สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตผสมผสานด้วยคอมพิวเตอร์ : ส่วนแขนกล

COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING : ROBOT ARM SECTION

T119411

นายกิตติศักดิ์ สังสะนา

นายขรณ์ สอนจันทร์

นางสาวจุฬาลักษณ์ สันโดษ

นายพันธุ์ชนะ สุวรรณภูชัย

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119411
วัน,เดือน,ปี - 7 S.A. 2554

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING :

ROBOT ARM SECTION

KITTISAK SUNGSANA

KHORN SORNCHAN

CHULALAK SUNDEOD

PHANCHANA SUWANPHUCHAI

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การผลิตผสมผสานด้วยคอมพิวเตอร์ : ส่วนแขนกล

COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING : ROBOT ARM SECTION

ผู้จัดทำ	นายกิตติศักดิ์	สังสะนา	50010131
	นายขรณ์	สอนจันทร์	50010155
	นางสาวจุฬาลักษณ์	สันโดษ	50010262
	นายพันธุ์ชนะ	สุวรรณภูชัย	50011086

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ดร. วันชัย ริ้วรุจา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. วรรณดี เพชรมณีล้ำค่า)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตผสมผสานด้วยคอมพิวเตอร์ : ส่วนแขนกล

โดย

นายกิตติศักดิ์	สังสะนา	50010131
นายขรณ์	สอนจันทร์	50010155
นางสาวจุฬาลักษณ์	สันโดษ	50010262
นายพันธุ์ชนะ	สุวรรณภูชัย	50011086

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริ้วรุจา

ดร. วรรณดี เพชรมณีล้ำค่า

อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษา ออกแบบ และสร้างระบบจำลองการลำเลียงผลิตภัณฑ์ในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมกระบวนการผลิตทั้งหมด ซึ่งในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอทฤษฎีและการออกแบบแขนกล โดยโครงสร้างประกอบด้วย ส่วนควบคุม ส่วนประมวลผล ส่วนเซอร์โวมอเตอร์ และส่วนที่นำมาประกอบเป็นแขนกล ขั้นตอนดำเนินการเริ่มจากออกแบบและประกอบโครงสร้างของแขนกล ศึกษาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่จำเป็นในการควบคุมแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING :

ROBOT ARM SECTION

By

Mr. Kittisak Sunksana

Mr. Khorn Sornchan

Miss Chulalak Sundeod

Mr. Phanchana Suwanphuchai

Advisors

Assoc. Prof. Dr. Vanchai Riewruja

Dr. Wandee Petchmaneelumka

Mr. Thepjit Cheypoca

Academic Year 2010

ABSTRACT

This thesis is to study the design and construction, transport products in industries using a computer to control the entire manufacturing process. In the thesis. Present theory and design of the robot arm. The structure consists of control unit, processing unit, servo motor and components to build robot arm. Procedures starting from the design and structure of the robot arm. Study of electronic circuits needed to control robot arm and experimented.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การที่ปริญญานิพนธ์และโครงงานสามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีนั้น ทางผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริ้วรุจา ดร. วรรณดี เพชรมณีล้ำค่า และอาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำที่ดีมาโดยตลอด

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและระบบควบคุมที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการปฏิบัติงาน

สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำโครงงานต้องขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ของพวกเรา ผู้ที่มีพระคุณสูงสุดที่เป็นผู้ที่ให้โอกาสในการศึกษา ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงงานนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงได้

ผู้จัดทำ

นายกิตติศักดิ์	สังสะนา	50010131
นายขรณ์	สอนจันทร์	50010155
นางสาวจุฬาลักษณ์	สันโดษ	50010262
นายพันธุ์ชนะ	สุวรรณภูชัย	50011086

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญภาพ VII

สารบัญตาราง IX

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 กล่าวนำ 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 1

1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์ 2

บทที่ 2 การผลิตผสมผสานด้วยคอมพิวเตอร์ 3

2.1 ภาพรวมของระบบ CIM 3

2.2 ปัจจัยที่ท้าทาย 4

2.3 ส่วนประกอบภายในระบบจำลองกระบวณการการผลิต 4

2.3.1 ระบบลำเลียงสินค้า 4

2.3.2 แขนกล 5

2.3.3 ส่วนแสดงผล 6

2.4 หลักการทำงานของระบบ 7

2.4.1 โหมดควบคุมด้วยมือ 7

2.4.2 โหมดควบคุมอัตโนมัติ 8

2.5 การติดต่อสื่อสารกันของระบบ 8

2.5.1 ฮาร์ดแวร์ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.5.2 ซอฟต์แวร์ 9

บทที่ 3 แขนกล 9

3.1 ทฤษฎีพื้นฐานของการวิเคราะห์และควบคุมหุ่นยนต์ 10

3.1.1 การแบ่งแยกประเภทของหุ่นยนต์ 11

3.1.2 มือของหุ่นยนต์ 16

3.1.2.1 แบบมือจับ 17

3.1.2.2 มือที่เป็นอุปกรณ์ 17

3.1.3 Direct Kinematic: The Arm Equation 17

3.2 มอเตอร์กระแสตรง 18

3.2.1 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง 19

3.2.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง 19

3.3 เซอร์โวมอเตอร์ 19

3.3.1 ความหมายของเซอร์โวมอเตอร์ 19

3.3.2 ส่วนประกอบภายใน 20

3.3.3 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ 20

3.4 หลักการของ Pulse Width Modulation(PWM) 22

3.5 หลักการทำงานของแขนกล 22

3.6 โครงสร้างของแขนกล 23

3.7 ส่วนประกอบต่างๆของตัวแขนกล 28

3.7.1 ส่วนฐานของแขนกล 28

3.7.2 ฐานหมุนของแขนกล 28

3.7.3 แขนส่วนที่ (1) 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.7.4 แขนส่วนที่ (2) 30

3.7.5 แขนส่วนที่ (3) 31

3.7.6 ตัวหนีบจับ 32

3.8 โครงสร้างเสร็จสมบูรณ์ของแขนกล 35

3.9 โครงสร้างและการออกแบบส่วนอิเล็กทรอนิกส์ 36

3.9.1 วงจรควบคุมการทำงาน 36

3.9.2 วงจรบอร์ดควบคุมการเคลื่อนที่ 38

บทที่ 4 ผลการทดลอง 40

4.1 การทดลองเซอร์โวมอเตอร์ของแขนกล 41

4.2 การทดลองโครงสร้างของแขนกล 41

4.3 การทดลองโปรแกรมการควบคุมของแขนกล 42

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป 43

5.1 สรุปผลการทดลอง 43

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข 43

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา 43

ภาคผนวก ก โปรแกรมการประมวลผลและการควบคุม 45

ภาคผนวก ข โปรแกรมการออกแบบและผลิตชิ้นส่วนระบบลำเลียงหุ่นยนต์และแขนกล 72

ภาคผนวก ค เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 81

ภาคผนวก ง โปสเตอร์แขนกล 84

เอกสารอ้างอิง 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ **หน้า**

2.1 รถลำเลียงสิ้นค้า 5

2.2 สถานีรับ-ส่งสินค้า 5

2.3 แขนกล 6

2.4 โปรแกรมควบคุม 7

2.5 ระบบจำลองการผลิตอัตโนมัติ 7

3.1 หุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียน 12

3.2 หุ่นยนต์พิกัดทรงกระบอก 13

3.3 หุ่นยนต์พิกัดทรงกลม 14

3.4 หุ่นยนต์สการา 15

3.5 หุ่นยนต์ข้อต่อหมุน 16

3.6 แขนกลที่มีลักษณะเป็นลิงค์ 18

3.7 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์ 21

3.8 สัญญาณพัลส์กับมอเตอร์ 21

3.9 ไดอะแกรมการทำงานของแขนกล 23

3.10 บอร์ดควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ 24

3.11 บอร์ด Stamp168 24

3.12 ตำแหน่งเซอร์โวมอเตอร์ในแต่ละข้อต่อ 25

3.13 เซอร์โวมอเตอร์ส่วนคลิ๊ปเปอร์และส่วนควบคุมการหมุนของมือจับ 25

3.14 เซอร์โวมอเตอร์ส่วนควบคุมการยกมือจับขึ้น-ลง 26

3.15 เซอร์โวมอเตอร์ส่วนควบคุมแขนให้ยกสิ่งของขึ้น-ลง 26

3.16 เซอร์โวมอเตอร์ส่วนควบคุมแขนท่อนล่าง 27

3.17 เซอร์โวมอเตอร์ส่วนฐาน 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.18 ส่วนประกอบของฐาน 28

3.19 ส่วนประกอบของฐานหมุน (1) 29

3.20 ส่วนประกอบของฐานหมุน (2) 29

3.21 ส่วนประกอบของแขนส่วนที่ (1) 30

3.22 ส่วนประกอบของแขนส่วนที่ (2) 30

3.23 ส่วนประกอบของแขนส่วนที่ (3) 31

3.24 ส่วนประกอบของตัวหนีบจับ (1) 32

3.25 ส่วนประกอบของตัวหนีบจับ (2) 33

3.26 ส่วนประกอบของตัวหนีบจับ (3) 34

3.27 โครงสร้างเสร็จสมบูรณ์ของแขนกล 35

3.28 บอร์ด Stamp168 36

3.29 รูปแสดง ลักษณะของบอร์ด ET-EASY168 STAMP 37

3.30 วงจรบอร์ดควบคุมการเคลื่อนที่ 38

3.31 บอร์ดควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ 39

ข.1 ชิ้นงานที่ใช้ในการเขียนโค้ด 77

ง.1 โปสเตอร์แขนกล 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ชนิดของข้อต่อหุ่นยนต์ 11

3.2 ขอบเขตการทำงานของหุ่นยนต์ (Robot work envelopes) ที่ขึ้นอยู่กับแกนหลัก 11

3.3 ตารางแสดงการจัดสรรขาสัญญาณของบอร์ด ET-EASY168 STAMP 37

3.4 ขาสัญญาณของบอร์ด ET-EASY168 STAMP 37

4.1 ผลการทดลองความกว้างพัลส์ของเซอร์โวมอเตอร์ในแต่ละตำแหน่งของแขนกล 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

การศึกษาในสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ เป็นการศึกษาและประยุกต์ใช้ทฤษฎีต่างๆ ในการออกแบบและควบคุมให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งปัจจุบันสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอ-นิกส์ได้เข้ามามีบทบาททางด้านการพัฒนาระบบอุตสาหกรรมมากขึ้น เนื่องจากในปัจจุบันการขยายตัวทางอุตสาหกรรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เพื่อให้การผลิตมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น อุตสาหกรรมการผลิตแบบอัตโนมัติจึงเข้ามามีบทบาทในวงการอุตสาหกรรมผนวกเข้ากับเทคโนโลยีหุ่นยนต์ จึงได้มีการคิดค้นระบบลำเลียงผลิตภัณฑ์ในโรงงานอุตสาหกรรม และพัฒนาหุ่นยนต์ในรูปแบบต่างๆมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีความต้องการใช้หุ่นยนต์ที่สามารถนำมาใช้งานได้จริง มีความสามารถในการขนส่งสินค้า มีการประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว และมีความใกล้เคียงกับสิ่งมีชีวิต ด้วยเหตุนี้ได้มีการคิดค้นและจำลองระบบอุตสาหกรรมขึ้น โดยประกอบไปด้วยรถที่ใช้ในระบบขนส่ง และหุ่นยนต์ โดยหุ่นยนต์ส่วนใหญ่เป็นแขนกลชนิดยึดอยู่กับที่ (Robot Arm) และหุ่นยนต์แบบเคลื่อนที่ด้วยขา (walking robot) ซึ่งมีหุ่นยนต์ 2 ขา (humanoid robot) และหุ่นยนต์แมลง (insect robot)

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการทำงานของระบบผสมผสานด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Integrated Manufacturing, CIM)
2. ทำการศึกษา ออกแบบ และประดิษฐ์แขนกล (Robot Arm) ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ประกอบเป็นโครงสร้างทางกล อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นระบบควบคุม รวมถึงส่วนของการควบคุมและประมวลผล
3. ทำการออกแบบชิ้นงานที่ใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำ และเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมกับการทำชิ้นงาน เพื่อการจำลองระบบจากงานอุตสาหกรรม
4. สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. สามารถออกแบบและประดิษฐ์โครงสร้างของระบบลำเลียงทั้งระบบได้
2. สามารถออกแบบและประดิษฐ์โครงสร้างแขนกล หุ่นยนต์สองขา และหุ่นยนต์แมลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สามารถใช้โปรแกรม Arduino ควบคุมการทำงานของแขนกลได้
4. สามารถกำหนดค่าการทำงานของแขนกลในส่วนต่างๆได้

1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 บทนำ กล่าวนำถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา ขอบเขตการศึกษา และรายละเอียดของปริญญานิพนธ์ของแต่ละบท

บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการออก แบบแขนกล การใช้งานพอร์ตของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องและนำความรู้ไปใช้ประยุกต์ในการทำโครงงาน

บทที่ 3 หลักการออกแบบและนำเสนอโครงสร้างของระบบ รวมถึงแนวคิดในการเขียนโปร-แกรมควบคุมแขนกล

บทที่ 4 การทดลอง เป็นส่วนของการทดสอบองค์ประกอบต่างๆในระบบ ตลอดจนการทดลองโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป จะสรุปผลการดำเนินงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงโครงงานนี้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การผลิตผสมผสานด้วยคอมพิวเตอร์

การผลิตผสมผสานด้วยคอมพิวเตอร์(Computer Integrated Manufacturing, CIM) เป็นระบบการผลิตที่ใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมกระบวนการผลิตทั้งหมด การผสมผสานของระบบทำให้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยงานแต่ละหน่วยได้ ทำให้แต่ละหน่วยรับรู้ความก้าวหน้าซึ่งกันและกัน ข้อดี คือ ระบบการผลิตจะมีความรวดเร็วและมีข้อผิดพลาดน้อย แม้ว่าข้อดีหลักของ CIM คือ ความสามารถในการสร้างกระบวนการผลิตอัตโนมัติ โดยทั่วไปแล้วระบบ CIM จะเป็นกระบวนการควบคุมแบบปิด (Closed-loop Control Processes) บนพื้นฐานของข้อมูล ณ ปัจจุบันที่ได้รับจากตัวตรวจรู้ (Sensor)

2.1 ภาพรวมของระบบ CIM

CIM เป็นทั้งกระบวนการผลิตและชื่อของระบบอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีหน้าที่สนับสนุนการทำงานและเป็นระบบการจัดการของระบบการผลิตที่ประกอบด้วยฝ่ายต่างๆ เช่น ฝ่ายงานวิศวกรรม ฝ่ายงานการผลิต ฝ่ายการตลาด และฝ่ายการสนับสนุนอื่นๆ ขอบข่ายหน้าที่การทำงานของ CIM มีหลากหลายอย่าง เช่น ออกแบบ วิเคราะห์ วางแผน จัดซื้อ จัดการบัญชีต้นทุน ควบคุมคงคลัง และการกระจายผลิตภัณฑ์ เหล่านี้จะถูกเชื่อมโยงโดยคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์หรือหน่วยต่างๆ ภายในองค์กร CIM จะทำให้สามารถควบคุมกระบวนการได้โดยตรงและสามารถแสดงการทำงานปัจจุบันของทุกกระบวนการทำงาน

ข้อแตกต่าง 3 ประการที่ทำให้ CIM แตกต่างจากระบบการผลิตแบบอื่นๆ คือ

1. สื่อที่ใช้ในการเก็บข้อมูล การคืนสภาพกระบวนการ การควบคุม และการนำเสนอ
2. กลไกการตรวจจับและการดัดแปลงกระบวนการต่างๆ
3. อัลกอริทึมของการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการตรวจจับและการดัดแปลงส่วนประกอบต่างๆ

CIM จะประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน 2 เครื่องขึ้นไป เช่น ตัวควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial Robot) กับ ตัวคุมเครื่อง Computer Numerical Control (CNC) สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการติดตั้งระบบ CIM คือ ปริมาณการผลิต ประสบการณ์ขององค์การและบุคลากร ระดับการผสมผสานของส่วนการผลิตและส่วนต่างๆ CIM มีประโยชน์มากที่สุดในองค์การที่มีระดับการใช้ข้อมูลสารสนเทศภายในองค์กรสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ปัจจัยที่ท้าทาย

สิ่งที่ท้าทายในการพัฒนาระบบ CIM ให้มีประสิทธิภาพ มีอยู่ 3 สิ่งหลักๆ ด้วยกัน คือ

1. การผสมผสานของส่วนประกอบต่างๆ ที่มาจากหลายๆ ซัพพลายเออร์ เมื่อมีเครื่องจักรที่แตกต่างกัน เช่น CNC สายพานลำเลียง และหุ่นยนต์ อุปกรณ์เชื่อมต่อย่อมแตกต่างกันไป กรณีของ Automated Guided Vehicle System (AGV) หรือ ระบบขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ ก็มีระยะเวลาของแบตเตอรี่ที่แตกต่างกัน ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการจัดการระบบ

2. การผสมผสานของข้อมูล ในการระบบอัตโนมัติระดับสูงๆ การผสมผสานระหว่างข้อมูลที่ใช้ในเครื่องจักรและจากแรงงานที่ควบคุมเครื่องจักรต้องมีความเหมาะสมถูกต้อง เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดของสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมเครื่องจักร

3. การควบคุมกระบวนการ คอมพิวเตอร์ถูกใช้ในการช่วยมนุษย์ในการดำเนินงาน ส่วนใหญ่จะต้องใช้วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ เพื่อออกแบบระบบและโปรแกรมให้เข้ากับระบบ CIM ที่ได้จัดตั้งเป็นสิ่งที่ท้าทายมากเช่นกัน

2.3 ส่วนประกอบภายในระบบจำลองกระบวณการการผลิต

การจำลองระบบโรงงานนี้ประกอบไปด้วย รถลำเลียงสินค้าที่ทำตามคำสั่งที่ส่งผ่านมาทางมอนิเตอร์ โดยรถลำเลียงสินค้าจะวิ่งบนรางไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่ลำเลียงสินค้าจากหน่วยการทำงานหนึ่งไปยังอีกหน่วยการทำงานหนึ่ง และมีแขนกลทำการหยิบจับในการขนส่งสินค้าเข้า - ออกระหว่างรถลำเลียงกับหน่วยการทำงาน ซึ่งจะมีหุ่นยนต์แมลง 6 ขา มารับสินค้าจากแขนกลไปยังหุ่นยนต์ 2 ขา เพื่อไปเก็บในคลังสินค้าต่อไป

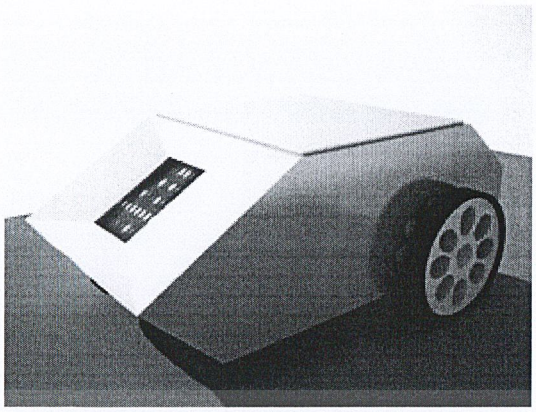
2.3.1 ระบบลำเลียง

ประกอบไปด้วยรถลำเลียงสินค้าและสถานีรับ-ส่งสินค้า

2.3.1.1 รถลำเลียงสินค้า

ทำหน้าที่รับส่งสินค้าจากสถานีหนึ่งไปยังสถานีหนึ่ง ซึ่งใช้หลักการของการส่งข้อมูลผ่านทางสัญญาณอินฟราเรด โดยรถจะเคลื่อนที่ไปตามรางไฟฟ้า และเมื่อตัวรถนั้นเคลื่อนที่มาจอดที่สถานี จากนั้นวงจรรับ-ส่งสัญญาณจะเริ่มทำงาน โดยตัวรถจะส่งสัญญาณไปยังสถานี ส่วนที่ทำหน้าที่รับสัญญาณที่ส่งไปก็คือ สถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 รถลำเลียงสินค้า

2.3.1.2 สถานีรับ-ส่งสินค้า

ทำหน้าที่รับข้อมูลทาง main controller และตรวจเงื่อนไขของรถรับ-ส่งสินค้า ซึ่งใช้หลักการของการส่งข้อมูลผ่านทางสัญญาณอินฟราเรดเช่นเดียวกัน โดยจะเริ่มทำงานเมื่อรถเคลื่อนที่เข้ามาจอดที่สถานี และส่วนสถานีได้รับสัญญาณอินฟราเรดก็จะทำส่งมายัง main controller ให้ทำการประมวลผลและตัดสินใจ

รูปที่ 2.2 สถานีรับ-ส่งสินค้า

2.3.2 แขนกล

ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายสินค้าระหว่างรถลำเลียงกับสถานีรับ-ส่งสินค้า ซึ่งแขนกลมีส่วนประกอบ 4 ส่วนหลักได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.1 ส่วนควบคุม

แขนกลจะถูกควบคุมการทำงานทั้งหมดจากบอร์ดสวิตซ์ควบคุม (Keypad Joystick)

2.3.2.2 ส่วนประมวลผล

ทำหน้าที่ในการประมวลผลคำสั่งที่ได้จากส่วนควบคุมจากบอร์ดแสตม 168 (STAMP 168) แล้วทำการประมวลผลค่าที่ได้มา จากนั้นทำการส่งข้อมูลที่ได้ไปยังเซอร์โวมอเตอร์ให้ทำงาน

2.3.2.3 ส่วนเซอร์โวมอเตอร์

เป็นส่วนที่ขับเคลื่อนแขนกลให้เคลื่อนไหวไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งเซอร์โวมอเตอร์จะถูกติดตั้งไว้ในส่วนของข้อต่อต่างๆของแขนกลจำนวน 6 จุด

2.3.2.4 ส่วนที่ประกอบเป็นแขนกล

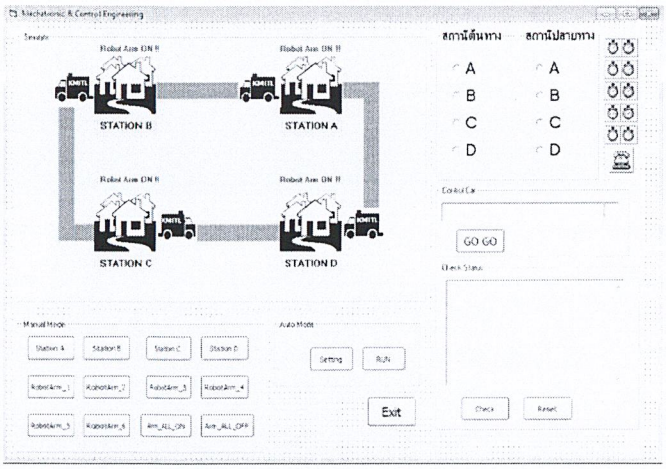
จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ คลิ๊ปเปอร์ แขน และฐาน ซึ่งชิ้นส่วนทุกชิ้นทำมาจากแผ่นอะคริลิคและได้ทำการออกแบบจากโปรแกรม SolidWorks Version 2010 แล้วนำไปแปลงเป็นค่า G-Code ออกมาแล้วนำค่า G-Code ที่ได้นำไปกัดชิ้นงานผ่านเครื่องซีเอ็นซีและนำชิ้นงานที่ได้นำไปประกอบเข้ากับเซอร์โวมอเตอร์

รูปที่ 2.3 ภาพรวมของแขนกล

2.3.3 ส่วนแสดงผล

ทำหน้าที่แสดงผลการทำงานของระบบ เพื่อให้เห็นภาพการทำงานของแขนกลและการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าในแต่ละสถานี โดยการทำงานมีทั้งระบบอัตโนมัติและระบบควบคุมด้วยมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



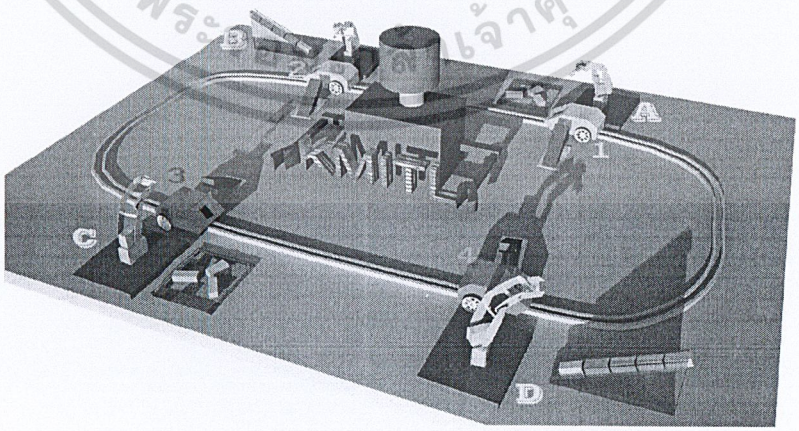
รูปที่ 2.4 โปรแกรมควบคุม

2.4 หลักการทำงานของระบบ

จะมีด้วยกัน 2 โหมด คือ

2.4.1 โหมดควบคุมด้วยมือ

ในการทำงานของโหมดควบคุมด้วยมือ เราจะเป็นผู้สั่งการทำงานของระบบว่าเราต้องการให้รถวิ่งออกจากสถานีใดแล้วไปจอดที่สถานีใด โดยรถที่เหลืออีกสามคันจะวิ่งไปจอดถัดไปอีกหนึ่งสถานี อย่างเช่น ถ้าเราต้องการให้รถคันที่หนึ่งวิ่งไปยังสถานีที่สี่ ดังนั้นรถคันที่สองจะวิ่งไปจอดที่สถานีที่หนึ่ง รถคันที่สามจะวิ่งไปจอดที่สถานีที่สอง และรถคันที่สี่จะวิ่งไปจอดสถานีที่สาม จะเป็นอย่างนี้ไปเรื่อยๆ ไม่ว่าเราจะทำการเลือกรถคันที่เท่าไร สถานีต้นทางหรือปลายทางใด รถคันที่เหลือจะวิ่งไปจอดตามสถานีตามที่กล่าวดังข้างต้น



รูปที่ 2.5 ระบบจำลองการผลิตอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเรามองจากรูปที่ 2.5 แล้วกำหนดให้รถคันที่หนึ่ง สอง สาม และสี่ เป็น 1, 2, 3 และ 4 ส่วนสถานีที่หนึ่ง สอง สาม และ สี่ เป็น A, B, C และD โดยเลือกให้รถคันที่ 1 วิ่งไปยังสถานีที่ D จะได้ 1D – 2A – 3B – 4C

2.4.2 โหมดควบคุมอัตโนมัติ

เมื่อเราทำการเขียนโปรแกรมและทำการสั่งให้ระบบทำงาน ระบบจะทำงานตามที่เรากำหนด ซึ่งจะคล้ายกับโหมดควบคุมด้วยมือ แต่จะต่างกันตรงที่ ถ้าให้รถคันที่ 1 วิ่งไปยังสถานีที่ B ดังนั้นรถคันที่ 2 จะวิ่งไปยังสถานีที่ C รถคันที่ 3 จะวิ่งไปยังสถานีที่ D และรถคันที่ 4 จะวิ่งไปยังสถานีที่ A และจะวิ่งอย่างนี้ไปเรื่อยๆ ตลอดการทำงาน (1B – 2C – 3D – 4A)

2.5 การติดต่อสื่อสารกันของระบบ

ในการติดต่อกันระหว่างรถกับสถานีเราใช้สัญญาณอินฟราเรดในการสื่อสาร ตัวส่ง คือ หลอดอินฟาเรด และ ตัวรับ คือ โมดูลรับสำเร็จรูป (3ขา) จะส่งด้วยความถี่ 40KHz โดยประมาณ ประโยชน์เพื่อเป็นความถี่หลักในการตรวจรับว่าเป็นสัญญาณตัวจริงไม่ใช่สัญญาณรบกวน ตัวรับแบบโมดูล (3ขา) โมดูลจะรับสัญญาณที่กระพริบด้วยความถี่ประมาณ 40KHz ถ้าตรงก็จะให้เอาท์พุทที่ขาเอาท์พุทเป็น 0 หลักการของมันก็มีแค่ส่งแสงอินฟราเรดไปยังวัตถุที่ต้องการตรวจจับ ถ้าพบวัตถุนั้นก็จะสะท้อนแสงกลับมายังตัวรับ โดยจะติดตั้งตัวรับและส่งสัญญาณนี้ไว้ที่รถกับสถานี อย่างละ1ชุด

ส่วนการติดต่อกันระหว่าง Main Controller กับสถานีนั้น เราใช้สายแพในการรับส่งข้อมูล โดยส่วน Main Controller จะทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูลไปยังสถานี เพื่อสั่งการว่าให้รถที่มาจอดเคลื่อนที่ไปสถานีใดต่อไป และการติดต่อกันระหว่าง Main Controller กับ Computer จะใช้สาย USB ในการเชื่อมต่อ เพื่อที่จะส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยัง Main Controller ซึ่ง Main Controller จะได้สั่งงานไปยังสถานี

อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในโครงงานนี้

2.5.1 ฮาร์ดแวร์

Easy Mega1280	จำนวน 1 แผง
Servo MG945	จำนวน 14 ตัว
Servo S3003	จำนวน 4 ตัว
Digital servo EK2-0508	จำนวน 5 ตัว
Acrylic	จำนวน 10 แผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.2 ซอฟต์แวร์

Arduino version 2008

SolidWorks version 2008

SolidCam version 2008

Mach3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

แขนกล (Robot Arm)

3.1 ทฤษฎีพื้นฐานของการวิเคราะห์และควบคุมหุ่นยนต์ (Fundamental of Robotic Analysis and Control)

หุ่นยนต์ (Robot) คืออุปกรณ์ทางกลที่ควบคุมด้วยซอฟต์แวร์ โดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับ (sensor) ของหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ตามโปรแกรมในพื้นที่การทำงาน (Workspace) เพื่อทำการเคลื่อนย้ายวัตถุ

3.1.1 การแบ่งแยกประเภทของหุ่นยนต์ (Robot Classification)

1. เทคโนโลยีการขับเคลื่อน (Drive Technology)

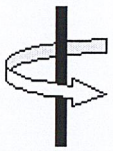
พิจารณาจากต้นกำลังที่ใช้ขับข้อต่อของหุ่นยนต์ ที่นิยมมี 2 แบบคือ การขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและขับเคลื่อนด้วยไฮดรอลิก แขนกลส่วนใหญ่ในปัจจุบันเป็นแบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า โดยใช้ดีซีเซอร์โวมอเตอร์ (DC Servo Motor) ดีซีสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (DC Stepping Motor) ในการเคลื่อนย้ายวัตถุที่ต้องการความเร็วสูง มักนิยมใช้แบบขับเคลื่อนด้วยไฮดรอลิก

2. รูปทรงของขอบเขตการทำงาน (Work Envelope Geometries)

ขอบเขตการทำงานสุทธิ (Gross Work Envelope) หมายถึงขอบเขตในปริภูมิสามมิติที่ข้อมือของแขนกลสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งนั้นได้ เราจะเรียกแกนของ 3 ข้อต่อแรกของแขนกลว่าแกนหลัก (Major axe) ซึ่งใช้ในการพิจารณาตำแหน่งของข้อมือ ส่วนแกนของข้อต่อที่เหลือเรียกว่าแกนรอง (Minor axe) ใช้กำหนดลักษณะการวางตัวหรือหมุนของแขนกล (Orientation) ดังนั้นรูปทรงของขอบเขตการทำงานจึงพิจารณาได้จาก ลำดับชนิดของข้อต่อที่ใช้ใน 3 แกนแรก ข้อต่อมีหลายแบบแต่ที่เป็นพื้นฐานและนิยมใช้มี 2 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ชนิดของข้อต่อหุ่นยนต์

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

การรวมกันของข้อต่อหมุน (R) และข้อต่อเลื่อน (P) ใน 3 แกนหลัก ก่อให้เกิดรูปทรงการเคลื่อนที่หลายรูปแบบ ดังตัวอย่างในตารางที่ 3.2 ซึ่งแสดงเฉพาะรูปแบบที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของแขนกล ข้อต่อหมุน (R) จะวิเคราะห์ยากกว่าแบบข้อต่อเลื่อน (P) ดังนั้นยิ่งมีข้อต่อหมุนมาก แขนกลก็ยิ่งซับซ้อนมากขึ้น

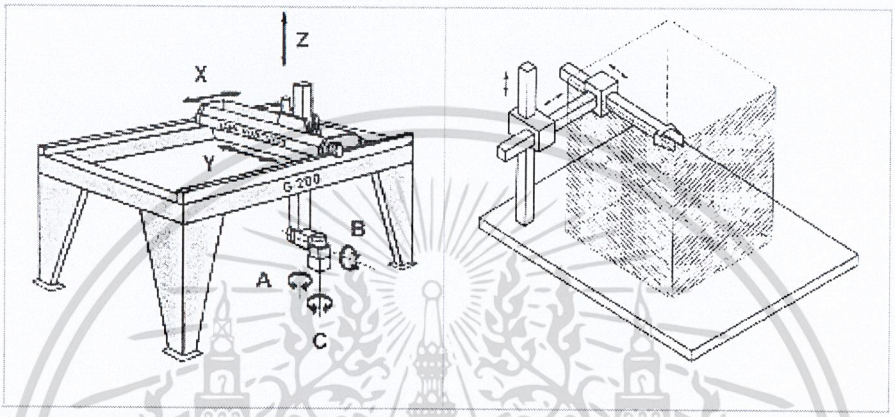
ตารางที่ 3.2 ขอบเขตการทำงานของหุ่นยนต์ (Robot work envelopes) ที่ขึ้นอยู่กับแกนหลัก

ชนิดของหุ่นยนต์	แกนที่ 1 (เอว)	แกนที่ 2 (ลำตัว)	แกนที่ 3 (ข้อศอก)
Cartesian (gantry)	P	P	P
Cylindrical	R	P	P
Spherical (Polar)	R	R	P
SCARA	R	P	R
Articulated	R	R	R
R = Revolute, P = Prismatic			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของหุ่นยนต์แบ่งตามลักษณะขอบเขตการทำงานของหุ่นยนต์ (Robot work envelopes) ได้เป็น 5 ชนิด

1. หุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียน(Cartesian coordinate robot) หรือหุ่นยนต์พิกัดฉาก (Rectangular – coordinate robot) สัญลักษณ์ PPP ดังรูปที่ 3.1 โดยข้อมือจะเลื่อนขึ้น – ลง, เข้า – ออก และเดินหน้า – หลัง ทำให้พื้นที่การทำงานมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมมุมฉาก



รูปที่ 3.1 หุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียน

ข้อดี

- เคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงทั้ง 3 มิติ
- การเคลื่อนที่สามารถทำความเข้าใจง่าย
- มีส่วนประกอบง่าย ๆ
- โครงสร้างแข็งแรงตลอดการเคลื่อนที่

ข้อเสีย

- ต้องการพื้นที่ติดตั้งมาก
- บริเวณที่หุ่นยนต์เข้าไปทำงานได้ จะเล็กกว่าขนาดของตัวหุ่นยนต์
- ไม่สามารถเข้าถึงวัตถุจากทิศทางข้างใต้ได้
- แกนแบบเชิงเส้นจะซีล (Seal) เพื่อป้องกันฝุ่นและของเหลวได้ยาก

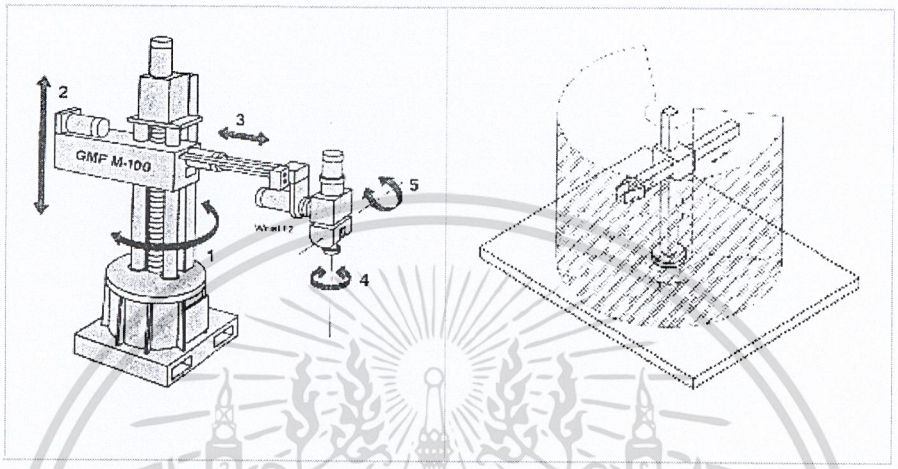
การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรงตลอดแนวการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงเหมาะกับงานเคลื่อนย้ายของหนัก ๆ หรือเรียกว่างาน Pick-and-Place เช่นใช้โหลดชิ้นงานเข้าเครื่องจักร (Machine loading) ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้จัดเก็บชิ้นงาน (Stacking) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในงานประกอบ (Assembly) ที่ไม่ต้องการเข้าถึงในลักษณะที่มีมุมหมุน เช่น ประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และงานทดสอบต่าง ๆ

2. หุ่นยนต์พิกัดทรงกระบอก (Cylindrical – coordinate robot) สัญลักษณ์ RPP ดังรูปที่ 3.2 สามารถเคลื่อนที่ขึ้นข้างบนได้ตามแกนตั้งที่เป็นแกนหลัก สามารถเคลื่อนที่เข้าออกตามแนวรัศมี และแขนหมุนรอบแกนตั้งฉากกับฐานได้ พื้นที่การทำงานจึงเป็นแบบทรงกระบอก



รูปที่ 3.2 หุ่นยนต์พิกัดทรงกระบอก

ข้อดี

- มีส่วนประกอบไม่ซับซ้อน
- การเคลื่อนที่สามารถเข้าใจได้ง่าย
- สามารถเข้าถึงเครื่องจักรที่มีการเปิด-ปิด หรือเข้าไปในบริเวณที่เป็นช่องหรือโพรงได้ง่าย (Loading) เช่น การโหลดชิ้นงานเข้าเครื่องซีเอ็นซี (CNC)

ข้อเสีย

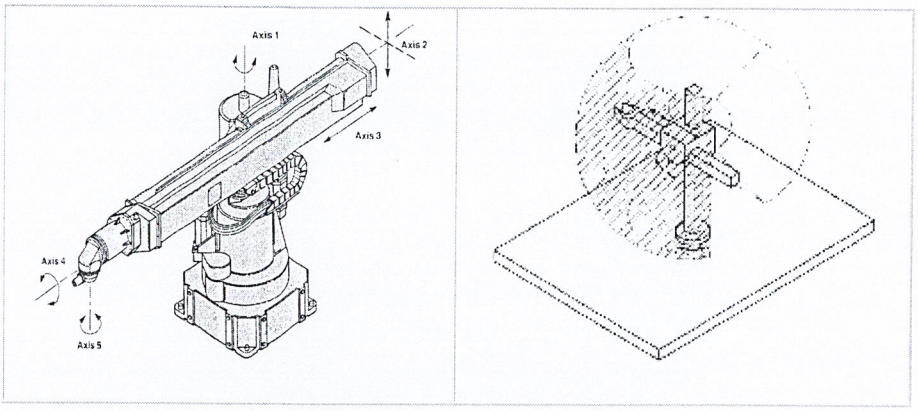
- มีพื้นที่ทำงานจำกัด
- แกนที่เป็นเชิงเส้นมีความยุ่งยากในการซีล (seal) เพื่อป้องกันฝุ่นและของเหลว

การประยุกต์ใช้งาน

โดยทั่วไปจะใช้ในการหยิบยกชิ้นงาน (Pick-and-Place) หรือป้อนชิ้นงานเข้าเครื่องจักร เพราะสามารถเคลื่อนที่เข้าออกบริเวณที่เป็นช่องโพรงเล็ก ๆ ได้สะดวก

3. หุ่นยนต์พิกัดทรงกลม (Spherical – coordinate robot) สัญลักษณ์ RRP แสดงดังรูปที่ 3.3 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกลจะสามารถยกขึ้นลงได้ในแนวดิ่ง โดยยกทำมุมกับฐานแขนสามารถหมุนได้รอบแกนแนวตั้งของฐาน พื้นที่การทำงานเป็นแบบทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 หุ่นยนต์พิกัดทรงกลม

ข้อดี

- มีปริมาตรการทำงานมากขึ้นเนื่องจากการหมุนของแกนที่ 2 (ไหล่)
- สามารถที่จะก้มลงมาจับชิ้นงานบนพื้นได้สะดวก

ข้อเสีย

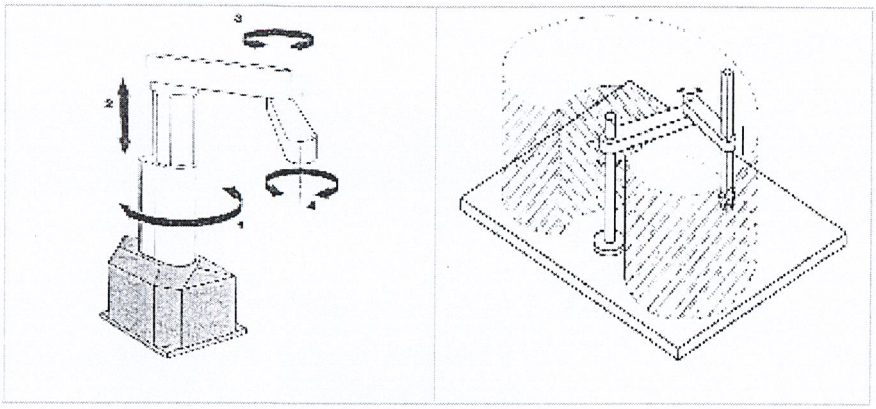
- มีระบบพิกัด (Coordinate) และส่วนประกอบ ที่ซับซ้อน
- การเคลื่อนที่และระบบควบคุมมีความซับซ้อนขึ้น

การประยุกต์ใช้งาน

ใช้ในงานที่มีการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (Vertical) เพียงเล็กน้อย เช่น การโหลดชิ้นงานเข้าออกจากเครื่องปั้มหรืออาจจะใช้งานเชื่อมจุด (Spot Welding)

4. หุ่นยนต์สการา SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) ดังรูปที่ 3.4 มีลักษณะคล้ายหุ่นยนต์พิกัดทรงกลม มีสัญลักษณ์ RRP แต่แกนทั้ง 3 จะอยู่ในแนวตั้ง โดยข้อที่ 2 ทำให้แขนหมุนรอบแกนตั้งในแนวนอน เหมือนการหมุนของข้อแรก ภาพตัดขวางในแนวนอนของพื้นที่การทำงานค่อนข้างซับซ้อนขึ้นอยู่กับข้อจำกัดในการเคลื่อนที่ของสองแกนแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 หุ่นยนต์สการา

ข้อดี

- สามารถเคลื่อนที่ในแนวระนาบ และขึ้นลงได้รวดเร็ว
- มีความแม่นยำสูง

ข้อเสีย

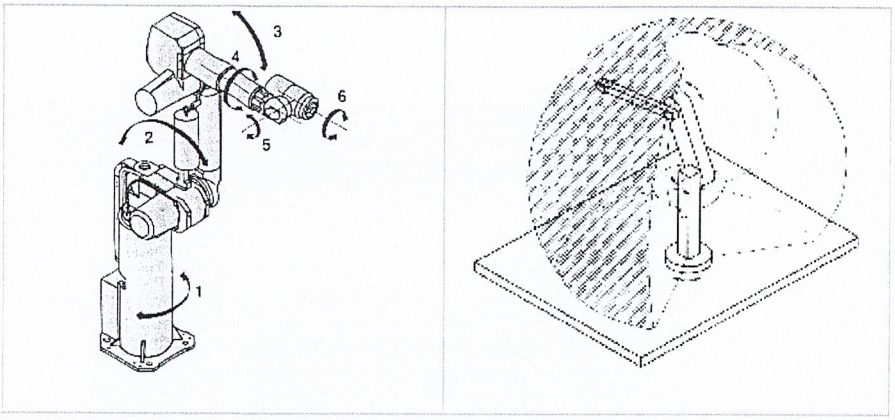
- มีพื้นที่ทำงานจำกัด
- ไม่สามารถหมุน (rotation) ในลักษณะมุมต่างๆ ได้
- สามารถยกน้ำหนัก (Payload) ได้ไม่มากนัก

การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากการเคลื่อนที่ในแนวระนาบและขึ้นลงได้รวดเร็วจึงเหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่ง ต้องการความรวดเร็วและการเคลื่อนที่ก็ไม่ต้องการ การหมุนมากนัก แต่จะไม่เหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนทางกล (Mechanical part)ซึ่งส่วนใหญ่การประกอบจะอาศัยการหมุน(rotation)ในลักษณะมุมต่างๆ นอกจากนี้ SCARA Robot ยังเหมาะกับงานตรวจสอบ (Inspection) งานบรรจุภัณฑ์ (Packaging)

5. หุ่นยนต์ข้อต่อหมุน (Articulate – coordinate robot) หรือเรียก (Revolute robot) สัญลักษณ์ RRR ทั้ง 3 ข้อเป็นแบบข้อต่อหมุน หุ่นยนต์แบบนี้มีลักษณะใกล้เคียงกับแขนของมนุษย์มากที่สุด มีข้อหมุนต่างๆเหมือนกัน ดังนั้นพื้นที่การทำงานจึงสามารถที่จะทำงานได้ในทุกตำแหน่งในระยะความยาวของแขน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 หุ่นยนต์ข้อต่อหมุน

ข้อดี

- เนื่องจากทุกแกนจะเคลื่อนที่ในลักษณะของการหมุนทำให้มีความยืดหยุ่นสูงในการเข้าไปยังจุดต่าง ๆ
- บริเวณข้อต่อ (Joint) สามารถซีล (Seal) เพื่อป้องกันฝุ่น ความชื้น หรือน้ำ ได้ง่าย
- มีพื้นที่การทำงานมาก
- สามารถเข้าถึงชิ้นงานทั้งจากด้านบน ด้านล่าง
- เหมาะกับการใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นชุดขับเคลื่อน

ข้อเสีย

- มีระบบพิกัด (Coordinate) ที่ซับซ้อน
- การเคลื่อนที่และระบบควบคุมทำความ เข้าใจได้ยากขึ้น
- ควบคุมให้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear) ได้ยาก
- โครงสร้างไม่มั่นคงตลอดช่วงการเคลื่อนที่ เพราะบริเวณขอบ Work envelope ปลายแขนจะมีการสั่น ทำให้ความแม่ยำลดลง

การประยุกต์ใช้งาน

หุ่นยนต์ชนิดนี้สามารถใช้งานได้กว้างขวางเพราะสามารถเข้าถึงตำแหน่งต่างๆได้ดี เช่น งานเชื่อม ,งานยกของ , งานตัด ,งานทากาว ,งานที่มีการเคลื่อนที่ยาก ๆ เช่น งานพ่นสี ฯลฯ

3.1.2 มือของหุ่นยนต์

มือของหุ่นยนต์เป็นอุปกรณ์ที่หุ่นยนต์ใช้ทำงานจริง(ส่วนแขนนั้นใช้เพื่อเลื่อนตำแหน่งมือนี้ให้ไปอยู่ในจุดที่ต้องการเท่านั้น) งานที่ส่วนนี้ทำก็อาทิเช่น การจับชิ้นส่วน การบัดกรีตามจุด การพ่นสี ฯลฯ ดังนั้นลักษณะของส่วนนี้จึงต่างกันออกไป สุดแท้แต่จินตนาการของผู้ออกแบบ ซึ่งต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ออกแบบให้เหมาะสมกับงาน แต่ถ้าจะมีการแบ่งกันเป็นชนิดแล้ว มือของหุ่นยนต์นี้จะถูกแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ คือ แบบมือจับ (Gripper) แบบมือที่เป็นอุปกรณ์ (Tool as End Effector)

3.1.2.1 แบบมือจับ (Gripper)

นี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้จับชิ้นส่วนหรือเครื่องมือ โดยการออกแบบมีได้หลายลักษณะทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น

1. แบบมือคีบ (อาศัยแรงเสียดทานในการจับ) ใช้งานได้กับวัสดุทุกประเภท แต่หากเป็นวัสดุบอบบางอาจต้องมีอุปกรณ์อื่นช่วยเสริม
2. แบบถ้วยดูด (Suction cup) อาศัยคุณสมบัติการทำให้เกิดสภาพสูญญากาศ เป็นตัวดึงชิ้นงาน ใช้ได้กับวัตถุผิวเรียบเท่านั้น
3. แบบตะขอ (Hook) สำหรับเกี่ยวยกของ เช่น ของที่อยู่บนสายพาน เป็นต้น
4. แบบตัก (Scoop) สำหรับการลำเลียงของที่เป็นของเหลวหรือฝุ่นผง

3.1.2.2 มือที่เป็นอุปกรณ์ (Tool as End Effector)

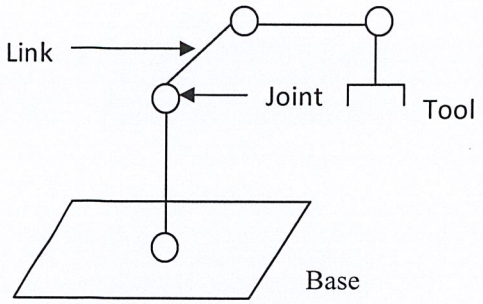
เนื่องจากมือจับมีข้อจำกัดใช้ได้เฉพาะกับงานหยิบจับวัสดุเท่านั้น แต่การใช้งานของหุ่นยนต์มีขอบเขตกว้างขวาง จึงได้มีการออกแบบอุปกรณ์ใช้งานติดเข้าในส่วนปลายหรือส่วนมือนี้ เพื่อใช้ในการทำงาน โดยอาจจะเป็นอุปกรณ์ที่ติดตายหรืออาจถอดเปลี่ยนได้ ก็แล้วแต่การออกแบบตัวอย่างของมือที่เป็นอุปกรณ์นี้มากมาย อาทิเช่น

- ติดอุปกรณ์เชื่อมเฉพาะจุด (Spot Welding Gun)
- ติดอุปกรณ์พ่นสี (Spray Paint Gun)
- ติดอุปกรณ์สว่าน (Drilling Spindle)

3.1.3 Direct Kinematic: The Arm Equation

แขนกลมีลักษณะเป็นวัตถุแข็งเกร็ง (Rigid body) ที่มีลิงค์ (Link) หลายๆอันนำมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกันโดยใช้ข้อต่อ ดังรูปที่ 3.6 ปลายข้างหนึ่งของลิงค์ ริมสุดจะติดแน่นกับฐานส่วนปลายของลิงค์อีกอันที่อยู่คนละด้านจะเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ปลายข้างที่เคลื่อนที่นี้จะต่อเข้ากับเครื่องมือ ตามปกติข้อต่อ 2 ชนิดที่ใช้เชื่อมต่อลิงค์ คือข้อต่อหมุน (Revolute joint) และข้อต่อเลื่อน (Prismatic joint)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
119411



รูปที่ 3.6 แขนกลที่มีลักษณะเป็นลิงค์

การควบคุมทั้งตำแหน่งและการหมุนของเครื่องมือในระนาบสามมิติ เพื่อที่โปรแกรมให้เครื่องมือเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่กำหนดไว้และใช้ในการเคลื่อนย้ายวัตถุในพื้นที่ทำงานโดยการโปรแกรมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือนี้จำเป็นจะต้องคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรข้อต่อกับตำแหน่งและการหมุนของอุปกรณ์ ซึ่งเรียกว่า ปัญหา Direct Kinematic โดยมีนิยามดังนี้

ปัญหา Direct Kinematic คือ การกำหนดเวคเตอร์ของตัวแปรข้อต่อ (Joint Variables) ของแขนกลโดยแยกตามลักษณะข้อต่อเป็น

- ข้อต่อหมุน ตัวแปร ได้แก่ ค่าองศาการหมุนรอบแกนข้อต่อ
- ข้อต่อเลื่อน ตัวแปร ได้แก่ ระยะการเลื่อนที่ไปตามแนวแกนข้อต่อ

แล้วทำการคำนวณหาตำแหน่ง (Position) และการหมุน (Orientation) ของเครื่องมือเทียบกับโครงพิกัดที่ติดอยู่กับฐานของแขนกล

3.2 มอเตอร์กระแสตรง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงมอเตอร์กระแสตรง (DC motor) ในแง่ของทฤษฎีการทำงาน นอกจากนี้ก็จะกล่าวถึงพื้นฐานควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงทั้งการควบคุมทิศทางการหมุนและการควบคุมความเร็วในการหมุนมอเตอร์กระแสตรงเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานทางกล ผ่านทางแกนหมุนหรือเพลามอเตอร์ สามารถที่จะหมุนได้เนื่องจากจะต้องมีสนามแม่เหล็ก จาก 2 แหล่ง กระทำต่อกันโดยที่สนามแม่เหล็กทั้ง 2 แหล่งอาจจะเป็นแบบที่ได้จากการผ่านกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดสเตเตอร์ (Stator Winding) และขดลวดอาเมเจอร์ (Armature) แต่มอเตอร์กระแสตรงที่นิยมใช้จะเป็นแบบที่มีแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) เป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็กแทนขดลวดสเตเตอร์ (Stator) และใช้การผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปที่ขดลวดอาเมเจอร์ เนื่องจากจะลดความสูญเสียจากการที่ไม่มี Field winding นั้นคือประสิทธิภาพที่ดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีขนาดเล็ก ราคาถูก สนามแม่เหล็กที่เกิดจากแม่เหล็กถาวร และเกิดจากการผ่านไฟฟ้ากระแสตรงเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปในขดลวดอาเมเจอร์ จะทำให้เกิดแรงบิด (Torque) เกิดขึ้นที่โรเตอร์ ซึ่งจะทำให้เกิดการหมุนได้นั่นเอง

3.2.1 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง

สามารถทำได้โดยการควบคุมทิศทางการไหลกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดอาเมเจอร์ ซึ่งสามารถทำได้โดยการกลับขั้วไฟฟ้าของแหล่งจ่าย โดยที่การควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้านั้นส่วนใหญ่แล้วจะใช้วิธีการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า H-Bridge เข้ากับมอเตอร์

3.2.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง

เนื่องจากส่วนขดลวดสเตเตอร์ถูกแทนด้วยแม่เหล็กถาวร การควบคุมความเร็วของมอเตอร์จึงทำได้โดยการเปลี่ยนค่าแรงดันอาเมเจอร์นั่นคือ เราสามารถที่จะควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้แต่จะไม่เกินความเร็วพื้นฐาน (ที่จำกัดด้วยสนามแม่เหล็กจากแม่เหล็กถาวรและข้อจำกัดเรื่องการทนกระแสได้ของขดลวดอาเมเจอร์ และข้อกำหนดของแหล่งจ่ายไฟฟ้า)ความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงนี้ จะขึ้นกับความต่างศักย์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มอเตอร์ต่ออยู่ โดยที่ความเร็วในการหมุนของมอเตอร์กระแสตรงจะแปรผันโดยตรงกับค่าความต่างศักย์ นั่นคือ หากเราสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์สำหรับอีกวิธีหนึ่งที่นิยมให้มากคือ การเปลี่ยนระดับความต่างศักย์ไฟฟ้าเพื่อที่จะควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง จะใช้วิธีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งที่เป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยมที่สามารถเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาในการเปิดและปิดแหล่งจ่ายได้ ซึ่งเรียกว่า การมอดูเลตความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation, PWM) ซึ่งก็คือการที่ให้แหล่งจ่ายไฟฟ้าเปิดและปิดสลับกันไปโดยหากแหล่งจ่ายเปิดมากกว่าปิด ก็จะทำให้ค่าเฉลี่ยของความต่างศักย์ที่มากนั่นคือ มอเตอร์จะหมุนเร็วแต่หากมีการปิดมากกว่าเปิด ก็จะทำให้ค่าเฉลี่ยของความต่างศักย์ที่น้อยกว่าและมอเตอร์ก็จะหมุนช้าลงนั่นเอง

3.3 เซอร์โวมอเตอร์

ในการทำโครงงานครั้งนี้ตัวมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนข้อต่อต่างๆ นั้นที่จะต้องมี Torque ที่มากพอและสามารถความคุมองศาของมอเตอร์ได้โดยง่ายเนื่องจากมีจำนวนข้อต่อเป็นจำนวนมาก จึงนำเซอร์โวมอเตอร์เข้ามาใช้งานในเหตุผลดังกล่าว

3.3.1 ความหมายของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ คือมอเตอร์ที่นำมาใช้ในระบบการควบคุมทางความเร็วและตำแหน่งร่วมกัน โดยระบบเซอร์โวที่ดีจะต้องตอบสนองต่อความเร็วและการเข้าถึงตำแหน่งหรือการเคลื่อนที่ไปที่ระยะเป้าหมายอย่างเหมาะสม ระบบเซอร์โวจะมีการป้อนกลับของความเร็วและตำแหน่งกลับมาที่ส่วนควบคุมหรือชุดขับแล้วแต่การออกแบบ การป้อนกลับความเร็วอาจใช้ Tachometer และการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือจำหน่ายในเชิงการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้อนกลับตำแหน่งจะใช้ Potentiometer, Encoder หรือ Pulse Generator หรือบางครั้งจะใช้รีเซอร์โว ก็ได้ (ที่มีหลักการเหมือน AC Generator เพราะสัญญาณออกเป็นไซน์)

3.3.2 ส่วนประกอบภายใน

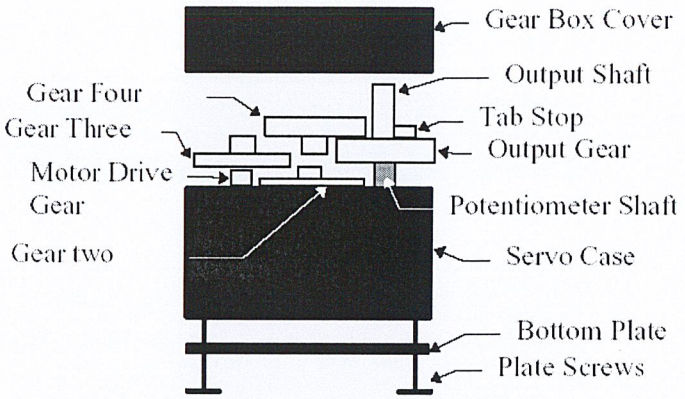
เซอร์โวมอเตอร์เป็นอุปกรณ์สำหรับขับเคลื่อนหุ่นยนต์หรืองานที่จำเป็นต้องกำหนดการหมุนเป็นช่วงๆ หรือตามองศาที่ต้องการโดยกำหนดการหมุนในลักษณะครึ่งวงกลมโดยจะรับสัญญาณพัลส์เข้ามาเป็นตัวบอกให้มอเตอร์ปรับตำแหน่งภายในตัวเซอร์โวมอเตอร์ ประกอบด้วยแผงควบคุมซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการหมุนหรือเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ชุดเกียร์ที่ติดตั้งไว้ภายในประกอบด้วยเฟืองพลาสติกซึ่งทำหน้าที่เพิ่มกำลังหรือแรงบิดให้กับตัวเซอร์โวมอเตอร์ การรับสัญญาณพัลส์จากไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับสัญญาณเพียงหนึ่ง I/O เท่านั้นจึงประหยัดขา I/O ได้มากกว่าการใช้สเต๊ปปิ้งมอเตอร์ ติดตั้งง่ายเพราะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมและมีขนาด 1.6 x 0.8 x 1.4 นิ้วน้ำหนัก 49 g ใช้ไฟได้ตั้งแต่ 4.8 - 6 Volts DC กินกระแส 7.2 mA. เมื่อไม่มีโหลด

3.3.3 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) ประกอบด้วยชุดเกียร์ และส่วนควบคุมต่างๆ ไว้ในโมดูลเดียวกัน มีสายต่อใช้งานเพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ VCC, GND และสายสัญญาณควบคุม (Control Line) ซึ่งสามารถควบคุมให้ตัวเซอร์โวมอเตอร์ หมุนซ้ายหรือขวาได้ +90 องศา - 90 องศา (180 องศา) โดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณ PWM แบบ TTL Level ระดับแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์นี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 4 ถึง 6 V โดยสามารถสั่งงานในการหมุนให้หมุนไปได้ตามองศาต่างๆที่ต้องการ ได้ด้วยตัวของเซอร์โวมอเตอร์เอง ไม่ต้องมีส่วนควบคุมหรือเซนเซอร์ใดๆกลับมาตรวจสอบอีกทำให้ง่าย และสะดวกในการในการนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ

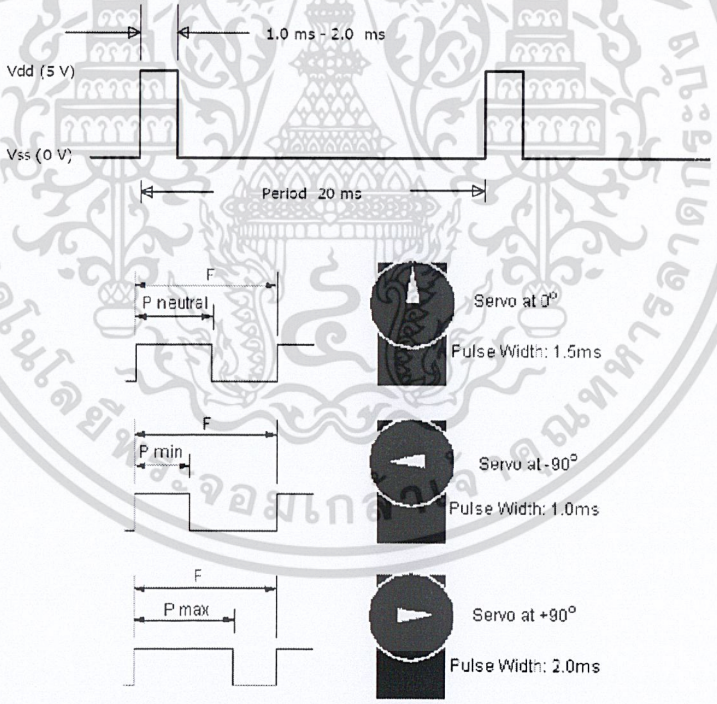
- การควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ทำได้โดยการป้อนสัญญาณความกว้างของพัลส์ให้กับตัวเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งจะได้ทิศทางการหมุนและตำแหน่งของการหมุน
- สามารถใช้งานกับไฟ DC ได้ 4 - 6 V, หมุนได้ 180 องศา และสามารถปรับแต่งตัวเซอร์โวมอเตอร์ให้สามารถหมุนได้รอบตัวได้
- ขั้วต่อจะเป็นแบบมาตรฐาน : ขั้ว JR TYPE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.7 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์

การควบคุมการทำงานทำได้โดยการป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ ซึ่งตำแหน่งและทิศทางการหมุนของมอเตอร์นี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของความกว้างของพัลส์นั้นๆ โดยทั่วไปแล้วความกว้างของสัญญาณพัลส์จะมีจุดให้อ้างอิง 3 จุด ดังรูป



รูป 3.8 สัญญาณพัลส์กับมอเตอร์

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม 0 องศา หรือ จุดกึ่งกลางของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม -90องศา หรือในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 2 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม +90องศา หรือในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ส่วนการที่จะควบคุมให้มอเตอร์หมุนเป็นมุมอื่นๆ นั้นก็สามารถทำได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์เป็นระดับความกว้างต่างๆ โดยอ้างอิงจากจุด ทั้ง 3 จุดที่กล่าวมานี้ ซึ่งสัญญาณพัลส์นี้จะต้องจ่ายให้มอเตอร์ทุกๆ 20 ms (Period) เพื่อรักษาสภาพตำแหน่งของมอเตอร์ไว้ก็คือ จะอาศัยการเปรียบเทียบช่วงเวลาของความกว้างพัลส์ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุมกับค่าเวลาของวงจร RC ภายในบอร์ดควบคุมในตัวของมอเตอร์ ซึ่งค่าเวลาของวงจร RC นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตามการหมุนของมอเตอร์ เนื่องจากตัวต้านทานปรับค่าจะถูกยึดติดอยู่กับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งการหมุนของมอเตอร์จะทำให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่า (VR) เปลี่ยนแปลงไป เป็นผลทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยในขณะที่เราป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุม สัญญาณนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าเวลาของวงจร RC หากค่าทั้ง 2 ไม่เท่ากันมอเตอร์ก็จะหมุนทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนกระทั่งค่าเวลาความกว้างพัลส์ของ วงจร RC เปลี่ยนแปลงจนเท่ากับสัญญาณพัลส์ทางขาควบคุม มอเตอร์จึงจะหยุดหมุน

3.4 หลักการของ Pulse Width Modulation(PWM)

PWM เป็นเหมือนเครื่องมือชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในการนำเอาสัญญาณที่ใช้ไปควบคุมอุปกรณ์ เพื่อให้ได้เอาท์พุตที่ต้องการและยังสามารถใช้งานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง งานด้านสื่อสาร และงานทางด้านเครื่องมือวัด เป็นต้น

PWM ก็คือสัญญาณแบบพัลส์ที่สามารถปรับช่วงเวลาหรือตำแหน่งของสัญญาณพัลส์ได้โดยเราสามารถนำเอาสัญญาณข้างต้นมาใช้งานควบคุมการทำงานของมอเตอร์ เพื่อให้สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์ให้ช้าหรือเร็วได้ โดยการเพิ่มรูปคลื่นทางซีกบวกให้มากกว่าด้านลบ มอเตอร์จะหมุนเร็วขึ้น ถ้าให้ด้านลบมากกว่าด้านบวก มอเตอร์จะหมุนช้าลง ซึ่งในโครงงานนี้ต้องการความเร็วของมอเตอร์ที่ช้า เพราะจะสามารถควบคุมแขนกลได้ง่ายและมีค่าความผิดพลาดที่น้อย

3.5 หลักการทำงานของแขนกล

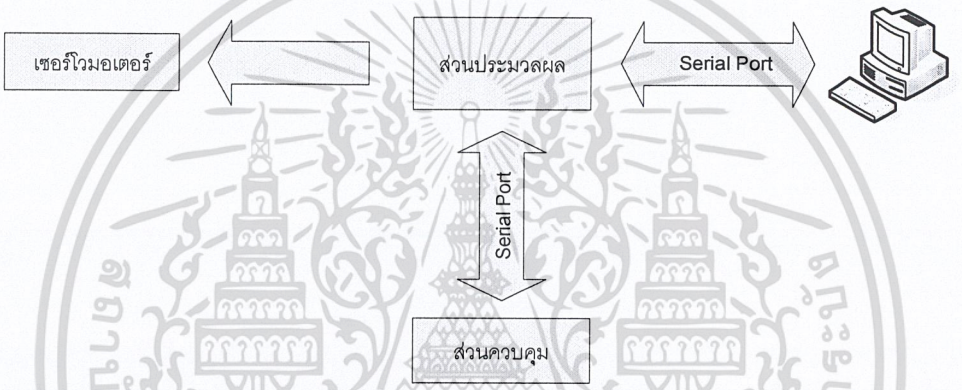
ระบบการทำงานของแขนกลในการจับวัตถุ เริ่มจากการส่งข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์ แล้วทำการประเมินผล แล้วส่งข้อมูลที่ได้จากการประเมินผลไปเข้าไมโครโปรเซสเซอร์ ทำหน้าที่ประเมินผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกครั้งก่อนส่งข้อมูลไปควบคุมการทำงานของแขนกล จึงสามารถควบคุมการทำงานของแขนกลได้ตามต้องการ

การออกแบบการควบคุมการทำงานของแขนกลจับวัตถุถูกออกแบบให้มีหลักการทำงานอยู่ 2 ระบบ คือ 1.ควบคุมด้วยมือ (Manual) 2.ควบคุมแบบอัตโนมัติ(Automation) โดยทำการควบคุมการทำงานผ่านโปรแกรม Arduino แล้วเชื่อมต่อไปสู่ไมโครโซสเซอร์ เพื่อไปควบคุมการทำงานของแขนกลต่อไป

แนวคิดการออกแบบการทำงานของแขนกลให้แขนกลสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ตามที่ต้องการ โดยนำคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ามาช่วยในการควบคุมแขนกล แนวคิดในการออกแบบโปรแกรมในการควบคุมแขนกลนั้น สามารถเขียนออกเป็นบล็อกไดอะแกรม ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.9 ไดอะแกรมการทำงานของแขนกล

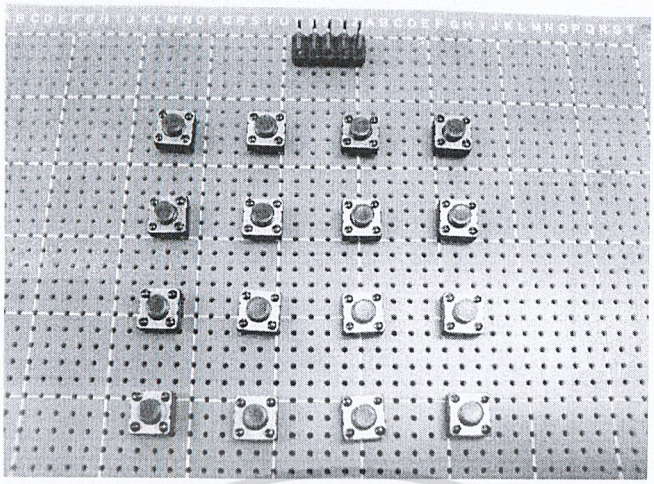
3.6 โครงสร้างของแขนกล

ในการจัดทำแขนกลซึ่งถือว่าเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญ และจะต้องมีความแม่นยำสูง เพราะนั้นจึงจำเป็นต้องมีการออกแบบที่มีความแน่นอนและเที่ยงตรง โครงสร้างของแขนกลทำมาจากแผ่นอะคริลิคหนา 2 มิลลิเมตร ทำให้มีน้ำหนักที่พอดีกับการใช้เซอร์โวมอเตอร์ในการเคลื่อนที่ของแขนกลแต่ละส่วน โดยมีเซอร์โวมอเตอร์อยู่ที่แต่ละข้อของแขนกล ทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้เปรียบเสมือนแขนของมนุษย์ โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ทั้งหมด 6 ตัวเริ่มจากฐานจนถึงตัวคลิปเปอร์ เพื่อให้การทำงานของแขนกลในแต่ละแกนมีความละเอียดมากขึ้นโดยการกำหนดค่าเริ่มต้นของเซอร์โวมอเตอร์โดยใช้องศาที่แน่นอนของแต่ละแกนเพื่อให้หมุนไปยังทิศทางและองศาที่กำหนดไว้ การหยิบจับอุปกรณ์จะอยู่ในทิศทางที่ถูกต้องและแม่นยำ

ส่วนประกอบของแขนกล จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ

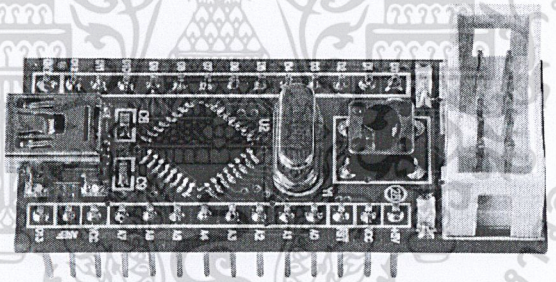
1. ส่วนควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของแขนกลทั้งระบบ ซึ่งในส่วนนี้จะรับค่าจากปุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 บอร์ดควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์

2. ส่วนประมวลผล ทำหน้าที่ในการประมวลผลคำสั่งที่ได้จากส่วนควบคุมจากบอร์ด STAMP 168 แล้วทำการประมวลผลค่าที่ได้มา จากนั้นทำการสั่งการไปยังเซอร์โวมอเตอร์ให้ทำงาน

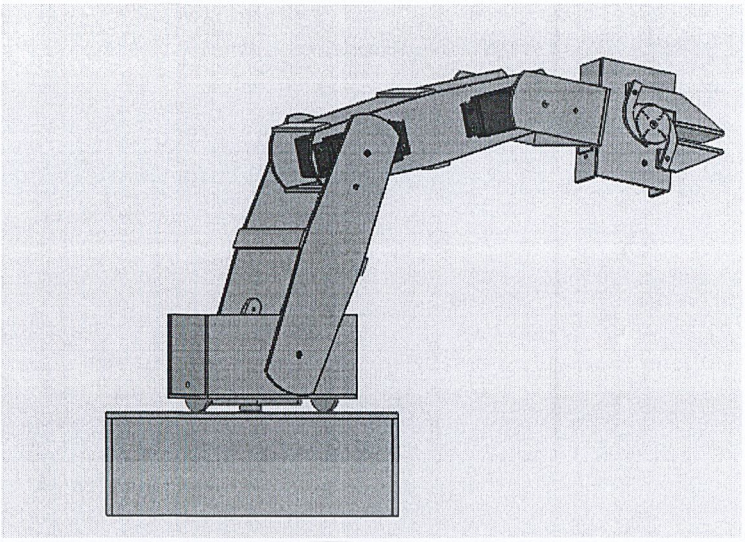


รูปที่ 3.11 บอร์ด Stamp168

3. ส่วนเซอร์โวมอเตอร์ เป็นส่วนที่ขับเคลื่อนตัวแขนกลให้เคลื่อนไหวไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งจะถูกติดตั้งยังข้อต่อของตัวแขนกล

ส่วนของเซอร์โวมอเตอร์นี้ จะให้เซอร์โวมอเตอร์ทั้งหมด 6 ตัว ซึ่งจะแบ่งทำงานในส่วนต่างๆ ดังนี้

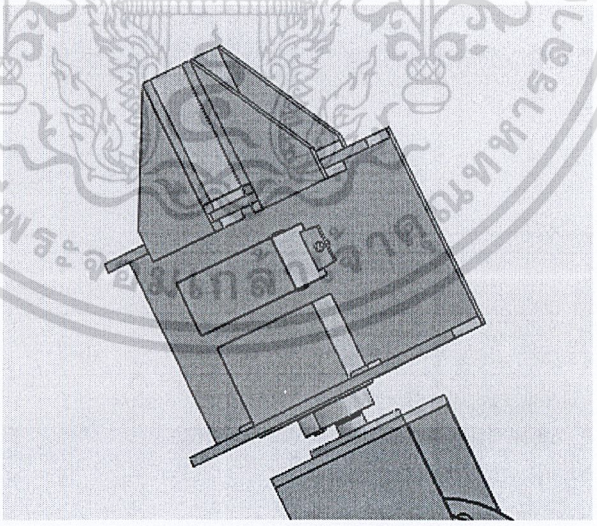
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ตำแหน่งเซอร์โวมอเตอร์ในแต่ละข้อต่อ

ส่วนมือจับ จะมีเซอร์โวมอเตอร์ ทั้งหมด 3 ตัวด้วยกันคือ

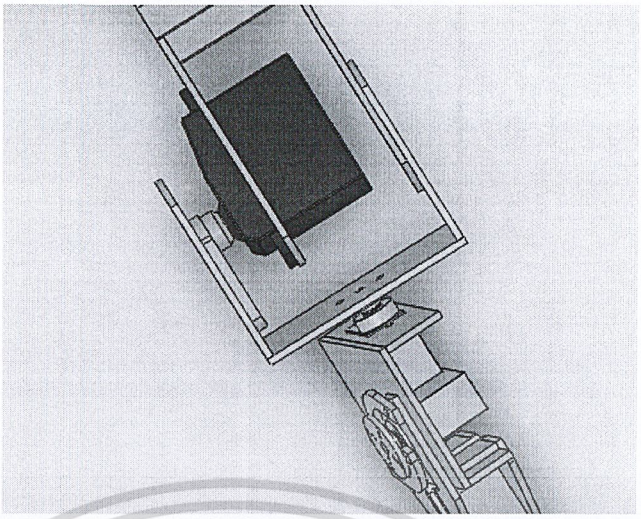
- ตัวที่ 1 จะใช้เซอร์โวมอเตอร์รุ่น Esky EK2-0508 จะควบคุมส่วนคลิ๊ปเปอร์หรือมือจับทำหน้าที่ขับเคลื่อนมือจับให้จับวัตถุ
- ตัวที่ 2 จะใช้เซอร์โวมอเตอร์รุ่น SG-90 จะควบคุมการหมุนซ้าย-ขวาของมือจับ



รูปที่ 3.13 เซอร์โวมอเตอร์ส่วนคลิ๊ปเปอร์และส่วนควบคุมการหมุนของมือจับ

- ตัวที่ 3 จะใช้เซอร์โวมอเตอร์รุ่น S3003 จะควบคุมการยกมือจับขึ้น-ลง

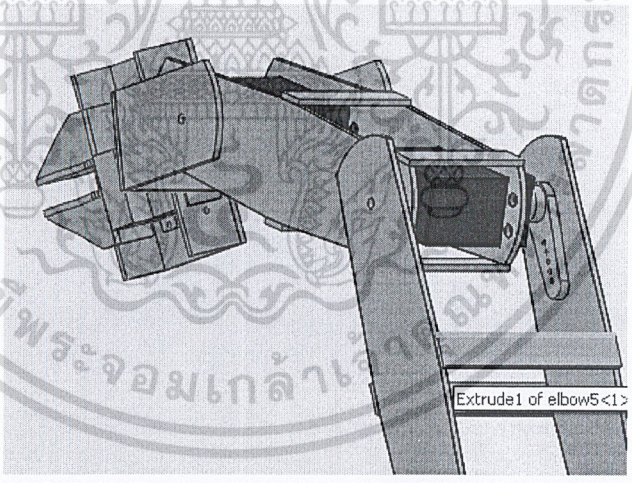
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 เซอร์โวมอเตอร์ส่วนควบคุมการยกมือจับขึ้น-ลง

ส่วนแขน จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ แขนท่อนบนและแขนท่อนล่าง ซึ่งจะมีเซอร์โวมอเตอร์รุ่น S3003 ทั้งหมด 2 ตัวด้วยกันคือ

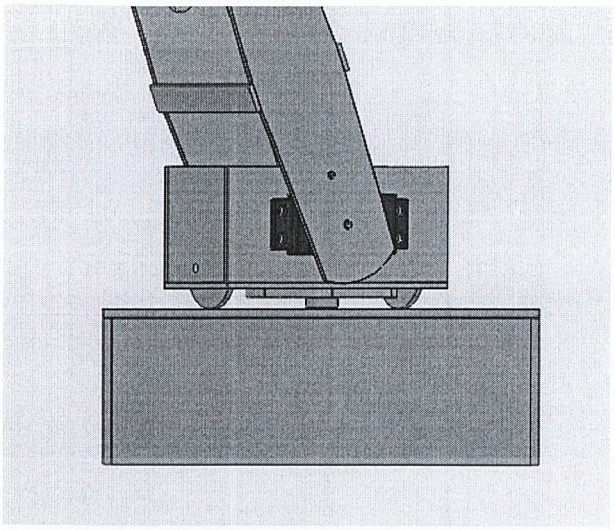
- ตัวที่ 1 จะควบคุมแขนให้ยกสิ่งของขึ้น-ลง



รูปที่ 3.15 เซอร์โวมอเตอร์ส่วนควบคุมแขนให้ยกสิ่งของขึ้น-ลง

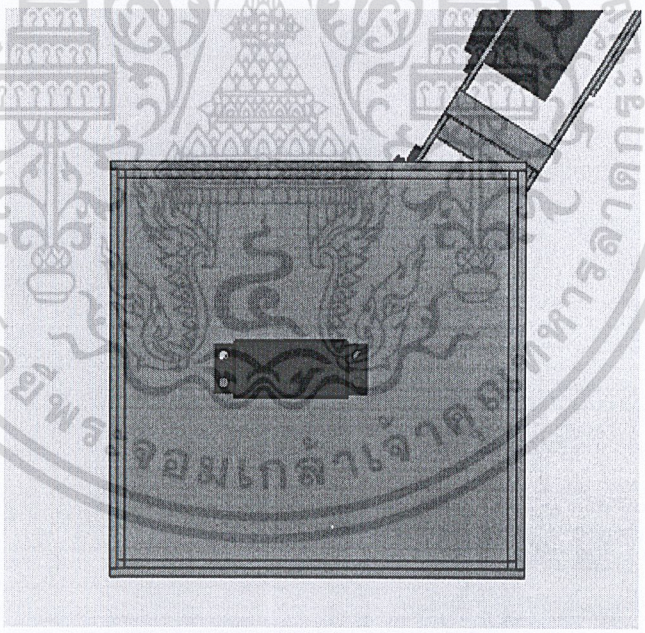
- ตัวที่ 2 จะควบคุมแขนท่อนล่าง เพื่อที่จะควบคุมทั้งแขนและมือจับให้สามารถที่จะไปหยิบจับวัตถุที่มีระยะห่างออกไป ซึ่งจะเป็นส่วนที่รับน้ำหนักมากที่สุดของแขน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 เซอร์โวมอเตอร์ส่วนควบคุมแขนท่อนล่าง

ส่วนฐาน จะมีเซอร์โวมอเตอร์รุ่น S3003 เพียง 1 ตัวด้วยกัน จะทำหน้าที่หมุนแขนกลทั้งระบบไปทางซ้าย-ขวา



รูปที่ 3.17 เซอร์โวมอเตอร์ส่วนฐาน

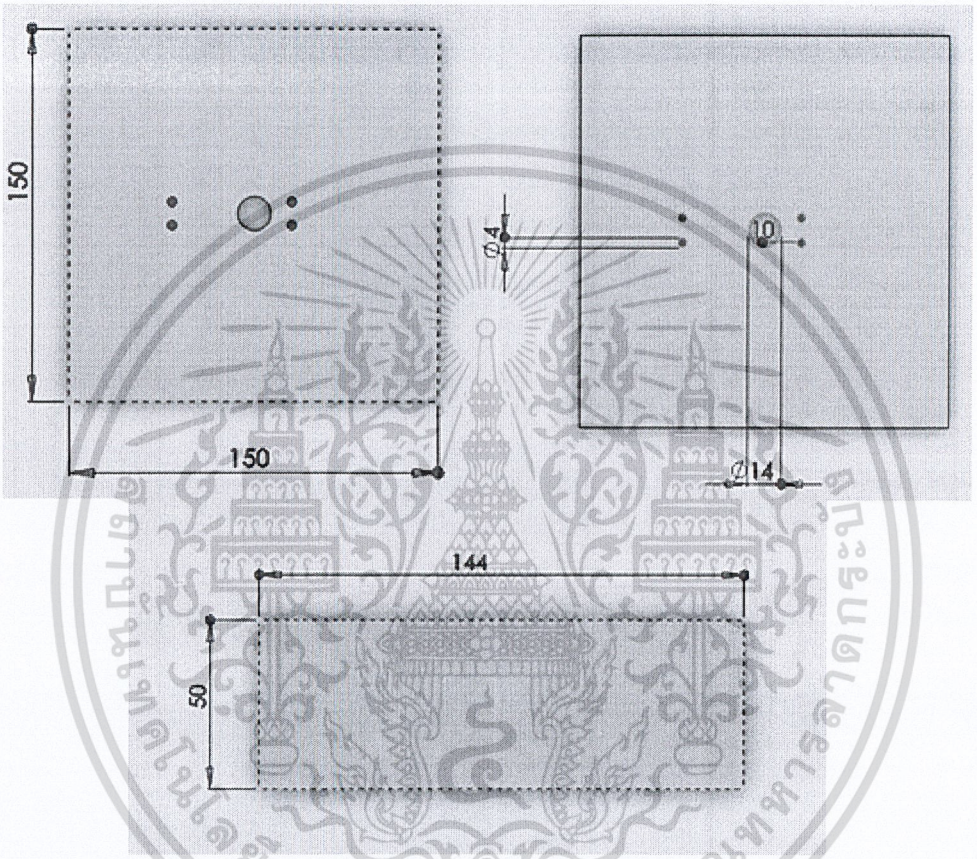
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ส่วนประกอบต่างๆของตัวแขนกล

ในการออกแบบแต่ละชิ้นส่วนของแขนกลจะออกแบบโดยใช้โปรแกรมโซลิดเวิร์ค

3.7.1 ส่วนฐานของแขนกล

ส่วนนี้ทำหน้าที่เป็นตัวยึดให้แขนกลเกิดความมั่นคง ซึ่งจะช่วยให้แขนนั้นสามารถจับของที่อยู่ไกลแล้วตัวแขนกลไม่ล้มลง

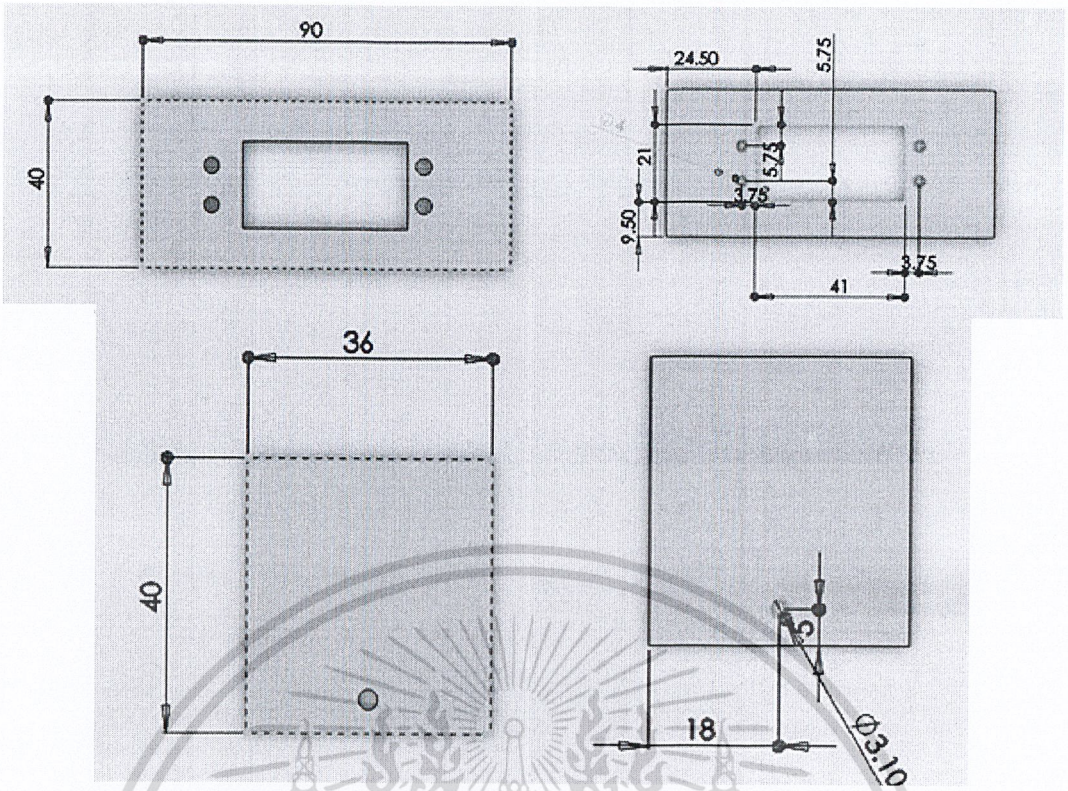


รูปที่ 3.18 ส่วนประกอบของฐาน

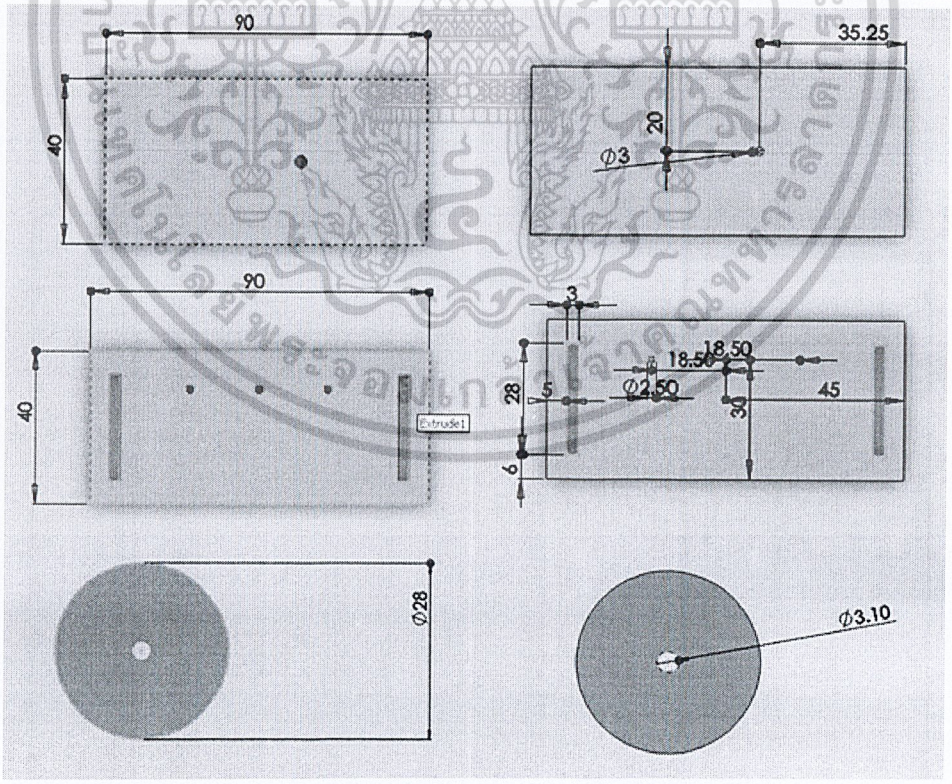
3.7.2 ฐานหมุนของแขนกล

ทำหน้าที่เป็นฐานเพื่อให้แขนกลนั้นหมุนไปหยิบของได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 ส่วนประกอบของฐานหมุน (1)

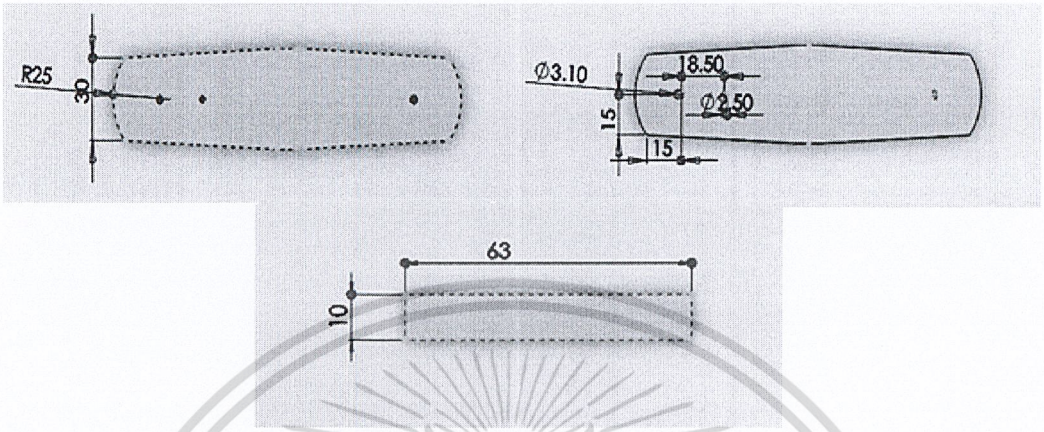


รูปที่ 3.20 ส่วนประกอบของฐานหมุน (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3 แขนส่วนที่ (1)

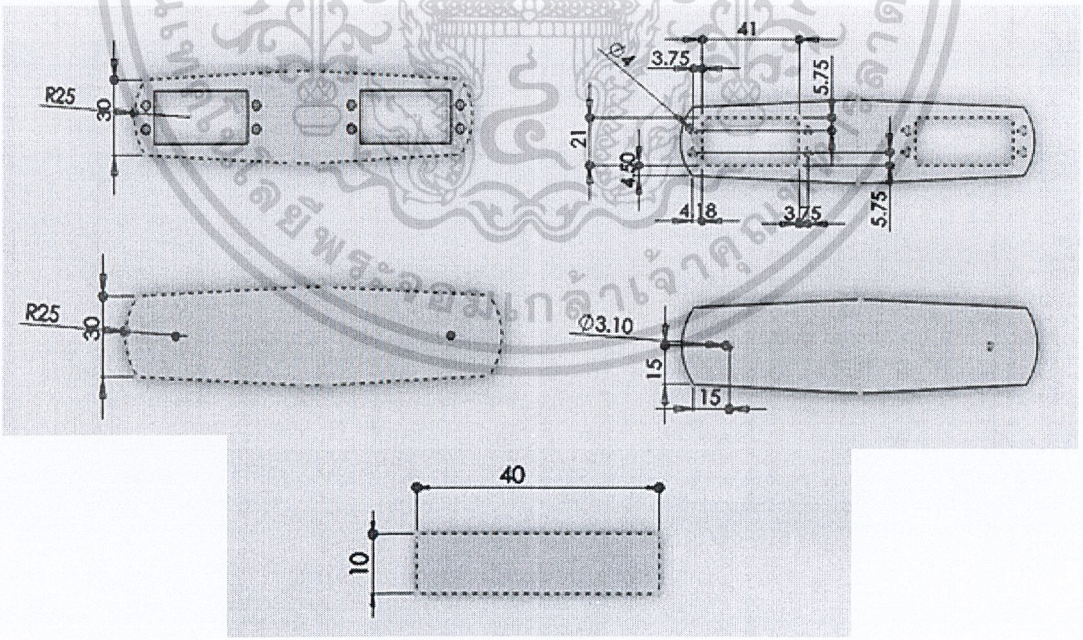
ทำหน้าที่คล้ายกับท่อนแขนที่ต่อจากหัวไหล่ของมนุษย์ ทำการยืดระยะในการหยิบของ



รูปที่ 3.21 ส่วนประกอบของแขนส่วนที่ (1)

3.7.4 แขนส่วนที่ (2)

ทำหน้าที่คล้ายกับท่อนแขนที่ต่อจากข้อศอกของมนุษย์ ทำการยืดระยะในการหยิบของ

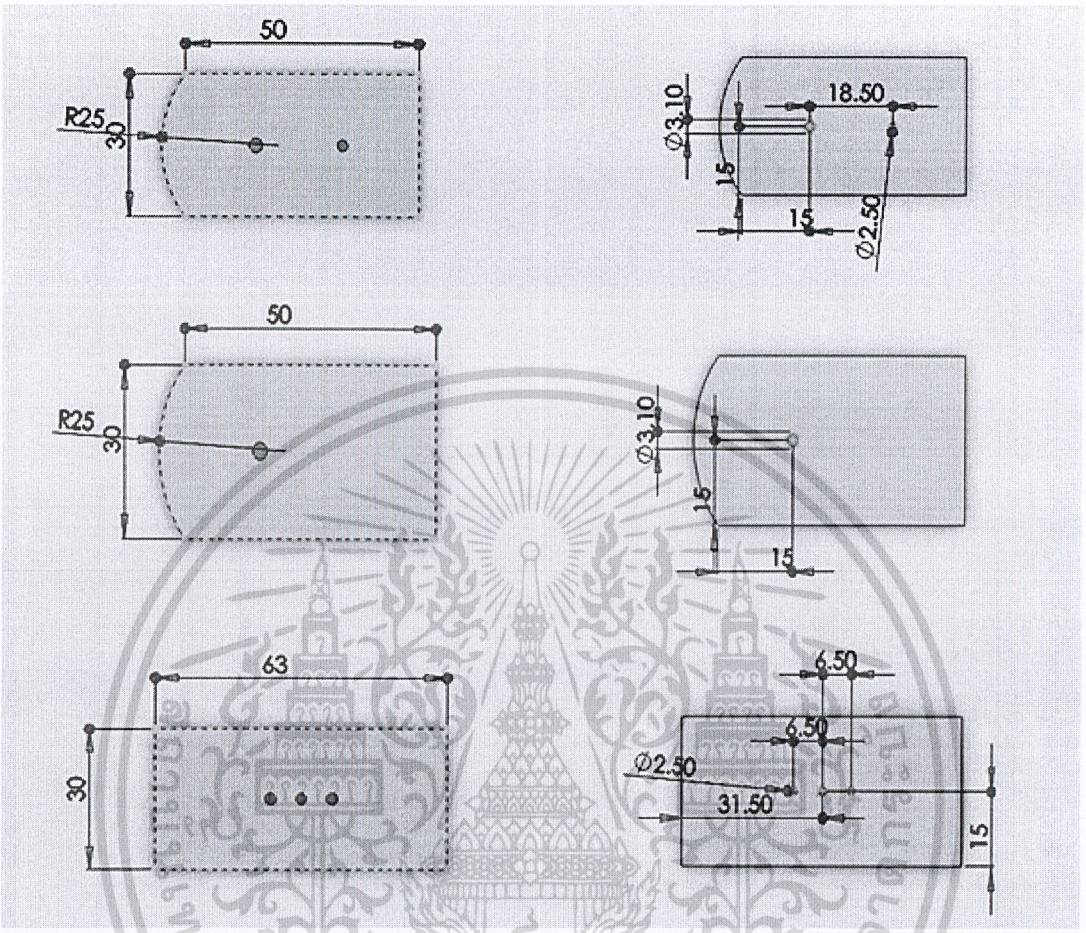


รูปที่ 3.22 ส่วนประกอบของแขนส่วนที่ (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.5 แขนส่วนที่ (3)

ทำหน้าที่คล้ายกับข้อมือที่ต่อจากแขนของมนุษย์ ทำการโยกขึ้นลงในการหยิบของ

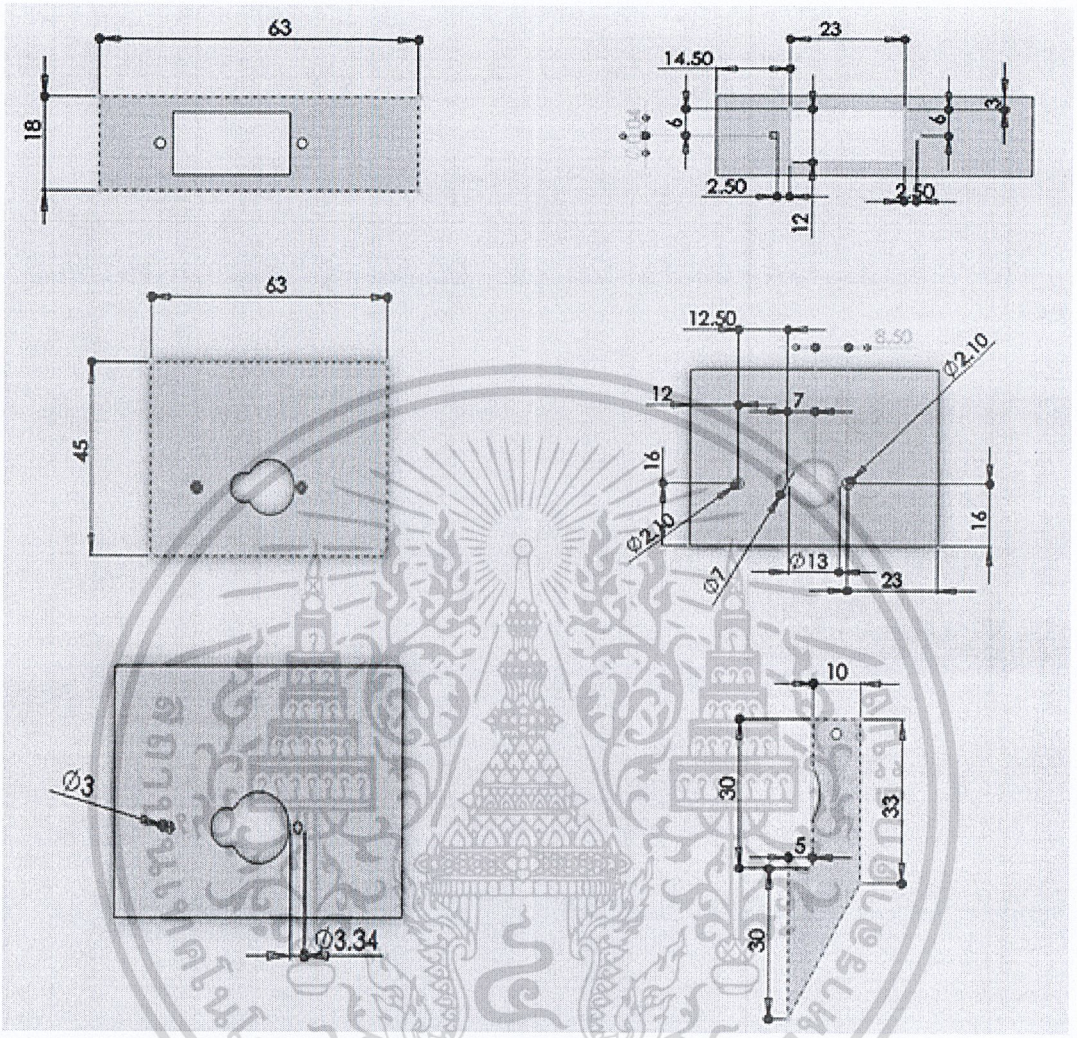


รูปที่ 3.23 ส่วนประกอบของแขนส่วนที่ (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

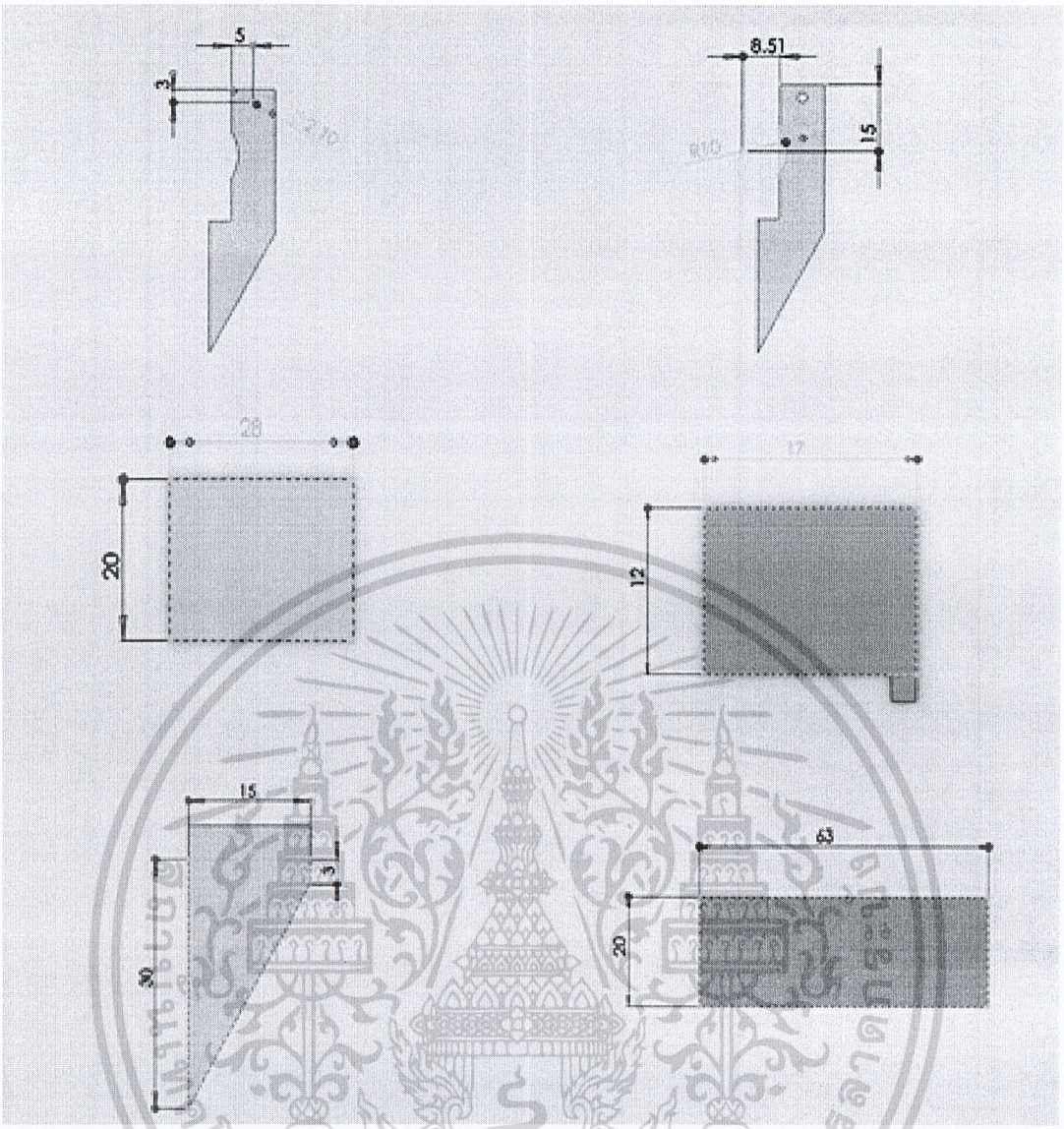
3.7.6 ตัวหนีบจับ

ทำหน้าที่คล้ายส่วนมือของมนุษย์



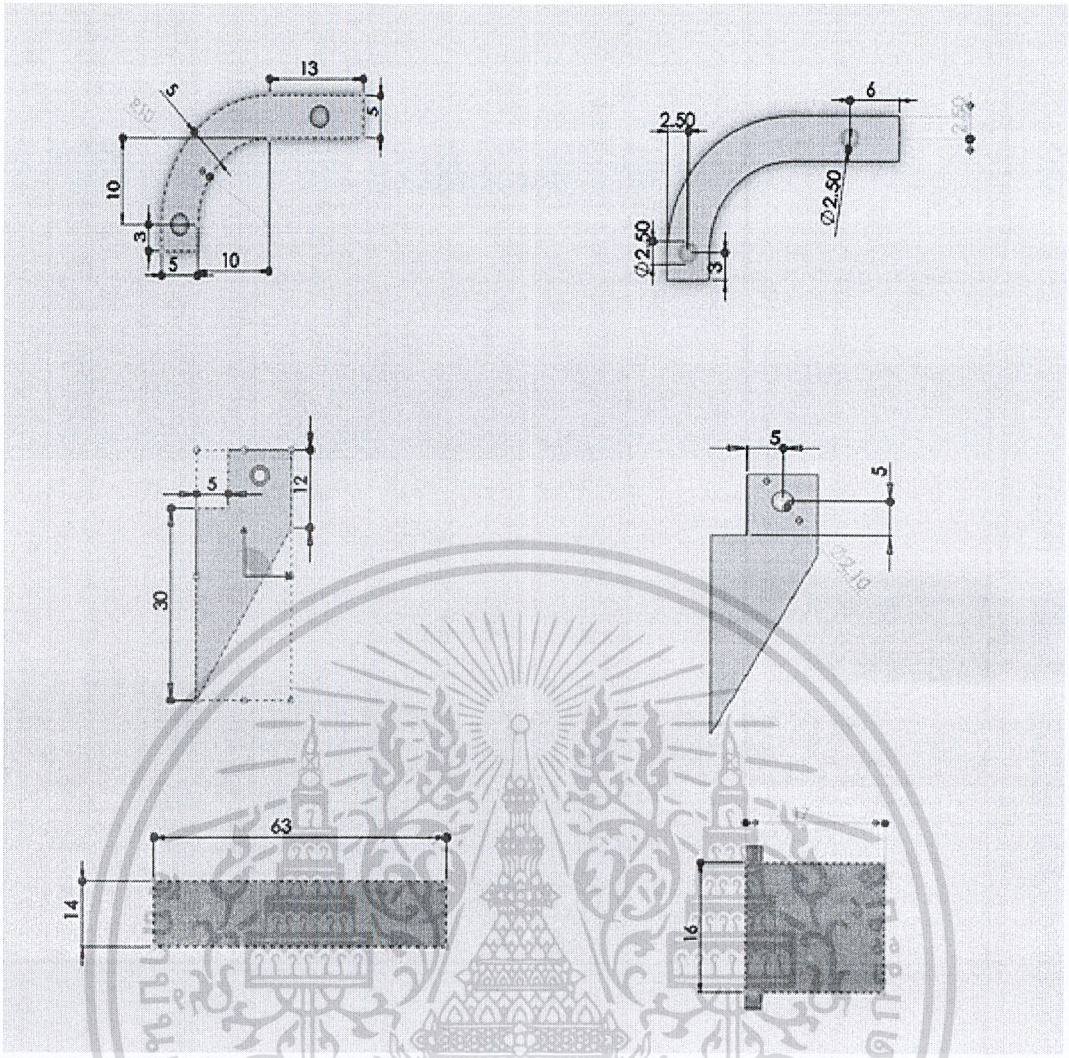
รูปที่ 3.24 ส่วนประกอบของตัวหนีบจับ (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 ส่วนประกอบของตัวหนีบจับ (2)

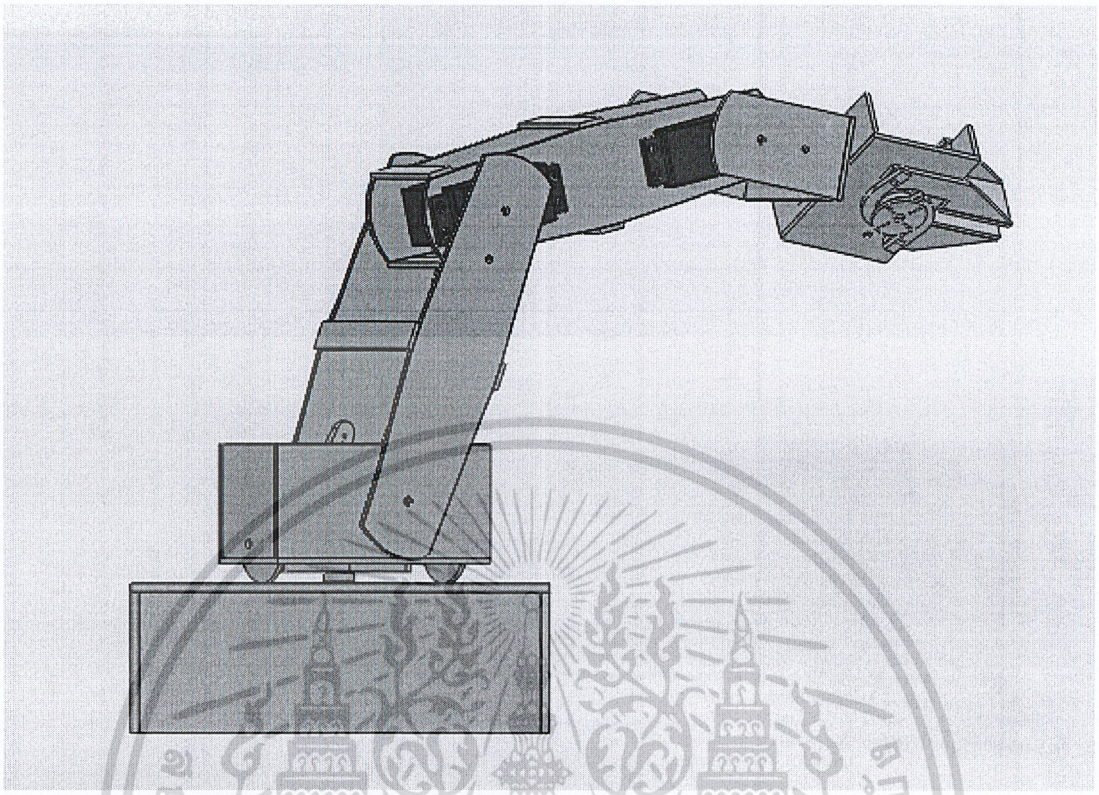
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 ส่วนประกอบของตัวหนีบจับ (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 โครงสร้างเสร็จสมบูรณ์ของแขนกล



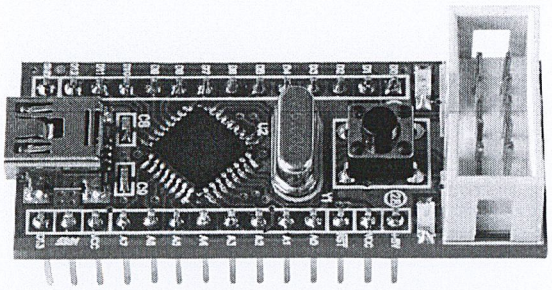
รูปที่ 3.27 โครงสร้างเสร็จสมบูรณ์ของแขนกล

โครงสร้างของแขนกลเมื่อประกอบสมบูรณ์ แสดงในรูปที่ 3.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 โครงสร้างและการออกแบบส่วนอิเล็กทรอนิกส์

3.9.1 วงจรควบคุมการทำงาน



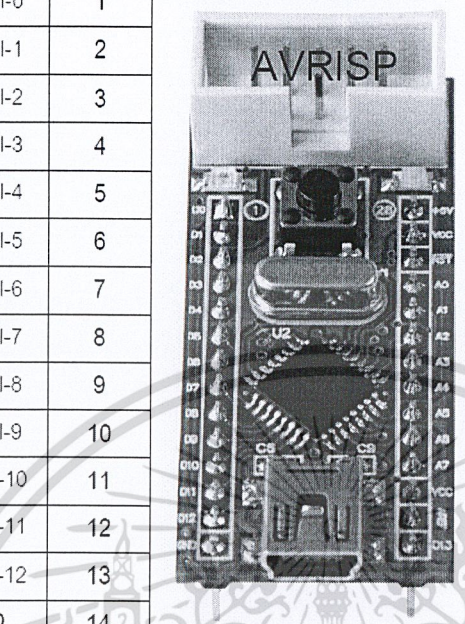
รูปที่ 3.28 บอร์ด Stamp168

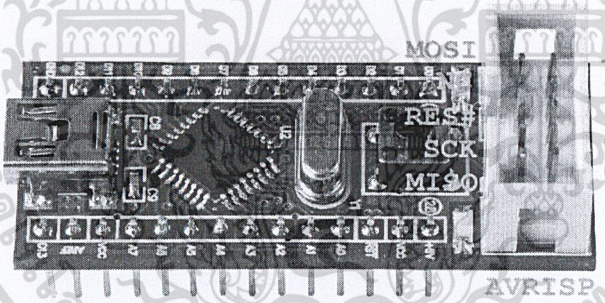
ET-EASY168 STAMP เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ในตระกูล AVR8 ขนาดเล็กจิ๋ว โดยมีขนาดของบอร์ดเพียง 2cm x 5cm เท่านั้น ซึ่งขนาดบอร์ด ประมาณเท่ากับตัวถังของไอซี 28 DIP 300 โดยเลือกใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR8 เบอร์ ATmega168 ของ ATMEL เป็น MCU ประจำบอร์ด โดยเลือกใช้MCU ที่มีรูปร่างตัวถังแบบ 32 TQFP พร้อมวงจรรอบนอกที่จำเป็นอย่าง Oscillator และ Reset รวมไว้ด้วยภายในบอร์ด นอกจากนี้แล้วภายในตัวบอร์ดยังได้รวมเอาไอซี USB Bridge ของ FTDI เบอร์ FT232R เพื่อใช้ติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมด้วย RS232 กับคอมพิวเตอร์ PC ผ่านทางพอร์ต USB ได้โดยตรงทำให้บอร์ด ET-EASY168 STAMP เป็นบอร์ดทดลองขนาดเล็กที่เพียบพร้อมไปด้วยวงจรพื้นฐานที่จำเป็นต่อการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR8 อย่างแท้จริง เพียงแต่เสียบสาย USB จากพอร์ตUSB ของเครื่องคอมพิวเตอร์ PC เข้ากับขั้ว USB ของบอร์ด ET-EASY168 STAMP ก็สามารถทำการเขียนโปรแกรม และ Download Code ให้กับ MCU เพื่อทำการทดลองได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงการจัดสรรขาสัญญาณของบอร์ด ET-EASY168 STAMP

AVR	Arduino	Pin	ET-EASY168 STAMP	Pin	Arduino	AVR
PD0	Digital-0	1		28	+5V(+Vin)	+5V(+Vin)
PD1	Digital-1	2		27	+VCC(+5V)	+VCC(+5V)
PD2	Digital-2	3		26	RESET#	RESET(PC6)
PD3	Digital-3	4		25	Analog-0	PC0/ADC0
PD4	Digital-4	5		24	Analog-1	PC1/ADC1
PD5	Digital-5	6		23	Analog-2	PC2/ADC2
PD6	Digital-6	7		22	Analog-3	PC3/ADC3
PD7	Digital-7	8		21	Analog-4	PC4/ADC4
PB0	Digital-8	9		20	Analog-5	PC5/ADC5
PB1	Digital-9	10		19	Analog-6	ADC6
PB2	Digital-10	11		18	Analog-7	ADC7
PB3	Digital-11	12		17	+VCC(+5V)	+VCC(+5V)
PB4	Digital-12	13		16	+AREF	+AREF
GND	GND	14		15	Digital-13	PB5





รูปที่ 3.29 ลักษณะของบอร์ด ET-EASY168 STAMP

ตารางที่ 3.4 ขาสัญญาณของบอร์ด ET-EASY168 STAMP

AVR	Arduino	Pin	AVRISP	Pin	Arduino	AVR
PB3	Digital-11	MOSI		+VCC	+VCC	+VCC
-	-	NC		GND	GND	GND
RES#	RES#	RES#		GND	GND	GND
PB5	Digital-13	SCK		GND	GND	GND
PB4	Digital-12	MISO		GND	GND	GND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของขาสัญญาณในการใช้งานแบบ “Arduino Project”

• +5V(+Vin) เป็นขาสำหรับใช้เป็นจุดรับแรงดันขนาด +5VDC จากภายนอกเพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับบอร์ด

• +VCC(+5V) เป็นขาแหล่งจ่ายไฟจุดเดียวกันกับที่ป้อนให้กับ +VCC ของ MCU ซึ่งจุดนี้จะรับแรงดันมาจาก 2 แหล่ง ด้วยกันคือ ขารับแรงดัน +5V(+Vin) จากขา 28 ของบอร์ด และ จากขา+VUSB(+5V) จากขั้ว USB ของบอร์ด โดยมี Diode ป้องกันการย้อนกลับของแรงดันไว้แล้ว

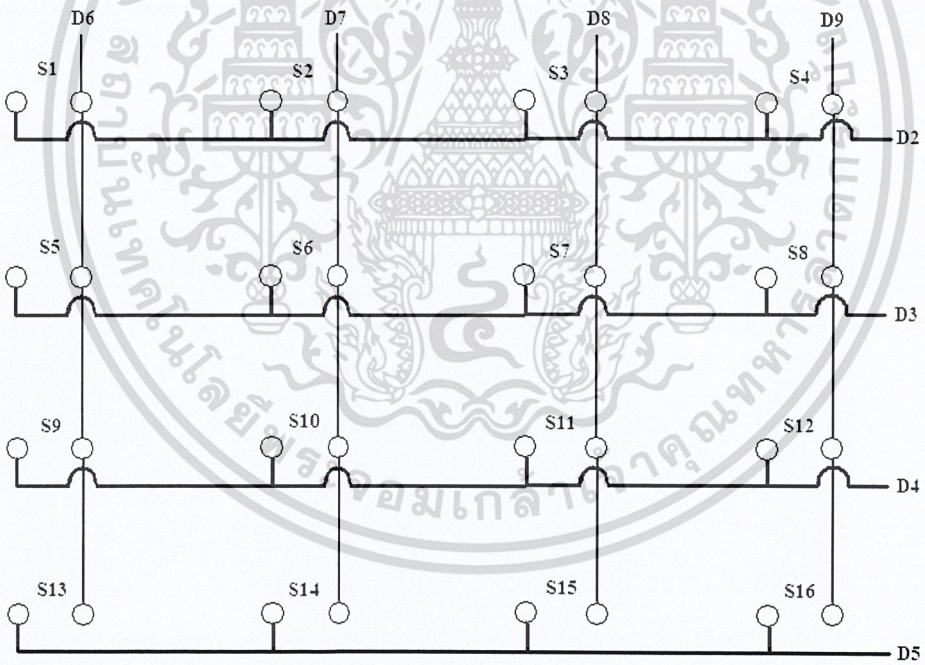
• +AREF เป็นขาสำหรับรับสัญญาณแรงดันอ้างอิง (Analog Reference) ให้กับวงจร Analog Input ในกรณีต้องการใช้แรงดันอ้างอิงจากภายนอก

• RESET# เป็นขาสัญญาณ RESET ของ CPU ทำงานที่ Logic “0”

• Digital[0..13] เป็นขา I/O แบบ Digital สามารถใช้งานเชื่อมต่อกับสัญญาณ Logic TTL (5V) ต่างๆ

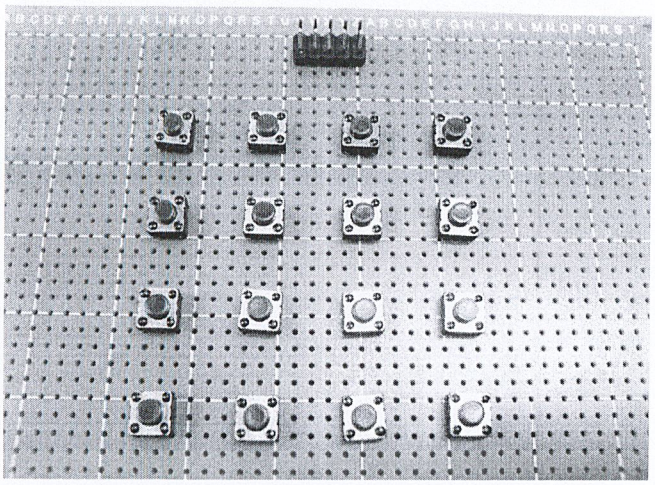
• Analog[0..7] เป็นขา Input แบบ Analog สามารถรับ Input แบบ Analog 0..+5V

3.9.2 วงจรบอร์ดควบคุมการเคลื่อนที่



รูปที่ 3.30 วงจรบอร์ดควบคุมการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.31 บอร์ดควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์

ประยุกต์ใช้วงจรควบคุมมาใช้ในการกำหนดการเคลื่อนที่ของแขนกล โดยใช้ Digital Pin D2-D6 ซึ่งแต่ละ Pin จะส่งสัญญาณ Logic 1 ออกมา เช่น สวิตช์ S1 จะมี Pin D2 กับ D6 เชื่อมกันอยู่ เมื่อกดปุ่ม S1 Logic จาก D2 และ D6 จะเชื่อมถึงกัน ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รู้ว่ามีการกดปุ่ม S1 ตามที่เขียนโปรแกรมไว้ โดยเซอร์โวมอเตอร์ 1 ตัวจะถูกควบคุมด้วยสวิตช์ 2 ตัว เพื่อควบคุมทิศทางในการหมุนตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกา ตามที่ต้องการให้เคลื่อนที่ในทิศทางนั้น เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการแล้วให้กดสวิตช์ที่เป็นการบันทึกค่า จะสั่งให้จำค่านั้นไว้ ซึ่งในบอร์ดควบคุมนี้สามารถเม็มโมรี่ค่าได้ทั้งหมด 8 ค่า เมื่อทำการบันทึกค่าทั้งหมดแล้ว ทำการกดสวิตช์ RUN จะเป็นการสั่งให้แขนกลทำงานได้อัตโนมัติตามที่สั่งค่าไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลอง โครงสร้างของแขนกลและโปรแกรมของแขนกล โดยมีรายละเอียดของการทดลองดังนี้

4.1 การทดลองเซอร์โวมอเตอร์ของแขนกล

จากการทดลองเมื่อทำการจ่ายไฟให้กับวงจร ตัวแขนกลจะทำการเซ็ตความพัลส์ให้อยู่ในช่วงกึ่งกลางของค่าสูงสุดและต่ำสุดของพัลส์บวก ที่เซอร์โวมอเตอร์ทำให้เซอร์โวมอเตอร์สามารถทำงานได้ เมื่อทำการคอนโทรลโดยกดปุ่มที่ปุ่มควบคุม ค่าพัลส์ก็จะเพิ่มค่าหรือลดค่าตามที่กำหนดไว้ในวงจรสั่งงานผ่านพอร์ต

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองความกว้างพัลส์ของเซอร์โวมอเตอร์ในแต่ละตำแหน่งของแขนกล

ตำแหน่งเซอร์โวมอเตอร์	สถานะ	พัลส์บวก (ms)	พัลส์ลบ (ms)	ความกว้างของพัลส์ (ms)
S1 ฐาน	Start	2	25	27
	Min	1	24	27
	Max	3	22	27
S2 แขนท่อนล่าง	Start	1	26	27
	Min	0.5	25.5	27
	Max	2	24	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งเซอร์โวมอเตอร์	สถานะ	พัลส์บวก (ms)	พัลส์ลบ (ms)	ความกว้างของพัลส์ (ms)
S3 แขนท่อนบน	Start	2	25	27
	Min	1	24	27
	Max	3	22	27
S4 ยกขึ้น-ลงมือจับ	Start	1.5	25.5	27
	Min	1	24	27
	Max	2.5	24.5	27
S5 การหมุนมือจับ	Start	2	25	27
	Min	1	26	27
	Max	3	24	27
S6 มือจับ	Start	1	26	27
	Min	1	26	27
	Max	2	25	27

4.2 การทดลองโครงสร้างของแขนกล

จากการทดลองที่ผ่านมาตั้งแต่การออกแบบโครงสร้างของแขนกล และการประกอบโครงสร้าง ในช่วงแรกเราได้ทดลองออกแบบ และทำแขนกลออกมาก่อน 1 ตัว ผลปรากฏว่าแขนกลไม่สามารถขยับได้ตามที่เราต้องการ และการบังคับทิศทางไม่ดีเท่าที่ควร เพราะขนาดไม่เหมาะสมทำให้ไม่สามารถจับวัตถุได้ และขยับได้ตามต้องการ เมื่อได้แก้ไขขนาด และโครงสร้างเป็นที่เหมาะสมแล้ว แขนกลก็สามารถขยับได้สมบูรณ์มากขึ้น แต่ระหว่างการทดลองแขนกลมีการชำรุดจากการใช้งานบ่อยครั้ง ทำให้ต้องปรับปรุงแก้ไขโครงสร้าง และประกอบใหม่ให้แข็งแรงมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ปรับปรุงแก้ไขโครงสร้างแล้ว ทำให้โครงสร้างแข็งแรงจนเป็นที่น่าพอใจ และเหมาะสมจนสามาถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.3 การทดลองโปรแกรมการควบคุมของแขนกล

ในตอนแรกได้เขียนโปรแกรม ตั้งค่า และบันทึกค่าในตำแหน่งที่ต้องการแล้ว แต่แขนกลไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ตามต้องการ ไม่มีความแม่นยำเท่าที่ควร จึงมีการปรับแก้โปรแกรม และเขียนโปรแกรมขึ้นมาใหม่ พร้อมกับต้องตั้งค่าใหม่ด้วย เพื่อให้สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพ แต่เนื่องจากมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง และแก้ไข ทำให้ต้องมีการตั้งค่า และบันทึกค่าใหม่ แต่เมื่อแก้ไขแล้วแขนกลก็สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากพอกับการใช้งาน เมื่อต่อเข้ากับระบบแล้วสามารถทำงานได้เป็นอย่างดีตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงงานนี้เป็นการพัฒนาแขนกล คือ คือหุ่นยนต์ที่สามารถหยิบจับวัตถุขึ้นและวางวัตถุลงได้ เพื่อนำไปใช้ในระบบอุตสาหกรรมในการเพิ่มผลผลิต ลดจำนวนแรงงานคน และเพิ่มความปลอดภัย ซึ่งจะเป็นการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันต่อคู่แข่งทางการด้านอุตสาหกรรมต่อไป ซึ่งจากโครงงานนี้ได้ประดิษฐ์แขนกลขึ้นมานั้น สามารถหยิบจับและวางวัตถุลงบนรถขนส่งได้ แต่ยังไม่แข็งแรงและแม่นยำพอที่จะสามารถนำไปใช้ในส่วนอุตสาหกรรมได้จริง จะต้องมีการแก้ไขปรับปรุง และพัฒนาต่อไปในอนาคต

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

จากการศึกษาข้อมูลการทำแขนกลในช่วงแรกโดยการใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำเร็จรูปและเซอร์โวมอเตอร์เนื่องจากไม่คุ้นเคยกับการใช้วงจรและเซอร์โวมอเตอร์ชนิดนี้มาก่อนจึงเกิดปัญหาในการโปรแกรมข้อมูลลงไป ไม่สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ ต่อมาจึงได้ศึกษาข้อมูล ทดลองเขียนโปรแกรมแบบต่างๆเพื่อควบคุมแขนกล เพื่อที่จะสามารถควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ได้ดีที่สุด และเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด นอกจากนั้น โครงสร้างของแขนกลที่สร้างจากแผ่นอคิลิคซึ่งมีความคงทนค่อนข้างต่ำทำให้เกิดการชำรุดเสียหายได้ง่าย จึงได้แก้ไข โดยการต่อเติมโครงสร้างให้แข็งแรง รวมทั้งออกแบบชิ้นบางชิ้นส่วนขึ้นมาใหม่เพื่อป้องกันการชำรุดเสียหาย ทั้งในด้านส่วนแขนและปากจับ เพื่อให้การหยิบจับของแขนกลนั้นแม่นยำมากที่สุด

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา

จากการที่เราใช้แผ่นอะคริลิคเป็นส่วนประกอบของแขนกลซึ่งเป็นวัสดุที่ไม่ค่อยคงคน ในการสร้างส่วนประกอบของแขนกลควรนำเอาวัสดุที่มีความแข็งแรงสูงทนต่อแรงรับที่ถูกกระทำได้เช่น อลูมิเนียม เหล็ก เป็นต้นและเนื่องด้วยเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ในปัจจุบันมีให้เลือกใช้หลายขนาดและมีราคาแตกต่างกันออกไป เราควรศึกษาเพิ่มเติมว่าควรจะใช้เซอร์โวมอเตอร์ชนิดและขนาดไหนที่จะเหมาะสมกับงบประมานที่เรามีและสามารถทำงานได้เหมาะสมกับความต้องการที่เราจะให้หุ่นยนต์ทำหน้าที่อะไรและนอกจากนั้นควรศึกษาวิธีการทำงาน ท่าทางการเคลื่อนไหวของแขนกล เพื่อเป็นการพัฒนาท่าทางการจับวัตถุของแขนกลในท่าทางที่ง่ายและหลากหลาย เหมาะกับการใช้จริงในโรงงานอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมการประมวลผลและการควบคุม

โค้ดการเขียนโปรแกรมส่วนประมวลผลและควบคุมการทำงานของแขนกล โดยใช้บอร์ด Stamp168ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR8 เบอร์ ATmega168 ของ ATMEL เป็น MCU ประจำบอร์ด

```
#include <Servo.h>

#include <Keypad.h>

#include <EEPROM.h>



const byte ROWS = 4; //four rows

const byte COLS = 4; //four columns

//define the symbols on the buttons of the keypads

char hexaKeys[ROWS][COLS] =

{

  {'0','1','2','3'},

  {'4','5','6','7'},

  {'8','9','a','b'},

  {'c','d','e','f'}

};

byte rowPins[ROWS] = {3, 2, 10, 9}; //connect to the row pinouts of the keypad

byte colPins[COLS] = {7, 6, 5, 4}; //connect to the column pinouts of the keypad
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//initialize an instance of class NewKeypad

Keypad customKeypad = Keypad( makeKeymap(hexaKeys), rowPins, colPins, ROWS, COLS);



Servo servo1;

Servo servo2;

Servo servo3;

Servo servo4;

Servo servo5;

Servo servo6;



//variable

int pos1 = 90;

int pos2 = 45;

int pos3 = 117;

int pos4 = 75;

int pos5 = 73;

int pos6 = 90;



int addr =0;

int addr2 =0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
byte pos11 = 0;

byte pos22 = 0;

byte pos33 = 0;

byte pos44 = 0;

byte pos55 = 0;

byte pos66 = 0;


int val = 0;


void setup()

{

 servo1.attach(8);  // attaches the servo on pin 8 to the servo object

 servo2.attach(0);  // attaches the servo on pin 0 to the servo object

 servo3.attach(1);  // attaches the servo on pin 1 to the servo object

 servo4.attach(11); // attaches the servo on pin 11 to the servo object

 servo5.attach(12); // attaches the servo on pin 12 to the servo object

 servo6.attach(13); // attaches the servo on pin 13 to the servo object

}


void loop()

{

 char customKey = customKeypad.getKey();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
val = analogRead(1);



servo1.write(pos1);

servo2.write(pos2);

servo3.write(pos3);

servo4.write(pos4);

servo5.write(pos5);

servo6.write(pos6);



//ปุ่มจัดท่า

 //1+

    if (customKey == '0')

   {

    pos1 = pos1 + 2;

    if (pos1 > 180)

      {

       pos1 = 180;

      }

    delay (100);

   }

   //////
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//1-
 if (customKey == '1')
{
  pos1 = pos1 - 2;
  if (pos1 < 0)
    {
     pos1 = 0;
    }
  delay (100);
 }
//////
//2+
 if (customKey == '2')
{
 pos2 = pos2 + 2;
 if (pos2 > 180)
   {
    pos2 = 180;
   }
 delay (100);
}
//////
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//2-
 if (customKey == '3')
{
  pos2 = pos2 - 2;
  if (pos2 < 0)
    {
      pos2 = 0;
    }
  delay (100);
}
//////
//3+
 if (customKey == '4')
{
 pos3 = pos3 + 2;
 if (pos3 > 180)
   {
     pos3 = 180;
   }
 delay (100);
}
//////
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//3-
 if (customKey == '5')
{
  pos3 = pos3 - 2;
  if (pos3 < 0)
    {
     pos3 = 0;
    }
  delay (100);
 }
//////
//4+
 if (customKey == '6')
{
 pos4 = pos4 + 2;
 if (pos4 > 180)
   {
    pos4 = 180;
   }
 delay (100);
}
//////
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//4-
 if (customKey == '7')
 {
   pos4 = pos4 - 2;
   if (pos4 < 0)
     {
       pos4 = 0;
     }
   delay (100);
 }
//////
//5+
 if (customKey == '8')
 {
  pos5 = pos5 + 2;
  if (pos5 > 180)
    {
      pos5 = 180;
    }
  delay (100);
 }
//////
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//5-
 if (customKey == '9')
{
  pos5 = pos5 - 2;
  if (pos5 < 0)
    {
      pos5 = 0;
    }
  delay (100);
}
//////
//6+
 if (customKey == 'a')
{
 pos6 = pos6 + 2;
 if (pos6 > 180)
   {
     pos6 = 180;
   }
 delay (100);
}
//////
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    //6-
     if (customKey == 'b')
    {
      pos6 = pos6 - 2;
      if (pos6 < 0)
        {
          pos6 = 0;
        }
      delay (100);
    }

//-------------------------------------------------------------//

// เก็บค่า //
if (customKey == 'c')
 {
  pos11 = pos1;
  EEPROM.write(addr, pos11);
  addr = addr + 1;

  pos22 = pos2;
  EEPROM.write(addr, pos22);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
addr = addr + 1;



pos33 = pos3;

EEPROM.write(addr, pos33);

addr = addr + 1;



pos44 = pos4;

EEPROM.write(addr, pos44);

addr = addr + 1;



pos55 = pos5;

EEPROM.write(addr, pos55);

addr = addr + 1;



pos66 = pos6;

EEPROM.write(addr, pos66);

addr = addr + 1;



if (addr == 512) // addr maximun size : 512 byte //

  {

    addr = 0;

  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 delay(500);  // dalay เพื่อป้องกันการกดปุ่มซ้ำ อาจทำให้จำค่าผิดได้ //

 }


 //-------------------------------------------------------------------------//


// อ่านค่า //

 if (customKey == 'e')

  {

    pos11 = EEPROM.read(addr-6);

    pos1 = pos11;


    pos22 = EEPROM.read(addr-5);

    pos2 = pos22;


    pos33 = EEPROM.read(addr-4);

    pos3 = pos33;


    pos44 = EEPROM.read(addr-3);

    pos4 = pos44;


    pos55 = EEPROM.read(addr-2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    pos5 = pos55;


    pos66 = EEPROM.read(addr-1);
    pos6 = pos66;


    if (addr == 512)
     {
       addr = 0;
     }


    delay(500);
  }
//-------------------------------------------------------------------//


//cycle


    if (customKey == 'f')
   {
    addr2 = 0;
    for (int y=1;y<=8;y++)
    {
       pos11 = EEPROM.read(addr2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
addr2 = addr2 + 1;


pos22 = EEPROM.read(addr2);

addr2 = addr2 + 1;


pos33 = EEPROM.read(addr2);

addr2 = addr2 + 1;


pos44 = EEPROM.read(addr2);

addr2 = addr2 + 1;


pos55 = EEPROM.read(addr2);

addr2 = addr2 + 1;


pos66 = EEPROM.read(addr2);

addr2 = addr2 + 1;


int old1 = pos1;

int old2 = pos2;

int old3 = pos3;

int old4 = pos4;

int old5 = pos5;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int old6 = pos6;



int new1 = pos11;

int new2 = pos22;

int new3 = pos33;

int new4 = pos44;

int new5 = pos55;

int new6 = pos66;



if (old1 > new1)

{

  for(old1 ; old1 > new1 ; old1 -= 1)

  {

     servo1.write(old1);

     delay(15);

  }

}

else (old1 < new1);

{

  for(old1 ; old1 < new1 ; old1 += 1)

  {

     servo1.write(old1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    delay(15);
  }
}
    pos1 = new1;

if (old2 > new2)
{
  for(old2 ; old2 > new2 ; old2 -= 1)
  {
    servo2.write(old2);
    delay(15);
  }
}
else (old2 < new2);
{
  for(old2 ; old2 < new2 ; old2 += 1)
  {
    servo2.write(old2);
    delay(15);
  }
}
    pos2 = new2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if (old3 > new3)
{
  for(old3 ; old3 > new3 ; old3 -= 1)
  {
     servo3.write(old3);
     delay(15);
  }
}
else (old3 < new3);
{
  for(old3 ; old3 < new3 ; old3 += 1)
  {
     servo3.write(old3);
     delay(15);
  }
}
     pos3 = new3;

if (old4 > new4)
{
  for(old4 ; old4 > new4 ; old4 -= 1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  {
     servo4.write(old4);
     delay(15);
  }
}
else (old4 < new4);
{
  for(old4 ; old4 < new4 ; old4 += 1)
  {
     servo4.write(old4);
     delay(15);
  }
}
     pos4 = new4;

if (old5 > new5)
{
  for(old5 ; old5 > new5 ; old5 -= 1)
  {
     servo5.write(old5);
     delay(15);
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
else (old5 < new5);
{
  for(old5 ; old5 < new5 ; old5 += 1)
  {
     servo5.write(old5);
     delay(15);
  }
}
     pos5 = new5;

if (old6 > new6)
{
  for(old6 ; old6 > new6 ; old6 -= 1)
  {
     servo6.write(old6);
     delay(15);
  }
}
else (old6 < new6);
{
  for(old6 ; old6 < new6 ; old6 += 1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      {
        servo6.write(old6);
        delay(15);
      }
    }
      pos6 = new6;

  }
  if (addr2 > 47)
    {
      addr2 = 0;
    }
}

//-------------------------------------------------------------------------------
//AUTO

if (val >= 900)
{
 addr2 = 0;
 for (int y=1;y<=8;y++)
 {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
pos11 = EEPROM.read(addr2);

addr2 = addr2 + 1;



pos22 = EEPROM.read(addr2);

addr2 = addr2 + 1;



pos33 = EEPROM.read(addr2);

addr2 = addr2 + 1;



pos44 = EEPROM.read(addr2);

addr2 = addr2 + 1;



pos55 = EEPROM.read(addr2);

addr2 = addr2 + 1;



pos66 = EEPROM.read(addr2);

addr2 = addr2 + 1;



int old1 = pos1;

int old2 = pos2;

int old3 = pos3;

int old4 = pos4;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int old5 = pos5;

int old6 = pos6;



int new1 = pos11;

int new2 = pos22;

int new3 = pos33;

int new4 = pos44;

int new5 = pos55;

int new6 = pos66;



if (old1 > new1)

{

 for(old1 ; old1 > new1 ; old1 -= 1)

 {

    servo1.write(old1);

    delay(15);

 }

}

else (old1 < new1);

{

 for(old1 ; old1 < new1 ; old1 += 1)

 {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    servo1.write(old1);
    delay(15);
  }
}
    pos1 = new1;

if (old2 > new2)
{
  for(old2 ; old2 > new2 ; old2 -= 1)
  {
    servo2.write(old2);
    delay(15);
  }
}
else (old2 < new2);
{
  for(old2 ; old2 < new2 ; old2 += 1)
  {
    servo2.write(old2);
    delay(15);
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    pos2 = new2;


if (old3 > new3)
{
  for(old3 ; old3 > new3 ; old3 -= 1)
  {
    servo3.write(old3);
    delay(15);
  }
}
else (old3 < new3);
{
  for(old3 ; old3 < new3 ; old3 += 1)
  {
    servo3.write(old3);
    delay(15);
  }
}
    pos3 = new3;


if (old4 > new4)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  for(old4 ; old4 > new4 ; old4 -= 1)
  {
     servo4.write(old4);
     delay(15);
  }
}
else (old4 < new4);
{
  for(old4 ; old4 < new4 ; old4 += 1)
  {
     servo4.write(old4);
     delay(15);
  }
}
     pos4 = new4;

if (old5 > new5)
{
  for(old5 ; old5 > new5 ; old5 -= 1)
  {
     servo5.write(old5);
     delay(15);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  }
 }
 else (old5 < new5);
 {
  for(old5 ; old5 < new5 ; old5 += 1)
  {
     servo5.write(old5);
     delay(15);
  }
 }
     pos5 = new5;

if (old6 > new6)
{
  for(old6 ; old6 > new6 ; old6 -= 1)
  {
     servo6.write(old6);
     delay(15);
  }
}
else (old6 < new6);
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        for(old6 ; old6 < new6 ; old6 += 1)
        {
          servo6.write(old6);
          delay(15);
        }
      }
          pos6 = new6;

    }
    if (addr2 > 47)
      {
        addr2 = 0;
      }
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โปรแกรมการออกแบบและผลิตชิ้นส่วนระบบลำเลียงหุ่นยนต์และแขนกล

โปรแกรมโซลิดเวิร์ค(Solid work) ซึ่งเขียนเพื่อใช้ออกแบบอุปกรณ์ในระบบลำเลียง และทำการแปลงเป็นจีโค้ด (G-code) โดยใช้โปรแกรมโซลิดแคม (Solid CAM) เพื่อผลิตชิ้นส่วนของหุ่นยนต์ ซึ่งมีหลักการเขียนโปรแกรมโค้ดและตัวอย่างของโค้ด ดังต่อไปนี้

G CODE LIST

command	**Description**
G00	เดินเป็นเส้นตรง ควบคุมความเร็วตามRAPID
G01	เดินเป็นเส้นตรง ควบคุมความเร็วตามFEED OVERIDE
G02	เดินเป็นเส้นโค้ง ทิศทางตามเข็มนาฬิกา CW
G03	เดินเป็นเส้นโค้ง ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา CCW
G04	หยุดทำงานชั่วขณะDwell, Exact stop
G09	หยุดตรงตำแหน่ง Exact stop
G10	ตั้งค่าข้อมูล Programmable data input
G17	การทำงานพร้อมกันของแกนXpYp plane selection
G18	การทำงานพร้อมกันของแกนZpXp plane selection
G19	การทำงานพร้อมกันของแกนYpZp plane selection
G20	การทำงานในระบบนิ้ว Input in inch
G21	การทำงานในระบบเมตริก Input in mm
G22	เปิดการทำงานฟังชั่น Stored stroke check function on
G23	ปิดการทำงานฟังชั่น Stored stroke check function off
G25	ปิดการทำงานฟังชั่น Spindle speed fluctuation detection off
G26	เปิดการทำงานฟังชั่น Spindle speed fluctuation detection on
G27	ตรวจสอบการเลื่อนกลับตำแหน่งอ้างอิง Reference position
G28	เลื่อนกลับตำแหน่งอ้างอิง Automatic return to reference position
G29	เลื่อนออกจากตำแหน่งอ้างอิง Automatic return from reference position
G30	เลื่อน กลับตำแหน่งอ้างอิงที่ 2nd, 3rd and 4th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G40	ยกเลิกคำสั่ง G41 G42
G41	ชดเชยค่ารัศมีของมีด ตัดทางด้านซ้าย(มีดตัดอยู่ด้านซ้ายของทิศทางการเดิน)
G42	ชดเชยค่ารัศมีของมีด ตัดทางด้านขวา(มีดตัดอยู่ด้านขวาของทิศทางการเดิน)
G43	ค่าความยาวของมีดตัด เป็นบวก
G44	ค่าความยาวของมีดตัด เป็นบวก
G45	เพิ่มค่ารัศมีของมีด ตัดTool offset increase
G46	ลดค่ารัศมีของมีด ตัดTool offset decrease
G47	เพิ่มค่ารัศมีของมีด ตัด2เท่า Tool offset double increase
G48	ลดค่ารัศมีของมีด ตัด2เท่า Tool offset double decrease
G49	ยกเลิกค่าความยาวของ มีดตัดTool length
G50	Scaling cancel
G51	Scaling
G52	การตั้งระบบ Local coordinate system setting
G53	เลือกMachine coordinate system selection
G54	ค่า X0 Y0 Z0 ของงานตัวที่1
G55	ค่า X0 Y0 Z0 ของงานตัวที่2
G56	ค่า X0 Y0 Z0 ของงานตัวที่3
G57	ค่า X0 Y0 Z0 ของงานตัวที่4
G58	ค่า X0 Y0 Z0 ของงานตัวที่5
G59	ค่า X0 Y0 Z0 ของงานตัวที่6
G61	โหมดหยุดตรง ตำแหน่งExact stop mode
G30	เลื่อน กลับตำแหน่งอ้างอิงที่ 2nd, 3rd and 4th
G40	ยกเลิกคำสั่ง G41 G42
G41	ชดเชยค่ารัศมีของมีด ตัดทางด้านซ้าย(มีดตัดอยู่ด้านซ้ายของทิศทางการเดิน)
G42	ชดเชยค่ารัศมีของมีด ตัดทางด้านขวา(มีดตัดอยู่ด้านขวาของทิศทางการเดิน)
G43	ค่าความยาวของมีดตัด เป็นบวก
G44	ค่าความยาวของมีดตัด เป็นบวก
G45	เพิ่มค่ารัศมีของมีด ตัดTool offset increase
G46	ลดค่ารัศมีของมีด ตัดTool offset decrease
G47	เพิ่มค่ารัศมีของมีด ตัด2เท่า Tool offset double increase
G48	ลดค่ารัศมีของมีด ตัด2เท่า Tool offset double decrease

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G49	ยกเลิกค่าความยาวของ มีดตัดTool length
G50	Scaling cancel
G51	Scaling
G52	การตั้งระบบ Local coordinate system setting
G53	เลือกMachine coordinate system selection
G54	ค่า X0 Y0 Z0 ของงานตัวที่ 1
G55	ค่า X0 Y0 Z0 ของงานตัวที่ 2
G56	ค่า X0 Y0 Z0 ของงานตัวที่ 3
G57	ค่า X0 Y0 Z0 ของงานตัวที่ 4
G58	ค่า X0 Y0 Z0 ของงานตัวที่ 5
G59	ค่า X0 Y0 Z0 ของงานตัวที่ 6
G61	โหมดหยุดตรง ตำแหน่งExact stop mode
G62	โหมดเดินมุมAutomatic corner override
G65	เรียกมาโครโปรแกรม Macro call
G67	ยกเลิกคำสั่งมาโคร โปรแกรมMacro modal call cancel
G73	การเจาะแบบ Peck drilling cycle
G74	การทำเกลียวCounter tapping cycle
G76	การคว้านละเอียดFine boring cycle
G80	ยกเลิกคำสั่งCanned cycle cancel
G81	การเจาะDrilling cycle, spot boring cycle
G82	การเจาะDrilling cycle or counter boring cycle
G83	การเจาะPeck drilling cycle
G84	การทำเกลียวTapping cycle
G85	การใช้ดอกรีมเมอร์ Boring cycle
G86	การคว้านBoring cycle
G87	การคว้านBack boring cycle
G88	การคว้านBoring cycle
G89	การคว้านBoring cycle
G90	คำสั่งโดยคิดจากจุด อ้างอิงAbsolute command
G91	คำสั่งโดยคิดจากจุดที่ อยู่ครั้งสุดท้าย Increment command
G92	เปลี่ยนระบบ coordinate system or clamp at maximum spindle speed
G94	ฟีดต่อนาที Feed per minute

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G95	ฟีดต่อรอบ Feed per rotation
G98	การเลื่อนกลับสู่ ตำแหน่ง Z+ ตัวสุดท้าย
G99	การเลื่อนกลับสู่ ตำแหน่ง R

M CODE LIST

command	**Description**
M00	Program Stop หยุดการทำงานของโปรแกรม
M01	Optional Program Stop หยุดการทำงานของเครื่องจักร
M02	End-of-Program จบการทำงานโปรแกรม
M30	End-of-Program จบการทำงานโปรแกรม
M03	Spindle Start Forward หัวหมุนตามเข็มนาฬิกา (CW)
M04	Spindle Start Reverse หัวหมุนทวนเข็มนาฬิกา (CCW)
M05	Spindle Stop หัวหยุดหมุน
M06	Run Tool Change Cycle , เปลี่ยนทูลM6 Txx
M07	Thru Spindle
M08	Coolant ON- Flood Coolant เปิดน้ำหล่อเย็น
M09	Coolant OFF ปิดน้ำหล่อเย็น
M11	Set Tool Carousel position to 1(ATC Tool Changer ONLY)
M19	cycle positioning(Not for spindle orientation) หัวอยู่ในตำแหน่งเปลี่ยนทูล
M20	Does nothing Standard.
M22	Chip Conveyor Toggle ON/OF option

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M29	Rigid Tap M29 Sxxxx in block prior to G84
M41	Low Gear Select
M42	High Gear Select
M48	100%Spindle Speed Override Forced
M49	Released
M60	AAxis Brake ON
M61	AAxis Brake OFF
M62	B Axis Brake ON
M63	B Axis Brake OFF
M64	M64/65 Output ON
M65	M64/65 Output OFF
M66	M66/67 Output ON, Chip Conveyor ON
M67	M66/67 Output OFF, Chip Conveyor ON
M68	M68/69 Output ON, Wash Down ON
M69	M68/69 Output OFF, Wash Down OFF
M78	M78/79 Output ON, Cooled spindle ON(2016 &3016L)
M79	M78/79 Output OFF, Cooled spindle OFF(2016 &3016L)
M80	MIDACO Pallet Changer 2 When the machine has MIDACO pallet option
M85	AAxis Rotary Table Enable
M86	AAxis Rotary Table Disable

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

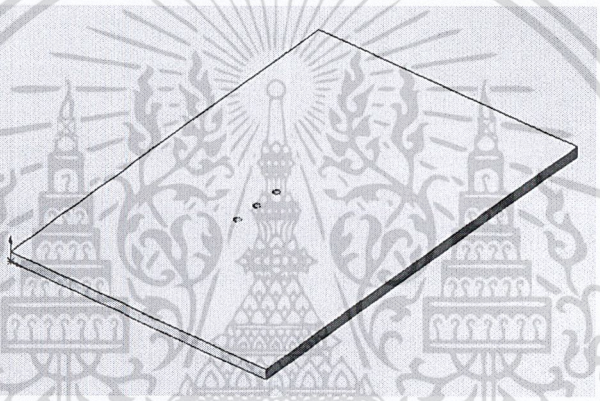
M87 B Axis Rotary Table Enable

M88 B Axis Rotary Table Disable

M98 Sub-Program Call เรียก subโปรแกรม

M99 Sub Program End จบ subโปรแกรม ย้อนกลับ Program หลัก

ตัวอย่างโค้ดที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน



รูปที่ ข.1 ชิ้นงานที่ใช้ในการเขียนโค้ด

%

O1 (FOOT)

N5 G0 G40 G49 G80 G21 (Initialisation)

N10 G0 G53 Z0 (Retour aux origines machine)

N15 G0 G53 X0 Y0

N20 (Outil nฐ 1 - Diametre 2.0 D1 H1)

N25 T1 M6 D1 H1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N30 S1000 M3

N35 G0 Z5

N40 (F-contour-T1)

N45 G0 G54 X-1. Y20.

N50 G43 H1 Z5.

N55 G0 Z2.

N60 G1 Z-0.875 F33

N65 G1 Y80. F100

N70 G2 X0. Y81. I1. J0.

N75 G1 X120.

N80 G2 X121. Y80. I0. J-1.

N85 G1 Y0.

N90 G2 X120. Y-1. I-1. J0.

N95 G1 X0.

N100 G2 X-1. Y0. I0. J1.

N105 G1 Y20.

N110 G1 Z-1.75 F33

N115 G1 Y80. F100

N120 G2 X0. Y81. I1. J0.

N125 G1 X120.

N130 G2 X121. Y80. I0. J-1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N135 G1 Y0.

N140 G2 X120. Y-1. I-1. J0.

N145 G1 X0.

N150 G2 X-1. Y0. I0. J1.

N155 G1 Y20.

N160 G1 Z-2.625 F33

N165 G1 Y80. F100

N170 G2 X0. Y81. I1. J0.

N175 G1 X120.

N180 G2 X121. Y80. I0. J-1.

N185 G1 Y0.

N190 G2 X120. Y-1. I-1. J0.

N195 G1 X0.

N200 G2 X-1. Y0. I0. J1.

N205 G1 Y20.

N210 G1 Z-3.5 F33

N215 G1 Y80. F100

N220 G2 X0. Y81. I1. J0.

N225 G1 X120.

N230 G2 X121. Y80. I0. J-1.

N235 G1 Y0.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N240 G2 X120. Y-1. I-1. J0.

N245 G1 X0.

N250 G2 X-1. Y0. I0. J1.

N255 G1 Y20.

N260 G1 Y80.

N265 G2 X0. Y81. I1. J0.

N270 G1 X120.

N275 G2 X121. Y80. I0. J-1.

N280 G1 Y0.

N285 G2 X120. Y-1. I-1. J0.

N290 G1 X0.

N295 G2 X-1. Y0. I0. J1.

N300 G1 Y20.

N305 G0 Z5.

N310 G0 G53 Z5

N315 G0 G53 X0 Y0 M5

M30

%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

Servo motor s3003

Detailed Specifications

Control System:	+Pulse Width Control 1520usec Neutral	Current Drain (4.8V):	7.2mA/idle
Required Pulse:	3-5 Volt Peak to Peak Square Wave	Current Drain (6.0V):	8mA/idle
Operating Voltage:	4.8-6.0 Volts	Direction:	Counter Clockwise/Pulse Traveling 1520-1900usec
Operating Temperature Range:	-20 to +60 Degree C	Motor Type:	3 Pole Ferrite
Operating Speed (4.8V):	0.23sec/60 degrees at no load	Potentiometer Drive:	Indirect Drive
Operating Speed (6.0V):	0.19sec/60 degrees at no load	Bearing Type:	Plastic Bearing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stall Torque (4.8V):	44 oz/in. (3.2kg.cm)	Gear Type:	All Nylon Gears
Stall Torque (6.0V):	56.8 oz/in. (4.1kg.cm)	Connector Wire Length:	12"
Operating Angle:	45 Deg. one side pulse traveling 400usec	Dimensions:	1.6" x 0.8"x 1.4" (41 x 20 x 36mm)
360 Modifiable:	Yes	Weight:	1.3oz. (37.2g)

T-Pro Mini Servo SG-90

Detailed Specifications

-Dimensions: 22.6 x 21.8 x 11.4mm

-Weight: 9g

-Operating Speed (4.8V no load) : 0.12sec / 60 degrees

-Stall Torque (4.8V): 10.2oz / in (1.98 kg/cm)

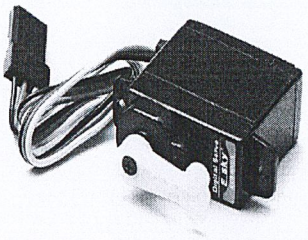
-Temperature Range: -30 to +60 Degree C

-Dead Band Width: 4usec

-Operation Voltage: 3.5 - 8.4Volts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Esky EK2-0508 8g Digital Servo for Esky



Detailed Specifications

- Standard Voltage : DC5V +/- 1V

- PWM Input Range : Pulse Cycle 20+-2ms, Positive Pulse 1~2ms

- Speed : 60 degrees / 0.1s

- Torgue : > 1KG/cm (Vcc=5V)

- Max Corner : > 150 degrees

- Operation Temperature : -20 degrees ~ 70 degrees

- Weight : 7.5g

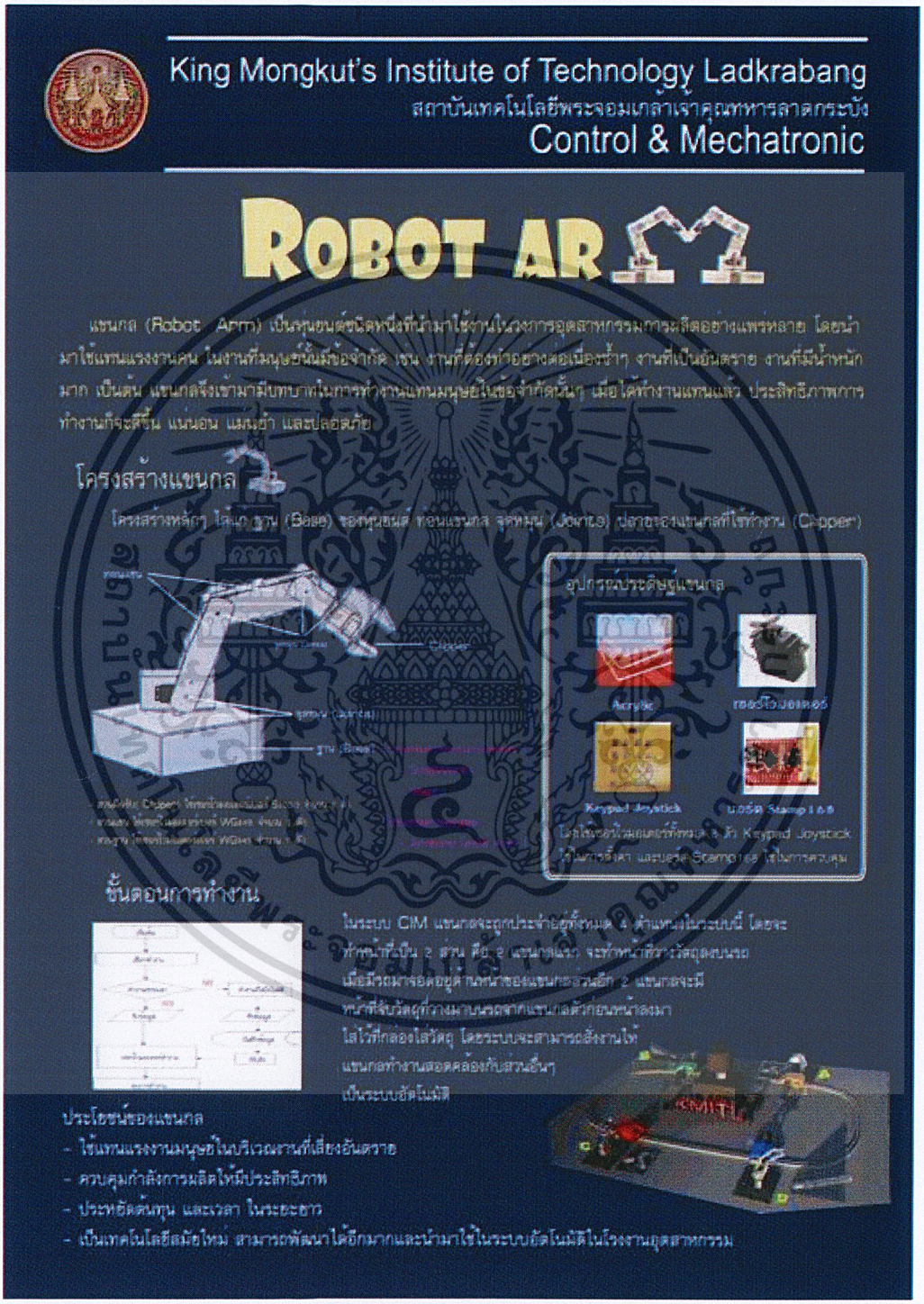
- Dimensions : 22.8 * 11.5 * 20.8mm

- Color : Black

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

โปสเตอร์แขนกล



รูปที่ ง.1 โปสเตอร์แขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Mitchell, F.H. **CIM systems : an introduction to computer-integrated manufacturing / F.H. Mitchell**. Englewood Cliffs, NJ. Prentice-Hall International. c1991.

[2] เดชฤทธิ์ มณีธรรม. **คัมภีร์หุ่นยนต์.** กรุงเทพมหานคร : วี.ซี.พี. ซัคเซสกรุ๊ป, หจก. 2549.

[3] ธนพงศ์ เสนแสง, นพพร เชื่อมสุวรรณ. **"แขนกล."** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2548.

[4] อีทีที. **เรียนรู้เข้าใจใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร. อีทีที จำกัด. 2553.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้