

อกิันนทนาการ



สำนักหอสมุด



หุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติ

DRAWING ROBOT ARM



นายจรรยาวิทย์ วันดี รหัส 53362501

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
วันลงทะเบียน..... 12 ต.ค. 2560.....
เลขทะเบียน..... 17197032.....
เลขเรียกหนังสือ.....

ป/ร
๗181๕
๔๕๗๗

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาลัทธิฐานปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
 ปีการศึกษา 2557




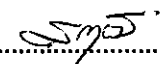
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงการ แขนกลวดรูปอัด โนมัติ
ผู้ดำเนินโครงการ นายจรูญวิทย์ วันดี รหัส 53362501
ที่ปรึกษาโครงการ คร.มุกิตา สงฆ์จันทร์
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2557

.....
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า


.....ที่ปรึกษาโครงการ
(คร.มุกิตา สงฆ์จันทร์)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)


.....กรรมการ
(ดร.สราวุฒิ วัฒนวงศ์พิทักษ์)

ชื่อหัวข้อโครงการ หุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติ
ผู้ดำเนินโครงการ นายจตุรวิทย์ วันดี รหัส 53362501
ที่ปรึกษาโครงการ ดร.มูศิตา สงฆ์จันทร์
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2557

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เกี่ยวกับการสร้างหุ่นยนต์แขนกลแบบคาร์ทีเซียนที่มี 3 แกน ควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สามารถวาดรูปเรขาคณิตได้ หุ่นยนต์แขนกลนี้สามารถเคลื่อนที่ได้โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงผ่านการควบคุมตำแหน่งของแต่ละแกน เพื่อให้แนวการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้ กระบวนการทำงานของระบบหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัตินี้จะมีการเขียนโปรแกรมให้หุ่นยนต์แขนกลวาดรูปเรขาคณิตตามรูปและขนาดที่เราต้องการ จากการทดลองการทำงานของระบบนี้แสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์แขนกลสามารถวาดรูปสี่เหลี่ยม, สามเหลี่ยมและวงกลม ตามขนาดที่กำหนดได้ตรงตามเป้าหมาย

Project title Drawing Robot Arm
Name Mr. Jaroonwit Wandee ID. 53362501
Project advisor Miss Mutita Songjun, Ph.D.
Major Electrical Engineering
Department Electrical and Computer Engineering
Academic year 2014

Abstract

This project is about creating a cartesian robot with 3 axis controlled by a micro-controller for drawing geometric patterns. The robot arms can move by using the direct electric current motor through the provision of control of each axis to move the robot to the desired location. The procedure of this robot system is writing a program for the robot arms to be able to draw geometry and size. The experiments indicate that the robot arms can draw rectangles, triangles and circles according to the commands.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาคือ ดร.มูทิตา สงฆ์จันทร์ เป็นอย่างสูงสำหรับคำแนะนำและการให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการ รวมถึงกำลังใจที่มีให้ตลอดการทำงานจึงทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ตามเป้าประสงค์ และขอขอบพระคุณอาจารย์เสนาฐา ตั้งคำวานิชที่ช่วยสละเวลาในการให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำโครงการ และขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย ที่ให้เกียรติสละเวลามาเป็นกรรมการและช่วยตรวจสอบรูปเล่มปริญญาบัตร คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณทั้งสามท่านเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่เป็นสถานที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และให้ยืมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงการ ทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

และสุดท้ายต้องขอขอบพระคุณคุณแม่และคนในครอบครัวทุกคนที่คอยให้กำลังใจ คอยผลักดันให้ก้าวเดินอย่างมั่นคงเสมอมา จนทุกอย่างสำเร็จลุล่วงมาได้จนถึงวันนี้ ต้องขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงด้วยใจ

นายจรูญวิทย์ วันดี

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท..... ก	ก
บทคัดย่อภาษาไทย..... ข	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ค	ค
กิตติกรรมประกาศ..... ง	ง
สารบัญ..... จ	จ
สารบัญตาราง..... ช	ช
สารบัญรูป..... ฉ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ..... 1	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ..... 1	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ..... 2	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ..... 2	2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน..... 2	2
1.5 แผนปฏิบัติงานตลอดโครงการ..... 3	3
1.6 งบประมาณที่ใช้..... 3	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง..... 4	4
2.1 โครงสร้างทางกายภาพของหุ่นยนต์แขนกล..... 4	4
2.2 รูปแบบและลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล..... 7	7
2.2.1 การแบ่งประเภทของหุ่นยนต์แขนกล..... 7	7
2.2.2 หลักการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล..... 10	10
2.3 ระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์..... 16	16
2.3.1 คุณสมบัติของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์..... 16	16
2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและการควบคุม..... 17	17
2.4.1 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง..... 17	17
2.4.2 การควบคุมทิศทางเคลื่อนที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง..... 18	18
2.4.3 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง..... 19	19
2.4.4 การควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง..... 22	22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างหุ่นยนต์แขนกลควบคุมอัตโนมัติ.....	25
3.1 ขั้นตอนในการทำงานของแขนกลควบคุมอัตโนมัติ	25
3.2 การออกแบบและการสร้างแขนกลควบคุมอัตโนมัติ	27
3.3 วงจรที่ใช้ในหุ่นยนต์แขนกลควบคุมอัตโนมัติ.....	29
3.3.1 วงจรส่วนจ่ายไฟ	29
3.3.2 วงจรส่วนขับเคลื่อนมอเตอร์	29
3.3.3 วงจรรีเฟรช.....	30
3.4 โปรแกรมที่ใช้ในหุ่นยนต์แขนกลควบคุมอัตโนมัติ	31
3.4.1 ตัวอย่าง โปรแกรมควบคุมสี่เหลี่ยมจัตุรัส	32
3.4.2 ตัวอย่าง โปรแกรมควบคุมสามเหลี่ยมมุมฉาก	34
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์.....	37
4.1 การทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์.....	37
4.2 การทดลองความแม่นยำในการลากเส้นตรงจากจุดหนึ่ง ไปยังอีกจุดหนึ่ง.....	40
4.3 การทดลองความแม่นยำในการลากเส้นเฉียงจากจุดหนึ่ง ไปยังอีกจุดหนึ่ง	42
4.4 การทดลองความแม่นยำในการลากเส้นจากจุดหนึ่ง ไปยังอีกจุดหนึ่งจนกลายเป็น รูปเรขาคณิต	45
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	61
5.1 สรุปผลการทดลองการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลควบคุมอัตโนมัติ.....	61
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	62
5.2.1 ปัญหาที่พบจากการทำโครงการ	62
5.2.2 ข้อเสนอแนะ.....	63
5.2.3 การพัฒนาต่อ	63
เอกสารอ้างอิง.....	65
ภาคผนวก ก รายละเอียดของวงจรรวมเบอร์ L298.....	66
ภาคผนวก ข รายละเอียดของวงจรรวมเบอร์ 74LS245.....	73

ภาคผนวก ค รายละเอียดของไมโครโปรเซสเซอร์ รุ่น AT89C51AC377
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ.....83



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนปฏิบัติงาน	3
2.1 หลักการทำงานของข้อต่อแบบหมุนและแบบเลื่อน	7
2.2 ลอจิกควบคุมทิศทางมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	18
4.1 ผลการทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์แกน Z	38
4.2 ผลการทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์แกน Y	39
4.3 ผลการทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์แกน X	40
4.4 ผลการทดลองการลากเส้นตรงและความคลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์ในแนวแกน Y	41
4.5 ผลการทดลองการลากเส้นตรงและความคลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์ในแนวแกน X	42
4.6 ผลการทดลองการลากเส้นเฉียงขึ้นทางขวาและความคลาดเคลื่อน	43
4.7 ผลการทดลองการลากเส้นเฉียงขึ้นทางซ้ายและความคลาดเคลื่อน	44
4.8 ผลการทดลองการลากเส้นเฉียงลงทางขวาและความคลาดเคลื่อน	44
4.9 ผลการทดลองการลากเส้นเฉียงลงทางซ้ายและความคลาดเคลื่อน	45
4.10 ผลการทดลองการวาดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและความคลาดเคลื่อน	47
4.11 ผลการทดลองการวาดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและความคลาดเคลื่อน	49
4.12 ผลการทดลองการวาดรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนและความคลาดเคลื่อน	51
4.13 ผลการทดลองการวาดรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าและความคลาดเคลื่อน	53
4.14 ผลการทดลองการวาดรูปสามเหลี่ยมมุมฉากและความคลาดเคลื่อน	55
4.15 ผลการทดลองการวาดรูปแปดเหลี่ยมขนาดด้านละ 2 เซนติเมตรและความคลาดเคลื่อน	57
4.16 ผลการทดลองการวาดรูปแปดเหลี่ยมขนาดด้านละ 5 เซนติเมตรและความคลาดเคลื่อน	58
4.17 ผลการทดลองการวาดรูปวงกลมและความคลาดเคลื่อน	60

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) ที่ปลาย แขนตำแหน่งและทิศทางเดียวกัน.....	6
2.5 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน และการประยุกต์ใช้งานของหุ่นยนต์ประเภทนี้.....	8
2.6 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบทรงกระบอก (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบทรง กระบอก	8
2.7 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบทรงกลม (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบทรงกลม	9
2.8 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์สกร่า (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์สกร่า.....	9
2.9 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบแขนข้อต่อ (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แขนข้อต่อ.....	10
2.10 โครงสร้างพื้นฐานของระบบควบคุม	12
2.11 แผนผังของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ.....	13
2.12 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้ในการหมุนมอเตอร์ไปยังตำแหน่งที่ผู้ควบคุมกำหนด.....	14
2.13 (ก) สัญญาณอินพุต $r(t)$ (ข) เปลี่ยนค่าจากศูนย์ไปเป็น R ในทันทีทันใด (ค) ค่าสัญญาณ เอาต์พุต	14
2.14 แผนผังของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ.....	15
2.15 วงจรเอชบริดจ์ (H-Bridge).....	19
2.16 วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานอนุกรม.....	20
2.17 กราฟแสดงคุณสมบัติของวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้ ตัวต้านทานอนุกรม	20
2.18 กราฟแสดงคุณสมบัติของวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงด้วยวิธี เปลี่ยนค่าแรงดัน.....	20
2.19 สัญญาณการมอดูเลชันความกว้างของสัญญาณพัลส์ซึ่งแสดงค่าควิต์ไซเคิลที่ต่างกัน	22
2.20 ตัวเข้ารหัสแบบหมุน (Rotary Encoder).....	22
2.21 การสร้างสัญญาณพัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุน	23
2.22 พัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุนแบบสองเฟส	23

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.23 การตรวจเช็คสัญญาณพัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุน.....	24
2.24 ลักษณะสัญญาณพัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุนทั้งสองเฟส	24
3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของแขนกลวาดรูปอัตโนมัติ.....	25
3.2 ลักษณะตำแหน่งเริ่มต้นการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติ.....	26
3.3 รูปแบบและขนาดของส่วนฐานของแขนกลวาดรูปอัตโนมัติ.....	27
3.4 รูปแบบและขนาดส่วนแกน Y และแกน Z ของแขนกลวาดรูปอัตโนมัติ	28
3.5 วงจรภาคจ่ายไฟ	29
3.6 วงจรขับมอเตอร์โดยวงจรรวมเบอร์ L298.....	29
3.7 วงจรภายในของวงจรรวมเบอร์ 74LS245	30
3.8 ตัวแปรในการเขียนโปรแกรมของแต่ละแกน	31
3.9 แสดงทิศทางการวาดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส.....	34
3.10 แสดงทิศทางการวาดรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก	36
4.1 ลักษณะการเลื่อนของแนวการเคลื่อนที่ของแกน Z	38
4.2 การทดลองการลากเส้นตรง.....	41
4.3 การทดลองการลากเส้นเฉียง	43
4.4 การทดลองวาดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5x5 เซนติเมตร	46
4.5 การทดลองวาดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10x10 เซนติเมตร	46
4.6 การทดลองวาดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 8 เซนติเมตร	48
4.7 การทดลองวาดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร	48
4.8 การทดลองวาดรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนขนาดด้านละ 5 เซนติเมตร	50
4.9 การทดลองวาดรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนขนาดด้านละ 10 เซนติเมตร	50
4.10 การทดลองวาดรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าขนาดด้านละ 5 เซนติเมตร	52
4.11 การทดลองวาดรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าขนาดด้านละ 10 เซนติเมตร	52
4.12 การทดลองวาดรูปสามเหลี่ยมมุมฉากขนาดด้านประกอบมุมฉาก 5 เซนติเมตร	54
4.13 การทดลองวาดรูปสามเหลี่ยมมุมฉากขนาดด้านประกอบมุมฉาก 10 เซนติเมตร	54
4.14 การทดลองวาดรูปแปดเหลี่ยมขนาดด้านละ 2 เซนติเมตร	56
4.15 การทดลองวาดรูปแปดเหลี่ยมขนาดด้านละ 5 เซนติเมตร	56
4.16 การทดลองวาดรูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร	59

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

หุ่นยนต์ (robot) คือ เครื่องจักรกลหรือหุ่นที่มีเครื่องกลไกอยู่ภายใน สามารถทำงานได้หลายอย่างร่วมกับมนุษย์ หรือทำงานแทนมนุษย์ ซึ่งในปัจจุบันมีการนำหุ่นยนต์มาใช้งานในด้านต่างๆ เช่น ด้านอุตสาหกรรม ด้านการแพทย์ หรือแม้กระทั่งการคิดค้นทำหุ่นยนต์เพื่อการสำรวจ หุ่นยนต์จึงมีความสำคัญมากขึ้นในการใช้ชีวิตประจำวัน ซึ่งบทบาทของหุ่นยนต์นั้นสามารถทำในสิ่งที่มนุษย์เราไม่สามารถทำได้ หรือทำได้แต่มีความเสี่ยงทั้งในด้านความปลอดภัย และขีดความสามารถที่ก้าวข้ามในสิ่งที่เกินกว่ามนุษย์จะสามารถทำได้ เช่น การใช้หุ่นยนต์เข้ามามีส่วนร่วมในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ที่ต้องใช้ความละเอียดแม่นยำสูงเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีความผิดพลาดสูญเสียน้อย รวมไปถึงการทำงานในพื้นที่อันตรายทั้งทางธรรมชาติ และสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เป็นต้นว่าการประกอบชิ้นส่วนในพื้นที่ที่ใช้อุณหภูมิสูง การทนต่อสารพิษสารเคมี รวมถึงในการสำรวจพื้นที่ที่อันตรายเช่นการสร้างหุ่นยนต์เพื่อการสำรวจดาวเคราะห์ ดาวฤกษ์ต่างๆ ที่มีข้อจำกัดทั้งในด้านอากาศและอุณหภูมิที่เหมาะสมกับมนุษย์ การใช้หุ่นยนต์เข้าไปทำหน้าที่แทนมนุษย์ในพื้นที่อันตรายเช่นการส่งหุ่นยนต์สำรวจเข้าไปในพื้นที่สงครามเพื่อค้นหาและทำลายระเบิด เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันนี้ก็ได้มีการศึกษาค้นคว้า และนำมาใช้จริงอย่างต่อเนื่อง เพื่อหาข้อบกพร่อง ข้อจำกัด และปัญหาที่เกิดขึ้นไปใช้ในการวิเคราะห์ และดำเนินการแก้ไข ปรับปรุงพัฒนาหุ่นยนต์ให้มีข้อจำกัดและประสิทธิภาพยิ่งขึ้นไป

ดังนั้นจึงได้จัดทำโครงการนี้ โดยได้คิดค้นและทำการออกแบบสร้างหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบเพื่อสามารถวาดรูป ลากเส้นจากตำแหน่งพิกัดหนึ่งไปยังพิกัดหนึ่งให้เกิดเป็นรูปร่างตามที่กำหนด โดยใช้ความแม่นยำสูง เพื่อเป็นต้นแบบต่อการค้นคว้าทดลองจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในแบบต่างๆได้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

ออกแบบและสร้างแผนกควบคุมอัตโนมัติโดยสามารถลากเส้นจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งให้เกิดเป็นรูปร่างจนกลายเป็นรูปเรขาคณิตได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สร้างต้นแบบของแผนกควบคุมอัตโนมัติ
2. เขียน โปรแกรมควบคุมแผนกเคลื่อนไหวในทิศทางที่ต้องการ โดยโปรแกรมภาษาซี
3. แผนกกลจะทำงาน โดยการใช้มอเตอร์กระแสตรงเป็นกำลังในการขับเคลื่อน
4. ให้แผนกทำงานโดยสามารถลากเส้นจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งให้เกิดเป็นรูปร่างจนกลายเป็นรูปวาดตามโปรแกรมที่วางไว้ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ
5. หุ่นยนต์สามารถลากเส้นตรง และเส้นโค้งได้
6. หุ่นยนต์สามารถวาดรูปเป็นรูปทรงเรขาคณิตสามเหลี่ยม, สี่เหลี่ยม และวงกลมได้

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีของระบบควบคุมไม่โครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งาน
2. ศึกษาทฤษฎีของมอเตอร์กระแสตรง วงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง และวงจรอินเตอร์เฟส
3. ศึกษารูปแบบและโครงสร้างทางกลของหุ่นยนต์แผนกควบคุมอัตโนมัติ
4. ออกแบบและสร้างแบบจำลองของหุ่นยนต์แผนกควบคุมอัตโนมัติ และจำลองการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์แผนกควบคุมอัตโนมัติ
5. สร้างต้นแบบหุ่นยนต์แผนกควบคุมอัตโนมัติ
6. เขียน โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์แผนกควบคุมอัตโนมัติ
7. ทดสอบหุ่นยนต์แผนกควบคุมอัตโนมัติ และปรับปรุงและแก้ไขข้อผิดพลาดของการเคลื่อนไหวจากโปรแกรม
8. สรุปผลและจัดรูปเล่มโครงการ

1.5 แผนปฏิบัติงานตลอดโครงการ

โครงการการสร้างหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติมีแผนปฏิบัติงานดังตารางที่ 1.1

การปฏิบัติงาน	เดือน									
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แขนกล	←————→									
2. ศึกษาทฤษฎีของมอเตอร์กระแสตรง และวงจรควบคุมมอเตอร์			←————→							
3. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์			←————→							
4. เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมหุ่นยนต์แขนกล				←————→						
5. ทดสอบหุ่นยนต์ในการลากเส้นวาดรูป						←————→				
6. สรุปผลการทำงาน จัดรูปเล่มโครงการ								←————→		

ตารางที่ 1.1 แผนการปฏิบัติงาน

1.6 งบประมาณที่ใช้

รายละเอียดงบประมาณของโครงการมีดังนี้

1. วัสดุไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	3,000	บาท
2. วัสดุสำหรับทำโครงสร้างหุ่นยนต์	7,000	บาท
3. จัดทำเล่มปริญญานิพนธ์	800	บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น(หนึ่งหมื่นแปดร้อยบาทถ้วน)	<u>10,800</u>	บาท

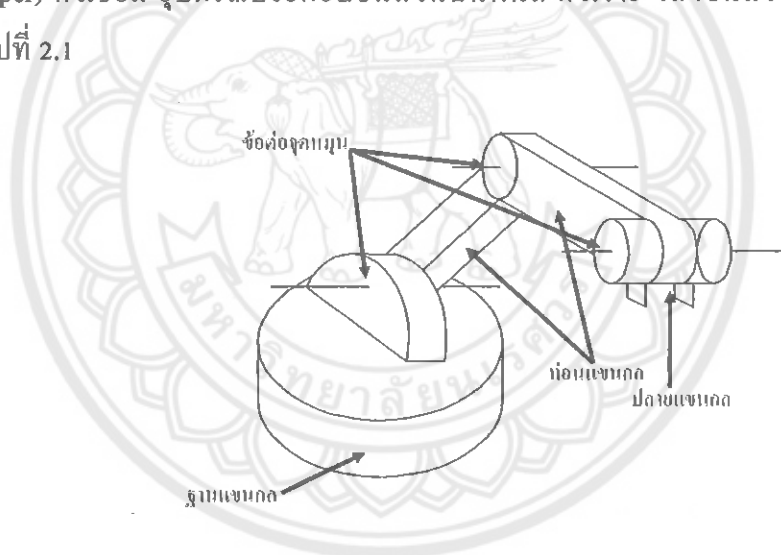
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะรวมหลักการและทฤษฎีขององค์ประกอบต่างๆที่มีความจำเป็นต่อการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบนั้นจะทำงาน โดยมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันได้แก่ ส่วนโครงสร้างหุ่นยนต์ ระบบขับเคลื่อนหุ่นยนต์ และระบบควบคุมหุ่นยนต์

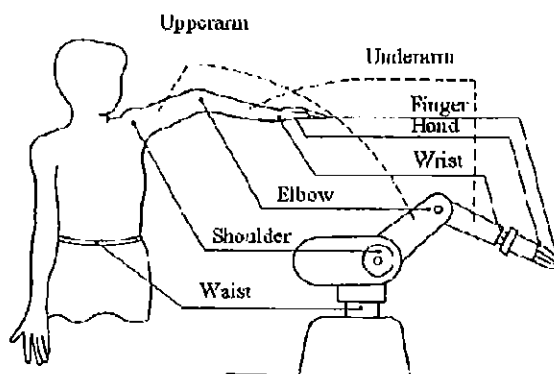
2.1 โครงสร้างทางกายภาพของหุ่นยนต์แขนกล

ลักษณะทางกายภาพของหุ่นยนต์แขนกลเมื่อแบ่งประเภทตามการเคลื่อนที่ หุ่นยนต์แขนกลจัดอยู่ในประเภท หุ่นยนต์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ โดยหุ่นยนต์แขนกลส่วนใหญ่จะมี ส่วนประกอบอันสำคัญ ได้แก่ ฐาน (Base) ของหุ่นยนต์ท่อนชิ้นส่วนที่เป็นแขนกล (Link) ข้อต่อจุดหมุน (Joint) ของชิ้นส่วนที่ต่อกัน และปลายของหุ่นยนต์ที่ใช้ทำงาน (End-effectors) เช่น มือคีบจับ (Gripper) หัวเชื่อม อุปกรณ์ประกอบชิ้นส่วนปืนพ่นสี หัวเจาะ ฯลฯ ชิ้นส่วนหลักของแขนกลแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล

การทำงานของหุ่นยนต์แขนกลเปรียบเทียบกับแขนของมนุษย์โดยทั่วไปจะมีข้อต่อ 6 ข้อต่อ โดยคล้ายกับแขนของมนุษย์ที่เริ่มนับจากหัวไหล่ ข้อศอก และมือ ในหุ่นยนต์จะมีฐานหุ่นคล้ายขาเพื่อรองรับโครงสร้างที่มีการเคลื่อนที่ เราเรียกข้อต่อจุดหมุนว่าเป็นองศาอิสระ (Degrees of Freedom: DOF) หมายถึงมันสามารถที่จะเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระภายใต้ระยะจุดหมุนที่หมุนได้ ถ้าเปรียบเทียบกับแขนมนุษย์ที่สามารถยกแขนให้เคลื่อนที่จากตำแหน่งไปสู่ตำแหน่งหนึ่ง แขนกลก็เหมือนกันแขนกลสามารถทำการเคลื่อนที่ได้จากจุดหนึ่งไปสู่จุดหนึ่งในระยะขอบเขตที่มีการเคลื่อนที่ โดยแสดงการเปรียบเทียบการทำงานของแขนกลกับแขนของมนุษย์ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ภาพแสดงส่วนต่างๆของหุ่นยนต์แขนกลเปรียบเทียบกับมนุษย์

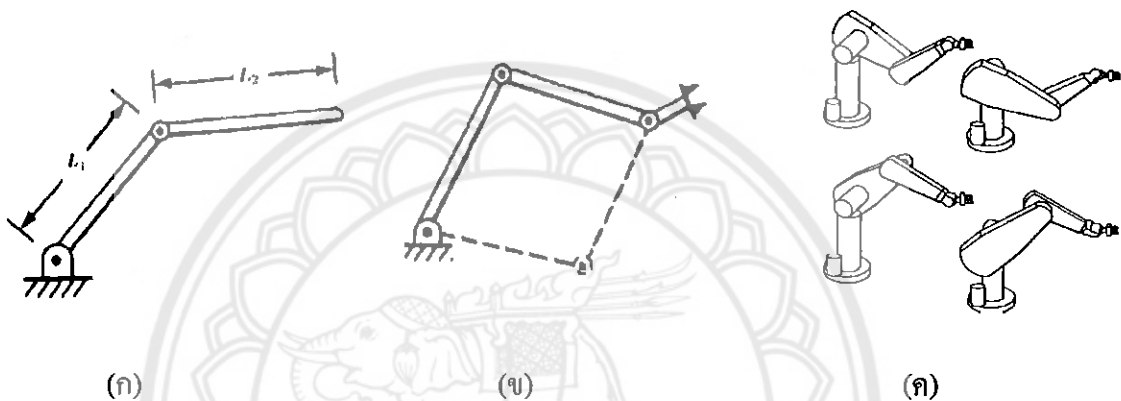
ซึ่งข้อต่อของหุ่นยนต์แขนกลแบ่งได้เป็นหลายแบบ แต่ละแบบก็จะอนุญาตให้เกิดการเคลื่อนที่ของท่อนแขนที่แตกต่างกันไปซึ่งอยู่กับความเหมาะสมในการควบคุมและใช้งาน โดยข้อต่อที่นิยมใช้งานแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 รูปแบบของข้อต่อแบบต่างๆ

ในการสร้างแขนกลโดยทั่วไป ข้อต่อที่นิยมใช้มากที่สุดคือข้อต่อแบบหมุน (Revolute joint) และข้อต่อแบบเลื่อน (Prismatic joint) สำหรับข้อต่อแบบหมุน ท่อนแขนสองท่อนถูกยึดติดกันที่จุดหมุนซึ่งอยู่บนท่อนแขน โดยแต่ละท่อนสามารถหมุนได้รอบจุดหมุนนี้ เราสามารถบอกตำแหน่งของสองท่อนแขนที่สัมพันธ์กันด้วยมุมที่ท่อนแขนหมุนไป ส่วนข้อต่อแบบเลื่อนนั้นท่อนแขนสองท่อนติดอยู่ด้วยกันในลักษณะเดียวกับเสาอากาศวิทยุรถยนต์ที่ยึดติดได้ โดยท่อนแขนแต่ละท่อนสามารถเลื่อนเข้าออกได้ในหนึ่งทิศทาง เราสามารถระบุตำแหน่งที่สัมพันธ์กันของสองท่อนแขนได้จากระยะเลื่อนเข้าออกดังกล่าว จะเห็นได้ว่าข้อต่อแบบหมุนและข้อต่อแบบเลื่อนมีองศาอิสระของ

การเคลื่อนที่เป็นหนึ่ง เราเรียกตัวแปรที่กำหนดการเคลื่อนที่นี้ซึ่งได้แก่มุมหมุนของข้อต่อแบบหมุน และระยะเลื่อนของข้อต่อแบบเลื่อนว่าเป็นพารามิเตอร์ของข้อต่อ การมีองศาอิสระของการเคลื่อนที่เป็นหนึ่งทำให้ง่ายในการออกแบบและวิเคราะห์ข้อต่อทั้งสองแบบจึงถูกใช้มากที่สุดในการสร้างแขนกล โดยแขนกลที่มีองศาอิสระสูงๆก็สามารถสร้างขึ้นได้โดยการประกอบท่อนแขนหลายท่อนด้วยข้อต่อสองแบบนี้ แขนกลทำงานด้วยการเคลื่อนที่ของท่อนแขนที่สัมพันธ์กันเพื่อให้ปลายแขน (end effector) ไปอยู่ในตำแหน่งและทิศทางที่เหมาะสมเพื่อเครื่องมือที่ติดอยู่ที่ปลายแขนจะได้ทำงานที่ต้องการได้โดยสะดวกและมีประสิทธิภาพตัวอย่างในรูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นที่ต้องจัดการให้ปลายแขนอยู่ในตำแหน่งและทิศทางที่เหมาะสม



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

การคำนวณว่าปลายแขนจะอยู่ที่ตำแหน่งและทิศทางใดจึงเป็นเรื่องสำคัญการคำนวณดังกล่าวอาศัยการกำหนดให้ท่อนแขนแต่ละท่อนมีพิกัดส่วนตัวที่เราจะเรียกว่าเฟรมเฟรมประกอบไปด้วยจุดกำเนิดและเวกเตอร์แกน โดยเฟรมที่กล่าวถึงจะอยู่ติดแน่นกับท่อนแขนที่เป็นเจ้าของเสมอ หรืออีกนัยหนึ่งก็คือแต่ละท่อนแขนจะอยู่นิ่งไม่ขยับเขยื้อนเมื่อเทียบกับเฟรมของมันสำหรับท่อนแขนที่เกิดจากการเรียงต่อกันไปเรานิยมเรียกท่อนแขนที่อยู่นิ่งยึดติดกับพื้นว่าฐาน (Base) และเรียกท่อนถัดมาตามชื่อส่วนของแขน ได้แก่ ไหล่ (shoulder) ข้อศอก (elbow) แขนท่อนบน (forearm) และข้อมือ (wrist) เป็นต้นตำแหน่งและทิศทางการวางตัวของท่อนแขนหนึ่งๆเมื่อเทียบกับเฟรมของฐาน จึงขึ้นอยู่กับตำแหน่งและทิศทางของท่อนแขนก่อนๆด้วยเราสามารถคำนวณตำแหน่งและทิศทางของปลายแขนได้ด้วยการใช้การแปลงเอกพันธ์ โดยทำการคูณเมทริกซ์การแปลงแบบซ้ำๆไปจนพิจารณาจากฐานไปจนถึงปลายแขน

2.2 รูปแบบและลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล



2.2.1 การแบ่งประเภทของหุ่นยนต์แขนกล

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

- ข้อต่อแบบหมุน
- ข้อต่อแบบตัวเลื่อน

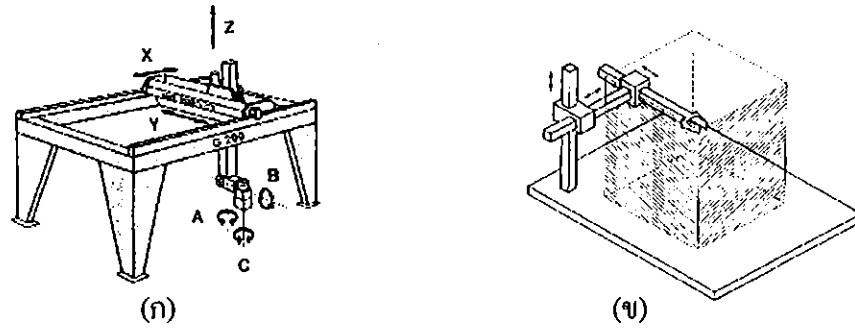
โดยหลักการทำงานของข้อต่อแต่ละแบบแสดงดังตารางที่ 2.1

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

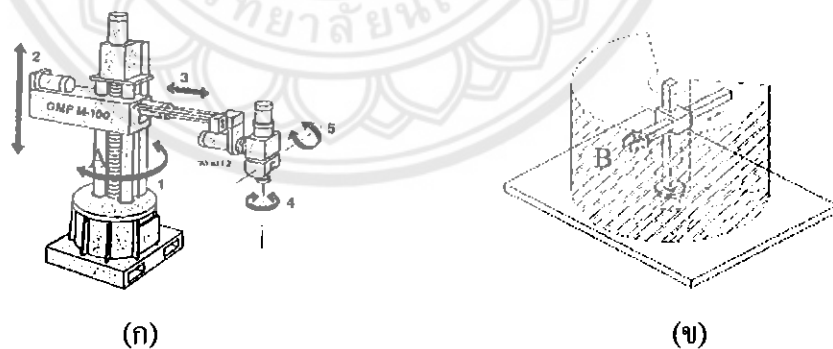


รูปที่ 2.5 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน และการประยุกต์ใช้งานของหุ่นยนต์ประเภทนี้

การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากโครงสร้างของหุ่นยนต์มีความแข็งแรงตลอดแนวการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงเหมาะกับงานเคลื่อนย้ายของหนักๆ หรือเรียกว่าหยิบยกชิ้นงาน (Pick-and-Place) เช่น โหลดชิ้นงานเข้าเครื่องจักร (Machine loading) ใช้เก็บชิ้นงาน (Stacking) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในงานประกอบ (Assembly) ที่ไม่ต้องการเข้าถึงในลักษณะที่มีมุมหมุน เช่น ประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และ ชิ้นส่วนทดสอบ (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

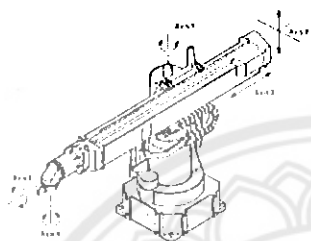


รูปที่ 2.6 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบทรงกระบอก (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบทรงกระบอก

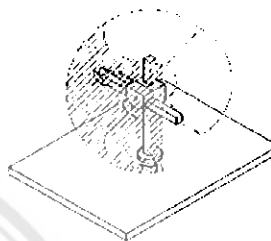
การประยุกต์ใช้งาน

โดยทั่วไปจะใช้ในการหยิบยกชิ้นงาน หรือป้อนชิ้นงานเครื่องจักร เพราะสามารถเคลื่อนที่เข้าบริเวณที่เป็นช่องโหว่เล็กๆ ได้สะดวก

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



(ก)



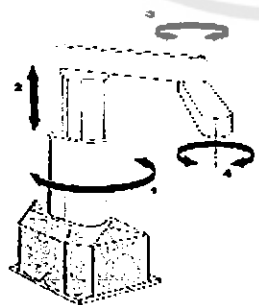
(ข)

รูปที่ 2.7 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบทรงกลม (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบทรงกลม

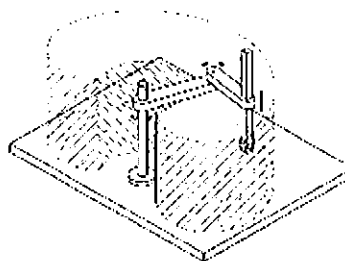
การประยุกต์ใช้งาน

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

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



(ก)



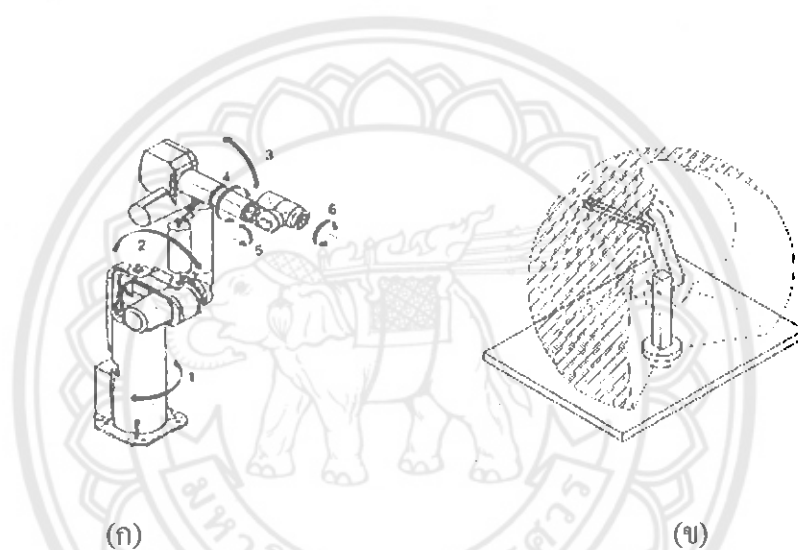
(ข)

รูปที่ 2.8 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์สการ์ว (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์สการ์ว

การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากการเคลื่อนที่ในแนวระนาบและขึ้นลงได้รวดเร็วจึงเหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งต้องการความเร็ว และการเคลื่อนที่ที่ไม่ต้องการการหมุนมากนักแต่จะไม่เหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนทางกล (Mechanical part) ซึ่งส่วนใหญ่การประกอบจะอาศัยการหมุน (rotation) ในลักษณะมุมต่างๆ นอกจากนี้หุ่นยนต์สกร่ายังเหมาะกับงานตรวจสอบ (Inspection) งานบรรจุภัณฑ์ (Packaging)

2.2.1.5 หุ่นยนต์แบบแขนข้อมือ (Articulated Arm (Revolute) Robot) ทุกแกนการเคลื่อนที่จะเป็นแบบหมุนรูปแบบการเคลื่อนที่จะคล้ายกับแขนมนุษย์ ซึ่งจะประกอบด้วยช่วงเอว ท่อนแขนบนท่อนแขนล่าง ข้อมือ รูปแบบและการเคลื่อนที่ทำให้ได้พื้นที่การทำงานดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 (ก) รูปแบบของหุ่นยนต์แบบแขนข้อมือ (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบแขนข้อมือ

การประยุกต์ใช้งาน

หุ่นยนต์ประเภทนี้สามารถใช้งานได้กว้างขวางเพราะสามารถเข้าถึงตำแหน่งต่าง ๆ ได้ดีเช่นงานเชื่อมแบบจุด (Spot Welding) งานเชื่อมแบบเส้น (Path Welding) งานยกของงานตัด งานทากาว งานที่มีการเคลื่อนที่ยาก ๆ เช่น งานพันสี งานอุดกันรั่ว (Sealing) ฯลฯ

2.2.2 หลักการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล

การทำงานของหุ่นยนต์แขนกลประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ระบบทางกลของหุ่นยนต์และระบบควบคุมหุ่นยนต์ระบบทางกลหมายถึงส่วนที่เป็นโครงสร้างและส่วนที่ให้กำลังขับเคลื่อนหุ่นยนต์ส่วนระบบควบคุมประกอบด้วยระบบบังคับการทำงานหุ่นยนต์ ระบบป้อนข้อมูลกลับตลอดจนการสอนหุ่นยนต์ให้ทำงานตามชุดคำสั่ง

2.2.2.1 ระบบทางกลของหุ่นยนต์แขนกลระบบทางกลของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่สำคัญมี 3 ประการ คือ ลักษณะ โครงสร้างของหุ่นยนต์อุปกรณ์ให้กำลังขับเคลื่อนหุ่นยนต์ และมือหุ่นยนต์

1. ลักษณะโครงสร้างของหุ่นยนต์แขนกลเนื่องจากหุ่นยนต์แขนกลได้รับการออกแบบสร้างขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่แทนมนุษย์ ดังนั้นลักษณะการออกแบบจึงมักจะเป็นส่วนบนของลำตัวมนุษย์ ประกอบด้วยหัวไหล่ แขน และมือ โดยปกติแล้วมักออกแบบเป็นแขนเดียวในบางแบบได้ออกแบบให้แขนเคลื่อนที่อยู่บนทางเลื่อนได้ซึ่งอาจจำแนกโครงสร้างของหุ่นยนต์ได้ 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. อุปกรณ์ให้กำลังขับเคลื่อนของหุ่นยนต์แขนกลในการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์และการหมุนข้อต่อ่นั้นจะใช้อุปกรณ์ที่เป็นต้นกำลังเรียกว่า “แอกชูเอเตอร์ (Actuators)” เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ขับเคลื่อนชิ้นส่วนหุ่นยนต์ ซึ่งอุปกรณ์แอกชูเอเตอร์มีหลายประเภท 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 ปัญหาสำคัญอยู่ที่การควบคุมความเร็วและตำแหน่ง

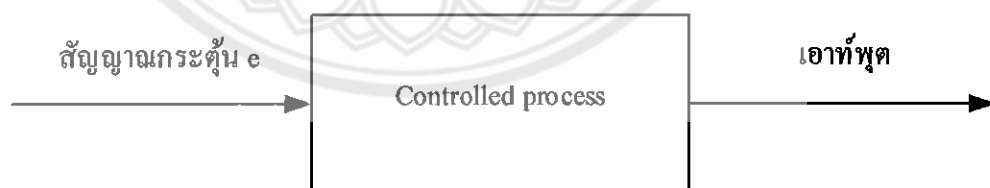
ค. ไฮดรอลิก (Hydraulic) เป็นระบบที่ขับเคลื่อนด้วยแรงอัดของน้ำมัน เป็นอุปกรณ์ที่ราคาแพง ให้กำลังสูง มีอุปกรณ์อยู่หลายแบบที่สามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานได้ เช่น การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง หรือแบบหมุน เป็นต้น ระบบควบคุมมักใช้ไฟฟ้า แต่เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าน้อย และใช้กำลังไฟฟ้าต่ำมากจึงสามารถใช้หุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอลิกกับบริเวณที่มีวัตถุไวไฟได้

3. มือหุ่นยนต์มือหุ่นยนต์จะยึดติดกับส่วนของหุ่นยนต์ที่เป็นข้อมือ (Wrist) ซึ่งสามารถหมุนได้อย่างอิสระ 3 แนวแกน คือแกนบิดในระนาบที่ตั้งฉากกับปลายแขนแกนงอขึ้นลง จะหมุนในระนาบที่ตั้งฉากกับแนวระดับและแกนส่ายจะหมุนในระนาบที่ขนานกับแกนในแนวระดับ อย่างไรก็ตามลักษณะการใช้งานส่วนใหญ่จะทำงานเพียง 2 ทิศทางเท่านั้น เช่น หุ่นยนต์ที่ใช้ในงานเชื่อมในลักษณะที่สมมาตร จะให้ความอิสระของข้อมือเพียง 2 แกนเท่านั้น ซึ่งในกรณีงานที่ค่อนข้างยุ่งยาก อาจใช้ถึง 3 แกน ข้อสำคัญของข้อมือ คือจะต้องสร้างให้มีความมั่นคงและมีน้ำหนักน้อยที่สุด

2.2.2.2 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แขนกล

ระบบควบคุมเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของหุ่นยนต์ ทำหน้าที่เป็นสมองเก็บข้อมูล สั่งหุ่นยนต์ให้ทำงาน ตรวจสอบและควบคุมตำแหน่งการทำงาน ซึ่งในบางเครื่องสามารถตรวจสอบความคิดปกติของอุปกรณ์ภายในได้ หุ่นยนต์จะทำงานได้ด้วยการควบคุมแบบอัตโนมัติโดยมีการกำหนดเป้าหมายและมีการควบคุมอุปกรณ์ให้ทำงานตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ด้วยอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมมี 2 แบบ คือ

1. การควบคุมแบบวงจรมิด (Close Loop) ในปัจจุบันนี้ระบบควบคุมอัตโนมัติได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมากมาย ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดในชีวิตประจำวันได้แก่ระบบควบคุมในเครื่องปรับอากาศซึ่งจะคอยควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้คงที่ ในอุตสาหกรรมได้มีการนำระบบควบคุมอัตโนมัติไปใช้ควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร และอื่นๆอีกมากมาย เทคโนโลยีทางด้านอวกาศและการผลิตอาวุธยุทโธปกรณ์ก็ได้มีการนำระบบควบคุมไปใช้ในระบบนำวิถีระบบควบคุมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เป็นต้น

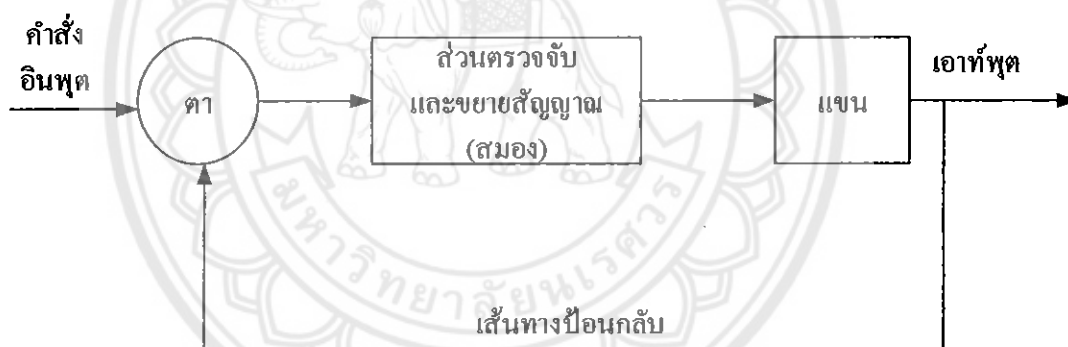


รูปที่ 2.10 โครงสร้างพื้นฐานของระบบควบคุม

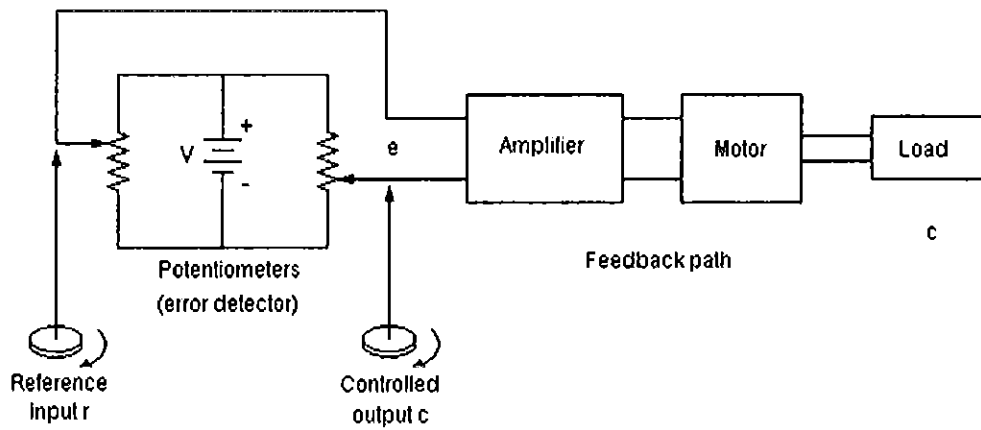
รูปที่ 2.10 แสดงถึงโครงสร้างพื้นฐานของระบบควบคุม โดยผลลัพธ์ที่ออกทางเอาต์พุต (แทนโดยตัวแปร c) จะถูกควบคุมโดยสัญญาณกระตุ้น e ผ่านทางองค์ประกอบต่างๆซึ่งอยู่ภายใน controlled process ในการควบคุมพวงมาลัยของรถยนต์ สัญญาณกระตุ้น e ได้แก่ ตำแหน่งของพวงมาลัย ส่วนตัวแปรเอาต์พุต c ได้แก่ ทิศทางของล้อหน้าในส่วนของการควบคุมจะประกอบด้วยกลไกต่างๆของพวงมาลัย เช่น การทดเฟือง และรวมถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของล้อด้วย

- ระบบควบคุมแบบวงปิดหรือระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

จากหัวข้อที่แล้วจะเห็นว่าเมื่อปัจจัยภายนอกมามีอิทธิพลต่อระบบจะทำให้ผู้ควบคุมไม่สามารถควบคุมเอาต์พุตให้เป็นไปตามต้องการได้ ในหัวข้อนี้ได้แก้ไขโดยการส่งสัญญาณเอาต์พุต $c(t)$ ป้อนกลับมาเปรียบเทียบกับสัญญาณตั้งการหรือสัญญาณอ้างอิง r จะได้ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างสัญญาณเอาต์พุตกับสัญญาณอ้างอิงทางด้านอินพุตเพื่อนำไปสร้างสัญญาณกระตุ้น e และส่งต่อไปแก้ไขค่าความคลาดเคลื่อน (error) ของเอาต์พุตให้น้อยลง ระบบที่กล่าวมานี้เรียกว่าระบบควบคุมแบบป้อนกลับ กิจกรรมส่วนใหญ่ที่มนุษย์ปฏิบัติในชีวิตประจำวันนั้นเป็นตัวอย่างหนึ่งของระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ซับซ้อน เช่น ในการใช้ตะเกียบคีบลูกชิ้นเข้าปาก สมอของมนุษย์จะสั่งการให้แขนข้างที่ถือตะเกียบนำลูกชิ้นเข้าปาก ตำแหน่งของลูกชิ้นที่เป็นเอาต์พุตจะถูกป้อนกลับมายังตาของมนุษย์เพื่อเปรียบเทียบระยะทางระหว่างลูกชิ้นกับปาก ในที่นี้สัญญาณอ้างอิง r คือตำแหน่งของปาก ส่วนสัญญาณเอาต์พุต c คือตำแหน่งของลูกชิ้น ถ้าระยะทางยังมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่สมองก็จะยังคงสั่งให้แขนเคลื่อนที่ต่อไปเพื่อให้ลูกชิ้นเข้าใกล้ปากมากยิ่งขึ้นจนกระทั่งค่าความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ก็จะสั่งให้แขนหยุด ดังแสดงในรูปที่ 2.11 แสดงถึงแผนผังของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

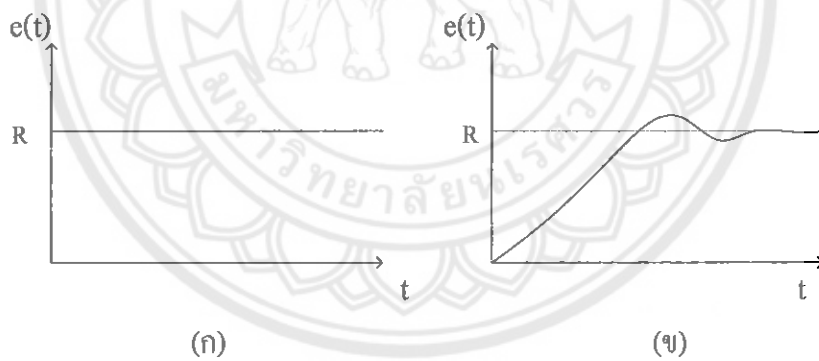


รูปที่ 2.11 แผนผังของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ



รูปที่ 2.12 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้ในการหมุนมอเตอร์ไปยังตำแหน่งที่ผู้ควบคุมกำหนด

รูปที่ 2.12 เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้ในการหมุนมอเตอร์ไปยังตำแหน่งที่ผู้ควบคุมกำหนด ในระบบนี้จะใช้โพเทนชิโอมิเตอร์ตรวจจับค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างตำแหน่งของมอเตอร์จริงๆที่เป็นเอาต์พุต และตำแหน่งของมอเตอร์ที่กำหนดโดยผู้ควบคุมซึ่งเป็นสัญญาณอินพุตอ้างอิง ค่าความคลาดเคลื่อนจะเปลี่ยนเป็นค่าแรงดันไฟฟ้า $e(t)$ แล้วนำไปขยายแรงดันเพื่อขับมอเตอร์ให้หมุนไปยังทิศทางที่ทำให้ตำแหน่งของมอเตอร์มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยลง



รูปที่ 2.13 (ก) สัญญาณอินพุต $r(t)$ เปลี่ยนค่าจากศูนย์ไปเป็น R ในทันทีทันใด (จ) ค่าสัญญาณเอาต์พุต

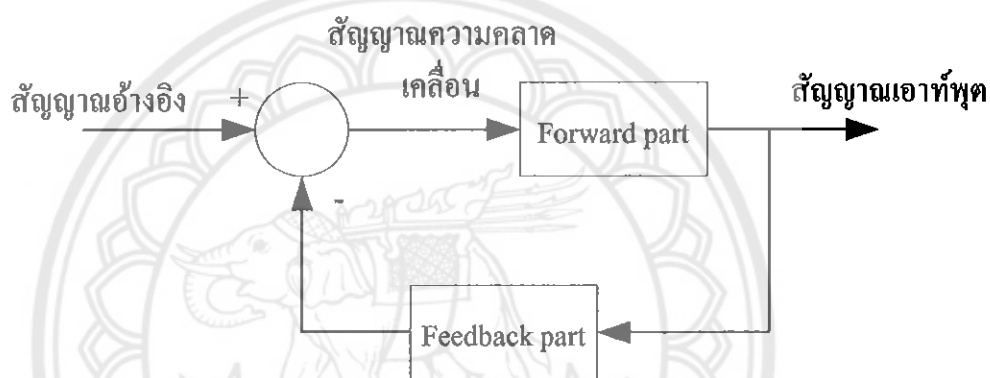
เมื่อลองให้สัญญาณอินพุต $r(t)$ เปลี่ยนค่าจากศูนย์ไปเป็น R ในทันทีทันใดดังรูป (ก) ค่าสัญญาณเอาต์พุตจะมีลักษณะดังรูป (จ) เนื่องจากความเฉื่อยทางกลและทางไฟฟ้าจะทำให้ตำแหน่งของเอาต์พุตไม่เปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด แต่จะค่อยๆวิ่งเข้าสู่ตำแหน่งที่กำหนดโดยอินพุต และอาจจะมีการแกว่งไปมารอบๆตำแหน่งที่กำหนดโดยอินพุต การแกว่งนี้จะค่อยๆลดน้อยถอยลงจนกระทั่งเอาต์พุตอยู่ในตำแหน่งที่กำหนดโดยอินพุตอย่างคงที่คืออยู่ในสภาวะคงตัว

สิ่งที่ต้องระวังในระบบควบคุมแบบป้อนกลับคือความไม่เสถียรของระบบ ถ้าหากสัญญาณ $e(t)$ ถูกขยายมากเกินไปก็อาจจะทำให้เกิดการแกว่งค่าความคลาดเคลื่อนของเอาต์พุตแบบ "เกิน

ความจริง" และเอาที่พูดจะแกว่งในลักษณะที่ลู่ออกโดยไม่มีขอบเขต แต่ถ้าสัญญาณ $e(t)$ ถูกขยาย น้อยเกินไปก็จะทำให้เอาที่พูดมีค่าไม่ตรงกับค่าที่กำหนด โดยอินพุตเมื่อเอาที่พูดเข้าสู่ภาวะคงตัว ดังนั้นผู้ออกแบบระบบควบคุมแบบป้อนกลับจึงต้องหาจุดที่เหมาะสมระหว่างปัจจัยสองอย่าง คือ ความเที่ยงตรง และความเสถียร ซึ่งปัจจัยทั้งสองนี้แปรผกผันกัน

-ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

จากหลักการพื้นฐานของระบบควบคุมแบบป้อนกลับสามารถกล่าวได้ว่า ระบบควบคุมแบบป้อนกลับประกอบด้วยเส้นทางหรือวงรอบของสัญญาณป้อนกลับซึ่งเป็นสัญญาณเอาที่พูด ตั้งแต่หนึ่งวงรอบขึ้นไป แล้วนำสัญญาณป้อนกลับนี้มาเปรียบเทียบกับสัญญาณสั่งการหรือสัญญาณอ้างอิง จะได้ผลต่างระหว่างสัญญาณทั้งสองเป็นค่าสัญญาณความคลาดเคลื่อน เพื่อนำไปควบคุมสัญญาณเอาที่พูด ให้มีค่าตามที่กำหนดโดยสัญญาณอ้างอิง



รูปที่ 2.14 แผนผังของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

รูปที่ 2.14 แสดงแผนผังของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ระบบควบคุมนี้ประกอบด้วย ส่วน forward (forward path) ส่วนป้อนกลับ (feedback path) และส่วนตรวจจับค่าความคลาดเคลื่อน (error-sensing device) ส่วนตรวจจับค่าความคลาดเคลื่อนนี้จะเปรียบเทียบค่าสัญญาณอินพุตอ้างอิงกับค่าสัญญาณเอาที่พูดจริงๆ หรือค่าที่เป็นฟังก์ชันของสัญญาณเอาที่พูด แล้วส่งสัญญาณที่เกิดจากผลต่างของสัญญาณทั้งสองนี้ออกไป

2. การควบคุมแบบวงจรเปิด (Open Loop) เป็นระบบควบคุมที่เอาที่พูดของระบบไม่มีผลต่อการควบคุมเลยนั่นคือในกรณีของระบบควบคุมแบบวงจรเปิดนั้น เอาที่พูดของระบบจะไม่ถูกวัดหรือถูกป้อนกลับมาเพื่อเปรียบเทียบกับอินพุต โดยการควบคุมแบบวงจรเปิดนั้นอุปกรณ์ควบคุมจะดำเนินการโดยมิได้ตรวจสอบเป้าหมาย เช่นถ้า นาย ก เคยเดินได้ ก้าวละ 50 เซนติเมตร เมื่อได้รับคำสั่งให้เดินเป็นระยะทาง 5 เมตร นาย ก ก็จะเดินไป 10 ก้าว อย่างนี้เรียกว่า นาย ก เดินโดยใช้การควบคุมแบบวงจรเปิด ซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ แต่ถ้า นาย 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) ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นนี้มีจุดเด่นคือ เรื่องของความเร็วในการประมวลผลซึ่งสามารถทำงานได้ด้วยความเร็วสูงสุด 60 เมกกะเฮิร์ตซ์ ที่ 12 สัญญาณนาฬิกา (Clock) ต่อ 1 แมชชีนไซเคิล (Machine Cycle) นอกจากนี้แล้วยังมีความเข้ากันได้กับอุปกรณ์พื้นฐานต่างๆที่จำเป็นต่อการใช้งาน 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 ของบริษัทแอทเมล เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ประจำบอร์ดโดยเลือกใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาแบบออสซิลเลเตอร์ (Oscillator Module) ค่า 29.4912 เมกกะเฮิร์ตซ์ ซึ่งสามารถกำหนดการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ให้ทำงานในโหมดความเร็ว 2 เท่า (X2 Mode) ได้ ทำให้ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถประมวลผลด้วยความเร็วสูงสุดที่ 58.9824 เมกกะเฮิร์ตซ์ โดยคุณสมบัติเด่นๆของไมโครโปรเซสเซอร์ได้แก่

มีหน่วยความจำแฟลช (Flash) สำหรับเขียนโปรแกรมขนาด 64 กิโลไบต์

มีอีอีพรอม (EEPROM) ขนาด 2 กิโลไบต์ สำหรับเก็บข้อมูล และสามารถเขียนซ้ำได้กว่า 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

- มีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (Analog Digital Converter; ADC) ขนาด 10 บิต จำนวน 8 ช่อง (ใช้ Port-P1 โดยกำหนดจากโปรแกรม)

- มีวงจรวอชต์ด็อก (Watchdog), พาวเวอร์-อนรีเซ็ต (Power-ON Reset), แคปเจอร์/คอมแพร์ (Capture/Compare) และวงจรมอดูเลชันความกว้างของสัญญาณพัลส์ (Pulse Width Modulation; PWM)
- มีขั้วต่อสัญญาณอินพุต/เอาต์พุตแบบทีทีแอล (TTL; Transistor-Transistor Logic) แบบเฮดเดอร์ 2x5 (Header 2x5) จำนวน 5 ชุด (P0, P1, P2, P3 และ P4)
- มีขั้วต่อจอแสดงผลแอลซีดี (LCD) แบบ Header 2x7 รองรับการทำงานเชื่อมต่อกับอักขระแอลซีดี (LCD Character) (เชื่อมต่อแบบ 4 บิต)
- มีขั้วต่อใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรม (RS232) สำหรับใช้งาน และพอร์ตอีที-คาวน์ โหลด (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 มอเตอร์ไฟฟ้ามักมีโครงสร้างเบื้องต้นที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนแม่เหล็กถาวรและส่วนของขดลวดตัวนำ ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าอาศัยสนามแม่เหล็ก 2 ชุดที่เกิดขึ้น ได้แก่ สนามแม่เหล็กถาวร และสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดตัวนำส่งผลให้เกิดการผลัดกันกันขึ้นของสนามแม่เหล็กทั้งสองทำให้ขดลวดตัวนำที่วางอยู่กลางแม่เหล็กถาวรเกิดการหมุนเคลื่อนที่ไปได้

2.4.1 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบด้วยแม่เหล็กถาวร 2 ขั้ววางอยู่ระหว่างขดลวดตัวนำ เมื่อมีการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดในสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กซึ่งมีสัดส่วนของแรงขึ้นกับกระแสแรง โดยแรงจะเกิดขึ้นเป็นมุมฉากกับกระแสและสนามแม่เหล็ก ขณะที่ทิศทางของแรงกลับตรงกันข้ามกัน ถ้าหากกระแสของสนามแม่เหล็กไหลย้อนกลับจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสและสนามแม่เหล็กเป็นผลทำให้ทิศทางของแรงเปลี่ยนไป ด้วยคุณสมบัตินี้ทำให้มอเตอร์กระแสตรงกลับทิศทางการทำงานได้ ซึ่งสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากแม่เหล็กถาวรซึ่งจะถูกยึดติดกับแผ่นเหล็กหรือเหล็กกล้า โดยปกติส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ยึดอยู่กับที่และขดลวดเหนี่ยวนำจะพันอยู่กับส่วนที่เป็นแกนหมุนของมอเตอร์

ซึ่งโครงการนี้จะเป็นการออกแบบและสร้างระบบควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC โดยความเร็ว และตำแหน่งที่ต้องการ จะถูกป้อนเข้าไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ทางพอร์ตอนุกรม โดยจะใช้โปรแกรมอินเตอร์เฟส (Visual Basic) เป็นตัวติดต่อรับส่งค่า และในการควบคุมให้มอเตอร์หมุนตามความเร็วไปยัง ตำแหน่งที่ต้องการนั้นจะผ่านวงจรจับมอเตอร์อีกวงจร ซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวสร้าง มอดูเลชันความกว้างของสัญญาณพัลส์ (Pulse Width Modulation; PWM) ในการขับมอเตอร์ และ ในส่วนการตรวจสอบตำแหน่งจะใช้ตัวเข้ารหัส (Encoder) ส่งค่ากลับมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจะส่งค่ามาแสดงยังโปรแกรมอินเตอร์เฟสทางคอมพิวเตอร์

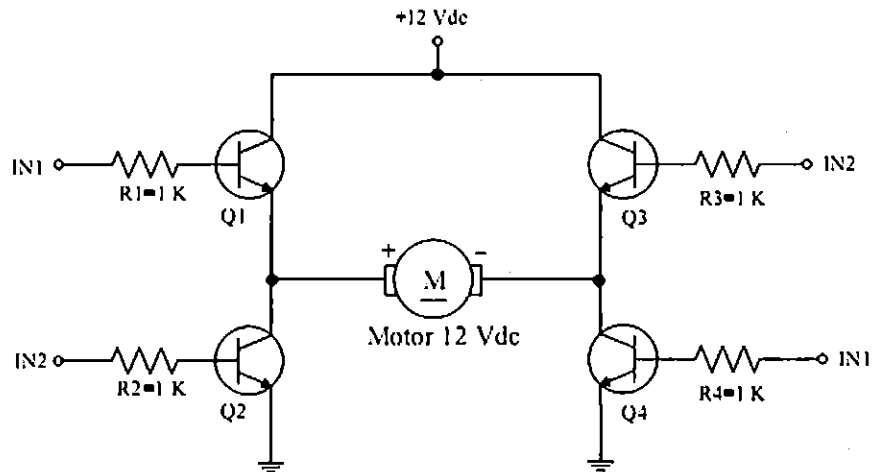
2.4.2 การควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

หลักในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงนั้นคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมทิศทางของ มอเตอร์ จะใช้ข้อมูลเป็นลอจิก “0” และลอจิก “1” จากพอร์ตของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์โดยจาก ตารางที่ 2.2 จะเขียนคำสั่งโดยใช้พอร์ต P0 ให้ P0.0 เป็นลอจิก “1” และ P0.1 เป็นลอจิก “0” ทำให้ มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา และเมื่อสลับพอร์ต P0.0 และ P0.1 ให้เป็นลอจิก “0” และลอจิก “1” ตามลำดับ จะทำให้มอเตอร์หมุนกลับทิศเป็นหมุนทวนเข็มนาฬิกา และถ้าให้ทั้งสองพอร์ตเป็น ลอจิก “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)

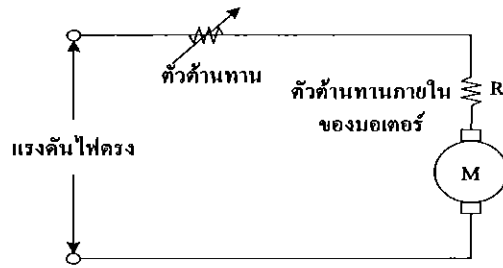
จากวงจรรูปที่ 2.15 การควบคุมให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกาโดยจะส่งลอจิก “1” ให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 ส่งลอจิก “0” ให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 ที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 นำกระแสส่วนทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 ไม่นำกระแส และถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับทิศคือหมุนทวนเข็มนาฬิกา จะต้องส่งลอจิก “1” ให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 ส่งลอจิก “0” ให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 ที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 นำกระแส ส่วนทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 ไม่นำกระแส ส่วนไดโอดทั้ง 4 ตัวมีหน้าที่ควบคุมทิศทางการไหลของกระแสขณะที่ทรานซิสเตอร์นำและไม่นำกระแส

นอกจากวงจรเอชบริดจ์แล้วปัจจุบันได้มีการนำเอาวงจรควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของมอเตอร์มาไว้ในไอซีเพียงตัวเดียว ได้แก่ ไอซีเบอร์ L298, L293D, TA7279P เป็นต้น ซึ่งทำให้มีความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น

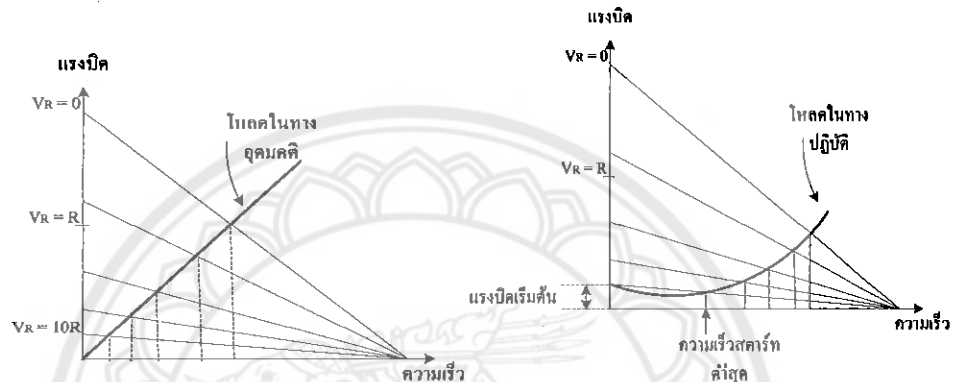
2.4.3 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ระบบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขั้นพื้นฐานสามารถแบ่งออกได้เป็นการควบคุมทั้งหมด 4 รูปแบบได้แก่

1. การควบคุมด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้เป็นรูปแบบพื้นฐานที่สุดของการควบคุมมอเตอร์คือ ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้อนุกรมกับมอเตอร์ โดยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ การบังคับแบบนี้ไม่มีประสิทธิภาพเพราะกำลังไฟสูญเสียไปในตัวความต้านทาน มักนิยมใช้กับมอเตอร์ตัวเล็กๆ การบังคับแบบนี้ให้คุณสมบัติการสตาร์ทดี (ให้แรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ) แต่จะให้ความเร็วสูงมากเมื่อมอเตอร์อยู่ในสถานะที่มีโหลดน้อยๆ ดังนั้นการบังคับแบบนี้มีประโยชน์เฉพาะสถานะที่แรงต้านคงที่ เช่น การบังคับความเร็วของเครื่องจักรเย็บผ้า เป็นต้น

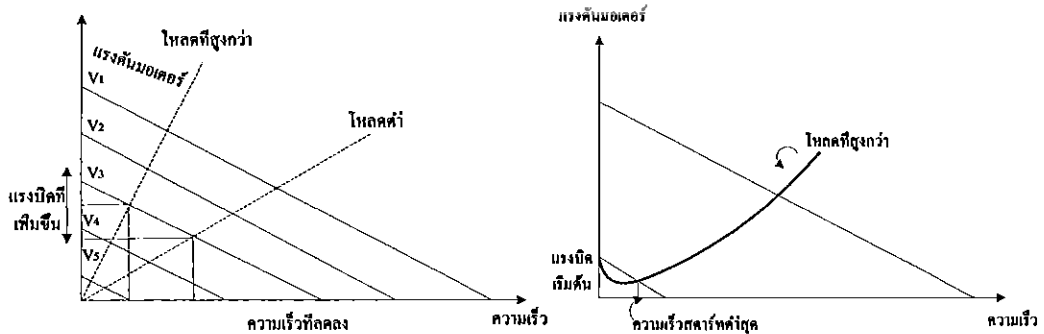


รูปที่ 2.16 วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานอนุกรม



รูปที่ 2.17 กราฟแสดงคุณสมบัติของวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานอนุกรม

2. การควบคุมด้วยวิธีเปลี่ยนค่าแรงดัน วิธีการนี้ดีกว่าวิธีการแรกแต่จะซับซ้อนกว่า ต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อัตราขยายกำลังสูง และมอเตอร์จะถูกป้อนด้วยแรงดันที่เปลี่ยนแปลงค่าได้ จากแหล่งจ่ายที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ ข้อดีของการควบคุมวิธีนี้คือ ถ้าความเร็วลดลงจากผลของแรงบิด แรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาระดับความเร็ว ส่วนข้อเสียจากการควบคุมวิธีนี้คือ เมื่อมอเตอร์มีความเร็วต่ำแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะมีค่าต่ำเช่นกัน



รูปที่ 2.18 กราฟแสดงคุณสมบัติของวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงด้วยวิธีเปลี่ยนค่าแรงดัน

3. การควบคุมด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าไม่ได้ การควบคุมแบบนี้สามารถจับคิซีมอเตอร์ได้ความเร็ว 10:1 และให้การเรีกฎเลท (Regulate) ที่ดีกว่ากระแสถูกปล่อยให้ฟิลค์ดงที่ ผลของคุณสมบัติ ความเร็วและแรงบิด ได้รับการปรับปรุงดีขึ้นกว่าการบังคับด้วยความต้านทานที่ปรับค่าได้ และให้การเรีกฎเลทความเร็วคงที่ได้ดีขึ้นตลอดช่วงความเร็วที่กว้างกว่า

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

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

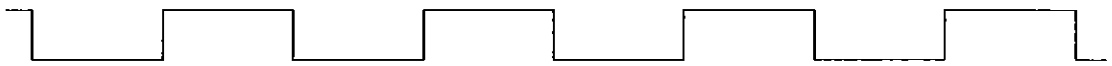
-รูปที่ 2.19 (ข) แสดงสัญญาณการมอดูเลชันความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ 50% คิวตี้ไซเคิลคือ สัญญาณในการทำงานจะเป็น 50% ของคาบสัญญาณ และ จะหยุดทำงานเป็น 50% ของคาบสัญญาณ

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

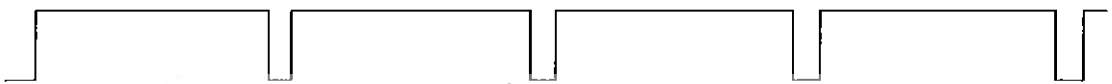
หมายเหตุ : On = High Level Off = Low Level



(ก) คิวต์ไซเคิล 10 เปอร์เซนต์



(ข) คิวต์ไซเคิล 50 เปอร์เซนต์

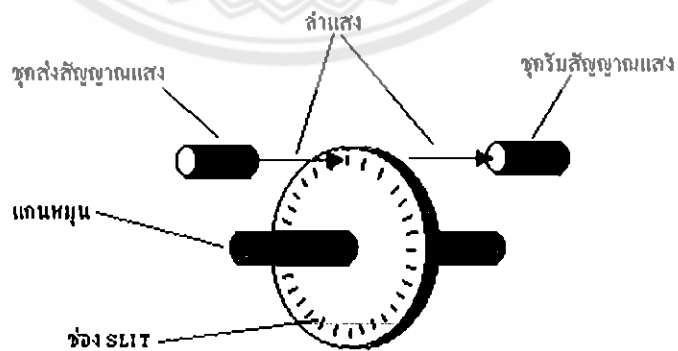


(ค) คิวต์ไซเคิล 90 เปอร์เซนต์

รูปที่ 2.19 แสดงสัญญาณการมอดูเลชันความกว้างของสัญญาณพัลส์ซึ่งแสดงค่าคิวต์ไซเคิลที่ต่าง ๆ กัน

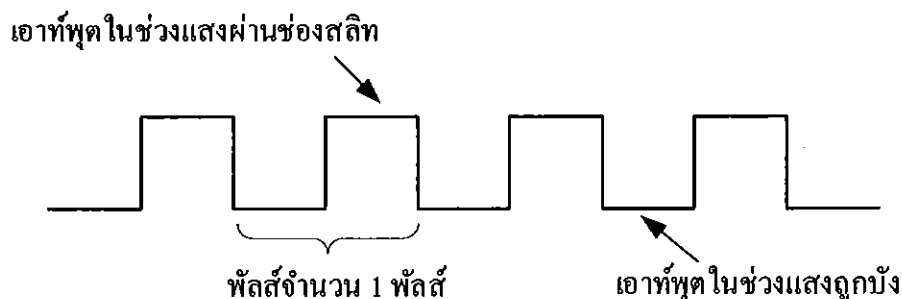
2.4.4 การควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ในการควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์นั้น เนื่องจากการเคลื่อนที่ของมอเตอร์เป็นการเคลื่อนที่แบบหมุนดังนั้นเราจึงนำเอาตัวเข้ารหัสแบบหมุน (Rotary Encoder) เข้ามาใช้และอ่านค่าออกมาเพื่อตรวจสอบทิศทางและตำแหน่งของการเคลื่อนที่เพื่อนำมาทำการเปรียบเทียบตำแหน่งการเคลื่อนที่กับค่าอินพุต โดยหลักการการทำงานของตัวเข้ารหัสแบบหมุนมีดังนี้ ตัวเข้ารหัสแบบหมุนมีลักษณะเป็นแผ่นกลมมีแกนอยู่ตรงกลางและที่แผ่นกลมจะมีช่องเล็กที่แสงสามารถส่องผ่านได้เป็นจำนวนมากเราเรียกช่องนี้ว่า ช่องสลิต (Slit) ซึ่งที่ด้านหนึ่งของแผ่นกลมนี้จะมีตัวส่งแสงอินฟราเรด (Infrared) ไปยังตัวรับสัญญาณแสงอินฟราเรดซึ่งจะอยู่ในด้านตรงกันข้ามดังรูปที่ 2.20



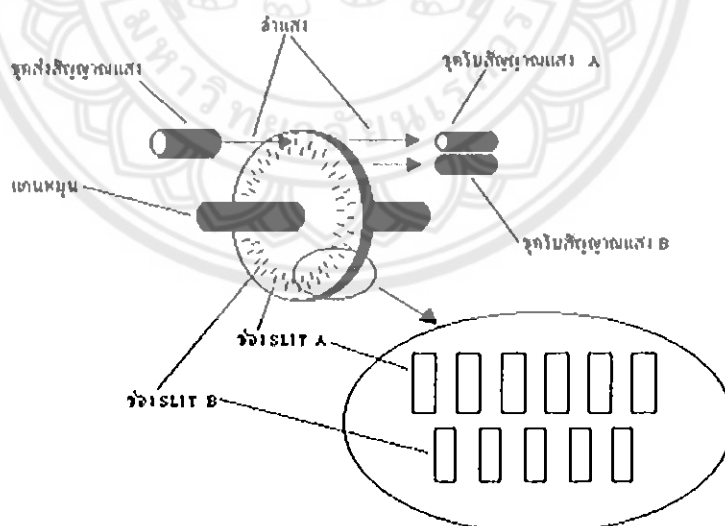
รูปที่ 2.20 ภาพแสดงตัวเข้ารหัสแบบหมุน (Rotary Encoder)

เมื่อหมุนแกนหมุนทำให้แผ่นกลมหมุนไปตัดลำแสงอินฟราเรด ดังนั้นชุดรับแสงอินฟราเรดจึงมีแสงมากระทบเป็นช่วงๆ ตามจังหวะที่แสงผ่านช่องสลิตจึงทำให้ สัญญาณเอาต์พุตของชุดรับแสงอินฟราเรดมีลักษณะเป็นพัลส์ (Pulse) ดังรูปที่ 2.21



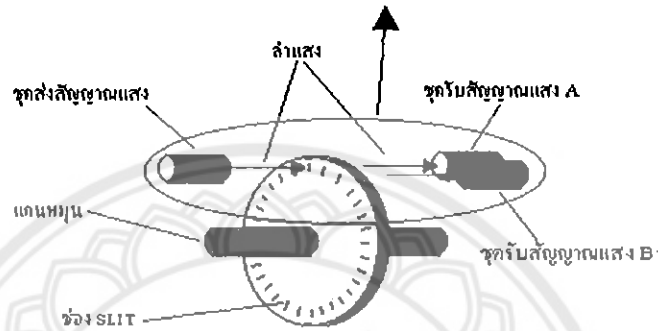
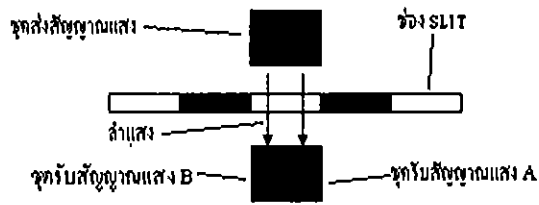
รูปที่ 2.21 การสร้างสัญญาณพัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุน

จำนวนพัลส์ที่ได้ออกมาจะเป็นตัวที่บ่งชี้ว่ามอเตอร์หมุนไปที่องศาหรือกี่รอบซึ่งเราสามารถคำนวณได้จากสูตรจำนวนรอบที่มอเตอร์หมุนไปเท่ากับจำนวนพัลส์โดยที่ค่าความละเอียดของตัวเข้ารหัสแบบหมุนนั้นนิยมใช้หน่วยเป็นพัลส์ต่อรอบ (Pulse /round หรือ ppr) เช่น 1000 พัลส์ต่อรอบก็หมายความว่าเมื่อมอเตอร์หมุนไป 1 รอบจะมีสัญญาณพัลส์ออกมา 1000 พัลส์เป็นต้น ส่วนในเรื่องที่ว่าเราจะทราบได้อย่างไรว่ามอเตอร์หมุนไปที่ทิศทางใดนั้นส่วนใหญ่แล้วจะใช้วิธีสร้างช่องสลิตเป็น 2 ชุดเหลื่อมกัน 90 องศา ดังรูปที่ 2.22



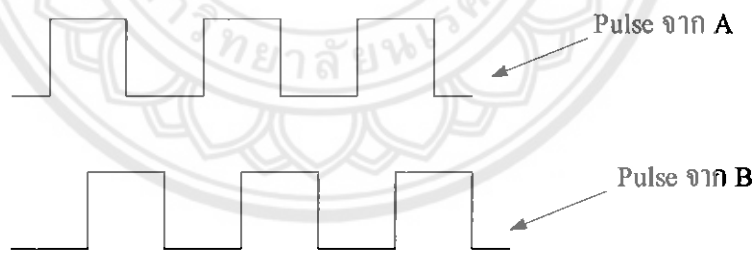
รูปที่ 2.22 พัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุนแบบสองเฟส

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



รูปที่ 2.23 การตรวจเช็คสัญญาณพัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุน

ดังนั้นสัญญาณเอาต์พุตจากมอเตอร์จึงมี 2 ชุด คือ A และ B โดยที่สัญญาณพัลส์จาก A และ B ก็จะเลื่อนกัน 90 องศาด้วย อาจกล่าวได้ว่าสัญญาณเอาต์พุตจากมอเตอร์มีค่าเท่ากับ 2 บิตคือหนึ่งบิตมาจาก A และอีกหนึ่งบิตมาจาก B ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 ลักษณะสัญญาณพัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุนทั้งสองเฟส

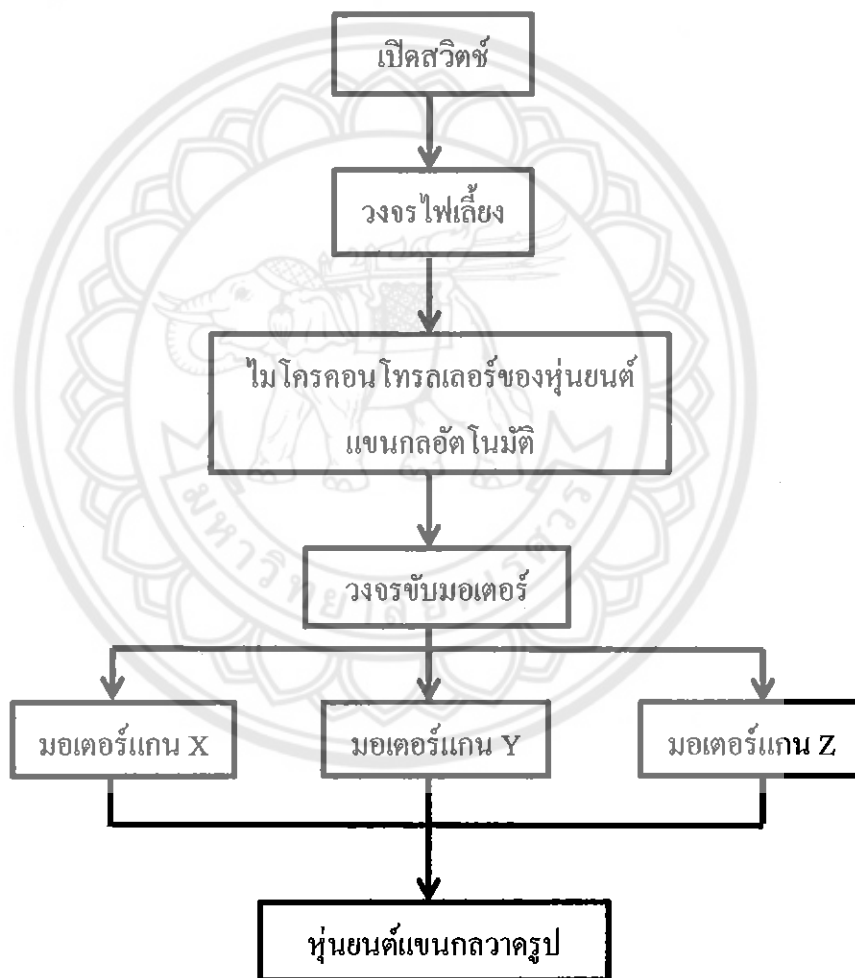
ถ้าเราให้พัลส์ในช่วงขาขึ้น (High) มีค่าเป็น “1” และพัลส์ในช่วงขาลง (Low) มีค่าเป็น “0” เราสามารถใช้ค่าดังกล่าวมาคำนวณหาทิศทางที่มอเตอร์หมุนได้ด้วยใช้วิธีการทางดิจิทัลคือการนำค่าที่อ่านได้มาทำการเอ็กคลูซีฟออร์ (Exclusive OR, XOR) กัน โดยการนำบิตทางขวาของค่าเก่ามาเอ็กคลูซีฟออร์กับบิตทางซ้ายของค่าใหม่ที่อ่านได้

บทที่ 3

ออกแบบและสร้างแขนกลวาดรูปอัตโนมัติ

ในบทนี้จะเป็นการบอกถึงการออกแบบขั้นตอนต่างๆ ในการสร้างหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ รวมถึงไปถึงบอกอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ โดยการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลแสดงดังรูปที่ 3.1

3.1 ขั้นตอนในการทำงานของแขนกลวาดรูปอัตโนมัติ

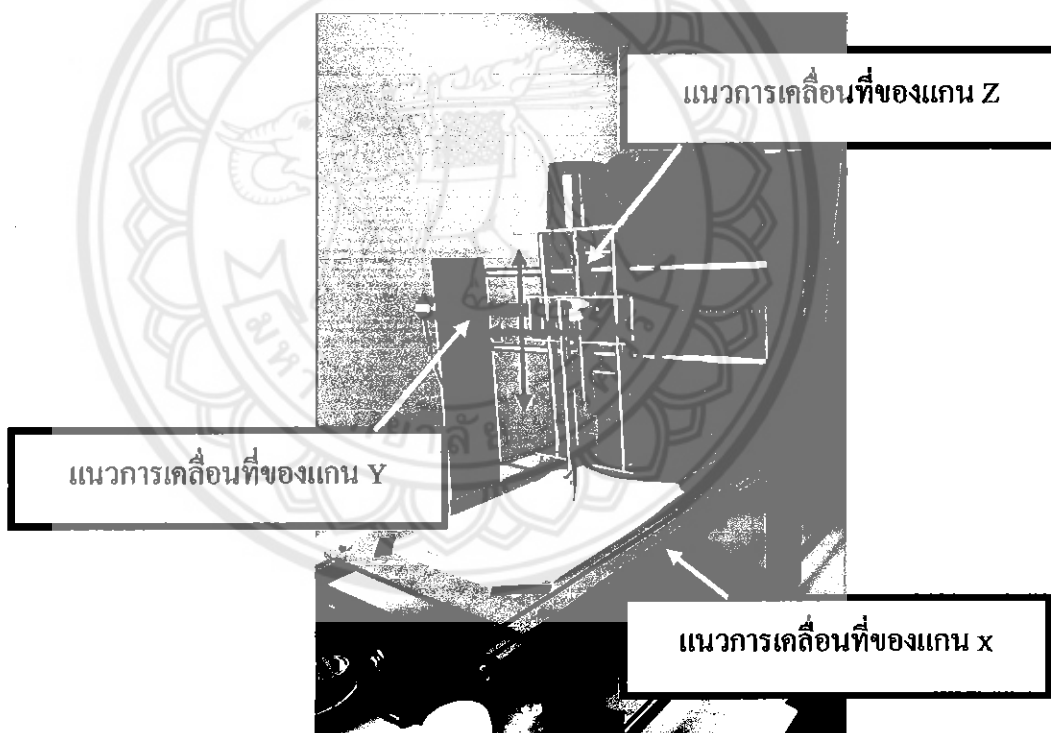


รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของแขนกลวาดรูปอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.1 มีขั้นตอนการทำงานของแขนกลวาดรูปอัตโนมัติดังต่อไปนี้

1. เมื่อเปิดสวิตซ์วงจรไฟเลี้ยงจะจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์
2. วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ในการควบคุมวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์
3. วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์จะทำหน้าที่ควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์แกน X, แกน Y และแกน Z

กระบวนการทำงานของหุ่นยนต์จะเริ่มจากที่หุ่นยนต์อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น โดยแนวการเคลื่อนที่ของแกน Z จะอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของแนวการเคลื่อนที่ของแกน Y และอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของแนวการเคลื่อนที่ของแกน X ซึ่งลักษณะของตำแหน่งเริ่มต้นการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.2

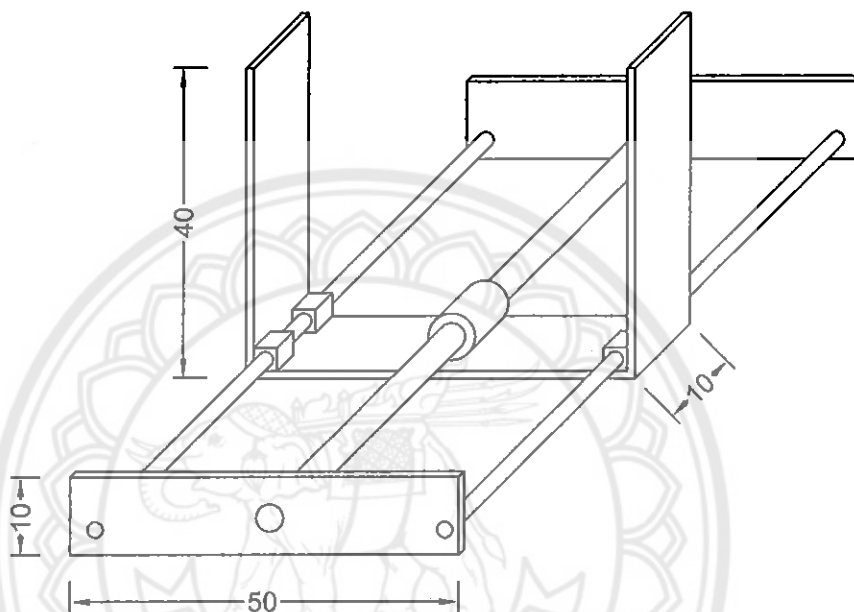


รูปที่ 3.2 ลักษณะตำแหน่งเริ่มต้นการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติ

จากนั้น โปรแกรมจะสั่งให้หุ่นยนต์เริ่มทำงาน โดยเริ่มจากการหมุนมอเตอร์ในส่วน of แกน Z เพื่อเลื่อนมือจับปากกาลงบนแผ่นกระดาษแล้วจากนั้นมอเตอร์จะทำการหมุนส่วนของแกน Y และแกน X ตามระดับการเขียน โปรแกรมควบคุมให้เป็นรูปที่ต้องการแล้วส่วนทั้งหมดก็จะกลับมาอยู่ในสถานะเริ่มต้นแล้วจึงเริ่มทำงานใหม่ไปเรื่อยๆ ขึ้นอยู่กับการออกแบบ โปรแกรมควบคุม

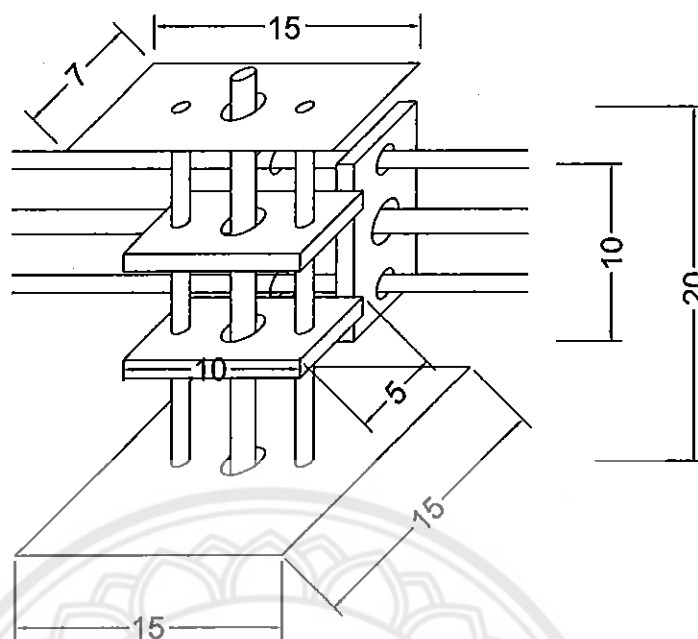
3.2 การออกแบบและการสร้างแขนกลวาดรูปอัตโนมัติ

การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัตินั้นจะออกแบบหุ่นยนต์มีพื้นที่การทำงาน 3 แกน คือ แกน X , แกน Y และ Z แต่ละแกนมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหนึ่งตัวเป็นตัวให้กำลังขับเคลื่อน โดยขนาดมีหน่วยเป็นเซนติเมตรและรูปแบบแต่ละส่วนได้ถูกออกแบบไว้ดังนี้



รูปที่ 3.3 รูปแบบและขนาดของส่วนฐานของแขนกลวาดรูปอัตโนมัติ

รูปที่ 3.3 เป็นรูปที่แสดงการออกแบบฐานของแขนกลวาดรูปอัตโนมัติซึ่งออกแบบให้ส่วนฐานเป็นแกน X มีลักษณะคล้ายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 50 x 70 เซนติเมตร มีเหล็กเพลากลมยาว 70 เซนติเมตร สองข้างเพื่อเป็นฐานให้แกน Y ซึ่งเป็นเหล็กแผ่นมีขนาดสูง 40 เซนติเมตร กว้าง 10 เซนติเมตร สองข้างและเหล็กแผ่นขนาด 10 x 50 เซนติเมตร ด้านล่างประกอติดกับเหล็กแผ่นสองข้างของแกน Y ตรงกลางเป็นส่วนบอลสกรูยาว 70 เซนติเมตร เป็นส่วนที่ขับเคลื่อนฐานของแกน Y



รูปที่ 3.4 รูปแบบและขนาดส่วนแกน Y และแกน Z ของแขนกลวาดรูปอัตโนมัติ

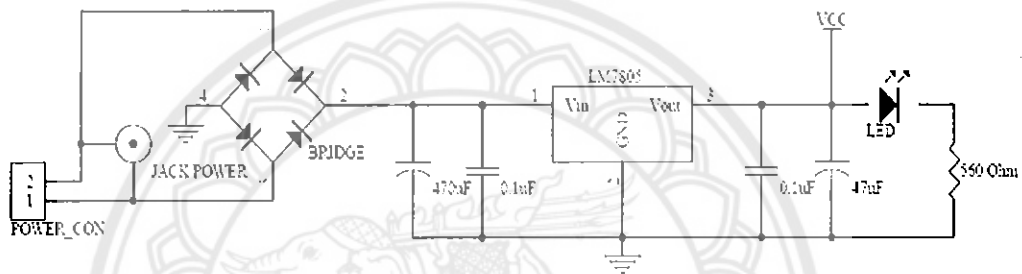
รูปที่ 3.4 เป็นรูปที่แสดงการออกแบบส่วนแกน Y และแกน Z ของแขนกลวาดรูปอัตโนมัติ ซึ่งส่วนของแกน Y ประกอบด้วยเหล็กเพลลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตรสองอันและบอลสกรูยาว 50 เซนติเมตรมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหนึ่งตัวเป็นส่วนขับเคลื่อนแกนของบอลสกรู ในส่วนของแกน Y ทำหน้าที่เลื่อนแกน Z ในการวาดรูปตามที่เรากำหนด ส่วนของแกน Z ประกอบด้วยเหล็กเพลลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตรสองอันและบอลสกรูยาว 20 เซนติเมตรมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหนึ่งตัวเป็นส่วนขับเคลื่อนแกนของบอลสกรู และฐานวางมอเตอร์ขนาด 7x15 เซนติเมตรกับแท่นจับวัสดุที่ใช้เขียนขนาด 15x15 เซนติเมตร ในส่วนของแกน Z ทำหน้าที่ยกแท่นจับตามจังหวะในการวาดรูปตามที่กำหนด

3.3 วงจรที่ใช้ในหุ่นยนต์แบบกลวาคูrobotอัตโนมัติ

วงจรที่ใช้ในการทำงานของหุ่นยนต์แบบกลวาคูrobotนี้จะแบ่งออกเป็นวงจรส่วนจ่ายไฟ วงจรส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ และส่วนการควบคุมสัญญาณป้อนกลับ โดยวงจรที่ใช้มีดังนี้

3.3.1 วงจรส่วนจ่ายไฟ

ในส่วนของวงจรภาคจ่ายไฟนั้นจะใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ต่อผ่านหม้อแปลงเป็นกระแสสลับ 12 โวลต์ ผ่านวงจรเรียงกระแสและต่อเข้าวงจรรักษาแรงดันเพื่อจ่ายไฟให้กับส่วนต่างๆของหุ่นยนต์แบบกลวาคูrobot โดยจะใช้วงจรรวมเบอร์

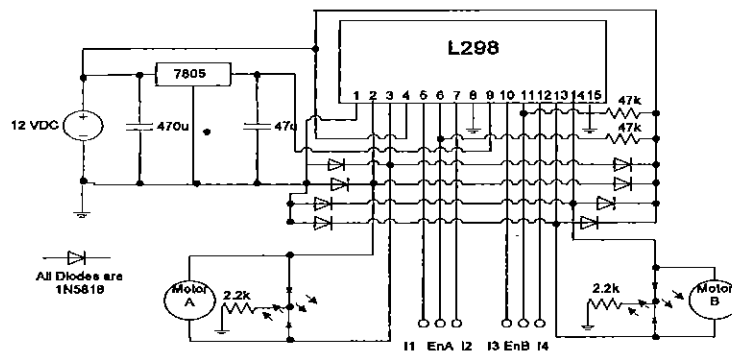


รูปที่ 3.5 วงจรภาคจ่ายไฟ

รูปที่ 3.5 โคโอดบรีดจ์ทำหน้าที่แปลงไฟ ให้เป็นไฟบวกทำให้เราสามารถจ่ายไฟเข้าวงจรนี้ เป็นไฟกระแสสลับ หรือไฟกระแสตรงที่ 9-12 โวลต์ ได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงขั้วของการต่อไฟ

3.3.2 วงจรส่วนขับเคลื่อนมอเตอร์

ในส่วนของวงจรขับเคลื่อนจะใช้วงจร L298 ซึ่งในวงจรรวมหนึ่งตัวสามารถขับเคลื่อนมอเตอร์ได้ 2 ตัวโดยวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

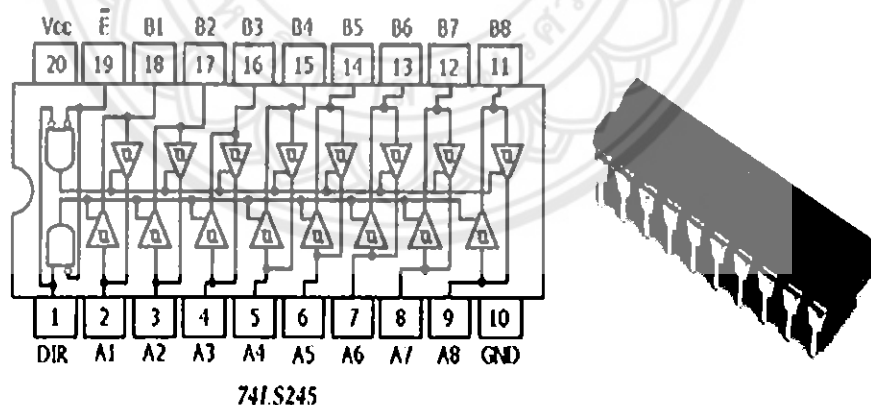


รูปที่ 3.6 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์โดยวงจรรวมเบอร์ L298

จากรูปที่ 3.6 เป็นรูปแสดงวงจรขับมอเตอร์โดยใช้วงจรรวมเบอร์ L298 ซึ่งมีแหล่งจ่ายไฟ กระแสตรงแรงดัน 12 โวลต์ จ่ายไฟให้มอเตอร์ทั้งสองตัว และใช้วงจรรวมเบอร์ 7805 เพื่อรักษา ระดับแรงดัน 5 โวลต์ จ่ายเป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจรรวมขับมอเตอร์เบอร์ L298 โดยป้อนอินพุตที่ I1, I2, I3, I4 เพื่อกำหนดทิศทางการหมุนของมอเตอร์ทั้งสองตัวและให้ขา En A, En B เป็นลอจิก “1” เพื่อให้มอเตอร์ทำงาน

3.3.3 วงจรบัฟเฟอร์ (Buffer)

วงจบบัฟเฟอร์หรือวงจรถูกกันชนเป็นวงจรที่ใช้เชื่อมวงจรเข้าด้วยกัน วงจรที่จำเป็นต้อง ใช้บัฟเฟอร์เพราะคุณสมบัติของออปแอมป์ทางเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำเมื่อต่อกับวงจรอื่นแล้วจะไม่ ทำให้วงจรอื่นมีผลแตกต่างไปจากเดิม วงจบบัฟเฟอร์นั้นจะมีอัตราขยายเท่ากับ 1 หรือเอาต์พุต เท่ากับอินพุต ในที่นี้จะนำวงจบบัฟเฟอร์มาเชื่อมต่อระหว่างพอร์ตของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ กับวงจรที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณไปให้ เช่น วงจรขับมอเตอร์ เพื่อป้องกันความ เสี่ยงหายที่เกิดขึ้นกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และยังช่วยเพิ่มกระแสด้านเอาต์พุตของ ไมโครคอนโทรลเลอร์เนื่องจากถ้าใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณออกโดยตรงนั้นจะมี กระแสต่ำและถ้าส่งสัญญาณออกมากๆจะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานหนักเกินเกิดความ เสี่ยงหายได้ ดังนั้นจึงต้องใช้วงจบบัฟเฟอร์เพื่อช่วยขยายสัญญาณขาออกของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยวงจบบัฟเฟอร์ที่ใช้จะเป็นวงจรรวมสำเร็จรูปเบอร์ 74LS245 ซึ่งมีลักษณะของวงจรภายในดังรูป ที่ 3.7



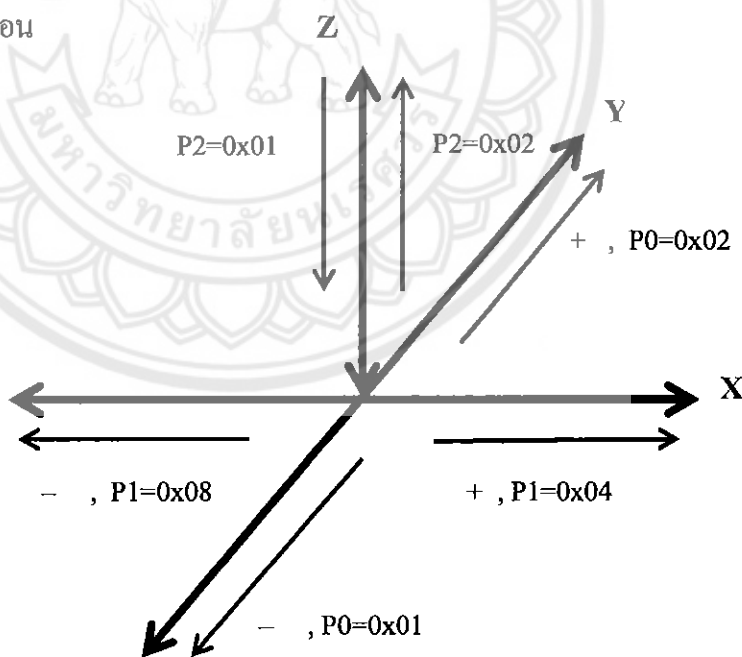
รูปที่ 3.7 วงจรภายในของวงจรรวมเบอร์ 74LS245

3.4 โปรแกรมที่ใช้ในหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติ

การใช้งานหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัตินี้จะมีการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของมอเตอร์ต่างๆ ให้แกน X, Y และ Z โดยการออกแบบเขียนโปรแกรมภาษาซี ควบคุมแขนกลให้สามารถเคลื่อนที่ได้ตามตำแหน่งและทิศทางที่ต้องการ ซึ่งการออกแบบเขียนโปรแกรมนั้นขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานเป็นผู้กำหนดเองว่าต้องการให้แขนกลวาดรูปอัตโนมัติทำงานออกมาในลักษณะใด ซึ่งมีหลักการออกแบบเขียนโปรแกรมภาษาซีดังนี้

ตัวอย่างตัวแปร ที่ใช้ควบคุมทิศทางและขนาดของหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติ

- P2=0x00; กำหนดให้ P2 เป็นแนวการเคลื่อนที่ของแกน Z (P2=0x00 หยุดการทำงาน, P2=0x01 เคลื่อนที่ในทิศทางลง, P2=0x02 เคลื่อนที่ในทิศทางขึ้น)
- P0=0x00; กำหนดให้ P0 เป็นแนวการเคลื่อนที่ของแกน Y (P0=0x00 หยุดการทำงาน, P0=0x01 เคลื่อนที่ในทิศทางลบ, P0=0x02 เคลื่อนที่ในทิศทางบวก)
- P1=0x00; กำหนดให้ P1 เป็นแนวการเคลื่อนที่ของแกน X (P1=0x00 หยุดการทำงาน, P1=0x04 เคลื่อนที่ในทิศทางบวก, P1=0x08 เคลื่อนที่ในทิศทางลบ)
- delay(); จากโปรแกรมนี้นี้เราจะเขียนให้แกน Z ทำงานโดยมี delay () เป็นกำหนดระยะเวลาในการเคลื่อน



รูปที่ 3.8 ตัวแปรในการเขียนโปรแกรมของแต่ละแกน

3.4.1 ตัวอย่างโปรแกรมควบคุมสี่เหลี่ยมจัตุรัส

```

void main()
{
P2=0x01;    //แกน Z ทำงานเลื่อนลง 5 วินาที เป็นระยะ 5 เซนติเมตร//
P0=0x00;
P1=0x00;
delay(500);

P0=0x00;    //ทุกแกนหยุดการทำงาน 2 วินาที//
P1=0x00;
P2=0x00;
delay(200);

P2=0x00;    //แกน Y ทำงานเลื่อนไปทิศทางลบ 15 วินาที เป็นระยะ 5 เซนติเมตร//
P0=0x01;
P1=0x00;
delay(1500);

P2=0x00;    //ทุกแกนหยุดการทำงาน 2 วินาที//
P0=0x00;
P1=0x00;
delay(200);

P0=0x00;    //แกน X ทำงานเลื่อนไปทิศทางบวก 15 วินาที เป็นระยะ 5 เซนติเมตร//
P1=0x04;
P2=0x00;
delay(1500);

P2=0x00;    //ทุกแกนหยุดการทำงาน 2 วินาที//
P0=0x00;
P1=0x00;
delay(200);

```

```

P2=0x00; //แกน Y ทำงานเลื่อนไปทิศทางบวก 15 วินาที เป็นระยะ 5 เซนติเมตร//
P0=0x02;
P1=0x00;
delay(1500);

P2=0x00; //ทุกแกนหยุดการทำงาน 2 วินาที//
P0=0x00;
P1=0x00;
delay(200);

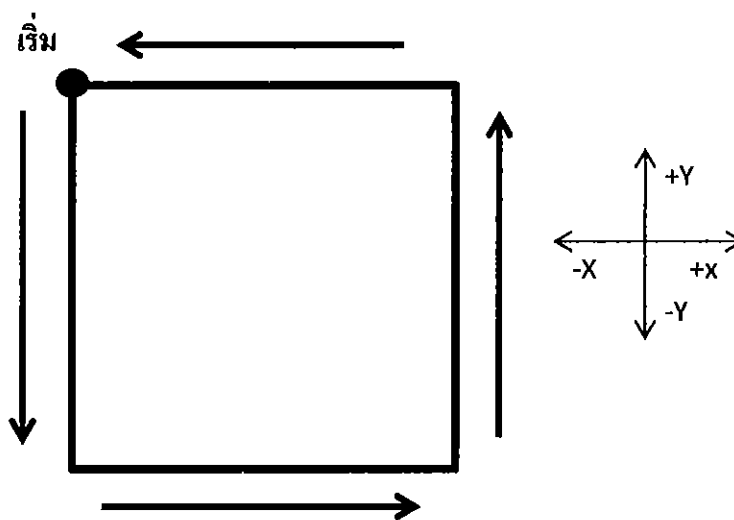
P0=0x00; //แกน X ทำงานเลื่อนไปทิศทางลบ 15 วินาที เป็นระยะ 5 เซนติเมตร//
P1=0x08;
P2=0x00;
delay(1500);

P2=0x00; //ทุกแกนหยุดการทำงาน 2 วินาที//
P0=0x00;
P1=0x00;
delay(200);

P2=0x02; //แกน Z ทำงานเลื่อนขึ้น 5 วินาที เป็นระยะ 5 เซนติเมตร//
P0=0x00;
P1=0x00;
delay(500);

P0=0x00; //ทุกแกนหยุดการทำงาน 2000 วินาที//
P1=0x00;
P2=0x00;
delay(200000);
}

```

รูปที่ 3.9 แสดงทิศทางในการวาดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

3.4.2 ตัวอย่าง โปรแกรมวาดรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก

```

void main()
{
P0=0x00; //แกน Z ทำงานเลื่อนลง 5 วินาที เป็นระยะ 5 เซนติเมตร//
P1=0x00;
P2=0x01;
delay(500);

P0=0x00; //ทุกแกนหยุดการทำงาน 2 วินาที//
P1=0x00;
P2=0x00;
delay(200);

P0=0x01; //แกน Y ทำงานเลื่อนไปทิศทางลบ 15 วินาที เป็นระยะ 5 เซนติเมตร//
P1=0x00;
P2=0x00;
delay(1500);

P0=0x00; //ทุกแกนหยุดการทำงาน 2 วินาที//
P1=0x00;
P2=0x00;

```

```
delay(200);
```

```
P0=0x00; //แกน X ทำงานเลื่อนไปทิศทางบวก 15 วินาที เป็นระยะ 5 เซนติเมตร//
```

```
P1=0x04;
```

```
P2=0x00;
```

```
delay(1500);
```

```
P0=0x00; //ทุกแกนหยุดการทำงาน 2 วินาที//
```

```
P1=0x00;
```

```
P2=0x00;
```

```
delay(200);
```

```
P0=0x02; //แกน Y และแกน X ทำงานพร้อมกัน ซึ่งแกน Y เลื่อนไปทิศทางบวกและ
```

```
P1=0x08; แกน X เลื่อนไปทิศทางลบ 17.5 วินาที เป็นระยะ 7.07 เซนติเมตร//
```

```
P2=0x00;
```

```
delay(1750);
```

```
P0=0x00; //ทุกแกนหยุดการทำงาน 2 วินาที//
```

```
P1=0x00;
```

```
P2=0x00;
```

```
delay(200);
```

```
P0=0x00; //แกน Z ทำงานเลื่อนขึ้น 5 วินาที เป็นระยะ 5 เซนติเมตร//
```

```
P1=0x00;
```

```
P2=0x02;
```

```
delay(500);
```

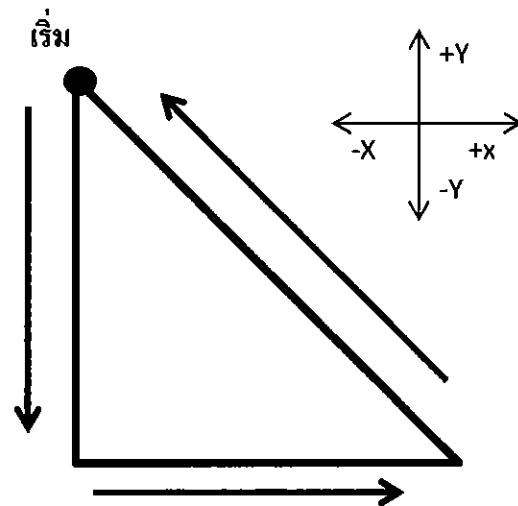
```
P0=0x00; //ทุกแกนหยุดการทำงาน 2000 วินาที//
```

```
P1=0x00;
```

```
P2=0x00;
```

```
delay(200000);
```

```
}
```



รูปที่ 3.10 แสดงทิศทางในการวาดรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก



บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

ในการทดลองการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติ ได้ทำการตั้งขอบเขตการทำงานของหุ่นยนต์โดยให้หุ่นยนต์ลากเส้นจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งให้เป็นรูปร่างตามที่ตั้งขอบเขตการทำงาน ซึ่งเกณฑ์ในการวัดความสามารถของหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติที่ใช้ในการทดลองได้แก่ความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์ ความแม่นยำในการลากเส้นตรงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ความสามารถในการลากเส้นจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งจนกลายเป็นรูปร่าง โดยได้ทำการทั้งหมด 4 การทดลองดังต่อไปนี้

- 4.1 การทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์
- 4.2 การทดลองความแม่นยำในการลากเส้นตรงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง
- 4.3 การทดลองความแม่นยำในการลากเส้นเฉียงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง
- 4.4 การทดลองความแม่นยำในการลากเส้นจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งจนกลายเป็นรูป

เรขาคณิต

4.1 การทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์

การทดลองเป็นการทดลอง โดยวัดความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์ในแนวการเคลื่อนที่ของแกน Z ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เลื่อนขึ้น,เลื่อนลงปากา แนวการเคลื่อนที่ของแกน Y ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เลื่อนแกน Z และแนวการเคลื่อนที่ของแกน X ทำหน้าที่เลื่อนฐาน ซึ่งจะทำการซ้ำกัน 5 รอบ โดยลักษณะการการเคลื่อนแสดงดังรูปที่ 4.1 และผลการทดลองสามารถแสดงดังตารางที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 พร้อมเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนโดยรวม



รูปที่ 4.1 ลักษณะการเลื่อนของแนวการเคลื่อนที่ของแกน Z

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์แกน Z

การทดลองครั้งที่	ระยะการเคลื่อนที่ของแกน Z (เซนติเมตร)			
	5	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	10	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน
1	5.25	5%	10.1	1%
2	5.1	2%	10.2	2%
3	5.05	1%	10.1	1%
4	5.3	6%	10.5	5%
5	5.2	4%	10.3	3%
เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อน เฉลี่ย	3.6%		2.4%	

$$\text{สูตร ค่าความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่าที่กำหนดไว้} - \text{ค่าที่วัดได้}|}{\text{ค่าที่กำหนดไว้}} \times 100$$

$$\text{ค่าเฉลี่ย} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

จากการทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์แกน Z จะเห็นได้ว่าการหมุนของมอเตอร์นั้นมีความแม่นยำสูง เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนของแต่ละระยะการเคลื่อนที่อยู่ที่ 2 ถึง 4 %

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์แกน Y

การทดลองครั้งที่	ระยะการเคลื่อนที่ของแกน Y (เซนติเมตร)					
	5	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	10	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	15	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน
1	5.1	2%	10.2	2%	15	0%
2	5.2	4%	10.1	1%	15.2	1.33%
3	5	0%	10.15	1.5%	15.1	0.67%
4	4.9	2%	9.99	1%	14.9	0.67%
5	5	0%	10	0%	14.95	0.33%
เปอร์เซ็นต์ คลาดเคลื่อน เฉลี่ย		1.6%		1.1%		0.6%

จากการทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์แกน Y จะเห็นได้ว่าการหมุนของมอเตอร์นั้นมีความแม่นยำสูง เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนของแต่ละระยะการเคลื่อนที่อยู่ที่ 1 ถึง 2%

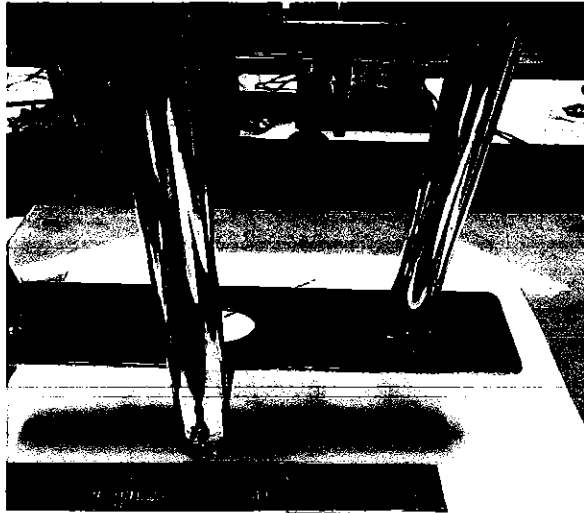
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์แกน X

การทดลองครั้งที่	ระยะการเคลื่อนที่ของแกน X (เซนติเมตร)					
	5	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	10	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	15	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน
1	4.9	2%	10.1	1%	15.2	1.33%
2	5.2	4%	10.3	3%	14.9	0.67%
3	4.8	4%	10.1	1%	15	0%
4	5	0%	10	0%	14.8	1.33%
5	5.1	2%	10.2	2%	15	0%
เปอร์เซ็นต์ คลาดเคลื่อน เฉลี่ย	2.4%		1.4%		0.67%	

จากการทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์แกน X จะเห็นได้ว่าการหมุนของมอเตอร์นั้นมีความแม่นยำสูง เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนของแต่ละระยะการเคลื่อนที่อยู่ที่ 1 ถึง 3 %

4.2 การทดลองความแม่นยำในการลากเส้นตรงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

การทดลองนี้เป็นการทดลองความสามารถในการทำงานของหุ่นยนต์ โดยจะทดสอบความสามารถในการลากเส้นตรงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยที่ระยะในการลากที่แตกต่างกันออกไป โดยจะทำการทดสอบว่าแนวการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะสามารถลากเส้นตรงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ในระยะใดบ้าง โดยมีลักษณะในการทำงานคือแกน Z ยกจากระดับแผ่นกระดาษ 5 เซนติเมตรเมื่อเปิดวงจรควบคุมแกน Z จะเริ่มทำงานเลื่อยลงมาจนอยู่ในระดับเดียวกับกระดาษ จากนั้นเราจะทดสอบการลากเส้นตรงตามแกน X และ Y ในระยะที่เรากำหนด ซึ่งทำซ้ำกัน 5 รอบ โดยลักษณะการลากแสดงดังรูปที่ 4.2 และผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 4.4 และ 4.5



รูปที่ 4.2 การทดสอบการลากเส้นตรง

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการลากเส้นตรงและความคลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์ในแนวแกน Y

การทดลองครั้งที่	ความยาวของเส้นตรง (เซนติเมตร)					
	5	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	10	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	15	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
1	5.1	2%	9.9	1%	15.1	0.67%
2	5.1	2%	10	0%	15.2	1.33%
3	5	0%	9.9	1%	15.1	0.67%
4	4.9	2%	10.1	1%	15	0%
5	5	0%	10.1	1%	15.2	1.33%
เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนเฉลี่ย	1.2%		0.8%		0.8%	

จากการทดสอบการลากเส้นตรงในแนวแกน Y จะเห็นได้ว่าการหมุนของมอเตอร์แกน Y นั้นมีความแม่นยำสูง เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนของแต่ละระยะการเคลื่อนที่อยู่ที่ 1 ถึง 2 %

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการลากเส้นตรงและความคลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์ในแนวแกน X

การทดลองครั้งที่	ความยาวของเส้นตรง (เซนติเมตร)					
	5	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	10	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	15	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
1	4.9	2%	10.1	1%	15.1	0.67%
2	5.1	2%	10	0%	15.2	1.33%
3	5	0%	9.9	1%	15.1	0.67%
4	5.1	2%	9.7	3%	15.3	2%
5	5.2	4%	10.2	2%	15.2	1.33%
เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนเฉลี่ย	2%		1.4%		1.2%	

จากการทดลองลากเส้นตรงในแนวแกน X จะเห็นได้ว่าการหมุนของมอเตอร์แกน X นั้นมีความแม่นยำสูง เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนของแต่ละระยะการเคลื่อนที่อยู่ที่ 1 ถึง 2 %

4.3 การทดลองความแม่นยำในการลากเส้นเฉียงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

การทดลองนี้เป็นการทดลองความสามารถในการทำงานของหุ่นยนต์ โดยจะทดสอบความสามารถในการลากเส้นเฉียงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยที่ระยะในการลากที่แตกต่างกันออกไป โดยจะทำการทดสอบว่าแนวการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะสามารถลากเส้นเฉียงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ในระยะใดบ้าง โดยมีลักษณะในการทำงานคือแกน Z ยกจากระดับแผ่นกระดาษ 5 เซนติเมตรเมื่อเปิดวงจรควบคุมแกน Z จะเริ่มทำงานตั้งยอดมาจนอยู่ในระดับเดียวกันกับกระดาษจากนั้นเราจะทดสอบการลากเส้นเฉียง โดยมีลักษณะแกน X และ Y ทำงานพร้อมในระยะที่เรากำหนดโดยแสดงดังรูปที่ 4.3 และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.6, 4.7, 4.8 และ 4.9



รูปที่ 4.3 การทดสอบการลากเส้นเคียง

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการลากเส้นเคียงขึ้นทางขวาและความคลาดเคลื่อน

การทดลองครั้งที่	ความยาวของเส้นเคียง (เซนติเมตร)					
	5	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	10	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	15	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน
1	4.8	4%	10.1	1%	15.1	0.67%
2	5.1	2%	10	0%	15.2	1.33%
3	5.2	4%	10.3	3%	14.8	1.33%
4	5	0%	9.8	2%	14.95	0.33%
5	5.3	6%	9.8	2%	15.2	1.33%
เปอร์เซ็นต์ คลาดเคลื่อน เฉลี่ย	3.2%		1.6%		1%	

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการลากเส้นเฉียงขึ้นทางซ้ายและความคลาดเคลื่อน

การทดลองครั้งที่	ความยาวของเส้นเฉียง (เซนติเมตร)					
	5	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	10	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	15	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน
1	4.7	6%	10.1	1%	15.4	2%
2	5.1	2%	10.2	2%	15.2	1.33%
3	4.8	4%	10.1	1%	15.1	0.67%
4	5.1	2%	10.2	2%	14.8	1.33%
5	5.2	4%	10.3	3%	15	0%
เปอร์เซ็นต์ คลาดเคลื่อน เฉลี่ย	3.6%		1.8%		1.67%	

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการลากเส้นเฉียงลงทางขวาและความคลาดเคลื่อน

การทดลองครั้งที่	ความยาวของเส้นเฉียง (เซนติเมตร)					
	5	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	10	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	15	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน
1	5.2	4%	9.9	1%	15.3	2%
2	5.2	4%	10	0%	15.1	0.67%
3	4.9	2%	10.3	3%	14.8	1.33%
4	5.1	2%	9.8	2%	14.9	0.67%
5	5.2	4%	10.1	1%	14.8	1.33%
เปอร์เซ็นต์ คลาดเคลื่อน เฉลี่ย	3.2%		1.4%		1.2%	

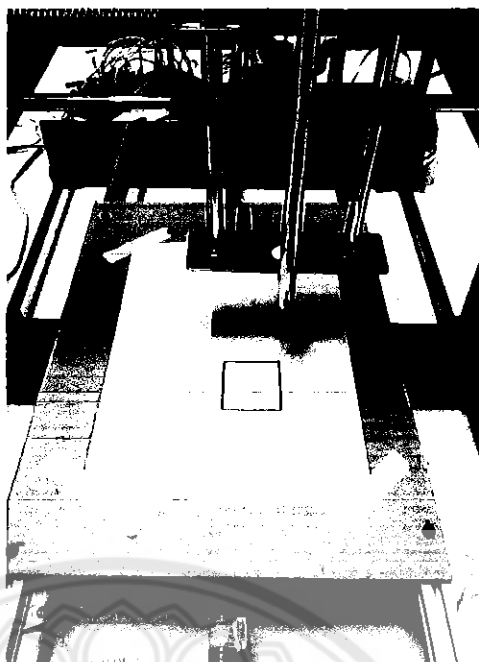
ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองการลากเส้นเฉียงลงทางซ้ายและความคลาดเคลื่อน

การทดลองครั้งที่	ความยาวของเส้นเฉียง (เซนติเมตร)					
	5	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	10	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	15	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน
1	5.1	2%	9.9	1%	15.3	2%
2	5.2	4%	10.2	2%	15.1	0.67%
3	4.9	2%	10.1	1%	14.8	1.33%
4	5.1	2%	9.8	2%	15.1	0.67%
5	4.8	4%	9.9	1%	15	0%
เปอร์เซ็นต์ คลาดเคลื่อน เฉลี่ย	2.8%		1.4%		0.934%	

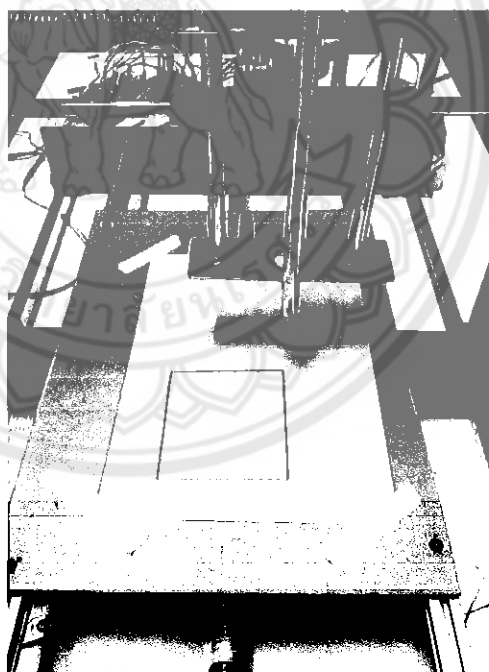
จากการทดลองลากเส้นเฉียงขึ้นทางขวา, เฉียงขึ้นทางซ้าย, เฉียงลงทางขวา และเฉียงลงทางซ้ายจะเห็นได้ว่าการลากเส้นเฉียงนั้นมีความแม่นยำสูง เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนของแต่ละระยะการเคลื่อนที่อยู่ที่ 1 ถึง 4 %

4.4 การทดลองความแม่นยำในการลากเส้นจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งจนกลายเป็นรูปเรขาคณิต

การทดลองนี้เป็นการทดลองการลากเส้นจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งจนกลายเป็นรูปเรขาคณิตสี่เหลี่ยมจัตุรัส, สี่เหลี่ยมผืนผ้า, สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน, สามเหลี่ยมมุมฉาก, สามเหลี่ยมด้านเท่า, แปดเหลี่ยมและวงกลม ซึ่งจะทำการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง โดยจะรีเซตหุ่นยนต์ให้อยู่ในสถานะตำแหน่งเริ่มต้นทุกครั้ง โดยแสดงผังรูปที่ 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16 และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.10, 4.11; 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16 และ 4.17



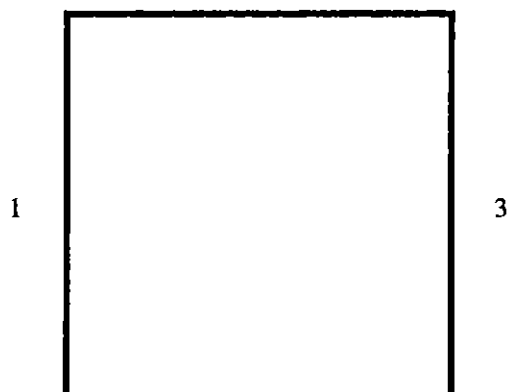
รูปที่ 4.4 การทดลองวางดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5x5 เซนติเมตร



รูปที่ 4.5 การทดลองวางดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10x10 เซนติเมตร

กำหนดเลขค้ำของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสดังนี้

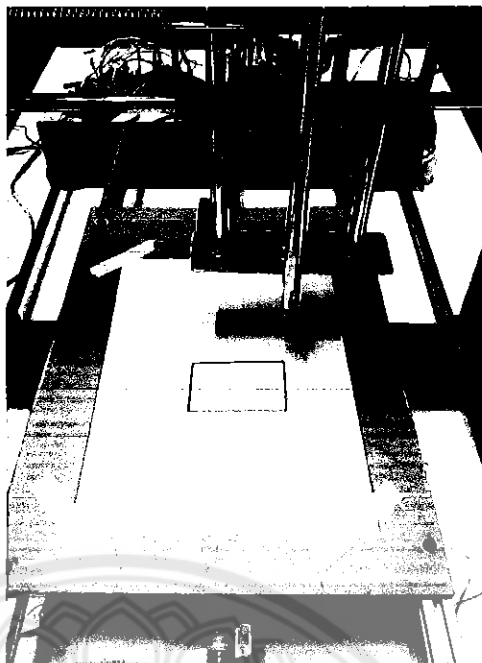
4



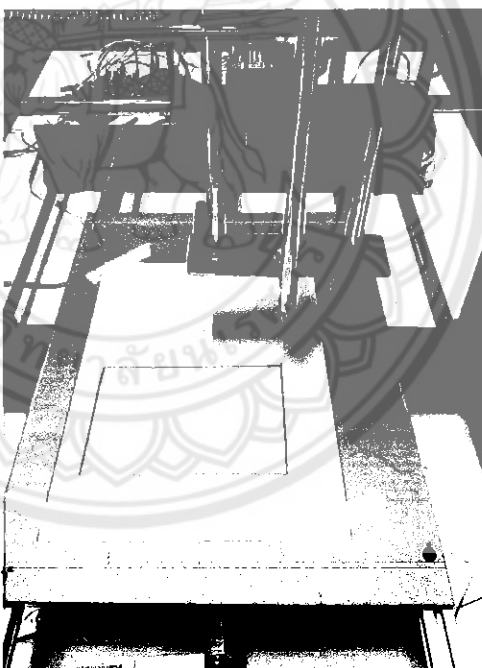
ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองการวาดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและความคลาดเคลื่อน

การทดลอง ครั้งที่	ขนาดของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (เซนติเมตร)							
	รูปที่ 1				รูปที่ 2			
	5				10			
	ด้านที่				ด้านที่			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1	5.05	5.03	5.02	5.01	9.8	10.1	10	10.05
2	5.1	4.9	4.95	5	9.95	10.05	10.1	10.1
3	5	4.85	5.04	5.1	10	9.95	10	9.9
4	5	4.95	5.1	4.9	10.05	10	9.95	10
5	5.1	5	5	4.95	10	10.05	10.05	10.05
ค่าเฉลี่ย	5.05	4.946	5.022	4.992	9.96	10.03	10.02	10.02
เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	1%	1.08%	0.44%	0.16%	0.4%	0.3%	0.2%	0.2%

จากการทดลองวาดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะเห็นว่า การวาดของแต่ละค้ำนั้นมีความแม่นยำ
เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนของแต่ละระยะการเคลื่อนที่อยู่ที่ 1 ถึง 2 %



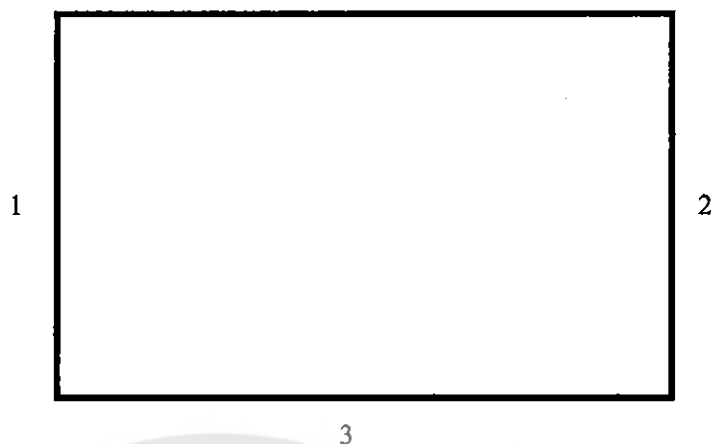
รูปที่ 4.6 การทดลองวาครูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 8 เซนติเมตร



รูปที่ 4.7 การทดลองวาครูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร

กำหนดเลขด้านของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าดังนี้

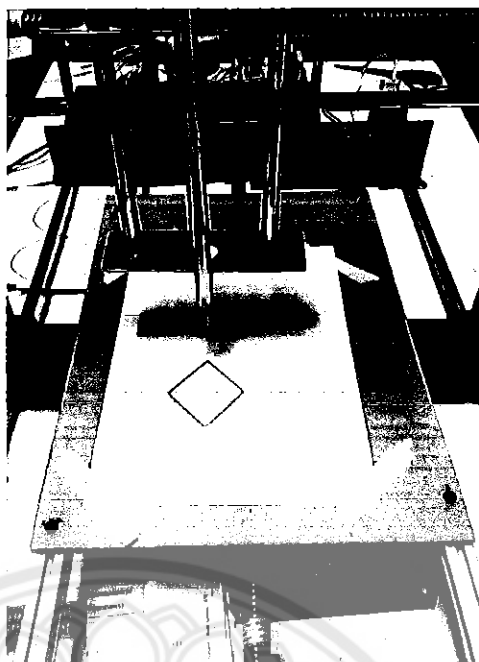
4



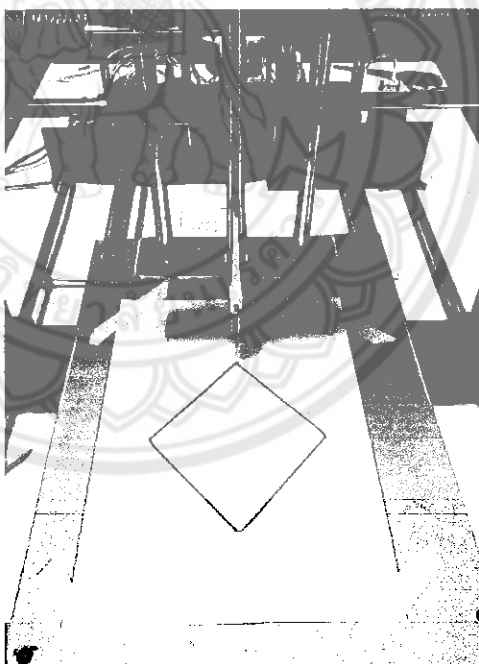
ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองการวัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและความคลาดเคลื่อน

การทดลอง ครั้งที่	ขนาดของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (เซนติเมตร)							
	รูปที่ 1				รูปที่ 2			
	5		8		10		15	
	ด้านที่		ด้านที่		ด้านที่		ด้านที่	
	1	2	3	4	1	2	3	4
1	5.1	5.03	8.02	8.1	9.9	10	15	15.2
2	5.1	4.9	7.95	8.2	9.95	10	15.05	15.1
3	5	5.05	8.04	8.01	10	9.95	15	14.9
4	4.9	4.95	8.2	7.9	10.05	10.1	14.95	15
5	5.05	5	8.1	7.95	10	10.05	15.1	15.05
ค่าเฉลี่ย	5.03	4.986	8.062	8.032	9.98	10.02	15.014	15.05
เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	0.6%	0.28%	0.78%	0.4%	0.2%	0.2%	0.09%	0.33%

จากการทดลองวัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะเห็นว่า การวัดของแต่ละด้านนั้นมีความแม่นยำ
เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนของแต่ละระยะการเคลื่อนที่อยู่ที่ 1 %

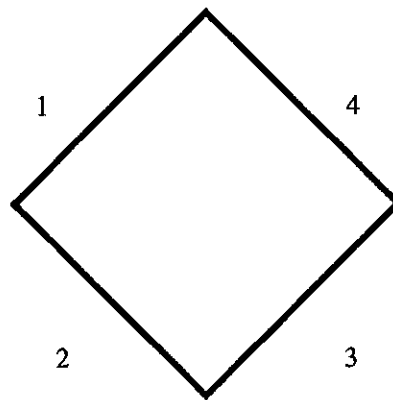


รูปที่ 4.8 การทดลองวาครูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนขนาดด้านละ 5 เซนติเมตร



รูปที่ 4.9 การทดลองวาครูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนขนาดด้านละ 10 เซนติเมตร

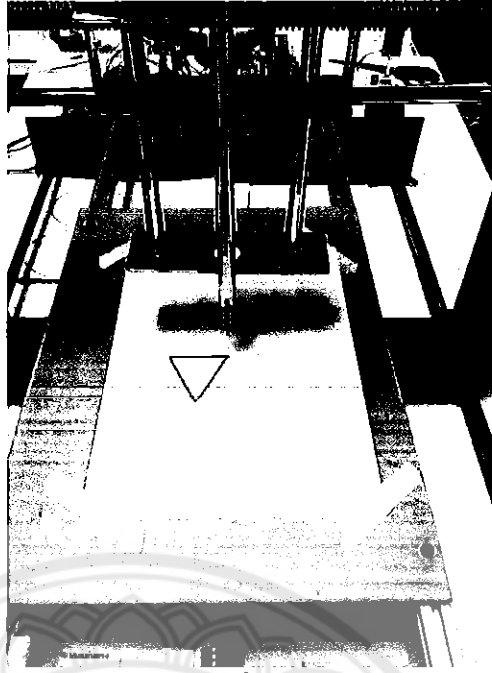
กำหนดเลขค้ำของรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนดังนี้



ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองการวัดรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนและความคลาดเคลื่อน

การทดลอง ครั้งที่	ขนาดของรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน (เซนติเมตร)							
	รูปที่ 1				รูปที่ 2			
	5				10			
	ค้ำที่				ค้ำที่			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1	5	5.03	5.1	5.2	9.9	10	10	10.1
2	5.1	4.9	4.95	5	9.95	10.1	10.1	10
3	5.2	4.8	5.05	5.1	10	9.95	10	9.9
4	5.05	5	5.1	4.95	10.1	10.2	9.9	10
5	5.1	5.1	5	4.9	10.2	10.05	10.1	10.05
ค่าเฉลี่ย	5.09	4.97	5.04	5.03	10.03	10.06	10.02	10.01
เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	1.8%	0.6%	0.8%	0.6%	0.3%	0.6%	0.2%	0.1%

จากการทดลองวัดรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนจะเห็นได้ว่าการวัดของแต่ละค้ำนั้นมีความแม่นยำ เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนของแต่ละระยะการเคลื่อนที่อยู่ที่ 1 ถึง 2 %

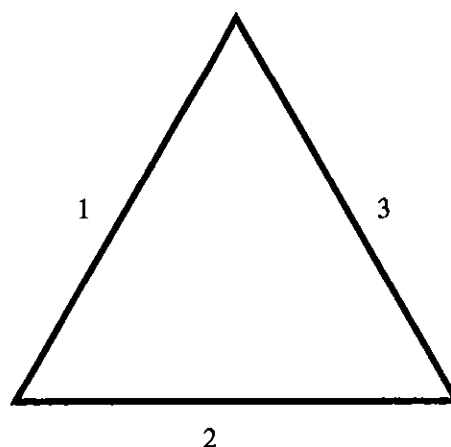


รูปที่ 4.10 การทดลองวาครูปสามเหลี่ยมด้านเท่าขนาดด้านละ 5 เซนติเมตร



รูปที่ 4.11 การทดลองวาครูปสามเหลี่ยมด้านเท่าขนาดด้านละ 10 เซนติเมตร

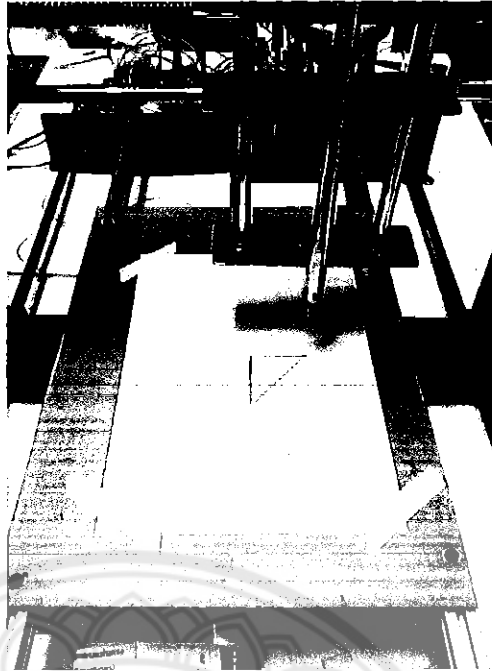
กำหนดเลขด้านของรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าดังนี้



ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองการวัดรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าและความคลาดเคลื่อน

การทดลอง ครั้งที่	ขนาดของรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า (เซนติเมตร)					
	รูปที่ 1			รูปที่ 2		
	5			10		
	ด้านที่			ด้านที่		
	1	2	3	1	2	3
1	5	5.1	5.1	9.8	10.1	10.1
2	5.1	4.9	4.9	9.9	10.2	10.2
3	5.2	4.8	5.1	10	9.9	9.9
4	5.1	5	5.1	10.1	10.2	10
5	5.1	5.1	5	10.2	10.1	10.1
ค่าเฉลี่ย	5.1	4.98	5.04	10	10.1	10.06
เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	2%	0.4%	0.8%	0%	1%	0.6%

จากการทดลองวัดรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าจะเห็นได้ว่าการวัดของแต่ละด้านนั้นมีความแม่นยำ เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนของแต่ละระยะการเคลื่อนที่อยู่ 1 ถึง 2 %

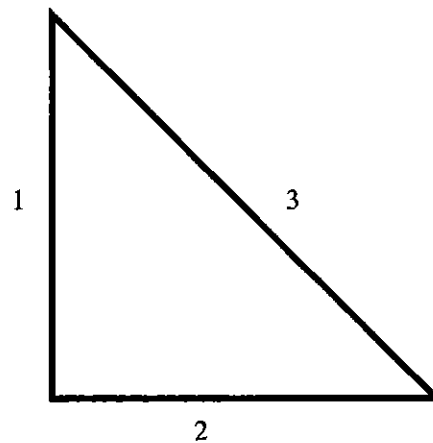


รูปที่ 4.12 การทดลองวาทรูปสามเหลี่ยมมุมฉากขนาดด้านประกอบมุมฉาก 5 เซนติเมตร



รูปที่ 4.13 การทดลองวาทรูปสามเหลี่ยมมุมฉากขนาดด้านประกอบมุมฉาก 10 เซนติเมตร

กำหนดเลขด้านของรูปสามเหลี่ยมมุมฉากดังนี้

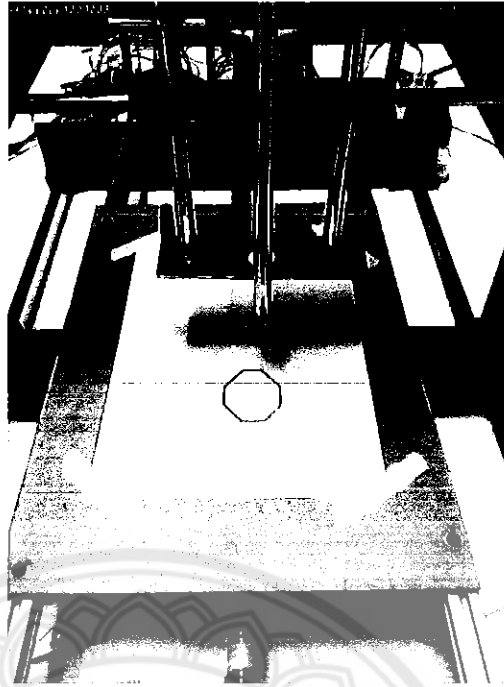


หมายเหตุ จากทฤษฎีพีทาโกรัส ซึ่งระบุว่า กำลังสองของความยาวของด้านตรงข้ามมุมฉาก เท่ากับ ผลบวกของกำลังสองของด้านประกอบมุมฉาก ตัวอย่างเช่น ด้านประกอบมุมฉากมีความยาว 5 เซนติเมตร และ 5 เซนติเมตร ผลบวกของกำลังสองจะได้ $5^2 + 5^2 = 25 + 25 = 50$ เซนติเมตร² ความยาวของด้านตรงข้ามมุมฉากคือรากที่สองที่เป็นบวกของผลบวกนี้ จะได้คำตอบเป็น 7.07 เซนติเมตร

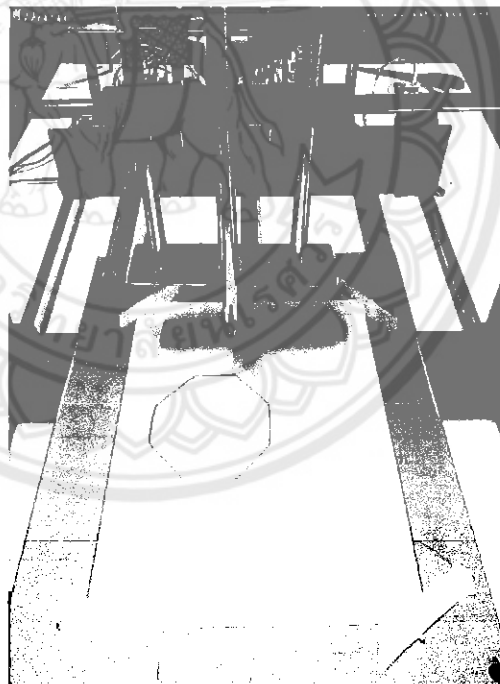
ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองการวาดรูปสามเหลี่ยมมุมฉากและความคลาดเคลื่อน

การทดลองครั้งที่	ขนาดของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก (เซนติเมตร)					
	รูปที่ 1			รูปที่ 2		
	5		7.07	10		14.14
	ด้านที่	ด้านที่	ด้านที่	ด้านที่	ด้านที่	ด้านที่
	1	2	3	1	2	3
1	4.95	5.1	7.1	9.9	10.1	14.1
2	5.1	4.9	7.2	9.9	10.2	14.2
3	5.2	5	7.1	10	9.9	14.3
4	5	5	7.2	10.1	10.1	14
5	4.9	5.1	7.1	10.1	10.2	14.05
ค่าเฉลี่ย	5.03	5.02	7.14	10	10.1	14.13
เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	0.6%	0.4%	0.1%	0%	1%	0.7%

จากการทดลองวาดรูปสามเหลี่ยมมุมฉากจะเห็นได้ว่าการวาดของแต่ละด้านนั้นมีความแม่นยำ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของแต่ละระยะการเคลื่อนที่อยู่ที่ 1 %

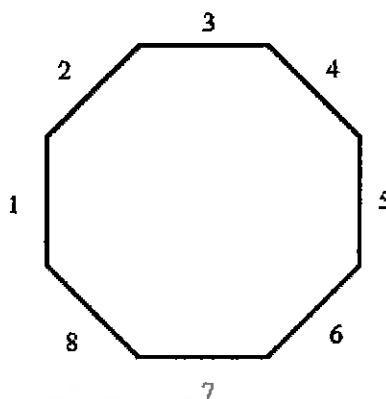


รูปที่ 4.14 การทดลองวาทรูปแปดเหลี่ยมขนาดด้านละ 2 เซนติเมตร



รูปที่ 4.15 การทดลองวาทรูปแปดเหลี่ยมขนาดด้านละ 5 เซนติเมตร

กำหนดเลขค้ำของรูปแปดเหลี่ยมดังนี้



ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองการวาครูปแปดเหลี่ยมขนาดค้ำละ 2 เซนติเมตรและความคลาดเคลื่อน

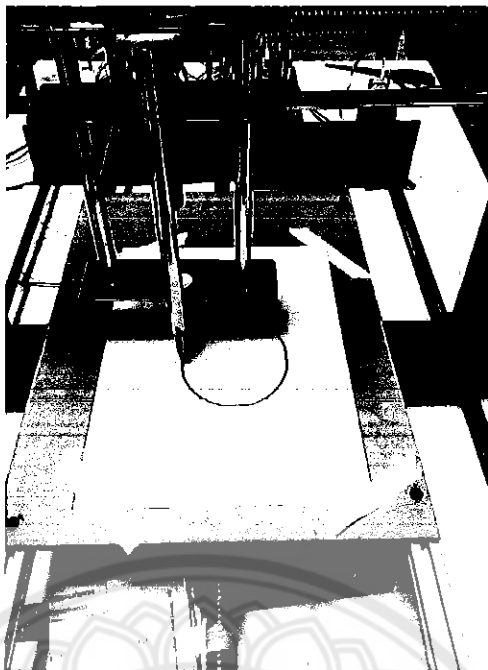
การทดลอง ครั้งที่	ขนาดของรูปแปดเหลี่ยม (เซนติเมตร)							
	2							
	ค้ำที่							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	2.05	2.1	2.2	1.9	2	2	2.1
2	2.1	1.9	1.95	2	1.9	2.1	2.1	2
3	2.2	1.8	2.05	2.1	2	2.2	2	2.2
4	2.05	2	2.1	1.9	2.1	2.2	1.9	2
5	2.1	2.1	2	1.9	2	2.05	2.1	2.1
ค่าเฉลี่ย	2.09	1.97	2.04	2.02	1.98	2.11	2.02	2.08
เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	4.5%	1.5%	2%	1%	1%	5.5%	1%	4%

จากการทดลองวาครูปแปดเหลี่ยมขนาดค้ำละ 2 เซนติเมตรจะเห็นได้ว่าการวาคของแต่ละค้ำนั้นมีความแม่นยำ เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนของแต่ละระยะการเคลื่อนที่อยู่ที 1 ถึง 5 %

ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองการวาดรูปแปดเหลี่ยมขนาดด้านละ 5 เซนติเมตรและความ
คลาดเคลื่อน

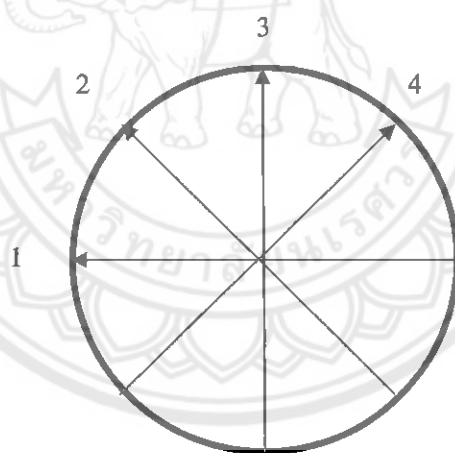
การทดลอง ครั้งที่	ขนาดของรูปแปดเหลี่ยม (เซนติเมตร)							
	5							
	ด้านที่							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	5.1	5	5.1	5.1	5	5	4.9	5
2	5.1	4.8	5	5.3	4.9	5.1	5.1	5.2
3	5	4.9	5.05	5.2	5	5.1	5	5.2
4	5.05	5.1	5.1	5.1	5.1	5.2	4.9	5.1
5	5.1	5	5	5	5.1	5.05	5.1	5.1
ค่าเฉลี่ย	5.07	4.96	5.05	5.14	5.02	5.09	5	5.12
เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน	1.4%	0.8%	1%	2.8%	0.4%	1.8%	0%	2.4%

จากการทดลองวาดรูปแปดเหลี่ยมขนาดด้านละ 5 เซนติเมตรจะเห็นได้ว่าการวัดของแต่ละ
ด้านนั้นมีความแม่นยำ เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนของแต่ละระยะการเคลื่อนที่อยู่ที่ 1 ถึง 3 %



รูปที่ 4.16 การทดลองวาดรูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร

กำหนดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมดังนี้



ตารางที่ 4.17 ผลการทดลองการวัดรูปวงกลมและความคลาดเคลื่อน

การทดลองครั้งที่	ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม (เซนติเมตร)			
	10			
	เส้นที่			
	1	2	3	4
1	9.5	9.8	10	9.7
2	9.3	9.7	10.2	9.7
3	9.2	9.75	10.1	9.8
4	9.4	9.8	10	9.85
5	9.3	9.7	10.1	9.7
ค่าเฉลี่ย	9.34	9.75	10.08	9.75
เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	6.6%	2.5%	0.8%	2.5%

จากการทดลองวัดรูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เส้นคอมเมตรจะเห็นได้ว่าการวัดของแต่ละด้านนั้นมีความแม่นยำปานกลาง เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนของแต่ละระยะการเคลื่อนที่อยู่ที่ 1 ถึง 7 %

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการที่ได้ศึกษา ออกแบบ ทดสอบ และทำการปรับปรุงชิ้นงานขึ้นเป็นหุ่นยนต์แขนกล วาดรูปอัตโนมัติโดยใช้ระยะเวลาดำเนินโครงการ 2 ภาคการศึกษาทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำหุ่นยนต์แขนกลในบทนี้จะเป็นการสรุปผลที่ได้จากการทดลองโครงการ พร้อมเสนอแนะแนวทางในการดำเนินโครงการนี้ไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

5.1 สรุปผลการทดลองการทำงานหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติ

โครงการหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติเป็นการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปต้นแบบอัตโนมัติขึ้นมาเพื่อทำการศึกษาลักษณะ โครงสร้างและหลักการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติและการพัฒนาหุ่นยนต์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยหุ่นยนต์แขนกลสามารถทำงานได้เองโดยอัตโนมัติโดยการเขียนโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ซึ่งหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติสามารถลากเส้นจากจุดไปยังอีกจุดหนึ่งได้โดยอัตโนมัติและยังสามารถวาดรูปสามเหลี่ยม, สี่เหลี่ยมและวงกลมได้อัตโนมัติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การเขียนโปรแกรมควบคุม การทดลองได้ลองเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติ การทดลองวาดรูปตามที่เขียนโปรแกรมผลที่ได้คือ หุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติสามารถวาดรูปที่ต้องการได้ตามโปรแกรมที่ตั้งเอาไว้ แต่เนื่องจากการควบคุมการหมุนของมอเตอร์มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างจึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวาดเป็นบางครั้ง

ผลการทดลองที่ได้ทำให้สามารถรู้ขอบเขตการทำงานหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติว่า หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ โดยการกำหนดขอบเขตและระยะเวลาการทำงานขึ้นอยู่กับ การเขียนโปรแกรมควบคุมซึ่งจากการทดลองนั้นหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติยังมีผิดพลาดบ้างจุดด้วยกัน ดังนั้นจึงมีการศึกษาและพัฒนาข้อด้อยของหุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์มีศักยภาพที่สามารถเป็นต้นแบบในการสร้างหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติเพื่อใช้งานจริงได้

1. จากการทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์แกน Z ที่ทำหน้าที่เลื่อนขึ้นและเลื่อนลงตัวจับปากกาโดยการกำหนดให้เลื่อนขึ้นลงเป็นระยะ 5 กับ 10 เซนติเมตร ทดลองซ้ำกันระยะละ 5 ครั้ง มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยได้ดังนี้ ระยะ 5 เซนติเมตร เท่ากับ 3.6% ส่วนระยะ 10 เซนติเมตร เท่ากับ 2.4% จากความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นนี้ส่วนใหญ่เกิดจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการเลื่อน

2. จากการทดลองความแม่นยำในการหมุนของมอเตอร์แกน Y และ X ให้เคลื่อนที่ไประยะ 5, 10 และ 15 เซนติเมตร ทดลองซ้ำกันระยะละ 5 ครั้ง มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยได้ดังนี้ แกน Y ระยะ 5 เซนติเมตร เท่ากับ 1.6% ระยะ 10

เซนติเมตร เท่ากับ 1.1% ระยะ 15 เซนติเมตร เท่ากับ 0.6% ส่วนแกน X ระยะ 5 เซนติเมตร เท่ากับ 2.4% ระยะ 10 เซนติเมตร เท่ากับ 1.4% ระยะ 15 เซนติเมตร เท่ากับ 0.67% จากความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการเลื่อน

3. จากการทดลองความแม่นยำในการลากเส้นตรงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งสามารถลากเส้นตรงได้ในระยะการทดสอบ 5, 10 และ 15 เซนติเมตร แต่มีความคลาดเคลื่อนบ้างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนเฉลี่ยโดยรวมของทั้ง 3 ระยะอยู่ที่ 1 ถึง 2% ซึ่งหุ่นสามารถลากเส้นตรงได้มากที่สุด 30 เซนติเมตร ทั้ง 2 แนวการเคลื่อนที่แกน X และแกน Y

4. จากการทดลองความแม่นยำในการลากเส้นเฉียงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งสามารถลากเส้นเฉียงได้ในระยะการทดสอบ 5, 10 และ 15 เซนติเมตร แต่มีความคลาดเคลื่อนบ้างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนเฉลี่ยโดยรวมทั้ง 3 ระยะอยู่ที่ 1 ถึง 4% ซึ่งหุ่นสามารถลากเส้นเฉียงได้มากที่สุด 20 เซนติเมตร จากจุดกึ่งกลางของแกน X และแกน Y

5. จากการทดลองความแม่นยำในการลากเส้นจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งจนกลายเป็นรูปเรขาคณิต หุ่นสามารถวาดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส, สี่เหลี่ยมผืนผ้า, สี่เหลี่ยมขนมเบียกปูน, สามเหลี่ยมสามด้านเท่า, สามเหลี่ยมมุมฉาก, แปดเหลี่ยม ได้ตามขนาดที่กำหนดไว้แต่มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนโดยรวมของทุกรูปอยู่ที่ 1 ถึง 6% นอกจากนี้หุ่นสามารถวาดรูปให้มีขนาดแตกต่างกันออกไปอีกได้ขึ้นอยู่กับ การเขียน โปรแกรม

6. จากการทดลองความแม่นยำในการวาดรูปวงกลมมีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 1 ถึง 7% ซึ่งสรุปได้ว่าการวาดวงกลมนั้นยากต้องมีการเขียน โปรแกรมและมีการคำนวณที่ละเอียดไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน ต้องมีการปรับเปลี่ยนมอเตอร์และชุดควบคุม

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.2.1 ปัญหาที่พบจากการทำโครงงาน

จากการเริ่มออกแบบสร้างและการทำการทดลองการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติเกิดปัญหาที่ทำการดำเนิน โครงงานต้องบกร่องหลายปัญหาด้วยกันซึ่งสามารถจำแนกเป็นข้อๆได้ดังนี้

1. อุปกรณ์ที่ทำตัวโครงสร้างของหุ่นยนต์ทำได้ยากตามท้องตลาดและมีราคาแพงจึงทำให้เสียเวลาในหาวัสดุมาทำตัวโครงสร้างพอสมควรจึงทำให้โครงงานล่าช้า

2. เรื่องของตัวขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีปัญหาในเรื่องมอเตอร์มีความเร็วต่อรอบมากเกินไปจริงไม่สามารถควบคุมความเร็ว จึงทำให้ต้องเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่ให้มีการหมุนในรอบที่ต่ำลงจากเดิม

3. เรื่องของแกนเกลียวในส่วนการขับเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เป็นชิ้นส่วนที่ทำมาจากเหล็กจึงมีปัญหการเกิดสนิม ต้องใช้น้ำมันในการช่วยหล่อลื่นและป้องกันการเกิดสนิม
4. เรื่องของแนวการเคลื่อนที่ของแกน Z มีการเจาะรูตามขนาดของแกนเหล็กใหญ่เกินไปจึงทำให้มีการโยกเล็กน้อยจึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน
5. โครงสร้างหุ่นมีน้ำหนักมาก มอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนมีแรงบิดไม่พอที่จะทำให้การเลื่อนของแกน ได้อย่างมีประสิทธิภาพเต็มที่

5.5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรวางแผนก่อนการทำงานว่าจะใช้อุปกรณ์อะไรในการทำโครงสร้างของตัวหุ่นยนต์แล้วควรเตรียมอุปกรณ์ไว้ก่อนที่จะเริ่มทำ โครงสร้างให้ครบหรือเลือกใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด
2. ในเรื่องการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ เราควรใช้มอเตอร์ที่มีแรงบิดที่เหมาะสมกับน้ำหนักของชิ้นงาน
3. ควรใช้แกนบอลสกรูแทนแกนเกลียวธรรมดาเพื่อช่วยในการเลื่อนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
4. ควรใช้แกนสไลด์เพลากลมแทนการใช้แกนเหล็กกลมธรรมดาเพื่อช่วยในการเลื่อนให้ประสิทธิภาพมากขึ้น

ทั้งนี้แนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อเพิ่มศักยภาพการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลวาดรูปอัตโนมัติเพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาสร้างหุ่นยนต์ทำงานจริงควรคำนึงถึงประโยชน์ที่ได้รับและความคุ้มค่าในการลงทุน แต่เนื่องจากโครงการนี้สามารถนำไปเป็นตัวอย่างทั้งในเรื่องของการศึกษาและการใช้งานจริงได้จึงควรมีการศึกษาและพัฒนาสร้างต่อเพื่อให้เกิดประโยชน์ในเรื่องของการศึกษาและพัฒนาประเทศต่อไป

5.5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

1. สามารถทำให้หุ่นทำงานให้มีการทำงานแม่นยำมากขึ้นและให้การทำงานที่หลากหลายโดยอาจเปลี่ยนจากระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ไปเป็นระบบ (Computerized Numerical Control) หรือ โปรแกรมแลบวิว
2. เพิ่มศักยภาพในการทำงานของมอเตอร์จากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. MOTOR) เป็นสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor)
3. ลดเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนในส่วนของการเคลื่อนที่แต่ละแกนของแขนกลให้น้อยที่สุด ในแต่ละส่วน

4. พัฒนาความสามารถของหุ่นให้มีการทำงานหลากหลายมากขึ้นจากการวาดรูปเป็นการตัด, เจาะ โดยการปรับเปลี่ยนจากปากกาอาจจะใช้เป็นสว่านหรือเครื่องมือที่เหมาะสมกับการทำงานได้

5. เพิ่มความสามารถการเคลื่อนของแต่ละแกนให้รองรับน้ำหนักได้มากเพื่อการใช้งานที่ต้องใช้อุปกรณ์ที่มีน้ำหนักมากขึ้น



เอกสารอ้างอิง

- [1] <http://www.theoldrobots.com/scorbot.html> สืบค้นเมื่อ สิงหาคม 2557
- [2] <http://www.cp.eng.chula.ac.th/~attawith/class/mani.pdf> สืบค้นเมื่อ กันยายน 2557
- [3] http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=print&article_id=888 สืบค้นเมื่อ กันยายน 2557
- [4] นายคอนสัน ปงผาบ “ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งาน 1” สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2549
- [5] <http://www.etteam.com/product/02A26.html> สืบค้นเมื่อ พฤศจิกายน 2557
- [6] <http://www.mind-tek.net/8051.php> สืบค้นเมื่อ ธันวาคม 2557
- [7] http://www.hobbyengineering.com/specs/SOLARBOTICS-KCMD-L298_Compact_motor_driver.pdf สืบค้นเมื่อ ธันวาคม 2557
- [8] นายรัชชัย อัครวิบูลย์กุล “เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง”, บริษัทเจริญรุ่งเรืองการพิมพ์, กรุงเทพฯ







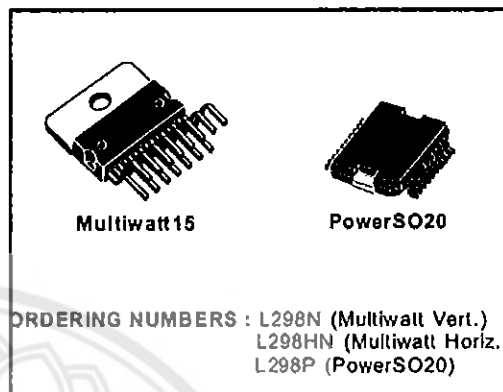
L298

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)

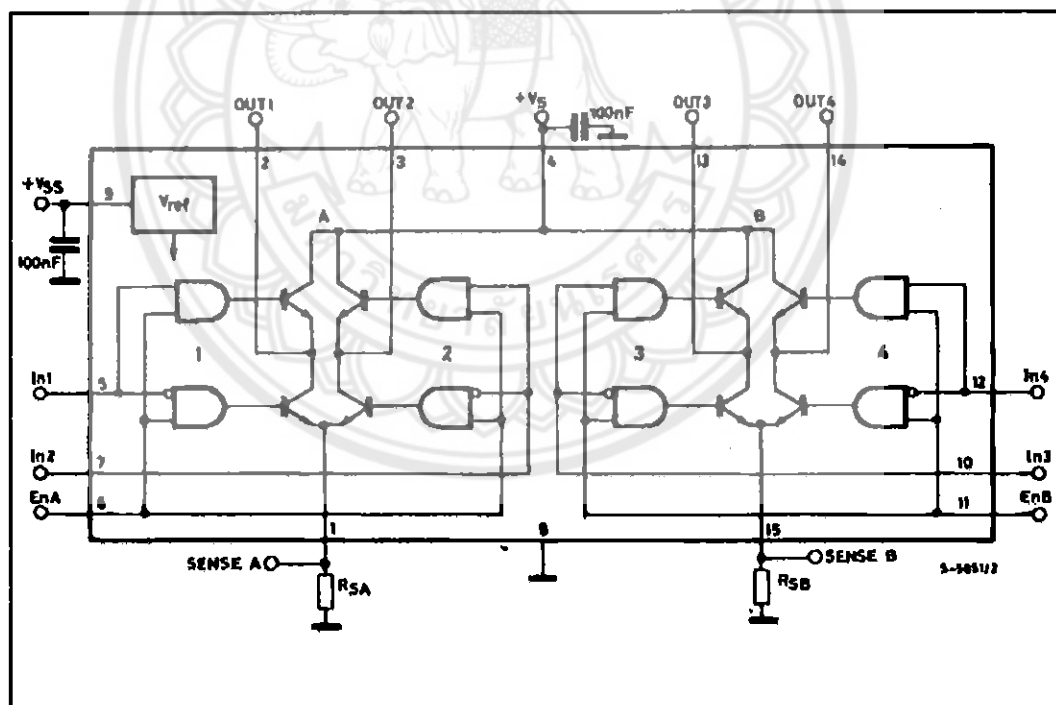
DESCRIPTION

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 con-



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

BLOCK DIAGRAM

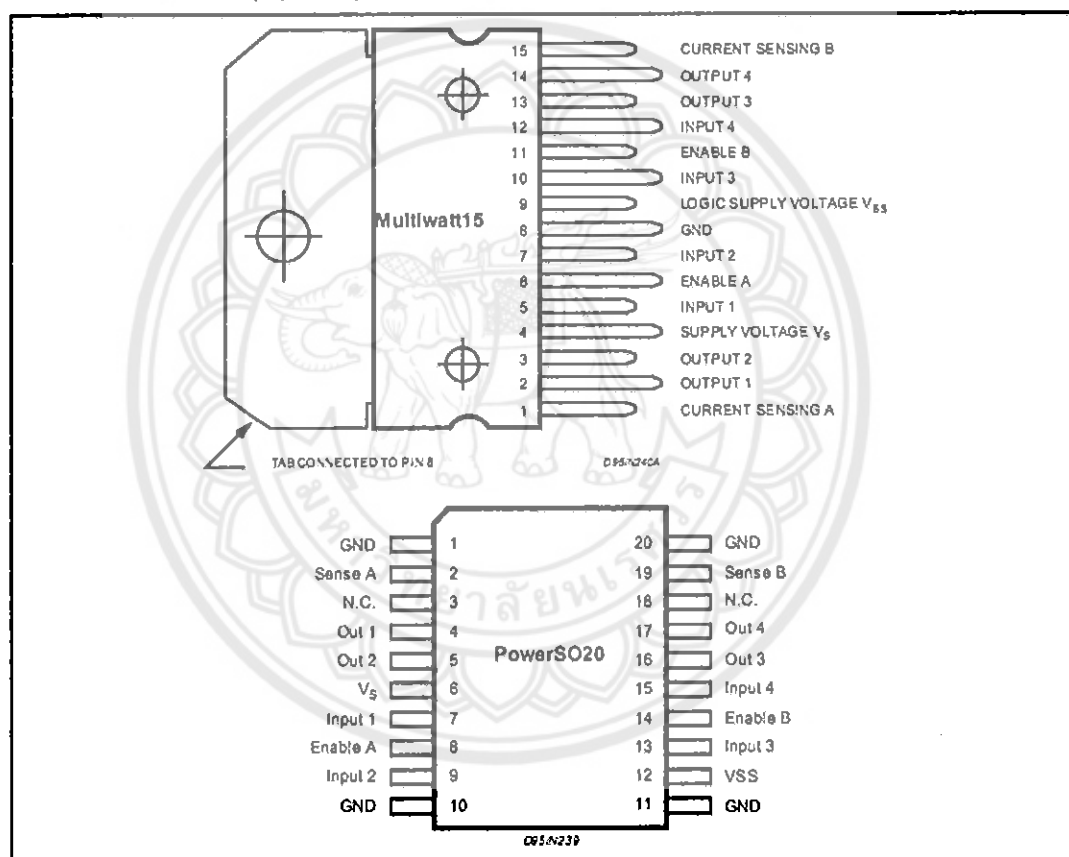


L298

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 ($t = 100\mu s$)	3	A
	- Repetitive (80% on -20% off; $t_{on} = 10ms$)	2.5	A
	-DC Operation	2	A
V_{sens}	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation ($T_{case} = 75^\circ C$)	25	W
T_{op}	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
T_{stg}, T_J	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

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

(*) Mounted on aluminum substrate

PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

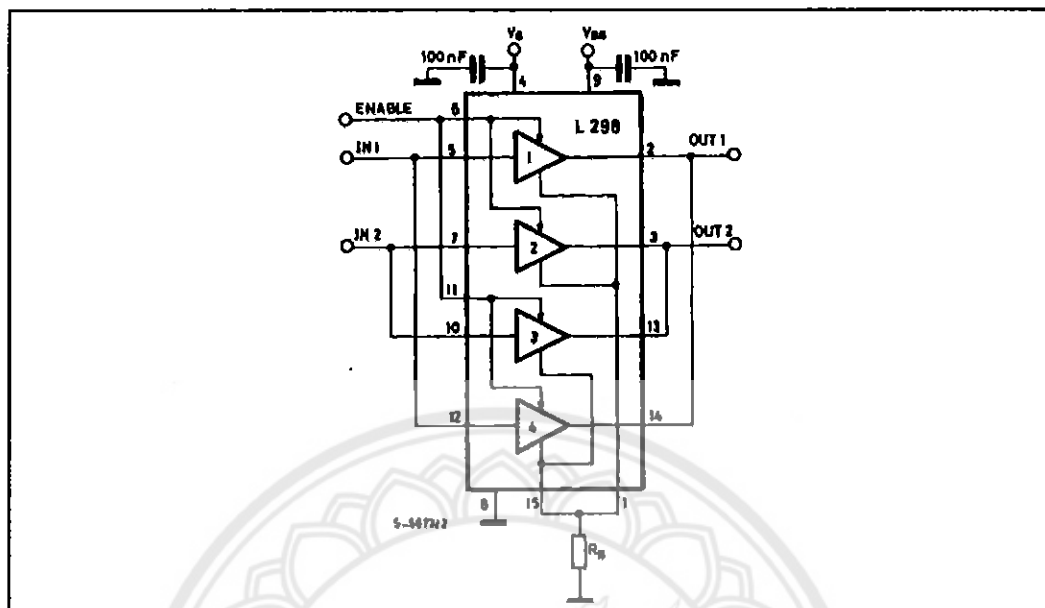
MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V _S	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	V _{SS}	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		V _{SS}	V
I _{IL}	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V _i = L			-10	μA
I _{IH}	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V _i = 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

L298

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 differential 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 V_s and V_{ss} , 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 V_s 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 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 V_F 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; Schottky diodes would be preferred.

L298

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.

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.

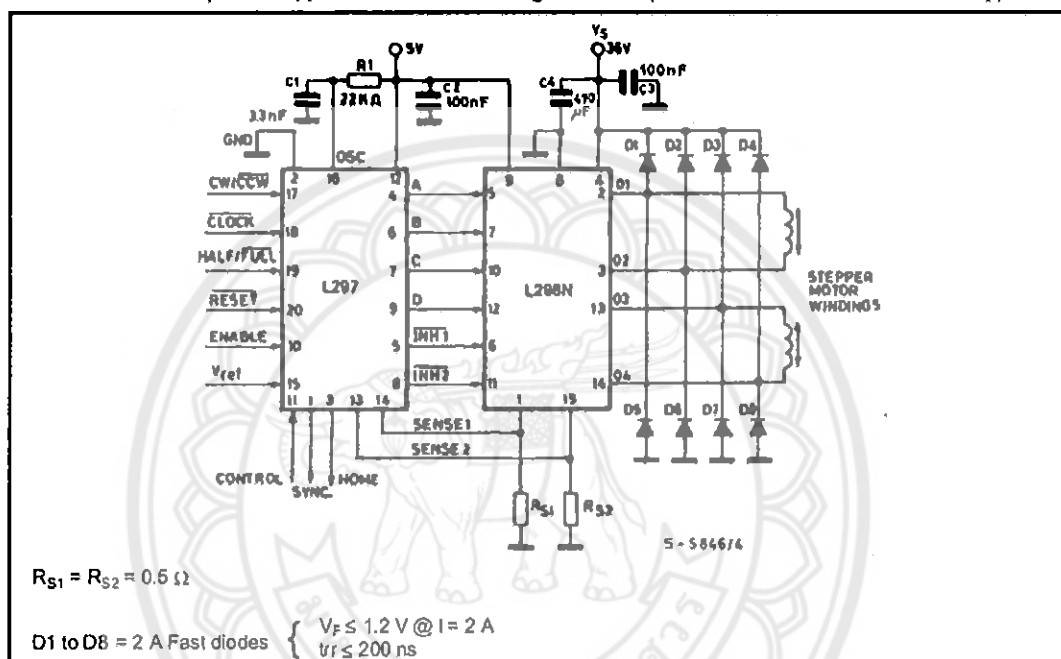


Fig 10 shows a second two phase bipolar stepper motor control circuit where the current is controlled by the I.C. L6506.

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

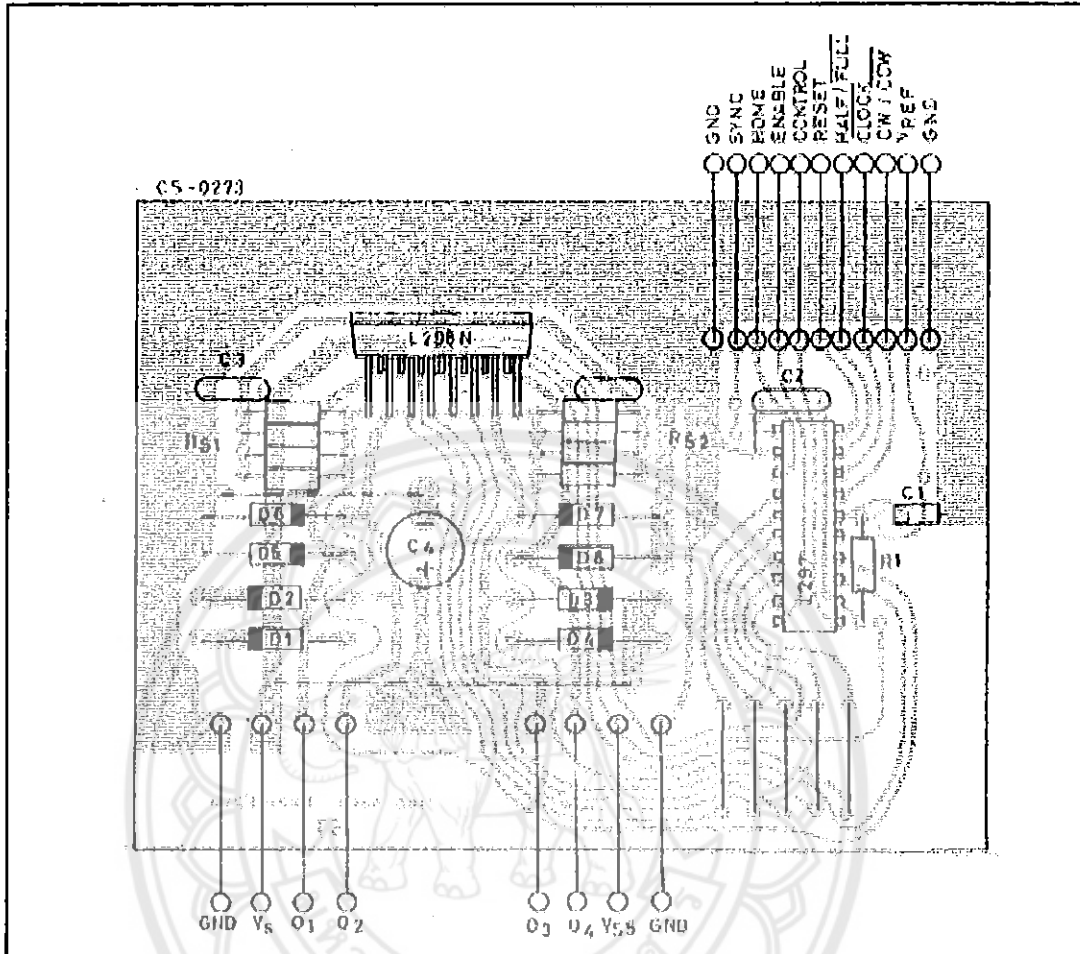
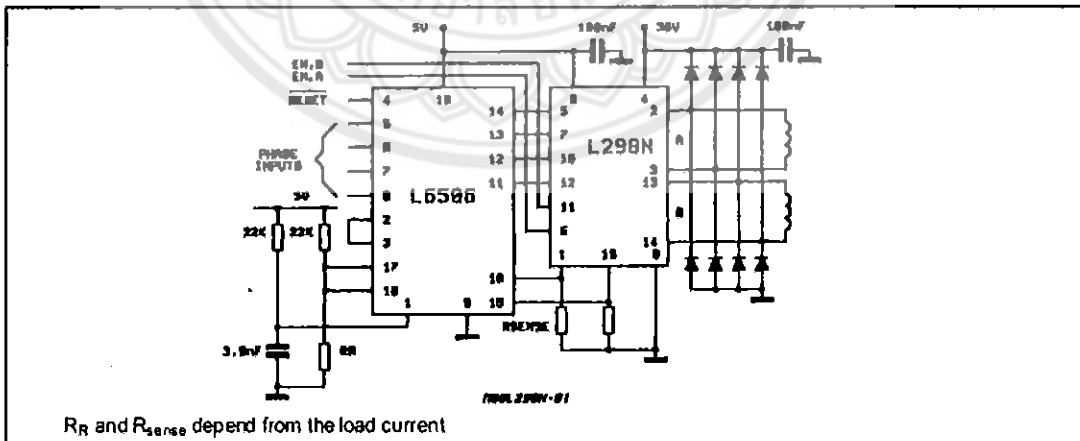


Figure 10 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit by Using the Current Controller L6506.





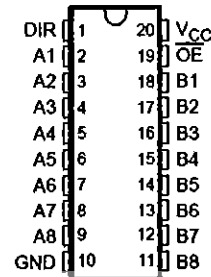
SN54LS245, SN74LS245 OCTAL BUS TRANSCEIVERS WITH 3-STATE OUTPUTS

SDLS146A – OCTOBER 1976 – REVISED FEBRUARY 2002

- 3-State Outputs Drive Bus Lines Directly
- PNP Inputs Reduce dc Loading on Bus Lines
- Hysteresis at Bus Inputs Improves Noise Margins
- Typical Propagation Delay Times Port to Port, 8 ns

TYPE	I _{OL} (SINK CURRENT)	I _{OH} (SOURCE CURRENT)
SN54LS245	12 mA	-12 mA
SN74LS245	24 mA	-15 mA

SN54LS245... J OR W PACKAGE
SN74LS245... DB, DW, N, OR NS PACKAGE
(TOP VIEW)

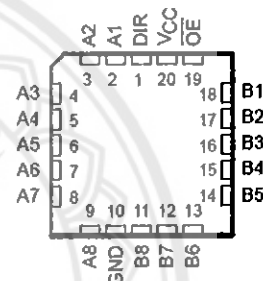


description

These octal bus transceivers are designed for asynchronous two-way communication between data buses. The control-function implementation minimizes external timing requirements.

The devices allow data transmission from the A bus to the B bus or from the B bus to the A bus, depending on the logic level at the direction-control (DIR) input. The output-enable (\overline{OE}) input can disable the device so that the buses are effectively isolated.

SN54LS245... FK PACKAGE
(TOP VIEW)



ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE†	ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP – N	Tube	SN74LS245N
	SOIC – DW	Tube	SN74LS245DW
		Tape and reel	SN74LS245DWR
	SOP – NS	Tape and reel	SN74LS245NSR
-55°C to 125°C	SSOP – DB	Tape and reel	SN74LS245DBR
		Tube	SN54LS245J
	CDIP – J	Tube	SNJ54LS245J
		Tube	SNJ54LS245W
	LCCC – FK	Tube	SN54LS245FK

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

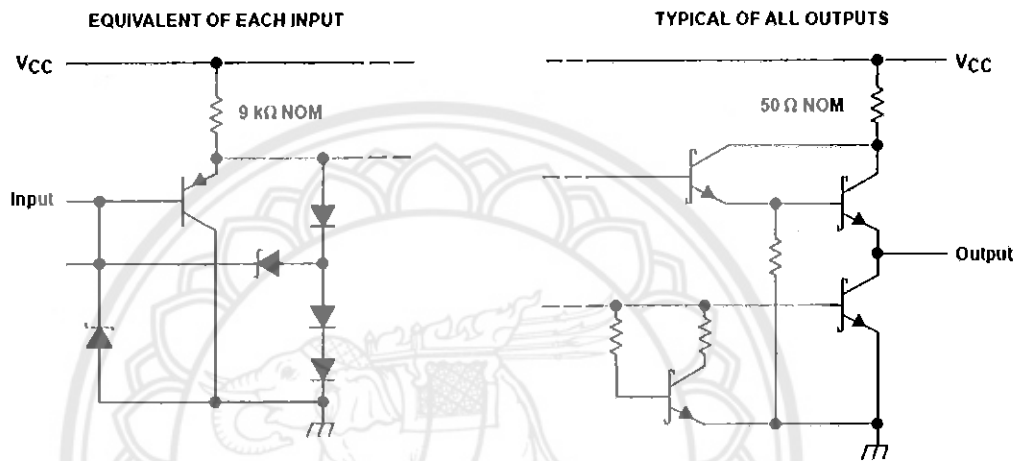
**SN54LS245, SN74LS245
OCTAL BUS TRANSCEIVERS
WITH 3-STATE OUTPUTS**

SDLS146A - OCTOBER 1976 - REVISED FEBRUARY 2002

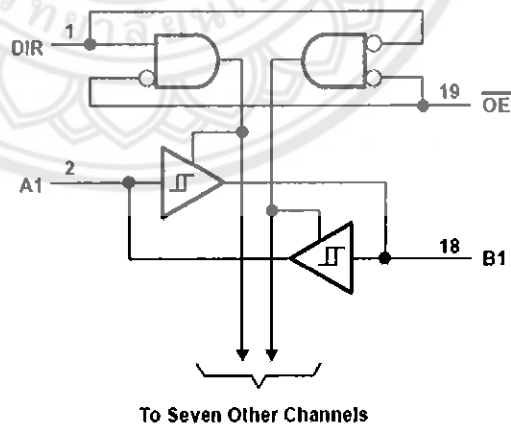
FUNCTION TABLE

INPUTS		OPERATION
\overline{OE}	DIR	
L	L	B data to A bus
L	H	A data to B bus
H	X	Isolation

schematics of inputs and outputs



logic diagram (positive logic)



SN54LS245, SN74LS245
OCTAL BUS TRANSCEIVERS
WITH 3-STATE OUTPUTS

SDLS146A - OCTOBER 1976 - REVISED FEBRUARY 2002

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITION [†]	SN54LS245		SN74LS245		UNIT	
			MIN	TYP [‡]	MAX	MIN		TYP [‡]
V _{IH}	High-level input voltage		2		2		V	
V _{IL}	Low-level input voltage		0.7		0.8		V	
V _{IK}	Input clamp voltage	V _{CC} = MIN, I _I = -18 mA	-1.5		-1.5		V	
	Hysteresis (V _{T+} - V _{T-})	A or B V _{CC} = MIN	0.2	0.4	0.2	0.4	V	
V _{OH}	High-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2 V, V _{IL} = V _{IL(max)}	I _{OH} = -3 mA	2.4	3.4	2.4	3.4	V
			I _{OH} = MAX	2		2		
V _{OL}	Low-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2 V, V _{IL} = V _{IL(max)}	I _{OL} = 12 mA	0.4		0.4		V
			I _{OL} = 24 mA	0.5		0.5		
I _{OZH}	Off-state output current, high-level voltage applied	V _{CC} = MAX, OE at 2 V	20		20		μA	
I _{OZL}	Off-state output current, low-level voltage applied	V _{CC} = MAX, OE at 2 V	-200		-200		μA	
I _I	Input current at maximum input voltage	A or B	0.1		0.1		mA	
		DIR or OE	0.1		0.1			
I _{IH}	High-level input current	V _{CC} = MAX, V _{IH} = 2.7 V	20		20		μA	
I _{IL}	Low-level input current	V _{CC} = MAX, V _{IL} = 0.4 V	-0.2		-0.2		mA	
I _{OS}	Short-circuit output current [§]	V _{CC} = MAX	-40	-225	40	-225	mA	
I _{CC}	Supply current	Total, outputs high	48	70	48	70	mA	
		Total, outputs low	62	90	62	90		
		Outputs at high Z	64	95	64	95		

[†] For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate values specified under recommended operating conditions.

[‡] All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

[§] Not more than one output should be shorted at a time, and duration of the short circuit should not exceed one second.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Figure 1)

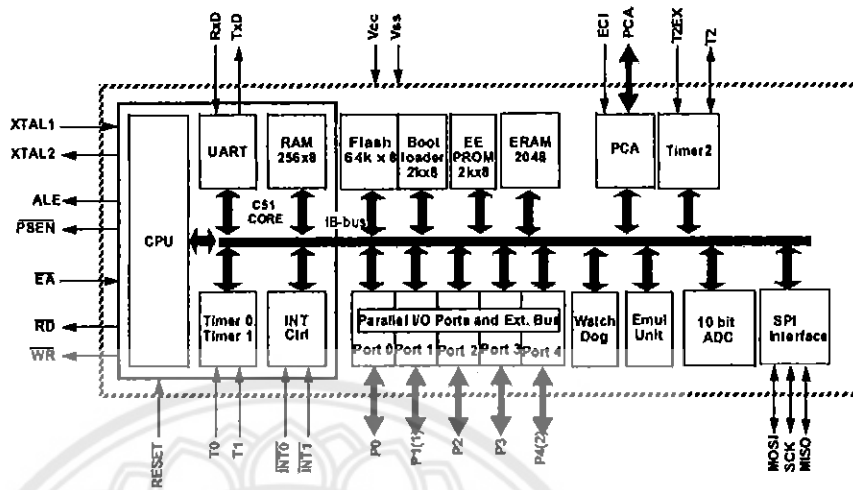
PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t _{PLH}	Propagation delay time, low- to high-level output	8		12	ns
t _{PHL}	Propagation delay time, high- to low-level output	8		12	
t _{PZL}	Output enable time to low level	27		40	ns
t _{PZH}	Output enable time to high level	25		40	
t _{PLZ}	Output disable time from low level	15		25	ns
t _{PHZ}	Output disable time from high level	15		28	



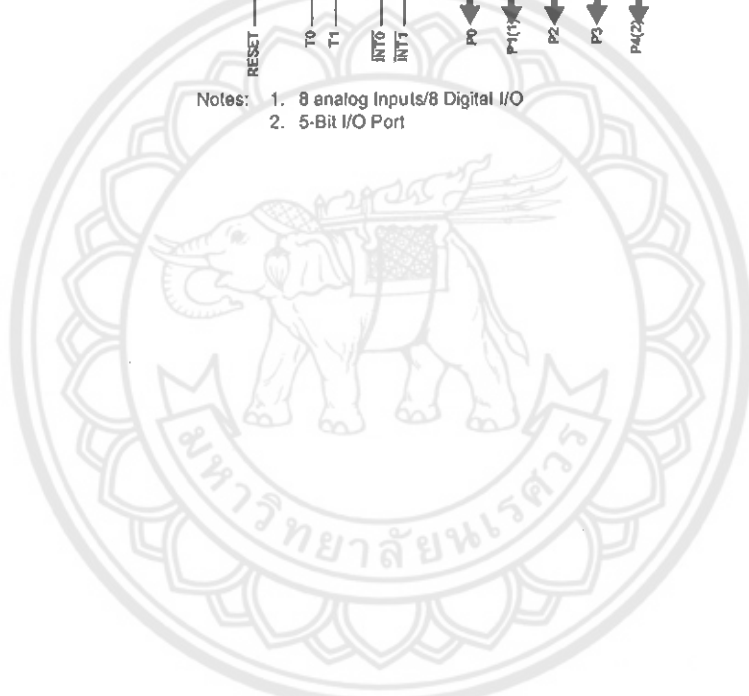
รายละเอียดของไมโครโปรเซสเซอร์ รุ่น AT89C51AC3



Block Diagram

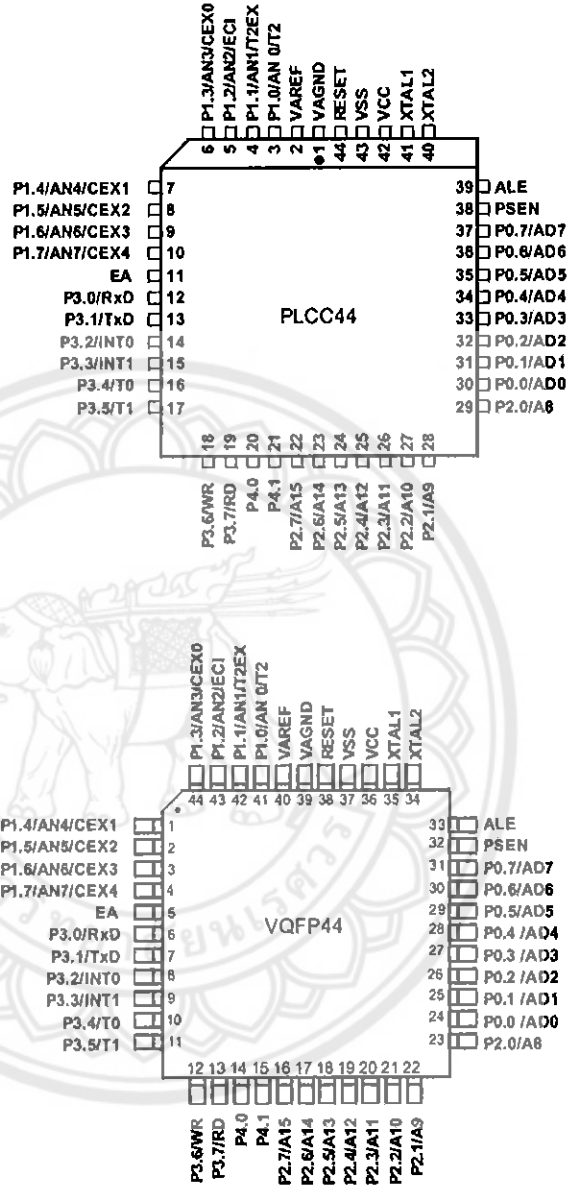


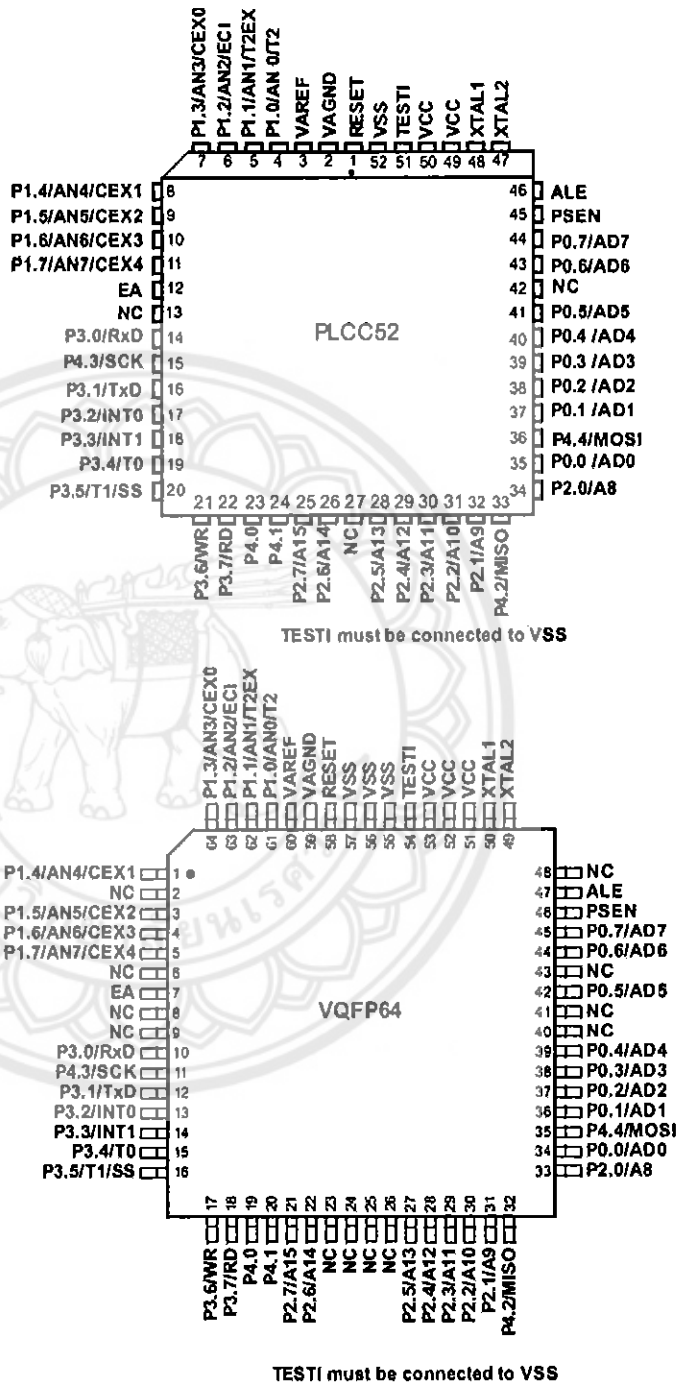
- Notes:
1. 8 analog Inputs/8 Digital I/O
 2. 5-Bit I/O Port



AT89C51AC3

Pin Configuration





AT89C51AC3

Pin Name	Type	Description
VSS	GND	Circuit ground
TEST1	I	Must be connected to VSS
VCC		Supply Voltage
VAREF		Reference Voltage for ADC
VAGND		Reference Ground for ADC
P0.0:7	I/O	<p>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.</p>
P1.0:7	I/O	<p>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_{L1}, see section "Electrical Characteristics") 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.</p> <p>P1.0/AN0/T2 Analog Input channel 0, External clock input for Timer/counter2.</p> <p>P1.1/AN1/T2EX Analog Input channel 1, Trigger input for Timer/counter2.</p> <p>P1.2/AN2/EC1 Analog Input channel 2, PCA external clock input</p> <p>P1.3/AN3/CEX0 Analog Input channel 3, PCA module 0 Entry of input/PWM output.</p> <p>P1.4/AN4/CEX1 Analog Input channel 4, PCA module 1 Entry of input/PWM output.</p> <p>P1.5/AN5/CEX2 Analog Input channel 5, PCA module 2 Entry of input/PWM output.</p> <p>P1.6/AN6/CEX3 Analog Input channel 6, PCA module 3 Entry of input/PWM output.</p> <p>P1.7/AN7/CEX4 Analog Input channel 7, PCA module 4 Entry of input/PWM output.</p> <p>Port 1 receives the low-order address byte during EPROM programming and program verification. It can drive CMOS inputs without external pull-ups.</p>
P2.0:7	I/O	<p>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_{L2}, see section "Electrical Characteristics") 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.</p>

Pin Name	Type	Description
P3.0:7	I/O	<p>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_{OL}, see section "Electrical Characteristics") 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 WR). The secondary functions are assigned to the pins of port 3 as follows:</p> <p>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/INT0: External interrupt 0 input/Timer 0 gate control input P3.3/INT1: External interrupt 1 input/Timer 1 gate control input P3.4/T0: Timer 0 counter input P3.5/T1/SS: Timer 1 counter input SPI Slave Select P3.6/WR: External Data Memory write strobe; latches the data byte from port 0 into the external data memory P3.7/RD: External Data Memory read strobe; Enables the external data memory. It can drive CMOS inputs without external pull-ups.</p>
P4.0:4	I/O	<p>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 (I_{OL}, 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 Output Slave Input of SPI controller It can drive CMOS inputs without external pull-ups.</p>

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นายจรูญวิทย์ วันดี

ภูมิลำเนา 9809 หมู่ ๓ ต.บึงพระ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา
ภาคเหนือ
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: jaronwit@outlook.com

