ระบบควบคุมสเต็ปมอเตอร์ผ่านช่องทางการสื่อสารแบบยูเอสบี

CONTROL SYSTEM FOR STEPPING MOTOR VIA USB PORT

นายวรพจน์ อินต๊ะ รหัส 50383967

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 11 มี.ค. 2555
เลขทะเบียน 15732724
เลขเรียกหนังสือ ว.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ว 225 ธ 2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	**ระบบควบคุมสเต็ปมอเตอร์ผ่านช่องทางการสื่อสารเข้าออกยูเอสบี**
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นายวรพจน์ อินต๊ะ รหัส 50383967**
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2553

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....**ที่ปรึกษาโครงงาน**

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น)

.....**กรรมการ**

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช)

.....**กรรมการ**

(ดร.แคทรียา สุวรรณศรี)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	ระบบควบคุมสเต็ปมอเตอร์ผ่านช่องทางการสื่อสารเข้าออกยูเอสบี
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายวรพจน์ อินต๊ะ รหัส 50383967
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2553

.....

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงงานนี้ ได้ออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมสเต็ปมอเตอร์ผ่านช่องการสื่อแบบยูเอสบีในการระบุตำแหน่งพิกัดของหัวสว่านตามแนวแกน X และแกน Y โดยการใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ในการทดสอบสมรรถนะของการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้น 22 ครั้ง พบว่า อุปกรณ์หัวสว่านอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการตามแนวแกน X และแกน Y โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนในรูปแบบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.03 ถึง 0.06 เซนติเมตรในแนวแกน X ที่ความเร็ว 90 พัลส์ต่อวินาที และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.02 ถึง 0.06 เซนติเมตรในแนวแกน Y ที่ความเร็ว 60 พัลส์ต่อวินาที

Project title	Control System for Stepping Motor via the USB Port
Name	Mr Woraport Inta ID. 50383967
Project advisor	Assistant Professor Suchart Yammen, Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and computer Engineering
Academic year	2010

Abstract

The objective of this project is to design and develop a control system for step motor through the USB port in locating the coordinates of the drill head along the X axis and Y axis using a personal computer. To test the performance of the developed system in 22 times, it showed that the device of the head drill is in the desired position along the X axis and Y axis. The error in term of the standard deviation is between 0.03 cm and 0.06 cm, for which the speed of the stepping motor along the X axis is 90 pulses per second, and is between 0.02 cm and 0.06 cm, for which that of the stepping motor along the Y axis is 60 pulses per second.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ผ่านพอร์ทยูเอสบีนี้ ไม่อาจสำเร็จได้ด้วยดี หากขาดการช่วยเหลือ สนับสนุนและให้คำปรึกษาจาก ดร.สุชาติ แย้มเม่น อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานครั้งนี้ ข้าพเจ้าทราบซึ้งในความอนุเคราะห์ของอาจารย์ และขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ทุกๆท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า รวมไปถึงบุคลากรทุกท่านที่คอยอำนวยความสะดวกและประสานงานในเรื่องต่างๆ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนช่วยเหลือในทุกๆเรื่อง

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากรายงานเล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายวรพจน์ อินต๊ะ

สารบัญ

หน้า

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

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 หลักการและเหตุผล.....1
1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....1
1.4 ขอบเขตของโครงงาน.....1
1.5 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน.....2
1.6 แผนการดำเนินงาน.....2
1.7 งบประมาณ.....2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....3
2.1 หลักการทำงานของสเต็ปมอเตอร์.....3
2.2 หลักการควบคุมสเต็ปมอเตอร์.....5
2.2.1 ควบคุมสเต็ปมอเตอร์แบบ เต็มสเต็ป 1 เฟส.....7
2.2.2 ควบคุมแบบเต็มสเต็ป 2.....7
2.2.3 ควบคุมแบบครึ่งสเต็ป.....7
2.3 หลักการสื่อสารแบบยูเอสบี.....8
2.3.1 ส่วนประกอบของการสื่อสารแบบยูเอสบี.....8

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4 โปรแกรม Visual Basic 6.0 11
2.5 โปรแกรม Eagle 5.60 15

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 20
3.1 ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 20
3.2 ออกแบบและพัฒนาฮาร์ดแวร์ของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง 20
3.3 ออกแบบและพัฒนาซอฟแวร์ของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง 24
3.4 วิธีการทดสอบ 27
3.4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ 27
3.4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง 28
3.4.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง 28

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 29
4.1 ผลการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง 29
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ 31
4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง 32
4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง 35
4.5 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน 42

บทที่ 5 สรุปผล 43
5.1 สรุปผลการทดลอง 43
5.2 ปัญหาในการทำงานและแนวทางแก้ไข 43
5.3 ประเมินผล 43

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง.....44
ภาคผนวก ก รหัสโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งพัฒนาโดยโปรแกรม Visual Basic.....46
ภาคผนวก ข ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Visual basic 6.0.....53
ภาคผนวก ค ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Eagle 5.60.....58
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน.....62

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 สัญญาณที่เปลี่ยนไปของอุปกรณ์ เมื่อเข้าสู่ Asynchronous Bit Bang Mode.....11
2.2 ฟังก์ชันภายใน Tool Box โปรแกรม Visual Basic ที่ใช้ในโครงงาน 13
2.3 Schematic window Tool Box ของโปรแกรม Eagle 5.6 ใช้ในโครงงาน.....16
2.4 Board window Tool Box ของโปรแกรม Eagle 5.6 ใช้ในโครงงาน.....18
3.1 คุณสมบัติของสเต็ปมอเตอร์รุ่น M42SP-5 ที่ใช้ในการทำโครงงาน.....21
3.2 คุณสมบัติของสเต็ปมอเตอร์แกน Y.....22
4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X 32
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y 33
4.3 ผลการทดสอบการของทำงานที่ แกน X 10 สเต็ป ของรูปที่ 4.10 35
4.4 ผลการทดสอบการของทำงานที่ แกน X 20 สเต็ป ของรูปที่ 4.11..... 36
4.5 ผลการทดสอบการของทำงานที่ แกน X 40 สเต็ป ของรูปที่ 4.12 และ4.13.....37
4.6 ผลการทดสอบการของทำงานที่ แกน X 60 สเต็ป ของรูปที่ 4.14 และ 4.15.....38
4.7 ผลการทดสอบการของทำงานที่ แกน Y 20 สเต็ป ของรูปที่ 4.16.....39
4.8 ผลการทดสอบการของทำงานที่ แกน Y 40 สเต็ป ของรูปที่ 4.17.....35
4.9 ผลการทดสอบการของทำงานที่ แกน Y 60 สเต็ป ของรูปที่ 4.18.....41

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ขั้นตอนการสร้างสนามหมุนของสเต็ปมอเตอร์แบบ 2 เฟส....3

2.2 โครงสร้างซี่ฟันสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร....4

2.3 ทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านโครงของขดลวดสเตอเตอร์ขณะไม่ถูกกระตุ้น....4

2.4 ทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านโครงของขดลวดสเตอเตอร์ขณะถูกกระตุ้น....5

2.5 แผนผังระบบควบคุมสเต็ปมอเตอร์....5

2.6 ลักษณะขดลวดแบบ ไบโพลาร์....6

2.7 วงจร H-bridge ขณะนำกระแสไปด้านซ้าย (ซ้าย) หรือไปด้านขวา (ขวา)....6

2.8 ลักษณะของสัญญาณพัลส์ที่เข้าไปยังขดลวดสเตเตอร์....7

2.9 โครงสร้างการของการสื่อสาร....8

2.10 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ยูเอสบี FT232RL....9

2.11 แผนผังการทำงานของไดรเวอร์ D2XX....10

2.12 ลักษณะของหน้าต่างเมื่อเริ่มโปรแกรม....12

2.13 ลักษณะของโปรแกรมเริ่มต้นสร้างงานใหม่แบบ Standard EXE....12

2.13 Visual basic menu bar....12

2.15 Visual basic tool bar....13

2.16 Visual basic tool box....13

2.17 Visual basic form design window....13

2.18 Visual basic code window....14

2.19 Visual basic Project group window....14

2.20 Visual basic form layout....14

2.21 Eagle 5.6 Control panel....15

2.22 Eagle 5.6 Schematic window....15

2.23 Eagle 5.6 Menu bar....16

2.24 Eagle 5.6 Tool bar....16

2.25 Eagle 5.6 Board window....17

2.26 Eagle 5.6 Menu bar....17

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.27 Eagle 5.6 Tool bar....17
3.1 อุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X 21
3..2 อุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y 22
3.3 ลักษณะของฐานอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง 23
3.4 วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์ยูเอสบีกับคอมพิวเตอร์ 23
3.5 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์ผ่านพอร์ทยูเอสบี 24
3.6 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง.... 25
3.7 ลักษณะหน้าต่างโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง....26
3.7 การวัดการกระจัดของ มอเตอร์แกน Y (ซ้าย) มอเตอร์แกน X (ขวา) 28
4.1 โครงสร้างอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง....29
4.2 วงจรที่ออกแบบ (ซ้าย) ขณะทำงาน (ขวา)....30
4.3 อุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแนวแกน X,Y 30
4.4 ลักษณะสัญญาณ100 พัลส์ต่อวินาทีที่ขดลวด 1 (บน) และขดลวด 2 (ล่าง)....31
4.5 สัญญาณพัลส์ที่ระยะเวลาหน่วงสัญญาณ 0 ms และ 1 ms.... 31
4.6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการกระจัดของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X ในตารางที่ 4.1 32
4.7 กราฟแสดงค่าความเบี่ยงเบนของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X ในตารางที่ 4.1 33
4.8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการกระจัดของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X ในตารางที่ 4.2 34
4.9 กราฟแสดงค่าความเบี่ยงเบนของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X ในตารางที่ 4.2 34
4.10 ผลการทดสอบการทำงาน 22 ครั้ง โดยใช้ค่าแกน X 10 สเต็ป Y 5 สเต็ป 35
4.11 ผลการทดสอบการทำงาน 22 ครั้ง โดยใช้ค่าแกน X 20 สเต็ป Y 5 สเต็ป 36
4.12 ผลการทดสอบการทำงาน 11 ครั้ง ชุดที่ 1 โดยใช้ค่าแกน X 40 สเต็ป Y 5 สเต็ป.... 37
4.13 ผลการทดสอบการทำงาน 11 ครั้ง ชุดที่ 2 โดยใช้ค่าแกน X 40 สเต็ป Y 5 สเต็ป.... 37
4.14 ผลการทดสอบการทำงาน 11 ครั้ง ชุดที่ 1 โดยใช้ค่าแกน X 60 สเต็ป Y 5 สเต็ป 38
4.15 ผลการทดสอบการทำงาน 11 ครั้ง ชุดที่ 2 โดยใช้ค่าแกน X 60 สเต็ป Y 5 สเต็ป 38

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.16 ผลการทดสอบการทำงาน 22 ครั้ง โดยใช้ค่าแกน X 3 สเต็ป Y 20 สเต็ป.....39

4.17 ผลการทดสอบการทำงาน 22 ครั้ง โดยใช้ค่าแกน X 3 สเต็ป Y 40 สเต็ป 40

4.18 ผลการทดสอบการทำงาน 22 ครั้ง โดยใช้ค่าแกน X 3 สเต็ป Y 60 สเต็ป.....41

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันเป็นการสื่อสารแบบยูเอสบีได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ทำให้การทำงานร่วมกับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์กลายเป็นเรื่องปกติในชีวิตประจำวัน เพราะความรวดเร็วในการเชื่อมต่อและความเร็วในการส่งข้อมูล ส่งผลให้สามารถเข้าถึงตลาดผู้ใช้ได้ทุกระดับ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ตลาดอุปกรณ์อีเล็กโทรนิกส์มีการเติบโตที่สูงมาก ผลที่ตามมาคืออุปกรณ์เหล่านี้กลายเป็นขยะมากขึ้นขณะที่ยังสามารถทำงานได้อุปกรณ์เหลือใช้เหล่านี้มักประกอบไปด้วยชิ้นส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้เช่นสเต็ปมอเตอร์ซึ่งเป็นมอเตอร์ที่สามารถควบคุมการทำงานได้ง่ายและสามารถนำมาใช้งานได้หลากหลาย การควบคุมมอเตอร์ผ่านคอมพิวเตอร์เกิดขึ้นจากความต้องการทางด้านระบบควบคุมอัตโนมัติที่ต้องการความแม่นยำแต่อุปกรณ์ที่ใช้มักมีราคาแพงโดยเฉพาะในส่วนของอุปกรณ์ขับเคลื่อนซึ่งออกแบบมาโดยเฉพาะกับมอเตอร์นั้นๆ อีกทั้งมอเตอร์ที่นิยมใช้การเป็นแบบป้อนกลับที่มีควบคุมที่ซับซ้อนและราคาแพง ในทางกลับกันสเต็ปมอเตอร์ที่สามารถควบคุมได้ง่ายและเป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แทบทุกชนิด ดังนั้นโครงงานนี้จึงมุ่งเน้นที่จะออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมสเต็ปมอเตอร์สำหรับการชี้ตำแหน่งและควบคุมด้วยการใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านพอร์ทยูเอสบีในการชี้ตำแหน่งของสว่านเจาะแผ่นวงจร

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของโครงงาน

ออกแบบและพัฒนาวงจรควบคุมสเต็ปมอเตอร์ผ่านพอร์ตยูเอสบีสำหรับการระบุตำแหน่งพิกัดที่ต้องการได้จากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 นำอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นไปพัฒนาต่อยอดเพื่อชี้ตำแหน่งการเจาะแผ่นวงจรด้วยสว่านได้

1.3.3 นำอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นไปพัฒนาต่อยอดเพื่อตัดสติ๊กเกอร์ด้วยใบมีดได้

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

นำสเต็ปมอเตอร์จากปริ้นเตอร์มาระบุพิกัดแกน x พร้อมทั้งนำมอเตอร์จากเครื่องอ่านซีดีมาระบุพิกัดแกน y

1.5 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

1.5.1ศึกษาหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

1.5.2 ออกแบบและพัฒนาส่วนฮาร์ดแวร์ของอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น

1.5.3 ออกแบบและพัฒนาส่วนซอฟแวร์ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น

1.5.4 ทดสอบและปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น

1.5.5 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

1.5.6 สรุปและจัดทำรูปเล่มรายงาน

1.6 แผนการดำเนินโครงการ

กิจกรรม	ปีการศึกษา 2553						ปีการศึกษา 2554				
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1) ศึกษาสเต็ปมอเตอร์	←	—	→								
2) ศึกษาระบบยูเอสบี		←	—	—	→						
3) ศึกษาวงจรควบคุม			←	—	→						
4) ออกแบบโครงสร้าง					←	—	→				
5) ออกแบบวงจรขับ					←	—	—	—	→		
6) ออกแบบและพัฒนาซอฟแวร์					←	—	—	—	→		
7) ทดสอบชิ้นงาน							←	—	→		
8) ปรับแก้ชิ้นงาน							←	—	—	→	
9) วิเคราะห์ผลการทดลอง								←	—	→	
10) ทำรูปเล่มรายงาน							←				→

1.7 งบประมาณของโครงการ

ค่าวัสดุและอุปกรณ์ 1,000 บาท

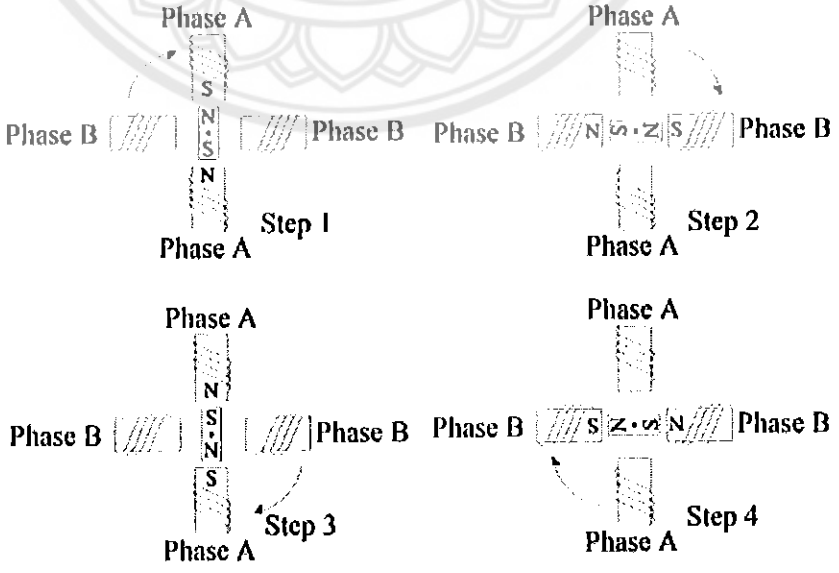
รวมทั้งหมด 1,000 บาท (หนึ่งพันบาทถ้วน)

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 หลักการทำงานของสเต็ปมอเตอร์

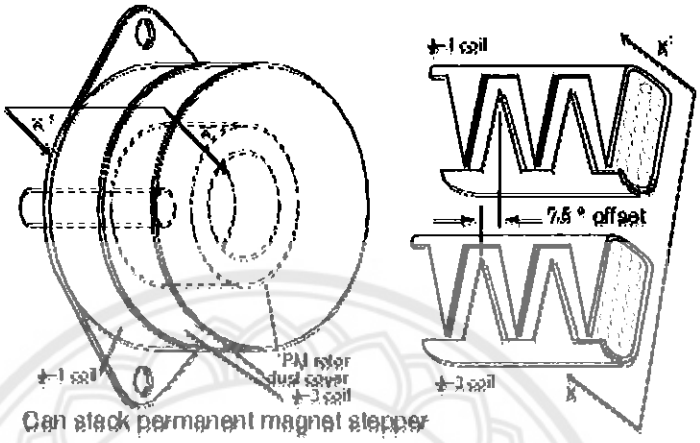
สเต็ปมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่หมุนเพียงเล็กน้อยตามแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนซึ่งต่าง จากมอเตอร์ทั่วไปที่จะหมุนทันทีและตลอดเวลาเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าข้อดีของสเต็ปมอเตอร์คือสามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุน(องศาหรือระยะทาง)ได้อย่างละเอียดโดยใช้คอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่ง สามารถควบคุมได้อย่างแม่นยำโดยใช้ ระบบเปิด คือ สเต็ปมอเตอร์สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีการ ป้อนค่ากลับมา ซึ่งไม่สามารถทำได้ในมอเตอร์แบบอื่นโดยสเต็ปมอเตอร์แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ สเต็ปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร สเต็ปมอเตอร์แบบวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ และมอเตอร์แบบผสม แต่อย่างไรก็ตาม ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีเบื้องต้นเฉพาะสเต็ปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ขับเคลื่อนอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแนวแกน x และแนวแกน y ในโครงงานนี้

สเต็ปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent magnet step motor) ประกอบด้วยโรเตอร์ซึ่งทำจากแม่เหล็กถาวรและขดลวดสเตเตอร์แบบมอเตอร์ทั่วไป การทำงานของสเต็ปมอเตอร์ชนิดนี้เกิดจากการผลักและดึงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างขั้ว แม่เหล็กถาวรที่โรเตอร์และขั้วของขดลวดขณะการจ่ายกระแสไฟฟ้ากระตุ้นไปยังขดลวดสเตเตอร์เฟส A และ B ตาม Step 1 2 3 และ 4 ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.1



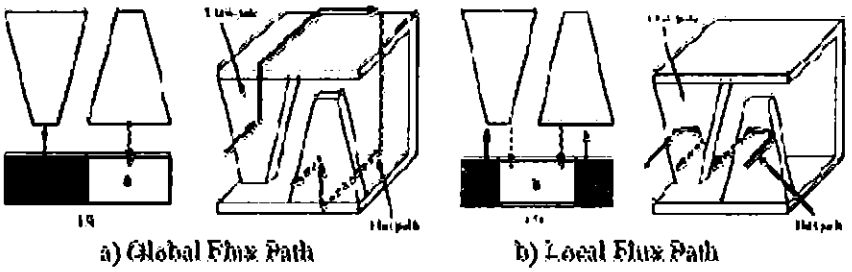
รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการสร้างสนามหมุนของสเต็ปมอเตอร์แบบ 2 เฟส

นอกจากนี้ สเต็ปมอเตอร์อาจมีจำนวนขั้วเพิ่มขึ้นได้ด้วยการออกแบบให้มีการเพิ่มซี่ฟัน (Clow pole) ของขดลวดสเตเตอร์เพิ่มมากขึ้นดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.2 แต่จำนวนเฟสของขดลวดสเตเตอร์ยังเท่าเดิม ส่งผลให้เพิ่มจำนวนสเต็ปการหมุนของโรเตอร์ได้ละเอียดมากขึ้น



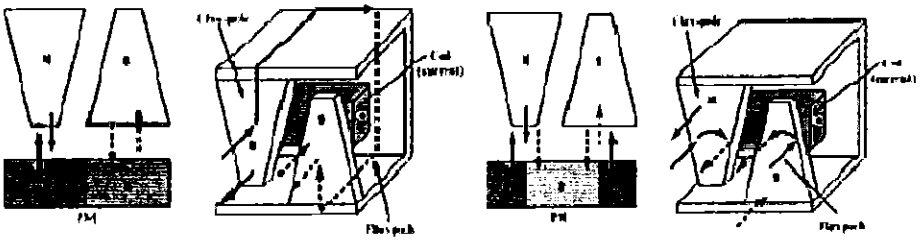
รูปที่ 2.2 โครงสร้างซี่ฟันสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

ในรูปที่ 2.2 ลักษณะการจัดเรียงของซี่ฟันสเตเตอร์จะเป็นตัวกำหนดความละเอียดสำหรับการหมุนของโรเตอร์โดยการเหลื่อมกันของซี่ฟันสเตเตอร์ทั้ง 2 เฟสเป็นตัวกำหนดค่าองศาต่อสเต็ปของโรเตอร์ ตัวอย่างเช่น ต้องใช้ซี่ฟันสเตเตอร์ทำให้เกิด 24 ขั้วต่อขดลวด จึงได้ค่าระยะการหมุนเท่ากับ 7.5 องศาต่อสเต็ปเมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปที่ขดลวดสเตเตอร์ สังเกตว่าแกนโรเตอร์ทำมาจากแม่เหล็กถาวร ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านโครงของขดลวดสเตเตอร์อยู่ตลอดเวลาแม้ว่าจะมีกระแสไหลเข้าขดลวดสเตเตอร์หรือไม่ก็ตาม ถ้าไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดสเตเตอร์ แกนโรเตอร์ก็ยังสามารถสร้างแรงยึดหรือแรงบิดจับยึดกับโครงของขดลวดสเตเตอร์ได้ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านโครงของขดลวดสเตอเตอร์ขณะไม่ถูกกระตุ้น

ขณะที่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดสเตเตอร์ จึงเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่โครงของสเตเตอร์ ต่อต้านกับสนามแม่เหล็กของโรเตอร์ดังรูปที่ 2.4 จึงมีผลทำให้เกิดแรงคู่ควบบนแกนโรเตอร์

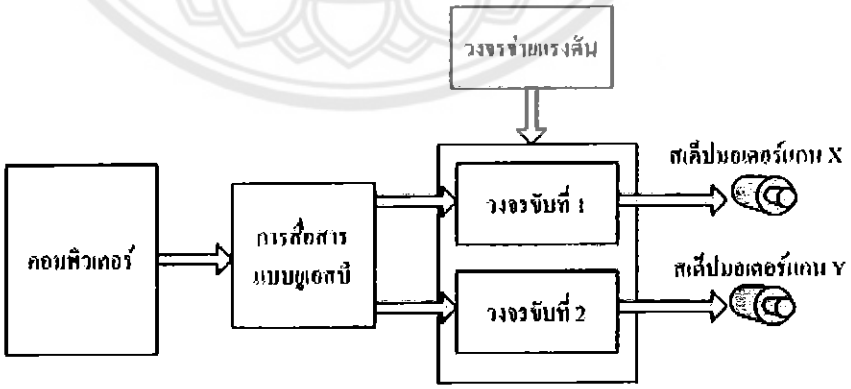


a) Global Flux Path b) Local Flux Path

รูปที่ 2.4 ทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านโครงของขดลวดสเตอเตอร์**ขณะถูกกระตุ้น**

2.2 หลักการควบคุมสเต็ปมอเตอร์

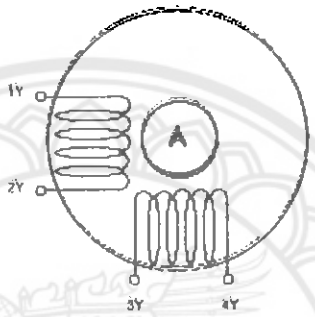
ในการระบุพิกัดของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง ผู้ดำเนินงานใช้สเต็ปมอเตอร์ จำนวน 2 ตัว ตัวแรกใช้สำหรับการระบุพิกัดตามแนวแกน X และมอเตอร์ตัวที่เหลือใช้สำหรับการระบุพิกัดตามแนวแกน Y โดยการควบคุมการหมุนแกนโรเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์ทั้งสองได้ด้วยอุปกรณ์ขับซึ่งถูกควบคุมโดยการใช้คอมพิวเตอร์ผ่านการสื่อสารแบบยูเอสบีตามแผนผังระบบควบคุมสเต็ปมอเตอร์ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งในหัวข้อนี้จะขอกล่าวถึงวงจรขับและทฤษฎีการควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.5 แผนผังระบบควบคุมสเต็ปมอเตอร์

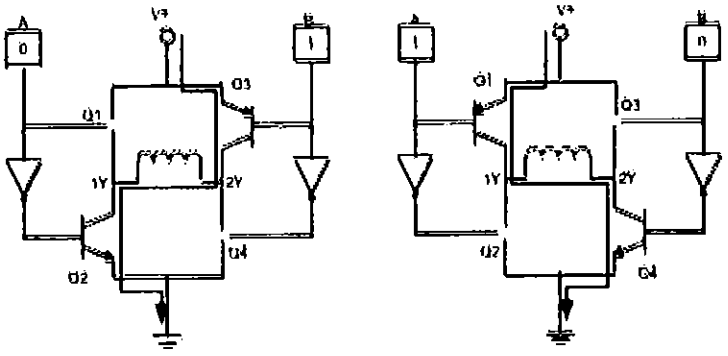
วงจรขับสเต็ปมอเตอร์สามารถแบ่งตามลักษณะของขดลวดสเตเตอร์ได้ 2 แบบคือวงจรขับแบบยูนิโพล่า (Unipolar) และวงจรขับแบบไบโพลาร์สเต็ปมอเตอร์ (Bipolar) แต่อย่างไรก็ตาม ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีเบื้องต้นเฉพาะการควบคุมสเต็ปมอเตอร์แบบไบโพลาร์ที่ประกอบด้วยขดลวดสเตเตอร์ 2 ขด ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ขับเสเต็ปมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงานเท่านั้น

วงจรขับแบบไบโพลาร์ (Bipolar) ส่วนประกอบของสเต็ปมอเตอร์แบบไบโพลาร์ประกอบด้วย จุดเชื่อมต่อ 2 จุดที่ปลายของขดลวดสเตเตอร์ทั้ง 2 ด้าน เพื่อกำหนดทิศทางการไหลของกระแสในขดลวดด้วยวงจร H-bridge ดังแสดงในรูปที่ 2.6



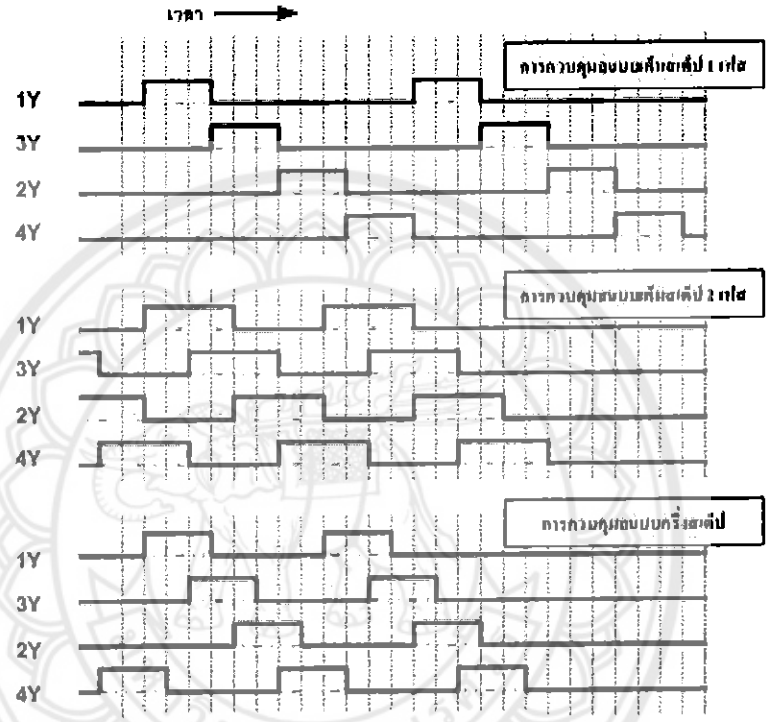
รูปที่ 2.6 ลักษณะขดลวดแบบ ไบโพลาร์

วงจร H-bridge ประกอบด้วย NPN ทรานซิสเตอร์ Q1 Q3 และ PNP ทรานซิสเตอร์ Q1Q4 โดยมีขั้นตอนการทำงานคือเมื่อ A มีค่าลอจิกเป็น 0 และ B เป็น 1 ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2Q3 เข้าสู่สถานะ active และ Q1Q4 เข้าสู่สถานะ cut off ดังรูปที่ 2.7 (ซ้าย)ในทางกลับกันหาก A มีค่าลอจิกเป็น 1 และ B เป็น 0 ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2Q3 เข้าสู่สถานะ cut off และ Q1Q4 เข้าสู่สถานะ active ทำให้กระแสไหลผ่านขดลวดสเตเตอร์จาก Q1 ไป Q4 ดังรูปที่ 2.7 (ขวา) นอกจากนี้ข้อควรระวังคือทรานซิสเตอร์ที่อยู่ทางฝั่งเดียวกันต้องไม่ทำงานพร้อมกันเพราะทำให้เกิดการลัดวงจร และทำให้วงจรเสียหายได้



รูปที่ 2.7 วงจร H-bridge ขณะนำกระแสไปด้านซ้าย (ซ้าย) หรือไปด้านขวา (ขวา)

การควบคุมสเต็ปมอเตอร์โดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นขดลวดสเตเตอร์ดังข้างต้น แต่การควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ นิยมใช้สัญญาณพัลส์กระตุ้นขดลวดสเตเตอร์ ทำให้สามารถกำหนดความเร็วของสเต็ปมอเตอร์ด้วยการกำหนดความถี่ของสัญญาณพัลส์ กระตุ้นขดลวดตามรูปแบบการสเต็ปที่ออกแบบ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบได้แก่การควบคุมแบบเต็มสเต็ป 1 เฟส การควบคุมแบบเต็มสเต็ป 2 เฟส และการควบคุมแบบครึ่งสเต็ป ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ลักษณะของสัญญาณพัลส์ที่เข้าไปยังขดลวดสเตเตอร์

2.2.1 ควบคุมสเต็ปมอเตอร์แบบ เต็มสเต็ป 1 เฟส หรือแบบเวฟ (wave) เป็นวิธีการควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์แบบที่ใช้กระแสน้อยและง่ายต่อการควบคุมมากที่สุด โดยจ่ายสัญญาณพัลส์ค้าไปยังตำแหน่ง 1Y 3Y 2Y และ 4Y

2.2.2 ควบคุมแบบเต็มสเต็ป 2 เฟส เป็นการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ที่พัฒนาจากการควบคุมแบบเต็มสเต็ป เพื่อเพิ่มแรงบิดของสเต็ปมอเตอร์ โดยกระตุ้นขดลวดสเตเตอร์ทีละ 2 ขดในเวลาเดียวกัน ทำให้ต้องใช้กระแสเพิ่มเป็น 2 เท่า

2.2.3 ควบคุมแบบครึ่งสเต็ป การควบคุมสเต็ปมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ปทำให้สามารถเพิ่มความละเอียดในการควบคุมการหมุนของโรเตอร์มากขึ้นซึ่งเป็นการรวมระหว่างการควบคุมแบบเต็มสเต็ป 1 เฟสและแบบ เต็มสเต็ป 2 เฟสเข้าด้วยกันลักษณะการจ่ายกระแสไฟฟ้า เพื่อกระตุ้นขดลวด

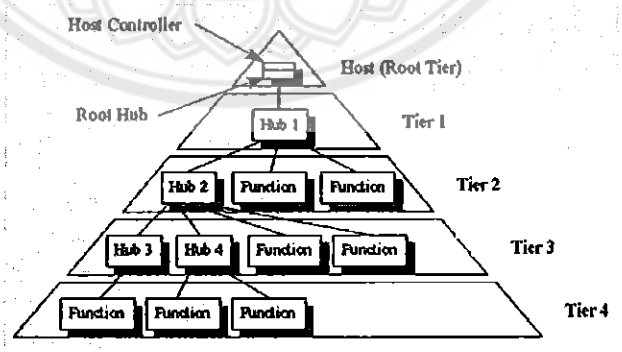
คราวละสองขดและเปลี่ยนเป็นคราวละขดทำให้การเคลื่อนที่ของขดลวดมีขนาดมุมที่ลดลง แต่วิธีนี้ก็มีข้อเสียคือทำให้แรงบิดเกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอ

2.3 หลักการสื่อสารแบบยูเอสบี

การสื่อสารแบบยูเอสบีมีความสามารถจ่ายแรงดันได้ 5 โวลต์และจ่ายกระแสได้สูงสุด 500 มิลลิแอมแปร์ให้กับอุปกรณ์ยูเอสบี ทำให้ช่วยลดภาระการจัดหาแหล่งจ่ายไฟสำหรับอุปกรณ์ขนาดเล็ก การสื่อสารแบบยูเอสบีเกิดจากการความร่วมมือของบริษัทชั้นนำด้านอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์ เช่น Apple Hewlett-Packard NEC Microsoft และ Intel เพื่อขยายขีดความสามารถและลดความยุ่งยากในการเชื่อมต่อและมีความสามารถถอด สับเปลี่ยนหรือเพิ่มโดยไม่ต้องทำการปิดคอมพิวเตอร์รวมถึงสามารถใช้งานได้ อีกทั้งสามารถรองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ได้ถึง 127 ตัวต่อ 1 โฮสต์คอนโทรลเลอร์ และโดยทั่วไปคอมพิวเตอร์หนึ่งเครื่องจะประกอบด้วยโฮสต์คอนโทรลเลอร์ 2 หรือ 4 ตัวดังนั้นจึงสามารถต่ออุปกรณ์ยูเอสบีได้เพียงพอสำหรับการใช้งาน เนื่องจากยูเอสบีได้มีข้อกำหนดในการรับส่งข้อมูลเป็นมาตรฐานจึงสามารถใช้งานอุปกรณ์ยูเอสบีได้กับทุกระบบปฏิบัติการ

2.3.1 ส่วนประกอบของการสื่อสารแบบยูเอสบี

ยูเอสบีได้รับการออกแบบให้อุปกรณ์ต่างๆมีหน้าที่ทำงานตามคำสั่งของโฮสต์ เท่านั้น ในกรณีที่โฮสต์ไม่สั่งให้อุปกรณ์ส่งข้อมูล อุปกรณ์ต้องไม่ส่งข้อมูลเข้าสู่บัส เพื่อป้องกันการชนของข้อมูลบนบัส โดยมีลำดับการทำงานดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 โครงสร้างการของการสื่อสาร

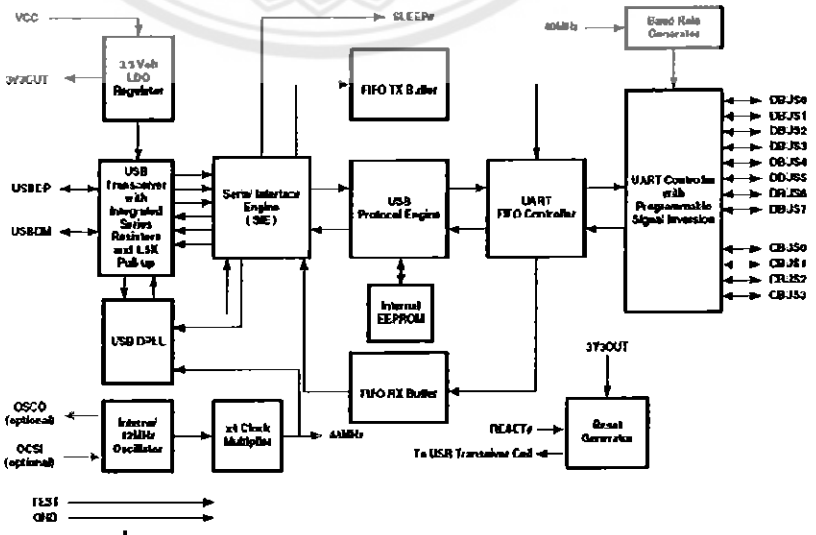
โดยระบบยูเอสบีมีส่วนประกอบ ด้วย 3 ส่วนคือ

2.3.1.1 โฮสต์คอมโทรล มีหน้าที่สร้างสัญญาณข้อมูลทางไฟฟ้า ส่งต่อไปยังรูทฮับ (root hub) เพื่อกระจายออกไปยังอุปกรณ์ต่างๆ โดยมีทำหน้าที่สำคัญ 4 อย่างคือ ควบคุมการใช้พลังงานของอุปกรณ์ที่มาต่อตรวจสอบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ว่ามีอุปกรณ์ต่ออยู่หรือไม่เปิดการใช้งานพอร์ตเมื่อมีอุปกรณ์ต่ออยู่ และปิดการใช้งานเมื่อปลดอุปกรณ์รายงานสถานะของพอร์ต

2.3.1.2 ฮับ (Hub) มีหน้าที่ ขยายการเชื่อมต่อให้อุปกรณ์จำนวนมากๆ ให้สามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบบัสได้ โดยการทำงานหลักมี 2 ส่วน คือ ทำหน้าที่เป็นตัวทวนสัญญาณ (repeater) และตัวจัดการพลังงาน (power management) ในส่วนการทวนสัญญาณ ฮับต้องรับสัญญาณจากโฮสต์มา แล้วส่งกระจายออกไปยังพอร์ตทุกๆ พอร์ต และรับสัญญาณจากแต่ละพอร์ตแล้วนำมารวมกันเพื่อส่งกลับไปที่โฮสต์ สำหรับหน้าที่การจัดการพลังงานนั้นทำหน้าที่ ตรวจสอบว่ามีการเชื่อมต่ออยู่ของอุปกรณ์ที่พอร์ตใดบ้าง หากมีอุปกรณ์ต่ออยู่ก็เปิดการใช้งานพอร์ตนั้นๆ และป้องกันอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ในแต่ละพอร์ตไม่ให้ดึงกระแสไฟฟ้าเกิน

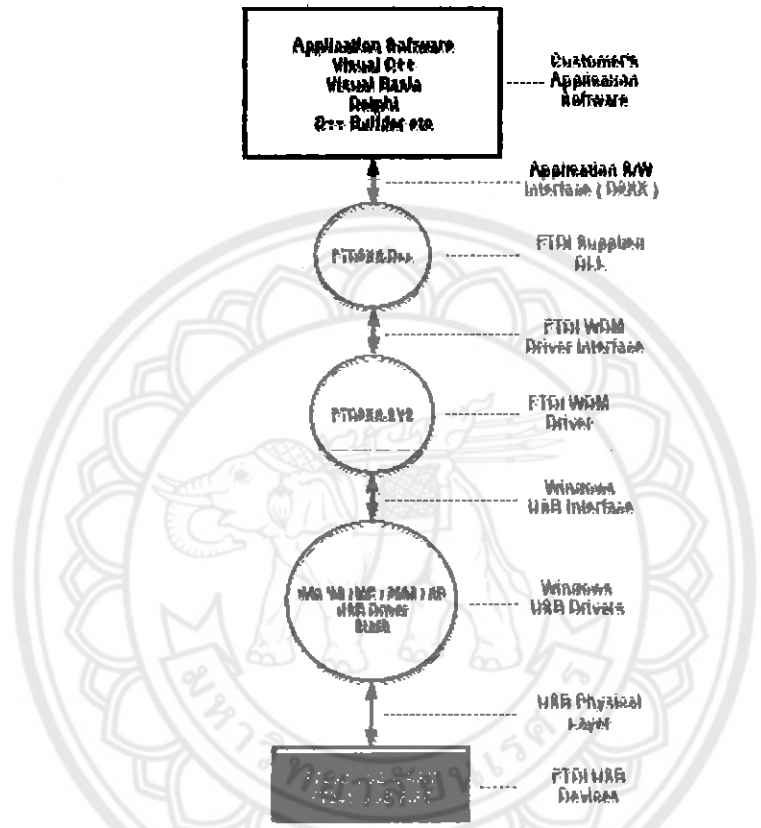
2.2.3.3 อุปกรณ์ยูเอสบี (USB Device) คือ อุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยพอร์ตยูเอสในปัจุบัน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ อุปกรณ์ความเร็วต่ำ เช่น คีย์บอร์ด เมาส์ จอยสติ๊ก และอุปกรณ์ความเร็วสูงจอมอนิเตอร์ ลำโพง เครื่องพิมพ์ โดยอุปกรณ์บางตัวจะบรรจุฮับ(Compound USB devices) เข้าไปด้วยจึงทำให้สามารถนำอุปกรณ์อื่นๆ มาเชื่อมต่อได้ ตัวอย่างของอุปกรณ์ที่มีฮับอยู่ภายในได้แก่ จอมอนิเตอร์ เครื่องพิมพ์ เป็นต้น

อุปกรณ์การสื่อสารแบบยูเอสบีในโครงงานรุ่น FT232RL เป็นอุปกรณ์การสื่อสารแบบยูเอสบีในโครงงาน ซึ่งออกแบบมาสำหรับแปลงสัญญาณจากการสื่อสารแบบยูเอสบีเป็นแบบอนุกรม เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์ที่มีความเร็วในทำงานต่ำได้ ทั้งนี้เนื่องจากอุปกรณ์แปลงสัญญาณชนิดนี้สามารถแก้ไขการทำงานได้ ไดอะแกรมการทำงานแสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ยูเอสบี FT232RL

ไดรเวอร์ D2XX แสดงเป็นไดรเวอร์ของอุปกรณ์ FT232RL ที่สามารถทำงานร่วมกับไดร์เวอร์ปกติ ทำให้ผู้ใช้สามารถแก้ไขหน่วยความจำของอุปกรณ์ผ่านคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงผ่านคำสั่งภายใน FTD2XX.DLL ที่ประกอบไปด้วยฟังชั่นพิเศษ โดยมีแผนภาพการทำงานของไดร์เวอร์ D2XX ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แผนผังการทำงานของไดรเวอร์ D2XX

โดยคำสั่งของ FTD2XX.DLL ที่ใช้งานในโครงงานได้แก่

ก. FT_SetBitMode {[handle] setBitMode([mask][mode])} ใช้ในการเลือกโหมดที่ต้องการทำงานโดยมีตัวเลือกดังนี้ [mask] : เป็นบิตกำหนดว่าจะเลือกใช้บิตใดบ้างเป็นสัญญาณขาออก และสัญญาณขาเข้า เมื่อแทนที่บิตที่ต้องการด้วย 1 ทำให้บิตนั้น เป็นสัญญาณขาเข้า และ 0 เป็นสัญญาณขาเข้า [mode] : เป็นบิตที่ใช้ตัวเลือกการทำงานของอุปกรณ์ได้โดยที่ 0x0 = Reset 0x1 = Asynchronous Bit Bang ทั้งนี้ผู้คำเนินโครงงานเลือกจะกล่าวถึงเพียง Asynchronous Bit Bang Mode ซึ่งเป็นโหมดที่เพิ่มเข้ามาใน FT232RL เพื่อเปลี่ยนหน้าที่ของอุปกรณ์จากอุปกรณ์สื่อสารจากที่การสื่อสารด้วยข้อมูลขนาด 2 บิท เป็นอุปกรณ์สื่อสารที่มีข้อมูลขนาด 8 บิตโดยเปลี่ยน

สายสัญญาณควบคุมของการสื่อสารแบบอนุกรมมาตรฐาน DB 9 เป็นบิตที่เพิ่มขึ้น ทำให้ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สัญญาณที่เปลี่ยนไปของอุปกรณ์ เมื่อเข้าสู่ Asynchronous Bit Bang Mode

FT232RL/ FT245RL Pin Number	FT232RQ/ FT245RQ Pin Number	Signal	SerialPins FT232	Type	Description
1	30	D0	TXD	Input/Output	Bit Bang Data Bus Bit 0
5	2	D1	RXD	Input/Output	Bit Bang Data Bus Bit 1
3	32	D2	RTS#	Input/Output	Bit Bang Data Bus Bit 2
11	8	D3	CTS#	Input/Output	Bit Bang Data Bus Bit 3
2	31	D4	DTR#	Input/Output	Bit Bang Data Bus Bit 4
9	6	D5	DSR#	Input/Output	Bit Bang Data Bus Bit 5
10	7	D6	DCD#	Input/Output	Bit Bang Data Bus Bit 6
6	3	D7	RI#	Input/Output	Bit Bang Data Bus Bit 7

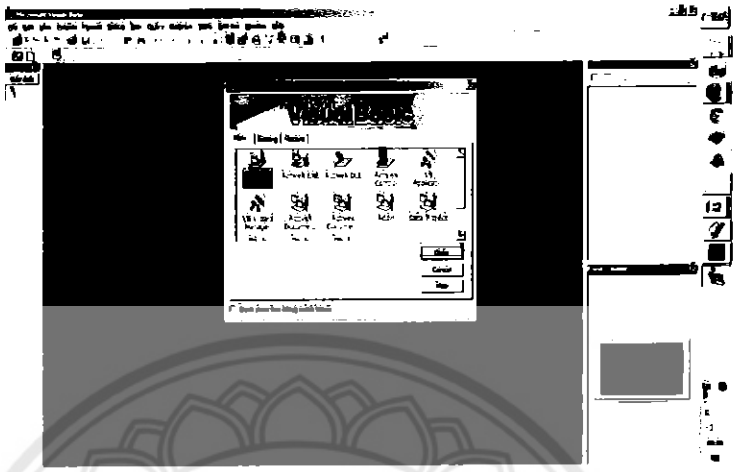
ข. FT_SetBaudRate {[handle].setBaudRate([baud])} : (สำหรับ Asynchronous Bit Bang mode เท่านั้น) อัตราการขนส่งข้อมูลสามารถกำหมดด้วยคำสั่ง FT_SetBaudRate ความสามารถสูง คือ 3MB โดยสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในโหมด Asynchronous Bit Bang จะทำงานเป็น16 เท่าของBaud rate. ถ้ากำหมดให้[Baud]= 9600 ความเร็วในการขอส่งข้อมูลคือ 9600x16= 153600 bytes ต่อวินาที หรือส่งสัญญาณ1ครั้งทุกๆ 6.5 mS

ค. FT_Write {[handle].write([string])} : (สำหรับ Asynchronous Bit Bang mode เท่านั้น) เป็นคำสั่งในการเขียนข้อมูลผ่านพอร์ทในโหมด Asynchronous Bit Bang ถ้าคำสั่งนั้นมีหลายบิตก็จะค่อยๆ ส่งออกไปทีละบิต ด้วยความเร็วตามคำสั่ง FT_SetBaudRate

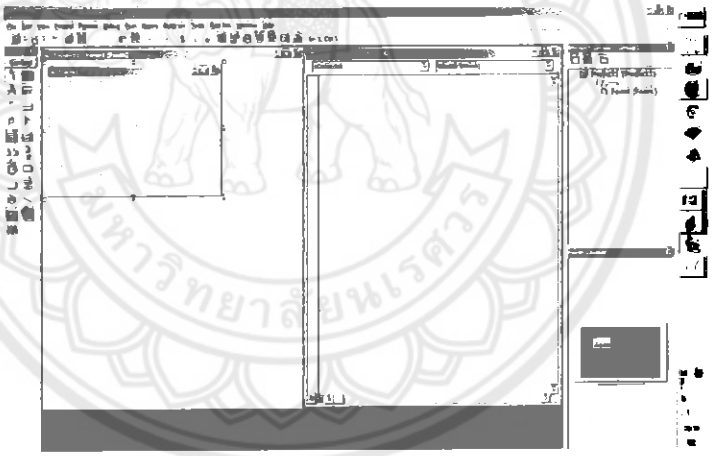
2.4 โปรแกรม Visual Basic 6.0

ผู้ดำเนินโครงงานใช้โปรแกรม Visual Basic สำหรับรับคำสั่งในการควบคุมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง จากผู้ใช้ โดยควบคุมสเต็ปมอเตอร์คราวละ 1 ตัว ซึ่งมีขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรมดังภาคผนวก ข และหลังจากที่ติดตั้งโปรแกรมทำการเปิดใช้งานในครั้งแรกปรากฏ

หน้าต่างดังรูปที่ 2.12 และทำการเลือกการเริ่มงานใหม่แบบ Standard EXE จะปรากฏหน้าต่างคำสั่งดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.12 ลักษณะของหน้าต่างเมื่อเริ่มโปรแกรม



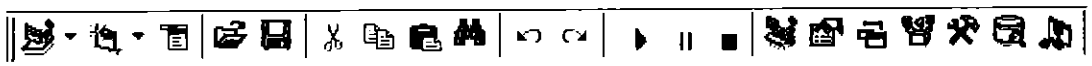
รูปที่ 2.13 ลักษณะของโปรแกรมเริ่มต้นสร้างงานใหม่แบบ Standard EXE

โดยกลุ่มของฟังชันก์เมื่อเริ่มงานแบบ Standard EXE สามารถแบ่งเป็น 7 กลุ่มคือ
กลุ่มที่ 1 Menu Bar เป็นส่วนที่รวบรวมคำสั่งจัดการไฟล์ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 2.14

File Edit View Project Format Debug Run Query Diagram Tools Add-Ins Window Help

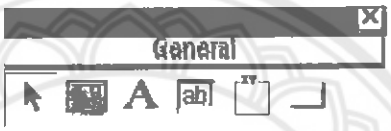
รูปที่ 2.14 Visual basic menu bar

กลุ่มที่ 2 Tool Bar เป็นส่วนที่รวบรวมคำสั่งจัดการไฟล์แบบลัด โดยมีคำสั่งดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 Visual basic tool bar

กลุ่มที่ 3 Tool Box เป็นส่วนที่รวบรวมเครื่องมีมาตรฐานในการสร้าง GUI ดังแสดงในภาพที่ 2.16 ซึ่งฟังก์ชันต่างๆ ที่ใน Tool box ที่ใช้ในโครงงานแสดงในตารางที่ 2.2

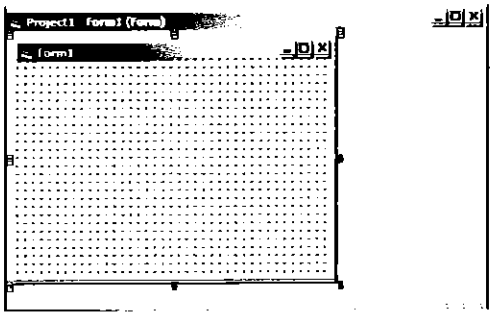


รูปที่ 2.16 Visual basic tool box

ตารางที่ 2.2 ฟังก์ชันภายใน Tool Box ของโปรแกรม Visual Basic ที่ใช้ในโครงงาน

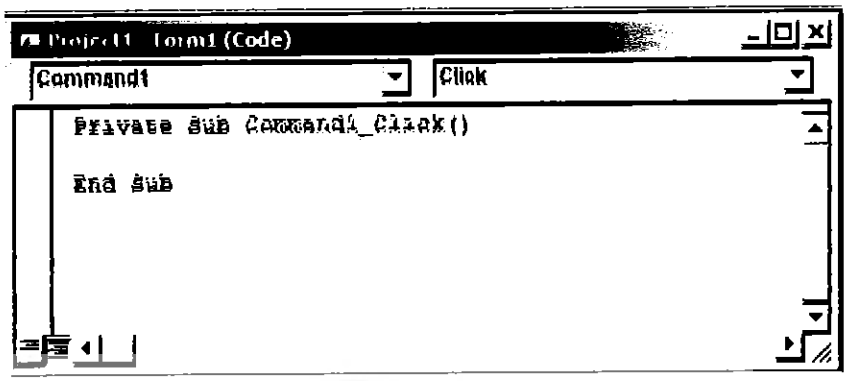
ชื่อ	ไอคอน	คำอธิบาย
Label	A	แถบข้อความสำหรับอ่านอย่างเดียว
Text box	ab|	ช่องสำหรับกรอกข้อความ
Command Button		ปุ่มกดสำหรับการเริ่มทำงานตามโปรแกรมที่เขียน
Frame		กรอบสำหรับหรับตกแต่ง

กลุ่มที่ 4 Form Design Window เป็นส่วนแสดงผล GUI ของโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 2.17



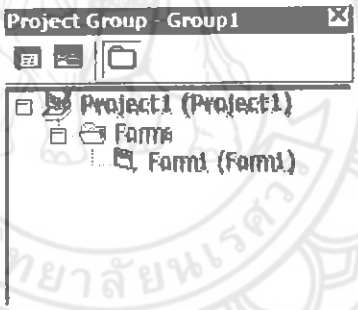
รูปที่ 2.1 Visual basic form design window

กลุ่มที่ 5 Code Window เป็นส่วนแสดงคำสั่งควบคุมของโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 2.18



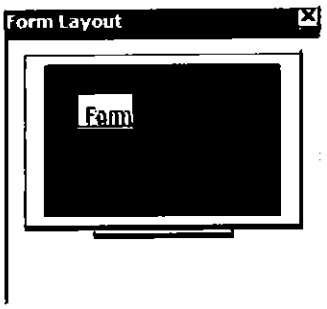
รูปที่ 2.18 Visual basic code window

กลุ่มที่ 6 Project Group Window เป็นส่วนจัดการส่วนประกอบของโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 Visual basic Project group window

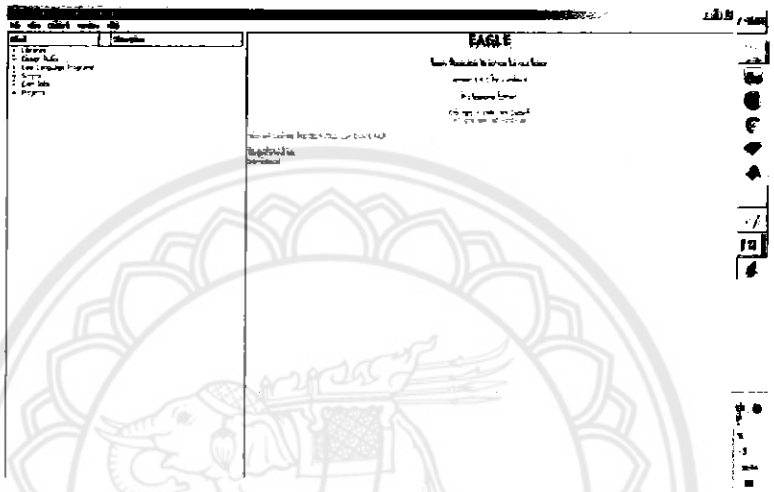
กลุ่มที่ 7 Form Layout เป็นส่วนสำหรับการออกแบบ หน้าต่าง GUI ดังแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 Visual basic form layout

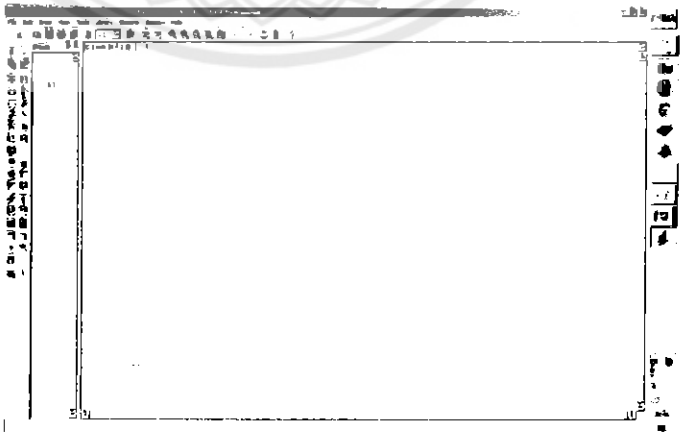
2.5 โปรแกรม Eagle 5.60

ผู้ดำเนินโครงงานใช้โปรแกรม Eagle สำหรับออกแบบวงจรขับสเต็ปมอเตอร์ผ่านการสื่อสารแบบยูเอสบีของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง ซึ่งมีขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรมดังภาคผนวก ค และหลังจากที่ติดตั้งโปรแกรมและทำการเปิดใช้งานใน ครั้งแรกปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 2.21 ซึ่งเป็นหน้าต่างจัดการไฟล์ทั้งหมด



รูปที่ 2.21 Eagle 5.6 Control panel

เมื่อเลือก new->Schematic สร้างแผนผังวงจร ซึ่งต้องทำก่อนการออกแบบวงจรเสมอทำให้ปรากฏหน้าต่างการออกแบบวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.22 โดยแบ่งอุปกรณ์ในการทำโครงงานเป็น 3 กลุ่ม



รูปที่ 2.22 Eagle 5.6 Schematic window

กลุ่มที่ 1 Menu bar เป็นส่วนที่รวบรวมคำสั่งจัดการไฟล์ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 2.23

File Edit Draw View Tools Library Options Window Help

รูปที่ 2.23 Eagle 5.6 Menu bar

กลุ่มที่ 2 Tool bar เป็นส่วนที่รวบรวมคำสั่งจัดการไฟล์แบบลัด โดยมีคำสั่งดังแสดงในรูปที่ 2.24

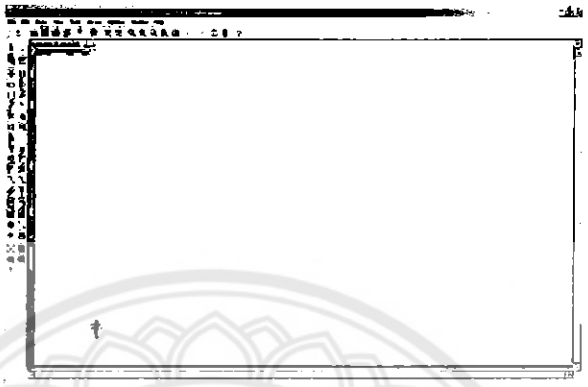
รูปที่ 2.24 Eagle 5.6 Tool bar

กลุ่มที่ 3 Tool box โดยคำสั่งที่ใช้ในโครงงานดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.3 ฟังก์ชันภายใน Schematic window Tool Box ของโปรแกรม Eagle 5.6 ใช้ในโครงงาน

ชื่อ	ไอคอน	คำอธิบาย
Label		ใส่ข้อความให้กับอุปกรณ์
Node		เพิ่มจุดเชื่อมต่อ
Add		เพิ่มอุปกรณ์
Move		เคลื่อนย้าย วัตถุที่เลือก
Cut		ตัด วัตถุที่เลือก
Wire		เพิ่มสายสัญญาณ
Band		ทำให้สายสัญญาณเรียบและดูสวยงามขึ้น

เมื่อสิ้นสุดการออกแผนฝังวงจรแล้วทำการออกแบบแผ่นวงจรโดยการเลือกคำสั่ง Board ที่ Tool bar หน้าต่างการออกแบบแผ่นวงจรปรากฏดังรูปที่ 2.25 โดยแบ่งอุปกรณ์ในการทำโครงงานเป็น 3 กลุ่ม



รูปที่ 2.25 Eagle 5.6 Board window

กลุ่มที่ 1 Menu bar เป็นส่วนที่รวบรวมคำสั่งจัดการไฟล์ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 2.26

File Edit Draw View Tools Library Options Window Help

รูปที่ 2.26 Eagle 5.6 Menu bar

กลุ่มที่ 2 Tool bar เป็นส่วนที่รวบรวมคำสั่งจัดการไฟล์แบบลัด โดยมีคำสั่งดังแสดงในรูปที่ 2.27

รูปที่ 2.27 Eagle 5.6 Tool bar

กลุ่มที่ 3 Tool box โดยคำสั่งที่ใช้ในการดำเนินโครงงานดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.4 ฟังก์ชันภายใน Board window Tool Box ของโปรแกรม Eagle 5.6 ใช้ในโครงงาน

ชื่อ	ไอคอน	คำอธิบาย
Auto		สร้างลายวงจรอัตโนมัติหากกำหนดเส้นสัญญาณไว้แล้ว
Erc		ตรวจสอบหาข้อผิดพลาดภายในวงจร
Error		รายงานผลข้อผิดพลาดที่ตรวจพบในวงจร
Hole		เจาะรู
Via		เจาะรูทะลุอีกด้านของแผ่นวงจร
Ratsnest		จัดเรียงสายสัญญาณโดยอัตโนมัติ
Ripup		ลบสายสัญญาณที่ออกแบบไว้
Route		แก้ไขสายสัญญาณ
Signal		เพื่อสายสัญญาณแต่ไม่สามารถทำงานได้ใน Board window

ในการออกแบบแผ่นวงจรด้วยโปรแกรม Eagle 5.60 ต้องทำการออกแบบแผนฝังของวงจรก่อนเสมอเพื่อให้โปรแกรมสามารถสร้างหน้าต่างการออกแบบลายวงจรได้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

โครงงานมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งเพื่อใช้สำหรับเคลื่อนสว่านเจาะแผ่นวงจร โดยมีวิธี วิธีการดำเนินงาน มี 4 ส่วนหลัก คือ ศึกษาข้อมูล ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งส่วนฮาร์ดแวร์ ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งซอฟแวร์และวิธีการทดสอบ

3.1 ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ในโครงงาน เพื่อดัดแปลงให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X และ Y โดย ศึกษาลักษณะและวงจรขับสเต็ปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรที่มีขดลวดสเตเตอร์แบบไบโพล่า ศึกษาการสื่อสารแบบยูเอสบีและอุปกรณ์ยูเอสบีที่ใช้ในการทำโครงงาน Visual Basic 6.0 eagle 5.60 ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2

3.2 ออกแบบและพัฒนาฮาร์ดแวร์ของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง

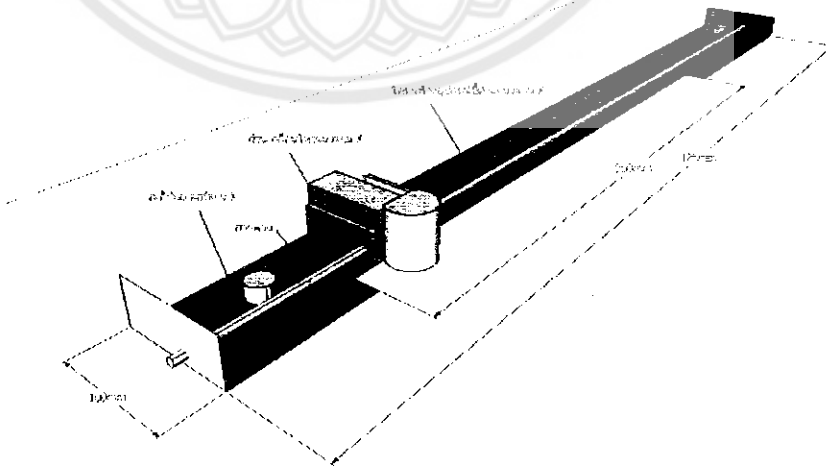
เนื่องจากผู้ดำเนินโครงงานมีความประสงค์ในการพัฒนาอุปกรณ์สำนักงานที่ไม่ใช้แล้วเป็นอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนของมอเตอร์และโครงสร้างอุปกรณ์ โดยในการออกแบบอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X และY ผู้ทำโครงงานทำการดัดแปลงจากโครงสร้างของปริ้นเตอร์และเครื่องอ่านซีดีรอม แต่เนื่องจากอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในโครงงานประกอบไปด้วยสเต็ปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรหลายขนาดซึ่งเชื่อมต่อกับชิ้นส่วนเคลื่อนไหวเดิม เช่นรางเลื่อนเชิงเส้นเพลาหมุนกระดาษเฟือง ซึ่งถูกออกแบบมาใช้งานร่วมกับสเต็ปมอเตอร์นั้น ผู้ทำโครงงานจึงออกแบบให้อุปกรณ์เหล่านี้ติดอยู่กับอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งเคลื่อนไหวของแกน X และ แกน Y เคลื่อนที่เป็นอิสระจากกัน โดยอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X ดัดแปลงจากอุปกรณ์เลื่อนตลับหมึก ทำหน้าที่ชี้ตำแหน่งในแนวแกน X และอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งในแนวแกน Y ดัดแปลงจากอุปกรณ์เลื่อนหัวอ่านแผ่นซีดีรอมจากเครื่องอ่านแผ่นซีดีรอม มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้ ออกแบบอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X Y ส่วนฐานของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งและออกแบบวงจรขับสเต็ปมอเตอร์แบบไบโพลาร์ผ่านการสื่อสารแบบยูเอสบี

ในการออกแบบอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X มีส่วนประกอบ 3 ส่วนคือ โครงสร้างอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X สเต็ปมอเตอร์แกน X และอุปกรณ์เคลื่อนที่แนวแกน X ซึ่งดัดแปลงจากปริ้นเตอร์ lakmark โดยออกแบบให้มีระยะการทำงาน ในแนวแกน X เท่ากับ 250 มิลลิเมตร

ขับเคลื่อนด้วยสเต็ปมอเตอร์แกน X ซึ่งมีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.1 ส่งกำลังผ่านสายพานเพื่อขับเคลื่อนอุปกรณ์เคลื่อนที่แนวแกน X โดยแสดงดังรูปที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของสเต็ปมอเตอร์รุ่น M42SP-5 ที่ใช้ในการทำโครงงาน

ชื่อ	M42SP-5	
แรงดันพิกัด	กระแสตรง 12 โวลต์	กระแสตรง 24 โวลต์
แรงดันทำงาน	กระแสตรง 10.8-13.2 โวลต์	กระแสตรง 21.6-26.4 โวลต์
กระแสพิกัด	259 มิลิแอมแปร์	216มิลิแอมแปร์
จำนวนเฟสขดลวด	4 เฟส	4 เฟส
ความต้านทานกระแสตรง	50 Ωต่อเฟส ±7%	120Ω ต่อเฟส ±7%
องศาต่อสเต็ป	7.5 องศาต่อสเต็ป	
การควบคุม	BIPOLAR 2-2	BIPOLAR 2-2
แรงบิดขณะตรึงโรเตอร์	78.4MN.M	94.1MN.M
แรงบิดดึงออก	27.6MN.M/200PPS	46.1MN.M/200PPS
แรงบิดดึงเข้า	26.5MN.M/200PPS	45.6MN.M/200PPS
อัตราแรงบิดดึงออกสูงสุด	375PPS	445PPS
อัตราแรงบิดดึงเข้าสูงสุด	365PPS	435PPS

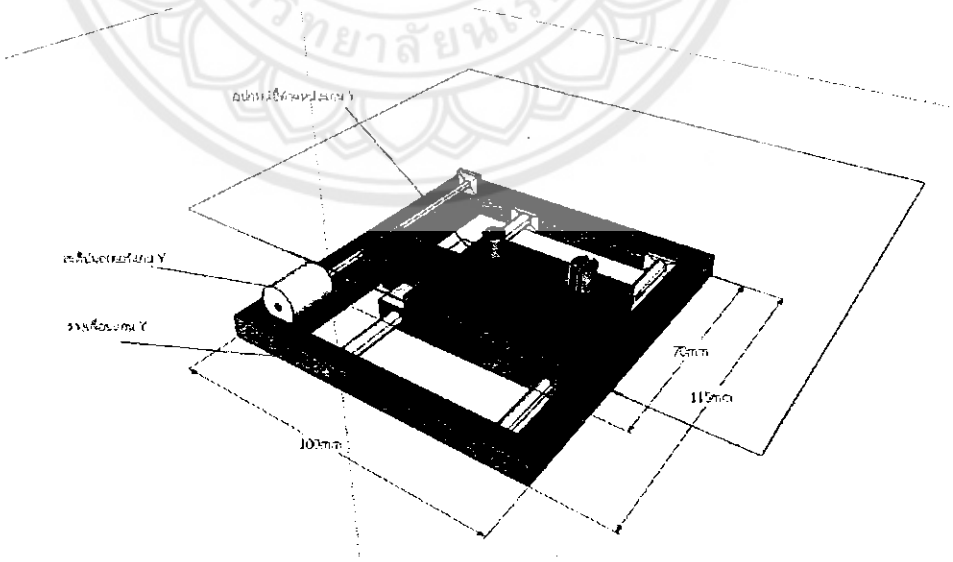


รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X

ในการออกแบบอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ โครงสร้างอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y สเต็ปมอเตอร์แกน Y และส่วนเคลื่อนไหวของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y ซึ่งดัดแปลงจากเครื่องอ่านซีดีรอม Lite on ซึ่งมีระยะการทำงานในแนวแกน Y 70 มิลลิเมตร โดยใช้สเต็ปมอเตอร์แกน Y ซึ่งเป็นมอเตอร์เชิงเส้น (sled motor) ที่มีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.2 เป็นตัวขับเคลื่อนอุปกรณ์เคลื่อนที่แนวแกน Y แสดงดังรูปที่ 3.2

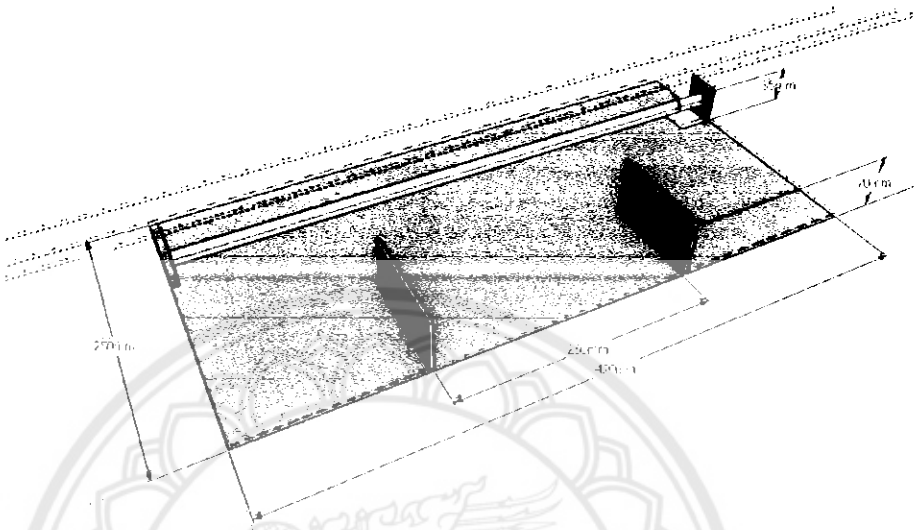
ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของสเต็ปมอเตอร์แกน Y

MODEL	MSCA
มุมของแต่ละสเต็ป (DEG)	18°
แรงดันพิกัด(V)	12 V
ใช้การควบคุมแบบ	BIPOLAR 2-2
แรงบิดดึงเข้า	13.8 G-CM /800 PPS
แรงบิดดึงออก	5.9 G-CM /6000 PPS
ความเร็วสูงสุดในการดึงเข้า(PPS)E	1300 PPS
ความเร็วสูงสุดในการดึงออก(PPS)	ประมาณ 600 PPS



รูปที่ 3..2 อุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y

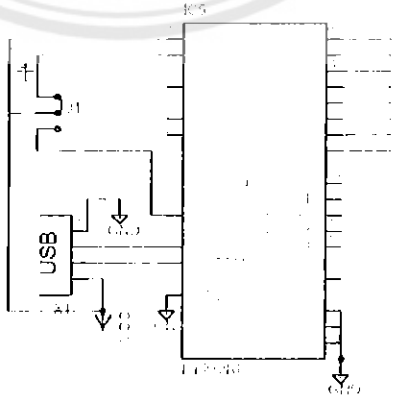
ในการออกแบบฐานของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X และ Y ออกแบบโดยมีคานรับแรงกดจากหัวสว่านช่วยให้แผ่นวงจรไม่งอเมื่อวางลงบนอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y โดยดัดแปลงจาก ฐานของ ปริ้นเตอร์ hp รุ่น psc 1210 แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ลักษณะของฐานอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง

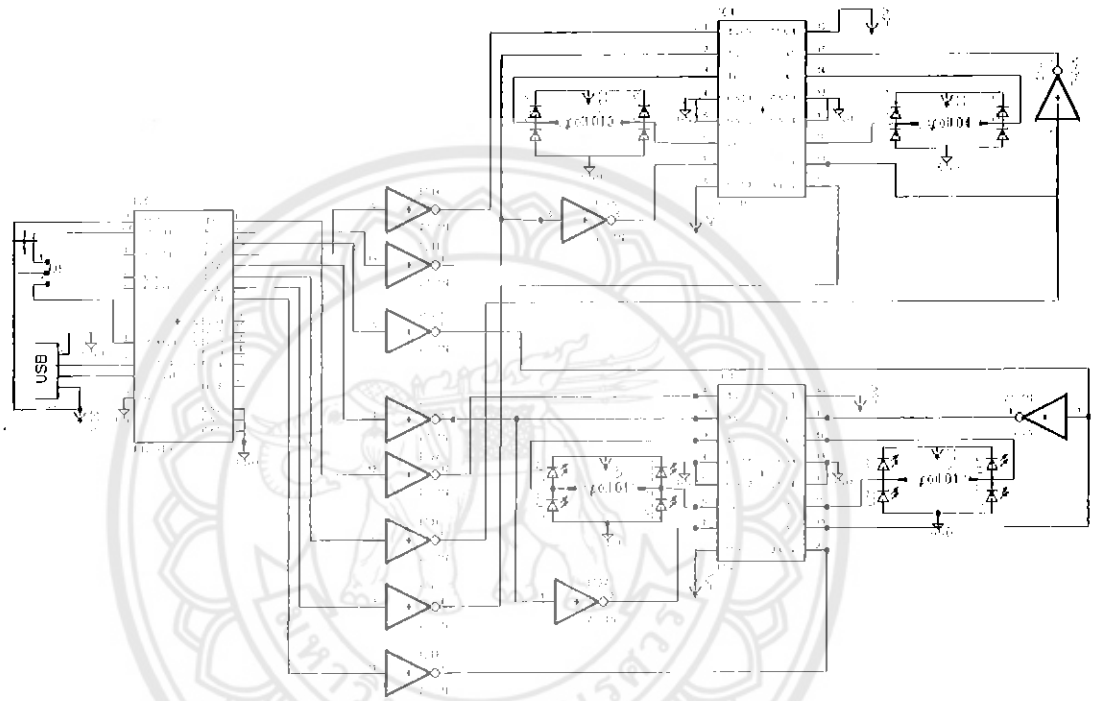
ในการออกแบบวงจรขับสเต็ปมอเตอร์แบบไบโพลาร์ผ่านการสื่อสารแบบยูเอสบี ประกอบด้วยวงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์ยูเอสบีกับคอมพิวเตอร์วงจรขับสเต็ปมอเตอร์วงจรจ่ายแรงดัน

ในการออกแบบวงจรวงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์ยูเอสบีเข้ากับคอมพิวเตอร์ใช้อุปกรณ์ยูเอสบี FT232RL ดังหัวข้อ 2.2.3.3 เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์ยูเอสบีกับคอมพิวเตอร์

ในการออกแบบวงจรขับสเต็ปมอเตอร์ผู้ดำเนินโครงงานเลือกใช้ไอซี L293E ซึ่งเป็นไอซีที่บรรจุ H-bridge สำหรับขับมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งต้องทำการดัดแปลงให้สามารถขับสเต็ปมอเตอร์ได้ จำนวน 2 ตัว และ ไอซี FN7404 สำหรับกลับค่าสัญญาณที่จ่ายให้กับทรานซิสเตอร์ในฝั่งเดียวกันของ H-bridge เพื่อป้องกันการลัดวงจรและ กลับค่าสัญญาณควบคุมจากอุปกรณ์ยูเอสบีดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์ผ่านพอร์ทยูเอสบี

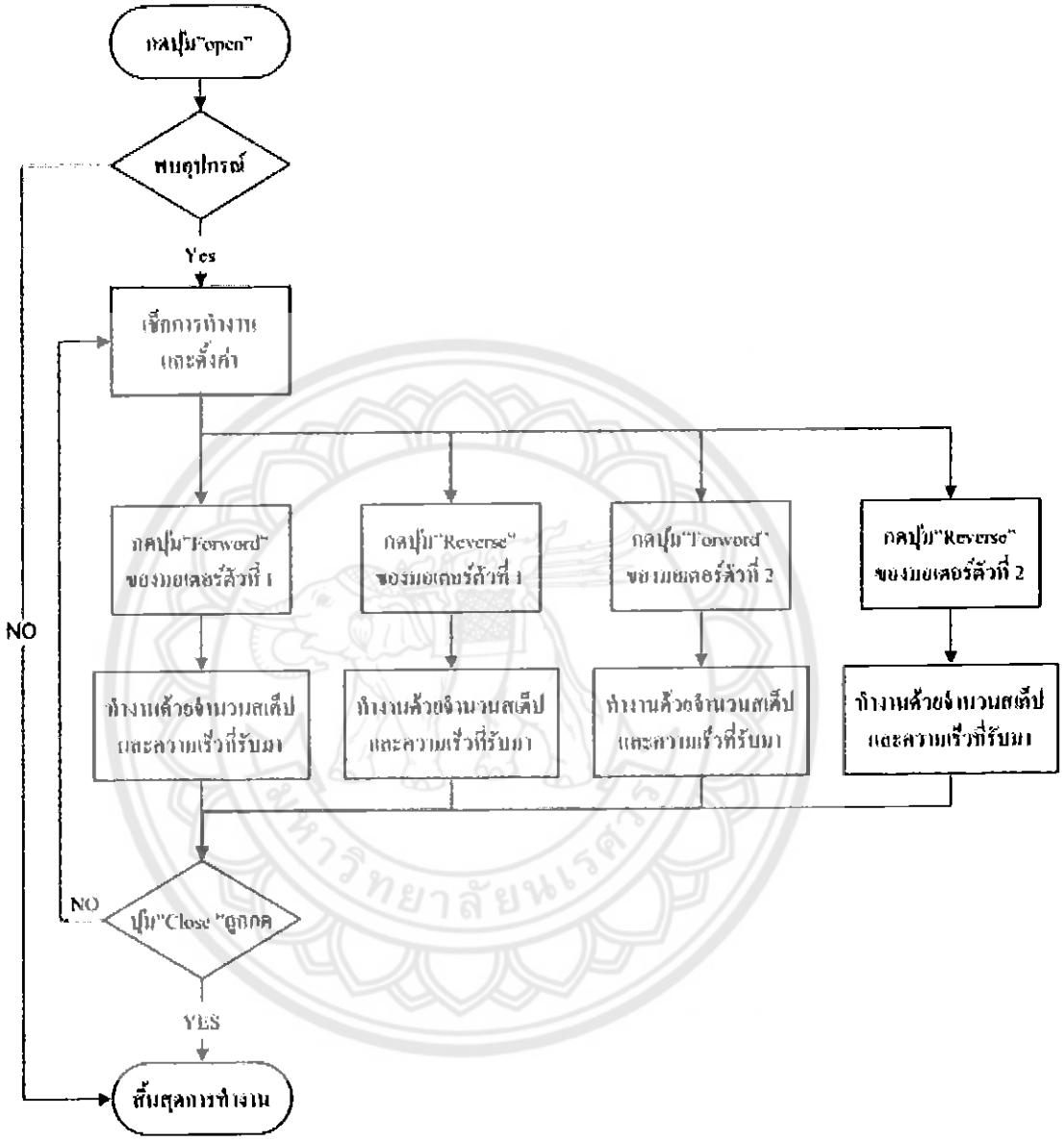
ในส่วนการออกแบบวงจรจ่ายแรงดันได้ทำการดัดแปลงจากวงจรชาร์ตแบตเตอร์รี่โทรศัพท์มือถือซึ่งสามารถแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 230 โวลต์ เป็นแรงดัน 5 โวลต์ ที่กระแสพิกัด 400 mA ซึ่งจากข้อมูลตารางที่ 3.1ถึง 3.2 พบว่ากระแสพิกัดของสเต็ปมอเตอร์เท่ากับ 256 mA ต่อขดลวด หรือเท่ากับ 512 mA เมื่อกระตุ้นขดลวด 2 ขดพร้อมกัน ทำให้สามารถลดขั้นตอนการออกแบบวงจรจำกัดกระแสสำหรับขดลวดสเต็ปมอเตอร์ได้

3.3 ออกแบบและพัฒนาซอฟแวร์ของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง

ในการออกแบบและพัฒนาซอฟแวร์สำหรับควบคุมอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งผ่านอุปกรณ์ยูเอสบี FT232RL ในหัวข้อที่ 2.2.3.3 ซึ่งเป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างวงจรขับสเต็ปมอเตอร์และคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในโครงงานสำหรับการควบคุมอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งผ่านคำสั่งของไดร์ฟเวอร์

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

อุปกรณ์ยูเอสบี (D2XX) โดยออกแบบและพัฒนาโปรแกรมรับคำสั่งจากผู้ใช้ด้วยโปรแกรม Visual Basic ในหัวข้อที่ 2.4 มีลำดับขั้นตอนการทำงานดังแสดงในรูปที่ 3.6

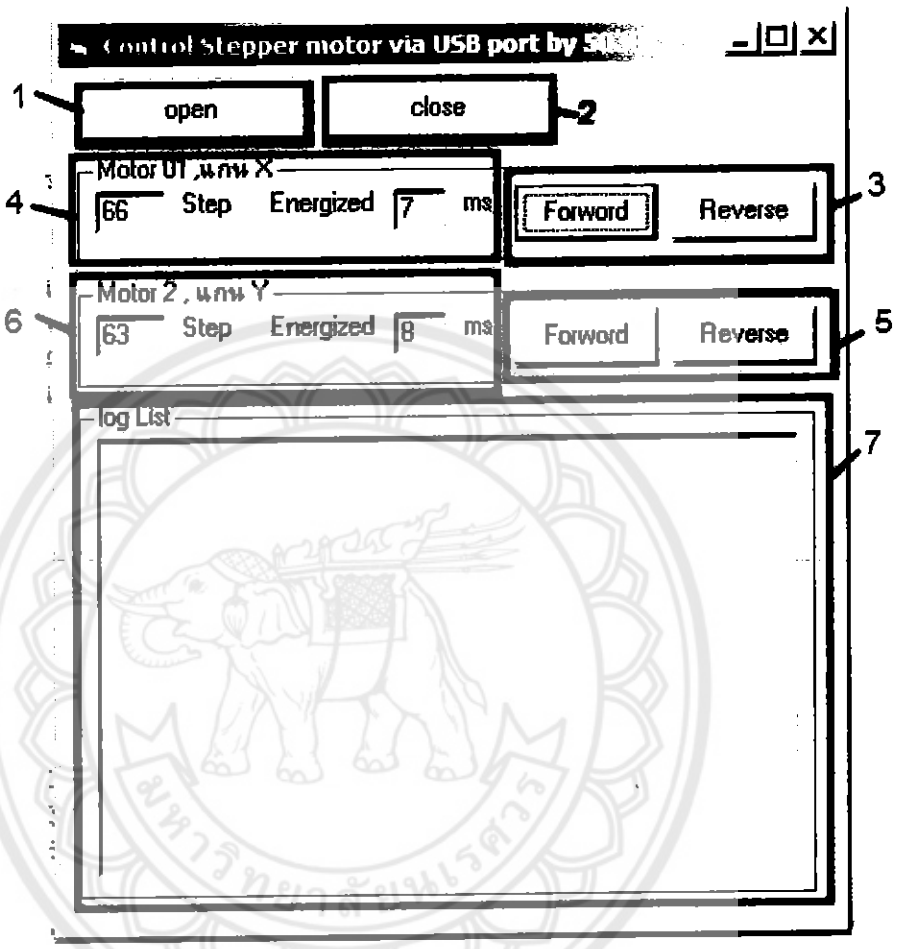


รูปที่ 3.6 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง

ในการออกแบบโปรแกรมสำหรับควบคุมอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งด้วยโปรแกรม Visual Basic ผู้ดำเนินโครงงานออกแบบหน้าต่างสำหรับควบคุมอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งสำหรับผู้ใช้ เพื่อให้สามารถใช้งานได้ทันทีเปิดโปรมแกรม ซึ่งออกแบบให้สามารถควบคุมความเร็ว จำนวนสเต็ป และทิศทางของสเต็ปมอเตอร์แนวแกน X และ Y ซึ่งหน้าต่างของโปรแกรมสำหรับควบคุมอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง

15732724 มร.
32256
2553

ประกอบชุดคำสั่งและส่วนแสดงผลทั้งหมด 7 ส่วน แสดงดังรูปที่ 3.7 โดยรายละเอียดโปรแกรมของแต่ละชุดคำสั่งแสดงในภาคผนวก ก



รูปที่ 3.7 ลักษณะหน้าต่างโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง

ส่วนที่ 1 ปุ่ม "open" เพื่อให้โปรแกรมสแกนหาอุปกรณ์ยูเอสบีในโครงงานและตั้งค่าเริ่มต้นการทำงานให้กับอุปกรณ์

ส่วนที่ 2 ปุ่ม "close" เมื่อเสร็จสิ้นการทำงานและต้องการถอดอุปกรณ์ออกต้องกดปุ่ม "close" เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์และคอมพิวเตอร์

ส่วนที่ 3 ส่วนควบคุมสำหรับอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X โดยกดปุ่ม"Forward"เพื่อควบคุมอุปกรณ์เคลื่อนที่แนวแกน X ให้เคลื่อนที่ไปทางด้าน Forward ที่ระบุไว้บนโครง ของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X หรือกดปุ่ม "Reverse" เพื่อควบคุมอุปกรณ์เคลื่อนที่แนวแกน X

เคลื่อนที่ไปทางด้านตรงข้ามกับด้าน Forward ที่ระบุไว้บน โครงของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X ตามจำนวนสเต็ปและความเร็วในส่วนที่ 4

ส่วนที่ 4 ส่วนสำหรับรับรับค่าจำนวนสเต็ปและความเร็วที่ป้อนซึ่งระบุในรูปแบบของความกว้างสัญญาณพัลส์ ของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X

ส่วนที่ 5 ส่วนควบคุมสำหรับอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y โดยกดปุ่ม"Forward"เพื่อควบคุมอุปกรณ์เคลื่อนที่แนวแกน Y ให้เคลื่อนที่ไปทางด้าน Forward ที่ระบุไว้บนโครง ของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y และ กดปุ่ม "Reverse" เพื่อควบคุมอุปกรณ์เคลื่อนที่ของ อุปกรณ์ตำแหน่งแกน Y ให้เคลื่อนที่ไปทางด้านตรงข้ามกับ ด้าน Forward ที่ระบุไว้บนโครงของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y ตามค่าในส่วนที่ 6

ส่วนที่ 6 ส่วนสำหรับรับรับค่าจำนวนสเต็ปและความเร็วซึ่งระบุในรูปแบบของความกว้างของสัญญาณพัลส์ ของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y

ส่วนที่ 7 ส่วนของจอแสดงผลเมื่อการทำงานสิ้นสุดลงซึ่งแสดงจำนวนสเต็ปและความเร็วในหน่วยพัลส์ต่อวินาที

3.4 วิธีการทดสอบ

เพื่อทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งที่พัฒนาขึ้นจึงจำเป็นต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งที่พัฒนาขึ้น โดยหัวข้อย่อยจะกล่าวถึงการออกแบบการทดสอบ 3 ส่วนคือการ ทดสอบวงจรขับสเต็ปมอเตอร์ผ่านพอร์ทยูเอสบี การทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X และ Y การทดสอบทำงานของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง

3.4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของวงจรสร้างสัญญาณพัลส์

การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบคาบของสัญญาณพัลส์โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวัดแรงดันที่ 1Y และ 3Y ของไอซี L293E ตัวที่ 1 ขณะไม่ต่อกับสเต็ปมอเตอร์แกน X ด้วยออสซิโลสโคป

ขั้นตอนที่ 2 ควบคุมสเต็ปมอเตอร์แกน X จากโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งผ่านโดยกำหนดความกว้างของสัญญาณพัลส์ 01 และ 10 มิลลิวินาที และบันทึกผลการทดลอง

3.4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง

การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความเร็วที่อุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X และ Y สามารถทำงานได้อย่างแม่นยำในหน่วยพัลส์ต่อวินาทีประสิทธิภาพ โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

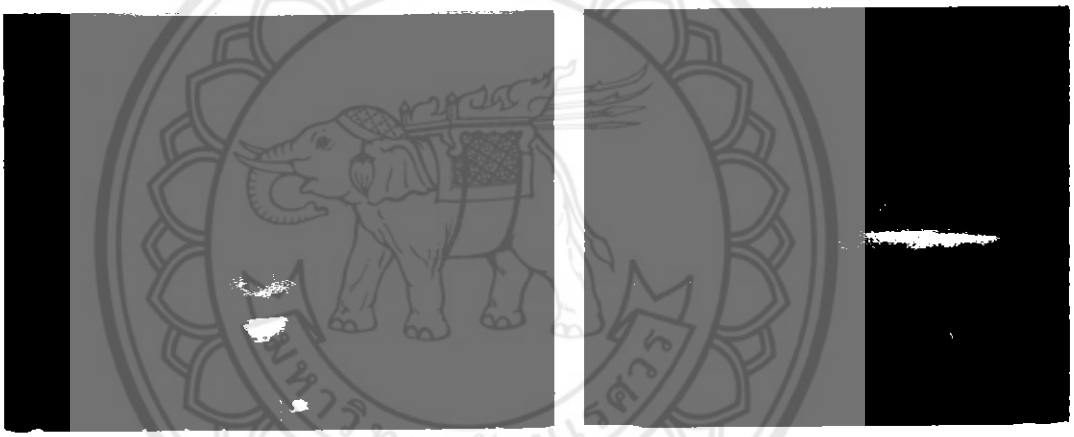
ขั้นตอนที่ 1 เชื่อมต่อวงจรขับสเต็ปมอเตอร์ผ่านพอร์ทยูเอสบีกับคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรมควบคุมสเต็ปมอเตอร์ผ่านพอร์ทยูเอสบีและไดร์ฟเวอร์ D2XX เรียบร้อยแล้ว

ขั้นตอนที่ 2 ควบคุมสเต็ปมอเตร์แกน X ผ่านโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งด้วยความเร็ว 576781921021131201281361471 58 พัลส์ต่อวินาที 60 สเต็ปคงที่

ขั้นตอนที่ 3 ใช้ไม้บรรทัดเหล็กความละเอียด 5 มิลลิเมตรวัดระยะการกระจัดขออุปกรณ์เคลื่อนที่แนวแกน X แสดงดังภาพที่ 3.8 (ขวา) โดยทำการทดลอง 6 ครั้ง

ขั้นตอนที่ 4 ควบคุมสเต็ปมอเตร์แกน Y ผ่านโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งด้วยความเร็ว 576781921021131201281361471 58 พัลส์ต่อวินาที 60 สเต็ปคงที่

ขั้นตอนที่ 5 ใช้ไม้ฉากความละเอียด 5 มิลลิเมตร วัดระยะการกระจัดของอุปกรณ์เคลื่อนที่แนวแกน Y แสดงดังภาพที่ 3.8 (ซ้าย) โดยทำการทดลอง 6 ครั้ง



รูปที่ 3.7 การวัดการกระจัดของ มอเตอร์แกน Y (ซ้าย) มอเตอร์แกน X (ขวา)

3.4.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง

การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพด้านการทำงานของอุปกรณ์ โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำไม้บรรทัดเหล็กซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับสร้างจุดอ้างอิงติดกับอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X และนำกระดาษกราฟมาวางบนอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y

ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแกน X โดยเลือกใช้ความเร็วที่อุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X สามารถทำงานได้อย่างแม่นยำจากผลการทดลองในหัวข้อ 3.4.2 ด้วยจำนวนสเต็ปที่ 102040 และ 60 สเต็ป และบันทึกผลการ โดยตั้งค่าส่วนเคลื่อนไหว ของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งมายังตำแหน่งอ้างอิงในทุกครั้ง

ขั้นตอนที่ 3 ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแกนY โดยเลือกใช้ความเร็วที่อุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y สามารถทำงานได้อย่างแม่นยำจากผลการทดลองในหัวข้อ 3.4.2 ด้วยจำนวนสเต็ปที่ 10 40 และ 60 สเต็ป และบันทึกผลการ โดยตั้งค่าส่วนเคลื่อนไหว ของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งมายังตำแหน่งอ้างอิงในทุกครั้ง

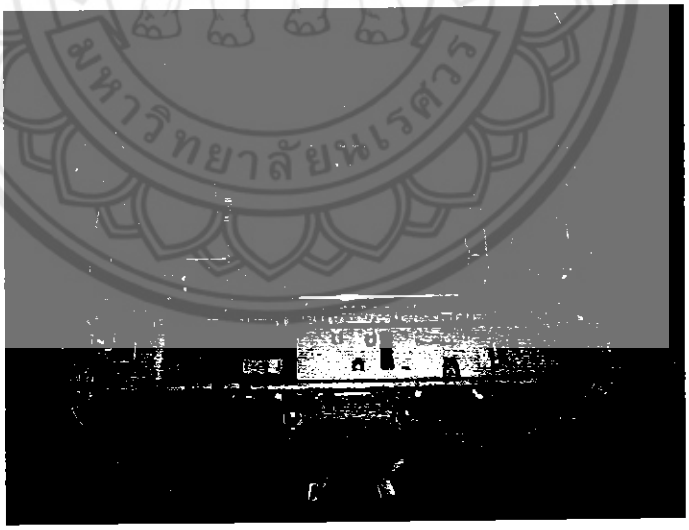
ขั้นตอนที่ 4 แล้วนำการทดสอบที่ได้มาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

บทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งที่พัฒนาขึ้นตามที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งแบ่ง ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองออกเป็น 4 ส่วนคือ ผลการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง, ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวงจรสร้างสัญญาณพัลส์, ผลทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง, ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง

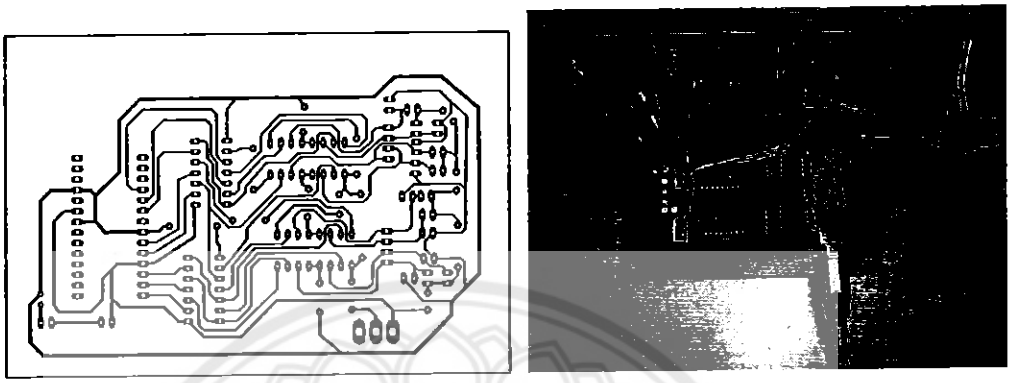
4.1 ผลการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง

จากหัวข้อ 3.2 เมื่อทำการออกแบบและพัฒนาฮาร์ดแวร์ของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง หลังจากวางและยึดอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแนวแกน X และ อุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแนวแกน Y ให้มั่นคง บนฐานของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง แสดงดังภาพที่ 4.1 จึงนำแผ่นวงจรที่ต้องการเจาะวางบนส่วนเคลื่อนไหวของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y และนำสว่านสำหรับเจาะวางไว้บนส่วนเคลื่อนไหวของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X



รูปที่ 4.1 โครงสร้างอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง

ในส่วนของการออกแบบวงจรขับสเต็ปมอเตอร์ผ่านการสื่อสารแบบยูเอสบีผู้ทำโครงงานทำการออกแบบวงจรด้วยโปรแกรม Eagle 5.6.0 จากหัวข้อที่ 2.5 วงจรดังรูป 4.2 (ซ้าย) โดยทำการเจาะและบัตกรีไอซีกับวงจรดังรูปที่ 4.2 (ขวา)



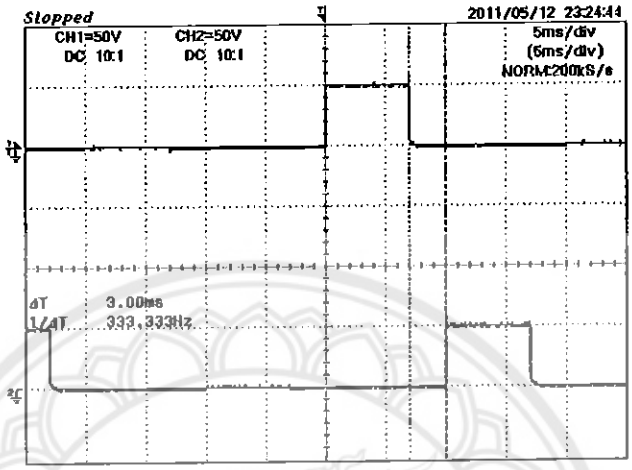
รูปที่ 4.2 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์ผ่านการสื่อสารแบบยูเอสบีที่ออกแบบ (ซ้าย) ขณะทำงาน (ขวา)

เมื่อทำการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันและคอมพิวเตอร์เพื่อเริ่มทำการทดสอบการควบคุมอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง แสดงดังรูป 4.3

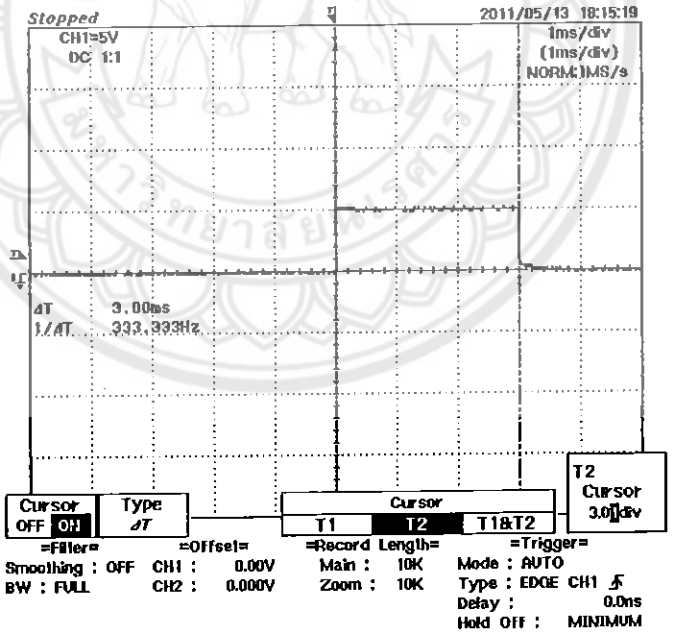
รูปที่ 4.3 อุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแนวแกน X,Y

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวงจรสร้างสัญญาณพัลส์

จากหัวข้อ 3.4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 4.4 ลักษณะสัญญาณ100 พัลส์ต่อวินาทีที่ขดลวด 1 (บน) และขดลวด 2 (ล่าง)



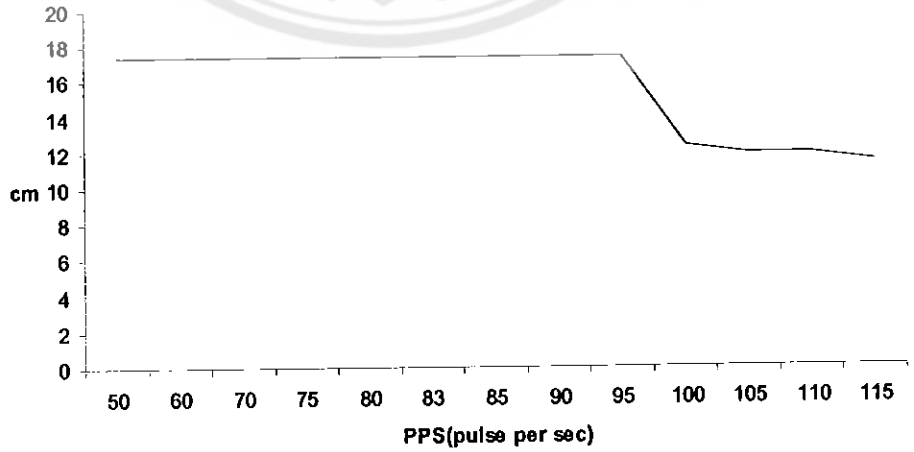
รูปที่ 4.5 สัญญาณพัลส์ที่ระยะเวลาหน่วงสัญญาณ 0 ms และ 1 ms

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง

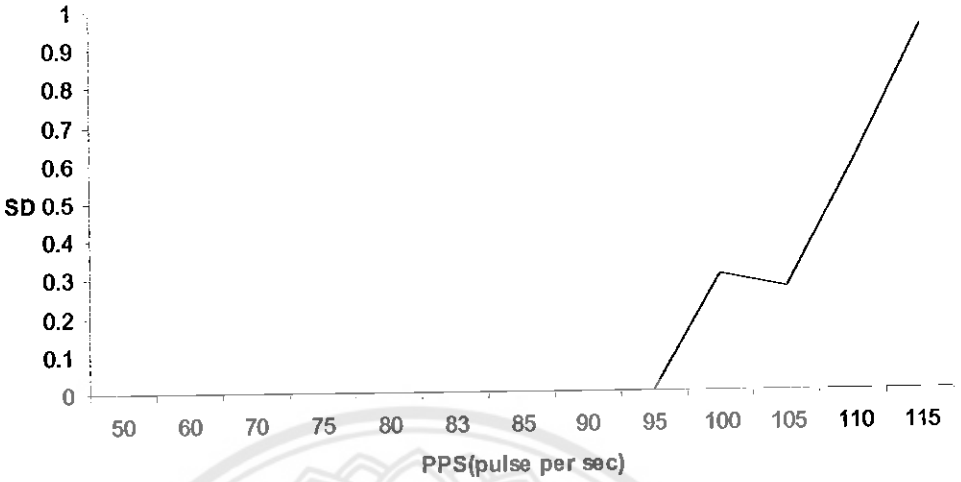
จากหัวข้อที่ 3.4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X โดยการลดความฝืดของรางเลื่อนและลดความเร็วในการทำงานลงมีผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X

ความเร็ว(พัลส์ต่อวินาที)	ระยะจากจุดอ้างอิง(cm)						ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (cm)
	ทดลองครั้งที่					ค่าเฉลี่ย	
	1	2	3	4	5		
115	10.3	12.8	10.8	11.7	11.4	11.4	0.95
110	11.3	11.8	12.5	12.6	11.5	11.9	0.60
105	11.7	12.1	12.1	11.5	12	11.9	0.27
100	12.1	12.7	12.6	12.3	12	12.3	0.30
95	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	0
90	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	0
85	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	0
80	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	0
75	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	0
60	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	0
50	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	0



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการกระจัดของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X ในตารางที่ 4.1

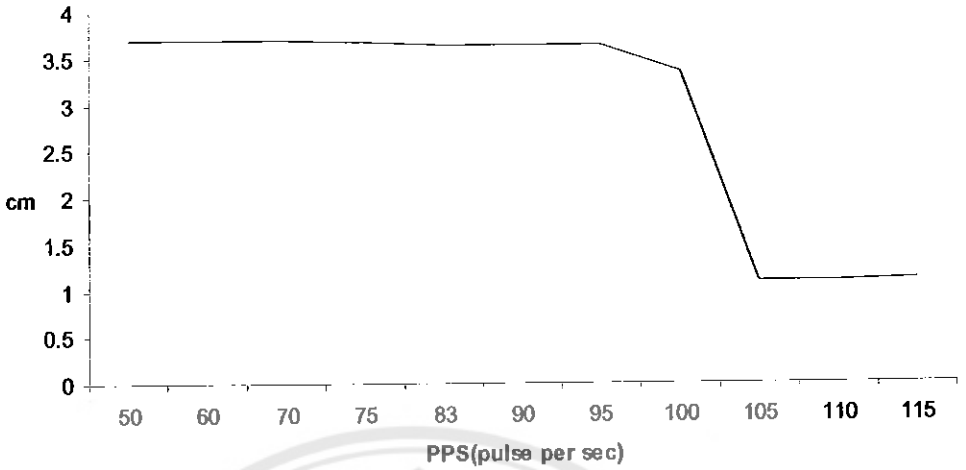


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าความเบี่ยงเบนของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X ในตารางที่ 4.1

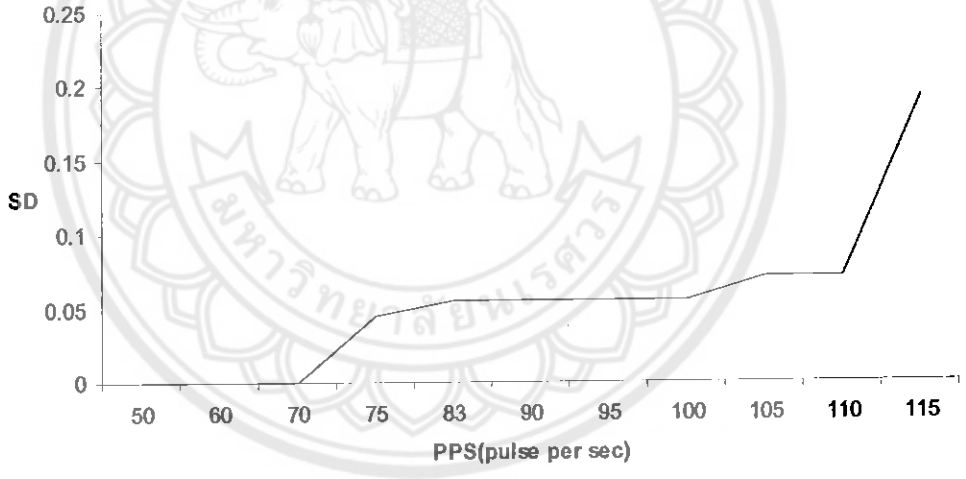
จากหัวข้อที่ 3.4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y มีผลการทดสอบดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y

ความถี่ (พัลส์ต่อวินาที)	ระยะจากจุดอ้างอิง(cm)						ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (cm)
	ทดลองครั้งที่					ค่าเฉลี่ย (cm)	
	1	2	3	4	5		
115	0.8	1.2	1.3	1.1	1.2	1.12	0.33
110	1.1	1.1	1.2	1	1.1	1.1	0.05
105	1.1	1	1.1	1.2	1.1	1.1	0.05
100	3.3	3.4	3.3	3.2	3.1	3.26	0.04
95	3.6	3.7	3.6	3.6	3.7	3.64	0.008
90	3.6	3.7	3.6	3.6	3.7	3.64	0.008
80	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.64	0.008
75	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.68	0.005
70	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	0
60	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	0
50	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	0



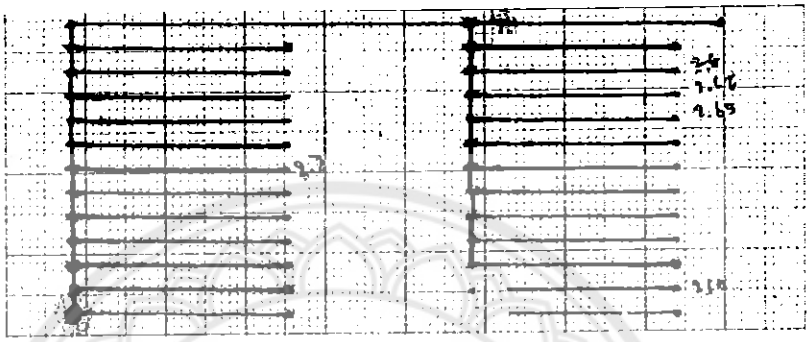
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการกระจัดของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X ในตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าความเบี่ยงเบนของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X ในตารางที่ 4.2

4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง

ในส่วนผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ในการเคลื่อนที่แกน X จากหัวข้อ 3.4.3 เลือกใช้ความเร็ว 90 พัลส์ต่อวินาที ได้ผลการทดลองดังนี้ การทดลองชุดที่ 1 จำนวน 22 ครั้ง ที่ 10 สเต็ปดังแสดงในรูปที่ 4.10

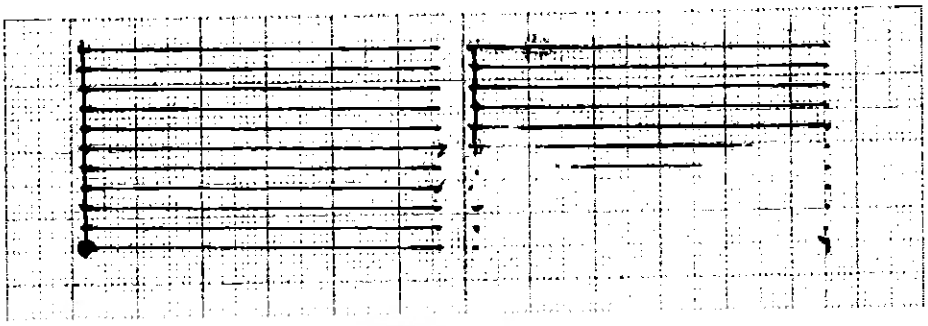


รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบการทำงาน 22 ครั้ง โดยใช้ค่าแกน X 10 สเต็ป Y 5 สเต็ป

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการของทำงานที่ แกน X 10 สเต็ป ของรูปที่ 4.10

ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)	ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)	ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)
1	2.75	9	2.75	17	2.75
2	2.75	10	2.75	18	2.75
3	2.75	11	2.75	19	2.75
4	2.75	12	2.75	20	2.75
5	2.75	13	2.70	21	2.75
6	2.75	14	2.75	22	2.70
7	2.60	15	2.70	ค่าเฉลี่ย (cm)	2.73
8	2.70	16	2.75	SD (cm)	0.04

ผลการทดสอบการทำงานอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X ชุดที่ 2 จำนวน 21 ครั้ง ที่ 20 สเต็ปดังแสดงในรูปที่ 4.11 โดยสรุปการทดลองแสดงในตารางที่ 4.4

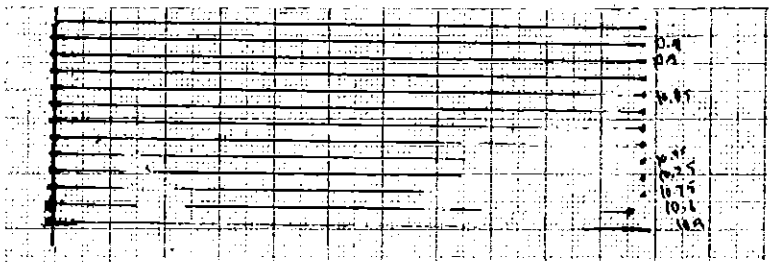


รูปที่ 4.11 ผลการทดสอบการทำงาน 21 ครั้ง โดยใช้ค่าแกน X 20 สเต็ป Y 5 สเต็ป

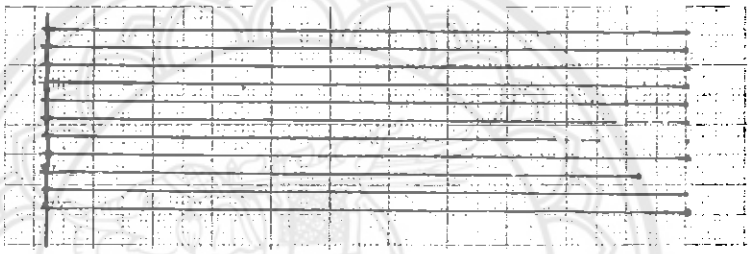
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการของทำงานที่ แกน X 20 สเต็ป ของรูปที่ 4.11

ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)	ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)	ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)
1	5.45	9	5.45	17	5.45
2	5.45	10	5.45	18	5.45
3	5.45	11	5.45	19	5.45
4	5.50	12	5.40	20	5.45
5	5.45	13	5.40	21	5.40
6	5.45	14	5.45	22	5.45
7	5.45	15	5.45	ค่าเฉลี่ย (cm)	5.45
8	5.45	16	5.45	SD (cm)	0.04

ผลการทดสอบการทำงานอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X ชุดที่ 3 จำนวน33 ครั้ง ที่ 40 สเต็ปดังแสดงใน รูปที่ 4.12 และ4.13 โดยสรุปการทดลองแสดงในตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.12 ผลการทดสอบการทำงาน 11 ครั้ง ชุดที่ 1 โดยใช้ค่าแกน X 40 สเต็ป Y 5 สเต็ป

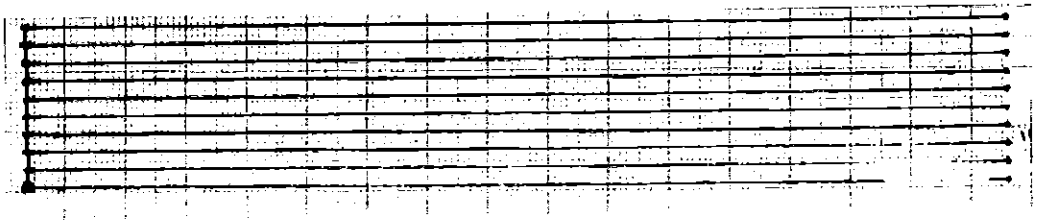


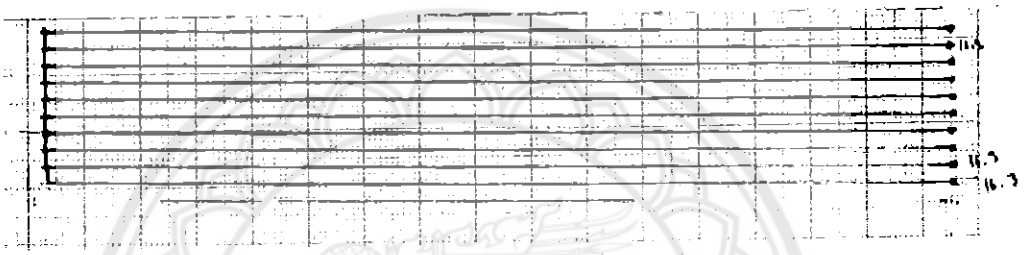
รูปที่ 4.13 ผลการทดสอบการทำงาน 11 ครั้ง ชุดที่ 2 โดยใช้ค่าแกน X 40 สเต็ป Y 5 สเต็ป

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการของทำงานที่ แกน X 40 สเต็ป ของรูปที่ 4.12 และ 4.13

ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)	ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)	ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)
1	10.90	9	10.90	17	10.80
2	10.90	10	10.90	18	10.90
3	10.80	11	10.80	19	10.80
4	10.80	12	10.80	20	10.80
5	10.80	13	10.80	21	10.80
6	10.85	14	10.80	22	10.80
7	10.80	15	10.80	ค่าเฉลี่ย (cm)	10.82
8	10.90	16	10.80	SD (cm)	0.06

ผลการทดสอบการทำงานอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X ชุดที่ 4 จำนวน 33 ครั้ง ที่ 60 สเต็ปดังแสดงใน รูปที่ 4.14 และ4.15 โดยสรุปการทดลองแสดงในตารางที่ 4.6



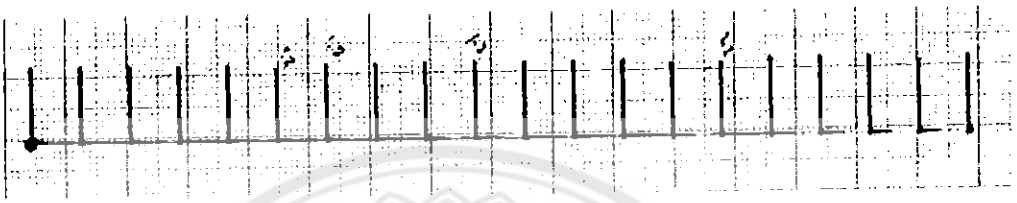
รูปที่ 4.14 ผลการทดสอบการทำงาน 11 ครั้ง ชุดที่ 1 โดยใช้ค่าแกน X 60 สเต็ป Y 5 สเต็ป

รูปที่ 4.15 ผลการทดสอบการทำงาน 11 ครั้ง ชุดที่ 2 โดยใช้ค่าแกน X 60 สเต็ป Y 5 สเต็ป

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการของทำงานที่ แกน X 60 สเต็ป ของรูปที่ 4.14 และ 4.15

ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)	ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)	ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)
1	16.25	9	16.30	17	16.25
2	16.20	10	16.25	18	16.20
3	16.25	11	16.20	19	16.20
4	16.25	12	16.25	20	16.30
5	16.25	13	16.30	21	16.25
6	16.25	14	16.30	22	16.30
7	16.25	15	16.25	ค่าเฉลี่ย(cm)	16.25
8	16.25	16	16.25	SD(cm)	0.03

ในส่วนผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ในการเคลื่อนที่แกน Y จากหัวข้อ 3.4.3 เลือกใช้ความเร็ว 60 พัลส์ต่อวินาที ได้ผลการทดลองดังนี้

ผลการทดสอบการทำงานอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y ชุดที่ 1 จำนวน 22 ครั้ง ที่ 20 สเต็ปดังแสดงในรูปที่ 4.16 ดังแสดงในตารางที่ 4.7

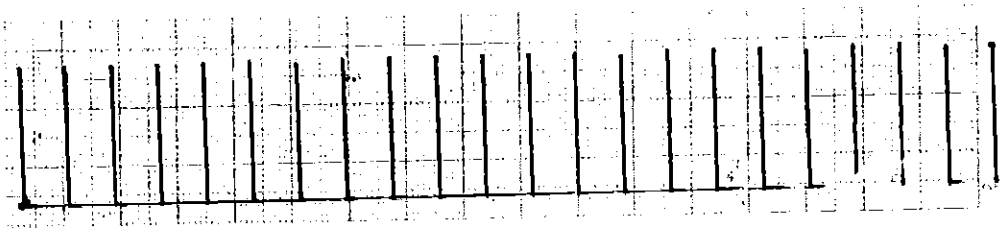


รูปที่ 4.16 ผลการทดสอบการทำงาน 22 ครั้ง โดยใช้ค่าแกน X 3 สเต็ป Y 20 สเต็ป

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบการของทำงานที่ แกน Y 20 สเต็ปของรูปที่ 4.16

ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)	ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)	ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)
1	1.25	9	1.25	17	1.25
2	1.25	10	1.25	18	1.25
3	1.25	11	1.20	19	1.20
4	1.25	12	1.25	20	1.25
5	1.20	13	1.25	21	1.30
6	1.25	14	1.25	22	1.25
7	1.25	15	1.25	ค่าเฉลี่ย(cm)	1.25
8	1.25	16	1.20	SD(cm)	0.02

ผลการทดสอบการทำงานอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y ชุดที่ 2 จำนวน 44 ครั้ง ที่ 40 สเต็ปดังแสดงในรูปที่ 4.17 โดยสรุปการทดลองแสดงในตารางที่ 4.7

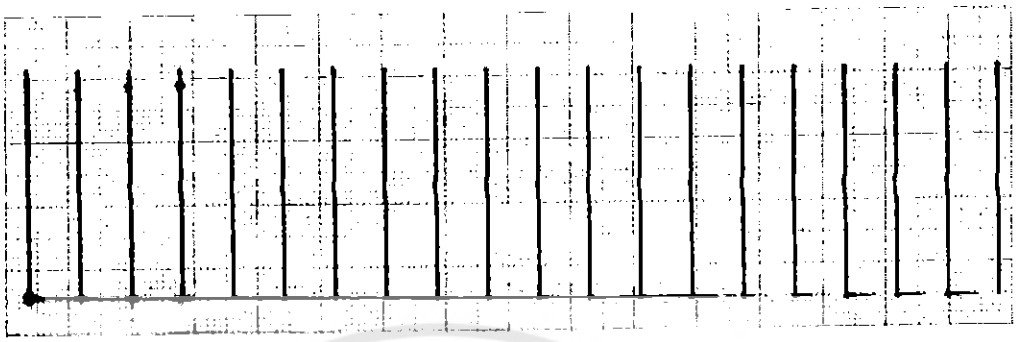


รูปที่ 4.17 ผลการทดสอบการทำงาน 22 ครั้ง โดยใช้ค่าแกน X 3 สเต็ป Y 40 สเต็ป

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบการของทำงานที่แกน Y 40 สเต็ป ของรูปที่ 4.17

ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)	ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)	ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)
1	2.40	9	2.45	17	2.50
2	2.40	10	2.40	18	2.45
3	2.40	11	2.45	19	2.40
4	2.45	12	2.45	20	2.40
5	2.50	13	2.40	21	2.50
6	2.45	14	2.40	22	2.45
7	2.45	15	2.50	ค่าเฉลี่ย(cm)	2.44
8	2.40	16	2.45	SD(cm)	0.03

ผลการทดสอบการทำงานอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y ชุดที่ 3 จำนวน 22 ครั้ง ที่ 60 สเต็ปดังแสดงในรูปที่ 4.18 โดยสรุปการทดลองแสดงในตารางที่ 4.9



รูปที่ 4.18 ผลการทดสอบการทำงาน 22 ครั้ง โดยใช้ค่าแกน X 3 สเต็ป Y 60 สเต็ป

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบการของทำงานที่ แกน Y 60 สเต็ป ของรูปที่ 4.18

ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)	ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)	ครั้งที่	ระยะจากจุดอ้างอิง (cm)
1	3.60	9	3.60	17	3.60
2	3.65	10	3.60	18	3.60
3	3.65	11	3.60	19	3.60
4	3.65	12	3.60	20	3.60
5	3.65	13	3.65	21	3.60
6	3.60	14	3.60	22	3.65
7	3.60	15	3.70	ค่าเฉลี่ย(cm)	3.6
8	3.65	16	3.65	SD(cm)	0.06

4.5 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

จากการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง พบว่าอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งที่พัฒนาขึ้นสามารถสร้างสัญญาณพัลส์ที่แม่นยำเข้าสู่ขดลวดสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์โดยอาศัยอุปกรณ์ยูเอสบี ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างวงจรขับสเต็ปมอเตอร์และคอมพิวเตอร์ซึ่งทำหน้าที่ส่งคำสั่งผ่านโปรแกรมที่ถูกออกแบบไว้ ให้สเต็ปมอเตอร์เคลื่อนที่ในรูปแบบที่ต้องการได้

จากการทดสอบประสิทธิภาพของวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ พบว่าสัญญาณพัลส์ที่สามารถจ่ายให้กับขดลวดความมีช่วงกว้างของสัญญาณ น้อยที่สุดเท่ากับ 6 มิลลิวินาที เมื่อป้อนค่าระยะเวลาการกระตุ้นขดลวดสเตเตอร์ เท่ากับ 0 มิลลิวินาที ซึ่งเกิดจากเวลาในการเคลียสัญญาณ 3 มิลลิวินาที และ คาบของสัญญาณที่น้อยที่สุด 3 มิลลิวินาที หรืออาจกว่าได้ว่าวงจรขับสเต็ปมอเตอร์ผ่านการสื่อสารแบบยูเอสบีสามารถสัญญาณพัลส์ที่ความถี่สูงสุด 166 พัลส์ต่อวินาที

จากการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง แกน X พบว่าความเร็วที่อุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน X สามารถทำงานได้อย่างแม่นยำมีค่าเท่ากับ 90 พัลส์ต่อวินาที ในขณะที่ของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y สามารถทำงานได้อย่างแม่นยำที่ความเร็วเท่ากับเท่ากับ เท่ากับ 60 พัลส์ต่อวินาที

จากการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง ซึ่งอ้างอิงจากอุปกรณ์การวัดที่มีความละเอียดที่ 0.5 มิลลิเมตร พบว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานสำหรับอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแนวแกน X มีค่าระหว่าง 0.03 ถึง 0.06 มิลลิเมตรซึ่ง และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งแกน Y มีค่าระหว่าง 0.02 ถึง 0.06 มิลิเมตร

บทที่ 5
สรุปผล

5.1 สรุปผลการทดลอง

วัตถุประสงค์ของโครงงานนี้ ได้ออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมสเต็ปมอเตอร์ผ่านช่องการสื่อแบบยูเอสบีในการระบุตำแหน่งพิกัดของหัวสว่านตามแนวแกน X และแกน Y โดยการใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ในการทดสอบสมรรถนะของการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้น 22 ครั้ง พบว่า อุปกรณ์หัวสว่านอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการตามแนวแกน X และแกน Y โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนในรูปแบบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.03 ถึง 0.06 เซนติเมตรในแนวแกน X ที่ความเร็ว 90 พัลส์ต่อวินาที และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.02 ถึง 0.06 เซนติเมตรในแนวแกน Y ที่ความเร็ว 60 พัลส์ต่อวินาที

5.2 ปัญหาในการทำงานและแนวทางแก้ไข

เนื่องจากต้องการใช้อุปกรณ์ช่างที่มีทั่วไป ในการทำโครงงาน ทำให้เกิดข้อบกพร่องในบางส่วนของชิ้นงานเช่นเกิดความฝืดของรางเลื่อนมากขึ้นเนื่องจากรางเลื่อนเกิดการงอตัวจากสกูรที่เพิ่มเข้าไป มุมของสกูรไม่ตรงกับที่ออกแบบไว้เนื่องจากค่าความผิดพลาดจากการวัดด้วยมือ แผ่นวงจรของส่วน สร้างสัญญาณพลัสมีสัญญาณรบกวนมากเนื่องจากข้อจำกัดในการออกแบบแผ่นวงจรและปัญหาของคอมพิวเตอร์ที่มักจะมีอาการหยุดการทำงานบ่อยครั้ง ซึ่งคาดว่าเกิดจากคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทำโครงงานเสื่อมสภาพ

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางสำหรับการพัฒนา

สามารถ นำอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นไปพัฒนาต่อยอดเพื่อชี้ตำแหน่งการเจาะแผ่นวงจรด้วยสว่านหรือพัฒนาต่อยอดเพื่อตัดสติ๊กเกอร์ด้วยใบมีดได้

เอกสารอ้างอิง

[1] Jacek F. Gieras (2002). **Permanent Magnet Motor Technology Revised.** New York: Marcel Dakker

[2] ลภน สุภาพ และอรรถพล บุญขะโภ. (2006). **เรียนรู้และปฏิบัติการการเชื่อต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ต USB ขั้นพื้นฐาน.** กรุงเทพฯ: บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์จำกัด.

[3] Young-Kyu Son and Ju Lee. **Comparison between Two Types of PM Stepping MotorUsing Finite Element Analysis.** Proceeding of International Conference on Electrical Machines and Systems 2007, Oct. 8-11.Seoul. Korea

[4] Microchip Technology Inc. **Stepping Motors Fundamentals.** form http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.127.1172&rep=rep1&type=pdf

[5] **Software Application Development D2XX Programmer's Guide.** form http://www.ftdichip.com/Documents/ProgramGuides/D2XX_Programmer%27s_Guide(FT_000071).pdf

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รหัสโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งพัฒนาโดยโปรแกรม Visual Basic 6.0

Dim lngretval As Long	ประกาศตัวแปร lngretval
Dim lnghandle As Long	ประกาศตัวแปร lnghandle
Dim intindex As Long	ประกาศตัวแปร intindex
Dim flFailed As Boolean	ประกาศตัวแปร flFailed
Dim flTimedout As Boolean	ประกาศตัวแปร flTimedout
Dim flFatalError As Boolean	ประกาศตัวแปร flFatalError
Dim flStatus As Long	ประกาศตัวแปร flStatus
Dim lngNumDevices As Long	ประกาศตัวแปร lngNumDevices
Dim strSerialNumber As String * 256	ประกาศตัวแปร strSerialNumbe
Dim strDescription As String * 256	ประกาศตัวแปร strDescription
Dim strSerialNumber2 As String * 256	ประกาศตัวแปร strSerialNumber2
Dim strDescription2 As String * 256	ประกาศตัวแปร strDescription2
Dim valLoop As Integer	ประกาศตัวแปร valLoop
Dim valLoopb As Integer	ประกาศตัวแปร valLoopb
Dim valStep As Long	ประกาศตัวแปร valStep
Dim valStepb As Long	ประกาศตัวแปร valStepb
Dim valCount As Long	ประกาศตัวแปร valCount
Dim valCountb As Long	ประกาศตัวแปร valCountb
Const FT_OK = 0	ประกาศค่าคงตัว FT_OK
Const FT_LIST_BY_NUMBER_ONLY = &H80000000	ประกาศค่าคงตัว FT_LIST_BY_NUMBER
Const FT_LIST_ALL = &H20000000	ประกาศค่าคงตัว FT_LIST_ALL
Const FT_LIST_BY_INDEX = &H40000000	ประกาศค่าคงตัว FT_LIST_BY_INDEX
Const FT_OPEN_BY_DESCRIPTION = 2	ประกาศค่าคงตัว OPEN_BY_DESCRIPTION

Private Sub Command1_Click()	คำสั่ง "forword" มอเตอร์ 1
loggerlist.Clear	เคลียคำสั่งใน loggerlist
valLoop = Val(Text1.Text)	รับค่าเวลาที่ใช้กระตุ้นขดลวด
valStep = Val(Text3.Text)	รับค่าจำนวนสเต็ป
valCount = 1 / ((valLoop + 2.8) * 0.001)	คำนวณค่าความเร็วพลัลส์
For x = 1 To valStep	คำสั่งเริ่มวนลูปเงื่อนX < ValLoop
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H11, &H1)	กระตุ้นสเต็ปที่ 1
Sleep valLoop	หน่วงเวลาเท่ากับ valLoop
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H0, &H1)	รีเซ็ตค่าที่มีอยู่ในอุปกรณ์
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H84, &H1)	กระตุ้นสเต็ปที่ 2
Sleep valLoop	หน่วงเวลาเท่ากับ valLoop
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H0, &H1)	รีเซ็ตค่าที่มีอยู่ในอุปกรณ์
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H1, &H1)	กระตุ้นสเต็ปที่ 3
Sleep valLoop	หน่วงเวลาเท่ากับ valLoop
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H0, &H1)	รีเซ็ตค่าที่มีอยู่ในอุปกรณ์
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H80, &H1)	กระตุ้นสเต็ปที่ 3
Sleep valLoop	หน่วงเวลาเท่ากับ valLoop
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H0, &H1)	รีเซ็ตค่าที่มีอยู่ในอุปกรณ์
Next x	เริ่มนับค่า X แล้วเริ่มใหม่
loggerlist.AddItem ("Forword Done AT" &valCount)	แสดงข้อความ Forword Done AT
End Sub	จบการทำงาน

Private Sub Command2_Click()	คำสั่ง "reverse" มอเตอร์ 1
loggerlist.Clear	เคลียคำสั่งใน loggerlist
valLoop = Val(Text1.Text)	รับค่าเวลาที่ใช้กระตุ้นขดลวด
valStep = Val(Text3.Text)	รับค่าจำนวนสเต็ป
valCount = 1 / ((valLoop + 2.8) * 0.001)	คำนวณค่าความเร็วพลัลส์
For x = 1 To valStep	คำสั่งเริ่มวนลูปเงื่อน X < ValStep
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H80, &H1)	กระตุ้นสเต็ปที่ 1
Sleep valLoop	หน่วงเวลาเท่ากับ valLoop
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H0, &H1)	รีเซ็ตค่าที่มีอยู่ในอุปกรณ์
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H1, &H1)	กระตุ้นสเต็ปที่ 2
Sleep valLoop	หน่วงเวลาเท่ากับ valLoop
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H0, &H1)	รีเซ็ตค่าที่มีอยู่ในอุปกรณ์
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H84, &H1)	กระตุ้นสเต็ปที่ 3
Sleep valLoop	หน่วงเวลาเท่ากับ valLoop
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H0, &H1)	รีเซ็ตค่าที่มีอยู่ในอุปกรณ์
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H11, &H1)	กระตุ้นสเต็ปที่ 3
Sleep valLoop	หน่วงเวลาเท่ากับ valLoop
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H0, &H1)	รีเซ็ตค่าที่มีอยู่ในอุปกรณ์
Next x	เริ่มนับค่า X แล้วเริ่มใหม่
loggerlist.AddItem ("reverse Done At" & valCount)	แสดงข้อความ Forword Done AT
End Sub	จบการทำงาน

Private Sub Command3_Click()	คำสั่งปิดการทำงานของอุปกรณ์
loggerlist.Clear	เคลียคำสั่งใน loggerlist
fl Failed = True	ตั้งค่าเริ่มต้น fl Failes เป็น จริง
intindex = 0	ตั้งค่าเริ่มต้น intindex เป็น 0
If FT_Close(lnghandle) = FT_OK Then	เงื่อนไข อุปกรณ์ปิดอยู่
loggerlist.AddItem "Close OK"	แสดงข้อความ Close OK
Else	นอกเหนือจากนั้น
loggerlist.AddItem "Close Failed"	แสดงข้อความ Close Failed
End If	ทำเงื่อนไขต่อไป
Me.Refresh	อัพเดทข้อมูลในหน่วยความจำ
End Sub	จบการทำงาน

Private Sub Command4_Click()	คำสั่งเริ่มการทำงานของอุปกรณ์
loggerlist.Clear	ลบคำสั่งใน loggerlist
flFailed = True	ตั้งค่าเริ่มต้น ถ้า Failes เป็น จริง
intindex = 0	ตั้งค่าเริ่มต้น intindex เป็น 0

If FT_GetNumDevices(lngNumDevices, vbNullString, FT_LIST_BY_NUMBER_ONLY) <> FT_OK Then
loggerlist.AddItem ("FT_GetNumDevices failed")
Exit Sub
Else
loggerlist.AddItem ("NumDevices " & lngNumDevices)
	เงื่อนไข ถ้าไม่สามารถรับค่าหมายเล
	อุปกณ์
	แสดงข้อความ Close Failed
	จบการทำงาน
	เงื่อนไข หากสามารถรับค่าได้
	แสดงข้อความ หมายเลขของอุปกรณ

End If	ทำเงื่อนไขต่อไป

If FT_ListDevices(0, strDescription, FT_LIST_BY_INDEX Or FT_OPEN_BY_DESCRIPTION) <> FT_OK Then
loggerlist.AddItem ("ListDevices failed")
Exit Sub
Else
loggerlist.AddItem ("Device Description " &strDescription)
	เงื่อนไข ถ้าไม่สามารถรับข้อมูลจาก
	แสดงข้อความ ListDevices failed
	จบการทำงาน
	ถ้าสามารถนับข้อมูลจากอุปกรณ์ได้
	แสดงข้อความ ข้อมูลของอุปกรณ์

End If	ทำเงื่อนไขต่อไป

If FT_ListDevices(0, strSerialNumber, FT_LIST_BY_INDEX Or FT_OPEN_BY_SERIAL_NUMBER) <> FT_OK Then
loggerlist.AddItem ("ListDevices failed")
Exit Sub
Else
loggerlist.AddItem ("Serial Number " & strSerialNumber
	ถ้าไม่สามารถค้นหาอุปกรณ์ได้
	แสดงข้อความ ListDevices failed
	จบการทำงาน
	เงื่อนไข พบหมายเลขอุปกรณ์
	แสดงข้อความ Serial Number และ

End sub	จบการทำงาน

Private Sub Command5_Click()	คำสั่ง "forword" มอเตอร์ 2
loggerlist.Clear	เคลียคำสั่งใน loggerlist
valLoopb = Val(Text2.Text)	รับค่าเวลาที่ใช้กระตุ้น
valStepb = Val(Text4.Text)	รับค่าจำนวนสเต็ป
valCount = 1 / ((valLoopb + 2.8) * 0.001)	คำนวณค่าความเร็วพลัสส์
For y = 1 To valStepb	คำสั่งเริ่มวนลูปเงื่อนX < ValLoop
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H6A, &H1)	กระตุ้นสเต็ปที่ 1
Sleep valLoopb	หน่วงเวลา กระตุ้นขดลวด
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H0, &H1)	รีเซ็ตค่าที่มีอยู่ในอุปกรณ์
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H68, &H1)	กระตุ้นสเต็ปที่ 2
Sleep valLoopb	หน่วงเวลา กระตุ้นขดลวด
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H0, &H1)	รีเซ็ตค่าที่มีอยู่ในอุปกรณ์
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H48, &H1)	กระตุ้นสเต็ปที่ 3
Sleep valLoopb	หน่วงเวลา กระตุ้นขดลวด
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H0, &H1)	รีเซ็ตค่าที่มีอยู่ในอุปกรณ์
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H4A, &H1)	กระตุ้นสเต็ปที่ 3
Sleep valLoopb	หน่วงเวลา กระตุ้นขดลวด
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H0, &H1)	รีเซ็ตค่าที่มีอยู่ในอุปกรณ์
Next y	เริ่มนับค่า Y แล้วเริ่มใหม่
loggerlist.AddItem ("Forword Done" & valCount)	แสดงข้อความ Forword Done
End Sub	จบการทำงาน

Private Sub Command6_Click()	คำสั่ง "forword" มอเตอร์ 2
loggerlist.Clear	เคลียคำสั่งใน loggerlist
valLoopb = Val(Text2.Text)	รับค่าเวลาที่ใช้กระตุ้น
valStepb = Val(Text4.Text)	รับค่าจำนวนสเต็ป
valCount = 1 / ((valLoopb + 2.8) * 0.001)	คำนวณค่าความเร็วพลัลส์
For y = 1 To valStepb	คำสั่งเริ่มวนลูปเงื่อนX < ValLoop
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H48, &H1)	กระตุ้นสเต็ปที่ 1
Sleep valLoopb	หน่วงเวลา กระตุ้นขดลวด
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H0, &H1)	รีเซ็ตค่าที่มีอยู่ในอุปกรณ์
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H68, &H1)	กระตุ้นสเต็ปที่ 2
Sleep valLoopb	หน่วงเวลา กระตุ้นขดลวด
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H0, &H1)	รีเซ็ตค่าที่มีอยู่ในอุปกรณ์
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H6A, &H1)	กระตุ้นสเต็ปที่ 3
Sleep valLoopb	หน่วงเวลา กระตุ้นขดลวด
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H0, &H1)	รีเซ็ตค่าที่มีอยู่ในอุปกรณ์
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H4A, &H1)	กระตุ้นสเต็ปที่ 3
Sleep valLoopb	หน่วงเวลา กระตุ้นขดลวด
lngretval = FT_SetBitMode(lnghandle, &H0, &H1)	รีเซ็ตค่าที่มีอยู่ในอุปกรณ์
Next y	เริ่มนับค่า Y แล้วเริ่มใหม่
loggerlist.AddItem ("reverse Done AT" & valCount)	แสดงข้อความ reverse Done
End Sub	จบการทำงาน

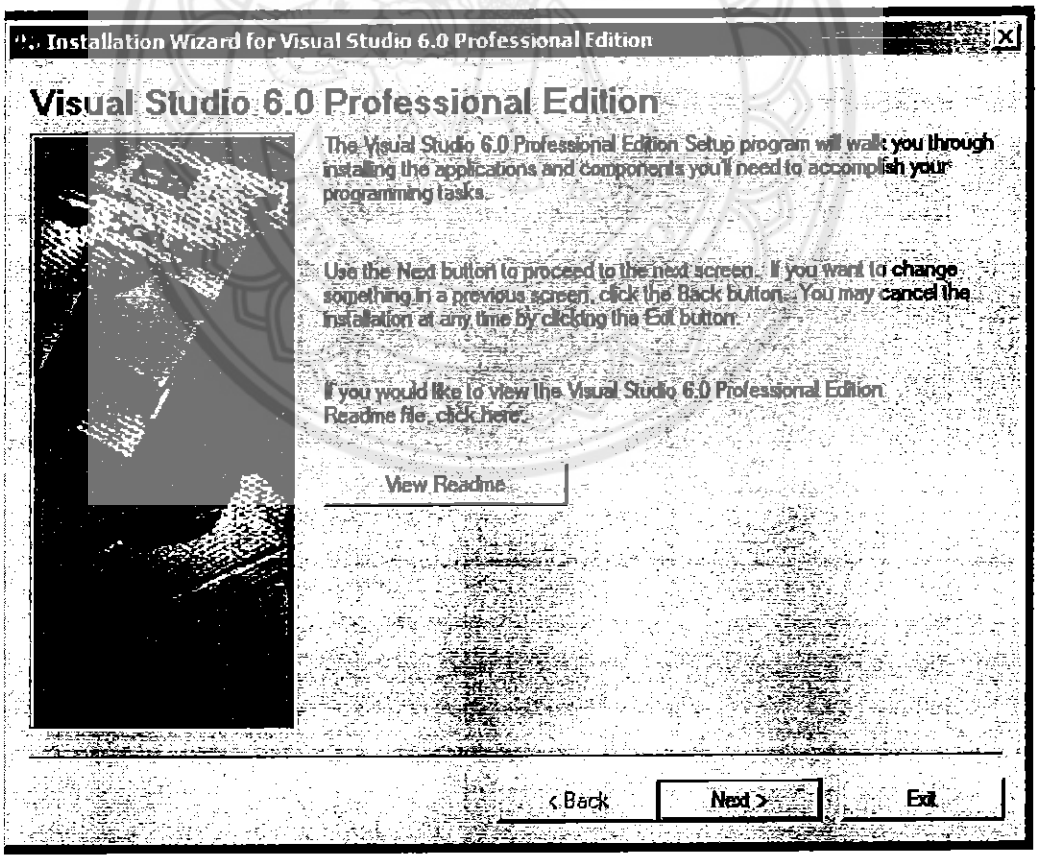
ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Visual basic 6.0

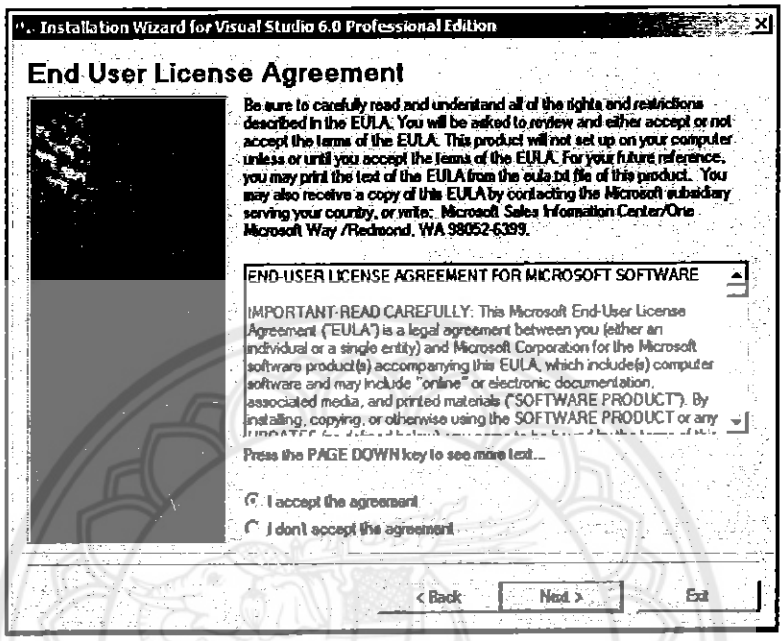
1.ดับเบิลคลิกที่ไอคอน setup ของโปรแกรม Visual basic 6.0

SETUP.EXE

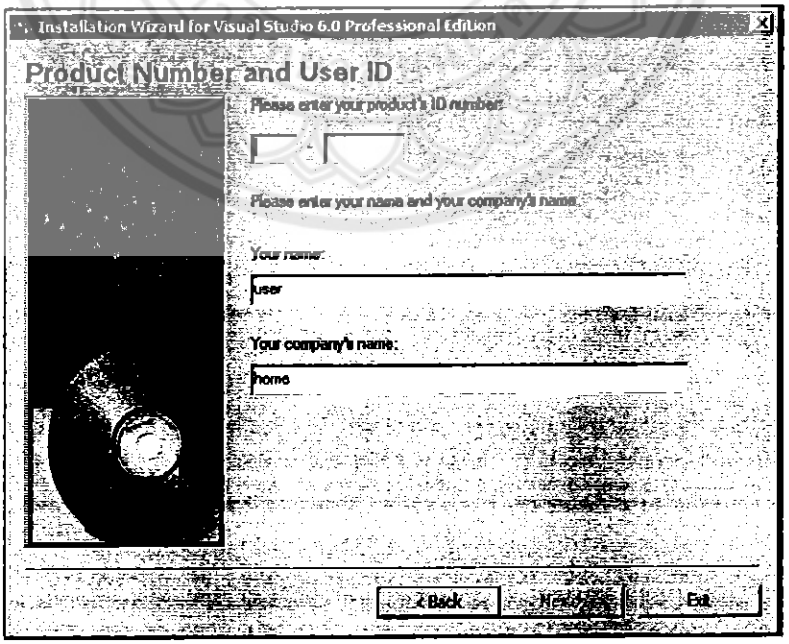
2. คลิก Next เพื่อดำเนินการต่อ



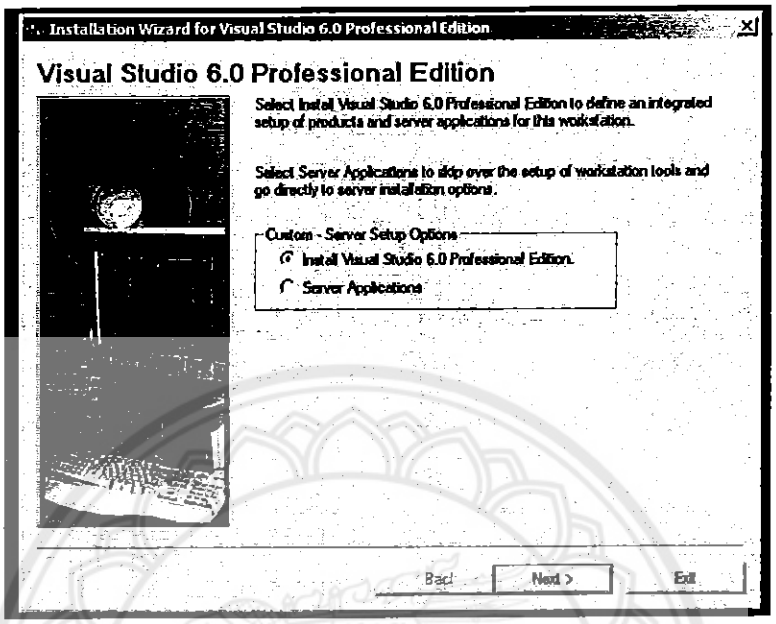
3. เลือก I accept the agreement แล้วคลิก Next เพื่อดำเนินการต่อ



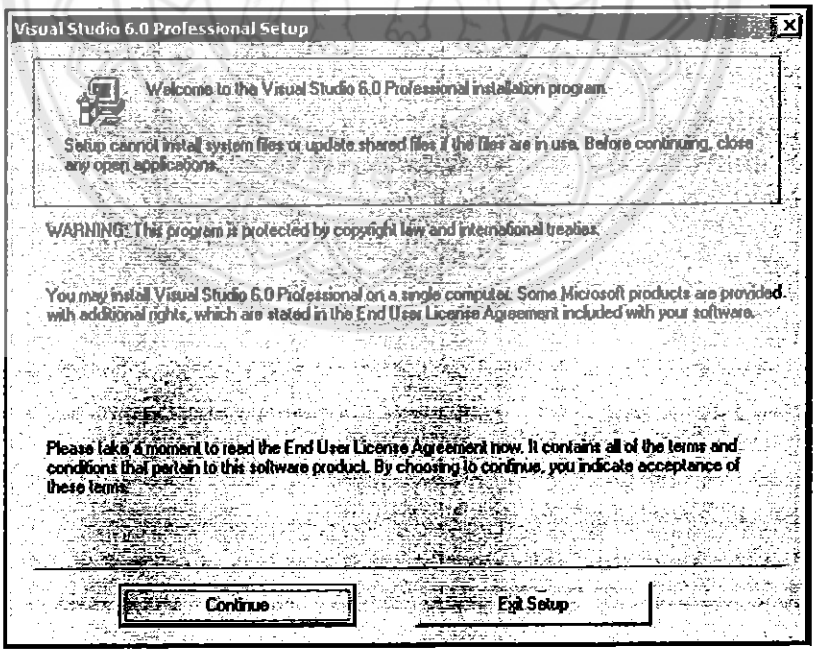
4.กรอก ID number ที่แถมมากับโปรแกรม และคลิก Next เพื่อดำเนินการต่อ



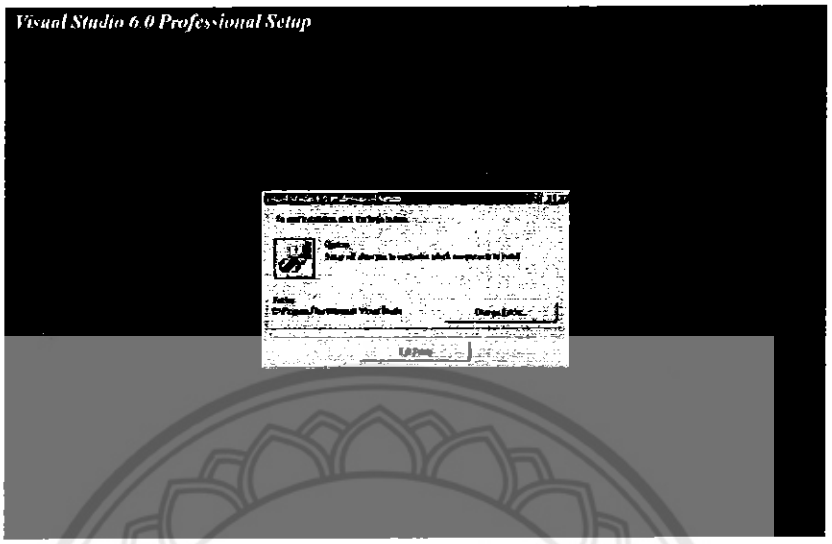
5. เลือก install Visual Studio 6.0 Professional Edition และคลิก Next เพื่อดำเนินการต่อ



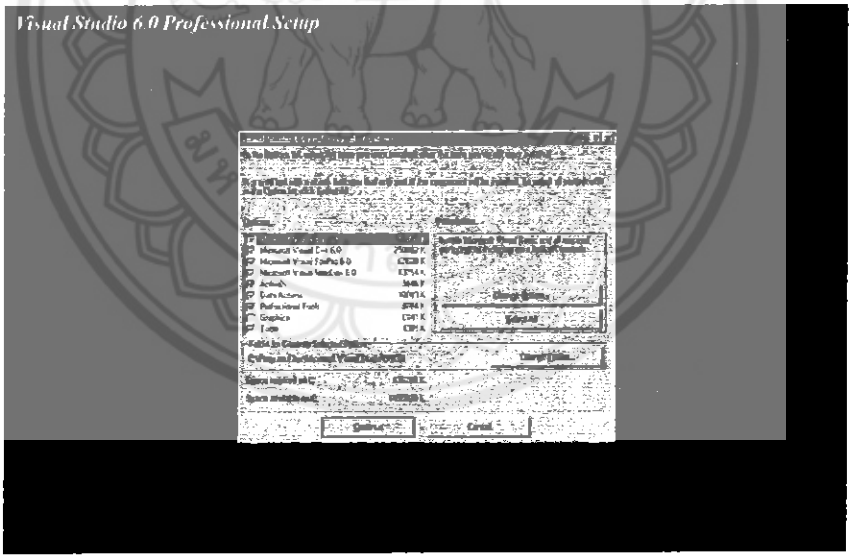
6. คลิก Continue เพื่อดำเนินการต่อ



7. เลือกจุดหมายสำหรับการติดตั้งโปรแกรม และกดที่ install เพื่อดำเนินการต่อ



8. เลือกส่วนประกอบของโปรแกรมและ คลิก continues เพื่อดำเนินการต่อ



9.รอจนกระทั่งการทำงานสิ้นสุด

ภาคผนวก ค

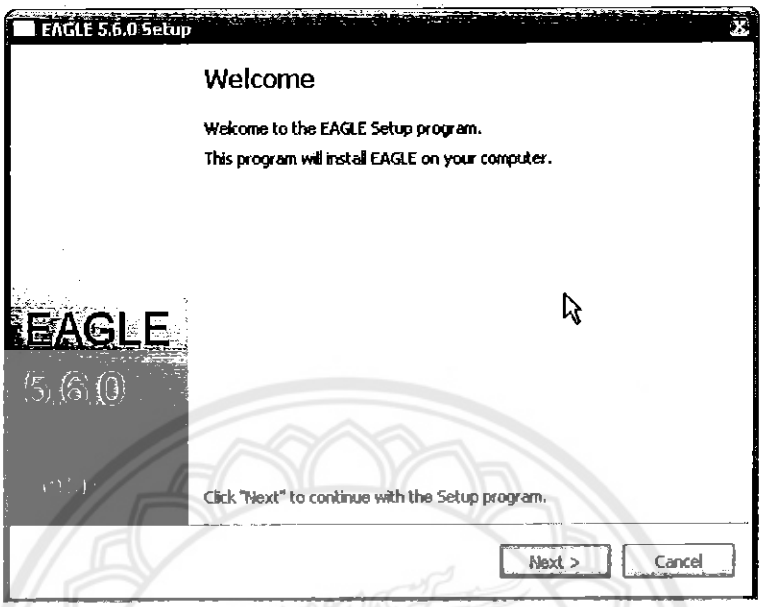
ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Eagle 5.60

1.ดับเบิลคลิกที่ไอคอน setup ของโปรแกรม Eagle 5.6

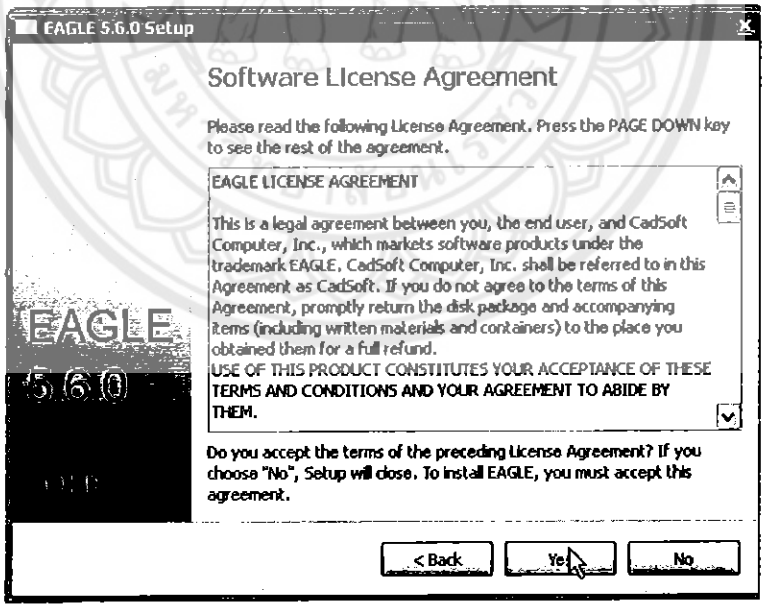
eagle-win-5.6.0.exe

2. คลิก Setup เพื่อดำเนินการต่อ

3.คลิก Next เพื่อดำเนินการต่อ



4.คลิก Next เพื่อดำเนินการต่อ



ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายวรพจน์ อินต๊ะ

ภูมิลำเนา 111 หมู่ 14 ต.บ้านเหล่า อ.แม่ใจ จ.เมือง

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพะเยาพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: woraport_mic@hotmail.com