สำนักหอสมุด

เครื่องจำลองสำหรับฝึกจัดท่าของเครื่องแมมโมแกรม

VIRTUAL MACHINE FOR POSE OF A MAMMOGRAM

นายเขมชาติ มั่นมี รหัส 52361642
นายธีรวัฒน์พล ทิวารัตน์ รหัส 52361864

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 20 ต.ค. 2560
เลขทะเบียน 15199363
เลขเรียกหนังสือ

ปร
ข 636ค
2557

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2557

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน เครื่องจำลองสำหรับฝึกจัดท่าของเครื่องแมมโมแกรม

ผู้ดำเนินโครงงาน นายเขมชาติ มั่นมี รหัส 52361642

นายธีรวัฒน์พล ทิวารัตน์ รหัส 52361864

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2557

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัสสุรีย์ ชีพสุมนต์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิศุทธิ์ วรจิรันตน์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องจำลองสำหรับฝึกจัดท่าของเครื่องแมมโมแกรม
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายเขมชาติ มั่นมี รหัส 52361642
	นายธีรวัฒน์พล ทิวารัตน์ รหัส 52361864
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2557

.....

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการเอ็กซเรย์เต้านมด้วยเครื่องแมมโมแกรมเป็นวิธีการในการตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมที่มีการใช้รังสีเอกซ์ นอกจากนี้การจัดท่าก่อนการถ่ายเอกซเรย์ที่ไม่ถูกต้องก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ต้องทำการถ่ายเอกซเรย์ซ้ำ โครงงานฉบับนี้ จึงนำเสนอการพัฒนาเครื่องจำลองแมมโมแกรมสำหรับฝึกจัดท่าอย่างง่าย และมีราคาถูก เพื่อให้นักรังสีเทคนิคฝึกจัดท่าการถ่ายเอกซเรย์เต้านมที่ถูกต้อง และทำให้ได้ภาพเอกซเรย์เต้านมที่มีคุณภาพเพียงพอต่อการวินิจฉัย เครื่องจำลองแมมโมแกรมที่พัฒนาขึ้นประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ฐานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม ตัวยูของเครื่องจำลองแมมโมแกรม และกล่องควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีการทดสอบประสิทธิภาพของโมดูลวัดระยะ และเซอร์โวมอเตอร์

จากการทดลองโมดูลวัดระยะด้วยการวัดระยะความสูงระหว่างแผ่นกดทับกับฐานตัวยู พบว่ามีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์อยู่ที่ประมาณ ± 0.3 เซนติเมตร รวมทั้งวัดความสูงระหว่างฐานของตัวยูถึงพื้นมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์อยู่ที่ประมาณ ± 1.4 เซนติเมตร และจากการทดลองเซอร์โวมอเตอร์ด้วยการวัดมุมองศาในการหมุนซ้าย-หมุนขวาของตัวยู พบว่ามีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์อยู่ที่ประมาณ ± 4 องศา โดยที่ปริมาณความคลาดเคลื่อนของโมดูลวัดระยะและเซอร์โวมอเตอร์ไม่ส่งผลเสียต่อการทำงานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม

Project title	Virtual Machine for Pose of a Mammogram
Name	Mr. Kheammachat Manmee ID. 52361642
	Mr. Thirawatnphon Tiwarat ID. 52361864
Project advisor	Assistant Professor Suchart Yammen, Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2014

.....

Abstract

At present, breast x-ray via the mammogram machine is the way to do the breast screening by using an x ray. Moreover, the wrong set-up of positions before doing the x-ray can be one factor causing the repeating of x-ray. This project aims to present the mammogram simulation model development for position set-up practice. It is cheap in price for radiologists to practice setting up the right positions before doing the breast x-ray and this can result in having the qualified breast x-ray picture which will be enough for diagnosis. The mammogram simulation model that was being developed consists of three main parts – the base, the u-shape, and the microcontroller box. Also, there are the efficiency check of ultrasonic ranging module, and servomotor.

According to the experiment result of the ultrasonic ranging module which was used to measure the height between the pressing plate and the u-shape base, it was found that the mean absolute error is ± 0.3 centimeters. The height from the base of u-shape to the floor has its mean absolute error of ± 1.4 centimeters. In addition, from the experiment result of the servomotor used to measure angles in the left and right turn of the u-shape, it also found that the mean absolute error has ± 4 degrees. The quantity of absolute error of ultrasonic ranging module and servomotor doesn't give any bad effect to the work of mammogram simulation model.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น ซึ่งเป็นที่ปรึกษาโครงงานและให้ความกรุณาในการตรวจทานปริญญานิพนธ์ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านตลอดไป

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัสสุรีย์ ชีพสุมนต์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิศุทธิ์ วรจิรันตน์ ซึ่งเป็นคณะกรรมการในการสอบโครงงานที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง และข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ในโครงงานนี้ ทำให้โครงงานนี้ออกมาสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆตลอดระยะเวลาของการศึกษาเล่าเรียน ซึ่งเป็นความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในการทำโครงงานนี้และยังสามารถนำไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต

เหนือสิ่งอื่นใด คณะผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ผู้มอบความรักความเมตตากรุณา และเป็นกำลังใจให้เสมอมา รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่วัยเยาว์จวบจนปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ และขอขอบคุณทุกๆคนในครอบครัวของคณะผู้ดำเนินโครงงานที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายเขมชาติ มั่นมี
นายธีรวัฒน์พล ทิวารัตน์

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 เครื่องเอกซเรย์เต้านม 4
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 5
2.2.1 บอร์ด Arduino Uno R3 5
2.2.2 บอร์ด Arduino Mega 2560 8

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3 Ultrasonic Ranging Module HC-SR04 โมดูลเพื่อใช้ในการวัดระยะทาง 10
2.4 มอเตอร์ฟ้ากระแสตรง (DC MOTOR) 11
2.4.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12
2.4.2 ส่วนประกอบ และโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12
2.4.2.1 อาร์เมเจอร์ (Armature) 12
2.4.2.2 ขั้วแม่เหล็ก 12
2.4.2.3 คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) 12
2.4.2.4 ชุดแปรงถ่าน 13
2.5 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) 13
2.6 การวัดความคลาดเคลื่อนของเครื่องจำลองเอกซเรย์เต้านม 14

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน 15
3.1 ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องเอกซเรย์เต้านม 15
3.2 ศึกษาการทำงาน และโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ 15
3.3 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโมดูลวัดระยะ ดีซีมอเตอร์ และเซอร์โวมอเตอร์ 15
3.4 ออกแบบโครงสร้างแบบจำลองแมมโมแกรม 16
3.4.1 การทำฐานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม 16
3.4.2 การติดตั้งแบบล็อคให้กับฐานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม 16
3.4.3 ออกแบบโครงสร้างส่วนบนของฐาน 17
3.4.4 ออกแบส่วนประกอบต่างๆของโครงส่วนฐาน 18
3.4.5 การออกแบโครงของตัวยู 19
3.4.6 การติดแผ่นอะครีลิคกับโครงของตัวยู 21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.7 ออกแบบโครงด้านหลังของตัวยู 22
3.4.8 การออกแบกล่องควบคุมหน้าจอแสดงผล 23
3.4.9 นำส่วนตัวยูมาประกอบกับแกนของส่วนฐานของตัวยู และติดตั้งกล่องควบคุมไว้ข้างฐานของตัวยู.....24
3.5 ออกแบบระบบควบคุมการทำงานมอเตอร์ และโมดูลวัดระยะโดย Arduino 25
3.5.1 การทำงานของโมดูลวัดระยะ (HC-SR04) 25
3.5.2 การทำงานของ Switch และการแสดงค่าองศา 26
3.6 ออกแบบลายปริ้นวงจรอุปกรณ์เสริม.....27
3.7 ทำโครงสร้างเครื่องจำลองแมมโมแกรม 31
3.8 ทดสอบระบบการทำงานของเครื่องแมมโมแกรม.....37
3.9 วิเคราะห์ผลการทดลองสรุปผลการทดลองปัญหา และข้อเสนอแนะ.....37
3.10 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์.....37

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 38
4.1 การทำโครงสร้างตัวเครื่องแบบจำลองแมมโมแกรม.....38
4.1.1 การทำโครงสร้างฐานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม 38
4.1.2 การติดล้อแบบล็อคให้กับฐานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม 39
4.1.3 สร้างโครงส่วนฐานส่วนบนของเครื่องจำลองแมมโมแกรม 39
4.1.4 ทำส่วนประกอบต่างๆของโครงสร้างส่วนบนของเครื่องจำลองแมมโมแกรม..40
4.1.5 การสร้างโครงด้านข้างของตัวยู.....40
4.1.6 การสร้างโครงด้านหลังของตัวยู.....41
4.1.7 การติดแผ่นอะครีลิคกับโครงของตัวยู.....41
4.1.8 การทำกล่องควบคุมหน้าจอแสดงผล 42
4.1.9 การสร้างเครื่องจำลองแมมโมแกรมแบบสมบูรณ์ 42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.10 ลายปริ้นที่ใช้ในวงจร 43
4.1.11 การต่อวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม 43
4.2 การทดสอบโมดูลวัดระยะทาง ในการวัดความสูง 44
4.2.1 การทดสอบโมดูลวัดระยะทางในการวัดความสูงระหว่างฐานของตัวยูถึงพื้น 44
4.2.2 การทดสอบโมดูลวัดระยะทางในการวัดความสูงระหว่างแผ่นกดทับถึงฐานของตัวยู 45
4.3 การทดสอบอ่านค่าองศาการหมุนซ้าย-หมุนขวาของตัวยู 46

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 48
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 48
5.2 ปัญหาและการแก้ไข 49
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา 50

เอกสารอ้างอิง 51

ภาคผนวก ก โปรแกรมการทำงานของ Arduino Uno R3 52
ภาคผนวก ข โปรแกรมการทำงานของ Arduino Mega 2560 58

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 65

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 รายละเอียดการทางานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328 7
2.2 รายละเอียดการทางานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA2560.....9
3.1 แสดงรายละเอียดการต่อวงจรควบคุมของอุปกรณ์ และขาที่ใช้งานของรูปที่ 3.18 33
4.1 แสดงการทดลองวัดระยะความสูงระหว่างฐานของตัวยูถึงพื้น.....44
4.2 แสดงการทดลองวัดระยะความสูงของแผ่นกดทับถึงฐานของตัวยู.....45
4.3 แสดงการทดสอบอ่านค่าองศาเทียบกับแกนนอนการหมุนซ้าย-หมุนขวาของตัวยู.....46

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328 6
2.2 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA2560-16AU 8
2.3 แสดงภาพ Ultrasonic Ranging Module HC-SR04 10
2.4 แสดงลักษณะของ DC Motor 12 V ขนาด 5 rpm 11
2.5 แสดงลักษณะของ Servo Motor S6772BB/MG 13
2.6 เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปทางขวา 13
2.7 เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปทางซ้าย 14
2.8 เซอร์โวมอเตอร์อยู่กึ่งกลาง 14
3.1 แสดงแบบมุมด้านบนของฐาน 16
3.2 แสดงแบบเมื่อเชื่อมล้อเข้ากับฐาน 17
3.3 แสดงแบบโครงสร้างส่วนบนของฐาน 18
3.4 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของโครงสร้าง 19
3.5 แสดงภาพแบบมุมด้านข้างของตัวยู 20
3.6 แสดงภาพด้านหลังของโครงตัวยู 21
3.7 แสดงภาพโครงตัวยูหลังติดแผ่นอะคริลิค 22
3.8 แสดงภาพกล่องควบคุม 23
3.9 แสดงส่วนประกอบของเครื่องจำลองแมมโมแกรม 24
3.10 แผนผังแสดงการทำงานของ โมดูลวัดระยะ (HC-SR04) 25
3.11 แผนผังแสดงการทำงานของ Switch และการแสดงค่าองศา 26
3.12 แสดงภาพการออกแบบวงจรเสริม 27
3.13 แสดงภาพลายวงจรของแผ่นใส 28
3.14 แสดงภาพแผ่นปริ้นหลังจากผ่านการรีด 28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.15 แสดงภาพการนำแผ่นปริ้นไปกัดด้วยน้ำยากัดปริ้น 29
3.16 แสดงภาพลายวงจรหลังการกัดปริ้น 29
3.17 แสดงภาพแบบการต่ออุปกรณ์เสริมภายในวงจรลายปริ้น 30
3.18 แสดงภาพการออกวงจรควบคุม 32
4.1 แสดงภาพโครงสร้างส่วนฐาน 38
4.2 แสดงภาพล้อแบบล๊อค 39
4.3 แสดงภาพโครงฐานส่วนบน 39
4.4 แสดงภาพโครงส่วนบน 40
4.5 แสดงภาพโครงด้านข้างของตัวยู 40
4.6 แสดงภาพโครงด้านหลังของตัวยู 41
4.7 แสดงภาพโครงของตัวยูหลังติดแผ่นอะคริลิค 41
4.8 แสดงภาพกล่องควบคุม 42
4.9 แสดงภาพเครื่องจำลองแมมโมแกรม 42
4.10 แสดงภาพลายปริ้น 43
4.11 แสดงภาพภายในกล่องควบคุม และการต่อวงจร 43
4.12 แสดงภาพการทดลองวัดระยะของโมดูลวัดระยะ ระหว่างฐานของตัวยูถึงพื้น 45
4.13 แสดงภาพการทดลองวัดระยะของโมดูลวัดระยะ ระหว่างแผ่นกดทับถึงฐานของตัวยู 46
4.14 แสดงภาพการทดสอบการวัดมุมองศาออกจอ LCD 47

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันการเอ็กซเรย์เต้านมด้วยเครื่องแมมโมแกรมเป็นวิธีการในการตรวจเพื่อคัดกรองมะเร็งเต้านมที่มีการใช้รังสีเอกซ์ โดยในขณะทำการเอกซเรย์ เต้านมจะถูกกดแน่นด้วยอุปกรณ์ชนิดหนึ่ง เพื่อให้เห็นความผิดปกติอย่างชัดเจน นอกจากนี้การจัดท่าก่อนการถ่ายเอกซเรย์ที่ไม่ถูกต้องก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ต้องทำการถ่ายเอกซเรย์ซ้ำ นักรังสีเทคนิคซึ่งเป็นผู้ที่จะต้องทำการจัดท่าถ่ายภาพเอกซเรย์ดังกล่าว ควรต้องมีการฝึกปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้เกิดความชำนาญ และเพื่อให้ได้มาซึ่งภาพเอกซเรย์เต้านมที่มีคุณภาพเพียงพอต่อการวินิจฉัยโรค

แต่ปัญหาที่พบคือ เครื่องแมมโมแกรมนั้นมีระบบซับซ้อนมาก และมีราคาแพงดังนั้น คณะผู้จัดทำจึงมีความประสงค์ที่จะสร้างเครื่องจำลองแมมโมแกรมอย่างง่าย และมีราคาถูกขึ้นมาเพื่อให้สามารถนำเครื่องนี้ไปพัฒนาฝึกฝนทักษะในการจัดท่าให้ถูกต้อง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อสร้างเครื่องจำลองแมมโมแกรมสำหรับฝึกจัดท่าโดยการควบคุมไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

เครื่องจำลองแมมโมแกรมสามารถวัดองศาโดยใช้เซอร์โวมอเตอร์หมุนได้ตั้งแต่ –89 องศา ถึง 89 องศา ส่วนโมดูลวัดระยะใช้ในการวัดระดับความสูงของตัวยูต่ำสุดสามารถวัดได้ประมาณ 45 เซนติเมตร สูงสุดสามารถวัดได้ประมาณ 155 เซนติเมตร และการวัดระดับความสูงของแผ่นกดทับต่ำสุดสามารถวัดได้ประมาณ 2 เซนติเมตร และสูงสุดสามารถวัดได้ประมาณ 28 เซนติเมตร โดยแสดงผลออกหน้าจอ LCD

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

ตารางขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี 2557								
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวกับเครื่องเอกซเรย์เต้านม	←	→							
2. ศึกษาการทำงานและโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์		←	→						
3. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโมดูลวัดระยะ ดีซีมอเตอร์ และเซอร์โวมอเตอร์		←	→						
4. ออกแบบโครงสร้างแบบจำลองแมมโมแกรม			←	→					
5. ออกแบบระบบควบคุมการทำงานมอเตอร์และโมดูลวัดระยะโดย Arduino					←	→			
6. ออกแบบลายปริ้นวงจรอุปกรณ์เสริม							←	→	
7. ออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม				←	→				
8. การสร้าง และทดสอบระบบการทำงานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม								←	→
9. วิเคราะห์ผลการทดลองสรุปผลการทดลองปัญหาและข้อเสนอแนะ									← →
10. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์							←	→	

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 นิสิตได้พัฒนาทักษะการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino การทำงานของโมดูลวัดระยะ และการทำงานพื้นฐานของดีซีมอเตอร์ เซอร์โวมอเตอร์

1.5.2 นิสิตรังสีเทคนิค สามารถใช้เครื่องจำลองแมมโมแกรมสำหรับฝึกการจัดท่า เพื่อให้เกิดความชำนาญ

1.5.3 ผู้ป่วยที่มาตรวจมะเร็งเต้านมจะได้รับการตรวจคัดกรองอย่างมีประสิทธิภาพจากผู้ชำนาญการ

1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

1.6.1 ค่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	1,500	บาท
1.6.2 ค่าถ่ายเอกสารและจัดทำรูปเล่ม	500	บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สองพันบาทถ้วน)	2,000	บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้คณะผู้จัดทำโครงงานนี้ได้ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องซึ่งเริ่มต้นศึกษาจากเครื่องเอกซเรย์เต้านม ไมโครคอนโทรลเลอร์ โมดูลวัดระยะทาง(HC-SR04) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และเซอร์โวมอเตอร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 เครื่องเอกซเรย์เต้านม

เครื่องมือสร้างภาพรังสีเต้านมหรือเครื่องเอกซเรย์เต้านม เป็นเครื่องเอกซเรย์ประเภทหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการตรวจวินิจฉัยเพื่อหาสิ่งผิดปกติของมะเร็งเต้านมได้ดีที่สุดช่วยวินิจฉัยโรคของเต้านมชนิดต่างๆได้แก่ ก้อนเนื้องอกธรรมดาก้อนมะเร็งถุงน้ำการอักเสบ และการเกิดหินปูน ช่วยหลีกเลี่ยงการผ่าตัดที่ไม่จำเป็น

เทคนิคในการถ่ายภาพรังสีเต้านมเกิดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ.1920 โดยนายแพทย์ AlbertSalomon และได้ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องในปี ค.ศ.1950 ประสบความสำเร็จเกี่ยวกับการใช้เทคนิคในการถ่ายภาพรังสีเต้านมแบบ lowkvp และ highmAs กับอุปกรณ์รับภาพชนิด ไดเร็คฟิล์มเอ็กโพชัว (Directfilmexposure) ในปี ค.ศ.1960 และ Ruzicka ได้นำเสนอการสร้างภาพแบบ ซีโร่แมมโมกราฟฟี่ (Xero-mammography) ซึ่งให้รายละเอียดและ คอนแทค (Contrast) ของภาพดีกว่าระบบสร้างภาพชนิด ไดเร็คฟิล์มเอ็กโพชัว (Directfilmexposure) ทั้งยังลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับอีกด้วยต่อมาปี ค.ศ.1966 ยอมรับการใช้ โมลิบดีมัน(Molybdemun) เป็น ทาเก็ต (Target) และฟิวเตอร์ (Fillter) ในหลอดเอกซเรย์ สำหรับใช้งานทางคลินิกและในปี ค.ศ.1972 ซีโร่แมมโมกราฟฟี่ (Xero-mammography) ถูกแทนที่ด้วยระบบการสร้างภาพแบบ ซิงเกอร์อิมีลชันสกรีนฟิล์ม (Single-emulsion screen-film) ซึ่งให้ซึ่งคุณภาพของภาพที่เหนือกว่าและลดปริมาณรังสีให้ผู้ป่วยได้มากกว่า และตั้งแต่ปี ค.ศ.1990 มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องไม่ว่าจะเป็นการใช้ เกรทแทคนีค (Gridtechnique) การให้ความสำคัญกับการกดทับเต้านม (Compression) การใช้ ไฮฟีเควนซี่เจนเนอเรเตอร์ (Hight-frequencygenerators) การใช้ระบบปรับค่าเทคนิคแบบอัตโนมัติ (Automaticexposurecontrol) จนถึงปัจจุบันมีการพัฒนาระบบการสร้างภาพมาเป็นดิจิตอล (Digitalmammography) ซึ่งกำลังจะมาแทนระบบการสร้างภาพแบบ ซิงเกอร์อิมีลชันสกรีนฟิล์มแมมโมกราฟฟี่ (Single-emulsionscreen-filmmammography)

หลักการทำงานของเครื่องเอกซเรย์เต้านม ทำการถ่ายเอกซเรย์โดยปล่อยลำรังสีเอกซ์ผ่านเต้านมมากระทบแผ่นรับภาพ (Imagerecepter) ซึ่งอาจเป็นแผ่นรับภาพ คาสเซทที่มีฟิล์มบรรจุอยู่ภายในรังสีเอกซ์จะทำให้สกรีนที่อยู่ภายในคาสเซทเกิดการเรืองแสง และฟิล์มจะรับแสงจะสกรีนทำให้เกิดภาพแฝงบนฟิล์ม เมื่อนำไปผ่านขบวนการล้างฟิล์มจะได้ภาพเอกซเรย์เต้านมออกมา

เครื่องแมมโมแกรมในประเทศไทยตอนนี้มีเทคโนโลยีอยู่ 3 ระดับด้วยกัน ซึ่งเครื่องแต่ละแบบจะให้รายละเอียดที่ไม่เท่ากัน

1. เครื่องเอกซเรย์เต้านมแบบใช้ฟิล์ม ถือเป็นเทคโนโลยีรุ่นแรกที่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องรายละเอียดของเต้านมที่ยังไม่ดีพอ

2.เครื่องเอกซเรย์เต้านมแบบดิจิทัลแบบถ่ายภาพด้วยรังสีคอมพิวเตอร์ (Computed Radiography : DR) ต่างจากระบบฟิล์มตรงที่ใช้แผ่นรับภาพที่เป็นผลึกเรืองแสงแทนฟิล์มเอกซเรย์ก่อนได้ภาพมาต้องนำแผ่นรับภาพไปผ่านการแสกนด้วยเครื่องอ่านที่ใช้แสงเลเซอร์ซะก่อนถึงจะได้เป็นภาพดิจิทัลข้อดี คือ ได้ภาพที่เป็นดิจิทัล แพทย์สามารถปรับความขาวดำของภาพได้

3. เครื่องเอกซเรย์เต้านมดิจิตอลแบบถ่ายภาพดิจิตอล (DigitalRadiography : DR) หรือบางทีจะเรียกว่า การตรวจเต้านมแบบดิจิตอลเต็มรูปแบบ (Full Field Digital Mammography : FFDM) เครื่องนี้จะต่างจากแบบแรกและแบบที่สองคือตัวรับภาพ จะเป็น เซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor)โดยแผ่นรับภาพจะรับแสงเอกซเรย์ที่ผ่านเนื้อเต้านมแล้วแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วนำไปแปลงเป็นภาพดิจิทัลโดยตรง การได้ภาพมารวดเร็วเหมือนการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล เครื่องแบบนี้จะให้รายละเอียดของเนื้อเต้านม และรอยโรคที่ละเอียดและชัดเจนที่สุด ซึ่งปัจจุบันโรงพยาบาลต่างๆ ในประเทศไทยก็ติดตั้งเป็นระบบนี้กันแล้ว

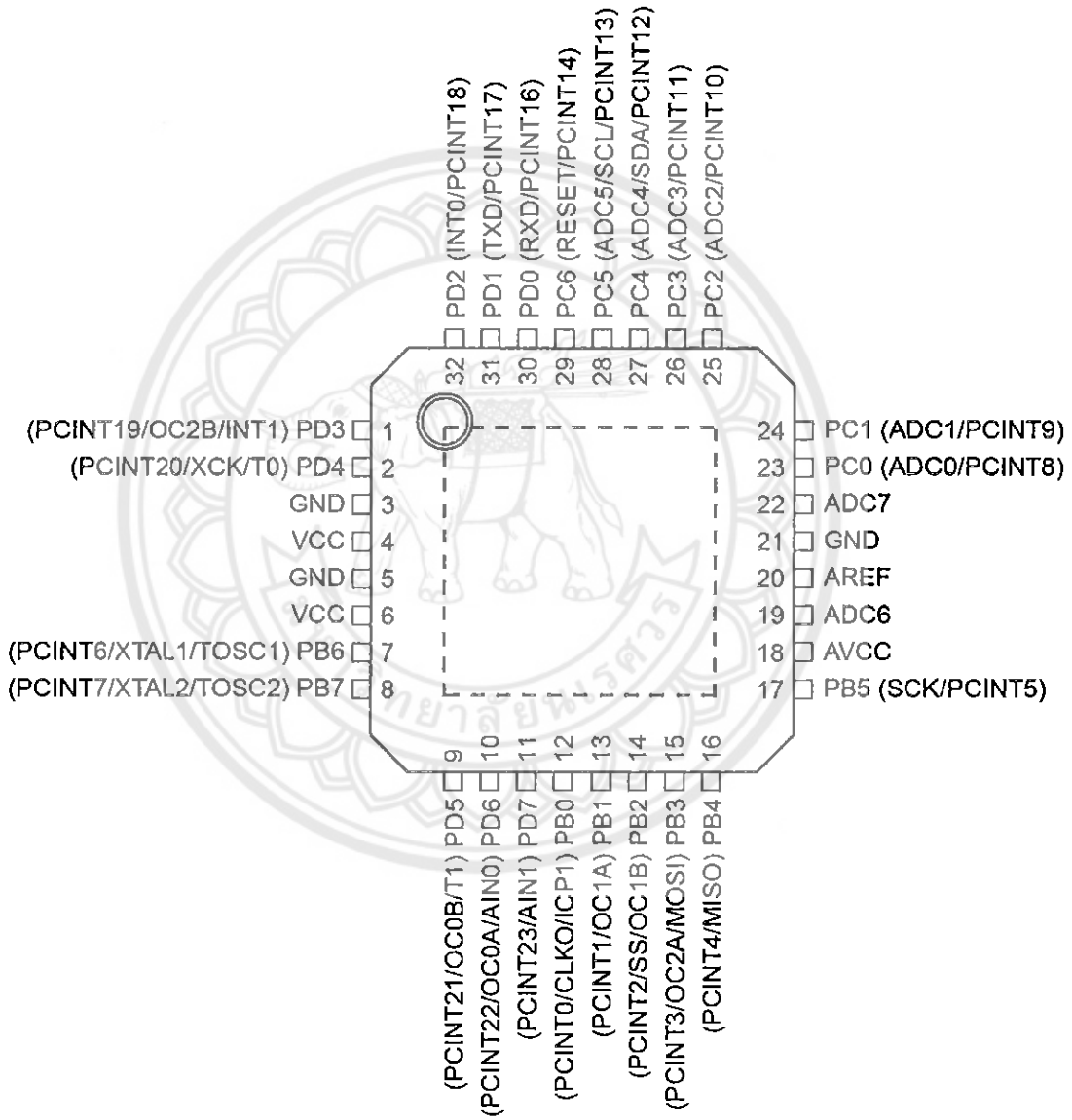
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรเลอร์คือส่วนที่ใช้ในการควบคุมและกำหนดการทำงานของอุปกรณ์ในส่วนอื่นเพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามที่เราต้องการดังนั้นการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงต้องคำนึงถึงคุณสมบัติและโครงสร้างได้แก่ จำนวนขา หน่วยความจำภายใน จำนวนพอร์ต และการเชื่อมต่อในนี้โครงงานนี้ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328 และ ATMEGA2560-16AU เนื่องจากมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับที่ต้องการ และยังรองรับการพัฒนาด้วยภาษาซี

2.2.1 บอร์ด Arduino Uno R3

บอร์ด อาร์สามยูโน่อาดุยโน่ (Arduino Uno R3) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega328 ใช้ในการควบคุมสั่งการมอเตอร์ 2 ตัวให้ทำงานผ่านการกดสวิตซ์ โดยมอเตอร์ตัวที่ 1 จะทำหน้าที่เลื่อนขึ้น-ลงของตัวยูมีสวิตซ์มือกด 2 ตัวเป็นตัวออกคำสั่ง และมอเตอร์ตัวที่ 2 จะทำให้ที่เลื่อนขึ้น-ลงของแผ่นกดทับมีสวิตซ์เท้า 2 ตัวเป็นตัวออกคำสั่ง

โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328 ไมโครคอนโทรเลอร์หมายเลข ATmega328 ประกอบด้วยขาที่ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์มีทั้งหมด 32 ขาแบ่งออกเป็นพอร์ตทั้งหมด 3 พอร์ตคือพอร์ตบี พอร์ตซี และพอร์ตดี ดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยในส่วนนี้ได้เลือกใช้พอร์ตบี และพอร์ตดี ดังแสดงในตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.1 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328

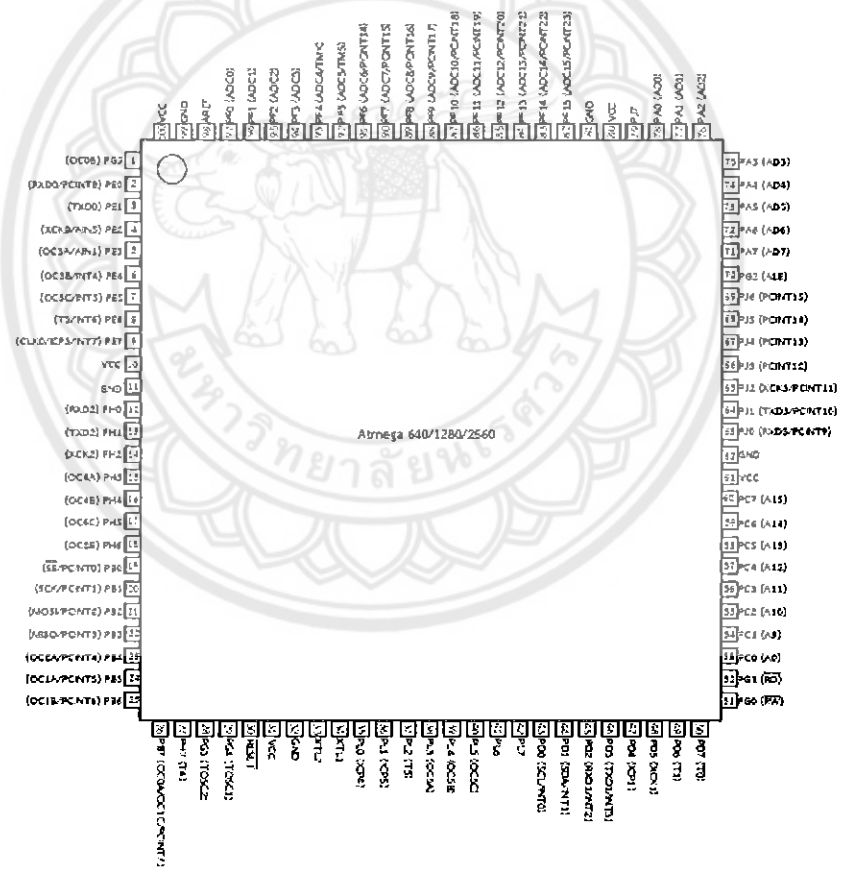
พอร์ต	หน้าที่การทำงาน	ขาที่ใช้งาน
VCC	แรงดันดิจิตอล	22
GND	สำหรับต่อลงกราวด์	20
Port B (PB0-PB7)	พอร์ต B เป็น 8 บิตสองทิศทางพอร์ต I / O มีตัวต้านทานพูล-อัพภายใน (เลือกสำหรับแต่ละบิต)พอร์ต A บัฟเฟอร์ส่งออกtri-stated เมื่อตั้งค่าเงื่อนไขจะกลายเป็นการใช้งาน แม้ว่านาฬิกาไม่ได้ทำงานทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการตั้งค่าฟิวส์เลือกนาฬิกา PB6 สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการขยายสัญญาณแบบกลับหัว PB7 สามารถใช้เป็นเอาท์พุทจากขยายการกลับหัวออสซิลเลเตอร์มีการเชื่อมต่อข้อมูลแบบ SPISPIเป็นการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เพื่อรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronize) มีสัญญาณนาฬิกาเข้ามาเกี่ยวข้องระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	8 12 13
Port D (PD0-PD7)	พอร์ต D จะมีพอร์ต I/O ทิศ 8 บิต มี resistors pull-up ภายใน (เลือกในแต่ละบิต) บัฟเฟอร์ของพอร์ต B มีลักษณะสมมาตรไดรฟ์อ่างสูงและความสามารถของแหล่ง เป็นอินพุต หมุดพอร์ต D ที่ ภายนอกดึงต่ำจะแหล่งปัจจุบันถ้ามีการเรียกใช้ pull-up resistors หมุดพอร์ต D จะระบุตรีเมื่อการ สภาพใหม่ใช้งาน แม้ว่าสัญญาณนาฬิกาไม่ได้ทำงาน	2 3 4 6 7

จากตารางที่ 2.1 ขาที่ใช้งานมีรายละเอียดอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับขาไมโครคอนโทรลเลอร์ดังนี้ ขาที่ 2 และ8 ต่อเข้ากับสวิตซ์กดเลื่อนขึ้น-ลงของฐานตัวยู ขาที่ 12 และ13 ต่อเข้ากับสวิตซ์เท้ากดเลื่อนขึ้น-ลงของแผ่นกดทับ ขาที่ 3 และ4 ต่อเข้ากับดีซีมอเตอร์ใช้ขับเคลื่อนการขึ้นลงของฐานตัวยู ขาที่ 6 และ7 ต่อเข้ากับดีซีมอเตอร์ใช้ขับเคลื่อนการขึ้นลงของแผ่นกดทับ

2.2.2 บอร์ด Arduino Mega 2560

บอร์ด เมกะสองห้าหกศูนย์อาดุยโน่ (Arduino Mega 2560) เป็นโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega2560 จะใช้ต่อกับหน้าจอ LCD ขนาด 16x4 จำนวน 1 ตัวต่อกับโมดูลวัดระยะ (HC-SR04) จำนวน2 ตัวต่อกับสวิตซ์ 2 ตัว และต่อกับเซอร์โวมอเตอร์ 1 ตัว

โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA2560 ไมโครคอนโทรเลอร์หมายเลข ATmega2560 ประกอบด้วยขาที่ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์มีทั้งหมด 100 ขาแบ่งออกเป็นพอร์ตทั้งหมด 11 พอร์ตคือพอร์ตเอ พอร์ตบี พอร์ตซี พอร์ตดี พอร์ตอี พอร์ตเอฟ พอร์ตจี พอร์ตเอช พอร์ตเจ พอร์ตเคและพอร์ตแอล ดังแสดงในรูปที่ 2.2โดยในส่วนนี้ได้เลือกใช้พอร์ตบี พอร์ตดี พอร์ตอี และพอร์ตเอช ดังแสดงในตารางที่ 2.2



รูปที่ 2.2 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA2560-16AU

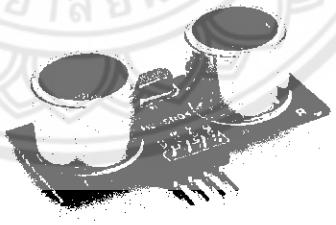
ตารางที่ 2.2 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA2560

พอร์ต	หน้าที่การทำงาน	ขาที่ใช้งาน
VCC	แรงดันดิจิตอล	10 31 61 80
GND	สำหรับต่อลงกราวด์	32 62 81
Port A (PA0-PA7)	พอร์ต A จะมีพอร์ต I/O ทิศ 8 บิต มี resistors pull-up ภายใน (เลือกในแต่ละบิต) บัฟเฟอร์ของพอร์ต A มีลักษณะสมมาตรไดรฟ์อ่างสูงและความสามารถของแหล่ง เป็นอินพุต หมุดพอร์ต A ที่ ภายนอกดึงต่ำจะแหล่งปัจจุบันถ้ามีการเรียกใช้ pull-up resistors หมุดพอร์ต A จะระบุตรีเมื่อการ สภาพใช้งานใหม่	23 25 27 29
Port B (PB0-PB7)	พอร์ต B เป็น 8 บิตสองทิศทางพอร์ต I / O มีตัวต้านทานพูล-อัพภายใน (เลือกสำหรับแต่ละบิต)พอร์ต A บัฟเฟอร์ส่งออกtri-stated เมื่อตั้งค่าเงื่อนไขจะกลายเป็นการใช้งาน แม้ว่านาฬิกาไม่ได้ทำงานทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการตั้งค่าฟิวส์เลือกนาฬิกาPB6 สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการขยายสัญญาณแบบกลับหัว PB7 สามารถใช้เป็นเอาท์พุทจากขยายการกลับหัวออสซิลเลเตอร์มีการเชื่อมต่อข้อมูลแบบ SPISPIเป็นการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เพื่อรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronize) มีสัญญาณนาฬิกาเข้ามาเกี่ยวข้องระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	11 12 51 53
Port E (PE0-PE7)	พอร์ต E จะมีพอร์ต I/O ทิศ 8 บิต มี resistors pull-up ภายใน (เลือกในแต่ละบิต) บัฟเฟอร์ของพอร์ต E มีลักษณะสมมาตรไดรฟ์อ่างสูงและความสามารถของแหล่ง เป็นอินพุต หมุดพอร์ต E ที่ ภายนอกดึงต่ำจะแหล่งปัจจุบันถ้ามีการเรียกใช้ pull-up resistors หมุดพอร์ต E จะระบุตรีเมื่อการ สภาพใหม่ใช้งาน แม้ว่าสัญญาณนาฬิกาไม่ได้ทำงาน	2

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA2560 (ต่อ)

พอร์ต	หน้าที่การทำงาน	ขาที่ใช้งาน
Port H (PH0-PH7)	พอร์ต H จะมีพอร์ต I/O ทิศ 8 บิต มี resistors pull-up ภายใน (เลือกในแต่ละบิต) บัฟเฟอร์ของพอร์ต H มีลักษณะสมมาตรไดรฟ์อ่างสูงและความสามารถของแหล่ง เป็นอินพุต หมุดพอร์ต H ที่ ภายนอกดึงต่ำจะแหล่งปัจจุบันถ้ามีการเรียกใช้ pull-up resistors หมุดพอร์ต H จะระบุตรีเมื่อการ สภาพใช้งานใหม่	8 9
Port L (PL0-PL7)	พอร์ต L จะมีพอร์ต I/O ทิศ 8 บิต มี resistors pull-up ภายใน (เลือกในแต่ละบิต) บัฟเฟอร์ของพอร์ต L มีลักษณะสมมาตรไดรฟ์อ่างสูงและความสามารถของแหล่ง เป็นอินพุต หมุดพอร์ต L ที่ ภายนอกดึงต่ำจะแหล่งปัจจุบันถ้ามีการเรียกใช้ pull-up resistors หมุดพอร์ต L จะระบุตรีเมื่อการ สภาพใช้งานใหม่	47 49

2.3 Ultrasonic Ranging Module (HC-SR04) โมดูลเพื่อใช้ในการวัดระยะทาง



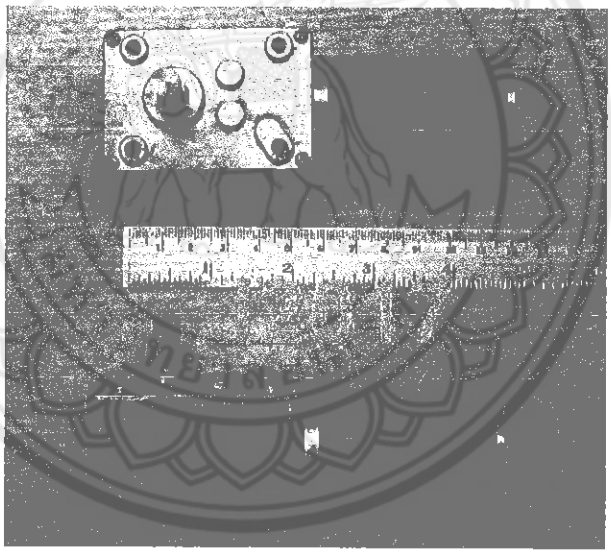
รูปที่ 2.3 แสดงภาพ Ultrasonic Ranging Module (HC-SR04)

รูปที่ 2.3 แสดงภาพของโมดูลวัดระยะ (HC-SR04) เป็นอุปกรณ์ใช้วัดระยะทางโดยไม่ต้องมีการสัมผัสกับตำแหน่งที่ต้องการวัด วัดได้ตั้งแต่ 2 เซนติเมตร ถึง 400 เซนติเมตร โดยส่งสัญญาณอัลตร้าโซนิคความถี่ 40 kHZ ไปที่วัตถุที่ต้องการวัดและรับสัญญาณที่สะท้อนกลับมา พร้อมทั้งจับเวลาเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณระยะทาง

โมดูล HC-SR04 ทำงานที่แรงดันประมาณ +5V(4.5Vถึง +5.5V)โดยป้อนให้ขา VCC และ GND โมดูลนี้ มีขาสัญญาณดิจิทัล TRIG (อินพุต) และ ECHO (เอาต์พุต) ที่นำไปเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ อย่างเช่น Arduinoในการวัดระยะห่างแต่ละครั้ง จะต้องสร้างสัญญาณแบบ Pulseที่มีความกว้าง (Pulse Width)อย่างน้อย 10usecป้อนให้ขา TRIG และหลังจากนั้นให้วัดความกว้างของสัญญาณช่วง HIGH จากขา ECHO ถ้าวัตถุอยู่ใกล้ ความกว้างของสัญญาณ Pulseที่ได้ก็จะน้อย แต่ถ้าวัตถุอยู่ไกลออกไป ก็จะได้ค่าความกว้างของสัญญาณ Pulseที่มากขึ้น

ในโครงงานนี้คณะผู้จัดทำใช้ โมดูลวัดระยะ(HC-SR04) จำนวน 2 ตัว โดยตัวที่ 1 ใช้วัดระยะห่างระหว่างฐานของตัวยูถึงพื้น และตัวที่ 2 ใช้วัดระยะห่างระหว่างแผ่นกดทับถึงฐานของตัวยู แล้วจะส่งค่าการแสดงผลที่หน้าจอ LCD เป็นหน่วย cm (เซนติเมตร)

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC MOTOR)



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของ DC Motor 12V ขนาด 5 rpm

รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เป็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงก็จะมีรูปร่าง ขนาด แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่แต่ละชนิด และการนำไปใช้งานของแต่ละประเภท ในโครงงานนี้คณะผู้จัดทำใช้ DC Motor 12V ขนาด 5 rpm 1 ตัว ใช้เลื่อนขึ้น-ลงของตัวยู และใช้ DC Motor 12V ขนาด 10 rpm ใช้เลื่อนขึ้น-ลงของแผ่นกดทับ

2.4.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เมื่อมีการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดในสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กซึ่งมีสัดส่วนของแรงขึ้นกับกระแสแรงของสนามแม่เหล็ก โดยแรงจะเกิดขึ้นเป็นมุมฉากกับกระแสและสนามแม่เหล็ก ขณะที่ทิศทางของแรงกลับตรงกันข้ามกัน ถ้าหากกระแสของสนามแม่เหล็กไหลย้อนกลับจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแส และสนามแม่เหล็กเป็นผลทำให้ทิศทางของแรงเปลี่ยนไป ด้วยคุณสมบัตินี้ทำให้มอเตอร์กระแสตรงกลับทิศทางการหมุนได้

สนามแม่เหล็กของมอเตอร์ส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากแม่เหล็กถาวรซึ่งจะถูกยึดติดกับแผ่นเหล็ก หรือ เหล็กกล้า โดยปกติส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ยึดอยู่กับที่ และขดลวดเหนี่ยวนำจะพันอยู่กับส่วนที่เป็นแกนหมุนของมอเตอร์

2.4.2 ส่วนประกอบและโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนพลังงานฟ้าเป็นพลังงานกลซึ่งมีส่วนประกอบและโครงสร้างส่วนสำคัญอยู่ 4 ส่วนหลักคือ อาร์เมเจอร์ ขั้วแม่เหล็ก คอมมิวเตเตอร์ และชุดแปรงถ่านนอกจากนั้นก็ยังประกอบด้วยส่วนย่อยๆอีก เช่น เพลา ตลับลูกปืน (Bearing) ชุดยึดแปรงถ่าน และตัวโครงมอเตอร์ เป็นต้น

2.4.2.1 อาร์เมเจอร์ (Armature) คือส่วนที่หมุนเคลื่อนที่ของมอเตอร์ มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ทำจากแผ่นเหล็กซิลิกอนหนาประมาณ 0.5 มม. และผิวข้างอาบด้วยฉนวนวานิชวางอัดซ้อนกันอยู่บนเพลาของตัวหมุน เพื่อลดการสูญเสียเนื่องจากฮิสเตอรีซีส (Hystersis) และการแสไหลวนในแกนเหล็ก (Eddy Current) ผิวด้านนอกของรูปทรงกระบอกจะทำเป็นร่อง (Slot) ไปตามแนวแกนเพลา เพื่อนใช้พันขดลวดอาร์เมเจอร์ ส่วนปลายของขดลวดที่พันบนอาร์เมเจอร์นั้นจะต่อลงซี่คอมมิวเตเตอร์

2.4.2.2 ขั้วแม่เหล็ก เป็นส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็ก ยึดติดกับโครงเครื่อง ซึ่งมีขดลวดพันล้อมรอบแกนของขั้วแม่เหล็ก เรียกว่าขดลวดฟิลด์

2.4.2.3 คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) เป็นส่วนที่มีหน้าที่ในการรับกระแสไฟฟ้า จากชุดแปรงถ่านส่งไปยังวงจรภายในของขดลวดอาร์เมเจอร์ ตัวคอมมิวเตเตอร์ยังทำหน้าที่เป็นสวิตช์ทางกลส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์ให้มีลักษณะทิศทางของกระแสไปทางเดียวกัน

2.4.2.4 ชุดแปรงถ่าน เป็นส่วนที่นำกระแสไฟฟ้าจากวงจรภายนอกเข้าสู่ขดลวดอาร์เมเจอร์โดยผ่านซี่คอมมิวเตเตอร์โดยมีสปริงกดไว้ แปรงถ่านจะต้องเป็นวัสดุที่นำกระแสไฟฟ้าได้ดี คงทน และทนความร้อนได้ดีแปรงถ่านส่วนมากทำจากคาร์บอนและแกรไฟท์

2.5 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของ ServoMotor S6772BB/MG

รูปที่ 2.5 แสดงภาพลักษณะของเซอร์โวมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่ประกอบไปด้วยชุดเกียร์ (Gear) มอเตอร์กระแสตรง (DC motor) และส่วนควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ที่อยู่รวมภายในตัวมอเตอร์ ในโครงานนี้คณะผู้จัดทำใช้ เซอร์โวมอเตอร์ รุ่น S6772BB/MG แรงบิด (Torque) 26.50 Kg-cm แรงดัน 6V หมุดได้ 180 องศา ใช้ควบคุมการหมุนของตัวยู แสดงค่าองศาออกที่หน้าจอ LCD

การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ การหมุนของเซอร์โวมอเตอร์จะถูกควบคุมด้วยพัลส์หรือลอจิก 1 (5V) เป็นระยะเวลาที่กำหนดและหน่วงเวลาหรือส่งลอจิก 0 เป็นระยะเวลาคงที่ 20 มิลลิวินาทีสลับกับไป ส่งผลให้สามารถควบคุมการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ได้โดยทิศทางการหมุนเป็นดังนี้

เซอร์โวมอเตอร์จะหมุนไปทางขวา (ตามเข็มนาฬิกา) เมื่อพัลส์บวกมีความกว้าง 1 มิลลิวินาที (1 ms)และพัลส์ลบ 20 มิลลิวินาที แสดงดังรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปทางขวา

เซอร์โวมอเตอร์จะหมุนไปทางซ้าย (ทวนเข็มนาฬิกา) เมื่อพัลส์บวกมีความกว้าง 2 มิลลิวินาที และพัลส์ลบ 20 มิลลิวินาที แสดงดังรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปทางซ้าย

เซอร์โวมอเตอร์จะอยู่กึ่งกลาง (หยุดหมุน) เมื่อพัลส์บวกมีความกว้าง 1.5 มิลลิวินาทีและพัลส์ลบ 20 มิลลิวินาที แสดงดังรูปที่ 2.8 (หากเซอร์โวมอเตอร์ไม่หยุดหมุน จะต้องปรับค่าความต้านทานของเซอร์โวมอเตอร์ใหม่ โดยที่ช่องปรับจะอยู่ใกล้กับสายไฟของเซอร์โวมอเตอร์)

รูปที่ 2.8 เซอร์โวมอเตอร์อยู่กึ่งกลาง

2.6 การวัดความคลาดเคลื่อนของเครื่องจำลองเอกซเรย์เต้านม

ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) เป็นวิธีการหาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างสมบูรณ์ระหว่างค่าจากการทดลอง และค่าจริง หาก MAE มีค่าน้อยแสดงว่าแบบจำลองสามารถประมาณค่าประมาณได้ใกล้เคียงกับค่าจริง โดย MAE มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$MAE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(y_i - x_i\right) \tag{2.1}$$

โดยกำหนดตัว N = จำนวนตัวแปร

y_i = ค่าจริง

x_i = ค่าจากการทดลอง

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในบทนี้คณะผู้จัดทำโครงงานได้กล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงาน สร้างเครื่องจำลองแมมโมแกรมเริ่มจากศึกษา และค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวกับเครื่องเอกซเรย์เต้านม ศึกษาการทำงาน และโครงสร้างของไมโครคอนโทรเลอร์ ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโมดูลวัดระยะ ดีซีมอเตอร์ และเซอร์โวมอเตอร์ ออกแบบโครงสร้างแบบจำลองแมมโมแกรม ออกแบบลายปริ้นวงจรอุปกรณ์เสริม การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม ทดสอบระบบการทำงานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม วิเคราะห์ผลการทดลองสรุปผลการทดลองปัญหาและข้อเสนอแนะ และจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ โดยมีรายละเอียด 10 ขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษา และค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวกับเครื่องเอกซเรย์เต้านม

เครื่องมือสร้างภาพรังสีเต้านมหรือเครื่องเอกซเรย์เต้านม เป็นเครื่องเอกซเรย์ประเภทหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการตรวจวินิจฉัยเพื่อหาสิ่งผิดปกติของมะเร็งเต้านมได้ดีที่สุดช่วยวินิจฉัยโรคของเต้านมชนิดต่างๆ ส่วนหลักการทำงานของเครื่องเอกซเรย์เต้านม ประวัติความเป็นมาของเครื่องเอกซเรย์เต้านม และเครื่องเอกซเรย์เต้านมแต่ละประเภท โดยมีรายละเอียดในหัวข้อ 2.1 ของบทที่ 2

3.2 ศึกษาการทำงาน และโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในส่วนควบคุมคณะผู้วิจัยเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328 และ ATMEGA2560 แสดงเนื้อหาโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ ขาที่ใช้งาน โดยมีรายละเอียดในหัวข้อ 2.2 ของบทที่ 2

3.3 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโมดูลวัดระยะ ดีซีมอเตอร์ และเซอร์โวมอเตอร์

โมดูลวัดระยะ (HC-SR04) เป็นโมดูลอัลตร้าโซนิคใช้วัดระยะทางโดยไม่ต้องมีการสัมผัสกับตำแหน่งที่ต้องการวัด วัดได้ตั้งแต่ 2 cm ถึง 400 cm และหลักการทำงานของโมดูลวัดระยะ

ดีซีมอเตอร์ ใช้ในการควบคุมการขึ้น-ลงของตัวยู และขึ้น-ลงฐานของตัวยู มีหลักการทำงานส่วนประกอบ และโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เซอร์โวมอเตอร์ ใช้ในการควบคุมการหมุนทิศทางของตัวยูจะทำงานได้ด้วยการส่งสัญญาณพัลส์ ทิศทางการหมุนนั้นจะขึ้นอยู่กับความกว้างของพัลส์ การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ โดยมีรายละเอียดในหัวข้อ 2.3 2.4 และ2.5 ของบทที่ 2

3.4 ออกแบบโครงสร้างแบบจำลองแมมโมแกรม

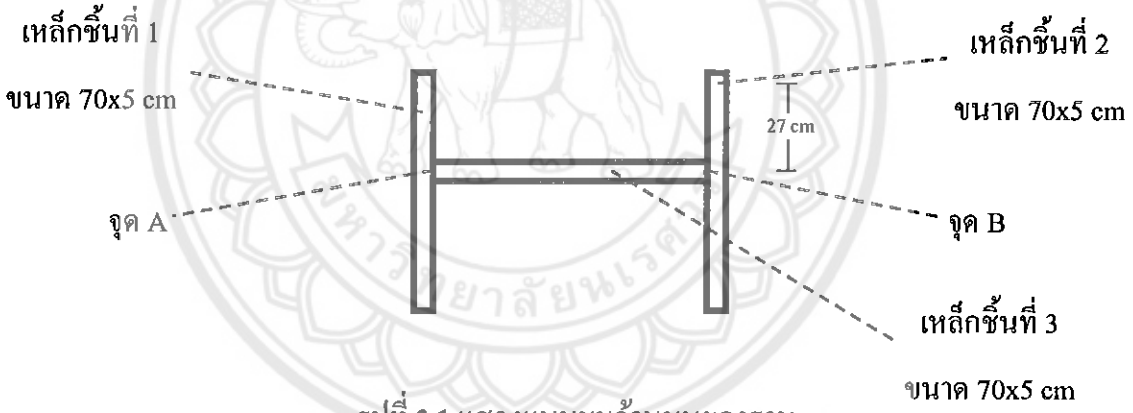
การออกแบบเครื่องจำลองแมมโมแกรม โดยจะแบ่งทำเป็นทีละส่วนเริ่มจาก การออกแบบฐานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม การติดล้อแบบล๊อคให้กับฐานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม การออกแบบโครงสร้างส่วนบนของฐาน การออกแบบส่วนประกอบต่างๆของโครงส่วนฐาน การออกแบบโครงด้านข้างของตัวยู การออกแบบโครงด้านหลังของตัวยู การติดแผ่นอะคริลิคกับโครงของตัวยู การออกแบบกล่องควบคุมหน้าจอแสดงผล การออกแบบเครื่องจำลองแมมโมแกรมแบบสมบูรณ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 การออกแบบฐานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม

จากรูปที่ 3.1 แสดงภาพการแบบฐานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม ใช้เหล็กกล่องขนาด 2 นิ้ว จำนวน 3 ชิ้น ที่มีความกว้าง 5 เซนติเมตร ความยาว 70 เซนติเมตร โดยมี 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่หนึ่ง: นำเหล็กชิ้นที่ 1 และ 2 วางขนานกันในแนวนอน

ขั้นตอนที่สอง: นำเหล็กชิ้นที่ 3 วางขวางขั้นกลางแล้วเชื่อมที่จุด A และB โดยที่จุดเชื่อมห่างจากปลายด้านบนของเหล็กชิ้นที่ 1 และ 2 เป็นระยะ 27 เซนติเมตร เชื่อมเป็นรูปตัว H



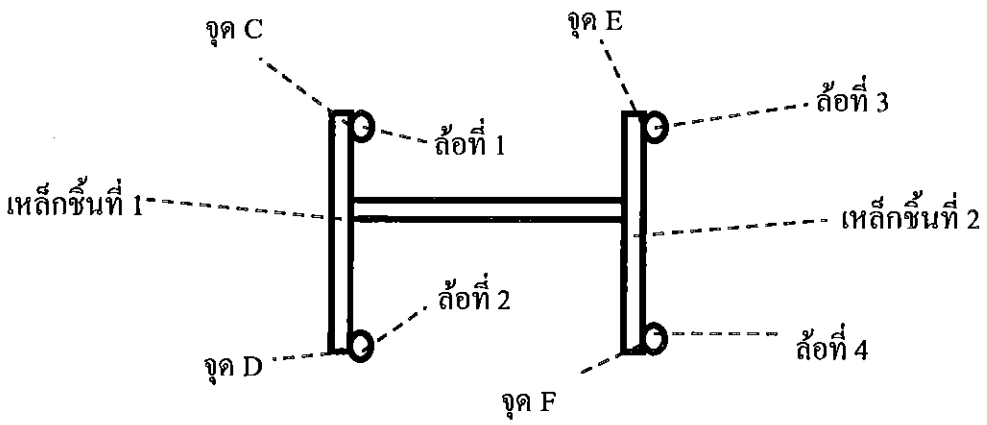
รูปที่ 3.1 แสดงแบบมุมด้านบนของฐาน

3.4.2 การติดล้อแบบล๊อคให้กับฐานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม

จากรูปที่ 3.2 แสดงภาพการติดตั้งล้อกับฐานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม ใช้ล้อแบบล๊อคได้ จำนวน 4 ล้อเชื่อมกับปลายด้านของเหล็กที่ 1 และ2 โดยมี 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่หนึ่ง: เชื่อมล้อที่ 1 กับจุด C เชื่อมล้อที่ 2 กับจุด D ของเหล็กชิ้นที่ 1

ขั้นตอนที่สอง: เชื่อมล้อที่ 3 กับจุด E เชื่อมล้อที่ 4 กับจุด F ของเหล็กชิ้นที่ 2 โดยล้อที่ใช้เป็นล้อแบบล๊อคได้



รูปที่ 3.2 แสดงแบบเมื่อเชื่อมล้อเข้ากับฐาน

3.4.3 การออกแบบโครงสร้างส่วนบนของฐาน

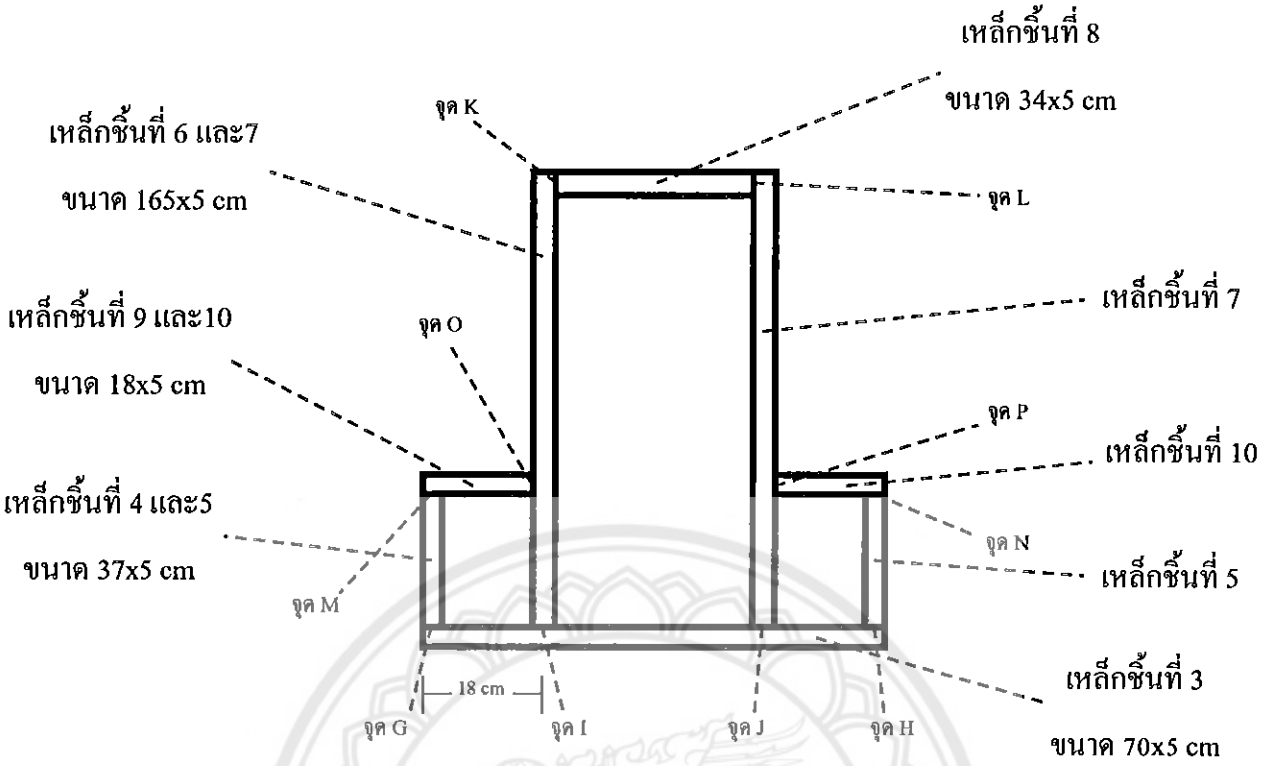
จากรูปที่ 3.3 แสดงภาพการออกแบบโครงสร้างส่วนบนของฐาน ใช้เหล็กกล่องขนาด 2 นิ้ว กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว37 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ยาว 18 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ยาว 34 เซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้น ยาว 165 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น นำมาเชื่อมกับฐานจากหัวข้อ 3.4.1 โดยมี 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่หนึ่ง: นำเหล็กชิ้นที่ 4 และ 5 เชื่อมกับเหล็กชิ้นที่ 3 ที่จุด G กับ H

ขั้นตอนที่สอง: นำเหล็กชิ้นที่ 6 และ 7 เชื่อมกับเหล็กชิ้นที่ 3 ที่จุด I กับ J โดยห่างจากจุด G กับ H เป็นระยะ 18 เซนติเมตร

ขั้นตอนที่สาม: นำเหล็กชิ้นที่ 8 มาเชื่อมกับเหล็กชิ้นที่ 6 และ 7 ที่จุด K กับ L

ขั้นตอนที่สี่: นำเหล็กชิ้นที่ 9 มาเชื่อมกับเหล็กชิ้นที่ 4 และ 6 ที่จุด M กับ O นำเหล็กชิ้นที่ 10 มาเชื่อมกับเหล็กชิ้นที่ 5 และ 7 ที่จุด P กับ N



รูปที่ 3.3 แสดงแบบโครงสร้างส่วนบนของฐาน

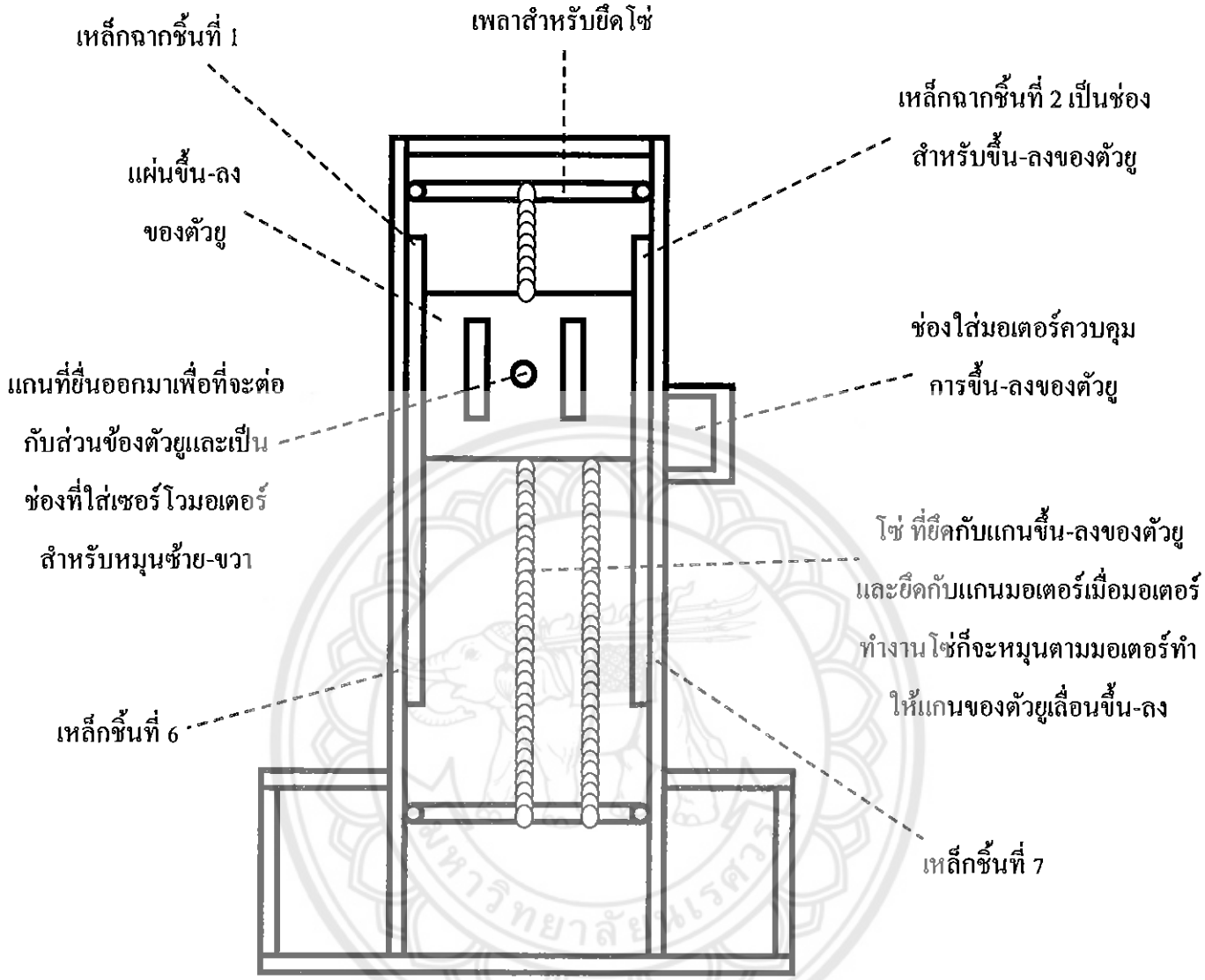
3.4.4 การออกแบบส่วนประกอบต่างๆของโครงส่วนฐาน

จากรูปที่ 3.4 แสดงภาพการออกแบบส่วนประกอบต่างๆของโครงส่วนฐาน ใช้เหล็กฉากจำนวน 2 ชิ้น เพลาพร้อมเฟืองที่จุดกึ่งกลางสำหรับยึดโซ่ ยาว 34 เซนติเมตร โซ่สำหรับคับกับเฟืองของดีซีมอเตอร์และเชื่อมกับแผ่นขึ้นลงของตัวยู โดยมี 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่หนึ่ง: เชื่อมเหล็กฉากชิ้นที่ 1 กับด้านในของเหล็กชิ้นที่ 6 และเชื่อมเหล็กฉากชิ้นที่ 2 กับด้านในของเหล็กชิ้นที่ 7 สำหรับทำทางเลื่อนขึ้น-ลงของตัวยู

ขั้นตอนที่สอง: นำเพลงพร้อมเฟืองสำหรับยึดโซ่ที่ปลายด้านทั้งสองเชื่อมกับเหล็กชิ้นที่ 6 และ 7 ทั้งด้านบน และด้านล่าง เชื่อมเหล็กทำเป็นช่องกับเหล็กชิ้นที่ 7 สำหรับเป็นช่องใส่มอเตอร์

ขั้นตอนที่สาม: นำโซ่มาต่อกับแกนของมอเตอร์และแกนขึ้น-ลงของตัวยูเพื่อที่มอเตอร์ทำงานโซ่ก็จะหมุนทำให้แกนขึ้น-ลงของตัวยูเลื่อนขึ้น-ลง



รูปที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบต่างๆของโครงสร้าง

3.4.5 การออกแบบโครงด้านข้างของตัวยู

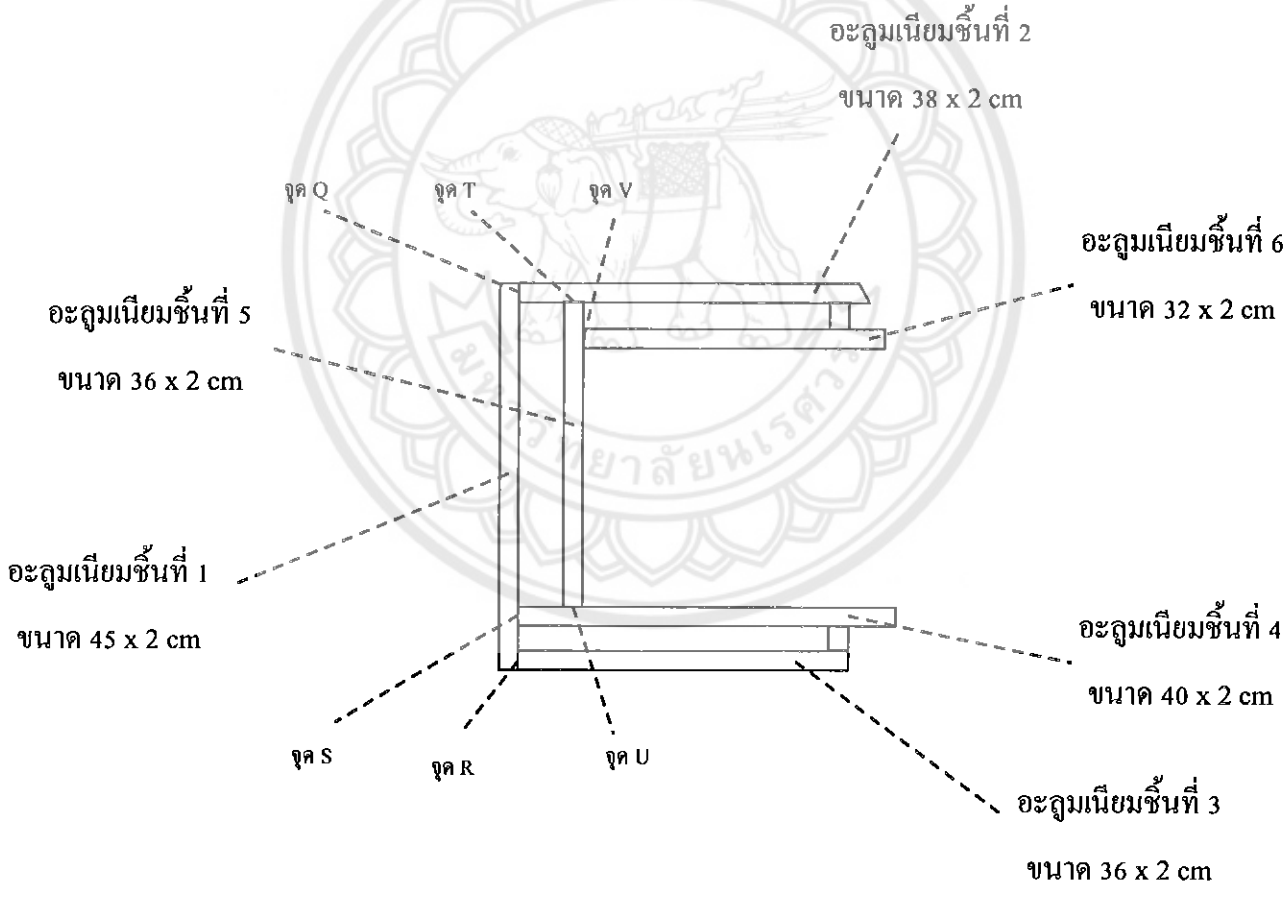
จากรูปที่ 3.5 แสดงภาพการออกแบบโครงของตัวยู ใช้อะลูมิเนียมขนาด 2 เซนติเมตร ยาว 45 เซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้น ยาว 38 เซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้น ยาว 36 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ยาว 40 เซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้น ยาว 32 เซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้น มาประกอบกันเพื่อทำโครงตัวยู โดยมี 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่หนึ่ง: นำอะลูมิเนียมชิ้นที่ 1 วางเป็นแนวตั้งที่จุด Q ยิงดีเบสติดกับปลายด้านซ้ายของอะลูมิเนียมชิ้นที่ 2 วางเป็นแนวนอน

ขั้นตอนที่สอง: นำอะลูกมิเนียมชิ้นที่ 3 วางเป็นแนวนอนที่จุด R ยิงลูกรีเวทติดกับปลายด้านล่างของอะลูมิเนียมชิ้นที่ 1 นำอะลูมิเนียมชิ้นที่ 4 วางเป็นแนวนอน ปลายด้านซ้ายยิงลูกรีเวทติดกับจุด S โดยห่างจากจุด R เป็นระยะ 5 เซนติเมตร

ขั้นตอนที่สาม: นำอะลูมิเนียมชิ้นที่ 5 วางเป็นแนวตั้ง ปลายทั้งสองด้านยิงลูกรีเวทที่จุด T กับ U ติดกับของอะลูมิเนียมชิ้นที่ 2 และ4 โดยที่จุด T ห่างจากจุด Q และ จุด U ห่างจากจุด S เป็นระยะ 10 เซนติเมตร

ขั้นตอนที่สี่: นำอะลูมิเนียมชิ้นที่ 6 วางเป็นแนวนอน ปลายด้านซ้ายยิงลูกรีเวทติดกับจุด V ห่างจากจุด T ของอะลูมิเนียมชิ้นที่ 5 เป็นระยะ 5 เซนติเมตร



รูปที่ 3.5 แสดงภาพแบบมุมด้านข้างของโครงตัวยู

3.4.6 การออกแบบโครงด้านหลังของตัวยู

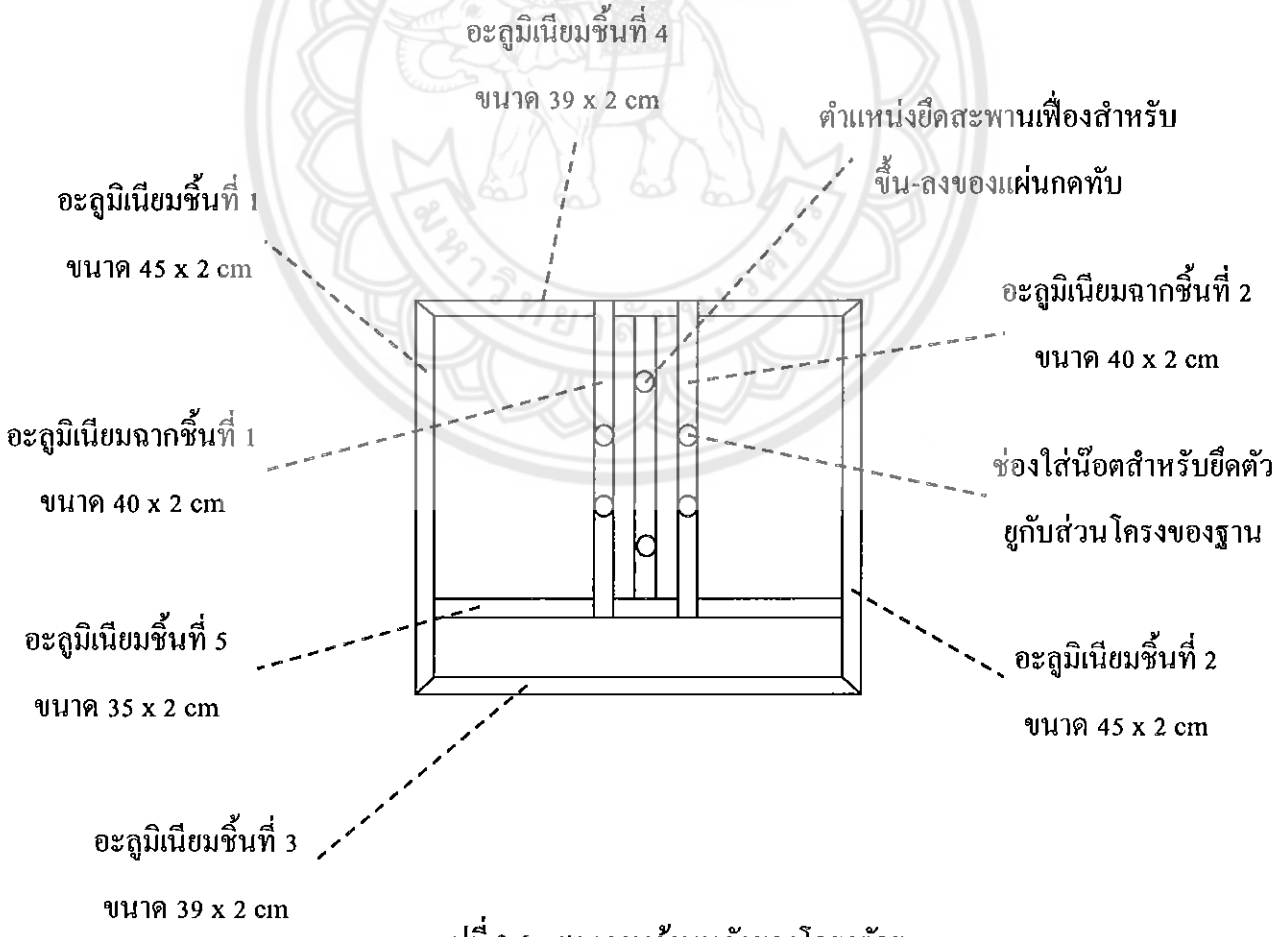
จากรูปที่ 3.6 แสดงภาพการออกแบบโครงสร้างด้านหลังของตัวยู ใช้อะลูมิเนียมขนาด กว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 45 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ยาว 39 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ยาว 35 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น และอะลูมิเนียมฉากขนาด กว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร ใช้ทำทางขึ้น-ลงของแผ่นกดทับโดยมี 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่หนึ่ง: นำอะลูมิเนียมชิ้นที่ 1 และ2 วางเป็นแนวตั้ง ยิงลูกรีเวทติดด้านล่างกับปลายทั้งสองด้านของอะลูมิเนียมชิ้นที่ 3 วางเป็นแนวนอน

ขั้นตอนที่สอง: นำอะลูมิเนียมชิ้นที่ 4 วางเป็นแนวนอน ยิงลูกรีเวทติดกับปลายด้านบนทั้งสองด้านของอะลูมเนียมชิ้นที่ 1 และ2

ขั้นตอนที่สาม: นำอะลูมิเนียมชิ้นที่ 5 วางเป็นแนวนอน ยิงลูกรีเวทที่ปลายทั้งสองด้านติดกับจุดที่ห่างจากปลายด้านล่างของอะลูมิเนียมชิ้นที่ 1 และ2 เป็นระยะ 15 เซนติเมตร

ขั้นตอนที่สี่: นำอะลูมิเนียมฉากชิ้นที่ 1 และ2 ยิงลูกรีเวทปลายทั้งสองด้านติดกับกลางอะลูมิเนียมชิ้นที่ 4 และ5



รูปที่ 3.6 แสดงภาพด้านหลังของโครงตัวยู

3.4.7 การติดแผ่นอะคริลิคกับโครงของตัวยู

จากรูปที่ 3.7 แสดงภาพการติดแผ่นอะคริลิคกับโครงของตัวยู ใช้แผ่นอะคริลิคสีขาว ขนาด กว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร จำนวน 1 แผ่น กว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร จำนวน 3 แผ่น กว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 32 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น แผ่นอะคริลิคสีดำจำนวน 2 แผ่น กว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 32 เซนติเมตร แผ่นอะคริลิคสีใสจำนวน 1 แผ่น กว้าง 31 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร นำมาประกิบติดกับโครงสร้างของตัวยูโดยมี 5 ขั้นตอนดังนี้

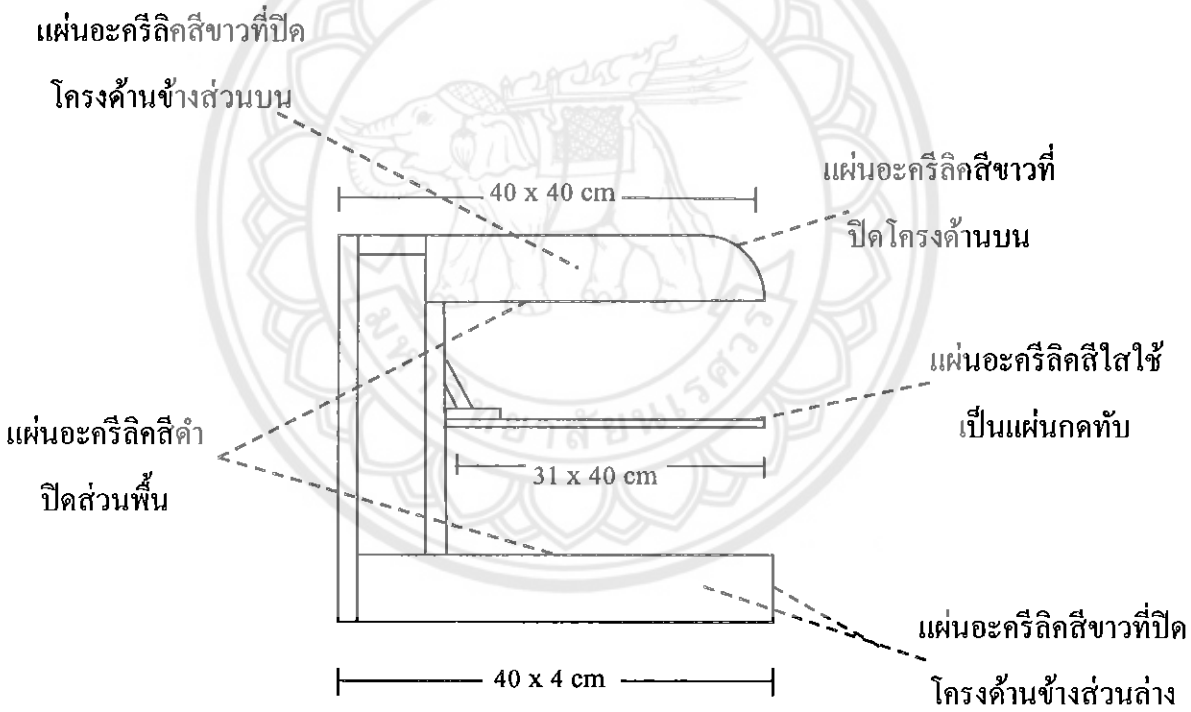
ขั้นตอนที่หนึ่ง: นำแผ่นสีใส มาติดกับแกนกลางเพื่อใช้เป็นแผ่นกดทับ

ขั้นตอนที่สอง: นำแผ่นอะคริลิคสีขาว มาติดปิดโครงด้านข้างส่วนบนขนาด 40x4 จำนวน 2 แผ่น

ขั้นตอนที่สาม: นำแผ่นอะคริลิคสีขาว มาติดปิดโครงด้านข้างส่วนล่างขนาด 40x4 จำนวน 2 แผ่น

ขั้นตอนที่สี่: นำแผ่นอะคริลิคสีขาว มาติดปิดโครงด้านข้างด้านบนขนาด 32x40 จำนวน 2 แผ่น

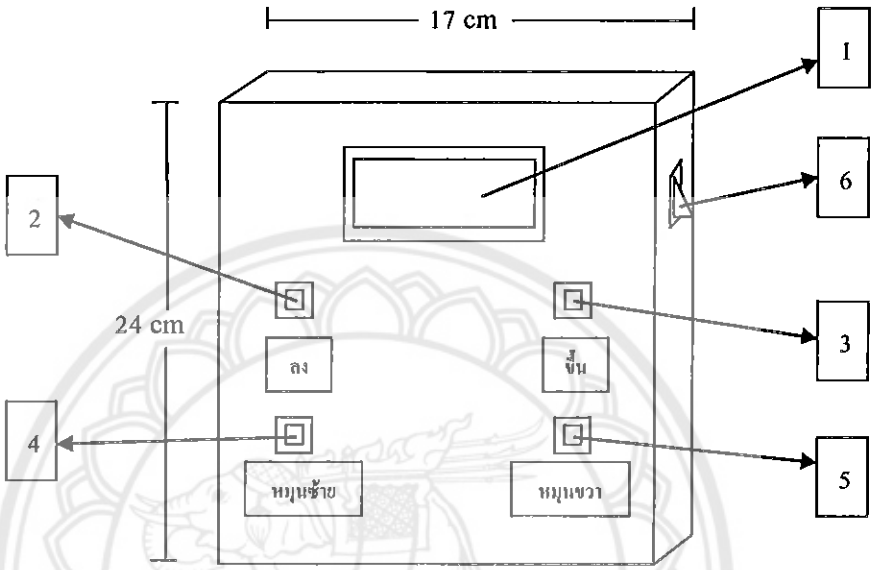
ขั้นตอนที่ห้า: นำแผ่นอะคริลิคสีดำ มาติดปิดส่วนพื้น จำนวน 2 แผ่น



รูปที่ 3.7 แสดงภาพโครงตัวยูหลังติดแผ่นอะคริลิค

3.4.8 การออกแบบกล่องควบคุมหน้าจอแสดงผล

การออกแบบกล่องควบคุมหน้าแสดงผล ใช้จอ LCD 16x4 จำนวน 1 ตัว สวิตซ์กดชิดปล่อยดับ จำนวน 4 ตัว สวิตซ์เปิด-ปิดกล่องควบคุม 1 ตัวโดยตัวกล่องมีความกว้าง 17 เซนติเมตร ยาว 24 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงภาพกล่องควบคุม

รูปที่ 3.8 แสดงให้เห็นว่ากล่องควบคุมมีส่วนประกอบต่างๆ โดยมี 6 หมายเลข ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

หมายเลข1: จอ LCD ขนาด 16x4 ไว้แสดงผลค่าองศา และค่าระยะที่โมดูลวัดระยะวัดได้

หมายเลข2: สวิตซ์ลง เมื่อกดสวิตซ์จำทำให้โครงตัวยูเลื่อนลง

หมายเลข3: สวิตซ์ขึ้น เมื่อกดสวิตซ์จะทำให้โครงตัวยูเลื่อนขึ้น

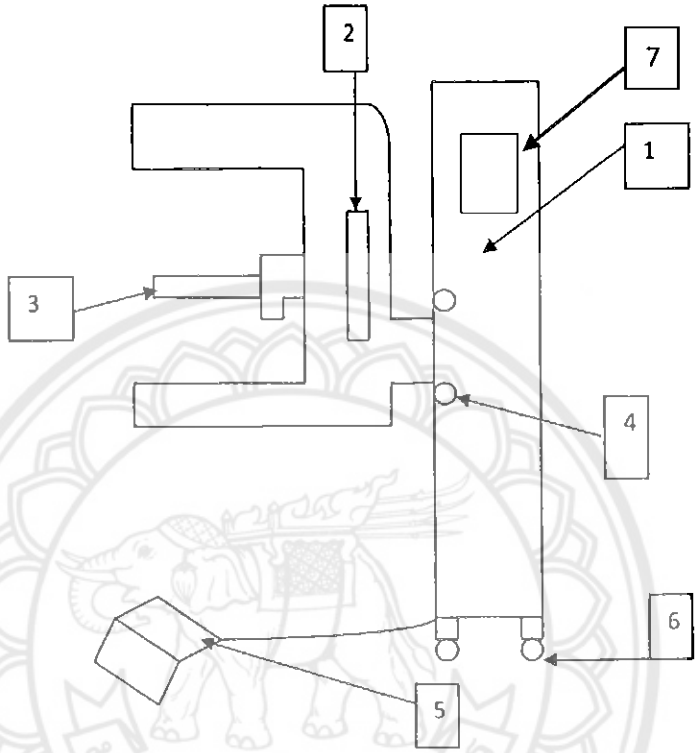
หมายเลข4: สวิตซ์หมุนซ้าย เมื่อกดจะทำให้โครงตัวยูหมุนซ้าย

หมายเลข5: สวิตซ์หมุนขวา เมื่อกดจะทำให้โครงตัวยูหมุนขวา

หมายเลข6: สวิตซ์เปิด-ปิดกล่องควบคุม

3.4.9 การออกแบบเครื่องจำลองแมมโมแกรมแบบสมบูรณ์

การออกแบบรูปเครื่องจำลองแมมโมแกรมโดยสมบูรณ์ ซึ่งใช้โครงส่วนฐาน และโครงส่วนตัวยูมาประกอบเข้าด้วยกันแล้วติดตั้งกล่องควบคุมและอุปกรณ์ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงส่วนประกอบของเครื่องจำลองแมมโมแกรม

รูปที่ 3.9 แสดงให้เห็นว่า เครื่องจำลองแมมโมแกรม มีส่วนประกอบต่างๆ โดยมี 7 หมายเลข ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

หมายเลข1: โครงสร้างหลังของอุปกรณ์ประกอบด้วย แกนรูปตัวยูสามารถเลื่อนขึ้น-ลง และแกนหลักที่สามารถเคลื่อนที่ได้

หมายเลข2: ที่จับยึด

หมายเลข3: แผ่นกดทับ เต้านม

หมายเลข4: ตัวหมุนควบคุมการเคลื่อนที่ในทิศทางต่างๆ (ขึ้น-ลง หรือเอียง 180 องศา) โดยไมโครคอนโทรลเลอร์

หมายเลข5: แผ่นควบคุมการเคลื่อนที ขึ้น-ลง ของแผ่นกดทับ (Foot Switch)

หมายเลข6: ล้อหมุน

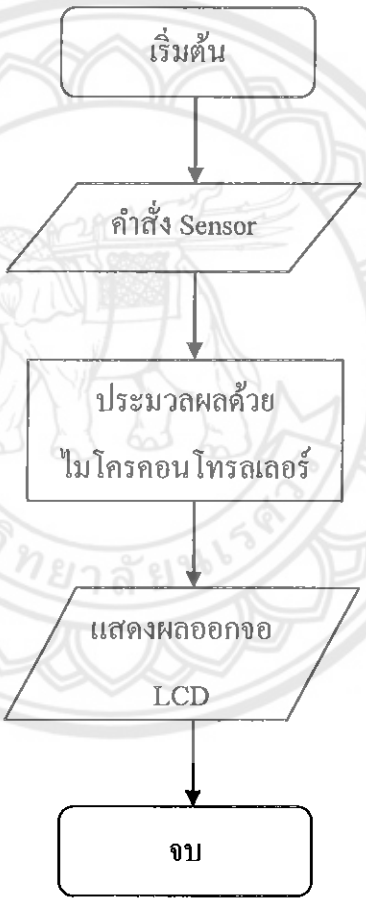
หมายเลข7: กล่องควบคุม

157197363
20 ตค. 2560
สำนักหอสมุด

3.5 ออกแบบระบบควบคุมการทำงานมอเตอร์ และโมดูลวัดระยะโดย Arduino

การออกแบบกระบวนการทำงานของระบบด้วยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ถูกออกแบบให้มีวงจรเพื่อใช้งานโดยใช้ชุดบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ซึ่งเป็นบอร์ดสำเร็จรูปโดยวงจรจะเป็นวงจรพอร์ตเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดกับตัวอุปกรณ์ภายนอก เช่น โมดูลวัดระยะ หน้าจอแอลซีดีเชื่อมต่อการทำงานโดยใช้สายเพื่อความสะดวกในการถอดประกอบและเคลื่อนย้าย โดยจำเป็นต้องมีวัสดุอุปกรณ์ต่างๆดังนี้

3.5.1 การทำงานของ โมดูลวัดระยะ (HC-SR04)



รูปที่ 3.10 แผนผังแสดงการทำงานของ โมดูลวัดระยะ(HC-SR04)

ขั้นตอนในการทำงานของโมดูลวัดระยะ (HC-SR04) มี 3 ขั้นตอนดังนี้

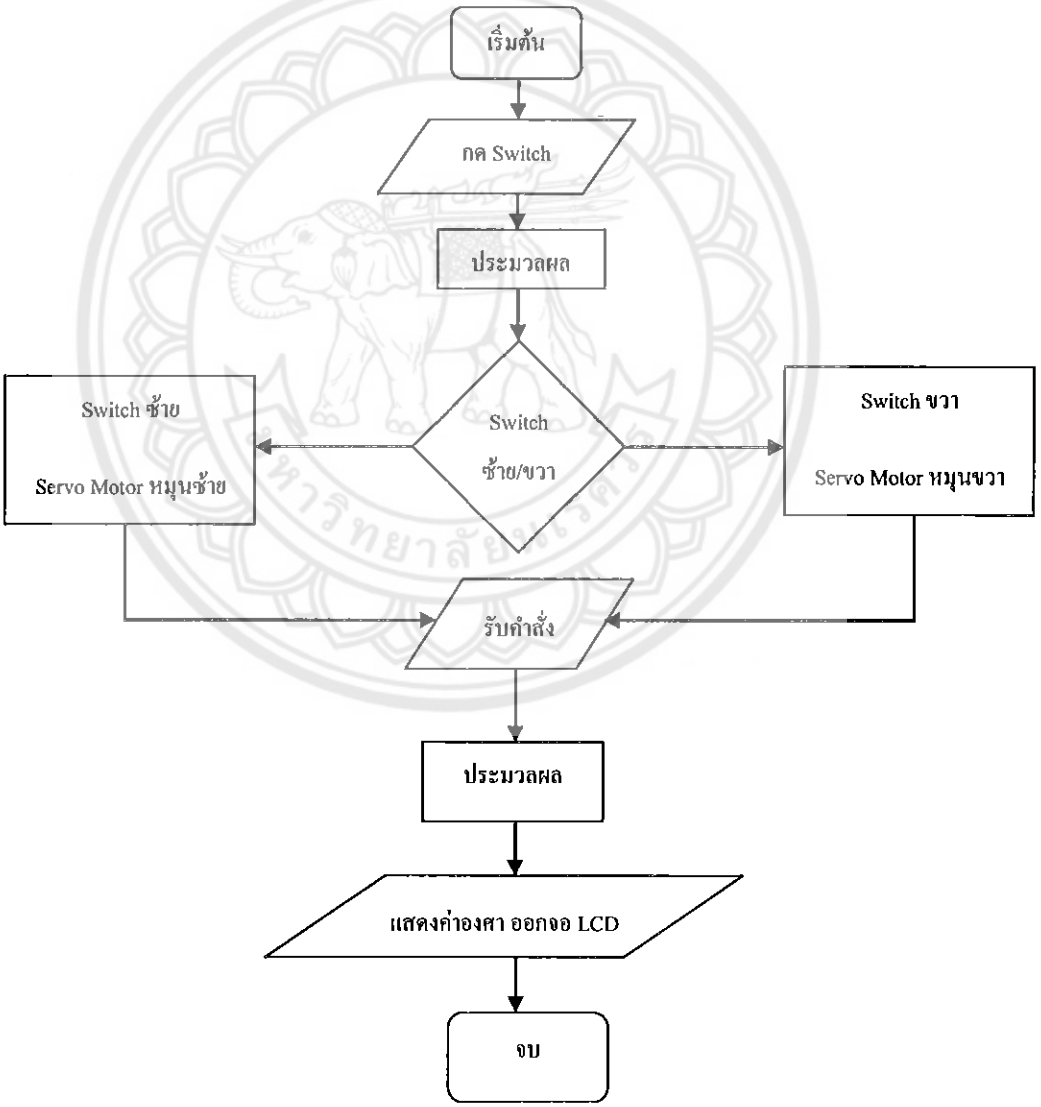
ขั้นตอนที่หนึ่ง: จ่ายไฟ 5V ให้โมดูลวัดระยะทำงานส่งสัญญาณ Pulse ให้ที่ขา TRIG และส่งสัญญาณ Pulse ที่ขา ECHO

ขั้นตอนที่สอง: ไมโครคอนโทรลเลอร์รับข้อมูลจากโมดูลวัดระยะ (HC-SR04) โดยรับค่า INPUT จากขา TRIG และรับค่า OUTPUT จากขา ECHO เพื่อนำมาประมวลผลออกมาเป็นหน่วยเซนติเมตร

ขั้นตอนที่สาม: รับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และประมวลผลแสดงออกหน้าจอ LCD

ซึ่งขั้นตอนการทำงานของโมดูลวัดระยะ (HC-SR04) ดังแสดงในรูป 3.10

3.5.2 การทำงานของ Switch และการแสดงค่าองศา



รูปที่ 3.11 แผนผังแสดงการทำงานของ Switch และการแสดงค่าองศา

ขั้นตอนในการทำงานของสวิตซ์ (Switch) และการแสดงค่าองศามี 6 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่หนึ่ง: ส่งข้อมูลสวิตซ์มาประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์

ขั้นตอนที่สอง: ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งจากสวิตซ์ว่ากดสวิตซ์ซ้ายหรือขวา

ขั้นตอนที่สาม: ถ้าเลือกกดสวิตซ์ซ้าย จะมีผลทำให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปทางซ้าย ถ้าเลือกกดสวิตซ์ขวาจะมีผลทำให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปทางขวา

ขั้นตอนที่สี่: ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งจากการกดสวิตซ์จากการเลือกกดสวิตซ์

ขั้นตอนที่ห้า: ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลจากคำสั่งจากการเลือกกดสวิตซ์

ขั้นตอนที่หก: ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลจากเซอร์โวมอเตอร์หมุนจากการกดสวิตซ์ ทำการคำนวณอ่านค่าที่ได้รับจากเซอร์โวมอเตอร์ประมวลผลแสดงค่าออกหน้าจอ LCD

ซึ่งขั้นตอนการทำงานของสวิตซ์ (Switch) และการแสดงค่าองศา ดังแสดงในรูป 3.11

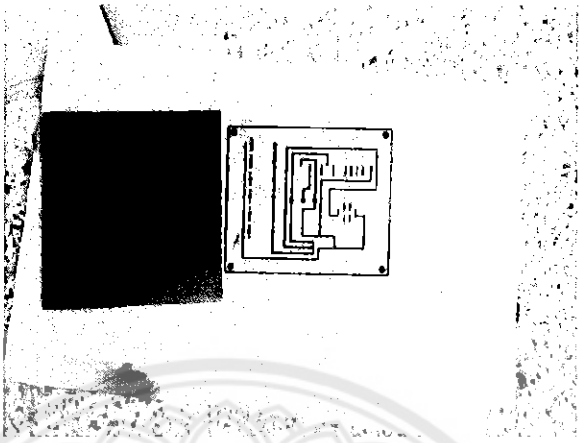
3.6 ออกแบบลายปริ้นวงจรอุปกรณ์เสริม

การออกแบบลายปริ้นวงจรอุปกรณ์เสริม มีอุปกรณ์ที่ต่อภายในวงจรเช่น สวิตซ์กดติดปล่อยดับ สวิตซ์เท้า หน้าจอแสดงผล LCD โมดูลวัดระยะ (HC-SR04) ตัวต้านทาน (Resistor) ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor) โดยใช้โปรแกรม Proteus ดังแสดงในรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 แสดงภาพการออกแบบวงจรเสริม

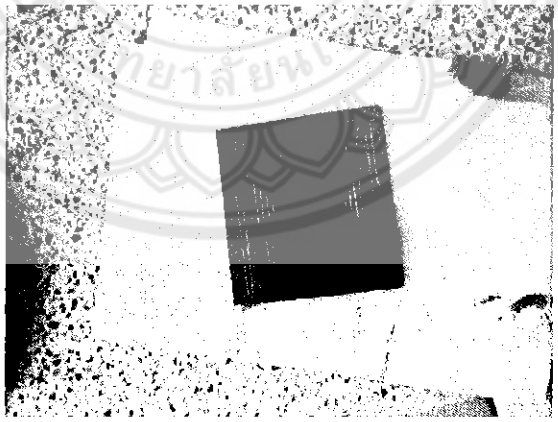
วิธีการกัดลายปริ้น เป็นวิธีการทำวงจรภายในโดยใช้ แผ่นปริ้น น้ำยากัดลายปริ้น เตารีดแบบไม่ใช้ไอน้ำ ทินเนอร์ ภาชนะใส่น้ำ โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่หนึ่ง: ถ่ายลายวงจรที่ได้จากการออกแบบ ลงในกระดาษใส และตัดแผ่นปริ้นให้มีขนาดพอดีกับวงจร ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงภาพลายวงจรของแผ่นใส

ขั้นตอนที่สอง: นำแผ่นใส่มาวางทับแผ่นปริ้นที่เตรียมไว้ แล้วนำกระดาษ A4 มาวางปิดทับอีกทีแล้วใช้เต้ารีด รีดไปมาเป็นเวลาประมาณ 30 นาที แล้วนำกระดาษA4 และแผ่นใสออกรูปวงจรก็จะติดกับแผ่นปริ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.14

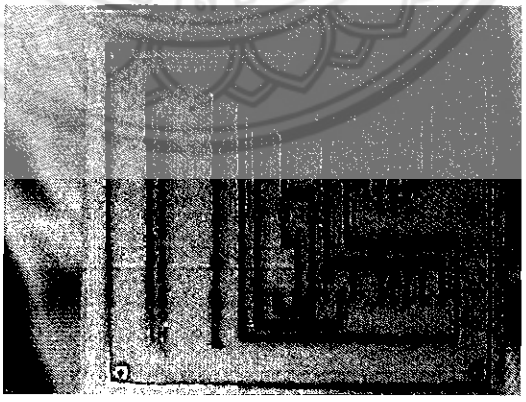


รูปที่ 3.14 แสดงภาพแผ่นปริ้นหลังจากผ่านการรีด

ขั้นตอนที่สาม: นำไปกัดด้วยน้ำยากดปริ้น ใช่ภาชนะแล้วเทน้ำยากัดปริ้นไปพอประมาณแล้วใส่แผ่นปริ้นลงไป และเขย่าเป็นเวลาประมาณ 30 นาที ดังแสดงในรูปที่ 3.15

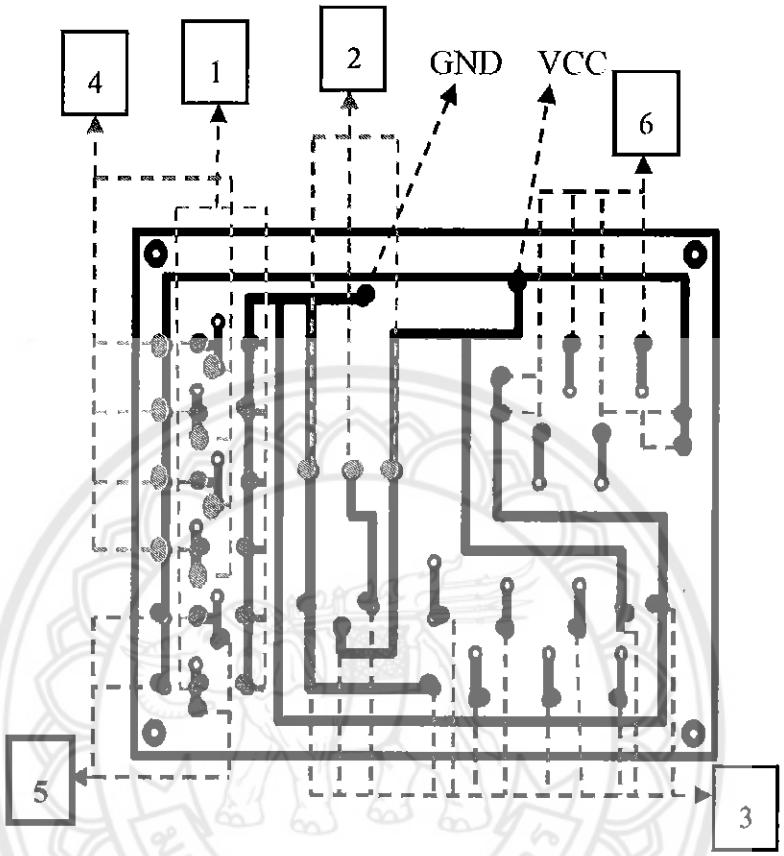
รูปที่ 3.15 แสดงภาพการนำแผ่นปริ้นไปกัดด้วยน้ำยากัดปริ้น

ขั้นตอนที่สี่: หลังจากเขย่าจนได้เวลาแล้วจากนั้น นำแผ่นปริ้นมาขัดด้วยทินเนอร์**ก็จะได้ลายปริ้นวงจร** ดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 แสดงภาพลายวงจรหลังการกัดปริ้น

การออกแบบการต่อวงจรภายในของวงจรเสริม มีส่วนประกอบต่างในวงจรใช้สำหรับควบคุมหน้าจอแสดงผล LCD โมดูลวัดระยะ ไมโครคอนโทรลเลอร์ สวิตซ์ควบคุมต่าง แสดงดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 แสดงภาพแบบการต่ออุปกรณ์เสริมภายในวงจรลายปริ้น

รูปที่ 3.17 แสดงให้เห็นว่า ลายปริ้นมีการต่อวงจรอุปกรณ์เสริม และส่วนประกอบต่างๆ โดยมี 6 หมายเลข ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

หมายเลข1: ตัวต้านทาน (Resistor)	ขนาด	10k	จำนวน 6 ตัว
หมายเลข2: ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor)	ขนาด	5k	จำนวน 1 ตัว
หมายเลข3: จอ LCD (LCM1604C)	ขนาด	16x4	จำนวน 1 ตัว
หมายเลข4: สวิตซ์กดติดปล่อยดับ (Momentary Switch)			จำนวน 4 ตัว
หมายเลข5: สวิตซ์เท้าเหยียบ (Foot Switch)			จำนวน 2 ตัว
หมายเลข6: โมดูลวัดระยะ (HC-SR04)			จำนวน 2 ตัว

3.7 ออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม

การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม เริ่มจากการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328 และ ATMEGA2560 ในการควบคุมการทำงานภายในวงจรมีอุปกรณ์ต่างๆที่นำมาต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ATMEGA328 ซึ่งจะอยู่ในบอร์ด Arduino Uno R3 และไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA2560 จะอยู่ในบอร์ด Arduino Mega 2560

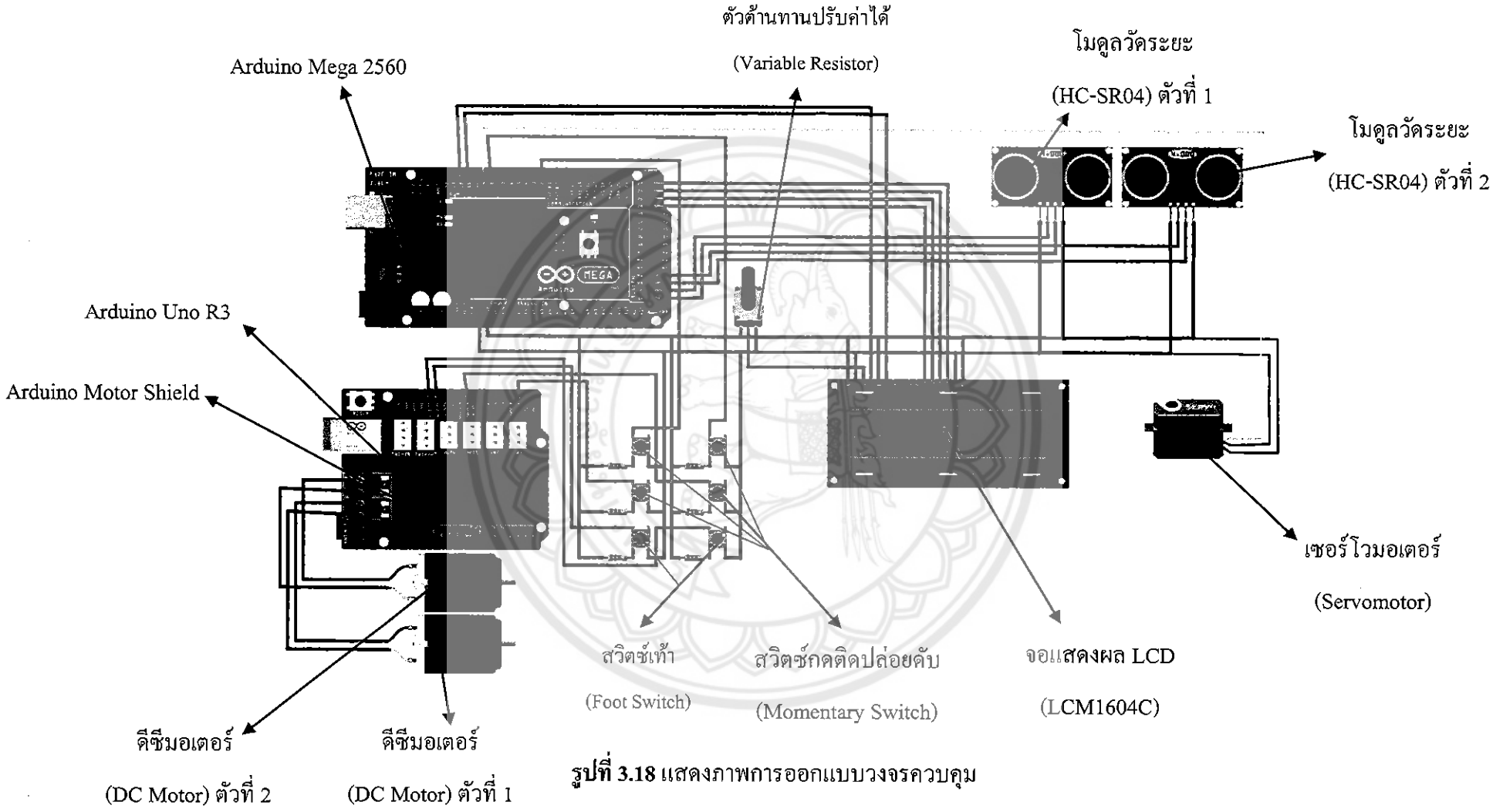
บอร์ด อาร์สามยูโน่อาดุยโน่ (Arduino Uno R3) มีอุปกรณ์ต่อ และการใช้งานดังนี้

1. สวิตซ์กดติดปล่อยดับ (Momentary Switch) ใช้สำหรับกดควบคุมการเลื่อนขึ้น-ลงฐานของตัวยู
2. สวิตซ์เท้า (Foot Switch) ใช้สำหรับกดควบคุมการเลื่อนขึ้น-ลงของแผ่นกดทับ
3. ดีซีมอเตอร์ (DC Motor) ใช้สำหรับขับแผ่นกดทับให้ขึ้น-ลง และใช้ขับฐานของตัวยูให้ขึ้น-ลง
4. ตัวต้านทาน (Resistor) ใช้ลดแรงดัน และจำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร
5. บอร์ดขับมอเตอร์ (Arduino Motor Shield) เป็นบอร์ดที่ต่อทับด้านบนของบอร์ด Arduino Uno R3 ใช้สำหรับขับมอเตอร์ได้ 2 ตัว

บอร์ด เมกะสองห้าหกศูนย์อาดุยโน่ (Arduino Mega 2560) มีอุปกรณ์ต่อ และการใช้งานดังนี้

1. สวิตซ์กดติดปล่อยดับ (Momentary Switch) ใช้สำหรับกดควบคุมการหมุนซ้าย-หมุนขวาของตัวยู
2. ตัวต้านทาน (Resistor) ใช้ลดแรงดัน และจำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร
3. ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor) ใช้สำหรับปรับความชัดของหน้าจอแสดงผล LCD
4. จอแสดงผล LCD (LCM1604C) ใช้สำหรับแสดงค่าความสูงระหว่างการเลื่อนขึ้น-ลงของแผ่นกดทับถึงฐานของตัวยู ความสูงระหว่างการเลื่อนขึ้น-ลงฐานของตัวยูถึงพื้น เป็นหน่วย เซนติเมตร(cm) และ แสดงค่าองศาจากการหมุนซ้าย-หมุนขวาของตัวยู
5. เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ใช้สำหรับขับการหมุนซ้าย-หมุนขวาของตัวยู และประมวลผลค่าองศา
6. โมดูลวัดระยะ (HC-SR04) ใช้สำหรับวัดค่าความสูงของแผ่นกดทับถึงฐานของตัวยู และวัดค่าความสูงของฐานตัวยูถึงพื้น

การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม โดยนำอุปกรณ์ต่างๆมาต่อเข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงภาพการออกแบบวงจรควบคุม

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดการต่อวงจรควบคุมของอุปกรณ์ และขาที่ใช้งานของรูปที่ 3.18

อุปกรณ์	ขาที่ต่อใช้งาน	ขาที่ต่อเข้ากับขาที่ใช้งาน
โมดูลวัดระยะ (HC-SR04) ตัวที่ 1	VCC	ต่อเข้ากับแรงดัน 5 V
	GND	สำหรับต่อลงกราวด์
	TRIG	ต่อเข้ากับขาที่ 51 ของบอร์ด Arduino Mega 2560
	ECHO	ต่อเข้ากับขาที่ 47 ของบอร์ด Arduino Mega 2560
โมดูลวัดระยะ (HC-SR04) ตัวที่ 2	VCC	ต่อเข้ากับแรงดัน 5 V
	GND	สำหรับต่อลงกราวด์
	TRIG	ต่อเข้ากับขาที่ 49 ของบอร์ด Arduino Mega 2560
	ECHO	ต่อเข้ากับขาที่ 53 ของบอร์ด Arduino Mega 2560
เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)	VCC	ต่อเข้ากับแรงดัน 5 V
	GND	สำหรับต่อลงกราวด์
	SIGNAL	ต่อเข้ากับขาที่ 9 ของบอร์ด Arduino Mega 2560
ดีซีมอเตอร์ (DC Motor) ตัวที่ 1	ขาไฟขั้วบวก	ต่อเข้ากับขา A+ ของบอร์ด Arduino Motor Shield (Rev3)
	ขาไฟขั้วลบ	ต่อเข้ากับขา A- ของบอร์ด Arduino Motor Shield (Rev3)
ดีซีมอเตอร์ (DC Motor) ตัวที่ 2	ขาไฟขั้วบวก	ต่อเข้ากับขา B+ ของบอร์ด Arduino Motor Shield (Rev3)
	ขาไฟขั้วลบ	ต่อเข้ากับขา B- ของบอร์ด Arduino Motor Shield (Rev3)
ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor)	Leg1	สำหรับต่อลงกราวด์
	Wiper	ต่อเข้ากับขา V0 ของจอ LCD 16x4
	Leg2	ต่อเข้ากับแรงดัน 5 V

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดการต่อวงจรควบคุมของอุปกรณ์ และขาที่ใช้งานของรูปที่ 3.18 (ต่อ)

อุปกรณ์	ขาที่ต่อใช้งาน	ขาที่ต่อเข้ากับขาที่ใช้งาน
สวิตซ์กดติดปล่อยดับ (Momentary Switch) ตัวที่ 1	ขาไฟขั้วบวก	ต่อเข้ากับแรงดัน 5 V
	ขาไฟขั้วลบ	ต่อเข้ากับขาที่ 2 ของบอร์ด Arduino Uno R3 และตัวต้านทาน (Resistor) ขนาด 10k ตัวที่ 1
สวิตซ์กดติดปล่อยดับ (Momentary Switch) ตัวที่ 2	ขาไฟขั้วบวก	ต่อเข้ากับแรงดัน 5 V
	ขาไฟขั้วลบ	ต่อเข้ากับขาที่ 8 ของบอร์ด Arduino Uno R3 และตัวต้านทาน (Resistor) ขนาด 10k ตัวที่ 2
สวิตซ์เท้า (Foot Switch) ตัวที่ 1	ขาไฟขั้วบวก	ต่อเข้ากับแรงดัน 5 V
	ขาไฟขั้วลบ	ต่อเข้ากับขาที่ 12 ของบอร์ด Arduino Uno R3 และตัวต้านทาน (Resistor) ขนาด 10k ตัวที่ 3
สวิตซ์เท้า (Foot Switch) ตัวที่ 2	ขาไฟขั้วบวก	ต่อเข้ากับแรงดัน 5 V
	ขาไฟขั้วลบ	ต่อเข้ากับขาที่ 13 ของบอร์ด Arduino Uno R3 และตัวต้านทาน (Resistor) ขนาด 10k ตัวที่ 4
สวิตซ์กดติดปล่อยดับ (Momentary Switch) ตัวที่ 3	ขาไฟขั้วบวก	ต่อเข้ากับแรงดัน 5 V
	ขาไฟขั้วลบ	ต่อเข้ากับขาที่ 2 ของบอร์ด Arduino Mega 2560 และตัวต้านทาน(Resistor)ขนาด10k ตัวที่5
สวิตซ์กดติดปล่อยดับ (Momentary Switch) ตัวที่ 4	ขาไฟขั้วบวก	ต่อเข้ากับแรงดัน 5 V
	ขาไฟขั้วลบ	ต่อเข้ากับขาที่ 8 ของบอร์ด Arduino Mega 2560 และตัวต้านทาน(Resistor)ขนาด10k ตัวที่6

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดการต่อวงจรควบคุมของอุปกรณ์ และขาที่ใช้งานของรูปที่ 3.18 (ต่อ)

อุปกรณ์	ขาที่ต่อใช้งาน	ขาที่ต่อเข้ากับขาที่ใช้งาน
ตัวต้านทานขนาด 10k (Resistor) ตัวที่ 1	Pin0	สำหรับต่อลงกราวด์
	Pin1	ต่อเข้ากับขาที่ 2 ของบอร์ด Arduino Uno R3 และสวิตซ์กดติดปล่อยดับ ตัวที่ 1
ตัวต้านทานขนาด 10k (Resistor) ตัวที่ 2	Pin0	สำหรับต่อลงกราวด์
	Pin1	ต่อเข้ากับขาที่ 8 ของบอร์ด Arduino Uno R3 และสวิตซ์กดติดปล่อยดับ ตัวที่ 2
ตัวต้านทานขนาด 10k (Resistor) ตัวที่ 3	Pin0	สำหรับต่อลงกราวด์
	Pin1	ต่อเข้ากับขาที่ 12 ของบอร์ด Arduino Uno R3 และสวิตซ์เท้า (Foot Switch) ตัวที่ 1
ตัวต้านทานขนาด 10k (Resistor) ตัวที่ 4	Pin0	สำหรับต่อลงกราวด์
	Pin1	ต่อเข้ากับขาที่ 13 ของบอร์ด Arduino Uno R3 และสวิตซ์เท้า (Foot Switch) ตัวที่ 2
ตัวต้านทานขนาด 10k (Resistor) ตัวที่ 5	Pin0	สำหรับต่อลงกราวด์
	Pin1	ต่อเข้ากับขาที่ 2 ของบอร์ด Arduino Mega 2560 และสวิตซ์กดติดปล่อยดับ ตัวที่ 3
ตัวต้านทานขนาด 10k (Resistor) ตัวที่ 6	Pin0	สำหรับต่อลงกราวด์
	Pin1	ต่อเข้ากับขาที่ 8 ของบอร์ด Arduino Mega 2560 และสวิตซ์กดติดปล่อยดับ ตัวที่ 4

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดการต่อวงจรควบคุมของอุปกรณ์ และขาที่ใช้งานของรูปที่ 3.18 (ต่อ)

อุปกรณ์	ขาที่ต่อใช้งาน	ขาที่ต่อเข้ากับขาที่ใช้งาน
จอ LCD (LCM1604C) ขนาด 16x4	ขา VSS	สำหรับต่อลงกราวด์
	ขา VDD	ต่อเข้ากับแรงดัน 5 V
	ขา V0	ต่อเข้ากับขา Wiper ของตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor)
	ขา RS	ต่อเข้ากับขาที่ 12 ของบอร์ด Arduino Mega 2560
	ขา R/W	สำหรับต่อลงกราวด์
	ขา E	ต่อเข้ากับขาที่ 11 ของบอร์ด Arduino Mega 2560
	ขา DB4	ต่อเข้ากับขาที่ 29 ของบอร์ด Arduino Mega 2560
	ขา DB5	ต่อเข้ากับขาที่ 27 ของบอร์ด Arduino Mega 2560
	ขา DB6	ต่อเข้ากับขาที่ 25 ของบอร์ด Arduino Mega 2560
	ขา DB7	ต่อเข้ากับขาที่ 23 ของบอร์ด Arduino Mega 2560
	ขา A	ต่อเข้ากับแรงดัน 5 V
	ขา K	สำหรับต่อลงกราวด์

3.8 การสร้าง และทดสอบระบบการทำงานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม

มีการสร้างเครื่องจำลองแมมโมแกรม และการทดสอบวัดค่าความสูงระหว่างแผ่นกดทับกับฐานของตัวยู และทดสอบวัดค่าความสูงระหว่างฐานของตัวยูกับพื้น โดยใช้โมดูลวัดระยะ (HC-SR04) และทดสอบวัดค่าองศาจากการหมุนซ้าย-หมุนขวา โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) โดยมีรายละเอียดในหัวข้อ 4.1 4.2 4.3 และ 4.4 ของบทที่ 4

3.9 วิเคราะห์ผลการทดลองสรุปผลการทดลองปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองและสรุปผลการทดลองของเครื่องจำลองแมมโมแกรม ดังแสดงในบทที่ 4 และแสดงในหัวข้อ 5.1 5.2 และ 5.3 ของบทที่ 5

3.10 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

มีการแก้ไขปรับปรุงรูปเล่ม เรียบเรียงข้อมูลพร้อมทั้งจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการทดสอบประสิทธิภาพของจำลองแมมโมแกรมที่พัฒนาขึ้นเริ่มจากการทำโครงสร้างตัวเครื่องแบบจำลองแมมโมแกรม การทดสอบดีซีมอเตอร์ในการควบคุมการขึ้น-ลงของตัวยูการทดสอบโมดูลวัดระยะทาง ในการวัดความสูงการทดสอบอ่านค่าองศาการหมุนซ้าย-หมุนขวาของตัวยูโดยมีรายละเอียดผลการทดลองดังนี้

4.1 การทำโครงสร้างตัวเครื่องแบบจำลองแมมโมแกรม

การสร้างเครื่องจำลองแมมโมแกรมจะเป็นการแบ่งทำทีละส่วนเริ่มจาก ทำโครงสร้างฐานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม การทำโครงสร้างของตัวยู การประกอบส่วนของโครงสร้างฐานกับโครงสร้างตัวยู การทำลายปริ้นและเขียนวงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

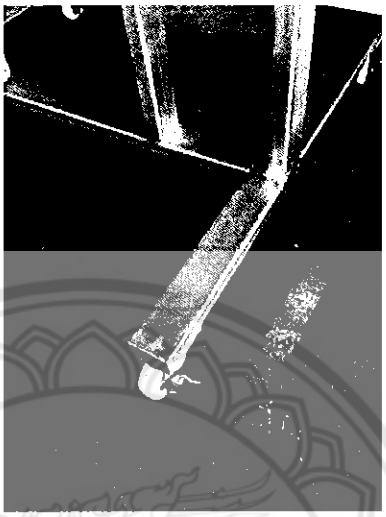
4.1.1 การทำฐานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม

จากรูปที่ 4.1 แสดงภาพโครงสร้างฐานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม ใช้เหล็กกล่องขนาด 2 นิ้ว จำนวน 3 ชิ้น เป็นโครงสร้างฐานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม โดยมีรายละเอียดในหัวข้อ 3.4.1ของบทที่ 3

รูปที่ 4.1 แสดงภาพโครงสร้างส่วนฐาน

4.1.2 การติดล้อแบบล๊อคให้กับฐานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม

จากรูปที่ 4.2 แสดงภาพการติดล้อแบบล๊อคจำนวน 4 ล้อ เข้ากับส่วนฐานใช้เคลื่อนที่ได้สะดวกขึ้น และสามารถล๊อคได้ไม่ทำให้เครื่องจำลองแมมโมแกรมเคลื่อนที่ขณะใช้งาน โดยมีรายละเอียดในหัวข้อ 3.4.2 ของบทที่ 3



รูปที่ 4.2 แสดงภาพล้อแบบล๊อค

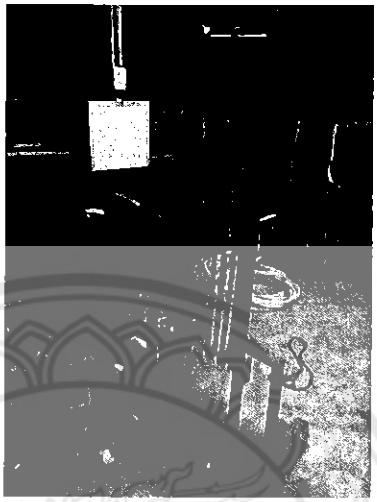
4.1.3 สร้างโครงส่วนฐานส่วนบนของเครื่องจำลองแมมโมแกรม

จากรูปที่ 4.3 แสดงภาพโครงฐานส่วนบน ใช้เหล็กกล่องขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร จำนวน 7 ชิ้นมาประกอบกับโครงส่วนฐานโดยมีรายละเอียดในหัวข้อ 3.4.3 ของบทที่ 3

รูปที่ 4.3 แสดงภาพโครงฐานส่วนบน

4.1.4 ทำส่วนประกอบต่างๆของโครงสร้างส่วนบนของเครื่องจำลองแมมโมแกรม

จากรูปที่ 4.4 แสดงภาพโครงส่วนบน และส่วนประกอบต่างๆภายในโครงสร้างส่วนบนเริ่มจาก เหล็กฉาก ช่องใส่ดีซีมอเตอร์ แผ่นเหล็กสำหรับเลื่อนขึ้น-ลงของตัวยู เพลาพร้อมเฟือง และโซ่สำหรับยึด โดยมีรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4.4 ของบทที่ 3



รูปที่ 4.4 แสดงภาพโครงส่วนบน

4.1.5 การสร้างโครงด้านข้างของตัวยู

จากรูปที่ 4.5 แสดงภาพโครงด้านข้างของตัวยู ใช้อะลูมิเนียมขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร จำนวน 6 ชิ้น มาประกอบกันด้วยการยิงลูกรีเวทยึดโครงอะลูมิเนียม โดยมีรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4.5 ของบทที่ 3

รูปที่ 4.5 แสดงภาพโครงด้านข้างของตัวยู

4.1.6 การสร้างโครงด้านหลังของตัวยู

จากรูปที่ 4.6 แสดงภาพโครงด้านหลังของตัวยู ใช้อะลูมิเนียมขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร จำนวน 5 ชิ้น อะลูมิเนียมฉากขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น และเจาะรูที่อะลูมิเนียมฉากไว้ 4 รูสำหรับไว้ยึดเข้ากับโครงสร้างส่วนฐาน มาประกอบกันด้วยการยิงลูกรีเวทยึดโครงอะลูมิเนียม โดยมีรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4.6 ของบทที่ 3

รูปที่ 4.6 แสดงภาพโครงด้านหลังของตัวยู

4.1.7 การติดแผ่นอะครีลิคกับโครงของตัวยู

จากรูปที่ 4.7 แสดงภาพโครงของตัวยูหลังติดแผ่นอะครีลิค ใช้แผ่นอะครีลิคสีขาว จำนวน 6 แผ่น แผ่นอะครีลิคสีดำจำนวน 2 แผ่น แผ่นอะครีลิคสีใสจำนวน 1 ชิ้น โดยมีรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4.7 ของบทที่ 3

รูปที่ 4.7 แสดงภาพโครงของตัวยูหลังติดแผ่นอะครีลิค

4.1.8 การทำกล่องควบคุมหน้าจอแสดงผล

จากรูปที่ 4.8 แสดงภาพกล่องควบคุม ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจำลองแมมโมแกรมแสดงค่าต่างๆออกหน้าจอแสดงผล LCD โดยมีรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4.8 ของบทที่ 3

รูปที่ 4.8 แสดงภาพกล่องควบคุม

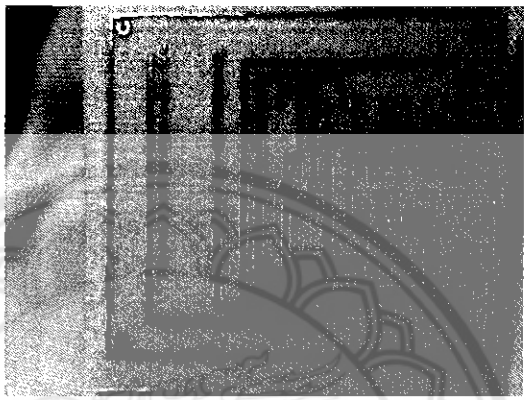
4.1.9 การสร้างเครื่องจำลองแมมโมแกรมแบบสมบูรณ์

จากรูปที่ 4.9 แสดงภาพเครื่องจำลองแมมโมแกรม ที่นำ ส่วนฐาน **ส่วนตัวยู และกล่องควบคุม**มาประกอบเข้าด้วยกัน โดยมีรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4.9 ของบทที่ 3

รูปที่ 4.9 แสดงภาพเครื่องจำลองแมมโมแกรม

4.1.10 ลายปริ้นที่ใช้ในวงจร

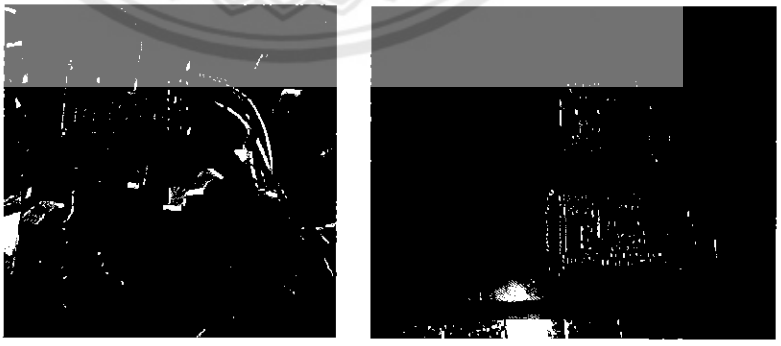
จากรูปที่ 4.10 แสดงภาพการออกแบบลายปริ้นใช้กับวงจรภายในต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ประกอบไปด้วย สวิตซ์กดติดปล่อยดับ (MomentarySwitch) สวิตซ์เท้า (FootSwitch) จอแสดงผล LCDโมดูลวัดระยะ (HC-SR04) ตัวต้านทาน (Resistor) ตัวต้านทานปรับค่าได้ (VariableResistor) ดีซีมอเตอร์ เซอร์โวมอเตอร์ บอร์ด Arduino Uno R3 และบอร์ด Arduino Mega 2560 โดยมีรายละเอียดในหัวข้อ 3.6 ของบทที่ 3



รูปที่ 4.10 แสดงภาพลายปริ้น

4.1.11 การต่อวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม

รูปที่ 4.11 แสดงภาพในกล่องควบคุมซึ่งการออกแบบกล่องควบคุม ภายนอกกล่องประกอบไปด้วย สวิตซ์กดติดปล่อยดับ จอแสดงผล LCD สวิตซ์เปิด-ปิดกล่องควบคุม และภายในกล่องประกอบไปด้วย แผ่นปริ้นวงจรควบคุม บอร์ด Arduino Uno R3 และบอร์ด Arduino Mega 2560 โดยมีรายละเอียดในหัวข้อ 3.7 ของบทที่ 3



รูปที่ 4.11 แสดงภาพภายในกล่องควบคุม และการต่อวงจร

4.2 การทดสอบโมดูลวัดระยะทาง ในการวัดความสูง

การทดสอบโมดูลวัดระยะทาง (HC-SR04) ในการวัดความสูงเป็นการทดสอบว่า โมดูลวัดระยะมีความแม่นยำหรือไม่ โดยจะแบ่งการทดสอบเป็น 2 ส่วน คือการทดสอบโมดูลวัดระยะทางในการวัดความสูงระหว่างฐานของตัวยูถึงพื้น และการทดสอบโมดูลวัดระยะทางในการวัดความสูงระหว่างแผ่นกดทับถึงฐานของตัวยูโดยมีขั้นตอนดังนี้

4.2.1 การทดสอบโมดูลวัดระยะทางในการวัดความสูงระหว่างฐานของตัวยูถึงพื้น

ในการทดสอบโดยใช้ โมดูลวัดระยะทาง (HC-SR04) ในการวัดระยะความสูงระหว่างฐานของตัวยูถึงพื้นว่ามีความแม่นยำหรือไม่ และแสดงผลออกหน้าจอ LCD โดยวัดความสูงเพื่อปรับระดับความสูงของตัวยู ให้เหมาะสมกับผู้เข้ารับการตรวจเพราะผู้เข้ารับการตรวจแต่ละคนมีความสูงที่ไม่เท่ากัน ซึ่งทำให้ต้องทดสอบวัดความสูงระดับของตัวยูถึงพื้น ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่4.1 แสดงการทดลองวัดระยะความสูงระหว่างฐานของตัวยูถึงพื้น กรณี N = 5

i / j	ความสูง (cm : เซนติเมตร) (x_i , y_j)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	(50,53)	(60,62)	(70,73)	(80,83)	(90,93)	(100,102)	(110,112)
2	(50,53)	(60,63)	(70,73)	(80,83)	(90,92)	(100,103)	(110,113)
3	(50,53)	(60,63)	(70,73)	(80,82)	(90,93)	(100,103)	(110,113)
4	(50,53)	(60,63)	(70,73)	(80,83)	(90,93)	(100,103)	(110,113)
5	(50,52)	(60,63)	(70,72)	(80,83)	(90,93)	(100,103)	(110,113)
MAE	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8

จากตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการวัดความสูงระหว่างฐานของตัวยูถึงพื้นตัวยูด้วยโมดูลวัดระยะ (HC-SR04) พบว่ามีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) อยู่ที่ประมาณ ± 1.4 เซนติเมตร เพราะตัวโมดูลวัดระยะอยู่เหนือฐานของตัวยูเป็นระยะประมาณ 3 เซนติเมตร เป็นผลทำให้ค่าที่ออกมาคลาดเคลื่อน โดยระดับความสูงของตัวยูต่ำสุดสามารถวัดได้ประมาณ 45 เซนติเมตร และสูงสุดสามารถวัดได้ประมาณ 155 เซนติเมตร ซึ่งสามารถปรับความสูงของตัวยูได้เพียงพอต่อการจัดท่าเอกซเรย์เต้านมให้เหมาะสมกับผู้เข้ารับการตรวจ ดังแสดงในรูปที่ 4.12

รูปที่ 4.12 แสดงภาพการทดลองวัดระยะของโมดูลวัดระยะระหว่างฐานของตัวยูถึงพื้น

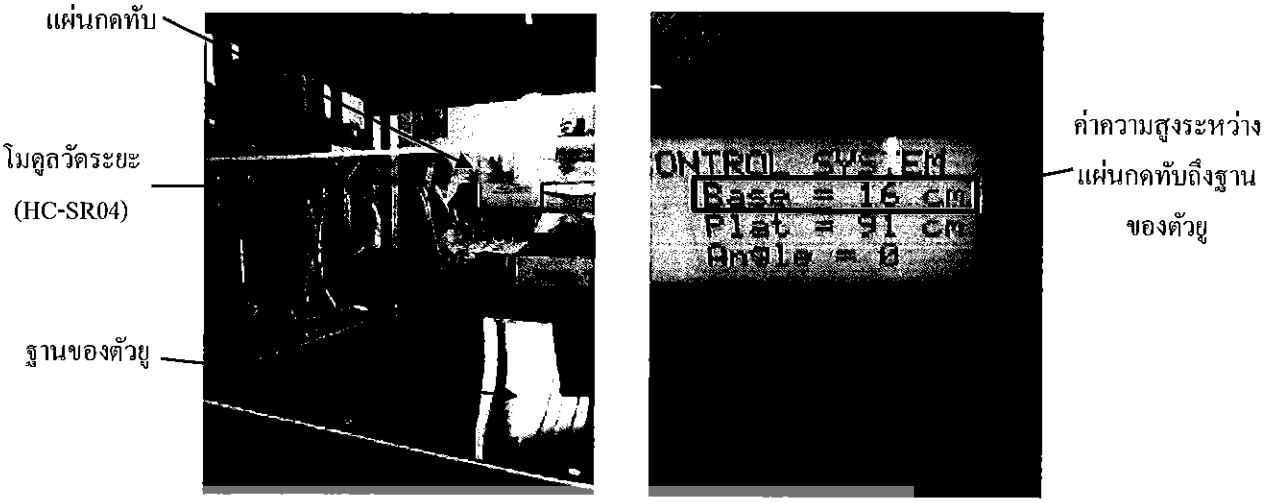
4.2.2 การทดสอบโมดูลวัดระยะทางในการวัดความสูงระหว่างแผ่นกดทับถึงฐานของตัวยู

ในการทดสอบโดยใช้โมดูลวัดระยะทาง (HC-SR04) ในการวัดระยะความสูงระหว่างแผ่นกดทับถึงฐานของตัวยู ว่ามีความแม่นยำหรือไม่ และแสดงผลออกหน้าจอ LCD เพื่อจัดท่าการวางเต้านมลงบนเครื่องตรวจ (ตรวจทีละเต้านม) จากนั้นแผ่นกดทับจะค่อยๆกดบีบเพื่อกดเต้านม ซึ่งการวัดความสูงของแผ่นกดทับถึงฐานของตัวยูจะรองรับขนาดของเต้านม ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่4.2 แสดงการทดลองวัดระยะความสูงของแผ่นกดทับถึงฐานของตัวยู กรณี N = 5

i / j	ความสูง(cm : เซนติเมตร)(x_i , y_j)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	(3,2)	(6,5)	(9,9)	(12,12)	(15,14)	(18,18)	(20,19)
2	(3,3)	(6,6)	(9,8)	(12,12)	(15,15)	(18,18)	(20,19)
3	(3,2)	(6,6)	(9,8)	(12,11)	(15,14)	(18,17)	(20,20)
4	(3,3)	(6,5)	(9,9)	(12,11)	(15,14)	(18,17)	(20,20)
5	(3,2)	(6,5)	(9,8)	(12,11)	(15,15)	(18,17)	(20,19)
MAE	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

จากตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการวัดความสูงระหว่างแผ่นกดทับถึงฐานของตัวยูด้วยโมดูลวัดระยะ (HC-SR04) พบว่ามีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) อยู่ที่ประมาณ ± 0.3 เซนติเมตร เพราะตัวโมดูลวัดระยะอยู่ใต้แผ่นกดทับเป็นระยะประมาณ 1 เซนติเมตร เป็นผลทำให้ค่าที่ออกมาคลาดเคลื่อน โดยระดับความสูงของแผ่นกดทับต่ำสุดสามารถวัดได้ประมาณ 2 เซนติเมตร และสูงสุดสามารถวัดได้ประมาณ 28 เซนติเมตร ซึ่งวัดความสูงของแผ่นกดทับในแนวดิ่ง และสามารถรองรับขนาดเต้านมของผู้เข้ารับการตรวจได้เพียงพอ ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 แสดงภาพการทดลองวัดระยะของ โมดูลวัดระยะ ระหว่างแผ่นกดทับถึงฐานของตัวยู

4.3 การทดสอบอ่านค่าองศาการหมุนซ้าย-หมุนขวาของตัวยู

ในการทดสอบอ่านค่าองศาการหมุนซ้าย-หมุนขวาของตัวยู แสดงออกหน้าจอ LCD โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) หมุนได้ตั้งแต่ –89 องศา ถึง 89 องศา และอ่านค่าองศาผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ว่ามีความแม่นยำหรือไม่ เพื่อจัดท่าวางเต้านมลงบนเครื่องตรวจ (ตรวจทีละเต้านม) โดยจะตรวจด้านข้างของเต้านมจากการหมุนซ้าย-หมุนขวาของตัวยูหาสิ่งผิดปกติ ตามตารางที่ 4.3

ตารางที่4.3 แสดงการทดสอบอ่านค่าองศาเทียบกับแกนนอนการหมุนซ้าย-หมุนขวาของตัวยู

จำนวนครั้ง (N)	ค่าองศา (จริง: x_i)	ค่าองศาจาก LCD (ค่าจากการทดลอง: y_i)
1	14	22
2	8	16
3	0	8
4	-20	-28
5	-32	-40
MAE	8	
หมายเหตุเลขติดลบ คือ หมุนไปทางซ้าย		

จากตารางที่ 4.3 ผลการทดลองอ่านค่าองศาการหมุนซ้าย-หมุนขวาของตัวยู พบว่าพบว่ามีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) อยู่ที่ประมาณ ±4 องศา เพราะการติดตั้งของเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เอียงไปเนื่องจากเฟืองของเซอร์โวมอเตอร์คับกับช่องแล้วไม่ตรงกึ่งกลางเลยทำให้ผลที่ออกมาคลาดเคลื่อน โดยตัวยูหมุนทางด้านซ้ายได้มากสุด -89 องศา และหมุนทางด้านขวาได้มากสุด 89 องศา ซึ่งจุดกึ่งกลางอยู่ที่ 0 องศา เทียบกับแนวดิ่ง ในการวัดนั้นจะทำการวัดเทียบกับแกนนอน (แกน x) ส่วนแกน y นั้นเป็นศูนย์ เพราะแกน y เป็นค่าคงที่ดังแสดงในรูปที่ 4.14

รูปที่ 4.14 แสดงภาพการทดสอบการวัดมุมองศาออกจอ LCD

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาออกแบบทดสอบ และทำการพัฒนาเครื่องจำลองแมมโมแกรม โดยใช้ระยะเวลาดำเนินโครงงาน 2 ภาคการศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องจำลองแมมโมแกรม ได้มีการทดสอบโมดูลวัดระยะ (HC-SR04) และเซอร์โวมอเตอร์อ่านค่าองศาออกจอ LCD หลังจากที่ได้ดำเนินการทดลองระบบในบทที่ 4 พบว่าการทดลองการระบบการทำงานต่างๆของเครื่องจำลองแมมโมแกรมทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้น ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลที่ได้จากการทดลอง พร้อมข้อเสนอแนะแนวทางในการนำโครงงานนี้ไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในโครงงานนี้คณะผู้วิจัยได้ศึกษา และสร้างเครื่องจำลองแมมโมแกรมสำหรับฝึกจัดท่าโดยการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโน่ (Arduino) ซึ่งมีการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 หมายเลข คือ ATMEGA328 และ ATMEGA2560-16AU นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้ศึกษาโมดูลวัดระยะ (HC-SR04) สำหรับวัดค่าความสูง และเลือกใช้เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) สำหรับวัดค่าองศาแสดงผลออกหน้าจอ LCD เพื่อนำมาใช้ต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม การสร้างเครื่องจำลองแมมโมแกรมนั้น คณะผู้วิจัยมีขั้นตอนในการดำเนินงานแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนในการสร้างฐานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม ขั้นตอนในการสร้างโครงตัวยูของเครื่องจำลองแมมโมแกรม และขั้นตอนในการทำกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้ออกแบบลายปริ้นวงจร และออกแบบการต่อวงจรรวมเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องจำลองแมมโมแกรม

ในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องจำลองแมมโมแกรม ได้ออกแบบการทดลองการทำงานของโมดูลวัดระยะมี 2 ขั้นตอน คือ วัดความสูงระหว่างฐานของตัวยูถึงพื้น เพื่อปรับระดับความสูงของตัวยู ให้เหมาะสมกับผู้เข้ารับการตรวจ และวัดความสูงระหว่างแผ่นกดทับถึงฐานตัวยู เพื่อจัดท่าการวางเต้านมลงบนเครื่องตรวจ (ตรวจทีละเต้านม) จากนั้นแผ่นกดทับจะค่อยๆกดบีบเพื่อกดเต้านม การทดสอบอ่านค่าองศาการหมุนซ้าย-หมุนขวาของตัวยูเพื่อจัดท่าวางเต้านมลงบนเครื่องตรวจ (ตรวจทีละเต้านม) โดยจะตรวจด้านข้างของเต้านมจากการหมุนซ้าย-หมุนขวาของตัวยูหาสิ่งผิดปกติ จากผลการทดลองการวัดความสูงระหว่างฐานของตัวยูถึงพื้นตัวยูด้วยโมดูลวัดระยะ (HC-SR04) พบว่ามีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) อยู่ที่ประมาณ $\pm$ 1.4 เซนติเมตร เพราะตัวโมดูลวัดระยะอยู่เหนือฐานของตัวยูเป็นระยะประมาณ 3 เซนติเมตร เป็นผลทำให้ค่าที่ออกมาคลาดเคลื่อน นอกจากนั้นผลการทดลองการวัดความสูงระหว่างแผ่นกดทับถึง

ฐานของตัวยูด้วยโมดูลวัดระยะ (HC-SR04) พบว่ามีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) อยู่ที่ประมาณ ±0.3 เซนติเมตร เพราะตัวโมดูลวัดระยะอยู่ใต้แผ่นกดทับเป็นระยะประมาณ 1 เซนติเมตร เป็นผลทำให้ค่าที่ออกมาคลาดเคลื่อน และผลการทดลองอ่านค่าองศาการหมุนซ้าย-หมุนขวาของตัวยู พบว่ามีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) อยู่ที่ประมาณ ±4 องศา เพราะการติดตั้งของเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เอียงไปเนื่องจากเฟืองของเซอร์โวมอเตอร์คับกับช่องแล้วไม่ตรงกึ่งกลางเลยทำให้ผลที่ออกมาคลาดเคลื่อน

5.2 ปัญหาและการแก้ไข

1. ตัวแผ่นกดทับการเลื่อนขึ้นลงไม่สมดุลมีการยกขึ้นหรือลงด้านใดด้านหนึ่งก่อนเสมอ เพราะว่าการติดตั้งมอเตอร์ขับเคลื่อนนั้นไม่ได้ตั้งอยู่ตำแหน่งสมดุลทำให้น้ำหนักของแผ่นกดทับเทไปทางด้านใดด้านหนึ่งมากเกินไปทำให้เลื่อนขึ้นลงได้ไม่สมดุล แต่ก็ไม่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่เท่าไหร่

2. ในตอนแรกการสร้างตัวยู วัสดุในการใช้เป็นเหล็กทำให้มีน้ำหนักมากทำให้มอเตอร์ไม่สามารถขับเคลื่อนได้ไหว วิธีการแก้ปัญหาคือใช้วัสดุที่เบากว่านั่นก็คือใช้เป็นอลูมิเนียมน้ำหนักเบาและดูจะสวยงามกว่าแต่ก็มีราคาที่แพงกว่าเหล็กธรรมดา

3. เมื่อสร้างเครื่องเสร็จครั้งแรกได้นำมาทดสอบแล้วเกิดปัญหาที่ว่าตัวเครื่องนั้นตอนการใช้งานเลื่อนไปมาไม่สามารถอยู่นิ่งๆ กับที่ได้เลย วิธีแก้ไขคือเปลี่ยนล้อเป็นล้อที่สามารถล็อคได้ผลที่ได้เป็นที่น่าพอใจ

4. การวัดองศาในตอนแรกจะใช้ Encoder ในการควบคุมองศาแต่เกิดปัญหาเนื่องจาก Encoder ทั้งสองตัวพังใช้งานไม่ได้ ทำให้ต้องเซอร์โวมอเตอร์อ่านค่าองศา ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

5. การวัดองศามีความคลาดเคลื่อนเพราะ ติดตั้งตัวเซอร์โวมอเตอร์คลาดเคลื่อนให้การวัดองศาคลาดเคลื่อนเล็กน้อย แต่ถือว่าค่าที่ออกมายอมรับได้

6. ในตอนแรกใช้ PIC ในการเขียนควบคุมระบบการทำงาน แต่มีปัญหาเกี่ยวกับการใช้งานร่วมกับโมดูลวัดระยะ ซึ่งทำให้ยากต่อการทำโครงงานเลยเปลี่ยนมาใช้ Arduino ที่ความสะดวกและง่ายต่อการทดลองต่างๆ อีกทั้งราคาไม่แพง หาข้อมูลเรื่องการทดลองได้ง่ายขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

1. การเคลื่อนที่ของตัวยู ขึ้น-ลง นั้นช้ามาก สามารถปรับเปลี่ยนมอเตอร์ให้มีขนาดใหญ่กว่าของเดิมที่ใช้อยู่

2. หากต้องการความเสถียรในการวัดระยะทางควรเลือกใช้ โมดูลวัดระยะทางที่มีราคาแพงกว่านี้เพราะมีประสิทธิภาพดีกว่า ความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า

3. ในการเลือกอุปกรณ์นั้นควรที่จะศึกษาให้ดีก่อนการตัดสินใจซื้ออุปกรณ์ เพราะจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และเกิดความผิดพลาดในการทำโครงงาน

4. ในการทำงานจะต้องมีความระมัดระวังรอบครอบมากที่สุด ควรที่จะมีการศึกษาให้ถูกต้องก่อนเพื่อให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด

มหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารอ้างอิง

[1] สันต์ฤทัย ปัทมอัศรินทร์, วรรณี วงศ์ราษฎร์. (2548). **การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องจำลองเอกซเรย์เต้านม.** ปริญญานิพนธ์ วท.บ., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

[2] ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega2560 สืบค้นเมื่อ 9 มิถุนายน 2557 จาก http://www.atmel.com/devices/atmega2560.aspx

[3] ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega328P สืบค้นเมื่อ 9 มิถุนายน 2557 จาก http://www.atmel.com/devices/atmega328p.aspx

[4] ความหมายและส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กรกฎาคม2557 จาก http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor1.htm

[5] ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2557 จาก www.kknic.ac.th/~kkvisart_poon/Webpage/...5/Servo%20moter.pdf

[6] หลักการทำงานของโมดูลวัดระยะ (HC-SR04) สืบค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2557 จาก http://www.arduitronics.com/product/20/ultrasonic-sensor-module-hc-sr04

[7] ภาษาซี (C Programming Language) สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2557 จาก https://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage

[8] การติดตั้งโปรแกรม Arduino สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2557 จาก http://arduino.cc/en/main/software

ภาคผนวก ก

โปรแกรมการทำงานของ Arduino Uno R3

```
//โค๊ดโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

const int buttonPin1 = 2;    // the number of the pushbutton pin

const int buttonPin2 = 8;    // the number of the pushbutton pin

const int buttonPin3 = 12;    // the number of the pushbutton pin

const int buttonPin4 = 13;    // the number of the pushbutton pin


// variables will change:

int buttonState1 = 0;        // variable for reading the pushbutton status

int buttonState2 = 0;        // variable for reading the pushbutton status

int buttonState3 = 0;        // variable for reading the pushbutton status

int buttonState4 = 0;        // variable for reading the pushbutton status


void setup() {

 // initialize the pushbutton pin as an input:

 pinMode(buttonPin1, INPUT);

 // initialize the pushbutton pin as an input:

 pinMode(buttonPin2, INPUT);

 // initialize the pushbutton pin as an input:

 pinMode(buttonPin3, INPUT);

 // initialize the pushbutton pin as an input:
```

```
 pinMode(buttonPin4, INPUT);

 // DRIVER MOTOR

 pinMode(3, OUTPUT);

 pinMode(4, OUTPUT);

 pinMode(6, OUTPUT);

 pinMode(7, OUTPUT);

}

// MOTMOR LEFT

void fowardA (){

 //MOTOR A

 digitalWrite (3, HIGH);

 digitalWrite(4, HIGH);

}

void fowardB (){

 //MOTOR B

 digitalWrite (6, HIGH);

 digitalWrite(7, HIGH);

}
```

```
// MOTOR RIGHT
  void backA () {
//MOTOR A
  digitalWrite (3, HIGH);
  digitalWrite(4, LOW);
}
  void backB () {
  //MOTOR B
  digitalWrite (6, HIGH);
  digitalWrite(7, LOW);
}
// STOP MOTORA
  void stopmotorA () {
  digitalWrite (3, LOW);
}
// STOP MOTORB
  void stopmotorB () {
  digitalWrite (6, LOW);
}
```

```
void loop()

{

// Driver MOTOR NO.1

 // read the state of the pushbutton value:

 buttonState1 = digitalRead(buttonPin1);

 buttonState2 = digitalRead(buttonPin2);

 // check if the pushbutton is pressed.

 // if it is, the buttonState is HIGH:

 if (buttonState1 == HIGH) {

  // turn LED on: MOTOR RIGHT

  fowardA ();

 }

 else if (buttonState2 == HIGH) {

  // turn LED on: MOTOR LIFE

  backA ();

 }

 else {

  // turn LED off: MOTOR STOP

  stopmotorA ();

 }
```

```
// Driver MOTOR NO.2

// read the state of the pushbutton value:

buttonState3 = digitalRead(buttonPin3);

buttonState4 = digitalRead(buttonPin4);

// check if the pushbutton is pressed.

// if it is, the buttonState is HIGH:

if (buttonState3 == HIGH) {

  fowardB ();

}

else if (buttonState4 == HIGH) {

  backB ();

}

else {

  stopmotorB ();

}

}
```

ภาคผนวก ข

โปรแกรมการทำงานของ Arduino Mage 2560

//โค๊ดโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560

```
#include <Servo.h>

#include <LiquidCrystal.h>

//LCD

LiquidCrystal lcd(12, 11, 29, 27, 25, 23);

//D1

int pingPin = 47;   //Trigger

int inPin = 49;     //Echo

//D2

int pingPin1 = 51;  //Trigger

int inPin1 = 53;    //Echo


int A; //D1

int B; //D2


Servo myservo;

int button8=0;

int button2=0;

int pos=90;
```

```
void setup()
{
lcd.begin(16, 4);
pinMode(8, INPUT);
pinMode(2, INPUT);
myservo.attach(9);
}
 //D1 control
void distanceA () {
 // establish variables for duration of the ping,
 // and the distance result in inches and centimeters:
 long duration, cm;
 // The PING))) is triggered by a HIGH pulse of 2 or more microseconds.
 // Give a short LOW pulse beforehand to ensure a clean HIGH pulse:
 pinMode(pingPin, OUTPUT);
 digitalWrite(pingPin, LOW);
 delayMicroseconds(2);
 digitalWrite(pingPin, HIGH);
 delayMicroseconds(10);
 digitalWrite(pingPin, LOW);
```

```
// The same pin is used to read the signal from the PING))): a HIGH
 // pulse whose duration is the time (in microseconds) from the sending
 // of the ping to the reception of its echo off of an object.
 pinMode(inPin, INPUT);
 duration = pulseIn(inPin, HIGH);
 // convert the time into a human readable distance
 A = microsecondsToCentimeters(duration);
}
//D2 control
void distanceB () {
 // establish variables for duration of the ping,
 // and the distance result in inches and centimeters:
 long duration, cm;
 // The PING))) is triggered by a HIGH pulse of 2 or more microseconds.
 // Give a short LOW pulse beforehand to ensure a clean HIGH pulse:
 pinMode(pingPin1, OUTPUT);
 digitalWrite(pingPin1, LOW);
 delayMicroseconds(2);
 digitalWrite(pingPin1, HIGH);
 delayMicroseconds(10);
 digitalWrite(pingPin1, LOW);
```

```
  // The same pin is used to read the signal from the PING))): a HIGH
  // pulse whose duration is the time (in microseconds) from the sending
  // of the ping to the reception of its echo off of an object.
  pinMode(inPin1, INPUT);
  duration = pulseIn(inPin1, HIGH);
  // convert the time into a human readable distance
  B = microsecondsToCentimeters(duration);
}
void Angle () {
  button8=digitalRead(8);
  button2=digitalRead(2);
  myservo.write(pos);
  pos=constrain(pos,0,175);
  if(button8==1 && button2==0)
  {
  pos++;
  }
  if(button8==0 && button2==1)
  {
  pos--;
  }
}
```

```
void loop()

{

distanceA ();

distanceB ();

Angle ();

// print LCD

{

 // if distance is too large (probably not being measured properly)

 // will discard the result.

 if (A,B > 400){

  lcd.clear();

  lcd.setCursor(0,0);

 lcd.print("Nothing detected");

 }

 else {

 // clear lcd content

 lcd.clear();

 // set the cursor to column 0, line 0

 // (note: line 1 is the second row, since counting begins with 0):

 lcd.setCursor(1, 0);

 lcd.print("CONTROL SYSTEM");
```

```
lcd.setCursor(4, 1); //D1
 lcd.print("Base = ");
 lcd.print(A+2);
 lcd.print(" cm");
 lcd.setCursor(0, 2);//D2
 lcd.print("Plat = ");
 lcd.print(B-4);
 lcd.print(" cm");
 lcd.setCursor(0, 3);  //Angle
 lcd.print("Angle = ");
 lcd.print(pos-90);
 }
}
delay(100);
}
long microsecondsToCentimeters(long microseconds){
 // The speed of sound is 340 m/s or 29 microseconds per centimeter.
 // The ping travels out and back, so to find the distance of the
 // object we take half of the distance travelled.
 return microseconds / 29 / 2;}
```

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายเขมชาติ มั่นมี

ภูมิลำเนา 472/15 ม.2 ต.หนองปลิง อ.เมือง จ.นครสวรรค์

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนนครสวรรค์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 6
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : **kheim212@hotmail.com**

ชื่อ นายธีรวัฒน์พล ทิวารัตน์

ภูมิลำเนา 77/77 ถ.ศรีธรรมไตรปิฎก ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 6
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : **eatspy2004@hotmail.com**