

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องเชื่อมแบบจุดควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

Spot Welder By Microcontroller



โดย

นายทัศนัย อินทรบุญสม
นายพิทักษ์พงศ์ ควรฤชัย
นายพิพัฒน์ชัย เฟ่งศรี
นายมนต์ชัย เหล่ามงคลชัย
นายสรารัฐ สุริยะ

เลขหม.....
เลขทะเบียน..... 34136
วัน, เดือน, ปี..... 6 ต.ค. 2542

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2541

เครื่องเชื่อมแบบจุดควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์
Spot Welder By Microcontroller



นายทัศนัย อินทรบุญสม
นายพิทักษ์พงศ์ ควรรณาชัย
นายพิพัฒน์ชัย เฟ่งศรี
นายมนโทย หล้ามงคลชัย
นายสรารุช สุริยะ

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ดุสิต สุขสวัสดิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2541

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องเชื่อมแบบจุดควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้จัดทำ

- 
1. นายทัศนัย อินทรบุญสม
 2. นายพิทักษ์พงษ์ ควรฤชัย
 3. นายพิพัฒน์ชัย เฟ่งศรี
 4. นายมนโทย เหล่ามงคลชัย
 5. นายสรารุช สุริยะ



อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. สุทธิต สุขสวัสดิ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเชื่อมแบบจุดควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

นายทัศนัย อินทรบุญสม
 นายพิทักษ์พงศ์ ควรฤกษ์ชัย
 นายพิพัฒน์ชัย เฟ่งศรี
 นายมนโทย หล่อมงคลชัย
 นายสรารุช สุริยะ
 อ. คุณิต สุขสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
 ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการสร้างวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อมความต้านทานแบบจุด โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวกลางในการควบคุมการทำงานของวงจรทั้งหมด ได้แก่ วงจรการเชื่อม โซลินอยด์วาล์ว และปริมาณกระแสเชื่อม โดยเน้นไปที่การควบคุมการเปลี่ยนมุมทริกเกอร์ตั้งแต่มุม 0 – 180 องศา ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ซึ่งมีเอสซีอาร์เป็นตัวปิด-เปิดวงจรกำลัง ที่เป็นวงจรควบคุมกำลังงานแบบเต็มลูกคลื่น จากหลักการนี้จะทำให้เกิดความแม่นยำ และสะดวกมากยิ่งขึ้นในการปฏิบัติงานเชื่อม

SPOT WELDER BY MICROCONTROLLER**Tassanai Intaraboonsom****Pitakpong Khunruchai****Pipatchai Pengsri****Manotai Lhowmongkolchai****Sarawuth Suriya****Dusit Suksawad Advisor****1998****ABSTRACT**

The purpose of this project is to make the resistance spot welder controlled circuit that is designed to use microcontroller to control all operation systems. For example : weld cycle, solenoid valve and weld current. The quantity of weld current is limited by the variable trigger angle 0-180 degree. SCR is used for switch on and switch off the power circuit (Full wave control). From this concept that make more comfortable and precisely use.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูปภาพ	ง
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เครื่องเชื่อมแบบจุด	2
2.1 การเชื่อมแบบจุด	2
2.2 วัฏจักรการเชื่อมจุด	5
2.3 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเชื่อม	6
2.4 ข้อดีและข้อเสียของการเชื่อมจุด	10
บทที่ 3 เอสซีอาร์(SCR)	11
3.1 โครงสร้างของเอสซีอาร์	11
3.2 คุณสมบัติของเอสซีอาร์	14
3.3 ชีตจำกัดของเอสซีอาร์	18
3.4 การใช้เอสซีอาร์ในการควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสกลับ	21
3.5 ลักษณะของสัญญาณของทริกเกอร์	27
บทที่ 4 ไมโครคอนโทรลเลอร์และจอแสดงผล	31
4.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	31
4.2 แอลซีดี	35
4.3 การเชื่อมต่อของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	42
บทที่ 5 การคำนวณและการสร้าง	52
5.1 วงจรควบคุมเอสซีอาร์	52
บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง	60
บทที่ 7 บทวิจารณ์และสรุป	71
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1	3
2.2	6
2.3	6
3.1	11
3.2	12
3.3	13
3.4	13
3.5	14
3.6	15
3.7	16
3.8	18
3.9	19
3.10	19
3.11	22
(ก) การควบคุมแบบเต็มลูกคลื่น	
(ข) การควบคุมแบบครึ่งลูกคลื่น	
3.12	23
3.13	24
3.14	25
3.15	26
3.16	27
3.17	28
3.18	29
(ก) สัญญาณเป็นพัลส์	
(ข) สัญญาณเป็นพัลส์ต่อเนื่อง	
(ค) สัญญาณเป็นพัลส์ความถี่สูง	
3.19	30
4.1	32

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.2	แสดงหน่วยความจำโปรแกรม	34
4.3	แสดงหน่วยความจำข้อมูล	35
4.4	แสดงสัญญาณของการเคลียร์จอแสดงผล	37
4.5	แสดงสัญญาณของการเลื่อนเคอร์เซอร์	37
4.6	แสดงสัญญาณของระบบของโหมคป้อนข้อมูล	38
4.7	แสดงสัญญาณของการควบคุมการแสดงผล	38
4.8	แสดงสัญญาณของการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษร	39
4.9	แสดงสัญญาณของการเซตฟังก์ชัน	39
4.10	แสดงสัญญาณของการเซตตำแหน่งในซีจีแรม	40
4.11	แสดงสัญญาณของการเซตตำแหน่งในคิตีแรม	40
4.12	แสดงแอลซีดีรุ่น DMC 202	40
4.13	แสดงการอ่านแฟลคบิวซี	41
4.14	แสดงสัญญาณการเขียนข้อมูล	41
4.15	แสดงสัญญาณการอ่านข้อมูล	41
4.16	แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์	43
4.17	แสดงโครงสร้างของคีย์บอร์ด	44
4.18	แสดงจอเวลาสควิช	45
4.19	แสดงจอเวลาเชื่อม	45
4.20	แสดงจอเวลาฮีด	45
4.21	แสดงจอร์ับค่ากระแส	46
4.22	แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด	47
4.22	แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด(ต่อ)	48
4.23	แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมรับค่าจากคีย์บอร์ด	49
4.23	แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมรับค่าจากคีย์บอร์ด(ต่อ)	50
4.24	แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมทางแอลซีดี	51
5.1	แสดงวงจรเปลี่ยนสัญญาณคิจิตอลเป็นอนาล็อก	52
5.2	บล็อกไดอะแกรมของ TCA 785	54
5.3	แสดงสัญญาณรูปต่าง ๆ ตามตำแหน่งขา ของ IC TCA 785	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.4	แสดงการต่อวงจรของ IC TCA 875	56
5.5	แสดง Free running frequency	57
5.6	แสดงวงจรขยายกระแส และพัลส์ทรานส์ฟอร์มเมอร์	57
5.7	แสดงวงจรควบคุมทั้งหมด	59
6.1	สัญญาณฟันเลื่อย ที่ขา 10	61
6.2	สัญญาณฟันเลื่อยกับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ขา 11	61
6.3	สัญญาณทริกเกอร์ ที่ขา 15 เมื่อป้อนกระแสเชื่อมหมายเลข 3	62
6.4	สัญญาณ Output ที่ขา 14 เมื่อป้อนกระแสเชื่อมหมายเลข 3	62
6.5	สัญญาณความถี่สูงที่สร้างขึ้นมาจาก IC 555	63
6.6	การรวมสัญญาณของ TCA 785 และ IC 555	63
6.7	การรวมสัญญาณเกตเมื่อป้อนกระแสเชื่อมหมายเลข 2	64
6.8	สัญญาณเกตเมื่อป้อนกระแสเชื่อมหมายเลข 9	64
6.9	การต่ออุปกรณ์การทดลอง	67
6.10	แสดงกระแสเทียบกับแรงดันที่มุมทริกเกอร์ 138 องศา	67
6.11	แสดงกระแสเทียบกับแรงดันที่มุมทริกเกอร์ 119 องศา	68
6.12	แสดงกระแสเทียบกับแรงดันที่มุมทริกเกอร์ 99 องศา	68
6.13	แสดงกระแสเทียบกับแรงดันที่มุมทริกเกอร์ 79 องศา	69

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	แสดงขาสัญญาของแอลซีดีโมดูล	36
4.2	แสดงการต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์	42
5.1	การปรับค่าความกว้างของพัลส์	53
6.1	แสดงค่าเอาต์พุตจาก ไอซีและจากการคำนวณ	60
6.2	แสดงผลของการเชื่อม	65
6.2	แสดงผลของการเชื่อม(ต่อ)	66
7.1	สาเหตุและข้อบกพร่องที่เกิดจากการเชื่อมแบบจุด	71



บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันนี้ได้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานควบคุมระบบแบบอัตโนมัติกันเป็นจำนวนมาก และมีการพัฒนาไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว จนได้มีการนำเอาไมโครโปรเซสเซอร์แบบชิปเดี่ยว(single chip microprocessor)เข้ามาใช้ซึ่งมีความสามารถสูง และการทำงานก็เปลี่ยนแปลงได้โดยการแก้ไขโปรแกรม ทำให้สามารถลดจำนวนอุปกรณ์ในวงจรลงได้มาก ระบบรวมจึงมีขนาดเล็ก, ราคาถูก และดูแลรักษาง่าย วงจรควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อมแบบจุดโดยไมโครคอนโทรลเลอร์จึงถูกสร้าง และพัฒนาขึ้นจากวงจรควบคุมแบบเดิมซึ่งเป็นวงจรแบบอนาลอก แต่ยังคงเลือกใช้เอสซีอาร์ (SCR)เป็นตัวควบคุมพลังงาน และไอซี TCA 785 เป็นหัวใจสำคัญ ในการกำเนิดสัญญาณพัลส์ (pulse) ที่นำไปจุดชนวนขาคัท (gate) ของเอสซีอาร์ และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวกลางในการควบคุมการทำงานทั้งหมดรวมถึงการเปลี่ยนมุมทริกเกอร์ (trigger) ด้วย

ดังนั้น ในการศึกษาข้อมูลทางทฤษฎีในการออกแบบโครงสร้าง และวงจรตลอดจนค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องเชื่อม และการเชื่อมแบบจุด มาประกอบกันเพื่อใช้ในการทดลองการศึกษา และประยุกต์ใช้งานทางเพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์กับเครื่องเชื่อมแบบจุดต่อไปในอนาคต

บทที่ 2

เครื่องเชื่อมแบบจุด

2.1 การเชื่อมแบบจุด

การเชื่อมแบบความต้านทานนับว่าเป็นขบวนการเชื่อมไฟฟ้าที่เก่าแก่ที่สุด อาศัยองค์ประกอบร่วมกัน 3 ประการคือ ความร้อน (Heat), ความดัน (Pressure) และเวลา (Time) เหตุที่เรียกว่าการเชื่อมแบบความต้านทาน เพราะว่าความต้านทานของโลหะที่มีต่อการไหลของกระแสจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นเฉพาะจุดที่ต้องการเชื่อม โดยกระแสจะไหลผ่านปลายอิเล็กโทรด (electrode) ซึ่งจะเป็นตัวกดให้งานแนบชิดติดกันก่อน ระหว่างและหลังจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน เวลาที่ต้องการให้กระแสไหลผ่านขึ้นอยู่กับชนิดและความหนาของวัสดุงาน, ปริมาณกระแสและพื้นที่หน้าตัดของปลายหัวเชื่อมที่สัมผัสกับผิวโลหะงาน การเชื่อมแบบความต้านทานมีหลายวิธีแต่ที่นิยมกันโดยทั่วไปได้แก่ การเชื่อมจุด (Spot), การเชื่อมตะเข็บ (Seam) และการเชื่อมโปรเจกชัน (Projection)

หลักการเชื่อมแบบจุด

การเชื่อมจุด (Spot) ต้องอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความดันเชิงกลด้วยขนาดและเวลาที่เหมาะสม โดยกระแสจะผ่านจากอิเล็กโทรดไปยังโลหะงานซึ่งต้องใช้แรงกดโลหะงานตลอดเวลาเพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านอย่างต่อเนื่อง ตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมต้องได้รับความร้อนเพียงพอจนหลอมละลายติดกัน หลังจากนั้นต้องให้แรงกดต่อไปอีกจนรอยเชื่อมเย็นตัวและมีความแข็งแรงพอที่จะยึดเหนี่ยวงานไว้ด้วยกัน จึงปล่อยแรงกดและนำออกจากเครื่อง ความหนาแน่นกระแสและความดันต้องสูงพอจนเพียงพอจนหลอมละลาย แต่ไม่สูงเกินไปจนงานทะลุ และเวลาที่กระแสไหลผ่าน (เวลาเชื่อม) ต้องสั้นพอเหมาะ เพราะถ้านานเกินไป หนักร้อนจะร้อนจัดและอาจหลอมติดกับงานซึ่งทำให้อายุการใช้งานสั้นลง

การเกิดความร้อน

ปริมาณความร้อนที่เกิดในการเชื่อมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 3 ประการ คือ

1. กระแส
2. ความต้านทานของตัวนำ หรือ โลหะงาน
3. เวลาที่กระแสไหลผ่าน จะแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$Q = I^2 Rt$$

เมื่อ Q = ความร้อนที่เกิดขึ้น, จูล

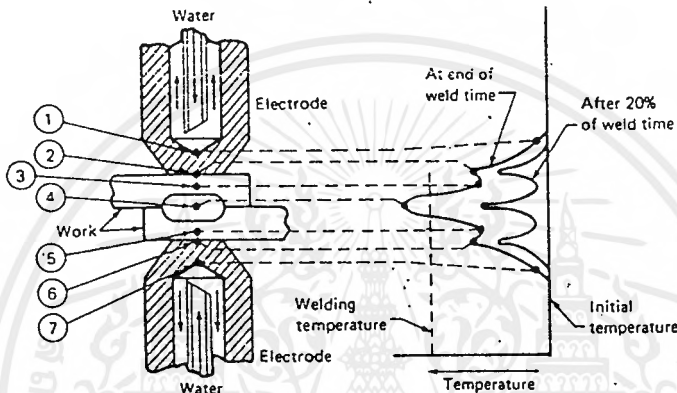
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวทช. วิทยาลัยการศึกษานันทบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R = ความต้านทานของโลหะงาน, โอห์ม

t = เวลาที่กระแสไหลผ่านงาน, วินาที

ความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นปฏิภาคตรงกับกระแสกำลังสอง, ความต้านทานและเวลา ความร้อนที่เกิดขึ้นจะใช้เพื่อเชื่อมงานเข้าด้วยกัน โดยมีบางส่วนสูญเสียให้กับเนื้อโลหะงานที่อยู่ใกล้เคียง

กระแสไฟฟ้าที่ต้องการเพื่อเชื่อมงาน เป็นปฏิภาคผกผันกับรากที่สองของเวลา ดังนั้นถ้าเวลาสั้นมากต้องใช้กระแสสูงมาก ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่ออิเล็กทรอนิกส์ได้ง่าย



รูปที่ 2.1 แสดงการกระจายอุณหภูมิ

ลักษณะเด่นของการเชื่อมแบบความต้านทานคือ สามารถให้ความร้อนสูงอย่างรวดเร็ว รูปที่ 2.1 แสดงการกระจายอุณหภูมิภายในงานและปลายอิเล็กโทรดเมื่อเชื่อมจุด องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อปริมาณความร้อนในรอยเชื่อมเมื่อใช้กระแสตามกำหนดได้แก่

1. ความต้านทานไฟฟ้าของโลหะงานและอิเล็กโทรด
2. ความต้านทานหน้าสัมผัส ระหว่างงานต่องาน และระหว่างงานต่ออิเล็กโทรด
3. ความร้อนที่สูญเสียแก่งานและอิเล็กโทรด

อิทธิพลของกระแสเชื่อม

ในสูตร $Q = I^2 R t$ กระแสจะมีอิทธิพลต่อการเกิดความร้อนมากกว่าความต้านทานหรือเวลา ดังนั้นจึงต้องควบคุมกระแสให้ดี องค์ประกอบที่จำทำให้กระแสเปลี่ยนแปลงได้แก่

1. แรงดัน ในสายส่งไม่สม่ำเสมอ
2. อิมพีแดนซ์ (impedance) ของวงจรทุติยภูมิ (ในเครื่องกระแสสลับ) เปลี่ยนแปลงทั้งนี้

เนื่องจากลักษณะวงจรเปลี่ยนแปลง หรือเมื่อมวลของโลหะแม่เหล็กในวงจรทุติยภูมิของเครื่องเปลี่ยนแปลง ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีผลกระทบต่อเครื่องเชื่อมกระแสตรงเล็กน้อย

นอกจากขนาดกระแสเปลี่ยนแปลงแล้ว ที่ผิวบริเวณรอยเชื่อมอาจมีความหนาแน่นกระแสเปลี่ยนแปลงไปด้วย ถ้าเพิ่มพื้นที่หน้าอิเล็คโทรด จะทำให้ความหนาแน่นกระแสและความร้อนลดลง ซึ่งทำให้ความแข็งแรงของรอยเชื่อมลดลงด้วย

กระแสต้องมีความหนาแน่นเพียงพอเพื่อใช้พลังงานหลอมภายในเวลาที่กำหนด และความร้อนต้องเกิดขึ้นมากพอเพื่อชดเชยความร้อนที่สูญเสียแก่โลหะงานและอิเล็คโทรดด้วย เมื่อกระแสมีความหนาแน่นสูงขึ้นจะทำให้ขนาดและความแข็งแรงของรอยเชื่อมเพิ่มขึ้น แต่ถ้าความหนาแน่นกระแสสูงเกินไปจะทำให้รอยเชื่อมแห้ง , แดกร้าวและไม่แข็งแรง ซึ่งเมื่อกระแสสูงเกินไปจะเกิดไปผลเสีย คือทำให้โลหะร้อนจัดและเกิดรอยไหม้ และอิเล็คโทรดเสียหายเร็ว

อิทธิพลของเวลาเชื่อม

อัตราความร้อนที่เกิดขึ้นต้องพอเหมาะ เพื่อให้อรอยเชื่อมแข็งแรงพอเพียง ความร้อนที่เกิดขึ้นจะเป็นปฏิภาคกับเวลาเชื่อม โดยมีความร้อนบางส่วนสูญเสียให้แก่โลหะงานโดยรอบและอิเล็คโทรดโดยการนำความร้อนและสูญเสียโดยการแผ่รังสีเพียงเล็กน้อย ถ้าเวลาเชื่อมนานจะสูญเสียความร้อนเพิ่มมากขึ้น ควรใช้เวลาน้อยที่สุดที่สามารถให้ความร้อนจนถึงจุดหลอมเหลว เมื่อกระแสมีความหนาแน่นต่าง ๆ กัน ถ้ากระแสไหลต่อเนื่องไปอีกอุณหภูมิระนาบ 4 จะสูงกว่าจุดหลอมเหลว ความดันภายในอาจจะดันโลหะเชื่อมให้หลุดออกจากรอยต่อ แก๊สหรือไอโลหะที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดเม็ดโลหะขนาดเล็กกระเด็นออกจากรอยเชื่อม เรียกว่า “ สปีทิง (Spitting) ” ถ้าเวลาเชื่อมนานเกินไปจะมีผลต่อโลหะและอิเล็คโทรดเช่นเดียวกับเมื่อกระแสมากเกินไป และบริเวณ HAZ (Heat Area Zone คือบริเวณที่เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเนื่องจากความร้อน) จะกินลึกเข้าไปในโลหะงานและโคขมากแล้ว เมื่อใช้เวลาเชื่อมนานขึ้นความร้อนที่สูญเสียไปจะเท่ากับความร้อนส่งเข้า (heat input) อุณหภูมิจะคงที่

อิทธิพลของแรงกดขณะเชื่อม

ความต้านทาน (R) ในสมการ $Q = I^2 R t$ ได้รับความรู้ผลจากความดันขณะเชื่อม (ปลายอิเล็คโทรดจะกดโลหะงานเข้าด้วยกัน) ตามปกติแล้วงานที่จะเชื่อมจุด จะต้องเรียงติดกันให้แน่นตามตำแหน่งเชื่อม เพื่อให้กระแสไหลผ่านได้สม่ำเสมอ แนวที่อิเล็คโทรดคดบนแผ่นงานจะมีผลต่อความต้านทานรวมระหว่างอิเล็คโทรดและต่อกระแสที่ไหลผ่านรอยเชื่อม เมื่อแรงกดอิเล็คโทรดเพิ่มขึ้น กระแสจะเพิ่มขึ้นจนถึงขีดกำหนด ค่าความต้านทานหน้าสัมผัส และความร้อนระหว่างโลหะงานจะคงที่ ถ้าต้องการเพิ่มความร้อนให้อยู่ในระดับเดิมต้องเพิ่มกระแสหรือเวลาเชื่อมเพื่อชดเชยความต้านทานที่ลดลง

เมื่อแรงกดต่ำโลหะงานจะสัมผัสกันเฉพาะจุดที่บุนขึ้นมาเท่านั้น ซึ่งทำให้พื้นที่สัมผัสน้อย ค่าความต้านทานหน้าสัมผัสจึงสูง ถ้าใช้แรงกดมากขึ้นพื้นผิวที่บุนกว่าปกติจะถูกกดแบนลง ผิวโลหะงานสัมผัสกันมากขึ้น ความต้านทานหน้าสัมผัสจะลดลง

อิทธิพลของอิเล็กโทรด

อิเล็กโทรดมีบทบาทสำคัญในการเกิดความร้อน เพราะจะเป็นตัวนำกระแสเชื่อมสู่โลหะงาน พื้นที่สัมผัสของอิเล็กโทรดจะเป็นตัวควบคุมความหนาแน่นกระแสเชื่อมและขนาดรอยเชื่อม อิเล็กโทรดต้องมีความสามารถนำไฟฟ้าได้ดี มีความแข็งและแข็งแรงสูงพอ เพื่อต่อต้านการเสียรูปพลาสติก (Plastic Deformation) ถ้าปลายอิเล็กโทรดเสียรูปหรือบานออก พื้นที่สัมผัสจะเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นกระแสและแรงกดจะลดลง ทำให้คุณภาพรอยเชื่อมด้อยลง ในกรณีนี้ต้องคอยปรับแต่งปลายอิเล็กโทรดให้เหมาะสมเสมอ เพื่อให้เกิดความร้อนพอเพียงต่อการเชื่อม

อิทธิพลของสภาพพื้นผิว

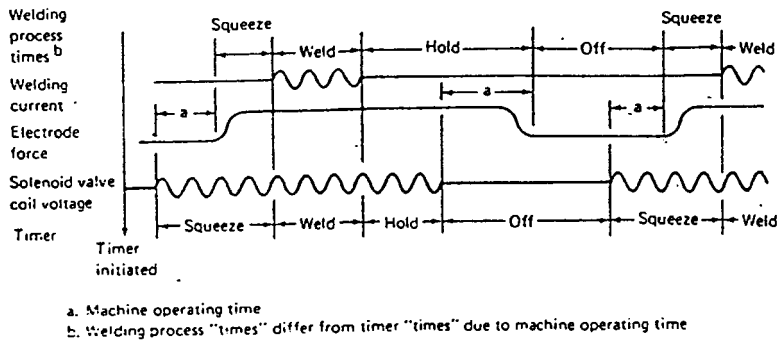
สภาพพื้นผิวของโลหะงานมีอิทธิพลต่อการเกิดความร้อน โดยเฉพาะเมื่อมีออกไซด์ (Oxide), ฟูลตะกอน, น้ำมัน และสารมลทินต่าง ๆ เกาะตามผิวงาน พึงระลึกเสมอว่าผิวงานที่สะอาดเท่านั้นจึงจะได้รอยเชื่อมคุณภาพดี

การเชื่อมโลหะงานที่ผิวเกิดออกไซด์, สะเก็ดหรือมีสารมลทินไม่สม่ำเสมอจะมีความต้านทานหน้าสัมผัสไม่คงที่ซึ่งเป็นเหตุให้ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่คงที่

2.2 วัฏจักรการเชื่อมจุด

วัฏจักรการเชื่อมจุดมี 4 ขั้นตอนดังนี้

1. กดงาน (Squeeze time) หมายถึง ช่วงเวลาระหว่างที่เริ่มตั้งเวลา จนกระแสเริ่มไหลผ่านงาน ซึ่งในช่วงนี้เป็นการกดให้อิเล็กโทรดแนบกับงานก่อนผ่านกระแส
2. เชื่อม (Weld time) หมายถึง ช่วงเวลาที่กระแสผ่านชิ้นงาน เพื่อให้เกิดความร้อนจนหลอมเชื่อมติดกัน
3. กดแช่ (Hold time) หมายถึง เวลาที่กดแช่งานไว้หลังผ่านกระแสแล้ว ซึ่งรอยเชื่อมจะเริ่มเย็นและแข็งตัวจนมีความแข็งแรงสูงพอ
4. เปลี่ยนงาน (Off time) หมายถึง เวลาที่เคลื่อนหัวอิเล็กโทรดออก และเลื่อนงานเพื่อเชื่อมจุดต่อไป



รูปที่ 2.2 แสดงวัฏจักรการเชื่อมจุด

2.3 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเชื่อม

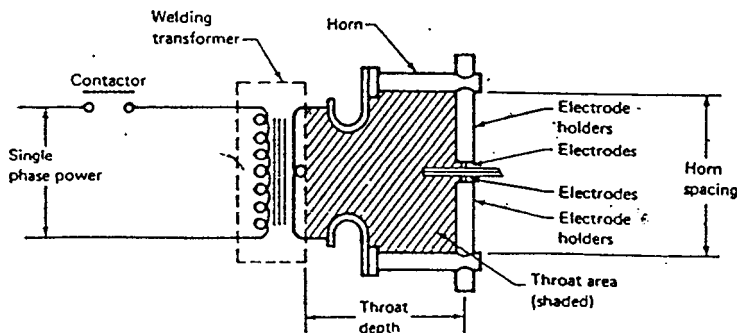
เครื่องเชื่อมจุด ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ วงจรไฟฟ้า ชุดควบคุม และระบบกลไก

โก

วงจรไฟฟ้า

ประกอบด้วยหม้อแปลง, การเชื่อมต่อทางด้านปฐมภูมิ (primary contaction) และวงจรทุติยภูมิ (วงจรทุติยภูมิรวมถึงอิเล็กทรอนิกส์ทรานซิสเตอร์จะนำกระแสไฟฟ้าไปยังงาน) การเชื่อมแบบความต้านทานใช้ได้ทั้งแบบกระแสตรงและกระแสสลับ เครื่องเชื่อมจะแปลงกระแสจากสายส่งให้มีแรงดันต่ำ, กระแสสูง

เครื่องเชื่อมแบบความต้านทานส่วนมากจะเป็นแบบกระแสสลับเฟสเดียว (single phase) มีความถี่เท่ากับสายส่ง (ปกติ 50 Hz) เครื่องเชื่อมกระแสสลับจะมีหม้อแปลงเฟสเดียวเพื่อปรับให้แรงดันต่ำ ปกติจะอยู่ในช่วง 1-25 โวลต์(Volt) กระแสประมาณ 1000-100000 แอมแปร์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนา และชนิดของวัสดุงาน วงจรไฟฟ้าโดยทั่วไปของเครื่องเชื่อมแบบนี้แสดงไว้รูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงวงจรเครื่องเชื่อมจุดแบบเฟสเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องเชื่อมแบบความต้านทานมีหน้าที่ 4 ประการคือ

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

ถ้าไม่คำนึงถึงแรงกดการเลือกวัสดุ เพื่อทำอิเล็กทรอนิกส์ให้พิจารณาคุณสมบัติการนำไฟฟ้าและความร้อนเป็นสำคัญ แต่ในกรณีเชื่อมแบบความต้านทาน อิเล็กทรอนิกส์มักจะรับแรงเสมอ จึงต้องเลือกวัสดุที่สามารถทนต่อแรงกดที่อุณหภูมิสูง โดยไม่เสียรูปและต้องมีความสามารถนำความร้อน และไฟฟ้าดีและที่สำคัญคือ ต้องแต่งอิเล็กทรอนิกส์ให้มีรูปร่างและขนาดเหมาะสมเพื่อให้ได้กระแสที่มีความหนาแน่นตามต้องการ

อิเล็กทรอนิกส์จะเสียรูปหรือบานเป็นคอกเหล็ก ได้ยากหรือง่าย ขึ้นอยู่กับขีดจำกัดสัดส่วน (Proportional Limit) และความแข็งแรงของวัสดุทำอิเล็กทรอนิกส์

ชุดควบคุม

อุปกรณ์ควบคุมการเชื่อมจะทำหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. เปิด-ปิดกระแสไปยังหม้อแปลง
2. ควบคุมปริมาณกระแส
3. ควบคุมกลไกเปิดปิดแรงกดขณะเชื่อม

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

คอนแทคเตอร์การเชื่อม (Welding contactor) จะเป็นตัวเปิด-ปิดกระแสสู่หม้อแปลง ซึ่งอาจจะเป็นแบบกลไก, แม่เหล็ก หรือ อิเล็กทรอนิกส์ก็ได้ แบบกลไกจะควบคุมโดยใช้ลูกเบี้ยวหรือเท้าเหยียบ แบบแม่เหล็กควบคุมด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า และแบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมด้วยเอสซีอาร์ (Silicon-Controlled Rectifiers) หรือการจุดชนวน (Ignition) หรือท่อไทเรชั่น (Thyratron tube) เพื่อควบคุมการไหลของกระแสเข้าสู่หม้อแปลง

ระบบกลไก

เริ่มจากอิเล็กทรอนิกส์จะควบคุมงาน และแยกออกตามเวลาที่ควบคุม แรงกดของอิเล็กทรอนิกส์

โทรคได้จากไฮดรอลิก, นิวแมติก, แม่เหล็ก หรือระบบกลไกต่าง ๆ อัตราการกดของอิเล็กทรอนิกส์ต้องเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอเหมาะ เพื่อไม่ให้ผิวหน้าสัมผัสเสียดสีรูป ขณะเชื่อมนั้นเนื้อเชื่อมจะขยายและหดตัวอย่างรวดเร็ว และอิเล็กโทรดจะต้องสัมผัสกับเนื้อเชื่อมตลอดเวลาไม่ว่าจะขยายหรือหดตัว เพื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้สะดวก ถ้าแรงกดระหว่างอิเล็กโทรดและงานลดลงอย่างรวดเร็ว (ขณะเชื่อม) ผิวสัมผัสอาจจะร้อนเกินไปและเกิดการอาร์ค(arc) ระหว่างอิเล็กโทรดและงาน ซึ่งทำให้ผิวอิเล็กโทรดไหม้ และเป็นขุมหรือติดงาน บางครั้งโลหะงานอาจจะร้อนมากจนระเหยกลายเป็นไอ

ระบบนิวแมติก สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. เครื่องอัดลม (air compressor) คือเครื่องใช้พลังงานไฟฟ้าในการอัดลม(Pump) ทำให้ความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศในเครื่องเชื่อมนี้ ใช้ความดันของลมอัดอยู่ระหว่าง 1 ถึง 7 บาร์ (bar)

2. ชุดปรับปรุงคุณภาพลมอัด (service unit)

เนื่องจากในระบบนิวแมติก ลมอัดถือว่าเป็นสารตัวกลางที่ต้องใช้ในการทำงานเพื่อไปดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ อากาศที่ส่งเข้าไปในระบบนิวแมติกจะต้องผ่านท่อทาง อุปกรณ์ และลิ้นควบคุมต่าง ๆ ลมอัดที่จะนำไปใช้งานต้องปราศจากสิ่งสกปรกต่าง ๆ และปราศจากน้ำด้วย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมียูนิททำหน้าที่กรองฝุ่นและน้ำออกจากลมอัดก่อน จึงต้องมีชุดปรับปรุงคุณภาพลม (service unit) ก่อนเข้าเครื่อง อุปกรณ์ชุดปรับปรุงคุณภาพประกอบด้วย อุปกรณ์ที่ใช้กรองเศษฝุ่นผงน้ำ เรียกว่า ฟิวเจอร์ (filter) อุปกรณ์ที่ใช้ปรับหรือควบคุมความดันในระบบ เรียกว่า เรกูเลเตอร์ (regulator) อุปกรณ์ที่ช่วยการหล่อลื่น ภายในระบบลมเรียกว่า ลูบริเคเตอร์ (lubricator)

วาล์วลดความดันลมอัด (pressure air reducing valve or regulator) โดยปกติเครื่องอัดลมจะป้อนลมอัดให้มีค่าความดันสูงกว่าระดับความดันใช้งาน ดังนั้นวาล์วลดความดันจึงทำหน้าที่ปรับความดันให้ค่าความดันของลมอัดมีความดันเท่ากับความดันใช้งานในระบบนิวแมติก เพราะถ้าไม่ลดความดันก่อนนำไปใช้งาน อุปกรณ์ต่าง ๆ จะเกิดปัญหาในการทำงาน เช่นการทำงานของวงจรถูกผิดพลาด อุปกรณ์นิวแมติกอาจเกิดชำรุดเสียหายได้

อุปกรณ์ช่วยในการหล่อลื่นลมอัด (Oil lubricator) ในการทำงานของอุปกรณ์นิวแมติกจะมีการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้น การเคลื่อนที่นี้ ชิ้นส่วนของอุปกรณ์จะมีการเสียดสี ซึ่งเป็นสาเหตุของการสึกหรอ ผู้ที่ออกแบบพยายามคิดค้นวิธีการป้องกันการสึกหรอโดยใช้การผสมน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปกับลมอัด อาศัยหลักการทำให้เกิดความเร็วแตกต่างบริเวณคอขวด การเปลี่ยนแปลงความเร็วนี้ทำให้ความดันแตกต่างกันด้วย จึงทำให้เกิดการควบแน่นขึ้นมาผสมกับลมอัดในลักษณะของการเกิดเป็นละอองฝอย

อุปกรณ์การหล่อลื่นจะผสมละอองน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปกับลมอัด ซึ่งการหล่อลื่นนี้เป็นขบวนการหลังสุดในการปรับปรุงคุณภาพลมก่อนนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลย์แบบที่ใช้เทอร์โม-คัปเปิล (thermo-couple) และแบบที่ใช้ความต้านทานซึ่งเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิก็ใช้ได้เหมือนกัน

ถ้ารีเลย์แบบนี้เป็นแบบ ไบ-เมทัล (bi-metal) จะมีหลักการทำงานคืออาศัยผลที่ได้จากความร้อน (thermal effects) ในลักษณะต่าง ๆ โดยอาศัยหลักที่ว่าเมื่อโลหะถูกความร้อนจะขยายตัวตามปกติส่วนที่ไวต่อความร้อน (sensitive element) จะประกอบด้วยโลหะต่างชนิดสองชิ้นเชื่อมติดกันอยู่ เรียกว่า ไบ-เมทัล (bi-metal) เมื่อโลหะที่เชื่อมติดกันนี้ถูกความร้อนจะโค้งตัว เนื่องจากการขยายตัวของแผ่นโลหะทั้งสองไม่เท่ากัน

2.4 ข้อดีและข้อเสียของการเชื่อมจุด

ข้อดี

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

ข้อเสีย

1. บำรุงรักษาและซ่อมแซมลำบาก
2. งานมีน้ำหนักมากกว่าการเชื่อมแบบต่อชน
3. สิ้นเปลืองวัสดุงานมากกว่าเชื่อมแบบต่อชน
4. การเชื่อมด้วยกระแสสูงและระยะเวลาสั้น ไม่เป็นผลดีต่อระบบไฟฟ้า โดยเฉพาะเมื่อเชื่อม

ด้วยเครื่องเฟสเดียว

5. รอยเชื่อมจุดมีความแข็งแรงคงคูดแบบความแข็งแรงถ้าตัวต่ำเพราะมีลักษณะเสมือนว่ามีรอยบากอยู่โดยรอบ

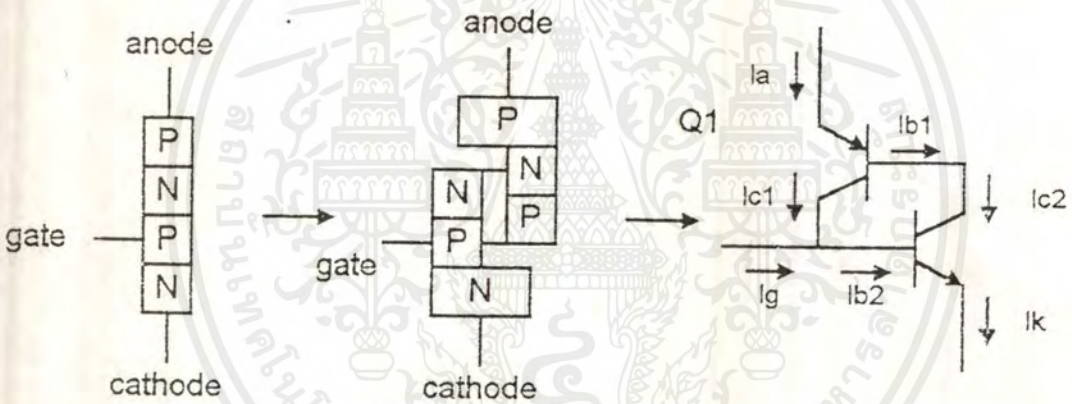
6. ไม่สามารถใช้ความแข็งแรงของโลหะได้อย่างเต็มที่เพราะงานจะเชื่อมติดกันเป็นระยะและแรงกระทำมักจะเอียงศูนย์เนื่องจากงานแยกกัน

บทที่ 3

เอสซีอาร์ (SCR)

3.1 โครงสร้างของเอสซีอาร์

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

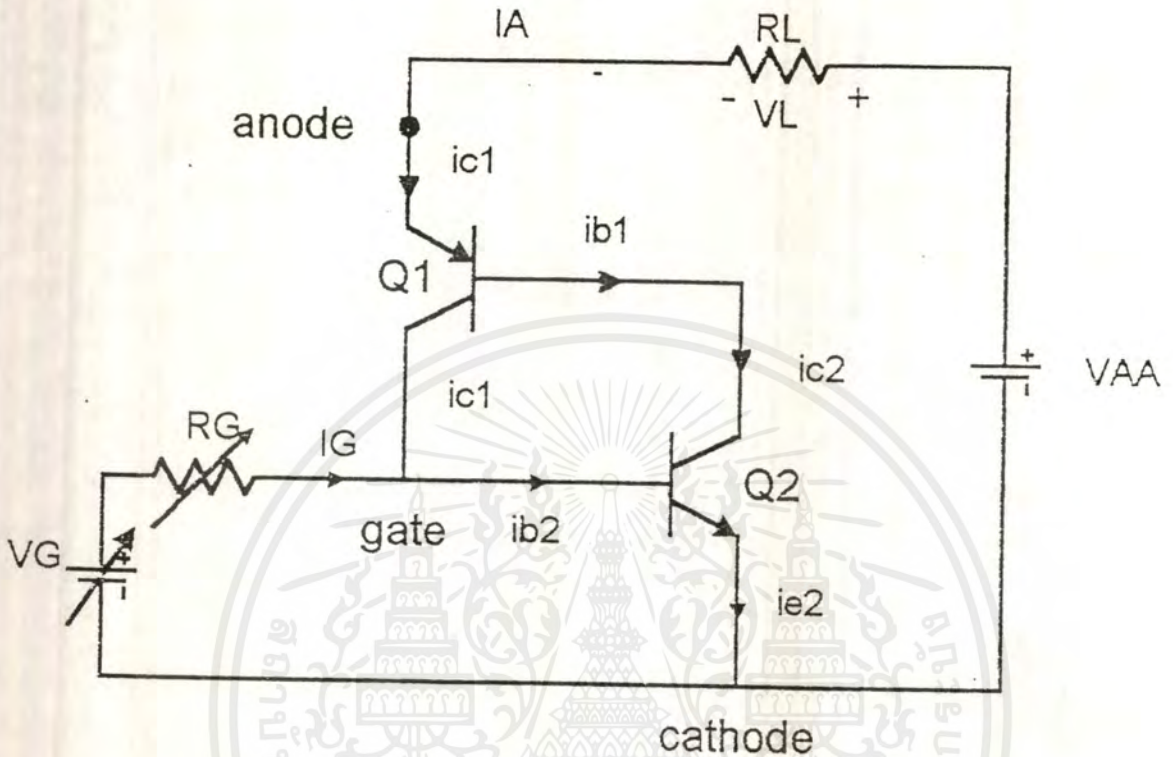


รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างของเอสซีอาร์

การทำงานของเอสซีอาร์ คือขณะที่ยังไม่มีกระแสไหลเข้าเกตขั้วแคโทดแรงดันที่แอนโนดเมื่อเทียบกับแคโทดจะเป็นบวกหรือลบก็ตามเอสซีอาร์จะไม่นำกระแส และขณะที่มีกระแสไหลเข้าเกตขั้วแคโทด แรงดันที่แอนโนดเทียบกับแคโทดเป็นลบ เอสซีอาร์ก็จะไม่นำกระแส แต่ถ้าแรงดันที่แอนโนดเทียบกับแคโทดเป็นบวก และมีกระแสไหลเข้าเกตขั้วแคโทดตามที่ได้ออวงจรงดังรูปที่ 3.1 เอสซีอาร์จะนำกระแส

พิจารณาตามวงจรถ่ายที่แสดงในรูปที่ 3.2 เมื่อมีกระแส I_G ไหลเข้าเบสขั้วอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_2 หรือมีกระแสไหลเข้าเกตขั้วแคโทดของเอสซีอาร์ จะมีกระแสไหลเข้าขั้วคอลเล็กเตอร์ (i_{c2}) ของทรานซิสเตอร์ Q_2 เท่ากับ β_2 เท่าของ I_G (ค่า $\beta_2 = i_{c2}/i_{b2}$) กระแส i_{c2} จะเท่ากับ i_{b1} ซึ่งจะทำให้มีกระแสไหลจากขั้วบวกของ V_{AA} ผ่าน R_L เข้าอิมิตเตอร์ขั้วเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1 และ

จะทำให้มีกระแส i_{c1} ไหลจากอิมิตเตอร์เข้าสู่คอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_1 เท่ากับ β_1 เท่าของ i_{b1} กระแส i_{b2} จะเท่ากับ i_{c1} รวมกับ I_G จนในที่สุดทรานซิสเตอร์



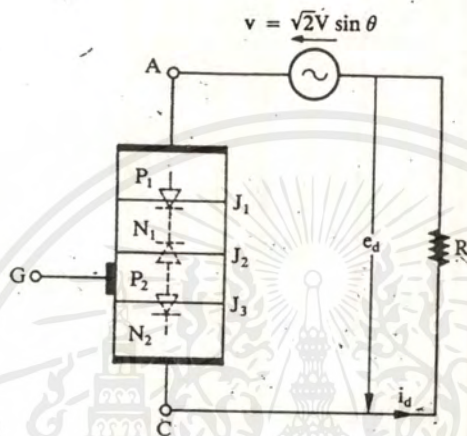
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรการนำกระแสของเอสซีอาร์

ทั้งสองนำกระแส หรือเรียกว่าไทรสเตอร์นำกระแส คือ ความต้านทานระหว่างขั้วแอนอด และ แคโทด ของเอสซีอาร์มีค่าต่ำมาก แรงดันไฟฟ้าทั้งหมดจะตกคร่อมโหลด R_L โดยมีแรงดันตกคร่อมเอสซีอาร์น้อยมาก จะเห็นว่าใช้กระแสจ่ายเกิดเพียงเล็กน้อยก็สามารถทำให้เอสซีอาร์นำกระแสได้ และเมื่อจ่ายกระแสเพียงชั่วครู่แล้วหยุดจ่ายกระแสเข้าเกิด กระแส i_{b2} เท่ากับ i_{c1} เอสซีอาร์จะยังนำกระแสอยู่ สรุปได้ว่าเมื่อทำการทริกให้เอสซีอาร์นำกระแสแล้ว เอสซีอาร์ยังคงนำกระแสต่อไปแม้จะนำกระแสทริกออกแล้ว

ในกรณีที่ป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ $v = \sqrt{2}V_{rms} \sin \theta$ ให้แก่วงจรในรูปที่ 3.1 แม้จะมีแรงดันคร่อมเอสซีอาร์ในทิศทางฟอร์เวิร์ดในช่วงมุม $\theta > 0$ ก็ตาม ก็จะไม่มีการนำกระแสไหลจนกว่าจะป้อนสัญญาณเกิดในช่วงดังกล่าวที่มุม α มุม θ ในช่วง $0 \leq \theta \leq \alpha$ นี้เรียก ช่วงฟอร์เวิร์ดบล็อกกิงแรงดันส่วนใหญ่ในช่วงนี้จะปรากฏคร่อม J_2 และจะเกิดชั้นว่างเปล่าขึ้นที่รอยต่อ J_2 นี้ เมื่อป้อนสัญญาณกระแสเข้าที่ เกิด เอสซีอาร์จะเริ่มเข้าสู่สภาวะนำกระแส และครบไคที่กระแสในทิศทางฟอร์เวิร์ดมีขนาดมากกว่าค่าคงที่ค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่า กระแสยึด (holding current, I_H) สภาวะการ

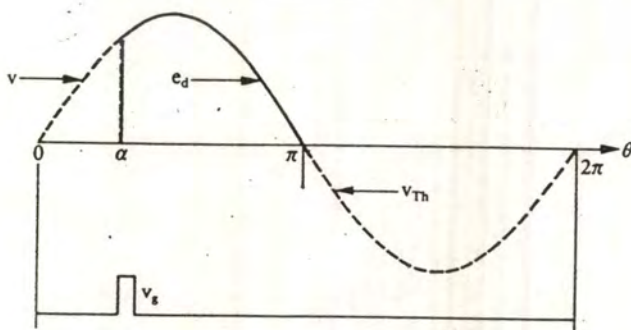
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำกระแสของเอสซีอาร์ก็ยังคงดำเนินต่อไป ในกรณีที่โหลด ของวงจรในรูปที่ 3.2 เป็นความต้านทานล้วนๆ สถานะนี้ก็จะยังคงอยู่บนกระทั่งมุม $\theta = \pi$ ที่มุม $\theta = \pi$ นี้จะเริ่มมีแรงดันรีเวิร์สปรากฏคร่อมเอสซีอาร์ รอยต่อ J_2 จะเริ่มมีสถานะเป็นฟอร์เวิร์ด ขณะที่ J_1 และ J_2 เป็นรีเวิร์ส ทำให้เอสซีอาร์เริ่มกลับเข้าสู่สถานะของการหยุดนำกระแส และสถานะนี้ก็จะยังคงอยู่บนกระทั่งมุม $\theta = 2\pi$ มุม θ ในช่วง $\pi \leq \theta \leq 2\pi$ นี้เรียกว่า ช่วงรีเวิร์สบล็อกกิง



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรของเอสซีอาร์

การทำให้เอสซีอาร์เปลี่ยนแปลงจากสถานะของการหยุดนำกระแสไปเป็นสถานะของการนำกระแสนี้เรียกว่า การทริก หรือ การเทิร์นออน (turn-on) ส่วนการทำในลักษณะตรงข้ามนี้เรียกว่า การดับ หรือ การเทิร์นออฟ (turn-off) และมุม α นี้เรียกว่า มุมทริก ถ้าไม่คำนึงถึงแรงดันตกคร่อมตัวเอสซีอาร์แล้ว จะได้แรงดัน e_d ตกคร่อมโหลดของวงจรรูปที่ 3.3 ในลักษณะดังเส้นทึบของรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดง ลักษณะคลื่น e_d

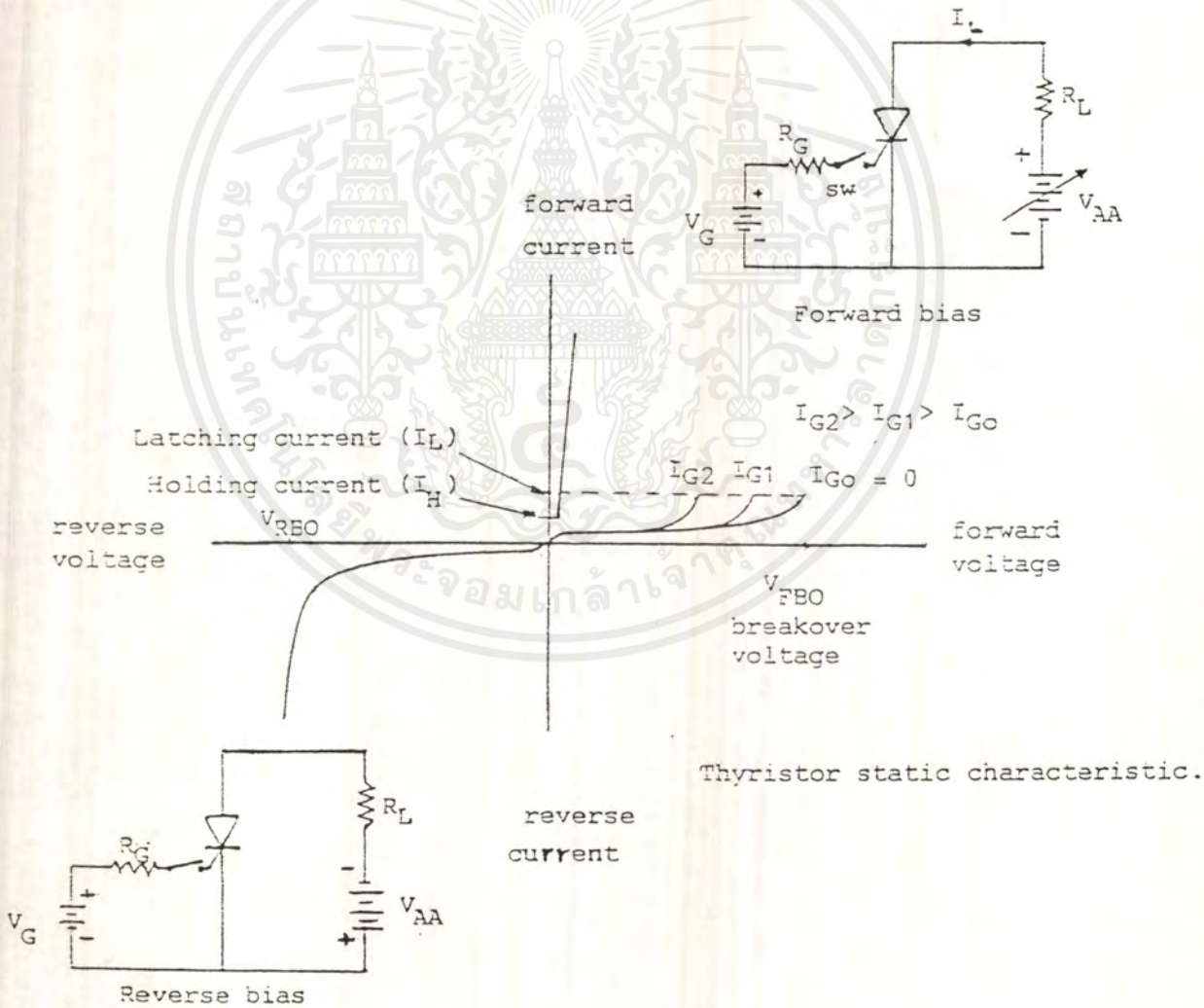
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยของ e_d ซึ่งกำหนดให้เป็น $E_{d\alpha}$ นี้สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อปรับมุม α ก็สามารถปรับแรงดันเฉลี่ย $E_{d\alpha}$ นี้ได้

$$E_{d\alpha} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} v d\theta = \frac{\sqrt{2}v}{2\pi} (1 + \cos\alpha) \quad \dots\dots (1)$$

3.2 คุณสมบัติของเอสซีอาร์

ในรูปที่ 3.5 แสดงคุณสมบัติของเอสซีอาร์ในสภาวะ steady-state ระหว่างแรงดันที่คร่อมเอสซีอาร์และกระแสที่ผ่าน



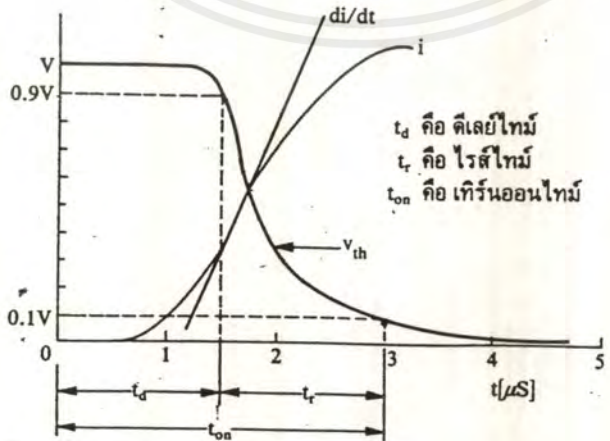
รูปที่ 3.5 แสดงคุณสมบัติของเอสซีอาร์ในสภาวะ steady-state

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อจ่ายแรงดัน V_{AA} ในลักษณะฟอร์เวิร์ดไบแอส คือ แอนโอดได้รับแรงดันบวกเมื่อเทียบกับแคโทด และไม่มีกระแสเกิด ถ้ามีแรงดันน้อยๆจะมีเพียงกระแสรั่วไหล (leakage current) เพียงเล็กน้อยไหลผ่าน เมื่อเพิ่มแรงดัน V_{AA} มากขึ้นจนถึงแรงดันพังทลายทางด้านฟอร์เวิร์ด (forward voltage, V_{BO}) และมีกระแสไหลเกินกระแสค้าง (latching current, I_L) เอสซีอาร์จะอยู่ในสภาวะนำกระแส (conduction) คือแรงดันที่คร่อมแอนโอด และแคโทดของเอสซีอาร์จะตกลงสู่แรงดันฟอร์เวิร์ด (V_F) มีค่าประมาณ 0.7 – 4 โวลต์ กระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์จะเท่ากับ $(V_{AA} - V_F)/R_L$ ถ้ากระแสที่ไหลผ่านเกินพิกัด (rated) ของเอสซีอาร์ก็จะทำให้ เอสซีอาร์เสียหายได้ โดยทั่วไปในการนำเอสซีอาร์ไปใช้งาน แรงดัน V_{AA} ที่จ่ายให้กับวงจรจะต่ำกว่าแรงดันพังทลายทางด้านฟอร์เวิร์ด และจะควบคุมการนำกระแสของเอสซีอาร์โดยใช้สัญญาณทรiggerที่มีแรงดันที่เกด (V_G) เป็นบวกเมื่อเทียบกับแคโทด ซึ่งมีแรงดันระดับ 1-5 โวลต์ และกระแสระดับ 1-500 มิลลิแอมป์ ด้วยระยะเวลาเป็นไมโครวินาที ถ้ากระแสที่ไหลผ่านมากกว่ากระแสค้าง (latching current) จะทำให้เอสซีอาร์อยู่ในสภาวะนำกระแส แต่เมื่อเอสซีอาร์นำกระแสอยู่แล้วจะให้หยุดนำกระแส จะต้องทำให้กระแสไหลผ่านตัวเอสซีอาร์ต่ำกว่ากระแสยึด (holding current, I_H) โดยทั่วไปกระแสค้างมีค่าประมาณ 2 เท่าของกระแสยึด

เมื่อจ่ายแรงดัน V_{AA} ในลักษณะรีเวิร์สไบแอส (reverse bias) คือ แอนโอดได้รับแรงดันลบเมื่อเทียบกับแคโทด เอสซีอาร์จะไม่นำกระแสถึงแม้จะมีสัญญาณทรiggerที่เกดของเอสซีอาร์ และเมื่อจ่ายแรงดันพังทลายทางด้านรีเวิร์ส (Reverse breakover voltage, V_{RBO}) จะทำให้สารกึ่งตัวนำเสียหายได้

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



รูปที่ 3.6 คุณสมบัติในการเทิร์นออนของเอสซีอาร์

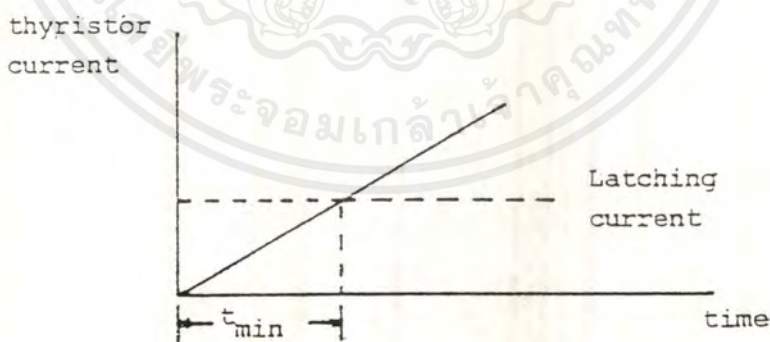
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่เอสซีอาร์อยู่ในสภาวะของฟอร์เวิร์ดบล็อกกิง เมื่อป้อนสัญญาณทริกเพื่อให้เอสซีอาร์นำกระแส นั้น ฟอร์เวิร์ดโวลต์เตจที่คร่อมเอสซีอาร์จะไม่สามารถตกลงเป็นศูนย์ได้ทันที แต่จะต้องใช้เวลาช่วงหนึ่ง โดยมีคุณสมบัติของการลดลงดังแสดงในรูปที่ 3.6 ช่วงเวลาเทิร์นออนนี้จะนับจากตำแหน่งที่เริ่มป้อนสัญญาณทริกจนกระทั่งถึงตำแหน่งที่แรงดันแอนโอดเทียบกับแคโทดลดลงเหลือเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ โดยปกติช่วงนี้ใช้เวลา 2-3 μs

ระยะเวลาของสัญญาณทริกเกอร์

ในการทำให้เอสซีอาร์นำกระแสโดยใช้สัญญาณทริกเกอร์นั้น สัญญาณที่ใช้จะต้องมีระยะเวลายาวนานจนกระทั่งกระแสผ่านเอสซีอาร์มากกว่ากระแสค้าง (latching current) ดังรูปที่ 3.7 ถ้าสัญญาณทริกเกอร์สั้นสุดก่อนที่กระแสผ่านเอสซีอาร์มากกว่ากระแสค้าง จะทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสเมื่อสัญญาณทริกเกอร์สั้นสุดลง ฉะนั้นสัญญาณทริกเกอร์จะต้องมีระยะเวลาสั้นจนกระทั่งกระแสผ่านเอสซีอาร์มากกว่ากระแสค้างจึงจะทำให้เอสซีอาร์นำกระแสต่อไปโดยสามารถนำสัญญาณทริกเกอร์ออก เอสซีอาร์จะนำกระแสต่อไป ในรูปที่ 3.7 แสดงเวลาน้อยที่สุด (t_{\min}) ที่จะต้องรักษาสัญญาณทริกเกอร์ไว้

ในกรณีที่โหลดเป็นอินดักทีฟ กระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ไปยังโหลดจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น ฉะนั้นระยะเวลาของสัญญาณทริกเกอร์จะต้องนานจนกระทั่งกระแสไหลมากกว่ากระแสค้างเอสซีอาร์จึงจะนำกระแสต่อไปได้



Trigger pulse width must exceed t_{\min}

รูปที่ 3.7 แสดงเวลาน้อยที่สุดที่ต้องรักษาสัญญาณทริกเกอร์

วิธีการทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส

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

วิธีการทำให้กระแสไหลผ่านเอสซีอาร์ลงต่ำกว่ากระแสยึด สามารถทำได้โดยการลดแรงดันตกคร่อมเอสซีอาร์ลงสู่ศูนย์ หรือจ่ายแรงดันรีเวิร์สไบแอสให้เอสซีอาร์ วิธีการพื้นฐานของการทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสแบ่งได้เป็น 3 วิธี คือ

1. การทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสโดยแหล่งจ่ายไฟเป็นกระแสสลับ (Line Commutation หรือ Natural Commutation) คือ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันไฟฟ้าจะตกลงศูนย์ และมีแรงดันไฟฟ้าไหลกลับทิศทาง ซึ่งจะเป็นการจ่ายรีเวิร์สแก่เอสซีอาร์ในทุกๆ ไซเคิล และกระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์จะตกลงสู่ศูนย์ ซึ่งถ้าเป็นเวลานานกว่า turn-off time (t_{off}) ก่อนที่จะจ่ายแรงดันฟอว์เวิร์ดไบแอสอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเป็นการทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสในการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Converter) และการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับโดยการควบคุมเฟส

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

3. การทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสโดยวิธีการบังคับ (Forced commutation) เป็นการทำให้กระแสไหลลดลงสู่ศูนย์ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้กระแสเนื่องจากการคายประจุของคาปาซิเตอร์ หรือจ่ายรีเวิร์สไบแอสให้คาปาซิเตอร์คายประจุแก่เอสซีอาร์

ช่วงเวลาเทิร์นออฟ (Turn-off time)

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

3.3 ขีดจำกัดของเอสซีอาร์

ขีดจำกัดของเอสซีอาร์อยู่ในเทอมของแรงดัน, กระแส, กำลัง, อุณหภูมิ, dv/dt , di/dt , และเวลาในการให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส ซึ่งจะเป็นคุณสมบัติที่ผู้ผลิตให้ไว้

ขีดจำกัดด้านแรงดัน

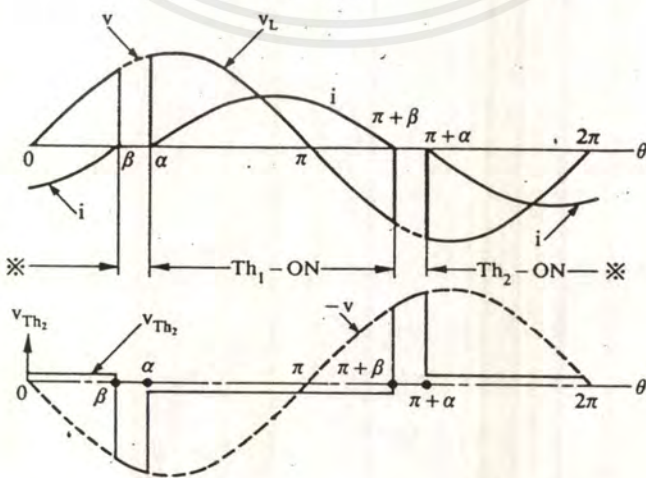
V_{DWM} และ V_{RWM} คือ แรงดันทางด้านฟอร์เวิร์ด และรีเวอร์ส ของแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ ($\sqrt{2}V_{rms}$) ที่จ่ายให้เอสซีอาร์และเอสซีอาร์จะไม่นำกระแสโดยไม่มีสัญญาณทริกเกอร์ โดยไม่คิดทรานเซียนท์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ และไม่ซ้ำๆ (Repetitive and Non-repetitive)

V_{DRM} และ V_{RRM} คือ แรงดันทรานเซียนท์ ถ้าไม่เกินกำหนดทางด้านฟอร์เวิร์ด และรีเวอร์ส ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ ในทุกไซเคิลของแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ (ไม่รวมถึงแรงดัน transient ที่เกิดขึ้นไม่ซ้ำ) จะไม่ทำให้เอสซีอาร์นำกระแส โดยไม่มีสัญญาณทริกเกอร์

V_{DSM} และ V_{RSM} คือ แรงดันทรานเซียนท์ทางด้านฟอร์เวิร์ด และรีเวอร์ส ที่เกิดขึ้นไม่ซ้ำในทุกไซเคิลของแหล่งจ่ายไฟแล้วจะไม่ทำให้เอสซีอาร์นำกระแส โดยไม่มีสัญญาณทริกเกอร์ (Non-repetitive Peak Off-state and reverse-voltage)

V_T คือ แรงดันที่คร่อมระหว่างแอโนดและแคโทดขณะที่นำกระแสฟอร์เวิร์ด และมีอุณหภูมิที่รอยต่อตามที่กำหนดในคู่มือ

dv/dt คือ อัตราการเพิ่มขึ้นของแรงดันที่คร่อมแอโนดและแคโทดสูงสุดที่จะไม่ทำให้เอสซีอาร์นำกระแสโดยไม่มีสัญญาณทริกเกอร์ เอสซีอาร์ซึ่งประกอบไปด้วยสารกึ่งตัวนำพีเอ็นพี (PNPN) มีคุณสมบัติของคาปาซิเตอร์ระหว่างแอโนดและแคโทด กระแสที่ผ่านเอสซีอาร์เท่ากับ Cdv/dt ดังนั้นเมื่อแรงดันระหว่างแอโนด และแคโทดเปลี่ยนแปลงด้วยอัตราที่สูงจะทำให้มีกระแสไหลผ่านเอสซีอาร์มากกว่ากระแสขีด เอสซีอาร์ก็จะนำกระแสได้ ดังนั้นเมื่อเกิดทรานเซียนท์ทำให้อัตราการ



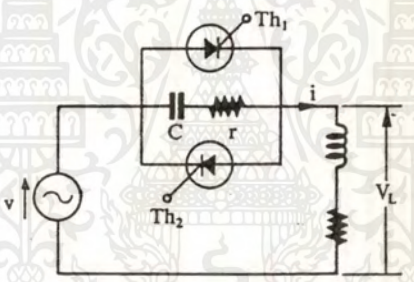
รูปที่ 3.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสไหล I

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

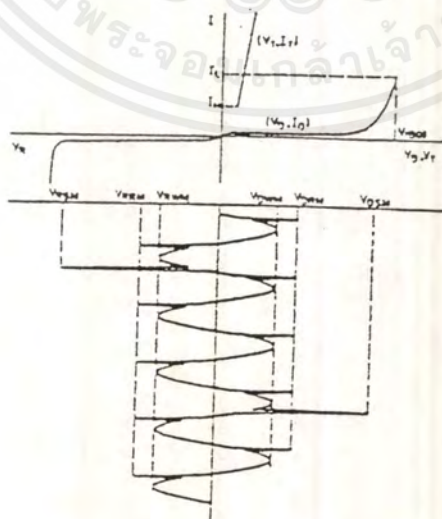
เปลี่ยนแปลงของแรงดันคร่อมแอดไดโอด และแคโทดสูง จะทำให้เอสซีอาร์นำกระแสได้โดยไม่มีสัญญาณทริกเกอร์

ในกรณีที่โหลดเป็นอินดักทีฟนั้น เอสซีอาร์จะไม่สามารถหยุดนำกระแสที่มุม $\theta = \pi$ ได้ แต่จะนำกระแสเลยจากตำแหน่ง π ไปเป็นมุม β เส้นโค้งแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสโหลด I_L ได้แสดงในรูปที่ 3.8

เนื่องจากเอสซีอาร์ Th_1 นำกระแสในช่วงมุม θ จาก $\alpha - \pi + \beta$ แรงดันตกคร่อม Th_1 ในทิศทางฟอร์เวิร์ดนี้จะเป็นแรงดันรีเวิร์สตกคร่อม Th_2 ในช่วงนี้เมื่อเอสซีอาร์ Th_1 หยุดนำกระแสที่มุม $\theta = \pi + \beta$ จะมีชัฟฟลายโวลเตจ $-v$ ปรากฏคร่อม Th_2 ในทิศทางฟอร์เวิร์ดทันที ดังนั้นเอสซีอาร์ Th_2 อาจนำกระแสก่อนที่สัญญาณเกิดจะเข้ามาที่มุม $\pi + \beta$ ได้ ถ้า dv/dt ซึ่งคร่อมเอสซีอาร์ในขณะนั้นมีค่ามากเกินไปที่เอสซีอาร์จะทนได้ ดังนั้นเพื่อจำกัด dv/dt ซึ่งปรากฏคร่อมเอสซีอาร์ ในทางปฏิบัติจะใช้ตัวต้านทาน และคอนเดนเซอร์ต่อคร่อมเอสซีอาร์ในลักษณะดังรูปที่ 3.9 วงจร RC ที่ใช้นี้เรียกว่า วงจรสแน็บเบอร์



รูปที่ 3.9 แสดงวงจรสแน็บเบอร์ R, C



รูปที่ 3.10 แสดงขีดจำกัดของแรงดันไฟฟ้าของเอสซีอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขีดจำกัดด้านกระแส

I_{DRM} และ I_{RRM} คือ กระแสรั่วไหลผ่านเอสซีอาร์เมื่อได้รับแรงดันสูงสุดทางด้านฟอร์เวิร์ด และ รีเวิร์ส (Peak Forward and Reverse Leakage Current)

$I_{T(RMS)}$ คือ กระแสอาร์เอ็มเอสสูงสุดที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ทางด้านฟอร์เวิร์ด ที่อุณหภูมิไม่สูงเกินกว่าที่กำหนด แล้วจะไม่ทำให้เอสซีอาร์เสียหาย (Max. rms forward current)

$I_{T(AVE)}$ คือ กระแสเฉลี่ยสูงสุดที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ทางด้านฟอร์เวิร์ด ที่อุณหภูมิไม่สูงเกินกว่าที่กำหนด แล้วจะไม่ทำให้เอสซีอาร์เสียหาย (Surge on-state current)

I_{TSM} และ I_{FSM} คือ กระแสเสิร์จสูงสุดที่เกิดในเวลาสั้น ถ้ากระแสเสิร์จเกินกว่าที่กำหนด หรือเกิดนานกว่าที่กำหนด จะทำให้เอสซีอาร์เสียหายได้ (Surge on-state current)

I^2t คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงของกระแสใน 1 รอบ ค่าพลังงานได้จาก I^2Rt ซึ่งแปรผันตาม I^2t

di/dt คือ อัตราการเพิ่มขึ้นของกระแสผ่านเอสซีอาร์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆกัน หลังจากการทรigger ทำให้เอสซีอาร์นำกระแส ซึ่งเป็นขีดจำกัดของเอสซีอาร์อันหนึ่ง เอสซีอาร์สามารถนำกระแสได้สูงสุดตามกำหนดในคู่มือ เมื่อกระแสไหลผ่านพื้นที่ทั้งหมดของสารกึ่งตัวนำพีเอ็นพีเอ็น (PNPN) ที่ประกบกันอยู่ แต่เมื่อเอสซีอาร์ถูกทรiggerให้เริ่มนำกระแส สารกึ่งตัวนำที่อยู่ใกล้ๆกึ่งกลางของเอสซีอาร์จะนำกระแส ซึ่งมีพื้นที่เล็กกว่าก่อนแล้วค่อยๆกระจายไปพื้นที่ทั้งหมดของสารกึ่งตัวนำ เพราะฉะนั้นถ้าอัตราการเพิ่มขึ้นของกระแสต่อเวลา (di/dt) สูงกว่าที่กำหนดจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดความร้อนเฉพาะจุด (hot spot) ที่รอยต่อ และทำให้เอสซีอาร์หายได้ ในการลดอัตราการเพิ่มขึ้นของกระแสต่อเวลาจะทำโดยการต่ออินดักเตนชันอนุกรมกับเอสซีอาร์

I_L คือ กระแสค้าง (Latching current) เป็นค่าของกระแสต่ำสุดที่ต้องรักษาเพื่อให้เอสซีอาร์นำกระแสหลังจากพัลส์ที่ทรiggerเอสซีอาร์ถูกนำออกไปจากเขตของเอสซีอาร์

I_H คือ กระแสยึด (Holding current) เป็นค่ากระแสมากที่สุดที่จะต้องลดลงให้ต่ำกว่าเพื่อให้เอสซีอาร์เปลี่ยนจากสภavnนำกระแสเป็นหยุดนำกระแส กระแสยึดเกิดขึ้นเมื่อกระแสไหลผ่านเอสซีอาร์ในสภavnนำกระแสลดลงจนกระทั่งเอสซีอาร์หยุดนำกระแส แต่กระแสค้างเกิดขึ้นเมื่อเอสซีอาร์อยู่ในสภavnไม่นำกระแสไปสู่สภavnเริ่มต้นนำกระแส

ขีดจำกัดของเขต

T_J คือ อุณหภูมิที่รอยต่อของสารกึ่งตัวนำพีเอ็นพีเอ็นซึ่งไม่สามารถตรวจสอบ และวัดด้วยเครื่องวัดทางไฟฟ้าได้

I_{GT} คือ กระแสเกตที่จะทรกให้เอสซีอาร์นำกระแสเมื่อมีแรงดันคร่อมเอสซีอาร์ และมี
อุณหภูมิที่ร่อยต่อตามที่กำหนด

V_{GT} คือ แรงดันที่จ่ายให้เกตกับแคโทดของเอสซีอาร์เพื่อให้เอสซีอาร์นำกระแส เมื่อมีแรง
ดันคร่อมเอสซีอาร์ และอุณหภูมิที่ร่อยต่อตามที่กำหนด

I_{FGM} หรือ I_{GTM} คือ กระแสเกตสูงสุดทางด้านฟอร์เวิร์ด (Peak forward gate current)

I_{GRM} คือ กระแสเกตสูงสุดทางด้านรีเวิร์ด (Peak reverse gate current)

P_{GM} คือ กระแสสูงสุดที่เกตทนได้ (Peak gate power)

$P_G(av)$ คือ กำลังเฉลี่ยที่เกตทนได้ (Average gate power)

t_g หรือ t_{off} คือ ช่วงเวลาเทอร์นออฟ (Turn - off time)

t_{on} คือ ช่วงเวลาเทอร์นอน (Turn - on time)

3.4 การใช้เอสซีอาร์ในการควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

การควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นการเปลี่ยนระดับแรงดันอาร์เอ็มเอสที่จ่ายให้แก่
โหลด โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีแรงดันคงที่ มีวิธีควบคุม 2 วิธี

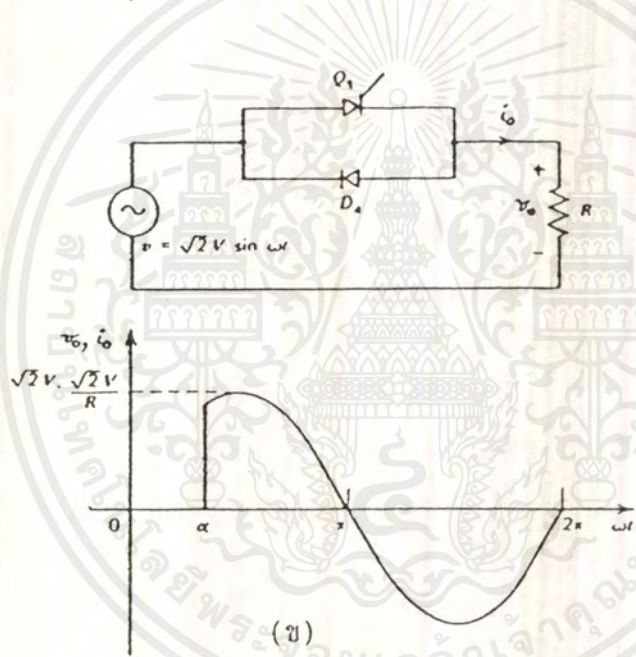
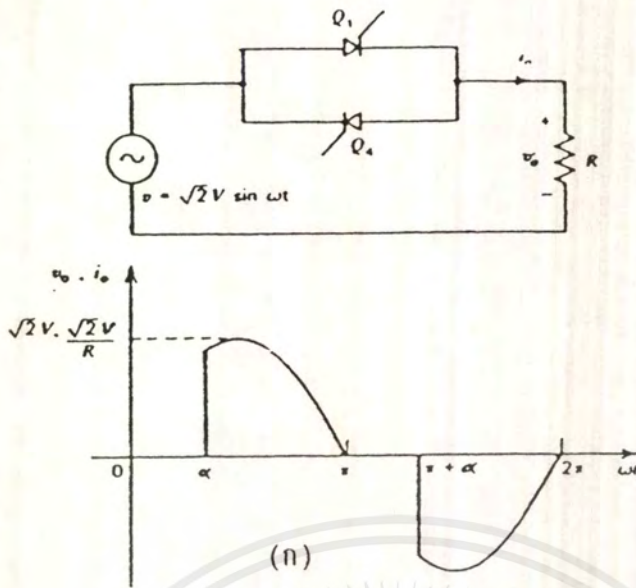
1. ควบคุมโดยการเปิดปิด (ON-OFF Control ,Time proportional control) โดยจะใช้เอสซี
อาร์ ทำการจ่ายไฟให้แก่โหลดเป็นช่วงๆ ไซเคิลจากแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ และหยุดจ่ายไฟให้กับ
โหลด คือให้เอสซีอาร์เป็นคอนแทคเตอร์ (contactor) ที่ทำงานด้วยความถี่สูง

2. การควบคุมเฟส (Phase control) เป็นการทำให้เอสซีอาร์นำกระแสที่มุมต่างๆ ของแต่ละ
ไซเคิล

ชนิดของการควบคุมแรงดันไฟฟ้า

วงจรและรูปคลื่นของแรงดัน หรือกระแสที่จ่ายให้แก่โหลดที่เป็นความต้านทานอย่างเดียว
แบ่งเป็นการควบคุมแบบเต็มลูกคลื่น และการควบคุมแบบครึ่งลูกคลื่น ดังแสดงในรูปที่ 3.11

ในวงจรรูปที่ 3.11(ข) รูปคลื่นสัญญาณจะมีดีซีคอมโพเนนท์ (dc component) ไหลในโหลด
เนื่องจากมีรูปคลื่นที่ไม่สมดุลย์ในแต่ละไซเคิล ในวงจรรูปที่ 3.11(ก) รูปคลื่นสัญญาณจะสมดุลใน
แต่ละไซเคิล จึงไม่มีดีซีคอมโพเนนท์ไหลในโหลด จึงนิยมใช้การควบคุมแบบเต็มลูกคลื่น



รูปที่ 3.11 การควบคุมแรงดันชนิด 1 เฟส

(ก) การควบคุมแบบเต็มลูกคลื่น

(ข) การควบคุมแบบครึ่งลูกคลื่น

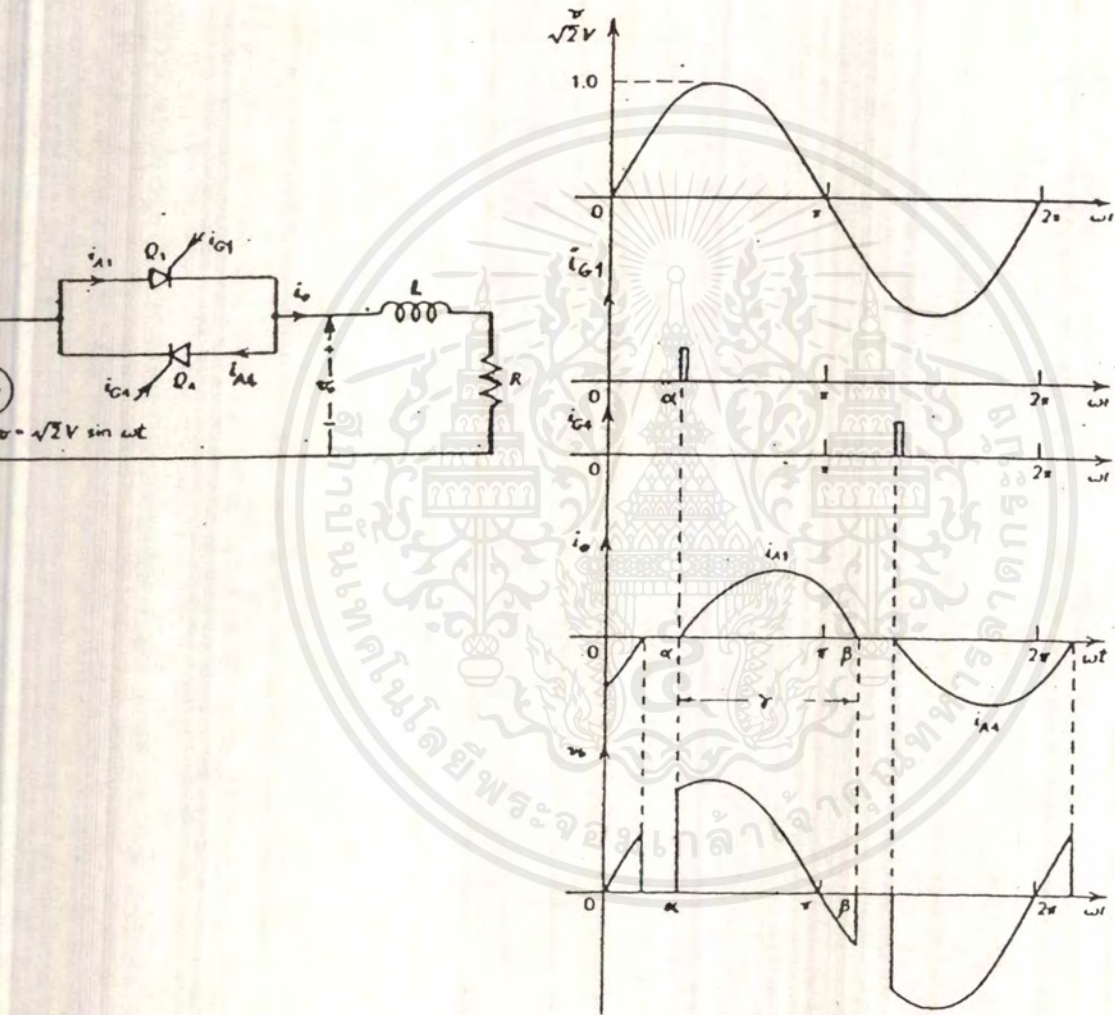
การควบคุมแรงดันแบบเต็มลูกคลื่นชนิด 1 เฟส

ตามวงจรรูปที่ 3.12 แสดงวงจรควบคุมแรงดันแบบเต็มลูกคลื่นชนิด 1 เฟส ง่ายให้โหลดที่เป็นอินดักทีฟ เอสซีอาร์ทั้งสองจะเปลี่ยนกันนำกระแสในแต่ละไซเคิล เมื่อเอสซีอาร์ Q_1 นำกระแส จะมีกระแสไหลผ่านเท่ากับ i_{A1}

$$i_{A1} = \frac{\sqrt{2}V}{Z} \left[\sin(\omega t - \phi) - \sin(\alpha - \phi) e^{\frac{R}{L}(\frac{\alpha}{\omega} - t)} \right] \dots\dots(2)$$

$$Z = [R^2 + (\omega L)^2]^{1/2} \dots\dots(3)$$

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{\omega L}{R} \right) \dots\dots(4)$$



รูปที่ 3.11 แสดงวงจรควบคุมแรงดันแบบเต็มคลื่นชนิด 1 เฟส เมื่อโหลดเป็นอินดักทีฟ

เอสซีอาร์แต่ละตัวจะนำกระแสในช่วงครึ่งไซเคิลเหมือนกับการแปลงสัญญาณกระแสสลับเป็นสัญญาณกระแสตรง สิ่งสำคัญคือ จำนวนมุมที่เอสซีอาร์นำกระแส (γ) ไม่สามารถเกิน 180° ดังรูปที่ 3.12 จะเห็นว่าเมื่อมุมทริกเกอร์ (α) ลดลงจนกระทั่งจำนวนมุมที่เอสซีอาร์นำกระแส (γ) เท่า

กับ 180° รูปคลื่นของแรงดันและกระแสอาทิตย์จะเป็นรูปไซน์ (sinusoidal)
จากสมการ (2)

เมื่อ $\alpha = \phi$

กระแส $i_{A1} = 0$ เมื่อ $\omega t = \beta$ จะได้สมการ

$$\sin(\beta - \phi) = \sin(\alpha - \phi) e^{\frac{-R(\beta - \alpha)}{L(\omega - \alpha)}} \quad \dots\dots (5)$$

$$\gamma = \beta - \alpha \quad \dots\dots (6)$$

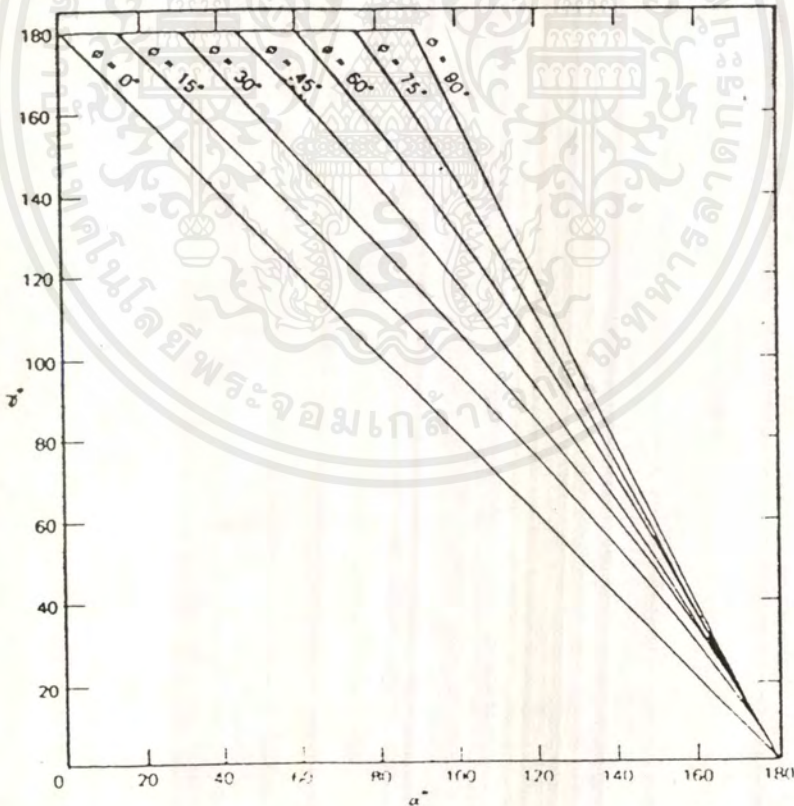
และถ้า $\alpha = \phi =$ มุมเฟสแวลอร์แฟคเตอร์ของโหลด แทนค่าลงในสมการ (5) จะได้

$$\sin(\beta - \phi) = 0$$

$$\beta - \phi = 180^\circ$$

$$\beta - \alpha = 180^\circ = \gamma$$

จะเห็นได้ว่าเมื่อ $\alpha = \phi$ กระแสจะไหลอย่างต่อเนื่องทั้งไซเคิล จึงเป็นสัญญาณรูปไซน์
กราฟที่แสดงในรูปที่ 3.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง α และ γ ขณะที่ ϕ มีค่าต่างๆ ซึ่งได้จากผล
ของสมการที่ (5) โดยที่ α มีค่าไม่น้อยกว่า ϕ



รูปที่ 3.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง α และ γ ขณะที่ ϕ มีค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

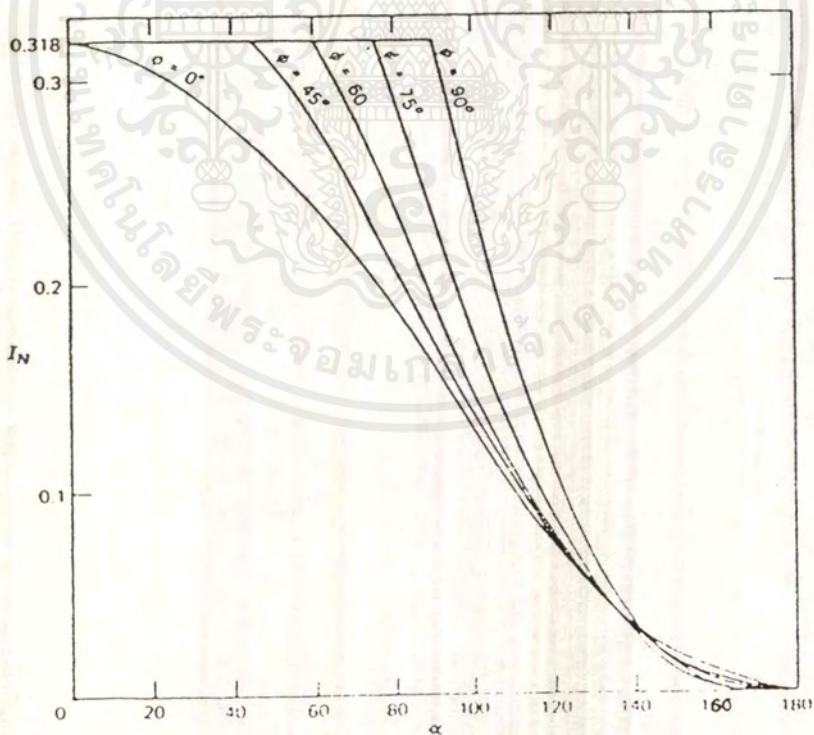
กระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านเอสซีอาร์จะมีค่าเท่ากับ

$$I_{T(ave)} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\gamma} \frac{\sqrt{2}V}{Z} \left[\sin(\omega t - \phi) - \sin(\alpha - \phi) e^{\frac{R(\alpha - \omega t)}{L}} \right] d(\omega t) \quad \dots\dots(7)$$

$$I_{T(ave)} = \frac{\sqrt{2}V}{Z} I_n = I_{base} * I_n \quad \dots\dots(8)$$

$$I_n = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\gamma} \left[\sin(\omega t - \phi) - \sin(\alpha - \phi) e^{\frac{R(\alpha - \omega t)}{L}} \right] d(\omega t) \quad \dots\dots(9)$$

จากสมการที่ (9) สามารถนำไปเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 3.14 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_n และ α ที่มุม ϕ ค่าต่างๆ โดยที่มุม α จะไม่มากกว่ามุม ϕ



รูปที่ 3.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_n และ α ที่มุม ϕ ค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

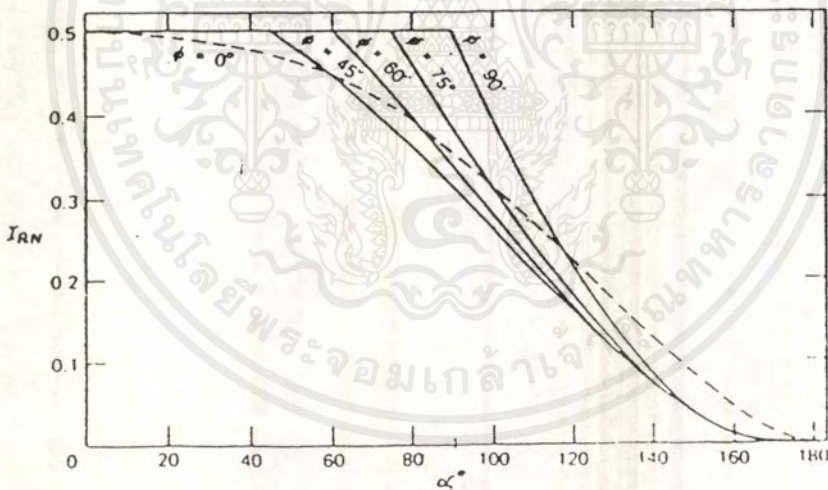
กระแสอาร์เอ็มเอสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์จะมีค่าเท่ากับ ..

$$I_{T(rms)} = \left[\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\gamma} \frac{\sqrt{2}V}{Z} \left[\sin(\omega t - \phi) - \sin(\alpha - \phi) e^{\frac{R(\alpha - t)}{L(\omega - t)^2}} \right] d(\omega t) \right]^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots(10)$$

$$I_{T(rms)} = \frac{\sqrt{2}V}{Z} * I_{RN} = I_{base} * I_{RN} \quad \dots\dots(11)$$

$$I_{RN} = \left[\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\gamma} \left[\sin(\omega t - \phi) - \sin(\alpha - \phi) e^{\frac{R(\alpha - t)}{L(\omega - t)^2}} \right] d(\omega t) \right]^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots(12)$$

สมการที่ (12) นำไปเขียนกราฟได้ดังแสดงในรูปที่ 3.15 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_{RN} และ α ที่มุม ϕ ค่าต่างๆ โดยที่มุม α จะไม่มากกว่ามุม ϕ



รูปที่ 3.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_{RN} และ α ที่มุม ϕ ค่าต่างๆ

กระแสอาร์เอ็มเอสที่ไหลในโหลดหรือเอาต์พุตมีค่าเท่ากับ

$$I_{o(rms)} = \frac{\sqrt{2}V}{Z} I_{o(RN)} \quad \dots\dots(13)$$

$$I_{o(RN)} = \left(I_{RN}^2 + I_{RN}^2 \right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{2} I_{RN} \quad \dots\dots(14)$$

$$I_{o(rms)} = \frac{2V}{Z} * I_{RN} = \sqrt{2} I_{T(rms)} \quad \dots\dots(15)$$

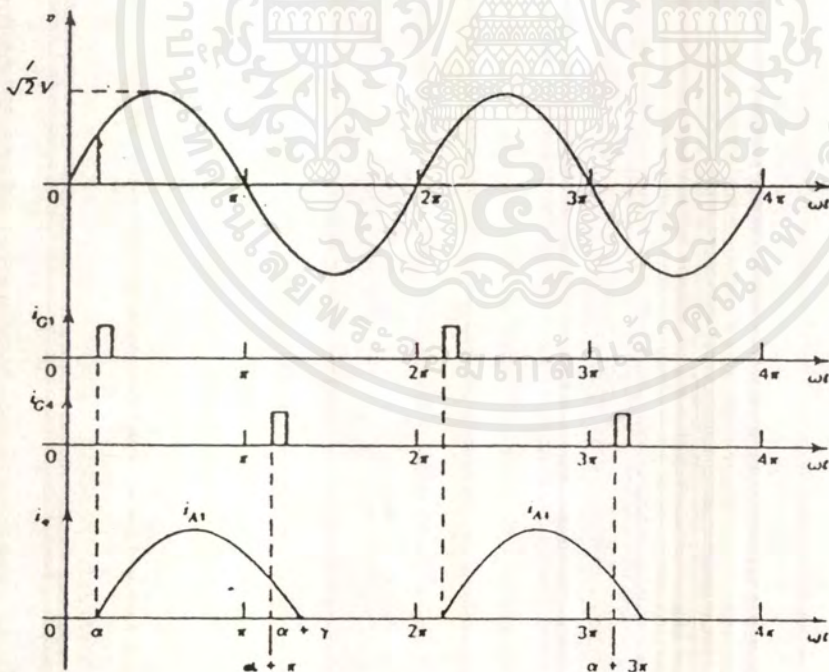
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันอาร์เอ็มเอสที่ตลอดรอบโพลจะมีค่าเท่ากับ

$$V_{0(rms)} = \left[\int_{\alpha}^{\alpha+\gamma} [\sqrt{2}V \sin(\omega t)]^2 d(\omega t) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \sqrt{2}V \left[\frac{1}{2\pi} \left[r + \frac{1}{2} \sin(2\alpha) - \frac{1}{2} \sin 2(\alpha + \gamma) \right] \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots(16)$$

สัญญาณทริกเกอร์สำหรับเอสซีอาร์ทั้งสองในรูปที่ 3.12 จะต้องแยกออกจากกัน เพราะ แคลโทดของเอสซีอาร์แต่ละตัวไม่ต่อร่วมกัน เมื่อโพลเป็นความต้านทาน และ $L=0$ มุมทริกเกอร์ (α) ต่ำสุด เท่ากับ $\phi = 0$ เอสซีอาร์จะหยุดนำกระแสที่จุดสุดท้ายของครึ่งไซเคิลของแรงดันจาก แหล่งจ่ายไฟ สัญญาณทริกเกอร์เป็นพัลส์อาจจะเป็นดังที่แสดงในรูปที่ 3.16 กระแสเกตที่ต้องการทริกให้เอสซีอาร์นำกระแส อยู่ในระดับ 10 จนถึง 400 มิลลิแอมป์ และความกว้างของพัลส์จะต้อง กว้างอย่างน้อย 5 ไมโครวินาที หรือช่วงเวลาเทอร์นออนของเอสซีอาร์



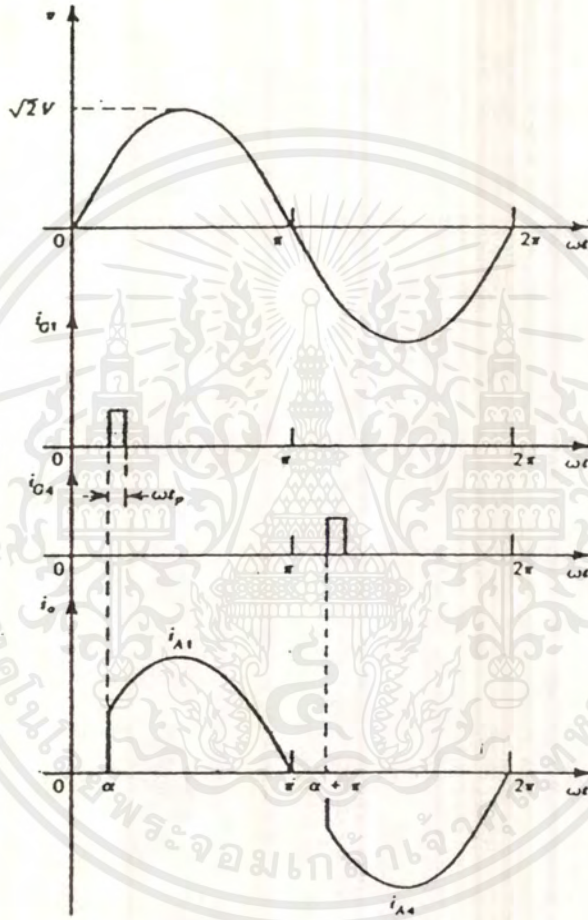
รูปที่ 3.16 สัญญาณทริกเกอร์สำหรับวงจรรูปที่ 3.12

3.5 ลักษณะของสัญญาณทริกเกอร์

สัญญาณที่เป็นพัลส์ไม่เพียงพอในกรณีที่โพลเป็นอินดักทีฟ เหตุผลนี้แสดงในรูปที่ 3.17

เมื่อ $\alpha < \phi$ ที่มุม $\omega t = \alpha + \pi$ Q_2 จะยังคงนำกระแสอยู่เนื่องจากผลของอินดักแตนซ์ในโพล เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อคุณได้เห็นใบเซอร์ิเยชันด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

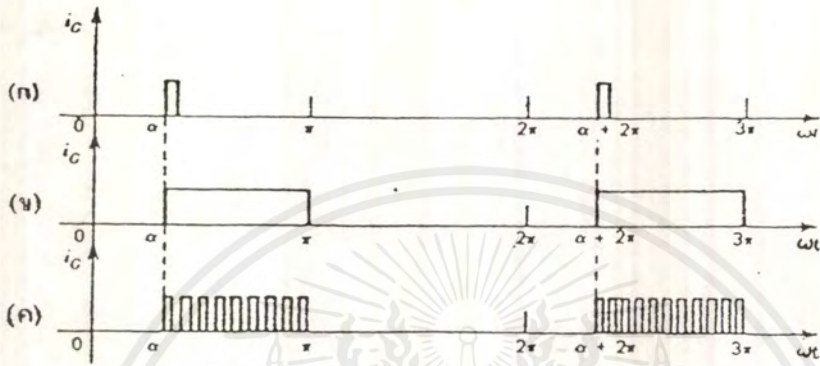
แรงดันคร่อมโหลด $V_o = V$ และแรงดันคร่อมเอสซีอาร์ทั้งสองเป็นศูนย์โวลต์ เวลาที่เอสซีอาร์ Q_1 หยุดนำกระแส สัญญาณทริกเกอร์ i_{G4} ตื่นสุดลง ดังนั้นเอสซีอาร์ Q_4 ไม่สามารถนำกระแสได้ รูปคลื่นเอาต์พุตจึงเกิดการไม่สมดุล เนื่องจากเอสซีอาร์ Q_1 นำกระแสเพียงตัวเดียว ทำให้เกิดดีซีคอมโพเนนซ์ในโหลด และในแหล่งจ่ายไฟ ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้ควรใช้สัญญาณทริกเกอร์แบบต่อเนื่อง (continuous gating) ซึ่งจะทำได้เมื่อ i_{A1} ตกลงเป็นศูนย์ เอสซีอาร์ Q_4 มีสัญญาณทริกเกอร์ให้นำกระแส



รูปที่ 3.17 สัญญาณทริกเกอร์เมื่อโหลดเป็นอินดักทีฟโหลด

สัญญาณทริกเกอร์ที่จ่ายให้แก่เกตของเอสซีอาร์ทั้งสองควรจะผ่านหม้อแปลงที่ทำหน้าที่แยกแคโทดของเอสซีอาร์ทั้งสองออกจากกัน เรียกว่า หม้อแปลงแยก (isolating transformer) หม้อแปลงจะมีขนาดเล็กเมื่อใช้พัลส์ที่แคบๆ แต่หม้อแปลงจะมีขนาดใหญ่เมื่อต้องการส่งพัลส์ที่กว้าง ดังนั้นพัลส์ที่ต่อเนื่องตลอดจะทำให้ต้องใช้หม้อแปลงขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อให้แน่ใจว่าเอสซีอาร์ Q_4 นำกระแสโดยใช้หม้อแปลงแยกขนาดเล็ก จึงนิยมใช้พัลส์ที่มีความถี่สูงซึ่งเป็นพัลส์ที่มีความกว้างน้อย

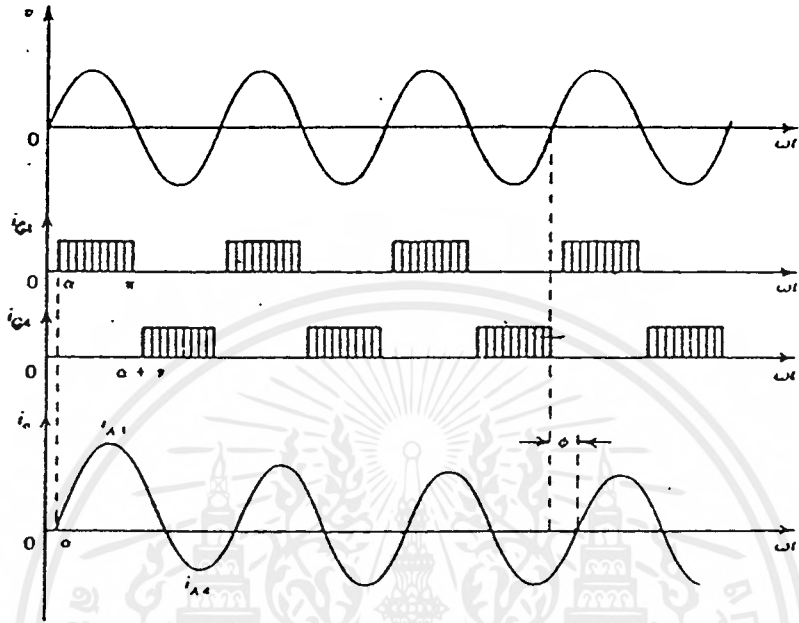
แต่มีอย่างต่อเนื่องตลอดช่วง $\alpha < \omega t < \pi$ สำหรับเอสซีอาร์ Q_1 และ $\alpha + \pi < \omega t < 2\pi$ สำหรับเอสซีอาร์ Q_4 ความถี่สูงของสัญญาณทริกเกอร์โดยทั่วไปจะอยู่ในระดับ 10 ถึง 30 กิโลเฮิร์ตซ์ สัญญาณทริกเกอร์ 3 แบบ ได้แสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงสัญญาณทริกเกอร์

- (ก) สัญญาณเป็นพัลส์
- (ข) สัญญาณเป็นพัลส์ต่อเนื่อง
- (ค) สัญญาณเป็นพัลส์ความถี่สูง

ในภาพที่ 3.19 แสดงผลของการใช้สัญญาณทริกเกอร์แบบพัลส์ความถี่สูง เมื่อโหลดเป็นอินดักทีฟโหลด (RL load) และ $0 < \alpha < \phi$ เอสซีอาร์ Q_1 จะนำกระแสเมื่อ $\omega t = \alpha$ และเอสซีอาร์ Q_4 จะนำกระแสเมื่อ i_{A1} ตกลงสู่ศูนย์ สำหรับการทำงานใน 2-3 ไซเคิลแรก รูปคลื่นของกระแสที่ไหลเข้าสู่โหลด (i_o) จะไม่สมดุลโดยจะมีสถานะทรานเซียน แต่จะถูกกลดลงโดยความต้านทาน R และในที่สุดรูปคลื่นของกระแสจะสมดุล



รูปที่ 3.19 สัญญาณทริกเกอร์ที่เป็นพัลส์ความถี่สูง

บทที่ 4

ไมโครคอนโทรลเลอร์ และจอแสดงผล

4.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิปเดี่ยว (Single Chip Microcontroller) คือ ไมโครคอมพิวเตอร์แบบที่มีขนาดเล็ก โดยบรรจุไว้ในแผ่นวงจรรวมเพียงชิปเดี่ยวเหมาะสำหรับงานควบคุมอุปกรณ์ต่างๆแบบอัตโนมัติ เพราะผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้ตามต้องการ

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิปเดี่ยวตระกูล 51 หรือ MCS-51 มีการทำงานเป็นแบบ 8 บิต MCS-51 มีข้อดีดังนี้

- สามารถนำเอาข้อมูลมา AND , OR หรือทำ Complement ทั้งแบบทีละ 8 บิต และ 1 บิต
- สำหรับใช้กับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม(Program Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บชุดคำสั่งที่จะใช้ทำงานใน MCS-51 ได้สูงสุด 64 กิโลไบต์(Kilobyte) ทำให้เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้มาก
- สำหรับใช้กับหน่วยความจำสำหรับข้อมูล(Data Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลระหว่างการทำงานของโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีพอร์ทแบบขนาน สำหรับข้อมูลเข้า และออกจำนวน 32 บิตที่ข้อมูลแต่ละบิตเป็นอิสระต่อกันมีวงจร Timer /Counter ขนาด 16 บิต 2 ชุดที่ทำงานในโหมดต่างๆ ได้ 4 โหมด
- มี UART สำหรับรับ-ส่งข้อมูลอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) ที่สามารถเลือกรูปแบบการรับ-ส่งข้อมูลได้ 4 แบบ

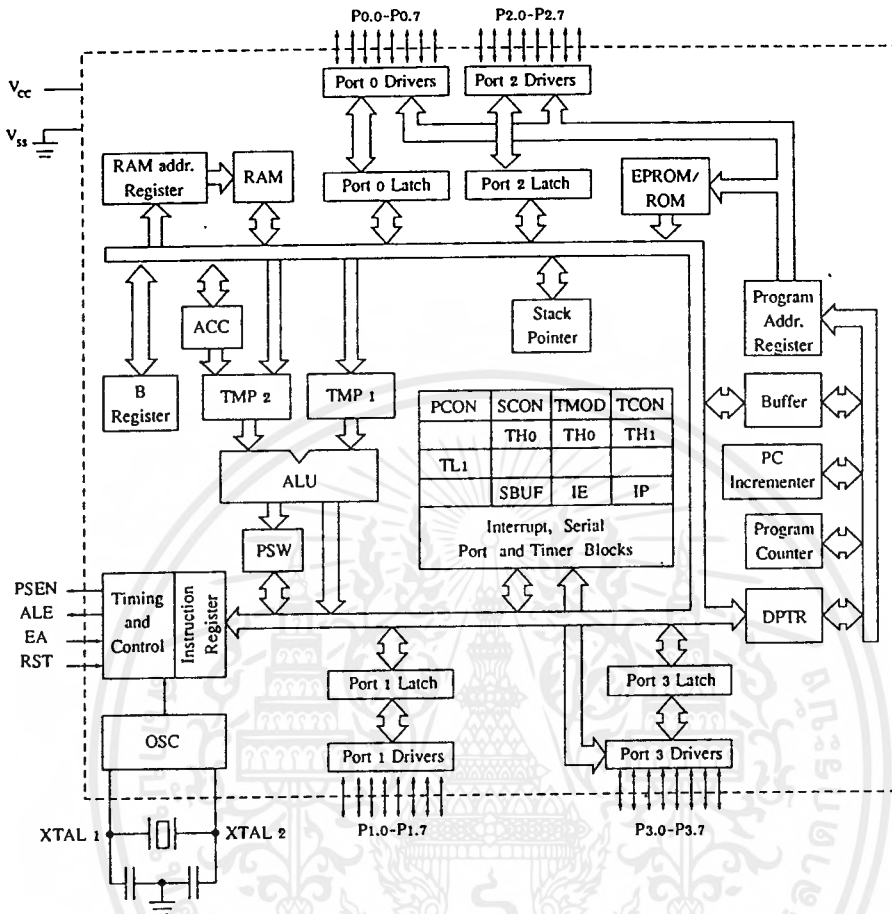
โครงสร้างของ 8051

ภายใน 8051 จะประกอบขึ้นด้วยเกต(Gate) ต่างๆ เช่น AND, OR, NOT ซึ่ง GATEเหล่านี้จะถูกนำมาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 51 ตามรูปที่ 14 ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

ส่วนที่ 1 คือ ซีพียู(CPU : Central Processing Unit) ส่วนนี้จะมีวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ เรียกว่า วงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ , อุปกรณ์รับหรือส่งข้อมูลจากตัว 8051 ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ และส่วนควบคุมบัส ก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของ 8051

การสร้างสัญญาณควบคุมจากส่วนซีพียู นี้จะทำการสร้างสัญญาณ โดยการถอดรหัสคำสั่งตามที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์ เพื่อให้ทุกๆส่วนในวงจรทำงานประสานกัน(Synchronize)อย่างถูกต้อง

ในซีพียูนี้ยังประกอบไปด้วยส่วนย่อยอีกส่วนที่เรียกว่า ส่วนประมวลผล (Arithmetic Logic Unit) ส่วนนี้จะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลเช่น การบวก , ลบ , คูณ , หรือหารข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บในรีจิสเตอร์ หรือหน่วยความจำที่ต้องการ

ส่วนที่ 2 หน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจัดจำข้อมูล ซึ่งเปรียบเหมือน กล่องเก็บเอกสารจำนวนมากที่นำมาต่อเรียงกันไว้ ถ้าต้องการเอาเอกสารจากกล่องใด จะต้องรู้หมายเลขของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่องเล็กก่อนซึ่งถ้าเป็นหน่วยความจำแล้ว นั่นคือ ตำแหน่งของหน่วยความจำ หรือแอดเดรส (Address) การเอาข้อมูล ไปเก็บ ไว้ในหน่วยความจำ เรียกว่า การเขียน (Write)ข้อมูล และการอ่านข้อมูลออกจากหน่วยความจำจะ เรียกว่า การอ่าน(Read)ข้อมูล ซึ่งแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะเก็บข้อมูลได้เพียงค่าเดียวเท่านั้น ใน 8051 นั้นข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะมีค่าได้เพียง 8 หลักของเลขฐาน 2 ดังนั้นแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะเก็บข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง 0 ถึง 255 (00000000 ถึง 11111111 ในเลขฐาน 2) การติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่มคือ

1. แอดเดรส หรือค่าตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ใน 8051 จะติดต่อกับหน่วยความจำประเภท Program Memory หรือ Data Memory ได้สูงสุดชนิดละ 65535 ตำแหน่ง ดังนั้นการอ้างอิงแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งในเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 เส้น

2. ข้อมูลที่จะอ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำที่ตำแหน่งในข้อ 1

3. สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลสัญญาณเหล่านี้จะถูกวงจรควบคุมภายใน 8051 สร้างมาจากวงจรถอดรหัสของคำสั่งที่ 8051 อ่านมาจากหน่วยความจำเข้าไปทำงาน

ส่วนที่ 3 อุปกรณ์อินพุต และเอาต์พุต(Input / Output Device) เป็นส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือออกจาก 8051 ทำให้ 8051 สามารถติดต่อกับภายนอกได้ดังในรูปที่ 12 อุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต ได้แก่ 4 I/O Port, Timer 0, Timer 1 Serial Port การทำงานของแต่ละส่วนมีดังนี้

1. 4 I/O Port คำว่า พอร์ต หมายถึง จุดที่จะติดต่อกับส่วนที่อยู่กับภายนอก 4 I/O Port ของ 8051เป็นที่ใช้สำหรับรับส่งข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้า หรือออกจากตัว MCS-51 โดยแต่ละพอร์ตจะรับส่งข้อมูลได้ 8 บิต มีพอร์ต P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ตจะทำงานได้มากกว่า 1 อย่างก็ได้ เช่นพอร์ต P0 และ P2จะใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่ง(Address) ของหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อกับ และ พอร์ต P0จะใช้รับส่งข้อมูลเมื่อติดต่อกับหน่วยความจำได้ด้วยแต่ไม่ได้เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน แต่จะใช้วิธีทำงานตามลำดับ โดยควบคุมจากสัญญาณควบคุม (Control) ที่ถอดรหัสจากแต่ละคำสั่งที่ให้คอมพิวเตอร์ทำงานนั่นเอง และสัญญาณทั้งหมดจะอ้างอิงจากสัญญาณนาฬิกา

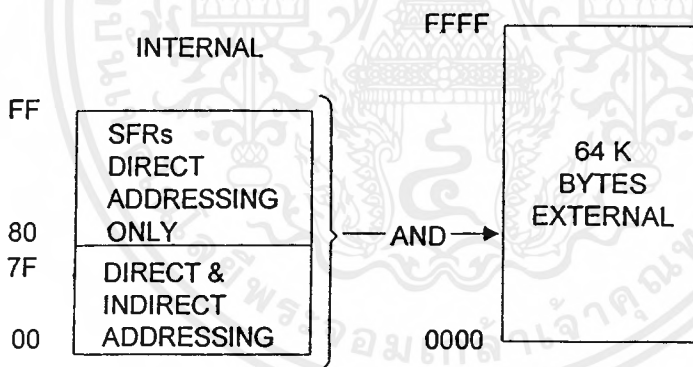
2. Timer 0 และ Timer 1 เป็นวงจรที่สามารถกำหนดให้ทำการนับจำนวน ไชเคลกของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก 8051 หรือจำนวน ไชเคลกของสัญญาณนาฬิกาภายใน 8051 ก็ได้ค่าจากการนับจะถูกอ่าน หรือตั้งค่าเริ่มต้นของการนับได้โดยซีพียู

3. Serial Port หรือพอร์ทอนุกรม ซีพียูจะอ่านและเขียนข้อมูลกับ Serial Port เป็นแบบ 8 บิตแต่ข้อมูลจะส่งออกจาก 8051 เรียงไปที่ละบิตออกจากขาที่เอ็กซ์ดี (TXD) และในการรับข้อมูลเข้าก็จะรับเข้ามาที่ละบิตทางขาอาร์เอ็กซ์ดี (RXD) แล้วจัดเรียงใหม่เป็นแบบ 8 บิตเพื่อให้ซีพียู อ่านไปใช้งานต่อไป

8051 มีพอร์ทให้ใช้งาน ได้หลายแบบทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่างๆมากมาย การนำไปพอร์ทเหล่านี้ไปใช้งานได้จะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุมต่อไป

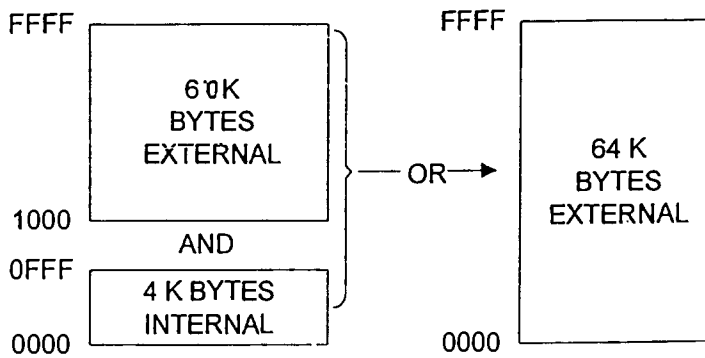
หน่วยความจำของ 8051 แบ่งออกเป็น 2 แบบตามลักษณะการใช้งาน คือ

1. หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่งในรูปรหัสภาษาเครื่องซึ่งต้องการให้ 8051 ทำงาน เมื่อ 8051 ทำงานก็จะอ่านข้อมูลที่เก็บในหน่วยความจำประเภทนี้เข้าไปถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมส่วนต่างๆ หน่วยความจำแบบนี้จะเป็นแบบรอม(ROM : Read Only Memory) และผู้ใช้จะต้องเขียนข้อมูลลงในตำแหน่งของหน่วยความจำเป็นรหัสภาษาเครื่องของ 8051 ตามลำดับการทำงานตามต้องการ



รูปที่ 4.2 แสดงหน่วยความจำโปรแกรม

2. หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) เป็นหน่วยความจำที่ 8051 จะใช้สำหรับพัก, เก็บข้อมูล แล้วเรียกมาใช้ใหม่ในระหว่างการทำงานของ 8051 การอ่านหรือเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำจะกระทำโดยคำสั่งที่เก็บไว้ในหน่วยความจำข้อมูล หน่วยความจำประเภทนี้เป็นประเภทแรม(RAM : Random Access Memory) ถ้ามีไฟเลี้ยงอยู่ข้อมูลที่เก็บไว้จะอยู่จะไม่สูญหาย แต่ถ้าปิดเครื่องหรือไม่จ่ายไฟให้แก่แรม ข้อมูลในแรมก็จะสูญหาย



รูปที่ 4.3 แสดงหน่วยความจำข้อมูล

4.2 แอลซีดี(LCD)

แอลซีดี(LCD : Liquid Crytal Display) เป็นจอแสดงผลที่สามารถที่สามารแสดงข้อความที่เป็นตัวเลข ตัวอักษรและสัญลักษณ์ต่างๆ และได้มีแอลซีดีรุ่นที่เป็นแอลซีดีโมดูล(LCD Module : LCM) ที่มีวงจรควบคุมมาเพื่อให้สามารถต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง และสะดวกสำหรับการเขียนโปรแกรม รวมทั้งมีจำหน่ายกันอย่างกว้างขวาง และมีราคาที่เหมาะสม

แอลซีดีโมดูลมีอยู่หลายรุ่น และมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ซึ่งแบ่งได้ 2 กลุ่มหลักคือแบบดอทเมตริก(Dot Matrix) และกราฟฟิก(Graphic) โดยแบบดอทเมตริกจะแสดงผลเป็นตัวอักษรขนาด 5x8 จุด และจะมีจำนวนตัวอักษรแตกต่างกันไปในแต่ละรุ่น ส่วนแบบกราฟฟิกจะสามารถแสดงผลในแบบบิตแมป(Bit-Map) คือจะสร้างภาพใดๆก็ได้ตามต้องการ แนวทางการใช้งานใน 2 แบบ จะมีลักษณะใกล้เคียงกัน คุณสมบัติของดอทเมตริกแอลซีดีโมดูล สรุปได้ดังนี้

1. มีให้เลือกหลายรุ่นตามการใช้งาน โดยมีจำนวนตัวอักษร และบรรทัดแตกต่างกันไป
2. ตัวอักษรแสดงด้วยดอทเมตริก ขนาด 5x8 จุด
3. สามารถต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ 2 ลักษณะ คือแบบเมมโมรี่(Memory Map) และแบบผ่านอินพุท-เอาต์พุตพอร์ท (I/O Port)
4. การใช้งานง่าย และสะดวก ไมโครคอนโทรลเลอร์เพียงแค่ส่งข้อมูลให้กับแอลซีดีโมดูลเท่านั้น ข้อความก็จะปรากฏบนแผงแสดง และจะคงค้างไว้ตลอด ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาหลักของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์
5. มีคำสั่งพิเศษสำหรับอำนวยความสะดวกมากมาย เช่น Clear Display, Home Cursor, On-Off Cursor, Blink Character และอื่นๆอีก
6. สามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ และตัวเลขได้ 160 ตัว และสัญลักษณ์พิเศษ 32 ตัว รวมทั้งสามารถกำหนดอักษรที่ออกแบบเองได้อีก 8 ตัว
7. กินกระแสน้อย และมีน้ำหนักเบา รวมทั้งทำงานด้วยไฟเลี้ยงระดับ 5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา	สัญลักษณ์	ฟังก์ชัน
1	Vss	กราวนด์
2	Vdd	+ 5 โวลต์
3	Vo	ปรับความสว่างด้วยแรงดัน(0-5 โวลต์)
4	RS	เลือกรีจิสเตอร์(0 = รีจิสเตอร์ค่าตั้งหรือแฟล็กแสดงสถานะการทำงาน , 1 = รีจิสเตอร์ค่าดี)
5	R/W	เลือกการอ่านหรือการเขียน(0 = เขียน, 1 = อ่าน)
6	E	อีน่าเบิลการอ่านหรือเขียนแอสซิดี
7	DB0	ค่าดีอินพุท/เอาต์พุตบิตที่ 1
8	DB1	ค่าดีอินพุท/เอาต์พุตบิตที่ 2
9	DB2	ค่าดีอินพุท/เอาต์พุตบิตที่ 3
10	DB3	ค่าดีอินพุท/เอาต์พุตบิตที่ 4
11	DB4	ค่าดีอินพุท/เอาต์พุตบิตที่ 5
12	DB5	ค่าดีอินพุท/เอาต์พุตบิตที่ 6
13	DB6	ค่าดีอินพุท/เอาต์พุตบิตที่ 7
14	DB7	ค่าดีอินพุท/เอาต์พุตบิตที่ 8

ตารางที่ 4.1 แสดงขาสัญญาณของแอสซิดีไมโคร

ชุดคำสั่งควบคุมและการแสดงข้อความ

การเขียนหรืออ่านข้อมูลจากแอสซิดีไมโคร ก็คือกำหนดคุณสมบัติต่างๆในการใช้งานของแอสซิดีตามชุดคำสั่งควบคุม และการเขียนข้อมูลที่เป็นข้อความเพื่อให้ปรากฏบนแผงแสดงด้วย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การเขียนข้อมูลให้กับแอสซิดีไมโครแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ คำสั่ง(Instruction) และข้อมูล(Data) โดยจะกำหนดด้วยขาสัญญาณอาร์เอส(RS) คือ ถ้าอาร์เอสเท่ากับศูนย์ จะหมายถึงการตั้งสัญญาณควบคุม หรืออ่านคำสั่งสัญญาณแฟล็ก(Flag) สถานะการทำงานของแอสซิดีไมโคร และถ้าอาร์เอสเท่ากับหนึ่ง จะหมายถึงการเขียนหรืออ่านข้อมูลกับแอสซิดีไมโคร

2. หลักในการเขียนข้อมูลให้แอสซิดีไมโครนี้ คือเมื่อมีการเขียนข้อมูลไปแล้ว ตัวแอสซิดีไมโครจะต้องใช้เวลาในการทำงานช่วงหนึ่ง ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถตรวจสอบได้จากบิตซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แฟล็ก(Busy Flag) และถ้าเรียบร้อยแล้ว จึงจะสามารถเขียนข้อมูลอันต่อไปได้ ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะต้องใช้วิธีการหน่วงเวลาแทน

3. การเขียนข้อมูลให้กับแอลซีดีโมดูลนี้ สามารถทำได้ทั้งแบบ 8 บิต และ 4 บิต โดยกรณี 4 บิตจะใช้สายสัญญาณข้อมูล (Data) เพียง 4 เส้น คือ DB4-DB7 (ใช้สำหรับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ 4 บิต หรือเพื่อการประหยัดสาย) การเขียนข้อมูลจะกระทำเหมือนกับ 8 บิต เพียงแต่ให้เขียน 2 ครั้ง คือ DB4-DB7 ก่อน แล้วตามด้วย DB0-DB3 และจะต้องกำหนดคุณสมบัติตามค่าดีเอล(DL) ในคำสั่งฟังก์ชันเซต(FUNCTION SET) ด้วย

4. ดีดีแรม(DDRAM : Display Data RAM) คือหน่วยความจำภายในตัวแอลซีดีโมดูลสำหรับเก็บภาพตัวอักษรที่ผู้ใช้สามารถสร้างได้เอง(8 ตัว) โดยจะอ้างแอดเดรสได้ทั้งหมด 64 ไบต์ คือ 8 ตัวอักษร คูณกับ 8 แถว

รายละเอียดของแต่ละคำสั่ง

1. เคลียร์จอแสดงผล

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณของการเคลียร์จอแสดงผล

สำหรับการเคลียร์จอแสดงผลโดยจะทำการเขียนช่องว่างลงในดีดีแรมทั้งหมด และกำหนดค่าตำแหน่งดีดีแรม ให้เป็น 0 พร้อมทั้งเคอร์เซอร์(Cursor) จะกลับไปตำแหน่งซ้ายบนสุดของจอภาพ

2. เลื่อนเคอร์เซอร์ไปยังจุดเริ่มต้น

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	*

รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณของการเลื่อนเคอร์เซอร์

สำหรับกำหนดค่าตำแหน่งดีดีแรมให้เป็นศูนย์ พร้อมทั้งเคอร์เซอร์จะไปอยู่ที่ตำแหน่งซ้ายบนสุดของจอภาพ โดยที่ข้อมูลในดีดีแรมไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3. กำหนดโหมดป้อนข้อมูล

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S

รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณของโหมดป้อนข้อมูล

I/D = 0 กำหนดทิศทางของเคอร์เซอร์ และดีดีแรมให้เป็นแบบลดค่าลง

I/D = 1 กำหนดทิศทางของเคอร์เซอร์ และดีดีแรมให้เป็นแบบเพิ่มค่า

S = 0 เมื่อเขียนข้อมูลแล้ว ตัวเคอร์เซอร์จะถูกเลื่อนไปทิศทางตามค่า I/D

S = 1 เมื่อเขียนข้อมูลแล้ว ตัวเคอร์เซอร์จะอยู่กับที่ และตัวอักษรจะถูกดันไปทิศทางตามค่า I/D

การกำหนด I/D และ S นี้ ให้กำหนดก่อนการเขียนข้อมูลในดีดีแรม และเมื่อกำหนดแล้ว จะต้องไม่ใช่คำสั่งเคลียร์จอแสดงผลอีก

4. ควบคุมการแสดงผล

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณของการควบคุมการแสดงผล

D = 0 กำหนดให้จอแสดงผลปิด

D = 1 กำหนดให้จอแสดงผลเปิด

C = 0 กำหนดให้แสดงเคอร์เซอร์

C = 1 กำหนดให้ไม่แสดงเคอร์เซอร์ โดยเคอร์เซอร์จะเป็นเส้นขีดใต้ตัวอักษร

B = 0 กำหนดให้ไม่มีการกระพริบที่ตำแหน่งเคอร์เซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B = 1 กำหนดให้มีการกระพริบที่ตำแหน่ง เคอร์เซอร์ (กระพริบเป็นรูปสี่เหลี่ยม)

5. ควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์ และตัวอักษร

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*

รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณของการเลื่อนเคอร์เซอร์ และตัวอักษร

S/C = 0 กำหนดให้เลื่อนเคอร์เซอร์ตามทิศทาง R/L ไป 1 ตำแหน่ง

S/C = 1 กำหนดให้เลื่อนข้อความบนแผงแสดงตามทิศทาง R/L ไป 1 คอลัมน์

R/L = 0 กำหนดให้มีทิศทางไปทางซ้าย

R/L = 1 กำหนดให้มีทิศทางไปทางขวา

6. เซตฟังก์ชัน

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*

รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณของการเซตฟังก์ชัน

D/L = 0 กำหนดให้การติดต่อแอลซีดีโมดูลเป็นแบบ 4 บิต

D/L = 1 กำหนดให้การติดต่อแอลซีดีโมดูลเป็นแบบ 8 บิต

N = 0 กำหนดจำนวนบรรทัดเป็น 1 บรรทัด

N = 1 กำหนดจำนวนบรรทัดเป็น 2 บรรทัด

F = 0 กำหนดให้ตัวอักษรเป็นแบบ 5x7 จุด

F = 1 กำหนดให้ตัวอักษรเป็นแบบ 5x10 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เซตตำแหน่งในซีจีแรม(CG-RAM)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	CGRAM ADDRESS					

รูปที่ 4.10 แสดงสัญญาณของการเซตตำแหน่งในซีจีแรม

สำหรับการกำหนดตำแหน่งของซีจีแรม เมื่อได้รับการกำหนดไว้แล้ว การอ่าน และเขียนข้อมูล ที่ต่อจากนี้ จะเป็นไปตามตำแหน่งที่กำหนดทันที

8. เซตตำแหน่งในดีดีแรม(DD-RAM)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	DDRAM ADDRESS						

รูปที่ 4.11 แสดงสัญญาณของการเซตตำแหน่งในดีดีแรม

สำหรับการกำหนดตำแหน่งของดีดีแรม เมื่อได้รับการกำหนดไว้แล้ว การอ่าน และเขียนข้อมูล ที่ต่อจากนี้ จะเป็นไปตามตำแหน่งที่กำหนดทันที ตำแหน่งของการกำหนดตำแหน่งในแต่ละรุ่น จะมีความแตกต่างกันบ้าง เพราะจำนวนตัวอักษรต่อบรรทัดไม่เท่ากัน

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	40	41	42	43

รูปที่ 4.12 แสดงแอลซีดีรุ่น DMC 202

9. อ่านแฟล็กบัสซี(Busy Flag)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	BF	ADDRESS						

รูปที่ 4.13 แสดงการอ่านแฟล็กบิวซี

สำหรับการอ่านค่าบีเอฟ(BF : Busy Flag) ซึ่งบอกลถึงความพร้อมของแอลซีดีโมดูล ในการรับข้อมูล ถ้าบีเอฟเท่ากับศูนย์ หมายถึง ว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลต่อไปได้ แต่ถ้าบีเอฟเท่ากับหนึ่ง หมายถึง ว่ายังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล นอกจากนี้ยังเป็นการอ่านตำแหน่งของซีจีแรม หรือดีดีแรม ด้วย

การอ่าน และเขียนข้อมูลกับซีจีแรม และดีดีแรม

1. การเขียนข้อมูล ไปยังดีดีแรม และซีจีแรม

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	DATA							

รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณการเขียนข้อมูล

สำหรับการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำดีดีแรม หรือ ซีจีแรม โดยเมื่อทำการเขียนแล้ว แอแดกเรสจะถูกเพิ่มหรือลดโดยอัตโนมัติ ตามที่กำหนดจากค่า I/D ในการกำหนดโหมดป้อนข้อมูล และการเขียนจะเป็นดีดีแรม หรือ ซีจีแรมก็ขึ้นอยู่กับว่า ก่อนหน้านี้ มีการกำหนดแอดเดรสที่ใด

2. อ่านข้อมูลจากดีดีแรม และซีจีแรม

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	1	DATA							

รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณการอ่านข้อมูล

4.3 การเชื่อมต่อของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

บอร์ดของไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วย

CPU	89C51
CLOCK	11.0592 MHz
MEMORY	4 KBYTE ON CPU
PORT	32 BIT I/O ON CPU
CONNECTOR	16 PIN (LCD) 16 PIN (KEYBOARD) 8 PIN (DIGITAL-TO-ANALOG) 2 PIN (5VDC) 4 PIN
POWER	5VDC
SIZE	4x5.5 INCH

ตารางที่ 2 แสดงการต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์

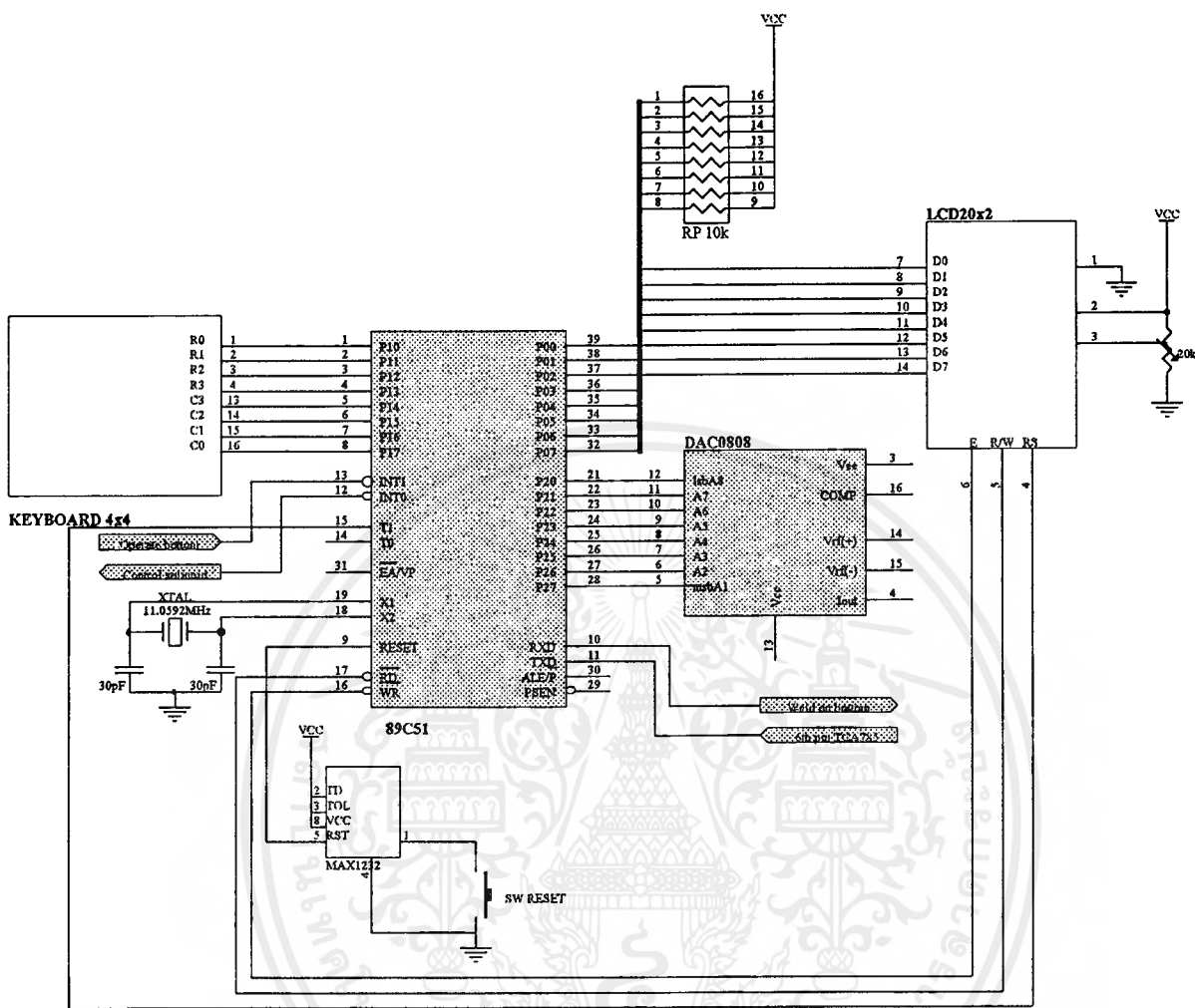
การติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับวงจรภายนอกจะติดต่อโดยตรง ซึ่งมีการเชื่อมต่อดังต่อไปนี้

พอร์ต0 เชื่อมต่อกับพอร์ตข้อมูลของแอลซีดี(LCD)

พอร์ต1 เชื่อมต่อกับคีย์บอร์ด(Keyboard)

พอร์ต2 เชื่อมต่อกับพอร์ตข้อมูลวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก

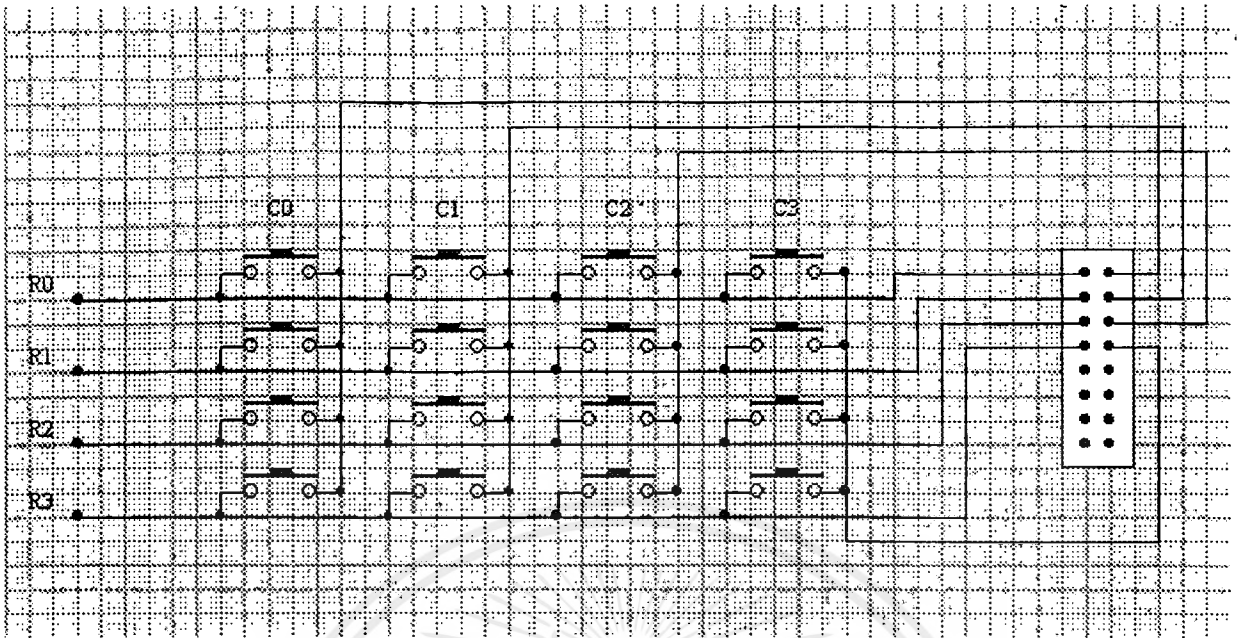
พอร์ต3 เชื่อมกับสายสัญญาณควบคุมแอลซีดี สายสัญญาณวงจรควบคุมมูมทริก และสายสัญญาณควบคุมโซลินอยด์วาล์ว



รูปที่ 4.16 แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์

การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับคีย์บอร์ด

คีย์บอร์ดที่ใช้เป็นคีย์บอร์ดขนาด 16 คีย์ ต่อในลักษณะ 4x4 ซึ่งมีการต่อในแถว และหลักดังรูปที่ 4.16 คีย์บอร์ดจะต่อเข้ากับพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตที่ 1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่ 4 บิตล่าง (P1.0-P1.3) ต่อเข้ากับด้านแถวของคีย์บอร์ด ซึ่งจะเป็นเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ส่งออกไป ส่วน 4 บิตบน(P1.4-P1.7) ต่อเข้ากับด้านหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะรับข้อมูลเพื่อใช้ในการประมวลผลให้ออกมาเป็นค่าที่กดจากคีย์บอร์ด



รูปที่ 4.17 แสดงโครงสร้างของคีย์บอร์ด

การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับแอลซีดี

แอลซีดีที่ใช้งานเป็นแบบ 20 ตัวอักษร 2 บรรทัด การต่อแอลซีดีกับไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้งาน ได้แก่

- พอร์ต 0 ต่อกับขารับส่งข้อมูลของแอลซีดี
- พอร์ต 3 บิตที่ 5 ต่อกับขา RS(Register Select) ที่ใช้ในการเลือกกรีจิสเตอร์ภายใน 2 ตัว
- พอร์ต 3 บิตที่ 6 ต่อกับขา R/W (Read/Write) ที่ใช้เป็นตัวเลือกว่าจะเขียน หรืออ่านข้อมูล

มูด

- พอร์ต 3 บิตที่ 7 ต่อกับขา E (Enable Signal) เป็นขากำหนดสภาพการรับ เขียน และอ่านข้อมูล

การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ ไอซีแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก ไอซีที่ใช้งานคือ DAC0808 ที่ใช้แปลงสัญญาณดิจิตอลที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอนาลอก(ระดับแรงดัน)เพื่อส่งเป็นค่าของมุมในการทริกสัญญาณของเอสซีอาร์

การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อื่นๆ

พอร์ต 3 บิตที่ 1 ต่อกับสวิทช์ Weld On ที่ใช้ในการกำหนดว่าจะเชื่อมหรือไม่

พอร์ต 3 บิตที่ 2 ต่อกับขาที่ 6 ของ ไอซี TCA785 เป็นการส่งสัญญาณให้ทำการเชื่อม

พอร์ต 3 บิตที่ 3 ต่อกับขาเบสของมอสเฟตที่ใช้ส่งสัญญาณให้โซลินอยด์ว่าลัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พอร์ต 3 บิตที่ 4 ต่อกับสวิทช์ Operate ที่เป็นสัญญาณในการเริ่มทำงาน

โปรแกรมควบคุมการทำงาน

โปรแกรมควบคุมการทำงานจะมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์ของเอสซีอาร์ วงจรควบคุมโซลินอยด์ว่าลั้ว รับค่าจากคีย์บอร์ด และแสดงค่าผ่านทางจอแอลซีดี ซึ่งจะมีเมนูหลักดังนี้

1. กำหนดเวลาสควิช คือช่วงเวลาที่เริ่มนับจากกดปุ่มเริ่มทำงาน ถึงเริ่มการเชื่อม โดยมีเบอร์ (NUMBER) เป็นเวลา 1/ 10 ของวินาที ดังรูปที่ 4.18

SQUEEZE TIME
NUMBER :

รูปที่ 4.18 แสดงจอเวลาสควิช

2. กำหนดเวลาเชื่อม คือช่วงเวลาในการเชื่อม โดย 1 ไซเคิล(CYCLE) เท่ากับ 1/50 วินาที ดังรูปที่ 4.19

WELD TIME
CYCLE :

รูปที่ 4.19 แสดงจอเวลาเชื่อม

3. กำหนดเวลาหยุดรอ คือช่วงเวลาหยุดรอหลังการเชื่อมก่อนที่ขั้วอิเล็กโทรดจะแยกออกจากกัน โดยเบอร์ (NUMBER) เป็น 1/50 วินาที ดังรูปที่ 4.20

HOLD TIME
NUMBER :

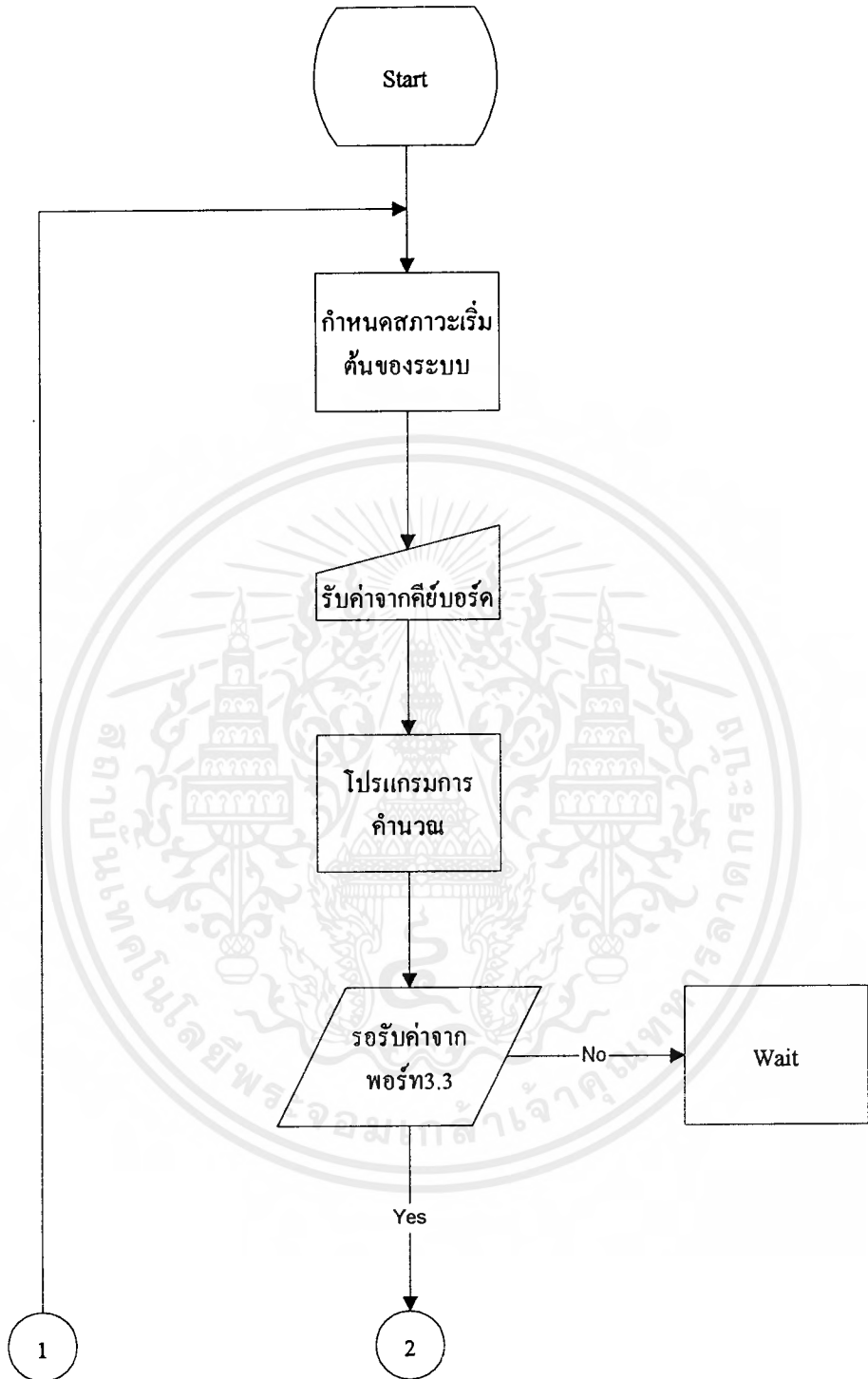
รูปที่ 4.20 แสดงจอเวลาหยุด

4. กำหนดระดับกระแส คือระดับกระแสที่ปล่อยในขณะที่เชื่อม ดังรูปที่ 4.21

CURRENT
NUMBER :

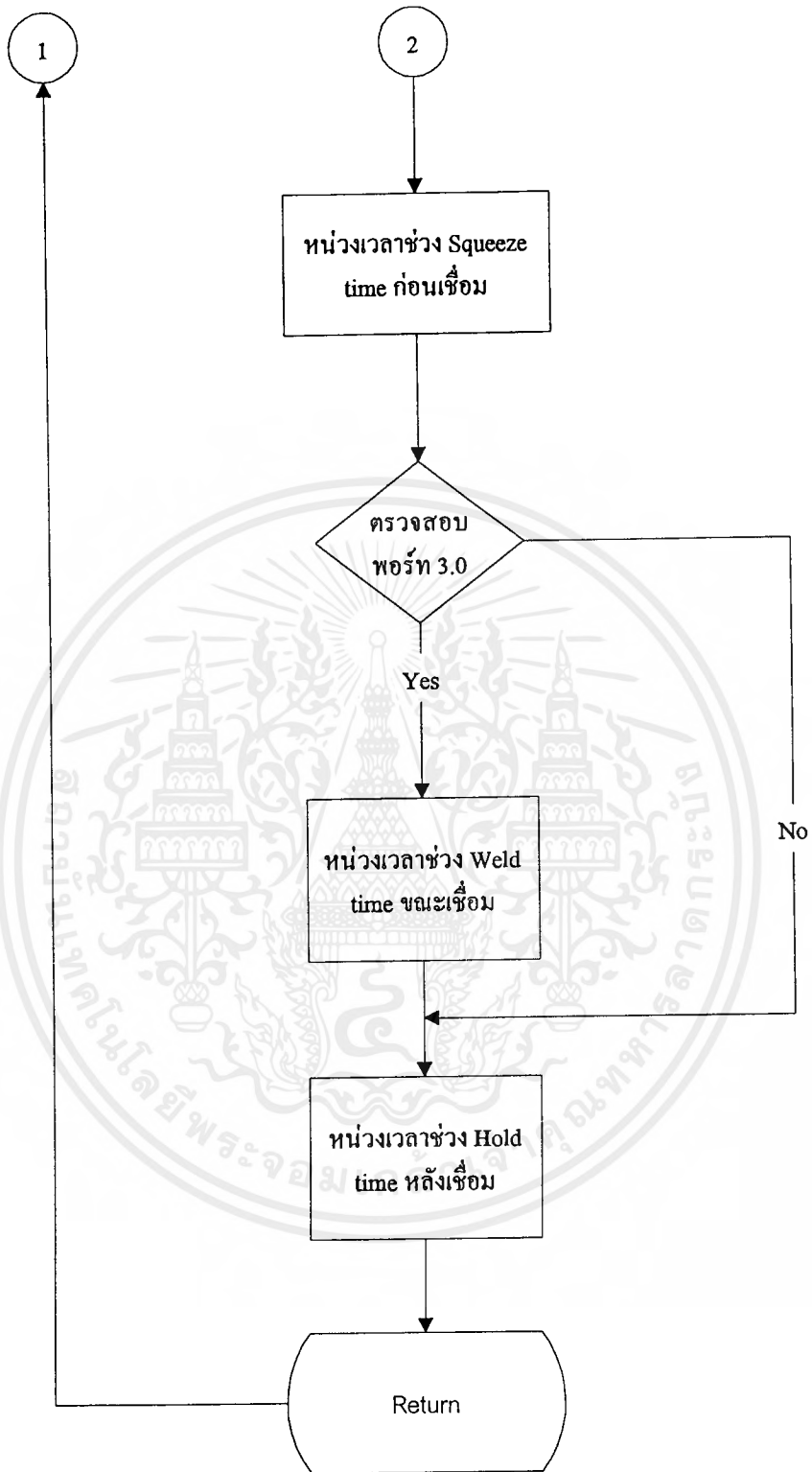
รูปที่ 4.21 แสดงจอร์บค่ากระแส



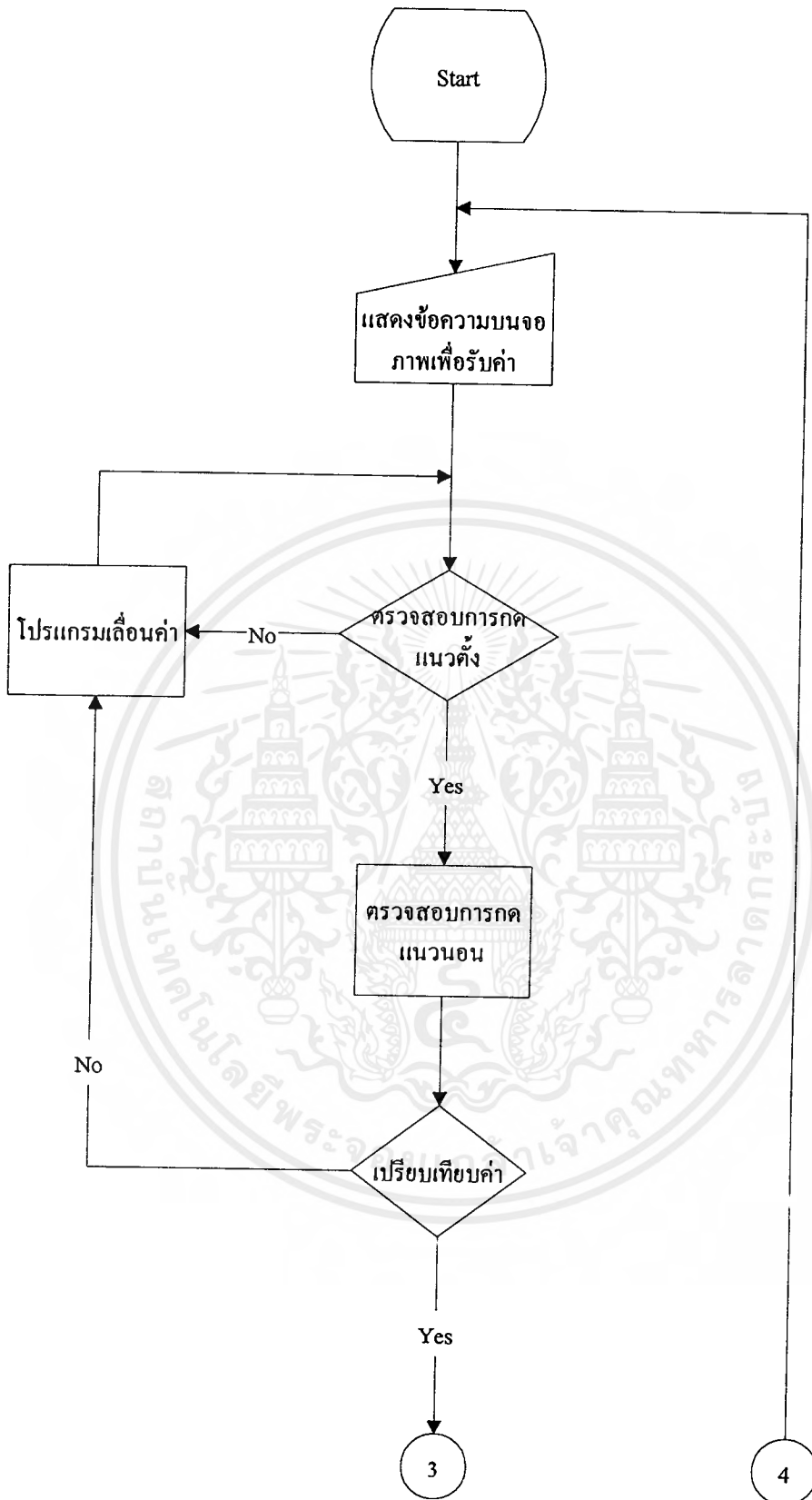


รูปที่ 4.22 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

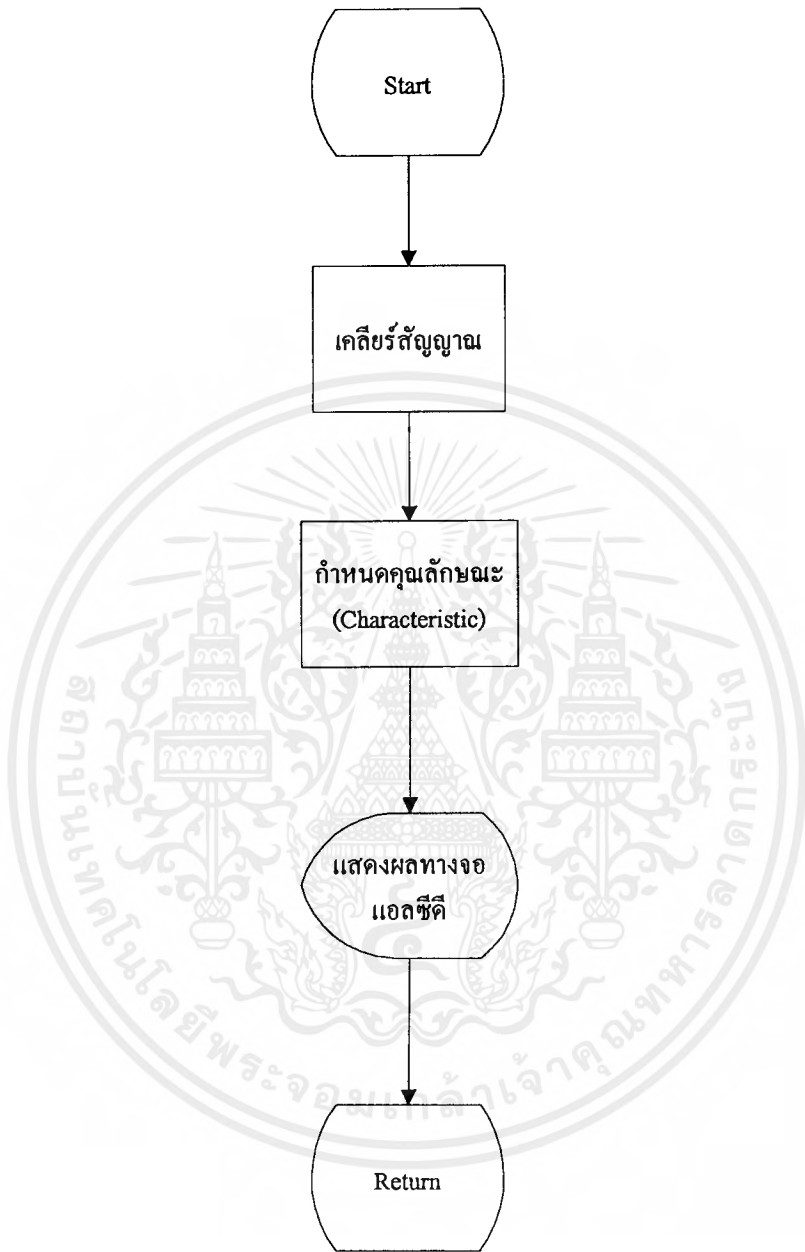


รูปที่ 4.22 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด(ต่อ)



รูปที่ 4.23 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมรับค่าจากคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแสดงผลทางแอสกีดี

บทที่ 5

การคำนวณและการสร้าง

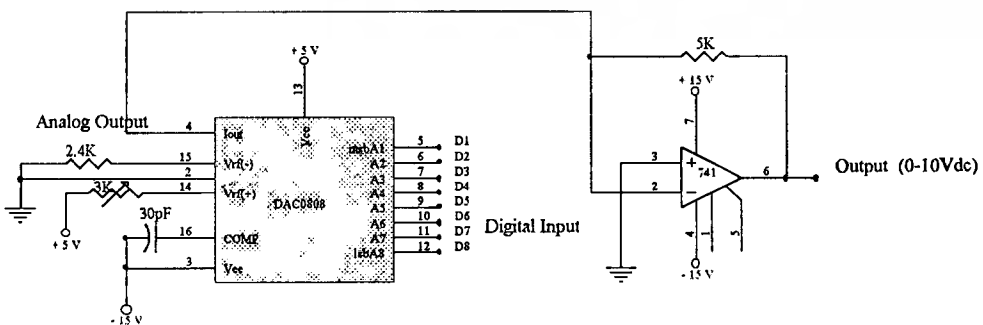
เนื่องจากการควบคุมพลังงานของเครื่องเชื่อมแบบจุดใช้การควบคุมแบบเฟสคอนโทรลเต็มลูกคลื่นซึ่งมีเอสซีอาร์สองตัวต่อสลับกัน โดยขาเกททั้งสองจะรับสัญญาณทริกเกอร์จากวงจรควบคุมสัญญาณทริกเกอร์ ซึ่งวงจรนี้จะทำงานโดยไอซี TCA 785 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณทริกเกอร์ และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สร้างสัญญาณดิจิทัลออกมากำหนดมุมทริกเกอร์

5.1 วงจรควบคุมเอสซีอาร์

5.1.1 การเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก

วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก (Digital to Analog Converter) เป็นวงจรรับค่าที่ส่งออกมาจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51) ซึ่งเป็นค่าไบนารี (binary) 8 บิตแล้วแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้า 0-10 โวลท์ที่ส่งต่อไปยังขา 11 ของไอซี TCA 785

สำหรับวงจรจะใช้ ไอซี DAC 0808 ซึ่งจะรับค่าไบนารี 8 บิต และเอาต์พุตที่ออกมาจะเป็นกระแสซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอินพุต โดยค่ามากที่สุดจะเกิดเมื่อส่งอินพุต เป็น FFH กระแสเอาต์พุตสูงสุดจะเท่ากับกระแสอ้างอิงที่ขา 14 ซึ่งตามวงจรมีค่า 2 mA โดยการปรับตัวต้านทานปรับค่าได้ขนาด 3 k Ω เนื่องจากเอาต์พุตที่ขา 4 จาก ไอซี DAC 0808 เป็นกระแส ดังนั้นจึงมีการต่อออปแอมป์ (operational amplifier) เพื่อเปลี่ยนกระแสเป็นแรงดันให้ได้ค่ามากที่สุด 10 V ได้ทำการต่อวงจรดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 การสร้างสัญญาณทริกเกอร์

ไอซี TCA 785 ใช้ในการควบคุมลำดับของการทริกซึ่งมีวงจรหลัก คือ วงจรควบคุมแรงดันภายใน ($V_{RAF} = 3.1 \text{ V}$) ดังนั้นแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้ TCA 785 สามารถรับแรงดันได้ในช่วง คือ $V = 8 - 18 \text{ V}$ โดยขา 1 จะต่อลงกราวด์ และขา 16 ต่อ Supply 15 V เมื่อไม่มีโหลดจะกินกระแสประมาณ 10 mA ที่ขา 8 จะต่อ Capacitor และต่อลงกราวด์ เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนสัญญาณซิงโครไนซ์ (synchronization) ซึ่งจะนำแรงดันไฟสลับ จากเฟสภายนอกที่ต้องการควบคุม ที่ต่อผ่านตัวต้านทาน $380 \text{ k}\Omega$ เพื่อลดแรงดัน 380 V ต่อเข้ามาทางขา 5 สัญญาณจะผ่านซีโรดีเทคเตอร์ (Zero Detector) เพื่อส่งสัญญาณในการซิงโครไนซ์ เข้าสู่ซิงค์รีจิสเตอร์ (sync Register) ซึ่งเป็นตัวควบคุมการสร้างสัญญาณฟันเลื่อย (saw tooth) อีกส่วน คือ ตัวควบคุมแหล่งจ่ายกระแสตรง โดยตัวต้านทานภายนอกปรับค่าได้แบบเกือกม้าขนาด $100 \text{ k}\Omega$ ต่อเข้าที่ขา 9 เป็นตัวปรับกระแส และต่อตัวคาปาซิเตอร์กับขา 10 ขนาด 100mF เป็นตัวชาร์จให้เป็นเชิงเส้น ตัวต่อต้านทาน และตัวคาปาซิเตอร์ที่ขา 9, 10 จะทำหน้าที่เป็น RC Network ใช้กำหนดความชันของสัญญาณฟันเลื่อย ซึ่งจะต้องใช้ในการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟตรงจากภายนอกที่มาจากวงจรควบคุมที่ขา 11 นั่นคือ แรงดันที่ขา 11 จะไปตัดกับสัญญาณสามเหลี่ยมที่ขา 10 ซึ่งสัญญาณเอาต์พุตที่ออกมาจะเป็นพัลส์ขนาดความกว้างเท่าขนาดช่วงตัดขอดีสัญญาณสามเหลี่ยม ซึ่งเป็นสัญญาณทริกเกอร์ที่ขา 14 และขา 15 ซึ่งเราสามารถสร้างสัญญาณทริกตั้งแต่ $0 - 180$ องศา โดยปรับแรงดันที่ขา 11 ซึ่งถ้าปรับแรงดันต่ำ พัลส์ที่ได้จะเริ่มขึ้นเข้าใกล้ 0 องศา หรือถ้าปรับแรงดันให้สูงโดยปรับเพียงปลายยอดของสัญญาณพัลส์ที่ได้จะเริ่มขึ้นเข้าใกล้ 180 องศา

จะเห็นว่าสัญญาณควบคุมแรงดัน (control voltage) ที่ขา 11 ตัดกับสัญญาณฟันเลื่อย ที่ขา 10 พัลส์เอาต์พุตที่ได้จะมีความกว้างเท่ากับช่วงตัดสัญญาณ ซึ่งเราสามารถลดขนาดความกว้างของพัลส์ลงได้โดยค่ามุมทริกไม่เปลี่ยนแปลงซึ่งทำได้โดยใส่ปรับค่าคาปาซิเตอร์ที่ขา 12 ซึ่งขนาดพัลส์จะได้ขนาดตามตารางที่ 5.1

$C_{12}(\text{pF})$	0	150	220	330	500	1000
Trigger pulse width(s)	$30 \mu\text{s}$	$93 \mu\text{s}$	$137 \mu\text{s}$	$205 \mu\text{s}$	$422 \mu\text{s}$	$620 \mu\text{s}$

ตารางที่ 5.1 การปรับค่าความกว้างของพัลส์

R2 เป็นตัวควบคุมแรงดันที่จ่ายให้ขา 9 เพื่อปรับสัญญาณสามเหลี่ยมที่ขา 10 มีความชันตามต้องการ

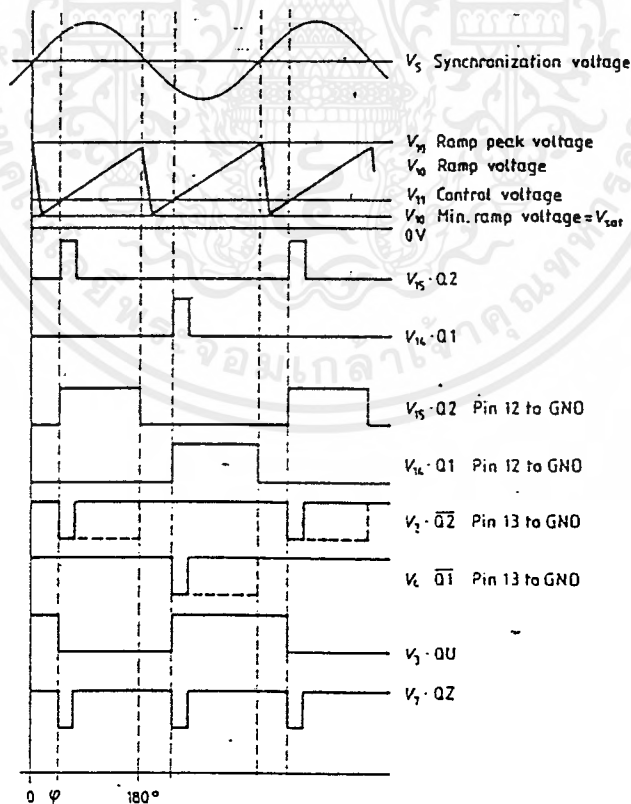
R3 เป็นตัวจำกัดกระแสสัญญาณเข้าที่ขา 5

C1 เป็นตัวกำหนดความกว้างของพัลส์ ซึ่งถ้าต้องการเปลี่ยนขนาดความกว้างของพัลส์ก็จะทำได้โดยการเปลี่ยนค่าคาปาซิเตอร์ที่ 1

C3,C4,C5 เป็นตัวลดสัญญาณการรบกวน

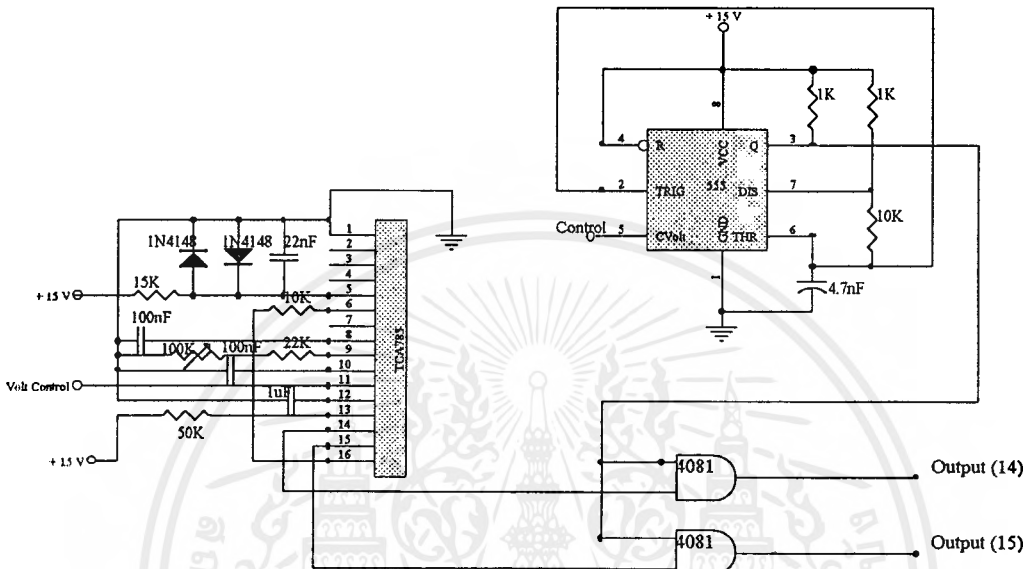
D1,D2 เป็นตัวรักษาระดับแรงดันระหว่างขา 1 และขา 5 ให้ได้ประมาณ 0.6 V

สำหรับขา 6 คือขาอินฮิบิต (INHIBIT) สำหรับกำหนดรูปแบบของสัญญาณเอาต์พุต และใช้เป็นสวิตช์ ON-OFF การทริกเกอร์ ในการควบคุมเอสซีอาร์นั้น ความกว้างของพัลส์ในสัญญาณทริกจะต้องมีระยยะเวลานานจนกระทั่งกระแสที่ผ่านเอสซีอาร์ มากกว่ากระแสค้ำ ถ้าสัญญาณทริกสิ้นสุดก่อนที่กระแสไหลผ่านเอสซีอาร์จะน้อยกว่ากระแสค้ำจะทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส เมื่อสัญญาณทริกเกอร์สิ้นสุดลง ซึ่งสัญญาณที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับโหลดว่า เป็นโหลดชนิดใดคั้งแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 แสดงสัญญาณรูปต่างๆ ตามตำแหน่งขา ของ IC TCA 785

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แสดงการต่อวงจรของ IC TCA 785

5.1.3 วงจรมอดูเลทสัญญาณความถี่สูง

เนื่องจากเราต้องการทรานซิสเตอร์ด้วยความถี่สูง แต่สัญญาณทรานซิสเตอร์ที่ออกมาจากชุดทรานซิสเตอร์นั้นเป็นสัญญาณความถี่ต่ำ ดังนั้นจึงต้องสร้างสัญญาณความถี่สูงออกมาโดยใช้วงจรออสซิลเลเตอร์แบบมัลติไวเบรเตอร์ (astable multivibrator) ซึ่งใช้ ไอซี 555 และต่อตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเพื่อกำหนดความกว้างของพัลส์ ทำให้สามารถกำหนดความถี่ได้ ซึ่งจะนำไปรวมกับสัญญาณพัลส์ที่ออกมาจาก ไอซี TCA 785 โดยใช้ ไอซี 4081

การสร้างสัญญาณความถี่สูงด้วย ไอซี 555 โดยการกำหนดค่า t_H และ t_L แล้วทำการคำนวณค่าตามสมการ เพื่อหาค่า R_A , R_B และ R_C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

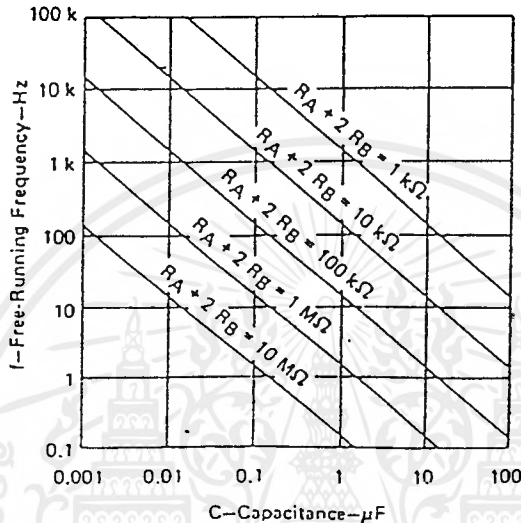
$$t_H = 0.693(R_A + R_B)C$$

$$t_L = 0.693R_B C$$

$$\text{คาบ (period)} = t_H + t_L = 0.693(R_A + 2R_B)C$$

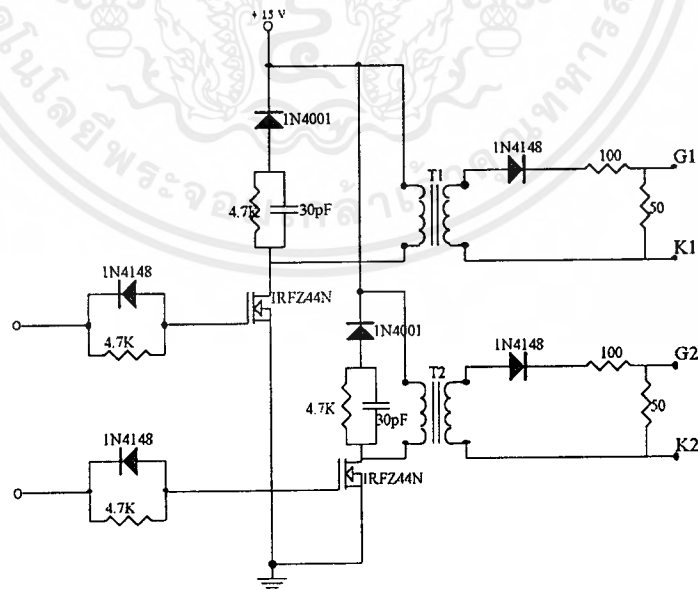
$$\text{ความถี่ (frequency)} \approx 1.44 / (R_A + 2R_B)C$$

ค่า R_A และ R_B ที่คำนวณได้จะมีความสัมพันธ์กับค่าคาปาซิแตนซ์ ซึ่งในวงจรดังรูป $R_A = 1 \text{ k}\Omega$, $R_B = 10 \text{ k}\Omega$, $C = 4.7 \text{ nF}$ สามารถคำนวณคาบได้ $68 \mu\text{s}$ และความถี่ 14.6 kHz



รูปที่ 5.5 แสดง Free running frequency

5.1.4 วงจรบัฟเฟอร์



รูปที่ 5.6 แสดงวงจรขยายกระแส และพัลส์ทรานส์ฟอร์มเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้มอสเฟต (mosfet) เป็นตัวช่วยในการขยายกระแส เพราะสัญญาณที่ได้จากไอซี TCA 785 ซึ่งมารวมกับสัญญาณความถี่สูงนั้นยังไม่เป็นสัญญาณที่เพียงพอในการใช้ทรานซิสเตอร์ ดังนั้นเราจึงต้องขยายกระแสให้เพียงพอในการใช้ทรานซิสเตอร์ซึ่งสัญญาณพัลส์ที่รวมกับความถี่สูงนั้นจะเข้ามาที่ขาเกตของมอสเฟต และถูกขยายโดยรับกระแสไฟฟ้าผ่านขาเดรน (drain) ของมอสเฟต และถูกส่งสัญญาณผ่านพัลส์ทรานส์ฟอร์มเมอร์ (pulse transformer) ได้ทำการต่อวงจรดังรูปที่ 5.6

3.1.6 วงจรแยกกราวด์โดยใช้พัลส์ทรานส์ฟอร์มเมอร์ (pulse transformer)

เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนอันเนื่องมาจากไฟฟ้ากระแสสลับ ในวงจรทรานซิสเตอร์จึงต้องมีการแยกกราวด์ระหว่างวงจรควบคุม กับวงจรกำลัง อุปกรณ์ที่เหมาะสม คือ พัลส์ทรานส์ฟอร์มเมอร์ ซึ่งได้เลือกใช้แกนเฟอร์ไรท์ (ferrite) EI 28 เทิร์นเรโซ (turn ratio) 1:1 จำนวนรอบที่พันด้านละ 160 รอบ



บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองที่ 6.1 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก

กระแส I_{out} ที่ขา 4 ของไอซี DAC 0808 ซึ่งมีค่าสูงสุดประมาณ 2 mA เนื่องจากต้องการโวลต์เต็มสูงสุดที่เอาต์พุตเท่ากับ 10 V จึงใช้ความต้านทาน $5K\Omega$ ต่อคร่อมออปแอมป์ และปรับค่าความต้านทานที่ขา 14 จากวงจรจะทำงานโดยป้อนค่าไบนารีที่ขา 5 ถึง 12 ของ DAC 0808 และวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ออกมาดังรูปที่ 5.1

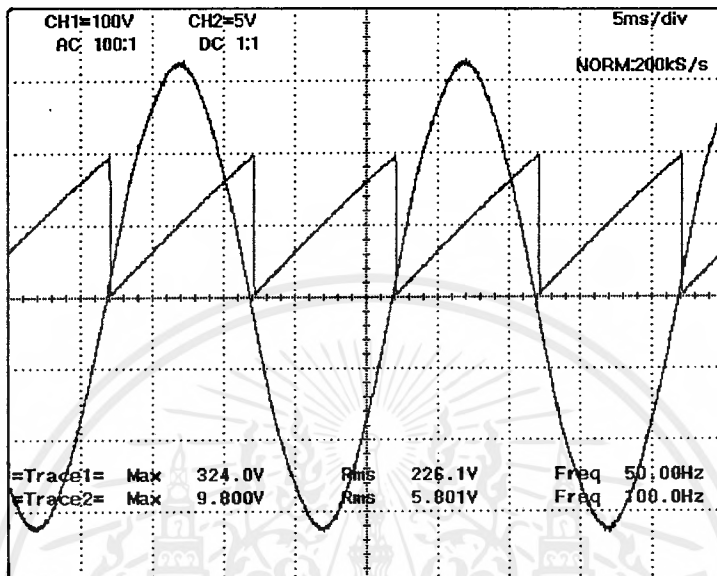
ตารางที่ 6.1 แสดงค่าเอาต์พุตจากไอซีและจากการคำนวณ

Binary Inputs								Voutput	
B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	วัด	คำนวณ
0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0
0	0	0	1	0	0	1	1	1	0.74
0	0	1	1	0	0	0	0	2.2	1.88
0	1	0	0	0	1	1	1	3	2.78
0	1	1	0	0	0	0	0	4	3.76
0	1	1	1	1	0	0	0	5	4.71
1	0	0	1	0	0	0	0	6	5.64
1	0	1	0	1	1	1	1	7	6.86
1	1	0	0	0	0	0	0	8	7.53
1	1	1	0	0	0	0	0	9.2	8.78
1	1	1	1	1	1	1	1	10	10

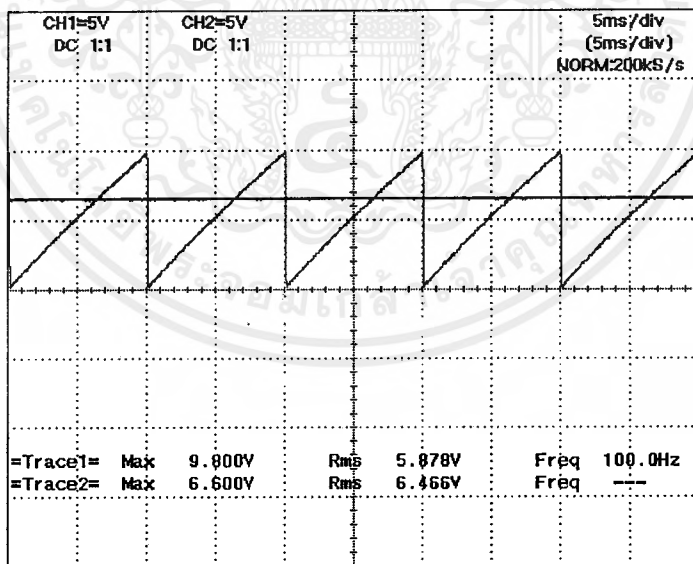
การทดลองที่ 6.2 การจับสัญญาณ TCA 785

ทำการทดลองดังรูปที่ 5.4 โดยป้อนสัญญาณควบคุมเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงค่าต่างๆซึ่งออกมาจากออปแอมป์ เข้าที่ขา 11 ของ ไอซี TCA 785 และมีการตรวจสอบสัญญาณพินเลี้ยงที่ขา 10 ปรากฏว่า สัญญาณไม่ได้ 10 V และเกิดสัญญาณรบกวน จึงปรับ

ค่าความต้านทานที่ขา 9 และต่อคาปาซิเตอร์ขา 8 ลงกราวนด์ ผลที่ได้ทำให้สามารถเปลี่ยน มุมทริกที่ค่าต่างๆได้

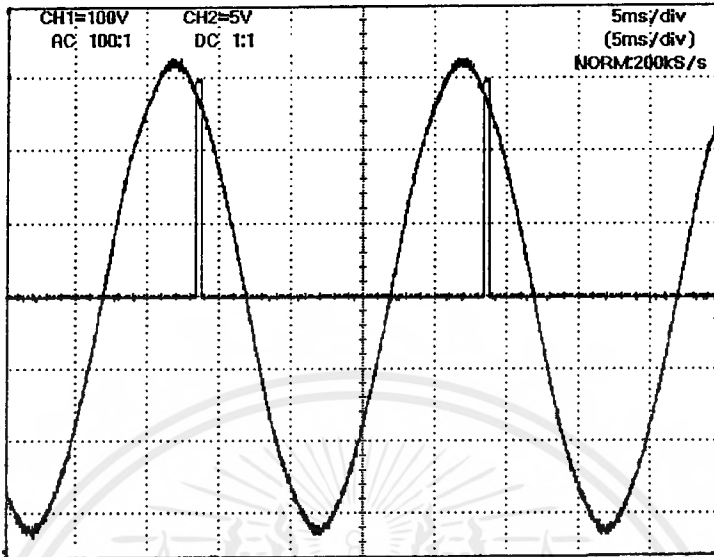


รูปที่ 6.1 สัญญาณพื่นเลื่อย ที่ขา 10

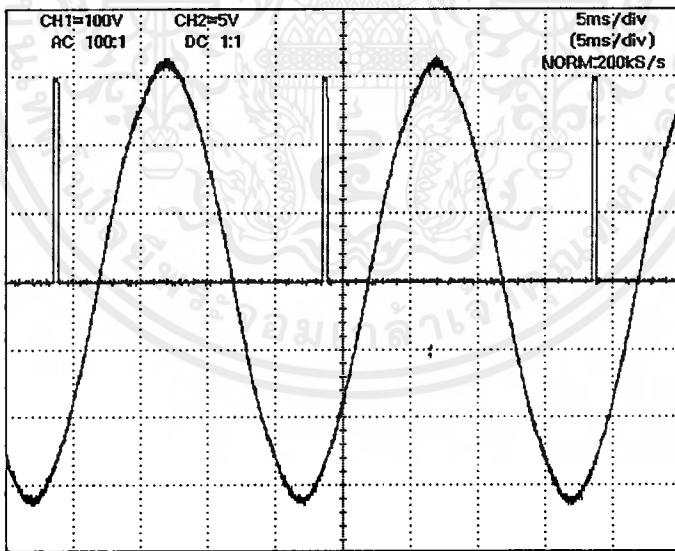


รูปที่ 6.2 สัญญาณพื่นเลื่อยกับแรงดัน ไฟฟ้ากระแสตรงที่ขา 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



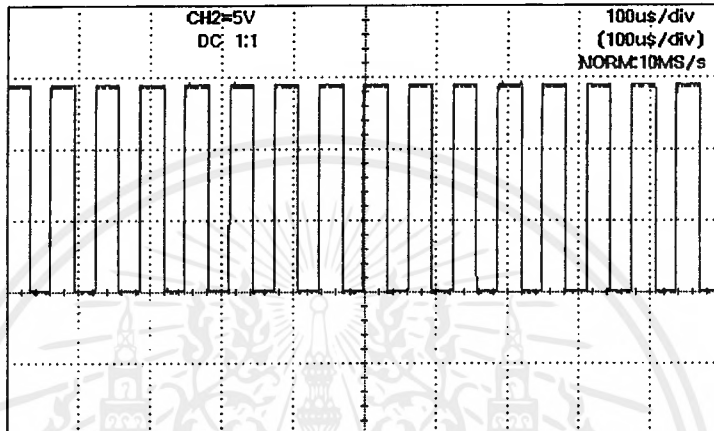
รูปที่ 6.3 สัญญาณทริกเกอร์ ที่ขา 15 เมื่อป้อนกระแสเชื่อมหมายเลข 3



รูปที่ 6.4 สัญญาณ Output ที่ขา 14 เมื่อป้อนกระแสเชื่อมหมายเลข 3

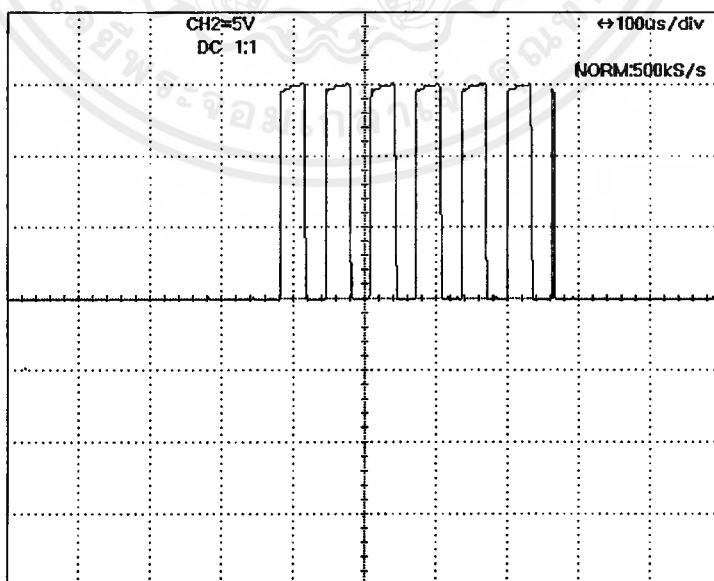
การทดลองที่ 6.3 การจับสัญญาณความถี่สูงที่ออกจาก ไอซี 555

ค่า R_A และ R_B ที่คำนวณได้จะมีความสัมพันธ์กับค่า C ตามรูปที่ 5.5 แล้วจึงต้องวงจรตามรูปที่ 5.4 เมื่อวัดเอาต์พุตที่ขา 3 จะได้สัญญาณตามรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 สัญญาณความถี่สูงที่สร้างขึ้นมาจาก IC 555

การทดลองที่ 6.4 การรวมสัญญาณของ ไอซี TCA 785 และ ไอซี 555 ด้วยไอซี 4081

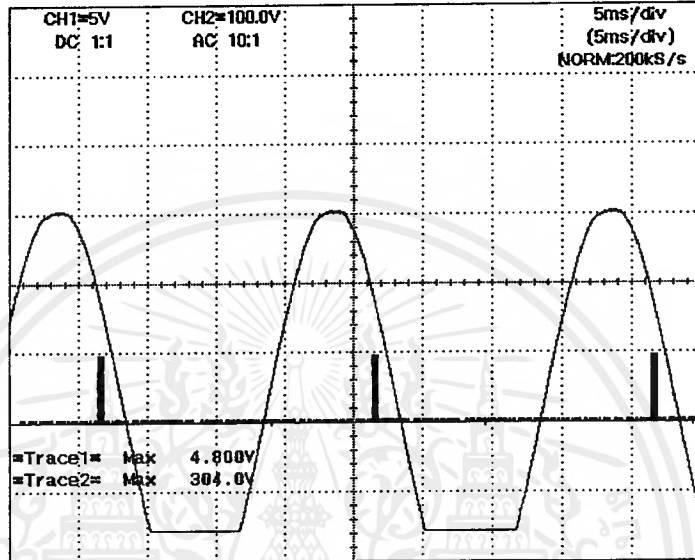


รูปที่ 6.6 การรวมสัญญาณของ TCA 785 และ IC 555

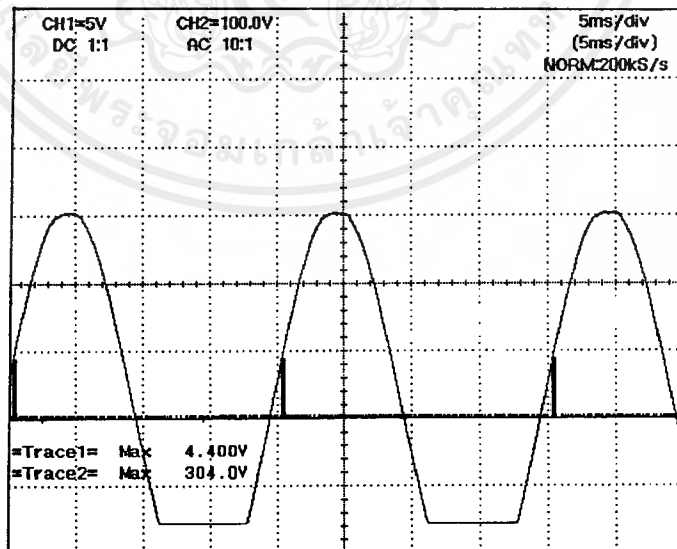
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 6.5 การวัดสัญญาณเกท

เมื่อทำการแยกกราวด์ด้วยพัลส์ทรานส์ฟอเมอร์ แล้วแบ่งแรงดันเพื่อให้ได้แรงดันที่เหมาะสมกับขานกทของเอสซีอาร์ได้สัญญาณดังนี้



รูปที่ 6.7 สัญญาณเกทเมื่อป้อนกระแสเชื่อมหมายเลข 2



รูปที่ 6.8 สัญญาณเกทเมื่อป้อนกระแสเชื่อมหมายเลข 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 6.6 การทดสอบการเชื่อม

อุปกรณ์

- เครื่องเชื่อมแบบจุด
- เหล็ก

ตารางที่ 6.2 แสดงผลของการเชื่อม

ชนิดของโลหะ	หนา(mm)	Weld Current	Weld Current Cycle	ผลของการเชื่อม
เหล็กเคลือบสังกะสี	0.8	0	20	ไม่จ่ายกระแส และเชื่อมไม่ติดกัน
	0.8	1	20	จ่ายกระแส แต่เชื่อมไม่ติดกัน
	0.8	1	30	เชื่อมไม่ติดกัน
	0.8	2	20	เชื่อมไม่ติด แต่มีรอยเชื่อม
	0.8	2	40	เชื่อมไม่ติด แต่มีรอยเชื่อม
	0.8	3	10	เชื่อมติดกัน
	0.8	3	20	เชื่อมติดกัน และมีรอย
	0.8	4	5	เชื่อมติดกัน
	0.8	4	10	เชื่อมติดกัน และรอยเชื่อมเป็นหลุม
	0.8	4	15	เชื่อมติดกัน และรอยเชื่อมเป็นหลุม

ชนิดของโลหะ	หนา(mm)	Weld Current	Weld Current Cycle	ผลของการเชื่อม
เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ	0.8	2	20	เชื่อมไม่ติดกัน
	0.8	2	30	เชื่อมไม่ติดกัน แต่มีรอยเชื่อม
	0.8	3	20	เชื่อมติดกัน
	0.8	3	40	เชื่อมติดกัน
	0.8	4	5	เชื่อมติดกัน
	0.8	4	10	เชื่อมติดกัน และมีรอย
	1.2	3	20	เชื่อมติดกัน
	1.2	4	10	เชื่อมติดกัน และมีรอย
	2.8	4	10	เชื่อมติดกัน
	2.8	4	20	เชื่อมติดกัน และมีรอย
	2.8	4	40	เชื่อมติดกัน และรอยเชื่อมเป็นหลุม
	2.8	5	5	เชื่อมติดกัน และมีรอย
	2.8	5	20	เชื่อมติดกัน และรอยเชื่อมเป็นหลุม

ตารางที่ 6.2 แสดงผลของการเชื่อม(ต่อ)

หมายเหตุ - ตั้งค่า Squeeze Time Number 40 และค่า Hold Time Number 30

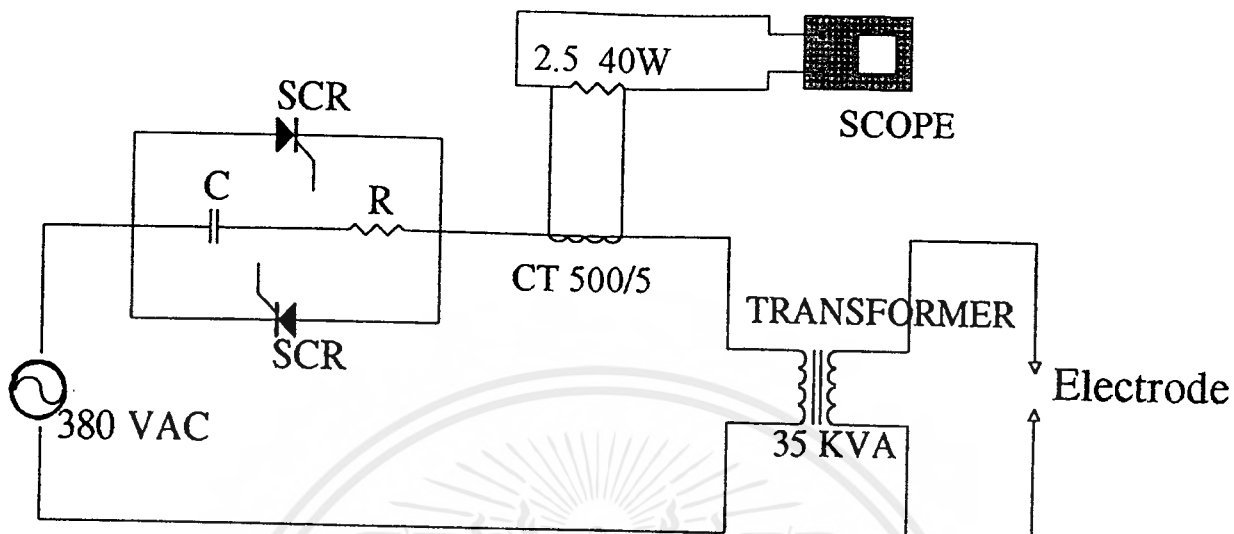
การทดลองที่ 6.7 เปลี่ยนค่าของกระแส

อุปกรณ์

- หม้อแปลงกระแส(Current Transformer) ขนาด 500/5 A 7.5 VA 1 ตัว
- ตัวต้านทานขนาด 10Ω 10 วัตต์ 4 ตัว
- สตอร์เรจสโคป(Storage Scope) 1 เครื่อง
- โพรบ(Probe) 1x100 1 ตัว
- โพรบ(Probe) 1x10 1 ตัว

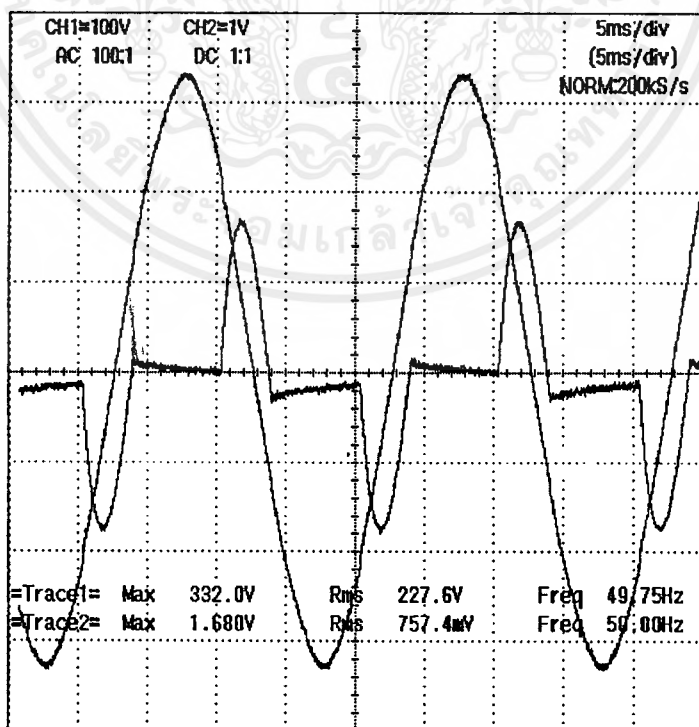
ต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 6.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.9 การต่ออุปกรณ์การทดลอง

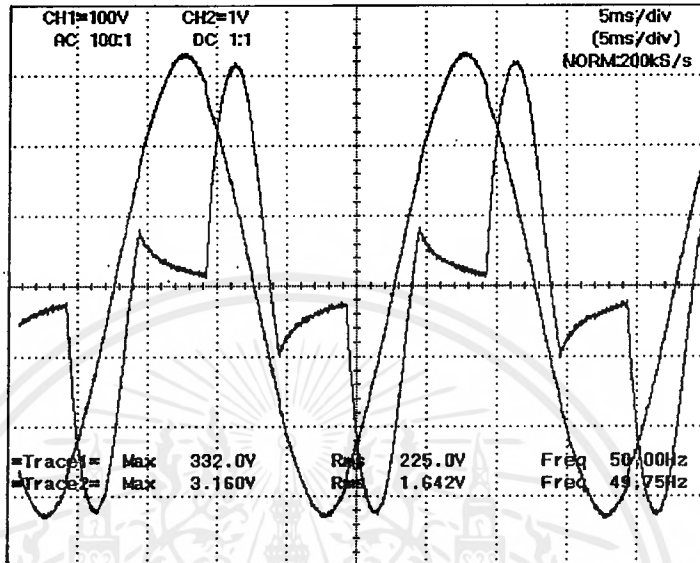
เมื่อทริกที่มุม 138° (Current Number 2) จะได้สัญญาณกระแสเปรียบเทียบกับแรงดันดังรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.10 แสดงกระแสเทียบกับแรงดันที่มุมทริกเกอร์ 138 องศา

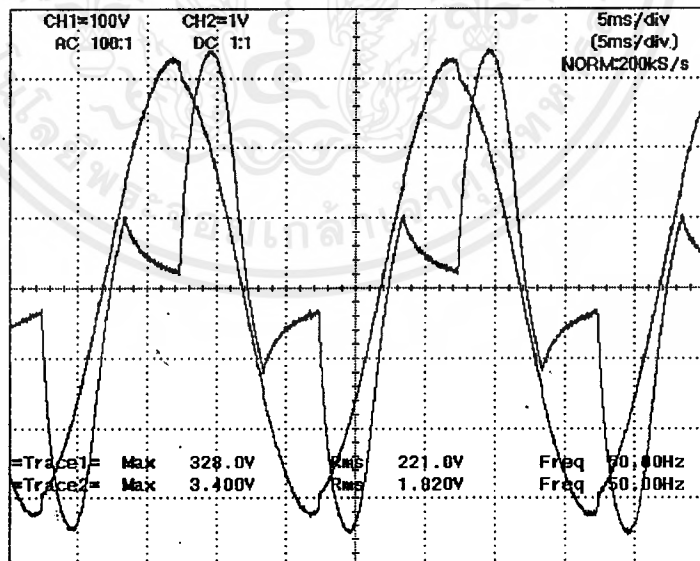
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทริกที่มุม 119° (Current Number 3) จะได้สัญญาณกระแสเปรียบเทียบกับโวลต์
 ดังรูปที่ 6.11



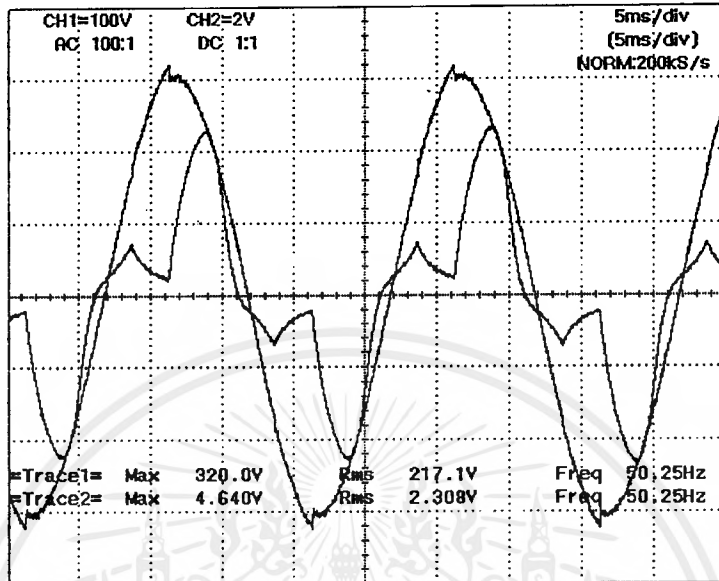
รูปที่ 6.11 แสดงกระแสเทียบกับแรงดันที่มุมทริกเกอร์ 119 องศา

เมื่อทริกที่มุม 99° (Current Number 4) จะได้สัญญาณกระแสเปรียบเทียบกับโวลต์
 ดังรูปที่ 6.12



รูปที่ 6.12 แสดงกระแสเทียบกับแรงดันที่มุมทริกเกอร์ 99 องศา

เมื่อทริกที่มุม 79° (Current Number 5) จะได้สัญญาณกระแสเปรียบเทียบกับโวลต์
 ดังรูปที่ 6.13



รูปที่ 6.13 แสดงกระแสเทียบกับแรงดันที่มุมทริกเกอร์ 79 องศา

บทที่ 7

สรุปผลและวิจารณ์

จากการออกแบบ และสร้างวงจรควบคุมเครื่องเชื่อมแบบจุดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้นสามารถทำการควบคุมการเชื่อมได้ โดยมีประสิทธิภาพเท่าเทียมกัน สามารถควบคุมเวลากด (Squeeze Time) เวลาเชื่อม(Weld Time) เวลาแช่(Hold Time) และกระแสเชื่อม(Weld Current) ได้ เหมือนกับการควบคุมแบบอนาล็อก โดยมีข้อดีกว่า คือ ในขั้นตอนการทำงานสามารถปรับตั้งค่า เวลาต่างๆได้ง่ายกว่าโดยใช้คีย์บอร์ด แสดงผลทางจอแอลซีดีได้ชัดเจน ง่ายต่อการทำงาน เมื่อมีการใส่ค่าผิดพลาดจะสามารถใช้ปุ่มรีเซ็ต เพื่อเริ่มต้นโปรแกรมใหม่ได้

ในการทดลองเชื่อมนั้น จะสามารถทำการเชื่อมได้ และเมื่อทำการปรับค่าต่างๆให้เหมาะสม กับโลหะแต่ละชนิดก่อนทำการเชื่อมจะทำให้รอยเชื่อมมีความแข็งแรง และสวยงาม

อย่างไรก็ตามการเชื่อมในบางครั้ง อาจเกิดข้อบกพร่องของรอยเชื่อม ซึ่งสาเหตุของรอย เชื่อมที่ไม่สมบูรณ์ อาจพิจารณาจากข้อมูลดังตาราง 7.1

ปัญหาที่เกิดขึ้น

1. ไม่มีอุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้าที่มีค่าสูง เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขั้วอิเล็กโทรดมีค่า สูงมาก
2. ไม่มีอุปกรณ์ในการพัฒนาโปรแกรมจึงทำให้พัฒนาได้ช้า

แนวทางการพัฒนา

1. เนื่องจากการควบคุมแบบเฟสคอนโทรลทำให้รูปร่างกระแสมีฮามอนิกส์(harmonics) และผลของค่าอินดักแตนซ์มาก จึงควรมีการติดตั้งฮามอนิกส์ฟิวเตอร์(harmonic filter)
2. ในการควบคุมควรเพิ่มการป้อนสัญญาณกระแสไฟฟ้ากลับไป(feedback) เพื่อให้ได้ กระแสเชื่อมตามต้องการ
3. การปล่อยกระแสเชื่อมอย่างต่อเนื่องทำให้ชิ้นงานที่ได้ไม่สวยงาม จึงควรมีการปล่อย กระแสเชื่อมเป็นช่วงๆ โดยใช้การควบคุมอาทิเช่น อินเวอร์เตอร์ (inverter) อินทิกรัลฮาฟไซเคิล (integral half cycle)

สาเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้ ข้อบกพร่อง	เกิดจากค่าที่ติดตั้ง			เกิดจากอิเล็กทรอนิกส์			เกิดจากความหมองของชิ้นงาน		อื่นๆ
	กระแส	ระยะเวลา ใช้กระแส	แรงกด	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง	พื้นที่ผิว	การหล่อเย็น	ผิว	การประกบ	
ความแข็งแรงไม่เพียงพอ	ต่ำเกินไป	สั้นเกินไป	มากเกินไป	โตเกินไป	ไม่สะอาด		ไม่สะอาด	ไม่ดี	
มีประกายพ่นภายใน	สูงเกินไป		น้อยเกินไป		หล่อเย็นไม่พอ		ไม่สะอาด	ไม่ดี	โปรแกรมให้กระแสไม่เหมาะสม
มีประกายพ่นภายนอก					หล่อเย็นไม่พอ		ไม่สะอาด	ไม่ดี	มีแรงกระทำมากเกินไป
กุดอิเล็กทรอนิกส์เกินไป หรือสีของจุด เปลี่ยน	สูงเกินไป	นานเกินไป	น้อยเกินไป	เล็กเกินไป	ไม่สะอาด				
รอยกุดอิเล็กทรอนิกส์เล็กน้อย	ต่ำเกินไป	นานเกินไป	มากเกินไป	เล็กเกินไป					
รอยกุดอิเล็กทรอนิกส์ใหญ่เกินไป	สูงเกินไป	สั้นเกินไป	น้อยเกินไป	โตเกินไป	ปลายทุ				
รอยกุดไม่กลมเหมือนปกติ		นานเกินไป	น้อยเกินไป		ปลายทุ		ไม่สะอาด	ไม่ดี	
ชิ้นงานหลอมผสมกับอิเล็กทรอนิกส์	สูงเกินไป	นานเกินไป	น้อยเกินไป	เล็กเกินไป	ไม่สะอาด		ไม่สะอาด		ความเร็วในการหล่อเย็นมากเกินไป
มีรอยร้าวที่ขอบรอยกด	สูงเกินไป	นานเกินไป	น้อยเกินไป	หล่อเย็นมากเกินไป					ขนาดกระแสและแรงกดไม่เหมาะสม
มีโพรงภายในจุด	สูงเกินไป	นานเกินไป	น้อยเกินไป	เล็กเกินไป	หล่อเย็นมากเกินไป				

ตารางที่ 7.1 สาเหตุ และข้อบกพร่องที่เกิดจากการเชื่อมแบบจุด

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

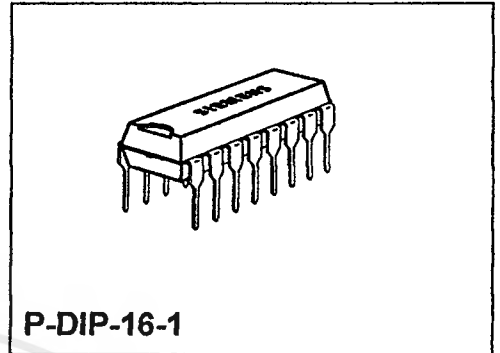
Phase Control IC

TCA 785

Bipolar IC

Features

- Reliable recognition of zero passage
- Large application scope
- May be used as zero point switch
- SL compatible
- Three-phase operation possible (3 ICs)
- Output current 250 mA
- Large ramp current range
- Wide temperature range



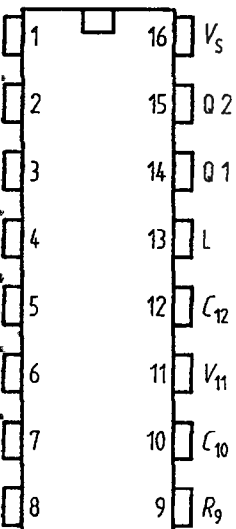
Part Number	Ordering Code	Package
TCA 785	Q67000-A2321	P-DIP-16-1

This phase control IC is intended to control thyristors, triacs, and transistors. The trigger pulses can be shifted within a phase angle between 0° and 180°. Typical applications include inverter circuits, AC controllers and three-phase current controllers.

This IC replaces the previous types TCA 780 and TCA 780 D.

Pin Definitions and Functions

Pin	Symbol	Function
1	GND	Ground
2	Q2	Output 2 inverted
3	Q U	Output U
4	Q2	Output 1 inverted
5	V_{SYNC}	Synchronous voltage
6	I	Inhibit
7	Q Z	Output Z
8	V_{REF}	Stabilized voltage
9	\bar{R}_9	Ramp resistance
10	C_{10}	Ramp capacitance
11	V_{11}	Control voltage
12	C_{12}	Pulse extension
13	L	Long pulse
14	Q 1	Output 1
15	Q 2	Output 2
16	V_S	Supply voltage



Configuration

(view)

Functional Description

The synchronization signal is obtained via a high-ohmic resistance from the line voltage (V_s). A zero voltage detector evaluates the zero passages and transfers them to the synchronization register.

The synchronization register controls a ramp generator, the capacitor C_{10} of which is charged with a constant current (determined by R_9). If the ramp voltage V_{10} exceeds the control voltage (triggering angle ϕ), a signal is processed to the logic. Dependent on the magnitude of the control voltage V_{11} , the triggering angle ϕ can be shifted within a phase angle of 0° to 180° .

Every half wave, a positive pulse of approx. $30 \mu s$ duration appears at the outputs Q 1 and Q 2. The pulse duration can be prolonged up to 180° via a capacitor C_{12} . If pin 12 is connected to ground, pulses with a duration between ϕ and 180° will result.

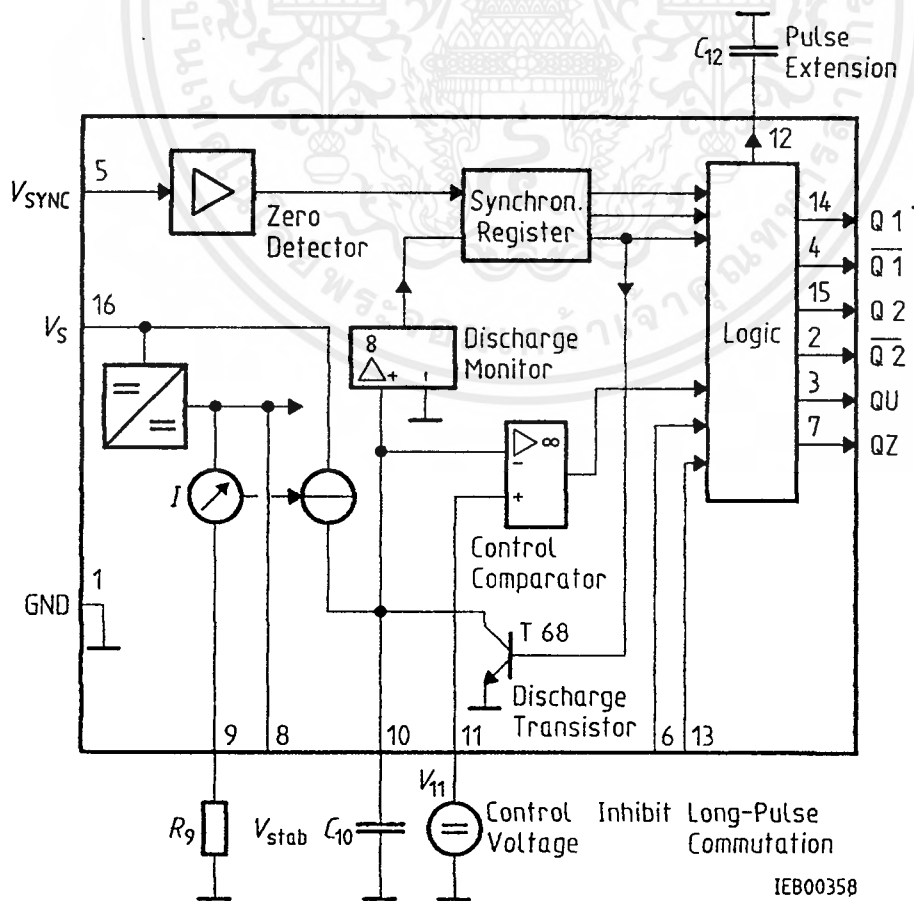
Outputs $\overline{Q1}$ and $\overline{Q2}$ supply the inverse signals of Q 1 and Q 2.

A signal of $\phi + 180^\circ$ which can be used for controlling an external logic, is available at pin 3.

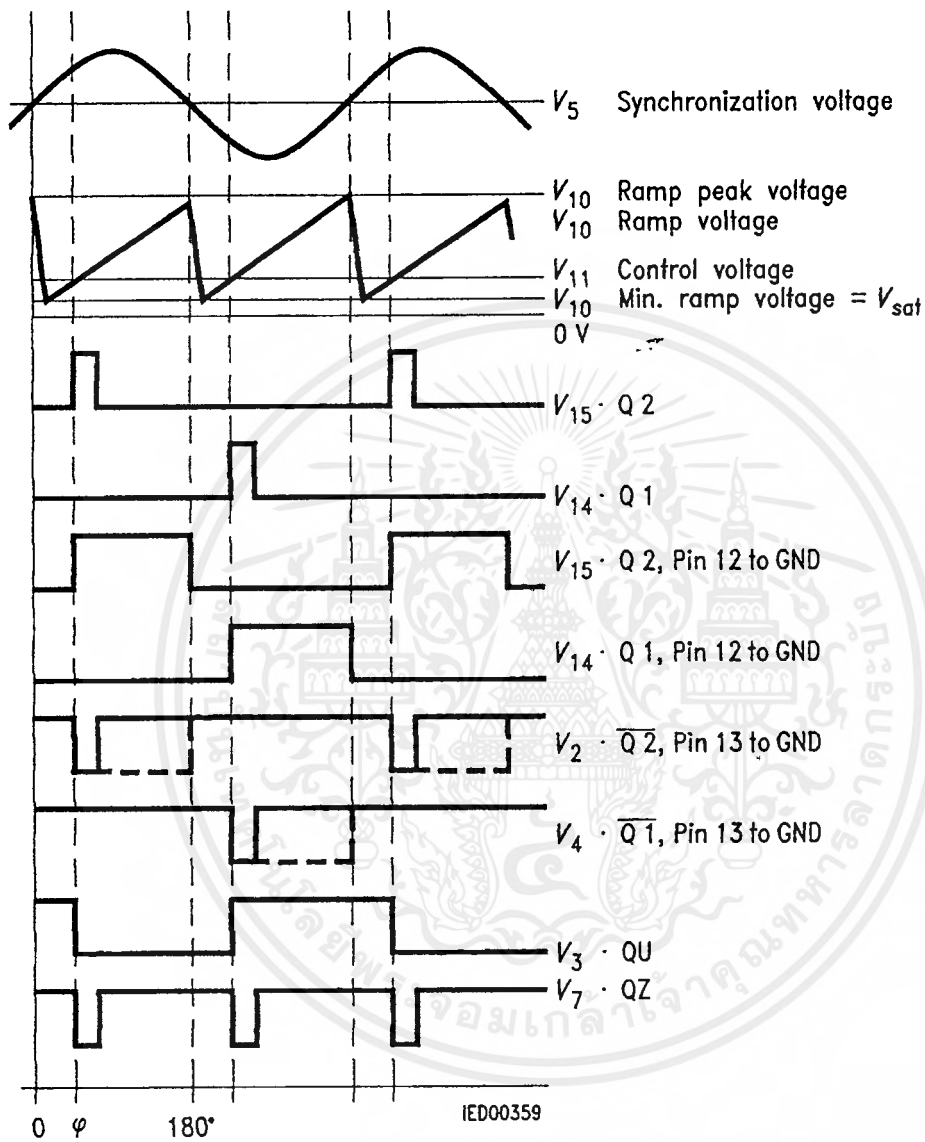
A signal which corresponds to the NOR link of Q 1 and Q 2 is available at output Q Z (pin 7).

An inhibit input can be used to disable outputs Q1, Q2 and $\overline{Q1}$, $\overline{Q2}$.

Pin 13 can be used to extend the outputs $\overline{Q1}$ and $\overline{Q2}$ to full pulse length ($180^\circ - \phi$).



Block Diagram



Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit
		min.	max.	
Supply voltage	V_S	-0.5	18	V
Output current at pin 14, 15	I_Q	-10	400	mA
Input bit voltage	V_6	-0.5	V_S	V
Control voltage	V_{11}	-0.5	V_S	V
Stage short-pulse circuit	V_{13}	-0.5	V_S	V
Synchronization input current	V_5	-200	± 200	μA
Output voltage at pin 14, 15	V_Q		V_S	V
Output current at pin 2, 3, 4, 7	I_Q		10	mA
Output voltage at pin 2, 3, 4, 7	V_Q		V_S	V
Junction temperature	T_j		150	C
Storage temperature	T_{stg}	-55	125	C
Thermal resistance sem - air	$R_{th SA}$		80	K/W

Operating Range

Supply voltage	V_S	8	18	V
Operating frequency	f	10	500	Hz
Ambient temperature	T_A	-25	85	C

Characteristics

$V_S \leq 18 V$; $-25 C \leq T_A \leq 85 C$; $f = 50 Hz$

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Supply current consumption S6 open $V_S = 0 V$ $C_1 = 47 nF$; $R_9 = 100 k\Omega$	I_S	4.5	6.5	10	mA	1
Synchronization pin 5 Input current Control voltage varied	$I_{5 rms}$	30		200	μA	1
Control voltage Input resistance	ΔV_5		30	75	mV	4
Control input pin 11 Control voltage range Input resistance	V_{11} R_{11}	0.2	15	$V_{10 peak}$	V k Ω	1 5

Characteristics (cont'd)

$V_s \leq 18 \text{ V}; -25 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85 \text{ }^\circ\text{C}; f = 50 \text{ Hz}$

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Ramp generator average current max. ramp voltage saturation voltage at capacitor ramp resistance sawtooth return time	I_{10} V_{10} V_{10} R_9 t_r	10 100 3	 225 80	 1000 $V_2 - 2$ 350 300	μA V mV $\text{k}\Omega$ μs	 1 1.6 1 1
Output pin 6 Switch-over of pin 7 outputs disabled outputs enabled signal transition time output current $V = 8 \text{ V}$ output current $V = 1.7 \text{ V}$	V_{6L} V_{6H} t_r I_{6H} $-I_{6L}$	 4 1 80	 3.3 3.3 500 150	 2.5 5 800 200	V V μs μA μA	1 1 1 1 1
Deviation of I_{10} $V = \text{const.}$ $V = 12 \text{ V}; C_{10} = 47 \text{ nF}$ Deviation of I_{10} $V = \text{const.}$ $V = 8 \text{ V to } 18 \text{ V}$ Deviation of the ramp voltage between 2 following f-waves, $V_s = \text{const.}$	I_{10} I_{10} $\Delta V_{10 \text{ max}}$	-5 -20	 ± 1	5 20 %	% % %	1 1 1
Output pulse switch-over pin 13 Switch-over of S8 short pulse at output long pulse at output output current $V = 8 \text{ V}$ output current $V = 1.7 \text{ V}$	V_{13H} V_{13L} I_{13H} $-I_{13L}$	3.5 45	2.5 2.5 65	 2 10 100	V V μA μA	1 1 1 1
Outputs pin 2, 3, 4, 7 reverse current $V = V_s$ saturation voltage $I = 2 \text{ mA}$	I_{CEO} V_{sat}	 0.1	 0.4	10 2	μA V	2.6 2.6

Characteristics (cont'd)

 $V_S \leq 18 \text{ V}; -25 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85 \text{ }^\circ\text{C}; f = 50 \text{ Hz}$

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Outputs pin 14, 15 output voltage $I_O = 250 \text{ mA}$	$V_{14/15H}$	$V_S - 3$	$V_S - 2.5$	$V_S - 1.0$	V	3.6
output voltage $I_O = 2 \text{ mA}$	$V_{14/15L}$	0.3	0.8	2	V	2.6
rise width (short pulse) open	t_p	20	30	40	μs	1
fall width (short pulse) with C_{12}	t_p	530	620	760	$\mu\text{s}/\text{nF}$	1
Internal voltage control reference voltage	V_{REF}	2.8	3.1	3.4	V	1
Parallel connection of ICs possible of reference voltage	ΔV_{REF}		2×10^{-4}	5×10^{-4}	1/K	1

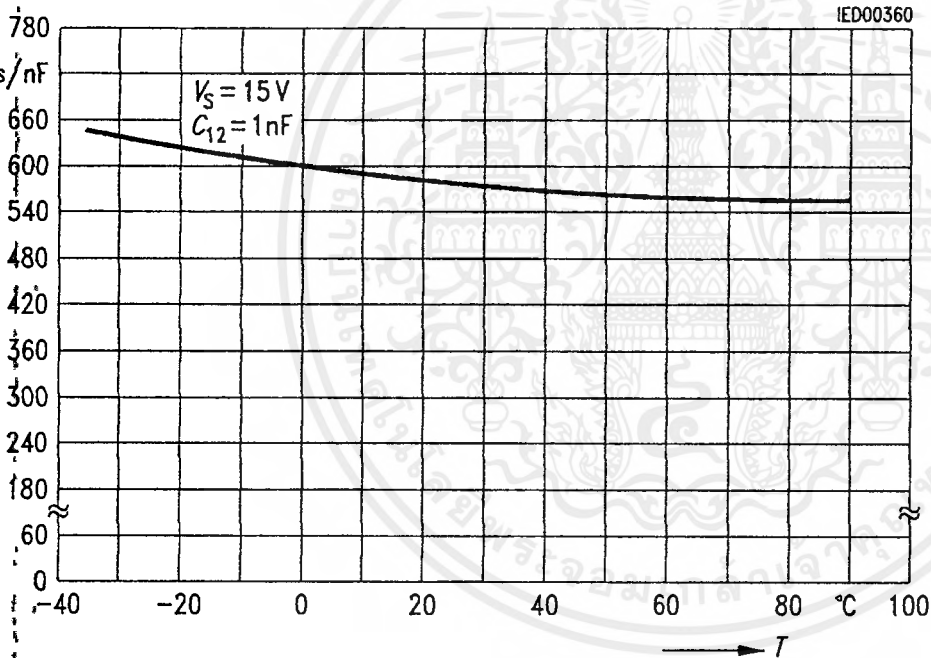
f

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints for External Components

		min	max	
Capacitance	C_{10}	500 pF	$1 \mu\text{F}^{1)}$	The minimum and maximum values of I_{10} are to be observed
Triggering point	$t_{Tr} =$	$\frac{V_{11} \times R_9 \times C_{10}}{V_{REF} \times K}$	2)	
Ramp current	$I_{10} =$	$\frac{V_{REF} \times K}{R_9}$	2)	Ramp voltage $V_{10 \max} = V_S - 2 \text{ V}$ $V_{10} = \frac{V_{REF} \times K \times t}{R_9 \times C_{10}}$ 2)

Gain Extension versus Temperature

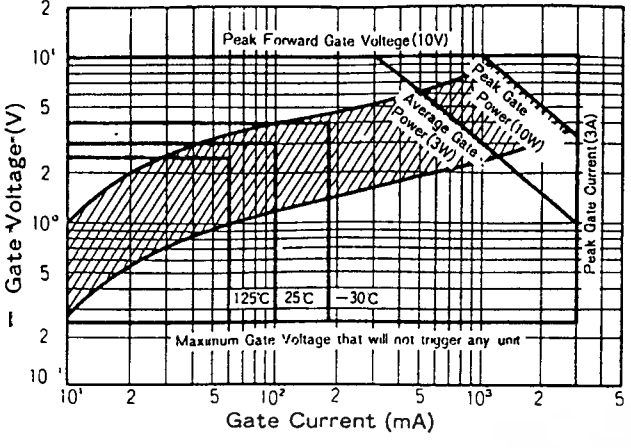


Attention to flyback times

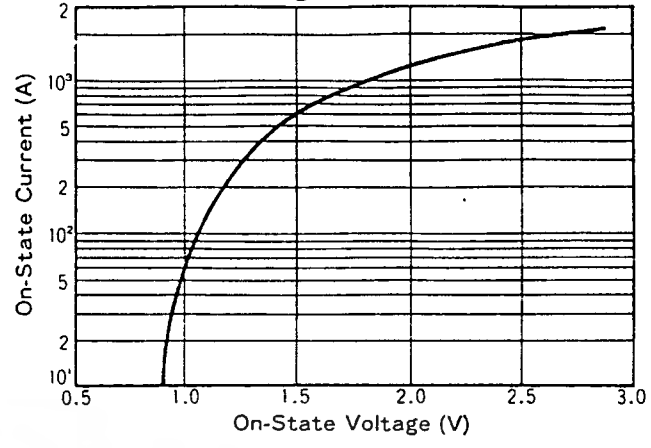
$\pm 1.10 \pm 20 \%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

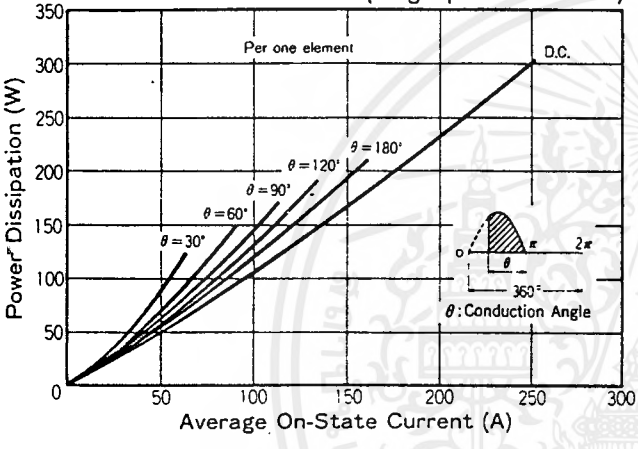
Gate Characteristics



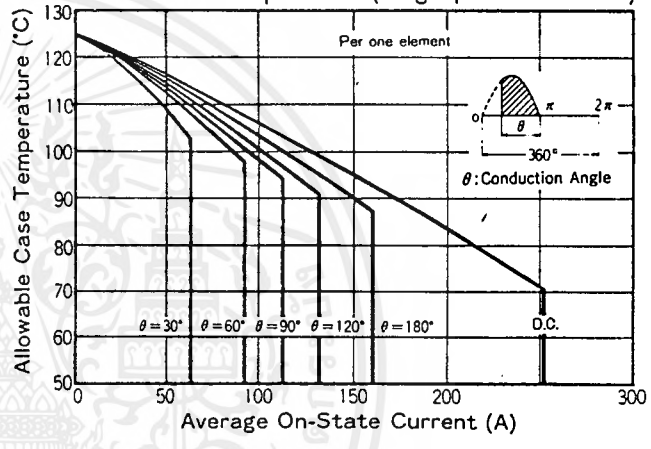
On-State Voltage max



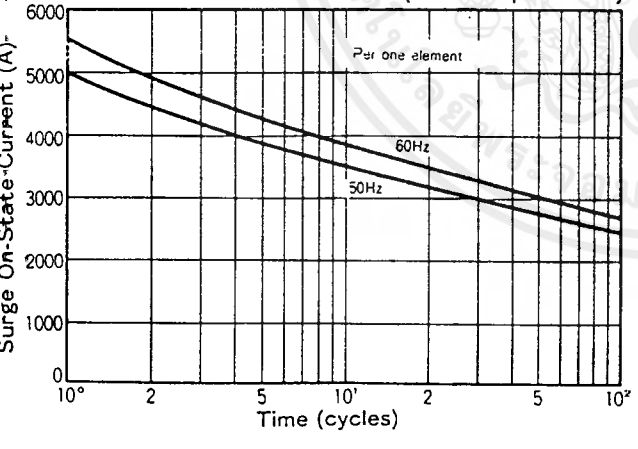
Average On-State Current Vs Power Dissipation (Single phase half wave)



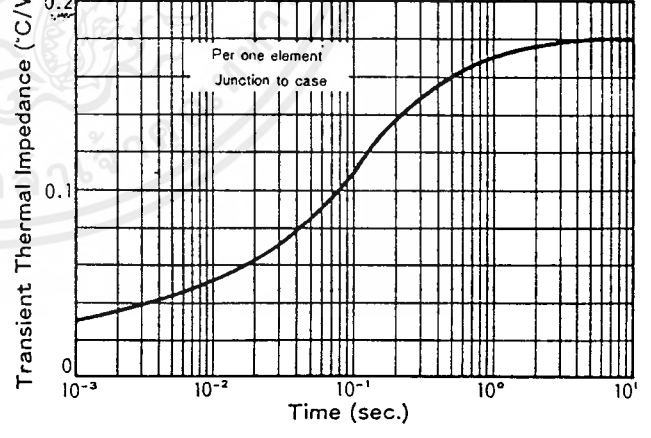
Average On-State Current Vs Maximum Allowable Case Temperature (Single phase half wave)



Surge On-State Current Rating (Non-Repetitive)

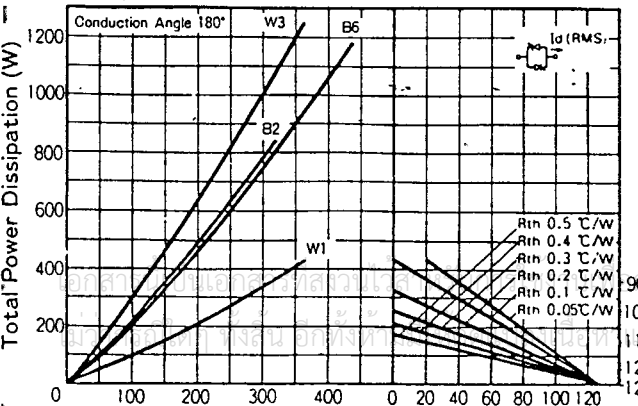


Transient Thermal Impedance



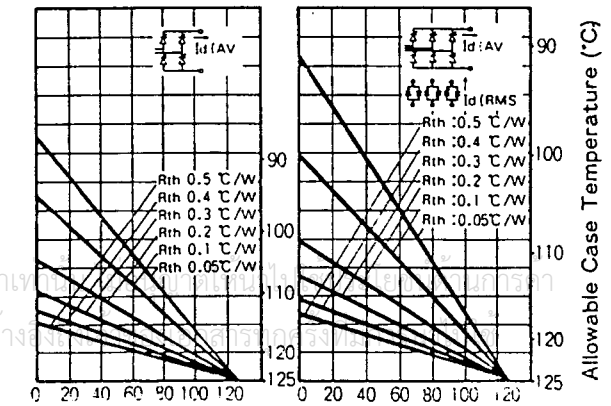
Output Current

W1 ; Bidirectional connection



B2 Two pulse bridge connection

B6 ; Six pulse bridge connection
W3 ; Three phase bidirectional connection



Description of Terminals

Symbol	Function
V _{SS}	Signal ground (GND)
V _{DD}	Power supply for logic (+5V)
V _O	Operating voltage for LCD (variable)
RS	Register selection input High = Data register Low = Instruction register (for write) Busy flag address counter (for read)
R/W	R/W signal input is used to select the read write mode High = Read mode. Low = Write mode
E	Start enable signal to read or write the data
DB0- DB3	Four low order bi-directional three-state data bus lines. Use for data transfer between the MPU and the LCD module. These four are not used during 4-bit operation.
DB4- DB7	For high order bi-directional three-state data bus lines. Used for data transfer between the MPU and the LCD module. DB7 can be used as a busy flag.
A	Power supply for LED backlight (+)
K	Power supply for LED backlight (-)

POWERTIP TECHNOLOGY CORPORATION

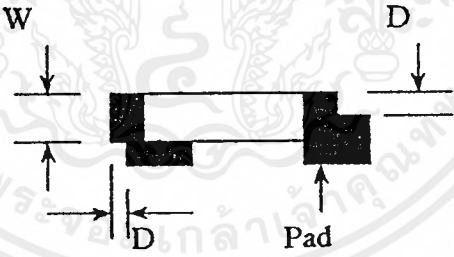
Out Going Inspection Specification

1. Inspection Standard : MIL-STD-105E Table Normal Inspection Single Sampling Level II ◦
2. Defect Level : Major Defect AQL 1.0 ; Minor Defect AQL 2.5 ◦
3. Equipment : Gauge 、 MIL-STD 、 Powertip Tester 、 Sample ◦
4. Specification :

NO	Item	Specification	Judge	Level		
1	Part Number	Inconsistent with the P/N on the flow chart of production	N.G.	Major		
2	Quantity	Inconsistent Q'TY with the flow chart of production	N.G.	Major		
3	Electronic characteristics $A=(L+W) \div 2$	Display short	N.G.	Major		
		Missing line	N.G.	Major		
		Dot missing $A > 1/2$ Dot size	N.G.	Major		
		No function	N.G.	Major		
		Out put data error	N.G.	Major		
4	Appearance $A=(L+W) \div 2$ Dirty particle (Include scratch 、 bubble)	Material difference with flow chart	N.G.	Major		
		LCD Assembled in opposite direction	N.G.	Major		
		Bezel assembled in opposite direction	N.G.	Major		
		Shadow within LCD. $V/A + 1.0$ mm	N.G.	Major		
		Dirty particle $A > 0.4$ mm	N.G.	Minor		
		Dirty particle length > 3.0 mm And $0.01\text{mm} < \text{Width} \leq 0.05\text{mm}$ (Width $> 0.05\text{mm}$ Measure by area)	N.G.	Minor		
		Without protective film	N.G.	Minor		
		Conductive rubber over bezel	N.G.	Minor		
		5	PCB Appearance $A=(L+W) \div 2$	Burned PCB	N.G.	Major
				Green paint stripped & visible circuit $A > 1.0$ mm (Finish coat not counted in)	N.G.	Minor
A particle across the circuit	N.G.			Minor		
Circuit split $> 1/2$ Circuit width	N.G.			Minor		
Any circuit risen	N.G.			Minor		
$0.2\text{mm} < \text{Tin ball area } A \leq 0.4\text{mm}$ And Q'TY > 4 Pieces	N.G.			Minor		
Tin ball area $A > 0.4\text{mm}$	N.G.			Minor		

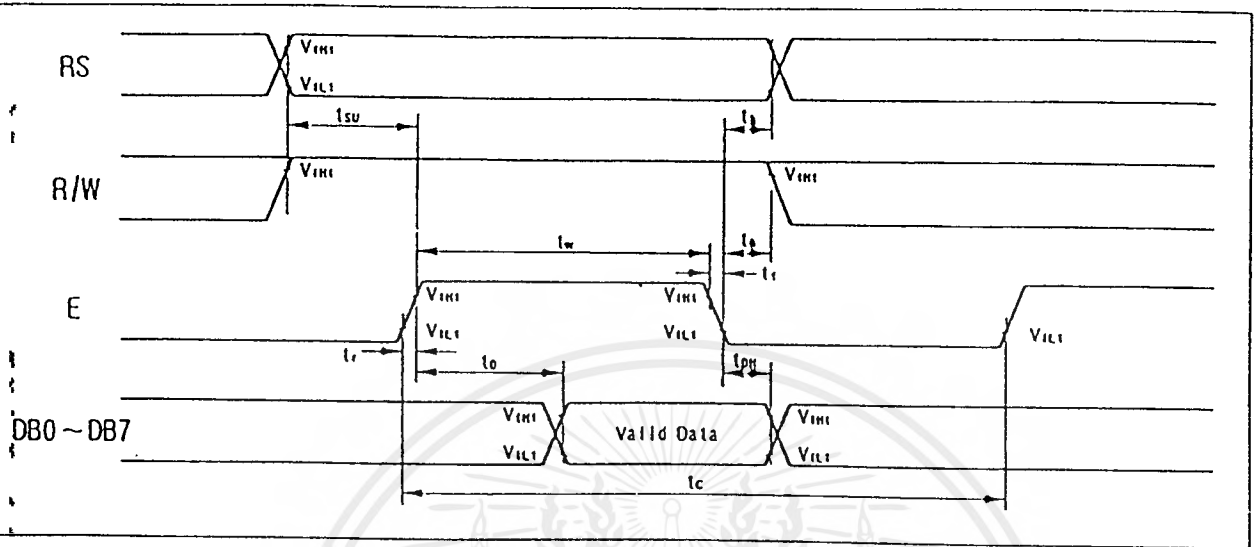
Ver:0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

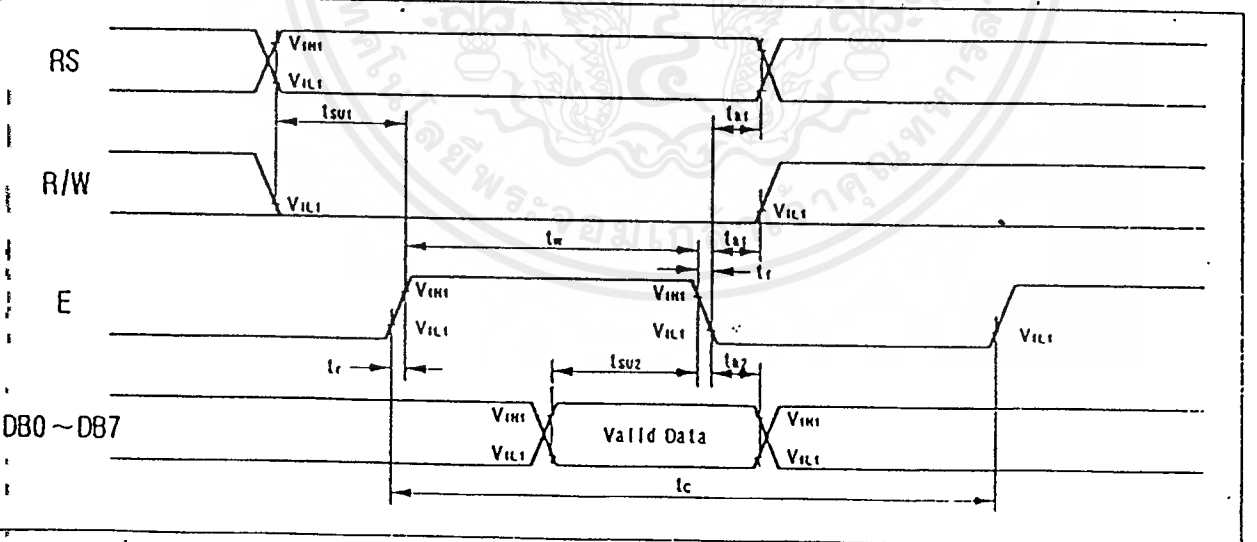
N O	Item	Specification	Judge	Level
6	Molding appearance $A=(L+W)\div 2$	Too soft : Shape by touch changed	N.G.	Major
		Insufficient epoxy : IC circuit or IC pad visible	N.G.	Minor
		Excessive epoxy : Diameter $> 20\text{mm}$ Or High $> 2.5\text{mm}$	N.G.	Minor
		Pin hole through to IC and $A > 0.2\text{mm}$	N.G.	Minor
7	Bezel appearance $A=(L+W)\div 2$	Angle between frame and TAB $> 45^\circ + 10^\circ$	N.G.	Minor
		Electroplate strip $A > 1.0\text{mm}$ (Top view only)	N.G.	Minor
		Rust (Top view only)	N.G.	Minor
		Crack	N.G.	Minor
8	Backlight electric characteristics $A=(L+W)\div 2$	Error backlight color	N.G.	Major
		No function	N.G.	Major
		Any LED dot no function	N.G.	Major
		PIN soldering without tin $A > 1/2$ solder pad	N.G.	Minor
		Solder PIN high $> 1.5\text{mm}$	N.G.	Minor
9	LCD Appearance $A=(L+W)\div 2$	Polarize rise over V/A	N.G.	Minor
		Rainbow $A > 1/3$ bezel V/A	N.G.	Minor
10	Assembly parts $A=(L+W)\div 2$	Components mark unclearly	N.G.	Minor
		Components' distance more than 0.7mm firm the PCB	N.G.	Minor
		Error position not in center $D > 1/2W$	N.G.	Minor
				
		Non- solder area $>$ Twice solder area	N.G.	Minor
		Flux area $A > 1/3$ solder area	N.G.	Minor
		Component broken	N.G.	Minor

Timing Characteristics

Read cycle



Write cycle



POWERTIP TECHNOLOGY CORPORATION

Display Commands

Command	RS	R/W	DB ₇	DB ₆	DB ₅	DB ₄	DB ₃	DB ₂	DB ₁	DB ₀	execution time (fosc = 250kHz)	Remark																		
DISPLAY CLEAR	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	1.64ms																			
RETURN HOME	L	L	L	L	L	L	L	L	H	X	1.64ms	cursor move to first digit																		
ENTRY MODE SET	L	L	L	L	L	L	L	H	I/O	SH	40µs	*I/O: set cursor move direction <table border="1"> <tr><td>I/O</td><td>H</td><td>Increase</td></tr> <tr><td>I/O</td><td>L</td><td>Decrease</td></tr> </table> *SH Specifies shift of display <table border="1"> <tr><td>SH</td><td>H</td><td>display is shifted</td></tr> <tr><td>SH</td><td>L</td><td>display is not shifted</td></tr> </table>	I/O	H	Increase	I/O	L	Decrease	SH	H	display is shifted	SH	L	display is not shifted						
I/O	H	Increase																												
I/O	L	Decrease																												
SH	H	display is shifted																												
SH	L	display is not shifted																												
DISPLAY ON/OFF	L	L	L	L	L	L	H	D	C	B	40µs	* Display <table border="1"> <tr><td>D</td><td>H</td><td>Display on</td></tr> <tr><td>D</td><td>L</td><td>Display off</td></tr> </table> * Cursor <table border="1"> <tr><td>C</td><td>H</td><td>Cursor on</td></tr> <tr><td>C</td><td>L</td><td>Cursor off</td></tr> </table> *Blinking <table border="1"> <tr><td>B</td><td>H</td><td>Blinking on</td></tr> <tr><td>B</td><td>L</td><td>Blinking off</td></tr> </table>	D	H	Display on	D	L	Display off	C	H	Cursor on	C	L	Cursor off	B	H	Blinking on	B	L	Blinking off
D	H	Display on																												
D	L	Display off																												
C	H	Cursor on																												
C	L	Cursor off																												
B	H	Blinking on																												
B	L	Blinking off																												
SHIFT	L	L	L	L	L	H	S/C	R/L	X	X	40µs	<table border="1"> <tr><td>SC</td><td>H</td><td>Display shift</td></tr> <tr><td>SC</td><td>L</td><td>Cursor move</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><td>R/L</td><td>H</td><td>Right shift</td></tr> <tr><td>R/L</td><td>L</td><td>Left shift</td></tr> </table>	SC	H	Display shift	SC	L	Cursor move	R/L	H	Right shift	R/L	L	Left shift						
SC	H	Display shift																												
SC	L	Cursor move																												
R/L	H	Right shift																												
R/L	L	Left shift																												
SET FUNCTION	L	L	L	L	H	DL	N	F	X	X	40µs	<table border="1"> <tr><td>DL</td><td>H</td><td>8 bits interface</td></tr> <tr><td>DL</td><td>L</td><td>4 bits interface</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><td>N</td><td>H</td><td>2 line display</td></tr> <tr><td>N</td><td>L</td><td>1 line display</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><td>F</td><td>H</td><td>5X10 dots</td></tr> <tr><td>F</td><td>L</td><td>5X7 dots</td></tr> </table>	DL	H	8 bits interface	DL	L	4 bits interface	N	H	2 line display	N	L	1 line display	F	H	5X10 dots	F	L	5X7 dots
DL	H	8 bits interface																												
DL	L	4 bits interface																												
N	H	2 line display																												
N	L	1 line display																												
F	H	5X10 dots																												
F	L	5X7 dots																												
SET CG RAM ADDRESS	L	L	L	H	CG RAM address (corresponds to cursor address)					40µs	CG RAM Data is sent and received after this setting																			
SET DO RAM ADDRESS	L	L	H	DO RAM address					40µs	DO RAM Data is sent and received after this setting																				
READ BUSY FLAG & ADDRESS	L	H	BF	Address Counter used for Both DO & CG RAM address					0µs	<table border="1"> <tr><td>BF</td><td>H</td><td>Busy</td></tr> <tr><td>BF</td><td>L</td><td>Ready</td></tr> </table> - Reads BF indication internal operating is being performed. - reads address counter contents	BF	H	Busy	BF	L	Ready														
BF	H	Busy																												
BF	L	Ready																												
WRITE DATA	H	L	Write Data					46µs	Write data into DO or CG RAM																					
READ DATA	H	H	Read Data					46µs	Read data from DO or CGRAM																					

X: Don't care

CHARACTER PATTERN (EB)

		Higher 4-bit (D4 to D7) of Character Code (Hexadecimal)															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
Lower 4-bit (D0 to D3) of Character Code (Hexadecimal)	0	CG RAM (1)	+		0	P		F	0	a							
	1	CG RAM (2)	≡	.	1	A	a	7	U	a							
	2	CG RAM (3)	7	.	2	R	b	r	e	e	a						
	3	CG RAM (4)	L	#	3	O	c	a	0	0							
	4	CG RAM (5)	7	*	4	D	t	a	a	*							
	5	CG RAM (6)	7	7	5	E	e	e	e	e	e						
	6	CG RAM (7)	7	6	6	F	t	v	a	0	*						
	7	CG RAM (8)	7	*	7	a	e	e	0	*	*						
	8	CG RAM (1)	7	.	8	A	N	K	0	*	*						
	9	CG RAM (2)	7	.	9	V											
	A	CG RAM (3)	.	*	A	Z											
	B	CG RAM (4)	7	*	B	K											
	C	CG RAM (5)	≡	.	C												
	D	CG RAM (6)	≡	≡	D												
	E	CG RAM (7)	≡	.	E												
	F	CG RAM (8)	≡	.	F												

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปริญญานิพนธ์เรื่องเครื่องเชื่อมแบบจุดควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Spot Welder By Microcontroller) คณะผู้จัดทำจะไม่สามารถทำงานลุล่วงไปได้ด้วยดี ถ้าหากไม่ได้ข้อเสนอแนะและคำปรึกษา ทั้งการอนุเคราะห์จากอาจารย์คูสิต สุขสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา รวมทั้งคณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ให้ความสะดวกในการทำงาน พร้อมทั้งคำปรึกษาและแนวทางที่ถูกต้องตลอดจนเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน ซึ่งมีผลทำให้โครงการนี้ดำเนินงานเป็นไปอย่างมีลำดับขั้นตอนตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณบุคคลที่ได้กล่าวนามมาแล้วเป็นอย่างสูง

คณะผู้จัดทำ

นายทัศนัย	อินทรบุญสม
นายพิทักษ์พงศ์	ควรรุชชัย
นายพิพัฒน์ชัย	เพ่งศรี
นายมนโฑย	เหล่ามงคลชัย
นายสรารุช	สุริยะ

เอกสารอ้างอิง

1. ปานเพชร ชินินทร, ขวัญชัย สันทิพย์สมบูรณ์, “นิวแมติกอุตสาหกรรม”, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2539.
2. อุดม สีลคุณ, “65 เรื่องน่ารู้เทคนิคเครื่องกล”, รวบรวมบทความทางด้านเครื่องกล จากวารสารเทคนิคชุดที่ 3, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2534, หน้า 324-328.
3. ชัชชัย สุมิตร, “รีเลย์ ป้องกันระบบพลังงานไฟฟ้า”, โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), หน้า 43-45.
4. เจริญ พรหมคชสุดา, สมบูรณ์ เต็งหงษ์เจริญ, บัณฑิต ใจชื่น, “เชื่อมโลหะ 1”, หจก. เทคนิค 19, พิมพ์ครั้งที่ 1, มี. ย. 39, หน้า 6-2 ถึง 6-35.
5. วิริยะ พิเศษฐจำริญ, “เพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์”, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
6. อุดมศักดิ์ ชัยยีน, “Power Electronics I”, 2528.
7. สุเจตน์ จันทรัมย์, “ไมโครคอนโทรลเลอร์ชิพเดี่ยว 8051”, 2535.
8. ไกรวุฒิ โรจน์ประเสริฐสุด, “เข้า/สร้าง/เล่น ไมโครโปรเซสเซอร์ 2”, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2539.