เครื่องมือวัดสมบัติแม่เหล็กไฟฟ้าและไฟฟ้ากำลัง 2 หน่วย

โดย

นายกรกช	เทพรส	5650743
นายกวินท์	วิทยศึกษกุล	5650314
นายธนุรัช	ขาวงาม	5661173

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง
ประจำปีการศึกษา 2563
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

CONTRIBUTION

เครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าระยะใกล้แบบ 2 แกน

โดย

นายวรงค์	แพทอง	B4501763
นายนรินทร์	รัตนแก้วบุตร	B4501916
นายอนุชิต	ขาวงาม	B4611172

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษารายวิชา โครงงานศึกษาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2549
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โครงงาน **เครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าระยะใกล้แบบ 2 แกน**

ผู้ดำเนินงาน นาย วรงค์ แพทอง B4501763
นาย นรินทร์ รัตนแก้วบุตร B4501916
นาย อนุชิต ขาวงาม B4611172

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. รังสรรค์ วงศ์สรรค์
สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาคการศึกษา 3/2549

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการวัดค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าระยะใกล้ ที่เกิดจากการแผ่กระจายออกมาจากสายอากาศมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการวัดคุณสมบัติของสายอากาศนอกเหนือจากการวัดสนามระยะไกล โครงงานนี้จึงได้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องมือสำหรับวัดสนามระยะใกล้ โดยประกอบด้วยแกนควบคุมแบบแกน x-y เพื่อใช้ควบคุมพิกัดของสายอากาศภาครับ ซึ่งถูกควบคุมด้วยวงจรเชื่อมต่อโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับสัญญาณควบคุมมาจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในขณะเดียวกันไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำสัญญาณจากสายอากาศภาครับมาประมวลเป็นภาพกราฟิก ที่มีความแตกต่างของระดับสีสัมพันธ์กับระดับความแรงของสัญญาณที่วัดได้จากสนามระยะใกล้

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงงานนี้สำเร็จได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ในการให้คำปรึกษาในด้านต่างๆ ในระหว่างการดำเนินการจากบุคคลหลายท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลืออย่างดีเสมอมาอันได้แก่

- ผศ.ดร. รังสรรค์ วงศ์สรรค์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษาในด้านต่างๆ ทั้งทางวิชาการและการปฏิบัติงาน และคอยดูแล ควบคุมการทำงานอย่างใกล้ชิด และคอยให้กำลังใจเสมอมา
- คุณประพล จาระตะคุ วิศวกรประจำศูนย์เครื่องมือ 3 ที่ช่วยดูแลและติดต่อประสานงานเรื่องเอกสารต่างๆ
- คุณไชยวุฒน์ ดีรีโต รุ่นพี่ที่คอยให้คำแนะนำ และคำปรึกษาทางด้านโปรแกรม
- บุคลากรสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมที่สนับสนุนด้านอุปกรณ์ และการดำเนินงาน
- พี่น้องชาววิศวกรรมโทรคมนาคมทุกคนซึ่งให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่อบรมเลี้ยงดู และให้โอกาสทางการศึกษา และคอยสนับสนุนด้วยดีตลอดมาอย่างหาที่เปรียบมิได้

จึงเห็นสมควรที่จะมอบคุณความดี และเกียรติคุณเหล่านี้แด่ท่านที่กล่าวมานี้ รวมถึงบุคคลที่มิได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ด้วย

นาย วรงค์ แพทอง
นาย นรินทร์ รัตนแก้วบุตร
นาย อนุชิต ขาวงาม

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
-บทคัดย่อ	ก
-กิตติกรรมประกาศ	ข
-สารบัญ	ค
-สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบข่ายของโครงงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของสายอากาศด้วยมอเตอร์กระแสตรง	3
2.3 การออกแบบวงจรเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทลเลอร์กับคอมพิวเตอร์	9
2.4 สรุป	14
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดสนามระยะใกล้แบบ 2 แกน	
3.1กล่าวนำ	15
3.2 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของสายอากาศด้วยมอเตอร์กระแสตรง	15
3.3 การออกแบบโครงสร้าง	16
3.4 สรุป	17

สารบัญ

บทที่ 4 การทดสอบการใช้งานของเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

4.1 กล่าวนำ 18

4.2 วิธีการติดตั้งโปรแกรม 18

4.3 วิธีการใช้งานโปรแกรม 25

4.4 ผลการวัดสนามระยะใกล้ 27

4.5 สรุป 27

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะของโครงงาน

5.1 กล่าวนำ 28

5.2 สิ่งที่ได้จากโครงงาน 28

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงงาน 28

5.4 ข้อจำกัดของโครงงาน 29

5.5 ข้อเสนอแนะ 29

ภาคผนวก ก 30

ภาคผนวก ข 43

ภาคผนวก ค 59

บรรณานุกรม 67

ประวัติผู้เขียน 68

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 รูปแสดงการเกิดแรงบนตัวนำ 3

รูปที่ 2.2 รูปมอเตอร์กระแสตรง 4

รูปที่ 2.3 วงจรมอเตอร์กระแสตรง 6

รูปที่ 2.4 แผนภาพบล็อกของการควบคุมมอเตอร์ด้วยขดลวดอาเมเจอร์ 7

รูปที่ 2.5 แผนภาพบล็อกของการควบคุมมอเตอร์ด้วยขดลวดสนาม 8

รูปที่ 2.6 แสดงความกว้างของพัลส์ขนาดต่างๆ และค่าดิวตี้ไซเคิล ของช่วงพัลส์ที่มีความถี่คงที่ 9

รูปที่ 2.7 รูปแสดงการทำงานต่างๆ ของพอร์ตขนาน 10

รูปที่ 2.8 รูปแสดงตำแหน่งต่างๆ บนพอร์ตขนาน 11

รูปที่ 2.9 แสดงการส่งสัญญาณภายในพอร์ตขนาน 13

รูปที่ 2.10 รูปแสดงการเชื่อมสายของ พอร์ตขนาน 14

รูปที่ 3.1 รูปไอซี L293D 15

รูปที่ 3.2 วงจรของไอซี L293D เมื่อประกอบวงจรเสร็จแล้ว 16

รูปที่ 3.3 ภาพวาดแสดงการประกอบชิ้นส่วนทั้งหมด 17

รูปที่ 4.1 เริ่มติดตั้งโปรแกรม Visual Basic 18

รูปที่ 4.2 แสดงการยอมรับข้อตกลงการใช้งาน 19

รูปที่ 4.3 แสดงการลงทะเบียนติดตั้ง 20

รูปที่ 4.4 แสดงการเลือกติดตั้งแบบ Custom 21

รูปที่ 4.5 แสดงการเลือกตำแหน่ง โฟลเดอร์ Common Files 22

รูปที่ 4.6 แสดงการเลือกติดตั้งเฉพาะ Visual Basic 23

รูปที่ 4.7 แสดงการก็อปปี้ไฟล์ต่างๆ ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ 24

รูปที่ 4.8 แสดงการเริ่มเข้าสู่โปรแกรม 25

รูปที่ 4.9 แสดงปุ่มพื้นฐานของโปรแกรม 25

รูปที่ 4.10 แสดงหน้าต่าง Show Output 26

รูปที่ 4.11 แสดงโปรแกรม Microsoft Excel ที่มีข้อมูลหลังจากวัดค่าเสร็จแล้ว 27

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันการวัดค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าระยะใกล้ที่เกิดจากการแผ่กระจายออกมาจากสายอากาศมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการวัดคุณสมบัติของสายอากาศ นอกเหนือจากการวัดสนามระยะไกล แต่เนื่องจากทางห้องปฏิบัติการทางโทรคมนาคมยังขาดอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าระยะใกล้นี้ ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงตระหนักถึงปัญหานี้ จึงทำให้เกิดเป็นโครงการนี้ขึ้นมาเพื่อให้สามารถทำการวัดค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าระยะไกล

โครงงานนี้จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวัดค่าความเข้มสนามไฟฟ้าในแนวแกน x และ y เพื่อประมวลผลเป็นภาพกราฟิกที่มีความแตกต่างของระดับสีที่ใช้ในการประมวลค่าความแรงของสัญญาณที่วัดได้จากสนามระยะใกล้ เพื่อประโยชน์ในการศึกษาและปฏิบัติทางการวัดค่าความเข้มของสัญญาณจากสายอากาศทุกชนิดในภายหน้า

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาและออกแบบอุปกรณ์การวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในระยะใกล้

1.2.2 เพื่อศึกษาการวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในแนวแกน x และ y

1.2.3 เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุมพิกัดสายอากาศภาครับ

1.2.4 เพื่อศึกษาและออกแบบวงจรเชื่อมต่อสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์

1.2.5 เพื่อศึกษาการประมวลผลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นกราฟิกในรูปของระดับสี

1.2.6 เพื่อศึกษาการควบคุมมอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาลักษณะการแผ่กระจายสนามระยะใกล้ของสายอากาศ

1.3.2 ออกแบบกลไกในการเคลื่อนพิกัดของสายอากาศภาครับในแนวแกน x และ y

1.3.3 ออกแบบวงจรเชื่อมต่อเพื่อใช้งานระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์และกลไกของแกน x และy

1.3.4 เขียนโปรแกรมควบคุมวงจรเชื่อมต่อสัญญาณเพื่อใช้อ่านค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่วัดได้

1.3.5 เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าให้สายอากาศภาครับเคลื่อนที่ได้

ในแนวแกน x และ y

1.3.6 เขียนโปรมแกรมประมวลผลค่าการวัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในระนาบแนวแกน x และ y เพื่อแสดงผลเป็นภาพกราฟิกสีผ่านจอคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์

1.3.7 สร้างอุปกรณ์ต้นแบบทั้งหมดและทดสอบเพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาตำราและค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างเครื่องวัดแบบรูปการแผ่กระจายคลื่นของสายอากาศ

1.4.2 ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการเพื่อวางแผน และจัดทำโครงการ

1.4.3 นำเสนอโครงการเพื่อพิจารณาอนุมัติ

1.4.4 ออกแบบเครื่องวัดแบบรูป และโปรแกรมในการควบคุม

1.4.5 ปฏิบัติทำเครื่องวัดค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

1.4.6 ทดสอบ และแก้ไขการทำงานของเครื่องวัด

1.4.7 จัดทำรายงานโครงงาน

1.4.8 สรุป และประเมินผล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถนำความรู้ที่ได้มาใช้การประกอบวิชาชีพ

1.5.2 สามารถนำความรู้ทางทฤษฎีด้านวิศวกรรมศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ

1.5.3 สามารถทำงานร่วมกันเป็นทีมได้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 กล่าวนำ

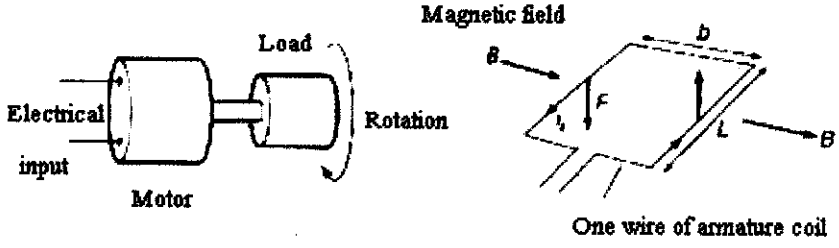
เครื่องวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าระยะไกลแบบ 2 แกนได้ทำการออกแบบและสร้างวงจรการทำงาน โดยมีรายละเอียดดังกล่าวต่อไปนี้

-วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของสายอากาศด้วยมอเตอร์กระแสตรง

-วงจรเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์

2.2 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของสายอากาศด้วยมอเตอร์กระแสตรง [1]

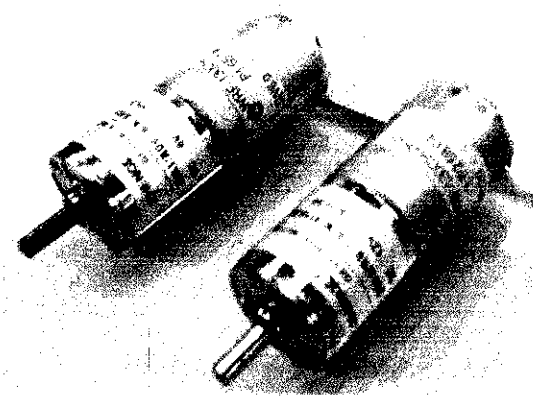
มอเตอร์กระแสตรง ที่จะนำมาใช้ในการเคลื่อนที่สายอากาศในเครื่องวัดแบบรูปการแผ่กระจายคลื่นของสายอากาศที่สร้างขึ้นนี้ จะใช้มอเตอร์แบบกระแสตรง ซึ่งโครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบนี้ จะประกอบด้วยขดลวดที่ส่วนหมุน (Armature Coil) ซึ่งสามารถที่จะหมุนไปได้อย่างอิสระ ขดลวดนี้จะวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก ซึ่งอาจจะเป็นแม่เหล็กถาวร หรือส่วนมากจะเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สร้างจากกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดสนาม (Field Coil) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่ส่วนหมุน ซึ่งวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดแรงผลักทำให้ขดลวดที่ส่วนหมุนนี้เกิดการหมุน ตามที่แสดงในรูป



รูปที่ 2.1 รูปแสดงการเกิดแรงบนตัวนำ

2.2.1 ความรู้เบื้องต้น และหลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) เป็นมอเตอร์ที่เหมาะสำหรับใช้ในงานควบคุมการหมุน ที่ต้องการตำแหน่ง และความเร็วในการหมุน การทำงานของมอเตอร์กระแสตรงจะขับเคลื่อนเมื่อมีการป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับขั้วทั้งสองของมอเตอร์ซึ่งก็คือ ขั้วบวก และขั้วลบ เมื่อต่อแรงดันให้กับขั้วทั้งสองของมอเตอร์โดยไม่คำนึงถึงขั้วของแรงดันและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ก็ทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้



รูปที่ 2.2 รูปมอเตอร์กระแสตรง

2.2.2 การควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

เราสามารถเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ได้ 2 แบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับตัวแปรที่ควบคุม ดังนี้

- การควบคุมมอเตอร์ด้วยขดลวดอาเมเจอร์ **(Armature – Controlled Motor)**
- การควบคุมมอเตอร์ด้วยขดลวดสนาม **(Field – Control Motor)**

แรงกระทำ F ที่กระทำบนขดลวดความยาว L ที่มีกระแส i_a ไหลผ่าน และวางอยู่ในสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสนามแม่เหล็ก B แรง F ที่กระทำเป็นมุมฉากกับ B จะมีค่าเป็น

$$F = Bi_aL \tag{2.1}$$

ถ้ามีขดลวดจำนวน N เส้นจะได้

$$T = NBi_aLb \tag{2.2}$$

แรงกระทำ F นี้จะยังผลให้เกิดแรงบิด T เมื่อ $T = Fb$ โดย b คือความกว้างของขดลวด ดังนั้น

$$T = NBi_aLb \tag{2.3}$$

เราจะเห็นว่า แรงบิด T นี้จะเป็นสัดส่วนกับ Bi_a ส่วนพารามิเตอร์อื่น ๆ จะคงที่สำหรับมอเตอร์หนึ่งๆ ดังนั้นเราสามารถเขียนสมการได้เป็น

$$T = k_1Bi_a \tag{2.4}$$

โดยที่

$$k_1 = NLb \tag{2.5}$$

1) การควบคุมมอเตอร์ด้วยขดลวดอาเมเจอร์ **(Armature – Controlled Motor)** เนื่องจากขดลวดอาเมเจอร์เป็นขดลวดที่หมุนอยู่ในสนามแม่เหล็ก จึงเกิดการการเหนี่ยวนำและทำให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้น ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้ จะตรงกันข้ามกับทิศทางของความต่างศักย์ที่ทำให้เกิดการหมุน ดังนั้นเราจึงเรียกแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำนี้ว่า back emf โดย back emf นี้ จะเป็นอัตราส่วนกับอัตราการหมุนของขดลวดอาเมเจอร์และสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากขดลวด ทำให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก B มีค่าเป็น

$$v_b = k_2 B\omega \tag{2.6}$$

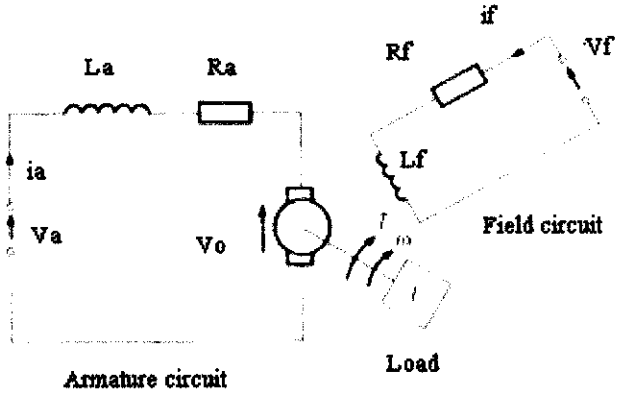
เมื่อ ω คือความเร็วรอบของเพลา และ k_2 เป็นค่าคงที่

การควบคุมมอเตอร์ด้วยขดลวดส่วนที่หมุนเป็นการที่มอเตอร์กำหนดให้กระแสไฟฟ้าให้ขดลวดสนามนั้นมีค่าคงที่ และความเร็วรอบของมอเตอร์จะปรับโดยปรับเปลี่ยนความต่างศักย์ v_a ที่ให้กับขดลวดอาเมเจอร์ การที่กระแสไฟในขดลวดสนามมีค่าคงที่ ก็แสดงว่าความเข้มสนามแม่เหล็ก B มีค่าคงที่ ทำให้เราได้

$$v_b = k_3\omega \tag{2.7}$$

เมื่อ k_3 คือค่าคงที่ ในวงจรของขดลวดอาเมเจอร์นั้นจะประกอบด้วยความต้านทานR_a และตัวเหนี่ยวนำ L_aตามรูปที่ 3.2 ซึ่งในกรณีนี้จะทำให้เกิด แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ v_b ขึ้น ดังนั้นถ้าหากว่าเราให้ ความต่างศักย์ v_a กับวงจรขดลวดอาเมเจอร์เราจะได้

$$v_a - v_b = La\frac{di_a}{dt} + R_a i_a \tag{2.8}$$



รูปที่ 2.3 วงจรมอเตอร์กระแสตรง (D.C. Motor Circuit)

เมื่อเราพิจารณาสมการนี้ในรูปของแผนภาพบล็อก ดังที่แสดงในรูปที่ 2.4 เราจะเห็นว่าค่าที่เราให้กับระบบเป็น v_a แต่จะถูกลดลงด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ v_b ซึ่งจะทำให้ได้สัญญาณความผิดพลาด $(v - v_A)$ สัญญาณความผิดพลาดที่ได้นี้จะเข้าสู่ขดลวดอาเมเจอร์ดังนั้นสมการ (3.8) นี้จะอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณความผิดพลาด และค่ากระแสที่ได้ในขดลวดอาเมเจอร์ i_a แทนค่า v_b ลงในสมการ (3.8) จะได้

$$v_a - k_3\omega = L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a \tag{2.9}$$

กระแส i_a ในขดลวดอาเมเจอร์จะทำให้เกิดแรงบิด T ซึ่งมีค่าตามสมการ (3.5) เป็น

$$T = k_1 B i_a = k_4 i_a \tag{2.10}$$

เมื่อ k_4 เป็นค่าคงที่ จากนั้นแรงบิดจะกลายเป็นอินพุทให้กับระบบภาระกรรม ซึ่งในที่นี้คือการเอาชนะความเฉื่อยของระบบเวลา และส่วนหมุนทั้งหมด ดังนั้นจากระบบเชิงกล

ผลรวมของทอร์ก (Net torque) = ทอร์ก – ความหน่วงของทอร์ก (damping torque) (2.11)

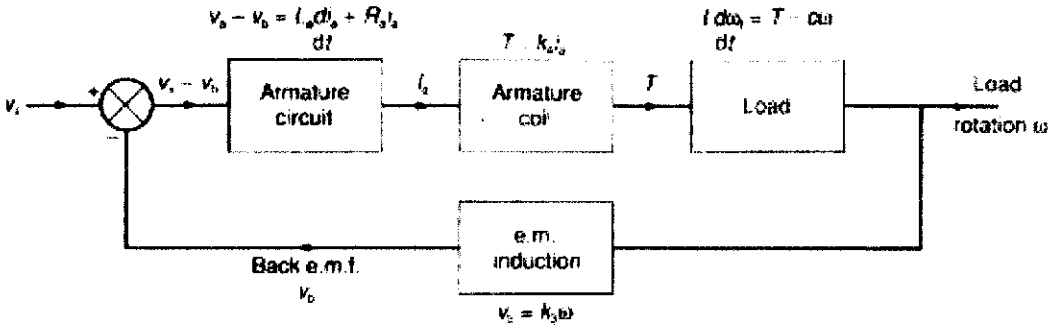
โดย ความหน่วงของทอร์กมีค่าเท่ากับ $c\omega$ เป็นความหน่วง และ c เป็นค่าคงที่ ถ้าหากเราพิจารณาว่าเพลาไม่มีความยืดหยุ่นเชิงมุม หรือเพลาเป็นวัตถุแข็งเกร็งเราจะได้

$$\text{ผลรวมของทอร์ก} = k_4 i_a - c\omega \tag{2.12}$$

ซึ่งจากกฎข้อที่ 2 เราจะได้

$$I\frac{d\omega}{dt} = k_4 i_a - c\omega \tag{2.13}$$

จากสมการ 3.9 และ 3.13 นี้จะอธิบายการทำงานของการควบคุมมอเตอร์ด้วยขดลวดอาเมเจอร์



รูปที่ 2.4 แผนภาพบล็อกของการควบคุมมอเตอร์ด้วยขดลวดอาเมเจอร์

2) การควบคุมมอเตอร์ด้วยขดลวดสนาม (Field – Control Motor) การควบคุมมอเตอร์ด้วยขดลวดสนาม จะทำได้โดยกำหนดให้กระแสที่ไหลเข้าสู่ ขดลวดอาเมเจอร์มีค่าคงที่ แล้วปรับภาระกรรมโดยการเปลี่ยนแปลงค่าความต่างศักย์ของวงจรขดลวดสนาม ซึ่งวงจรขดลวดสนามนี้จะประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำ L_f ต่ออนุกรมกับความต้านทาน R_f ดังนั้นในวงจรนี้

$$v_f = R_f i_f + L_f \frac{di_f}{dt} \tag{2.14}$$

เราสามารถพิจารณาการทำงานของการควบคุมมอเตอร์ด้วยขดลวดสนามในรูปแบบของแผนภาพบล็อก ดังที่แสดงในรูปที่ 3.4 เราจะมีอินพุทเข้าระบบใน v_f จากนั้นจะทำให้เกิดกระแส i_f ขึ้นในวงจรขดลวดขดลวดสนาม ความสัมพันธ์ของกระแสและความต่างศักย์เป็นไปตามสมการข้างบนนี้ กระแสที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดความเข้มสนามแม่เหล็กและเกิดเป็นแรงบิดที่เหนี่ยวนำขดลวดอาเมเจอร์ แต่เนื่องจากความเข้มสนามแม่เหล็ก B นี้เป็นสัดส่วนกับกระแส i_f ในขณะที่ i_a มีค่าคงที่ ดังนั้นสมการ (3.14) จึงสามารถเขียนได้เป็น

$$T = k_1 B i_a = k_4 i_a \tag{2.15}$$

เมื่อ k_5 เป็นค่าคงที่ จากนั้นแรงบิดจะเปลี่ยนเป็นการเอาชนะภาระกรรม คือระบบเพลาให้เกิดการหมุนด้วยความเร็วเชิงมุม ω ซึ่งจากระบบเชิงกลเราจะได้ ว่า

ผลรวมของทอร์ก (Net torque) = ทอร์ก – ความหน่วงของทอร์ก (damping torque) (2.16)

โดยผลรวมของทอร์กมีค่าเท่ากับ เมื่อ เป็นค่าคงที่ หากเราไม่พิจารณาความยืดหยุ่นของเพลาเราจะได้

$$\text{ผลรวมของทอร์ก} = k_5 i_a - c\omega \tag{2.17}$$

และจากกฎของนิวตันเราจะได้

$$I\frac{d\omega}{dt} = k_4 i_a - c\omega \tag{2.18}$$

สมการ (3.14) และ (3.18) จะอธิบายสภาพการทำงานที่เกิดขึ้นกับการควบคุมมอเตอร์ด้วยขดลวดสนาม

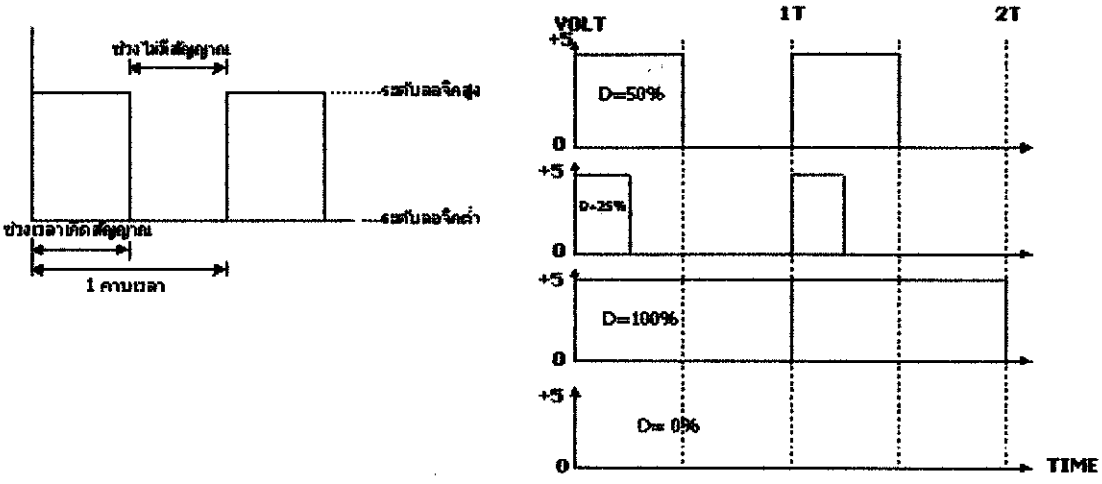
รูปที่ 2.5 แผนภาพบล็อกของการควบคุมมอเตอร์ด้วยขดลวดสนาม

การควบคุมในวิธีดังกล่าวถึงแม้ว่าจะควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้คงที่ได้ แต่ที่ความเร็วต่ำจะส่งผลให้แรงบิดต่ำไปด้วย ดังนั้นเราจึงเลือกใช้วิธีการควบคุมโดยการจ่ายกระแสไฟให้กับมอเตอร์เป็นช่วงๆ โดยอาศัยกระแสไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ให้เป็นค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง ซึ่งเราเรียกว่าวิธีการของการมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation)

2.2.3 วิธีการมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ (PWM) [2]

การมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation) จะเป็นการปรับเปลี่ยนที่สัดส่วน และความกว้างของสัญญาณพัลส์ โดยความถี่ของสัญญาณพัลส์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ค่าของดิวตี้ไซเกิล (duty cycle) นั้นเอง ซึ่งค่าของดิวตี้ไซเคิล คือช่วงความกว้างของพัลส์ที่มีสถานะลอจิกสูง โดยคิดสัดส่วนเป็นเปอร์เซนต์จากความกว้างของพัลส์ทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับเท่ากับ 50% ก็หมายถึงใน 1 รูปสัญญาณพัลส์จะมีช่วงของสัญญาณที่เป็นสถานะลอจิกสูงอยู่ครึ่งหนึ่ง และสถานะลอจิกต่ำอยู่อีกครึ่งหนึ่ง ดังรูป ที่ 2.6 และในทำนองเดียวกัน ถ้าหากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่ามาก หมายความว่าความกว้างของพัลส์ที่เป็นสถานะลอจิกสูงจะมีความกว้างมากขึ้น หากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 100% ก็หมายความว่าจะไม่มีสถานะลอจิกต่ำเลย ซึ่งค่าดิวตี้ไซเคิลสามารถ จะหาได้จากค่าความสัมพันธ์ดังนี้

ค่าดิวตี้ไซเคิล = (ช่วงของสัญญาณพัลส์/คาบเวลาทั้งหมดของสัญญาณ) x100%



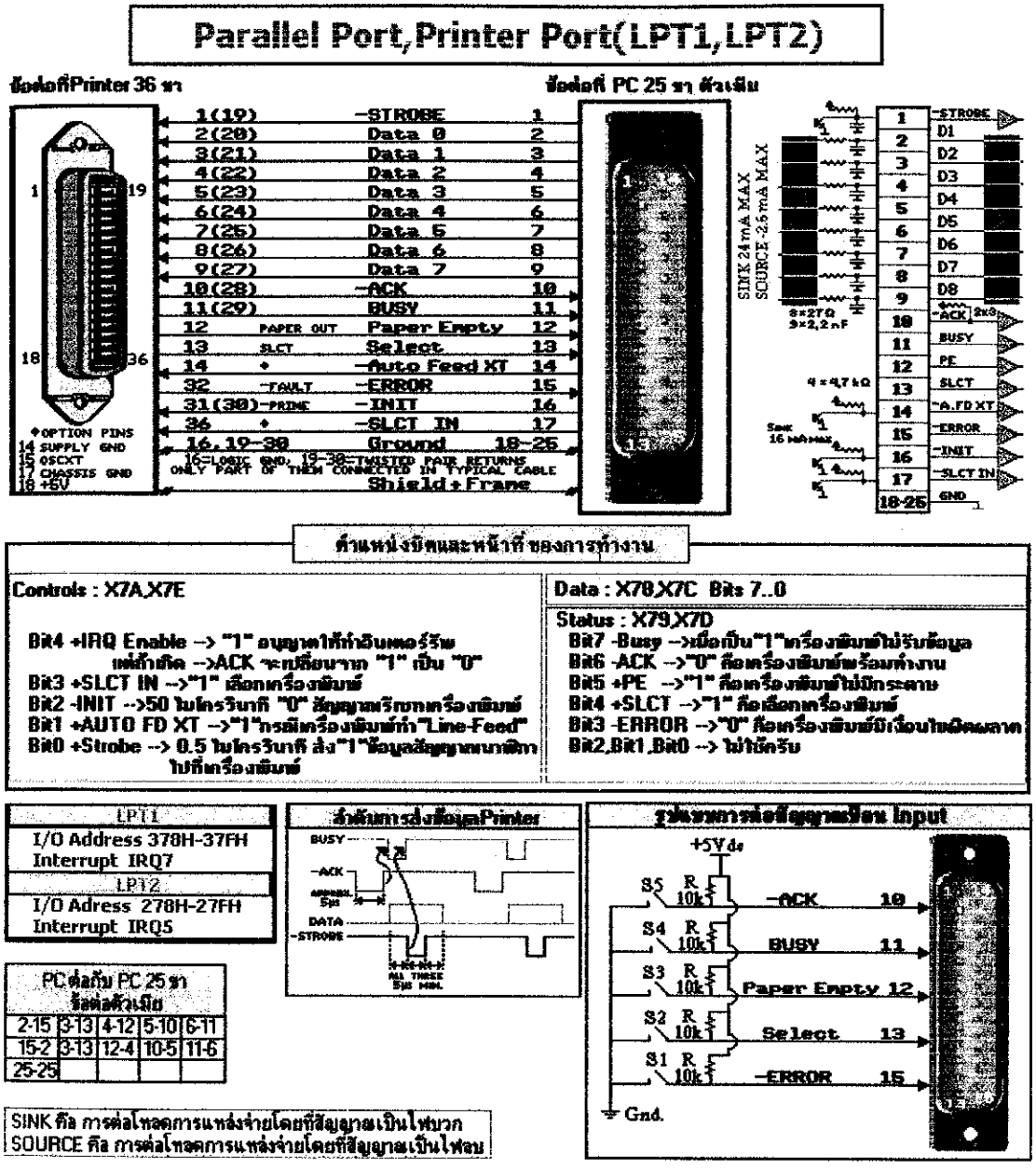
รูปที่ 2.6 แสดงความกว้างของพัลส์ขนาดต่างๆ และค่าดิวตี้ไซเคิล ของช่วงพัลส์ที่มีความถี่คงที่

2.3 การออกแบบวงจรเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ [3]

การสื่อสารข้อมูลแบบขนาน จะใช้พอร์ตขนานหรือ Parallel Port บางครั้งจะเรียกว่า พอร์ตเครื่องพิมพ์ (Printer port) เพราะการใช้งานส่วนใหญ่กับพอร์ตขนานเป็นการใช้งานโดยต่อเข้ากับพริ้นเตอร์เป็นหลัก โดยที่พอร์ตขนานนั้นสามารถให้ความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลได้รวดเร็วกว่าพอร์ตอนุกรมประมาณ 8-10 เท่า ซึ่งสามารถส่งข้อมูลขนาน 8 บิตได้นั้นเอง ลักษณะของหัวต่อของพอร์ตขนานนั้นจะเป็นแบบ D-Type 25 pin โดยตัวเมียอยู่ทางด้านหลังของเครื่องคอมพิวเตอร์ ปกติแล้วจะใช้ในการติดต่อกับเครื่องพรินเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.7

อย่างไรก็ตามนอกจากพอร์ตขนานจะใช้ติดต่อกับเครื่องพริ้นเตอร์แล้ว ยังสามารถใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ชนิดอื่นๆ ได้อีก ซึ่งการใช้พอร์ตขนานในการเชื่อมต่อนั้นถูกใช้งานอย่างแพร่หลายมาก ทั้งนี้เพราะสามารถรับและส่งข้อมูลในลักษณะขนานได้ ทำให้นำไปใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้เป็นอย่างดี อีกทั้งลักษณะแรงดันที่จ่ายออกมาก็เป็น TTL โดยสัญญาณลอจิก “1” จะเท่ากับ 5 โวลต์ และลอจิก “0” จะเท่ากับศูนย์โวลต์ ทำให้ง่ายต่อการออกแบบวงจรและการประยุกต์ใช้งาน

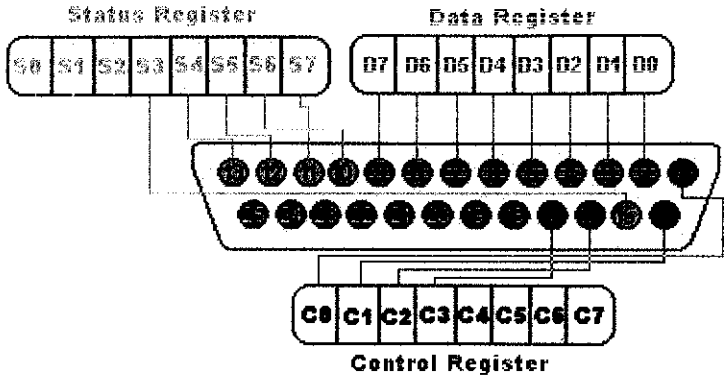
แต่ข้อเสียก็คือ ไม่สามารถทำงานในระยะทางไกลๆ ได้ เพราะจะทำให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูลได้ง่าย เนื่องจากแรงดันไม่สม่ำเสมอ และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในเรื่องของสาย เพราะต้องใช้สายสัญญาณหลายเส้น



รูปที่ 2.7 รูปแสดงการทำงานต่างๆ ของพอร์ตขนาน

พอร์ตขนานของเครื่องคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยสัญญาณทั้งหมด 25 เส้นสัญญาณ แต่ใช้งานกันจริงๆ 17 เส้นสัญญาณ โดยสัญญาณจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ตามลักษณะหน้าที่ของสัญญาณประกอบด้วย

กลุ่มสัญญาณ	จำนวนเส้นสัญญาณ	ลักษณะสัญญาณ
Data Port	8	8 output pins
Status Port	5	5 input pins (1 invert)
Control Port	4	4 output pins (3 invert)



รูปที่ 2.8 รูปแสดงตำแหน่งต่างๆ บนพอร์ตขนาน

ลักษณะของสัญญาณ ขาสัญญาณของพอร์ตขนานแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

1. **DATA PORT** จะมีอยู่ 8 ขาหรือ 8 pin (ตั้งแต่ขาที่ 2 ถึงขาที่ 9) บางทีมักจะถูกเรียกว่า DATA REGISTER ซึ่ง Register ตัวนี้จะส่งค่าได้อย่างเดียวไม่สามารถรับค่าได้

Name	Read/Write	Bit No.	Signal Name
Data Port	Write	Bit 7	Data 7 (pin 9)
		Bit 6	Data 6 (pin 8)
		Bit 5	Data 5 (pin 7)
		Bit 4	Data 4 (pin 6)
		Bit 3	Data 3 (pin 5)
		Bit 2	Data 2 (pin 4)
		Bit 1	Data 1 (pin 3)
		Bit 0	Data 0 (pin 2)

2. **STATUS PORT** เป็นพอร์ตที่อ่านได้อย่างเดียวไม่สามารถเขียนข้อมูลได้ พอร์ตนี้จะมีสัญญาณเข้าอยู่ 5 สัญญาณ และสัญญาณ IRQ กับสัญญาณสงวนไว้อีก 2 บิต โดยสัญญาณ Busy จะ Active Low

Name	Read/Write	Bit No.	Signal Name
Status Port	Read	Bit 7	Busy
		Bit 6	nAck
		Bit 5	PaperEnd
		Bit 4	Select
		Bit 3	nError
		Bit 2	IRQ (Not)
		Bit 1	Reserved
		Bit 0	Reserved

สำหรับลักษณะการทำงานของแต่ละบิตใน Status Port

Bit 7 Busy เมื่อ Active หมายถึง เครื่องพิมพ์จะไม่รับข้อมูล

Bit 6 nAck เมื่อ Active หมายถึง เครื่องพิมพ์พร้อมที่จะทำงาน (Active Low)

Bit 5 PaperEnd เมื่อ Active หมายถึง เครื่องพิมพ์ไม่มีกระดาษ

Bit 4 Select เมื่อ Active หมายถึง เลือกเครื่องพิมพ์

Bit 3 nError เมื่อ Active หมายถึง เครื่องพิมพ์เกิดข้อผิดพลาด (Active Low)

Bit 2, Bit 1, Bit 0 ไม่ใช้

3. **CONTROL PORT** เป็นพอร์ตที่ใช้ในการควบคุมพรินเตอร์ สัญญาณกลุ่มนี้จะ Active Low ยกเว้นสัญญาณหรือ Initialize เท่านั้นที่ไม่ถูก Invert

Name	Read/Write	Bit No.	Signal Name
CONTROL PORT	Read/Write	Bit 3	nESelect (pin 17)
		Bit 2	nInitialize (pin 16)
		Bit 1	nAutoFeed (pin 14)
		Bit 0	nStrobe (pin 1)

สำหรับลักษณะการทำงานของแต่ละบิตใน Contral Port

Bit 3 nESelect Printer เมื่อ Active หมายถึง เลือกเครื่องพิมพ์

Bit 2 nInitialize เมื่อ Active หมายถึง รีเซตเครื่องพิมพ์

Bit 1 nAutoFeed เมื่อ Active หมายถึง เครื่องพิมพ์กระทำ Line Feed

Bit 0 nStrobe เมื่อ Active หมายถึง การบอกให้เครื่องพิมพ์ทราบว่ามีข้อมูลเข้ามาแล้ว

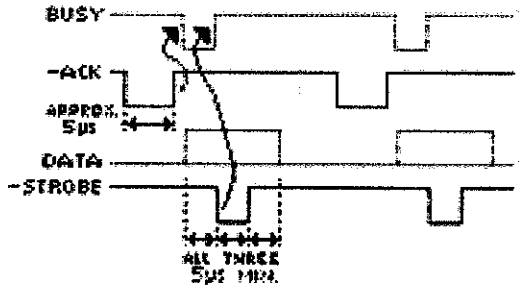
2.3.1 รูปแบบการติดต่อผ่านทางพอร์ตขนาน [4]

เมื่อมีการติดต่อกับอุปกรณ์หรือพรินเตอร์ใดๆ ผ่านทางพอร์ตขนานนั้น การทำงานจะเริ่มจากคอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณข้อมูลขนาด 8 บิตออกทาง Data Port แล้วสร้างสัญญาณ Strobe ให้เป็น Low ส่งไปยังอุปกรณ์หรือพรินเตอร์เพื่อบอกให้ทราบว่ามีข้อมูลพร้อมที่จะส่งให้แล้ว

จากนั้นคอมพิวเตอร์จะรอรับการตอบกลับจากอุปกรณ์ หรือพรินเตอร์ที่ต่อกับพอร์ตขนานนั้น โดยสิ่งที่ตอบกลับมาจะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ

สัญญาณ nAck เพื่อเป็นการแสดงว่าอุปกรณ์ หรือพรินเตอร์พร้อมที่จะรับสัญญาณข้อมูล โดยจะสร้างสัญญาณ Acknowledge เป็น Low ตอบกลับไป

สัญญาณ Busy เพื่อเป็นการแสดงว่าอุปกรณ์ หรือพรินเตอร์ไม่ว่าง และไม่พร้อมรับข้อมูล สำหรับลักษณะสัญญาณของพอร์ตขนานมีดังนี้



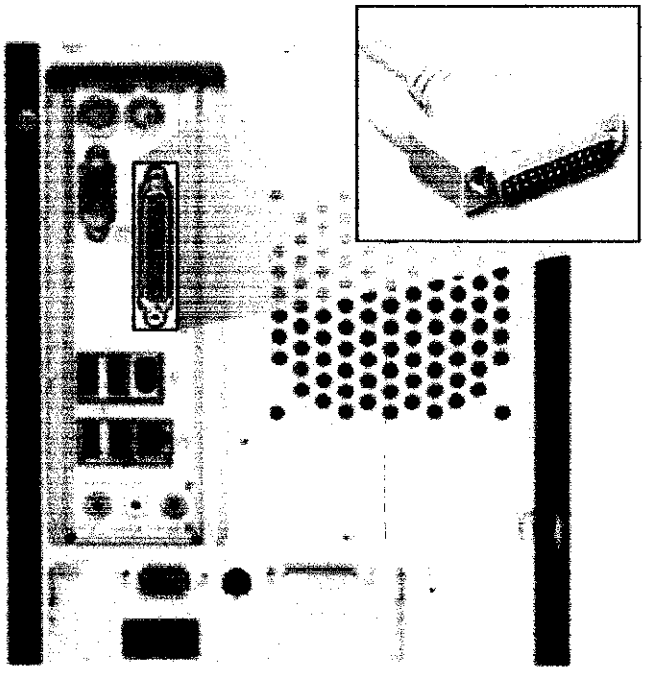
รูปที่ 2.9 แสดงการส่งสัญญาณภายในพอร์ตขนาน

จากรูปข้างต้นเราสามารถสรุปรายละเอียดเกี่ยวกับสัญญาณที่ใช้ในพอร์ตขนานได้ดังตารางต่อไปนี้

สัญญาณ	ผู้ส่ง	สิ่งที่ส่ง	ผู้รับ
ข้อมูล 8 บิต	คอมพิวเตอร์	ข้อมูลที่คอมพิวเตอร์ส่งไปให้ที่พอร์ต	พอร์ตขนาน
Strobe	คอมพิวเตอร์	แจ้งให้พอร์ตทราบว่ามีข้อมูลชุดใหม่ส่งมา	พอร์ตขนาน
Acknowledge	พอร์ตขนาน	ตอบกลับมาว่าพร้อมรับข้อมูลแล้ว	คอมพิวเตอร์
Busy	พอร์ตขนาน	ตอบกลับมาว่าไม่พร้อม	คอมพิวเตอร์
Error	พอร์ตขนาน	แจ้งข้อผิดพลาดกลับมาให้คอมพิวเตอร์	คอมพิวเตอร์
Reset	คอมพิวเตอร์	ให้รีเซตข้อมูลหรือพรินเตอร์	พอร์ตขนาน

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การสร้างสายเชื่อมต่อระหว่างพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์กับบอร์ดทดลองนั้น ให้จัดทำสายเชื่อมต่อแบบขนาน (Parallel communication) ผ่าน LPT1 ของเครื่องคอมพิวเตอร์พีซี ต่อสายได้ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 รูปแสดงการเชื่อมสายของ พอร์ตขนาน

2.4 สรุป

เครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าระยะใกล้แบบ 2แกน โดยวงจรการทำงานมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของสายอากาศด้วยมอเตอร์กระแสตรงและวงจรเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์

บทที่ 3
การออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดสนามระยะใกล้แบบ 2 แกน

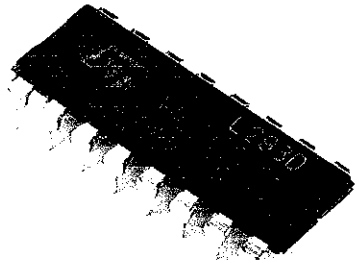
3.1 กล่าวนำ

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบ และการสร้างเครื่องวัดแบบรูปการแผ่กระจายคลื่นของสายอากาศในแนวแกน x และ y มีส่วนประกอบที่สำคัญหลายส่วน เช่น ตัวที่ทำให้สายอากาศเคลื่อนที่ โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับควบคุมการทำงาน วงจรเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ โปรแกรมประมวลผลค่าการวัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อแสดงผลเป็นภาพกราฟิกสีแสดงผ่านจอคอมพิวเตอร์ และในส่วนอื่นๆ ซึ่งจะต้องทำการออกแบบในส่วนดังที่กล่าวมาแล้วนั้น แล้วนำมาประกอบเพื่อที่จะทำงานร่วมกันเป็นเครื่องมือวัดสนามระยะใกลแบบ 2 แกนโดยจะพิจารณาแยกทีละวงจรแล้วทำการทดสอบการใช้งานได้จริงของวงจรนั้นๆ ก่อนที่จะนำมาประกอบกันเป็นเครื่องมือวัดสนามระยะใกลแบบ 2 แกน

3.2 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของสายอากาศด้วยมอเตอร์กระแสตรง [5]

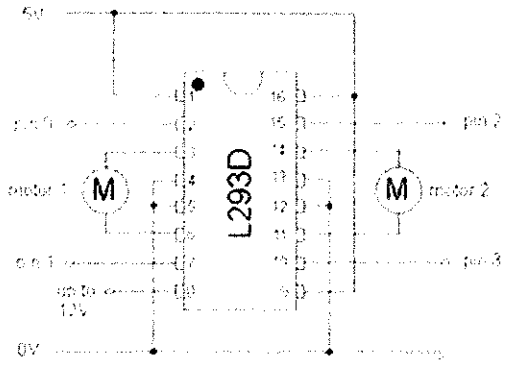
ปัจจุบันการพัฒนา และการแข่งขันทางด้านเทคโนโลยีที่นำไปสร้างเป็นไอซีมีประสิทธิภาพสูงมากขึ้นและมีเทคโนโลยีที่เกิดจากการผลิตของบริษัทต่าง ๆ ซึ่ง ส่งผลให้การผลิตชิฟไอซีมีขนาดที่เล็กลง แต่มีประสิทธิภาพ และคุณสมบัติต่าง ๆ มากขึ้น ไอซีที่ถูกสร้างเป็นแบบวงจรรวมขนาดใหญ่(Large Scale Integrate Circuit : LSI) เป็นเทคโนโลยีการสร้างโดยการนำเอาทรานซิสเตอร์จำนวนมากมาสร้างเป็นไอซีดิจิตอลที่ซับซ้อน โดยทำขึ้นเพื่อหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลข้อมูลหรือเรียกว่าไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) ที่มีคุณสมบัติหลัก คือการประมวลผลข้อมูลการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก ในการควบคุมทำงานของมอเตอร์กระแสตรง และควบคุมทิศทางการหมุนนั้นเราได้ใช้ไอซี L293D เพียงตัวเดียว

สำหรับรูปวงจรที่จะนำมาใช้ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรงเป็นดังนี้



รูปที่ 3.1 รูปไอซี L293D

และเมื่อประกอบวงจรเสร็จแล้ว จะได้บอร์ดทดลองดังรูป



รูปที่ 3.2 วงจรของไอซี L293D เมื่อประกอบวงจรเสร็จแล้ว

จากรูปวงจรที่เราประกอบไว้แล้วข้างต้นเราสามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ตัวที่ 1 ได้ โดยการให้สัญญาณพัลส์ที่ขา 7 ของไอซี และความเร็วของมอเตอร์ตัวที่ 2 นั้นก็สามารถควบคุมได้โดยการให้สัญญาณพัลส์ที่ขา 15 ของตัวไอซี L293D ซึ่งขาสัญญาณทั้งสองนั้นได้ต่อไว้กับสายสัญญาณเส้นที่ 4 และสายสัญญาณเส้นที่ 8 ของพอร์ตขนานตามลำดับ ซึ่งวิธีการควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยการให้สัญญาณพัลส์นี้เราเรียกว่า PWM

3.2.1 สายอากาศภาครับและมอเตอร์กระแสตรง

ในส่วนของสายอากาศภาครับนี้จะใช้สายอากาศที่มีอยู่เคลื่อนที่ด้วยมอเตอร์กระแสตรงซึ่งถูกควบคุมการเคลื่อนที่จากโปรแกรม Visual Basic และในเขียนโปรแกรมเพื่อรับค่ากำลังงานของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่สายอากาศภาครับได้ทุกๆ จุด แล้วนำมาแสดงผลเป็นภาพกราฟิกสีผ่านจอคอมพิวเตอร์

3.3 การออกแบบโครงสร้าง

โครงสร้างของเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าระยะใกล้สามารถแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ คือ

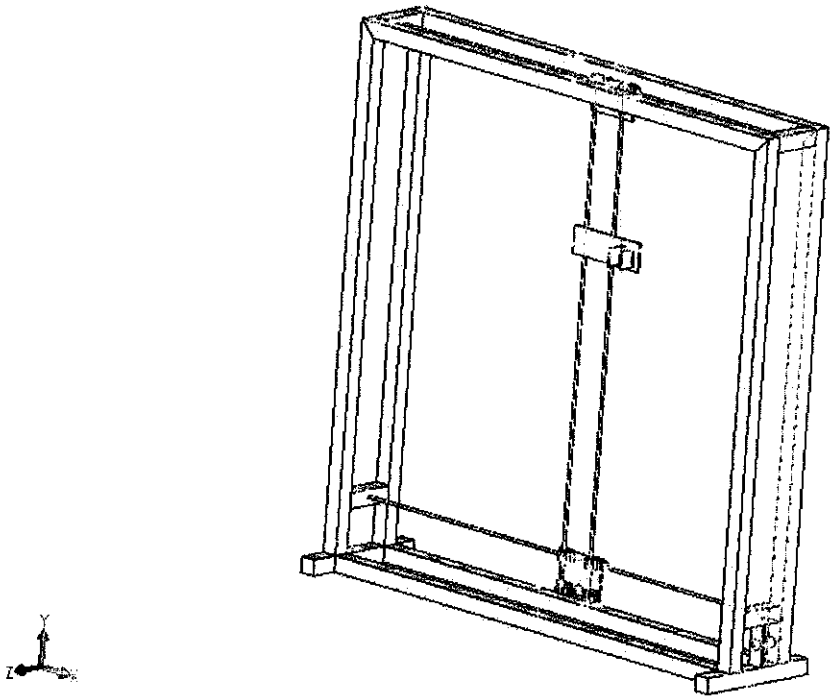
3.3.1 โครงของเครื่องมือวัด

ในส่วนโครงของเครื่องมือวัดนั้นจะประกอบไปด้วยอลูมิเนียม 14 ชิ้นซึ่งทำหน้าที่เป็นฐานรองรับน้ำหนักของสายอากาศ และยังเป็นตัวจำกัดพื้นที่ในการวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอีกด้วย

3.3.2 เพลาเลื่อน

ในส่วนของเพลาเลื่อนมีส่วนประกอบอยู่ 15 ชิ้นซึ่งสามารถดูส่วนประกอบต่างๆดังรูปที่ 3.3 หลักการทำงานของเพลาเลื่อนมีดังต่อไปนี้

เมื่อผู้วัดค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำการคลิกที่ปุ่ม Forward ในโปรแกรม มอเตอร์จะหมุนโซ่ไปข้างหน้าทำให้สายอากาศเคลื่อนไปเป็นระยะ 2 เซนติเมตรแล้วจากนั้นจะหยุดเพื่อทำการวัดค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำอย่างนี้จนครบระยะ 1 เมตรมอเตอร์ในแนวแกน y จะหมุนเลื่อนขึ้นทำให้โซ่เลื่อนขึ้นเป็นระยะ 1.66 เซนติเมตรแล้วหยุดเพื่อทำการวัดค่าเมื่อวัดเสร็จ มอเตอร์ในแนวแกน x จะเคลื่อนที่และทำการวัดต่อทำอย่างนี้จนครบพื้นที่ 1 ตารางเมตร และเมื่อผู้วัดทำการวัดจนเสร็จเรียบร้อยแล้วให้คลิกปุ่ม Reset มอเตอร์จะหมุนนำสายอากาศกลับมาสู่จุดเริ่มต้นที่มุมขวาด้านล่างของโครง



รูปที่ 3.3 ภาพวาดแสดงการประกอบชิ้นส่วนทั้งหมด

3.4 สรุป

เมื่อทำการทดสอบวงจรและโปรแกรมรับค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแล้วนำค่ามาประมวลผล พบว่าวงจร และโปรแกรมสามารถนำมาใช้งานร่วมกันได้ เนื่องจากเอาท์พุตที่ได้ในแต่ละวงจรนั้นให้ผลเป็นไปตามที่ต้องการ

บทที่ 4
การทดสอบการใช้งานของเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

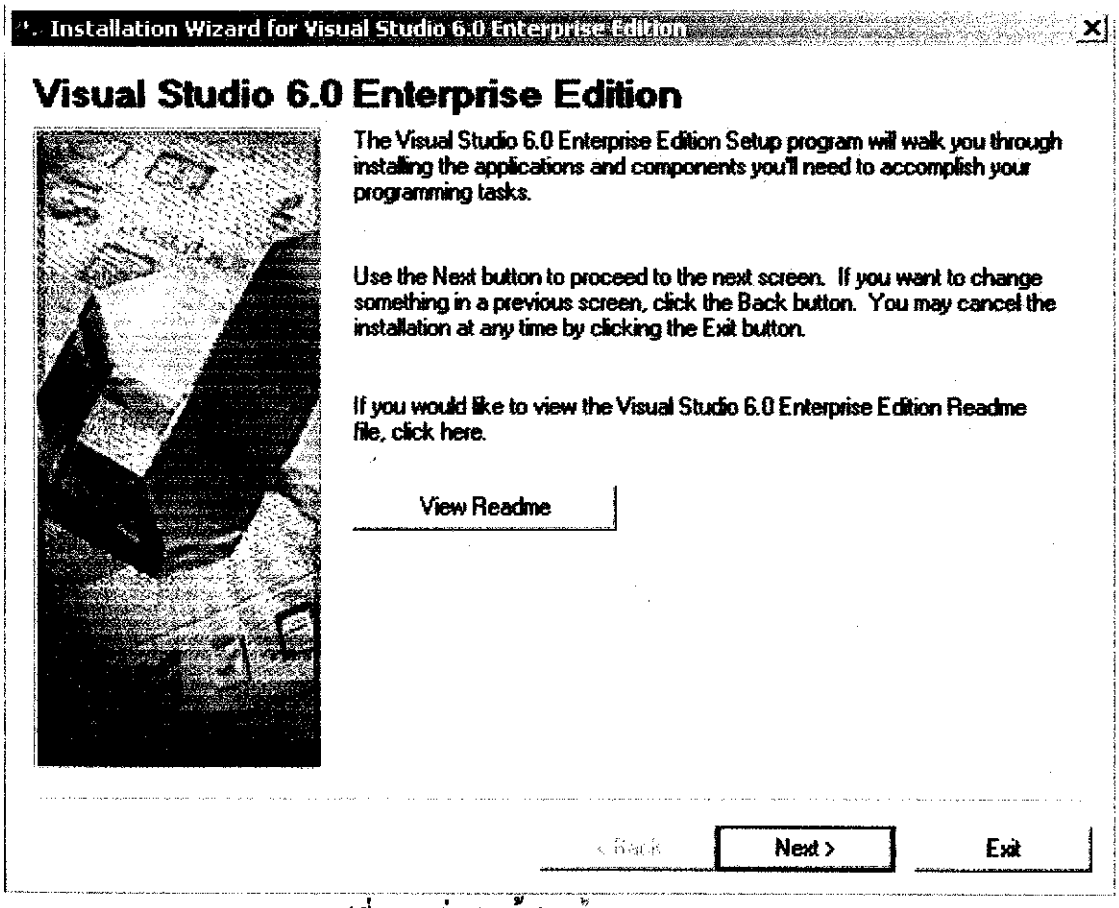
4.1 กล่าวนำ

เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการนำวงจรทั้งหมดที่ได้ออกแบบ และสร้างขึ้น มาประกอบเข้าเป็นเครื่องมือวัดสนามไฟฟ้าแล้วเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วย Parallel Port เพื่อทำการวัดสนามไฟฟ้าระยะไกลในระนาบ x-y โดยใช้โปรแกรม Visual Basic

4.2 วิธีการติดตั้งโปรแกรม [6]

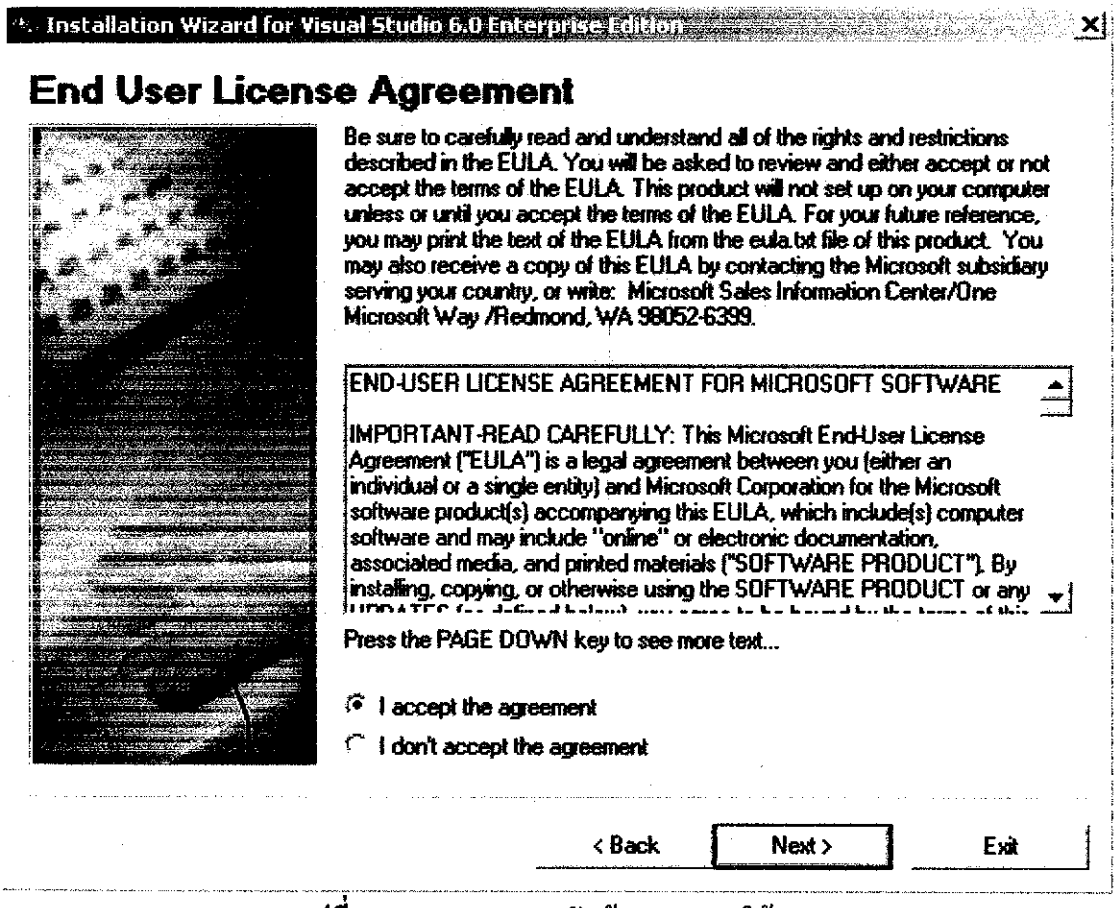
4.2.1 โปรแกรมนี้สามารถใช้งานได้เมื่อผู้ใช้ได้ทำใช้การติดตั้งโปรแกรม Visual Basic ไว้ในเครื่องของผู้ใช้ไว้แล้ว ซึ่งมีขั้นตอนการติดตั้งดังนี้

1) ใส่ซีดีรอมแผ่นติดตั้ง Visual Studio แผ่นที่ 1ในไดรว์ซีดีรอม รอสักครู่โปรแกรมติดตั้งจะเริ่มทำงานอัตโนมัติ (AutoRun) ให้คลิกปุ่ม Next ดัง **รูปที่ 4.1**



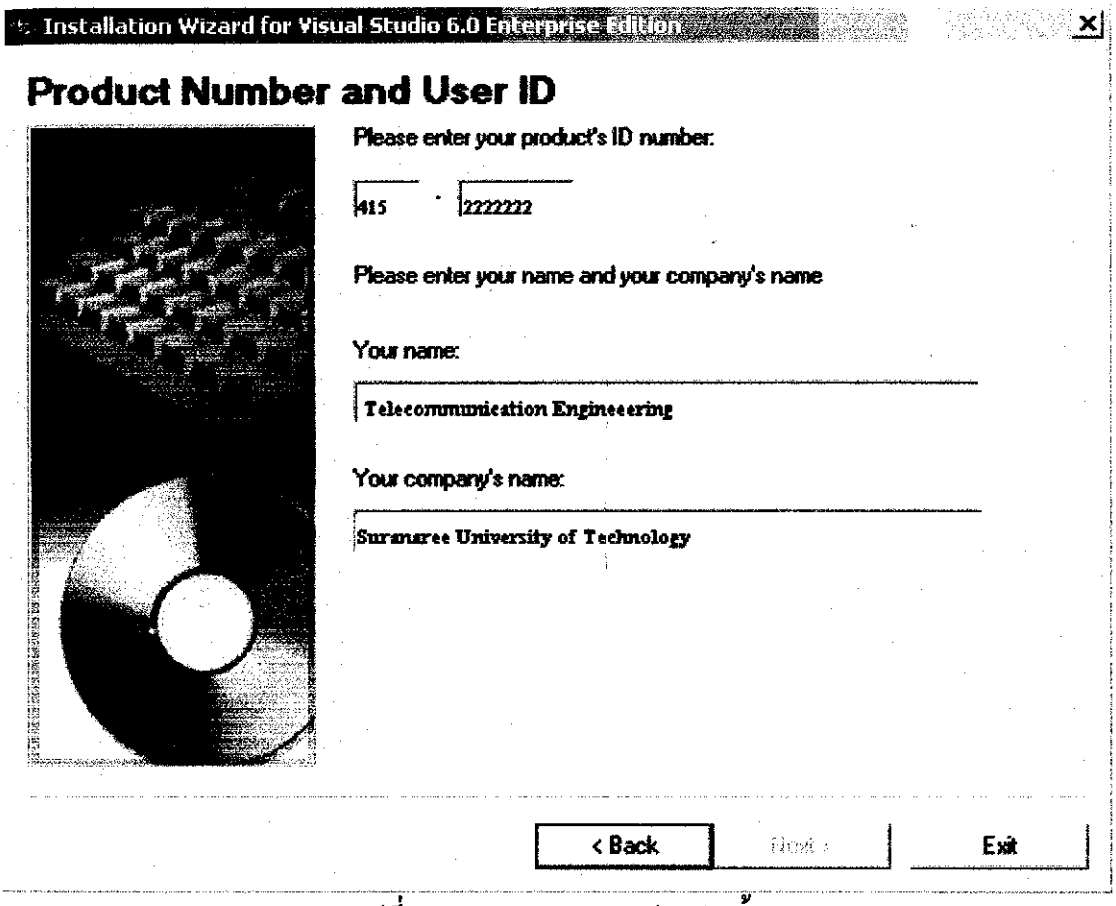
รูปที่ 4.1 เริ่มติดตั้งโปรแกรม Visual Basic

2) จะปรากฏไดอะล็อก End User License Agreement ให้คลิกตัวเลือก I accept the agreement แล้วคลิกปุ่ม Next ดัง **รูปที่ 4.2**



รูปที่ 4.2 แสดงการยอมรับข้อตกลงการใช้งาน

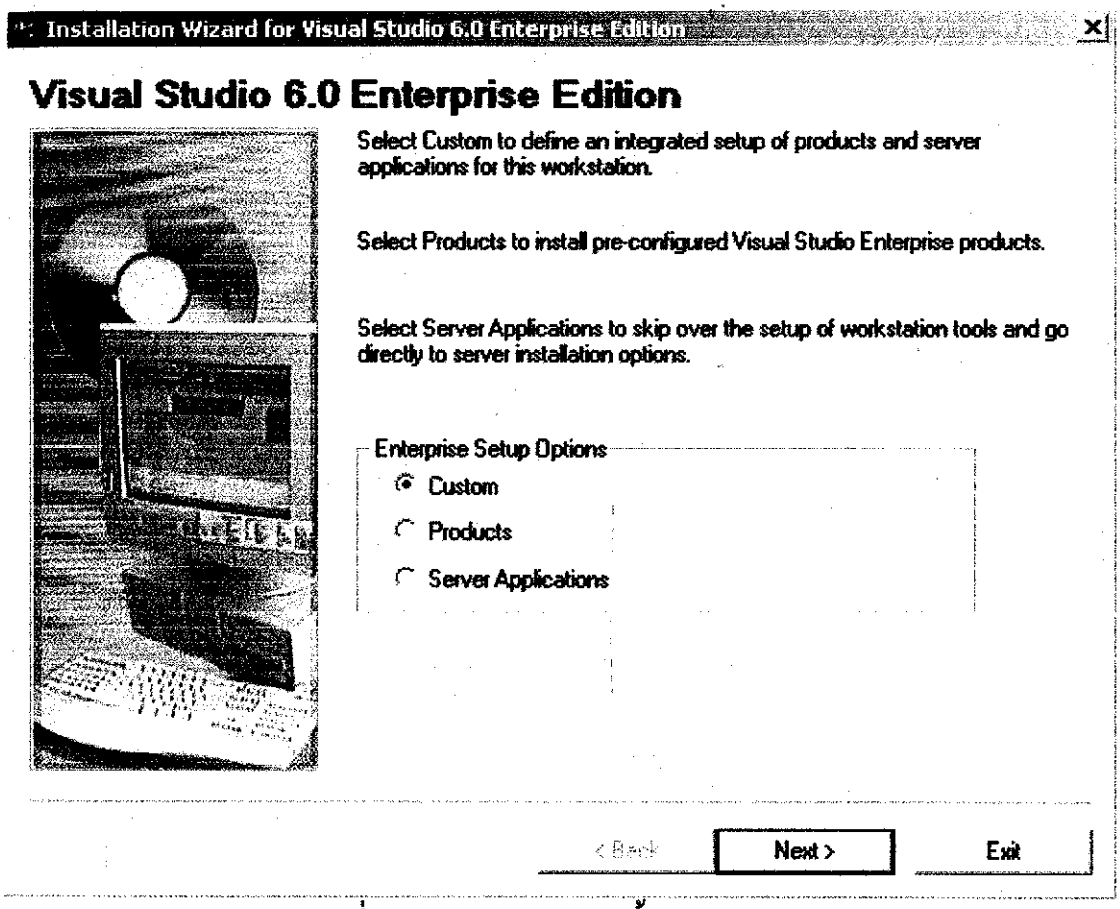
3) ลงทะเบียนพร้อมทั้งกรอกข้อมูลต่างๆให้เรียบร้อยแล้วคลิกปุ่ม Next ดัง **รูปที่ 4.3**



รูปที่ 4.3 แสดงการลงทะเบียนติดตั้ง

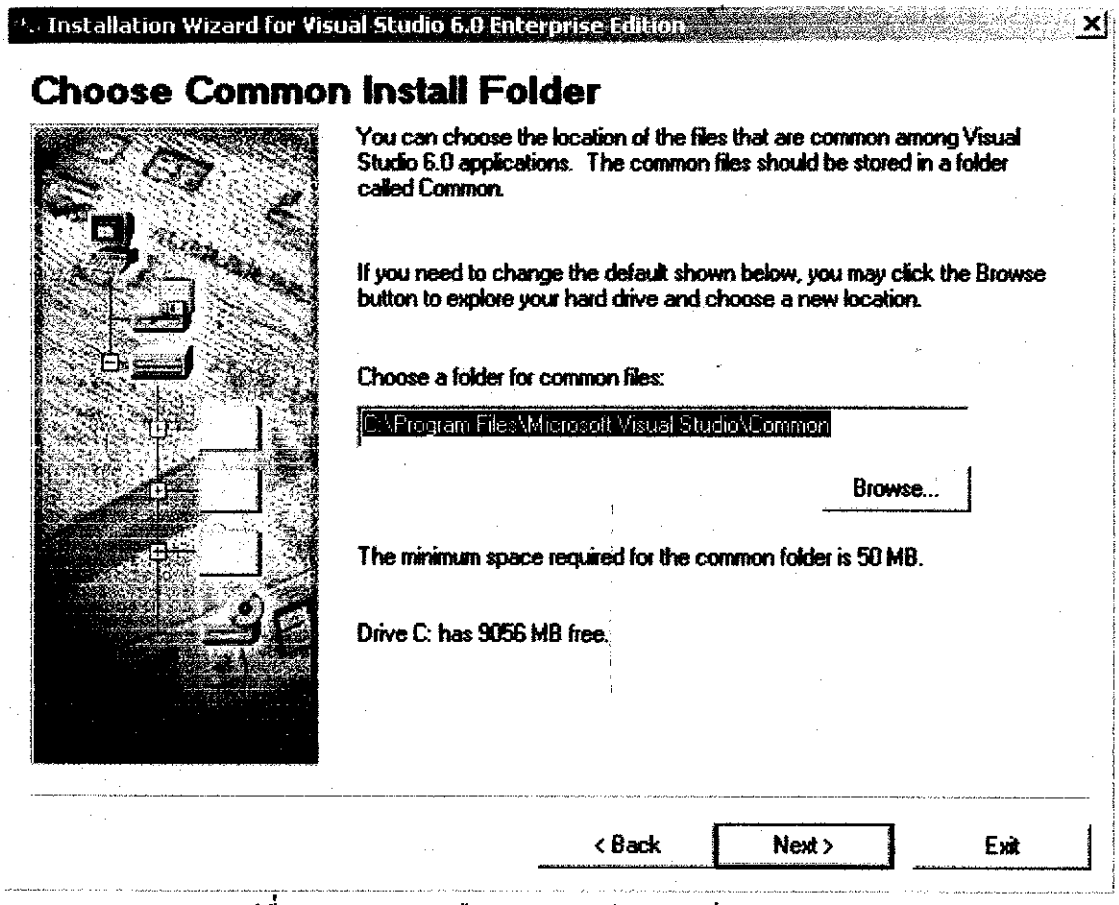
4) อัพเดต Microsoft Virtual Machine for Java แล้วคลิกปุ่ม Next ซึ่งเมื่ออัพเดตเสร็จแล้วชุดติดตั้งจะรีบูตเครื่องให้โดยอัตโนมัติแล้วคลิกปุ่ม OK

5) เมื่อบูตเครื่องใหม่ชุดติดตั้งจะถามว่าต้องการจะติดตั้งแบบใด ให้เลือกการติดตั้งแบบ Custom ซึ่งจะให้ความสะดวกในการติดตั้งมากกว่าแล้วคลิกปุ่ม Next ดัง **รูปที่ 4.4**



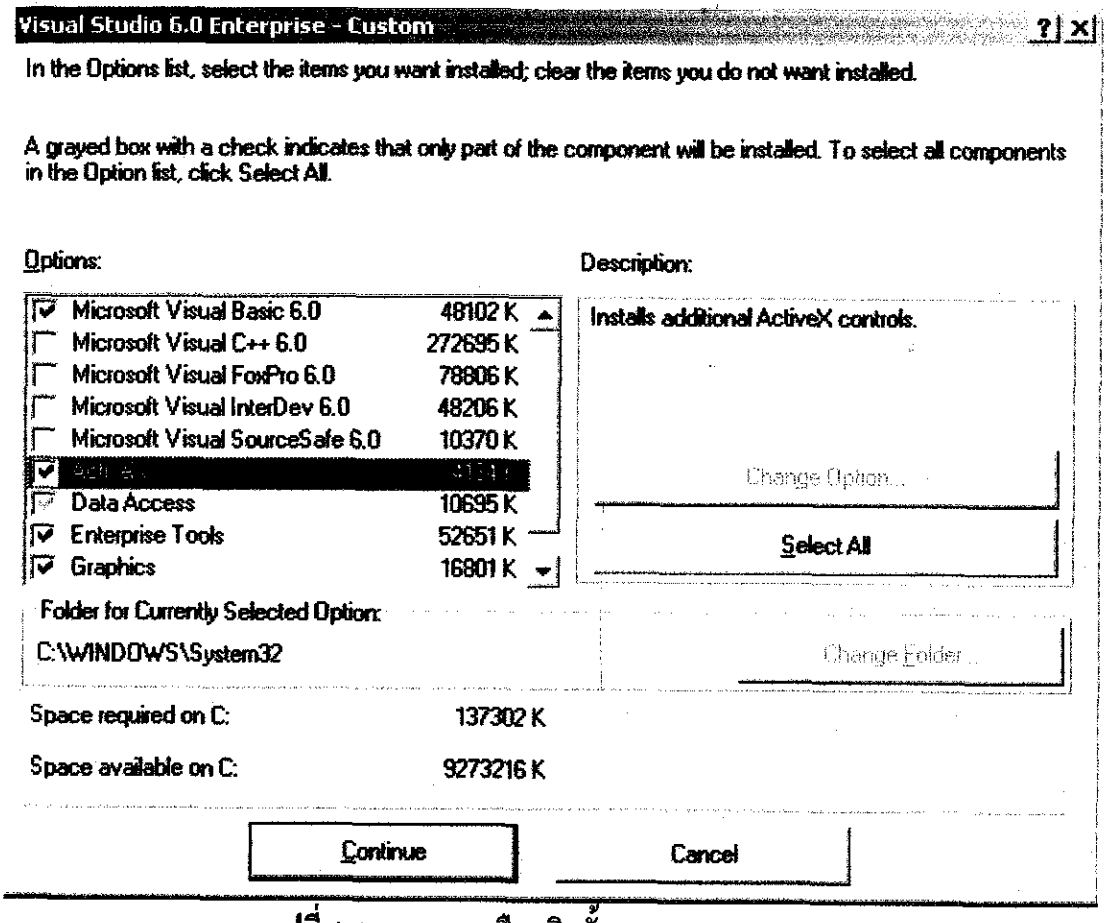
รูปที่ 4.4 แสดงการเลือกติดตั้งแบบ Custom

6) เลือกตำแหน่งของโฟลเดอร์ที่จะติดตั้ง Common Files ซึ่งเป็นที่เก็บไฟล์เครื่องมือต่างๆ ของ Visual Studio จะใช้งานร่วมกัน เช่น รูปภาพ ตัวอย่างแอพพลิเคชัน และเอกสารชนิดต่างๆ เป็นต้นในที่นี้ติดตั้งตามค่าของชุดติดตั้งที่กำหนดมาให้แล้วคลิกปุ่ม Next ดัง **รูปที่ 4.5**



รูปที่ 4.5 แสดงการเลือกตำแหน่ง โฟลเดอร์ Common Files

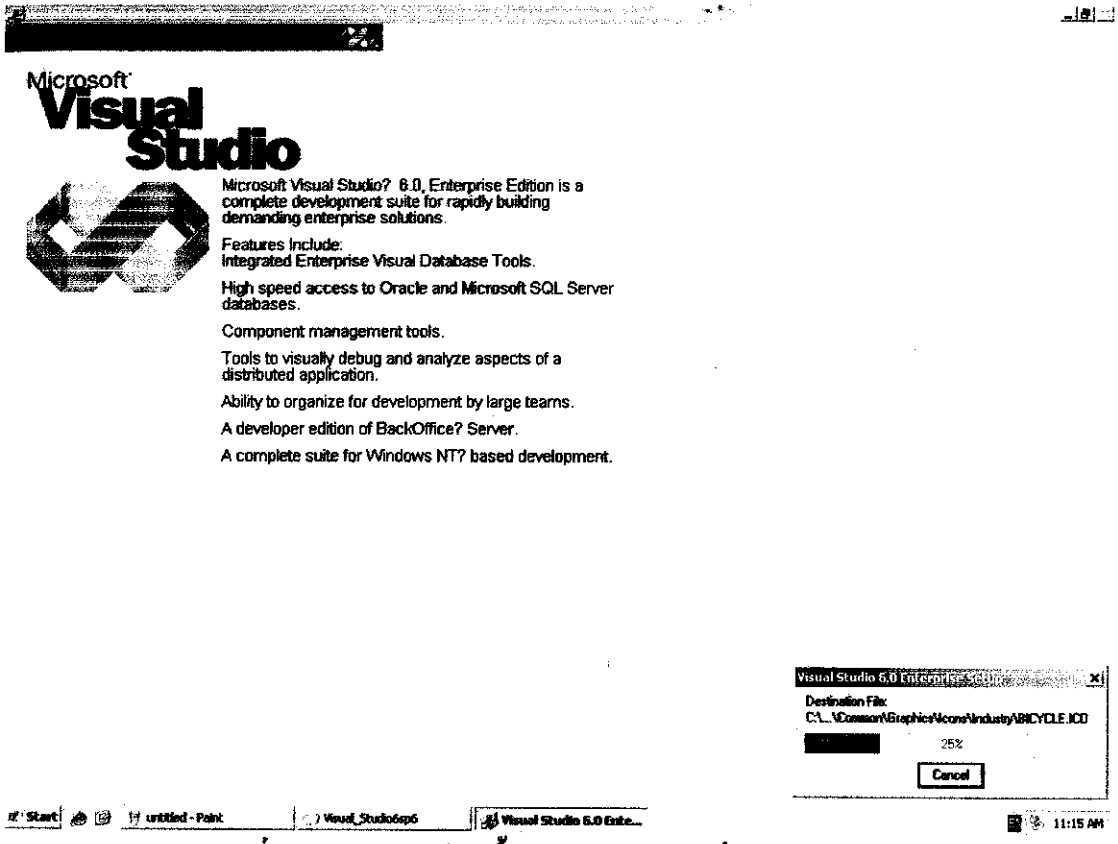
7) ในการติดตั้งผู้เขียนใช้การติดตั้งแบบ Custom โดยเลือกเฉพาะการติดตั้งสิ่งที่เกี่ยวข้องกับ Visual Basic เท่านั้นดัง **รูปที่ 4.6**



รูปที่ 4.6 แสดงการเลือกติดตั้งเฉพาะ Visual Basic

8) ในบางตัวเลือกอาจจะไม่ได้ติดตั้งจนครบ หรือตรงกับความต้องการซึ่งเราก็เลือกติดตั้งเพิ่มเติมได้เช่นตัวเลือกเกี่ยวกับไดรเวอร์ของการใช้งานระบบฐานข้อมูล เป็นต้นโดยคลิกปุ่ม Change Option แล้วเข้าไปเลือกในตัวเลือกย่อยที่ซ่อนอยู่ภายใน

9) เมื่อติดตั้งตัวเลือกต่างๆ แล้วชุดติดตั้งจะก็อปปี้ไฟล์ต่างๆ ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 4.7 และเมื่อติดตั้งเรียบร้อยแล้วก็จะ Restart เครื่องใหม่



รูปที่ 4.7 แสดงการก็อปปี้ไฟล์ต่างๆ ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์

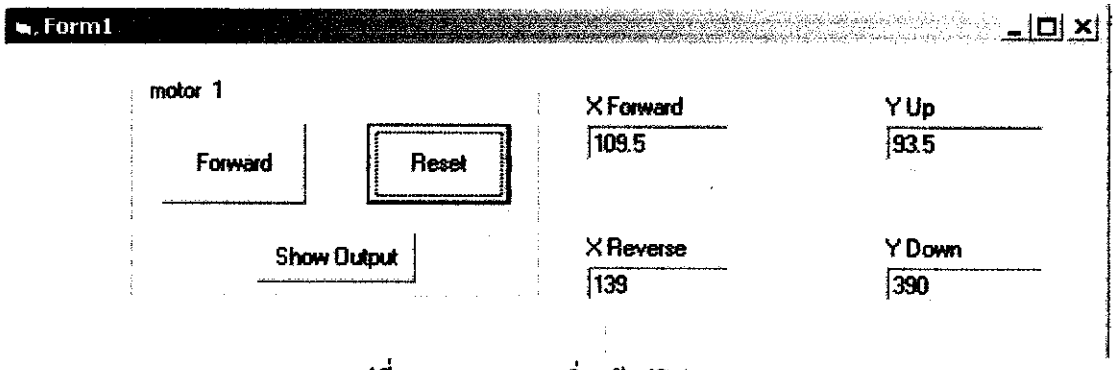
4.2.2. โปรแกรมนี้จะต้องติดตั้งไฟล์ Inpout32.dll ไว้ในเครื่องด้วย จึงจะทำงานได้ โดยการ ก็อปปี้ไฟล์ Inpout32.dll ลงในโฟลเดอร์ System32 ของระบบ Windows

4.2.3. โปรแกรมนี้สามารถทำการควบคุมการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง และยังสามารถควบคุมความเร็วตลอดจนทิศทางการหมุนได้ด้วย

4.2.4. ตัวโปรแกรมสามารถทำการเปรียบเทียบระดับค่าของสัญญาณที่ได้รับจากการวัดมาแปลงเป็นระดับค่าสีต่างๆ ตามค่าความเข้มของสัญญาณที่วัดได้จากเครื่องวัดค่าของสัญญาณ

4.3 วิธีการใช้งานตัวโปรแกรม

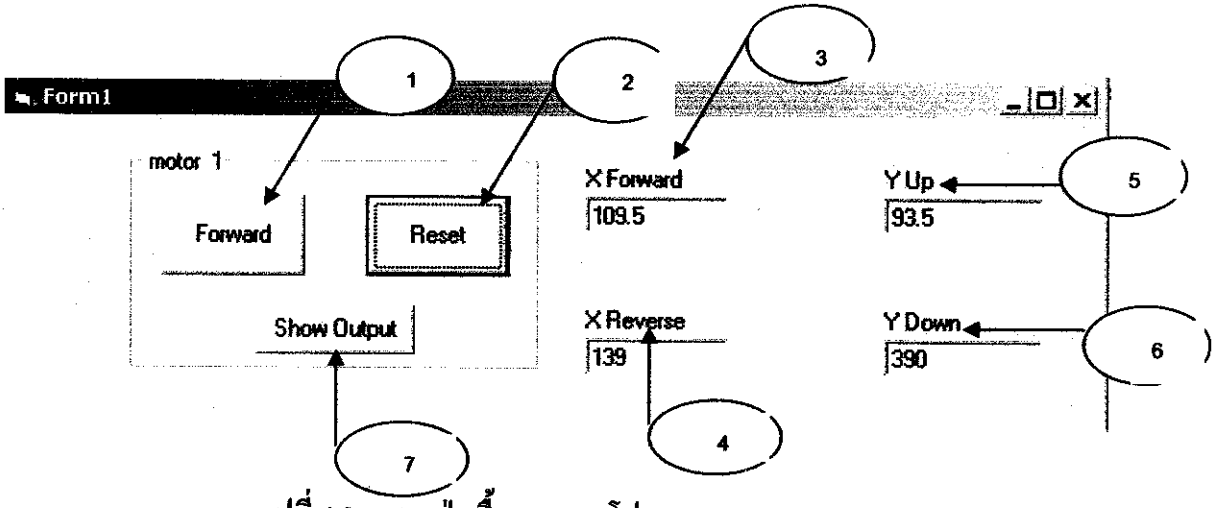
ดับเบิ้ลคลิกไอคอนโปรแกรมแล้วจะเข้าสู่โปรแกรมจะปรากฏหน้าจอดัง **รูปที่ 4.8**



รูปที่ 4.8 แสดงการเริ่มเข้าสู่โปรแกรม

4.3.1 การใช้งานโปรแกรมควบคุมมอเตอร์

ในตอนเริ่มโปรแกรม โดยตัวโปรแกรมจะประกอบด้วยปุ่มพื้นฐานทั่วไปดัง **รูปที่ 4.9**

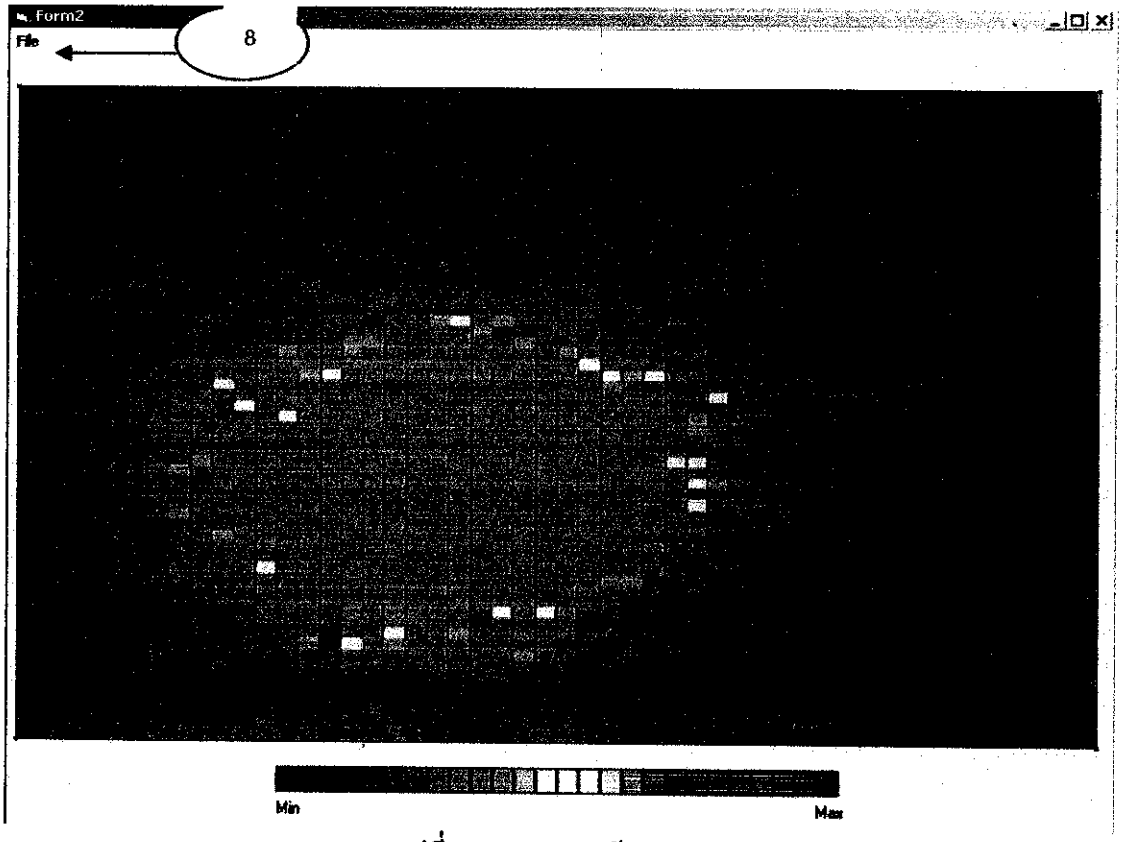


รูปที่ 4.9 แสดงปุ่มพื้นฐานของโปรแกรม

โดยที่จาก **รูปที่4.9** จะแสดงปุ่มพื้นฐานสำหรับการใช้งาน มีรายละเอียดดังนี้

- หมายเลข 1 คือปุ่ม Forward ใช้เมื่อต้องการวัดค่าความเข้มของสัญญาณสนามแม่เหล็กในตำแหน่งที่มอเตอร์ขับเคลื่อนไปข้างหน้า
- หมายเลข 2 คือปุ่ม Reset ใช้เมื่อวัดค่าความเข้มของสัญญาณสนามแม่เหล็กเสร็จแล้ว และต้องการจะเคลื่อนตำแหน่งของสายอากาศไปไว้ที่จุดเริ่มต้น
- หมายเลข 3 คือ X Forward ใช้ป้อนค่าดงที่ที่กำหนดระยะในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าในแกน X

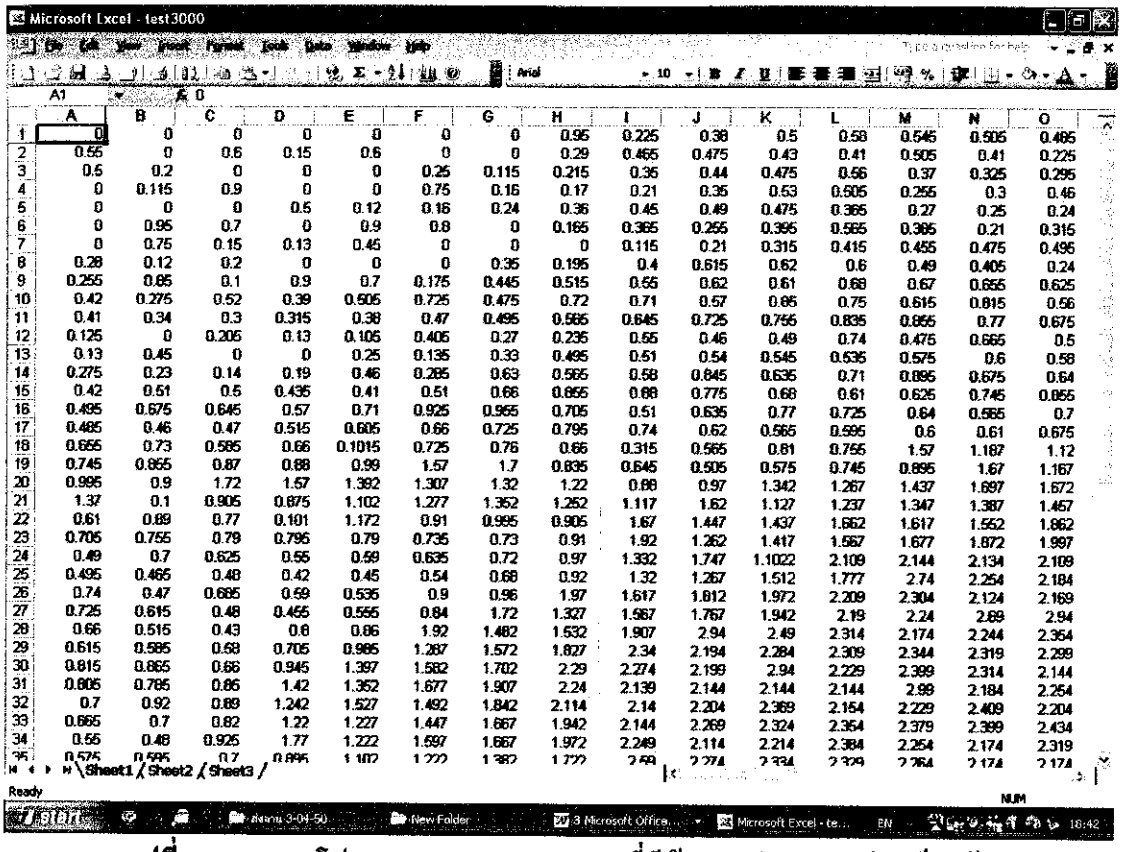
- หมายเลข 4 คือ X Reverse ใช้ป้อนค่าคงที่ที่กำหนดระยะในการเคลื่อนที่ถอยหลังในแกน X
- หมายเลข 5 คือ Y Up ใช้ป้อนค่าคงที่ที่กำหนดระยะในการเคลื่อนที่ขึ้นในแกน Y
- หมายเลข 6 คือ Y Down ใช้ป้อนค่าคงที่ที่กำหนดระยะในการเคลื่อนที่ลงในแกน Y
- หมายเลข 7 คือ Show Output ใช้เมื่อต้องการทราบค่า Output ที่วัดโดยที่จะแสดงเป็นค่าสี ซึ่งถ้าเราคลิกจะปรากฏหน้าต่าง Show Output ให้ ดังแสดงในรูปที่ 4.10
- หมายเลข 8 คือ เมนู File ใช้เลือกเมนูการทำงานต่อไปซึ่งมีอยู่ 2 เมนูคือ Print และ Exit



รูปที่ 4.10 แสดงหน้าต่าง Show Output

4.3.2 การใช้งานโปรแกรมเทียบค่าสีกับระดับสัญญาณที่ทำการวัด

เมื่อทำการวัดค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าครบทุกจุดแล้วโปรแกรมจะเปิดหน้าต่าง Show Output ให้พร้อมกับเปิดข้อมูลที่ได้จากการวัดโดยจะแสดงในรูปแบบโปรแกรม Microsoft Excel ดังแสดงในรูปที่4.11



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	0	0	0	0	0	0	0	0.95	0.225	0.38	0.5	0.58	0.545	0.505	0.485
2	0.55	0	0.6	0.15	0.6	0	0	0.29	0.465	0.475	0.43	0.41	0.505	0.41	0.225
3	0.5	0.2	0	0	0	0.25	0.115	0.215	0.36	0.44	0.475	0.56	0.37	0.325	0.295
4	0	0.115	0.9	0	0	0.75	0.16	0.17	0.21	0.35	0.53	0.505	0.255	0.3	0.46
5	0	0	0	0.5	0.12	0.16	0.24	0.36	0.45	0.49	0.475	0.365	0.27	0.25	0.24
6	0	0.95	0.7	0	0.9	0.8	0	0.165	0.365	0.255	0.395	0.565	0.365	0.21	0.315
7	0	0.75	0.15	0.13	0.45	0	0	0	0.115	0.21	0.315	0.415	0.455	0.475	0.495
8	0.28	0.12	0.2	0	0	0	0.35	0.195	0.4	0.615	0.62	0.6	0.49	0.405	0.24
9	0.255	0.85	0.1	0.9	0.7	0.175	0.445	0.515	0.55	0.62	0.61	0.68	0.67	0.655	0.625
10	0.42	0.275	0.52	0.39	0.505	0.725	0.475	0.72	0.71	0.57	0.85	0.75	0.615	0.815	0.56
11	0.41	0.34	0.3	0.315	0.38	0.47	0.495	0.565	0.645	0.725	0.755	0.835	0.855	0.77	0.675
12	0.125	0	0.205	0.13	0.105	0.405	0.27	0.235	0.55	0.46	0.49	0.74	0.475	0.665	0.5
13	0.13	0.45	0	0	0.25	0.135	0.33	0.495	0.51	0.54	0.545	0.535	0.575	0.6	0.58
14	0.275	0.23	0.14	0.19	0.46	0.285	0.63	0.565	0.58	0.845	0.635	0.71	0.895	0.675	0.64
15	0.42	0.51	0.5	0.435	0.41	0.51	0.68	0.855	0.68	0.775	0.68	0.61	0.625	0.745	0.855
16	0.495	0.675	0.645	0.57	0.71	0.925	0.955	0.705	0.51	0.635	0.77	0.725	0.64	0.565	0.7
17	0.485	0.46	0.47	0.515	0.605	0.66	0.725	0.795	0.74	0.62	0.565	0.595	0.6	0.61	0.675
18	0.655	0.73	0.585	0.66	0.1015	0.725	0.76	0.66	0.315	0.565	0.81	0.755	1.57	1.187	1.12
19	0.745	0.855	0.87	0.88	0.99	1.57	1.7	0.835	0.645	0.505	0.575	0.745	0.895	1.67	1.167
20	0.995	0.9	1.72	1.57	1.392	1.307	1.32	1.22	0.88	0.97	1.342	1.267	1.437	1.697	1.672
21	1.37	0.1	0.905	0.875	1.102	1.277	1.352	1.252	1.117	1.62	1.127	1.237	1.347	1.387	1.457
22	0.61	0.89	0.77	0.101	1.172	0.91	0.995	0.905	1.67	1.447	1.437	1.662	1.617	1.552	1.862
23	0.705	0.755	0.78	0.795	0.79	0.735	0.73	0.91	1.92	1.262	1.417	1.567	1.677	1.872	1.997
24	0.49	0.7	0.625	0.55	0.59	0.635	0.72	0.97	1.332	1.747	1.1022	2.109	2.144	2.134	2.109
25	0.495	0.465	0.48	0.42	0.45	0.54	0.68	0.92	1.32	1.267	1.512	1.777	2.74	2.254	2.184
26	0.74	0.47	0.685	0.59	0.535	0.9	0.96	1.97	1.617	1.812	1.972	2.209	2.304	2.124	2.169
27	0.725	0.615	0.48	0.455	0.555	0.84	1.72	1.327	1.567	1.767	1.942	2.19	2.24	2.89	2.94
28	0.66	0.515	0.43	0.8	0.86	1.92	1.482	1.532	1.907	2.94	2.49	2.314	2.174	2.244	2.354
29	0.615	0.585	0.68	0.705	0.985	1.267	1.572	1.827	2.34	2.194	2.284	2.309	2.344	2.319	2.299
30	0.815	0.865	0.66	0.945	1.397	1.582	1.702	2.29	2.274	2.199	2.94	2.229	2.399	2.314	2.144
31	0.805	0.795	0.86	1.42	1.352	1.677	1.907	2.24	2.139	2.144	2.144	2.144	2.99	2.184	2.254
32	0.7	0.92	0.89	1.242	1.527	1.492	1.842	2.114	2.14	2.204	2.369	2.154	2.229	2.409	2.204
33	0.665	0.7	0.82	1.22	1.227	1.447	1.667	1.942	2.144	2.269	2.324	2.354	2.379	2.399	2.434
34	0.55	0.48	0.925	1.77	1.222	1.597	1.667	1.972	2.249	2.114	2.214	2.384	2.254	2.174	2.319
35	0.575	0.595	0.7	0.895	1.107	1.222	1.382	1.722	2.59	2.274	2.334	2.329	2.264	2.174	2.174

รูปที่ 4.11 แสดงโปรแกรม Microsoft Excel ที่มีข้อมูลหลังจากวัดค่าเสร็จแล้ว

4.4 ผลการวัดสนามระยะใกล้

จากการทดลองวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าโดยใช้สายอากาศตัวส่งเป็นชนิด ยากิ และให้สายอากาศตัวรับเป็นสายอากาศแบบปากแตรได้ผลการวัดดังรูปที่4.10และได้ค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในจุดต่างๆตามรูปที่4.11

4.5 สรุป

เครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ออกแบบและสร้างขึ้นมานี้ สามารถวัดค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แล้วนำค่าที่ได้มาประมวลผลเป็นภาพกราฟิก จากการทดสอบได้ทำการวัดค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าซ้ำหลายๆ รอบ ในระนาบ E และระนาบ H พบว่าค่าสีที่ปรากฏออกมาในแต่ละครั้งมีแบบรูปที่คล้ายคลึงกันทั้งในสองระนาบ แสดงว่าเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าระยะใกล้แบบ 2 แกนนี้มีความเที่ยงตรงและแม่นยำ สามารถนำมาใช้งานในการวัดค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะของโครงงาน

5.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงระบบรวมของเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ 2 แกน โดยได้อธิบายถึงปัญหาที่พบในระหว่างการทำโครงงาน วิธีแก้ปัญหา ข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนาต่อไป และบทสรุปของโครงงานที่จัดทำขึ้น

5.2 สิ่งที่ได้จากโครงงาน

5.2.1 ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง เครื่องวัดแบบรูปการแผ่กระจายคลื่น การเขียนโปรแกรม Visual Basic และการนำไปใช้งานได้จริง

5.2.2 มีการนำความรู้ที่เรียนใช้ในการปฏิบัติจริง จึงทำให้ผู้จัดทำเข้าใจในทฤษฎีมากขึ้น

5.2.3 ในการทำจัดทำโครงงานมีกระบวนการ และขั้นตอนในการทำอย่างเป็นระเบียบ ทั้งการวางแผนงาน ขั้นตอนการทำงานจริง และขั้นตอนการทดลอง การสรุปผล จึงทำให้ผู้จัดทำเรียนรู้การทำงานอย่างเป็นระบบ ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ในชีวิตจริง

5.2.4 มีความอดทน และรอบครอบ ในการทำงาน สามารถวิเคราะห์และแก้ปัญหาต่างๆได้

5.2.5 ได้รับความรู้ในการประกอบอุปกรณ์ต่างๆ และสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมในโครงงาน

5.2.6 ทำให้รู้จักการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5.2.7 ทำให้รู้จักการแบ่งเวลาในการทำงานและสามารถปฏิบัติงานตามตารางเวลาได้

5.2.8 สามารถนำความรู้ที่ได้จากโครงงานมาประยุกต์ใช้งานจริงได้

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงงาน

5.3.1 ทางคณะผู้จัดทำโครงงานมีความรู้พื้นฐานในการเริ่มเขียนโปรแกรมไม่มากนักทำให้การเริ่มศึกษาการเขียนโปรแกรมนั้นต้องใช้เวลาอย่างมากในการทำความเข้าใจกับโปรแกรม Visual Basic ซึ่งแก้ไขโดยการศึกษาจากหนังสือต่าง ๆ และขอคำปรึกษาจากผู้ที่ความรู้ในด้านการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ

5.3.2 เนื่องจากว่าในช่วงของการทำโครงงาน ทางคณะผู้จัดทำโครงงานมีภาระหน้าที่ในการเรียนอยู่ด้วยทำให้การวิจัยและทดลองโครงงานไม่ต่อเนื่องในบางช่วง ซึ่งมีผลทำให้การทำโครงงานออกมาสำเร็จล่าช้า

5.3.3 มีความรู้ในการเลือกใช้อุปกรณ์น้อย จึงต้องอาศัยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญช่วยให้คำแนะนำ และใช้เวลาในการเลือกและสั่งซื้ออุปกรณ์นานพอสมควร

5.4 ข้อจำกัดของโครงงาน

เนื่องจากโครงงานนี้ต้องใช้พื้นที่ในการวัด 1 ตารางเมตร ดังนั้นจึงทำให้เกิดปัญหาในการหาอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทำงาน เพราะว่าสายพานที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาดมีขนาดความยาวไม่พอตามที่ต้องการ จึงทำให้เกิดความยากลำบากในการหาอุปกรณ์ที่จะมาใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์เพื่อให้ได้ระยะห่างตามที่ต้องการ

5.5 ข้อเสนอแนะ

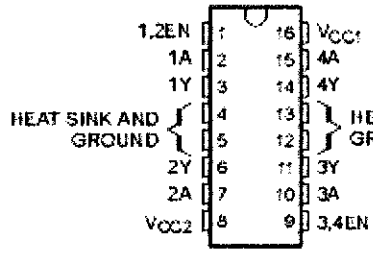
ในโครงงานนี้เป็นโครงงานที่วัดสายอากาศในระนาบแกน x - y พื้นที่ 1 ตารางเมตร แต่สามารถนำไปพัฒนาในการวัดให้พื้นที่ที่เพิ่มขึ้น และการประมวลผลให้เป็นสามมิติได้

ภาคผนวก ก

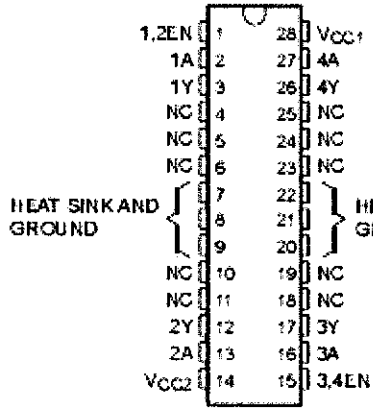
รายละเอียดเกี่ยวกับไอซีที่ใช้ในการออกแบบวงจรขับมอเตอร์

- **Featuring Unitrode L293 and L293D Products Now From Texas Instruments**
- **Wide Supply-Voltage Range: 4.5 V to 36 V**
- **Separate Input-Logic Supply**
- **Internal ESD Protection**
- **Thermal Shutdown**
- **High-Noise-Immunity Inputs**
- **Functional Replacements for SGS L293 and SGS L293D**
- **Output Current 1 A Per Channel (600 mA for L293D)**
- **Peak Output Current 2 A Per Channel (1.2 A for L293D)**
- **Output Clamp Diodes for Inductive Transient Suppression (L293D)**

N, NE PACKAGE
(TOP VIEW)



DWP PACKAGE
(TOP VIEW)



description

The L293 and L293D are quadruple high-current half-H drivers. The L293 is designed to provide bidirectional drive currents of up to 1 A at voltages from 4.5 V to 36 V. The L293D is designed to provide bidirectional drive currents of up to 600-mA at voltages from 4.5 V to 36 V. Both devices are designed to drive inductive loads such as relays, solenoids, dc and bipolar stepping motors, as well as other high-current/high-voltage loads in positive-supply applications.

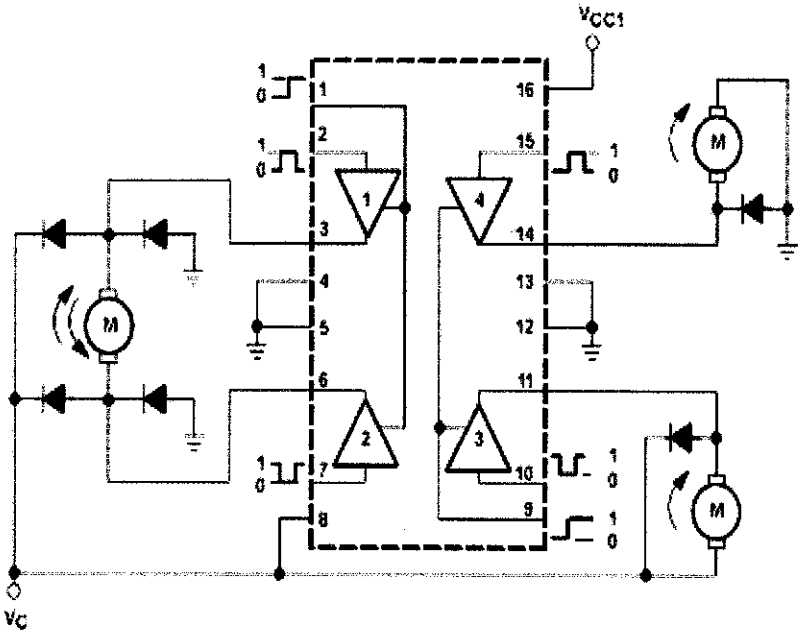
All inputs are TTL compatible. Each output is a complete totem-pole drive circuit, with a Darlington transistor sink and a pseudo-Darlington source. Drivers are enabled in pairs, with drivers 1 and 2 enabled by 1,2EN and drivers 3 and 4 enabled by 3,4EN. When an enable input is high, the associated drivers are enabled and their outputs are active and in phase with their inputs. When the enable input is low, those drivers are disabled and their outputs are off and in the high-impedance state. With the proper data inputs, each pair of drivers forms a full-H (or bridge) reversible drive suitable for solenoid or motor applications.

On the L293, external high-speed output clamp diodes should be used for inductive transient suppression.

A V_{CC1} terminal, separate from V_{CC2}, is provided for the logic inputs to minimize device power dissipation.

The L293and L293D are characterized for operation from 0°C to 70°C.

block diagram



NOTE: Output diodes are internal in L293D.

TEXAS INSTRUMENTS
AVAILABLE OPTIONS

T_A	PACKAGE
	PLASTIC DIP (NE)
0°C to 70°C	L293NE L293DNE

Unitrode Products from Texas Instruments

AVAILABLE OPTIONS

T_A	PACKAGED DEVICES	
	SMALL OUTLINE (DWP)	PLASTIC DIP (N)
0°C to 70°C	L293DWP L293DDWP	L293N L293DN

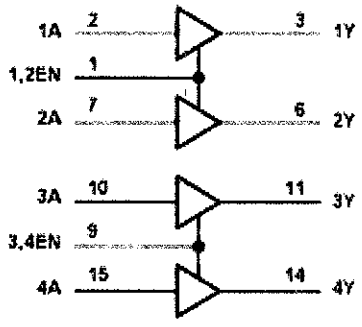
The DWP package is available taped and reeled. Add the suffix TR to device type (e.g., L293DWPTR).

FUNCTION TABLE
(each driver)

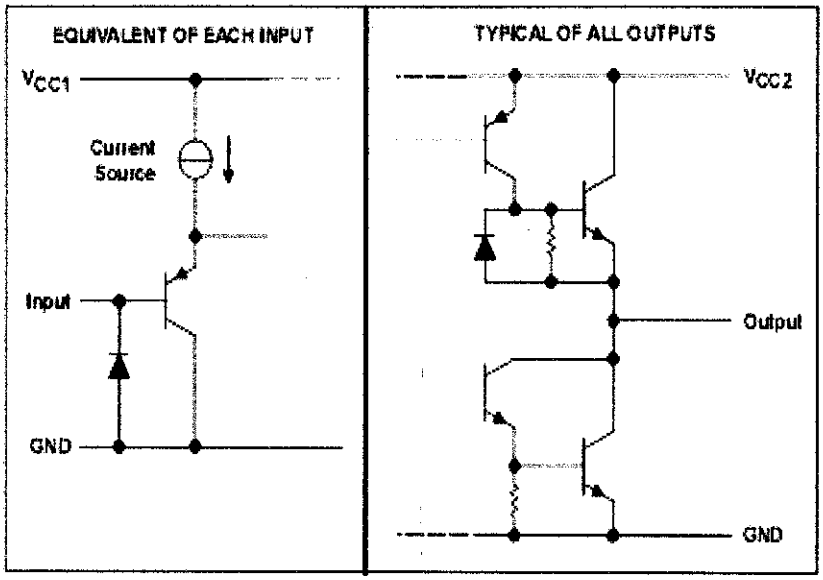
INPUTS†		OUTPUT
A	EN	Y
H	H	H
L	H	L
X	L	Z

H = high level, L = low level, X = irrelevant,
Z = high impedance (off)
† In the thermal shutdown mode, the output is in the high-impedance state, regardless of the input levels.

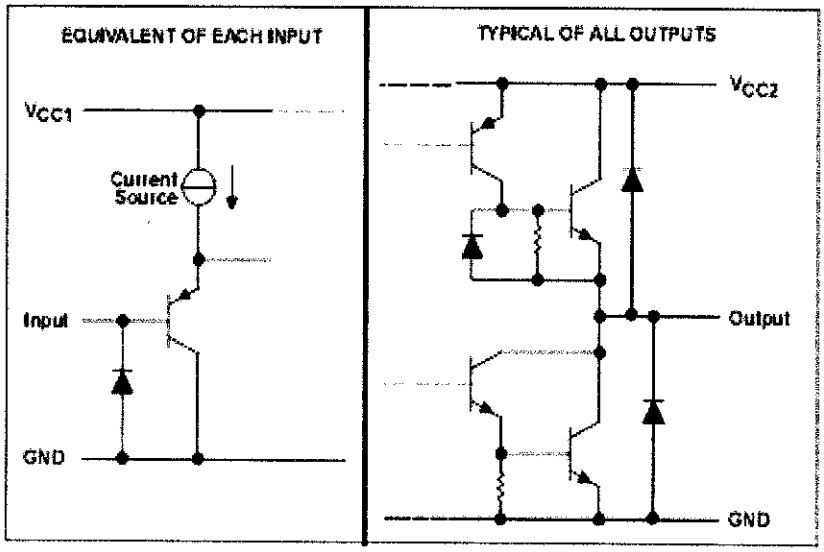
logic diagram



schematics of inputs and outputs (L293)



schematics of inputs and outputs (L293D)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V_{CC1} (see Note 1)	36 V
Output supply voltage, V_{CC2}	36 V
Input voltage, V_I	7 V
Output voltage range, V_O	−3 V to V_{CC2} + 3 V
Peak output current, I_O (nonrepetitive, t ≤ 5 ms): L293	±2 A
Peak output current, I_O (nonrepetitive, t ≤ 100 µs): L293D	±1.2 A
Continuous output current, I_O: L293	±1 A
Continuous output current, I_O: L293D	±600 mA
Continuous total dissipation at (or below) 25°C free-air temperature (see Notes 2 and 3)	2075 mW
Continuous total dissipation at 80°C case temperature (see Note 3)	5000 mW
Maximum junction temperature, T_J	150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	−65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTES: 1. All voltage values are with respect to the network ground terminal.

2. For operation above 25°C free-air temperature, derate linearly at the rate of 16.6 mW/°C.

3. For operation above 25°C case temperature, derate linearly at the rate of 71.4 mW/°C. Due to variations in individual device electrical characteristics and thermal resistance, the built-in thermal overload protection may be activated at power levels slightly above or below the rated dissipation.

recommended operating conditions

			MIN	MAX	UNIT
	Supply voltage	V_{CC1}	4.5	7	V
		V_{CC2}	V_{CC1}	36	
V_{IH}	High-level input voltage	$V_{CC1} \le 7$ V	2.3	V_{CC1}	V
		$V_{CC1} \ge 7$ V	2.3	7	V
V_{IL}	Low-level output voltage		−0.3†	1.5	V
T_A	Operating free-air temperature		0	70	°C

† The algebraic convention, in which the least positive (most negative) designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels.

electrical characteristics, V_{CC1} = 5 V, V_{CC2} = 24 V, T_A = 25°C

PARAMETER			TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{OH}	High-level output voltage		L293: I_{OH} = −1 A L293D: I_{OH} = −0.6 A		V_{CC2}−1.8	V_{CC2}−1.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage		L293: I_{OL} = 1 A L293D: I_{OL} = 0.6 A			1.2	1.8	V
V_{OKH}	High-level output clamp voltage		L293D: I_{OK} = −0.6 A			V_{CC2} + 1.3		V
V_{OKL}	Low-level output clamp voltage		L293D: I_{OK} = 0.6 A			1.3		V
I_{IH}	High-level input current	A	V_I = 7 V			0.2	100	μA
		EN				0.2	10	
I_{IL}	Low-level input current	A	V_I = 0			−3	−10	μA
		EN				−2	−100	
I_{CC1}	Logic supply current		I_O = 0	All outputs at high level		13	22	mA
				All outputs at low level		35	60	
				All outputs at high impedance		8	24	
I_{CC2}	Output supply current		I_O = 0	All outputs at high level		14	24	mA
				All outputs at low level		2	6	
				All outputs at high impedance		2	4	

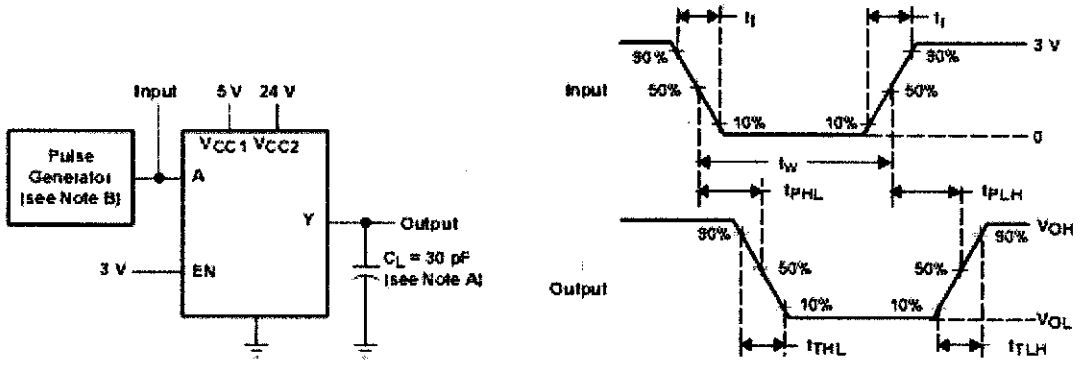
switching characteristics, V_{CC1} = 5 V, V_{CC2} = 24 V, T_A = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	L293NE, L293DNE			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output from A input	C_L = 30 pF, See Figure 1		800		ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output from A input			400		ns
t_{TLH}	Transition time, low-to-high-level output			300		ns
t_{THL}	Transition time, high-to-low-level output			300		ns

switching characteristics, V_{CC1} = 5 V, V_{CC2} = 24 V, T_A = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	L293DWP, L293N L293DDWP, L293DN			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output from A input	C_L = 30 pF, See Figure 1		750		ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output from A input			200		ns
t_{TLH}	Transition time, low-to-high-level output			100		ns
t_{THL}	Transition time, high-to-low-level output			350		ns

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTES: A. C_L includes probe and jig capacitance.
B. The pulse generator has the following characteristics: $t_r \leq 10$ ns, $t_f \leq 10$ ns, $t_w = 10\ \mu s$, PRR = 5 kHz, $Z_O = 50\ \Omega$.

Figure 1. Test Circuit and Voltage Waveforms

APPLICATION INFORMATION

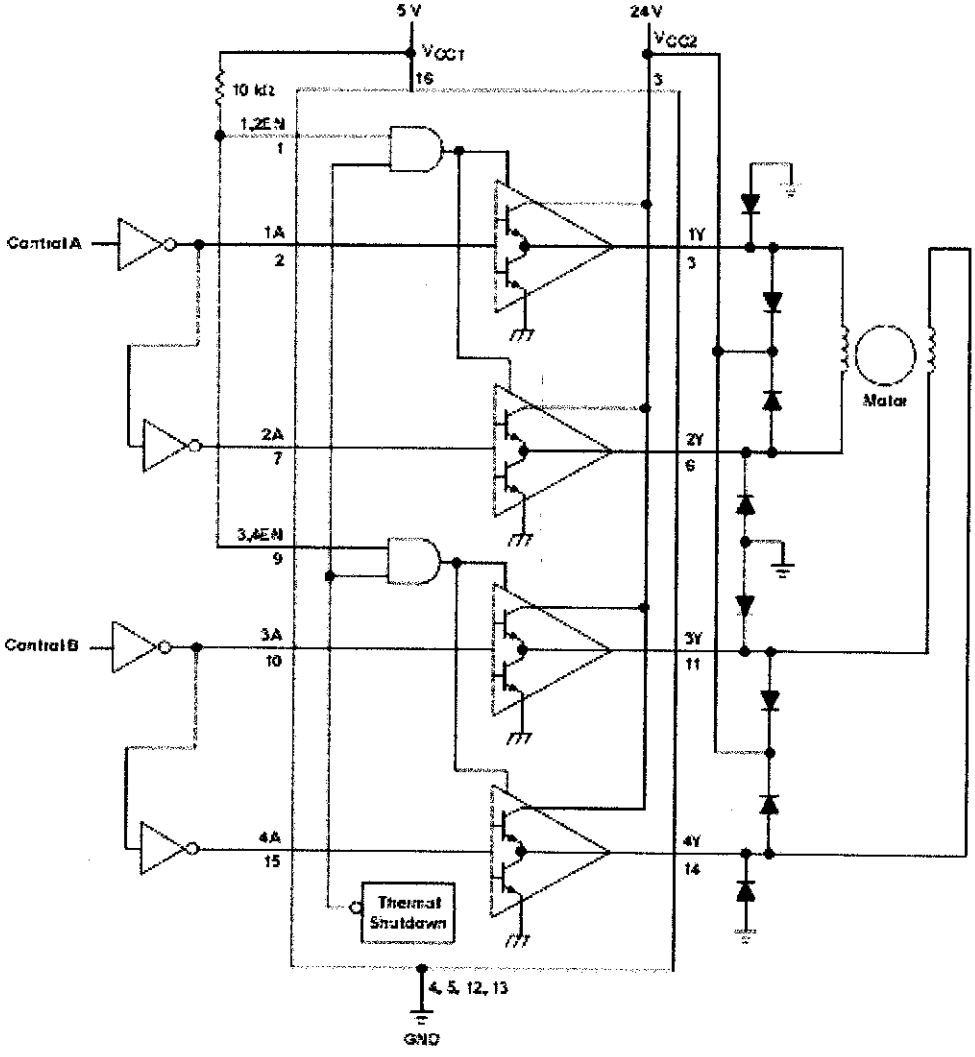


Figure 2. Two-Phase Motor Driver (L293)

APPLICATION INFORMATION

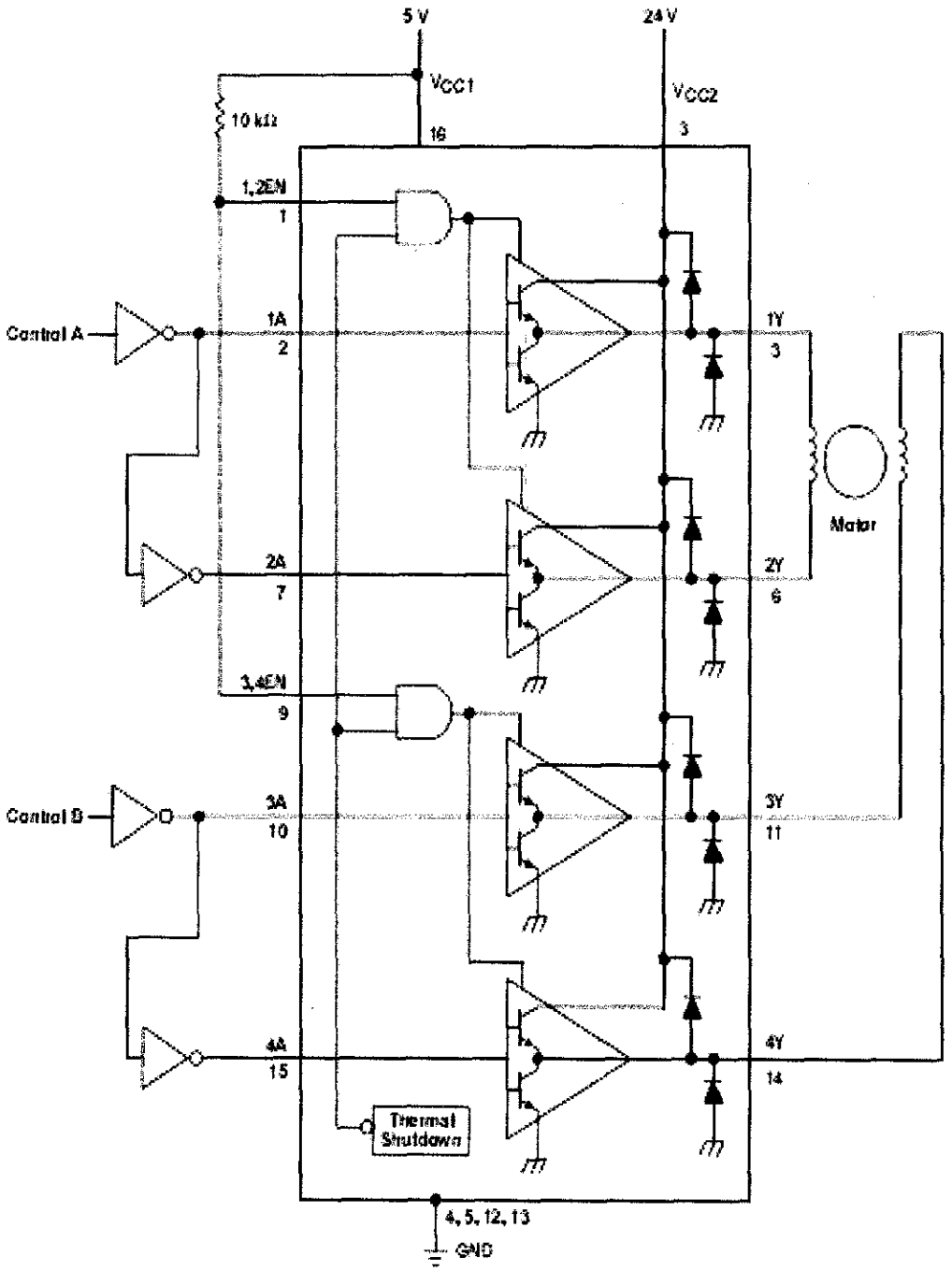
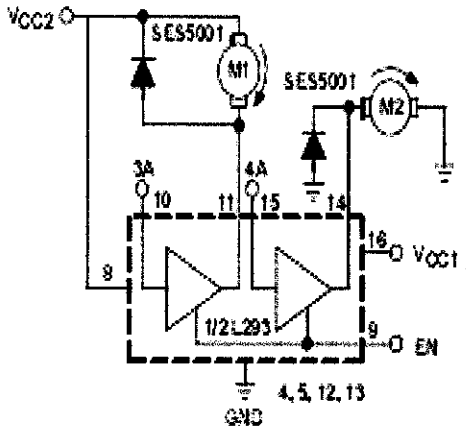


Figure 3. Two-Phase Motor Driver (L293D)

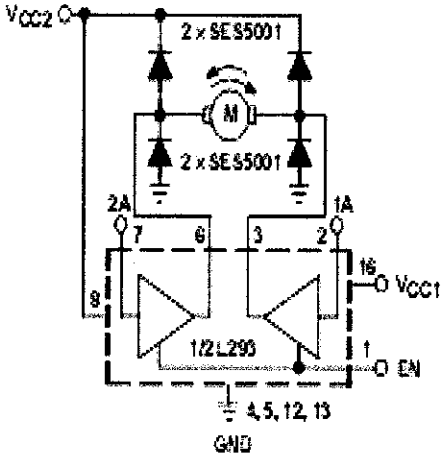
APPLICATION INFORMATION



EN	3A	M1	4A	M2
H	H	Fast motor stop	H	Run
H	L	Run	L	Fast motor stop
L	X	Free-running motor stop	X	Free-running motor stop

L = low, H = high, X = don't care

Figure 4. DC Motor Controls (connections to ground and to supply voltage)



EN	1A	2A	FUNCTION
H	L	H	Turn right
H	H	L	Turn left
H	L	L	Fast motor stop
H	H	H	Fast motor stop
L	X	X	Fast motor stop

L = low, H = high, X = don't care

Figure 5. Bidirectional DC Motor Control

APPLICATION INFORMATION

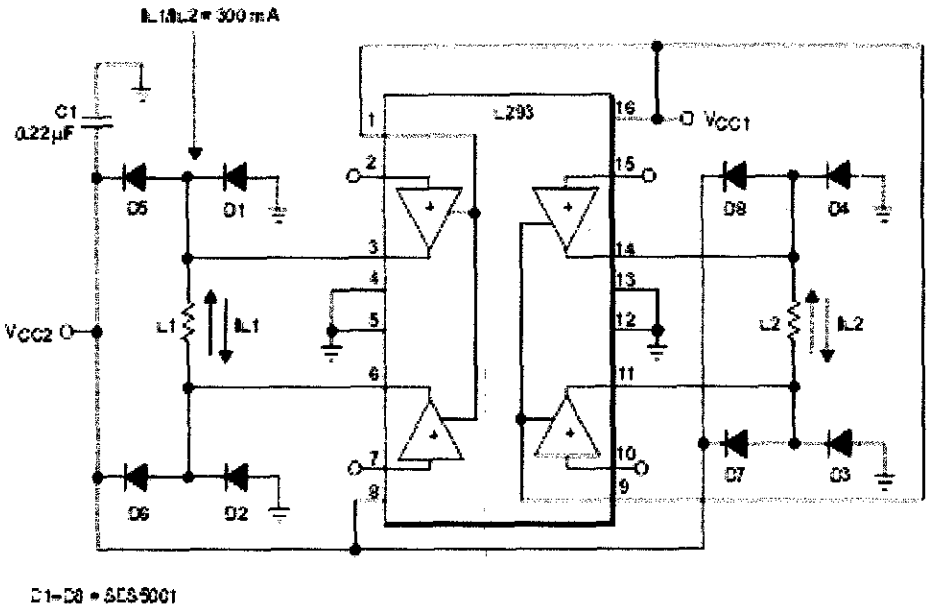


Figure 6. Bipolar Stepping-Motor Control

mounting instructions

The Rthj-amp of the L293 can be reduced by soldering the GND pins to a suitable copper area of the printed circuit board or to an external heatsink.

Figure 9 shows the maximum package power P_{TOT} and the θ_{JA} as a function of the side *l* of two equal square copper areas having a thickness of 35 µm (see Figure 7). In addition, an external heat sink can be used (see Figure 8).

During soldering, the pin temperature must not exceed 260°C, and the soldering time must not be longer than 12 seconds.

The external heatsink or printed circuit copper area must be connected to electrical ground.

APPLICATION INFORMATION

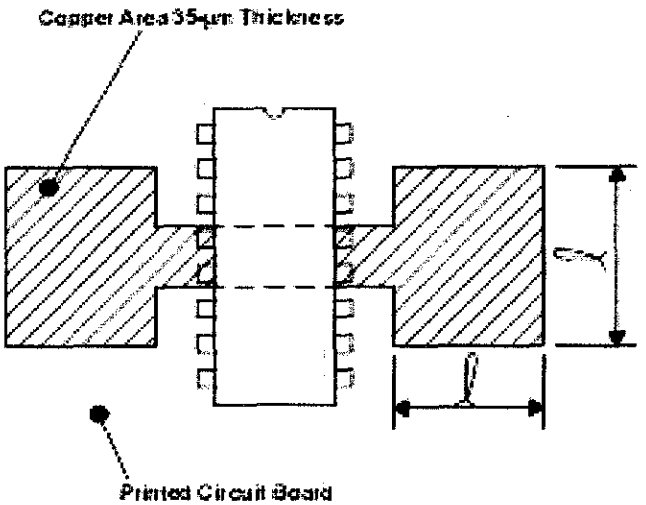


Figure 7. Example of Printed Circuit Board Copper Area (used as heat sink)

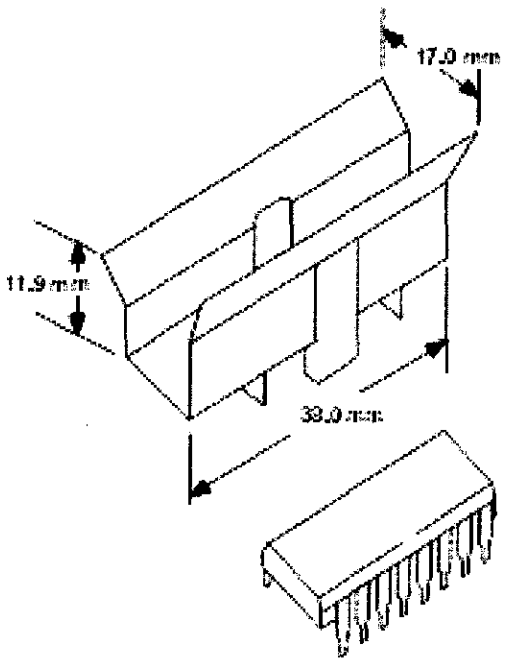


Figure 8. External Heat Sink Mounting Example (θ_{JA} = 25°C/W)

APPLICATION INFORMATION

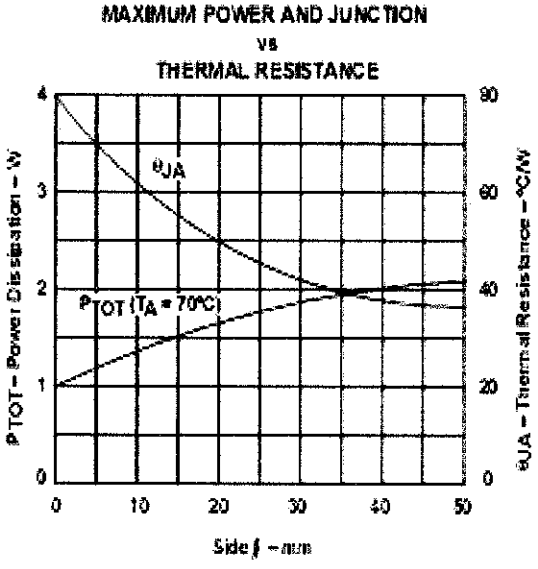


Figure 9

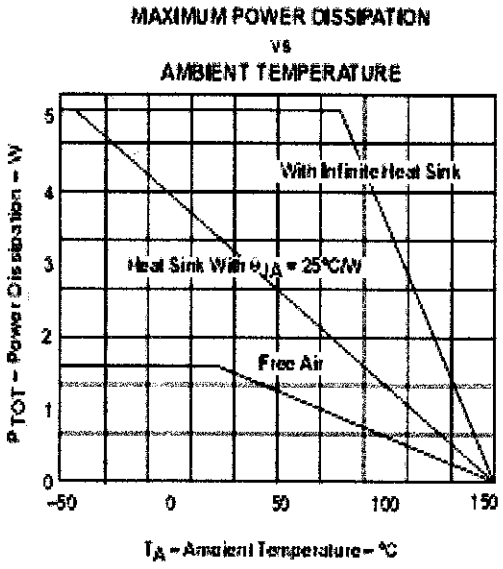
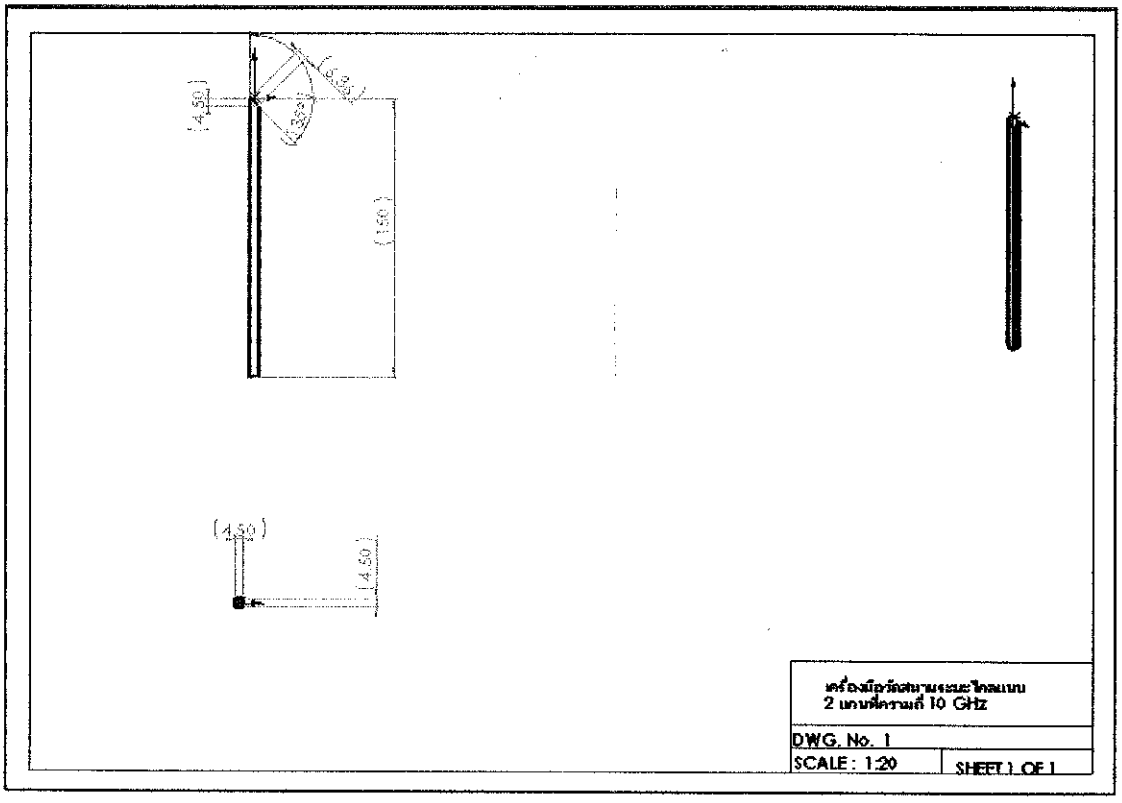


Figure 10

ภาคผนวก ฃ

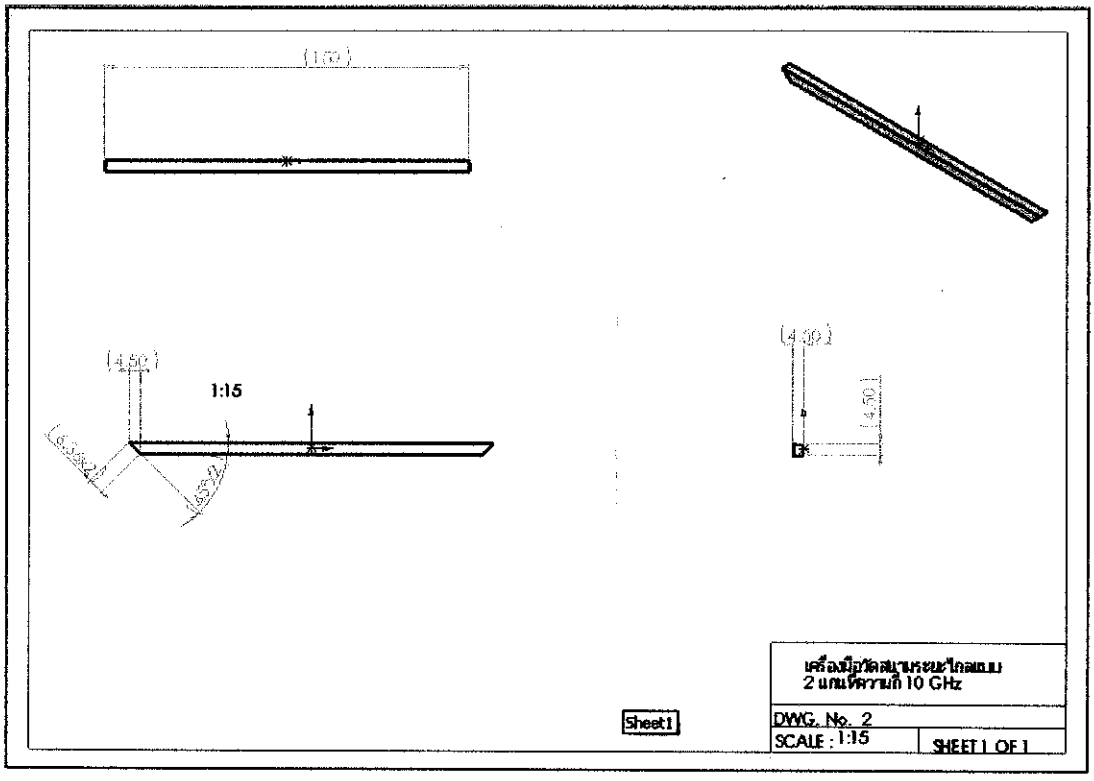
รายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้าง

1) เสาด้านซ้าย



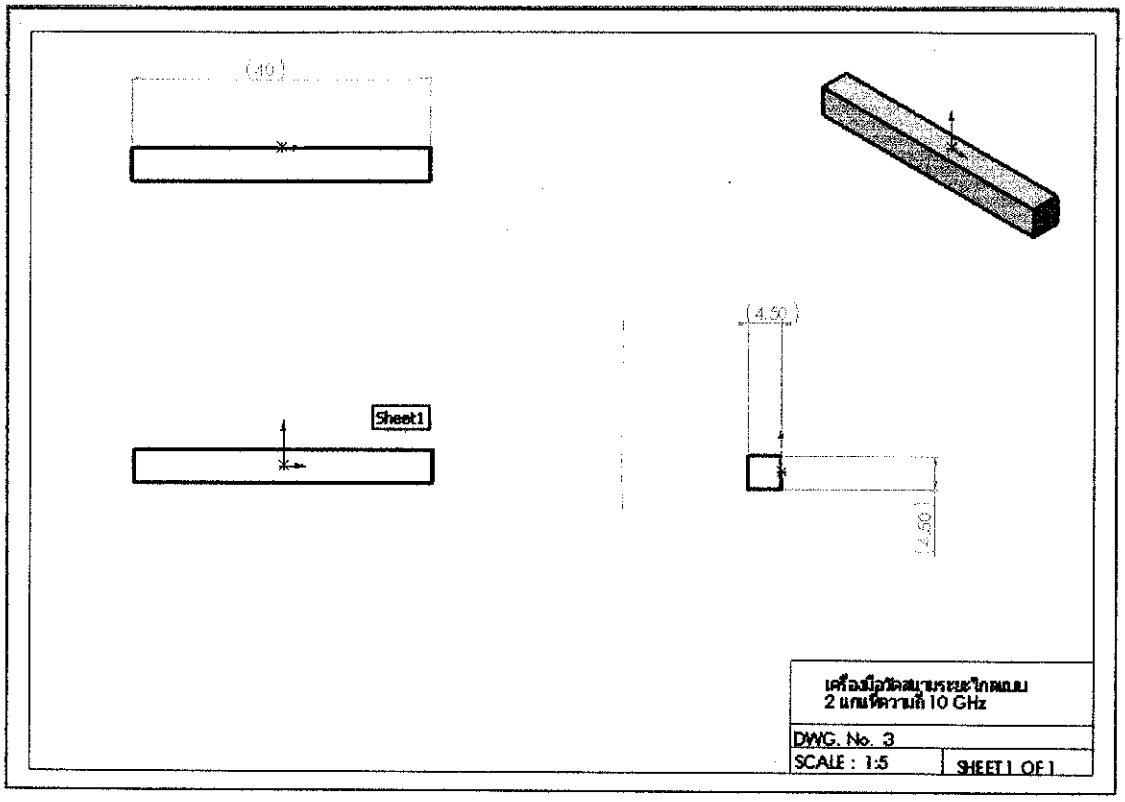
ภาพวาดแสดงการออกแบบเสาด้านซ้าย

2) คานด้านบน



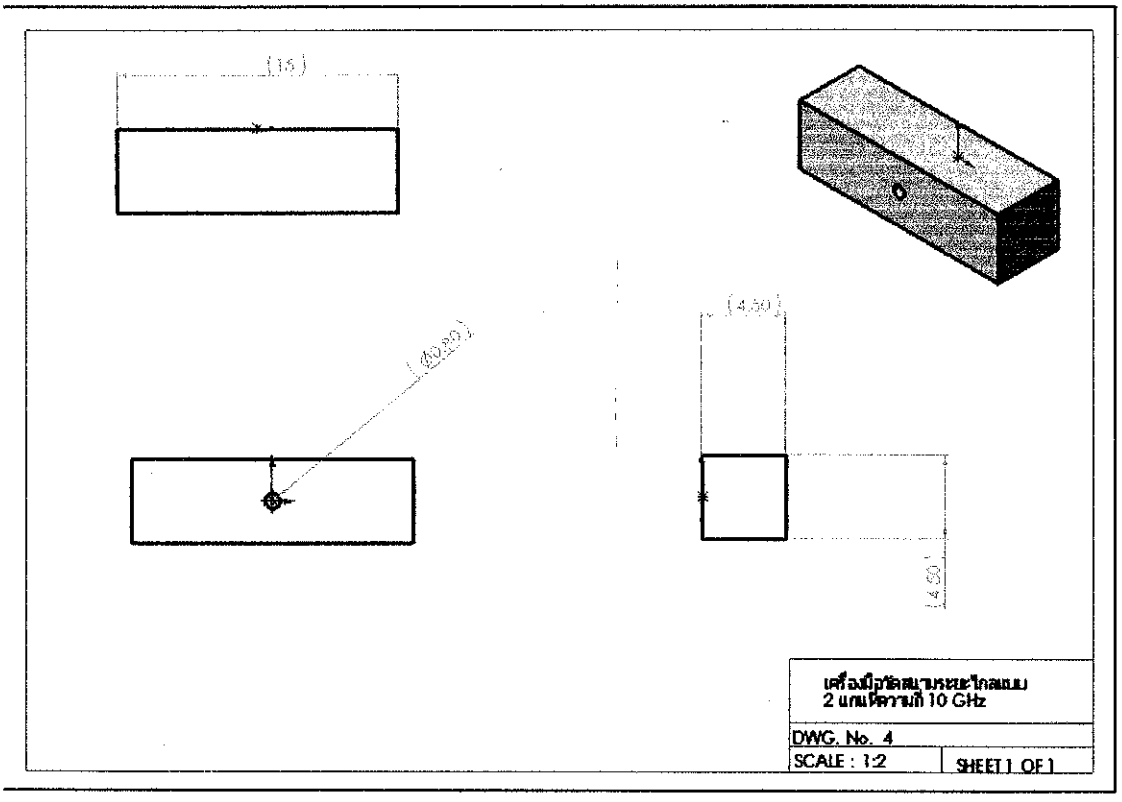
ภาพวาดแสดงการออกแบบคานด้านบน

3) ขาตั้ง



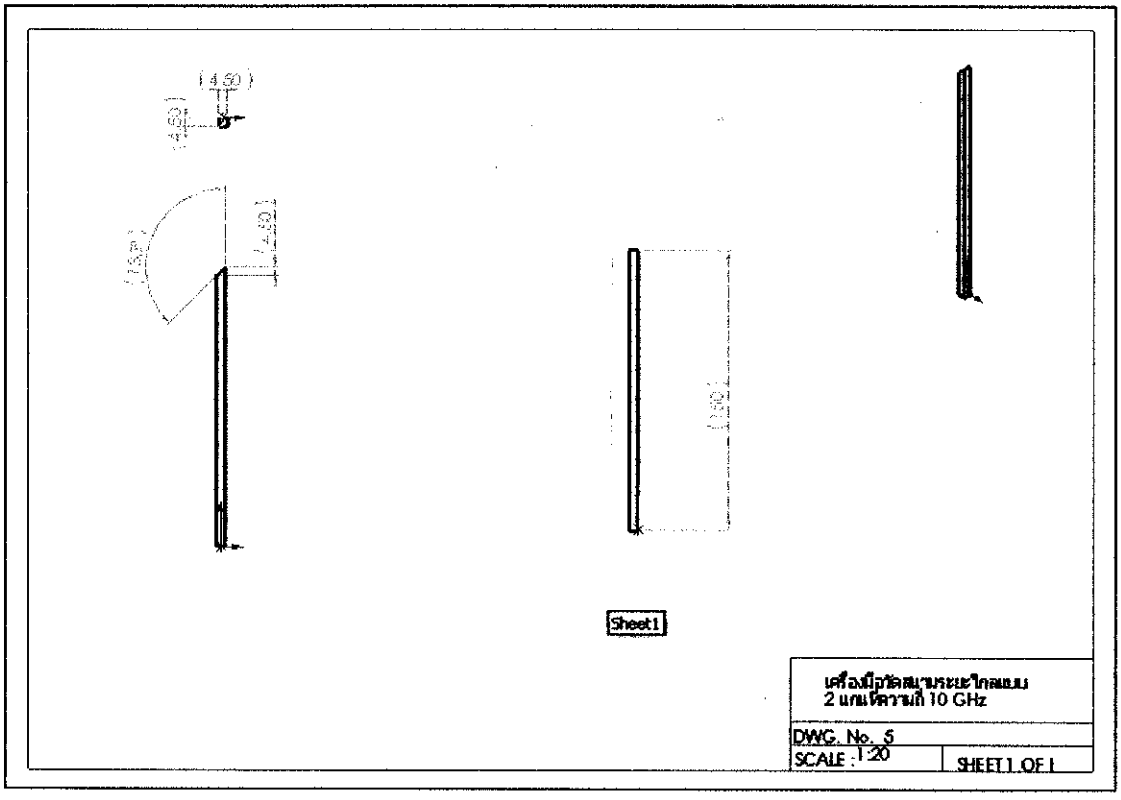
ภาพวาดแสดงการออกแบบขาตั้ง

4) คานยึดเพลา



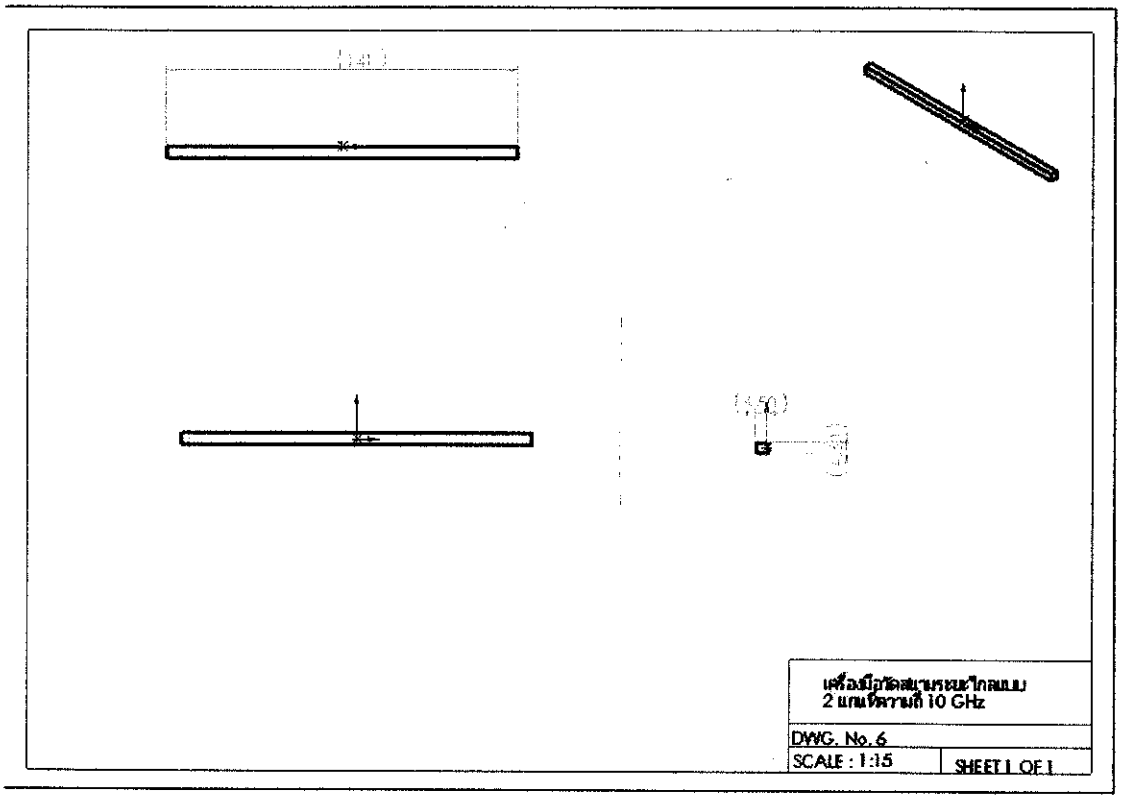
ภาพวาดแสดงการออกแบบคานยึดเพลา

5) เสาด้านขวา



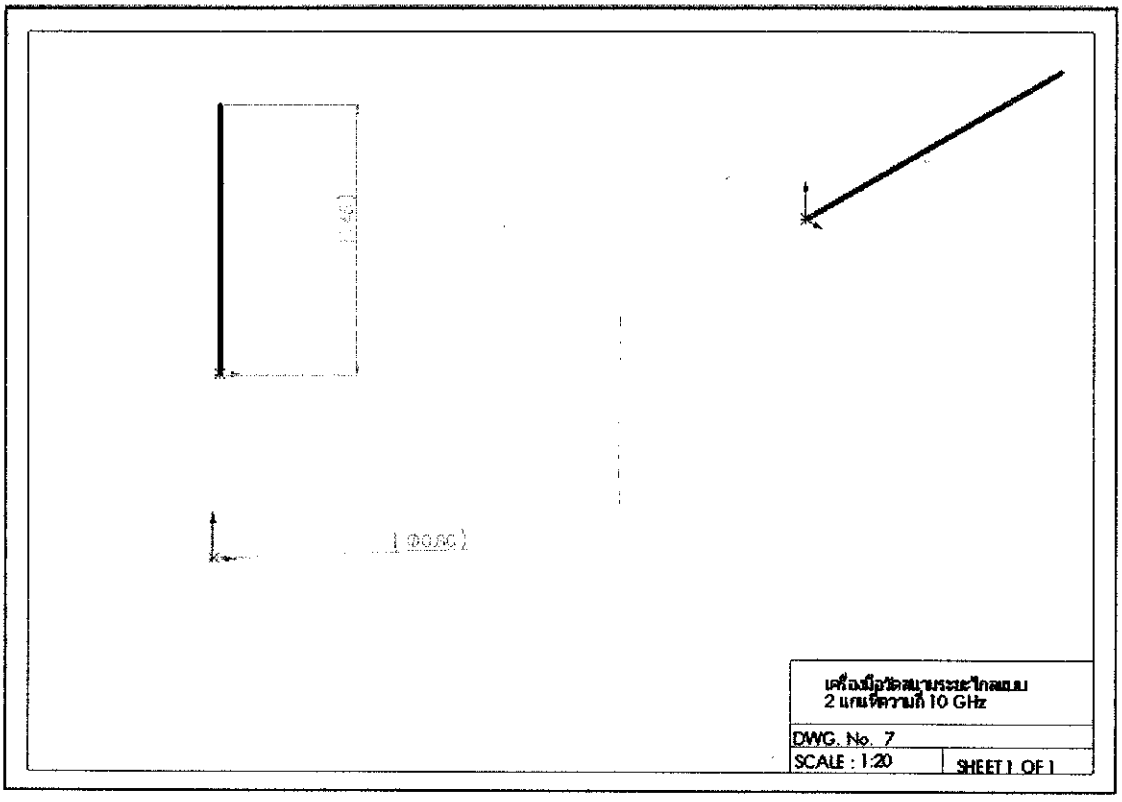
ภาพวาดแสดงการออกแบบเสาด้านขวา

6) คานด้านล่าง



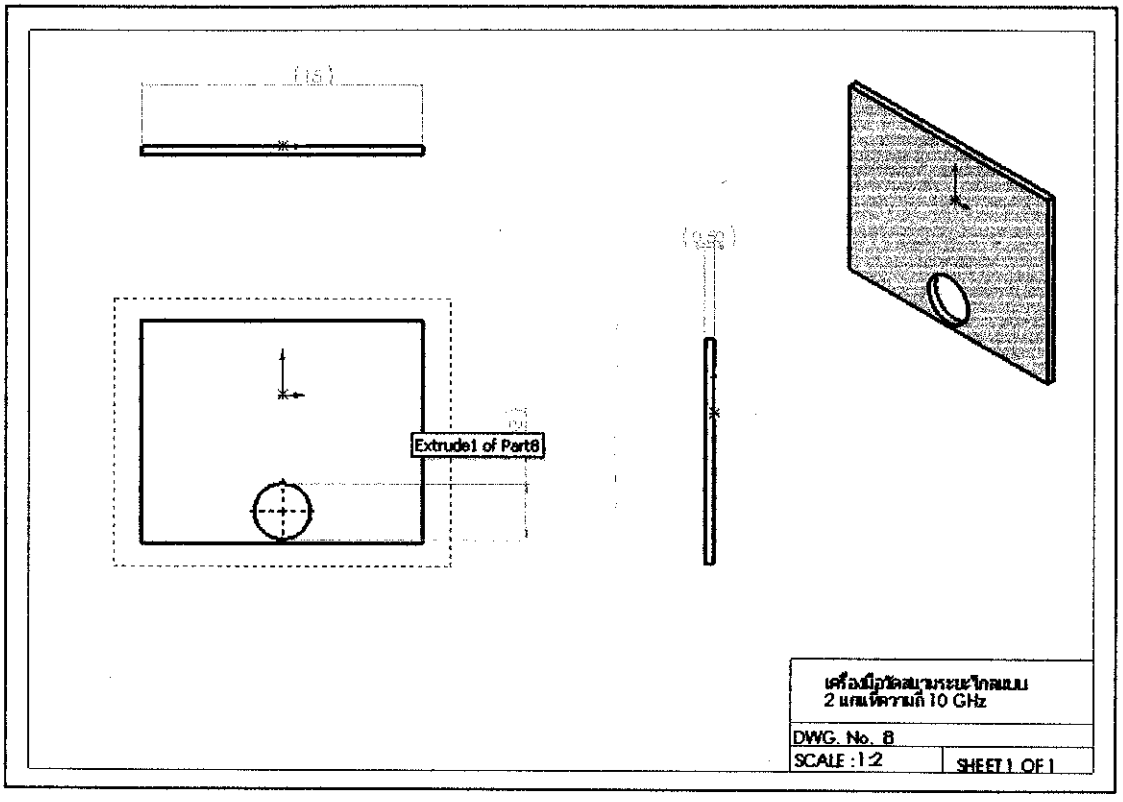
ภาพวาดแสดงการออกแบบคานด้านล่าง

7) เพลา



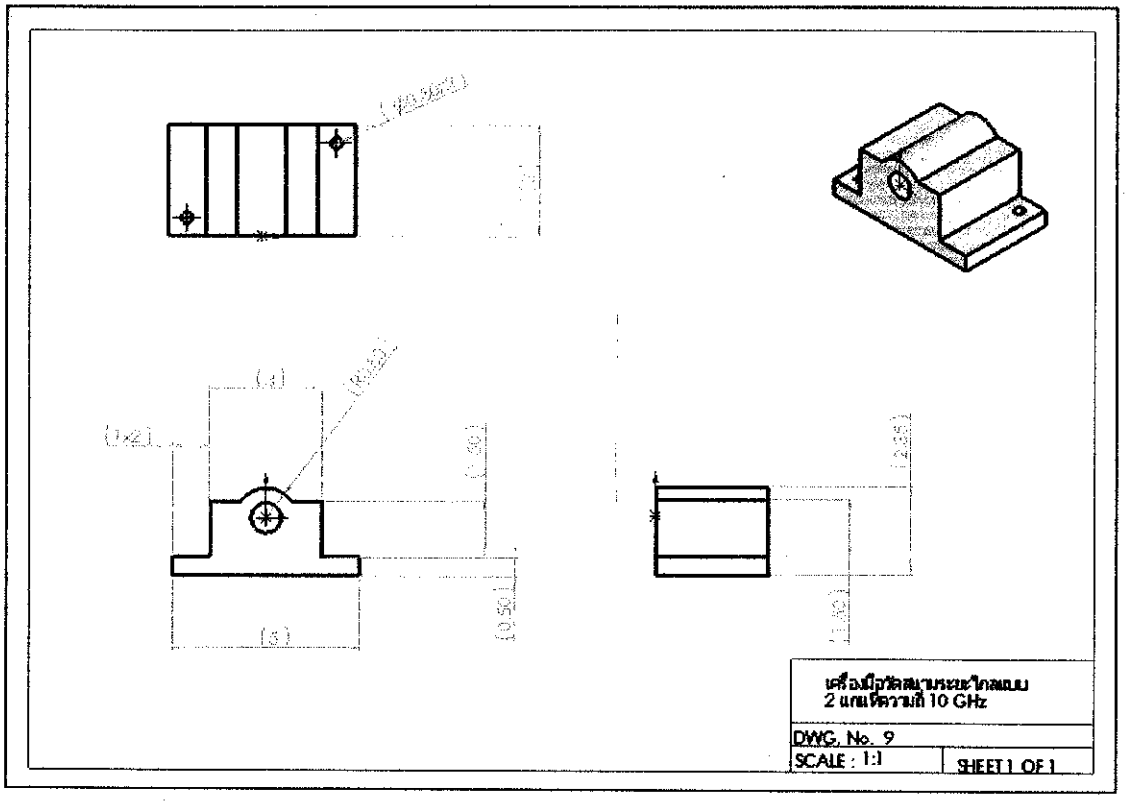
ภาพวาดแสดงการออกแบบเพลา

8) แผ่นยึดมอเตอร์ควบคุมทางแกน y



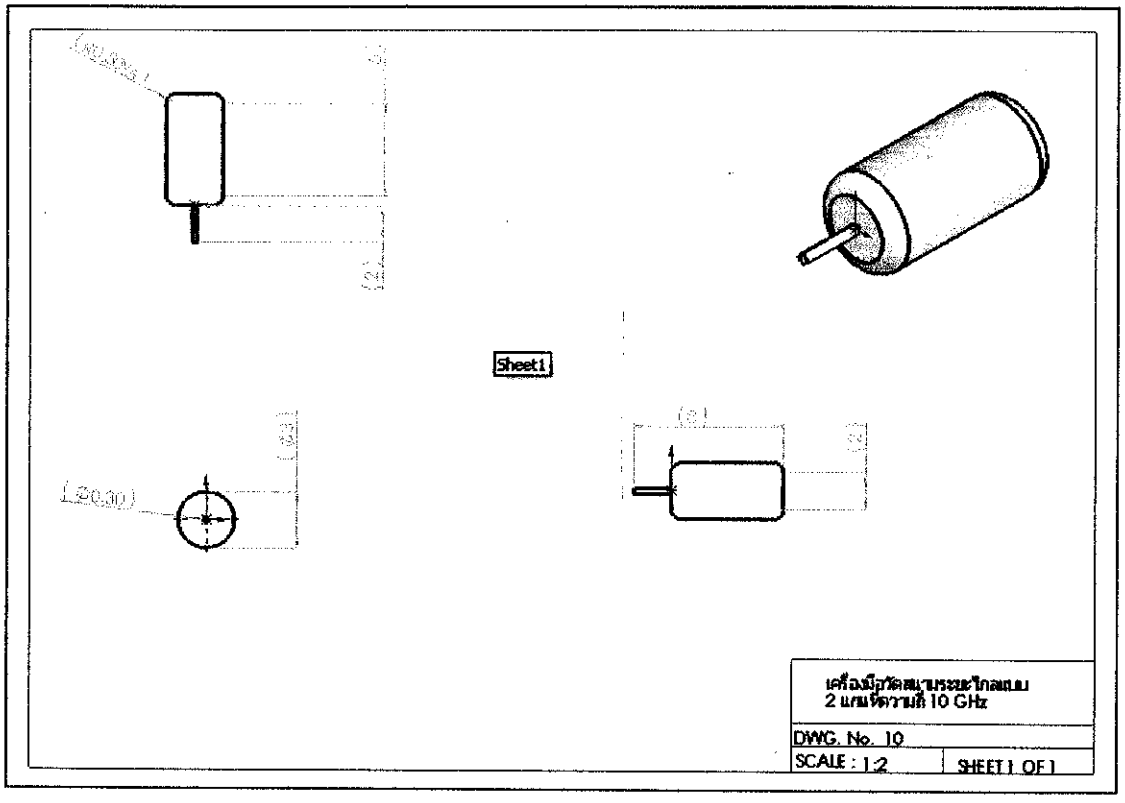
ภาพวาดแสดงการออกแบบแผ่นยึดมอเตอร์ควบคุมทางแกน y

9) บู๊ต



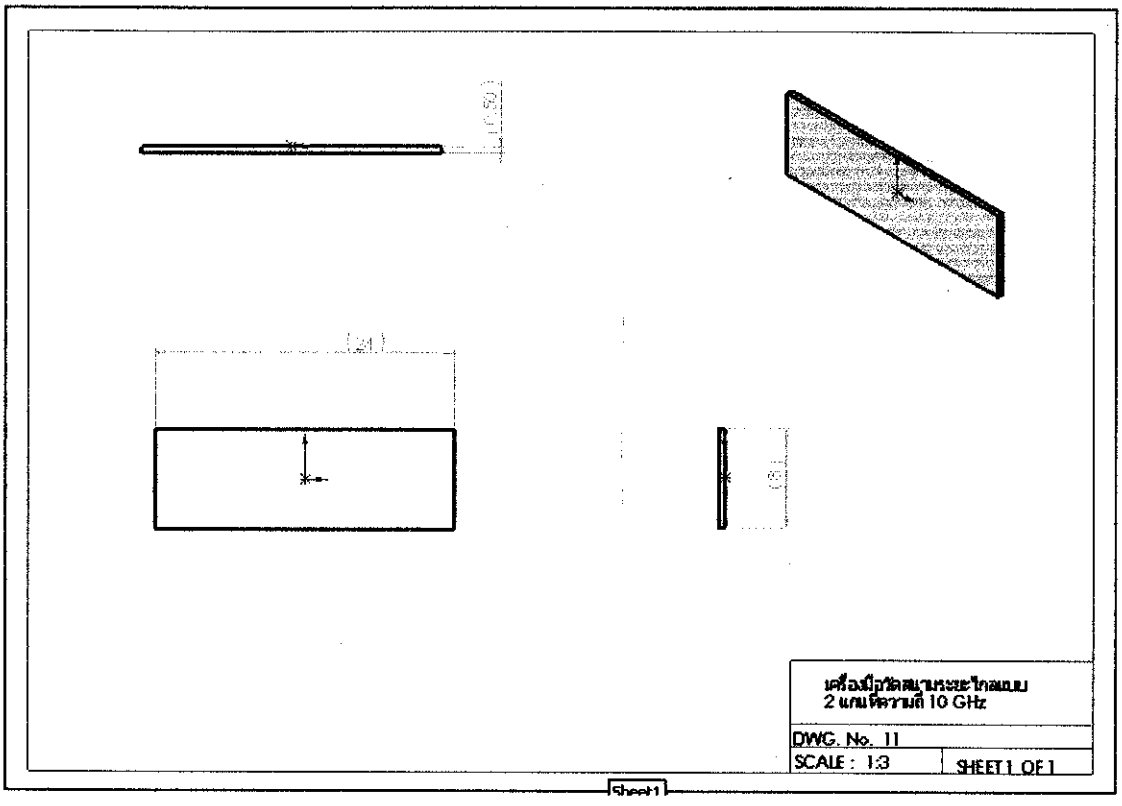
ภาพวาดแสดงการออกแบบบู๊ต

10) มอเตอร์



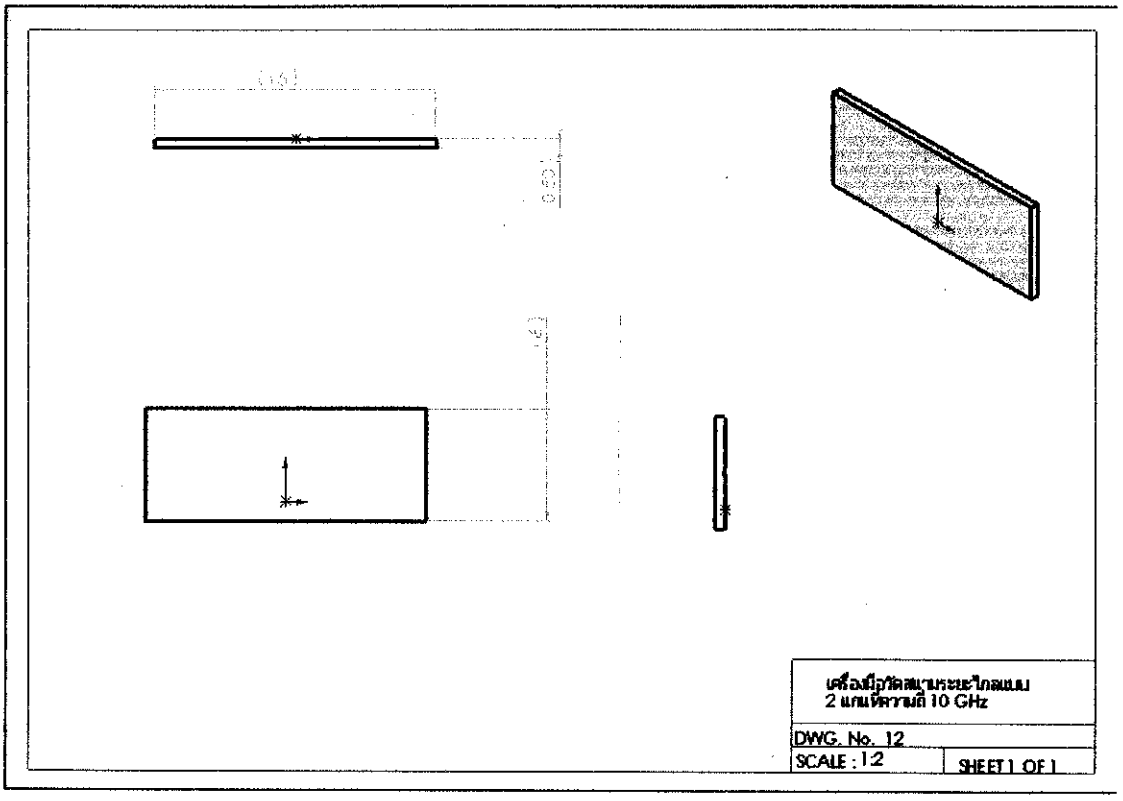
ภาพวาดแสดงการออกแบบมอเตอร์

11) แผ่นยึดด้านบน



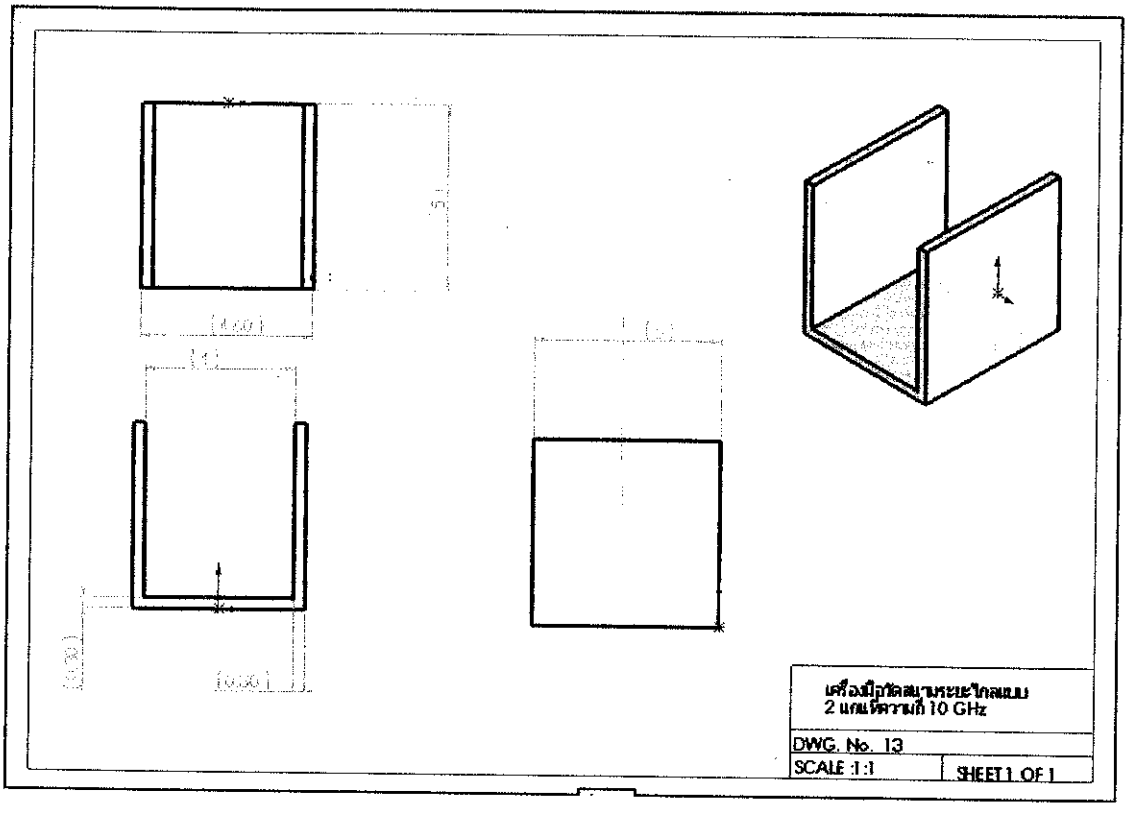
ภาพวาดแสดงการออกแบบแผ่นยึดด้านบน

12) แผ่นยึดเครื่องวัด



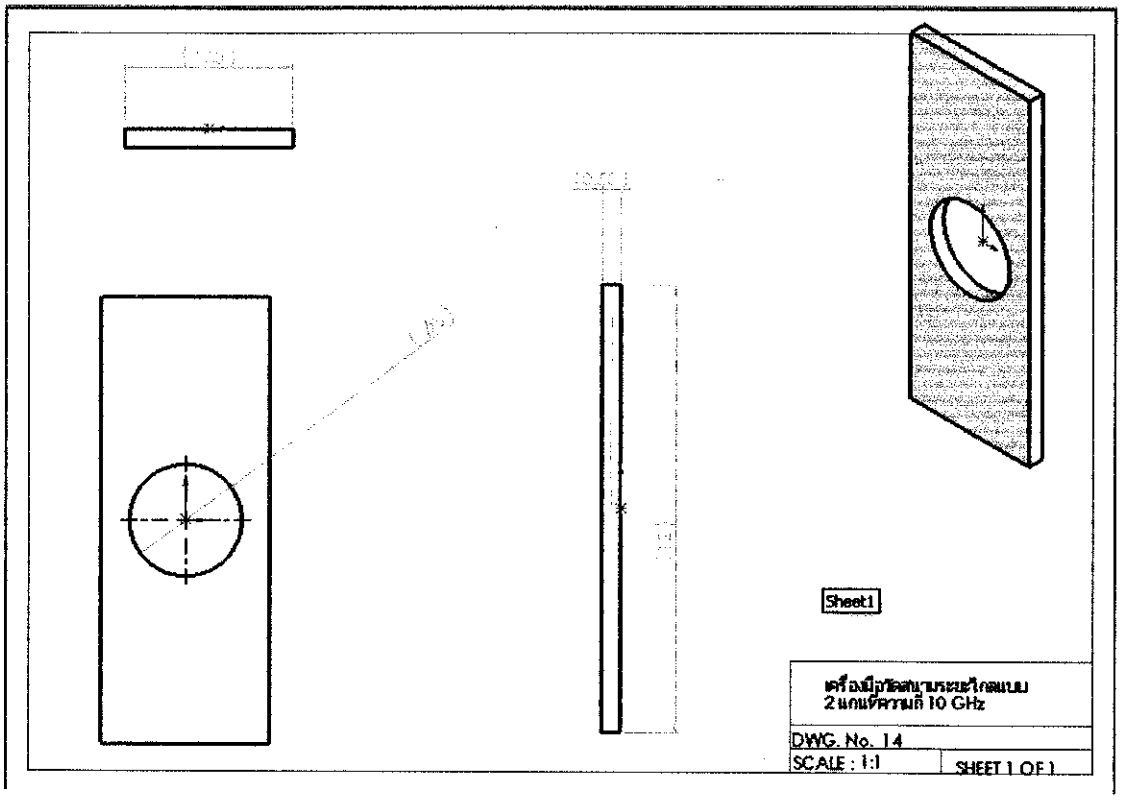
ภาพวาดแสดงการออกแบบแผ่นยึดเครื่องวัด

13) ฐานยึดเครื่องวัด



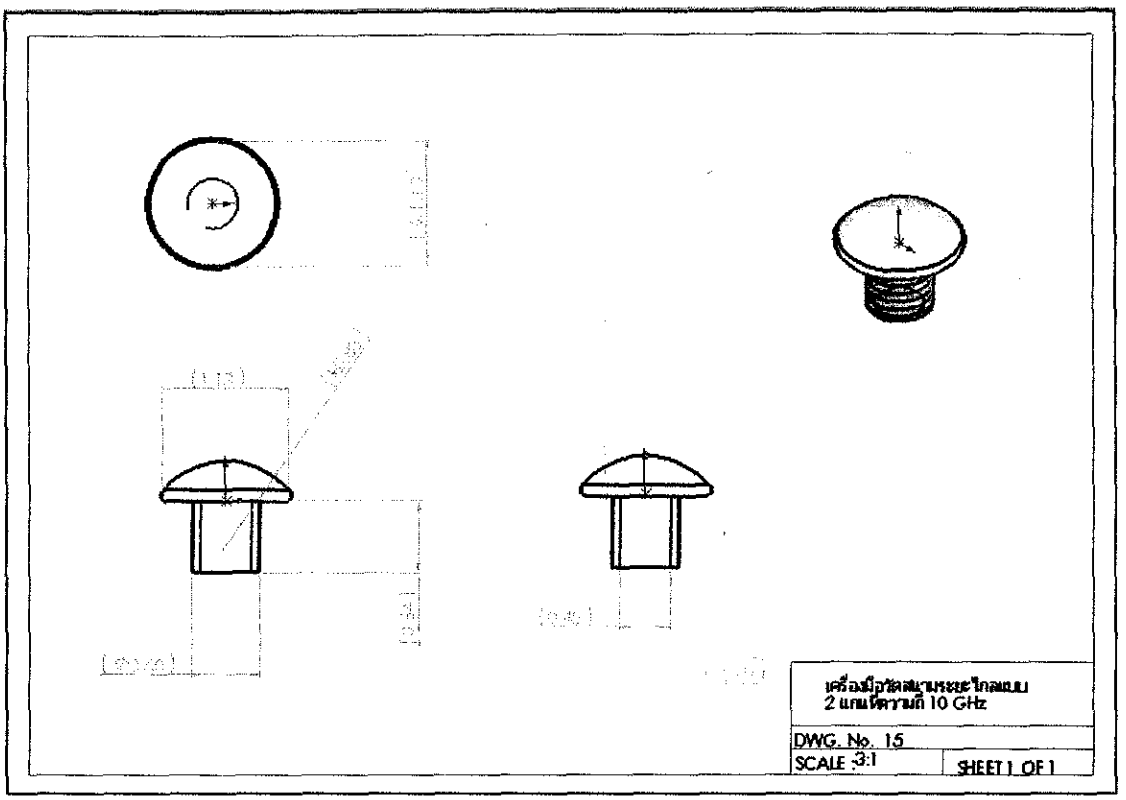
ภาพวาดแสดงการออกแบบฐานยึดเครื่องวัด

14) แผ่นยึดมอเตอร์ควบคุมทางแกน x



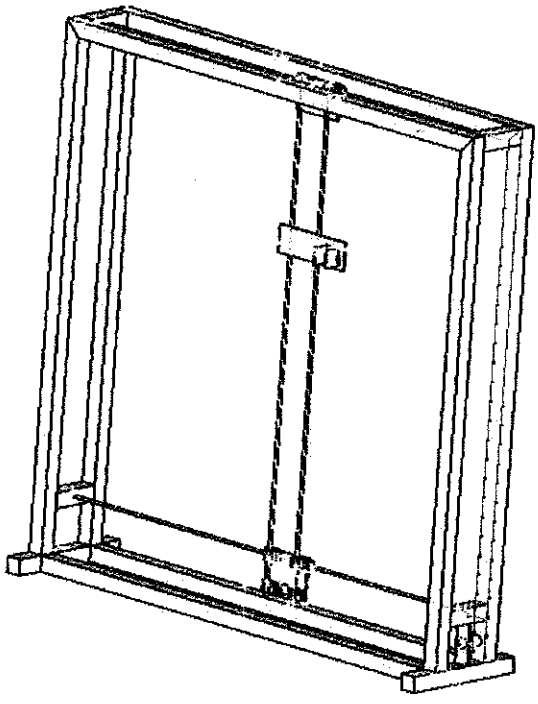
ภาพวาดแสดงการออกแบบแผ่นยึดมอเตอร์ควบคุมทางแกน x

15) สกรู



ภาพวาดแสดงการออกแบบสกรู

แสดงการประกอบชิ้นส่วนทั้งหมด



ภาพวาดแสดงการประกอบชิ้นส่วนทั้งหมด

ภาคผนวก ค

รายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรม

1)โปรแกรมที่ฟอร์ม 1

```
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal
Value As Integer)
Private Declare Sub Sleep Lib "kernel32" (ByVal dwMilliseconds As Long)
Public pwrite As Integer
Dim i, j, m, z As Integer
Dim row, col As Integer
Dim k, junk As String
Dim column, outputExcel
Private Sub Command3_Click()
Form2.Show
End Sub
Private Sub Form_load()
   Command1.Caption = "Forward"
   Command2.Caption = "Reset"
   MSComm1.CommPort = 1
   MSComm1.Settings = "9600, n , 8, 1"
   MSComm1.PortOpen = True
 column = Array("A", "B", "C", "D", "E", "F", "G", "H", "I", "J", "K", "L", "M", "N", "O", "P",
"Q", "R", "S", "T", "U", "V", "W", "X", "Y", "Z", "AA", "AB", "AC", "AD", "AE", "AF", "AG",
"AH", "AI", "AJ", "AK", "AL", "AM", "AN", "AO", "AP", "AQ", "AR", "AS", "AT", "AU",
"AV", "AW", "AX")
   m = 0
   row = 60
   col = 0
```

```
    Text1.Text = 109.5
    Text2.Text = 93.5
    Text3.Text = 139
    Text4.Text = 390
    pwrite = &H378
    Out pwrite, &H0
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    MSComm1.Output = "s"
    MSComm1.PortOpen = False
End Sub
Private Sub Command1_Click()
    Sleep (100)
    MSComm1.DTREnable = False
    MSComm1.DTREnable = True
    MSComm1.InputLen = 0
    MSComm1.Output = "d"
    junk = MSComm1.Input
    Set outputExcel = CreateObject("Excel.Application")
    outputExcel.Workbooks.Add
    Sleep (100)
    For j = 1 To 30
        Sleep (2000)
        Call receiveInput
        Sleep (500)
        For i = 1 To 49
            Out pwrite, &H30
            Sleep (Text1.Text)
            Out pwrite, &H0
```

```
    col = col + 1
    Sleep (2000)
    Call receiveInput
    Sleep (500)
Next i
Out pwrite, &H3
Sleep (Text2.Text)
Out pwrite, &H0
Sleep (2000)
row = row - 1
Call receiveInput
Sleep (500)
For i = 1 To 49
    Out pwrite, &H50
    Sleep (Text3.Text)
    Out pwrite, &H0
    col = col - 1
    Sleep (2000)
    Call receiveInput
    Sleep (500)
Next i
row = row - 1
If row > 0 Then
    Out pwrite, &H3
    Sleep (Text2.Text)
    Out pwrite, &H0
End If
```

```
 Next j
    Form2.Show
    outputExcel.Visible = True
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    Out pwrite, &H5
    Sleep (4550)
    Out pwrite, &H0
End Sub
Private Sub receiveInput()
    Const SpeedBaud = 16000
    Dim LngSize As Long, X
    MSComm1.DTREnable = False
    MSComm1.DTREnable = True
    MSComm1.InputLen = 0
    MSComm1.Output = "l"
    Call showOutput
End Sub
Private Sub showOutput()
    MSComm1.Output = "d"
    k = Val(MSComm1.Input)
    outputExcel.Range(column(col) & row).Value = k
      Select Case k
          Case Is > 6
      Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(69, 0, 255)
          Case Is > 5.75
      Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(130, 0, 255)
          Case Is > 5.5
      Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(191, 0, 255)
```

```
    Case Is > 5.25
Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(252, 0, 255)
    Case Is > 5
Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(255, 0, 198)
    Case Is > 4.75
Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(255, 0, 137)
    Case Is > 4.5
Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(255, 0, 76)
    Case Is > 4.25
Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(255, 0, 15)
    Case Is > 4
Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(255, 46, 0)
    Case Is > 3.75
Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(255, 107, 0)
    Case Is > 3.5
Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(255, 168, 0)
    Case Is > 3.25
Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(255, 229, 0)
    Case Is > 3
Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(221, 255, 0)
    Case Is > 2.75
Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(160, 255, 0)
    Case Is > 2.5
Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(99, 255, 0)
    Case Is > 2.25
Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(38, 255, 0)
    Case Is > 2
Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(0, 255, 23)
    Case Is > 1.75
```

```
        Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(0, 255, 84)
            Case Is > 1.5
        Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(0, 255, 145)
            Case Is > 1.25
        Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(0, 255, 206)
            Case Is > 1
        Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(0, 244, 255)
            Case Is > 0.75
        Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(0, 183, 255)
            Case Is > 0.5
        Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(0, 122, 255)
            Case Is > 0.25
        Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(0, 61, 255)
            Case Is <= 0.25
        Form2.outputColor(m).BackColor = RGB(0, 0, 0)
            Case Else
        MsgBox "Not Found"
        End Select
    m = m + 1
End Sub
```

2)โปรแกรมที่ฟอร์ม 2

```
Private Sub Form_load()
    Form2.RefColor(25).BackColor = RGB(69, 0, 255)
    Form2.RefColor(24).BackColor = RGB(130, 0, 255)
    Form2.RefColor(23).BackColor = RGB(191, 0, 255)
    Form2.RefColor(22).BackColor = RGB(252, 0, 255)
    Form2.RefColor(21).BackColor = RGB(255, 0, 198)
    Form2.RefColor(20).BackColor = RGB(255, 0, 137)
```

```
    Form2.RefColor(19).BackColor = RGB(255, 0, 76)
    Form2.RefColor(18).BackColor = RGB(255, 0, 15)
    Form2.RefColor(17).BackColor = RGB(255, 46, 0)
    Form2.RefColor(16).BackColor = RGB(255, 107, 0)
    Form2.RefColor(15).BackColor = RGB(255, 168, 0)
    Form2.RefColor(14).BackColor = RGB(255, 229, 0)
    Form2.RefColor(13).BackColor = RGB(221, 255, 0)
    Form2.RefColor(12).BackColor = RGB(160, 255, 0)
    Form2.RefColor(11).BackColor = RGB(99, 255, 0)
    Form2.RefColor(10).BackColor = RGB(38, 255, 0)
    Form2.RefColor(9).BackColor = RGB(0, 255, 23)
    Form2.RefColor(8).BackColor = RGB(0, 255, 84)
    Form2.RefColor(7).BackColor = RGB(0, 255, 145)
    Form2.RefColor(6).BackColor = RGB(0, 255, 206)
    Form2.RefColor(5).BackColor = RGB(0, 244, 255)
    Form2.RefColor(4).BackColor = RGB(0, 183, 255)
    Form2.RefColor(3).BackColor = RGB(0, 122, 255)
    Form2.RefColor(2).BackColor = RGB(0, 61, 255)
    Form2.RefColor(1).BackColor = RGB(0, 0, 255)
    Form2.RefColor(0).BackColor = RGB(0, 0, 0)
End Sub
Private Sub mnuPrint_Click()
Dim o As Integer
For o = 1 To 1
Form2.PrintForm
Next o
Printer.EndDoc
End Sub
Private Sub mnuExit_Click()
```

```
Dim Response As Variant
   Response = MsgBox("  Are you sure ? ", vbQuestion + vbYesNo, " Exit ")
If Response = vbYes Then
   End
End If
End Sub
```

บรรณานุกรม

[1] **มอเตอร์กระแสตรง** (DC motor). from http://www.sut.ac.th/e-texts/Eng/automatic/ chapter 214.htm, July 2007

[2] **การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง** from http://202.8.85.164/~adisak51/page21.html , January 2000

[3] **พอร์ตขนาน** (Printer Port(LPT) or Parallel Port). from http://thaiio.com/Hardware- cgi/ hardware.cgi?0002, July 2007

[4] สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร. **Visual Basic 6 Basic & Advanced.** สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส, กรุงเทพ ฯ 2547

[5] ชัชวาล ศุภเกษม. **Microsoft Visual Basic 6.0 ภาคปฏิบัติ.** สำนักพิมพ์ ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพ ฯ. 2542.

[6] ธนพล ฉันจรัสวิชัย. **ปฏิบัติการ Visual Basic สำหรับ Common Window.** สำนักพิมพ์ ซีเอ็ด เอ็ดดูเคชั่น, กรุงเทพ ฯ 2547

[7] ฉัททวุฒิ พืชผล, พิชิต สันติกุลานนท์ และ พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร. **คู่มือเรียน Visual Basic 6.** สำนักพิมพ์ โปรวิชั่น, กรุงเทพ ฯ 2547

[8] ผศ.ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรค์. **เอกสารประกอบการเรียนวิชาวิศวกรรมสายอากาศ.** มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา. 2547

ประวัติผู้เขียน

นาย วรงค์ แพทอง เกิดวันที่ 13 มิถุนายน พ.ศ.2527 ภูมิลำเนาอยู่บ้านเลขที่ 47 หมู่ 6 ต.บางหญ้าแพรก อ.พระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ จบการศึกษาชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนอำนวยวิทย์ จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนวัดบวรนิเวศ ปีการศึกษา 2544 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 5 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

นาย นรินทร์ รัตนแก้วบุตร เกิดวันที่ 22 มกราคม พ.ศ.2525 ภูมิลำเนาอยู่บ้านเลขที่ 104/293 หมู่ 3 ม.พระปิ่น 5 แขวงบางบอน เขตบางบอน จังหวัดกรุงเทพ ฯ จบการศึกษาชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียน วัดนางนอง (พิพัฒน์) จบมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนวัดราชโอรส ปีการศึกษา 2543 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 5 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

นาย อนุชิต ขาวงาม เกิดวันที่ 27 มกราคม พ.ศ.2527 ภูมิลำเนาอยู่บ้านเลขที่ 53 หมู่ 2 ตำบลตาภูก กิ่งอำเภอเขวาสินรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ จบการศึกษาประถมศึกษาจากโรงเรียนวัดพรหมสุวรรณสามัคคี จบมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนปัญญาวรคุณและมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนปัญญาวรคุณ ปีการศึกษา 2545 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

ศูนย์บรรณสารและสื่อการเรียน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี