

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องเชื่อมแบบจุดควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์  
SPOT WELDER BY MICROCONTROLLER



ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 55617  
วัน,เดือน,ปี 20 พ.ค. 2548

b. ประโยชน์ด้านการค้า  
b. สิ่งที่มีการนำไปใช้....

เครื่องเชื่อมแบบจุดควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์  
SPOT WELDER BY MICROCONTROLLER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องเชื่อมแบบจุดควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

SPOT WELDER BY MICROCONTROLLER

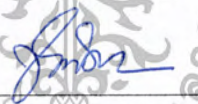
ผู้จัดทำ

1. นายขวัญชัย พงษ์ตระกูล รหัสนักศึกษา 44015096
2. นายณัฐกิจ ลีวิริยะสหนัก รหัสนักศึกษา 44015103
3. นายธีรศักดิ์ อักษร รหัสนักศึกษา 44015110
4. นายบัณฑิต ราษฎร์นิยม รหัสนักศึกษา 44015113



  
(รศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

  
(อ.ชัยทัต มณีอินทร์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เครื่องเชื่อมแบบจุดควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

นายขวัญชัย พงษ์ตระกูล 44015096  
 นายณัฐกิจ ลีวิริยะสทกิจ 44015103  
 นายธีรศักดิ์ อักษร 44015110  
 นายบัณฑิต ราษฎร์นิยม 44015113  
 รศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ อาจารย์ที่ปรึกษา  
 อ.ชัยทัต มณีอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา  
 ปีการศึกษา 2546

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเครื่องเชื่อมความต้านทานแบบจุดที่มีใช้งานแพร่ในอุตสาหกรรม ซึ่งเครื่องเชื่อมแบบหลักการเก่ามีข้อเสียคือไม่สามารถกำหนดคุณภาพของชิ้นงานในการเชื่อมได้ ดังนั้นจึงก่อให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นงานและทำให้เกิดการสูญเสียด้านวัตถุดิบ

ดังนั้นโครงการนี้ได้นำเสนอเครื่องเชื่อมความต้านทานแบบจุดควบคุมการทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมระบบทั้งหมด ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานการจ่ายปริมาณพลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องเชื่อม ในการควบคุมปริมาณพลังงานไฟฟ้านั้นจะใช้ไทรสเตอร์ 2 ตัวที่ต่อแบบขนานกลับหัวกลับหาง และมีการควบคุมมุมจุดชนวนไทรสเตอร์ตั้งแต่ 0 - 180 องศา ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ซึ่งมีแอล ซี อาร์เป็นตัวเปิด-ปิดวงจรกำลัง ที่เป็นวงจรควบคุมพลังงานแบบเต็มลูกคลื่น และอีกทั้งยังได้มีการควบคุมการกำหนดเวลาการปล่อยปริมาณพลังงานโดยวิธีการกำหนดจำนวนลูกคลื่นชายน์ 50 เฮิร์ซเพื่อจ่ายผ่านหม้อแปลงกระแส โดยหลักการนี้จะสามารถสร้างคุณภาพในการเชื่อมชิ้นงานให้ดีขึ้น ทำให้เกิดความแม่นยำและสะดวกในการปฏิบัติงานเชื่อมมากยิ่งขึ้นและอีกทั้งยังช่วยประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมด้วย

## SPOT WELDER BY MICROCONTROLLER

Mr.Khuanchai Pongtragul

Mr.Nathakit Leewiriyasahakit

Mr.Teerasak Aksorn

Mr.Bundith Ratniyom

Assoc. Prof. Dr.Vijit Kinnares Advisor

Mr.Chaitouch Manee-in Advisor

2003

## ABSTRACT

Currently, a resistance Spot Welder is used widely in the industrial applications. The major disadvantage of conventional welder is inability of quality control of workpiece. This causes damage of workpiece leading to a waste of raw material.

Therefore, this project presents a resistance Spot Welder controlled by microcontroller for all control system. The microcontroller controls energy electric quantity to supply for welder. In order to control energy electric quantity, the two thyristors are used to connect anti-parallel circuit. Also they control trigger angle 0-180 degree of a single phase sine wave. The SCR is used for switch on - off the power circuit (full wave control circuit). Furthermore, it functions as timing control by 50 hertz of sine wave supplying to current transformer. According to this principle, the microcontroller could improve the quality of welding and makes it more accurated, convenient, and saves the energy of the welder.

### กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากบุคคลหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญาานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ พี่ปริญญาโท นายคัน จำปีทอง พี่ทัต พี่ดิ่ง พี่เบิร์ต และอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้คณะผู้จัดทำวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูคณะผู้จัดทำเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมาในทุกๆ ด้าน อันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ



## สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อ   | I    |
| ABSTRACT   | II   |
| กิตติกรรมประกาศ  | III  |
| สารบัญ   | IV   |
| สารบัญตาราง  | VI   |
| สารบัญภาพ  | VII  |
| บทที่ 1 บทนำ   | 1    |
| บทที่ 2 เครื่องเชื่อมแบบจุด                            | 4    |
| 2.1 ทฤษฎีการเชื่อมแบบจุด                               | 4    |
| 2.1.1 หลักการเชื่อมแบบจุด                              | 4    |
| 2.1.2 การเกิดความร้อน                                  | 4    |
| 2.1.3 องค์ประกอบที่มีผลต่อการเชื่อม                    | 5    |
| 2.2 วิถีจักรการเชื่อมแบบจุด                            | 7    |
| 2.3 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเชื่อม                 | 7    |
| 2.3.1 วงจรไฟฟ้า  | 8    |
| 2.3.2 ชุดควบคุม  | 8    |
| 2.3.3 ระบบกลไก   | 9    |
| 2.4 ข้อดีและข้อเสียของการเชื่อมแบบจุด                  | 9    |
| บทที่ 3 ทฤษฎีพื้นฐานของโครงงาน                         | 11   |
| 3.1 เอส ซี อาร์  | 11   |
| 3.1.1 โครงสร้างของเอส ซี อาร์                          | 11   |
| 3.1.2 คุณสมบัติของเอส ซี อาร์                          | 11   |
| 3.1.3 การใช้เอส ซี อาร์ในการควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ | 13   |
| 3.2 ออปแอมป์   | 15   |
| 3.2.1 คุณสมบัติโดยทั่วไป                               | 15   |
| 3.2.2 วงจรพื้นฐานของออปแอมป์                           | 15   |
| 3.2.3 ลักษณะการทำงาน                                   | 16   |
| 3.3 ฟร็อกซิมีตีเซนเซอร์                                | 17   |
| 3.3.1 เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ                             | 17   |
| บทที่ 4 การคำนวณ การออกแบบ และการสร้าง                 | 19   |
| 4.1 ส่วนประกอบของวงจรชุดควบคุม                         | 19   |
| 4.1.1 วงจรต่อภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51            | 20   |

|            |                          |    |
|------------|--------------------------|----|
| 4.1.2      | วงจร Zero Crossing       | 23 |
| 4.1.3      | วงจรต่อแอลซีดี โมดูล     | 25 |
| 4.1.4      | วงจรต่อคีย์แพด           | 26 |
| 4.1.5      | วงจรกำเนิดพัลส์          | 29 |
| 4.1.6      | วงจรการขับเอส ซี อาร์    | 30 |
| 4.1.7      | วงจรการขับรีเลย์         | 31 |
| 4.1.8      | วงจรการทำงานของเซนเซอร์  | 32 |
| 4.2        | วงจรถวม                  | 33 |
| 4.3        | วงจรถ่วง                 | 34 |
| 4.4        | โปรแกรมและการคำนวณ       | 34 |
| บทที่ 5    | การทดลองและผลการทดลอง    | 38 |
| 5.1        | บทนำ                     | 38 |
| 5.2        | การทดลอง                 | 38 |
| 5.3        | ผลการทดลอง               | 39 |
| บทที่ 6    | สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง | 54 |
| ภาคผนวก ก  |                          |    |
| ภาคผนวก ข  |                          |    |
| ภาคผนวก ค  |                          |    |
| บรรณานุกรม |                          |    |



## สารบัญตาราง

|   | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 4.1 การคำนวณหามุมทริกให้ Timer โอเวอร์โฟลว์  | 36   |
| ตารางที่ 5.1 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต เหล็กอาบสังกะสี<br>ความหนา 0.40 มิลลิเมตร         | 39   |
| ตารางที่ 5.2 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต เหล็กอาบสังกะสี<br>ความหนา 0.50 มิลลิเมตร         | 40   |
| ตารางที่ 5.3 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต สแตนเลส<br>ความหนา 0.40 มิลลิเมตร                 | 42   |
| ตารางที่ 5.4 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต สแตนเลส<br>ความหนา 0.55 มิลลิเมตร                 | 44   |
| ตารางที่ 5.5 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต อะลูมิเนียมชุบ โครเมียม<br>ความหนา 0.35 มิลลิเมตร | 45   |
| ตารางที่ 5.6 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต อะลูมิเนียม<br>ความหนา 0.80 มิลลิเมตร             | 47   |
| ตารางที่ 5.7 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต อะลูมิเนียมเนื้อแข็ง<br>ความหนา 0.50 มิลลิเมตร    | 48   |
| ตารางที่ 5.8 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต อะลูมิเนียมเนื้ออ่อน<br>ความหนา 0.70 มิลลิเมตร    | 50   |

## สารบัญภาพ

|  | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 2.1 แสดงการกระจายอุณหภูมิ   | 5    |
| รูปที่ 2.2 แสดงวัฏจักรการเชื่อมจุด   | 7    |
| รูปที่ 2.3 แสดงวงจรเครื่องเชื่อมจุดแบบเฟสเดียว                                     | 8    |
| รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างของเอส ซี อาร์   | 11   |
| รูปที่ 3.2 คุณสมบัติการเทิร์นออนของเอส ซี อาร์                                     | 12   |
| รูปที่ 3.3 แสดงเวลาน้อยที่สุดที่ต้องรักษาสัญญาณทรigger                             | 12   |
| รูปที่ 3.4 การควบคุมแรงดันชนิด 1 เฟส   | 14   |
| รูปที่ 3.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมพื้นฐานของไอซีออปแอมป์                                 | 15   |
| รูปที่ 3.6 วงจรพื้นฐานทั่วไปของออปแอมป์  | 16   |
| รูปที่ 3.7 แสดงส่วนประกอบของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ                                   | 17   |
| รูปที่ 3.8 หลักการทำงานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ                                     | 18   |
| รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมของชุดควบคุม   | 19   |
| รูปที่ 4.2 การต่อหุรีเซตให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์                                    | 21   |
| รูปที่ 4.3 ไดอะแกรมเวลาของกระบวนการรีเซตภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51              | 22   |
| รูปที่ 4.4 Zero Crossing   | 24   |
| รูปที่ 4.5 รูปคลื่นสัญญาณอินเตอร์รัปต์   | 24   |
| รูปที่ 4.6 การต่อใช้งานแอลซีดีโมดูล  | 26   |
| รูปที่ 4.7 วงจรสวิตช์แบบต่อเข้ากับไฟเลี้ยงและกราวด์                                | 27   |
| รูปที่ 4.8 วงจรเชื่อมต่อคีย์แพดเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51                     | 27   |
| รูปที่ 4.9 รูปแบบของสวิตช์คีย์แพด  | 28   |
| รูปที่ 4.10 การต่อคีย์แพดเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์                                  | 28   |
| รูปที่ 4.11 การต่อวงจรกำเนิดพัลส์  | 29   |
| รูปที่ 4.12 วงจรการทรiggerขาเกตของ เอส ซี อาร์                                     | 30   |
| รูปที่ 4.13 วงจรการขับรีเลย์   | 31   |
| รูปที่ 4.14 วงจรคาร์ลิงตัน (Darlington) ขับรีเลย์                                  | 32   |
| รูปที่ 4.15 วงจรการทำงานของพรีอักษิมิตีเซ็นเซอร์                                   | 33   |
| รูปที่ 4.16 วงจรควบคุม   | 33   |
| รูปที่ 4.17 วงจรกำลัง  | 34   |
| รูปที่ 4.18 แสดงการคำนวณฐานเวลามุมทรiggerรูปคลื่นไซน์                              | 35   |
| รูปที่ 5.1 แสดงวงจรการทดลอง  | 38   |
| รูปที่ 5.2 แสดงแรงดันและกระแสขณะที่เริ่มต้น เหล็กออบตึงกะสี ความหนา 0.40 มิลลิเมตร | 39   |

มุมทรiggerที่ 115 องศา 50 ไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|  |    |
|--|----|
| รูปที่ 5.3 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น เหล็กอาบสังกะสี ความหนา 0.40 มิลลิเมตร<br>มุมทริกที่ 115 องศา 100 ไซเคล         | 40 |
| รูปที่ 5.4 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น เหล็กอาบสังกะสี ความหนา 0.50 มิลลิเมตร<br>มุมทริกที่ 110 องศา 50 ไซเคล          | 41 |
| รูปที่ 5.5 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น เหล็กอาบสังกะสี ความหนา 0.50 มิลลิเมตร<br>มุมทริกที่ 115 องศา 100 ไซเคล         | 41 |
| รูปที่ 5.6 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น สแตนเลส ความหนา 0.40 มิลลิเมตร<br>มุมทริกที่ 110 องศา 50 ไซเคล                  | 43 |
| รูปที่ 5.7 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น สแตนเลส ความหนา 0.40 มิลลิเมตร<br>มุมทริกที่ 110 องศา 100 ไซเคล                 | 43 |
| รูปที่ 5.8 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น สแตนเลส ความหนา 0.55 มิลลิเมตร<br>มุมทริกที่ 110 องศา 50 ไซเคล                  | 44 |
| รูปที่ 5.9 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น สแตนเลส ความหนา 0.55 มิลลิเมตร<br>มุมทริกที่ 110 องศา 100 ไซเคล                 | 45 |
| รูปที่ 5.10 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น อะลูมิเนียมชุบโครเมียม ความหนา 0.35 มิลลิเมตร<br>มุมทริกที่ 110 องศา 50 ไซเคล  | 46 |
| รูปที่ 5.11 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น อะลูมิเนียมชุบโครเมียม ความหนา 0.35 มิลลิเมตร<br>มุมทริกที่ 110 องศา 100 ไซเคล | 46 |
| รูปที่ 5.12 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น อะลูมิเนียม ความหนา 0.80 มิลลิเมตร<br>มุมทริกที่ 110 องศา 50 ไซเคล             | 47 |
| รูปที่ 5.13 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น อะลูมิเนียม ความหนา 0.80 มิลลิเมตร<br>มุมทริกที่ 110 องศา 100 ไซเคล            | 48 |
| รูปที่ 5.14 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น อะลูมิเนียมเนื้อแข็ง ความหนา 0.50 มิลลิเมตร<br>มุมทริกที่ 125 องศา 50 ไซเคล    | 49 |
| รูปที่ 5.15 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น อะลูมิเนียมเนื้อแข็ง ความหนา 0.50 มิลลิเมตร<br>มุมทริกที่ 120 องศา 100 ไซเคล   | 49 |
| รูปที่ 5.16 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น อะลูมิเนียมเนื้ออ่อน ความหนา 0.70 มิลลิเมตร<br>มุมทริกที่ 100 องศา 50 ไซเคล    | 51 |
| รูปที่ 5.17 แสดงขนาดแรงดันและกระแสเฉลี่ย สแตนเลส ความหนา 0.40 มิลลิเมตร<br>มุมทริกที่ 110 องศา 50 ไซเคล                  | 51 |
| รูปที่ 5.18 แสดงขนาดแรงดันและกระแสเฉลี่ย เหล็กอาบสังกะสี ความหนา 0.40 มิลลิเมตร<br>มุมทริกที่ 115 องศา 100 ไซเคล         | 52 |
| รูปที่ 5.19 แสดงรอยเชื่อมที่ทะเล   | 52 |
| รูปที่ 5.20 แสดงรอยเชื่อมที่เกือบทะเล  | 52 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.21 แสดงรอยเชื่อมที่ติด

53

รูปที่ 5.22 แสดงรอยเชื่อมที่ไม่ติด

53



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มา

ถ้าจะกล่าวถึงเครื่องเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้าที่ปัจจุบันที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมมีอยู่ 2 ประเภทคือ เครื่องเชื่อมหม้อแปลงกระแสสูง และเครื่องเชื่อมความถี่สูง ซึ่งมีความแตกต่างกันอยู่หลายประการทั้งทางด้านโครงสร้าง การออกแบบ การใช้งานและราคา

ทางด้านเทคโนโลยีเครื่องเชื่อมความถี่สูงจะใช้เทคโนโลยีที่สูงกว่า ขนาดเล็ก ราคาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทนกระแสสูงมีราคาแพง การสูญเสีย (loss) มาก ฮาร์โมนิกส์มากซึ่งอยู่ในขั้นพัฒนา ส่วนเครื่องเชื่อมหม้อแปลงกระแสสูงจะใช้กันตามโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งหาได้ง่าย การใช้งานไม่ยุ่งยาก การสูญเสียต่ำเนื่องจากใช้หม้อแปลงประสิทธิภาพสูงใช้การปรับ (Step down voltage) แรงดันลงเพื่อควบคุมกระแสทางด้านฟิสิกส์ของหม้อแปลงให้มีกระแสสูงโดยวิธีเลือกปรับแท่งแรงดันทางปฐมภูมิ

ปัญหานี้พจนธบับนี้จะนำเสนอเครื่องเชื่อมหม้อแปลงกระแสสูงแบบจุดซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดใหญ่ เช่น รางน้ำฝน หม้ออ้วกเดี่ยว อุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ ฯลฯ ลักษณะงานที่ใช้แผ่นเหล็กอาบสังกะสี แผ่นสแตนเลส ซึ่งมีความหนาไม่มากนัก ส่วนปัญหาที่พบบ่อยคือ ชีงงานเชื่อมไม่ติด ชีงงานทะลุ ชีงงานไครอยเชื่อมไม่สวยงาม ชีงงานไม่แข็งแรง เกิดความเสียหาย ต้องใช้แรงงานจากผู้ที่มีความชำนาญสูงจึงทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง

ในปัจจุบันนี้ได้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานควบคุมระบบแบบอัตโนมัติกันเป็นจำนวนมาก และมีการพัฒนาไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว จนได้มีการนำเอาไมโคร โปรเซสเซอร์แบบชิพเดี่ยว (Single Microprocessor) เข้ามาใช้ซึ่งมีความสามารถสูง ใช้งานง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน และการทำงานก็เปลี่ยนแปลงได้โดยการแก้ไขโปรแกรม ทำให้สามารถลดจำนวนอุปกรณ์ในวงจรลงได้มาก ระบบรวมจึงมีขนาดเล็ก, ราคาถูกและดูแลรักษาง่าย วงจรควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อมแบบจุดโดยไมโครคอนโทรลเลอร์จึงถูกสร้างและพัฒนาขึ้นจากวงจรควบคุมแบบเดิมซึ่งเป็นวงจรแบบอนาลอกให้มาเป็นวงจรแบบดิจิทัล แต่ยังคงเลือกใช้เอส ซี อาร์ (SCR) เป็นตัวควบคุมพลังงาน และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ กำหนดโปรแกรมไปจุดขนวนขาเกต (gate) ของเอส ซี อาร์ และการควบคุมการทำงานทั้งหมดรวมถึงการเปลี่ยนมุมทริกเกอร์ (trigger) ด้วย

ทางด้านคณะผู้จัดทำปัญหานี้ได้ใช้ MCS-51 ซึ่งเป็นอีกตระกูลหนึ่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ ข้อดีของมันคือ ใช้งานง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน มีการพัฒนาตลอดเวลา มีการใช้งานอย่างหลากหลายทั้งทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power Electronic) การควบคุม (Control) งานต่างๆ รวมทั้งสามารถต่อร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกชนิดอื่นได้และยังสามารถแสดงผลทางหน้าจอได้อีกโดยคณะผู้จัดทำได้ใช้โปรแกรม RAD 51 ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล (ความเร็วในการประมวลผลต่อ 1 คำสั่ง = 1  $\mu$ s) ส่วนชุดกำลัง (Power) ได้ใช้เอส ซี อาร์ ที่ทนกระแสได้สูงควบคุมแบบเต็มคลื่นโดยต่อแบบ Anti - parallel (Inverse - parallel) หลักการควบคุมเอส ซี อาร์ จะใช้การทริกมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟสของแรงดันเพื่อควบคุมกระแสที่จ่ายให้เครื่องเชื่อมโดยแปลงพลังงานผ่านหม้อแปลง ส่วนระยะเวลาเชื่อมเราได้คำนวณจากลูกคลื่นจำนวนไซเคิลเพื่อความแน่นอนในการจ่ายพลังงานที่เหมาะสมแก่ชิ้นงาน

ดังนั้น ในการศึกษาข้อมูลทางทฤษฎีในการออกแบบโครงสร้าง และวงจรทดลองจนค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องเชื่อม และการเชื่อมแบบจุด มาประกอบกันเพื่อใช้ในการทดลองการศึกษาและประยุกต์ใช้งานทางอิเล็กทรอนิกส์กำลัง และคอมพิวเตอร์ให้ใช้กับเครื่องเชื่อมแบบจุดต่อไปในอนาคต

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

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

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 สร้างชุดจำลองชุดควบคุมปริมาณกระแส และเวลาการเชื่อมของเครื่องเชื่อมแบบจุดแบบ 1 เฟส ซึ่งมีใช้งานทั่วไป

1.3.2 สามารถควบคุมปริมาณพลังงานที่จ่ายให้เครื่องเชื่อมแบบจุด โดยการรวบรวมผลทดลองการเชื่อมชิ้นงานที่ใช้กันตามท้องตลาดมาเป็นข้อมูล ในการตั้งโหมดการทำงานแบบโหมดอัตโนมัติ และโหมดปกติ

## 1.4 ส่วนประกอบต่างๆ ของปริยญาณิพนธ์

เนื้อหาภายในปริยญาณิพนธ์เล่มนี้ประกอบด้วย

- 1.4.1 บทที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานของการเชื่อม
- 1.4.2 บทที่ 3 จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานของโครงการ
- 1.4.3 บทที่ 4 จะกล่าวถึงหลักการทฤษฎีพื้นฐานที่นำมาใช้ในการคำนวณ การออกแบบ และการสร้าง
- 1.4.5 บทที่ 5 จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง
- 1.4.6 บทที่ 6 จะกล่าวถึงบทสรุปและวิจารณ์โครงการ ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไขทดลองจนข้อเสนอแนะ เพื่อใช้ปรับปรุงให้โครงการสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

## 1.5 ประโยชน์ของโครงการ

1.5.1 เป็นการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีอยู่ตามท้องตลาด ให้ใช้งานได้สะดวกและมีประสิทธิภาพสูง

1.5.2 ทำให้นักศึกษาได้มีความคิดริเริ่ม และทักษะสร้างสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ

1.5.3 เป็นการส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า เนื่องจากประสิทธิภาพที่สูงของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.4 มีความเป็นไปได้ที่นำไปสร้างในเชิงพาณิชย์ เพื่อสร้างงานในประเทศและลดการนำเข้า

#### 1.6 วิธีการดำเนินงาน

โครงการนี้เริ่มด้วยการศึกษาวิจัยการเชื่อมแบบจุด และข้อมูลพื้นฐานที่จะนำมาใช้ เช่น หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า การทำงานของเอส ซี อาร์ วงจรการขับเอส ซี อาร์ และการใช้งานด้านซอฟต์แวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งเป็นหัวใจหลักของโครงการนี้

ในการทำงานของเอส ซี อาร์ จำเป็นต้องรู้ข้อมูลพื้นฐานต่างๆ ของตัวเอส ซี อาร์ เช่น การปรับมุมจุดชนวน การนำกระแสของเอส ซี อาร์ การทำให้เอส ซี อาร์หยุดนำกระแส และการทนกระแสของเอส ซี อาร์เนื่องจากกระแสที่ใช้มีค่าสูงมาก (ประมาณ 30-70 แอมป์) ซึ่งส่วนนี้ก็เป็นส่วนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่ง

การศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในส่วนของโปรแกรม จะใช้โปรแกรม RAD 51 เป็นซอฟต์แวร์ในการทำงาน ส่วนการแสดงผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะแสดงผลของการทำงานผ่านออกที่จอแอลซีดีโมดูล และควบคุมการทำงานผ่านทางสวิทช์เมตริกซ์หรือคีย์แปดนั่นเอง



## บทที่ 2

### เครื่องเชื่อมแบบจุด

#### 2.1 ทฤษฎีการเชื่อมแบบจุด

การเชื่อมแบบความต้านทานนับว่าเป็นกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าดั้งเดิมที่สุด โดยอาศัยองค์ประกอบร่วมกัน 3 ประการคือ ความร้อน (Heat), ความดัน (Pressure) และเวลา (Time) เหตุที่เรียกว่าการเชื่อมแบบความต้านทาน เพราะว่าความต้านทานของโลหะที่มีผลต่อการไหลของกระแสจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นเฉพาะจุดที่ต้องการเชื่อม โดยกระแสจะไหลผ่านปลายอิเล็กโทรด (electrode) ซึ่งเป็นตัวกดให้งานแนบชิดติดกัน เวลาที่ต้องการให้กระแสไหลผ่านขึ้นอยู่กับชนิดและความหนาของชิ้นงาน, ปริมาณกระแสและพื้นที่หน้าตัดของปลายหัวเชื่อมที่สัมผัสกับผิวโลหะงาน การเชื่อมแบบความต้านทานมีหลายวิธีแต่ที่นิยมโดยทั่วไปได้แก่ การเชื่อมจุด (Spot), การเชื่อมตะเข็บ (Seam) และการเชื่อมโปรเจกชัน (Projection)

##### 2.1.1 หลักการเชื่อมแบบจุด

การเชื่อมจุด (Spot) ต้องอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความดันเชิงกลด้วย ขนาดและเวลาที่เหมาะสม โดยกระแสจะผ่านจากอิเล็กโทรดไปยังโลหะงานซึ่งต้องใช้แรงกดโลหะงานตลอดเวลาเพื่อให้กระแสไหลผ่านอย่างต่อเนื่อง ตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมต้องได้รับความร้อนเพียงพอจนหลอมละลายติดกัน หลังจากนั้นต้องให้แรงกดต่อไปอีกจนรอยเชื่อมเย็นตัวและมีความแข็งแรงพอที่จะยึดเหนี่ยวงานไว้ด้วยกัน จึงปล่อยแรงกดและนำออกจากเครื่อง ความหนาแน่นกระแสและความดันต้องสูงพอจนเนื้องานหลอมละลาย แต่ไม่สูงเกินไปจนงานทะลุและเวลาที่กระแสไหลผ่าน (เวลาเชื่อม) ต้องสั้นพอเหมาะ เพราะถ้านานเกินไปหน้าอิเล็กโทรดจะร้อนจัดและอาจหลอมติดกับงานซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานสั้นลง

##### 2.1.2 การเกิดความร้อน

ปริมาณความร้อนที่เกิดในการเชื่อมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 3 ประการ คือ

1. กระแส
2. ความต้านทานของตัวนำ หรือ โลหะงาน
3. เวลาที่กระแสไหลผ่าน จะแสดงเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$Q = I^2 R t$$

เมื่อ  $Q$  = ความร้อนที่เกิดขึ้น, จูล

$I$  = กระแส, แอมแปร์

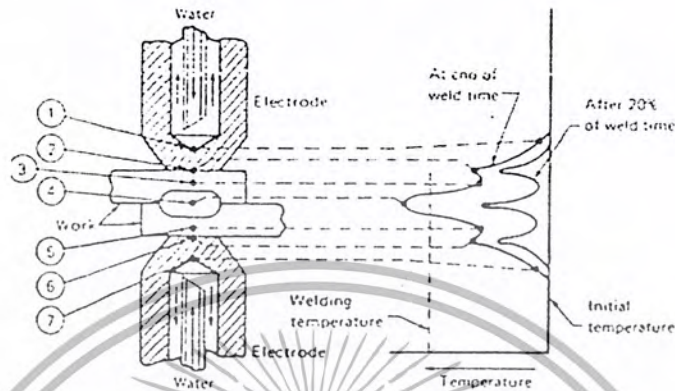
$R$  = ความต้านทานของโลหะงาน, โอห์ม

$t$  = เวลาที่กระแสไหลผ่าน, วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นปฏิภาคตรงกับกระแสกำลังสอง, ความต้านทานและเวลาความร้อนที่เกิดขึ้นจะใช้เพื่อเชื่อมงานเข้าด้วยกัน โดยมีบางส่วนสูญเสียให้กับโลหะงานที่อยู่ใกล้เคียง

กระแสไฟฟ้าที่ต้องการเพื่อเชื่อมงานเป็นปฏิภาคผกผันกับรากที่สองของเวลา ดังนั้นถ้าเวลาสั้นมากต้องใช้กระแสสูงมาก ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่ออิเล็กทรอนิกส์ได้ง่าย



รูปที่ 2.1 แสดงการกระจายอุณหภูมิ

ลักษณะเด่นของการเชื่อมแบบความต้านทานคือ สามารถให้ความร้อนสูงอย่างรวดเร็วรูปที่ 2.1 แสดงการกระจายอุณหภูมิในงานและปลายอิเล็กโทรดเมื่อเชื่อมจุด

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อปริมาณความร้อนในรอยเชื่อมเมื่อใช้กระแสตามกำหนด ได้แก่

1. ความต้านทานไฟฟ้าของโลหะงานอิเล็กโทรด
2. ความต้านทานหน้าสัมผัสระหว่างงานต่องาน และระหว่างงานต่ออิเล็กโทรด
3. ความร้อนที่สูญเสียแก่งานและอิเล็กโทรด

### 2.1.3 องค์ประกอบที่มีผลต่อการเชื่อม มีดังนี้

#### 1) อิทธิพลของกระแสเชื่อม

ในสูตร  $Q = I^2Rt$  กระแสจะมีอิทธิพลต่อการเกิดความร้อนมากกว่าความต้านทานหรือเวลา (เพราะมีค่าเป็นกำลังสอง) ดังนั้นจึงต้องควบคุมกระแสให้ดี องค์ประกอบที่จะทำให้กระแสเปลี่ยนแปลงได้แก่

#### 1. แรงดันในสายส่งไม่สม่ำเสมอ

2. อิมพีแดนซ์ (Impedance) ของวงจรทุติยภูมิ (ในเครื่องกระแสสลับ) เปลี่ยนแปลงทั้งนี้เนื่องจากลักษณะวงจรเปลี่ยนแปลง หรือเมื่อมวลของโลหะแม่เหล็กในวงจรทุติยภูมิของเครื่องเปลี่ยนแปลง ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีผลกระทบต่อเครื่องเชื่อมกระแสตรงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากขนาดกระแสเปลี่ยนแปลงแล้ว ที่ผิวบริเวณรอยเชื่อมอาจมีความหนาแน่นกระแสเปลี่ยนแปลงไปด้วย ถ้าเพิ่มพื้นที่หน้าอิเล็คโทรดจะทำให้ความหนาแน่นกระแสและความร้อนลดลงซึ่งทำให้ความแข็งแรงของรอยเชื่อมลดลงด้วย

กระแสต้องมีความหนาแน่นเพียงพอเพื่อให้ผิวงานหลอมภายในเวลาที่กำหนด และความร้อนต้องเกิดขึ้นมากพอเพื่อชดเชยความร้อนที่สูญเสียแก่โลหะงานและอิเล็คโทรดด้วย เมื่อกระแสมีความหนาแน่นสูงเกินไปจะทำให้รอยเชื่อมแหงน,แตกร้าวและไม่แข็งแรง ซึ่งเมื่อกระแสสูงเกินไปจะเกิดผลเสียคือ ทำให้โลหะร้อนจัดจนเกิดรอยบวม และอิเล็คโทรดเสียหายเร็ว

## 2) อิทธิพลของเวลาเชื่อม

อัตราความร้อนที่เกิดขึ้นต้องพอเหมาะ เพื่อให้รอยเชื่อมแข็งแรงพอเพียง ความร้อนที่เกิดขึ้นจะเป็นปฏิภาคกับเวลาเชื่อม โดยมีความร้อนบางส่วนสูญเสียให้แก่โลหะงานโดยรอบและอิเล็คโทรด โดยการนำความร้อนและสูญเสียโดยการแผ่รังสีเพียงเล็กน้อย ถ้าเวลาเชื่อมนานจะสูญเสียความร้อนเพิ่มมากขึ้น ควรใช้เวลาน้อยที่สุดที่สามารถให้ความร้อนจนถึงจุดหลอมเหลวเมื่อกระแสมีความหนาแน่นต่าง ๆ กัน ถ้ากระแสไหลต่อเนื่องไปอีกอุณหภูมิระนาบ 4 จะสูงกว่าจุดหลอมเหลวความดันภายในอาจจะดันโลหะเชื่อมให้หลุดออกจากรอยต่อ แก๊สหรือ ไอโลหะที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดเม็ดโลหะขนาดเล็กกระเด็นออกจากรอยเชื่อม เรียกว่า “ สปิททิง (Spitting) ” ถ้าเวลาเชื่อมนานเกินไปจะมีผลต่อโลหะและอิเล็คโทรดเช่นเดียวกันเมื่อกระแสสูงเกินไป และบริเวณ HAZ (Heat Area Zone คือบริเวณที่เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเนื่องจากความร้อน) จะกินลึกเข้าไปในโลหะงาน และโดยมากแล้วเมื่อใช้เวลาเชื่อมนานขึ้น ความร้อนที่สูญเสียไปจะเท่ากับความร้อนส่งเข้า (heat input) อุณหภูมิจะคงที่

## 3) อิทธิพลของแรงกดขณะเชื่อม

ความต้านทาน (R) ในสมการ  $Q = I^2 R t$  ได้รับอิทธิพลจากความดันขณะเชื่อม (ปลายอิเล็คโทรดจะกดโลหะงานเข้าด้วยกัน) ตามปกติแล้วงานที่จะเชื่อมจุดจะต้องตรึงติดกันให้แน่นตามตำแหน่งเชื่อมเพื่อให้กระแสไหลผ่านได้สม่ำเสมอ แนวที่อิเล็คโทรดกดบนแผ่นงานจะมีผลต่อความต้านทานรวมระหว่างอิเล็คโทรดและต่อกระแสที่ไหลผ่านรอยเชื่อม เมื่อแรงกดอิเล็คโทรดเพิ่มขึ้นกระแสจะเพิ่มขึ้นจนถึงขีดกำหนดค่าความต้านทานหน้าสัมผัส และความร้อนระหว่างโลหะงานจะคงที่ ถ้าต้องการเพิ่มความร้อนให้อยู่ในระดับเดิมต้องเพิ่มกระแสหรือเวลาเชื่อมเพื่อชดเชยความต้านทานที่ลดลง

เมื่อแรงกดต่ำโลหะงานจะสัมผัสกันเฉพาะจุดที่นูนขึ้นมาเท่านั้น ซึ่งทำให้พื้นที่สัมผัสน้อยค่าความต้านทานหน้าสัมผัสจึงสูง ถ้าใช้แรงกดมากขึ้นพื้นที่นูนกว่าปกติจะถูกกดแบนลงผิวโลหะงานสัมผัสกันมากขึ้น ความต้านทานหน้าสัมผัสจะลดลง

## 4) อิทธิพลของอิเล็คโทรด

อิเล็คโทรดมีบทบาทสำคัญในการเกิดความร้อนเพราะจะเป็นตัวนำกระแสเชื่อมสู่โลหะงาน พื้นที่

สัมผัสของอิเล็คโทรดจะเป็นตัวควบคุมความหนาแน่นกระแสเชื่อมและขนาดรอยเชื่อม อิเล็คโทรดต้องมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถนำไฟฟ้าได้ดี มีความแข็งแรงสูงพอเพื่อต่อต้านการเสียรูปพลาสติก (Plastic Deformation) ถ้าปลายอิเล็กโทรดเสียรูปหรือบานออก พื้นที่สัมผัสจะเพิ่มขึ้นความหนาแน่นกระแสและแรงกดจะลดลง ทำให้คุณภาพรอยเชื่อมด้อยลง ในกรณีนี้ต้องคอยปรับแต่งปลายอิเล็กโทรดให้เหมาะสมเสมอเพื่อให้เกิดความร้อนพอเพียงต่อการเชื่อม

5) อิทธิพลของสภาพพื้นผิว

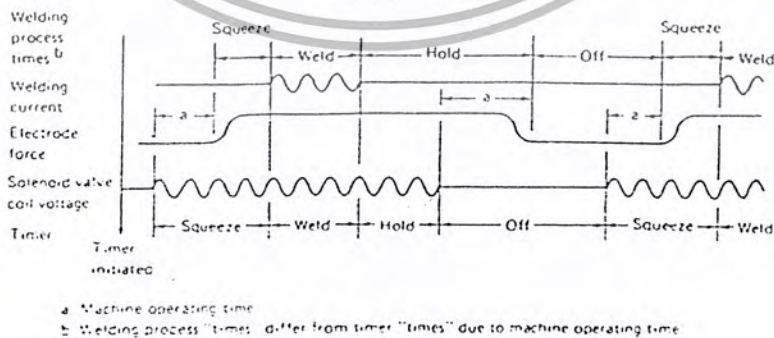
สภาพพื้นผิวของโลหะงานมีอิทธิพลต่อการเกิดความร้อน โดยเฉพาะเมื่อมีออกไซด์ (Oxide), ฝุ่นละออง, น้ำมัน และสารมลทินต่างๆ เกาะตามผิวงาน ฟังระลึกเสมอว่าผิวงานที่สะอาดเท่านั้นจึงจะได้รอยเชื่อมคุณภาพดี

การเชื่อมโลหะงานที่ผิวเกิดออกไซด์, สะเก็ดหรือมีสารมลทินไม่สม่ำเสมอจะมีความต้านทานหน้าสัมผัสไม่คงที่ซึ่งเป็นเหตุให้ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่คงที่

2.2 วัฏจักรการเชื่อมแบบจุด

วัฏจักรการเชื่อมจุดมี 4 ขั้นตอนดังนี้

1. กดงาน (Squeeze time) หมายถึง ช่วงเวลาระหว่างที่เริ่มตั้งเวลา จนกระแสเริ่มไหลผ่านงานซึ่งในช่วงนี้เป็นการกดให้อิเล็กโทรดแนบกับงานก่อนผ่านกระแส
2. เชื่อม (Weld time) หมายถึง ช่วงเวลาที่กระแสผ่านงานทำให้เกิดความร้อนจนหลอมเชื่อมติดกัน
3. กดแช่ (Hold time) หมายถึง เวลาที่กดแช่งานไว้หลังผ่านกระแสแล้ว ซึ่งรอยเชื่อมจะเริ่มเย็นและแข็งตัวจนมีความแข็งแรงสูงพอ
4. เปลี่ยนงาน (Off time) หมายถึง เวลาที่เคลื่อนหัวอิเล็กโทรดออก และเลื่อนงานเพื่อเชื่อมจุดต่อไป



รูปที่ 2.2 แสดงวัฏจักรการเชื่อมจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

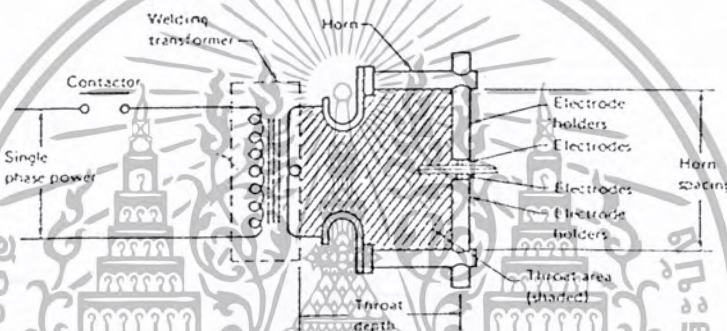
## 2.3 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเชื่อม

เครื่องเชื่อมจุด ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ วงจรไฟฟ้า, ชุดควบคุม และระบบกลไก

### 2.3.1) วงจรไฟฟ้า

ประกอบด้วยหม้อแปลง, การเชื่อมต่อทางด้านปฐมภูมิ (Primary contraction) และวงจรทุติยภูมิ (วงจรทุติยภูมิรวมถึงอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งจะนำกระแสไฟฟ้าไปยังงาน) การเชื่อมแบบความต้านทานใช้ได้ทั้งแบบกระแสตรงและกระแสสลับ เครื่องเชื่อมจะแปลงกระแสจากสายส่งให้มีแรงดันต่ำ, กระแสสูง

เครื่องเชื่อมแบบความต้านทานส่วนมากจะเป็นแบบกระแสสลับเฟสเดียว (Single phase) มีความถี่เท่ากับสายส่ง (ปกติ 50 Hz) เครื่องเชื่อมกระแสสลับจะมีหม้อแปลงเฟสเดียวเพื่อปรับให้แรงดันต่ำปกติจะอยู่ในช่วง 1-25 โวลต์ (Volt) กระแสประมาณ 1,000-100,000 แอมแปร์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาและชนิดของวัสดุงาน วงจรไฟฟ้าโดยทั่วไปของเครื่องเชื่อมแบบนี้แสดงไว้รูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงวงจรเครื่องเชื่อมจุดแบบเฟสเดียว

อิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องเชื่อมแบบความต้านทานมีหน้าที่ 4 ประการคือ

1. นำกระแสเชื่อมไปสู่โลหะงาน
2. ให้แรงกดแก่โลหะงาน
3. กระจายความร้อนบางส่วนจากบริเวณรอยเชื่อม
4. บังคับให้งานอยู่ในแนวและตำแหน่งบริเวณที่ต้องการ

ถ้าไม่คำนึงถึงแรงกดการเลือกวัสดุเพื่อทำอิเล็กโทรดให้พิจารณาคุณสมบัติการนำไฟฟ้าและความร้อนเป็นสำคัญ แต่ในกรณีเชื่อมแบบความต้านทาน อิเล็กโทรดมักจะรับแรงเสมอ จึงต้องเลือกวัสดุที่สามารถทนต่อแรงกดที่อุณหภูมิสูง โดยไม่เสียรูปและต้องมีความสามารถนำความร้อน และไฟฟ้าดีและที่สำคัญคือ ต้องแต่งอิเล็กโทรดให้มีรูปร่างและขนาดเหมาะสมเพื่อให้ได้กระแสที่มีความหนาแน่นตามต้องการ

อิเล็กโทรดจะเสียรูปหรือบานเป็นดอกเห็ดได้ยากหรือง่ายขึ้นอยู่กับขีดจำกัดสัดส่วน (Proportional Limit) และความแข็งแรงของวัสดุทำอิเล็กโทรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.2) ชุดควบคุม

อุปกรณ์ควบคุมการเชื่อมจะทำหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. เปิด-ปิด กระแสไปยังหม้อแปลง
2. ควบคุมปริมาณกระแส
3. ควบคุมกลไกเปิด-ปิดแรงกดขณะเชื่อม

อุปกรณ์ควบคุมแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ คอนแทกเตอร์การเชื่อม (Welding contractors), การควบคุมจังหวะ (Timing), การควบคุมลำดับ (Sequencing control), การควบคุมกระแส (Current control) และตัวปรับ (Regulators)

คอนแทกเตอร์การเชื่อม (Welding contractors) จะเป็นตัวเปิด-ปิดกระแสสู่อหม้อแปลงซึ่งอาจจะเป็นแบบกลไก, แม่เหล็ก หรือ อิเล็กทรอนิกส์ก็ได้ แบบกลไกจะควบคุมโดยใช้ลูกเบี้ยวหรือเท้าเหยียบแบบแม่เหล็กควบคุมด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า และแบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมด้วยเอสซีอาร์ (Silicon-controlled Rectifiers) หรือการจุดชนวน (Ignition) หรือท่อ ไทเรชั่น (Thyratron tube) เพื่อการควบคุมการไหลของกระแสเข้าสู่หม้อแปลง

### 2.3.3) ระบบกลไก

เริ่มจากอิเล็กโทรดจะกดบนชิ้นงาน และแยกออกตามเวลาที่ควบคุม แรงกดของอิเล็กโทรดได้จากการเหยียบตัวกด และแรงดึงของสปริง หรือระบบกลไกต่างๆ อัตราการกดของอิเล็กโทรดต้องพอเหมาะ เพื่อไม่ให้ผิวหน้าสัมผัสเสียรูป ขณะเชื่อมนั้นเนื้อเชื่อมจะขยายและหดตัวอย่างรวดเร็วและอิเล็กโทรดจะต้องสัมผัสกับเนื้อเชื่อมตลอดเวลาไม่ว่าจะขยายตัวหรือหดตัว เพื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้สะดวก ถ้าแรงกดระหว่างอิเล็กโทรดและงานลดลงอย่างรวดเร็ว (ขณะเชื่อม) ผิวสัมผัสอาจจะร้อนเกินไปและเกิดการอาร์ค (arc) ระหว่างอิเล็กโทรดและงาน ซึ่งทำให้ผิวอิเล็กโทรดไหม้ และเป็นหลุมหรือติดกับงาน บางครั้งโลหะงานอาจจะร้อนมากจนระเหยกลายเป็นไอ

## 2.4 ข้อดีและข้อเสียของการเชื่อมแบบจุด

### ข้อดี

1. เชื่อมได้รวดเร็ว
2. สามารถปรับปรุงเป็นระบบอัตโนมัติได้ง่ายเมื่อต้องการผลผลิตสูง
3. สามารถปรับปรุงให้เป็นส่วนหนึ่งในสายงานประกอบและขึ้นรูปได้ง่าย
4. ประหยัดและรวดเร็วกว่าการเชื่อมอาร์ค, บัดกรี และต้องการความชำนาญน้อยกว่า

### ข้อเสีย

1. บำรุงรักษาและซ่อมแซมลำบาก
2. งานมีน้ำหนักมากกว่าการเชื่อมแบบต่อชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สิ้นเปลืองวัสดุงานมากกว่าเชื่อมแบบต่อชน
4. การเชื่อมด้วยกระแสสูงและระยะเวลาสั้นไม่เป็นผลดีต่อระบบไฟฟ้า โดยเฉพาะเมื่อเชื่อมด้วยเครื่องเฟสเดียว
5. รอยเชื่อมจุ่มมีความแข็งแรง คึงดูคแบบความแข็งแรงกล้าตัวต่ำเพราะมีลักษณะเสมือนว่ามีรอยบากอยู่โดยรอบ
6. ไม่สามารถให้ความแข็งแรงโลหะได้อย่างเต็มที่ เพราะงานจะเชื่อมติดกันเป็นระยะและแรงกระทำมักจะเยื้องศูนย์เนื่องจากการงานแยกกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

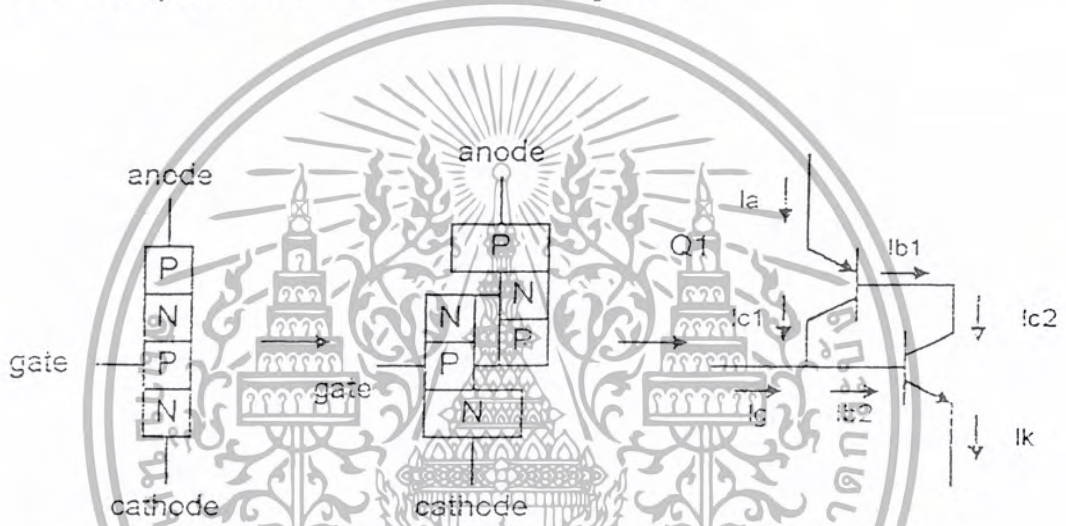
### บทที่ 3

## ทฤษฎีพื้นฐานของโครงการงาน

### 3.1 เอสซีอาร์ (SCR)

#### 3.1.1 โครงสร้างของเอสซีอาร์

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



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างของเอสซีอาร์

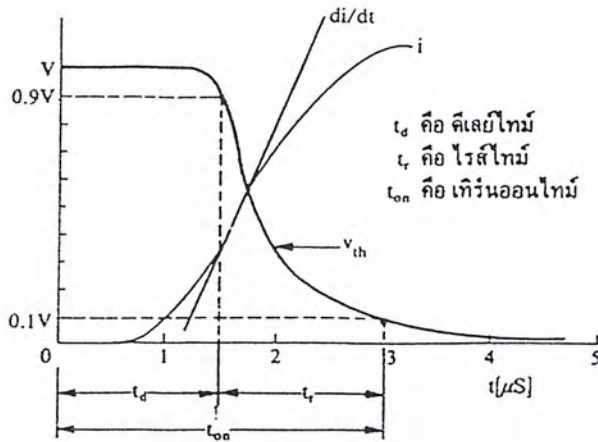
การทำงานของเอสซีอาร์ คือขณะที่ยังไม่มีกระแสไหลเข้าเกตขั้วแคโทดแรงดันที่แอโนดเมื่อเทียบกับแคโทดจะเป็นบวกหรือลบก็ตามเอสซีอาร์จะไม่นำกระแส และขณะที่มีกระแสไหลเข้าเกตขั้วแคโทดแรงดันที่แอโนดเทียบกับแคโทดเป็นลบ เอสซีอาร์ก็จะไม่นำกระแส แต่ถ้าแรงดันที่แอโนดเทียบกับแคโทดเป็นบวก และมีกระแสไหลเข้าเกตขั้วแคโทดตามที่ได้อั้วงจรดังรูปที่ 3.1 เอสซีอาร์จะนำกระแส

การทำให้เอสซีอาร์เปลี่ยนแปลงจากสภาวะของการหยุดนำกระแสไฟเป็นสภาวะของการนำกระแสนี้เรียกว่า การทริก หรือ การเทิร์นออน (turn-on) ส่วนการทำในลักษณะตรงข้ามนี้เรียกว่าการดับ หรือ การเทิร์นออฟ (turn-off)

#### 3.1.2 คุณสมบัติของเอสซีอาร์

##### ช่วงเวลาเทิร์นออน (Turn-on time, $t_{on}$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

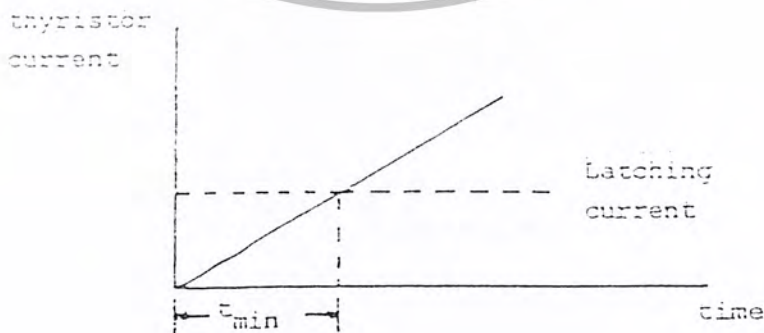


รูปที่ 3.2 คุณสมบัติในการเทิร์นออนของเอสซีอาร์

ในขณะที่เอสซีอาร์อยู่ในสภาวะของฟอร์เวิร์ดบล็อกกิ้ง เมื่อป้อนสัญญาณทริกเพื่อให้เอสซีอาร์นำกระแส นั้น ฟอร์เวิร์ดโวลต์เดจที่คร่อมเอสซีอาร์จะไม่สามารถลดลงเป็นศูนย์ได้ทันที แต่จะต้องใช้เวลาช่วงหนึ่ง โดยมีคุณสมบัติของการลดลงดังแสดงในรูปที่ 3.2 ช่วงเวลาเทิร์นออนนี้จะนับจากตำแหน่งที่เริ่มป้อนสัญญาณทริกจนกระทั่งถึงตำแหน่งที่แรงดันแอมโวนต์เทียบกับแคโทดลดลงเหลือเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ โดยปกติช่วงนี้จะใช้เวลา 2-3  $\mu$ s

ระยะเวลาของสัญญาณทริกเกอร์

ในการทำให้เอสซีอาร์นำกระแสโดยใช้สัญญาณทริกเกอร์นั้น สัญญาณที่ใช้จะต้องมีระยะเวลายาวนานจนกระทั่งกระแสผ่านเอสซีอาร์มากกว่ากระแสลatching (Latching current) ดังรูปที่ 3.3 ถ้าสัญญาณทริกเกอร์สิ้นสุดก่อนที่กระแสผ่านเอสซีอาร์มากกว่ากระแสลatching จะทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสเมื่อสัญญาณทริกเกอร์สิ้นสุดลง ฉะนั้นสัญญาณทริกเกอร์จะต้องมีระยะเวลาที่นานจนกระทั่งสัญญาณทริกเกอร์ออก เอสซีอาร์จะนำกระแสต่อไป ในรูปที่ 3.3 แสดงเวลาน้อยที่สุด ( $t_{min}$ ) ที่จะต้องรักษาสัญญาณทริกเกอร์ไว้



รูปที่ 3.3 แสดงเวลาน้อยที่สุดที่ต้องรักษาสัญญาณทริกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### วิธีการทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส

ทรานซิสเตอร์สามารถทำให้หยุดนำกระแสโดยหยุดจ่ายกระแสที่เข้าเบส แต่สำหรับ เอสซีอาร์จะไม่หยุดนำกระแสโดยหยุดจ่ายกระแสเข้าเกตของเอสซีอาร์ แต่จะหยุดนำเมื่อลดกระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ลงต่ำกว่ากระแสยึด (holding current) เป็นเวลานานกว่า Turn off time ( $t_{off}$ ) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของเอสซีอาร์

วิธีการทำให้กระแสไหลผ่านเอสซีอาร์ลงต่ำกว่ากระแสยึดสามารถทำได้โดยการลดแรงดันคั่นคร่อมเอสซีอาร์ลงสู่ศูนย์หรือจ่ายแรงดันรีเวิร์คไบแอสให้เอสซีอาร์ วิธีการพื้นฐานของการทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสแบ่งได้เป็น 3 วิธี คือ

1. การทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสโดยแหล่งจ่ายไฟฟ้าเป็นกระแสสลับ (Line Commutation หรือ Natural Commutation) คือ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันไฟฟ้าจะตกลงสู่ศูนย์ และมีแรงดันไฟฟ้าไหลกลับทิศทาง ซึ่งจะเป็นการจ่ายรีเวิร์คแก่เอสซีอาร์ในทุกๆ ไชเคิล และกระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์จะตกลงสู่ศูนย์ ซึ่งถ้าเป็นเวลานานกว่า turn-off time ( $t_{off}$ ) ก่อนที่จะจ่ายแรงดันฟอร์เวิร์คไบแอสอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเป็นการทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสในการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Converter) และการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับโดยการควบคุมเฟส
2. การทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสโดยการจัดโหลดให้เหมาะสม (Load commutation) ใช้ในวงจรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงโดยวิธีการชอปเปอร์ (Chopper) และวงจรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter) คือ เมื่อเอสซีอาร์นำกระแสและเป็นการสวิตช์ไฟเข้าโหลด ซึ่งประกอบด้วยความต้านทาน อินดักเตอร์ คาปาซิเตอร์ มีค่าเหมาะสมโดยอยู่ในสถานะ Under damped กระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ต่ำกว่ากระแสยึดเป็นเวลานานกว่า turn-off time จะทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสได้
3. การทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสโดยวิธีการบังคับ (Forced commutation) เป็นการทำให้กระแสไหลลดลงสู่ศูนย์ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้กระแสเนื่องจากการคายประจุของคาปาซิเตอร์ หรือจ่ายรีเวิร์คไบแอสให้คาปาซิเตอร์คายประจุแก่เอสซีอาร์

### ช่วงเวลาเทิร์นออฟ (Turn-off time, $t_{off}$ )

ช่วงเวลาเทิร์นออฟของเอสซีอาร์ ( $t_q$  หรือ  $t_{off}$ ) เป็นระยะเวลาตั้งแต่การทำให้กระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ไหลย้อนกลับแล้วกลับสู่ศูนย์ (ช่วงเวลาที่เอสซีอาร์กลับคืนสถานะใหม่เรียกว่า Reverse voltage recovery time) จนถึงเวลาที่สามารถจ่ายแรงดันฟอร์เวิร์คไบแอสอีกครั้ง โดยไม่ทำให้เอสซีอาร์นำกระแสได้

#### 3.1.3 การใช้เอสซีอาร์ในการควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

การควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นการเปลี่ยนระดับแรงดันอาร์เอ็มเอสที่จ่ายให้แก่โหลด โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีแรงดันคงที่ ใช้วิธีการควบคุม แบบการควบคุมเฟส

การควบคุมเฟส (Phase control) เป็นการทำงานให้เอสซีอาร์นำกระแสที่มุมต่างๆ ของแต่ละ

ไชเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมแรงดันไฟฟ้าแบบเฟส

ในวงจรรูปที่ 3.4 (ข) รูปคลื่นสัญญาณจะมีดีซีคอมโพเนนต์ (dc component) ไหลในโหลด เนื่องจากมีรูปคลื่นที่ไม่สมดุลย์ในแต่ละไซเคิล ในวงจรรูปที่ 3.4 (ก) รูปคลื่นสัญญาณจะสมดุลย์ในแต่ละไซเคิลจึงไม่มีดีซีคอมโพเนนต์ไหลในโหลด จึงนิยมใช้การควบคุมแบบเต็มลูกคลื่น



รูปที่ 3.4 การควบคุมแรงดันชนิด 1 เฟส

(ก) การควบคุมแบบเต็มลูกคลื่น

(ข) การควบคุมแบบครึ่งลูกคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ออปแอมป์ (OP-AMPS)

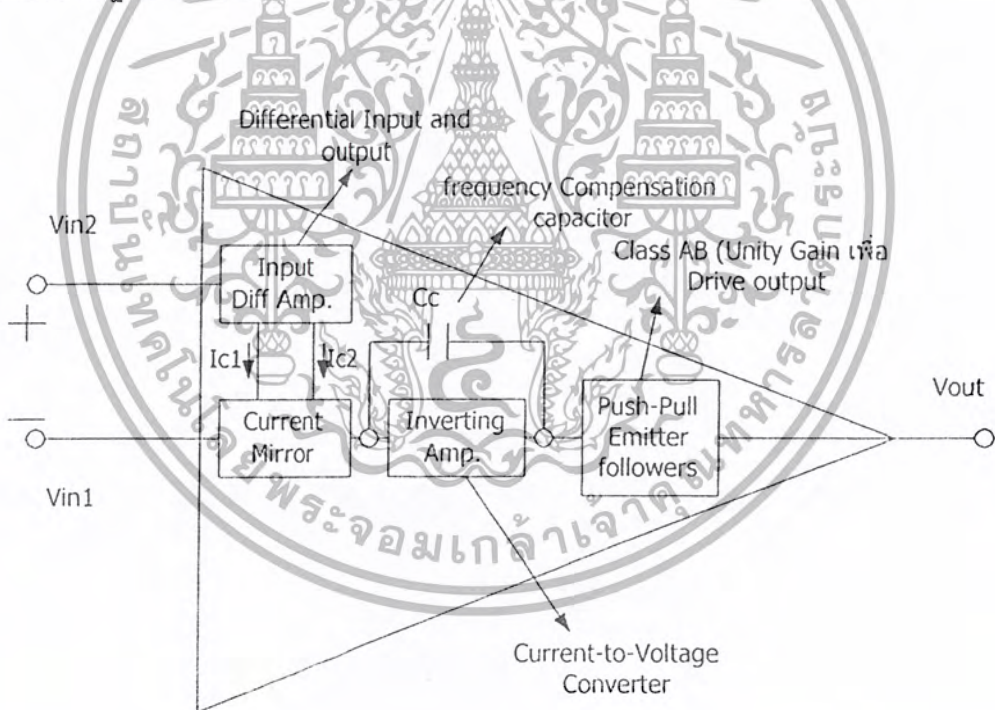
ออปแอมป์ คือ อุปกรณ์ชนิดหนึ่งซึ่งถูกออกแบบมาให้สามารถทำงานได้หลายรูปแบบ และยังเน้นความสะดวกในการนำไปใช้งาน โดยสามารถนำมาประกอบเป็นวงจร โดยต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเพียงไม่กี่ตัว

#### 3.2.1 คุณสมบัติโดยทั่วไป

คุณสมบัติที่สำคัญบางประการของออปแอมป์ในอุดมคติ ดังนี้

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

#### 3.2.2 วงจรพื้นฐานของออปแอมป์



รูปที่ 3.5 แสดง บล็อกไดอะแกรม พื้นฐานของไอซีออปแอมป์

จากรูปจะเห็นได้ว่า ออปแอมป์มีวงจรพื้นฐานภายในประกอบด้วย 3 ส่วนด้วยกัน คือ

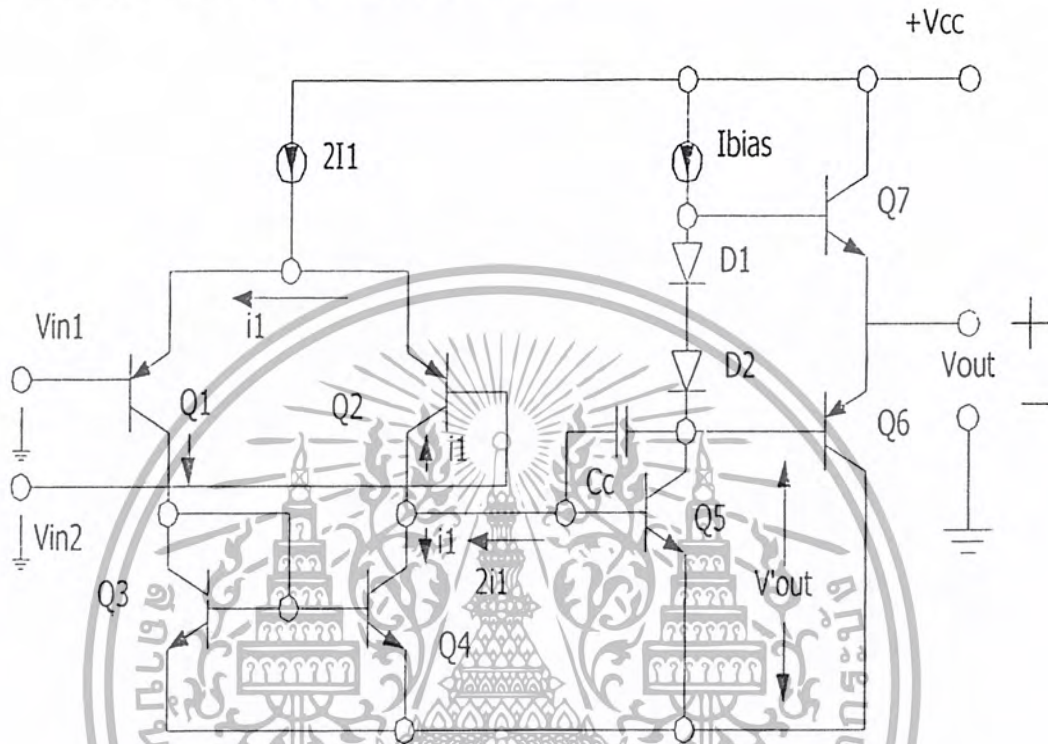
1. ภาคอินพุต
2. ภาคที่ 2 (I-to-V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ภาคเอาต์พุต

โดยที่ภาคอินพุตจะทำหน้าที่เปลี่ยน (Differential Input) ดิฟเฟอเรนเชียลอินพุต โวลต์เตจมาเป็น กระแส

ส่วนภาคที่ 2 จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณกระแสดังกล่าวให้มีค่าสูงมากๆ ส่วนภาค เอาต์พุต จะทำหน้าที่จ่ายสัญญาณเพาเวอร์สูงพอสมควร ให้แก่ โหลดได้



รูปที่ 3.6 วงจรพื้นฐานทั่วไปของออปแอมป์

จากรูป จะเห็นว่าภาคอินพุต ทำหน้าที่เปลี่ยน โวลต์เตจให้เป็นกระแส  $2i_1$  โดยที่มี Q5 เป็นตัวขยายกระแสให้สูงขึ้น และเอาต์พุตของ Q5 จะเป็น โวลต์เตจ เพื่อไปขับวงจรภาคสุดท้ายซึ่งเป็นวงจรคลาส AB โดยที่ไดโอด D1 และ D2 ร่วมกับกระแสคงตัว 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

3.2.3 ลักษณะการทำงาน

ออปแอมป์ในอุดมคติจะมีอัตราขยายเป็นอนันต์ แต่ในทางปฏิบัติ อัตราขยายอาจมีค่าสูงสุดเพียง 10000 หรือ 1000000 เท่านั้น ซึ่งเรียกว่า อัตราขยายขณะเปิดลูป ดังในรูปที่ 3.5a ในขณะที่เกิดความแตกต่างของแรงดันเพียงเล็กน้อยระหว่างขั้วอินพุตทั้งสอง เอาท์พุตจะสามารถให้สัญญาณสูงขึ้นหลายเท่า หากแต่จะถูกจำกัดขนาดของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงที่จะป้อนให้แก่ออปแอมป์ด้วย แต่ถึงเช่นนั้นก็ดี เอาท์พุตก็

จะไม่สามารถมีค่าสูงสุดเท่ากับแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงได้ แรงดันเอาท์พุทจะมีค่าประมาณ 90% ของแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง

จากคุณสมบัติข้างต้น เราสามารถนำออปแอมป์ในขณะที่เปิดลูไปใช้งานเป็นคอมพาราเตอร์ หรือวงจรเปรียบเทียบแรงดันได้ โดยเอาท์พุทจะเปลี่ยนทันทีเมื่อมีความแตกต่าง ของแรงดันเกิดขึ้นระหว่างขั้วอินพุทของออปแอมป์

### 3.3 พร็อกซิมิตีเซนเซอร์

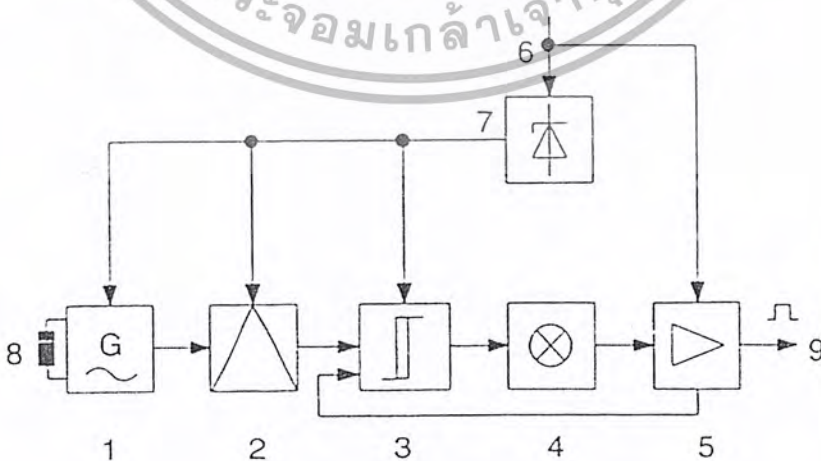
เป็นเซนเซอร์ที่สามารถทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือวัตถุภายนอก โดยลักษณะการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบต่างๆ เช่น สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า แสง เสียง และสัญญาณลม

#### 3.3.1 เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ (Inductive Sensor)

เป็นเซนเซอร์ที่ทำงาน โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีผลต่อชิ้นงานหรือวัตถุที่เป็น โลหะเท่านั้น

#### ส่วนประกอบของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

ส่วนประกอบหลักของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำจะประกอบไปด้วย (1) วงจรกำเนิดคลื่นความถี่สูง (oscillator) (2) วงจรหรือส่วนของการประมวลผล (evaluator) (3) วงจรแยกแยะสถานะและตั้งงาน (trigger) (4) หลอดไฟแสดงสถานะในการทำงาน (status display) (5) วงจรขยายสัญญาณและป้องกันค่านเอาท์พุท (Output with protective circuit) (6) แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากภายนอก (external voltage) (7) วงจรรักษาระดับแรงดันภายในให้คงที่ (internal constant voltage supply) ส่วนพื้นที่ที่ใช้ในการตรวจจับซึ่งมีขดลวดอยู่ภายใน (active zone : coil) (9) เอาท์พุทของเซนเซอร์ ซึ่งในที่นี้จะ เป็นแบบทำงานหรือไม่ทำงาน (on-off) จากส่วนประกอบหลักดังกล่าวสามารถแสดงด้วยรูปที่ 3.7

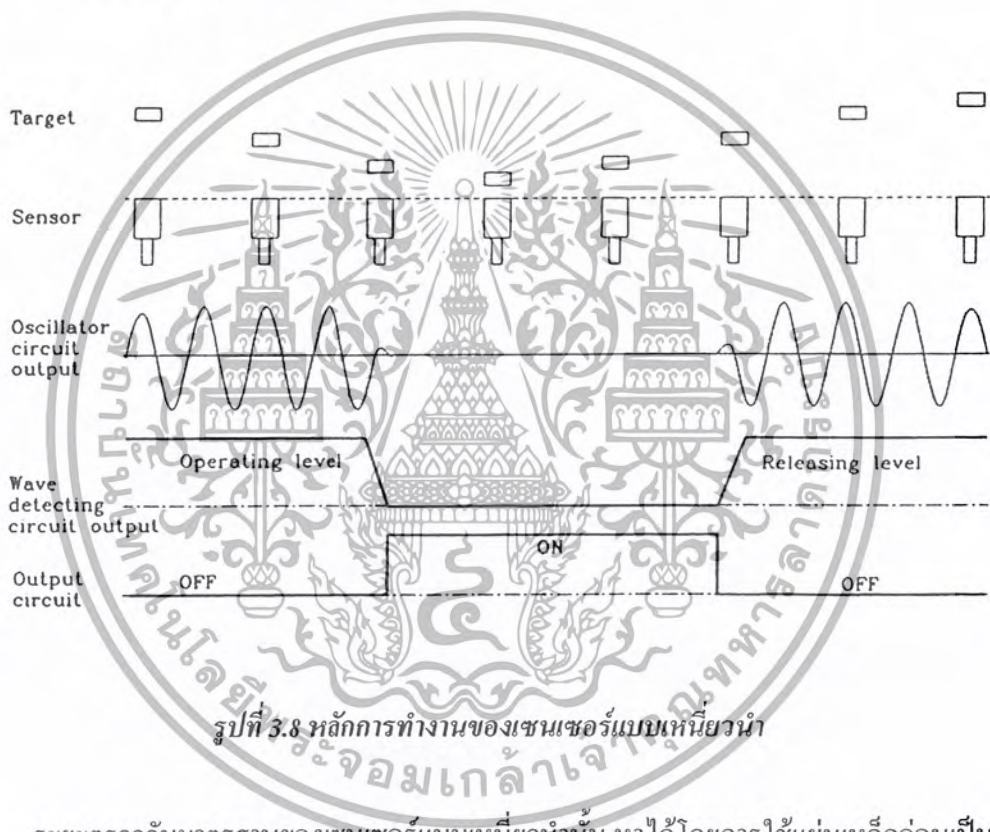


รูปที่ 3.7 แสดงส่วนประกอบของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### หลักการทํางานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

ที่บริเวณส่วนหัว (8) ของเซนเซอร์จะมีสนามแม่เหล็กซึ่งมีความถี่สูง โดยได้รับสัญญาณมาจากวงจรกำเนิดความถี่ (1) ในกรณีที่ไม่มีวัตถุหรือชิ้นงานที่เป็นโลหะเข้ามาอยู่ในบริเวณที่สนามแม่เหล็กสามารถส่งไปถึง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทำให้เกิดการหน่วงออสซิลเลท ลดลงไป หรือบางที่อาจถึงจุดที่หยุดการออสซิลเลท และเมื่อนำเอาวัตถุนั้นออกจากบริเวณตรวจจับ วงจรกำเนิดคลื่นความถี่ก็เริ่มต้นการออสซิลเลทใหม่อีกครั้งหนึ่ง สภาวะดังกล่าวในข้างต้นจะถูกแยกแยะได้ด้วยวงจรถอดรหัสที่อยู่ภายใน (2) และ (3) หลังจากนั้นก็จะส่งผลไปยังเอาต์พุต (5) ว่าให้ทำงานหรือไม่ทำงาน โดยทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับเอาต์พุตว่าเป็นแบบไหน เพื่อเป็นการลดจินตนาการในการทำ ความเข้าใจการทํางานของเซนเซอร์ แสดงด้วยรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 หลักการทํางานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

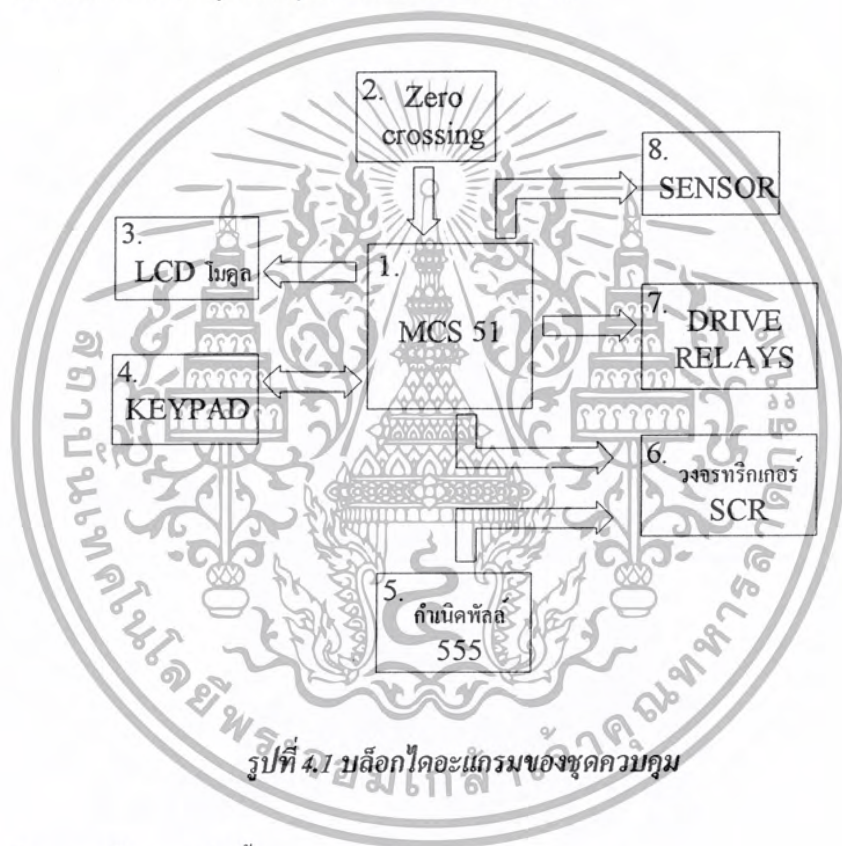
ระยะตรวจจับมาตรฐานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำนั้น หาได้โดยการใส่แผ่นเหล็กอ่อนเป็นวัตถุ นำ หากวัตถุที่ต้องการตรวจจับเป็นโลหะชนิดอื่น เช่น อะลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง ระยะการตรวจจับ ก็จะน้อยลง ทั้งนี้เราสามารถหาค่าได้โดยการเอาค่าตัวประกอบคูณด้วยระยะตรวจจับมาตรฐาน ตัวอย่างเช่น ค่าตัวประกอบของเหล็กอ่อน เท่ากับ 1 ทองเหลือง เท่ากับ 0.35 ทองแดงเท่ากับ 0.25 ดังนั้น หากระยะตรวจจับมาตรฐาน (เหล็กอ่อนเท่ากับ 10 มิลลิเมตร) เมื่อนำไปตรวจจับทองเหลืองก็จะเป็น 3.5 และทองแดงเป็น 2.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ เป็นต้น

## บทที่ 4

### การคำนวณ การออกแบบ และการสร้าง

เนื่องจากการควบคุมพลังงานของเครื่องเชื่อมแบบจุด ใช้การควบคุมแบบเฟสคอนโทรลเต็มลูกคลื่นซึ่งมีเอสซีอาร์สองตัวต่อแบบ Anti - parallel กันอยู่โดยขาเกททั้งสองจะรับสัญญาณจุดชนวน (Trigger) จากวงจรควบคุมสัญญาณจุดชนวนซึ่งจะต้องมีระดับแรงดันที่เพียงพอจะจุดชนวนขาเกทของเอสซีอาร์ โดยมุมจุดชนวนเอสซีอาร์นี้ได้มาจากการคำนวณของไมโครคอนโทรลเลอร์

#### 4.1 ส่วนประกอบของวงจรชุดควบคุม (Control Circuit Part)



รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมของชุดควบคุม

ประกอบด้วยวงจรดังนี้

4.1.1 วงจรต่อภายนอก MCS-51

4.1.2 วงจร Zero Crossing

4.1.3 วงจรต่อแอลซีดี โมดูล

4.1.4 วงจรต่อคีย์แพด

4.1.5 วงจรกำหนดพัลส์ (Pulse)

4.1.6 วงจรขับเอส ซี อาร์ (SCR Drive)

4.1.7 วงจรขับรีเลย์ (Drive Relay)

4.1.8 วงจร Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หลักการและแนวความคิดเบื้องต้นในการสร้างชุดวงจรควบคุม

จากปัญหาของการเชื่อมต่อที่ไม่สามารถควบคุมพลังงานและเวลาในการเชื่อมต่อให้สม่ำเสมอทุกครั้ง ได้ทดลอง ส่งผลให้ชิ้นงานที่ได้ไม่มีความแข็งแรง สวยงาม จึงทำให้เกิดแนวความคิดในการควบคุมพลังงาน และเวลาให้คงที่ อุปกรณ์ที่สามารถควบคุมพลังงานสูงๆ ได้ เช่น เอสซีอาร์ ที่มีการทำงานที่สามารถทนกระแสและแรงดันได้สูง การควบคุมการทำงานของเอสซีอาร์ที่ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสามารถทำได้โดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับขาเกต (Gate) ของเอสซีอาร์ทำให้ของเอสซีอาร์อยู่ในสภาวะนำกระแส ส่วนการหยุดนำกระแสของเอสซีอาร์ก็เพียงหยุดจ่ายแรงดันให้กับขาเกต (เมื่อแรงดันกระแสสลับที่มีรูปคลื่นเป็นไซน์เวฟ (sinewave) มีแรงดันเท่ากับศูนย์เอสซีอาร์ก็จะหยุดทำงาน)

อุปกรณ์อเนกการจุดจนวนมูฟของเอสซีอาร์ที่ใช้แรงดันไฟฟ้าจุดจนวนที่นิยมมากที่สุดคือ TCA 785 ซึ่งสามารถปรับมุมจุดจนวนของเอสซีอาร์ได้แบบเต็มรูปคลื่นนั้นมิใช่คือ มีความเร็วและเที่ยงตรงสูง แต่มีข้อเสียคือ ไม่สามารถปรับเลือกมุมจุดจนวนได้ตรงตามความต้องการ โดยการปรับด้วย ความต้านทานปรับค่าได้ และข้อเสียอีกประการหนึ่ง คือมีราคาแพง ใช้งานได้เฉพาะด้าน ถ้าต้องการเพิ่มฟังก์ชันการใช้งานได้หลากหลายก็ต้องเพิ่มอุปกรณ์อีกหลายอย่าง ทางผู้จัดทำจึงนำเสนอทางเลือกใหม่ โดยการเขียนโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งสามารถเพิ่มฟังก์ชันการใช้งานได้เหมือนกัน เช่น การแสดงผลผ่านทางหน้าจอแอลซีดี (LCD) การป้อนข้อมูลผ่านคีย์แพด (Keypad) การจับสัญญาณ ไซน์เวฟ (sinewave) ฯลฯ

อีกทั้งการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังมีข้อดีอีกสามารถใช้งานได้ง่ายไม่ยุ่งยาก ไม่จำเป็นต้องใช้ คนที่มีทักษะการเชื่อมในการทำงานแต่ก็มีข้อเสียคือ การหน่วงเวลาเนื่องมาจากการประมวลผลคำสั่ง แต่ ถือได้ว่ามีค่าเวลาที่น้อยมากเป็นไมโครวินาที ( $\mu s$ )

อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับรู้สัญญาณที่ต่อเข้ามาเป็นสัญญาณดิจิทัล (1 กับ 0) เพราะฉะนั้นอุปกรณ์ที่นำมาคู่ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องรับรู้การทำงานเป็นดิจิทัลด้วย ซึ่งต่อไปนี้จะกล่าวถึงการออกแบบ การคำนวณ และการสร้างวงจรไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์

### 4.1.1 วงจรต่อภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51)

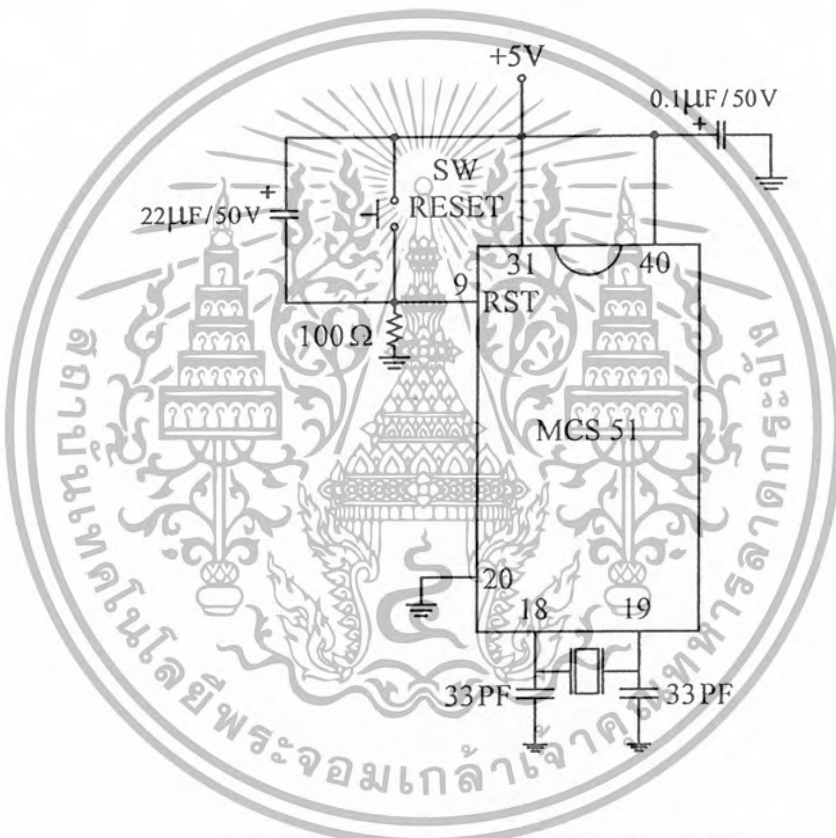
รายการอุปกรณ์

- |   |   |     |
|---|---|-----|
| 1. แหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์                     |   |     |
| 2. คาปาซิเตอร์ 0.1 $\mu F/50 V$             | 1 | ตัว |
| 3. คาปาซิเตอร์ 22 $\mu F/50 V$              | 1 | ตัว |
| 4. สวิตช์กดติดปล่อยดับ (Push button switch) | 1 | ตัว |
| 5. ตัวต้านทาน 100 $\Omega$                  | 1 | ตัว |
| 6. คาปาซิเตอร์ 33 pF                        | 2 | ตัว |
| 7. คริสตอล 12 MHz                           | 1 | ตัว |
| 8. ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (AT89S8252)     |   |     |

### กระบวนการรีเซ็ตใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

การรีเซ็ต (reset) เป็นกระบวนการที่ทำให้ซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์กลับไปเริ่มต้นทำงานใหม่ที่แอดเดรส 0000H ในหน่วยความจำโปรแกรม พร้อมกันนั้นยังส่งผลให้เกิดการเคลียร์ค่าของข้อมูลในรีจิสเตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำให้รีจิสเตอร์ทุกตัวกลับไปสู่สถานะเริ่มต้นทำงานใหม่

ดังนั้นจึงอาจพิจารณาการรีเซ็ตเสมือนเป็นการอินเทอร์รัปต์แบบหนึ่งก็ได้ และค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์แวกเตอร์คือ 0000H ที่แตกต่างกันคือ ในกระบวนการอินเทอร์รัปต์ค่าของรีจิสเตอร์ต่างๆ ก่อนหน้าการอินเทอร์รัปต์จะยังคงอยู่ไม่เปลี่ยนแปลงจนกว่าจะมีการกระทำคำสั่งในโปรแกรมย่อยบริการอินเทอร์รัปต์ แต่ในกรณีรีเซ็ตค่าของรีจิสเตอร์ส่วนใหญ่จะกลายเป็น 00H เว้นแต่รีจิสเตอร์พอร์ตที่จะกลายเป็น OFFH



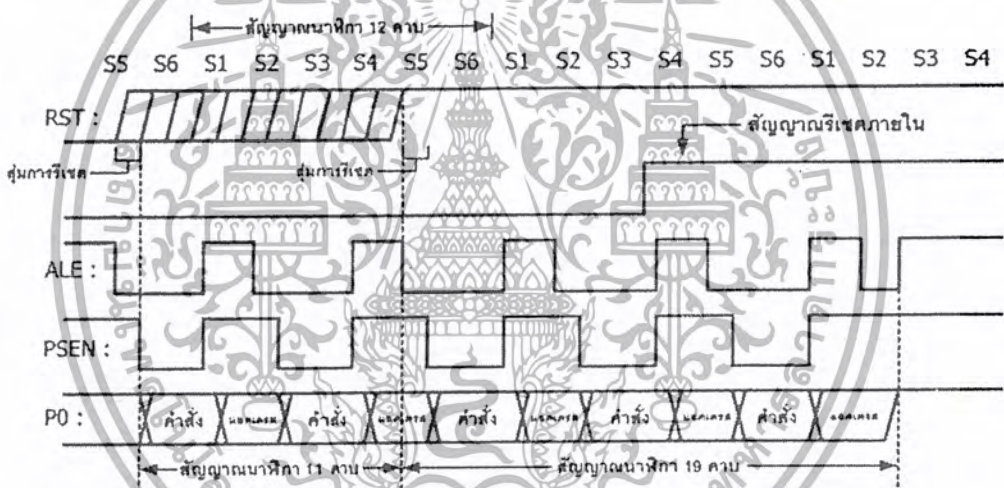
รูปที่ 4.2 การต่อชุดรีเซ็ตให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

### การรีเซ็ตเกิดขึ้นอย่างไร

การเกิดรีเซ็ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เกิดขึ้นได้เพียงกรณีเดียวคือ ที่ขา RST (ขา 9) ได้รับลอจิก “1” อย่างน้อยเป็นเวลา 2 แมกซ์ซีไอเคล็ด หรือ 24 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณยังคงทำงานอยู่ เมื่อเกิดการรีเซ็ตขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสร้างสัญญาณรีเซ็ตภายในขึ้นเพื่อตอบสนองการรีเซ็ตจากภายนอก ดังแสดงไคอะแกรมเวลาของกระบวนการรีเซ็ตภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรูปที่ 4.3

สัญญาณรีเซ็ตที่เกิดขึ้นจากภายนอกจะไม่มีผลสอดคล้องกับสัญญาณนาฬิกาภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่อย่างใด เนื่องจากการรีเซ็ตอาจเกิดขึ้นเมื่อใดก็ได้ โดยจะมีการสุ่มตรวจสอบสถานะลอจิกที่ขา RST ในสแตต 5 เฟส 2 ของทุกแมชชีนไซเคิล เมื่อสามารถตรวจจับลอจิก “1” ที่ขา RST ได้ และเมื่อเกิดสัญญาณรีเซ็ตภายในขึ้น กระบวนการรีเซ็ตของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มต้นขึ้นอย่างเป็นทางการ ขาพอร์ตทั้งหมดยังคงรักษาข้อมูลปัจจุบันไว้ได้อีก 19 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาหลังจากที่ขา RST ได้รับลอจิก “1” จากนั้นก็จะเปลี่ยนแปลงค่ากลายเป็น OFFH ทั้งหมด

สัญญาณ ALE และ PSEN จะกลายเป็นลอจิกสูง เมื่อการรีเซ็ตเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และเมื่อขา RST ถูกทำให้กลายเป็นลอจิกต่ำ อันเป็นการแจ้งให้ทราบว่า สามารถเริ่มต้นกระบวนการทำงานปกติแล้ว สัญญาณ ALE และ PSEN จะเกิดขึ้นใหม่อีกครั้งหลังจากที่ขา RST เป็นลอจิกต่ำ 1-2 แมชชีนไซเคิล ทั้งนี้เพื่อรอให้อุปกรณ์ที่ต่อร่วมอยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ในสภาวะพร้อมทำงาน และสามารถทำงานในจังหวะที่สอดคล้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้อย่างเหมาะสม



รูปที่ 4.3 โดอะแกรมเวลาของกระบวนการรีเซ็ตภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เพาเวอร์ออนรีเซ็ต (Power-On Reset)

เป็นการรีเซ็ตที่เกิดขึ้นหลังจากมีการจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยมีวงจรพื้นฐานเพื่อทำให้เกิดการรีเซ็ตแบบนี้ในรูปที่ 4.2

การทำงานของกรรีเซ็ตแบบนี้ยังคงอยู่บนพื้นฐานที่ว่า ทำให้ขา RST มีสถานะลอจิกเป็น “1” อย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล เมื่อเริ่มต้นจ่ายไฟ ตัวเก็บประจุยังไม่เกิดการประจุไฟฟ้า ทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน เกิดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน ส่งผลให้ขา RST ได้รับแรงดันประมาณ +5V ซึ่งก็คือระดับแรงดันลอจิก “1” โดยตรงจนกระทั่งเวลาผ่านไป ตัวเก็บประจุสามารถประจุแรงดันได้เพิ่มขึ้น ทำให้แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานลดลง และกลายเป็นศูนย์เมื่อตัวเก็บประจุสามารถประจุแรงดันได้อย่างเต็มที่

ดังนั้นการกำหนดค่าของตัวเก็บประจุและตัวต้านทานในวงจรนี้มีความสำคัญต่อการรีเซ็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างมาก เพราะต้องกำหนดให้ค่าเวลาของการประจุแรงดันของตัวเก็บประจุยาวนานมากพอที่จะทำให้ขา RST ได้รับลอจิก “1” อย่างน้อยเป็นเวลา 2 แมกซ์ซีไซเคิล

เมื่อเกิดการจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรกำหนดสัญญาณนาฬิกาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มต้นทำงาน โดยเวลาที่ใช้ในการเริ่มต้นทำงานของวงจรถูกกำหนดสัญญาณนาฬิกาจะขึ้นอยู่กับค่าของคริสตอลที่ใช้ในการกำหนดความถี่ของสัญญาณนาฬิกา ถ้าใช้คริสตอล 10 MHz เวลาที่ใช้ในการเริ่มต้นทำงานของวงจรถูกกำหนดสัญญาณนาฬิกาจะเท่ากับ 1 มิลลิวินาที และถ้าใช้คริสตอล 1 MHz เวลาดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นเป็น 10 มิลลิวินาที

สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่สร้างขึ้นจากเทคโนโลยี CMOS ตัวต้านทานที่ต่ออยู่ภายนอกอาจไม่ต้องต่อ เนื่องจากที่ขา RST มีวงจรถูกกำหนดสัญญาณนาฬิกาไว้แล้ว (พูลดาวน์ : การทำให้สถานะลอจิกที่จุดนั้นเป็น “0” โดยไม่ต้องลงกราวด์โดยตรง)

MCS-51 เบอร์ AT89S8252 นี้จะมีวอตช์ดอกไทเมอร์ (Watchdog Timer) ซึ่งทำงานส่งสัญญาณรีเซ็ตไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เองโดยอัตโนมัติ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดการแฮงค์ หรือเกิดสัญญาณรบกวนไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือหยุดทำงานกะทันหันไม่ว่าด้วยสาเหตุใด เพื่อป้องกันการผิดพลาดของการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เกิดขึ้นให้กลับมาทำงานเหมือนเดิม

#### 4.1.2 วงจร Zero Crossing

รายการอุปกรณ์

- |   |   |     |
|---|---|-----|
| 1. แหล่งจ่ายแรงดัน +12, -12 โวลต์                 |   |     |
| 2. ออปแอมป์เบอร์ LM 741                           | 2 | ตัว |
| 3. ซีร็อกกี้โคโอด                                 | 2 | ตัว |
| 4. ตัวต้านทาน 50 $\Omega$ , 1W                    | 1 | ตัว |
| 5. ทรานซิสเตอร์ BD 139                            | 2 | ตัว |
| 6. ตัวต้านทาน 100 $\Omega$ , 1 k $\Omega$ อย่างละ | 2 | ตัว |

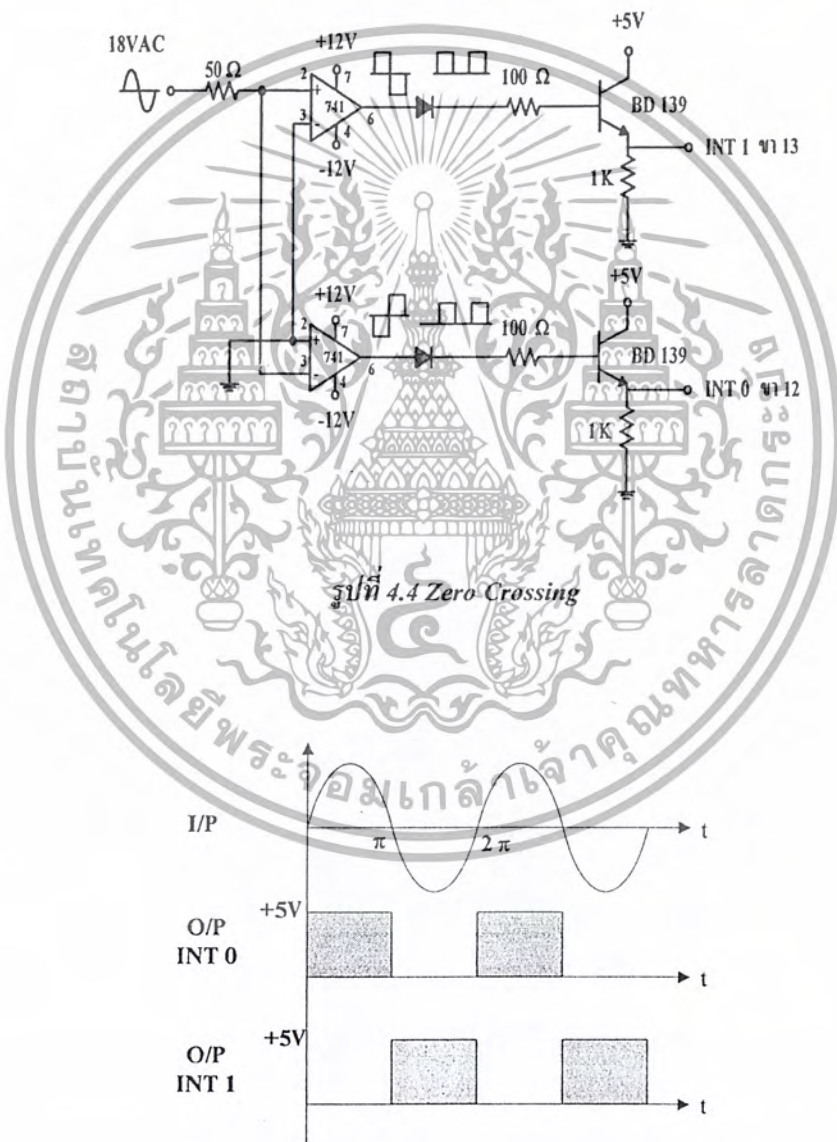
#### วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator)

การทำงานเป็นคอมพาราเตอร์ในขณะที่เปิดดูป็นั้น ออปแอมป์จะสามารถเปรียบเทียบระดับสัญญาณระหว่างขั้วอินพุตทั้งสองได้อย่างค่อนข้างแม่นยำ โดยใช้หลักเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างขั้วอินพุตดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3

การเปรียบเทียบสัญญาณขาอินพุตที่เข้ามาโดยใช้ออปแอมป์เบอร์ 741 ในรูปที่ 4.4 ออปแอมป์ตัวบนจะต่อเป็นแบบวงจรรขยายไม่กลับเฟส และออปแอมป์ตัวล่างจะต่อเป็นวงจรรขยายแบบกลับเฟส เพราะเราต้องการแรงดันซีกบวกออกจากออปแอมป์ทั้งสองตัว ดังนั้นเมื่อมีแรงดันอินพุตเข้ามา ออปแอมป์ตัวบนจะเป็นตัวจับแรงดันซีกบวกเมื่อสัญญาณขาอินพุตเป็นบวกออปแอมป์ตัวบนจะทำงานเป็น

การเปรียบเทียบแรงดันกับกราวด์ มีแรงดันซีกบวกออกจากออปแอมป์ตัวบนไปยังซีร็อกกี้โคโอด เหตุที่ใช้

ซ็อกเก็ตไดโอดเนื่องจากซ็อกเก็ตไดโอดมีความไวในการทำงานสูง และจะเปลี่ยนแรงดันเอซี เป็น คีชี ได้ในเวลาเดียวกัน ก็จะได้กระแสไฟฟ้าคีชีจ่ายให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ BD 139 แล้วนำเอาที่พุดจ่ายให้กับขั้วรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ INT 0 เมื่อแรงดันซายน์ซีกลบเข้ามาออปแอมป์ตัวล่างจะเป็นตัวจับสัญญาณซีกลบ ออปแอมป์ตัวล่างจะทำงานเปรียบเทียบกับแรงดันกับกราวด์ เนื่องจากเป็นวงจรถบายแบบกลับเฟสจึงได้แรงดันซีกบวกออกจากออปแอมป์ ผ่านไปยังซ็อกเก็ตไดโอด และจะเปลี่ยนแรงดันจากเอซี เป็น คีชี จ่ายให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ BD 139 แล้วนำเอาที่พุดจ่ายให้กับขั้วรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ INT 1 เพื่อต่อให้กับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป



รูปที่ 4.5 รูปคลื่นสัญญาณการอินเตอร์รัปต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้ออปแอมป์เป็นอุปกรณ์ในการเปรียบเทียบแรงดันกระแสสลับ โดยใช้ออปแอมป์ 2 ตัว เปรียบเทียบแรงดันซีกบวกและซีกลบ ให้เอาท์พุทเป็นลอจิก 0 และ ลอจิก 1 ขยายกระแสโดยใช้ทรานซิสเตอร์ เอาท์พุทต่อกับขาที่ 12 และ 13 ซึ่งเป็นขาสำหรับอินเทอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

#### 4.1.3 วงจรต่อแอลซีดีโมดูล

##### รายการอุปกรณ์

- |  |   |     |
|--|---|-----|
| 1. จอแอลซีดีโมดูล 2 บรรทัด 16 ตัวอักษร | 1 | ตัว |
| 2. ตัวต้านทานปรับค่าได้                | 2 | ตัว |
| 3. แหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์                |   |     |

##### การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD

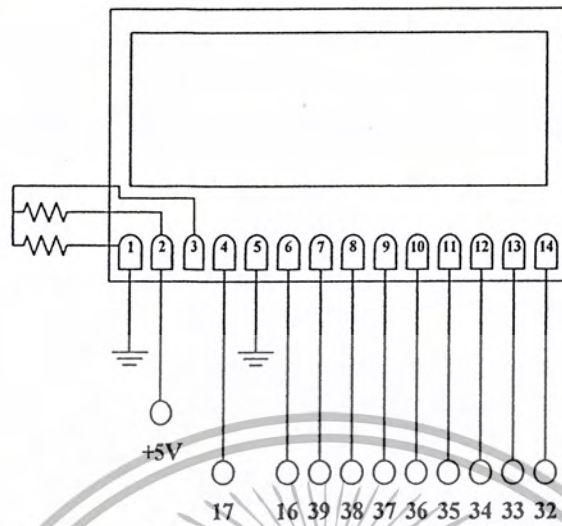
ในการเขียนข้อมูลเพื่อควบคุมให้โมดูล LCD แสดงผลตามที่ต้องการ ผู้ใช้งานต้องการ ต้องส่งคำสั่ง (Instruction) แล้วกำหนดโหมดการทำงานให้แก่โมดูล LCD ก่อน จากนั้นจึงค่อยส่งข้อมูล (data) ที่ต้องการแสดงผล เนื่องจากบิตข้อมูลของโมดูล LCD มี 8 เส้นคือ D0-D7 และใช้เป็นทางผ่านของทั้งคำสั่งและข้อมูล ดังนั้นในการส่งคำสั่งและข้อมูลจึงต้องอาศัยการกำหนดสัญญาณลอจิกที่ขา RS ถ้าหากที่ขา RS ได้ลอจิก “0” หมายความว่า ข้อมูลที่ป้อนให้แก่โมดูล LCD ขณะนั้นเป็นคำสั่ง ในทางตรงข้าม หากขา RS ได้รับลอจิก “1” ข้อมูลที่ป้อนให้ขณะนั้นเป็นข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผล

เมื่อต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูลใน CGRAM และ DDRAM เริ่มต้นต้องกำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อน โดยใช้คำสั่งเลือกแอดเดรส จากนั้นกำหนดให้ขา RS เป็น “1” เพื่อแจ้งให้ตัวควบคุมภายในโมดูล LCD ทราบว่าข้อมูลที่ปรากฏต่อไปนี้เป็นข้อมูลปกติไม่ใช่คำสั่ง

ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “1” ข้อมูลขนาด 8 บิต (หรือ 4 บิต) ก็จะปรากฏบนบิตข้อมูล ทราบว่าข้อมูลที่ปรากฏต่อไปนี้เป็นข้อมูลปกติไม่ใช่คำสั่ง

ในกรณีที่ต้องการเขียนข้อมูล เมื่อกำหนดแอดเดรสและป้อนลอจิก “1” ให้ขา RS แล้ว แล้วต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “0” ข้อมูลที่อยู่บนบิตข้อมูลจะถูกเขียนลงในรีจิสเตอร์ DR จากนั้นจึงถ่ายทอดลงใน DDRAM ต่อไป

โดยปกติขา 3 จะต่อกับตัวต้านทานปรับค่าได้ เพื่อปรับความเข้มของหน้าจอลอจิก แต่ในที่นี้จะใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้โดยไม่จำเป็นต้องปรับ ขา 5 จะต่อลงกราวด์เนื่องจากเราต้องการเขียนอย่างเดียว ไม่ต้องการอ่านแอลซีดี ส่วนขา 15-16 บางรุ่นก็จะมี บางรุ่นก็ไม่มี ถ้ามีขา 15 ต่อ +5 โวลต์, ขา 16 ต่อลงกราวด์ ซึ่งเป็นไฟเลี้ยง back light บนจอลอจิก ส่วนขา 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 และ 14 จะต่อกับขา 17, 16, 39, 38, 37, 36, 35, 34, 33, 32 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามลำดับ



ขามโครคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 4.6 การต่อใช้งานแอลซีดีโมดูล

#### 4.1.4 วงจรต่อกีย์แพด

รายการอุปกรณ์

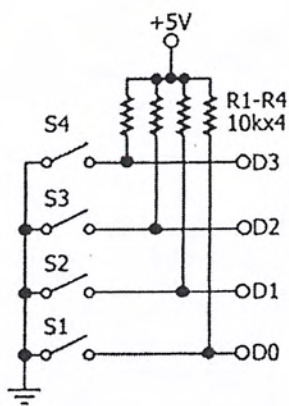
1. สวิตช์กดคิดปัสตีย์
2. ตัวต้านทาน (R pack) 5 ขา, 10 k $\Omega$
3. แหล่งจ่าย +5 โวลต์

16 ตัว

1 ตัว

การเชื่อมต่อกับคีย์แพดหรือสวิตช์เมตริกซ์ 4x3 จุด

การอ่านค่าหรือรับค่าการกดสวิตช์เป็นอีกงานหนึ่งที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องสามารถรองรับและเชื่อมต่อใช้งานร่วมด้วยได้วงจรของสวิตช์มีด้วยกัน 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ ต่อเข้ากับไฟเลี้ยงหรือกราวด์โดยตรง เมื่อสวิตช์ตัวใดต่อวงจรสามารถอ่านค่าได้โดยตรง ดังในรูปที่ 4.7 วงจรในลักษณะนี้ไม่มีความซับซ้อน สามารถอ่านค่าของสวิตช์ได้ง่ายและรวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือ ถ้าหากจำนวนของสวิตช์มีมาก จำนวนของสายข้อมูลก็จะมีมากตาม ทำให้ระบบหรือวงจรโดยรวมมีขนาดใหญ่และสิ้นเปลือง



รูปที่ 4.7 วงจรของสวิตช์แบบต่อเข้ากับไฟเลี้ยงและกราวด์



รูปที่ 4.8 วงจรเชื่อมต่อคีย์แพดเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51



การเชื่อมต่อคีย์แพดเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

มีตัวอย่างวงจรแสดงในรูปที่ 4.8 จะใช้พอร์ต 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อเข้ากับคีย์แพดทั้ง 7 เส้นคือ สายของคอลัมน์ 3 สาย C0-C2 และสายทางโรว์หรือแถวอีก 4 สายคือ R0-R3 โดยเฉพาะที่ขาพอร์ต P2.0-P2.3 จะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัปไว้เพื่อกำหนดสถานะเริ่มต้นที่ไม่มีการกดคีย์ โดย

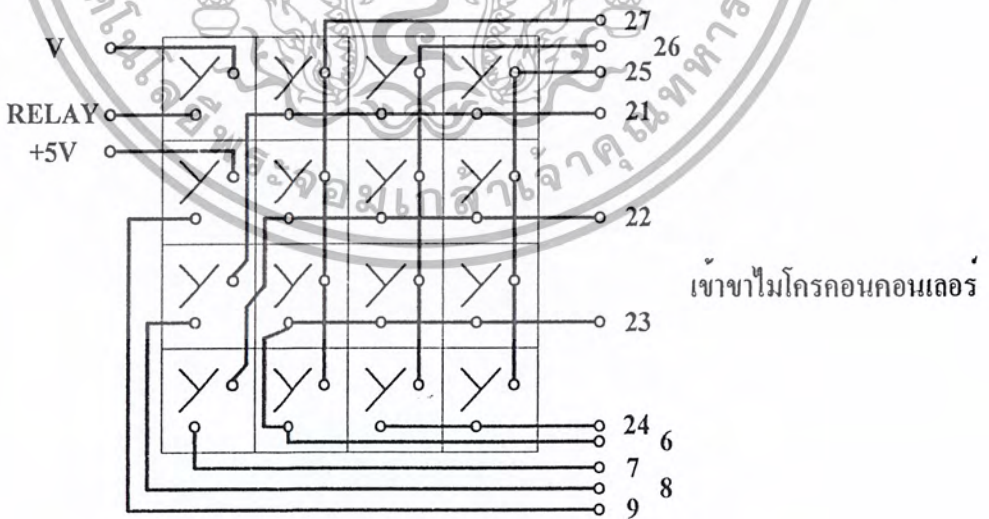
ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งข้อมูล “0” ไปยัง P2.6, P2.5 และ P2.4 ตามลำดับ ในทุกครั้งที่มีการตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลไปยังสายคอถัมภ์ของคีย์แพดไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านค่าที่ P2.0-P2.3 เข้ามาด้วย หากไม่มีการกด ค่าของ P2.0-P2.3 ก็จะเป็น “1” ทั้งหมด ถ้าหากมีการกดคีย์ ค่าของ P2.0-P2.3 ก็จะไม่เป็น 1111 อีกต่อไป เป็นการแจ้งให้ทราบว่า มีการกดคีย์แพดขึ้นแล้ว จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการค้นหาตำแหน่งต่อไป โดยการค้นหาตำแหน่งสิ่งที่จะได้มาอย่างแรกคือ ค่าตำแหน่งของคีย์นั้น จากนั้นก็จะนำค่าตำแหน่งนั้น ไปเปิดตารางข้อมูล เพื่อจะได้หมายเลขของคีย์ที่กดอย่างแท้จริง

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|  | 1   | 2 | 3   |
| RS  | 4   | 5 | 6   |
|  | 7   | 8 | 9   |
|  |  | 0 |  |

รูปที่ 4.9 รูปแบบของสวิตช์คีย์แพด



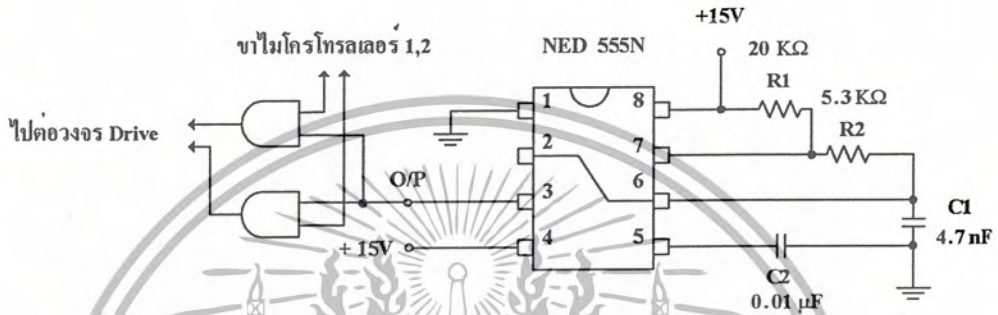
รูปที่ 4.10 การต่อคีย์แพดเข้ากับขามโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.5 วงจรกำเนิดพัลส์

รายการอุปกรณ์

|  |   |     |
|--|---|-----|
| 1. IC เบอร์ 555                            | 1 | ตัว |
| 2. IC เบอร์ MC 14081 แอนแกด                | 1 | ตัว |
| 3. แหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์                    |   |     |
| 4. ตัวต้านทาน 1/4 W 50 Ω, 15.35 kΩ อย่างละ | 1 | ตัว |
| 5. คาปาซิเตอร์ 4.7 nF, 0.01 μF อย่างละ     | 1 | ตัว |



รูปที่ 4.11 การต่อวงจรกำเนิดพัลส์

IC กำเนิดความถี่ที่ต้องการ ใช้สัญญาณ +5 โวลต์ที่มีความถี่ 10 kHz เพื่อนำสัญญาณที่ได้มาแอน (AND) กับสัญญาณทริกที่ไมโครคอนโทรลเลอร์คำนวณออกมาเพื่อไปทริกขาเกต ของ มอสเฟต ในวงจร ขับ เอสซีอาร์ เราสามารถหาค่าความต้านทาน ค่าตัวเก็บประจุและความถี่ได้จากสูตร

IC กำเนิดความถี่ที่ต้องการ ใช้ความถี่ที่ 10 kHz ในการทริก SCR สามารถคำนวณโดย การเพิ่ม RC ให้แก่ IC 555 จากสูตรต้องการเวลา  $T_{on}$  50% ,  $T_{off}$  50% หรือ Duty Cycle 50 %

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

$$T2 = R2 C1 \ln 2 = 0.693 R2 C1$$

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

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

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

$$T1 = 0.693 (20 \text{ k} + 5.3 \text{ k}) \times 4.7 \text{ nF} = 82.4 \mu\text{s}$$

$$T2 = 0.693 (5.3 \text{ k}) 4.7 \text{ nF} = 17.26 \mu\text{s}$$

$$f = 1.443 / [(20 \text{ k} + 2(5.3 \text{ k})) 4.7 \text{ nF}] = 10 \text{ kHz} \quad \#$$

$$R1 = 50 \Omega$$

$$R2 = 15.35 \text{ k}\Omega$$

$$C1 = 4.7 \text{ nF}$$

$$C2 = 0.01 \mu\text{F}$$

$C2 = 0.01 \mu F$

หา Timer (หาเวลา  $T_{HI}, T_{LO}$ ) Timer ขนาด 16 bit

ใช้ XTAL 12 MHz  $T = C(12) / (f_{XTAL}) = 1 \text{ m/c} = 1 \mu s$

ที่ Sine 50 Hz คาบเวลา 1 Cycle =  $1/50 \text{ s} = 20 \text{ ms}$

พิจารณาที่ 1/2 Cycle  $(20\text{ms})/2 = 10 \text{ ms}$

1/2 Cycle =  $180^\circ$  ใช้เวลา 10 ms

$1^\circ$  จะใช้เวลา  $10 \text{ ms} / 180^\circ = 55.5555 \mu s$

ที่  $1^\circ = 55.5555 \mu s / 1 \mu s = 37H; 0H - 37H = FFC9$

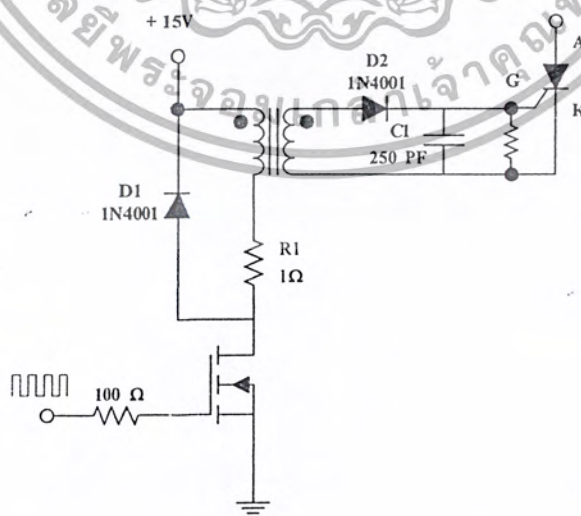
TH = FF

TL = C9

4.1.6 วงจรการขับ เอส ซี ออร์ (SCR Drive)

รายการอุปกรณ์

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



รูปที่ 4.12 วงจรการทริกขานเกตของ เอส ซี ออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรนี้เป็นวงจรทริกขาของเอสซีอาร์ ทำการแยกกราวด์ของระบบเพาเวอร์กับระบบคอนโทรล เพื่อป้องกันทางด้านแรงดันต่ำกับแรงดันสูง และสัญญาณรบกวนต่างๆ ที่จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดการแสก่

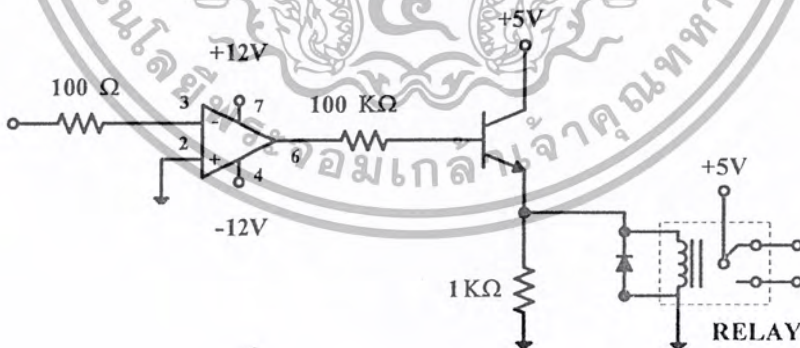
#### 4.1.7 วงจรการขับรีเลย์ (Relay Drive)

รายการอุปกรณ์

|                                    |   |     |
|------------------------------------|---|-----|
| 1. ทรานซิสเตอร์ BD139              | 3 | ตัว |
| 2. ตัวต้านทาน 1/4 W 100 k $\Omega$ | 2 | ตัว |
| 3. ตัวต้านทาน 1/4 W 1 k $\Omega$   | 2 | ตัว |
| 4. ตัวต้านทาน 1/4 W 100 $\Omega$   | 2 | ตัว |
| 5. ออปแอมป์ 741                    | 1 | ตัว |
| 6. รีเลย์ขนาดคอยล์ 6 V             | 2 | ตัว |
| 7. แหล่งจ่ายไฟ +12V, -12V, 5V      |   |     |

วงจรการขับรีเลย์

อาศัยหลักการของออปแอมป์และวงจรถายกระแสโดยใช้ทรานซิสเตอร์ในรูปที่ 4.13 โดยใช้ ออปแอมป์ ขยายกระแสให้กับขามขของทรานซิสเตอร์ เพื่อขยายกระแสให้กับรีเลย์อีกทีหนึ่ง วงจรนี้เป็น วงจรเป็นวงจรที่นำไปขับ ไมโครคอนโทรลเลอร์อีกทีหนึ่ง เพราะเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดการรีเซต สภาวะทุกขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะมีค่าเป็นลอจิก "1" แล้วจะ ไปผ่านวงจรแอนด์ เพื่อทำให้ขา ที่จะนำไปใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์มีค่าเป็น ลอจิก "0" ก่อน

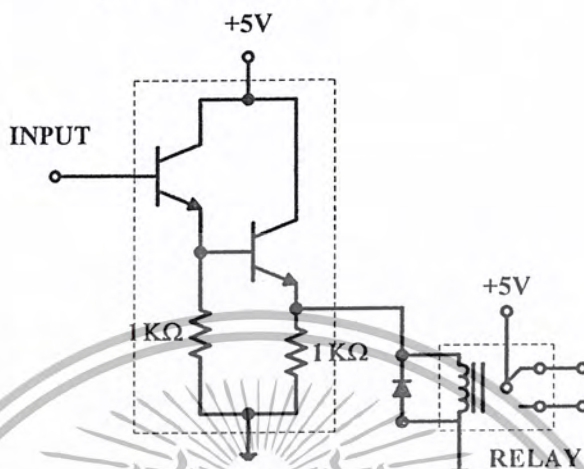


รูปที่ 4.13 วงจรการขับรีเลย์

ในรูปที่ 4.13 เป็นวงจรการขับรีเลย์แบบใช้ทรานซิสเตอร์ต่อแบบคาร์ลิงตัน เนื่องจากวงจรถายกระแสของคาร์ลิงตัน จะอาศัยหลักการทำงานคือ ทรานซิสเตอร์ตัวแรกจะรับอินพุตเข้าที่ขาเบส จากนั้นทำ

การขยายกระแสให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 ค่อยไป จากหลักการนี้ จะได้กระแสที่เพิ่มขึ้นเพื่อไป ขับรีเลย์ได้ จะนำไปใช้ในการตัดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ชุดขยายกระแสแบบคาร์ดิงตัน



รูปที่ 4.14 วงจรคาร์ดิงตันขับรีเลย์

#### 4.1.8 วงจรการทำงานของเซนเซอร์

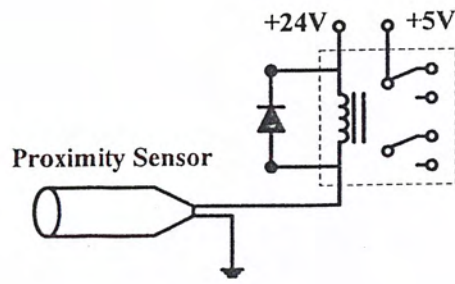
รายการอุปกรณ์

- |   |   |     |
|---|---|-----|
| 1. รีเลย์ คอยล์ 24 V  | 1 | ตัว |
| 2. ฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ 12 - 24 โวลต์ OMRON ชนิด ความเหนียวนำ | 1 | ตัว |
| 3. แหล่งจ่ายไฟ 24V, 5 V                                       |   |     |

#### เซนเซอร์แบบเหนียวนำ

ที่บริเวณส่วนหัวของเซนเซอร์จะมีสนามแม่เหล็กซึ่งมีความถี่สูง โดยได้รับสัญญาณมาจากวงจรกำเนิดความถี่ ในกรณีที่มีวัตถุหรือชิ้นงานที่เป็น โลหะเข้ามาอยู่ในบริเวณที่สนามแม่เหล็กสามารถส่งไปถึง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนียวนำ จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ ทำให้เกิดการหน่วงออสซิลเลท ลดลงไป หรือบางทีอาจถึงจุดที่หยุดการออสซิลเลท และเมื่อนำเอาวัตถุนั้นออกจากบริเวณตรวจจับ วงจรกำเนิดคลื่นความถี่ก็เริ่มต้นการออสซิลเลทใหม่อีกครั้งหนึ่ง สภาวะดังกล่าวในข้างต้นจะถูกแยกแยะได้ด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ภายใน หลังจากนั้นก็จะส่งผลไปยังเอาท์พุท ว่าให้ทำงานหรือไม่ทำงาน

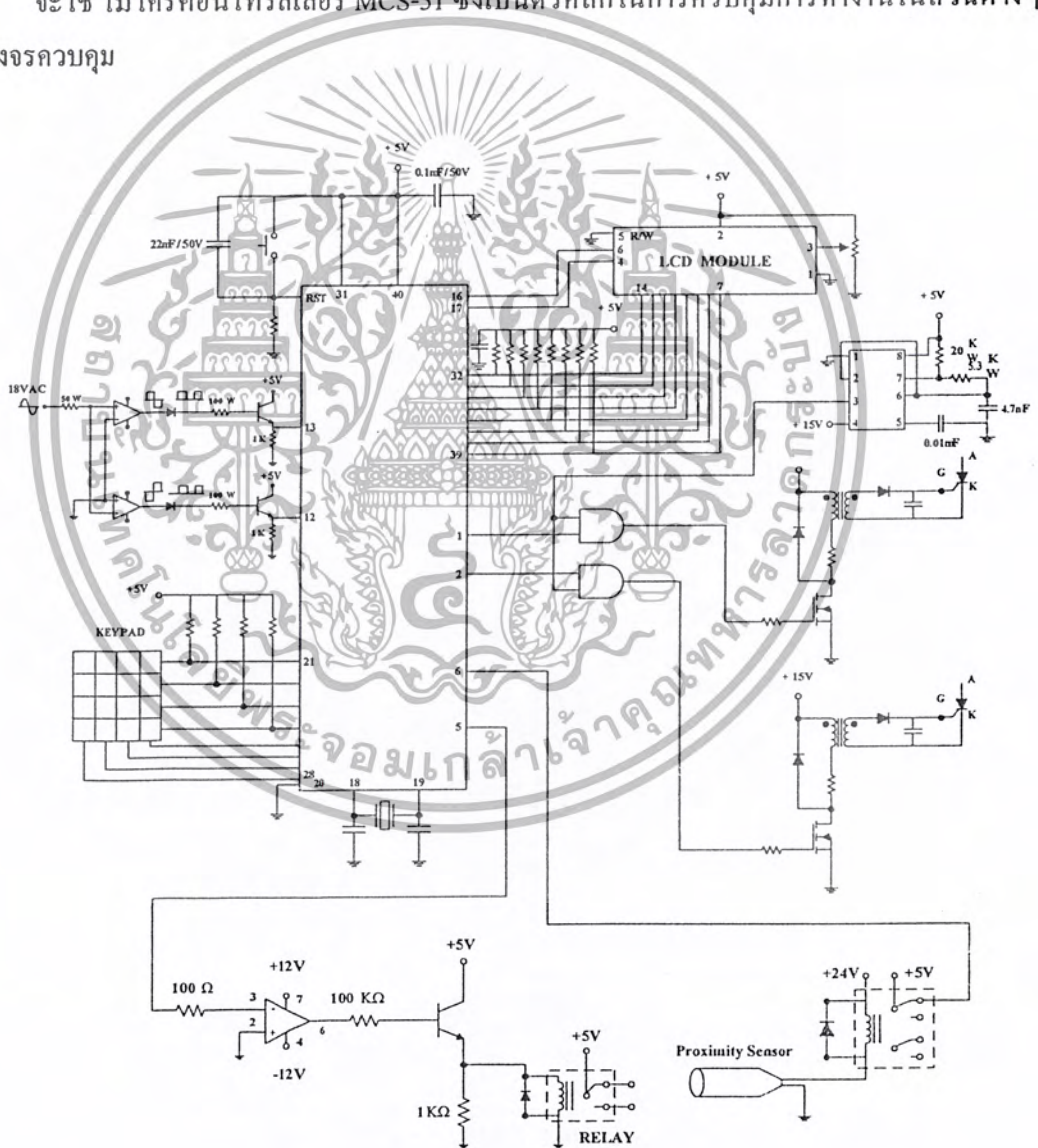
ในส่วนของฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ จะใช้เป็นวงจรในการควบคุมวงจรคอนโทรล เพื่อไปควบคุมเอาท์พุท โดยจะใช้ในการจับระยะของหัวเชื่อมเมื่อเกิดการเชื่อมชิ้นงาน แล้วต่อเข้าไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ในลำดับต่อไป



รูปที่ 4.15 วงจรการทำงานของพร็อกซิมีตีเซ็นเซอร์

#### 4.2 วงจรควบคุม

จะใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งเป็นตัวหลักในการควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆ ของวงจรควบคุม



รูปที่ 4.16 วงจรควบคุม

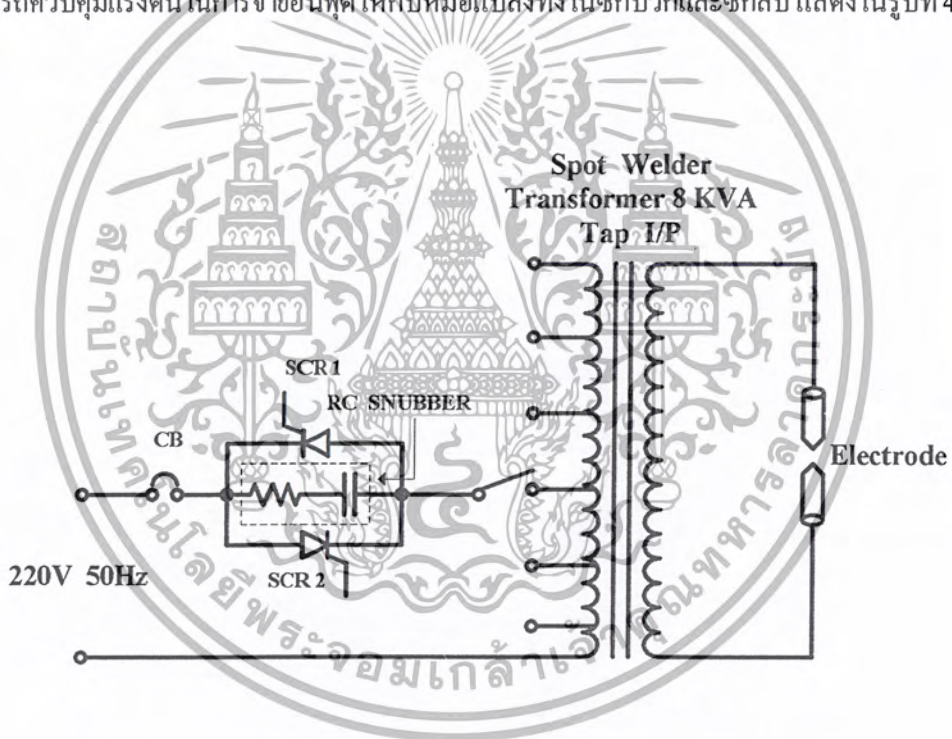
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 วงจรกำลัง

รายการอุปกรณ์

1. เครื่องเชื่อมแบบจุด ขนาด 8 kVA ประกอบด้วย
  - 1.1 หม้อแปลง ขนาด 8 kVA 220V/24 - 12 V เป็นชนิดแท็ปอินพุต
  - 1.2 ชุดกระแสเคื่องโดยใช้แท็กค
  - 1.3 หัวเชื่อมแบบลอค
2. เอส ซี อาร์ ขนาด 1,400 V , 70 A ต่อแบบ Anti - parallel
3. เซอร์คิตเบรกเกอร์ ขนาด 40 AT

ในวงจรกำลังจะประกอบด้วยหม้อแปลงซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการจ่ายกระแสเชื่อมให้กับหัวเชื่อม โดยควบคุมปริมาณกระแสโดยใช้แอลซีอาร์ แบบเฟสคอนโทรล ซึ่งจะเป็นการต่อแบบสองทิศทาง คือจะสามารถควบคุมแรงดันในการจ่ายอินพุตให้กับหม้อแปลงทั้งในซีกบวกและซีกลบ แสดงในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 วงจรกำลัง

### 4.4 โปรแกรมและการคำนวณ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องอาศัยฐานเวลาในการทำงานแต่ละคำสั่ง โดยอาศัย สัญญาณนาฬิกา ซึ่งเกิดจากอุปกรณ์ คริสตัล/XTAL ซึ่งมีให้เลือกใช้กันหลายความถี่ เช่น 4 MHz , 11.0592 MHz , 12 MHz ในชุดควบคุมนี้เลือกใช้ 12 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

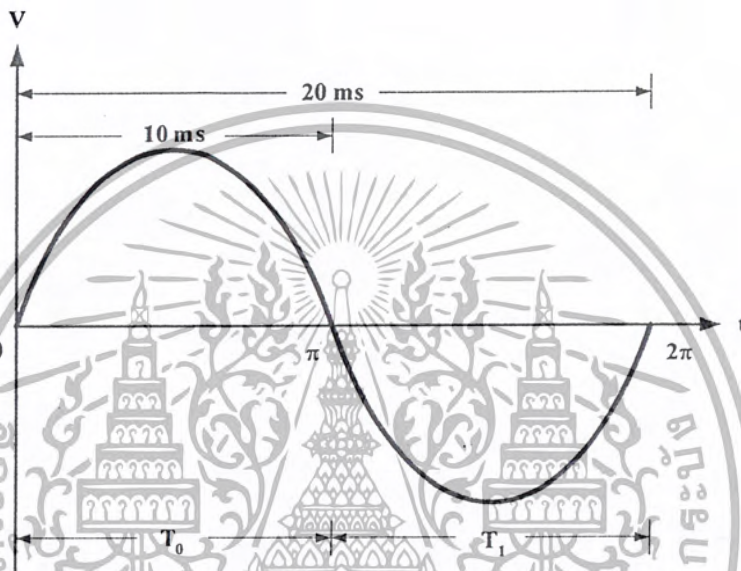
การคำนวณฐานเวลา ต่อ 1 คำสั่ง

$$XTAL\ 12\ MHz$$

$$T = C \times \frac{12}{f_{XTAL}}$$

$$1\ m/c = 1\ \mu s$$

การคำนวณมุมทริกกำหนดให้ Timer ของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.18 แสดงการคำนวณฐานเวลามุมทริกแบบคลื่น ซายน์

ที่ แรงดันซายน์ 50Hz คาบเวลา 1 ไซเคิล = 1/50 วินาที = 20 ms

พิจารณาที่ 1/2 ไซเคิล = 20 ms/2 = 10 ms

1/2 ไซเคิล = 180° ใช้เวลา 10 ms

จะใช้เวลา 10 ms/180 = 55.5555 μs

ที่ 1° = 55.5555 μs/1 μs = 37H

หาคาบเวลา Timer ให้ Timer โอเวอร์โฟลว์

$$00H - 37H = FFC9H$$

$$TH = FF$$

$$TL = C9$$

ใช้ Timer 16 บิต เนื่องจากรีจิสเตอร์มีขนาด 8 บิต ซึ่งต้องเก็บค่าไว้เป็น 2 ส่วน คือ TH และ TL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การคำนวณหามุมทริกให้ Timer โอเวอร์โฟลว์

|              |              |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1° = FFC9H   | 2° = FF91H   | 3° = FF5AH   | 4° = FF22H   | 5° = FEEBH   |
| 6° = FEB3H   | 7° = FEB3H   | 8° = FE44H   | 9° = FDD5H   | 10° = FDD5H  |
| 11° = FD9DH  | 12° = FD66H  | 13° = FD2EH  | 14° = FCF7H  | 15° = FCBFH  |
| 16° = FC88H  | 17° = FC50H  | 18° = FC19H  | 19° = FBE1H  | 20° = FBA9H  |
| 21° = FB72H  | 22° = FB3AH  | 23° = FB03H  | 24° = FACBH  | 25° = FA94H  |
| 26° = FA5CH  | 27° = FA25H  | 28° = F9EDH  | 29° = F9B5H  | 30° = F97EH  |
| 31° = F946H  | 32° = F90FH  | 33° = F8D7H  | 34° = F8A0H  | 35° = F868H  |
| 36° = F831H  | 37° = F7F9H  | 38° = F78AH  | 39° = F78AH  | 40° = F752H  |
| 41° = F716H  | 42° = F6E3H  | 43° = F6ACH  | 44° = F674H  | 45° = F63DH  |
| 46° = F605H  | 47° = F5CDH  | 48° = F596H  | 49° = F55EH  | 50° = F527H  |
| 51° = F4EFH  | 52° = F4B8H  | 53° = F480H  | 54° = F449H  | 55° = F411H  |
| 56° = F3D9H  | 57° = F3A3H  | 58° = F36AH  | 59° = F333H  | 60° = F2FBH  |
| 61° = F2C4H  | 62° = F28CH  | 63° = F255H  | 64° = F21DH  | 65° = F1E5H  |
| 66° = F1AEH  | 67° = F176H  | 68° = F13FH  | 69° = F107H  | 70° = F0D0H  |
| 71° = F098H  | 72° = F061H  | 73° = F029H  | 74° = EFF1H  | 75° = EFBAH  |
| 76° = EF82H  | 77° = EF4BH  | 78° = EF13H  | 79° = EEDCH  | 80° = EEA4H  |
| 81° = EE6DH  | 82° = EE35H  | 83° = EDFDH  | 84° = EDC6H  | 85° = ED8EH  |
| 86° = ED57H  | 87° = ED1RH  | 88° = ECE8H  | 89° = ECB0H  | 90° = FC79H  |
| 91° = FC41H  | 92° = EC09H  | 93° = EBD2H  | 94° = EB9AH  | 95° = EB63H  |
| 96° = EB2BH  | 97° = EAF4H  | 98° = EABCH  | 99° = EA85H  | 100° = EA4DH |
| 101° = EA15H | 102° = E9DEH | 103° = E9A6H | 104° = E96FH | 105° = E937H |
| 106° = E900H | 107° = E8C8H | 108° = E891H | 109° = E859H | 110° = E821H |
| 111° = E7EAH | 112° = E7B2H | 113° = E77BH | 114° = E743H | 115° = E70CH |
| 116° = E6D4H | 117° = E69DH | 118° = E665H | 119° = E62DH | 120° = E5F6H |
| 121° = E5BEH | 122° = E587H | 123° = E54FH | 124° = E518H | 125° = E4E0H |
| 126° = E4A9H | 127° = E471H | 128° = E439H | 129° = E402H | 130° = E3CAH |
| 131° = E393H | 132° = E35BH | 133° = E324H | 134° = E2ECH | 135° = E2B5H |
| 136° = E27DH | 137° = E245H | 138° = E20EH | 139° = E1D6H | 140° = E19FH |
| 141° = E167H | 142° = E130H | 143° = E0F8H | 144° = E0C1H | 145° = E089H |
| 146° = E051H | 147° = E01AH | 148° = DFE2H | 149° = DFABH | 150° = DF73H |
| 151° = DF3CH | 152° = DF04H | 153° = DECDH | 154° = DE95H | 155° = DE5DH |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การคำนวณหาหมุดทริกให้ Timer โอเวอร์โฟลว์ (ต่อ)

|              |              |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 156° = DE26H | 157° = DDEEH | 158° = DDB7H | 159° = DD7FH | 160° = DD48H |
| 161° = DD10H | 162° = DCD9H | 163° = DCA1H | 164° = DC69H | 165° = DC32H |
| 166° = DBFAH | 167° = DBC3H | 168° = DB8BH | 169° = DB54H | 170° = DB1CH |
| 171° = DAE5H | 172° = DAADH | 173° = DA75H | 174° = DA3EH | 175° = DA06H |
| 176° = D9CFH | 177° = D997H | 178° = D960H | 179° = D928H | 180° = D8F1H |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### การทดลอง และผลการทดลอง

#### 5.1 บทนำ

ในบทนี้จะแสดงถึงการทดลองและผลการทดลองการเชื่อมแบบจุด โดยการวัดสัญญาณแรงดันและกระแสอินพุตขณะทำการเชื่อม โดยได้นำวัสดุ (ชิ้นงาน) ที่ใช้กันตามท้องตลาดมาทำการทดลอง

#### 5.2 การทดลอง

##### อุปกรณ์

- เครื่องเชื่อมแบบจุด

- ชิ้นงานที่นำมาทดลองเชื่อม

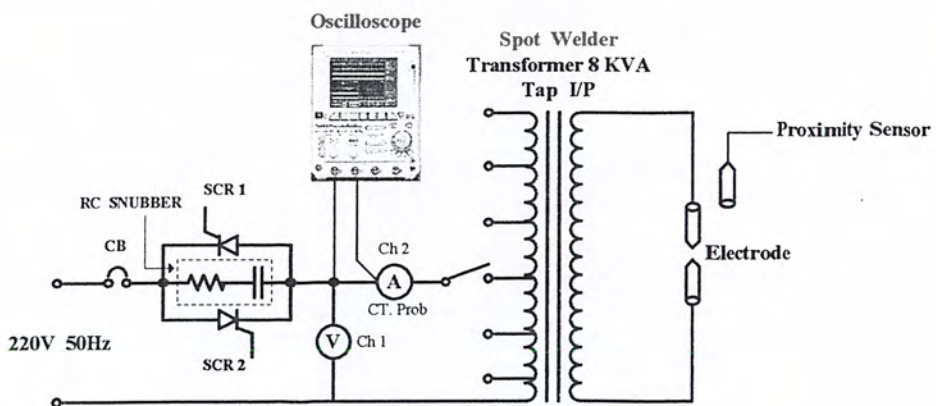
- 1 เหล็กอบตึงกะสี ความหนา 0.4 มิลลิเมตร, 0.5 มิลลิเมตร
- 2 สแตนเลส ความหนา 0.4 มิลลิเมตร, ความหนา 0.55 มิลลิเมตร
- 3 อะลูมิเนียมชุบโครเมียม ความหนา 0.35 มิลลิเมตร
- 4 อะลูมิเนียม ความหนา 0.8 มิลลิเมตร
- 5 อะลูมิเนียมเนื้อแข็ง ความหนา 0.5 มิลลิเมตร
- 6 อะลูมิเนียมเนื้ออ่อน ความหนา 0.7 มิลลิเมตร

- Oscilloscope

1. Prob x 100
2. Current Prob

- ชุดควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้น

ทำการทดลองตามวงจรแสดงดังรูปที่ 5.1 โดยวัดค่าแรงดันและกระแสอินพุตขณะเชื่อม และเก็บผลลัพธ์ชิ้นงานที่ได้การเชื่อม โดยเชื่อมในช่วงเวลาที่เท่ากัน และมุมทริกเหมือนกัน (ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของชิ้นงานที่นำมาเชื่อมเพราะค่าความต้านทานของชิ้นงาน ไม่เท่ากัน)



รูปที่ 5.1 แสดงวงจรการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

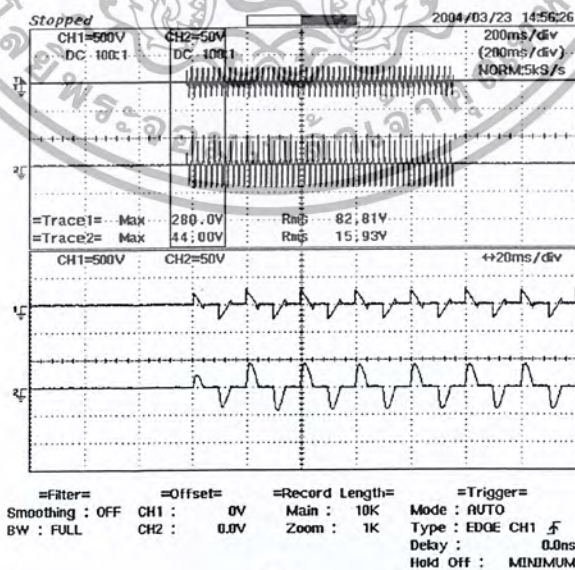
## 5.3 ผลการทดลอง

## ตารางที่ 5.1 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต

เหล็กอบสังกะสี ความหนา 0.4 มิลลิเมตร

| % Voltage | มมทริก (องศา) | เวลา 1 วินาที (50 Cycle) |                      |                     |               | เวลา 2 วินาที (100 Cycle) |                      |                     |               |
|-----------|---------------|--------------------------|----------------------|---------------------|---------------|---------------------------|----------------------|---------------------|---------------|
|           |               | ลักษณะ รอยเชื่อม         | แรงดัน อินพุต (Vrms) | กระแส อินพุต (Arms) | กำลัง งาน (S) | ลักษณะ รอยเชื่อม          | แรงดัน อินพุต (Vrms) | กระแส อินพุต (Arms) | กำลัง งาน (S) |
| 39        | 110           | ทะเล                     | -                    | -                   | -             | -                         | -                    | -                   | -             |
| 36        | 115           | ดีด                      | 106.3                | 19.46               | 2268.5        | ดีด                       | 100.4                | 14.71               | 1476.9        |
| 33        | 120           | ดีด                      | 88.6                 | 16.83               | 1491.1        | ดีด                       | 108.6                | 10.84               | 1177.2        |
| 31        | 125           | ดีด                      | 72.16                | 10.97               | 791.6         | ดีด                       | 91.34                | 11.88               | 1085.1        |
| 28        | 130           | ไม่ดีด                   | 63.4                 | 9.279               | 588.3         | ไม่ดีด                    | 68.34                | 8.619               | 589           |

จากตารางที่ 5.1 ทำให้ทราบว่าที่มุมทริก 125 องศา (ทั้งที่ 50 ไซเคิลและ 100 ไซเคิล) สามารถเชื่อมชิ้นงานดีดและจะเห็นได้ว่าเป็นการประหยัดพลังงานมากที่สุดจึงนำค่านี้ไปเสดค่าในโหมดอัตโนมัติ นั่นเอง หรืออาจใช้ค่าที่มุมทริก 120 องศาเซดค่าก็ได้ เพราะที่มุมนี้จะมีรอยเชื่อมที่แข็งแรงกว่ามุม 125 แต่ ก็สูญเสียพลังงานมากกว่าด้วยเช่นกัน จึงควรพิจารณาความเหมาะสม ที่มุมทริก 110 องศาเป็นการเชื่อมชิ้นงานที่เปลืองพลังงานมากเกินไปจึงทำให้ชิ้นงานทะเล เช่นเดียวกันที่มุมทริก 130 องศาไม่สามารถเชื่อมชิ้นงานดีดได้เพราะเปลืองพลังงานน้อยเกินไปนั่นเอง

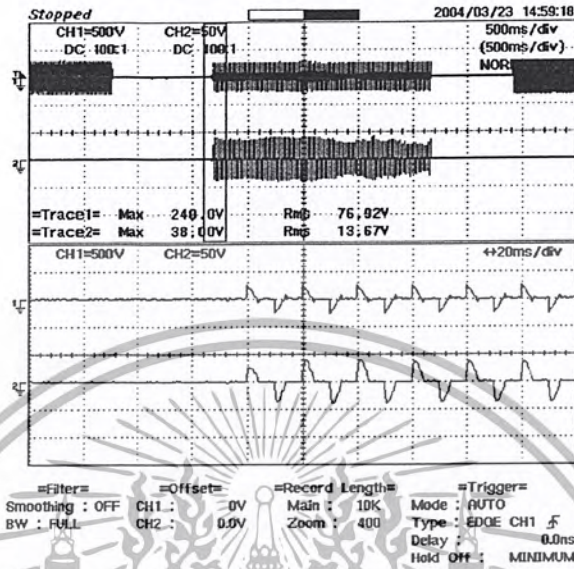


รูปที่ 5.2 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น เหล็กอบสังกะสี ความหนา 0.4 มิลลิเมตร

มุมทริกที่ 115 องศา 50 ไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.2 เป็นการแสดงขนาดแรงดันขณะเริ่มต้นที่ Ch 1 เท่ากับ 82.81 Vrms และขนาดกระแสขณะเริ่มต้นที่ Ch 2 เท่ากับ 15.93 Arms ส่วน 2 ช่องบนเป็นการแสดงแรงดันและกระแสที่ความถี่ 50 ไซเคิล ตามลำดับ



รูปที่ 5.3 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น เหล็กอบสังกะสี ความหนา 0.4 มิลลิเมตร

มุมทริกที่ 115 องศา 100 ไซเคิล

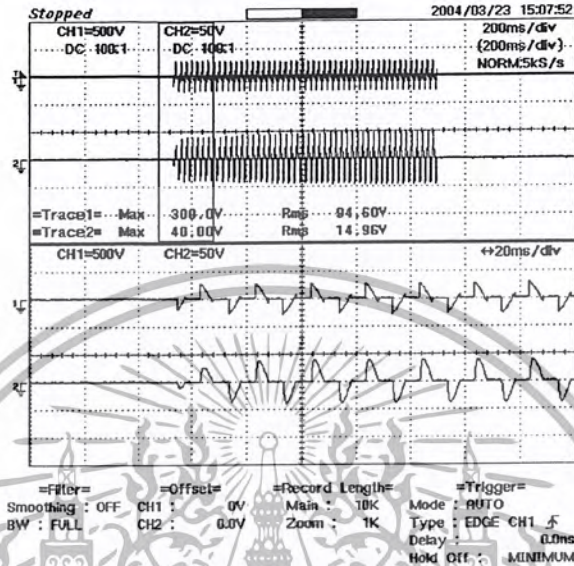
จากรูปที่ 5.3 เป็นการแสดงขนาดแรงดันขณะเริ่มต้นที่ Ch 1 เท่ากับ 76.92 Vrms และขนาดกระแสขณะเริ่มต้นที่ Ch 2 เท่ากับ 13.67 Arms ส่วน 2 ช่องบนเป็นการแสดงแรงดันและกระแสที่ความถี่ 100 ไซเคิล ตามลำดับ

ตารางที่ 5.2 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต

เหล็กอบสังกะสี ความหนา 0.5 มิลลิเมตร

| %  | มุมทริก (องศา) | เวลา 1 วินาที (50 Cycle) |                     |                    |              | เวลา 2 วินาที (100 Cycle) |                     |                    |              |
|----|----------------|--------------------------|---------------------|--------------------|--------------|---------------------------|---------------------|--------------------|--------------|
|    |                | ลักษณะ รอยเชื่อม         | แรงดันอินพุต (Vrms) | กระแสอินพุต (Arms) | กำลังงาน (S) | ลักษณะ รอยเชื่อม          | แรงดันอินพุต (Vrms) | กระแสอินพุต (Arms) | กำลังงาน (S) |
| 42 | 105            | ทะลุ                     | -                   | -                  | -            | ทะลุ                      | -                   | -                  | -            |
| 39 | 110            | ติด                      | 105.7               | 21.53              | 2275.7       | ทะลุ                      | -                   | -                  | -            |
| 36 | 115            | ติด                      | 97.39               | 18.35              | 1787.1       | ติด                       | 97.3                | 18.1               | 1761.1       |
| 33 | 120            | ไม่ติด                   | 83.51               | 15.81              | 1320.3       | ไม่ติด                    | 93.42               | 11.41              | 1065.9       |

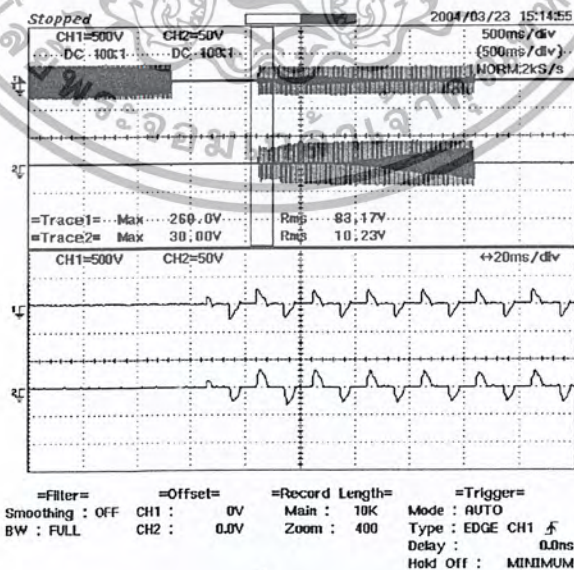
จากตารางที่ 5.2 ทำให้ทราบว่าที่มุมทริก 115 องศา (ทั้งที่ 50 ไซเคิลและ 100 ไซเคิล) สามารถเชื่อมชิ้นงานติดและจะเห็นได้ว่าเป็นการประหยัคพลังงานมากที่สุดจึงนำค่านี้ไปเซตค่าในโหมดอัตโนมัติ นั่นเอง ที่มุมทริก 105 องศาเป็นการเชื่อมชิ้นงานที่ปล่อยพลังงานมากเกินไปจึงทำให้ชิ้นงานทะลุ เช่นเดียวกันที่มุมทริก 120 องศาไม่สามารถเชื่อมชิ้นงานติดได้เพราะปล่อยพลังงานน้อยเกินไปนั่นเอง



รูปที่ 5.4 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น เหล็กอาบสังกะสี ความหนา 0.5 มิลลิเมตร

มุมทริกที่ 110 องศา 50 ไซเคิล

จากรูปที่ 5.4 เป็นการแสดงขนาดแรงดันขณะเริ่มต้นที่ Ch 1 เท่ากับ 94.6 Vrms และขนาดกระแสขณะเริ่มต้นที่ Ch 2 เท่ากับ 14.96 Arms ส่วน 2 ช่องบนเป็นการแสดงแรงดันและกระแสที่ความถี่ 50 ไซเคิล ตามลำดับ



รูปที่ 5.5 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น เหล็กอาบสังกะสี ความหนา 0.5 มิลลิเมตร

มุมทริกที่ 115 องศา 100 ไซเคิล

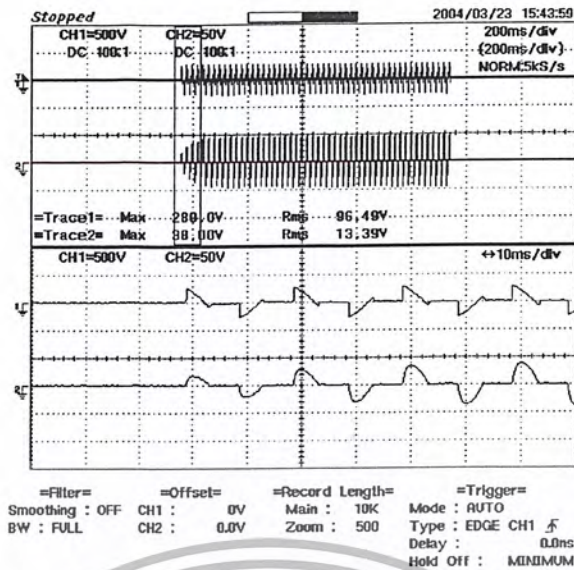
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.5 เป็นการแสดงขนาดแรงดันขณะเริ่มต้นที่ Ch 1 เท่ากับ 83.17 Vrms และขนาดกระแสขณะเริ่มต้นที่ Ch 2 เท่ากับ 10.23 Arms ส่วน 2 ช่องบนเป็นการแสดงแรงดันและกระแสที่ความถี่ 100 ไซเคิล ตามลำดับ

**ตารางที่ 5.3 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต  
สแตนเลส ความหนา 0.40 มิลลิเมตร**

| % Voltage | มุมทริก (องศา) | เวลา 1 วินาที (50 Cycle) |                      |                     |               | เวลา 2 วินาที (100 Cycle) |                      |                     |               |
|-----------|----------------|--------------------------|----------------------|---------------------|---------------|---------------------------|----------------------|---------------------|---------------|
|           |                | ลักษณะ รอยเชื่อม         | แรงดัน อินพุต (Vrms) | กระแส อินพุต (Arms) | กำลัง งาน (S) | ลักษณะ รอยเชื่อม          | แรงดัน อินพุต (Vrms) | กระแส อินพุต (Arms) | กำลัง งาน (S) |
| 42        | 105            | ทะลุ                     | -                    | -                   | -             | ทะลุ                      | -                    | -                   | -             |
| 39        | 110            | ดีด                      | 109.6                | 22.74               | 2492.3        | ดีด                       | 109.4                | 20.19               | 2208.8        |
| 36        | 115            | ดีด                      | 113                  | 16.18               | 1828.3        | ดีด                       | 80.49                | 16.97               | 1365.9        |
| 33        | 120            | ดีด                      | 91.52                | 15.16               | 1387.4        | ดีด                       | 99.07                | 11.89               | 1177.9        |
| 31        | 125            | ดีด                      | 93.53                | 11.08               | 1036.3        | ดีด                       | 64.82                | 7.416               | 480.7         |
| 28        | 130            | ดีด                      | 63.34                | 6.146               | 389.3         | ดีด                       | 74.21                | 5.549               | 411.8         |
| 25        | 135            | ไม่ดีด                   | 67.96                | 4.107               | 279.1         | ไม่ดีด                    | 66.4                 | 4.67                | 310.1         |

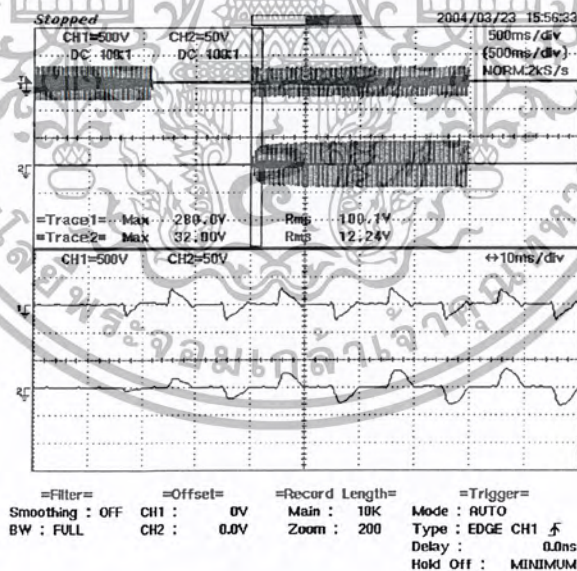
จากตารางที่ 5.3 ทำให้ทราบว่าที่มุมทริก 130 องศา (ทั้งที่ 50 ไซเคิลและ 100 ไซเคิล) สามารถเชื่อมชิ้นงานดีดและจะเห็น ได้ว่าเป็นการประหยัดพลังงานมากที่สุดจึงนำค่านี้ไปเซตค่าใน โหมดอัตโนมัติ นั่นเอง ที่มุมทริก 105 องศาเป็นการเชื่อมชิ้นงานที่ปล่อยพลังงานมากเกินไปจึงทำให้ชิ้นงานทะลุ เช่นเดียวกันที่มุมทริก 135 องศาไม่สามารถเชื่อมชิ้นงานดีดได้เพราะปล่อยพลังงานน้อยเกินไปนั่นเอง



รูปที่ 5.6 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น สแตนเลส ความหนา 0.40 มิลลิเมตร

มุมทริกที่ 110 องศา 50 ไซเคิล

จากรูปที่ 5.6 เป็นการแสดงขนาดแรงดันขณะเริ่มต้นที่ Ch 1 เท่ากับ 96.49 Vrms และขนาดกระแสขณะเริ่มต้นที่ Ch 2 เท่ากับ 13.39 Arms ส่วน 2 ช่องบนเป็นการแสดงแรงดันและกระแสที่ความถี่ 50 ไซเคิล ตามลำดับ



รูปที่ 5.7 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น สแตนเลส ความหนา 0.40 มิลลิเมตร

มุมทริกที่ 110 องศา 100 ไซเคิล

จากรูปที่ 5.7 เป็นการแสดงขนาดแรงดันขณะเริ่มต้นที่ Ch 1 เท่ากับ 100.1 Vrms และขนาดกระแสขณะเริ่มต้นที่ Ch 2 เท่ากับ 12.24 Arms ส่วน 2 ช่องบนเป็นการแสดงแรงดันและกระแสที่ความถี่ 100 ไซเคิล ตามลำดับ

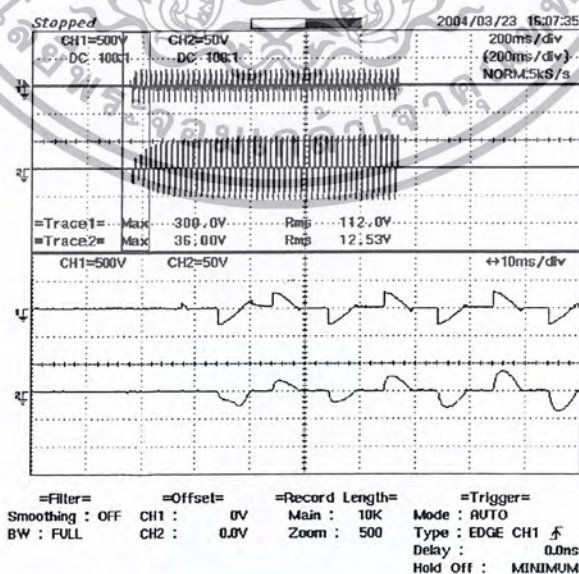
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 5.4 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต

สแกนเลส ความหนา 0.55 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) |
| 47        | 95             | ทะลุ                     | -                    | -                   | -             | ทะลุ                      | -                    | -                   | -             |
| 44        | 100            | ติด                      | 120.7                | 29.37               | 3544.9        | ทะลุ                      | -                    | -                   | -             |
| 42        | 105            | ติด                      | 114.1                | 24.13               | 2753.2        | ติด                       | 108.1                | 27.05               | 2924.1        |
| 39        | 110            | ติด                      | 112                  | 18.42               | 2063          | ติด                       | 108.3                | 22.96               | 2486.7        |
| 36        | 115            | ติด                      | 94.56                | 11.97               | 1131.9        | ติด                       | 84.96                | 15.49               | 1316          |
| 33        | 120            | ติด                      | 89.9                 | 9.788               | 879.9         | ติด                       | 83.03                | 11.91               | 988.9         |
| 31        | 125            | ไม่ติด                   | 87.27                | 5.986               | 522.4         | ติด                       | 81                   | 9.39                | 760.6         |
| 28        | 130            | -                        | -                    | -                   | -             | ไม่ติด                    | 76.31                | 4.196               | 320.2         |

จากตารางที่ 5.4 ทำให้ทราบว่าที่มุมทริก 120 องศา 50 ไซเคิลและที่มุมทริก 125 องศา 100 ไซเคิล สามารถเชื่อมชิ้นงานติดและจะเห็นได้ว่าเป็นการประหยัดพลังงานมากที่สุดจึงนำค่านี้ไปเซตค่าในโหมด อัต โนมัตตินั้นเอง ที่มุมทริก 95 องศาเป็นการเชื่อมชิ้นงานที่ปล่อยพลังงานมากเกินไปจึงทำให้ชิ้นงานทะลุ เช่นเดียวกันที่มุมทริก 125 องศา 50 ไซเคิล และที่มุมทริก 130 องศา 100 ไซเคิล ไม่สามารถเชื่อมชิ้นงาน ติดได้เพราะปล่อยพลังงานน้อยเกินไปนั่นเอง

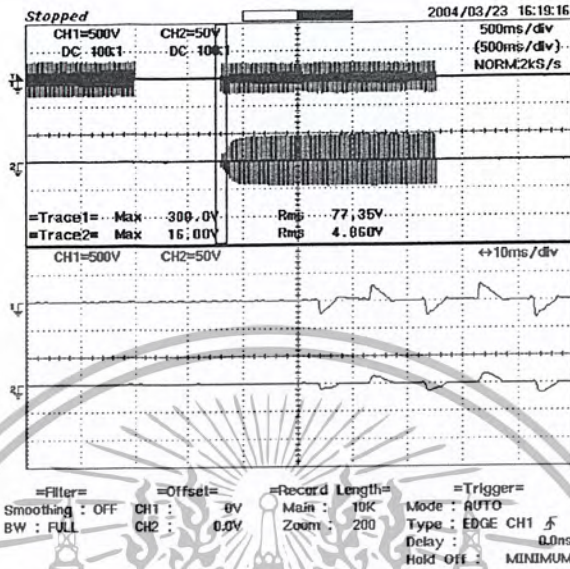


รูปที่ 5.8 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น สแกนเลส ความหนา 0.55 มิลลิเมตร

มุมทริกที่ 100 องศา 50 ไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.8 เป็นการแสดงขนาดแรงดันขณะเริ่มต้นที่ Ch 1 เท่ากับ 112.0 Vrms และขนาดกระแสขณะเริ่มต้นที่ Ch 2 เท่ากับ 12.53 Arms ส่วน 2 ช่องบนเป็นการแสดงแรงดันและกระแสที่ความถี่ 50 ไซเคิล ตามลำดับ



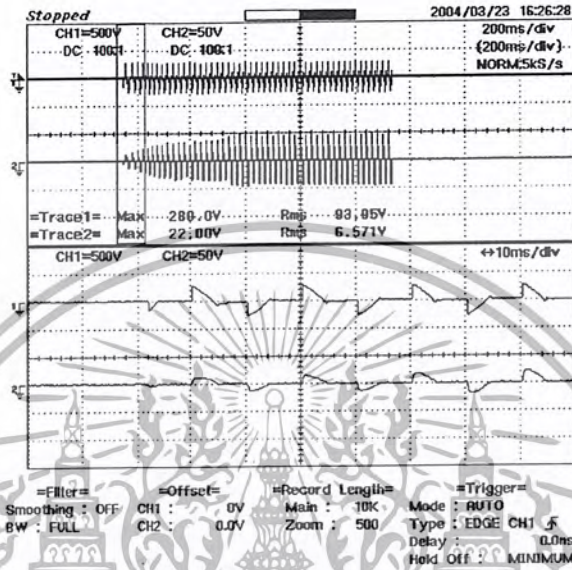
รูปที่ 5.9 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น สแตนเลส ความหนา 0.55 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 110 องศา 100 ไซเคิล

จากรูปที่ 5.9 เป็นการแสดงขนาดแรงดันขณะเริ่มต้นที่ Ch 1 เท่ากับ 77.35 Vrms และขนาดกระแสขณะเริ่มต้นที่ Ch 2 เท่ากับ 4.86 Arms ส่วน 2 ช่องบนเป็นการแสดงแรงดันและกระแสที่ความถี่ 100 ไซเคิล ตามลำดับ

ตารางที่ 5.5 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต อะลูมิเนียมชุบโครเมียม ความหนา 0.35 มิลลิเมตร

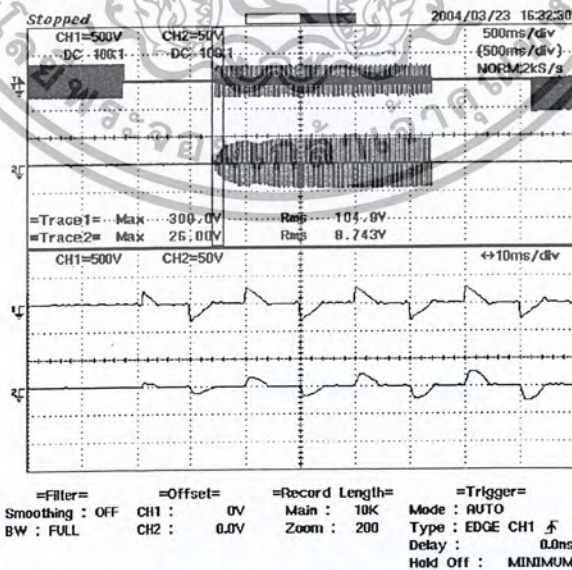
| %  | มุมทริก (องศา) | เวลา 1 วินาที (50 Cycle) |                      |                     |               | เวลา 2 วินาที (100 Cycle) |                      |                     |               |
|----|----------------|--------------------------|----------------------|---------------------|---------------|---------------------------|----------------------|---------------------|---------------|
|    |                | ลักษณะ รอย เชื่อม        | แรงดัน อินพุต (Vrms) | กระแส อินพุต (Arms) | กำลัง งาน (S) | ลักษณะ รอย เชื่อม         | แรงดัน อินพุต (Vrms) | กระแส อินพุต (Arms) | กำลัง งาน (S) |
| 42 | 105            | ทะลุ                     | -                    | -                   | -             | ทะลุ                      | -                    | -                   | -             |
| 39 | 110            | ดีด                      | 104.4                | 19.64               | 2050.4        | ดีด                       | 86.86                | 21.99               | 1910.1        |
| 36 | 115            | ดีด                      | 83.38                | 13.27               | 1106.5        | ดีด                       | 102.4                | 14.61               | 1496.1        |
| 33 | 120            | ไม่ดีด                   | 98.5                 | 6.275               | 618.1         | ดีด                       | 81.66                | 11.2                | 914.6         |
| 31 | 125            | -                        | -                    | -                   | -             | ไม่ดีด                    | 74.42                | 6.895               | 513.1         |

จากตารางที่ 5.5 ทำให้ทราบว่าที่มุมทริก 115 องศา 50 ไซเคิลและที่มุมทริก 120 องศา 100 ไซเคิลสามารถเชื่อมชิ้นงานติดและจะเห็นได้ว่าเป็นการประหยัคพลังงานมากที่สุดจึงนำค่านี้ไปเซตค่าในโหมดอัตโนมัติ นั่นเอง ที่มุมทริก 105 องศาเป็นการเชื่อมชิ้นงานที่เปลืองพลังงานมากเกินไปจึงทำให้ชิ้นงานทะลุ เช่นเดียวกันที่มุมทริก 120 องศา 50 ไซเคิล และที่มุมทริก 125 องศา 100 ไซเคิล ไม่สามารถเชื่อมชิ้นงานติดได้เพราะเปลืองพลังงานน้อยเกินไปนั่นเอง



รูปที่ 5.10 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น อะลูมิเนียมรูปโครเมียม ความหนา 0.35 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 110 องศา 50 ไซเคิล

จากรูปที่ 5.10 เป็นการแสดงขนาดแรงดันขณะเริ่มต้นที่ Ch 1 เท่ากับ 93.95 Vrms และขนาดกระแสขณะเริ่มต้นที่ Ch 2 เท่ากับ 6.571 Arms ส่วน 2 ช่องบนเป็นการแสดงแรงดันและกระแสที่ความถี่ 50 ไซเคิล ตามลำดับ



รูปที่ 5.11 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น อะลูมิเนียมรูปโครเมียม ความหนา 0.35 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 110 องศา 100 ไซเคิล

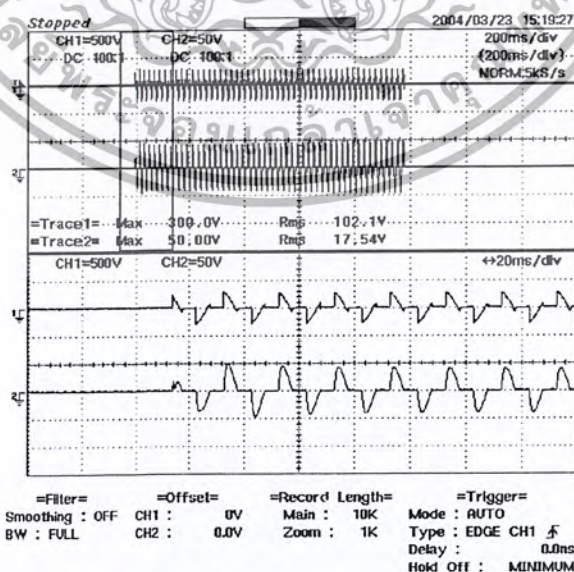
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.11 เป็นการแสดงขนาดแรงดันขณะเริ่มต้นที่ Ch 1 เท่ากับ 104.9 Vrms และขนาดกระแสขณะเริ่มต้นที่ Ch 2 เท่ากับ 8.743 Arms ส่วน 2 ช่องบนเป็นการแสดงแรงดันและกระแสที่ความถี่ 100 ไซเคิล ตามลำดับ

**ตารางที่ 5.6 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต  
อะลูมิเนียม ความหนา 0.8 มิลลิเมตร**

| % Voltage | มุมทริก (องศา) | เวลา 1 วินาที (50 Cycle) |                      |                     |               | เวลา 2 วินาที (100 Cycle) |                      |                     |               |
|-----------|----------------|--------------------------|----------------------|---------------------|---------------|---------------------------|----------------------|---------------------|---------------|
|           |                | ลักษณะ รอยเชื่อม         | แรงดัน อินพุต (Vrms) | กระแส อินพุต (Arms) | กำลัง งาน (S) | ลักษณะ รอยเชื่อม          | แรงดัน อินพุต (Vrms) | กระแส อินพุต (Arms) | กำลัง งาน (S) |
| 47        | 95             | ทะลุ                     | -                    | -                   | -             | ทะลุ                      | -                    | -                   | -             |
| 44        | 100            | ดีด                      | 135.3                | 27.58               | 3731.6        | ทะลุ                      | -                    | -                   | -             |
| 42        | 105            | ดีด                      | 117.8                | 22.03               | 2595.1        | ดีด                       | 143.7                | 25.14               | 3612.6        |
| 39        | 110            | ดีด                      | 114.2                | 16.41               | 1874          | ดีด                       | 111.6                | 20.46               | 2283.3        |
| 36        | 115            | ไม่ดีด                   | 98.55                | 15.08               | 1486.1        | ไม่ดีด                    | 133.1                | 16.28               | 2166.9        |

จากตารางที่ 5.6 ทำให้ทราบว่าที่มุมทริก 110 องศา (ทั้งที่ 50 ไซเคิลและ 100 ไซเคิล) สามารถเชื่อมชิ้นงานดีดและจะเห็นได้ว่าเป็นการประหยัดพลังงานมากที่สุดจึงนำค่านี้ไปเซตค่าในโหมดอัตโนมัติ นั่นเอง ที่มุมทริก 95 องศาเป็นการเชื่อมชิ้นงานที่ปล่อยพลังงานมากเกินไปจึงทำให้ชิ้นงานทะลุ เช่นเดียวกันที่มุมทริก 115 องศาไม่สามารถเชื่อมชิ้นงานดีดได้เพราะปล่อยพลังงานน้อยเกินไปนั่นเอง

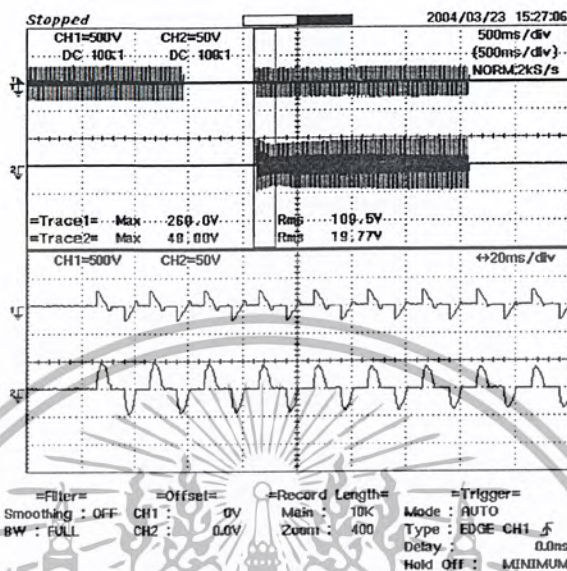


**รูปที่ 5.12 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น อะลูมิเนียม ความหนา 0.8 มิลลิเมตร**

**มุมทริกที่ 110 องศา 50 ไซเคิล**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.12 เป็นการแสดงขนาดแรงดันขณะเริ่มต้นที่ Ch 1 เท่ากับ 102.1 Vrms และขนาดกระแสขณะเริ่มต้นที่ Ch 2 เท่ากับ 17.54 Arms ส่วน 2 ช่องบนเป็นการแสดงแรงดันและกระแสที่ความถี่ 50 ไซเคิล ตามลำดับ



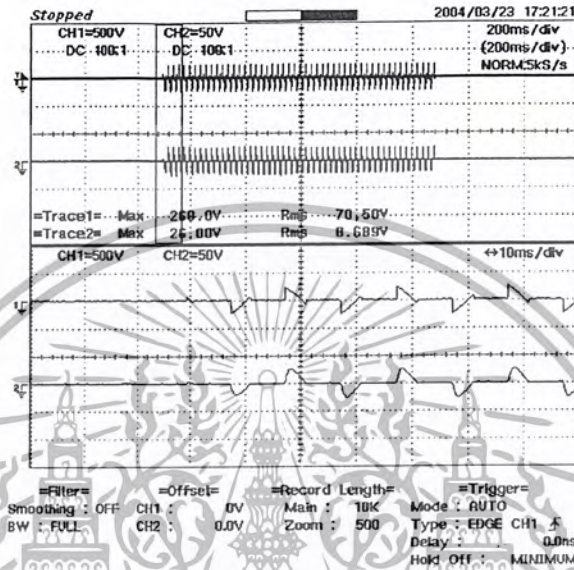
รูปที่ 5.13 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น อะลูมิเนียม ความหนา 0.8 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 110 องศา 100 ไซเคิล

จากรูปที่ 5.13 เป็นการแสดงขนาดแรงดันขณะเริ่มต้นที่ Ch 1 เท่ากับ 102.1 Vrms และขนาดกระแสขณะเริ่มต้นที่ Ch 2 เท่ากับ 19.77 Arms ส่วน 2 ช่องบนเป็นการแสดงแรงดันและกระแสที่ความถี่ 100 ไซเคิล ตามลำดับ

ตารางที่ 5.7 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต อะลูมิเนียมเนื้อแข็ง ความหนา 0.5 มิลลิเมตร

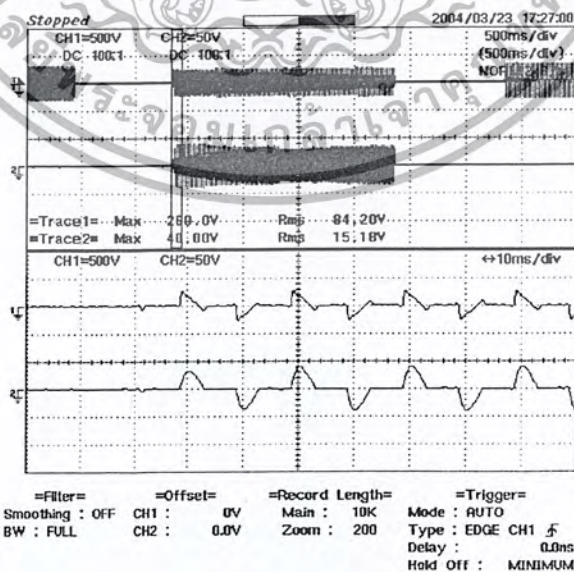
| %  | มุมทริก (องศา) | เวลา 1 วินาที (50 Cycle) |               |               |         | เวลา 2 วินาที (100 Cycle) |               |               |         |
|----|----------------|--------------------------|---------------|---------------|---------|---------------------------|---------------|---------------|---------|
|    |                | ลักษณะ                   | แรงดัน        | กระแส         | กำลัง   | ลักษณะ                    | แรงดัน        | กระแส         | กำลัง   |
|    |                | รอยเชื่อม                | อินพุต (Vrms) | อินพุต (Arms) | งาน (S) | รอยเชื่อม                 | อินพุต (Vrms) | อินพุต (Arms) | งาน (S) |
| 39 | 110            | เกือบ<br>ทะลุ            | 123.4         | 20.35         | 2511.2  | ทะลุ                      | -             | -             | -       |
| 36 | 115            | ดีด                      | 94.54         | 16.67         | 1575.9  | เกือบ<br>ทะลุ             | 119.1         | 13.16         | 1567.4  |
| 33 | 120            | ดีด                      | 86.5          | 13.74         | 1188.5  | ดีด                       | 89.27         | 15.57         | 1389.9  |
| 31 | 125            | ดีด                      | 82.66         | 9.706         | 802.3   | ไม่ดีด                    | 68.51         | 10.63         | 728.3   |
| 28 | 130            | ไม่ดีด                   | 74.81         | 10.17         | 760.8   | -                         | -             | -             | -       |

จากตารางที่ 5.7 ทำให้ทราบว่าที่มุมทริก 125 องศา 50 ไซเคิลและที่มุมทริก 120 องศา 100 ไซเคิลสามารถเชื่อมชิ้นงานติดและจะเห็นได้ว่าเป็นการประหยัดพลังงานมากที่สุดจึงนำค่านี้ไปเซตค่าในโหมดอัตโนมัติ นั่นเอง ที่มุมทริก 110 องศา 50 ไซเคิล และที่มุมทริก 115 องศา 100 ไซเคิล เป็นการเชื่อมชิ้นงานที่ปล่อยพลังงานมากเกินไปจึงทำให้ชิ้นงานเกือบทะลุ เช่นเดียวกันที่มุมทริก 130 องศา 50 ไซเคิล และที่มุมทริก 125 องศา 100 ไซเคิล ไม่สามารถเชื่อมชิ้นงานติดได้เพราะปล่อยพลังงานน้อยเกินไปนั่นเอง



รูปที่ 5.14 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น อะลูมิเนียมเนื้อแข็ง ความหนา 0.5 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 125 องศา 50 ไซเคิล

จากรูปที่ 5.14 เป็นการแสดงขนาดแรงดันขณะเริ่มต้นที่ Ch 1 เท่ากับ 70.5 Vrms และขนาดกระแสขณะเริ่มต้นที่ Ch 2 เท่ากับ 8.689 Arms ส่วน 2 ขั้วบนเป็นการแสดงแรงดันและกระแสที่ความถี่ 50 ไซเคิล ตามลำดับ



รูปที่ 5.15 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น อะลูมิเนียมเนื้อแข็ง ความหนา 0.5 มิลลิเมตร มุมทริกที่ 120 องศา 100 ไซเคิล

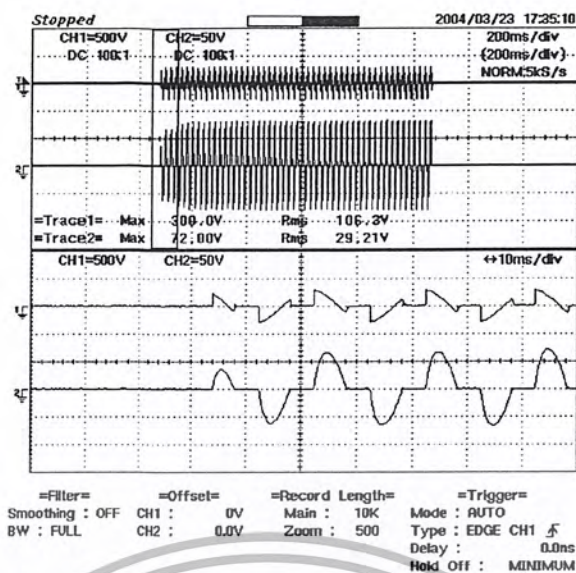
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.15 เป็นการแสดงขนาดแรงดันขณะเริ่มต้นที่ Ch 1 เท่ากับ 84.2 Vrms และขนาดกระแสขณะเริ่มต้นที่ Ch 2 เท่ากับ 15.18 Arms ส่วน 2 ข่องบนเป็นการแสดงแรงดันและกระแสที่ความถี่ 100 ไซเคิล ตามลำดับ

**ตารางที่ 5.8 แสดงผลของการเชื่อมแรงดันและกระแสอินพุต  
อะลูมิเนียมเนื้ออ่อน ความหนา 0.7 มิลลิเมตร**

| % Voltage | มุมทริก (องศา) | เวลา 1 วินาที (50 Cycle) |               |               |         | เวลา 2 วินาที (100 Cycle) |               |               |         |
|-----------|----------------|--------------------------|---------------|---------------|---------|---------------------------|---------------|---------------|---------|
|           |                | ลักษณะ                   | แรงดัน        | กระแส         | กำลัง   | ลักษณะ                    | แรงดัน        | กระแส         | กำลัง   |
|           |                | รอยเชื่อม                | อินพุต (Vrms) | อินพุต (Arms) | งาน (S) | รอยเชื่อม                 | อินพุต (Vrms) | อินพุต (Arms) | งาน (S) |
| 47        | 95             | ทะลุ                     | -             | -             | -       | ทะลุ                      | -             | -             | -       |
| 44        | 100            | ดีด                      | 131.5         | 44.46         | 5846.5  | ทะลุ                      | -             | -             | -       |
| 42        | 105            | ดีด                      | 122.7         | 39.96         | 4903.1  | ทะลุ                      | -             | -             | -       |
| 39        | 110            | ไม่ดีด                   | 114.3         | 32.51         | 3715.9  | ไม่ดีด                    | 132.8         | 32.49         | 4314.7  |

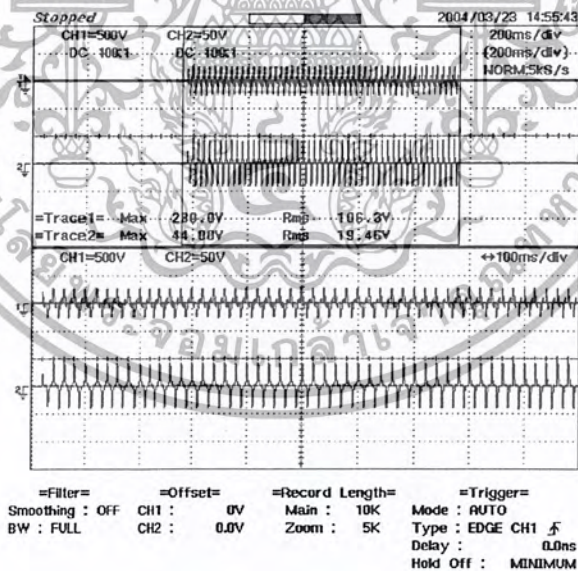
จากตารางที่ 5.8 ทำให้ทราบว่าที่มุมทริก 105 องศา 50 ไซเคิล สามารถเชื่อมชิ้นงานดีดและจะเห็นได้ว่าเป็นการประหยัดพลังงานมากที่สุดจึงนำค่านี้ไปเซตค่าในโหมดอัตโนมัติมันเอง ที่มุมทริก 95 องศา 50 ไซเคิล และที่มุมทริก 105 องศา 100 ไซเคิล เป็นการเชื่อมชิ้นงานที่ปล่อยพลังงานมากเกินไปจึงทำให้ชิ้นงานทะลุ เช่นเดียวกันที่มุมทริก 110 องศา 50 ไซเคิล และที่มุมทริก 110 องศา 100 ไซเคิล ไม่สามารถเชื่อมชิ้นงานดีดได้เพราะปล่อยพลังงานน้อยเกินไปนั่นเอง จากตารางจะสังเกตได้ว่าไม่ควรใช้เวลาในการเชื่อมชิ้นงานนานเกินไป



รูปที่ 5.16 แสดงแรงดันและกระแสขณะเริ่มต้น อะลูมิเนียมเนื้ออ่อน ความหนา 0.7 มิลลิเมตร

มุมทริกที่ 100 องศา 50 ไซเคิล

จากรูปที่ 5.16 เป็นการแสดงขนาดแรงดันขณะเริ่มต้นที่ Ch 1 เท่ากับ 106.3 Vrms และขนาดกระแสขณะเริ่มต้นที่ Ch 2 เท่ากับ 29.21 Arms ส่วน 2 ช่องบนเป็นการแสดงแรงดันและกระแสที่ความถี่ 50 ไซเคิล ตามลำดับ

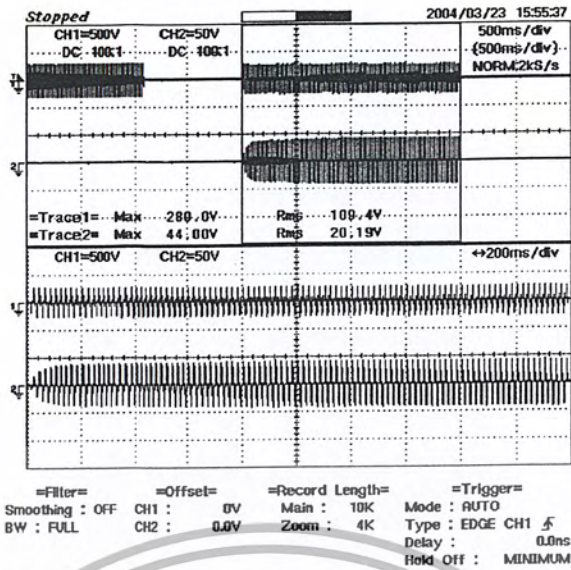


รูปที่ 5.17 แสดงขนาดแรงดันและกระแสอาร์ เอ็ม เอส สแตนเลสความหนา 0.4 มิลลิเมตร

มุมทริกที่ 110 องศา 50 ไซเคิล

จากรูปที่ 5.17 เป็นการแสดงขนาดแรงดันอาร์ เอ็ม เอสที่ Ch 1 เท่ากับ 106.3 Vrms และขนาดกระแสอาร์ เอ็ม เอสที่ Ch 2 เท่ากับ 19.46 Arms ส่วน 2 ช่องบนเป็นการแสดงแรงดันและกระแสที่ความถี่ 50 ไซเคิล ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.18 แสดงขนาดแรงดันและกระแสอาร์ เอ็ม เอส เหล็กอาบสังกะสีความหนา 0.4 มิลลิเมตร

มุมทริกที่ 115 องศา 100 ไซเคิล

จากรูปที่ 5.18 เป็นการแสดงขนาดแรงดันอาร์ เอ็ม เอสที่ Ch 1 เท่ากับ 109.4 Vrms และขนาดกระแสอาร์ เอ็ม เอสที่ Ch 2 เท่ากับ 20.19 Arms ส่วน 2 ช่องบนเป็นการแสดงแรงดันและกระแสที่ความถี่ 100 ไซเคิล ตามลำดับ



รูปที่ 5.19 แสดงรอยเชื่อมที่ทะเล

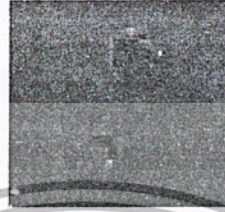


รูปที่ 5.20 แสดงรอยเชื่อมที่เกือบทะเล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.21 แสดงรอยเชื่อมที่ติด



รูปที่ 5.22 แสดงรอยเชื่อมที่ไม่ติด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### สรุปผล และวิจารณ์ผลการทดลอง

#### สรุปผล

จากการทดลองในการเชื่อมนั้น เมื่อทดลองกับชิ้นงานที่ชนิดและความหนาที่แตกต่างกัน การตั้งค่ามุมและเวลาที่ใช้ก็จะต่างกันด้วย และเมื่อทำการปรับค่าให้เหมาะสมกับชิ้นงานแต่ละชนิด ก็จะทำให้การเชื่อมมีรอยเชื่อมที่ได้แข็งแรง และสวยงาม

จากการทดลองนี้ได้ทำการทดลองที่เวลา 50 ไซเคิล (1 วินาที) และเวลา 100 ไซเคิล (2 วินาที) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสม เพราะการเชื่อมแบบจุดเป็นการเชื่อมเพื่อยึดติดชิ้นงานเท่านั้น ความแข็งแรงจึงมีน้อย โดยปกติก็จะต้องนำชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมแบบจุด ไปเชื่อมแบบกะเบ็บอีกทีหนึ่ง เพื่อยึดชิ้นงานให้มั่นคงแข็งแรงต่อไป

การทดลองนี้ได้ทำการเก็บผลและรวบรวมค่ามุมทริก เวลา แรงดัน และกระแสที่ใช้กับโลหะในแต่ละชนิด เพื่อนำมาใช้ตั้งค่าโหมดอัตโนมัติ ซึ่งได้มีการตั้งโปรแกรมไว้ใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ผู้ใช้สามารถที่จะเลือกใช้งาน ในโหมดแบบปกติ และอัตโนมัติได้ โดยโหมดอัตโนมัติจะเป็นค่าที่เหมาะสมกับชิ้นงานแต่ละชนิดตามที่ตั้งไว้

จากการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช เบอร์ AT89S8252 ซึ่งมี วอตต์คือ 5 โวลต์ ในการรีเซตตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เองเมื่อเกิดอาการร่วน จากการทำงานที่ผิดพลาด ทำให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมที่ดียิ่งขึ้น

จากการออกแบบ และสร้างชุดควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อมแบบจุด โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม สามารถควบคุมการเชื่อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำงานได้ดีเท่าเทียมกับเครื่องเชื่อมในท้องตลาด ไม่ต้องใช้คนที่มีความชำนาญในการเชื่อม ไม่เกิดการสูญเสียของชิ้นงาน ทั้งยังประหยัดต้นทุนการผลิต เพราะชุดวงจรควบคุมการทำงานใช้ต้นทุนไม่สูงมากนัก การควบคุมการทำงานเป็นแบบดิจิทัล สามารถควบคุมเวลาการเชื่อม (Weld Time) เวลาแช่ (Hold Time) และปริมาณกระแสที่ใช้ในการเชื่อมแต่ละครั้ง ซึ่งเหมือนกับการควบคุมการทำงานแบบอนาล็อกซึ่งมีขายทั่วไปตามท้องตลาด โดยมีข้อดีกว่าคือ ขั้นตอนการทำงานสามารถปรับตั้งค่าเวลาและมุมทริกการจ่ายกระแสได้ละเอียดกว่าแบบอนาล็อก และสามารถควบคุมการใช้งานโดยป้อนข้อมูลผ่านคีย์แพด แสดงผลการทำงานออกทางจอแอลซีดีแบบ 2 แถวได้อย่างชัดเจน ซึ่งสะดวกสำหรับผู้ใช้งาน ถ้ามีการใส่ค่าผิดพลาดก็สามารถลบ หรือรีเซตค่า เพื่อเริ่มเข้าโปรแกรมการใช้งานใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามในบางครั้ง อาจเกิดข้อบกพร่องของรอยเชื่อม โดยมีสาเหตุมาจากหลายๆ ประการ เช่น ความไม่สะอาดของชิ้นงาน การกดชิ้นงานของผู้ใช้ในแต่ละครั้งไม่เท่ากัน และการที่หัวเชื่อมหลอมละลายติดกัน ทำให้กระแสในการปล่อยที่หัวเชื่อมมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

### ปัญหาที่เกิดขึ้น

1. ไม่มีอุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้าที่มีค่าสูง เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านที่หัวอิเล็กโทรดนั้นมีค่าสูงมาก
2. ปัญหาการละลายที่ปลายหัวอิเล็กโทรด เนื่องจากการใช้กระแสที่สูงมากจนเกินไป
3. ปัญหาการเชื่อมไม่ติดเนื่องจากการจ่ายกระแสที่น้อยเกินไป
4. ปัญหาการใช้แรงกดที่มีผลต่อชิ้นงาน เพราะแรงกดมีผลต่อวงจรการเชื่อมเป็นอย่างมากหากใช้แรงกดไม่เท่ากัน กระแสที่ปล่อยก็จะเปลี่ยนแปลงไปได้ คูได้จากรูปคลื่นสัญญาณในบทที่ 5
5. ปัญหารอยที่เกิดจากการเชื่อมยังไม่ได้มาตรฐานตามอุตสาหกรรมต้องการให้การเจียรลรอยเชื่อมให้เรียบเสียก่อน

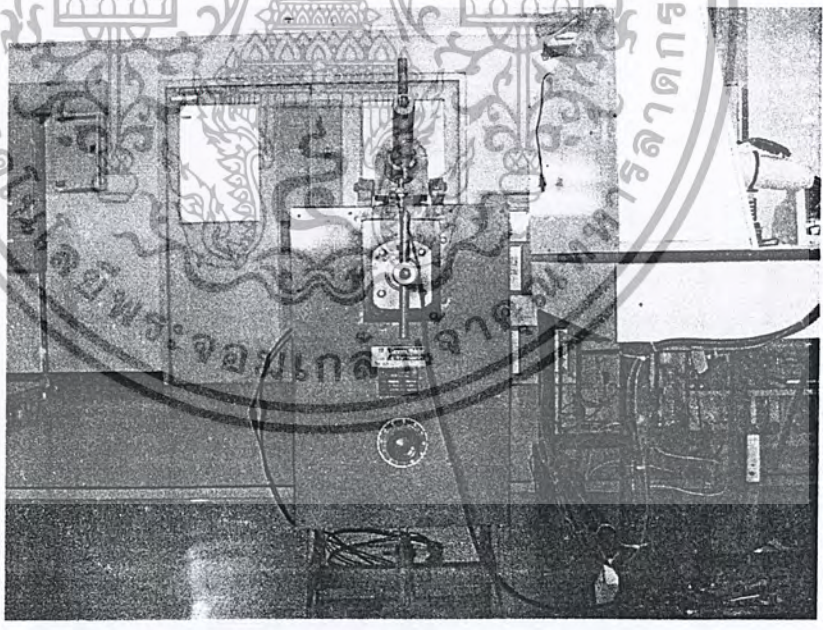
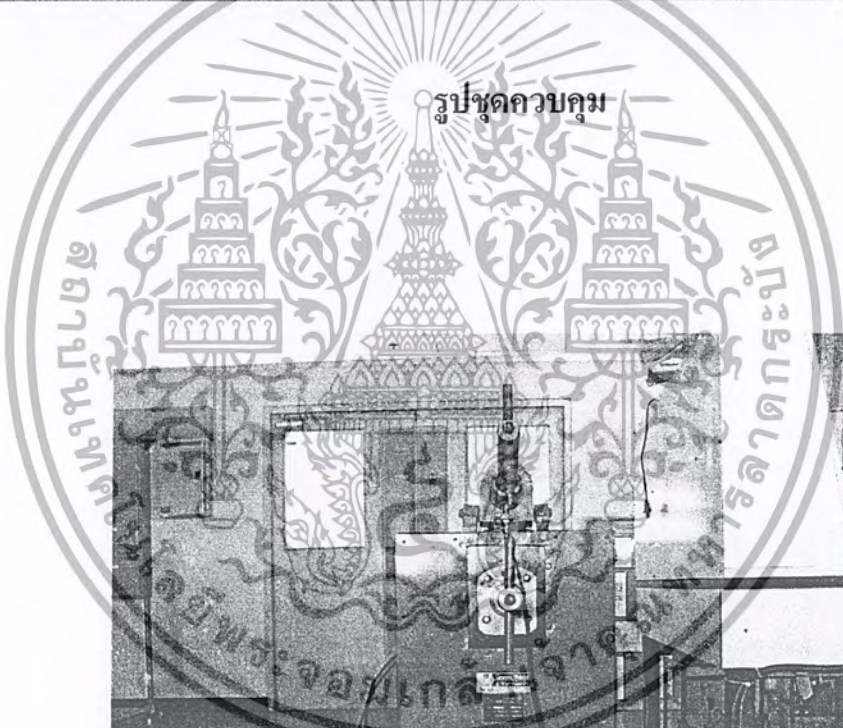
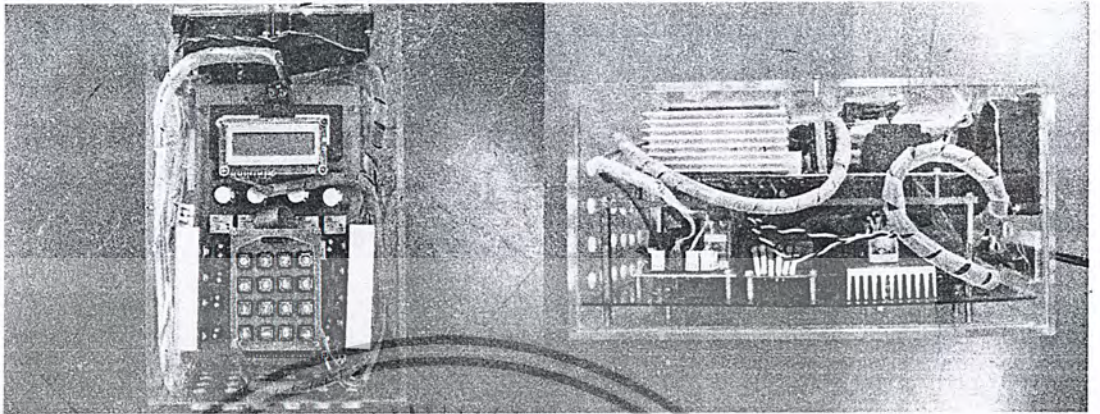
### แนวทางการพัฒนา

1. เนื่องจากการควบคุมแบบเฟสคอนโทรลทำให้รูปร่างของกระแสฮาร์โมนิก (harmonics) และผลของค่าอินคักแตนซ์มาก จึงควรมีการติดตั้งฮาร์โมนิกส์ฟิวเตอร์ (harmonics' filter) เข้าไปแก้ไขจากความผิดปกติในส่วนนี้
2. ในการควบคุมควรเพิ่มชุดป้อนสัญญาณกลับ (feedback) เพื่อให้ได้กระแสเชื่อมตามต้องการ
3. การปล่อยกระแสเชื่อมอย่างต่อเนื่องทำให้ชิ้นงานที่ได้ไม่สวยงาม จึงควรมีการปล่อยกระแสเชื่อมเป็นช่วงๆ โดยใช้การควบคุมอาทิ เช่น อินเวอร์เตอร์ (inverter) อินทิกรัลฮาล์ฟไซเคิล (integral half cycle)
4. การใช้งานเนื่องจากการกดจะใช้แรงไม่เท่ากัน จึงควรมีระบบนิวมติกส์เข้ามาช่วยเพื่อให้การเชื่อมในแต่ละครั้งเพื่อให้มีแรงกดที่เท่ากัน



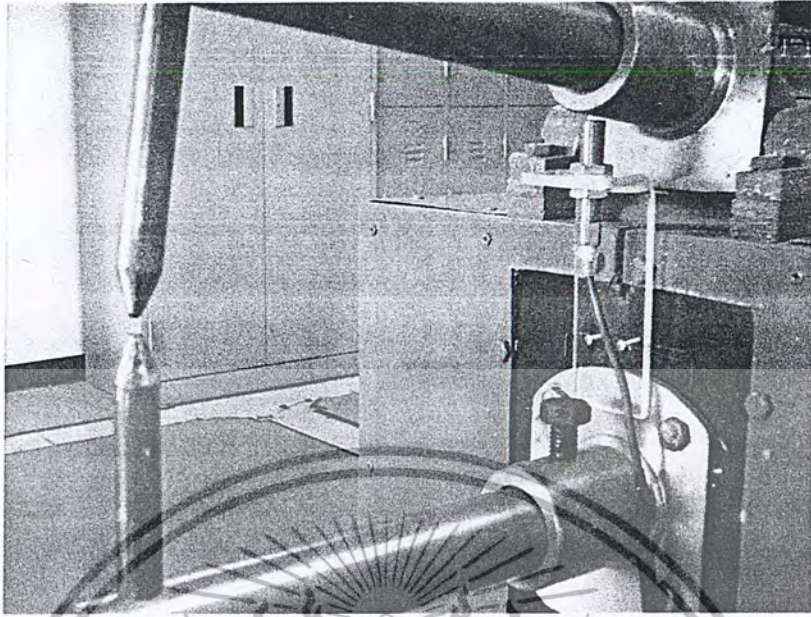
ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปชุดกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

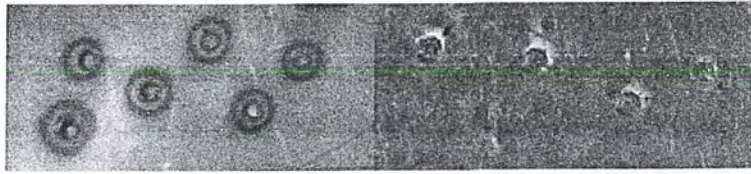


รูปการติดตั้ง Proximity Sensor

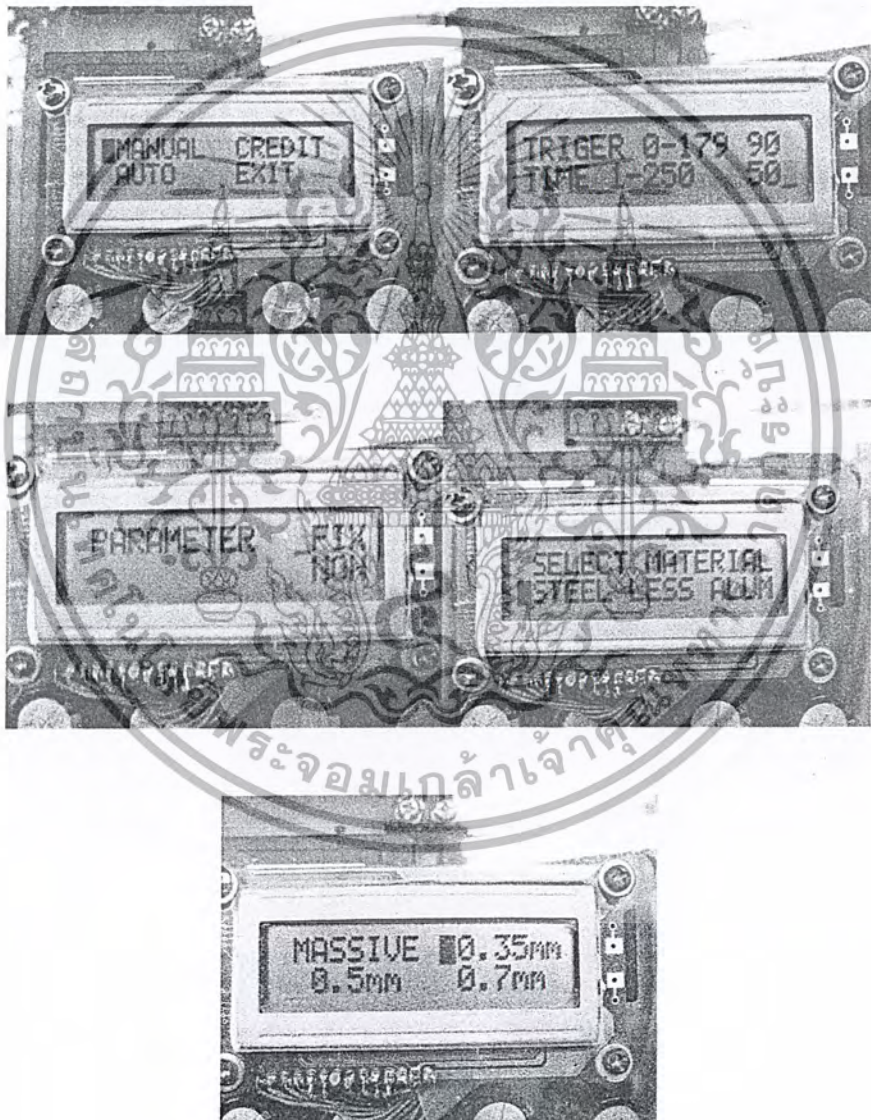


รูปขณะอาร์ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปรอยเชื่อม



รูปแสดง Display LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีการเซตค่าชุดควบคุม

### ขั้นตอนการปฏิบัติ

- สามารถปฏิบัติได้ตาม Flow chart ดังแสดงในหน้าถัดไป
- ทางผู้จัดทำได้ทำโปรแกรมแบ่งฟังก์ชันการใช้งานเป็น 4 ฟังก์ชันดังแสดงดังรูป Display LCD ฟังก์ชันการทำงานแบ่งเป็น 4 ฟังก์ชัน

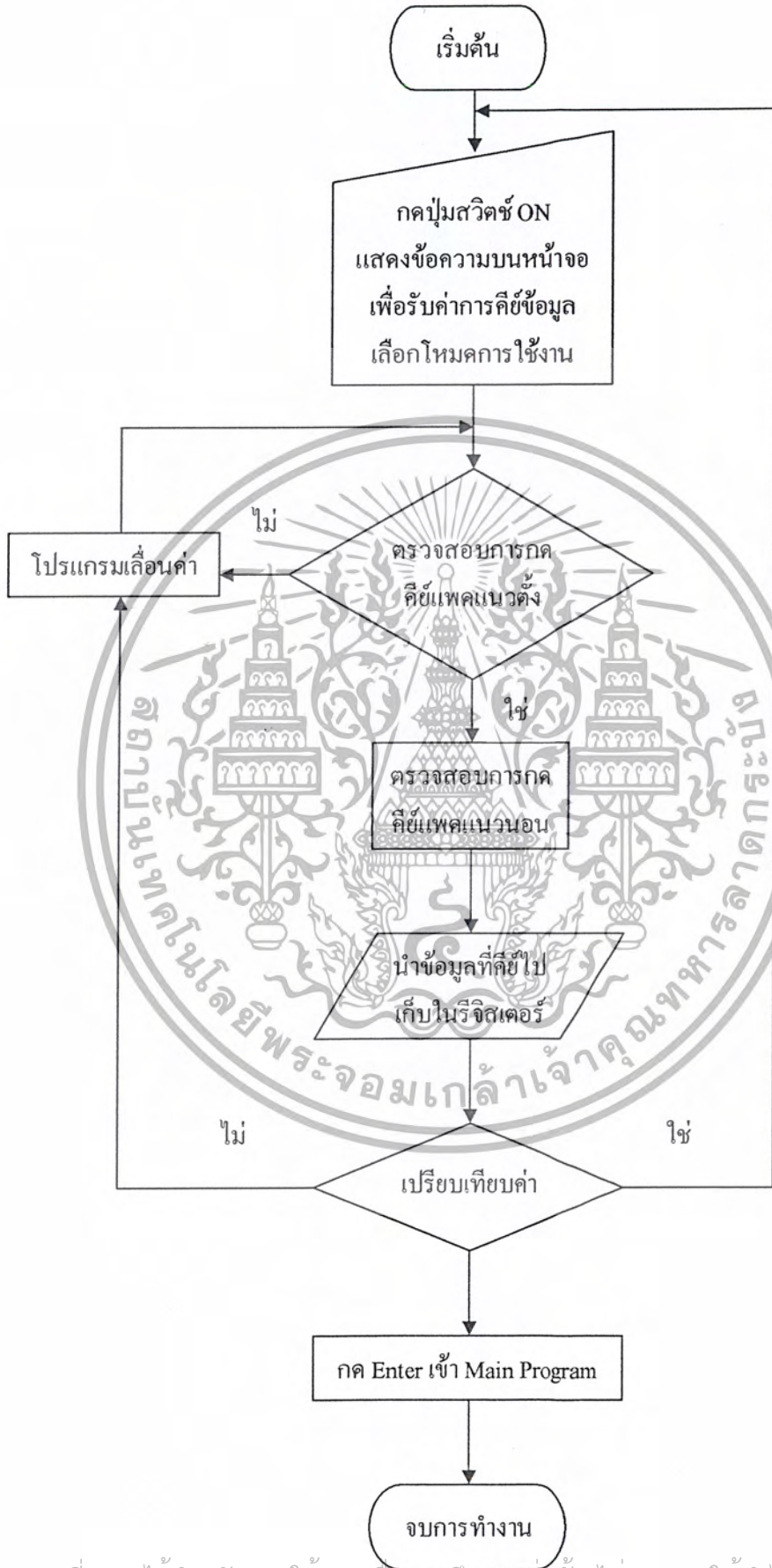
1 ฟังก์ชันการทำงานโหมด Manual เป็นโหมดการทำงานแบบตั้งค่าใช้งานเอง การตั้งค่ามูมทริก เอส ซี อาร์ สามารถตั้งค่าได้ตั้งแต่มูม 0 - 179 องศา และการตั้งค่าช่วงเวลาในการปล่อยลูกคลื่นตั้งแต่ 0 - 250 ไมโครเซค และยังสามารถเลือกวิธีการเชื่อมที่เป็นแบบเชื่อมต่อเนื่อง (FIX) หรือแบบเชื่อมไม่ต่อเนื่อง (NON)

2. ฟังก์ชันการทำงานโหมด Auto เป็นโหมดการทำงานที่ได้เก็บค่าผลการทดลองมาเขียนโปรแกรมตั้งค่า สามารถเลือกชนิดและขนาดของชิ้นงานได้

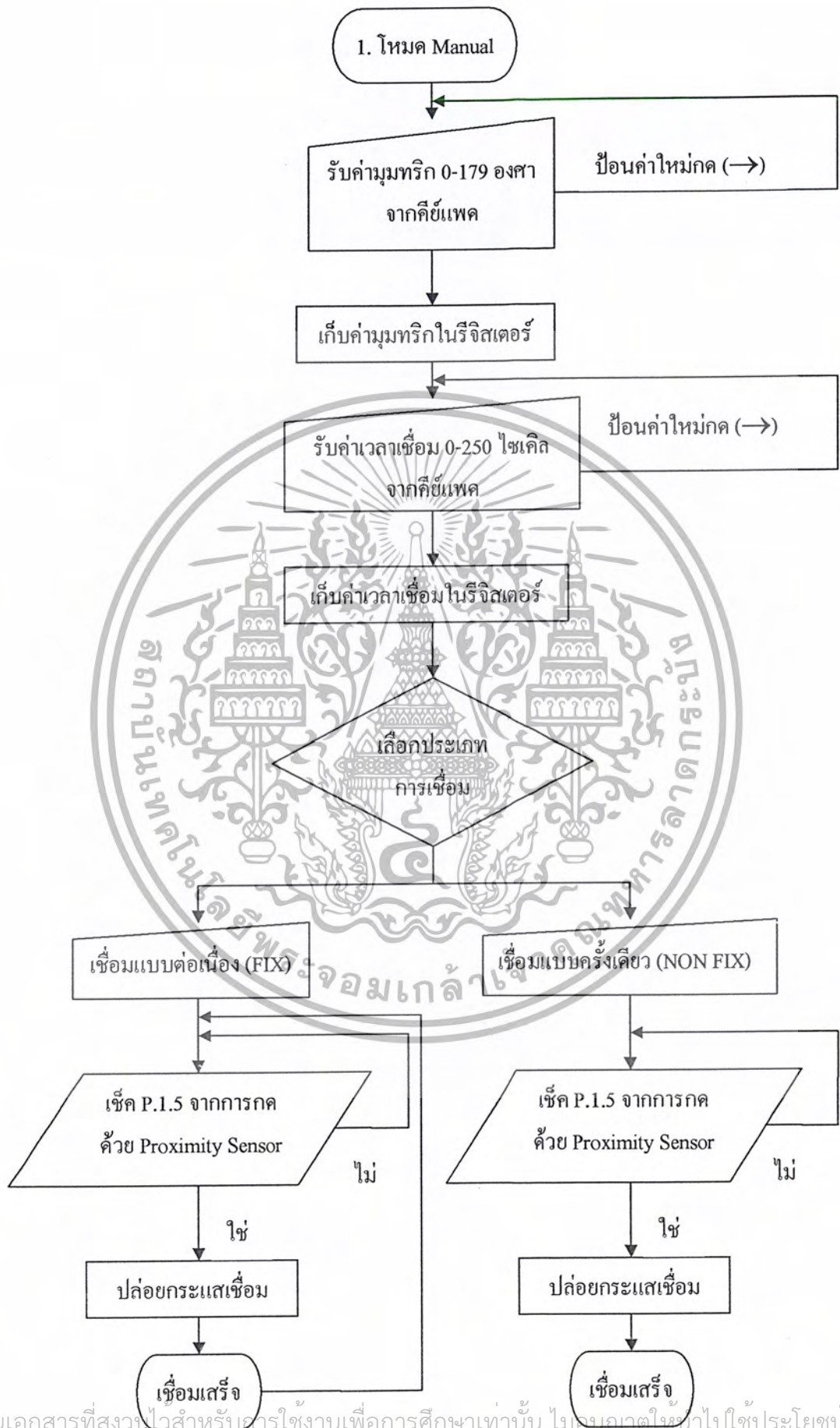
3. ฟังก์ชันการทำงาน โหมด Credit เป็นข้อมูลของคณะผู้จัดทำ

4. ฟังก์ชันการทำงาน โหมด Exit เป็นการออกจากโปรแกรมด้วยซอฟต์แวร์

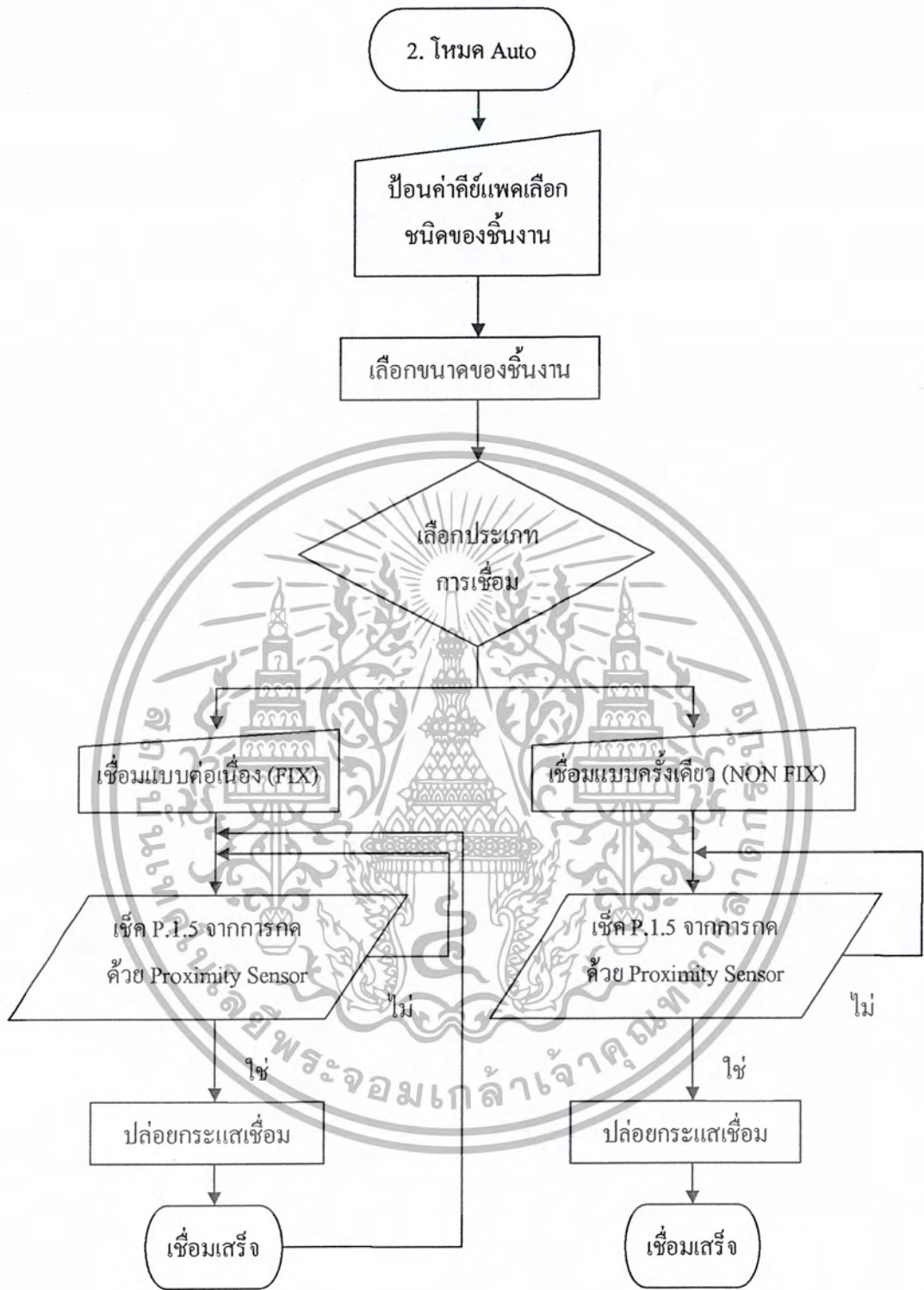




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูช่างานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;-----
; Define Port&Pin Name
;-----
INT1_PIN    BIT        P2.7        ; Timer/Counter 0 PIN
INT0        BIT        P3.2        ; 12
INT1        BIT        P3.3        ; 13
;-----

LCD_EN      BIT        P3.6        ; LCD Module Enable (Active High : Level)
LCD_RS      BIT        P3.7        ; LCD Module Register Select
KPAD_ROW0   BIT        P2.0        ; Keypad Input Row 0
KPAD_ROW1   BIT        P2.1        ; Keypad Input Row 1
KPAD_ROW2   BIT        P2.2        ; Keypad Input Row 2
KPAD_ROW3   BIT        P2.3        ; Keypad Input Row 3
KPAD_COL2   BIT        P2.4        ; Keypad Output Column 2
KPAD_COL1   BIT        P2.5        ; Keypad Output Column 1
KPAD_COL0   BIT        P2.6        ; Keypad Output Column 0
KPAD_COL3   BIT        P2.7        ; Keypad Output Column 3
;-----
; Define User Register
;-----

DEGREE     EQU    030H        ; Degree in put
CYCLE      EQU    031H
BUFF_L     EQU    032H
BUFF_H     EQU    033H
LCD_ADDR   EQU    034H        ; For keep LCD Address
LCD_DATA   EQU    035H        ; For keep LCD Data
KPAD_DATA  EQU    036H        ; For keep Keypad Data
BUFF       EQU    037H
REV        EQU    058H
BUFFER     EQU    039H
CYC        EQU    040H
BUFFE     EQU    041H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DTAC EQU 042H

-----

; Main Program.

-----

ORG 0000H ; Reset Vector  
AJMP MAIN ; Jump to Main  
  
ORG 0003H ; INT\_0 Vector  
LJMP INT\_0  
  
ORG 0013H ; INT\_1 Vector  
LJMP INT\_1  
  
ORG 000BH ; T0 Vector  
LJMP T0\_OV  
  
ORG 001BH ; T1 Vector  
LJMP T1\_OV

-----

MAIN\_2: ACALL INIT\_LCD ; Call LCD Initial subroutine  
MOV LCD\_ADDR,#00H ; Set Address 00H  
ACALL SET\_ADDR\_LCD ;  
MOV DPTR,#TITLE\_4 ; Index Pointer ROM to Show LCD  
ACALL WRLINE\_LCD ; 00H-0FH (Increase automatic)  
MOV LCD\_ADDR,#40H ; Set Address 40H  
ACALL SET\_ADDR\_LCD ;  
MOV DPTR,#TITLE\_5 ; Index Pointer ROM to Show LCD  
ACALL WRLINE\_LCD ; 08H-0FH (Increase automatic)

-----

MOV P2,#0FH  
MOV LCD\_ADDR,#0CH ; Set Address 00H  
ACALL SET\_ADDR\_LCD  
ACALL LCD\_BLINK ; Blink Cursor  
ACALL DELAY\_1s  
MOV BUFFER,#00H

```

MOV A,#DTAC
JAMP_1: JNB P2.1,DOWN_1
        JNB P2.2,UP_1
        JNB P2.3,ENTER_1
        CJNE A,#01,CH_1
        JNB P1.4,TRIG_11
CH_1: CJNE A,#0FFH,CH_2
      JNB P1.4,AUTO_11
CH_2: SJMP ROW_1
TRIG_11: LJMP TRIG
AUTO_11: LJMP AUTO
;-----
DOWN_1: MOV BUFFER,#01
        SJMP ROW_1
UP_1:   MOV BUFFER,#00
        SJMP ROW_1
;-----
ROW_1:  MOV A,BUFFER
        CJNE A,#00,ROW_2
        MOV LCD_ADDR,#0CH ; Set Address 0CH
        ACALL SET_ADDR_LCD
        ACALL LCD_BLINK ; Blink Cursor
        ACALL DELAY_100ms
        ACALL DELAY_100ms
        MOV BUFFE,#01
        SJMP JAMP_1

ROW_2:  MOV A,BUFFER
        MOV LCD_ADDR,#04CH ; Set Address 4CH
        ACALL SET_ADDR_LCD
        ACALL LCD_BLINK ; Blink Cursor
        ACALL DELAY_100ms
        ACALL DELAY_100ms

```

```

MOV  BUFGE,#00
SJMP JAMP_1

ENTER_1:  ACALL DELAY_100ms
          ACALL DELAY_100ms
          MOV  LCD_ADDR,#00H      ; Set Address 40H
          ACALL SET_ADDR_LCD      ;
          MOV  DPTR,#TITLE_8      ; Index Pointer ROM to Show LCD
          ACALL WRLINE_LCD        ; 08H-0FH (Increase automatic)
          MOV  LCD_ADDR,#40H      ; Set Address 40H
          ACALL SET_ADDR_LCD      ;
          MOV  DPTR,#TITLE_9      ; Index Pointer ROM to Show LCD
          ACALL WRLINE_LCD        ; 08H-0FH (Increase automatic)
JL:       MOV  P1,#00H
          JNB  P1.5,$
          ACALL DELAY_1s
          JNB  P1.5,JL
;
MAIN_3:   MOV  CYC,#00H
          MOV  R1,#0FFH
          MOV  TMOD,#00010001B
          MOV  TCON,#00000000B
          MOV  IP,#00000001B
          MOV  TH0,BUFF_H
          MOV  TL0,BUFF_L
          MOV  TH1,BUFF_H
          MOV  TL1,BUFF_L
          MOV  IE,#10001111B
          CJNE R1,#00H,$
          DJNZ BUFGE,MJ
          INC  BUFGE
          LJMP JL

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV  BUFGE,#00
SJMP JAMP_1

ENTER_1:  ACALL DELAY_100ms
          ACALL DELAY_100ms
          MOV  LCD_ADDR,#00H      ; Set Address 40H
          ACALL SET_ADDR_LCD      ;
          MOV  DPTR,#TITLE_8      ; Index Pointer ROM to Show LCD
          ACALL WRLINE_LCD        ; 08H-0FH (Increase automatic)
          MOV  LCD_ADDR,#40H      ; Set Address 40H
          ACALL SET_ADDR_LCD      ;
          MOV  DPTR,#TITLE_9      ; Index Pointer ROM to Show LCD
          ACALL WRLINE_LCD        ; 08H-0FH (Increase automatic)
JL:       MOV  P1,#00H
          JNB  P1.5,$
          ACALL DELAY_1s
          JNB  P1.5,JL
;
MAIN_3:   MOV  CYC,#00H
          MOV  R1,#0FFH
          MOV  TMOD,#00010001B
          MOV  TCON,#00000000B
          MOV  IP,#00000001B
          MOV  TH0,BUFF_H
          MOV  TL0,BUFF_L
          MOV  TH1,BUFF_H
          MOV  TL1,BUFF_L
          MOV  IE,#10001111B
          CJNE R1,#00H,$
          DJNZ BUFGE,MJ
          INC  BUFGE
          LJMP JL

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MJ:   MOV   A,DTAC
      CJNE  A,#01,MJ_1
      LJMP  AUTO
MJ_1  LJMP  TRIG

```

```

;-----
; Interrupt External
;-----

```

```

INT_0: PUSH  ACC
      CLR   P1.1
      CLR   EX0
      SETB  TR0
      POP   ACC
      RETI

```

```

INT_1: PUSH  ACC
      CLR   P1.0
      CLR   EX1
      SETB  TR1
      POP   ACC
      RETI

```

```

;-----
; Interrupt Timer
;-----

```

```

T0_OV:   PUSH  ACC
         SETB  P1.0
         CLR   TR0
         SETB  EX1
         MOV   TH1,BUFF_H
         MOV   TL1,BUFF_L
         MOV   IP,#00000100B
         POP   ACC

```



```

RETI

T1_OV:  PUSH  ACC
        SETB  P1.1
        CLR   TR1
        SETB  EX0
        MOV   TH0,BUFF_H
        MOV   TL0,BUFF_L
        MOV   IP,#00000001B
        INC   CYC
        MOV   A,CYCLE
        SUBB  A,CYC
        JNZ   CON_1
        MOV   IE,#00000000B
        CLR   P1.1
        CLR   P1.0
        MOV   R1,#00H
        JB    P1.5,$
CON_1:  POP   ACC
        RETI

```

```

;-----
;      MAIN PROGRAM
;-----

```

```

MAIN:  MOV   P1,#00H
        MOV   DEGREE,#00H
        MOV   CYCLE,#00H
        MOV   P0,#00000000B      ; Clear Databus
        CLR   LCD_EN              ; Clear LCD Enable
        CLR   LCD_RS              ; Clear LCD RS
        ACALL INIT_LCD            ; Call LCD Initial subroutine
        MOV   LCD_ADDR,#00H      ; Set Address 00H
        ACALL SET_ADDR_LCD        ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV DPTR,#TITLE_1 ; Index Pointer ROM to Show LCD
ACALL WRLINE_LCD ; 00H-0FH (Increase automatic)
MOV LCD_ADDR,#40H ; Set Address 40H
ACALL SET_ADDR_LCD ;
MOV DPTR,#TITLE_2 ; Index Pointer ROM to Show LCD
ACALL WRLINE_LCD ; 08H-0FH (Increase automatic)

```

```

;-----
; UP DOWN KEY
;-----

```

```

MOV P2,#0FH
MOV LCD_ADDR,#00H ; Set Address 00H
ACALL SET_ADDR_LCD
ACALL LCD_BLINK ; Blink Cursor
ACALL DELAY_1s
MOV BUFFER,#00
JAMP: JNB P2.1,DOWN
JNB P2.2,UP
JNB P2.3,ENTER
SJMP ROW1

```

```

;-----
DOWN: MOV A,BUFFER
ADD A,#01
MOV BUFFER,A
SJMP ROW1

```

```

UP: MOV A,BUFFER
SUBB A,#01
MOV BUFFER,A
SJMP ROW1

```

```

;-----
ROW1: MOV A,BUFFER
CJNE A,#00,ROW2
MOV LCD_ADDR,#00H ; Set Address 00H

```

```

ACALL SET_ADDR_LCD
ACALL LCD_BLINK           ; Blink Cursor
ACALL DELAY_100ms
ACALL DELAY_100ms
MOV  BUFFER,#00
SJMP JAMP

```

```

ROW2: MOV  A,BUFFER
      CJNE A,#01,ROW3
      MOV  LCD_ADDR,#40H           ; Set Address 40H
      ACALL SET_ADDR_LCD
      ACALL LCD_BLINK           ; Blink Cursor
      ACALL DELAY_100ms
      ACALL DELAY_100ms
      MOV  BUFFER,#01
      SJMP JAMP

```

```

ROW3: MOV  A,BUFFER
      CJNE A,#02,ROW4
      MOV  LCD_ADDR,#08H           ; Set Address 08H
      ACALL SET_ADDR_LCD
      ACALL LCD_BLINK           ; Blink Cursor
      ACALL DELAY_100ms
      ACALL DELAY_100ms
      MOV  BUFFER,#02
      SJMP JAMP

```

```

ROW4: MOV  A,BUFFER
      CJNE A,#03,JAMP
      MOV  LCD_ADDR,#48H           ; Set Address 48H
      ACALL SET_ADDR_LCD
      ACALL LCD_BLINK           ; Blink Cursor
      ACALL DELAY_100ms
      ACALL DELAY_100ms

```

```
MOV BUFFER,#03
SJMP JAMP
```

```
ENTER: ACALL DELAY_100ms
ACALL DELAY_100ms
MOV A,BUFFER
```

```
-----
;
; SCANE QUIZ
;
-----
```

```
CJNE A,#00,Q1
AJMP TRIG
```

```
Q1: CJNE A,#01,Q2
AJMP AUTO
```

```
Q2: CJNE A,#02,Q3
LJMP CREDIT
```

```
Q3: CJNE A,#03,DET
Q4: SETB P1.2
AJMP Q4
```

```
DET: LJMP MAIN
```

```
TRIG: ACALL INIT_LCD ; Call LCD Initial subroutine
MOV LCD_ADDR,#00H ; Set Address 00H
ACALL SET_ADDR_LCD ;
MOV DPTR,#TITLE_6 ; Index Pointer ROM to Show LCD
ACALL WRLINE_LCD ; 00H-0FH (Increase automatic)
MOV LCD_ADDR,#40H ; Set Address 4DH
ACALL SET_ADDR_LCD ;
MOV DPTR,#TITLE_7 ; Index Pointer ROM to Show LCD
ACALL WRLINE_LCD ; 00H-0FH (Increase automatic)
```

```
START2: MOV R4,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV LCD_ADDR,#0DH ; Set Address 0DH
ACALL SET_ADDR_LCD
ACALL LCD_BLINK ; Blink Cursor
MOV REV,#01
ACALL DELAY_100ms
ACALL DELAY_100ms

KPAD: ACALL GET_KPAD
JB P1.4,START
MOV A,KPAD_DATA
LJMP N1

START: MOV A,REV
CJNE A,#01,START1
MOV DEGREE,#00H
MOV LCD_ADDR,#0DH ; Set Address 0DH
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_9 ; Index Pointer ROM to Show LCD
ACALL WRLINE_LCD ; 00H-0FH (Increase automatic)
LJMP START2

START1: MOV CYCLE,#00H
MOV LCD_ADDR,#04DH ; Set Address 04DH
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_9 ; Index Pointer ROM to Show LCD
ACALL WRLINE_LCD ; 00H-0FH (Increase automatic)
LJMP CYCL

CYCL: MOV R4,#08H
MOV LCD_ADDR,#04DH ; Set Address 04DH
ACALL SET_ADDR_LCD
ACALL LCD_BLINK ; Blink Cursor
MOV REV,#02
LJMP KPAD

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-----  
;  
;     SCANE NUMBER  
-----

N1:    CJNE   A,#01,N2  
       MOV    LCD\_DATA,#'1'                     ; Write Character '1'  
       ACALL  WRCHAR\_LCD  
       ACALL  LCD\_BLINK                         ; Blink Cursor  
       ACALL  DELAY\_500ms  
       MOV    BUFF,#01  
       LJMP   B1

N2:    CJNE   A,#02,N3  
       MOV    LCD\_DATA,#'2'                     ; Write Character '2'  
       ACALL  WRCHAR\_LCD  
       ACALL  LCD\_BLINK                         ; Blink Cursor  
       ACALL  DELAY\_500ms  
       MOV    BUFF,#02  
       LJMP   B1

N3:    CJNE   A,#03,N4  
       MOV    LCD\_DATA,#'3'                     ; Write Character '3'  
       ACALL  WRCHAR\_LCD  
       ACALL  LCD\_BLINK                         ; Blink Cursor  
       ACALL  DELAY\_500ms  
       MOV    BUFF,#03  
       LJMP   B1

N4:    CJNE   A,#04,N5  
       MOV    LCD\_DATA,#'4'                     ; Write Character '4'  
       ACALL  WRCHAR\_LCD  
       ACALL  LCD\_BLINK                         ; Blink Cursor  
       ACALL  DELAY\_500ms  
       MOV    BUFF,#04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LJMP B1

N5:  CJNE  A,#05,N6
      MOV  LCD_DATA,#'5'           ; Write Character '5'
      ACALL WRCHAR_LCD
      ACALL LCD_BLINK              ; Blink Cursor
      ACALL DELAY_500ms
      MOV  BUFF,#05
      LJMP B1

N6:  CJNE  A,#06,N7
      MOV  LCD_DATA,#'6'           ; Write Character '6'
      ACALL WRCHAR_LCD
      ACALL LCD_BLINK              ; Blink Cursor
      ACALL DELAY_500ms
      MOV  BUFF,#06
      LJMP B1

N7:  CJNE  A,#07,N8
      MOV  LCD_DATA,#'7'           ; Write Character '7'
      ACALL WRCHAR_LCD
      ACALL LCD_BLINK              ; Blink Cursor
      ACALL DELAY_500ms
      MOV  BUFF,#07
      LJMP B1

N8:  CJNE  A,#08,N9
      MOV  LCD_DATA,#'8'           ; Write Character '8'
      ACALL WRCHAR_LCD
      ACALL LCD_BLINK              ; Blink Cursor
      ACALL DELAY_500ms
      MOV  BUFF,#08
      LJMP B1

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

N9:  CJNE  A,#09,N0
      MOV  LCD_DATA,#'9'           ; Write Character '9'
      ACALL WRCHAR_LCD
      ACALL LCD_BLINK              ; Blink Cursor
      ACALL DELAY_500ms
      MOV  BUFF,#09
      LJMP B1

```

```

N0:  CJNE  A,#011,N10
      MOV  LCD_DATA,#'0'           ; Write Character '0'
      ACALL WRCHAR_LCD
      ACALL LCD_BLINK              ; Blink Cursor
      ACALL DELAY_500ms
      MOV  BUFF,#00
      LJMP B1

```

```

N10: CJNE  A,#010,N11
      NOP
      NOP
      SETB P1.3
      NOP
      NOP
      ACALL DELAY_1s
      LJMP B1

```

```

N11: CJNE  A,#012,N13
      MOV  LCD_DATA,#'B'           ; Write Character 'B'
      ACALL WRCHAR_LCD
      ACALL DELAY_500ms

```

```

      MOV  A,REV
      CJNE  A,#01,N12
      MOV  DEGREE,R3
      LJMP CYCL

```

```
N12  MOV  CYCLE,R3
      LJMP DECOLE
```

```
N13:  LJMP  KPAD
```

```
-----
;
;      PROGRAM *
;
-----
```

```
B1:   INC   R4
      CJNE  R4,#01H,B2
      MOV  R3,BUFF
      LJMP KPAD
```

```
B2:   CJNE  R4,#02H,B3
      MOV  B,#10
      MOV  A,R3
      MUL  AB
      ADD  A,BUFF
      MOV  R3,A
      LJMP KPAD
```

```
B3:   CJNE  R4,#03H,B4
      MOV  A,R3
      MOV  B,#17
      CLR  C
      SUBB  A,B
      JC   B8
      JZ   B8
      SJMP B0
```

```
B8:   MOV  A,R3
      MOV  B,#10
      MUL  AB
      ADD  A,BUFF
```



```

MOV  DEGREE,A
CLR  C
CLR  B
MOV  A,#180
SUBB A,DEGREE
JC   B0
LJMP CYCL

```

```

B0:  CLR  C
      MOV  LCD_ADDR,#00DH      ; Set Address 4DH
      ACALL SET_ADDR_LCD      ;
      MOV  DPTR,#TITLE_9      ; Index Pointer ROM to Show LCD
      ACALL WRLINE_LCD
      LJMP  START2

```

```

B4:  CJNE  R4,#09H,B5
      MOV  R3,BUFF
      LJMP  KPAD

```

```

B5:  CJNE  R4,#0AH,B6
      MOV  B,#10
      MOV  A,R3
      MUL  AB
      ADD  A,BUFF
      MOV  R3,A
      LJMP  KPAD

```

```

B6:  CJNE  R4,#0BH,B7
      MOV  A,R3
      MOV  B,#25
      CLR  C
      UBB  A,B
      JC   B9
      JZ   B9

```

```

      JZ   B9

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        SJMP B7
B9:    MOV B,#10
        MOV A,R3
        MUL AB
        ADD A,BUFF
        MOV CYCLE,A
        CLR C
        MOV A,#250
        SUBB A,CYCLE
        JC B7
        LJMP DECOLE

B7:    CLR C
        MOV R4,#08H
        MOV LCD_ADDR,#04DH ; Set Address 4DH
        ACALL SET_ADDR_LCD ;
        MOV DPTR,#TITLE_9 ; Index Pointer ROM to Show LCD
        ACALL WRLINE_LCD
        LJMP CYCL

_OUT:  LJMP KPAD

DECOLE: MOV A,DEGREE
        MOV DPTR,#DATA_HI
        MOVC A,@A+DPTR
        MOV BUFF_H,A
        MOV A,DEGREE
        MOV DPTR,#DATA_LO
        MOVC A,@A+DPTR
        MOV BUFF_L,A
        MOV DTAC,#0FFH
        LJMP MAIN_2

```

-----

; Keypad Scan key Subroutine

-----

```
GET_KPAD:  MOV  P2,#0FFH          ; Pull P2 to High
           MOV  KPAD_DATA,#0; Clear Keypad Data
```

```
CHK_COL0:  CLR  KPAD_COL0        ; Begin Scan Column 0
           MOV  A,P2            ; Get Port2 Value
           ANL  A,#00FH        ; Get only lower 4 bit
           CJNE A,#00FH,COL0_DETECT; Check All rows '1'?
           AJMP CHK_COL1      ; All rows '1' => check next column
```

```
COL0_DETECT: MOV  KPAD_DATA,#01  ; Initial KPAD_DATA = 1
           AJMP GET_ROW        ; Jump to get row value
```

```
CHK_COL1:  SETB KPAD_COL0      ; Stop Scan Column 0
           CLR  KPAD_COL1      ; Begin Scan Column 1
           MOV  A,P2            ; Get Port2 Value
           ANL  A,#00FH        ; Get only lower 4 bit
           CJNE A,#00FH,COL1_DETECT; Check All rows '1'?
           AJMP CHK_COL2      ; All rows '1' => check next column
```

```
COL1_DETECT: MOV  KPAD_DATA,#02  ; Initial KPAD_DATA = 2
           AJMP GET_ROW        ; Jump to get row value
```

```
CHK_COL2:  SETB KPAD_COL1      ; Stop Scan Column 1
           CLR  KPAD_COL2      ; Begin Scan Column 2
           MOV  A,P2            ; Get Port2 Value
           ANL  A,#00FH        ; Get only lower 4 bit
           CJNE A,#00FH,COL2_DETECT; Check All rows '1'?
           RET
```

```
COL2_DETECT: MOV  KPAD_DATA,#03  ; Initial KPAD_DATA = 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

GET_ROW:   CLR   KPAD_COL0           ; Enable all Column to find Crosspoint
           CLR   KPAD_COL1           ;
           CLR   KPAD_COL2           ;
           JB    KPAD_ROW0,CHK_ROW1   ; Check Row 0 Detect?
           RET                                ; Row 0 Detect => return

```

```

CHK_ROW1:  JB    KPAD_ROW1,CHK_ROW2   ; Check Row 2 Detect?
           MOV   A,KPAD_DATA ; Add 3 with KPAD_DATA
           ADD   A,#3                 ;
           MOV   KPAD_DATA,A         ;
           RET                                ; Return

```

```

CHK_ROW2:  JB    KPAD_ROW2,CHK_ROW3   ; Check Row 2 Detect?
           MOV   A,KPAD_DATA ; Add 6 with KPAD_DATA
           ADD   A,#6                 ;
           MOV   KPAD_DATA,A         ;
           RET                                ; Return

```

```

CHK_ROW3:  MOV   A,KPAD_DATA ; Add 9 with KPAD_DATA
           ADD   A,#9                 ;
           MOV   KPAD_DATA,A         ;
           RET                                ; Return

```

```

;-----
; Dummy Delay time LCD_DELAY, 10m, 100m, 1s
;-----

```

```

LCD_DELAY: MOV   R7,#002             ; Do 2 times
LCD_DELAY_1:MOV  R6,#0E6H           ; Each loop = 1 ms
LCD_DELAY_2:NOP
           NOP
           DJNZ  R6,LCD_DELAY_2
           DJNZ  R7,LCD_DELAY_1
           RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DELAY_10ms: MOV R7,#010 ; Do 10 times
DELAY_10ms_1:MOV R6,#0E6H ; Each loop = 1 ms
DELAY_10ms_2:NOP
NOP
DJNZ R6,DELAY_10ms_2
DJNZ R7,DELAY_10ms_1
RET

```

```

DELAY_100ms: MOV R7,#100 ; Do 100 times
DELAY_100ms_1:MOV R6,#0E6H ; Each loop = 1 ms
DELAY_100ms_2:NOP
NOP
DJNZ R6,DELAY_100ms_2
DJNZ R7,DELAY_100ms_1
RET

```

```

DELAY_500ms: MOV R5,#50 ; Do 50 times
DELAY_500ms_1:ACALL DELAY_10ms
DJNZ R5,DELAY_1s_1
RET

```

```

DELAY_1s: MOV R5,#100 ; Do 100 times
DELAY_1s_1: ACALL DELAY_10ms
DJNZ R5,DELAY_1s_1
RET

```

```

;-----
; CREDIT
;-----

```

```

CREDIT: ACALL INIT_LCD ; Call LCD Initial subroutine
MOV LCD_ADDR,#00H ; Set Address 00H
ACALL SET_ADDR_LCD ;
MOV DPTR,#TITLE_11 ; Index Pointer ROM to Show LCD
ACALL WRLINE_LCD ; 00H-07H (Increase automatic)

```

```

MOV DPTR,#TITLE_13 ; Index Pointer ROM to Show LCD
ACALL WRLINE_LCD ; 08H-0FH (Increase automatic)
MOV LCD_ADDR,#40H ; Set Address 40H
ACALL SET_ADDR_LCD ;
MOV DPTR,#TITLE_12 ; Index Pointer ROM to Show LCD
ACALL WRLINE_LCD ; 40H-47H (Increase automatic)
MOV DPTR,#TITLE_14 ; Index Pointer ROM to Show LCD
ACALL WRLINE_LCD ; 48H-4FH (Increase automatic)
ACALL DELAY_1s ; Delay
ACALL DELAY_1s
ACALL DELAY_1s ; Delay
MOV R4,#16 ; Set Loop 8 times
LOOP_LCD_L_SHF:ACALL LCD_LSHF ; Left Shift LCD Display
ACALL DELAY_100ms ; Delay
ACALL DELAY_100ms
DJNZ R4,LOOP_LCD_L_SHF ; Do until 8 times
ACALL DELAY_1s ; Delay
ACALL DELAY_1s
ACALL DELAY_1s ; Delay
MOV LCD_ADDR,#000H ; Set Address 00H
ACALL SET_ADDR_LCD ;
MOV DPTR,#TITLE_15 ; Index Pointer ROM to Show LCD
ACALL WRLINE_LCD ; 00H-07H (Increase automatic)
MOV LCD_ADDR,#040H ; Set Address 40H
ACALL SET_ADDR_LCD ;
MOV DPTR,#TITLE_16 ; Index Pointer ROM to Show LCD
ACALL WRLINE_LCD ; 40H-47H (Increase automatic)
ACALL DELAY_1s ; Delay
ACALL DELAY_1s
ACALL DELAY_1s ; Delay
MOV R4,#16 ; Set Loop 8 times
LOOP_LCD_R_SHF:ACALL LCD_RSHF ; Right Shift LCD Display
ACALL DELAY_100ms ; Delay
ACALL DELAY_100ms

```

```

DJNZ R4,LOOP_LCD_R_SHF ; Do until 8 times
ACALL DELAY_1s          ; Delay
ACALL DELAY_1s
ACALL DELAY_1s          ; Delay
ACALL LCD_CLR           ; Clear LCD Display
LJMP MAIN

```

```

;-----

```

```

; LCD Initialize

```

```

;-----

```

```

INIT_LCD:  ACALL DELAY_100ms      ; Delay
           CLR LCD_RS             ; Clear LCD_RS Pin
           MOV P0,#00111000B      ; 8bit Mode
           ACALL LCD_CLK          ; Pulse LCD Clock
           ACALL DELAY_10ms       ; Delay
           MOV P0,#00111000B      ; 8bit Mode
           ACALL LCD_CLK          ; Pulse LCD Clock
           ACALL LCD_OFF          ; Display Off
           ACALL LCD_CLR          ; Clear Display
           MOV P0,#00000110B      ; Entry Mode
           ACALL LCD_CLK          ; Pulse LCD Clock
           ACALL LCD_HOME         ; Return Home Display

```

```

;-----

```

```

; LCD Clear Display

```

```

;-----

```

```

LCD_CLR:   CLR LCD_RS             ; Clear LCD_RS Pin
           MOV P0,#00000001B      ; Display Clear
           ACALL LCD_CLK          ; Pulse LCD Clock
           RET

```

```

;-----

```

```

; LCD Return Home

```

```

;-----

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCD_HOME: CLR LCD_RS           ; Clear LCD_RS Pin
          MOV P0,#0000010B      ; Return Home
          ACALL LCD_CLK        ; Pulse LCD Clock
          RET

```

```

;-----
; LCD Display Off
;-----

```

```

LCD_OFF: CLR LCD_RS           ; Clear LCD_RS Pin
         MOV P0,#00001000B     ; Display Off
         ACALL LCD_CLK        ; Pulse LCD Clock
         RET

```

```

;-----
; LCD Clk
;-----

```

```

LCD_CLK: SETB LCD_EN          ; Pulse Clock to LCD_EN
         ACALL LCD_DELAY
         CLR LCD_EN
         ACALL LCD_DELAY
         RET

```

```

;-----
; LCD Display On
;-----

```

```

LCD_ON: CLR LCD_RS           ; Clear LCD_RS Pin
        MOV P0,#00001100B    ; Display On
        ACALL LCD_CLK        ; Pulse LCD Clock
        RET

```

```

;-----
; LCD Cursor On
;-----

```

```

LCD_BLINK: CLR LCD_RS       ; Clear LCD_RS Pin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV P0,#00001111B ; Display Cursor and Blink
ACALL LCD_CLK ; Pulse LCD Clock
RET

```

```

;-----
; LCD Left Shift Display
;-----

```

```

LCD_LSHF: CLR LCD_RS ; Clear LCD_RS Pin
MOV P0,#00011000B ; Left Shift Display
ACALL LCD_CLK ; Pulse LCD Clock
RET

```

```

;-----
; LCD Right Shift Display
;-----

```

```

LCD_RSHF: CLR LCD_RS ; Clear LCD_RS Pin
MOV P0,#00011100B ; Right Shift Display
ACALL LCD_CLK ; Pulse LCD Clock
RET

```

```

;-----
; Set LCD Address
; I/P:LCD_ADDR
;-----

```

```

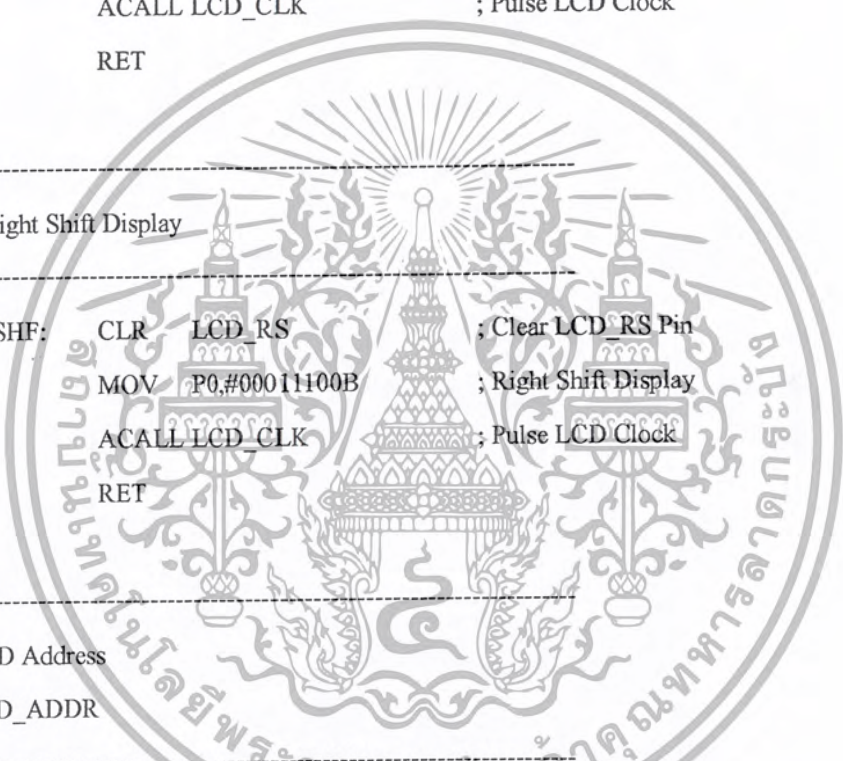
SET_ADDR_LCD: CLR LCD_RS ; Clear LCD_RS Pin
MOV A,LCD_ADDR ; Move LCD_ADDR to ACC.
SETB ACC.7 ; Set bit ACC.7
MOV P0,A ; Move to DATABUS
ACALL LCD_CLK ; Pulse LCD Clock
RET

```

```

;-----
; Write Character to show LCD
; I/P:LCD_DATA
;-----

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

WRCHAR_LCD:SETB LCD_RS           ; Set LCD_RS Pin
                MOV P0,LCD_DATA    ; Move LCD_DATA to DATABUS
                ACALL LCD_CLK       ; Pulse LCD Clock
                ACALL LCD_ON        ; Display On
                RET

```

-----

; Write Line of 1 Character from ROM

; I/P:DPTR : Locate ROM Address

-----

```

WRLINE_LCD: MOV R0,#0             ; Clear loop counter
WRLINE_LCD_1:SETB LCD_RS         ; Set LCD_RS Pin
                CLR A              ; Clear ACC.
                MOVC A,@A+DPTR     ; Move data from @DPTR to ACC.
                MOV P0,A           ; Move ACC. to DATABUS
                ACALL LCD_CLK       ; Pulse LCD Clock
                INC DPTR            ; Increase Pointer
                INC R0              ; Increase loop counter
                CJNE R0,#16,WRLINE_LCD_1 ; Do until 16 times
                ACALL LCD_ON        ; Display On
                RET

```

-----

; AUTO

-----

```

AUTO: MOV P0,#00000000B          ; Clear Databus
                CLR LCD_EN         ; Clear LCD Enable
                CLR LCD_RS         ; Clear LCD RS
                ACALL INIT_LCD      ; Call LCD Initial subroutine
                MOV LCD_ADDR,#00H   ; Set Address 00H
                ACALL SET_ADDR_LCD  ;
                MOV DPTR,#TITLE_20 ; Index Pointer ROM to Show LCD
                ACALL WRLINE_LCD     ; 00H-0FH (Increase automatic)
                MOV LCD_ADDR,#40H   ; Set Address 40H

```

```

ACALL SET_ADDR_LCD      ;
MOV  DPTR,#TITLE_21     ; Index Pointer ROM to Show LCD
ACALL WRLINE_LCD
MOV  P2,#0FH
MOV  LCD_ADDR,#40H     ; Set Address 00H
ACALL SET_ADDR_LCD
ACALL LCD_BLINK        ; Blink Cursor
ACALL DELAY_1s
MOV  BUFFER,#00

JAMP1: JNB  P2.1,DOWN1
        JNB  P2.2,UP1
        JNB  P2.3,ENTER1
        JB   P1.4,M1
        SJMP ROW11
M1:     LJMP MAIN
;-----
DOWN1:  MOV  A,BUFFER
        ADD  A,#01
        MOV  BUFFER,A
        SJMP ROW11
UP1:    MOV  A,BUFFER
        SUBB A,#01
        MOV  BUFFER,A
        SJMP ROW11
;-----
ROW11:  MOV  A,BUFFER
        CJNE A,#00,ROW21
        MOV  LCD_ADDR,#40H     ; Set Address 00H
        ACALL SET_ADDR_LCD
        ACALL LCD_BLINK        ; Blink Cursor
        ACALL DELAY_100ms
        ACALL DELAY_100ms

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOV BUFFER,#00

SJMP JAMP1

ROW21: MOV A,BUFFER  
CJNE A,#01,ROW31  
MOV LCD\_ADDR,#46H ; Set Address 46H  
ACALL SET\_ADDR\_LCD  
ACALL LCD\_BLINK ; Blink Cursor  
ACALL DELAY\_100ms  
ACALL DELAY\_100ms  
MOV BUFFER,#01  
SJMP JAMP1

ROW31: MOV A,BUFFER  
CJNE A,#02,JAMP1  
MOV LCD\_ADDR,#4BH ; Set Address 4BH  
ACALL SET\_ADDR\_LCD  
ACALL LCD\_BLINK ; Blink Cursor  
ACALL DELAY\_100ms  
ACALL DELAY\_100ms  
MOV BUFFER,#02  
SJMP JAMP1

ENTER1: ACALL DELAY\_100ms  
ACALL DELAY\_100ms  
MOV A,BUFFER

Q5: CJNE A,#00,Q6  
LJMP STEEL

Q6: CJNE A,#01,Q7  
LJMP LESS

Q7: CJNE A,#02,Q5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LJMP ALUM

-----  
STEEL: ACALL INIT\_LCD ; Call LCD Initial subroutine  
MOV LCD\_ADDR,#00H ; Set Address 00H  
ACALL SET\_ADDR\_LCD ;  
MOV DPTR,#TITLE\_22 ; Index Pointer ROM to Show LCD  
ACALL WRLINE\_LCD ; 00H-0FH (Increase automatic)  
  
MOV LCD\_ADDR,#40H ; Set Address 40H  
ACALL SET\_ADDR\_LCD ;  
MOV DPTR,#TITLE\_23 ; Index Pointer ROM to Show LCD  
ACALL WRLINE\_LCD  
MOV P2,#0FH  
MOV LCD\_ADDR,#09H ; Set Address 00H  
ACALL SET\_ADDR\_LCD  
ACALL LCD\_BLINK ; Blink Cursor  
ACALL DELAY\_1s  
MOV BUFFER,#00  
JAMP2: JNB P2.1,DOWN12  
JNB P2.2,UP12  
JNB P2.3,ENTER2  
JB P1.4,M2  
SJMP ROW12  
M2: LJMP AUTO

-----  
DOWN12: MOV A,BUFFER  
ADD A,#01  
MOV BUFFER,A  
SJMP ROW12

UP12: MOV A,BUFFER  
SUBB A,#01  
MOV BUFFER,A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SJMP ROW12

-----  
ROW12: MOV A,BUFFER  
CJNE A,#00,ROW22  
MOV LCD\_ADDR,#09H ; Set Address 00H  
ACALL SET\_ADDR\_LCD  
ACALL LCD\_BLINK ; Blink Cursor  
ACALL DELAY\_100ms  
ACALL DELAY\_100ms  
MOV BUFFER,#00  
SJMP JAMP2

ROW22: MOV A,BUFFER  
CJNE A,#01,ROW32  
MOV LCD\_ADDR,#41H ; Set Address 46H  
ACALL SET\_ADDR\_LCD  
ACALL LCD\_BLINK ; Blink Cursor  
ACALL DELAY\_100ms  
ACALL DELAY\_100ms  
MOV BUFFER,#01  
SJMP JAMP2

ROW32: MOV A,BUFFER  
CJNE A,#02,JAMP2  
MOV LCD\_ADDR,#49H ; Set Address 4BH  
ACALL SET\_ADDR\_LCD  
ACALL LCD\_BLINK ; Blink Cursor  
ACALL DELAY\_100ms  
ACALL DELAY\_100ms  
MOV BUFFER,#02  
SJMP JAMP2

ENTER2: ACALL DELAY\_100ms  
ACALL DELAY\_100ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOV A,BUFFER

Q8: CJNE A,#00,Q9  
LJMP STEEL4mm

Q9: CJNE A,#01,Q10  
LJMP STEEL5mm

Q10: CJNE A,#02,Q8  
LJMP STEEL8mm

STEEL4mm: MOV DEGREE,#110  
MOV CYCLE,#50  
LJMP DECOLE1

STEEL5mm: MOV DEGREE,#120  
MOV CYCLE,#100  
LJMP DECOLE1

STEEL8mm: MOV DEGREE,#100  
MOV CYCLE,#100  
LJMP DECOLE1

LESS: ACALL INIT\_LCD ; Call LCD Initial subroutine  
MOV LCD\_ADDR,#00H ; Set Address 00H  
ACALL SET\_ADDR\_LCD ;  
MOV DPTR,#TITLE\_24 ; Index Pointer ROM to Show LCD  
ACALL WRLINE\_LCD ; 00H-0FH (Increase automatic)  
  
MOV LCD\_ADDR,#40H ; Set Address 40H  
ACALL SET\_ADDR\_LCD ;  
MOV DPTR,#TITLE\_25 ; Index Pointer ROM to Show LCD  
ACALL WRLINE\_LCD  
MOV P2,#0FH

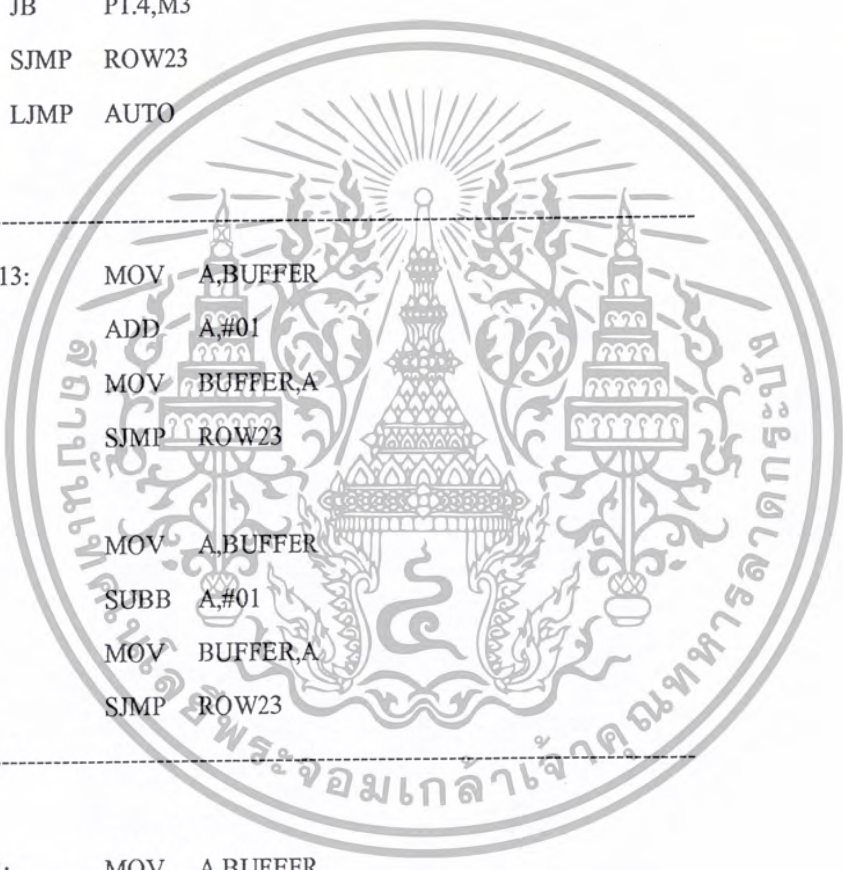
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV LCD_ADDR,#41H           ; Set Address 00H
ACALL SET_ADDR_LCD
ACALL LCD_BLINK             ; Blink Cursor
LCALL DELAY_1s
MOV BUFFER,#00

JAMP3: JNB P2.1,DOWN13
      JNB P2.2,UP13
      JNB P2.3,ENTER3
      JB P1.4,M3
      SJMP ROW23
M3:   LJMP AUTO
;-----
DOWN13: MOV A,BUFFER
        ADD A,#01
        MOV BUFFER,A
        SJMP ROW23
UP13:  MOV A,BUFFER
        SUBB A,#01
        MOV BUFFER,A
        SJMP ROW23
;-----
ROW23: MOV A,BUFFER
        CJNE A,#01,ROW33
        MOV LCD_ADDR,#41H   ; Set Address 46H
        ACALL SET_ADDR_LCD
        ACALL LCD_BLINK     ; Blink Cursor
        ACALL DELAY_100ms
        ACALL DELAY_100ms
        MOV BUFFER,#01
        SJMP JAMP3

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ROW33:    MOV    A,BUFFER
          CJNE   A,#02,JAMP3
          MOV    LCD_ADDR,#49H    ; Set Address 4BH
          ACALL SET_ADDR_LCD
          ACALL LCD_BLINK        ; Blink Cursor
          ACALL DELAY_100ms
          ACALL DELAY_100ms
          MOV    BUFFER,#02
          SJMP  JAMP3

ENTER3:   ACALL DELAY_100ms
          ACALL DELAY_100ms
          MOV    A,BUFFER

Q11:     CJNE   A,#01,Q12
          LJMP  LESS35mm

Q12:     CJNE   A,#02,Q11
          LJMP  LESS5mm
;-----
LESS35mm: MOV    DEGREE,#130
          MOV    CYCLE,#100
          LJMP  DECOLE1
;-----
LESS5mm:  MOV    DEGREE,#100
          MOV    CYCLE,#100
          LJMP  DECOLE1
;-----
ALUM:    ACALL INIT_LCD          ; Call LCD Initial subroutine
          MOV    LCD_ADDR,#00H   ; Set Address 00H
          ACALL SET_ADDR_LCD     ;
          MOV    DPTR,#TITLE_26  ; Index Pointer ROM to Show LCD
          ACALL WRLINE_LCD       ; 00H-0FH (Increase automatic)
          MOV    LCD_ADDR,#40H   ; Set Address 40H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL SET_ADDR_LCD          ;
MOV  DPTR,#TITLE_27        ; Index Pointer ROM to Show LCD
ACALL WRLINE_LCD
MOV  P2,#0FH
MOV  LCD_ADDR,#09H        ; Set Address 00H
ACALL SET_ADDR_LCD
ACALL LCD_BLINK            ; Blink Cursor
ACALL DELAY_1s
MOV  BUFFER,#00

```

```

JAMP4: JNB  P2.1,DOWN14
      JNB  P2.2,UP14
      JNB  P2.3,ENTER4
      JB   P1.4,M4
      SJMP ROW14
M4:   LJMP AUTO

```

```

;-----
DOWN14: MOV  A,BUFFER
      ADD  A,#01
      MOV  BUFFER,A
      SJMP ROW14

```

```

UP14:  MOV  A,BUFFER
      SUBB A,#01
      MOV  BUFFER,A
      SJMP ROW14

```

```

;-----
ROW14: MOV  A,BUFFER
      CJNE A,#00,ROW24
      MOV  LCD_ADDR,#09H    ; Set Address 00H
      ACALL SET_ADDR_LCD
      ACALL LCD_BLINK      ; Blink Cursor
      ACALL DELAY_100ms
      ACALL DELAY_100ms

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOV BUFFER,#00

SJMP JAMP4

ROW24: MOV A,BUFFER  
CJNE A,#01,ROW34  
MOV LCD\_ADDR,#41H ; Set Address 46H  
ACALL SET\_ADDR\_LCD  
ACALL LCD\_BLINK ; Blink Cursor  
ACALL DELAY\_100ms  
ACALL DELAY\_100ms  
MOV BUFFER,#01  
SJMP JAMP4

ROW34: MOV A,BUFFER  
CJNE A,#02,JAMP4  
MOV LCD\_ADDR,#49H ; Set Address 4BH  
ACALL SET\_ADDR\_LCD  
ACALL LCD\_BLINK ; Blink Cursor  
ACALL DELAY\_100ms  
ACALL DELAY\_100ms  
MOV BUFFER,#02  
SJMP JAMP4

ENTER4: ACALL DELAY\_100ms  
ACALL DELAY\_100ms  
MOV A,BUFFER

Q13: CJNE A,#00,Q14  
LJMP ALUM35mm

Q14: CJNE A,#01,Q15  
LJMP ALUM5mm

Q15: CJNE A,#02,Q13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LJMP ALUM7mm

-----  
ALUM35mm: MOV DEGREE,#120  
MOV CYCLE,#50  
LJMP DECOLE1

ALUM5mm: MOV DEGREE,#110  
MOV CYCLE,#100  
LJMP DECOLE1

ALUM7mm: MOV DEGREE,#110  
MOV CYCLE,#50  
LJMP DECOLE1

-----  
DECOLE1: MOV A,DEGREE  
MOV DPTR,#DATA\_HI  
MOVC A,@A+DPTR  
MOV BUFF\_H,A  
MOV A,DEGREE  
MOV DPTR,#DATA\_LO  
MOVC A,@A+DPTR  
MOV BUFF\_L,A  
MOV DTAC,#01  
LJMP MAIN\_2

-----  
;Define Constant < Store in Flash EEPROM Program Memory >

-----  
; 0123456789ABCDFE

TITLE\_1: DB 'MANUAL CREDIT '  
TITLE\_2: DB 'AUTO EXIT '  
TITLE\_3: DB 'TRIGER TIME '  
TITLE\_4: DB 'PARAMETER FIX '  
TITLE\_5: DB 'NON '

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TITLE\_6: DB ' TRIGER 0-179 '  
 TITLE\_7: DB ' TIME 1-250 '  
 TITLE\_8: DB ' ----READY---- '  
 TITLE\_9: DB ' '  
 TITLE\_11: DB ' BANDITH RATNIYOM '  
 TITLE\_12: DB ' 44015113 BASS '  
 TITLE\_13: DB ' POWER KMITL 3W/1 '  
 TITLE\_14: DB ' CIVIC SOHCVTEC '  
 TITLE\_15: DB ' PROJECT SPOTTING '  
 TITLE\_16: DB ' VOLSION MCS51 '

; 0123456789ABCDFE

TITLE\_20: DB ' SELECT MATERIAL '  
 TITLE\_21: DB ' STEEL LESS ALUM '  
 TITLE\_22: DB ' MASSIVE 0.4 mm '  
 TITLE\_23: DB ' 0.5 mm 0.8 mm '  
 TITLE\_24: DB ' MASSIVE '  
 TITLE\_25: DB ' 0.35 mm 0.5 mm '  
 TITLE\_26: DB ' MASSIVE 0.35 mm '  
 TITLE\_27: DB ' 0.5 mm 0.7 mm '

-----  
 DATA\_HI: DB 0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FEH,0FEH,0FEH,0FEH,0FEH,0FEH,0FDH ;0-10  
 DB 0FDH,0FDH,0FDH,0FCH,0FCH,0FCH,0FCH,0FCH,0FBH,0FBH ;11-20  
 DB 0FBH,0FBH,0FBH,0FAH,0FAH,0FAH,0FAH,0F9H,0F9H,0F9H ;21-30  
 DB 0F9H,0F9H,0F8H,0F8H,0F8H,0F8H,0F7H,0F7H,0F7H,0F7H ;31-40  
 DB 0F7H,0F6H,0F6H,0F6H,0F6H,0F6H,0F5H,0F5H,0F5H,0F5H ;41-50  
 DB 0F4H,0F4H,0F4H,0F4H,0F4H,0F3H,0F3H,0F3H,0F3H,0F2H ;51-60  
 DB 0F2H,0F2H,0F2H,0F2H,0F1H,0F1H,0F1H,0F1H,0F1H,0F0H ;61-70  
 DB 0F0H,0F0H,0F0H,0EFH,0EFH,0EFH,0EFH,0EFH,0EEH,0EEH ;71-80  
 DB 0EEH,0EEH,0EDH,0EDH,0EDH,0EDH,0EDH,0ECH,0ECH,0ECH ;81-90  
 DB 0ECH,0ECH,0EBH,0EBH,0EBH,0EBH,0EAH,0EAH,0EAH,0EAH ;91-100  
 DB 0EAH,0E9H,0E9H,0E9H,0E9H,0E9H,0E8H,0E8H,0E8H,0E8H ;101-110  
 DB 0E7H,0E7H,0E7H,0E7H,0E7H,0E6H,0E6H,0E6H,0E6H,0E5H ;111-120  
 DB 0E5H,0E5H,0E5H,0E5H,0E4H,0E4H,0E4H,0E4H,0E4H,0E3H ;121-130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB 0E3H,0E3H,0E3H,0E2H,0E2H,0E2H,0E2H,0E2H,0E1H,0E1H ;131-140  
DB 0E1H,0E1H,0E0H,0E0H,0E0H,0E0H,0E0H,0DFH,0DFH,0DFH ;141-150  
DB 0DFH,0DFH,0DEH,0DEH,0DEH,0DEH,0DDH,0DDH,0DDH,0DDH ;151-160  
DB 0DDH,0DCH,0DCH,0DCH,0DCH,0DBH,0DBH,0DBH,0DBH,0DBH ;161-170  
DB 0DAH,0DAH,0DAH,0DAH,0DAH,0D9H,0D9H,0D9H,0D9H,0D8H ;171-180

DATA\_LO: DB 0FFH,0C9H,091H,05AH,022H,0EBH,0B3H,07CH,044H,00DH,0D5H ;0-10  
DB 09DH,066H,02EH,0F7H,0BFH,088H,050H,019H,0E1H,0A9H ;11-20  
DB 072H,03AH,003H,0CBH,094H,05CH,025H,0EDH,0B5H,07EH ;21-30  
DB 046H,00FH,0D7H,0A0H,068H,031H,0F9H,0C1H,08AH,052H ;31-40  
DB 016H,0E3H,0ACH,074H,03DH,005H,0CDH,096H,05EH,027H ;41-50  
DB 0EFH,0B8H,080H,049H,011H,0D9H,0A3H,06AH,033H,0FBH ;51-60  
DB 0C4H,08CH,055H,01DH,0E5H,0AEH,076H,03FH,007H,0D0H ;61-70  
DB 098H,061H,029H,0F1H,0BAH,082H,04BH,013H,0DCH,0A4H ;71-80  
DB 06DH,035H,0FDH,0C6H,08EH,057H,01FH,0E8H,0B0H,079H ;81-90  
DB 041H,009H,0D2H,09AH,063H,02BH,0F4H,0BCH,085H,04DH ;91-100  
DB 015H,0DEH,0A6H,06FH,037H,000H,0C8H,091H,059H,021H ;101-110  
DB 0EAH,0B2H,07BH,043H,00CH,0D4H,09DH,065H,02DH,0F6H ;111-120  
DB 0BEH,087H,04FH,018H,0E0H,0A9H,071H,039H,002H,0CAH ;121-130  
DB 093H,05BH,024H,0ECH,0B5H,07DH,045H,00EH,0D6H,09FH ;131-140  
DB 067H,030H,0F8H,0C1H,089H,051H,01AH,0E2H,0ABH,073H ;141-150  
DB 03CH,004H,0CDH,095H,05DH,026H,0EEH,0B7H,07FH,048H ;151-160  
DB 010H,0D9H,0A1H,069H,032H,0FAH,0C3H,08BH,054H,01CH ;161-170  
DB 0E5H,0ADH,075H,03EH,006H,0CFH,097H,060H,028H,0F1H ;171-180

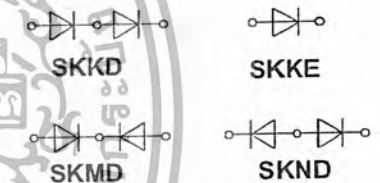
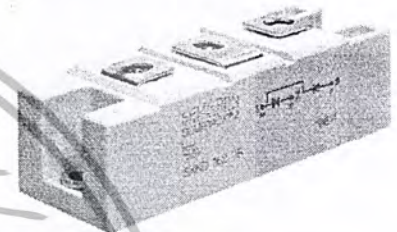
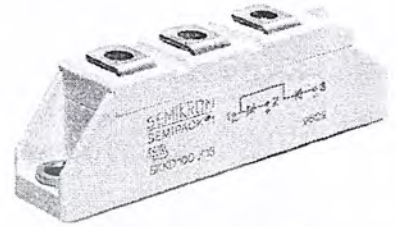


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Rectifier Diode Modules

**SEMIPACK® 1**  
**SKKD 100 SKMD 100<sup>1)</sup>**

**SEMIPACK® 2**  
**SKKD 162 SKND 162<sup>1)</sup>**  
**SKKE 162**



### Features

- Heat transfer through aluminium oxide ceramic isolated metal baseplate
- Hard soldered joints for high reliability
- **SKKD** half bridge connection  
center-tap connections:  
**SKMD** common cathode  
**SKND** common anode
- UL recognized, file no. E 63 532

### Typical Applications

- Non-controllable rectifiers for AC/AC converters
- Line rectifiers for transistorized AC motor controllers
- Field supply for DC motors
- **SKKE**: Free-wheeling diodes

| V <sub>RSM</sub>                                     | V <sub>RRM</sub> | I <sub>FRMS</sub> (maximum value for continuous operation) |                                    |                    |
|--|------------------|--|------------------------------------|--------------------|
|  |                  | 175 A  | 310 A                              | 310 A              |
| I <sub>FAV</sub> (sin. 180; T <sub>case</sub> = ...) |                  |  |                                    |                    |
| V  | V                | 100 A (85 °C)  | 160 A (95 °C)                      | 160 A (95 °C)      |
| 500  | 400              | <b>SKKD 100/04</b>   | –                                  | –                  |
| 900  | 800              | <b>SKKD 100/08</b>   | <b>SKKD 162/08</b>                 | <b>SKKE 162/08</b> |
| 1300   | 1200             | <b>SKKD 100/12</b>   | <b>SKKD 162/12</b>                 | <b>SKKE 162/12</b> |
| 1500   | 1400             | <b>SKKD 100/14</b>   | <b>SKKD 162/14</b>                 | <b>SKKE 162/14</b> |
| 1700   | 1600             | <b>SKKD 100/16</b>   | <b>SKKD 162/16</b>                 | <b>SKKE 162/16</b> |
| 1900   | 1800             | <b>SKKD 100/18</b>   | <b>SKKD 162/18</b>                 | <b>SKKE 162/18</b> |
| 2100   | 2000             | –  | <b>SKKD 162/20 H4<sup>4)</sup></b> | –                  |
| 2300   | 2200             | –  | <b>SKKD 162/22 H4<sup>4)</sup></b> | –                  |

| Symbol                       | Conditions  | SKKD 100                                     | SKKD 162<br>SKKE 162                               | Units                                |
|------------------------------|---|--|--|--------------------------------------|
| I <sub>FAV</sub>             | sin. 180; T <sub>case</sub> = 85 °C   | 100  | 195  | A                                    |
| I <sub>D</sub> <sup>1)</sup> | B2/B6<br>T <sub>amb</sub> = 45 °C; P 3/180<br>T <sub>amb</sub> = 35 °C; P 3/180 F<br>P 16/200 F | 73 / 91                                      | 90 / 115   | A                                    |
|                              |   | 150 / 190                                    | 210 / 260  | A                                    |
|                              |   | –  | 320 / 425  | A                                    |
|                              |   | –  | –  | A                                    |
| I <sub>FSM</sub>             | T <sub>vj</sub> = 25 °C; 10 ms<br>T <sub>vj</sub> = 125 °C; 10 ms                               | 2 500<br>2 000                               | 6 000<br>5 000                                     | A<br>A                               |
| i <sup>2</sup> t             | T <sub>vj</sub> = 25 °C; 8,3 ... 10 ms<br>T <sub>vj</sub> = 125 °C; 8,3 ... 10 ms               | 31 250<br>20 000                             | 180 000<br>125 000                                 | A <sup>2</sup> s<br>A <sup>2</sup> s |
|                              |   | –  | –  | –                                    |
| I <sub>RD</sub>              | T <sub>vj max</sub> ; V <sub>RD</sub> = V <sub>RRM</sub>  | 5  | 9  | mA                                   |
| V <sub>F</sub>               | T <sub>vj</sub> = 25 °C; (I <sub>F</sub> = ...); max.   | 1,35 (300 A)                                 | 1,5 (500 A)  | V                                    |
| V <sub>(TO)</sub>            | T <sub>vj max</sub>   | 0,85   | 0,85   | V                                    |
| r <sub>T</sub>               | T <sub>vj max</sub>   | 1,3  | 1,2  | mΩ                                   |
| R <sub>thjc</sub>            | } per diode / per module <sup>2)</sup>  | 0,35 / 0,175                                 | 0,18 / 0,09  | °C/W                                 |
| R <sub>thch</sub>            |   | 0,2 / 0,1                                    | 0,10 / 0,05  | °C/W                                 |
| T <sub>vj</sub>              | }   | –40 ... +125                                 | –40 ... +135                                       | °C                                   |
| T <sub>stg</sub>             |   | –40 ... +125                                 | –40 ... +135                                       | °C                                   |
| V <sub>isol</sub>            | a. c. 50 Hz; r.m.s; 1 s/1 min   | 3600 / 3000                                  |  | V~                                   |
| M <sub>1</sub>               | } SI (US) units<br>to heatsink<br>to terminals  | 5 (44 lb. in.) ± 15 %                        |  | Nm                                   |
| M <sub>2</sub>               |   | 3 (26 lb. in.) ± 15 % <sup>3)</sup>          | 5 (44 lb. in.) ± 15 % <sup>3)</sup>                | Nm                                   |
| a                            | } approx.   | 5 · 9,81                                     | 5 · 9,81   | m/s <sup>2</sup>                     |
| w                            |   | 95   | 165  | g                                    |
| Case                         | → page B 1 – 95; 96   | SKKD 100: A 10<br>(B 1 – 38: SKMD 100: A 33) | SKKD 162: A 23<br>SKKE 162: A 24<br>SKND 162: A 57 |                                      |

<sup>1)</sup> SKMD 100, SKND 162 available on request

<sup>2)</sup> SKKD types only

<sup>3)</sup> See the assembly instructions

<sup>4)</sup> V<sub>isol</sub> 1 s/1 min. = 4800/4000 V~

This technical information specifies semiconductor devices but promises no characteristics. No warranty or guarantee expressed or implied is made regarding delivery, performance or suitability.

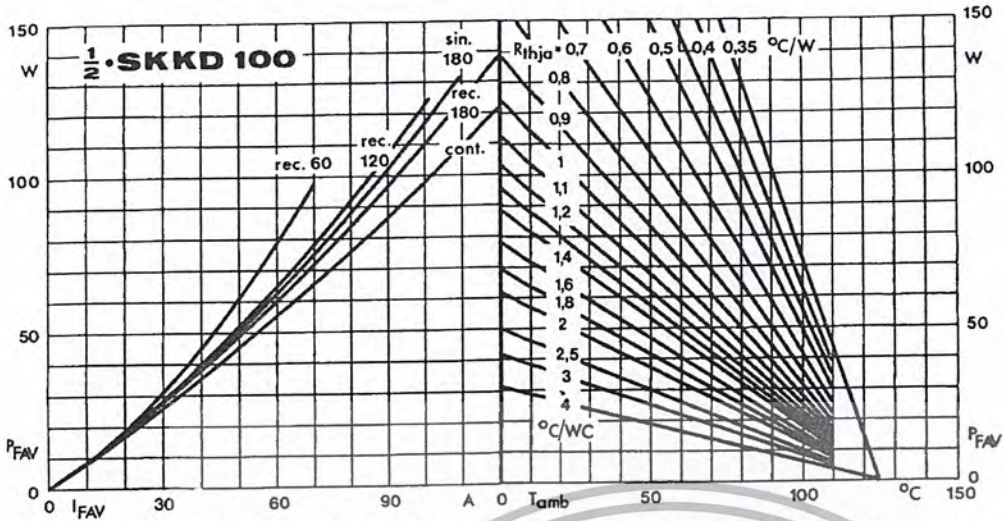


Fig. 11 a Power dissipation per diode vs. forward current and ambient temperature

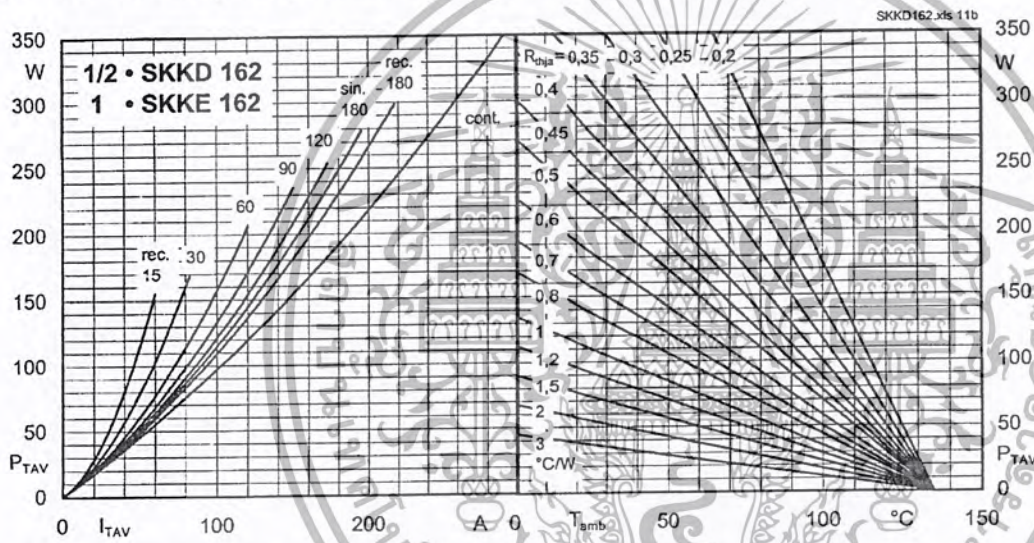


Fig. 11 b Power dissipation per diode vs. forward current and ambient temperature

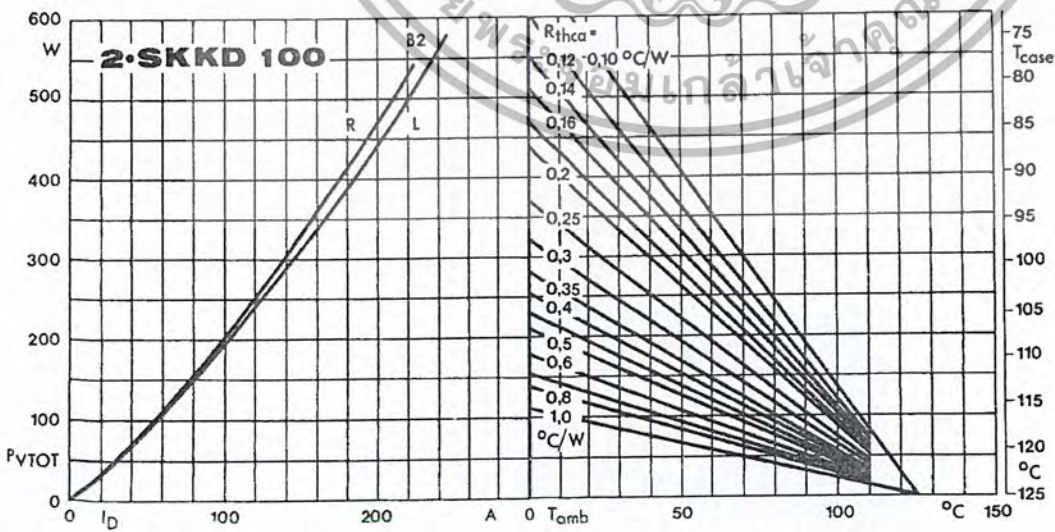


Fig. 12 a Power dissipation of two module vs. direct current and case temperature

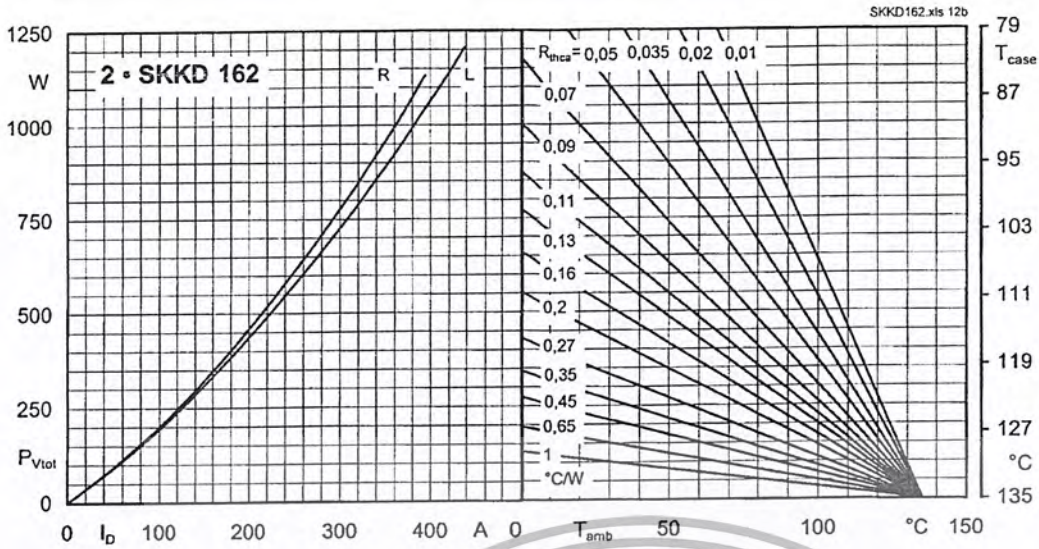


Fig. 12 b Power dissipation of two modules vs. direct current and case temperature

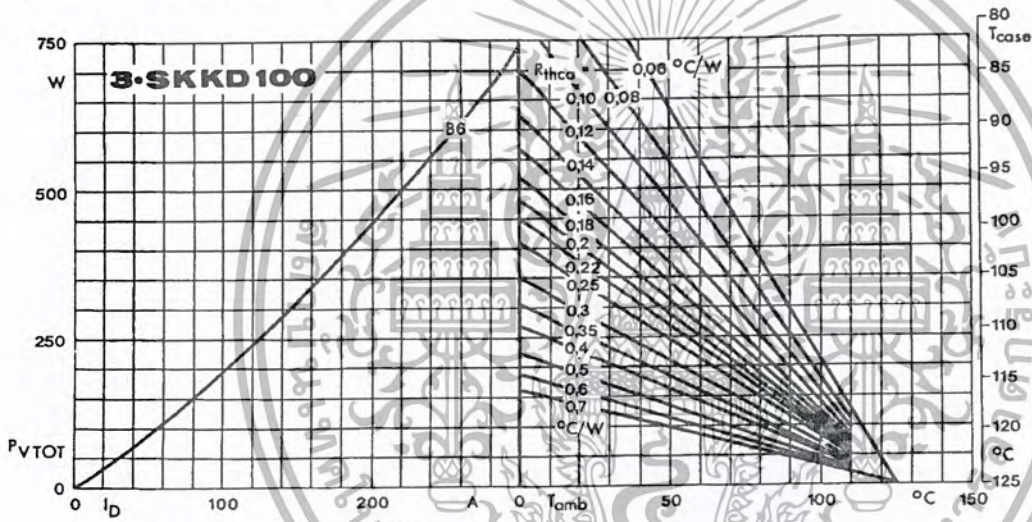


Fig. 13 a Power dissipation of three modules vs. direct current and case temperature

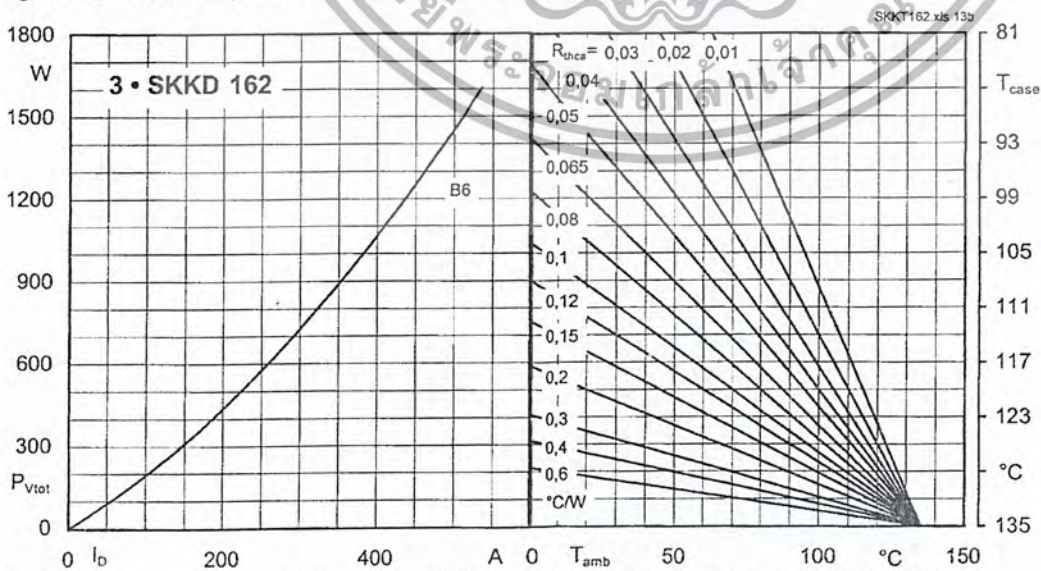


Fig. 13 b Power dissipation of three modules vs. direct current and case temperature

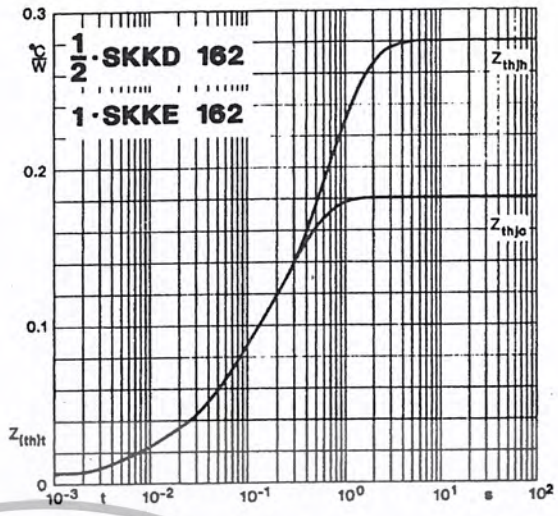
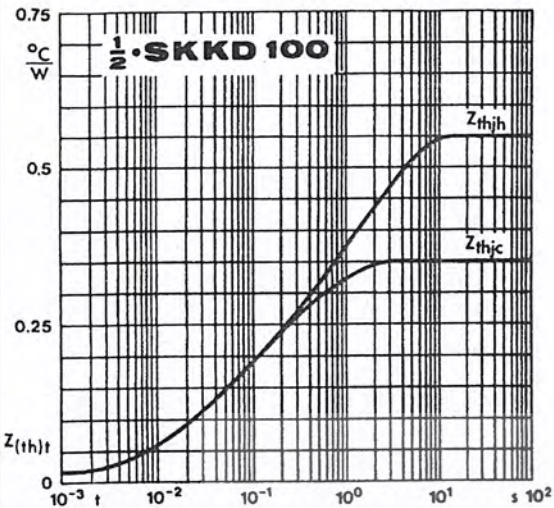


Fig. 14 a Transient thermal impedance vs. time

Fig. 14 b Transient thermal impedance vs. time

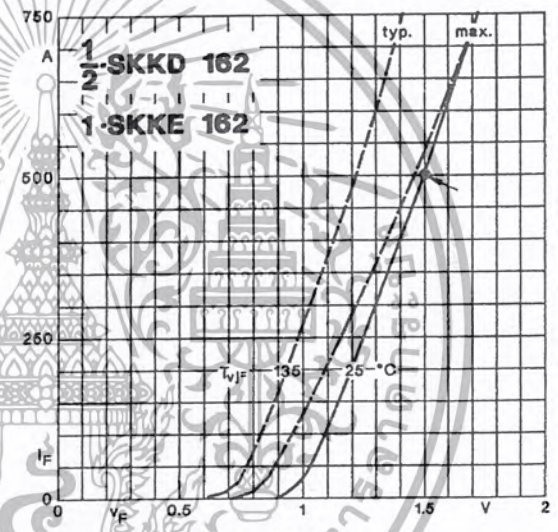
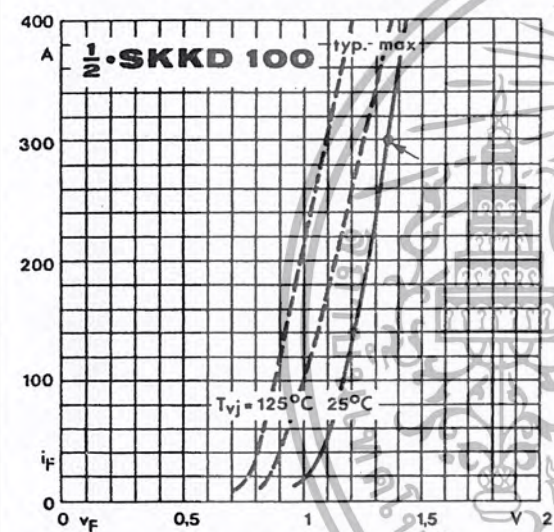


Fig. 15 a Forward characteristics

Fig. 15 b Forward characteristics

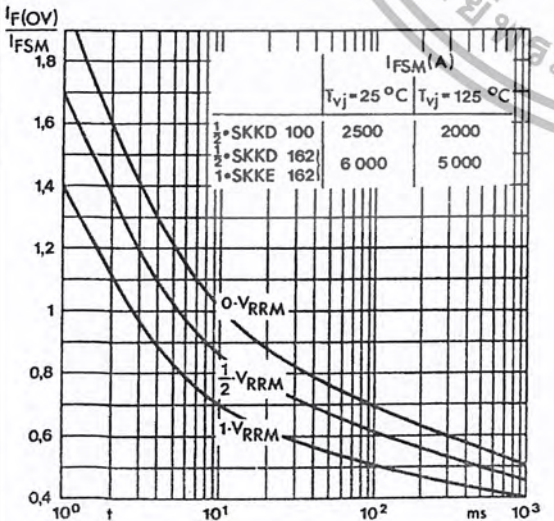


Fig. 16 Surge overload current vs. time

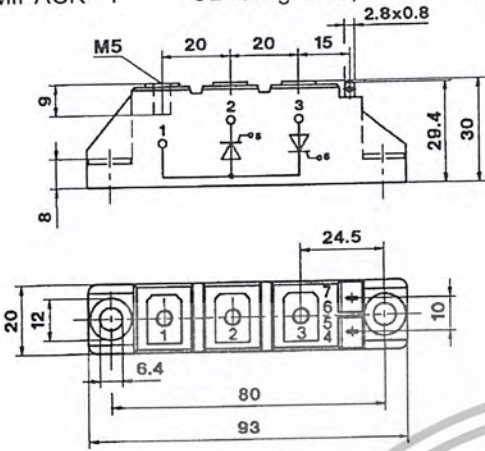
## SKKT 19 ... 105

Case A 5

IEC 192-2: A 77 A  
JEDEC: TO-240 AA

SEMIPACK® 1

UL recognized, file no. E 63 532



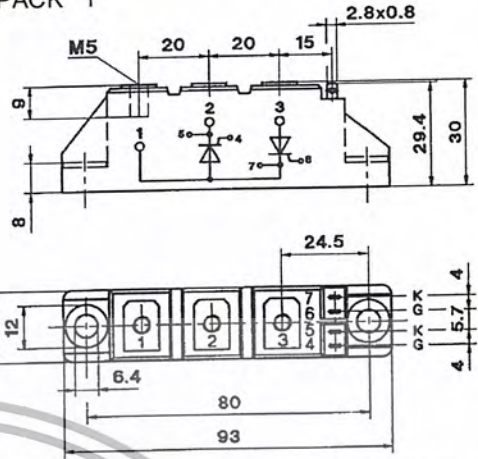
Dimensions in mm

## SKKT 20/ ... 106/

Case A 46

IEC 192-2: A 77 A  
JEDEC: TO-240 AA

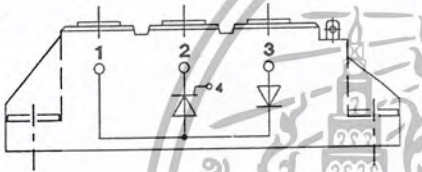
SEMIPACK® 1



Dimensions in mm

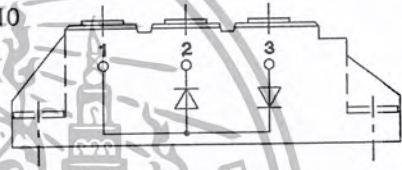
## SKKH 26 ... 105

Case A 6



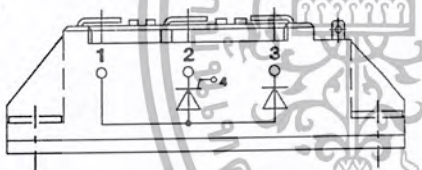
## SKKD 26 ... 100

Case A 10



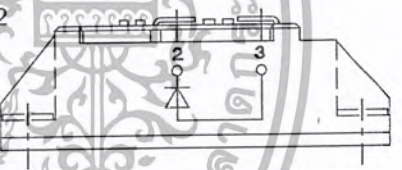
## SKNH 56 ... 91

Case A 7



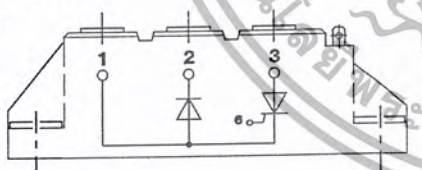
## SKKE 81

Case A 12



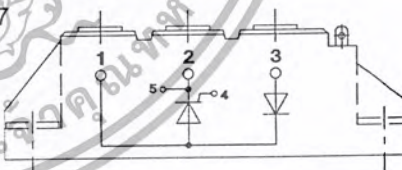
## SKKL 56 ... 105

Case A 9



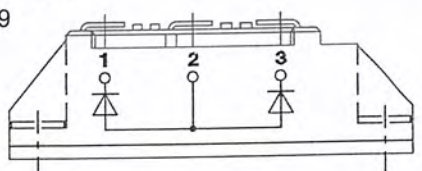
## SKKH 27 ... 106

Case A 47



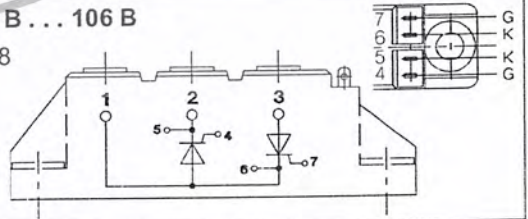
## SKND 46 ... 81

Case A 19



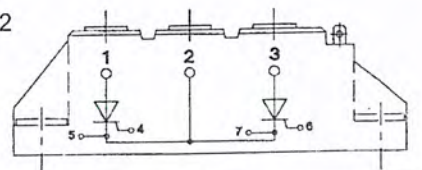
## SKKT 20 B ... 106 B

Case A 48



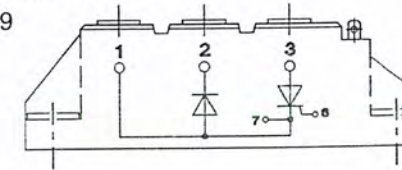
## SKMT 92

Case A 72



## SKKL 42 ... 106

Case A 59

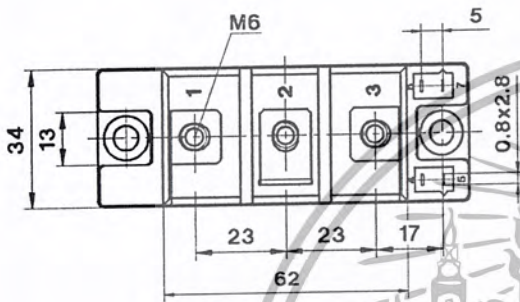
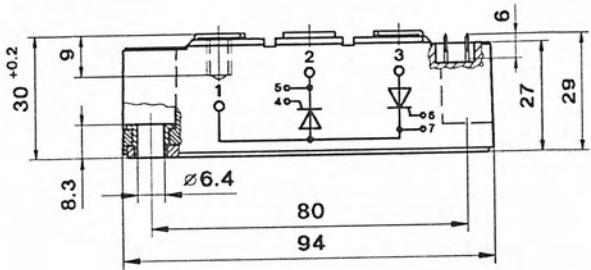


**SKKT 122, 132, 162**

Case A 21

SEMIPACK<sup>®</sup> 2

UL recognized, file no. E 63 532

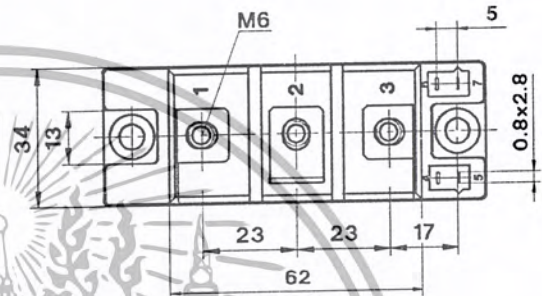
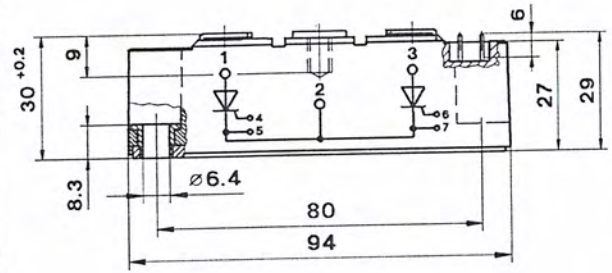


**SKMT 132**

Case A 50

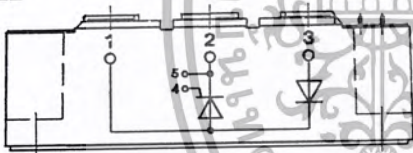
SEMIPACK<sup>®</sup> 2

UL recognized, file no. E 63 532



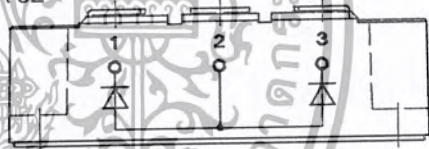
**SKKH 122, 132, 162**

Case A 22



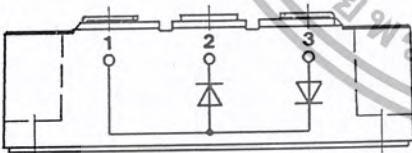
**SKND 165**

Case A 52



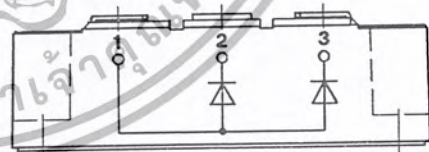
**SKKD 162**

Case A 23



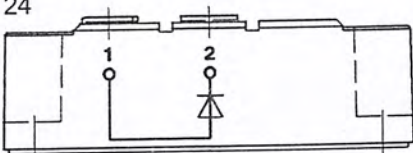
**SKND 162**

Case A 57



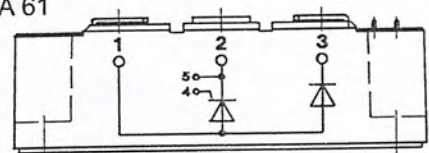
**SKKE 162**

Case A 24



**SKNH 132**

Case A 61

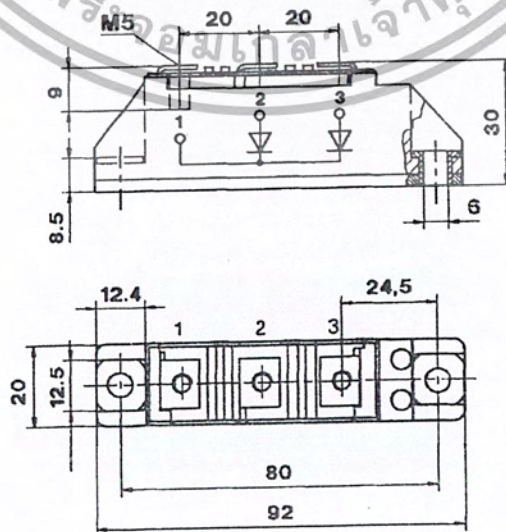


Dimensions in mm

Dimensions in mm



SKMD 100  
Case A 33  
SEMIPACK® 1

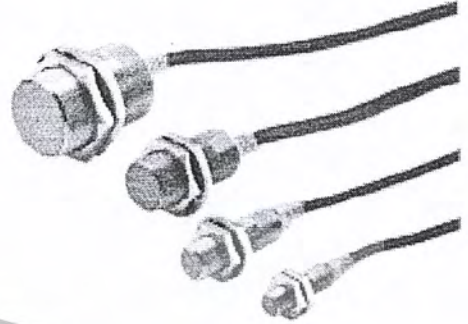


Dimensions in mm

38 เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Long Barrel Metal Body Inductive Proximity Sensors in a Wide Range of Configurations

- Available in prewired or quick-disconnect versions
- Quick-disconnect versions feature metal connectors for durability
- Easy-to-see LED indicator
- Flats for wrench tightening
- Ideal for a wide variety of applications



### Ordering Information

#### ■ SENSORS

#### DC 2-wire Models

| Type       | Size | Sensing Distance | Output Configuration | Part Number |
|------------|------|------------------|----------------------|-------------|
| Shielded   | M12  | 3 mm             | NO (see note)        | E2E2-X3D1   |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X3D2   |
|            | M18  | 7 mm             | NO (see note)        | E2E2-X7D1   |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X7D2   |
|            | M30  | 10 mm            | NO (see note)        | E2E2-X10D1  |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X10D2  |
| Unshielded | M12  | 8 mm             | NO (see note)        | E2E2-X8MD1  |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X8MD2  |
|            | M18  | 14 mm            | NO (see note)        | E2E2-X14MD1 |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X14MD2 |
|            | M30  | 20 mm            | NO (see note)        | E2E2-X20MD1 |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X20MD2 |

Note: A different oscillating frequency is available to reduce mutual interference and allow closer mounting. Add a "5" to the part number (e.g., E2E2-X3D15). Consult OMRON for availability.

## DC 3-wire/Pre-wired Models

| Type       | Size | Sensing Distance | Output Configuration | Part Number |
|------------|------|------------------|----------------------|-------------|
| Shielded   | M12  | 2 mm             | NPN NO               | E2E2-X2C1   |
|            |      |                  | NPN NC               | E2E2-X2C2   |
|            |      |                  | PNP NO               | E2E2-X2B1   |
|            |      |                  | PNP NC               | E2E2-X2B2   |
|            | M18  | 5 mm             | NPN NO               | E2E2-X5C1   |
|            |      |                  | NPN NC               | E2E2-X5C2   |
|            |      |                  | PNP NO               | E2E2-X5B1   |
|            |      |                  | PNP NC               | E2E2-X5B2   |
|            | M30  | 10 mm            | NPN NO               | E2E2-X10C1  |
|            |      |                  | NPN NC               | E2E2-X10C2  |
|            |      |                  | PNP NO               | E2E2-X10B1  |
|            |      |                  | PNP NC               | E2E2-X10B2  |
| Unshielded | M12  | 5 mm             | NPN NO               | E2E2-X5MC1  |
|            |      |                  | NPN NC               | E2E2-X5MC2  |
|            |      |                  | PNP NO               | E2E2-X5MB1  |
|            |      |                  | PNP NC               | E2E2-X5MB2  |
|            | M18  | 10 mm            | NPN NO               | E2E2-X10MC1 |
|            |      |                  | NPN NC               | E2E2-X10MC2 |
|            |      |                  | PNP NO               | E2E2-X10MB1 |
|            |      |                  | PNP NC               | E2E2-X10MB2 |
|            | M30  | 18 mm            | NPN NO               | E2E2-X18MC1 |
|            |      |                  | NPN NC               | E2E2-X18MC2 |
|            |      |                  | PNP NO               | E2E2-X18MB1 |
|            |      |                  | PNP NC               | E2E2-X18MB2 |

## DC 3-wire/Connector Models

| Type       | Size | Sensing Distance | Output Configuration | Part Number    |
|------------|------|------------------|----------------------|----------------|
| Shielded   | M12  | 2 mm             | NPN NO               | E2E2-X2C1-M1   |
|            |      |                  | NPN NC               | E2E2-X2C2-M1   |
|            |      |                  | PNP NO               | E2E2-X2B1-M1   |
|            |      |                  | PNP NC               | E2E2-X2B2-M1   |
|            | M18  | 5 mm             | NPN NO               | E2E2-X5C1-M1   |
|            |      |                  | NPN NC               | E2E2-X5C2-M1   |
|            |      |                  | PNP NO               | E2E2-X5B1-M1   |
|            |      |                  | PNP NC               | E2E2-X5B2-M1   |
|            | M30  | 10 mm            | NPN NO               | E2E2-X10C1-M1  |
|            |      |                  | NPN NC               | E2E2-X10C2-M1  |
|            |      |                  | PNP NO               | E2E2-X10B1-M1  |
|            |      |                  | PNP NC               | E2E2-X10B2-M1  |
| Unshielded | M12  | 5 mm             | NPN NO               | E2E2-X5MC1-M1  |
|            |      |                  | NPN NC               | E2E2-X5MC2-M1  |
|            |      |                  | PNP NO               | E2E2-X5MB1-M1  |
|            |      |                  | PNP NC               | E2E2-X5MB2-M1  |
|            | M18  | 10 mm            | NPN NO               | E2E2-X10MC1-M1 |
|            |      |                  | NPN NC               | E2E2-X10MC2-M1 |
|            |      |                  | PNP NO               | E2E2-X10MB1-M1 |
|            |      |                  | PNP NC               | E2E2-X10MB2-M1 |
|            | M30  | 18 mm            | NPN NO               | E2E2-X18MC1-M1 |
|            |      |                  | NPN NC               | E2E2-X18MC2-M1 |
|            |      |                  | PNP NO               | E2E2-X18MB1-M1 |
|            |      |                  | PNP NC               | E2E2-X18MB2-M1 |

Note: Connector cordsets: Use OMRON Y96E-44□D□ or equivalent.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AC 2-wire/Pre-wired Models

| Type       | Size | Sensing Distance | Output Configuration | Part Number    |
|------------|------|------------------|----------------------|----------------|
| Shielded   | M12  | 2 mm             | NO                   | E2E2-X2Y1-US   |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X2Y2-US   |
|            | M18  | 5 mm             | NO                   | E2E2-X5Y1-US   |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X5Y2-US   |
|            | M30  | 10 mm            | NO                   | E2E2-X10Y1-US  |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X10Y2-US  |
| Unshielded | M12  | 5 mm             | NO                   | E2E2-X5MY1-US  |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X5MY2-US  |
|            | M18  | 10 mm            | NO                   | E2E2-X10MY1-US |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X10MY2-US |
|            | M30  | 18 mm            | NO                   | E2E2-X18MY1-US |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X18MY2-US |

## AC 2-wire/Connector Models

| Type       | Size | Sensing Distance | Output Configuration | Part Number    |
|------------|------|------------------|----------------------|----------------|
| Shielded   | M12  | 2 mm             | NO                   | E2E2-X2Y1-M4   |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X2Y2-M4   |
|            | M18  | 5 mm             | NO                   | E2E2-X5Y1-M4   |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X5Y2-M4   |
|            | M30  | 10 mm            | NO                   | E2E2-X10Y1-M4  |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X10Y2-M4  |
| Unshielded | M12  | 5 mm             | NO                   | E2E2-X5MY1-M4  |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X5MY2-M4  |
|            | M18  | 10 mm            | NO                   | E2E2-X10MY1-M4 |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X10MY2-M4 |
|            | M30  | 18 mm            | NO                   | E2E2-X18MY1-M4 |
|            |      |                  | NC                   | E2E2-X18MY2-M4 |

Note: Connector cordsets: Use OMRON Y96E-33□A□ or equivalent.

## ■ ACCESSORIES

| Description                                 | Part Number  |
|---|--|
| Mounting brackets                           | Fits M12 size sensors<br>Y92E-B12                  |
|   | Fits M18 size sensors<br>Y92E-B18                  |
|   | Fits M30 size sensors<br>Y92E-B30                  |
| Silicone rubber covers for shielded sensors | Fits M12 size sensors<br>Y92E-E12-2                |
|   | Fits M18 size sensors<br>Y92E-E18-2                |
|   | Fits M30 size sensors<br>Y92E-E30-2                |
| Connector cordsets                          | See Y96E Connector Cordsets data sheet for details |

## ■ REPLACEMENT PARTS

| Description   | Part Number                       |
|---|-----------------------------------|
| Mounting hardware including one pair of metal nuts and one washer | Fits M12 size sensors<br>M12-MHWS |
|   | Fits M18 size sensors<br>M18-MHWS |
|   | Fits M30 size sensors<br>M30-MHWS |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Specifications

## E2E2-X□D□ DC 2-wire Models

| Part number                                 | E2E2-X3D□   | E2E2-X8MD□                                   | E2E2-X7D□                                    | E2E2-X14MD□                                  | E2E2-X10D□                                   | E2E2-X20M□                                   |
|---|---|--|--|--|--|--|
| Size  | M12   |  | M18  |  | M30  |  |
| Type  | Shielded  | Unshielded                                   | Shielded                                     | Unshielded                                   | Shielded                                     | Unshielded                                   |
| Sensing distance                            | 3 mm (0.12 in)<br>±10%  | 8 mm (0.31 in)<br>±10%                       | 7 mm (0.28 in)<br>±10%                       | 14 mm (0.55)<br>±10%                         | 10 mm (0.39)<br>±10%                         | 20 mm (0.79 in)<br>±10%                      |
| Supply voltage (operating voltage range)    | 12 to 24 VDC, ripple (p-p): 10% max., (10 to 30 VDC)  |  |  |  |  |  |
| Leakage current                             | 0.8 mA max.   |  |  |  |  |  |
| Sensing object                              | Magnetic metals (refer to <i>Engineering Data</i> for non-magnetic metals)  |  |  |  |  |  |
| Setting distance                            | 0 to 2.4 mm<br>(0 to 0.09 in)   | 0 to 6.4 mm<br>(0 to 0.25 in)                | 0 to 5.6 mm<br>(0 to 0.22 in)                | 0 to 11.2 mm<br>(0 to 0.44 in)               | 0 to 8.0 mm<br>(0 to 0.31 in)                | 0 to 16.0 mm<br>(0 to 0.63 in)               |
| Standard object (mild steel)                | 12 x 12 x<br>1 mm (0.47 x<br>0.47 x 0.04 in)  | 30 x 30 x<br>1 mm (1.18 x<br>1.18 x 0.04 in) | 18 x 18 x<br>1 mm (0.71 x<br>0.71 x 0.04 in) | 30 x 30 x 1 mm<br>(1.18 x 1.18 x<br>0.04 in) | 30 x 30 x<br>1 mm (1.18 x<br>1.18 x 0.04 in) | 54 x 54 x<br>1 mm (2.13 x<br>2.13 x 0.04 in) |
| Differential travel                         | 10% max. of sensing distance  |  |  |  |  |  |
| Response frequency                          | 1.0 kHz   | 0.8 kHz                                      | 0.5 kHz                                      | 0.4 kHz                                      | 0.4 kHz                                      | 0.1 kHz                                      |
| Operation (with sensing object approaching) | D1 models: Load ON<br>D2 models: Load OFF   |  |  |  |  |  |
| Control output (switching capacity)         | 3 to 100 mA   |  |  |  |  |  |
| Circuit protection                          | Surge absorber, load short-circuit protection   |  |  |  |  |  |
| Indicator                                   | D1 models: Operation indicator (red LED), operation set indicator (green LED)<br>D2 models: Operation indicator (red LED) |  |  |  |  |  |
| Ambient temperature                         | Operating: -25°C to 70°C with no icing (-13°F to 158°F)   |  |  |  |  |  |
| Ambient humidity                            | Operating: 35% to 95%   |  |  |  |  |  |
| Temperature influence                       | ±10% max. of sensing distance at 23°C in temperature range of -25°C to 70°C (-13°F to 158°F)                              |  |  |  |  |  |
| Voltage influence                           | ±1% max. of sensing distance in rated voltage range ±15%  |  |  |  |  |  |
| Residual voltage                            | 3.0 V max. (under load current of 100 mA with cable length of 2 m)  |  |  |  |  |  |
| Insulation resistance                       | 50 MΩ min. (at 500 VDC) between current carry parts and case  |  |  |  |  |  |
| Dielectric strength                         | 1,000 VAC for 1 min between current carry parts and case  |  |  |  |  |  |
| Vibration resistance                        | Destruction: 10 to 55 Hz, 1.5-mm double amplitude for 10 times each in X, Y, and Z directions                             |  |  |  |  |  |
| Shock resistance                            | Destruction: 1,000 m/s <sup>2</sup> (approx. 100G) for 10 times each in X, Y, and Z directions                            |  |  |  |  |  |
| Enclosure rating                            | IEC   | IP67   |  |  |  |  |
|   | NEMA  | 1, 4, 6, 12, 13                              |  |  |  |  |
| Weight                                      | 65 g  |  | 150 g  |  | 220 g  |  |
| Material                                    | Body  | Brass  |  |  |  |  |
|   | Sensing face  | PBT  |  |  |  |  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## E2E2-X□C□/B□ DC 3-wire Models

| Part number                                    | E2E2-X2C□/<br>B□   | E2E2-X5MC□/<br>B□                            | E2E2-X5C□/<br>B□                             | E2E2-X10MC<br>□/B□                           | E2E2-X10C□/<br>B□                            | E2E2-X18MC<br>□/B□                           |
|--|--|--|--|--|--|--|
| Size   | M12  |  | M18  |  | M30  |  |
| Type   | Shielded   | Unshielded                                   | Shielded                                     | Unshielded                                   | Shielded                                     | Unshielded                                   |
| Sensing distance                               | 2 mm (0.08 in)<br>±10%   | 5 mm (0.20 in)<br>±10%                       | 5 mm (0.20 in)<br>±10%                       | 10 mm (0.39<br>in) ±10%                      | 10 mm (0.39<br>in) ±10%                      | 18 mm (0.71<br>in) ±10%                      |
| Supply voltage (operating<br>voltage range)    | 12 to 24 VDC, ripple (p-p): 10% max., (10 to 55 VDC)   |  |  |  |  |  |
| Current consumption                            | 13 mA max.   |  |  |  |  |  |
| Sensing object                                 | Magnetic metals (refer to <i>Engineering Data</i> for non-magnetic metals)   |  |  |  |  |  |
| Setting distance                               | 0 to 1.6 mm<br>(0 to 0.06 in)  | 0 to 4.0 mm<br>(0 to 0.16 in)                | 0 to 4.0 mm<br>(0 to 0.16 in)                | 0 to 8.0 mm<br>(0 to 0.31 in)                | 0 to 8.0 mm<br>(0 to 0.31 in)                | 0 to 14.0 mm<br>(0 to 0.55 in)               |
| Standard object (mild steel)                   | 12 x 12 x<br>1 mm (0.47 x<br>0.47 x 0.04 in)   | 15 x 15 x 1 mm<br>(0.59 x 0.59 x<br>0.04 in) | 18 x 18 x<br>1 mm (0.71 x<br>0.71 x 0.04 in) | 30 x 30 x<br>1 mm (1.18 x<br>1.18 x 0.04 in) | 30 x 30 x<br>1 mm (1.18 x<br>1.18 x 0.04 in) | 54 x 54 x<br>1 mm (2.13 x<br>2.13 x 0.04 in) |
| Differential travel                            | 10% max. of sensing distance   |  |  |  |  |  |
| Response frequency                             | 1.5 kHz  | 0.4 kHz                                      | 0.6 kHz                                      | 0.2 kHz                                      | 0.4 kHz                                      | 0.1 kHz                                      |
| Operation (with sensing object<br>approaching) | B1/C1 models: Load ON<br>B2/C2 models: Load OFF  |  |  |  |  |  |
| Control output (switching<br>capacity)         | 200 mA max., open collector  |  |  |  |  |  |
| Circuit protection                             | Reverse connection protection, surge absorber, load short-circuit protection   |  |  |  |  |  |
| Indicator                                      | Operation indicator (red LED)  |  |  |  |  |  |
| Ambient temperature                            | Operating: -40°C to 85°C with no icing (-40°F to 185°F)  |  |  |  |  |  |
| Ambient humidity                               | Operating: 35% to 95%  |  |  |  |  |  |
| Temperature influence                          | ±15% max. of sensing distance at 23°C in temperature range of -40°C to 85°C (-40°F to 185°F)<br>±10% max. of sensing distance at 23°C in temperature range of -25°C to 70°C (-13°F to 158°F) |  |  |  |  |  |
| Voltage influence                              | ±1% max. of sensing distance in rated voltage range ±15%   |  |  |  |  |  |
| Residual voltage                               | 2.0 V max. (under load current of 200 mA with cable length of 2 m)   |  |  |  |  |  |
| Insulation resistance                          | 50 MΩ min. (at 500 VDC) between current carry parts and case   |  |  |  |  |  |
| Dielectric strength                            | 1,000 VAC for 1 min between current carry parts and case   |  |  |  |  |  |
| Vibration resistance                           | Destruction: 10 to 55 Hz, 1.5-mm double amplitude for 10 times each in X, Y, and Z directions  |  |  |  |  |  |
| Shock resistance                               | Destruction: 1,000 m/s <sup>2</sup> (approx. 100G) for 10 times each in X, Y, and Z directions   |  |  |  |  |  |
| Enclosure<br>rating                            | IEC  | IP67   |  |  |  |  |
|  | NEMA   | 1, 4, 6, 12, 13                              |  |  |  |  |
| Weight   | 65 g   |  | 150 g  |  | 220 g  |  |
| Material                                       | Body   | Brass  |  |  |  |  |
|  | Sensing face   | PBT  |  |  |  |  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## E2E2-X□Y□ AC 2-wire Models

| Part number   | E2E2-X2Y□-US   | E2E2-X5M□-US                           | E2E2-X5Y□-US                           | E2E2-X10MY□-US                         | E2E2-X10□-US                           | E2E2-X18MY□-US                         |
|---|--|--|--|--|--|--|
| Size  | M12  |  | M18                                    |  | M30                                    |  |
| Type  | Shielded   | Unshielded                             | Shielded                               | Unshielded                             | Shielded                               | Unshielded                             |
| Sensing distance                                      | 2 mm (0.08 in) ±10%  | 5 mm (0.20 in) ±10%                    | 5 mm (0.20 in) ±10%                    | 10 mm (0.39 in) ±10%                   | 10 mm (0.39 in) ±10%                   | 18 mm (0.71 in) ±10%                   |
| Supply voltage (operating voltage range) (see note 1) | 24 to 240 VAC, 50/60 Hz (20 to 264 VAC)  |  |  |  |  |  |
| Leakage current                                       | 1.7 mA max.  |  |  |  |  |  |
| Sensing object  | Magnetic metals  |  |  |  |  |  |
| Setting distance                                      | 0 to 1.6 mm (0 to 0.06 in)   | 0 to 4.0 mm (0 to 0.16 in)             | 0 to 4.0 mm (0 to 0.16 in)             | 0 to 8.0 mm (0 to 0.31 in)             | 0 to 8.0 mm (0 to 0.31 in)             | 0 to 14.0 mm (0 to 0.55 in)            |
| Standard object (mild steel)                          | 12 x 12 x 1 mm (0.47 x 0.47 x 0.04 in)   | 15 x 15 x 1 mm (0.59 x 0.59 x 0.04 in) | 18 x 18 x 1 mm (0.71 x 0.71 x 0.04 in) | 30 x 30 x 1 mm (1.18 x 1.18 x 0.04 in) | 30 x 30 x 1 mm (1.18 x 1.18 x 0.04 in) | 54 x 54 x 1 mm (2.13 x 2.13 x 0.04 in) |
| Differential travel                                   | 10% max. of sensing distance   |  |  |  |  |  |
| Response frequency                                    | 25 Hz  |  |  |  |  |  |
| Operation (with sensing object approaching)           | Y1 models: Load ON<br>Y2 models: Load OFF  |  |  |  |  |  |
| Control output (switching capacity)                   | 5 to 200 mA  |  | 5 to 300 mA (see note 2)               |  |  |  |
| Indicator   | Operation indicator (red LED)  |  |  |  |  |  |
| Ambient temperature                                   | Operating: -40°C to 85°C with no icing (-40°F to 185°F)  |  |  |  |  |  |
| Ambient humidity                                      | Operating: 35% to 95%  |  |  |  |  |  |
| Temperature influence                                 | ±15% max. of sensing distance at 23°C in temperature range of -40°C to 85°C (-40°F to 185°F)<br>±10% max. of sensing distance at 23°C in temperature range of -25°C to 70°C (-13°F to 158°F) |  |  |  |  |  |
| Voltage influence                                     | ±1% max. of sensing distance in rated voltage range ±15%   |  |  |  |  |  |
| Residual voltage                                      | Refer to <i>Engineering Data</i>   |  |  |  |  |  |
| Insulation resistance                                 | 50 MΩ min. (at 500 VDC) between current carry parts and case   |  |  |  |  |  |
| Dielectric strength                                   | 4,000 VAC for 1 min between current carry parts and case   |  |  |  |  |  |
| Vibration resistance                                  | Destruction: 10 to 55 Hz, 1.5-mm double amplitude for 10 times each in X, Y, and Z directions  |  |  |  |  |  |
| Shock resistance                                      | Destruction: 1,000 m/s <sup>2</sup> (approx. 100G) for 10 times each in X, Y, and Z directions   |  |  |  |  |  |
| Enclosure rating                                      | IEC  | IP67                                   |  |  |  |  |
|   | NEMA   | 1, 4, 6, 12, 13                        |  |  |  |  |
| Weight  | 65 g   |  | 150 g                                  |  | 220 g                                  |  |
| Approvals   | UL   | Recognized, File Number E76675         |  |  |  |  |
|   | CSA  | Certified, File Number LR45951         |  |  |  |  |
| Material  | Body   | Brass                                  |  |  |  |  |
|   | Sensing face   | PBT                                    |  |  |  |  |

- Note: 1. When using an M18 or M30 size E2E2 at an ambient temperature between 70°C and 85°C, make sure the E2E2 has a control output of 200 mA maximum.
2. When supplying 24 VAC to any of the above models, make sure that the operating ambient temperature range is -25°C to 85°C (-13°F to 185°F).

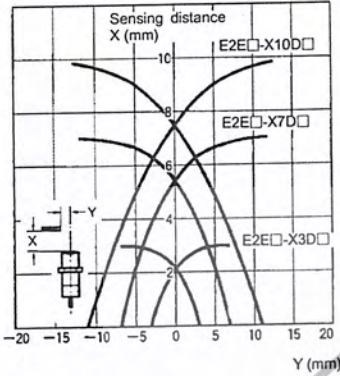
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Engineering Data

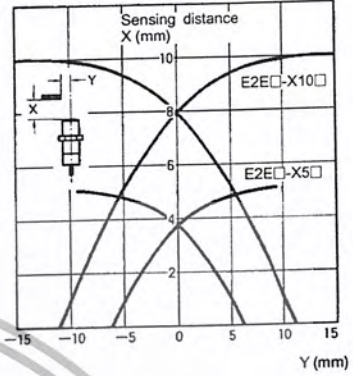
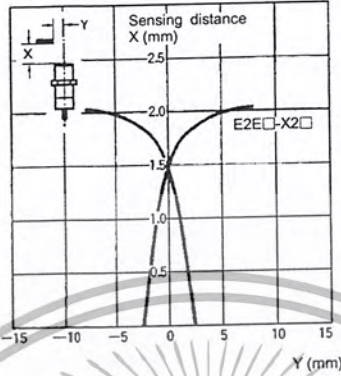
## OPERATING RANGE (TYPICAL)

### Shielded Models

E2E2-X□D□

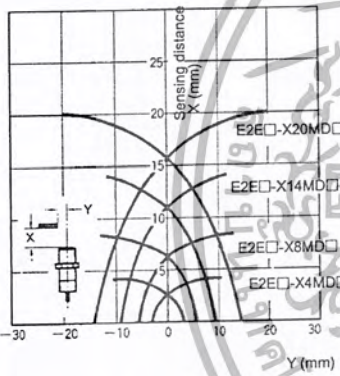


E2E2-X□C□/B□  
E2E2-X□Y□

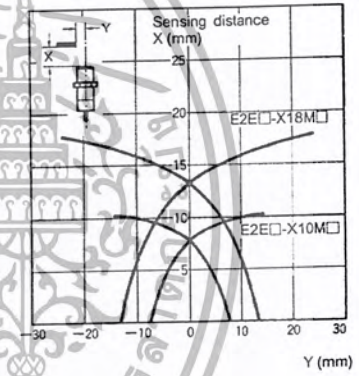
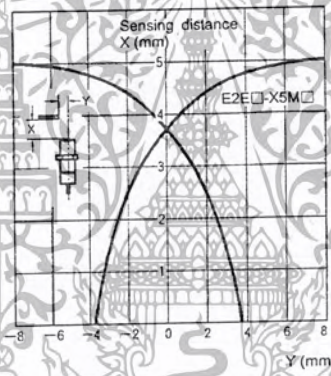


### Unshielded Models

E2E2-X□MD□

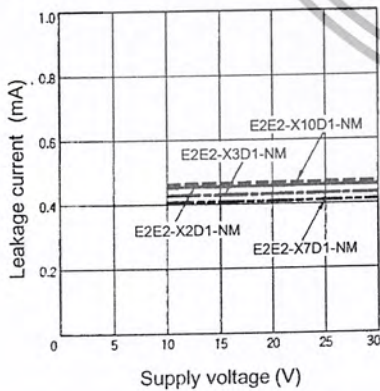


E2E2-X□MC□/B□  
E2E2-X□MY□

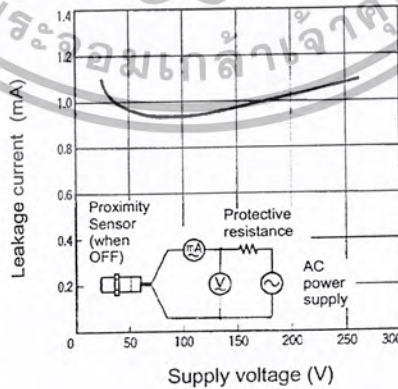


## LEAKAGE CURRENT (TYPICAL)

E2E2-X□D□



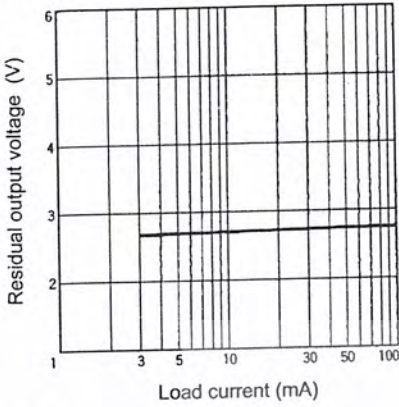
E2E2-X□Y□



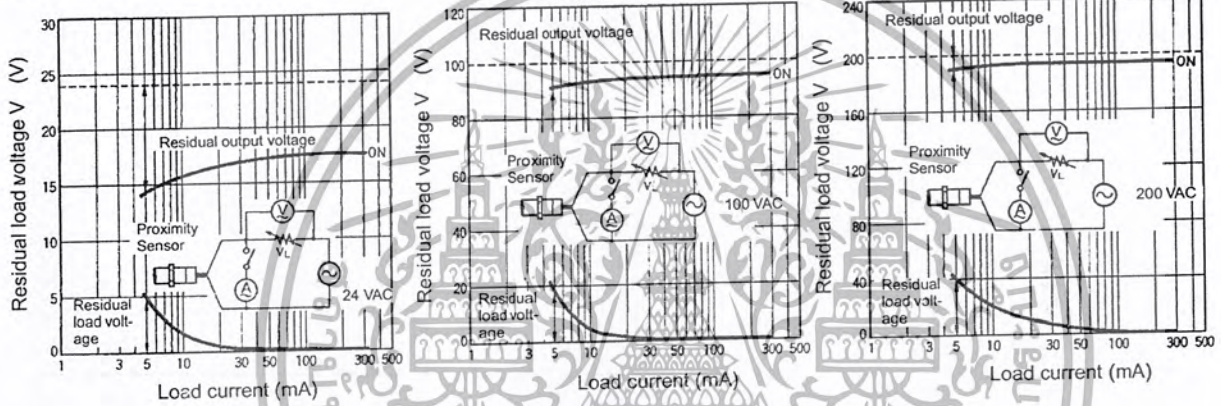
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### RESIDUAL OUTPUT VOLTAGE (TYPICAL)

E2E2-X□□□

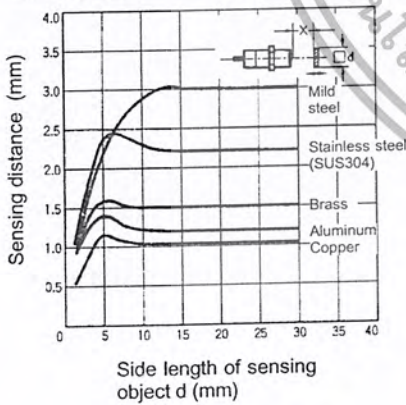


E2E2-X□Y□

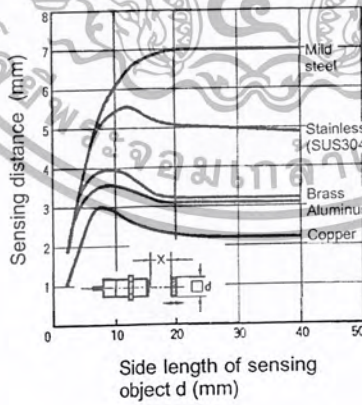


### SENSING DISTANCE VS. SENSING OBJECT (TYPICAL)

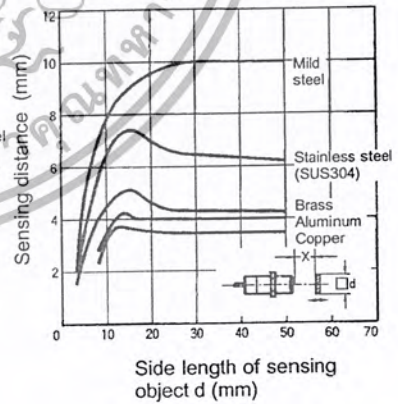
E2E2-X3D□



E2E2-X7D□

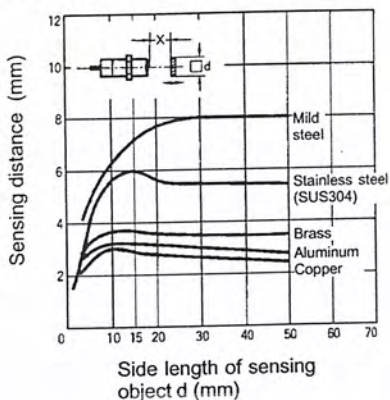


E2E2-X10D□

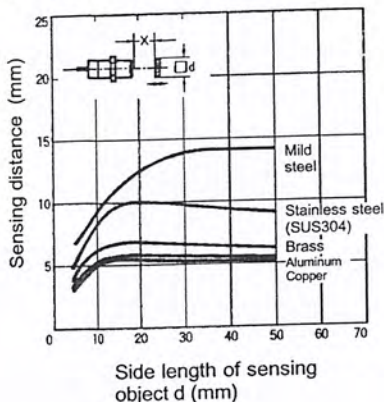


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

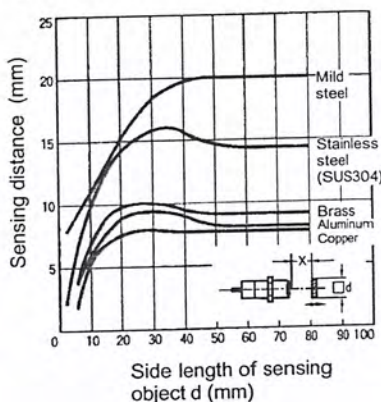
E2E2-X8MD□



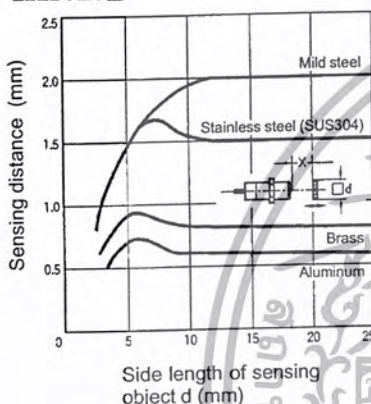
E2E2-X14MD□



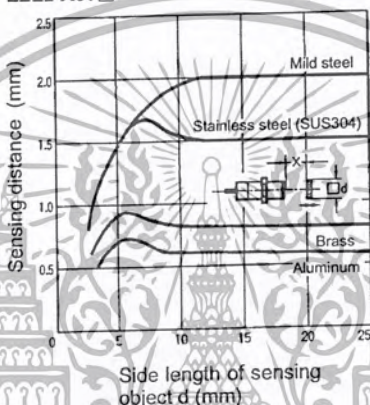
E2E2-X20MD□



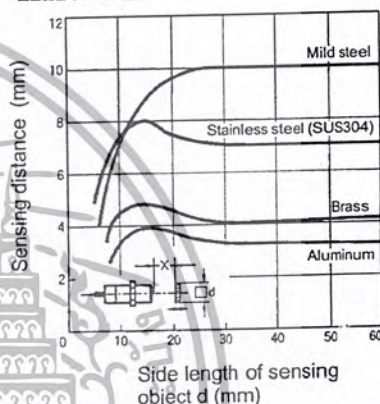
E2E2-X2C□/B□  
E2E2-X2Y□



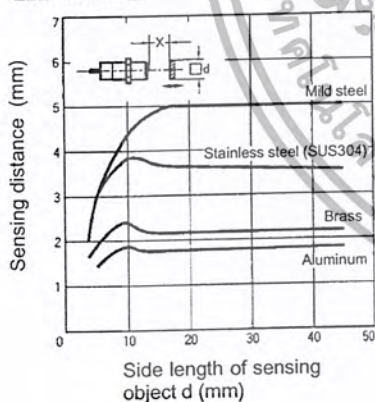
E2E2-X5C□/B□  
E2E2-X5Y□



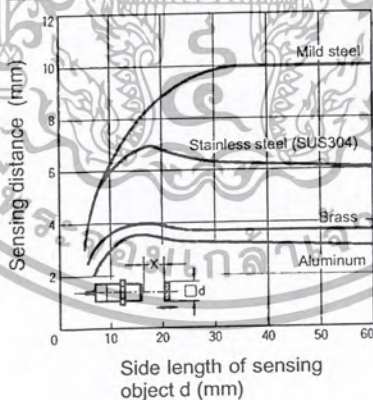
E2E2-X10C□/B□  
E2E2-X10Y□



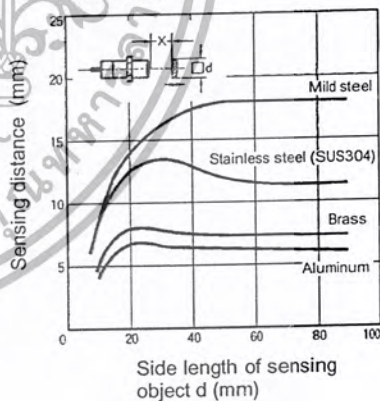
E2E2-X5MC□/B□  
E2E2-X5MY□



E2E2-X10MC□/B□  
E2E2-X10MY□



E2E2-X18MC□/B□  
E2E2-X18MY□

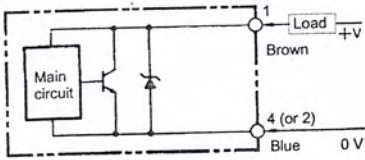


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

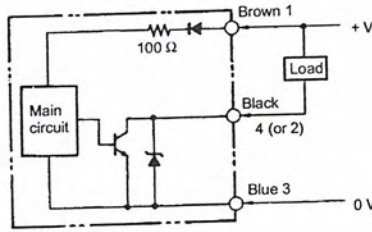
# Operation

## OUTPUT CIRCUITS

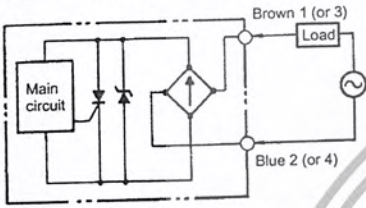
### E2E2-X□D□ DC 2-wire Models



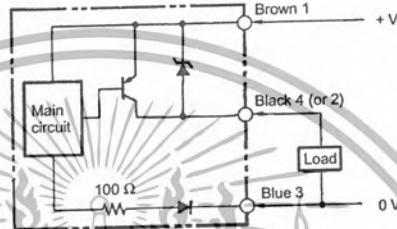
### E2E2-X□C□ DC 3-wire Models



### E2E2-X□Y□ AC 2-wire Models



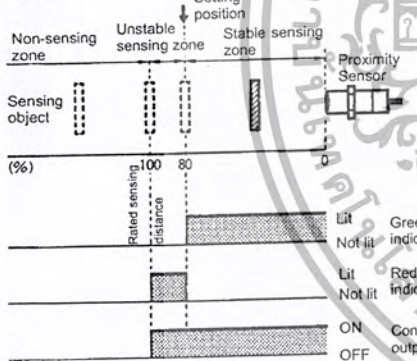
### E2E2-X□B□ DC 3-wire Models



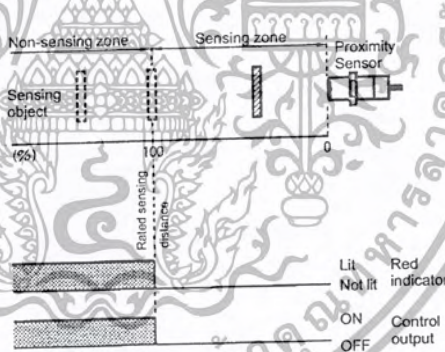
## OPERATING CHARTS

### E2E2-X□D□ DC 2-wire Models

#### NO Type

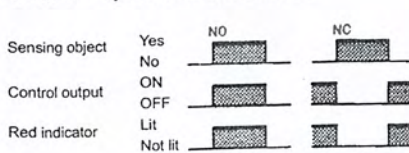


#### NC Type

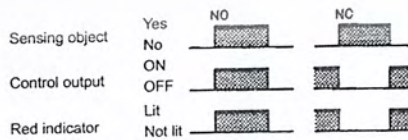


### E2E2-X□C□/B□ DC 3-wire Models

#### NPN/PNP Open Collector Output



### E2E2-X□Y□ AC 2-wire Models



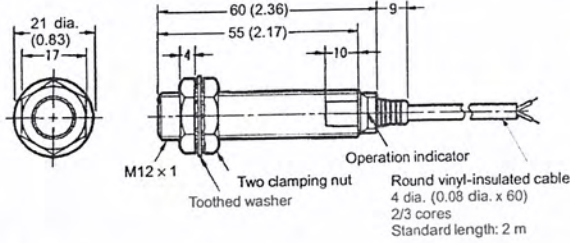
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Dimensions

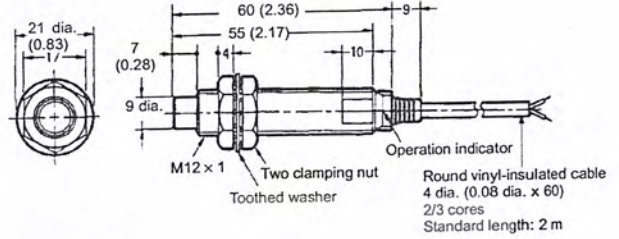
Unit: mm (inch)

## PRE-WIRED MODELS

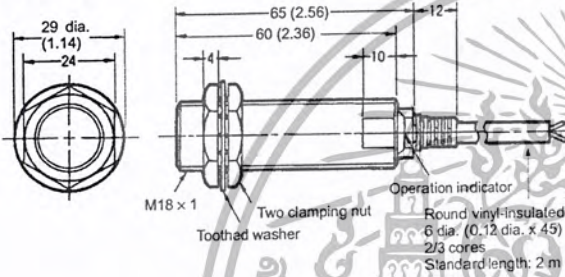
E2E2-X3D□  
E2E2-X2□□



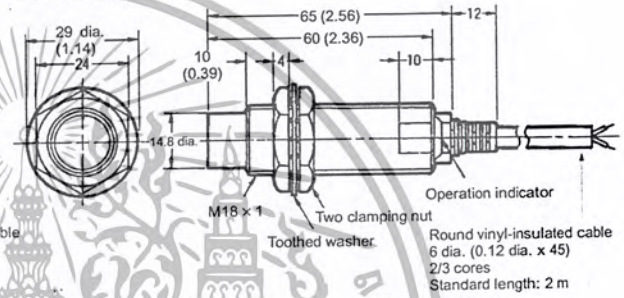
E2E2-X8MD□  
E2E2-X5M□□



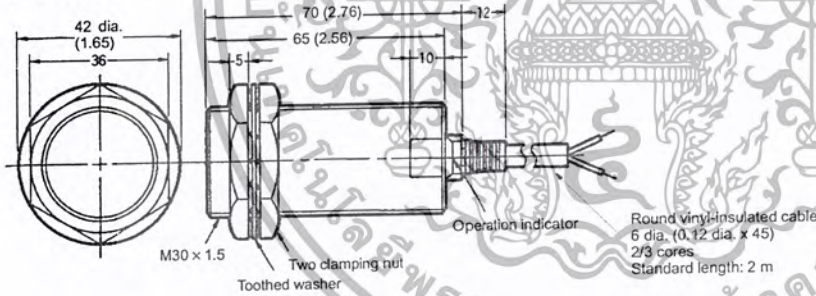
E2E2-X7D□  
E2E2-X5□□



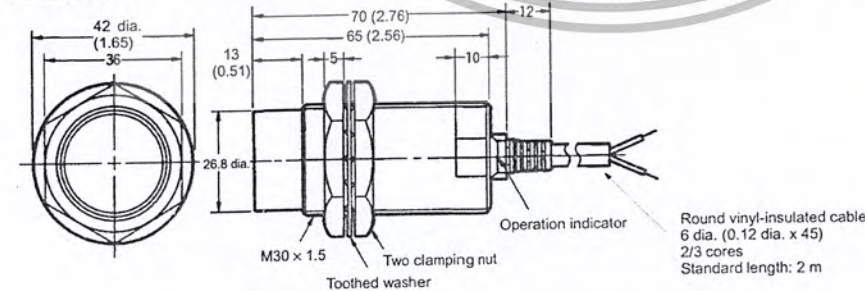
E2E2-X14MD□  
E2E2-X10M□□



E2E2-X10D□□



E2E2-X20MD□  
E2E2-X18M□□

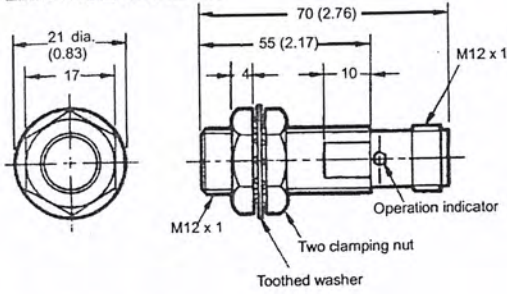


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

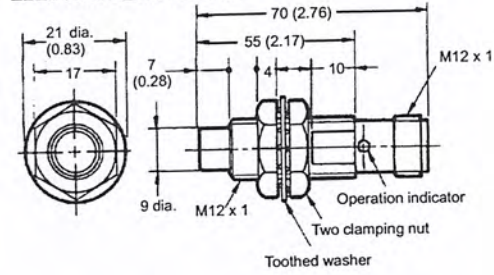
■ CONNECTOR MODELS (SHIELDED)

■ CONNECTOR MODELS (UNSHIELDED)

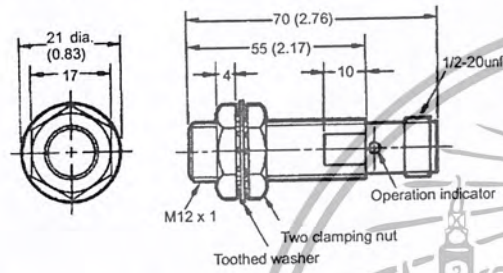
E2E2-X2C□-M1/B□-M1



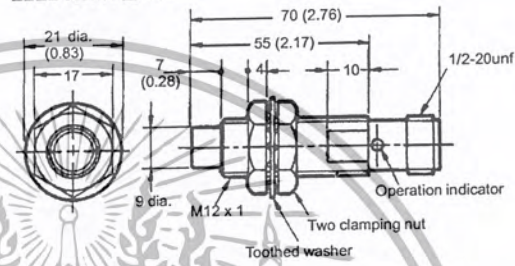
E2E2-X5MC□-M1/B□-M1



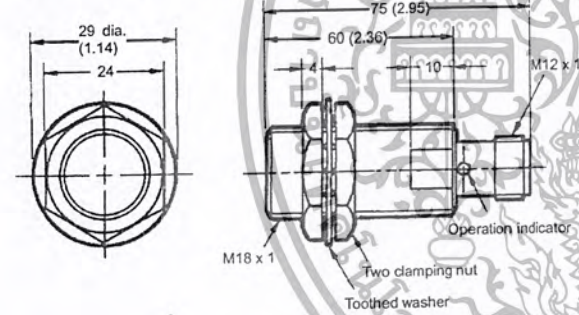
E2E2-X2Y□-M4



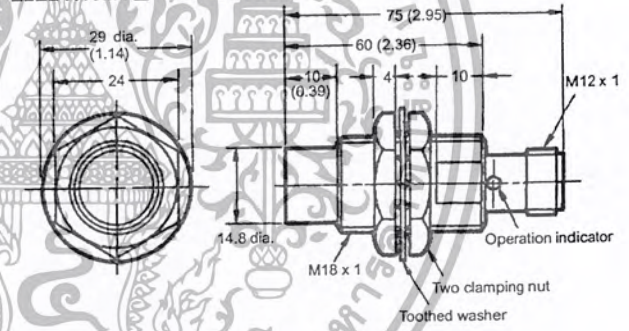
E2E2-X5MY□-M4



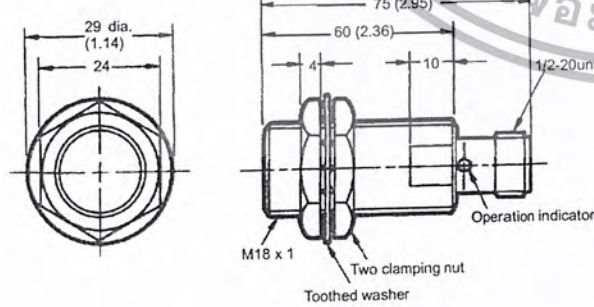
E2E2-X5C□-M1/B□-M1



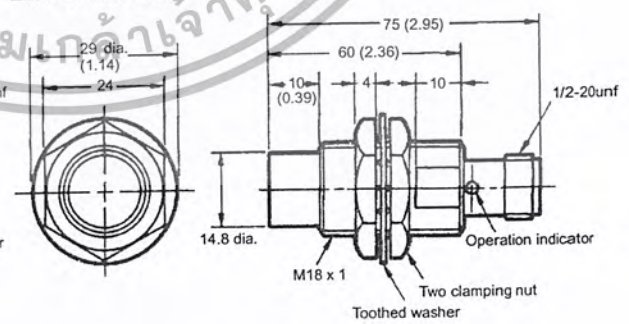
E2E2-X10MC□-M1/B□-M1



E2E2-X5Y□-M4



E2E2-X10MY□-M4

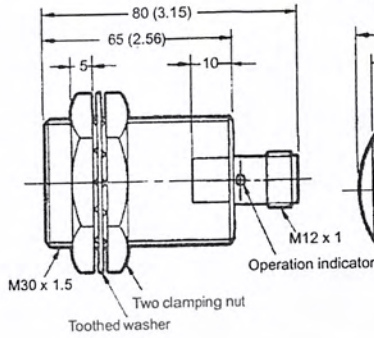
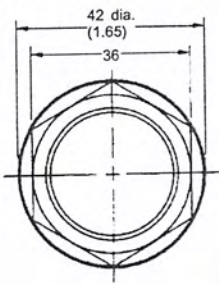


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

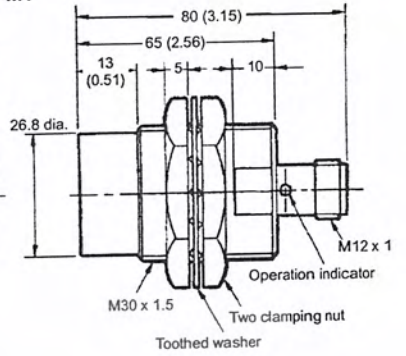
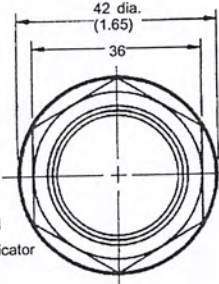
■ CONNECTOR MODELS (SHIELDED)

■ CONNECTOR MODELS (UNSHIELDED)

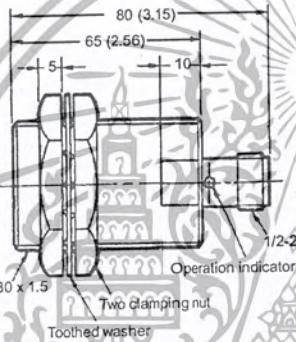
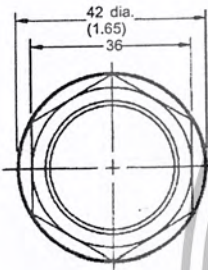
E2E2-X10C□-M1/B□-M1



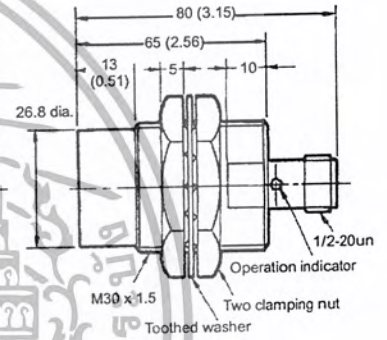
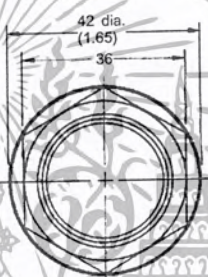
E2E2-X18MC□-M1/B□-M1



E2E2-X10Y□-M4



E2E2-X18MY□-M4



Mounting Holes



|            |           |           |           |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| Dimensions | M12       | M18       | M30       |
| F (mm)     | 12.5 dia. | 18.5 dia. | 30.5 dia. |

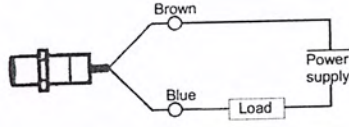
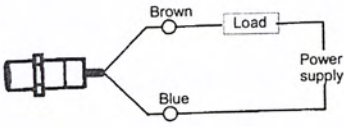
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Installation

## CONNECTION

E2E2-X□D□  
DC 2-wire Models

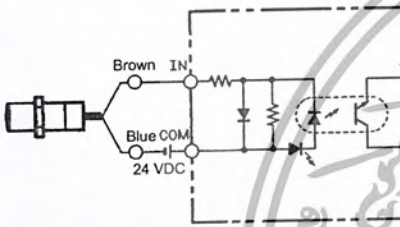
E2E2-X□Y□  
AC 2-wire Models



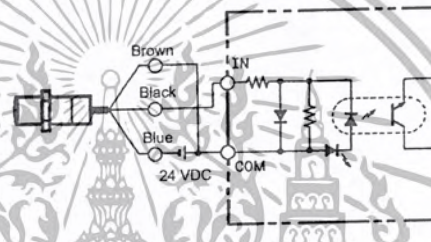
Note: The load can be connected as shown in the above diagrams.

## Connected to PC

E2E2-X□D□  
DC 2-wire Models



E2E2-X□C□  
DC 3-wire Models



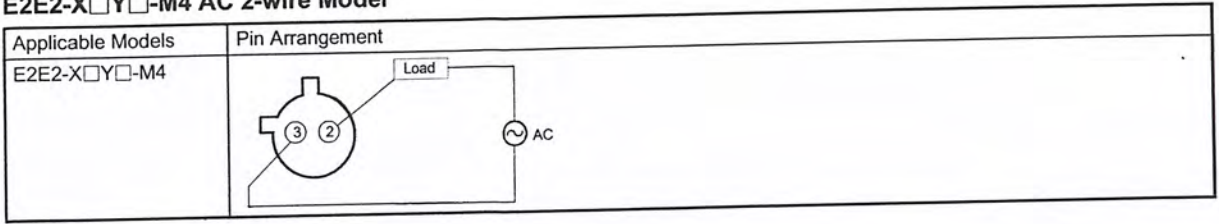
## PIN ARRANGEMENT

E2E2-X□B□-M1 DC 3-wire Models

| Output Configuration | Applicable Models | Pin Arrangement                      |
|----------------------|-------------------|--------------------------------------|
| NO                   | E2E2-X□B1-M1      | <p>Note: Terminal 2 is not used.</p> |
|                      | E2E2-X□C1-M1      | <p>Note: Terminal 2 is not used.</p> |
| NC                   | E2E2-X□B2-M1      | <p>Note: Terminal 4 is not used.</p> |
|                      | E2E2-X□C2-M1      | <p>Note: Terminal 4 is not used.</p> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

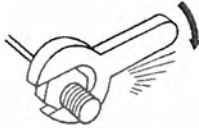
**E2E2-X□Y□-M4 AC 2-wire Model**



**■ MOUNTING**

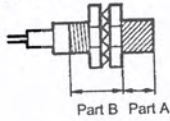
Do not tighten the nut with excessive force. A washer must be used with the nut.

Note: The table below shows the tightening torques for part A and part B nuts. In the previous examples, the nut is on the sensor head side (part B) and hence the tightening torque for part B applies. If this nut is in part A, the tightening torque for part A applies instead.

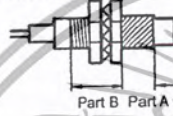


| Type | Torque                     |
|------|----------------------------|
| M12  | 30 N • m (310 kgf • cm)    |
| M18  | 70 N • m (710 kgf • cm)    |
| M30  | 180 N • m (1,800 kgf • cm) |

Shielded Model

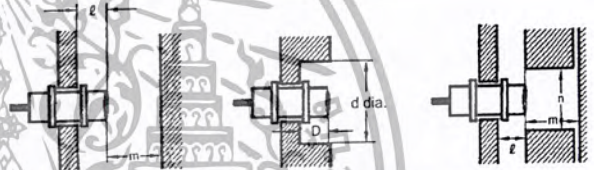


Unshielded Model



**Effects of Surrounding Metal**

When mounting the E2E2 within a metal panel, ensure that the clearances given in the table below are maintained. Failure to maintain these distances may cause deterioration in the performance of the sensor.

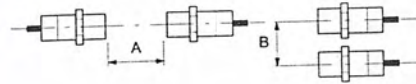


| Type                   |   | Item       | M12      | M18   | M30   |       |
|------------------------|---|------------|----------|-------|-------|-------|
| E2E2-X□D□<br>DC 2-wire | Shielded  | ℓ          | 0 mm     | 0 mm  | 0 mm  |       |
|                        |   | d          | 12 mm    | 18 mm | 30 mm |       |
|                        |   | D          | 0 mm     | 0 mm  | 0 mm  |       |
|                        |   | m          | 8 mm     | 20 mm | 40 mm |       |
|                        |   | n          | 18 mm    | 27 mm | 45 mm |       |
|                        |   | Unshielded | ℓ        | 15 mm | 22 mm | 30 mm |
|                        | d   |            | 40 mm    | 70 mm | 90 mm |       |
|                        | D   |            | 15 mm    | 22 mm | 30 mm |       |
|                        | m   |            | 20 mm    | 40 mm | 70 mm |       |
|                        | n   |            | 40 mm    | 70 mm | 90 mm |       |
|                        | E2E2-X□B□<br>E2E2-X□C□<br>DC 3-wire<br>E2E2-X□Y□<br>AC 2-wire |            | Shielded | ℓ     | 0 mm  | 0 mm  |
|                        |   | d          |          | 12 mm | 18 mm | 30 mm |
| D                      |   | 0 mm       |          | 0 mm  | 0 mm  |       |
| m                      |   | 8 mm       |          | 20 mm | 40 mm |       |
| n                      |   | 18 mm      |          | 27 mm | 45 mm |       |
| Unshielded             |   | ℓ          |          | 15 mm | 22 mm | 30 mm |
|                        |   | d          | 40 mm    | 55 mm | 90 mm |       |
|                        |   | D          | 15 mm    | 22 mm | 30 mm |       |
|                        |   | m          | 20 mm    | 40 mm | 70 mm |       |
|                        |   | n          | 36 mm    | 54 mm | 90 mm |       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ MUTUAL INTERFERENCE

When installing two or more Sensors face to face or side by side, ensure that the minimum distances given in the following table are maintained.



| Type                                | Item       | M12 | M18         | M30          |              |
|-------------------------------------|------------|-----|-------------|--------------|--------------|
| E2E2-X□D□<br>DC 2-wire              | Shielded   | A   | 30 (20) mm  | 50 (30) mm   | 100 (50) mm  |
|                                     |            | B   | 20 (12) mm  | 35 (18) mm   | 70 (35) mm   |
|                                     | Unshielded | A   | 120 (60) mm | 200 (100) mm | 300 (100) mm |
|                                     |            | B   | 100 (50) mm | 110 (60) mm  | 200 (100) mm |
| E2E2-X□B□<br>E2E2-X□C□<br>DC 3-wire | Shielded   | A   | 30 mm       | 50 mm        | 100 mm       |
|                                     |            | B   | 20 mm       | 35 mm        | 70 mm        |
|                                     | Unshielded | A   | 120 mm      | 200 mm       | 300 mm       |
|                                     |            | B   | 100 mm      | 110 mm       | 200 mm       |

Note: The figures in parentheses refer to Sensors operating at different frequencies.

⚠ Caution

The colors in parentheses are previous wire colors.

| Item  | Examples  |
|---|---|
| <p><b>Power supply</b></p> <p>Do not impose an excessive voltage on the E2E, otherwise it may explode or burn. Do not impose 100 VAC on any E2E DC model, otherwise it may explode or burn.</p> | <p>DC 3-wire models</p> <p>Incorrect</p> <p>DC 2-wire models</p> <p>Incorrect</p> |
| <p><b>Wiring</b></p> <p>Be sure to wire the E2E and load correctly, otherwise it may explode or burn.</p>   | <p>DC 3-wire models</p> <p>Incorrect</p> <p>DC 2-wire models</p> <p>Incorrect</p> |
| <p><b>Connection with no load</b></p> <p>Make sure to connect a proper load to the E2E in operation, otherwise it may explode or burn.</p>  | <p>DC 2-wire models</p> <p>Incorrect</p>  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Precautions

## ■ INSTALLATION

### Power Reset Time

The Proximity Sensor is ready to operate within 100 ms after power is supplied. If power supplies are connected to the Proximity Sensor and load respectively, be sure to supply power to the Proximity Sensor before supplying power to the load.

### Power OFF

The Proximity Sensor may output a pulse signal when it is turned off. Therefore, it is recommended to turn off the load before turning off the Proximity Sensor.

### Power Supply Transformer

When using a DC power supply, make sure that the DC power supply has an insulated transformer. Do not use a DC power supply with an auto-transformer.

### Sensing Object

**Metal Coating:**  
The sensing distances of the Proximity Sensor vary with the metal coating on sensing objects.

## ■ WIRING

### High-tension Lines:

#### Wiring through Metal Conduit

If there is a power or high-tension line near the cord of the Proximity Sensor, wire the cord through an independent metal conduit to prevent against Proximity Sensor damage or malfunctioning.

## ■ CONNECTING LOAD TO AC OR DC 2-WIRE SENSOR

Refer to the following before using AC or DC 2-wire Proximity Sensors.

### Surge Protection

Although the Proximity Sensor has a surge absorption circuit, if there is any machine that has a large surge current (e.g., a motor or welding machine) near the Proximity Sensor, connect a surge absorber to the machine.

### Leakage Current

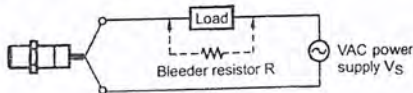
When the Proximity Sensor is OFF, the Proximity Sensor has leakage current. Refer to Leakage Current Characteristics. In this case, the load is imposed with a small voltage and the load may not be reset. Before using the Proximity Sensor, make sure that this voltage is less than the load reset voltage. The AC 2-wire Proximity Sensor cannot be connected to any card-lift-off relay (e.g., the G2A) because contact vibration of the relay will be caused by the leakage current and the life of the relay will be shortened.

### Countermeasures Against Leakage Current

#### AC 2-wire Models

Connect a bleeder resistor as the bypass for the leakage current so that the current flowing into the load will be less than the load reset current.

As shown in the following diagram, connect the bleeder resistor so that the current flowing into the Proximity Sensor will be 10 mA minimum and the residual voltage imposed on the load will be less than the load reset voltage.



### Cord Tractive Force

Do not pull cords with the tractive forces exceeding the following.

| Diameter       | Tractive force |
|----------------|----------------|
| 4 mm dia. max. | 30 N max.      |
| 4 mm dia. min. | 50 N max.      |

## ■ MOUNTING

The Proximity Sensor must not be subjected to excessive shock with a hammer when it is installed, otherwise the Proximity Sensor may be damaged or lose its water-resistance.

## ■ ENVIRONMENT

### Water Resistance

Do not use the Proximity Sensor underwater, outdoors, or in the rain.

### Operating Environment

Be sure to use the Proximity Sensor within its operating ambient temperature range and do not use the Proximity Sensor outdoors so that its reliability and life expectancy can be maintained. Although the Proximity Sensor is water resistant, a cover to protect the Proximity Sensor from water or water soluble machining oil is recommended so that its reliability and life expectancy can be maintained. Do not use the Proximity Sensor in an environment with chemical gas (e.g., strong alkaline or acid gasses including nitric, chromic, and concentrated sulfuric acid gasses).

Refer to the following to calculate the bleeder resistance and the allowable power of the bleeder resistor.

$$R \leq V_S / (10 - I) \text{ (k}\Omega\text{)}$$

$$P > V_S^2 / R \text{ (mW)}$$

**P:** The allowable power of the bleeder resistor. (The actual power capacity of the bleeder resistor must be at least a few times as large as the allowable power of the bleeder resistor.)

**I:** Load current (mA)

The following resistors are recommended.

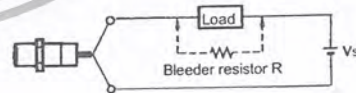
100 VAC (supply voltage): A resistor with a resistance of 10 k $\Omega$  maximum and an allowable power of 3 W minimum

200 VAC (supply voltage): A resistor with a resistance of 20 k $\Omega$  maximum and an allowable power of 10 W minimum

If these resistors generate excessive heat, use a resistor with a resistance of 10 k $\Omega$  maximum and an allowable power of 5 W minimum at 100 VAC and a resistor with a resistance of 20 k $\Omega$  maximum and an allowable power of 10 W minimum at 200 VAC instead.

#### DC 2-wire Models

Connect a bleeder resistor as the bypass for the leakage current so that the current flowing into the load will be less than the load reset current.



**DC 2-wire Models, continued**

Refer to the following to calculate the bleeder resistance and the allowable power of the bleeder resistor.

$$R \cong V_S / (i_R - i_{OFF}) \text{ (k}\Omega\text{)}$$

$$P > V_S^2 / R \text{ (mW)}$$

P: The allowable power of the bleeder resistor. (The actual power capacity of the bleeder resistor must be at least a few times as large as the allowable power of the bleeder resistor.)

$i_R$ : Leakage current of Sensors (mA)

$i_{OFF}$ : Release current of load (mA)

The following resistors are recommended.

12 VDC (supply voltage): A resistor with a resistance of 15 k $\Omega$  maximum and an allowable power of 450 mW minimum  
 24 VDC (supply voltage): A resistor with a resistance of 30 k $\Omega$  maximum and an allowable power of 0.1 W minimum

**Inrush Current**

A load that has a large inrush current (e.g., a lamp or motor) will damage the Proximity Sensor, in which case connect the load to the Proximity Sensor through a relay.

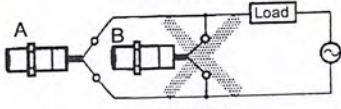
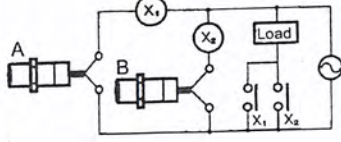
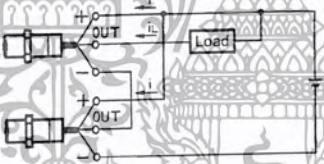
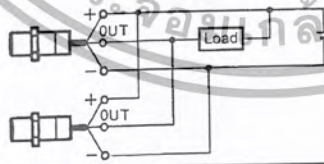
**PRECAUTIONS FOR AC OR DC 2-WIRE PROXIMITY SENSORS IN OPERATION**

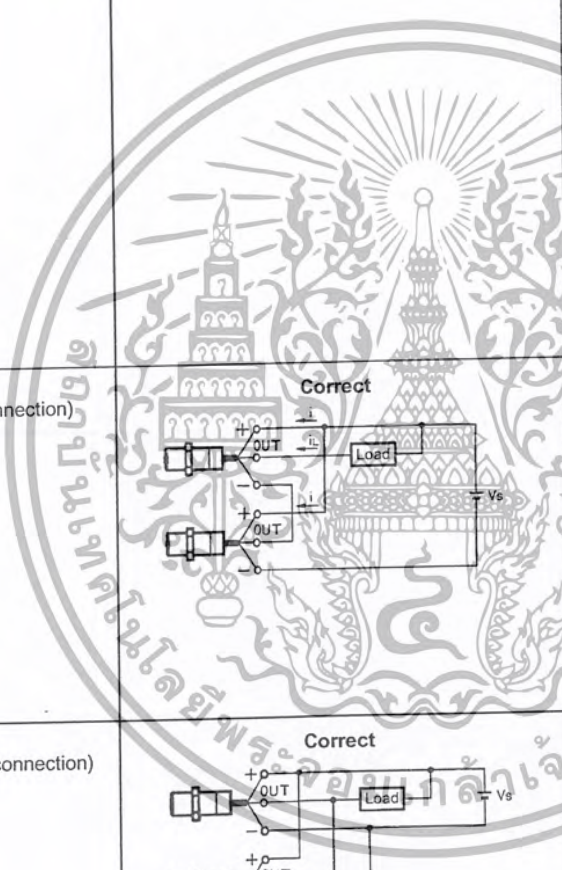
**Connection**

| Model     | Connection Type          | Method  | Description  |
|-----------|--------------------------|---|--|
| DC 2-wire | AND (serial connection)  | <p style="text-align: center;"><b>Correct</b></p>   | <p>The Sensors connected together must satisfy the following conditions.</p> <p><math>V_S - N \times V_R \geq</math> Load operating voltage<br/>                     N: No. of Sensors<br/> <math>V_R</math>: Residual voltage of each Sensor<br/> <math>V_S</math>: Supply voltage</p> <p>If each Proximity Sensor is not supplied with the rated voltage and current, the indicator will not be lit properly or unnecessary pulses may be output for approximately 1 ms.</p>     |
|           | OR (parallel connection) | <p style="text-align: center;"><b>Correct</b></p>   | <p>The Sensors connected together must satisfy the following conditions.</p> <p><math>N \times i \geq</math> Load operating voltage<br/>                     N: No. of Sensors<br/>                     i: Leakage current of each Sensor</p> <p>If the MY Relay, which operates at 24 VDC, is used as a load for example, a maximum of four Proximity Sensors can be connected to the load.</p>   |
| AC 2-wire | AND (serial connection)  | <p style="text-align: center;"><b>Incorrect</b></p> | <p>If 100 or 200 VAC is imposed on the Proximity Sensors, <math>V_L</math> (i.e., the voltage imposed on the load) will be obtained from the following.</p> <p><math>V_L = V_S -</math> (residual voltage x no. of Proximity Sensors) (V)</p> <p>Therefore, if <math>V_L</math> is lower than the load operating voltage, the load will not operate.</p> <p>A maximum of three Proximity Sensors can be connected in series provided that the supply voltage is 100 V minimum.</p> |
|           |                          | <p style="text-align: center;"><b>Correct</b></p>   |  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ PRECAUTIONS FOR AC OR DC 2-WIRE PROXIMITY SENSORS IN OPERATION, CONTINUED

| Model        | Connection Type             | Method  | Description   |
|--------------|-----------------------------|---|---|
| AC<br>2-wire | OR<br>(parallel connection) | <p style="text-align: center;"><b>Incorrect</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Correct</b></p>  <p style="text-align: right;">VAC power supply <math>V_S</math></p> | <p>In principle, more than two Proximity Sensors cannot be connected in parallel.</p> <p>Provided that Proximity Sensor A does not operate with Proximity Sensor B simultaneously and there is no need to keep the load operating continuously, the Proximity Sensors can be connected in parallel. In this case, however, due to the total leakage current of the Proximity Sensors, the load may not reset properly.</p> <p>It is not possible to keep the load operating continuously with Proximity Sensors A and B in simultaneous operation to sense sensing objects due to the following reason.</p> <p>When Proximity Sensor A is ON, the voltage imposed on Proximity Sensor A will drop to approximately 10 V and the load current flows into Proximity Sensor A, and when one of the sensing objects is close to Proximity Sensor B, Proximity Sensor B will not operate because the voltage imposed on Proximity Sensor B is 10 V, which is too low. When Proximity Sensor A is OFF, the voltage imposed on Proximity Sensor B will reach the supply voltage and Proximity Sensor B will be ON. Then, Proximity Sensor A as well as Proximity Sensor B will be OFF for approximately 10 ms, which resets the load for an instant. To prevent the instantaneous resetting of the load, use a relay as shown on the left.</p> |
| DC<br>3-wire | AND<br>(serial connection)  | <p style="text-align: center;"><b>Correct</b></p>    | <p>The Sensors connected together must satisfy the following conditions.</p> <p><math>i_L + (N - 1) \times i \leq</math> Upper-limit of control output of each Sensor</p> <p><math>V_S - N \times V_R \geq</math> Load operating voltage</p> <p><math>N</math>: No. of Sensors</p> <p><math>V_R</math>: Residual voltage of each Sensor</p> <p><math>V_S</math>: Supply voltage</p> <p><math>i</math>: Current consumption of the Sensor</p> <p><math>i_L</math>: Load current</p> <p>If the MY Relay, which operates at 24 VDC, is used as a load for example, a maximum of two Proximity Sensors can be connected to the load.</p>  |
|              | OR<br>(parallel connection) | <p style="text-align: center;"><b>Correct</b></p>    | <p>A minimum of three Sensors with current outputs can be connected in parallel. The number of Sensors connected in parallel varies with the Proximity Sensor model.</p>  |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



NOTE: DIMENSIONS SHOWN ARE IN MILLIMETERS. To convert millimeters to inches divide by 25.4.

**OMRON**<sup>®</sup>

Omron Europe B.V. EMA-ISD, tel:+31 23 5681390, fax:+31 23 5681397, <http://www.eu.omron.com/ema>

## บรรณานุกรม

- [1] ทศนัย อินทรบุญสม และ นายสราวุธ สุริยะ, “เครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบจุดควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์”, ปรินูญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [2] กลุ่ม CNS, “ออปแอมป์ 741”, หจก.สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ
- [3] พรจิต ประทุมสุวรรณ, “เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์”, เรือนแก้วการพิมพ์, กรุงเทพฯ
- [4] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และ ชัยวัฒน์ ลีัมพรจิตรวิไล, “เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51”, บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, กรุงเทพฯ
- [5] Ramakant A Gayakwad, “Op-Amps Linear Integrated Circuit”, Third Edition, Prentice-Hall, London
- [6] Muhammad H Rashid, “Power Electronic Circuit, Device, and Application”, Second Edition, Prentice-Hall, New Jersey
- [7] Joseph Vithayathil, “Power Electronics Principles and Applications”, international edition หน้า 92
- [8] W.Shepherd, L.N.Hulley and D.T.W.Liang, “Power electronics and motor control”, second edition หน้า 73, 280
- [9] Power Electronics Circuits, Wiley International edition, Issa Batarseh