

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องเชื่อมแบบจุดควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์
A MICROCONTROLLER BASED SPOT WELDER



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72735
27 ต.ช. 2550
วัน,เดือน,ปี.....

b. 11242021
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2549

เครื่องเชื่อมแบบจุดควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์
A MICROCONTROLLER BASED SPOT WELDER



อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. วิจิตร กิณเรศ

อ. ชัยทัต มณีอินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องเชื่อมแบบจุดควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

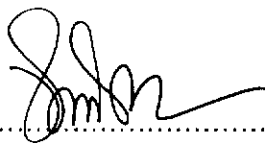
ผู้จัดทำ

- 
1. นาย ธนัญญู วัชรนารักษ์ 47015091
 2. นาย ชรรมรัตน์ ศรีพุ่มไข 47015092
 3. นาย พิศนุรัตน์ เขจร 47015100
 4. นาย เอกพล ปริพิณจรรย์ 47015119



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร กิณเรศ)



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ชัยทัต มณีอินทร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเชื่อมแบบจุดควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

นายชนนัฐ	วัชรนารักษ์	47015091
นายธรรมรัตน์	ศรีพุ่มไช้	47015092
นายพิศนุรัตน์	เขจร	47015100
นายเอกพล	ปริพินิจฉัย	47015119
รศ.ดร. วิจิตร	กิตนเรศ	อาจารย์ที่ปรึกษา
อ. ชัยทัต	มณีอินทร์	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอ การออกแบบ การสร้างและการทดสอบเครื่องควบคุม การเชื่อมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้งานร่วมกับเครื่องเชื่อมความต้านทานแบบจุด การ ออกแบบได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบการควบคุมปริมาณ ไฟฟ้าที่จ่ายให้เครื่องเชื่อม โดยรับค่าผ่าน KeyPad และแสดงผลทางจอ LCD ในการควบคุม ปริมาณพลังงานไฟฟ้านั้นจะใช้ไทรสเตอร์ 2 ตัว ทำการต่อขานแบบกลับหัวกลับหาง และมี การควบคุมมุมจุดชนวนไทรสเตอร์ตั้งแต่มุม 0 – 180 องศา ของแรงดันไฟฟ้ากระแสลับ 1 เฟส ซึ่งมี เอส ซี อาร์ เป็นตัวเปิด – ปิด วงจรกำลัง ที่เป็นวงจรควบคุมพลังงานแบบเต็มลูกคลื่น ทั้ง ยังได้มีการควบคุมเวลาในการปล่อยพลังงาน เพื่อควบคุมปริมาณที่จ่ายผ่านหม้อแปลงกระแส และได้ทำการทดสอบเก็บค่ามุมชนวนและเวลาในการเชื่อม เพื่อหาค่าที่ทำให้ชิ้นงานสมบูรณ์ ที่สุด ในโลหะชนิดต่างๆ ที่ขนาดความหนาต่างๆ ดังรายงานในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A MICROCONTROLLER BASED SPOT WELDER

Mr.Tananat Watcharawanaruk

Mr.Thammarat Sripumkai

Mr.Pidsanurat Khejhon

Mr.Aekkaphon Panipinidchai

Assoc.Prof.Dr.Vijit Kinnares Advisor

Mr.Chaitat Maneeinn Advisor

2006

ABSTRACT

This project presents design, construction and test. Welding controller is based on microcontroller for spot welding resistance. Design by microcontroller to control quantity of energy to input welding. Those are received value from key pad and show in LCD. In control electric energy by two thyristors and control by variable trigger angle 0-180 degree of single phase electric current alternate voltage. SCR is used for switched on and off the power circuit (full wave control circuit). Furthermore, it has control time definition discharge energy by definition extent sine wave 50 Hertz method to supply through current transformer. And test for best trigger angle and welding time for store value for find the best value to perfect workpiece at value of thick is shown in this project.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือสนับสนุนจากหลายๆ ท่านโดยเฉพาะท่านรศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ และ อ.ชัยทัต มณีอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยกรุณาให้คำปรึกษาและแนวคิดอย่างใกล้ชิดทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ อีกทั้งยังช่วยเหลือแก้ไขปัญหามากมายให้กับคณะผู้จัดทำ โดยมีเห็นแก่ความเหน็ดเหนื่อยและรำคาญใจ และได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ ในขณะที่ทำการศึกษาค้นคว้า จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณ รุณพีณีสิตปริญญาโทและเพื่อนนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา และทางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่มอบเงินทุนสนับสนุนกับคณะผู้จัดทำ

อนึ่งโครงการชิ้นนี้สำเร็จด้วยดีเนื่องจากความตั้งใจและความมีน้ำใจของทุกท่าน ที่ได้กล่าวมาข้างต้น และต้องขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ ก็คือ บิดามารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูคณะผู้จัดทำเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมาในทุกๆ ด้าน อันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VII
สารบัญตาราง.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดในการวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 เครื่องเชื่อมแบบจุด.....	4
2.2 วัฏจักรการเชื่อมแบบจุด.....	5
2.3 การเกิดความร้อน.....	6
2.4 การเกิดความร้อนที่มีเวลาเป็นตัวแปร.....	6
2.4.1 ความต้านทาน.....	8
2.4.2 สภาพพื้นผิว.....	9
2.4.3 อิเล็กโทรด.....	10
2.5 องค์ประกอบทางไดนามิกที่มีผลต่อการเชื่อม.....	10
2.5.1 อิทธิพลของกระแสเชื่อม.....	10
2.5.2 อิทธิพลของเวลาการเชื่อม.....	10
2.5.3 อิทธิพลของแรงกดขณะเชื่อม.....	11
2.6 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเชื่อมที่ใช้ในงานวิจัย.....	11
2.6.1 วงจรไฟฟ้ากำลัง.....	11
2.6.2 วงจรควบคุม.....	13
2.7 ข้อดีและข้อเสียของการเชื่อมจุด.....	13
2.7.1 ข้อดี.....	13
2.7.1 ข้อเสีย.....	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8 เอสซีอาร์.....	14
2.8.1 โครงสร้างของเอสซีอาร์.....	14
2.8.2 ลักษณะของเอสซีอาร์.....	15
2.8.3 การใช้เอสซีอาร์ในการควบคุมเฟสของไฟฟ้ากระแสสลับ.....	18
2.9 ออปแอมป์.....	19
2.9.1 คุณสมบัติโดยทั่วไป.....	19
2.9.2 วงจรพื้นฐานของออปแอมป์.....	19
2.9.3 ลักษณะการทำงาน.....	21
2.10 ฟร็อกซิมิตีเซนเซอร์.....	21
2.10.1 เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ.....	21
2.11 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ Microcontroller(pic18F).....	23
2.11.1 หน่วยความจำ.....	25
2.11.2 โมดูลไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์.....	27
บทที่ 3 การออกแบบและสร้าง.....	28
3.1 วงจรกำลัง.....	28
3.2 การจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม Matlab.....	30
3.3 ส่วนประกอบของวงจรชุดควบคุม.....	32
3.3.1 หลักการและแนวความคิดเบื้องต้นในการสร้างชุดวงจรควบคุม.....	33
3.3.2 วงจร Zero Crossing.....	34
3.3.3 โมดูล LCD แบบอักษร.....	36
3.3.4 วงจรต่อคีย์แพด.....	43
3.3.5 วงจรกำเนิดพัลส์.....	46
3.3.6 วงจรขับ เอสซีอาร์.....	48
3.3.7 วงจรการขับรีเลย์.....	49
3.3.8 วงจรการทำงานของเซนเซอร์.....	51
3.4 ไตอะแกรมการทำงาน.....	53
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	65
4.1 บทนำ.....	65
4.2 การทดลอง.....	65
4.2.1 อุปกรณ์.....	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.2 วิธีการทดลอง.....	65
4.3 ผลการทดลอง.....	66
บทที่ 5 สรุปผล และวิจารณ์ผลการทดลอง.....	74
บรรณานุกรม.....	76
ภาคผนวก	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การนำหลักการเชื่อมไปใช้งาน.....	4
2.2 วัฏจักรการเชื่อมแบบจุด.....	5
2.3 วัฏจักรการเชื่อมแบบจุด.....	6
2.4 ขอบเขตของความร้อน.....	7
2.5 การกระจายอุณหภูมิ.....	8
2.6 ค่าความต้านทานที่ตำแหน่งต่างๆ.....	9
2.7 วงจรเครื่องเชื่อมจุดแบบเฟสเดียว.....	11
2.8 การตกแต่งอิเล็กโทรดเมื่อเกิดการเสีयरูป.....	12
2.9 โครงสร้างของเอสซีอาร์.....	14
2.10 ลักษณะของเอสซีอาร์.....	15
2.11 คุณสมบัติในการเทิร์นออนของเอสซีอาร์.....	16
2.12 เวล่าน้อยที่สุดที่ต้องรักษาสัญญาณเทริกเกอร์.....	16
2.13 ลักษณะของการเทิร์นออฟ.....	18
2.14 การควบคุมเฟสของไทรสเตอร์แบบครึ่งคลื่น.....	18
2.15 การควบคุมเฟสของไทรสเตอร์แบบเต็มคลื่น.....	19
2.16 บล็อกไดอะแกรมพื้นฐานของไอซีออปแอมป์.....	20
2.17 วงจรพื้นฐานทั่วไปของออปแอมป์.....	22
2.18 ส่วนประกอบของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ.....	22
2.19 หลักการทำงานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ.....	23
2.20 โครงสร้างและส่วนประกอบหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	23
2.21 ส่วนประกอบหลักของซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์.....	24
2.22 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ตใน PIC 18F458.....	25
3.1 วงจรกำลังของเครื่องเชื่อมแบบจุด.....	28
3.2 วงจรเทียบเท่าของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะลัดวงจร.....	29
3.3 วงจรกำลังที่ยุบหม้อแปลงในรูปแบบของการ shot circuit เป็นวงจรเทียบเท่า..	29
3.4 วงจรกำลังที่จำลองการทำงานในขณะเชื่อม.....	30
3.5 แสดงการป้อนค่าของวงจรเทียบเท่าของหม้อแปลง.....	31
3.6 แสดงการป้อนค่าแหล่งจ่ายแรงดัน.....	31
3.7 แสดงค่าVs, Vo, Io และVsw ของแทปที่ 1.....	32
3.8 บล็อกไดอะแกรมของชุดควบคุม.....	33
3.9 Zero Crossing.....	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.10 คลื่นสัญญาณการอินเตอร์รัปต์.....	35
3.11 คลื่นสัญญาณที่ได้ออกมาจากวงจร Zero Crossing.....	36
3.12 จอแสดงผล LCD แบบอักษร.....	37
3.13 ไตอะแกรมโครงสร้างและการทำงานของตัวควบคุมภายในโมดูล LCD.....	38
3.14 การต่อโมดูล LCD เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ในแบบ 8 บิต.....	42
3.15 วงจรของสวิตช์แบบต่อเข้ากับไฟเลี้ยง.....	43
3.16 วงจรของสวิตช์แบบเมตริกซ์หรือคีย์แพด.....	43
3.17 การเชื่อมต่อคีย์แพดเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์.....	44
3.18 คีย์แพดที่มีมากกว่า 1 จุด ในรูปเป็นแบบ 4x4 จุด.....	45
3.19 การกำหนดค่ารหัสของสวิตช์เมตริกซ์หรือคีย์แพดแบบ 4x3 จุด.....	45
3.20 การต่อวงจรกำเนิดพัลส์.....	47
3.21 รูปสัญญาณที่ได้จากวงจรถูกกำเนิดความถี่.....	48
3.22 วงจรการทริกขาเกตของ เอสซีอาร์.....	49
3.23 วงจรการขับรีเลย์.....	50
3.24 วงจรตาริ่งต้นขับรีเลย์.....	50
3.25 วงจรการทำงานของพรีอักษิมิตต์เซ็นเซอร์.....	51
3.26 สัญญาณวัดที่ชุด drive ทั้ง 2 ตัว.....	52
4.1 แสดงวงจรการทดลอง.....	65
4.2 แสดงแรงดันและกระแสขณะสแตนด์เลส ความหนา 1.0 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 100 องศา 50 ไชเคิล.....	66
4.3 ชี้นงานสแตนด์เลส ความหนา 1.0 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 100 องศา 50 ไชเคิล....	67
4.4 แสดงแรงดันและกระแสขณะสแตนด์เลส ความหนา 1.0 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 105 องศา 100 ไชเคิล.....	67
4.5 ชี้นงานสแตนด์เลส ความหนา 1.0 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 105 องศา100 ไชเคิล... 67	67
4.6 แสดงแรงดันและกระแสขณะสแตนด์เลส ความหนา 0.5 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 110 องศา 50 ไชเคิล.....	68
4.7 ชี้นงานสแตนด์เลส ความหนา 0.5 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 110 องศา50 ไชเคิล.....	69
4.8 แสดงแรงดันและกระแสขณะสแตนด์เลส ความหนา 0.5 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 110 องศา 100 ไชเคิล.....	69
4.9 ชี้นงานสแตนด์เลส ความหนา 0.5 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 110 องศา100 ไชเคิล... 69	69
4.10 แสดงแรงดันและกระแสขณะเหล็กอาบสังกะสี ความหนา 0.4 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 100 องศา 50 ไชเคิล.....	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.11	
ชั้นงานเหล็กอาบสังกะสี ความหนา 0.4 มิลลิเมตร	
มุมทริกที่ 100 องศา 50 ไชเคิล.....	71
4.12	
แสดงแรงดันและกระแสนะเหล็กอาบสังกะสี ความหนา 0.4 มิลลิเมตร	
มุมทริกที่ 100 องศา 100 ไชเคิล.....	71
4.13	
ชั้นงานเหล็กอาบสังกะสี ความหนา 0.4 มิลลิเมตร	
มุมทริกที่ 100 องศา 100 ไชเคิล.....	71
4.14	
แสดงแรงดันและกระแสนะอะลูมิเนียม ความหนา 0.5 มิลลิเมตร	
มุมทริกที่ 105 องศา 50 ไชเคิล.....	72
4.15	
ชั้นงานอะลูมิเนียม ความหนา 0.5 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 105 องศา 50 ไชเคิล...	73
4.16	
แสดงแรงดันและกระแสนะอะลูมิเนียม ความหนา 0.5 มิลลิเมตร	
มุมทริกที่ 105 องศา 100 ไชเคิล.....	73
4.17	
ชั้นงานอะลูมิเนียม ความหนา 0.5 มิลลิเมตร	
มุมทริกที่ 105 องศา 100 ไชเคิล.....	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบแต่ละขาของพอร์ต A.....	26
2.2 ส่วนประกอบแต่ละขาของพอร์ต B.....	26
2.3 ส่วนประกอบแต่ละขาของพอร์ต C.....	26
2.4 ส่วนประกอบแต่ละขาของพอร์ต D.....	27
2.5 ส่วนประกอบแต่ละขาของพอร์ต E.....	27
3.1 แสดงความสัมพันธ์ในการทำงาน ของขา RS, RW และ E ของไมโคร LCD.....	37
4.1 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต (สแตนเลส ความหนา 1.0 มิลลิเมตร).....	66
4.2 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต (สแตนเลส ความหนา 0.5 มิลลิเมตร).....	68
4.3 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต (เหล็กอบสังกะสี ความหนา 0.4 มิลลิเมตร).....	70
4.4 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต (อะลูมิเนียม ความหนา 0.5 มิลลิเมตร).....	72

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

เครื่องเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้าที่ปัจจุบันนิยมใช้ในอุตสาหกรรมมีอยู่ 2 ประเภทคือ เครื่องเชื่อมหม้อแปลงกระแสสูง และเครื่องเชื่อมความถี่สูงซึ่งมีความแตกต่างกันอยู่หลายประการ ทั้งทางด้านโครงสร้าง การออกแบบ การใช้งานและราคา

ความแตกต่างของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าทั้งสองประเภทคือ ทางด้านเทคโนโลยีเครื่องเชื่อมความถี่สูงจะมีขนาดเล็ก ราคาแพง การสูญเสีย (loss) มาก ส่วนเครื่องเชื่อมหม้อแปลงกระแสสูงที่ใช้กันตามโรงงานซึ่งหาได้ง่าย การใช้งานไม่ยุ่งยาก การสูญเสียต่ำ เนื่องจากใช้หม้อแปลงประสิทธิภาพสูงใช้การปรับแรงดันเป็นที่นิยมทั่วไป

ในปัจจุบันเครื่องเชื่อมความถี่สูงแบบจุดที่มีใช้ในงานอุตสาหกรรมทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเครื่องเชื่อมแบบหลักการแกมมีช็อกบร็องคือ ชั้่งงานเชื่อมไม่ติด ชั้่งงานทะลุ ชั้่งงานได้รอยเชื่อมไม่สวยงาม ชั้่งงานไม่แข็งแรง ไม่สามารถควบคุมคุณภาพชั้่งงานในการเชื่อมได้ ทำให้เกิดความเสียหายต้องใช้แรงงานจากผู้ที่มีความชำนาญสูงและใช้เวลาในการผลิตสูงทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง ดังนั้นจึงก่อให้เกิดความเสียหายต่อชั้่งงานและการสูญเสียด้านวัตถุดิบและต้นทุน

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงได้นำเสนอเครื่องเชื่อมความถี่สูงแบบจุด ควบคุมการทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมระบบ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานการจ่ายปริมาณพลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องเชื่อม ในการควบคุมปริมาณพลังงานไฟฟ้านั้นจะใช้ไทรสเตอร์ 2 ตัว เป็นวงจร AC-TO-AC Converter แบบเฟสเดียว ใช้การควบคุมมุมจุดชนวนที่ขาเกต ซึ่งมี SCR เป็นตัวเปิดปิดวงจรกำลัง ที่เป็นวงจรควบคุมพลังงานแบบเต็มลูกคลื่น และอีกทั้งยังได้มีการควบคุมเวลาการปล่อยปริมาณพลังงานโดยวิธีการกำหนดจำนวนลูกคลื่นชาน์ 50 เฮิร์ตซ์ เพื่อจ่ายผ่านหม้อแปลง โดยหลักการนี้จะสามารถสร้างคุณภาพในการเชื่อมชั้่งงานได้ดีขึ้น ทำให้เกิดความแม่นยำและสะดวกในการปฏิบัติงานมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยประหยัดพลังงานในการเชื่อมด้วย

ทางคณะผู้จัดทำได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F458 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์อีกตระกูลหนึ่งที่มีความนิยมอย่างมากทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ด้วยความสามารถอันหลากหลายของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เองและคุณสมบัติของ PIC 18F458 คือใน CPU จะประกอบด้วย Program Memory Flash 32 kbyte Data Memory RAM 1536 byte EEPROM 256 byte I/O 34 bit OSC 40 MHz Timer 4 PLL และ Module จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้สามารถทำงานได้เร็วขึ้น มีโมดูลให้เลือกใช้งาน การใช้งานไม่ยุ่งยากซับซ้อนสามารถเลือกใช้ภาษาในการเขียนโปรแกรมได้หลากหลายตามความถนัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในการศึกษาข้อมูลทางทฤษฎีในการออกแบบโครงสร้างการทำงาน การเชื่อมต่อ การเขียนโปรแกรม ตลอดจนข้อมูลเกี่ยวกับการเชื่อมแบบจุดและเครื่องเชื่อมมาประกอบกัน เพื่อใช้ในการทำงานและการประยุกต์ใช้ต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและออกแบบสร้างชุดควบคุมการจ่ายพลังงานแก่เครื่องเชื่อมแบบจุด
2. สามารถควบคุมปริมาณพลังงานการเชื่อมได้
3. ประหยัดพลังงานในการเชื่อม
4. ลดต้นทุนในการผลิต

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดในการวิจัย

1. สร้างชุดจำลองชุดควบคุมปริมาณกระแสและเวลาการเชื่อมของเครื่องเชื่อมแบบจุด แบบ 1 เฟส ซึ่งมีใช้งานทั่วไป
2. สามารถควบคุมปริมาณพลังงานที่จ่ายให้เครื่องเชื่อมแบบจุด โดยการรวบรวมผลการทดลองของการเชื่อมชิ้นงานที่ใช้กันตามท้องตลาดมาเป็นข้อมูลในการตั้งโหมดการทำงานแบบอัตโนมัติและโหมดปกติ

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ค้นคว้าหาข้อมูลที่ใช้ในการดำเนินงานคือ วงจร AC-to-AC Converter วงจรที่ใช้ควบคุม SCR ก็คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ PIC และกระบวนการเชื่อมแบบจุด
2. เขียนบล็อกไดอะแกรมของระบบที่เราคาดว่าจะนำไปใช้งานและใช้ประโยชน์ได้
3. วิเคราะห์การนำวงจรมาใช้งานพร้อมทั้งออกแบบวงจร โดยการคำนวณและ Simulation วงจรที่ออกแบบ
4. สร้างวงจรฮาร์ดแวร์ทั้งวงจรกำลังและวงจรทริก SCR
5. ออกแบบโปรแกรมที่ใช้ควบคุมพร้อมทั้งบรรจุโปรแกรมลงฮาร์ดแวร์
6. ทำการทดลองและบันทึกผล
7. สรุปและประเมินผลงานวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. สามารถนำเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่มีอยู่ตามท้องตลาดให้ใช้งานได้สะดวกและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
2. ทำให้นักศึกษาได้มีความริเริ่มสร้างสรรค์และทักษะในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ
3. เป็นการส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า เนื่องจากประสิทธิภาพที่สูงขึ้นของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สามารถนำไปสร้างในเชิงพาณิชย์เพื่อสร้างงานในประเทศและลดการนำเข้าจากต่างประเทศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องเชื่อมแบบจุด (Resistance Spot Welding)

การเชื่อมแบบความต้านทานนับว่าเป็นกระบวนการเชื่อมแบบไฟฟ้าดั้งเดิมที่สุดที่ยังคงใช้กันอยู่ในอุตสาหกรรมทุกวันนี้ การหลอมนั้นถูกกระทำโดย 3 ประการ ได้แก่ กระแส แรงกดหรือแรงอัด และเวลา เหตุที่เรียกว่าการเชื่อมแบบความต้านทาน เพราะว่าความต้านทานของโลหะมีผลต่อการไหลของกระแส จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นเฉพาะจุดที่ต้องการเชื่อม โดยกระแสจะไหลผ่านทางปลายอิเล็กโทรดซึ่งเป็นตัวกดให้งานแนบชิดติดกัน เวลาที่ต้องการให้กระแสไหลผ่านขึ้นอยู่กับชนิดและความหนาของชิ้นงาน ปริมาณกระแสและพื้นที่หน้าตัดของปลายหัวเชื่อมที่สัมผัสกับผิวโลหะงาน การเชื่อมแบบความต้านทานมีหลายวิธีแต่ที่นิยมโดยทั่วไป ได้แก่ การเชื่อมแบบจุด การเชื่อมแบบตะเข็บ และการเชื่อมแบบโปรเจกชัน



รูปที่ 2.1 การนำหลักการเชื่อมไปใช้งาน

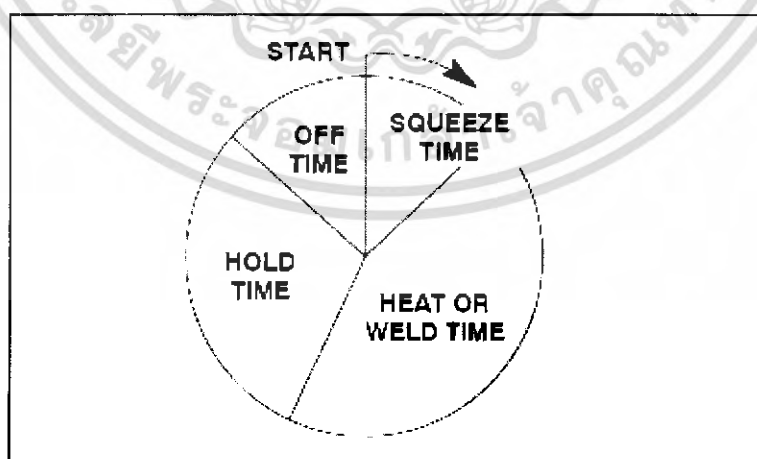
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมจุดต้องอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกระแสและความดันเชิงกล รวมทั้งขนาดและเวลาที่เหมาะสม โดยกระแสอิเล็กโทรดจะไหลผ่านไปยังโลหะงาน ซึ่งต้องใช้แรงกดโลหะงานตลอดเวลา เพื่อให้กระแสไหลผ่านอย่างต่อเนื่อง ตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมต้องได้รับความร้อนเพียงพอจนหลอมละลายติดกัน หลังจากนั้นต้องให้แรงกดต่อไปอีกจนรอยเชื่อมเย็นตัวและความแข็งแรงพอที่จะยึดเหนี่ยวงานไว้ด้วยกัน จึงปล่อยแรงกดและนำออกจากเครื่อง ความหนาแน่นกระแสและแรงดันต้องสูงพอจนเนื่องงานหลอมละลาย แต่ไม่สูงไปจนงานทะลุและเวลาที่กระแสไหลผ่านในเวลาเชื่อมต้องสั้นพอเหมาะ เพราะถ้านานเกินไปหน้าอิเล็กโทรดจะร้อนจัดและอาจหลอมติดกับงานซึ่งส่งผลให้อายุการใช้งานสั้นลง

2.2 วัฏจักรการเชื่อมแบบจุด

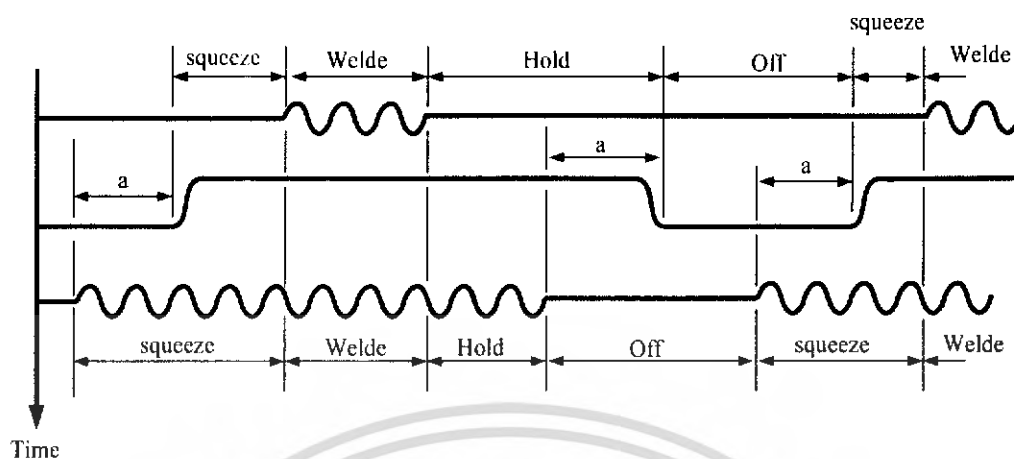
วัฏจักรการเชื่อมแบบจุดมี 4 ขั้นตอนดังนี้

1. กดงาน (Squeeze time) หมายถึง ช่วงนี้เป็นการกดให้อิเล็กโทรดแนบกับงานซึ่งเป็น 2 ชั้นหรือหลายๆชั้นก็ได้ก่อนผ่านกระแส
2. เชื่อม (Weld time) หมายถึง ช่วงเวลาที่กระแสผ่านชิ้นงานทำให้เกิดความร้อนจนหลอมเชื่อมติดกัน
3. กดแช่ (Hold time) หมายถึง เวลาที่กดแช่งานไว้หลังจากผ่านกระแสแล้ว (เวลาที่แรงยังคงอยู่หลังจากผ่านกระแสแล้ว) ซึ่งรอยเชื่อมจะเริ่มเย็นและแข็งตัวจนมีความแข็งแรงสูงพอ
4. เปลี่ยนงาน (Off time) หมายถึง เวลาที่เคลื่อนหัวอิเล็กโทรดออก และเลื่อนงานเพื่อเชื่อมจุดต่อไป



รูปที่ 2.2 วัฏจักรการเชื่อมแบบจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 วัฏจักรการเชื่อมแบบจุด

2.3 การเกิดความร้อน

ถ้าเราพิจารณาให้ความหมายของความร้อนและกำลังไฟฟ้าเหมือนกันก็จะได้สมการดังกล่าวคือไม่พิจารณาเวลาที่มาเกี่ยวข้องด้วย

$$H = I^2 R \text{ หรือ } P = I^2 R \quad (2.1)$$

- P** คือกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้น
H คือ ความร้อนที่เกิดขึ้น
I คือกระแสไฟฟ้า
R คือความต้านทานทางไฟฟ้า

2.4 การเกิดความร้อนที่มีเวลาเป็นตัวแปร

เวลาเป็นตัวแปรที่สำคัญในการเชื่อม ปริมาณความร้อนที่เกิดในระหว่างการเชื่อมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 3 ประการ คือ

1. ปริมาณกระแสไฟฟ้า
2. ความต้านทานของตัวนำ และ โลหะงาน
3. เวลาที่กระแสไหลผ่าน

จะแสดงเป็นสมการ ได้ดังนี้

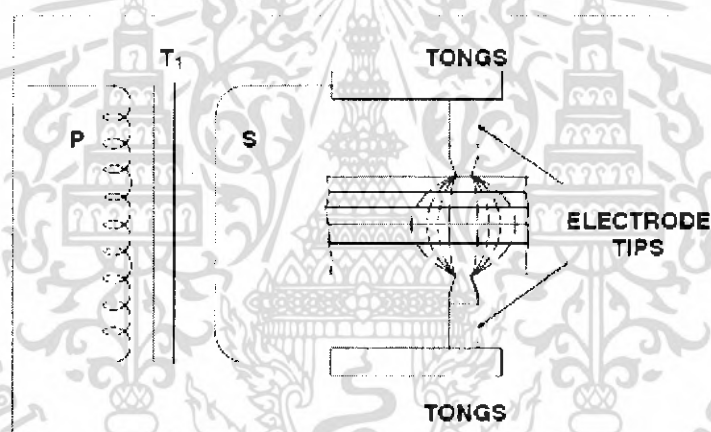
$$E = I^2 R T K \quad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

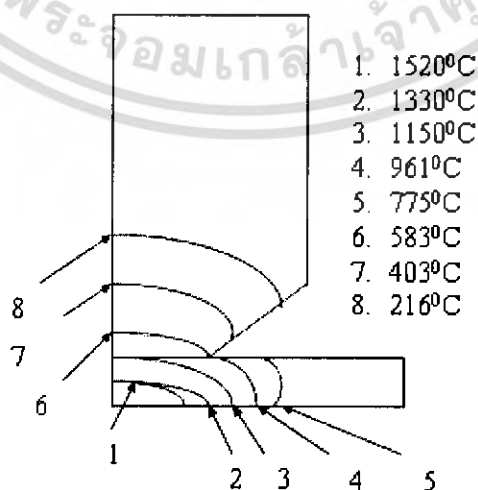
- E** คือ ความร้อนหรือพลังงานที่เกิดที่เราต้องการใช้งาน (จูล)
I คือกระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)
R คือความต้านทานทางไฟฟ้า (โอห์ม)
T คือเวลาที่กระแสไฟฟ้าผ่านชิ้นงาน (วินาที)
K ความร้อนที่สูญเสีย (จูล)

ความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาตรงกับกระแสกำลังสอง ความต้านทาน และเวลา ความร้อนที่เกิดขึ้นจะใช้เพื่อเชื่อมงานเข้าด้วยกัน โดยมีบางส่วนสูญเสียให้กับโลหะงานที่อยู่ใกล้เคียงกันและทางอากาศ

กระแสไฟฟ้าที่ต้องการเชื่อมงานเป็นปฏิกิริยาคงผกผันกับรากที่สองของเวลา ดังนั้นถ้าเวลาสั้นมากต้องการใช้กระแสที่สูงมาก ซึ่งเป็นอันตรายต่ออิเล็กทรอนิกส์ได้ง่าย

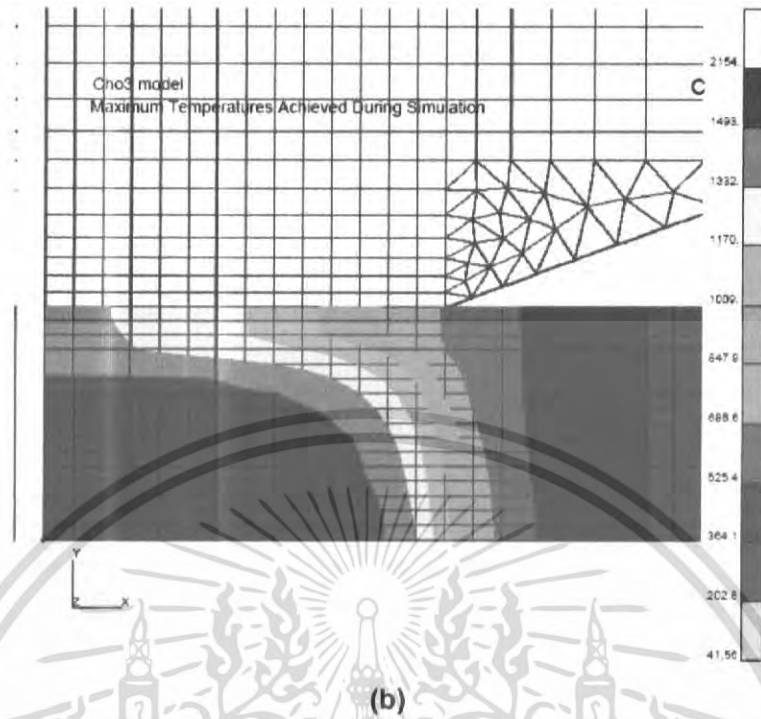


รูป 2.4 ขอบเขตของความร้อน



(a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การกระจายอุณหภูมิ

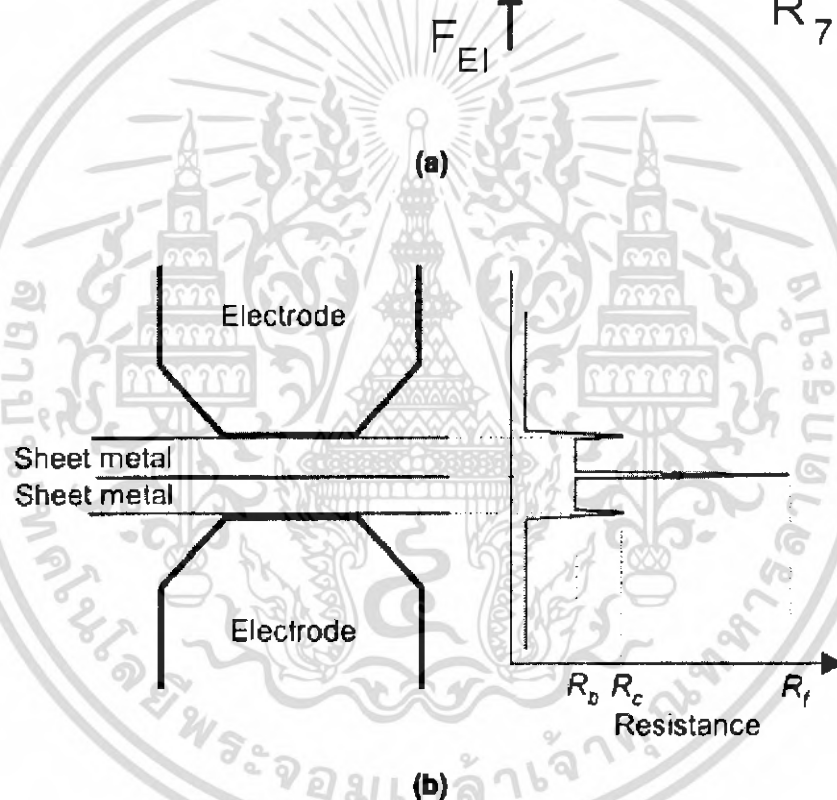
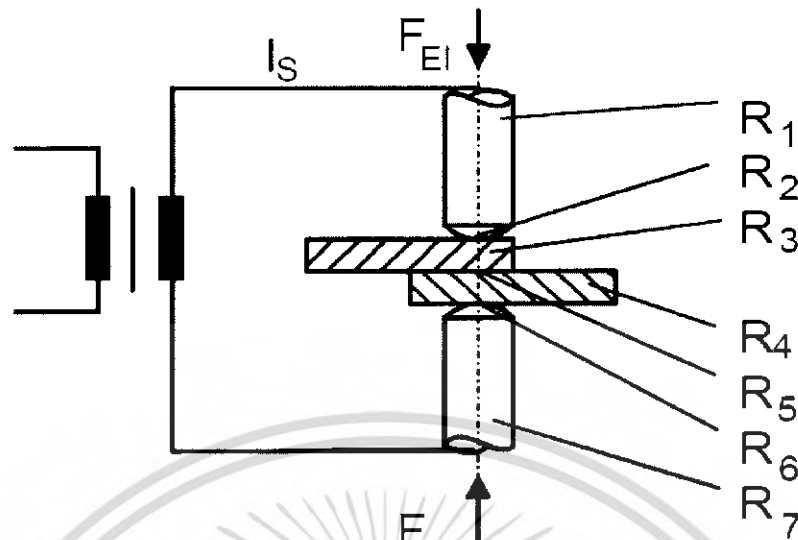
ลักษณะเด่นของการเชื่อมแบบความต้านทาน คือ สามารถให้ความร้อนสูงอย่างรวดเร็ว
 ดังรูปที่ 2.5 แสดงการกระจายอุณหภูมิในงานและปลายอิเล็กโทรดเมื่อเชื่อมจุด

2.4.1 ความต้านทาน

มี 4 หัวข้อหลักๆ ที่มีผลต่อความต้านทานรวมของวงจรคือ

1. ค่าความต้านทานของแกนอิเล็กโทรดทั้งสองคือ $R1+R7$
2. ค่าความต้านทานระหว่างชิ้นงานกับอิเล็กโทรดคือ $R2+R6$
3. ค่าความต้านทานระหว่างชิ้นงานกับชิ้นงานคือ $R5$
4. ค่าความต้านทานของชิ้นงานคือ $R3+R4$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ค่าความต้านทานที่ตำแหน่งต่างๆ

2.4.2 สภาพพื้นผิว

สภาพพื้นผิวของโลหะงานมีอิทธิพลต่อการเกิดความร้อนและความต้านทาน โดยเฉพาะเมื่อมีออกไซด์ (Oxide) ฝุ่นละออง น้ำมัน และสารมลทินต่างๆ เกาะตามผิวงาน ฟังระลึกเสมอว่าผิวงานที่สะอาดเท่านั้นจึงจะได้รอยเชื่อมคุณภาพดี

การเชื่อมโลหะงานที่ผิวเกิดออกไซด์ สะเก็ดหรือมีสารมลทินไม่สม่ำเสมอ จะมีความต้านทานหน้าสัมผัสไม่คงที่ซึ่งเป็นเหตุให้ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่คงที่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาดูเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 อิเล็กโทรด

อิเล็กโทรดมีบทบาทสำคัญในการเกิดความร้อน เพราะจะเป็นตัวนำกระแสเชื่อมสู่โลหะงาน พื้นที่สัมผัสของอิเล็กโทรดจะเป็นตัวควบคุมความหนาแน่นของกระแสเชื่อม และขนาดของรอยเชื่อม อิเล็กโทรดจะต้องมีความสามารถนำไฟฟ้าได้ดี มีความแข็งแรงสูงพอเพื่อต่อต้านการเสียรูปพลาสติก (Plastic Deformation) ถ้าปลายอิเล็กโทรดเสียรูปหรือบานออก พื้นที่สัมผัสจะเพิ่มขึ้นความหนาแน่นกระแสและแรงกดจะลดลง ทำให้คุณภาพรอยเชื่อมด้อยลง ในกรณีนี้ต้องคอยปรับแต่งปลายอิเล็กโทรดให้เหมาะสมเสมอเพื่อให้เกิดความร้อนพอเพียงต่อการเชื่อม

2.5 องค์ประกอบทางไดนามิกที่มีผลต่อการเชื่อม มีดังนี้

2.5.1 อิทธิพลของกระแสเชื่อม

ในสูตร $E = I^2Rt$ กระแสไฟรูป(a) มีอิทธิพล ต่อการเกิดความร้อนมาก องค์ประกอบที่จะทำให้กระแสมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่

1. แรงดันในสายส่งไม่สม่ำเสมอ

2. อิมพีแดนซ์ ของวงจรทุติยภูมิในเครื่องกระแสสลับนั้น เปลี่ยนแปลงทั้งนี้เนื่องมาจากลักษณะของวงจรเปลี่ยนแปลง หรือเมื่อมวลของโลหะแม่เหล็กในวงจรทุติยภูมิของเครื่องมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีผลกระทบต่อเครื่องเชื่อมกระแสตรงเล็กน้อย

นอกจากขนาดกระแสเปลี่ยนแปลงแล้ว ที่ผิวบริเวณรอบเชื่อมอาจมีความหนาแน่นกระแสเปลี่ยนแปลงไปด้วย ถ้าทำการเพิ่มพื้นที่หน้าอิเล็กโทรดจะทำให้ความหนาแน่นกระแสและความร้อนลดลงซึ่งทำให้ความแข็งแรงของรอยเชื่อมลดลงด้วย

กระแสต้องมีความหนาแน่นเพียงพอเพื่อให้ผิวงานหลอมละลายในเวลาที่ต้องการ และความร้อนที่เกิดขึ้นต้องมากพอ เพื่อชดเชยความร้อนที่สูญเสียแก่โลหะงานและอิเล็กโทรดด้วย เมื่อกระมีความร้อนหนาแน่นสูงเกินไปจะทำให้รอยเชื่อมแหง, แตกร้าว และไม่แข็งแรง ซึ่งเมื่อกระแสสูงเกินไปจะเกิดผลเสีย คือ ทำให้โลหะร้อนจัดจนเกิดรอยบวม และอิเล็กโทรดเสียหายเร็ว

2.5.2 อิทธิพลของเวลาการเชื่อม

อัตราความร้อนที่เกิดขึ้นต้องเหมาะสม เพื่อให้รอยเชื่อมแข็งแรงเพียงพอ ความร้อนที่เกิดขึ้นจะเป็นปฏิภาคกับเวลาเชื่อม โดยมีความร้อนบางส่วนสูญเสียให้แก่โลหะงานโดยรอบและอิเล็กโทรด โดยการนำความร้อนและสูญเสียโดยการแผ่รังสีเพียงเล็กน้อย ถ้าเวลานานจะสูญเสียความร้อนเพิ่มขึ้น ควรใช้เวลาน้อยที่สุดที่สามารถให้ความร้อนจนถึงจุดหลอมเหลวเมื่อกระแสมีความหนาแน่นต่างกัน ถ้ากระแสไหลผ่านไปอีกอุณหภูมิระนาบ จะสูงกว่าจุดหลอมเหลว ความดันภายในอาจจะดันโลหะเชื่อมให้หลุดจากรอยต่อ แก๊สหรือไอโลหะที่เกิดขึ้นจะทำให้กินเม็ดโลหะขนาดเล็กกระเด็นออกจากรอยเชื่อมที่เรียกว่า การสปิททิง ถ้าเวลาเชื่อมนานเกินไปจะมีผลต่อโลหะและอิเล็กโทรดเช่นเดียวกับเมื่อกระแสมากเกินไป และบริเวณ HAZ จะกินลึกเข้า

ไปในโลหะงาน และโดยมากแล้วเมื่อใช้เวลาเชื่อมมากขึ้น ความร้อนที่สูญเสียไปจะเท่ากับความร้อนส่งเข้า ดังนั้นอุณหภูมิจะคงที่

2.5.3 อิทธิพลของแรงกดขณะเชื่อม

ความต้านทาน (R) ในสมการ $Q = I^2Rt$ ได้รับอิทธิพลจากแรงกดขณะเชื่อม (ปลายอิเล็กโทรดจะกดโลหะงานเข้าด้วยกัน) ตามปกติแล้วงานที่จะเชื่อมจุดจะต้องรีดติดกันให้แน่นตามตำแหน่งเชื่อมเพื่อให้กระแสไหลผ่านได้สม่ำเสมอ จุดที่อิเล็กโทรดกดบนแผ่นงานจะมีผลต่อความต้านทานรวมระหว่างอิเล็กโทรดกับชิ้นงาน ระหว่างชิ้นงานกับชิ้นงาน และมีผลต่อกระแสที่ไหลผ่านรอยเชื่อม เมื่อแรงกดอิเล็กโทรดเพิ่มขึ้นทำให้ความต้านทานลดต่ำลงอย่างมากทำให้กระแสไหลผ่านได้อย่างง่ายดาย เมื่อแรงกดต่ำโลหะงานจะสัมผัสกันเฉพาะจุดที่นูนขึ้นมาเท่านั้นซึ่งทำให้พื้นที่สัมผัสน้อยค่าความต้านทานหน้าสัมผัสจึงสูง ถ้าใช้แรงกดมากขึ้นพื้นที่ผิวที่นูนกว่าปกติจะถูกกดแบนลงผิวโลหะงานสัมผัสกันมากขึ้น ความต้านทานหน้าสัมผัสจะลดลง

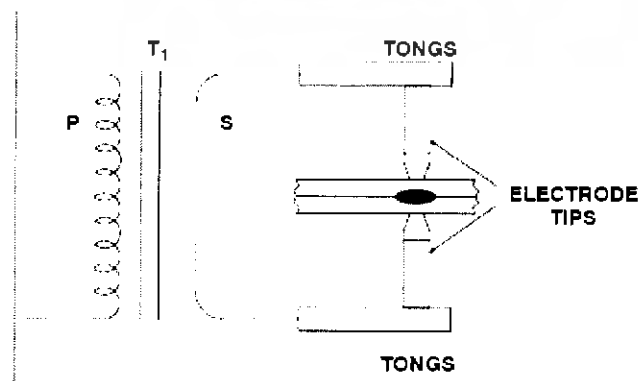
2.6 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเชื่อมที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องเชื่อมจุด ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ วงจรไฟฟ้ากำลัง และวงจรควบคุม

2.6.1 วงจรไฟฟ้ากำลัง

ประกอบด้วยหม้อแปลง การเชื่อมต่อทางด้านปฐมภูมิ (Primary contraction) และวงจรทุติยภูมิ (วงจรทุติยภูมิรวมถึงอิเล็กโทรดซึ่งจะนำกระแสไฟฟ้าไปยังงาน) การเชื่อมแบบความต้านทานใช้ได้ทั้งแบบกระแสตรงและกระแสสลับ เครื่องเชื่อมจะแปลงกระแสจากสายส่งให้มีแรงดันต่ำ กระแสสูง

เครื่องเชื่อมแบบความต้านทานส่วนมากจะเป็นแบบกระแสสลับเฟสเดียว (Single phase) มีความถี่เท่ากับสายส่ง (ปกติ 50Hz) เครื่องเชื่อมกระแสสลับจะมีหม้อแปลงเฟสเดียวเพื่อปรับให้แรงดันต่ำ ปกติจะอยู่ในช่วง 1 - 25 โวลต์ กระแสประมาณ 1,000 - 100,000 แอมแปร์ ทั้งนี้การจ่ายกระแสขึ้นอยู่กับความหนา และชนิดของวัสดุงาน วงจรไฟฟ้าโดยทั่วไปของเครื่องเชื่อมแบบนี้แสดงไว้ในรูปที่ 2.7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.7 วงจรเครื่องเชื่อมจุดแบบเฟสเดียว ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

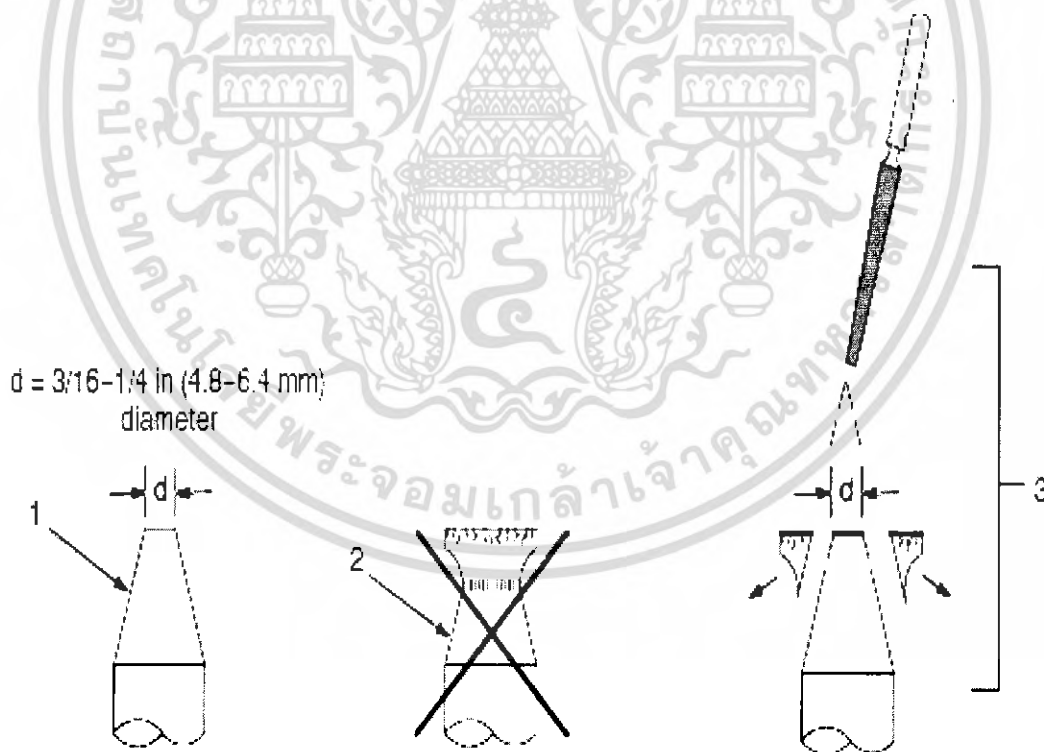
2.6.1.1 อีเล็กโทรด

อีเล็กโทรดของเครื่องเชื่อมแบบความต้านทานมีหน้าที่ 3 ประการคือ

1. นำกระแสเชื่อมไปสู่โลหะงาน
2. ให้แรงกดแก่โลหะงาน
3. กระจายความร้อนบางส่วนจากบริเวณรอยเชื่อม

ถ้าไม่คำนึงถึงแรงกดการเลือกวัสดุเพื่อทำอีเล็กโทรดให้พิจารณาคุณสมบัติการนำไฟฟ้าและความร้อนเป็นสำคัญ แต่ในกรณีเชื่อมแบบความต้านทาน อีเล็กโทรดมักจะรับแรงเสียด จึงต้องเลือกวัสดุที่สามารถทนต่อแรงกดที่อุณหภูมิสูง โดยไม่เสียรูปและต้องมีความสามารถนำความร้อนและไฟฟ้าดีและที่สำคัญคือ ต้องแต่งอีเล็กโทรดให้มีรูปร่างและขนาดเหมาะสมเพื่อให้ได้กระแสที่มีความหนาแน่นตามต้องการ

ทองแดงถูกนำมาใช้เป็นอีเล็กโทรดเพราะว่า มีความต้านทานต่ำ มีการนำความร้อนที่สูง อีเล็กโทรดจะเสียรูปหรือบานเป็นดอกเห็ดได้ยากหรือง่ายขึ้นอยู่กับขีดจำกัดสัดส่วน (Proportional Limit) และความแข็งแรงของวัสดุที่ทำอีเล็กโทรด



รูปที่ 2.8 การตกแต่งอีเล็กโทรดเมื่อเกิดการเสียรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.8 หมายเลข 1 คือ อิเล็กโทรดใหม่ที่เพิ่งนำมาใช้งาน หมายเลข 2 คือ อิเล็กโทรดที่ใช้งานไปนานๆ หมายเลข 3 คือ การตกแต่งอิเล็กโทรดให้เหมือนของเดิม

2.6.1.2 ชุดควบคุมวงจรกำลัง

อุปกรณ์ควบคุมการเชื่อมประกอบด้วย คอนแทคเตอร์การเชื่อม และไทรสเตอร์

1. คอนแทคเตอร์การเชื่อม (Welding contractors)

เป็นระบบกลไกที่มีหน้าที่เปิด-ปิด กระแสไฟฟ้า และควบคุมกลไกเปิด-ปิดแรงกดขณะเชื่อม เริ่มจากอิเล็กโทรดจะกดบนชิ้นงาน และแยกออกตามเวลาที่ควบคุม แรงกดของอิเล็กโทรดได้จากการเหยียบตัวกด และแรงดึงของสปริง หรือระบบกลไกต่างๆ อัตราการกดของอิเล็กโทรดต้องพอเหมาะเพื่อไม่ให้ผิวหน้าสัมผัสเสียรูป ขณะเชื่อมนั้นเนื้อเชื่อมจะขยายและหดตัวอย่างรวดเร็ว และอิเล็กโทรดจะต้องสัมผัสกับเนื้อเชื่อมตลอดเวลาไม่ว่าจะขยายตัวหรือหดตัว เพื่อให้กระแสไฟผ่านได้สะดวก ถ้าแรงกดระหว่างอิเล็กโทรดและงานลดลงอย่างรวดเร็ว (ขณะเชื่อม) ผิวสัมผัสอาจจะร้อนเกินไปและเกิดการอาร์ค (arc) ระหว่างอิเล็กโทรดและงาน ซึ่งทำให้ผิวอิเล็กโทรดไหม้ และเป็นหลุมหรือติดกับงาน บางครั้งโลหะงานอาจจะร้อนมากจนระเหยกลายเป็นไอ

2. ไทรสเตอร์ ใช้ควบคุมปริมาณกระแส

เครื่องเชื่อมแบบจุดมีการควบคุมพลังงาน โดยใช้การควบคุมที่ทำการคอนโทรลแบบเฟสชนิดเต็มรูปคลื่นซึ่งจะมี SCR 2 ตัว ทำการต่อแบบ Anti-parallel กันอยู่โดยขาเกททั้ง 2 ข้าง จะทำการรับสัญญาณในการจุดชนวน (Trigger) โดยทำการควบคุมจากวงจรควบคุมสัญญาณจุดชนวน ซึ่งมีข้อกำหนดอยู่ว่าจะต้องมีค่าระดับแรงดันที่เพียงพอที่จะทำการจุดชนวนขาเกทของตัว SCR ซึ่งจากการที่ทำการคำนวณของไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้เราทราบถึงมุมจุดชนวนของตัวอุปกรณ์ SCR

2.6.2 วงจรควบคุม ประกอบด้วย

1. วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์
2. เซ็นเซอร์ตรวจจับแรง
3. เซ็นเซอร์ตรวจจับการเชื่อม

2.7 ข้อดี และข้อเสียของการเชื่อมแบบจุด

2.7.1 ข้อดี

1. เชื่อมได้รวดเร็ว
2. ง่ายต่อการทำงาน
3. สามารถปรับปรุงเป็นระบบอัตโนมัติได้ง่ายเมื่อต้องการผลผลิตสูง
4. สามารถปรับปรุงให้เป็นส่วนหนึ่งในสายงานประกอบและขึ้นรูปได้ง่าย
5. เป็นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นจุดประสงค์หลักของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้จัดทำเห็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 ข้อเสีย

1. บำรุงรักษาและซ่อมแซมลำบาก
2. งานมีน้ำหนักมากกว่าการเชื่อมแบบต่อชน
3. สิ้นเปลืองวัสดุงานมากกว่าเชื่อมแบบต่อชน
4. การเชื่อมด้วยกระแสสูงและระยะเวลาสั้นไม่เป็นผลดีต่อระบบไฟฟ้า โดยเฉพาะเมื่อเชื่อมด้วยเครื่องเฟสเดียว
5. รอยเชื่อมจุดมีความแข็งแรง ดึงดูดแบบความแข็งแรงล้าตัวต่ำเพราะมีลักษณะเสมือนว่ามีรอยบากอยู่โดยรอบ
6. ไม่สามารถให้ความแข็งแรงโลหะได้อย่างเต็มที่ เพราะงานจะเชื่อมติดกันเป็นระยะ และแรงกระทำมักจะเยื้องศูนย์เนื่องจากการงอ

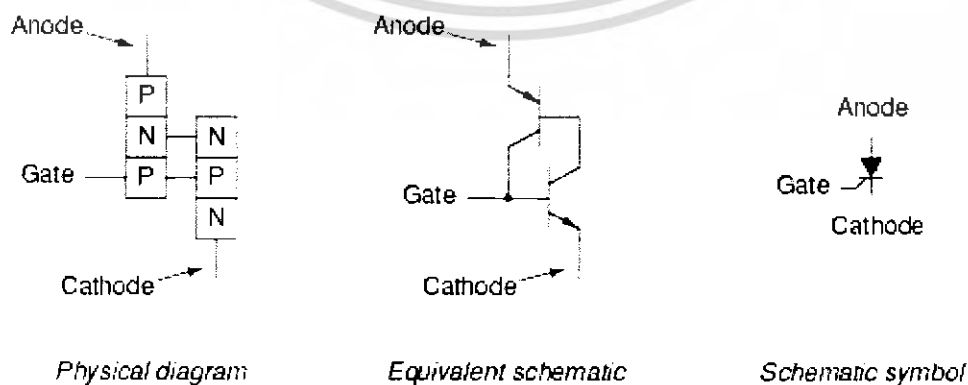
2.8 เอสซีอาร์ (SCR)

2.8.1 โครงสร้างของเอสซีอาร์

เอสซีอาร์นี้สามารถพิจารณาเทียบเท่ากับทรานซิสเตอร์ 2 ตัว คือ ทรานซิสเตอร์พีเอ็นพี (PNP) และเอ็นพีเอ็น (NPN) ต่อกันดังแสดงในรูปที่ 3.1 ขาอีมีเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_1 (พีเอ็นพี) เป็นขั้วแอโนด ขาอีมีเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_2 (เอ็นพีเอ็น) เป็นขั้วแคโทด และขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_1 จะต่อร่วมกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_2 เป็นขั้วเกต

การทำงานของเอสซีอาร์คือ ขณะที่ยังไม่มีกระแสไหลเข้าเกตสู่แคโทดแรงดันที่แอโนดเมื่อเทียบกับแคโทดจะเป็นบวกหรือลบก็ตามเอสซีอาร์จะไม่นำกระแส และขณะที่มีกระแสไหลเข้าเกตสู่แคโทด แรงดันที่แอโนดเทียบกับแคโทดเป็นลบ เอสซีอาร์ก็จะไม่นำกระแส แต่ถ้าแรงดันที่แอโนดเทียบกับแคโทดเป็นบวก และมีกระแสไหลเข้าเกตสู่แคโทดตามที่ได้อวงจรถัดรูปที่ 2.9 เอสซีอาร์จะนำกระแส

The Silicon-Controlled Rectifier (SCR)

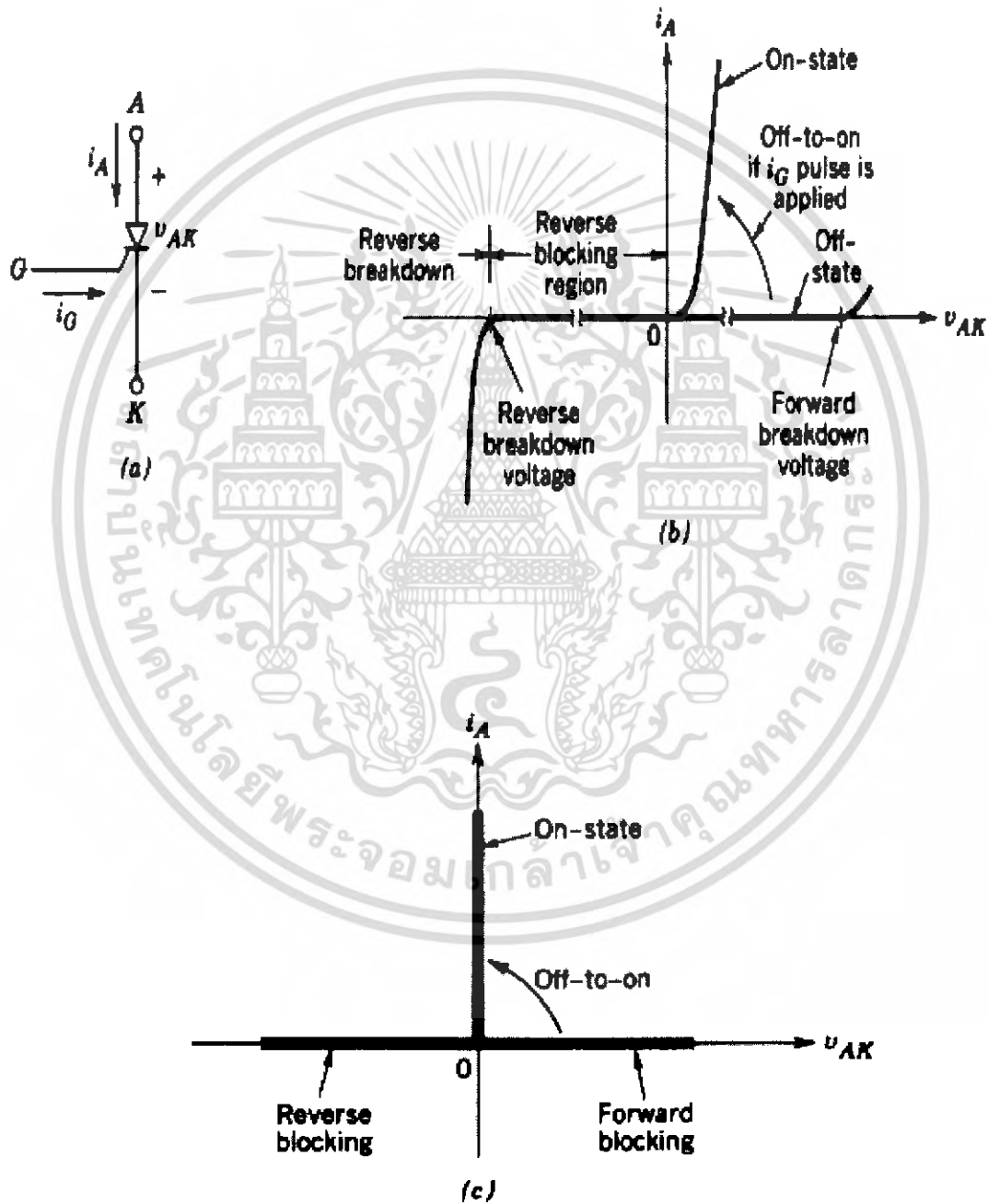


รูปที่ 2.9 โครงสร้างของเอสซีอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำให้เอสซีอาร์เปลี่ยนแปลง จากสภาวะของการหยุดนำกระแสไฟเป็นสภาวะของการนำกระแสนี้เรียกว่า การทรริก หรือ การเทิร์นออน (turn-on) ส่วนการทำในลักษณะตรงข้ามนี้เรียกว่าการดับ หรือ การเทิร์นออฟ (turn-off)

2.8.2 ลักษณะของเอสซีอาร์



รูปที่ 2.10 ลักษณะของเอสซีอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

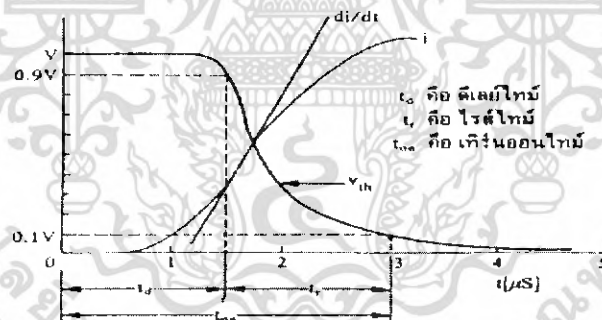
จากรูปที่ 2.10 แสดงลักษณะของเอสซีอาร์ โดยรูป (a) คือ สัญลักษณ์ของ SCR, รูป (b) คือ $i - v$ characteristics, รูป (c) คือ กราฟคุณสมบัติทางอุณหพล

2.8.2.1 ช่วงเวลาเทิร์นออน (Turn-on time, t_{on})

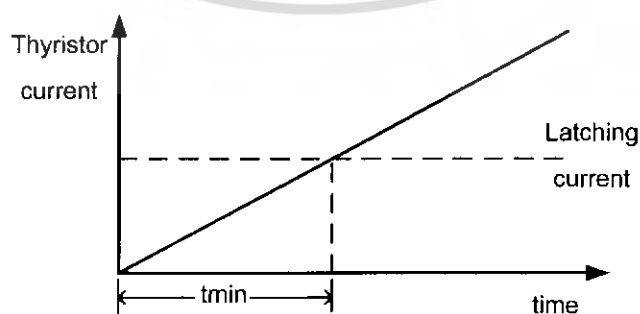
ในขณะที่เอสซีอาร์อยู่ในสภาวะของฟอร์เวิร์ดบล็อกกิ้ง เมื่อป้อนสัญญาณทริกเพื่อให้เอสซีอาร์นำกระแส นั้น ฟอร์เวิร์ดโวลต์เตจที่คร่อมเอสซีอาร์จะไม่สามารถลดลงเป็นศูนย์ได้ทันที แต่จะต้องใช้เวลาช่วงหนึ่ง โดยมีคุณสมบัติของการลดลงดังแสดงในรูปที่ 2.11 ช่วงเวลาเทิร์นออนนี้จะนับจากตำแหน่งที่เริ่มป้อนสัญญาณทริกจนกระทั่งถึงตำแหน่งที่แรงดันแอนโอดเทียบกับแคโทดลดลงเหลือเพียง 10 เปรอร์เซ็นต์ โดยปกติช่วงนี้จะใช้เวลา 2-3 μs

2.8.2.2 ระยะเวลาของสัญญาณทริกเกอร์

ในการทำให้เอสซีอาร์นำกระแสโดยใช้สัญญาณทริกเกอร์นั้น สัญญาณที่ใช้จะต้องมีระยะเวลายาวนานจนกระทั่งกระแสผ่านเอสซีอาร์มากกว่ากระแสค้ำ (Latching current) ดังรูปที่ 3.3 ถ้าสัญญาณทริกเกอร์สิ้นสุดก่อนที่กระแสผ่านเอสซีอาร์มากกว่ากระแสค้ำ จะทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสเมื่อสัญญาณทริกเกอร์สิ้นสุดลง ฉะนั้นสัญญาณทริกเกอร์จะต้องมีระยะเวลานานจนกระทั่งสัญญาณทริกเกอร์ออก เอสซีอาร์จะนำกระแสต่อไป ในรูปที่ 2.12 แสดงเวลาน้อยที่สุด (t_{min}) ที่จะต้องรักษาสัญญาณทริกเกอร์ไว้



รูปที่ 2.11 คุณสมบัติในการเทิร์นออนของเอสซีอาร์



รูปที่ 2.12 เวลาน้อยที่สุดที่ต้องรักษาสัญญาณทริกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2.3 วิธีการทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส

ทรานซิสเตอร์สามารถทำให้หยุดนำกระแสโดยหยุดจ่ายกระแสที่เข้าเบส แต่สำหรับเอสซีอาร์จะไม่หยุดนำกระแสโดยหยุดจ่ายกระแสเข้าเกตของเอสซีอาร์ แต่จะหยุดนำเมื่อลดกระแสที่ไหลผ่าน เอสซีอาร์ลงต่ำกว่ากระแสยึด (holding current) เป็นเวลานานกว่า Turn off time (t_{off}) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของเอสซีอาร์

วิธีการทำให้กระแสไหลผ่านเอสซีอาร์ลงต่ำกว่ากระแสยึดสามารถทำได้โดยการลดแรงดันตกคร่อมเอสซีอาร์ลงสู่ศูนย์หรือจ่ายแรงดันรีเวิร์ดไบแอสให้เอสซีอาร์ วิธีการพื้นฐานของการทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสแบ่งได้เป็น 3 วิธี คือ

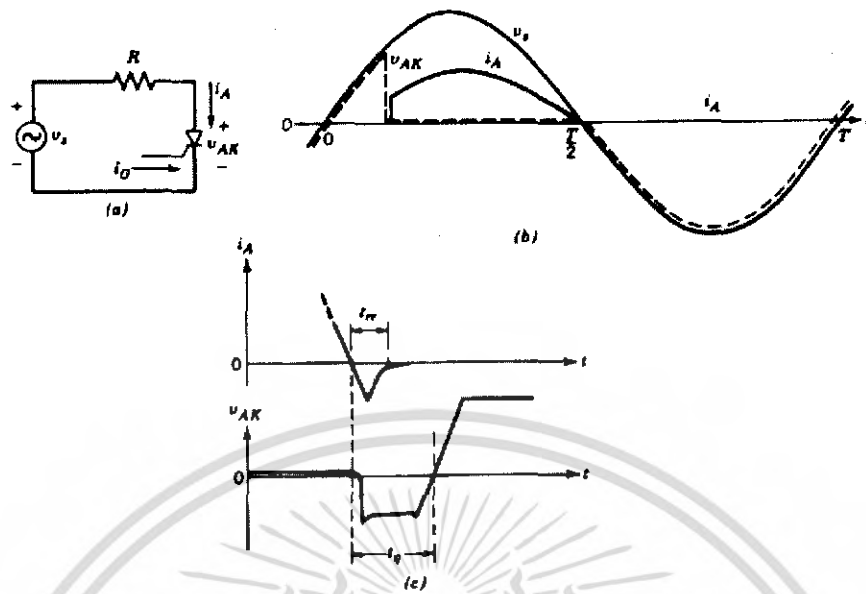
1. การทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสโดยแหล่งจ่ายไฟฟ้าเป็นกระแสสลับ (Line Commutation หรือ Natural Commutation) คือ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันไฟฟ้าจะตกลงศูนย์ และมีแรงดันไฟฟ้าไหลกลับทิศทาง ซึ่งจะเป็นการจ่ายรีเวิร์ดไบแอสแก่เอสซีอาร์ในทุกๆ ไซเคิล และกระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์จะตกลงศูนย์ ซึ่งถ้าเป็นเวลานานกว่า turn-off time (t_{off}) ก่อนที่จะจ่ายแรงดันฟอร์เวิร์ดไบแอสอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเป็นการทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสในการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Converter) และการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับโดยการควบคุมเฟส

2. การทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสโดยการจัดโหลดให้เหมาะสม (Load commutation) ใช้วงจรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงโดยวิธีการชอปเปอร์ (Chopper) และวงจรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter) คือ เมื่อเอสซีอาร์นำกระแสจะเป็นการสวิตช์ไฟเข้าโหลด ซึ่งประกอบด้วยความต้านทาน อินดักเตอร์ คาปาซิเตอร์ มีค่าเหมาะสมโดยอยู่ในสภาวะ Under damped กระแสที่ไหลผ่าน เอสซีอาร์ต่ำกว่ากระแสยึดเป็นเวลานานกว่า turn-off time จะทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสได้

3. การทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสโดยวิธีการบังคับ (Forced commutation) เป็นการทำให้กระแสไหลลดลงสู่ศูนย์ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้กระแสเนื่องจากการคายประจุของคาปาซิเตอร์ หรือจ่ายรีเวิร์ดไบแอสให้คาปาซิเตอร์คายประจุแก่เอสซีอาร์

2.8.2.4 ช่วงเวลาเทิร์นออฟ (Turn-off time, t_{off})

ช่วงเวลาเทิร์นออฟของเอสซีอาร์ (t_q หรือ t_{off}) เป็นระยะเวลาตั้งแต่การทำให้กระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ไหลย้อนกลับแล้วกลับสู่ศูนย์ (ช่วงเวลาที่เอสซีอาร์กลับคืนสภาวะใหม่เรียกว่า Reverse voltage recovery time) จนถึงเวลาที่สามารถจ่ายแรงดันฟอร์เวิร์ดไบแอสอีกครั้ง โดยไม่ทำให้เอสซีอาร์นำกระแสได้ ช่วงเวลาเทิร์นออฟแสดงดังรูปที่ 2.13

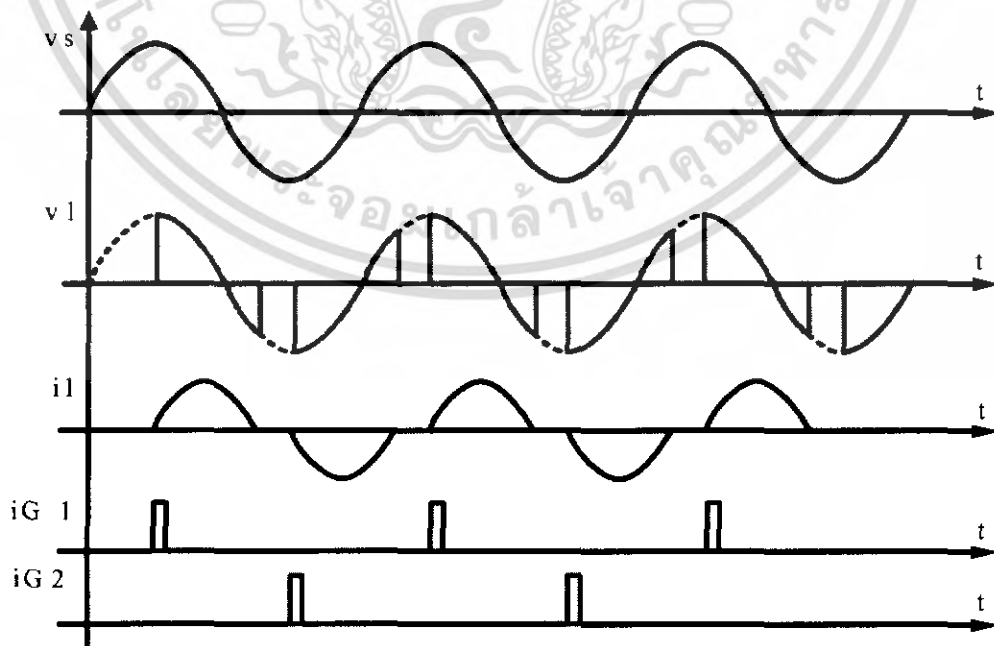


รูปที่ 2.13 ลักษณะของการเทิร์นออฟ

จากรูปที่ 2.13 แสดงลักษณะของการเทิร์นออฟ โดยรูป(a) คือ วงจร, รูป(b) คือ คลื่น, รูป (c) คือ ช่วงเวลา turn-off

2.8.3 การใช้เอสซีอาร์ในการควบคุมเฟสของไฟฟ้ากระแสสลับ

การควบคุมเฟส (Phase control) เป็นการทำงานให้เอสซีอาร์นำกระแสที่มุมต่างๆ ของแต่ละไซเคิล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ **รูปที่ 2.14** การควบคุมเฟสของไทรสเตอร์ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ออปแอมป์ (OP-AMPS)

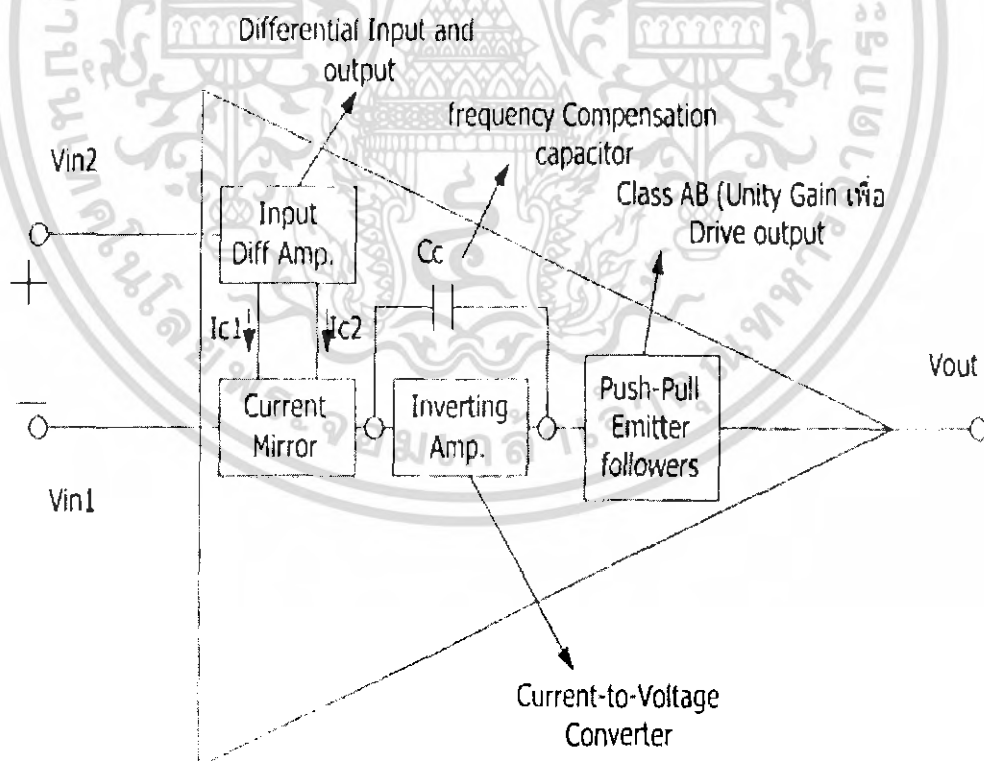
ออปแอมป์ คือ อุปกรณ์ชนิดหนึ่งซึ่งถูกออกแบบมาให้สามารถทำงานได้หลายรูปแบบ และยังเน้นความสะดวกในการนำไปใช้งาน โดยสามารถนำมาประกอบเป็นวงจรโดยต่อกับ อุปกรณ์ภายนอกเพียงไม่กี่ตัว

2.9.1 คุณสมบัติโดยทั่วไป

คุณสมบัติที่สำคัญบางประการของออปแอมป์ในอุดมคติมีดังนี้

1. เนื่องจากอินพุตอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์มีค่าสูงเป็นอนันต์ กระแสเข้าที่อินพุตจะต่ำจนเกือบเท่าศูนย์ หรืออีกนัยหนึ่ง ไม่มีกระแสอินพุตเข้าสู่ออปแอมป์เลย
2. อัตราขยายขณะเปิดลูป (ขณะที่ยังไม่มีการป้อนกลับ) จะมีค่าสูงมาก ซึ่งหมายความว่า แรงดันระหว่างขั้วอินพุตควรมีค่าใกล้ศูนย์
3. เอาท์พุตอิมพีแดนซ์มีค่าต่ำมากจนไม่ทำตัวเป็นโหลดต่อภาคเอาท์พุตของวงจรขยาย

2.9.2 วงจรพื้นฐานของออปแอมป์



รูปที่ 2.15 บล็อกไดอะแกรมพื้นฐานของไอซีออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.16 จะเห็นว่าภาคอินพุต ทำหน้าที่เปลี่ยน โวลต์เดจให้เป็นกระแส $2i_d$ โดยมี Q5 เป็นตัวขยายกระแสให้สูงขึ้น และเอาท์พุทของ Q5 จะเป็นโวลต์เดจ เพื่อไปขับวงจรถูกสุดท้ายซึ่งเป็นวงจรถลกลาส AB โดยที่ไดโอด D1 และ D2 ร่วมกับกระแสตัว จะเป็นตัวไบอัสให้ Q7 และ Q6 ทำงานในคลาส AB (Q6 และ Q7 จะสลับการทำงาน) โดย Q7 จะ Conduct เมื่อ V_{out} เป็นบวก และ Q6 จะ Conduct เมื่อ V_{out} เป็นลบ

2.9.3 ลักษณะการทำงาน

ออปแอมป์ในอุดมคติจะมีอัตราขยายเป็นอนันต์ แต่ในทางปฏิบัติ อัตราขยายอาจมีค่าสูงสุดเพียง 10,000 หรือ 1,000,000 เท่านั้น ซึ่งเรียกว่า อัตราขยายขณะเปิดลูบ ในขณะที่เกิดความแตกต่างของแรงดันเพียงเล็กน้อยระหว่างขั้วอินพุตทั้งสอง เอาท์พุทจะสามารถให้สัญญาณสูงขึ้นหลายเท่า หากแต่จะถูกจำกัดขนาดของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงที่จะป้อนให้แก่ออปแอมป์ด้วย แต่ถึงเช่นนั้นก็ดี เอาท์พุทก็ไม่สามารถมีค่าสูงสุดเท่ากับแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงได้ แรงดันเอาท์พุทจะมีค่าประมาณ 90% ของแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง

จากคุณสมบัติข้างต้น เราสามารถนำออปแอมป์ในขณะเปิดลูบไปใช้งานเป็นคอมพาราเตอร์ หรือวงจรถเปรียบเทียบแรงดันได้ โดยเอาท์พุทจะเปลี่ยนทันทีเมื่อมีความแตกต่างของแรงดันเกิดขึ้นระหว่างขั้วอินพุตของออปแอมป์

2.10 พร็อกซิมีตี้เซนเซอร์

เป็นเซนเซอร์ที่สามารถทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือวัสดุภายนอก โดยลักษณะการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบต่างๆ เช่น สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า แสง เสียง และสัญญาณลม

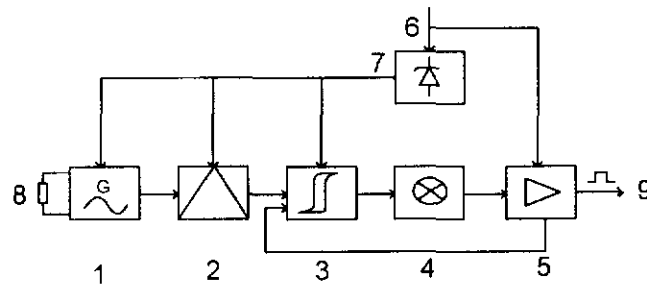
2.10.1 เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ (Inductive Sensor)

เป็นเซนเซอร์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีผลต่อชิ้นงานหรือวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้น

2.10.1.1 ส่วนประกอบของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

ส่วนประกอบหลักของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำจะประกอบไปด้วย (1) วงจรกำเนิดคลื่นความถี่สูง (oscillator) (2) วงจรหรือส่วนของการประมวลผล (evaluator) (3) วงจรแยกแยะสถานะและสั่งงาน (trigger) (4) หลอดไฟแสดงสถานะในการทำงาน (status display) (5) วงจรขยายสัญญาณและป้องกันด้านเอาท์พุท (Output with protective circuit) (6) แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากภายนอก (external voltage) (7) วงจรรักษาระดับแรงดันภายในให้คงที่ (internal constant voltage supply) ส่วนพื้นที่ที่ใช้ในการตรวจจับซึ่งมีขดลวดอยู่ภายใน (active zone : coil) (9) เอาท์พุทของเซนเซอร์ ซึ่งในที่นี้จะเป็นแบบทำงานหรือไม่ทำงาน (on-off) จากส่วนประกอบหลักดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 2.17

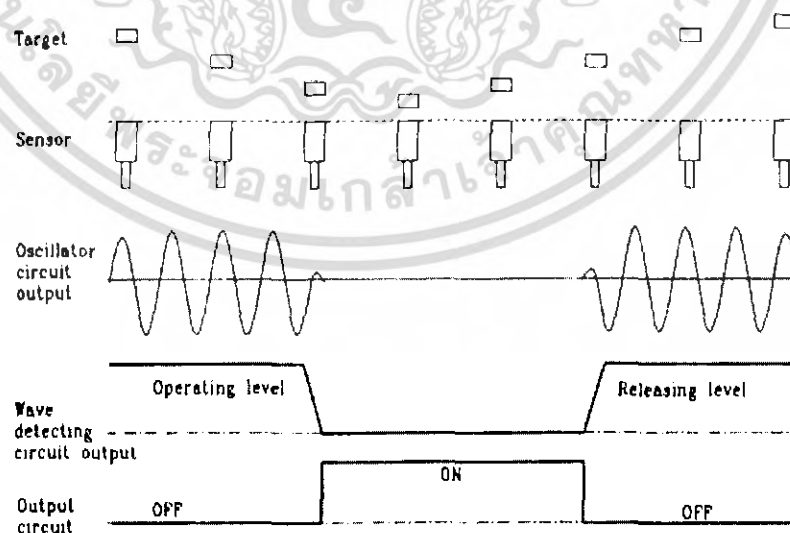
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 ส่วนประกอบของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

2.10.1.2 หลักการทำงานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

ที่บริเวณส่วนหัว(8) ของเซนเซอร์จะมีสนามแม่เหล็กซึ่งมีความถี่สูง โดยได้รับสัญญาณมาจากวงจรกำเนิดความถี่(1) ในกรณีที่ไม่มีวัตถุหรือชิ้นงานที่เป็นโลหะเข้ามาอยู่ในบริเวณที่สนามแม่เหล็กสามารถส่งไปถึง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทำให้เกิดการหน่วง ออสซิลเลท ลดลงไป หรือบางที่อาจถึงจุดที่หยุดการออสซิลเลท และเมื่อนำเอาวัตถุนั้นออกจากบริเวณตรวจจับ วงจรกำเนิดคลื่นความถี่ก็เริ่มต้นการออสซิลเลทใหม่อีกครั้งหนึ่ง สภาวะดังกล่าวในช่วงต้นจะถูกแยกแยะได้ด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ภายใน (2) และ (3) หลังจากนั้นก็จะส่งผลไปยังเอาต์พุต (5) ว่าให้ทำงานหรือไม่ทำงาน โดยทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับเอาต์พุตว่าเป็นแบบไหน เพื่อเป็นการลดจินตนาการในการทำความเข้าใจจึงนำเสนอหลักการทำงานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำดังรูปที่ 2.18



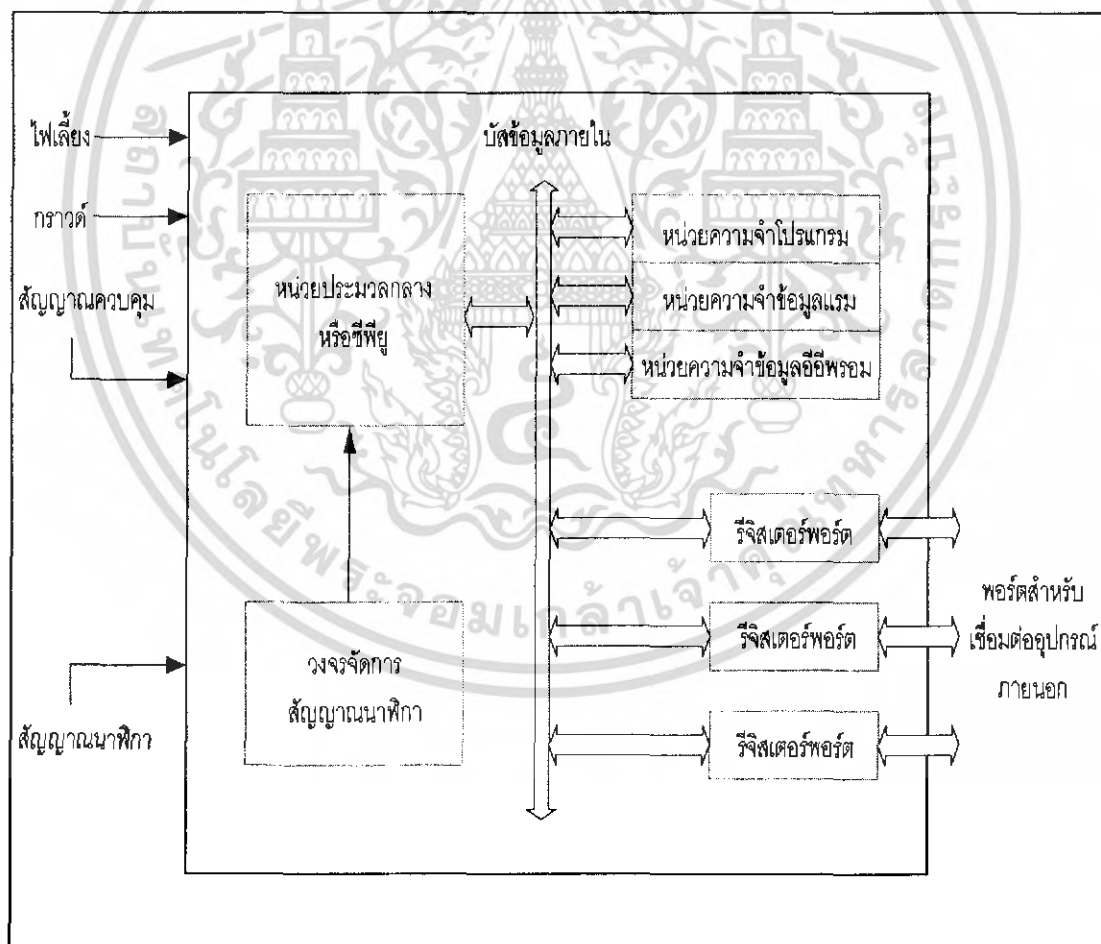
รูปที่ 2.18 หลักการทำงานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะตรวจจับมาตรฐานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำนั้น หาได้โดยการใช้แผ่นเหล็กอ่อน เป็นวัตถุนำ หากวัตถุที่ต้องการตรวจจับเป็นโลหะชนิดอื่น เช่น อะลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง ระยะการตรวจจับก็จะน้อยลง ทั้งนี้เราสามารถหาค่าได้โดยการเอาค่าตัวประกอบคูณด้วยระยะตรวจจับมาตรฐาน ตัวอย่างเช่น ค่าตัวประกอบของเหล็กอ่อน เท่ากับ 1 ทองเหลือง เท่ากับ 0.35 ทองแดงเท่ากับ 0.25 ดังนั้นหากระยะตรวจจับมาตรฐาน (เหล็กอ่อนเท่ากับ 10 มิลลิเมตร) เมื่อนำไปตรวจจับทองเหลืองก็จะเป็น 3.5 และทองแดงเป็น 2.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ เป็นต้น

2.11 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ Microcontroller(plc18F)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งมีอุปกรณ์หลักๆเหมือนคอมพิวเตอร์ประกอบอยู่ภายใน ซึ่งโครงสร้างและส่วนประกอบหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังรูปที่ 2.19

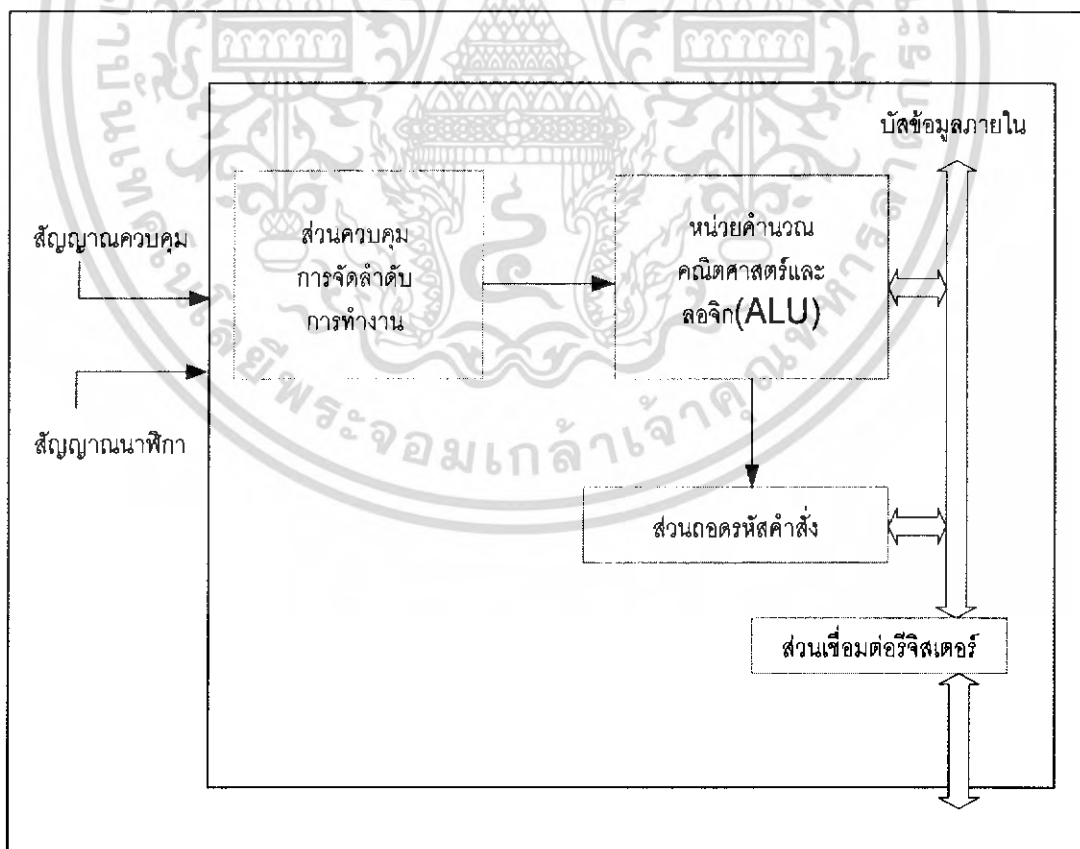


รูปที่ 2.19 โครงสร้างและส่วนประกอบหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit) ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลที่ได้เข้ามาในระบบ แล้วทำการส่งต่อไปยังส่วนต่างๆเพื่อควบคุมการทำงานต่อไป หัวใจหลักของซีพียูคือหน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU : Arithmetic and logic unit) ซึ่งได้รับการกำหนดจังหวะการทำงานจากส่วนควบคุมลำดับการทำงาน โดยจะมีความสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกา เมื่อซีพียูทำการติดต่อหน่วยความจำสิ่งที่ปรากฏบนบัสข้อมูลภายในซีพียูคือรหัสคำสั่ง (instruction code) ต้องผ่านการทำงานของส่วนถอดรหัสคำสั่ง (instruction decoder) เสียก่อน จะได้เป็นข้อมูลคำสั่งที่ซีพียูเข้าใจและสามารถดำเนินการต่อได้ หลังจากทีหน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิกประมวลผล จะส่งข้อมูลมายังส่วนเชื่อมต่อกับรีจิสเตอร์ภายในซีพียูเพื่อติดต่อกับส่วนอื่นๆต่อไป ซึ่งส่วนประกอบหลักของซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงดังรูปที่ 2.20

การทำงานของซีพียูมีด้วยกัน 2 จังหวะคือ เฟตช์ (fetch) และเอ็กซีคิวต์ (executed) โดยการทำงานจะเริ่มจากเฟตช์ ซึ่งก็คือการเรียกหรือการเข้าถึงคำสั่ง แล้วทำการถอดรหัสเป็นภาษาเครื่องเพื่อเตรียมประมวลผล จากนั้นจะเป็นจังหวะของการเอ็กซีคิวต์ ซึ่งก็คือการกระทำตามคำสั่งที่กำหนดให้จนเสร็จสิ้น ซึ่งความสามารถในการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ pic18F นี้เป็นแบบ 8 บิต



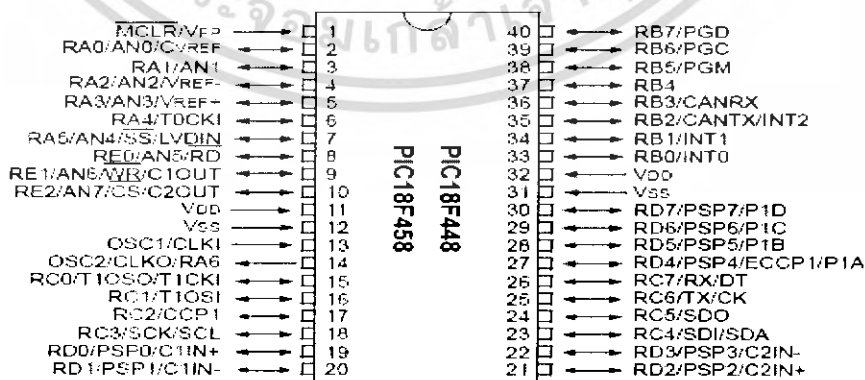
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ **รูปที่ 2.20** ส่วนประกอบหลักของซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.1 หน่วยความจำ

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ pic 18F จะประกอบด้วยหน่วยความจำ 3 แบบ คือ flash memory ซึ่งจะเป็นหน่วยความจำภายในตัวเอาไว้เก็บในส่วนของโปรแกรมมีขนาด 32 k byte Rom ซึ่งจะเป็นส่วนเก็บข้อมูลชั่วคราวในการประมวลผลมีหน่วยความจำ 1536 byte EEPROM เป็นส่วนที่เก็บข้อมูลซึ่งสามารถลบและเขียนได้ด้วยสัญญาณไฟฟ้า ในส่วนนี้ไม่จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยงข้อมูลที่เก็บไว้ก็ไม่หาย มีหน่วยความจำข้อมูล 256 byte ทำงานที่ clock สูงสุด 40MHZ หรือ (10 MHz × 4)ซึ่งที่ทำงานนี้เพราะความถี่สูงจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนมากกว่าความถี่ต่ำดังนั้นจึงใช้เป็น 10 MHz แล้วเอาไปผ่านวงจรคูณภายในรีจิสเตอร์ (register)

เป็นหน่วยความจำพิเศษที่มีบทบาทสูงมาก ในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถจะอ่านและเขียนข้อมูลได้ตลอดเวลา จนกว่าจะหยุดจ่ายไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ หน้าที่หลักคือใช้เก็บข้อมูลในการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยข้อมูลที่เก็บนี้มีทั้งข้อมูลแสดงสถานการณ์ทำงาน ข้อมูลสำหรับควบคุมการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ ข้อมูลที่รับเข้ามาจากพอร์ตอินพุต ข้อมูลที่ต้องการส่งออกไปยังอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตเอาต์พุต โดยข้อมูลแต่ละประเภทก็จะถูกจัดเก็บลงในรีจิสเตอร์ที่แตกต่างกันตามหน้าที่การทำงาน ดังรูปที่ 2.21

จากโครงสร้างพอร์ตใน PIC8F458 จะมีทั้งหมด 40 ขาเป็นชนิดที่โปรแกรมได้เลยโดยใช้เครื่อง IDC Program โดยขา 1 เป็นขา Reset ขา 11 และขา 32 เป็นขาที่รับไฟ +5v และขา 12 และ 31 เป็นขาที่ต่อลงกราวด์ ขา13 และ 14 เป็นขาที่รับสัญญาณ clock ขา 39 และ 40 เป็นขาที่ต่อไปเข้า IDC Program และจากรูป พอร์ตของ pic18F458 ประกอบด้วย port ทั้งหมด 5 port คือ A,B,C,D,E โดยพอร์ต A จะมี 7 บิตคือ 0 – 6, พอร์ตB จะมี 8 บิต คือ 0 – 7, พอร์ต C จะมี 8 บิตคือ 0 – 7, พอร์ต D จะมี 8 บิตคือ 0 – 7, พอร์ต E จะมี 3 บิต ซึ่งส่วนประกอบแต่ละขาของพอร์ตดังกล่าว แสดงดังตารางที่ 2.1 – 2.5



รูปที่ 2.21 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ตใน PIC 18F458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบแต่ละขาของพอร์ต A

Name	Bit#	Buffer	Function
RA0/AN0/CVREF	bit 0	TTL	Input/output, analog input or analog comparator voltage reference output.
RA1/AN1	bit 1	TTL	Input/output or analog input.
RA2/AN2/VREF-	bit 2	TTL	Input/output, analog input or VREF-.
RA3/AN3/VREF+	bit 3	TTL	Input/output, analog input or VREF+.
RA4/T0CKI	bit 4	ST/OD	Input/output, external clock input for Timer0, output is open-drain type.
RA5/AN4/SS/LVDIN	bit 5	TTL	Input/output, analog input, slave select input for synchronous serial port or Low-Voltage Detect input.
OSC2/CLKO/RA6	bit 6	TTL	Oscillator clock output or input/output.

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบแต่ละขาของพอร์ต B

Name	Bit#	Buffer	Function
RB0/INT0	bit 0	TTL/ST ⁽¹⁾	Input/output pin or external interrupt 0 input. Internal software programmable weak pull-up.
RB1/INT1	bit 1	TTL/ST ⁽¹⁾	Input/output pin or external interrupt 1 input. Internal software programmable weak pull-up.
RB2/CANTX/INT2	bit 2	TTL/ST ⁽¹⁾	Input/output pin, CAN bus transmit pin or external interrupt 2 input. Internal software programmable weak pull-up.
RB3/CANRX	bit 3	TTL	Input/output pin or CAN bus receive pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB4	bit 4	TTL	Input/output pin (with interrupt-on-change). Internal software programmable weak pull-up.
RB5/PGM	bit 5	TTL	Input/output pin (with interrupt-on-change). Internal software programmable weak pull-up. Low-voltage serial programming enable.
RB6/PGC	bit 6	TTL/ST ⁽²⁾	Input/output pin (with interrupt-on-change). Internal software programmable weak pull-up. Serial programming clock.
RB7/PGD	bit 7	TTL/ST ⁽²⁾	Input/output pin (with interrupt-on-change). Internal software programmable weak pull-up. Serial programming data.

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบแต่ละขาของพอร์ต C

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RC0/T1OSO/T1CKI	bit 0	ST	Input/output port pin, Timer1 oscillator output or Timer1/Timer3 clock input.
RC1/T1OSI	bit 1	ST	Input/output port pin or Timer1 oscillator input.
RC2/CCP1	bit 2	ST	Input/output port pin or Capture 1 input/Compare 1 output/PWM1 output.
RC3/SCK/SCL	bit 3	ST	Input/output port pin or synchronous serial clock for SPI™/I ² C™.
RC4/SDI/SDA	bit 4	ST	Input/output port pin or SPI data in (SPI mode) or data I/O (I ² C mode).
RC5/SDO	bit 5	ST	Input/output port pin or synchronous serial port data output.
RC6/TX/CK	bit 6	ST	Input/output port pin, addressable USART asynchronous transmit or addressable USART synchronous clock.
RC7/RX/DT	bit 7	ST	Input/output port pin, addressable USART asynchronous receive or addressable USART synchronous data.

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบแต่ละขาของพอร์ต D

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RD0/PSP0/C1IN+	bit 0	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin, Parallel Slave Port bit 0 or C1IN+ comparator input.
RD1/PSP1/C1IN-	bit 1	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin, Parallel Slave Port bit 1 or C1IN- comparator input.
RD2/PSP2/C2IN+	bit 2	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin, Parallel Slave Port bit 2 or C2IN+ comparator input.
RD3/PSP3/C2IN-	bit 3	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin, Parallel Slave Port bit 3 or C2IN- comparator input.
RD4/PSP4/ECCP1/P1A	bit 4	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin, Parallel Slave Port bit 4 or ECCP1/P1A pin.
RD5/PSP5/P1B	bit 5	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin, Parallel Slave Port bit 5 or P1B pin.
RD6/PSP6/P1C	bit 6	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin, Parallel Slave Port bit 6 or P1C pin.
RD7/PSP7/P1D	bit 7	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin, Parallel Slave Port bit 7 or P1D pin.

ตารางที่ 2.5 ส่วนประกอบแต่ละขาของพอร์ต E

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RE0/AN5/RD	bit 0	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin, analog input or read control input in Parallel Slave Port mode.
RE1/AN6/WR/C1OUT	bit 1	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin, analog input, write control input in Parallel Slave Port mode or Comparator 1 output.
RE2/AN7/CS/C2OUT	bit 2	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin, analog input, chip select control input in Parallel Slave Port mode or Comparator 2 output.

2.11.2 โมดูลไทม์เมอร์เคาน์เตอร์

โมดูลไทม์เมอร์เคาน์เตอร์ของ pic 18F458 จะมีทั้งหมด 4 ตัว คือ TO0 - TO3 ซึ่งไทม์เมอร์ทุกตัวเป็น 16 บิต ยกเว้น ไทม์เมอร์ 2 ที่มี 8 บิตตัวเดียว

บทที่ 3

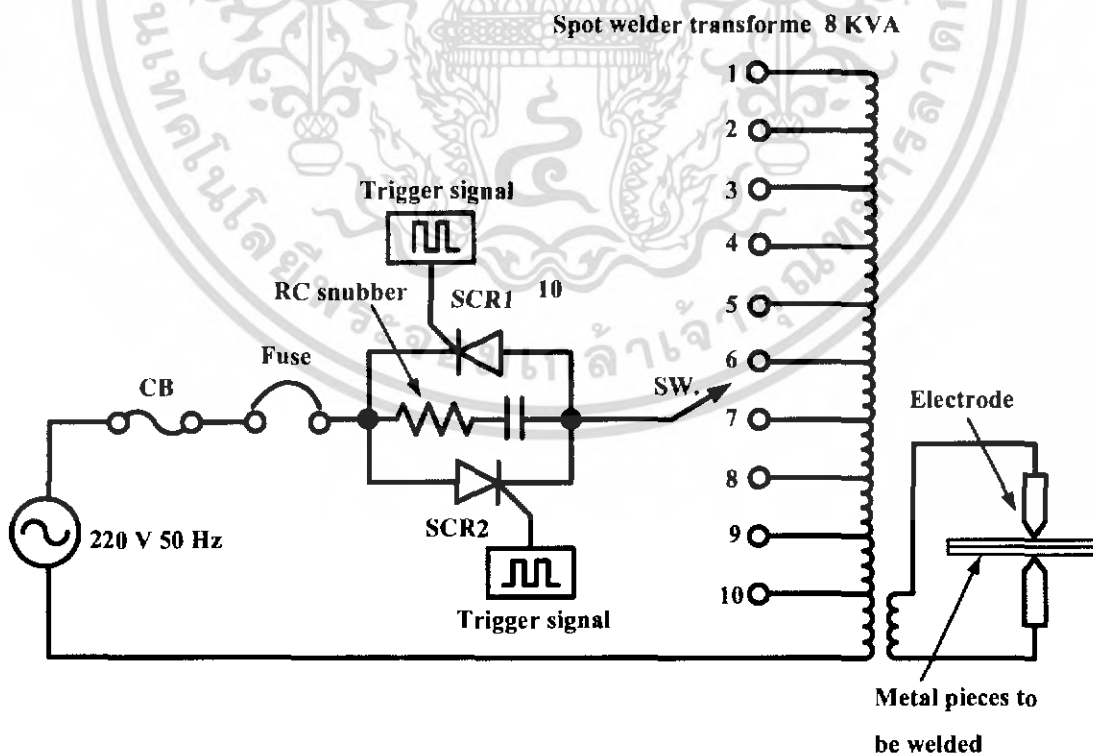
การออกแบบและสร้าง

3.1 วงจรกำลัง

วงจรกำลังมีรายการอุปกรณ์ ดังนี้

1. เครื่องเชื่อมแบบจุด ขนาด 8 KVA ประกอบด้วย
 - (1) หม้อแปลงขนาด 8kVA 220v/24-12v เป็นอุปกรณ์แก้ปิ่นพุด
 - (2) ชุดกระเดื่อง โดยเป็นแบบใช้เท้ากด
 - (3) หัวเชื่อมแบบลวด
2. SCR ขนาด 1400V,70A ต่อแบบ Anti-parallel
3. เซอร์คิตเบรกเกอร์ขนาด 40 AT

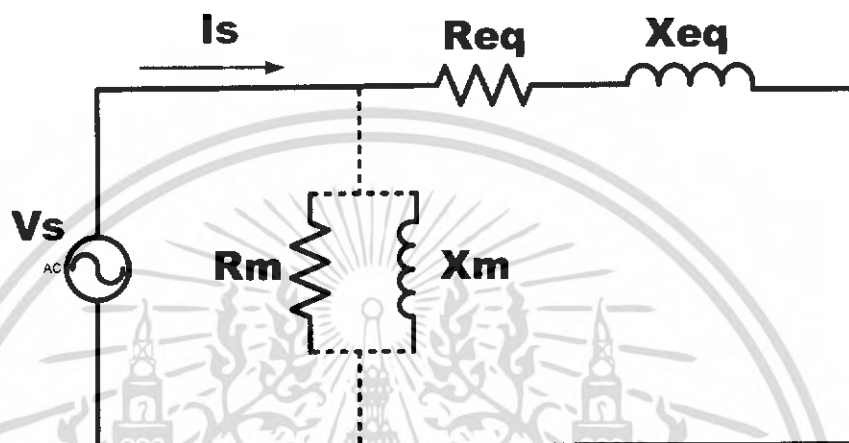
ในวงจรกำลังนั้นจะประกอบด้วยหม้อแปลงซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการจ่ายค่ากระแสเชื่อมให้กับตัวหัวเชื่อม โดยทำการควบคุมปริมาณของค่ากระแสด้วยตัวอุปกรณ์ SCR แบบชนิดเฟสคอนโทรล ซึ่งจะเป็นการต่อแบบชนิด 2 ทิศทาง ซึ่งทำให้สามารถควบคุมแรงดันที่ต้องการจ่ายอินพุตให้กับตัวหม้อแปลงทั้งด้านบวก และด้านลบ ดังรูป 3.1



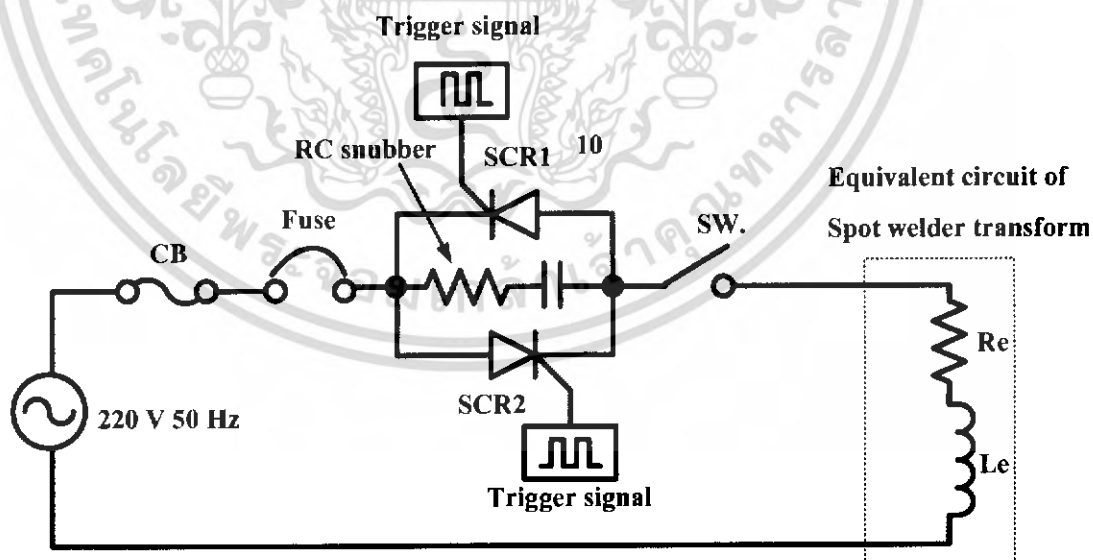
รูปที่ 3.1 วงจรกำลังของเครื่องเชื่อมแบบจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูงานนี้ เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคำนวณค่ากระแสที่ rate ของหม้อแปลงจะได้กระแส rate ขนาด 36.363A ($8000\text{VA}/220\text{V}=36.363\text{A}$) ดังนั้นในการเชื่อมแบบจุด หม้อแปลงจะทำงานในรูปแบบการลัดวงจร เราจึงจำลองการทำงานที่คล้ายกับการทดสอบหม้อแปลงแบบลัดวงจร ในขณะที่เราเชื่อมจึงลดทอนวงจรให้เหลือแต่ค่า R_{eq} และ X_{eq} เนื่องจากว่าค่า R_c และ X_m มีค่าสูงมากซึ่งจะมีผลน้อยมากในขณะลัดวงจร



รูปที่ 3.2 วงจรเทียบเท่าของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะลัดวงจร

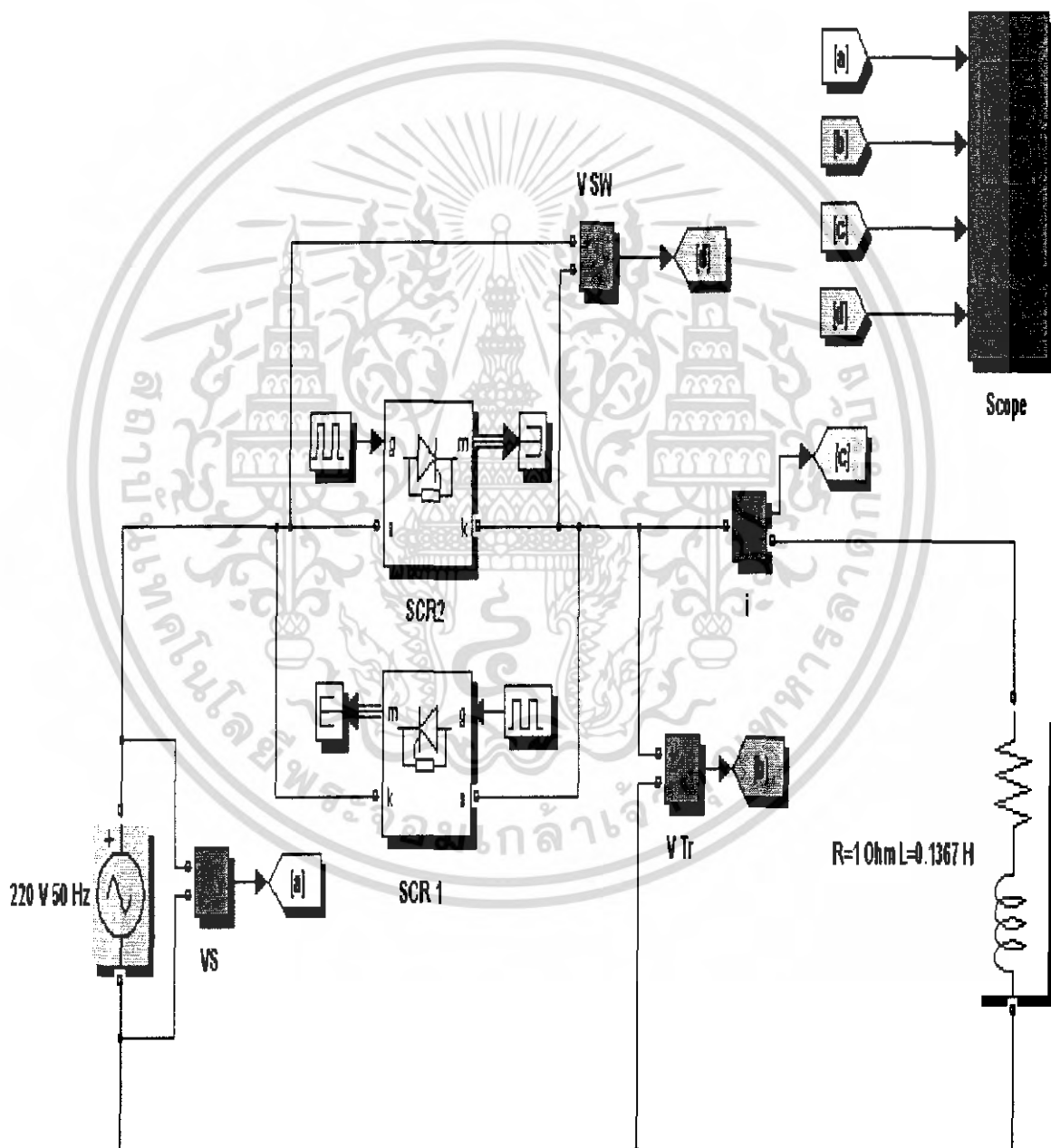


รูปที่ 3.3 วงจรกำลังที่ยุบหม้อแปลงในรูปแบบของการ shot circuit เป็นวงจรเทียบเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

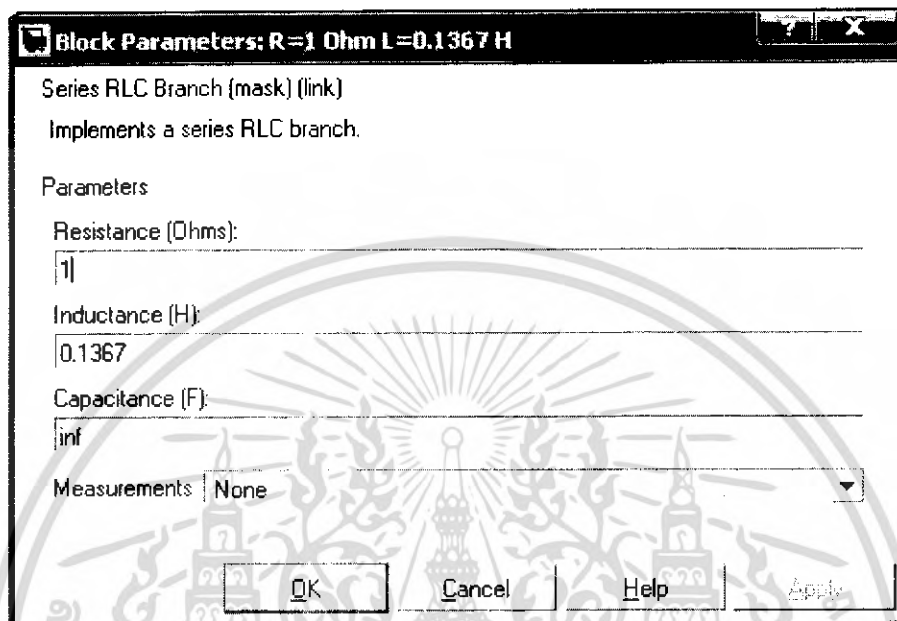
ดังนั้นในการเชื่อมทุกครั้งต้องคอยควบคุมขาเกตของ SCR เพื่อไม่ให้กระแสอินพุทของหม้อแปลงสูงกว่า 36.363 A อยู่เสมอ ไม่เช่นนั้นหม้อแปลงจะเกิดการเสียหายเนื่องจากกระแสเกินได้ ส่วนการควบคุมปริมาณกระแส นั้น ถ้าเราปรับมุมจุดชนวนที่ขาเกตให้สูงมากขึ้นก็ จะทำให้กระแสมีค่าลดลง

3.2 การจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม Matlab

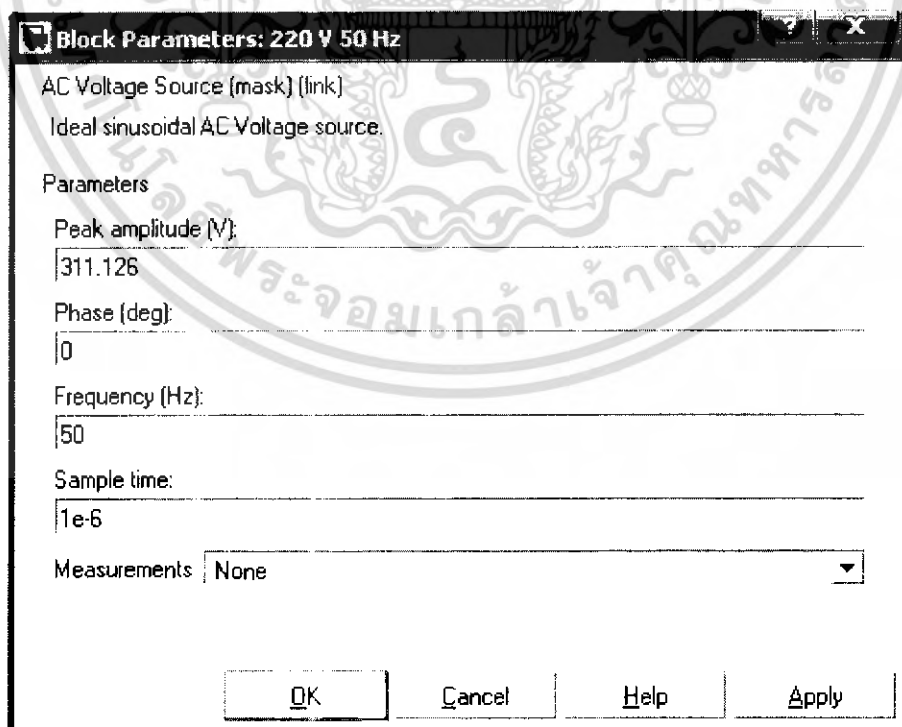


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ **รูปที่ 3.4** วงจรกำลังที่จำลองการทำงานในขณะที่เชื่อม ชั้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

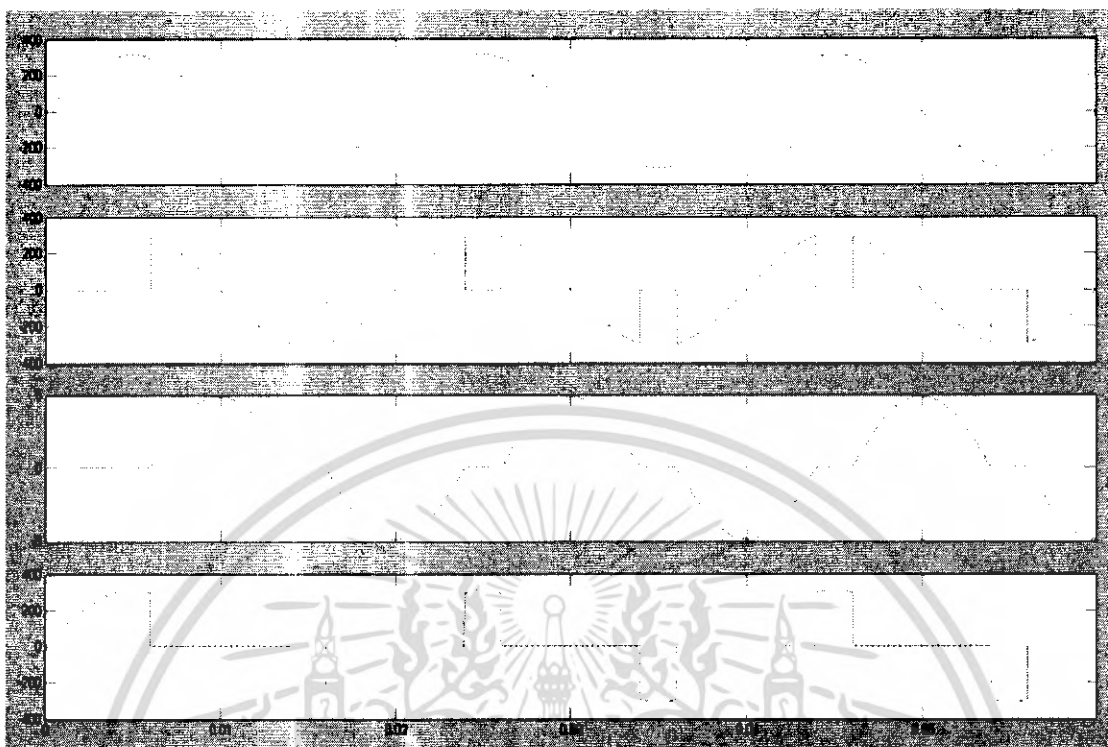
จากรูป เป็นการจำลองการทำงานในขณะที่เชื่อมโดยหม้อแปลงมีทั้งหมด 10 แทป แต่ที่แสดงในรูปแสดงแต่ค่า R_e และ L_e ของหม้อแปลงแทปที่ 1 ซึ่งวัดค่า R_e ได้ ประมาณ 1 โอห์ม และ L_e ได้ประมาณ 0.1367 เฮนรี่



รูปที่ 3.5 แสดงการป้อนค่าของวงจรเทียบเท่าของหม้อแปลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.6 แสดงการป้อนค่าแหล่งจ่ายแรงดันให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงค่า V_s , V_o , I_o และ V_{sw} ของแทปที่ 1

ค่ากระแส output หาได้จาก

$$I_o(\omega t) = (V_m/Z)[\sin(\omega t - \theta) - \sin(\alpha - \theta)e^{(\alpha - \omega t)\omega\tau}] \text{ เมื่อ } \alpha \leq \omega t \leq \beta \quad (3.1)$$

$$I_o(\omega t) = 0 \text{ ที่ } \omega t \text{ อื่น ๆ} \quad (3.2)$$

โดยที่

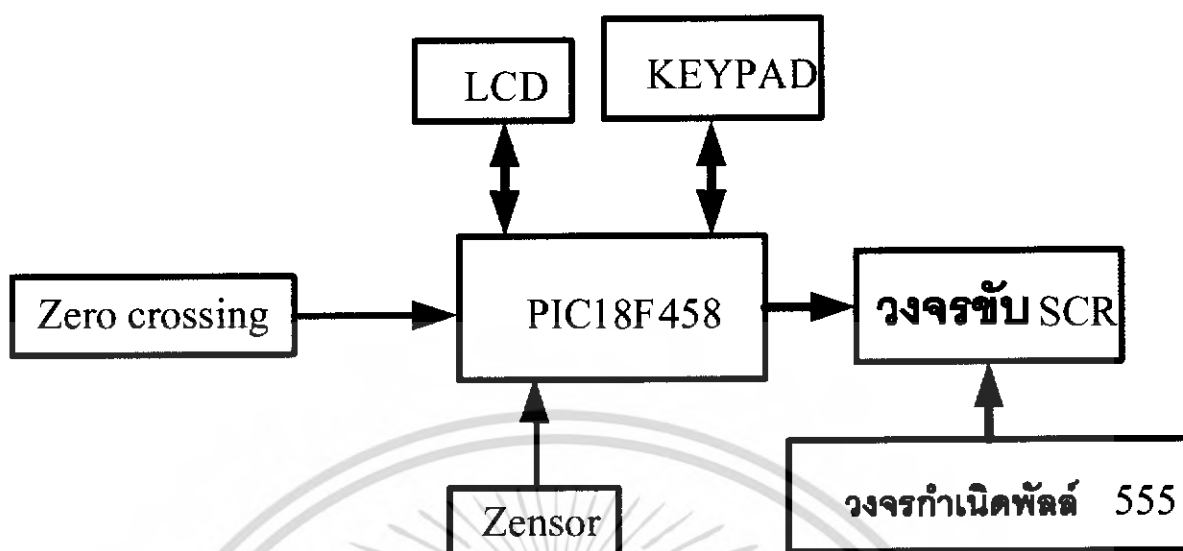
$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \text{ และ } \theta = \tan^{-1}(\omega L/R) \text{ และ } \tau = L/R \quad (3.3)$$

3.3 ส่วนประกอบของวงจรชุดควบคุม

ส่วนประกอบของวงจรมีดังนี้

1. วงจรต่อภายนอก PIC 18F458
2. วงจร Zero Crossing
3. วงจรต่อแอลซีดีโมดูล
4. วงจรต่อคีย์แพด
5. วงจรกำเนิดพัลส์
6. วงจรขับ SCR
7. วงจรขับรีเลย์
8. วงจร Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมของชุดควบคุม

3.3.1 หลักการและแนวความคิดเบื้องต้นในการสร้างชุดวงจรควบคุม

ในปัจจุบันงานทางด้าน การเชื่อมจะมีการประสบปัญหาในงานที่ต้องการความแข็งแรง และสวยงามควบคู่กันไป สาเหตุเนื่องมาจากการเชื่อมจะไม่สามารถควบคุมพลังงานและเวลาในการเชื่อมให้เกิดความสม่ำเสมอ ได้ค่าคงที่ ตลอดเวลาจึงเป็นปัญหาทำให้ชิ้นงานที่ต้องการทำการเชื่อมไม่มีความแข็งแรงและสวยงาม แนวทางในการแก้ปัญหา คือ ต้องการควบคุมเวลาและค่าพลังงาน ให้ควบคุมและคงที่

SCR เป็นอุปกรณ์ที่สามารถใช้ในการควบคุมพลังงานสูงๆ โดยหน้าที่การทำงานจะสามารถทนกระแส และแรงดันที่มีค่าสูงๆได้ และใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับควบคุมการทำงาน โดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้ทางขาเกตของ SCR จะส่งผลให้ SCR อยู่ในสภาวะนำกระแส และการหยุดจ่ายแรงดันให้ขาเกตก็ส่งผลให้ SCR หยุดการนำกระแส (เมื่อแรงดันกระแสสลับที่มีรูปคลื่นไซน์เวฟ มีค่าแรงดันเท่ากับศูนย์ SCR ก็จะหยุดการทำงาน)

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาใช้ควบคุมพลังงานสูงๆ ที่ใช้แรงดันทางไฟฟ้าในการจุดชนวนที่เป็นที่นิยมมาก คือ TCA785 ซึ่งจะสามารถทำการปรับมุมชนวนได้แบบเต็มรูปคลื่น ซึ่งจะมีข้อดีคือ ได้ความเที่ยงตรง และความเร็ว แต่ก็ยังมีข้อเสียคือ ราคาของอุปกรณ์สูง และยังทำงานได้เฉพาะทาง หากเมื่อต้องการทำการเพิ่มฟังก์ชันในการใช้งานให้คุ้มค่า ต้องทำการเพิ่มอุปกรณ์อีกหลายตัวเข้าไปในวงจร ทางกลุ่มโครงการจึงมีแนวคิดใหม่เพื่อความประหยัด โดยทำการเขียนโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งสามารถเพิ่มฟังก์ชันการทำงานได้เหมือนกัน โดยไม่ต้องทำการเพิ่มอุปกรณ์

การโปรแกรมข้อมูลให้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปใช้งานได้โดยไม่ต้องยุ่งยาก ผู้ที่ไม่มีทักษะในการเชื่อมชิ้นสูงก็สามารถนำไปใช้งานได้ แต่ข้อเสียก็คือจากการประมวลผล จะส่งผลให้เกิดการหน่วงเวลาขึ้นแต่ค่าการหน่วงเวลาสามารถยอมรับได้เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการหน่วงเวลาที่ค่าน้อยมาก และมีค่าเป็นไมโครวินาที

อุปกรณ์ไมโครคอมพิวเตอร์ จะสามารถรับรู้สัญญาณที่ต่อเข้ามาในรูปแบบของสัญญาณดิจิตอลฐาน2 เพราะฉะนั้น อุปกรณ์ที่นำมาต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ไมโครคอมพิวเตอร์ต้องมีความสามารถในการอ่านค่าเลขดิจิตอลด้วย โดยเนื้อหาจากนี้ไป จะกล่าวถึงการออกแบบ การคำนวณ และการสร้างวงจรทางไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์

3.3.2 วงจร Zero Crossing

วงจร Zero Crossing มีรายการอุปกรณ์ดังนี้

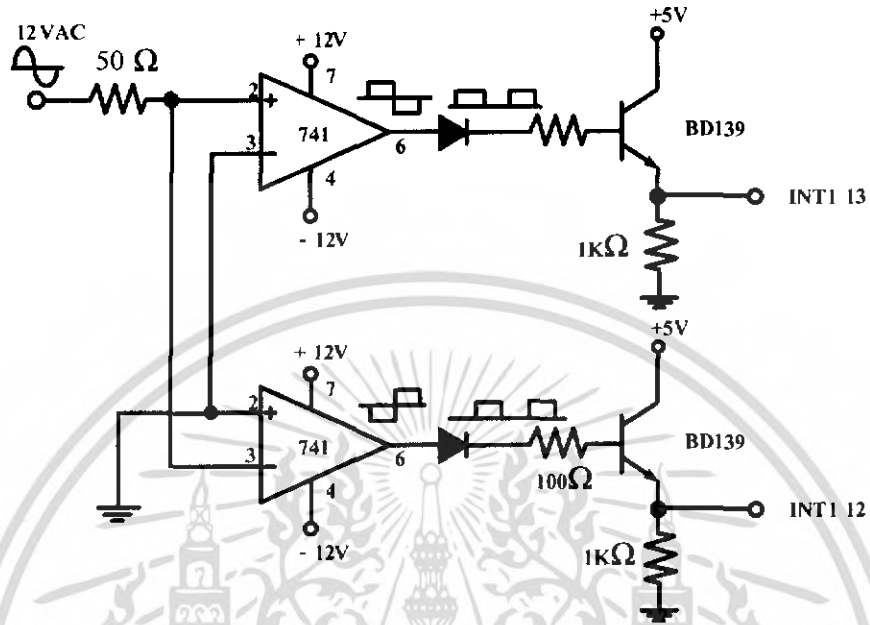
- | | | |
|---|---|-----|
| 1. แหล่งจ่ายแรงดัน +12, -12 โวลต์ | | |
| 2. ออปแอมป์เบอร์ LM741 | 2 | ตัว |
| 3. ช็อกกี้ไดโอด | 2 | ตัว |
| 4. ตัวต้านทาน 50 โอห์ม, 1วัตต์ | 1 | ตัว |
| 5. ทรานซิสเตอร์ BD139 | 2 | ตัว |
| 6. ตัวต้านทาน 100โอห์ม, 1 กิโลโอห์ม อย่างละ | 2 | ตัว |

3.3.2.1 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

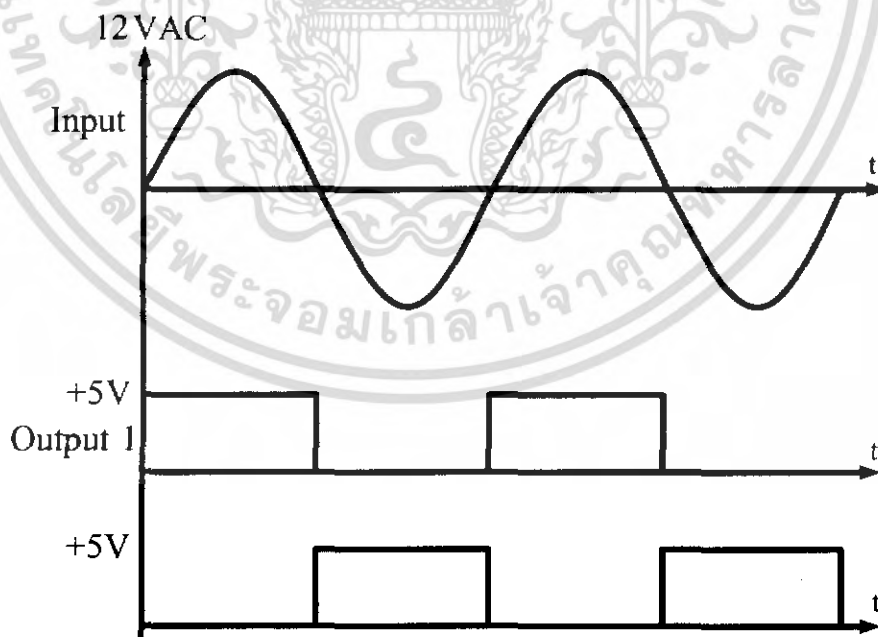
การทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดันเป็นการทำงานคอมพาราเตอร์ในขณะที่เปิดลูปตัวออปแอมป์จะมีความสามารถในการเปรียบเทียบระดับสัญญาณระหว่างขาทางอินพุตทั้ง2ข้างได้อย่างแม่นยำ โดยอาศัยหลักการในเรื่องของความสัมพันธ์ระหว่างขาอินพุต

ในการเปรียบเทียบสัญญาณขาอินพุตทางด้านอินพุต ที่เข้ามาโดยการใช้ออปแอมป์ 741 ดังรูป 3.9 การต่อแบบวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสจะอาศัยออปแอมป์ตัวบน ส่วนการต่อเป็นวงจรขยายแบบกลับเฟสจะใช้ออปแอมป์ตัวล่างเป็นตัวควบคุม เพราะเมื่อต้องการแรงดันทางด้าน+ ออกจากออปแอมป์ทั้ง2ตัว เพราะนั้น เมื่อมีแรงดันทางด้านขาเข้า เข้ามา ออปแอมป์ตัวบนจะทำหน้าที่เป็นตัวจับแรงดันด้านบวก เมื่อสัญญาณขาอินพุตเป็นบวก ออปแอมป์ตัวบนจะทำงานในลักษณะของการเปรียบเทียบแรงดัน กับ ตัวกราวด์ ที่แรงดันทางด้านบวก ออกจากออปแอมป์ตัวบนไปยังตัวช็อกกี้ไดโอด เหตุที่ใช้ตัวช็อกกี้ไดโอดเนื่องจาก มีความไวในการทำงานที่สูง และจะทำการเปลี่ยนแรงดันกระแสสลับ เป็น แรงดันกระแสตรงได้ควบไปในเวลาเดียวกัน จึงทำให้ได้กระแสไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายให้กับขาเบสของตัวอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ BD139 แล้วนำเอาที่พุดจ่ายให้กับชุดรับสัญญาณอินเทอร์รับด์ INTO เมื่อแรงดันขาอินพุตด้านลบเข้ามาออปแอมป์ตัวล่างจะทำหน้าที่เป็นตัวจับสัญญาณทางด้านลบ ออปแอมป์ตัวล่างจะทำงานเปรียบเทียบแรงดันกับกราวด์ เนื่องจากเป็นวงจรขยายแบบกลับเฟสจึงได้แรงดันทางด้านบวก ออกจากออปแอมป์ แล้วผ่านไปยังตัวช็อกกี้ไดโอด และจะทำการเปลี่ยนแรงดันจากกระแสสลับ

เป็นแรงดันกระแสตรง เพื่อทำการจ่ายให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ BD139 แล้วทำการนำเอาที่พุดจ่ายให้กับตัวชุดรับสัญญาณอินเตอร์ปรต INT1 เพื่อต่อให้กับชุดไมโครคอลโทรลเลอร์

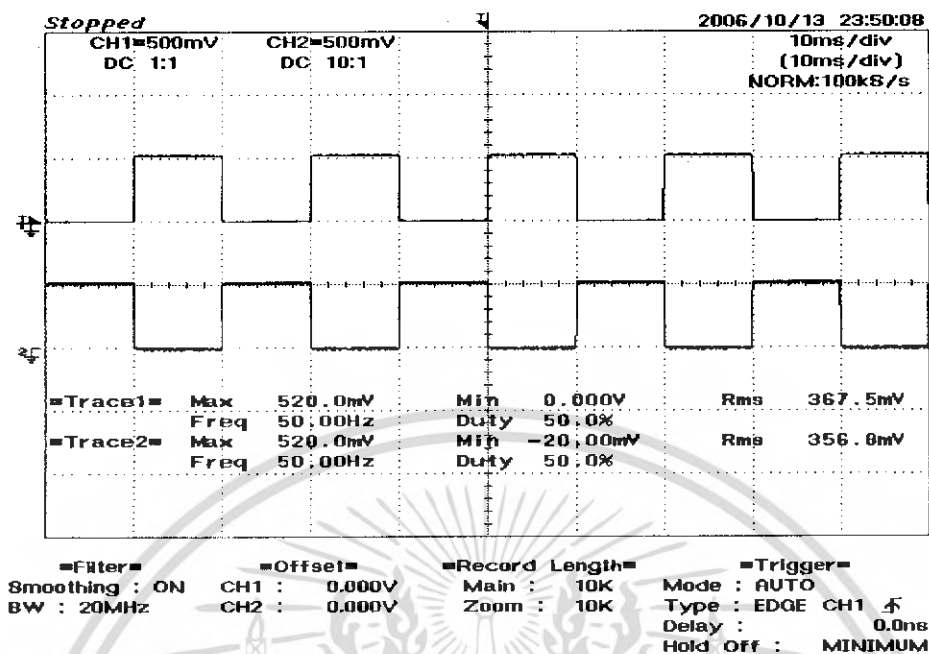


รูปที่ 3.9 Zero Crossing



รูปที่ 3.10 คลื่นสัญญาณการอินเตอร์ปรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 คลื่นสัญญาณที่ได้ออกมาจากวงจร Zero Crossing

3.3.3 โมดูล LCD แบบอักษร

โมดูล LCD ขนาด 16 x 2 มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 14 ขา มีการจัดการขาตั้งในรูปที่ 3.12 สำหรับรายละเอียดการทำงานแต่ละขามีดังนี้

- V_{SS} (ขา 1) : ต่อกราวด์
- V_{DD} (ขา 2) : ต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์
- V_O (ขา 3) : เป็นขาอินพุทรับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล
- R_S (ขา 4) : เป็นขาอินพุทใช้ในการแยกชนิดของข้อมูลที่ทำการประมวลใน

ขณะนั้นว่าเป็นคำสั่งสำหรับรีจิสเตอร์ IR หรือเป็นข้อมูลสำหรับรีจิสเตอร์ DR โดยถ้าขานี้มี Logic เป็น "0" ข้อมูลที่ส่งมาเป็นคำสั่งแต่ถ้าขานี้มี Logic เป็น "1" ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผล

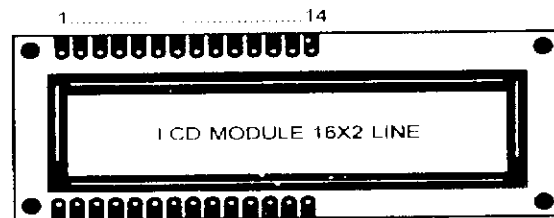
RW (ขา 5) : เป็นขาที่ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับโมดูล LCD โดยถ้าขานี้มี Logic เป็น "0" เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูลแต่ถ้าขานี้มี Logic เป็น "1" เป็นการอ่านข้อมูล

- E (ขา 6) : เป็นขาสำหรับรับสัญญาณพัลส์เอ็นแอนเบิลโมดูล LCD ให้ทำงาน
- D0-D7 (ขา 7-14) : เป็นขาที่ใช้เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่าง LCD กับอุปกรณ์

ภายนอกขนาด 8 บิต

อ็องขา R_S, RW และขา E จะใช้งานร่วมกันโดยมีความสัมพันธ์แสดงในตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ขา 1 : GND

ขา 2 : +V

ขา 3 : Brightness ปรับความสว่าง

ขา 4 : RS

ขา 5 : R/W

ขา 6 : E

ขา 7-14 : D0-D7

รูปที่ 3.12 จอแสดงผล LCD แบบอักษร

ตารางที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ในการทำงาน ของขา RS, R/W และ E ของโมดูล LCD

RS	R/W	E	การทำงาน
0	0		เขียนคำสั่ง
0	1		อ่านสถานะของ LCD
1	0		เขียนข้อมูล
1	1		อ่านข้อมูล

3.3.3.1 โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล LCD แบบอักษร

โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล LCD แบบอักษร ประกอบด้วย

1. บัฟเฟอร์อินพุตเอาต์พุต เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะถ่ายทอดข้อมูลเข้าออกภายในตัวควบคุม
2. รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register: IR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อนำไปควบคุมการแสดงผล
3. รีจิสเตอร์ข้อมูล (Data Register: DR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อ ถ่ายทอดไปยังหน่วยความจำที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลแสดงผล หรือนำข้อมูลไปสร้างอักษรเพิ่มเติมในแรมเก็บตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.2 คำสั่งควบคุมโมดูล LCD

ในการเขียนคำสั่งลงในตัวควบคุม แน่่อนว่าต้องกำหนดขา RS และขา R/W เป็น "0" แล้วเขียนคำสั่งตามไป คำสั่งควบคุมโมดูล LCD ของชิปควบคุม HD44780 ที่สำคัญมีดังนี้

1. คำสั่งเคลียร์ตัวแสดงผล (clear display) มีข้อมูลคำสั่งเป็น 01H เป็นคำสั่งที่ใช้เขียน ข้อมูลช่องว่าง หรือ space เข้าไปใน DDRAM ทั้งหมด เมื่อตัวควบคุมเอ็กซิคิวคำสั่งนี้จะทำการกำหนดแอดเดรสของ DDRAM เป็น 0 เคอร์เซอร์จะกลับไปอยู่ที่ตำแหน่งซ้ายสุดของจอแสดงผล แล้วเซตบิต I/D (ซึ่งจะกล่าวถึงภายหลัง) ให้เป็นหนึ่ง

2. คำสั่ง return home ต้องกำหนดให้บิต 1 ของข้อมูลเป็น "1" เป็นคำสั่งให้เคอร์เซอร์เคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่งซ้ายสุดของจอแสดงผล แต่ข้อมูลบนจอแสดงผลไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือคำสั่งนี้จะป็น 02H หรือ 03 ก็ได้

3. คำสั่งเลือกโหมดในการป้อนข้อมูล(Entry mode set)

มีรายละเอียดในการป้อนข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	0	0	0	0	1	I/D	S

บิต S เป็นบิตที่ใช้ในการกำหนดลักษณะของการแสดงผล เมื่อมีการป้อนข้อมูล ถ้าหากบิต S เป็น "1" เมื่อเกิดข้อมูลใหม่บนจอแสดงผลตัวเคอร์เซอร์จะอยู่กับที่ แต่ตัวอักษรข้อมูลเดิมจะถูกดันไป ทางด้านซ้าย แต่หากบิตนี้เป็น "0" เมื่อเกิดข้อมูลใหม่ตัวเคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวา

บิต I/D เป็นบิตที่ใช้กำหนดว่า เมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลแล้วแอดเดรสของ DDRAM เพิ่มขึ้นหรือลดลงหนึ่งแอดเดรสของ โดยถ้าบิตนี้เป็น "1" แอดเดรสของ DDRAM จะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเป็น "0" แอดเดรสจะลดลง

ดังนั้นข้อมูลคำสั่งที่เกิดขึ้นสำหรับคำสั่งนี้ได้แก่ 04H - 07 (4 ข้อมูลคำสั่ง) และที่ใช้บ่อยคือ 06H หมายถึงกำหนดให้เกิดข้อมูลใหม่เคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวามือ และแอดเดรสเพิ่มขึ้น

4. คำสั่งควบคุมการแสดงผล

มีรายละเอียดในการป้อนข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	0	0	0	1	D	C	B

บิต D ใช้ควบคุมการเปิดปิดจอแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น "1" จะเป็นการเปิดจอแสดงผล ถ้า "0" จะเป็นการปิดจอแสดงผล

บิต C ใช้ควบคุมการแสดงผลตัวเคอร์เซอร์บนจอแสดงผล ถ้าต้องการให้มีเคอร์เซอร์แสดงบนจอแสดงผลต้องกำหนดให้บิตนี้ "1" ถ้ากำหนดให้เป็น "0" จะเป็นการปิดเคอร์เซอร์ หรือไม่แสดงเคอร์เซอร์

บิต B ใช้ควบคุมการกระพริบของเคอร์เซอร์ ถ้ากำหนดให้บิตนี้เป็น "1" เคอร์เซอร์จะกระพริบ ถ้ากำหนดให้เป็น "0" เคอร์เซอร์จะไม่กระพริบ

ดังนั้นจะมีข้อมูลคำสั่งได้ตั้งแต่ 08H-0FH (8 รูปแบบคำสั่ง) ที่ใช้บ่อยคือ 0CH เป็นการสั่งเปิดจอแสดงผลแต่ไม่แสดงเคอร์เซอร์ และ 0FH เป็นการเปิดจอแสดงผล แสดงเคอร์เซอร์ และสั่งให้เคอร์เซอร์กระพริบ

5. คำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษร

มีรายละเอียดในการป้อนข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	0	0	1	S/C	R/C	*	*

การควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษรบนจอแสดงผล ขึ้นอยู่กับการกำหนดบิต S/C และ R/L ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

S/C	R/L	ลักษณะการเลื่อน	ข้อมูลคำสั่ง
0	0	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางซ้ายมือ	10H-13H
0	1	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางขวามือ	14H-17H
1	0	เลื่อนตัวอักษรไปทางซ้ายมือ	18H-1BH
1	0	เลื่อนตัวอักษรไปทางขวามือ	1CH-1FH

6. คำสั่งกำหนดฟังก์ชันในการทำงาน

มีรายละเอียดในการป้อนข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	0	1	DL	N	F	*	*

บิต DL ใช้กำหนดจำนวนบิตที่ใช้ติดต่อส่งผ่านข้อมูล ถ้ากำหนดบิตนี้เป็น "0" จะเป็นการติดต่อแบบ 4 บิต แต่ถ้าเป็น "1" จะเป็นแบบ 8 บิต

บิต N ใช้กำหนดจำนวนบรรทัดของการแสดงผล ถ้าเป็น "0" จะแสดงผล 1 บรรทัด ถ้าเป็น "1" จะแสดงผล 2 บรรทัด ในกรณีที่จอแสดงผลสามารถแสดงผลได้มากกว่า 2 บรรทัด เอกส และต้องการแสดงผลมากกว่า 2 บรรทัด กำหนดบิต N นี้ให้เป็น "1" ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต F ใช้เลือกความละเอียดของตัวอักษรให้การแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น "0" จะเป็นการแสดงผลแบบ 5x7 จุด และถ้าเป็น "1" จะแสดงผลแบบ 5x10 จุด ข้อมูลคำสั่งที่ใช้บ่อยคือ 38H เป็นการกำหนดให้โมดูล LCD ทำงานในแบบ 8 บิต แสดงผล 2 บรรทัด เลือกความละเอียดเป็น 5 x 7 จุด

7. คำสั่งเลือกแอดเดรสของ CGRAM

เมื่อต้องการกำหนดแอดเดรสของ CGRAM ต้องกำหนดให้บิต 7 เป็น "0" บิต 6 เป็น "1" ส่วนอีก 6 บิตที่เหลือจะแทนด้วยค่าแอดเดรสของ CGRAM จะต้องทำการกำหนดแอดเดรสด้วยคำสั่งนี้ ก่อนที่จะอ่านหรือเขียนข้อมูลให้ CGRAM โดยแอดเดรสของ CGRAM อยู่ระหว่าง 00H-0FH

8. คำสั่งเลือกแอดเดรสของ DDRAM

ใช้ในการเลือกแอดเดรสของ DDRAM ก่อนที่จะทำการอ่านหรือเขียนข้อมูล โดยบิต 7 ต้องเป็น "1" และข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือจะเป็นค่าแอดเดรสของ DDRAM ซึ่งแอดเดรสของ DDRAM จะอยู่ระหว่าง 8CH-0FFH ทั้งนี้จำนวนแอดเดรสนี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดสถานะที่บิต N ด้วย

9. คำสั่งอ่านแฟล็ก BUSY และแอดเดรส

มีรายละเอียดในการป้อนข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
BF	A	A	A	A	A	A	A
{ แอดเดรสไบต์สูง				{ แอดเดรสไบต์ต่ำ			

คำสั่งที่ใช้อ่านแฟล็ก BUSY (BF) โดยแฟล็กนี้จะเป็นตัวบอกสถานะของตัวควบคุม LCD ว่าพร้อมจะรับข้อมูลหรือไม่ ถ้าหากบิต BF เป็น "0" แสดงว่าตัวควบคุม LCD พร้อมรับข้อมูลหรือคำสั่ง แต่ถ้าเป็น "1" แสดงว่าในขณะที่ตัวควบคุม LCD ยังอยู่ในกระบวนการทำงานภายในหรือกำลังประมวลผลข้อมูลอยู่ ยังไม่พร้อมรับข้อมูลหรือคำสั่งเมื่อต้องการอ่านแฟล็กต้องกำหนดให้ขา RW เป็น "1" ด้วย แต่สัญญาณที่ RS ยังต้องเป็น "0" อยู่เพราะข้อมูลนี้เป็นข้อมูลคำสั่ง นอกจากนี้ยังใช้เป็นคำสั่งอ่านข้อมูลแอดเดรสของ CGRAM และ DDRAM ด้วยโดยบิต 0 ถึงบิต 6 เป็นค่าข้อมูลของแอดเดรสที่ต้องการอ่าน

3.3.3.3 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD

ในการเขียนข้อมูลเพื่อควบคุมให้โมดูล LCD แสดงผลตามที่ต้องการ ต้องส่งคำสั่ง (Instruction) แล้วกำหนดการทำงานให้แก่โมดูล LCD ก่อน จากนั้นจึงค่อยส่งข้อมูล(Data) ที่ต้องการแสดงผล เนื่องจากบัสข้อมูลของโมดูล LCD มี 8 เส้นคือ D0-D7 และเป็นช่องทางผ่านของทั้งคำสั่งและข้อมูล ดังนั้นในการส่งคำสั่งและข้อมูลจึงต้องอาศัยการกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นประโยชน์ในการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณลอคจิกที่ขา RS ถ้าหากที่ขา RS ได้ลอคจิก "0" หมายความว่า ข้อมูลที่ป้อนให้แก่โมดูล LCD ขณะนั้นเป็นคำสั่ง ในทางตรงข้ามหากขา RS ได้ลอคจิก "1" ข้อมูลที่ป้อนให้ขณะนั้นเป็น ข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผล

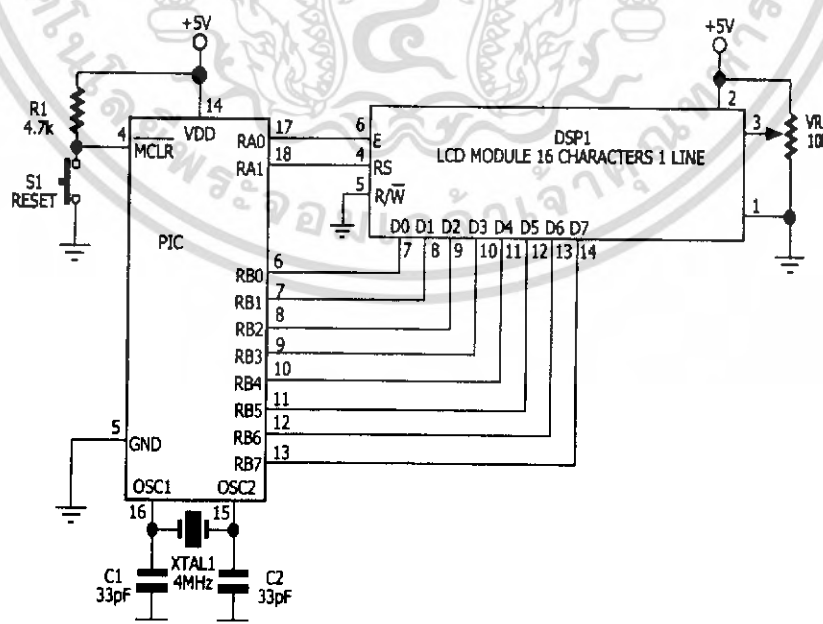
เมื่อต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูลใน CGRAM และ DDRAM เริ่มต้นต้องกำหนด แอดเดรสที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อน โดยใช้คำสั่งเลือกแอดเดรส จากนั้นกำหนดให้ขา RS เป็น "1" เพื่อแจ้งให้ตัวควบคุมภายในโมดูล LCD ทราบว่าข้อมูลที่ปรากฏต่อไปนี้เป็นข้อมูลปกติ ไม่ใช่คำสั่ง

ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น "1" ข้อมูลขนาด 8 บิต(หรือ 4 บิต) ก็จะปรากฏบนบัสข้อมูล โดยข้อมูลที่อ่านออกมาได้จะเป็นข้อมูลจากแอดเดรสของ CGRAM และ DDRAM ตามที่ต้องการ

ในกรณีที่ต้องการเขียนข้อมูล เมื่อกำหนดแอดเดรสและป้อนลอคจิก "1" ให้ขา RS แล้ว ต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น "0" ข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลจะถูกเขียนลงในรีจิสเตอร์ DR จากนั้นจึง ถ่ายทอดลงใน DDRAM ต่อไป

3.3.3.4 การต่อใช้งาน PIC ร่วมกับ โมดูล LCD

ในรูปที่ 3.14 แสดงวงจรเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC กับโมดูล LCD แบบ อักขระในโหมด 8 บิต จากวงจรกำหนดให้พอร์ต A เป็นขาสัญญาณของการควบคุม โดย RA1 ต่อกับขา E ส่วนขา RA0 ต่อกับขา RS ส่วนขา R/W ของโมดูล LCD ต่อลงกราวด์ ในขณะที่ขา ข้อมูล D0-D7 ต่อเข้าขาพอร์ต B ทั้ง 8 เส้น



รูปที่ 3.14 การต่อโมดูล LCD เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ในแบบ 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ขึ้นต้นการคำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

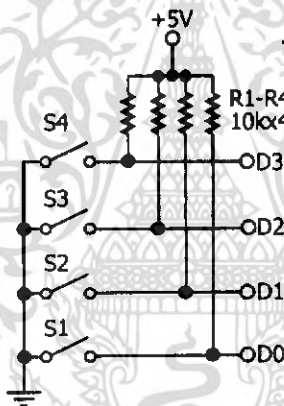
3.3.4 วงจรต่อคีย์แพด

วงจรต่อคีย์แพด ประกอบด้วย

1. สวิตช์กดติดปล่อยดับ 16 ตัว
2. ตัวต้านทาน(R pack) 5ขา, $10k\Omega$ 1 ตัว
3. แหล่งจ่าย +5 V

3.3.4.1 การเชื่อมต่อกับคีย์แพดหรือสวิตช์เมตริกซ์ 4x3 จุด

การอ่านค่าหรือรับค่าการกดสวิตช์ เป็นอีกงานหนึ่งที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์ต้องสามารถรองรับและเชื่อมต่อใช้งานร่วมด้วยได้ วงจรของสวิตช์มีด้วยกัน 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ ต่อเข้ากับไฟเลี้ยงหรือกราวด์โดยตรง เมื่อสวิตช์ตัวใดต่อวงจรสามารถอ่านค่าได้โดยตรง ดังในรูปที่ 3.15 วงจรในลักษณะนี้ไม่มีความซับซ้อน สามารถอ่านค่าของสวิตช์ได้ง่ายและรวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือ ถ้าหากจำนวนของสวิตช์มีมาก ๆ จำนวนของสายข้อมูลก็จะมีมากตาม ทำให้ระบบหรือวงจรโดยรวมมีขนาดใหญ่และสิ้นเปลือง



รูปที่ 3.15 วงจรของสวิตช์แบบต่อเข้ากับไฟเลี้ยง



รูปที่ 3.16 วงจรของสวิตช์แบบเมตริกซ์หรือคีย์แพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

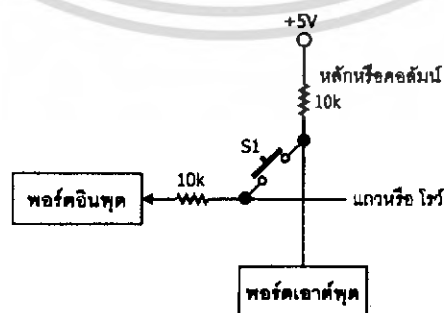
วงจรมอเตอร์อีกลักษณะหนึ่งคือ ต่อบางแบบแมตริกซ์ ดังรูปที่ 3.16 สวิตช์จะถูกต่อกันในแนวแกนตั้งและแนวนอน จะเรียกแนวตั้งว่า หักหรือคอลัมน์ ในขณะที่แนวนอนจะเรียกว่า แถวหรือโรว์ ดังนั้นค่าของสวิตช์จะต้องประกอบด้วย ตำแหน่งในแนวหลัก และแถว กระบวนการที่จะทำให้ได้มาซึ่งค่าของสวิตช์มีขั้นตอนซับซ้อนพอสมควร แต่วงจรมอเตอร์แบบนี้มีข้อดีคือ สามารถรองรับโรว์เพิ่มของสวิตช์ได้อย่างสะดวก เพียงเพิ่มเติมจำนวนสวิตช์และแก้ไขซอฟต์แวร์อีกเล็กน้อยเท่านั้น ทำให้วงจรมอเตอร์แบบแมตริกซ์เป็นที่นิยมใช้มากในระบบควบคุมอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติที่มีจำนวนสวิตช์มากกว่า 8 ตัว การใช้งานทั่วไปจะเรียกสวิตช์แมตริกซ์นี้ว่า คีย์แพด

3.3.4.2 การเชื่อมต่อคีย์แพดเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

มีวงจรรายง่ายตามรูปที่ 3.17 สายสัญญาณในแนวคอลัมน์ของคีย์แพดจะต่อเข้ากับพอร์ตเอาต์พุต ส่วนสายสัญญาณในแนวโรว์จะต่อเข้ากับพอร์ตอินพุต ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณ "0" ออกมาทางพอร์ตเอาต์พุต ถ้าหากสวิตช์ถูกกด พอร์ตอินพุตจะอ่านค่า "0" เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์

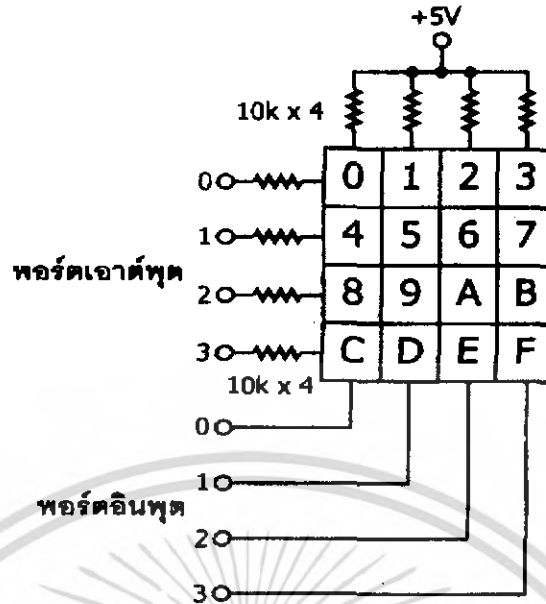
ด้วยหลักการนี้ ถ้าหากคีย์แพดมีจำนวนแถวและหลักมากกว่า 1 เส้น ดังในรูปที่ 3.18 ขั้นตอนการอ่านค่าของสวิตช์หรือคีย์แพดที่ถูกกด จะเริ่มต้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณออกมาทางพอร์ตเอาต์พุตเข้าสู่แต่ละคอลัมน์ของคีย์แพดไล่เรียงไปที่ละคอลัมน์ แล้วอ่านค่าจากสายสัญญาณในแต่ละหลักทางพอร์ตอินพุต ถ้าหากค่าของอินพุตที่อ่านเข้ามาไม่เท่ากับค่าของเอาต์พุตที่ส่งออกไปหรือยังเป็นค่าเดิมแสดงว่า ยังไม่มีการกดสวิตช์ เมื่อใดที่ค่าของอินพุตที่อ่านเข้ามาเท่ากับค่าของเอาต์พุตที่ส่งออกไป แสดงว่ามีการกดสวิตช์เกิดขึ้นแล้ว

ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการค้นหาตำแหน่งของสวิตช์ที่ถูกกดสายสัญญาณของแนวโรว์ที่ต่ออยู่กับสวิตช์ที่ถูกกดดันจะเป็นลอจิก "0" ไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำค่าของเอาต์พุตที่ส่งออกไปและค่าของอินพุตที่อ่านเข้ามาหาค่าของตำแหน่งสวิตช์ที่ถูกกด ด้วยกระบวนการซอฟต์แวร์ต่อไป



รูปที่ 3.17 การเชื่อมต่อคีย์แพดเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

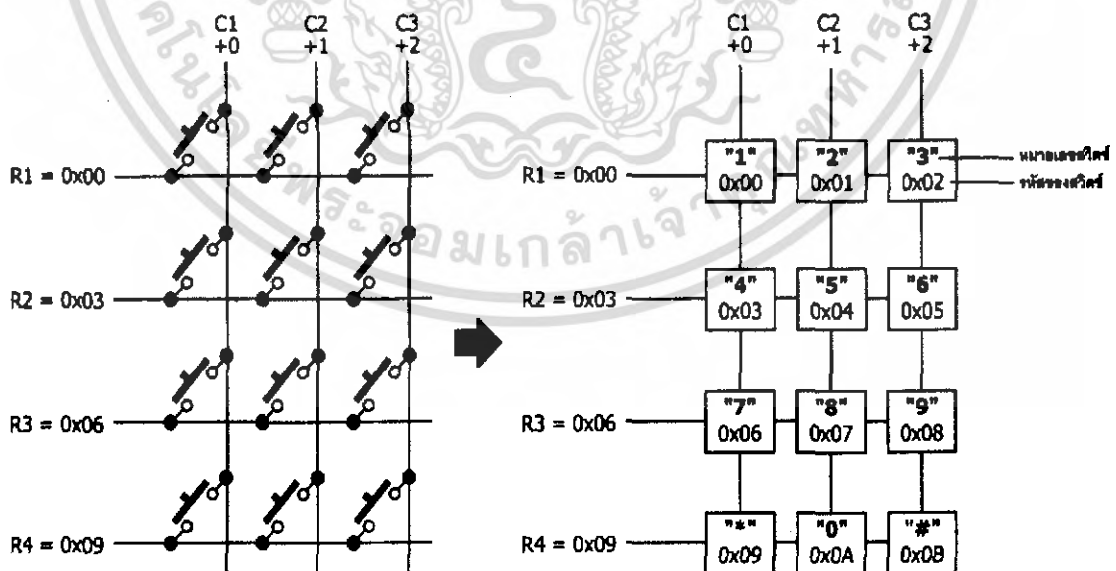
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 คีย์แพดที่มีมากกว่า 1 จุด ในรูปเป็นแบบ 4x4 จุด

3.3.4.3 เทคนิคการอ่านค่าจากสวิตช์เมตริกซ์หรือคีย์แพด

หลักการในการอ่านค่าจากคีย์แพดนี้คือ จะต้องกำหนดรหัสประจำตำแหน่งของสวิตช์แต่ละตัวไว้ไม่ให้ซ้ำกัน ดังนั้นเมื่อสวิตช์ตัวใดถูกกดก็จะได้ค่ารหัสของสวิตช์ตัวดังกล่าวออกมาซึ่งในที่ยกตัวอย่างนี้ จะกำหนดค่าคงที่ให้กับสวิตช์แต่ละแถว (row) ดังนี้



รูปที่ 3.19 การกำหนดค่ารหัสของสวิตช์เมตริกซ์หรือคีย์แพดแบบ 4x3 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.19 แสดงการกำหนดค่ารหัสของสวิตช์เมตริกซ์หรือคีย์แพดแบบ 4x3 จุด โดย หมายเลขสวิตช์ สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ส่วนค่าของ รหัสสวิตช์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าประจำแถวรวมกับค่าตัวบวกรหัสประจำหลัก

- R1 (หมายถึง row 1 หรือแถวที่ 1) มีค่าประจำแถวเท่ากับ 0 หรือ 0x00
- R2 (หมายถึง row 2 หรือแถวที่ 2) มีค่าประจำแถวเท่ากับ 3 หรือ 0x03
- R3 (หมายถึง row 3 หรือแถวที่ 3) มีค่าประจำแถวเท่ากับ 6 หรือ 0x06
- R4 (หมายถึง row 4 หรือแถวที่ 4) มีค่าประจำแถวเท่ากับ 9 หรือ 0x09

เมื่อกำหนดค่าคงที่ให้กับสวิตช์ในแต่ละแถวแล้ว ต่อไปเป็นกำหนดค่าตัวบวกรหัสให้กับสวิตช์ในแนวหลักหรือคอลัมน์ (column) ด้วย ซึ่งค่าตัวบวกรหัสของแต่ละหลักมีดังนี้

- C1 (หมายถึง column 1 หรือหลักที่ 1) มีค่าตัวบวกรหัสเท่ากับ 0
- C2 (หมายถึง column 2 หรือหลักที่ 2) มีค่าตัวบวกรหัสเท่ากับ 1
- C3 (หมายถึง column 3 หรือหลักที่ 3) มีค่าตัวบวกรหัสเท่ากับ 2

จากค่าของตัวเลขในแนวแถวและหลักสามารถนำมาเขียนเป็นรหัสของสวิตช์แต่ละตัวได้ ดังรูปที่ 10-5 จะเห็นได้ว่าถ้ามีการกดสวิตช์เกิดขึ้นค่ารหัสของสวิตช์แต่ละตัวจะเกิดจากค่าคงที่ในแถวนั้นๆ รวมกับค่าตัวบวกรหัสของหลักนั้นๆ เช่น ถ้ามีการกดสวิตช์ ในแถว R4 ดัดกับหลัก C3 ก็จะได้รหัสของสวิตช์ตัวนี้เป็น 11 ฮกซาลิเบต หรือ 0x0B เป็นต้น

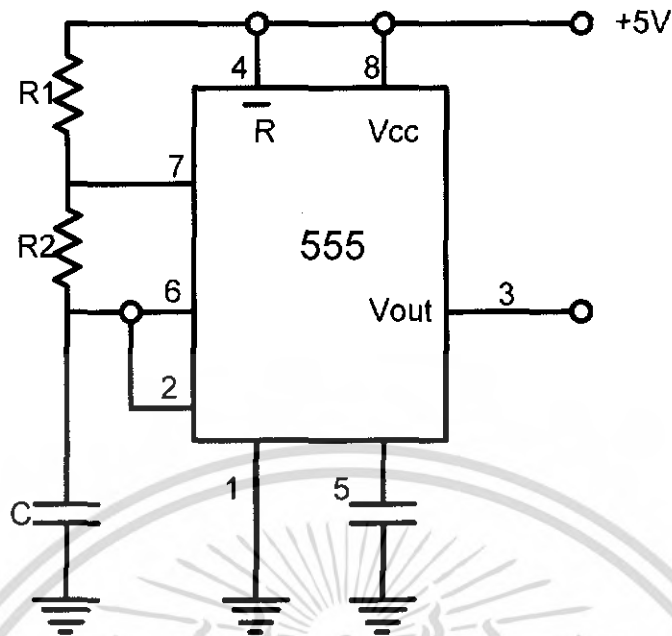
เมื่อได้ค่าของสวิตช์แล้ว สามารถนำค่าดังกล่าวไปใช้งานต่อได้ อาทิ นำข้อมูลไปใช้ขับ LED ธรรมดาหรือ LED 7 ส่วน หรือนำไปแสดงที่โมดูล LCD หรือนำไปใช้ประมวลผลด้านเกี่ยวกับข้อมูลรหัสตัวเลขก็ได้

3.3.5 วงจรกำเนิดพัลส์

วงจรกำเนิดพัลส์ มีรายการอุปกรณ์ดังนี้

- | | | |
|--|---|-----|
| 1. IC เบอร์ 555 | 1 | ตัว |
| 2. IC เบอร์ MC 14081 แอนแกด | 1 | ตัว |
| 3. แหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์ | | |
| 4. ตัวต้านทาน 0.25 วัตต์ 50 โอห์ม, 15.35 กิโลโอห์ม อย่างละ | 1 | ตัว |
| 5. คาปาซิเตอร์ 0.01 ไมโครฟารัด | 2 | ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 การต่อวงจรกำเนิดพัลส์

IC กำหนดความถี่มีความต้องการสัญญาณ +5 โวลต์ ที่ความถี่ 5 กิโลเฮิร์ต เพื่อนำสัญญาณที่ได้มาทำการ AND กับตัวสัญญาณทริกที่ไม่โคโรคอนโทรลเลอร์คำนวณออกมา เพื่อไปทำการทริกขาเกตของตัวมอสเฟตในดีววงจรขับ SCR เราสามารถหาค่าความต้านทาน ค่าตัวเก็บประจุและความถี่ได้จากสูตร

IC กำหนดความถี่ต้องการใช้ความถี่ที่ 5 kHz ในการทริก SCR สามารถคำนวณ โดย การเพิ่ม RC ให้แก่ IC 555 จากสูตรตามต้องการเวลา T_{ON} 50%, T_{off} 50% หรือ Duty Cycle 50%

$$T1 = (R1+R2)C1 \cdot \ln 2 = 0.693(R1+R2)C1 \quad (3.4)$$

$$T2 = R2 C1 \cdot \ln 2 = 0.693R2C1 \quad (3.5)$$

$$f = 1/[0.693C1(R1+2R2)] \quad (3.6)$$

$$f = 1.443/[C1(R1+2R2)] \quad (3.7)$$

$$\% \text{ Duty Cycle} = [T1/(T1+T2)] \cdot 100 \quad (3.8)$$

$$T1 = 0.693(10k+10k) \cdot 0.01 \mu F = 138 \mu s \quad (3.9)$$

$$T2 = 0.693(10k) \cdot 0.01 \mu F = 69 \mu s \quad (3.10)$$

$$f = 1.443/[10k+2(10k)] \cdot 0.01 \mu F = 4545 \text{ Hz} \quad (3.11)$$

โดยที่

$$R1 = 10 \text{ k}\Omega$$

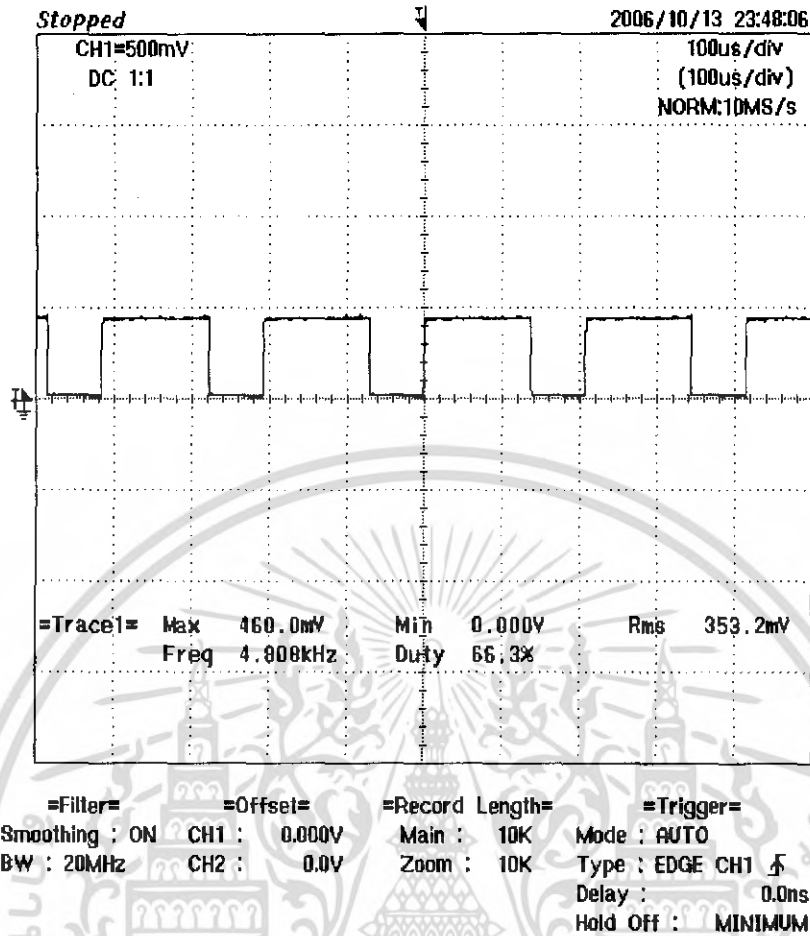
$$R2 = 10$$

k Ω

$$C1 = 0.01 \mu F$$

$$C2 = 0.01 \mu F$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



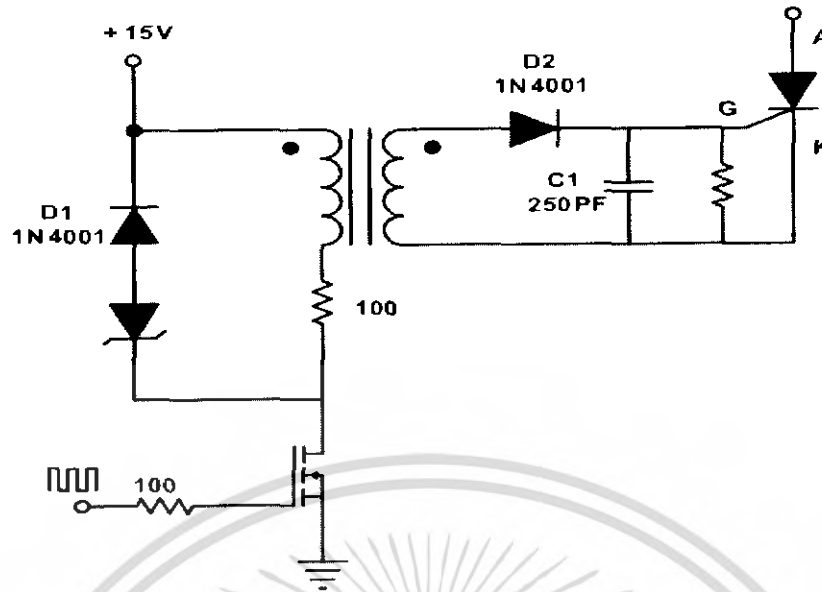
รูปที่ 3.21 รูปสัญญาณที่ได้จากวงจรกำเนิดความถี่

3.3.6 วงจรขับ เอสซีอาร์ (SCR Drive)

วงจรขับ เอสซีอาร์ (SCR Drive) มีรายการอุปกรณ์ดังนี้

- | | | |
|-------------------------|---|-----|
| 1. มอสเฟต IRF Z44N | 2 | ตัว |
| 2. ไดโอด 1N4001 | 4 | ตัว |
| 3. ตัวต้านทาน 1/2W 100Ω | 2 | ตัว |
| 4. ตัวต้านทาน 1W 100 Ω | 2 | ตัว |
| 5. คาปาซิเตอร์ 250 pF | 2 | ตัว |
| 6. หม้อแปลงพัลส์ | 2 | ตัว |
| 7. แหล่งจ่าย +15V | 2 | ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 วงจรการทริกขาเกิดของ เอสซีอาร์

วงจรมีเป็นวงจรถริกขาของเอสซีอาร์ ทำการแยกกราวด์ของระบบเพาเวอร์กับระบบคอนโทรลเพื่อป้องกันทางด้านแรงต่ำกึ่งแรงดันสูง และสัญญาณรบกวนต่างๆที่จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดการแองก์

3.3.7 วงจรการขับรีเลย์

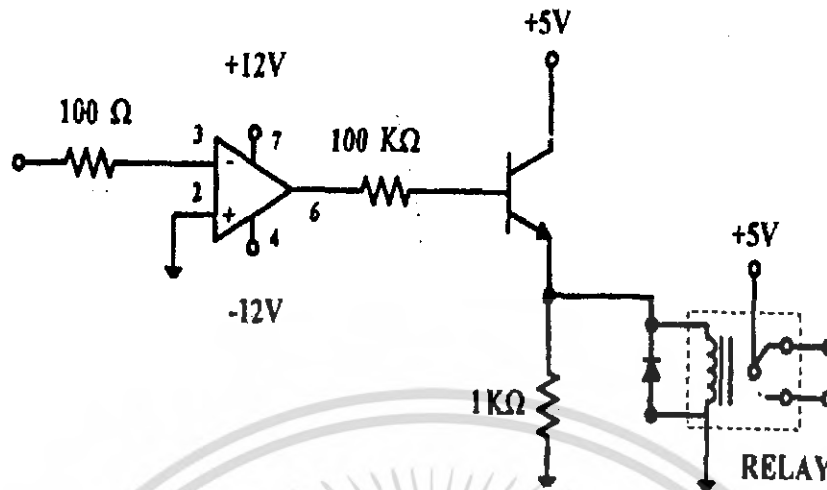
วงจรถริกขาขับรีเลย์ มีรายการอุปกรณ์ดังนี้

- | | | |
|-----------------------------------|---|-----|
| 1. ทรานซิสเตอร์ BD139 | 3 | ตัว |
| 2. ตัวต้านทาน 0.25W 100k Ω | 2 | ตัว |
| 3. ตัวต้านทาน 0.25W 1k Ω | 2 | ตัว |
| 4. ตัวต้านทาน 0.25W 100 Ω | 2 | ตัว |
| 5. ออปแอมป์ 741 | 1 | ตัว |
| 6. รีเลย์ขนาดคอยล์ 6 v | 2 | ตัว |
| 7. แหล่งจ่ายไฟ +12v, -12v, 5v | | |

3.3.7.1 วงจรการขับรีเลย์

ใช้ออปแอมป์และวงจรถริกขาเป็นหลักการหลัก โดยทำการใช้ทรานซิสเตอร์ตามรูปที่ 3.23 โดยใช้ออปแอมป์ทำการขยายกระแสให้กับขาเบสของตัวอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ เพื่อทำการขยายกระแสให้กับรีเลย์อีก วงจรถริกขาขับรีเลย์นี้เป็นวงจรถริกขาที่นำไปขับให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์อีกทีหนึ่ง เพราะเมื่อตัวอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดการรีเซตขึ้น จะทำให้สถานะของขาของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกขาจะมีการเปลี่ยนสถานะให้ค่าลอจิกเปลี่ยนเป็น 1 จากนั้น เมื่อผ่านวงจรถริกขาเพื่อทำให้ขาที่จะนำไปใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์เปลี่ยนค่าลอจิกที่ขาทั้งหมดเป็น 0 ก่อน

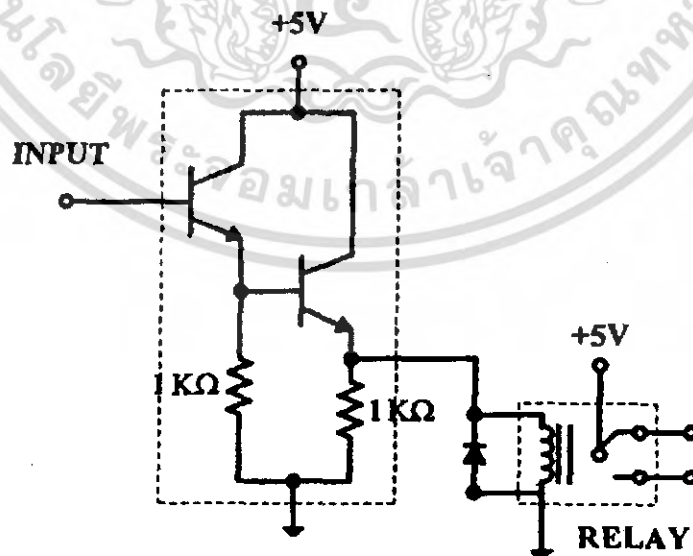
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 วงจรการขับรีเลย์

ในรูปที่ 3.24 เป็นวงจรการขับรีเลย์แบบใช้ทรานซิสเตอร์ที่ทำการต่อแบบดาร์ลิงตัน เนื่องจากวงจรที่นำไปใช้งานของดาร์ลิงตัน จะต้องอาศัยหลักการทำงานคือ อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ตัวแรกจะรับอินพุตเข้าที่ขาเบส จากนั้นทำการขยายกระแสให้กับขาเบสของ อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 ต่อไป จากหลักการในข้างต้น จะทำให้ได้กระแสที่เพิ่มขึ้นเพื่อไปทำการขับรีเลย์ จะนำไปใช้ในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ชุดขยายกระแสแบบดาร์ลิงตัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.24 วงจรดาร์ลิงตันขับรีเลย์ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.8 วงจรการทำงานของเซนเซอร์

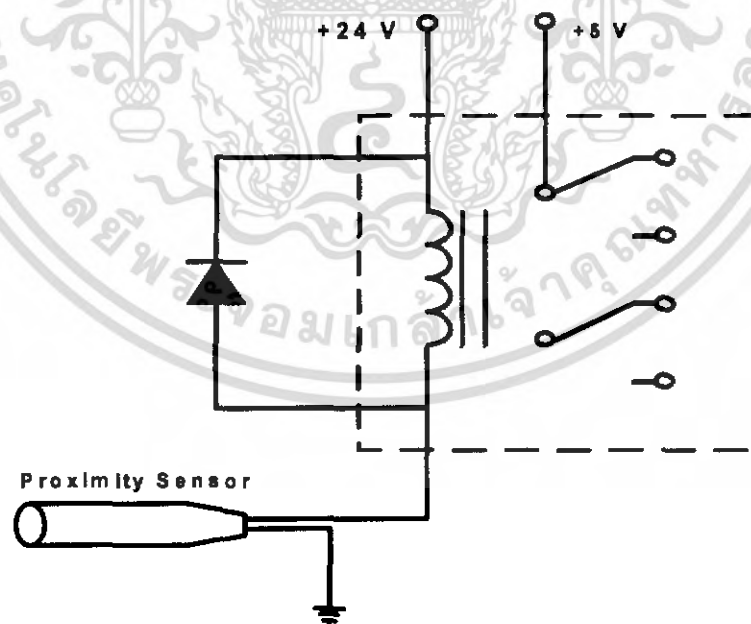
วงจรการทำงานของเซนเซอร์ มีรายการอุปกรณ์ดังนี้

- | | | |
|---|---|-----|
| 1. รีเลย์คอยล์ 24v | 1 | ตัว |
| 2. ฟร็อกซิมีตี้เซ็นเซอร์ 12-24 โวลต์ OMRON ชนิดความเหนียวนำ | 1 | ตัว |
| 3. แหล่งจ่ายไฟ 24v,5v | | |

3.3.8.1 เซนเซอร์แบบเหนียวนำ

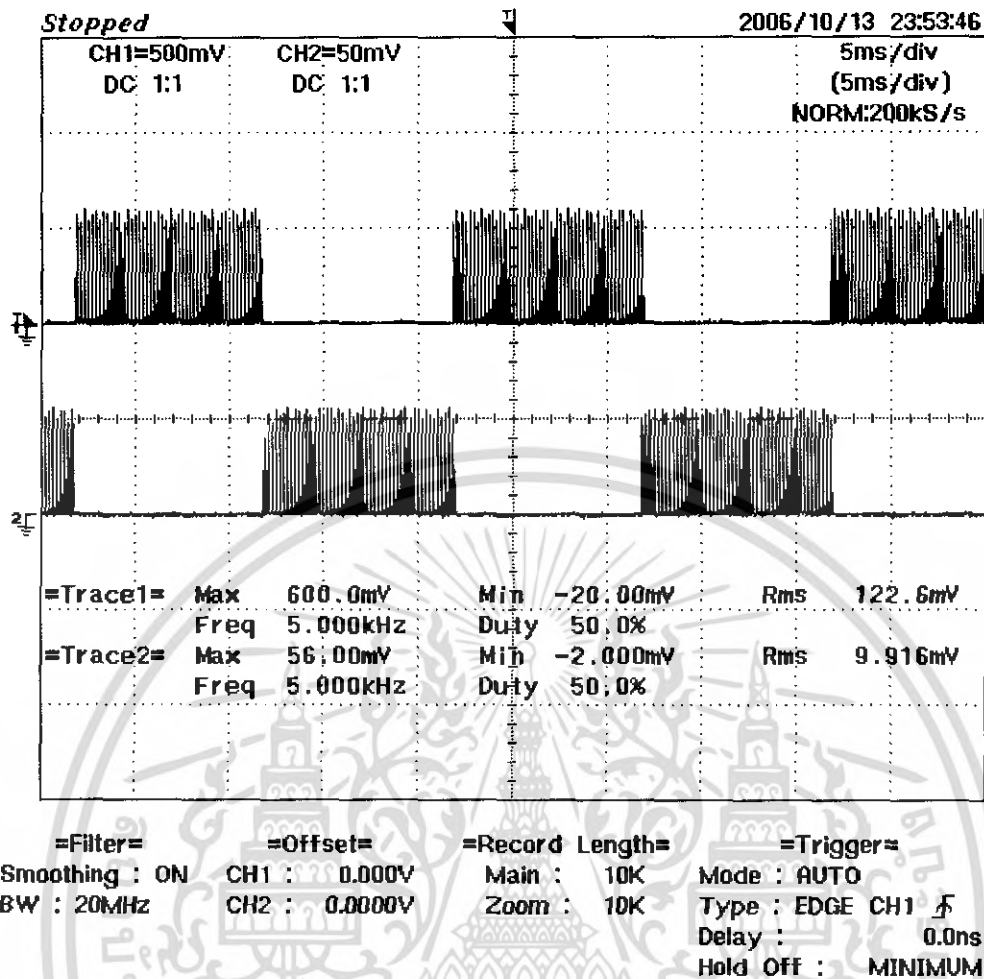
เซนเซอร์ตรงบริเวณส่วนหัวนั้นจะมีสนามแม่เหล็กแบบความถี่สูง โดยเมื่อได้รับค่าสัญญาณมาจากวงจรถูกกำเนิดความถี่ ในกรณีที่มีชิ้นงาน หรือ วัตถุที่เป็นโลหะเข้ามาอยู่ในบริเวณที่สนามแม่เหล็ก สามารถส่งค่าไปถึง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความเหนียวนำ ซึ่งจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในข้างต้น จะทำให้เกิดการหน่วงออสซิลเลทลงต่อไป หรือบางที่อาจถึงจุดที่หยุดการออสซิลเลทเลยก็ทีเดียว และเมื่อนำวัตถุนั้นออกจากบริเวณที่ทำการตรวจจับ วงจรถูกกำเนิดความถี่ความถี่ก็จะเริ่มต้นทำงานของออสซิลเลทใหม่อีกครั้ง สภาวะดังกล่าวที่เกิดขึ้นในข้างต้นจะสามารถทำการแยกแยะออกได้ ด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ภายใน หลังจากนั้นก็จะส่งผลไปทางเอาท์พุท ว่าให้ทำงานหรือไม่ทำงาน

ในส่วนของฟร็อกซิมีตี้เซ็นเซอร์ จะใช้เป็นวงจรในการควบคุมวงจรคอนโทรล เพื่อไปควบคุมเอาท์พุท โดยจะใช้ในการจับระยะของหัวเชื่อมเมื่อเกิดการเชื่อมชิ้นงาน แล้วต่อเข้าไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ ในลำดับต่อไป



รูปที่ 3.25 วงจรการทำงานของฟร็อกซิมีตี้เซ็นเซอร์

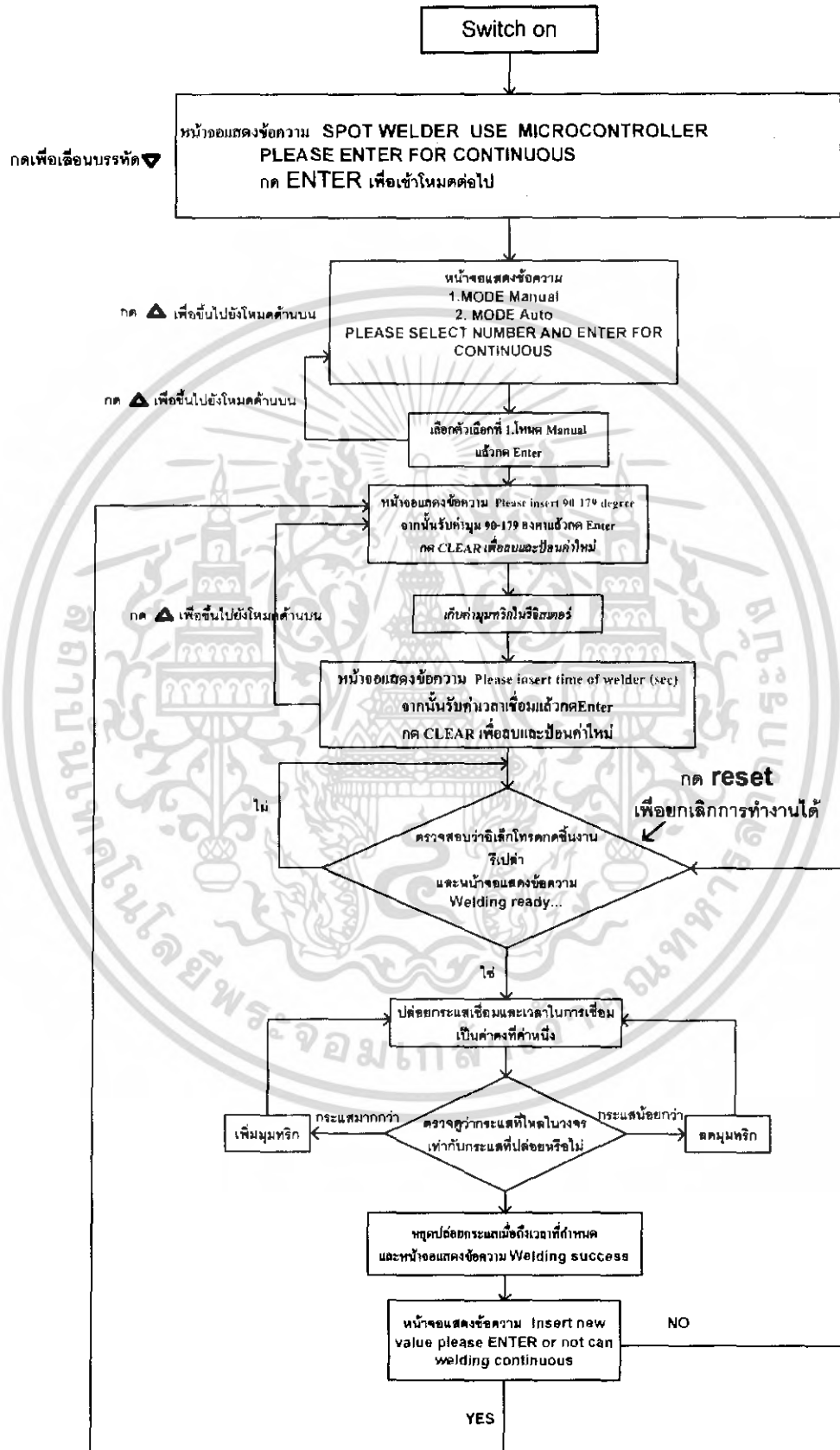
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 สัญญาณวัดที่ชุด drive ทั้ง 2 ตัว

จากรูปที่ 3.26 แสดงสัญญาณวัดที่ชุด drive ทั้ง 2 ตัวเมื่อนำสัญญาณที่แอนกันระหว่าง วงจรกำเนิดความถี่กับวงจร Zero Crossing มาป้อน

3.4 โค้ดโปรแกรมการทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 โปรแกรมการทำงาน

```

#include <18F458.h>           // Standard Header file for the PIC16F877 device
#include <stdio.h>
#include <math.h> // ฟังก์ชันการทำงานคณิตศาสตร์
#define TxD      PIN_C6 // Define Transmitted Data
#define RxD      PIN_C7 // Define Received Data
#define CLOCK_SP 10000000 // Clock Speed(Hz)
// Device Specification
#fuses HS           // Oscillator mode HS
#fuses NOLVP, NOWDT // No Low Voltage Program, No Watchdog timer
#fuses NOPROTECT   // Code no protection
#use delay (clock=CLOCK_SP) // Use built-in function: delay_ms() & delay_us()
#use rs232(baud=9600, xmit=TxD,rcv=RxD) // Use serial I/O port (RS232)
#define use_portd_lcd // define for use portb lcd
#include "lcd.c" // use module function
#use fast_io(A)

/*****
* Constants กำหนดค่าคงที่และตัวแปร
*****/

long time_out;
long time=0;
long over=0;
long delay,j,delay2;
float tr=0.017453292;

unsigned char key; // ตัวแปรของSW
int16 i,tig,tim; // ตัวแปรของdegree&time
char str[17]; // ตัวแปรของLCD

/*****key pad*****/
unsigned char scankey(void) // โปรแกรมย่อยอ่านค่าสวิตช์

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
unsigned char ret = 100;

output_low(PIN_B4);
if(!input(PIN_B0))ret = 1;//0x01;
if(!input(PIN_B1))ret = 4;//0x02;
if(!input(PIN_B2))ret = 7;//0x03;
if(!input(PIN_B3))ret = 14;//0x10;
output_high(PIN_B4);

output_low(PIN_B5);
if(!input(PIN_B0))ret = 2;//0x01;
if(!input(PIN_B1))ret = 5;//0x02;
if(!input(PIN_B2))ret = 8;//0x03;
if(!input(PIN_B3))ret = 0;//0x10;
output_high(PIN_B5);

output_low(PIN_B6);
if(!input(PIN_B0))ret = 3;//0x01;
if(!input(PIN_B1))ret = 6;//0x02;
if(!input(PIN_B2))ret = 9;//0x03;
if(!input(PIN_B3))ret = 15;//0x10;
output_high(PIN_B6);

output_low(PIN_B7);
if(!input(PIN_B0))ret = 10;//0x01;
if(!input(PIN_B1)) ret= 11;//0x02;
if(!input(PIN_B2))ret = 12;//0x03;
if(!input(PIN_B3))ret = 13;//0x10;
output_high(PIN_B7);

delay_ms(10);           //หน่วยเวลา
return(ret);           //เอาค่ากลับไป
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/** LCD.C : Driver for common LCD modules *****/
// As defined in the following structure the pin connection is as follows:
// B0 = E(enable), B1 = RS, B2 = R/W
// B4 = D4, B5 = D5, B6 = D6
// B7 = D7
// LCD pins D0-D3 are not used and PIC B3 is not used.

```

```

/*****
* FUNCTION: LCD_Command
* DESCRIPTION: LCD Command
* PARAMETERS: cm
* RETURNED: nothing
*****/

```

```

void LCD_Command(int cm) //ฟังก์ชัน LCD
{
    lcd_send_byte(0,cm);
}
void LCD_String(char *s, unsigned char adss) {
    LCD_Command(adss);
    while(*s!=0) {
        lcd_putc(*s++);
    }
}

```

```
#INT_TIMER1
```

```
void tnt_timer1(void)
```

```

{
    over++;
    if(over>8)
    {
        over=0;
        time++;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
}
void manual_mode(void)           // โปรแกรมย่อย manual_mode
{
    key=12;
    while(key==12)
    {

        while(key!=100)key=scankey();

        i=0;
        tig=0;
        sprintf(str,"Degree 10'-179' ");
        LCD_String(str,0x80);

        sprintf(str,"INPUT-> ");
        LCD_String(str,0xc0);

        LCD_Command(0xc8);
        LCD_Command(0x0f);
        while(key!=13)
        {
            key=scankey();
            if(key==14)           // clear ค่าที่เลือกไว้
            {
                sprintf(str,"INPUT-> ");
                LCD_String(str,0xc0);
                LCD_Command(0xc8);
                LCD_Command(0x0f);
                i=0;
                tig=0;
                key=100;
            }
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(key==13) // clear ค่าที่เลือกไว้หากตรงตามเงื่อนไข
{
    if(tig<10 | tig >179)
    {
        sprintf(str,"INPUT-> ");
        LCD_String(str,0xc0);
        LCD_Command(0xc8);
        LCD_Command(0x0f);
        i=0;
        tig=0;
        key=100;
    }
}

if(key<10)
{
    tig=(tig*10)+key;
    sprintf(str,"%d",key);
    LCD_String(str,0xc8+i);
    i=i+1;
    while(key!=100)key=scankey();
}

delay_ms(50);

LCD_Command(0x0c);
sprintf(str,"Degree= %ld' ",tig);
LCD_String(str,0xc0);

while(key!=100)key=scankey();
delay_ms(2000);

i=0;

```

เอกสารนี้เป็น **tim=0**; ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sprintf(str,"TIME WELDER 1-60");
LCD_String(str,0x80);
sprintf(str,"INPUT->   sec");
LCD_String(str,0xc0);
LCD_Command(0xc8);
LCD_Command(0x0f);

while(key!=13)
{
  key=scankey();
  if(key==14) // clear ค่าที่เลือกไว้
  {
    sprintf(str,"INPUT->   ");
    LCD_String(str,0xc0);
    LCD_Command(0xc8);
    LCD_Command(0x0f);
    i=0;
    tim=0;
    key=100;
  }

  if(key==13) // clear ค่าที่เลือกไว้หากตรงตามเงื่อนไข
  {
    if(tim<1 | tim >60)
    {
      sprintf(str,"INPUT->   ");
      LCD_String(str,0xc0);
      LCD_Command(0xc8);
      LCD_Command(0x0f);
      i=0;
      tim=0;
      key=100;
    }
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(key<10)
{
    tim=(tim*10)+key;
    sprintf(str,"%d",key);
    LCD_String(str,0xc8+i);
    i=i+1;
    while(key!=100)key=scankey();
}
delay_ms(50);
}

```

```

LCD_Command(0x0c);
sprintf(str,"TIME= %ld ",tim);
LCD_String(str,0xc0);

while(key!=100)key=scankey();
delay_ms(2000);

delay=(long)(5000*(cos(tig*tr)+1));
delay=10000 - delay;

sprintf(str,"delay=%ldus ",delay);
LCD_String(str,0xc0);

while(key!=100)key=scankey();
delay_ms(2000);

delay2=delay/4;

```

```

key=13;
while(key==13)
{
    time=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCD_String(str,0x80);
sprintf(str,"      ");
LCD_String(str,0xc0);
while(!input(PIN_A5));
delay_ms(200);

sprintf(str,"Welding ready...");
LCD_String(str,0x80);
sprintf(str,"Welding Start...");
LCD_String(str,0xc0);
time=0;
while(time<=tim & input(PIN_A5)==1)
{
    time_out=0;
    while(!input(PIN_A0) & time_out<20000)
    {
        time_out++;
        delay_us(1);
    }
    output_low(PIN_A3);
    if(input(PIN_A0))
    {
        output_low(PIN_A2);
        for(j=0;j<delay2;j++);
        //delay_us(1000);
        output_high(PIN_A2);
    }
}

time_out=0;
while(!input(PIN_A1) & time_out<20000)
{
    time_out++;
    delay_us(1);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    output_low(PIN_A2);
    if(input(PIN_A1))
    {
        output_low(PIN_A3);
        for(j=0;j<delay2;j++);
        //delay_us(1000);
        output_high(PIN_A3);

    }
    time_out=0;
}

output_low(PIN_A2);
output_low(PIN_A3);
sprintf(str,"Welding Success.");
LCD_String(str,0x80);
sprintf(str,"Continuous ENTER");
LCD_String(str,0xc0);

key=100;
while(key==100)key=scankey();

}
}
}

/*****
* FUNCTION:   Main
* DESCRIPTION: This is the main entry point for the program.
* PARAMETERS: nothing
* RETURNED:   nothing
*****/

```

```
void main(void)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
  enable_interrupts(GLOBAL);
  enable_interrupts(INT_TIMER1);
  setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_4);
  set_timer1(0);
  set_tris_a(0xf3); // Set trisa
  output_low(PIN_A2);
  output_low(PIN_A3);
  lcd_init(); // LCD initialize

while(TRUE)
{
  sprintf(str,"SPOT WELDER MCU ");
  LCD_String(str,0x80);
  sprintf(str,"->PRESS ENTER<- ");
  LCD_String(str,0xc0);
  while(key!=13)
  {
    sprintf(str,"SPOT WELDER%d ",time);
    LCD_String(str,0x80);
    key=scankey();
    delay_ms(50);
  }

  while(key!=100)key=scankey();
  sprintf(str,"1.MANUAL MODE ");
  LCD_String(str,0x80);
  sprintf(str,"2.AUTO MODE ");
  LCD_String(str,0xc0);
  while(key!=1 & key!=2 & key!=10)
  {
    key=scankey();
    delay_ms(50);
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{  
  manual_mode();  
}  
  delay_ms(100);  
}  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะแสดงถึงการทดลองและผลการทดลองการเชื่อมแบบจุดโดยการวัดสัญญาณแรงดันและกระแสอินพุตขณะทำการเชื่อม โดยได้นำวัสดุ (ชิ้นงาน) ที่ใช้กันตามท้องตลาดมาทำการทดลอง

4.2 การทดลอง

4.2.1 อุปกรณ์

4.2.1.1 เครื่องเชื่อมแบบจุด

4.2.1.2 ชิ้นงานที่นำมาทดลองเชื่อม

- สแตนเลส ความหนา 1.0 มิลลิเมตร
- สแตนเลส ความหนา 0.5 มิลลิเมตร
- เหล็กอบสังกะสี ความหนา 0.4 มิลลิเมตร
- อะลูมิเนียม ความหนา 0.5 มิลลิเมตร

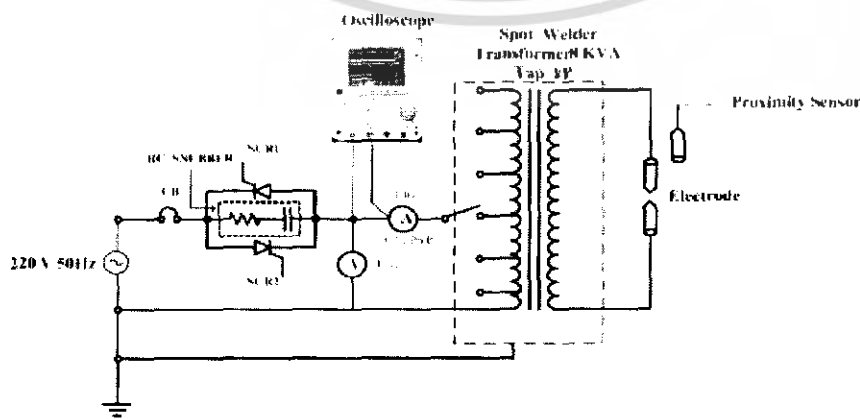
4.2.1.3 Oscilloscope

- Prob x 100
- Current Prob

4.2.1.4 ชุดควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้น

4.2.2 วิธีการทดลอง

ทำการทดลองตามวงจรแสดงดังรูปที่ 4.1 โดยวัดค่าแรงดันและกระแสอินพุตขณะเชื่อม และเก็บผลลัพธ์ชิ้นงานที่ได้การเชื่อม โดยเชื่อมในช่วงเวลาที่เท่ากัน และมุมทริกเหมือนกัน (ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของชิ้นงานที่นำมาเชื่อมเพราะค่าความต้านทานของชิ้นงานไม่เท่ากัน)



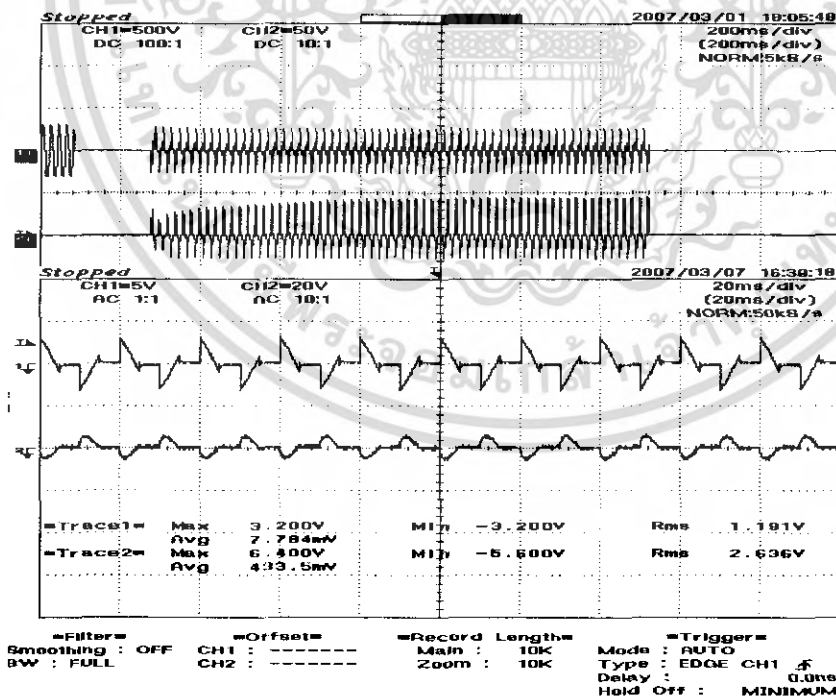
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ **รูปที่ 4.1** แสดงวงจรการทดลอง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต (สแตนเลส ความหนา 1.0 มิลลิเมตร)

% Voltage	มุมทริก (องศา)	เวลา 1 วินาที (50 Cycle)				เวลา 2 วินาที (100 Cycle)			
		ลักษณะ รอย เชื่อม	แรงดัน อินพุต (Vrms)	กระแส อินพุต (Arms)	กำลัง งาน (S)	ลักษณะ รอย เชื่อม	แรงดัน อินพุต (Vrms)	กระแส อินพุต (Arms)	กำลัง งาน (S)
39.00	110	ไม่ติด	104.00	8.90	925.60	ไม่ติด	112.00	7.99	894.88
41.66	105	ติด	104.90	9.83	1031.20	ติด	127.00	8.68	1102.90
44.44	100	ติด	125.80	13.13	1651.80	ติด	139.50	11.02	1537.30
47.22	95	ติด	131.20	20.84	2734.20	ติด	146.20	11.97	1747.60
50.00	90	ทะลุ	-	-	-	ทะลุ	-	-	-

จากตารางที่ 4.1 ทำให้ทราบว่าที่มุมทริก 105 องศา (ที่เวลา 2 วินาที) สามารถเชื่อมชิ้นงานติดและจะเห็นได้ว่าเป็นการประหยัดพลังงานมากที่สุดจึงควรจะนำค่านี้ไปเซตค่าในโหมดอัตโนมัติต่อไป ที่มุมทริก 90 องศาเป็นการเชื่อมชิ้นงานที่ปล่อยพลังงานมากเกินไปจึงทำให้ชิ้นงานทะลุ เช่นเดียวกันที่มุมทริก 110 องศาไม่สามารถเชื่อมชิ้นงานติดได้เพราะปล่อยพลังงานน้อยเกินไปนั่นเอง

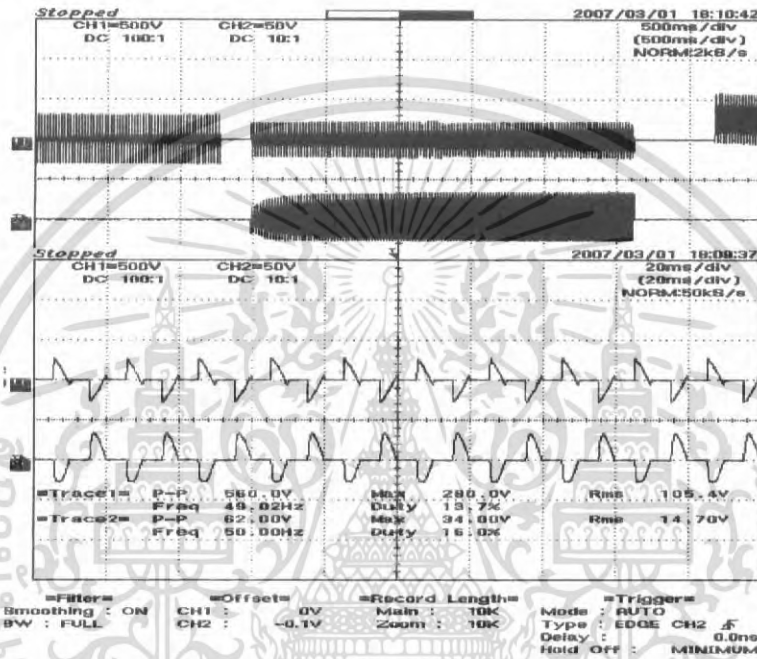


รูปที่ 4.2 แสดงแรงดันและกระแสขณะสแตนเลส ความหนา 1.0 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 100 องศา 50 ไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ชิ้นงานสแตนเลส ความหนา 1.0 มิลลิเมตร
มุมทริกที่ 100 องศา 50 ไซเคิล



รูปที่ 4.4 แสดงแรงดันและกระแสขณะสแตนเลส ความหนา 1.0 มิลลิเมตร
มุมทริกที่ 105 องศา 100 ไซเคิล



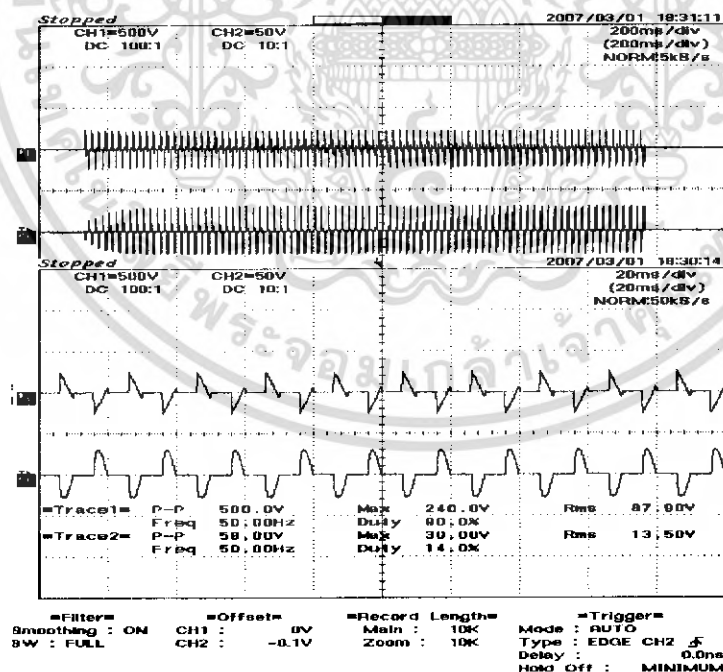
รูปที่ 4.5 ชิ้นงานสแตนเลส ความหนา 1.0 มิลลิเมตร
มุมทริกที่ 105 องศา 100 ไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต (สแตนด์เลส ความหนา 0.5 มิลลิเมตร)

% Voltage	มุมทริก (องศา)	เวลา 1 วินาที (50 Cycle)				เวลา 2 วินาที (100 Cycle)			
		ลักษณะ รอยเชื่อม	แรงดัน อินพุต (Vrms)	กระแส อินพุต (Arms)	กำลังงาน (S)	ลักษณะ รอยเชื่อม	แรงดัน อินพุต (Vrms)	กระแส อินพุต (Arms)	กำลังงาน (S)
33.33	120	ไม่ติด	58.06	4.41	256.04	ไม่ติด	155.00	5.68	880.40
36.11	115	ติด	91.69	5.57	510.71	ติด	161.56	7.66	1237.55
38.88	110	ติด	100.20	10.77	1079.15	ติด	171.60	12.79	2194.76
41.66	105	ติด	107.00	14.24	1523.00	ติด	165.50	15.15	2507.32
44.44	100	ทะลุ	-	-	-	ทะลุ	-	-	-

จากตารางที่ 4.2 ทำให้ทราบว่าที่มุมทริก 110 องศา (ทั้งที่ 50 ไซเคิลและ 100 ไซเคิล) สามารถเชื่อมชิ้นงานติดและจะเห็นได้ว่าเป็นการประหยัดพลังงานมากที่สุดจึงนำค่านี้ไปเซตค่าในโหมดอัตโนมัติตนเอง ที่มุมทริก 100 องศาเป็นการเชื่อมชิ้นงานที่ปล่อยพลังงานมากเกินไป จึงทำให้ชิ้นงานทะลุ เช่นเดียวกันที่มุมทริก 120 องศาไม่สามารถเชื่อมชิ้นงานติดได้เพราะปล่อยพลังงานน้อยเกินไปนั่นเอง

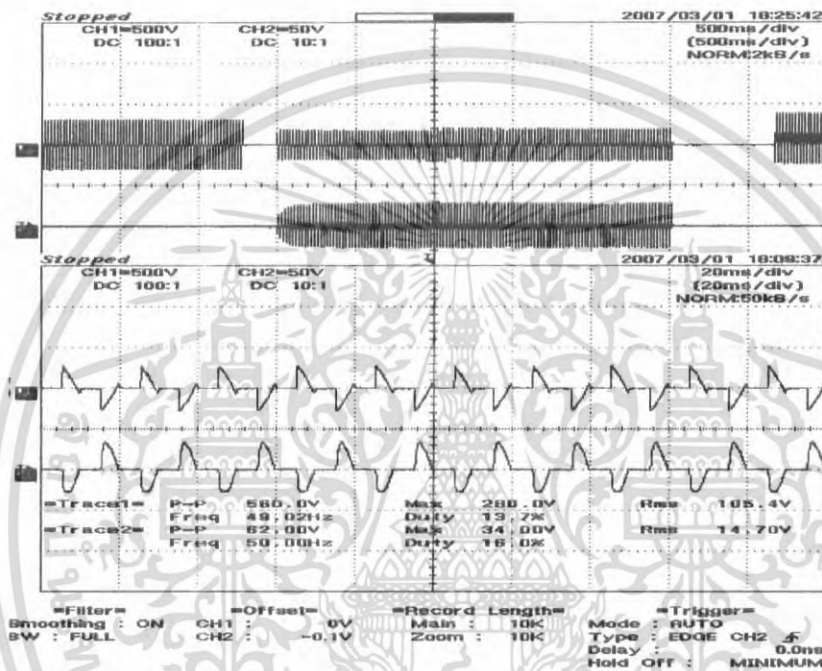


รูปที่ 4.6 แสดงแรงดันและกระแสขณะสแตนด์เลส ความหนา 0.5 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 110 องศา 50 ไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ชิ้นงานสแตนเลส ความหนา 0.5 มิลลิเมตร
มุมทริกที่ 110 องศา 50 ไมเคิล



รูปที่ 4.8 แสดงแรงดันและกระแสขณะสแตนเลส ความหนา 0.5 มิลลิเมตร
มุมทริกที่ 110 องศา 100 ไมเคิล



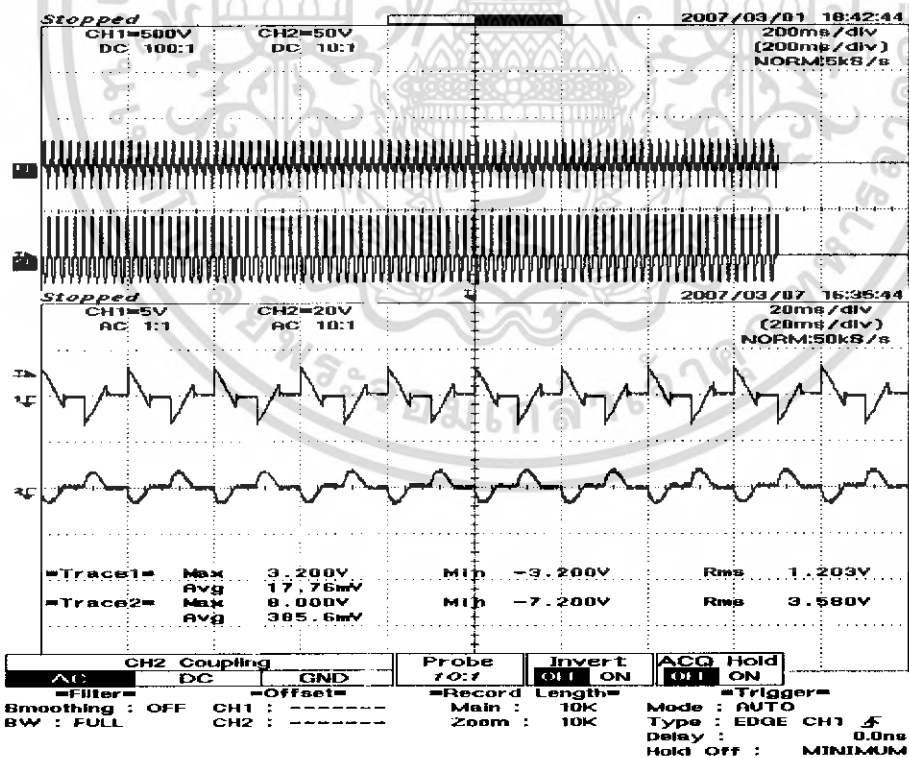
รูปที่ 4.9 ชิ้นงานสแตนเลส ความหนา 0.5 มิลลิเมตร
มุมทริกที่ 110 องศา 100 ไมเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต (เหล็กอาบสังกะสี ความหนา 0.4 มิลลิเมตร)

% Voltage	มุมทริก (องศา)	เวลา 1 วินาที (50 Cycle)				เวลา 2 วินาที (100 Cycle)			
		ลักษณะ รอย เชื่อม	แรงดัน อินพุต (Vrms)	กระแส อินพุต (Arms)	กำลัง งาน (S)	ลักษณะ รอย เชื่อม	แรงดัน อินพุต (Vrms)	กระแส อินพุต (Arms)	กำลัง งาน (S)
36.11	115	ไม่ติด	67.43	11.33	763.98	ไม่ติด	158.20	14.88	2354.02
38.88	110	ติด	75.32	15.25	1148.63	ติด	160.30	15.54	2491.06
41.66	105	ติด	106.00	17.21	1824.26	ติด	167.50	17.65	2956.38
44.44	100	ติด	119.10	18.01	2144.99	ติด	179.50	17.97	3225.61
47.22	95	ทะลุ	-	-	-	ทะลุ	-	-	-

จากตารางที่ 4.3 ทำให้ทราบว่าที่มุมทริก 100 องศา (ทั้งที่ 50 ไซเคิลและ 100 ไซเคิล) สามารถเชื่อมชิ้นงานติดและจะเห็นได้ว่าเป็นการประหยัดพลังงานมากที่สุดจึงนำค่านี้ไปเซตค่าในโหมดอัตโนมัตินั่นเอง ที่มุมทริก 95 องศาเป็นการเชื่อมชิ้นงานที่ปล่อยพลังงานมากเกินไป จึงทำให้ชิ้นงานทะลุ เช่นเดียวกันที่มุมทริก 115 องศาไม่สามารถเชื่อมชิ้นงานติดได้เพราะปล่อยพลังงานน้อยเกินไปนั่นเอง

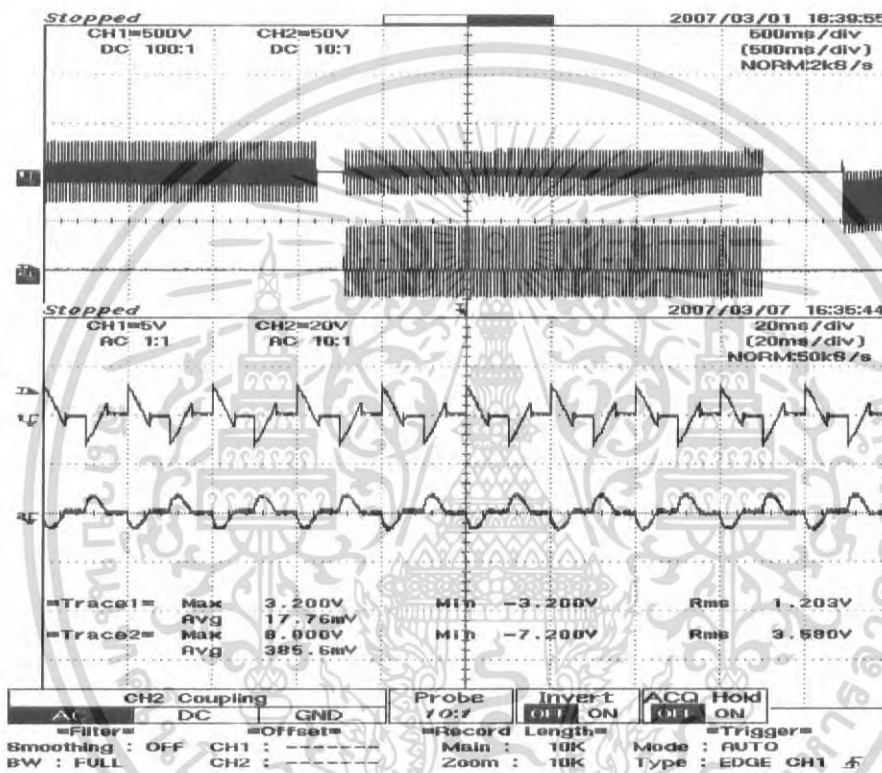


รูปที่ 4.10 แสดงแรงดันและกระแสขณะเหล็กอาบสังกะสี ความหนา 0.4 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 100 องศา 50 ไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ชีงงานเหล็กอาบสังกะสี ความหนา 0.4 มิลลิเมตร
มุมทริกที่ 100 องศา 50 ไซเคิล



รูปที่ 4.12 แสดงแรงดันและกระแสขณะเหล็กอาบสังกะสี ความหนา 0.4 มิลลิเมตร
มุมทริกที่ 100 องศา 100 ไซเคิล



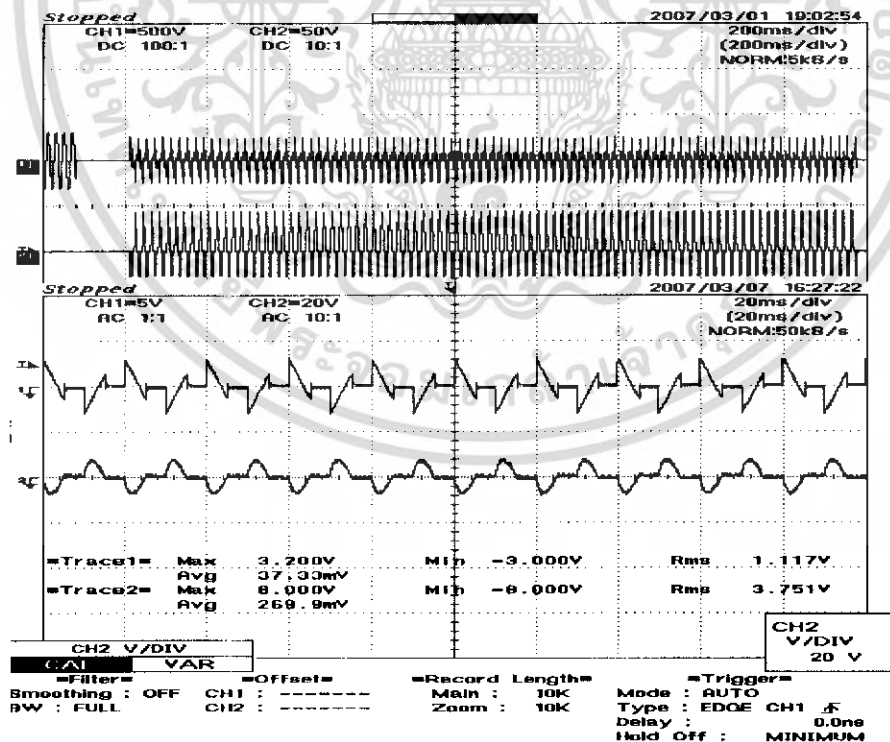
รูปที่ 4.13 ชีงงานเหล็กอาบสังกะสี ความหนา 0.4 มิลลิเมตร
มุมทริกที่ 100 องศา 100 ไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต (อะลูมิเนียม ความหนา 0.5 มิลลิเมตร)

% Voltage	มุมทริก (องศา)	เวลา 1 วินาที (50 Cycle)				เวลา 2 วินาที (100 Cycle)			
		ลักษณะ รอย เชื่อม	แรงดัน อินพุต (Vrms)	กระแส อินพุต (Arms)	กำลัง งาน (S)	ลักษณะ รอย เชื่อม	แรงดัน อินพุต (Vrms)	กระแส อินพุต (Arms)	กำลัง งาน (S)
36.11	115	ไม่ติด	91.20	10.49	956.69	ไม่ติด	147.70	8.62	1273.17
38.88	110	ติด	111.00	15.14	1680.54	ติด	165.70	15.79	2616.40
41.66	105	ติด	99.78	19.88	1983.63	ติด	151.20	16.02	2422.22
44.44	100	ติด	89.00	20.53	1827.17	ติด	135.60	17.63	2390.63
47.22	95	ทะลุ	-	-	-	ทะลุ	-	-	-

จากตารางที่ 4.4 ทำให้ทราบว่าที่มุมทริก 105 องศา (ทั้งที่ 50 ไซเคิลและ 100 ไซเคิล) สามารถเชื่อมชิ้นงานติดและจะเห็นได้ว่าเป็นการประหยัดพลังงานมากที่สุดจึงนำค่านี้ไปเซตค่าในโหมดอัตโนมัติที่มุมทริก 95 องศาเป็นการเชื่อมชิ้นงานที่ปล่อยพลังงานมากเกินไป จึงทำให้ชิ้นงานทะลุ เช่นเดียวกันที่มุมทริก 115 องศาไม่สามารถเชื่อมชิ้นงานติดได้เพราะปล่อยพลังงานน้อยเกินไปนั่นเอง

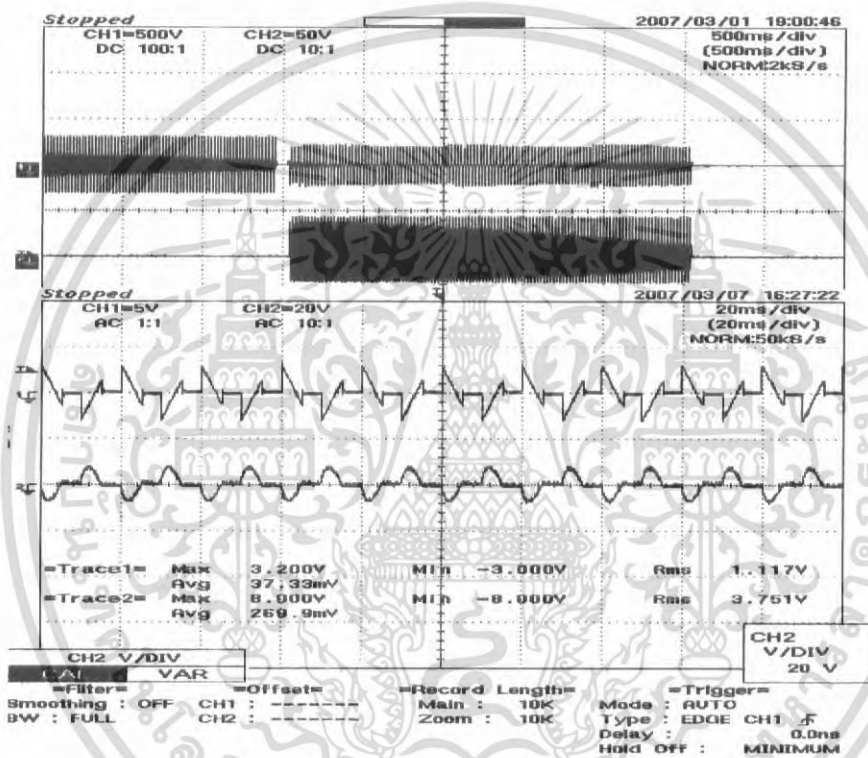


รูปที่ 4.14 แสดงแรงดันและกระแสขณะอะลูมิเนียม ความหนา 0.5 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 105 องศา 50 ไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ชี้นำงานอะลูมิเนียม ความหนา 0.5 มิลลิเมตร
มุมทริกที่ 105 องศา 50 ไซเคิล



รูปที่ 4.16 แสดงแรงดันและกระแสขณะอะลูมิเนียม ความหนา 0.5 มิลลิเมตร
มุมทริกที่ 105 องศา 100 ไซเคิล



รูปที่ 4.17 ชี้นำงานอะลูมิเนียม ความหนา 0.5 มิลลิเมตร
มุมทริกที่ 105 องศา 100 ไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผล และวิจารณ์ผลการทดลอง

สรุปผล

การทดลองนี้ได้ทำการทดลองที่เวลา 50 ไซเคิล และ 100 ไซเคิล ซึ่งเป็นเวลาที่เหมาะสมในการเชื่อมแบบจุดเพื่อการยึดติดชิ้นงาน โดยทำการทดลองการเชื่อมกับชิ้นงานหลายชนิด และความหนาต่าง ๆ กัน ตามที่นิยมใช้ในตลาดทั่วไป ซึ่งการตั้งค่ามุมและเวลาที่ใช้จะต่างกันไป และเมื่อทำการปรับค่าให้มีความเหมาะสมกับชิ้นงานแต่ละชนิดเพื่อได้รอยเชื่อมที่แข็งแรงและสวยงาม จึงต้องทำการเก็บค่าผลการทดลองมารวบรวมซึ่งประกอบด้วย ค่ามุมทริก, ค่าเวลา, ค่าแรงดัน และค่ากระแส ตามแต่ละชนิด เพื่อนำค่ามาประมวลผลหาค่าที่เหมาะสมที่สุดมาใช้ในการตั้งค่าโหมดอัตโนมัติ ซึ่งได้ทำการตั้งค่าไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 มีคุณสมบัติ OSC 40 MHz และ Timer 4 PLL ทำให้มีความสามารถในการประมวลผลได้เร็วขึ้น ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมที่ดีขึ้น

จากการออกแบบและสร้างชุดควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อมแบบจุด โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม เมื่อได้ค่าที่เหมาะสมในการเชื่อมชิ้นงานแต่ละชนิดแล้ว จะส่งผลให้ชิ้นงานที่ได้มีคุณภาพจากระบบ ไม่เกิดการสูญเสียของชิ้นงาน ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตประหยัดขึ้น การควบคุมการทำงานแบบดิจิตอลทำให้สามารถควบคุมเวลาการเชื่อม เวลาการแช่และปริมาณกระแสได้เหมือนการควบคุมแบบอนาลอก แต่มีข้อได้เปรียบคือ สามารถตั้งค่าเวลาและมุมทริกได้ละเอียดกว่า ทั้งด้านความสะดวกในการใช้งานจากการแสดงผลผ่านจอแอลซีดี

อย่างไรก็ตามในบางครั้ง อาจเกิดข้อบกพร่องของรอยเชื่อม โดยมีสาเหตุหลายประการ เช่น ชิ้นงานมีความสกปรก แรงกดชิ้นงานแต่ละครั้งไม่เท่ากัน และหัวเชื่อมเกิดการหลอมละลาย

ปัญหาที่เกิดขึ้น

1. ปัญหาของปลายขั้วอิเล็กโทรดที่เกิดการละลาย เนื่องจากกระแสที่ใช้มีค่าสูง
2. ปัญหาเรื่องแรงกดที่ใช้ในแต่ละครั้งไม่สม่ำเสมอ เพราะถ้าแรงกดไม่เท่ากัน กระแสที่ได้จะมีการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในบทที่ผ่านมาแล้ว
3. ปัญหาการเชื่อมไม่ติด เนื่องจากค่ากระแสน้อยไป
4. ปัญหาเรื่องอุปกรณ์วัดกระแสที่มีค่าสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ปัญหาในการพัฒนาชุดป้อนกลับ เนื่องจากการทำงานยังไม่ถูกต้อง เนื่องจากมีปัญหาทางด้านโปรแกรมที่ซับซ้อน จึงส่งผลให้กระแสที่ได้ต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้มาก จึงไม่นำมาเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้

แนวทางในการพัฒนา

1. ควรเพิ่มส่วนของฮาร์ดแวร์โมนิทิงฟิวเจอร์ เข้าไปแก้ไขค่าอินดักแตนซ์ และรูปร่างกระแสฮาร์โมนิกส์ จากการควบคุมแบบเฟสคอนโทรล
2. ควรเพิ่มระบบนิวมेटริกส์เพื่อช่วยให้เชื่อมต่อแต่ละครั้งใช้แรงกดที่เท่ากัน
3. ควรเพิ่มการควบคุมกระแส เช่น อินเวอร์เตอร์ หรือ อินทิกรัลฮอฟไซเคิล เพื่อทำการปล่อยกระแสเป็นช่วงๆ จะได้ส่งผลให้ชิ้นงานมีความสวยงาม
4. ควรเพิ่มชุดป้อนสัญญาณกลับ เพื่อให้ได้กระแสเชื่อมตามต้องการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ขวัญชัย พงษ์ตระกูล และคณะ, “เครื่องเชื่อมแบบจุดควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์,” **ปริญญาพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546.
- [2] ณ์ภูธพล วงศ์สุนทรชัย และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตร์วิไล, **เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628**, กรุงเทพฯ, อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์.
- [3] ทศนัย อินทรบุญสม และ สราวุธ สุริยะ, “เครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบจุดควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์,” **ปริญญาพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [4] ประจัน พลังสันติกุล, **เรียนรู้และใช้งาน CCSC คอมไพเลอร์**, กรุงเทพฯ, อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์.
- [5] วีระเชษฐ์ ชันเงิน และ วุฒิพล ชาราชีรเศรษฐ์, **อิเล็กทรอนิกส์กำลัง**, กรุงเทพฯ, วี.เจ.พรินติ้ง.
- [6] สักริยา ชิดวงศ์, **วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์**, กรุงเทพฯ, วี.เจ.พรินติ้ง.
- [7] Muhammad H. Rashid, **Power Electronic Circuit, Device and Application**, 2nd Ed., New Jersey, Prentice-Hall.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THYRISTOR MODULE

PK(PD,PE,KK)55F

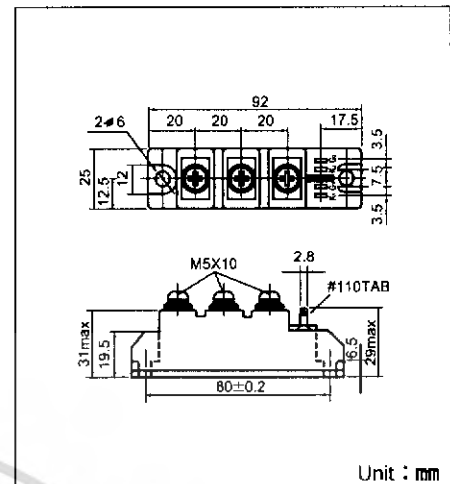
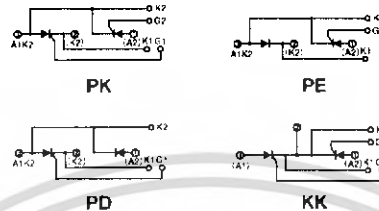
UL:E76102(M)

Power Thyristor/Diode Module PK55F series are designed for various rectifier circuits and power controls. For your circuit application, following internal connections and wide voltage ratings up to 1,600V are available. High precision 25mm (1inch) width package and electrically isolated mounting base make your mechanical design easy.

- $I_{T(AV)}$ 55A, $I_{T(RMS)}$ 86A, I_{TSM} 1750A
- di/dt 150 A/ μ s
- dv/dt 500V/ μ s

(Applications)

Various rectifiers
AC/DC motor drives
Heater controls
Light dimmers
Static switches



Maximum Ratings

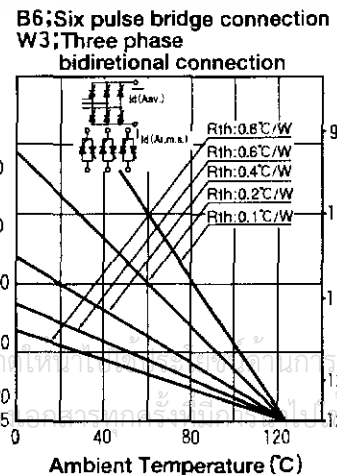
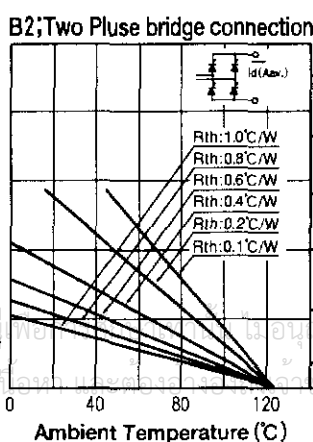
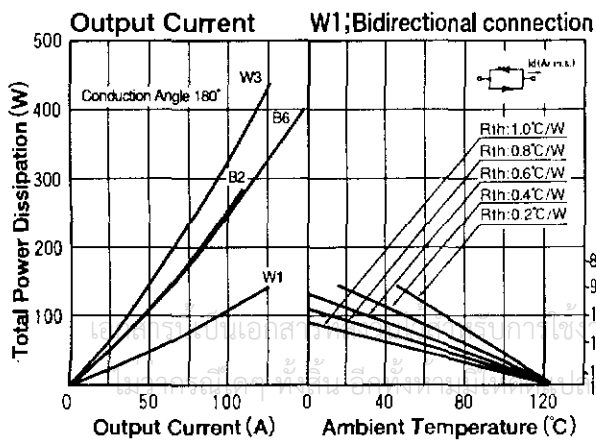
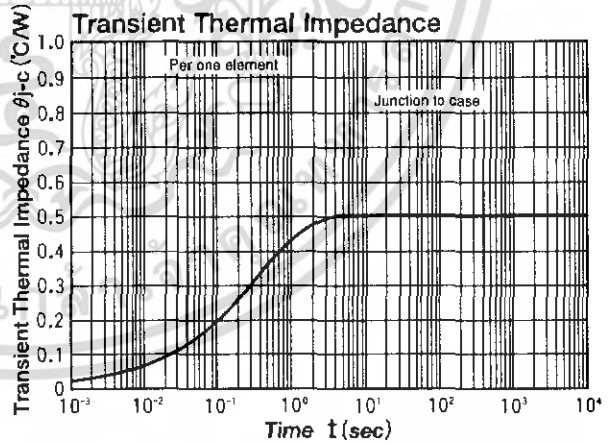
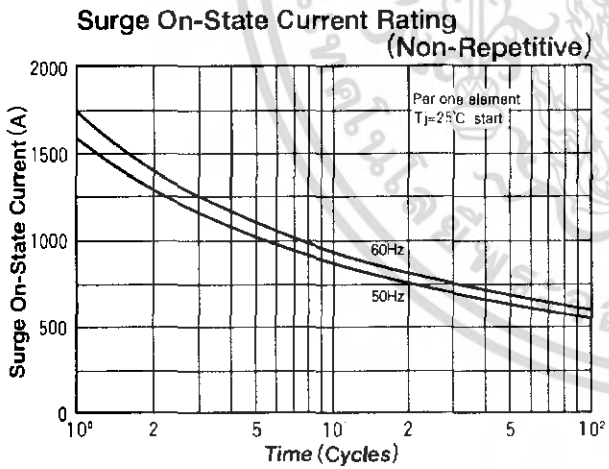
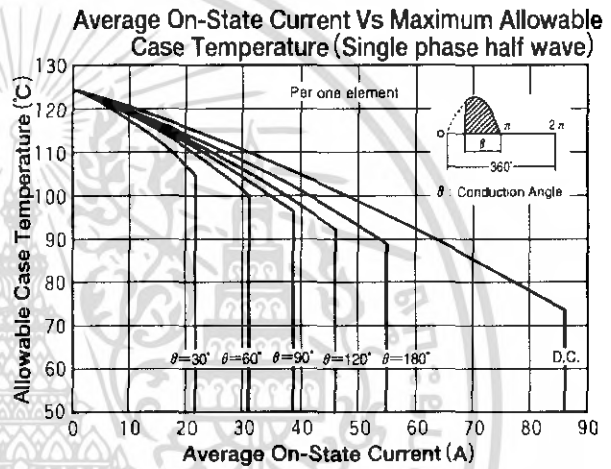
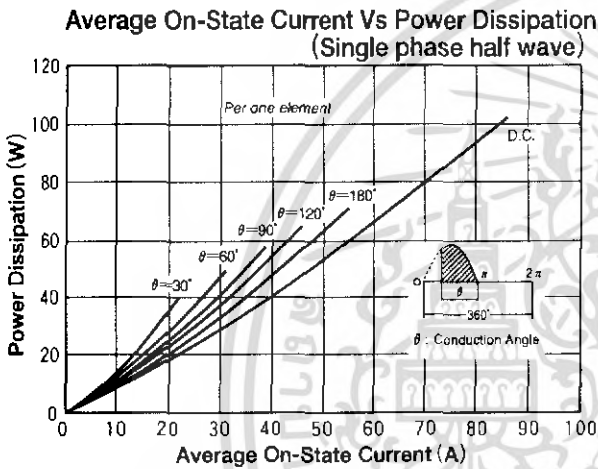
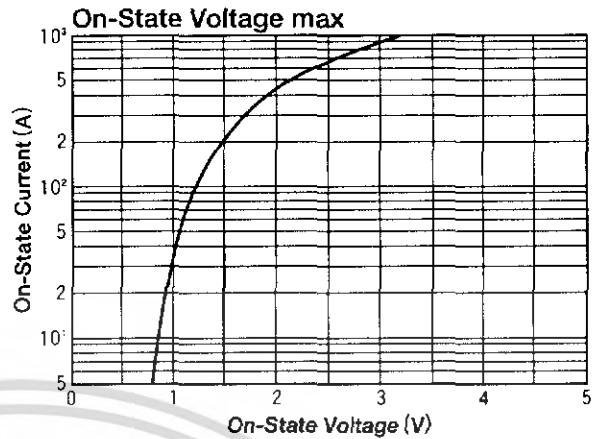
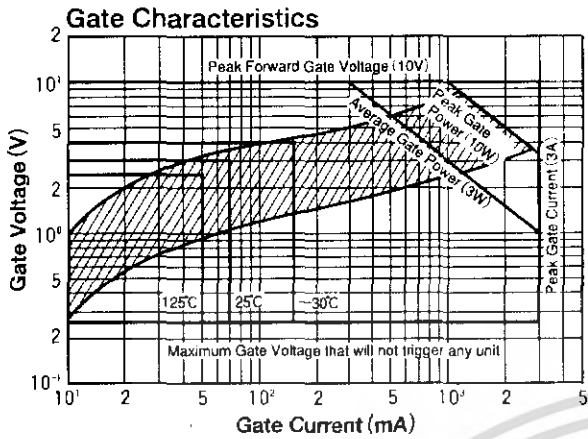
Symbol	Item	Ratings				Unit
		PK55F40 PD55F40 PE55F40 KK55F40	PK55F80 PD55F80 PE55F80 KK55F80	PK55F120 PD55F120 PE55F120 KK55F120	PK55F160 PD55F160 PE55F160 KK55F160	
V_{RRM}	* Repetitive Peak Reverse Voltage	400	800	1200	1600	V
V_{RSM}	* Non-Repetitive Peak Reverse Voltage	480	960	1300	1700	V
V_{DRM}	Repetitive Peak Off-State Voltage	400	800	1200	1600	V

Symbol	Item	Conditions	Ratings	Unit
$I_{T(AV)}$	* Average On-State Current	Single phase, half wave, 180° conduction, $T_c : 89^\circ\text{C}$	55	A
$I_{T(RMS)}$	* R.M.S. On-State Current	Single phase, half wave, 180° conduction, $T_c : 89^\circ\text{C}$	86	A
I_{TSM}	* Surge On-State Current	1/2 cycle, 50Hz/60Hz, peak Value, non-repetitive	1600/1750	A
I^2t	* I^2t	Value for one cycle of surge current	12800	A ² S
PGM	Peak Gate Power Dissipation		10	W
$P_{G(AV)}$	Average Gate Power Dissipation		3	W
I_{FGM}	Peak Gate Current		3	A
V_{FGM}	Peak Gate Voltage (Forward)		10	V
V_{RGM}	Peak Gate Voltage (Reverse)		5	V
di/dt	Critical Rate of Rise of On-State Current	$I_G=100\text{mA}$, $T_j=25^\circ\text{C}$, $V_D=1/2V_{DRM}$, $dI_G/dt=0.1\text{A}/\mu\text{s}$	150	A/ μ s
V_{ISO}	* Isolation Breakdown Voltage (R.M.S.)	A.C. 1minute	2500	V
T_j	* Operating Junction Temperature		-40 to +125	$^\circ\text{C}$
T_{stg}	* Storage Temperature		-40 to +125	$^\circ\text{C}$
Mounting Torque	Mounting (M5)	Recommended Value 1.5-2.5 (15-25)	2.7 (28)	N·m
	Terminal (M5)	Recommended Value 1.5-2.5 (15-25)	2.7 (28)	(kgf·cm)
Mass			170	g

Electrical Characteristics

Symbol	Item	Conditions	Ratings	Unit
I_{DRM}	Repetitive Peak Off-State Current, max.	at V_{DRM} , single phase, half wave, $T_j=125^\circ\text{C}$	15	mA
I_{RRM}	* Repetitive Peak Reverse Current, max.	at V_{DRM} , single phase, half wave, $T_j=125^\circ\text{C}$	15	mA
V_{TM}	* Peak On-State Voltage, max.	On-State Current 170A, $T_j=25^\circ\text{C}$ Inst. measurement	1.40	V
I_{GT}/V_{GT}	Gate Trigger Current/Voltage, max.	$T_j=25^\circ\text{C}$, $I_T=1\text{A}$, $V_D=6\text{V}$	70/3	mA/V
V_{GD}	Non-Trigger Gate, Voltage, min.	$T_j=125^\circ\text{C}$, $V_D=1/2V_{DRM}$	0.25	V
tgt	Turn On Time, max.	$I_T=55\text{A}$, $I_G=100\text{mA}$, $T_j=25^\circ\text{C}$, $V_D=1/2V_{DRM}$, $dI_G/dt=0.1\text{A}/\mu\text{s}$	10	μs
dv/dt	Critical Rate of Rise of Off-State Voltage, min.	$T_j=125^\circ\text{C}$, $V_D=2/3V_{DRM}$, Exponential wave.	500	V/ μs
I_H	Holding Current, typ.	$T_j=25^\circ\text{C}$	50	mA
I_L	Latching Current, typ.	$T_j=25^\circ\text{C}$	100	mA
$R_{th(j-c)}$	* Thermal Impedance, max.	Junction to case	0.5	$^\circ\text{C}/\text{W}$

* mark : Thyristor and Diode part. No mark : Thyristor part



Allowable Case Temperature (°C)

LM741 Operational Amplifier

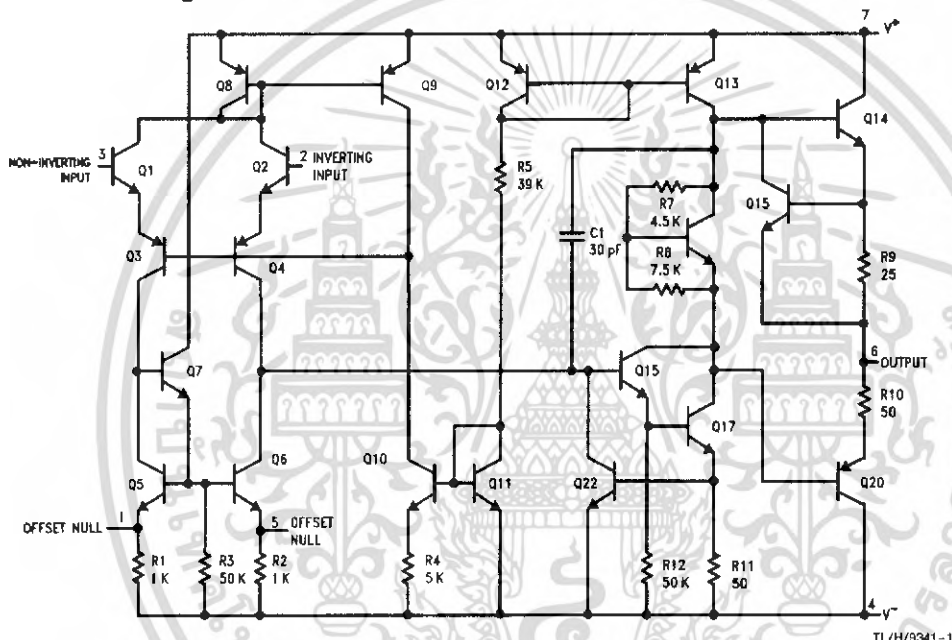
General Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications. The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and

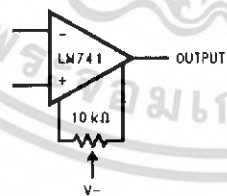
output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C/LM741E are identical to the LM741/LM741A except that the LM741C/LM741E have their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

Schematic Diagram



Offset Nulling Circuit



TL/H/9341-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.
(Note 5)

	LM741A	LM741E	LM741	LM741C
Supply Voltage	±22V	±22V	±22V	±18V
Power Dissipation (Note 1)	500 mW	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	±30V	±30V	±30V	±30V
Input Voltage (Note 2)	±15V	±15V	±15V	±15V
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C	0°C to +70°C	-55°C to +125°C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C	100°C	150°C	100°C
Soldering Information				
N-Package (10 seconds)	260°C	260°C	260°C	260°C
J- or H-Package (10 seconds)	300°C	300°C	300°C	300°C
M-Package				
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.				
ESD Tolerance (Note 6)	400V	400V	400V	400V

Electrical Characteristics (Note 3)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$ $R_S \leq 50\Omega$		0.8	3.0		1.0	5.0		2.0	6.0	mV mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$			4.0			6.0			7.5	mV mV
Average Input Offset Voltage Drift				15							$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25^\circ\text{C}, V_S = \pm 20\text{V}$	±10				±15			±15		mV
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		3.0	30		20	200		20	200	nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			70		85	500			300	nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							$\text{nA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		30	80		80	500		80	500	nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			0.210			1.5			0.8	μA
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}, V_S = \pm 20\text{V}$	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0		$\text{M}\Omega$
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}, V_S = \pm 20\text{V}$	0.5									$\text{M}\Omega$
Input Voltage Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$							±12	±13		V
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$				±12	±13					V
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}, R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ $V_S = \pm 20\text{V}, V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}, V_O = \pm 10\text{V}$	50			50	200		20	200		V/mV V/mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}, R_L \geq 2\text{ k}\Omega,$ $V_S = \pm 20\text{V}, V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}, V_O = \pm 10\text{V}$	32									V/mV V/mV
	$V_S = \pm 6\text{V}, V_O = \pm 2\text{V}$	10			25			15			V/mV

Electrical Characteristics (Note 3) (Continued)											
Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 20V$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	± 16									V V
	$V_S = \pm 15V$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$				± 12 ± 10	± 14 ± 13		± 12 ± 10	± 14 ± 13		V V
Output Short Circuit Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$	10 10	25	35 40		25			25		mA mA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega, V_{CM} = \pm 12V$ $R_S \leq 50\Omega, V_{CM} = \pm 12V$		80	95		70	90		70	90	dB dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $V_S = \pm 20V$ to $V_S = +5V$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$		86	96		77	96		77	96	dB dB
Transient Response Rise Time Overshoot	$T_A = 25^\circ\text{C}$, Unity Gain		0.25	0.8		0.3			0.3		μs %
			6.0	20		5			5		
Bandwidth (Note 4)	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.437	1.5								MHz
Slew Rate	$T_A = 25^\circ\text{C}$, Unity Gain	0.3	0.7			0.5			0.5		V/ μs
Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$					1.7	2.8		1.7	2.8	mA
Power Consumption	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_S = \pm 20V$ $V_S = \pm 15V$		80	150		50	85		50	85	mW mW
	LM741A $V_S = \pm 20V$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$			165 135							mW mW
LM741E	$V_S = \pm 20V$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$			150 150							mW mW
LM741	$V_S = \pm 15V$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$					60 45	100 75				mW mW

Note 1: For operation at elevated temperatures, these devices must be derated based on thermal resistance, and T_J max. (listed under "Absolute Maximum Ratings"). $T_J = T_A + (\theta_{JA} P_D)$.

Thermal Resistance	CerDip (J)	DIP (M)	HO8 (H)	SO-8 (M)
θ_{JA} (Junction to Ambient)	100°C/W	100°C/W	170°C/W	195°C/W
θ_{JC} (Junction to Case)	N/A	N/A	25°C/W	N/A

Note 2: For supply voltages less than $\pm 15V$, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

Note 3: Unless otherwise specified, these specifications apply for $V_S = \pm 15V$, $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$ (LM741/LM741A). For the LM741C/LM741E, these specifications are limited to $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$.

Note 4: Calculated value from: BW (MHz) = $0.35/\text{Rise Time}(\mu\text{s})$.

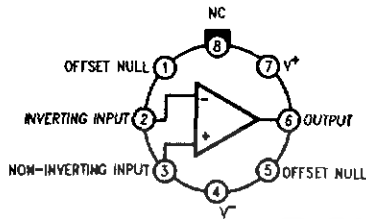
Note 5: For military specifications see RETS741X for LM741 and RETS741AX for LM741A.

Note 6: Human body model, 1.5 k Ω in series with 100 pF.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagrams

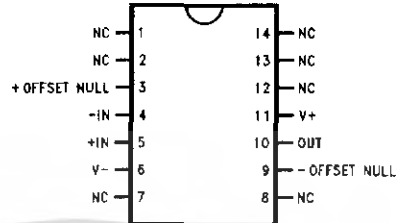
Metal Can Package



TL/H/9341-2

Order Number LM741H, LM741H/883*,
LM741AH/883 or LM741CH
See NS Package Number H08C

Ceramic Dual-In-Line Package

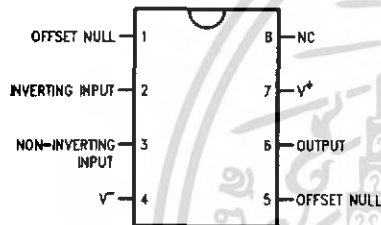


TL/H/9341-5

Order Number LM741J-14/883*, LM741AJ-14/883**
See NS Package Number J14A

*also available per JM38510/10101
**also available per JM38510/10102

Dual-In-Line or S.O. Package



TL/H/9341-3

Order Number LM741J, LM741J/883,
LM741CM, LM741CN or LM741EN
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

Ceramic Flatpak

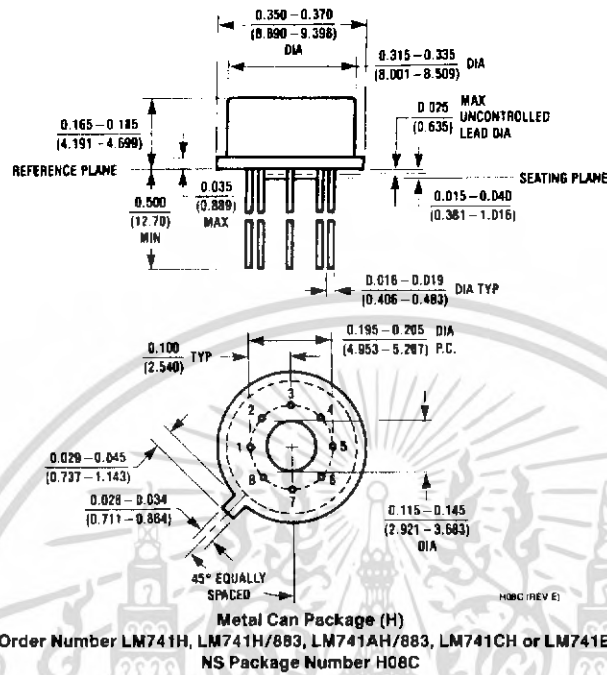


TL/H/9341-6

Order Number LM741W/883
See NS Package Number W10A

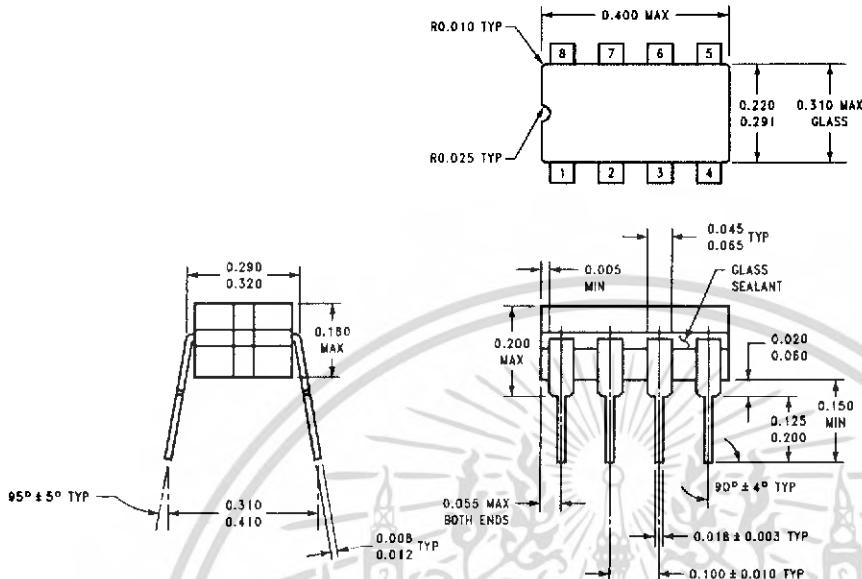
*LM741H is available per JM38510/10101

Physical Dimensions inches (millimeters)



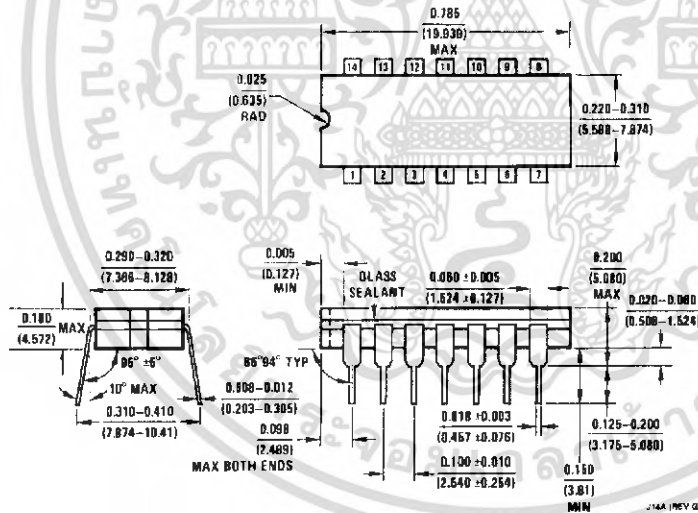
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number LM741CJ or LM741J/883
NS Package Number J08A

J08A (REV K)



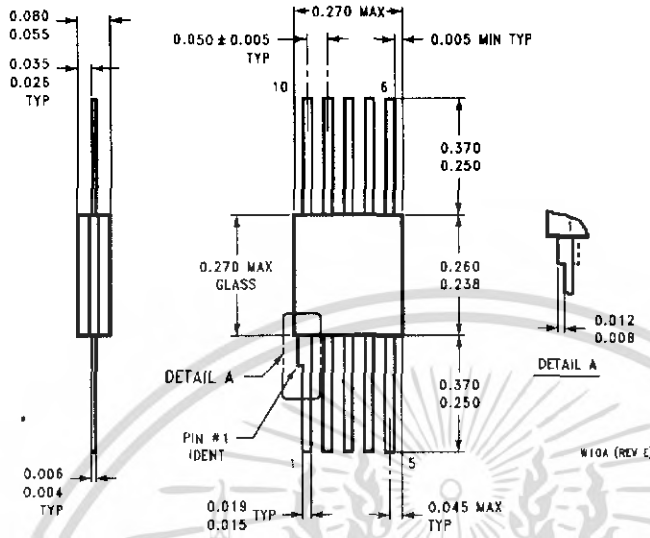
Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number LM741J-14/883 or LM741AJ-14/883
NS Package Number J14A

J14A (REV Q)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM741 Operational Amplifier

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)




10-Lead Ceramic Flatpak (W)
Order Number LM741W/883
NS Package Number W10A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

 <p>National Semiconductor Corporation 1111 West Berdin Road Arlington, TX 76017 Tel: 1(800) 272-9959 Fax: 1(800) 737-7018</p>	<p>National Semiconductor Europe Fax: (+49) 0-180-530 85 86 Email: cnjwge@levm2.nsc.com Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85 English Tel: (+49) 0-180-532 78 32 Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58 Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80</p>	<p>National Semiconductor Hong Kong Ltd. 13th Floor, Straight Block, Ocean Centre, 5 Canton Rd. Tsimshatsui, Kowloon Hong Kong Tel: (852) 2737-1600 Fax: (852) 2736-9960</p>	<p>National Semiconductor Japan Ltd. Tel: 81-043-298-2309 Fax: 81-043-298-2408</p>
--	--	---	---

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้