สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แขนกลอัตโนมัติ

AUTOMATIC ROBOT ARM

นรุตม์ อุดมโชค

ปิยกาญจน์ แซ่หลี่

ปิยฉัตถ์ เตรียมธนานันท์

วัชรภูมิ ไววอง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119408
วัน,เดือน,ปี - 7 S.A. 2554

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC ROBOT ARM

NARUT UDOMCHOKE

PIYAKAN SAELEE

PIYANUT TRIAMTHANANAN

WATCHARABHUM VAIVONG

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 แขนกลอัตโนมัติ

AUTOMATIC ROBOT ARM

ผู้จัดทำ นายนรุตม์ อุดมโชค 50010769

นางสาวปิยกาญจน์ แซ่หลี่ 50010965

นายปิยณัตถ์ เตรียมธนานันท์ 50010968

นายวัชรภูมิ์ ไวว่อง 50011432

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ คมวัชระ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แขนกลอัตโนมัติ

โดย

นายนรุตม์	อุดมโชค	50010769
นางสาวปิยกาญจน์	แซ่หลี่	50010965
นายปิยณัตถ์	เตรียมธนานันท์	50010968
นายวัชรภูมิ์	ไวว่อง	50011432

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ คมวัชระ

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์ที่จะใช้แขนกลทำงานแทนมนุษย์เพื่อเคลื่อนย้ายสิ่งของในงานที่เสี่ยงอันตราย งานที่ต้องทำงานแบบซ้ำ ๆ กันและงานที่ต้องการคุณภาพมาตรฐานเดียวกัน จึงได้ออกแบบและสร้างแขนกลแบบสการ่า (Scara) ซึ่งเหมาะกับงานที่ต้องการความรวดเร็วและการเคลื่อนที่ก็ไม่ต้องการการหมุนมาก โดยโครงสร้างของแขนกลทำจากแผ่นอะคลีลิค และใช้เซอร์โวมอเตอร์และดีซีมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน การควบคุมการทำงานของแขนกลจะทำการควบคุมผ่านโปรแกรมวิชวลซีชาร์พ (Visual C#) และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (AVR) ประมวลผลและควบคุมการทำงานของมอเตอร์ โดยการทดลองจะมีการจดจำตำแหน่งการหยิบและวางชิ้นงานแต่ละตำแหน่งเป็นลำดับๆ แล้วจึงทำการสั่งให้แขนกลทำงานแบบอัตโนมัติ (Automatic) จากการทดลองพบว่าแขนกลที่ออกแบบมีพื้นที่การทำงานคล้ายรูปพระจันทร์เสี้ยวและสามารถทำการเคลื่อนย้ายสิ่งของไปอยู่ณ ตำแหน่งที่ต้องการได้ โดยมีค่าความผิดพลาดอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาต่อเพื่อใช้ในวงการอุตสาหกรรม การศึกษา และการเรียนรู้ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อไปในภายภาคหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC ROBOT ARM

By

Mr.Narut Udomchoke 50010769

Ms.Piyakan Saelee 50010965

Mr.Piyanut Triamthananan 50010968

Mr.Watcharabhum Vaivong 50011432

Advisor

Assoc. Prof. Dr. Kiattisak Kumwachara

Academic Year 2010

ABSTRACT

This thesis aims for use robot arm instead of human to move object in dangerous industrial work. It will be a repeated work and to the same standards. So we design and built a Scara robot arm. That is suitable for need, speed and movement. It doesn't need to rotate a lot. The structure of the robot arm is made of acrylic and use Servo Motors and DC Motor to be driven. Use Visual C# to design program to connect and controlled by computer with automatic features and use microcontroller (AVR) to process and controlled motor. In the test you will have to remember where to pick up and put object each other in order placement. After that it will be order arm mode automation. From test it is found that the arms have workspace same crescent shape and can move the object to the desired location. The error value is at an acceptable level. It can be developed for the use in industry, education and learning, to be useful in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและคำปรึกษาเป็นอย่างดียิ่งจาก รศ.ดร.เกียรติศักดิ์ คมวัชระ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำที่ดีมาโดยตลอดตั้งแต่ต้นจนการดำเนินงานสิ้นสุด รวมทั้งเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ที่จำเป็น และแก้ไขความบกพร่องในการทำปริญญานิพนธ์ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อ.สุมิตร พนาอุดมทรัพย์ ที่ให้คำปรึกษาในเรื่องการสร้างและจัดทำรูปแบบการทำแขนกลในลักษณะต่างๆ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์ ที่เสียสละเวลามาให้คำแนะนำเรื่องการทดลองต่างๆ และให้คำปรึกษาเกี่ยวกับวงจรอิเลคทรอนิกส์

ขอขอบพระคุณ อ.เทพจิตร์ เชยโภคา ที่ให้คำปรึกษาในการออกแบบตัวแขนกล และเอื้อเฟื้อให้ใช้เครื่อง CNC ในการทำแขนกล

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ สนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือ กระตุ้นเตือน รวมทั้งคอยถามไถ่ความคืบหน้าของโครงงานอยู่เสมอ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา รวม ถึงการสนับสนุนในเรื่องของงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงงานนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงได้

ผู้จัดทำ

นายนรุตม์ อุดมโชค

นางสาวปิยกาญจน์ แซ่หลี่

นายปิยณัตถ์ เตรียมธนานันท์

นายวัชรภูมิ์ ไวว่อง

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 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตโครงงาน	2
1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎี	4
2.1 ที่มาและประวัติศาสตร์ของหุ่นยนต์	4
2.2 การแบ่งชนิดของหุ่นยนต์	5
2.2.1 Cartesian (gantry) Robot	6
2.2.2 Cylindrical Robot	6
2.2.3 Spherical Robot (Polar)	8
2.2.4 SCARA ROBOT	8
2.2.5 Articulated Arm (Revolute)	9
2.3 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์	10
2.3.1ส่วนตัวตรวจจับหรือเซนเซอร์	10
2.3.2 กลไกเคลื่อนไหว	12
2.3.3 แหล่งพลังงาน	13
2.3.4 ส่วนควบคุม	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.4 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor)	14
2.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor)	16
2.5.1 หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง(Motor Action)	16
2.5.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	17
2.5.3 ข้อดีของ D.C. Motor	17
2.5.4 ข้อเสียของ D.C. Motor คือ	18
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล AVR	18
2.6.1 คุณสมบัติของบอร์ด	18
2.6.2 การพัฒนาโปรแกรมของบอร์ด ET-Easy168 STAMP	19
2.6.3 หน้าที่ของขาสัญญาณในการใช้งานแบบ “Arduino Project”	19
2.7 โปรแกรมวิชวลซีชาร์พ (Visual C#)	19
2.7.1 ส่วนประกอบของ Microsoft Visual C# 2008 Express Edition	20
2.7.2 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	21
บทที่ 3 หลักการออกแบบ	24
3.1 หลักการทำงานของแขนกล	24
3.2 หลักการออกแบบชิ้นงาน	25
3.2.1 ฐานของแขนกล	26
3.2.2 เสาของแขนกล	27
3.2.3 ส่วนแขนที่ 1	28
3.2.3 ส่วนแขนที่ 2	29
3.2.4 ส่วนแขนจับของแขนกล	30
3.3 การออกแบบโปรแกรม	32
3.3.1 หน้าต่างโปรแกรมควบคุมการทำงาน	33
3.3.2 หน้าต่าง Data Tool	34
3.4 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.4.1 หลักการทำงานของวงจร 35

3.4.2 การออกแบบวงจร 36

3.4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร 42

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง 47

4.1 การทดลองหาระยะสูงสุดของการทำงาน 47

4.2 การทดลองการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน 48

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป 51

5.1 สรุปผลการทดลอง 51

5.2 ปัญหาที่พบ 51

5.3 ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา 52

ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกล 54

ภาคผนวก ข เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 64

ข.1 เอกสารคู่มือการใช้งาน L293D 64

ข.2 เอกสารคู่มือการใช้งาน LM339 70

ข.3 วงจร ET-EASY 168 STAMP 75

เอกสารอ้างอิง 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 หุ่นยนต์อุตสาหกรรมเทียบกับร่างการมนุษย์	4
2.2 Work envelope of Gantry Robot	6
2.3 Work envelope of Cylindrical Robot	7
2.4 Work envelope of Spherical Robot	8
2.5 Work envelope of Scara Robot	9
2.6 Work envelope of Articulated Robot	9
2.7 โครงสร้างเซอร์โวมอเตอร์	15
2.8 สัญญาณความกว้างพัลส์	15
2.9 ตำแหน่งและทิศทางการหมุนของมอเตอร์เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์	15
2.10 หน้าต่าง Microsoft Visual C# 2008 Express Edition	20
3.1 บล็อกไดอะแกรมของการทำงาน	24
3.2 โครงสร้างของแขนกล	25
3.3 ฐานของแขนกล	26
3.4 เสาของแขนกล	27
3.5 แขนที่ 1	28
3.6 แขนที่ 2	29
3.7 แขนจับ	30
3.8 โครงสร้างแขนกล	31
3.9 โฟลว์ชาร์ตของโปรแกรม	32
3.10 หน้าต่างโปรแกรมควบคุมการทำงาน	33
3.11 หน้าต่างแสดงลำดับการเคลื่อนที่	34
3.12 แสดงการออกแบบวงจรโดยคร่าว	36
3.13 Schematics ที่สมบูรณ์แบบ	37
3.14 แผ่น PCB ที่เสร็จสมบูรณ์	38
3.15 แสดงถึงด้าน Top Layer (ด้านบน)	39
3.16 แสดงถึงด้าน Bottom Layer (ด้านล่าง)	39
3.17 แสดงถึงส่วน Top Silkscreen Overlay แสดงถึงส่วนต่างๆ ของอุปกรณ์	40
3.18 แสดงรูปจำลอง 3 มิติ ของลายทองแดงด้านหลัง	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.19 แสดงรูป 3 มิติ อุปกรณ์ และลายทองแดงด้านหน้า	42
3.20 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA และ Footprint	42
3.21 ชิพไอซี L293D และ Footprint	43
3.22 ชิพไอซี LM339 และ Footprint	43
3.23 ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ และ Footprint	44
3.24 ตัวต้านทาน ¼ Watt และ Footprint	44
3.25 คอนเนคเตอร์ 3 พอร์ต และ Footprint	45
3.26 คอนเนคเตอร์ 2 พอร์ต และ Footprint	45
3.27 แบตเตอร์รี และ Footprint	46
3.28 หลอด LED สีแดง และ Footprint	46
4.1 ตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ชนิดของจุดต่อ (Joint)	5
2.2 การแบ่งชนิดของหุ่นยนต์โดยใช้ลักษณะของจุดต่อ (Joint)	5
4.1 ระยะองศาที่เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ได้สูงสุด	47
4.2 การขับเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่1, 2 เพื่อให้เคลื่อนทั้งสองแขนวางชิ้นงานสลับกัน 2 ตำแหน่ง คือตำแหน่ง 30 องศา ถึง 150 องศา	48
4.3 การขับเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 เพื่อให้เคลื่อนที่เฉพาะแขนที่ 1 วางชิ้นงานสลับกัน 2 ตำแหน่ง คือตำแหน่ง 40 องศา ถึง 140 องศา	49
4.4 การขับเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 เพื่อให้เคลื่อนที่เฉพาะแขนที่ 2 วางชิ้นงานสลับกัน 2 ตำแหน่ง คือตำแหน่ง 40 องศา ถึง 140 องศา	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

ในยุคเริ่มต้นของการส่งเสริมอุตสาหกรรมในประเทศไทยจะเห็นได้ว่ามีโรงงานต่างๆ เข้ามาตั้งฐานผลิตในเมืองไทยจำนวนมาก ทำให้เกิดนิคมอุตสาหกรรมขึ้นหลายแห่ง ทั้งนี้เนื่องจากรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมอุตสาหกรรมที่ชัดเจน ค่าแรงงานถูก ลดรายจ่ายเนื่องจากภาษีการนำเข้าของสินค้าและวัตถุดิบบางตัว แต่ ณ ปัจจุบันนี้ค่าแรงบ้านเราสูงขึ้นและสูงกว่าประเทศเพื่อนบ้าน เช่น จีน เวียดนาม อินโดนีเซีย ฯลฯ ในขณะเดียวกันคุณภาพแรงงานไม่ได้มาตรฐาน ขาดความรู้และทักษะจึงทำให้หลายบริษัทได้ย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศที่มีค่าแรงงานถูกกว่าและอีกหลายบริษัทที่พยายามปรับตัวเอง โดยมีการนำเทคโนโลยีระบบอัตโนมัติ เข้ามาใช้งานเพื่อให้สินค้าสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ ทั้งในเรื่องราคาและคุณภาพ โดยเฉพาะในเรื่องคุณภาพ โรงงานที่ผลิตสินค้าส่งออก หรือส่งให้กับลูกค้าที่เป็นบริษัทของต่างประเทศ มักจะประสบปัญหาในเรื่องคุณภาพ มีทั้งผลิตสินค้าไม่ได้มาตรฐานตามที่ลูกค้ากำหนดหรือผลิตสินค้าไม่ทันตามกำหนดเวลา ปัจจุบันจึงมีการนำเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาใช้หนึ่งในเทคโนโลยีที่มีความยืดหยุ่นสูง ได้แก่ หุ่นยนต์อุตสาหกรรม เนื่องจากการเปลี่ยนการทำงานสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรม สามารถทำงานแทนมนุษย์ในงานต่าง ๆ ที่อันตราย เช่น งานยกเหล็กเข้าเตาหลอม งานที่เกี่ยว ข้องกับสารเคมี งานซ้ำซากน่าเบื่อ เช่น งานยกสินค้าจากสายงานการผลิต งานประกอบ งานบรรจุผลิตภัณฑ์งานที่ต้องการคุณภาพมาตร ฐานเดียวกัน เช่น งานเชื่อม งานตัด งานที่ต้องใช้ทักษะความชำนาญสูง เช่น งานเชื่อมแนว เชื่อมเลเซอร์งานที่ต้องใช้ความละเอียดประณีต เช่น งานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ งานตรวจสอบ (Inspection) ฯลฯ นอกจากนี้คุณภาพของ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสม่ำเสมอเป็นมาตรฐานเดียวกัน

โครงงานนี้จึงได้จัดทำแขนกลแบบสการ่า (SCARA : Selective Compliance Assembly Robot Arm) เนื่องจากแขนกลแบบสการ่า สามารถที่จะเคลื่อนที่ได้รวดเร็วในแนวระนาบ และขึ้นลงได้รวดเร็ว จึงเหมาะกับงานที่ต้องการความรวดเร็วและการเคลื่อนที่ก็ไม่ต้องการการหมุนมากนัก นอก จากนี้แขนกลสการ่ายังเหมาะกับงานตรวจสอบ (Inspection) งานบรรจุภัณฑ์ (Packaging)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และได้เลือกใช้ระบบควบคุมแขนกล โดยระบบคอมพิวเตอร์เนื่องจากในระบบการผลิตรุ่นใหม่ๆ จะมีการผลิตสินค้าน้อยชิ้น แต่มีหลายชนิด และมีการเปลี่ยนแบบบ่อยครั้ง จำเป็นต้องมีการยืดหยุ่น (Flexibility) ไปตามการผลิต หากไม่มีความยืดหยุ่น แขนกลเดิมก็จะต้องหยุดการใช้งานและต้องรื้อออกมาพัฒนากันใหม่ ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น การใช้ระบบควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์จะสามารถตั้งโปรแกรมทำงานได้หลากหลายแบบตามความต้องการ โดยการเปลี่ยนแปลงที่ตัวโปรแกรมของคอมพิวเตอร์ควบคุม (Software) การเปลี่ยนแปลงลักษณะนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบซอฟท์แวร์ (Software Automation) ทำให้ค่าใช้จ่ายและค่าแรงงานลดลง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาและทดลองการใช้งานเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ
2. เพื่อศึกษาพื้นฐาน และหลักการทำงานของแขนกลแบบสการ่า (Scara)
3. เพื่อศึกษาและสร้างแขนกลให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. เพื่อเรียนรู้การเขียนโปรแกรมวิชวลซีชาร์พ (Visual C#) เพื่อควบคุมแขนกล
5. เพื่อเรียนรู้การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.3 ขอบเขตโครงงาน

การทำแขนกลมีการจัดทำเป็นแบบจำลองแขนกลสการ่า (SCARA) โดยใช้แผ่นอะคลีลิคทำเป็นโครงสร้างของแขนกล ซึ่งมีจุดต่อแบบหมุน 2 จุด ทำงานในแนวนอน (Horizontal) จุดต่อแบบเคลื่อนที่ตามเชิงเส้น 1 ชุดจะทำงานในแนวตั้ง (Vertical) และจุดต่อแบบหมุน 2 จุดในส่วนของมือจับชิ้นงาน ใช้เซอร์โวมอเตอร์และดีซีมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนแขนกล ผ่านการควบคุมแบบ Manual ที่สามารถจดจำตำแหน่งการทำงานและสามารถทำงานแบบ Automatic ตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ได้ โดยใช้โปรแกรมวิชวลซีชาร์พ (Visual C#) ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานและติดต่อรับส่งข้อมูลกับผู้ใช้งาน มีไมโครโพรเซสเซอร์ AVR เป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงานของมอเตอร์ โดยแขนกลสามารถทำการเคลื่อนย้ายสิ่งของได้ตามต้องการ และมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการทำงานน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 บทนำ กล่าวนำถึงความเป็นมาของโครงงาน วัตถุประสงค์ของโครงงานและขอบ เขตของโครงงาน พร้อมทั้งรายละเอียดของปริญญานิพนธ์ของแต่ละบท

บทที่ 2 ทฤษฎี กล่าวถึงที่มาและประวัติศาสตร์ของหุ่นยนต์ การแบ่งชนิดของหุ่นยนต์ ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูลAVRและโปรแกรมวิชวลซีชาร์พ (Visual C#)

บทที่ 3 การออกแบบ กล่าวถึงหลักการทำงานของแขนกล หลักการออกแบบชิ้นงาน การออกแบบโปรแกรม และการออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง มีการทดลองเซอร์โวมอเตอร์ การทดลองหาระยะสูงสุดของการทำงาน การทดลองการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน และสรุปผลการทดลอง

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุปจะสรุปผลการทดลอง ปัญหาที่พบ ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา

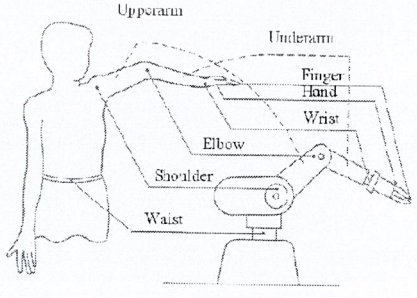
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 ที่มาและประวัติศาสตร์ของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์หรือภาษาอังกฤษเขียนว่า Robot มาจากบทละครของ นายคาเรล คาเปก (Karel Kapek) นักแต่งนิยายชาวเช็ก เรื่อง R.U.R. (Rossum's Universal Robots) ซึ่งหมายถึงคนงานคำจำกัดความของ หุ่นยนต์ตามมาตรฐาน ISO 8373 An automatically controlled, reprogrammable, multipurpose, manipulator programmable in three or more axes which may be either fixed in place or mobile for use in industrial automation application หุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรที่ถูกควบคุมอัตโนมัติ สามารถเขียนโปรแกรมใหม่ได้ ใช้งานเอนกประสงค์ โปรแกรมการเคลื่อนที่จะต้องสามารถโปรแกรมให้เคลื่อนที่ได้อย่างน้อย 3 แกนหรือมากกว่า หุ่นยนต์อาจจะยึดอยู่กับที่หรือย้ายตำแหน่ง (Mobile) เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรม

การทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม จะเลียนแบบร่างกายของมนุษย์โดยจะเลียนแบบเฉพาะส่วนของร่างกายที่จะนำไปใช้ประโยชน์ ในอุตสาหกรรมเท่านั้น นั่นคือช่วงแขนของมนุษย์โดยแขนของแขนกลจะทำด้วยวัตถุแข็งที่ต่อเข้ากันโดยจุดต่อที่ยืดหยุ่นได้ จุดต่อต่างทำงานเหมือนแขนของมนุษย์สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงไปในทิศทางต่างๆได้ จุดต่อต่างๆเมื่อเทียบกับส่วนแขนของมนุษย์ คือ ไหล่ (Shoulder) ข้อศอก (Elbow) และข้อมือ (Wrist) ส่วนปลายสุดนั้นมีหน้าที่สำหรับจับชิ้นส่วนที่เรียกว่า มือจับ (Gripper) มือจับมีหน้าที่ 2 ลักษณะคือ จับ (close) และปล่อย (open) มีอยู่ด้วยการ 2 นิ้วหรืออาจมากกว่านี้ ดังนั้น บางคนอาจจะได้ยินคำว่าแขนกล ซึ่งก็หมายถึงหุ่นยนต์อุตสาหกรรม การทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเปรียบเทียบกับแขนมนุษย์ แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 หุ่นยนต์อุตสาหกรรมเทียบกับร่างการมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การแบ่งชนิดของหุ่นยนต์

โดยทั่วไปการแบ่งชนิดของหุ่นยนต์ จะแบ่งตามลักษณะรูปทรงของพื้นที่การทำงาน (Envelope Geometric) แต่ก่อนจะอธิบายชนิดของหุ่นยนต์ขออธิบายการทำงานของจุดต่อ (Joint) ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ซึ่งในขั้นพื้นฐานมี 2 ชนิดด้วยกันดังนี้

ตารางที่ 2.1 ชนิดของจุดต่อ (Joint)

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

จุดต่อ (Joint) ทั้งสองแบบเมื่อนำมาต่อเข้าด้วยกันอย่างน้อย 3 แกนหลักจะได้พื้นที่ทำงาน (Work Envelope) ที่มีลักษณะแตกต่างกันไป ซึ่งสามารถนำมาแบ่งชนิดของหุ่นยนต์ได้ดังต่อไปนี้

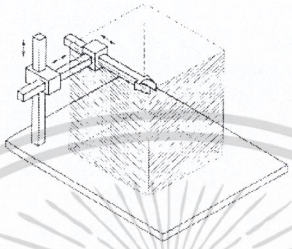
ตารางที่ 2.2 การแบ่งชนิดของหุ่นยนต์โดยใช้ลักษณะของจุดต่อ (Joint)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 Cartesian (gantry) Robot

แกนทั้ง 3 ของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงเส้น (Prismatic) ถ้าโครงสร้างมีลักษณะคล้าย Overhead Crane จะเรียกว่าเป็นหุ่นยนต์ชนิด Gantry แต่ถ้าหุ่นยนต์ไม่มีขาตั้งหรือขาเป็นแบบอื่น เรียกว่า ชนิด Cartesian



รูปที่ 2.2 Work envelope of Gantry Robot

ข้อดี

1.เคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงทั้ง3มิติ

2.การเคลื่อนที่สามารถทำความเข้าใจง่าย

3.มีส่วนประกอบง่ายๆ

4.โครงสร้างแข็งแรงตลอดการเคลื่อนที่

ข้อเสีย

1.ต้องการพื้นที่ติดตั้งมาก

2.บริเวณที่หุ่นยนต์เข้าไปทำงานได้จะเล็กกว่าขนาดของตัวหุ่นยนต์

3.ไม่สามารถเข้าถึงวัตถุจากทิศทางข้างใต้ได้

4.แกนแบบเชิงเส้นจะSealเพื่อป้องกันฝุ่นและของเหลวได้ยาก

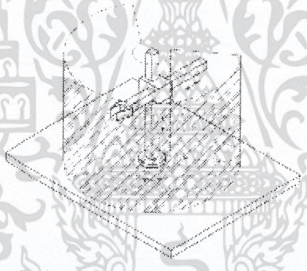
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรงตลอดแนวการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงเหมาะกับงานเคลื่อน ย้ายของหนัก ๆ หรือเรียกว่างาน Pick-and-Place เช่นใช้โหลดชิ้นงานเข้าเครื่องจักร (Machine loading) ใช้จัดเก็บชิ้นงาน (Stacking) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในงานประกอบ (Assembly) ที่ไม่ต้องการเข้าถึงในลักษณะที่มีมุมหมุน เช่น ประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และงาน Test ต่าง ๆ

2.2.2 Cylindrical Robot

หุ่นยนต์ประเภทนี้จะมีแกนที่ 2 (ไหล่) และแกนที่ 3 (ข้อศอก) เป็นแบบ Prismatic ส่วนแกนที่ 1 (เอว) จะเป็นแบบหมุน (Revolute) ทำให้การเคลื่อนที่ได้พื้นที่การทำงานเป็นรูปทรงกระบอก ดังรูป



รูปที่ 2.3 Work envelope of Cylindrical Robot

ข้อดี

1. มีส่วนประกอบไม่ซับซ้อน
2. การเคลื่อนที่สามารถเข้าใจได้ง่าย
3. สามารถเข้าถึงเครื่องจักรที่มีการเปิด-ปิด หรือเข้าไปในบริเวณที่เป็นช่องหรือโพรงได้ง่าย (Loading) เช่น การโหลดชิ้นงานเข้าเครื่อง CNC

ข้อเสีย

1. มีพื้นที่ทำงานจำกัด
2. แกนที่เป็นเชิงเส้นมีความยุ่งยากในการ Seal เพื่อป้องกันฝุ่นและของเหลว

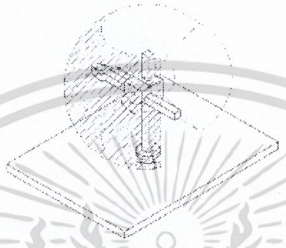
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้งาน

โดยทั่วไปจะใช้ในการหยิบยกชิ้นงาน (Pick - and - Place) หรือป้อนชิ้นงานเข้าเครื่องจักร เพราะสามารถเคลื่อนที่เข้าออกบริเวณที่เป็นช่องโพรงเล็กๆ ได้สะดวก

2.2.3 Spherical Robot (Polar)

มีสองแกนที่เคลื่อนในลักษณะการหมุน (Revolute Joint) คือ แกนที่ 1 (เอว) และแกนที่ 2 (ไหล่) ส่วนแกนที่ 3 (ข้อศอก) จะเป็นลักษณะของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ดังรูป



รูปที่ 2.4 Work envelope of Spherical Robot

ข้อดี

1. มีปริมาตรการทำงานมากขึ้นเนื่องจากการหมุนของแกนที่ 2 (ไหล่)
2. สามารถที่จะก้มลงมาจับชิ้นงานบนพื้นได้สะดวก

ข้อเสีย

1. มีระบบพิกัด (Coordinate) และส่วนประกอบ ที่ซับซ้อน
2. การเคลื่อนที่และระบบควบคุมมีความซับซ้อนขึ้น

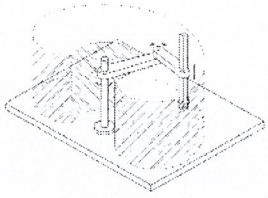
การประยุกต์ใช้งาน

ใช้ในงานที่มีการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (Vertical) เพียงเล็กน้อย เช่น การโหลดชิ้นงานเข้าออกจากเครื่องปั้ม (Press) หรืออาจจะใช้งานเชื่อมจุด (Spot Welding)

2.2.4 SCARA ROBOT

หุ่นยนต์ SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) จะมีลักษณะแกนที่ 1 (เอว) และแกนที่ 3 (ข้อศอก) หมุนรอบแกนแนวตั้งและแกนที่ 2 จะเป็นลักษณะการเคลื่อนที่ขึ้นลง (Prismatic) ดังรูป หุ่นยนต์ SCARA จะเคลื่อนที่ได้รวดเร็วในแนวระนาบ และมีความแม่นยำสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 Work envelope of Scara Robot

ข้อดี

1. สามารถเคลื่อนที่ในแนวระนาบ และขึ้นลงได้รวดเร็ว
2. มีความแม่นยำสูง

ข้อเสีย

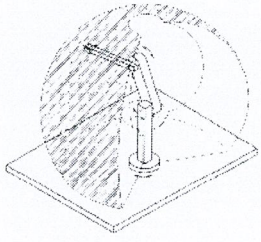
1. มีพื้นที่ทำงานจำกัด
2. ไม่สามารถหมุน (Rotation) ในลักษณะมุมต่างๆ ได้
3. สามารถยกน้ำหนัก (Payload) ได้ไม่มากนัก

การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ และขึ้นลงได้รวดเร็วจึงเหมาะกับงานประกอบชิ้น ส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่ง ต้องการความรวดเร็วและการเคลื่อนที่ก็ไม่ต้องการ การหมุนมากนัก แต่จะไม่เหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนทางกล (Mechanical part) ซึ่งส่วนใหญ่การประกอบจะอาศัยการหมุน (rotation) ในลักษณะมุมต่างๆ นอกจากนี้ Scara robot ยังเหมาะกับงานตรวจสอบ (Inspection) งานบรรจุภัณฑ์ (Packaging)

2.2.5 Articulated Arm (Revolute)

ทุกแกนการเคลื่อนที่จะเป็นแบบหมุน (Revolute) รูปแบบการเคลื่อนที่จะคล้ายกับแขนคน ซึ่งจะประกอบด้วยช่วงเอว ท่อนแขนบน ท่อนแขนล่าง ข้อมือ การเคลื่อนที่ทำให้ได้พื้นที่การทำงานดังรูป



รูปที่ 2.6 Work envelope of Articulated Robot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดี

1. เนื่องจากทุกแกนจะเคลื่อนที่ในลักษณะ ของการหมุนทำให้มีความยืดหยุ่นสูงในการเข้าไปยังจุด ต่าง ๆ
2. บริเวณข้อต่อ (Joint) สามารถ Seal เพื่อป้องกันฝุ่น ความชื้น หรือน้ำได้ง่าย
3. มีพื้นที่การทำงานมาก
4. สามารถเข้าถึงชิ้นงานทั้งจากด้านบน ด้านล่าง
5. เหมาะกับการใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นชุดขับเคลื่อน

ข้อเสีย

1. มีระบบพิกัด (Coordinate) ที่ซับซ้อน
2. การเคลื่อนที่และระบบควบคุมทำความ เข้าใจได้ยากขึ้น
3. ควบคุมให้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear) ได้ยาก
4. โครงสร้างไม่มั่นคงตลอดช่วงการเคลื่อนที่ เพราะบริเวณขอบ Work envelope ปลายแขนจะมีการสั่น ทำให้ความแม่นยำลดลง

การประยุกต์ใช้งาน

หุ่นยนต์ชนิดนี้สามารถใช้งานได้กว้างขวางเพราะสามารถเข้าถึงตำแหน่งต่างๆ ได้ดี เช่น งานเชื่อม Spot Welding Path, Welding งานยกของ งานตัด งานทากาว งานที่มีการเคลื่อนที่ยากๆ เช่น งานพ่นสี งาน sealing ฯลฯ

2.3 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์

ในหุ่นยนต์ขนาดเล็กโดยทั่วๆ ไปจะประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ 1.ส่วนตัวตรวจจับหรือเซนเซอร์ 2.ส่วนกลไกการเคลื่อนไหว 3.ส่วนควบคุม 4.แหล่งพลังงาน

2.3.1 ส่วนตัวตรวจจับหรือเซนเซอร์

ส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งของหุ่นยนต์ หุ่นยนต์จะทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ ขึ้นอยู่กับการทำงานของอุปกรณ์นี้ เพราะในการทำงานของหุ่นยนต์จะต้องรับสัญญาณอินพุตจากสภาพแวดล้อมมากำหนดเงื่อนไขในการทำงาน เช่น ให้เดินตามแสงก็ต้องมีตัวตรวจจับแสง หากตัวตรวจจับแสงไม่ทำงานหรือทำงานผิดพลาด หุ่นยนต์ก็ไม่สามารถทำงานได้หรือทำงานผิดพลาดตามไปด้วย และหลายครั้งที่ใช้การตรวจจับสัญญาณของหุ่นยนต์มาเป็นตัวแบ่งประเภทหุ่นยนต์

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการศึกษาหรือการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย เช่น Line Tracking Robot คือ หุ่นยนต์ที่ใช้เซนเซอร์แสงตรวจจับเส้นทางในการเคลื่อนที่ เป็นต้น หน้าที่ของอุปกรณ์ตรวจจับคือ ทำการตรวจสัญญาณ หรือการเปลี่ยนแปลงเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วนำข้อมูลที่ได้ มารายงานให้ส่วนควบคุมรับทราบ เช่น ในหุ่นที่ตรวจสอบการชนวัตถุ ก็จะใช้เซนเซอร์สัมผัสเป็นตัวทำหน้าที่รายงานว่ามีการชนกันสิ่งกีดขวางหรือไม่ ถ้ามีการชนก็ให้เลี้ยวหลบไปอีกทางเป็นต้นอุปกรณ์ตรวจจับที่ใช้ในหุ่นยนต์มีมากมาย ได้แก่

1. ตัวตรวจจับแสง (Light Sensor) มีทั้งแบบตรวจจับแสงขาวและแสงอินฟราเรด และผลการตรวจจับสามารถให้ผลในรูปของความต้านทานไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าหรือสัญญาณลอจิก "0" กับ "1" ก็ได้ ตัวอย่างของตัวตรวจจับแสงได้แก่ LDR (Light Detect Resistor) คือ ตัวต้านทานแปรค่าตามแสง เมื่อมีแสงตกกระทบมาก ค่าความต้านทานจะลดลงหรือโฟโต้ไดโอด (Photo Diode) ใช้ตรวจจับแสงอินฟราเรดหากมีแสงอินฟราเรดตกกระทบ ค่าความต้านทานจะลดลงเป็นต้น

2. ตัวตรวจจับการสัมผัส (Touch Sensor) เป็นตัวตรวจจับที่มีส่วนประกอบหลักคือ สวิทซ์ (switch) เมื่อสวิทซ์ถูกกดเป็นการต่อวงจร ซึ่งเราสามารถกำหนดได้ว่าจะต่อวงจรแบบเมื่อสวิทซ์ถูกกดแล้วให้ค่าแรงดันสูงหรือไม่มีค่าแรงดันก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบลายวงจรสวิทซ์ที่ใช้ในวงจรตัวตรวจจับการสัมผัสนี้ ส่วนมากแล้วจะใช้สวิทซ์แบบกดติดปล่อยดับ และวงจรก็จะออกแบบให้สร้างสัญญาณเอาต์พุตเป็นลอจิก"0"หรือ"1"ซึ่งจะส่งไปยังส่วนควบคุมต่อไป

3. ตัวตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor) เป็นตัวตรวจจับที่จะให้ค่าแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมี 2 ชนิด คือ เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor) ซึ่งเป็นตัวต้านทานแปรค่าตามอุณหภูมิ มี 2 แบบ โดยแบบแรก คือการให้ค่าแปรผันตามค่าของอุณหภูมิ (Positive Temperature Co-efficient : PTC) เมื่ออุณหภูมิสูง ค่าความต้านทานจะสูงตาม และแบบที่สองคือ การให้ค่าแปรผกผันกับค่าอุณหภูมิ (Negative Temperature Co-efficient : NTC) เมื่ออุณหภูมิสูงค่าความต้านทานจะลดลง อุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่มีการนำมาใช้คือ เทอร์โมคับเปิล (Thermo-Couple) ให้ผลการวัดอุณหภูมิเป็นค่าแรงดัน ปัจจุบันมีการใช้ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ ซึ่งจะให้ผลเป็นแรงดันไฟฟ้าแปรผันตามอุณหภูมิ และแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลเพื่อส่งต่อไปยังส่วนควบคุมได้เลย

4. ตัวตรวจจับแบบอื่นๆ เช่น ตัวตรวจจับอัลตร้าโซนิก (Ultrasonic Ranger) ตัวตรวจจับความดันอากาศ (Pressure Sensor) ตัวตรวจจับความเข้มของสนามแม่เหล็ก (Hall-effect Sensor) ตัวตรวจจับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH Sensor) ตัวตรวจจับความดังเสียง (Sound Sensor) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าตัวตรวจจับที่กล่าวถึงนั้นมีคุณสมบัติเฉพาะ ซึ่งถ้านำมาใช้กับหุ่นยนต์ก็จะทำให้หุ่นยนต์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น นั่นหมายถึงราคาก็ย่อมสูงด้วยเช่นกัน

2.3.2 กลไกเคลื่อนไหว

เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับหุ่นยนต์ เพราะเป็นส่วนที่ทำให้หุ่นยนต์ดูเหมือนมีชีวิต และชี้ให้เห็นว่าส่วนควบคุมกำลังดำเนินงานใดอยู่ กลไกการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์มีส่วนประกอบปลีกย่อย2ส่วนคือส่วนกลไกเคลื่อนไหวและส่วนกำเนิดแรงขับเคลื่อน

ส่วนกำเนิดแรงขับเคลื่อนที่รู้จักกันทั่วไปว่า มอเตอร์นั้นมีหลายชนิดที่นิยมใช้ให้เหมาะสมกับงานมอเตอร์ไฟตรงธรรมดาจะราคาถูกใช้ง่าย เพราะเพียงแค่จ่ายไฟเข้ามอเตอร์ก็สามารถหมุนทำงานได้ ปัจจุบันมีการผลิตมอเตอร์ที่มีชุดเฟืองทดภายในตัวมอเตอร์ด้วย เพื่อให้ได้แรงบิดและลดจำนวนรอบให้หมุนช้าลงเพื่อควบคุมการทำงานได้ง่ายขึ้น เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นมอเตอร์ที่ออกแบบมาให้หมุนได้ไม่ครบรอบ นิยมนำมาทำเป็นส่วนกำเนิดแรงขับเคลื่อนขาหุ่นยนต์ สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor) เป็นมอเตอร์ที่สามารถควบคุมการหมุนเป็นองศาได้ นิยมนำมาใช้กับหุ่นยนต์ที่ต้องการกลไกเคลื่อนไหวที่เที่ยงตรงแม่นยำเช่นแขนกลเป็นต้น

มอเตอร์แบบต่างๆ ที่กล่าวถึงจะต้องมีวงจรในกรขับเคลื่อนเฉพาะของตัวเองความต้องการพลังงานไฟฟ้าก็จะต่างกันออกไปแล้วแต่ขนาดของมอเตอร์และแรงที่เกิดจากมอเตอร์ ดังนั้นมอเตอร์ที่หมุนเร็วมากหรือมอเตอร์ที่มีแรงบิดสูงจะกินไฟมาก ซึ่งเป็นส่วนที่ต้องพิจารณาเป็นพิเศษ เพราะจะมีผลต่อแหล่งจ่ายไฟของหุ่นยนต์ด้วยเนื่องจากหุ่นยนต์ส่วนมากจะทำงานเป็นอิสระจึงไม่มีการใช้สายไฟต่อเข้าแหล่งจ่ายไฟภายนอก แต่จะใช้แหล่งจ่ายไฟที่พกพาไปกับหุ่นได้นั่นคือใช้แบตเตอรี่นั่นเอง ดังนั้นถ้าจะใช้มอเตอร์ที่ต้องการกำลังไฟมากๆ เราจึงนิยมแยกแหล่งจ่ายไฟที่สูงกว่าเป็นการเฉพาะให้กับมอเตอร์ และใช้ไฟเอาต์พุตจากส่วนควบคุมเป็นตัวกำหนดการทำงาน ผลดีที่ได้คือ มอเตอร์ทำงานได้เต็มประสิทธิภาพเพราะได้ไฟเลี้ยงจากแหล่งพลังงานโดยตรง และเป็นการตัดสัญญาณรบกวนที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างมอเตอร์ทำงานด้วย

ในทางปฏิบัติเราสามารถนำมอเตอร์มาขับเคลื่อนหุ่นยนต์โดยตรงได้ หากมอเตอร์นั้นมีกำลังและแรงบิดมอเตอร์ไฟตรงธรรมดาแล้ว โดยมากจะมีความเร็วรอบสูงมากๆ แต่มีแรงบิดน้อยทำให้ควบคุมได้ยาก นำไปใช้ขับเคลื่อนกลไกหุ่นยนต์ได้ไม่ดีนัก เนื่องจากแรงบิดน้อย จึงไม่สามารถเอาชนะความฝืดของพื้นผิวหรือตัวน้ำหนักของหุ่นยนต์เองได้ จึงทำให้หุ่นไม่เคลื่อนที่หรือเคลื่อนได้ไม่ดี ไต่เนินลาดเอียงไม่ได้ เป็นต้น ดังนั้นส่วนประกอบที่สองซึ่งก็คือตัวกลไกขับเคลื่อนไหว (Mechanics) จึงเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่จะเข้ามาแก้ปัญหาต่างๆ เหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลไกที่เข้ามาช่วยมอเตอร์ไฟตรงให้มีแรงบิดากขึ้น และสามารถลดความเร็วลง เพื่อให้สามารถควบคุมได้ง่ายขึ้นคือ ชุดเฟือง (Gear box) ด้วยหลักการประกบเฟืองต่างขนาดเข้าด้วยกัน เป็นผลให้เกิดการหมุนที่เร็วขึ้นหรือช้าลง พร้อมทั้งให้แรงบิดที่มากขึ้นหรือลดลงด้วย นอกจากนี้ยังมีกลไกอื่นๆ ที่คล้ายคลึงกันในการปรับอัตราความเร็วรอบของมอเตอร์ เช่นการใช้ล้อและเพลา การใช้ชุดสายพาน เป็นต้น ในการเลือกกลไกเคลื่อนไหว จึงจำเป็นต้องออกแบบให้เหมาะสมกับงานที่หุ่นยนต์ต้องทำต้องปฏิบัติ เพราะชิ้นส่วนกลไกทุกชิ้นล้วนแล้วแต่มีน้ำหนัก ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการขับเคลื่อนและกำลังไฟที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์

2.3.3 แหล่งพลังงาน

เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดและเป็นตัวสร้างปัญหา ให้กับหุ่นยนต์มากที่สุดด้วย ที่ว่าเป็นส่วนสำคัญที่สุดก็เพราะเป็นส่วนที่เป็นพลังงานใช้ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ ทำให้หุ่นยนต์สามารถทำกิจกรรมที่เราสั่งให้ทำได้แหล่งพลังงานสำหรับหุ่นยนต์ขนาดเล็ก ส่วนใหญ่จะใช้แบตเตอรี่ที่เราสามารถหาได้ทั่วไป เช่น ขนาด AAA หรือ AA ที่จ่ายแรงดัน 1.5 V แต่เนื่องจากว่า กว่าที่เราจะสั่งให้หุ่นยนต์ทำงานได้ตรงตามที่ต้องการก็จะมีการทดลองแล้วทดลองอีกอยู่หลายครั้ง ซึ่งแม้ว่าเราจะใช้ชนิดธรรมดา ก็ยังค่อนข้างเปลืองอย่างมาก ดังนั้นจึงนิยมนำแบตเตอรี่ชนิดที่สามารถประจุไฟใหม่ได้มาใช้ เช่นถ่านชาร์ตแบบ NiCd เป็นต้นซึ่งสามารถให้แรงดันไฟที่ 1.2 V ต่อก้อน นอกจากแหล่งพลัง งานที่จำเป็นต้องพิจารณาคัดเลือกอย่างดีแล้ว วงจรที่ใช้ควบคุมกระแสไฟและแรงดันก็จำเป็นอย่างยิ่ง เพราะแผงวงจรที่ใช้เป็นส่วนควบคุมหุ่นยนต์นั้นโดยมากแล้วใช้กระแสไฟที่มีแรงดันเพียง 5 V เท่านั้น ดังนั้น ถ้าเราจะใช้ถ่านชนิดแรงดัน 9 V ก็จำเป็นต้องต่อพ่วง วงจรควบคุมแรงดันไฟ (Regulator) ไว้ด้วย สำหรับปัญหาสำคัญของแหล่งพลังงานของหุ่นยนต์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้แบตเตอรี่ก็คือ น้ำหนักของแบตเตอรี่ที่มากเอาการอยู่และก็เป็นภาระสำคัญอย่างยิ่งต่อกลไกการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์

2.3.4 ส่วนควบคุม

ในหุ่นยนต์อัตโนมัติสมัยใหม่ จะใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า "ไมโครคอนโทรลเลอร์" (Micro- Controller) เป็นอุปกรณ์หลักในการควบคุมและประมวลผล โดยในส่วนควบคุมนี้จะบรรจุโปรแกรมควบ คุมที่ผู้ใช้งานเขียนขึ้นลงในหน่วยความจำ และสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ โดยส่วนควบคุมนี้จะมีส่วนต่ออุปกรณ์ภายนอก 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input ports) และพอร์ตเอาต์พุต (Output ports)

สำหรับพอร์ตอินพุตยังแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ พอร์ตอินพุตดิจิตอล (Digital Input Port) และพอร์ตอินพุตอนาล็อก (Analog Input Port) โดยพอร์ตอินพุตดิจิตอลจะรับสัญญาณที่เป็น

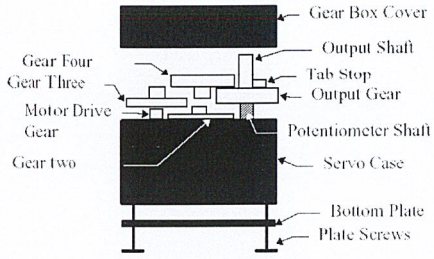
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลอจิก "0" หรือ "1" แล้วส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล ส่วนพอร์ตอินพุตอนาลอกจะรับแรงดันไฟฟ้าเข้ามาแล้วผ่านวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Converter : ADC) เพื่อให้เป็นข้อมูลดิจิตอลก่อนส่งเข้าไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยปกติพอร์ตอินพุตอนาลอกจะสามารถรับแรงดันได้ไม่เกิน 5 โวลต์ ส่วนความละเอียดในการแปลง สัญญาณอยู่ระหว่าง 8-16 บิต แต่ในหุ่นยนต์ที่มีประสิทธิภาพดี ควรใช้ตั้งแต่ 10 บิตขึ้นไป

2.4 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

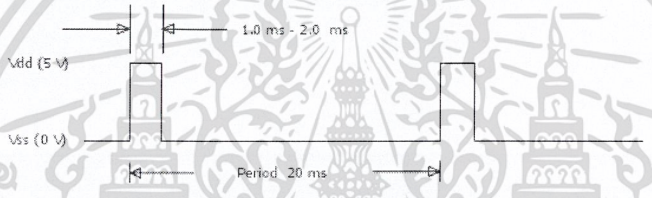
Servo motor คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) ที่ถูกประกอบรวมกับชุดเกียร์ และส่วนควบคุมต่างๆ ไว้ในโมดูลเดียวกันหรือภายในกล่องพลาสติกเดียวกัน โดยมอเตอร์ชนิดนี้จะมีสายต่อใช้งานเพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ VCC, GND และสายสัญญาณควบคุม (Control Line) ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนซ้าย หรือ ขวาได้จากสายสัญญาณเพียงเส้นเดียว โดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณ พัลส์วิดมอดูเลชัน (PWM) แบบ TTL Level ระดับแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์นี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 4 ถึง 6 โวลท์ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัว ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้ก็คือ จะมีขนาดเล็กน้ำหนักเบา ให้แรงบิดสูง กินพลังงานน้อย และสามารถควบคุมด้วยแรงดันลอจิกที่เป็น TTL ได้โดยตรง ไม่จำเป็นต้องต่อวงจรขับ (Driver) อื่นๆ เพราะมอเตอร์ชนิดนี้จะมีวงจรควบคุมบรรจุไว้ภายในอยู่แล้ว ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้สามารถควบคุมให้หมุนไปในตำแหน่ง หรือ ทิศทางองศาที่ต้องการได้ โดยอาศัยสัญญาณความกว้างพัลส์ ที่ป้อนให้มอเตอร์ แต่เซอร์โวมอเตอร์นี้จะหมุนได้แค่เพียงในช่วงประมาณ 180° หรือครึ่งรอบเท่านั้น หรือ บางรุ่นอาจหมุนได้ถึง 210° แต่จะไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ เนื่องจากโครงสร้างภายในจะประกอบด้วยตัวต้าน ทานชนิดปรับค่าได้ (VR) ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ และตัวต้านทานนี้จะถูกยึดติดกับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งจากการที่ตัวต้านทานปรับค่านี้ไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ ดังนั้นเซอร์โวมอเตอร์จึงถูกออกแบบให้หมุนได้เพียงแค่ประมาณ 180 องศา หรือครึ่งรอบเท่านั้น เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับตัวต้านทานปรับค่าได้ แต่ถ้าหากเราต้องการให้มอเตอร์หมุนเป็นวงรอบ (360°) นั้นก็สามารถทำได้ โดยจะต้องทำการปรับแต่ง (Modify) ดัดแปลงชิ้นส่วนบางอย่างของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

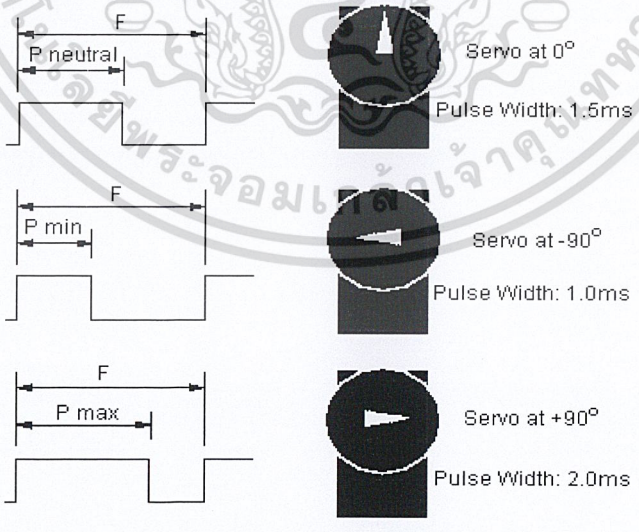


รูปที่ 2.7 โครงสร้างเซอร์โวมอเตอร์

การควบคุมการทำงานของ เซอร์โวมอเตอร์ ทำได้โดย การป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ ซึ่งตำแหน่ง และทิศทางการหมุนของมอเตอร์นี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของความกว้างของพัลส์นั้นๆ โดยทั่วไปแล้วความกว้างของสัญญาณพัลส์จะมีจุดให้อ้างอิง 3 จุด ดังรูป คือ



รูปที่ 2.8 สัญญาณความกว้างพัลส์



รูปที่ 2.9 ตำแหน่งและทิศทางการหมุนของมอเตอร์เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม 0 องศา หรือจุดกึ่งกลางของมอเตอร์

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม - 90 องศา หรือในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 2 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม + 90 องศา หรือในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ส่วนการที่จะควบคุมให้มอเตอร์หมุนเป็นมุมอื่นๆ นั้นก็สามารถทำได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์เป็นระดับความกว้างต่างๆ โดยอ้างอิงจากจุดทั้ง 3 จุดที่กล่าวมานี้ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปที่มุม - 45 องศา เราก็จะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้าง 1.25 ms เป็นต้น และสัญญาณพัลส์นี้จะ ต้องจ่ายให้มอเตอร์ทุกๆ 20 ms (Period) เพื่อรักษาสภาพตำแหน่งของมอเตอร์ไว้โดยหลักการก็คือ จะอาศัยการเปรียบเทียบช่วงเวลาของความกว้างพัลส์ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุมกับค่าเวลาของวงจร RC ภายในบอร์ดควบคุมในตัวของมอเตอร์ ซึ่งค่าเวลาของวงจร RC นี้ จะมีการเปลี่ยนแปลงตามการหมุนของมอเตอร์ เนื่องจากตัวต้านทานปรับค่าจะถูกยึดติดอยู่กับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งการหมุนของมอเตอร์จะทำให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่า (VR) เปลี่ยนแปลงไป เป็นผลทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยในขณะที่เราป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาควบคุมสัญญาณนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าเวลาของวงจร RC หากค่าทั้ง 2 ไม่เท่ากันมอเตอร์ก็จะหมุนทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนกระทั่งค่าเวลาความกว้างพัลส์ของ วงจร RC เปลี่ยนแปลงจนเท่ากับสัญญาณพัลส์ทางขาควบคุม (Control line) มอเตอร์จึงจะหยุดหมุน

2.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงาน เพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะหรือให้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้น

2.5.1 หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง (Motor Action)

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ - ใต้ขึ้นจะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกัน และทิศทางเดียวจะเสริมแรงกัน ทำให้เกิดแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บิดในตัวอาร์มาเจอร์ ซึ่งวางแกนเพลาและแกนเพลานี้ สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์(Rotor) ซึ่งหมายความว่าตัวหมุนการที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกันทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์หรือโรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming left hand rule)

2.5.2ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor) คือมอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้ว่า ซีรีสฟิลด์ (Series Field)มีคุณลักษณะที่ดีคือให้แรงบิดสูงนิยมใช้เป็นต้นกำลังของรถไฟฟ้ารถยกของเครนไฟฟ้า ความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรมเมื่อไม่มีโหลดความเร็วจะสูงมากแต่ถ้ามีโหลดมาต่อความเร็ว ก็จะลดลงตามโหลด โหลดมากหรือทำงานหนักความเร็วลดลง แต่ขดลวด ของมอเตอร์ ไม่เป็นอันตราย จากคุณสมบัตินี้จึงนิยมนำมาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า ในบ้านหลายอย่างเช่นเครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร สว่านไฟฟ้า จักรเย็บผ้า เครื่องเป่าผม มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม ใช้งานหนักได้ดีเมื่อใช้งานหนักกระแสจะมาก ความเร็วรอบ จะลดลงเมื่อไม่มีโหลดมาต่อความเร็วจะสูงมากอาจเกิดอันตรายได้ดังนั้นเมื่อเริ่มสตาร์ทมอเตอร์แบบอนุกรมจึงต้องมีโหลดมาต่ออยู่เสมอ

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) หรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ มอเตอร์แบบขนานนี้ ขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อ (Field Coil) จะต่อขนานกับขดลวด ชุดอาเมเจอร์ มอเตอร์แบบขนานนี้มีคุณลักษณะ มีความเร็วคงที่ แรงบิดเริ่มหมุนต่ำ แต่ความเร็วรอบคงที่ชันท์มอเตอร์ส่วนมากเหมาะกับงานดังนี้ เช่น พัดลม เพราะพัดลมต้องการความเร็วคงที่ และต้องการเปลี่ยนความเร็วได้ง่าย

3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor) หรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้ จะนำคุณลักษณะที่ดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบขนาน และแบบอนุกรมมารวมกัน มอเตอร์แบบผสมมีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูง (High staring torque) แต่ความเร็วรอบคงที่ตั้งแต่ยังไม่มีโหลดจนกระทั้งมีโหลดเต็มที่

มอเตอร์แบบผสมมีวิธีการต่อนขดลวดขนานหรือขดลวดชันท์อยู่ 2 วิธี วิธีหนึ่งใช้ต่อขดลวดแบบชันท์ขนานกับอาเมเจอร์เรียกว่า ชอทชันท์ (Short Shunt Compound Motor)

2.5.3 ข้อดีของ DC Motor คือ

1. การควบคุมแรงบิดหรือความเร็วทำได้ง่ายและดีมาก
2. มีผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็ว
3. การปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงกว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

119408

2.5.4 ข้อเสียของ DC Motor คือ

1. การบำรุงรักษาสูงมากเนื่องจากมีส่วนสึกหรอของแปรงถ่าน
2. ราคาแพงมากเมื่อเทียบกับ AC Motor ที่มีขนาดกำลังแรงม้าเท่ากัน
3. มีขนาดใหญ่กว่า AC Motor ที่ขนาดแรงม้าเท่ากัน
4. หาแหล่งจ่ายที่เป็นไฟกระแสตรงได้ยาก
5. ไม่สามารถนำไปใช้ในที่มีสารไวไฟได้

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล AVR

ET-Easy168 STAMP เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล AVR ขนาดเล็กจิ๋ว โดยมีขนาดของบอร์ดเพียง 2cm x 5 cm เท่านั้น ซึ่งขนาดบอร์ดประมาณเท่ากับตัวถังของไอซี 28 DIP 300 โดยเลือกใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR เบอร์ ATMEGA168 เป็น MCU ประจำบอร์ด พร้อมวงจรรอบนอกที่จำเป็นอย่าง Oscillator และ Reset รวมไว้ด้วยภายในบอร์ด นอกจากนี้แล้วภายในตัวบอร์ดยังได้รวมเอาไอซี USB BRIDGE ของ FTDI เบอร์ FT232R สามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์ PC ผ่านทาง PORT USB ได้โดยตรงทำให้บอร์ด ET-Easy168 STAMP เป็นบอร์ด ทดลองใช้งานขนาดเล็กที่เพียบพร้อมไปด้วยวงจรพื้นฐานที่จำเป็นต่อการใช้งานอย่างแท้จริง เพียงแต่เสียบสาย USB จากเครื่องคอมพิวเตอร์ PC เข้ากับขั้ว USB ของบอร์ด ET-Easy168 STAMP ก็สามารถเขียนโปรแกรม และ DOWNLOAD CODE เข้าตัวบอร์ด พร้อมใช้ทำการทดลองหรือใช้งานได้ทันที

2.6.1 คุณสมบัติของบอร์ด

1. เลือกใช้ MCU ตระกูล AVR8 เบอร์ ATMEGA168 ของ ATMEL ใช้งาน RUN ความถี่ 16.00 MHz

2. หน่วยความจำ FLASH 16 Kbyte, SRAM 1 Kbyte, EEPROM 512 Byte

3. มี GPIO ใช้งาน 22 Bit เป็น DIGITAL จำนวน 14 Bit และ ATOD ขนาด 10 Bit จำนวน 8 Bit

4. Power Supply ต่อใช้งาน 5VDC โดยใช้ได้ทั้งกับ 5VDC จาก PORT USB และจากแหล่งจ่าย 5VDC ภายนอก พร้อม LED Power แสดงสถานะ

5. มีวงจร External Reset แบบ RC Reset และ SW Reset

6. ขั้วต่อใช้งานวางตัวบน Pin Header ระยะห่าง 2.54 mm. ขนาด 28 Pin ระยะห่าง 600 mil ง่ายต่อการนำไปต่อประยุกต์ใช้งาน และต่อทดลองบน Project Board

7. ขนาดบอร์ด 2 X 5 CM. ขนาดบอร์ดประมาณเท่ากับไอซี 28 Pin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ขั้วต่อ USB MINI และไอซี USB Bridge ของ FDTI เบอร์ FT232R บนบอร์ด

9. ขั้วต่อ AVR ISP แบบ IDE 10 PIN สำหรับต่อใช้งาน Download ให้กับ MCU ในบอร์ด ในกรณีไม่ต้องการ Download ผ่านทาง PORT USB

2.6.2 การพัฒนาโปรแกรมของบอร์ด ET-Easy168 STAMP

สามารถทำได้ในรูปแบบของ การพัฒนา Arduino Project

Arduino Project เป็นการพัฒนาโปรแกรม โดยใช้โปรแกรมและชุดคำสั่งในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี (C++) ของ “Arduino Project” ซึ่งเป็นโครงการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR แบบ Open Source ซึ่งกำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นโครงการที่เปิดเผยทั้ง Source Code ในการพัฒนาให้ทั้งหมดและยังมีตัวอย่างโครงงาน พร้อมตัวอย่างโปรแกรมการทดลองต่างๆแจกจ่ายให้ผู้สนใจนามาใช้ศึกษา เรียนรู้และทดลองได้ฟรี โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ

2.6.3 หน้าที่ของขาสัญญาณในการใช้งานแบบ “Arduino Project”

1. +5V (+Vin) เป็นขาสำหรับใช้เป็นจุดรับแรงดันขนาด +5VDC จากภายนอกเพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับบอร์ด
2. +VCC (+5V) เป็นขาแหล่งจ่ายไฟจุดเดียวกันกับที่ป้อนให้กับ +VCC ของ MCU ซึ่งจุดนี้จะรับ แรงดันมาจาก 2 แหล่งด้วยกันคือ ขารับแรงดัน +5V (+Vin) จากขา 28 ของบอร์ด และจากขา +VUSB(+5V) จากขั้ว USB ของบอร์ด โดยมี Diode ป้องกันการย้อนกลับของแรงดันไว้แล้ว
3. +AREF เป็นขาสำหรับรับสัญญาณแรงดันอ้างอิง (Analog Reference) ให้กับวงจรAnalog Input ในกรณีต้องการใช้แรงดันอ้างอิงจากภายนอก
4. RESET# เป็นขาสัญญาณ RESET ของ CPU ทำงานที่ Logic “0”
5. . Digital[0..13] เป็นขา I/O แบบ Digital สามารถใช้งานเชื่อมต่อกับสัญญาณ Logic TTL (5V) ต่างๆ
6. Analog[0..7] เป็นขา Input แบบ Analog สามารถรบ Input แบบ Analog 0..+5V

2.7 โปรแกรมวิชวลซีชาร์พ (Visual C#)

ก่อนหน้าที่จะมาเป็น Visual C# โปรแกรม Visual Basic (VB) เป็นโปรแกรมสำหรับพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่กำลังเป็นที่นิยมใช้อยู่ ในปัจจุบัน Visual Basic เป็นโปรแกรมที่ได้เปลี่ยนรูปแบบการเขียนโปรแกรม ใหม่โดยมีชุดคำสั่งมาสนับสนุนการทำงาน มีเครื่องมือต่างๆ ที่เรียกกัน

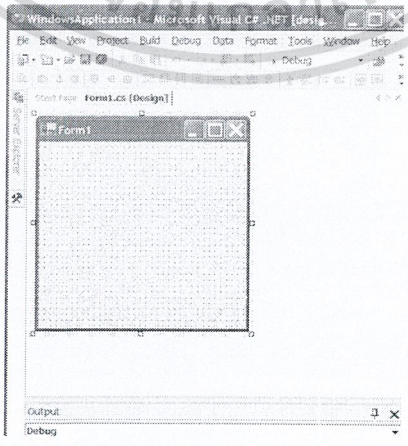
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่า คอนโทรล (Controls) ไว้สำหรับช่วยในการออกแบบโปรแกรม โดยเน้นการออกแบบหน้าจอแบบกราฟฟิก หรือที่เรียกว่า Graphic User Interface (GUI) ทำให้การจัดรูปแบบหน้าจอเป็นไปได้ง่าย และในการเขียนโปรแกรมนั้นจะเขียนแบบ Event - Driven Programming คือ โปรแกรมจะทำงานก็ต่อเมื่อเหตุการณ์ (Event) เกิดขึ้น ตัวอย่างของเหตุการณ์ได้แก่ ผู้ใช้เลื่อนเมาส์ ผู้ใช้กดปุ่มบนคีย์บอร์ด ผู้ใช้กดปุ่มเมาส์ เป็นต้น

เครื่องมือ หรือ คอนโทรลต่างๆ ที่ Visual Basic ได้เตรียมไว้ให้ ไม่ว่าจะเป็น Form Textbox Label ฯลฯ ถือว่าเป็นวัตถุ (Object ในที่นี้ขอใช้คำว่า ออบเจ็กต์) นั่นหมายความว่า ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือใด ๆ ใน Visual Basic จะเป็นออบเจ็กต์ทั้งสิ้น สามารถที่จะควบคุมการทำงาน แก้ไขคุณสมบัติของออบเจ็กต์นั้นได้โดยตรง ในทุกๆ ออบเจ็กต์จะมีคุณสมบัติ (properties) และเมธอด (Methods) ประจำตัว ซึ่งในแต่ละออบเจ็กต์ อาจจะมีคุณสมบัติและเมธอดที่เหมือน หรือต่างกันก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของออบเจ็กต์

ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้วย Visual Basic การเขียนโค้ดจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ เรียกว่า โพรซีเดอร์ (Procedure) แต่ละโพรซีเดอร์จะประกอบไปด้วย ชุดคำสั่งที่พิมพ์เข้าไปแล้ว ทำให้คอนโทรลหรือออบเจ็กต์นั้น ๆ ตอบสนองการกระทำของผู้ใช้ ซึ่งเรียกว่าการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object Oriented Programming-OOP) แต่ตัวภาษา Visual Basic ยังไม่ถือว่าเป็นการเขียนโปรแกรมแบบ OOP อย่างแท้จริง เนื่องจากข้อจำกัดหลายๆ อย่างที่ Visual Basic ไม่สามารถทำได้ จึงมีการพัฒนาต่อมาเป็น Visual C# ซึ่ง Visual C# นี้ ได้เอาข้อดีของ Visual Basic กับ Visual C++ มารวมกัน

2.7.1 ส่วนประกอบของ Microsoft Visual C# 2008 Express Edition



รูปที่ 2.10 หน้าต่าง Microsoft Visual C# 2008 Express Edition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Microsoft Visual C# 2008 Express Edition เป็นโปรแกรมที่อยู่ในชุดโปรแกรมของ MS Visual Studio 2008 ซึ่งเป็นชุดโปรแกรมที่เก็บเครื่องมือในการพัฒนาไว้มากมาย ส่วนประกอบของ Microsoft Visual C# 2008 Express Edition มีดังนี้

1. แถบชื่อ (Title Bar) เป็นส่วนที่แสดงชื่อของหน้าต่างที่ทำงานอยู่เช่นชื่อโปรเจ็กต์
2. แถบเมนู (Menu Bar) เป็นแถบแสดงรายการคำสั่งของโปรแกรม เช่น เมนู File, Edit, View เป็นต้น
3. แถบเครื่องมือ (Tool Bar) เป็นแถบรวมสัญลักษณ์รูป (Icon) ที่ใช้แทนรายการคำสั่งของโปรแกรม
4. หน้าต่าง Solution Explorer เป็นหน้าต่างแสดงรายการของไฟล์ และองค์ประกอบต่างๆ ที่รวมกันเป็นโปรเจ็กต์
5. กล่องเครื่องมือ (Tool Box) เป็นส่วนที่เก็บเครื่องมือที่ใช้สร้างโปรเจ็กต์ ส่วนกล่องเครื่องมือนี้ จะเปลี่ยนแปลงไปตามประเภทของโปรเจ็กต์ที่ผู้เขียนโปรแกรมเลือก
6. หน้าต่าง Start Page เป็นหน้าต่างหลักและเป็นหน้าต่างแรกที่จะเกิดขึ้น เมื่อเปิดโปรแกรม Microsoft Visual C# 2008 Express Edition ขึ้นมา โดยภายในจะมีหน้าต่างย่อยอื่นๆ
7. หน้าต่าง Recent Project เป็นหน้าต่างย่อยภายในหน้าต่าง Start Page เป็นส่วนที่ใช้สร้างโปรเจ็กต์ใหม่ หรือเปิดโปรเจ็กต์เก่าขึ้นมาทำงาน
8. หน้าต่าง Getting Started เป็นส่วนที่ใช้เรียนรู้เกี่ยวกับการพัฒนาซอฟต์แวร์ โดย MS Visual C#
9. หน้าต่าง Gets New from Microsoft เป็นส่วนที่ใช้ดาว์นโหลดเครื่องมือใหม่ๆ

2.7.2 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

Event Driven Programming

เป็นการทำงานตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับโปรแกรม โดยจะคิดว่า ถ้าเกิดเหตุการณ์ขึ้นมาแต่ละอย่างแล้ว จะจัดการกับมันอย่างไร (โดยไม่สนใจว่าจะมีอะไรเกิดขึ้นกับโปรแกรมบ้าง) เช่น ถ้ามีการกดปุ่มบนหน้าต่างโปรแกรม จะเกิดเหตุการณ์อย่างไร

Object

คือวัตถุที่สามารถสัมผัสได้ทั้งทางตรง และทางอ้อม มีคุณสมบัติกับความสามารถที่หลากหลายประการ โดยประกอบขึ้นเป็นหน้าต่างของโปรแกรม เช่น Form Button, Radio Button Textbox เหล่านี้เราเรียกว่า Object

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Property (คุณสมบัติของ Object)

Object แต่ละชนิดย่อมมีคุณสมบัติประจำตัวของมันเอง เช่น Object ของรถยนต์ ก็จะมีคุณสมบัติ เช่น ยี่ห้อ, รุ่น, ขนาดเครื่องยนต์, สี เป็นต้น ใน C# object แต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติของมันเอง เช่น Name, Text

Method

คือ ส่วนของโปรแกรมที่อยู่ภายนอกโปรแกรมหลัก โดยจะนิยมเรียกกันว่าโปรแกรมย่อย (Sub program) แนวคิดของ Method ก็คือการรวมคำสั่งที่ถูกใช้บ่อย และเราไม่จำเป็นต้องสนใจการทำงานภายในของMethodสามารถแบ่งได้เป็น2ประเภทคือ

- **Function (ฟังก์ชั่น)** เป็น Method ที่จะมีการส่งค่ากลับ เช่นเมื่อเราเรียกใช้งาน เราจะต้องนำตัวแปรมารับค่าที่ถูกส่งมาจากFunction

- **Procedure (โพรซีเจอร์)** เป็น Method ที่ไม่มีการส่งค่ากลับคืน เมื่อเราเรียกใช้จะไม่มีตัวแปรใดๆมารับค่า

Identifier (ไอเด็นติฟายเออร์)

คือ ชื่อที่ใช้สำหรับกำหนดให้กับส่วนประกอบต่างๆของโปรแกรม ไม่ว่าจะเป็น ตัวแปร ฟังก์ชั่น โพรซีเจอร์ (เป็นชื่อที่เราจะสามารถตั้งให้กับตัวแปรเก็บค่าต่างๆหรือชื่อฟังก์ชั่นได้ โดยมีเงื่อนไขตามแต่ละภาษากำหนด) ประเภทของ Identifier มีดังนี้ คือ

- Reserved Word (คำสงวน) คือ คำที่มีความหมายและเงื่อนไขการใช้ที่แน่นอน และไม่สามารถนำไปตั้งเป็นชื่อของตัวแปรได้

auto, string , int, double, goto, case, do, while, if, else, break, float, for, foreach, continue, default, long, void, enum, struct, stack, const, return, switch, in, class, checked, override, event null, lock, random, private, public, protected, char, ref

-User - Define Identifier คือ ชื่อที่ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องตั้งให้กับตัวแปร ฟังก์ชั่น และ เม็ดตอดต่างๆ เพื่อเป็นการระบุหน้าที่

Event

ใน C# เราจะเลือกเขียนโปรแกรมจัดการกับ Event ที่เราสนใจเท่านั้นหรือ Event ที่เรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ทำงาน โดยโปรแกรมที่เราเขียนขึ้นมาเพื่อจัดการกับ Event แต่ละตัวนั้นเราจะเรียกว่า Event Handler

Control & Component

Object ที่มองเห็นได้บนโปรแกรม เราเรียกว่า Control เช่น Control Button, Control Textbox, ส่วน Object ที่มองไม่เห็นเวลาที่ Application ทำงาน (ทำงานอยู่หลังฉาก) เราเรียกว่า Component โดยสามารถแยกชนิดของ Control กับ Component ได้อย่างชัดเจนใน Toolbox แล้ว การสร้าง Application แบบ Console

- เป็นการทดสอบความสามารถของภาษาในการเขียนโปรแกรม ซึ่งไม่ต้องเสียเวลาในการสร้าง Form เพื่อรองรับข้อมูล

- มุ่งเน้นที่การรับ และแสดงข้อมูล

- มีส่วนติดต่อกับผู้ใช้แบบ Command Line

ขั้นตอนการสร้าง Application

- เข้าสู่การทำงานของ Visual Studio 2008 ให้กำหนดชนิดของ Application เป็น Console Application
- ตั้งชื่อโปรเจ็กต์ที่จะสร้าง

- กำหนดตำแหน่งเก็บข้อมูล

- เลือก OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการออกแบบ

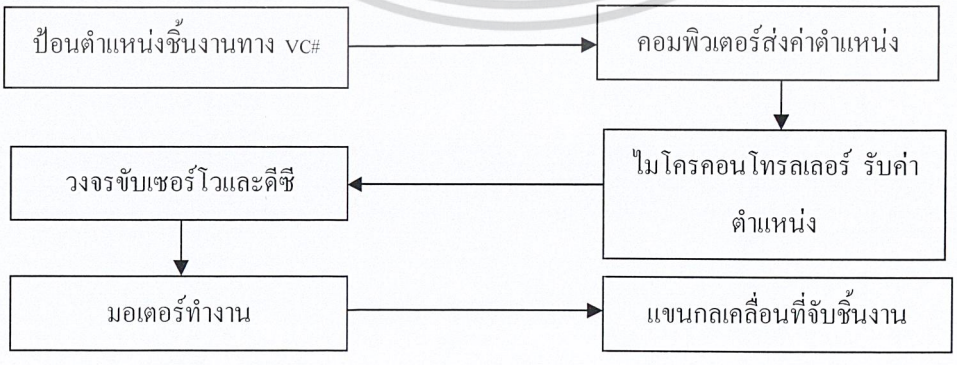
การออกแบบแขนกลแบบสการ่า ในเบื้องต้นต้องมีความเข้าใจในภาพรวมของระบบการทำงานทั้งหมดและหลักการออกแบบ แล้วจึงพิจารณาส่วนย่อยต่างๆอันประกอบไปด้วย ส่วนของโครงสร้างแขนกล ส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์และส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมระบบการแสดงผล

ภาพรวมของระบบการทำงานของโครงการ และหลักการออกแบบ สามารถแยกออกเป็นเรื่องได้ดังนี้

3.1 หลักการทำงานของแขนกล

ระบบการทำงานของแขนกลสการ่าในการจับวัตถุให้เคลื่อนที่ตามต้องการนั้น เริ่มจากการป้อนค่ามุมที่เราต้องการให้แขนกลเคลื่อนที่ผ่านทางคอมพิวเตอร์ ให้ทำการประมวลผลแล้วส่งข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลให้ไมโครโปรเซสเซอร์ทำการประมวลผลอีกครั้งก่อนส่งข้อมูลไปควบคุมการทำงานของแขนกล ไมโครโปรเซสเซอร์จะควบคุมตำแหน่งของแขกลโดยการป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ที่ขนาดต่างๆ ให้กับเซอร์โวมอเตอร์และดีซีมอเตอร์

การออกแบบการควบคุมการทำงานของแขนกล ถูกออกแบบมาให้มีหลักการทำงานอยู่ 2 ระบบ คือ Manual และ Automatic โดยทำการควบคุมการทำงานผ่านโปรแกรมวิชวล ซีชาร์พ (Visual C#) แล้วเชื่อมต่อไปสู่ไมโครโปรเซสเซอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม เพื่อทำการควบคุมการทำงานของแขนกลต่อไป สามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมของการทำงาน ดังรูป

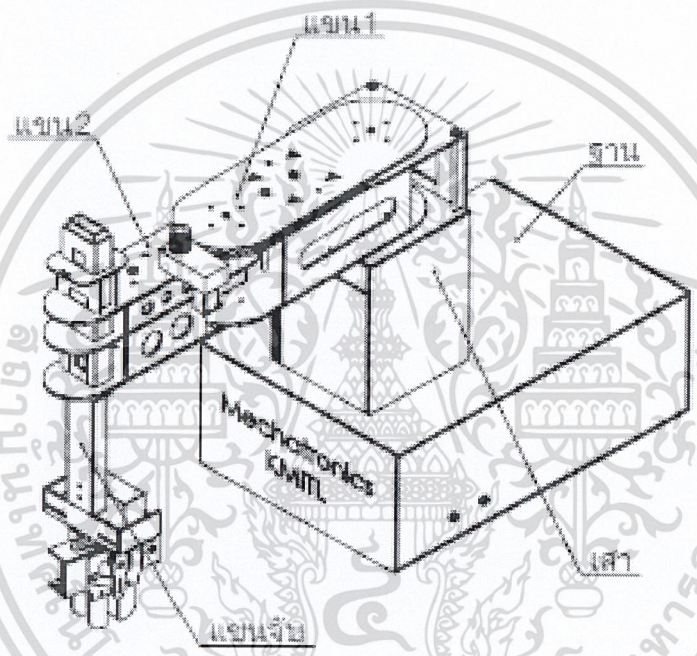


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 หลักการออกแบบชิ้นงาน

ในการจัดทำแขนกลนั้นโครงสร้างของแขนกลถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญและต้องมีความแม่นยำเพราะฉะนั้นจึงได้มีการออกแบบในคอมพิวเตอร์ เพื่อดูความเหมาะสมของขนาดชิ้นงานแต่ละชิ้นและเพื่อความสะดวกในการออกแบบ โดยโครงงานนี้ได้ใช้โปรแกรม Solid Works ออกแบบชิ้นงานจำลองขึ้นมาเพื่อหาขนาดที่แน่นอน และทดลองการเคลื่อนที่เพื่อหาข้อผิดพลาดในการออกแบบชิ้นงาน โดยส่วนประกอบของแขนกลมีดังนี้

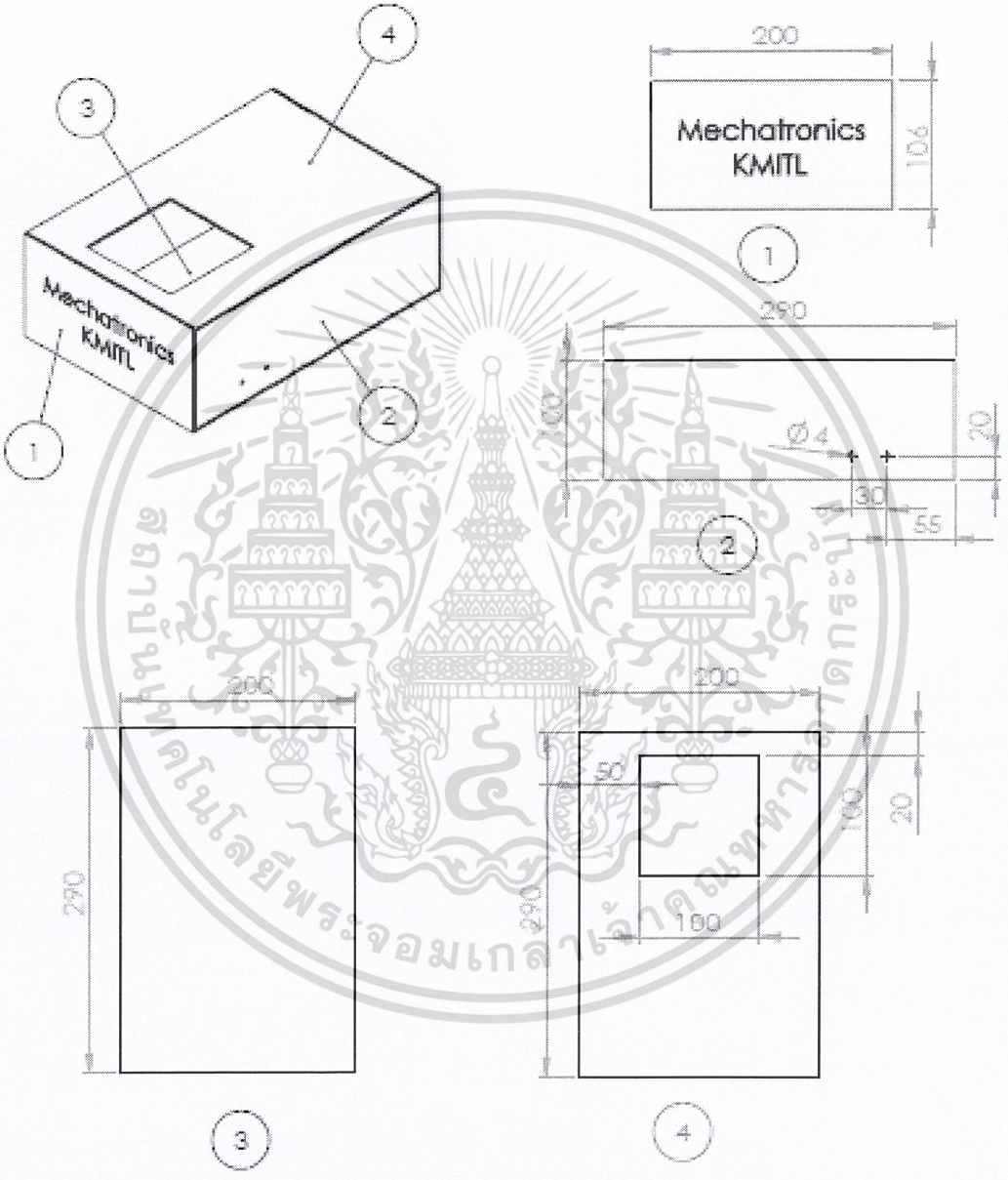


รูปที่ 3.2 โครงสร้างของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ฐานของแขนกล

ส่วนนี้ทำหน้าที่เป็นตัวยึดให้แขนกลมีความมั่นคง ซึ่งจะช่วยให้แขนนั้นสามารถจับของที่อยู่ไกลแล้วตัวแขนกลไม่ล้มลงและเป็นส่วนที่วางวงจรควบคุมการทำงานของแขนกล

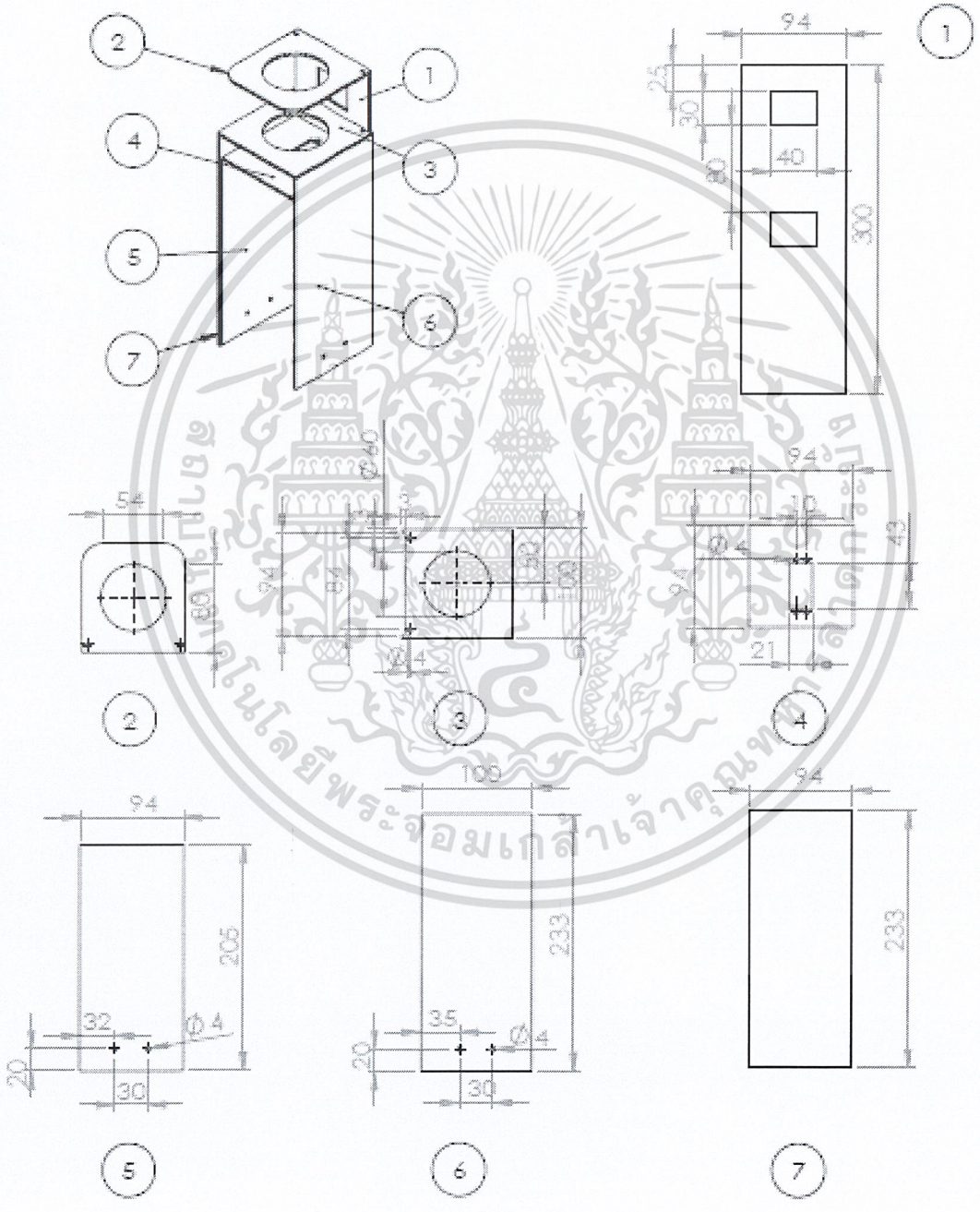


รูปที่ 3.3 ฐานของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 เสาของแขนกล

ส่วนนี้ทำหน้าที่คล้ายเอวของมนุษย์ ใช้ยึดแขนของแขนกลและเป็นจุดวางเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 เพื่อใช้ขับเคลื่อนแขนที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 เสาของแขนกล

3.2.3 ส่วนแขนที่ 1

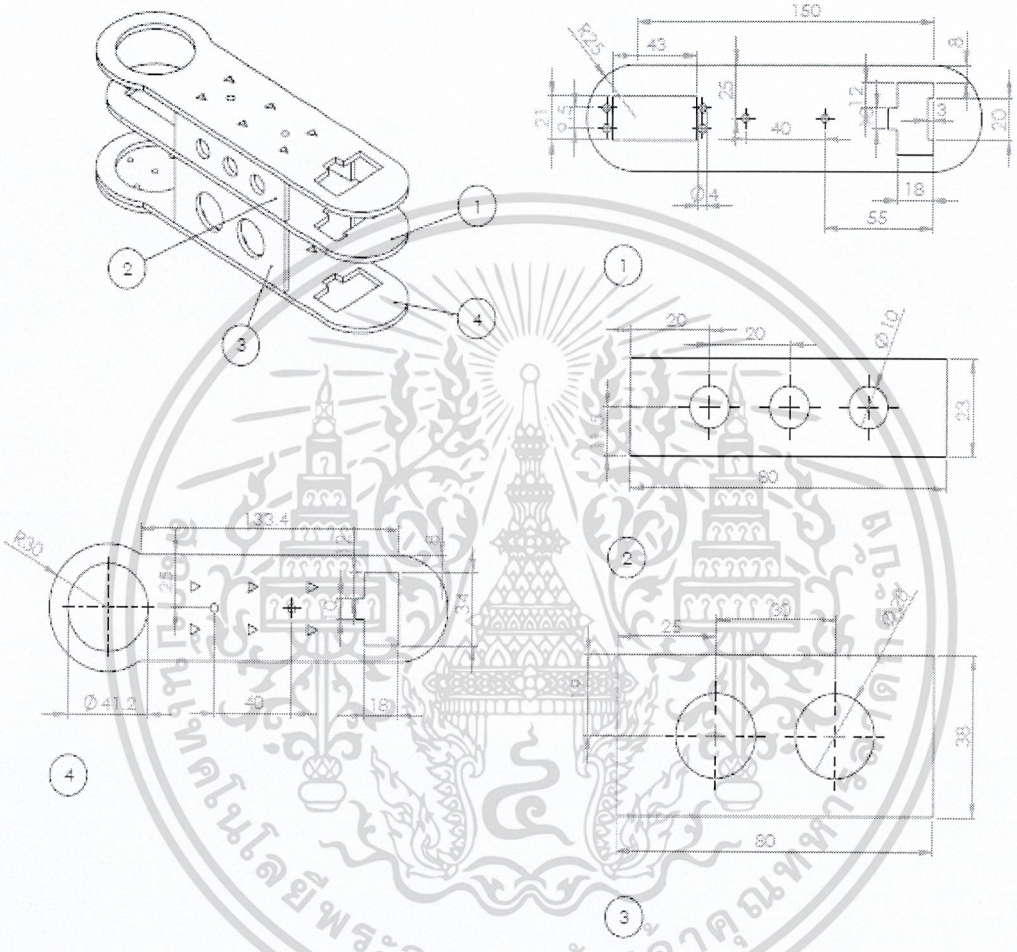
ส่วนนี้ทำหน้าที่คล้ายกับท่อนแขนที่ต่อจากไหล่ แขนจะเคลื่อนที่ไปตำแหน่งต่างๆ เพื่อยืดหดระยะการในการหยิบชิ้นงาน โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ในการขับเคลื่อน

รูปที่ 3.5 แขนที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ส่วนแขนที่ 2

ส่วนนี้ทำหน้าที่คล้ายแขนที่ต่อจากข้อศอก แขนจะเคลื่อนที่ไปตำแหน่งต่างๆ โดยการเคลื่อนที่ทำมุมต่างๆ กันกับแขนที่ 1 โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 ในการขับเคลื่อน

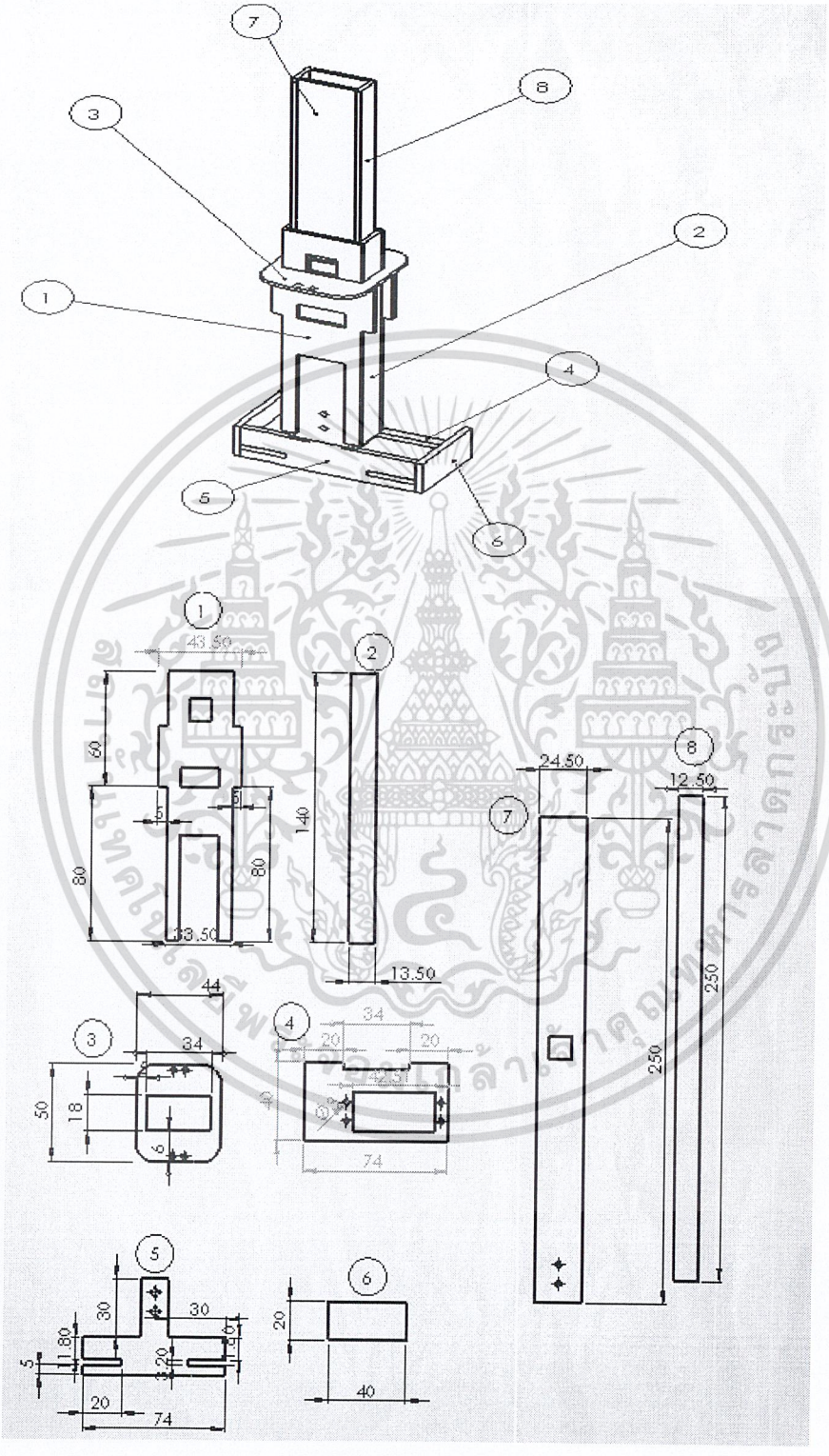


รูปที่ 3.6 แขนที่2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ส่วนแขนจับของแขนกล

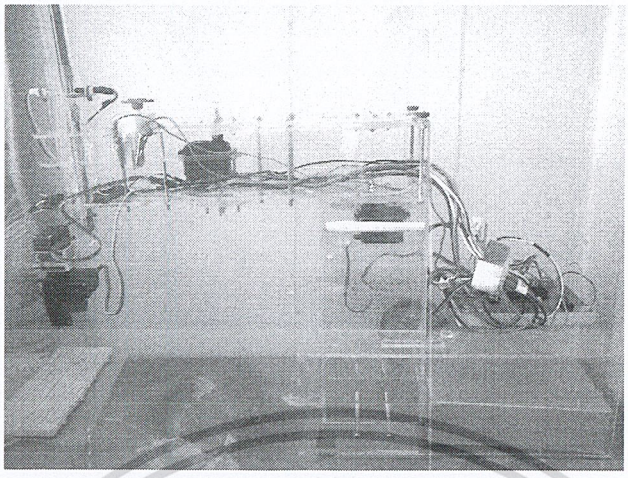
ส่วนที่ทำหน้าที่เคลื่อนที่ขึ้นลงเป็นเส้นตรงเพื่อจับวัตถุที่ต้องการเคลื่อนย้าย



รูปที่ 3.7 แขนจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อประกอบทุกชิ้นส่วนของแขนกลแล้วจะได้แขนกลสการ่า (SCARA) ดังรูป

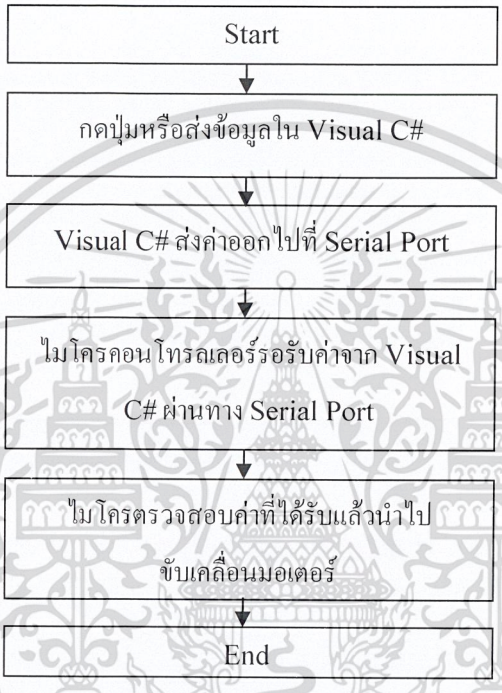


รูปที่ 3.8 โครงสร้างแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบโปรแกรม

โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของแขนกลนี้ ใช้โปรแกรมวิชวลซีชาร์พ (Visual C#) โดยจะเน้นให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้อย่างง่าย และสามารถควบคุมตำแหน่งของแขนกลได้ ซึ่งสามารถเขียนโฟลวชาร์ต (Flow Chart) แสดงการทำงานได้ดังรูป

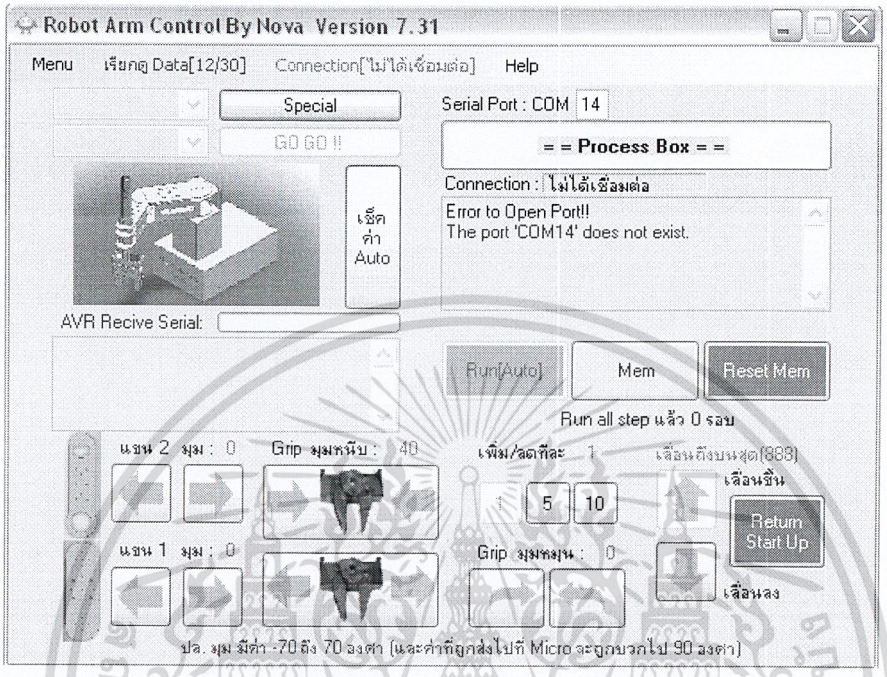


รูปที่ 3.9 โฟลวชาร์ตของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 หน้าต่างโปรแกรมควบคุมการทำงาน

หน้าต่างหลักที่ใช้ในการป้อนข้อมูลและแสดงผล ประกอบด้วยปุ่มกดและกล่องแสดงข้อมูลต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 3.10 หน้าต่างโปรแกรมควบคุมการทำงาน

ปุ่มแขน1, 2 : ใช้เพิ่มหรือลดองศาการเคลื่อนที่ของแขนที่ 1และ 2 ซึ่งสามารถสั่งให้เคลื่อนที่ได้จาก -70 ถึง 70 องศา

ปุ่ม Grip มุมหนีบ : ใช้สั่ง Grip ให้หนีบหรือปล่อยชิ้นงาน ซึ่งสามารถสั่งให้เคลื่อนที่ได้จาก -70 ถึง 70 องศา

ปุ่ม Grip มุมหมุน : ใช้สั่ง Grip ให้หมุนเพื่อจับชิ้นงาน ซึ่งสามารถสั่งให้เคลื่อนที่ได้จาก -70 ถึง 70 องศา

ปุ่ม เพิ่ม/ลด : ใช้เพื่อเลือกขนาดขององศาการเคลื่อนที่ให้เพิ่มหรือลดเป็นทีละ 1,5 และ10 องศา เมื่อกดปุ่มแขนให้เคลื่อนที่ในแต่ละครั้ง

ปุ่มเลื่อนขึ้นลง : ใช้สั่งให้แขนจับเลื่อนขึ้นลงเพื่อจับชิ้นงาน

ปุ่ม Run [Auto] : กดเพื่อให้แขนกลเริ่มทำงานตามที่ได้ตั้งค่าไว้

ปุ่ม Mem : กดเพื่อบันทึกค่ามุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์แต่ละตัวตามลำดับการบันทึก

ปุ่ม Reset Mem : กดเพื่อ ล้างค่าในเมมโมรี เพื่อให้เริ่มต้นบันทึกค่าที่ 0 ใหม่

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ่ม Return Start Up : กดเพื่อให้แขนกลกลับมาที่ตำแหน่ง Home

ปุ่ม Special : กดเพื่อกำหนดค่ามุมโดยสามารถป้อนเป็นตัวเลขได้เลย

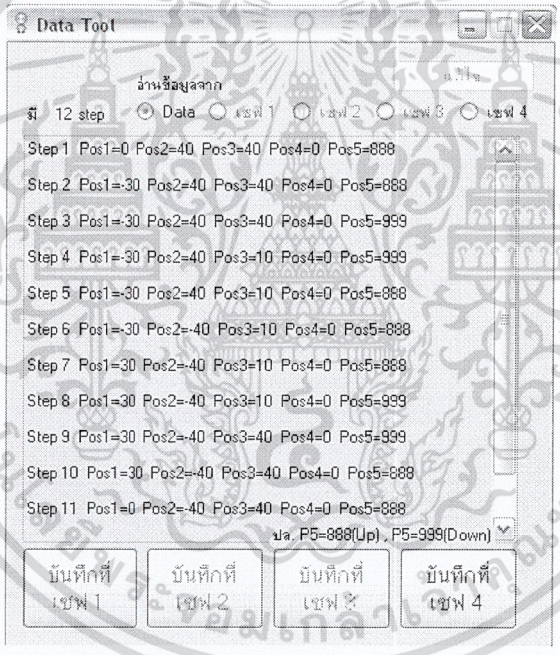
ปุ่ม เช็คค่า Auto : กดเพื่อตรวจสอบค่าที่บันทึกไว้

กล่องข้อความแสดงที่ 1 : แสดงชื่อชิ้นส่วนที่กำลังตั้งค่าและแสดงค่าที่ป้อน หากกดปุ่ม Mem จะแสดงข้อความว่าจดจำค่าเรียบร้อยพร้อมกับวันและเวลาที่ Mem กล่องข้อความแสดงที่ 2 : แสดงการส่งค่ากลับจากไมโครคอนโทรลเลอร์ สู่ Visual C#

Serial Port : แสดงคอมพอร์ตที่จะเชื่อมต่อ

3.3.2 หน้าต่าง Data Tool

เป็นหน้าต่างที่ใช้ในการแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของแขนกล ประกอบด้วยปุ่มกดและกล่องแสดงข้อมูลต่างดังนี้



รูปที่ 3.11 หน้าต่างแสดงลำดับการเคลื่อนที่

ปุ่มบันทึกที่ 1-4 : ใช้กำหนดว่าจะบันทึกข้อมูลไว้ที่เซฟไหน

ปุ่มแก้ไข : เพื่อแก้ไขข้อมูลต่างๆโดยจะต้องเลือก Step ที่จะแก้ไขแล้วจึงเปลี่ยนค่ามุม

ปุ่ม Radio : เพื่อเลือกข้อมูลที่บันทึกไว้มาใช้งาน

กล่องข้อความ : แสดง Step การทำงานและตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน

วงจรที่ใช้ ได้ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรมโพรเทล 99 (Protel99SE) ในการออกแบบ Schematics และทำลายแผ่นปริ้นท์ (PCB) โดยโปรแกรม Protel 99SE นี้ ถึงแม้ว่าตัวโปรแกรมจะออกมานานมากแล้ว แต่ก็ยังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการใช้งานออกแบบวงจรอิเลคทรอนิกส์ในทั่วๆ ไป เราจะพบได้ในอุตสาหกรรมการทำแผ่น PCB เป็นส่วนมาก เนื่องจากเป็นโปรแกรมทำงานได้ค่อนข้างฉลาด สามารถเดินลายเส้นแบบ Manual หรือแบบ Auto ได้ มีการเดินลายทองแดงได้อย่างสวยงาม เหมาะสำหรับงานระดับมือสมัครเล่น ไปจนถึงงานระดับมืออาชีพ

3.4.1 หลักการทำงานของวงจร

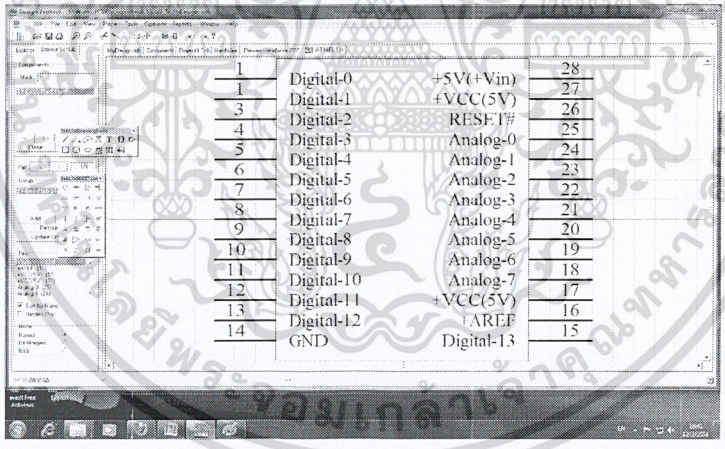
การทำงานของวงจร อาศัยการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรโดยใช้ซัพพลาย (Supply) เป็นตัวจ่ายไฟเป็นหลัก ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้ IC 78XX ในการแปลงไฟ เพราะว่าตัวของซัพพลายเอง สามารถที่จะกำหนดแรงดันไฟฟ้า (โวลต์, V) และกระแส (แอมแปร์, A) เองได้ โดยมี LED เป็นตัวเช็คว่าไฟเข้าหรือไม่ ถ้าไฟเข้า แสดงว่ามีกระแสไหลผ่านเข้าไปในวงจรแล้ว ถ้าเกิดกรณีไฟลัดวงจร ตัวซัพพลายเองก็จะทำการตัดวงจรทันที ส่วนการควบการทำงานของวงจรนี้ ใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นสมองในการสั่งการ (โดยในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องเบิร์นคำสั่งจากชุดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว จึงจะทำงานได้) ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ ผู้ทำการทดลองได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ET-EASY STAMP 168 วงจรที่ใช้เป็นตัววงจรสำเร็จรูปแล้วนำมาต่อพ่วงกับบอร์ดวงจรที่ได้ทำการออกแบบ โดยการที่เลือกใช้ตัวสำเร็จรูปนี้เนื่องจากเวลาที่มีจำกัดในการโครงงาน งบประมาณที่มีอย่างจำกัด และมีความสะดวกในการเขียนกับการเบิร์นโปรแกรมเข้าไปได้ง่าย จึงได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้ มีการทำงานคือ ให้คำสั่งที่ได้ออกมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ไปบังคับ ควบคุมส่วนต่างๆ ของแขนกลให้ขยับ ทำงานได้ตามต้องการ มีการสั่งการให้มอเตอร์เซอร์โวหมุนไปตามคำสั่งที่ได้รับกึ่องศา สั่งการให้มือจับ (Grip) บีบหรือคลายวัตถุ สั่งการให้ดีซีมอเตอร์หมุนควบคุมขึ้นและลงของมือจับ โดยควบคุมผ่าน IC L293D ในส่วนของเซนเซอร์ ได้เลือกใช้เซนเซอร์คืออินฟราเรด โฟโตไดโอดเป็นตัวรับ – ส่งสัญญาณ โดยให้ LM339 รับค่าจากเซนเซอร์ แล้วส่งค่ากลับไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ อีกต่อหนึ่ง และใช้ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้เป็นตัวปรับสัญญาณของเซนเซอร์ทั้งสอง ซึ่งเซนเซอร์ทั้งหมดทำหน้าที่ในการสั่งการให้หยุด เมื่อเจอกับตัวรับ – ส่งสัญญาณ ขึ้นอยู่กับว่าจะสั่งให้ขึ้นสุด หรือลงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแขนกลเมื่อไหร่ ดังนั้นการทำงานทุกอย่างของวงจรนี้จะขึ้นอยู่กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก ไม่ว่าจะเป็นการเขียนและเบิร์นโปรแกรม การใช้คำสั่งผ่านซอฟท์แวร์ เป็นต้น

3.4.2 การออกแบบวงจร

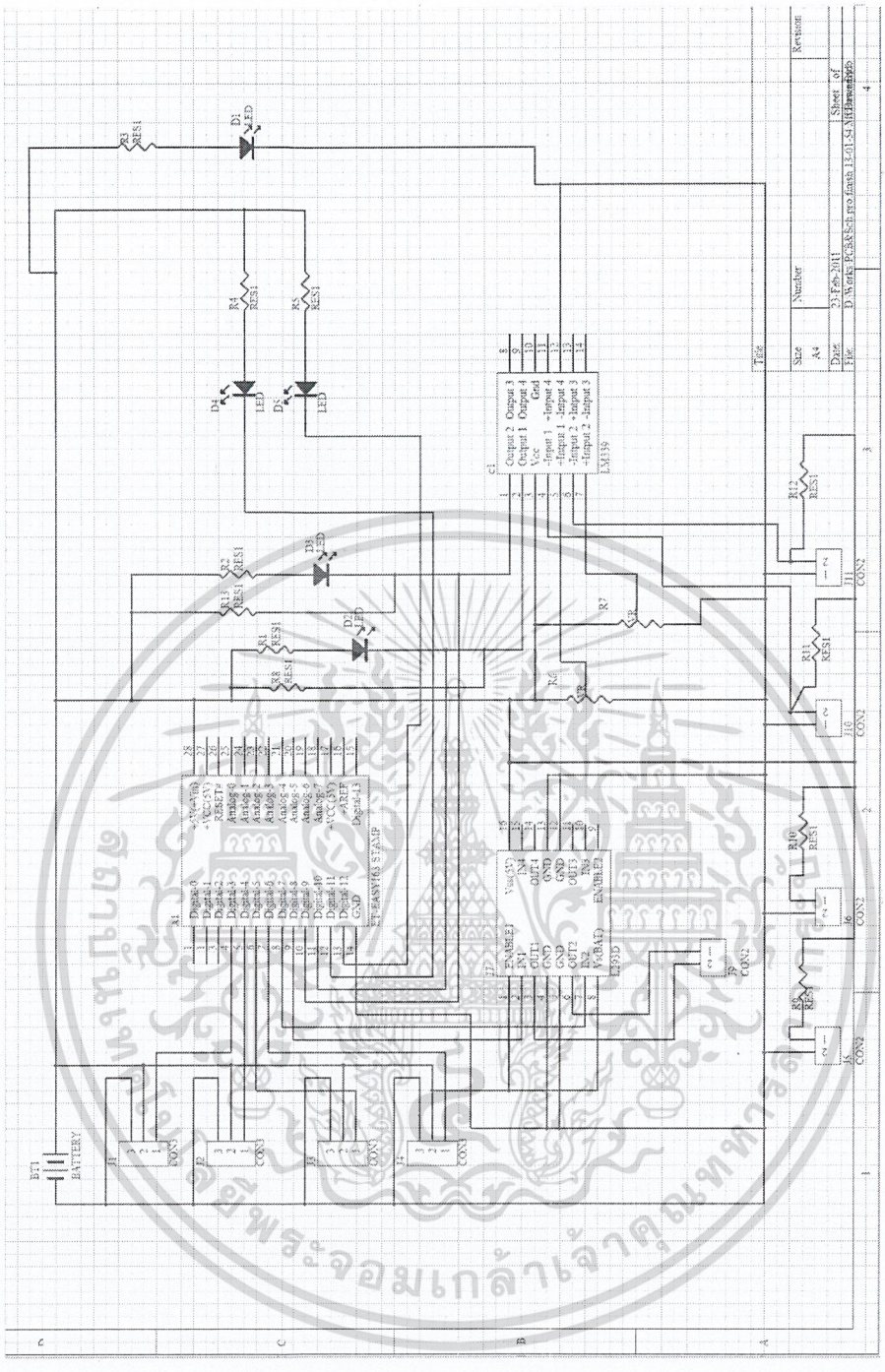
หลังจากที่ได้ออกแบบวงจรที่ต้องใช้แล้ว จึงออกแบบเขียน Schematics ขึ้นมาในโปรแกรม Protel 99SE หลังจากที่เขียน Schematics ขึ้นมาแล้วพบว่า ในโปรแกรม Protel 99SE นั้นไม่มีไลบราลีของ Schematics รุ่นใหม่ๆ มาด้วย ผู้ทำการทดลองจึงได้เขียน Schematics ของ ตัวไมโครโพรเซสเซอร์ของโปรแกรมขึ้นมานั่นก็คือตัว AVR รุ่น ET-EASY 168 STAMP โดยทำการจำลองขึ้นมาให้เสมือนกับว่า มีขาอุปกรณ์เท่าใด และกำหนดชื่อของขาต่างๆ ของอุปกรณ์ ว่าแต่ละตัวนั้นมีหน้าที่ทำอะไรบ้าง จาก Data Sheet ก็ทำการจำลองขาอุปกรณ์ต่างๆ ให้เหมือนกับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต้องการในการออกแบบ พบว่ามีขาพินทั้งหมด 28 ขา สามารถใช้อุปกรณ์ DIP-28N ของไลบราลี่ทดแทนได้



รูปที่ 3.12 Schematics ของ ET-EASY 168 STAMP

หลังจากที่ได้ออกแบบตัวไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว จึงทำการใส่ลงใน Schematics ก็จะได้ตามรูปที่ 3.13 โดยจะชี้แจงในรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4.3 ในเรื่องส่วนประกอบต่างๆ ต่อไปตามที่ได้สร้างเอาไว้

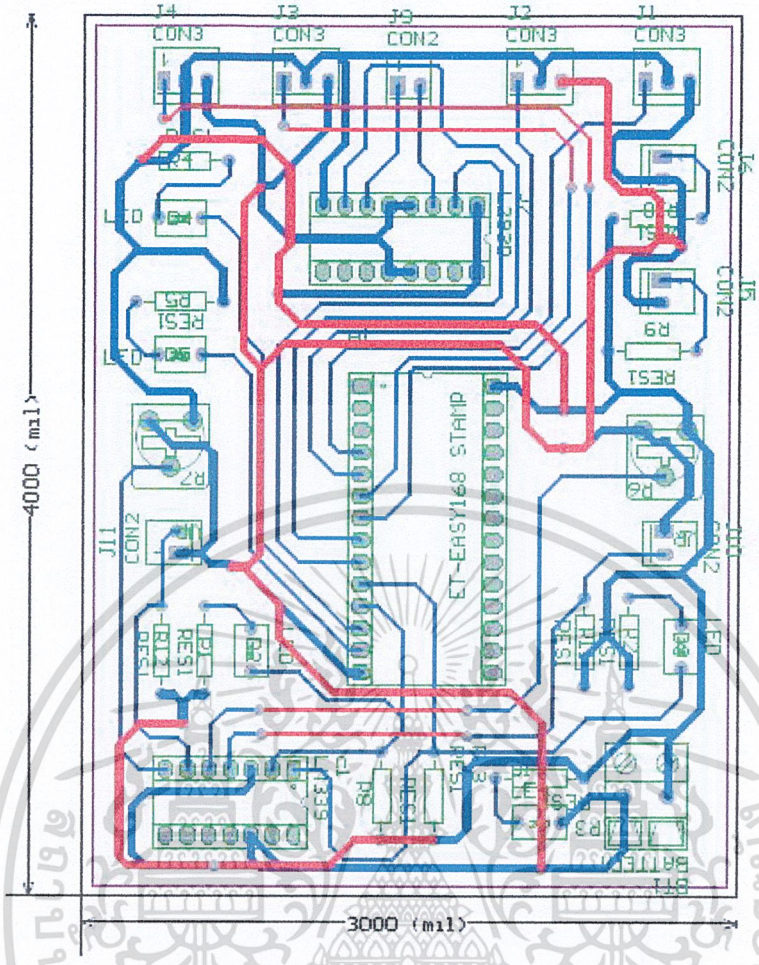
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 Schematics ที่สมบูรณ์แบบ

หลังจากนั้น จึงทำการอัพเดต PCB จัดเรียงให้ได้ตามขนาดที่ต้องการ แล้วจึงทำการ เดินลายทองแดง ก็จะได้ลายทองแดงตามรูปที่เราต้องการ (ในที่นี้จะใช้การเดินลายทองแดงแบบ 2 หน้า เนื่องจากอุปกรณ์ที่จะจัดวางนั้น มีจำนวนมาก และไม่สะดวกในการที่จะเดินลายทองแดงแบบหน้าเดียว)

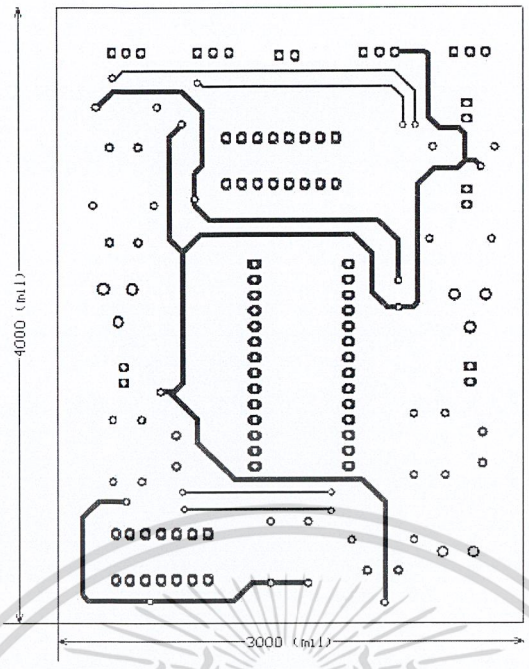
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



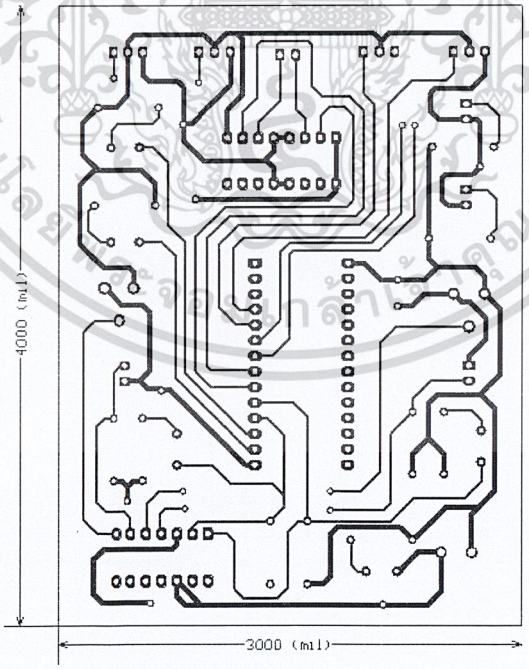
รูปที่ 3.14 แผ่น PCB ที่เสร็จสมบูรณ์

โดยจากการเดินลายทองแดง จะพบว่ามีสองเส้น คือเส้นสีแดง จะเป็นเส้นของลายทองแดงด้านบน(Top Layer) และเส้นสีน้ำเงิน คือเส้นของลายทองแดงด้านล่าง (Bottom Layer) โดยใช้ตัวโปรแกรม Protel99SE ในการแสดงเลเยอร์ต่างๆ ออกมาให้แสดงในรูปแบบของไฟล์ Microsoft XPS Document Writer โดยสามารถแยกเป็นแต่ละหน้าที่เราต้องการได้ ในที่นี้เลือกมาให้ดูในหน้าของ Top Bottom และ Silkscreen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

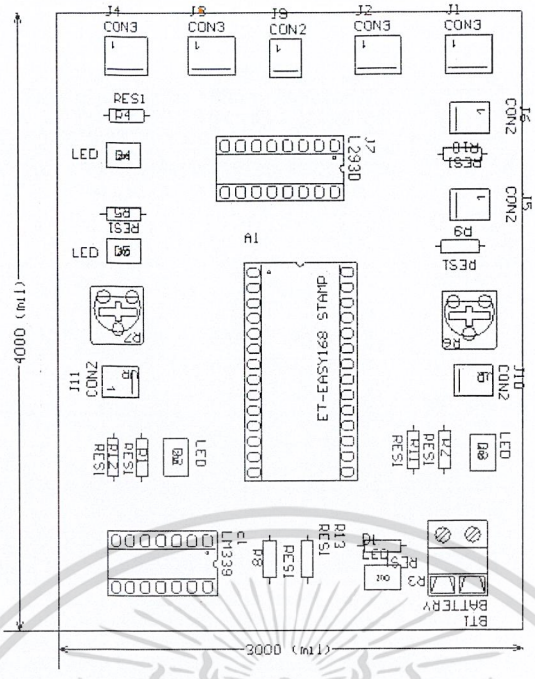


รูปที่ 3.15 แสดงถึงด้าน Top Layer (ด้านบน)



รูปที่ 3.16 แสดงถึงด้าน Bottom Layer (ด้านล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



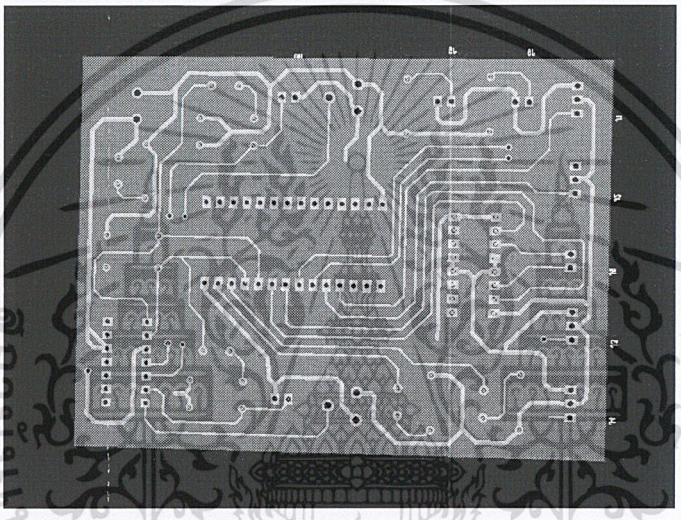
รูปที่ 3.17 แสดงถึงส่วน Top Silkscreen Overlay แสดงถึงส่วนต่างๆ ของอุปกรณ์

โดยจากวงจร จะพบว่ามีคอนเนคเตอร์แบบทั้ง 2 พอร์ต และ 3 พอร์ต อยู่จำนวนหนึ่ง โดยในแต่ละพอร์ตจะทำหน้าที่ในการรับคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยพอร์ตที่มีอยู่ 3 พอร์ต แต่ละพอร์ตจะมีเลขกำกับนับจากซ้ายไปขวา 1, 2 และ 3 (ดูจาก Schematics) โดยพอร์ตที่ 2 ต่อกับไฟทุกตัว และพอร์ตที่ 3 ต่อลงกราวน์ทุกตัว ส่วนพอร์ตที่ 1 ของแต่ละตัวคือ J1, J2, J3 และ J4 ต่อแตกต่างกันไปตามหน้าที่ โดยพอร์ตที่ 1 ของ J1 ต่อเข้ากับขาของ Digital-3, พอร์ตที่ 1 ของ J2 ต่อเข้ากับขาของ Digital-4, พอร์ตที่ 1 ของ J3 ต่อเข้ากับขาของ Digital-5 และพอร์ตที่ 1 ของ J4 ต่อเข้ากับขาของ Digital-6 โดยแต่ละขาจะรับ Logic จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนของพอร์ตที่มี 2 พอร์ตนั้น มีพอร์ต J5, J6, J9, J10 และ J11 โดย J5 และ J6 จะต่อเหมือนกันนั่นก็คือ พอร์ตที่ 1 จะต่อกับไฟเลี้ยง 5 โวลต์ ส่วนพอร์ตที่ 2 จะต่อกับเส้นกราวน์เป็นหลัก ซึ่ง 4 พอร์ตนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวรับ และส่งสัญญาณของเซนเซอร์ ในส่วนของ J10 และ J11 นั้น จะต่อสลับกับ J5 และ J6 นั่นก็คือขาไฟเลี้ยงจะต่อกับพอร์ตที่ 2 และขากราวน์จะต่อกับพอร์ตที่ 1 กรณีของ J10 และ J11 นี้ในส่วนของพอร์ตไฟเลี้ยงจะทำการต่อโหนดร่วมเข้ากับ IC LM339 ด้วย พอร์ตที่ 2 ของ J10 นี้ จะต่อกับขาที่ 4 (Input 1) ของ IC LM339 ส่วนพอร์ตที่สองของ J11 จะต่อเข้ากับขาที่ 6 (Input 2) ของ IC LM339 เพื่อรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

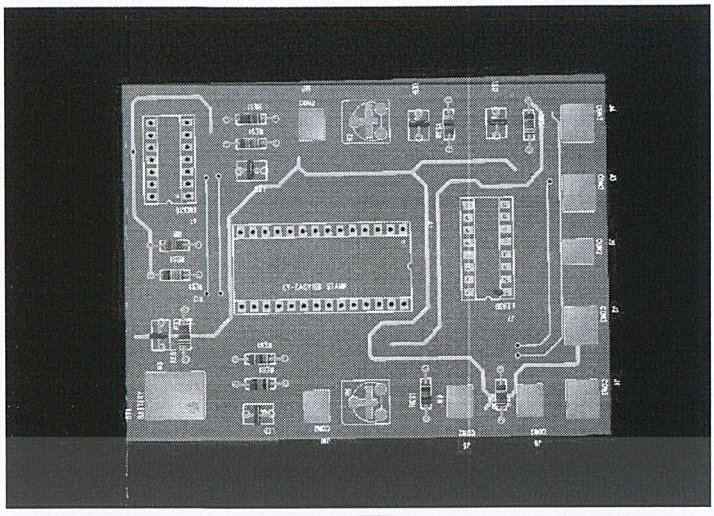
และส่งสัญญาณของเซนเซอร์ ส่วนของ J9 นั้นจะต่อกับ IC L293D โดยตรง พอร์ตที่ 1 จะต่อกับขาที่ 6 (Out2) ส่วนพอร์ตที่ 2 จะต่อกับขาที่ 3 (Out1) เพื่อรับคำสั่งควบคุม DC Motor ให้ขยับขึ้นหรือลง เพื่อควบคุมมือจับในการขยับตำแหน่งนั่นเอง

ส่วนโปรแกรมนั้น Protel 99SE นั้น สามารถทำการจำลองบอร์ดแบบ 3 มิติได้โดยผู้ทำการทดลองได้ทำการจำลองวงจรในรูป 3 มิติ (Simulation in 3D) มาให้ด้วย โดยผู้ทำการทดลองได้ทำการจำลองแบบมาให้ดูทั้ง 2 ด้าน ทั้งด้านบน ด้านล่าง และอุปกรณ์มาด้วย



รูปที่ 3.18 แสดงรูปจำลอง 3 มิติ ของลายทองแดงด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

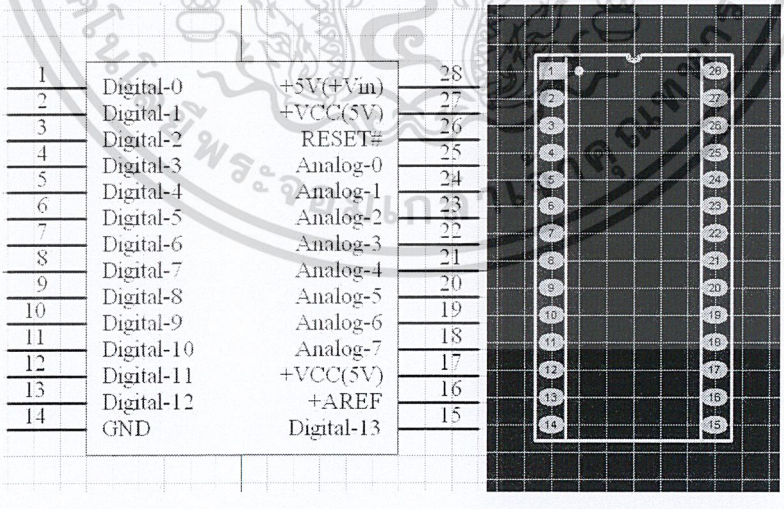


รูปที่ 3.19 แสดงรูป 3 มิติ อุปกรณ์ และลายทองแดงด้านหน้า

3.4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร

รูป Schematics และ Footprint ที่ใช้ในวงจร (ตามรูปที่ 3.13) มีดังต่อไปนี้

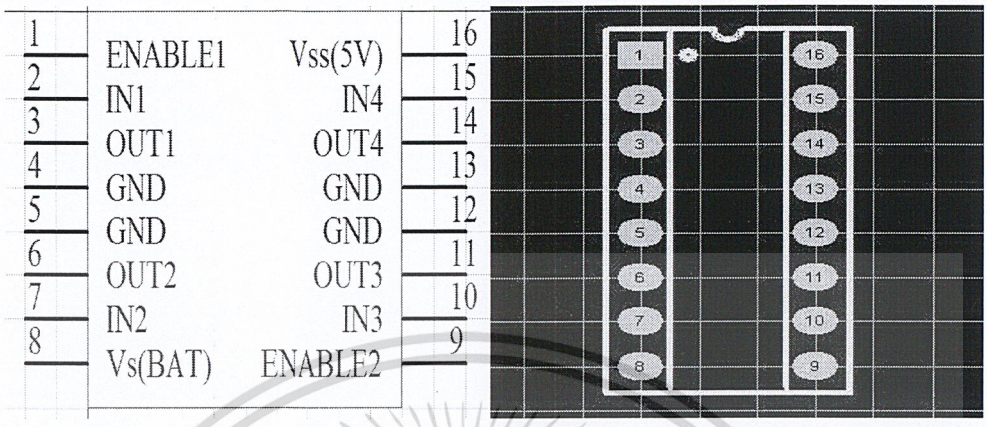
1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA รุ่น ET-EASY 168 STAMP



รูปที่ 3.20 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA และ Footprint

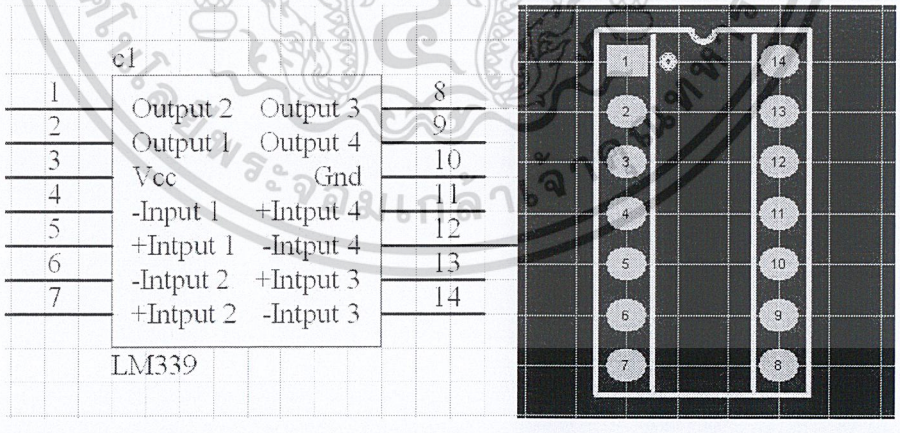
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชิพไอซี L293D ทำหน้าที่ควบคุมมอเตอร์



รูปที่ 3.21 ชิพไอซี L293D และ Footprint

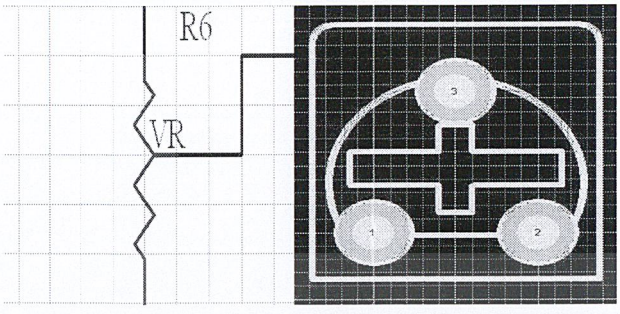
3. ชิพไอซี LM339 ทำหน้าที่รับสัญญาณจาก Sensor



รูปที่ 3.22 ชิพไอซี LM339 และ Footprint

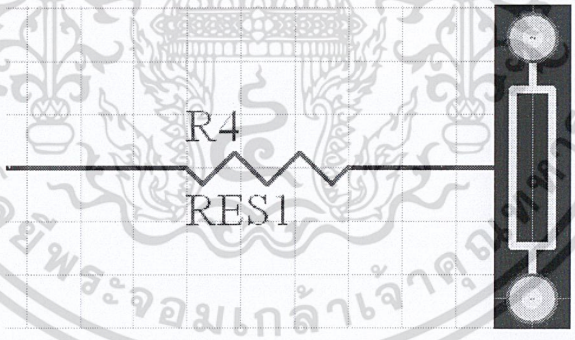
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ ขนาด 10kΩ



รูปที่ 3.23 ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ และ Footprint

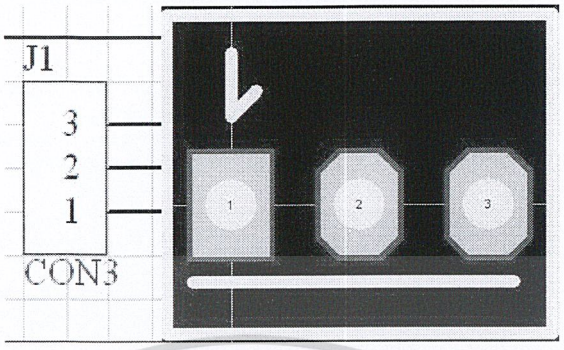
5. ตัวต้านทานขนาด ¼ Watt ขนาด 220Ω และ 10kΩ



รูปที่ 3.24 ตัวต้านทาน ¼ Watt และ Footprint

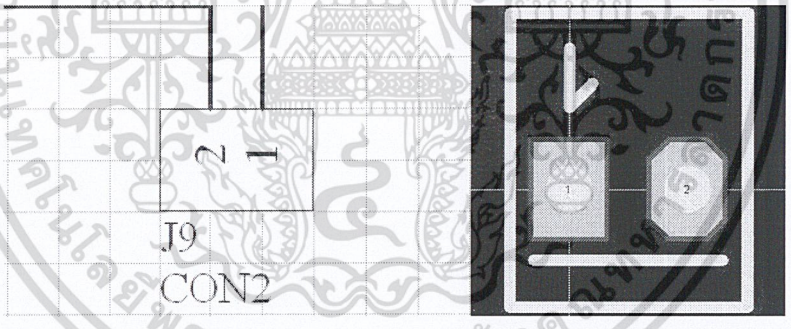
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คอนเนกเตอร์ 3 พอร์ต



รูปที่ 3.25 คอนเนคเตอร์ 3 พอร์ต และ Footprint

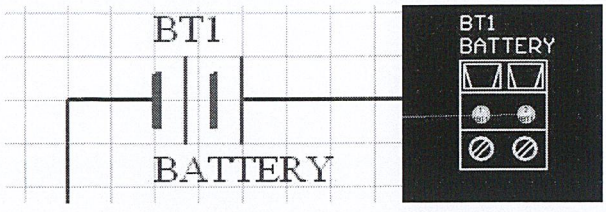
7.คอนเนคเตอร์ 2 พอร์ต



รูปที่ 3.26 คอนเนคเตอร์ 2 พอร์ต และ Footprint

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. แหล่งจ่ายไฟ (พอร์ตแบตเตอร์รี)



รูปที่ 3.27 แบตเตอร์รี และ Footprint

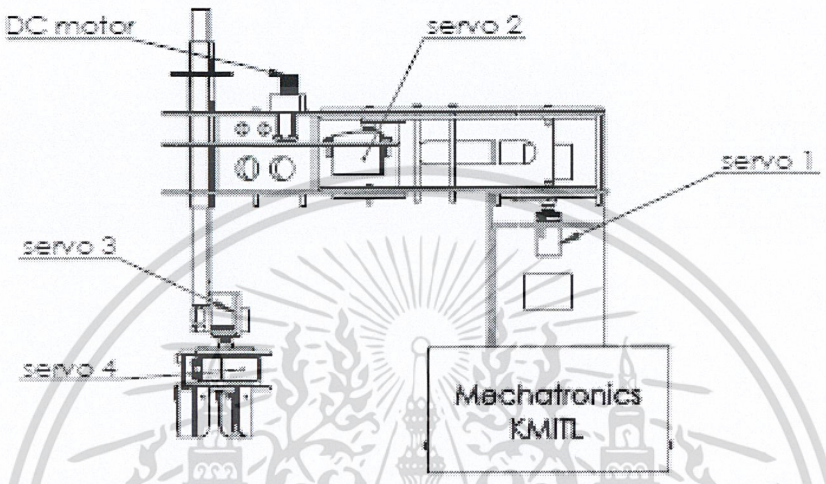
9. หลอดไฟ LED สีแดง

รูปที่ 3.28 หลอด LED สีแดง และ Footprint

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์

4.1 การทดลองหาระยะสูงสุดของการทำงาน

เป็นการทดสอบหาระยะการเคลื่อนที่สูงสุดที่แขนกลสามารถทำงานได้และยังทำให้เราทราบระยะการทำงานของแต่ละข้อแขนซึ่งจำเป็นต่อการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน เพื่อป้องกันการชำรุดของแขนกลในขณะที่ทำงานเกินระยะสูงสุด เพราะจะทำให้ภาคการขับเคลื่อนเกิดการเสียหายและชำรุดได้ โดยจะทำการทดสอบระยะสูงสุดขององศาที่เซอร์โวมอเตอร์สามารถเคลื่อนที่ไปได้ ดังตารางที่ และมีพื้นที่การทำงานดังรูป

ตารางที่ 4.1 ระยะองศาที่เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ได้สูงสุด

เซอร์โวมอเตอร์ตัวที่	ระยะองศาที่เคลื่อนที่ได้สูงสุด
1	-70 ถึง 70 องศา
2	-70 ถึง 70 องศา
3	-70 ถึง 70 องศา
4	-70 ถึง 70 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน

การทดลองเริ่มจากการกำหนดจุดเริ่มต้นเพื่อหยิบชิ้นงานและจุดสุดท้ายที่จะวางชิ้นงานโดยทั้งสองจุดจะอยู่ในพื้นที่ที่แขนกลสามารถเคลื่อนที่ไปได้ จากนั้นทำการสั่งเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวให้เคลื่อนที่ไปจับชิ้นงานที่จุดเริ่มต้นแล้วกดปุ่ม Mem เพื่อจำตำแหน่ง และเคลื่อนที่ไปตำแหน่งสุดท้ายที่จะวางชิ้นงานแล้วกดปุ่ม Mem อีกครั้ง เมื่อกำหนดตำแหน่งต่างๆ แล้วก็กดปุ่ม Run เพื่อให้แขนกลทำงานอัตโนมัติ โดยให้แขนกลทำงานวนลูปกลับไปมา แล้วหาค่าความคลาดเคลื่อนในการจับชิ้นงาน โดยการทดลองนี้จะใช้จุดอ้างอิง คือตัวแขนกล ณ จุดหมุนขณะที่อยู่ในตำแหน่ง 0 องศา เมื่อทำการวางวัตถุแล้ว ระยะองศาที่เคลื่อนที่ได้สูงสุดของเซอร์โวมอเตอร์ก็คือ -70 ถึง 70 องศา (หรือ 20 องศา ถึง 160 องศา) จึงทำการวัดจากจุดอ้างอิง ได้ผลการทดลองต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 4.2 การขับเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1, 2 เพื่อให้เคลื่อนทั้งสองแขน วางชิ้นงานสลับกัน 2 ตำแหน่ง คือตำแหน่ง 30 องศา ถึง 150 องศา

ครั้งที่	จุดที่ต้องการวางชิ้นงาน (องศา)	จุดที่แขนกลวางชิ้นงาน (องศา)	ความคลาดเคลื่อน (%)
1	30	32	6.67
2	150	154	2.67
3	30	32	6.67
4	150	151	0.67
5	30	32	6.67
6	150	153	2.00
7	30	31	3.33
8	150	156	4.00
9	30	32	6.67
10	150	155	3.33

จากตารางที่ 4.2 เห็นได้ว่า เมื่อได้ทำการทดลองโดยใช้เวลาที่นานขึ้น แขนกลก็จะมีการทำงานที่คลาดเคลื่อนจากตำแหน่งที่วางชิ้นงานไปบ้าง หากว่ามีการใช้งานที่นานมากอาจจะเกิดค่าความผิดพลาดขึ้นได้ ทั้งนี้เพราะแขนที่ 1 ได้เกิดแรงเสียดทานที่เพิ่มมากขึ้น จึงได้ทำการแก้ไขโดยการนำแผ่นทองเหลืองใส่เข้าไปในข้อหมุนของแขนที่ 1 ทำให้ลดแรงเสียดทานลงไปได้มาก แขนกลจึงมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ลดน้อยลง

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การขับเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 เพื่อให้เคลื่อนที่เฉพาะแขนที่ 1 วางชิ้นงานสลับกัน 2 ตำแหน่ง คือตำแหน่ง 40 องศา ถึง 140 องศา

ครั้งที่	จุดที่ต้องการวางชิ้นงาน (องศา)	จุดที่แขนกลวางชิ้นงาน (องศา)	ความคลาดเคลื่อน (%)
1	40	40	0
2	140	144	2.86
3	40	42	5.00
4	140	145	3.57
5	40	42	5.00
6	140	144	2.86
7	40	42	5.00
8	140	143	2.14
9	40	41	2.50
10	140	144	2.86

ตารางที่ 4.4 การขับเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 เพื่อให้เคลื่อนที่เฉพาะแขนที่ 2 วางชิ้นงานสลับกัน 2 ตำแหน่ง คือตำแหน่ง 40 องศา ถึง 140 องศา

ครั้งที่	จุดที่ต้องการวางชิ้นงาน (องศา)	จุดที่แขนกลวางชิ้นงาน (องศา)	ความคลาดเคลื่อน (%)
1	40	40	0
2	140	141	2.50
3	40	41	2.50
4	140	140	0
5	40	40	0
6	140	140	0
7	40	41	2.50
8	140	141	2.50
9	40	42	5.00
10	140	142	1.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 และ ตารางที่ 4.4 พบว่า การทำงานของแขนกลนั้น สามารถวางวัตถุได้ค่อนข้างแม่นยำ แต่แขนที่ 1 จะมีความคลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งเดิมบ้างเล็กน้อย ส่วนแขนที่ 2 นั้น พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมาก ซึ่งน้อยกว่าแขนที่ 1 เนื่องจากแขนที่ 2 รับน้ำหนักน้อยว่าแขนที่ 1 มาก ในแขนที่ 1 นั้น จะรับน้ำหนักของวัตถุ การทรงตัวของแขนกล และมีการโก่งตัวของชิ้นงาน ผู้ทำการทดลองจึงได้ทำการแก้ไขด้วยการลดระยะของการวางให้น้อยลง 10 องศา พบว่าสามารถทำงานได้ดีกว่าเดิม ดังนั้นถ้าหากว่าจะนำไปประยุกต์ใช้ในงานจริง ควรที่จะออกแบบโครงสร้างแขนกลให้ดียิ่งขึ้น และปรับปรุงในเรื่องของความเสียดทานที่จะเกิดขึ้นในแขนที่ 1 โดยการออกแบบโดยใส่ลูกปืนเข้าไป เพื่อให้เกิดค่าความเสียดทานให้น้อยลง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการเคลื่อนที่ของแขนกล เมื่อให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ ระบบสามารถเคลื่อนที่ไปตำแหน่งต่างๆที่ต้องการได้จริง แต่ยังมีความผิดพลาดของตำแหน่งการจับชิ้นงานกับตำแหน่งของเป้าหมายอยู่เล็กน้อย ในส่วนของแขนที่ 1 เนื่องจากแขนที่ 1 ต้องรับน้ำหนักมาก ส่งผลให้แผ่นอะคลีลิคเกิดการโก่งงอขึ้นและแขนของแขนกลเอียงลงด้านหน้า แกนหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 จึงเอียงตามด้วย ทำให้การหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ฝืดขึ้น เนื่องจากมีแรงเสียดทานที่เพิ่มขึ้น และการขับเคลื่อนแขนกลเกิดความคลาดเคลื่อน จากความไม่สมดุลของแกนมอเตอร์และน้ำหนักที่ต้องขับมาก ในส่วนของแขนที่ 2 สามารถเคลื่อนที่ไปตำแหน่งต่างๆได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากแขนที่ 2 ไม่ต้องรับน้ำหนักมากเหมือนแขนที่ 1 จึงทำให้ไม่มีปัญหาการโก่งงอขึ้น ในส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงานนั้น สามารถที่จะใช้ควบคุมการทำงานของแขนกลได้จริง โปรแกรมมีความต่อเนื่อง สามารถใช้งานได้ง่าย และสม่ำเสมอ

5.2 ปัญหาที่พบ

1. การสร้างชิ้นส่วนต่างๆ อาจมีความคลาดเคลื่อนในการทำชิ้นงานขึ้น ทั้งนี้เพราะชิ้นส่วนแต่ละชิ้นทำจากเครื่อง CNC ทั้ง 2 เครื่องซึ่งแต่ละเครื่องมีค่าความคลาดเคลื่อนที่แตกต่างกัน จึงทำให้ชิ้นงานที่ได้มีขนาดที่ไม่เท่ากันเล็กน้อย

2. ขั้นตอนในการประกอบชิ้นงาน อาจจะเกิดการเบี้ยวหรือโก่งของโครงสร้างแขนกล เนื่องจากแผ่นอะคลีลิครับแรงมากแต่ได้แก้ปัญหาดังกล่าวแล้วโดยการเพิ่มแผ่นประกบชิ้นงานด้านบนเพิ่มเติม

3. เซอร์โวตัวที่ 1 ที่ติดกับเสา ต้องรับน้ำหนักในส่วนของแขนทั้งหมด หากเกิดการโก่งงอของแขนอาจจะทำให้เซอร์โวเสียหาย เนื่องจากน้ำหนักของแขนเทไปด้านเดียวทำให้เฟืองเซอร์โวเสียหายและทำให้การเคลื่อนที่ของแขนคลาดเคลื่อนเนื่องจากความเสียดทานและน้ำหนัก

4. ขาดความรู้และประสบการณ์ในด้านโปรแกรม ทำให้ต้องใช้เวลาในการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม

5. เซอร์โวมอเตอร์เวลาทำงานจริงหมุนได้เพียง +70, -70 องศา ทำให้แขนกลหมุนได้ในระยะไม่กว้างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา

มอเตอร์ที่ใช้ในปัจจุบันนั้นมีอยู่อีกหลายแบบ ควรศึกษาเพิ่มเติมว่ามีมอเตอร์แบบใดบ้างที่เหมาะสมกับการขับเคลื่อนแขนกลเพื่อให้แขนกลสามารถเคลื่อนที่ได้นุ่มนวล สามารถรับน้ำหนักของแขนได้ มีมุมการเคลื่อนที่ที่กว้างขึ้นเพื่อเพิ่มพื้นที่การทำงานและมีความแม่นยำในการเคลื่อนที่มากขึ้น ด้านวัสดุที่ใช้ในการทำโครงสร้างอาจจะเปลี่ยนเป็นวัสดุอื่นเพื่อให้มีความแข็งแรงมากขึ้น สามารถดัดเป็นรูปแบบต่างๆที่ทำให้เคลื่อนที่ได้คล่องตัวมากขึ้น มีความสวยงามและเหมาะสมทนทานกับสภาวะแวดล้อมในการทำงานแบบต่างๆ นอกจากนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของข้อต่อแบบต่างๆ เพื่อให้แขนกลสามารถเคลื่อนที่ได้ดีและลดความเสียดทานที่จะเกิดขึ้น

ในส่วนของโปรแกรมควรเพิ่มแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ ซึ่งจะทำให้สามารถควบคุมการเคลื่อนของแขนกลได้ง่ายขึ้นและการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถสั่งมอเตอร์ทำงานพร้อมกันได้ทีละหลายตัวเพื่อให้การเคลื่อนที่ของแขนกลเร็วขึ้น นอกจากนี้ควรเพิ่มระบบที่ทำให้สามารถควบคุมการทำงานของแขนกลจากระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกล

โปรแกรมวิชวล ซีชาร์พ (Visual C#) ซึ่งเขียนเพื่อใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกล ประกอบด้วยโค้ดโปรแกรมดังต่อไปนี้

```
#include <Servo.h>
int incomingByte = 0;    // for incoming serial data
int ledPin =  13;
int iRec=0;
int icheck;
char reciveData[250] = "";

int pos1 = 90;
int pos2 = 90;
int pos3 = 130;
int pos4 = 90;

Servo servo1;//3
Servo servo2;//4
Servo servo3;//5
Servo servo4;//6

int DC_pin1=7;
int DC_pin2=8;

int sensorUp=9;
int sensorDown=10;
int LED1=11;
int LED2=12;

int sensorflag=0;
int LEDflag=0;
//////////////for angle//////////////////
int angle=0;
/*   Note
angle=tempangle[0]*100;
angle+=tempangle[1]*10;
angle+=tempangle[2];
*/
int tempangle[3]={0,0,0};
int aa; //Note  aa=ai-3
////////////////////////////////////////

void setup() {
        Serial.begin(9600);       // opens serial port, sets data rate to 9600 bps
    pinMode(ledPin, OUTPUT);
     pinMode(DC_pin1, OUTPUT);
     pinMode(DC_pin2, OUTPUT);
```

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    pinMode(LED1, OUTPUT);
    pinMode(LED2, OUTPUT);
    pinMode(sensorUp, INPUT);
    servo1.attach(3);
    servo2.attach(4);
    servo3.attach(5);
    servo4.attach(6);

}

void loop() {
 servo1.write(pos1);
 delay(1000);
 digitalWrite(LED1, LOW); //LED1 ติด
 servo2.write(pos2);
 delay(1000);
 digitalWrite(LED2, LOW); //LED2 ติด
 servo3.write(pos3);
 delay(1000);
 digitalWrite(LED1, HIGH);//LED1 ดับ
 servo4.write(pos4);
 delay(1000);
 digitalWrite(LED2, HIGH);//LED2 ดับ
 Serial.print("Serial Connected !!\n");
     while(1)
     {
        // send data only when you receive data:
           while (Serial.available() == 0)
       {

       }

                // read the incoming byte:
        incomingByte = Serial.read();

             if(incomingByte==35)//#
             {
              reciveData[iRec]='#';
              iRec++;
             }
             else if(incomingByte==36)//$ ดอลล่า
             {
              reciveData[iRec]='$';
              iRec++;
             }
              else if(incomingByte==64)//@
             {
              reciveData[iRec]='@';
              iRec++;
             }
             else if(incomingByte==48)//0
             {
              reciveData[iRec]='0';
              iRec++;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
else if(incomingByte==49)//1
{
 reciveData[iRec]='1';
 iRec++;
}
else if(incomingByte==50)//2
{
 reciveData[iRec]='2';
 iRec++;
}
else if(incomingByte==51)//3
{
 reciveData[iRec]='3';
 iRec++;
}
else if(incomingByte==52)//4
{
 reciveData[iRec]='4';
 iRec++;
}
else if(incomingByte==53)//5
{
  reciveData[iRec]='5';
  iRec++;
}
else if(incomingByte==54)//6
{
 reciveData[iRec]='6';
 iRec++;
}
else if(incomingByte==55)//7
{
reciveData[iRec]='7';
 iRec++;
}
else if(incomingByte==56)//8
{
 reciveData[iRec]='8';
 iRec++;
}
else if(incomingByte==57)//9
{
 reciveData[iRec]='9';
 iRec++;
}
else if(incomingByte==97)//a
{
 reciveData[iRec]='a';
 iRec++;
}
else if(incomingByte==98)//b
{
 reciveData[iRec]='b';
 iRec++;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
else if(incomingByte==100)//d
{
 reciveData[iRec]='d';
 iRec++;
}
else if(incomingByte==101)//e
{
 reciveData[iRec]='e';
 iRec++;
}
else if(incomingByte==117)//u
{
 reciveData[iRec]='u';
 iRec++;
}
else if(incomingByte==114)//r
{
 reciveData[iRec]='r';
 iRec++;
}
else if(incomingByte==109)//m
{
 reciveData[iRec]='m';
 iRec++;
}
else if(incomingByte==110)//n
{
 reciveData[iRec]='n';
 iRec++;
}
 else if(incomingByte==115)//s
{
 reciveData[iRec]='s';
 iRec++;
}
```

```
servo1.write(pos1);
servo2.write(pos2);
servo3.write(pos3);
servo4.write(pos4);
```

```
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
icheck=iRec-1;
// ทำงานเมื่อได้รับตัว b
 if(incomingByte==98)//b
 {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   if(LEDflag==0)
   {
    LEDflag=1;
     digitalWrite(LED1, LOW);//LED1 ติด
      digitalWrite(LED2, HIGH);//LED2 ดับ
   }
   else
   {
    LEDflag=0;
      digitalWrite(LED1, HIGH);//LED1 ดับ
      digitalWrite(LED2, LOW);//LED2 ติด
   }
////////////////////////////////////////////////////////////
if(iRec==7&&reciveData[0]=='#')
{
 //เช็คว่าบิดเปิดเป็นอะไร
       if(reciveData[2]=='a'&&reciveData[6]=='b')//เมื่อรับค่าครบ #1a180b
       {
          if(reciveData[1]=='5')
          {

            if(reciveData[3]=='8'&&reciveData[4]=='8'&&reciveData[5]=='8')
            {
            Serial.print("DC Moter :");
            Serial.print("Up");
             digitalWrite(DC_pin1, HIGH);
             digitalWrite(DC_pin2, LOW);
             sensorflag=0;
            while((digitalRead(sensorUp))==LOW&&sensorflag<73)
             {  delay(100);   sensorflag++;    }
             digitalWrite(DC_pin1, HIGH);
             digitalWrite(DC_pin2, HIGH);
            Serial.print("DC Stop");

            }
            else if(reciveData[3]=='9'&&reciveData[4]=='9'&&reciveData[5]=='9')
            {
            Serial.print("DC Moter :");
            Serial.print("Down");
             digitalWrite(DC_pin1, LOW);
             digitalWrite(DC_pin2, HIGH);
             sensorflag=0;
             while((digitalRead(sensorDown))==LOW&&sensorflag<70)
             {   delay(100);   sensorflag++;       }

             digitalWrite(DC_pin1, HIGH);
             digitalWrite(DC_pin2, HIGH);
            Serial.print("DC Stop");
             }
              else if(reciveData[3]=='s'&&reciveData[4]=='s'&&reciveData[5]=='s')
             {
            Serial.print("DC Moter :");
            Serial.print("Emergency Stop");
             digitalWrite(DC_pin1, HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    digitalWrite(DC_pin2, HIGH);
   }
   else
   {
    Serial.print("DC Error !! ");
   }
 }
else
 {


   Serial.print("Servo");
   Serial.print(reciveData[1]);
   Serial.print(" : ");

   int ErrCount=0;
   for(int ai=3;ai<=5;ai++)
   {

        aa=ai-3;
        if(reciveData[ai]=='0')
        {
         tempangle[aa]=0;
        }
        else if(reciveData[ai]=='1')
        {
         tempangle[aa]=1;
        }
        else if(reciveData[ai]=='2')
        {
         tempangle[aa]=2;
        }
        else if(reciveData[ai]=='3')
        {
         tempangle[aa]=3;
        }
        else if(reciveData[ai]=='4')
        {
         tempangle[aa]=4;
        }
        else if(reciveData[ai]=='5')
        {
         tempangle[aa]=5;
        }
        else if(reciveData[ai]=='6')
        {
         tempangle[aa]=6;
        }
        else if(reciveData[ai]=='7')
        {
         tempangle[aa]=7;
        }
        else if(reciveData[ai]=='8')
        {
         tempangle[aa]=8;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        }
        else if(reciveData[ai]=='9')
        {
         tempangle[aa]=9;
        }
        else
        {
         ErrCount++;
        }
    } //end for

    if(ErrCount==0)
    {
        angle=tempangle[0]*100;
        angle+=tempangle[1]*10;
        angle+=tempangle[2];
        Serial.print(angle);
        if(reciveData[1]=='1')
        {
          //มี if else เพิ่มเฉพาะ ARM1

          if(pos1<angle)
          {
            while(pos1<(angle+5))
            {
             pos1++;
             servo1.write(pos1);
             delay(15);
            }
            pos1=angle;
          }
          else
          {
            while(pos1>(angle-5))
            {
             pos1--;
             servo1.write(pos1);
             delay(15);
            }
            pos1=angle;
          }
        }
        if(reciveData[1]=='2')
        {
          while(pos2<angle)
          {
           pos2++;
           servo2.write(pos2);
           delay(15);
          }
          while(pos2>angle)
          {
           pos2--;
           servo2.write(pos2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                delay(15);
              }
            }
            if(reciveData[1]=='3')
            {
              while(pos3<angle)
              {
                pos3++;
                servo3.write(pos3);
                delay(15);
              }
              while(pos3>angle)
              {
                pos3--;
                servo3.write(pos3);
                delay(15);
              }
            }
            if(reciveData[1]=='4')
            {
              while(pos4<angle)
              {
                pos4++;
                servo4.write(pos4);
                delay(15);
              }
              while(pos4>angle)
              {
                pos4--;
                servo4.write(pos4);
                delay(15);
              }
            }

          }
          else
          {  Serial.print("Angle Error !! ");  }
        }//end else

      }//if(reciveData[2]=='a'&&reciveData[6]=='b')//เมื่อรับค่าครบ #1a180b
      //clear
      Serial.flush();

      iRec=0;



}
else if(reciveData[0]=='$'&&reciveData[icheck]=='b')
{
      int DollarCnt=0;
      for(int iFor=0;iFor<iRec;iFor++)
      {
        if(reciveData[iFor]=='$')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  {DollarCnt++;}
}
if(DollarCnt==1)
{
     reciveData[icheck]='\0';
     for(int iFor=0; iFor<icheck ; iFor++)
     { int iFor2;
       iFor2=iFor+1;
       reciveData[iFor]=reciveData[iFor2];
     }
     Serial.print("Burn Data : ");
     Serial.print(reciveData);

     if(reciveData[0]=='1'&&reciveData[1]=='2'&&reciveData[2]=='3')
     digitalWrite(ledPin, HIGH);
     else if(reciveData[0]=='3'&&reciveData[1]=='2'&&reciveData[2]=='1')
     digitalWrite(ledPin, LOW);

      if(reciveData[0]=='r'&&reciveData[1]=='e'&&reciveData[2]=='s')
     {
                digitalWrite(DC_pin1, HIGH);
                digitalWrite(DC_pin2, LOW);
                sensorflag=0;
              while((digitalRead(sensorUp))==LOW&&sensorflag<70)
              {  delay(100);   sensorflag++;    }
                digitalWrite(DC_pin1, HIGH);
                digitalWrite(DC_pin2, HIGH);
              while(pos1<90)
              {
               pos1++;
               servo1.write(pos1);
               delay(15);
              }
              while(pos1>90)
              {
               pos1--;
               servo1.write(pos1);
               delay(15);
              }

             while(pos2<90)
             {
               pos2++;
               servo2.write(pos2);
               delay(15);
             }
             while(pos2>90)
             {
               pos2--;
               servo2.write(pos2);
               delay(15);
             }
             while(pos3<130)
             {
               pos3++;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                servo3.write(pos3);
                delay(15);
               }
               while(pos3>130)
               {
                pos3--;
                servo3.write(pos3);
                delay(15);
               }
               while(pos4<90)
               {
                pos4++;
                servo4.write(pos4);
                delay(15);
               }
               while(pos4>90)
               {
                pos4--;
                servo4.write(pos4);
                delay(15);
               }

            }
          }
          else
          {  Serial.print("Dollar Error !! ");  }

          Serial.flush();
          iRec=0;


    }
    else
    {
     Serial.print("Data Error !! ");
     Serial.flush();
      iRec=0;
    }
  }//end if(incomingByte==98)

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////


  }//end while
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
```

ภาคผนวก ข

เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ข.1 เอกสารคู่มือการใช้งาน L293D

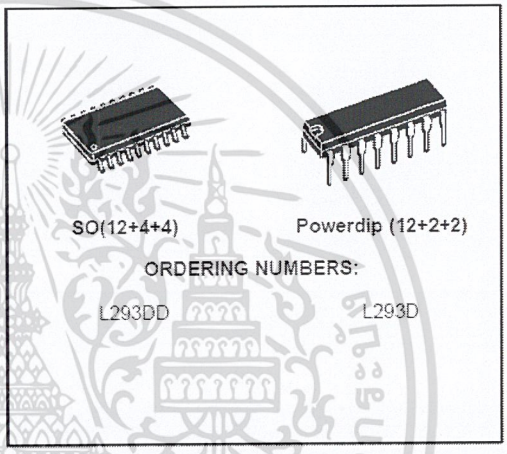
ชิพไอซี L293D เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมในส่วนของ DC Motor

SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

L293D
L293DD

PUSH-PULL FOUR CHANNEL DRIVER WITH DIODES

- 600mA OUTPUT CURRENT CAPABILITY PER CHANNEL
- 1.2A PEAK OUTPUT CURRENT (non repetitive) PER CHANNEL
- ENABLE FACILITY
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)
- INTERNAL CLAMP DIODES



SO(12+4+4) Powerdip (12+2+2)

ORDERING NUMBERS:

L293DD L293D

DESCRIPTION

The Device is a monolithic integrated high voltage, high current four channel driver designed to accept standard DTL or TTL logic levels and drive inductive loads (such as relays solenoides, DC and stepping motors) and switching power transistors.

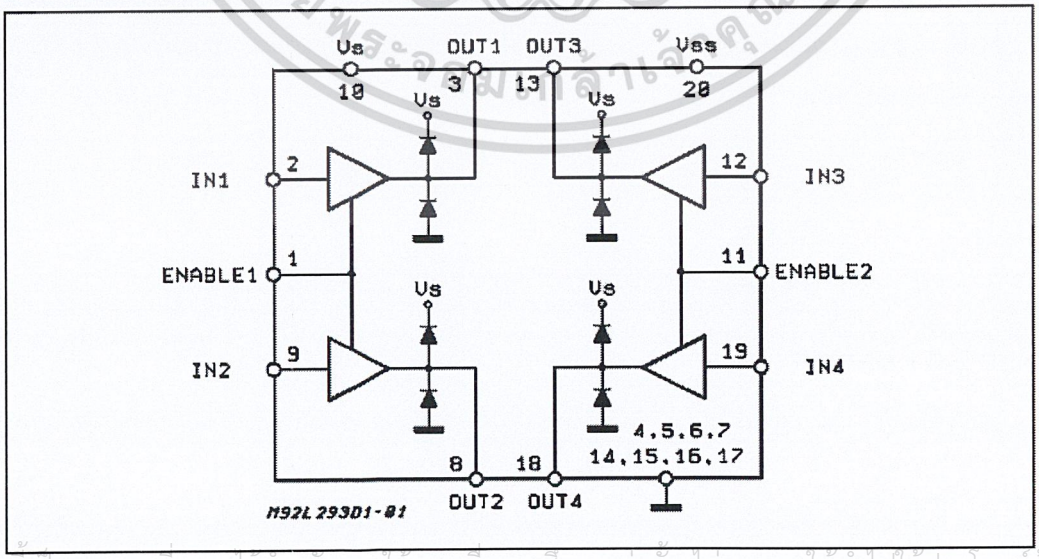
To simplify use as two bridges each pair of channels is equipped with an enable input. A separate supply input is provided for the logic, allowing operation at a lower voltage and internal clamp diodes are included.

This device is suitable for use in switching applications at frequencies up to 5 kHz.

The L293D is assembled in a 16 lead plastic packaage which has 4 center pins connected together and used for heatsinking

The L293DD is assembled in a 20 lead surface mount which has 8 center pins connected together and used for heatsinking.

BLOCK DIAGRAM

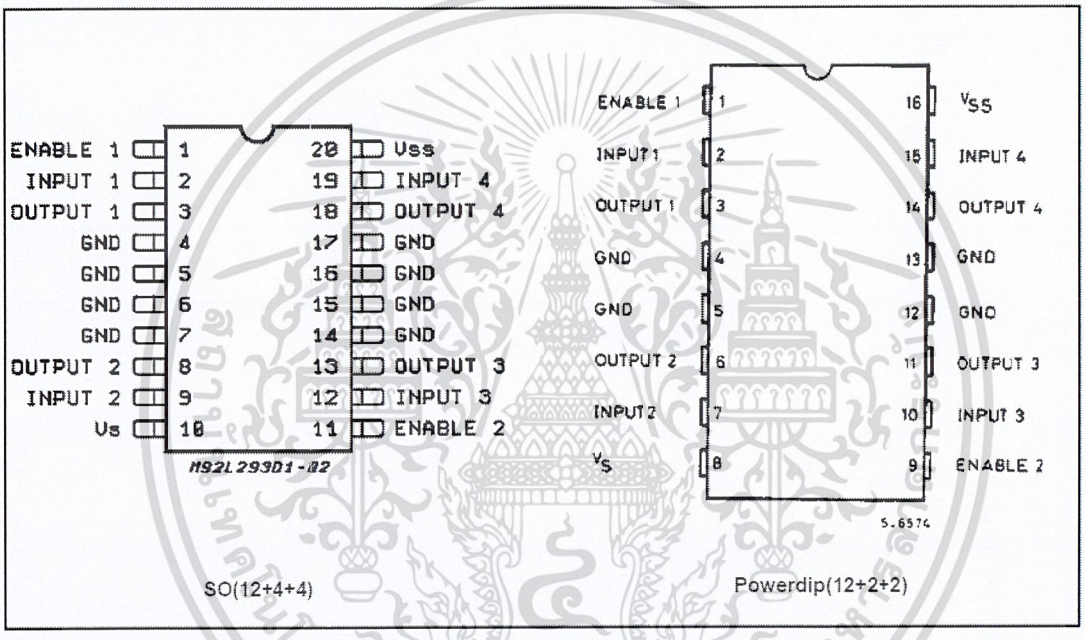


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Supply Voltage	36	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	36	V
V_i	Input Voltage	7	V
V_{en}	Enable Voltage	7	V
I_o	Peak Output Current (100 µs non repetitive)	1.2	A
P_{tot}	Total Power Dissipation at T_{pins} = 90 °C	4	W
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	– 40 to 150	°C

PIN CONNECTIONS (Top view)



THERMAL DATA

Symbol	Decription		DIP	SO	Unit
$R_{th\ j\text{-}pins}$	Thermal Resistance Junction-pins	max.	–	14	°C/W
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance junction-ambient	max.	80	50 (*)	°C/W
$R_{th\ j\text{-}case}$	Thermal Resistance Junction-case	max.	14	–	

(*) With 6sq. cm on board heatsink.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (for each channel, V_S = 24 V, V_{SS} = 5 V, T_{amb} = 25 °C, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_S	Supply Voltage (pin 10)		V_{SS}		36	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage (pin 20)		4.5		36	V
I_S	Total Quiescent Supply Current (pin 10)	V_i = L ; I_O = 0 ; V_{en} = H		2	6	mA
		V_i = H ; I_O = 0 ; V_{en} = H		16	24	mA
		V_{en} = L			4	mA
I_{SS}	Total Quiescent Logic Supply Current (pin 20)	V_i = L ; I_O = 0 ; V_{en} = H		44	60	mA
		V_i = H ; I_O = 0 ; V_{en} = H		16	22	mA
		V_{en} = L		16	24	mA
V_{IL}	Input Low Voltage (pin 2, 9, 12, 19)		– 0.3		1.5	V
V_{IH}	Input High Voltage (pin 2, 9, 12, 19)	$V_{SS} \leq 7$ V	2.3		V_{SS}	V
		$V_{SS} > 7$ V	2.3		7	V
I_{IL}	Low Voltage Input Current (pin 2, 9, 12, 19)	V_{IL} = 1.5 V			– 10	µA
I_{IH}	High Voltage Input Current (pin 2, 9, 12, 19)	$2.3\ V \leq V_{IH} \leq V_{SS} - 0.6$ V		30	100	µA
$V_{en\,L}$	Enable Low Voltage (pin 1, 11)		– 0.3		1.5	V
$V_{en\,H}$	Enable High Voltage (pin 1, 11)	$V_{SS} \leq 7$ V	2.3		V_{SS}	V
		$V_{SS} > 7$ V	2.3		7	V
$I_{en\,L}$	Low Voltage Enable Current (pin 1, 11)	$V_{en\,L}$ = 1.5 V		– 30	– 100	µA
$I_{en\,H}$	High Voltage Enable Current (pin 1, 11)	$2.3\ V \leq V_{en\,H} \leq V_{SS} - 0.6$ V			± 10	µA
$V_{CE(sat)H}$	Source Output Saturation Voltage (pins 3, 8, 13, 18)	I_O = – 0.6 A		1.4	1.8	V
$V_{CE(sat)L}$	Sink Output Saturation Voltage (pins 3, 8, 13, 18)	I_O = + 0.6 A		1.2	1.8	V
V_F	Clamp Diode Forward Voltage	I_O = 600mA		1.3		V
t_r	Rise Time (*)	0.1 to 0.9 V_O		250		ns
t_f	Fall Time (*)	0.9 to 0.1 V_O		250		ns
t_{on}	Turn-on Delay (*)	0.5 V_i to 0.5 V_O		750		ns
t_{off}	Turn-off Delay (*)	0.5 V_i to 0.5 V_O		200		ns

(*) See fig. 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRUTH TABLE (one channel)

Input	Enable (*)	Output
H	H	H
L	H	L
H	L	Z
L	L	Z

Z = High output impedance
(*) Relative to the considered channel

Figure 1: Switching Times

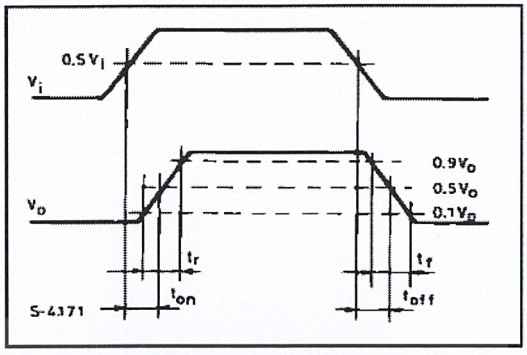
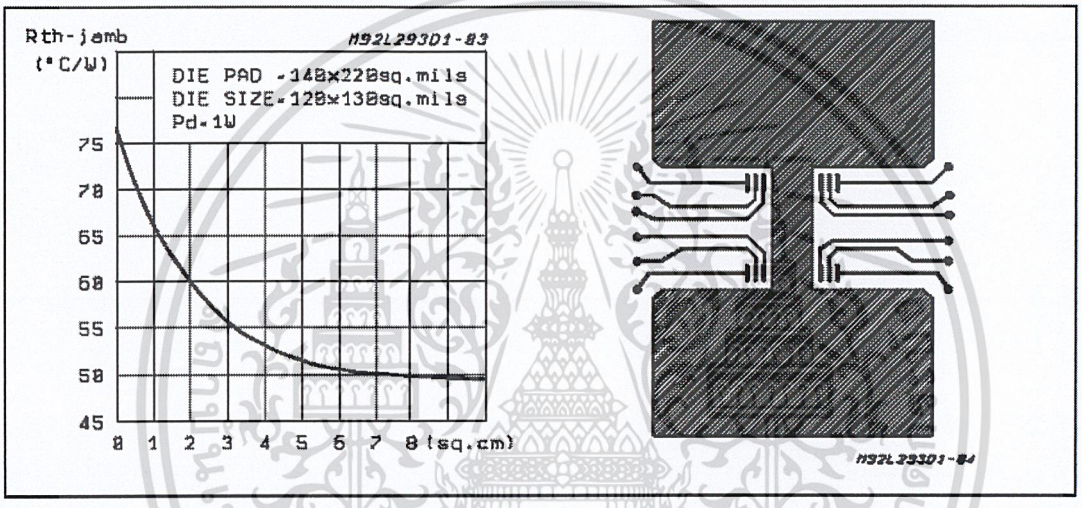


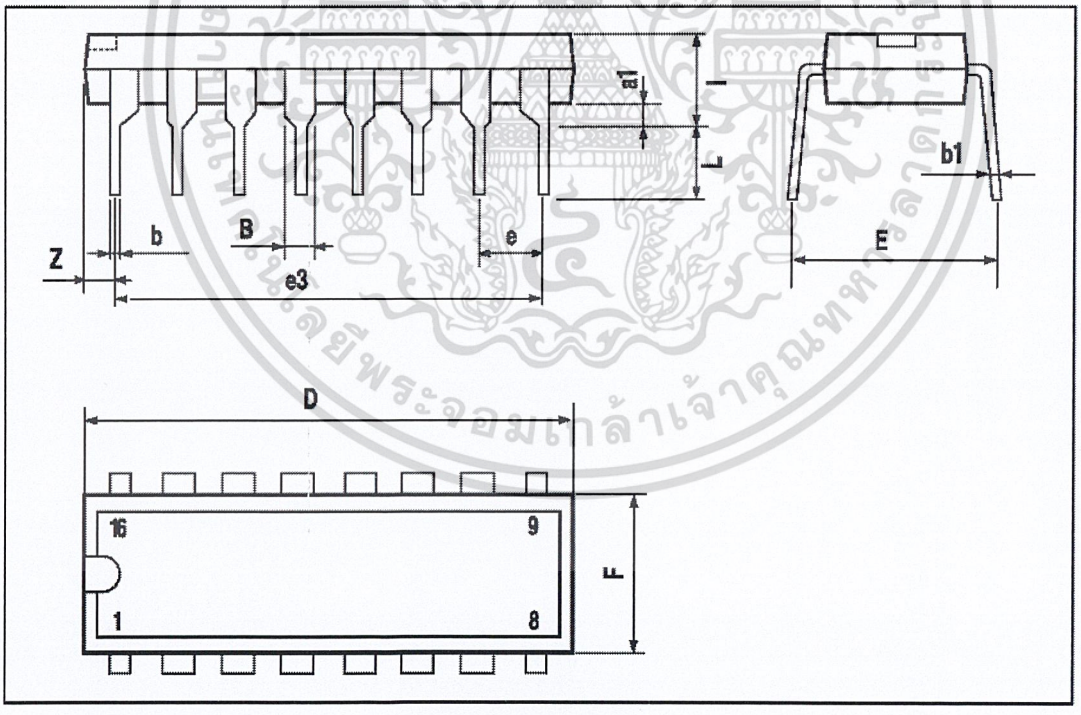
Figure 2: Junction to ambient thermal resistance vs. area on board heatsink (SO12+4+4 package)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POWERDIP16 PACKAGE MECHANICAL DATA

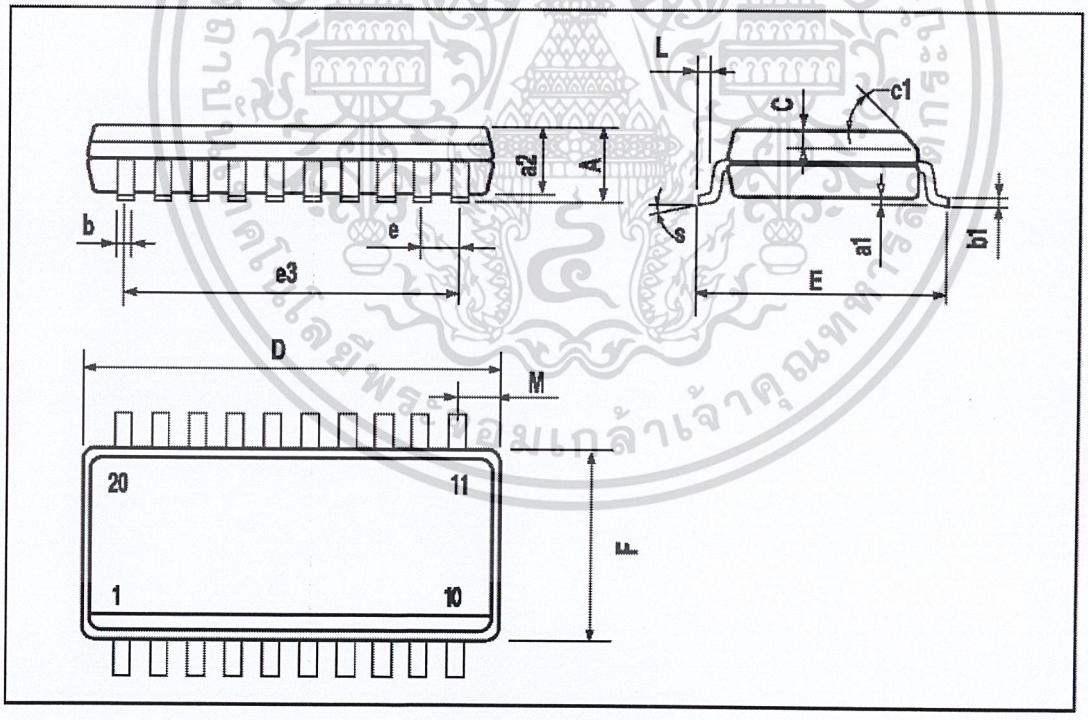
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.85		1.40	0.033		0.055
b		0.50			0.020	
b1	0.38		0.50	0.015		0.020
D			20.0			0.787
E		8.80			0.346	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.10			0.280
I			5.10			0.201
L		3.30			0.130	
Z			1.27			0.050



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SO20 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			2.65			0.104
a1	0.1		0.2	0.004		0.008
a2			2.45			0.096
b	0.35		0.49	0.014		0.019
b1	0.23		0.32	0.009		0.013
C		0.5			0.020	
c1		45			1.772	
D		1	12.6		0.039	0.496
E	10		10.65	0.394		0.419
e		1.27			0.050	
e3		11.43			0.450	
F		1	7.4		0.039	0.291
G	8.8		9.15	0.346		0.360
L	0.5		1.27	0.020		0.050
M			0.75			0.030
S	8° (max.)					



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 เอกสารคู่มือการใช้งาน LM339

ชิพไอซี LM339 ทำหน้าที่รับสัญญาณจากเซนเซอร์ แล้วแปลงผลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

Order this document by LM339/D

MOTOROLA

Quad Single Supply Comparators

LM339, LM339A, LM239, LM239A, LM2901, M2901V, MC3302

These comparators are designed for use in level detection, low–level sensing and memory applications in consumer automotive and industrial electronic applications.

- Single or Split Supply Operation
- Low Input Bias Current: 25 nA (Typ)
- Low Input Offset Current: ±5.0 nA (Typ)
- Low Input Offset Voltage: ±1.0 mV (Typ) LM139A Series
- Input Common Mode Voltage Range to Gnd
- Low Output Saturation Voltage: 130 mV (Typ) @ 4.0 mA
- TTL and CMOS Compatible
- ESD Clamps on the Inputs Increase Reliability without Affecting Device Operation

N, P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646

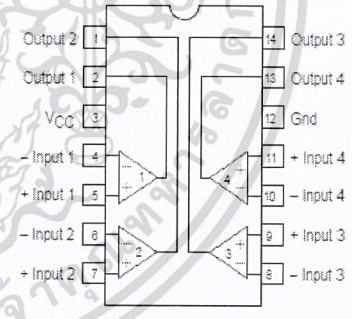
D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751A
(SO–14)

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage LM239, A/LM339A/LM2901, V MC3302	V_{CC}	 +36 or ±18 +30 or ±15	Vdc
Input Differential Voltage Range LM239, A/LM339A/LM2901, V MC3302	V_{IDR}	 36 30	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	V_{ICMR}	−0.3 to V_{CC}	Vdc
Output Short Circuit to Ground (Note 1)	I_{SC}	Continuous	
Power Dissipation @ T_A = 25°C Plastic Package Derate above 25°C	P_D	 1.0 8.0	 W mW/°C
Junction Temperature	T_J	150	°C
Operating Ambient Temperature Range LM239, A MC3302 LM2901 LM2901V LM339, A	T_A	 −25 to +85 −40 to +85 −40 to +105 −40 to +125 0 to +70	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	−65 to +150	°C

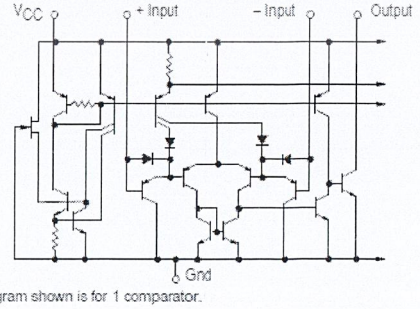
NOTE: 1. The maximum output current may be as high as 20 mA, independent of the magnitude of V_{CC}. Output short circuits to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction.

PIN CONNECTIONS



(Top View)

Figure 1. Circuit Schematic



NOTE: Diagram shown is for 1 comparator.

ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM239D,AD LM239N,AN	T_A = 25° to +85°C	SO–14 Plastic DIP
LM339D, AD LM339N, AN	T_A = 0° to +70°C	SO–14 Plastic DIP
LM2901D LM2901N	T_A = −40° to +105°C	SO–14 Plastic DIP
LM2901VD LM2901VN	T_A = −40° to +125°C	SO–14 Plastic DIP
MC3302P	T_A = −40° to +85°C	Plastic DIP

© Motorola, Inc. 1996 Rev 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM339, LM339A, LM239, LM239A, LM2901, M2901V, MC3302

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = +5.0 Vdc, T_A = +25°C, unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	LM239A/339A			LM239/339			LM2901/2901V			MC3302			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage (Note 4)	V_{IO}	–	±1.0	±2.0	–	±2.0	±5.0	–	±2.0	±7.0	–	±3.0	±20	mVdc
Input Bias Current (Notes 4, 5) (Output in Analog Range)	I_{IB}	–	25	250	–	25	250	–	25	250	–	25	500	nA
Input Offset Current (Note 4)	I_{IO}	–	±5.0	±50	–	±5.0	±50	–	±5.0	±50	–	±3.0	±100	nA
Input Common Mode Voltage Range	V_{ICMR}	0	–	V_{CC} −1.5	0	–	V_{CC} −1.5	0	–	V_{CC} −1.5	0	–	V_{CC} −1.5	V
Supply Current R_L = ∞ (For All Comparators) R_L = ∞, V_{CC} = 30 Vdc	I_{CC}	– –	0.8 1.0	2.0 2.5	– –	0.8 1.0	2.0 2.5	– –	0.8 1.0	2.0 2.5	– –	0.8 1.0	2.0 2.5	mA
Voltage Gain R_L ≥ 15 kΩ, V_{CC} = 15 Vdc	A_{VOL}	50	200	–	50	200	–	25	100	–	25	100	–	V/mV
Large Signal Response Time V_I = TTL Logic Swing, V_{ref} = 1.4 Vdc, V_{RL} = 5.0 Vdc, R_L = 5.1 kΩ	–	–	300	–	–	300	–	–	300	–	–	300	–	ns
Response Time (Note 6) V_{RL} = 5.0 Vdc, R_L = 5.1 kΩ	–	–	1.3	–	–	1.3	–	–	1.3	–	–	1.3	–	µs
Output Sink Current V_I (−) ≥ +1.0 Vdc, V_I(+) = 0, V_O ≤ 1.5 Vdc	I_{Sink}	6.0	16	–	6.0	16	–	6.0	16	–	6.0	16	–	mA
Saturation Voltage V_I(−) ≥ +1.0 Vdc, V_I(+) = 0, I_{sink} ≤ 4.0 mA	V_{sat}	–	130	400	–	130	400	–	130	400	–	130	500	mV
Output Leakage Current V_I(+) ≥ +1.0 Vdc, V_I(−) = 0, V_O = +5.0 Vdc	I_{OL}	–	0.1	–	–	0.1	–	–	0.1	–	–	0.1	–	nA

PERFORMANCE CHARACTERISTICS (V_{CC} = +5.0 Vdc, T_A = T_{low} to T_{high} [Note 3])

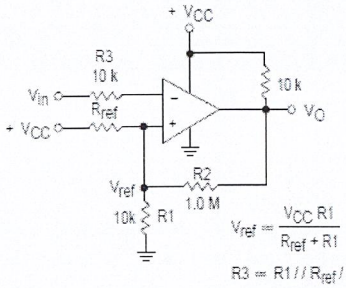
Characteristic	Symbol	LM239A/339A			LM239/339			LM2901/2901V			MC3302			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage (Note 4)	V_{IO}	–	–	±4.0	–	–	±9.0	–	–	±15	–	–	±40	mVdc
Input Bias Current (Notes 4, 5) (Output in Analog Range)	I_{IB}	–	–	400	–	–	400	–	–	500	–	–	1000	nA
Input Offset Current (Note 4)	I_{IO}	–	–	±150	–	–	±150	–	–	±200	–	–	±300	nA
Input Common Mode Voltage Range	V_{ICMR}	0	–	V_{CC} −2.0	0	–	V_{CC} −2.0	0	–	V_{CC} −2.0	0	–	V_{CC} −2.0	V
Saturation Voltage V_I(−) ≥ +1.0 Vdc, V_I(+) = 0, I_{sink} ≤ 4.0 mA	V_{sat}	–	–	700	–	–	700	–	–	700	–	–	700	mV
Output Leakage Current V_I(+) ≥ +1.0 Vdc, V_I(−) = 0, V_O = 30 Vdc	I_{OL}	–	–	1.0	–	–	1.0	–	–	1.0	–	–	1.0	µA
Differential Input Voltage All V_I ≥ 0 Vdc	V_{ID}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	Vdc

NOTES: 3. (LM239/239A) T_{low} = −25°C, T_{high} = +85°
(LM339/339A) T_{low} = 0°C, T_{high} = +70°C
(MC3302) T_{low} = −40°C, T_{high} = +85°C
(LM2901) T_{low} = −40°C, T_{high} = +105°
(LM2901V) T_{low} = −40°C, T_{high} = +125°C

4. At the output switch point, V_O ≈ 1.4 Vdc, R_S ≤ 100 Ω 5.0 Vdc ≤ V_{CC} ≤ 30 Vdc, with the inputs over the full common mode range (0 Vdc to V_{CC} −1.5 Vdc).
5. The bias current flows out of the inputs due to the PNP input stage. This current is virtually constant, independent of the output state.
6. The response time specified is for a 100 mV input step with 5.0 mV overdrive. For larger signals, 300 ns is typical.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2. Inverting Comparator with Hystersis



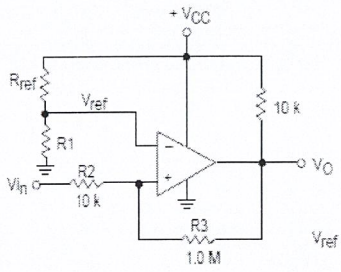
$$V_{ref} = \frac{V_{CC}\,R1}{R_{ref} + R1}$$

$$R3 = R1 \,//\, R_{ref} \,//\, R2$$

$$V_H = \frac{R1 \,//\, R_{ref}}{R1 \,//\, R_{ref} + R2}\,[V_{O(max)} - V_{O(min)}]$$

$$R2 \gg Rref \,//\, R1$$

Figure 3. Noninverting Comparator with Hysteresis



$$V_{ref} = \frac{V_{CC}\,R1}{R_{ref} + R1}$$

$$R2 = R1 \,//\, R_{ref}$$

Amount of Hysteresis V_H

$$V_H = \frac{R2}{R2 + R3}\,[V_{O(max)} - V_{O(min)}]$$

Typical Characteristics

(V_{CC} = 15 Vdc, T_A = +25°C (each comparator) unless otherwise noted.)

Figure 4. Normalized Input Offset Voltage

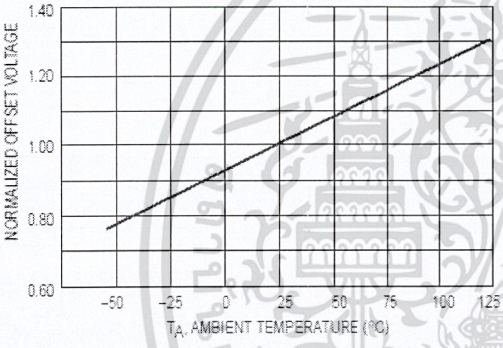


Figure 5. Input Bias Current

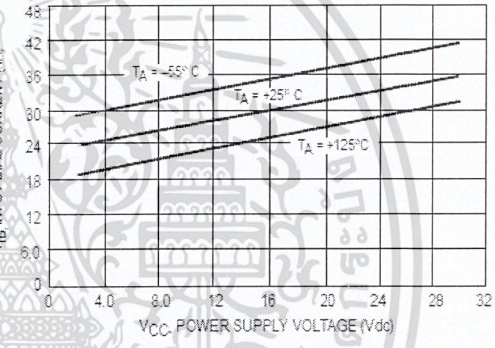
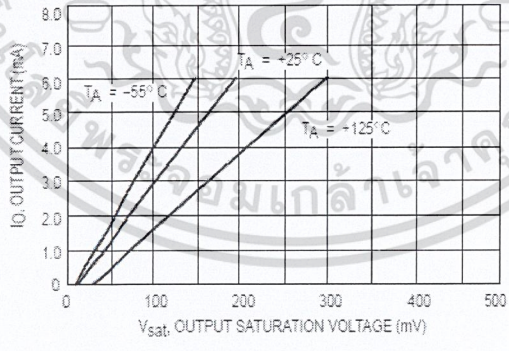
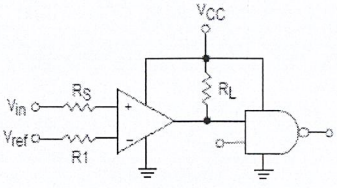


Figure 6. Output Sink Current versus Output Saturation Voltage



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

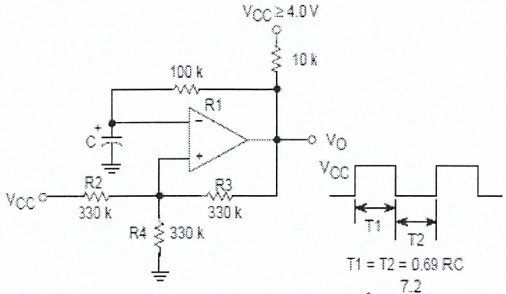
Figure 7. Driving Logic



R_S = Source Resistance
$R1 = R_S$

Logic	Device	V_{CC} (V)	R_L kΩ
CMOS	1/4 MC14001	+15	100
TTL	1/4 MC7400	+5.0	10

Figure 8. Squarewave Oscillator



$T1 = T2 = 0.69\ RC$

$f \approx \frac{7.2}{C(\mu F)}$

$R2 = R3 = R4$

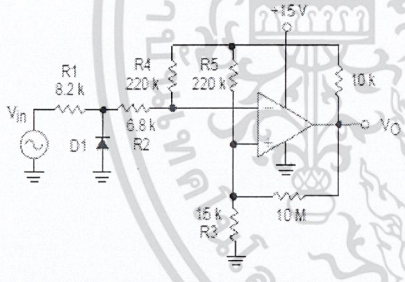
$R1 \approx R2 \,//\, R3 \,//\, R4$

APPLICATIONS INFORMATION

These quad comparators feature high gain, wide bandwidth characteristics. This gives the device oscillation tendencies if the outputs are capacitively coupled to the inputs via stray capacitance. This oscillation manifests itself during output transitions (V_{OL} to V_{OH}). To alleviate this situation input resistors < 10 kΩ should be used. The addition of positive feedback (< 10 mV) is also recommended. It is good design practice to ground all unused input pins.

Differential input voltages may be larger than supply voltages without damaging the comparator's inputs. Voltages more negative than –300 mV should not be used.

Figure 9. Zero Crossing Detector (Single Supply)

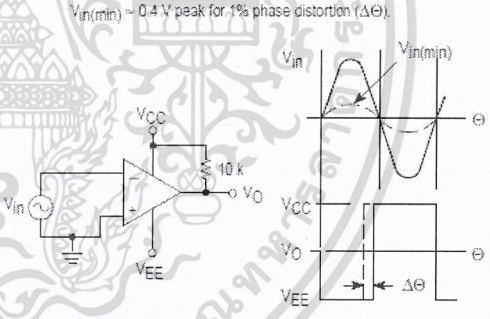


D1 prevents input from going negative by more than 0.6 V.

$R1 + R2 = R3$

$R3 \leq \frac{R5}{10}$ for small error in zero crossing

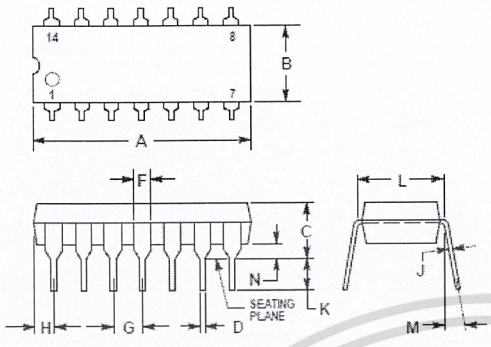
Figure 10. Zero Crossing Detector (Split Supplies)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTLINE DIMENSIONS

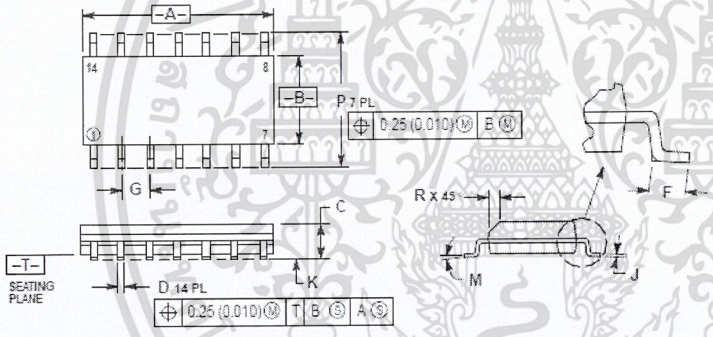
N, P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646–06
ISSUE L



NOTES:
1. LEADS WITHIN 0.13 (0.005) RADIUS OF TRUE POSITION AT SEATING PLANE AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
2. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
3. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
4. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

	INCHES		MILLIMETERS	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	19.56
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	10°	0°	10°
N	0.015	0.039	0.39	1.01

D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751A–03
(SO–14)
ISSUE F



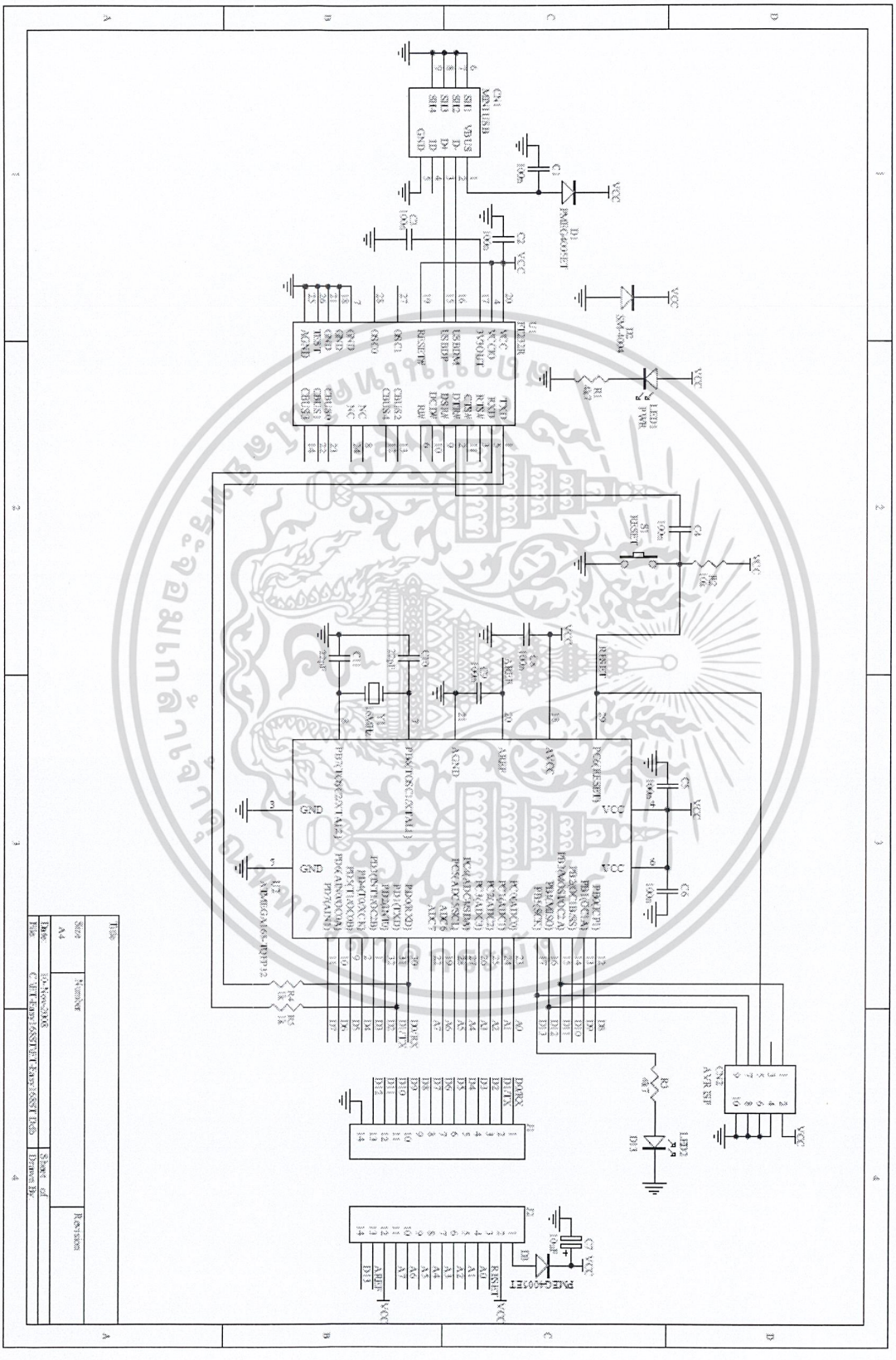
NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.006) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 วงจร ET-EASY 168 STAMP

วงจร ET-EASY 168 STAMP เป็นวงจรสำเร็จรูป ภายในมีองค์ประกอบต่างๆ ดังรูป



เอกสารอ้างอิง

[1] ผศ.ดร.เสถียร ธัญญศรีรัตน์. พื้นฐานหุ่นยนต์อุตสาหกรรม.กรุงเทพมหานคร : งานส่งเสริมวิจัยและตำราโรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน, 2551.

[2] ศุภชัย สมพานิช. คู่มือการเขียนโปรแกรมและการใช้งาน Visual C#.Net. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด, 2546.

[3] ปรีชา ลีอ่ำ, ปัญจพันธ์ แก้วมงคล, ปิยศิลป์ รัศมีพระพุทธา. “แขนกลจับของ.” ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2551.

[4] วัฒนพงษ์ วิภูษณวรรณ, อาทร แก้วเจริญรุ่งเรือง. “แขนกล.” ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2543.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้