวน 32 บิต
4. สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก(External data memory) โดย

อ้างตำแหน่งแอดเดรสได้ 64 K

5. สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (external program memory) โดยอ้างตำแหน่งแอดเดรสได้ 64 K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัว (onchip program memory) ขนาด 4 K โดยเฉพาะเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำถึง 8 K แต่เบอร์ 8031 และ M8032 จะไม่มีหน่วยความจำในส่วนนี้
7. มีหน่วยความจำข้อมูลภายในตัว (onchip data memory) ขนาด 128 ไบต์ โดยเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีหน่วยความจำส่วนนี้ 256 ไบต์
8. หน่วยความจำข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ช่วยให้การควบคุมหรือการตรวจสอบสถานะบิตทำได้ง่าย ส่งผลให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่ายมากขึ้น
9. มีไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ (timer/counters) ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว โดยเฉพาะเบอร์ 8052 จะมีไทมเมอร์ /เคาน์เตอร์จำนวน 3 ตัว
10. การอินเตอร์รัปต์สามารถทำได้จาก 5 แหล่งกำเนิด โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะทำการอินเตอร์รัปต์ได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดยการอินเตอร์รัปต์สามารถจัดระดับความสำคัญได้เป็น 2 ระดับ
11. มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมภายในตัวเอง ซึ่งทำงานเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ (full duplex)
12. มีคำสั่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และทางตรรกศาสตร์
13. คำสั่งโดยส่วนใหญ่ใช้เวลาการทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์
14. ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์เพียงชุดเดียว

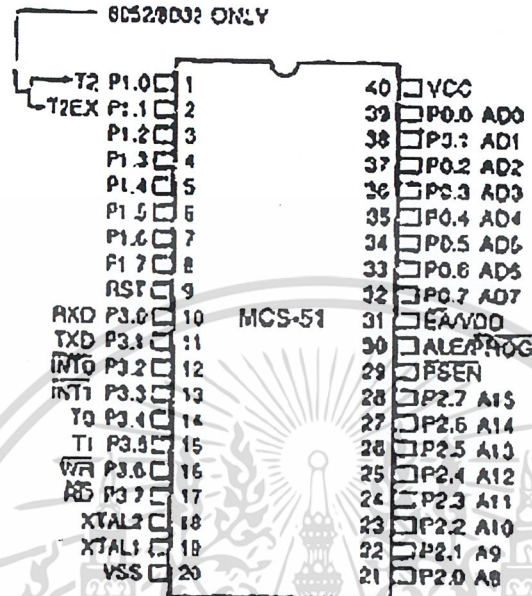
ชื่อเบอร์	หน่วยความจำภายใน		จำนวนไทมเมอร์ /เคาน์เตอร์	จำนวนอินเตอร์รัปต์
	เก็บโปรแกรม	เก็บข้อมูล		
8052AH	8K * 8 ROM	256 * 8 RAM	3 * 16 Bit	6
8051AH	4K * 8 ROM	128 * 8 RAM	2 * 16 Bit	5
8051	4K * 8 ROM	128 * 8 RAM	2 * 16 Bit	6
8032AH	ไม่มี	256 * 8 RAM	3 * 16 Bit	5
8031	ไม่มี	128 * 8 RAM	2 * 16 Bit	5
8751	ไม่มี	128 * 8 RAM	2 * 16 Bit	5
8751H	4K * 8 ROM	128 * 8 RAM	2 * 16 Bit	5
8751H-12	4K * 8 ROM	128 * 8 RAM	2 * 16 Bit	5

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูล MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.2(2) โครงสร้างภายนอกของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปโดยมีหน้าที่การทำงานแต่ละขาดังนี้



รูปที่ 2.24 การจัดตำแหน่งขาต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

1. ขา Vcc เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์
2. ขา Vsc เป็นขากราวด์
3. ขาพอร์ต 0 (Port 0) มีขา 8 ขา ได้แก่ P0.0-P0.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้ขาพอร์ตเหล่านั้นอยู่ในสภาวะปล่อยลอย ซึ่งในสถานะนี้เองที่สามารถนำมาใช้เป็นพอร์ตอินพุตอิมพีแดนซ์สูงได้ นอกจากนี้พอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0-A7) ซึ่งจะใช้งานเป็นแบบมัลติเพล็กซ์กับการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต (D0-D7)
4. ขาพอร์ต 1 (Port 1) มี 8 ขา ได้แก่ขา P1.0-P1.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากนี้เบอร์ 8032 และ 8052 ขาพอร์ต P1.0 และ P1.1 จะถูกนำมาใช้งานเป็นขา T2 และ T2EX ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ขาพอร์ต 2 (Port 2) มี 8 ขาได้แก่ขา P2.0-P2.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของ

6. พอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต พอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูง (A8-A15)

7. ขาพอร์ต 3 (Port 3) มี 8 ขาได้แก่ P3.0-P3.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตเพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุตพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในหน้าที่พิเศษต่างๆดังตารางที่ 2.2

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RXD (serial input port) อินพุตของพอร์ตอนุกรม
P3.1	TXD (serial output port) เอาต์พุตของพอร์ตอนุกรม
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0) สัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกตัวที่ 0
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1) สัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกตัวที่ 1
P3.4	T0 (Timer 0 external input) อินพุตจากภายนอกของตัวตั้งเวลา 0
P3.5	T1 (Timer 1 external input) อินพุตจากภายนอกของตัวตั้งเวลา 1
P3.6	\overline{WR} (external data memory write strobe) สัญญาณการเขียนข้อมูลไปภายนอก
P3.7	\overline{RD} (external data memory read strobe) สัญญาณการเขียนข้อมูลจากภายนอก

ตารางที่ 2.2 แสดงหน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต P3

8. ขารีสต (RST) ใช้สำหรับการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรีเซ็ตต้องคงสถานะเป็น 1 อย่างน้อยนาน 2 เมกเฮิรตซ์ ขณะที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่

9. ขา $\overline{ALE}/\overline{PROG}$ เป็นขาสัญญาณเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการแลตช์ (latch) ค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ค่าเมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นอินพุตรับพัลส์ในการโปรแกรม ในส่วนของหน่วยความจำ EPROM สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมโปรแกรมภายในเป็น EPROM

10. ขา \overline{PSEN} (Program Store Enable) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบจำนวน 2 ครั้งในแต่ละเมกเฮิรตซ์ แต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะไม่มีสัญญาณสโตรบแต่อย่างใด

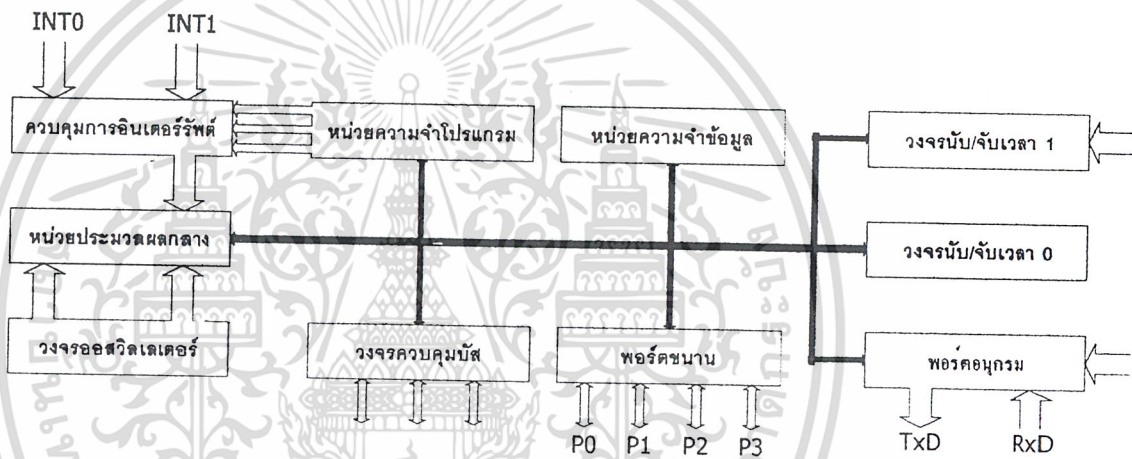
11. ขา \overline{EA}/VPP (External Access enable/VPP) เป็นขาสำหรับการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือจากภายนอก โดยถ้ามีสถานะเป็น 0 จะหมายถึงให้ไมโคร

คอนโทรลเลอร์รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกที่ตำแหน่งแอดเดรส 0-0FFFH (0-1FFFH ถ้าเป็นเบอร์ 8052) อย่างไรก็ตามถ้าบิตป้องกัน (Security bit) ในหน่วยความจำ EPROM ถูกโปรแกรมไว้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกเลย นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับการโปรแกรม (Vpp) ขนาด 21 โวลต์เพื่อใช้ในระหว่างการโปรแกรม EPROM

12. ขา XTAL₁ และขา XTAL₂ เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตของวงจรอินเวอร์ตติ้งออสซิลเลเตอร์แอมป์ไฟเออร์ (inverting oscillator amplifier) สำหรับใช้ต่อร่วมกับคริสตอลภายนอก

2.2.3.2(3) โครงสร้างภายในของ MCS-51

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แสดงดังรูป



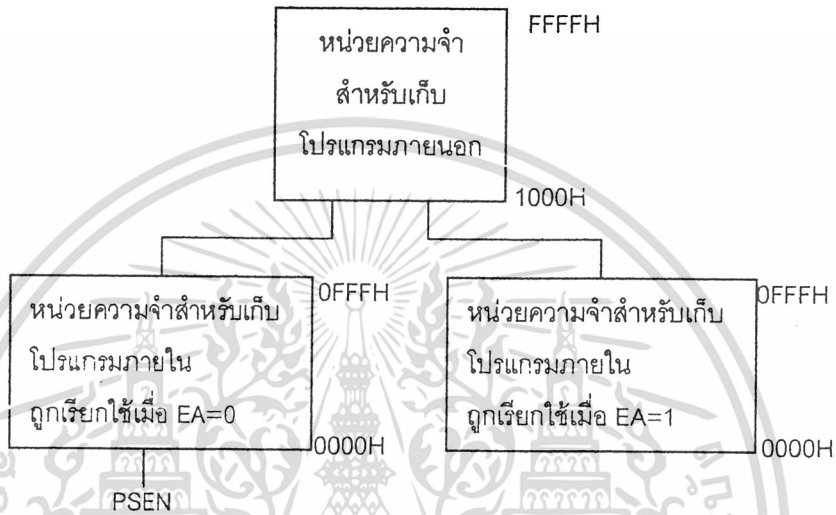
รูปที่ 2.25 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051

2.2.3.2(2.1) การจัดหน่วยความจำ

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แบ่งชนิดหรือหน้าที่ของหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วนคือหน่วยความจำโปรแกรม(program memory) และหน่วยความจำข้อมูล (data memory)

หน่วยความจำโปรแกรมจะใช้สำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งบางเบอร์จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้อยู่ภายในตัว โดยอาจจะมิขนาดไม่เท่ากันหรือเป็นหน่วยความจำต่างชนิดกัน เช่น บางเบอร์เป็น ROM บางเบอร์อาจเป็น EPROM และบางเบอร์อาจไม่มีหน่วยความจำส่วนนี้เลย โปรแกรมการทำงานจะถูกเก็บไว้ยังหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทั้งหมด

สำหรับหน่วยความจำข้อมูลจะใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือค่าตัวแปรต่างๆจากการทำงานของโปรแกรม ซึ่งใน MCS-51 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้อยู่จำนวนหนึ่ง แต่อาจมีขนาดมากน้อยต่างกันไปในแต่ละเบอร์สำหรับการจัดโครงสร้างของหน่วยความจำทั้งในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลแสดงดังรูป



รูปที่ 2.26 การจัดหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายใน มี เฉพาะ MCS-51 บางเบอร์เท่านั้น	FFH	FFFFH	หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอก จำนวน 64 กิโลไบต์
	80H		
	7FH		
รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 แบนด์ที่ 3	20H		
รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 แบนด์ที่ 2	18H		
	10H	RD	
รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 แบนด์ที่ 1	08H	WR	
รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 แบนด์ที่ 0	00H	0000H	

รูปที่ 2.27 การจัดหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำโปรแกรม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำโปรแกรม ภายในและหน่วยเก็บความจำภายนอก หน่วยเก็บโปรแกรมภายในจะถูกเลือกใช้งานถ้าชาสัญญาณ EA มีค่าเป็น 1 โดยจะถูกใช้งานในช่วงแอดเดรส 0-0FFFH (หรือช่วงแอดเดรส 0-1FFFH ในเบอร์ 8052) นอกเหนือจากช่วงแอดเดรสนี้จะใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทั้งหมด ในกรณีตรงกันข้ามถ้าชาสัญญาณ EA มีค่า 0 ในช่วงแอดเดรส 0-0FFFH 0FFFH (หรือช่วงแอดเดรส 0-1FFFH ในเบอร์ 8052) จะถูกใช้จากหน่วยความจำภายนอก หรือกล่าวได้ว่าชาสัญญาณ EA มีค่าเป็น 0 จะเป็นการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทั้งหมดตลอดช่วงแอดเดรส

หน่วยความจำข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลภายในและหน่วยความจำข้อมูลภายนอก สำหรับหน่วยความจำข้อมูลภายในยังแบ่งออกเป็น 12 ส่วนย่อยคือ ส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปและส่วนที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษหรือ SFR (Speccial Function Register) โดยส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปจะถูกใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือค่าตัวแปรต่างๆจากการทำงานของคปรแกรม ส่วนรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษจะถูกใช้งานเป็นรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานและบอกสถานะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR) มีบทบาทอย่างมากในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และทำให้การเขียนโปรแกรมสามารถทำได้สะดวกมากขึ้น รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษทำหน้าที่ที่สำคัญคือควบคุมการทำงานส่วนต่างๆ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์และทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงาน ซึ่งในรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษบางตัวยังสามารถเข้าถึงได้ในระดับบิตด้วย

รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป มีไว้สำหรับผู้เขียนโปรแกรมสามารถนำข้อมูลไปพักไว้ชั่วคราวหรือใช้งานทั่วไปได้ตามต้องการ ซึ่งรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปมีด้วยกัน 8 ตัว ถูกจัดให้อยู่รวมกันและมีให้เลือกใช้งานถึง 4 แบนก์(bank) นั่นคือมีรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปถึง 32 ตัวให้ใช้งาน เพียงแต่การเลือกใช้รีจิสเตอร์ R0-R7 ในแบนก์ใดแบนก์หนึ่งจะถูกกำหนดจากบิต RS0 RS1 ในรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ PSW ดังนั้นการเลือกใช้งานจึงเลือกได้เพียงแบนก์เดียวในขณะใดขณะหนึ่ง อย่างไรก็ตามค่าข้อมูลที่เก็บไว้ในรีจิสเตอร์แบนก์ใดก็ตามที่มีชื่อเดียวกันแต่อยู่คนละแบนก์จะ ไม่มีผลซึ่งกันและกันเลยทำให้ผู้เขียนโปรแกรมใช้งานรีจิสเตอร์ทั่วไปได้ทั้ง 32 ตัวอย่างเต็มที่และไม่ยุ่งยากในการเขียนโปรแกรม

บทที่ 3

โครงสร้างของระบบหุ่นยนต์หนอน

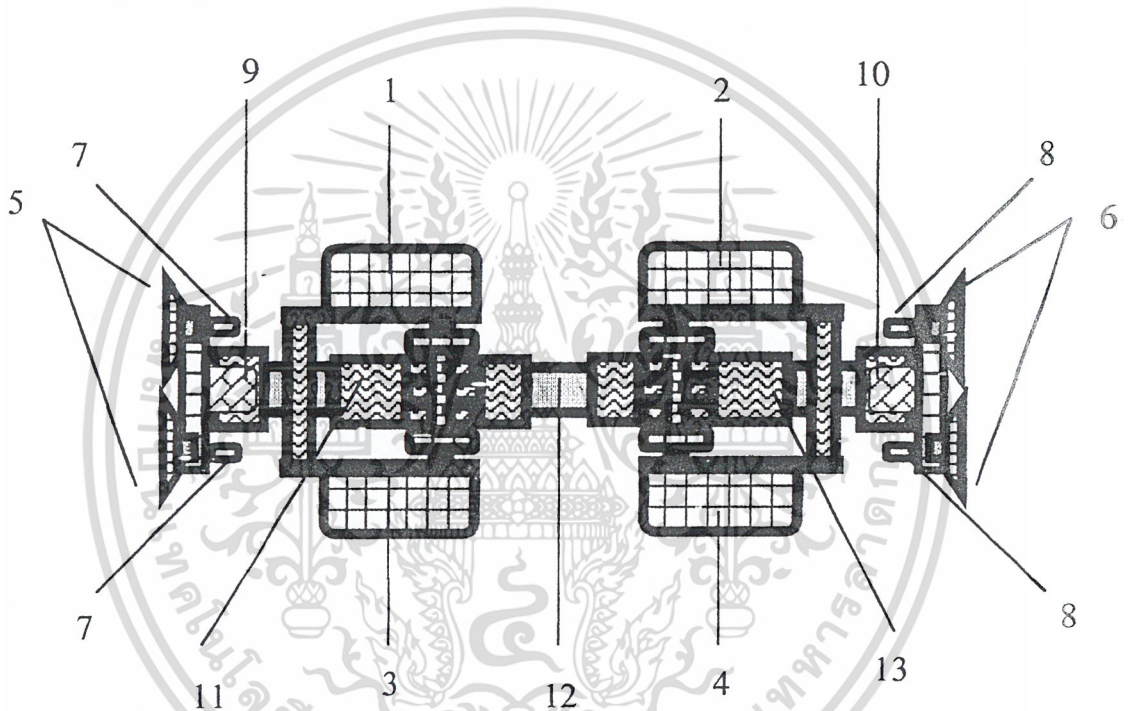
3.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

3.1.1 การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์

น้ำหนักรวมเฉพาะตัวหุ่น 1,600 กรัม

ความยาวตัวหุ่น 228 มิลลิเมตร

ความสูงของหุ่น 160 มิลลิเมตร

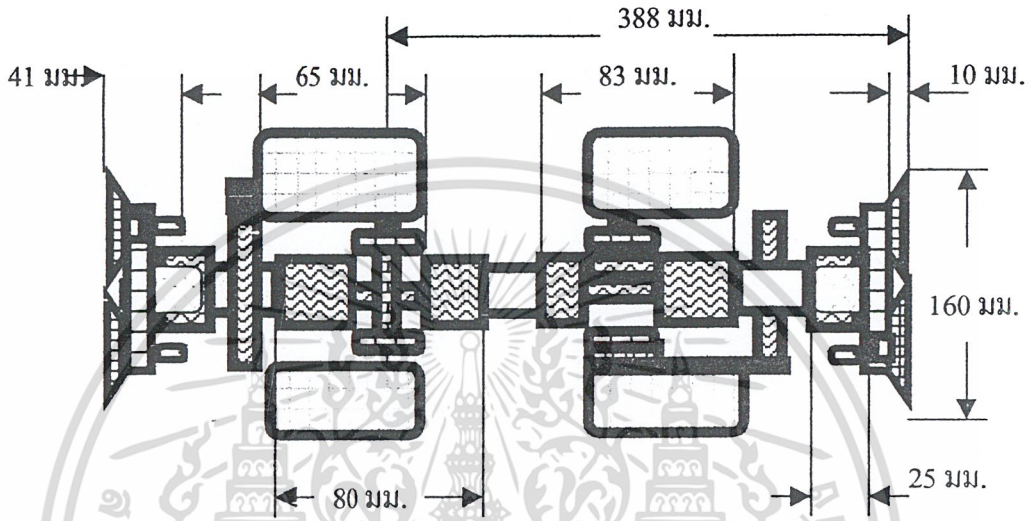


รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1. เซอร์โวมอเตอร์ 1 | 9. ดีซีมอเตอร์ 1 |
| 2. เซอร์โวมอเตอร์ 2 | 10. ดีซีมอเตอร์ 2 |
| 3. เซอร์โวมอเตอร์ 3 | 11. โครงหุ่นท่อน 1 |
| 4. เซอร์โวมอเตอร์ 4 | 12. โครงหุ่นท่อน 2 |
| 5. หัวจับสุญญากาศ 1 | 13. โครงหุ่นท่อน 3 |
| 6. หัวจับสุญญากาศ 2 | |
| 7. หัวต่อสายลม 1 | |
| 8. หัวต่อสายลม 2 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะภายนอกของหุ่นยนต์หนอนจะเป็นรูปร่างคล้ายทรงกระบอกที่ประกอบด้วยข้อต่อหรือจุดหมุนที่ถูกติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ไว้ เนื่องจากหุ่นยนต์หนอนต้องเคลื่อนที่ในแนวนิ่ง การออกแบบตัวหุ่นจึงถูกจำกัดเรื่องน้ำหนัก เพราะน้ำหนักจะกลายเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของโหลดมอเตอร์วัสดุที่ใช้ทำโครงหุ่นคือพลาสติกที่มีความเหนียว น้ำหนักเบา แข็งแรง และการเชื่อมต่อต้องง่าย ถ้าตัวหุ่นยนต์มีความยาวทั้งหมด 228 มิลลิเมตร ความสูง 160 มิลลิเมตร



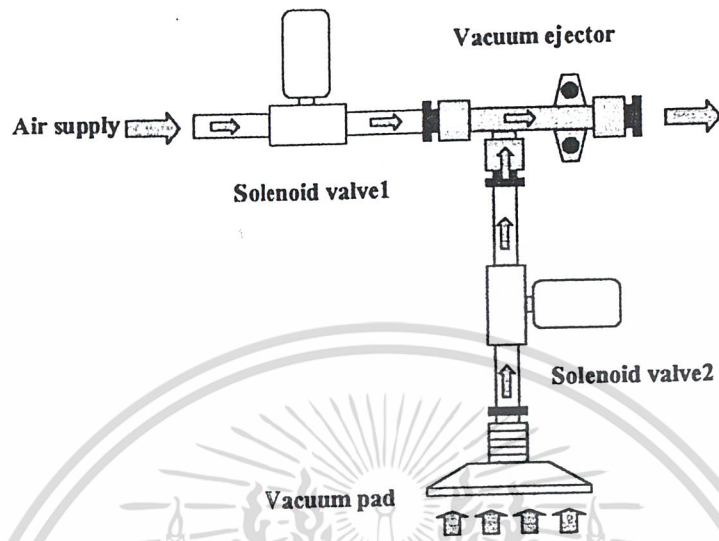
รูปที่ 3.2 ขนาดโครงสร้างของหุ่นยนต์

3.1.2 ระบบการดูดซับพื้นผิวด้วยสุญญากาศ

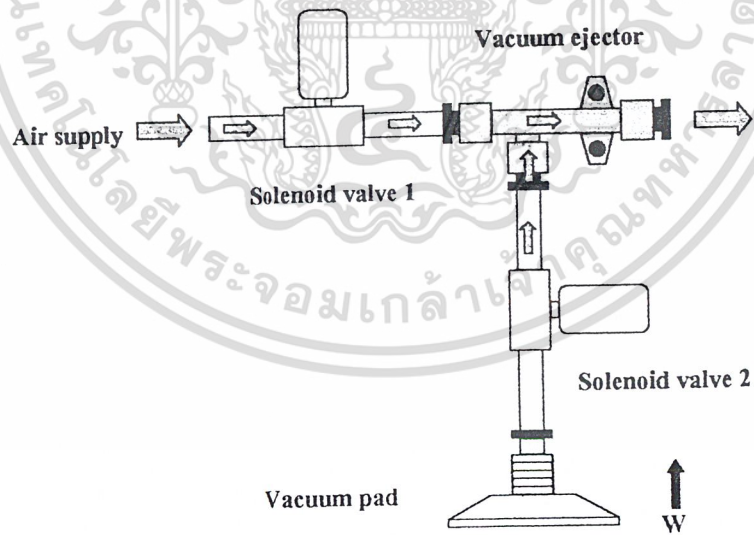
หลักการทำงานของระบบ

ระบบการดูดซับพื้นผิวโดยจะใช้หลักการของการทำสุญญากาศเป็นหลัก ซึ่งการทำสุญญากาศจะใช้ความดันลบที่ได้จากแหล่งจ่ายลมคือปั๊มลม ซึ่งสามารถปรับความดันได้ตั้งแต่ขนาด 0 บาร์ ถึง 7 บาร์(Bar) ป้อนลมเข้าสู่ระบบทำสุญญากาศด้วยสายลม ผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า อีเจคเตอร์ โดยจะมีโซลินอยด์วาล์ว 1 คอยทำหน้าที่ปิด-เปิดลมเข้าอีเจคเตอร์ และโซลินอยด์วาล์ว 2 ทำหน้าที่เปิด-ปิดอากาศที่มาจากหัวจับผ่านไปยังคอคอดของอีเจคเตอร์ ซึ่งหลักการทำงานของหัวจับสุญญากาศจะอาศัยความดันลบที่ไหลผ่านคอคอดของอีเจคเตอร์ด้วยความเร็วสูงทำให้บริเวณพื้นที่ที่หัวจับอากาศรอบอยู่ถูกดึงอากาศไปด้วยจึงเกิดเป็นสุญญากาศขึ้น ในขณะที่พื้นที่ได้ครอบของหัวจับเป็นสุญญากาศแล้วนั้นต้องทำการปิดทางเดินของอากาศด้วยโซลินอยด์วาล์ว 2

การดูดซับนี้จะได้แรงเกิดขึ้นมาค่าหนึ่งเรียกว่าแรงที่ได้จากการยกหรือดูดซับ แรงนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวจับ จำนวนหัวจับ และลักษณะการจับ ซึ่งสามารถหาได้จากสูตรหรือการดูจากกราฟในส่วนของทฤษฎีในบทที่ 2 ที่ผ่านมา



รูปที่ 3.3 แสดงสถานะการดึงอากาศออกจากหัวจับ



รูปที่ 3.4 แสดงสถานะการเกิดสุญญากาศที่หัวจับได้แรง W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวจับสุญญากาศสำหรับหุ่นยนต์

1. การหาค่าจากตาราง

- น้ำหนักรวมของหุ่นยนต์ออกแบบไว้ 7 กิโลกรัม (Kg) ถ้า $1 = 9.8$ นิวตัน (N) ฉะนั้นที่ คิดเป็นแรงได้ 68.6 นิวตัน

- ใช้หัวจับด้านละหนึ่งตัวแต่ละตัวต้องรับแรง 68.6 นิวตัน หรือใช้ค่าเพื่อไว้ประมาณ 70 นิวตัน

- ใช้ความดันสุญญากาศค่ามากสุดในตารางคือ -85 Kpa

- การใช้งานรับน้ำหนักในแนวตั้งจึงใช้ตาราง ที่ 2

- เมื่อพิจารณาจากตารางที่แกน Y ค่าแรงในแนวตั้ง (Lifting force) ที่ 70 นิวตัน พิจารณาเส้นความดันสุญญากาศ (เส้นเฉียง) เส้นนอกสุดที่ค่า -85 KPa พบจุดตัดที่ค่าประมาณ 80 กว่า จึงเลือกค่าของ เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวจับสุญญากาศ (Pad diameter) 100 มิลลิเมตร(mm)

2. การหาค่าจากสูตร

$$\Phi D = \sqrt{\frac{(4 * w * t * 1000)}{(3.14 * p * n)}}$$

แทนค่า $W = 70$ N, $P = 200$ Kpa, $t = 8$

$$\Phi D = \sqrt{\frac{(4 * 70 * 8 * 1000)}{(3.14 * 200 * 1)}}$$

$$\Phi D = 60 \text{ มิลลิเมตร}$$

จากการหาขนาดด้วยสองวิธีดังที่แสดงด้านบนจึงเลือกใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร

3.1.3 ระบบขับเคลื่อน

หลักการทำงาน

ระบบขับเคลื่อนใช้เซอร์โวมอเตอร์ขนาดแรงบิด Kg/cm การออกแบบเพื่อหาขนาดของเซอร์โวมอเตอร์ดังนี้

$$\text{สูตรที่ใช้คำนวณ } T = S \cdot W$$

$$T = \text{แรงบิด (Kg.cm)}$$

$$S = \text{ระยะทาง(cm)}$$

$$W = \text{น้ำหนัก (Kg)}$$

การคำนวณแรงเพื่อหาขนาดของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ 1 และ 3 สำหรับด้านขวา เซอร์โวมอเตอร์ 2 และ 4 สำหรับด้านซ้าย

- น้ำหนักที่ต้องรับ (หัวจับสุญญากาศ+ข้อต่อ+ตัวยึด+เซอร์โวมอเตอร์) = 814 g หรือ 0.814 Kg

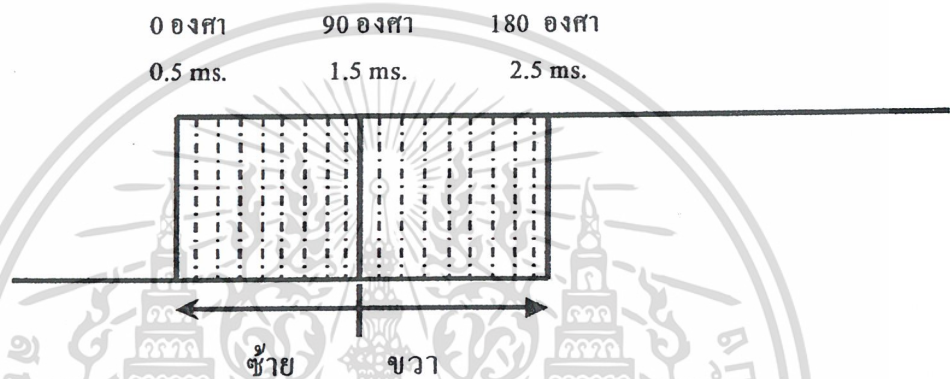
- ระยะทางจากแกนมอเตอร์ถึงปลายหัวจับสุญญากาศ (จากรูปที่ 3.2) 38.8 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แรงบิด = $0.814 \times 38.8 = 31.5832 \text{ kg.cm}$
- เซอร์โว 1 และเซอร์โว 3 แรงบิดตัวละ 24 Kg.cm ได้แรงรวม $24+24 = 48 \text{ kg.cm}$
- แรงบิดจากเซอร์โวถูกใช้ 66 เปอร์เซ็นต์

3.2 การออกแบบซอฟต์แวร์

3.2.1 การออกแบบเพื่อควบคุมเซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 3.5 INPUT PULSE SERVO

จากหลักการการทำงานของ Servo จะใช้ Timer 2 ของตัว Controller เป็นตัวสร้าง Pulse ดังนี้

$$- 1 \text{ M} = 12 / 11.059 \text{ MHz.} = 1.085 \text{ us.}$$

- ที่ 0 องศา คือ 0.5 ms. , $0.5 \text{ ms.} / 1.085 \text{ us.} = 461 \text{d} = 01 \text{CD H}$ เพราะฉะนั้นค่าที่จะกำหนดให้

RCAP2H และ RCAP2L จะได้ $\text{FFFF H} - 01 \text{CD H} = \text{FE32 H}$ (0 องศา)

- จากหลักการเดียวกันนี้ที่ 1.5 ms. RCAP2H และ RCAP2L จึงเท่ากับ FA99 H (90 องศา)

- จากหลักการเดียวกันนี้ที่ 2.5 ms. RCAP2H และ RCAP2L จึงเท่ากับ F6FF H (180 องศา)

และคาบเวลาที่ ควบคุม Servo ไม่ควรเกิน 20 ms. จึงทำค่าบวกเท่ากับ 15 ms.

ดังนั้นจึงได้ค่า RCAP2H และ RCAP2L = C9F4 H

- จาก $0.5 \text{ ms.} - 2.5 \text{ ms.}$ คือ 0 - 180 องศา เพราะฉะนั้น 1 องศา จะได้ Step ละ 0.0111111 ms.

1 step ที่กำหนดให้ Timer 2 คือ $0.0111111 \text{ ms.} / 1.085 \text{ us.} = 10.24 \text{d} = 0 \text{A H}$ ค่าที่เปลี่ยนแปลงตาม Step นี้ทำให้ Servo บิดทีละ 1 องศา

จากการออกแบบเราจะให้ Servo บิดที่ 45 - 135 องศา เท่านั้น โดยที่สถานะแรกคือ 90 องศา ต้องการให้ Servo บิด 45 องศา จะเท่ากับ $45 * 0.0111111 \text{ ms} = 0.5 \text{ ms.}$ แต่ค่า 0 องศา เริ่มที่ 0.5 ms.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้นที่ 45 องศา = 0.5 ms. + 0.5 ms. = 1 ms. จึงกำหนดค่าให้ RCAP2H และ RCAP2L = FC66 H

จากการคำนวณดังกล่าวที่ 135 องศา จึงกำหนดค่า RCAP2H และ RCAP2L = F8CC H
พิกัดเทียบกับโปรแกรมเพิ่ม-ลดทีละ 1 องศา ที่ 90 องศา คือ FA99 H = 64153d และที่ 45 องศา คือ FC66 H = 64614 d

$$64153 + 10 x = 64614$$

$$x = (64614 - 64153) / 10$$

$$x = 46.1 \text{ (วนลูปไป 461 ครั้งครบ 10 รอบออกไปส่งค่า 1 ครั้ง)}$$

ทำให้ค่อยๆเปลี่ยนไปที่ละ 1 องศา คือ จาก 90 ถึง 45 องศา

ที่ 90 องศา คือ FA99 H = 64153d และที่ 135 องศา คือ F8CC H = 63692 d

$$64153 - 10 x = 63692$$

$$x = (64153 - 63692) / 10$$

$$x = 46.1 \text{ (วนลูปไป 461 ครั้งครบ 10 รอบออกไปส่งค่า 1 ครั้ง)}$$

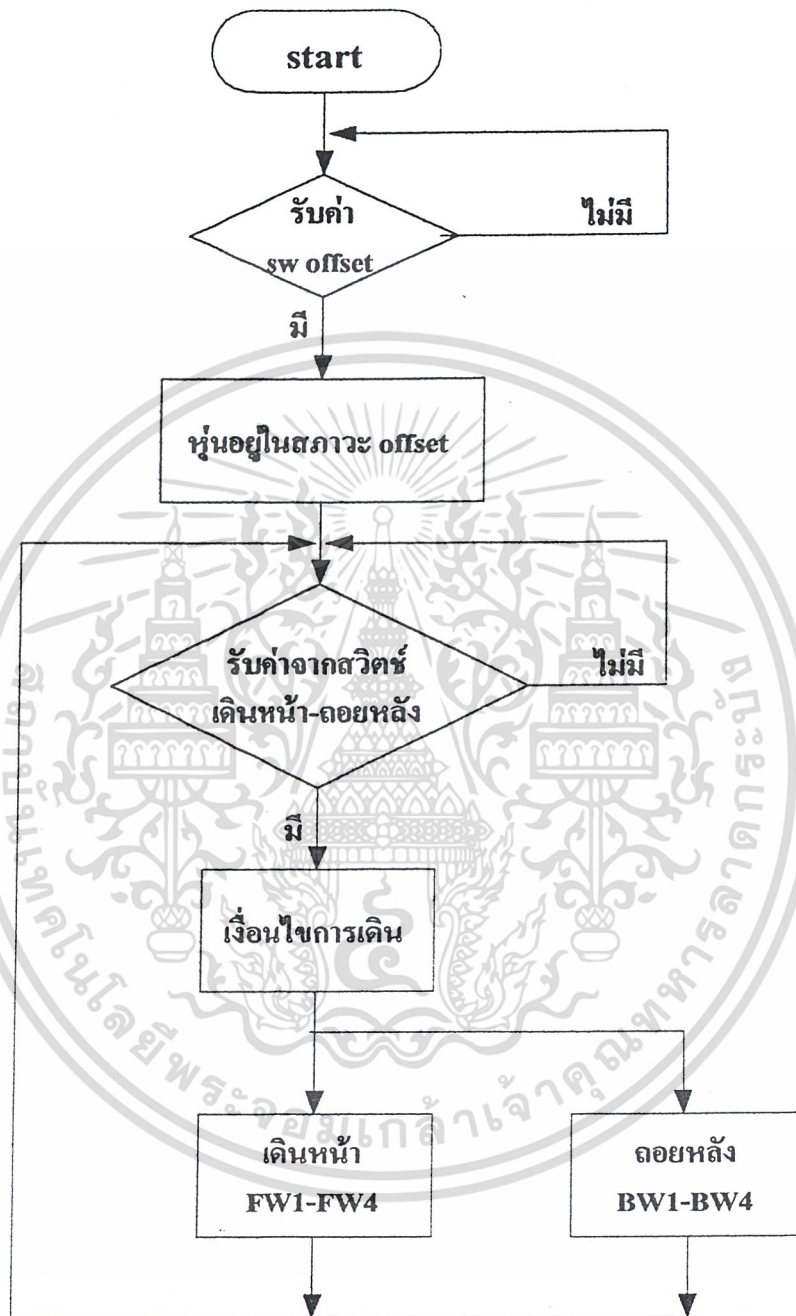
ทำให้ค่อยๆเปลี่ยนไปที่ละ 1 องศา คือ จาก 90 ถึง 135 องศา

เนื่องจากต้องเซตโปรแกรมทีละ 1 ค่าเนื่องจาก 10.24 d ปัดเป็น 0A H = 10d ทำให้ห้องสามมากขึ้นมีค่าผิดพลาดได้ เช่น 180 องศา = F6FF H ถ้าเราบวกทีละ 10d ค่าจะไม่ได้ F6FF H

3.2.2 การออกแบบเพื่อควบคุมดิจิตอลมอเตอร์

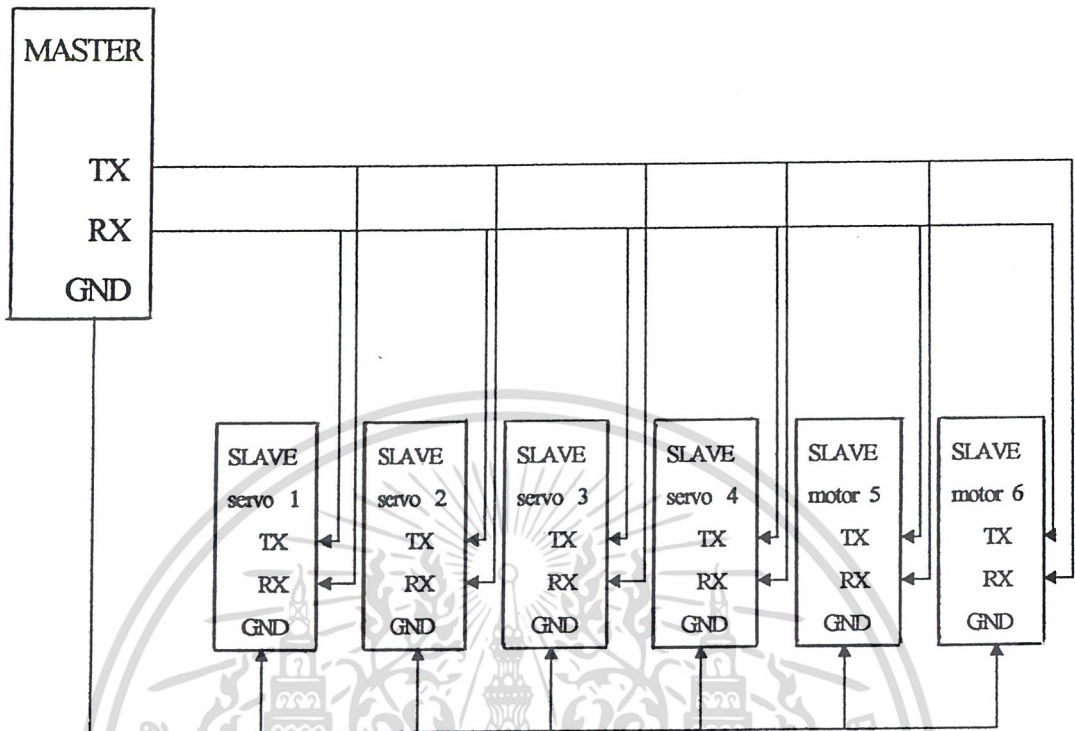
จะใช้ ความต้านทานแบบปรับค่าได้ เปลี่ยนค่า A/D เพื่อมาใช้ควบคุมตำแหน่งแทน 1 บิต = 1 องศา ที่ 90 องศา A/D จึงเท่ากับ 5A H แต่ออกแบบหุ่นให้ DC MOTOR บิต 20 องศา สำหรับการก้าวหน้า - ถอยหลัง และ 45 องศา สำหรับการเลี้ยวซ้าย - ขวา

3.2.3 FLOWCHART และ BLOCK DIAGRAM



รูปที่ 3.6 Flowchart Program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 BLOCK DIAGRAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองระบบนิวแมติกส์

4.1.1 การทดลองการป้อนค่าความดันอากาศอินพุตเพื่อหาค่าแรงที่ได้จากสูญญากาศ
วัตถุประสงค์

- เพื่อเปรียบเทียบค่าแรงดันทางอินพุตกับแรงที่ได้จากการทำสูญญากาศ
ขั้นตอนการทดลอง

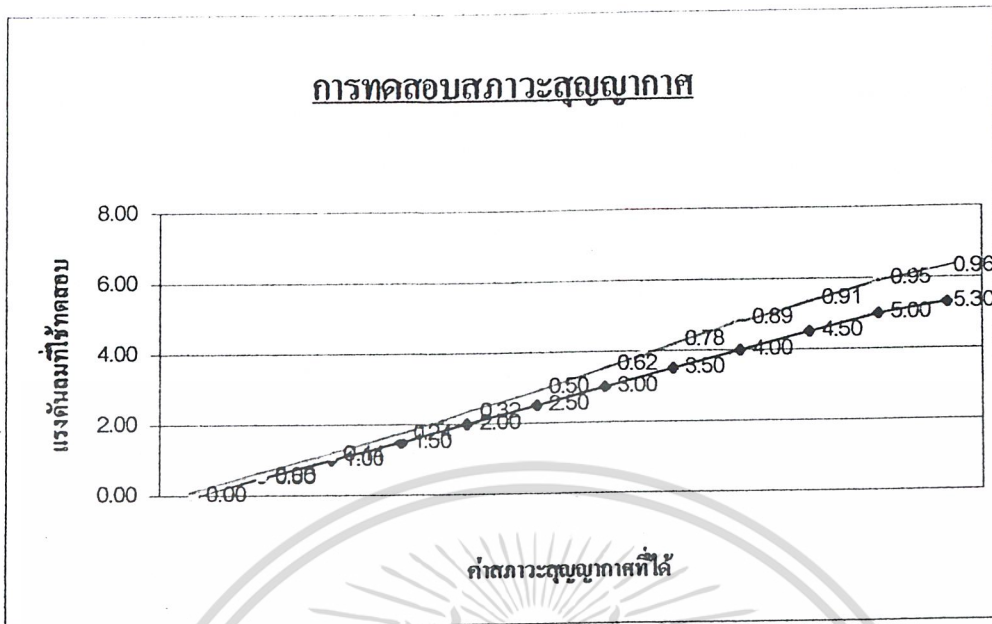
1. ป้อนค่าแรงดันอากาศผ่านอีเจกเตอร์ทำสูญญากาศ
2. วัดค่าแรงดันของสูญญากาศ
3. เปลี่ยนค่าแรงดันเพิ่มขึ้นทีละ 0.5 บาร์

ผลการทดลอง

Input Pressure (Bar)	Vacuum Pressure (Bar)
0.00	0.00
0.50	-0.06
1.00	-0.14
1.50	-0.24
2.00	-0.32
2.50	-0.50
3.00	-0.62
3.50	-0.78
4.00	-0.89
4.50	-0.91
5.00	-0.95
5.30	-0.96

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของแรงดันลมกับสภาวะสูญญากาศ
สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองป้อนค่าแรงดันลมที่มีแรงขนาดต่างๆ ทางอินพุตผ่านอุปกรณ์ทำสูญญากาศ จะได้ค่าสภาวะสูญญากาศค่าต่างๆดังรูปที่ 4.1 ซึ่งค่าสภาวะสูญญากาศจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามค่าแรงดันลมทางอินพุต

4.2 การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่น

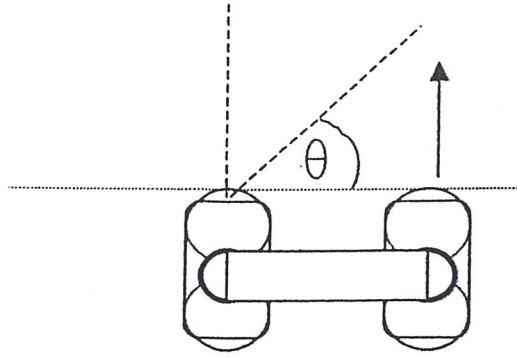
วัตถุประสงค์

- เพื่อทดลองและบันทึกผลการเคลื่อนที่ของหุ่น

4.2.1 การเดินหน้า (Forward)

วิธีการทดลอง

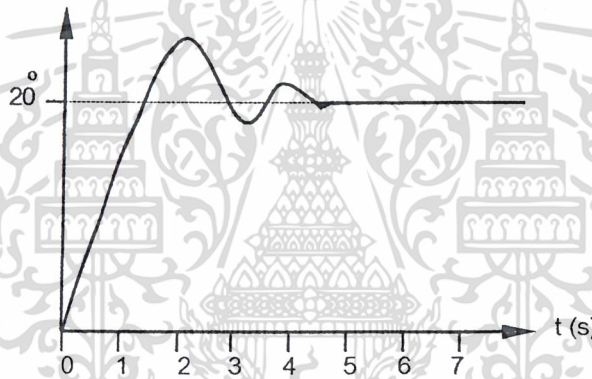
สั่งการให้หุ่นเดินหน้าตามค่ามุม ดังนี้ 20 องศา 10 องศา และ 5 องศา ตามรูปที่ 4.2



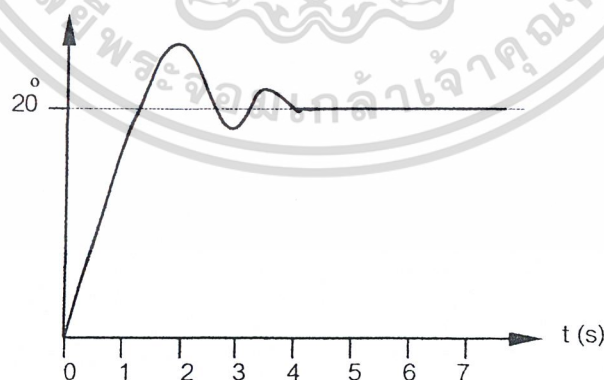
รูปที่ 4.2 การเดินทางของหุ่น

การทดสอบเดินทางด้วยมุม 20 องศา

การทดสอบครั้งที่ 1



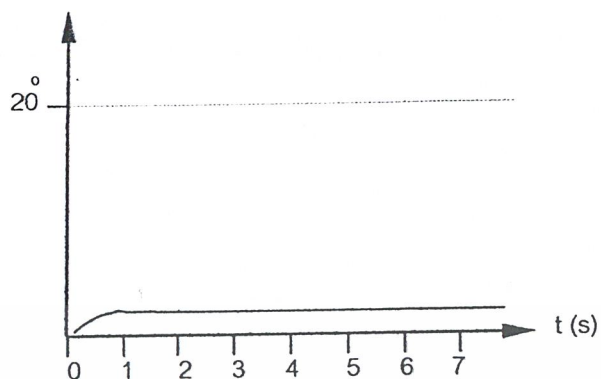
การทดสอบครั้งที่ 2



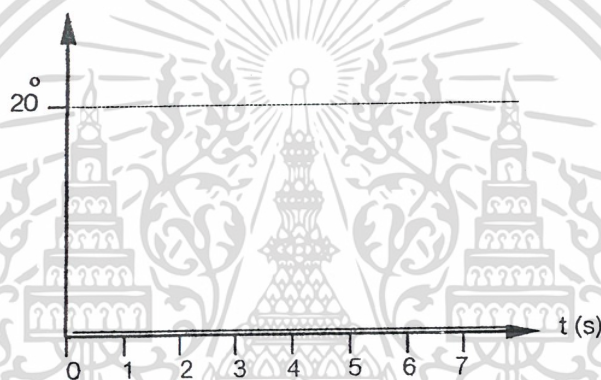
รูปที่ 4.3 เติษรภาพในการเดินทางของหุ่นที่ 20 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

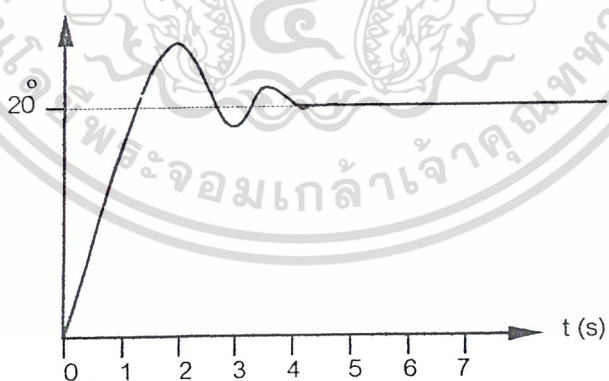
การทดสอบครั้งที่ 3



การทดสอบครั้งที่ 4



การทดสอบครั้งที่ 5

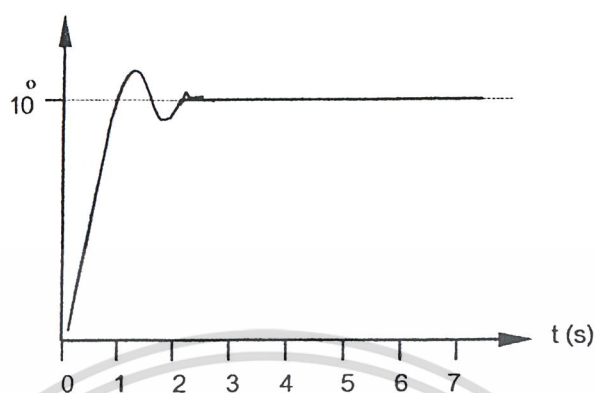


รูปที่ 4.4 เสาถึยรภาพในการเดินหน้าหุ่่นที่ 20 องศา

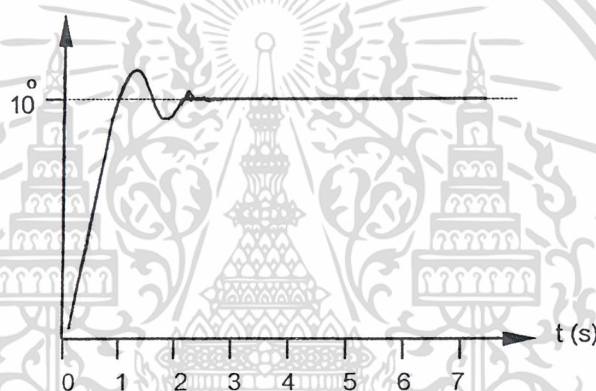
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบเดินหน้าด้วยมุม 10 องศา

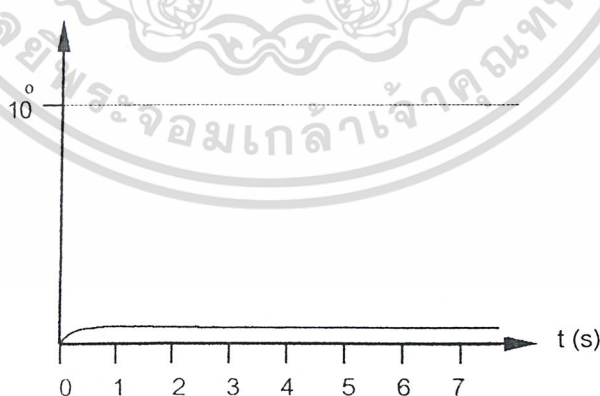
การทดสอบครั้งที่ 1



การทดสอบครั้งที่ 2



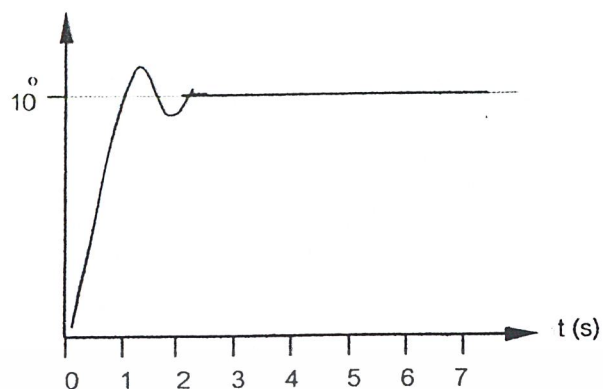
การทดสอบครั้งที่ 3



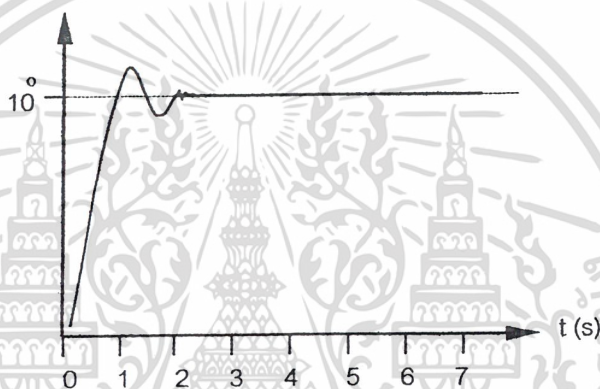
รูปที่ 4.5 เสาถึรภาพในการเดินหน้าของหุ่นที่ 10 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบครั้งที่ 4



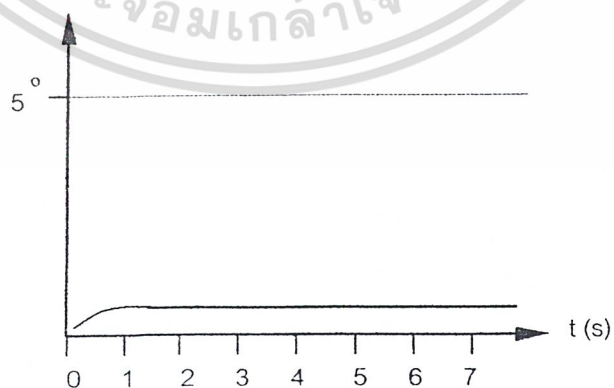
การทดสอบครั้งที่ 5



รูปที่ 4.6 เสดียรภาพในการเดินหน้าของหุ่นที่ 10 องศา

การทดสอบเดินหน้าด้วยมุม 5 องศา

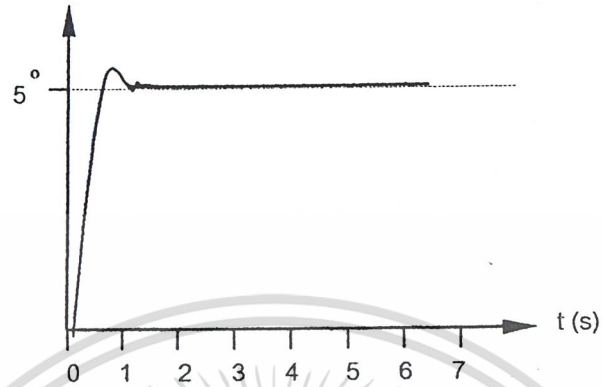
การทดสอบครั้งที่ 1



รูปที่ 4.7 เสดียรภาพในการเดินหน้าของหุ่นที่ 5 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

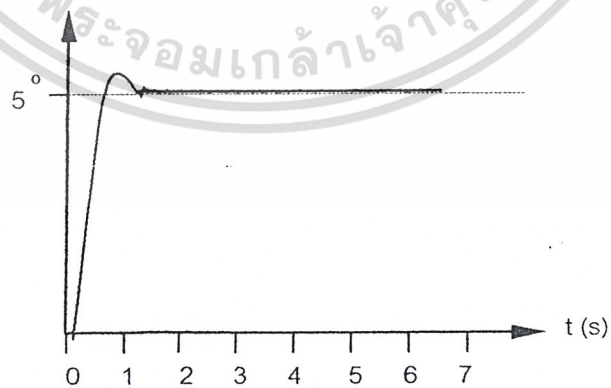
การทดสอบครั้งที่ 2



การทดสอบครั้งที่ 3



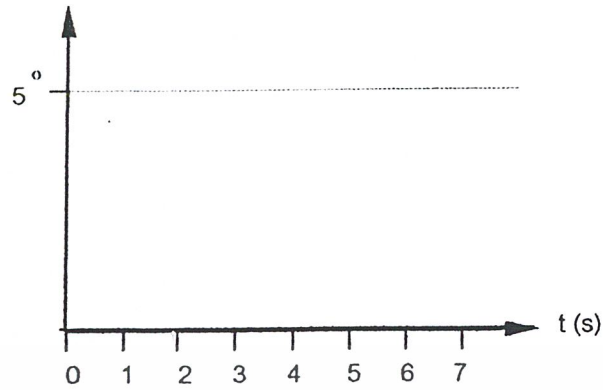
การทดสอบครั้งที่ 4



รูปที่ 4.8 เติยรภาพในการเดินหน้าของหุ่นที่ 5 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบครั้งที่ 5

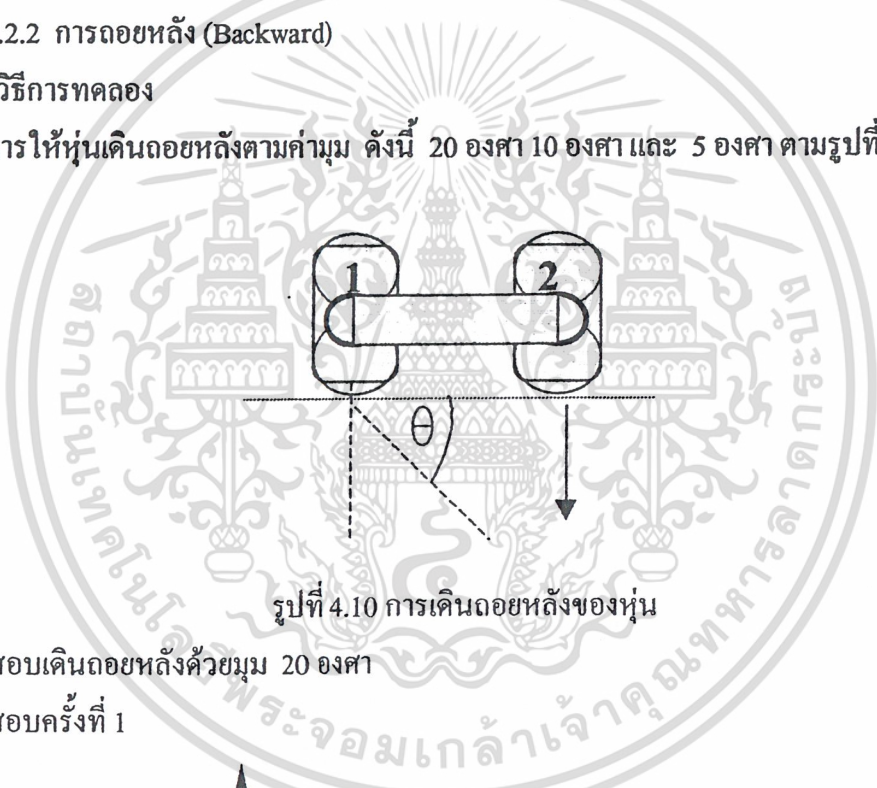


รูปที่ 4.9 เสาถียรภาพในการเดินหน้าของหุ่นที่ 5 องศา

4.2.2 การถอยหลัง (Backward)

วิธีการทดลอง

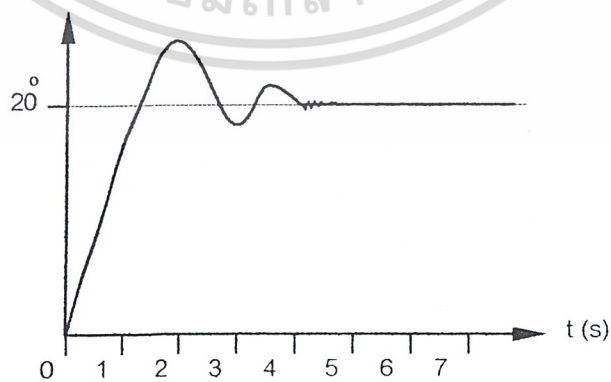
ตั้งการให้หุ่นเดินถอยหลังตามค่ามุม ดังนี้ 20 องศา 10 องศา และ 5 องศา ตามรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การเดินถอยหลังของหุ่น

การทดสอบเดินถอยหลังด้วยมุม 20 องศา

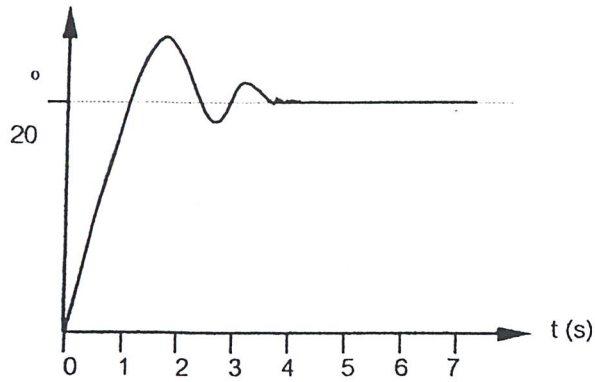
การทดสอบครั้งที่ 1



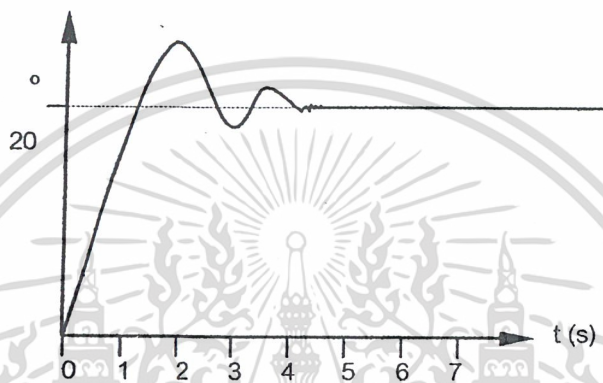
รูปที่ 4.11 เสาถียรภาพในการเดินถอยหลังของหุ่นที่ 20 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

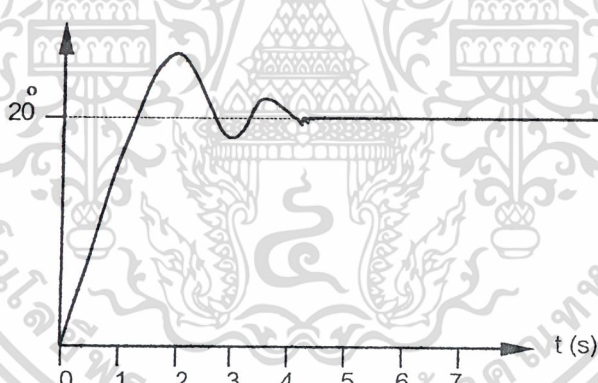
การทดสอบครั้งที่ 2



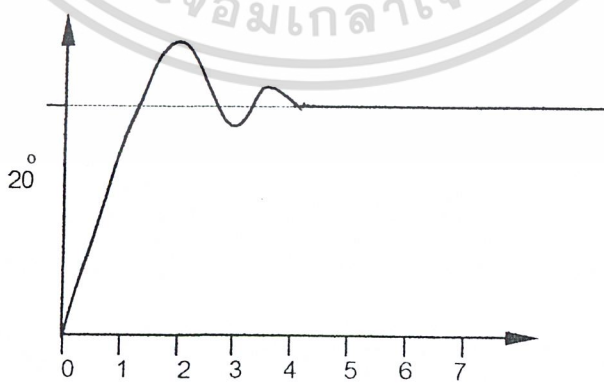
การทดสอบครั้งที่ 3



การทดสอบครั้งที่ 4



การทดสอบครั้งที่ 5

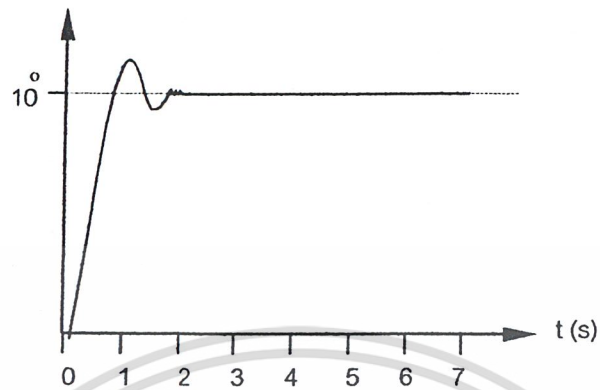


รูปที่ 4.11 เสดียรภาพในการเดินถอยหลังของหุ่นที่ 20 องศา

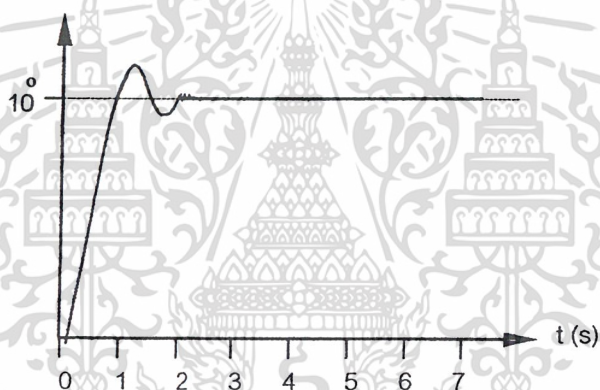
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบเดินถอยหลังด้วยมุม 10 องศา

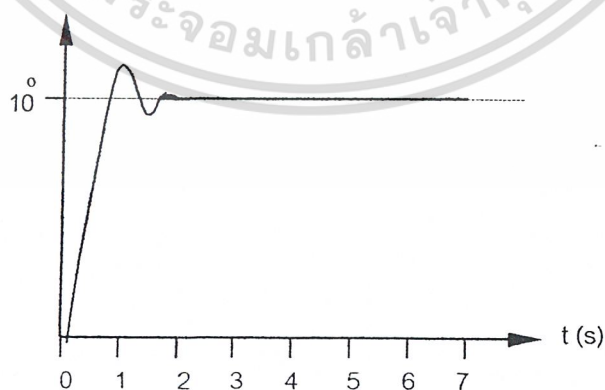
การทดสอบครั้งที่ 1



การทดสอบครั้งที่ 2



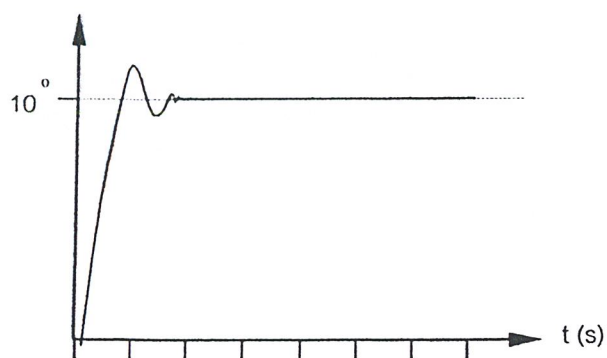
การทดสอบครั้งที่ 3



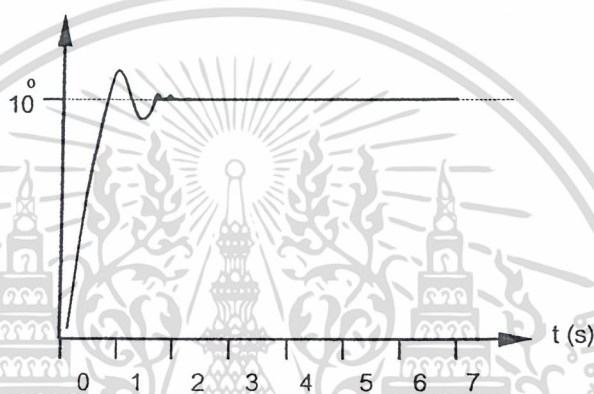
รูปที่ 4.12 เสาถียรภาพในการเดินถอยหลังของหุ่นที่ 10 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบครั้งที่ 4



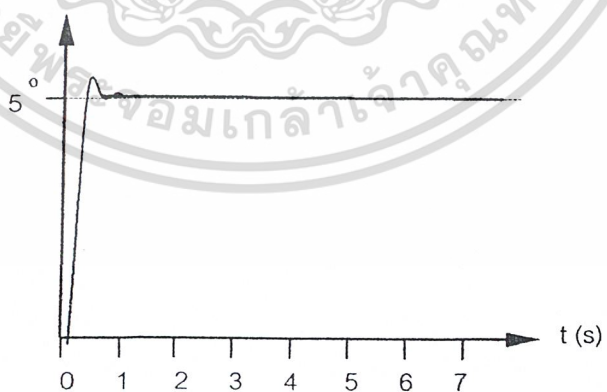
การทดสอบครั้งที่ 5



รูปที่ 4.13 เสถียรภาพในการเดินดอยหลังของหุ่นที่ 10 องศา

การทดสอบเดินดอยหลังด้วยมุม 5 องศา

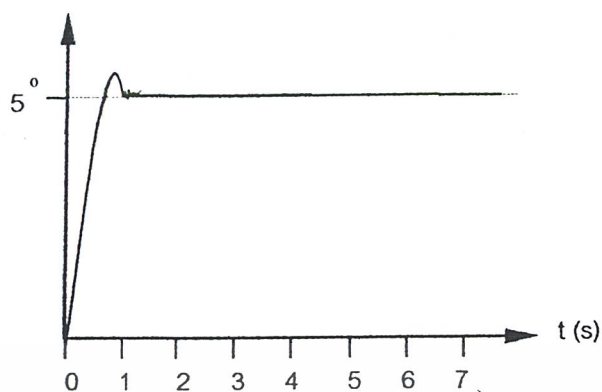
การทดสอบครั้งที่ 1



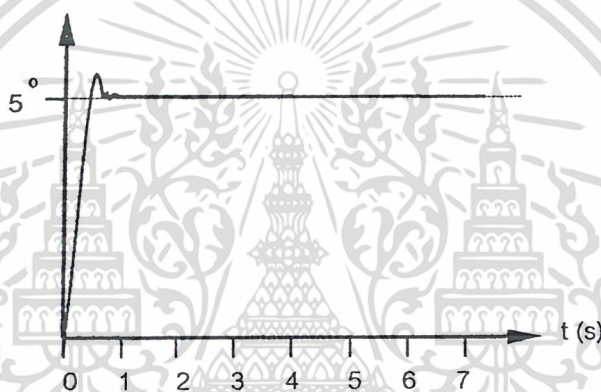
รูปที่ 4.14 เสถียรภาพในการเดินดอยหลังของหุ่นที่ 5 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

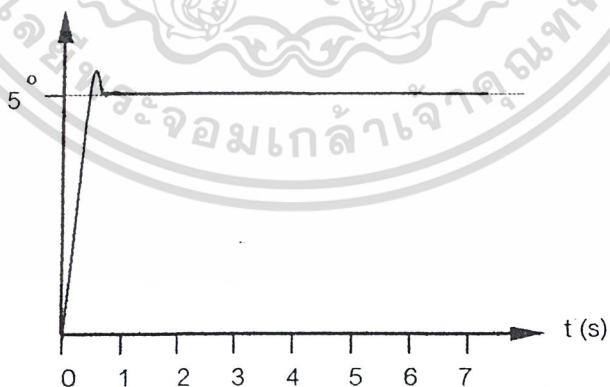
การทดสอบครั้งที่ 2



การทดสอบครั้งที่ 3



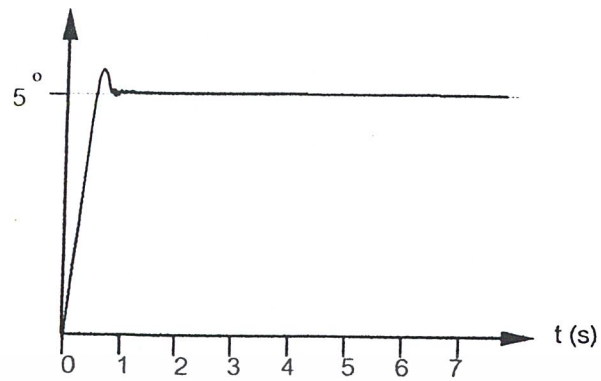
การทดสอบครั้งที่ 4



รูปที่ 4.15 เสดียรภาพในการเดินถอยหลังของหุ่นที่ 5 องศา

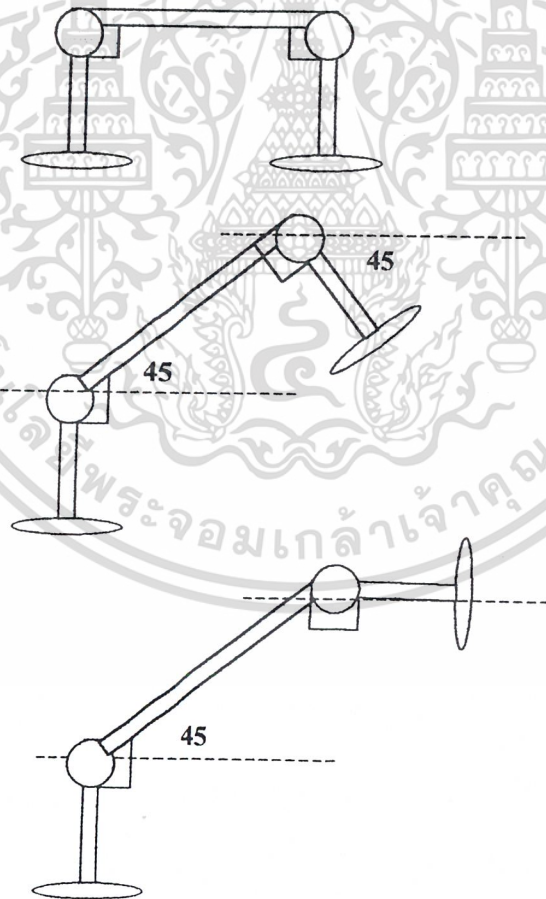
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบครั้งที่ 5



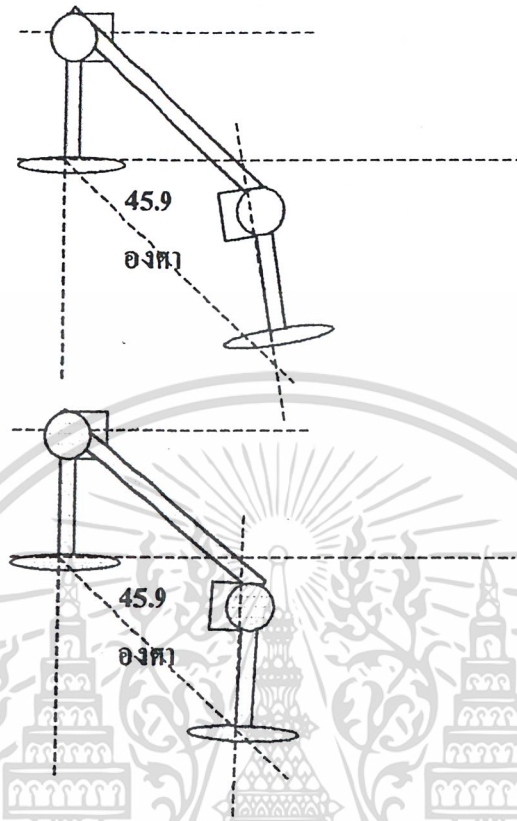
รูปที่ 4.16 เสถียรภาพในการเดินถอยหลังของหุ่นที่ 5 องศา

4.2.3 การทดสอบการเลี้ยวของหุ่น
ขั้นตอนการเลี้ยวของหุ่นแสดงดังรูป 4.17 และ 4.18



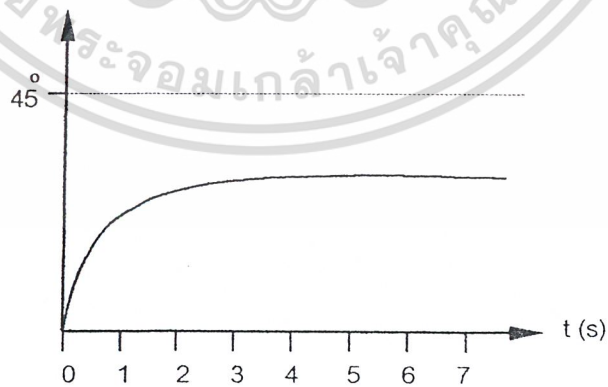
รูปที่ 4.17 มุมหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ก่อนการเลี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 มุมการเลี้ยวของหุ่น

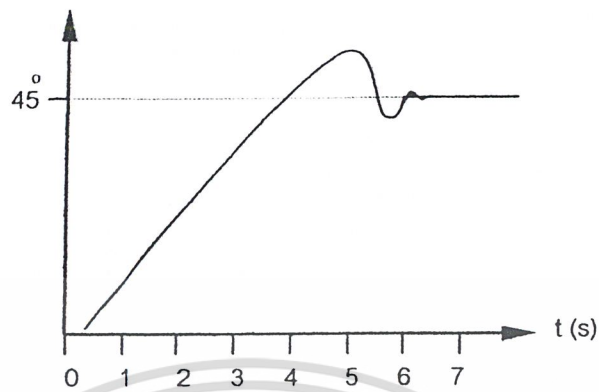
การทดสอบการเลี้ยวซ้ายด้วยมุม 45 องศา
การทดสอบครั้งที่ 1



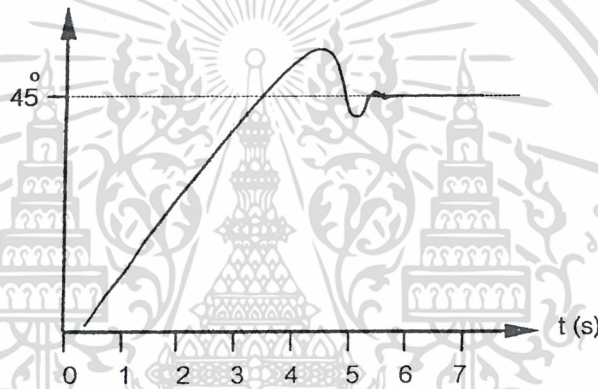
รูปที่ 4.19 เสดียรภาพในการเลี้ยวซ้ายของหุ่นที่ 45 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

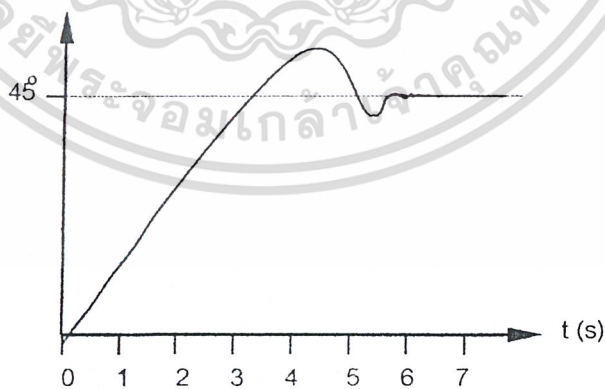
การทดสอบครั้งที่ 2



การทดสอบครั้งที่ 3



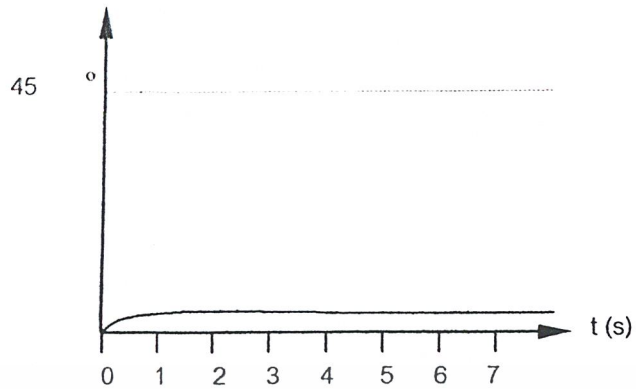
การทดสอบครั้งที่ 4



รูปที่ 4.20 เสดียรภาพในการเลี้ยวซ้ายของหุ่นที่ 45 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

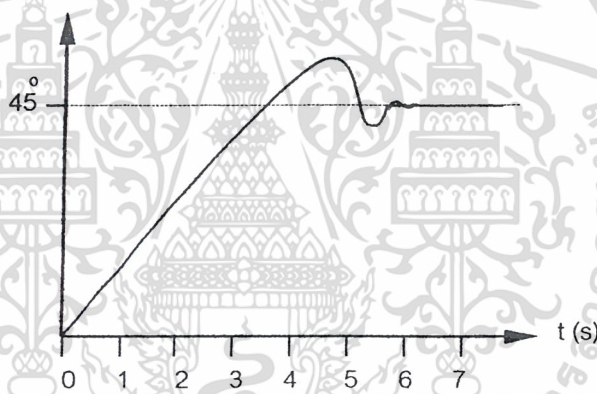
การทดสอบครั้งที่ 5



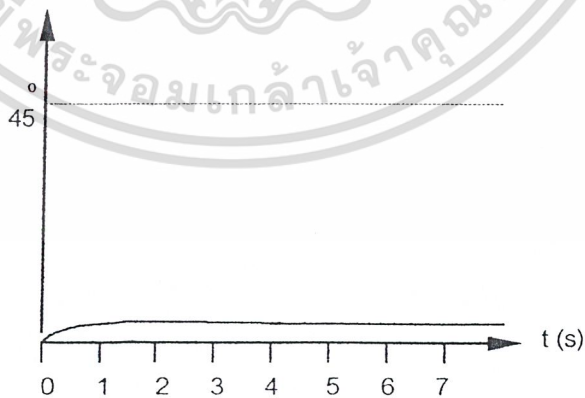
รูปที่ 4.21 เสดียรภาพในการเลี้ยวซ้ายของหุ่นที่ 45 องศา

การทดสอบการเลี้ยวขวาด้วยมุม 45 องศา

การทดสอบครั้งที่ 1



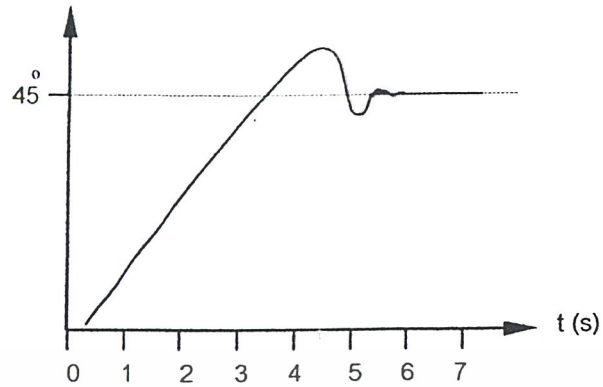
การทดสอบครั้งที่ 2



รูปที่ 4.22 เสดียรภาพในการเลี้ยวขวาของหุ่นที่ 45 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

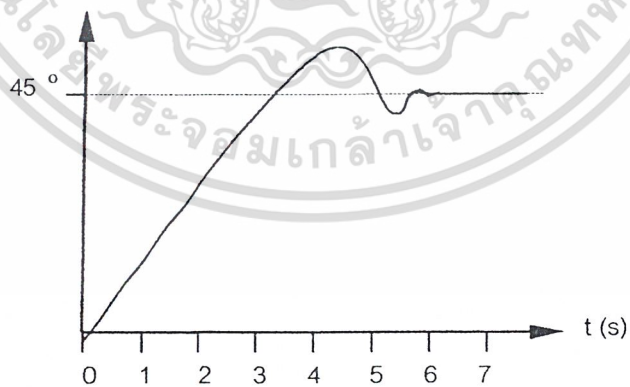
การทดสอบครั้งที่ 3



การทดสอบครั้งที่ 4



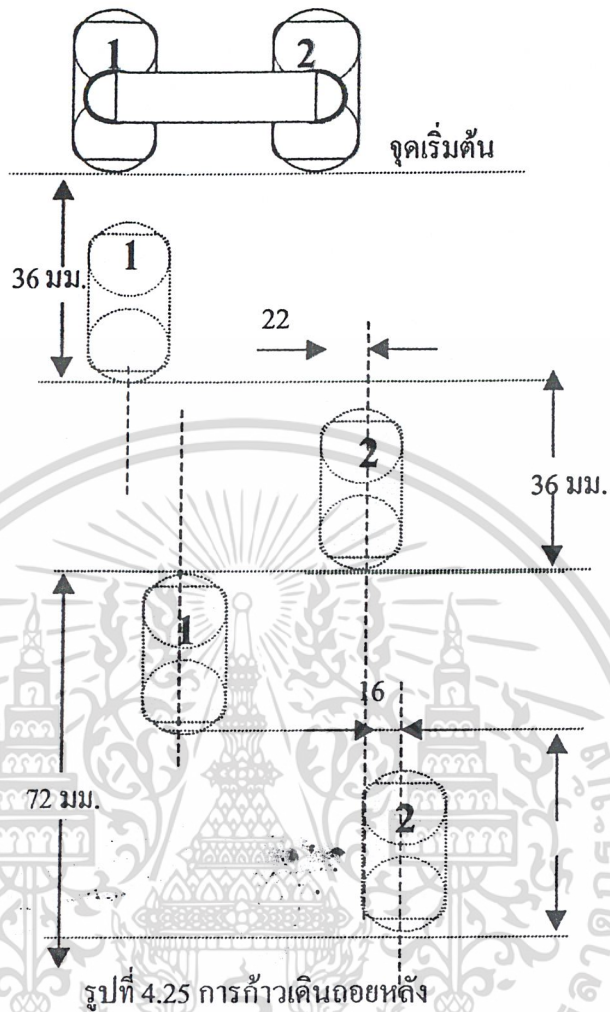
การทดสอบครั้งที่ 5



รูปที่ 4.23 สถิติภาพในการเลี้ยวขวาของหุ่นที่ 45 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การเดินถอยหลัง



สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองให้หุ่นเดินหน้าพบว่าหุ่นมีลักษณะการเดินเฉไปจากเส้นทางในช่วงก้าวแรก จากนั้นจะเริ่มเดินเฉน้อยลงในก้าวต่อไป ขณะเดียวกันเมื่อตั้งเดินถอยหลังก็จะเดินเฉกลับในทางเดียวกับการเดินหน้าของหุ่น

4.3 การทดลองจ่ายไฟให้กับเซอร์โวมอเตอร์

วัตถุประสงค์

- เพื่อทดสอบการใช้ไฟจากแหล่งจ่ายดีซีของเซอร์โวมอเตอร์

ขั้นตอนการทดลอง

- วัดค่าแรงดันไฟแหล่งจ่ายของเซอร์โวขณะทำงานปกติที่ยังไม่เคลื่อนที่ และขณะเคลื่อนที่

ผลการทดลอง

เซอร์โวขณะทำงานปกติที่ยังไม่เคลื่อนที่ วัดไฟแหล่งจ่ายได้ 5.2 – 6 โวลต์

เซอร์โวขณะเคลื่อนที่ วัดไฟแหล่งจ่ายได้ 3.8 – 4.2 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทสรุปและวิจารณ์

จากการทำการศึกษาค้นคว้าและสร้างหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ได้ในแนวที่ไม่ขนานกับพื้นนี้ หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์

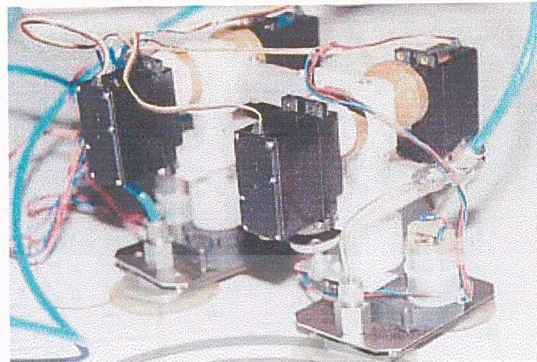
การทดลองสร้างหุ่นสามารถสรุปปัญหาและข้อผิดพลาดที่เกิดกับสร้างหุ่นได้ดังนี้

1. เริ่มทดลองสร้างหุ่นตัวที่ 1 จากแนวคิดพื้นฐานซึ่งใช้ดีซีมอเตอร์ติดเพื่องนอนทดแรง เมื่อทำการทดลองให้หุ่นทำงานพบว่าเฟืองที่ใช้ทดแรงขบกัน ไม่สนิทพอ ถ้าวางในแนวตั้งฉาก ทำให้เกิดการคุดยาคอกแบบให้ติดล้อที่หัวจับและมีการยึดหุ่นในขณะที่เคลื่อนที่ ทำให้หัวจับถูไปกับพื้นเกิดความฝืด ความเร็วในการหมุนของดีซีมอเตอร์ทั้งสองข้างไม่เท่ากัน ทำให้โปรแกรมมีการตรวจเช็คบ่อย มีผลให้เคลื่อนที่ช้า และหุ่นยนต์มีน้ำหนักมากต้องใช้หัวจับขนาดใหญ่
2. จากข้อผิดพลาดดังกล่าว ทำให้มีการออกแบบหุ่นใหม่ ให้มีน้ำหนักน้อยลง และใช้เซอร์โวมอเตอร์มาแทนดีซีมอเตอร์เพื่อควบคุมตำแหน่ง ได้ แต่การใช้เซอร์โวมอเตอร์มาแทนดีซีมอเตอร์นั้น ในตอนแรกใช้การประมาณค่าแรงบิด จึงใช้เซอร์โวมอเตอร์ ขนาด 7 kg.cm เมื่อทดลองให้หุ่นตัวที่ 2 ทำงาน เกิดข้อผิดพลาดที่ตัวล่างทั้ง 2 คือ แรงบิดไม่พอที่จะทำการยกและยึดตัว จึงทำการทดลองเซอร์โวมอเตอร์ตัวกลางที่หมุนได้ โดยการเพิ่มน้ำหนักที่ปลายทีละน้อย และดูว่าจะไม่สามารถหมุนได้ที่น้ำหนัก ประมาณเท่าไร และทำการวิเคราะห์ทางของแกน เพื่อเป็นแนวทางการคำนวณในตัวที่ 3
3. ทดลองสร้างหุ่นตัวที่ 3 ตามสูตรการคำนวณแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์ และเพิ่มขนาดแรงไว้เพื่อแรงเสียดทานด้วย เมื่อทำการทดลองเซอร์โวกี้ยังไม่สามารถหมุนได้ตามที่คำนวณไว้ จึงใช้ดีซีมอเตอร์มาติดตรงกลางของหุ่นเพื่อช่วยหมุนก็ยังไม่สามารถทำงานได้
4. เปลี่ยนรูปแบบของหุ่นใหม่โดยให้มีลักษณะการเดินเป็นแนวขวางก้าวสลับข้างทีละขา โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์เป็นตัวยกขาแต่ละข้าง และดีซีมอเตอร์เป็นตัวหมุนขาสลับกันทีละข้าง พบว่าการยกขาของหุ่นทำได้ยากจึงใช้การติดตั้งเซอร์โวสำหรับยกขาหุ่นข้างละสองตัว
5. การควบคุมผิวของหัวจับทำได้บ้าง ไม่ได้บ้างต้องมีแรงกดช่วยเพราะเซอร์โวมอเตอร์มีแรงบิดไม่พอ
6. การทำงานของหุ่นในช่วงแรกแรงบิดของมอเตอร์ยังดี พอทำการทดสอบมาครั้งแรงบิดจะเริ่มลดลง

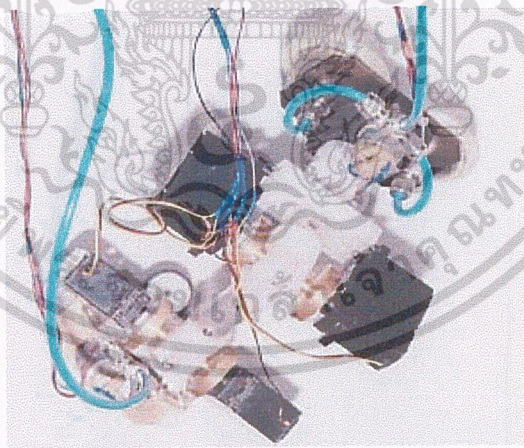
แนวทางในการพัฒนาหุ่นยนต์ต่อไป คือการเลือกใช้มอเตอร์ที่มีแรงบิดสูง น้ำหนักเบามาใช้แทน ทั้งดีซีมอเตอร์และเซอร์โวมอเตอร์ และการเพิ่มความสามารถให้หุ่นสามารถตรวจสอบเส้นทางได้ และการนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในงานต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

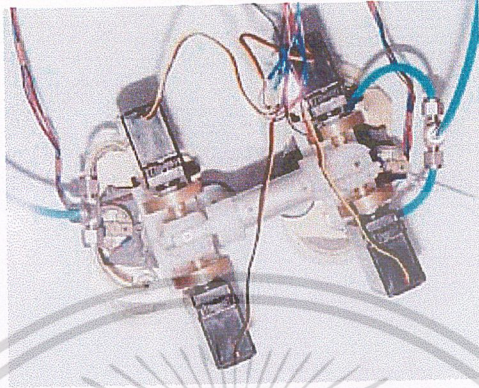


รูปที่ ก.1 ด้านหน้าหุ่นยนต์

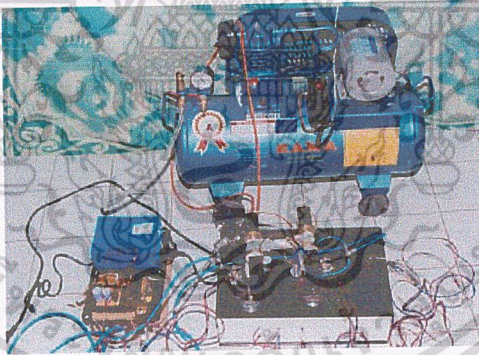


รูปที่ ก.2 ขณะหุ่นยนต์เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 หุ่นยนต์ขณะเกาะติดผนัง



รูปที่ ก.4 ชุดอุปกรณ์หุ่นยนต์หนอนทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                                ORG      0000H
SB:      EQU      0FFH      ; SET
CB:      EQU      00H      ; CLEAR
KAG:     EQU      11H      ; CHECK FORWARD
HUB:     EQU      22H      ; CHECK BACKWARD
                                SJMP     MAIN

```

```

                                ORG      0003H
                                ACALL    INTT0      ; SUBB SEND DATA TO SLAVE
                                RETI
;-----
;
;-----
MAIN:   MOV      SP,#30H
        SETB    TCON.0
        MOV     IE,#10000001B
        MOV     P1,#SB
        MOV     P0,#CB
        MOV     P3,#SB
        CLR     P1.7
        SETB    P2.0
        SETB    P2.1
        SETB    P2.2
        MOV     76H,#99H      ; 90 DEGREE (LSB) RIGHT1
        MOV     77H,#0FAH    ; 90 DEGREE (MSB)RIGHT1
        MOV     78H,#99H    ; 90 DEGREE (LSB) RIGHT2
        MOV     79H,#0FAH    ; 90 DEGREE (MSB)RIGHT2
        MOV     7AH,#99H    ; 90 DEGREE (LSB) LEFT1
        MOV     7BH,#0FAH    ; 90 DEGREE (MSB) LEFT1
        MOV     7CH,#99H    ; 90 DEGREE (LSB) LEFT2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      7DH,#0FAH      ; 90 DEGREE (MSB) LEFT2
MOV      7EH,#5AH      ; 90 DEGREE RIGHT(DC)
MOV      7FH,#5AH      ; 90 DEGREE LEFT(DC)
;-----
;
;      OFFSET ROBOT
;-----
OFFSET:   JNB      P1.0,SET_OFFSET   ; KEY OFFSET
          SJMP     OFFSET
SET_OFFSET: ACALL   DODL
          ACALL   SERVO
          MOV     R6,#KAG
          MOV     R7,#01H
;-----
;
;      MAIN1
;-----
MAIN1:    JNB     P1.1,FW
          JNB     P1.2,BW
          JNB     P1.3,TURNR
          JNB     P1.4,TURNL
          JNB     P1.5,SELECT
          SJMP    MAIN1

TURNR:    ACALL   TURNRR      ; SUBB TURN RIGHT
          SJMP    MAIN1

TURNL:    ACALL   TURNLL      ; SUBB TURN LEFT
          SJMP    MAIN1

SELECT:   JB      P1.5,SELECT1
          SJMP    SELECT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SELECT1: ACALL SELECTT
 SJMP MAIN1

;
; BONDARY CONDITION OF FORWARD

FW: CJNE R7,#01H,DDB
 CJNE R6,#KAG,HB
 ACALLFW1 ; SUBB FORWARD1
 SJMP MAIN1

HB: CJNE R6,#HUB,MAIN1
 ACALL FW4 ; SUBB FORWARD4
 SJMP MAIN1

DDB: CJNE R7,#CB,MAIN1
 CJNE R6,#KAG,HB2
 ACALL FW3 ; SUBB FORWARD3
 SJMP MAIN1

HB2: CJNE R6,#HUB,MAIN1
 ACALL FW2 ; SUBB FORWARD2
 SJMP MAIN1

;
; BONDARY CONDITION OF REVERSE

BW: CJNE R7,#01H,DDB2
 CJNE R6,#KAG,HB3
 ACALL BW1 ; SUBB BACKWARD1
 SJMP MAIN1

HB3: CJNE R6,#HUB,MAIN1
 ACALL BW4 ; SUBB BACKWARD2
 SJMP MAIN1

DDB2: CJNE R7,#CB,MAIN1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CJNE      R6,#KAG,HB4
ACALL     BW3                ; SUBB BACKWARD3
SJMP      MAIN1
HB4:      CJNE      R6,#HUB,MAIN1
ACALL     BW2                ; SUBB BACKWARD4
SJMP      MAIN1

```

```

;-----
;
;          PROGRAM FORWARD1
;-----

```

```

FW1:      ACALL     DODDB
          ACALL     UPSERVOL
          ACALL     UPSERVOB
SLAVE:    ACALL     SERVO
          ACALL     DELAY
          JB        P1.1,OPEN1      ; KEY FORWARD
          ACALL     SERHUB
          ACALL     SERHUBB
          CJNE     R5,#6EH,SLAVE
          CJNE     R4,#46H,SLAVE
OPEN1:    ACALL     STOPDC
          ACALL     DWSERVOB
          ACALL     DWSERVOL
          ACALL     CHK90
          MOV      R6,#HUB
          MOV      R7,#CB
          RET

```

```

;-----
;
;          PROGRAM FORWARD 2
;-----

```

```

FW2:      ACALL     DODL

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL    UPSERVOB
ACALL    UPSERVOL
SLAVE2:  ACALL    SERVO
ACALL    DELAY
JB       P1.1,OPEN2      ; KEY FORWARD
ACALL    SERKAG
ACALL    SERKAGB
CJNE     R4,#6EH,SLAVE2
CJNE     R5,#46H,SLAVE2
OPEN2:   ACALL    STOPDC
ACALL    DWSERVOL
ACALL    DWSERVOB
ACALL    CHK90
MOV      R6,#KAG
MOV      R7,#01H
RET
;-----
;
;-----
PROGRAM FORWORD 3
;-----
FW3:     ACALL    UPSERVOL
ACALL    UPSERVOB
SLAVE3:  ACALL    SERVO
ACALL    DELAY
JB       P1.1,OPEN3
ACALL    SERHUB
ACALL    SERHUBB
CJNE     R5,#6EH,SLAVE3
CJNE     R4,#46H,SLAVE3
OPEN3:   ACALL    STOPDC
ACALL    DWSERVOB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL    DWSERVOL
ACALL    CHK90
ACALL    DODL
MOV      R6,#HUB
MOV      R7,#01H
RET

```

```

;-----
;
;          PROGRAM FORWARD 4
;-----

```

```

FW4:      ACALL    UPSERVOB
          ACALL    UPSERVOL
SLAVE4:   ACALL    SERVO
          ACALL    DELAY
          JB      P1.1,OPEN4
          ACALL    SERKAG
          ACALL    SERKAGB
          CJNE   R4,#6EH,SLAVE4
          CJNE   R5,#46H,SLAVE4
OPEN4:    ACALL    STOPDC
          ACALL    DWSERVOL
          ACALL    DWSERVOB
          ACALL    CHK90
          ACALL    DODB
          MOV     R6,#KAG
          MOV     R7,#CB
          RET

```

```

;-----
;
;          PROGRAM BACKWARD1
;-----

```

```

BW1:      ACALL    UPSERVOB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SLAVEB:      ACALL    UPSERVOL
              ACALL    SERVO
              ACALL    DELAY
              JB       P1.2,OPENB
              ACALL    SERHUBB
              ACALL    SERHUB
              CJNE     R4,#46H,SLAVEB
              CJNE     R5,#6EH,SLAVEB
OPENB:       ACALL    STOPDC
              ACALL    DWSERVOL
              ACALL    DWSERVOB
              ACALL    CHK90
              ACALL    DODB
              MOV      R6,#HUB
              MOV      R7,#CB
              RET
;-----
;
;-----
PROGRAM BACKWARD2
;-----
BW2:        ACALL    UPSERVOL
              ACALL    UPSERVOB
SLAVEB2:    ACALL    SERVO
              ACALL    DELAY
              JB       P1.2,OPENB2
              ACALL    SERKAGB
              ACALL    SERKAG
              CJNE     R5,#46H,SLAVEB2
              CJNE     R4,#6EH,SLAVEB2
OPENB2:     ACALL    STOPDC
              ACALL    DWSERVOB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL    DWSERVOL
ACALL    CHK90
ACALL    DODL
MOV      R6,#KAG
MOV      R7,#01H
RET

```

```

;-----
;
;          PROGRAM BACKWARD3
;-----

```

```

BW3:     ACALL    DODL
         ACALL    UPSERVOB
         ACALL    UPSERVOL
SLAVEB3: ACALL    SERVO
         ACALL    DELAY
         JB      P1.2,OPENB3
         ACALL    SERHUBB
         ACALL    SERHUB
         CJNE   R4,#46H,SLAVEB3
         CJNE   R5,#6EH,SLAVEB3
OPENB3:  ACALL    STOPDC
         ACALL    DWSERVOL
         ACALL    DWSERVOB
         ACALL    CHK90
         MOV     R6,#HUB
         MOV     R7,#01H
         RET

```

```

;-----
;
;          PROGRAM BACKWARD4
;-----

```

```

BW4:     ACALL    DODB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL    UPSERVOL
ACALL    UPSERVOB
SLAVEB4: ACALL    SERVO
          ACALL    DELAY
          JB      P1.2,OPENB4
          ACALL    SERKAGB
          ACALL    SERKAG
          CJNE   R5,#46H,SLAVEB4
          CJNE   R4,#6EH,SLAVEB4
OPENB4:  ACALL    STOPDC
          ACALL    DWSERVOB
          ACALL    DWSERVOL
          ACALL    CHK90
          MOV     R6,#KAG
          MOV     R7,#CB
          RET
;-----
;
; PROGRAM TURN RIGHT
;-----
TURNRR:  ACALL    DODL
          ACALL    UPSERVOB
          ACALL    UPSERVOL
          MOV     7EH,#5AH
SLAVETR: ACALL    SERVO
          ACALL    DELAY
          JB      P1.3,OPETR          ; KEY RIGHT
          ACALL    SERHUBT
          CJNE   R5,#2DH,SLAVETR
OPETR:   ACALL    STOPDC
          ACALL    DWSERVOL

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL    DWSERVOB
ACALL    CHK90
ACALL    DODB
ACALL    UPSERVOL
ACALL    UPSERVOB
MOV      7FH,#5AH
ACALL    SERVO
ACALL    STOPDC
ACALL    DWSERVOB
ACALL    DWSERVOL
RET
;-----
;
;-----
TURNLL:  ACALL    DODB
         ACALL    UPSERVOL
         ACALL    UPSERVOB
         MOV      7FH,#5AH
SLAVETL: ACALL    SERVO
         ACALL    DELAY
         JB      P1.4,OPETL ; KEY LEFT
         ACALL    SERKAGT
         CJNE   R4,#2DH,SLAVETL
OPETL:  ACALL    STOPDC
         ACALL    DWSERVOB
         ACALL    DWSERVOL
         ACALL    CHK90
         ACALL    DODL
         ACALL    UPSERVOB
         ACALL    UPSERVOL

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      7EH,#5AH
ACALL   SERVO
ACALL   STOPDC
ACALL   DWSERVOL
ACALL   DWSERVOB
RET

```

```

;-----
;
;           PROGRAM CHECK STOP DC
;-----

```

```

STOPDC:   JB      P2.0,STOPDC
STOPDCL:  JB      P2.1,STOPDCL
          RET

```

```

;-----
;
;           PROGRAM LIFT SERVO LEFT
;-----

```

```

UPSERVOB: MOV     R3,#55H
UPSERVO1: ACALL  SERVO
          ACALL  DELAY
          ACALL  CR135
          ACALL  CL45
          CJNE  R0,#66H,UPSERVO1
          CJNE  R1,#0FCH,UPSERVO1
          ACALL  DELAY1
          RET

```

```

;-----
;
;           PROGRAM DOWN SERVO LEFT
;-----

```

```

DWSERVOB: MOV     R3,#77H
DWSERVO1: ACALL  SERVO
          ACALL  DELAY

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL    CR135D
ACALL    CL45D
CJNE     R0,#99H,DWSERVO1
CJNE     R1,#0FAH,DWSERVO1
ACALL    DELAY1
RET

```

```

;-----
;
;          PROGRAM LIFT SERVO RIGHT
;-----

```

```

UPSERVOL:  MOV     R3,#66H
UPSERVO2:  ACALL   SERVO
           ACALL   DELAY
           ACALL   CR135
           ACALL   CL45
           CJNE    R0,#66H,UPSERVO2
           CJNE    R1,#0FCH,UPSERVO2
           ACALL   DELAY1
           RET

```

```

;-----
;
;          PROGRAM DOWN SERVO RIGHT
;-----

```

```

DWSERVOL:  MOV     R3,#88H
DWSERVOL1: ACALL   SERVO
           ACALL   DELAY
           ACALL   CR135D
           ACALL   CL45D
           CJNE    R0,#99H,DWSERVOL1
           CJNE    R1,#0FAH,DWSERVOL1
           ACALL   DELAY1
           RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;-----
;
;           PROGRAM DECREASE FOR
;
;   TURN SERVO 1 DEGREE STEP TO 135 DEGREE LIMIT
;-----

```

```

CR135:      CJNE      R3,#66H,TWO
            MOV       R0,76H
            MOV       R1,77H
            SJMP      THREE
TWO:        MOV       R0,7AH
            MOV       R1,7BH
THREE:      MOV       R2,#0AH
            CJNE     R0,#0CCH,LOPR
            SJMP     OPR
LOPR:      CLR       C
            MOV       A,R0
            SUBB     A,#01H
            MOV       R0,A
            MOV       A,R1
            SUBB     A,#00H
            MOV       R1,A
            CJNE     R0,#0CCH,OPR2
            SJMP     OPR
OPR2:      DJNZ     R2,LOPR
OPR1:      CJNE     R3,#66H,TWO1
            MOV       76H,R0
            MOV       77H,R1
            SJMP     THREE1
TWO1:      MOV       7AH,R0
            MOV       7BH,R1
THREE1:    RET

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

OPR:          CJNE      R1,#0F8H,CKRR
              SJMP      OPR1
CKRR:        CJNE      R2,#0AH,OPR2
              SJMP      LOPR

```

```

-----
;
;          PROGRAM INCREASE FOR
;
;    TURN SERVO 1 DEGREE STEP TO 90 DEGREE LIMIT
;
-----

```

```

CR135D:     CJNE      R3,#88H,TWOD
            MOV       R0,76H
            MOV       R1,77H
            SJMP      THREED
TWOD:       MOV       R0,7AH
            MOV       R1,7BH
THREED:     MOV       R2,#0AH
            CJNE     R0,#99H,LOPRD
            SJMP     OPRD
LOPRD:     CLR       C
            MOV       A,R0
            ADD      A,#01H
            MOV      R0,A
            MOV      A,R1
            ADDC     A,#00H
            MOV      R1,A
            CJNE     R0,#99H,OPR2D
            SJMP     OPRD
OPR2D:     DJNZ     R2,LOPRD
OPR1D:     CJNE     R3,#88H,TWO1D
            MOV      76H,R0
            MOV      77H,R1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                SJMP      THREE1D
TWO1D:         MOV       7AH,R0
                MOV       7BH,R1
THREE1D:       RET
OPRD:          CJNE     R1,#0FAH,CKRRD
                SJMP     OPR1D
CKRRD:         CJNE     R2,#0AH,OPR2D
                SJMP     LOPRD

```

```

;-----
;
;          PROGRAM INCREASE FOR
;
;    TURN SERVO 1 DEGREE STEP TO 45 DEGREE LIMIT
;-----

```

```

CL45:         CJNE     R3,#66H,TWOL
                MOV     R0,78H
                MOV     R1,79H
                SJMP     THREEEL
TWOL:         MOV     R0,7CH
                MOV     R1,7DH
THREEEL:      MOV     R2,#0AH
                CJNE     R0,#66H,LOPL
                SJMP     OPN
LOPL:         CLR     C
                MOV     A,R0
                ADD     A,#01H
                MOV     R0,A
                MOV     A,R1
                ADDC    A,#00H
                MOV     R1,A
                CJNE     R0,#66H,OPN2
                SJMP     OPN

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

OPN2:          DJNZ          R2,LOPL
OPN1:          CJNE          R3,#66H,TWO1L
               MOV           78H,R0
               MOV           79H,R1
               SJMP          THREE1L
TWO1L:         MOV           7CH,R0
               MOV           7DH,R1
THREE1L:       RET
OPN:           CJNE          R1,#0FCH,CKLL
               SJMP          OPN1
CKLL:          CJNE          R2,#0AH,OPN2
               SJMP          LOPL
;-----;
;           PROGRAM DECREASE FOR
;           TURN SERVO 1 DEGREE STEP TO 90 DEGREE LIMIT
;-----;
CL45D:         CJNE          R3,#88H,TWOLD
               MOV           R0,78H
               MOV           R1,79H
               SJMP          THREEELD
TWOLD:         MOV           R0,7CH
               MOV           R1,7DH
THREEELD:      MOV           R2,#0AH
               CJNE          R0,#99H,LOPLD
               SJMP          OPND
LOPLD:         CLR           C
               MOV           A,R0
               SUBB          A,#01H
               MOV           R0,A
               MOV           A,R1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SUBB      A,#00H
MOV       R1,A
CJNE     R0,#99H,OPN2D
SJMP     OPND
OPN2D:   DJNZ     R2,LOPLD
OPN1D:   CJNE     R3,#88H,TWO1LD
MOV       78H,R0
MOV       79H,R1
SJMP     THREE1LD
TWO1LD:  MOV       7CH,R0
MOV       7DH,R1
THREE1LD: RET
OPND:    CJNE     R1,#0FAH,CKLLD
SJMP     OPN1D
CKLLD:   CJNE     R2,#0AH,OPN2D
SJMP     LOPLD
;-----
;          PROGRAM DECREASE AND INCREASE FOR
;TURN DC 1 DEGREE STEP TO 110 DEGREE LIMIT OF RIGHT SIDE
;-----
SERHUB:  MOV       R5,7FH
CJNE     R5,#6EH,LOOPL
SJMP     OPEL
LOOPL:  MOV       A,R5
CLR      C
SUBB     A,#6EH
JNC     LOB
JC      BOG
LOB:    DEC      R5
MOV      7FH,R5

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                SJMP      OPEL
BOG:           INC       R5
                MOV      7FH,R5
OPEL:         RET

```

```

;-----
;      PROGRAM DECREASE AND INCREASE FOR
;TURN DC 1 DEGREE STEP TO 70 DEGREE LIMIT OF LEFT SIDE
;-----

```

```

SERHUBB:      MOV      R4,7EH
                CJNE    R4,#46H,LOOPLB
                SJMP    OPELB
LOOPLB:      MOV      A,R4
                CLR     C
                SUBB   A,#46H
                JNC     LOBB
                JC      BOGB
LOBB:        DEC     R4
                MOV    7EH,R4
                SJMP   OPELB
BOGB:        INC     R4
                MOV    7EH,R4
OPELB:      RET

```

```

;-----
;      PROGRAM DECREASE AND INCREASE FOR
;TURN DC 1 DEGREE STEP TO 45 DEGREE LIMIT OF RIGHT SIDE
;-----

```

```

SERHUBT:      MOV      R5,7FH
                CJNE    R5,#2DH,LOOPLT
                SJMP    OPELT
LOOPLT:      MOV      A,R5

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                CLR      C
                SUBB     A,#2DH
                JNC      LOBT
                JC       BOGT
LOBT:          DEC      R5
                MOV     7FH,R5
                SJMP    OPELT
BOGT:          INC      R5
                MOV     7FH,R5
OPELT:         RET
;-----;
; PROGRAM DECREASE AND INCREASE FOR
;TURN DC 1 DEGREE STEP TO 110 DEGREE LIMIT OF LEFT SIDE
;-----;
SERKAG:        MOV     R4,7EH
                CJNE   R4,#6EH,LOOPR
                SJMP   OPER
LOOPR:         MOV     A,R4
                CLR    C
                SUBB   A,#6EH
                JNC    LOBK
                JC     BOGK
LOBK:          DEC     R4
                MOV    7EH,R4
                SJMP   OPER
BOGK:          INC     R4
                MOV    7EH,R4
OPER:          RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;-----
;      PROGRAM DECREASE AND INCREASE FOR
;TURN DC 1 DEGREE STEP TO 70 DEGREE LIMIT OF RIGHT SIDE
;-----

```

```

SERKAGB:      MOV      R5,7FH
               CJNE    R5,#46H,LOOPRB
               SJMP    OPERB

LOOPRB:       MOV      A,R5
               CLR     C
               SUBB   A,#46H
               JNC    LOBKB
               JC     BOGKB

LOBKB:        DEC     R5
               MOV    7FH,R5
               SJMP   OPERB

BOGKB:        INC     R5
               MOV    7FH,R5

OPERB:        RET

```

```

;-----
;      PROGRAM DECREASE AND INCREASE FOR
;TURN DC 1 DEGREE STEP TO 45 DEGREE LIMIT OF LEFT SIDE
;-----

```

```

SERKAGT:      MOV      R4,7EH
               CJNE    R4,#2DH,LOOPRT
               SJMP    OPERT

LOOPRT:       MOV      A,R4
               CLR     C
               SUBB   A,#2DH
               JNC    LOBRT
               JC     BOGRT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LOBRT:      DEC      R4
            MOV      7EH,R4
            SJMP     OPERT
BOGRT:      INC      R4
            MOV      7EH,R4
OPERT:      RET

```

```

;-----
;
;          PROGRAM INTO
;-----

```

```

SERVO:      CLR      P2.2
            NOP
            NOP
            NOP
            NOP
            SETB     P2.2
            RET

```

```

;-----
;
;          PROGRAM VACUUM LEFT
;-----

```

```

DODB:      SETB     P0.0
            ACALL   DELAY2
            CLR     P0.1
            ACALL   DELAY2
            RET

```

```

;-----
;
;          PROGRAM VACUUM RIGHT
;-----

```

```

DODL:      SETB     P0.1
            ACALL   DELAY2
            CLR     P0.0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                ACALL    DELAY2
                RET

SELECTT:      RET
CHK90:       RET
;-----
;           PROGRAM SEND DATA TO SLAVE
;-----
INTT0:       PUSH    PCON
                PUSH    SCON
                PUSH    TMOD
                PUSH    03
                MOV     PCON,#00H
                MOV     SCON,#0E0H
                MOV     TMOD,#20H
                MOV     TH1,#0FDH
                SETB    TR1
                MOV     R0,#CB
                MOV     R1,#76H
                MOV     R2,#06H
                MOV     R4,#04H
                MOV     DPTR,#TSLAVE

LOOP:        MOV     A,R0
                MOVC    A,@A+DPTR
                SETB    TB8
                MOV     SBUF,A

START1:     JNB     TI,START1
                CLR     TI
                CLR     TB8
                MOV     R3,#02H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LOOP2:      MOV      A,@R1
            MOV      SBUF,A

START2:    JNB      TI,START2
            CLR      TI
            INC      R1
            CJNE     R4,#00H,CHKLOOP
            SJMP     OOKLOOP

CHKLOOP:   DJNZ     R3,LOOP2
            DEC      R4

OOKLOOP:   INC      R0
            DJNZ     R2,LOOP
            CLR      TR1
            POP      03
            POP      TMOD
            POP      SCON
            POP      PCON
            RET

;-----
;          PROGRAM DELAY 2 SEC
;-----

DELAY2:    PUSH     01
            PUSH     02
            PUSH     03
            MOV      R1,#09H

D3:        MOV      R2,#SB
D2:        MOV      R3,#SB
D1:        NOP
            DJNZ     R3,D1
            DJNZ     R2,D2
            DJNZ     R1,D3

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

POP      03
POP      02
POP      01
RET

```

```

-----
;
;          PROGRAM DELAY 1 SEC
;
-----

```

```

DELAY1:   PUSH      01
          PUSH      02
          PUSH      03
          MOV       R1,#04H
D333:    MOV       R2,#SB
D222:    MOV       R3,#SB
D111:    NOP
          DJNZ     R3,D111
          DJNZ     R2,D222
          DJNZ     R1,D333
          POP       03
          POP       02
          POP       01
          RET

```

```

-----
;
;          PROGRAM DELAY 0.056 SEC
;
-----

```

```

DELAY:    PUSH      01
          PUSH      02
          MOV       R1,#42H
D22:     MOV       R2,#SB
D11:     NOP
          DJNZ     R2,D11

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	DJNZ	R1,D22
	POP	02
	POP	01
	RET	
TSLAVE:	DB	00H,01H,02H,03H,04H,05H; ADDRESS OF SLAVE
	END	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ORG      0000H
SJMP    MAIN

ORG      0003H
ACALL   INTT0      ; SUBB RECERVE DATA
RETI

ORG      0013H
MOV     7FH,R1
MOV     7EH,R0
ACALL   INTT1      ; SUBB MANUAL CONTROL
RETI

ORG      002BH
ACALL   TT2        ; SUBB TIMER2
RETI

-----
;
;
;
-----
MAIN:    MOV     SP,#30H
MOV     R0,#99H    ; 90 DEGREE (LSB) FOR SERVO
MOV     R1,#0FAH   ; 90 DEGREE (MSB) FOR SERVO
MOV     P1,#0FFH
CLR     P1.7
MOV     IE,#10000101B
SETB    TCON.0
SETB    T2CON.2
MOV     P0,R0
MOV     P2,R1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;-----
;
; PULSE CONTROL SERVO
;-----

```

```

MAIN1:      SETB      IE.5
            MOV       RCAP2L,R0
            MOV       RCAP2H,R1
R:          JB        P1.7,ROOP
            SJMP     R

```

```

ROOP:      SETB      IE.5
            MOV       RCAP2L,#0FEH
            MOV       RCAP2H,#0C9H

```

```

RR1:       JNB       P1.7,ROOP2
            SJMP     RR1

```

```

ROOP2:     SJMP     MAIN1

```

```

;-----
;
; PROGRAM RECEVE DATA
;-----

```

```

INTT0:     PUSH      PCON
            PUSH      SCON
            PUSH      TMOD
            MOV       PCON,#00H
            MOV       SCON,#0F0H
            MOV       TMOD,#20H
            MOV       TH1,#0FDH
            SETB     TR1

```

```

START:     JNB       RI,START
            MOV       A,SBUF
            CLR      RI
            CJNE     A,#00H,START
            CLR      SM2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

START2:      JNB      RI,START2
             MOV      R0,SBUF
             CLR      RI
START3      JNB      RI,START3
             MOV      R1,SBUF
             CLR      RI
             SETB     SM2
             CLR      TRI
             MOV      P0,R0
             MOV      P2,R1
             POP      TMOD
             POP      SCON
             POP      PCON
             RET
;-----;
; PROGRAM MANUARL CONTROL FOR CALIBATE
;-----;
INTT1:      PUSH     00
             PUSH     01
             PUSH     80H
             PUSH     0CBH
             PUSH     0CAH
             PUSH     0C8H
             PUSH     0A8H
             MOV      R0,7EH
             MOV      R1,7FH
             SETB     IP.5
             CLR      P1.7
INTT11:     SETB     IE.5
             MOV      RCAP2L,R0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	MOV	RCAP2H,R1
RTT:	JB	P1.7,ROOPTT
	SJMP	RTT
ROOPTT:	SETB	IE.5
	MOV	RCAP2L,#0FEH
	MOV	RCAP2H,#0C9H
RR1TT:	JNB	P1.7,ROOP2TT
	SJMP	RR1TT
ROOP2TT:	JNB	P1.0,R135
	JNB	P1.1,L45
	JB	P1.2,OUTINT1
	SJMP	INTT11
OUTINT1:	CLR	IP.5
	POP	0A8H
	POP	0C8H
	POP	0CAH
	POP	0CBH
	POP	80H
	POP	01
	POP	00
	RET	
R135:	ACALL	CR135
O135:	MOV	R3,#01H
OO:	SETB	IE.5
	MOV	RCAP2L,R0
	MOV	RCAP2H,R1
RRR:	JB	P1.7,OOP
	SJMP	RRR
OOP:	SETB	IE.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	MOV	RCAP2L,#0FEH
	MOV	RCAP2H,#0C9H
OO1:	JNB	P1.7, OOP2
	SJMP	OO1
OOP2:	DJNZ	R3, OO
	JNB	P1.0, R135
	JNB	P1.1, L45
	JB	P1.2, OUTINT1
	SJMP	O135
L45:	ACALL	CL45
LL45:	MOV	R3, #01H
OOO:	SETB	IE.5
	MOV	RCAP2L, R0
	MOV	RCAP2H, R1
LLL:	JB	P1.7, OOP
	SJMP	LLL
OOP:	SETB	IE.5
	MOV	RCAP2L, #0FEH
	MOV	RCAP2H, #0C9H
OOO1:	JNB	P1.7, OOP2
	SJMP	OOO1
OOP2:	DJNZ	R3, OOO
	JNB	P1.1, L45
	JNB	P1.0, R135
	JB	P1.2, OUTINT1
	SJMP	LL45
CR135:	MOV	R2, #0AH
	CJNE	R0, #0FFH, LOPR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	SJMP	OPR
LOPR:	CLR	C
	MOV	A,R0
	SUBB	A,#01H
	MOV	R0,A
	MOV	A,R1
	SUBB	A,#00H
	MOV	R1,A
	CJNE	R0,#0FFH,OPR2
	SJMP	OPR
OPR2:	DJNZ	R2,LOPR
OPR1:	MOV	P0,R0
	MOV	P2,R1
	RET	
OPR:	CJNE	R1,#0F6H,CKRR
	SJMP	OPR1
CKRR:	CJNE	R2,#0AH,OPR2
	SJMP	LOPR
CL45:	MOV	R2,#0AH
	CJNE	R0,#32H,LOPL
	SJMP	OPN
LOPL:	CLR	C
	MOV	A,R0
	ADD	A,#01H
	MOV	R0,A
	MOV	A,R1
	ADDC	A,#00H
	MOV	R1,A
	CJNE	R0,#32H,OPN2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	SJMP	OPN
OPN2:	DJNZ	R2,LOPL
OPN1:	MOV	P0,R0
	MOV	P2,R1
	RET	
OPN:	CJNE	R1,#0FEH,CKLL
	SJMP	OPN1
CKLL:	CJNE	R2,#0AH,OPN2
	SJMP	LOPL
TT2:	CPL	P1.7
	CLR	IE.5
	CLR	T2CON.7
	RET	
	END	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ORG      0000H
SJMP     MAIN

ORG      0003H
ACALL    INTT0      ; SUBB RECERVE DATA
RETI

ORG      0013H
ACALL    INTT1      ; SUBB MANUAL CONTROL
RETI

;-----
;
;-----
MAIN:
MOV      SP,#30H
MOV      P2,#0FFH
MOV      P0,#0FFH
MOV      IE,#10000101B
SETB     IP.2
SETB     TCON.0
MOV      R1,#00H
MOV      R3,#5AH      ; 90 DEGREE FOR DC MOTOR

;-----
;
;-----
CONTROL DC MOTOR

MAIN1:   MOV      R2,P0
MOV      P1,R2
MOV      A,P0
CLR      C
SUBB     A,R3
JC       COMM

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	CLR	C
	SUBB	A,#02H
	JZ	MAIN2
	JNC	CHKR_L
	JC	MAIN2
	SJMP	MAIN1
COMM:	CPL	A
	CLR	C
	ADD	A,#01H
	SUBB	A,#02H
	JZ	MAIN2
	JNC	CHKR_L
	JZ	MAIN2
	SJMP	MAIN1
MAIN2:	CLR	P2.0
	CLR	P2.1
	CLR	P2.2
	MOV	A,P0
	XRL	A,R2
	JZ	CHKLOOP
	MOV	R1,#00H
OOK:	SJMP	MAIN1
CHKR_L:	MOV	A,P0
	CLR	C
	SUBB	A,R3
	JZ	MAIN2
	JNC	RIGHT
	JC	LIFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

RIGHT:      SETB      P2.1
            CLR        P2.0
            SETB      P2.2
            SJMP      MAIN1

LIFT:       SETB      P2.0
            CLR        P2.1
            SETB      P2.2
            SJMP      MAIN1

CHKLOOP:    INC        RI
            CJNE      RI,#03H,OOK
            CLR        P2.2
            SJMP      OOK
;-----;
;          PROGRAM REERVE DATA
;-----;
INTT0:      PUSH      PCON
            PUSH      SCON
            PUSH      TMOD
            PUSH      ACC
            PUSH      PSW
            MOV       PCON,#00H
            MOV       SCON,#0F0H
            MOV       TMOD,#20H
            MOV       TH1,#0FDH
            SETB      TRI

START:      JNB       RI,START
            MOV       A,SBUF
            CLR       RI
            CJNE      A,#04H,START

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

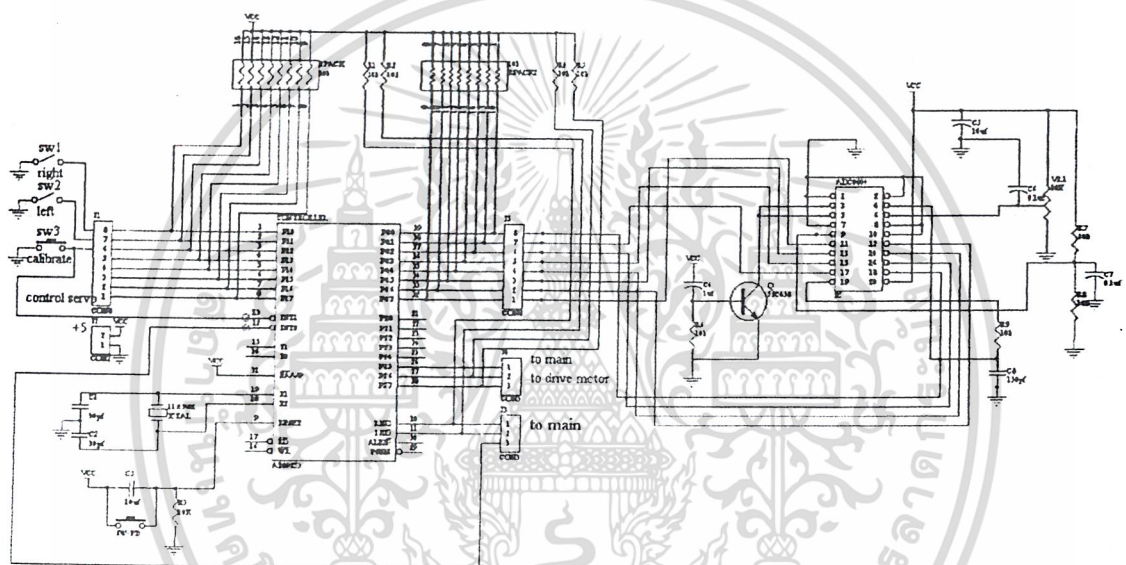
                CLR      SM2
START2:        JNB      RI,START2
                MOV      R3,SBUF
                CLR      RI
                SETB     SM2
                CLR      TR1
                POP      PSW
                POP      ACC
                POP      TMOD
                POP      SCON
                POP      PCON
                RET
;-----;
; PROGRAM MANUARL CONTROL FOR CALIBATE
;-----;
INTT1:        JNB      P2.7,TURNR
                JNB      P2.6,TURNL
                JB       P2.5,OUTINT1
                CLR      P2.0
                CLR      P2.1
                SJMP     INTT1
TURNR:        SETB     P2.1
                CLR      P2.0
                SJMP     INTT1
TURNL:        SETB     P2.0
                CLR      P2.1
                SJMP     INTT1
OUTINT1:      RET
                END

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

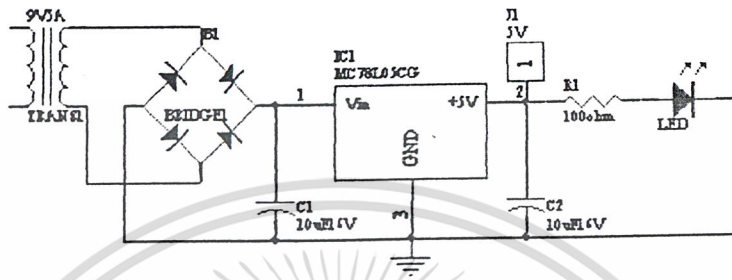


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

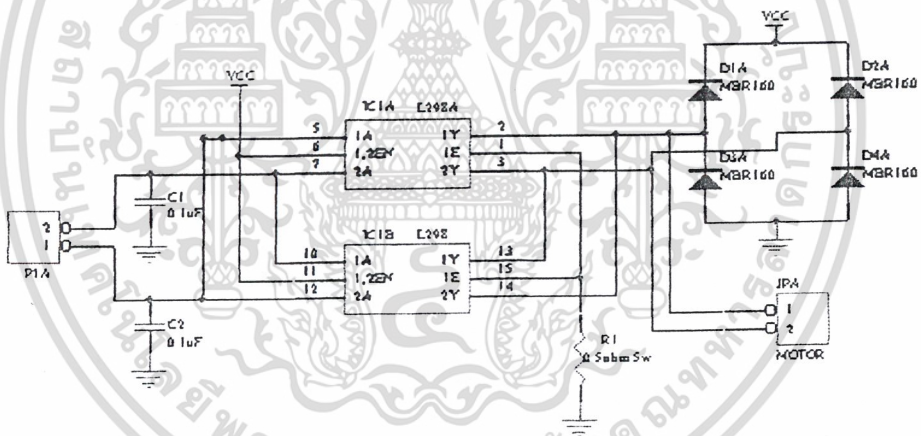


รูปที่ ค.3 วงจรตัวกรองสำหรับควบคุมดีซีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.4 วงจรแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ ค.5 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง.

คุณสมบัติของเซอร์ไวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIFICATION OF SERVO

320 oz-in. (22.96 kg-cm)

Speed @ 60 Degrees:

4.8VDC:

0.19 seconds

6.0VDC:

0.15 seconds

Bearing Type:

Dual Ball Bearing

Case Size:

2.6"x 1.2"x 2.3" (66 x 30.4 x 58.4 mm)

Weight: 4.2 oz (119 g)

Wire Length: 11.75" (Includes plug)

Torque:

4.8VDC:

280 oz-in. (20 kg-cm)

6.0VDC:

Servo Model	Gear Type	Bearing Type	Torque @ 6.0v	Speed @ 6.0v	Weight	Size L x W x H	Applications
HS-225BB	Nylon	Top BB	67 oz.	0.14 sec.	0.98 oz	1.3 x 0.7 x 1.3	Steering servo for 1/12-1/10th scale on road cars, Fast electric boats
HS-	Metal				1.1 oz		
HS-303	Nylon	None	49 oz.	0.16 sec.	1.7 oz	1.6 x 0.8 x 1.4	Sport level cars, boats, trucks and buggies
HS-300		Top BB					
HS-300BB							
HS-422	Nylon	Oilite	53 oz.	0.17 sec.	1.6 oz	1.6 x 0.8 x 1.4	Steering and throttle servo for cars, boats, trucks and buggies
HS-425BB		Dual BB					
HS-525BB	Nylon	Top BB	55 oz.	0.12 sec.	1.6 oz	1.5 x 0.8 x 1.4	Steering and throttle servo for 1/10th scale cars, boats, trucks and buggies
HS-	Metal				1.7 oz		
HS-545BB	Nylon				73 oz.		
HS-605BB	Nylon	Dual BB	91 oz.	0.13 sec.	1.7 oz	1.6 x 0.8 x 1.5	Steering and throttle servo for 1/10-1/8th scale cars, boats, trucks and buggies
HS-	Metal	Dual BB	93 oz.	0.13 sec.	2.1 oz	1.6 x 0.8 x 1.5	
HS-	Metal		133 oz.	0.18 sec.	2.1 oz		
HS-700BB	Nylon	Top BB	161 oz.	0.19 sec.	3.6 oz	2.3 x 1.1 x 2.0	Steering servo for the big stuff like 1/5-1/4 scale cars
HS-	Metal	Top BB	189 oz.	0.22 sec.	4.0 oz		
HS-805BB	Nylon	Dual BB	320 oz.	0.15 sec	4.2 oz	2.2 x 1.2 x 2.3	

ตารางที่ 2. แสดงเซอร์โวมอเตอร์ขนาดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

All of these A/D converters operate from a standard 5V power supply, and are available in accuracies over the temperature range of $\pm 1/2$ LSB or ± 1 LSB including full-scale, zero scale, and non-linearity errors.

ADC0804 IMPLEMENTATION EXAMPLE

Theory of Operation

The converter is started by forcing \overline{CS} and \overline{WR} simultaneously low. This sets the start flip-flop (F/F) (see Figure 1) which resets the 8-bit shift register, resets the INTR F/F and sets F/F1, which is at the input end of the 8-bit shift register. When the set signal of the start F/F goes low (either \overline{WR} or \overline{CS} is high), the 8-bit shift register then shifts in a "1" from F/F1, which starts the conversion process. After the "1" is clocked through the 8-bit shift register, it appears as the input to Latch 1. The "1" output from the shift register causes the 8-bit output of the SAR latch to transfer to the TRI-STATE output latches. When Latch 1 is subsequently enabled, the Q output makes a high-to-low transition which sets the INTR F/F. An inverting buffer then supplies the \overline{INTR} output signal. When data is to be read, the combination of both \overline{CS} and \overline{RD} being low will reset the INTR F/F and will enable the TRI-STATE buffer latch output onto the 8-bit data bus.

1k-byte of external RAM is provided in the INS8073 system, in which the first 256 bytes are used to store the microinterpreter's variables, stacks and buffers. The remainder of the RAM is used to store data and the interface program. The A/D is mapped into the memory space of the INS8073 system at address 3000 HEX. External RAMs are located from 1000 HEX to 13FF HEX. A DM74LS138 address decoder is used to generate the chip select signals for the A/D and the RAM. It also provides a signal to enable a DM74LS368 TRI-STATE HEX buffer which provides the baud rate setting at

location FD00 HEX. The read and write strobe signals of the A/D and the processor are tied together, and the INTR signal of the A/D is tied to the SENSE B input of the INS8073.

The microinterpreter has built-in I/O routines to serially interface with an RS-232 terminal. The INS8073 F1 flag should be inverted and buffered to provide an RS-232 level. Similarly, the INS8073 will accept serial input data, buffered to TTL level without inversion, on its SA input. DS1488/DS1489 quad line driver/receiver chips are used for TTL/RS-232 buffering. Baud rate can be selected by matching the two jumpers, J1 and J2, (see Figure 2), with the table below. A "0" signifies that the jumper is missing, and a "1" means that it is installed.

J1	J2	Baud Rate
0	0	4800
0	1	1200
1	0	300
1	1	110

Details of both hardware and software interface are given below and in Figure 2. A Tiny Basic subroutine, along with an Assembly Language subroutine, are illustrated. The microprocessor starts the A/D, reads, and stores the results of 16 successive conversions. The 16 data bytes are stored at location 13D0 HEX to 13DF HEX. The Assembly Language subroutine can be called by issuing a "LINK" statement in Tiny Basic. It performs the same function as the Tiny Basic subroutine, except it will execute faster. The Tiny Basic subroutine takes about 60 ms to execute; the Assembly Language subroutine takes only 96 μ s (plus conversion time).

TINY BASIC INTERFACE SUBROUTINE

```

100 REM SUBROUTINE TO START A/D AND STORE DATA INTO MEMORY
110 REM C IS THE COUNTER FOR THE NUMBER OF DATA BYTES STORED
120 REM D POINTS TO THE 1ST DATA ADDRESS
130 C=16
140 D=#13D0
150 @ #3000=A :REM START A/D
160 A=STAT AND #20 :REM LOOP UNTIL SENSE B GOES LOW
170 IF A<>0 THEN GO TO 160 :REM (CONVERSION COMPLETED)
180 @ D=@ #3000 :REM INPUT CONVERTED DATA
190 D=D+1 :REM INCREMENT DT ADDRESS
200 C=C-1 :REM CHECK WHETHER 16 CONVERSIONS
210 IF C>0 THEN GO TO 150 :REM ARE DONE OR NOT
220 RETURN

```

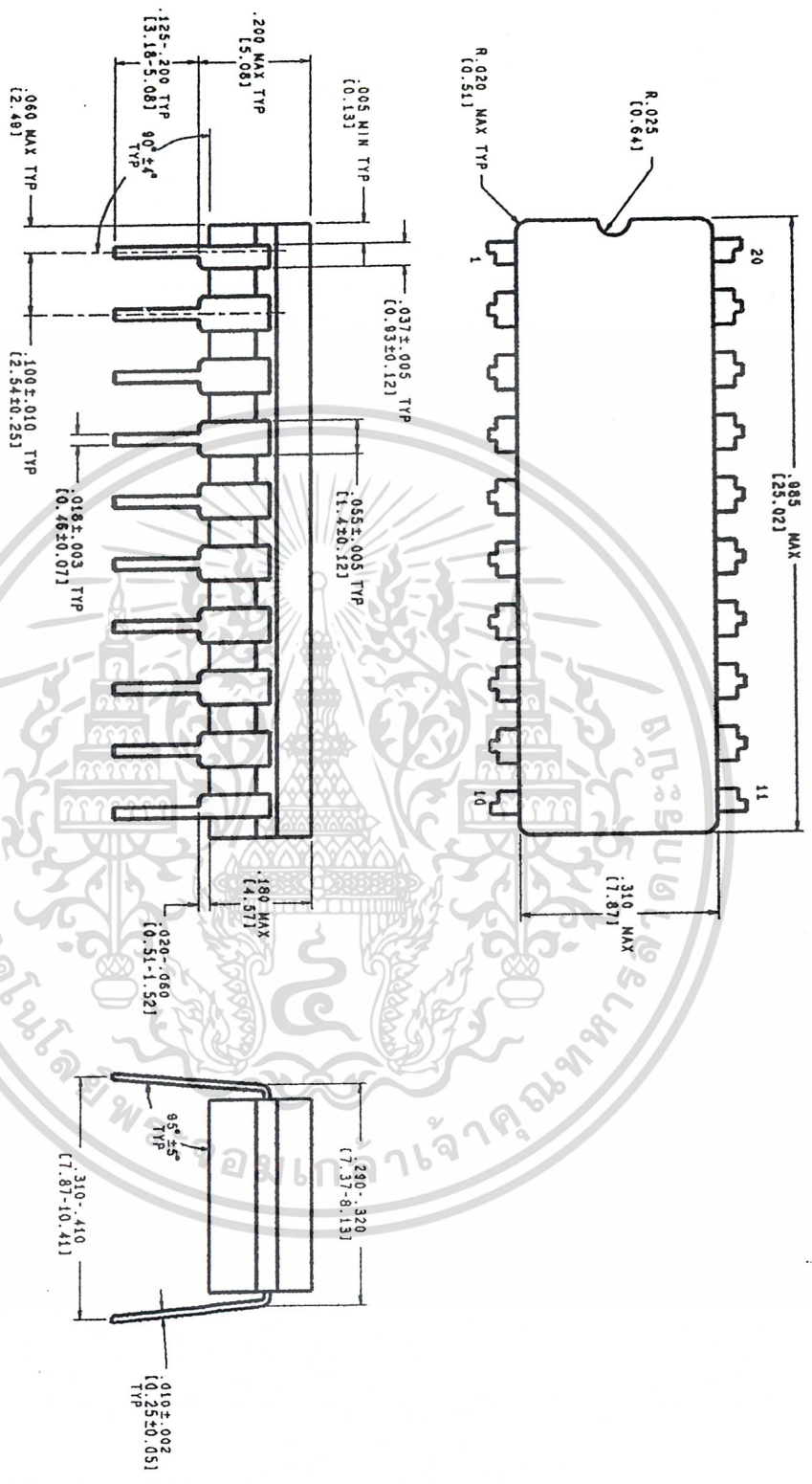
INS8072 ASSEMBLY CODE INTERFACE SUBROUTINE

```

; THIS SUBROUTINE IS TO BE CALLED BY TINY BASIC THROUGH A "LINK" STATEMENT
BEGIN:   PLI    P2, #13D0H ;P2 POINTS TO A 1ST BYTE ADDRESS
        PLI    P3, #3000H ;P3 POINTS TO A/D
        LD     A, #0FH    ;SET CONVERSION COUNTER TO 15
        ST     A, COUNT  ;COUNTER ADDRESS
START:   ST     A, 0, P3   ;START A/D
WAIT:   LD     A, S      ;WAIT FOR SENSE B INPUT TO GO LOW
        AND   A, #20H    ;(CONVERSION COMPLETED)
        BNZ   WAIT
        NOP
        LD     A, 0, P3  ;INPUT CONVERTED DATA
        ST     @ 1, P2   ;STORE DATA IN MEMORY
        DLD   A, COUNT  ;DECREMENT COUNTER. IF NOT DONE,
        BP    START     ;DO ANOTHER CONVERSION
        POP   P3        ;RESTORE P2 AND P3 FOR TINY BASIC
        POP   P2
        RET
        ;RETURN TO TINY BASIC

```

REVISIONS			
CR	DESCRIPTION	E.C. N.	DATE
1	REVISE AND REORDER PER CURRENT STANDARD.	11688	03/27/1993
2	UPDATE TITLE & MILL/GENO STAMP.		



CONTROLLING DIMENSION IS INCH
VALUES IN [] ARE MILLIMETERS

MIL-PRF-38535
CONFIGURATION CONTROL

- NOTES: UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- LEAD FINISH TO BE ONE OF THE FOLLOWING:
 - 200 MICROINCHES/ 5.08 MICROMETERS MINIMUM SOLDER MEASURED AT THE CREST OF THE LEAD FLATS.
 - 200 TO 800 MICROINCHES/ 5.08 TO 20.32 MICROMETERS TIN PLATE OVER 50 TO 300 MICROINCHES/ 1.27 TO 7.62 MICROMETERS NICKEL UNDERPLATE OR BASIS METAL.
 - 50 TO 100 MICROINCHES/ 1.27 TO 2.54 MICROMETERS GOLD OVER 50 TO 350 MICROINCHES/ 1.27 TO 8.89 MICROMETERS NICKEL UNDERPLATE.
 - NO JEDEC REGISTRATION AS OF 03/27/1997.

APPROVALS	DATE																
<table border="1"> <tr> <td>DESIGN</td> <td>DATE</td> </tr> <tr> <td>APPROVED</td> <td>03/27/1991</td> </tr> <tr> <td>DATE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SCALE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TITLE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BY</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CHECKED</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DATE</td> <td></td> </tr> </table>	DESIGN	DATE	APPROVED	03/27/1991	DATE		SCALE		TITLE		BY		CHECKED		DATE		
DESIGN	DATE																
APPROVED	03/27/1991																
DATE																	
SCALE																	
TITLE																	
BY																	
CHECKED																	
DATE																	
<p>National Semiconductor 2865 Fabrikon Drive, Santa Clara, CA 95051-2000</p> <p>CERDIP, 20 LEAD, .300 CENTERS</p>																	
DO NOT SCALE DRAWING	SHEET 1 OF 1																

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A/D Converters Easily Interface with 70 Series Microprocessors

National Semiconductor
Application Note 280
November 1981



A/D Converters Easily Interface with 70 Series Microprocessors

Abstract: This application note describes techniques for interfacing parallel I/O and serial I/O 8-bit A/D converters to the INS8070 series of microprocessors. A detailed hardware and software interface example is provided for each type of A/D.

As examples, the INS8073 is used to interface with the parallel I/O ADC0804, and the INS8072 is used with the serial I/O ADC0833.

INTRODUCTION

The INS8070 series of microprocessors is designed for compact, low cost control, data acquisition, and processing applications. Up to 2.5k-bytes of ROM and 64 bytes of RAM are available on-chip. The INS8073 is a programmed version of the INS8072 with a Tiny Basic microinterpreter on-chip. The microinterpreter executes source code directly, thus avoiding the need to translate the source code into machine language. This approach allows users to develop system software without using a development system and gives a greater flexibility for design changes.

The ADC0801 series, the ADC0808 series, and the ADC0816 series are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that include TRI-STATE[®] latched outputs and control logic for parallel I/O. These A/Ds can be mapped into memory space or they can be controlled as I/O devices. The ADC0801 series includes a differential input and span adjust pin, while the ADC0808 and ADC0816 series

include an 8- or 16-channel multiplexer with latched control logic.

The ADC0831 series, on the other hand, are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters with serial I/O. In addition to the single analog input ADC0831 in an 8-pin miniDIP, they offer 8, 4, or 2-channel analog multiplexed inputs. Serial output data can be selected as either MSB or LSB first. The channel assignment of the multiplexers is accomplished with a 4-bit serial input word preceded by a leading "1" start bit.

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 parallel I/O A/Ds and the ADC0833 serial I/O A/D are designed to work with a 2.5V fixed reference for a 0V to 5V analog input range. The full 8 bits of resolution can be encoded over any smaller analog voltage range by applying one half of the desired full-scale analog input voltage value to the $V_{REF}/2$ pin.

The ADC0805, ADC0806, ADC0809, ADC0816, ADC0817 parallel I/O A/D converters and the ADC0831, ADC0832, ADC0834, and ADC0838 serial I/O A/D converters are designed to operate ratiometrically with the system transducers. A ratiometric transducer is a conversion device whose output is proportional to some arbitrary full-scale value. The actual value of the transducer's output is not important, but the ratio of this output to the full-scale reference is important. Also, these parts are designed to use a 5V fixed reference.

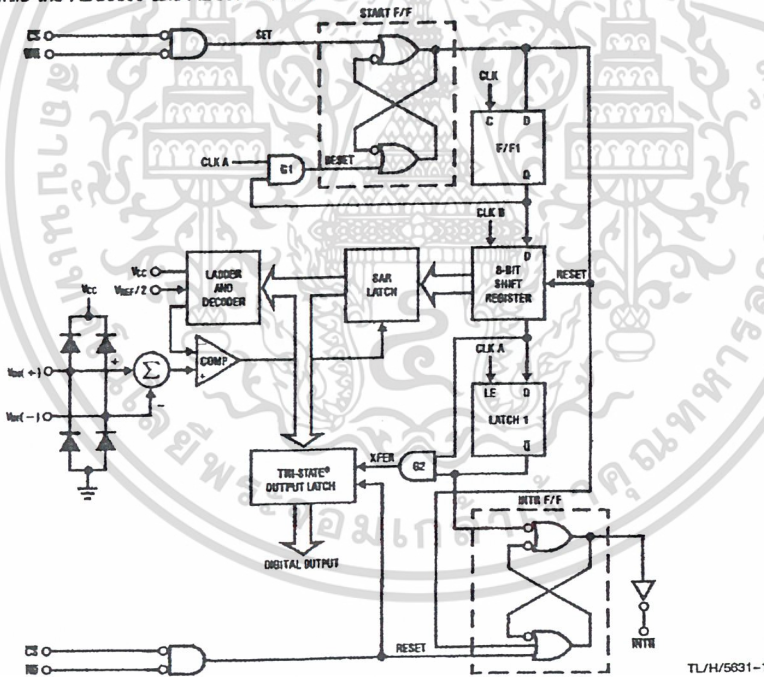


FIGURE 1. ADC0804 Internal Block Diagram

TRI-STATE[®] is a registered trademark of National Semiconductor Corp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ณรัตน์ สุทธจิตต์, วิศวกรรมหุ่นยนต์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ .

พรจิต ประทุมสุวรรณ, พื้นฐานหุ่นยนต์และเครื่องกลอัตโนมัติ. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์ . , 2542

สมยศ จุณณะปิยะ, การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . , 2543

อุดม จีนประดับ, ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ . , 2541

THAIZONE99, Servo Information and Modification . 1999



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้