



ปีการศึกษา 2537

การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
DC MOTOR CONTROLLER

วัน เดือน ปี 19 ม.ค. 2539
เลขทะเบียน 034966
เลขเรียกหนังสือ ๙๖๙๒๖๖ ๓.๓

โดย

นายदनัย เขียวเฉลิมศรี
นายธีระ พันธุ์พฤษ
นายวีระพงศ์ โรจนวโรดม
นายกานต์กฤติชัย นิมสมบูรณ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ พิชิต ล้ายอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ปริญญาโทปีการศึกษา 2537

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ผู้จัดทำ

- 
1. นายदनัย เทียวเฉลิมศรี
 2. นายธีระ พันธุ์พฤษ์
 3. นายวีระพงษ์ โจรนาโรดม
 4. นายกานต์กฤติชัย นิมสมบุญ



อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ พิชิต ล้ายอง)

การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

นาย ดนัย เขียวเฉลิมศรี

นาย ธีระ พันธุ์พุกกะ

นาย วีระพงษ์ โรจนวโรดม

นาย กานต์กฤติชัย นิมสมบุญ

อาจารย์ พิชิต ล้ำยอง อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2537

บทคัดย่อ

การใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงนั้น ในปริญญาานิพนธ์ได้แยกเป็น 2 ส่วนคือ ฮาร์ดแวร์ (Hardware) และ ซอฟต์แวร์ (Software) ทางด้าน ฮาร์ดแวร์ได้แก่ ส่วนที่เป็น วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์คู่ (Dual Full Wave Bridge Converter) มี SCR ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ควบคุมการเปิดปิดวงจรตามลักษณะของสัญญาณควบคุมการกระตุ้น (Trig) ให้ได้ระดับแรงดันที่ขั้วของมอเตอร์เพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่ต้องการ ส่วนทางด้านซอฟต์แวร์นั้นใช้ MCS 51 เป็นไมโครโปรเซสเซอร์คำนวณมุมกระตุ้น แล้วจัดการส่งข้อมูลเป็น ดิจิตอล 8 บิตมายังวงจรแปลงสัญญาณเพื่อมาควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์สร้างสัญญาณกระตุ้นที่ต้องการ และมีการวัดความเร็วย้อนกลับมาด้วยเพื่อนำมาเปรียบเทียบและใช้ในการควบคุมความเร็ว

DC MOTOR CONTROLLER

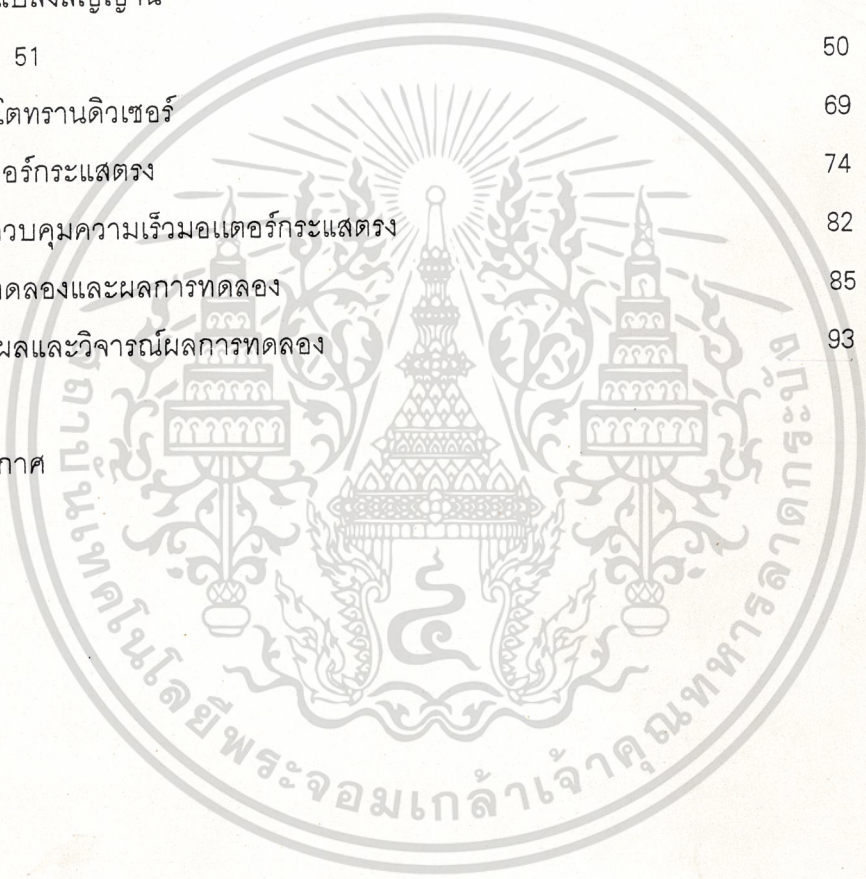
DANAI CHIEWCHALERMSRI
TEERA PHANPHRUK
VEERAPONG ROJJANAWARODOM
KARNKRIDIT NIMSOMBUN
PHICHIT LUMYONG ADVISOR
1994

ABSTRACT

Controlling dc motor speed by using microprocessor in this study is seperated in to 2 parts.First one is hardware and the rest is software.Hardware consists of Dual Full Wave Bridge Converter and electronics circuits. 4 SCR are used in bridge conveter.This part serves as a controllable switch.It's controlled by firing angle to accomplish desired voltage.Firng angle is created by electronics circuit.The reason why we have to created desired voltage because this leads to desired speed of DC motor.In software part we use MCS 51 as a microprocessor to calculate firing angle .And it sends 8 bit digital signal to Digital Analog Converter part to transform into analog signal.This signal is sent to control electronics circuit to acheive desired firing angle.And we guage speed by speed sensing part to compare with the desied speed for closed-loop control.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญรูป	III
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอสซีอาร์	4
บทที่ 3 เครื่องแปลงสัญญาณ D/A และ A/D	37
บทที่ 4 หม้อแปลงสัญญาณ	46
บทที่ 5 MCS 51	50
บทที่ 6 ออฟโตทรานสดิวเซอร์	69
บทที่ 7 มอเตอร์กระแสตรง	74
บทที่ 8 การควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง	82
บทที่ 9 การทดลองและผลการทดลอง	85
บทที่ 10 สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	93
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเอสซีอาร์	5
รูปที่ 2.2 กราฟแสดงลักษณะคุณสมบัติของเอสซีอาร์ทั้ง 4 ควอดรันต์	7
รูปที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโวลเตจและกระแสของเอสซีอาร์ที่ กระแสเกิดต่างๆกัน	8
รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความไวของเกตเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ	9
รูปที่ 2.5 การนำกระแสของเอสซีอาร์	10
รูปที่ 2.6 ช่วงเวลาหยุดนำกระแส	12
รูปที่ 2.7 กราฟระหว่างเวลาที่ใช้ในการหยุดกระแส กับ กระแสเอาโนด	16
รูปที่ 2.8 ช่วงเวลาหยุดนำกระแสเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น	17
รูปที่ 2.9 การปรับอัตราการเปลี่ยนแปลงกระแสเอาโนดในช่วงหยุดนำกระแส	18
รูปที่ 2.10 แสดงเวลาน้อยที่สุดที่ต้องรักษาสัญญาณทริก	20
รูปที่ 2.11 แสดงวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น	23
รูปที่ 2.12 การควบคุมเต็มเฟสแบบบริดจ์ด้วยภาวะความต้านทาน	25
รูปที่ 2.13 วงจรกระตุ้น	26
รูปที่ 2.14 การควบคุมเต็มเฟสเดียวกับภาวะอินดักทีฟโหลด	28
รูปที่ 2.15 วงจรขยายสัญญาณกระตุ้น	29
รูปที่ 2.16 แสดงถึงสัญญาณที่ได้จากวงจรจากจุดต่างๆ	30
รูปที่ 2.17 แสดงการทำงานของวงจระสเตรเบิลและรูปคลื่นของวงจรมัน	32
รูปที่ 2.18 ความถี่ในการออสซิลเลตซึ่งหาจากความต้านทานและตัวเก็บประจุ	33
รูปที่ 2.19 แสดงหม้อแปลงสัญญาณ	36
รูปที่ 3.1 แสดงวงจรแปลงสัญญาณ A/D	39
รูปที่ 3.2 แสดงแผนผังเวลาของรูปคลื่นที่จุดต่างๆ	40
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรแปลงสัญญาณ D/A โดยใช้ DAC 0808	43
รูปที่ 3.4 แสดงการทำงานของวงจร DAC	45
รูปที่ 4.1 การส่งของความเร็วและสัญญาณขนาดยาว	46
รูปที่ 4.2 หม้อแปลงสัญญาณใช้ขั้วเกตของ เอสซีอาร์	47
รูปที่ 4.3 การต่อแบบต่างๆของหม้อแปลงสัญญาณสำหรับกระตุ้นเอสซีอาร์ 2 ตัว	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.1	แสดงตำแหน่งขาของไมโครชิปคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	51
รูปที่ 5.2	แสดงวงจรสำหรับรีเซตชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	55
รูปที่ 5.3	โครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	56
รูปที่ 5.4	แสดงโครงสร้างหน่วยความจำทั้งหมดของ MCS-51	58
รูปที่ 5.5	แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป MCS-51	59
รูปที่ 5.6	แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปทั้งสองส่วน	60
รูปที่ 5.7	แสดงโครงสร้างและตำแหน่งของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะในMCSs-51	61
รูปที่ 5.8	แสดงการเลือกรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 แต่ละกลุ่ม	6 3
รูปที่ 6.1	ลักษณะทั่วไปของแอลดีอาร์และสัญญาณ	69
รูปที่ 6.2	แสดงรูปโครงสร้างของอุปกรณ์ตัวปล่อยแสงและดีเทคแสง	71
รูปที่ 6.3	อุปกรณ์ตรวจสอบการสะท้อนแสงสร้างขึ้นจากตัวรับแสงและตัวปล่อยแสง	72
รูปที่ 6.4	ตัวอย่างการใช้อุปกรณ์ตรวจสอบการตัดแสงและการสะท้อนแสงสำหรับวัดความเร็วรอบของเฟลา	72
รูปที่ 6.5	การเชื่อมต่อด้วยออปโตไอโซเลเตอร์	73
รูปที่ 7.1	ก.แสดงถึงองค์ประกอบที่สำคัญของมอเตอร์กระแสตรง	74
รูปที่ 7.1	ข.แสดงถึงสัญญาณสำคัญของดีซีมอเตอร์	74
รูปที่ 7.2	แสดงถึงวิธีการต่อมอเตอร์แบบต่างๆของมอเตอร์กระแสตรง	76
รูปที่ 7.3	แสดงถึงความสัมพันธ์ของความเร็วและแรงบิดของดีซีมอเตอร์แบบต่างๆ	77
รูปที่ 7.4	แสดงการทำงานของมอเตอร์ที่ยานความเร็วต่างๆ	79
รูปที่ 7.5	แสดงแผนภาพการทำวานของมอเตอร์ทั้งสี่ควอดแลนต์	80
รูปที่ 7.6	วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์โดยใช้ไทรซิสเตอร์ สองชุดคู่กัน	81
รูปที่ 8.1	บล็อกไดอะแกรมแสดงการควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง	82
รูปที่ 8.2	แสดงไฟล์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมควบคุมดีซีมอเตอร์	83
รูปที่ 9.1	แสดงการต่อวงจรของ DAC 0808	86
รูปที่ 9.2	แสดงลักษณะต่างๆของ74LS373	87
รูปที่ 9.3	แสดงการต่อวงจร TCA 785	88
รูปที่ 9.4	แสดงสัญญาณเอาต์พุตที่ขา14,15	89
รูปที่ 9.5	แสดงสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 10	90
รูปที่ 9.6	แสดงสัญญาณเมื่อทริกซ์ที่มุม 0 องศา	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 9.7 แสดงเอาต์พุทของพัลส์ทรานฟอร์มเมอร์	91
รูปที่ 9.8 แสดงการต่อวงจรออปโต	92
รูปที่ 9.9 แสดงเอาต์พุทของออปโต	92



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

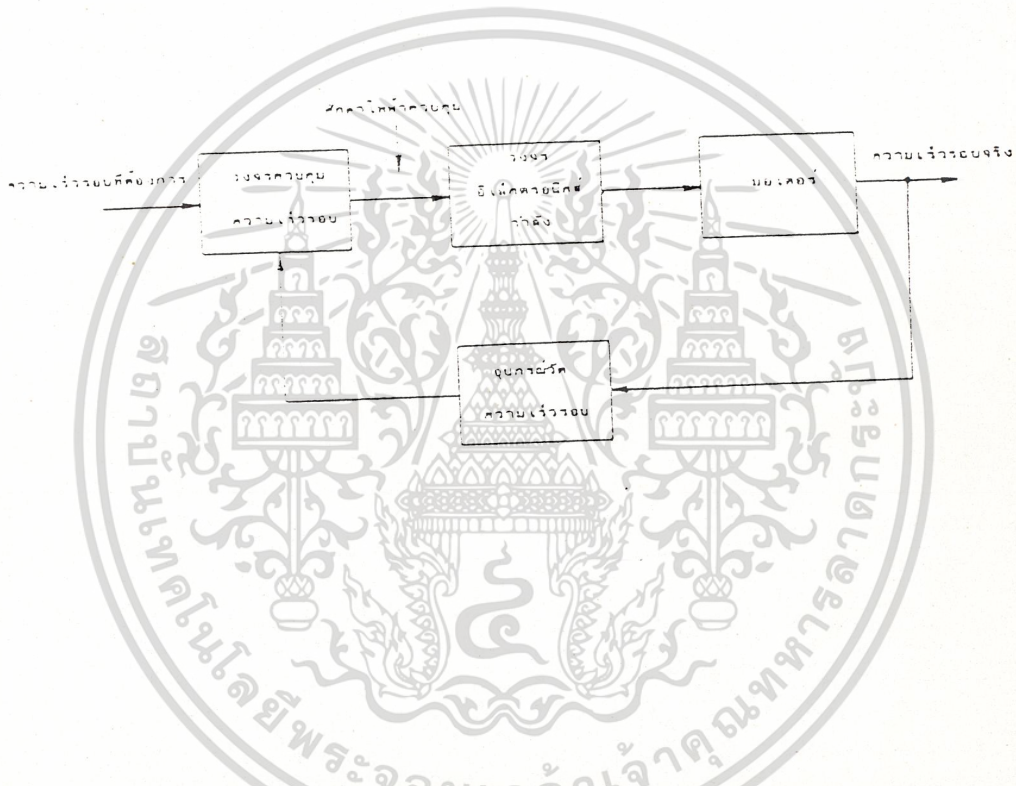
ในปัจจุบันระบบขับเคลื่อนทางไฟฟ้าแบบควบคุมความเร็วรอบได้ สามารถแยกประเภทตามชนิดของมอเตอร์ซึ่งใช้เป็นต้นกำลังได้คือ ระบบซึ่งใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นต้นกำลัง และระบบซึ่งใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลัง ในระบบแรกแม้ว่าราคาของมอเตอร์ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาของมอเตอร์จะต่ำกว่าระบบหลังมาก แต่อุปกรณ์สำหรับขับและควบคุมการทำงานของมอเตอร์ชนิดนี้ให้ทำงานได้แม่นยำ จะมีเทคนิคยุ่งยาก และราคาสูง ดังนั้นเมื่อมีความต้องการระบบขับเคลื่อนซึ่งจำเป็นต้องมีคุณสมบัติในการทำงานที่แม่นยำ ระบบขับเคลื่อนซึ่งใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังจะได้รับความนิยมสูงกว่า โดยเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระตุ้นแยก ทั้งนี้เพราะการควบคุมคิกดาไฟฟ้าตรงที่วงจรรีอาร์มาเจอร์ และการควบคุมปริมาณเส้นแรงสนามแม่เหล็ก ภายในมอเตอร์สามารถแยกการควบคุมเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งทำให้มอเตอร์ชนิดนี้ง่ายต่อการควบคุม

ปริญญานิพนธ์นี้จะอธิบายถึง การออกแบบ การสร้าง และการทดลองระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระตุ้นแยก โดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังชนิดเอสซีอาร์ (Silicon Controlled Rectifier) ต่อเป็นวงจรตัดกระแสไฟฟ้า โดยจะควบคุมมอเตอร์แบบ 4 ควอดแรนต์ โดยใช้ Single Phase Full Bridge Dual Converter และไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วรอบ

เนื่องจากความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระตุ้นแยก สามารถควบคุมได้โดยควบคุมคิกดาไฟฟ้าตรงที่ป้อนเข้าวงจรรีอาร์มาเจอร์ และเนื่องจากวงจรถัดกระแสไฟฟ้ามีคุณสมบัติที่สามารถควบคุมคิกดาไฟฟ้าตรงที่ทางออกได้ ดังนั้นในปริญญานิพนธ์นี้จึงได้เสนอแนวความคิดและวิธีการใช้วงจรถัดกระแสไฟฟ้ากำลังชนิดนี้มาสำหรับขับมอเตอร์โดยมีคิกดาไฟฟ้าควบคุมสามารถที่จะควบคุมการทำงานของวงจรถัดกระแสไฟฟ้ากำลังอีกชั้นหนึ่ง ในรูปแสดงบล็อกไดอะแกรมของแนวความคิดเริ่มแรกที่จะสร้างระบบควบคุมความเร็วรอบ โดยใช้วงจรถัดความเร็วรอบทำหน้าที่เปรียบเทียบความเร็วรอบตามที่ต้องการกับความเร็วรอบจริง จากนั้นวงจรควบคุมจะสร้างคิกดาไฟฟ้าควบคุมการทำงานของวงจรถัดกระแสไฟฟ้ากำลัง

ระบบควบคุมดังแสดงในรูปมีข้อจำกัดคือ เมื่อมอเตอร์ได้รับโหลดมากขึ้น กระแสไฟฟ้าเข้าวงจรรีอาร์มาเจอร์ก็จะเพิ่มมากขึ้น และความเร็วรอบของมอเตอร์จะลดลง วงจรควบคุมจะทำหน้าที่ปรับคิกดาไฟฟ้าควบคุมเพื่อให่วงจรถัดกระแสไฟฟ้ากำลังขับมอเตอร์ให้หมุนเร็วขึ้นจนกระทั่ง

ความเร็วรอบตามต้องการ จากแผนการทำงานดังกล่าวแล้ว เมื่อมอเตอร์ได้รับโหลดเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ วงจรควบคุมจะพยายามปรับความเร็วรอบให้ได้ความเร็วรอบที่ต้องการ โดยควบคุมกระแสไฟฟ้าตรงไหลเข้าวงจรอาร์เมเจอร์ ดังนั้นสำหรับระบบควบคุมดังกล่าวนี้ มอเตอร์อาจจะเสียหายเนื่องจากกระแสไฟฟ้าตรงไหลเข้าวงจรอาร์เมเจอร์เกินพิกัด



บล็อกไดอะแกรมแสดงแนวความคิดเริ่มแรกของระบบควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระตุ้นแยก

ในการควบคุมมอเตอร์นี้จะมีหลักการทำงานโดยเริ่มจาก การตั้งค่าความเร็วรอบตามที่ต้องการ ลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิตเข้าที่วงจรแปลงสัญญาณ D/A จะได้สัญญาณศักดาไฟฟ้าควบคุมเข้าวงจรสร้างมุมกระตุ้นของเอสซีอาร์

จากนั้นสัญญาณทริกจะไปทริกตัวเอสซีอาร์เพื่อจะได้นำศักดาไฟฟ้าที่ได้จากเอสซีอาร์นี้ไปควบคุมมอเตอร์ต่อไป ในปริญญานิพนธ์นี้เราจะสามารถควบคุมมอเตอร์ให้มีความเร็วตามต้องการไม่ว่าความเร็วรอบจะมากหรือน้อยกว่าความเร็วที่ต้องการ ก็จะสามารถควบคุมความเร็วรอบให้ได้ตามที่ต้องการโดยอัตโนมัติ โดยมีอุปกรณ์วัดความเร็วโดยใช้แสง ตรวจจับความเร็วรอบที่การทำงานขณะนั้นไปเปรียบเทียบกับความเร็วรอบที่ต้องการโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และส่งสัญญาณไปควบคุมมอเตอร์ให้มีความเร็วรอบตามที่ต้องการ นอกจากนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ยังสามารถกลับทิศการหมุนของมอเตอร์ได้อีกด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอสซีอาร์

ในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของกำลังงานสมัยก่อน ๆ นั้น มักใช้ตัวต้านทานที่เปลี่ยนแปลงค่าได้ที่มีขนาดใหญ่ หรือไม่ก็ใช้หลอด ไทราตรอน (Thyratron) ซึ่งเป็นผลทำให้วงจรมีขนาดใหญ่ และที่สำคัญคือราคาแพง

ต่อมาได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ขึ้นมาชนิดหนึ่งที่ถูกตั้งชื่อว่า ไทริสเตอร์ (Thyristor) อุปกรณ์ชนิดนี้เมื่อนำมาใช้งานพบว่ามีประสิทธิภาพที่เชื่อถือได้พอที่จะแทนที่หลอดไทราตรอน

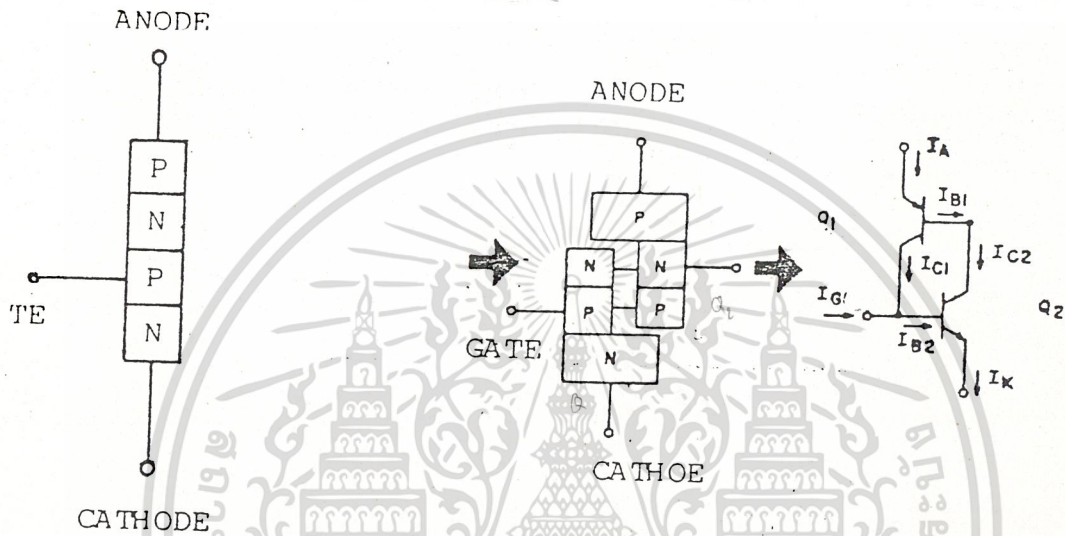
ไทริสเตอร์ไม่ได้หมายถึงอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งโดยเฉพาะแต่หมายถึงกลุ่มของอุปกรณ์พวกหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วย SCR (Silicon Controlled Rectifier) เป็นอุปกรณ์ที่ถูกใช้งานในการควบคุมกำลังงานอย่างกว้างขวางที่สุด, CSCR (Complementary Silicon Controlled Rectifier), Triac, SCS (Silicon Controlled Switch), ASR (Asymmetrical Silicon Rectifier), SUS (Silicon Unilateral Switch) และ SBS (Silicon Bilateral Switch) ฯลฯ

และนอกจากอุปกรณ์ที่กล่าวถึงเหล่านี้แล้วยังมีอุปกรณ์อื่น ๆ อีกบางตัวที่สามารถนำมาใช้เป็นสวิตช์อัตโนมัติได้ในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าในวงจร

ในการที่เราจะนำอุปกรณ์พวกนี้ไปใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ เราควรจะมาทำความเข้าใจและรู้จักกับคุณสมบัติ, อัตราและขีดจำกัดที่สำคัญเสียก่อน เพื่อที่จะนำไปใช้ประกอบในการออกแบบวงจร

2.1 การทำงานของเอสซีอาร์

พิจารณาโครงสร้างของเอสซีอาร์เป็นทรานซิสเตอร์ PNP และ NPN ต่อกันดังแสดงในรูปที่ 2.1 ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 (NPN) จะเป็นขั้วแอโนด ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2 (PNP) จะเป็นขั้วแคโทด และขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 (PNP) จะต่อร่วมกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 (NPN) เป็นขั้วเกต



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเอสซีอาร์

การทำงานของเอสซีอาร์ คือ ขณะที่ยังไม่มีกระแสไหลเข้าเกตส์แคโทด แรงดันที่แอโนดเมื่อเทียบกับแคโทดจะเป็นบวกหรือลบก็ตาม เอสซีอาร์จะไม่นำกระแส และขณะที่มีกระแสไหลเข้าเกตส์แคโทด แรงดันที่แอโนดเทียบกับแคโทดเป็นลบ เอสซีอาร์ก็ไม่นำกระแส แต่เมื่อแรงดันที่แอโนดเทียบกับแคโทดเป็นบวก และมีกระแสไหลเข้าเกตส์แคโทดตามที่ได้ต่อวงจร เอสซีอาร์จะนำกระแส การจ่ายกระแสไหลเข้าเกตส์แคโทดเพื่อให้เอสซีอาร์นำกระแส เรียกกันว่า ทำการทริกเอสซีอาร์ให้นำกระแส

ในการทำให้ SCR หยุดการนำกระแส นั้น จะต้องทำให้กระแสที่ไหลผ่านต่ำลงจนถึงค่าหนึ่งตามคุณสมบัติที่กำหนดมา จากรูปที่ 2.1 หากเราทำการลัดวงจรขาเกตส์กับขา

คาโทดจะทำให้กระแสหยุดไหลได้แต่อย่างไรก็ตามถ้าหากเป็นการทำงานของ SCR จริง ๆ แล้ว จะมีการเสถียรจำนวนน้อยมากที่จะเบี่ยงเบนมาไหลผ่านทางที่ลัดวงจร

ตามหลักการใน SCR นั้นต้องทำให้กระแสที่ไหลผ่านลดลงต่ำกว่าค่ากระแสที่เรียกว่า กระแสยึด (I_H : holding current) ซึ่งจะทำให้อัตราขยายลดลงตามไปด้วย และผลสุดท้ายกระแสจะหยุดไหลไปเอง

ในการสร้าง SCR โดยทั่ว ๆ ไป โครงสร้างภายในจะถูกออกแบบให้มีลักษณะชอร์ตอิมิตเตอร์ โดยจะใช้ตัวต้านทานต่อระหว่างขาเกตและคาโทด เพราะจะทำให้เกิดกระแสเบี่ยงเบนจากขาเบสของทรานซิสเตอร์ NPN ผ่านตัวต้านทานทำให้กระแสจุดชนวน (I_G), กระแสตักค้าง (I_L : latching current), และกระแสยึดมีค่ามากขึ้น

ความไวในการจุดชนวนขาเกตของ SCR ให้ใช้ค่าความต้านทานสูง ๆ ต่อขนานหรือไม่ต่อไว้เลยก็ได้ ดังนั้นคุณสมบัติจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยค่าความต้านทานภายนอก ซึ่งในกรณีนี้การออกแบบให้มีลักษณะชอร์ตอิมิตเตอร์จะมีผลน้อยมาก

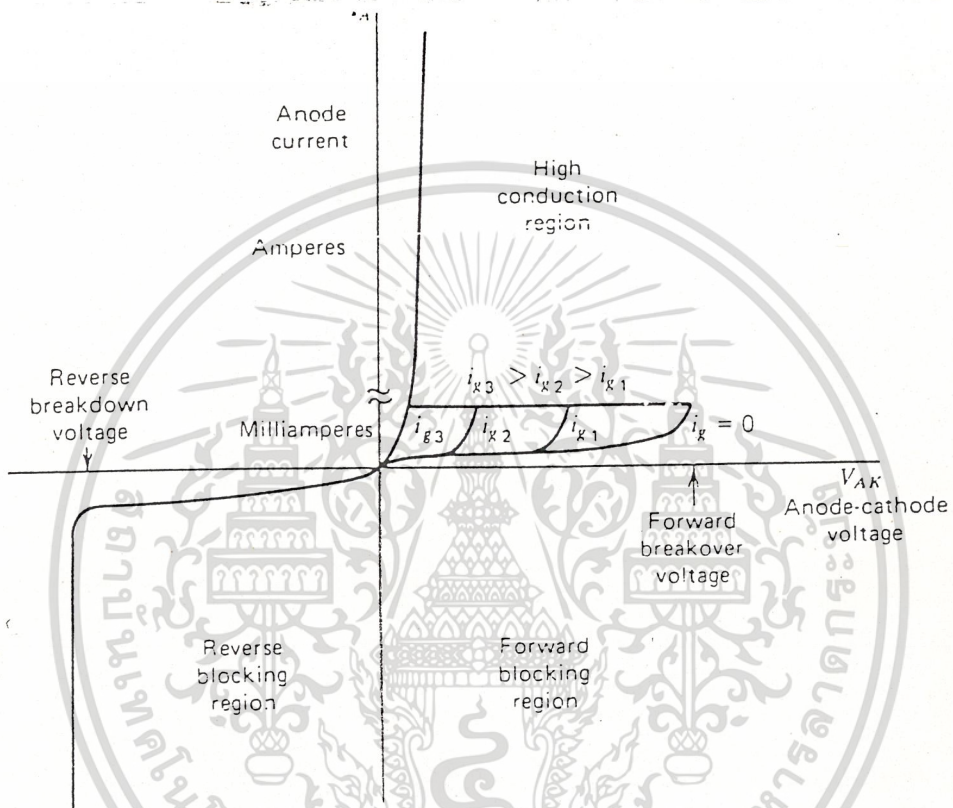
อุณหภูมิที่ร่อยต่อเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการทำงานที่จุดอุณหภูมิสูงของคุณสมบัติของ SCR เป็นอย่างมาก

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ SCR เกิดการนำกระแสได้ง่ายขึ้นดังนั้นสภาวะของวงจรที่ถูกกำหนดให้นำกระแสจะถูกออกแบบให้ทำงานที่จุดอุณหภูมิต่ำสุด

ในกรณีเดียวกันสภาวะของวงจรที่จะถูกกำหนดให้ SCR หยุดนำกระแสหรือป้องกันการจุดชนวนผิด จะถูกออกแบบให้ทำงานที่จุดอุณหภูมิสูงสุด

2.2 คุณสมบัติของเอสซีอาร์

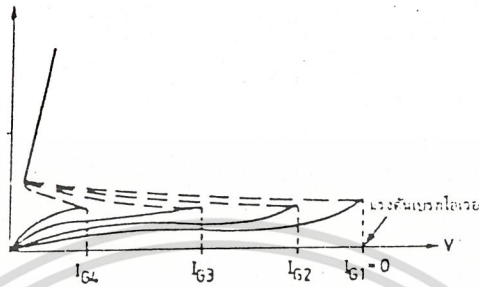
ในรูปที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของเอสซีอาร์ทั้ง 4 ควอดแรนต์ ระหว่างแรงดันคร่อมตัวเอสซีอาร์และกระแสที่ผ่าน



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์ทั้ง 4 ควอดแรนต์

2.3 ความไวในการจุดชนวน

เพราะว่ากระแสรั่วไหลบริเวณรอยต่อ และอัตราขยายกระแสมีค่าเพิ่มขึ้นแปรผันตามอุณหภูมิ ขนาดของกระแสจุดชนวนเกณฑ์ที่ต้องการจริง ๆ จึงลดลง และขาเกตจะมีลักษณะเหมือนเหมือนไดโอดที่มีแรงดันตกคร่อมเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น รูปที่ 2.3 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความไวของกระแสจุดชนวนกับอุณหภูมิบริเวณรอยต่อ



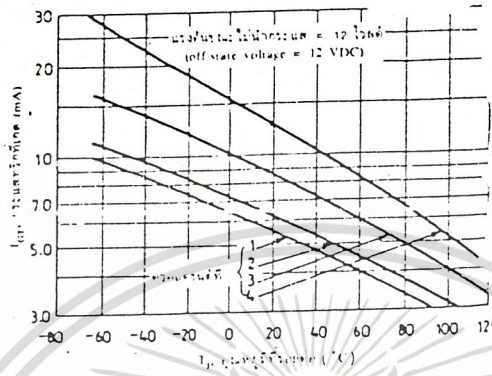
รูปที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโวลต์เตจและกระแสของเอสซีอาร์ที่กระแสเกตต่างๆ กัน
 แต่อย่างไรก็ดี การออกแบบกระแสจุดชนวนเกิดก็มีความสำคัญมากที่จะให้พอเพียงในการใช้งานที่จุดอุณหภูมิต่ำสุด

ความต้องการขนานความกว้างของพัลส์จุดชนวนเกิดในการทำให้ SCR นำกระแสขึ้นกับช่วงเวลาที่กระแสเอาโนดจะมีระดับถึงกระแสตกค้าง และเราจำเป็นต้องรักษากระแสที่เกตจนกระทั่ง SCR นำกระแส ในการใช้งานกับโหลดที่เป็นขดลวดหรือที่กระแสเอาโนดมีค่าต่ำกว่ากระแสยึดก่อนการใช้งาน

การจุดชนวน SCR ด้วยไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่ามากกว่ากระแสรั่วไหลป้อนกลับผลที่ได้จะเป็นปกติ แต่จะไม่มีประโยชน์ถ้าสัญญาณจุดชนวนถูกค้างไว้ระหว่างที่แรงดันเอาโนดเป็นโพล

ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าขาเกตของ SCR ทำหน้าที่เหมือนกับขาเบสของทรานซิสเตอร์เมื่อใช้กระแสเกตที่สูงและเป็นไฟฟ้ากระแสตรง จะทำให้เกิดความลื่นไหล เนื่องจากบางส่วนจะสูญเสียไปเปล่า ๆ ระหว่างที่แรงดันเอาโนดเป็นโพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่- 2.4 กราฟแสดงความไวของเกตเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ กระแสที่ต้องการสำหรับ
 ทริกจะลดต่ำลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้กระแสรั่วไหลที่รอยต่อ
 และอัตราขยายกระแสสูงขึ้น ส่วนแรงดันคร่อมเกตมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเช่นกัน

2.4คุณสมบัติของกระแสตกค้างและกระแสยึด

เมื่อก้าวถึงสิ่งจำเป็นที่จะทำให้เกิดกระแสไหลใน SCR อยู่ตลอดเวลาได้ ถึงแม้
 จะไม่มีกระแสจุดชนวนเกตในเวลานั้นก็ตาม หลักการที่จะกล่าวถึงคือกระแสตกค้างนั้น
 เองการจะทำให้ SCR หยุดนำกระแสจะต้องทำให้กระแสที่ไหลผ่าน SCR ต่ำกว่ากระแสยึด
 และกระแสที่จุดเริ่มต้นหยุดนำกระแสของ SCR เรียกว่า กระแสยึด ซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิ
 และขึ้นอยู่กัับอิมพีแดนซ์ที่เกตด้วย

กระแสป้อนกลับในขาเกตของ SCR จะต้องมากกว่ากระแสตกค้าง และกระแส
 ยึดและการไบแอสตรงที่เกต จะไม่มีความหมายถ้ากระแสที่ป้อนต่ำกว่าค่าเหล่านี้

2.5 คุณสมบัติการสวิตชิง

เมื่อจุดชนวนด้วยสัญญาณจุดชนวนเกตให้ SCR นำกระแส เวลาในการเริ่มต้นนำกระแสจะแบ่งเป็น 2 สถานะ คือ ช่วงเวลาหน่วง (t_d : delay time) และช่วงเวลาดำเนิน (t_r : rise time) ช่วงเวลาดำเนินจะเริ่มต้นจากระดับแรงดัน 10 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การนำกระแสของ SCR (turn-on time) มี 2 ระยะเวลาคือ ช่วงหน่วง (t_d) และช่วงได้ขึ้น (t_r) ช่วงเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการนำกระแสเมื่อควบคุมที่เกต (t_{gt}) วัดที่จุด 50 เปอร์เซ็นต์ของกระแสเกตไปยังจุด 90 เปอร์เซ็นต์ของกระแสหลัก หรือก็คือผลรวมของเวลาช่วงหน่วงกับเวลาช่วงได้ขึ้น

ผลรวมของเวลาทั้งสองคือช่วงเวลาเริ่มต้นนำกระแส (t_{pt} : turn-on time) ของ SCR หมายถึงเวลาที่เริ่มต้นจากที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ของขอบนำของกระแสจุดชนวน เกตถึงระดับ 90 เปอร์เซ็นต์ของแรงดันที่ตกคร่อม SCR

ข้อควรระวังอย่างหนึ่งคือ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสที่ไหลผ่านตัว SCR ในขณะช่วงเวลานั้น เพราะวาระหว่างเวลานั้นแรงดันที่ตกคร่อมจะสูง และกระแสจะมีความเข้มข้นมาก

ทั้งนี้เนื่องจากการประจุอย่างกะทันหัน ซึ่งอาจทำให้เกิดความร้อนที่จุดใดจุดหนึ่งสูง และเป็นผลให้จุดนั้นเสียหายได้ สิ่งสำคัญคือ กำลังงานที่แพร่กระจายในขณะที่เริ่มนำกระแสควรจำกัดให้รักษาไว้ระดับหนึ่ง

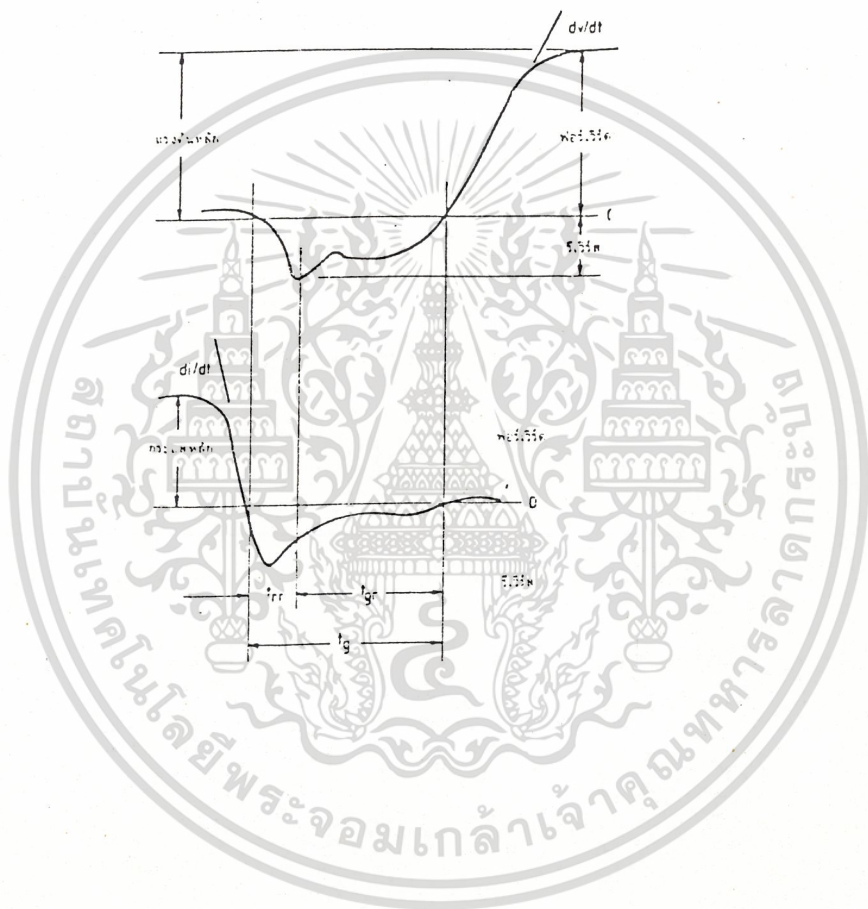
2.6 ช่วงเวลาคืนตัว

ช่วงเวลารีคัพเวอรี่ (Recovery time) หรือช่วงเวลาคืนตัวเป็นช่วงเวลาในการเริ่มต้นหยุดนำกระแส เป็นคุณสมบัติโดยเฉพาะของ SCR และอุปกรณ์กระแสผ่านทางเดียวอื่น ๆ ช่วงเวลารีคัพเวอรี่ของ SCR แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงรีคัพเวอรี่ในขณะป้อนกลับ (t_{rr} : reverse recovery time) และช่วงเวลาเกตรีคัพเวอรี่ (t_{gr} : gate recovery time) ดังรูปที่ 2.6

เมื่อกระแสไบแอสตรงใน SCR ตกเป็นศูนย์แรงดันไบแอสกลับระหว่างอาโนดและคาโทดของ SCR จะทำให้เกิดกระแสไบแอสกลับไหลผ่าน และกระแสนั้นจะค่อย ๆ ลดลงจนกลายเป็นกระแสรั่วไหลปกติ

ช่วงเวลารีคัพเวอรี่ในขณะป้อนไบแอสกลับนั้นจะเริ่มวัดจากจุดที่กระแสกลับเฟสไปจนถึงจุดปกติในกระแสไบแอสกลับดังรูปที่ 2.6 และในระหว่างช่วงเวลานี้อาโนดและคาโทดจะค่อย ๆ เพิ่มประจุแต่แรงดันไบแอสกลับจะยังคงอยู่ต่อไปอีก

ช่วงเวลารีคัพเวอรี่ช่วงที่ 2 หรือช่วงเวลาเกตรีคัพเวอรี่ซึ่งเป็นเวลาที่ SCR ค่อย ๆ เก็บประจุอย่างช้า ๆ ถึงช่วงที่กระแสเปลี่ยนเป็นการไบแอสตรง ช่วงเวลาเกตรีคัพเวอรี่มักจะมีเวลามากกว่าช่วงรีคัพเวอรี่ในขณะป้อนกลับเสมอ



รูปที่ 2.6 ช่วงเวลาหยุดนำกระแส (turn-off time) เป็นคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์ไทรซิสเตอร์ชนิดมีทิศทางเดียวเท่านั้น เวลาคืนตัว (recovery time) ของ SCR มี 2 ระยะเช่นกันคือ ช่วงคืนตัวด้านรีเวิร์ส และช่วงคืนตัวที่เกต (หรือฟอร์เวิร์ดบล็อกกิ้ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนช่วงเวลาในการหยุดนำกระแสทั้งหมดจะขึ้นกับสถานะของวงจรรวมทั้งกระแส
ในขณะนำกระแส, อัตราการเปลี่ยนแปลงกระแสระหว่างช่วงไบแอสตรงไบแอสกลับ,
ช่วงเวลาไบแอสกลับ, อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่กลับมาสู่การไบแอสตรง, การ
ไบแอสเกตและอุณหภูมิบริเวณรอยต่อ

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิบริเวณรอยต่อ และการเพิ่มของกระแสขณะนำกระแส
ทำให้ช่วงเวลาในการเริ่มต้นหยุดนำกระแสเพิ่มขึ้น ซึ่งผลกระทบเหล่านี้มีความสำคัญมาก
ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงค่าเหล่านี้ ในการออกแบบใช้งานด้วยส่วนการไบแอสเกตด้วย
โพลบจะช่วยลดช่วงเวลาในการเริ่มต้นหยุดนำกระแส

สำหรับการประยุกต์ใช้งาน SCR ในการใช้ควบคุมกำลังงานไฟฟ้ากระแสสลับช่วง
ลบของรูปคลื่นจะเป็นช่วงแรงดันไบแอสกลับ จะทำให้เกิดการหยุดนำกระแสไปอย่าง
อัตโนมัติในช่วงความถี่ที่ใช้งานต่ำ ๆ

2.7 ผลที่ทำให้เอสซีอาร์นำกระแสโดยไม่มีกรจุดชนวน

ในบางครั้ง SCR จะเกิดการนำกระแสเองโดยปราศจากสัญญาณจุดชนวนเกิด
สาเหตุเกิดจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของแรงดันที่เอาโนด หรือเรียกว่า dv/dt ซึ่งหมายถึง
อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันต่อการเปลี่ยนแปลงของเวลา, ทรานเซียนต์ที่เกิดบริเวณ
เอาโนดสูงเกินกว่าที่กำหนด หรืออาจเกิดจากทรานเซียนต์ที่ขาเกต

เมื่อเราทำให้ SCR หยุดนำกระแส การนำกระแสครั้งต่อไปควรเริ่มต้นจากการ
ป้อนสัญญาณจุดชนวนเกิด

แต่ถ้า SCR ถูกใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับสาเหตุของการจุดชนวนผิด
พลาดอาจเนื่องมาจากแรงดันทรานเซียนต์รบกวน ซึ่งถูกจำกัดไว้ให้มีค่าแรงดันไม่เกินครึ่ง
คลื่นของแรงดันที่ใช้ ส่วนการหยุดนำกระแสจะเกิดที่บริเวณแรงดันเป็นศูนย์ของรูปคลื่น

ถ้าใช้ในไฟฟ้ากระแสตรง ทรานเซียนต์มักเกิดจากการเปิดปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ
การนำกระแสเองเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของแรงดันที่เอาโนดอย่างรวดเร็ว สาเหตุจากตัวเก็บ
ประจุภายในของ SCR ส่วนการหยุดนำกระแสจะต้องใช้วงจรที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ

แรงดันที่ป้อนให้กับขั้วเอาโนดและคาโทดของ SCR ทำให้เกิดการเก็บประจุ และ
เกิดมีกระแสไหลผ่าน ($I = C dv/dt$)

ถ้าอัตราของการเพิ่มขึ้นของแรงดันเกินค่าที่กำหนดไว้ค่ากระแสที่เกิดจากการเก็บ
ประจุจะมากกว่ากระแสจุดชนวนเกิดอีก ซึ่งเป็นเหตุให้ SCR เกิดการนำกระแสเองได้

2.8 ข้อควรระวังและป้องกัน

ในอุปกรณ์ที่มีความไวเกิดมาก ๆ อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันต่อเวลาจะสามารถกำหนดโดยการต่อตัวต้านทานจากขาคาโทตมายังขาเกต แต่ส่วนมากมักจะใช้โครงข่าย RC ในการรักษาอัตราอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันต่อเวลาให้อยู่ในระดับที่กำหนดเมื่อเปิดเกตไว้

แรงดันทรานเซียนต์ที่เกิดขึ้นจากผลของการรบกวนในสายไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของแปลงจ่าย เช่น การกระตุ้นหม้อแปลง, การเปิด-ปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ อาจเป็นสาเหตุให้แรงดันของ SCR เพิ่มขึ้นเกินอัตราที่กำหนดไว้

ซึ่งพูดโดยทั่ว ๆ ไปก็คือ การนำกระแสของ SCR เมื่อเกิดแรงดันพั้งนั่นเอง ดังนั้นควรระวัง การที่จะทำให้เกิดแรงดันพั้งนั้นจริง ๆ แต่ว่าการใช้แรงดันที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้คุณสมบัติในการใช้งานแย่งได้ ฉะนั้นจะเป็นผลดีมากถ้าหากว่าสามารถกำจัดทรานเซียนต์บางส่วนออก โดยอาจใช้ซีเนอร์ไดโอดหรือโครงข่าย RC (จะมีผลดีในช่วงความถี่สูง) โครงข่าย RC นี้มักใช้ป้องกันอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันต่อเวลาไม่ให้เพิ่มขึ้น และมักจะมีผลในการจำกัดแอมพลิจูดของทรานเซียนต์ได้ดี

สัญญาณรบกวนไฟฟ้ารอบข้างอาจจะมีพลังงานสูงเพียงพอที่จะทำให้เกิดกระแสจุดชนวนและเหนี่ยวนำไปยังสายเกต โดยผ่านค่าประจุภายในหรือเหนี่ยวนำโดยสนามแม่เหล็ก ดังนั้นจึงควรที่จะทำให้สายไฟที่ขาเกตสั้นที่สุด และค่าโดยตรงร่วมกับขาคาโทต และที่สำคัญควรใช้สายชนิดในการต่อด้วย อีกวิธีหนึ่งให้ต่อตัวเก็บประจุค่าประมาณ 0.01-0.1 ไมโครฟารัดระหว่างขาเกตและขาคาโทต

เพื่อเพิ่มความสามารถของ SCR ให้ทนต่อแรงดันพั้ง ให้ต่อตัวเก็บประจุแบ่งแรงดัน และตัวเก็บประจุที่ขาเกตของคาโทต ตัวเก็บประจุที่ขาเกตควรมีอัตราของกระแสจุดชนวนที่จะไม่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อเวลาที่มีกระแสไหลสูง ๆ

ควรที่จะให้ SCR ใช้งานได้นาน สิ่งสำคัญคือ ส่วนประกอบและขีดจำกัด ในการทำงานควรให้อยู่ในอัตราที่กำหนดไว้ และข้อสำคัญที่สุดคือ อุณหภูมิและแรงดันที่ใช้งาน

อัตราของแรงดันมีผลที่จะทำให้อุณหภูมิของส่วนประกอบต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ดังนั้นการกำหนดอุณหภูมิในการออกแบบกำหนดจากอัตราของแรงดัน, ความเร็วในการสวิตซ์ และการเปลี่ยนแปลงของแรงดันต่อเวลา

ส่วนอัตราทางกระแสควรเลือกตามอุณหภูมิที่ใช้งาน

2.9 ช่วงการหยุดนำกระแส

การประยุกต์ใช้งาน SCR ในการควบคุมกำลังงานที่จะใช้กันในช่วงที่มีคุณสมบัติหยุดนำกระแส

เรามักจะไม่มีปัญหาในการออกแบบให้ SCR นำกระแสได้แน่นอนและแม่นยำ นอกนั้นหลังจากที่เรานำสัญญาณจุดชนวนออก ช่วงเวลาในการนำกระแสจะขึ้นกับเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งอาจนานเท่าผลรวมของอัตราขยายเบสร่วมของการสร้างทรานซิสเตอร์ NPN และ PNP

ส่วนในการทำให้ SCR หยุดนำกระแส นั้น อัตราขยายควรต่ำให้ต่ำกว่าปกติในสภาพนำกระแส กระแสอาโนดควรมากกว่ากระแสยึด สำหรับการใช้ในสายไฟฟ้าสลับ การหยุดของกระแสจะเป็นไปโดยอัตโนมัติในช่วงลบของลูกคลื่น

อย่างไรก็ตามในการใช้งานกับไฟฟ้ากระแสตรง กระแสอาโนดจะทำให้หยุดลงหรือเบี่ยงเบนไป และในการจะเกิดกระแสอาโนดขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ช่วงเวลาจะขึ้นกับอุณหภูมิ, กระแสไบแอสตรงและอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ และช่วงเวลารีเซ็ตเวอรีจะต้องผ่านไปก่อนที่ SCR จะกลับมามีแรงดันกระแสตรงเพื่อที่จะนำกระแสอีกครั้งหนึ่ง

เราสามารถทำความเข้าใจกับช่วงเวลารีเซ็ตเวอรีของ SCR ได้ง่ายขึ้นโดยพิจารณาที่รอยต่อทั้ง 3 ที่เกิดขึ้น เมื่อ SCR นำกระแสในแต่ละรอยต่อจะได้รับการไบแอสตรงซึ่งทำให้บริเวณสาร P และสาร N ในแต่ละข้างจะมีโฮล และอิเล็กตรอนอยู่มาก

ถ้าต้องการให้เกิดการหยุดนำกระแสในช่วงเวลาสั้น ๆ จำเป็นต้องป้อนแรงดันไฟลบให้กับอาโนด เพื่อจะทำให้โฮลและอิเล็กตรอนใกล้ ๆ กับปลายของรอยต่อทั้ง 2 ด้านเกิดการแพร่กระจายและเกิดกระแสไบแอสกลับไหลผ่าน SCR

เมื่อโฮลและอิเล็กตรอนบริเวณใกล้ ๆ รอยต่อเกิดการแพร่กระจายออกไปจนหมด กระแสไบแอสกลับจะหยุดไหลหมายถึง SCR อยู่ในสภาวะปกติพร้อมที่จะนำกระแสอีกครั้ง

อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างหนึ่งคือ ในช่วงเวลานั้นจะเกิดการรวมกันของโฮลและอิเล็กตรอนขึ้นบริเวณกลางรอยต่อ ซึ่งการรวมตัวกันของโฮลและอิเล็กตรอนบริเวณกลางรอยต่อนี้จะทำให้การแพร่กระจายเกิดขึ้นต่ำและช้า ซึ่งหมายถึงช่วงเวลารีเซ็ตเวอรีที่นาน

การวัดช่วงเวลารีเซ็ตเวอรีของ SCR ควรจะป้อนกระแสไบแอสตรงเป็นเวลานานเพียงพอจนแน่ใจว่าวงจรทำงานในสภาวะคงที่แล้ว

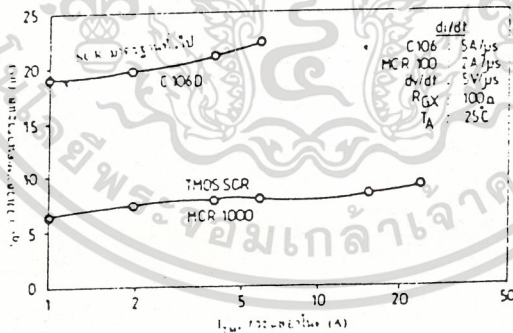
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อที่จะดูว่าการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบในวงจรคือ ขนาดกระแสไบแอสตรง, ช่วงเวลากระแสไบแอสตรง, อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อเวลา, ขนาดกระแสไบแอสกลับ, ขนาดแรงดันไบแอสกลับ, อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันต่อเวลา, ขนาดของแรงดันที่ใช้, ค่าความต้านทานระหว่างเกตและคาโทดและขนาดสัญญาณจุดชนวนเกตว่าจะมีผลต่อช่วงเวลารีเซ็ตเฟวรีอย่างไรให้ทำการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบนั้น ๆ โดยให้ส่วนอื่น ๆ คงที่

2.10 ขนาดกระแสไบแอสตรงและไบแอสกลับ

ขนาดของกระแสไบแอสตรง และอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อเวลา มีผลต่อช่วงเวลารีเซ็ตเฟวรีมากที่สุด การเปลี่ยนแปลงของขนาดกระแสไบแอสตรงสามารถเปลี่ยนแปลงช่วงเวลารีเซ็ตเฟวรีประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และการเปลี่ยนแปลงนี้เป็นผลให้ความเข้มของกระแสเปลี่ยนแปลงไปด้วย ถ้า SCR มีช่วงเวลารีเซ็ตเฟวรีสั้นที่กระแสไบแอสตรงต่ำ ๆ จะต้องใช้สัญญาณจุดชนวนเกตสูง

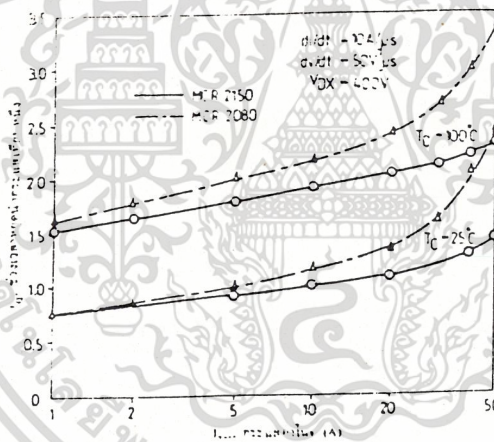
ใน SCR ทัว ๆ ไปจะเกิดการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลารีเซ็ตเฟวรีเมื่อเพิ่มกระแสไบแอสตรงดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 โดยทั่วไปเมื่อกระแสเอาโนด (ITM) สูงขึ้น เวลาที่ใช้ในการหยุดกระแส (t_q) จะยาวขึ้น ทั้ง ITM และ di/dt มีผลโดยตรงต่อ t_q แต่ถ้าต้องการ t_q สั้น ๆ ในขณะที่ ITM ต่ำ จำเป็นต้องทริกเกตด้วยกระแสสูงขึ้น (IGT)

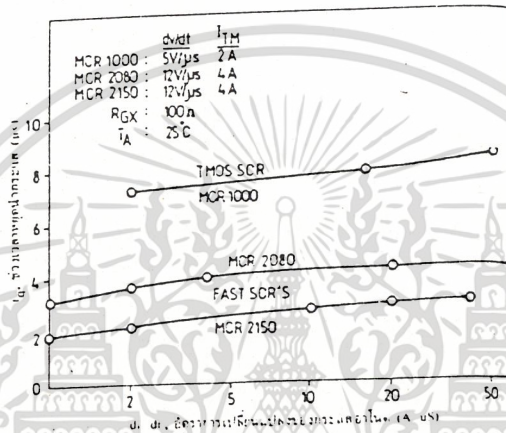
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมีผลทำให้ช่วงเวลารีดไฟเวอรีเพิ่มขึ้นด้วยดังแสดงในรูปที่ 2.8 และการเปลี่ยนแปลงอัตราการหยุดนำกระแส โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อเวลา มีผลบางอย่างกับช่วงเวลารีดไฟเวอรีของ SCR ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.8 ช่วงเวลาหยุดนำกระแส t_q ยาวขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 เมื่อปรับอัตราการเปลี่ยนแปลงกระแสเอาโนดในช่วงหยุดนำกระแสจะมีผลต่อ t_d ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไบแอสกลับที่แท้จริงจะเกิดเนื่องจากประจุที่เก็บไว้บริเวณรอยต่อเมื่อชั่ววอนโดได้รับโฟลบนขนาดกระแสไบแอสกลับจะมีค่าเข้าใกล้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อเวลา ถ้าเพิ่มอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อเวลาค่ากระแสไบแอสกลับก็จะเพิ่มขึ้นตาม ในขณะที่เดียวกันถ้าลดอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อเวลา ค่ากระแสไบแอสกลับก็จะลดตาม

แต่เราสามารถทำให้ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อเวลามีค่าคงที่ ในขณะที่กระแสไบแอสกลับเปลี่ยนแปลงแรงดันที่อาโนดเป็นโฟลบ เพื่อให้ SCR หยุดนำกระแส

กระแสไบแอสกลับจะมีผลเล็กน้อยหรือไม่มีเลยต่อช่วงเวลารีเซ็ตเวอร์เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงอย่างเดียว โดยที่ส่วนประกอบหรือขีดจำกัดอื่น ๆ คงที่

แรงดันไบแอสกลับที่อาโนดจะมีผลอย่างมากต่อขนาดของกระแสไบแอสกลับและอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อเวลา แต่เมื่อแรงดันไบแอสกลับนี้เปลี่ยนแปลงเพียงอย่างเดียว โดยที่กระแสไบแอสกลับและอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อเวลาคงที่ ก็จะมีผลต่อช่วงเวลารีเซ็ตเวอร์เล็กน้อยมากหรือไม่มีเลยเช่นเดียวกัน

2.11 ผลของอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันต่อเวลา

เมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันต่อเวลาเกิดการเปลี่ยนแปลง จะทำให้ช่วงเวลารีเซ็ตเวอร์ของ SCR เปลี่ยนแปลงไปมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ผลของอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันต่อเวลาที่มีต่อช่วงเวลารีเซ็ตเวอร์นี้เกิดขึ้นเนื่องจากค่าความจุระหว่างขาอาโนดและขาเกต

อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันต่อเวลาที่ขาอาโนดของ SCR จะปล่อยกระแสเข้าสู่ขาเกตโดยผ่านตัวเก็บประจุระหว่างขาอาโนดและขาเกต ดังนั้นเมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันต่อเวลาเพิ่มขึ้นกระแสเกตก็จะเพิ่มขึ้น และอาจทำให้เกิดการนำกระแสเองได้

ปัญหายุงยากที่สำคัญอีกอย่างคือ กระแสที่จ่ายเข้าไปอยู่รวมกับกระแสรั่วไหลบริเวณรอยต่อ ดังนั้นหลังจาก SCR หยุดนำกระแสประจุตกค้างตรงกลางรอยต่อจะเป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้เกิดช่วงเวลารีเซ็ตเวอร์ที่นานเกินไป

การเปลี่ยนแปลงของอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันต่อเวลาจะมีผลน้อยมากหรือไม่มีเลยต่อช่วงเวลารีเซ็ตเวอร์ของ SCR เมื่อแรงดันสูงสุดที่จ่ายให้มีค่าต่ำกว่าแรงดันพังของอุปกรณ์ช่วงเวลารีเซ็ตเวอร์จะเพิ่มขึ้นถ้า SCR ถูกใช้งานที่แรงดันใกล้กับแรงดันพัง

2.12 ช่วงเวลากระแสไปแอสตรง

ในช่วงเวลาที่เกิดกระแสไปแอสตรง เราไม่สามารถวัดผลของช่วงเวลารีคัพเวอร์ี เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจาก 100-300 ไมโครวินาที แต่ช่วงเวลาที่ยาวนานของกระแสไปแอสตรงจะทำให้เกิดความร้อนใน SCR

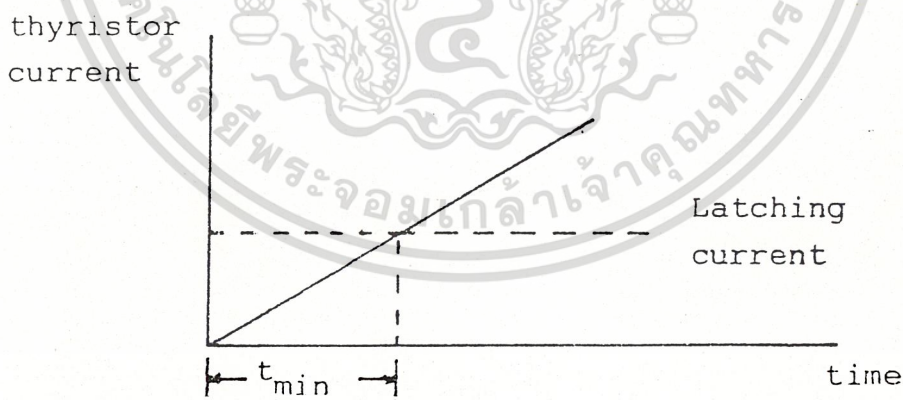
ผลจากการเปลี่ยนแปลงของเวลาช่วงกระแสไปแอสกลับที่มีผลกระทบต่อช่วงเวลาคัพเวอร์ีคือ ทำให้มีเวลาสำหรับ SCR ที่จะอยู่สภาพคงที่

เมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของทรานซิสเตอร์การไปแอสกลับที่ขาเกตของ SCR จะทำให้ช่วงเวลารีคัพเวอร์ีลดลงเนื่องจากประจุตกค้างหมดไปอย่างรวดเร็ว การลดลงของช่วงเวลารีคัพเวอร์ีใน SCR ที่ได้มาตรฐาน บางครั้งถึง 50 เปอร์เซ็นต์ทีเดียวเมื่อทำการไปแอสกลับที่ขาเกต

2.13 ระยะเวลาสัญญาณทริกเกอร์

ในการทำให้เอสซีอาร์นำกระแสโดยสัญญาณทริกเกอร์นั้น สัญญาณทริกเกอร์จะต้องมี ระยะเวลาสั้นจนกระทั่งกระแสผ่านเอสซีอาร์มากกว่ากระแสค้าง (Latching Current)

ดังรูปที่ 2.10



Trigger pulse width must exceed t_{min}

รูปที่ 2.10 แสดงเวลาน้อยที่สุด ที่จะต้องรักษาสัญญาณทริกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าสัญญาณทริกเกอร์สิ้นสุดก่อนที่กระแสผ่านเอสซีอาร์มากกว่ากระแสค้ำ จะทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสเมื่อสัญญาณทริกเกอร์สิ้นสุดลง ฉะนั้นสัญญาณทริกเกอร์จะต้องมีระยะเวลาสั้นจนกระทั่งกระแสผ่านเอสซีอาร์มากกว่ากระแสค้ำจึงทำให้เอสซีอาร์นำกระแสต่อไปโดยสามารถนำสัญญาณทริกเกอร์ออก เอสซีอาร์ก็จะยังคงนำกระแสต่อไปในรูป 3 แสดงเวลาน้อยที่สุด (t_{min}) ที่จะต้องรักษาสัญญาณทริกเกอร์ไว้

ในกรณีที่โหลดเป็นอินดักทีฟ กระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์สู่อินดักทีฟโหลดจะค่อยๆเพิ่มขึ้น ฉะนั้นระยะเวลาของสัญญาณทริกเกอร์จะต้องนานจนกระทั่งกระแสไหลมากกว่ากระแสค้ำเอสซีอาร์จึงนำกระแสต่อไปได้

ตัวอักษรในข้อมูลของเอสซีอาร์ที่ได้มาซึ่งหลาย ๆ ผู้ผลิตก็มีความคล้ายคลึงกันดังนี้

$I_{T(RMS)}$ หมายถึง ค่ากระแสฟอว์เวิร์ดที่คิดแบบ RMS หรือกระแสส่วนที่ทำให้เกิดเป็นความร้อนขึ้น

$I_{T(AV)}$ หมายถึง ค่ากระแสฟอว์เวิร์ดเฉลี่ย ที่เป็นค่าที่จำกัดไว้เพื่อไม่ให้อุณหภูมิที่รอยต่อ p-n สูงเกินไป

I_{TSM} หมายถึง ค่ากระแสฟอว์เวิร์ดสูงสุดที่เอสซีอาร์ยอมให้ผ่านได้ชั่วคราว ซึ่งเป็นค่าที่เลือกพิวส์สำหรับป้องกันเอสซีอาร์ในกรณีลัดวงจร

I_{TRM} หมายถึง ค่ากระแสชั่วคราวที่ยอมให้สูงกว่า $I_{T(RMS)}$ และ $I_{T(AV)}$ สำหรับโหลดประเภทมอเตอร์

di/dt เป็นค่ากระแสสูงสุดในช่วงเวลาสวิตช์ที่ยอมให้ผ่าน โดยรอยต่อยังไม่เกิดความเสียหาย

V_{DRM} เป็นค่าแรงดันสูงสุดที่ยอมให้ตกคร่อมไทรสเตอร์ขณะไม่ทำงาน

dv/dt เป็นค่าสูงสุดของอัตราการเพิ่มของแรงดันต่อช่วงเวลาที่จะไม่ให้ไทรสเตอร์ทำงานได้เอง

I_{GT} เป็นค่าต่ำสุดของกระแสที่ทำให้เกิดที่สามารถทำให้ไทรสเตอร์ทำงานได้

V_{GT} เป็นค่าแรงดันจากเกตได้แคโทดที่สามารถทำให้ไทรสเตอร์ทำงานได้

I_H เป็นค่ากระแสทำงานต่ำสุดที่ไทรสเตอร์ยังทำงานอยู่ได้

$R_{\theta JC}$ เป็นค่าความต้านทานทางอุณหภูมิจากจุดต่อถึงตัวถัง

การทริกให้เอสซีอาร์นำกระแสได้มีวิธีการดังนี้คือ

1. ใช้แรงดันค่าบวกเข้าที่ขั้วเกต
ซึ่งเป็นวิธีที่เรานิยมใช้จุดชนวนให้เอสซีอาร์เปิดนำกระแสทัวๆไป
2. ใช้แสงช่วยจุดชนวน
3. ใช้แรงดันพียงข้ามทำให้เอสซีอาร์เปิดกระแส
4. ใช้การเปลี่ยนแปลงแรงดันต่อเวลาในอัตราสูงเข้าจุดชนวน
5. ใช้อุณหภูมิสูงเข้าจุดชนวน

ในที่นี้ได้ใช้ไทรสเตอร์เป็นแบบโมดูล ยี่ห้อ Sanpex รุ่น PK40F-80 ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นตัวขับมอเตอร์เอซี หรือ ดีซี หรือเป็นตัวควบคุมฮีทเตอร์ หรือใช้เป็นสแตตติคสวิตช์ มีพิกัดดังนี้

$I_{T(AV)} = 40 \text{ A}$ กระแสเฉลี่ยสูงสุดที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ทางด้านฟอร์เวิร์ด แล้วจะไม่ทำให้เอสซีอาร์เสียหาย

$I_{T(RMS)} = 62 \text{ A}$ กระแสอาร์เอ็มเอสสูงสุดที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ทางด้านฟอร์เวิร์ดที่อุณหภูมิไม่สูงกว่าที่กำหนด แล้วจะไม่ทำให้เอสซีอาร์เสียหาย

$I_{TSM} = 1300 \text{ A}$ กระแสเสิร์จสูงสุดที่เกิดขึ้นในเวลาสั้น ซึ่งแสดงในคู่มือ ถ้ากระแสเสิร์จเกินที่กำหนด หรือเกิดขึ้นนานกว่าที่กำหนด จะทำให้เอสซีอาร์เสียหายได้

$di/dt = 150 \text{ A/s}$ อัตราการเพิ่มขึ้นของกระแสผ่านเอสซีอาร์ที่เกิดขึ้นช้าๆกัน หลังทำการทริกทให้เอสซีอาร์นำกระแส ซึ่งเป็นขีดจำกัดของเอสซีอาร์อันหนึ่ง กล่าวคือ เอสซีอาร์สามารถนำกระแสได้สูงสุดตามกำหนด เมื่อกระแสไหลผ่านพื้นที่ทั้งหมดของสารกึ่งตัวนำ PNPN ที่ประกบกันอยู่

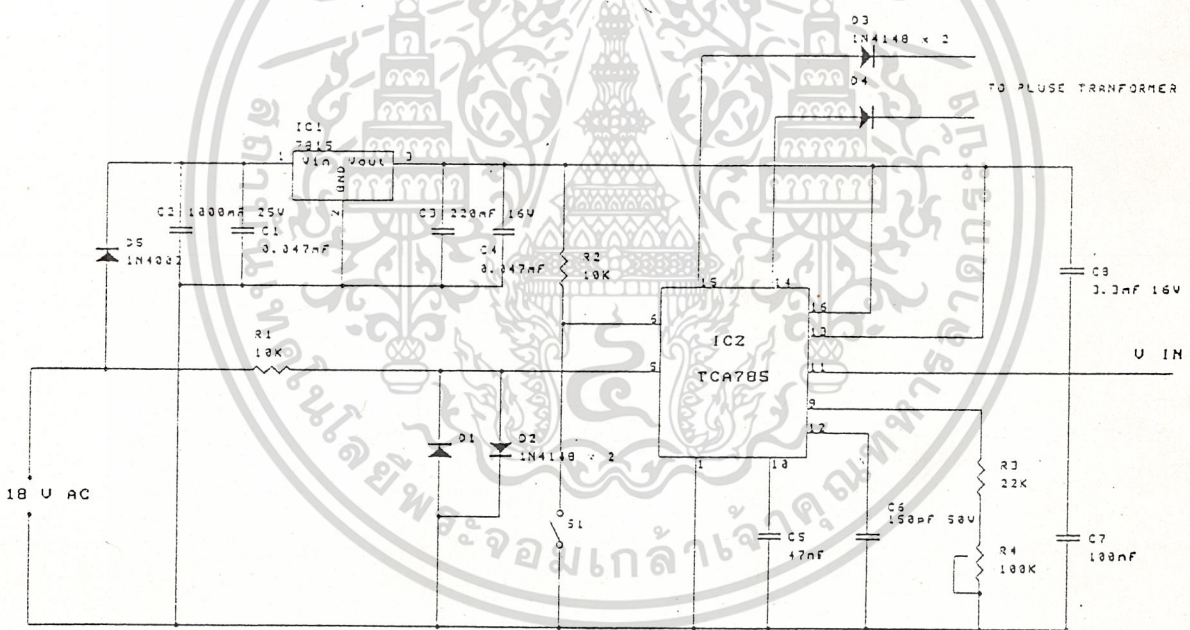
$dv/dt = 500 \text{ V/s}$ อัตราการเพิ่มขึ้นของแรงดันที่คร่อมแอนโอดและแคโทดสูงสุดที่จะไม่ทำให้เอสซีอาร์นำกระแส โดยไม่มีสัญญาณทริกเกอร์

2.14 วงจรกระตุ้น

หัวข้อนี้จะอธิบายการทำงานและการสร้างวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นที่มีพิสัยและรูปสัญญาณตามต้องการ วงจรนี้ประกอบด้วยวงจรดังนี้

2.14.1 วงจรส่วนสร้างสัญญาณกระตุ้น

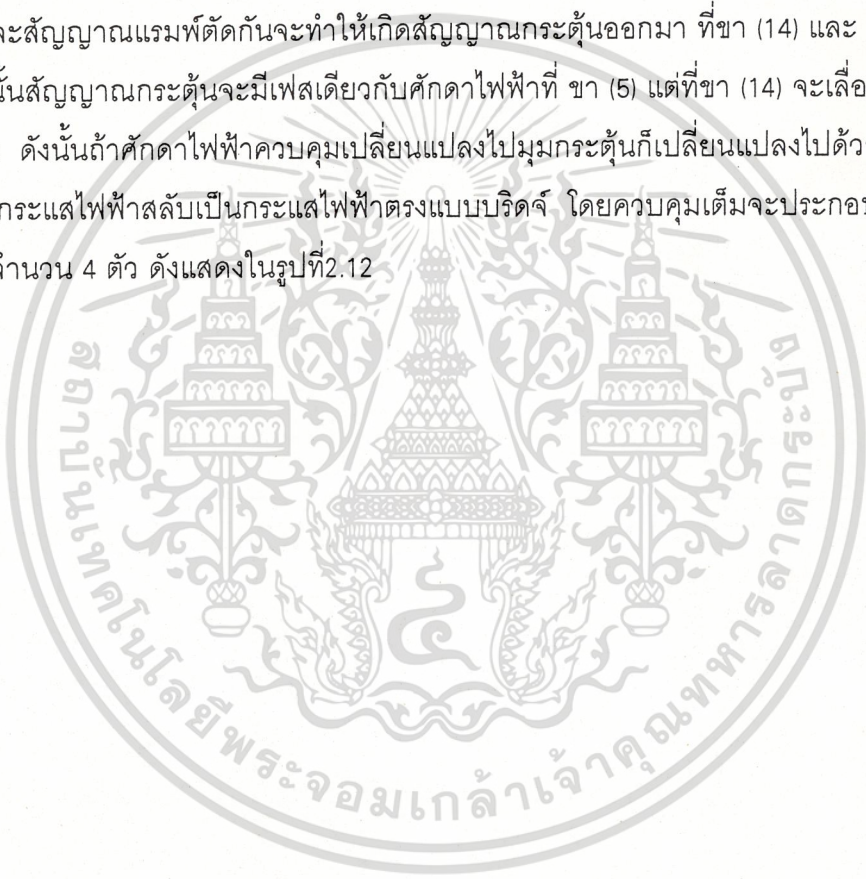
วงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นดังแสดงในรูปที่ 2.11 เราได้ใช้ไอซี TCA 785 มาใช้สร้างสัญญาณทริกตัวเอสซีอาร์โดยไอซีตัวนี้เป็นแบบวิธีควบคุมเฟส (Phase Control) ซึ่งเป็นวิธีการทำให้มีการเรียงกระแสในช่วงมุมต่างๆ ของวัฏจักรกำลัง (Power Cycle) หรือเป็นกระบวนการที่ปิดเปิดไฟฟ้าเอซีเลี้ยงวงจรไปสู่ภาระ ด้วยกระแสที่แปรค่าตามแต่จะต้องการ โดยบังคับให้มีการนำกระแสเพียงส่วนหนึ่งของวัฏจักร วิธีการนี้เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมกำลังเฉลี่ยที่ป้อนเข้าสู่ภาระ เช่น มอเตอร์ หลอดไฟฟ้า

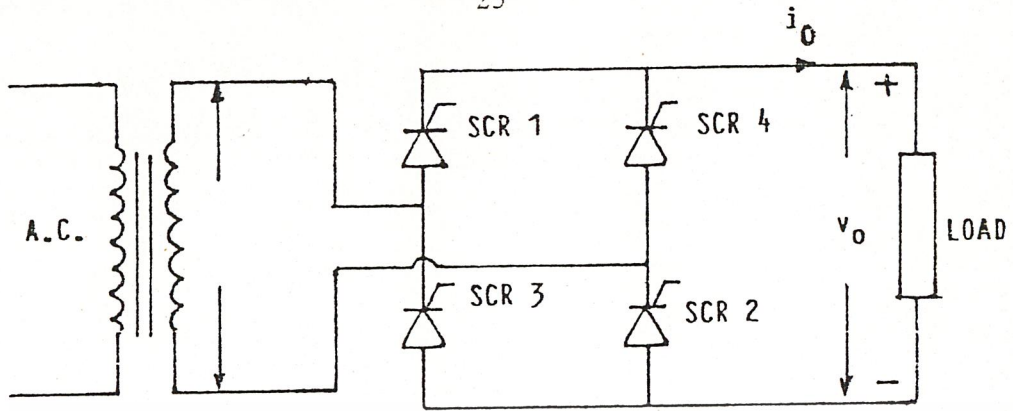


รูปที่ 2.11 แสดงวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น

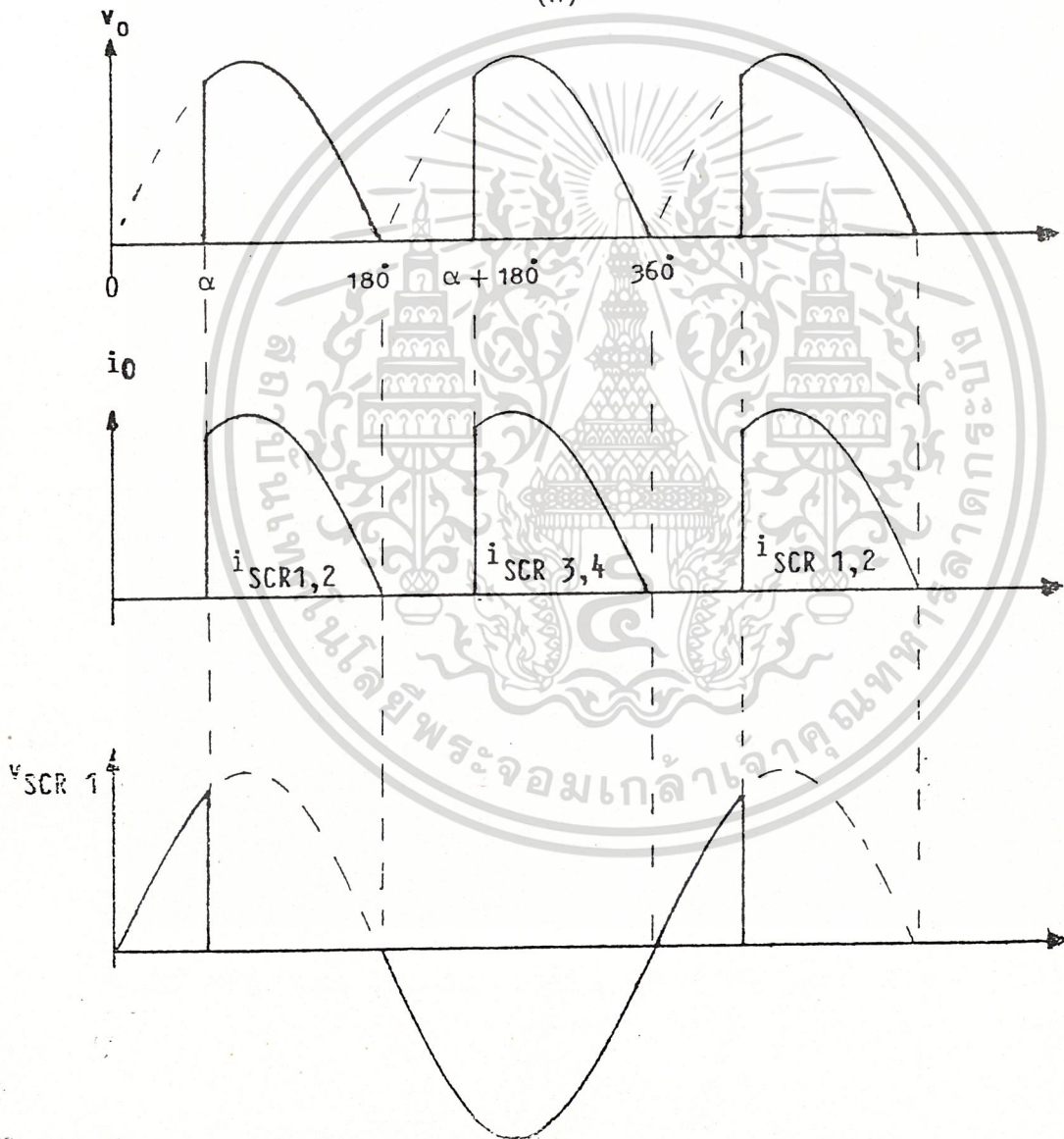
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นดังแสดงในรูปที่ 2.11 มีการทำงานดังนี้คือสัญญาณคิกดาไฟฟ้าสลับซึ่งจะถูกนำเข้าวงจรกำลังนั้นจะต้องกระทำให้มีพร้อมกันไป (Synchronize) กับสัญญาณกระตุ้นดังนั้นในวงจรกระตุ้นจะต้องมีส่วนที่นำสัญญาณคิกดาไฟฟ้าสลับเข้าไปในวงจร เพื่อนำไปประกอบการสร้างเป็นสัญญาณกระตุ้นต่อไป และสัญญาณคิกดาไฟฟ้าสลับซึ่งได้จาก หม้อแปลงจะถูกป้อนเข้าที่ขา (5) ของไอซี และ ไอซีจะนำสัญญาณนี้มาสร้างเป็นสัญญาณ แรมพ์ (Ramp Signal) ซึ่งสัญญาณนี้จะแสดงออกมาที่ขา (10) ต่อมาสัญญาณนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับคิกดาไฟฟ้าตรงที่ขา (11) ซึ่งคิกดาไฟฟ้านี้จะถูกเรียกว่า คิกดาไฟฟ้า ควบคุม จุดซึ่งคิกดาไฟฟ้าควบคุมและสัญญาณแรมพ์ตัดกันจะทำให้เกิดสัญญาณกระตุ้นออกมา ที่ขา (14) และ (15) โดยที่ขา (15) นั้นสัญญาณกระตุ้นจะมีเฟสเดียวกับคิกดาไฟฟ้าที่ ขา (5) แต่ที่ขา (14) จะเลื่อนเฟสไป 180 องศา ดังนั้นถ้าคิกดาไฟฟ้าควบคุมเปลี่ยนแปลงไปมุมกระตุ้นก็เปลี่ยนแปลงไปด้วย จากวงจรเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าสลับเป็นกระแสไฟฟ้าตรงแบบบริดจ์ โดยควบคุมเต็มจะประกอบไปด้วย เอสซีอาร์จำนวน 4 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 2.12





(n)



รูปที่ 2.12 การควบคุมเต็มเฟสเดียวแบบบริดจ์ด้วยภาวะความต้านทาน

(Fully-Controlled single phase bridge with Resistive Load)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีนี้จะสามารถจ่ายพลังงานกลับสู่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสลับได้คือ กรณีที่โหลดเป็นมอเตอร์กระแสตรง

กระแสไหลผ่านโหลดเมื่อเอสซีอาร์ 1 และ 2 ถูกทริกให้นำกระแสพร้อมกัน และเอสซีอาร์ 3 และ 4 จะต้องถูกทริกให้นำกระแสในครึ่งลูกคลื่นต่อไป จะสังเกตว่าเอสซีอาร์สองตัวที่ต้องทริกให้นำกระแสพร้อมกัน ขั้วแคโทดไม่ได้ต่อร่วมกันและมีระดับแรงดันต่างกัน เมื่อต้องการใช้วงจรสร้างสัญญาณทริกวงจรวจรเดียวกัน จึงจำเป็นต้องใช้หม้อแปลงสัญญาณพัลส์ (Pulse Transformer) ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 วงจรจุดชนวน (Firing circuit output connections)

สัญญาณของแรงดันขณะที่มีโหลดเป็นความต้านทานอย่างเดียว แสดงดังใน รูป 2.12 ทำการทริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอสซีอาร์รีให้นำกระแสที่มุม α เอสซีอาร์จะนำกระแสจนกระทั่งแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟกระแสกลับตกเป็นศูนย์แรงดันเฉลี่ยที่โหลดมีค่าเท่ากับ

$$V_o(\text{ave}) = \frac{\sqrt{2}V (1+\cos\alpha)}{\pi} \dots\dots\dots (1)$$

สัญญาณของแรงดันขณะที่มีโหลดเป็นอินดักทีฟโหลด แต่กระแสไหลต่อเนื่องทำการทริก

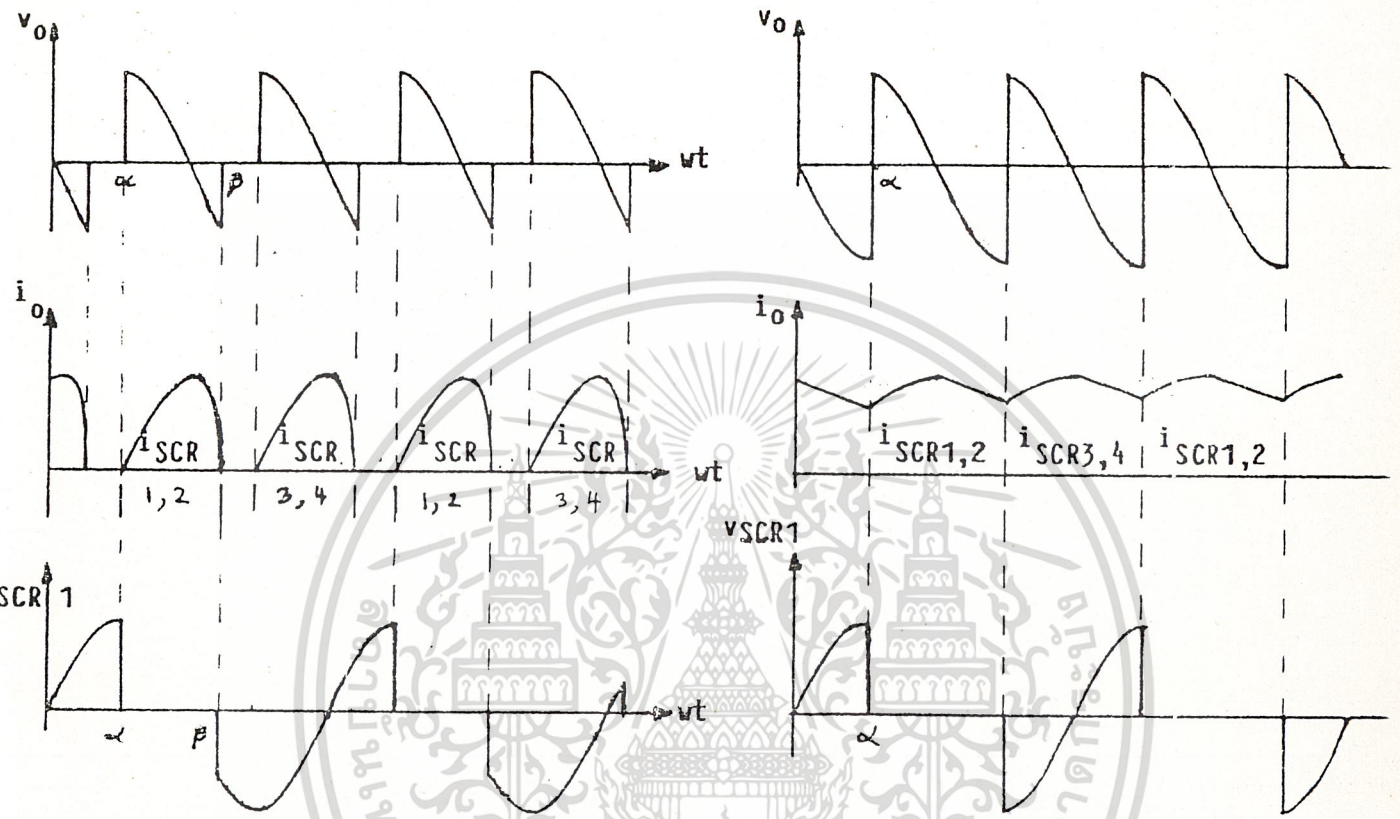
เอสซีอาร์รีให้นำกระแสที่มุม α เอสซีอาร์จะหยุดนำกระแสที่มุม β

$$V_o(\text{ave}) = \frac{\sqrt{2}V (\cos\alpha - \cos\beta)}{\pi} \text{ ที่ } \alpha < \beta \dots\dots (2)$$

สัญญาณของแรงดันขณะที่มีโหลดเป็นอินดักทีฟโหลด แต่กระแสไหลต่อเนื่อง คือเริ่มทริกเอสซีอาร์ 1 และ 2 ให้นำกระแสที่มุม $180^\circ + \alpha$ ดังแสดงในรูป 2.14 แรงดันเฉลี่ยที่โหลดมีค่าเท่ากับ

$$V_o(\text{ave}) = \frac{2\sqrt{2}V \cos\alpha}{\pi} \dots\dots\dots (3)$$

แสดงดังรูปที่ 2.14



(ก) โหลดเป็นอินดักทีฟโหลด

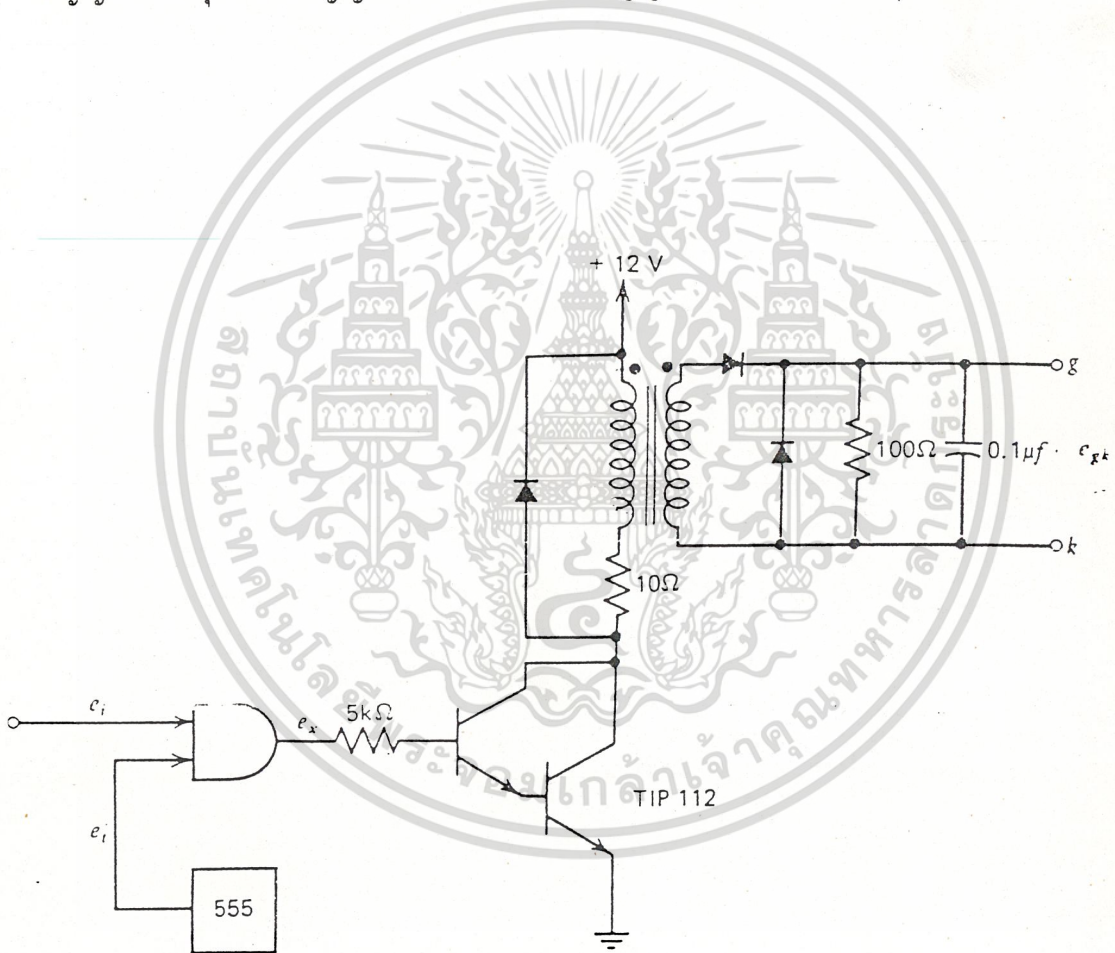
(ข) โหลดเป็นอินดักทีฟโหลด

รูปที่ 2.14 การควบคุมเต็มเฟสเดียวกับภาวะอินดักทีฟโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.2 วงจรส่วนขยายสัญญาณกระตุ้น

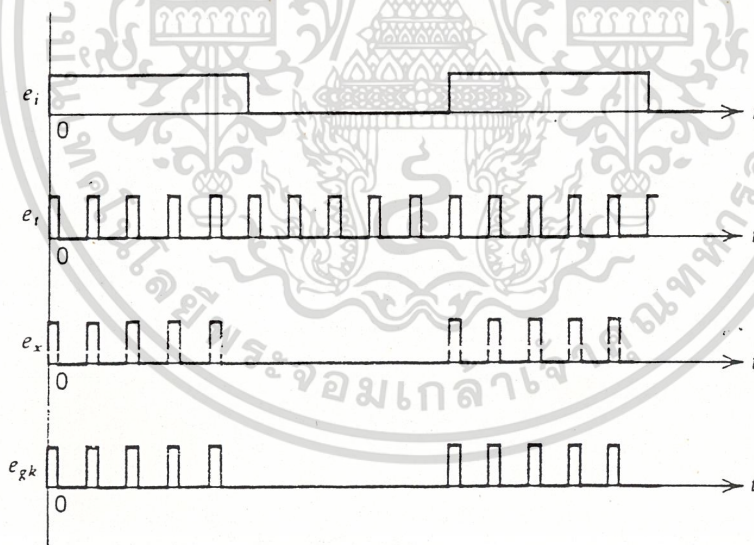
จากสัญญาณพัลส์ที่ได้มาจากวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นจะไม่เพียงพอที่จะจุดชนวนตัวเอสซีอาร์ได้ และชุดวงจรควบคุมก็ไม่ควรที่จะต่อโดยตรงกับชุดวงจรกำลัง ในที่นี้อาจทำให้วงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นเสียหายได้เมื่ วงจรกำลังทำงานผิดพลาด ดังนั้นในปริยญาณิพนธ์ฉบับนี้ เราใช้วงจรตามรูปที่ 2.15 ทำหน้าที่ขยายสัญญาณกระตุ้น โดยส่งสัญญาณนี้ผ่านหม้อแปลงสัญญาณพัลส์ (Pulse Tranformer) ซึ่งทำหน้าที่แยกระบบกราวด์ระหว่างวงจรกำลังกับวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น แล้วสัญญาณที่ผ่านหม้อแปลงสัญญาณพัลส์นี้จะไปกระตุ้นเอสซีอาร์ต่อไป



รูปที่ 2.15 วงจรขยายสัญญาณกระตุ้น (Pulse Amplifier Circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.15 เราจะเห็นได้ว่าวงจรขยายสัญญาณกระตุ้นนั้นใช้หม้อแปลงสัญญาณพัลส์ ทำการแยก ซึ่งสัญญาณก่อนที่จะเข้าตัวทรานซิสเตอร์นั้นจะได้มาจากขา (14) หรือ (15) แล้วนำมาแอนด์กันกับสัญญาณที่ได้มาจากวงจรไอซีไทเมอร์ 555 ซึ่งในที่นี้ตัวแอนด์กันนั้น เราใช้ไอซีเบอร์ 4011 ซึ่งเป็น Nand gate แล้วค่อยมาผ่านไอซีเบอร์ 4049 ซึ่งเป็น อินเวอร์เตอร์ คอยกลับสัญญาณที่ออกมาจากสัญญาณของ Nand gate อีกที การที่เรา นำสัญญาณจาก ไอซี 555 มาแอนด์ ก็เพื่อที่จะทำให้สัญญาณกระตุ้นนั้น มีความถี่มากขึ้น ตาม ความถี่ ของไอซี 555 เมื่อได้สัญญาณจากที่แอนด์กันแล้วเราจะนำมาขยายโดยใช้ทรานซิสเตอร์ ในที่นี้เราใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3053 โดยใช้อิมิตเตอร์ต่อลงกราวด์ ส่วนขาคอลเลคเตอร์ต่อกับหม้อแปลงสัญญาณพัลส์ (Pulse Tranformer) ซึ่งเราจะพันแบบ 1 ต่อ 1 เสร็จแล้วผ่านไดโอด แล้วจึงนำสัญญาณที่ได้ไปใช้ทริกที่ขาเกตและแคโทดของเอสซีอาร์ รูปสัญญาณที่ได้ ณ จุดต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงถึงสัญญาณที่ได้จากวงจร ณ จุดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรส่วนขยายสัญญาณกระตุ้นนี้มีองค์ประกอบดังนี้

1. สัญญาณจากไอซี 555

ไอซี 555 นี้เป็นไอซีที่ใช้ไฟเลี้ยงช่วงค่อนข้างกว้างมาก กล่าวคือตั้งแต่ +5 ถึง +18 โวลต์

ไอซี 555 มีการทำงานอยู่ 2 ประเภทคือ ประเภทสร้างสัญญาณตลอดเวลาหรือที่เราเรียกว่า อะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ และประเภทสร้างสัญญาณเพียง 1 ลูกคลื่นหรือที่เราเรียกว่า วันซอตมัลติไวเบรเตอร์ หรือโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์นั่นเอง

ในรูปที่ 2.17 ก. แสดงการทำงานประเภทอะอสเตเบิลของไอซี 555 จะเห็นได้ว่า สัญญาณแรงดันจะเปลี่ยนค่าเป็นแรงดันสูงแล้วต่ำแล้วสูงเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ไม่มีหยุด ช่วงเวลาของเอาท์พุทที่ได้จะหาได้จากค่าตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่นำมาต่อวงจรภายนอกไอซี 555 ข้อสังเกตและไม่ควรลืมก็คือ ค่าแรงดันเอาท์พุทในขณะที่มีค่าสูงสุด (หรือมีค่าสูง) จะมีค่าน้อยกว่าค่าไฟเลี้ยงหรือ Vcc เสมอ และค่าแรงดันเอาท์พุทในขณะที่มีค่าต่ำสุดจะมีค่าประมาณ

0.1 โวลท์

ในรูปที่ 2.17 ข. จะมีข้อแตกต่างกับวงจรในรูปที่แล้ว ตรงที่ว่าจะต้องมีสัญญาณภายนอกเข้ามากระตุ้นเท่านั้นจึงจะสร้างสัญญาณขึ้นมา 1 ลูก เมื่อมีสัญญาณจากภายนอกซึ่งมีแรงดันพอเหมาะเข้ามากระตุ้นวงจรแล้วแรงดันเอาท์พุทของไอซี 555 ก็จะมีการเปลี่ยนจากสภาพปกติจากต่ำไปสูงเป็นเวลาค่าหนึ่ง ซึ่งเวลาค่านี้ก็จะสามารถหาได้จากค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่นำมาต่อเพิ่มกับวงจรมันเอง

ในที่นี้วงจรที่เราใช้จะทำงานแบบอะอสเตเบิล ซึ่งมีการทำงานของวงจรดังนี้ ไอซี 555 สามารถนำมาต่อเป็นวงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ดังรูป 2.17

และเอาต์พุตจะมีค่าต่ำระหว่างช่วงเวลาที่ตัวเก็บประจุ C คลายประจุจาก $2/3 V_{cc}$ ถึง $1/3 V_{cc}$ ดังสมการ

$$t_{low} = 0.695 R_B C \quad \dots(5)$$

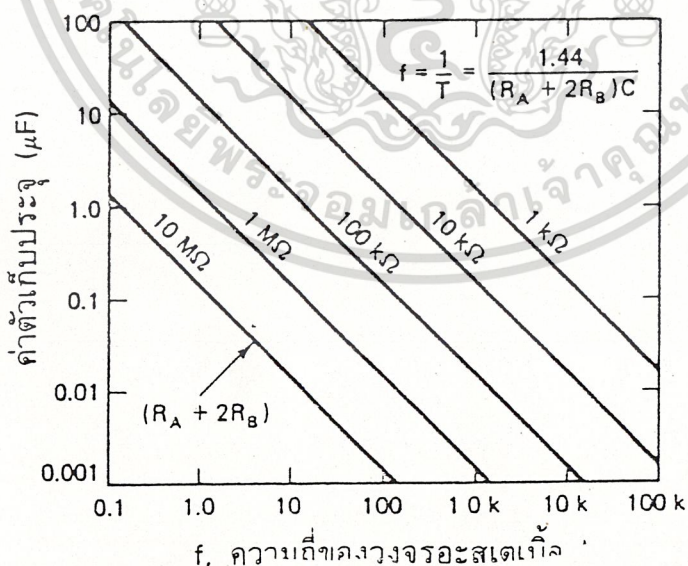
ดังนั้นช่วงเวลารวมทั้งหมดหรือคาบเวลา T จะเท่ากับ

$$T = t_{high} + t_{low} = 0.695 (R_A + 2 R_B) C \quad \dots(6)$$

ซึ่งเมื่อกลับเศษกลับส่วนของคาบเวลาแล้วจะได้ความถี่คือ

$$f = 1/T = 1.44 / [(R_A + 2 R_B) C] \quad \dots(7)$$

เมื่อนำสมการที่ (7) มาสร้างกราฟ และมีการเปลี่ยนค่า $(R_A + 2 R_B)$ ก็จะได้กราฟดังรูปที่ 2.18 อนึ่งกราฟนี้จะมีประโยชน์มากในการช่วยออกแบบวงจรอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 2.18 ความถี่ในการออสซิลเลตจะหาได้จากค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สัญญาณที่ได้จากไอซี TCA 875

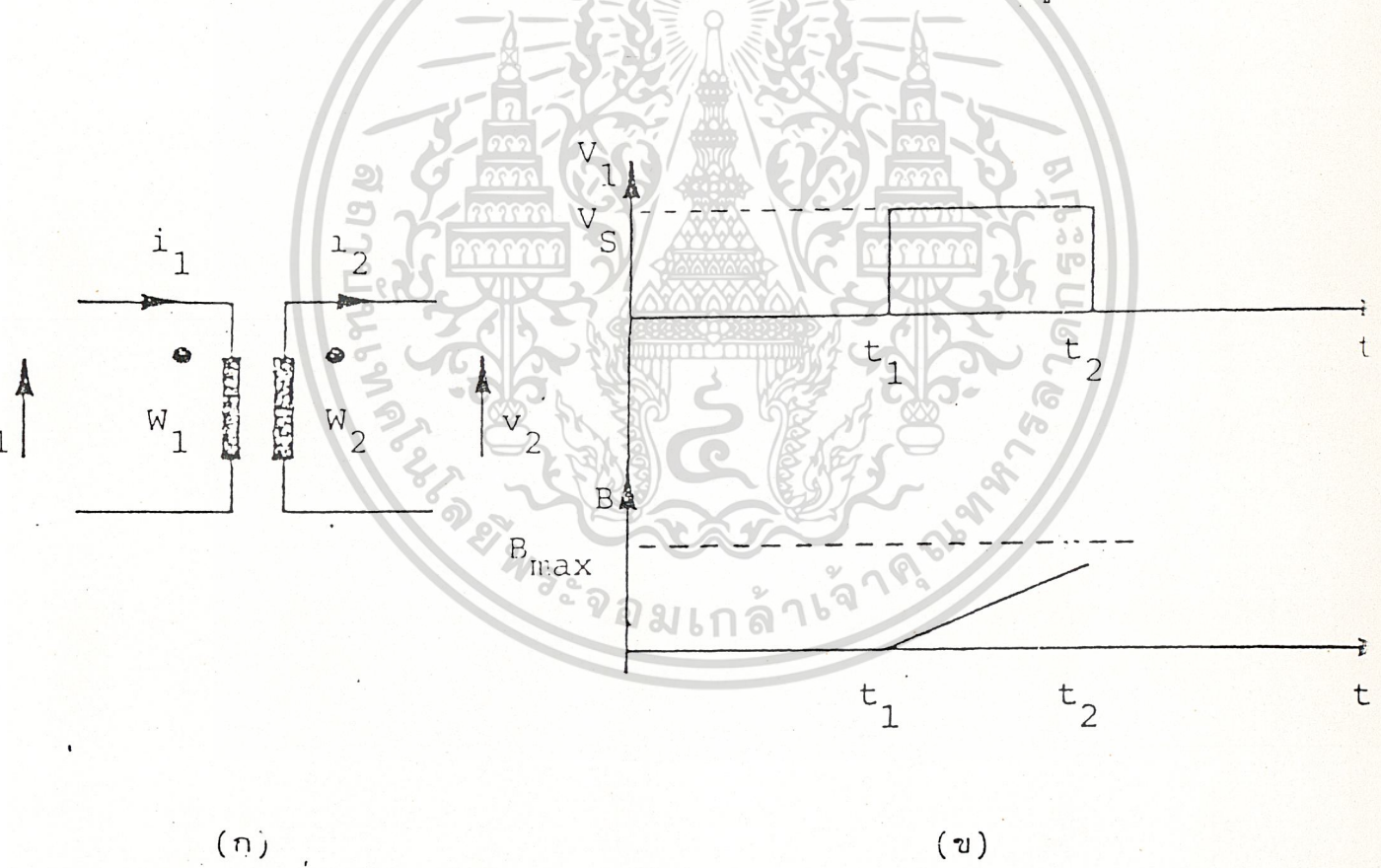
สัญญาณที่ได้จากไอซี TCA 875 นี้ได้จากขา (14) และขา (15) ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีลักษณะเป็นพัลส์เดี่ยว ที่ปรับมุมได้ตามศักดาควบคุมตั้งแต่มุม 0 ถึง 180 องศา ขาทั้งสองนี้จะมีมุมเฟสต่างกัน 180 องศา

3. สัญญาณที่นำมาแอนด

สัญญาณที่ได้จากไอซี 555 และสัญญาณที่ได้จากไอซี TCA 875 จะถูกนำมาแอนดกันโดยใช้แอนดเกจ ซึ่งในปริกฤษณานิพนธ์ฉบับนี้ใช้ไอซีเบอร์ 4011 และ 4049

4. หม้อแปลงสัญญาณพัลส์ (Pulse Transformer)

หม้อแปลงสัญญาณพัลส์จะเป็นตัวแยกวงจรควบคุมออกจากวงจรกำลัง หม้อแปลงสัญญาณพัลส์ที่สร้างขึ้นจะมีลักษณะเดียวกับหม้อแปลงศักดาไฟฟ้าธรรมดาแสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 (ก) แสดงแผนผังหม้อแปลงสัญญาณพัลส์

(ข) แสดงรูปสัญญาณกระตุ้นและรูปสัญญาณของค่าความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและการสร้างหม้อแปลงสัญญาณพัลส์ การคำนวณเบื้องต้นจากเงื่อนไขข้างนี้
 ขดลวด W_1 ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมาก่อน และ t_1 เป็นเวลานาน ดังนั้นความ
 หนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กภายในแกนหม้อแปลงจะเป็น

$$B = 0 \quad | \quad I_1 = 0, I_2 = 0, v_1 = 0, v_2 = 0 \quad \dots(8)$$

และถ้าค่ากระแสไฟฟ้าแมกนีไทซิงค์ (Magnetising Current) มีค่าดังนี้คือ

$$I_\mu \ll I_1, I_2 \quad \dots(9)$$

สามารถอนุมานได้ว่า

$$I_\mu \approx 0 \quad \dots(10)$$

เมื่อทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายสัญญาณกระตุ้นทำงาน คัดดาไฟฟ้าที่ขดลวด W_1 จะเป็น

$$v_1 = V_s \quad | \quad t_1 < t < t_2 \quad \dots(11)$$

ถ้ากำหนดให้ความต้านทานภายในของขดลวดมีค่าน้อยมาก

$$v_1 = V_s = W_1 d\phi / dt \quad \dots(12)$$

$$v_1 = W_1 A dB/dt \quad \dots(13)$$

จากสมการ (13) จะได้สมการใหม่คือ

$$B = B_0 + [V_s(t_2 - t_1) / W_1 A] \quad \dots(14)$$

ถ้า B_0 ในสมการ (14) สามารถทำให้หมดไปได้โดยการทำให้แกนลดสภาพการเป็นแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Demagnetizing) ซึ่งได้มีการกระทำเช่นนี้อยู่แล้วในวงจรรขยายสัญญาณกระตุ้น ดังนั้น สมการ (14) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$B = (V_s / W_1 A) \Delta t \quad | \quad \Delta t = t_2 - t_1 \quad \dots(15)$$

และสมการของจำนวนขดลวดทางปฐมภูมิ (Primary Winding) คือ

$$W_1 = (V_s / BA) \Delta t \quad \dots(16)$$

ข้อสำคัญอย่างหนึ่งซึ่งต้องพิจารณา คือ ค่า B ของสมการนี้จะต้องไม่เกินค่า B สูงสุด (Bmax) มิฉะนั้นจะทำให้แกนของหม้อแปลงอิ่มตัว ดังนั้นสมการการคำนวณจำนวนขดลวดทางปฐมภูมิ คือ

$$W_1 > V_s \Delta t / B_{MAX} A \quad \dots(17)$$

สมการจำนวนขดลวดทางทุติยภูมิ คือ

$$W_2 = V_2 W_1 / V_1 \quad \dots(18)$$

บทที่ 3

เครื่องแปลงสัญญาณ A/D และ D/A

ในการใช้งานทั่ว ๆ ไป การแปลงสัญญาณอนาล็อกและดิจิตอล ควรจะมีจำนวนบิตอย่างน้อย 8 บิต ซึ่งขนาด 8 บิตนี้ สามารถให้ความเที่ยงตรงสูงพอสมควร คือ มีความคลาดเคลื่อนเพียง 0.4 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น และมีความเร็วในการแปลงข้อมูลอยู่ในระหว่าง 10 ถึง 20 ไมโครวินาที

หลักการทำงาน

วงจรที่สร้างขึ้น ใช้วิธีการนับจำนวนลูกคลื่นอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำเอาทพุทจากวงจรมานับไปขับตัวต้านทาน ซึ่งต่อกันในระบบแลดเดอร์ ซึ่งอาจเรียกว่า วงจร R/2R สัญญาณเอาต์พุทที่ได้รับจะเป็นสัญญาณแรมพ์ (ramp) แรงดันของสัญญาณแรมพ์นี้จะถูกนำไปใช้ในการเปรียบเทียบกับแรงดันเอาต์พุทที่สุ่มเข้ามา

เอาต์พุทจากวงจรเปรียบเทียบจะนำไปใช้เป็นสัญญาณสโตปสำหรับแลชเอาต์พุทของวงจรมับ ซึ่งหมายความว่า การแปลงข้อมูลจะเสร็จสิ้นลงทุก ๆ หนึ่งรอบของการนับ ซึ่งประกอบด้วยสัญญาณนาฬิกา 256 ลูก ซึ่งคิดเป็นค่าความถี่ประมาณ 20 MHz ดังนั้น การแปลงข้อมูลหนึ่งรอบจะใช้เวลาน้อยกว่า 13 ไมโครวินาที

วงจรถ่ายสัญญาณนาฬิกาเป็นวงจรรอสซิงเลเตอร์ โดยใช้ไอซีของโมโตโรล่าเบอร์ K1100A (IC₁ ในรูปที่ 1) ความจริงอาจใช้ไอซีประเภทเดียวกันเบอร์อื่น ๆ ก็ได้ เช่น เบอร์ 74123 ซึ่งเป็นไอซีโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ โดยต่อให้ทำงานในลักษณะอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ หรืออาจใช้ไอซีตั้งเวลาเบอร์ 555 ก็ได้ (หากไม่คำนึงถึงความเร็วในการแปลงข้อมูล) เมื่อให้เครื่องทำงานที่ความเร็วสูงสุด คือ ให้ผลิตสัญญาณนาฬิกาในช่วงความถี่ 20 MHz สัญญาณเอาต์พุทควรเป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่สมบูรณ์ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ขับวงจรมับได้ถูกต้อง

ในภาควงจรมับประกอบด้วย IC₂ และ IC₃ ซึ่งเป็นไอซีเบอร์ 74193 ซึ่งเป็นวงจรมับสี่บิตแบบซิงโครนัส ที่สามารถนับได้เดินหน้าหรือถอยหลังก็ได้ เหตุที่เลือกใช้ไอซีเบอร์นี้ เนื่องจากมันสามารถให้เอาต์พุทออกมาโดยไม่มีทรานเซียนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะทำการสวิตช์ (switching transients) ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดความผิดพลาดในการทำงานของวงจรเปรียบเทียบได้

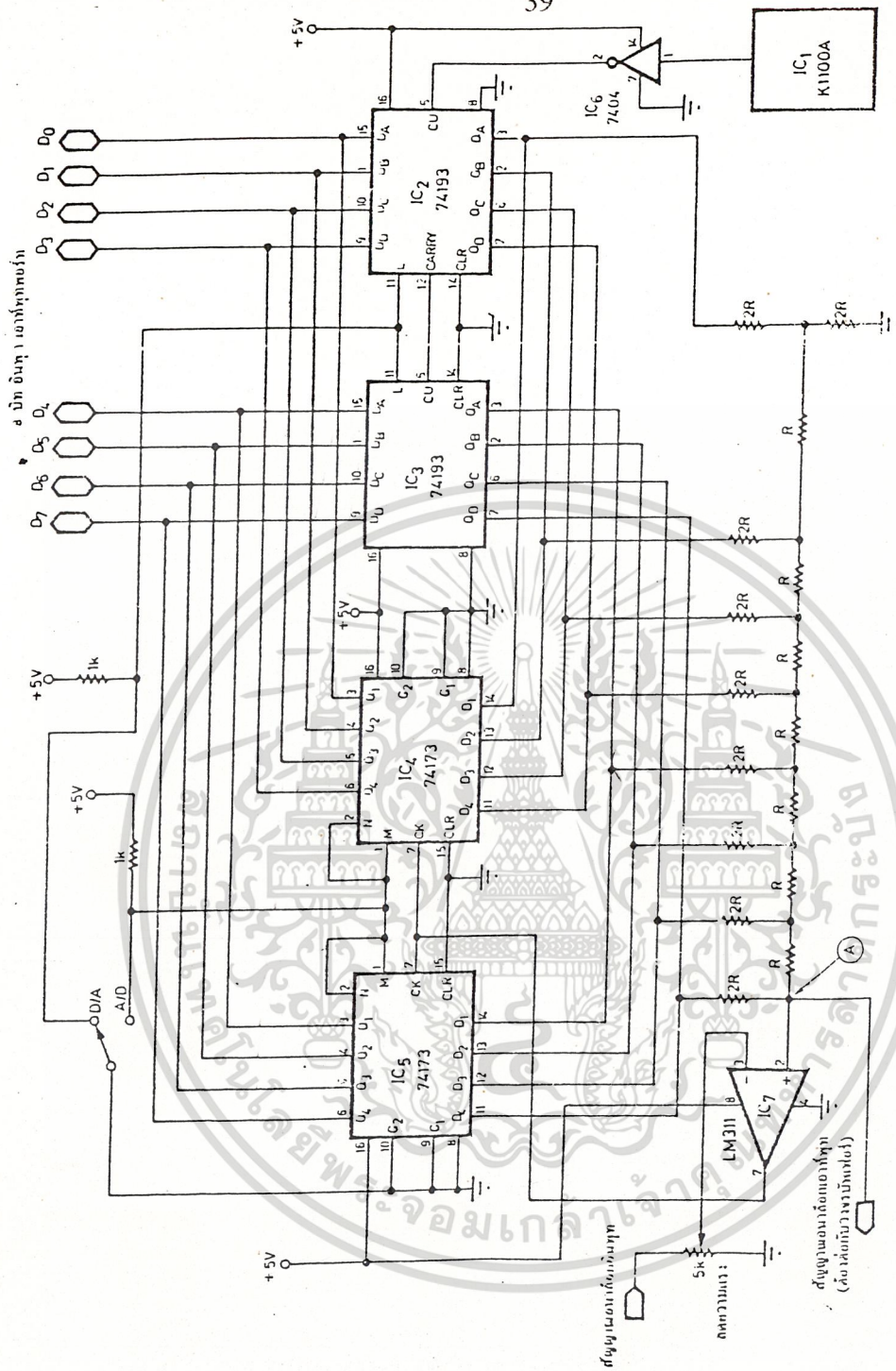
ข้อดีอีกข้อหนึ่งของไอซีเบอร์นี้ คือ มันสามารถโหลดเอาท์พุทขนานกันได้ ซึ่งทำให้สามารถทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลได้ทั้งจากแบบอนาล็อก หรือจากข้อมูลแบบดิจิทัลก็ได้ เอาท์พุทแบบขนานจากวงจรมันยังถูกนำไปใช้ในการขับไอซีเบอร์ 74173 ซึ่งเป็น quad - D latch (IC₄ และ IC₅) เช่นเดียวกับการจัดชุดตัวต้านทานแบบแลตเตอร์

เน็ทเวิร์คของตัวต้านทานแบบแลตเตอร์นี้ ออกแบบมาเพื่อใช้ในการสร้างสัดส่วนของแรงดัน โดยสัมพันธ์กับตัวเลขทางไบนารี แรงดันเอาท์พุทที่จุด A ในรูปที่ 1 สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 โดย E₀ ถึง E₇ หมายถึง ค่าแรงดันที่ปรากฏที่เอาท์พุทแต่ละจุดของวงจรมัน โดยค่าแรงดันเอาท์พุทจะอยู่ระหว่าง 20 มิลลิโวลต์ ถึง 5 โวลต์ โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 20 มิลลิโวลต์

สมการ 1

$$\text{แรงดันเอาท์พุท} = \frac{E_7}{2} + \frac{E_6}{4} + \frac{E_5}{8} + \frac{E_4}{16} + \frac{E_3}{32} + \frac{E_2}{64} + \frac{E_1}{128} + \frac{E_0}{256}$$

ค่าที่แท้จริงของ R ในรูปที่ 1 นั้น ไม่มีความสำคัญกับความถูกต้องในการแปลงข้อมูล ค่าความต้านทานนี้สามารถอยู่ในช่วงตั้งแต่ 5,000 โอห์ม ถึง 50,000 โอห์ม สิ่งที่ต้องคำนึงถึงและมีความสำคัญต่อความถูกต้องในการแปลงข้อมูล ก็คือ ค่าความต้านทาน R แต่ละตัวจะต้องเท่ากัน วิธีการก็คือ ตัวความต้านทาน R แต่ละตัวควรใช้ค่าเดียวกัน ส่วนตัวความต้านทาน 2R ก็ใช้ตัวความต้านทานค่าเดียวกับความต้านทาน R โดยนำมาต่ออนุกรมกันสองตัวเพื่อให้ได้ค่า 2R และใช้ครีมทาแผ่นระบายความร้อน (heat sink compound) ทาระหว่างตัวความต้านทานแต่ละตัว เพื่อให้อุณหภูมิของตัวความต้านทานแต่ละตัวมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด และเมื่อใช้วงจรมันทำหน้าที่เป็น D/A ซึ่งจะให้เอาท์พุทออกมาที่จุด A จะต้องนำไปผ่านวงจรบัฟเฟอร์ เนื่องจากเอาท์พุทจากวงจรมันมีกำลังขยับน้อย

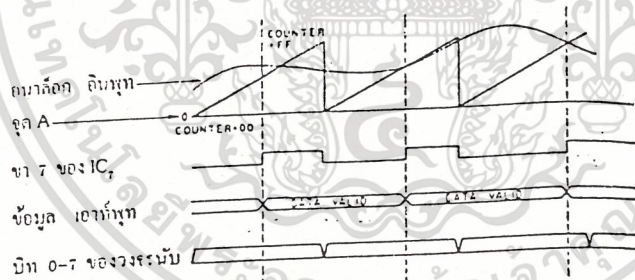


รูปที่ 3.1 แสดงวงจรแปลงสัญญาณ A/D ซึ่งใช้อุปกรณ์เพียงไม่กี่ชิ้น การแปลงสัญญาณ A/D สามารถทำได้ในเวลารอบละไม่ถึง 13 ไมโครวินาที ความเร็วในการแปลงสัญญาณสามารถปรับโดยการเปลี่ยนความถี่ของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา และ เราสามารถขยายวงจรนี้ให้สามารถแปลงข้อมูลได้ถึง 12 หรือ 16 บิตโดยไม่มียาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (IC₇) จะทำการเปรียบเทียบแรงดันของสัญญาณอินพุท กับแรงดันจากเอาต์พุทของวงจรแลตเตอร์ตัวด้านทาน เนื่องจากวงจรมีจะทำกรนับขึ้นจากศูนย์ ดังนั้นเอาต์พุทของวงจรแลตเตอร์ ควรจะเริ่มจากระดับแรงดันต่ำกว่าสัญญาณอนาล็อก เมื่อระดับแรงดันเอาต์พุทของวงจรแลตเตอร์ สูงกว่าสัญญาณอนาล็อก วงจรเปรียบเทียบจะเปลี่ยนสถานะและส่งเอาต์พุทเป็นสัญญาณสโตป เพื่อทำการแลทซ์เอาต์พุทของวงจรมับ (IC₂ และ IC₃)ไว้ที่ และ IC₅ ตัวความต้านทานแบบปรับค่าได้ขนาด 5 กิโลโหม้ม ทำหน้าที่ลดระดับสัญญาณอินพุทที่มีค่าสูงกว่า 5 โวลต์

วงจรแลทซ์เอาต์พุท (IC₄ และ IC₅) ใช้ไอซีเบอร์ 74173 เหตุที่เลือกใช้ไอซีเบอร์นี้ก็เนื่องจากใช้สัญญาณขั้วน้อยและสามารถให้เอาต์พุทเป็นแบบสามสถานะได้ ขาเอาต์พุทสามารถต่อขนานกับอินพุทของวงจรมับ และจากคุณสมบัติของเอาต์พุทแบบสามสถานะทำให้สามารถใช้พอร์ทเพียงหนึ่งพอร์ททำหน้าที่เป็นทั้งอินพุทของ D/A และเป็นเอาต์พุทของ A/D ได้



รูปที่ 3.2 แสดงผังเวลาของรูปคลื่นที่จุดต่างๆเมื่อแรงดันอ้างอิง (ที่จุด A) เพิ่มขึ้นจนมีระดับเท่ากับสัญญาณอนาล็อกทางอินพุท ซึ่งจะทำให้วงจรเปรียบเทียบแรงดันส่งสัญญาณสโตปไปกระตุ้นให้ไอซี 74173 แลทซ์ เพื่อเก็บค่าจากวงจรมับเอาไว้ ค่าที่วงจรมับแลทซ์เก็บไว้จะอยู่จนกว่าวงจรมับเปรียบเทียบแรงดันส่งสัญญาณสโตปชุดใหม่มาอีก

ลำดับการแปลงสัญญาณ A/D หนึ่งรอบเป็นดังต่อไปนี้

- เริ่มแรก วงจรนับจะทำการนับจากศูนย์ จนถึงค่าเลขฐานสิบหก FF แรงดันที่จุด A จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันอินพุท

- ค่าของวงจรมับจะเพิ่มขึ้น กระทั่งแรงดันที่จุด A เท่ากับแรงดันอินพุท ที่จุดนี้ เอาท์พุทจากวงจรเปรียบเทียบกับจะไปขับอินพุท clock (ขา 7) เพื่อแลทช์ในสภาวะลอคจิก "สูง"

- ขอบขาขึ้นของพัลส์ทำให้เกิดการแลทช์ เพื่อเก็บค่าของวงจรมับได้

- ข้อมูลซึ่งเป็นค่าของวงจรมับจะถูกเก็บไว้จนกว่า การแปลงข้อมูลรอบต่อไปจะเสร็จสิ้นลง

ในการทำงานในหน้าที่ A/D ข้อมูลที่ป้อนเข้ามาที่อินพุทของวงจรมับไหลด (ขา 11) จะอยู่ในระดับกราวนด์ ซึ่งจะทำให้ข้อมูลทางดิจิตอลถูกส่งไปยังวงจรแลคเคอร์ตัวด้านทานโดยตรง ดังนั้นการแปลงข้อมูลจึงเกิดขึ้นทันที

การสร้าง

การเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ควรใช้ตัวนำที่มีความยาวน้อยที่สุด สำหรับในการทดลองขั้นต้นอาจใช้วิธี wire-wrap ก็ได้ เนื่องจากวงจรมับ ทำงานที่ความเร็วค่อนข้างสูง ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องทำการบายพาสไอซีแต่ละตัวด้วยตัวเก็บประจุขนาด 0.1 μ F โดยอาจบัดกรีตัวเก็บประจุที่ซ็อกเก็ตเสียบไอซีโดยตรงก็ได้

การใช้งาน

การนำเครื่องแปลงข้อมูลนี้ไปใช้งาน สามารถทำได้ง่ายมาก เพียงแต่ต่อพอร์ท 8 บิต เข้ากับวงจรอ่านค่าทางดิจิทัล ในขณะที่สวิทช์เลือกข้อมูลอินพุตอยู่ในตำแหน่ง A/D เพื่ออ่านค่าอินพุตแบบอนาล็อก อินพุตแบบอนาล็อกอาจอยู่ในช่วงแรงดันจากศูนย์ถึงประมาณ 4.5 โวลท์ (หรือมากกว่า หากมีวงจรลดทอนระดับแรงดันอินพุต) หากแรงดันอินพุตมีระดับต่ำมากก็อาจเพิ่มวงจรขยาย เพื่อให้สามารถอ่านค่าแรงดันได้ถูกต้องมากขึ้น

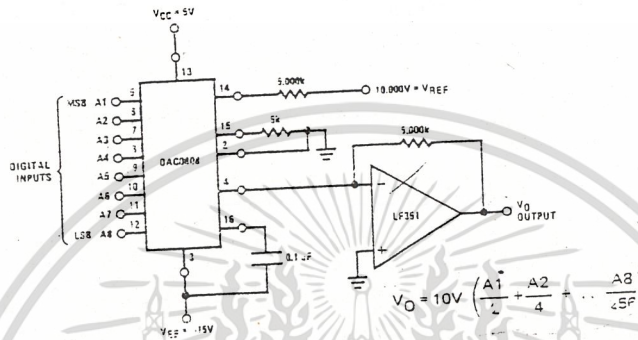
แต่ในปริยญาณิพนธ์นี้ได้ประยุกต์เฉพาะวงจร D/A นี้มาใช้งานเท่านั้น โดยได้ ประยุกต์เป็นดังในรูปที่ 4.3 และ ยังได้ใช้ IC 74LS373 เป็นวงจรแลทช์ต่อเข้ากับวงจรนี้ด้วย

รูปที่ 3.3 แสดงวงจร แปลงสัญญาณ ดิจิตอล เป็น อนาลอก โดยใช้ DAC 0808

CMOS MICRO DAC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในปริยญาณิพนธ์นี้ได้ประยุกต์เฉพาะวงจร D/A นี้มาใช้งานเท่านั้น โดยได้ ประยุกต์เป็นดังในรูปที่ 4.3 และ ยังได้ใช้ IC 74LS373 เป็นวงจรแลทซ์ต่อเข้ากับวงจรนี้ด้วย



รูปที่ 3.3 แสดงวงจร แปลงสัญญาณ ดิจิตอล เป็น อนาลอก โดยใช้ DAC 0808

CMOS MICRO DAC

CMOS MICRO DAC ได้เป็นที่สนใจของนักออกแบบ micro processor และเป็นอุปกรณ์ใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ส่วนมากเราจะพบ DAC ตัวนี้ในฟังก์ชันที่เกี่ยวกับอนาลอก

ปกติเราจะใช้ DAC ในงานที่เกี่ยวข้องกับระดับแรงดันและ การสวิตซ์ที่ต้องการเวลาในการทำงาน การผิดพลาดที่เกิดขึ้นในส่วนนี้เกิดจากการอินเตอร์เฟสของมนุษย์ แต่ก็สามารถแก้ปัญหาได้โดยใช้ ขบวนการและ DAC เพื่อใช้ในการควบคุมแบบอัตโนมัติ

การใช้ CMOS ใน MICRO DAC จะมีประโยชน์หลายอย่างที่เห็นได้ชัดคือ ในวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอกเป็นวงจรขั้นบันไดของความต้านทาน (R-2R) เพื่อที่จะควบคุมแรงดันอ้างอิงหรือสัญญาณไฟกระแสสลับและ MICRO DAC จะถูกควบคุมโดยพอร์ตส่งข้อมูลขนาด 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

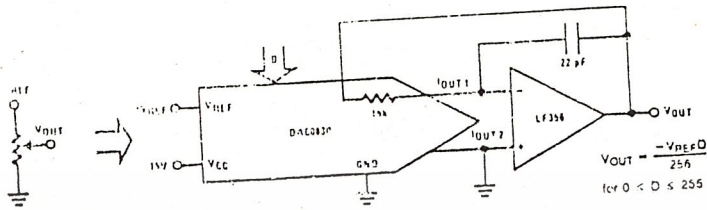
คุณสมบัติการกระจายและเป็นเชิงเส้นเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของสัญญาณขาออกของวงจรแปลงสัญญาณเป็นอนาล็อก คุณสมบัติเชิงเส้นจะสำคัญในด้านที่ว่าจะทำให้แน่ใจได้ว่า จะมีทุก ๆ สัญญาณอนาล็อกขาออกมาจากทุก ๆ สัญญาณดิจิตอลที่เข้ามา ส่วนคุณสมบัติการกระจายนี้จะใช้ในการจำกัดแรงดันอนาล็อกทางด้านขาออก

ในปัจจุบันในการใช้งานของ MICRO DAC จะสามารถใช้ได้ในงานแปลงสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอนาล็อกและแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอลได้อย่างถูกต้องและใช้กับตัวเลขดิจิตอลได้จำนวนมาก ๆ

ในการใช้งานเราจะใช้ DAC ในการรับสัญญาณขาออกจากระบบการมาเป็นสัญญาณขาเข้าของ DAC ระดับของดิจิตอล DAC เช่น ช่วงระดับดิจิตอลของ 12 บิต MICRO DAC จะมีตั้งแต่ 1 -4095 ระดับ

ระดับแรงดันดิจิตอล

การใช้โดยทั่วไปของ DAC คือจะสร้างระดับแรงดันขาออกโดยสัญญาณดิจิตอลขาเข้า และจะผสมกับระดับแรงดันอ้างอิงก็จะได้ระดับแรงดันขาออกออกมา ออปแอมป์ในวงจรจะเปลี่ยนกระแสที่ได้รับจาก DAC เป็นระดับแรงดันทางด้านขาออกของวงจร ระดับสัญญาณดิจิตอลจะมีขนาด $D=2^n-1$ เมื่อ n เป็นจำนวนบิตของ DAC กระแส $I_{out 2}$ จะตรงกันข้ามกับดิจิตอลที่เข้ามาคือเมื่อ $I_{out 1}$ มีขนาดเต็มที $I_{out 2}$ จะมีขนาดศูนย์และระดับแรงดันขาออกจะมีขั้วตรงข้ามกับระดับแรงดันอ้างอิงที่จ่าย แต่ DAC นี้สามารถที่จะทำให้เกิดระดับแรงดันสองขั้วได้เช่น ถ้าต้องการแรงดันขาออกเป็นบวก แล้วก็จะจ่ายแรงดันอ้างอิงทางด้านลบให้เพื่อที่จะอนุรักษ์เชิงเส้นขาออก กระแสขาออกทั้งสองของ DAC ก็มีค่าเข้าใกล้ศูนย์โวลต์เท่าที่เป็นไปได้ เมื่อต้องการระดับแรงดันขาเข้าของออปแอมป์มีค่าเป็นศูนย์ ขนาดความผิดพลาดของคุณสมบัติเชิงเส้นนี้หาได้จาก V_{os}/V_{ref} วงจร DAC มีดังรูป



รูปที่ 3.4 แสดงการทำงานของวงจร DAC



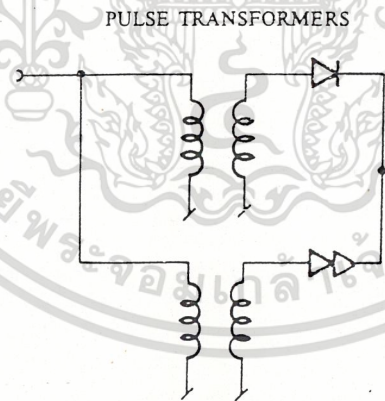
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

หม้อแปลงสัญญาณ

หม้อแปลงสัญญาณ (PULSE TRANSFORMER)

จุดประสงค์ของหม้อแปลงสัญญาณคือ ใช้ในการสร้างสัญญาณรูปฟันปลาเพื่อ TURN ON SCR ในขณะที่เดียวกันยังคงรักษาการแยกทางไฟฟ้าที่เกิดจากเคมีระหว่างวงจรควบคุมและ SCR อัตราการแยกของหม้อแปลงต้องตอบสนองแรงดันไฟฟ้าที่มากที่สุดระหว่าง SCR แต่ละตัวของ CONVERTER ค่ารีแอคแตนซ์รั่วไหลระหว่างขด PRIMARY และ ขด SECONDARY ควรจะรักษาให้ต่ำเพื่ออนุญาตให้มีความเร็วเพียงพอต่อการสละสม หม้อแปลงเหล่านี้ใช้โอนย้ายแรงดันไฟฟ้าที่แปลงจากกระแสลับเป็นกระแสตรงไปยังโหลด (เช่น ไปยัง SCR) แกนเหล็กที่มีแรงบังคับต่ำและแม่เหล็กตกค้างต่ำจะถูกเลือกใช้ ขนาดของหม้อแปลงสามารถลดลงอย่างมากถ้าการไบแอสแม่เหล็กกระแสตรงถูกใช้ เมื่อความเร็วและสัญญาณขนาดยาวถูกสร้างขึ้น มันอาจจะถูกใช้เพื่อต่อหม้อแปลง 2 ตัวขนานกัน (แสดงในรูปที่ 1)

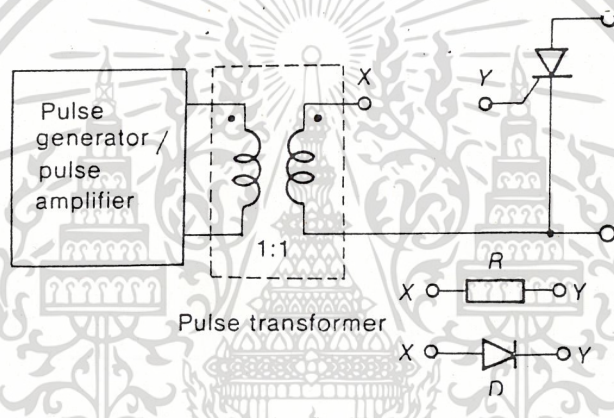


Possible solution to transmit
a fast and long pulse

รูปที่ 1 การส่งของความเร็วและสัญญาณขนาดยาว

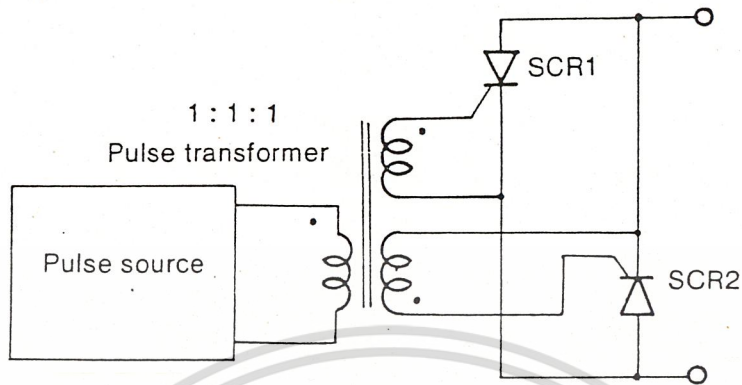
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หม้อแปลงทั่วไปใช้สำหรับควบคุม SCR ทั้งชนิด 1:1 2 ขดลวด หรือ 1:1:1 3 ขดลวด แสดงในรูปที่ 2 หม้อแปลงสัญญาณอาจจะต่อโดยตรงระหว่างเกตและคาโทด ในทางกลับกัน มันอาจจะมีตัวความต้านทาน R เพื่อลดกระแสยึด (HOLDING CURRENT) ของ SCR หรือมันอาจจะมีไดโอด D ที่ต่ออนุกรมเพื่อป้องกันกระแสเกตไหลกลับในกรณีของการไหลวนหรือการไหลกลับของแรงดัน OUTPUT ของหม้อแปลงสัญญาณ ในบางกรณีระดับสัญญาณรบกวนสูง จะถูกป้องกัน

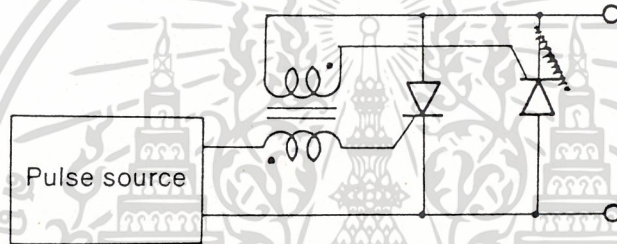


รูปที่ 2 หม้อแปลงสัญญาณใช้ขับเกตของ SCR

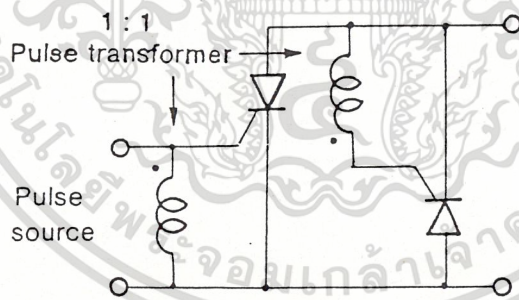
ในรูปที่ 3 แสดงวิธีต่างๆของการใช้หม้อแปลงสัญญาณเพื่อขับ SCR ที่ต่อขนานกลับกัน การแยกระหว่างแหล่งกำเนิดและโหลดถูกแยกโดยหม้อแปลง 3 ขดในรูปที่ 3(a) โดยการแยกแบบนี้ไม่ถูกต้อง การหม้อแปลง 2 ขดอาจจะถูกใช้ในโหมดอนุกรม (รูปที่ 3(b)) หรือในโหมดขนาน (รูปที่ 3(c)) ในกรณีทั้ง 2 อย่างนี้แหล่งกำเนิดสัญญาณต้องจ่ายพลังงานเพียงพอเพื่อ TRIGGER SCR ทั้ง 8 ตัว และหม้อแปลงสัญญาณ (รวมทั้งตัวความต้านทานที่สมดุล) ต้องจ่ายกระแสเกตเพียงพอเพื่อ SCR ทั้ง 2 ตัวภายใต้เงื่อนไขที่ผิดของอิมพีแดนซ์เกตที่ไม่สมดุล



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 3 การต่อแบบต่าง ๆ ของหม้อแปลงสัญญาณสำหรับ TRIGGER SCR 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้องการเบื้องต้นของหม้อแปลงสัญญาณคือ ประสิทธิภาพ การทดสอบทั่ว ๆ ไปเพื่อประมาณค่าสำหรับหม้อแปลง 1:1 ซึ่งใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณที่ออกแบบไว้ในการขับตัวความต้านทาน 20Ω เพียงตัวเดียว และใช้ในการขับตัวความต้านทานที่เหมือนกันตลอดหม้อแปลงสัญญาณ ถ้า waveform ของสัญญาณที่ตกคร่อมตัวความต้านทานเหมือนกันภายใต้เงื่อนไขทั้งสองกรณี หม้อแปลงจะสมบูรณ์แบบ ความสูญเสียจะถูกคาดหมาย และควรจะถูกชดเชยโดยการขับเพิ่มขึ้นจากแหล่งกำเนิดสัญญาณ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

MCS-51

คุณสมบัติของ MCS51

คุณสมบัติที่สำคัญของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 มีดังนี้

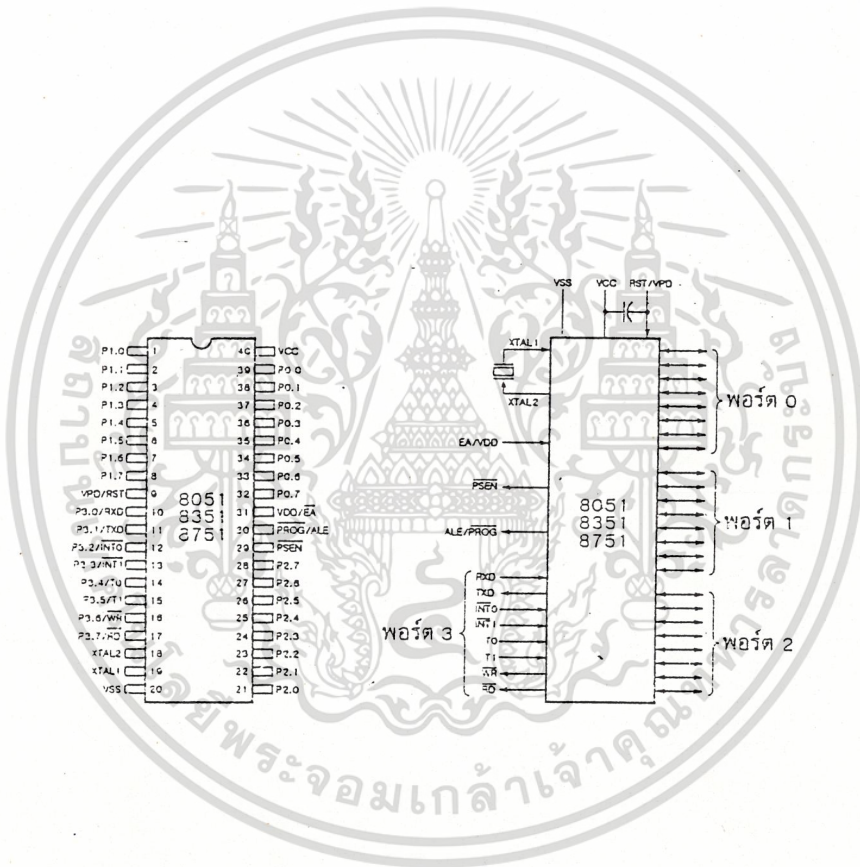
- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์เพียงชุดเดียว
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ในชิปจำนวน 4 กิโลไบต์ (เบอร์ 8031 ไม่มีหน่วยความจำส่วนนี้)
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป (RAM) อยู่ในชิปจำนวน 128 ไบต์
- สามารถใช้หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิปได้อย่างละ 64 กิโลไบต์แยกจากกัน
- คำสั่งส่วนใหญ่ใช้เวลาทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกกะเฮิร์ตซ์
- มีพอร์ทที่สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ทั้ง 2 ทิศทางจำนวน 4 พอร์ทๆละ 8 บิต หรือสามารถใช้งานเป็นพอร์ทขนาด 1 บิตแยกจากกัน ทำให้เสมือนมีพอร์ทขนาด 1 บิตใช้งานรวมทั้งสิ้น 32 พอร์ท
- รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ในตัว โดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูล (BOUND RATE) ได้ตั้งแต่ 300 ถึง 375 กิโลบิตต่อวินาที
- จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเทอร์รัปต์ได้ 2 ระดับ
- รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพื่อนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาภายในชิป หรือนับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสัญญาณภายนอกขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์วัดความกว้างของพัลส์หรือใช้วัดช่วงเวลา
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ในระดับไบต์และระดับบิต เพื่อให้การ ออกแบบโปรแกรมและการควบคุมระบบทำได้ง่ายขึ้น
- มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิตในตัวเอง
- สามารถประมวลผลแบบบูลีนเพื่อใช้ในงานควบคุมโดยเฉพาะ
- ใช้โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS 48 (UPWARDLY COMPATIBLE) ได้
- เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ที่มีตัวอักษร C อยู่ตรงกลางเบอร์เช่น 80C31, 80C51 จะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์ของชิปที่ผลิตโดยอาศัยเทคโนโลยี CHMOS ซึ่งใช้พลังงานในการทำงานน้อยกว่าและสามารถควบคุม การใช้พลังงานของตัวชิปได้จากโปรแกรมเพื่อการประหยัดพลังงานในระบบ

ตำแหน่งขาของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกันดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงตำแหน่งขาของไมโครชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลMCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่การใช้งานแต่ละขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 มีดังนี้

- ขา Vss (ขา 20) สำหรับต่อลงกราวด์
- ขา Vcc (ขา 40) สำหรับต่อแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงขนาด 5 โวลต์ (DC 5 Volt)
- ขาพอร์ต 0 (32-39) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 0 ขนาด 8 บิต (P0.0-P0.7) แบบ Open

Drain Bidirectional พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะถูกปล่อยลอย (มีสถานะ High Impedance) นอกจากใช้งานเป็นอินพุต

เอาต์พุตพอร์ตแล้ว พอร์ต 0 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม และข้อมูลภายนอกชิปด้วย

โดยส่งค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0-A7) และมัลติเพล็กซ์กับการรับส่งข้อมูล (D0-D7) จากหน่วยความจำภายนอกในระหว่างการเขียนหรืออ่านข้อมูลโดยมีวงจรถูกฝังภายใน

- ขาพอร์ต 1 (ขา 1-8) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) สามารถใช้งานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตทั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อให้มีสถานะ High Impedance โดยมีวงจรถูกฝังภายใน

- ขาพอร์ต 2 (ขา 21-28) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) ขนาด 8 บิต แบบ Open Drain

Bidirectional พอร์ตนี้สามารถใช้เป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะ High Impedance นอกจากจะใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปแล้ว พอร์ต 2 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกด้วย โดยใช้สำหรับส่งค่าแอดเดรสไบต์สูง (A8-A15) และมีวงจรถูกฝังภายใน

- ขาพอร์ต 3 (ขา 10-17) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อให้มีสถานะ High Impedance โดยใช้วงจรถูกฝังภายใน นอกจากนี้ยังใช้งานในหน้าที่พิเศษต่างๆอีกหลายอย่างดังนี้

- ขา P3.0 ใช้รับข้อมูลจากภายนอกแบบอนุกรม
- ขา P3.1 ใช้ส่งข้อมูลออกไปภายนอกแบบอนุกรม
- ขา P3.2 ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ชนิดที่ 0

- ขา P3.3 ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ชนิดที่ 1
 - ขา P3.4 สัญญาณอินพุตให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 0
 - ขา P3.5 สัญญาณอินพุตให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 1
 - ขา P3.6 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป
 - ขา P3.7 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป
- การใช้งานพอร์ต 3 ในหน้าที่พิเศษดังกล่าวนี้จะต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตที่ต้องการใช้ก่อนทุกครั้ง

-ขา RST(ขา9) ใช้สำหรับกักรรีเซตวงจรทุกอย่างภายในชิป เพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ การรีเซตใช้เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานหรือเมื่อโปรแกรมทำงานผิดพลาด เมื่อต้องการรีเซตชิป MCS-51ขานี้ต้องมีสถานะ 1 เป็นเวลาอย่างน้อย 2 แมกซีไซเคิลระหว่างที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่ โดยต้องต่อตัวต้านทานค่า 8.2 กิโลโอห์มเพื่อทำหน้าที่พูลดาวน์ (รักษาค่าแรงดันไฟฟ้าให้มีสถานะเป็นกราวด์) และเพื่อให้ตัวชิปรีเซตเองเมื่อจ่ายพลังงานให้ต่อตัวเก็บประจุขนาด 10 ไมโครฟารัดคร่อมระหว่างขา RST กับ Vcc ดังแสดงในรูปที่ 5.2

-ขา ALE/PROG (ขา30) เป็นขาสำหรับใช้ส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการแลตช์ค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ (Address Latch Enable)จากพอร์ต 0 ในระหว่างการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมหรือข้อมูลภายนอก ปกติเมื่อไม่มีการติดต่อหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณพัลส์ออกมาด้วยความถี่ 1/8 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ตลอดเวลา ดังนั้นเราสามารถใช้เวลาที่ขาไปใช้งานอย่างอื่นได้ แต่ความถี่ที่ขาจะลดลงครึ่งหนึ่งในระหว่างติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่นอกชิป

นอกจากนี้ขา ALE ยังใช้สำหรับควบคุมการเขียนโปรแกรมลงไปใน EPROM สำหรับ MCS-51 เบอร์ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเป็น EPROM

-ขา PSEN (ขา 29) ใช้ส่งสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิป (Program Strobe Enable) เมื่อชิปทำงานด้วยโปรแกรมจากภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบ

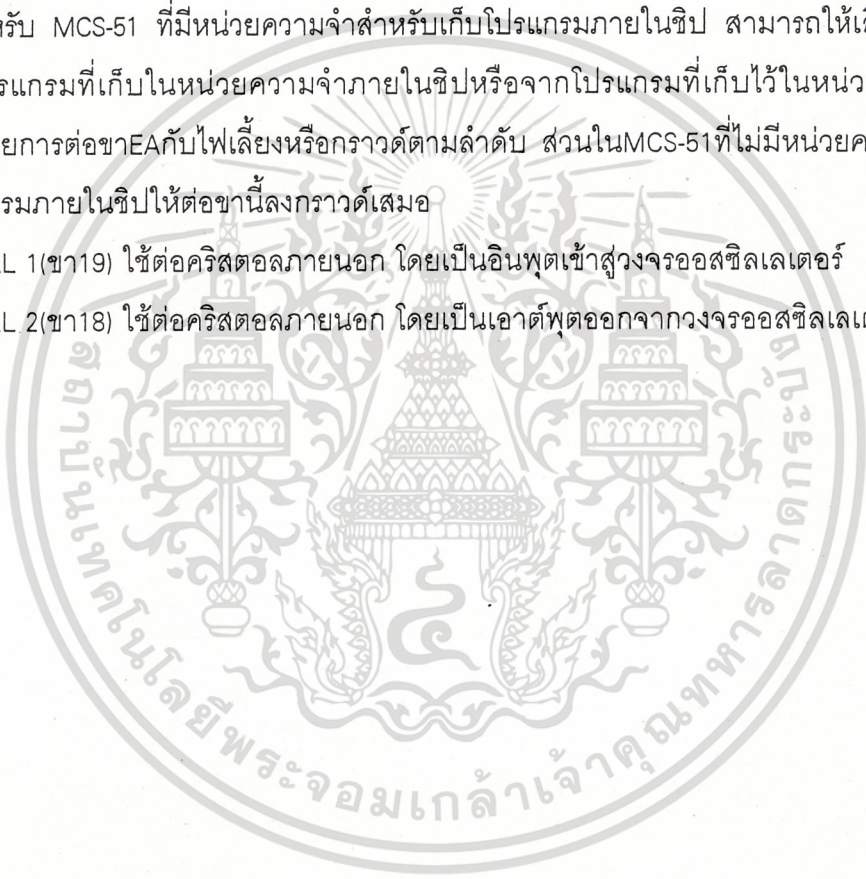
สองครั้ง ในแต่ละแมชชีนไซเคิลแต่ในช่วงการเขียนหรืออ่านข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอกหรือเมื่อใช้โปรแกรมจาก หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปจะไม่มีสัญญาณออกมาจากขานี้

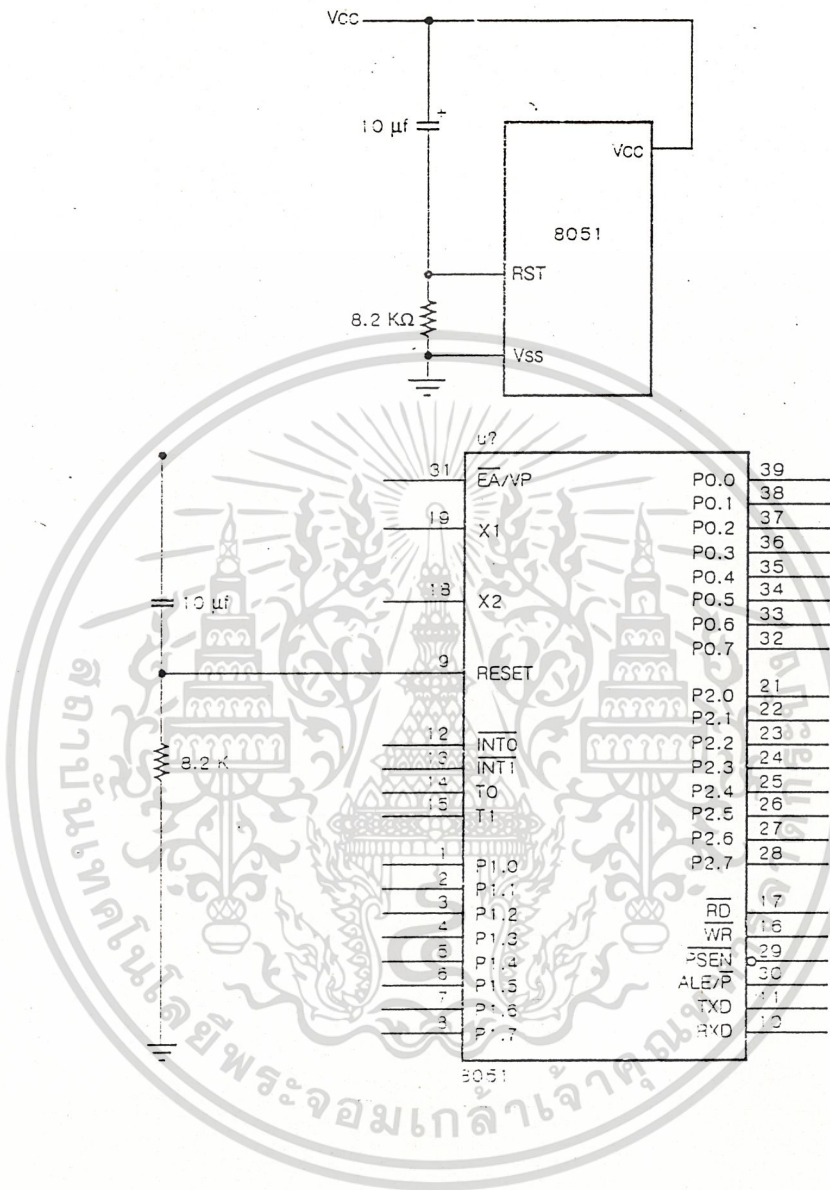
-ขา EAVpp (ขา 31) เป็นขาสำหรับใช้เลือกให้ MCS-51 ทำงานจากโปรแกรมที่อยู่ภายในหรือภายนอกชิป

โดยหากขานี้มีสถานะเป็น 0 หมายถึงให้ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมภายนอก หากขานี้มี สถานะเป็น 1 หมายถึงบังคับให้ MCS-51 ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป

และสำหรับ MCS-51 ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป สามารถให้เลือกทำงานได้ทั้งจากโปรแกรมที่เก็บในหน่วยความจำภายในชิปหรือจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิปด้วยการต่อขา EA กับไฟเลี้ยงหรือกราวด์ตามลำดับ ส่วนใน MCS-51 ที่ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปให้ต่อขานี้ลงกราวด์เสมอ

- ขา XTAL 1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรรอสซิลเลเตอร์
- ขา XTAL 2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตออกจากวงจรรอสซิลเลเตอร์



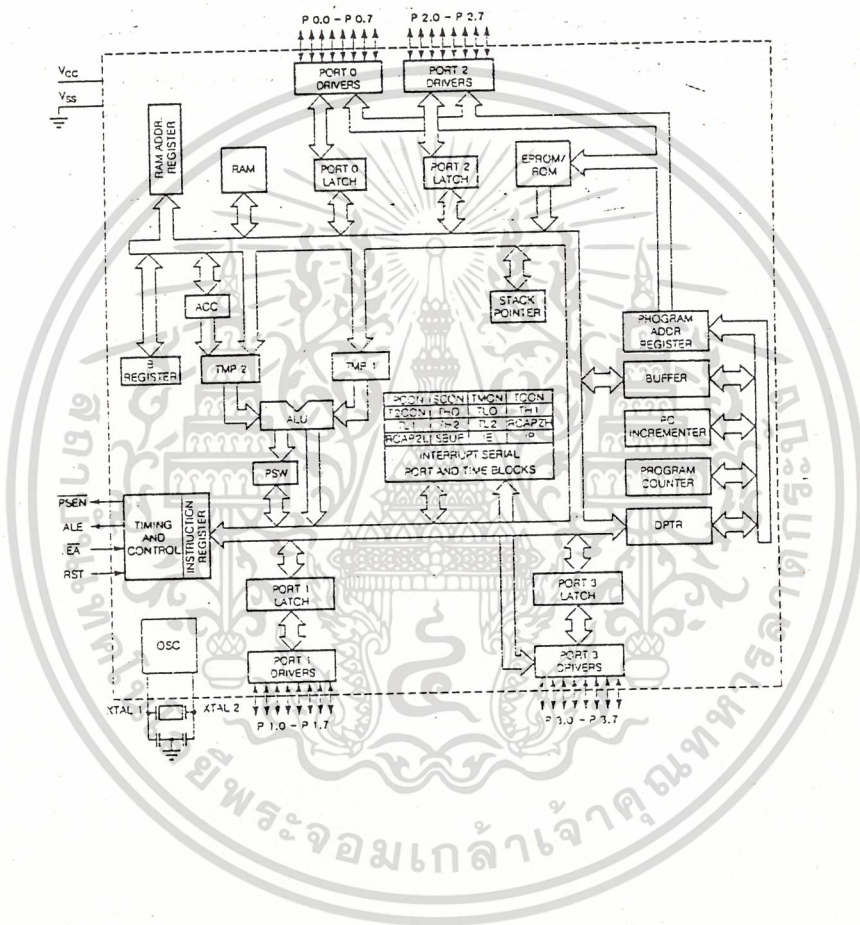


รูปที่ 5.2 แสดงวงจรสำหรับรีเซ็ตชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานโดยอัตโนมัติ (Power on reset)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างภายในของ MCS-51

โครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีดังแสดงในรูป 5.3



รูปที่ 5.3 โครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS -51

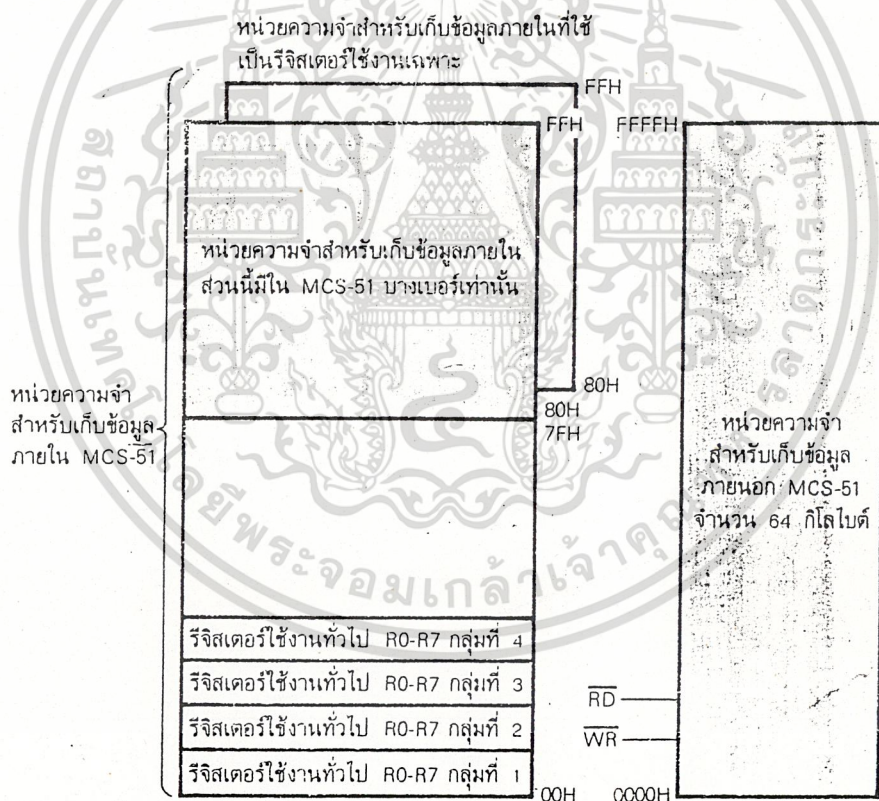
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างหน่วยความจำใน MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็นสองส่วน คือ

- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (program memory)
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (data memory)

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมจะใช้เก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของชิป MCS-51 บางเบอร์จะมี หน่วยความจำส่วนนี้อยู่ภายในชิป แต่บางเบอร์จะไม่มีทำให้ต้องเก็บโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำภายนอก ทั้งหมด ส่วนหน่วยความจำส่วนที่สอง คือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล ซึ่งใช้สำหรับเก็บข้อมูลระหว่างการดำเนินงาน MCS-51 หน่วยความจำส่วนนี้อยู่ภายในชิปจำนวนหนึ่ง แต่จะมีจำนวนมากหรือน้อยเท่าใดขึ้นกับ เบอร์ของชิป โครงสร้างหน่วยความจำทั้งหมดของ MCS-51 มีดังแสดงในรูป 5.4



รูปที่ 5.4 แสดงโครงสร้างหน่วยความจำทั้งหมดของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม

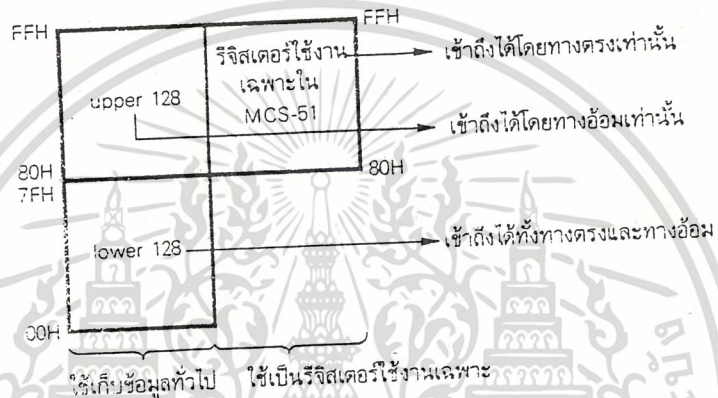
หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมใน MCS-51 จะแบ่งเป็นสองส่วน คือ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป (Internal program memory) และ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป (External program memory) ขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป มีตั้งแต่ 0,4,8,16 กิโลไบต์ ขึ้นอยู่กับเบอร์ของชิป

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของ MCS-51 จะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปของ MCS-51 ยังแบ่งออกเป็นสองส่วนย่อยดังนี้

- ส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไป (Internal Ram)
- ส่วนที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (Special function register)

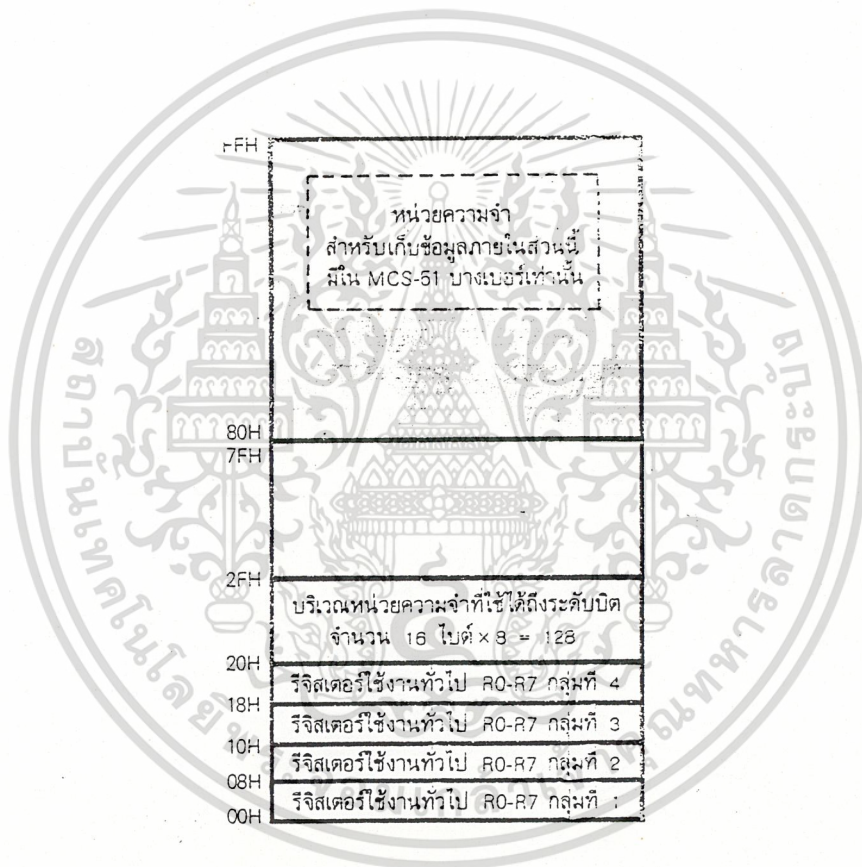
หน่วยความจำส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิป เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่มีอยู่ภายใน MCS-51 หน่วยความจำส่วนนี้มีไว้สำหรับเก็บข้อมูลในขณะที่ทำงาน ส่วนหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป ที่ใช้เป็นที่รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายใน MCS-51 ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะเพื่อควบคุมการทำงานและบอกสถานะของซีพียู แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปทั้งสองบริเวณมีดังในรูป ที่ 5.5



รูปที่ 5.5 แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป MCS-51

MCS-51 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปอย่างน้อย 128 ไบต์ ไปจนถึง 256 ไบต์ทั้งนี้ขึ้นกับเบอร์ของชิป หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์แรก มีชื่อเรียกว่า lower 128 และในบริเวณ 128 ไบต์หลังที่มีเพิ่มมาในบางเบอร์มีชื่อเรียกว่า upper 128 ดังแสดงในรูปที่ 5.5

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์หลัง(ตำแหน่ง 80Hขึ้นไป)จะมีตำแหน่งตรงกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ(ตำแหน่ง80Hขึ้นไปเช่นกัน) โดยมีวิธีการเข้าถึงข้อมูลในหน่วยความจำทั้งสองส่วนไม่เหมือนกัน



รูปที่ 5.6 แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปทั้งสองส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ

เนื่องจากMCS-51ถูกออกแบบไว้สำหรับใช้ควบคุมระบบโดยเฉพาะจึงทำให้มีความสามารถเฉพาะตัวหลายอย่าง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยวงจรภายในชิปที่มีเพิ่มขึ้นจากไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป การควบคุมการทำงานของวงจรภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะกระทำผ่านรีจิสเตอร์ที่ถูกกำหนดหน้าที่ไว้แล้ว ดังนั้นหากต้องการใช้ MCS-51 ให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องทราบหน้าที่การทำงานของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะแต่ละตัวให้ละเอียด รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะทั้งหมดจะอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปบริเวณที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะดังได้กล่าวมาแล้ว รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะทั้งหมดใน MCS-51 มีดังแสดงในรูปที่ 5.7

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ								
FB						FF		
FO	B					F7		
E8						EF		
E0	ACC					E7		
D8						DF		
D0	PSW					D7		
C8	(T2CON)	(RCAP2L)	(RCAP2H)	(TL2)	(TH2)	CF		
CO						C7		
B8	IP					BF		
B0	P3					B7		
A8	IE					AF		
A0	P2					A7		
98	SCON	SBUF				9F		
90	P1					97		
88	TCON	TMOD	TLO	TL1	TH0	TH1	8F	
8C	PO	SP	DPL	DPL			PCON	87

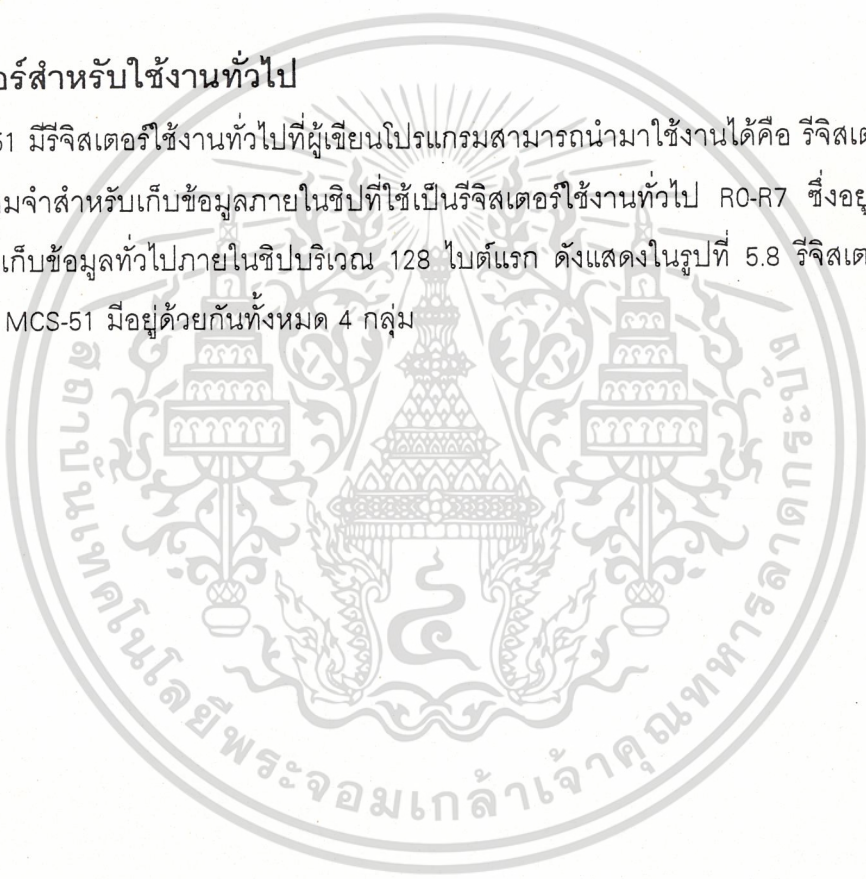
รูปที่ 5.7 แสดงโครงสร้างและตำแหน่งของรีจิสเตอร์ ใช้งานเฉพาะใน MCS-51

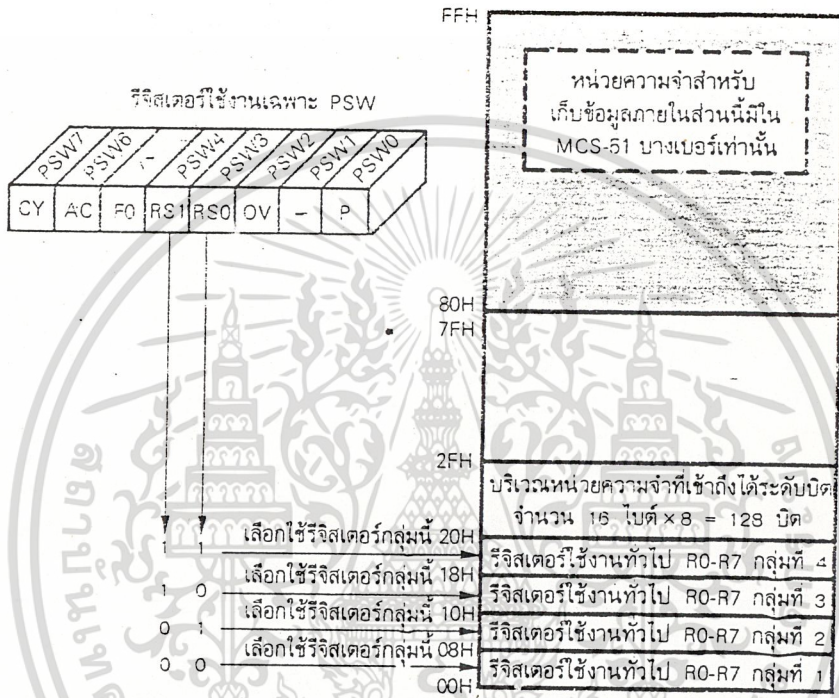
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและหน่วยสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป จะเป็นหน่วยความจำส่วนที่อยู่ภายนอกชิป MCS-51 ซึ่งผู้ใช้ต้องติดตั้งเพิ่มเอง การติดต่อระหว่าง MCS-51 กับหน่วยความจำทั้งสองส่วนจะใช้ขา 32 ถึง 39(พอร์ต 0) เป็นตัวส่งค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0-A7) และใช้รับส่งข้อมูลกับหน่วยความจำด้วย (ใช้เป็นตาต้าบัส) ส่วนค่าแอดเดรสไบต์สูง(A8-A15)จะใช้ขา21-28 (พอร์ต 2) ดังนั้นเมื่อพอร์ต 0 และพอร์ต 2 ถูกใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก (ทั้งหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล) จะทำให้เหลือพอร์ตสำหรับใช้งานอื่นๆ น้อยลง

รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไป

MCS-51 มีรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่ผู้เขียนโปรแกรมสามารถนำมาใช้งานได้คือ รีจิสเตอร์ A,B (อยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ซึ่งอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์แรก ดังแสดงในรูปที่ 5.8 รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ใน MCS-51 มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 กลุ่ม





รูปที่ 5.8 แสดงการเลือกรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0- R7 แต่ ละกลุ่ม

ประกอบด้วยรีจิสเตอร์จำนวน 8 ตัว (R0-R7) จะถูกเลือกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น การเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งใน 4 กลุ่มกระทำโดยการเซตหรือเคลียร์บิต RSO,RS1 ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW ดังแสดงในรูปที่ 5.8

รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปทั้ง R0-R7 จะมีอยู่ในกลุ่มรีจิสเตอร์ใช้งานทั้งไปทั้ง 4 กลุ่ม ซึ่งจะถูกละเลือกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวในขณะใดขณะหนึ่ง ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปในรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่ถูกเลือกใช้งานในขณะนั้นจะไม่มีผลต่อรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่มีชื่อเดียวกันแต่อยู่คนละกลุ่มเลย โครงสร้างเช่นนี้ทำ

ให้มีความสะดวกในการเขียนโปรแกรมเป็นอันมาก โดยเฉพาะกับการเขียนโปรแกรมที่มีการเรียกใช้โปรแกรมย่อย (Subroutine) ดังจะได้กล่าวถึงในเรื่องของการเขียนโปรแกรมต่อไป

โครงสร้างพอร์ต

MCS-51 ทุกเบอร์จะมีพอร์ตขนาด 8 บิตจำนวน 4 พอร์ต(P0,P1,P2,P3) โดยสามารถกำหนดให้ทำงานแบบพอร์ตขนานขนาด 8 บิต 4 พอร์ต หรือจะใช้เป็น พอร์ตขนาด 1 บิตได้ถึง 32 พอร์ต ทั้งนี้ผู้ใช้ยังสามารถกำหนดให้แต่ละพอร์ตใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตหรือเอาต์พุตพอร์ตอย่างใดอย่างหนึ่งได้อย่างอิสระ

ในกรณีที่ผู้ออกแบบต้องการใช้หน่วยความจำภายนอก ไม่ว่าจะเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลหรือสำหรับโปรแกรม พอร์ต 0 จะถูกกำหนดการใช้งานเป็นดาต้าบัสและแอดเดรสบัสไบต์ต่ำ ส่วนพอร์ต 2 จะถูกกำหนดการใช้งานเป็นตัวส่งค่าแอดเดรสบัสไบต์สูง และบางส่วนของพอร์ต 3 จะถูกใช้ส่งสัญญาณควบคุมหรือคอนโทรลบัส (สัญญาณที่ใช้ควบคุมการอ่านหรือเขียนข้อมูล) แต่หากหน่วยความจำที่ใช้ภายนอกต้องการไม่ถึง 64 กิโลไบต์ พอร์ต 2 ที่ใช้เป็นแอดเดรสบัสไบต์สูงจะไม่ถูกนำมาใช้ทั้งหมด แต่พอร์ต 0 จะถูกใช้หมดทั้ง 8 เส้น เพราะต้องใช้เป็นดาต้าบัสส่วนพอร์ต 3 จะนำมาใช้ติดต่อกับหน่วยความจำด้วยหรือไม่ขึ้นอยู่กับหน่วยความจำที่ใช้ภายนอกว่ามีหน่วยความจำส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลด้วยหรือไม่ (ต้องการสัญญาณควบคุมการอ่านหรือเขียนข้อมูล หรือไม่นั่นเอง) ดังนั้นในการออกแบบระบบหากต้องการใช้หน่วยความจำภายนอกมากขึ้นเพียงใดก็จะยิ่งทำให้เหลือจำนวนพอร์ตที่จะนำมาใช้งานลดลง ในการออกแบบจริงจึงต้องพยายามลดขนาดหน่วยความจำภายนอกให้เหลือน้อยที่สุด

พอร์ต 3 ซึ่งมีขนาด 8 บิต นอกจากจะใช้ส่งสัญญาณสำหรับการอ่านหรือเขียนข้อมูลในการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิปแล้ว มันจึงถูกใช้เป็นตัวรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ (INT0,INT1) สัญญาณอินพุตที่ต้องการนับสำหรับเคาน์เตอร์ (T0,T1) รวมทั้งใช้ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมกับอุปกรณ์ภายนอก(รับและส่งข้อมูลผ่านขา RXD,TXD)อีกด้วย

ภายในแต่ละพอร์ตที่ใช้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุต ผู้ใช้สามารถกำหนดให้ทำงานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตพอร์ตได้อย่างอิสระ โดยอาศัยการควบคุมจากโปรแกรม ซึ่งสามารถควบคุมให้แต่ละพอร์ตถูกใช้เป็นอินพุตในช่วงเวลาหนึ่งได้

ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

ใน MCS-51 มีรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะที่สามารถนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาหรือแมชชีนไซเคิลของวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน (ทำงานเป็นไทม์เมอร์) หรือนับจำนวนครั้งของการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอก (นับจำนวนพัลส์ภายนอก) ที่ขา T0,T1 ของพอร์ต 3 (ทำงานเป็นเคาน์เตอร์) รีจิสเตอร์ที่เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์มีขนาด 16 บิตจำนวน 2 ตัว คือรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 0 และรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 1 ตามลำดับ (ในเบอร์ 8052 มีรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 2 เพิ่มให้อีก 1 ตัว) เมื่อต้องการใช้ไทม์เมอร์ 0 หรือไทม์เมอร์ 1 จะต้องโหลดค่าที่ต้องการนับไปในรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 0 หรือรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 1 และเมื่อนับได้ครบจำนวนที่ตั้งไว้จะมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เพื่อบอกให้ซีพียูทราบ

การควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์สามารถควบคุมได้จากวงจรภายนอก(ควบคุมด้วยสัญญาณที่ขา INTO,INT1) หรือควบคุมจากคำสั่งในโปรแกรม ดังนั้นรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์ใน MCS-51 จะสามารถวัดช่วงห่างของเวลา วัดความกว้างของพัลส์ หรือนับจำนวนครั้งของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายนอกที่เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าแล้ว รวมทั้งให้กำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีค่าแน่นอน

พอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

MCS-51 สามารถรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ โดยไม่ต้องพึ่งอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆแต่อย่างใด ในด้านอัตราเร็วของการรับส่งข้อมูลก็สามารถกำหนดค่าได้ตามความต้องการของผู้ใช้โดยสามารถเลือกอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (baud rate) มาตรฐาน ได้ตั้งแต่ 110,1.2K,2.4K,4.8K,9.6K,19.2K,375K, ตามมาตรฐานของ UART นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดการทำงานที่แตกต่างกันได้ถึง 4 รูปแบบ ตามความเหมาะสมในแต่ละงาน ดังจะกล่าวในเรื่องพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมอีกครั้ง

Program การควบคุม

Program การควบคุมการทำงานของ DC. MOTOR นี้เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญมาก เพราะ program นี้จะเป็นตัวกำหนดหน้าที่การทำงานต่างๆ ของ ระบบ ให้เป็นไปด้วยความถูกต้อง ตามขั้นตอน และ มีความเที่ยงตรงในการทำงาน ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงการทำงานของโปรแกรม

การจัดตำแหน่งของโปรแกรม

เนื่องจากโครงการนี้ได้ทำการพัฒนาระบบของวงจรควบคุม DC MOTOR เป็นแบบสำเร็จโดยใช้ single board microcontroller "JAZZ 31" ของ บริษัท SILA RESEARCH สำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานต่างๆ ของ DC MOTOR

โปรแกรมเริ่มต้น(Reset Program)

ในโปรแกรมนี้ เป็นการกำหนด ค่า ความเร็วของ DC MOTOR ที่เราต้องการป้อนให้กับ BOARD ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 1) หลังจากเปิดเครื่องแล้วจะทำการป้อนค่า ตัวเลขเป็น rpm ได้ตั้งแต่ 10-1500 rpm
- 2) ทำการควบคุม Port A และ PortB ของ 8255 ให้เป็น output
- 3) กำหนดค่า Address เริ่มต้นให้กับ Program memory ตั้งแต่ 8000H-9FFFH
- 4) จะค่อยๆเพิ่มค่าดิจิตอล 8 บิต ที่ส่งออกทาง Port A หรือ PORT B ของ 8255 ผ่านวงจร D/A เพราะถ้าส่งค่าออกไปในคราวเดียวคงทำให้เกิดกระแสกระชากทำให้มอเตอร์เสียหายได้ เมื่อค่าที่ส่งถูกต้องแล้ว ก็จะ later ค้างไว้ที่ Port

Program การควบคุม

Program การควบคุมการทำงานของ DC MOTOR นี้เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญมาก เพราะ program นี้จะเป็นตัวกำหนดหน้าที่การทำงานต่างๆ ของ ระบบ ให้เป็นไปด้วยความถูกต้อง ตามขั้นตอน และ มีความเที่ยงตรงในการทำงาน ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงการทำงานของโปรแกรม

การจัดตำแหน่งของโปรแกรม

เนื่องจากโครงงานนี้ได้ทำการพัฒนาระบบของวงจรควบคุม DC MOTOR เป็นแบบสำเร็จโดยใช้ single board microcontroller "JAZZ 31" ของ บริษัท SILA RESEARCH สำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานต่างๆ ของ DC MOTOR

โปรแกรมเริ่มต้น(Reset Program)

ในโปรแกรมนี้นี้ เป็นการกำหนด ค่า ความเร็วของ DC MOTOR ที่เราต้องการป้อนให้กับ BOARD ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 1) หลังจากเปิดเครื่องแล้วจะทำการป้อนค่า ตัวเลขเป็น rpm ได้ตั้งแต่ 10-1500 rpm
- 2) ทำการควบคุม Port A และ PortB ของ 8255 ให้เป็น output
- 3) กำหนดค่า Address เริ่มต้นให้กับ Program memory ตั้งแต่ 8000H-9FFFH
- 4) จะค่อยๆเพิ่มค่าดิจิตอล 8 บิต ที่ส่งออกทาง Port A หรือ PORT B ของ 8255 ผ่านวงจร D/A เพราะถ้าส่งค่าออกไปในคราวเดียวคงทำให้เกิดกระแสกระชากทำให้มอเตอร์เสียหายได้ เมื่อค่าที่ส่งถูกต้องแล้ว ก็จะมี later ค้างไว้ที่ Port

โปรแกรมหลัก

ประกอบด้วยโปรแกรมน้อย 4 ส่วน คือ

Main

โปรแกรมนี้อาจควบคุมการจ่ายข้อมูลให้กับ DC MOTOR

Main 1.

โปรแกรมนี้อาจทำการ feedback ความเร็วรอบผ่านวงจร opto แล้วมา display บนหน่วยแสดงผล(LED)ของ JAZZ 31 เป็นตัวเลขในหน่วย rpm

Main 2.

เป็นโปรแกรมตรวจสอบว่า ค่าที่ feedback กับ ค่าที่ตั้งไว้เท่ากันหรือไม่และควรจะส่งค่าใดออกไปเพื่อให้ค่าเท่ากัน

Main 3.

โปรแกรมตรวจสอบการกด Key "หยุด" ที่ได้ตั้งไว้แล้ว โดยโปรแกรมจะคอยลดค่าดิจิตอล 8 บิตที่ส่งออกทางพอร์ต A หรือ Port B ของ 8255 ลงมาเรื่อยๆ จาก OFFH จนเป็น 00H

โปรแกรมภาษาAssembly ที่ใช้ในการควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงตัวโปรแกรมและหลักการเขียนโปรแกรมที่ใช้สร้างสัญญาณดิจิทัล 8บิต ผ่านวงจรถริก เอสซีอาร์ เพื่อไปขับตัวดีซีมอเตอร์

หลักการที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมคือ จะต้องมีการอ่านค่าความเร็วของดีซีมอเตอร์เข้ามาที่บอร์ด แล้วนำไปเปรียบเทียบกับความเร็วที่กำหนดไว้ โดยการป้อนค่าเป็นตัวเลขในหน่วย อาร์ พี เอ็ม ในตอนแรก โดยค่าความเร็วที่feedbackกลับเข้ามานี้จะเป็นสัญญาณ pulse ที่ได้มาจากวงจร opto แล้วมาผ่าน tool function (rpmmeter) ของบอร์ด JAZZ 31 เมื่อเปรียบเทียบแล้วก็จะทำการปรับค่าของสัญญาณดิจิทัลที่ส่งไปทางพอร์ต A หรือพอร์ต B ของ 8255 ให้เปลี่ยนค่าเพื่อไปปรับแรงดันของดีซีมอเตอร์ ให้ได้ตามความเร็วที่กำหนด โดยพอร์ต A จะเป็นการหมุนแบบ forward, พอร์ต B จะเป็นการหมุนแบบreverse

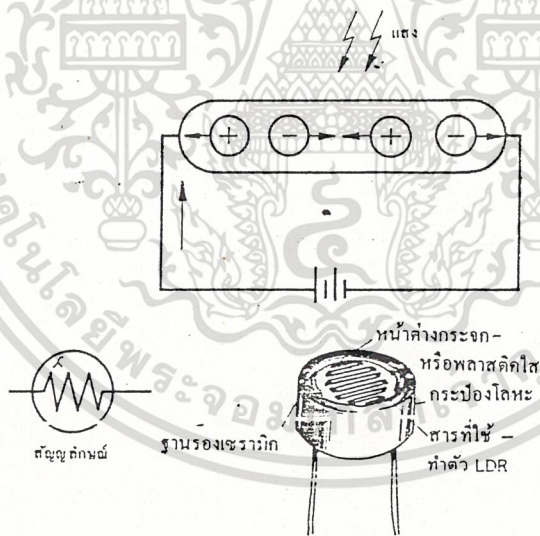
สำหรับตัวโปรแกรมนั้น เมื่อเริ่มต้นโปรแกรมจะเป็นการกำหนดค่าต่างๆ เช่น กำหนดแอดเดรสเริ่มต้นของ program memory เป็น 8000H ถึง 9FFFH, กำหนดค่าคงที่ต่างๆของโปรแกรม และกำหนดค่าความเร็วที่ต้องการ โดยให้แสดงค่าที่หน่วยแสดงผล เป็นต้น แล้วสร้างสัญญาณดิจิทัล 8บิต เพื่อใช้ในการทริก เอสซีอาร์ โดยต้องผ่านวงจร D/A และวงจรถริก (785 Phase Control) ก่อน ขณะเริ่มสตาร์ทมอเตอร์ สัญญาณดิจิทัลจะถูกส่งออกไปยังพอร์ต A ของ 8255 ที่มีอยู่ในตัว JAZZ เองแล้ว เมื่อส่งค่าออกไปแล้วก็จะไปอ่านค่าข้อมูลที่เป็นสัญญาณpulse ที่ได้มาจากวงจร optoเข้ามาซึ่งได้มาจากค่าความเร็วของมอเตอร์ นำมาเปรียบเทียบกับค่าความเร็วที่ตั้งไว้ เพื่อหาความแตกต่าง แล้วจึงไปปรับสัญญาณดิจิทัลให้เหมาะสมกับค่าความเร็วที่ตั้งไว้ และเพื่อทำการปรับสัญญาณต่อไปเรื่อยๆจนได้ความเร็วที่กำหนด และในขณะที่โปรแกรมกำลังทำงานอยู่นั้น ถ้ามีการกดคีย์ที่โปรแกรมได้ตั้งไว้ว่าเป็นคีย์ END(หรือคีย์ที่หยุดการทำงาน) โปรแกรมก็จะค่อยๆลดค่าดิจิทัลลงเรื่อยๆจนเหลือค่า 00H เพราะถ้าลดลงทันทีทันใด อาจทำให้เกิดกระแสอาร์เมเจอร์กระชากเกิดความเสียหายต่อตัวมอเตอร์ได้

บทที่ 6 ออพโต

ออพโตทรานสดิวเซอร์ (Opto-Tranducer)

แสงได้เข้ามามีบทบาทในวงการอุตสาหกรรมค่อนข้างมาก แสงเดินทางด้วยความเร็วที่สูงมากและเดินทางเป็นเส้นตรง ปฏิกริยาที่แสงตกกระทบต่อพื้นผิวของสารกึ่งตัวนำบางชนิดทำให้คุณสมบัติเดิมเกิดการเปลี่ยนแปลงไป อุปกรณ์ที่มีลักษณะการทำงานที่ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของแสงมีมากมายหลายชนิด ซึ่งจะกล่าวเพียงบางชนิดดังต่อไปนี้

ตัวต้านทานไวแสง หรือ แอลดีอาร์! (LDR light dependent resistor) คือ ค่าตัวต้านทานที่แปรค่าได้กับกับแสงนั่นเอง โดยเมื่อป้อนพลังงานอย่างพอเพียงให้กับอวลานซีอิเลคตรอนของสารกึ่งตัวนำจะทำให้เกิดการแตกตัวของโฮลและอิเลคตรอนเกิดขึ้นมากมาย พลังงานที่จะทำให้โฮลและอิเลคตรอนแตกตัวนี้จะต้องเป็นพลังงานที่มาจากภายนอก เช่น แสง ความร้อน ปริมาณของพลังงานที่ต้องการทำให้เกิดการแตกตัวของอิเลคตรอน-โฮลจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารนั้นๆ



รูปที่ 6.1 ลักษณะทั่วไปของแอลดีอาร์และสัญลักษณ์

แอลดีอาร์ส่วนใหญ่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำจำพวกแคดเมียมซัลไฟด์หรือแคดเมียมเซเลไนด์ ซึ่งให้ผลตอบสนองต่อแสงได้ดีที่ความยาวคลื่นประมาณ 4000-10000 Å ซึ่งเป็นแถบความถี่แสงที่มองเห็นพอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการทำงานของแอลดีอาร์จะเห็นได้ว่าเมื่อแสงมีความเข้มมากๆ มาตกกระทบ ก็จะทำให้ตัวมันสามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ดีขึ้นเป็นผลทำให้ค่าความต้านทานในตัวมันลดลง

ข้อดีในการใช้งานของแอลดีอาร์ คือ มีความไวต่อแสงสูง ราคาถูก และมีขนาดเล็กมีการเปลี่ยนแปลงค่าได้กว้าง แต่ก็ยังมีข้อเสียเมื่อเทียบกับอุปกรณ์รับแสงอื่นๆ คือ มีผลตอบสนองต่อความถี่ของแสงได้แคบ

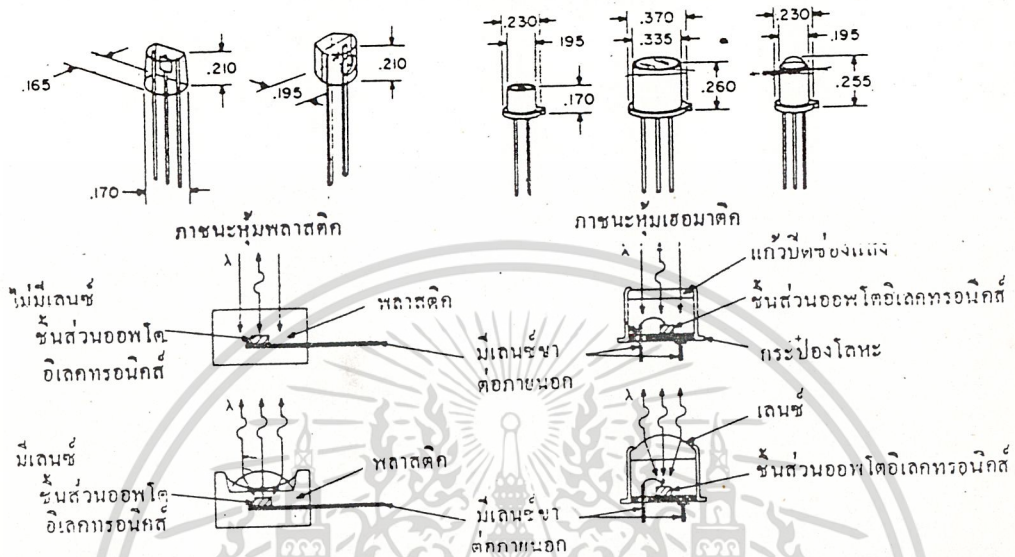
ตัวอย่างการใช้งานของแอลดีอาร์ที่เห็นได้ง่ายๆ ก็คือ ใช้เป็นตัววัดความเข้มของแสง โดยต่อเป็นวงจรเบื้องต้นง่ายๆ ดังรูป

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสง

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสงมีรูปร่างหลายแบบขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการใช้งาน โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ดังนี้

- 1 อุปกรณ์เป็นตัวอิสระ เช่น ตัวปล่อยแสง หรือ ตรวจจับแสงได้
- 2 อุปกรณ์ตรวจสอบการตัดแสง และการสะท้อนแสง ซึ่งจะตรวจวัดดูต่างๆ โดยควบคุมทิศทางของแสง
- 3 อุปกรณ์เชื่อมต่อด้วยแสง ซึ่งจะส่งผ่านสัญญาณไฟฟ้าโดยไม่ต้องมีสายเชื่อมโยง

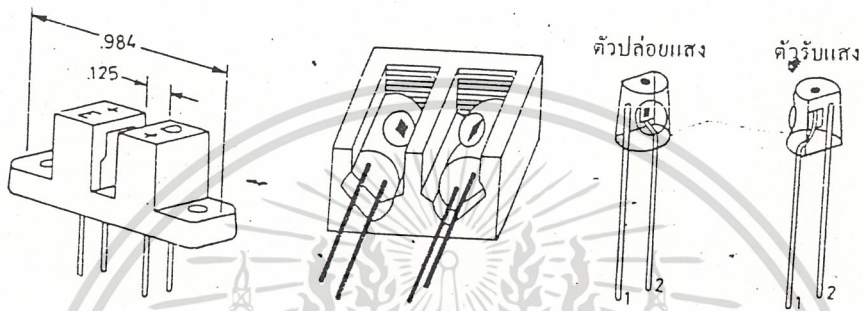
1 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสงที่เป็นตัวอิสระที่จะปล่อยแสงหรือตรวจจับแสง ภาชนะหุ้มต้องทำหน้าที่ป้องกันชิ้นส่วนภายในและยอมให้แสงผ่านไปได้นั้นคือตัวกระป๋องหุ้มต้องมีช่องแสงช่องแสงอาจมีเลนส์เป็นส่วนประกอบเพื่อให้ผลตอบสนองดีขึ้น ความไวและมุมของแสงรับได้กว้างขึ้น การกระจายของแสงลดลง อุปกรณ์ในทางการค้าส่วนใหญ่จะมีเลนส์เป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ แต่ในกรณีนี้จะต้องควบคุมการผลิตเลนส์ให้ดีเพราะการเปลี่ยนแปลงของเลนส์จะเป็นผลต่อตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสงอย่างมาก ดังนั้นถ้าต้องการอุปกรณ์ที่มีอัตราการขยายสูงจึงควรใช้อุปกรณ์ที่มีเลนส์ภายนอกแทน



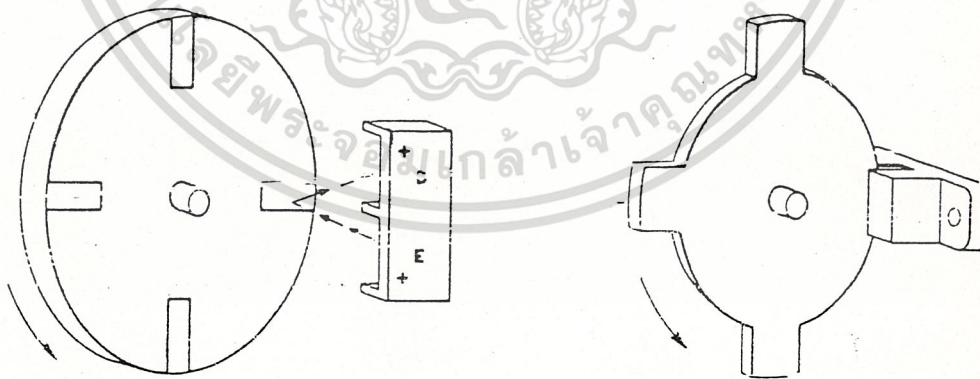
รูปที่ 6.2 แสดงรูปโครงสร้างของอุปกรณ์ตัวปล่อยแสงและดีเทคแสง

สารที่ใช้ทำภาชนะหุ้มมี 2 ชนิด คือ พลาสติก และ เซรามิก ทั้ง 2 แบบมีทั้งชนิดเซรามิก จะทนและดีกว่าแบบพลาสติกแต่ก็มีราคาที่สูงกว่า

2 อุปกรณ์ตรวจสอบการตัดแสงและการสะท้อนของแสง อุปกรณ์ตรวจสอบการตัดแสงส่วนใหญ่ในทางการค้าจะสร้างขึ้นจากตัวปล่อยแสงและตัวรับแสงแบบพลาสติกเพราะมีราคาที่ถูกลงและประกอบเข้ากับวัสดุอื่นได้ง่าย อุปกรณ์บางชนิดอาจสร้างขึ้นจากทั้งแบบพลาสติก และ เซรามิกก็ได้ขึ้นอยู่กับราคาและคุณสมบัติที่ต้องการ เนื่องจากแบบสะท้อนแสงจะต้องให้แสงพุ่งเป็นลำสะท้อนกลับมายังตัวรับแสง ดังนั้นจึงควรใช้อุปกรณ์ชนิดมีเลนซ์ด้วยเพื่อให้การทำงานได้ผลดียิ่งขึ้น



รูปที่ 6.3 อุปกรณ์ตรวจสอบการสะท้อนแสงสร้างขึ้นจากตัวรับแสงและตัวปล่อยแสง



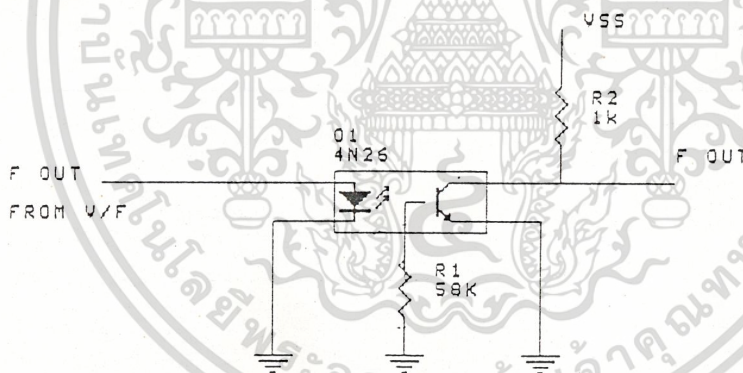
รูปที่ 6.4 ตัวอย่างการใช้อุปกรณ์ตรวจสอบการตัดแสงและการสะท้อนแสงสำหรับวัดความเร็วของเพลลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อด้วยแสง(Opto isolator)

วงจรทางด้านกระแสลับมักจะสร้างสัญญาณรบกวนทางด้านกระแสดตรงเสมอ ในกรณีที่ต่อกราวด์ร่วมกัน ดังนั้นจึงต้องแยกกราวด์จากกัน ในการแยกกราวด์ออกจากกันนั้นในมืออยู่หลายวิธี วิธีหนึ่งคือใช้ ออปโต ไอโซเลเตอร์ (Opto Isolator) โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือด้านอินพุทและเอาต์พุท

ด้านอินพุทเป็นไดโอดเปล่งแสง ส่วนทางด้านเอาต์พุทเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ เมื่อมีกระแสไหลผ่านอินพุทไดโอดจะเปล่งแสงไปยังเบสของโฟโตทรานซิสเตอร์ทางด้านเอาต์พุท ทำให้มีทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะปิด มีกระแสไหลจากขาคอเล็กเตอร์ไปยังอีมิเตอร์ ซึ่งเมื่อต่อวงจร จะทำให้อินพุทและเอาต์พุทมีลักษณะตรงข้ามกันแต่จะมีความถี่เท่ากันเสมอ



รูปที่ 6.5 การเชื่อมต่อด้วยออปโตไอโซเลเตอร์

ในปริญญานิพนธ์นี้ได้ใช้ออปโตเบอร์ MOC70W2

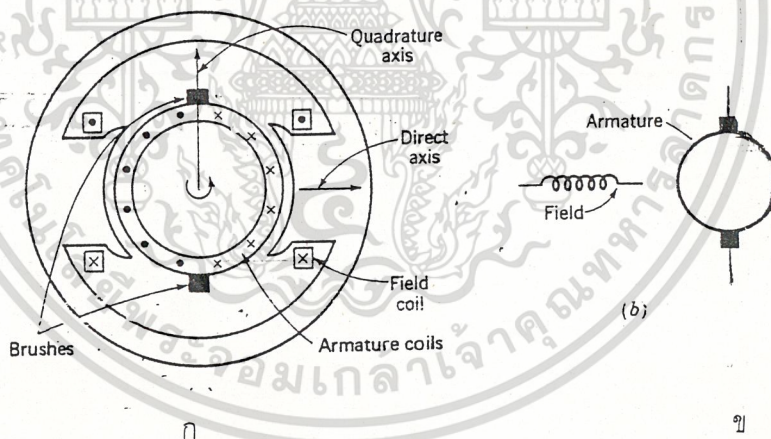
บทที่ 7

มอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรง

คุณสมบัติของมอเตอร์

ลักษณะทั่วไปของ ดีซี มอเตอร์ (dc motor) แสดงไว้ดังในรูปที่ 7.1 ก สเตเตอร์ (stator) จะเป็นแบบขาลิ้นโปล (Salient Pole) จะมีขั้วลวดกระตุ้นหนึ่งขั้วหรือมากกว่าก็ได้ สนามแม่เหล็กของ สเตเตอร์ จะอยู่ในแนวแกนไดเรกต์ (Direct) ส่วนอาร์มาเจอร์บนโรเตอร์ (Rotor) จะรับไฟกระแสตรง จากแปรงถ่าน ซึ่งกดอยู่ในแนวแกนควอดราเจอร์ (Quadrature) ซึ่งเป็นแนวแกนเดียวกับสนามแม่เหล็กของโรเตอร์ แกนควอดราเจอร์จะห่างจากแกนไดเรกต์อยู่ 90 องศาทางไฟฟ้า ซึ่งด้วยเหตุผลนี้เอง ดีซีมอเตอร์จะมีแรงบิดสูงตลอดระยะเวลาการทำงาน ส่วนรูปที่ 7.1 ข. เป็นสัญลักษณ์ของดีซีมอเตอร์



รูปที่ 7.1 ก. แสดงถึงองค์ประกอบที่สำคัญของมอเตอร์กระแสตรง

รูปที่ 7.1 ข. แสดงถึงสัญลักษณ์ของดีซีมอเตอร์

$$T = (\pi/2)(P/2)^2 \phi_d F_{a1} \sin \alpha_d \quad (1)$$

โดย P คือ จำนวนขั้ว (Pole) ของมอเตอร์

ϕ_d คือ ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กต่อขั้ว

F_{a1} คือ แรงทางแม่เหล็กไฟฟ้าของอาร์มาเจอร์

α_d คือ มุมทางไฟฟ้าระหว่างทิศทางสนามแม่เหล็กของโรเตอร์ และสเตเตอร์

โดย มุมทางไฟฟ้าจะมีค่าเป็น (P/2) เท่าของมุมทางกล

ซึ่งเราจะพิสูจน์ต่อไปได้ว่า

$$T = K_a \phi_d I_a \quad (2)$$

$$K_a = PC_a \quad (3)$$

K_a จะเป็นค่าคงที่ของขดลวด

โดย I_a คือ กระแสอาร์มาเจอร์

C_a คือ จำนวนตัวนำทั้งหมดในขดลวดอาร์มาเจอร์

m คือ จำนวนวงจรรขานของทั้งขดลวด

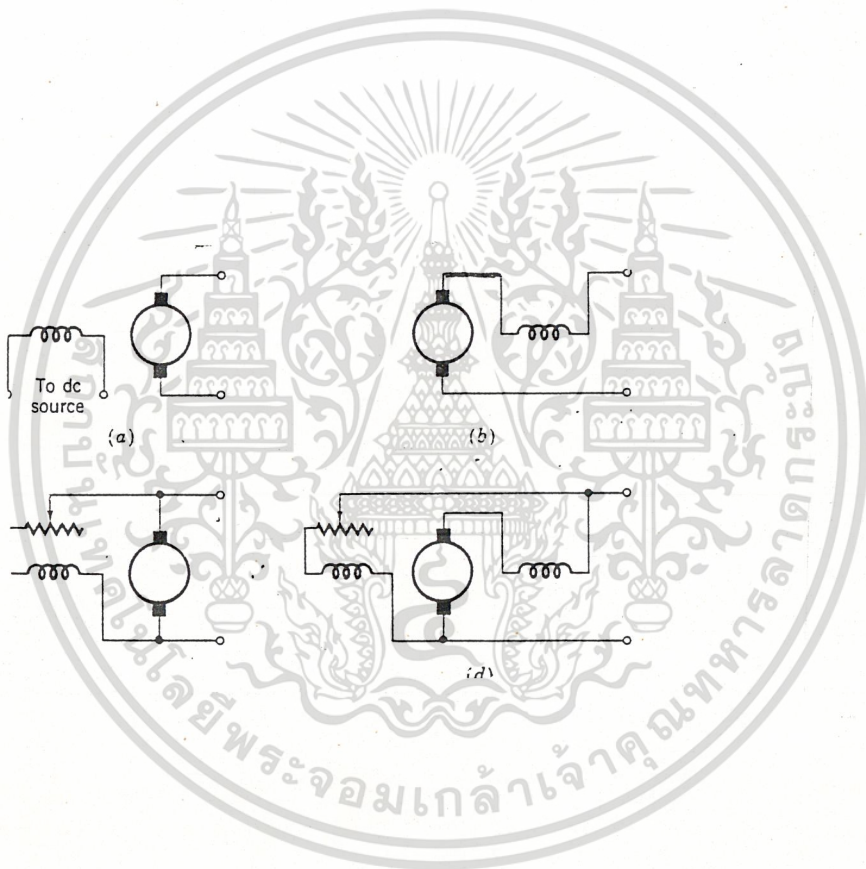
ในขณะที่มอเตอร์หมุนไปนั้นจะมีค่าโวลเตจเกิดขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากขดลวดวิ่งตัดสนามแม่เหล็ก ซึ่งค่าโวลเตจนี้จะมีผลความสัมพันธ์กับความเร็วของมอเตอร์พิสูจน์ออกมาได้ดังสมการ

$$e_a = K_a \phi_d \omega_m \quad (4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

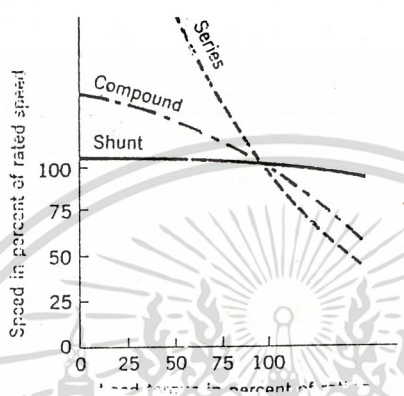
โดย ค่า K_a ในสมการที่ 2 และสมการที่ 3 เป็นค่าเดียวกัน

ดีซีมอเตอร์สามารถที่จะเลือกต่อขดลวดกระตุ้นได้หลายแบบ ดังรูปที่ 7.2 ซึ่งมีทั้งแบบแยกกระตุ้น และต่อโดยใช้แหล่งไฟเดียวกัน ซึ่งทั้งแบบอนุกรมและขนานหรือจะเป็นแบบผสมก็ได้



รูปที่ 7.2 แสดงถึงวิธีการต่อมอเตอร์แบบต่างๆของมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.3 แสดงถึงความสัมพันธ์ของความเร็วและแรงบิดของดีซีมอเตอร์แบบต่างๆ

$$V_t = E_a + I_a R_a \quad (5)$$

$$I_a = \frac{V_t - E_a}{R_a} \quad (6)$$

โดย V_t คือ ระดับโวลเตจที่ขั้ว

E_a คือ โวลเตจที่เกิดจากการหมุนของมอเตอร์ (Back emf)

R_a คือ ความต้านทานภายในตัวมอเตอร์

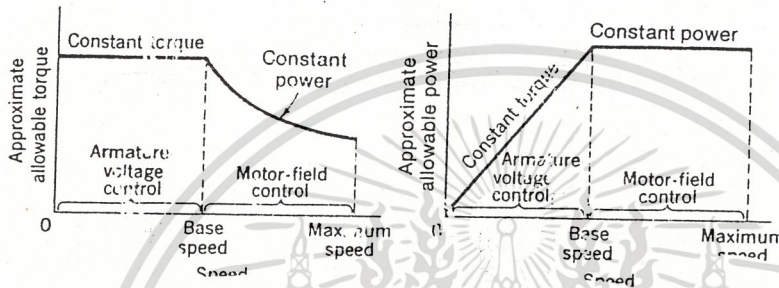
จากสมการข้างบนเมื่อมอเตอร์หมุนอยู่ที่ความเร็วหนึ่ง ถ้าเราเพิ่มภาระให้มอเตอร์แล้วกระแสจะเพิ่มมากขึ้นทำให้มอเตอร์ไม่สามารถที่จะรักษาระดับความเร็วไว้ได้ ทำให้เราต้องเพิ่มระดับโวลเตจที่ขั้วเข้าไปเพื่อชดเชยเนื่องจากกระแสที่มากขึ้น

$$e_{a1a} = T\omega_m \quad (7)$$

จากสมการที่ 7 เป็นการยืนยันว่าถ้าเกิดเราเพิ่มภาระทางกลแล้วเราต้องเพิ่มกำลังด้านไฟฟ้าด้วย ถ้าเราต้องการรักษาระดับความเร็วรอบเอาไว้

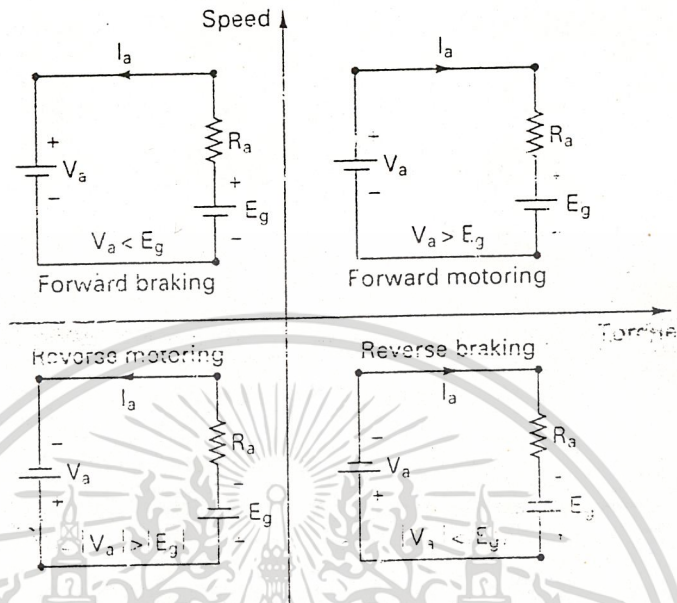
ในมอเตอร์ที่มีการต่อสนามแบบขนานและแบบแยกกระตุ้นค่าความเข้มสนามแม่เหล็กค่อนข้างจะคงที่ การเพิ่มขึ้นของแรงบิดจะมีผลทำให้กระแสอาร์มาเจอร์เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรง ทำให้ โวลเตจย้อนกลับลดลงเล็กน้อยเป็นผลให้ระดับความเร็วลดลงเล็กน้อย

ในมอเตอร์ที่มีการต่อสนามแบบอนุกรม การเพิ่มของภาระจะทำให้กระแสอาร์มาเจอร์และความเข้มสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น (เป็นผลมาจากการที่กระแสเพิ่มสูงขึ้น) ความเร็วของมอเตอร์จะตกลงเพื่อที่จะรักษาความสมดุลระหว่างโวลเตจย้อนกลับ กับ โวลเตจที่ป้อน ในกรณีนี้กระแสของอาร์มาเจอร์จะเพิ่มไม่มากเท่ากรณีแรก เพราะมีผลของสนามแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้นด้วย แต่ความเร็วของมอเตอร์จะตกลงมากกว่าแบบแรก ดังแสดงในรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.4 แสดงการทำงานของมอเตอร์ที่ยานความเร็วต่างๆ

จากรูปที่ 7.4 เป็นการแสดงการทำงานของมอเตอร์ในย่านการทำงานแบบ แรงบิดคงที่ และ การทำงานแบบ กำลังงานคงที่ โดยในช่วงแรกเรากระตุ้นสนามเต็มพิกัดและค่อยๆชั้บโวลเตจที่ป้อนในช่วงนี้แรงบิดจะคงที่ที่พิกัดตลอดช่วงนี้เป็นการควบคุมแบบแรงบิดคงที่ และเมื่อความเร็วเกินพิกัดเราจะควบคุมโดยการลดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กทำให้ความเร็วของมอเตอร์เพิ่มขึ้น แต่แรงบิดจะลดลงเพราะมอเตอร์มีขีดจำกัดทางกำลังงาน



รูปที่ 7.5 แสดงแผนภาพการทำงานของมอเตอร์ทั้ง 4 ควอดรันต์

จากรูปที่ 7.5 แสดงถึงแผนภาพการทำงานของมอเตอร์ 4 ควอดรันต์ ในลักษณะต่างๆ โดย ควอดรันต์ที่ 1 มอเตอร์จะมีทิศทางการหมุนไปข้างหน้าและมีทิศทางเดียวกับแรงบิดทางไฟฟ้า (Forward Driving)

ควอดรันต์ที่ 2 มอเตอร์จะมีทิศทางการหมุนไปข้างหน้าแต่แรงบิดทางไฟฟ้าจะมีทิศสวนทางกัน (Forward Braking)

ควอดรันต์ที่ 3 มอเตอร์จะมีทิศทางการหมุนถอยหลังและแรงบิดทางไฟฟ้าก็มีทิศทางเดียวกัน (Reverse Driving)

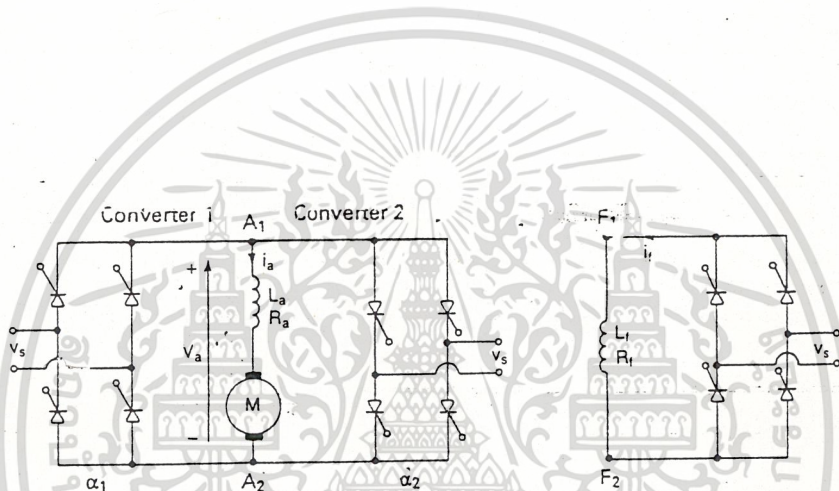
ควอดรันต์ที่ 4 มอเตอร์จะมีทิศทางการหมุนถอยหลังแต่แรงบิดทางไฟฟ้าจะมีทิศสวนทางกัน (Reverse Braking)

ควอดรันต์ที่ 4 มอเตอร์จะมีทิศทางการหมุนถอยหลังแต่แรงบิดทางไฟฟ้าจะมีทิศสวนทางกัน (Reverse Braking)

การขับเคลื่อนมอเตอร์จะมีวิธีการที่มักจะใช้กันอยู่หลายวิธีมาก แต่โดยทั่วไปแล้วถ้าเป็นการควบคุมแบบ 4 ควอดรันต์แล้วจะมีอยู่ 2 วิธีที่นิยมกันคือ

- 1 แบบวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์คู่ (Dual Full Wave Bridge Converter)
- 2 แบบวงจรแปลงไฟกระแสตรงเป็นกระแสตรง (Choppers)

ดังรูปที่ 7.6



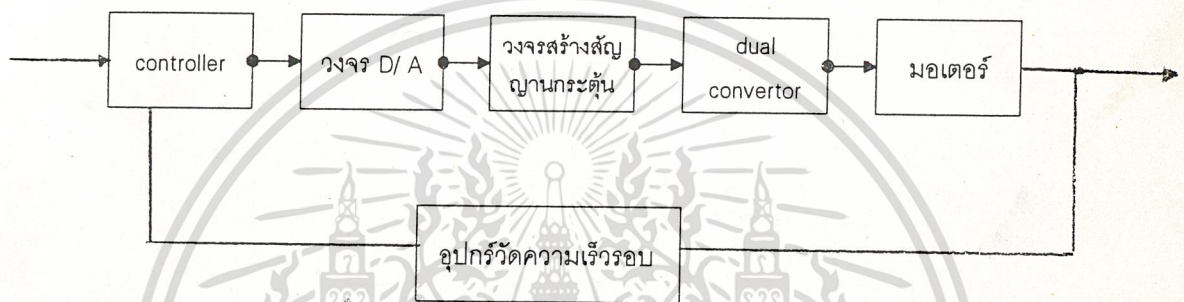
รูปที่ 7.6 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์คู่โดยใช้ไทรสเตอร์ 2 ชุดคู่กัน (Dual full wave bridge converter)

หลักการทํางาน ในบริบูรณ์พจน์นี้ การทํางานในควอดรันต์ที่ 1 จะให้คอนเวอร์เตอร์ชุดที่ 1 ทํางาน มอเตอร์จะมีทิศทางการหมุนในทิศทางเดียวกับแรงบิดไฟฟ้า การทํางานในควอดรันต์ที่ 2 คือการเบรคของการทํางานในควอดรันต์ที่ 1 จะให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณไปหยุดการทํางานของคอนเวอร์เตอร์ชุดที่ 1 ซึ่งก็คือการเบรคนั่นเอง การทํางานในควอดรันต์ที่ 3 มอเตอร์จะมีทิศทางการหมุนตรงข้ามกับการหมุนในควอดรันต์ที่ 1 ซึ่งจะให้คอนเวอร์เตอร์ชุดที่ 2 ทํางาน ส่วนในควอดรันต์ที่ 4 จะเป็นการเบรคของมอเตอร์ในควอดรันต์ที่ 3 ซึ่งจะให้คอนเวอร์เตอร์ชุดที่ 2 หยุดทํางาน ก็จะเป็นการเบรคนั่นเอง

บทที่ 8

การควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง

ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงในปริภูมิตวินนี้ได้แสดงไว้ในบล็อกไดอะแกรมดังรูป



รูปที่ 8.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง

การทำงานจะเริ่มจากการตั้งค่าความเร็วรอบที่เราต้องการลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับค่าความเร็วรอบไปแปลงเป็นค่าสัญญาณดิจิตอลออกไปยังวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก ซึ่งวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอกนี้จะสร้างสัญญาณระดับแรงดันต่างๆตามที่ต้องการไปยังวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น วงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นจะรับสัญญาณระดับแรงดันจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก และจะนำระดับแรงดันนี้ไปตัดสัญญาณซอทูด (saw tooth) ในวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นค่าที่ได้จะเป็นสัญญาณทริกซ์ซึ่งจะไปทริกซ์แรงดันของเอสซีอาร์ ในวงจร dual convertor ให้ได้ค่าแรงดันที่ต้องการไปควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ และยังมีอุปกรณ์วัดความเร็วรอบรอบมอเตอร์ได้วัดความเร็วรอบออกมาเป็นสัญญาณความถี่ pulse train เข้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับสัญญาณความถี่และแปลงออกมาเป็นความเร็วรอบเปรียบเทียบกับความเร็วรอบที่ตั้งไว้ ถ้าความเร็วที่วัดกลับมาน้อยกว่าก็จะเพิ่มสัญญาณดิจิตอลออกไป ผ่านวงจรต่างๆข้างต้นปรับความเร็วรอบให้ค่อยๆขึ้นไปยังความเร็วรอบที่ต้องการเมื่อถึงความเร็วรอบที่ต้องการแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะหยุดเพิ่มสัญญาณดิจิตอลและปล่อยให้มอเตอร์หมุนที่ความเร็วรอบที่ต้องการ

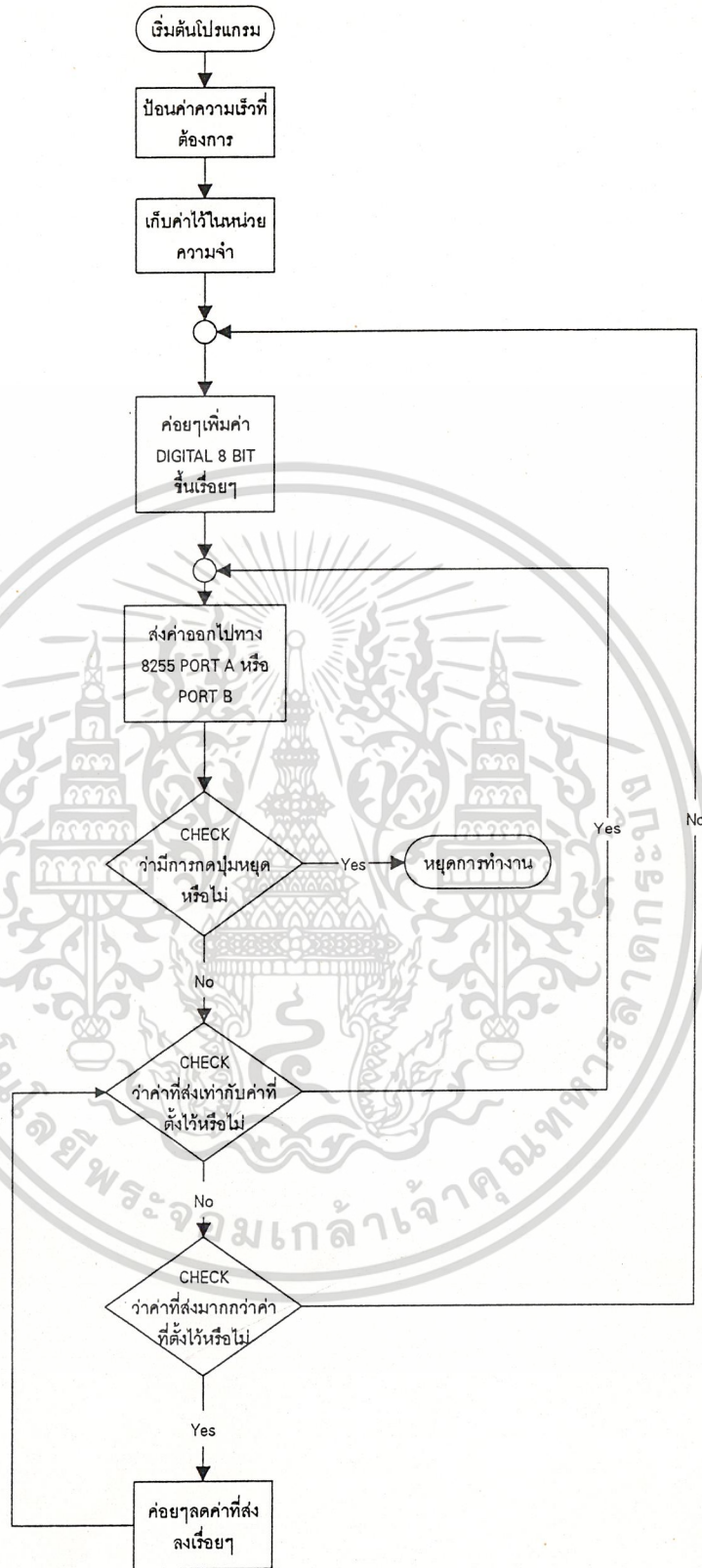
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนถ้าความเร็วที่วัดกลับเข้ามามากกว่าค่าที่ตั้งไว้ ไม่ใครคอนโทรลเลอร์ก็จะไปลดสัญญาณดิจิทัลและไปลดความเร็วรอบของมอเตอร์ลงมายังความเร็วรอบที่ต้องการ

นอกจากนี้วงจร dual convertor จะสามารถกลับทิศการหมุนของมอเตอร์ได้โดยไมใครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณไปบอกให้วงจร dual convertor รู้ว่าให้บริดจ์ A หรือ บริดจ์ B ทำงาน

เช่น ถ้ามอเตอร์กำลังทำงานอยู่ที่บริดจ์ A และ ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับอีกทิศ จะสามารถทำได้โดยให้ไมใครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณไปที่บริดจ์ A ไม่ให้ทำงาน เมื่อบริดจ์ A ไม่ทำงาน ความเร็วรอบก็จะลดลงไปเรื่อยๆจนเป็นศูนย์ เมื่อความเร็วรอบเป็นศูนย์แล้วไมใครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณไปที่บริดจ์ B ซึ่งจะทำให้มอเตอร์หมุนอีกทิศทางหนึ่งได้





รูปที่ 8.2 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมควบคุมดีซีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

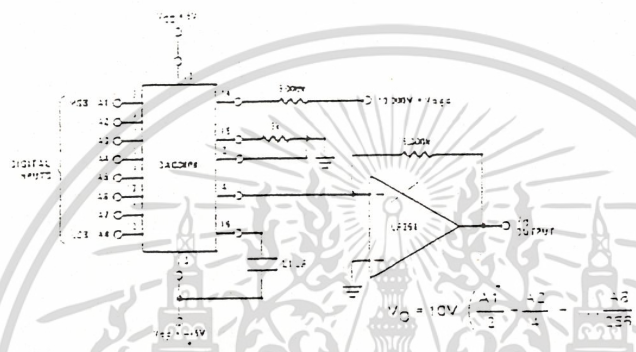
บทที่ 9

การทดลองและผลการทดลอง

9.1 การทดลองวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก

ต่อวงจรดังรูปที่9.1 โวลต์เตจ เอาท์พุทของขา6 ของLS351(ในการทดลองสามารถใช้IC เบอร์741ได้) จะขึ้นอยู่กับกระแสของขา4 ของDAC0808 ซึ่งกระแสที่ขา4ของDAC0808จะขึ้นอยู่กับกระแสอ้างอิงที่ขา14 ทำการปรับกระแสอ้างอิงเท่ากับ 2ma จะได้ว่ากระแสเอาท์พุทเท่ากับ 2ma ด้วย เนื่องจากต้องการโวลต์เตจสูงสุดที่เอาท์พุทเท่ากับ 10โวลต์ ดังนั้นความต้านทานที่คร่อมออปแอมป์(จากรูปออปแอมป์จะเป็นเบอร์ 351) จึงประมาณ5K จากรูปที่9.1 ป้อนไบนารี อินพุทที่ขาA1-A8 ค่าต่างๆและวัดสัญญาณที่เอาท์พุท ปรากฏว่าเกิดออสซิลเลส์ไม่ว่าไบนารีที่เป็นเท่าใดก็ตาม จากการทดลอง สามารถหาผลการทดลองได้ดังนี้

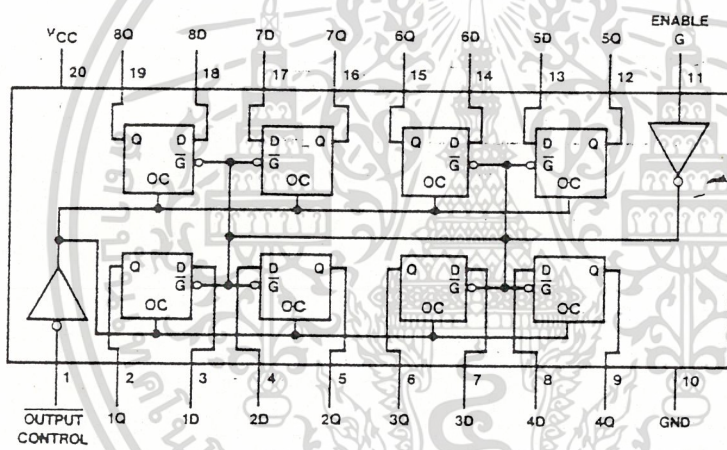
BINARY INPUT	ANALOG OUTPUT
0000 0000	0.000
0000 0001	0.040
0000 0010	0.080
0000 0011	0.120
0000 0100	0.160
0000 0101	0.200
0000 0110	0.240
0000 0111	0.280
0000 1000	0.328
0111 1111	5.000
1111 1111	10.00



รูปที่ 9.1 แสดงการต่อวงจรของ DAC0808

9.2 การทดลองวงจรเลข

รูปที่ 9.2 แสดงลักษณะการทำงานของขาต่างๆ ของ IC เบอร์ 74LS373 ทางด้านขา 3,4,7,8,13,14,17,18, จะเป็นขาที่จะรับอินพุตจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนขาเอาต์พุต 2,5,8,9,12,15,16,19,20, จะเป็นขาที่นำไปใช้งาน และต่อไฟเลี้ยง +5v ที่ขา 11 และขา 20 ส่วนขาที่ 1,10 จะต่อลงกราวด์ จากผลการทดลองจะเห็นว่า เมื่อป้อน อินพุตขนาดเท่าใดก็ตาม เอาต์พุตก็จะออกเท่านั้นด้วย เช่น ส่ง input ขนาด 0001 1100 output ก็จะเป็น 0001 1100 ด้วยเช่นกัน

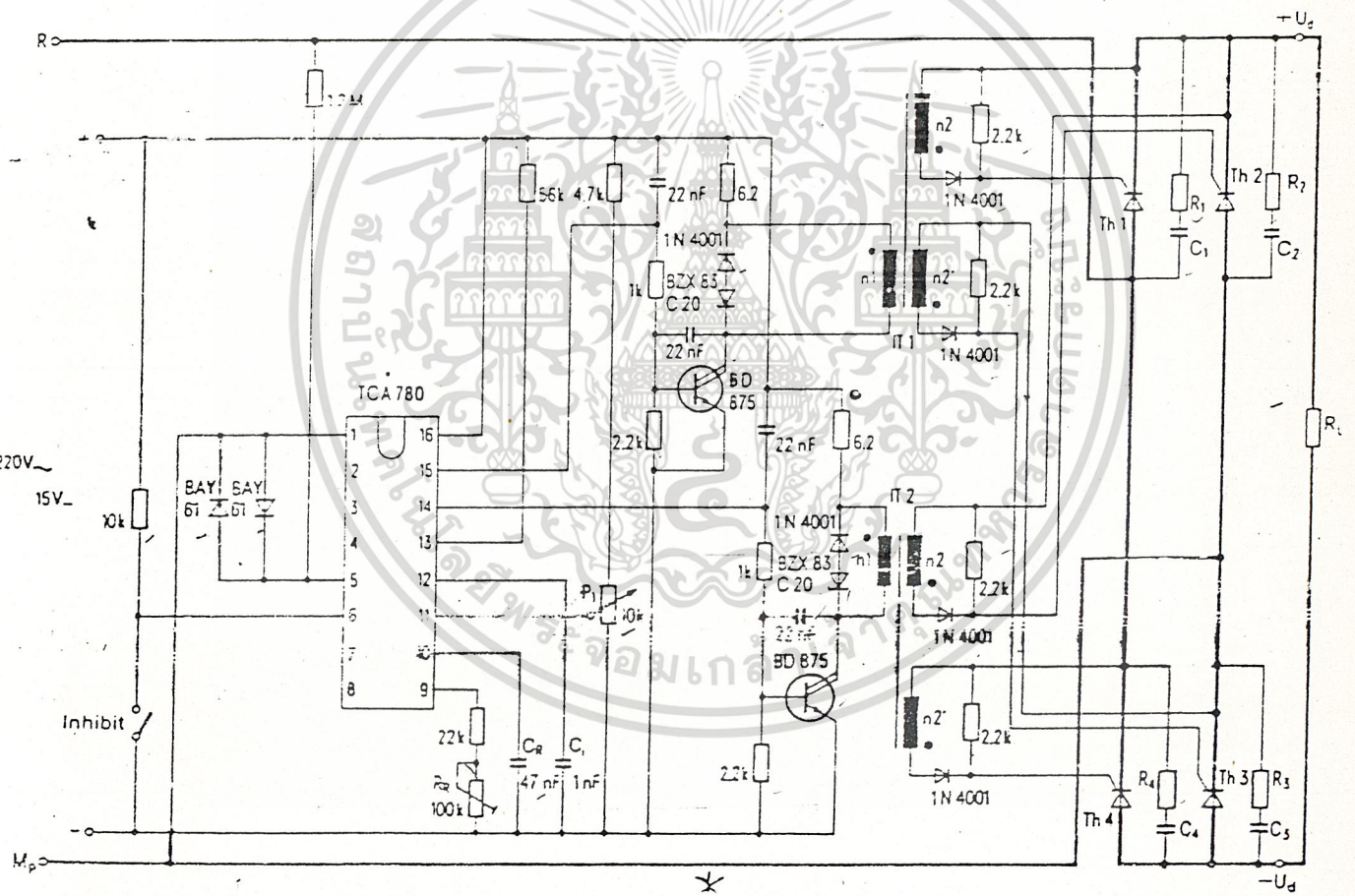


รูปที่ 9.2 แสดงลักษณะต่างๆของ 74ALS 373

9.3 การทดลองวงจร TCA 785

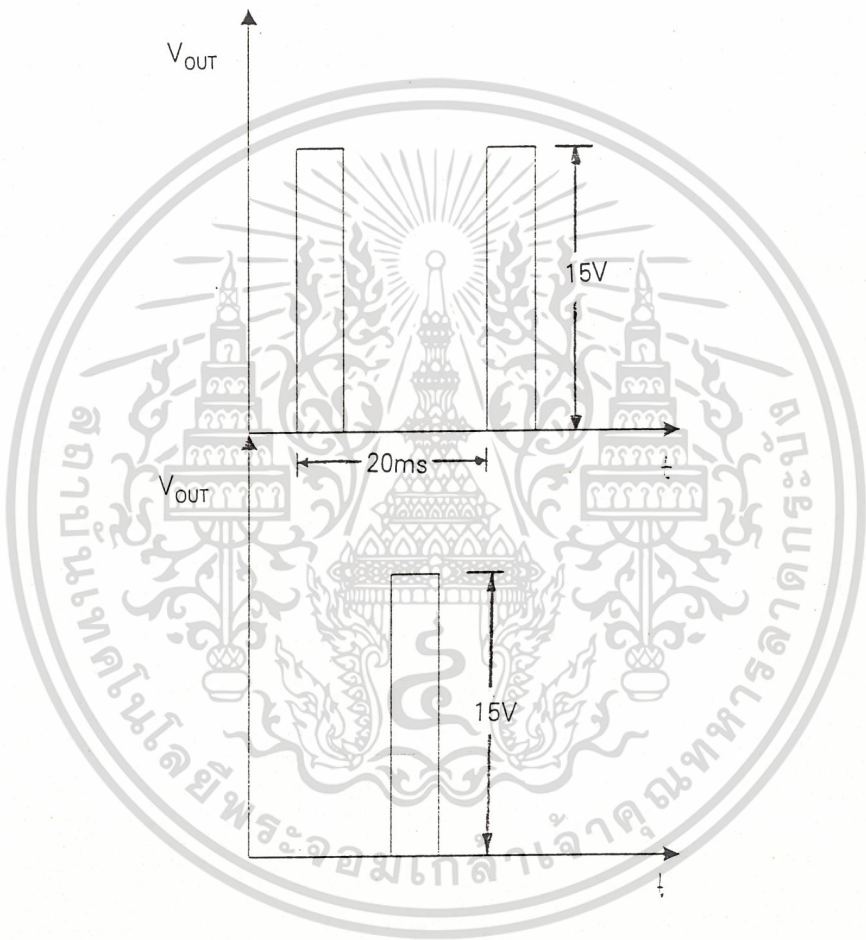
ทำการต่อวงจรดังในรูปที่ 9.3 โดยป้อนสัญญาณอินพุตเป็นแรงดันกระแสตรงค่าต่างๆที่ขา 11 ของ TCA 785 จะได้สัญญาณเอาท์ที่ขา 14, 15 เป็นดังรูปที่ 9.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



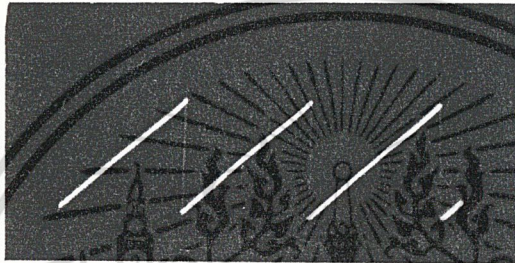
รูปที่ 9.3 แสดงการต่อวงจร TCA 785

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.4 แสดงสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 14, 15 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่9.5 แสดงสัญญาณเอาต์พุตที่ขา10



รูปที่9.6 แสดงสัญญาณเมื่อทริกซ์ที่มุม 0 องศา

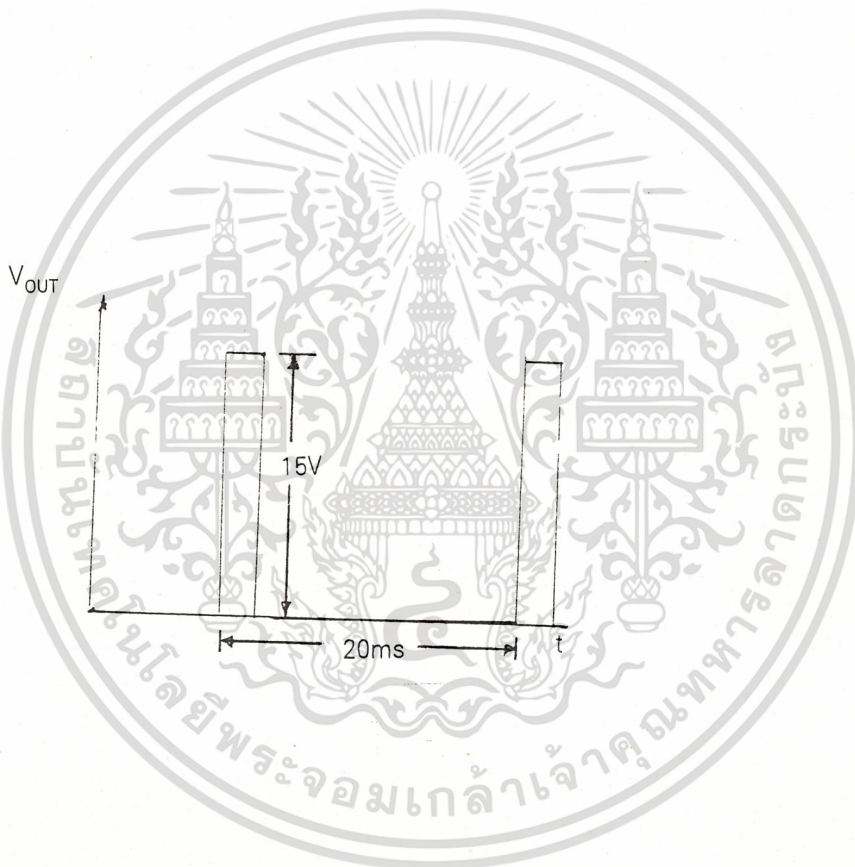
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.4 การทดลอง pulse tranformer

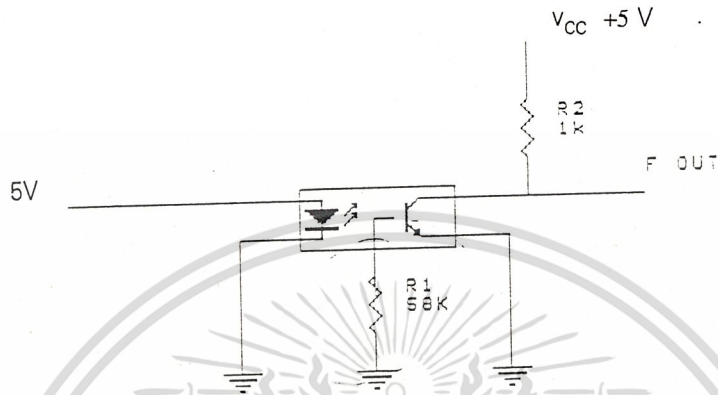
เนื่องจากการควบคุมพลังงานโดยการนำพัลส์ไปทริกซ์ไธริสทอร์อาจมีสัญญาณรบกวนเนื่องจากสัญญาณเอซี ดังนั้นต้องมีการแยกกราวด์ของส่วนควบคุมและส่วนที่จะไปทริกไทริสเตอร์ วิธีการเชื่อมต่อโดยการแยกกราวด์โดยใช้พัลส์ทรานฟอร์มเมอร์ จากการต่อวงจรดังรูปที่

9.3

โดยอินพุตเป็นพัลส์ที่มาจากไอซี TCA 785 จะได้เอาต์พุตที่ พัลส์ทรานฟอร์มเมอร์ ดังรูปที่ 9.7



รูปที่ 9.7 แสดงเอาต์พุตของพัลส์ทรานฟอร์มเมอร์



รูปที่ 9.8 แสดงการต่อวงจรออปโต



รูปที่ 9.9 แสดงเอาต์พุตของออปโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 10

สรุปผล และ วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าทุกวงจรสามารถทำงานได้จริงแต่เมื่อนำมารวมกันแล้วพบว่าบาง
ส่วนยังไม่สามารถทำงานได้อาจเป็นเนื่องจากการประกอบวงจรที่ผิดพลาดนั่นเอง ซึ่งสามารถตรวจ
สอบและแก้ไขได้

ส่วนในส่วนของโปรแกรมควบคุมนั้นยังไม่เน้นไปทางระบบป้อนกลับมากนัก ซึ่งนั่นคือใน
ส่วนของโปรแกรมยังไม่สมบูรณ์เต็มที่ ซึ่งคงต้องพัฒนาต่อไปซึ่งส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับระบบที่เป็นวง
จรควบคุมที่สร้างซ้ำ

แนวทางในการพัฒนาคือสร้างระบบควบคุมแบบป้อนที่สมบูรณ์และวงจรที่มีความเสถียร
สูงที่สามารถนำไปใช้งานจริงต่อไป



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์ พิเชิต ล้ายอง เป็นอย่างสูงที่ท่านได้ประสิทธิประสาทความรู้ให้แก่ผู้เขียน ตลอดจนให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยแก้ปัญหาโดยตลอด จนปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ ขอขอบคุณ อาจารย์ ศุภกิจ จุฑะวิริยะ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำในบางเรื่อง ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ให้ใช้เครื่องมือในการทดลอง และขอขอบคุณเพื่อน ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจและคำปรึกษา จนปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;FILENAME      DCMOTOR CONTROLLER.ASM
;DESCRIPTION  JAZZ31 SINGLE BOARD MICROCONTROLLER PROGRAM CONTROL DC
MOTOR
;HARDWARE     JAZZ31 BOARD
;ASSEMBLER    SXA51
;COMPANY      THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

```

```

*****ADDRESS*****

```

```

**

```

```

ORG 8000H

```

```

DISBUF EQU 0025H
BUFF1  EQU 021H
BUFF2  EQU 020H
BUFF3  EQU 01FH
BUFF4  EQU 01EH
DATAH  EQU 01DH
DATAL  EQU 01CH
DDIV   EQU 01BH
DPORT  EQU 01AH

```

```

*****SYSTEM

```

```

CALL*****

```

```

SCAN   EQU 0093H
SCAND  EQU 0096H
SCANK  EQU 0099H
DPADD  EQU 0054H
DPMUL  EQU 005AH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DPDIV EQU 005DH

DSEC EQU 0045H

*****8255

PORT*****

;SUPPORT PORT TO TRIG

PORTA EQU 0FC00H ;8255 PORT A

PORTB EQU 0FC01H ;8255 PORT B

PORTC EQU 0FC02H ;8255 PORT C

CONTP EQU 0FC03H ;8255 CONTROL PORT

;SET CONTROL PORT 8255

MOV DPTR,#CONTP

MOV A,#080H ;PORTA=FORWARD,PORTB=REVERSE

MOVX @DPTR,A

*****MAIN

PROGRAM*****

MAIN: LJMP INPUT

MAIN1:

LCALL DIVDATA ;DIV 6

MAIN2:

LCALL SCAN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAIN3:

```
CJNE A,#0AH,MAIN5 ;CHECK PRESS A=FORWARD
```

MAIN4:

```
MOV DPORT,DISBUF+5
MOV A,#DPORT
MOV DISBUF+2,#040H
MOV DISBUF+3,#040H
MOV DISBUF+4,#040H
MOV DISBUF+5,#077H
MOV R2,#0FFH
LCALL SCAND
LJMP SHOWA
```

MAIN5:

```
CJNE A,#0BH,MAIN2 ;CHECK PRESS B=REVERSE
```

MAIN6:

```
MOV DPORT,DISBUF+5
MOV A,#DPORT
MOV DISBUF+2,#040H
MOV DISBUF+3,#040H
MOV DISBUF+4,#040H
MOV DISBUF+5,#07CH
MOV R2,#0FFH
LCALL SCAND
LJMP SHOWB
```

SHOWA:

```
MOV DISBUF+2,BUFF1
MOV DISBUF+3,BUFF2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV DISBUF+4,BUFF3
MOV DISBUF+5,BUFF4
LCALL COMPAREPORT
```

SHOWB:

```
MOV DISBUF+2,BUFF1
MOV DISBUF+3,BUFF2
MOV DISBUF+4,BUFF3
MOV DISBUF+5,BUFF4
LCALL COMPAREPORT
```

FORWARDA:

```
LCALL COMPORTA ;COMPARE PORT
LCALL SCAN
CJNE A,#12H,MAIN2
LJMP MAIN
```

REVERSEB:

```
LCALL COMPORTB
LCALL SCAN
CJNE A,#12H,MAIN2
LJMP MAIN
```

INPUT:

```
MOV DISBUF,#040H ;DISPLAY START
MOV DISBUF+1,#040H
MOV DISBUF+2,#040H
MOV DISBUF+3,#040H
MOV DISBUF+4,#040H
MOV DISBUF+5,#040H
MOV DISBUF+6,#0FFH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV DISBUF+7,#0FFH
```

INPUT1:

```
LCALL SCAN ;INPUT RPM  
CJNE A,#12H,DISPLAY ;CHECK PRESS ENTER
```

```
MOV BUFF1,DISBUF+2
```

```
MOV BUFF2,DISBUF+3
```

```
MOV BUFF3,DISBUF+4
```

```
MOV BUFF4,DISBUF+5
```

```
LCALL CONVERT
```

```
LJMP MAIN1
```

DISPLAY:

```
MOV DISBUF,DISBUF+1
```

```
MOV DISBUF+1,DISBUF+2
```

```
MOV DISBUF+2,DISBUF+3
```

```
MOV DISBUF+3,DISBUF+4
```

```
MOV DISBUF+4,DISBUF+5
```

```
MOV DPTR,#DATA
```

```
MOVC A,@A+DPTR
```

```
MOV DISBUF+5,A
```

```
LJMP INPUT1
```

CONVERT:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV R2,#02H
LCALL SCAND

MOV DATAH,#00H
MOV DATAL,#00H

MOV A,BUFF1
LCALL COMPARE ;THOUSANDTH
CLR C ;A*1000
MOV DPTR,#038H
MOV R2,#00H
MOV R3,A
LCALL DPMUL
MOV DATAH,DPH
MOV DATAL,DPL
*****
MOV R2,#02H

MOV A,BUFF2
LCALL COMPARE ;HUNDREDYH
CLR C ;A*100

MOV DPTR,#064H
MOV R2,#00H
MOV R3,A
LCALL DPMUL

MOV R2,DATAH
MOV R3,DATAL

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LCALL DPADD

MOV DATAH,DPH

MOV DATAL,DPL

MOV R2,#02H

LCALL SCAND

MOV A,BUFF3

LCALL COMPARE ;TENTH

CLR C ;A*10

MOV B,#0AH

MUL AB

MOV R2,#00H

MOV R3,A

MOV DPH,DATAH

MOV DPL,DATAL

LCALL DPADD

MOV DATAH,DPH

MOV DATAL,DPL

MOV R2,#02H

LCALL SCAND

MOV A,BUFF4

LCALL COMPARE ;UNIT

CLR C ;A*1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV R2,#00H
MOV R3,A

MOV DPH,DATAH
MOV DPL,DATAL
LCALL DPADD
MOV DATAH,DPH
MOV DATAL,DPL
```

```
RET
```

*

;using value stored in A and then return value 0-9 stored in A

COMPARE:

```
CJNE A,#03FH,NEXT1
MOV A,#00H
RET
```

NEXT1:

```
CJNE A,#06H,NEXT2
MOV A,#01H
RET
```

NEXT2:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CJNE A,#05BH,NEXT3

MOV A,#02H

RET

NEXT3:

CJNE A,#04FH,NEXT4

MOV A,#03H

RET

NEXT4:

CJNE A,#066H,NEXT5

MOV A,#04H

RET

NEXT5:

CJNE A,#06DH,NEXT6

MOV A,#05H

RET

NEXT6:

CJNE A,#07DH,NEXT7

MOV A,#06H

RET

NEXT7:

CJNE A,#07H,NEXT8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOV A,#07H

RET

NEXT8:

CJNE A,#07FH,NEXT9

MOV A,#08H

RET

NEXT9:

CJNE A,#06FH,FINISH

MOV A,#09H

RET

FINISH:

RET

COMPAREPORT:

CJNE A,#0AH,NEXTP1 ;PRESS A=FORWARD

LJMP FORWARDA

NEXTP1:

CJNE A,#0BH,FINISHP ;PRESS B=REVERSE

LJMP REVERSEB

FINISHP:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RET

*****DECREASE

DPTR*****

DDEC:

MOV A,DPL

CJNE A,#00H,DDEC1

DEC DPH

DDEC1:

DEC DPL

RET

*

DATA: DB 3FH,06H,5BH,4FH,66H,6DH,7DH,07H,7FH,6FH

DIVDATA:

MOV R2,#00H

MOV R3,#06H

MOV DPH,DATAH

MOV DPL,DATAL

LCALL DPDIV

MOV DATAL,DPL

RET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPORTA:

```
MOV DPTR,#PORTA ;START AT #00H FIRST
```

```
MOV A,#00H
```

```
MOVX @DPTR,A
```

```
LCALL INCRA
```

```
RET
```

INCRA:

```
MOV DPTR,#PORTA
```

```
MOVX @DPTR,A
```

```
CJNE A,DATAL,INCRA1
```

```
RET
```

INCRA1:

```
MOV B,A
```

```
MOV R0,B
```

```
INC R0 ;INCREASE ONE STEP&SEND TO PORT
```

```
MOV B,R0
```

```
MOV R1,#02H
```

```
LCALL DSEC
```

```
MOV R2,#0AH
```

```
LCALL SCAND
```

```
MOV A,B
```

```
LJMP INCRA
```

COMPORTB:

```
MOV DPTR,#PORTB ;START AT #00H FIRST
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A
LCALL INCRB
```

```
RET
```

```
INCRB:
```

```
MOV DPTR,#PORTB
MOVX @DPTR,A
CJNE A,DATAL,INCRB1
```

```
RET
```

```
INCRB1:
```

```
MOV B,A
MOV R0,B
INC R0 ;INCREASE ONE STEP&SEND TO PORT
MOV B,R0

MOV R1,#02H
LCALL DSEC
MOV R2,#0AH
LCALL SCAND
MOV A,B
LJMP INCRB
```

```
END
```

```
*****END OF
PROGRAM*****
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



A to D, D to

DAC0808, DAC0807, DAC0806 8-Bit D/A Converters

General Description

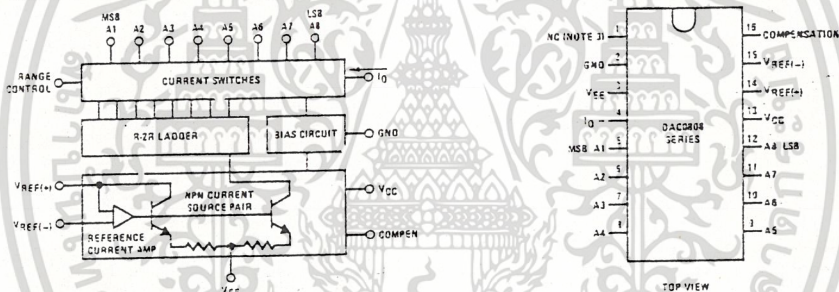
The DAC0808 series is an 8-bit monolithic digital-to-analog converter (DAC) featuring a full scale output current settling time of 150 ns while dissipating only 33 mW with $\pm 5V$ supplies. No reference current (I_{REF}) trimming is required for most applications since the full scale output current is typically ± 1 LSB of $255 I_{REF}/256$. Relative accuracies of better than $\pm 0.19\%$ assure 8-bit monotonicity and linearity while zero level output current of less than $4 \mu A$ provides 8-bit zero accuracy for $I_{REF} \geq 2$ mA. The power supply currents of the DAC0808 series are independent of bit codes, and exhibits essentially constant device characteristics over the entire supply voltage range.

The DAC0808 will interface directly with popular TTL, DTL or CMOS logic levels, and is a direct replacement for the MC1508/MC1408. For higher speed applications, see DAC0800 data sheet.

Features

- Relative accuracy: $\pm 0.19\%$ error max (DAC0808)
- Full scale current match: ± 1 LSB typ
- 7 and 6-bit accuracy available (DAC0807, DAC0806)
- Fast settling time: 150 ns typ
- Noninverting digital inputs are TTL and CMOS compatible
- High speed multiplying input slew rate: 8 mA/μs
- Power supply voltage range: $\pm 4.5V$ to $\pm 18V$
- Low power consumption: 33 mW @ $\pm 5V$

Block and Connection Diagrams



Typical Application

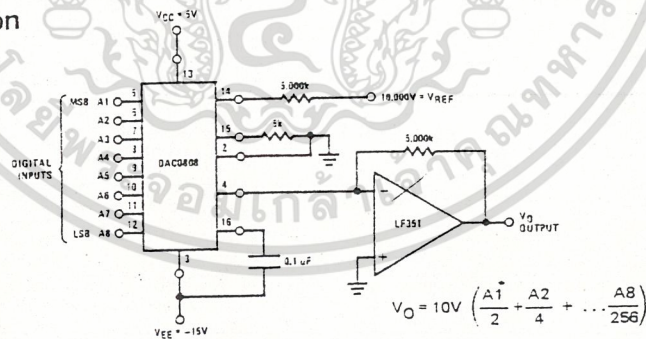


FIGURE 1. +10V Output Digital to Analog Converter

Ordering Information

ACCURACY	OPERATING TEMPE. ATURE RANGE	ORDER NUMBERS*					
		D PACKAGE (D16CI)		J PACKAGE (J16A)		N PACKAGE (N16A)	
3-bit	$-55^{\circ}C \leq T_A \leq +125^{\circ}C$	DAC0808LD	MC1508L8	DAC0808LCJ	MC1408L8	DAC0808LCN	MC1408L8
8-bit	$0^{\circ}C \leq T_A \leq +75^{\circ}C$			DAC0807LCJ	MC1408L7	DAC0807LCN	MC1408L7
7-bit	$0^{\circ}C \leq T_A \leq +75^{\circ}C$			DAC0806LCJ	MC1408L6	DAC0806LCN	MC1408L6
6-bit	$0^{\circ}C \leq T_A \leq +75^{\circ}C$						

*Note. Devices may be ordered by using either order number.

DAC0808, DAC0807, DAC0806

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage	+18 V _{DC} -18 V _{DC}
Input Voltage, V ₅ -V ₁₂	-10 V _{DC} to +18 V _{DC}
Output Voltage, V _O	-11 V _{DC} to +18 V _{DC}
Current, I ₁₄	5 mA
Amplifier Inputs, V ₁₄ , V ₁₅	V _{CC} , V _{EE}

Power Dissipation (Package Limitation)	1000 mW
Derate above T _A = 25°C	6.7 mW/°C
Operating Temperature Range	
DAC0808L	-55°C ≤ T _A ≤ +125°C
DAC0808LC Series	0 ≤ T _A ≤ +75°C
Storage Temperature Range	-55°C to +150°C

Electrical Characteristics

-5V, V_{EE} = -15 V_{DC}, V_{REF}/R₁₄ = 2 mA, DAC0808: T_A = -55°C to +125°C, DAC0808C, DAC0807C, DAC0807, T_A = 0°C to +75°C, and all digital inputs at high logic level unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Relative Accuracy (Error Relative Full Scale I _O)	(Figure 4)				%
DAC0808L (LM1508-8)				±0.19	%
DAC0808LC (LM1408-8)				±0.39	%
DAC0807LC (LM1408-7), (Note 1)				±0.78	%
DAC0806LC (LM1408-6), (Note 1)					%
Setting Time to Within 1/2 LSB (Includes t _{PLH})	T _A = 25°C (Note 2), (Figure 5)		150		ns
Propagation Delay Time	T _A = 25°C, (Figure 5)		30	100	ns
Full Scale Current Drift	(Figure 3)		±20		ppm/°C
Output Logic Levels	(Figure 3)				V _{DC}
High Level, Logic "1"		2			V _{DC}
Low Level, Logic "0"				0.8	V _{DC}
Digital Input Current	(Figure 3)				mA
High Level	V _{IH} = 5V		0	0.040	mA
Low Level	V _{IL} = 0.8V		-0.003	-0.3	mA
Reference Input Bias Current	(Figure 3)		-1	-3	μA
Output Current Range	(Figure 3)				mA
V _{EE} = -5V		0	2.0	2.1	mA
V _{EE} = -15V, T _A = 25°C		0	2.0	4.2	mA
Output Current	V _{REF} = 2.000V, R ₁₄ = 1000Ω, (Figure 3)	1.9	1.99	2.1	mA
Output Current, All Bits Low	(Figure 3)		0	4	μA
Output Voltage Compliance	E _r ≤ 0.19%, T _A = 25°C				V _{DC}
P _{in} 1 Grounded, V _{EE} Below -10V				-0.55, -0.4	V _{DC}
Reference Current Slew Rate	(Figure 5)	4	3		mA/μs
Output Current Power Supply Sensitivity	-5V ≤ V _{EE} ≤ -16.5V		0.05	2.7	μA/V
Power Supply Current (All Bits Low)	(Figure 3)		2.3	22	mA
			-4.3	-13	mA
Power Supply Voltage Range	T _A = 25°C, (Figure 3)	4.5	5.0	5.5	V _{DC}
		-4.5	-15	-16.5	V _{DC}
Power Dissipation					mW
All Bits Low	V _{CC} = 5V, V _{EE} = -5V		33	170	mW
	V _{CC} = 5V, V _{EE} = -15V		106	305	mW
All Bits High	V _{CC} = 15V, V _{EE} = -5V		90		mW
	V _{CC} = 15V, V _{EE} = -15V		160		mW

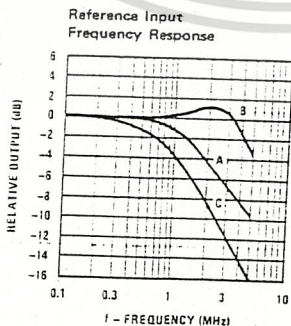
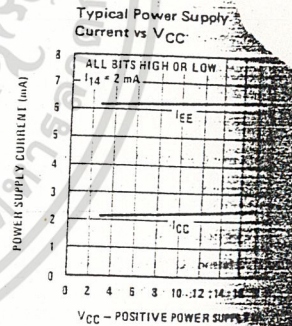
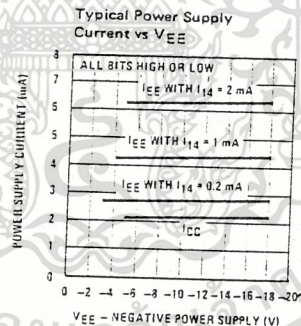
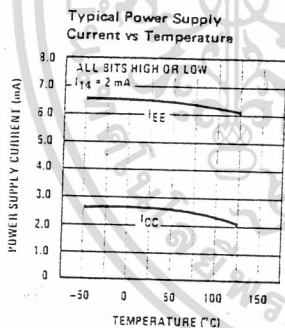
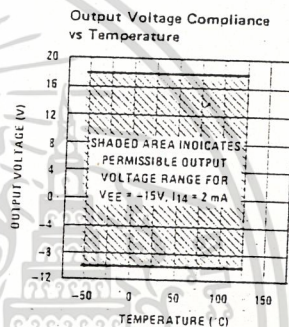
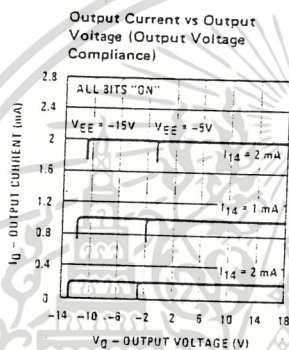
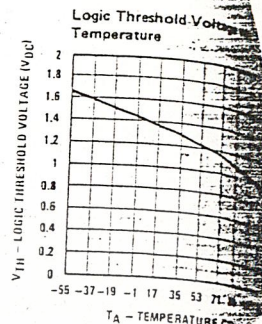
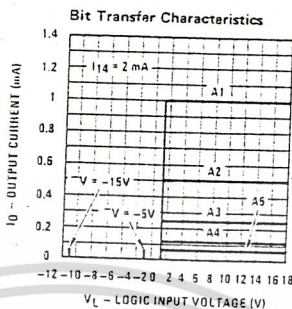
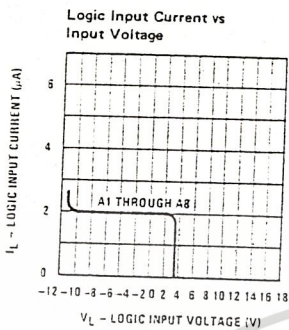
- 1: All current switches are tested to guarantee at least 50% of rated current.
- 2: All bits switched.
- 3: Range control is not required.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

$V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15V$, $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise noted



Unless otherwise specified: $R_{14} = R_{15} = 1 k\Omega$, $C = 15 pF$, pin 16 to V_{EE} ; $R_L = 50\Omega$, pin 4 to ground.

Curve A: Large Signal Bandwidth Method of Figure 7, $V_{REF} = 2 V_{p-p}$ offset 1 V above ground

Curve B: Small Signal Bandwidth Method of Figure 7, $R_L = 250\Omega$, $V_{REF} = 50 mV_{p-p}$ offset 200 mV above ground.

Curve C: Large and Small Signal Bandwidth Method of Figure 9 (no op amp, $R_L = 50\Omega$, $R_S = 50\Omega$, $V_{REF} = 2V$, $V_S = 100 mV_{p-p}$ centered at 0V.

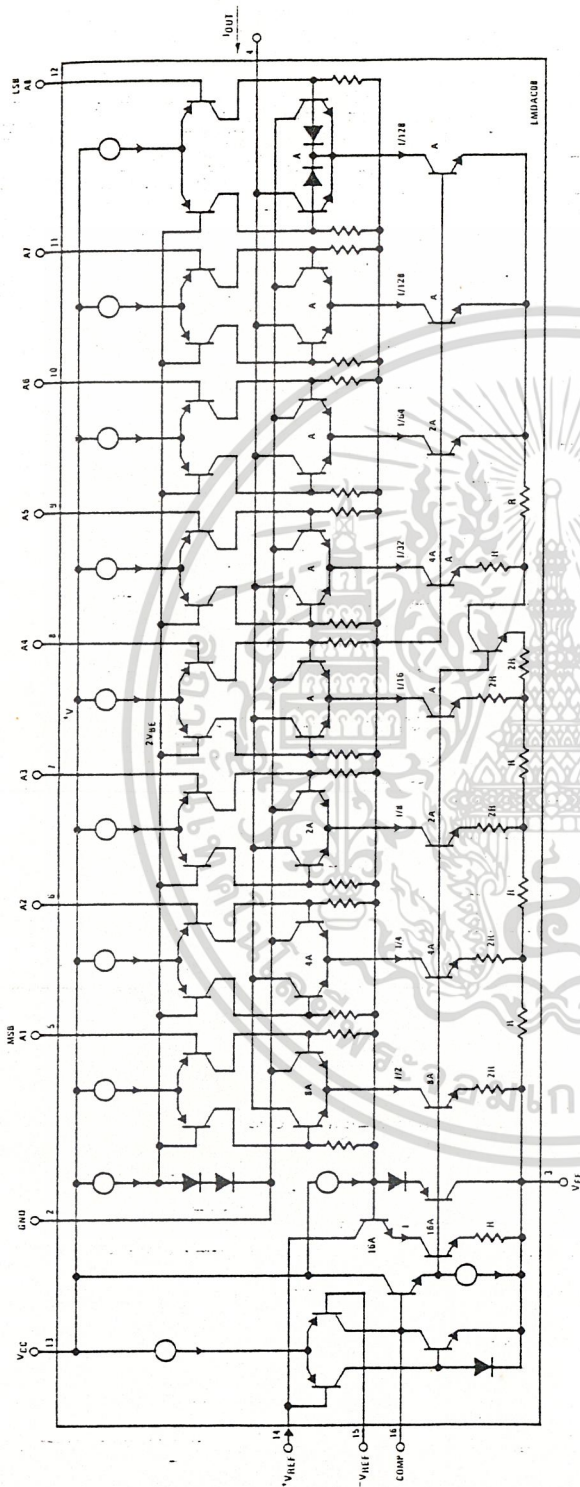


FIGURE 2. Equivalent Circuit of the DAC0808 Series

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Circuits (Continued)

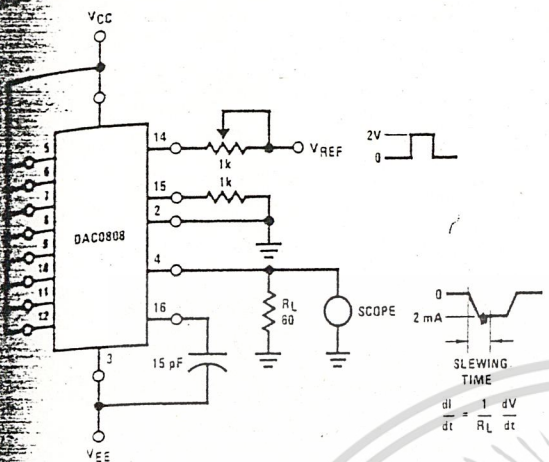


FIGURE 6. Reference Current Slew Rate Measurement

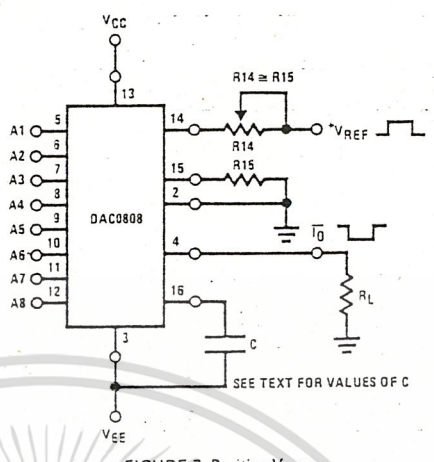


FIGURE 7. Positive VREF

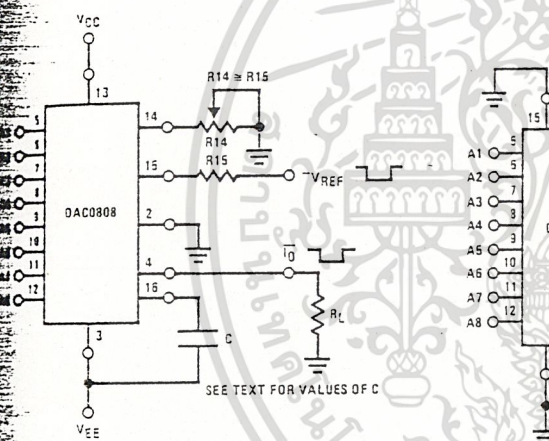


FIGURE 8. Negative VREF

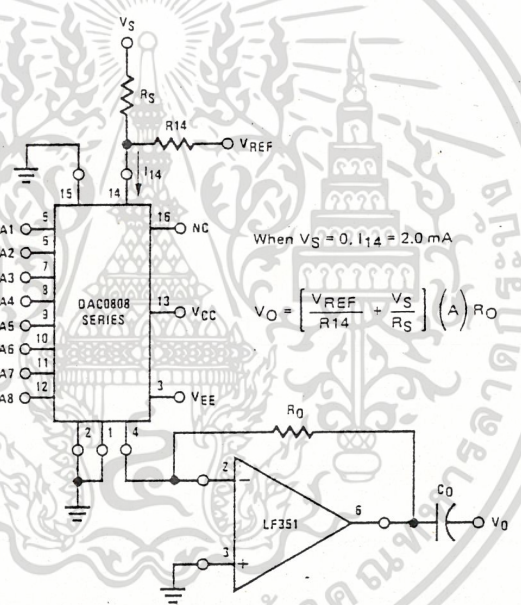


FIGURE 9. Programmable Gain Amplifier or Digital Attenuator Circuit

Application Hints

REFERENCE AMPLIFIER DRIVE AND COMPENSATION

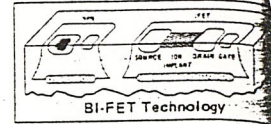
The reference amplifier provides a voltage at pin 14 for converting the reference voltage to a current, and a turn-around circuit or current mirror for feeding the ladder. The reference amplifier input current, I14, must always flow into pin 14, regardless of the set-up method or reference voltage polarity.

Connections for a positive voltage are shown in Figure 7. The reference voltage source supplies the full current

I14. For bipolar reference signals, as in the multiplying mode, R15 can be tied to a negative voltage corresponding to the minimum input level. It is possible to eliminate R15 with only a small sacrifice in accuracy and temperature drift.

The compensation capacitor value must be increased with increases in R14 to maintain proper phase margin; for R14 values of 1, 2.5 and 5 kΩ, minimum capacitor values are 15, 37 and 75 pF. The capacitor may be tied to either VEE or ground, but using VEE increases negative supply rejection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LF13741 Monolithic JFET Input Operational Amplifier

General Description

The LF13741 is a 741 with BI-FET input followers on the same die. Familiar operating characteristics — those of a 741 — with the added advantage of low input bias current make the LF13741 easy to use. Monolithic fabrication makes this “drop-in-replacement” operational amplifier very economical.

Applications in which the LF13741 excels are those which require low bias current, moderate speed and low cost. A few examples include high impedance transducer amplifiers, photocell amplifiers, buffers for high impedance, slow to moderate speed sources and buffers in sample-and-hold type systems where leakage from the hold capacitor node must be kept to a minimum.

Systems designers can take full advantage of their knowledge of the 741 when designing with the LF13741 to achieve extremely rapid “design times.” The LF13741 can also be used in existing sockets to make the “error budget” for input bias and/or offset currents negligible and in many cases eliminate trimming. For higher speed and lower noise use the LF155, LF156, LF157 series of BI-FET operational amplifiers.

Features

- Low input bias current
- Input common-mode range to positive supply voltage
- Low input noise current 0.01 pA/√Hz
- High input impedance $5 \times 10^{11} \Omega$
- Familiar operating characteristics

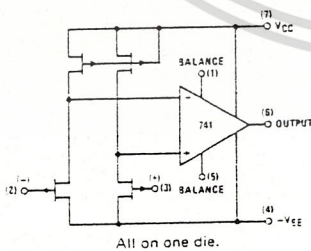
Advantages

- FET inputs — 741 operating characteristics
- Low cost
- Ease of use
- Standard supplies
- Standard pin outs
- Non-rectifying input for RF environment
- Rapid “design time”

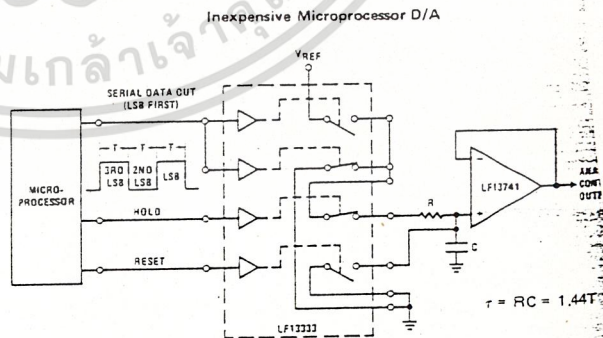
Applications

- Smoke detectors
- I to V converters
- High impedance buffers
- Low drift sample and hold circuits
- High input impedance, slow comparators
- Long time timers
- Low drift peak detectors
- Supply current monitors
- Low error budget systems

Simplified Schematic



Typical Applications



LF13741

3

Absolute Maximum Ratings

Input Voltage	±18V	Input Voltage Range (Note 2)	±16V
Power Dissipation (Note 1)	500 mW	Output Short Circuit Duration	Continuous
Operating Temperature Range	0°C to +70°C	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Maximum Junction Temperature	100°C	Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C
Maximum Input Voltage	±30V		

Electrical Characteristics (Note 3)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Offset Voltage	$R_S = 10\text{ k}\Omega, T_A = 25^\circ\text{C}$		5	15	mV
	Over Temperature			20	mV
Voltage Offset Adjustment Range		10			mV
Average TC of Input Offset Voltage	$R_S = 10\text{ k}\Omega$		10		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current	$T_j = 25^\circ\text{C}, (\text{Notes } 3, 4)$		10	50	μA
	$T_j \leq 70^\circ\text{C}$			2	nA
Input Bias Current	$T_j = 25^\circ\text{C}, (\text{Notes } 3, 4)$		50	200	μA
	$T_j \leq 70^\circ\text{C}$		1.6	8	nA
Input Resistance	$T_j = 25^\circ\text{C}$		5×10^{11}		Ω
Large Signal Voltage Gain	$V_S = \pm 15\text{V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	25	100		V/mV
	$V_O = \pm 10\text{V}, R_L = 2\text{ k}\Omega$ Over Temperature	15			V/mV
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 15\text{V}, R_L = 10\text{ k}\Omega$	±12	±13		V
Input Common-Mode Voltage Range	$V_S = \pm 15\text{V}$	±11	+15.1		V
			-12		V
Common-Mode Rejection Ratio	$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	70	90		dB
Supply Voltage Rejection Ratio	(Note 5)	77	96		dB
Supply Current			2	4	mA

Electrical Characteristics (Note 3)

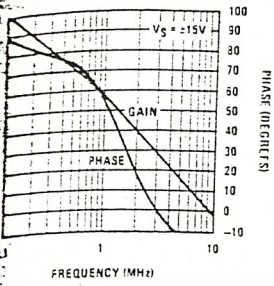
PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Slew Rate	$V_S = \pm 15\text{V}, T_A = 25^\circ\text{C}$		0.5		V/ μs
Gain-Bandwidth Product	$V_S = \pm 15\text{V}, T_A = 25^\circ\text{C}$		1.0		MHz
Equivalent Input Noise Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}, R_S = 100\ \Omega$				
	$f = 100\text{ Hz}$		50		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
Equivalent Input Noise Current	$T_j = 25^\circ\text{C}$				
	$f = 100\text{ Hz}$		0.01		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
	$f = 1000\text{ Hz}$		0.01		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$

For operating at elevated temperature, the device must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W junction to ambient or junction to case.
 Unless otherwise specified the absolute maximum negative input voltage is equal to the negative power supply voltage.
 These specifications apply for $V_S = \pm 15\text{V}$ and $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$. V_{OS} , I_B , and I_{OS} are measured at $V_{CM} = 0$.
 The input bias currents are junction leakage currents which approximately double for every 10°C increase in the junction temperature, limited production test time, the input bias currents measured are correlated to junction temperature. In normal operation the junction temperature rises above the ambient temperature as a result of internal power dissipation, P_D . $T_j = T_A + \theta_{jA} P_D$ where θ_{jA} is the thermal resistance junction to ambient. Use of a heat sink is recommended if input bias current is to be kept to a minimum.
 Supply Voltage Rejection Ratio is measured for both supply magnitudes increasing or decreasing simultaneously in accordance with practice.

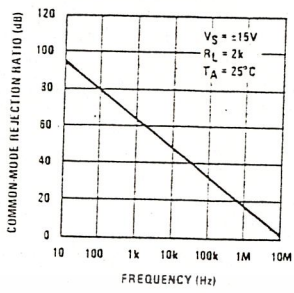
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Small Signal Performance Characteristics (Continued)

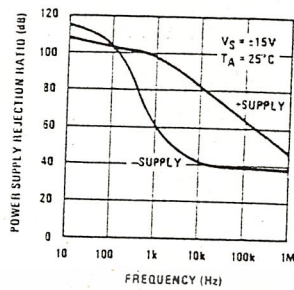
Bode Plot



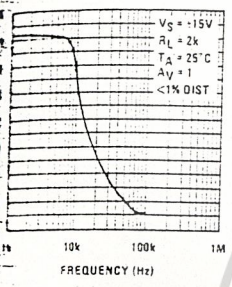
Common-Mode Rejection Ratio



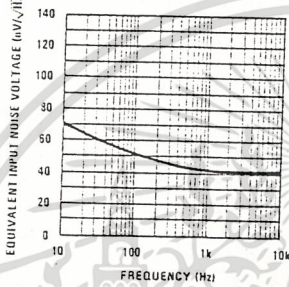
Power Supply Rejection Ratio



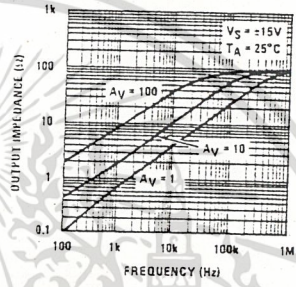
Undistorted Output Voltage Swing



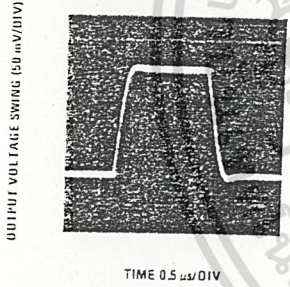
Equivalent Input Noise Voltage



Output Impedance



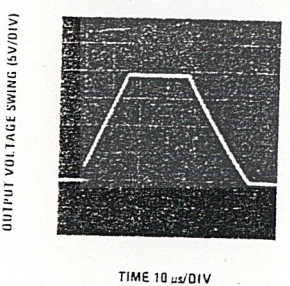
Small Signal Non-Inverting Pulse Response



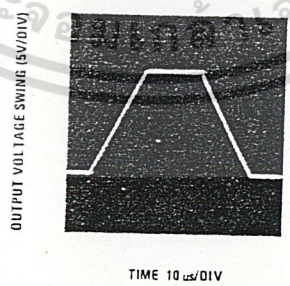
Small Signal Inverting Pulse Response



Large Signal Non-Inverting Pulse Response



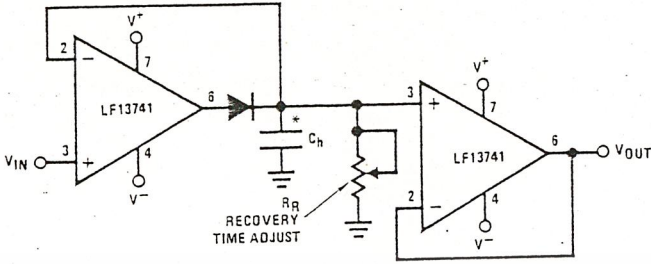
Large Signal Inverting Pulse Response



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

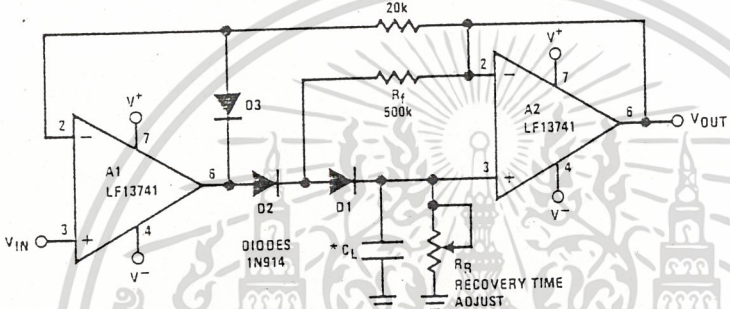
ical Applications (Continued)

Low Drift Peak Detector



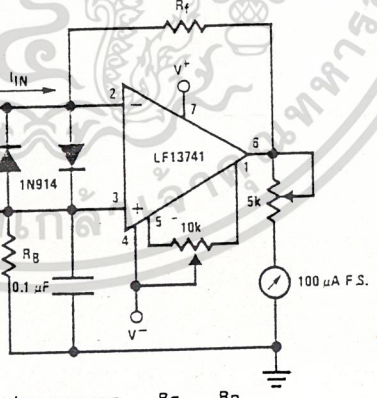
* Low leakage capacitor

Ultra-Low Drift Peak Detector

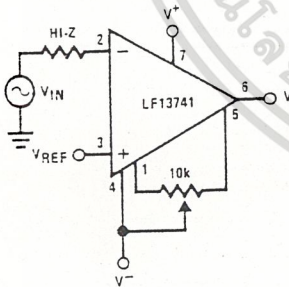


- By adding D1 and Rf, $V_{D1} = 0$ during hold mode. Leakage of D2 provided by feedback path through Rf.
- Leakage of circuit is I_B plus leakage of C_h .
- D3 clamps V_{OUT} A1 to $V_{IN} - V_{D3}$ to improve speed and to limit the reverse bias of D2.
- Maximum input frequency should be $\ll 1/2\pi R_f C_{D2}$, where C_{D2} is the shunt capacitance of D2.
- Low leakage capacitor

Low Current Ammeter



Comparator with Offset Adjust for Hi-Z Inputs



$V^- + 3V \leq V_{IN} \leq V^+ + 0.1V$

I FULL SCALE	R _F	R _B
100 nA	1.5M	1.5M
500 nA	300k	300k
1 uA	300k	0
5 uA	60k	0
10 uA	30k	0
50 uA	6k	0
100 uA	3k	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DM54ALS373/DM74ALS373 Octal D-Type TRI-STATE® Transparent Latch

General Description

These 8-bit registers feature totem-pole TRI-STATE outputs designed specifically for driving highly-capacitive or relatively low-impedance loads. The high-impedance state and increased high-logic-level drive provide these registers with the capability of being connected directly to and driving the bus lines in a bus-organized system without need for interface or pull-up components. They are particularly attractive for implementing buffer registers, I/O ports, bidirectional bus drivers, and working registers.

The eight latches of the ALS373 are transparent D-type latches. While the enable (G) is high the Q outputs will follow the data (D) inputs. When the enable is taken low the output will be latched at the level of the data that was set up.

A buffered output control input can be used to place the eight outputs in either a normal logic state (high or low logic levels) or a high-impedance state. In the high-impedance

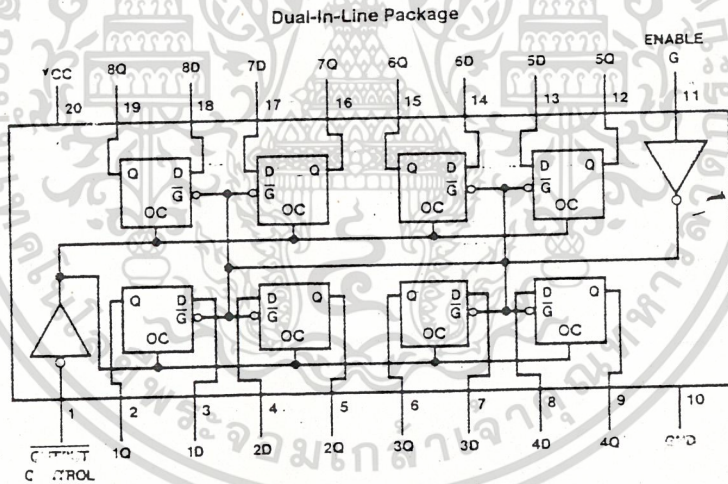
state the outputs neither load nor drive the bus lines significantly.

The output control does not affect the internal operation of the latches. That is, the old data can be retained or new data can be entered even while the outputs are off.

Features

- Switching specifications at 50 pF
- Switching specifications guaranteed over full temperature and V_{CC} range
- Advanced oxide-isolated, ion-implanted Schottky TTL process
- Functionally and pin for pin compatible with LS TTL counterpart
- Improved AC performance over LS373 at approximately half the power
- TRI-STATE buffer-type outputs drive bus lines directly

Connection Diagram



Order Number DM54ALS373J, DM74ALS373WM, DM74ALS373N or DM74ALS373SJ
See NS Package Number J20A, M20B, M20D or N20A

TL/F/6220-1

Absolute Maximum Ratings

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

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Voltage Applied to Disabled Output	5.5V
Operating Free Air Temperature Range	
DM54ALS	-55°C to +125°C
DM74ALS	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Typical θ_{JA}	57.0°C/W
N Package	76.0°C/W
M Package	

Note: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the "Electrical Characteristics" table are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	DM54ALS373			DM74ALS373			Units
		Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V _{CC}	Supply Voltage	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	V
V _{IH}	High Level Input Voltage	2			2			V
V _{IL}	Low Level Input Voltage			0.7			0.8	V
I _{OH}	High Level Output Current			-1			-2.6	mA
I _{OL}	Low Level Output Current			12			24	mA
t _w	Width of Enable Pulse, High or Low	10			10			ns
t _{SU}	Data Setup Time	10 ↓			10 ↓			ns
t _H	Data Hold Time	7 ↓			7 ↓			ns
T _A	Free Air Operating Temperature	-55		125	0		70	°C

The (↓) arrow indicates the negative edge of the enable is used for reference.

Electrical Characteristics

over recommended operating free air temperature range. All typical values are measured at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units	
V _{IK}	Input Clamp Voltage	V _{CC} = 4.5V, I _I = -18 mA			-1.5	V	
V _{OH}	High Level Output Voltage	V _{CC} = 4.5V	54ALS I _{OH} = -1 mA	2.4	3.2	V	
			74ALS I _{OH} = -2.6 mA	2.4	3.3	V	
		V _{CC} = 4.5V to 5.5V I _{OH} = -400 μA	54/74ALS	V _{CC} - 2		V	
V _{OL}	Low Level Output Voltage	V _{CC} = 4.5V	54/74ALS I _{OL} = 12 mA	0.25	0.4	V	
			74ALS I _{OL} = 24 mA	0.35	0.5	V	
I _I	Input Current at Max Input Voltage	V _{CC} = 5.5V, V _{IH} = 7V			0.1	mA	
I _{IH}	High Level Input Current	V _{CC} = 5.5V, V _{IH} = 2.7V			20	μA	
I _{IL}	Low Level Input Current	V _{CC} = 5.5V, V _{IL} = 0.4V			-0.1	mA	
I _O	Output Drive Current	V _{CC} = 5.5V	54/74ALS V _O = 2.25V	-30		-112	mA
I _{OZH}	Off-State Output Current High Level Voltage Applied	V _{CC} = 5.5V V _O = 2.7V			20	μA	
I _{OZL}	Off-State Output Current Low Level Voltage Applied	V _{CC} = 5.5V V _O = 0.4V			-20	μA	
I _{CC}	Supply Current	V _{CC} = 5.5V	Outputs High	9	16	mA	
		Outputs Open	Outputs Low	16	25	mA	
		Outputs Disabled		17	27	mA	

Switching Characteristics over recommended operating free air temperature range (Note 1)

Symbol	Parameter	Conditions	From	To	DM54ALS373		DM74ALS373		Units
					Min	Max	Min	Max	
t _{PLH}	Propagation Delay Time Low to High Level Output	V _{CC} = 4.5V to 5.5V R _L = 500Ω C _L = 50 pF	Data	Any Q	2	14	2	12	ns
t _{PHL}	Propagation Delay Time High to Low Level Output		Data	Any Q	1	17	4	16	ns
t _{PLH}	Propagation Delay Time Low to High Level Output		Enable	Any Q	6	26	6	22	ns
t _{PHL}	Propagation Delay Time High to Low Level Output		Enable	Any Q	1	23	7	23	ns
t _{PZH}	Output Enable Time to High Level Output		Output Control	Any Q	3	18.5	6	18	ns
t _{PZL}	Output Enable Time to Low Level Output		Output Control	Any Q	3	20.5	5	20	ns
t _{PHZ}	Output Disable Time from High Level Output		Output Control	Any Q	2	13.5	2	10	ns
t _{PLZ}	Output Disable Time from Low Level Output		Output Control	Any Q	2	18	2	12	ns

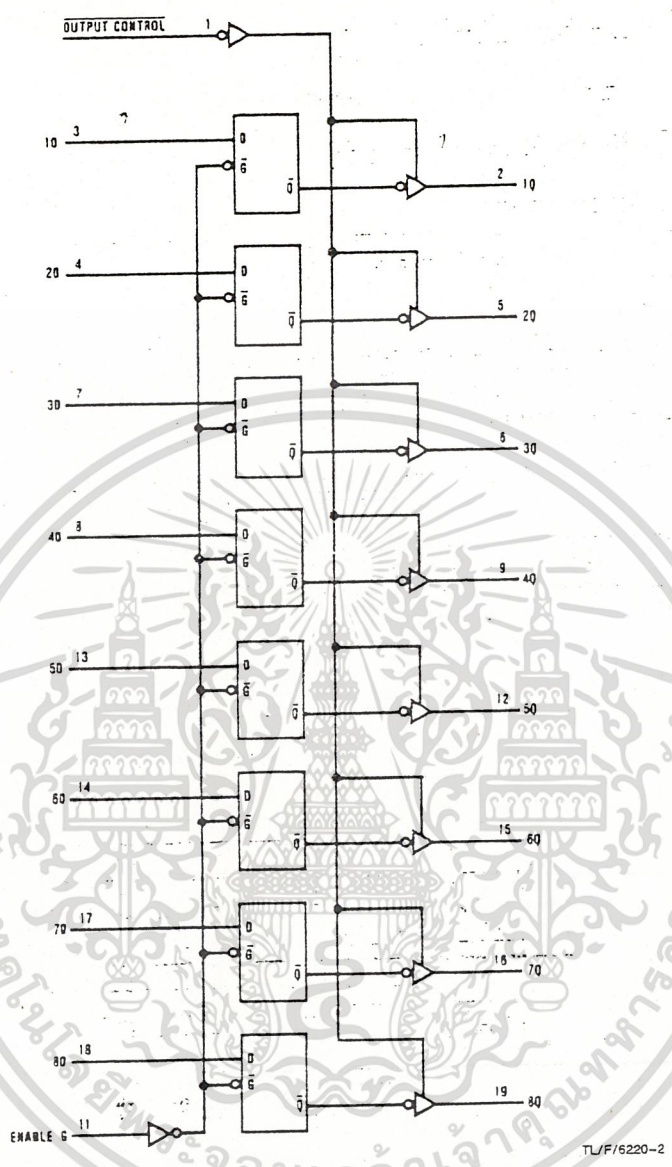
Note 1: See Section 1 for test waveforms and output load.

Function Table

Output Control	Enable		Output Q
	G	D	
L	H	H	H
L	H	L	L
L	L	X	Q ₀
H	X	X	Z

L = Low State, H = High State, X = Don't Care
 Z = High Impedance State
 Q₀ = Previous Condition of Q

Logic Diagram



TL/F/6220-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8255A/8255A-5 PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE

- MCS-85™ Compatible 8255A-5
- 24 Programmable I/O Pins
- Completely TTL Compatible
- Fully Compatible with Intel® Microprocessor Families
- Improved Timing Characteristics
- Direct Bit Set/Reset Capability Easier Control Application Interface
- Reduces System Package Count
- Improved DC Driving Capability
- Available in EXPRESS
 - Standard Temperature Range
 - Extended Temperature Range

The Intel® 8255A is a general purpose programmable I/O device designed for use with Intel® microprocessors. It has 24 I/O pins which may be individually programmed in 2 groups of 12 and used in 3 major modes of operation. In the first mode (MODE 0), each group of 12 I/O pins may be programmed in sets of 4 to be input or output. In the second mode (MODE 1), each group may be programmed to have 8 lines of input or output. Of the remaining 4 pins, 3 are used for handshaking and interrupt control signals. The third mode of operation (MODE 2) is a bidirectional bus mode which uses 8 lines for a bidirectional bus, and 5 lines, borrowing one from the other group, for handshaking.

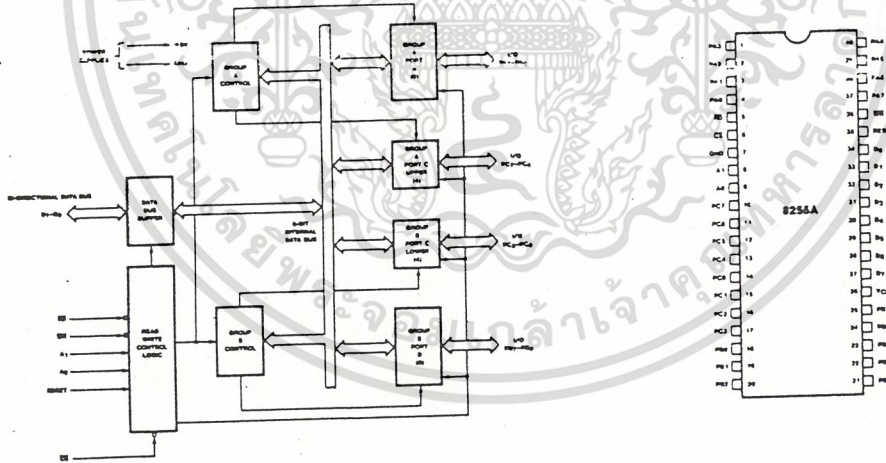


Figure 1. 8255A Block Diagram

Figure 2. Pin Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(RESET)

Reset. A "high" on this input clears the control register and all ports (A, B, C) are set to the input mode.

Group A and Group B Controls

The functional configuration of each port is programmed by the systems software. In essence, the CPU "outputs" a control word to the 8255A. The control word contains information such as "mode", "bit set", "bit reset", etc., that initializes the functional configuration of the 8255A.

Each of the Control blocks (Group A and Group B) accepts "commands" from the Read/Write Control Logic, receives "control words" from the internal data bus and issues the proper commands to its associated ports.

Control Group A — Port A and Port C upper (C7-C4)

Control Group B — Port B and Port C lower (C3-C0)

The Control Word Register can **Only** be written into. No Read operation of the Control Word Register is allowed.

Ports A, B, and C

The 8255A contains three 8-bit ports (A, B, and C), can be configured in a wide variety of functional characteristics by the system software but each has its special features or "personality" to further enhance power and flexibility of the 8255A.

Port A. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input latch.

Port B. One 8-bit data input/output latch/buffer and one 8-bit data input buffer.

Port C. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input buffer (no latch for input). This port can be divided into two 4-bit ports under the mode control. Each 4-bit port contains a 4-bit latch and it can be used for the control signal outputs and status signal inputs in conjunction with ports A and B.

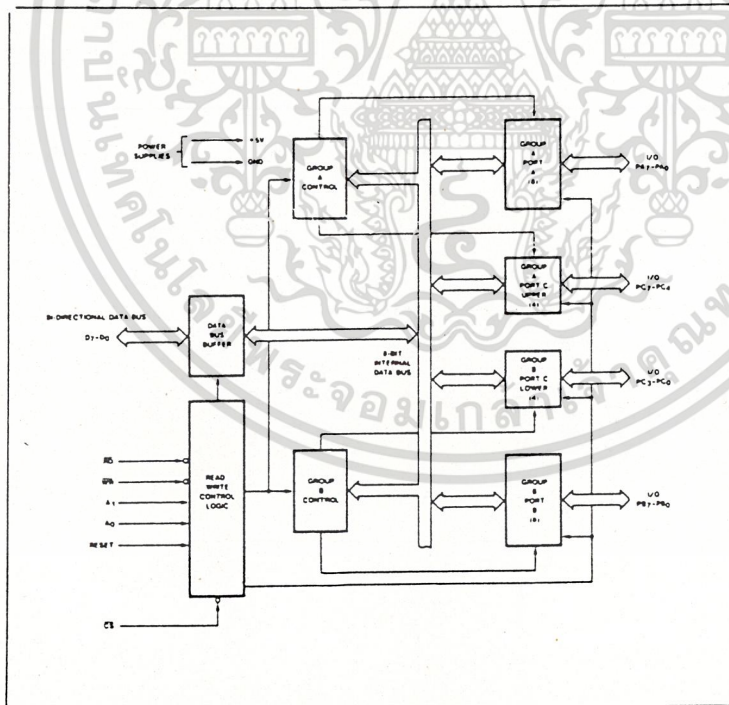
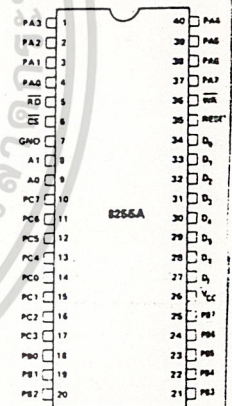


Figure 4. 8255A Block Diagram Showing Group A and Group B Control Functions

PIN CONFIGURATION



PIN NAMES

D ₇ , D ₀	DATA BUS (BI-DIRECTIONAL)
RESET	RESET INPUT
CS	CHIP SELECT
RD	READ INPUT
WR	WRITE INPUT
A ₀ , A ₁	PORT ADDRESS
PA ₇ , PA ₀	PORT A (8BIT)
PB ₇ , PB ₀	PORT B (8BIT)
PC ₇ , PC ₀	PORT C (8BIT)
V _{CC}	+5 VOLTS
GND	0 VOLTS

8255A OPERATIONAL DESCRIPTION

Mode Selection

There are three basic modes of operation that can be selected by the system software:

- Mode 0 - Basic Input/Output
- Mode 1 - Strobed Input/Output
- Mode 2 - Bi-Directional Bus

When the reset input goes "high" all ports will be set to the input mode (i.e., all 24 lines will be in the high impedance state). After the reset is removed the 8255A can remain in the input mode with no additional initialization required. During the execution of the system program any of the other modes may be selected using a single instruction. This allows a single 8255A to service a variety of peripheral devices with a simple software maintenance routine.

The modes for Port A and Port B can be separately defined, while Port C is divided into two portions as required by the Port A and Port B definitions. All of the output registers, including the status flip-flops, will be reset whenever the mode is changed. Modes may be combined so that their functional definition can be "tailored" to almost any I/O structure. For instance; Group B can be programmed in Mode 1 to monitor simple switch closings or display computational results, Group A could be programmed in Mode 1 to monitor a keyboard or tape reader on an interrupt-driven basis.

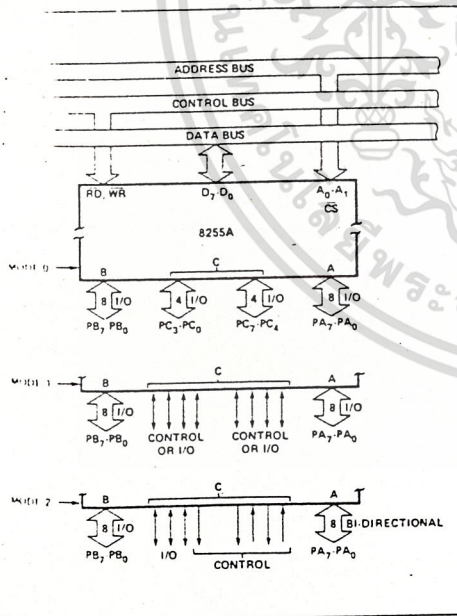


Figure 5. Basic Mode Definitions and Bus Interface

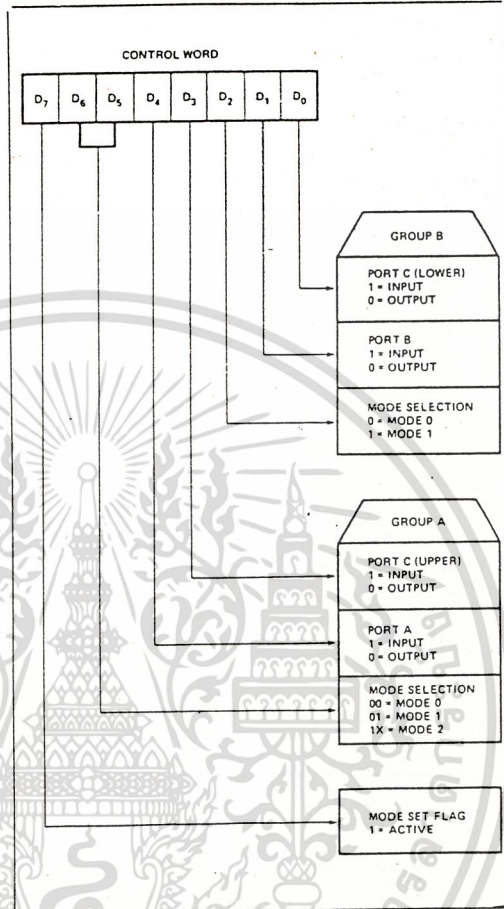


Figure 6. Mode Definition Format

The mode definitions and possible mode combinations may seem confusing at first but after a cursory review of the complete device operation a simple, logical I/O approach will surface. The design of the 8255A has taken into account things such as efficient PC board layout, control signal definition vs PC layout and complete functional flexibility to support almost any peripheral device with no external logic. Such design represents the maximum use of the available pins.

Single Bit Set/Reset Feature

Any of the eight bits of Port C can be Set or Reset using a single OUTPUT instruction. This feature reduces software requirements in Control-based applications.

APPLICATIONS OF THE 8255A

The 8255A is a very powerful tool for interfacing peripheral equipment to the microcomputer system. It represents the optimum use of available pins and is flexible enough to interface almost any I/O device without the need for additional external logic.

Each peripheral device in a microcomputer system usually has a "service routine" associated with it. The routine manages the software interface between the device and the CPU. The functional definition of the 8255A is programmed by the I/O service routine and becomes an extension of the system software. By examining the I/O devices interface characteristics for both data transfer and timing, and matching this information to the examples and tables in the detailed operational description, a control word can easily be developed to initialize the 8255A to exactly "fit" the application. Figures 19 through 25 present a few examples of typical applications of the 8255A.

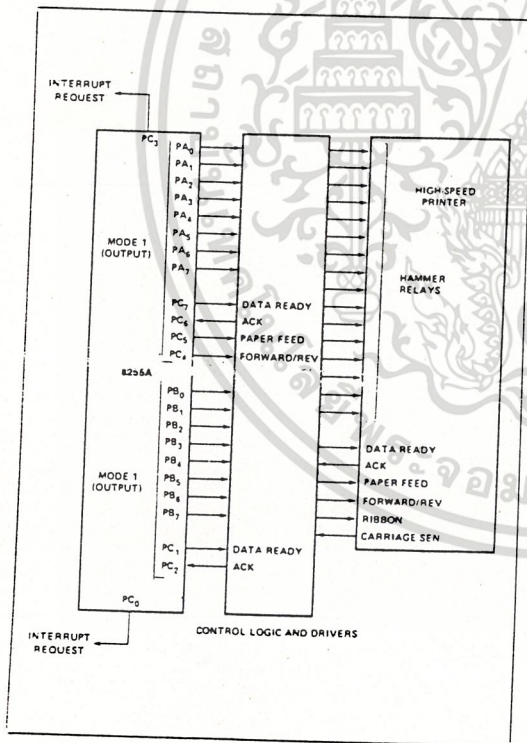


Figure 19. Printer Interface

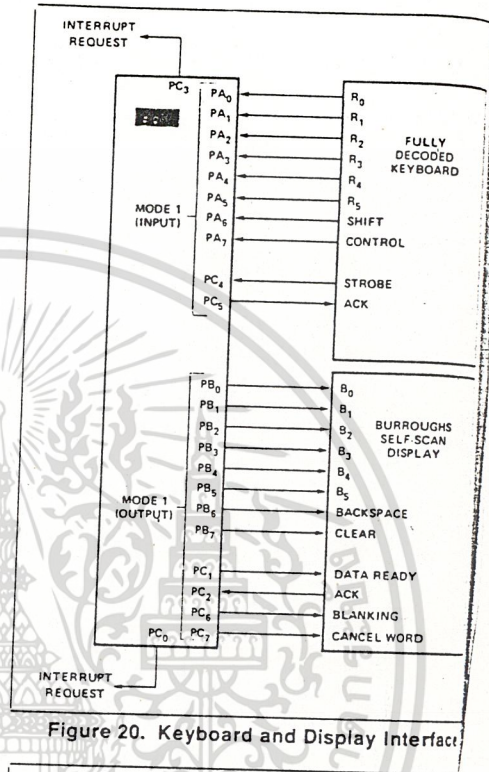


Figure 20. Keyboard and Display Interface

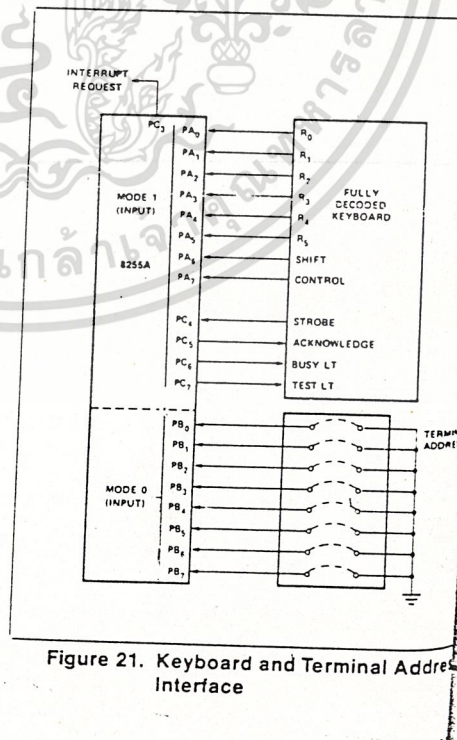


Figure 21. Keyboard and Terminal Address Interface



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Ambient Temperature Under Bias. 0°C to 70°C
 Storage Temperature -65°C to +150°C
 Voltage on Any Pin
 With Respect to Ground -0.5V to +7V
 Power Dissipation 1 Watt

**NOTICE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.*

D.C. CHARACTERISTICS (T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = +5V ± 10%, GND = 0V) *

Symbol	Parameter	Min.	Max.	Unit	Test Conditions
V _{IL}	Input Low Voltage	-0.5	0.8	V	
V _{IH}	Input High Voltage	2.0	V _{CC}	V	
V _{OL} (DB)	Output Low Voltage (Data Bus)		0.45*	V	I _{OL} = 2.5mA
V _{OL} (PER)	Output Low Voltage (Peripheral Port)		0.45*	V	I _{OL} = 1.7mA
V _{OH} (DB)	Output High Voltage (Data Bus)	2.4		V	I _{OH} = -400µA
V _{OH} (PER)	Output High Voltage (Peripheral Port)	2.4		V	I _{OH} = -200µA
I _{DAR} [1]	Darlington Drive Current	-1.0	-4.0	mA	R _{EXT} = 750Ω; V _{EXT} = 1.5V
I _{CC}	Power Supply Current		120	mA	
I _{IL}	Input Load Current		±10	µA	V _{IN} = V _{CC} to 0V
I _{OFL}	Output Float Leakage		±10	µA	V _{OUT} = V _{CC} to .45V

NOTE:
 1. Available on any 8 pins from Port B and C.

CAPACITANCE (T_A = 25°C, V_{CC} = GND = 0V)

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test Conditions
C _{IN}	Input Capacitance			10	pF	f _c = 1MHz
C _{I/O}	I/O Capacitance			20	pF	Unmeasured pins returned to GND

A.C. CHARACTERISTICS (T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = +5V ± 10%, GND = 0V) *

Bus Parameters
READ

Symbol	Parameter	8255A		8255A-5		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	
t _{AR}	Address Stable Before READ	0		0		ns
t _{RA}	Address Stable After READ	0		0		ns
t _{RR}	READ Pulse Width	300		300		ns
t _{RD}	Data Valid From READ[1]		250		200	ns
t _{DF}	Data Float After READ	10	150	10	100	ns
t _{RV}	Time Between READs and/or WRITEs	850		850		ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8255A/8255A-5

A.C. CHARACTERISTICS (Continued)

WRITE

Symbol	Parameter	8255A		8255A-5		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	
t _{AW}	Address Stable Before WRITE	0		0		ns
t _{WA}	Address Stable After WRITE	20		20		ns
t _{WW}	WRITE Pulse Width	400		300		ns
t _{DW}	Data Valid to WRITE (T.E.)	100		100		ns
t _{WD}	Data Valid After WRITE	30		30		ns

OTHER TIMINGS

Symbol	Parameter	8255A		8255A-5		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	
t _{WB}	WR = 1 to Output ¹		350		350	ns
t _{BR}	Peripheral Data Before RD	0		0		ns
t _{BR}	Peripheral Data After RD	0		0		ns
t _{AK}	ACK Pulse Width	300		300		ns
t _{ST}	STB Pulse Width	500		500		ns
t _{PS}	Per. Data Before T.E. of STB	0		0		ns
t _{PH}	Per. Data After T.E. of STB	180		180		ns
t _{AD}	ACK = 0 to Output ¹		300		300	ns
t _{KD}	ACK = 1 to Output Float	20	250	20	250	ns
t _{WOB}	WR = 1 to OBF = 0 ¹		650		650	ns
t _{AOB}	ACK = 0 to OBF = 1 ¹		350		350	ns
t _{SIB}	STB = 0 to IBF = 1 ¹		300		300	ns
t _{RD}	RD = 1 to IBF = 0 ¹		300		300	ns
t _{RIT}	RD = 0 to INTR = 0 ¹		400		400	ns
t _{SIT}	STB = 1 to INTR = 1 ¹		300		300	ns
t _{AIT}	ACK = 1 to INTR = 1 ¹		350		350	ns
t _{WIT}	WR = 0 to INTR = 0 ¹		450		450	ns

NOTES:

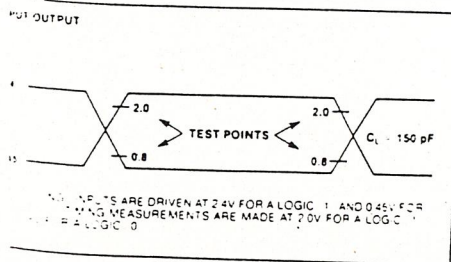
¹Min. Conditions: C_L = 150 pF.

Period of Reset pulse must be at least 50µs during or after power on. Subsequent Reset pulse can be 500 ns min.

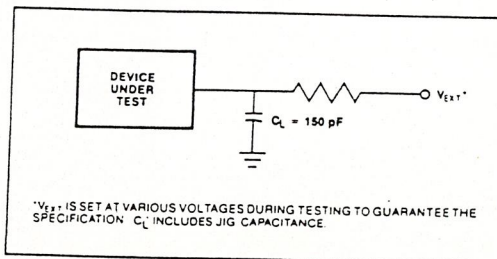
INTR¹ may occur as early as WR₁.

¹For Extended Temperature EXPRESS, use M8255A electrical parameters.

C. TESTING INPUT, OUTPUT WAVEFORM



A.C. TESTING LOAD CIRCUIT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



PROGRAMMER INFORMATION

80C51BH/80C51BH-2 CHMOS SINGLE COMPONENT 8-BIT MICROCONTROLLER with Factory Mask-Programmable ROM

80C31BH/80C31BH-2 CHMOS SINGLE COMPONENT 8-BIT CONTROL-ORIENTED CPU WITH RAM AND I/O

80C51BH/80C31BH — 3.5 to 12 MHz $V_{CC} = 5V \pm 20\%$

80C51BH-2/80C31BH-2 — 0.5 to 12 MHz $V_{CC} = 5V \pm 20\%$

- 128 X 8 RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- 64K Program Memory Space
- Boolean Processor
- 5 Interrupt Sources
- Programmable Serial Port
- 64K Data Memory Space

The MCS-51 CHMOS products are fabricated on Intel's advanced CHMOS III process and are functional, compatible with the standard MCS-51 HMOS and EPROM products. CHMOS III is a technology which combines the high speed and density characteristics of HMOS with the low power attributes of CMOS. This combination expands the effectiveness of the powerful MCS-51 architecture and instruction set.

Like the MCS-51 EPROM and HMOS, the MCS-51 CHMOS products have the following features: 4K of ROM (80C51BH/80C51BH-2 only); 128 bytes of RAM; 32 I/O lines; two 16-bit timer/counters; a five-source two-level interrupt structure; a full duplex serial port; and on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the MCS-51 CHMOS products have two software selectable modes of reduced activity for further power reduction — Idle and Power Down.

Idle mode freezes the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. Power Down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator causing all other chip functions to be inoperative.

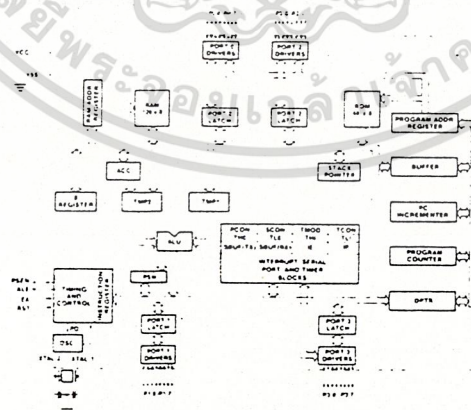


Figure 1. Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Ambient Temperature Under Bias . . . 0°C to 70°C
Storage Temperature -65°C to +150°C
Voltage on Any Pin to VSS . . . -0.5V to VCC+1V
Voltage on VCC to VSS -0.5V to +7V
Power Dissipation 1.0W

*NOTICE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

D.C. CHARACTERISTICS: (TA = 0°C to 70°C; VSS = 0V; VCC = 5V ± 20%)

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit	Test Conditions
V _{IL}	Input Low Voltage	-0.5	0.2V _{CC} - .1	V	
V _{IH}	Input High Voltage (Except XTAL1, RST)	0.2V _{CC} + .9	V _{CC} + 0.5	V	
V _{IH1}	Input High Voltage to XTAL1, RST	0.7V _{CC}	V _{CC} + 0.5	V	
V _{OL}	Output Low Voltage (Ports 1, 2, 3)		0.45	V	I _{OL} = 1.6 mA
V _{OL1}	Output Low Voltage (Port 0, ALE, PSEN)		0.45	V	I _{OL} = 3.2 mA (Note 1)
V _{OH}	Output High Voltage (Ports 1, 2, 3)	2.4		V	I _{OH} = -80 μA V _{CC} = 5V ± 10%
		0.75V _{CC}		V	I _{OH} = -30 μA
		0.9V _{CC}		V	I _{OH} = -10 μA
V _{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode, ALE, PSEN)	2.4		V	I _{OH} = -400 μA V _{CC} = 5V ± 10%
		0.75V _{CC}		V	I _{OH} = -150 μA
		0.9V _{CC}		V	I _{OH} = -40 μA (Note 2)
I _{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1, 2, 3)		-50	μA	V _{in} = 0.45V
I _{TL}	Logical 1 to 0 transition Current (Ports 1, 2, 3)		-500	μA	V _{in} = 2.0V
I _{LI}	Input Leakage Current (Port 0, EA)		± 10	μA	0.45 < V _{in} < V _{CC}
R _{RST}	RST Pulldown Resistor	40	125	Kohm	
C _{IO}	Pin Capacitance		10	pF	test freq = 1 MHz, T _A = 25°C
I _{PD}	Power Down Current		50	μA	V _{CC} = 2 to 6V (Note 3)

Maximum Operating I_{CC} (mA) (note 4)

V _{CC}	4V	5V	6V
Freq.			
0.5 MHz	1.6	2.2	3
3.5 MHz	4.3	5.7	7.5
8 MHz	8.3	11	14
12 MHz	12	16	20

Maximum Idle I_{CC} (mA) (note 5)

V _{CC}	4V	5V	6V
Freq.			
0.5 MHz	0.6	0.9	1.2
3.5 MHz	1.1	1.6	2.2
8 MHz	1.8	2.7	3.7
12 MHz	2.5	3.7	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



80C51BH/80C51BH-2
80C31BH/80C31BH-2

ADVANCE INFORMATION

Note 1: Capacitive loading on Ports 0 and 2 may cause spurious noise pulses to be superimposed on the V_{OLS} of ALE, Ports 1 and 3. The noise is due to the external bus capacitance discharging into the Port 0 and Port 2 pins when these pins make a 1-to-0 transition during bus operations. In the worst case (capacitive loading > 100 pF), the noise pulse on ALE line may exceed 0.8V. In such cases it may be desirable to qualify ALE with a Schmitt Trigger, or use an address latch with a Schmitt Trigger STROBE input.

Note 2: Capacitive loading on Ports 0 and 2 may cause the V_{OH} on ALE and PSEN to momentarily fall below the V_{OL} specification when the address bits are stabilizing.

Note 3: Power Down I_{CC} is measured with all output pins disconnected; EA = PORT0 = V_{CC}; XTAL2 N.C.; RST = V_{SS}

Note 4: I_{CC} is measured with all output pins disconnected; XTAL1 driven with TCLCH, TCHCL = 10 ns, V_{ij} = V_{SS} + 1 V; V_{ih} = V_{CC} - .5v; XTAL2 N.C.; EA = RST = PORT0 = V_{CC}.

Note 5: Idle I_{CC} is measured with all output pins disconnected; XTAL1 driven with TCLCH, TCHCL = 10 ns, V_{ij} = V_{SS} + 1 V; V_{ih} = V_{CC} - .5v; XTAL2 N.C.; EA = PORT0 = V_{CC}; RST = V_{SS}.

A.C. CHARACTERISTICS (T_A = 0°C to 70°C; V_{SS} = 0V; V_{CC} = 5V ± 20%; Load Capacitance for Port 0, ALE, and PSEN = 100 pF, Load Capacitance All Other Outputs = 80 pF)

EXTERNAL PROGRAM AND DATA MEMORY CHARACTERISTICS

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
1/TCLCL	Oscillator Freq (80C51BH)	3.5	12	MHz
	Oscillator Freq (80C51BH-2)	0.5	12	MHz
TLHLL	ALE Pulse Width	2TCLCL - 40		ns
TAVLL	Address Valid to ALE Low	TCLCL - 40		ns
TLLAX	Address Hold After ALE Low	TCLCL - 35		ns
TLLIV	ALE Low to Valid Instr In		4TCLCL - 150	ns
TLLPL	ALE Low to PSEN Low	TCLCL - 25		ns
TPLPH	PSEN Pulse Width	3TCLCL - 35		ns
TPLIV	PSEN Low to Valid Instr In		3TCLCL - 150	ns
TPXIX	Input Instr Hold After PSEN	0		ns
TPXIZ	Input Instr Float After PSEN		TCLCL - 20	ns
TPXAV	PSEN to Address Valid	TCLCL - 8		ns
TAVIV	Address to Valid Instr In		5TCLCL - 150	ns
TPLAZ	PSEN Low to Address Float		0	ns
TRLRH	RD Pulse Width	6TCLCL - 100		ns
TWLWH	WR Pulse Width	6TCLCL - 100		ns
TRLDV	RD Low to Valid Data In		5TCLCL - 165	ns
TRHDX	Data Hold After RD	0		ns
TRHDZ	Data Float After RD		2TCLCL - 70	ns
TLLDV	ALE Low to Valid Data In		8TCLCL - 150	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2. MCS⁸-51 Instruction Set Description

ARITHMETIC OPERATIONS				LOGICAL OPERATIONS (CONTINUED)					
Mnemonic		Description	Byte	Cyc	Mnemonic	Destination	Byte	Cyc	
ADD	A,Rn	Add register to Accumulator	1	1	ORL	A,@Ri	OR indirect RAM to Accumulator	1	1
ADD	A,direct	Add direct byte to Accumulator	2	1	ORL	A,#data	OR immediate data to Accumulator	2	1
ADD	A,@Ri	Add indirect RAM to Accumulator	1	1	ORL	direct,A	OR Accumulator to direct byte	2	1
ADD	A,#data	Add immediate data to Accumulator	2	1	ORL	direct,#data	OR immediate data to direct byte	3	2
ADDC	A,Rn	Add register to Accumulator with Carry	1	1	XRL	A,Rn	Exclusive-OR register to Accumulator	1	1
ADDC	A,direct	Add direct byte to A with Carry flag	2	1	XRL	A,direct	Exclusive-OR direct byte to Accumulator	2	1
ADDC	A,@Ri	Add indirect RAM to A with Carry flag	1	1	XRL	A,@Ri	Exclusive-OR indirect RAM to A	1	1
ADDC	A,#data	Add immediate data to A with Carry flag	2	1	XRL	A,#data	Exclusive-OR immediate data to A	2	1
SUBB	A,Rn	Subtract register from A with Borrow	1	1	XRL	direct,A	Exclusive-OR Accumulator to direct byte	2	1
SUBB	A,direct	Subtract direct byte from A with Borrow	2	1	XRL	direct,#data	Exclusive-OR immediate data to direct	3	2
SUBB	A,@Ri	Subtract indirect RAM from A with Borrow	1	1	CLR	A	Clear Accumulator	1	1
SUBB	A,#data	Subtract immed data from A with Borrow	2	1	CPL	A	Complement Accumulator	1	1
INC	A	Increment Accumulator	1	1	RL	A	Rotate Accumulator Left	1	1
INC	Rn	Increment register	1	1	RLC	A	Rotate A Left through the Carry flag	1	1
INC	direct	Increment direct byte	2	1	RR	A	Rotate Accumulator Right	1	1
INC	@Ri	Increment indirect RAM	1	1	RRC	A	Rotate A Right through Carry flag	1	1
INC	DPTR	Increment Data Pointer	1	2	SWAP	A	Swap nibbles within the Accumulator	1	1
DEC	A	Decrement Accumulator	1	1					
DEC	Rn	Decrement register	1	1					
DEC	direct	Decrement direct byte	2	1					
DEC	@Ri	Decrement indirect RAM	1	1					
MUL	AB	Multiply A & B	1	4					
DIV	AB	Divide A by B	1	4					
DA	A	Decimal Adjust Accumulator	1	1					
LOGICAL OPERATIONS				DATA TRANSFER					
Mnemonic		Destination	Byte	Cyc	Mnemonic	Description	Byte	Cyc	
ANL	A,Rn	AND register to Accumulator	1	1	MOV	A,Rn	Move register to Accumulator	1	1
ANL	A,direct	AND direct byte to Accumulator	2	1	MOV	A,direct	Move direct byte to Accumulator	2	1
ANL	A,@Ri	AND indirect RAM to Accumulator	1	1	MOV	A,@Ri	Move indirect RAM to Accumulator	1	1
ANL	A,#data	AND immediate data to Accumulator	2	1	MOV	A,#data	Move immediate data to Accumulator	2	1
ANL	direct,A	AND Accumulator to direct byte	2	1	MOV	Rn,A	Move Accumulator to register	1	1
ANL	direct,#data	AND immediate data to direct byte	3	2	MOV	Rn,direct	Move direct byte to register	2	2
ORL	A,Rn	OR register to Accumulator	1	1	MOV	Rn,#data	Move immediate data to register	2	1
ORL	A,direct	OR direct byte to Accumulator	2	1	MOV	direct,A	Move Accumulator to direct byte	2	1
					MOV	direct,Rn	Move register to direct byte	2	2
					MOV	direct,direct	Move direct byte to direct	3	2
					MOV	direct,@Ri	Move indirect RAM to direct byte	2	2



80C51BH/80C51BH-2
80C31BH/80C31BH-2

Table 2. MCS[®]-51 Instruction Set Description (Continued)

DATA TRANSFER (CONTINUED)			PROGRAM AND MACHINE CONTROL		
Mnemonic	Description	Byte Cycles	Mnemonic	Description	Byte Cycles
MOV direct,#data	Move immediate data to direct byte	3 2	ACALL addr11	Absolute Subroutine Call	2 2
MOV @Ri,A	Move Accumulator to indirect RAM	1 1	LCALL addr16	Long Subroutine Call	3 2
MOV @Ri,direct	Move direct byte to indirect RAM	2 2	RET	Return from subroutine	1 2
MOV @Ri,#data	Move immediate data to indirect RAM	2 1	RETI	Return from interrupt	1 2
MOV DPTR,#data16	Load Data Pointer with a 16-bit constant	3 2	AJMP addr11	Absolute Jump	2 2
MOVC A,@A+DPTR	Move Code byte relative to DPTR to A	1 2	LJMP addr16	Long Jump	3 2
MOVC A,@A+PC	Move Code byte relative to PC to A	1 2	SJMP rel	Short Jump (relative addr)	2 2
MOVC A,@Ri	Move External RAM (8-bit addr) to A	1 2	JMP @A+DPTR	Jump indirect relative to the DPTR	1 2
MOVC A,@DPTR	Move External RAM (16-bit addr) to A	1 2	JZ rel	Jump if Accumulator is Zero	2 2
MOVC @Ri,A	Move A to External RAM (8-bit addr)	1 2	JNZ rel	Jump if Accumulator is Not Zero	2 2
MOVC @DPTR,A	Move A to External RAM (16-bit addr)	1 2	JC rel	Jump if Carry flag is set	2 2
PUSH direct	Push direct byte onto stack	2 2	JNC rel	Jump if No Carry flag	2 2
POP direct	Pop direct byte from stack	2 2	JB bit,rel	Jump if direct Bit set	3 2
XCH A,Rn	Exchange register with Accumulator	1 1	JNB bit,rel	Jump if direct Bit Not set	3 2
XCH A,direct	Exchange direct byte with Accumulator	2 1	JBC bit,rel	Jump if direct Bit is set & Clear bit	3 2
XCH A,@Ri	Exchange indirect RAM with A	1 1	CJNE A,direct,rel	Compare direct to A & Jump if Not Equal	3 2
XCHD A,@Ri	Exchange low-order Digit ind RAM w A	1 1	CJNE A,#data,rel	Comp, immed. to A & Jump if Not Equal	3 2
BOOLEAN VARIABLE MANIPULATION			CJNE Rn,#data,rel	Comp, immed. to reg & Jump if Not Equal	3 2
Mnemonic	Description	Byte Cycles	CJNE @Ri,#data,rel	Comp, immed. to ind. & Jump if Not Equal	3 2
CLR C	Clear Carry flag	1 1	DJNZ Rn,rel	Decrement register & Jump if Not Zero	2 2
CLR bit	Clear direct bit	2 1	DJNZ direct,rel	Decrement direct & Jump if Not Zero	3 2
SETB C	Set Carry flag	1 1	NOP	No operation	1 1
SETB bit	Set direct Bit	2 1	Notes on data addressing modes:		
CPL C	Complement Carry flag	1 1	Rn	Working register R0-R7	
CPL bit	Complement direct bit	2 1	direct	128 internal RAM locations, any I/O port, control or status register	
ANL C,bit	AND direct bit to Carry flag	2 2	@Ri	Indirect internal RAM location addressed by register R0 or R1	
ANL C,/bit	AND complement of direct bit to Carry	2 2	#data	8-bit constant included in instruction	
ORL C,/bit	OR direct bit to Carry flag	2 2	#data16	16-bit constant included as bytes 2 & 3 of instruction	
ORL C,bit	OR complement of direct bit to Carry	2 2	bit	128 software flags, any I/O pin, control or status bit	
MOV C,/bit	Move direct bit to Carry flag	2 1	Notes on program addressing modes:		
MOV bit,C	Move Carry flag to direct bit	2 2	addr16	Destination address for LCALL & LJMP may be anywhere within the 64-K program memory address space	
			Addr11	Destination address for ACALL & AJMP will be within the same 2-K page of program memory as the first byte of the following instruction	
			rel	SJMP and all conditional jumps include an 8-bit offset byte, Range is +127-128 bytes relative to first byte of the following instruction	
			All mnemonics copyrighted © Intel Corporation 1979		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Table 3. Instruction Opcodes In Hexidecimal Order

Hex Code	Number of Bytes	Mnemonic	Operands	Hex Code	Number of Bytes	Mnemonic	Operands
00	1	NOP		33	1	RLC	A
01	2	AJMP	code addr	34	2	ADDC	A,#data
02	3	LJMP	code addr	35	2	ADDC	A,data addr
03	1	RR	A	36	1	ADDC	A,@R0
04	1	INC	A	37	1	ADDC	A,@R1
05	2	INC	data addr	38	1	ADDC	A,R0
06	1	INC	@R0	39	1	ADDC	A,R1
07	1	INC	@R1	3A	1	ADDC	A,R2
08	1	INC	R0	3B	1	ADDC	A,R3
09	1	INC	R1	3C	1	ADDC	A,R4
0A	1	INC	R2	3D	1	ADDC	A,R5
0B	1	INC	R3	3E	1	ADDC	A,R6
0C	1	INC	R4	3F	1	ADDC	A,R7
0D	1	INC	R5	40	2	JC	code addr
0E	1	INC	R6	41	2	AJMP	code addr
0F	1	INC	R7	42	2	ORL	data addr,A
10	3	JBC	bit addr, code addr	43	3	ORL	data addr,#data
11	2	ACALL	code addr	44	2	ORL	A,#data
12	3	LCALL	code addr	45	2	ORL	A,data addr
13	1	RRC	A	46	1	ORL	A,@R0
14	1	DEC	A	47	1	ORL	A,@R1
15	2	DEC	data addr	48	1	ORL	A,R0
16	1	DEC	@R0	49	1	ORL	A,R1
17	1	DEC	@R1	4A	1	ORL	A,R2
18	1	DEC	R0	4B	1	ORL	A,R3
19	1	DEC	R1	4C	1	ORL	A,R4
1A	1	DEC	R2	4D	1	ORL	A,R5
1B	1	DEC	R3	4E	1	ORL	A,R6
1C	1	DEC	R4	4F	1	ORL	A,R7
1D	1	DEC	R5	50	2	JNC	code addr
1E	1	DEC	R6	51	2	ACALL	code addr
1F	1	DEC	R7	52	2	ANL	data addr,A
20	3	JB	bit addr, code addr	53	3	ANL	data addr,#data
21	2	AJMP	code addr	54	2	ANL	A,#data
22	1	RET		55	2	ANL	A,data addr
23	1	RL	A	56	1	ANL	A,@R0
24	2	ADD	A,#data	57	1	ANL	A,@R1
25	2	ADD	A,data addr	58	1	ANL	A,R0
26	1	ADD	A,@R0	59	1	ANL	A,R1
27	1	ADD	A,@R1	5A	1	ANL	A,R2
28	1	ADD	A,R0	5B	1	ANL	A,R3
29	1	ADD	A,R1	5C	1	ANL	A,R4
2A	1	ADD	A,R2	5D	1	ANL	A,R5
2B	1	ADD	A,R3	5E	1	ANL	A,R6
2C	1	ADD	A,R4	5F	1	ANL	A,R7
2D	1	ADD	A,R5	60	2	JZ	code addr
2E	1	ADD	A,R6	61	2	AJMP	code addr
2F	1	ADD	A,R7	62	2	XRL	data addr,A
30	3	JNB	bit addr, code addr	63	3	XRL	data addr,#data
31	2	ACALL	code addr	64	2	XRL	A,#data
32	1	RETI		65	2	XRL	A,data addr



Table 3. Instruction Opcodes in Hexidecimal Order (Continued)

Hex Code	Number of Bytes	Mnemonic	Operands
65	1	XRL	A,@R0
67	1	XRL	A,@R1
68	1	XRL	A,R0
69	1	XRL	A,R1
6A	1	XRL	A,R2
6B	1	XRL	A,R3
6C	1	XRL	A,R4
6D	1	XRL	A,R5
6E	1	XRL	A,R6
6F	1	XRL	A,R7
70	2	JNZ	code addr
71	2	ACALL	code addr
72	2	ORL	C,bit addr
73	1	JMP	@A+DPTR
74	2	MOV	A,#data
75	3	MOV	data addr,#data
76	2	MOV	@R0,#data
77	2	MOV	@R1,#data
78	2	MOV	R0,#data
79	2	MOV	R1,#data
7A	2	MOV	R2,#data
7B	2	MOV	R3,#data
7C	2	MOV	R4,#data
7D	2	MOV	R5,#data
7E	2	MOV	R6,#data
7F	2	MOV	R7,#data
80	2	SJMP	code addr
81	2	AJMP	code addr
82	2	ANL	C,bit addr
83	1	MOVC	A,@A+PC
84	1	Div	AB
85	3	MOV	data addr, data addr
86	2	MOV	data addr,@R0
87	2	MOV	data addr,@R1
88	2	MOV	data addr,R0
89	2	MOV	data addr,R1
8A	2	MOV	data addr,R2
8B	2	MOV	data addr,R3
8C	2	MOV	data addr,R4
8D	2	MOV	data addr,R5
8E	2	MOV	data addr,R6
8F	2	MOV	data addr,R7
90	3	MOV	DPTR,#data
91	2	ACALL	code addr
92	2	MOV	bit addr,C
93	1	MOVC	A,@A+DPTR
94	2	SUBB	A,#data
95	2	SUBB	A,data addr
96	1	SUBB	A,@R0
97	1	SUBB	A,@R1
98	1	SUBB	A,R0

Hex Code	Number of Bytes	Mnemonic	Operands
99	1	SUBB	A,R1
9A	1	SUBB	A,R2
9B	1	SUBB	A,R3
9C	1	SUBB	A,R4
9D	1	SUBB	A,R5
9E	1	SUBB	A,R6
9F	1	SUBB	A,R7
A0	2	ORL	C,/bit addr
A1	2	AJMP	code addr
A2	2	MOV	C,bit addr
A3	1	INC	DPTR
A4	1	MUL	AB
A5		reserved	
A6	2	MOV	@R0,data addr
A7	2	MOV	@R1,data addr
A8	2	MOV	R0,data addr
A9	2	MOV	R1,data addr
AA	2	MOV	R2,data addr
AB	2	MOV	R3,data addr
AC	2	MOV	R4,data addr
AD	2	MOV	R5,data addr
AE	2	MOV	R6,data addr
AF	2	MOV	R7,data addr
B0	2	ANL	C,/bit addr
B1	2	ACALL	code addr
B2	2	CPL	bit addr
B3	1	CPL	C
B4	3	CJNE	A,#data,code addr
B5	3	CJNE	A,data addr,code addr
B6	3	CJNE	@R0,#data,code addr
B7	3	CJNE	@R1,#data,code addr
B8	3	CJNE	R0,#data,code addr
B9	3	CJNE	R1,#data,code addr
BA	3	CJNE	R2,#data,code addr
BB	3	CJNE	R3,#data,code addr
BC	3	CJNE	R4,#data,code addr
BD	3	CJNE	R5,#data,code addr
BE	3	CJNE	R6,#data,code addr
BF	3	CJNE	R7,#data,code addr
C0	2	PUSH	data addr
C1	2	AJMP	code addr
C2	2	CLR	bit addr
C3	1	CLR	C
C4	1	SWAP	A
C5	2	XCH	A,data addr
C6	1	XCH	A,@R0
C7	1	XCH	A,@R1
C8	1	XCH	A,R0
C9	1	XCH	A,R1
CA	1	XCH	A,R2
CB	1	XCH	A,R3



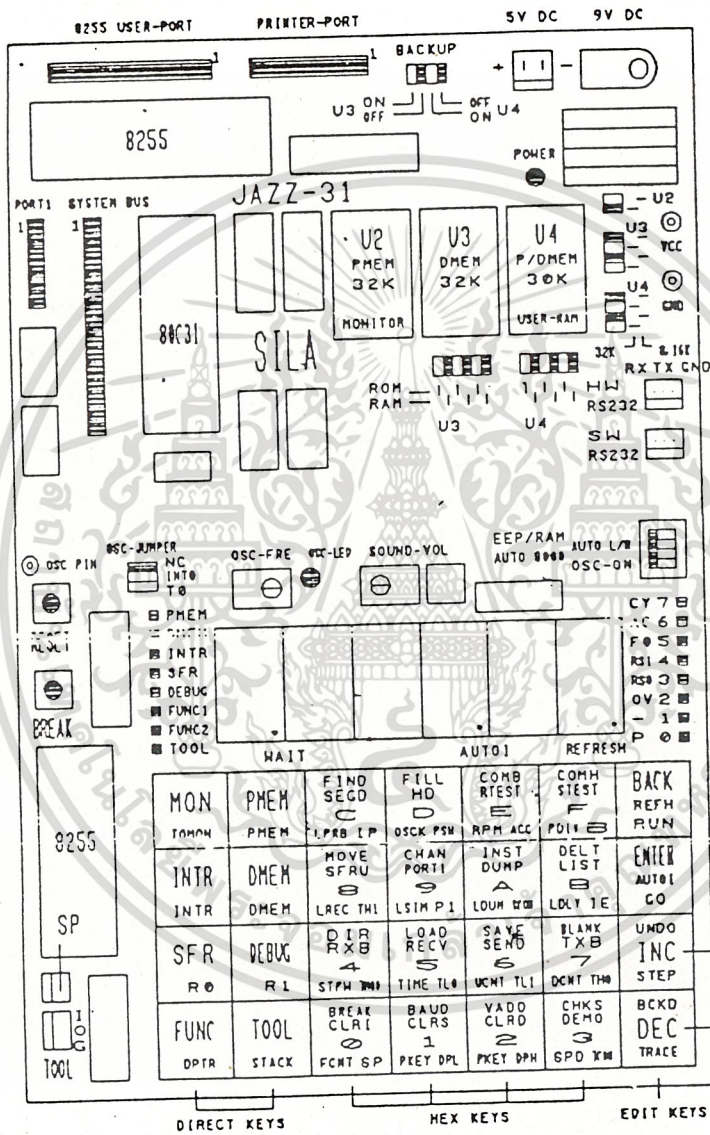
80C51BH/80C51BH-2
80C31BH/80C31BH-2

ADVANCE INFORMATION

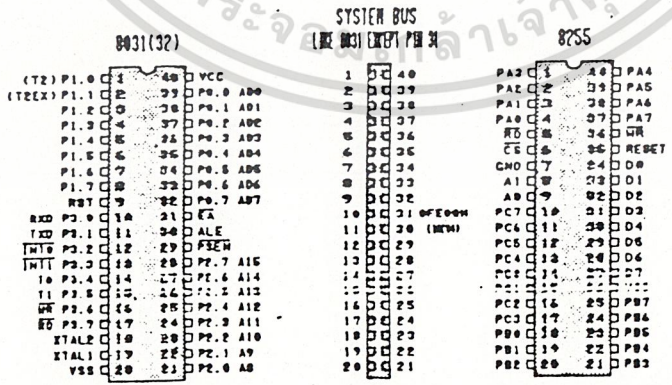
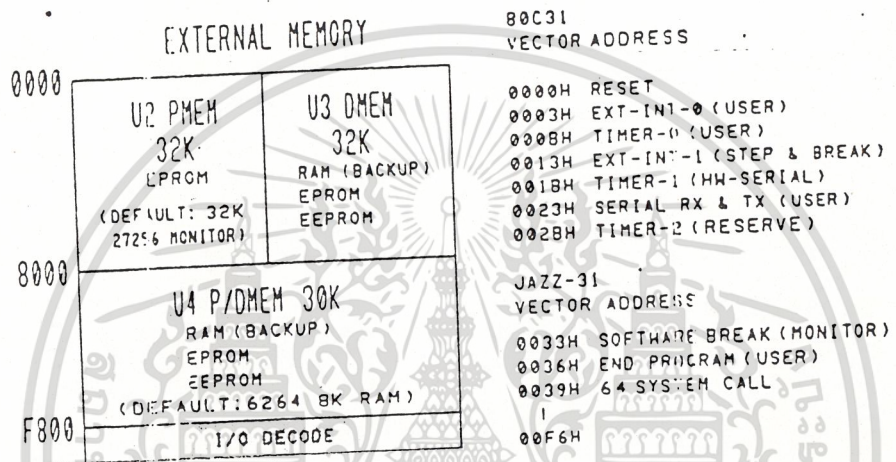
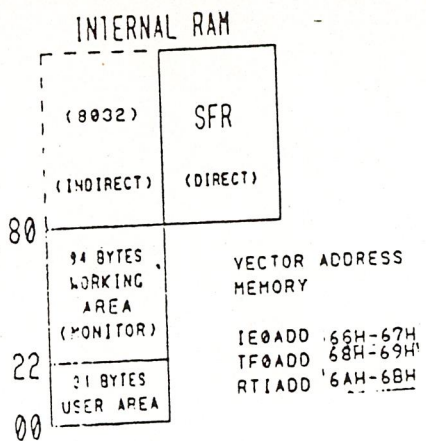
Table 3. Instruction Opcodes in Hexidecimal Order (Continued)

Hex Code	Number of Bytes	Mnemonic	Operands	Hex Code	Number of Bytes	Mnemonic	Operands
CC	1	XCH	A,R4	E6	1	MOV	A,@R0
CD	1	XCH	A,R5	E7	1	MOV	A,@R1
CE	1	XCH	A,R6	E8	1	MOV	A,R0
CF	1	XCH	A,R7	E9	1	MOV	A,R1
D0	2	POP	data addr	EA	1	MOV	A,R2
D1	2	ACALL	code addr	EB	1	MOV	A,R3
D2	2	SETB	bit addr	EC	1	MOV	A,R4
D3	1	SETB	C	ED	1	MOV	A,R5
D4	1	DA	A	EE	1	MOV	A,R6
D5	3	DJNZ	data addr,code addr	EF	1	MOV	A,R7
D6	1	XCHD	A,@R0	F0	1	MOVX	@DPTR,A
D7	1	XCHD	A,@R1	F1	2	ACALL	code addr
D8	2	DJNZ	R0,code addr	F2	1	MOVX	@R0,A
D9	2	DJNZ	R1,code addr	F3	1	MOVX	@R1,A
DA	2	DJNZ	R2,code addr	F4	1	CPL	A
DB	2	DJNZ	R3,code addr	F5	2	MOV	data addr,A
DC	2	DJNZ	R4,code addr	F6	1	MOV	@R0,A
DD	2	DJNZ	R5,code addr	F7	1	MOV	@R1,A
DE	2	DJNZ	R6,code addr	F8	1	MOV	R0,A
DF	2	DJNZ	R7,code addr	F9	1	MOV	R1,A
E0	1	MOVX	A,@DPTR	FA	1	MOV	R2,A
E1	2	AJMP	code addr	FB	1	MOV	R3,A
E2	1	MOVX	A,@R0	FC	1	MOV	R4,A
	1	MOVX	A,@R1	FD	1	MOV	R5,A
	1	CLR	A	FE	1	MOV	R6,A
	1	MOV	A,data addr	FF	1	MOV	R7,A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



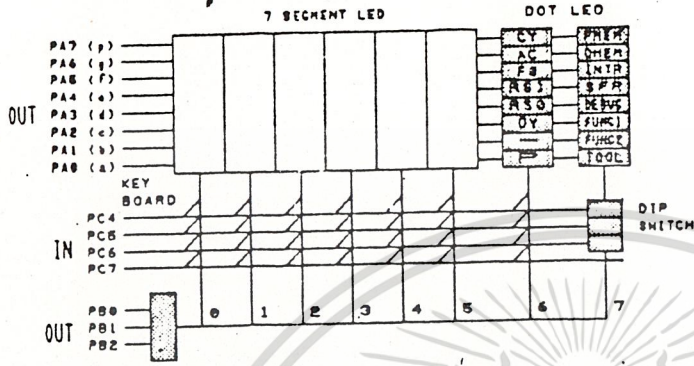
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUT
 P7 ——— D7
 P6 ——— D6
 P5 ——— D5
 P4 ——— D4
 P3 ——— D3
 P2 ——— D2
 P1 ——— D1
 P0 ——— D0

74LS374
 PRINTER (DATA)
 F800H

P1.0 ———
 P1.1 ———
 P1.2 ———
 P1.3 ———
 P1.4 ———
 P1.5 ———
 P1.6 ———
 P1.7 ———
 P3.2 ——— INT0 OSC JUMPER
 P3.3 ——— INT1 BREAK & STEP (MONITOR)
 P3.4 ——— T0 OSC JUMPER
 P3.5 ——— T1 MW-RS232 (MONITOR)

80C31
 USER PORT1

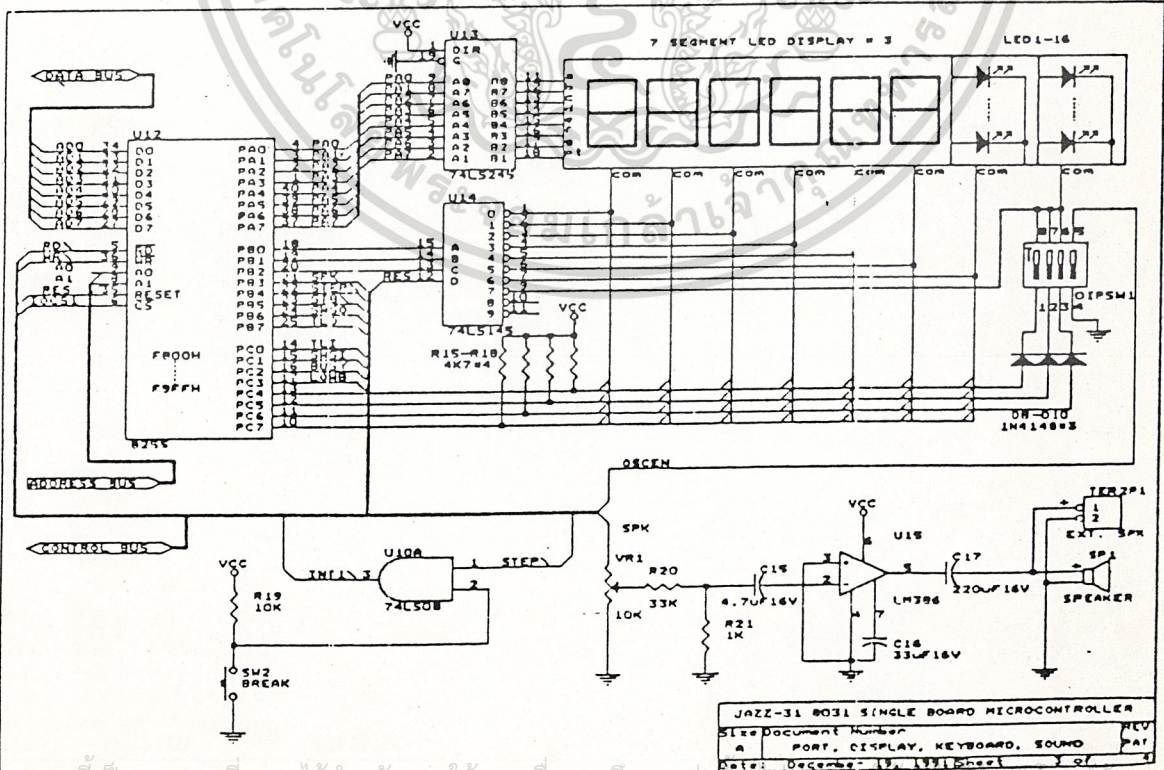


OUT
 PB3 ——— SOUND
 PB4 ——— STEP
 PB5 ——— STB (PRINTER)
 PB6 ——— TXD (HW-RS232)
 PB7 ——— TOOL OUT
 PC0 ——— TOOL IN
 PC1 ——— RXD (HW-RS232)
 PC2 ——— BUSY (PRINTER)
 PC3 ——— NC

8255
 I/O PORT
 ON BOARD
 PORTA F800H
 PORTB F801H
 PORTC F802H
 CONTP F803H

PA0 ———
 PA1 ———
 PA2 ———
 PA3 ———
 PA4 ———
 PA5 ———
 PA6 ———
 PA7 ———
 PB0 ———
 PB1 ———
 PB2 ———
 PB3 ———
 PB4 ———
 PB5 ———
 PB6 ———
 PB7 ———
 PC0 ———
 PC1 ———
 PC2 ———
 PC3 ———
 PC4 ———
 PC5 ———
 PC6 ———
 PC7 ———

8255
 USER PORT
 PORTA F800H
 PORTB F801H
 PORTC F802H
 CONTP F803H



JAZZ-31 8031 SINGLE BOARD MICROCONTROLLER
 Size Document Number
 A PORT, DISPLAY, KEYBOARD, SOUND REV PA1
 Date: December 19, 1981 Sheet 1 of 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SEGMENT CODE

รหัส SEGMENT ที่ใช้เพื่อการระบุในหน่วยเซลล์ โดยจะแทนด้วยเลข BIT 7 บิตนี้

	Segment	bit
a	a	0
b	b	1
c	c	2
d	d	3
e	e	4
f	f	5
g	g	6
p	p	7

KEY CODE

คีย์รหัสของคีย์บอร์ดซึ่งใช้เพื่อนำมาประมวลผลในเครื่องโปรแกรมได้ ซึ่งนิยามดังนี้

1A	1B	C	D	E	F	13
18	19	8	9	A	B	12
16	17	4	5	6	7	11
14	15	0	1	2	3	10

TOOL FUNCTION ๑

PORT (FREQUENCY COUNTER)

ทฤษฎี

ใช้ความถี่ของสัญญาณ ซึ่งความถี่คือ 1-10,000 Hz เมื่อเรียกใช้จะมีหน่วยความถี่และถูกเคลียร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถวัดความถี่จากทางเข้า TOOL-IN และ GROUND โดยจะแสดงค่าเป็นตัวเลขฐานสิบ 5 หลัก หน่วยเป็นเฮิรตซ์

• ฟังก์ชันนี้ใช้วัดความถี่ของสัญญาณได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้