



การออกแบบตัวควบคุมแบบฟัซซีลอจิกสำหรับควบคุมแหล่งจ่ายแรงดันคงที่
DESIGNED OF FUZZY CONTROLLER FOR CONSTANT VOLTAGE POWER
SUPPLIER CONTROL



วัน เดือน ปี..... 1 10 2558
เลขทะเบียน..... 009/เนบ
เลขเรียกหนังสือ..... T.08037.1627 ก.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมวัดคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

ปริญญาโท

ปีการศึกษา 2538

ภาควิชา

เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะ

วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง

การออกแบบตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกสำหรับ
ควบคุมแหล่งจ่ายแรงดันคงที่

DESIGNES OF FUZZY CONTROLLER FOR
CONSTANT VOLTAGE POWER SUPPLIER
CONTROL

ผู้จัดทำ

1. นาย ชุมพล สุนทะโร 36012096
2. นาย พิเชฐ สมรภูมิ 36012107
3. นาย สมปอง ทรัพย์อัปไมย 36012121

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. สักกรียา ชิตวงศ์)

การออกแบบตัวควบคุมแบบฟuzzyลอจิกสำหรับควบคุมแรงดันคงที่

ชุมพล สุนทะโร

พิเชษฐ สมรภูมิ

สมปอง ทรัพย์อัปไมย

อ. สักกรียา ชิตวงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

ในปริญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษา และประยุกต์ใช้ทฤษฎีของฟuzzyเซตและฟuzzyลอจิกเพื่อที่จะนำมาสร้างตัวควบคุมสำหรับแหล่งจ่ายแรงดัน ซึ่งเป็นตัวควบคุมแบบฟuzzy จะทำงานโดยใช้กฎ (Rule) อันมีลักษณะคล้ายกับภาษามนุษย์ (Human Linguistic) เป็นตัวตัดสินใจในการควบคุม

ฟuzzyลอจิกสามารถใช้กับระบบควบคุมที่ยุ่งยากซับซ้อน เพราะฟuzzyนั้นไม่ต้องการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ซึ่งในโครงการนี้เป็นกรนำเอาฟuzzyลอจิกมาประยุกต์ใช้กับสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายโดยจะเป็นการหาค่าความเป็นสมาชิกและนำมาประยุกต์ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดันคงที่ได้ได้อย่างไร โดยจะใช้ร่วมกับ MCS ตระกูล 51 เราหวังว่าในโครงการนี้จะเป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจในการที่จะนำฟuzzyลอจิกมาประยุกต์ใช้งานต่อไป

DESIGNES OF FUZZY CONTROLLER FOR CONSTANT VOLTAGE POWER SUPPLIER CONTROL

CHOMPONG SUTARO

PICHET SAMORAPOOM

SOMPONG SAPAPAMIGK

SAGEYA CHITTAWONG ADVISOR

1995

ABSTRACT

In this thesis is study and application of fuzzy set and logic theory to struct. Controller for constant voltage power supplier . The fuzzy logic controller has rule work like human linguistic. It can be decision in process control system.

Fuzzy controller can used of busy control fuzzy unnecessary mathematic model. Therefore this project has been tried to application fuzzy logic to switching power supplier and show method to find membership function and take it is designes.controller. We hope that the project will be of any used as a guidanec for advance studting or a futher application for those interested in and desire to operate it later.

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี FUZZY LOGIC CONTROL	6
- วิธีการ DEFUZZIFIER	
- หลักการ FUZZY CONTROL RULE	
บทที่ 3 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย	18
- สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายทำงานอย่างไร	
- ภาคเรียงกระแสเข้า	
- ชุดวงจรเรียงไฟกระแสสลับ	
- หม้อแปลงความถี่	
- ส่วนผลิตสัญญาณควบคุม	
- ส่วนป้อนกลับ	
- ข้อดีระหว่างสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายเมื่อเทียบกับลิเนียร์เพาเวอร์ซัพพลาย	
บทที่ 4 การควบคุมแหล่งจ่ายแรงดันโดยอาศัยฟัซซีลอจิก	29
4.1 ฮาร์ดแวร์สำหรับการควบคุมแหล่งจ่ายแรงดันโดยอาศัยฟัซซีลอจิก	
4.2 ซอฟต์แวร์สำหรับการควบคุมแหล่งจ่ายแรงดันโดยอาศัยฟัซซีลอจิก	
- กฎการคำนวณ	
- ตารางค่าจุดศูนย์ถ่วง	
- ตารางแสดง FUZZY OUTPUT ของตัวควบคุมที่ค่า ERROR และ CHANGE ERROR	
- ตารางแสดงสถานะของตัวควบคุมที่ค่า ERROR และ CHANGE ERROR	
- ตารางแสดงสถานะของตัวควบคุมที่จะเก็บลงหน่วยความจำ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	43
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์	49
ภาคผนวก	
โปรแกรมการทำงาน	
กิตติกรรมประกาศ	
บรรณานุกรม	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ฟัชชีลอจิก(Fuzzy Logic) เป็นเทคโนโลยีที่เพิ่งเริ่มนิยมในประเทศไทยเครื่องใช้ไฟฟ้าหลายๆประเภทมีการติดคำว่า " ฟัชชีลอจิก " จึงมีคำถามเกิดขึ้นว่าอะไรคือ ฟัชชีลอจิก มันแตกต่างกับลอจิกธรรมดาอย่างไร

ในการวัดปริมาณต่างๆเช่น อุณหภูมิ น้ำหนัก ความดัน เราสามารถที่พอจะระบุค่าแน่นอนเป็นตัวเลขที่ชัดเจนได้ว่าอุณหภูมิห้องคือน้ำหนักก็กิโลกรัม แต่ถ้าหากเป็นความรู้สึก เช่น อุ่น ค่อนข้างร้อน ค่อนข้างหนาว การวัดปริมาณเหล่านั้นออกมาเป็นค่าที่ชัดเจนคงทำได้ยาก และเพื่อให้ทำการประมวลผลวัดค่าแล้วต่อให้สุดยอดคอมพิวเตอร์จะทำงานกับข้อมูลที่มีความแตกต่างชัดเจน เช่น 0 กับ 1 แต่ทว่าในค่าความรู้สึกเหล่านั้นอาจเป็น 0.2 , 0.35 , 0.45,0.75 ฯลฯจึงทำให้การควบคุมระบบเพื่อตอบสนอง ปริมาณเหล่านี้ ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์แบบเดิมๆไม่ได้

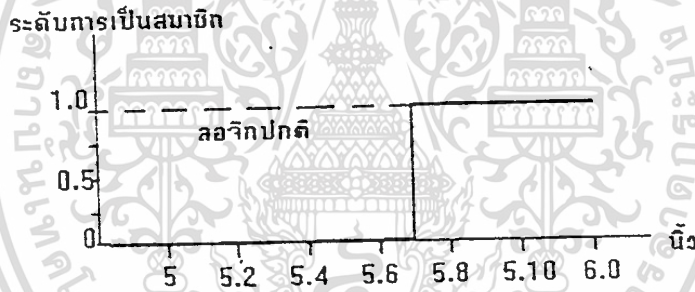
ในปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการนำฟัชชีลอจิก(Fuzzzy Logic)มาประยุกต์ใช้เป็นตัวควบคุมในการควบคุมแหล่งจ่ายแรงดันยใช้วิธีการหาค่าความเป็นสมาชิกแรงดันที่เอาท์พุทของ Swiething แบบกรรมวิธีค่าศูนย์กลางซึ่งจะได้กล่าวในทฤษฎีต่อไป

ฟัชชีลอจิกเกิดขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ความไม่ชัดเจนของระดับลอจิกสามารถทำได้ละเอียดอ่อนกว่าจากเดิมเคยมีแค่ร้อนกับเย็นก็ยังสามารถปรับได้เป็นอุ่น ค่อนข้างเย็น เป็นต้น ฟัชชีลอจิกมีพื้นฐานอยู่บนทฤษฎีฟัชชีเซต ซึ่งจะช่วยให้สามารถอธิบายการปฏิบัติการและกฎการควบคุมของระบบ เป็นคำพูดได้ชัดเจนขึ้น ถึงแม้จะมี ลักษณะไม่ใกล้เคียงพอ แต่มันก็ง่ายกว่าการอธิบายทางคณิตศาสตร์ หลักสำคัญของทฤษฎีฟัชชีเซตคือ ยอมรับสมาชิกที่มีลักษณะตามเซตเพียงบางส่วนเข้ามาเป็นสมาชิก โดยมีการจัดค่าระดับของการเป็นสมาชิก ซึ่งแตกต่างจากทฤษฎีเซตดั้งเดิม

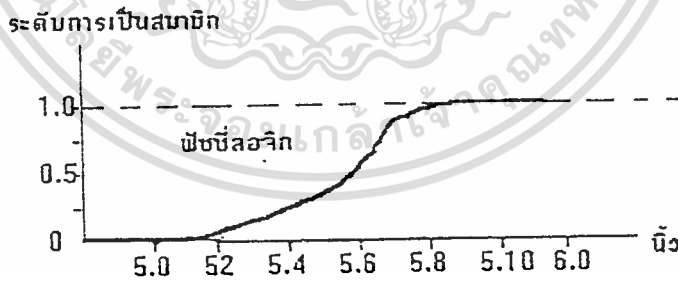
ทฤษฎีเซตดั้งเดิมจะเน้นชัดเจนเลยว่าเป็นสมาชิกของเซตหรือไม่เท่านั้นไม่มีการเป็นสมาชิกของเซตเพียงบางส่วน ยกตัวอย่างเช่น แมวเป็นสมาชิกของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แตกกับไม่ใช่ดั่งนั้นเซตเหล่านี้จะถูกเรียกว่า คลิซเซต (crisp set) ทฤษฎีฟัชชีเซตเป็นการรวมสมาชิกของหลายๆคลิซเซตที่มีอยู่จริงและพอจะมีลักษณะเข้ารวมกลุ่มได้ ตัวอย่างเช่น คลิซเซตของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะเกิดปัญหาในการยอมรับตัว platypus (สัตว์น้ำชนิดหนึ่ง

แต่ถ้าหากเป็นพืชที่เขตของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมแล้วสามารถที่จะยอมรับเข้าเป็นสมาชิกได้เนื่องจากความเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

พืชที่ลอลจิกยอมรับการเป็นสมาชิกของสมาชิกที่มีลักษณะตามเขตเพียงบาง ส่วนซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงทีละน้อยระหว่างการมีคุณสมบัติของการเป็นสมาชิกอย่างครบถ้วนกับไม่มีคุณสมบัติของการเป็นสมาชิกเลยเนื่องจากพืชที่เขตยอมรับทั้งสมาชิกที่มีลักษณะครบถ้วนและไม่มีลักษณะเป็นสมาชิกเลยแม้ว่าจะไม่พร้อมกันก็ตาม เราจึงสามารถใช้พืชที่ลอลจิกไปทำงานกับระบบคลิเซตได้ ถึงแม้จะมีเหตุผลเพียงเล็กน้อยก็ตาม โดยส่วนมากระบบพืชจะเริ่มทำงานเมื่อส่วนของสมาชิกในเขตเกิดการเปลี่ยนแปลง ทั่วไปจะกำหนดเพียงว่าเป็น 0 หรือ 1 เป็นสมาชิกของเขตหรือไม่ หรือว่าถูกกับผิด แต่พืชที่เขตจะยอมรับสมาชิกที่มีลักษณะที่ถูกเพียงบางส่วนและผิดบางส่วน ส่วนซึ่งจากรูปจะแสดงความแตกต่างของลอลจิกปกติกับพืชที่ลอลจิก



ก. ความสูง



ข. ความสูง

รูป 1ก และ 1 ข

ในรูปที่ 1 เป็นการแสดงขอบเขตของความสูงของผู้หญิง ในรูปที่ 1 ก ถ้าผู้หญิงสูงตั้งแต่ 5 ฟุต 7 นิ้ว จะถือว่าเป็นผู้หญิงที่สูง ถ้าต่ำกว่านี้ไม่ใช่ แต่ถ้าในพืชที่ลอลจิกจะมีช่วงความจริงเกิดขึ้น ในรูปที่ 1 ข ถ้าผู้หญิงสูง 5 ฟุตพอดี บอกได้อย่างชัดเจนว่าไม่ใช่ผู้หญิงสูง ถ้าเธอสูง 6 ฟุตพอดี ถึงจะยอมรับได้ว่าเธอเป็นผู้หญิงสูงแต่ถ้าหล่อนสูง 5 ฟุต 8 นิ้ว ถือว่าถูกเพียง 75 %

ในการจัดการระบบการทำงานที่มีความซับซ้อนทางคณิตศาสตร์ให้ง่ายที่มี ความซับซ้อนทางคณิตศาสตร์ให้ง่ายขึ้นนั้น ฟัซซีลอจิกใช้วิธีบอกเป็นค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ ตัวอย่างเช่น การขับรถ เราไม่สามารถกำหนดเป็นตัวเลขเต็มๆทางคณิตศาสตร์ได้ การขับรถมี ค่าเท่าไร แต่เราสามารถอธิบายได้ด้วยคำพูดว่าเราจะขับรถอย่างไร นั่นคือเป็นการบอกให้คนขับ ว่าจะขับอย่างไรซึ่งทำได้ง่ายกว่า ดังนั้นการอธิบายจำเป็นต้องใช้ถ้อยคำที่ไม่ตายตัว เช่น เร็ว , ช้า ,หนัก , เบา ทฤษฎีฟัซซีก็ใช้ถ้อยคำที่ไม่ตายตัวแน่นอน เช่น คำที่ ใช้สำหรับบอกความเร็ว ที่ เปลี่ยนแปลงได้ จะมีค่าของฟัซซีเซตคือ ช้ามาก , ช้า , ปานกลาง, เร็ว , และเร็วมาก

ค่าระดับการเป็นสมาชิกทุกตัวเป็นสมาชิกในฟัซซีเซต และสามารถเปลี่ยน ประหว่างคลิซเซตและฟัซซีเซตได้ยกตัวอย่างความเร็วที่ 70 ไมล์ต่อชั่วโมง จะมีระดับการเป็น สมาชิกในแต่ละฟัซซีเซตคือ

$$\mu_{\text{ช้ามาก}} (70 \text{ ไมล์ต่อชั่วโมง}) = 0$$

$$\mu_{\text{ช้า}} (70 \text{ ไมล์ต่อชั่วโมง}) = 0$$

$$\mu_{\text{ปานกลาง}} (70 \text{ ไมล์ต่อชั่วโมง}) = 0.3$$

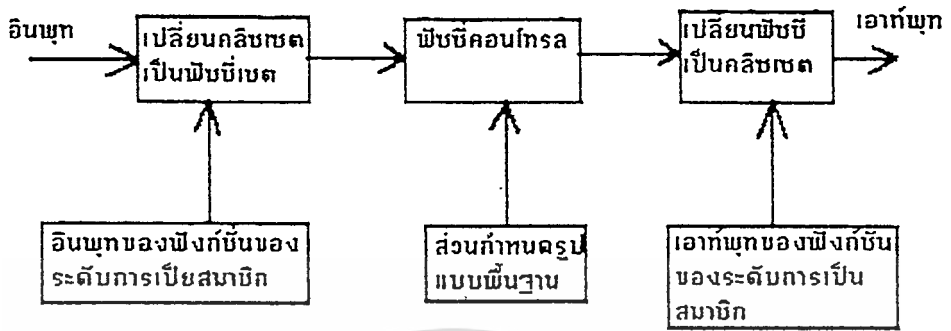
$$\mu_{\text{เร็ว}} (70 \text{ ไมล์ต่อชั่วโมง}) = 0.8$$

$$\mu_{\text{เร็วมาก}} (70 \text{ ไมล์ต่อชั่วโมง}) = 0.4$$

ในอัลกอริทึมของฟังก์ชันลอจิกของการควบคุม ค่าระดับของการเป็นสมาชิกจะ ใช้เป็นค่าอินพุต การกำหนดค่าระดับการเป็นสมาชิกที่เหมาะสมให้ฟังก์ชัน เป็นขั้นตอนที่ สำคัญ มากในการออกแบบกระบวนการทำงาน

การประยุกต์ใช้งานของฟัซซีลอจิกโดยทั่วไปจะมีลักษณะโครงสร้างพื้นฐาน ของ ระดับในรูปที่ 3 ส่วนหลักคือ

- การเปลี่ยนคลิซเซตเป็นฟัซซีเซต (fuzzifier)
- กฎการวินิจฉัย (inference mechanism that employs rules)
- การเปลี่ยนฟัซซีเป็นคลิซ (defuzzifier)



รูปที่ 1.1 โครงสร้างพื้นฐานของระบบพีชคณิตลอจิก

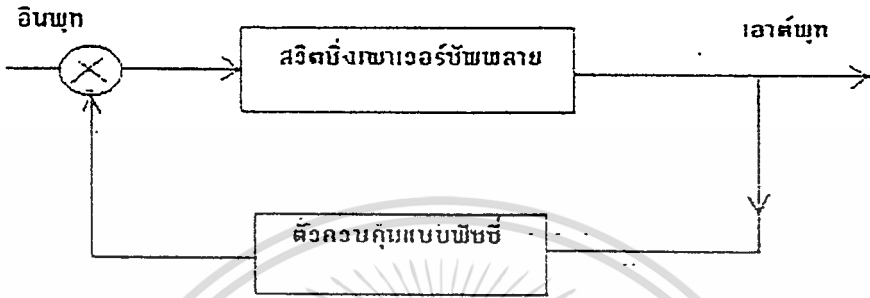
ในการใช้กับระบบจะต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของพีชคณิตโดเมน, เคลื่อนย้ายประมวลผลข้อมูล แล้วเปลี่ยนกลับให้อยู่ในรูปโดเมนตามเดิม ซึ่งเหมือนกับการกระทำทางอนาล็อกคือ เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของโดเมนความถี่ (frequency domain) จากข้อมูลในโดเมนเวลา (time domain) เพราะว่ากระบวนการในโดเมนความถี่จะง่ายกว่าโดเมนเวลาในระบบพีชคณิต กฎพื้นฐานสามารถอธิบายการทำงานของระบบในรูปของพีชคณิตได้ง่าย ดังนั้นเราจะเปลี่ยนค่าอินพุตในรูปของคลิบเซตไปอยู่ในรูปคลิบโดเมน

สำหรับกฎการวินิจฉัยค่าอินพุตและค่าความจริงจะสนับสนุนเงื่อนไขสำหรับการสร้างส่วนกำหนดรูปแบบพีชคณิต ที่ช่วงปกติพีชคณิตคอมพิวเตอร์จะสุ่มค่าของอินพุตและนำวินิจฉัยค่าเพื่อให้ได้ผลออกมาทางเอาต์พุตของระบบ ตามทฤษฎีระบบจะรวมเอาค่าที่เป็นไปได้ ทั้งหมดของอินพุต เพื่อนำมาวินิจฉัยและประมวลผลแต่จริงๆแล้วการครอบคลุม ค่าเหล่านี้ไม่จำเป็นในการใช้งานปกติ

พีชคณิตลอจิกถูกปรับปรุงและนำไปใช้งานต่างๆในหลายๆทางซึ่งรวมทั้งการแบ่งประเภทของเขตสภาพอากาศ พฤติกรรมของพนักงานนวด การควบคุมเตาเผาปูนซีเมนต์ จำนวนของผู้โดยสารในรถไฟ, ลิฟท์, การจัดตารางของการใช้รถไฟและเทคนิคการบริการ อื่นๆ และยังคงมีการคิดค้นใหม่ๆ เพิ่มขึ้นเพื่อปรับปรุงวิธีการใช้กับระบบพื้นฐานของพีชคณิต เช่น การแก้ไขฟังก์ชันระดับการเบี่ยงเบนความสม่ำเสมอของส่วนกำหนดรูปแบบพีชคณิต เป็นต้น

การประยุกต์ใช้ฟิสิกส์ลอจิกกับสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

ตามปรกติสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายเป็นแหล่งจ่ายแรงดันในการที่เราจะนำฟิสิกส์ลอจิกมาประยุกต์ใช้งานกับสวิตชิงสามารถจะแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 1.2 แสดงพื้นฐานการประยุกต์ใช้ฟิสิกส์ลอจิกกับสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

จากรูปเป็นการนำฟิสิกส์ลอจิกมาทำการออกแบบตัวควบคุมเพื่อใช้กับสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย ซึ่งในโครงงานนี้จะใช้เอาต์พุทของสวิตชิง ซึ่งออกมาเป็นแรงดันมาเข้าขบวนการของฟิสิกส์ลอจิกเพื่อนำผลของการกระทำทางฟิสิกส์ไปควบคุมการทำงาน หรือจ่าย แรงดัน ซึ่งจะได้กล่าวในบทต่อไปอย่างละเอียด

บทที่ 2 ทฤษฎีฟัซซีลอจิก

- ระบบควบคุมแบบฟัซซี คืออะไร?

ระบบควบคุมแบบฟัซซีเป็นระบบที่เรียกว่า Rule-based system ซึ่งหมายความว่า จะมี Fuzzy Rule หรือกฎของฟัซซีเป็นตัวตัดสินใจการทำงานของระบบควบคุมนั้นให้มีการปรับเปลี่ยนไปตามผลกระทบที่เกิดขึ้นในระบบ จุดมุ่งหมายของระบบควบคุมแบบ ฟัซซีก็คือให้ Fuzzy rule-base system นี้เข้าไปแทนการควบคุมแบบเก่าซึ่งใช้มนุษย์เป็นผู้ ควบคุมอีกทั้งเป็นการ ควบคุมที่มีความคลุมเครือไม่ชัดเจน และใช้กับระบบที่มีการควบคุมที่ซับซ้อนยุ่งยาก รวมทั้งใน กรณีที่ระบบนั้นๆไม่มีรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ที่แน่นอน หรือมีรูปแบบสมการทางศาสตร์ แต่มีความยุ่งยากและซับซ้อน

- เหตุผลที่ต้องใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี

เหตุผลที่ต้องใช้ Fuzzy Control นั้นแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ เหตุผลทาง ทฤษฎี และเหตุผลทางปฏิบัติ โดยทั่วไปแล้วหลักการทางวิศวกรรมที่ดีนั้น ควรจะต้องใช้ ข้อมูลที่มี อยู่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของระบบนั้นยากเกินไป ที่จะหามาได้ ซึ่งข้อมูลที่สำคัญที่สุดก็จะได้จาก

1.Sensor ซึ่งจะวัดค่าตัวแปรที่สำคัญออกมาเป็นตัวเลข

2.ผู้เชี่ยวชาญซึ่งจะอธิบายระบบออกมาเป็นภาษามนุษย์ (Linguistic description) และControl instruction Fuzzy Controller นั้นสามารถออกแบบโดยนำข้อมูลจากผู้ เชี่ยวชาญ ซึ่งมีลักษณะไม่ชัดเจนนั้นมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งตัวควบคุมแบบเก่านั้น ไม่สามารถ นำข้อมูลแบบภาษามนุษย์มาใช้ได้ จึงทำให้ในสถานการณ์ที่ข้อมูลที่สำคัญที่สุดได้มาจากผู้เชี่ยวชาญนั้น Fuzzy Control จะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด

3.Fuzzy Control เป็น model-free approach กล่าวคือไม่ต้องการรูปแบบสมการ ทางคณิตศาสตร์ที่ยุ่งยากซับซ้อน model-free approach มีความสำคัญมาก การ Control แบบเก่า ก็มีบ้างที่เป็น model-free approach เช่น nonlinear adaptive control และ PID Control

4. Fuzzy Control นั้นเป็น nonlinear controller ซึ่งถูกปรับแต่งโดยทฤษฎี universal approximation ตัวควบคุมแบบฟัซซี่สามารถปรับแต่งให้ทำงานเป็น nonlinear control action ใดๆก็ได้ ดังนั้นถ้าเลือก parameter ของ Fuzzy Control ได้เหมาะสมก็จะสามารถควบคุมระบบ nonlinear ได้

ระบบควบคุมฟัซซี่(FUZZY CONTROL)มีพื้นฐานแนวความคิดมาจากทฤษฎีฟัซซี่ลอจิก(FUZZY LOGIC)และทฤษฎีฟัซซี่เซต (FUZZY SET) ฟัซซี่ลอจิกมีพื้นฐานอยู่บนทฤษฎีฟัซซี่เซต ซึ่งจะช่วยให้สามารถอธิบายการปฏิบัติการ และกฎการควบคุมของระบบเป็นคำพูดได้ชัดเจนขึ้น หลักการสำคัญของทฤษฎีฟัซซี่เซต คือการยอมรับสมาชิกที่มีลักษณะตามเซตเพียงบางส่วนเข้ามาเป็นสมาชิก ซึ่งแตกต่างจากทฤษฎีเซตดั้งเดิมที่เน้นชัดเจนเลยว่า เป็นสมาชิกของเซตหรือไม่เท่านั้นไม่มีการเป็นสมาชิกของเซตเพียงบางส่วน

คลิชเซต (CRIPS SET)

ทฤษฎีคลิชเซต(CRIPS SET) เป็นทฤษฎีที่เราคุ้นเคยกันดีโดยหลักการพื้นฐานของคลิชเซตมีดังนี้

1. การเป็นสมาชิกของเซต

ถ้า X เป็นสมาชิกของเซต A เราจะใช้สัญลักษณ์

$$X \in A$$

ถ้าไม่เป็นสมาชิกของเซต A เราจะใช้สัญลักษณ์

$$X \notin A$$

ซึ่งในคลิชเซตนี้เราจะระบุชัดเจนว่าสมาชิกของ Universe เป็นสมาชิกของเซต A หรือไม่เราสามารถแทนค่าระดับการเป็นสมาชิก(Membership function) ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ ดังนี้

$$\mu_A(x) = 1 \quad \text{ก็ต่อเมื่อ } X \in A$$

$$\mu_A(x) = 0 \quad \text{ก็ต่อเมื่อ } X \notin A$$

2. การเป็นสับเซต

ถ้าสมาชิกทุกตัวของเซต A เป็นสมาชิกของเซต B จะเรียกว่าเซต A เป็นสับเซตของเซต B เราใช้สัญลักษณ์การเป็นสับเซตดังนี้

$$A \subseteq B$$

3. การเท่ากันของเซต

ถ้าสมาชิกทุกตัวของเซต A เท่ากับสมาชิกทุกตัวของเซต B จะเรียกว่าเซต A เท่ากับเซต B

$$A = B$$

4. การไม่เท่ากันของเซต

ถ้าสมาชิกทุกตัวของเซต A ไม่เท่ากับสมาชิกทุกตัวของเซต B จะเรียกว่าเซต A ไม่ เท่ากับเซต B

$$A \neq B$$

5. การเป็นสับเซตแท้

ถ้าสมาชิกทุกตัวของเซต A เป็นสับเซตของเซต B และเซต A ไม่เท่ากับเซต B จะเรียกว่าเซต B เป็นสับเซตแท้ดังนี้

$$A \subset B$$

6. การปฏิบัติการเบื้องต้นของเซตได้แก่

Complement เป็นการสร้างเซตใหม่โดยสมาชิกเซตใหม่จะไม่ใช่สมาชิกของ เซต A เลย

$$\text{Complement } A = A'$$

Union เป็นการสร้างเซตใหม่โดยสมาชิกของเซตใหม่จะมีสมาชิกของทุกเซตรวมอยู่

Intersection เป็นการสร้างเซตใหม่โดยสมาชิกของเซตใหม่จะมีสมาชิกซึ่งเป็นสมาชิกของทุกเซต

ฟัซซีเซต (FUZZY SET)

ทฤษฎีฟัซซีเซต (FUZZY SET) เป็นการรวมสมาชิกของหลายๆคลิซเซต (CRISP SET) ที่มีอยู่จริงและพอจะมีลักษณะตามเซตเพียงบางส่วน ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงที่ละน้อยระหว่างการมีคุณสมบัติของการเป็นสมาชิกอย่างครบถ้วนกับ ไม่มีคุณสมบัติของการ เป็นสมาชิกเลย แม้ว่าจะไม่พร้อมกันก็ตามที จึงสามารถใช้ฟัซซีเซตไปทำงานกับระบบคลิซเซตได้

1. การเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต

ในระบบคลิซเซต (CRISP SET) จะกำหนดเพียงว่า X เป็นสมาชิกของเซต A หรือไม่เป็นสมาชิกของเซต A โดยแทนด้วยฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิก (Membership funtion) เป็น 0 หรือ 1 แต่ฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิกที่มีลักษณะที่ถูกเพียงบางส่วนและผิดเพียงบางส่วน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่มีของเซตแน่นอน การประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตจะต้องแสดงค่าระดับ (DEGREE) ซึ่งเป็นค่าที่เป็นไปได้ที่จะเป็นสมาชิกของเซตหรือฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิก โดยเราใช้สัญลักษณ์ μ แทนค่าระดับความเป็นสมาชิกซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 แสดงดังนี้

$$\mu_A(x) \rightarrow [0,1]$$

หมายความว่าระดับการเป็นสมาชิก (Grade of membership หรือ Degree of membership) ของ X ในฟัซซีเซต A อยู่ในช่วงทั้งหมดจาก 0 ถึง 1 เมื่อประยุกต์เข้ากับฟัซซีลอจิก ค่า μ จะถูก เรียกว่า ค่าความจริงที่แสดงค่าระดับของเซตของเซตคือ

$$0 \leq X \leq T$$

โดยถ้าค่าสูงแสดงว่ามีความเป็นสมาชิกมาก ถ้าค่าต่ำแสดงว่ามีความเป็นสมาชิกน้อยค่า 0 จะหมายถึงไม่เป็นสมาชิกเลยและ 1 คือเป็นสมาชิกอย่างสมบูรณ์ขอเน้นว่าฟังก์ชันระดับ การเป็นสมาชิก (Membership function) ของฟัซซีเซต (FUZZY SET) ถึงแม้จะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 แต่อย่านำไปสับสนกับความน่าจะเป็น (Probability) ฟัซซีเซตเป็นรูปแบบหนึ่งของความไม่แน่นอน (Uncertainty) และโดยธรรมชาติฟัซซีเซตเป็นศาสตร์ที่ไม่มีความเกี่ยวข้องกับสถิติ

2. นิยามที่ฟัซซีเซตขยายมาจากคลิซเซต

ฟัซซีเซตจะว่างก็ต่อเมื่อฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิกของฟัซซีเซตนั้นเป็น 0

ตลอดทั้ง X ฟัซซีเซต A และ B จะเท่ากันก็ต่อเมื่อ $\mu_A(x) = \mu_B(x)$ สำหรับทุกๆ X ใน X เขียนแทนด้วย $A = B$ Subset หรือ Containment นิยามโดย

$$A \subset B \leftrightarrow \mu_A(x) \leq \mu_B(x)$$

Complement ของฟัซซีเซต A เขียนแทนด้วย A' โดย

$$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

Union ของฟัซซีเซต A และ B ซึ่งมีฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิก $\mu_A(x)$ และ $\mu_B(x)$ ตามลำดับสามารถแทนด้วย ฟัซซีเซต C โดยฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต C กำหนดโดย

$$\mu_C(x) = \text{Max} [\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad \text{หรืออาจเขียนย่อเป็น}$$

$$\mu_C = \mu_A(x) \vee \mu_B(x)$$

Intersection ของฟัซซีเซต A และ B ซึ่งมีฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิก $\mu_A(x)$ และ $\mu_B(x)$

ตามลำดับสามารถแทนด้วย ฟัซซีเซต C โดยฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิกของฟังก์ชันเซต C

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดโดย

$$\mu_c(x) = \text{Min} [\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad \text{หรืออาจเขียนย่อเป็น}$$

$$\mu_c = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x)$$

อย่างไรก็ตามไม่มีหลักตายตัวว่าการ Union ต้องใช้ Max Operation การ Intesection ต้องใช้ Min Operation หรือการ Complement ต้องใช้ $\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x)$ ดังนั้นเพื่อ general มากขึ้นจึงมีนิยามสัจพจน์ (Axiom) ปฏิบัติการแต่ละชนิดดังนี้

$$\text{Complement } C : [0, 1] \rightarrow [1, 0]$$

Axiom C1 : $C(0) = 1$ และ $C(1) = 0$ หมายความว่าสามารถครอบคลุมคลิซเซต

Axiom C2 : สำหรับทุกๆ $A, B \in [0, 1]$ แล้ว $C(A) \geq C(B)$

หมายความว่า C เป็น Monotonic nonincreaing ทุกๆการปฏิบัติการที่ถือว่าเป็น การ complement ได้ อย่างน้อยที่สุดจะต้องสอดคล้องกับสัจพจน์ทั้งสอง

$$\text{Union } U : [0, 1] \rightarrow [1, 0]$$

Axiom U 1 : $U(0,0) = 0 ; U(0,1) = U(1,0) = U(1,1) = 1$ นั้นหมายความว่า จะต้องสามารถครอบคลุมคลิซเซต

Axiom U 2 : $U(A, B) = U(B, A)$ มีคุณสมบัติ การสลับที่

Axiom U 3 : ถ้า $A \leq A'$ และ $B \leq B'$ แล้ว $U(A, B) \leq U(A', B')$ หมายความว่า U เป็น Monotonic

Axiom U 4 : $U(U(A, B), C) = U(A, U(B, C))$ มีคุณสมบัติการจัดหมู่ ทุกๆการปฏิบัติการที่ถือว่าเป็นการ Union ได้อย่างน้อยที่จะต้องสอดคล้องกับสัจพจน์ทั้งสิ้น

$$\text{Intersection } I : [0, 1] \times [0, 1] \rightarrow [0, 1]$$

Axiom I 1 : $I(1,1) = 1 ; I(0,1) = I(1,0) = I(0,0) = 0$ นั้นหมายความว่า จะต้องสามารถครอบคลุมคลิซเซต

Axiom I 2 : $I(A, B) = I(B, A)$ มีคุณสมบัติการสลับที่

Axiom I3 : $A \leq A'$ และ $B \leq B'$ แล้ว $I(A, B) \leq$

$I(A', B')$ หมายความว่า I เป็น Monotonic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Axiom I 4 : $I(I(A, B), C) = I(A, I(B, C))$ มีคุณสมบัติการจัดหมู่
ทุกๆการปฏิบัติการถือว่าเป็นการ Intersection ได้อย่างน้อยที่สุดจะต้องสอดคล้องกับสัจพจน์ทั้งสี่

ฟัซซีลอจิก (FUZZY LOGIC)

ฟัซซีลอจิก (FUZZY LOGIC) จะมีการกระทำทางลอจิกเพื่อรวมค่าลอจิกต่างๆ
ให้เป็นค่าฟัซซีลอจิกคล้าย ตัวแปรในระบบลอจิก 2 ระดับ โดยจะต้องมีกำหนดความหมายให้แตก
ต่างกันแต่ใช้คำสั่งทางลอจิกที่เหมือนกันคือ AND , OR และ NOT ความหมายต่างๆ ในระบบฟัซซี
(FUZZY SYSTEM) ถูกกำหนดโดย LA ZADEH ผู้คิดค้นระบบฟัซซีลอจิก

การ AND ของฟัซซีลอจิก

ตามค่าจำกัดความของ Zadeh คือค่าความจริงที่น้อยที่สุด (Minimum) นั่นคือ

สำหรับค่าฟัซซี A และ B

$$\mu (A \text{ AND } B) = \text{Min} (\mu A , \mu B)$$

การ OR ของฟัซซีลอจิก

ตามค่าจำกัดความของ Zadeh คือค่าความจริงที่มากที่สุด (Maximum)

$$\mu (A \text{ OR } B) = \text{Max} (\mu A , \mu B)$$

การ NOT ของฟัซซีลอจิก

$$\mu (\text{NOT } A) = 1 - \mu A$$

ซึ่งการกระทำทั้ง 3 นี้ เป็นสมมูลของการกระทำในลอจิก 2 ระดับ สำหรับค่า μ มีค่าอยู่ ระหว่าง
0 ถึง 1

การประยุกต์การใช้งานของฟัซซีลอจิก (FUZZY LOGIC APPLICATION)

โดยทั่วไปจะมีลักษณะโครงสร้างพื้นฐานแบ่งได้ 3 ส่วนหลักคือ

- การเปลี่ยนคลิซเซตเป็นฟัซซีเซต (FUZZIER)
- กฎการวินิจฉัย(INFERENCE MECHANISM THAT EMPLOYS RULES)
- การเปลี่ยนฟัซซีเป็นคลิซ (DEFUZZIFIER)

ในการใช้กับระบบจะต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของฟัซซีโดเมน (FUZZY DOMAIN) เคลื่อนย้ายประมวลผลข้อมูลแล้วเปลี่ยนกลับให้อยู่ในรูปคลิซโดเมน (CRIS DOMAIN) ตามเดิมซึ่ง เหมือนกับการกระทำทางอนาล็อก (ANALOG) คือเปลี่ยนข้อมูลให้อยู่ในรูปของโดเมน ความถี่ (FREQUENCY DOMAIN) จากข้อมูลในโดเมนเวลา (TIME DOMAIN) เพราะว่าใน การในโดเมนความถี่จะง่ายกว่าในโดเมนเวลา ในระบบฟัซซี (FUZZY SYSTEM) กฎพื้นฐานสามารถอธิบายการทำงานของระบบในรูปฟัซซีได้ง่าย ดังนั้นเราจะเปลี่ยนค่าอินพุทในรูปของคลิซไปอยู่ในฟัซซีโดเมนมากกว่าจะเปลี่ยนจากฟัซซีไปอยู่ในรูปคลิซโดเมน

กฎการวินิจฉัย (INFERENCE)

สำหรับกฎการวินิจฉัยค่าอินพุทและค่าความจริง จะสนับสนุนเงื่อนไขสำหรับ

การสร้างส่วนกำหนดรูปแบบฟัซซีที่ช่วงปกติฟัซซีคอมโพเลอร์ จะสุ่มค่าของอินพุทและนำมาวินิจฉัยค่าเพื่อให้ได้ค่าออกมาทางเอาต์พุทของระบบตามทฤษฎี ระบบจะรวมเอาค่าที่ เป็นไปได้ทั้งหมดของอินพุท เพื่อนำมาวินิจฉัยและประมวลผล แต่จริงๆ แล้วการครอบคลุม ค่าเหล่านี้ไม่จำเป็นในการใช้งานปกติ

กฎการวินิจฉัยนั้นได้มาจากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอินพุต และเอาต์

พุทขึ้นมา เพื่อนำไปสู่เอาต์พุตที่ต้องการ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตก็คือ RULE
นั่นเอง เช่น เมื่อให้อินพุตของ CONTROLER คือ ERROR (ER) และ CHANGE OF ERROR
(CE) ของระบบป้อนกลับและให้อาต์พุตของ CONTROLER เป็นอินพุตของ PROCESS หรือ
CONTROL INPUT (CI)

เราสามารถสร้างความสัมพันธ์ได้ดังนี้

IF ER = SN AND CE = LP THEN CI = ZE

OR

IF ER = LN AND CE = LN THEN CI = LP

OR

หมายเหตุ เมื่อ

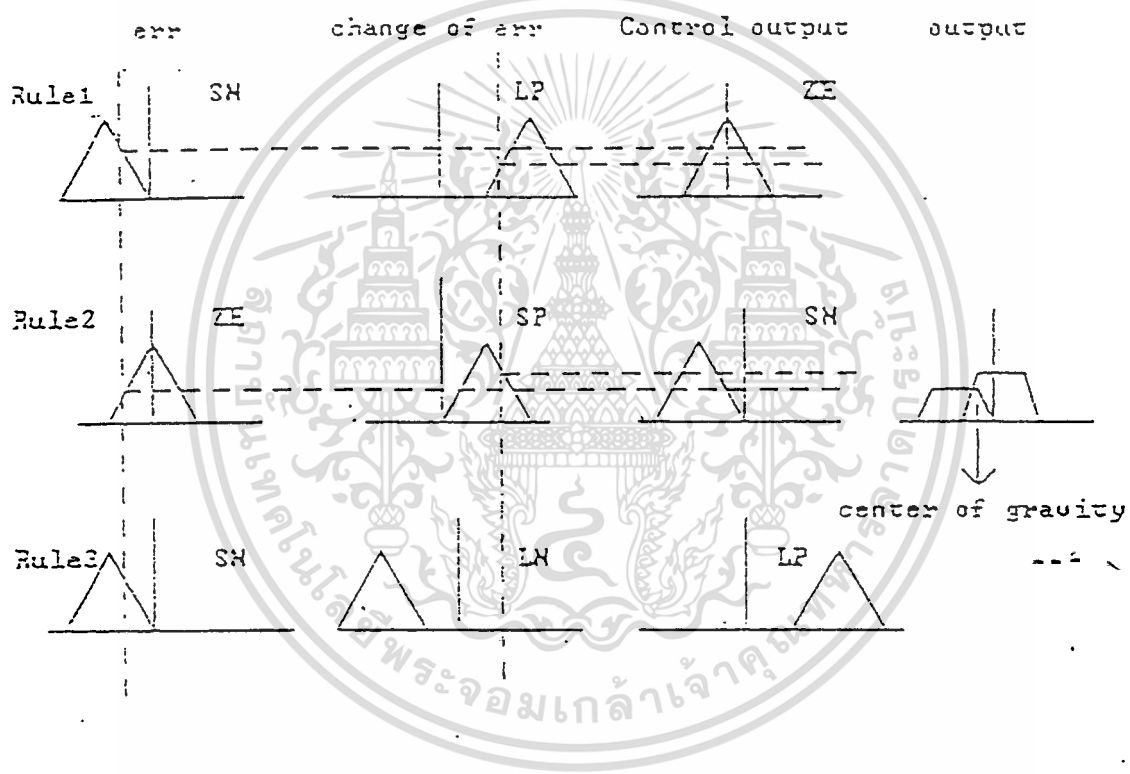
LN = LARGE NEGATIVE

SN = SMALL NEGATIVE

LP = LARGE POSITIVE

SP = SMALL POSITIVE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่ข้อมูลของอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงการ INFERENCE

วิธีการ DEFUZZIFIER

มีเทคนิคและวิธีการในการเปลี่ยนฟัซซีเป็นคลิซเซต (DEFUZZIFIER) มีอยู่หลายเทคนิคซึ่งจะกล่าวเป็นบางกรณีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เทคนิค Maximizer เลือกค่าที่สูงที่สุดจากหลายๆแบบมาเพียงหนึ่ง

เป็นการใช้ค่าสูงสุดของค่าระดับการเป็นสมาชิก จากการกระทำหลายๆแบบ แล้วเลือกกระทำเพียงหนึ่งรูปแบบ ถ้าเกิดการกระทำที่มีค่า μ สูงสุดเท่ากัน 2 อย่างจะต้องใช้รูปการแก้ปัญหาอีกลักษณะหนึ่ง คือ ใช้ค่าเฉลี่ยของค่าเอาร์ทพุท หรือเลือกการกระทำที่ สัมพันธ์กับค่าระดับของระบบพื้นฐาน ถึงแม้เทคนิค Maximizer จะเป็นวิธีที่ง่ายที่ แต่ก็ไม่มี ประสิทธิภาพเท่าที่ควร

2. เทคนิคค่านำหนักเฉลี่ย

จะใช้ค่าเฉลี่ยของการกระทำหลังจากการกำหนดค่าระดับของการเป็นสมาชิกไว้ล่วงหน้าแล้ว เป็นวิธีที่ง่ายและใช้การคำนวณเพียงเล็กน้อย แต่ก็ยังให้ค่าที่ไม่ค่อยชัดเจน เช่นเดียวกับเทคนิค Maximizer ที่เกิดความไม่ชัดเจนก็เพราะว่าค่าเอาร์ทพุทของฟังก์ชันระดับ การเป็นสมาชิกการเป็นสมาชิกมีค่าเอาร์ทพุทมากกว่าหนึ่งค่าต่อค่า μ ที่กำหนดให้ ค่า เอาร์ทพุทฟังก์ชันของการเป็นสมาชิก มีลักษณะคล้ายกับรูปประมิตหรือประมิตตัดยอด ถ้า $\mu = 0.5$ ค่าเอาร์ทพุทมาจากค่าฟังก์ชันของของสัญญาณทั้งด้านขาขึ้นและขาลง ถ้า $\mu = 1$ จะมีค่าตรงกับช่วงของสัญญาณที่เกิดขึ้นทั้งหมด

วิธีการกำจัดความไม่ชัดเจนสามารถทำได้ด้วยกระบวนการเดมบิงค่าในฟังก์ชันเอาร์ทพุท ด้วยค่าที่แน่นอนให้กลับไปอยู่ในฟังก์ชันอินพุท ซึ่งเป็นวิธีที่น่าเบื่อ และไม่สามารถใช้ค่าที่เป็นค่าตรงข้ามของฟังก์ชันอินพุทในการวิเคราะห์ด้วย

3. กรรรมวิธีค่าศูนย์กลาง

เป็นการแสดงค่าเอาร์ทพุทที่สัมพันธ์กับค่าจุดศูนย์กลางมวลของเอาร์ทพุทในระดับที่ทำงานเพราะว่าเราไม่ใช้ค่าขอบของฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิก และจะไม่เกิดความไม่ชัดเจนอีกต่อไปกรรรมวิธีค่าศูนย์กลางเป็นการคำนวณที่แน่นอนและเป็นการแก้ไข ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกรณีอื่น

ค่าศูนย์กลางมักจะสัมพันธ์กับค่าเอาร์ทพุทหนึ่งค่า ผลที่ได้จะเป็นการกระทำอย่างหยาบๆภายในช่วงของเอาร์ทพุท กฎทั่วไปจะต้องมีการปฏิบัติเพียงจุดเดียวของแต่ละ ระบบในกรณีที่ต้องทำพร้อมๆกันหลายๆกฎ ในการกระทำหนึ่งครั้ง จะต้องมีการซ้อนทับกัน (overlap)

ของค่าฟังก์ชันอินพุทของระดับการเป็นสมาชิก เพื่อแก้ไขความไม่ต่อเนื่องของ เอาท์พุท ถึงแม้ว่าจะมีข้อบกพร่องแต่ก็เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการรวมกัน (Combination) และ การแปลค่าฟัซซิกกลับคืน (Defuzzification)

กรรมวิธีนี้จะรวมค่าเอาท์พุทของการกระทำหลายๆค่า เป็นค่าค่าเดียวสำหรับใช้ในระบบและค่าเอาท์พุทค่าเดียวนั้นเป็นค่าน้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์กลาง (CENTROID) ของแต่ละฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิก

4. กรรมวิธีซิงเกิลตัน : สังเคราะห์เอาท์พุทเพียงอย่างเดียว

เป็นเทคนิคพิเศษของแบบกรรมวิธีค่าศูนย์กลาง หรือจะเรียกอีกอย่างหนึ่งคือกรรมวิธี REMAINING COMBINATION/DEFUZZIFICATION วิธีนี้เป็นการนำเอาท์พุทของแต่ละฟัซซีมาใช้ใหม่ เป็นค่าเอาท์พุทค่าเดียวโดยใช้ค่าน้ำหนักเฉลี่ยจากการกระทำรวมกัน หลายๆอย่าง วิธีนี้ได้ค่าความถูกต้องน้อยกว่ากรรมวิธีค่าศูนย์กลาง และยังคงต้องการการชอนทับกับของอิน

พุทฟังก์ชัน เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงความไม่ต่อเนื่องของเอาท์พุท ด้วยหลักการและการคำนวณที่ไม่ยุ่งยาก ประกอบกับยังไม่มีใครคิดค้นวิธีใหม่และดีกว่านี้ กรรมวิธีนี้ จึงเป็นกรรมวิธีที่หน้าที่จะใช้แทนกรรมวิธีค่าศูนย์กลางได้ดีที่สุด

หลักการหา FUZZY CONTROL RULE

ในการออกแบบ Fuzzy Controller นั้นมีปัญหาสำคัญอันหนึ่งคือการหา fuzzy control rule ที่เหมาะสม ซึ่งวิธีที่สามารถนำมาใช้ได้จริงในงาน Process มีด้วยกันอยู่ 3 วิธี คือ

1. จากความรู้และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ

Fuzzy Controller ส่วนมากจะได้รับการออกแบบขึ้นโดยอ้างอิงกับความรู้และประสบการณ์ ของวิศวกรควบคุมซึ่งอันที่จริงก็สามารถกล่าวได้ว่า Fuzzy Control นั้นเป็น การประยุกต์ที่ใช้ได้จริงอันแรกทางด้านระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) เลยทีเดียว

การออกแบบด้วยวิธีนี้เหมาะกับระบบที่ผู้ควบคุมควบคุมเป็นหลักสำคัญControl rule นั้นก็จะได้มาจากการ list วิธีการควบคุมต่างๆโดยวิศวกรควบคุม แต่ข้อเสียของ วิธีนี้ก็คือ ส่วนมากผู้ควบคุมจะไม่สามารถถ่ายทอดความรู้ที่มีออกมาได้เป็นลายลักษณ์อักษร เฉพาะเมื่อระบบมีความซับซ้อนมาก

2. จากการจำลองลักษณะการทำงานของผู้ควบคุม

เมื่อทักษะของผู้ควบคุมเป็นสิ่งสำคัญจึงจำเป็นมากที่จะหา FUZZY CONTROL RULE มาจากการจำลองลักษณะการทำงานของผู้ควบคุม ซึ่งวิธีนี้สามารถเป็นไปได้ที่จะ เปลี่ยนแปลงการทำงานของผู้ควบคุมมาให้เป็น input และ out put ของ controller

วิธีนี้ก็ค่อนข้างคล้ายคลึงกับการจำลองกระบวนการ แต่ว่าการจำลองการทำงานของผู้ควบคุมนั้นจะง่ายกว่าการจำลองกระบวนการ เพราะ input ของระบบจะหาได้ง่ายกว่า แต่ในสถานการณ์จริงนั้นก็ควรจะรวมวิธีที่ 1 และ 2 เข้าด้วยกัน

3. จากการจำลองกระบวนการ

ในวิธีแรกนั้นจะมีพื้นฐานมาจากความคิดคร่าวๆ ที่เกี่ยวกับคุณลักษณะของกระบวนการ เช่น out put เพิ่มขึ้นเมื่อ input เพิ่มขึ้น กระบวนการที่มี time lag ฯลฯ ส่วนวิธีที่ 2 จะใช้ตัวแปรที่มีให้แก่ผู้ควบคุมกระบวนการ ซึ่งทั้ง 2 วิธีนี้จะใช้ได้ดีเฉพาะในกรณีที่ผู้ควบคุมมีบทบาทสำคัญในการควบคุมกระบวนการเท่านั้น

แต่ถ้าไม่ต้องการขึ้นอยู่กับผู้ควบคุมและต้องการให้ผลการควบคุมดีกว่าการควบคุมด้วยผู้ควบคุม ก็มีการออกแบบอีกวิธีหนึ่งคือ การจำลองกระบวนการ ซึ่งจะเป็นวิธีที่ ซับซ้อนกว่า ซึ่งในการออกแบบด้วยวิธีนี้ได้มีการศึกษาวิจัยมาหลายครั้งด้วยกัน การจำลอง กระบวนการในที่นี้ จะเป็นการแสดงคุณลักษณะของ Process ออกมาด้วย fuzzy set โดยพิจารณาจาก input, out put, ตัวแปรสถานะ

มีแนวคิด 2 แนวทางด้วยกันในการออกแบบ Fuzzy Controller จากแบบจำลอง Fuzzy

1. คือการออกแบบให้ Control rule นั้นทำการ compensate ลักษณะที่ไม่ต้องการของกระบวนการเพื่อให้ได้ตามเป้าหมายที่ต้องการ
2. คือ เป็นไปตามทฤษฎีของ Optimal Control ซึ่งจะให้โครงสร้าง และ parameter ของระบบที่มี Fuzzy controller ควบคุมอยู่นั้นเป็นเป้าหมายที่ต้องการ

บทที่ 3

สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายเป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันจากระบบแรงดันไฟระบบแรงดันไฟสลิตที่ 110 โวลต์ หรือ 220 โวลต์ ให้เป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำ เพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ได้เช่นเดียวกับแหล่งจ่ายไฟตรงแบบเชิงเส้น หรือที่เรียกว่าลิเนียร์เพาเวอร์ซัพพลาย เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบจำเป็นต้องใช้ หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันที่ 220 โวลต์ ลงมาเป็นแรงดันไฟค่าต่ำเช่นเดียวกัน แต่มีข้อแตกต่างอยู่ที่ขนาดและน้ำหนักของหม้อแปลงโดยที่หม้อแปลงของลิเนียร์เพาเวอร์ซัพพลายจะมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากเมื่อเปรียบเทียบกับหม้อแปลงของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย การพัฒนาของลิเนียร์เพาเวอร์ซัพพลายจึงมีขีดจำกัดอยู่ที่การใช้หม้อแปลงขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก รวมถึงประสิทธิภาพที่ได้ค่อนข้างต่ำ

ในขณะเดียวกันสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายซึ่งมีขนาดของหม้อแปลงเล็ก และมีประสิทธิภาพสูงน้ำหนักเบา เริ่มเข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก ในเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กซึ่งต้องการแหล่งจ่ายไฟที่ให้กำลังได้สูงและมีขนาดเล็กด้วย เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องโทรสาร หรือเครื่องรับโทรทัศน์ เป็นแนวโน้มในการศึกษาหลักการ ทำงาน และการออกแบบสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย จึงจำเป็นที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานอิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภท

2.1 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายทำงานอย่างไร

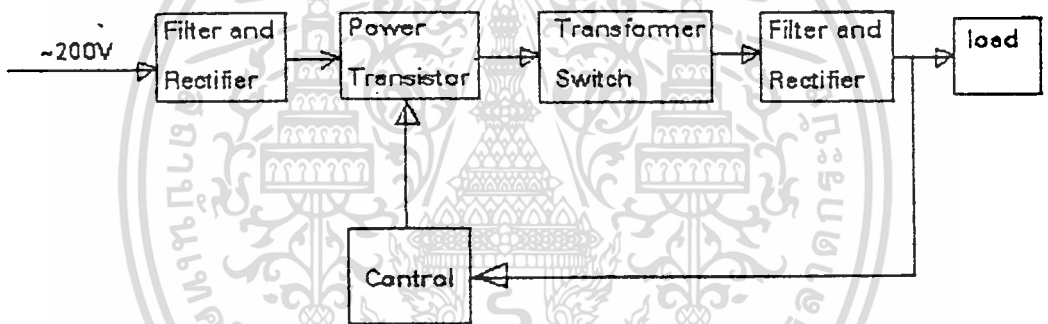
สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายมีองค์ประกอบที่ซับซ้อนจนเกินไป และจะมีองค์ประกอบพื้นฐานที่คล้ายคลึงกันสำหรับสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายทั่วไป ดังแสดงใน รูปที่

2.1

หัวใจสำคัญของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจะอยู่ที่คอนเวอร์เตอร์ เนื่องจากจะเป็นทั้งตัวลดทอนแรงดันและคงค่าแรงดันที่เอาต์พุตด้วย ส่วนการทำงานในส่วนต่างๆ จะ ลำดับได้ดังนี้

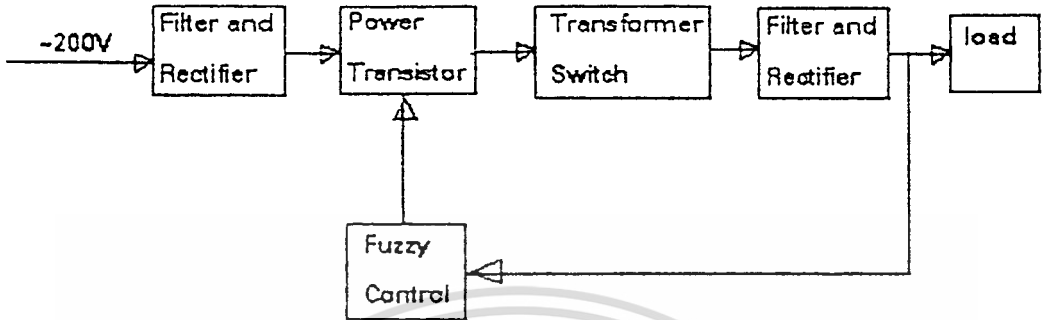


แรงดันไฟสลับ 220 โวลต์จะผ่านเข้ามาทางวงจร RFI ฟิวเตอร์ เพื่อกรองสัญญาณรบกวน และถูกเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟตรงค่าสูงด้วยวงจรเรกติไฟเออร์ เพาเวอร์คอนเวอร์เตอร์ โดยเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะตัดค่าแรงดันออกเป็นช่วงๆ ด้วยความถี่สูง ประมาณ 20- 200 กิโลเฮิรซ์ จากนั้นจะผ่านเข้าไปยังหม้อแปลงสวิตชิ่งเพื่อลดทอนแรงดันให้ มีค่าต่ำลง ที่เอาต์พุทของหม้อแปลงจะมีวงจรเรียงกระแสและกรองแรงดันให้เรียบเสียก่อน จึงสามารถถ่ายกระแสให้โหลดได้ การคงค่าแรงดันจะทำได้โดยการป้อนกลับค่าแรงดันที่ เอาต์พุทมายังวงจรควบคุม เพื่อควบคุมการทำงานของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ให้มีช่วงเวลานำกระแสมากขึ้น หรือน้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาต์พุทคงที่ได้



รูปที่ 3.1 แสดงองค์ประกอบพื้นฐานของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

จากบล็อกแสดงรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าในโหมดของการควบคุมนั้นจะรับสัญญาณมาจากเอาต์พุทของสวิตชิ่งมาเป็นสัญญาณป้อนกลับเพื่อนำมาควบคุมเพาเวอร์ ทรานซิสเตอร์ ซึ่งจากจุดนี้เองเราจะนำตัวควบคุมแบบพีซีซีมาเป็นตัวควบคุมแทนซึ่งจะแสดงได้ดัง รูปที่ 3.2



รูป 3.2 แสดงองค์ประกอบการควบคุมของสวิตชิงเพาเวอร์ซีพพลายโดยใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี่

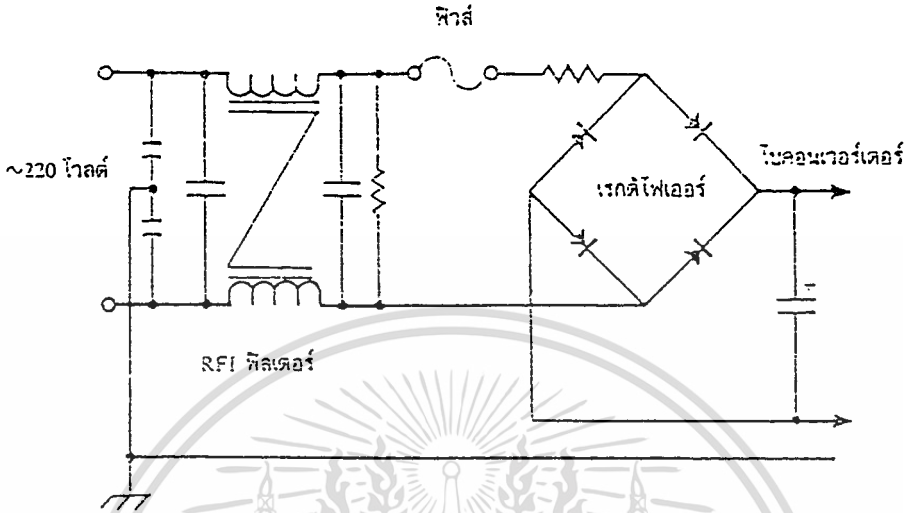
เพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจ เราจะแบ่งหลักการทำงานของสวิตชิงเพาเวอร์ซีพพลายออกเป็นส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ภาคเรียงกระแสขาเข้า (Input section)
2. ชุดวงจรเรียงไฟกระแสสลับ (Switcher circuit)
3. หม้อแปลงความถี่ (High frequency transformer)
4. ภาคเรียงกระแสขาออก (Output section)
5. ส่วนผลิตสัญญาณควบคุม (Swithching control circuit)
6. ส่วนป้อนกลับ (Feedback part)
7. ชุดวงจรแยกและขยายสัญญาณควบคุม

การทำงานเริ่มจาก การนำเอาไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ 50 Hz มาแปลง

ให้เป็นไฟฟ้าสัปดาห์เรียบ จากนั้นทำการแปลงไฟฟ้าสัปดาห์เรียบให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ สูง เพื่อผ่านหม้อแปลงความถี่สูง ทำให้สามารถลดขนาดและน้ำหนักของเพาเวอร์ซีพพลายลงได้มาก การผ่านหม้อแปลงความถี่เพื่อเปลี่ยนระดับแรงดัน จากนั้นจึงทำการเปลี่ยนให้เป็นไฟฟ้าสัปดาห์เรียบอีกครั้งหนึ่ง เพื่อนำไปใช้ตามความต้องการต่อไป การงานของส่วนต่างๆ สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ภาคเรียงกระแสเข้า



รูปที่ 3.3 ภาคเรียงกระแสขาเข้า

ในส่วนชุดนี้เป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงไฟกระแสสลับ ให้เป็นไฟกระแสตรงที่เรียบจะแบ่งการทำงานของส่วนประกอบต่างๆดังนี้

1. ไดโอดเรียงกระแส (Rectifier bridge diode) ทำหน้าที่เรียงกระแสแบบเต็มคลื่น
2. ตัวเก็บประจุภาคไฟเข้า (Input capacitor) เป็นตัวเก็บประจุขนาดใหญ่มีหน้าที่

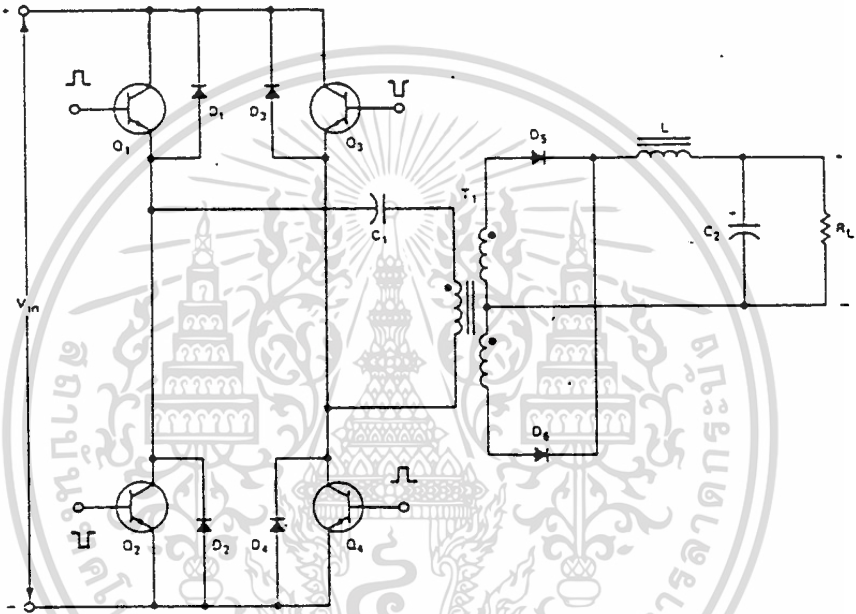
กรองให้ศักดาเข้าเป็นไฟกระแสตรงที่เรียบ สามารถคำนวณหาขนาดความจุของตัวเก็บประจุโดยเป็นไปตามความสัมพันธ์ของ ค่ากระแสเพื่อมของศักดา (Ripple voltage) ค่ากระแสที่ตัวเก็บประจุต้องจ่ายออก และคาบเวลาของการจ่ายกระแส จากความสัมพันธ์ของ

$$I_c = C(dv/dt) \tag{1}$$

3. ส่วนป้องกันกระแสกระชาก และป้องกันศักดาเกิน (Input protection) จากสมการ (1) เราจะเห็นได้ว่ากระแสกระชากมีความสัมพันธ์โดยตรงกับ dv/dt และค่าความจุของตัวเก็บประจุ ช่วงเวลาที่จะเกิดกระแสกระชากสูงสุดคือ ช่วงเริ่มต้นของการทำงาน ซึ่งค่าองกระแสกระชากอาจทำความเสียหายให้แก่วงจรได้

2. ชุดวงจรเรียงไฟกระแสสลับ (Switcher or power converter circuit)

เป็นวงจรที่แปลงไฟฟ้าค้กตาเรียบ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง เมื่อผ่านหม้อแปลงความถี่สูง (High transformer) เราได้เลือกใช้แบบ ฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Full - Bridge Converter) ดังรูป



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรพื้นฐานของฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ทั้ง 4 ตัวจะทำงานโดยนำกระแส และหยุดนำกระแส สลับกันเป็นคู่ๆในแต่ละครึ่งคาบเวลา Q1 และ Q4 จะนำกระแสพร้อมกันในแต่ละครึ่งคาบเวลา และเมื่อหยุดนำกระแส Q2 และ Q3 จะนำกระแสพร้อมกันในแต่ละครึ่งคาบเวลาที่เหลือ สลับกันเช่นนี้เรื่อยไป ลักษณะการทำงานของวงจรที่ได้จึงเป็นเช่นเดียวกับฮับบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

ยกเว้นแรงดันตกคร่อมขดไฟโรมารี่จะมีค่าเท่ากับ $V_{in} - 2V_{ce}$ ดังนั้นผลของการทำงานของวงจร จึงเหมือนกับผลที่ได้จากวงจรฮับบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ จะเห็นได้ว่าแรงดันที่ตกคร่อม Q1 และ Q4 ขณะหยุดนำกระแสจะมีค่าเท่ากับ $V_{in} - 2V_{ce(Q2)}$ และ $V_{in} - 2V_{ce(Q3)}$ ตามลำดับ ส่วนแรงดันที่ตกคร่อม Q2 และ Q3 ขณะหยุดนำกระแสก็จะมีค่า $V_{in} - 2V_{ce(Q1)}$ และ $V_{in} - 2V_{ce(Q4)}$

ตามลำดับเช่นเดียวกัน ส่วนไดโอด D3-D6 ทำหน้าที่เป็นคอมมิวเตตติ้งไดโอดให้กับวงจรเพื่อป้องกัน Q1-Q4 เช่นเดียวกับฮับบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

3. หม้อแปลงความถี่สูง (High frequency power transformer)

กล่าวถึงความสัมพันธ์เบื้องต้นของหม้อแปลงคือ

$$N_p / N_s = V_p / V_s$$

และความสัมพันธ์ของสนามแม่เหล็ก

$$e = 10^8 N \cdot Ae \cdot dB/dt$$

ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กหน่วยเป็นเกาส์

$$1 \text{ gauss} = 10^4 \text{ Wb/m}^2$$

การออกแบบหม้อแปลงอาจแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยเพื่ออำนวยความสะดวกเข้าใจ ดังนี้

1. เลือกชนิดของแกนและขนาดของแกนที่จะใช้
2. เลือกระดับความหนาแน่นฟลักซ์ (Flux density) ที่จะใช้งานโดยที่ไม่ทำให้แกนอิ่มตัว สำหรับเฟอร์ไรท์อยู่ที่ B_{max} ต่ำกว่า 3000 เกาส์
3. คำนวณกระแสด้านปฐมภูมิสูงสุด
4. คำนวณขนาดแกนพันขดลวด ว่ามีขนาดเพียงพอหรือไม่ จากสูตรคำนวณ

$$Ae \cdot Ac = 0.68 P_{out} \cdot D \cdot 10^3 / (F \cdot B_{max})$$

พื้นที่หน้าตัดหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กหน่วย เป็นเกาส์ค่า D เป็นค่าความหนาแน่นของกระแส หน่วยเป็นเซอควิลาร์มิลต่อแอมป์ ซึ่งค่าที่ปลอดภัยควรสูงกว่า 200 C.M/C ค่า D นี้เราเป็นผู้เลือกเองใส่ในสูตร ซึ่งค่าทางซ้ายของสมการควรสูงกว่าค่าทางขวาอย่างน้อย 50 % จึงจะถือว่าพอเพียง

5. คำนวณจำนวนรอบของขดลวดด้านปฐมภูมิ ก่อนอื่นจะต้องหาขนาดของขดลวดก่อน

ตัวอย่างเช่น กำหนดค่า $D = 400 \text{ CM} / A$ กระแส 1.19 A ดังนั้นต้องการขดลวดขนาด $1.19 \times 400 = 476 \text{ C.M} / A$ ซึ่งดูจากตารางขนาดขดลวดมาตรฐาน เป็นขดลวดขนาด AGW 23 จากนั้นคำนวณรอบจากสมการ

$$N = 10^8 V_o / 4f \cdot B_{max} \cdot Ae$$

6. ตรวจสอบ B_{max} และ $V_{in \text{ max}}$ เพื่อไม่ให้เกิดการตัวของแกนจากสมการ (4)

$$B_{max} = 10^8 V_{in \text{ max}} / (4N \cdot f \cdot Ae)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. คำนวณชั้นของการพันขดลวด ตัวอย่างเช่น ความกว้างของแกนพันลวด = 0.509 นิ้ว ขนาดลวดเบอร์ AGW 23 เฉลี่ย 0.025 นิ้ว จะพันได้ชั้นละ $0.509 / 0.025 = 20$ รอบ ถ้าจำนวนรอบเท่ากับ 40 รอบจะพันได้เท่ากับ 2 ชั้น

8. คำนวณจำนวนรอบของขดลวดด้านทุติยภูมิ จากความสัมพันธ์

$$N_p = N_s \cdot V_p / V_s$$

9. คำนวณขนาดลวดด้านทุติยภูมิ และจำนวนชั้นของการพัน

10. ตรวจสอบว่าแกนพันลวด สามารถพันขดลวดทั้งหมดได้หรือไม่

4. ส่วนประกอบภาคไฟออก (Output section)

หน้าที่การทำงานของส่วนนี้คือ การแปลงไฟกระแสสลับที่ได้จากขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงความถี่สูง ให้เป็นไฟกระแสตรงเพื่อจ่ายให้แก่โหลดต่อไป เพื่อจ่ายต่อความเข้าใจ จะแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ไดโอดเรียงกระแส ทำหน้าที่เรียงกระแส และจะต้องมีช่วงเวลาเริ่มนำกระแส (Recovery time) ต่ำ และมีแรงดันตกคร่อมเพื่อฟอร์เวิร์ดไบแอสต่ำ ทำให้ไดโอดธรรมดาไม่สามารถนำมาใช้งานได้ ไดโอดที่ใช้เป็นไดโอดพวคนำกระแสเร็วมาก ไดโอดนำกระแสเร็วมาก (Fast and very fast recovery diode) และช็อตткиไดโอด (Schottky diode) เนื่องจากการนำกระแสอย่างรวดเร็ว ของไดโอดทั้งสองชนิดดังที่กล่าวมาแล้ว ทำให้เกิดภาวะทรานส์เซียนของแรงดัน ไดโอดหยุดนำกระแส สามารถแก้ไขได้โดยการใส่สแน็บเบอ์ เพื่อป้องกันภาวะนี้ในวงจร

2. ตัวเหนี่ยวนำ ทำหน้าที่สองประการ คือ หน้าที่หน่วงกระแสให้กระแสไหลอย่างต่อเนื่อง และทำหน้าที่ในการช่วยให้แรงดันที่ได้เรียบขึ้น มีวัสดุหลายชนิดที่สามารถใช้ทำตัวเหนี่ยวนำได้ที่ได้มาก ได้แก่ แกนเฟอร์ไรท์ (Ferrite core) แกนผงเหล็ก และแกนโมลิบดีนัม (Molypermalloy) MPP แกนผงเหล็ก และ MPP มักอยู่ในรูปทอรอยด์ (Toroid) และสามารถใช้งานได้ดี เนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. มีความอิมิตัวของแกนสูง B_{sat} มากถึง 8000 เกาส์
2. สามารถกักเก็บพลังงานได้มาก
3. ไม่จำเป็นต้องมีช่องว่างอากาศ (Air gap)
4. มีขนาดให้เลือกมากมาย

สำหรับแกนเฟอร์ไรท์ จำเป็นต้องมีช่องว่างอากาศ เนื่องจากมีค่าความอิมิตัวของแกนต่ำ ละยังไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแต่ก็ยังคงนิยมใช้โดยเฉพาะพอทคอร์ ซึ่งมี การป้องกันความร้อนของสนามแม่เหล็กได้ดี และง่ายต่อการพันขดลวด จากความสัมพันธ์

$$V_L = L di / dt$$

$$V_L = E_{in} - E_{out}$$

โดยการประมาณค่า

$$L = \{ (E_{in} - E_{out}) t \} / I_L$$

ในวงจรที่มีหม้อแปลงแบบที่มีจุดต่อกลาง (Center tap) E_{in} จะเป็นสองเท่าของ E_{out} ค่า t คือช่วงเวลาที่ไม่มีแรงดัน I_L คือกระแสไหลลด และสามารถเขียน t ในรูปของ E_{in} และ E_{out} ได้ดังนี้

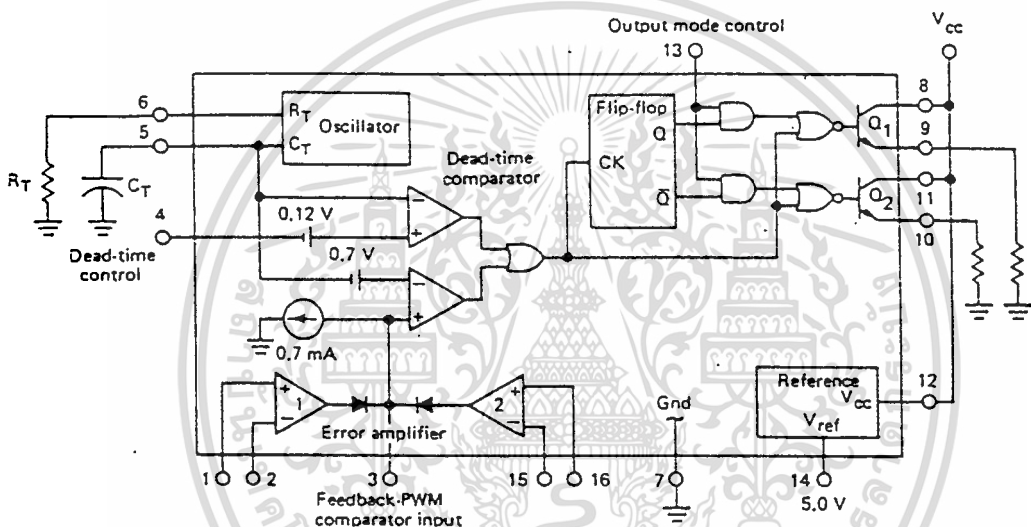
$$t = t_{OFF} = (1 - E_{out} / E_{in}) / 2f$$

ค่ากระแสโดยประมาณสามารถแทนได้ด้วย $I_L = 0.25 I_{out}$

3. ตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่ ให้แรงดันเรียบ การเลือกตัวเก็บประจุขึ้นอยู่กับวงจรสวิตซึ่งขนาดของกระแสที่ต้องจ่ายออกซึ่งโดยมากจะเป็นตัวประจุชนิดอิเล็กโทรไลติก (Electrolytic) ค่า ESR มีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าแรงดันกระเพื่อมและค่า ESR นี้เป็นตัวบ่งบอกถึงอายุการใช้งานของตัวเก็บประจุ เนื่องจากเป็นตัวบ่งถึงค่าความสูญเสียภายในตัวเก็บประจุ

5. ส่วนสร้างสัญญาณควบคุม (Switching regulator control circuit)

ปัจจุบันส่วนสร้างสัญญาณควบคุมมักจะใช้เทคนิคของ Pulse width modulation และเทคโนโลยีการผลิตไอซีได้พัฒนาไปมาก สามารถผลิตไอซีสร้างสัญญาณควบคุมได้ในอุปกรณ์ชิ้นเดียวเราสามารถเขียนบล็อคดีอะแกรมของส่วนต่างๆของวงจร สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย ซึ่งใช้ TL 494 เป็นการสร้างสัญญาณควบคุมโดยใช้แรงดันดังนี้



รูปที่ 3.5 แสดงวงจร TL 494

การทำงานของไอซีในการคงค่าแรงดันของคอนเวอร์เตอร์

ความกว้างเอาต์พุตพัลส์ของไอซีจะได้รับการเปรียบเทียบสัญญาณพื้นเลี้ยงที่ขา S กับแรงดันที่ได้จากวงจรขยายความแตกต่าง (Error Amp) ทั้งสองตัวที่ PWM ส่วน NOR เกทที่ควบคุมทรานซิสเตอร์เอาพุท Q1 และ Q2 จะทำงานก็ต่อเมื่อขา C_k ของ Flip-Flop อยู่ในสถานะ " LOW " ได้ก็ต่อเมื่อแรงดันของสัญญาณพื้นเลี้ยงมีค่ามากกว่าแรงดันที่มาจาก Error Amp ทั้ง 2 ตัว นั่นคือแรงดันป้อนกลับจากเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์หากมีค่าสูงขึ้นความกว้างเอาต์พุตพัลส์ของไอซีจะลดลง ในทางกลับกัน แรงดันป้อนกลับหากมีค่าลดลงความกว้างเอาต์พุตพัลส์ของไอซีจะเพิ่มขึ้น ความกว้างของเอาต์พุตพัลส์ของไอซีนี้อาจสามารถกำหนดให้มีค่ามากที่สุดหรือมีค่าเท่ากับศูนย์ได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ขา 3 จาก 0.5 โวลต์จนถึง 3.5 โวลต์ การควบคุมความถี่ใช้งาน สามารถกำหนดได้จากค่า R_t C_t ดังนี้ ใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น f_{osc} ที่ = 1.1 / (R_t C_t) ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ส่วนป้อนกลับ (Feedback part)

การป้อนกลับเพื่อทำการควบคุมความกว้างของสัญญาณควบคุม ซึ่งเป็นตัวกำหนดแรงดันขาออก เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของโหลด เมื่อมีการดึงกระแสเพิ่มขึ้นส่วนป้อนกลับจะส่งสัญญาณกลับไปขยายความกว้างของสัญญาณควบคุม หรือเมื่อโหลดดึงกระแสลดลง ความกว้างของสัญญาณควบคุมจะแคบลง อาจแยกวัตถุประสงค์ของการป้อนกลับออกเป็นสองอย่างคือ

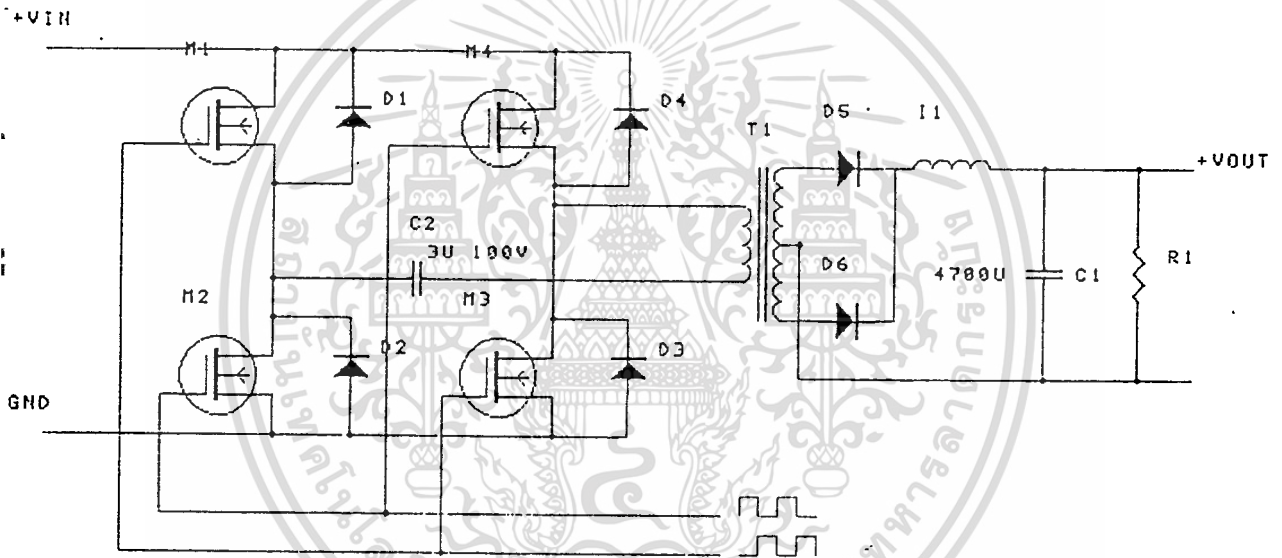
1. การป้อนกลับเพื่อวัตถุประสงค์การควบคุมแรงดัน
2. การป้อนกลับเพื่อวัตถุประสงค์ป้องกันการใช้กระแสเกินและลัดวงจร

ซึ่งในโครงงานนี้จะใช้การป้อนกลับเพื่อการควบคุมแรงดัน

ข้อดีระหว่างสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายเมื่อเปรียบเทียบกับลิเนียร์เพาเวอร์ซัพพลาย

ข้อได้เปรียบของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายก็คือ มีประสิทธิภาพสูง ขนาดเล็ก และมีน้ำหนักเบา กว่าลิเนียร์เพาเวอร์ซัพพลาย ลิเนียร์เพาเวอร์ซัพพลายนั้นใช้หม้อแปลง ความถี่ต่ำซึ่งมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก และขณะใช้งานจะมีแรงดันและกระแสผ่านตัวหม้อแปลง ตลอดเวลา กำลังงานสูญเสียที่อินพุทของหม้อแปลงจะมีค่าสูง การคงค่าแรงดันของลิเนียร์เพาเวอร์ซัพพลายส่วนใหญ่จะใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ต่ออนุกรมที่เอาต์พุทเพื่อจ่ายกระแสและคงค่าแรงดัน กำลังงานที่สูญเสียในรูปความร้อนจะมีค่าสูงและต้องใช้แผ่นระบายความร้อนขนาดใหญ่ ซึ่งกินเนื้อที่ เมื่อเพาเวอร์ซัพพลายต้องจ่ายกำลังงานสูงๆ จะทำให้มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก ปกติลิเนียร์เพาเวอร์ซัพพลายจะมีประสิทธิภาพประมาณ 30% หรืออาจทำได้สูงถึง 50% ในบางกรณี ซึ่งนับได้ว่าค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับ สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายซึ่ง มีประสิทธิภาพในช่วง 65%-80%

สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายมีช่วงเวลาไฮลด์อ็อฟ ประมาณ 20 มิลลิวินาที ถึง 50 มิลลิวินาที ขณะที่ลิเนียร์เพาเวอร์ซัพพลายสามารถทำได้เพียงแค่ประมาณ 2 มิลลิวินาที ซึ่งผลของการจัดหาแหล่งจ่ายไฟสำรองเพื่อป้องกันการหยุดทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้กับเพาเวอร์ซัพพลายเมื่อเกิดการหยุดจ่ายแรงดันสลับ รวมทั้งสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายสามารถทำงานได้ในช่วงแรงดันอินพุทค่อนข้างกว้างยังคงสามารถทำงานได้เมื่อเกิดกรณีแรงดันตกอีกด้วย



รูปที่ 3.6 รูปแสดงวงจรสวิตชิงเฟาเวอร์ซัพพลาย

อย่างไรก็ตาม สวิตชิงเฟาเวอร์ซัพพลายจะมีเล็ยรภาพในการทำงานที่ต่ำกว่า และก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนได้สูงเมื่อเปรียบเทียบกับลิเนียร์เฟาเวอร์ซัพพลาย รวมทั้งสวิตชิงเฟาเวอร์ซัพพลายยังมีความซับซ้อนของวงจรมากกว่าและมีราคาสูง ที่กำลังต่ำลิเนียร์เฟาเวอร์ซัพพลายจะประหยัดกว่าและให้ผลดีได้เช่นกัน ดังนั้นสวิตชิงเฟาเวอร์ซัพพลายจึงมักจะนิยมใช้งานที่ต้องการกำลังงานตั้งแต่ 20 วัตต์ขึ้นไปเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การควบคุมแหล่งจ่ายแรงดันโดยอาศัยพีซีลอจิก

ในระบบของพีซีโดยทั่วไปประกอบจะต้องประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ส่วน คือ ฮาร์ดแวร์ และ ซอฟต์แวร์

4.1 ฮาร์ดแวร์สำหรับการควบคุมแหล่งจ่ายแรงดันโดยอาศัยพีซีลอจิก

ส่วนของ ฮาร์ดแวร์ เป็นส่วนที่จะทำการควบคุมการเปิดปิดของควมถี่ ควบคุมตามการคำนวณของ ซอฟต์แวร์ และรวมทั้งส่วนของไมโครโปรเซสเซอร์ รายละเอียดของแต่ละส่วนในการควบคุมมีดังนี้

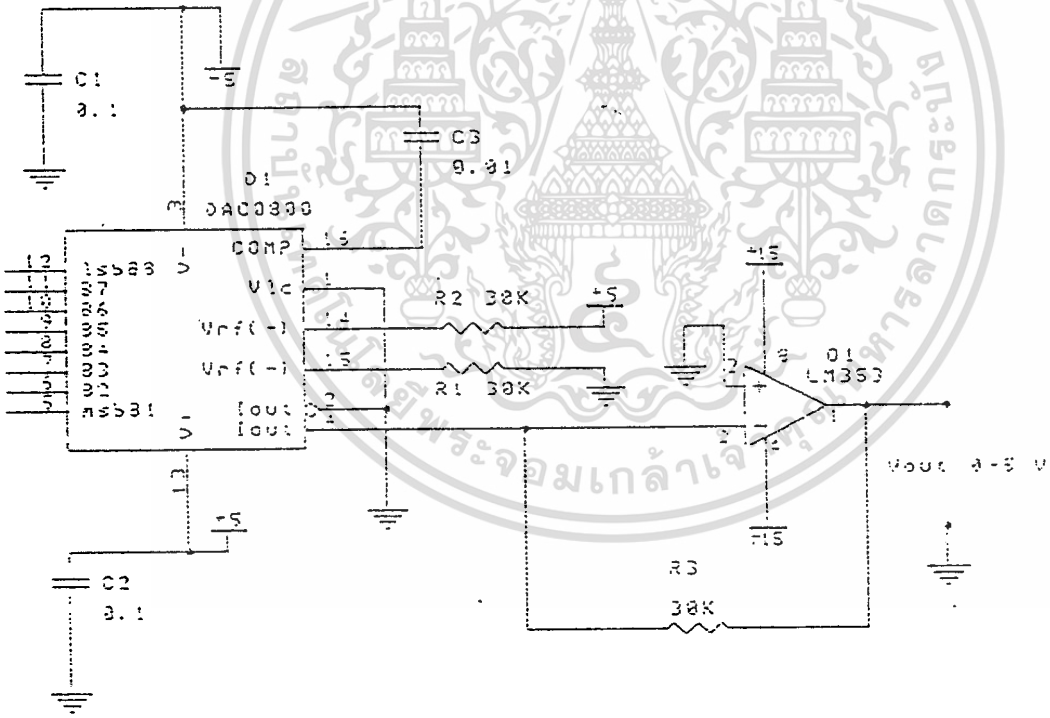
1. ส่วน Control ระบบใช้ MCS 51 เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ของระบบโดยเป็นบอร์ด ANT-31PJ ลักษณะโดยทั่วไปของ MCS 51 ประกอบด้วย
 - สร้างโดยใช้ HMOS และ CMOS เทคโนโลยีและทำงานด้วยแหล่งจ่ายไฟ 5V
 - CPU ขนาด 8 บิต
 - มีวงจรรอสติลเลเตอร์ และวงจรมานาฬิกาบนชิป
 - ชุดแบงก์ (BANK) รีจิสเตอร์มี 4 ชุด แต่ละชุดมีรีจิสเตอร์ 8 ตัว
 - มีตัวจับเวลาและตัวนับเวลาขนาด 16 บิต 2 ชุด
 - มี พอร์ตอุปกรณ์ภายนอกแบบขนาน 2 พอร์ตทางจำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิตรวมทั้งหมดเป็น 32 บิตแต่จะเหลือเพียง 16 บิต สำหรับเบอร์ 8031 อีก 16 บิตใช้ในการเข้าถึงหน่วยความจำทั้งแอสเดรสบัสและดาต้าบัส
 - พอร์ตแบบอนุกรมสามารถที่จะโปรแกรมการรับส่งแบบ Full duplex ที่ความเร็วสูง
 - หนึ่งวัฏจักรคำสั่งจะใช้เวลา 1 ไมโครวินาที ด้วยการใส่คริสตัล 12 Mhz

- แอดเดรสข้อมูลภายนอกได้ 64 กิโลไบต์ (ใช้ 8 กิโลไบต์)
- แอดเดรสโปรแกรมภายนอกได้ 64 กิโลไบต์
- สามารถกำหนดเลขที่อยู่ข้อมูลขนาดไบต์หรือบิตได้โดยตรง
- มีซอฟต์แวร์แฟล็กสำหรับผู้ใช้ที่กำหนดได้เองถึง 128 ตำแหน่งบิต
- โครงสร้างอินเทอร์รัพต์ทำได้ 5 แหล่งพร้อมด้วยการจัดไพริอริตี้ (Priority) ได้ 2 ระดับ
- ตัวโปรแกรมเมอร์สามารถใช้งานแบบบูลีน (Boolean) ได้ สำหรับการใช้งานควบคุม
- มีคำสั่งคูณ และหารทางฮาร์ดแวร์ทำได้ภายใน 4 ไมโครวินาที
- ตัวเลขทางคณิตศาสตร์ใช้ได้ทั้งแบบไบนารี และเดซิมีล
- การใช้พื้นที่สแต็กสำหรับโปรแกรมย่อยต่างๆ ทำได้กว้างขึ้น

เนื่องจากว่าในระบบนี้เลือกใช้ CPU 8031 เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ของระบบ แต่เนื่องจาก 8031 ไม่มีหน่วยความจำชนิด ROM อยู่ภายในตัวดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มหน่วยความจำ ROM นี้เข้าไป และนอกจากนี้ยังจำเป็นต้องต่อพอร์ตนาน เพิ่มขึ้นเนื่องจากในระบบนี้มีการใช้อุปกรณ์ทางอินพุตมากกว่า 1 อุปกรณ์ คือ สวิตช์ต่างๆ และจอ LCD ประกอบกันเป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้ , ตัวตรวจจับระดับแรงดัน, ชุดวงจรควบคุมการเปิดปิดความถี่สำหรับสวิตช์ซึ่ง ซึ่งจำนวนพอร์ทที่อยู่ใน CPU 8031 นั้นมีไม่เพียงพอกับการใช้งานจึงจำเป็นต้องมีการ ต่อพอร์ตนานเพิ่มขึ้นโดยใช้ ไอซีเบอร์ 8255 ซึ่งเป็นพอร์ทอเนกประสงค์โดยใน 8255 1 ตัวจะมีพอร์ตนานให้ 3 พอร์ท ก็เพียงพอสำหรับการใช้งาน

2. ส่วนการติดต่อกับผู้ใช้ จะประกอบไปด้วย ส่วนแสดงผลใช้จอ แบบ LCD และส่วนสวิตช์เพื่อรับคำสั่งจากผู้ใช้ ประกอบด้วยสวิตช์จำนวน 3 ตัว โดยมีฟังก์ชันการทำงานคือ Mode, Inc, Dec

4. ส่วนการส่งสัญญาณออกไปควบคุมระบบนั้นจะต้องเปลี่ยนจากสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอกนั้นใช้ไอซีเบอร์ DAC 0800 เป็นวงจรแปลงดิจิทัลเป็นอนาลอกขนาด 8 บิต โดยสามารถที่จะต่อเข้ากับระบบไมโครโปรเซสเซอร์ได้โดยตรง ซึ่ง Output ที่ได้จากไอซีเบอร์ DAC 0804 จะเป็นกระแสไฟฟ้าออกมา จึงต้องใช้ไอซีออปแอมป์เบอร์ LM 353 มาเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าให้อยู่ในรูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้า แล้วจึงส่งต่อไปยังวงจรควบคุมการเปิดปิดความถี่สำหรับสวิทซ์ ซึ่งซึ่งการต่อวงจรการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 4.1.2



รูปที่ 4.1.2 แสดงวงจร D/A

4.2 ซอฟต์แวร์สำหรับการควบคุมแหล่งจ่ายแรงดันโดยอาศัยฟัซซี่ลอจิก

จากทฤษฎี Fuzzy Logic ที่ได้กล่าวไปแล้วเราจะนำมาประยุกต์ใช้ควบคุมแหล่งจ่ายแบบสวิตชิ่งโดยจะกล่าวถึงรายละเอียดเป็นส่วนๆดังนี้

- Fuzzification คือการเอา Input มาหาค่าความเป็นสมาชิก โดยในที่นี้ Input ของระบบก็คือระดับแรงดันของสวิตชิ่ง ซึ่งจากระดับแรงดันที่ทำการวัดได้มานั้นเราจะนำมาแปลงเป็นตัวแปรทาง Input ที่เราจะใช้ในการควบคุมซึ่งสามารถที่จะแปลงได้เป็น 2 ตัวแปรทาง Input ดังนี้ คือ error และ change error โดยให้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{error} = V(\text{set.p}) - V(t)$$

$$\text{change error} = V(t-1) - V(t)$$

โดยที่ $V(\text{set.p})$ คือ ระดับแรงดันที่ต้องการ

$V(t)$ คือ ระดับแรงดันที่วัดได้ในขณะนั้น

$V(t-1)$ คือ ระดับแรงดันที่วัดได้ก่อนหน้านั้นหนึ่งค่า

โดยจากตัวแปรทาง Input ทั้งสองตัวนี้จะต้องนำมาผ่านขั้นตอนของการ Fuzzification ให้อยู่ในรูปแบบของ Fuzzy Input ได้โดยการเปรียบเทียบค่าตัวแปรทาง Input กับ ตารางดังนี้

error	change error	Fuzzy Input
มากกว่า 0.5	มากกว่า 0.5	5
0.4	0.4	4
0.3	0.3	3
0.2	0.2	2
0.1	0.1	1
0.0	0.0	0
-0.1	-0.1	-1
-0.2	-0.2	-2
-0.3	-0.3	-3
-0.4	-0.4	-4
น้อยกว่า -0.5	น้อยกว่า -0.5	-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ค่า Fuzzy Input แล้วตามตารางข้างต้นแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกับกราฟความเป็นสมาชิก โดยที่ error และ change error จะใช้กราฟความเป็นสมาชิกเดียวกัน ซึ่งในแต่ละตัวแปรจะมี จำนวน Label เท่ากับ 5 Label ซึ่งประกอบด้วย

LP	LARGE POSITIVE
SP	SMALL POSITIVE
Z	ZERO
SN	SMALL NEGATIVE
LN	LARGE POSITIVE

- Rule evaluation คือ การคำนวณค่าตามกฎการควบคุมที่ตั้งไว้ โดยอาศัยค่าความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า Fuzzy Input กับกราฟความเป็นสมาชิกเป็นค้ว กำหนดความสำคัญของกฎแต่ละกฎ โดยอาศัยเทคนิคของค่ากฎ smallest ระหว่างตัวแปร Fuzzy Input ทั้ง 2 ตัวคือ error และ change error ตามกฎการควบคุม

กฎการคำนวณ (Fuzzy Control Rules)

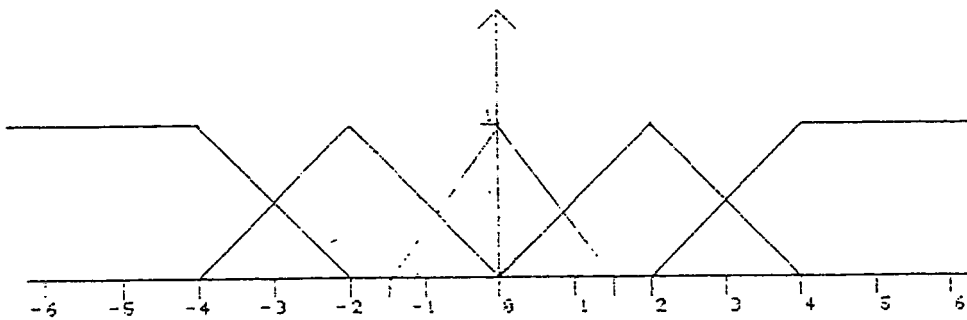
IF	error	change error	output
1	LP	-	HIGH
2	SP	LP	MIN
3	SP	SP	MID
4	SP	Z	MID
5	SP	SN	HIGH
6	SP	LN	HIGH
7	Z	LP	OFF
8	Z	SP	OFF
9	Z	Z	OFF
10	Z	SN	MIN
11	Z	LN	MID
12	SN	LP	OFF
13	SN	SP	OFF
14	SN	Z	OFF
15	SN	SN	OFF
16	SN	LN	OFF
17	LN	-	OFF

- Defuzzification เป็นขั้นตอนที่นำเอาผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอน Rule Evaluation เพื่อหาค่าของ Fuzzy Output ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบตามกฎต่างๆแล้ว จะเห็นได้ว่ามีค่าตามกฎการควบคุมมากกว่า 1 กฎซึ่งการจะนำค่าที่ได้จากกฎการควบคุมกฎใดกฎหนึ่งมาใช้จะทำให้ผลการควบคุมระบบมีผลผลิตได้ จึงได้นำค่า Output ของกฎต่างๆ มาหาค่า Output ที่จะใช้ในการควบคุมระบบโดยใช้การคำนวณ แบบ Center of Gravity คำนวณผลลัพธ์ออกมา โดยค่าของจุดศูนย์ถ่วงสำหรับตัว Center of Gravity คำนวณผลลัพธ์ออกมา โดยค่าของจุดศูนย์ถ่วงสำหรับตัวแปร (Output ตัวควบคุม) ได้แสดงดังข้างล่างนี้

ตารางค่าจุดศูนย์ถ่วงสำหรับตัวแปรตัวควบคุม

LABEL	ค่าควบคุม
OFF	1
MIN	4
MID	6
HIGH	8

ค่าความเป็นสมาชิก



หลังจากการคำนวณที่ได้ทำการคำนวณตาม Rule Evaluation และทำการหาค่า Center of Gravity แล้วสามารถเขียนตารางของ Fuzzy Output สำหรับค่า error และ change error ต่างๆได้ดังนี้

ตารางแสดง Fuzzy Output ของตัวควบคุมที่ค่า error และ change error ต่างๆ

ch_e error	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
-5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-1	3	3	2.6	2.2	1.7	1	1	1	1	1	1
0	6	6	5	4	2.8	1	1	1	1	1	1
1	7.2	7.2	6.8	6.4	5.1	4	3.8	4	3.4	2.8	2.8
2	8	8	8	8	7.2	6	6	6	5	4	4
3	8	8	8	8	7.6	7	7	7	6.5	6	6
4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

หมายเหตุ ch_e = change error

- ตัวอย่างการคำนวณ

สมมติให้ค่า error = -3 และ ch_e = -3 ตัดกราฟที่ LN = 0.5 ,SN = 0.5 ทำให้เกิดการใช้กฎขึ้น 4

- กรณีคือ
1. error = LN ,ch_ = LN ,output = off (ค่าจุดศูนย์ถ่วง = 1)
 2. error = LN ,ch_ = SN ,output = off (ค่าจุดศูนย์ถ่วง = 1)
 3. error = SN ,ch_ = LN ,output = off (ค่าจุดศูนย์ถ่วง = 1)
 4. error = SN ,ch_ = SN ,output = off (ค่าจุดศูนย์ถ่วง = 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{ค่า FUZZY OUTPUT ที่ได้จึง} &= [((0.5 \times 1) + (0.5 \times 1)) / 2] + [((0.5 \times 1) + (0.5 \times 1)) / 2] \\ &= 1 \end{aligned}$$

แล้วนำค่าที่ได้ใส่ลงในตาราง Fuzzy Output ทำเช่นนี้ทุกๆค่าของ error และ ch_e ก็จะได้ดังตารางที่แสดงไว้ข้างต้น

หลังจากที่ได้ทำการ Defuzzification แล้วก็จะได้ผลลัพธ์ของการคำนวณในรูปแบบของ Fuzzy Output ซึ่งค่าของ Fuzzy Output นี้ยังไม่สามารถนำไปใช้ในการควบคุมสวิทซ์ซึ่งขั้วพลาายได้โดยตรง จึงต้องนำมาผ่านขบวนการที่จะทำการเปลี่ยนให้ค่าของ Fuzzy Output นั้นสามารถนำไปใช้ในการควบคุมสวิทซ์ซึ่งขั้วพลาายได้ ซึ่งวิธีการก็คือนำค่า Fuzzy Output ไปเปรียบเทียบกับตาราง Output (ซึ่งเป็นขบวนการกลับกันกับการหาค่าของ Fuzzy Input) เพื่อหาสถานะการทำงานของตัวควบคุม

ตารางความสัมพันธ์ระหว่าง Fuzzy Output กับสถานะการทำงานของตัวควบคุม

Fuzzy Output	สถานะของตัวควบคุม
0 - 2.5	OFF
2.6 - 4.5	LOW
4.6 - 8	HIGH

เมื่อได้ทำการเปลี่ยนค่า Fuzzy Output ให้สถานะการทำงานของตัวควบคุมเรียบร้อยแล้วก็จะได้สถานะการทำงานของตัวควบคุมที่ error และ change error ต่างๆ ดังนี้

ตารางแสดง สถานะของตัวควบคุม ที่ค่า error และ change error ต่างๆ

ch_e error	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
-5	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
-4	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
-3	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
-2	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
-1	L	L	L	O	O	O	O	O	O	O	O
0	H	H	H	L	L	O	O	O	O	O	O
1	H	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L
2	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
3	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
4	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
5	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

หมายเหตุ ch_e = change error

ค่าที่จะเก็บลงหน่วยความจำตามการแปรค่าดังนี้

O (OFF) = 80H
L (LOW) = 20H
H (HIGH) = 00H

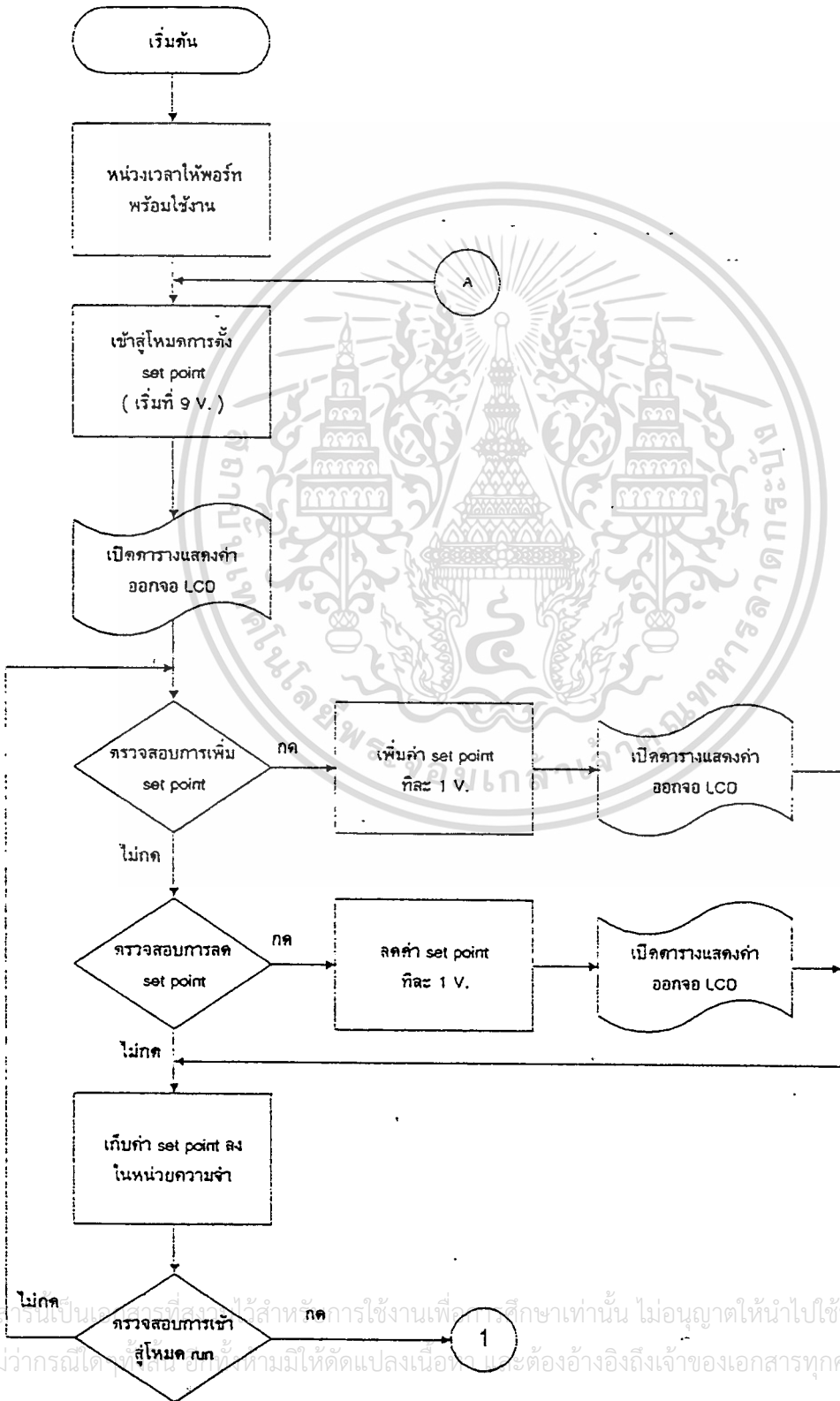
ดังนั้นตารางสถานะของตัวควบคุมที่จะเก็บลงหน่วยความจำจึงเป็นดังนี้

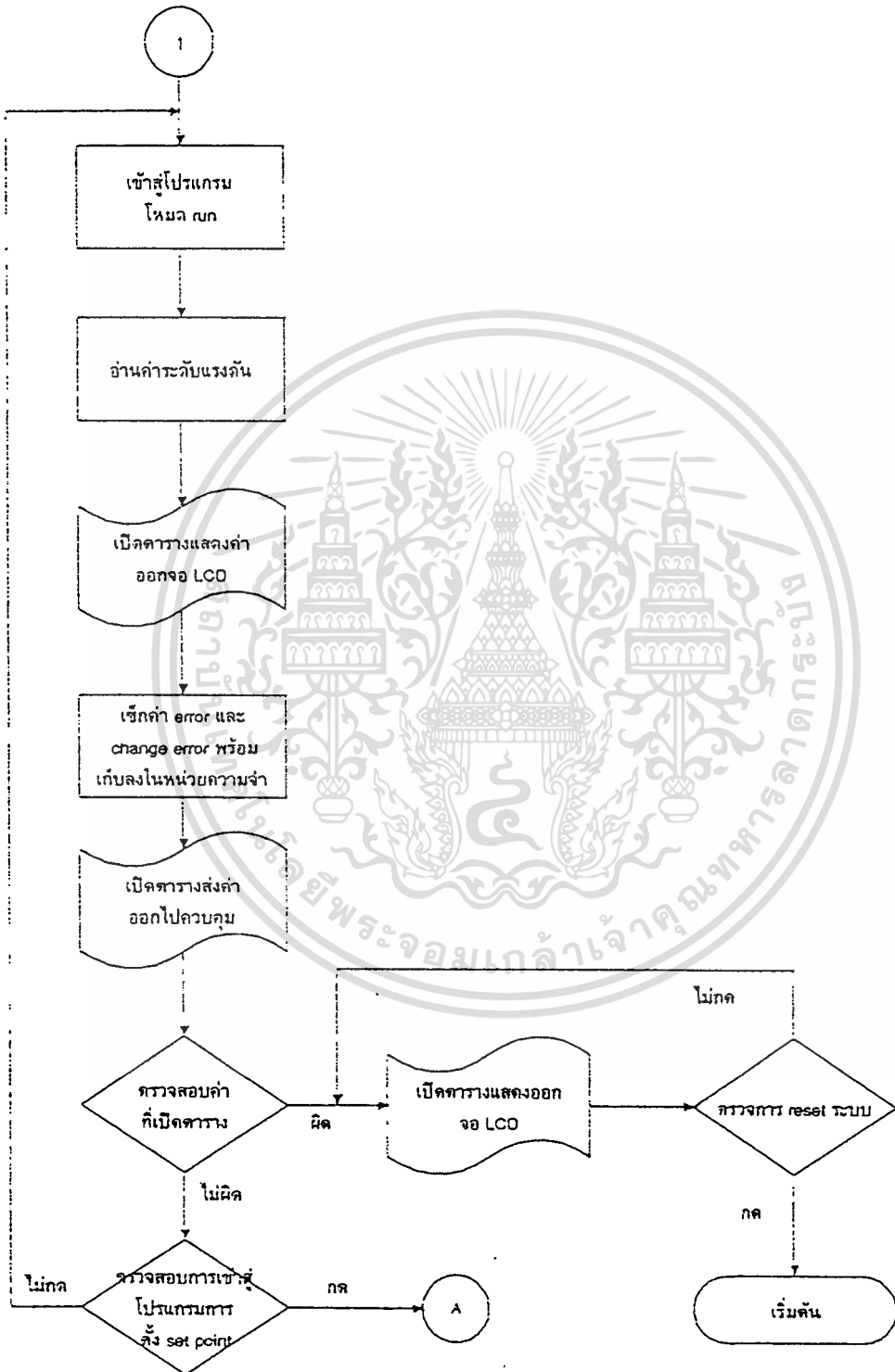
ตารางแสดง สถานะของตัวควบคุมที่จะเก็บลงหน่วยความจำ

ch_e error	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
-5	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h
-4	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h
-3	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h
-2	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h
-1	20h	20h	20h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h	80h
0	00h	00h	00h	20h	20h	80h	80h	80h	80h	80h	80h
1	00h	00h	00h	00h	00h	20h	20h	20h	20h	20h	20h
2	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h	20h	20h
3	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h
4	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h
5	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h

หมายเหตุ ch_e = change error

FLOW CHART





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลอง

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาและทดลองการออกแบบตัวควบคุมแบบพีซีลอคจิกสำหรับควบคุมแหล่งจ่ายคงที่

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลองตามแบบแผนทดลอง 1 ชุด
2. โหลดที่ค่าต่างๆ 1 ชุด
3. มัลติมิเตอร์ 2 ตัว
4. ออสซิลอสโคป 1 เครื่อง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ทดลองการเข้าสู่จุด set point ที่มีโหลดและไม่มีโหลด โดยตั้ง set point ที่ 2 โวลต์
2. วัดสัญญาณตามจุดต่างๆ และบันทึกค่าที่ได้ลงตารางที่ 5.1
3. ทำการทดลองซ้ำโดยตั้ง set point ที่ 3 โวลต์
4. วัดสัญญาณตามจุดต่างๆ และบันทึกค่าที่ได้ลงตารางที่ 5.2
5. สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลอง

จำนวนโหลด (โอมห์)	แรงดันเอาต์พุต (โวลต์)	กระแสเอาต์พุต (มิลลิแอมแปร์)
-	2	-
32	2	70
24	2	90
16	2	150
8	2	270

ตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (ตั้ง set point ที่ 2 โวลต์)
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

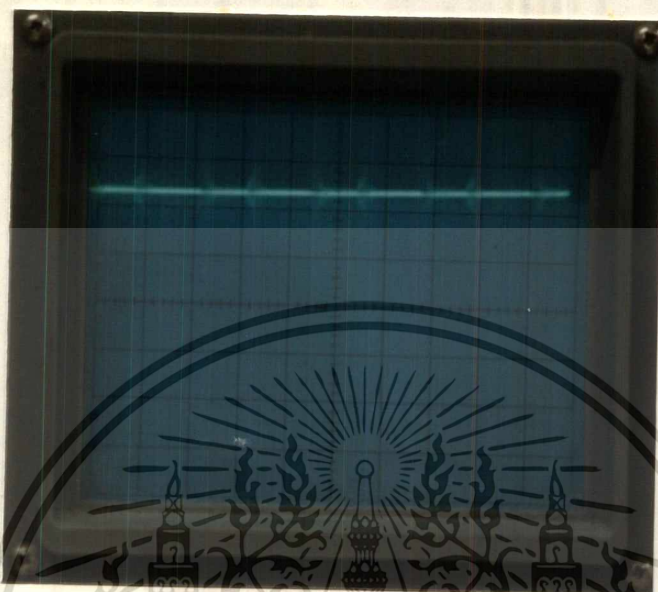
จำนวนโหลด (โอมห์)	แรงดันเอาต์พุต (โวลต์)	กระแสเอาต์พุต (มิลิแอมแปร์)
-	3	-
32	3	100
24	3	110
16	3	200
8	3	380

ตารางที่ 5.2
(ตั้ง set point ที่ 3 โวลต์)

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนี้ปรากฏว่าในเบื้องต้นขณะที่ไม่มีโหลดระดับแรงดันจะอยู่ที่ 2 โวลต์ (set point อยู่ที่ 2 โวลต์) เมื่อต่อโหลดเข้าไประดับแรงดันจะตกลง ตัวควบคุมพีซีจะทำการคำนวณหาค่า Fuzzy Output จากตาราง แล้วจึงส่งไปเปิดสัญญาณควบคุมให้ยกระดับแรงดันเพื่อให้เข้าสู่จุด set point ที่ ระดับแรงดัน 2 โวลต์ และเมื่อเปลี่ยนค่าโหลดที่ค่าต่างๆตามตารางจะเกิดลักษณะของการเข้าสู่จุด set point ในลักษณะเดียวกัน

ส่วนการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนค่า set point ที่ 3 โวลต์ จะได้ผลการทดลองในการเข้าหาจุด set point ทั้งในขณะมีโหลดและไม่มีโหลดเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการทดลองครั้งแรก



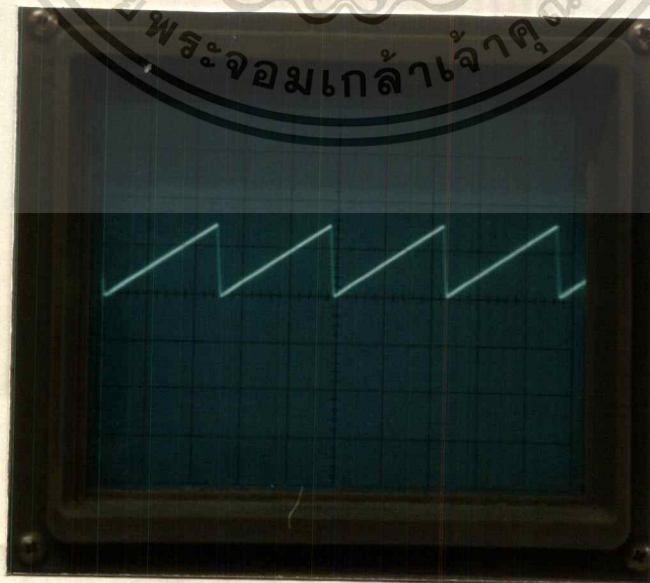
รูปที่ 5.1 แสดงสัญญาณ o/p Volt/Div = 5V, Time/Div = 10 μ s



รูปที่ 5.2 แสดงสัญญาณ o/p ของ IC 494 ที่ขา 8 Volt/Div = 5V
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

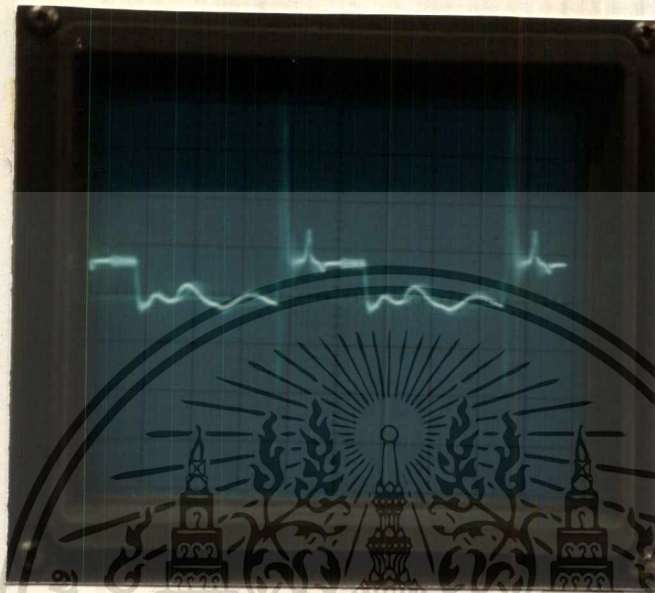


รูปที่ 5.3 แสดงสัญญาณ o/p ของ IC 494 ที่ขา 11 Volt/Div = 5V
Time/Div = 20 μ s



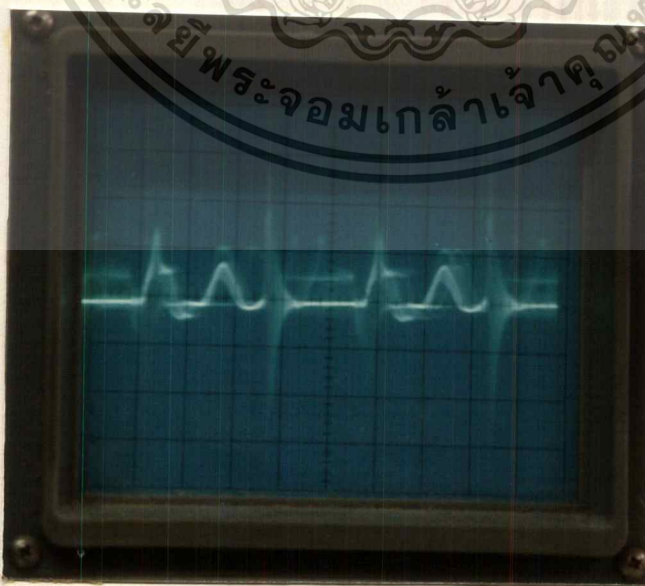
รูปที่ 5.4 แสดงสัญญาณฟันเลื่อย ของ IC 494 ที่ขา 5 Volt/Div = 1V
Time/Div = 10 μ s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูลนี้เพื่อการค้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงสัญญาณ ที่ขา G กับ ขา S ของมอสเฟต

Volt/ Div = 5V , Time/Div = 5 μ s

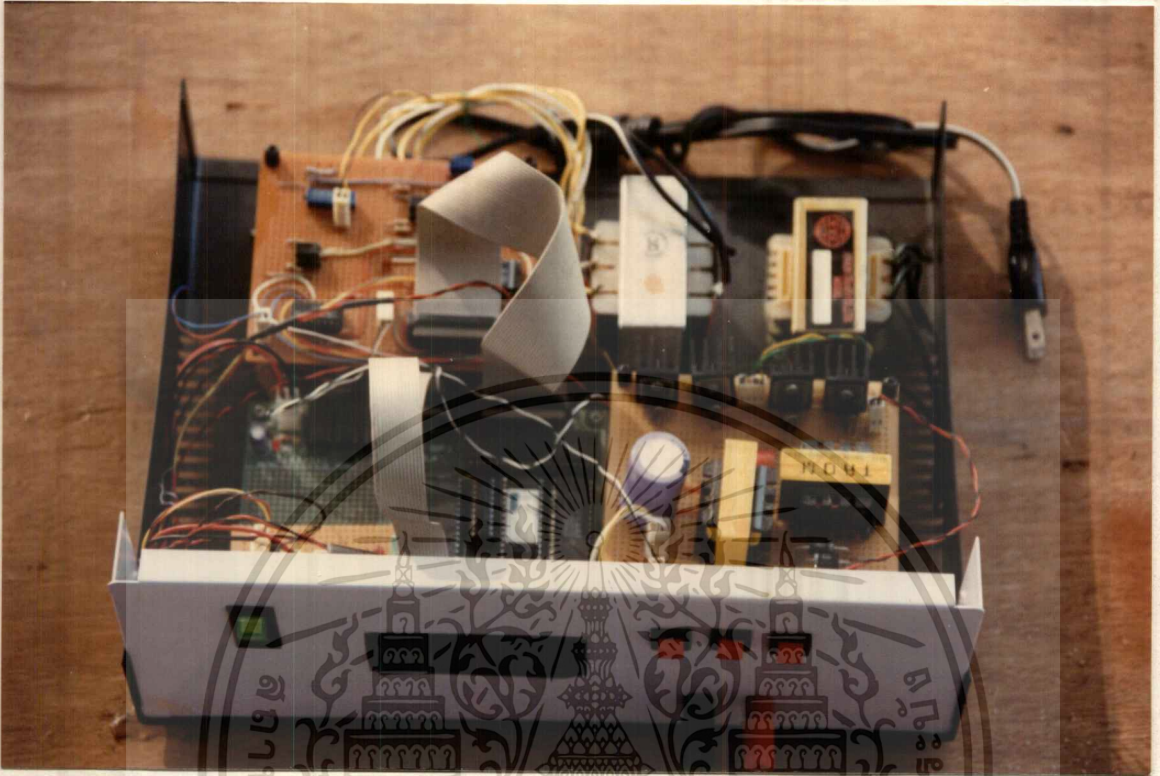


รูปที่ 5.6 แสดงสัญญาณ ที่ขา D กับ ขา S ของมอสเฟต

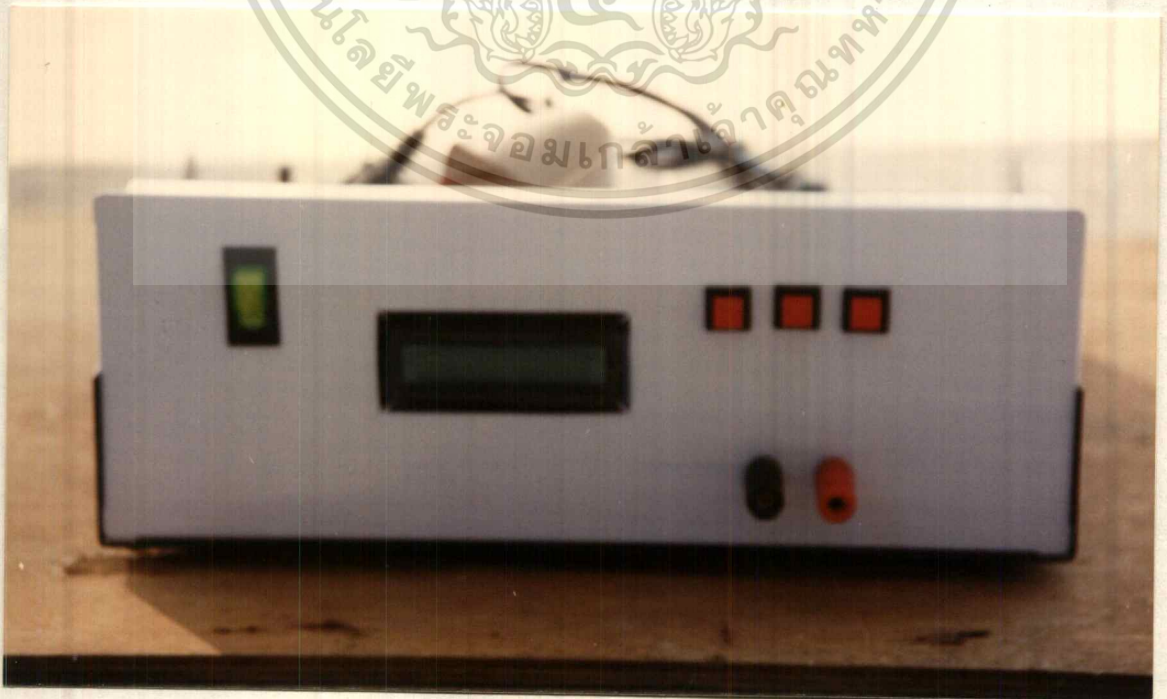
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Volt/ Div = 5V , Time/Div = 5 μ s

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 แสดงภาพภายในตัวเครื่อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 5.8 แสดงภาพด้านหน้าตัวเครื่องถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 บทสรุปและวิจารณ์

บทสรุป

จากจุดประสงค์หลักของโครงการนี้ต้องการที่จะนำฟuzzy logic มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบตัวควบคุม ซึ่งจากการทดลอง ในการทดสอบกับโหลดที่ค่าต่างๆ จะเห็นได้ว่าจากการทดลองฟuzzy logic สามารถที่จะนำมาควบคุมแรงดันได้ในช่วงโหลดหนึ่งๆเท่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายและส่วนควบคุมฟuzzy logic ซึ่งในการทำโครงการนี้ประสิทธิภาพของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายยังไม่ดีเท่าที่ควรสำหรับในส่วนของฟuzzy logic นั้นการกำหนดลักษณะของ Membership Function นั้นจะมีผลตอบสนองต่อระบบเช่นกันแต่ยังไม่มากเมื่อเทียบกับผลที่เกิดจากกฎของการควบคุม นอกจากนั้นการปรับค่า Range of Error, Change of Error และ Control Input ก็มีผลตอบสนองด้วยเช่นเดียวกัน ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้ความกว้างของ Range อยู่ในช่วงกลางดังนั้นค่าของฟuzzy ที่ออกมาจึงไม่เกิดการ Over Lap กันมากนัก ซึ่งตามหลักแล้ว Control Rule ที่ดีที่สุดของระบบหนึ่ง อาจจะเป็น Control Rule ที่ไม่ดีของอีกระบบหนึ่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของระบบนั้นๆ ดังนั้นการเลือก Control Rule ที่เหมาะสมนั้นต้องทำการลองผิดลองถูกจนกว่าจะได้ Control Rule ที่ดีที่สุด

สำหรับการทดลองนี้ก็จะมีการชดเชยของ Voltage ที่ Output ซึ่งจะมีการตั้ง set point เอาไว้เช่นเมื่อต้องการผลตอบสนองเป็นลบมาก ($er = -ln$; $cer = -ln$) ก็ให้ Control Output เป็นบวกมาก ($ci = lp$) เข้าไป

ในการทดลองขณะไม่มีโหลดจะมีการแกว่งของสัญญาณอยู่บ้างเมื่อถึงค่า set point ที่ตั้งไว้ เนื่องจากจากผลตอบสนองที่ได้จาก Fuzzy Controller ส่วนใหญ่ Steady State จะไม่เรียบเลยทีเดียวแต่จะมีการแกว่งด้วย Amplitude ขนาดเล็กๆที่เกิดจากการจะพยายามปรับตัวเองให้เข้าสู่จุด set point ให้ได้นั่นเอง แต่ในขณะมีโหลดระดับแรงดันกลับนิ่งเนื่องจากว่าเมื่อต่อโหลด Fuzzy Controller จะเกิดการชดเชยขึ้นเพื่อปรับระดับแรงดันให้เข้าสู่จุด set point จึงทำให้การ oscillate หดไป

วิจารณ์

จากการทดลองจะพบว่าการทำงานของ Fuzzy Control ยังทำงานได้ไม่ดีนักเมื่อเปรียบกับการควบคุมแบบ PID นั้นอาจจะเป็นเพราะผู้จัดโครงการนี้มีประสบการณ์น้อยจึงทำให้การออกแบบตัวควบคุมและสวิตซ์เฟาเวอร์ซ์พหลายมีประสิทธิภาพในการทำงานไม่ดีเท่าที่ควร ในขณะที่เดียวกัน การใช้ Fuzzy Control มาประยุกต์ใช้กับสวิตซ์เฟาเวอร์ซ์พหลายเป็นเรื่องที่อยากพอสมควรเพราะเนื่องจากเงื่อนไขต่างๆที่กล่าวมาแล้วข้างต้น





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม

```
LCDWRC EQU 0C000H ;LCD WRITE CONTROL
LCDRDC EQU 0C001H ;LCD READ CONTROL (BUSY CHECK)
LCDWRD EQU 0C002H ;LCD WRITE DATA
LCDRDD EQU 0C003H ;LCD READ DATA
CONTP EQU 0E003H ;CONTROL PORT
ERROR EQU 30H ;ERROR-BUFFER
CERROR EQU 31H ;CERROR-BUFFER
VSETP EQU 32H ;SET P BUFFER
VSETS EQU 33H ;SET P SL
VKEEP EQU 34H ;KEEP INPUT
OUTPUT EQU 35H ;OUTPUT BUFFER
JOO EQU 38H
```

ORG 0100H

```
MAIN: MOV DPTR,#CONTP ;SET 8255 CONTROL
      MOV A,#91H ;A,C =INPUT/ B=OUTPUT
      MOVX @DPTR,A
```

```
MOV A,#00111000B ;FUNCTION SET
LCALL LCDWI
MOV A,#00001100B ;DISPLAY ON/OFF
LCALL LCDWI
MOV A,#00000100B ;ENTRY MODE SET
LCALL LCDWI
MOV A,#01H ;CLEAR
LCALL LCDWI
```

```

MOV DPTR,#0E000H ;FIRST OUT=0 TO 8255
MOV R2,#3
CLR A
MOV R3,#00h
MOV R4,#05H

```

```

MAIN0: MOVX @DPTR,A

```

```

INC DPTR

```

```

DJNZ R2,MAIN0

```

```

MOV DPTR,#0E001H

```

```

MOV A,#080H ; ส่งค่า Output = 0

```

```

MOVX@DPTR,A

```

```

MAIN1: MOV DPTR,#MAINT1 ; แสดงหน้าจอ

```

```

LCALL LCDLDP

```

```

MOV R2,#90H

```

```

LCALL DELAY

```

```

MOV DPTR,#MAINT2

```

```

LCALL LCDLDP

```

```

MOV R2,#90H

```

```

LCALL DELAY

```

```

MOV VSETS,#09H

```

```

MAIN11: MOV DPTR,#MAINT3 ; ตั้งค่า SET PIONT

```

```

LCALL LCDLDP

```

```

MOV DPTR,#SETP

```

```

LOOPUU: MOV A,#00H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่างสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่าในกรณีใดๆ ผู้ใช้ต้องรับผิดชอบต่อการใช้งาน และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
INC DPTR
LCALL LCDLDD
LJMP MAIN111
```

```
' LOOPVUU: MOV R7,#06H
NEWUU: INC DPTR
DJNZ R7,NEWUU
LJMP LOOPUU
```

```
MAIN111: MOV DPTR,#0E002H
MOVX A,@DPTR
JNB ACC.1,SETUP
MOV DPTR,#0E002H
MOVX A,@DPTR
JNB ACC.2,SETDW
LCALL SETPR
MOV DPTR,#0E002H ; SW. ON/SYTEM
MOVX A,@DPTR
JNB ACC.0,MAIN111
LJMP MAIN111
```

```
MAIN111:LCALL DELAYY ; หน่วงเวลา สำหรับการกดปุ่ม
MOV DPTR,#0E002H
MOVX A,@DPTR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม หากมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SETUP: MOV A,#0FH
        CJNE A,VSETS,SSETUP
        LJMP MAIN111
```

```
SSETUP: LCALL DELAYY ; หน่วงเวลา สำหรับการกดปุ่ม
        MOV DPTR,#0E002H
        MOVX A,@DPTR
        JNB ACC.1,MAIN111
```

```
MOV A,VSETS
```

```
INC A
```

```
MOV VSETS,A
```

```
MOV DPTR,#SETP
```

```
LOOPU: MOV A,#00H
```

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

```
CJNE A,VSETS,LOOPVU
```

```
INC DPTR
```

```
LCALL LCDLDD
```

```
LJMP MAIN111
```

```
LOOPVU: MOV R7,#06H
```

```
NEWU: INC DPTR
```

```
DJNZ R7,NEWU
```

```
LJMP LOOPU
```

```
SETDW: MOV A,#05H
```

```
CJNE A,VSETS,SSETDW
```

```
LJMP MAIN111
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

·SSETDW: LCALL DELAY

MOV DPTR,#0E002H

MOVX A,@DPTR

JNB ACC.2,MAIN111

MOV A,VSETS

DEC A

MOV VSETS,A

MOV DPTR,#SETP

LOOPD: MOV A,#00H

MOVC A,@A+DPTR

CJNE A,VSETS,LOOPVD

INC DPTR

LCALL LCDLDD

LJMP MAIN111

LOOPVD: MOV R7,#06H

NEWD: INC DPTR

DJNZ R7,NEWD

LJMP LOOPD

SETPR: MOV DPTR,#SET

JOI: MOV A,#00H

MOVC A,@A+DPTR

CJNE A,VSETS,JOII

INC DPTR

MOV A,#00H

MOVC A,@A+DPTR

MOV VSETP,A

RET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการดำเนินงาน ; เก็บค่าที่ตั้งไว้ในหน่วยความจำ(KEEP SET P) ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่าโดยวิธีใดก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

JOI:  MOV  R7,#02H
      INC  DPTR
      DJNZ R7,JOI

      RET

```

โปรแกรม RUN

```

MAIN12: MOV  DPTR,#MAINT4 ; แสดงหน้าจอ

```

```

      LCALL LCDLDP

```

```

MAIN13: MOV  DPTR,#0E000H

```

```

      MOVX  A,@DPTR

```

```

      MOV  VKEEP,A

```

```

      MOV  DPTR,#VOLT

```

```

LOOP:  MOV  A,#00H

```

```

      MOVC  A,@A+DPTR

```

```

      CJNE  A,VKEEP,LOOPV

```

```

      INC  DPTR

```

```

      LCALL LCDLDD

```

```

      LJMP MAIN2

```

```

LOOPV: MOV  R7,#06H

```

```

NEW:   INC  DPTR

```

```

      DJNZ R7,NEW

```

```

      LJMP LOOP

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAIN2: LJMP MAINCER ; CHECK CERROR

MAIN3: MOV DPTR,#0E002H ; SW ON/SET P.(สวิทช์กลับสู่อิหมตการตั้งค่า)
MOVX A,@DPTR
JNB ACC.0,TIM
LJMP MAIN13

TIM: LCALL DELAY ; หน่วงเวลาสำหรับการกดปุ่ม
MOV DPTR,#0E002H
MOVX A,@DPTR
JB ACC.0,OKE
LJMP MAIN13

OKE: LJMP MAIN11

***** CHECK CH-ERROR *****

MAINCER: MOVDPTR,#0E000H ; เซ็ทค่า chang error และเก็บลงในหน่วย
MOVX A,@DPTR ; ความจำ
MOV R2,A
MOV A,R3
SUBB A,R2
MOV CERROR,A

***** CHECK ERROR *****

MAINER: MOV DPTR,#0E000H ; เซ็ทค่า error แล้วเก็บลงในหน่วยความจำ
MOVX A,@DPTR
MOV R3,A
MOV R2,A
MOV A,VSETP
SUBB A,R2
MOV ERROR,A

เอกสารนี้ออกให้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

***** คำนวณแล้ว เปิดค่าในตาราง *****

```
JC   OUTT
MOV  R6,#03H
MOV  DPTR,#GOLF
```

```
OUT:  MOV  A,#00H
      MOVC A,@A+DPTR
      CJNE A,ERROR,HER
      LJMP OUT1
```

```
HER:  INC  DPTR
      DJNZ R6,OUT
      LJMP NHH
```

```
OUT1: CJNE R6,#03H,NOI
      MOV  DPTR,#MEAW
      MOV  R7,#02H
OUT11: MOV  A,#00H
      MOVC A,@A+DPTR
      CJNE A,CERROR,GOG
      LJMP NLL
```

```
GOG:  INC  DPTR
      DJNZ R7,OUT11
```

```
MOV  DPTR,#PET
MOV  R7,#013H
```

```
OUT2: MOV  A,#00H
      MOVC A,@A+DPTR
      CJNE A,CERROR,GOK
```

```
LJMP NOO
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GOK: INC DPTR
DJNZ R7,OUT2
LJMP NHH

NOI: CJNE R6,#02H,LOG

MOV DPTR,#PET
MOV R7,#13H

OUT3: MOV A,#00H
MOVC A,@A+DPTR
CJNE A,CERROR,KOK
LJMP NLL

KOK: INC DPTR
DJNZ R7,OUT3
LJMP NHH

LOG: CJNE R6,#01H,BIRT
MOV DPTR,#POT
MOV R7,#13H

OUT4: MOV A,#00H
MOVC A,@A+DPTR
CJNE A,CERROR,BOB
LJMP NLL

BOB: INC DPTR
DJNZ R7,OUT4

เอกสาร LAMP NHH ที่ส่งไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

***** โปรแกรมหาค่า output จากตาราง *****

```
OUTT: MOV A,ERROR
      CJNE A,#0FFH,WOW
      MOV DPTR,#UOU
      MOV R7,#13H
```

```
OUTT1: MOV A,#00H
       MOV A,@A+DPTR
       CJNE A,CERROR,XOX
       LJMP NLL
```

```
XOX:  INC DPTR
      DJNZ R7,OUTT1
      LJMP NOO
```

```
WOW:  LJMP NOO
```

```
BIRT: MOV DPTR,#OVER
      LCALL LCDLDD
```

***** โปรแกรมส่งค่าออกไปควบคุม *****

```
NOO:  MOV DPTR,#OFF          ; ส่งค่า off ไปควบคุม
      MOV A,#00H
      MOVC A,@A+DPTR
      MOV DPTR,#0E001H
      MOVX @DPTR,A
      LJMP MAIN3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NLL:  MOV  DPTR,#LOWV           ; ส่งค่า low ออกไปควบคุม
      MOV  A,#00H
      MOVC A,@A+DPTR
      MOV  DPTR,#0E001H
      MOVX @DPTR,A
      LJMP MAIN3

```

```

NHH:  MOV  DPTR,#HIGHS         ; ส่งค่า high ออกไปควบคุม
      MOV  A,#00H
      MOVC A,@A+DPTR
      MOV  DPTR,#0E001H
      MOVX @DPTR,A
      LJMP MAIN3

```

```

;***** LCDWI SUB *****

```

```

LCDWI: PUSH  DPH
      PUSH  DPL
      MOV  DPTR,#LCDWRC
      MOVX @DPTR,A
      MOV  DPTR,#LCDRDC

```

```

LCDWI1: MOVX A,@DPTR           ;WAIT FOR BF=0
      JB  ACC.7,LCDWI1
      POP  DPL
      POP  DPH

      RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

;***** LCDWD SUB *****

LCDWD: PUSH DPH

PUSH DPL

MOV DPTR,#LCDWRD

MOVX @DPTR,A

MOV DPTR,#LCDRDC

LCDWD1: MOVX A,@DPTR ;WAIT FOR BF=0

JB ACC.7,LCDWD1

POP DPL

POP DPH

RET

;***** LCDLDP SUB *****

LCDLDP: MOV A,#80H ;SET ADDRESS LINE 1

LCALL LCDLDPS

MOV A,#0COH

LCALL LCDLDPS

RET

LCDLDPS: LCALL LCDWI ;LOAD ONE LINE

MOV R2,#8 ;8 CHAR.

LCDLDPS1: CLR A

MOVC A,@A+DPTR ;PMEM=MOVC

LCALL LCDWD ;WRITE DATA

INC DPTR

DJNZ R2,LCDLDPS1

RET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

;***** LCDLDD SUB *****

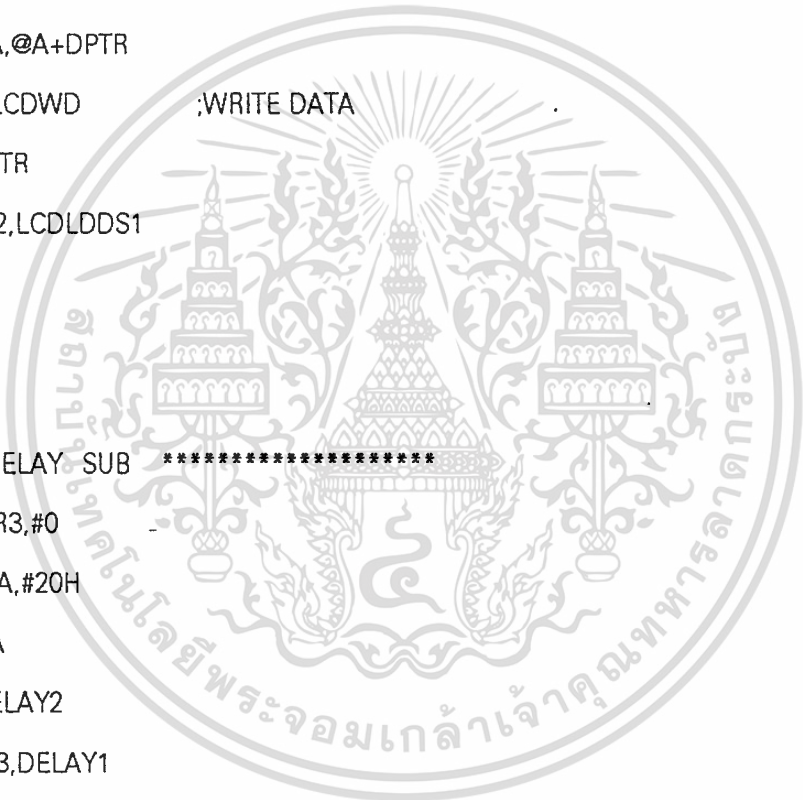
```
LCDLDD: MOV  A,#0C0H
        LCALL LCDLDDS
        RET
```

```
LCDLDDS: LCALL LCDWI      ;LOAD ONE LINE
        MOV  R2,#5        ; 5 CHAR.(VOLTE)
```

```
LCDLDDS1:CLR  A
        MOVC A,@A+DPTR
        LCALL LCDWD      ;WRITE DATA
        INC  DPTR
        DJNZ R2,LCDLDDS1
        RET
```

;***** DELAY SUB *****

```
DELAY:  MOV  R3,#0
DELAY1: MOV  A,#20H
DELAY2: DEC  A
        JNZ  DELAY2
        DJNZ R3,DELAY1
        DJNZ R2,DELAY
        RET
```



```
;***** DELAY 10 MS *****
```

```
DELAY: MOV R2,#10  
DELAY1: MOV R3,#250  
DE: NOP  
NOP  
DJNZ R3,DE  
DJNZ R2,DELAY1
```

```
RET
```

```
;***** ข้อมูลที่เก็บลงในตารางต่างๆ *****8
```

```
MAINT1: DB 'CONTROL VOLTE DC'  
MAINT2: DB ' BY FUZZY LOGIC '  
MAINT3: DB ' SET P. V.'  
MAINT4: DB 'OUTPUT V.'  
OVER: DB 'error > to RESET'
```

```
HIGHS: DB 00H  
LOWV: DB 20H  
OFF: DB 80H
```

```
MEAW: DB 0FEH,0FFH
```

```
GOLF: DB 00H,01H,02H
```

```
PET: DB 00H,01H,02H,03H,04H,05H,06H,07H,08H,09H  
DB 0AH,0BH,0CH,0DH,0EH,0FH,10H,11H,12H,13H
```

```
POT: DB 04H,05H,06H,07H,08H,09H,0AH,0BH,0CH,0DH  
DB 0EH,0FH,10H,11H,12H,13H,14H,15H,16H,17H
```

```
UOU: DB 0EAH,0EBH,0ECH,0EDH,0EEH,0EFH,0F0H,0F1H,0F2H,0F3H
```

```
DB 0F4H,0F5H,0F6H,0F7H,0F8H,0F9H,0FAH,0FBH,0FCH,0FDH
```

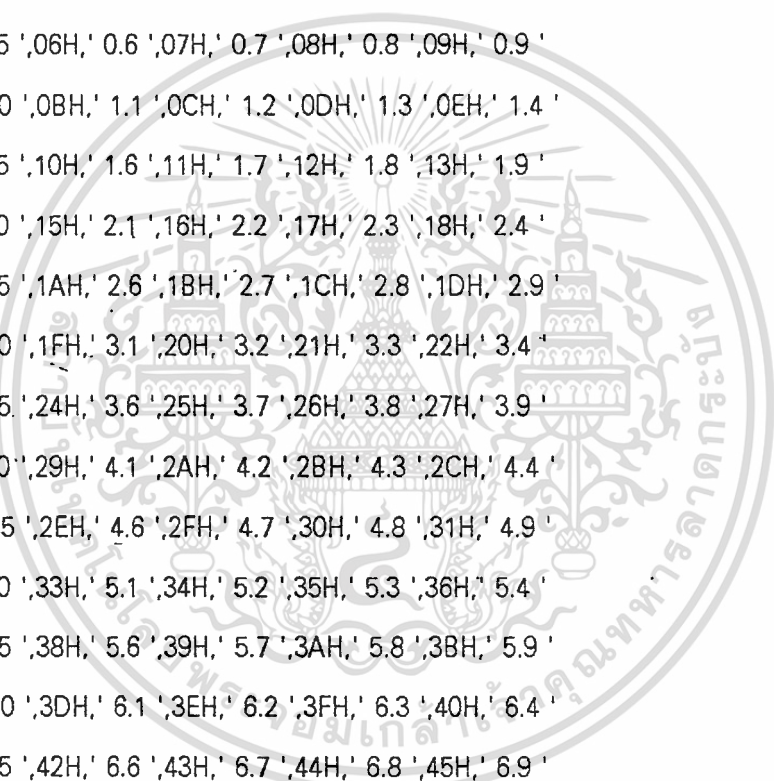
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SET: DB 05H,32H,06H,3CH,07H,46H,08H,50H,09H,5AH,0AH,64H
DB 0BH,6EH,0CH,78H,0DH,82H,0EH,8CH,0FH,96H

SETP: DB 05H,' 5.0 ',06H,' 6.0 ',07H,' 7.0 ',08H,' 8.0 ',09H,' 9.0 '
DB 0AH,'10.0 ',0BH,'11.0 ',0CH,'12.0 ',0DH,'13.0 ',0EH,'14.0 '
DB 0FH,'15.0 '

VOLT: DB 00H,' 0.0 ',01H,' 0.1 ',02H,' 0.2 ',03H,' 0.3 ',04H,' 0.4 '
DB 05H,' 0.5 ',06H,' 0.6 ',07H,' 0.7 ',08H,' 0.8 ',09H,' 0.9 '
DB 0AH,' 1.0 ',0BH,' 1.1 ',0CH,' 1.2 ',0DH,' 1.3 ',0EH,' 1.4 '
DB 0FH,' 1.5 ',10H,' 1.6 ',11H,' 1.7 ',12H,' 1.8 ',13H,' 1.9 '
DB 14H,' 2.0 ',15H,' 2.1 ',16H,' 2.2 ',17H,' 2.3 ',18H,' 2.4 '
DB 19H,' 2.5 ',1AH,' 2.6 ',1BH,' 2.7 ',1CH,' 2.8 ',1DH,' 2.9 '
DB 1EH,' 3.0 ',1FH,' 3.1 ',20H,' 3.2 ',21H,' 3.3 ',22H,' 3.4 '
DB 23H,' 3.5 ',24H,' 3.6 ',25H,' 3.7 ',26H,' 3.8 ',27H,' 3.9 '
DB 28H,' 4.0 ',29H,' 4.1 ',2AH,' 4.2 ',2BH,' 4.3 ',2CH,' 4.4 '
DB 2DH,' 4.5 ',2EH,' 4.6 ',2FH,' 4.7 ',30H,' 4.8 ',31H,' 4.9 '
DB 32H,' 5.0 ',33H,' 5.1 ',34H,' 5.2 ',35H,' 5.3 ',36H,' 5.4 '
DB 37H,' 5.5 ',38H,' 5.6 ',39H,' 5.7 ',3AH,' 5.8 ',3BH,' 5.9 '
DB 3CH,' 6.0 ',3DH,' 6.1 ',3EH,' 6.2 ',3FH,' 6.3 ',40H,' 6.4 '
DB 41H,' 6.5 ',42H,' 6.6 ',43H,' 6.7 ',44H,' 6.8 ',45H,' 6.9 '
DB 46H,' 7.0 ',47H,' 7.1 ',48H,' 7.2 ',49H,' 7.3 ',4AH,' 7.4 '
DB 4BH,' 7.5 ',4CH,' 7.6 ',4DH,' 7.7 ',4EH,' 7.8 ',4FH,' 7.9 '
DB 50H,' 8.0 ',51H,' 8.1 ',52H,' 8.2 ',53H,' 8.3 ',54H,' 8.4 '
DB 55H,' 8.5 ',56H,' 8.6 ',57H,' 8.7 ',58H,' 8.8 ',59H,' 8.9 '
DB 5AH,' 9.0 ',5BH,' 9.1 ',5CH,' 9.2 ',5DH,' 9.3 ',5EH,' 9.4 '
DB 5FH,' 9.5 ',60H,' 9.6 ',61H,' 9.7 ',62H,' 9.8 ',63H,' 9.9 '
DB 64H,'10.0 ',65H,'10.1 ',66H,'10.2 ',67H,'10.3 ',68H,'10.4 '
DB 69H,'10.5 ',6AH,'10.6 ',6BH,'10.7 ',6CH,'10.8 ',6DH,'10.9 '
DB 6EH,'11.0 ',6FH,'11.1 ',70H,'11.2 ',71H,'11.3 ',72H,'11.4 '
DB 73H,'11.5 ',74H,'11.6 ',75H,'11.7 ',76H,'11.8 ',77H,'11.9 '



DB 78H,'12.0 ','79H,'12.1 ','7AH,'12.2 ','7BH,'12.3 ','7CH,'12.4 '
DB 7DH,'12.5 ','7EH,'12.6 ','7FH,'12.7 ','80H,'12.8 ','81H,'12.9 '
DB 82H,'13.0 ','83H,'13.1 ','84H,'13.2 ','85H,'13.3 ','86H,'13.4 '
DB 87H,'13.5 ','88H,'13.6 ','89H,'13.7 ','8AH,'13.8 ','8BH,'13.9 '
DB 8CH,'14.0 ','8DH,'14.1 ','8EH,'14.2 ','8FH,'14.3 ','90H,'14.4 '
DB 91H,'14.5 ','92H,'14.6 ','93H,'14.7 ','94H,'14.8 ','95H,'14.9 '
DB 96H,'15.0 ','97H,'15.1 ','98H,'15.2 ','99H,'15.3 ','9AH,'15.4 '
DB 9BH,'15.5 ','9CH,'15.6 ','9DH,'15.7 ','9EH,'15.8 ','9FH,'15.9 '
DB 0A0H,'16.0 ','0A1H,'16.1 ','0A2H,'16.2 ','0A3H,'16.3 ','0A4H,'16.4 '
DB 0A5H,'16.5 ','0A6H,'16.6 ','0A7H,'16.7 ','0A8H,'16.8 ','0A9H,'16.9 '
DB 0AAH,'17.0 ','0ABH,'17.1 ','0ACH,'17.2 ','0ADH,'17.3 ','0AEH,'17.4 '
DB 0AFH,'17.5 ','0B0H,'17.6 ','0B1H,'17.7 ','0B2H,'17.8 ','0B3H,'17.9 '
DB 0B4H,'18.0 ','0B5H,'18.1 ','0B6H,'18.2 ','0B7H,'18.3 ','0B8H,'18.4 '
DB 0B9H,'18.5 ','0BAH,'18.6 ','0BBH,'18.7 ','0BCH,'18.8 ','0BDH,'18.9 '
DB 0BEH,'19.0 ','0BFH,'19.1 ','0C0H,'19.2 ','0C1H,'19.3 ','0C2H,'19.4 '
DB 0C3H,'19.5 ','0C4H,'19.6 ','0C5H,'19.7 ','0C6H,'19.8 ','0C7H,'19.9 '
DB 0C8H,'20.0 ','0C9H,'20.1 ','0CAH,'20.2 ','0CBH,'20.3 ','0CCH,'20.4 '
DB 0CDH,'20.5 ','0CEH,'20.6 ','0CFH,'20.7 ','0D0H,'20.8 ','0D1H,'20.9 '
DB 0D2H,'21.0 ','0D3H,'21.1 ','0D4H,'21.2 ','0D5H,'21.3 ','0D6H,'21.4 '
DB 0D7H,'21.5 ','0D8H,'21.6 ','0D9H,'21.7 ','0DAH,'21.8 ','0DBH,'21.9 '
DB 0DCH,'22.0 ','0DDH,'22.1 ','0DEH,'22.2 ','0DFH,'22.3 ','0E0H,'22.4 '
DB 0E1H,'22.5 ','0E2H,'22.6 ','0E3H,'22.7 ','0E4H,'22.8 ','0E5H,'22.9 '
DB 0E6H,'23.0 ','0E7H,'23.1 ','0E8H,'23.2 ','0E9H,'23.3 ','0EAH,'23.4 '
DB 0EBH,'23.5 ','0ECH,'23.6 ','0EDH,'23.7 ','0EEH,'23.8 ','0EFH,'23.9 '
DB 0F0H,'24.0 ','0F1H,'24.1 ','0F2H,'24.2 ','0F3H,'24.3 ','0F4H,'24.4 '
DB 0F5H,'24.5 ','0F6H,'24.6 ','0F7H,'24.7 ','0F8H,'24.8 ','0F9H,'24.9 '
DB 0FAH,'25.0 ','0FBH,'25.1 ','0FCH,'25.2 ','0FDH,'25.3 ','0FEH,'25.4 '
DB 0FFH,'25.5 '

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ สักรียา ชิดวงศ์ เป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อปริญญาโทฉบับนี้ จนทำให้ปริญญาโทนี้เสร็จสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่คณะผู้จัดทำตั้งเป้าหมายไว้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ-คุณแม่ ของคณะผู้จัดทำทุกคนที่ได้ให้ทุนทรัพย์ และให้กำลังใจมาโดยตลอด และเพื่อนทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. EARL COX,'THE FUZZY SYSTMS',AP PROFESSIONAL A DIVISION OF HARCOURT COMPANY.
2. KOSKO AND SATORU ISAKA,'FUZZY LOGIC',SCIENTIFIC AMERICAN, JULY 1993.
3. กิตติ อินทรานนท์,ศรีรักษ์ ศรีทองชัย”การตัดสินใจโดยใช้ทฤษฎีฟัซซี่เซต” วิศวกรรมสาร,ปีที่46 เล่มที่2,กุมภาพันธ์ 2536.
4. สิทธิชัยเคนบุผา,”ฟัซซี่ลอจิก นวัตกรรมทางเทคโนโลยีทางความรู้สึกของมนุษย์”วารสารเคมีคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 121 ตุลาคม 2535.
5. ผศ.ดร. จงกล งามวิวิทย์,”ผลการเปลี่ยนแปลงค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของตัวควบคุมแบบฟัซซี่”,ประชุมวิชาการทางไฟฟ้า ครั้งที่ 16, พฤศจิกายน 2536.



Absolute Maximum Ratings (Note 1)
 Military/Aerospace specified devices are required, contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.
 Lead Temp. (Soldering) 10 seconds, 260°C
 Dual-In-Line Package (plastic) 260°C
 Dual-In-Line Package (ceramic) 300°C
 Surface Mount Package (ceramic) 300°C
 Supply Voltage (V_S) ±15V
 Power Dissipation (Note 2) 500 mW
 Vapor Phase (60 seconds) 215°C
 Infrared (15 seconds) 220°C

Operating Conditions (Note 1)

Parameter	Min	Max	Units
Temperature (T _A)			°C
DAC0802L	-55	+125	°C
DAC0802L	-55	+125	°C
DAC0800LC	0	+70	°C
DAC0801LC	0	+70	°C
DAC0802LC	0	+70	°C

The following specifications apply for V_S = ±15V, I_{REF} = 2 mA and I_{IN} ≤ I_A.
 T_{MAX} unless otherwise specified. Output characteristics refer to both I_{OUT} and I_{OUT}.

Symbol	Parameter	Conditions	DAC0802L/ DAC0802LC		DAC0800L/ DAC0800LC		DAC0801LC		Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
R	Resolution		8	8	8	8	8	8	Bits
M	Monotonicity		8	8	8	8	8	8	Bits
N	Nonlinearity		±0.1		±0.19			±0.39	%FS
T	Settling Time	T ₀ ± 1/2 LSB, All Bits Switched "ON" or "OFF", T _A = 25°C	100	135			100	150	ns
P	Propagation Delay								ns
C	Catch-Up								ns
A	All Bits Switched								ns
V	Full Scale Tempco		±10	±50	±10	±50	±10	±80	ppm/°C
V	Output Voltage Compliance	Full Scale Current Change	-10	18	-10	18	-10	18	V
F	Full Scale Current	V _{REF} = 10,000V, R ₁₄ = 5,000 kΩ, R ₁₅ = 5,000 kΩ, T _A = 25°C	1,984	2,000	1,994	2,004	1,994	2,004	mA
S	Full Scale Symmetry	I _{FS1} - I _{FS2}	±0.5	±4.0	±1	±8.0	±2	±16	μA
Z	Zero Scale Current		0	1.0	0	2.0	0	4.0	μA
O	Output Current Range	V _S = -5V V _S = -8V to -18V	0	2.0	0	2.0	0	2.0	mA
L	Logic Input Levels	V _{IC} = 0V							V
L	Logic "0"	V _{IC} = 0V							V
L	Logic "1"	V _{IC} = 0V							V
L	Logic Input Current	V _{IC} = 0V							μA
L	Logic "0"	2V ≤ V _{IC} ≤ +0.8V							μA
L	Logic "1"	2V ≤ V _{IC} ≤ +1.8V							μA
V	Logic Input Swing	V _S = -15V	-10		-10		-10		V
V	Reference Threshold Hysteresis	V _S = +15V	-10		-10		-10		V
d	Reference Input Slow Rate	(Figure 12)	4.0	8.0	4.0	8.0	4.0	8.0	mA/μs
P	Power Supply Sensitivity	4.5V ≤ V _S ≤ ±18V	0.0001	0.01	0.0001	0.01	0.0001	0.01	0.01
P	Power Supply Sensitivity	-4.5V ≤ V _S ≤ -18V	0.0001	0.01	0.0001	0.01	0.0001	0.01	0.01
P	Power Supply Current	V _S = ±5V, I _{REF} = 1 mA							mA
P	Power Supply Current	V _S = ±5V, I _{REF} = 2 mA							mA
P	Power Supply Current	V _S = ±15V, I _{REF} = 2 mA							mA

National Semiconductor Corporation
 DAC0800/DAC0801/DAC0802

DAC0800/DAC0801/DAC0802 8-Bit Digital-to-Analog Converters

General Description
 The DAC0800 series are monolithic 8-bit high-speed current-output digital-to-analog converters (DAC) featuring typical settling times of 100 ns. When used as a multiplying DAC, monolithic performance over a 40 to 1 reference current range is possible. The DAC0800 series also features high compliance complementary current outputs to allow differential output voltages of 20 V_{p-p} with simple resistor loads as shown in Figure 7. The reference-to-full-scale current matching of better than ±1 LSB eliminates the need for full-scale trims in most applications while the nonlinearity of better than ±0.1% over temperature minimizes system error accumulations.
 The noise-immune inputs of the DAC0800 series will accept TTL levels with the logic threshold pin, V_{IC}, grounded. Changing the V_{IC} potential will allow direct interface to other logic families. The performance and characteristics of the device are essentially unchanged over the full ±4.5V to ±18V power supply range; power dissipation is only 33 mW with ±15V supplies and is independent of the logic input status.

Typical Applications

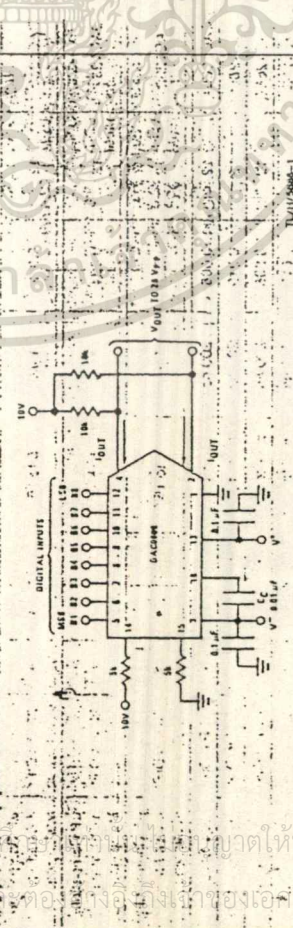


FIGURE 1. ±20 V_{p-p} Output Digital-to-Analog Converter (Note 4)

Ordering Information

Non-Linearity	Temperature Range	J Package (J16A)*	H Package (H16A)*	SO Package (M16A)
±0.1% FS	-55°C ≤ T _A ≤ +125°C	DAC0802LJ	DAC0802LCN	DAC0802LCM
±0.1% FS	0°C ≤ T _A ≤ +70°C	DAC0802LJ	DAC0802LCN	DAC0802LCM
±0.19% FS	-55°C ≤ T _A ≤ +125°C	DAC0800LJ	DAC0800LCN	DAC0800LCM
±0.10% FS	0°C ≤ T _A ≤ +70°C	DAC0800LJ	DAC0800LCN	DAC0800LCM
±0.30% FS	0°C ≤ T _A ≤ +70°C	DAC0801LJ	DAC0801LCN	DAC0801LCM

*Devices may be ordered by using asterisk order number.

Typical Performance Characteristics (Continued)

Power Supply Current vs. Input Voltage

ALL BITS HIGH OR LOW

Power Supply Current vs. Input Voltage

ALL BITS HIGH OR LOW

Power Supply Current vs. Input Voltage

ALL BITS HIGH OR LOW

Power Supply Current vs. Input Voltage

ALL BITS HIGH OR LOW

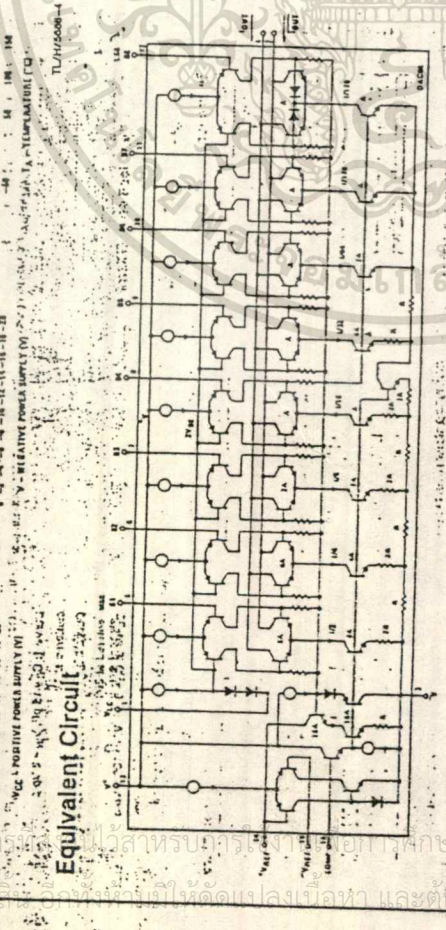


FIGURE 2. Equivalent Circuit

Typical Applications (Continued)

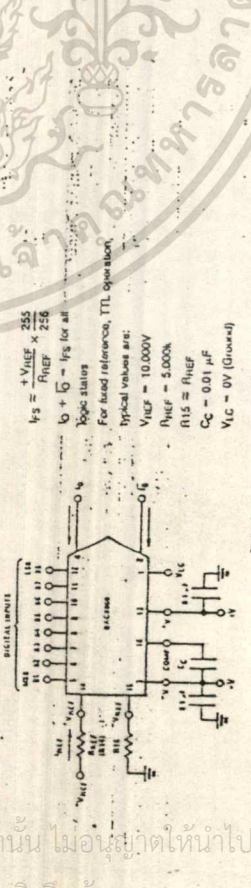


FIGURE 3. Basic Positive Reference Operation (Note 4)

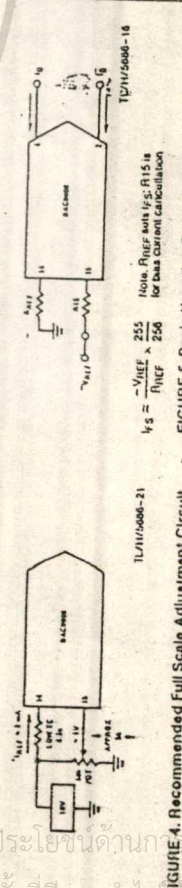


FIGURE 4. Recommended Full Scale Adjustment Circuit (Note 4)

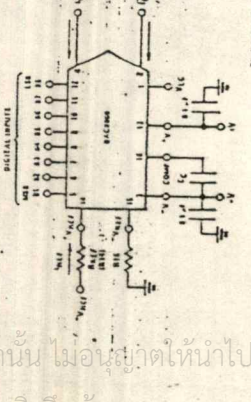
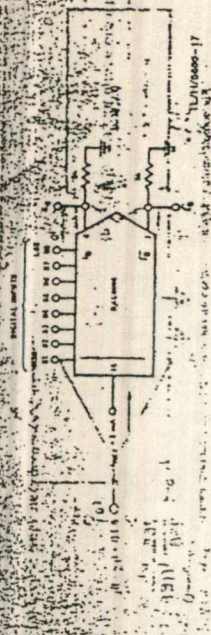


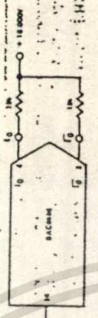
FIGURE 5. Basic Negative Reference Operation (Note 4)

Typical Applications (Continued)



	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	I _Q mA	E _Q	E ₀
Full Scale	1	1	1	1	1	1	1	1	1.992	0.000	-9.960
Full Scale - LSB	1	1	1	1	1	1	1	1	1.984	0.008	-9.920
Half Scale + LSB	1	0	0	0	0	0	0	1	1.008	0.984	-5.040
Half Scale	1	0	0	0	0	0	0	1	1.000	0.992	-5.000
Half Scale - LSB	1	0	0	0	0	0	0	1	0.992	1.000	-4.960
Zero Scale + LSB	0	0	0	0	0	0	0	1	0.008	1.984	-0.040
Zero Scale	0	0	0	0	0	0	0	1	0.000	1.992	0.000
Zero Scale - LSB	0	0	0	0	0	0	0	1	0.000	1.992	-9.960

FIGURE 6. Basic Unipolar Negative Operation (Note 4)



	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	I _Q mA	E _Q	E ₀
Pos. Full Scale	1	1	1	1	1	1	1	1	1.992	-0.920	+10.000
Pos. Full Scale - LSB	1	1	1	1	1	1	1	1	1.984	-0.920	+9.920
Zero Scale + LSB	1	0	0	0	0	0	0	1	1.000	-0.080	+0.160
Zero Scale	1	0	0	0	0	0	0	1	1.000	0.000	+0.080
Zero Scale - LSB	1	0	0	0	0	0	0	1	0.992	0.000	0.000
Neg. Full Scale + LSB	0	0	0	0	0	0	0	1	0.008	-9.920	-9.840
Neg. Full Scale	0	0	0	0	0	0	0	1	0.000	-9.920	-9.840
Neg. Full Scale - LSB	0	0	0	0	0	0	0	1	0.000	-9.920	-9.920

FIGURE 7. Basic Bipolar Output Operation (Note 4)

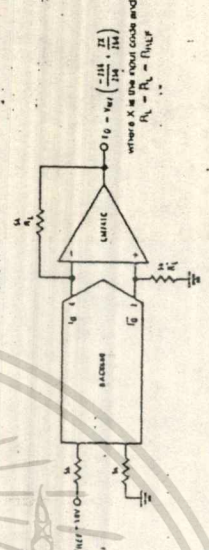


FIGURE 8. Symmetrical Offset Binary Operation (Note 4)

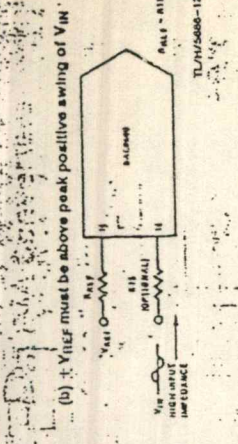


FIGURE 13. Accommodating Bipolar References (Note 4)

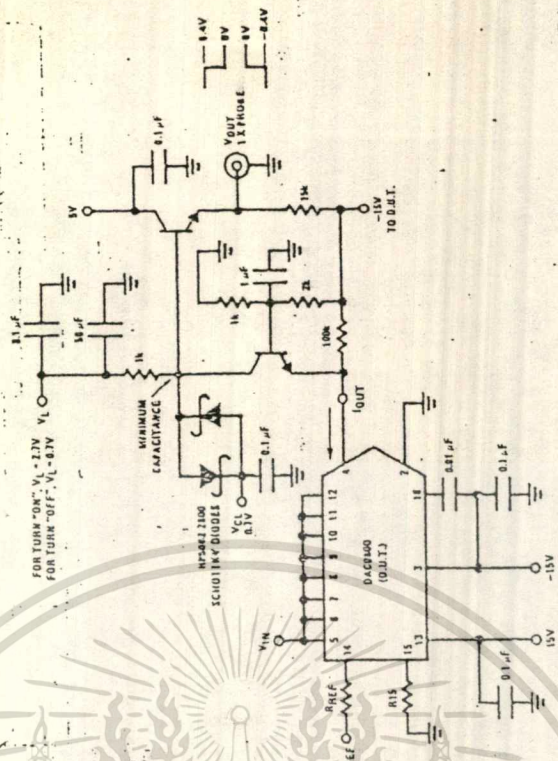


FIGURE 14. Settling Time Measurement (Note 4)

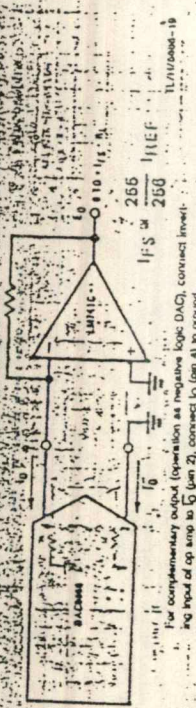


FIGURE 9. Positive Low Impedance Output Operation (Note 4)

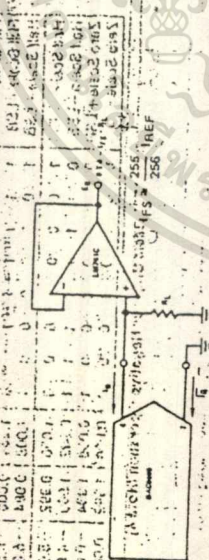


FIGURE 10. Negative Low Impedance Output Operation (Note 4)

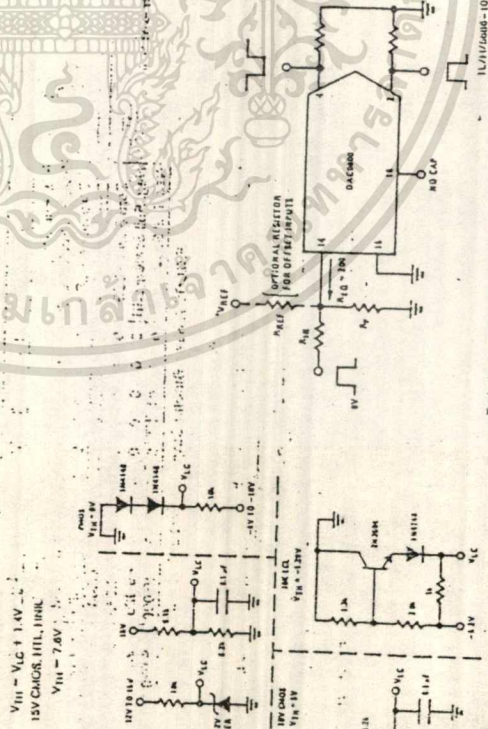


FIGURE 11. Interfacing with Various Logic Families

FIGURE 12. Pulsed Reference Operation (Note 4)

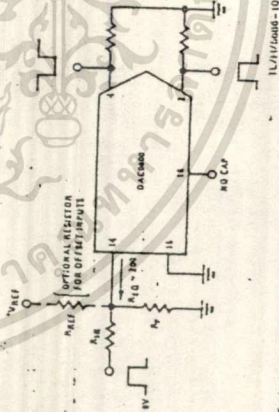


FIGURE 12. Pulsed Reference Operation (Note 4)

ภาพแสดงผังเวลาของขาสัญญาณ

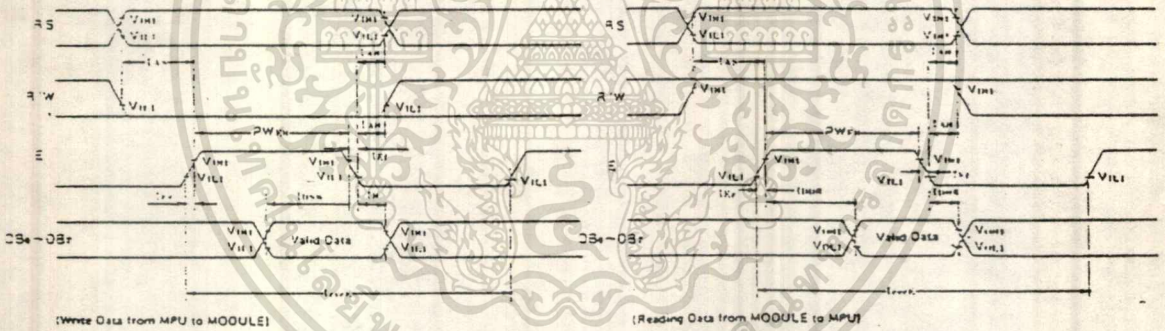
TIMING CHART 時序

Item (項目)	Symbol 符號	Measuring Condition 測試條件	(標準值) Standard Value			Unit 單位
			min.	typ.	max.	
Enable Cycle Time (允許時間周期)	T _{crE}	Figs.1,2	1000	—	—	nS
Enable Pulse Width, High Level (允許脈沖寬度、高電平)	P _{WEH}	Figs.1,2	450	—	—	nS
Enable Rise and Decay Time (允許上升和下降時間)	t _{r,TEF}	Figs.1,2	—	—	25	nS
Address Setup Time,RS,R/W-E (地址建立時間)	t _{AS}	Figs.1,2	140	—	—	nS
Data Delay Time (數據延遲時間)	t _{DDR}	Fig.2	—	—	320	nS
Data Setup Time (數據設置時間)	t _{DSW}	Fig.1	195	—	—	nS
Data Hold Time (數據保持時間)	t _H	Fig.1	10	—	—	nS
Data Hold Time	t _{DHR}	Fig.2	20	—	—	nS
Address Hold Time (地址保持時間)	t _{AH}	Figs.1,2	10	—	—	nS

* V_{CC} = 5.0V ± 5%, T_a = 25°C

FIG.1 WRITE OPERATION (寫操作)

FIG.2 READ OPERATION (讀操作)



(Write Data from MPU to MODULE)

(Reading Data from MODULE to MPU)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DMC Series

Type No.	DMC161C	DMC162	DMC164	DMC202	DMC204	DMC402	DMC404
Display Format	16 charactersX1 line	16 charactersX2 lines	16 charactersX4 lines	20 charactersX2 line	20 charactersX4 lines	40 charactersX2 lines	40 charactersX4 lines
Display Fonts	5X8 dots	5X8 dots	5X8 dots	5X8 dots	5X8 dots	5X8 dots	5X8 dots
Module Size (WXHXThmm)	30X36X10	30X36X11	37X60X11	116X37X11	98.0X60X11	182X33.5X11	190X54X10
View Area (WXHxmm)	64.5X13	64.5X13.8	51.5X25.2	33X18.5	76X25.2	152.5X16.5	147X23.5
Character Size (WXHxmm)	1.2X5.55	2.95X4.25	2.95X4.75	3.2X5.55	2.95X4.75	3.2X5.55	2.76X4.89
Dot Size (WXHxmm)	0.6X0.7	0.55X0.5	0.55X0.55	0.6X0.65	0.55X0.55	0.6X0.65	0.5X0.55
Recommended Power Supply	Vcc~Vss(V)	±5	±5	±5	±5	±5	±5
	Vee~Vss(V)	—	—	—	—	—	—
Driving Method (Duty)	1/80-1/43	1/160-1/58	1/160-1/53	1/160-1/53	1/160-1/58	1/160-1/53	1/160-1/58
Power Consumption (typ.puW)	10	10	20	10	25	25	50
Weight(g)	30	40	50	30	65	75	100
Operating Temp.(C)	0~+50	0~+50	0~+50	0~+50	0~+50	0~+50	0~+50
Storage Temp.(C)	-20~+70	-20~+70	-20~+70	-20~+70	-20~+70	-20~+70	-20~+70

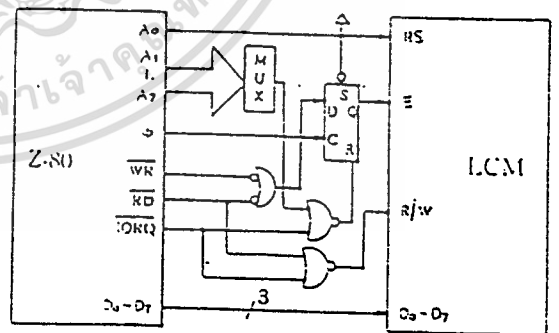
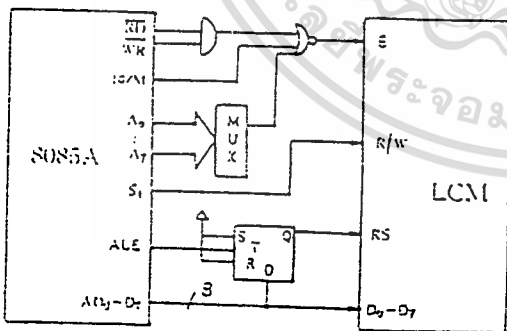
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อเข้ากับระบบไมโคร

LCD MODULE จะต่อเข้ากับระบบไมโครได้ 2 ลักษณะ คือแบบ MEMORY MAP โดยผ่าน LCD BUS ขนาด 20 PIN และแบบ I/O PORT โดยผ่าน 8255 BUS ขนาด 26 PIN ซึ่งทั้งสองแบบนี้จะมีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกันไป โดยแต่ละแบบจะมีหลักการดังนี้

การต่อแบบ MEMORY MAP

1. สามารถต่อเข้ากับ CHIP เบอร์ทำ ๆ ไปได้ เช่น 8051 หรือ Z80 โดยจะทำให้ระบบไมโครมองเห็น LCD MODULE ในลักษณะของ MEMORY ได้ทันที
2. ผู้ใช้สามารถเขียนและอ่านข้อมูลจาก LCD MODULE ได้ ทำให้มองเสมือนว่าเป็น MEMORY BUFFER ไปในตัว
3. เนื่องจากสามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงทำให้สามารถตรวจสอบ FLAG ความพร้อม ในขณะที่ LCD MODULE กำลังทำงานได้
4. ใช้ได้กับบอร์ดที่มี LCD BUS มาให้พร้อมเท่านั้น
5. ทำให้กินพื้นที่ของหน่วยความจำไปส่วนหนึ่ง และต้องมีการ DECODE ละเอียดพอควร
6. การจัดขาสัญญาณจะต้องเป็นไปตามแบบของ CHIP แต่ละเบอร์ด้วย



ชุดคำสั่งควบคุมและการแสดงข้อความ

การเขียนหรืออ่านข้อมูลกับ LCD MODULE ก็คือการกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ในการใช้งานของ LCD ตามชุดคำสั่งควบคุม และรวมถึงการเขียนข้อมูลที่เป็นข้อความ เพื่อให้ปรากฏบนแผงแสดงด้วย โดยมีรายละเอียดตามตารางต่อไปนี้

INSTRUCTION	R S	R W	DATA BIT								EXE. TIME ()	
			7	6	5	4	3	2	1	0		
CLEAR DISPLAY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1640	
CURSOR AT HOME	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	1640	
ENTRY MODE SET	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	40	
DISPLAY ON/OFF	0	0	0	0	0	0	1	0	C	B	40	
DISPLAY SHIFT	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	40	
FUNCTION SET	0	0	0	0	1	0	L	M	F	*	*	40
SET CGRAM ADD.	0	0	0	1	CGRAM ADDRESS						40	
SET DDRAM ADD.	0	0	1	DDRAM ADDRESS						40		
BUSY, ACC. READ	0	1	BF	ADDRESS						0		
CGRAM, DDRAM WR	1	0	WRITE DATA						40			
CGRAM, DDRAM RD	1	1	READ DATA						40			

ตารางตัวอักษร

FONT TABLE		'S=11Dots'												5-8Dots		
Lower 4-bit	Upper 4-bit	0000	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1010	1011	1100	1101	1110	1111	1110	1111
x \ x \ 0000	CG RAM '1'		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D
x \ x \ 0001	2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E
x \ x \ 0010	3		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E
x \ x \ 0011	4		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E
x \ x \ 0100	5		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E
x \ x \ 0101	6		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E
x \ x \ 0110	7		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E
x \ x \ 0111	8		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E
x \ x \ 1000	9		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E
x \ x \ 1001	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E
x \ x \ 1010	11		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E
x \ x \ 1011	12		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E
x \ x \ 1100	13		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E
x \ x \ 1101	14		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E
x \ x \ 1110	15		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E
x \ x \ 1111	16		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E

*CG RAM : Character pattern area can be rewritten by program.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้