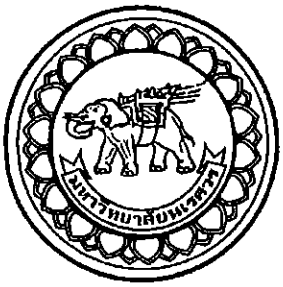


หุ่นยนต์แขนกลแฝดอัตโนมัติ

TWIN ROBOT ARM

นายจิรภัทร จันทร์ทอง รหัส 53362532

นายณัฐพล ดีเกตุ รหัส 53362686

นายปริญญา เขตสนาน รหัส 53362860

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 19 พ.ค. 57
เลขทะเบียน 16663843
เลขเรียกหนังสือ ป.
มหาวิทยาลัยนเรศวร A 521 ท 2556

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2556

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน แขนกลแฝดอัตโนมัติ

ผู้ดำเนินโครงงาน นายจิรภัทร จันทร์ทอง รหัส 53362532

นายณัฐพล ดีเกตุ รหัส 53362686

นายปริญญา เขตสนาน รหัส 53362860

ที่ปรึกษาโครงงาน ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2556

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

.....กรรมการ

(อาจารย์เศรษฐา ตั้งค้าวานิช)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	หุ่นยนต์แขนกลแฝดอัตโนมัติ		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายจิรภัทร	จันทร์ทอง	รหัส 53362532
	นายณัฐพล	ดีเกตุ	รหัส 53362686
	นายปริญญา	เขตสนาน	รหัส 53362860
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.มุฑิตา	สงฆ์จันทร์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2556		

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เกี่ยวกับการสร้างหุ่นยนต์แขนกลที่มี 5 ข้อต่อควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สามารถหยิบจับและวางสิ่งของได้ หุ่นยนต์แขนกลนี้สามารถเคลื่อนที่ได้โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงผ่านการควบคุมตำแหน่งของแต่ละข้อต่อโดยใช้ตัวเข้ารหัส เพื่อทำให้ข้อต่อเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้ กระบวนการทำงานของระบบหุ่นยนต์แขนกลแฝดนี้จะมีการใช้หุ่นยนต์แขนกลที่เหมือนกันสองตัวในการหยิบจับสิ่งของที่เคลื่อนที่บนรางเลื่อนสายพาน ตัวหนึ่งจะตั้งอยู่ตอนต้นของรางเลื่อนสายพานเพื่อทำการหยิบสิ่งของไปวางไว้บนสายพาน อีกตัวหนึ่งจะตั้งอยู่ที่ตอนปลายของรางเลื่อนสายพานเพื่อทำการหยิบเอาสิ่งของออกจากสายพาน จากการทดลองการทำงานของระบบนี้แสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์แขนกลสามารถหยิบจับและวางวัตถุได้ตรงตามเป้าหมายที่ตั้งของวัตถุนั้น

Project title	Twin Robot Arm		
Name	Mr. Jiraphat	Janthong	ID. 53362532
	Mr. Nuttapon	Deegade	ID. 53362686
	Mr. Parinya	Khetsanan	ID. 53362860
Project advisor	Miss Mutita	Songjun, Ph.D.	
Major	Electrical Engineering		
Department	Electrical and Computer Engineering		
Academic year	2012		

Abstract

This project is about to construct the two identical robot arm which have five links controlled by microcontroller. These robots can pick and place the object on the conveyor. The robot arm can move by using the dc motor at each link. The position of the link can be controlled by encoder to move the link to the desired position correctly. The operation of the system is: one robot arm is at the beginning of the conveyor to place the object on the conveyor and the other robot arm is at the end of the conveyor to pick the object from the conveyor. The experiments show that the twin robot arm system can pick and place the object at the desired position correctly.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาคือ ดร.มุทิตา สงฆ์จันทร์ เป็นอย่างสูง สำหรับคำแนะนำและการให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงาน รวมถึงกำลังใจที่มีให้ตลอดการทำงานจึงทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ตามเป้าประสงค์ และขอขอบพระคุณอาจารย์เศรษฐา ตั้งค้าวานิชที่ช่วยสละเวลาในการให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำโครงงาน และขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัยที่ให้เกียรติสละเวลามาเป็นกรรมการและช่วยตรวจสอบรูปเล่มปริญญานิพนธ์ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณทั้งสามท่านเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่เป็นสถานที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และให้ยืมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้โนการทำโครงงาน ทำให้โครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

และสุดท้ายต้องขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่และคนในครอบครัวทุกคนที่คอยให้กำลังใจ คอยผลักดันให้ก้าวเดินอย่างมั่นคงเสมอมา จนทุกอย่างสำเร็จลุล่วงมาได้จนถึงวันนี้ ต้องขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงด้วยใจ

นายจิรภัทร จันทร์ทอง
นายณัฐพล ดีเกตุ
นายปริญญา เขตสนาน

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 2
1.5 แผนปฏิบัติงานตลอดโครงงาน 3
1.6 งบประมาณที่ใช้ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 โครงสร้างทางภายภาพของหุ่นยนต์แขนกล 4
2.2 รูปแบบและลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล 7
2.2.1 การแบ่งประเภทของหุ่นยนต์แขนกล 7
2.2.2 หลักการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล 10
2.3 ระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ 15
2.3.1 คุณสมบัติของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 16
2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและการควบคุม 17
2.4.1 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 17
2.4.2การควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 18
2.4.3 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 19
2.4.4การควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 21

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ....24

3.1 การออกแบบและการสร้างหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ....25

3.2 วงจรที่ใช้ในหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ....28

3.2.1 วงจรส่วนจ่ายไฟ....28

3.2.2 วงจรส่วนขับเคลื่อนมอเตอร์....29

3.2.3 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ....30

3.2.4 วงจรมัลติเพล็กเซอร์....30

3.3 ขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล....31

3.3.1 การทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติตัวที่ 1....31

3.3.2 การทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติตัวที่ 2....32

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน....34

4.1 กระบวนการการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ....34

4.2 ผลการทดลองการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ....35

4.2.1 การทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์ในแนวระนาบ....35

4.2.2 การทดลองความสามารถของมือจับหุ่นยนต์....37

4.2.3 การทดลองความแม่นยำในการเคลื่อนย้ายวัตถุจากแนวระดับหนึ่งไปยังอีกแนวระดับหนึ่ง....39

4.2.4 การทดลองความแม่นยำในการจับสิ่งของบนสายพานลำเลียงโดยแขนกลสองตัว....41

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ....43

5.1 สรุปผลการทดลองการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ....43

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ....43

5.2.1 ปัญหาที่พบจากการทำโครงงาน....43

5.2.2 ข้อเสนอแนะ....44

5.2.3 การพัฒนาต่อ....45

เอกสารอ้างอิง....46

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก ก รายละเอียดของวงจรรวมเบอร์ L298.....47
ภาคผนวก ข รายละเอียดของเซ็นเซอร์ก้ามปู.....54

ภาคผนวก ค รายละเอียดของวงจรรวมเบอร์ CD4051-3B.....60
ภาคผนวก ง รายละเอียดของไมโครโปรเซสเซอร์ รุ่น AT89C51AC3.....65

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน.....71

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนปฏิบัติงาน 3

2.1 หลักการทำงานของข้อต่อแบบหมุนและแบบเลื่อน 7

2.2 ลอจิกควบคุมทิศทางมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 18

4.1 ผลการทดลองความแม่นยำในการหมุนของฐานหุ่นยนต์ในแนวระนาบ 36

4.2 ผลการทดลองความแม่นยำในการหมุนของแขนท่อนบนในแนวระดับ 36

4.3 ผลการทดลองความแม่นยำในการหมุนของแขนท่อนล่างในแนวระดับ....37

4.4 ผลการทดลองการจับสิ่งของของมือจับหุ่นยนต์ 38

4.5 ผลการทดลองการเคลื่อนย้ายวัตถุจากแนวระดับหนึ่งไปยังแนวระดับหนึ่ง 40

4.6 ผลการทดลองความแม่นยำในการจับสิ่งของบนสายพานและเวลาในการทำงานของแขนกลสองตัว 41

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การทำงานของหุ่นยนต์แขนกล 4
2.2 ส่วนต่างๆของหุ่นยนต์แขนกลเปรียบเทียบกับมนุษย์ 5
2.3 รูปแบบของข้อต่อแบบต่างๆ 5
2.4 (ก) แขนกลสองข้อต่อ (ข) แขนกลสามข้อต่อ (ค) พูม่า 560 (PUMA 560) ที่ปลายแขนตำแหน่งและทิศทางเดียวกัน 6
2.5 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียนและการประยุกต์ใช้งานของหุ่นยนต์ประเภทนี้ 8
2.6 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบทรงกระบอก (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบทรงกระบอก 8
2.7 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบทรงกลม (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบทรงกลม 9
2.8 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์สการ่า (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์สการ่า 9
2.9 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบแขนข้อต่อ (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แขนข้อต่อ 10
2.10 โครงสร้างพื้นฐานของระบบควบคุม 12
2.11 แผนผังของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ 13
2.12 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้ในการหมุนมอเตอร์ไปยังตำแหน่งที่ผู้ควบคุมกำหนด 13
2.13 (ก) สัญญาณอินพุต r(t) (ข) เปลี่ยนค่าจากศูนย์ไปเป็น R ในทันทีทันใด (ค) ค่าสัญญาณเอาท์พุต 14
2.14 แผนผังของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ 15
2.15 วงจรเอชบริดจ์ (H-Bridge) 18
2.16 วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานอนุกรม 19
2.17 กราฟแสดงคุณสมบัติของวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานอนุกรม 19
2.18 กราฟแสดงคุณสมบัติของวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงด้วยวิธีเปลี่ยนค่าแรงดัน 20
2.19 สัญญาณการมอดูเลชันความกว้างของสัญญาณพัลส์ซึ่งแสดงค่าดิวตี้ไซเคิลที่ต่างๆกัน 21
2.20 ตัวเข้ารหัสแบบหมุน (Rotary Encoder) 21
2.21 การสร้างสัญญาณพัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุน 22
2.22 พัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุนแบบสองเฟส 22

สารบัญรูป(ต่อ)

2.23 การตรวจเช็คสัญญาณพัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุน.....23
2.24 ลักษณะสัญญาณพัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุนทั้งสองเฟส.....23
3.1 แผนภาพแสดงการทำงานรวมของระบบ.....24
3.2 ภาพแสดงการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลบนสายพานลำเลียง.....25
3.3 รูปแบบและขนาดของส่วนฐานของหุ่นยนต์แขนกล.....25
3.4 รูปแบบและขนาดส่วนเอวของหุ่นยนต์แขนกล.....26
3.5 รูปแบบและขนาดส่วนแขนท่อนบนของหุ่นยนต์แขนกล.....26
3.6 รูปแบบและขนาดส่วนแขนท่อนล่างของหุ่นยนต์แขนกล.....27
3.7 รูปแบบส่วนมือจับของหุ่นยนต์แขนกล.....27
3.8 รูปแบบของหุ่นยนต์แขนกล.....28
3.9 วงจรภาคจ่ายไฟ.....29
3.10 วงจรขับมอเตอร์โดยวงจรรวมเบอร์ L298.....29
3.11 ระบบควบคุมแบบย้อนกลับของตัวคอนโทรลเลอร์.....30
3.12 วงจรภายในของวงจรรวมเบอร์ CD4051BE.....31
3.13 แผนภาพแสดงกระบวนการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติตัวที่ 1.....32
3.14 แผนภาพแสดงกระบวนการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติตัวที่ 2.....33
4.1 ลักษณะตำแหน่งเริ่มต้นการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ.....34
4.2 ลักษณะการหมุนในแนวระนาบ.....35
4.3 การทดลองจับสิ่งของของมือจับ.....38
4.4 การทำงานของหุ่นยนต์ในการจับสิ่งของต่างระดับ.....39
4.5 การทำงานของหุ่นยนต์ในการวางสิ่งของต่างระดับ.....40
4.6 การทำงานของหุ่นยนต์ในการจับสิ่งของบนสายพานลำเลียงวางและสิ่งของบนสายพาน.....41

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันการคิดค้นวิจัยในเรื่องการทำหุ่นยนต์เครื่องจักรกลที่สามารถนำมาใช้งานแทนมนุษย์ในด้านต่าง ๆ นั้นเริ่มมีการค้นคว้าและวิจัยกันอย่างแพร่หลายและกว้างขวางมากขึ้น ทั้งด้านความสามารถ รูปร่างที่มีขนาดเล็กลง ตลอดจนความมีประสิทธิภาพในการทำงาน โดยขอบเขตการทำงานเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับประเภทและลักษณะการทำงานโดยมนุษย์เป็นผู้กำหนดขอบเขตขึ้นมา ดังนั้นจึงมีการพัฒนาขีดความสามารถของหุ่นยนต์ให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้นด้วยเหตุนี้หุ่นยนต์จึงมีบทบาทสำคัญในวงการอุตสาหกรรมมากไม่ว่าจะอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ขนาดเล็กหรือแม้กระทั่งในบ้านเรือนก็ตาม เนื่องจากหุ่นยนต์มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงแม่นยำในการทำงานทำให้เกิดความผิดพลาดและความสูญเสียของชิ้นงานน้อยลง และในบางลักษณะงานมีอันตรายความเสี่ยงสูงที่เกินขีดจำกัดการทำงานของมนุษย์ อาทิเช่น พื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูง ข้อจำกัดของพื้นที่ในการทำงานที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าไปปฏิบัติงานได้ การทำงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ทั้งนี้รวมไปถึงลักษณะการทำงานที่ยาวนานและต่อเนื่องที่มนุษย์ไม่สามารถจะปฏิบัติงานนั้นได้ นอกจากนี้หุ่นยนต์ยังเข้ามามีบทบาทในงานด้านการแพทย์โดยได้นำหุ่นยนต์แขนกลเข้ามามีส่วนร่วมในการช่วยในการผ่าตัดคนไข้เนื่องจากหุ่นยนต์นั้นมีความสามารถในการทำงานที่มีความละเอียดสูง โดยปัจจัยหลักของการนำหุ่นยนต์มาใช้งานแทนมนุษย์ก็คือการทำงานที่มีความเสี่ยงสูงต้องการความแม่นยำรวดเร็ว อย่างไรก็ตามขีดจำกัดของหุ่นยนต์เมื่อเทียบกับมนุษย์แล้วนั้นบางครั้งหุ่นยนต์ก็ไม่สามารถทำแทนมนุษย์ได้ โดยเฉพาะเรื่องไหวพริบปฏิภาณในการตัดสินรวมถึงหลักมนุษยธรรมซึ่งหุ่นยนต์ไม่มีกลไกลความคิดในด้านนี้ แต่อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีด้านหุ่นยนต์ยังต้องมีการพัฒนาความสามารถและขีดจำกัดของหุ่นยนต์ให้เพิ่มมากขึ้นสามารถเป็นเสมือนตัวแทนมนุษย์ในการตัดสินใจและการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นจึงจัดทำโครงงานนี้โดยได้คิดค้นและทำการออกแบบสร้างหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบเพื่อหยิบจับวัตถุบนสายพานลำเลียงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ เพื่อเป็นต้นแบบต่อการค้นคว้าตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในแบบต่างๆได้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

ออกแบบและสร้างแขนกลอัตโนมัติโดยสามารถหยิบวัตถุที่สีไม่ได้มาตรฐานออกจากสายพานลำเลียง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. สร้างต้นแบบของแขนกลอัตโนมัติ
2. เขียนโปรแกรมควบคุมแขนกลให้เคลื่อนไหวในทิศทางที่ต้องการโดยโปรแกรมภาษาซี
3. แขนกลจะทำงานโดยการใช้มอเตอร์กระแสตรงเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน
4. ให้แขนกลทำงานโดยสามารถหยิบจับสิ่งที่เลื่อนบนสายพานไปวางไว้อีกตำแหน่งได้ตามโปรแกรมที่วางไว้ได้ถูกต้องและแม่นยำ
5. หุ่นยนต์สามารถจับวัตถุทรงลูกบาศก์ขนาด 7x7x7 ลูกบาศก์เซนติเมตร
6. หุ่นยนต์สามารถจับวัตถุที่มีน้ำหนักไม่เกิน 500 กรัม
7. หุ่นยนต์สามารถจับสิ่งของได้ทีละ 1 ชิ้น
8. มือจับต้องรองรับวัตถุทุกรูปทรง

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีของระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งาน
2. ศึกษาทฤษฎีของมอเตอร์กระแสตรง วงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง และวงจรอินเตอร์เฟส
3. ศึกษารูปแบบและโครงสร้างทางกลของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ
4. ออกแบบและสร้างแบบจะลองของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ และจำลองการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ
5. สร้างต้นแบบหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ
6. เขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ
7. ทดสอบหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ และปรับปรุงและแก้ไขข้อผิดพลาดของการเคลื่อนไหวจากโปรแกรม
8. สรุปผลและจัดรูปเล่มโครงงาน

1.5 แผนปฏิบัติงานตลอดโครงงาน

โครงงานการสร้างแขนกลหุ่นยนต์อัตโนมัติมีแผนปฏิบัติงานดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนปฏิบัติงาน

การปฏิบัติงาน	เดือน									
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1.ออกแบบและสร้างแขนหุ่นยนต์	←	—	—	→						
2.ศึกษาวงจรอินเตอร์เฟสและทฤษฎีของมอเตอร์กระแสตรง			←	—	→					
3.ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์				←	—	→				
4.เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมแขนหุ่นยนต์					←	—	→			
5.ทดสอบแขนหุ่นยนต์ในการจับชิ้นงาน						←	—	—	→	
6.สรุปผลการทำงาน จัดรูปเล่มโครงงาน									←	→

1.6 งบประมาณที่ใช้

รายละเอียดงบประมาณที่ของโครงงานมีดังนี้

1. วัสดุไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	5,000	บาท
2. วัสดุสำหรับทำโครงสร้างหุ่นยนต์	4,000	บาท
3. จัดทำเล่มปริญญานิพนธ์	800	บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น(เก้าพันแปดร้อยบาทถ้วน)	9,800	บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

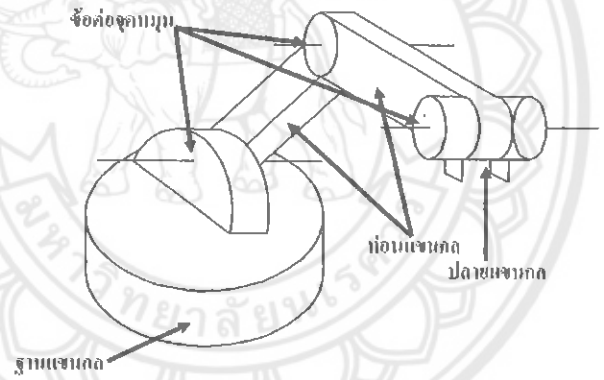
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะรวมหลักการและทฤษฎีขององค์ประกอบต่างๆที่มีความจำเป็นต่อการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบนั้นจะทำงานโดยมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันได้แก่ ส่วนโครงสร้างหุ่นยนต์ ระบบขับเคลื่อนหุ่นยนต์ และระบบควบคุมหุ่นยนต์

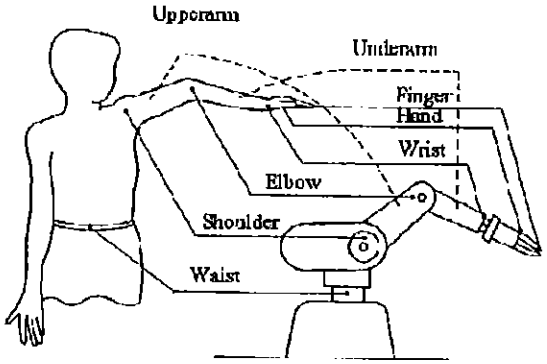
2.1 โครงสร้างทางกายภาพของหุ่นยนต์แขนกล

ลักษณะทางกายภาพของหุ่นยนต์แขนกลเมื่อแบ่งประเภทตามการเคลื่อนที่ หุ่นยนต์แขนกลจัดอยู่ในประเภท หุ่นยนต์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้โดยหุ่นยนต์แขนกลส่วนใหญ่จะมีส่วนประกอบอันสำคัญ ได้แก่ ฐาน (Base) ของหุ่นยนต์ท่อนชิ้นส่วนที่เป็นแขนกล (Link) ข้อต่อจุดหมุน (Joint) ของชิ้นส่วนที่ต่อกัน และปลายของหุ่นยนต์ที่ใช้ทำงาน (End-effectors) เช่น มือคีบจับ (Gripper) หัวเชื่อม อุปกรณ์ประกอบชิ้นส่วนปืนพ่นสี หัวเจาะ ฯลฯชิ้นส่วนหลักของแขนกลแสดงดังรูปที่ 2.1



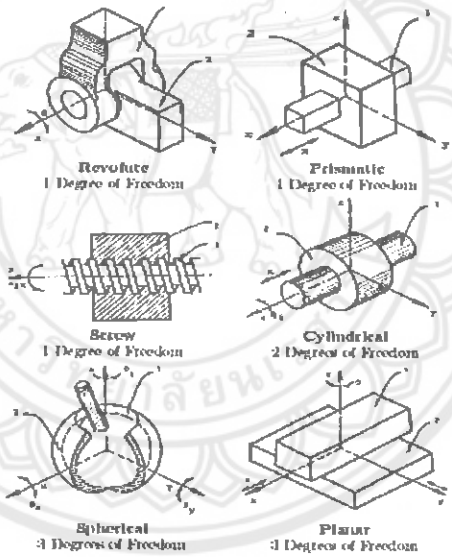
รูปที่ 2.1 ภาพแสดงการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล

การทำงานของหุ่นยนต์แขนกลเปรียบเทียบกับแขนของมนุษย์โดยทั่วไปจะมีข้อต่อ 6 ข้อต่อโดยคล้ายกับแขนของมนุษย์ที่เริ่มนับจากหัวไหล่ ข้อศอก และมือ ในหุ่นยนต์จะมีฐานหุ่นคล้ายบ่าเพื่อรองรับโครงสร้างที่มีการเคลื่อนที่ เราเรียกข้อต่อจุดหมุนว่าเป็นองศาอิสระ (Degrees of Freedom: DOF) หมายถึงมันสามารถที่จะเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระภายใต้ระยะจุดหมุนที่หมุนได้ ถ้าเปรียบเทียบกับแขนมนุษย์ที่สามารถยกแขนให้เคลื่อนที่จากตำแหน่งไปสู่ตำแหน่งหนึ่ง แขนกลก็เหมือนกันแขนกลสามารถทำการเคลื่อนที่ได้จากจุดหนึ่งไปสู่จุดหนึ่งในระยะขอบเขตรัศมีการเคลื่อนที่ โดยแสดงการเปรียบเทียบการทำงานของแขนกลกับแขนของมนุษย์ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ภาพแสดงส่วนต่างๆของหุ่นยนต์แขนกลเปรียบเทียบกับมนุษย์

ซึ่งข้อต่อของหุ่นยนต์แขนกลแบ่งได้เป็นหลายแบบ แต่ละแบบก็จะอนุญาตให้เกิดการเคลื่อนที่ของท่อนแขนที่ที่แตกต่างกันไปซึ่งอยู่กับความเหมาะสมในการควบคุมและใช้งาน โดยข้อต่อที่นิยมใช้งานแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 รูปแบบของข้อต่อแบบต่างๆ

ในการสร้างแขนกลโดยทั่วไป ข้อต่อที่นิยมใช้มากที่สุดคือข้อต่อแบบหมุน(Revolute joint) และข้อต่อแบบเลื่อน (Prismatic joint) สำหรับข้อต่อแบบหมุน ท่อนแขนสองท่อนถูกยึดติดกันที่จุดหมุนซึ่งอยู่บนท่อนแขนโดยแต่ละท่อนสามารถหมุนได้รอบจุดหมุนนี้ เราสามารถบอกตำแหน่งของสองท่อนแขนที่สัมพันธ์กันด้วยมุมที่ท่อนแขนหมุนไปส่วนข้อต่อแบบเลื่อนนั้นท่อนแขนสองท่อนติดอยู่ด้วยกันในลักษณะเดียวกันกับเสาอากาศวิทยุรถยนต์ที่ยืดหดได้โดยท่อนแขนแต่ละท่อนสามารถเลื่อนเข้าออกได้ในหนึ่งทิศทางเราสามารถระบุตำแหน่งที่สัมพันธ์กันของสองท่อนแขนได้จากระยะเลื่อนเข้าออกดังกล่าว จะเห็นได้ว่าข้อต่อแบบหมุนและข้อต่อแบบเลื่อนมีองศาอิสระของการเคลื่อนที่

เป็นหนึ่ง เราเรียกตัวแปรที่กำหนดการเคลื่อนที่นี้ซึ่งได้แก่มุมหมุนของข้อต่อแบบหมุนและระยะเลื่อนของข้อต่อแบบเลื่อนว่าเป็นพารามิเตอร์ของข้อต่อ การมีองศาอิสระของการเคลื่อนที่เป็นหนึ่งทำให้ง่ายในการออกแบบและวิเคราะห์ข้อต่อทั้งสองแบบจึงถูกใช้มากที่สุดในการสร้างแขนกลโดยแขนกลที่มีองศาอิสระสูงๆก็สามารถสร้างขึ้นได้โดยการประกอบท่อนแขนหลายท่อนด้วยข้อต่อสองแบบนี้ แขนกลทำงานด้วยการเคลื่อนที่ของท่อนแขนที่สัมพันธ์กันเพื่อให้ปลายแขน (end effector) ไปอยู่ในตำแหน่งและทิศทางที่เหมาะสมเพื่อเครื่องมือที่ติดอยู่ที่ปลายแขนจะได้ทำงานที่ต้องการได้โดยสะดวกและมีประสิทธิภาพตัวอย่างในรูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นที่ต้องจัดการให้ปลายแขนอยู่ในตำแหน่งและทิศทางที่เหมาะสม

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2.4 (ก) แขนกลสองข้อต่อ (ข) แขนกลสามข้อต่อ (ค) พูม่า 560 (PUMA 560) ที่ปลายแขนตำแหน่งและทิศทางเดียวกัน

การคำนวณว่าปลายแขนจะอยู่ที่ตำแหน่งและทิศทางใดจึงเป็นเรื่องสำคัญการคำนวณดังกล่าวอาศัยการกำหนดให้ท่อนแขนแต่ละท่อนมีพิกัดส่วนตัวที่เราจะเรียกว่าเฟรมเฟรมประกอบไปด้วยจุดกำเนิดและเวกเตอร์แกนโดยเฟรมที่กล่าวถึงจะอยู่ติดแน่นกับท่อนแขนที่เป็นเจ้าของเสมอหรืออีกนัยหนึ่งก็คือแต่ละท่อนแขนจะอยู่นิ่งไม่ขยับเขยื้อนเมื่อเทียบกับเฟรมของมันสำหรับท่อนแขนที่เกิดจากการเรียงต่อกันไปเรานิยมเรียกท่อนแขนที่อยู่นิ่งยึดติดกับพื้นว่าฐาน (Base) และเรียกท่อนถัดมาตามชื่อส่วนของแขนได้แก่ไหล่ (shoulder) ข้อศอก (elbow) แขนท่อนบน (forearm) และข้อมือ (wrist) เป็นต้น ตำแหน่งและทิศทางการวางตัวของท่อนแขนหนึ่งๆเมื่อเทียบกับเฟรมของฐานจึงขึ้นอยู่กับตำแหน่งและทิศทางของท่อนแขนก่อนๆด้วยเราสามารถคำนวณตำแหน่งและทิศทางของปลายแขนได้ด้วยการใช้การแปลงเอกพันธ์ โดยทำการคูณเมทริกซ์การแปลงแบบซ้ายไปขวาพิจารณาจากฐานไปจนถึงปลายแขน

2.2 รูปแบบและลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล

2.2.1 การแบ่งประเภทของหุ่นยนต์แขนกล

โดยทั่วไปการแบ่งประเภทของหุ่นยนต์แขนกลจะแบ่งตามลักษณะรูปทรงของพื้นที่การทำงาน (Envelope Geometric) ซึ่งหุ่นยนต์แขนกลที่ใช้ในอุตสาหกรรมนั้น ในส่วนของข้อต่อ (Joint) ที่ใช้ในขั้นพื้นฐานมี 2 แบบด้วยกันดังที่กล่าวมาแล้ว คือ

- ข้อต่อแบบหมุน
- ข้อต่อแบบตัวเลื่อน

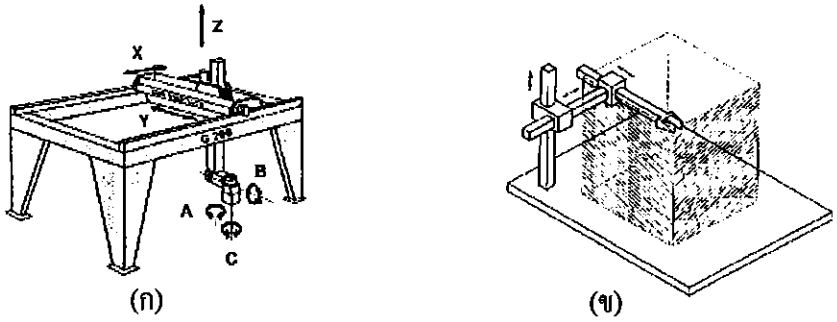
โดยหลักการทำงานของข้อต่อแต่ละแบบแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 หลักการทำงานของข้อต่อแบบหมุนและแบบเลื่อน

ชนิด	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
Revolute (R)		เป็นการหมุนรอบแกน (Rotary)
Prismatic (P)		การเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear motion)

ข้อต่อ (Joint) ทั้งสองแบบเมื่อนำมาต่อเข้าด้วยกันอย่างน้อย 3 แกนหลักจะได้พื้นที่ทำงาน (Work envelope) ที่มีลักษณะแตกต่างกันไปซึ่งสามารถนำมาแบ่งประเภทของหุ่นยนต์แขนกลได้ดังต่อไปนี้

2.2.1.1 หุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน (Cartesian (Gantry) Robot) แกนทั้ง 3 ของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงเส้น (Prismatic) ถ้าโครงสร้างมีลักษณะคล้าย Overhead Crane จะเรียกว่าเป็นประเภทหุ่นยนต์โครงสำหรับตั้งสิ่งของ (Gantry Robot) แต่ถ้าหุ่นยนต์ไม่มีขาตั้งหรือขาเป็นแบบอื่นเรียกว่า ประเภทหุ่นยนต์คาร์ทีเซียนซึ่งรูปแบบและพื้นที่การทำงานแสดงดังรูปที่ 2.5 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียนตามลำดับ



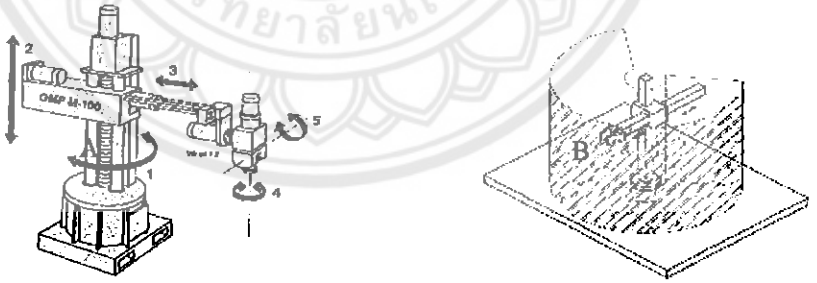
(ก) (ข)

รูปที่ 2.5 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียนและการประยุกต์ใช้งานของหุ่นยนต์ประเภทนี้

การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากโครงสร้างของหุ่นยนต์มีความแข็งแรงตลอดแนวการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงเหมาะกับงานเคลื่อนย้ายของหนักๆ หรือเรียกว่าหยิบยกชิ้นงาน (Pick-and-Place) เช่น โหลดชิ้นงานเข้าเครื่องจักร (Machine loading) ใช้เก็บชิ้นงาน (Stacking) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในงานประกอบ (Assembly) ที่ไม่ต้องการเข้าถึงในลักษณะที่มีมุมหมุน เช่น ประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และชิ้นส่วนทดสอบ (Test) ต่าง ๆ

2.2.1.2 หุ่นยนต์แบบทรงกระบอก (Cylindrical robot) หุ่นยนต์ประเภทนี้จะมีแกนที่ 2 (ไหล่) และแกนที่ 3 (ข้อศอก) เป็นแบบเลื่อนส่วนแกนที่ 1 (เอว) จะเป็นแบบหมุนทำให้การเคลื่อนที่ได้พื้นที่การทำงานเป็นรูปทรงกระบอก ดังแสดงในรูปที่ 2.6 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบทรงกระบอก (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบทรงกระบอก



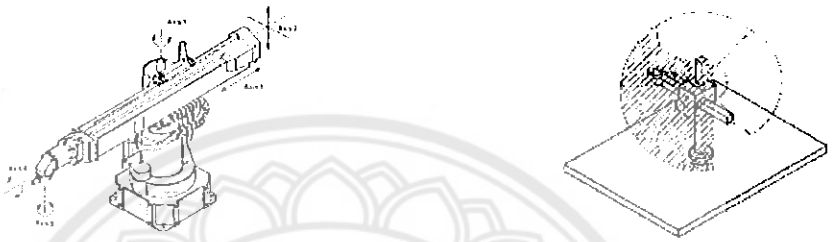
(ก) (ข)

รูปที่ 2.6 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบทรงกระบอก (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบทรงกระบอก

การประยุกต์ใช้งาน

โดยทั่วไปจะใช้ในการหยิบยกชิ้นงาน หรือป้อนชิ้นงานเครื่องจักร เพราะสามารถเคลื่อนที่เข้าบริเวณที่เป็นช่องโพรงเล็กๆ ได้สะดวก

2.2.1.3 หุ่นยนต์แบบทรงกลม (Spherical Robot (Polar)) มีสองแกนที่เคลื่อนในลักษณะการหมุน (Revolute) คือแกนที่ 1 (เอว) และแกนที่ 2 (ไหล่) ส่วนแกนที่ 3 (ข้อศอก) จะเป็นลักษณะของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงดังรูปที่ 2.7



(ก) (ข)

รูปที่ 2.7 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบทรงกลม (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบทรงกลม

การประยุกต์ใช้งาน

ใช้ในงานที่มีการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (Vertical) เพียงเล็กน้อย เช่นการโหลดชิ้นงานเข้าออกจากเครื่องปั๊ม (Press) หรืออาจจะใช้งานเชื่อมจุด (Spot Welding)

2.2.1.4 หุ่นยนต์สการ่า (SCARA) หุ่นยนต์สการ่า (Selective Compliance Assembly Robot Arm; SCARA) จะมีลักษณะแกนที่ 1 (เอว) และแกนที่ 3 (ข้อศอก) หมุนรอบแกนแนวตั้ง และแกนที่ 2 จะเป็นลักษณะการเคลื่อนที่ขึ้นลง (Prismatic) ดังรูปที่ 2.8

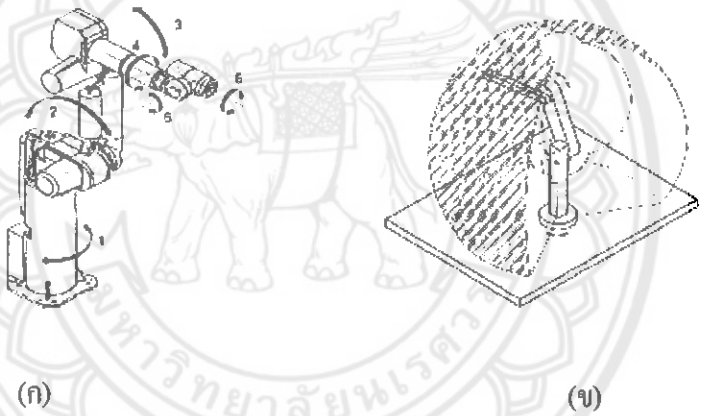
(ก) (ข)

รูปที่ 2.8 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์สการ่า (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์สการ่า

การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากการเคลื่อนที่ในแนวระนาบและขึ้นลงได้รวดเร็วจึงเหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งต้องการความรวดเร็ว และการเคลื่อนที่ก็ไม่ต้องการการหมุนมากนักแต่จะไม่เหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนทางกล (Mechanical part) ซึ่งส่วนใหญ่การประกอบจะอาศัยการหมุน (rotation) ในลักษณะมุมต่างๆ นอกจากนี้หุ่นยนต์สการ่ายังเหมาะกับงานตรวจสอบ (Inspection) งานบรรจุภัณฑ์ (Packaging)

2.2.1.5 หุ่นยนต์แบบแขนข้อต่อ (Articulated Arm (Revolute) Robot) ทุกแกนการเคลื่อนที่จะเป็นแบบหมุนรูปแบบการเคลื่อนที่จะคล้ายกับแขนมนุษย์ ซึ่งจะประกอบด้วยช่วงเอว ท่อนแขนบน ท่อนแขนล่าง ข้อมือ รูปแบบและการเคลื่อนที่ทำให้ได้พื้นที่การทำงานดังรูปที่ 2.9



(ก) (ข)

รูปที่ 2.9 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบแขนข้อต่อ (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบแขนข้อต่อ

การประยุกต์ใช้งาน

หุ่นยนต์ประเภทนี้สามารถใช้งานได้กว้างขวางเพราะสามารถเข้าถึงตำแหน่งต่าง ๆ ได้ดีเช่น งานเชื่อมแบบจุด (Spot Welding) งานเชื่อมแบบเส้น (Path Welding) งานยกของงานตัด งานทากาวงานที่มีการเคลื่อนที่ยาก ๆ เช่น งานพ่นสี งานอุดกันรั่ว (Sealing) ฯลฯ

2.2.2 หลักการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล

การทำงานของหุ่นยนต์แขนกลประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ระบบทางกลของหุ่นยนต์และระบบควบคุมหุ่นยนต์ระบบทางกลหมายถึงส่วนที่เป็นโครงสร้างและส่วนที่ให้กำลังขับเคลื่อนหุ่นยนต์ส่วนระบบควบคุมประกอบด้วยระบบบังคับการทำงานหุ่นยนต์ ระบบป้อนข้อมูลกลับตลอดจนการสอนหุ่นยนต์ให้ทำงานตามชุดคำสั่ง

2.2.2.1 ระบบทางกลของหุ่นยนต์แขนกลระบบทางกลของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่สำคัญมี 3 ประการ คือ ลักษณะโครงสร้างของหุ่นยนต์อุปกรณ์ให้กำลังขับเคลื่อนหุ่นยนต์ และมือหุ่นยนต์

1. ลักษณะโครงสร้างของหุ่นยนต์แขนกลเนื่องจากหุ่นยนต์แขนกลได้รับการออกแบบสร้างขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่แทนมนุษย์ ดังนั้นลักษณะการออกแบบจึงมักจะเป็นส่วนบนของลำตัวมนุษย์ ประกอบด้วยหัวไหล่ แขน และมือโดยปกติแล้วมักออกแบบเป็นแขนเดียวในบางแบบได้ออกแบบให้แขนเคลื่อนที่อยู่บนทางเลื่อนได้ซึ่งอาจจำแนกโครงสร้างของหุ่นยนต์ได้ 4 แบบ คือ

ก.โครงสร้างคาร์ทีเซียนหรือฉาก (Cartesian or rectangular) เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยส่วนต่างๆที่วางไว้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน 3 ส่วน ซึ่งทำให้สามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ต้องการได้

ข.โครงสร้างทรงกระบอก (Cylindrical) มีแขนเกาะกับแกนกลางเป็นหลัก แขนนั้นสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงหมุนรอบแกนและสามารถบิดและหดได้

ค.โครงสร้างเชิงขั้ว (Polar) มีลำตัวที่บิดได้ มีแขนที่หมุนและยืดหดได้

ง.โครงสร้างมนุษย์ (Anthropomorphic) เป็นโครงสร้างที่เลียนแบบโครงสร้างของมนุษย์ ในหุ่นยนต์แขนกลมีลักษณะเป็นส่วนบนของลำตัวมนุษย์ ประกอบด้วย ไหล่ แขนท่อนบน แขนท่อนล่าง ข้อมือและมือ

2. อุปกรณ์ให้กำลังขับเคลื่อนของหุ่นยนต์แขนกลในการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ และการหมุนข้อต่อนั้นจะใช้อุปกรณ์ที่เป็นต้นกำลังเรียกว่า "แอคชิวเอเตอร์(Actuators)" เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ขับเคลื่อนชิ้นส่วนหุ่นยนต์ ซึ่งอุปกรณ์แอคชิวเอเตอร์มีหลายประเภท ปัจจุบันมีอุปกรณ์ที่ให้กำลังขับเคลื่อนหุ่นยนต์อยู่ 3 ชนิด คือ มอเตอร์ไฟฟ้า นิวแมติก และไฮดรอลิก

ก. มอเตอร์ไฟฟ้า คือ อุปกรณ์ขับเคลื่อนที่แปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานงานกลซึ่งหมุนรอบตัวเองได้ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สะดวก ง่ายต่อการควบคุมและให้ตำแหน่งที่แม่นยำ ปัญหาสำคัญคือมีกำลังจำกัด และมีปัญหาในการนำหุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไปใช้ในบริเวณที่มีวัตถุไวไฟ เช่น งานพ่นสี เป็นต้น

ข.นิวแมติก (Pneumatic) เป็นระบบที่ขับเคลื่อนทางตรง ทางโค้งหรือหมุนได้ด้วยแรงอัดของลม เป็นอุปกรณ์ที่ราคาถูก และยุ่งยากน้อยที่สุด ปัญหาสำคัญอยู่ที่การควบคุมความเร็ว และตำแหน่ง

ค.ไฮดรอลิก (Hydraulic) เป็นระบบที่ขับเคลื่อนด้วยแรงอัดของน้ำมัน เป็นอุปกรณ์ที่ราคาแพง ให้กำลังสูง มีอุปกรณ์อยู่หลายแบบที่สามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานได้ เช่น การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง หรือแบบหมุน เป็นต้น ระบบควบคุมมักใช้ไฟฟ้า แต่เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าน้อยและใช้กำลังไฟฟ้าต่ำมากจึงสามารถใช้หุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอลิกกับบริเวณที่มีวัตถุไวไฟได้

3. มือหุ่นยนต์มือหุ่นยนต์จะยึดติดกับส่วนของหุ่นยนต์ที่เป็นข้อมือ (Wrist) ซึ่งสามารถหมุนได้อย่างอิสระ 3 แนวแกน คือแกนบิดในระนาบที่ตั้งฉากกับปลายแขนแกนเงยขึ้นลงจะหมุนในระนาบที่ตั้งฉากกับแนวระดับและแกนส่ายจะหมุนในระนาบที่ขนานกับแกนในแนวระดับ อย่างไรก็ตามลักษณะการใช้งานส่วนใหญ่จะทำงานเพียง 2 ทิศทางเท่านั้น เช่นหุ่นยนต์ที่ใช้ในงานเชื่อมในลักษณะที่สมมาตร จะให้ความอิสระของข้อมือเพียง 2 แกนเท่านั้น ซึ่งในกรณีงานที่ค่อนข้างยุ่งยาก อาจใช้ถึง 3 แกน ข้อสำคัญของข้อมือ คือจะต้องสร้างให้มีความมั่นคงและมีน้ำหนักน้อยที่สุด

2.2.2.2 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แขนกล

ระบบควบคุมเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของหุ่นยนต์ ทำหน้าที่เป็นสมองเก็บข้อมูล สั่งหุ่นยนต์ให้ทำงาน ตรวจสอบและควบคุมตำแหน่งการทำงาน ซึ่งในบางเครื่องสามารถตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์ภายในได้หุ่นยนต์จะทำงานได้ด้วยการควบคุมแบบอัตโนมัติโดยมีการกำหนดเป้าหมายและมีการควบคุมอุปกรณ์ให้ทำงานตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ด้วยอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมมี 2 แบบ คือ

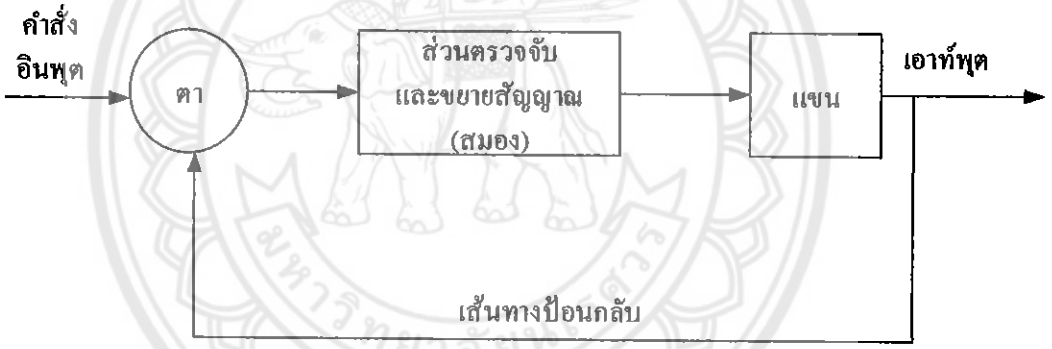
1. การควบคุมแบบวงจรปิด (Close Loop) ในปัจจุบันนี้ระบบควบคุมอัตโนมัติได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมากมายนัก ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดในชีวิตประจำวันได้แก่ระบบควบคุมในเครื่องปรับอากาศซึ่งจะคอยควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้คงที่ ในอุตสาหกรรมได้มีการนำระบบควบคุมอัตโนมัติไปใช้ควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร และอื่นๆอีกมากมาย เทคโนโลยีทางด้านอวกาศและการผลิตอาวุธยุทโธปกรณ์ก็ได้มีการนำระบบควบคุมไปใช้ในระบบนำวิถีระบบควบคุมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เป็นต้น

รูปที่ 2.10 โครงสร้างพื้นฐานของระบบควบคุม

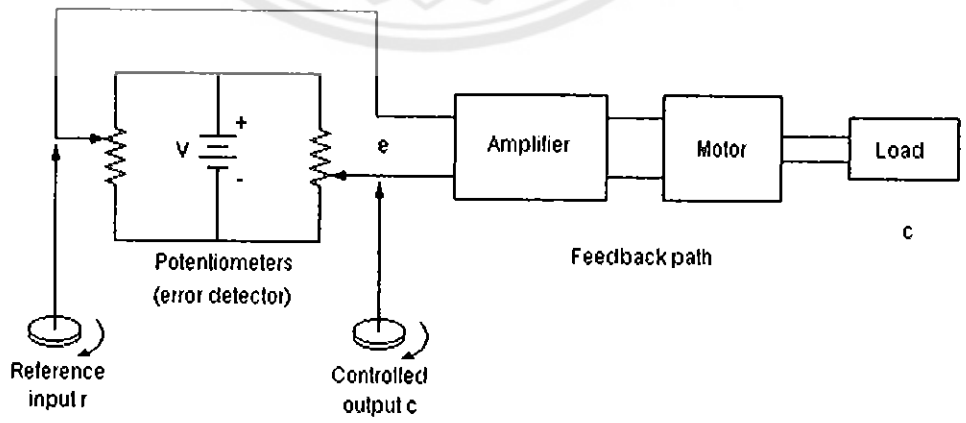
รูปที่ 2.10 แสดงถึงโครงสร้างพื้นฐานของระบบควบคุม โดยผลลัพธ์ที่ออกทางเอาท์พุต (แทนโดยตัวแปร c) จะถูกควบคุมโดยสัญญาณกระตุ้น e ผ่านทางองค์ประกอบต่างๆซึ่งอยู่ภายใน controlled processในการควบคุมพวงมาลัยของรถยนต์ สัญญาณกระตุ้น e ได้แก่ ตำแหน่งของพวงมาลัย ส่วนตัวแปรเอาท์พุต c ได้แก่ ทิศทางของล้อหน้าในส่วนของกระบวนการควบคุมจะประกอบด้วยกลไกต่างๆของพวงมาลัย เช่น การทดเฟือง และรวมถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของล้อด้วย

- ระบบควบคุมแบบวงปิดหรือระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

จากหัวข้อที่แล้วจะเห็นว่าเมื่อปัจจัยภายนอกมามีอิทธิพลต่อระบบจะทำให้ผู้ควบคุมไม่สามารถควบคุมเอาท์พุตให้เป็นไปตามต้องการได้ ในหัวข้อนี้ได้แก้ไขโดยการส่งสัญญาณเอาท์พุต c(t) ป้อนกลับมาเปรียบเทียบกับสัญญาณสั่งการหรือสัญญาณอ้างอิง r จะได้ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างสัญญาณเอาท์พุตกับสัญญาณอ้างอิงทางด้านอินพุตเพื่อนำไปสร้างสัญญาณกระตุ้น e และส่งต่อไปแก้ไขค่าความคลาดเคลื่อน (error) ของเอาท์พุตให้น้อยลง ระบบที่กล่าวมานี้เรียกว่าระบบควบคุมแบบป้อนกลับ กิจกรรมส่วนใหญ่ที่มนุษย์ปฏิบัติในชีวิตประจำวันนั้นเป็นตัวอย่างหนึ่งของระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ซับซ้อน เช่น ในการใช้ตะเกียบคีบลูกชิ้นเข้าปาก สมองของมนุษย์จะสั่งการให้แขนข้างที่ถือตะเกียบนำลูกชิ้นเข้าปาก ตำแหน่งของลูกชิ้นที่เป็นเอาท์พุตจะถูกป้อนกลับมายังตาของมนุษย์เพื่อเปรียบเทียบระยะทางระหว่างลูกชิ้นกับปาก ในที่นี้สัญญาณอ้างอิง r คือตำแหน่งของปาก ส่วนสัญญาณเอาท์พุต c คือตำแหน่งของลูกชิ้น ถ้าระยะทางยังมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่สมองก็จะยังคงสั่งให้แขนเคลื่อนที่ต่อไปเพื่อให้ลูกชิ้นเข้าใกล้ปากมากยิ่งขึ้น จนกระทั่งค่าความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ก็จะสั่งให้แขนหยุด ดังแสดงในรูปที่ 2.11 แสดงถึงแผนผังของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

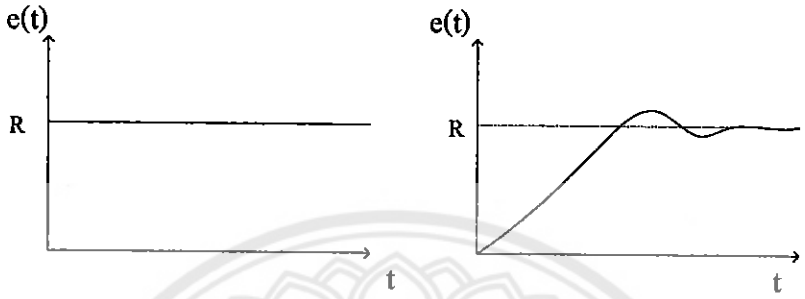


รูปที่ 2.11 แผนผังของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ



รูปที่ 2.12 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้ในการหมุนมอเตอร์ไปยังตำแหน่งที่ผู้ควบคุมกำหนด

รูปที่ 2.12 เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้ในการหมุนมอเตอร์ไปยังตำแหน่งที่ผู้ควบคุมกำหนด ในระบบนี้จะใช้โพเทนชิโอมิเตอร์ตรวจจับค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างตำแหน่งของมอเตอร์จริงๆที่เป็นเอาท์พุต และตำแหน่งของมอเตอร์ที่กำหนดโดยผู้ควบคุมซึ่งเป็นสัญญาณอินพุตอ้างอิง ค่าความคลาดเคลื่อนจะเปลี่ยนเป็นค่าแรงดันไฟฟ้า e(t) แล้วนำไปขยายแรงดันเพื่อขับมอเตอร์ให้หมุนไปยังทิศทางที่ทำให้ตำแหน่งของมอเตอร์มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยลง



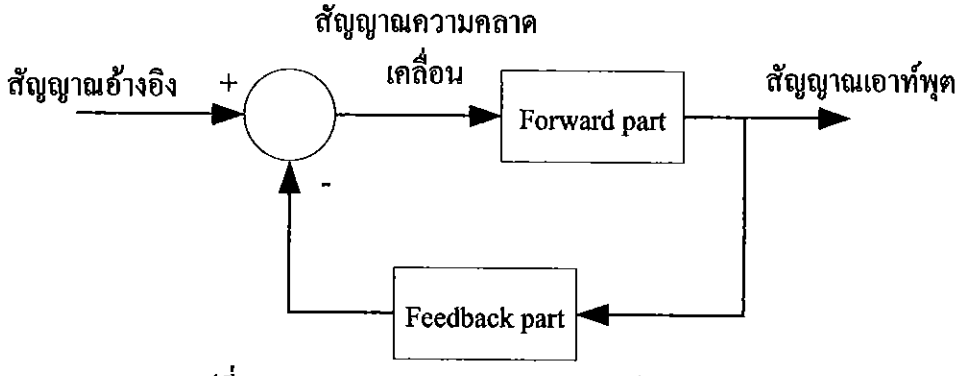
รูปที่ 2.13 (ก) สัญญาณอินพุต r (t) เปลี่ยนค่าจากศูนย์ไปเป็น R ในทันทีทันใด (ข) ค่าสัญญาณเอาท์พุต

เมื่อลองให้สัญญาณอินพุต r(t) เปลี่ยนค่าจากศูนย์ไปเป็น R ในทันทีทันใดดังรูป (ก) ค่าสัญญาณเอาท์พุตจะมีลักษณะดังรูป (ข) เนื่องมาจากความเฉื่อยทางกลและทางไฟฟ้าจะทำให้ตำแหน่งของเอาท์พุตไม่เปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด แต่จะค่อยๆวิ่งเข้าสู่ตำแหน่งที่กำหนดโดยอินพุต และอาจจะมีการแกว่งไปมารอบๆตำแหน่งที่กำหนดโดยอินพุต การแกว่งนี้จะค่อยๆลดน้อยถอยลงจนกระทั่งเอาท์พุตอยู่ในตำแหน่งที่กำหนดโดยอินพุตอย่างคงที่คืออยู่ในสภาวะดงตัว

สิ่งที่ต้องระวังในระบบควบคุมแบบป้อนกลับคือความไม่เสถียรของระบบ ถ้าหากสัญญาณ e(t) ถูกขยายมากเกินไปก็อาจจะทำให้เกิดการแก้ไขค่าความคลาดเคลื่อนของเอาท์พุตแบบ "เกินความจริง" และเอาท์พุตจะแกว่งในลักษณะที่ลู่ออกโดยไม่มีขอบเขต แต่ถ้าสัญญาณ e(t) ถูกขยายน้อยเกินไปก็จะทำให้เอาท์พุตมีค่าไม่ตรงกับค่าที่กำหนดโดยอินพุตเมื่อเอาท์พุตเข้าสู่สภาวะดงตัว ดังนั้นผู้ออกแบบระบบควบคุมแบบป้อนกลับจึงต้องหาจุดที่เหมาะสมระหว่างปัจจัยสองอย่างคือ ความเที่ยงตรง และความเสถียร ซึ่งปัจจัยทั้งสองนี้แปรผกผันกัน

-ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

จากหลักการพื้นฐานของระบบควบคุมแบบป้อนกลับสามารถกล่าวได้ว่า ระบบควบคุมแบบป้อนกลับประกอบด้วยเส้นทางหรือวงรอบของสัญญาณป้อนกลับซึ่งเป็นสัญญาณเอาท์พุตตั้งแต่หนึ่งวงรอบขึ้นไป แล้วนำสัญญาณป้อนกลับนี้มาเปรียบเทียบกับสัญญาณสั่งการหรือสัญญาณอ้างอิง จะได้ผลต่างระหว่างสัญญาณทั้งสองเป็นค่าสัญญาณความคลาดเคลื่อน เพื่อนำไปควบคุมสัญญาณเอาท์พุตให้มีค่าตามที่กำหนดโดยสัญญาณอ้างอิง



รูปที่ 2.14 แผนผังของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

รูปที่ 2.14 แสดงแผนผังของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ระบบควบคุมนี้ประกอบด้วยส่วน forward (forward path) ส่วนป้อนกลับ (feedback path) และส่วนตรวจจับค่าความคลาดเคลื่อน (error-sensing device) ส่วนตรวจจับค่าความคลาดเคลื่อนนี้จะเปรียบเทียบค่าสัญญาณอินพุตอ้างอิงกับค่าสัญญาณเอาท์พุตจริงๆหรือค่าที่เป็นฟังก์ชันของสัญญาณเอาท์พุต แล้วส่งสัญญาณที่เกิดจากผลต่างของสัญญาณทั้งสองนี้ออกไป

2. การควบคุมแบบวงจรเปิด (Open Loop) เป็นระบบควบคุมที่เอาท์พุตของระบบไม่มีผลต่อการควบคุมเลยนั่นคือในกรณีของระบบควบคุมแบบวงจรเปิดนั้น เอาท์พุตของระบบจะไม่ถูกวัดหรือถูกป้อนกลับมาเพื่อเปรียบเทียบกับอินพุตโดยการควบคุมแบบวงจรเปิดนั้นอุปกรณ์ควบคุมจะดำเนินการโดยมิได้ตรวจสอบเป้าหมาย เช่นถ้านาย ก เคยเดินได้ ก้าวละ 50 เซนติเมตร เมื่อได้รับคำสั่งให้เดินเป็นระยะทาง 5 เมตร นาย ก ก็จะเดินไป 10 ก้าว อย่างนี้เรียกว่า นาย ก เดินโดยใช้การควบคุมแบบวงจรเปิด ซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ แต่ถ้านาย ก ใช้ไม้เมตรวัดระยะทางที่เดินไป 10 ก้าวนั้นด้วยว่าได้ 5 เมตรถูกต้องหรือไม่ถ้าไม่ถูกต้อง นาย ก จะเดินหน้าหรือถอยหลังให้ได้ระยะทาง 5 เมตรพอดีอย่างนี้เรียกว่า นาย ก เดินโดยใช้การควบคุมแบบวงจรปิด จะเห็นได้ว่าหุ่นยนต์ที่มีการควบคุมแบบวงจรปิดจะสร้างได้ยากกว่า แต่ให้ผลที่แน่นอน

2.3 ระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

ในเรื่องของการควบคุมระบบการทำงานของหุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานเป็นระบบและเป็นขั้นตอนตามที่ต้องการ เราจะใช้ระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์มาเป็นตัวควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ โดยจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยประมวลผลกลาง(CPU) ในตระกูล MCS-51 เบอร์ 89C51AC3 ของบริษัทแอทเมล (ATMEL) ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นนี้มีจุดเด่น คือ เรื่องของความเร็วในการประมวลผลซึ่งสามารถทำงานได้ด้วยความถี่สูงสุด 60 เมกกะเฮิรตซ์ ที่ 12 สัญญาณนาฬิกา (Clock) ต่อ 1 แมชชีนไซเคิล (Machine Cycle) นอกจากนี้แล้วยังมีความเพียบพร้อมด้วยอุปกรณ์พื้นฐานต่างๆที่จำเป็นต่อการใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลแบบ EEPROM

(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) ขนาด 2 กิโลไบต์ หรือหน่วยความจำใช้งานแบบแรม (RAM) ซึ่งมีมากถึง 2304 ไบต์ (2048+256) ส่วนในด้านของอุปกรณ์ติดต่อภายนอก (Peripheral) นั้นก็นับว่าครบถ้วนเหมาะแก่การนำไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการควบคุมและประมวลผลต่างๆได้เป็นอย่างดี โดยการออกแบบโครงสร้างของบอร์ดนั้นจะเน้นเรื่องขนาดของบอร์ดให้มีขนาดเล็กเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน และสะดวกต่อการพัฒนาโปรแกรม

2.3.1 คุณสมบัติของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เลือกใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS51 เบอร์ AT89C51AC3 ของบริษัทแอทเมลเป็นไมโครโปรเซสเซอร์ ประจำบอร์ดโดยเลือกใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาแบบออสซิลเลเตอร์ (Oscillator Module) ค่า 29.4912 เมกกะเฮิรตซ์ ซึ่งสามารถกำหนดการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ให้ทำงานในโหมดความเร็ว 2 เท่า (X2 Mode) ได้ ทำให้ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถประมวลผลด้วยความเร็วสูงสุดที่ 58.9824 เมกกะเฮิรตซ์ โดยคุณสมบัติเด่นๆของไมโครโปรเซสเซอร์ได้แก่

มีหน่วยความจำแฟลช (Flash) สำหรับเขียนโปรแกรมขนาด 64 กิโลไบต์

มีอีอีพรีอม (EEPROM) ขนาด 2 กิโลไบต์ สำหรับเก็บข้อมูล และ สามารถเขียนซ้ำได้กว่า 1 ล้านครั้ง

มีพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตขนาด 8 บิต จำนวน 5 พอร์ต (P0, P1, P2, P3 และ P4 (5Bit))

- มีแรม (RAM) ใช้งาน 2304 ไบต์ (ERAM 2048 ไบต์ + IRAM 256 ไบต์)
- มีวงจรสำหรับพอร์ตสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส (Universal Asynchronous Receiver Transmitter; UART) จำนวน 1 พอร์ต และมีวงจรสำหรับพอร์ตสื่อสารอนุกรมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก (Serial Peripheral Interface; SPI) จำนวน 1 พอร์ต
- มีวงจรตัวตั้งเวลาและตัวนับ (Timer/Counter) ขนาด 16 บิต จำนวน 3 ชุด
- มีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analog Digital Converter; ADC) ขนาด 10 บิต จำนวน 8 ช่อง (ใช้ Port-P1 โดยกำหนดจากโปรแกรม)
- มีวงจรวอชด็อก (Watchdog), พาวเวอร์-ออนรีเซ็ต (Power-ON Reset), แคพเจอร์/คอมแพร (Capture/Compare) และวงจรมอดูเลชันความกว้างของสัญญาณพัลส์ (Pulse Width Modulation; PWM)
- มีขั้วต่อสัญญาณอินพุต/เอาต์พุตแบบทีทีแอล (TTL; Transistor-Transistor Logic) แบบเฮดเดอร์2x5 (Header 2x5) จำนวน 5 ชุด (P0, P1, P2, P3 และ P4)
- มีขั้วต่อจอแสดงผลแอลซีดี (LCD) แบบ Header 2x7 รองรับการเชื่อมต่อกับอักขระแอลซีดี (LCD Character) (เชื่อมต่อแบบ 4 บิต)
- มีขั้วต่อใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรม (RS232) สำหรับใช้งาน และพอร์ตอีที-ดาวน์โหลด (ET-DOWNLOAD) สำหรับดาวน์โหลดผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม

- มีหลอดแอลอีดี (LED) แสดงสถานะแหล่งจ่ายไฟ และเซลฟ์-เทส (Self-Test) สำหรับใช้ทดสอบการทำงานของบอร์ด
- ใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงขนาด 5 โวลต์
- ขนาดพีซีบี (PCB Size) เล็กเพียง 8 x 6 เซนติเมตร

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและการควบคุม

มอเตอร์ไฟฟ้าคือเครื่องกลไฟฟ้า (Electromechanical Energy) ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า (Electric Energy) ให้เป็นพลังงานกล (Mechanical Energy)ในรูปของการเคลื่อนที่แบบหมุน มอเตอร์ไฟฟ้ามีโครงสร้างเบื้องต้นที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนแม่เหล็กถาวรและส่วนของขดลวดตัวนำ ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าอาศัยสนามแม่เหล็ก 2 ชุดที่เกิดขึ้นได้แก่สนามแม่เหล็กถาวร และสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดตัวนำส่งผลให้เกิดการผลักดันกันขึ้นของสนามแม่เหล็กทั้งสองทำให้ขดลวดตัวนำที่วางอยู่กลางแม่เหล็กถาวรเกิดการหมุนเคลื่อนที่ไปได้

2.4.1 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบด้วยแม่เหล็กถาวร 2 ขั้ววางอยู่ระหว่างขดลวดตัวนำเมื่อมีการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดในสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กซึ่งมีสัดส่วนของแรงขึ้นกับกระแสแรง โดยแรงจะเกิดขึ้นเป็นมุมฉากกับกระแสและสนามแม่เหล็ก ขณะที่ทิศทางของแรงกลับตรงกันข้ามกัน ถ้าหากกระแสของสนามแม่เหล็กไหลย้อนกลับจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสและสนามแม่เหล็กเป็นผลทำให้ทิศทางของแรงเปลี่ยนไป ด้วยคุณสมบัตินี้ทำให้มอเตอร์กระแสตรงกลับทิศทางการหมุนได้ ซึ่งสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากแม่เหล็กถาวรซึ่งจะถูกยึดติดกับแผ่นเหล็กหรือเหล็กกล้า โดยปกติส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ยึดอยู่กับที่และขดลวดเหนี่ยวนำจะพันอยู่กับส่วนที่เป็นแกนหมุนของมอเตอร์

ซึ่งโครงงานนี้จะเป็นการออกแบบและสร้างระบบควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล ตระกูล PIC โดยความเร็ว และตำแหน่งที่ต้องการจะถูกป้อนเข้าไปให้กับไมโครคอนโทรเลอร์ทางพอร์ตอนุกรม โดยจะใช้โปรแกรมอินเตอร์เฟส (Visual Basic) เป็นตัวติดต่อรับส่งค่า และในการควบคุมให้มอเตอร์หมุนตามความเร็วไปยังตำแหน่งที่ต้องการนั้นจะผ่านวงจรขับมอเตอร์อีกวงจร ซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวสร้างมอดูเลชันความกว้างของสัญญาณพัลส์ (Pulse Width Modulation; PWM) ในการขับมอเตอร์ และในส่วนการตรวจสอบตำแหน่งจะใช้ตัวเข้ารหัส (Encoder) ส่งค่ากลับมายังไมโครคอนโทรเลอร์ จากนั้นจะส่งค่ามาแสดงยังโปรแกรมอินเตอร์เฟสทางคอมพิวเตอร์

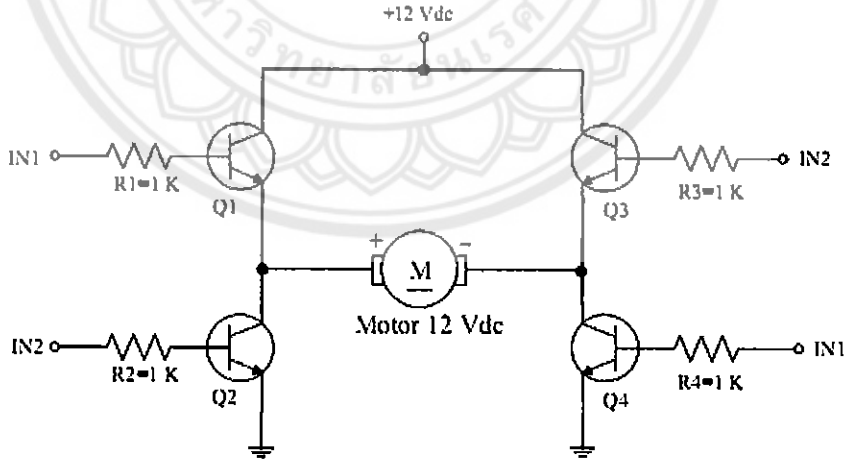
2.4.2 การควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

หลักในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงนั้นคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมทิศทางของมอเตอร์จะใช้ข้อมูลเป็นลอจิก "0" และลอจิก "1" จากพอร์ตของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์โดยจากตารางที่ 2.2 จะเขียนคำสั่งโดยใช้พอร์ต P0 ให้ P0.0 เป็นลอจิก "1" และ P0.1 เป็นลอจิก "0" ทำให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา และเมื่อสลับพอร์ต P0.0 และ P0.1 ให้เป็นลอจิก "0" และลอจิก "1" ตามลำดับ จะทำให้มอเตอร์หมุนกลับทิศเป็นหมุนทวนเข็มนาฬิกา และถ้าให้ทั้งสองพอร์ตเป็นลอจิก "0" จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุน

ตารางที่ 2.2 ลอจิกควบคุมทิศทางมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ไมโครคอนโทรลเลอร์	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	รหัสฐานสิบหก
หมุนตามเข็มนาฬิกา	0	0	0	0	0	0	0	1	H01
หมุนทวนเข็มนาฬิกา	0	0	0	0	0	0	1	0	H02
หยุดหมุน	0	0	0	0	0	0	0	0	H00

เราสามารถควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้โดยการใช้วงจรที่เรียกว่า เอชบริดจ์ (H-bridges) ซึ่งวงจรจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 วงจรเอชบริดจ์ (H-Bridges)

จากวงจรรูปที่ 2.15 การควบคุมให้มอเตอร์หมุนตามเข็มโดยจะส่งลอจิก "1" ให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 ส่งลอจิก "0"ให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 ที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 นำกระแสส่วนทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 ไม่นำกระแส และถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุน

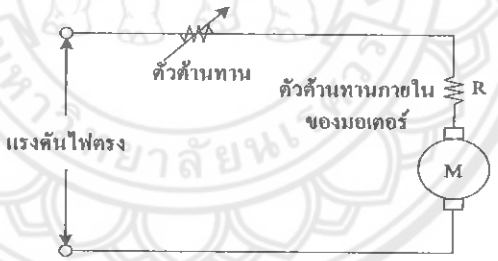
กลับทิศคือหมุนทวนเข็มนาฬิกา จะต้องส่งลอจิก "1" ให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 ส่งลอจิก "0" ให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 ที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 นำกระแส ส่วนทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 ไม่นำกระแส ส่วนไดโอดทั้ง4 ตัวมีหน้าที่ควบคุมทิศทางการไหลของกระแสขณะที่ทรานซิสเตอร์นำและไม่นำกระแส

นอกจากวงจรเอชบริดจ์แล้วปัจจุบันได้มีการนำเอาวงจรควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของมอเตอร์มาไว้ในไอซีเพียงตัวเดียว ได้แก่ ไอซีเบอร์ L298, L293D, TA7279P เป็นต้น ซึ่งทำให้มีความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น

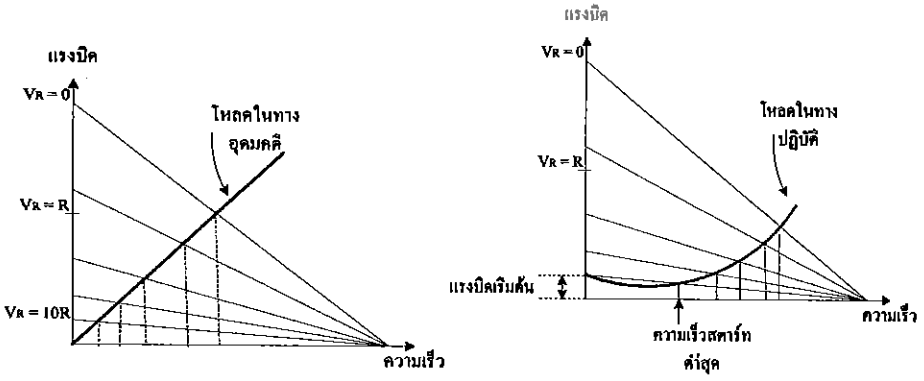
2.4.3 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ระบบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขั้นพื้นฐานสามารถแบ่งออกได้เป็นการควบคุมทั้งหมด 4 รูปแบบได้แก่

1. การควบคุมด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้เป็นรูปแบบพื้นฐานที่สุดของการควบคุมมอเตอร์คือ ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้อนุกรมกับมอเตอร์ โดยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ การบังคับแบบนี้ไม่มีประสิทธิภาพเพราะกำลังไฟสูญเสียไปในตัวความต้านทาน มักนิยมใช้กับมอเตอร์ตัวเล็กๆ การบังคับแบบนี้ให้คุณสมบัติการสตาร์ทดี (ให้แรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ)แต่จะให้ความเร็วสูงมากเมื่อมอเตอร์อยู่ในภาวะที่มีโหลดน้อยๆ ดังนั้นการบังคับแบบนี้มีประโยชน์เฉพาะภาวะที่แรงต้านคงที่ เช่น การบังคับความเร็วของเครื่องจักรเย็บผ้า เป็นต้น

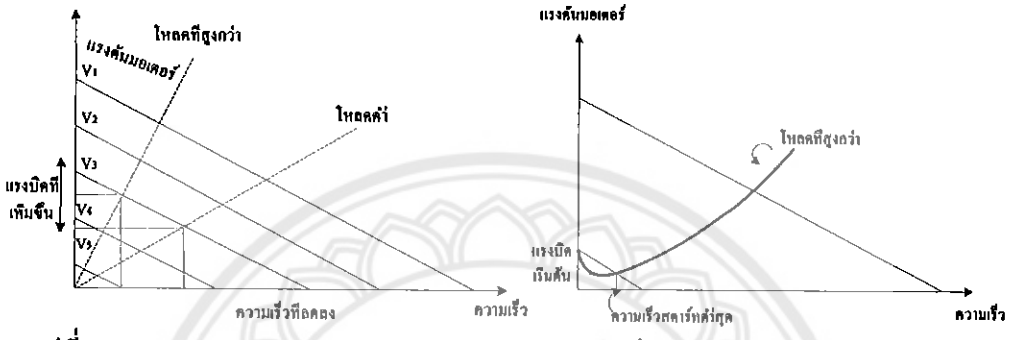


รูปที่ 2.16 วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานอนุกรม



รูปที่ 2.17 กราฟแสดงคุณสมบัติของวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานอนุกรม

2. การควบคุมด้วยวิธีเปลี่ยนค่าแรงดัน วิธีการนี้ดีกว่าวิธีการแรกแต่จะซับซ้อนกว่าต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ที่ทีอัตราขยายกำลังสูง และมอเตอร์จะถูกป้อนด้วยแรงดันที่เปลี่ยนแปลงค่าได้จากแหล่งจ่ายที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ ข้อดีของการควบคุมวิธีนี้คือ ถ้าความเร็วลดลงจากผลของแรงบิด แรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาระดับความเร็ว ส่วนข้อเสียจากการควบคุมวิธีนี้คือ เมื่อมอเตอร์มีความเร็วต่ำแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะมีค่าต่ำเช่นกัน



รูปที่ 2.18 กราฟแสดงคุณสมบัติของวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงด้วยวิธีเปลี่ยนค่าแรงดัน

3. การควบคุมด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าไม่ได้ การควบคุมแบบนี้สามารถขับดีซีมอเตอร์ได้ความเร็ว 10:1 และให้การเร็คกูเลท (Regulate) ที่ดีกว่ากระแสถูกปล่อยให้ฟิลด์คงที่ ผลของคุณสมบัติ ความเร็วและแรงบิดได้รับการปรับปรุงดีขึ้นกว่าการบังคับด้วยความต้านทานที่ปรับค่าได้ และให้การเร็คกูเลทความเร็วคงที่ได้ดีขึ้นตลอดช่วงความเร็วที่กว้างกว่า

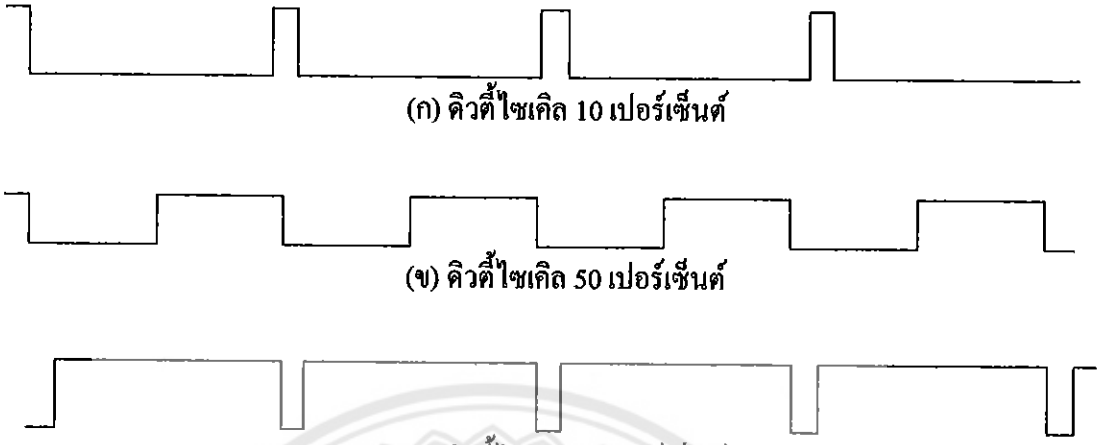
4. การควบคุมแบบมอดูเลชันความกว้างของสัญญาณพัลส์ (Pulse Width Modulation; PWM) การมอดูเลชันความกว้างของสัญญาณพัลส์ (Pulse Width Modulation; PWM) คือ เทคนิคสำหรับควบคุมวงจรทางด้านฮาร์ดแวร์โดยใช้สัญญาณเอาท์พุตแบบดิจิตอลของไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมการทำงานของสัญญาณการมอดูเลชันความกว้างของสัญญาณพัลส์ดังรูปที่ 2.19 จะแสดงสัญญาณการมอดูเลชันความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่แตกต่างกัน 3 สัญญาณ ซึ่งมีลักษณะการทำงานคือ

-รูปที่ 2.19 (ก) แสดงสัญญาณการมอดูเลชันความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ 10% ดิวตี้ไซเคิล (duty cycle) คือ สัญญาณในการทำงาน (ON) จะเป็น 10% ของคาบสัญญาณ และ จะหยุดทำงาน (OFF) เป็น 90% ของคาบสัญญาณ

-รูปที่ 2.19 (ข) แสดงสัญญาณการมอดูเลชันความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ 50% ดิวตี้ไซเคิลคือสัญญาณในการทำงานจะเป็น 50% ของคาบสัญญาณ และ จะหยุดทำงานเป็น 50% ของคาบสัญญาณ

-รูปที่ 2.19 (ค) แสดงสัญญาณการมอดูเลชันความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ 90% ดิวตี้ไซเคิลคือสัญญาณในการทำงานจะเป็น 90% ของคาบสัญญาณ และ จะหยุดทำงานเป็น 10% ของคาบสัญญาณ

หมายเหตุ : On = High Level Off = Low Level



(ก) ดิวตี้ไซเคิล 10 เปอร์เซ็นต์

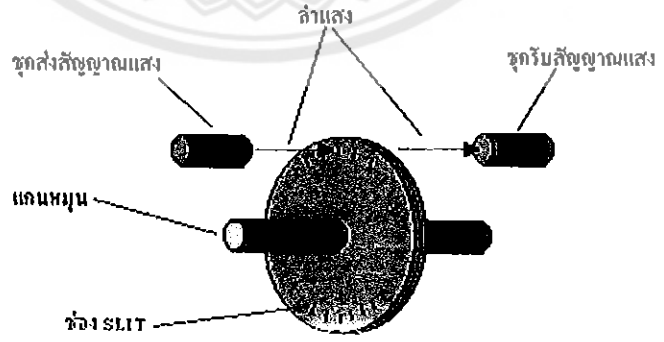
(ข) ดิวตี้ไซเคิล 50 เปอร์เซ็นต์

(ค) ดิวตี้ไซเคิล 90 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ 2.19 แสดงสัญญาณการมอดูเลชันความกว้างของสัญญาณพัลส์ซึ่งแสดงค่าดิวตี้ไซเคิลที่ต่างๆกัน

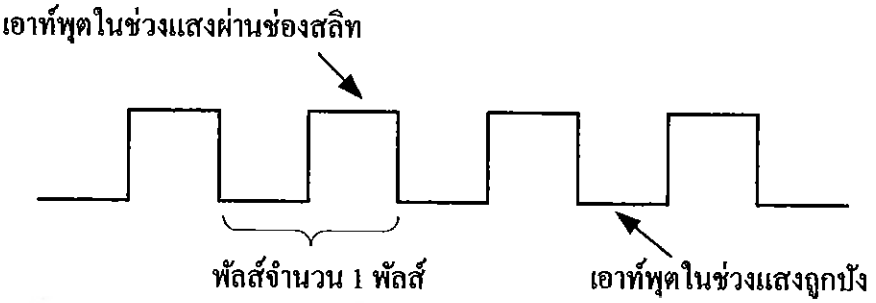
2.4.4 การควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ในการควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์นั้น เนื่องจากการเคลื่อนที่ของมอเตอร์เป็นการเคลื่อนที่แบบหมุนดังนั้นเราจึงนำเอาตัวเข้ารหัสแบบหมุน (Rotary Encoder) เข้ามาใช้และอ่านค่าออกมาเพื่อตรวจสอบทิศทางและตำแหน่งของการเคลื่อนที่เพื่อนำมาทำการเปรียบเทียบตำแหน่งการเคลื่อนที่กับค่าอินพุตโดยหลักการทำงานของตัวเข้ารหัสแบบหมุนมีดังนี้ ตัวเข้ารหัสแบบหมุนมีลักษณะเป็นแผ่นกลมมีแกนอยู่ตรงกลางและที่แผ่นกลมจะมีช่องเล็กที่แสงสามารถส่องผ่านได้เป็นจำนวนมากเราเรียกช่องนี้ว่า ช่องสลิท (Slit) ซึ่งที่ด้านหนึ่งของแผ่นกลมนี้จะมีตัวส่งแสงอินฟราเรด (Infrared) ไปยังตัวรับสัญญาณแสงซึ่งจะอยู่ในด้านตรงกันข้ามดังรูปที่ 2.20



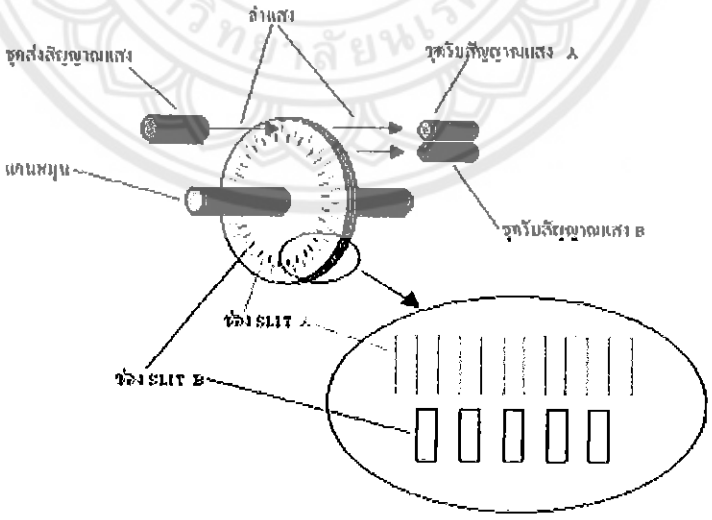
รูปที่ 2.20 ภาพแสดงตัวเข้ารหัสแบบหมุน (Rotary Encoder)

เมื่อหมุนแกนหมุนทำให้แผ่นกลมหมุนไปตัดลำแสงอินฟราเรด ดังนั้นชุดรับแสงอินฟราเรดจึงมีแสงมากระทบเป็นช่วงๆ ตามจังหวะที่แสงผ่านช่องสลิทจึงทำให้ สัญญาณเอาท์พุตของชุดรับแสงอินฟราเรดมีลักษณะเป็นพัลส์ (Pulse) ดังรูปที่ 2.21



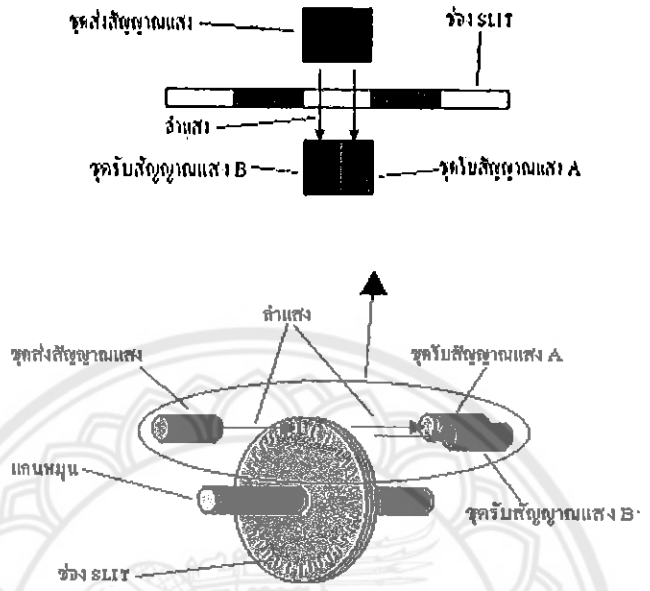
รูปที่ 2.21 การสร้างสัญญาณพัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุน

จำนวนพัลส์ที่ได้ออกมานี้จะเป็นตัวที่บ่งชี้ว่ามอเตอร์หมุนไปกี่องศาหรือกี่รอบซึ่งเราสามารถคำนวณได้จากสูตรจำนวนรอบที่มอเตอร์หมุนไปเท่ากับจำนวนพัลส์โดยที่ค่าความละเอียดของตัวเข้ารหัสแบบหมุนนั้นนิยมใช้หน่วยเป็นพัลส์ต่อรอบ (Pulse /round หรือ ppr) เช่น 1000 พัลส์ต่อรอบก็หมายถึงว่าเมื่อมอเตอร์หมุนไป 1 รอบจะมีสัญญาณพัลส์ออกมา 1000 พัลส์เป็นต้น ส่วนในเรื่องที่ว่าเราจะทราบได้อย่างไรว่ามอเตอร์หมุนไปทิศทางใดนั้นส่วนใหญ่แล้วจะใช้วิธีสร้างช่องสลิทเป็น 2 ชุดเหลื่อมกัน 90 องศา ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 พัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุนแบบสองเฟส

หรืออาจจะใช้ช่องสลิทเพียง 1 ชุด แต่มีการจัดวางชุดรับสัญญาณแสงดังรูปที่ 2.23 แต่ข้อสำคัญคือจะต้องมีมุมเฟส (Phase) ต่างกัน 90 องศา



รูปที่ 2.23 การตรวจเช็คสัญญาณพัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุน

ดังนั้นสัญญาณเอาท์พุตจากมอเตอร์จึงมี 2 ชุด คือ A และ B โดยที่สัญญาณพัลส์จาก A และ B ก็จะเหลื่อมกัน 90 องศาด้วย อาจกล่าวได้ว่าสัญญาณเอาท์พุตจากมอเตอร์มีค่าเท่ากับ 2 บิตคือหนึ่งบิตมาจาก A และอีกหนึ่งบิตมาจาก B ดังรูปที่ 2.24

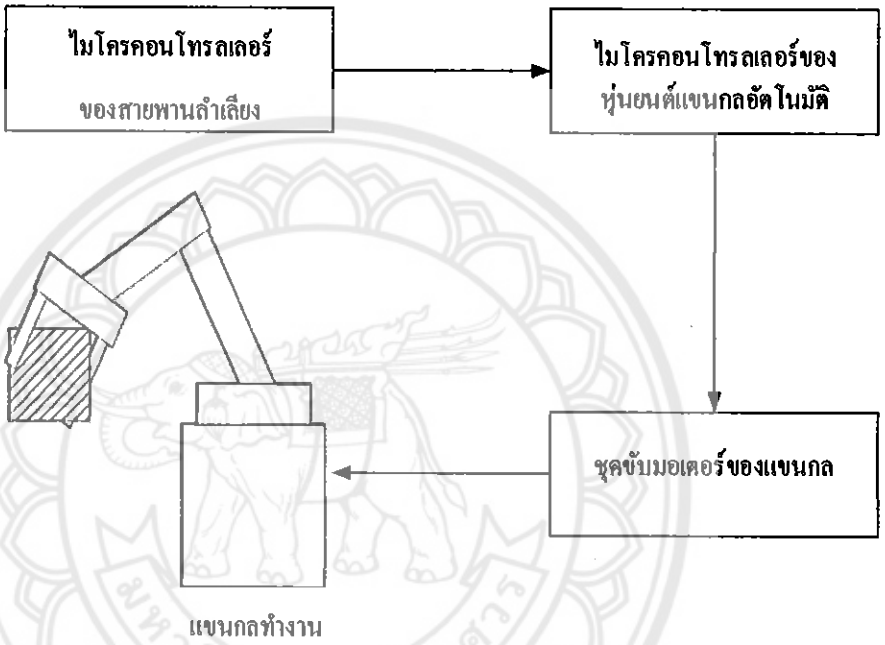
รูปที่ 2.24 ลักษณะสัญญาณพัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุนทั้งสองเฟส

ถ้าเราให้พัลส์ในช่วงขาขึ้น (High) มีค่าเป็น "1" และพัลส์ในช่วงขาลง (Low) มีค่าเป็น "0" เราสามารถใช้ค่าดังกล่าวมาคำนวณหาทิศทางที่มอเตอร์หมุนได้ด้วยใช้วิธีการทางดิจิตอลคือการนำค่าที่อ่านได้มาทำการเอ็กคลูซีพออร์ (Exclusive OR, XOR) กันโดยการนำบิตทางขวาของค่าเก่ามาเอ็กคลูซีพออร์กับบิตทางซ้ายของค่าใหม่ที่อ่านได้

บทที่ 3

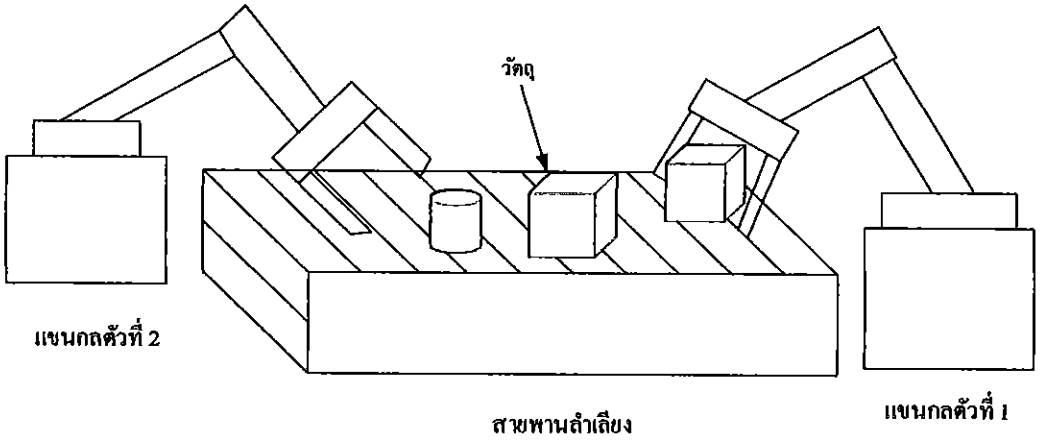
การออกแบบและการสร้างหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ

ในบทนี้จะเป็นการบอกถึงการออกแบบขั้นตอนต่างๆในการสร้างหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ รวมไปถึงบอกอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติโดยการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงภาพการทำงานรวมของระบบ

ในระบบการแสดงผลการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติจะประกอบไปด้วย แขนกล 2 ตัวสายพานลำเลียง และสิ่งของที่ต้องการลำเลียง โดยแขนกลตัวแรกจะทำหน้าที่หยิบกล่องมาว่างไว้บนสายพานลำเลียงอย่างเดียว หลังจากนั้นแขนกลตัวที่สองจะทำหน้าที่ตรวจจับวัตถุที่ต้องการหรือไม่ต้องการตามที่ตั้งค่าไว้ออกมาจากสายพาน โดยในการจับจะสามารถตรวจจับได้ทั้งรูปทรงและสีของวัตถุที่ต้องการหยิบออกจากสายพานลำเลียงโดยแสดงดังรูปที่ 3.2

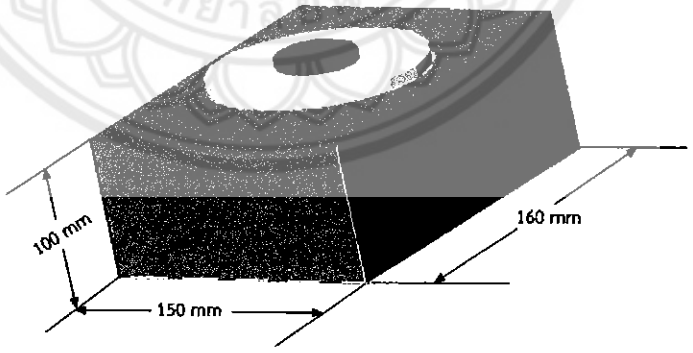


ดังรูป 3.2 ภาพแสดงการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลบนสายพานลำเลียง

จากรูปแขนกลตัวที่ 1 จะทำหน้าที่หยิบวัตถุลงมาในสายพานลำเลียง เมื่อวัตถุถูกลำเลียงไปบนสายพาน แขนกลตัวที่ 2 จะทำหน้าที่ตรวจจับวัตถุและหยิบวัตถุที่ต้องการออกจากสายพาน

3.1 การออกแบบและการสร้างหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ

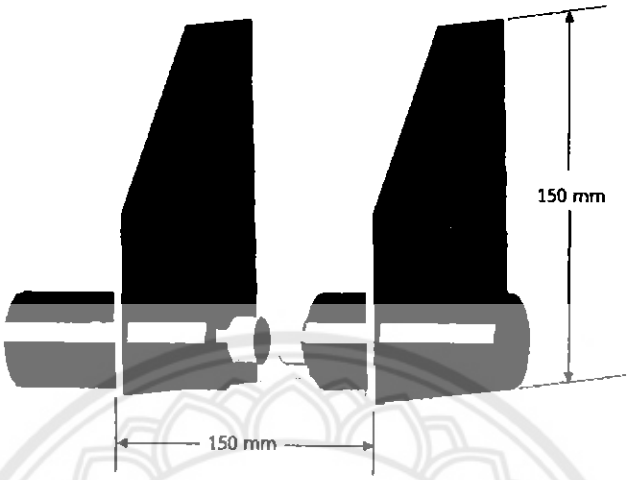
การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัตินั้นจะออกแบบหุ่นยนต์มีพื้นที่การทำงานครอบคลุมทุกทิศรอบตัวหุ่นยนต์ซึ่งมีรูปแบบคล้ายกับหุ่นยนต์แบบแขนข้อต่อ (Articulated Arm (Revolute) Robot) โดยการเคลื่อนที่ทุกจุดจะเป็นแบบหมุนซึ่งโครงสร้างของหุ่นยนต์จะประกอบด้วยช่วงเอว แขนท่อนบน แขนท่อนล่างและมือจับ ส่วนประกอบแต่ละส่วนจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหนึ่งตัวเป็นตัวให้กำลังขับเคลื่อน โดยขนาดและรูปแบบแต่ละส่วนได้ถูกออกแบบไว้ดังนี้



รูปที่ 3.3 รูปแบบและขนาดของส่วนฐานของหุ่นยนต์แขนกล

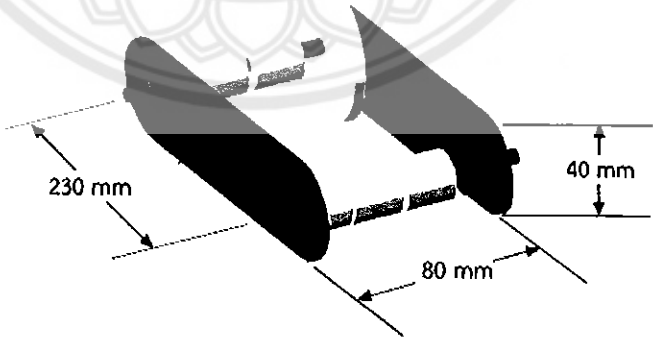
รูปที่ 3.3 เป็นรูปที่แสดงการออกแบบฐานของหุ่นยนต์แขนกลซึ่งออกแบบให้ฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมโดยฐานชั้นล่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 160 x 150 มิลลิเมตร ซึ่งใช้เป็นพื้นที่สำหรับวาง

อุปกรณ์และวงจรควบคุมหุ่นยนต์ มีความสูง 100 มิลลิเมตร โดยส่วนกลางเจาะรูเป็นส่วนของเพลาสำหรับยึดติดส่วนฐานกับส่วนเอวของหุ่นยนต์



รูปที่ 3.4 รูปแบบและขนาดส่วนเอวของหุ่นยนต์แขนกล

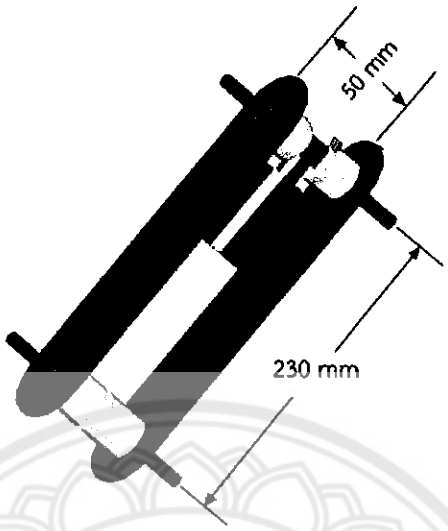
รูปที่ 3.4 เป็นรูปที่แสดงการออกแบบส่วนเอวของหุ่นยนต์แขนกลซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ถัดมาจากด้านบนของส่วนบนฐานหุ่นยนต์โดยจะออกแบบด้านล่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 150x150 มิลลิเมตร และมีความสูงขนาด 150 มิลลิเมตรจะมีการวางมอเตอร์ทั้งหมด 2 ตัว การเคลื่อนที่ของส่วนเอวนั้นจะเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน โดยจะมีจุดหมุนอยู่ตรงกลางของพื้นที่ด่านล่างและเคลื่อนที่ไปพร้อมๆกัน สามารถหมุนได้ 200 องศา



รูปที่ 3.5 รูปแบบและขนาดส่วนแขนท่อนบนของหุ่นยนต์แขนกล

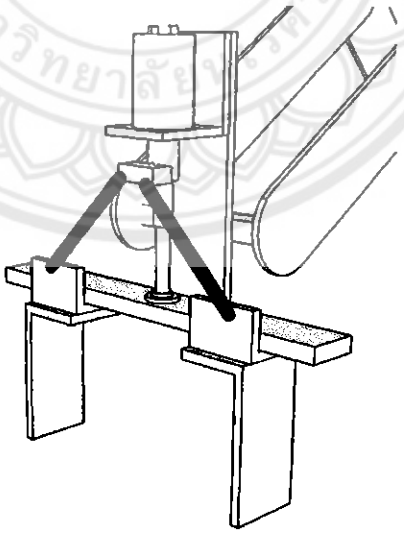
รูปที่ 3.5 เป็นรูปแสดงการออกแบบส่วนของท่อนแขนท่อนบนของหุ่นยนต์แขนกล โดยออกแบบเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมตรงปลายโค้งกลมที่มีขนาดเท่ากันวางขนานการซึ่งแต่ละแผ่นมีขนาด 80 x

40 มิลลิเมตร และเจาะรูด้านปลายทั้งสองด้านสำหรับแกนของเพลาของเฟืองสายพานและเฟืองขบ ชิ้นส่วนนี้มีจุดหมุนที่แกนที่ต่อกับเฟืองขบกับมอเตอร์



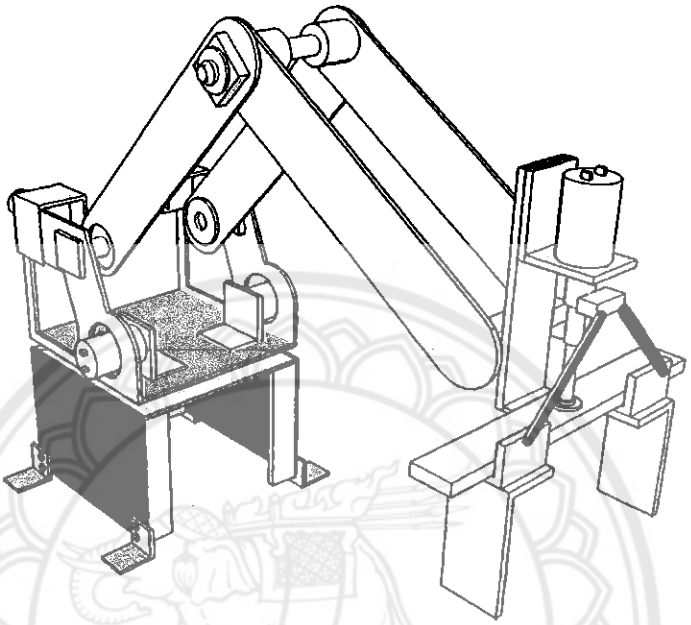
รูปที่ 3.6 รูปแบบและมีขนาดส่วนแขนท่อนล่างของหุ่นยนต์แขนกล

รูปที่ 3.6 เป็นรูปแสดงการออกแบบส่วนของแขนท่อนล่างของหุ่นยนต์แขนกลในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าปลายโค้งกลมขนาดเท่ากัน 2 แผ่นวางขนาดกัน โดยมีขนาด 270x50 มิลลิเมตรและเจาะรูด้านปลายทั้งสองด้านสำหรับแกนของเพลาของเฟืองสายพาน ซึ่งด้านปลายส่วนนี้จะมีเฟืองดอกจอกที่ใช้ขับเคลื่อนมือจับสามารถหมุนขึ้นลงได้ 180 องศา



รูปที่ 3.7 รูปแบบส่วนมือจับของหุ่นยนต์แขนกล

รูปที่ 3.7 เป็นรูปแสดงการออกแบบเครื่องมือจับของหุ่นยนต์โดยจะออกแบบให้ส่วนที่เป็นกลไกการเคลื่อนที่มีขนาด 90x10x60 มิลลิเมตร ความกว้างของมือที่ใช้จับมีขนาด 80 มิลลิเมตร ซึ่งส่วนหน้าสัมผัสสามารถเลื่อนเข้าออกได้และจับวัตถุที่มีขนาด 0-80 มิลลิเมตร เมื่อนำแต่ละชิ้นส่วนมาต่อกันจะได้ลักษณะหุ่นยนต์แขนกลดังรูปที่ 3.8



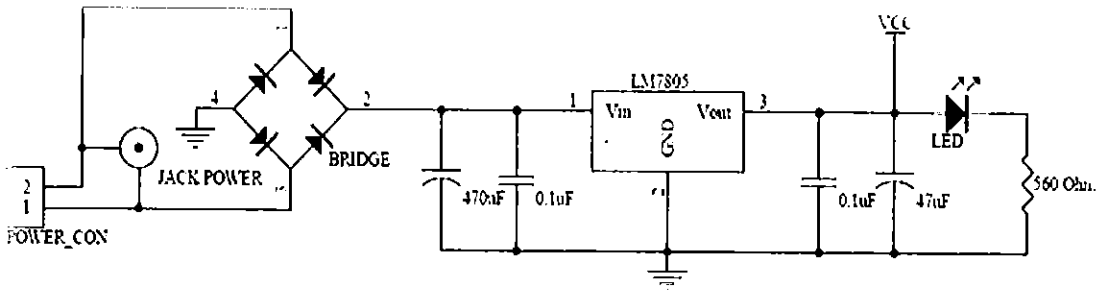
รูปที่ 3.8 รูปแบบของหุ่นยนต์แขนกล

3.2 วงจรที่ใช้ในหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ

วงจรที่ใช้ในการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลนี้จะแบ่งออกเป็นวงจรส่วนจ่ายไฟวงจรส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ และส่วนการควบคุมสัญญาณป้อนกลับ โดยวงจรที่ใช้มีดังนี้

3.2.1 วงจรส่วนจ่ายไฟ

ในส่วนของวงจรภาคจ่ายไฟนั้นจะใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ต่อผ่านหม้อแปลงเป็นกระแสสลับ 12 โวลต์ ผ่านวงจรเรียงกระแสและต่อเข้าวงจรรักษาแรงดันเพื่อจ่ายไฟให้กับส่วนต่างๆของหุ่นยนต์แขนกล

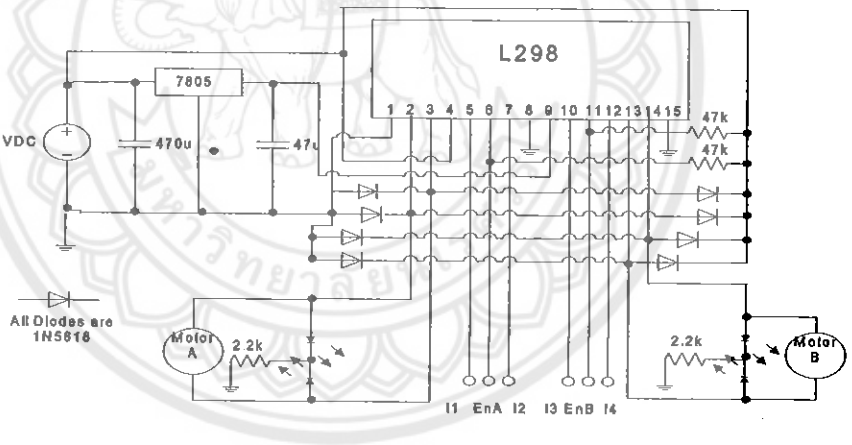


รูปที่ 3.9 วงจรภาคจ่ายไฟ

รูปที่ 3.9 Bridge Diode ทำหน้าที่แปลงไฟ ให้เป็นไฟ +ทำให้เราสามารถจ่ายไฟเข้าวงจรนี้เป็นไฟกระแสสลับ หรือไฟกระแสตรงที่ 9-12V ได้โดยไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงขั้วของการต่อไฟ

3.2.2 วงจรส่วนขับเคลื่อนมอเตอร์

ในส่วนของวงจรขับเคลื่อนจะใช้วงจร L298 ซึ่งในวงจรรวมหนึ่งตัวสามารถขับมอเตอร์ได้ 2 ตัวโดยวงจรขับมอเตอร์

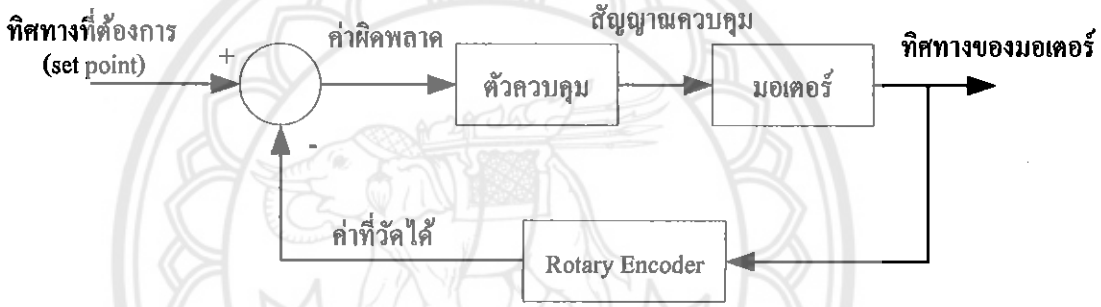


รูปที่ 3.10 วงจรขับมอเตอร์โดยวงจรรวมเบอร์ L298

จากรูปที่ 3.10 เป็นรูปแสดงวงจรขับมอเตอร์โดยใช้วงจรรวมเบอร์ L298 ซึ่งมีแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแรงดัน 12 โวลต์ จ่ายไฟให้มอเตอร์ทั้งสองตัว และใช้วงจรรวมเบอร์ 7805 เพื่อรักษาระดับแรงดัน 5 โวลต์ จ่ายเป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจรรวมขับมอเตอร์เบอร์ L298 โดยป้อนอินพุตที่ I1, I2, I3, I4 เพื่อกำหนดทิศทางการหมุนของมอเตอร์ทั้งสองตัวและให้ขา En A, En B เป็นลอจิก "1" เพื่อให้มอเตอร์ทำงาน

3.2.3 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

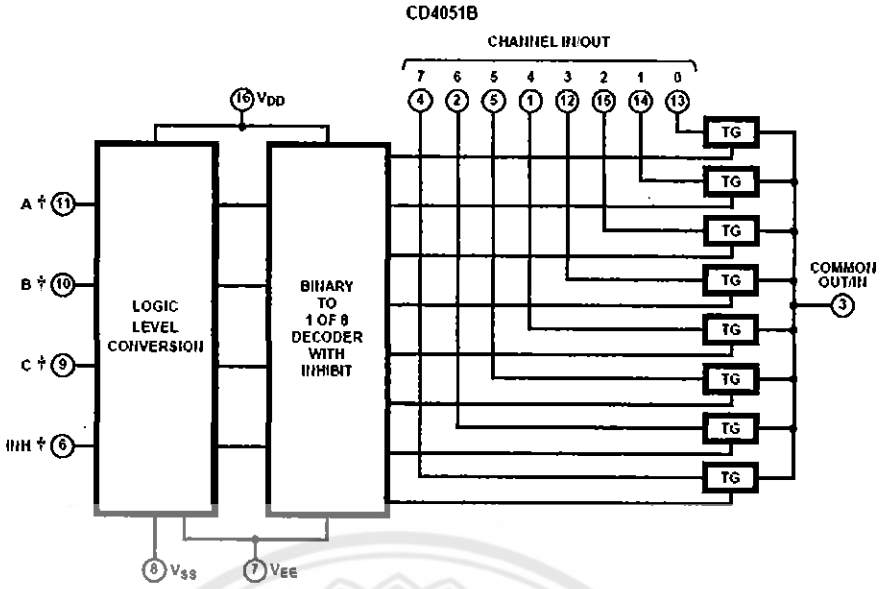
เป็นระบบควบคุมโดยจะเริ่มจากการป้อนค่าเป้าหมาย (Set point) ที่ต้องการซึ่งก็คือค่าแรงดันที่รับมาชุดควบคุมเปลี่ยนค่าแรงดันของคอนโทรลเลอร์ 1 เข้ามายังซัมมิ่งพอยท์ (Summing point) ทางด้านบวกส่วนทางด้านลบของซัมมิ่งพอยท์จะรับค่าจากเอาท์พุตของกระบวนการ ในที่นี้คือค่าที่รับมาจากชุดควบคุมเปลี่ยนค่าแรงดันของแขนกล ซึ่งได้จากการประมวลผลและส่งสัญญาณไปยังชุดขับมอเตอร์เพื่อไปขับมอเตอร์ที่แขนกลค่าทั้ง 2 ที่เข้ามายังซัมมิ่งพอยท์จะถูกหักล้างกันจนออกมาเป็นค่าความผิดพลาด ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบค่า ถ้าค่าไม่ตรงกับค่าเป้าหมายให้ทำการควบคุมค่าแรงดันที่ออกทางเอาท์พุตซึ่งจะเปลี่ยนแปลงค่าไปเรื่อยๆ การทำงานจะวนลูปแบบนี้ไปเรื่อยๆจนกระทั่งค่าแรงดันที่รับมาจากชุดควบคุมเปลี่ยนค่าแรงดันของคอนโทรลเลอร์และค่าที่รับมาจากชุดควบคุมเปลี่ยนค่าแรงดันของคอนโทรลเลอร์เท่ากันเมื่อนำมาหักล้างกันค่าความผิดพลาดก็จะเหลือศูนย์ นั่นหมายความว่ากระบวนการการทำงานได้ตรงตามค่าเป้าหมายที่ต้องการพอดีดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ภาพแสดงระบบควบคุมแบบย้อนกลับของตัวคอนโทรลเลอร์

3.2.4 วงจรมัลติเพล็กเซอร์

วงจรมัลติเพล็กเซอร์เป็นส่วนที่ใช้สำหรับเลือกสัญญาณจากตัวเข้ารหัสเพื่อป้อนสัญญาณให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถรับสัญญาณจากภายนอกพร้อมกันหลายๆสัญญาณได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีตัวมัลติเพล็กเซอร์เป็นตัวเลือกสัญญาณเพื่อป้อนให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทีละสัญญาณ โดยวงจรมัลติเพล็กเซอรที่ใช้นั้นจะเป็นวงจรรวมสำเร็จรูปเบอร์ CD4051BE ซึ่งมีลักษณะของวงจรภายในดังแสดงในรูปที่ 3.12



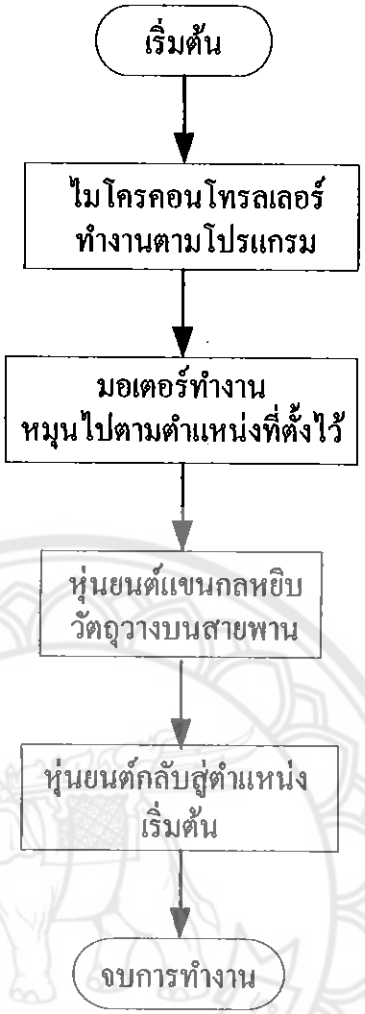
รูปที่ 3.12 วงจรภายในของวงจรรวมเบอร์ CD4051BE

3.3 ขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล

หุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติแฝดนี้จะประกอบไปด้วยหุ่นยนต์แขนกลที่ทำงานเหมือนกันทั้งหมด 2 ตัว โดยที่หุ่นยนต์ตัวที่ 1 จะทำหน้าที่ในการหยิบสิ่งของไปวางบนสายพาน และหุ่นยนต์ตัวที่ 2 จะทำหน้าที่ในการหยิบสิ่งของออกจากสายพาน โดยการทำงานนี้เป็นการจำลองการลำเลียงสิ่งของภายในโรงงานอุตสาหกรรม โดยไม่ผ่านกระบวนการจำแนกสิ่งของใดๆทั้งสิ้น โดยที่หุ่นยนต์แขนกลทั้งสองตัวจะทำงานตามโปรแกรมที่เขียนไว้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานตามคำสั่งแบบอัตโนมัติ

3.3.1 การทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติตัวที่ 1

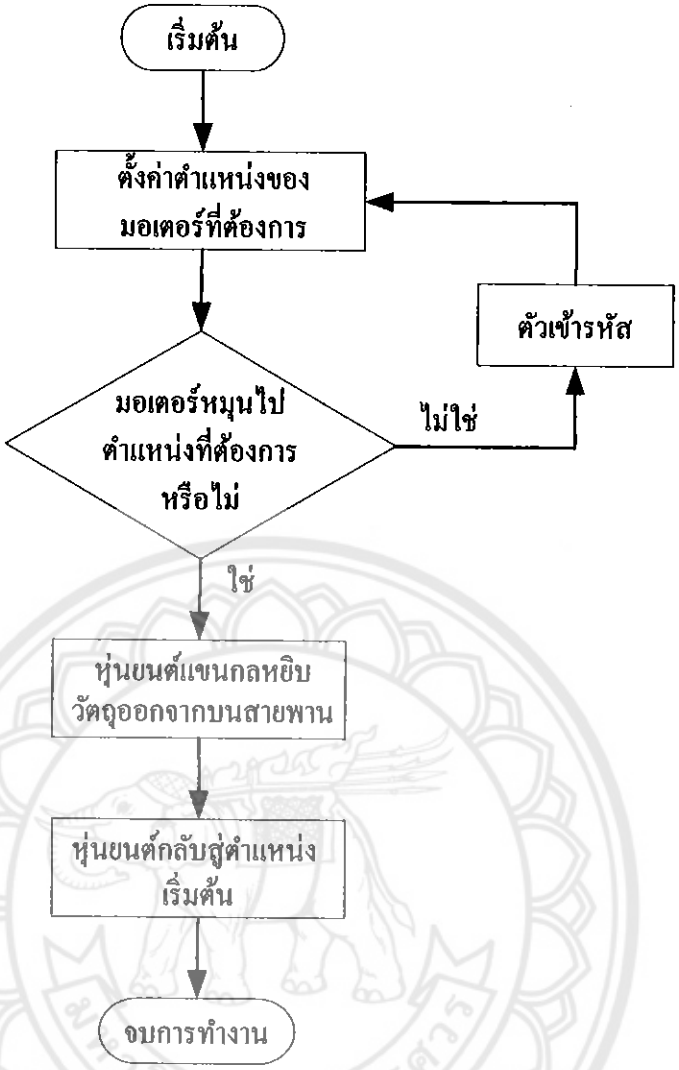
หุ่นยนต์ตัวที่ 1 จะมีการทำงานตามแผนภาพที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.13 จากแผนภาพแสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติตัวที่ 1 มีการทำงานโดยเริ่มต้นจากตำแหน่งเริ่มต้นของหุ่นยนต์ จากนั้นหุ่นยนต์จะทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ เพื่อให้ไปหยิบสิ่งของและนำไปวางลงบนสายพานลำเลียง และเมื่อวางสิ่งของนั้นแล้ว หุ่นยนต์จะกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้นของมัน เป็นอันสิ้นสุดกระบวนการทำงาน



รูปที่ 3.13 แผนภาพแสดงกระบวนการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติตัวที่ 1

3.3.2 การทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติตัวที่ 2

หุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติตัวที่ 2 โดยให้หุ่นยนต์ทำงานตามโปรแกรมที่เขียนไว้ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตามขณะที่หุ่นยนต์กำลังทำงานจะมีการตรวจระยะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตลอดเวลาว่าเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ถูกต้องหรือไม่ โดยจะนำสัญญาณพัลส์ที่ได้จากชุดตัวเข้ารหัสแบบหมุนส่งผ่านวงจรมัลติเพล็กเซอร์เพื่อเลือกสัญญาณทีละหนึ่งสัญญาณส่งกลับไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อตรวจสอบระยะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และการทำงานของมอเตอร์จะให้มอเตอร์ทำงานทีละตัวจนครบหนึ่งรอบคือหุ่นยนต์เริ่มจับสิ่งของจนถึงหุ่นยนต์วางสิ่งของเสร็จแล้วจึงเริ่มทำงานในรอบต่อไป โดยลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์เป็นไปตามรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แผนภาพแสดงกระบวนการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติตัวที่ 2

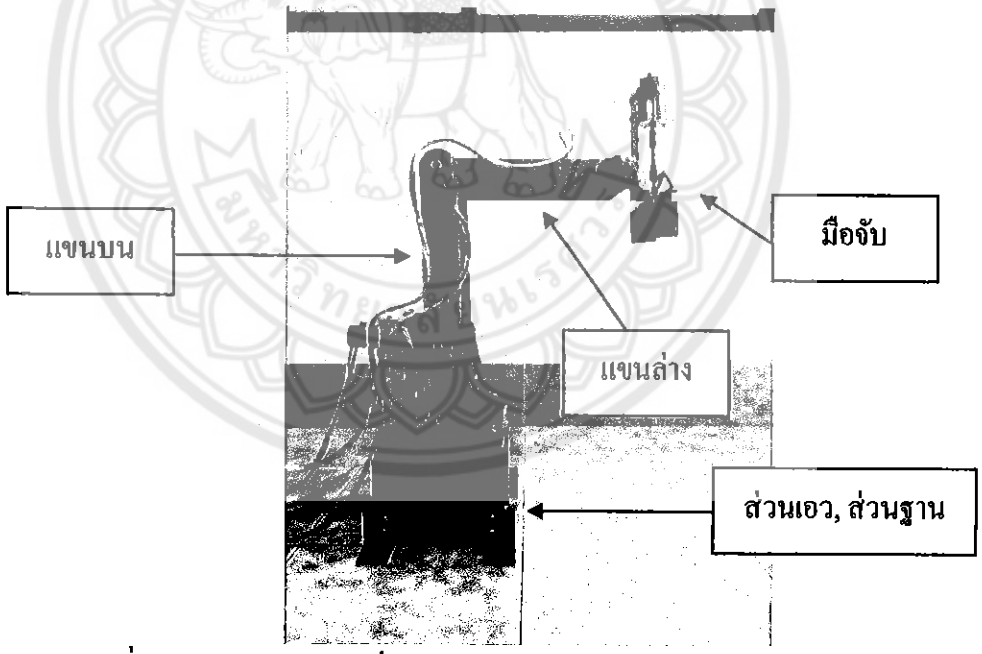
บทที่ 4

ผลการดำเนินการโครงงาน

ขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติดังที่กล่าวแล้วในบทที่ 3 คือ เขียนโปรแกรมควบคุมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานตามโปรแกรม โดยขณะที่หุ่นยนต์กำลังทำงานนั้นจะมีการตรวจสอบการเคลื่อนที่จากตัวเข้ารหัสแบบหมุน (Rotary Encoder) ว่าเคลื่อนย้ายไปตำแหน่งที่ถูกต้องหรือไม่ โดยในส่วนของแขนกลนี้จะมีการควบคุมการทำงานโดยคอนโทรลเลอร์

4.1 กระบวนการการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ

กระบวนการทำงานของหุ่นยนต์จะเริ่มจากที่หุ่นยนต์อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น โดยแขนท่อนบนอยู่ในตำแหน่งตั้งฉากกับฐานของหุ่นยนต์ แขนท่อนล่างอยู่ที่ตำแหน่งตั้งฉากกับแขนท่อนบนหันด้านมือจับไปด้านหน้าและมือจับอยู่ในตำแหน่งที่หน้าสัมผัสของมือจับสัมผัสกันสนิทซึ่งลักษณะของตำแหน่งเริ่มต้นการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ลักษณะตำแหน่งเริ่มต้นการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ

จากนั้นโปรแกรมจะสั่งให้หุ่นยนต์เริ่มทำงานโดยเริ่มจากการหมุนมอเตอร์ส่วนฐานไปยังตำแหน่งวัตถุที่ตั้งไว้แล้วทำการเคลื่อนส่วนแขนท่อนบน แขนท่อนล่างและมือจับเพื่อทำการจับวัตถุ จากนั้นแขนท่อนบนและแขนท่อนล่างจะยกวัตถุขึ้นแล้วมอเตอร์ส่วนฐานจะหมุนให้วัตถุไปยังตำแหน่งที่ต้องการแล้วแขนท่อนและแขนท่อนล่างจะวางวัตถุลงแล้วมือจับก็จะปล่อยวัตถุนั้นออกแล้วจึงยกแขน

ขึ้นแล้วส่วนทั้งหมดก็จะกลับมาอยู่ในสถานะเริ่มต้นแล้วจึงเริ่มทำงานใหม่ไปเรื่อยๆ ขึ้นอยู่กับการออกแบบโปรแกรมควบคุม

4.2 ผลการทดลองการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ

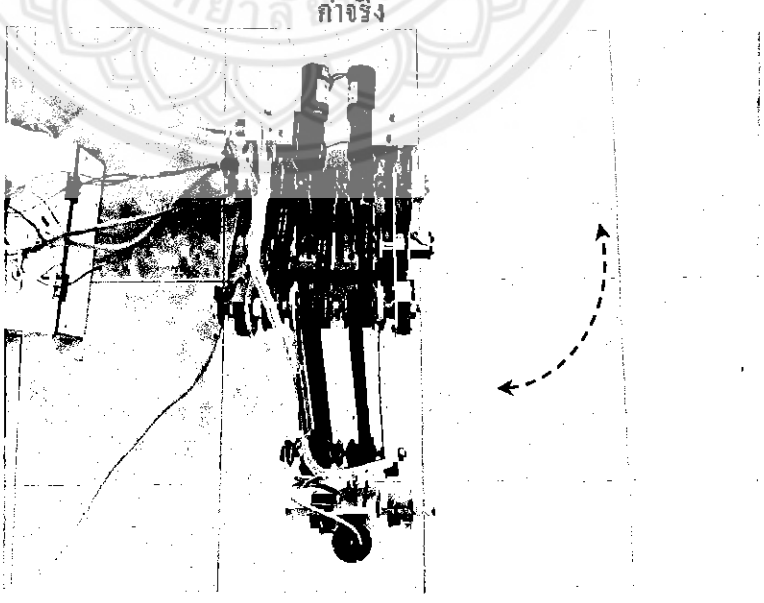
ในการทดลองการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ ได้ทำการตั้งขอบเขตการทำงานของหุ่นยนต์โดยให้หุ่นยนต์โดยให้หุ่นยนต์จับวัตถุจากตำแหน่งหนึ่งไปวางอีกตำแหน่งหนึ่งโดยมีระห่างกัน 180 องศาการหมุนของมอเตอร์ตัวที่ติดกับฐานหุ่นยนต์ ซึ่งเกณฑ์ในการวัดความสามารถของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติที่ใช้ในการทดลองได้แก่ ความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์ ความแม่นยำในการเคลื่อนย้ายวัตถุ ความเร็วในการเคลื่อนย้ายวัตถุ โดยได้ทำการทั้งหมด 4 การทดลองดังต่อไปนี้

1. การทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์
2. การทดลองความสามารถของมือจับหุ่นยนต์
3. การทดลองความแม่นยำในการเคลื่อนย้ายวัตถุจากแนวระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่ง
4. การทดลองความแม่นยำในการจับสิ่งของที่เลื่อนมาบนสายพาน

4.2.1 การทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์

การทดลองเป็นการทดลองโดยวัดความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์ตัวที่ติดกับส่วนฐาน แขนท่อนบน แขนท่อนล่าง ซึ่งจะทำซ้ำกัน 5 รอบ โดยลักษณะการหมุนแสดงดังรูปที่ 4.2 และผลการทดลองสามารถแสดงดังตารางที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 พร้อมเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนโดยรวมในแต่ละองศา

$$\frac{\text{ค่าจริง} - \text{ค่าที่วัดได้}}{\text{ค่าจริง}} \times 100$$



รูปที่ 4.2 ลักษณะการหมุนในแนวระนาบ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองความแม่นยำในการหมุนของฐานหุ่นยนต์ในแนวระนาบ

รอบที่	ระยะความคลาดเคลื่อน(องศา)		
	45	90	180
1	+3	+5	+10
2	+3	+5	+10
3	+3	+5	+10
4	+3	+5	+10
5	+3	+5	+10
เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนเฉลี่ย	6.67%	5.56 %	5.56 %

จากการทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์ จะเห็นได้ว่าการหมุนของมอเตอร์ในแนวระนาบนั้นมีความแม่นยำสูง เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนของแต่ละองศาอยู่ที่ 5 – 7 %

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองความแม่นยำในการหมุนของแขนท่อนบนในแนวระดับ

รอบที่	ระยะความคลาดเคลื่อน(องศา)		
	30	45	60
1	+1	+2	+3
2	+1	+2	+3
3	+1	+2	+3
4	+1	+2	+3
5	+1	+2	+3
เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนเฉลี่ย	3.33%	4.44%	5%

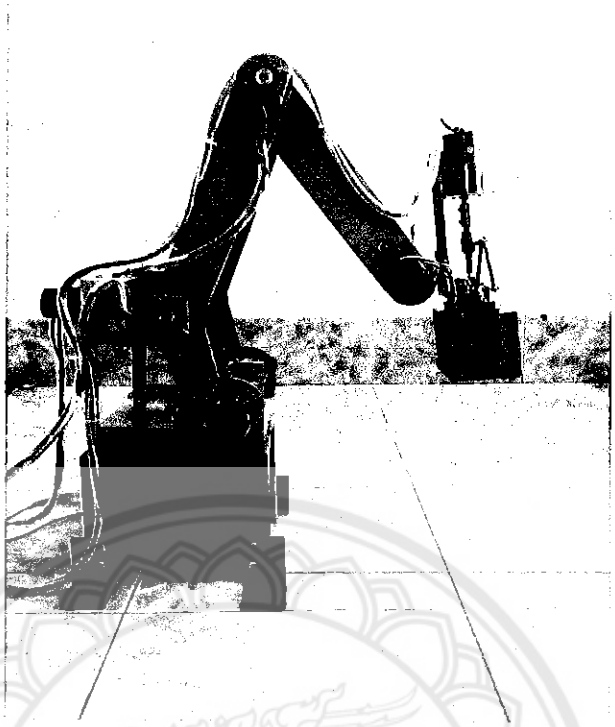
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองความแม่นยำในการหมุนของแขนท่อนล่างในแนวระดับ

รอบที่	ระยะความคลาดเคลื่อน(องศา)		
	15	30	45
1	+1	+1	+1
2	+1	+1	+1
3	+1	+1	+1
4	+1	+1	+1
5	+1	+1	+1
เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนเฉลี่ย	6.67%	3.33%	2.22%

จากการทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์ จะเห็นได้ว่าการหมุนของมอเตอร์ในแนวระดับของแขนท่อนล่างและแขนท่อนบน เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนอยู่ที่ 2 – 6 % ซึ่งถือได้ว่ามีความแม่นยำสูง

4.2.2 การทดลองความสามารถของมือจับหุ่นยนต์

การทดลองนี้เป็นการทดลองความสามารถในการทำงานของมือจับหุ่นยนต์ โดยจะทดสอบความสามารถในการจับวัตถุขนาดต่างๆ โดยวัตถุแต่ละชนิดจะมีรูปทรง ขนาด น้ำหนัก ที่แตกต่างกันออกไปโดยจะทำการทดสอบว่ามือจับของหุ่นยนต์จะสามารถจับสิ่งของที่มีรูปทรง ขนาด น้ำหนัก ใดได้บ้าง โดยเริ่มต้นให้มือจับหุ่นยนต์จับสิ่งของแล้วทำการยกขึ้นค้างไว้ โดยลักษณะการจับแสดงดังรูปที่ 4.3 และผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.3 การทดลองจับสิ่งของของมือจับ

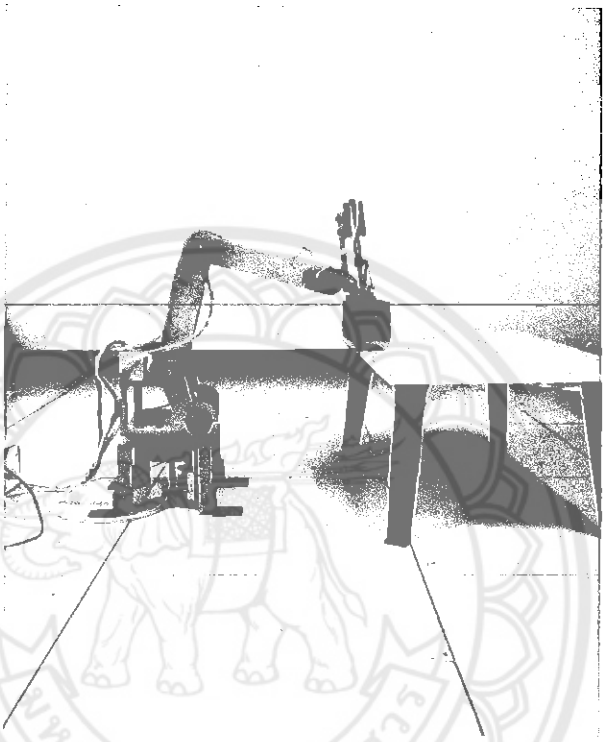
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการจับสิ่งของของมือจับหุ่นยนต์

วัตถุที่ทำการทดลอง	รูปทรงของวัตถุ	น้ำหนัก (กรัม)	ผลการทดลอง (ได้/ไม่ได้)
กล่องกระดาษ	สี่เหลี่ยม	50	ได้
กระป๋องสีสเปรย์	ทรงกระบอก	260	ได้
ม้วนสติ๊กเกอร์	วงกลม	320	ได้
กระป๋องกาว	ทรงกระบอก	240	ได้
น้ำตาลทราย	ทรงกระบอก	500	ได้
เครื่องเจียรไฟฟ้า	ทรงกระบอก	1200	ไม่ได้
ขวดน้ำ (มีน้ำ)	ทรงกระบอก	1500	ไม่ได้
กระน้ำอัดลม(มีน้ำ)	ทรงกระบอก	350	ได้
อิฐ	สี่เหลี่ยม	700	ได้
ขวดชาเขียว	ทรงกระบอก	350	ได้

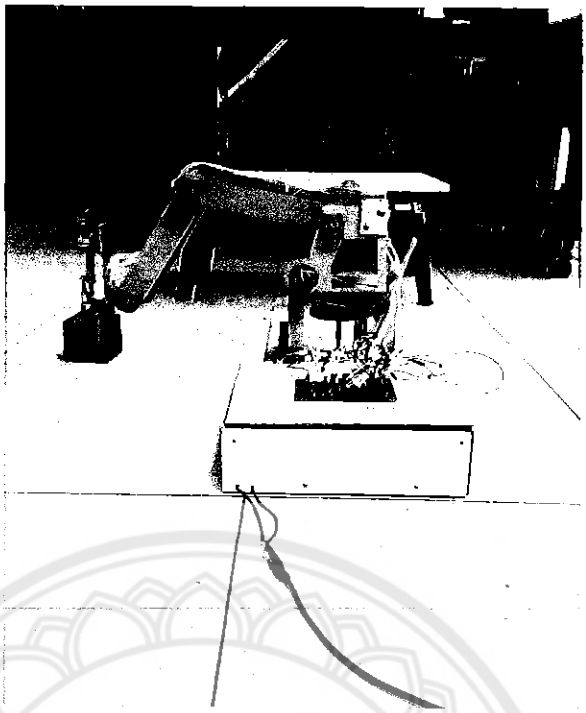
จากการทดลองการจับสิ่งของของมือจับจะเห็นได้ว่ามือจับจะสามารถจับสิ่งที่มีน้ำหนักไม่เกิน 700 กรัม และจากการทดลองมือจับจะสามารถจับสิ่งของที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมได้ดีกว่ารูปทรงกระบอก

4.2.3 การทดลองความแม่นยำในการเคลื่อนย้ายวัตถุจากแนวระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่ง

การทดลองนี้เป็นการทดลองการเคลื่อนย้ายวัตถุโดยให้หุ่นยนต์จับวัตถุจากจุดหนึ่งแล้วนำไปวางอีกตำแหน่งหนึ่งซึ่งอยู่ต่างระดับกัน (30 เซนติเมตร) และระยะการกระจัดในแนวระดับห่างกัน 60 เซนติเมตร ซึ่งจะทำการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง โดยจะรีเซตหุ่นยนต์ให้อยู่ในสถานะตำแหน่งเริ่มต้นทุกครั้ง โดยแสดงดังรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5 และผลการทดลองแสดงในตางรางที่ 4.5



รูปที่ 4.4 การทำงานของหุ่นยนต์ในการจับสิ่งของต่างระดับ



รูปที่ 4.5 การทำงานของหุ่นยนต์ในการวางสิ่งของต่างระดับ

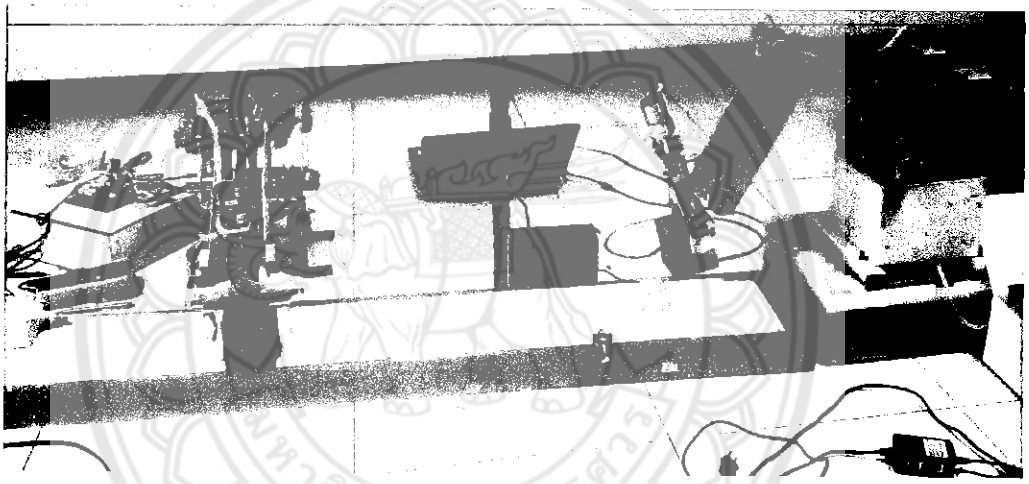
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการเคลื่อนย้ายวัตถุจากแนวระดับหนึ่งไปยังแนวระดับหนึ่ง

ครั้งที่	ส่วนฐาน 90 องศา (องศา)	แขนท่อนบน 45องศา (องศา)	แขนท่อนล่าง 30 องศา (องศา)	ระยะความคลาดเคลื่อนในแนวระดับเฉลี่ย (เซนติเมตร)	เวลาการทำงาน (วินาที)
1	+5	+2	+1	0.7	95
2	+5	+2	+1	0.7	93
3	+5	+2	+1	0.7	96
4	+5	+2	+1	0.7	95
5	+5	+2	+1	0.7	95
เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนเฉลี่ย	5.56 %	4.44%	3.33%	0.7	94.8

จากการทดลองเคลื่อนย้ายวัตถุในตำแหน่งที่ต่างระดับจะเห็นได้ว่าระยะความคลาดเคลื่อนของการวางวัตถุอยู่ระหว่าง 0.7-0.8 เซนติเมตร ซึ่งเกิดมากจากความคลาดเคลื่อนในการหมุนของฐานหุ่นยนต์ แขนท่อนบน แขนท่อนล่าง ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากจุดที่กำหนดไว้

4.2.4 การทดลองความแม่นยำในการจับสิ่งของบนสายพานลำเลียงโดยแขนกลสองตัว

การทดลองนี้เป็นการทดลองความสามารถการทำงานความแม่นยำในการจับสิ่งของบนสายพานมาวางในไว้อีกตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งจะทำการทดลอง 3 ครั้งโดยจะกำหนดให้หุ่นยนต์อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นทุกครั้งและจะทำการจับสิ่งของบนสายพานมาวางไว้ในตำแหน่งที่ต้องการโดยมีแขนกลอีกตัวทำหน้าที่หยิบสิ่งของมาวางบนสายพานรวมทั้งในแต่ละรอบจะมีการจับระยะเวลาการทำงานของหุ่นยนต์ในแต่ระรอบ โดยลักษณะการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.6 และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การทำงานของหุ่นยนต์ในการจับสิ่งของบนสายพานลำเลียงวางสิ่งของบนสายพาน

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองความแม่นยำในการจับสิ่งของบนสายพานและเวลาในการทำงานของแขนกลสองตัว

ครั้งที่	ระยะความคลาดเคลื่อนในแนวระดับ(เซนติเมตร)	เวลาการทำงาน(วินาที)
1	1.9	105
2	1.5	108
3	2.0	110

จากการทดลองความแม่นยำในการจับสิ่งของบนสายพานลำเลียงปรากฏว่าในการจับวัตถุแต่ละครั้งมีความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากกล้องบนสายพานลำเลียงมีความระเอียดสูงจึงให้คอมพิวเตอร์มีการ

ประมวลช้าบางครั้งก็หยุดก่อนจุดที่กำหนดบางครั้งก็หยุดหลังจุดที่กำหนดทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนบ้างเล็กน้อยจึงส่งผลทำให้จับวัตถุแต่ละครั้งมีความคลาดเคลื่อนตามมา

นอกจากนั้นยังมีปัญหาของการเคลื่อนที่ของแขนกลที่ใช้จับสิ่งของออก ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนอยู่แล้ว ทำให้ความคลาดเคลื่อนมากขึ้นไปกว่าการทำงานเมื่อสิ่งของไม่ได้วางบนสายพานลำเลียง

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการที่ได้ศึกษา ออกแบบ ทดสอบ และทำการปรับปรุงชิ้นงานขึ้นเป็นหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติโดยใช้ระยะเวลาดำเนินโครงงาน 2 ภาคการศึกษาทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำหุ่นยนต์แขนกลในบทนี้จะเป็นการสรุปผลที่ได้จากการทดลองโครงงาน พร้อมเสนอแนะแนวทางในการดำเนินโครงงานนี้ไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

5.1 สรุปผลการทดลองการทำงานหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ

โครงงานหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติเป็นการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบอัตโนมัติขึ้นมาเพื่อทำการศึกษาลักษณะโครงสร้างและหลักการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติและการพัฒนาหุ่นยนต์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยหุ่นยนต์แขนกลสามารถทำงานได้เองโดยอัตโนมัติโดยการเขียนโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ซึ่งหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติสามารถจับวัตถุจากจุดไปยังอีกจุดหนึ่งได้โดยอัตโนมัติและยังสามารถเคลื่อนย้ายวัตถุทั้งในระนาบเดียวกันหรือย้ายวัตถุจากแนวระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่งได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรมควบคุม โดยพื้นที่การทำงานสามารถหมุนได้ 200 องศารอบตัวเองในแนวระดับและหมุนได้ 150 องศาในแนวดิ่ง ทั้งนี้การทดลองได้ลองเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติเคลื่อนที่ในแนวระนาบ การทดลองจับสิ่งของบนสายพานลำเลียงและอีกการทดลองคือการจับสิ่งของจากระนาบหนึ่งไปวางยังอีกระนาบหนึ่งผลที่ได้คือ หุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติสามารถจับวัตถุไปวางในตำแหน่งที่ต้องการได้ตามโปรแกรมที่ตั้งเอาไว้ แต่เนื่องจากการควบคุมการหมุนของมอเตอร์มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างจึงทำเกิดความคลาดเคลื่อนในการหยิบจับและวางกล่องบ้างเป็นบางครั้ง

ผลการทดลองที่ได้ทำให้สามารถรู้ขอบเขตการทำงานหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติว่าหุ่นยนต์สามารถทำงานได้ในพื้นที่รอบๆตัวหุ่นยนต์โดยการกำหนดขอบเขตและระยะเวลาการทำงานขึ้นอยู่การเขียนโปรแกรมควบคุมซึ่งจากผลการทดลองนั้นหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติยังมีผิดพลาดบ้างบางจุดด้วยกัน ดังนั้นจึงมีการศึกษาและพัฒนาข้อด้อยของหุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์มีศักยภาพที่สามารถเป็นต้นแบบในการสร้างหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติเพื่อใช้งานจริงได้

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.2.1 ปัญหาที่พบจากการทำโครงงาน

จากการเริ่มออกแบบสร้างและการทำการทดลองการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติเกิดปัญหาที่ทำการดำเนินโครงงานต้องบกพร่องหลายปัญหาด้วยกันซึ่งสามารถจำแนกเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

1. อุปกรณ์ที่ทำตัวโครงสร้างของหุ่นยนต์หาได้ยากตามท้องตลาดและมีราคาแพงจึงทำให้เสียเวลาในหาวัสดุมาทำตัวโครงสร้างพอสมควรจึงทำให้โครงงานล่าช้า

2. เรื่องของตัวขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีปัญหาในเรื่องมอเตอร์ไม่สามารถรับน้ำหนักของโครงสร้างของหุ่นยนต์ได้ จึงทำให้ต้องเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่ให้มีการรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากเดิม

3. เรื่องของมือจับหุ่นยนต์เป็นชิ้นส่วนที่มีปัญหาเยอะที่สุดในการทำงานเพราะมีชิ้นส่วนขนาดเล็กสร้างได้ยากและยังต้องมีความแข็งแรงในการบีบจับสิ่งของ

4. การจับสัญญาณพัลส์ที่ได้จากการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในส่วนของมือจับ แขนท่อนบนและแขนท่อนล่างมีความละเอียดไม่เพียงพอทำให้ความแม่นยำในการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ ในแนวดิ่งและความแม่นยำในการจับวัตถุลดลง

5.5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรวางแผนก่อนการทำงานว่าจะใช้อุปกรณ์อะไรในการทำโครงสร้างของตัวหุ่นยนต์แล้วควรเตรียมอุปกรณ์ไว้ก่อนที่จะเริ่มทำโครงสร้างให้ครบหรือเลือกใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด

2. ในเรื่องการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ เราควรใช้มอเตอร์ที่มีแรงบิดที่เหมาะสมกับน้ำหนักของชิ้นงาน

3. ควรหาอุปกรณ์ที่ง่ายต่อการขึ้นรูปและมีความแข็งแรงในการทำมือจับ

4. การควบคุมความเร็วของมอเตอร์เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ยังตำแหน่งที่ถูกต้องควรมีการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นและลงให้มีความเร็วเท่ากัน ซึ่งสามารถควบคุมโดยทางด้านซอฟแวร์โดยการมอดูเลชันความกว้างของสัญญาณพัลส์ ซึ่งจะส่งผลให้ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งการเคลื่อนที่ลดลง

5. ในเรื่องของสัญญาณพัลส์ที่จับได้จากการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยชุดตัวเข้ารหัสแบบหมุนนั้นในส่วนของมือจับ แขนท่อนบนและแขนท่อนล่างยังให้ความละเอียดไม่เพียงพอ จึงควรหาชุดตัวเข้ารหัสแบบหมุนที่มีความละเอียดในการให้สัญญาณพัลส์ที่มากกว่านี้ โดยอาจใช้จานเข้ารหัสที่ความละเอียดของสัญญาณพัลส์ต่อรอบเพิ่มมากขึ้น หรืออาจใช้ตัวเข้ารหัสแบบหมุนสำเร็จรูปที่มีความละเอียดมากๆ และในส่วนของมือจับเราอาจใช้เซ็นเซอร์น้ำหนัก (Load Cell) มาเป็นตัวกำหนดแรงบีบในการจับวัตถุเพื่อให้มือจับสามารถจับวัตถุให้มั่นคงและมีความแม่นยำมากขึ้น

ทั้งนี้แนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อเพิ่มศักยภาพการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติเพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาสร้างหุ่นยนต์ทำงานจริงควรคำนึงถึงประโยชน์ที่ได้รับและความคุ้มค่าในการลงทุน แต่เนื่องจากโครงงานนี้สามารถนำไปเป็นตัวอย่างทั้งในเรื่องของการศึกษา และการใช้งานจริงได้

จึงควรมีการศึกษาและพัฒนาสร้างต่อเพื่อให้เกิดประโยชน์ในเรื่องของการศึกษาและพัฒนาประเทศต่อไป

5.5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

1. สามารถทำให้แขนกลทำงานให้มีการทำงานแม่นยำมากขึ้นโดยอาจเปลี่ยนจากระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ไปเป็นระบบ PID Control

2. เพิ่มศักยภาพในการทำงานของแขนกล เช่น การติดกล่องเพื่อตรวจจับสิ่งของ ทั้งรูปทรง ขนาด หรือสี โดยการควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์

3. ลดเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่ของแขนกลให้น้อยที่สุด ในแต่ละส่วน

4. พัฒนามือจับให้มีศักยภาพมากขึ้น ทั้งในด้านการจับวัตถุให้เร็วขึ้น ความครอบคลุมในการจับวัตถุ

5. เพิ่มความสามารถในการหยิบจับวัตถุที่มีน้ำหนักมากขึ้นของแขนกล

เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.theoldrobots.com/scorbot.html สืบค้นเมื่อ สิงหาคม 2556

[2] http://www.cp.eng.chula.ac.th/~attawith/class/mani.pdf สืบค้นเมื่อ กันยายน 2556

[3] http://www.nxp.com/documents/data_sheet/HEF4051B.pdf สืบค้นเมื่อ พฤศจิกายน 2556

[4] http://www.thaieasyelec.com/electronics-in-chapter/UART-TTL-RS232-MAX232-MAX3232.html สืบค้นเมื่อ พฤศจิกายน 2556

[5] นายดอนสัน ปงผาบ "ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งาน 1"สำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2549

[6] http://dk.coe.psu.ac.th/assign/encoder/intro/intro02.htm สืบค้นเมื่อ ตุลาคม 2556

[7] http://www.etteam.com/product/02A26.html สืบค้นเมื่อ พฤศจิกายน 2556

[8] http://www.mind-tek.net/8051.php สืบค้นเมื่อ ธันวาคม 2556

[9] http://www.hobbyengineering.com/specs/SOLARBOTICS-KCMD-L298_Compact_motor_driver.pdf สืบค้นเมื่อ ธันวาคม 2556

[10] นายธวัชชัย อัตถวิบูลย์กุล "เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง", บริษัทเจริญรุ่งเรืองการพิมพ์, กรุงเทพฯ

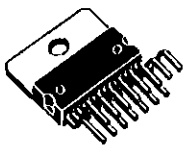
ภาคผนวก ก

รายละเอียดของวงจรรวมเบอร์ L298

L298

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)



Multiwatt15

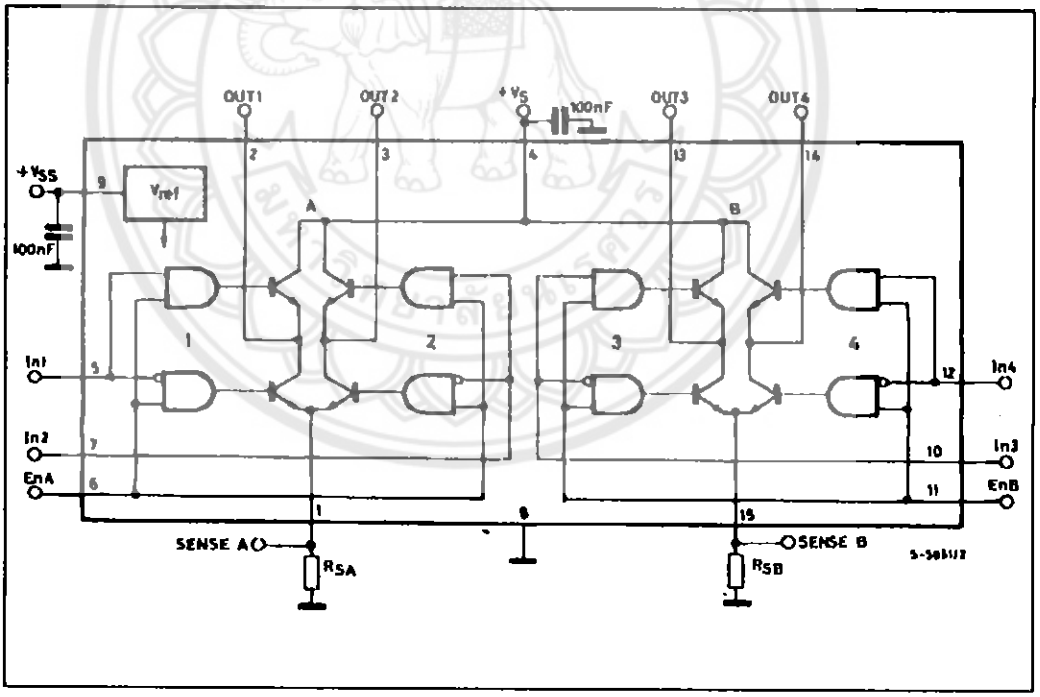
PowerSO20

ORDERING NUMBERS : L298N (Multiwatt Vert.)
L298HN (Multiwatt Horiz.)
L298P (PowerSO20)

DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the connection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

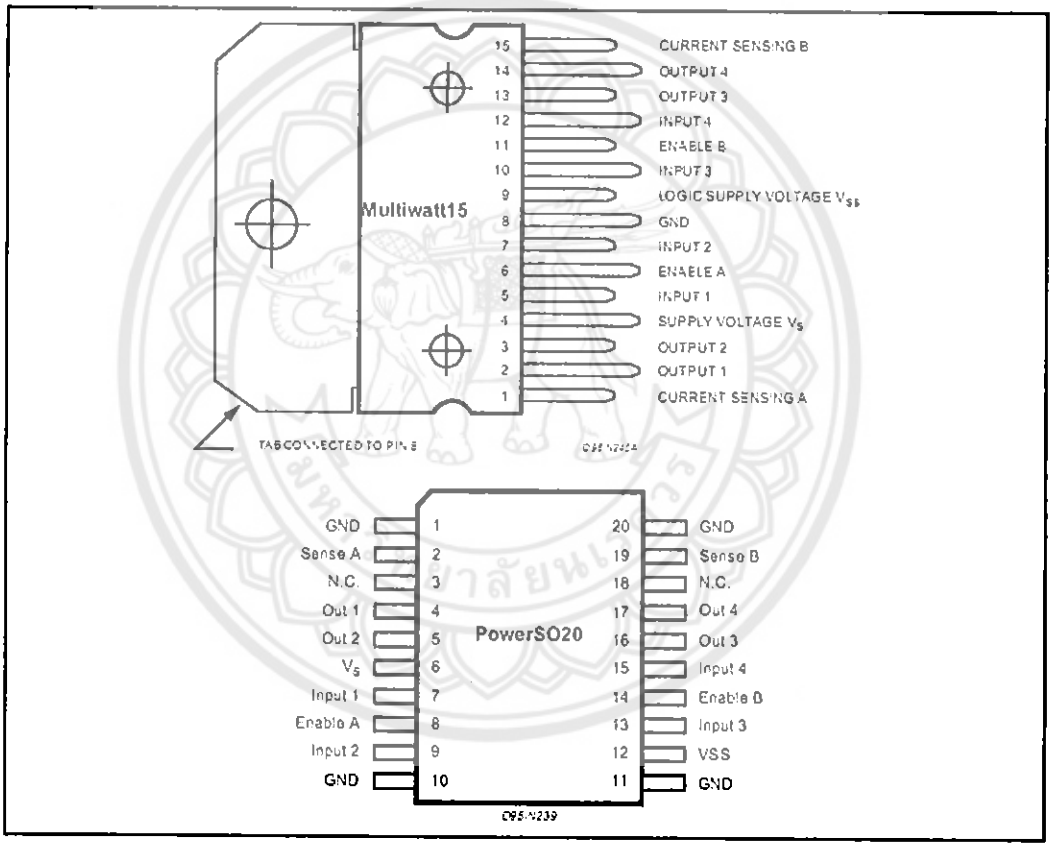
BLOCK DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Power Supply	50	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
V_i, V_{en}	Input and Enable Voltage	–0.3 to 7	V
I_O	Peak Output Current (each Channel) – Non Repetitive (t = 100µs) –Repetitive (80% on –20% off; t_{on} = 10ms) –DC Operation	 3 2.5 2	 A A A
V_{sens}	Sensing Voltage	–1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation (T_{case} = 75°C)	25	W
T_{op}	Junction Operating Temperature	–25 to 130	°C
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	–40 to 150	°C

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

Symbol	Parameter		PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{th\ j\text{-}case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max.	–	3	°C/W
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	13 (*)	35	°C/W

(*) Mounted on aluminum substrate

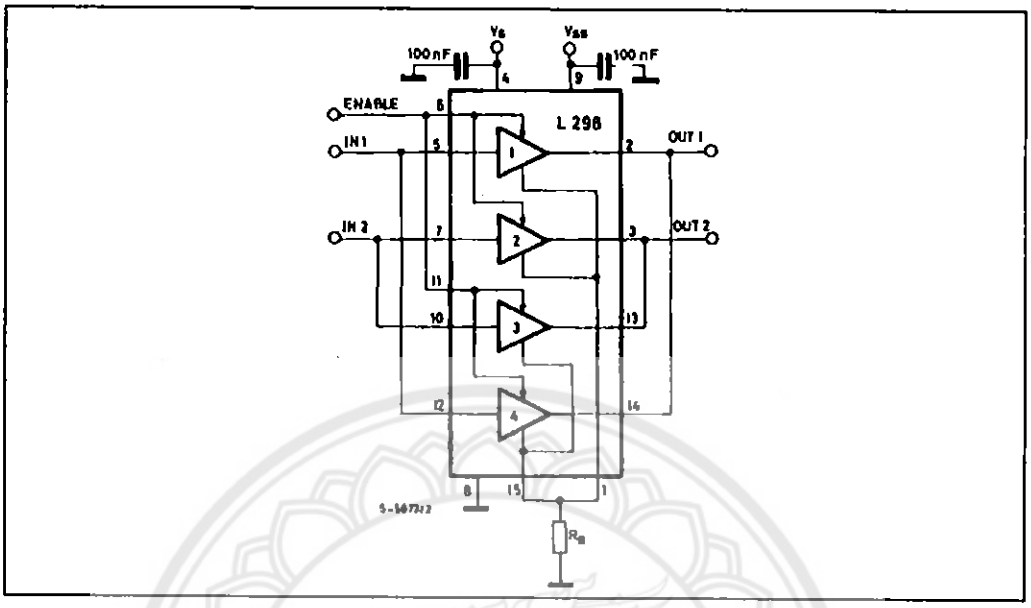
PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V_S	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	VSS	Supply Voltage for the Logic Blocks. A100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
–	3;18	N.C.	Not Connected

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_S = 42V; V_{SS} = 5V, T_j = 25°C; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
V_S	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition		V_{IH} +2.5		46	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage (pin 9)			4.5	5	7	V
I_S	Quiescent Supply Current (pin 4)	V_{en} = H; I_L = 0	V_i = L V_i = H		13 50	22 70	mA mA
		V_{en} = L	V_i = X			4	mA
I_{SS}	Quiescent Current from V_{SS} (pin 9)	V_{en} = H; I_L = 0	V_i = L V_i = H		24 7	36 12	mA mA
		V_{en} = L	V_i = X			6	mA
V_{iL}	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)			–0.3		1.5	V
V_{iH}	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)			2.3		VSS	V
I_L	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V_i = L				–10	µA
I_H	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	Vi = H ≤ V_{SS} –0.6V			30	100	µA
V_{en} = L	Enable Low Voltage (pins 6, 11)			–0.3		1.5	V
V_{en} = H	Enable High Voltage (pins 6, 11)			2.3		V_{SS}	V
I_{en} = L	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V_{en} = L				–10	µA
I_{en} = H	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V_{en} = H ≤ V_{SS} –0.6V			30	100	µA
$V_{CEsat(H)}$	Source Saturation Voltage	I_L = 1A I_L = 2A		0.95	1.35 2	1.7 2.7	V V
$V_{CEsat(L)}$	Sink Saturation Voltage	I_L = 1A (5) I_L = 2A (5)		0.85	1.2 1.7	1.6 2.3	V V
V_{CEsat}	Total Drop	I_L = 1A (5) I_L = 2A (5)		1.80		3.2 4.9	V V
V_{sens}	Sensing Voltage (pins 1, 15)			–1 (1)		2	V

Figure 7 : For higher currents, outputs can be paralleled. Take care to parallel channel 1 with channel 4 and channel 2 with channel 3.



APPLICATION INFORMATION (Refer to the block diagram)

1.1. POWER OUTPUT STAGE

The L298 integrates two power output stages (A ; B). The power output stage is a bridge configuration and its outputs can drive an inductive load in common or differenzial mode, depending on the state of the inputs. The current that flows through the load comes out from the bridge at the sense output : an external resistor (R_{SA} ; R_{SB}.) allows to detect the intensity of this current.

1.2. INPUT STAGE

Each bridge is driven by means of four gates the input of which are In1 ; In2 ; EnA and In3 ; In4 ; EnB. The In inputs set the bridge state when The En input is high ; a low state of the En input inhibits the bridge. All the inputs are TTL compatible.

2. SUGGESTIONS

A non inductive capacitor, usually of 100 nF, must be foreseen between both Vs and Vss, to ground, as near as possible to GND pin. When the large capacitor of the power supply is too far from the IC, a second smaller one must be foreseen near the L298.

The sense resistor, not of a wire wound type, must be grounded near the negative pole of Vs that must be near the GND pin of the I.C.

Each input must be connected to the source of the driving signals by means of a very short path.

Turn-On and Turn-Off : Before to Turn-ON the Supply Voltage and before to Turn it OFF, the Enable input must be driven to the Low state.

3. APPLICATIONS

Fig 6 shows a bidirectional DC motor control Schematic Diagram for which only one bridge is needed. The external bridge of diodes D1 to D4 is made by four fast recovery elements ($t_{rr} \leq 200$ nsec) that must be chosen of a VF as low as possible at the worst case of the load current.

The sense output voltage can be used to control the current amplitude by chopping the inputs, or to provide overcurrent protection by switching low the enable input.

The brake function (Fast motor stop) requires that the Absolute Maximum Rating of 2 Amps must never be overcome.

When the repetitive peak current needed from the load is higher than 2 Amps, a paralleled configuration can be chosen (See Fig.7).

An external bridge of diodes are required when inductive loads are driven and when the inputs of the IC are chopped; Shottky diodes would be preferred.

This solution can drive until 3 Amps In DC operation and until 3.5 Amps of a repetitive peak current.

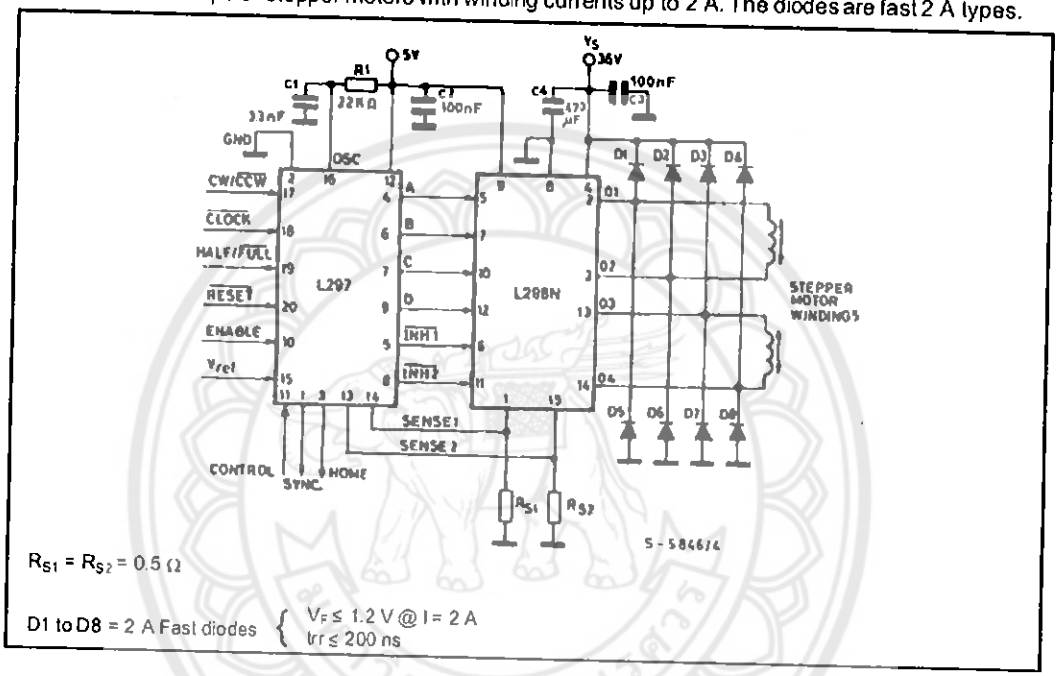
On Fig 8 it is shown the driving of a two phase bipolar stepper motor ; the needed signals to drive the inputs of the L298 are generated, in this example, from the IC L297.

Fig 9 shows an example of P.C.B. designed for the application of Fig 8.

Fig 10 shows a second two phase bipolar stepper motor control circuit where the current is controlled by the I.C. L6506.

Figure 8 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Circuit.

This circuit drives bipolar stepper motors with winding currents up to 2 A. The diodes are fast 2 A types.



$R_{S1} = R_{S2} = 0.5\ \Omega$

D1 to D8 = 2 A Fast diodes { $V_F \leq 1.2\ V\ @\ I = 2\ A$; $trr \leq 200\ ns$

Figure 9 : Suggested Printed Circuit Board Layout for the Circuit of fig. 8 (1:1 scale).

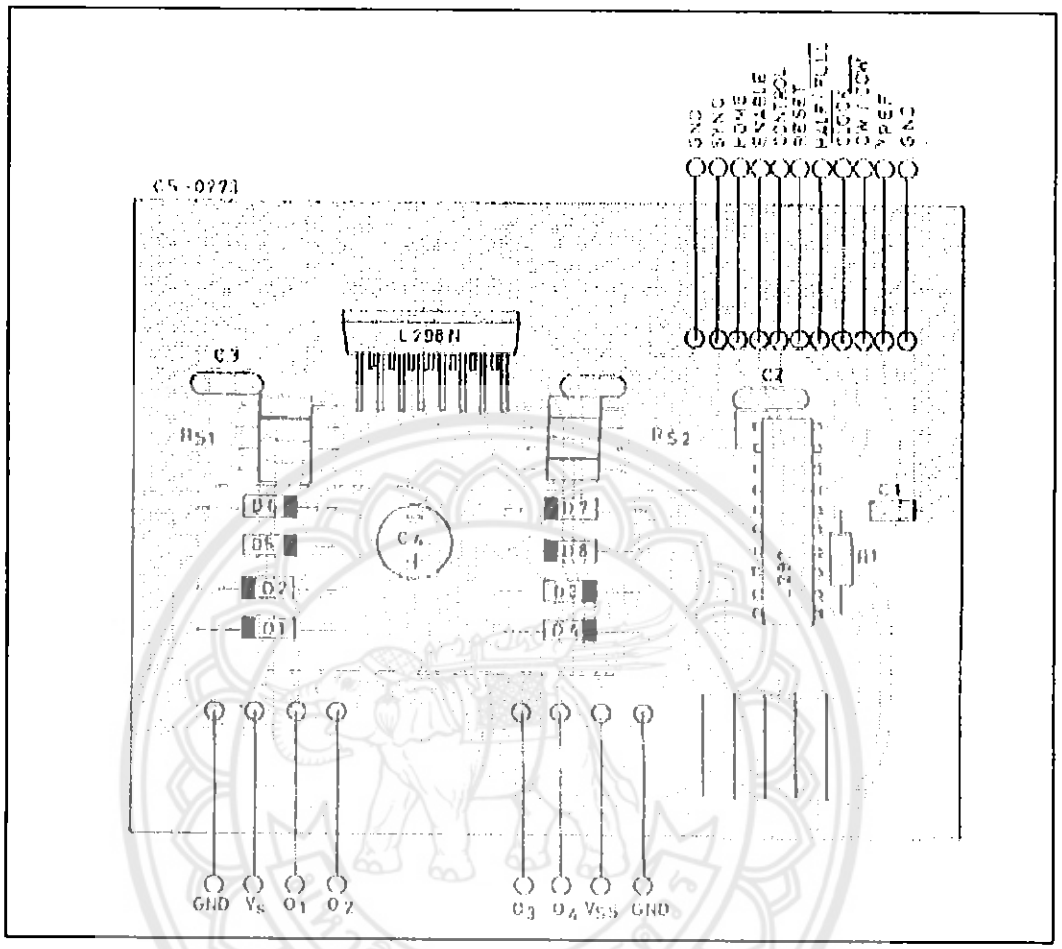
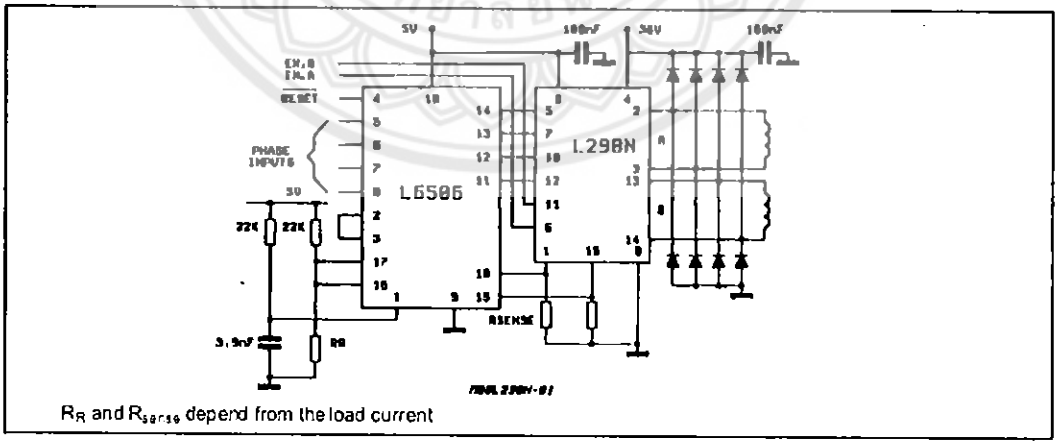


Figure 10 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit by Using the Current Controller L6506.



R_R and R_{sense} depend from the load current

ภาคผนวก ข

รายละเอียดของเซ็นเซอร์ก้ามปู

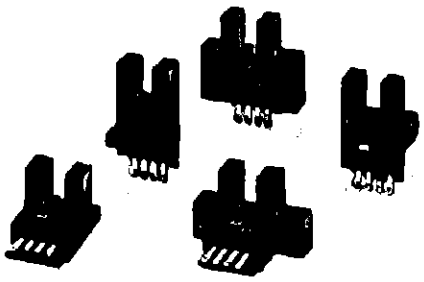
OMRON

Back

Photomicrosensor

EE-SX67/47

Photomicrosensor with 50- to 100-mA Switching Capacity that can be Built into Equipment



- PNP output models newly added.
- Standard, L-shaped, T-shaped, and Close-mounting: Five series of models available.
- Select from thirty output variations, including Light-ON or Dark-ON/Light-ON (selectable) models.
- Response frequency as high as 1 kHz.
- Easy operation monitoring with bright light indicator.
- Wide operating voltage range from 5 to 24 VDC.
- Models (EE-SX□□□A and EE-SX□□□R) with operation indicators that are lit when sensing objects are detected (when light is interrupted) are available.

Ordering Information

Appearance	Sensing method	Sensing distance	Output configuration	Model		Weight
				NPN	PNP	
Standard	Through-beam type (slot type)	5 mm (slot width)	Dark-ON/Light-ON (selectable) *1	EE-SX670 EE-SX670A*2	EE-SX670P EE-SX670R*3	Approx. 3.1 g
			Light-ON	EE-SX470	EE-SX470P	
L-shaped			Dark-ON/Light-ON (selectable) *1	EE-SX671 EE-SX671A*2	EE-SX671P EE-SX671R*3	Approx. 3.0 g
			Light-ON	EE-SX471	EE-SX471P	
T-shaped			Dark-ON/Light-ON (selectable) *1	EE-SX672 EE-SX672A*2	EE-SX672P EE-SX672R*3	Approx. 2.4 g
			Light-ON	EE-SX472	EE-SX472P	
Close-mounting			Dark-ON/Light-ON (selectable) *1	EE-SX673 EE-SX673A*2	EE-SX673P EE-SX673R*3	Approx. 2.3 g
			Light-ON	EE-SX473	EE-SX473P	
Close-mounting			Dark-ON/Light-ON (selectable) *1	EE-SX674 EE-SX674A*2	EE-SX674P EE-SX674R*3	Approx. 3.0 g
			Light-ON	EE-SX474	EE-SX474P	

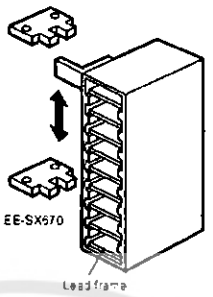
Note: *1. The Dark-ON/Light-ON (selectable) models can be used as Light-ON models when the L terminal and positive (+) terminal are short-circuited. An L terminal and positive (+) terminal short-circuit connector (EE-1001-1) is available.

*2. Models with a suffix "A," such as EE-SX670A, have a Dark-ON indicator that is lit when light is interrupted.

*3. Models with a suffix "R," such as EE-SX670R, have a Dark-ON indicator that is lit when light is interrupted.

Application Example

Detection of Lead Frame Position



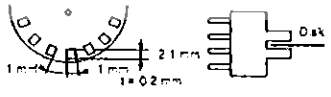
Specifications

■ Ratings

Item	Output	Standard	L-shaped	T-shaped	Close-mounting	
	NPN	EE-SX670 EE-SX670A EE-SX470	EE-SX671 EE-SX671A EE-SX471	EE-SX672 EE-SX672A EE-SX472	EE-SX673 EE-SX673A EE-SX473	EE-SX674 EE-SX674A EE-SX474
	PNP	EE-SX670P EE-SX670R EE-SX470P	EE-SX671P EE-SX671R EE-SX471P	EE-SX672P EE-SX672R EE-SX472P	EE-SX673P EE-SX673R EE-SX473P	EE-SX674P EE-SX674R EE-SX474P
Sensing distance		5 mm (slot width)				
Standard sensing object		Opaque: 2 × 0.6 mm min.				
Differential travel		0.025 mm				
Light source (peak wave length)		GaAs infrared LED (940 nm)				
Receiver		Si phototransistor with a sensing wavelength of 850 nm max.				
Operation indicator (see note 1)		Operation indicator (red) lit with incident (Models with a suffix of "A" or "R" have Dark-ON indicators.)				
Power supply voltage		5 to 24 VDC ±10%, ripple (p-p): 10% max.				
Current consumption		35 mA max. (NPN), 30 mA max. (PNP)				
Control output		NPN open collector output model's: At 5 to 24 VDC: 100-mA load current (I_C) with a residual voltage of 0.8 V max. 40-mA load current (I_C) with a residual voltage of 0.4 V max. PNP open collector output model's: At 5 to 24 VDC: 50-mA load current (I_C) with a residual voltage of 1.3 V max.				
Response frequency (see note 2)		1 kHz max. (3 kHz average)				

Note: 1. The indicator is GaP red LED (peak emission wavelength: 690 nm).

2. The response frequency was measured by detecting the following rotating disks.

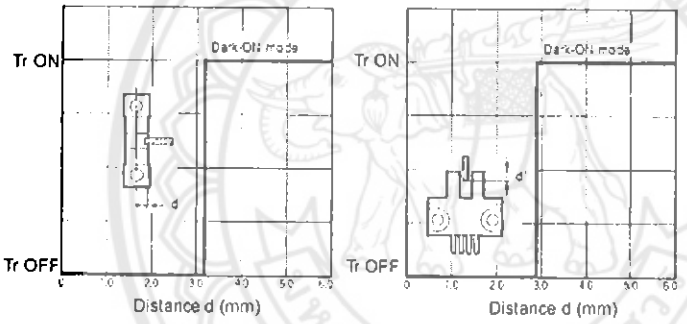


■ Characteristics

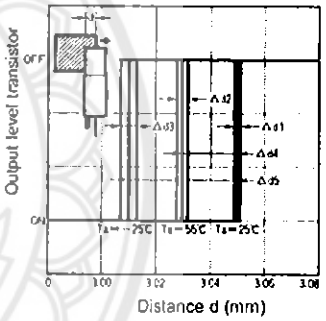
Item	Output	Standard	L-shaped	T-shaped	Close-mounting	
	NPN	EE-SX670 EE-SX670A EE-SX470	EE-SX671 EE-SX671A EE-SX471	EE-SX672 EE-SX672A EE-SX472	EE-SX673 EE-SX673A EE-SX473	EE-SX674 EE-SX674A EE-SX474
	PNP	EE-SX670P EE-SX670R EE-SX470P	EE-SX671P EE-SX671R EE-SX471P	EE-SX672P EE-SX672R EE-SX472P	EE-SX673P EE-SX673R EE-SX473P	EE-SX674P EE-SX674R EE-SX474P
Ambient illumination (on Receiver lens)		Fluorescent light: 1,000 ℓx max.				
Ambient temperature		Operating: −25° to 55°C Storage: −30° to 80°C				
Ambient humidity		Operating: 5% to 85% Storage: 5% to 95%				
Vibration resistance		Destruction: 20 to 2,000 Hz, (with a peak acceleration of 10G), 1.5-mm double amplitude for 2 hrs (with 4-minute cycles) each in X, Y, and Z directions				
Shock resistance		Destruction: 500 m/s² (approx. 50G) for 3 times each in X, Y, and Z directions				
Degree of protection		IEC60529 IP50				
Connection method		Connector type (direct soldering possible)				
Weight		Approx. 3.1 g	Approx. 3.0 g	Approx. 2.4 g	Approx. 2.3 g	Approx. 3.0 g
Material		Case: Polybutylene phthalate (PBT), Cover: Polycarbonate (PC), Emitter/receiver: Polycarbonate (PC)				

Engineering Data

Sensing Position Characteristics (Typical)



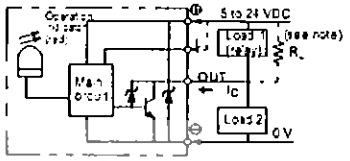
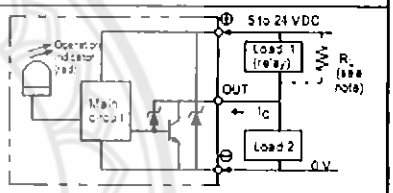
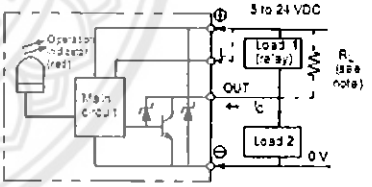
Repeated Sensing Position Characteristics (Typical)

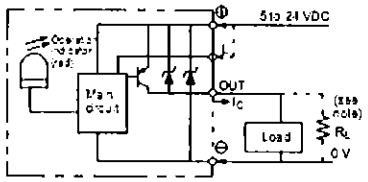
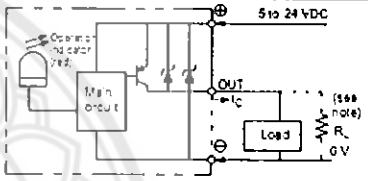
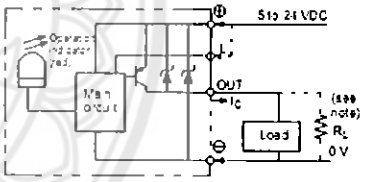


V_{CC} = 12 V
No. of repetitions: 20
Δd1 = 0.002 mm
Δd2 = 0.004 mm
Δd3 = 0.005 mm
Δd4 = 0.02 mm
Δd5 = 0.04 mm

Operation

■ Output Circuit Diagrams

Output configuration	Model	Output translator operation	Timing Charts	Output Circuit
NPN Output	EE-SX670 EE-SX671 EE-SX672 EE-SX673 EE-SX674	Light-ON	(When terminals L and ⊕ are short-circuited) Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load 1 (relay): Operates / Releases Load 2: H / L	 Note: When using on voltage output, always insert a resistor in RL
		Dark-ON	(When terminals L and ⊕ are open) Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load 1 (relay): Operates / Releases Load 2: H / L	
	EE-SX470 EE-SX471 EE-SX472 EE-SX473 EE-SX474	Light-ON	Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load 1 (relay): Operates / Releases Load 2: H / L	 Note: When using on voltage output, always insert a resistor in RL
	EE-SX670A EE-SX671A EE-SX672A EE-SX673A EE-SX674A	Light-ON	(When terminals L and ⊕ are short-circuited) Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load 1 (relay): Operates / Releases Load 2: H / L	 Note: When using on voltage output, always insert a resistor in RL
		Dark-ON	(When terminals L and ⊕ are open) Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load 1 (relay): Operates / Releases Load 2: H / L	

Output configuration	Model	Output transistor operation	Timing Charts	Output Circuit
PNP Output	EE-SX670P EE-SX671P EE-SX672P EE-SX673P EE-SX674P	Light-ON	(When terminals L and ⊕ are short-circuited) Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load (relay): Operates / Releases Voltage output: H / L	 Note: When using on voltage output, always insert a resistor in RL
		Dark-ON	(When terminals L and ⊕ are open) Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load 1 (relay): Operates / Releases Load 2: H / L	
	EE-SX470P EE-SX471P EE-SX472P EE-SX473P EE-SX474P	Light-ON	Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load (relay): Operates / Releases Voltage output: H / L	 Note: When using on voltage output, always insert a resistor in RL
	EE-SX670R EE-SX671R EE-SX672R EE-SX673R EE-SX674R	Light-ON	(When terminals L and ⊕ are short-circuited) Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load (relay): Operates / Releases Voltage output: H / L	 Note: When using on voltage output, always insert a resistor in RL
		Dark-ON	(When terminals L and ⊕ are open) Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load (relay): Operates / Releases Voltage output: H / L	

ภาคผนวก ค

รายละเอียดของวงจรรวมเบอร์ CD4051-3B

TEXAS INSTRUMENTS

CD4051B, CD4052B, CD4053B

Data sheet acquired from Harris Semiconductor
SCHS047G

August 1998 - Revised October 2003

Features

- Wide Range of Digital and Analog Signal Levels
  - Digital . . . . . 3V to 20V
  - Analog . . . . . ≤20V_{p-p}
- Low ON Resistance, 125Ω (Typ) Over 15V_{p-p} Signal Input Range for V_{DD}-V_{EE} = 18V
- High OFF Resistance, Channel Leakage of ±100pA (Typ) at V_{DD}-V_{EE} = 18V
- Logic-Level Conversion for Digital Addressing Signals of 3V to 20V (V_{DD}-V_{SS} = 3V to 20V) to Switch Analog Signals to 20V_{p-p} (V_{DD}-V_{EE} = 20V)
- Matched Switch Characteristics, r_{ON} = 5Ω (Typ) for V_{DD}-V_{EE} = 15V
- Very Low Quiescent Power Dissipation Under All Digital-Control Input and Supply Conditions, 0.2μW (Typ) at V_{DD}-V_{SS} = V_{DD}-V_{EE} = 10V
- Binary Address Decoding on Chip
- 5V, 10V, and 15V Parametric Ratings
- 100% Tested for Quiescent Current at 20V
- Maximum Input Current of 1μA at 18V Over Full Package Temperature Range, 100nA at 18V and 25°C
- Break-Before-Make Switching Eliminates Channel Overlap

Applications

- Analog and Digital Multiplexing and Demultiplexing
- A/D and D/A Conversion
- Signal Gating

CMOS Analog Multiplexers/Demultiplexers with Logic Level Conversion

The CD4051B, CD4052B, and CD4053B analog multiplexers are digitally-controlled analog switches having low ON impedance and very low OFF leakage current. Control of analog signals up to 20V_{p-p} can be achieved by digital signal amplitudes of 4.5V to 20V (if V_{DD}-V_{SS} = 3V, a V_{DD}-V_{EE} of up to 13V can be controlled; for V_{DD}-V_{EE} level differences above 13V, a V_{DD}-V_{SS} of at least 4.5V is required). For example, if V_{DD} = +4.5V, V_{SS} = 0V, and V_{EE} = -13.5V, analog signals from -13.5V to +4.5V can be controlled by digital inputs of 0V to 5V. These multiplexer circuits dissipate extremely low quiescent power over the full V_{DD}-V_{SS} and V_{DD}-V_{EE} supply-voltage ranges, independent of the logic state of the control signals. When a logic "1" is present at the inhibit input terminal, all channels are off.

The CD4051B is a single 8-Channel multiplexer having three binary control inputs, A, B, and C, and an inhibit input. The three binary signals select 1 of 8 channels to be turned on, and connect one of the 8 inputs to the output.

The CD4052B is a differential 4-Channel multiplexer having two binary control inputs, A and B, and an inhibit input. The two binary input signals select 1 of 4 pairs of channels to be turned on and connect the analog inputs to the outputs.

The CD4053B is a triple 2-Channel multiplexer having three separate digital control inputs, A, B, and C, and an inhibit input. Each control input selects one of a pair of channels which are connected in a single-pole, double-throw configuration.

When these devices are used as demultiplexers, the "CHANNEL IN/OUT" terminals are the outputs and the "COMMON OUT/IN" terminals are the inputs.

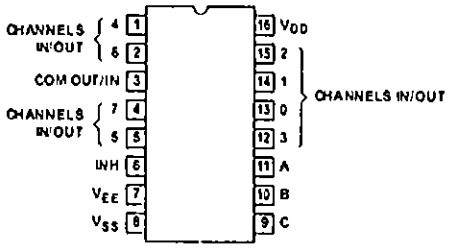
Ordering Information

PART NUMBER	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE
CD4051BF3A, CD4052BF3A, CD4053BF3A	-55 to 125	16 Ld CERAMIC DIP
CD4051BE, CD4052BE, CD4053BE	-55 to 125	16 Ld PDIP
CD4051BM, CD4051BMT, CD4051BM96 CD4052BM, CD4052BMT, CD4052BM96 CD4053BM, CD4053BMT, CD4053BM96	-55 to 125	16 Ld SOIC
CD4051BNSR, CD4052BNSR, CD4053BNSR	-55 to 125	16 Ld SOP
CD4051BPW, CD4051BPWR, CD4052BPW, CD4052BPWR CD4053BPW, CD4053BPWR	-55 to 125	16 Ld TSSOP

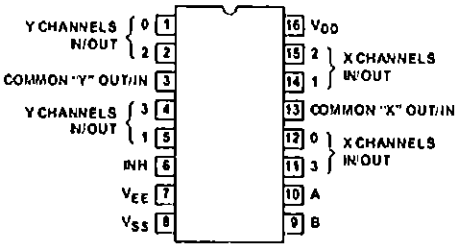
NOTE: When ordering, use the entire part number. The suffixes 96 and R denote tape and reel. The suffix T denotes a small-quantity reel of 250.

Pinouts

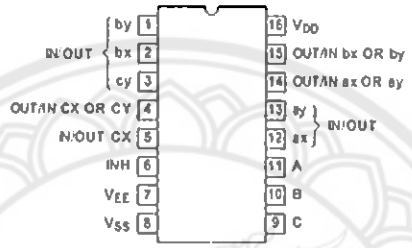
CD4051B (PDIP, CDIP, SOIC, SOP, TSSOP)
TOP VIEW



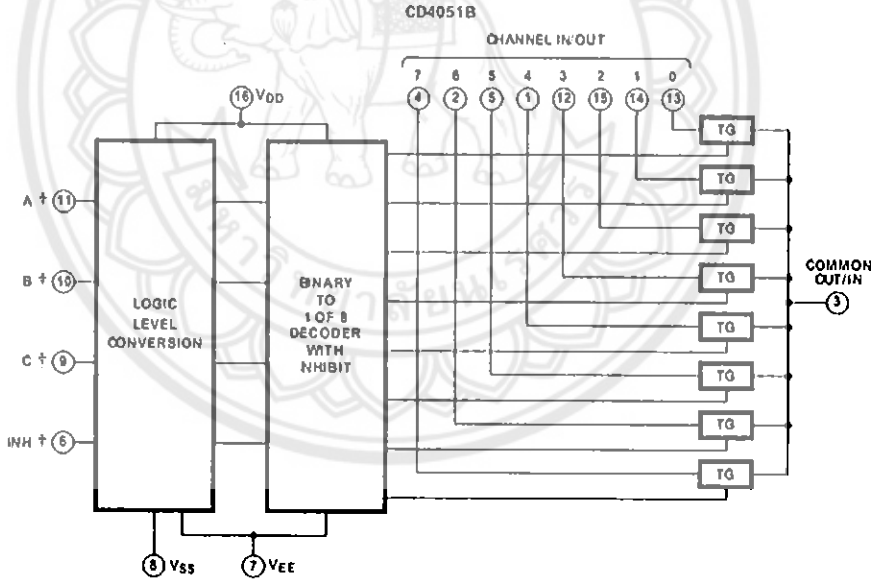
CD4052B (PDIP, CDIP, SOP, TSSOP)
TOP VIEW



CD4053B (PDIP, CDIP, SOP, TSSOP)
TOP VIEW



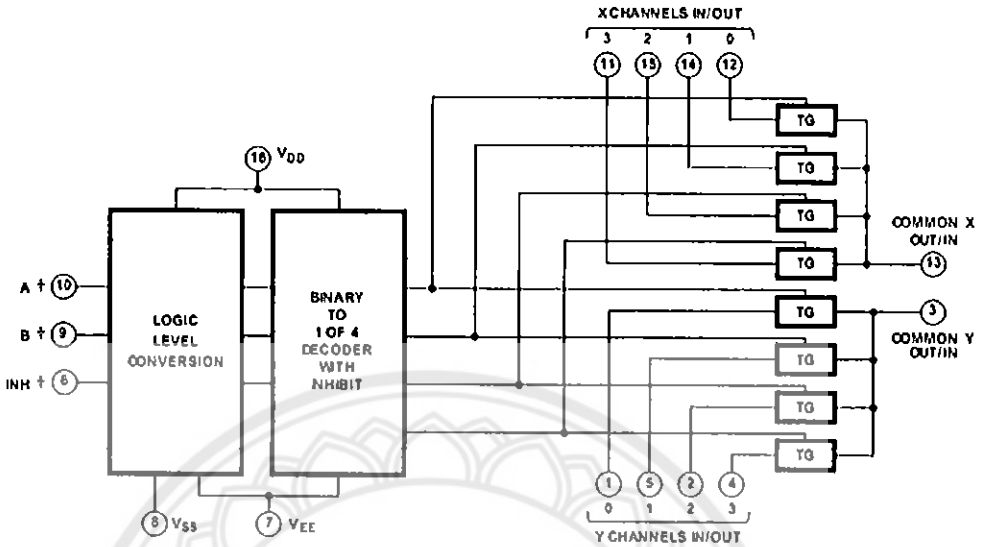
Functional Block Diagrams



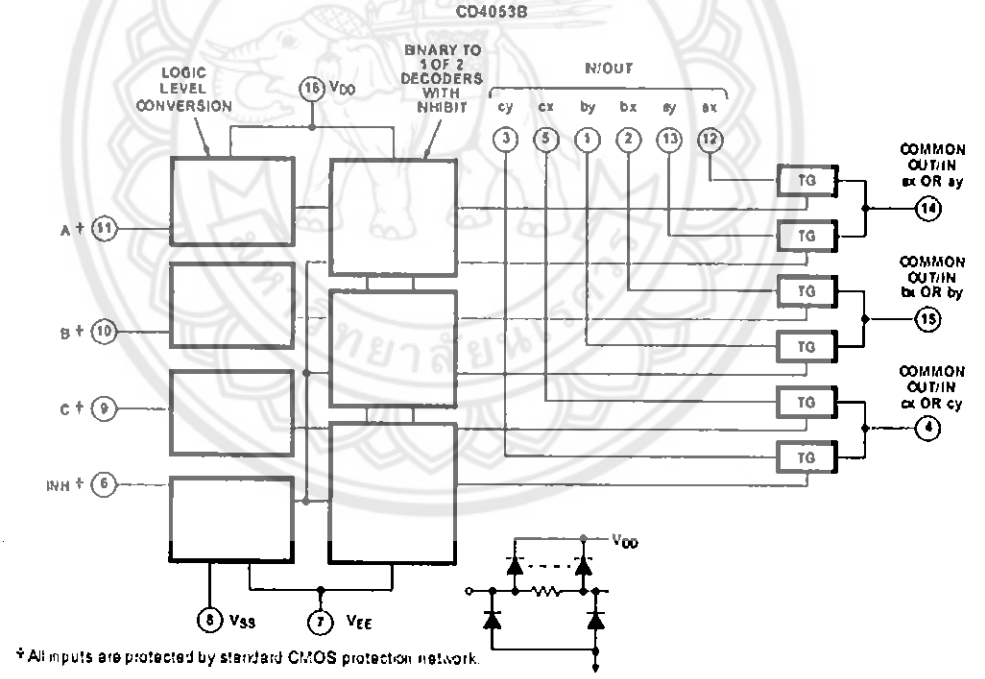
† All inputs are protected by standard CMOS protection network.

Functional Block Diagrams (Continued)

CD4052B



CD4053B



† All inputs are protected by standard CMOS protection network.

TRUTH TABLES

INPUT STATES				
INHIBIT	C	B	A	"ON" CHANNEL(S)
CD4051B				
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	X	X	X	None
CD4052B				
INHIBIT	B		A	
0	0		0	0x, 0y
0	0		1	1x, 1y
0	1		0	2x, 2y
0	1		1	3x, 3y
1	X		X	None
CD4053B				
INHIBIT	A OR B OR C			
0	0			ax or bx or cx
0	1			ay or by or cy
1	X			None

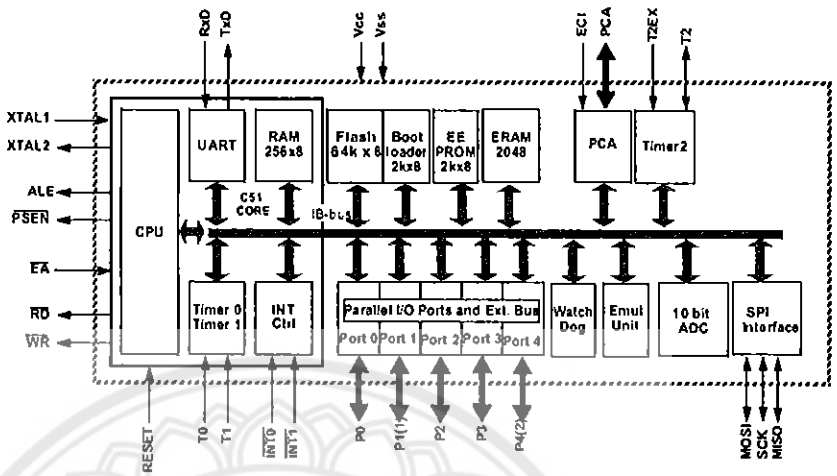
X = Don't Care

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ง

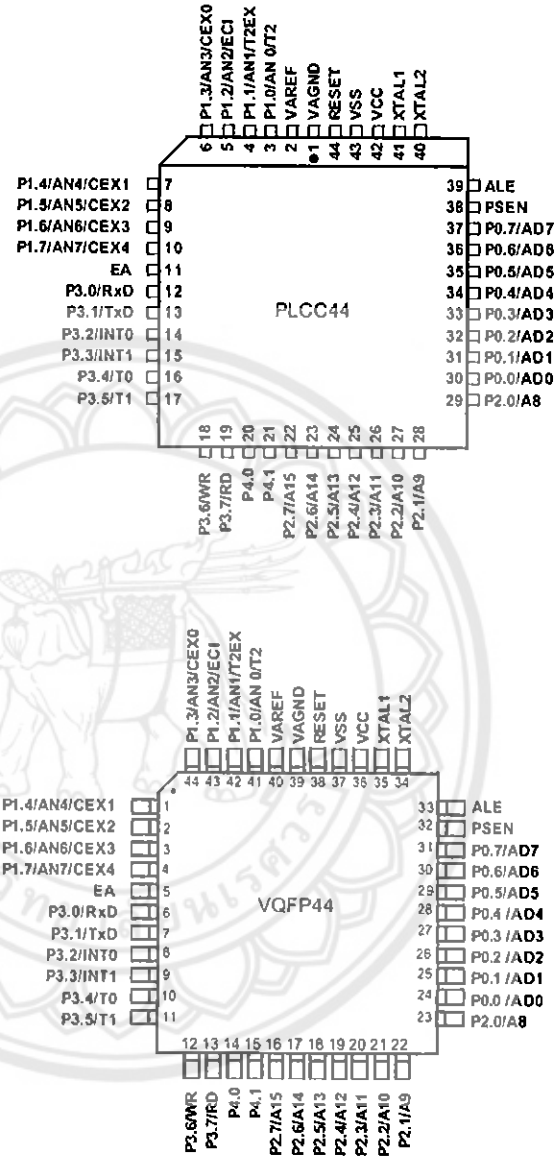
รายละเอียดของไมโครโปรเซสเซอร์ รุ่น AT89C51AC3

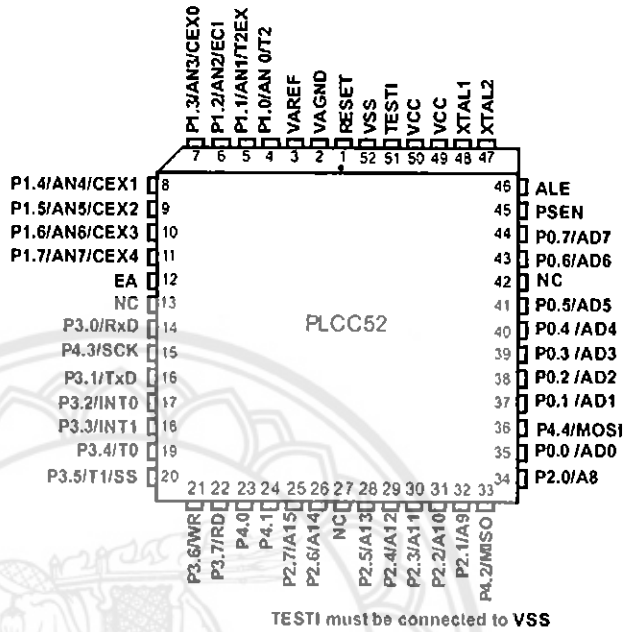
Block Diagram



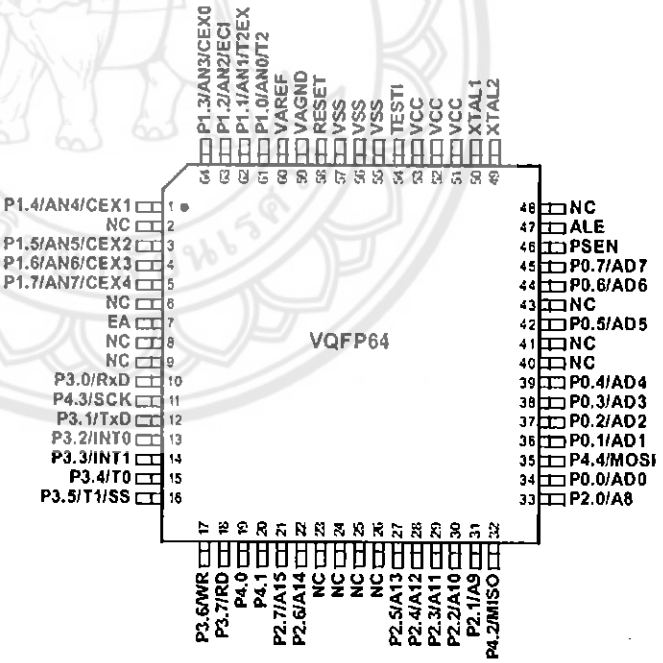
Notes: 1. 8 analog Inputs/8 Digital I/O
2. 5-Bit I/O Port

Pin Configuration





TESTI must be connected to VSS



TESTI must be connected to VSS

Pin Name	Type	Description
VSS	GND	**Circuit ground**
TESTI	I	**Must be connected to VSS**
VCC		**Supply Voltage**
VAREF		Reference Voltage for ADC
VAGND		Reference Ground for ADC
P0.0:7	I/O	**Port 0:** Is an 8-bit open drain bi-directional I/O port. Port 0 pins that have 1's written to them float, and in this state can be used as high-impedance inputs. Port 0 is also the multiplexed low-order address and data bus during accesses to external Program and Data Memory. In this application it uses strong internal pull-ups when emitting 1's. Port 0 also outputs the code Bytes during program validation. External pull-ups are required during program verification.
P1.0:7	I/O	**Port 1:** Is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. Port 1 pins can be used for digital input/output or as analog inputs for the Analog Digital Converter (ADC). Port 1 pins that have 1's written to them are pulled high by the internal pull-up transistors and can be used as inputs in this state. As inputs, Port 1 pins that are being pulled low externally will be the source of current (I_{IL}, see section "Electrical Characteristic") because of the internal pull-ups. Port 1 pins are assigned to be used as analog inputs via the ADCCF register (in this case the internal pull-ups are disconnected). As a secondary digital function, port 1 contains the Timer 2 external trigger and clock input; the PCA external clock input and the PCA module I/O. P1.0/AN0/T2 Analog input channel 0, External clock input for Timer/counter2. P1.1/AN1/T2EX Analog input channel 1, Trigger input for Timer/counter2. P1.2/AN2/ECI Analog input channel 2, PCA external clock input. P1.3/AN3/CEX0 Analog input channel 3, PCA module 0 Entry of input/PWM output. P1.4/AN4/CEX1 Analog input channel 4, PCA module 1 Entry of input/PWM output. P1.5/AN5/CEX2 Analog input channel 5, PCA module 2 Entry of input/PWM output. P1.6/AN6/CEX3 Analog input channel 6, PCA module 3 Entry of input/PWM output. P1.7/AN7/CEX4 Analog input channel 7, PCA module 4 Entry of input/PWM output. Port 1 receives the low-order address byte during EPROM programming and program verification. It can drive CMOS inputs without external pull-ups.
P2.0.7	I/O	**Port 2:** Is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. Port 2 pins that have 1's written to them are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs in this state. As inputs, Port 2 pins that are being pulled low externally will be a source of current (I_{IL}, see section "Electrical Characteristic") because of the internal pull-ups. Port 2 emits the high-order address byte during accesses to the external Program Memory and during accesses to external Data Memory that uses 16-bit addresses (MOVX @DPTR). In this application, it uses strong internal pull-ups when emitting 1's. During accesses to external Data Memory that use 8 bit addresses (MOVX @Ri), Port 2 transmits the contents of the P2 special function register. It also receives high-order addresses and control signals during program validation. It can drive CMOS inputs without external pull-ups.

Pin Name	Type	Description
P3.0:7	I/O	**Port 3:** Is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. Port 3 pins that have 1's written to them are pulled high by the internal pull-up transistors and can be used as inputs in this state. As inputs, Port 3 pins that are being pulled low externally will be a source of current (I_{IL}, see section "Electrical Characteristic") because of the internal pull-ups. The output latch corresponding to a secondary function must be programmed to one for that function to operate (except for TxD and $\overline{WR}$). The secondary functions are assigned to the pins of port 3 as follows: P3.0/RxD: Receiver data input (asynchronous) or data input/output (synchronous) of the serial interface P3.1/TxD: Transmitter data output (asynchronous) or clock output (synchronous) of the serial interface P3.2/$\overline{INT0}$: External interrupt 0 input/timer 0 gate control input P3.3/$\overline{INT1}$: External interrupt 1 input/timer 1 gate control input P3.4/T0: Timer 0 counter input P3.5/T1/$\overline{SS}$: Timer 1 counter input SPI Slave Select P3.6/$\overline{WR}$: External Data Memory write strobe; latches the data byte from port 0 into the external data memory P3.7/$\overline{RD}$: External Data Memory read strobe; Enables the external data memory. It can drive CMOS inputs without external pull-ups.
P4.0:4	I/O	**Port 4:** Is an 2-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. Port 4 pins that have 1's written to them are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs in this state. As inputs, Port 4 pins that are being pulled low externally will be a source of current (IIL, on the datasheet) because of the internal pull-up transistor. The secondary functions are assigned to the 5 pins of port 4 as follows: P4.0: Regular Port I/O P4.1: Regular Port I/O P4.2/MISO: Master Input Slave Output of SPI controller P4.3/SCK: Serial Clock of SPI controller P4.4/MOSI: Master Ouput Slave Input of SPI controller It can drive CMOS inputs without external pull-ups.

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายจริภัทร จันทร์ทอง
ภูมิลำเนา 128 หมู่ 5 ต.ศรีภิรมย์ อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก 65180
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนมัธยมสาธิต มหาวิทยาลัยนเรศวร
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **jiraphat_ae_ft@hotmail.com**

ชื่อ นายณัฐพล ดีเกตุ
ภูมิลำเนา 63/1 หมู่ 9 ต.มะต้อง อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก 65180
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพรหมพิรามวิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **nuttapond53@email.nu.ac.th**

ชื่อ นายปริญญา เขตสนาน
ภูมิลำเนา 60 หมู่ที่ 6 ต.โพนงาม อ.กมลาไสย จ. กาฬสินธุ์ 46130
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนกมลาไสย
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **parin_parinya@hotmail.com**