

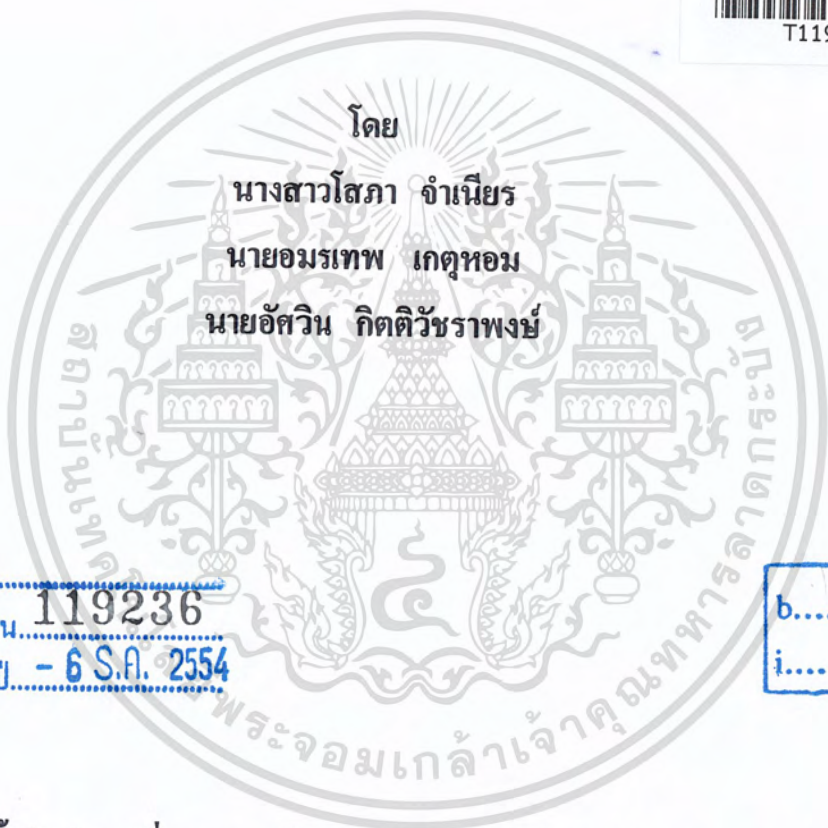
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ

AUTOMATIC CUTTING WIRE MACHINE



T119236



โดย

นางสาวโสภา จำเนียร

นายอมรเทพ เกตุหอม

นายอัศวิน กิตติวัชรพงษ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

119236

- 6 S.ก. 2554

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ

AUTOMATIC CUTTING WIRE MACHINE

โดย

นางสาวโสภา จำเนียร 50011798

นายอมรเทพ เกตุหอม 50011875

นายอัศวิน กิตติวัชรพงษ์ 50011925

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ชนิษฐา แซ่ตั้ง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโท ปีการศึกษา 2553

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ

(AUTOMATIC CUTTING WIRE MACHINE)

ผู้จัดทำ นางสาวโสภา จำเนียร

นายอมรเทพ เกตุหอม

นายอัศวิน กิตติวัชรพงษ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ

นางสาวโสภา จำเนียร 50011798
นายอมรเทพ เกตุหอม 50011875
นายอัศวิน กิตติวัชรพงษ์ 50011925
รศ.พนิชฐา แซ่ตั้ง อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

เครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติจะสามารถตัดและปอกสายไฟได้ตามระยะและจำนวนที่ต้องการ เป็นการควบคุมสแตมป์มอเตอร์ทั้งหมด 3 ชุด คือ ชุดเคลื่อนสายไฟไปตามระยะที่ต้องการ 2 ชุด และชุดใบมีดสำหรับตัดและปอก 1 ชุด โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC16F877A รวมทั้งสามารถกำหนดระยะของการตัดและปอก รวมทั้งสามารถกำหนดขนาดของสายไฟได้ทั้งหมด 4 ขนาด คือ 24 AWG, 20 AWG, 18 AWG และ 16 AWG ซึ่งกำหนดจำนวนเส้นของการตัดและปอกได้โดยเป็นควบคุม อีกทั้งยังประกอบด้วยวงจรจับสแตมป์มอเตอร์ซึ่งเป็นส่วนของการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และสแตมป์มอเตอร์ โดยจ่ายไฟฟ้าเลี้ยงวงจรสแตมป์มอเตอร์ 24 V และจ่ายไฟฟ้าเลี้ยงจ่ายไมโครคอนโทรลเลอร์ 5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC CUTTING WIRE MACHINE

MissSopa Jamnean ID.50011798

Mr.Amornthep Gedhom ID.50011875

Mr.Assawin Kitivharapong ID.50011925

Assoc.Prof.Khanittha Saetang Advisor

Education Year 2010

Abstract

The cutting wire and peel machine consists of 3 stepping motor, each motor have 4 poles controlled by microcontroller (PIC16F877A) for full step 2 phases. The first two motors are set of roller for drive wire and dimensioning. The second is set for cutting knives and peel. The machine has display for define length of wire and peel, size and number of wire by menu. All circuits drive stepping motors controlled by Microcontroller programming.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
บทที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ	1
บทที่ 2 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ	2
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC	2
2.1.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์	2
2.1.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC)	2
2.1.3 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ 16F877	10
2.1.4 คุณสมบัติของ 16F877	11
2.1.5 โครงสร้างภายในชิพ	12
2.1.6 การเขียนโปรแกรม Microcontroller	13
2.2 สเต็ปมอเตอร์ (STEPPING MOTOR)	14
2.2.1 ชนิดของสเต็ปมอเตอร์	14
2.2.2 การทำงานของ Stepping Motor	16
2.2.3 ข้อดีของสเต็ปมอเตอร์	19
2.2.4 วิธีการตรวจสอบหาเฟสของขดลวดสเต็ปมอเตอร์	20
2.3 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์ (DRIVE)	21
2.3.1 ซัพเพรสเซอร์ (SUPPRESSOR)	22
2.3.2 วงจรขับ	23
บทที่ 3 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ	26
3.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ	26
3.1.1 Microcontroller	26
3.1.2 การกำหนดค่าที่ใช้ในการทำงาน	26
3.1.3 การกำหนดค่า รับค่าจากปุ่มกดและเก็บค่าโดย microcontroller	27
3.1.4 วงจรขับ Stepping Motor	30
3.1.5 ภาคจ่ายไฟ	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ลำดับขั้นตอนและหลักการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ	32
3.3 Flowchart ของการทำงานในส่วนต่างๆ ของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ	38
3.3.1 การรับค่าจากปุ่มกดและ โมดูล LCD	38
3.3.2 การทำงานของชุด Stepping Motor	40
3.4 วงจรรวม	43
บทที่ 4 ผลการทดลอง	44
4.1 ความยาวที่ได้จากการตัดสายไฟ	44
4.1.1 ความยาวของสายไฟทั้งหมด	44
4.1.2 ความยาวของระยะการปอก	50
4.2 กระแสที่ใช้ทั้งหมด	53
4.3 กำลังทั้งหมด	54
4.4 กราฟแสดงสัญญาณพัลส์ที่สแต็ปมอเตอร์	54
4.5 เครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ	55
บทที่ 5 สรุปผล	58
5.1 สรุปผลการทำงาน	58
5.2 วิเคราะห์ปัญหา	59
ภาคผนวก ก	
ภาคผนวก ข	
กิตติกรรมประกาศ	
อ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบของเครื่องตัดสายไปอัดโนมิต	1
รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์	2
รูปที่ 2.2 Microcontroller PIC 40 ขา	5
รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างภายในชิพ	12
รูปที่ 2.4 ไดอะแกรมแสดงการเขียนโปรแกรม	13
รูปที่ 2.5 โครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์	14
รูปที่ 2.6 สเต็ปมอเตอร์ ชนิดมีสาย 6 เส้น	15
รูปที่ 2.7 สเต็ปมอเตอร์ ชนิดมีสาย 5 เส้น	15
รูปที่ 2.8 โครงสร้างและวงจรเทียบเท่า (equivalent circuit) ของมอเตอร์ ชนิด 4 ขด	16
รูปที่ 2.9 สัญญาณพัลส์แสดงการทำงานการควบคุมแบบ Full Step 1 เฟส หรือแบบเวฟ (wave)	17
รูปที่ 2.10 สัญญาณพัลส์แสดงการทำงานการควบคุมแบบ Full Step 2 เฟส หรือแบบ 2 เฟส	18
รูปที่ 2.11 สัญญาณพัลส์แสดงการทำงานการควบคุมแบบ Half Step หรือแบบครึ่งสเต็ป	19
รูปที่ 2.12 การใช้มิเตอร์วัดค่าความต้านทาน	20
รูปที่ 2.13 แสดงการต่อวงจรเพื่อทดสอบ โดยการสวิตช์เพื่อหาลำดับ	20
รูปที่ 2.14 แสดงวิธีขั้วเอาท์พุทของสเต็ปมอเตอร์	21
รูปที่ 2.15 วงจรสมมูลย์ (equivalent circuit) ของสเต็ปมอเตอร์	21
รูปที่ 2.16 ใช้ไดโอดซัพเพรสเซอร์	22
รูปที่ 2.17 ใช้ไดโอดและตัวต้านทานซัพเพรสเซอร์	22
รูปที่ 2.18 ใช้ซีเนอร์ไดโอดซัพเพรสเซอร์	23
รูปที่ 2.19 ใช้ตัวเก็บประจุซัพเพรสเซอร์	23
รูปที่ 2.20 วงจรขับซึ่งสามารถดัดแปลงไปใช้กับไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์อื่นได้	24
รูปที่ 2.21 แสดงการต่อวงจรขับสเต็ปมอเตอร์โดยใช้ไอซีสำเร็จรูป และวงจรทรานซิสเตอร์	25
รูปที่ 3.1 Microcontroller (PIC16F877A)	26
รูปที่ 3.2 ลักษณะของปุ่มกดรับค่า	27
รูปที่ 3.3 หน้าที่ 1 ของจอ LCD เมื่อเปิดเครื่อง	27
รูปที่ 3.4 หน้าที่ 2 ของ LCD	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 หน้าที 3 ของ LCD	28
รูปที่ 3.6 หน้าที 4 ของ LCD	28
รูปที่ 3.7 หน้าที 5 ของ LCD	29
รูปที่ 3.8 หน้าที 6 ของ LCD	29
รูปที่ 3.9 หน้าที 7 ของ LCD	29
รูปที่ 3.10 วงจรการรับค่าจาสวิตช์และ LCD	30
รูปที่ 3.11 วงจรขับ Stepping Motor	31
รูปที่ 3.12 ภาคจ่ายไฟ	31
รูปที่ 3.13 ชูค Stepping Motor ขณะก่อนทำงาน	32
รูปที่ 3.14 ชูค Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 1	32
รูปที่ 3.15 ชูค Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 2	33
รูปที่ 3.16 ชูค Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 3	33
รูปที่ 3.17 ชูค Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 4	34
รูปที่ 3.18 ชูค Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 5	34
รูปที่ 3.19 ชูค Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 6	35
รูปที่ 3.20 ชูค Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 7	35
รูปที่ 3.21 ชูค Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 8	36
รูปที่ 3.22 ชูค Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 9	36
รูปที่ 3.23 ชูค Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 10	37
รูปที่ 3.24 Flowchart การรับค่าจากปุ่มกดและ โมดูล LCD	38
รูปที่ 3.25 Flowchart การทำงานของชูค Stepping Motor	40
รูปที่ 3.26 วงจรรวม	43
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความยาวที่ได้จากการตัดสายไฟขนาด 18 AWG	47
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความยาวที่ได้จากการตัดสายไฟขนาด 20 AWG	48
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความยาวที่ได้จากการตัดสายไฟขนาด 22 AWG	48
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความยาวที่ได้จากการตัดสายไฟขนาด 24 AWG	49
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของความยาวที่ตัดได้ที่ระยะต่างๆ	49
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของระยะปอกที่ค่าต่างๆ	53
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงสัญญาณพัลส์ที่สเต็ปมอเตอร์โดยใช้ค่า delay 4 ms	54
รูปที่ 4.8 ภาพด้านหน้าของเครื่อง	55
รูปที่ 4.9 ภาพด้านบนของเครื่อง	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 ภาพด้านซ้ายของเครื่อง	56
รูปที่ 4.11 ภาพด้านขวาของเครื่อง	56
รูปที่ 4.12 ภาพด้านหลังของเครื่อง	57



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 2.1 รายละเอียดคุณสมบัติพอร์ต์ A	6
ตารางที่ 2.2 รายละเอียดคุณสมบัติพอร์ต์ B	7
ตารางที่ 2.3 รายละเอียดคุณสมบัติพอร์ต์ C	8
ตารางที่ 2.4 รายละเอียดคุณสมบัติพอร์ต์ D	9
ตารางที่ 2.5 รายละเอียดคุณสมบัติพอร์ต์ E	10
ตารางที่ 2.6 แสดงการทำงานการควบคุมแบบ Full Step 1 เฟส หรือแบบเวฟ (wave)	17
ตารางที่ 2.7 แสดงการทำงานการควบคุมแบบ Full Step 2 เฟส หรือแบบ 2 เฟส	18
ตารางที่ 2.8 แสดงการทำงานการควบคุมแบบ Half Step หรือแบบครึ่งสเต็ป	19
ตารางที่ 4.1 แสดงการวัดสายไฟขนาดและความยาวต่างๆ ที่ให้ระยะปอก = 0.5 cm.	44
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยที่ได้จากการตัดสายไฟจากค่าต่างๆที่กำหนด	46
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น	47
ตารางที่ 4.4 แสดงการวัดระยะปอกของสายไฟขนาดและความยาวต่างๆ	50
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยที่ได้จากการปอกสายไฟจากค่าต่างๆที่กำหนด	52
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น	52
ตารางที่ 4.4 กระแส Output สูงสุดที่วัดได้	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

แนวคิดเกี่ยวกับเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ

ในปัจจุบันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันอย่างมาก เนื่องด้วยความสะดวกสบายในการใช้งานและการพัฒนาประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องของอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งจะอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานอย่างมาก อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆจึงเป็นที่ต้องการของตลาด และส่งผลให้ภาคอุตสาหกรรมการผลิตพัฒนางานให้มีคุณภาพสูงขึ้น ซึ่งสายไฟเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ และภาคอุตสาหกรรมการผลิต ซึ่งฝ่ายผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆในปัจจุบันเลือกที่จะสั่งซื้อสายไฟสำเร็จรูปมาใช้ แม้แต่ในงานทั่วไป เช่น งานซ่อม งานในห้องทดลอง หรือ งานของนักเรียนนักศึกษาเอง ก็เลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องใช้สายไฟอีกด้วย ทั้งนี้ เพื่ออำนวยความสะดวก และช่วยผ่อนแรงในงานด้านต่างๆ จึงออกแบบเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติขึ้นมา ซึ่งเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติจะสามารถตัดสายไฟและปอกสายไฟทั้ง 2 ด้านของสายไฟได้ เครื่องตัดสายไฟอัตโนมัตินี้ถูกออกแบบให้สามารถกำหนดระยะสายไฟ ระยะการปอก และจำนวนสายไฟที่ต้องการได้ สามารถตัดและปอกสายไฟได้ 3 ขนาดที่มักจะใช้งานกันทั่วไป ซึ่งนำสวิตช์และโมดูล LCD มาใช้ในการรับค่าระยะสายไฟ ระยะการปอก และจำนวนสายไฟ จากนั้นค่าทั้งหมดก็จะถูกเก็บไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC16F877A) ที่นำมาประยุกต์ใช้งาน และนำค่าในไมโครคอนโทรลเลอร์ไปควบคุมการทำงานของชุด Stepping Motor โดยมีวงจรขับ Stepping Motor ที่ใช้ทรานซิสเตอร์ (BD139) ในการขับสัญญาณที่มาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งการทำงานของ Stepping Motor ก็จะมีลำดับขั้นตอนต่างๆตามที่ได้โปรแกรมไว้



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

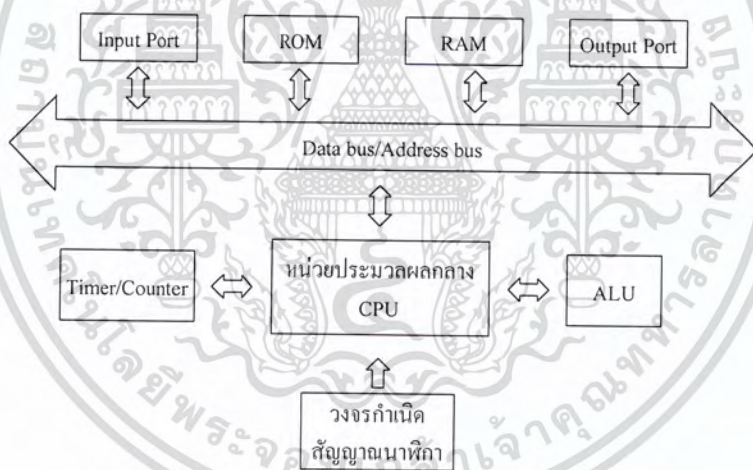
บทที่ 2

อุปกรณ์หลักที่ใช้ในเครื่องตัดสายไปอัตโนมัติ

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

2.1.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่ง ซึ่งภายในประกอบด้วยวงจรอื่นๆ หลายวงจรและทำงานร่วมกัน เช่น หน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU: Arithmetic Logic Unit) วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) หน่วยความจำ (Memory: ROM, RAM) วงจรรับสัญญาณอินพุตและขับสัญญาณเอาต์พุต (I/O port) เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานควบคุมได้ดี เนื่องจากสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมได้อย่างอิสระ ตามความต้องการ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีวงจรพื้นฐานประกอบอยู่ภายในชิป เช่น หน่วยความจำ RAM, ROM และ I/O port ดังนั้น ในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จึงมีขนาดเล็ก



รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC)

Microcontroller PIC มีโครงสร้างหลายลักษณะ ทั้ง 8 pins, 14 pins, 18pins, 28 pins และ 40 pins ซึ่งมีให้เลือกใช้มากมายขึ้นอยู่กับว่าจะเลือกใช้ขนาด Memory เท่าใดให้เหมาะกับลักษณะงานที่ทำ โดยสามารถแบ่งหน่วยความจำได้ 3 แบบ คือ

1. หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช (FLASH Program Memory) มีความจุ 1 ถึง 32 kwords
2. หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory RAM) มีขนาดความจุ 64 ถึง 1536 bytes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.หน่วยความจำแบบอีอีพรอม (EEPROM Data Memory) มีขนาดความจุถึง 256 bytes Microcontroller PIC16F877 มีพอร์ตใช้งานทั้งสิ้น 5 พอร์ต คือ PORTA 6 บิต , PORTB 8 บิต , PORTC 8 บิต , PORTD 8 บิต และ PORTE 3 บิต เป็นพอร์ตแบบมี 2 ทิศทาง คือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุต และ เอาต์พุต และยังเป็นพอร์ตที่สามารถแปลงสัญญาณ ADC (Analog to Digital converter) ได้อีกด้วย Microcontroller PIC มีคุณลักษณะต่อไปนี้

- มีพอร์ต I/O ขนาด 3 บิต , 6 บิต , 8 บิต จำนวน 5 พอร์ต
- มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช 1 ถึง 32 kwords
- มีหน่วยความจำข้อมูลแรม RAM 64 ถึง 1536 bytes
- มีหน่วยความจำข้อมูล อีอีพรอม EEPROM 256 bytes
- Timer / Counter
 - Timer 0 ขนาด 8 บิต
 - Timer 1 ขนาด 16 บิต
 - Timer 2 ขนาด 8 บิต
- มีกระแสซิงก์และกระแสซอร์ส (High Sink/Source Current) 25 mA
- มีวงจรแปลงสัญญาณ Analog to Digital Converter 10 บิต
- มีวงจรสื่อสารแบบอนุกรมทั้ง SPI และ I2C (Master/Slave)
- มีวงจร Pulse Width Modulation (PWM) ความละเอียดสูงถึง 10 บิต
- มีหน่วยความจำแบบ Flash สามารถเขียนและลบได้มากกว่า 100,000 ครั้ง

2.1.2.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit)

CPU เปรียบได้กับสมองของคนเรานั่นเอง เพราะการคำนวณต่างๆเกิดขึ้นที่นี้ CPU ประกอบด้วย วงจรต่างๆหลายวงจร เช่น วงจรควบคุมเวลาและระบบการทำงาน (Timing and Control Unit) ซึ่งจะทำให้หน้าที่จัดการทั้งหมดของวงจร ทั้งประมวลผลและควบคุมตามคำสั่งที่ได้รับ การคำนวณทางคณิตศาสตร์ และลอจิก (ALU:Arithmetic and Logic Unit) จะทำหน้าที่คำนวณและประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรถอดรหัสคำสั่ง (Instruction Decoder) จะทำหน้าที่แปลงคำสั่งทั้งหมดให้เป็นภาษาเครื่อง (Machine Language) วงจรควบคุมการทำงานของ Counter (Program Counter) วงจรควบคุมสัญญาณนาฬิกา (Oscillator) ตลอดจนหน่วยความจำภายใน Register , Adder , Subtraction , Buffer และอื่นๆที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและประมวลผลของ CPU เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 หน่วยความจำ (Memory Unit)

ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นต้องคำนึงถึงชนิดของหน่วยความจำและวิธีการเข้าถึงด้วย ซึ่งต่างจากการเขียนบน PC ที่สนใจเพียงชนิดของตัวแปรว่าจะใช้เก็บข้อมูลประเภทใด สำหรับหน่วยความจำในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC นั้น จะมีหน่วยความจำในการใช้งาน 3 ประเภทดังนี้

- หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช (FLASH Program Memory)

หน่วยความจำแบบแฟลช (Flash ROM) ในปัจจุบันนี้หน่วยความจำชนิดนี้ได้ถูกนำมาใช้กับ Microcontroller หลายบริษัทหลายรุ่น โดยมีคุณสมบัติในการเขียนโปรแกรมและลบโปรแกรมได้มากกว่า 100,000 ครั้ง ซึ่งการทำงานจะมีความเร็วสูงมากเหมาะกับการพัฒนางานที่มีขนาดใหญ่

- หน่วยความจำโปรแกรม (Data Memory RAM)

หน่วยความจำส่วนนี้มีไว้ใช้เก็บข้อมูลขณะประมวลผลโปรแกรม สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ขณะมีไฟเลี้ยงแต่เมื่อไม่จ่ายไฟ ข้อมูลต่างๆจะสลายไป หากหน่วยความจำส่วนนี้ไม่พอใช้งานจะต้องต่อหน่วยความจำภายนอกแรมเพิ่ม (External RAM หรือ Data Memory) ปัจจุบันเทคโนโลยีก้าวหน้าขึ้น ชิปปบางตัวบรรจุหน่วยความจำประเภท Data Memory เข้าไปในชิปเลย

- หน่วยความจำแบบอีอีพรอม (EEPROM Data Memory)

หน่วยความจำแบบ EEPROM เป็นหน่วยความจำที่สามารถเขียนและลบโปรแกรมด้วยกระแสไฟฟ้า ในหน่วยความจำถาวรของ PROM (Programmable Read Only Memory) โดยภายในมีการพัฒนาให้ RAM (RANDOM Access Memory) ที่มีหน่วยความจำชั่วคราวให้เก็บข้อมูลได้ถาวรแบบหน่วยความจำ ROM (Read Only Memory) โดยสามารถเขียนและลบโปรแกรมหลายๆครั้งได้

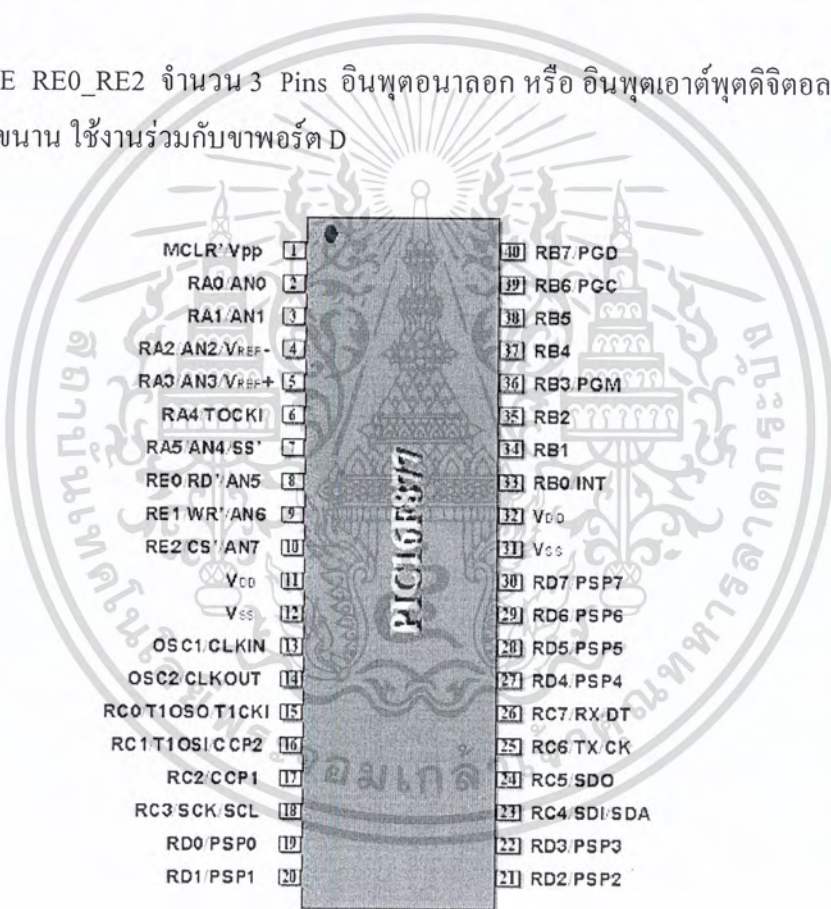
2.1.2.3 พอร์ตอินพุท/เอาต์พุต (I/O Port)

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีพอร์ตสำหรับติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอก แล้วแต่วัตถุประสงค์ในการใช้งานและคุณสมบัติของพอร์ต โดยสามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกทำหน้าที่เป็นอินพุทเอาต์พุตได้ เช่น Pushbutton, Keypad, Sensor ,LCD , Timer/Counter ตลอดจนการแปลงสัญญาณ Analog to Digital Converter เป็นต้น Microcontroller PIC ถูกพัฒนามาเพื่อใช้งานด้านอุตสาหกรรมโดยมีการผลิตมากมายหลายชนิดหลายรุ่น ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้สำหรับ Microcontroller PIC16F877A ขนาด 40 Pins มีขาสัญญาณที่ใช้ติดต่ออินพุท/เอาต์พุต 33 Pins ดังนี้

- PORTA RA0_RA5 จำนวน 6 Pins อินพุทอนาลอก หรือ อินพุทเอาต์พุตดิจิทัล อินพุทสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกของไทมเมอร์ 0 ผ่านทางขา RA4/T0CKI เอาต์พุตเปรียบเทียบสัญญาณอนาลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- PORTB RB0_RB7 จำนวน 8 Pins อินพุตเอาต์พุตดิจิทัล สามารถพูลอัพ (Pull-up)ขาพอร์ต ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ได้ อินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอก (External Interrupt) ที่ขา RB0/INT และอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ (Interrupt-on-change) ที่ขา RA4-RA7
- PORTC RC0_RC7 จำนวน 8 Pins อินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาโมดูล CCP อินพุตตรวจจับสัญญาณ เอาต์พุตเปรียบเทียบข้อมูล และสร้างสัญญาณ PWM ขาโมดูล Usart สื่อสารข้อมูล อนุกรมแบบ SPI , I2C และ RS-232 (UART)
- PORTD RD0_RD7 จำนวน 8 Pins อินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตขนานเสริม (Parallel slave port)
- PORTE RE0_RE2 จำนวน 3 Pins อินพุตอนาลอก หรือ อินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาอ่านเขียน พอร์ตขนาน ใช้งานร่วมกับขาพอร์ต D



รูปที่ 2.2 Microcontroller PIC 40 ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดคุณสมบัติพอร์ต

- พอร์ต A

ขาพอร์ต	บิตที่	บัฟเฟอร์	รายละเอียดการทำงาน
RA0/AN0	0	TTL	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตอินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลช่องที่ 0
RA1/AN1	1	TTL	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตอินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลช่องที่ 1
RA2/AN2/Vref- Cvref	2	TTL	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตอินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลช่องที่ 2 อินพุตแรงดันอ้างอิงลบวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล เอาต์พุตแรงดันอ้างอิงของโมดูลแรงดันอ้างอิง
RA3/AN3/Vref+	3	TTL	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตอินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลช่องที่ 3 อินพุตแรงดันอ้างอิงบวกของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอก เป็นดิจิทัล
RA4/TOCKI /C1OUT	4	ST	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล อินพุตสัญญาณนาฬิกาภายนอกของไทมเมอร์ 0 เอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบแรงดันอนาลอกช่องที่ 1 (Comparator) หรือ Output แบบ Open Drain
RA5/SS/AN4 /C2OUT	5	TTL	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตอินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลช่องที่ 4 ขาอินพุตสัญญาณSLAVE select สำหรับสื่อสารอนุกรม ซิงโครนัส เอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบแรงดันอนาลอกช่องที่ 2

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดคุณสมบัติพอร์ต A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พอร์ต B

ขาพอร์ต	บิตที่	บัฟเฟอร์	รายละเอียดการทำงาน
RB0/INT	0	TTL /ST (1)	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล
RB1	1	TTL	ขาพอร์ตอินพุตสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอก ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล
RB2	2	TTL	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล
RB3/PGM	3	TTL	อินพุตรับแรงดันโปรแกรมต่ำ +5V (โหมด LVP) หาก Enable ไว้
RB4	4	TTL	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล ขาพอร์ตอินเทอร์รัปต์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลอจิกหาก Enable ไว้
RB5	5	TTL	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล ขาพอร์ตอินเทอร์รัปต์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลอจิกหาก Enable ไว้
RB6 / PGC	6	TTL/ST(2)	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล ขาพอร์ตอินเทอร์รัปต์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลอจิกหาก Enable ไว้ ขาสัญญาณนาฬิกาของการดีบักในวงจร (ICD)
RB7 / PGD	7	TTL/ST(2)	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล ขาพอร์ตอินเทอร์รัปต์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลอจิกหาก Enable ไว้ ขาสัญญาณนาฬิกาของการดีบักในวงจร (ICD)

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดคุณสมบัติพอร์ต B

หมายเหตุ TTL หมายถึง อินพุตแบบ TTL, ST หมายถึง อินพุตแบบเซมิคัตทริกเกอร์

- (1).อินพุตบัฟเฟอร์แบบเซมิคัตทริกเกอร์ เมื่อใช้งานอินพุตรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอก
- (2).อินพุตบัฟเฟอร์แบบเซมิคัตทริกเกอร์เมื่อใช้งานใน โหมด โปรแกรมแบบอนุกรมหรือ ICD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พอร์ต C

ขาพอร์ต	บิตที่	บัฟเฟอร์	รายละเอียดการทำงาน
RC0/T10S0 /T1CKI	0	ST	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตเอาต์พุตวงจรรอสซิงเลเตอร์ของไทมเมอร์ 1 ขาพอร์ตอินพุตสัญญาณนาฬิกาของไทมเมอร์ 1
RC1/T10SI/CCP2	1	ST	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตอินพุตวงจรรอสซิงเลเตอร์ของไทมเมอร์ 1 ขาพอร์ตอินพุตวงจรรีบสัญญาณ/วงจรรเอาต์พุตเปรียบเทียบ /วงจรรเอาต์พุต PWM โมดูล CCP2
RC2/CCP1	2	ST	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตอินพุตวงจรรีบสัญญาณ/วงจรรเอาต์พุตเปรียบเทียบ /วงจรรเอาต์พุต PWM โมดูล CCP2
RC3/SCK/SCL	3	ST	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตสัญญาณนาฬิกาของวงจรร SPI และบัส I2C
RC4/SDI/SDA	4	ST	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตอินพุตของวงจรร SPI และข้อมูลอนุกรมของบัส I2C
RC5/SDO	5	ST	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตเอาต์พุตของวงจรร SPI
RC6/TX/CK	6	ST	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตเอาต์พุตการสื่อสารอนุกรมของวงจรร USART แบบอะซิงโครนัส ขาสัญญาณนาฬิกาแบบซิงโครนัส
RC7/RX/DT	7	ST	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตอินพุตการสื่อสารอนุกรมของวงจรร USART (การรับ ข้อมูล แบบอะซิงโครนัส) ขาสัญญาณข้อมูลแบบซิงโครนัส

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดคุณสมบัติพอร์ต C

หมายเหตุ ST หมายถึง อินพุตแบบซิมิตริกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พอร์ต D

ขาพอร์ต	บิตที่	บัฟเฟอร์	รายละเอียดการทำงาน
RD0/PSP0	0	ST/TTL(1)	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตแบบขนานบิต 0
RD1/PSP1	1	ST/TTL(1)	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตแบบขนานบิต 1
RD2/PSP2	2	ST/TTL(1)	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตแบบขนานบิต 2
RD3/PSP3	3	ST/TTL(1)	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตแบบขนานบิต 3
RD4/PSP4	4	ST/TTL(1)	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตแบบขนานบิต 4
RD5/PSP5	5	ST/TTL(1)	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตแบบขนานบิต 5
RD6/PSP6	6	ST/TTL(1)	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตแบบขนานบิต 6
RD7/PSP7	7	ST/TTL(1)	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตแบบขนานบิต 7

ตารางที่ 2.4 รายละเอียดคุณสมบัติพอร์ต D

หมายเหตุ TTL หมายถึง อินพุตแบบ TTL,ST หมายถึง อินพุตแบบชmitttrigger

(3).อินพุตบัฟเฟอร์แบบชmitttrigger เมื่อใช้งานอินพุตเอาต์พุต และ TTL เมื่อใช้งานเป็นพอร์ตขยายแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พอร์ต E

ขาพอร์ต	บิตที่	บัฟเฟอร์	รายละเอียดการทำงาน
RE0/RD/AN5	0	ST/TTL(1)	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตอินพุตควบคุมการอ่านในโหมดส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน ขาพอร์ตอินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล ช่องที่ 5
RE1/WR/AN6	1	ST/TTL(1)	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตอินพุตควบคุมการอ่านในโหมดส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน ขาพอร์ตอินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล ช่องที่ 6
ขาพอร์ต	บิตที่	บัฟเฟอร์	รายละเอียดการทำงาน
RE2/CS/AN7	2	ST/TTL(1)	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล ขาพอร์ตอินพุตควบคุมการอ่านในโหมดส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน ขาพอร์ตอินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล ช่องที่ 7

ตารางที่ 2.5 รายละเอียดคุณสมบัติพอร์ต E

หมายเหตุ TTL หมายถึง อินพุตแบบ TTL, ST หมายถึง อินพุตแบบชmittริกเกอร์

(4).อินพุตบัฟเฟอร์แบบชmittริกเกอร์ เมื่อใช้งานอินพุตเอาต์พุต และ TTL เมื่อใช้งานเป็นพอร์ตขยาย

2.1.3 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ 16F877

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 แบบ Flash Memory มีหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) แบบ RAM 368 bytes และ EEPROM 256 bytes โดย CPU จะมีการจัดสรรพื้นที่ในการใช้งานทั้งหมด 4 bytes ในแต่ละ bank จะมีขนาดสูงสุด 128 bytes โดยในแต่ละ bank จะมีพื้นที่การทำงานแตกต่างกัน การจัดสรรพื้นที่มีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่ bank 0 Address (0X00-0X7F)

Address (0X00-0X1F) เป็นพื้นที่ของ Register

Address (0X20-0X7F) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปโดยมีขนาด 90 bytes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ bank 1 Address (0X80-0XFF)

Address (0X80-0X9F) เป็นพื้นที่ของ Register

Address (0XA0-0XEF) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับการใช้งานทั่วไปโดยมีขนาด 80 bytes

Address (0XF0-0XFF) พื้นที่ในการทำงานจะเหมือนกับ Address (0X70-0X7F) ใน bank 0 โดยสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้

พื้นที่ bank 2 Address (0X100-0X17F)

Address (0X100-0X10F) เป็นพื้นที่ของ Register

Address (0X110-0X11F) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับการใช้งานทั่วไปมีขนาด 16 bytes

Address (0X120-0X16F) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับการใช้งานทั่วไป มีขนาด 80 bytes

Address (0X170-0X17F) พื้นที่ในการทำงานจะเหมือนกับ Address (0X70-0X7F) ใน bank0 โดยสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้

พื้นที่ bank 3 Address (0X180-0X1FF)

Address (0X180-0X18F) เป็นพื้นที่ของ Register

Address (0X190-0X19F) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับการใช้งานทั่วไป โดยมีความยาว 16 bytes

Address (0X1A0-0X1EF) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับการใช้งานทั่วไป โดยมีความยาว 80 bytes

Address (0X1F0-0X1FF) พื้นที่ในการทำงานจะเหมือนกับ Address (0X70-0X7F) bank 0 โดยสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้

2.1.4 คุณสมบัติของ 16F877

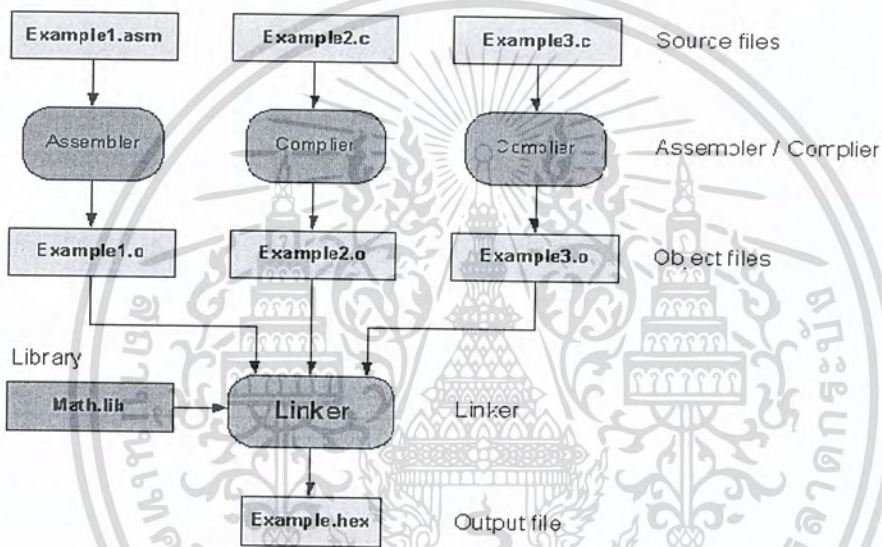
- มีคำสั่งให้ใช้งาน 35 คำสั่ง คำสั่งหนึ่งๆ ใช้เวลาทำงาน 1 ถึง 2 Cycle
- ทำงานได้สูงสุดที่ 20MHz (PIC16F877-20/P) แบบ Pipe-line (มี 2 ท่อ) ทำให้ ณ เวลาหนึ่งทำงาน 2 อย่างพร้อมๆกันได้
- หน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ Flash มีขนาด 8KWord (1 word=14 บิต)
- มี RAM ขนาด 368 ไบต์ ให้ใช้งาน มี EEPROM ขนาด 256 ไบต์
- ตอบสนองกับ Interrupt ได้ทั้งหมด 14 แหล่ง มี Stack ให้ใช้ได้สูงสุด 8 ระดับ
- มีระบบ Power On Reset, Power Up Timer, Oscillator Start-up timer, Watchdog timer
- มีระบบ Code Protection มีโหมดประหยัดพลังงาน
- สัญญาณนาฬิกา有多种ให้เลือกใช้งาน คือ อาจจะใช้ XTAL หรือ วงจร RC
- สามารถโปรแกรมด้วยไฟ +5 VDC ได้ ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2VDC ถึง 5.5 VDC มีระบบตรวจระดับไฟเลี้ยง (Brown-out reset)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 การเขียนโปรแกรม Microcontroller

ภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมบน Microcontroller (MCU) แบ่งได้เช่นเดียวกับการเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์คือ ภาษาระดับสูง และภาษาระดับต่ำ ภาษาระดับสูงเช่น C ข้อดี คือ เขียนง่าย แก้ไขเปลี่ยนแปลง หรือเพิ่มเติมได้ง่าย ส่วนข้อเสียก็คือการทำงานจะช้า ขนาดโปรแกรมที่เขียนมีขนาดใหญ่

ภาษาที่ใช้อาจจะเป็น C ซึ่งอาจจะเขียนร่วมกับ ภาษา assembly โดยไฟล์ที่เขียนจะถูกทำให้กลายเป็น Object files โดย Assembler สำหรับภาษา Assembly และ Compiled โดย Compiler สำหรับภาษาสูง จากนั้นก็ทำการ Link เข้าด้วยกันด้วย Linker ซึ่งขณะทำการ Link ก็จะมีการรวมเอา Library ที่ถูกเรียกใช้ในโปรแกรมเข้าไปรวมด้วยกัน สุดท้ายก็จะออกมาเป็น Hex file



รูปที่ 2.4 โค้ดแกรมแสดงการเขียนโปรแกรม

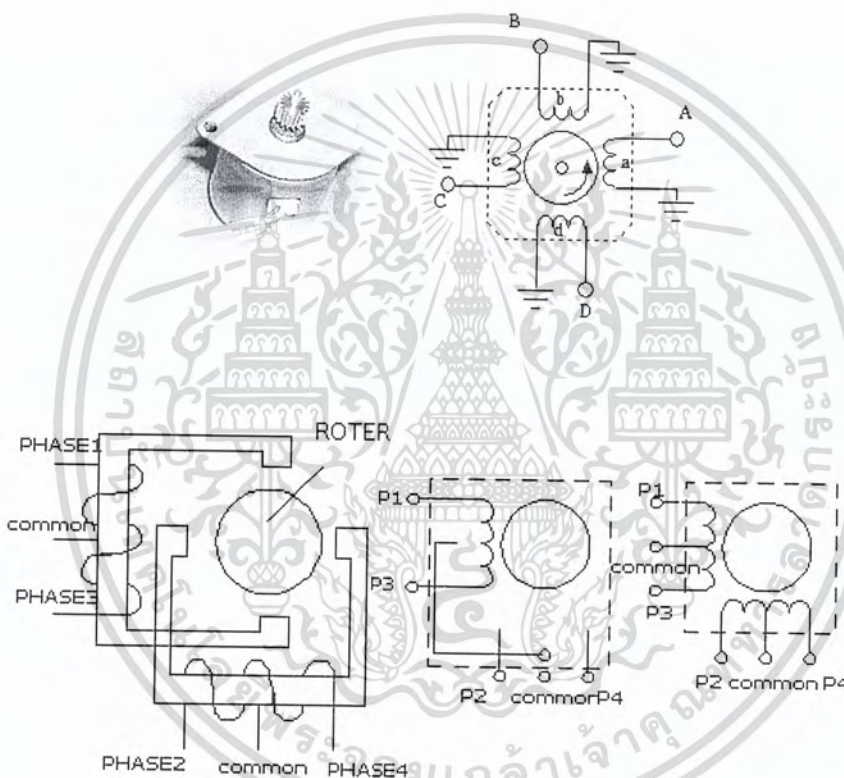
หลังจากได้ Hex file มาแล้ว เราก็จะทำการอัดโปรแกรมเข้าสู่ chip ด้วยตัวโปรแกรมเมอร์ ส่วนใหญ่จะมีรูปแบบคือ มี Software บนคอมพิวเตอร์ สำหรับใช้ในการควบคุมการอ่าน เขียน หรือ ลบ โดยส่วนใหญ่จะเชื่อมต่อไปยัง programmer ด้วย serial, parallel มีราคาให้เลือกตั้งแต่หลักร้อยไปจนถึงหลักหมื่น เมื่ออัดโปรแกรมเข้า chip ได้แล้วเราก็พร้อมจะนำไปทดสอบการทำงานต่อไป

2.2 สเต็ปมอเตอร์ (STEPPING MOTOR)

สเต็ปมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ ลักษณะการขับเคลื่อน จะหมุนรอบแกนได้ 360 องศา มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง แต่มีลักษณะเป็นสเต็ป โดยแต่ละสเต็ปจะขับเคลื่อนได้ 1, 1.5, 1.8 หรือ 2 องศา แล้วแต่ละโครงสร้างของมอเตอร์ลักษณะที่ นำมอเตอร์ไปใช้ จะเป็นงานที่ต้องการตำแหน่งแม่นยำ

โครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์แบบนี้มีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนด้วยกันคือ

1. ส่วนที่ทำการหมุน (Rotor) จะเป็นแม่เหล็กถาวรหรืออื่นๆ
2. ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) เป็นขดลวดที่พันไว้จำนวนหลายๆขด



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์

2.2.1 ชนิดของสเต็ปมอเตอร์

สเต็ปมอเตอร์ที่พบในปัจจุบันมี 3 ลักษณะดังนี้

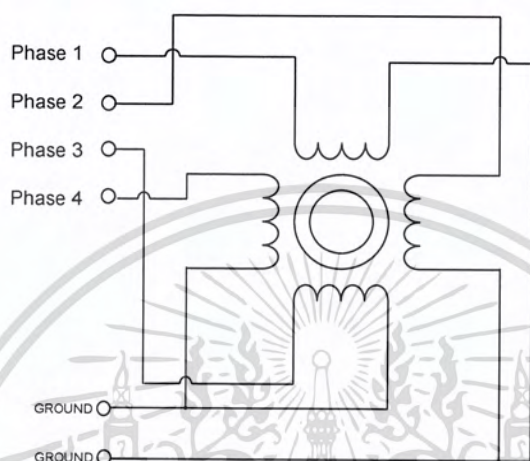
(1) แบบแม่เหล็กถาวร (PERMANENT MAGNET : PM)

สเต็ปมอเตอร์แบบ PM จะมีสเตเตอร์ (STATOR) ที่พันขดลวดไว้หลายๆ โพล โดยมีโรเตอร์ (ROTOR) เป็นรูปทรง กระบอกฟันเลื่อย และโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร เพื่อป้อนไฟกระแสตรง ให้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

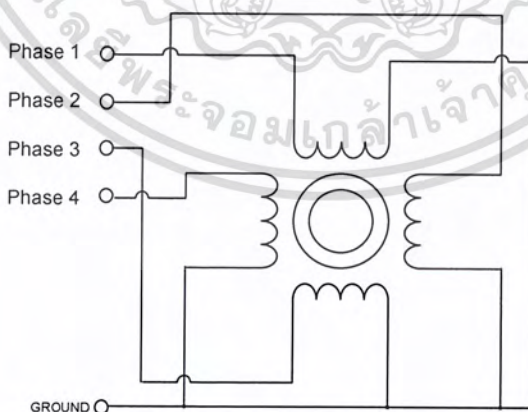
ขดสเตเตอร์ จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้าผลักต่อโรเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนมอเตอร์แบบ PM จะเกิดแรง
 ดึงให้โรเตอร์หยุดอยู่กับที่ แม้จะไม่ได้ป้อนไฟเข้าขดลวดมอเตอร์แบบ PM จะมีอยู่ 2 ชนิด

- ชนิดที่เป็น COMMON ภายนอกสเต็ปมอเตอร์แบบนี้มีสายอยู่ 6 เส้น คือสายที่เป็น
 GROUND 2 เส้น สายที่เป็น PHASE 4 เส้น สาย GROUND 1 เส้น จะ DRIVE PHASE 2 เส้น



รูปที่ 2.6 สเต็ปมอเตอร์ ชนิดมีสาย 6 เส้น

- ชนิดที่เป็น COMMON ภายในสเต็ปมอเตอร์แบบนี้มีสายอยู่ 5 เส้น คือ สายที่เป็น GROUND 1 เส้น
 สายที่เป็น PHASE 4 เส้น



รูปที่ 2.7 สเต็ปมอเตอร์ ชนิดมีสาย 5 เส้น

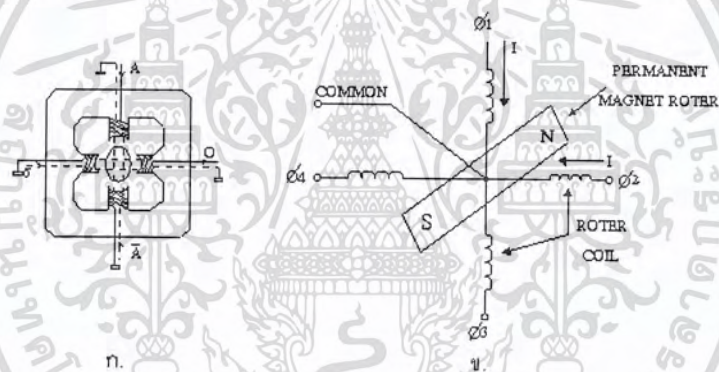
การเรียงเฟสของ SP MOTOR แบบ PM ทั้งชนิดที่เป็น COMMON ภายนอกและชนิดที่เป็น
 COMMON ภายใน ใช้หลักการเดียวกัน
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2).แบบแปรค่ารีลักแตนซ์ (VARIABLE RELUCTANCE- VR)

สเต็ปมอเตอร์แบบVR จะมีการหมุนโรเตอร์ได้อย่างอิสระ แม้จะไม่ได้จ่ายไฟให้โรเตอร์ทำจากสารเฟอร์โรแมกเนติก กำลังอ่อน มีลักษณะเป็นฟันเลื่อย รูปทรงกระบอกโดยจะมีความสัมพันธ์ โดยตรงกับจำนวนโพลในสเตเตอร์ แรงบิดที่เกิดขึ้นจะไปหมุนโรเตอร์ ไปในเส้นทางของอำนาจแม่เหล็กที่มีค่ารีลักแตนซ์ต่ำที่สุด ตำแหน่งที่จะเกิดแน่นอนและมีเสถียรภาพแต่ละจะเกิดขึ้นได้หลายๆ จุดคั้งนั้นเมื่อป้อนไฟเข้าขดลวดต่างๆ ในมอเตอร์แตกต่างกันไป ก็ทำให้มอเตอร์ หมุนไปตำแหน่งต่างๆ กัน โรเตอร์ของ VR จะมีความเฉื่อยของโรเตอร์น้อยจึงมีความเร็วรอบสูงกว่ามอเตอร์แบบ PM

(3).แบบผสม(HYBRID-H)

สเต็ปมอเตอร์แบบ H จะเป็นการผสมของ VR กับ PM โดยจะมีสเตเตอร์คล้ายกับที่ใช้ใน VR โรเตอร์มีหมวกหุ้ม ปลายซึ่งมีลักษณะของสารแม่เหล็กที่มีกำลังสูง โดยการควบคุมขนาดรูปร่างของหมวกแม่เหล็กอย่างดีทำให้ได้มุม การหมุนและครั้งน้อยและแม่นยำ ข้อดีก็คือ ให้แรงบิดสูงและมีขนาดกระทัดรัด และให้แรงจลนศาสตร์โรเตอร์นิ่งกับที่ตอนไม่จ่ายไฟ



รูปที่ 2.8 (ก) โครงสร้าง (ข) วงจรเทียบเท่า (equivalent circuit) ของมอเตอร์ ชนิด 4 ขด

2.2.2 การทำงานของ Stepping Motor

โครงสร้างของ Stepping Motor ประกอบด้วย ขดลวด stator 4 ขด ล้อมรอบแกนหมุน หลัก การทำงาน คือ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด Stator Coil a, b, c, d ดังรูป 2.5 ไม่พร้อมกันนั่นคือ ถ้าเราจ่ายกระแสให้ a ก่อน โดยไม่จ่ายให้ขดอื่น แล้วตามด้วย b, c และ d เรียงตามลำดับ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก หมุนวนในลักษณะทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งส่วนของ Rotor ที่เป็นแม่เหล็กถาวรก็จะหมุนตามสนามแม่เหล็กไป ด้วย คือ ทวนเข็มนาฬิกา ใน ทำนองเดียวกันถ้าเราจ่ายกระแสให้ขด a, d, c, b, a ก็จะทำให้ สนามแม่เหล็ก หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ซึ่งส่งผลให้ Rotor หมุนตามเข็มนาฬิกา ด้วย การกำหนดความเร็วของ Stepping Motor ทำได้โดยการเปลี่ยนแปลง ความเร็วของ การเปลี่ยนการจ่ายกระแสจากขดลวดขดหนึ่งไป ยังอีกขดหนึ่งให้เร็วขึ้น การ กำหนดความเร็วของ Stepping Motor ทำได้โดยการเปลี่ยนแปลง ความเร็วของ การเปลี่ยนการจ่ายกระแสจากขดลวดขดหนึ่ง ไปยังอีกขดหนึ่งให้เร็วขึ้น การควบคุม Stepping Motor แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาติให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

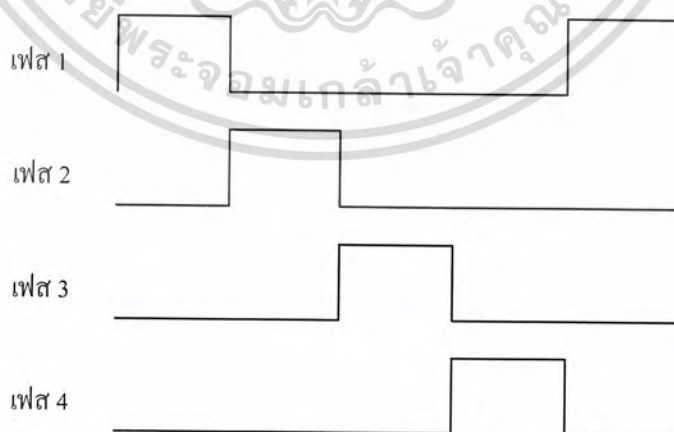
4 เฟส ในการควบคุมการทำงานของ Stepping Motor สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 รูปแบบ คือ ควบคุมแบบ Full Step 1 เฟส หรือแบบเวฟ (wave) ควบคุมแบบ Full Step 2 เฟส หรือแบบ 2 เฟส ควบคุมแบบ Half Step หรือแบบครึ่งสเต็ป

2.2.2.1 ควบคุมแบบ Full Step 1 เฟส หรือแบบเวฟ (wave)

ในการควบคุมการหมุนของ Stepping แบบ 1 เฟสนั้น เราจะต้องกระตุ้นให้มอเตอร์หมุนไปแต่ละ Step โดยจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ Stepping ทีละเฟสตามลำดับ หลักการคือเริ่มจากจ่ายกระแสให้กับขดลวด Stator เฟสที่ 1 จากนั้นกระตุ้นเฟสที่ 2 และ เฟสที่ 3 ไปเรื่อยๆ ตามลำดับ จากนั้นก็วนกลับมาที่ขดลวด Stator เฟสที่ 1 อีกครั้งและวน Loop ไปเรื่อยๆ ก็จะทำให้ Stepping Motor หมุนและในทางกลับกันถ้าต้องการให้ Stepping Motor หมุนกลับทางก็ต้องกระตุ้นขดลวด Stator เฟส 4 เฟส 3 เฟส 2 และ เฟส 1 ตามลำดับ สามารถเขียนขั้นตอนการทำงานเป็นตารางออกมาได้ดังนี้

Step	เฟส 4	เฟส 3	เฟส 2	เฟส 1
Step 1	ON	OFF	OFF	OFF
Step 2	OFF	ON	OFF	OFF
Step 3	OFF	OFF	ON	OFF
Step 4	OFF	OFF	OFF	ON

ตารางที่ 2.6 แสดงการทำงานการควบคุมแบบ Full Step 1 เฟส หรือแบบเวฟ (wave)



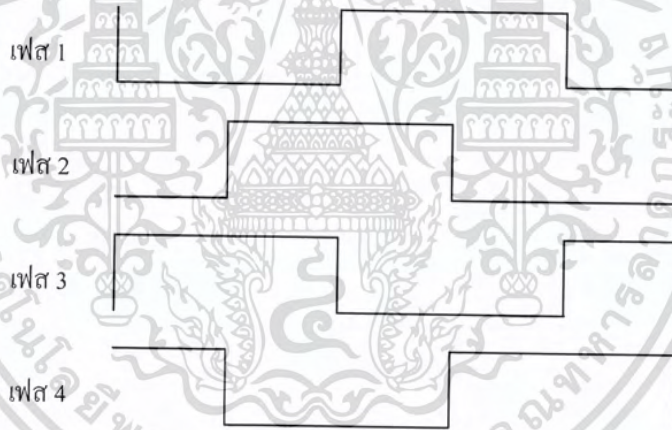
รูปที่ 2.9 สัญญาณพัลส์แสดงการทำงานการควบคุมแบบ Full Step 1 เฟส หรือแบบเวฟ (wave)

2.2.2.2 ควบคุมแบบ Full Step 2 เฟส หรือแบบ 2 เฟส

ในการควบคุม Stepping Motor แบบ 2 เฟสนั้น เราจะต้องจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์ทีละ 2 เฟส ในเวลาเดียวกันและเรียงกันไปตามลำดับซึ่งได้แสดงดังตารางด้านล่าง โดย Stepping Motor จะหมุนเหมือนกับการควบคุมแบบเวฟ แต่การควบคุมแบบ 2 เฟสจะให้แรงบิดที่สูงกว่าแบบเวฟ

Step	เฟส 4	เฟส 3	เฟส 2	เฟส 1
Step 1	ON	ON	OFF	OFF
Step 2	OFF	ON	ON	OFF
Step 3	OFF	OFF	ON	ON
Step 4	ON	OFF	OFF	ON

ตารางที่ 2.7 แสดงการทำงานการควบคุมแบบ Full Step 2 เฟส หรือแบบ 2 เฟส



รูปที่ 2.10 สัญญาณพัลส์แสดงการทำงานการควบคุมแบบ Full Step 2 เฟส หรือแบบ 2 เฟส

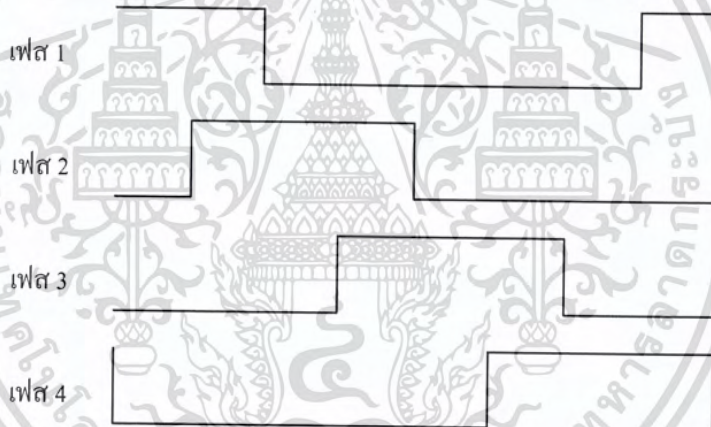
2.2.2.3 ควบคุมแบบ Half Step หรือแบบครึ่งสเต็ป

การ ควบคุม Stepping Motor แบบครึ่งสเต็ปจะทำให้เราสามารถเพิ่มความละเอียดในการควบคุมการหมุนของStepping Motor ได้แม่นยำมากขึ้นซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างการควบคุมแบบเวฟและแบบ Full Step 2 เฟสเข้าด้วยกัน ลักษณะการจ่ายกระแสไฟ เพื่อกระตุ้นขดลวดจะแสดงดังตารางด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step	เฟส 1	เฟส 2	เฟส 3	เฟส 4
Step 1	ON	OFF	OFF	OFF
Step 2	ON	ON	OFF	OFF
Step 3	OFF	ON	OFF	OFF
Step 4	OFF	ON	ON	OFF
Step 5	OFF	OFF	ON	OFF
Step 6	OFF	OFF	ON	ON
Step 7	OFF	OFF	OFF	ON
Step 8	ON	OFF	OFF	ON

ตารางที่ 2.8 แสดงการทำงานการควบคุมแบบ Half Step หรือแบบครึ่งสเต็ป



รูปที่ 2.11 สัญญาณพัลส์แสดงการทำงานการควบคุมแบบ Half Step หรือแบบครึ่งสเต็ป

2.2.3 ข้อดีของสเตปป์มอเตอร์เมื่อเปรียบกับมอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR)

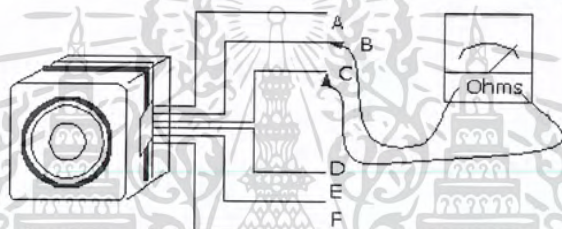
- การควบคุม ไม่ต้องอาศัยตัวตรวจจับการหมุน
- ไม่ต้องใช้แปรงถ่าน ดังนั้นจึงทำให้ไม่มีส่วนที่จะต้องสึกหรอ และปัญหาของการสปาร์ค (ที่เกิดจากหน้าสัมผัสของแปรงถ่านแหวนตัวนำใน โรเตอร์) ที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน
- การควบคุมโดยทางวงจรถิจิตอลหรือไมโครโพรเซสเซอร์ ทำได้ง่าย และสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 วิธีการตรวจสอบหาเฟสของขดลวดสเต็ปมอเตอร์

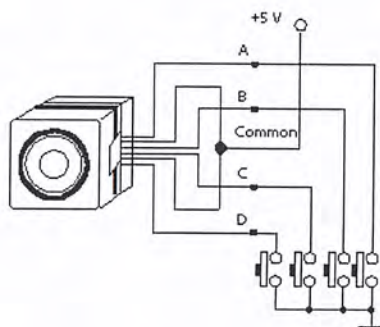
ขั้นตอนที่ 1 ให้สังเกตว่าสเต็ปมอเตอร์ที่นำมาทดลองที่เป็นแบบยูนิโพลาร์ (Uni-polar stepper motor) จะมีจำนวนสาย 5 เส้นหรือ 6 เส้น (ถอดจากคัสก์ไดร์ฟเก่าขนาด 5 นิ้วนำมาใช้งานได้)

ขั้นตอนที่ 2 ใช้มิเตอร์วัดค่าความต้านทานของเส้นลวดในแต่ละขดดังรูป 6.17 ขั้นตอนการวัด ให้หาสายที่ต่อเป็นจุดร่วมเสียก่อน(common) โดยให้ใช้ มัลติมิเตอร์ตั้งค่าไว้สำหรับการวัดค่าความต้านทาน แต่ละเส้น สังเกตที่ค่าความต้านทาน ถ้าหากเราไม่ได้วัดระหว่าง จุดต่อร่วม(common) กับสายแต่ละเส้น ค่าความต้านทานจะมีค่าเป็น 2 เท่าของการวัดระหว่างจุดต่อร่วมกับสายที่ใช้งาน ตัวอย่างเช่น ถ้าให้จุด B เป็นจุดร่วม หากวัดระหว่างที่จุด A กับจุด B จะมีค่าเท่ากับ 60 Ohm แต่ถ้าวัดระหว่างที่จุด A และจุด C ซึ่งไม่ใช่จุดร่วมก็จะได้ค่าเท่ากับ 120 Ohm หากเป็นแบบที่มีสาย 6 เส้นก็จะมีจุดร่วมสองจุด เพราะมีขดลวดคนละชุดกัน และสายที่เป็นจุดร่วมส่วนใหญ่จะมีสีเหมือนกัน ทำนองเดียวกันหากเป็นแบบที่มีสาย 5 เส้นก็จะมีจุดร่วมเพียงจุดเดียวเท่านั้น



รูปที่ 2.12 การใช้มิเตอร์วัดค่าความต้านทาน

ในขั้นตอนที่ 3 หากเป็นแบบที่มีสาย 6 เส้นก็ให้ทำการต่อจุดร่วมเข้าด้วยกันจะได้เป็น 5 เส้น แล้วต่อวงจรตาม รูปหลังจากนั้นให้ทดลองกดสวิตช์ ที่ต่อเข้ากับแต่ละจุด โดยเริ่มที่ จุด A จุด B จุด C และจุด D แล้วให้สังเกตการหมุนของสเต็ปมอเตอร์ว่าหมุนได้ต่อเนื่องหรือไม่ หากมีการกระโดดข้ามสเต็ปก็ให้ทดลองโดยเรียงลำดับการกดสวิตช์ใหม่ จนหาลำดับของสายได้ถูกต้องคือมอเตอร์เดินตามที่สเต็ป อย่างเป็นลำดับ

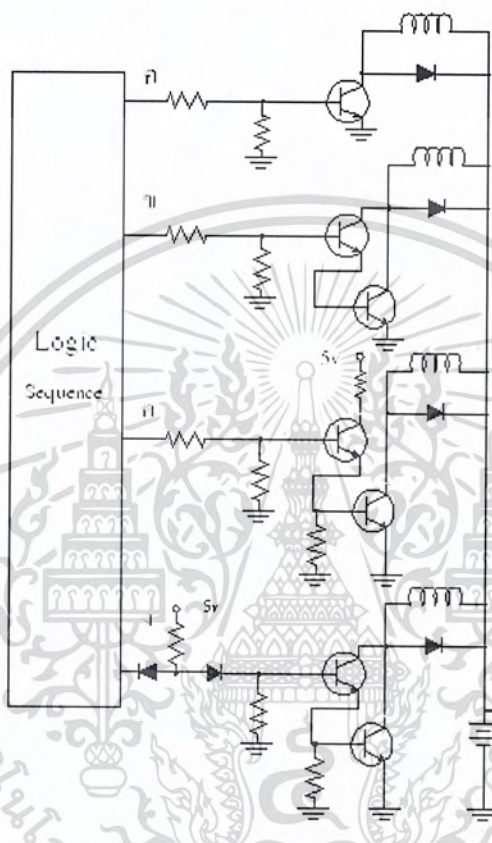


รูปที่ 2.13 แสดงการต่อวงจรเพื่อทดสอบโดยการสวิตช์เพื่อหาลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

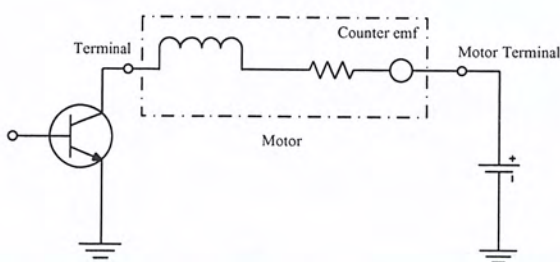
2.3 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์ (DRIVE)

เมื่อเรารู้ซีควนซ์ของมันแล้วต่อไปเราก็ต้องมีวงจร DRIVE ให้แก่ STEPPING MOTOR วิธีที่ง่ายที่สุดในการ ต่อวงจรซีควนซ์เข้ากับวงจรขับ คือ การต่อโดยตรง ดึงเอาที่พุด ก และ ข แต่ถ้ากระแสเอาที่พุดของวงจรซีควนซ์ไม่เพียงพอก็ต้องต่อ บัฟเฟอร์ (BUFFER) เพื่อขยายกระแสดังรูป เอาที่พุด ค และ ง



รูปที่ 2.14 แสดงวิธีขับเอาที่พุดของสเต็ปมอเตอร์

ขดลวดของสเต็ปมอเตอร์เป็น โหลดชนิดตัวเหนี่ยวนำ และมีค่าเปรียบเสมือนผลรวมของความเหนี่ยวนำ (Inductance) อนุกรมกับความต้านทาน



รูป 2.15 วงจรสมมูล (equivalent circuit) ของสเต็ปมอเตอร์

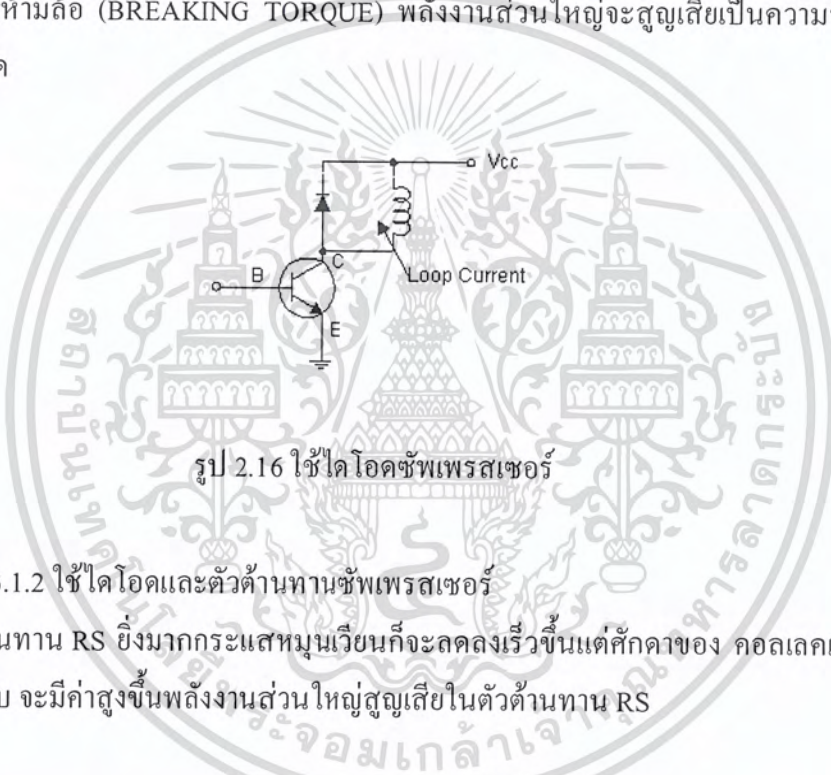
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูยตใหนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ซัพเพรสเซอร์ (SUPPRESSOR)

เมื่อทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแสจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าค่าสูงจำนวนหนึ่งเนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงของกระแสในตัวเหนี่ยวนำ และแรงเคลื่อนไฟฟ้านี้จะเป็นอันตรายต่อทรานซิสเตอร์ได้ สามารถป้องกันได้ด้วยวิธีการต่อไปนี้

2.3.1.1 ใช้ไดโอดซัพเพรสเซอร์

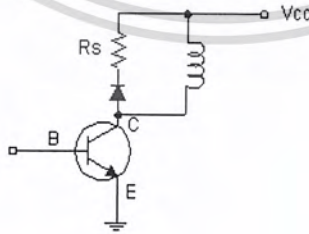
กระแสหมุนเวียน CIRCULATING CURRENT จะเริ่มไหลหลังจากทรานซิสเตอร์ หยุดนำกระแส และสวิตช์คานคอลเลคเตอร์ จะเท่ากับศักดาของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ข้อเสียคือ กระแสจะหมุนเวียนอยู่นานและจะทำให้เกิดแรงบิดห้ามล้อ (BREAKING TORQUE) พลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียเป็นความร้อนในความต้านทานของขดลวด



รูป 2.16 ใช้ไดโอดซัพเพรสเซอร์

2.3.1.2 ใช้ไดโอดและตัวต้านทานซัพเพรสเซอร์

ถ้าค่าตัวต้านทาน R_S ยิ่งมากกระแสหมุนเวียนก็จะลดลงเร็วขึ้นแต่ศักดาของ คอลเลคเตอร์ในขณะที่กระแสไหลย้อนกลับ จะมีค่าสูงขึ้นพลังงานส่วนใหญ่สูญเสียในตัวต้านทาน R_S

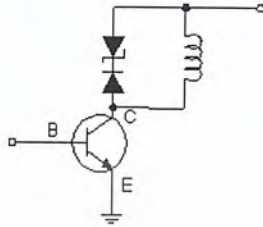


รูปที่ 2.17 ใช้ไดโอดและตัวต้านทานซัพเพรสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.3 ใช้ซีเนอร์ไดโอดชัฟเฟรสเซอร์

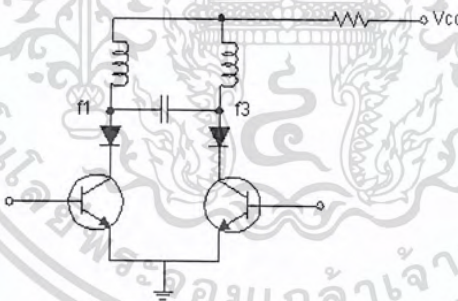
เมื่อทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส กระแสจะลดลงได้เร็วกว่า 2 แบบแรก และศักดาที่คอลเลกเตอร์ขณะกระแสไหลย้อน กลับจะเท่ากับศักดาของซีเนอร์บวกกับศักดาของแหล่งจ่าย ซึ่งเป็นอิสระต่อกระแสพลังงานส่วนใหญ่สูญเสียในซีเนอร์ไดโอด



รูปที่ 2.18 ใช้ซีเนอร์ไดโอดชัฟเฟรสเซอร์

2.3.1.4 ใช้ตัวเก็บประจุชัฟเฟรสเซอร์

จะใส่ตัวเก็บประจุให้ $f1$ กับ $f3$ และ $f2$ กับ $f4$ เมื่อทรานซิสเตอร์ หยุดนำกระแสตัวเก็บประจุ C จะต่อกับทรานซิสเตอร์ โดยผ่านไดโอด และจะดูดคลื่นกระแสที่ค่อยๆ ลดลงจากขดลวดของมอเตอร์ เพื่อป้องกันทรานซิสเตอร์เสียหาย และยังช่วยเคมีไฟ ก็คือช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้นในขดลวดสเตเตอร์เนื่องจากการแกว่งของโรเตอร์



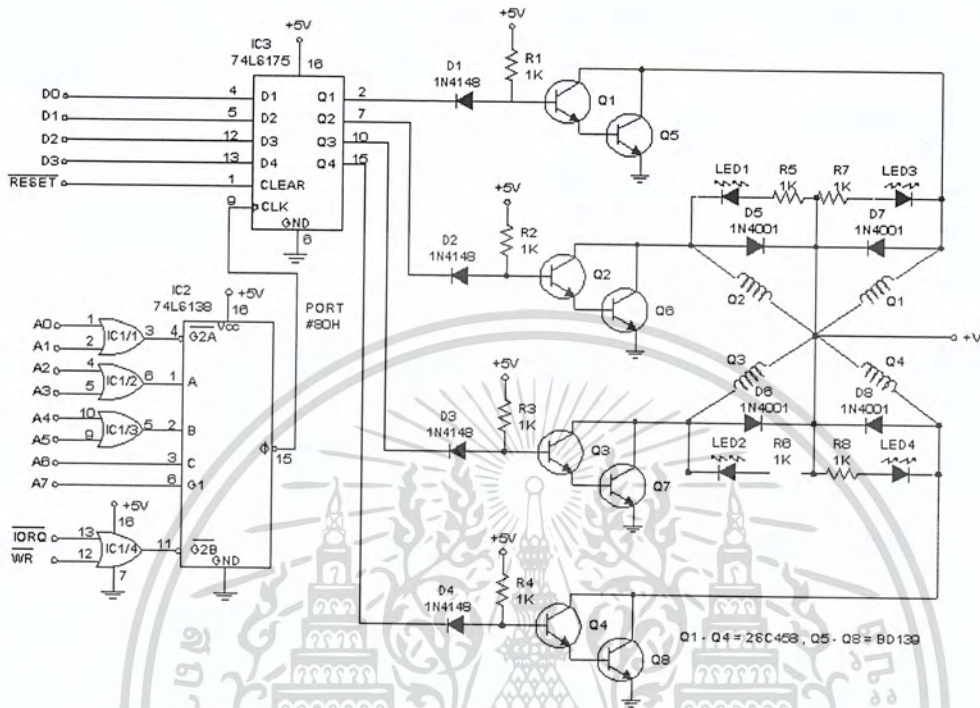
รูปที่ 2.19 ใช้ตัวเก็บประจุชัฟเฟรสเซอร์

2.3.2 วงจรขับ

Q1-Q4 เป็นตัวขับร่วมกับ Q5-Q8 โดยการต่อแบบดาร์ลิ่งตัน วงจรนี้สามารถใช้กับมอเตอร์ที่ดึงกระแสมาทุกๆแต่ไม่ ควรเกิน 2A เพราะ Q5-Q8 อาจจะร้อนซึ่งวงจรที่ให้มานี้ออกแบบไว้สำหรับรุ่นที่ให้กระแสไม่เกิน 600 mA ถ้าจะใช้ กับรุ่นที่ดึงกระแสมาก็เพียงแต่เปลี่ยน Q5-Q8 เป็นเบอร์ที่สามารถทนกระแสได้มากขึ้น D5-D8 เป็นตัวป้องกัน ความเสียหาย ทรานซิสเตอร์อันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงดันย้อนกลับ LED1-LED5 ทำหน้าที่บอกสถานะเอาท์พุท (สว่างคือ "1" ดับคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

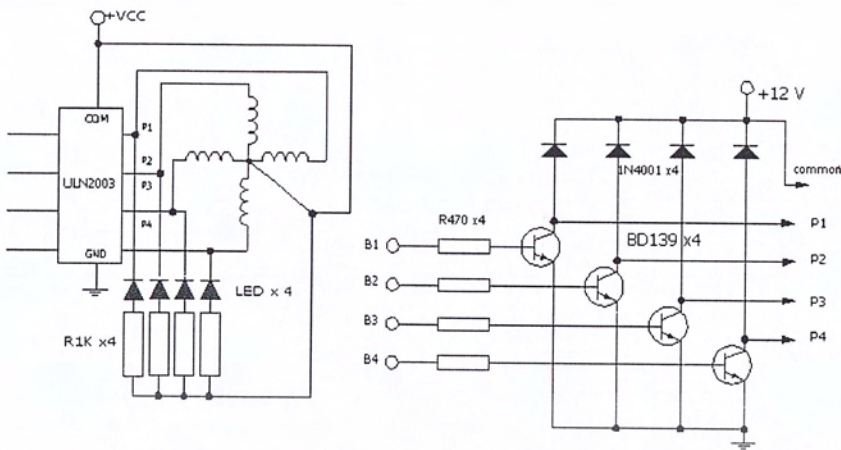
"0") R5-R8 ทำหน้าที่จำกัดกระแส โดย LED ซึ่งแรงดันย้อนกลับสามารถทำให้ LED ติดสว่างได้เช่นกัน แรงดัน +V นั้นควรเลือกให้เหมาะสมกับสแต็ปมอเตอร์ที่จะใช้ด้วย



รูปที่ 2.20 วงจรขับซึ่งสามารถดัดแปลงไปใช้กับไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์อื่นได้

นอกจากนี้ยังมีวงจรที่ใช้ในการขับสแต็ปมอเตอร์โดยใช้ไอซีสำเร็จรูป และวงจรจากทรานซิสเตอร์ แสดงได้ในรูป โดย ไอซีสำเร็จรูปเบอร์ ULN2003 จะมีคุณสมบัติเป็นไอซีไดรเวอร์กระแสสูงแบบคอลเล็กเตอร์เปิด สามารถเลือกแรงดันได้กว้าง 5-30 โวลต์ จ่ายกระแสได้สูงถึง 500 mA ต่อขา และมีไดโอดที่ป้องกันกระแสย้อนกลับอยู่ภายในไอซี ส่วนแอลอีดีที่ต่อในวงจรเราจะต่อไว้เพื่อแสดงการกระตุ้นแต่ละเฟส ของแต่ละแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงการต่อวงจรขับสปีดปั๊มมอเตอร์โดยใช้ไอซีสำเร็จรูป และวงจรทรานซิสเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ

เครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติจะใช้ microcontroller ในการเก็บค่าคำนวณค่าต่างๆ เพื่อนำไปควบคุมการทำงานของ stepping motor ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

3.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ

3.1.1 Microcontroller

Microcontroller ที่เลือกใช้ คือ PIC16F877A เพราะง่ายต่อการควบคุมและโปรแกรม และมี port พอสําหรับการใช้งาน ซึ่งจะรับค่าจากปุ่มกด และจอแสดงผลแบบ โมดูล LCD

13	OSC1/CLKIN	RB0/INT	33
14	OSC2/CLKOUT	RB1	34
		RB2	35
2	RA0/AN0	RB3/PGM	36
3	RA1/AN1	RB4	37
4	RA2/AN2/VREF-/CVREF	RB5	38
5	RA3/AN3/VREF+	RB6/PGC	39
6	RA4/T0CKI/C1OUT	RB7/PGD	40
7	RA5/AN5/SS/C2OUT		
8	RC0/T1OSO/T1CKI	15	
9	RC1/T1OSI/CCP2	16	
10	RC2/CCP1	17	
	RC3/SCK/SCL	18	
	RC4/SDI/SDA	23	
1	RC5/SDO	24	
	RC6/TX/CK	25	
	RC7/RX/DT	26	
		19	
11	VDD	RD0/PSP0	20
32	VDD	RD1/PSP1	21
		RD2/PSP2	22
12	VSS	RD3/PSP3	27
31	VSS	RD4/PSP4	28
		RD5/PSP5	29
		RD6/PSP6	30
		RD7/PSP7	

รูปที่ 3.1 Microcontroller (PIC16F877A)

3.1.2 การกำหนดค่าที่ใช้ในการทำงาน

ในที่นี้เลือกใช้ Stepping motor แบบ 4 pole (1.8 องศา/step : การหมุนของ stepping motor 1 รอบ = 200 step) และใช้การเขียนโปรแกรมและขับแบบ full step 2 เฟส และกำหนดให้การหมุนของ stepping motor ทำให้สายไฟเคลื่อนที่ไปได้ 5 cm.

$$2\pi R = 5 \text{ cm.} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$R = 0.796 \approx 0.8 \text{ cm.} \quad \dots\dots\dots(2)$$

∴ รัศมีของ roller คือ 0.8 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ความละเอียดของการหมุน} = \frac{2\pi(0.796)}{200} = 0.025 \dots\dots\dots(3)$$

3.1.3 การกำหนดค่า รับค่าจากปุ่มกดและเก็บค่าโดย microcontroller

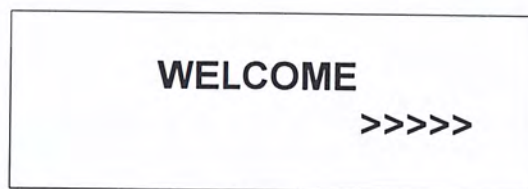
ในส่วนของการรับค่าจากปุ่มกดจะใช้สวิทช์ 5 ปุ่ม ประกอบด้วย ปุ่มซ้าย,ขวา,บน,ล่างและ OK ซึ่งปุ่มซ้ายและขวา จะใช้ในการเลื่อนตำแหน่งของการกำหนดค่า และเปลี่ยนหน้าการกำหนดค่าบน LCD ปุ่มบนและล่างและใช้ในการเพิ่มและลดค่าตัวเลข 0-9 ปุ่ม OK ใช้ในการยืนยันค่าที่กำหนดเพื่อให้ microcontroller คำนวณค่าเพื่อไปควบคุมชุด stepping motor



รูปที่ 3.2 ลักษณะของปุ่มกดรับค่า

ในการรับค่าจะให้ค่าที่รับแสดงบน LCD ซึ่งสามารถกำหนดความยาวการตัดของสายไฟ ระยะการปกอสายไฟ ขนาดของสายไฟ และจำนวนในการตัดสายไฟได้ ดังนี้

- เมื่อเปิดเครื่องครั้งแรก หน้าจอ LCD จะแสดง WELCOME ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 หน้าที 1 ของจอ LCD เมื่อเปิดเครื่อง

- เมื่อกดปุ่มขวา (>) ดังรูปที่ 3.3 แล้ว จอ LCD จะเปลี่ยนเป็นหน้าที่ 2 ซึ่งใช้ในการกำหนดค่าความยาวของการตัดสายไฟ โดยใช้ ปุ่มซ้ายและขวาเลื่อนตำแหน่งของการกำหนดค่า และใช้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต หากต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ่มบนและล่าง เพิ่มและลดค่าแต่ละตำแหน่งจาก 0-9 เมื่อได้ขนาดความยาวสายที่ต้องการแล้ว กดขวาเพื่อไปหน้าถัดไป ดังรูปที่ 3.4

LENGTH_WIRE :
00| CM >

รูปที่ 3.4 หน้าที่ 2 ของ LCD

- เมื่อกดปุ่มขวา (>) ดังรูปที่ 3.4 แล้ว จอ LCD จะเปลี่ยนเป็นหน้าที่ 3 ซึ่งใช้ในการกำหนดค่าความยาวของการปอกสายไฟ โดยใช้ ปุ่มซ้ายและขวาเลื่อนตำแหน่งของการกำหนดค่า และใช้ปุ่มบนและล่าง เพิ่มและลดค่าแต่ละตำแหน่งจาก 0-9 เมื่อได้ขนาดความยาวของการปอกที่ต้องการแล้ว กดขวาเพื่อไปหน้าถัดไป ซึ่งสามารถกดปุ่มซ้าย (<) เพื่อกลับไปแก้ค่าในหน้าที่ 2 ได้ ดังรูปที่ 3.5

LENGTH_PEEL :
< 0.0| CM >

รูปที่ 3.5 หน้าที่ 3 ของ LCD

- เมื่อกดปุ่มขวา (>) ดังรูปที่ 3.5 แล้ว จอ LCD จะเปลี่ยนเป็นหน้าที่ 4 ซึ่งใช้ในการกำหนดขนาดของสายไฟ โดยใช้ปุ่มบนและล่าง เพิ่มและลดขนาดของสายไฟซึ่งมีทั้งหมด 3 ขนาด คือ 24 AWG, 20 AWG และ 18 AWG เมื่อได้ขนาดของสายไฟที่ต้องการแล้ว กดขวาเพื่อไปหน้าถัดไป ซึ่งสามารถกดปุ่มซ้าย (<) เพื่อกลับไปแก้ค่าในหน้าที่ 3 และ หน้าที่ 2 ได้ ดังรูปที่ 3.6

WIRE SIZE :
< 24 AWG >|

รูปที่ 3.6 หน้าที่ 4 ของ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อกดปุ่มขวา (>) ดังรูปที่ 3.6 แล้ว จอ LCD จะเปลี่ยนเป็นหน้าที่ 5 ซึ่งใช้ในการกำหนดจำนวนของการตัดสายไฟ โดยใช้ ปุ่มซ้ายและขวาเลื่อนตำแหน่งของการกำหนดค่า และใช้ปุ่มบนและล่าง เพิ่มและลดค่าแต่ละตำแหน่งจาก 0-9 ซึ่งสามารถกดปุ่มซ้าย (<) เพื่อกลับไปแก้ค่าในหน้าที่ 3 และ หน้าที่ 2 ได้ เมื่อได้จำนวนที่ต้องการแล้ว กดปุ่ม OK เพื่อยืนยันค่า ดังรูปที่ 3.7

NUMBER :
< 000|

รูปที่ 3.7 หน้าที่ 5 ของ LCD

- เมื่อกดปุ่ม OK ยืนยันค่าแล้ว จอ LCD จะแสดงค่าที่กำหนดไว้ทั้งหมด ดังรูปที่ 3.7

**W= 00 CM , P=0.0 CM
N=000 , Z=24 AWG >>>**

รูปที่ 3.8 หน้าที่ 6 ของ LCD

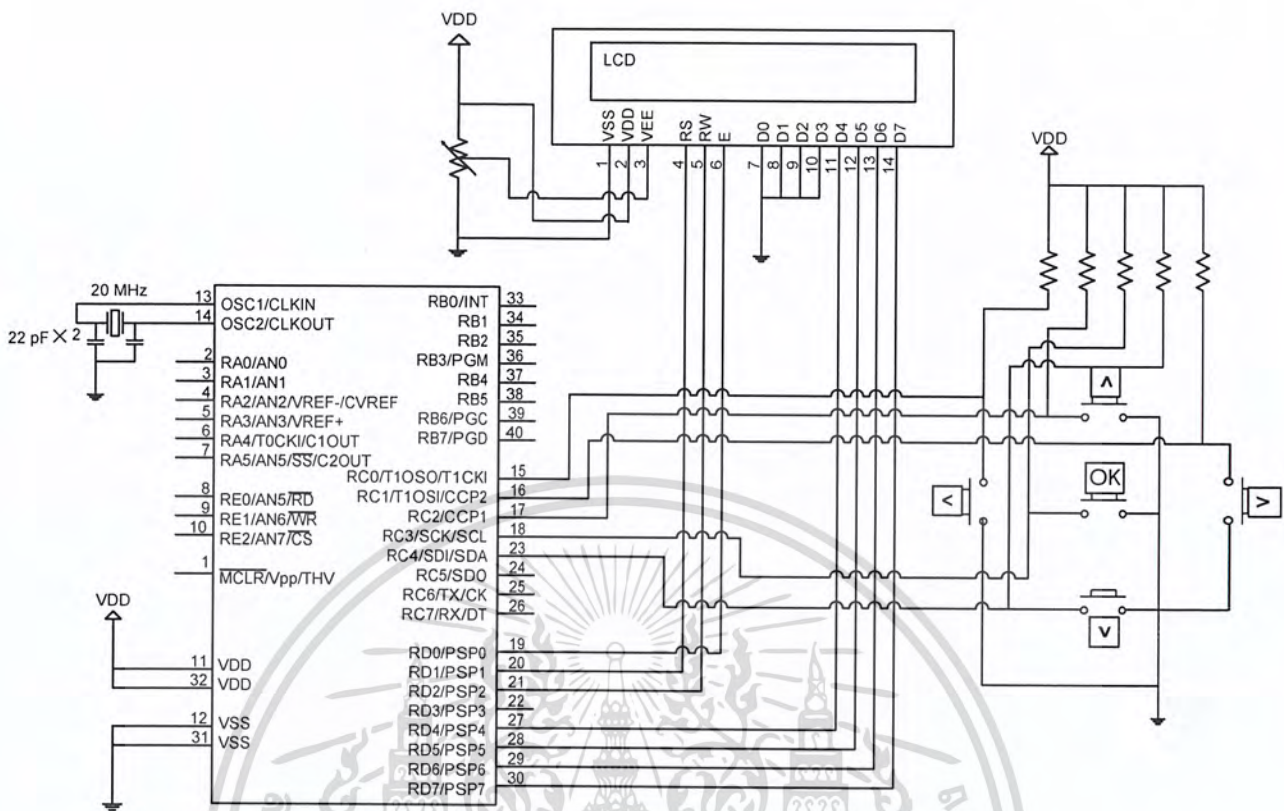
- เมื่อกดปุ่มขวา (>) ดังรูปที่ 3.8 แล้ว หน้าจอ LCD จะแสดง RUNNING ดังรูปที่ 3.8 ซึ่งหลังจากนี้ microcontroller จะนำค่าที่กำหนดไปคำนวณเพื่อควบคุมชุด stepping motor

RUNNING |

รูปที่ 3.9 หน้าที่ 7 ของ LCD

ในส่วนของ microcontroller จะใช้ port C (C0-C4) รับค่าจากสวิตช์ และใช้ port D (D0-D7) เชื่อมต่อ LCD ดังรูปที่ 3.10

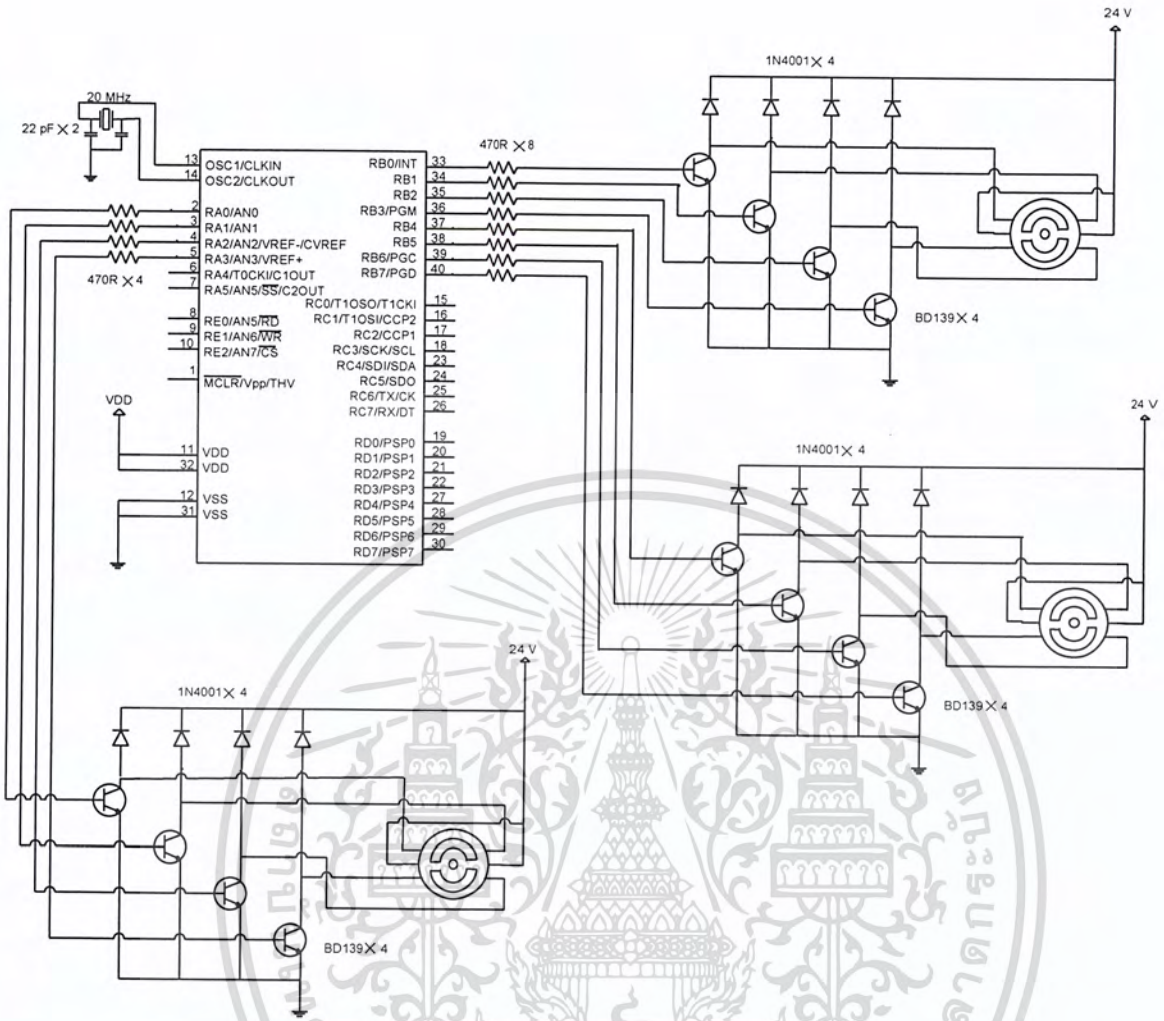
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 วงจรการรับค่าจากสวิตช์และ LCD

3.1.4 วงจรขับ Stepping Motor

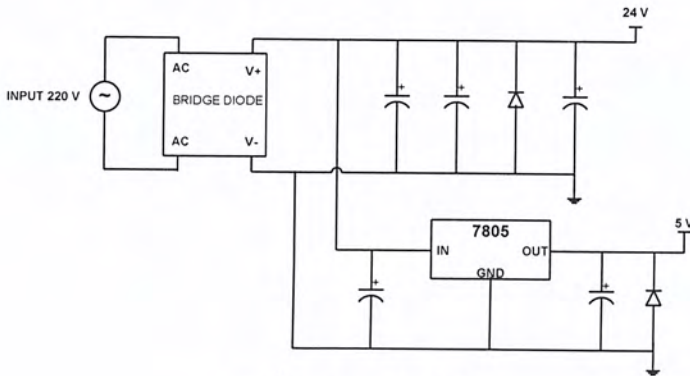
วงจรที่ใช้ในการ Stepping Motor จะใช้ทรานซิสเตอร์ (BD139) มาเป็นตัวขยายพัลส์ที่ถูกสั่งการและส่งออกมาจาก microcontroller เพราะ สัญญาณที่ออกมาจาก microcontroller มีลักษณะเป็นพัลส์ มีค่า High = 5 V และ ค่า Low = 0 V ซึ่งไม่เพียงพอในการทำให้ Stepping Motor หมุนได้ BD139 เป็นทรานซิสเตอร์ที่สามารถทนแรงดันได้มากกว่าแรงดันที่ใช้งานจริง และมี DC Current Gain มากที่สุด 250 เท่า โดยทำการขับที่ขั้วของมอเตอร์ทั้ง 4 และในวงจรขับ Stepping Motor มีไดโอดที่ป้องกันกระแสย้อนกลับอยู่ด้วย ในที่นี้เลือกใช้ 1N4001 เพราะมีความสามารถในการทนแรงดันได้มากกว่าแรงดันที่ใช้งานจริง จึงทำให้ป้องกันกระแสย้อนกลับได้เป็นอย่างดี ในส่วนของ microcontroller จะใช้ port A (A0-A3) และใช้ port B (B0-B7) เชื่อมต่อ Stepping Motor ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.11 วงจรขับ Stepping Motor

3.1.5 ภาคจ่ายไฟ

ภาคจ่ายไฟของวงจรจะใช้หม้อแปลง 18 Vrms แล้วแบ่งเป็นภาคจ่ายไฟ 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 ให้ output 24 V เพื่อจ่ายไฟให้กับ วงจรชุด Stepping Motor และ ชุดที่ 2 ให้ output 5 V เพื่อจ่ายไฟให้กับ microcontroller

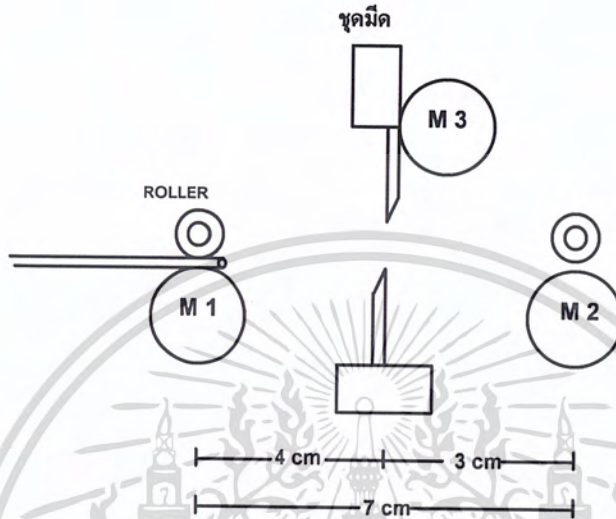


รูปที่ 3.12 ภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

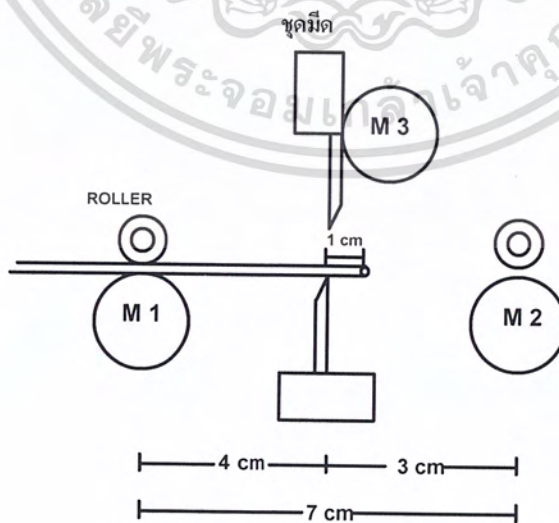
3.2 ลำดับขั้นตอนและหลักการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ

เมื่อกำหนดค่าต่างๆแล้วกดปุ่มสั่งการให้ Stepping Motor ทำงานแล้ว ลักษณะการทำงานสำหรับสายไฟ 1 เส้น เป็นดังนี้



รูปที่ 3.13 ชุด Stepping Motor ขณะก่อนทำงาน

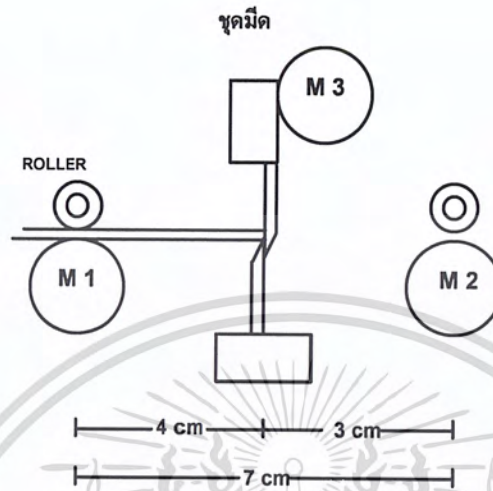
(1).เครื่องจะตัดสายไฟทิ้งก่อนในครั้งแรกของการทำงาน 1 cm. โดยในตอนแรกจะให้มอเตอร์ M1 หมุนเลื่อนสายไฟไปที่ตำแหน่งที่กำหนด (M1 หมุนตามเข็มนาฬิกา 4 cm.)



รูปที่ 3.14 ชุด Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 1

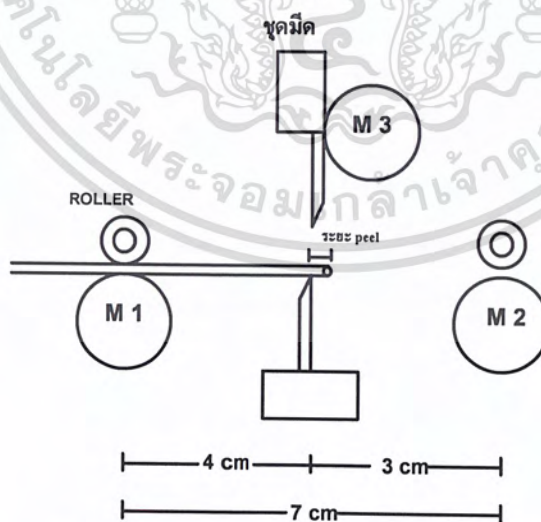
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2).ชุดใบมีดจะลงมาตัดสายไฟในส่วนแรกแล้วขึ้นไปอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น (M3 หมุนทวนเข็มนาฬิกาจนมาที่ตำแหน่งล่างสุดแล้ว หมุนตามเข็มนาฬิกากลับไปตำแหน่งเริ่มต้น)



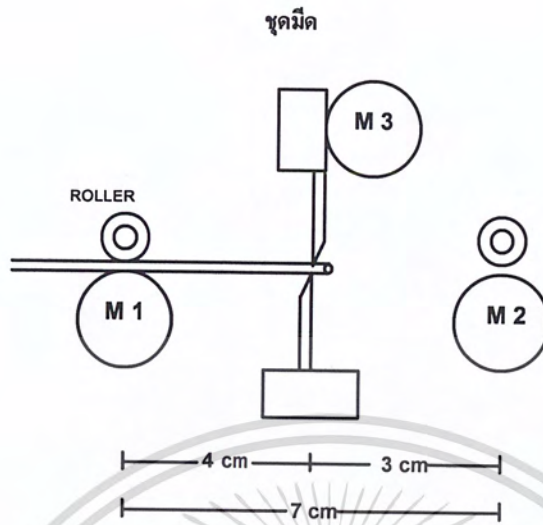
รูปที่ 3.15 ชุด Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 2

(3).เป็นขั้นตอนการปอกสายไฟของปลายด้านหนึ่งของสายไฟ คือ ชุด Stepping Motor M1 จะเลื่อนสายไฟไปข้างหน้าเป็นระยะการปอกที่กำหนดไว้ข้างต้น (M1 หมุนตามเข็มนาฬิกา ระยะ peel)



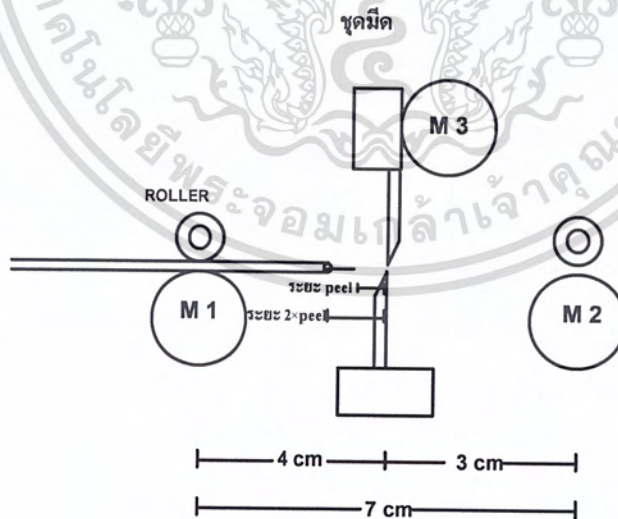
รูปที่ 3.16 ชุด Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 3

(4).ชุดใบมีดจะลงมาที่สายไฟตามระยะของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสายไฟ โดยใบมีดจะค้างอยู่ที่ตำแหน่งสายไฟ (M3 หมุนทวนเข็มนาฬิกาจนมาตามระยะที่กำหนดขนาดของสายไฟไว้) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเขียนเพื่อการศึกษานี้ เมื่อผู้จัดทำเห็นชอบไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 ชุด Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 4

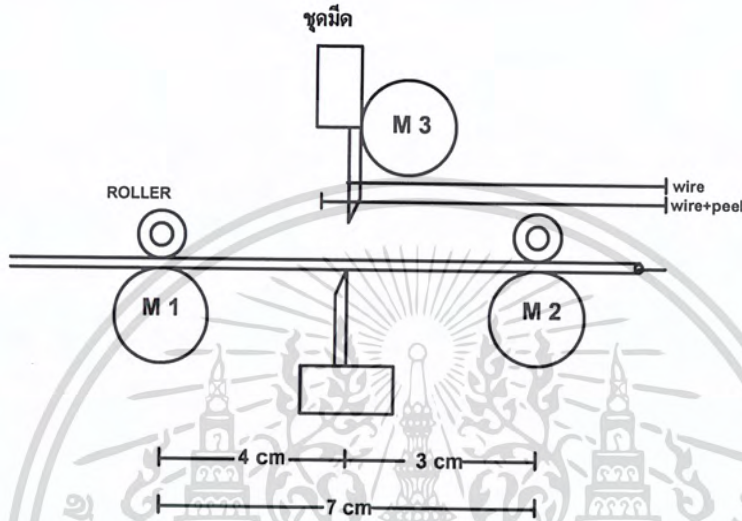
(5)ชุด Stepping Motor M1 จะเลื่อนสายไฟกลับด้านหลังเพื่อคั่นให้มีคอกอย่างหุ้มสายไฟออกไป แล้วชุดไบมิดก็จะขึ้นไปอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น (M1 หมุนทวนเข็มนาฬิการะยะ $2 \times \text{peel}$ แล้ว M3 จะหมุนกลับไปตำแหน่งเริ่มต้น)



รูปที่ 3.18 ชุด Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 5

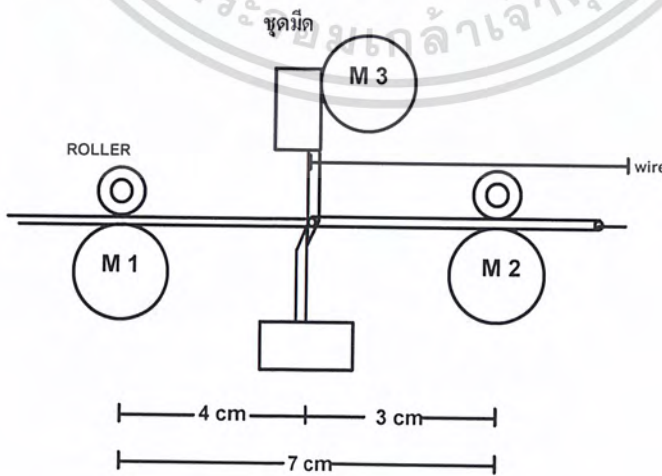
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6).ชุด Stepping Motor M1 และ M2 จะเลื่อนสายไฟไปข้างหน้าพร้อมกันเป็นระยะการตัดที่กำหนดไว้ข้างต้น ดังนั้นจึงต้องคำนวณเพื่อให้ได้ระยะการตัดและการหมุนของมอเตอร์ที่ถูกต้อง จึงต้องให้ระยะจากด้านขวาของสายไฟถึงตำแหน่งใบมีดมีค่าเท่ากับระยะ wire ที่กำหนด (M1 และ M2 หมุนตามเข็มนาฬิกา ระยะ wire + peel เนื่องจากในขั้นตอนที่ 5 M1 เลื่อนสายไฟให้ห่างไปจากใบมีดด้านซ้ายระยะ peel)



รูปที่ 3.19 ชุด Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 6

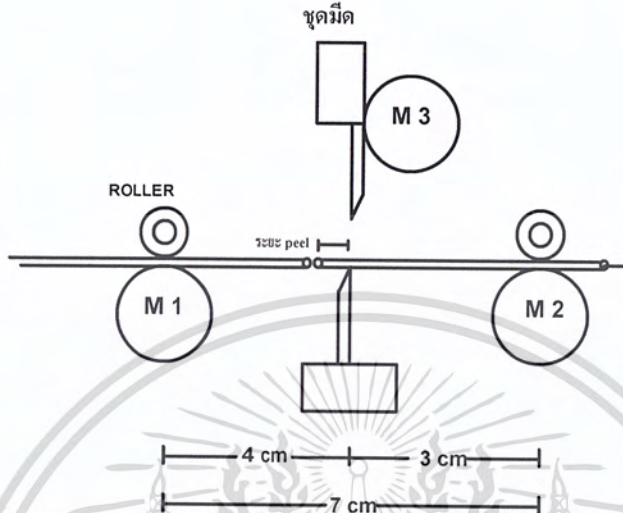
(7).ชุดใบมีดจะลงมาตัดสายไฟแล้วขึ้นไปอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น (M3 หมุนทวนเข็มนาฬิกากลับมาที่ตำแหน่งล่างสุดแล้ว หมุนตามเข็มนาฬิกากลับไปตำแหน่งเริ่มต้น)



รูปที่ 3.20 ชุด Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 7

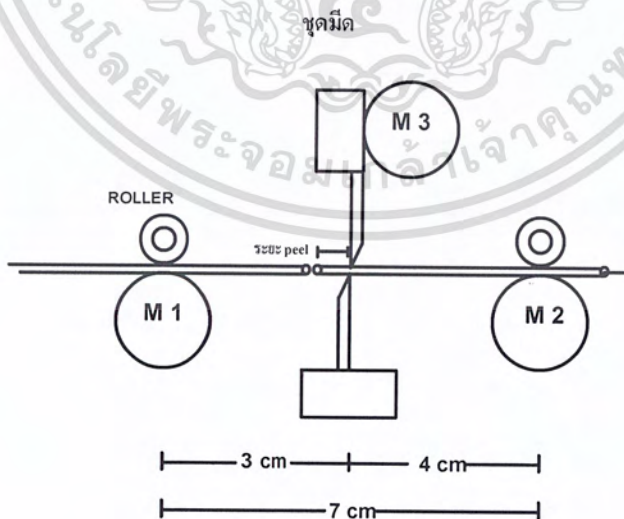
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(8).เป็นขั้นตอนการลอกสายไฟด้านซ้ายโดยชุด Stepping Motor M1 และ M2 จะเลื่อนสายไฟกลับมาด้านหลังพร้อมกันเป็นระยะการลอกที่กำหนดไว้ข้างต้น



รูปที่ 3.21 ชุด Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 8

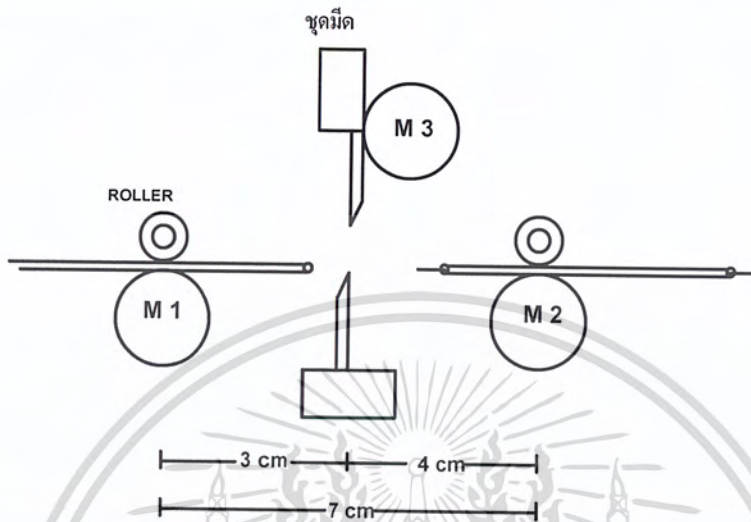
(9).ชุดใบมีดจะลงมาที่สายไฟตามระยะของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสายไฟ โดยใบมีดจะค้างอยู่ที่ตำแหน่งสายไฟ (M3 หมุนทวนเข็มนาฬิกาลงมาตามระยะที่กำหนดขนาดของสายไฟไว้)



รูปที่ 3.22 ชุด Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(10).ชุด Stepping Motor M2 จะเลื่อนสายไฟไปด้านหน้าเพื่อดันปอกสายไฟด้านซ้าย แล้วชุดไวมิดก็จะกลับไปตำแหน่งเริ่มต้น ก็จะได้สายไฟที่ต้องการ 1 เส้น (M2 หมุนตามเข็มนาฬิกา ระยะ wire แล้ว M3 หมุนตามเข็มนาฬิกากลับไปตำแหน่งเริ่มต้น)

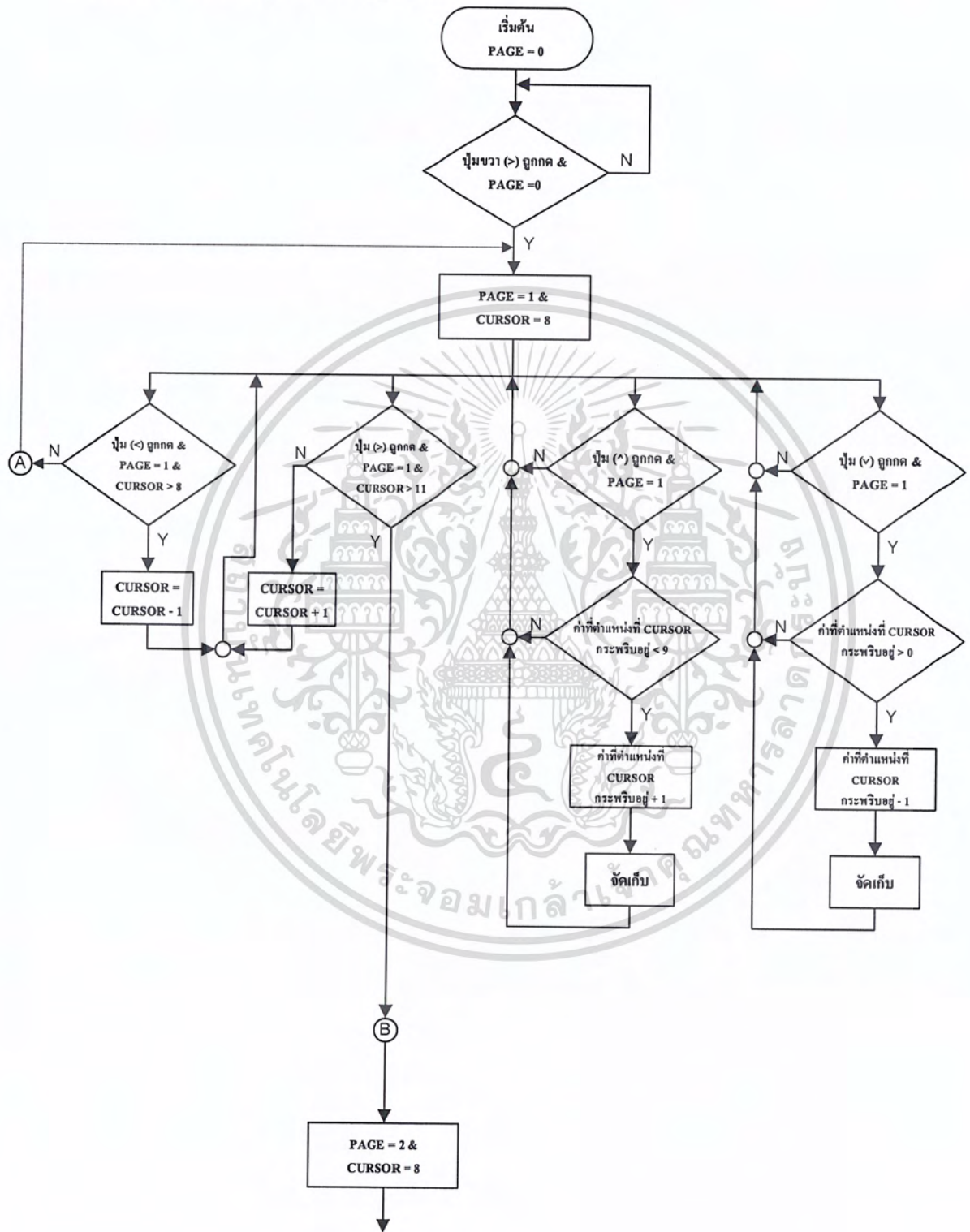


รูปที่ 3.23 ชุด Stepping Motor ขณะทำงานขั้นที่ 10

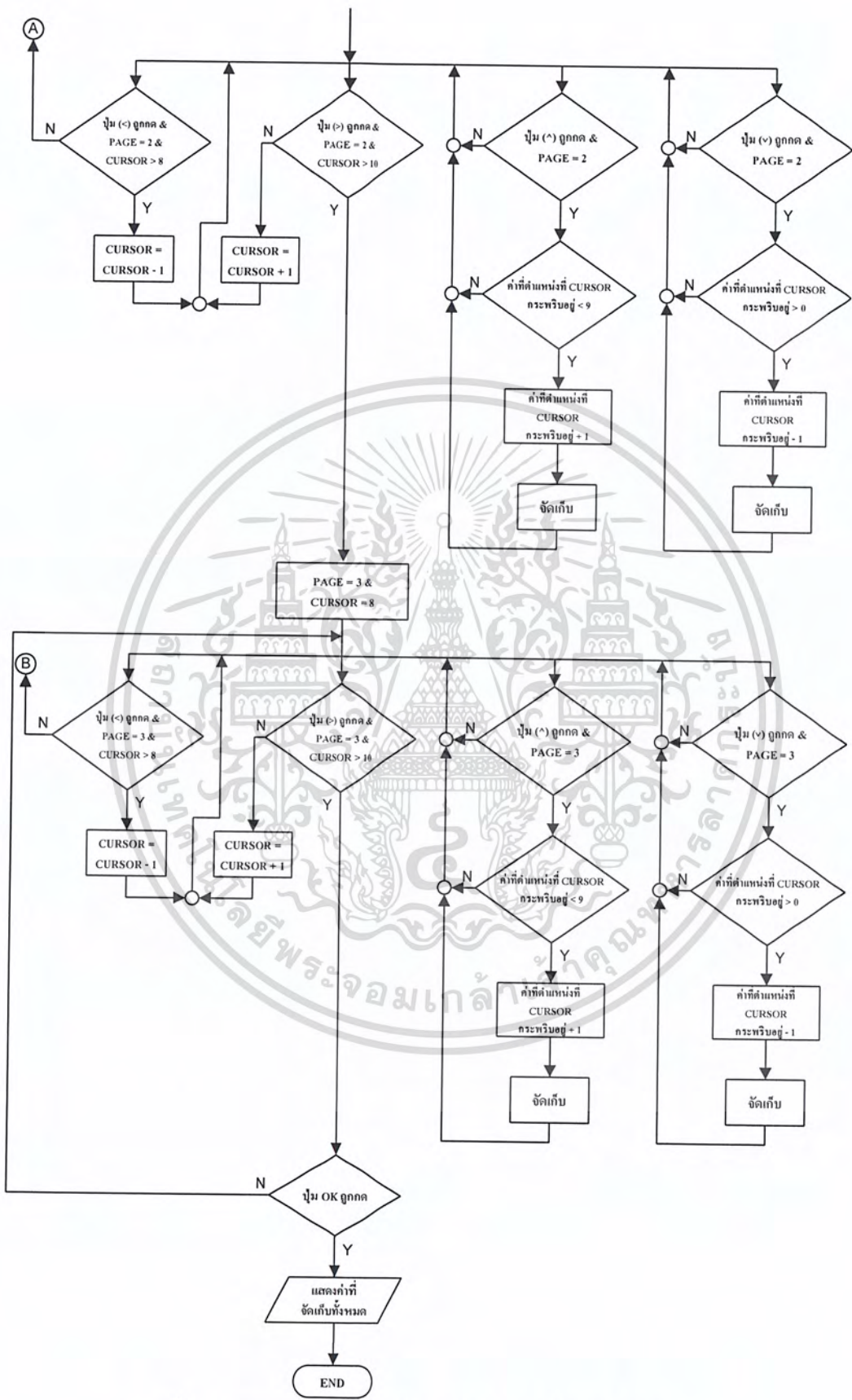
(11).เมื่อตัดสายไฟเส้นแรกเสร็จแล้ว ชุด Stepping Motor M1 จะเลื่อนสายไฟไปข้างหน้าเพื่อปอกสายไฟด้านขวาอีกครั้ง แต่จากขั้นตอนที่ 10 (รูปที่ 3.22) จะเห็นว่า สายไฟไม่ได้อยู่ที่ตำแหน่งของไวมิด ดังนั้น ในขั้นตอนนี้จึงต้องให้ชุด Stepping Motor M1 เลื่อนสายไฟไปในตำแหน่งที่ถูกต้องก่อน (M1 หมุนตามเข็มนาฬิกา ระยะ 2×peel) แล้วจึงวนไปทำงานที่ขั้นตอนที่ 4 และขั้นตอนทั้งหมด จนกว่าจะครบตามจำนวนเส้นที่กำหนด

3.3 Flowchart ของการทำงานในส่วนต่างๆ ของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ

3.3.1 การรับค่าจากปุ่มกดและโมดูล LCD



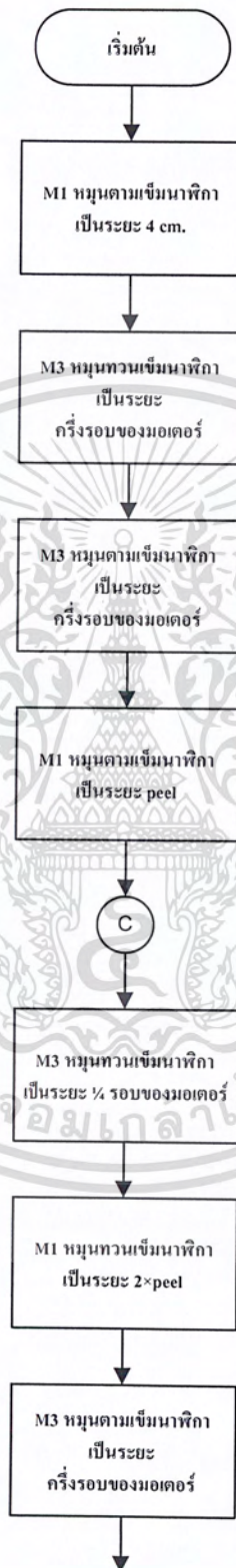
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



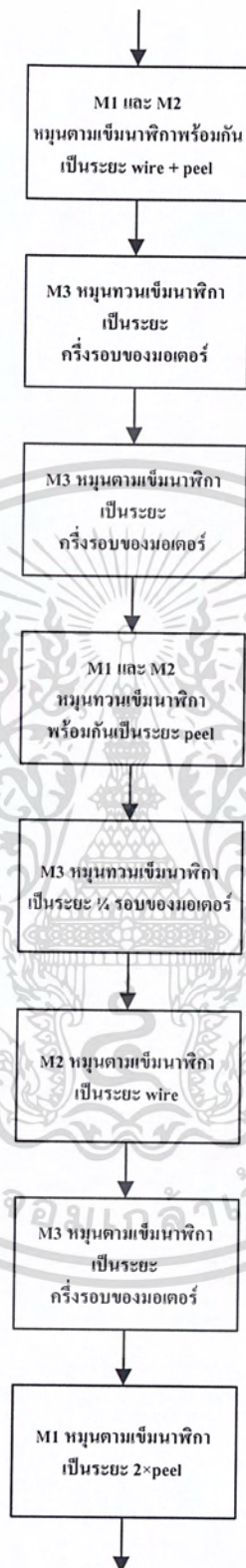
รูปที่ 3.24 Flowchart การรับค่าจากปุ่มกดและ โมดูล LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

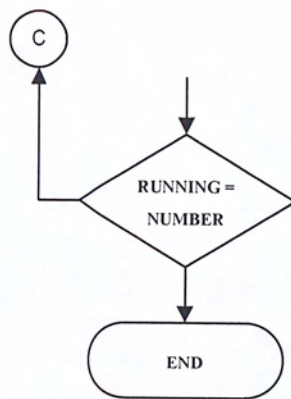
3.3.2 การทำงานของชุด Stepping Motor



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

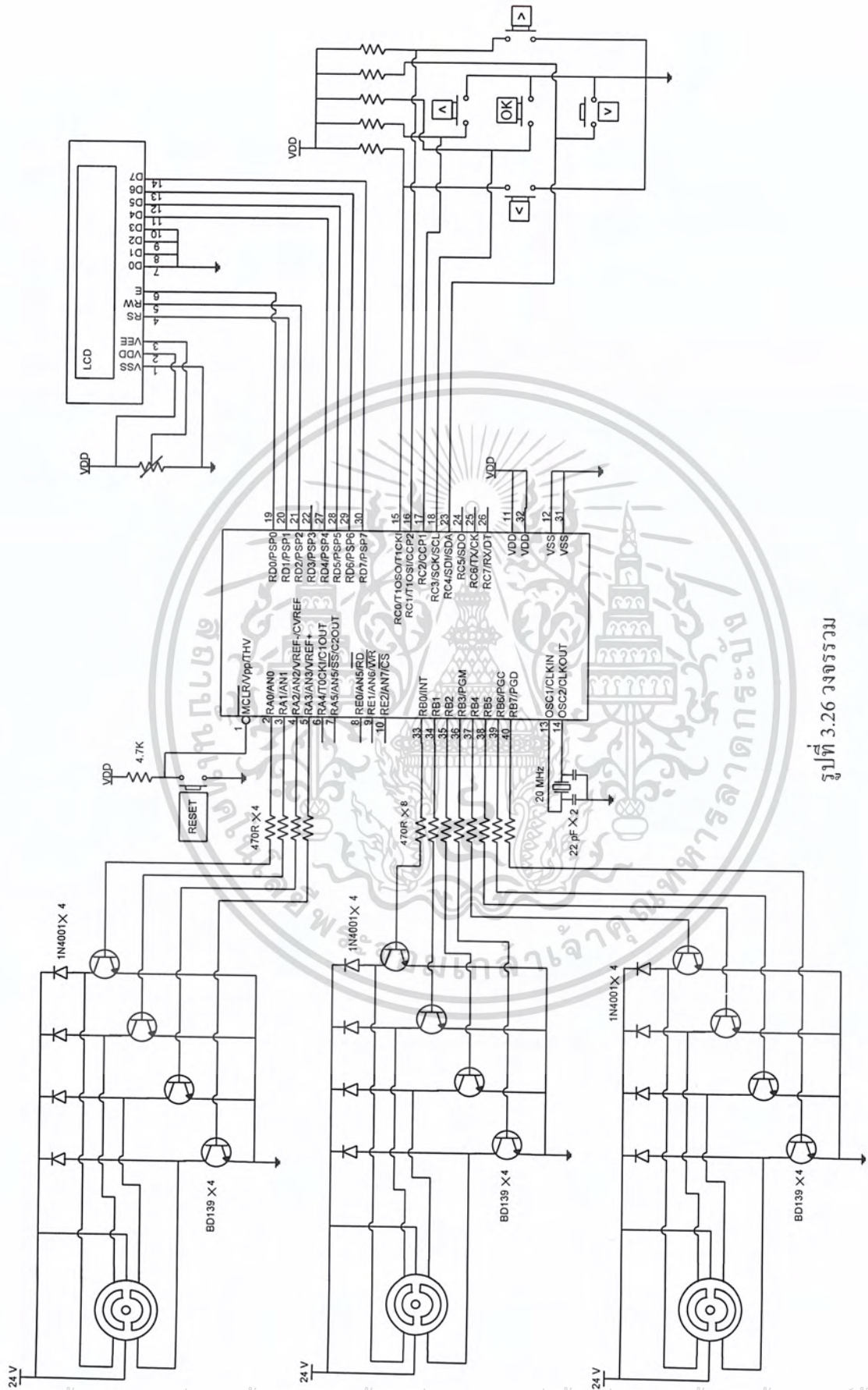


รูปที่ 3.25 Flowchart การทำงานของชุด Stepping Motor

3.4 วรรณกรรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 วงจรรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ความยาวที่ได้จากการตัดสายไฟ

4.1.1 ความยาวของสายไฟทั้งหมด

ในที่นี้ทำการป้อนค่าความยาวของสายไฟค่าต่างๆแล้วให้เครื่องทำงาน โดยกำหนดให้ตัด 10 เส้น ระยะปอก 0.5 cm. แล้วจึงวัดผลที่ได้ออกมา ดังนี้

ความยาว (cm.) \ ขนาดสาย (AWG)	10	15	20	30
18	-	15.10	20.25	30.20
		14.90	20.20	30.20
		15.30	20.30	30.00
		15.30	20.20	30.00
		15.20	20.20	29.80
		15.30	20.20	30.00
		15.30	20.20	30.00
		15.10	20.15	29.90
		15.20	20.00	30.00
		15.25	20.20	30.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาว (cm.)	10	15	20	30
ขนาดสาย (AWG)				
20	-	15.00	20.05	30.00
		15.00	20.00	30.00
		15.00	20.20	30.00
		15.00	20.10	30.05
		15.05	20.00	30.00
		15.05	20.05	30.00
		15.00	20.00	30.05
		15.10	20.20	30.00
		15.10	20.00	30.00
		15.10	20.20	30.05
22	10.10	15.10	20.05	-
	10.05	15.10	20.00	
	10.10	15.10	20.15	
	10.10	15.20	20.10	
	10.15	15.10	20.10	
	10.10	15.10	20.15	
	10.15	15.10	20.10	
	10.00	15.15	20.10	
	10.30	15.10	20.10	
	10.10	15.10	20.10	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาว (cm.) \ ขนาดสาย (AWG)	10	15	20	30
24	10.20	15.00	20.10	-
	10.20	15.25	20.20	
	10.15	15.30	20.10	
	10.10	15.20	20.10	
	10.10	15.20	20.15	
	10.20	15.20	20.10	
	10.20	15.15	20.20	
	10.05	15.20	20.10	
	10.15	15.20	20.20	
	10.05	15.10	20.10	

ตารางที่ 4.1 แสดงการวัดสายไฟขนาดและความยาวต่างๆ ที่หีระยะปอก = 0.5 cm.

ความยาว (cm.) \ ขนาดสาย (AWG)	10	15	20	30
18	-	15.195	20.190	30.015
20	-	15.040	20.080	30.015
22	10.115	15.115	20.095	-
24	10.140	15.180	20.135	-

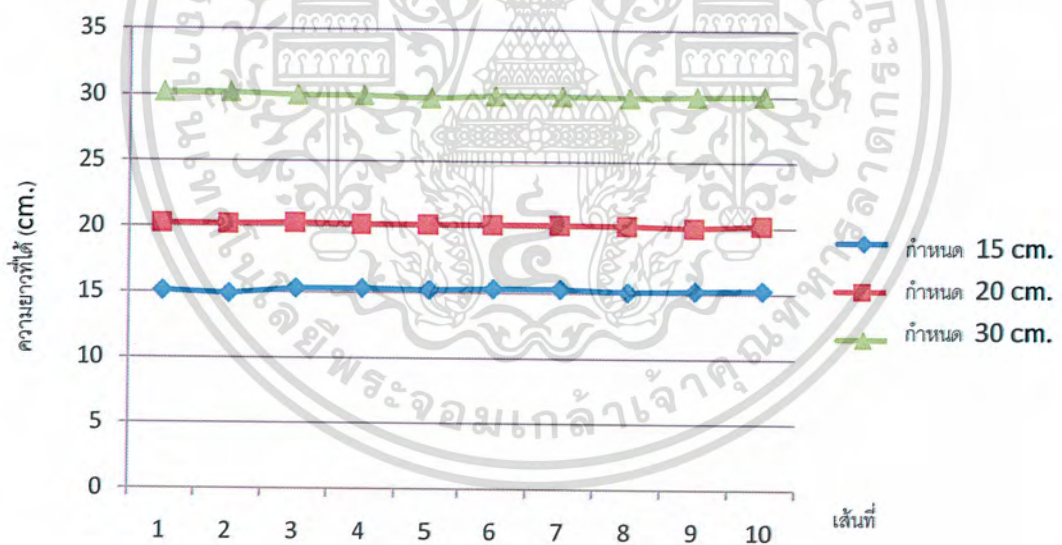
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยที่ได้จากการตัดสายไฟจากค่าต่างๆที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาว (cm.) ขนาดสาย (AWG)	10	15	20	30
	ความคลาดเคลื่อน (%)			
18	-	1.300	0.950	0.050
20	-	0.266	0.400	0.050
22	1.150	0.766	0.475	-
24	1.400	1.200	0.675	-

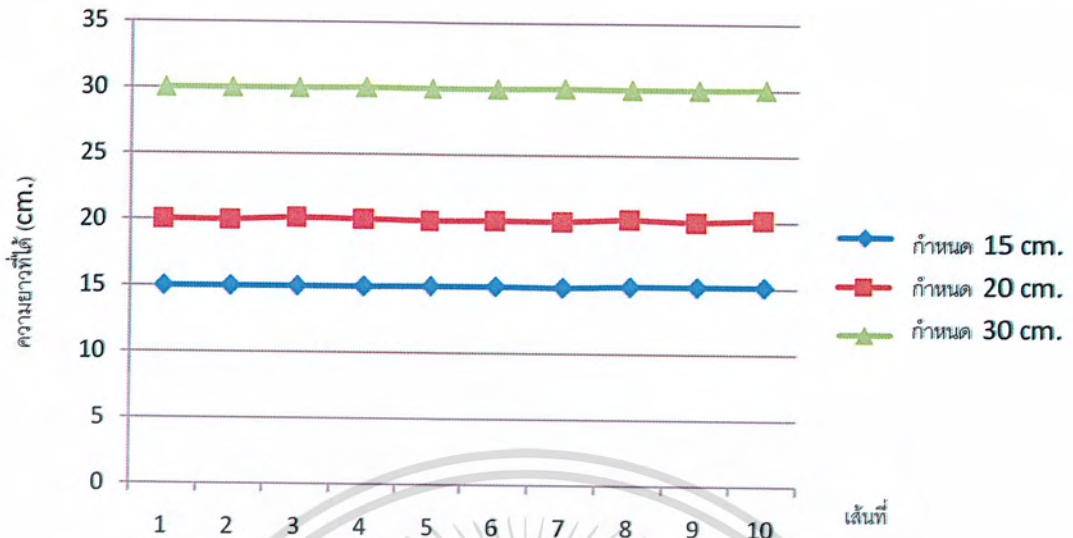
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจาก

$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อน} = \frac{\text{ค่าที่กำหนด} - \text{ค่าเฉลี่ยที่วัดได้}}{\text{ค่าที่กำหนด}} \times 100 \%$$

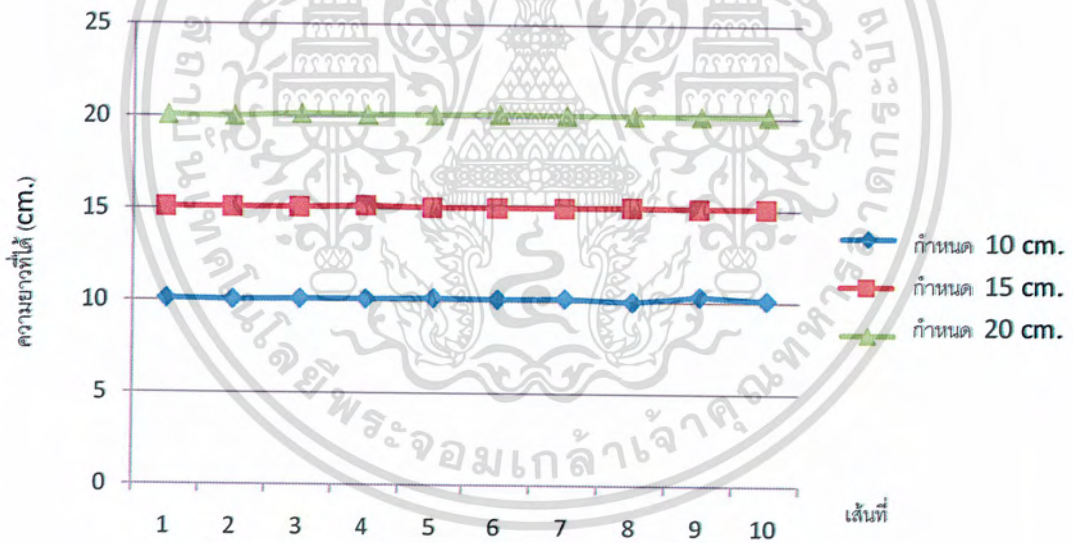


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความยาวที่ได้จากการตัดสายไฟขนาด 18 AWG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

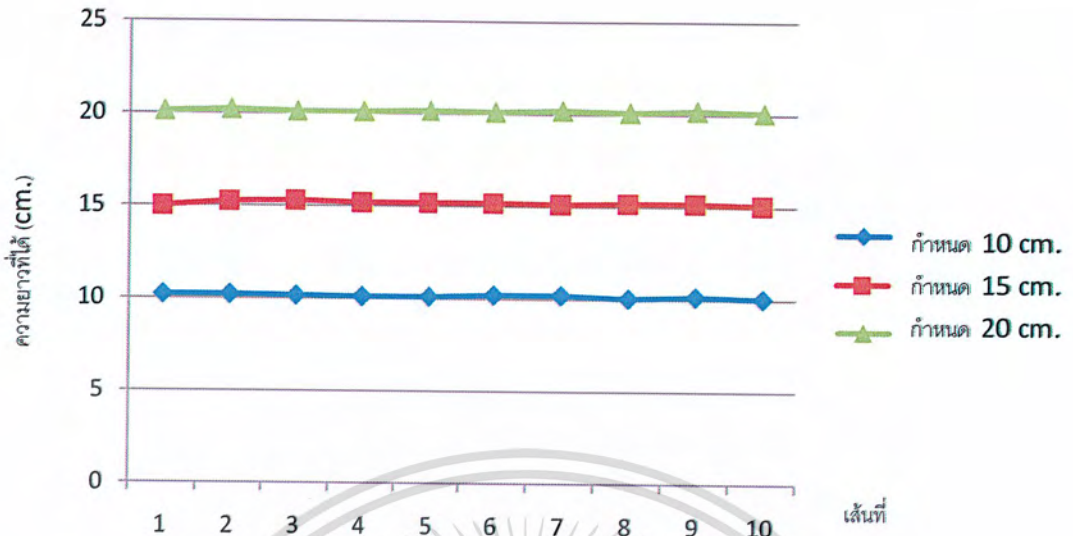


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความยาวที่ได้จากการตัดสายไฟขนาด 20 AWG

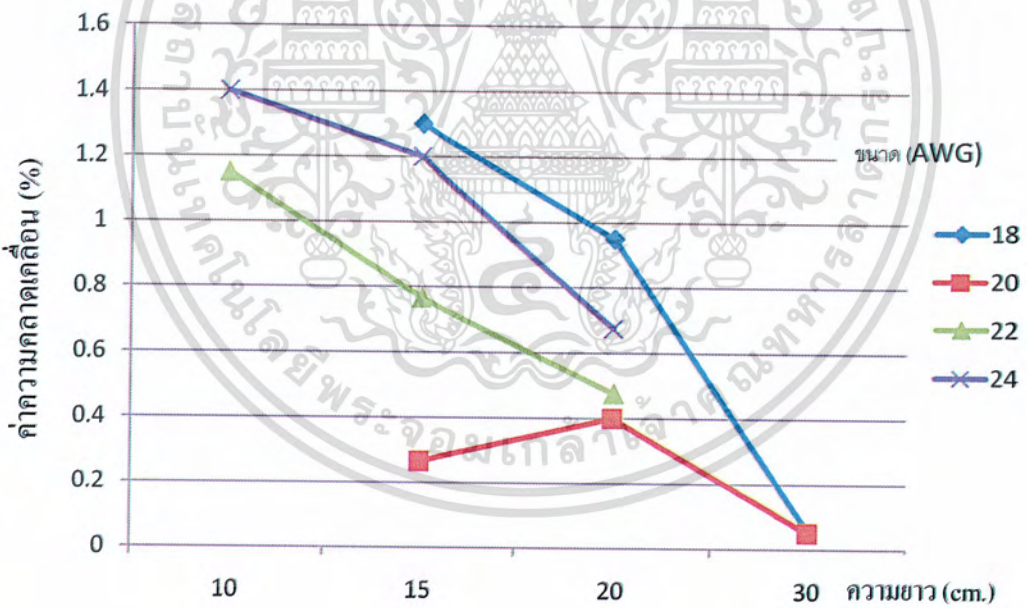


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความยาวที่ได้จากการตัดสายไฟขนาด 22 AWG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความยาวที่ได้จากการตัดสายไฟขนาด 24 AWG



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของความยาวที่ตัดได้ที่ระยะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ความยาวของระยะการปอก

เป็นการวัดค่าความยาวระยะปอกจริงจากการป้อนค่าระยะปอกค่าต่างๆ โยให้ระยะตัด 10 cm. ดังนี้

ความยาว (cm.) ขนาดสาย (AWG)	0.5	1.0
18	0.50	1.00
	0.50	1.00
	0.55	1.00
	0.55	1.05
	0.50	1.05
	0.50	1.00
	0.50	1.00
	0.55	1.00
	0.50	1.00
	0.50	1.05
20	0.50	1.05
	0.55	1.00
	0.55	1.00
	0.50	1.00
	0.50	1.00
	0.50	1.05
	0.50	1.00
	0.50	1.00
	0.55	1.00
	0.55	1.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาว (cm.) \ ขนาดสาย (AWG)	0.5	1.0	
22	0.50	1.00	
	0.45	1.00	
	0.45	0.95	
	0.50	1.00	
	0.50	1.00	
	0.50	0.95	
	0.50	0.95	
	0.45	1.00	
	0.45	1.00	
	0.50	1.00	
	24	0.45	1.00
		0.45	0.95
		0.50	0.95
0.50		1.00	
0.50		1.00	
0.50		1.00	
0.45		1.00	
0.45		1.00	
0.50		1.00	
0.50		1.00	

ตารางที่ 4.4 แสดงการวัดระยะปอกของสายไฟขนาดและความยาวต่างๆ ที่ให้ระยะตัด = 10 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

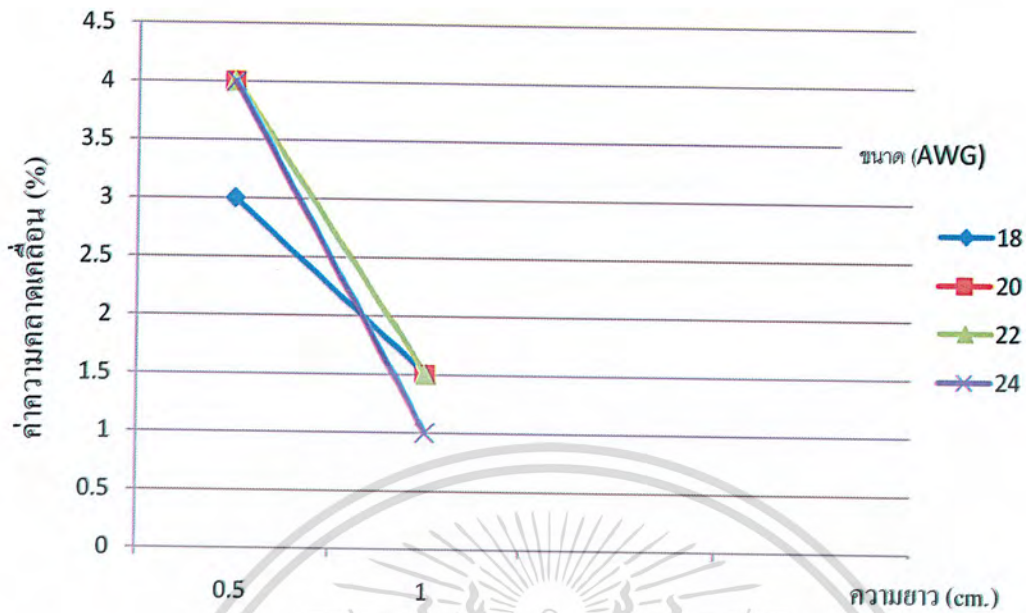
ความยาว (cm.) \ ขนาดสาย (AWG)	0.5	1.0
18	0.515	1.015
20	0.520	1.015
22	0.480	0.985
24	0.480	0.990

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยที่ได้จากการบดสายไฟจากค่าต่างๆที่กำหนด

ความยาว (cm.) \ ขนาดสาย (AWG)	0.5	1.0	
		ความคลาดเคลื่อน (%)	
18	3	1.5	
20	4	1.5	
22	4	1.5	
24	4	1	

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าความตกคร่อมของระยะปอกที่ค่าต่างๆ

4.2 กระแสที่ใช้ทั้งหมด

4.2.1 กระแส Output สูงสุดที่วัดได้

ขนาดสาย (AWG)	กระแส Output สูงสุดที่วัดได้ (A.)		
	มอเตอร์ M1 ทำงาน	มอเตอร์ M1+M2 ทำงาน	มอเตอร์ M3 ทำงาน
18	0.60	0.78	0.93
20	0.59	0.79	0.93
22	0.60	0.79	0.92
24	0.59	0.79	0.92

หมายเหตุ ทำการวัดเมื่อให้ระยะตัด 10 cm. ระยะปอก 0.5 cm. จำนวนขนาดละ 10 เส้น

ตารางที่ 4.7 กระแส Output สูงสุดที่วัดได้

4.2.2 กระแส Input สูงสุดที่วัดได้

กระแส Input สูงสุดที่วัดได้ = $0.145 A_{rms}$

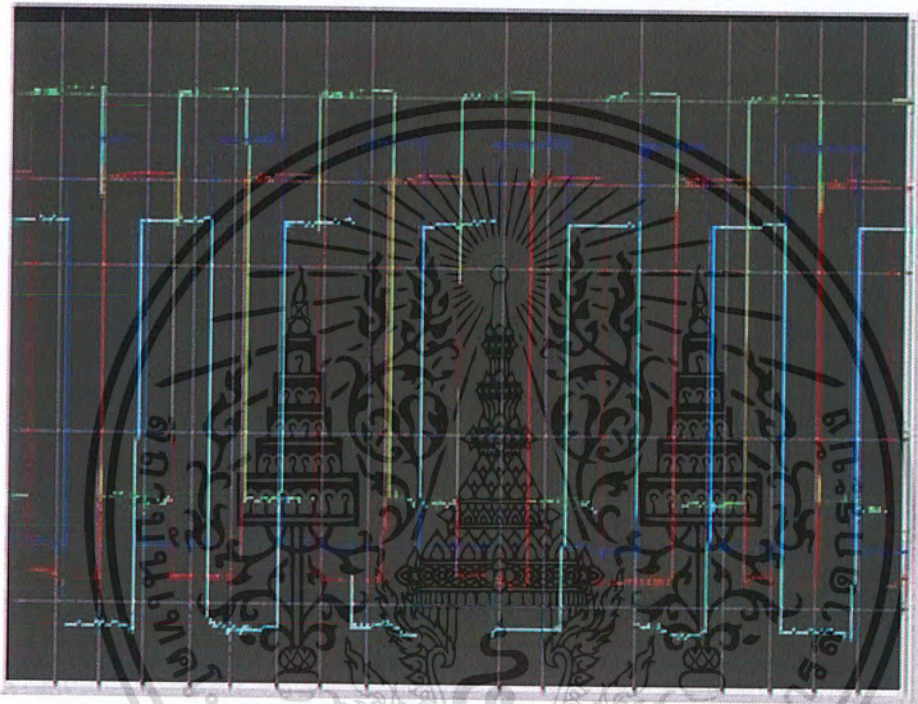
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 กำลังทั้งหมด

$$P_{\text{rms}} = I_{\text{rms}} V_{\text{rms}}$$

$$P = (0.145) \times (220) = 31.9 \text{ W}_{\text{rms}}$$

4.4 กราฟแสดงสัญญาณพัลส์ที่สเต็ปมอเตอร์



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงสัญญาณพัลส์ที่สเต็ปมอเตอร์โดยใช้ค่า delay 4 ms

หมายเหตุ

สัญญาณสีเขียว คือ เฟสที่ 1

สัญญาณน้ำเงิน คือ เฟสที่ 2

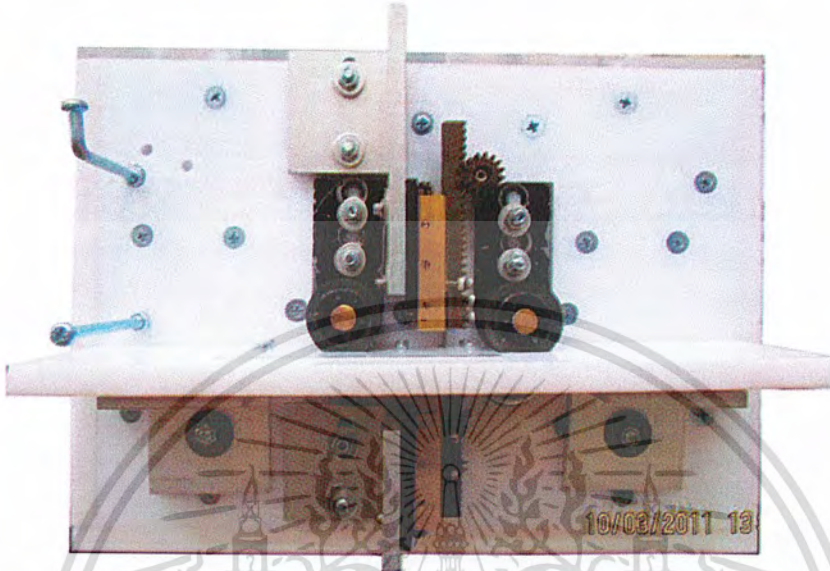
สัญญาณแดง คือ เฟสที่ 3

สัญญาณฟ้า คือ เฟสที่ 4

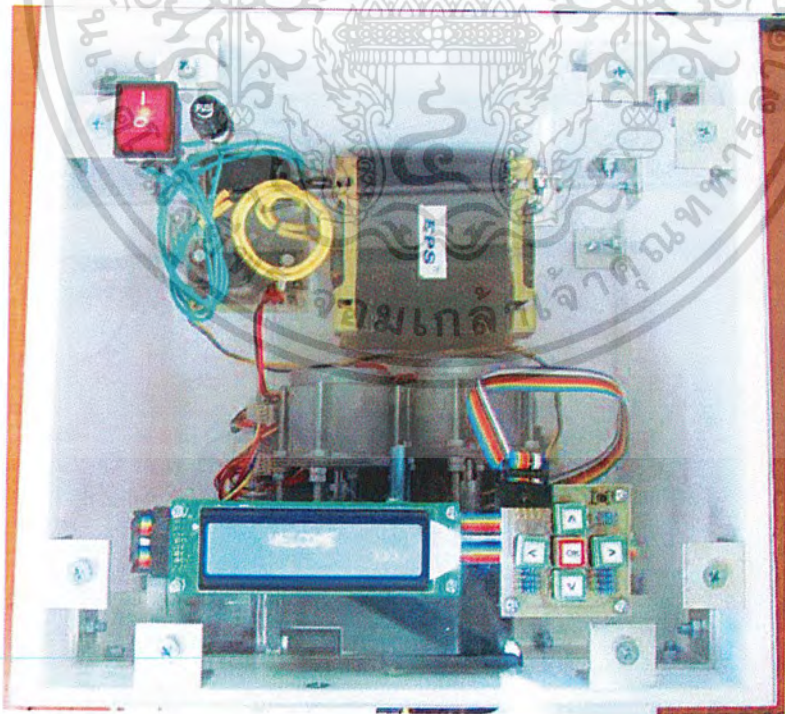
ใช้ scale 5 V/DIV และ 5 ms/DIV ในการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 เครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ



รูปที่ 4.8 ภาพด้านหน้าของเครื่อง



รูปที่ 4.9 ภาพด้านบนของเครื่อง

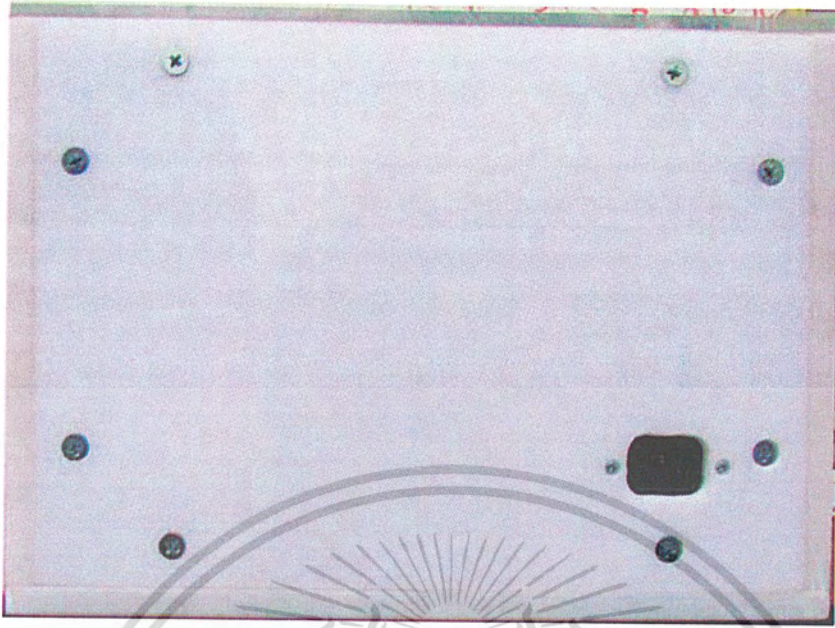
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ภาพด้านซ้ายของเครื่อง

รูปที่ 4.11 ภาพด้านขวาของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ภาพด้านหลังของเครื่อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผล

5.1 สรุปผลการทำงาน

เมื่อทำการป้อนค่าระยะความยาวในการตัด ระยะการปอก ขนาดของสายไฟและจำนวนสายไฟ จะพบว่าเครื่องสามารถทำงานได้ตามลำดับขั้นตอนที่วางไว้ และเมื่อวัดระยะความยาวของสายไฟที่ตัดจริงกับความยาวที่ป้อนค่าไปพบว่าที่สายไฟขนาด 18 AWG เมื่อป้อนระยะความยาวสาย 15 cm. ค่าเฉลี่ยของระยะความยาวที่วัดได้จริง คือ 15.195 cm. ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน 1.3 % เมื่อป้อนระยะความยาวสาย 20 cm. ค่าเฉลี่ยของระยะความยาวที่วัดได้จริง คือ 20.190 cm. ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน 0.95 % เมื่อป้อนระยะความยาวสาย 30 cm. ค่าเฉลี่ยของระยะความยาวที่วัดได้จริง คือ 30.015 cm. ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน 0.05 % ที่สายไฟขนาด 20 AWG เมื่อป้อนระยะความยาวสาย 15 cm. ค่าเฉลี่ยของระยะความยาวที่วัดได้จริง คือ 15.040 cm. ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน 0.266 % เมื่อป้อนระยะความยาวสาย 20 cm. ค่าเฉลี่ยของระยะความยาวที่วัดได้จริง คือ 20.080 cm. ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน 0.4 % เมื่อป้อนระยะความยาวสาย 30 cm. ค่าเฉลี่ยของระยะความยาวที่วัดได้จริง คือ 30.015 cm. ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน 0.05 % ที่สายไฟขนาด 22 AWG เมื่อป้อนระยะความยาวสาย 10 cm. ค่าเฉลี่ยของระยะความยาวที่วัดได้จริง คือ 10.115 cm. ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน 1.15 % เมื่อป้อนระยะความยาวสาย 15 cm. ค่าเฉลี่ยของระยะความยาวที่วัดได้จริง คือ 15.115 cm. ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน 0.766 % เมื่อป้อนระยะความยาวสาย 20 cm. ค่าเฉลี่ยของระยะความยาวที่วัดได้จริง คือ 20.095 cm. ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน 0.475 % ที่สายไฟขนาด 24 AWG เมื่อป้อนระยะความยาวสาย 10 cm. ค่าเฉลี่ยของระยะความยาวที่วัดได้จริง คือ 10.140 cm. ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน 1.4 % เมื่อป้อนระยะความยาวสาย 15 cm. ค่าเฉลี่ยของระยะความยาวที่วัดได้จริง คือ 15.180 cm. ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน 1.2 % เมื่อป้อนระยะความยาวสาย 20 cm. ค่าเฉลี่ยของระยะความยาวที่วัดได้จริง คือ 20.135 cm. ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน 0.675 % ซึ่งจากทั้งหมดจะเห็นว่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่เกิดขึ้นของความยาวของสายไฟ คือ 1.4 % ในส่วนของระยะปอกมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นสูงสุด 4 %

เมื่อวัดค่ากระแส Output ที่ใช้สูงสุดจะเห็นว่า เมื่อเครื่องเริ่มทำงาน คือ มอเตอร์ M1 ทำงานตัวเดียวจะใช้กระแสสูงสุด 0.6 A. ต่อมาในช่วงที่มอเตอร์ M1 และ M2 ทำงานพร้อมกันจะใช้กระแสสูงสุด 0.79 A. และในช่วงที่มอเตอร์ M3 ทำงานหลังจากช่วงที่ มอเตอร์ M1 และ M2 ทำงาน จะใช้กระแสสูงสุด 0.93 A. จะเห็นว่าการเพิ่มเกียร์ที่สลับมอเตอร์ทำให้กระแสที่ใช้สูงขึ้นประมาณ 0.1 A. ในส่วนของกระแส Input มีค่า 0.145 Arms. ทำให้เมื่อเครื่องทำงานเกิดกำลังงานขึ้น 31.9 Wrms และกราฟ pulse ที่ได้จากการวัดก็เป็นไปตามที่โปรแกรม โดยให้ค่า delay 4 ms เพราะเมื่อเพิ่มเกียร์ที่สลับมอเตอร์ทำให้ความเร็วในการทำงานลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามอัตราทจึงต้องใช้ค่า delay ที่ต่ำสุดที่มอเตอร์สามารถทำงานได้ และสามารถกำหนดระยะตัดที่สั้นที่สุดได้ 4 cm. และสามารถตัดสายไฟได้ 4.5 วินาที / 1 cm.

5.2 วิเคราะห์ปัญหาและแนวทางการพัฒนา

ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น เกิดจากปัญหาทางกลและความเร็วในการตอบสนองของทรานซิสเตอร์ส่วนขับเคลื่อนมอเตอร์ และจากกราฟแสดงเฟสของสเต็ปมอเตอร์จะเห็นว่ามีส่วนกราฟที่ซ้อนกันอยู่นั้นเป็นการทำให้สเต็ปมอเตอร์ร้อนมากกว่าปกติ จึงต้องลด loss ในสเต็ปมอเตอร์โดยปรับปรุงวงจรขับ หรือ ซัพเพรสเซอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม

```
#include <16F877A.h>
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
#use delay(clock=20000000)

#include <lcd.c>
int sw1,sw2,sw3,sw4,sw5;
int a=7,k=0,m=0,n=0,k1=0,m1=0,n1=0,n2=0,n3=0,z=24,bb=1,ss=0;
int page=0,i,st,step,num,peel_11,wire_11;
unsigned int number,wire;
float peel;
// LCD_input
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////

void LCD_command(int cm)
{
  lcd_send_byte(0,cm);
}

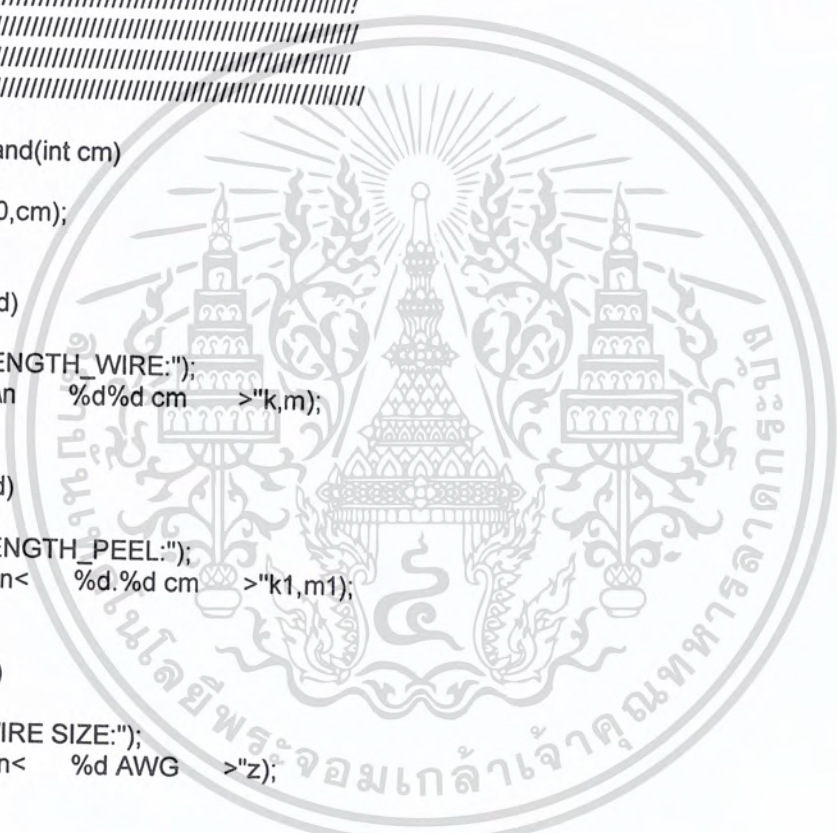
void WIRE_1 (void)
{
  lcd_putc("\f LENGTH_WIRE:");
  printf(lcd_putc,"\n      %d%d cm      >"k,m);
}

void PEEL_1 (void)
{
  lcd_putc("\f LENGTH_PEEEL:");
  printf(lcd_putc,"\n<      %d.%d cm >"k1,m1);
}

void SIZE_1 (void)
{
  lcd_putc("\f WIRE SIZE:");
  printf(lcd_putc,"\n<      %d AWG      >"z);
}

void NUMBER_1 (void)
{
  lcd_putc("\f NUMBER:");
  printf(lcd_putc,"\n<      %d%d%d"n1,n2,n3);
}

void delay (void)
{
  delay_ms(400);
}
```



```
void LCD_input(void)
{
  sw1=input(pin_C0);
  sw2=input(pin_C1);
  sw3=input(pin_C2);
```

การที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sw4=input(pin_c3);
sw5=input(pin_c4);
while(page != 5)
{
sw1=input(pin_C0);
sw2=input(pin_C1);
sw3=input(pin_C2);
sw4=input(pin_c3);
sw5=input(pin_c4);

if(page == 0)
{
a=8;
LCD_command(0x0F);
WIRE_1();
lcd_gotoxy(8,2);
page++;
}

if(sw2 == 0 && page == 1 )
{
a++;
delay();
lcd_gotoxy(a,2);
}

if(sw1 == 0 && page == 1 && a>8 )
{
a--;
delay();
lcd_gotoxy(a,2);
}

/* if(sw2 == 0 && a == 10 && page ==1)
{
lcd_gotoxy(11,2);
a++;
}*/

if(sw1 == 0 && a == 10 && page ==1)
{
lcd_gotoxy(9,2);
a--;
}

//----- loop K -----
if(sw3 == 0 && a == 8 && k < 9 &&page == 1)
{
k++;
delay();
WIRE_1();
lcd_gotoxy(a,2);
}
if(sw5 == 0 && a == 8 && k > 0 && page == 1)
{
k--;
delay();
WIRE_1();
lcd_gotoxy(a,2);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//----- loop M -----
if(sw3 == 0 && a == 9 && m < 9 && page == 1)
{
  m++;
  delay();
  WIRE_1();
  lcd_gotoxy(a,2);
}
if(sw5 == 0 && a == 9 && m > 0 && page == 1)
{
  m--;
  delay();
  WIRE_1();
  lcd_gotoxy(a,2);
}
```

```
//----- loop N -----
if(sw3 == 0 && a == 11 && n < 9 && page == 1)
{
  n++;
  delay();
  WIRE_1();
  lcd_gotoxy(a,2);
}
if(sw5 == 0 && a == 11 && n > 0 && page == 1)
{
  n--;
  delay();
  WIRE_1();
  lcd_gotoxy(a,2);
}
```

```
//----- End LENGTH_WIRE -----
```

```
if(sw2 == 0 && page == 1 && a == 10)
{
  a=7;
  LCD_command(0x0F);
  PEEL_1();
  lcd_gotoxy(7,2);
  page++;
}
```

```
if(sw1 == 0 && page == 2 && a == 8)
{
  LCD_command(0x0F);
  WIRE_1();
  lcd_gotoxy(8,2);
  delay();
  page--;
}
```

```
if(sw2 == 0 && page == 2 )
{
  a++;
  delay();
  lcd_gotoxy(a,2);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(sw1 == 0 && page == 2 )
{
  a--;
  delay();
  lcd_gotoxy(a,2);
}
if(sw2 == 0 && a == 9 && page ==2)
{
  lcd_gotoxy(10,2);
  a++;
}
if(sw1 == 0 && a == 9 && page ==2)
{
  lcd_gotoxy(8,2);
  a--;
}

//----- loop K1 -----
if(sw3 == 0 && a == 8 && k1 < 9 && page == 2)
{
  k1++;
  delay();
  PEEL_1();
  lcd_gotoxy(a,2);
}
if(sw5 == 0 && a == 8 && k1 > 0 && page == 2)
{
  k1--;
  delay();
  PEEL_1();
  lcd_gotoxy(a,2);
}

//----- loop M1 -----
if(sw3 == 0 && a == 10 && m1 < 9 && page == 2)
{
  m1++;
  delay();
  PEEL_1();
  lcd_gotoxy(a,2);
}
if(sw5 == 0 && a == 10 && m1 > 0 && page == 2)
{
  m1--;
  delay();
  PEEL_1();
  lcd_gotoxy(a,2);
}

//-----End LENGTH_PEEL

```

```

if(sw2 == 0 && page == 2 && a == 11)
{
  //a=10;
  LCD_command(0x0F);
  SIZE_1();
  lcd_gotoxy(20,2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

page++;
a=8;
sw2 = 1;
}

if(sw1 == 0 && page == 3 /*&& a == 8*/)
{
LCD_command(0x0F);
PEEL_1();
lcd_gotoxy(8,2);
delay();
page--;
a=8;
}

/*if(sw2 == 0 && page == 3 && a < 10 )
{
a=7;
delay();
lcd_gotoxy(11,2);
}

if(sw1 == 0 && page == 3 )
{
a--;
delay();
lcd_gotoxy(a,2);
}*/

//-----loop Z-----

if(sw3 == 0 && /*a == 9*/ z < 24 && page == 3)
{
z=z+2;
delay();
SIZE_1();
lcd_gotoxy(20,2);
a=8;
}
if(sw5 == 0 && /*a == 9 &&*/ z > 18 && page == 3)
{
z=z-2;
delay();
SIZE_1();
lcd_gotoxy(20,2);
a=8;
}

}

//-----End WIRE SIZE

```

```

if(sw2 == 0 && page == 3 && a == 8)
{
a=7;
LCD_command(0x0F);
NUMBER_1();
lcd_gotoxy(7,2);
page++;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

if(sw1 == 0 && page == 4 && a == 8)
{
LCD_command(0x0F);
SIZE_1();
lcd_gotoxy(20,2);
delay();
page--;
}

if(sw2 == 0 && page == 4 && a < 10 )
{
a++;
delay();
lcd_gotoxy(a,2);
}

if(sw1 == 0 && page == 4 )
{
a--;
delay();
lcd_gotoxy(a,2);
}

//----- loop N1 -----
if(sw3 == 0 && a == 8 && n1 < 9 && page == 4)
{
n1++;
delay();
NUMBER_1();
lcd_gotoxy(a,2);
}
if(sw5 == 0 && a == 8 && n1 > 0 && page == 4)
{
n1--;
delay();
NUMBER_1();
lcd_gotoxy(a,2);
}

//----- loop N2 -----
if(sw3 == 0 && a == 9 && n2 < 9 && page == 4)
{
n2++;
delay();
NUMBER_1();
lcd_gotoxy(a,2);
}
if(sw5 == 0 && a == 9 && n2 > 0 && page == 4)
{
n2--;
delay();
NUMBER_1();
lcd_gotoxy(a,2);
}

```

//----- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ loop N3 -----
 ใช้นักเรียนควรใช้วงเล็บเพื่อตรวจสอบว่าเนื้อหาไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(sw3 == 0 && a == 10 && n3<9 && page == 4)
{
n3++;
delay();
NUMBER_1();
lcd_gotoxy(a,2);
}
if(sw5 == 0 && a == 10 && n3 > 0 && page == 4)
{
n3--;
delay();
NUMBER_1();
lcd_gotoxy(a,2);
}

if(sw4 == 0)
{
a=7;
page++;
}
}

```

//-----End Number

```

void math_lcd (void)
{
wire = (k*10)+m;
peel = k1+(m1*0.1);
number = (n1*100)+(n2*10)+n3;
printf(lcd_putc, "\fW=%d cm" wire);
printf(lcd_putc, " P=%.1f cm" peel);
printf(lcd_putc, "\nN=%d%d%d "n1,n2,n3);
printf(lcd_putc, "Z=%d AWG >>"z);
page++;
}

```

```

/////////////////////////////////////////////////////////////////
// Stepping Motor
/////////////////////////////////////////////////////////////////
/////////////////////////////////////////////////////////////////
/////////////////////////////////////////////////////////////////
/////////////////////////////////////////////////////////////////

```

```

void math_step (void)
{
//wire_11=wire*10;
peel_11=peel*10;
}

```

```

void delay_2 (void)
{
delay_ms(4);
}

```

//-----MOTOR_1-----
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//////step1
void step_right_B1_1 (void)
{
  int step [4]={0x09,0x0c,0x06,0x03},i,st,t;
  for (t=0;t<10;t++)
  {
    for(st=0;st<47;st++)
    {
      for(i=0;i<4;i++)
      {
        output_B(step[i]);
        delay_2();
      }
    }
  }
  //output_B(0x03);
}

```

```

//////step4
void step_right_B1_4 (void)
{
  int step [4]={0x09,0x0c,0x06,0x03},i,st,t;
  for (t=0;t<10;t++)
  {
    for(st=0;st<peel_11;st++)
    {
      for(i=0;i<4;i++)
      {
        output_B(step[i]);
        delay_2();
      }
    }
  }
  //output_B(0x03);
}

```

```

//////step6
void step_left_B1_6 (void)
{
  int step [4]={0x03,0x06,0x0c,0x09},i,st,t;
  for (t=0;t<10;t++)
  {
    for(st=0;st<(peel_11);st++)
    {
      for(i=0;i<4;i++)
      {
        output_B(step[i]);
        delay_2();
      }
    }
  }
  output_B(0x03);
}

```

```

//// step 14
void step_right_B1_14 (void)
{

```

```

  int step [4]={0x09,0x0c,0x06,0x03},i,st,t;
  for (t=0;t<10;t++)

```

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
for(st=0;st<peel_11;st++)
{
for(i=0;i<4;i++)
{
output_B(step[i]);
delay_2();
}
}
//output_B(0x03);
}
}

///// step last
void step_left_B1 (void)
{
int step [4]={0x03,0x06,0x0c,0x09},i,st,t;
for (t=0;t<10;t++)
{
for(st=0;st<(50);st++)
{
for(i=0;i<4;i++)
{
output_B(step[i]);
delay_2();
}
}
output_B(0x03);
}
}

//-----MOTOR_2-----

/////step12
void step_right_B2_12 (void)
{
int step [4]={0x90,0xc0,0x60,0x30},i,st,t;
for (t=0;t<10;t++)
{
for(st=0;st<(50);st++)
{
for(i=0;i<4;i++)
{
output_B(step[i]);
delay_2();
}
}
}
//output_B(0x30);
}
}

//-----MOTOR_1 MOTOR_2-----

```

```

/////step8
void step_right_B1B2_8 (void)
{

```

```

int step [4]={0x99,0xcc,0x66,0x33},i,st,t,s;
for(s=0;s<10;s++)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for (t=0;t<(wire);t++)
{
for(st=0;st<10;st++)
{
for(i=0;i<4;i++)
{
output_B(step[i]);
delay_2();
}
}
}
}

```

```

for (t=0;t<(wire*2);t++)
{
for(i=0;i<4;i++)
{
output_B(step[i]);
delay_2();
}
}
}

```

```

////step10
void step_left_B1B2_10 (void)
{
int step [4]={0x33,0x66,0xcc,0x99},i,st,t;
for (t=0;t<10;t++)
{
for(st=0;st<peel_11;st++)
{
for(i=0;i<4;i++)
{
output_B(step[i]);
delay_2();
}
}
}
output_B(0x33);
delay_2();
}
}

```

//----- MOTOR_3 -----

```

////step3 ,step9_2
void step_right_A_3 (void)
{
int step [4]={0x03,0x06,0x0c,0x09},i,st;
for(st=0;st<200;st++)
{
for(i=0;i<4;i++)
{
output_A(step[i]);
delay_2();
}
}
}

```

output_A(0x03); สารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

/////step2 ,step9_1
void step_left_A_2 (void)
{
  int step [4]={0x09,0x0c,0x06,0x03},i,st;
  for(st=0;st<200;st++)
  {
    for(i=0;i<4;i++)
    {
      output_A(step[i]);
      delay_2();
    }
  }
}

```

```

/////step5 ,step11
void step_left_A_24 (void)
{
  int step [4]={0x09,0x0c,0x06,0x03},i,st;
  for(st=0;st<150;st++)
  {
    for(i=0;i<4;i++)
    {
      output_A(step[i]);
      delay_2();
    }
  }
}

```

```

void step_left_A_22 (void)
{
  int step [4]={0x09,0x0c,0x06,0x03},i,st;
  for(st=0;st<145;st++)
  {
    for(i=0;i<4;i++)
    {
      output_A(step[i]);
      delay_2();
    }
  }
}

```

```

void step_left_A_20 (void)
{
  int step [4]={0x09,0x0c,0x06,0x03},i,st;
  for(st=0;st<142;st++)
  {
    for(i=0;i<4;i++)
    {
      output_A(step[i]);
      delay_2();
    }
  }
}

```

void step_left_A_18 (void) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
int step [4]={0x09,0x0c,0x06,0x03},i,st;
for(st=0;st<138;st++)
{
for(i=0;i<4;i++)
{
output_A(step[i]);
delay_2();
}
}
}
```

//// Step7,step13

```
void step_right_A_24 (void)
{
int step [4]={0x03,0x06,0x0c,0x09},i,st;
for(st=0;st<150;st++)
{
for(i=0;i<4;i++)
{
output_A(step[i]);
delay_2();
}
}
}
```

```
void step_right_A_22 (void)
{
int step [4]={0x03,0x06,0x0c,0x09},i,st;
for(st=0;st<145;st++)
{
for(i=0;i<4;i++)
{
output_A(step[i]);
delay_2();
}
}
}
```

```
void step_right_A_20 (void)
{
int step [4]={0x03,0x06,0x0c,0x09},i,st;
for(st=0;st<142;st++)
{
for(i=0;i<4;i++)
{
output_A(step[i]);
delay_2();
}
}
}
```

```
void step_right_A_18 (void)
{
int step [4]={0x03,0x06,0x0c,0x09},i,st;
for(st=0;st<138;st++)
```

{เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for(i=0;i<4;i++)
{
    output_A(step[i]);
    delay_2();
}
}
}

```

```

void step_motor (void)
{
    math_step();
    step_right_B1_1(); // 1
    delay_ms(10);
    step_left_A_2(); // 2
    delay_ms(50);
    step_right_A_3(); // 3
    delay_ms(50);
    for( num= 0 ; num<number;num++)
    {

```

```

        printf(lcd_putc,"f  RUNNING = %d "num+1);
        step_right_B1_4(); // 4
        delay_ms(10);
        if (z==24) // 5_24
        {
            step_left_A_24();
            delay_ms(10);
        }
        if (z==22) // 5_22
        {
            step_left_A_22();
            delay_ms(10);
        }
        if (z==20) // 5_20
        {
            step_left_A_20();
            delay_ms(10);
        }
        if (z==18) // 5_18
        {
            step_left_A_18();
            delay_ms(10);
        }
        step_left_B1_6(); // 6
        delay_ms(10);
        if (z==24)
        {
            step_right_A_24(); // 7_24
            delay_ms(10);
        }
        if (z==22)
        {
            step_right_A_22(); // 7_22
            delay_ms(10);
        }
        if (z==20)
        {
            step_right_A_20(); // 7_20
            delay_ms(10);
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (z==18)
{
  step_right_A_18(); // 7_18
  delay_ms(10);
}
  step_right_B1B2_8(); // 8
  delay_ms(10);
  step_left_A_2(); // 9_1
  delay_ms(10);
  step_right_A_3(); // 9_2
  delay_ms(10);
  step_left_B1B2_10(); // 10
  delay_ms(10);
if (z==24) // 11_24
{
  step_left_A_24();
  delay_ms(10);
}
if (z==22) // 11_22
{
  step_left_A_22();
  delay_ms(10);
}
if (z==20) // 11_20
{
  step_left_A_20();
  delay_ms(10);
}
if (z==18) // 11_18
{
  step_left_A_18();
  delay_ms(10);
}
  step_right_B2_12(); //12
  delay_ms(10);
if (z==24)
{
  step_right_A_24(); // 13_24
  delay_ms(10);
}
if (z==22)
{
  step_right_A_22(); // 13_22
  delay_ms(10);
}
if (z==20)
{
  step_right_A_20(); //13_20
  delay_ms(10);
}
if (z==18)
{
  step_right_A_18(); //13_18
  delay_ms(10);
}
}
  step_right_B1_14(); //14
  delay_ms(10);
}
step_left_B1();

```



a=7;k=0;m=0;n=0;k1=0;m1=0;n1=0;n2=0;n3=0;z=24;bb=1;ss=0; ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    page=0;step=0;num=0;peel_11=0;wire_11=0;
}

```

```

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

```

```

void main(void)
{
    lcd_init();
    do{
        sw2=input(pin_C1);
        lcd_gotoxy(bb,1);
        lcd_putc(" WELCOME ");
        lcd_putc("\n      >>>>");
        delay_ms(500);
        if(bb!=14&&ss==0)
        {
            bb++;
            if(bb==14)
            {ss=1;}
        }
        if(bb!=0&&ss==1)
        {
            bb--;
            if(bb==0)
            {ss=0;}
        }
    }while(sw2==1);

    while(2)
    {
        sw1=input(pin_C0);
        sw2=input(pin_C1);
        sw3=input(pin_C2);
        sw4=input(pin_c3);
        sw5=input(pin_c4);

        if(sw2 == 1 && page == 0)
        {
            delay();
            LCD_input();
        }
        if(page == 5)
        {
            math_lcd();
        }
        if(sw2 == 0 && page > 5)
        {
            lcd_putc("\f  RUNNING");
            step_motor();
        }
    }
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1N4001 - 1N4007, BY133

1.0 AMP. Silicon Rectifiers

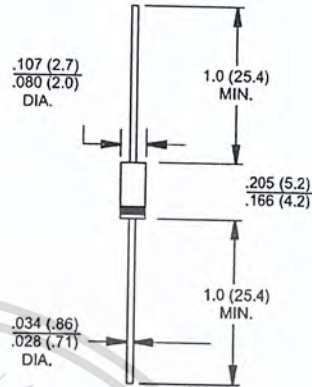
DO-41

Features

- ◇ High efficiency, Low VF
- ◇ High current capability
- ◇ High reliability
- ◇ High surge current capability
- ◇ Low power loss

Mechanical Data

- ◇ Cases: Molded plastic
- ◇ Epoxy: UL 94V-0 rate flame retardant
- ◇ Lead: Pure tin plated, lead free., solderable per MIL-STD-202, Method 208 guaranteed
- ◇ Polarity: Color band denotes cathode end
- ◇ High temperature soldering guaranteed: 260 °C /10 seconds/.375", (9.5mm) lead lengths at 5 lbs., (2.3kg) tension
- ◇ Weight: 0.35 gram



Dimensions in inches and (millimeters)

Maximum Ratings and Electrical Characteristics

Rating at 25 °C ambient temperature unless otherwise specified.
Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%

Type Number	Symbol	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	BY	Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	133	
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	1300	V
Maximum RMS Voltage	V_{RMS}	35	70	140	280	420	560	700	910	V
Maximum DC Blocking Voltage	V_{DC}	50	100	200	400	600	800	1000	1300	V
Maximum Average Forward Rectified Current .375"(9.5mm) Lead Length @ $T_A = 75^\circ C$	$I_{(AV)}$	1.0								A
Peak Forward Surge Current, 8.3 ms Single Half Sine-wave Superimposed on Rated Load (JEDEC method)	I_{FSM}	30								A
Maximum Instantaneous Forward Voltage @ 1.0A	V_F	1.0								V
Maximum DC Reverse Current @ $T_A=25^\circ C$ at Rated DC Blocking Voltage @ $T_A=125^\circ C$	I_R	5.0 50								μA μA
Maximum Full Load Reverse Current ,Full Cycle Average .375"(9.5mm) Lead Length @ $T_A=75^\circ C$	HT_{IR}	30								μA
Typical Junction Capacitance (Note 1)	C_j	10								pF
Typical Thermal Resistance (Note 2)	$R_{\theta JA}$	65								$^\circ C/W$
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{STG}	-65 to +150								$^\circ C$

Notes: 1. Measured at 1 MHz and Applied Reverse Voltage of 4.0 Volts D.C.
2. Mount on Cu-Pad Size 5mm x 5mm on P.C.B.

Version: A06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RATINGS AND CHARACTERISTIC CURVES (1N4001 THRU 1N4007/BY133)

FIG.1- MAXIMUM FORWARD CURRENT DERATING CURVE

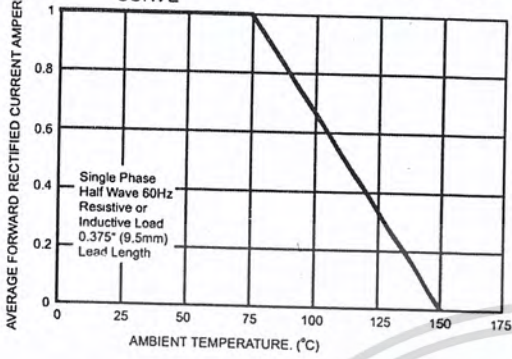


FIG.2- TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS

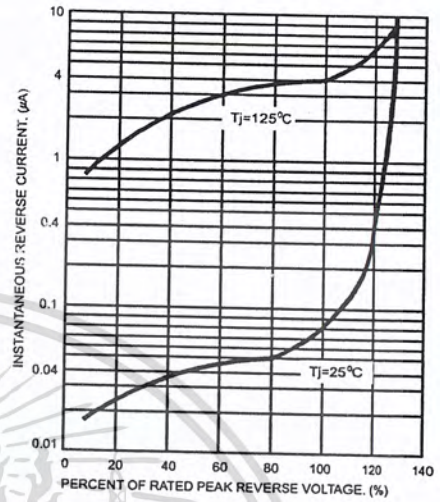


FIG.3- MAXIMUM NON-REPETITIVE FORWARD SURGE CURRENT

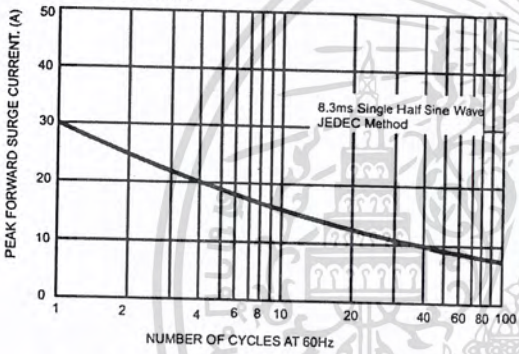


FIG.4- TYPICAL JUNCTION CAPACITANCE

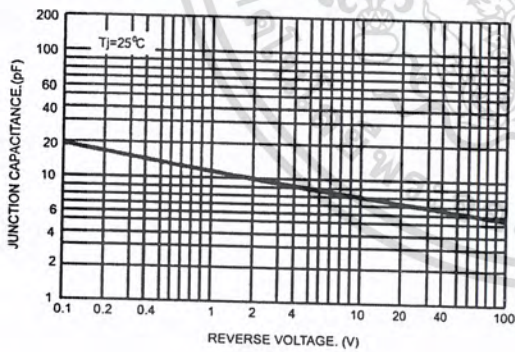
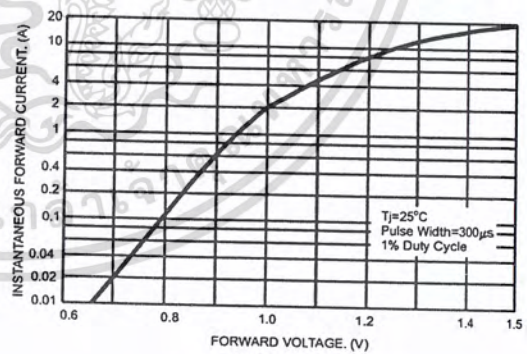


FIG.5- TYPICAL FORWARD CHARACTERISTICS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BD135
BD139

NPN SILICON TRANSISTORS

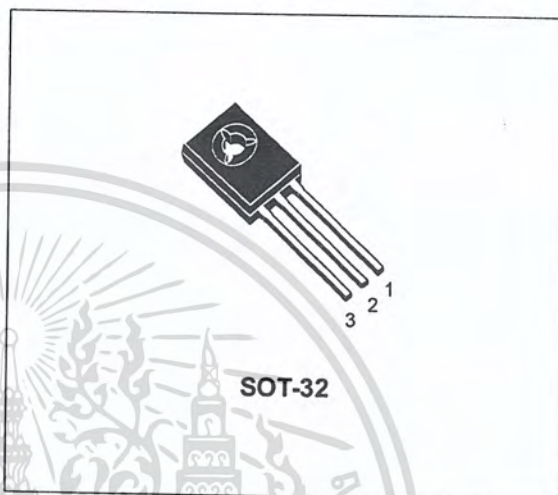
Type	Marking
BD135	BD135
BD135-10	BD135-10
BD135-16	BD135-16
BD139	BD139
BD139-10	BD139-10
BD139-16	BD139-16

- STMicroelectronics PREFERRED SALESTYPES

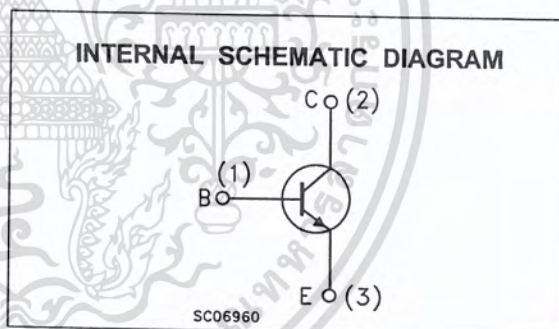
DESCRIPTION

The BD135 and BD139 are silicon Epitaxial Planar NPN transistors mounted in Jedec SOT-32 plastic package, designed for audio amplifiers and drivers utilizing complementary or quasi-complementary circuits.

The complementary PNP types are BD136 and BD140 respectively.



SOT-32



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value		Unit
		BD135	BD139	
V _{CB0}	Collector-Base Voltage (I _E = 0)	45	80	V
V _{CEO}	Collector-Emitter Voltage (I _B = 0)	45	80	V
V _{EB0}	Emitter-Base Voltage (I _C = 0)	5		V
I _C	Collector Current	1.5		A
I _{CM}	Collector Peak Current	3		A
I _B	Base Current	0.5		A
P _{tot}	Total Dissipation at T _c ≤ 25 °C	12.5		W
P _{tot}	Total Dissipation at T _{amb} ≤ 25 °C	1.25		W
T _{stg}	Storage Temperature	-65 to 150		°C
T _j	Max. Operating Junction Temperature	150		°C

BD135 / BD139

THERMAL DATA

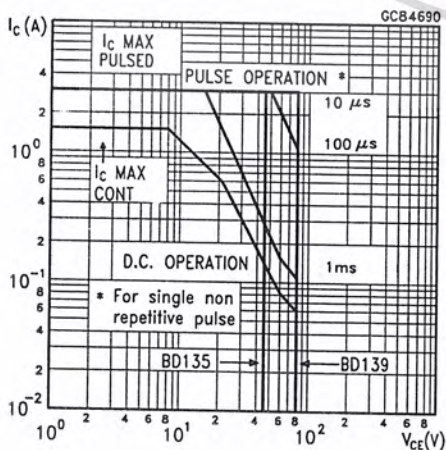
$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	10	$^{\circ}C/W$
----------------	----------------------------------	-----	----	---------------

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{case} = 25^{\circ}C$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CBO}	Collector Cut-off Current ($I_E = 0$)	$V_{CB} = 30 V$ $V_{CB} = 30 V \quad T_C = 125^{\circ}C$			0.1 10	μA μA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current ($I_C = 0$)	$V_{EB} = 5 V$			10	μA
$V_{CE(sus)*}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ($I_B = 0$)	$I_C = 30 mA$ for BD135 for BD139	45 80			V V
$V_{CE(sat)*}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 0.5 A \quad I_B = 0.05 A$			0.5	V
V_{BE*}	Base-Emitter Voltage	$I_C = 0.5 A \quad V_{CE} = 2 V$			1	V
h_{FE*}	DC Current Gain	$I_C = 5 mA \quad V_{CE} = 2 V$ $I_C = 150 mA \quad V_{CE} = 2 V$ $I_C = 0.5 A \quad V_{CE} = 2 V$	25 40 25		250	
h_{FE}	h_{FE} Groups	$I_C = 150 mA \quad V_{CE} = 2 V$ for BD135/BD139 group-10 for BD135/BD139 group-16	63 100		160 250	

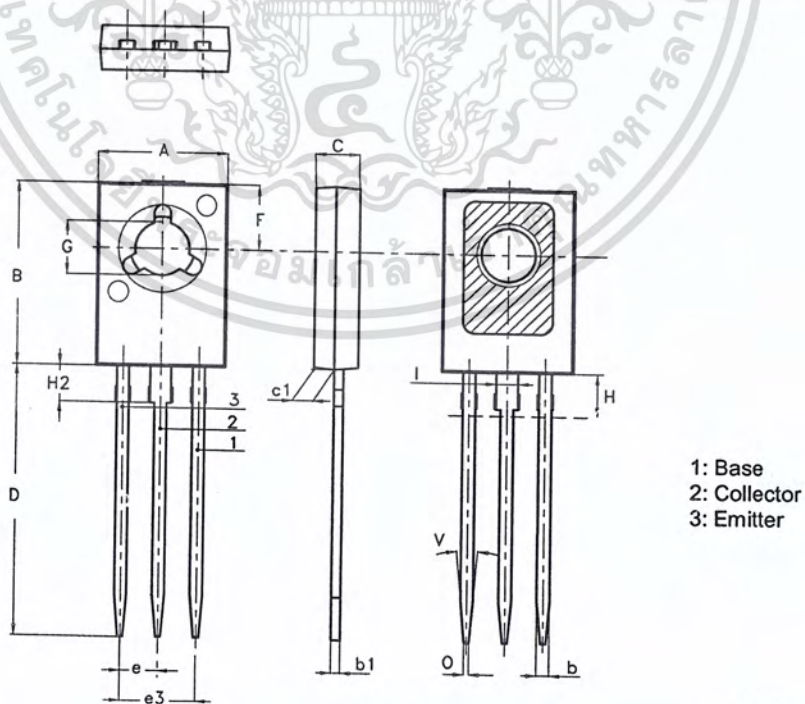
* Pulsed: Pulse duration = 300 μs , duty cycle 1.5 %

Safe Operating Area



SOT-32 (TO-126) MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	7.4		7.8	0.291		0.307
B	10.5		10.8	0.413		0.425
b	0.7		0.9	0.028		0.035
b1	0.40		0.65	0.015		0.025
C	2.4		2.7	0.094		0.106
c1	1.0		1.3	0.039		0.051
D	15.4		16.0	0.606		0.630
e		2.2			0.087	
e3		4.4			0.173	
F		3.8			0.150	
G	3		3.2	0.118		0.126
H			2.54			0.100
H2		2.15			0.084	
I		1.27			0.05	
O		0.3			0.011	
V		10°			10°	



0016114/B



MICROCHIP

PIC16F87XA

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM),
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during Sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I ² C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2



4. DIMENSIONAL OUTLINE

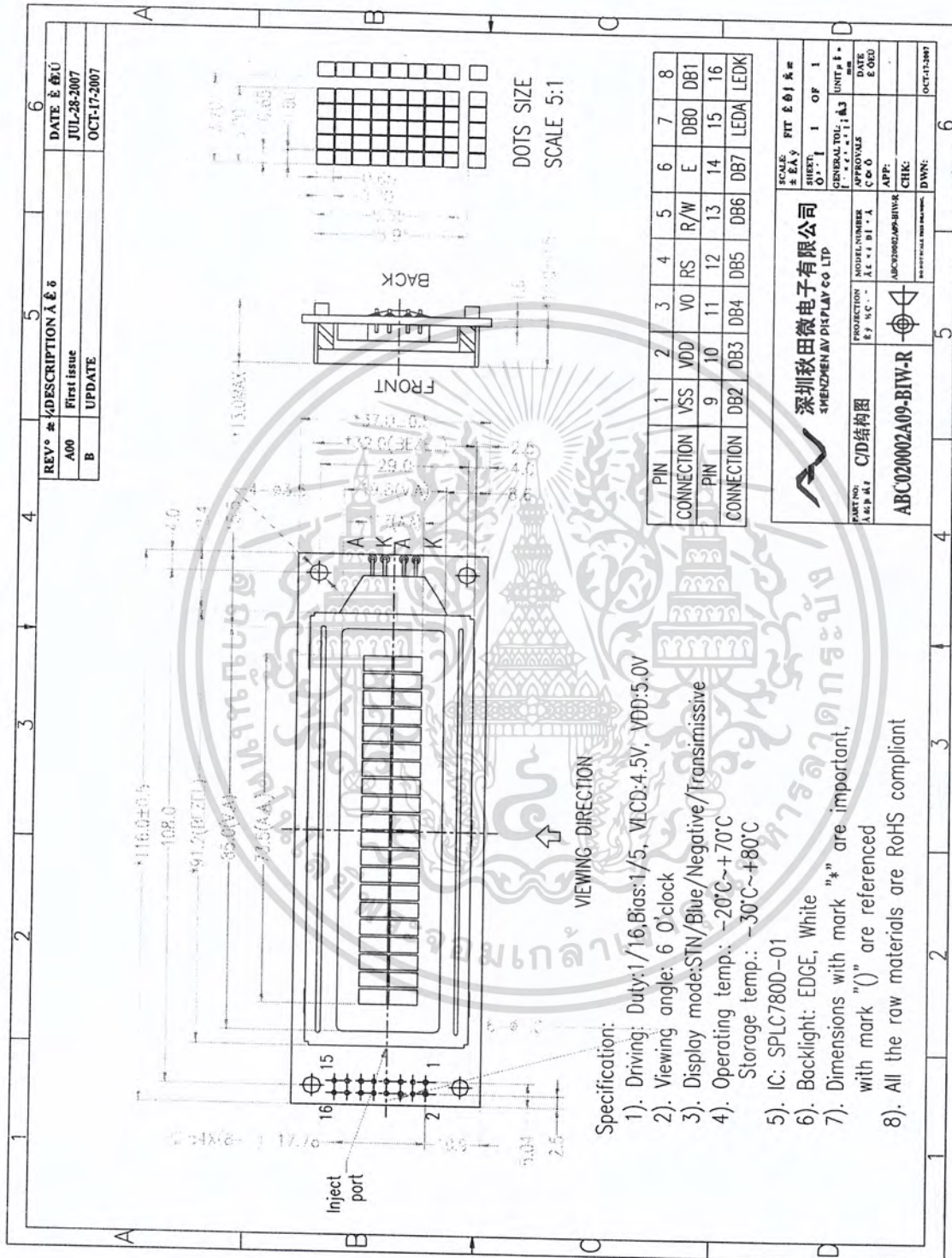


Figure 1. Dimensional outline

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5. PIN DESCRIPTION

No.	Symbol	Function
1	VSS	Power ground (0V)
2	VDD	Power supply for Logic(+5V)
3	V0	Power supply for LCD drive
4	RS	Register selection (H: Data register , L :Instruction register)
5	RW	Read/write selection (H: Read , L: Write)
6	E	Enable signal.
7-14	DB0~DB7	Data Bus line
15	LEDA	Power supply for Backlight(+5V)
16	LEDK	Power supply for Backlight(0V)

6. MAXIMUM ABSOLUTE LIMIT

Item	Symbol	MIN	MAX	Unit
Supply Voltage for Logic	V _{DD}	-0.3	7.0	V
Supply Voltage for LCD	V _{DD} -V ₀	V _{DD} -12.0	V _{DD} +0.3	V
Input Voltage	V _{in}	-0.3	V _{DD} +0.3	V
Supply Current for Backlight	I _F (Ta = 25°C)	---	---	mA
Reverse Voltage for Backlight	V _R (Ta = 25°C)	---	---	V
Operating Temperature	T _{op}	-20	70	
Storage Temperature	T _{st}	-30	80	

7. ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Item	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Supply Voltage for Logic	V _{DD} -V _{SS}	Ta = 25°C	4.8	5.0	5.2	V
Input High Voltage	V _{IH}	Ta = 25°C	0.7V _{DD}	---	V _{DD}	V
Input Low Voltage	V _{IL}	Ta = 25°C	-0.3	---	0.2 V _{DD}	V
Output High Voltage(TTL)	V _{OH}	Ta = 25°C	0.75V _{DD}	---	---	V
Output Low Voltage(TTL)	V _{OL}	Ta = 25°C	---	---	0.2V _{DD}	V
Supply Current	I _{DD}	Ta = 25°C	---	---	3.0	mA



8. BACK LIGHT CHARACTERISTICS

LCD Module with Edge White LED Backlight
ELECTRICAL RATINGS

Ta = 25°C

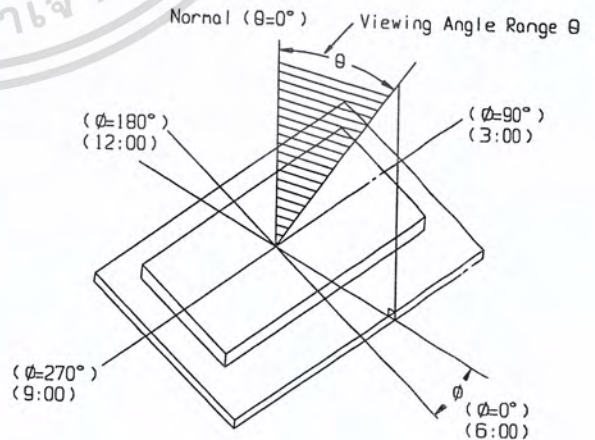
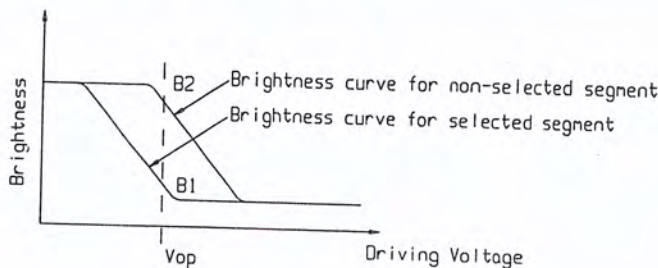
Item	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Forward Voltage	VF	IF=40mA	---	3.1	---	V
Reverse Current	IR	VR=---	---	---	---	mA
Luminous Intensity (Without LCD)	IV	IF=40mA	200	---	300	Cd/m ²
色坐标	X	IF=40mA	0.23	---	0.27	
	Y	IF=40mA	0.23		0.27	
Color			White			

9. ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS

(V_{OP} = 4.5V, Ta = 25°C)

Item	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Operating Voltage	V _{op}	Ta = -20°C	4.9	5.1	5.3	V
		Ta = 25°C	4.2	4.5	4.8	
		Ta = 70°C	3.7	3.9	4.0	
Response time	Tr	Ta = 25°C	---	185	---	ms
	Tf		---	200	---	ms
Contrast	Cr	Ta = 25°C	---	4	---	---
Viewing angle range	θ	Cr ≥ 2	-40	---	+40	deg
	Φ		-40	---	+40	deg

$$Cr = \frac{\text{Brightness of non-selected segment}(B2)}{\text{Brightness of selected segment}(B1)}$$



กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความร่วมมือกันของผู้ร่วมโครงการ คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญาบัตรฉบับนี้จะสามารถสร้างประโยชน์ให้แก่ผู้ที่สนใจ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ชนิษฐา แซ่ตั้ง และอาจารย์ทุกท่านในสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างยิ่ง ที่ให้คำปรึกษาในทุกๆด้าน ไม่ว่าจะเป็นแนวทางการเริ่มงาน การแก้ปัญหาในจุดต่างๆที่เกิดขึ้น ตลอดจนการพัฒนางานเพื่อให้มีประสิทธิภาพ และเพื่อนๆทุกคนที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาในเรื่องต่างๆ ตลอดมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



10. TIMING CHARACTERISTICS

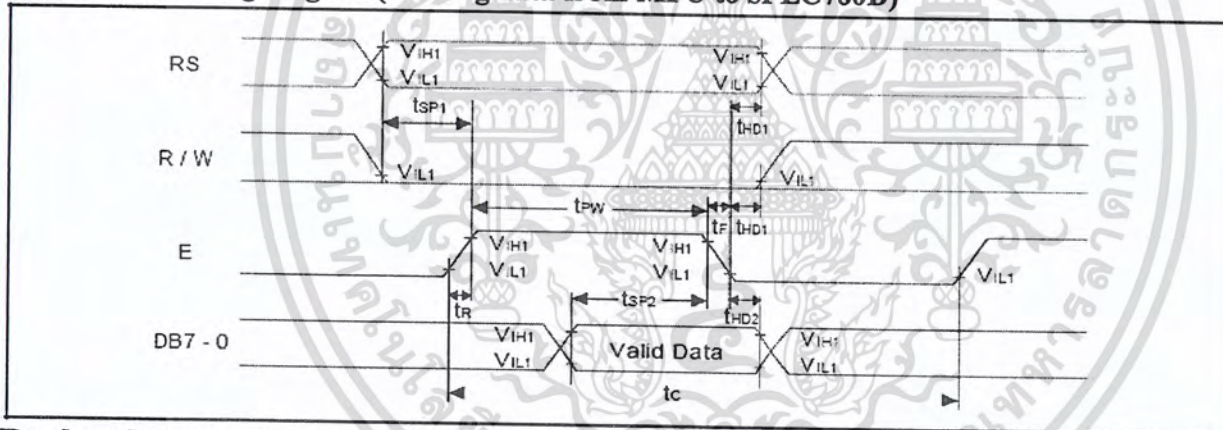
Write mode(writing data from MPU to SPLC780D)

Characteristics	Symbol	Limit			Unit	Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
E Cycle Time	t_c	1000	-	-	ns	Pin E
E Pulse Width	t_{pw}	450	-	-	ns	Pin E
E Rise/Fall Time	t_r, t_f	-	-	25	ns	Pin E
Address Setup Time	t_{SP1}	60	-	-	ns	Pins: RS, R/W, E
Address Hold Time	t_{HD1}	20	-	-	ns	Pins: RS, R/W, E
Data Setup Time	t_{SP2}	195	-	-	ns	Pins: DB0 - DB7
Data Hold Time	t_{HD2}	10	-	-	ns	Pins: DB0 - DB7

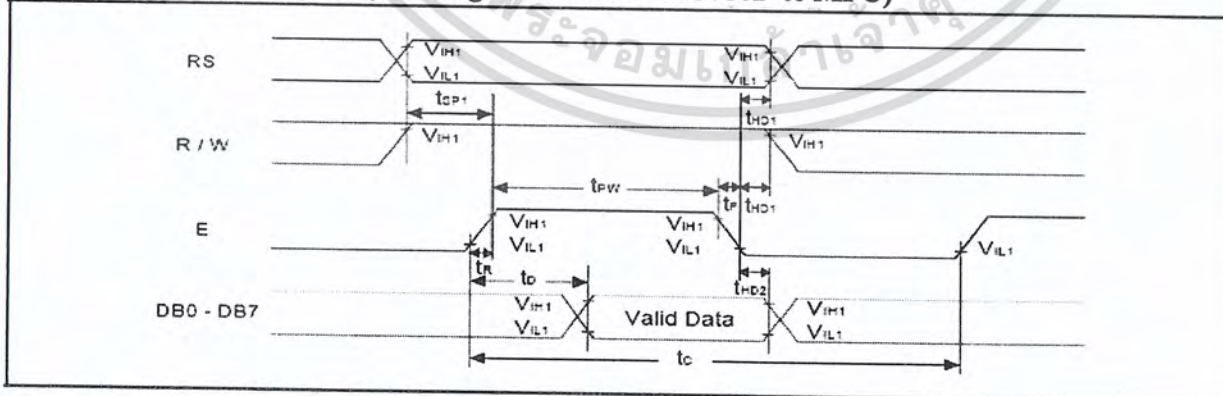
Read mode(reading data from SPLC780D to MPU)

Characteristics	Symbol	Limit			Unit	Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
E Cycle Time	t_c	1000	-	-	ns	Pin E
E Pulse Width	t_{pw}	450	-	-	ns	Pin E
E Rise/Fall Time	t_r, t_f	-	-	25	ns	Pin E
Address Setup Time	t_{SP1}	60	-	-	ns	Pins: RS, R/W, E
Address Hold Time	t_{HD1}	20	-	-	ns	Pins: RS, R/W, E
Data Output Delay Time	t_D	-	-	360	ns	Pins: DB0 - DB7
Data hold time	t_{HD2}	5.0	-	-	ns	Pin DB0 - DB7

Write mode timing diagram(Writing data from MPU to SPLC780D)



Read mode timing diagram(Reading data from SPLC780D to MPU)





11. CONTROL AND DISPLAY COMMAND

Instruction	Instruction Code										Description	Execution time (Temp = 25°C)		
	RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0		Fosc= 190KHz	Fosc= 270KHz	Fosc= 350KHz
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Write "20H" to DDRAM and set DDRAM address to "00H" from AC	2.16ms	1.52ms	1.18ms
Return Home	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Set DDRAM address to "00H" from AC and return cursor to its original position if shifted. The contents of DDRAM are not changed.	2.16ms	1.52ms	1.18ms
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Assign cursor moving direction and enable the shift of entire display	53µs	38µs	29µs
Display ON/OFF Control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Set display (D), cursor(C), and blinking of cursor(B) on/off control bit.	53µs	38µs	29µs
Cursor or Display Shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	-	-	Set cursor moving and display shift control bit, and the direction, without changing of DDRAM data.	53µs	38µs	29µs
Function Set	0	0	0	0	1	DL	N	F	-	-	Set interface data length (DL: 8-bit/4-bit), numbers of display line (N: 2-line/1-line) and, display font type (F:5x10 dots/5x8 dots)	53µs	38µs	29µs
Set CGRAM Address	0	0	0	1	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	Set CGRAM address in address counter.	53µs	38µs	29µs
Set DDRAM Address	0	0	1	AC6	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	Set DDRAM address in address counter	53µs	38µs	29µs
Read Busy Flag and Address Counter	0	1	BF	AC6	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	Whether during internal operation or not can be known by reading BF. The contents of address counter can also be read.			
Write Data to RAM	1	0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Write data into internal RAM (DDRAM/CGRAM).	53µs	38µs	29µs
Read Data from RAM	1	1	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Read data from internal RAM (DDRAM/CGRAM).	53µs	38µs	29µs

Note1: "-": don't care

Note2: In the operation condition under -20°C ~ 75°C, the maximum execution time for majority of instruction sets is 100µs, except two instructions, "Clear Display" and "Return Home", in which maximum execution time can take up to 4.1ms.

เอกสารอ้างอิง

- [1] คอนสัน ปงผาบ, ทิพวัลย์ คำนำนอง, ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC และการประยุกต์ใช้งาน, กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น), 2550
- [2] เฉชฤทธิ์ มณีธรรม, สำเร็จ เต็มราม, คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC (Microcontroller PIC), กรุงเทพฯ : ทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์, 2549
- [3] ประจัน พลังสันติ, All About CCS C (PIC C Programming with CCS C Compiler), กรุงเทพฯ : แอพซอพท์เทค, 2551
- [4] ประจัน พลังสันติ, PIC Work Example and C Source Code, กรุงเทพฯ : แอพซอพท์เทค, 2537
- [5] <http://www.es.co.th>
- [6] <http://www.thaimicrotron.com>
- [7] <http://thailand.rs-online.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้