รวมโครงงาน วิศวกรรมไฟฟ้า

มอเตอร์กระแสตรง
ซอฟเปอร์
การแก้ตัวประกอบกำลังอัตโนมัติ
อินเวอร์เตอร์ 3 เฟส
การนำพลังงานปอนสูระบบส่ง
LINEAR SCALE
Antenna Pattern Display
ENCODER
ไมโครคอมพิวเตอร์ microANT
ควบคุม AC motor ด้วยไมโคร
แผงแสดงผล
STATIC RAM 8 Kbyte
Micro Base-sequence

โครงสร้างทางกลของหุ่นยนต์
ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง
เครื่องควบคุมความเร็วรอบเหนี่ยวนำ
อินเวอร์เตอร์ 1 เฟส
Phase Failure Protection
การสังเคราะห์ความถี่ยานวีเฮฟเอส
เทคนิคการตั้งความถี่ของวงจรคริสตอล
Serial port
ควบคุม Stepping motor ด้วยไมโคร
อินเตอร์เฟส AD/DA
MODEM
การควบคุมลิฟท์โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์
Micro Base-programable controller

นิทรรศการเทคโนโลยีครั้งที่ 5

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี

วจ.
135

อ. สิงห์โน๊ต

คำนำ

เนื่องด้วยทางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี ได้มีการจัดงานนิทรรศการเทคโนโลยี ครั้งที่ 5 ซึ่งได้จัดขึ้นระหว่างวันที่ 9 - 15 ธันวาคม 2528 ดังมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อเผยแพร่ความรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ภายนอก เป็นการสร้างสถาบันการศึกษาให้มีส่วนร่วมในการพัฒนาประเทศ และอุตสาหกรรมของประเทศ

2. เพื่อแสดงออกถึงความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนอุตสาหกรรมที่สำคัญ อันจะนำไปสู่การพัฒนาเศรษฐกิจและความอยู่ดีกินดีของประชาชน

3. แสดงผลงานวิจัยของนักศึกษาและคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ และแสดงผลงานของศูนย์วิจัยและพัฒนา

ทางคณะกรรมการจัดงานนิทรรศน์ ฯ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งมีส่วนร่วมในการจัดงาน ได้เห็นสมควรให้มีการรวบรวมโครงงานเด่น ๆ พร้อมทั้งบทความทางวิศวกรรมไฟฟ้าและจัดทำเป็นหนังสือ ซึ่งประกอบด้วยโครงงานใหญ่ ๆ ดังนี้

1. POWER ELECTRONICS
2. ELECTRONICS AND COMMUNICATIONS
3. MICROCOMPUTER AND MICROPROCESSOR APPLICATIONS

ภายในเล่ม จะมีรายละเอียดของแต่ละโครงงาน ซึ่งสามารถใช้เป็นเอกสารประกอบในแต่ละโครงงานได้เป็นอย่างดี

ทางคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเล่มนี้จะสามารถช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้มีอุปการะคุณทุกท่านได้มากพอสมควร

คณะกรรมการจัดงานนิทรรศน์ ฯ ครั้งที่ 5
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี

คณะผู้จัดทำ

1.	อาจารย์ อุดมศักดิ์	ยั่งยืน	อาจารย์ที่ปรึกษา
2.	นาย วิชัย	เอี่ยมสินวัฒนา	สาราณียากร
3.	นาย สุวิชัย	แซ่ตั้ง	ศิลป์
4.	นาย สมพร	บุญบุตร	ศิลป์
5.	นาย พรชัย	จึงวิทย์ถาวร	ต้นฉบับ
6.	นาย จิระวัฒน์	กิตติธรรมกูล	ปกหน้า
7.	น.ส.วิไลวรรณ	บุญสุข	สปอนด์เซอร์

สารบัญ

1. POWER ELECTRONICS

1-1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1-2 เครื่องควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1-3 การควบคุมมอเตอร์กระแสตรง โดยใช้วงจรชอปเปอร์

1-4 เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส

1-5 เครื่องแก้ตัวประกอบกำลังอัตโนมัติ

1-6 อินเวอร์เตอร์ 1 เฟส

1-7 อินเวอร์เตอร์ 3 เฟส

1-8 phase failure protection

1-9 การนำพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงป้อนเข้าสู่ระบบส่งกำลังไฟฟ้า 3 เฟส

2. ELECTRONICS AND COMMUNICATIONS

2-1 LINEAR SCALE

2-2 เครื่องสังเคราะห์ความถี่ย่านวีเอชเอฟ

2-3 Antenna Pattern Display

2-4 เทคนิคการดึงความถี่ของวงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์

2-5 Encoder

3. MICROCOMPUTER AND MICROPROCESSOR APPLICATIONS

3-1 ไมโครคอมพิวเตอร์ microANT

3-2 การสื่อสารระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทาง serial port

3-3 ชุดทดลองการควบคุม AC. MOTOR ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์แผงเดียว MPF I

3-4 การทดลองวิธีควบคุมการหมุนของ STEPPING MOTOR โดยไมโครคอมพิวเตอร์

3-5 แผงแสดงผล

3-6 การทดลองการอินเตอร์เฟส A/D & D/A Converter กับไมโครคอมพิวเตอร์แบบ Single Board

3-7 การพัฒนาโปรแกรมภาษาเครื่องด้วย STATIC RAM 8 Kbyte

3-8 เครื่องส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์ผ่านสายโทรศัพท์ (Modem)

3-9 Microprocessor Based-Sequence Controller

3-10 การควบคุมลิฟท์โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor Lift Control)

3-11 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม

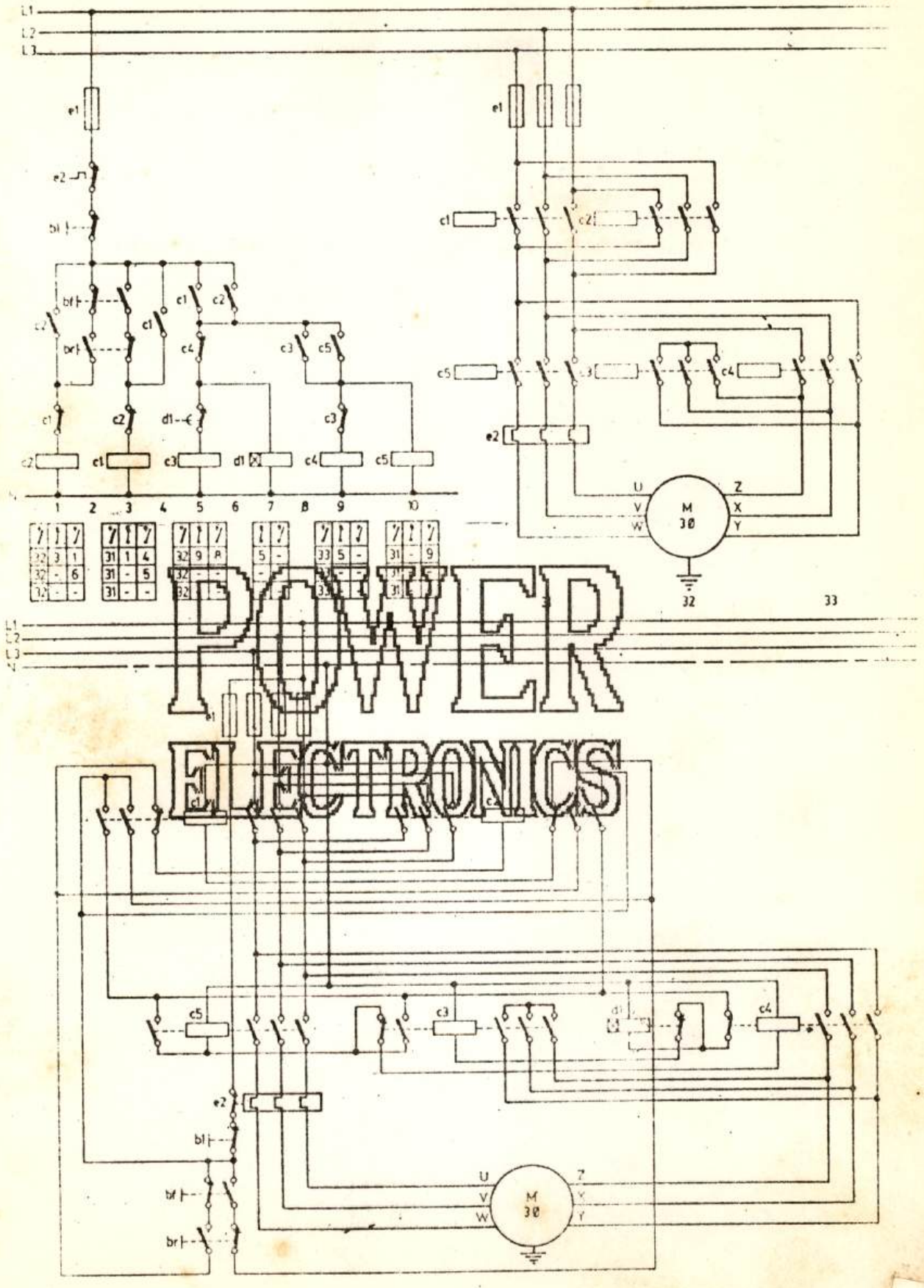
3-12 โครงงาน Microcomputer-Based Programable Controller And Process Simulator Version II

4. บทความพิเศษ

A smARTWORK

B PC-DRAW

หมายเหตุ เครื่องหมาย "*" หมายถึง อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี


L1
L2
L3
e1
e2
b1
br
c1
c2
c3
c4
c5
d1
M
3Ø
U
V
W
Z
X
Y
32
33
POWER
ELECTRONICS

เพาเวอร์อิเลคโทรนิคในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

อุดมศักดิ์ ยั่งยืน *

บทคัดย่อ

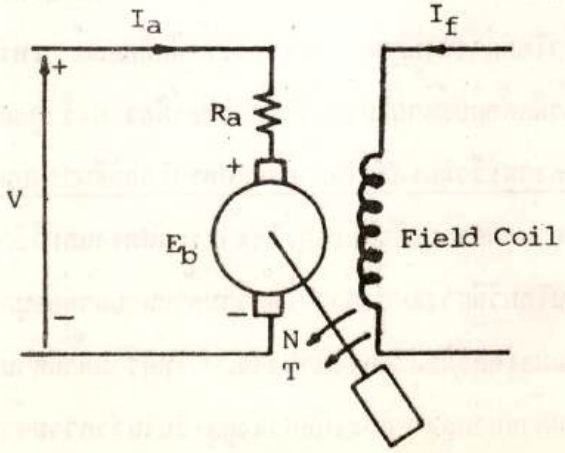
บทความนี้เป็นการกล่าวถึงการนำเพาเวอร์อิเลคทรอนิคส์ ใช้ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และใช้จำกัดกระแสไฟฟ้าเข้ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขณะเริ่มหมุน

1. บทนำ

ระบบแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ระบบแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ ที่นำไปควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่โหลดที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงๆ โดยใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ทนแรงดันและกระแสไฟสูงๆ เช่นนำไปใช้ควบคุมความเร็วมอเตอร์ การจำกัดกระแสไฟฟ้าเข้ามอเตอร์ขณะเริ่มหมุน ระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองที่เรียกว่า UPS (Uninterruptable Power Supplies) เป็นการประยุกต์นำอุปกรณ์อิเลคโทรนิคส์พวกทรานซิสเตอร์ ไอซี ตลอดจนไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุมเครื่องและอุปกรณ์ไฟฟ้ากำลัง ซึ่งเป็นการผสมระหว่าง วิชาการทางอิเลคทรอนิคส์ ไฟฟ้ากำลัง ระบบควบคุม

2. การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบด้วยฟิลด์คอยล์และอาร์มาเจอร์ ซึ่งมีวงจรสมมูลย์ดังแสดงในรูป 1



รูป 1

สมการแสดงคุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง คือ

$$E_b = K_1 N \phi \qquad (1)$$

$$T = K_2 \phi I_a \qquad (2)$$

$$N = \frac{V - I_a R}{K_3 \phi} \qquad (3)$$

โดยที่ T = แรงบิด

N = ความเร็วของมอเตอร์

V = แรงดันที่จ่ายเข้าอาร์มาเจอร์

I = กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าอาร์มาเจอร์

R = ความต้านทานในวงจรอาร์มาเจอร์ ซึ่งมีค่าคงที่

K_1, K_2, K_3 = ค่าคงที่

E_b = แรงดันย้อนกลับ (back emf)

ϕ = จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้ว ซึ่งแปรผันตามกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าฟิลด์คอยล์

จากสมการ (3) ขณะที่จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กคงที่เพราะรักษากระแสที่ จ่ายเข้าฟิลด์คอยล์คงที่

ก) เมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้า (V) จะทำให้ความเร็วมอเตอร์เพิ่มขึ้น

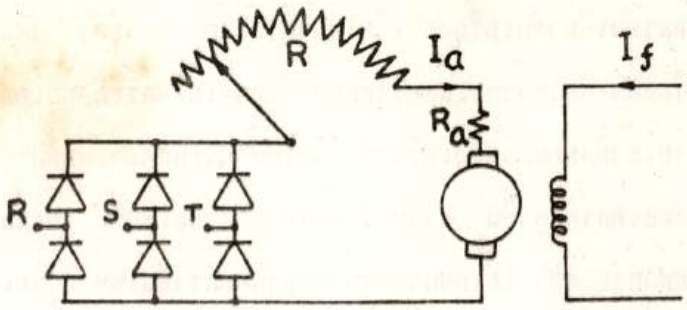
ข) เมื่อโหลดของมอเตอร์เพิ่มขึ้นกระแสที่ไหลเข้ามอเตอร์ (I_a) จะสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้า (V) ที่จ่ายเข้ามอเตอร์คงที่ความเร็วมอเตอร์จะลดลง ดังนั้นความเร็วมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงเมื่อโหลดที่มอเตอร์ขับเปลี่ยนแปลง ถ้าต้องการใช้งานที่ต้องการความเร็วคงที่จะต้องมีวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้า (V) ที่จ่ายเข้าอาร์มาเจอร์ให้เปลี่ยนแปลงตามโหลดที่มอเตอร์ขับ ไม่นิยมควบคุมความเร็วโดยการควบคุมกระแสที่ไหลเข้าฟิลด์คอยล์ เพราะจะทำให้แรงบิดลดลง และถ้ากระแสที่จ่ายเข้าฟิลด์คอยล์หายไปจะทำให้มอเตอร์มีความเร็วสูงกว่าพิกัดมาก

2.1 <u>การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยวิธีการแบบเก่า</u>

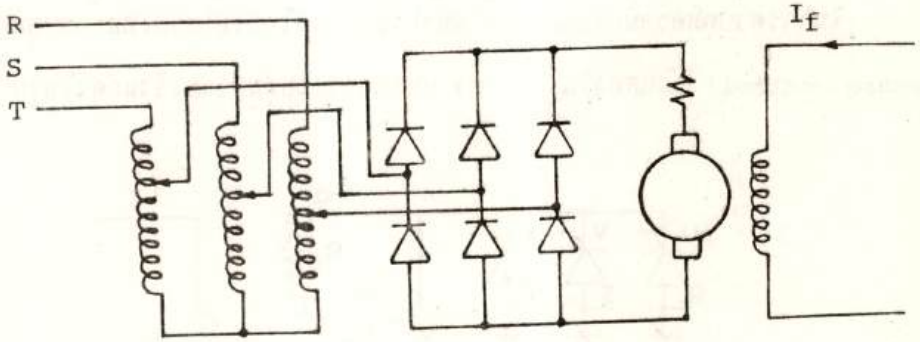
ก) การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและวิธีการจำกัดกระแสไหลเข้ามอเตอร์ในช่วงเริ่มหมุนโดยวิธีการแบบเก่าจะใช้ความต้านทานมาต่ออนุกรมกับวงจรอาร์มาเจอร์ ดังแสดงในรูป 2 เมื่อมอเตอร์มีขนาดแรงม้าสูงๆจะทำให้ความต้านทาน (R) มีขนาดใหญ่และเกิดความร้อนที่ตัวความต้านทานสูง และเกิดกำลังสูญเสียในตัวความต้านทานสูง

ข)ใช้วาริแอค (variac) ปรับแรงดันไฟฟ้าให้ไดโอดแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ดังแสดงในรูป 3 ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดแรงม้าสูงๆจะต้องใช้วาริแอคขนาดใหญ่

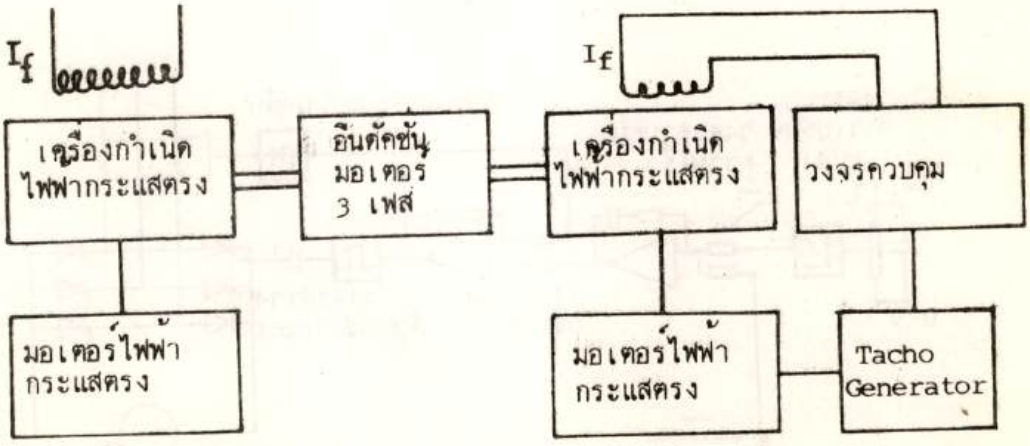
วาริแอคมีหน้าสัมผัสในการควบคุมความเร็วให้คงที่จะทำได้ลำบาก



รูป 2



รูป 3

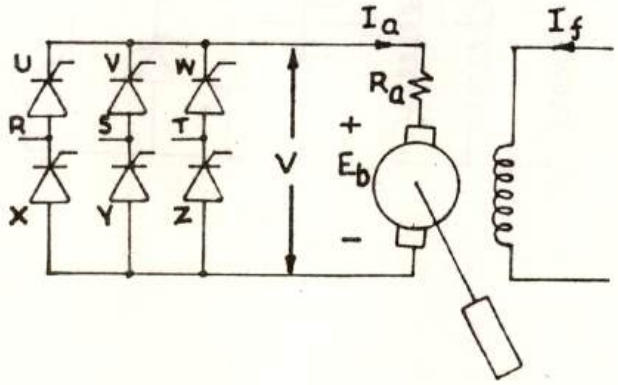


รูป 4

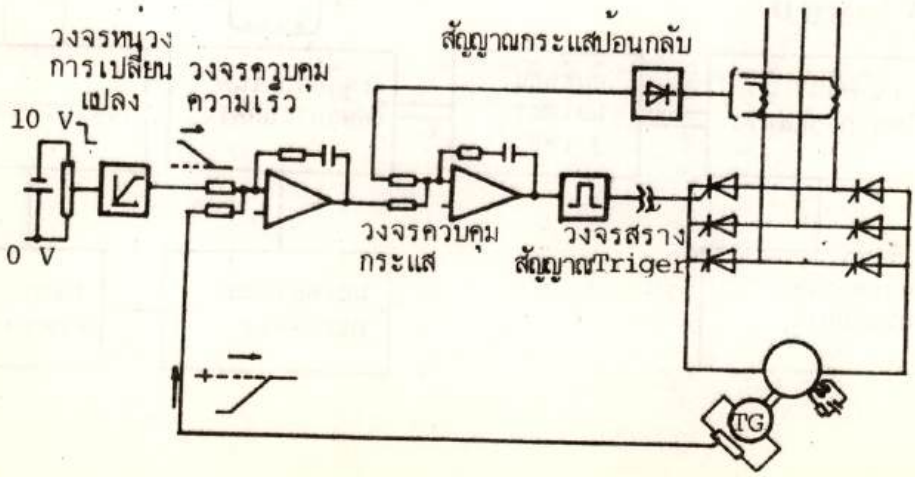
ค)ระบบ Ward-Leonard จะใช้อินดัคชั่นมอเตอร์ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง อาจใช้อินดัคชั่นมอเตอร์ตัวเดียวขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงหลายตัว ดังแสดงในรูป 4 อาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงต่อเข้ากับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นเมื่อกระแสที่จ่ายเข้าฟิลด์คอยล์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์จะสูงขึ้น ความเร็วของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้น ดังนั้นสามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้โดยการต่อวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าฟิลด์คอยล์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และมี Tachogenerator ตรวจจับความเร็วให้วงจรควบคุม

2.2 <u>การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้ไทริสเตอร์</u>

ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้ไทริสเตอร์ควบคุมความเร็วเฟส (phase control) ดังแสดงในรูป 5(ก) และวงจรควบคุมความเร็วแสดงในรูป 5(ข)



รูป 5 (ก)

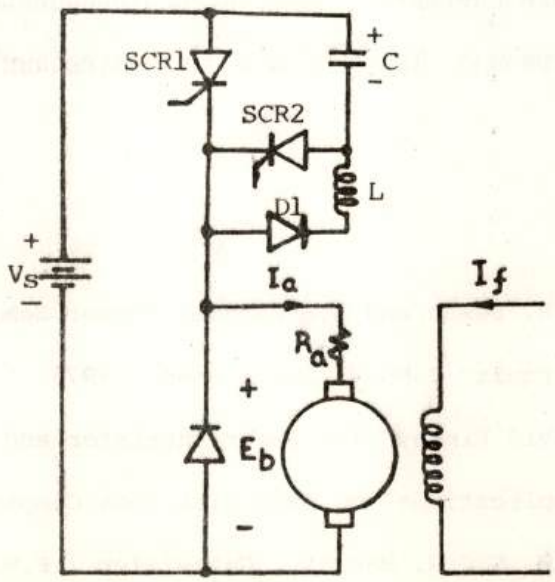


รูป 5 (ข)

ระบบควบคุมในรูป 5(ก) กระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าฟิลด์คอยล์คงที่ เมื่อให้โหลดที่มอเตอร์ขับมาก กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้ามอเตอร์จะเพิ่มขึ้นมาก ตามสมการที่ 1 ($T = K_2 \phi I_a$) เกิดแรงดันไฟฟ้า IR จะเพิ่มมากขึ้น แต่ความเร็วของมอเตอร์ถูกรักษาให้คงที่โดยวงจรควบคุม แรงดันที่จ่ายให้อาร์เมเจอร์ (V) จะมาก เมื่อโหลดที่มอเตอร์ขับลดลงอย่างรวดเร็ว กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์จะลดลง แรงดัน $E_b = V - I_a R_a$ จะเพิ่มขึ้น แรงบิดจะเกินความจำเป็น มอเตอร์พยายามหมุนเร็วขึ้น เพื่อจะให้ความเร็วมอเตอร์เท่าเดิมอย่างรวดเร็ว แรงดันย้อนกลับ (E) ควรจะกลับสู่ระดับเดิมอย่างรวดเร็ว แรงดันย้อนกลับ (E) จะลดต่ำลงอย่างเร็ว เมื่อพลังงานจากอาร์เมเจอร์ถูกปล่อยออก วงจรรูป 5(ก) พลังงานไฟฟ้าจากอาร์เมเจอร์ไม่สามารถจ่าย ดังนั้นจึงต้องคอยให้ความเร็วลดลงสู่ความเร็วที่ต้องการ ในการนำพลังงานของอาร์เมเจอร์ถูกปล่อยออกมาจะกล่าวในบทความต่อไป

2.3 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยใช้เทคนิคชอปเปอร์

ในกรณีที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง สามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้เทคนิคชอปเปอร์ แรงดันเฉลี่ยเอาท์พุทของวงจรชอปเปอร์จะจ่ายเข้าอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ ตัวอย่างวงจรในรูป 6



รูปที่ 6

การทำงานของวงจร คือ จะต้องทริกให้ SCR 2 นำกระแส คาปาซิเตอร์ประจุจนมีแรงดันเท่ากับ V_s โดยมีทิศทางตามที่แสดงในรูป 6(ก) SCR 2 ก็จะหยุดนำกระแส ทำการทริก SCR 1 ให้นำกระแสอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์จะได้รับแรงดันไฟฟ้า พร้อมกับคาปาซิเตอร์คายประจุผ่าน SCR 1, D_1, L ในที่สุดคาปาซิเตอร์จะมีแรงดันตรงข้ามกับที่แสดงในรูป 6(ก) เมื่อทริก SCR 2 ให้นำกระแส SCR 1 จะได้แรงดันย้อนกลับ กระแสไฟฟ้าที่เคยผ่าย SCR 1 จะไหลผ่านคาปาซิเตอร์ C ผ่าน SCR 2 ในที่สุด SCR 1 จะหยุดนำกระแสแรงดันที่จ่ายเข้าอาร์-เมเจอร์ของมอเตอร์จะตกลงสู่ศูนย์ เมื่อถึงเวลา T ก็ทำการทริก SCR 1 ใหม่ สามารถเปลี่ยนแรงดันที่จ่ายเข้าอาร์เมเจอร์ได้โดยเปลี่ยนจังหวะการทริก SCR 1 และ SCR 2 ในรูป 6(ข) แสดงแรงดันที่ตกคล่อมอาร์เมเจอร์, กระแสที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์และสัญญาณทริกเกอร์

3. สรุป

การใช้วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ได้ใช้กันอย่างมากในอุตสาหกรรมยาง อุตสาหกรรมแระดาษ ถึงแม้การบำรุงรักษามอเตอร์จะมีมาก เพราะมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีแปรงถ่าน มีคอมมิวเตเตอร์ แต่ว่าวงจรควบคุมราคาถูกและง่ายต่อการซ่อมแซม แต่ถ้าเปรียบเทียบกับอินดัคชั่นมอเตอร์ 3 เฟส ซึ่งใช้อินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วโดยการเปลี่ยนความถี่แล้ว การซ่อมแซมบำรุงรักษาวงจรควบคุม และ SCR จะต้องมีคุณสมบัติที่หยุดนำกระแสได้เร็ว และคาปาซิเตอร์ที่ใช้วงจรคอมมูเตชั่นก็เป็นแบบคอมมูเตชั่นคาปาซิเตอร์ ซึ่งราคาแพง หามาเปลี่ยนลำบาก ในปัจจุบันนิยมใช้ อินเวอร์เตอร์แบบใช้ทรานซิสเตอร์ แต่ยังมีขนาดแรงม้าต่ำอยู่

เอกสารอ้างอิง

1. S.B. Dewan and A.Atranghen "Power Semiconductor Circuit" John-Willey & Sono , 1975
2. Devid Finney "The Power Thyristor and its Applications" Mc GRAW-HILL Book Company , 1980
3. G.E. S.C.R. Manual . Gutzwiller , F.W. GE Co. (N.Y.)

เครื่องควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

DC MOTOR SPEED CONTROL

นายอุดมศักดิ์ ยั่งยืน*
นายพรพจน์ หันหาบุญ*
นายยุทธศักดิ์ รุ่งเรืองพลางกูร*

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึง เครื่องควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้ไทริสเตอร์จำนวน 12 ตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายให้อาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ไทริสเตอร์ 6 ตัวจะควบคุมมอเตอร์ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และไทริสเตอร์อีก 6 ตัวจะควบคุมมอเตอร์ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งวงจรนี้จะทำให้เกิดรีเจเนอเรตีฟเบรคกิ้งได้

1. บทนำ

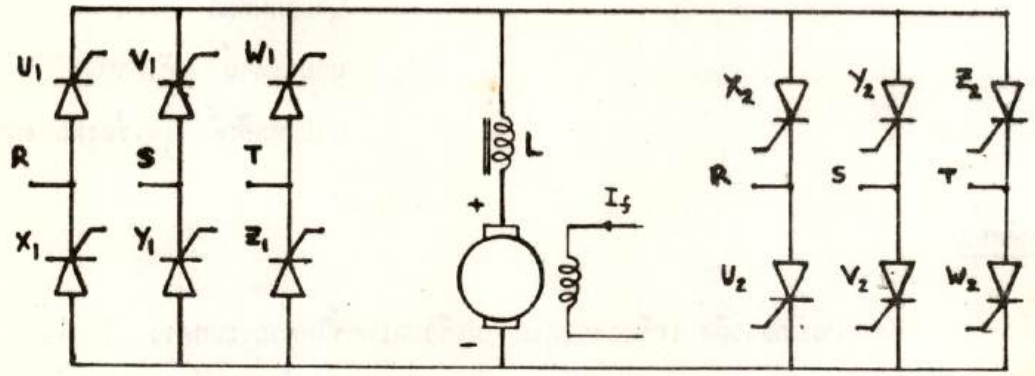
การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้มีความเร็วคงที่ มีใช้กันมากในอุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมยางรถยนต์ แผ่นเหล็ก รถไฟ ฯลฯ ข้อดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงคือ วงจรควบคุมง่าย ราคาถูก ส่วนข้อเสียของมอเตอร์คือ มีราคาแพงและต้องการการบำรุงรักษามาก แต่เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีแรงบิดเริ่มต้นสูง จึงนิยมใช้ในการขับโหลดที่ต้องการแรงบิดเริ่มต้นสูง

บทความนี้จะกล่าวถึง งานวิจัยที่ได้ทดลองออกแบบและทดลองสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อศึกษาวงจรอิเล็คทรอนิคส์ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ให้สามารถควบคุมได้ทั้งในสภาวะหมุนตามเข็มนาฬิกาและหมุนทวนเข็มนาฬิกา นอกจากนี้ยังทำให้เกิดสภาวะรีเจเนอเรตีฟ เบรคกิ้ง (Regenerative Braking)

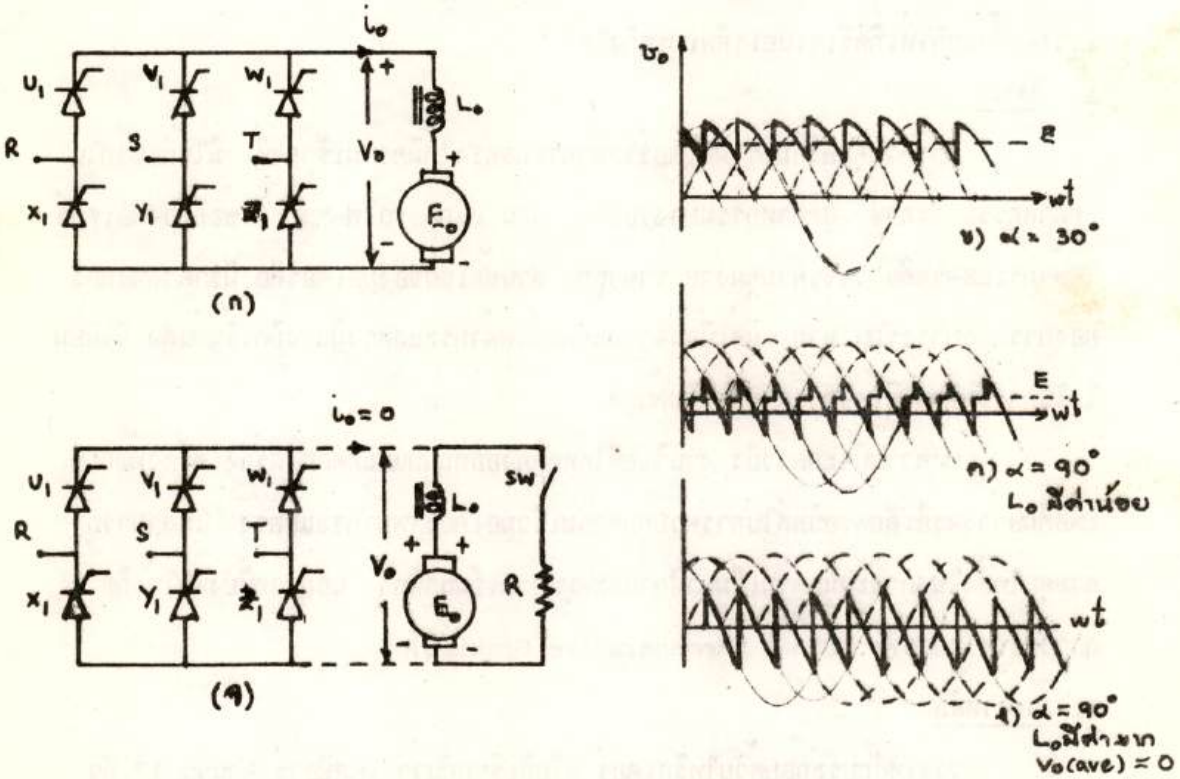
2. วงจรหลัก

วงจรหลักประกอบด้วยไทริสเตอร์ หรือที่เรียกกันว่า เอสซีอาร์ จำนวน 12 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 1 วงจรหลักจะแบ่งออกเป็น 2 ชุดคือ ชุดที่ 1 จะประกอบด้วย เอสซีอาร์ 6 ตัว (U_1, V_1, W_1, X_1, Y_1, Z_1) ต่อแบบบริดจ์ เป็นชุดที่ให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา ซึ่งเรียกว่าทางด้านฟอร์เวิด (Forward) และชุดที่ 2 ประกอบด้วย เอสซีอาร์ 6 ตัว (U_2,

V_2, W_2, X_2, Y_2, Z_2) ต่อแบบบริดจ์เหมือนชุดที่ 1 แต่จะต่อเข้าคนละด้านของมอเตอร์ จะเป็นชุดที่ให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งเรียกว่าทางด้านรีเวอร์ส (Reverse)



รูปที่ 1

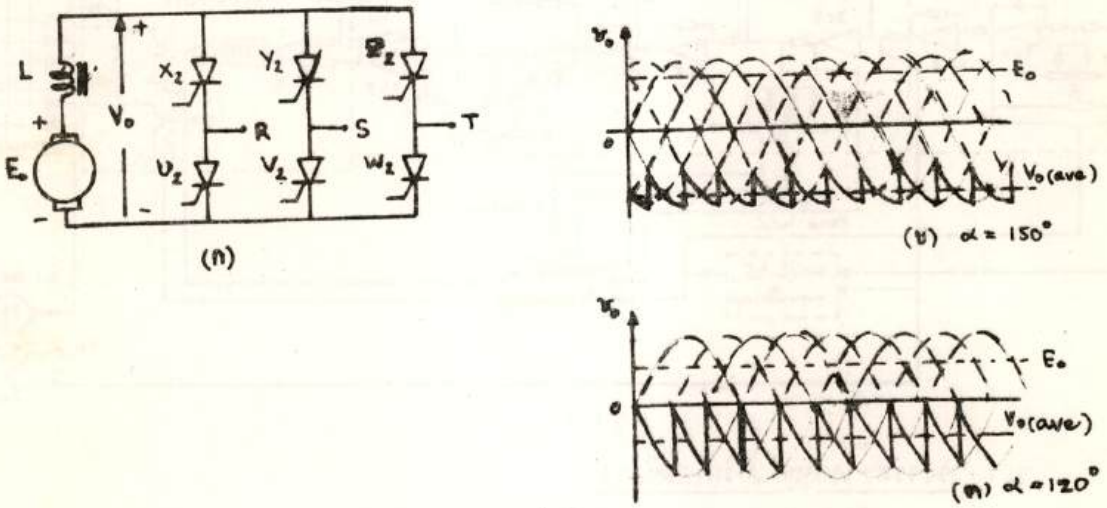


รูป 2

ในกรณีที่ใช้ เอสซีอาร์ เพียง 6 ตัวต่อแบบบริดจ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังแสดงในรูป 2 (ก) เมื่อมอเตอร์มีอินดัคเตอร์น้อย รูปคลื่น V_o จะมีรูปร่าง ดัง

แสดงในรูป 2 (ข) และ 2 (ค) ขณะที่มุมทริกเกอร์ (α) เท่ากับ 30° และ 90° แต่เมื่อมอเตอร์มีอินดัคเตอร์มาก ๆ หรือนำอินดัคเตอร์ (L_o) มาต่ออนุกรมกับอาร์มาเจอร์ ที่มุมทริกเกอร์ (α) เท่ากับ 90° รูปคลื่น V_o จะมีรูปร่างดังรูป 2 (ง) ซึ่งจะทำให้ $V_o(ave)$ เท่ากับ 0 โวลท์ แต่แรงดันที่ขั้วอาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ยังมีอยู่ เพราะอาร์มาเจอร์ยังคงหมุนตัดสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ ดังนั้น เมื่อต้องการลดความเร็วของมอเตอร์ลง หรือต้องการให้มอเตอร์หยุดหมุน กำลังไฟฟ้าเนื่องจากแรงดัน E_o ไม่สามารถส่งไปที่ใดได้ อาร์มาเจอร์ของมอเตอร์จะค่อย ๆ ลดความเร็วลงเนื่องจากโหลดที่มอเตอร์ขับอยู่ ถ้าต้องการให้มอเตอร์ลดความเร็วลงอย่างรวดเร็ว หรือหยุดหมุนอย่างรวดเร็ว อาจจะต่อความต้านทานเข้าขั้วอาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ดังแสดงในรูป 2 (จ) กำลังไฟฟ้าเนื่องจากแรงดัน E_o จะจ่ายให้กับตัวความต้านทาน เรียกวิธีการนี้ว่า ไดนามิคเบรค (Dynamic Brake)

วิธีการลดความเร็วของมอเตอร์ลงอย่างรวดเร็วโดยใช้วิธีการรีเจเนอเรตีฟเบรคกิ้ง (Regenerative Braking) ดังแสดงในรูป 3 โดยทำการทริกเอสซีอาร์



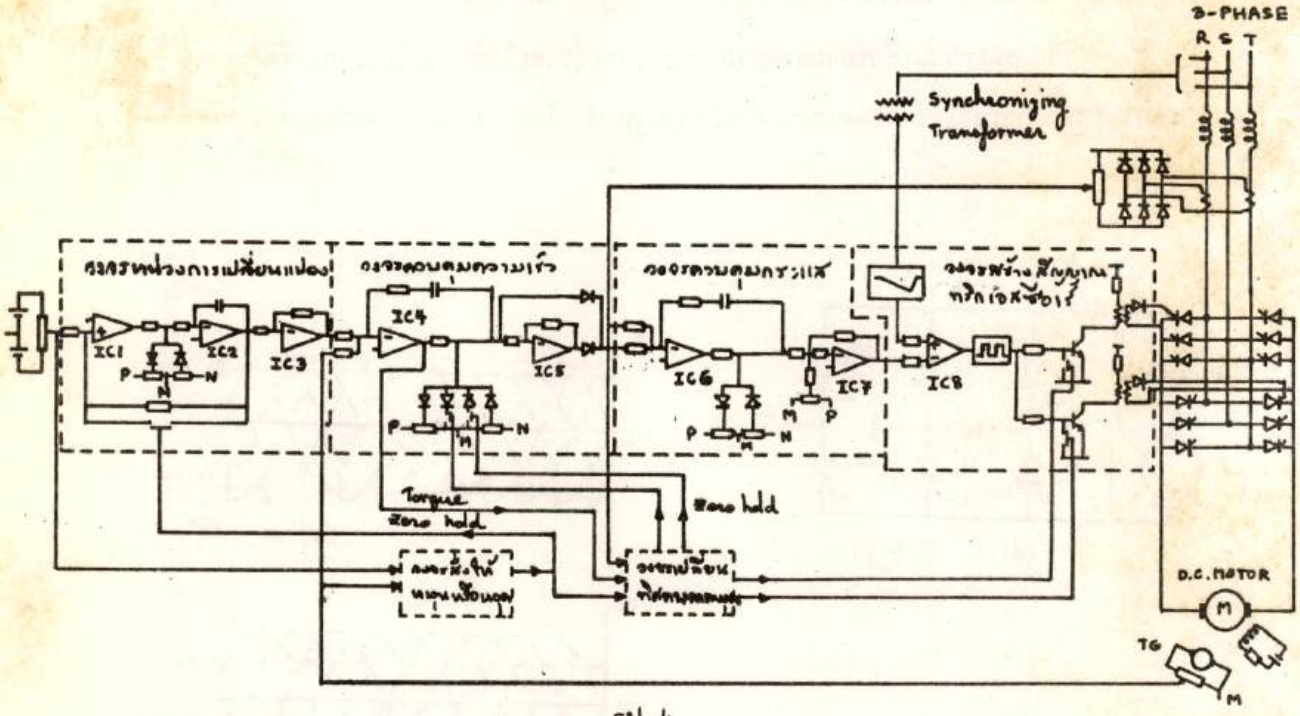
รูป 3

ทางด้านรีเวอร์ส (U_2, V_2, W_2, X_2, Y_2, Z_2) ในรูป 1 ให้นำกระแส เมื่ออาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ยังคงหมุนอยู่ ก็ยังคงมีแรงดัน E_o อยู่ ทำการทริกเกอร์เอสซีอาร์ทางด้านรีเวอร์ส ที่มุม $\alpha > 120°$ จะทำให้แรงดัน $V_o(ave)$ มีค่าติดลบ ดังแสดงในรูป 3 (ข) และ (ค) ดังนั้น กำลังไฟฟ้าที่อาร์มาเจอร์ของมอเตอร์จะเข้าสู่แหล่งจ่ายไฟฟ้า เรียกว่าการรีเจเนอเรตีฟเบรคกิ้ง

3. วงจรควบคุม

วงจรควบคุมที่ใช้ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ เขียนเป็นไดอะแกรมได้ดังรูป 4 ประกอบด้วย

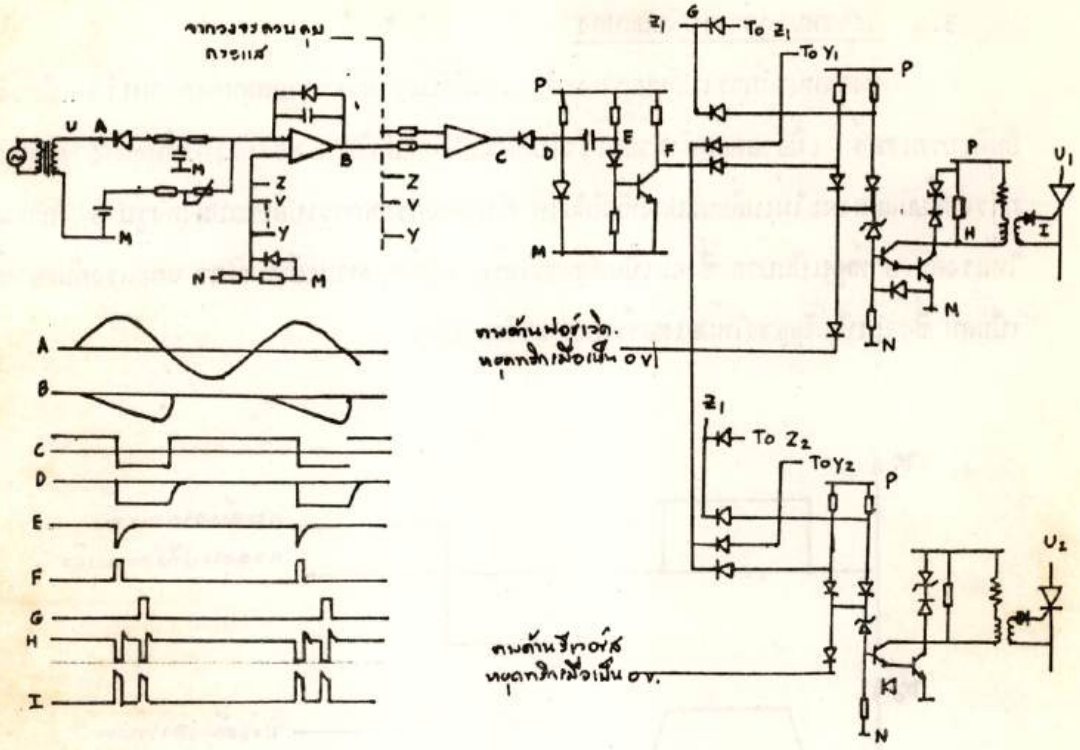
1. วงจรสร้างสัญญาณทริกเอสซีอาร์
2. วงจรควบคุมกระแส
3. วงจรควบคุมความเร็ว
4. วงจรหน่วงการเปลี่ยนแปลง
5. วงจรสั่งให้หมุนหรือหยุดหมุน
6. วงจรเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์



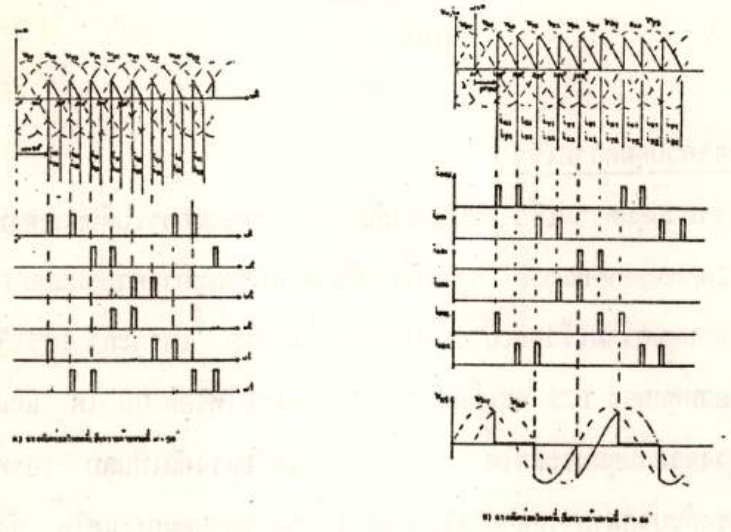
รูป 4

3.1 วงจรสร้างสัญญาณทริกเอสซีอาร์

วงจรสร้างสัญญาณทริกเอสซีอาร์ดังแสดงรายละเอียดในรูป 5 (ก) จะรับสัญญาณจากแหล่งจ่ายไฟเพื่อสร้างสัญญาณซิงค์พัลส์ จำนวน 6 คลื่นที่ล้าหลังกัน 60° จากนั้นนำสัญญาณซิงค์พัลส์ทั้ง 6 มาสร้างสัญญาณฟันเลื่อย สัญญาณฟันเลื่อยทั้ง 6 จะจ่ายให้กับวงจรเปรียบเทียบเพื่อเปรียบเทียบกับแรงดันจากวงจรควบคุมกระแส สร้างสัญญาณทริกเอสซีอาร์ ดังแสดงในรูป 5 (ข)


จากวงจรควบคุม
การยิง
U
A
B
C
D
E
F
G
H
I
M
N
P
Z
V
Y
Z_1
To Z_1
To Y_1
U_1
To Z_2
To Y_2
U_2
ตรงต้นฟอร์เวต.
หยุดทริกเมื่อเป็น 0V
ตรงต้นรีเวอร์ส
หยุดทริกเมื่อเป็น 0V.

(ก)

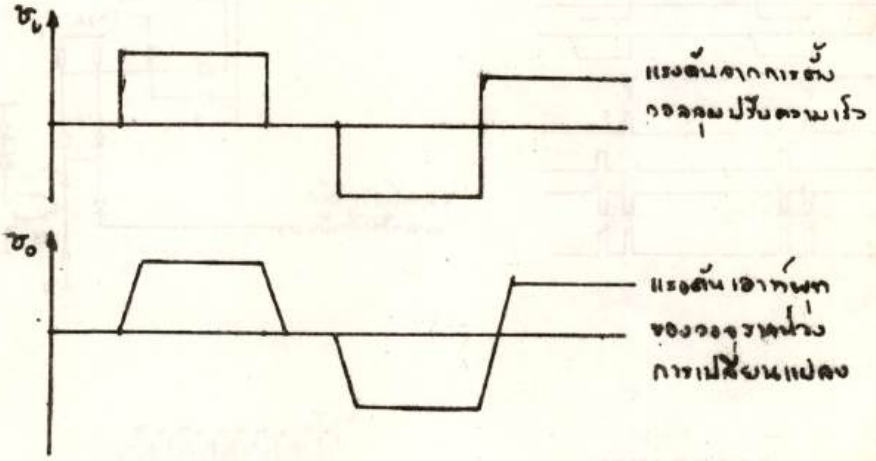


(ข)

รูป 5

3.2 วงจรหน่วงการเปลี่ยนแปลง

วงจรหน่วงการเปลี่ยนแปลงเป็นวงจรที่รับแรงดันจากวอลลุ่มตั้งความเร็ว เป็นวงจรอินติเกรดเตอร์ เมื่อวอลลุ่มตั้งความเร็วเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด แรงดันเอาท์พุทของวงจรหน่วงการเปลี่ยนแปลงจะไม่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใด ดังแสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงดังรูป 6 กำหนดให้แรงดันเอาท์พุทเป็นบวก ซึ่งจะเป็นสัญญาณให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา และแรงดันเอาท์พุทเป็นลบ ซึ่งจะเป็นสัญญาณให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา



รูป 6

3.3 วงจรควบคุมความเร็ว

วงจรควบคุมความเร็ว จะนำแรงดันจากวงจรหน่วงการเปลี่ยนแปลงมาเปรียบเทียบกับแรงดันจาก Tachogenerator วงจรนี้จะเป็นวงจรลักษณะการควบคุมแบบ P + I แรงดันที่ออกจากวงจรควบคุมความเร็วจะเป็นระดับแรงดันบวกเสมอ เพราะถ้า IC5 ได้รับแรงดันเข้าเป็นบวก เอาท์พุทของ IC5 จะเป็นลบ ไม่สามารถผ่านไดโอด D8 ได้ แต่แรงดันบวกจะผ่าน D7 เข้าสู่วงจรควบคุมกระแสได้ และถ้า IC5 ได้รับแรงดันเป็นลบ เอาท์พุทของ IC5 จะเป็นบวก แรงดันบวกสามารถผ่านไดโอด D8 เข้าวงจรควบคุมกระแสได้ ดังนั้น แรงดันที่ออกจากวงจรควบคุมความเร็วจะเป็นบวกเสมอ ไม่ว่าแรงดันเข้าวงจรควบคุมความเร็วเป็นบวกหรือลบ

3.4 วงจรควบคุมกระแส

วงจรควบคุมกระแสจะนำแรงดันจากวงจรควบคุมความเร็วมาเทียบกับแรงดันที่ได้จากหม้อแปลงกระแส ซึ่งเป็นหม้อแปลงวัดกระแสที่ไหลเข้าวงจร ลักษณะวงจรเป็นลักษณะ

การควบคุมแบบ P + I ระดับแรงดันที่ออกจากวงจรควบคุมกระแสจะเข้าสู่วงจรสร้างสัญญาณทริกเอสซีอาร์

3.5 วงจรสั่งให้หมุนหรือหยุดหมุน

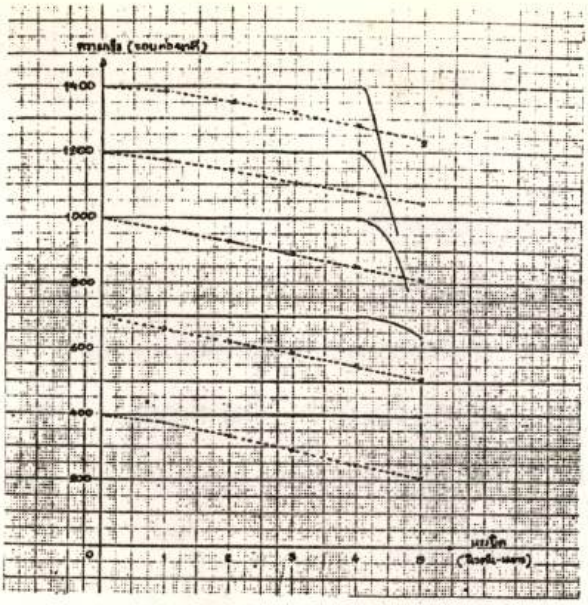
วงจรสั่งให้หมุนหรือหยุดหมุน จะรับแรงดันจากวอลลุ่มตั้งความเร็ว โดยให้หมุนตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกาคือ แรงดันที่ออกจากวอลลุ่มเป็นบวกหรือลบ และรับแรงดันจาก Tachogenerator กำลังหมุนทวนเข็มหรือตามเข็มนาฬิกาอยู่ เอาท์พุทของวงจรจะไปรีเซทให้วงจรหน่วงการเปลี่ยนแปลงมีเอาท์พุทเป็นศูนย์ (Zero hold command) และส่งสัญญาณเข้าวงจรเปลี่ยนฟังก์ชั่นการทำงาน

3.6 วงจรเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์

วงจรเปลี่ยนฟังค์ชั่นการทำงาน จะรับสัญญาณควบคุมจากวงจรสั่งให้หมุนหรือหยุดหมุน และรับสัญญาณจากวงจรควบคุมความเร็วว่า จะให้หมุนทวนเข็มหรือตามเข็มนาฬิกา และยังรับสัญญาณของกระแสไฟที่ไหลเข้าวงจรว่าหยุดไหลหรือยัง เพื่อตรวจว่าเอสซีอาร์หยุดนำกระแสแล้วหรือยัง โดยจะสับเปลี่ยนสัญญาณทริกเอสซีอาร์จากชุดควบคุมมอเตอร์ให้หมุนกลับทิศทาง เอาท์พุทวงจรนี้ จะไปรีเซทให้เอาท์พุทของวงจรควบคุมแรงดันเป็นศูนย์ และเอาท์พุทของวงจรนี้จะไปสับเปลี่ยนสัญญาณทริกเอสซีอาร์ ระหว่างชุดควบคุมมอเตอร์ให้หมุนตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกา

4. สรุป

วงจรนี้สามารถนำไปควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 2.2 KW 1400 rpm 220 V. 6 A. ขดสนาม 220 V. 0.5 A. โดยจะควบคุมมอเตอร์ให้หมุนตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกา ตลอดจนช่วยรักษาความเร็วให้คงที่ได้ดี ดังแสดงผลการทดลองด้วยกราฟในรูป 7



แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์ และ ค่าพิกัด ฯ
โดยเปรียบเทียบระหว่างวงจรที่ไม่มีชุดควบคุม และวงจรที่มีชุดควบคุมความเร็ว

หมายเหตุ เส้น ——— แสดงวงจรที่มีชุดควบคุม
เส้น ------ แสดงวงจรที่ไม่มีชุดควบคุม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนักศึกษาไฟฟ้าชั้นปีที่ 5 ปีการศึกษา 2527 คือ

- นายนิวัติ ยุติบรรพ์
- นายอดิศร โกสีย์ไกรนิรมล
- นายสุวรรณ ขอบุญส่งเสริม
- นายประภาส ขอเพิ่มทรัพย์
- นายสมเกียรติ ศิริสินอุดมกิจ
- นายอรรถพนธ์ ศศิขัณฑ์

ที่ได้มีส่วนช่วยให้โครงงานวิจัยนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6. หนังสืออ้างอิง

1. M.S. BERDE, "Thyristor Engineering", Khanna Publishers, 1981.
2. S.B. DEWAN, A. STRAUGHEN, "Power Semiconductor Circuits", John Wiley, 1975.
3. Devid Finney, "The Power Thyristor and its Applications", McGRAW-HILL Book Company, 1980.

การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้วงจรชอปเปอร์

อุดมศักดิ์ ยั่งยืน *

ถาวร อินทร์คำดี *

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการนำวงจรชอปเปอร์ที่ใช้ S.C.R ควบคุมการจ่ายไฟกระแสตรงให้แก่มอเตอร์ วิธีการทำคือแปลงไฟ 3 เฟส 220 โวลท์ 50 เฮอร์ท ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงแล้วจ่ายเข้าวงจรชอปเปอร์เพื่อควบคุมความกว้างของพัลส์ โดยให้วงจรทำงานที่ความถี่ 400 เฮอร์ท

เครื่องควบคุมที่ทำนี้สามารถจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงได้ 50 แอมปแปร์ 220 โวลท์ 11 กิโลวัตต์ มีค่า VOLTAGE REGURATION 3 % และได้นำไปควบคุมมอเตอร์ขนาด 1 กิโลวัตต์ 220 โวลท์ 5.8 แอมแปร์

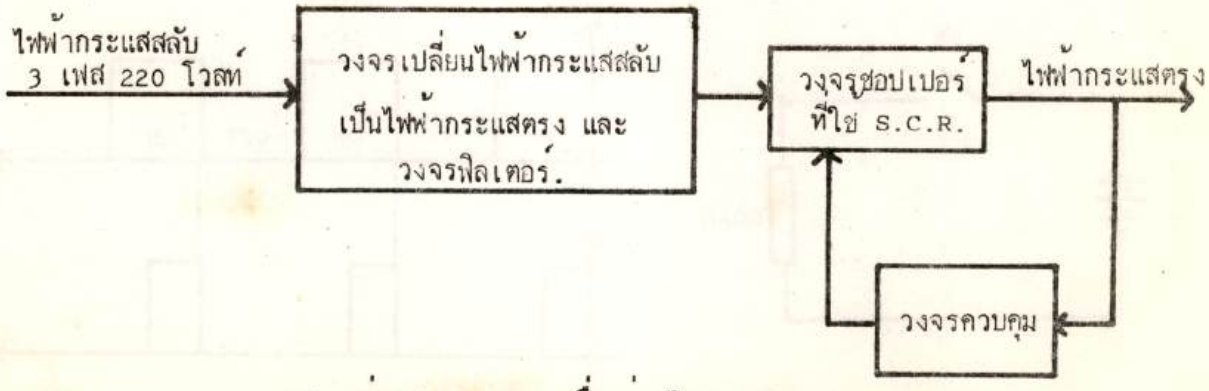
1. บทนำ

วงจรชอปเปอร์ที่ได้ทดลองและทดสอบเป็นวงจรที่ใช้ S.C.R มาควบคุมการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ให้แก่ภาระที่เป็นความต้านทาน อินดักทิฟและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

1 วงจรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟกแสตรงและวงจรฟิลเตอร์

2 วงจรชอปเปอร์ที่ใช้ S.C.R.

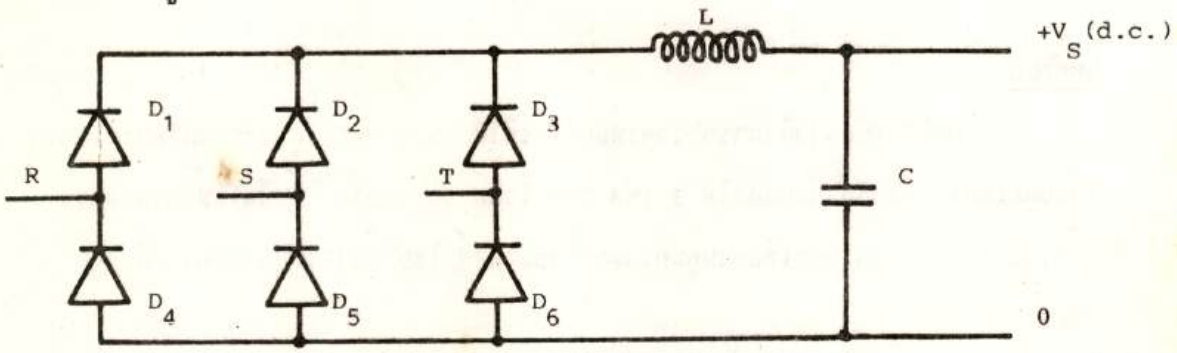
3 วงจรควบคุมเพื่อปรับความกว้างของสัญญาณแรงดันไฟกระแสตรงที่ออกให้คงที่ที่แรงดันไฟฟ้า 220 โวลท์



รูป 1 ส่วนประกอบของเครื่องจ่ายไฟกระแสตรง

1. วงจรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสไฟตรง

วงจรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ตองจายกระแสสูง จึงใช้ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส เพื่อไม่ให้เกิดสภาวะไม่สมดุลย์ในระบบไฟฟ้า ใช้ไดโอด 6 ตัว ต่อแบบบริดส์ ดังแสดงในรูป 2



รูป 2 วงจรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและวงจรฟิลเตอร์

2. วงจรชอปเปอร์

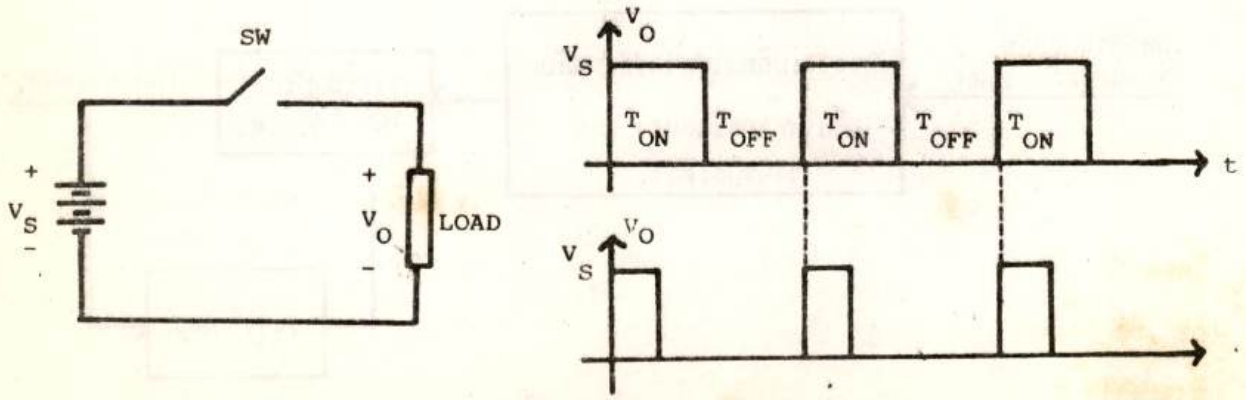
2.1 หลักการทำงานของวงจรชอปเปอร์

การทำงานของวงจรชอปเปอร์มีหลักง่าย ๆ ดังแสดงในรูป 3 วงจรประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง โหลด และสวิทช์ ซึ่งวงจรที่กล่าวในบทความนี้จะใช้ S.C.R. ทำหน้าที่แทนสวิทช์ กล่าวคือเมื่อการทำการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการเปิดหรือปิดสวิทช์จะทำให้แรงดันเอาท์พุทเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงไปตามสมการ

$$V_o = (T_{on} \cdot V_s) / (T_{on} + T_{off}) \text{ โวลท์}$$

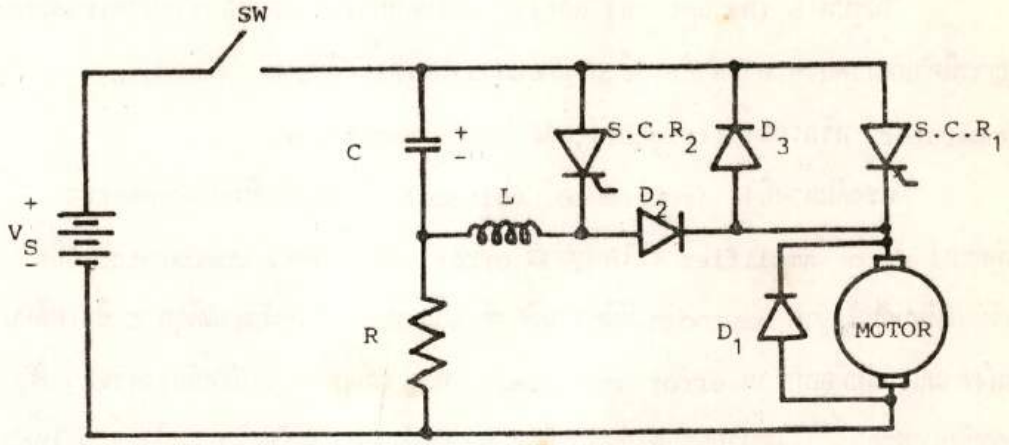
T_{on} = ช่วงเวลาที่ทำการเปิดสวิทช์

T_{off} = ช่วงเวลาที่ทำการปิดสวิทช์



รูป 3 แสดงหลักการทำงานของวงจรชอปเปอร์

2.2 วงจรชอปเปอร์ที่ทดลองออกแบบและทดสอบ



รูป 4 วงจรชอปเปอร์ที่ทดลองสร้าง

การทำงานของวงจรชอปเปอร์ในรูป 4 อธิบายได้ดังนี้

1. เริ่มสับสวิทช์จ่ายไฟจากแหล่งไฟเข้าวงจร จะมีกระแสไฟผ่าน C,R, และเข้าสู่โหลด จนคาปาซิเตอร์ (C) มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับแหล่งจ่ายไฟ (Vb) และมีทิศทางดังแสดงในรูป 4 กระแสไฟดังกล่าวก็จะตกเป็นศูนย์

2. เมื่อทำการทริก S.C.R.1 ให้นำกระแส จะเป็นการจ่ายไฟจากแหล่งจ่ายไฟเข้าสู่โหลดโดยแรงดันไฟฟ้าที่โหลดมีแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ (Vs) จะเป็นช่วงสภาวะ Ton ที่แสดงในรูป 3 (ข)

3. ทำการทริก S.C.R. 2 ให้นำกระแส (ที่จุด a ในรูป 5) จะมีกระแสจากการคายประจุผ่าน S.C.R 2 และ L เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ $\pi/\sqrt{LC}$ กระแสนี้จะตกสู่ศูนย์ (ที่จุด 6 ในรูป 6) ที่จุด b นี้แรงดันคร่อมคาปาซิเตอร์จะมีทิศทางตรงข้ามกับที่แสดงในรูป 4 และ S.C.R. 2 เริ่มหยุดนำกระแส

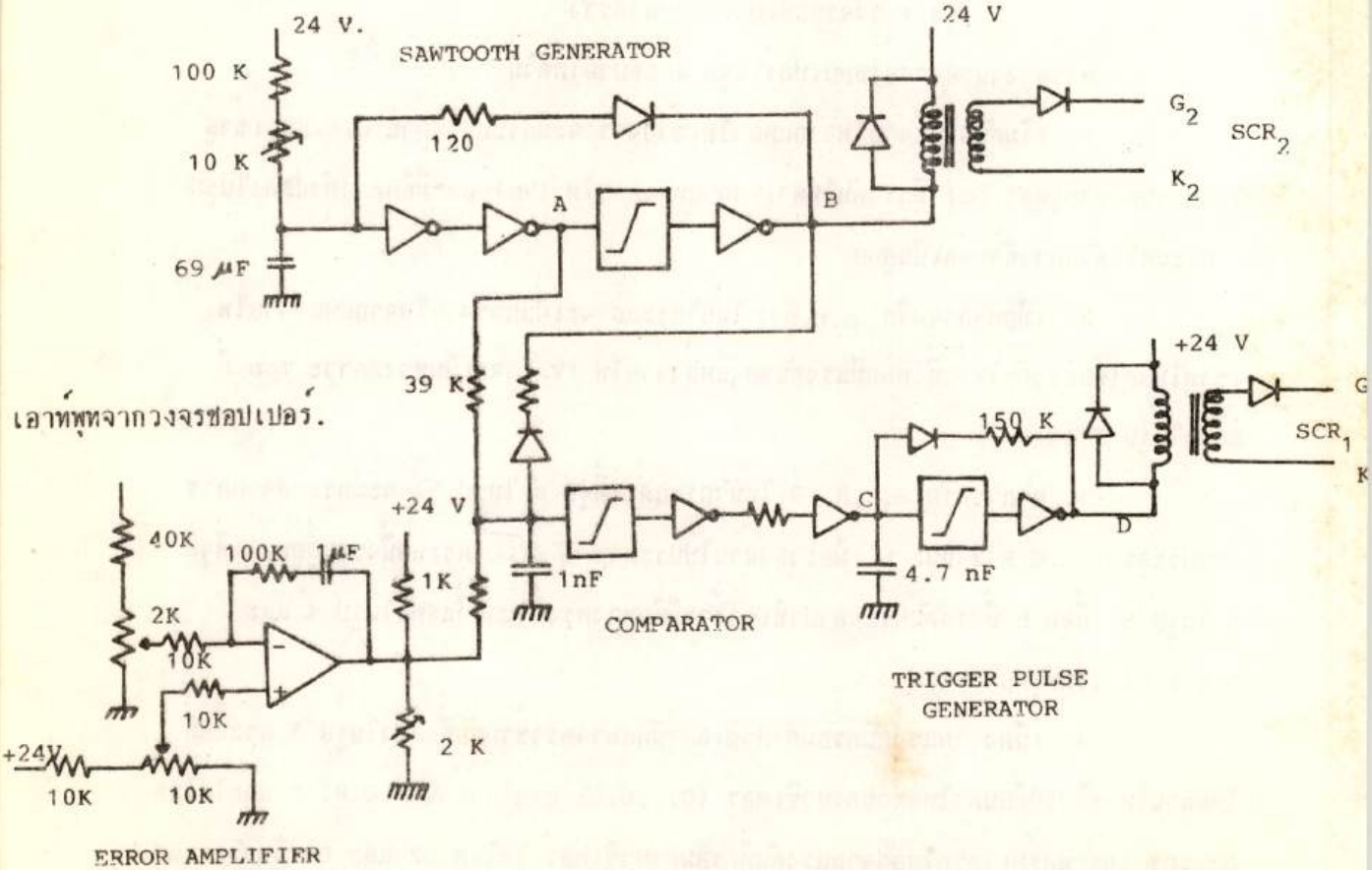
4. เนื่องจากแรงดันคร่อมคาปาซิเตอร์มีทิศทางตรงข้ามกับที่แสดงในรูป 5 กระแสที่ไหลผ่านโหลดจึงเปลี่ยนมาไหลผ่านครปาซิเตอร์ (C) ,L,D2 แทนไหลผ่าน S.C.R. 1 และไดโอด D2 ,D3 ได้รับฟอร์มเวอร์คไปอัสจากแรงดันที่คร่อมคาปาซิเตอร์ ไดโอด D2 และ D3 จึงนำกระแส ซึ่งจะทำให้ S.C.R.1 และ 2 จะได้รับรีเวอร์คไบอัส ถ้ารักษารีเวอร์คไบอัสให้นานกว่า turn-off-time ของ S.C.R. S.C.R.1 และ2 ก็จะหยุดนำกระแส ซึ่งจะอยู่ในช่วงสภาวะ

Toff ที่แสดงในรูป 3 (ข)

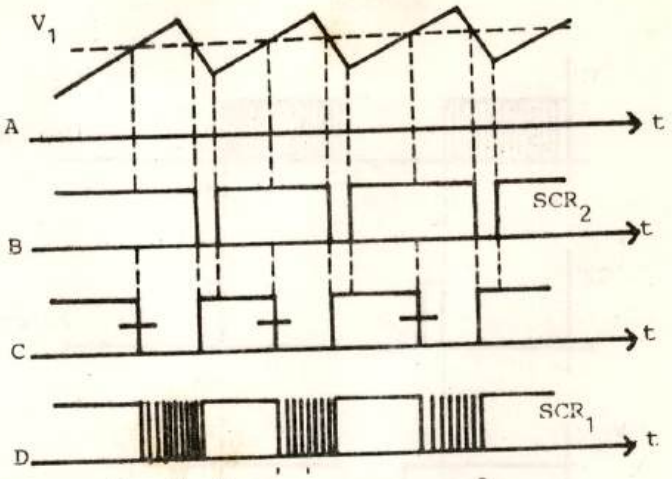
3. วงจรควบคุมการทริกเอสซีอาร์ให้นำกระแส

ในรูปที่ 5 (ก) และ (ข) แสดงวงจรควบคุมการทริกเอสซีอาร์ให้นำกระแสและสัญญาณที่ตำแหน่งต่างๆ ตามลำดับ ซึ่งประกอบด้วยวงจรสร้างสัญญาณ sawtooth, comparator, ทริกเกอร์ (trigger),และ error amplifier

แรงดันอ้างอิง (reference voltage) และแรงดันเอาท์พุทต่อเข้าอินพุทของ error amplifier จะได้สัญญาณ error จ่ายเข้าวงจร comparator เพื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณ sawtooth ที่มีความถี่คงที่ 400 Hz จะได้สัญญาณที่จุด C ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามแรงดันที่ออกจาก error amplifier สัญญาณที่จุด D จ่ายให้กับวงจรสร้างสัญญาณทริกเอสซีอาร์ 1 ให้นำกระแส สัญญาณที่จุด B เป็นสัญญาณสำหรับทริกเอสซีอาร์ 2 ให้นำกระแส



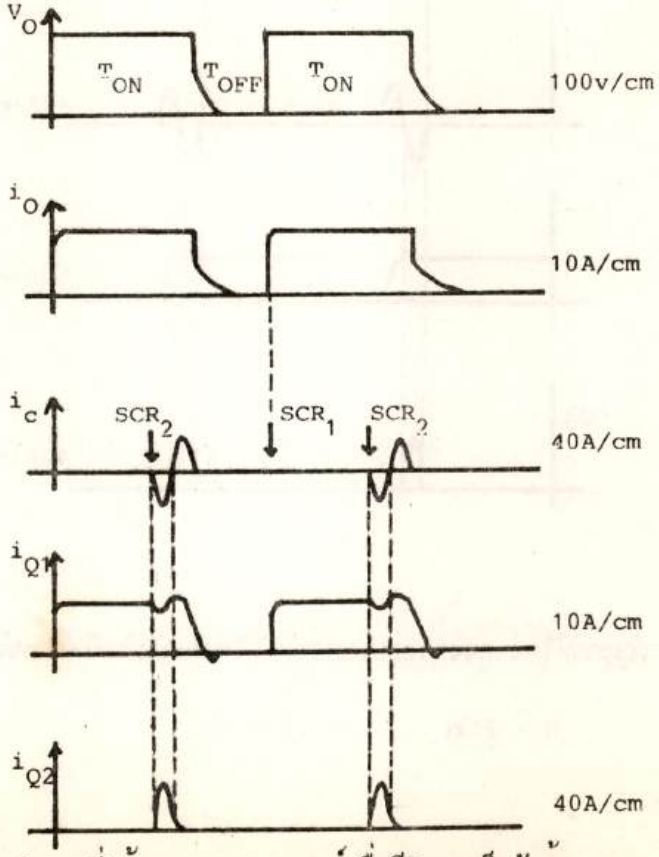
รูป 5 (ก) แสดงวงจรควบคุมการทริกเอสซีอาร์ให้นำกระแส



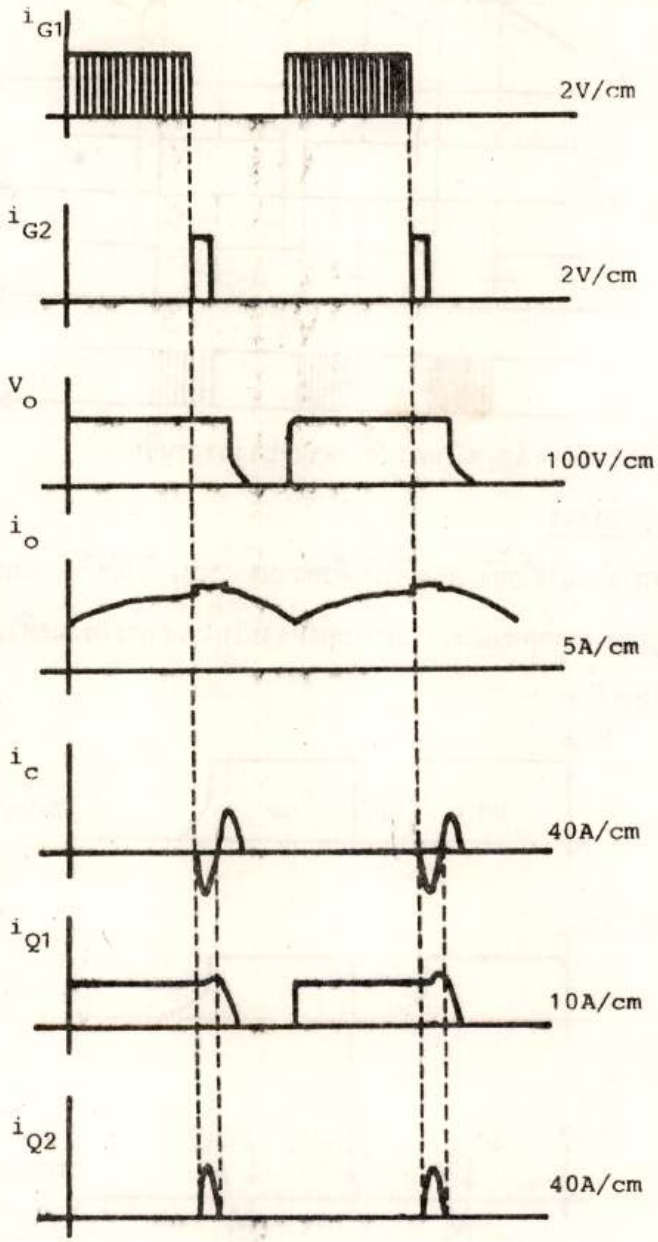
รูป 5 (ข) แสดงสัญญาณในตำแหน่งต่างๆของวงจรทริก

4. ผลการทดสอบวงจร

ทำการจ่ายไฟให้กับโหลดที่เป็นตัวความต้านทาน อินดัคตีฟ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สัญญาณเอาท์พุทของวงจรชอปเปอร์ที่จ่ายให้โหลดและกระแสที่ไหลผ่านคาปาซิเตอร์ แสดงในรูปที่ 6

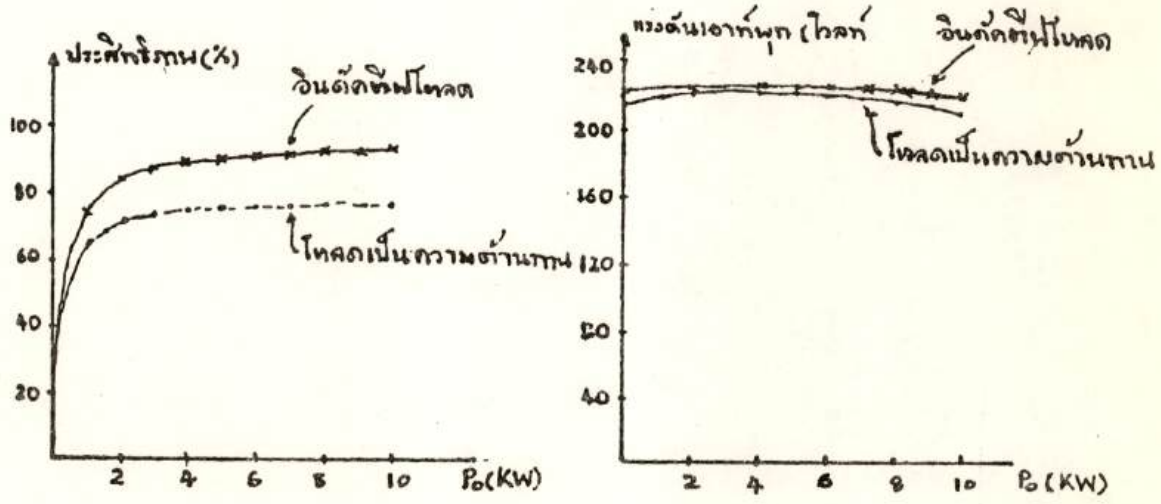


รูป 6 (ก) สัญญาณที่ได้จากวงจรชอปเปอร์เมื่อมีโหลดเป็นตัวต้านทาน



รูป 6 (ข) สัญญาณที่ได้จากวงจรชอปเปอร์เมื่อมีโหลดเป็นอินดัคตีฟโหลด

R = 21Ω , L = .225 mH



ก) ประสิทธิภาพของวงจร ข) แรงดันเอาท์พุท

รูป 7 แสดงประสิทธิภาพและแรงดันเอาท์พุท

สรุป

ผลการทดสอบวงจรที่ออกแบบสามารถทำงานได้ดี โดยสามารถควบคุมแรงดันเอาท์พุทให้คงที่ (ที่แรงดัน 220 โวลท์) โดยมีค่า voltage regulation ประมาณ 3% และได้ทดสอบวงจรโดยนำไปควบคุมความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้ทดสอบมีพิกัด 220 โวลท์ 5.8 แอมแปร์

หนังสืออ้างอิง

1. SB. DEWAN AND A. STRAUGHEN "POWER SEMICONDUCTOR CIRCUITS" JOHN WILEY & SONS, 1975

2. THYRISTOR AND TRIAC POWER CONTROL, PHILIPS CO.,1965.

เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบสามเฟส

สุชาติ ศักดิ์ชัยกุล

1. บทนำ

ในงานที่จะต้องปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ สมัยก่อนนิยมใช่มอเตอร์ไฟตรงมากกว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำ ถึงแม้ว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำซึ่งใช้ไฟสลับมีราคาถูกกว่า ขนาดเล็กกว่ารวมทั้งการบำรุงรักษาต่ำกว่าก็จริงอยู่ แต่วิธีการและเครื่องควบคุมปรับความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟสลับมีราคาแพงกว่า ในปัจจุบันเทคโนโลยีเจริญขึ้นมาก เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยการเปลี่ยนความถี่ มีราคาลดลง แต่ประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม ขนาดเล็กและมีเสียงรบกวนน้อย เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำจะใช้วิธีการเปลี่ยนความถี่ของแรงเคลื่อนที่จ่ายเข้ามอเตอร์โดยการแปลงไฟสลับจากสายจ่ายให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นทำการเปลี่ยนไฟกระแสตรงเป็นไฟสลับที่ปรับความถี่ได้โดยการใช้วงจรอินเวอร์เตอร์ ซึ่งเป็นภาคสุดท้ายของเครื่อง

2. ทฤษฎี

2.1 สมการแสดงคุณสมบัติของมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ

เมื่อพิจารณามอเตอร์เหนี่ยวนำ ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบจะได้

$$n = 120 \times f \times (1-s) / p$$

เมื่อ n = ความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟสลับ

f = ความถี่ของแรงเคลื่อนที่จ่ายเข้ามอเตอร์

p = จำนวนขั้วแม่เหล็ก

s = ค่าไถล

แรงบิดของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับสนามแม่เหล็กในช่องว่างอากาศต่อขั้ว กระแส และค่าตัวประกอบกำลังของวงจรตัวหมุน คือ

$$T = k_t \times \phi_a \times I_2 \times \cos\theta_2$$

ขนาดของสนามแม่เหล็กในช่องว่างต่อขั้ว หาค่าได้ดังนี้

$$V \times \sin 2\pi ft = - k_\phi \times \frac{d\phi_a}{dt}$$

$$d\phi_a = -\frac{V}{k_\phi} \times \sin 2\pi ft \, dt$$

$$\phi_a = k_1 \times \frac{V}{f} \times \cos 2\pi ft$$

$$\phi_a = k_2 \times \frac{V}{f}$$

จะพบว่าสนามแม่เหล็กในช่องว่างต่อขั้วเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าแรงเคลื่อนต่อความถี่ แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำในวงจรตัวหมุนมีค่า

$$V_r = k_3 \times \phi_a \times \cos(1-s)$$

ซึ่งทำให้เกิดกระแสที่ตัวหมุน

$$I_2 = V_r / |Z_r|$$

$$= \frac{k_3 \times \phi_a \times \cos(1-s)}{\sqrt{R_2^2 + (\cos(1-s)L_r)^2}}$$

โดยที่ Z_r = ค่าอิมพีแดนซ์ของตัวหมุน

และค่าตัวประกอบกำลังของวงจรตัวหมุน

$$\cos\theta_2 = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (\cos(1-s)L_r)^2}}$$

โดยที่ θ_2 เป็นมุมระหว่างสนามแม่เหล็กในช่องว่างอากาศกับกระแสในวงจรตัวหมุน (I_2)

วิธีการเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

1. การเปลี่ยนค่าไถล หรือ การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ Wound Rotor Systems โดยใส่ความต้านทานเข้าอนุกรมกับวงจรโรเตอร์

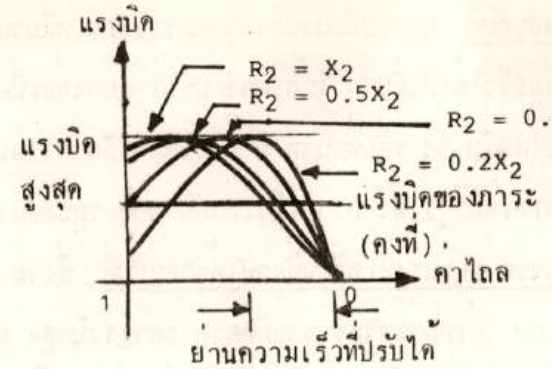
2. การเปลี่ยนขั้วแม่เหล็กที่ตัวอยู่กับที่

3. การเปลี่ยนแรงเคลื่อนที่จ่ายให้ขดลวดที่ตัวอยู่กับที่

4. การเปลี่ยนความถี่ที่ป้อนให้กับมอเตอร์

2.2 <u>การเปลี่ยนค่าไถล</u> วิธีนี้จะใช้รับกับมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบตัวหมุนพันขดลวด (Wound Rotor) เท่านั้น การเปลี่ยนค่าไถลจะทำได้โดยการเปลี่ยนความต้านทานในวงจรตัวหมุนโดยค่าไถล $S = R_2/X_2$

ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ภาระคงที่เมื่อเปลี่ยนความต้านทานในวงจรตัวหมุนจะเป็นในรูปที่ 1

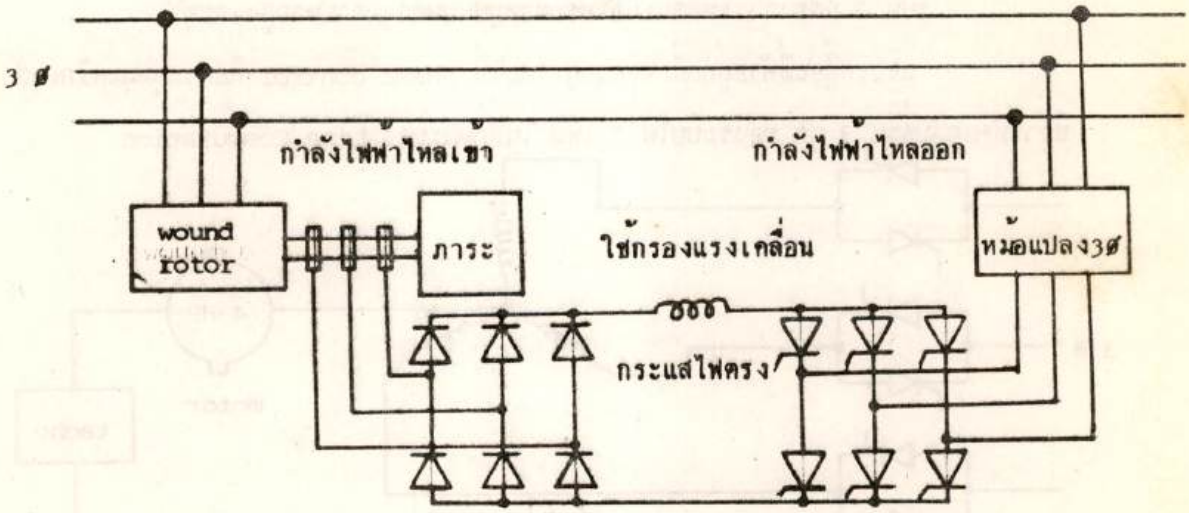


รูปที่ 1 แสดงการควบคุมความเร็วโดยการเปลี่ยนความต้านทานในวงจรตัวหมุน

ข้อเสียของการปรับความต้านทานในวงจรตัวหมุน

- มีความร้อนเกิดขึ้นในความต้านทาน
- ความเร็วของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับแรงบิดของภาระ

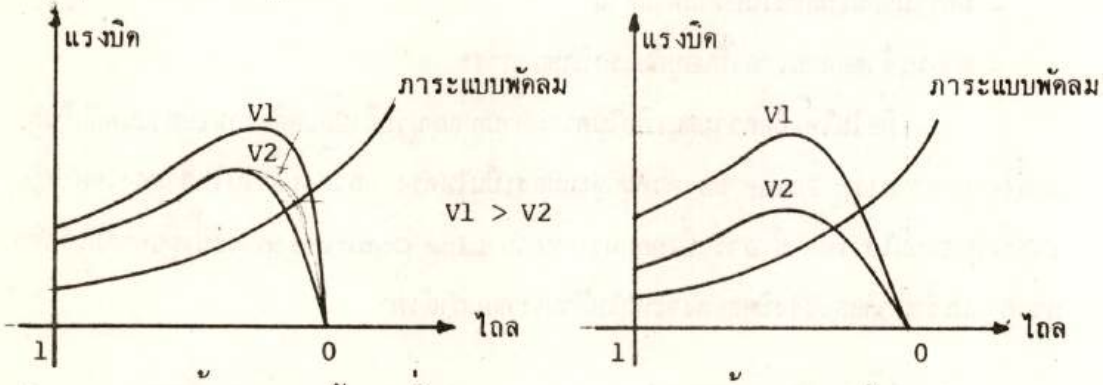
เพื่อไม่ให้เกิดความสูญเสียในความต้านทานที่ปรับจึงป้อนพลังงานในส่วนนี้กลับคืนสู่แหล่งจ่าย ค่า Slip Power ของตัวหมุนจะแปลงเป็นไฟตรง แล้วส่งเข้าไปในสายส่งโดยใช้อินเวอร์เตอร์แบบใช้ เอส ซี อาร์ ซึ่งคอมมิวเตทด้วย Line Comutation วิธีนี้เมื่อความเร็วต่ำกว่าความเร็วปกติและแรงบิดลดลงจะทำให้ตัวประกอบกำลังต่ำ



รูปที่ 2 แสดงวงจรควบคุมความเร็วโดยการเปลี่ยนแปลงค่า Slip power

2.3 <u>การเปลี่ยนขั้วแม่เหล็กที่ตัวอยู่กับที่</u> การเปลี่ยนแปลงความเร็วระบบเหนี่ยวนำ 3 เฟสโดยเปลี่ยนจำนวนขั้ว จะปรับความเร็วได้เป็นขั้น ๆ ไม่สามารถปรับได้อย่างต่อเนื่องจะเป็นไปตามสูตร N = 1205 / p เมื่อใช้ไฟสลับ 50 รอบต่อนาที มี 4 ขั้วแม่เหล็ก ความเร็วเท่ากับ 1500 รอบต่อนาที ถ้ามีขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ 2 ขั้ว ความเร็วเท่ากับ 300 รอบต่อนาที

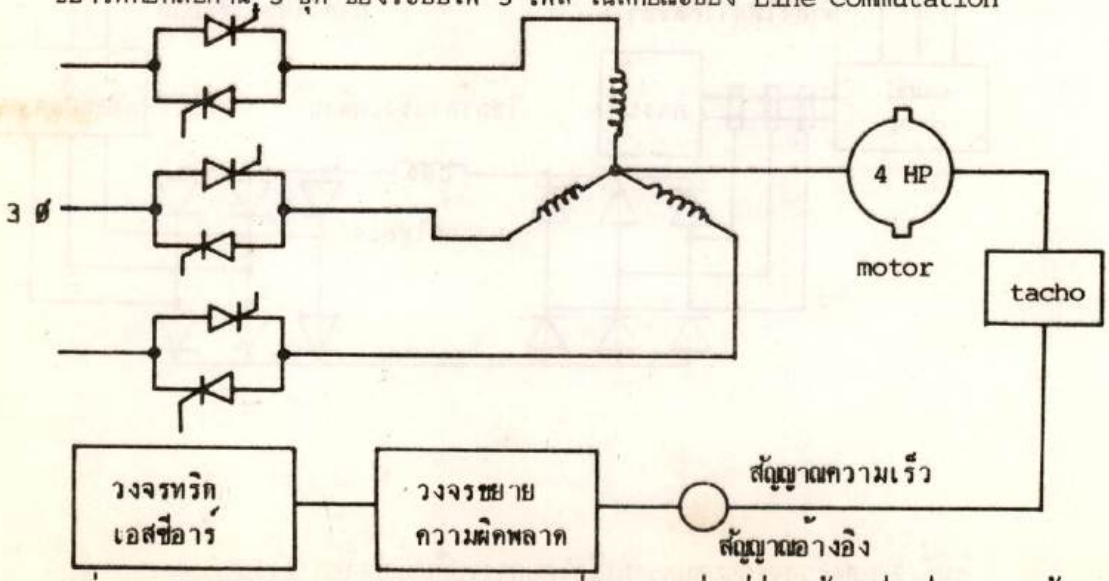
2.4 <u>การเปลี่ยนความเร็วโดยการควบคุมแรงที่เคลื่อนที่จ่ายให้ตัวอยู่กับที่</u> ซึ่งจะเปลี่ยนความเร็วรอบได้น้อยถูกจำกัดในช่วงแคบ ไม่เหมาะสำหรับงานที่ต้องการค่าแรงบิดสูง ขณะเริ่มหมุน โดยทั่วไปจะใช้กับเครื่องเป่าลม หรือปั๊มซึ่งมีแรงบิดเริ่มหมุนต่ำ ซึ่ จะให้ผลดี ถ้าวงจรตัวหมุนมีความต้านทานสูง



ความต้านทานของตัวหมุนต่ำ ความต้านทานของตัวหมุนสูง

รูปที่ 3 แสดงภาระพัดลมเมื่อใช้รับตัวหมุนแบบความต้านทานสูงและต่ำ

แรงเคลื่อนที่ตัวอยู่กับที่ จะควบคุมโดยใช้ phase control คือควบคุมมุมทริกเอสซีอาร์ที่ต่อกลับด้าน 3 ชุด ของระบบไฟ 3 เฟส ในลักษณะของ Line Commutation

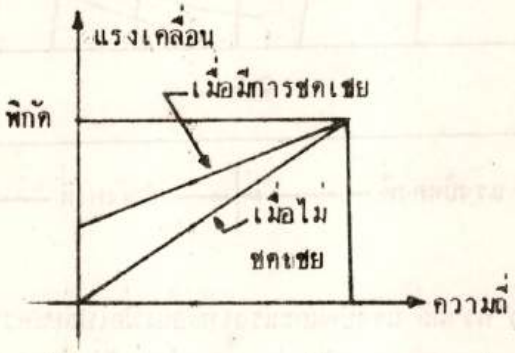


รูปที่ 4 การควบคุมความเร็วรอบ โดยการเปลี่ยนแรงเคลื่อนที่จ่ายให้ตัวอยู่กับที่ในลักษณะป้อนกลับ

ข้อเสียของวิธีนี้ คือ ประสิทธิภาพงานต่ำที่ความเร็วรอบต่ำ และค่าตัวประกอบกำลังต่ำ

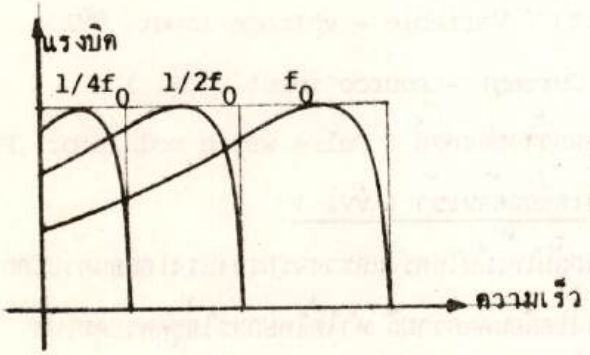
2.5 การควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำโดยเปลี่ยนความถี่

การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ ทำได้โดยการเปลี่ยนความถี่ที่ป้อนเข้ามอเตอร์ ซึ่งจะต้องเปลี่ยนแรงเคลื่อนที่จ่ายให้มอเตอร์ด้วย เพื่อทำให้สนามแม่เหล็กในช่องว่างอากาศคงที่ ซึ่งจะทำให้จุดการทำงานของสนามแม่เหล็กไม่เข้าสู่จุดอิ่มตัวอันจะทำให้ กระแสที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กสูง ทำให้การสูญเสียของขดลวดมากขึ้นด้วย การทำให้ค่าสนามแม่เหล็กในช่องว่างอากาศคงที่ ทำได้โดยการรักษาอัตราส่วนแรงเคลื่อนต่อความถี่ให้คงที่ดังในรูปที่ 5



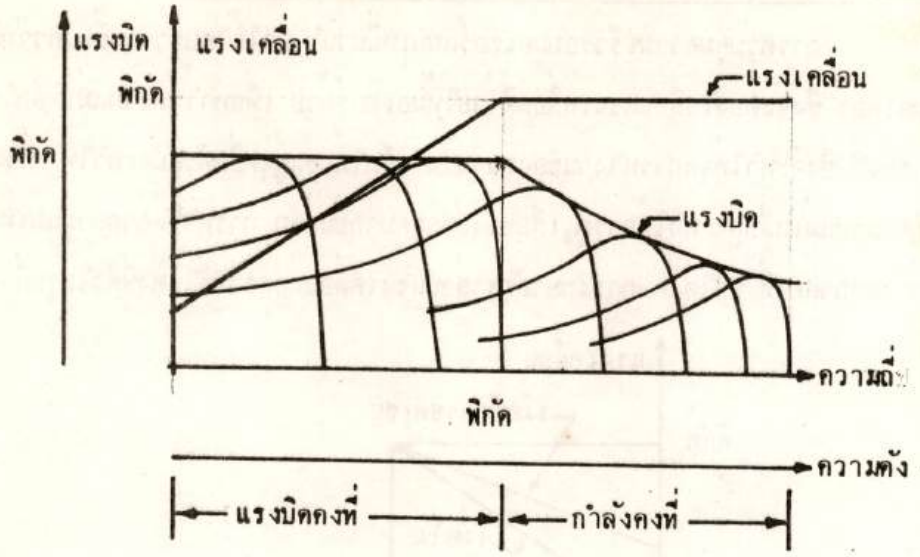
รูปที่ 5 แสดงรักษาอัตราส่วนแรงเคลื่อนต่อความถี่

ที่ความถี่ต่ำจะต้องเพิ่มแรงเคลื่อนที่จ่ายเข้ามอเตอร์เล็กน้อยเพื่อชดเชยแรงเคลื่อนตกคร่อมความต้านทานของตัวอยู่กับที่ ทำให้สนามแม่เหล็กในช่องอากาศคงที่เป็นผลทำให้มอเตอร์มีแรงบิดคงที่



รูปที่ 6 แสดงความเร็วและแรงบิดที่ความถี่ต่าง ๆ กันโดยที่สนามแม่เหล็กในช่องอากาศคงที่

เมื่อเพิ่มความถี่ให้สูงกว่าพิกัดโดยที่รักษาอัตราส่วนแรงเคลื่อนต่อความถี่ให้คงที่ ดังนั้นแรงเคลื่อนที่จ่ายให้มอเตอร์จะต้องเพิ่มตาม ซึ่งสูงกว่าพิกัดของมอเตอร์อาจทำให้ฉนวนของมอเตอร์เสีย และความเร็วของมอเตอร์สูงขึ้นจะทำให้ความเค้นเฉื่อยของฅลับลูกปืนเพิ่มขึ้น จะทำให้มอเตอร์เสียหายได้ เมื่อความถี่สูงกว่าพิกัดแล้วจึงต้องจ่ายแรงเคลื่อนให้มอเตอร์ตามพิกัด ซึ่งทำให้สนามแม่เหล็กในช่องว่างอากาศลดลง แรงบิดจึงลดลง เป็นผลทำให้มอเตอร์จ่ายกำลังคงที่



รูปที่ 7 แสดงความเร็ว ความถี่ แรงบิดและแรงเคลื่อนเมื่อเปลี่ยนความถี่ที่ป้อนเข้ามอเตอร์

การควบคุมความเร็วโดยใช้เปลี่ยนความถี่ทำให้ค่าไถลต่ำ ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น ที่ความถี่ต่ำ กระแสไหลขณะเริ่มหมุนจึงต่ำเพียงประมาณ 1.5 เท่าของกระแสพิกัดแรงบิดเริ่มหมุนจึงสูงกว่าพิกัด ทั้งนี้เนื่องจากมอเตอร์เริ่มหมุนที่ความถี่ต่ำ

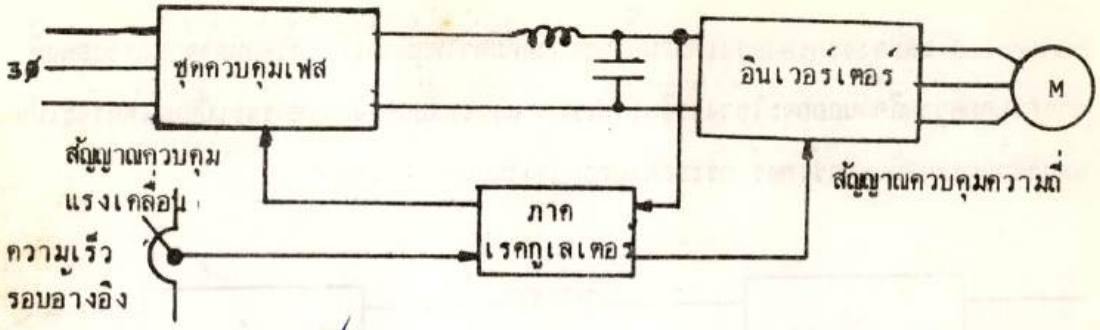
2.5.1 ชนิดของเครื่องควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบปรับความถี่

1. แบบเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนด้านเข้า (Variable - voltage input ,VVI)
2. แบบแหล่งจ่ายกระแสด้านเข้า (Current - source input , CSI)
3. สารผสมคลื่นแบบเปลี่ยนแปลงความกว้างของพัลส์ (Pulse width modulator ,PWM)

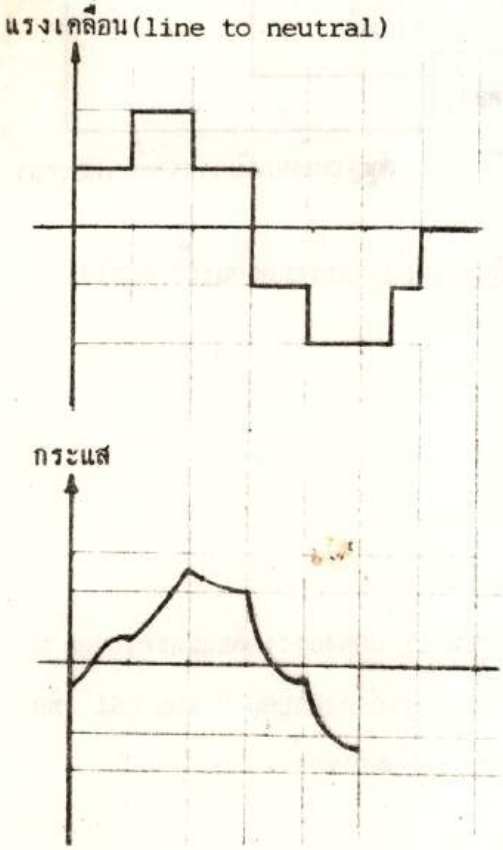
2.5.2 การเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนด้านเข้า (VVI)

แรงเคลื่อนไฟสลับจะแปลงไฟสลับให้เป็นไฟตรงและวงจรกรองแรงเคลื่อนด้วยขดลวดและตัวเก็บประจุค่าใหญ่มาก การควบคุมแรงเคลื่อนต่อความถี่ ทำได้โดยการใช้ชุดควบคุมเฟส (Phase Control rectifier) หรือวงจรชอปเปอร์ (Chopper) ก็ได้

การควบคุมความถี่จะใช้การสวิทช์ซิ่งของทรานซิสเตอร์ หรือ SCR ในภาคอินเวอร์เตอร์ ซึ่งจะให้เอาท์พุท 6 ระดับ



รูปที่ 8 แสดงผังวงจรของเครื่องควบคุมความถี่แบบเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนด้านเข้า



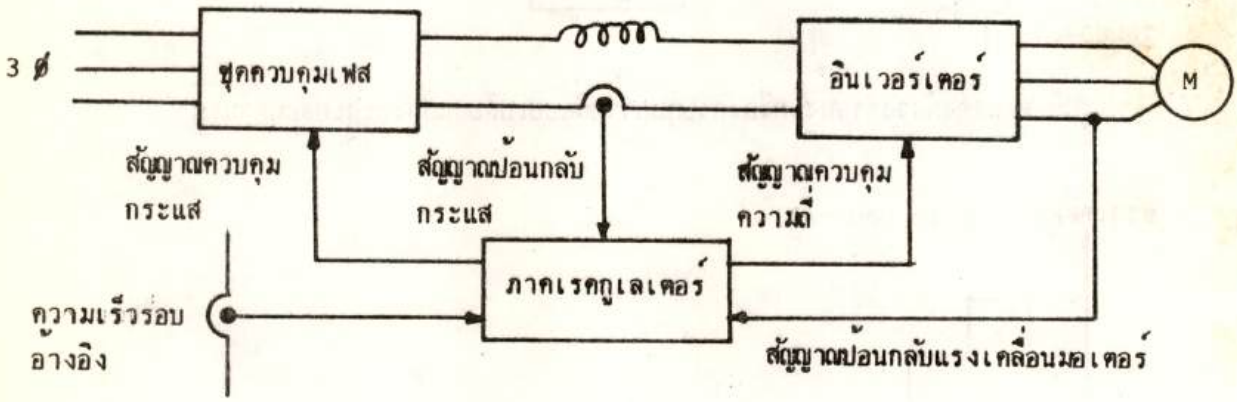
รูปที่ 9 แสดงแรงเคลื่อนและกระแสด้านออกของเครื่องควบคุมแบบ VVI เมื่อภาระเป็นมอเตอร์

แรงเคลื่อนฮาร์โมนิคส์ทางด้านออกของเครื่องจะทำให้เกิดกระแสฮาร์โมนิคส์ในมอเตอร์ กระแสฮาร์โมนิคส์จะถูกกำจัดด้วยค่าความเหนี่ยวนำรั่วของมอเตอร์ กล่าวคือ ถ้าค่าความเหนี่ยวนำรั่วมากจะทำให้กระแสฮาร์โมนิคส์น้อยการสูญเสียของมอเตอร์จะลดลง ดังนั้นเครื่องควบคุมแบบ VVI จะนิยมใช้กับมอเตอร์ขนาดเล็ก ซึ่งจะมีค่าความเหนี่ยวนำรั่ว

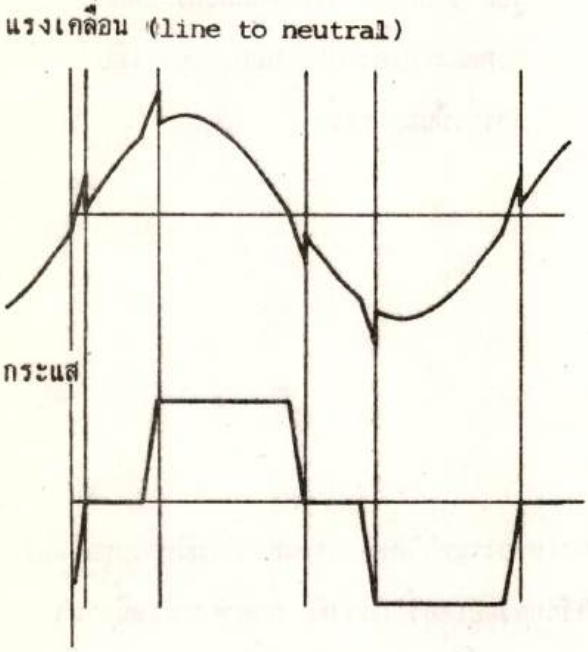
2.5.3 <u>แบบแหล่งจ่ายกระแสด้านเข้า (CSI)</u>

แรงเคลื่อนไฟตรงได้จากแรงเคลื่อนไฟสลับผ่านชุดแปลงแรงเคลื่อนแบบ Phase

controled และวงจรกรองแรงเคลื่อนด้วยขดลวดที่มีค่าใหญ่มากเพื่อให้ได้แหล่งจ่ายกระแสคงที่ การควบคุมความถี่ด้านออกจะใช้วงจรอินเวสเตอร์ แรงเคลื่อนของมอเตอร์จะเป็นมอเตอร์จะเป็นผลมาจากกระแสอินเวอร์เตอร์ กระแสด้านออกวางในแบบ 6 ระดับ



รูปที่ 10 แสดงผังวงจรของเครื่องควบคุมความถี่แบบแหล่งจ่ายกระแสด้านเข้า (CS1)

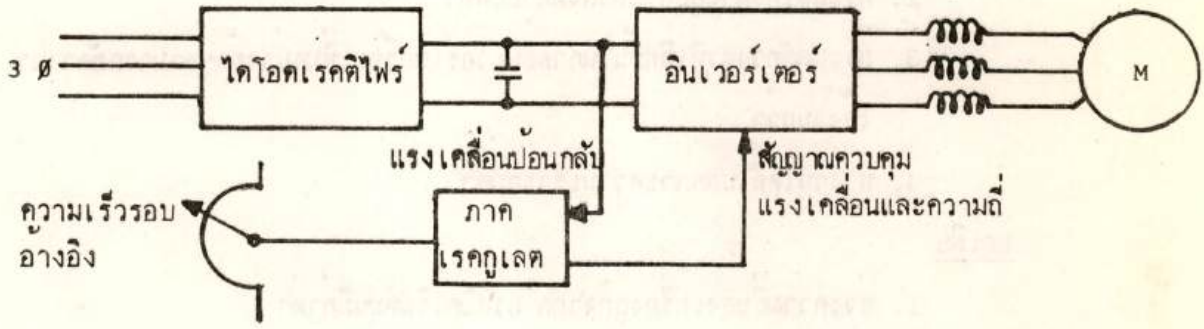


รูปที่ 11 แสดงแรงเคลื่อนและกระแสด้านออกของเครื่องควบคุม 9 แบบ CS1 เมื่อภาระเป็นมอเตอร์

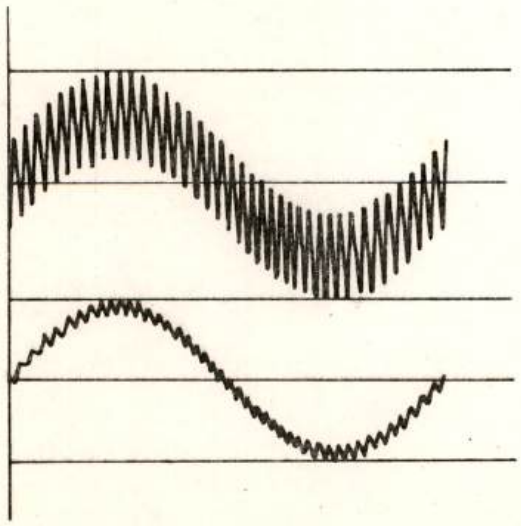
แรงเคลื่อนฮาร์โมนิคส์ทางด้านออกของเครื่อง กำหนดโดยกระแสฮาร์โมนิคส์ ซึ่งจำกัดด้วยความเหนี่ยวนำของมอเตอร์ ถ้าค่าความเหนี่วยนำรั่วมากจะทำให้แรงเคลื่อนฮาร์โมนิคส์มากทำให้การสูญเสียมากขึ้น ดังนั้นเครื่องควบคุมแบบ CS1 จะใช้รับมอเตอร์ซึ่งมีค่าความเหนี่ยวนำรั่วต่ำ ซึ่งจะเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่

2.5.4 การผสมคลื่นแบบเปลี่ยนแปลงความกว้างของพัลส์ (PWM)

แรงเคลื่อนไฟสลับแปลงให้เป็นไฟตรงด้วยไดโอดและกรองแรงเคลื่อนด้วยตัวเก็บประจุค่าน้อย ได้แรงเคลื่อนไฟตรงที่คงที่ ภาคอินเวอร์เตอร์จะเปลี่ยนแรงเคลื่อนและความถี่ ใช้การผสมคลื่นแบบเปลี่ยนความกว้างของพัลส์ซึ่งทำการสวิทช์ด้วยความถี่สูงที่ความเร็วรอบต่ำจำนวนพัลส์มาก เมื่อความถี่สูงขึ้นจำนวนพัลส์ต่ำลง



รูปที่ 12 ผังวงจรของเครื่องควบคุมความถี่แบบการผสมคลื่นโดยเปลี่ยนแปลงความกว้างของพัลส์



รูปที่ 13 แสดงแรงเคลื่อนและกระแสด้านออกของเครื่องควบคุมแบบ PWM เมื่อภาระเป็นมอเตอร์

แรงเคลื่อนฮาร์โมนิคส์ทางด้านออกของเครื่องจะมีน้อยมาก เนื่องจากในภาคอิน - เวอร์เตอร์พยายามจะควบคุมให้แรงเคลื่อนมีช่วงเปิดและปิดตามสัญญาณรูป sine จึงทำให้กระแสผ่านมอเตอร์ใกล้เคียงรูป sine มากที่สุด เครื่องควบคุมแบบ CSI จะใช้กับมอเตอร์ซึ่งมีขนาดใหญ่เพื่อให้การสูญเสียน้อย

ข้อดีของการควบคุมความเร็วรอบแบบแหล่งจ่ายกระแสด้านเข้า

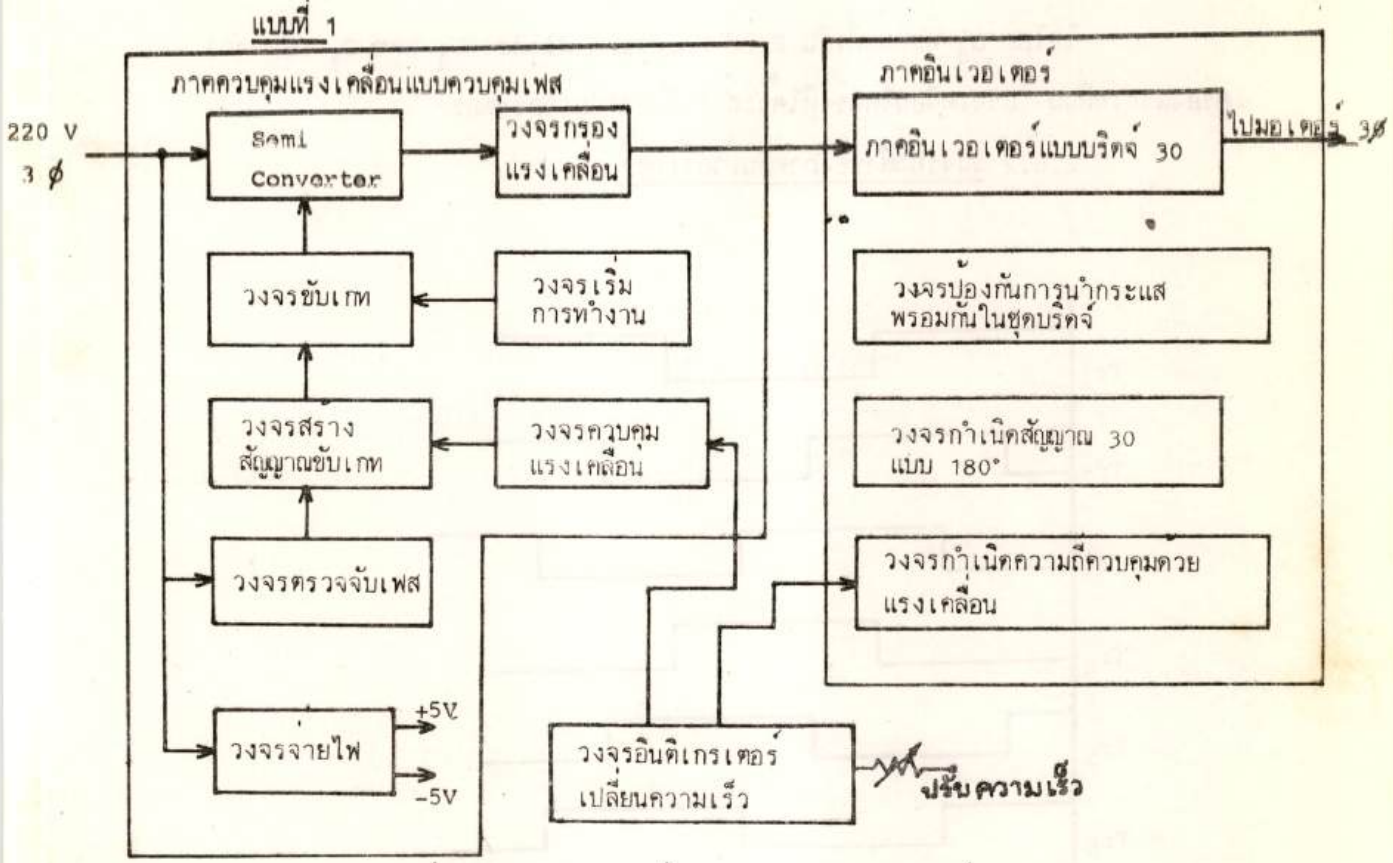
1. วงจรกำลังมีความเชื่อถือได้สูงกว่า
2. กระแสไหลผ่านอุปกรณ์กำลังมีค่ายอดต่ำ
3. กระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นในภาคอินเวอร์เตอร์จะเพิ่มอย่างช้าๆสามารถตัดวงจรได้ง่ายกว่า
4. ทำงานได้ดีในสภาวะความเร็วรอบต่ำ

ข้อเสีย

1. ช่วงความถี่ของเครื่องถูกจำกัด แรงบิดเริ่มหมุนมีค่าต่ำ
2. ค่าความเหนี่ยวนำมีขนาดใหญ่
3. การตอบสนองต่อการขับจะเป็นไปอย่างช้า และไม่ราบเรียบที่ภาวะต่ำ ๆ และความเร็วรอบสูง

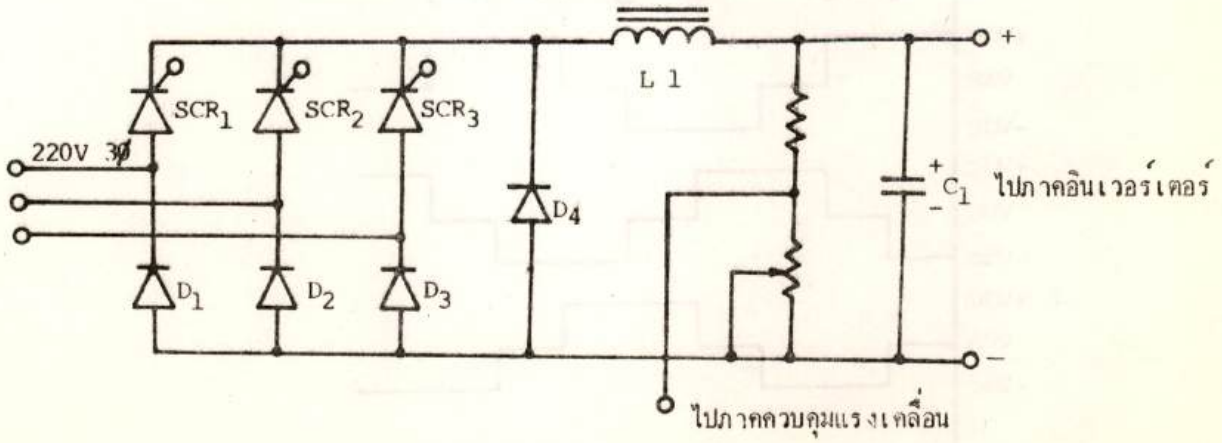
2.6 ตัวอย่างการจัดวงจรของเครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์หนี่ยวนำโดยการเปลี่ยน ความถี่

แบบที่ 1



รูปที่ 14 ผังวงจรของเครื่องควบคุมความเร็วรอบแบบที่ 1

2.6.1 วงจรกำลังของภาคควบคุมแรงเคลื่อนแบบควมคุมเฟส

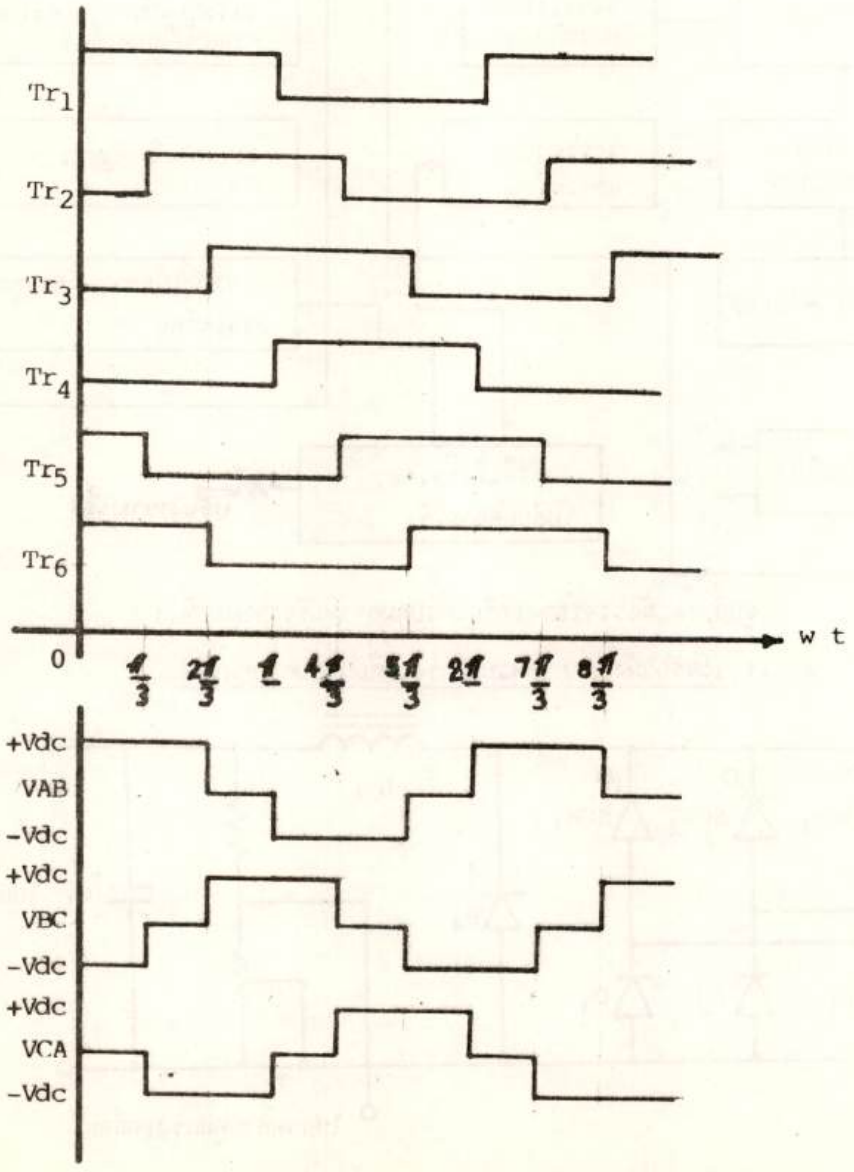


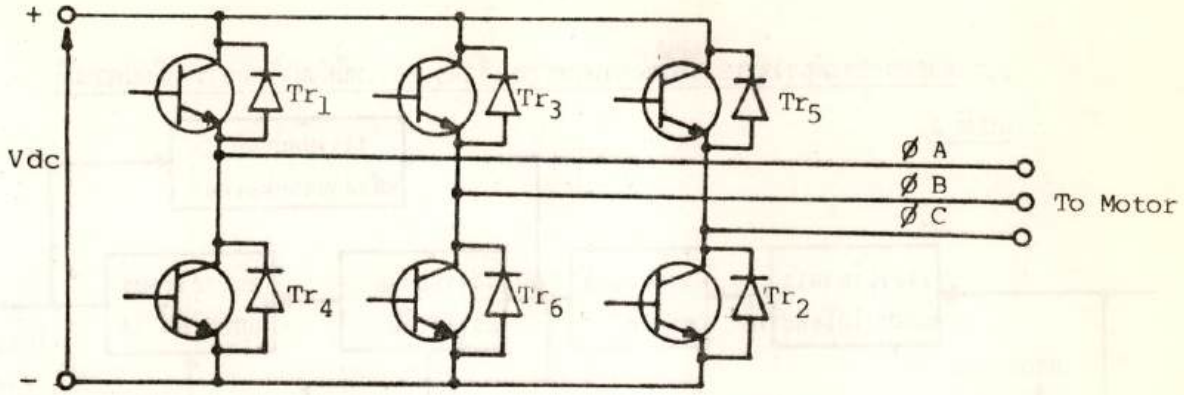
รูปที่ 15 วงจรเปลี่ยนไฟสลับให้เป็นไฟตรง

วงจรเปลี่ยนไฟสลับให้เป็นไฟตรงจะใช้วงจรเรคติไฟร์แบบครึ่งบริดจ์ แรงเคลื่อนไฟตรงควบคุมโดยเปลี่ยนมุมทริกของ SCR_1,SCR_2,SCR_3 ซึ่งสร้างสัญญาณทริกเกตด้วยวงจรสร้างสัญญาณขับเกต มุมทริกน้อยลง แรงเคลื่อนไฟตรงจะมากขึ้นมุมทริกมากขึ้นแรงเคลื่อนไฟตรงจะน้อยลง

ไดโอด D_4 ทำหน้าที่เป็น Free-Wheeling diode L_1 และ C_1 เป็นวงจรกรองแรงเคลื่อน แรงเคลื่อนไฟตรงที่ได้จะส่งไปยังภาคอินเวอร์เตอร์

2.6.2 วงจรกำลังของภาคอินเวอร์เตอร์





รูปที่ 16 แสดงรูปคลื่นของแรงเคลื่อน และลำดับของการนำกระแส เมื่อภาระเป็นความต้านทาน

วงจรอินเวอร์เตอร์ในรูปทรานซิสเตอร์ Tr_1 และ Tr_2 ซึ่งอนุกรมกัน เมื่อให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสตลอด 180 องศาแล้ว ถ้าหยุดป้อนกระแสเบสของ Tr_1 แล้วป้อนกระแสเบสของ Tr_4 ทันที แต่ Tr_1 ยังไม่หยุดนำกระแสเนื่องจากทรานซิสเตอร์มี Trun-off time จึงทำให้เกิดการลัดวงจรระหว่างแหล่งจ่ายผ่าน Tr_1 Tr_4 ในแนวเดียวกัน จึงต้องมีการป้องกันโดยไม่ให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสถึง 180 องศา

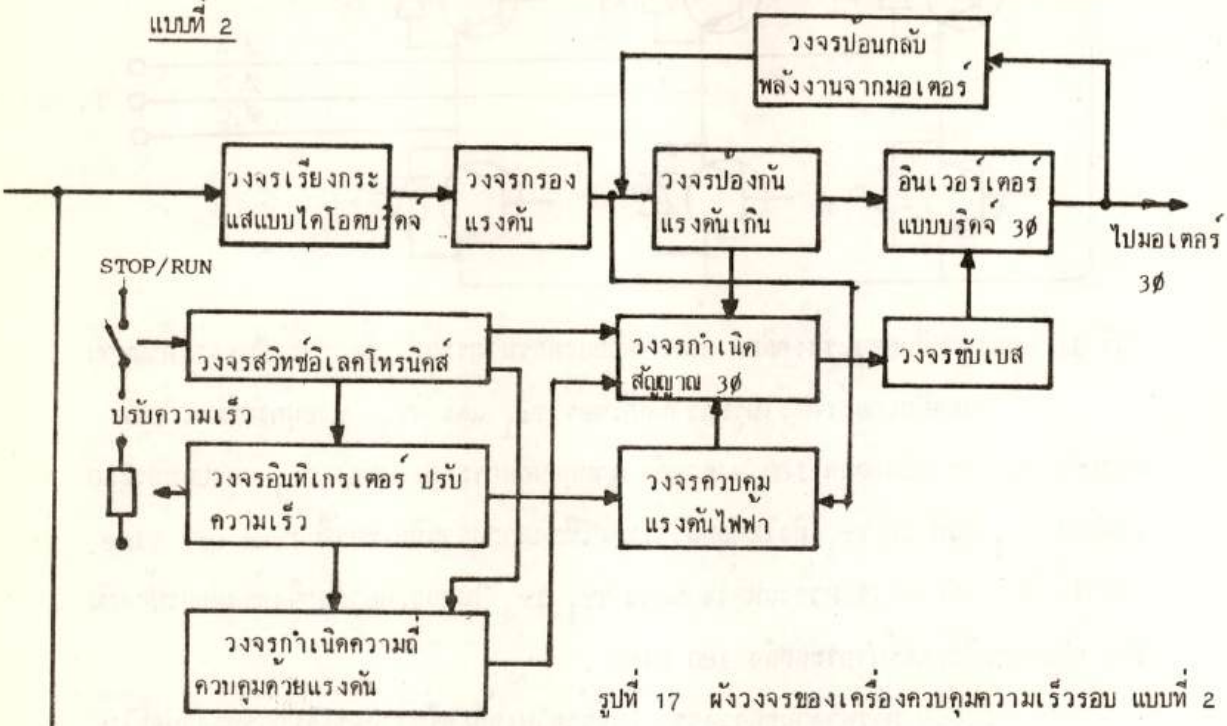
2.6.3 <u>การทำงานของวงจร</u> เมื่อจ่ายไฟเข้าเครื่องวงจรเริ่มการทำงานจะไม่ป้อนไฟเข้าวงจรขับเกท เพื่อให้วงจรต่างๆของเครื่องได้รับไฟหมดเสียก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้วงจรขับเกททำงานก่อน อันเป็นผลให้ SCR นำกระแสผิดพลาด

วงจรอินติเกรเตอร์เปลี่ยนความเร็วจะทำให้การเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของมอเตอร์เป็นไปอย่างช้าๆ แรงดันไฟฟ้าควบคุมความเร็วรอบจะส่งไปยังวงจรควบคุมแรงเคลื่อน และวงจรกำเนิดความถี่

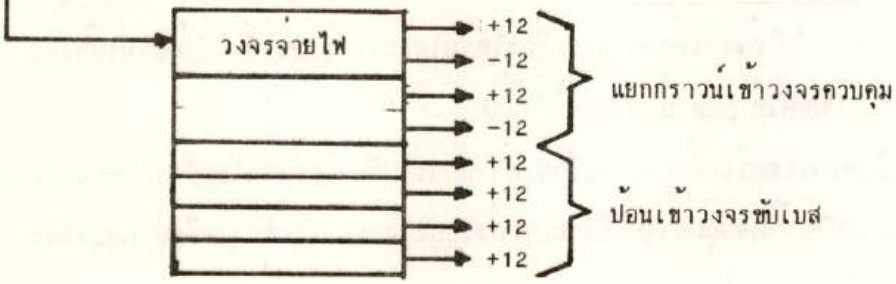
วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้าจะเปรียบเทียบกับแรงเคลื่อนไฟตรงที่ได้ในวงจรจ่ายไฟกำลังสร้างสัญญาณขับเกทเพื่อรักษาแรงดันไฟฟ้าของเครื่องให้คงที่ตามอัตราส่วนแรงเคลื่อนต่อความถี่

วงจรกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงเคลื่อนจะกำเนิดชนิดความถี่เป็น 6 เท่าของความถี่ของเครื่อง เพื่อสู่วงจรกำเนิดสัญญาณ 3 เฟส เพื่อขับทรานซิสเตอร์ในภาคอินเวอร์เตอร์ต่อไป

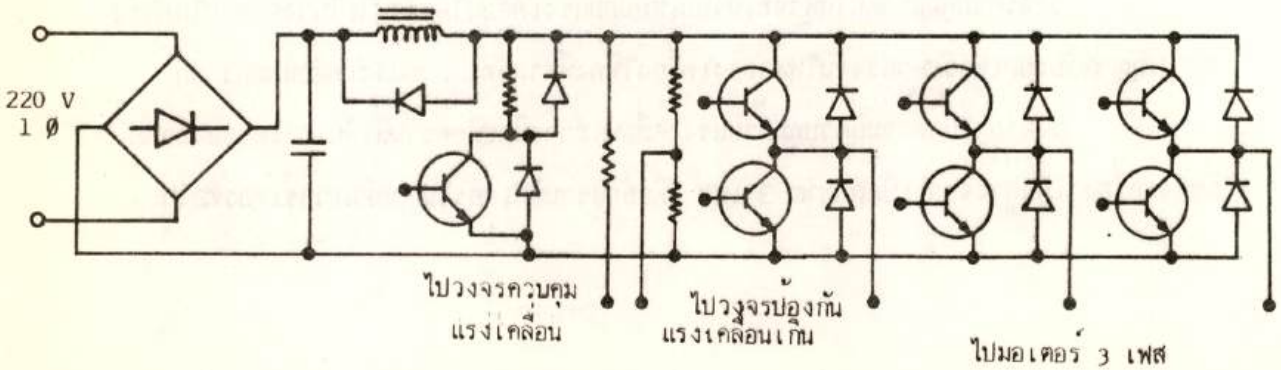
2.7 ตัวอย่างการจัดวงจรของเครื่องควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยการเปลี่ยนความถี่ แบบที่ 2



รูปที่ 17 ผังวงจรของเครื่องควบคุมความเร็วรอบ แบบที่ 2



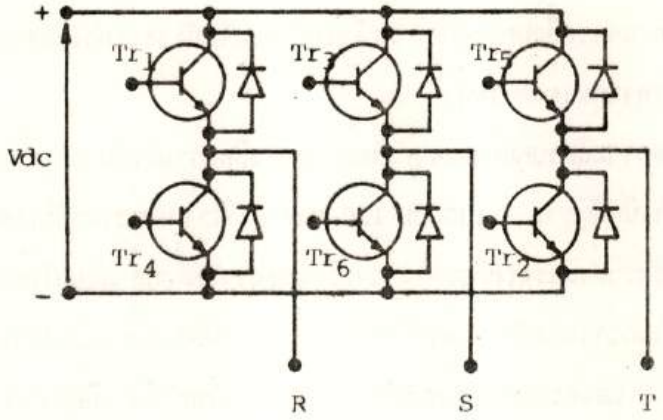
2.7.1 วงจรกำลัง

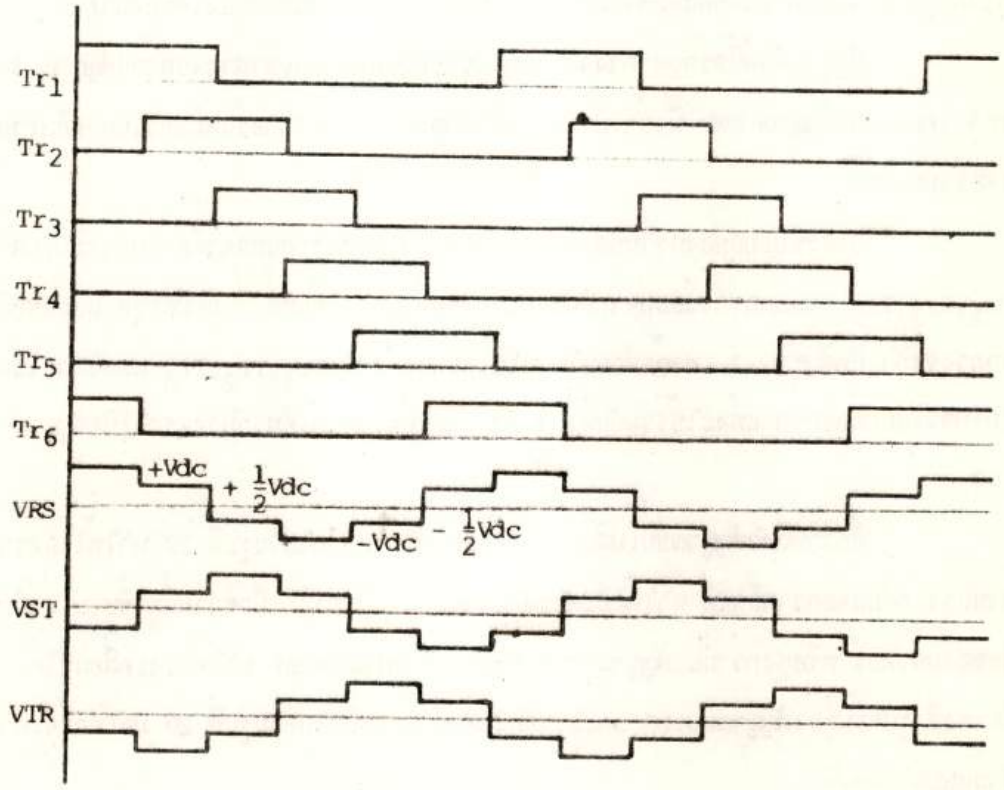


รูปที่ 18 แสดงวงจรกำลัง

วงจรเปลี่ยนไฟสลับให้เป็นไฟตรงจะใช้ไดโอดต่อแบบบริดจ์กรองแรงเคลื่อนด้วยตัวเก็บประจุ

2.7.2 ภาคอินเวอร์เตอร์





รูปที่ 19 แสดงรูปคลื่นของแรงเคลื่อนและลำดับการนำกระแสเมื่อวงจรเป็นความต้านทาน

การนำกระแสของทรานซิสเตอร์ แต่ละตัวภายใน 120 องศา ดังนั้นจึงไม่มีปัญหา turn-off time ซึ่งทำให้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวในแนวเดียวกันนำกระแสพร้อมกัน

2.7.3 <u>การทำงานของวงจร</u> เมื่อเปิดเครื่องวงจรสวิทช์อีเลคโทรนิคส์จะควบคุมการปิดเปิดเพื่อให้วงจรควบคุมการทำงาน วงจรอินทิเกรเตอร์เปลี่ยนความเร็วจะทำให้ความเร็วรอบเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ แรงเคลื่อนควบคุมความเร็วรอบจะส่งไปยังวงจรกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงดันไฟฟ้าและวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้า

วงจรกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงดันไฟฟ้าจะกำเนิดความถี่เป็น 6 เท่าของความถี่ของเครื่องเข้าสู่วงจรกำเนิดสัญญาณ 3 เฟสแบบ 120 องศา เพื่อป้อนให้วงจรขับเบส

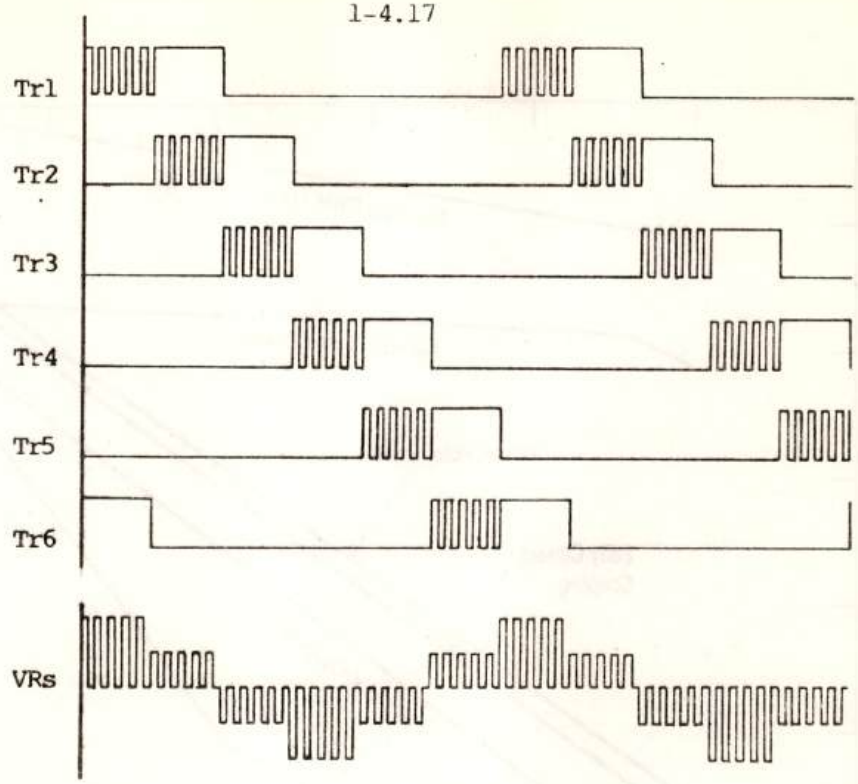
การควบคุมอัตราส่วนแรงเคลื่อนต่างความถี่ และแรงเคลื่อนด้านออกให้คงที่ จะใช้วิธี PWM เปลี่ยนแปลงความกว้างของพัลส์ กล่าวคือความกว้างของพัลส์เปลี่ยนแปลงไปตามแรงเคลื่อนควบคุมความเร็วรอบ และแรงเคลื่อนป้อนกลับจากวงจรจ่ายไฟกำลัง เมื่อความถี่ของเครื่องต่ำลง พัลส์ที่ได้จะมีช่วงนำกระแสน้อย ทำให้แรงเคลื่อนด้านออกของเครื่องต่ำลง เมื่อความถี่สูงขึ้นช่วงนำกระแสของพัลส์จะมากขึ้นทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกของเครื่องมากขึ้น

สัญญาณพัลส์นี้สร้างจากวงจรควบคุมแรงเคลื่อนจะป้อนเข้าสู่วงจรสร้างสัญญาณ 3 เฟส โดยจะรวมสัญญาณ PWM นี้เข้าเป็นสัญญาณขับเบสของทรานซิสเตอร์แต่ละตัวในภาคอินเวอร์เตอร์แบบแริดจ์

วงจรขับเบสของทรานซิสเตอร์จะแยกกราวน์ออกจากกันกล่าวคือ ในการขับเบส Tr_1, Tr_3, Tr_5 จะแยกกราวน์ออกจากกันโดยเด็ดขาดด้วยการใช้แหล่งจ่ายคนละชุด และแยกออกจากวงจรกำเนิดสัญญาณ 3 เฟสด้วยออปโตไอโซเลเตอร์ ส่วน Tr_4, Tr_2, Tr_6 แหล่งจ่ายในการขับเบสจะแยกต่างหาก แต่จะใช้ร่วมกันทั้ง 3 ตัว และใช้กราวน์เดียวกับวงจรกำเนิดสัญญาณ 3 เฟส

ที่ความถี่ต่ำสัญญาณขับเบสและแรงเคลื่อนที่ได้จะเป็นไปในรูปที่ 20 ทำให้ได้อัตราส่วนแรงเคลื่อนต่อความถี่คงที่ ทำให้มอเตอร์ทำงานแบบแรงบิดคงที่ เมื่อความถี่สูงขึ้นจนเท่ากับพิกัดของมอเตอร์ หรือสูงกว่านั้น สัญญาณ PMW จะมีช่วงนำกระแสตลอด ทำให้แรงเคลื่อนที่ได้มีค่าคงที่ รูปคลื่นของสัญญาณขับเบส และแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะเป็นไปตามรูปที่ 20 มอเตอร์จะทำงานแบบกำลังคงที่

วงจรป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินจะป้องกันไม่ให้แรงเคลื่อนก่อนเข้าภาคอินเวอร์เตอร์มากกว่า 305 V_{dc} เมื่อแรงดันไฟฟ้าเกิน วงจรทำให้วงจรในภาคควบคุมทั้งหมดหยุดทำงาน



วงจรป้อนกลับพลังงานจากมอเตอร์ จะทำหน้าที่ป้อนพลังงานที่สะสมในมอเตอร์กลับเข้าสู่แหล่งจ่ายไฟตรง ในขณะเมื่อทำการลดความถี่ของเครื่องลง ดังนั้นมอเตอร์จะทำหน้าที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทรานซิสเตอร์ในวงจรป้อนกลับพลังงานทำหน้าที่เป็นวงจรชอปเปอร์แบบให้แรงดันสูงขึ้น พลังงานภายในมอเตอร์จึงส่งผ่านลัดตัวเหนี่ยวนำในวงจรจ่ายไฟ ไปสะสมในตัวเก็บประจุ เมื่อมีวงจรป้อนกลับรับพลังงาน จะทำให้มอเตอร์ลดความเร็วได้อย่างรวดเร็ว

3. <u>สรุป</u>

ในรูป 21 แสดงกราฟเปรียบเทียบ

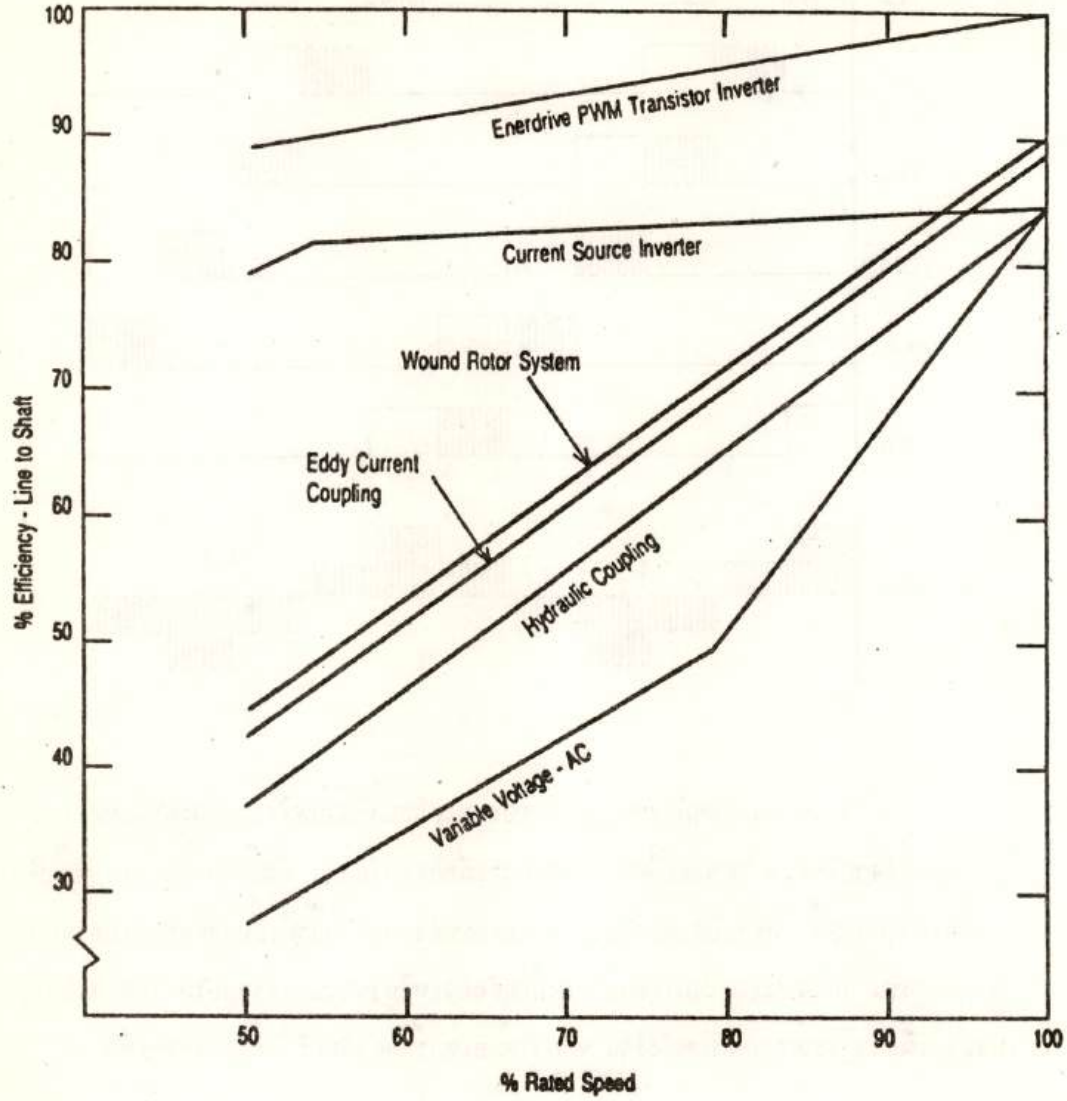
การควบคุมมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยวิธีการต่าง ๆ คือ

1. โดยการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าขดลวดอยู่กับที่ของมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส

2. โดยวิธีการ Eddy current coupling

3. โดยการเปลี่ยนค่าความต้านทานในวงจรโรเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ wound rotor

4. ใช้อินเวอร์เตอร์แบบเปลี่ยนความกว้างของพัลส์ (PWM)



รูปที่ 21 Efficiency comparison

เอกสารอ้างอิง

1. S.B. Dewan and A. Straughen , " Power Semiconductor Circuit " , John Willey & Sons , 1975

2. David Finney , " The Power Thyristor and its Applications " McGRAW-HILL Book Company , 1980

เครื่องแก้ตัวประกอบกำลังอัตโนมัติ

มนตรี สุวรรณภิงคาร *
สุเทพ อภิรมย์จิต
สุวิทย์ ศรีสุข

บทคัดย่อ

โหลดประเภทกระแสเหนี่ยวนำบางชนิดเช่น หม้อแปลง มอเตอร์ บาลลาสต์ ของหลอดฟลูออเรสเซนท์ ต้องการพลังงานแม่เหล็กเพื่อไปสร้างสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) พลังงานแม่เหล็กนี้คือ พลังงานเหนี่ยวนำปฏิกริยา ซึ่งเป็นพลังงานที่ไม่ได้นำไปใช้งาน แต่จะถูกส่งกลับไปมาระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับโหลด ทำให้เพิ่มการสูญเสียกำลัง (Power Loss) มากขึ้น ค่าพลังงานนี้สามารถวัดได้จากเครื่องวัด KVAR-hour Meter

ในการแก้ไขเพื่อลดการสูญเสียพลังงานนี้ ทำได้โดยการต่อคาปาซิเตอร์ขนานกับโหลด โดยใช้คาปาซิเตอร์สถิตย์ (Static Capacitor) และสามารถเลือกขนาดของกำลังปฏิกริยาที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ ค่าของกำลังปฏิกริยาที่สามารถควบคุมได้สูงสุดประมาณ 4.2 กิโลวาร์ เครื่องที่สร้างขึ้นนี้เรียกว่า เครื่องควบคุมตัวประกอบกำลังอัตโนมัติ (Automatic Power Factor Control)

บทนำ

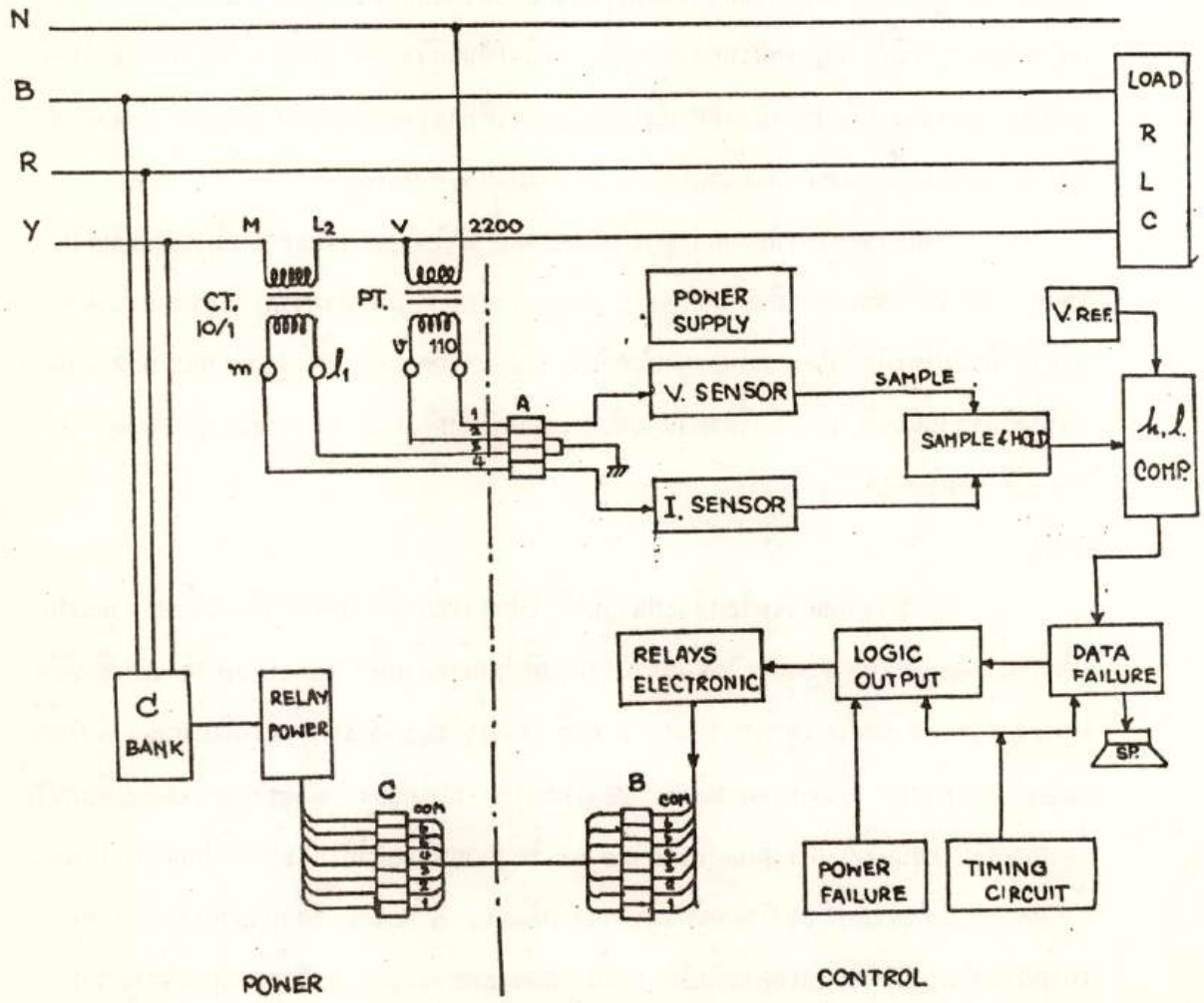
การทำงานของเครื่องที่จะกล่าวถึงนี้ เป็นการต่อหรือปลดคาปาซิเตอร์ออกจากระบบเพื่อลดค่า Reactive Power โดยจะมีวงจรส่วนที่ทำหน้าที่อ่านค่า Reactive Power ซึ่งก็คือค่าของ $VI\sin\phi$ แต่เนื่องจากขนาดของ V คงที่ มีแต่ค่า $I\sin\phi$ เท่านั้นที่เปลี่ยนแปลง จึงใช้ค่า $I\sin\phi$ แทนค่าของ Reactive Power ของโหลดได้ ขนาดของ Reactive Power ที่อ่านได้นี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับ Reactive Power ของคาปาซิเตอร์ที่ใส่เข้าหรือปลดออก 1 ขั้น ถ้า Reactive Power ของโหลดมีค่ามากกว่า Reactive Power ของคาปาซิเตอร์ 1 ขั้น เครื่องจะทำการใส่คาปาซิเตอร์เพิ่มอีก 1 ขั้น แล้วจะหน่วงเวลาเอาไว้จนระบบเข้าสู่ภาวะเสถียร (Stable) แล้วจึงอ่านค่า Reactive Power ค่าใหม่ซึ่งเป็นค่าที่แก้ไขแล้ว ถ้ายังมีค่ามากกว่า Reactive Power ที่ต้องการก็จะใส่คาปาซิเตอร์เข้าไปอีกทีละขั้นจนกว่าจะได้ค่า Reactive Power ตามที่ต้องการ ในทำนองเดียวกัน เมื่อ Reactive Power ที่อ่านได้ขณะ

เริ่มต้นเป็นตัวประกอบกำลังล้ำหน้า (leading) วงจรควบคุมจะสั่งปลดคาปาซิเตอร์ทีละขั้น โดยทั่วไปค่าตัวประกอบกำลังที่ต้องการคือ ตัวประกอบกำลังล้าหลัง (lagging) ใกล้เคียง 1 หรือตามที่การไฟฟ้ากำหนดไว้

ส่วนประกอบของวงจร ประกอบด้วย 3 ภาคคือ

1. ภาคอิเลคทรอนิคส์คอนโทรลเลอร์ (Electronics Controller)
2. ภาคเพาเวอร์ ต่อหรือปลด คาปาซิเตอร์
3. ภาคจ่ายกำลัง (Power Supply)

<u>การทำงานของเครื่องในการแก้ตัวประกอบกำลังอัตโนมัติ</u>



รูปที่ 1.1 แสดงแผนภูมิวงจรการควบคุมการแก้ตัวประกอบกำลังโดยอัตโนมัติ

การทำงานของเครื่องนี้ส่วนสำคัญอยู่ที่วงจรอ่านค่า Reactive power ของ โหลด ซึ่งเป็นวงจรย่อยในวงจร Voltage Sensor โดยใช้ Potential Tranformer ลดขนาดของโวลท์ ลงมาเป็นขนาด 110 โวลท์ ป้อนเป็น อินพุท ให้กับวงจร อ่าน ระดับศูนย์ ทำให้เกิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมขนาด + 15 โวลท์ มีเฟส ที่ ตรงกันกับ เฟส ของ แรงดันอินพุท แล้วนำสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมนี้มาผ่านวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งลูกคลื่นตัด ช่วงลบออกได้เป็นพัลส์ +15 โวลท์ ซึ่งไม่สามารถป้อนเข้าวงจร TTL (Monostable) ภาคต่อไปได้ จะต้องลดขนาดพัลส์ ลงเป็น +5 โวลท์ โดยใช้วงจร Transister Switching +5 โวลท์ แล้วนำ เอาท์พุท ไปป้อนเข้าวงจร Monostable สร้างสัญญาณพัลส์ ออกมามีความกว้างพัลส์ = 8 usec นำเอาท์พุท นี้มาผ่านวงจร Transister Switching อีกครั้งขยายให้เป็นพัลส์ ขนาด +15 โวลท์ โดยที่ความกว้างของพัลส์ ยังคงเป็น 8 usec แล้วป้อนเข้าวงจร Sample and Hold (S/H) ทางขา Sample ส่วนทางขา อินพุท ของวงจร Sample and Hold จะเป็นขนาดของกระแสที่ได้จาก Current Tranformer แล้วขยายสัญญาณซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสสลับด้วยวงจร Non-Inverting Amplifier จากนั้นป้อนเข้าวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งลูกคลื่นตัดช่วงสัญญาณที่เป็นลบออก เอาท์พุทที่ได้จากวงจร Sample and Hold จะเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแปรเปลี่ยนไปตามขนาด Reactive Power ของ โหลด (VIsinO) ป้อนเข้าวงจรเปรียบเทียบ h-l แล้วแสดงสภาวะออกมาโดยใช้สัญญาณดิจิตอล 2 หลัก โดยนำไปเปรียบเทียบกับค่าโวลท์อ้างอิงของ h ว่าขนาดมากกว่าหรือไม่ ถ้าอินพุทน้อยกว่าขนาดของ h ที่ตั้งไว้ (ปรับได้จากภายนอก) ก็จะให้เอาท์พุทของ h ออกมาเป็น "0" แต่ถ้ามากกว่าก็จะได้ค่า "1" ขณะเดียวกันก็นำไปเปรียบเทียบกับค่าโวลท์อ้างอิงของ 1 ว่าขนาดน้อยกว่าหรือไม่ ถ้าน้อยกว่าขนาดของ 1 ที่ตั้งไว้ก็จะให้เอาท์พุท ออกมาเป็น "1" แต่ถ้ามากกว่าก็จะได้ "0" เอาท์พุทที่ได้มีความหมายดังนี้

h	l	ความหมาย
0	0	คงสภาวะเดิมไว้ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
1	0	ให้ใส่ค่าปาซิเตอร์เพิ่มเข้าไป 1 ขั้น
0	1	ให้ปลดค่าปาวิเตอร์ถอยหลังไป 1 ขั้น
1	1	วงจรผิดพลาด และออดดังเตือน

จะเห็นว่าเอาท์พุทของ h1 จะเป็น 00 ก็ต่อเมื่อแรงดันอินพุทอยู่ระหว่างแรงดันอ้างอิง h และแรงดันอ้างอิง 1 ซึ่งหมายความว่า Reactive Power ของระบบยังอยู่ในช่วงที่ยังยอมรับได้ คือไม่มากกว่า Reactive Power ของคาปาซิเตอร์ 1 ขั้น และไม่เกิดสภาวะ Leading ของกระแส

สัญญาณเอาท์พุทของ h1 จะถูกนำเข้าวงจร Logic Output เพื่อสร้างสัญญาณให้สั่งหรือปลดคาปาซิเตอร์อย่างไร ตามลักษณะของสัญญาณ h1 เพื่อให้วงจร Logic Output ทำงานได้ถูกต้องยิ่งขึ้น จึงมีวงจร Power Failure คอย clear ข้อมูลกรณีเปิดเครื่องครั้งแรกและเกิดไฟดับชั่วคราว และยังมีวงจรฐานเวลาคอยหน่วงเวลาเอาท์พุท เพื่อให้ระบบเข้าสู่สภาวะเสถียร จึงรับคำสั่งใหม่ โดยจะหน่วงเวลาไว้ประมาณ 2 วินาทีหลังจากรับคำสั่งไปแล้ว เอาท์พุทจากวงจร Logic จะป้อนเข้าวงจร Transister Switching ขยายสัญญาณเป็น +12 โวลท์ ป้อนเข้า Relay ที่หน้าสัมผัสตำแหน่ง +12 โวลท์ ต่อไฟเลี้ยง Coil +24 โวลท์ เข้า Relay ที่หน้าสัมผัสตำแหน่ง +24 โวลท์ ต่อไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ ป้อนให้ Coil ของ Magnetic Contactor ที่หน้าสัมผัสของ Magnetic Contactor จะต่อคาปาซิเตอร์ที่ต่อแบบ Delta เข้าสู่ระบบที่กำลังควบคุมตัวประกอบกำลังอยู่ ขณะเดียวกันก็มีการวัดค่า Reactive Power ค่าใหม่เข้ามา รอจนวงจรฐานเวลา (Timing Circuit) สั่ง Out ข้อมูลจากวงจร Logic Output ค่าใหม่ออกมาเป็นวัฏจักรอัตโนมัติเช่นนี้เรื่อยไป

อินเวอร์เตอร์ 1 เฟส

(1-PHASE INVERTER)

อุดมศักดิ์ ยั่งยืน *

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส 1 KVA 220 โวลล์ 50 เฮอร์ท โดยใช้ SCR เป็นอุปกรณ์หลัก ในการสร้างอินเวอร์เตอร์โดยใช้ SCR ทำงานโดยใช้หลักการบังคับให้ SCR หยุดนำกระแส (Forced commutation) มีปัญหาให้การเริ่มเปิดเครื่องและการเปลี่ยนแปลงโหลดอย่างทันทีทันใด สำหรับวงจรที่รายงานนี้ได้แก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ปรับความเร็วของมอเตอร์แบบอินดัคชั่น 1 เฟสได้

1. บทนำ

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ข้อสำคัญอันหนึ่งของอินเวอร์เตอร์ คือ

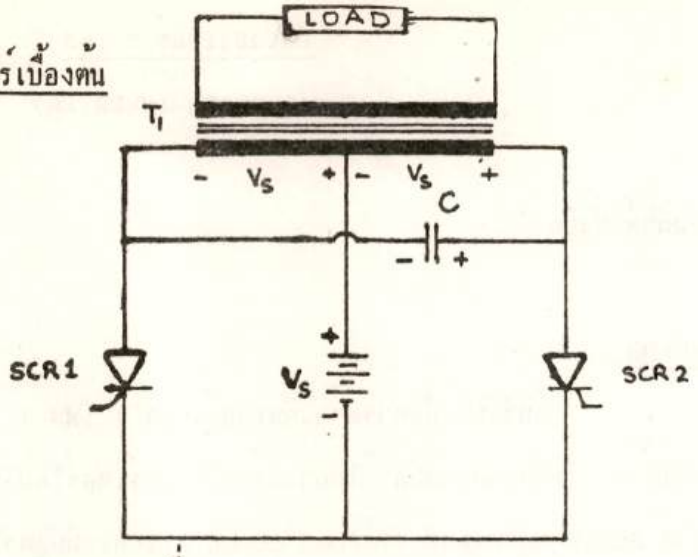
1) จะต้องสามารถเริ่มทำงานได้ทั้งขณะมีโหลดเต็มที่และไม่มีโหลด

2) สามารถเปลี่ยนแปลงโหลดได้ภายในขอบเขตพิกัดที่ออกแบบ

3) สามารถเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าได้

เพราะข้อสำคัญทั้ง 3 ข้อ จะมีการเปลี่ยนแปลงกระแสและเกิด transient ขึ้น จึงมีผลทำให้การทำงานของอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ SCR เป็นอุปกรณ์หลักไม่สามารถหยุดนำกระแสได้ ในการวิจัยนี้ จึงได้พยายามศึกษาและทดลองสร้างให้ไม่มีข้อจำกัดดังกล่าวเพื่อประโยชน์ของผู้ใช้งาน ซึ่งอาจนำไปใช้งานในลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น ใช้เป็นเครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสำรองเมื่อไฟฟ้าหลักไม่มี ใช้เปลี่ยนไฟฟ้าตรงจากแบตเตอรี่ซึ่งสะสมพลังงานธรรมชาติ เช่น พลังงานลม พลังงานแสงแดด ฯลฯ วงจรนี้สามารถจ่ายไฟให้มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส 1/4 - 1 แรงม้า และยังสามารถปรับความเร็วของมอเตอร์ได้ด้วย และได้ทำการฟิลเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเอาท์พุทที่เป็น square wave เป็น sinusoidal

2. หลักการวงจรอินเวอร์เตอร์เบื้องต้น



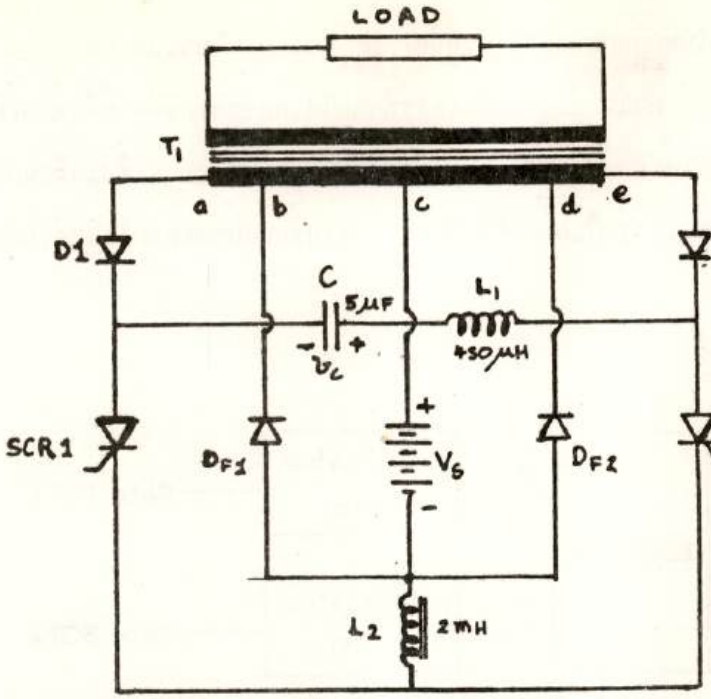
รูปที่ 1

ในรูป 1 เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์แบบขนาน (parallel inverter) เบื้องต้น เมื่อ SCR1 ถูกทริกให้นำกระแส จะมีกระแสไหลจากขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟผ่านหม้อแปลง T_1 มาทางด้านซ้าย (ครึ่งหนึ่ง) ของขดลวดทางขวา (ครึ่งหนึ่ง) ของขดปฐมภูมิจะเกิดมีแรงดันเท่ากับขดลวดทางซ้าย ดังนั้น คาปาซิเตอร์จึงถูกประจุให้มีแรงดันเป็น 2 เท่าของแหล่งจ่ายไฟ ($2V_S$) เมื่อ SCR2 ถูกทริกให้นำกระแส แรงดันคร่อมคาปาซิเตอร์จะทำให้มีกระแสไหลในทิศทางตรงข้ามผ่าน SCR1 และ SCR1 จะได้รับรีเวอร์ดไบอัส จึงทำให้ SCR1 หยุดนำกระแส ดังนั้น แรงดันที่คร่อมขดลวดปฐมภูมิกลับทิศทาง เมื่อ SCR1 ถูกทริกให้นำกระแสจะกลับเข้าสู่สภาวะที่กล่าวมา จึงเกิดไฟฟ้ากระแสกลับเป็น square-wave ขึ้นทางขดลวดทุติยภูมิ

3. การปรับปรุงวงจร

วงจรที่กล่าวในรูป 1 เป็นวงจรพื้นฐาน เมื่อทดลองสร้างจะพบว่าการเปลี่ยนแปลงโหลดและการเริ่มทำงานโดยการจ่ายไฟให้วงจรทั้งขณะไม่มีโหลดและมีโหลด จะมีผลต่อการคอมมูเตชั่น (commutation) ทำให้ SCR ไม่หยุดนำกระแสในช่วงเวลาที่ต้องการ จึงเกิดการล้วงจรได้ เพราะฉะนั้น จึงได้มีการปรับปรุงวงจรขึ้นตามที่แสดงในรูป 2

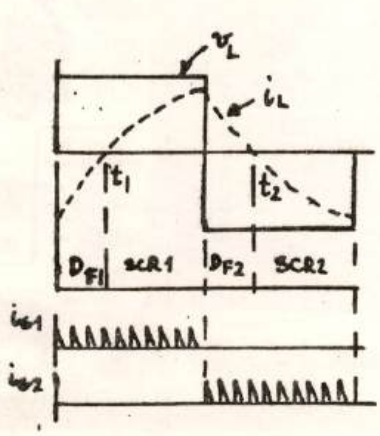
ไดโอด (D_1,D_2) ที่ต่ออนุกรมกับ SCR (SCR1,SCR2) เพื่อป้องกันไม่ให้พลังงานของการคอมมูเตชั่น (commutation) เกี่ยวข้องกับโหลด โดยไดโอด (D_1,D_2) จะทำให้คาปาซิเตอร์ (C) ไม่ต่อกับโหลด อินดัคเตอร์ (L_1,L2) ป้องกันไม่ให้คาปาซิเตอร์ (C) คายประจุผ่านแหล่งจ่ายไฟอย่างรวดเร็ว ไดโอด (D_{F1},D_{F2}) ต่อไว้ให้กระแส เนื่องจากอินดัคตีฟหรือคาปาซิตีฟโหลดไหลผ่าน



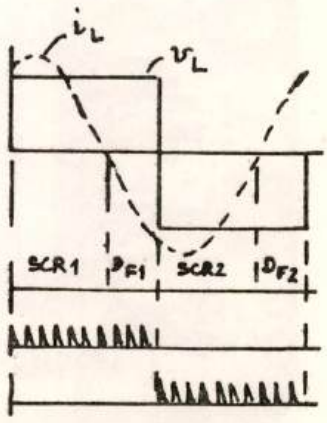
รูป 2

4.การทำงานของวงจร

เมื่อโหลดเป็นอินดัคตีฟโหลด กระแสที่ไหลผ่านโหลดจะเพิ่มขึ้นและลดลงตามดังแสดงในรูป 3(ก) เมื่อ SCR 1 ถูกทริกให้นำกระแส กระแสจะไหลจาก c ไป a พลังงานจากแหล่งจ่ายไฟจะจ่ายให้โหลด คาปาซิเตอร์จะถูกประจุให้มีแรงดัน $2V_S$ มีทิศทางตามรูป2 เมื่อ SCR 2 ถูกทริกให้นำกระแส กระแสจะไหลผ่านคาปาซิเตอร์แทนผ่าน SCR 1 และ SCR 1 จะได้รีเวอร์ดไบอัสทำให้ SCR 1 หยุดนำกระแส แต่ทว่าโหลดเป็นอินดัคตีฟโหลดกระแสที่ไหลในหม้อแปลงจะไม่เปลี่ยนแปลง กระแสจึงไหลจาก d ไป c โดยไหลผ่าน D_{2F} นำกระแสนี้ SCR 2 จะหยุดนำ



(ก) อินดัคตีฟโหลด

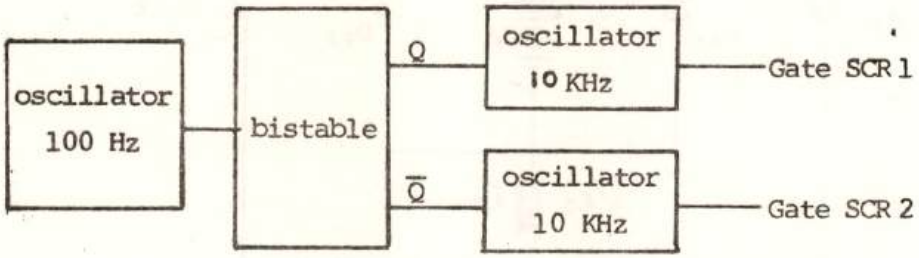


(ข) คาปาซิตีฟโฟลด

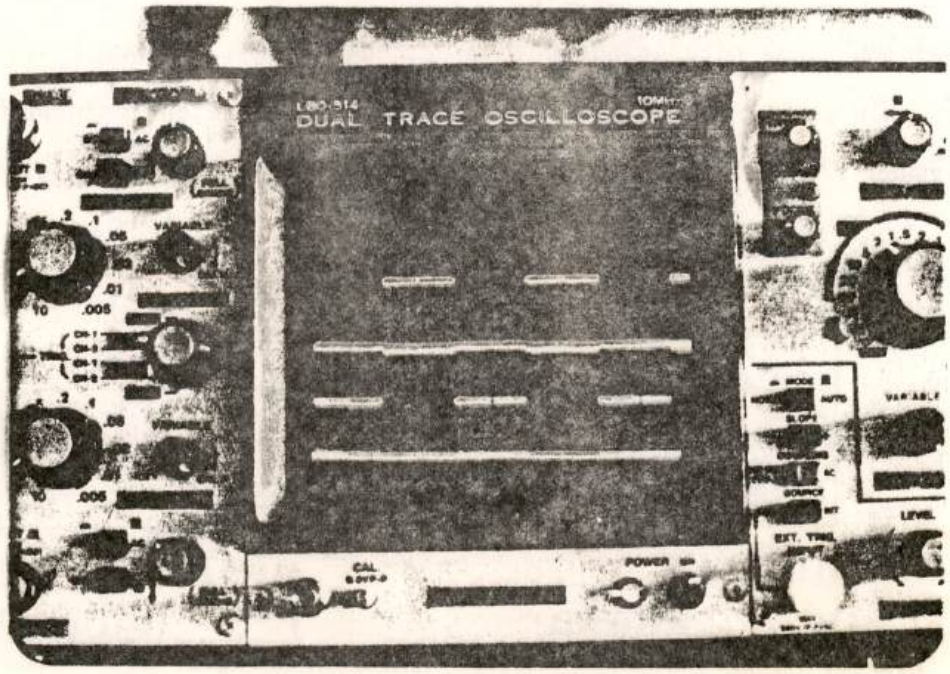
รูปที่ 3

กระแส ที่เวลา t_2 กระแสไหลในหม้อแปลงตกลงเป็นศูนย์ D_{2F} จะหยุดนำกระแส และ SCR 2 จะนำกระแสจ่ายพลังงานให้โหลด ดังนั้น สัญญาณทริกเกอร์ที่จ่ายให้เกทของเอสซีอาร์จึงต้องเป็นพัลส์ต่อเนื่อง และเมื่อต้องการทำให้ SCR 2 หยุดนำกระแส ก็ทำการทริก SCR 1 ซึ่งเหมือนกับครึ่งไซเคิลแรก และเมื่อโหลดต้องการเป็นคาปาซิตีฟโหลด การเปลี่ยนแปลงของกระแสดังแสดงในรูปที่ 3 (ข)

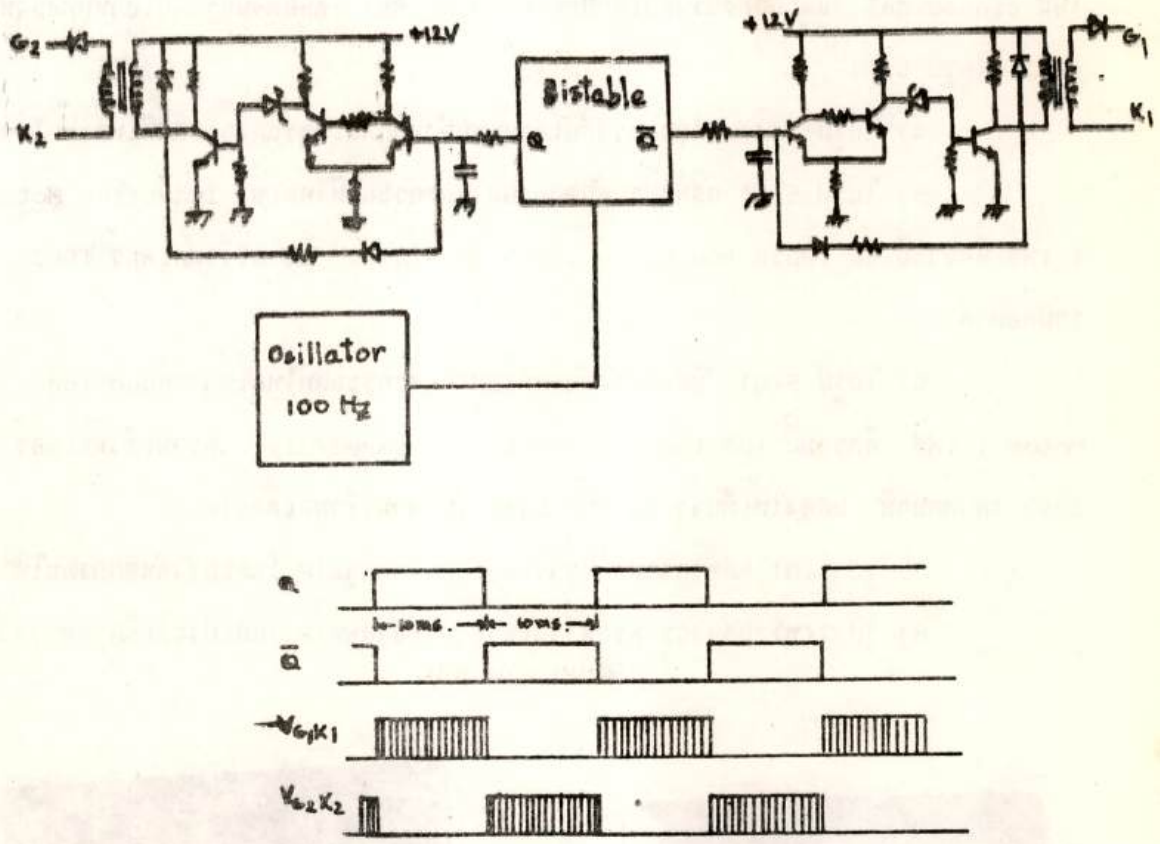
5. <u>วงจรสร้างสัญญาณทริกเกอร์</u>



รูปที่ 4 (ก)



รูปที่ 4 (ข)



รูปที่ 4 (ค)

รูปที่ 4 แสดงวงจรทริกเกอร์เป็น block diagram รูปที่ 4 (ก) สัญญาณทริกที่เกทของเอสซีอาร์ทั้งสอง รูปที่ 4 (ข) และรายละเอียดของวงจร รูปที่ 4 (ค) Oscillator 100 Hz จะจ่ายให้ bistable ได้สัญญาณ Q,Q ซึ่ง out-off-phase กัน 180 จ่ายเข้า oscillator ความถี่ 10 KHz เป็นสัญญาณส่งไปยังเกทของ SCR 1 และ 2 ดังแสดงในรูป 4(ข)

6. ผลการทดลอง

1) แรงดันที่โหลดเมื่อยังไม่ได้ทำการฟิลเตอร์ให้เป็น sinusoidal แสดงในรูป 5(ก) สเกล 100V/div.

2) รูป 5(ข) แสดงแรงดันและกระแสที่โหลดเมื่อยังไม่ได้ทำการฟิลเตอร์ และหม้อแปลง T_1 ขดปฐมภูมิไม่มีขด ab และ de

3) ในรูป 6 แสดงวงจรฟิลเตอร์ที่ทำให้แรงดันเอาท์พุทเปลี่ยนจาก square wave เป็น sinusoidal และแสดงแรงดันเอาท์พุทก่อนการฟิลเตอร์ ตลอดจนแรงดันเอาท์พุทหลังฟิลเตอร์ ในรูป 5(ค)

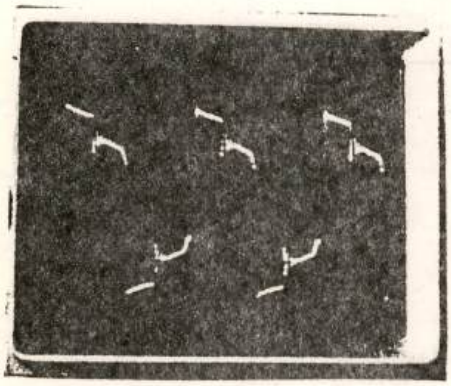
4) ในรูป 5(ง) แสดง แรงดันเอาท์พุทหลังจากฟิลเตอร์และกระแสที่ไหลเข้าโหลด

5) ในรูป 5(จ) แสดงแรงดันตกคร่อม และกระแสที่ไหลเข้า Induction Motor 1 เฟส ที่ความถี่ 50 เฮอร์ท 100 V/div., T=5 msec/div. ความเร็วมอเตอร์ 1063 รอบต่อนาที

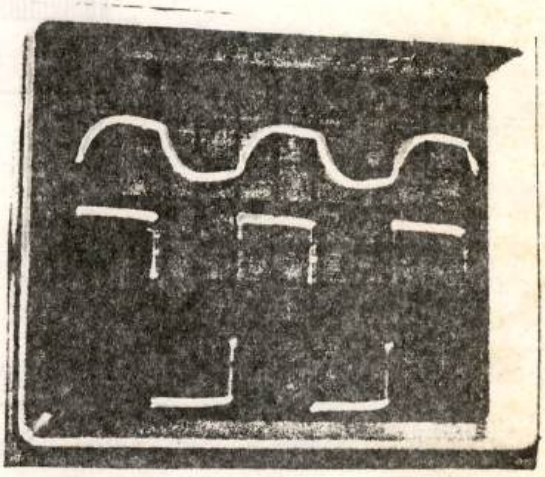
6) ในรูป 5(ฉ) แสดงแรงดันตกคร่อม และกระแสที่ไหลเข้า Induction Motor 1 เฟส ที่ความถี่ 100 เฮอร์ท 100V/div.,T=2 msec/div. ความเร็วมอเตอร์ 2962 รอบต่อนาที แสดงให้เห็นว่า วงจรนี้สามารถปรับความเร็วมอเตอร์ได้

7) รูป 7(ก) แสดงกราฟระหว่างเพาเวอร์เอาท์พุท(P_0)และแรงดันตกคร่อมโหลด

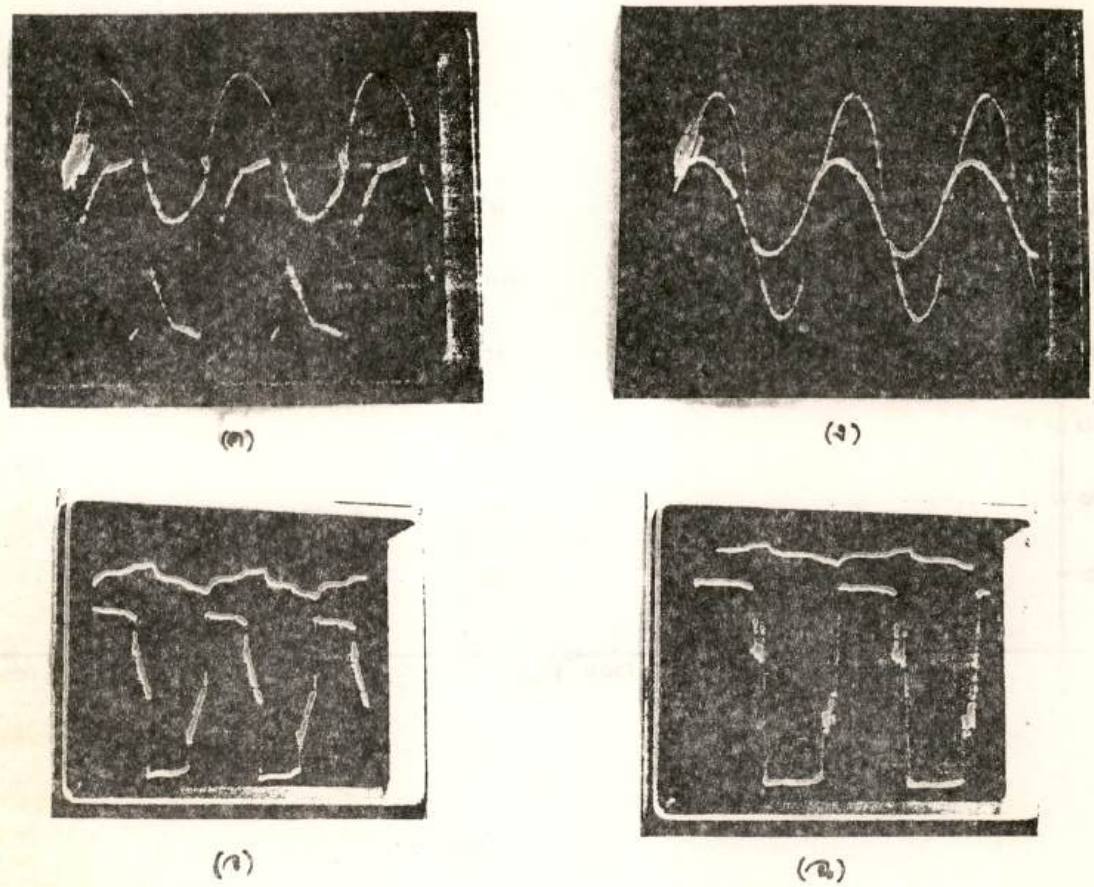
8) รูป 7(ข) แสดงกราฟระหว่างเพาเวอร์เอาท์พุท(P_0)และประสิทธิภาพของวงจร



(ก)

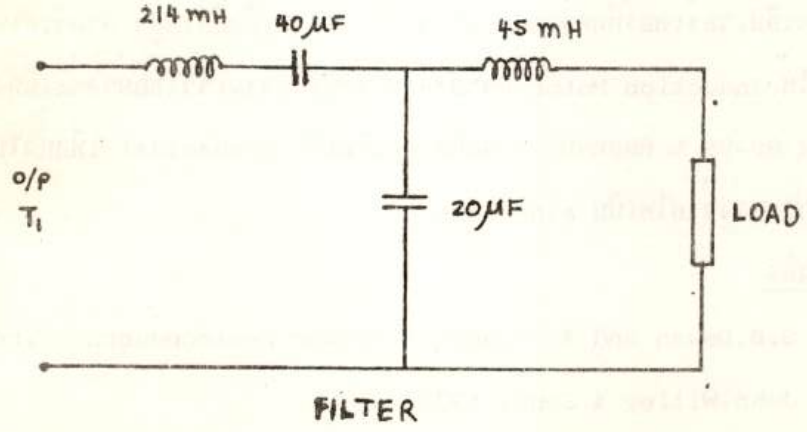


(ข)

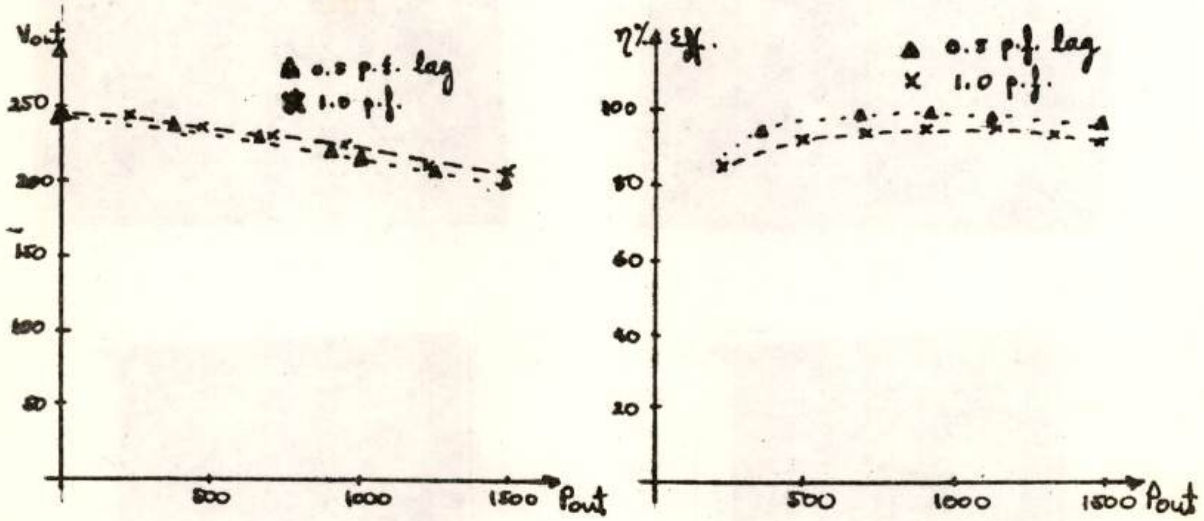


(ก) (ข) (ค) (ง)

รูป 5



รูป 6



รูปที่ 7

7. สรุป

วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ทดลองสร้างในงานนี้ มีความเชื่อถือได้สูง สามารถเปลี่ยนแปลงโหลดและจ่ายไฟให้ Induction Motor และยังสามารถปรับความเร็วได้อย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพสูงถึง 80-98 % ตลอดจนสามารถฟิลเตอร์ให้เป็น sinusoidal เพื่อนำไปใช้งานกับอุปกรณ์ที่ต้องการแหล่งจ่ายไฟเป็น sine-wave

8. เอกสารอ้างอิง

1. S.B.Dewan and A.Straughen "Power Semiconductor Circuits" John-Willey & Sons, 1975

2. Devid Finney "The Power Thyristor and its Applications" Mc GRAW-HILL Book Company,1980.

3. G.E.S.C.R.Manual,Gutzwiller, F.W., GE Co.(N.Y.).

การนำไมโครโปรเซสเซอร์ไปควบคุมอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส แบบแม็คเมอร์เรย์

อุดมศักดิ์ ยั่งยืน *
พรพจน์ หันหาบุญ *
สันติ วิโรจน์บุญเกียรติ
เอนก จันทร์โชติเสถียร
เกษียร สุชีโมกข์

บทคัดย่อ

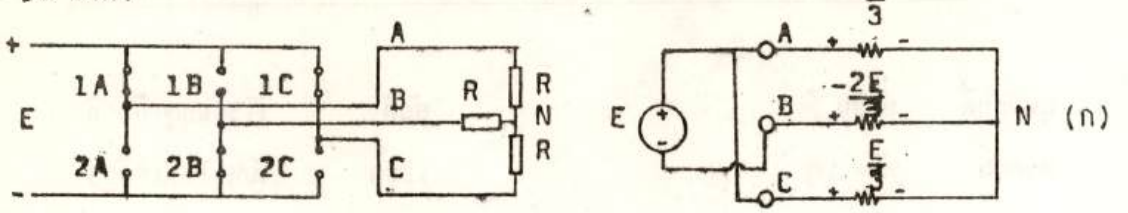
จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ ก็คือการนำไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุมวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส แบบแม็คเมอร์เรย์ วงจรควบคุมดังกล่าวนี้แรงดันที่ได้ออกมาในแต่ละเฟสนั้นจะมีรูปคลื่นเป็นขั้น 12 ขั้น การใช้ไมโครโปรเซสเซอร์นี้สามารถเปลี่ยนแปลงโปรแกรมให้เหมาะสมกับวงจรอินเวอร์เตอร์อื่นๆได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนวงจรทริกเกอร์

1. บทนำ

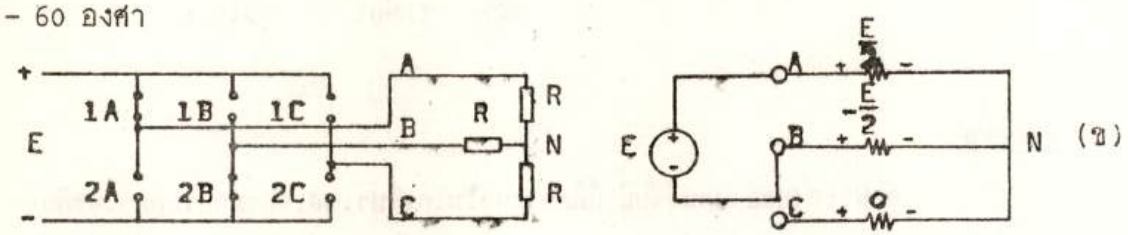
การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถใช้เป็นเครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เช่น ใช้ในอุปกรณ์จ่ายไฟเมื่อไฟฟ้าดับและการควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสสลับโดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ เมื่อต้องการกำลังไฟฟ้าสูงจำเป็นจะต้องสร้างเป็นแบบ 3 เฟส

การวิจัยนี้เพื่อสร้างอินเวอร์เตอร์แบบแม็คเมอร์เรย์ เพื่อใช้เป็นเครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส เมื่อไฟฟ้าดับ การสร้างสัญญาณทริกเอสซีอาร์ให้สามารถทดลองอินเวอร์เตอร์แบบต่างๆ เพื่อศึกษาวิธีการทำให้เอสซีการ์หยุดนำกระแสดดวยวิธีการต่างๆ เมื่อต้องการสร้างอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส กำลังสูงๆ และมีแรงดันเอาท์พุทให้มีขั้น(step)มาก อาจจะใช้เอสซีอาร์ 12,24 หรืออาจถึง 48 ตัว การสร้างสัญญาณทริกก็ยิ่งยากขึ้น ฉะนั้น การใช้ไมโครโปรเซส - เซอร์สร้างสัญญาณสามารถทำได้ง่ายและสามารถเปลี่ยนโปรแกรมได้เมื่อเปลี่ยนแปลงวงจร ในที่นี้ได้ทดลองสร้างสัญญาณทริกเอสซีอาร์สำหรับอินเวอร์เตอร์แบบแม็คเมอร์เรย์ 3 เฟส ซึ่งใช้เอสซีอาร์ 12 ตัว จำเป็นจะต้องสร้างสัญญาณที่มีช่วงและลำดับแตกต่างกัน 12 ลำดับ เพื่อจะให้ได้แรงดันเอาท์พุทเป็น 12 ขั้น

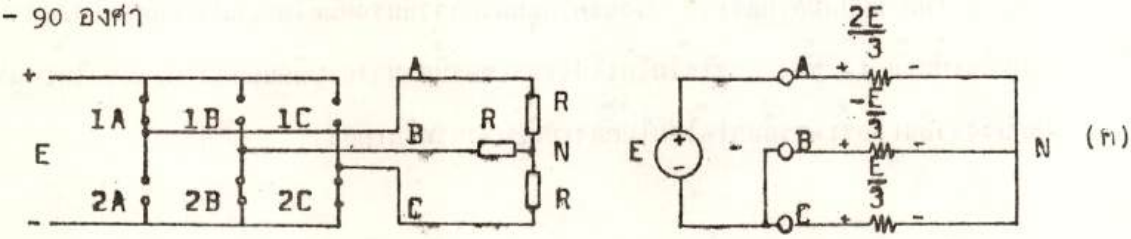
0 - 30 องศา



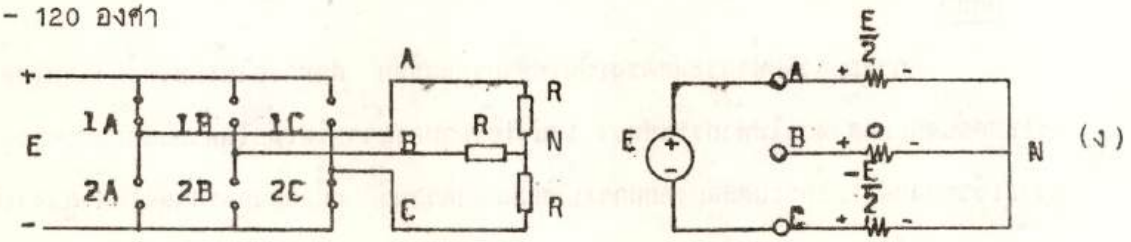
30 - 60 องศา



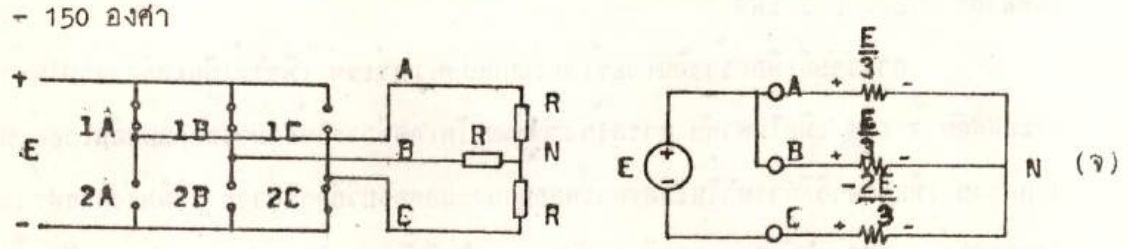
60 - 90 องศา



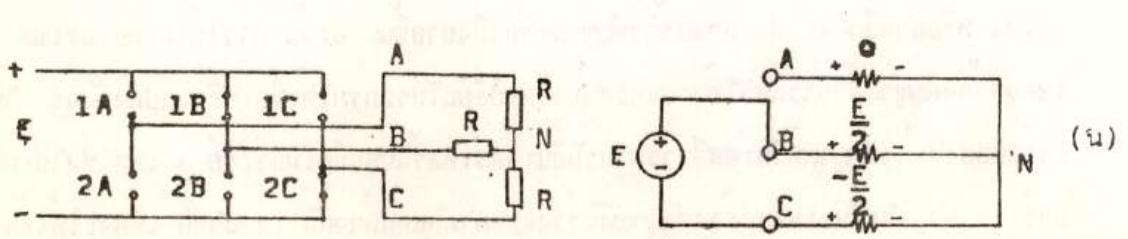
90 - 120 องศา



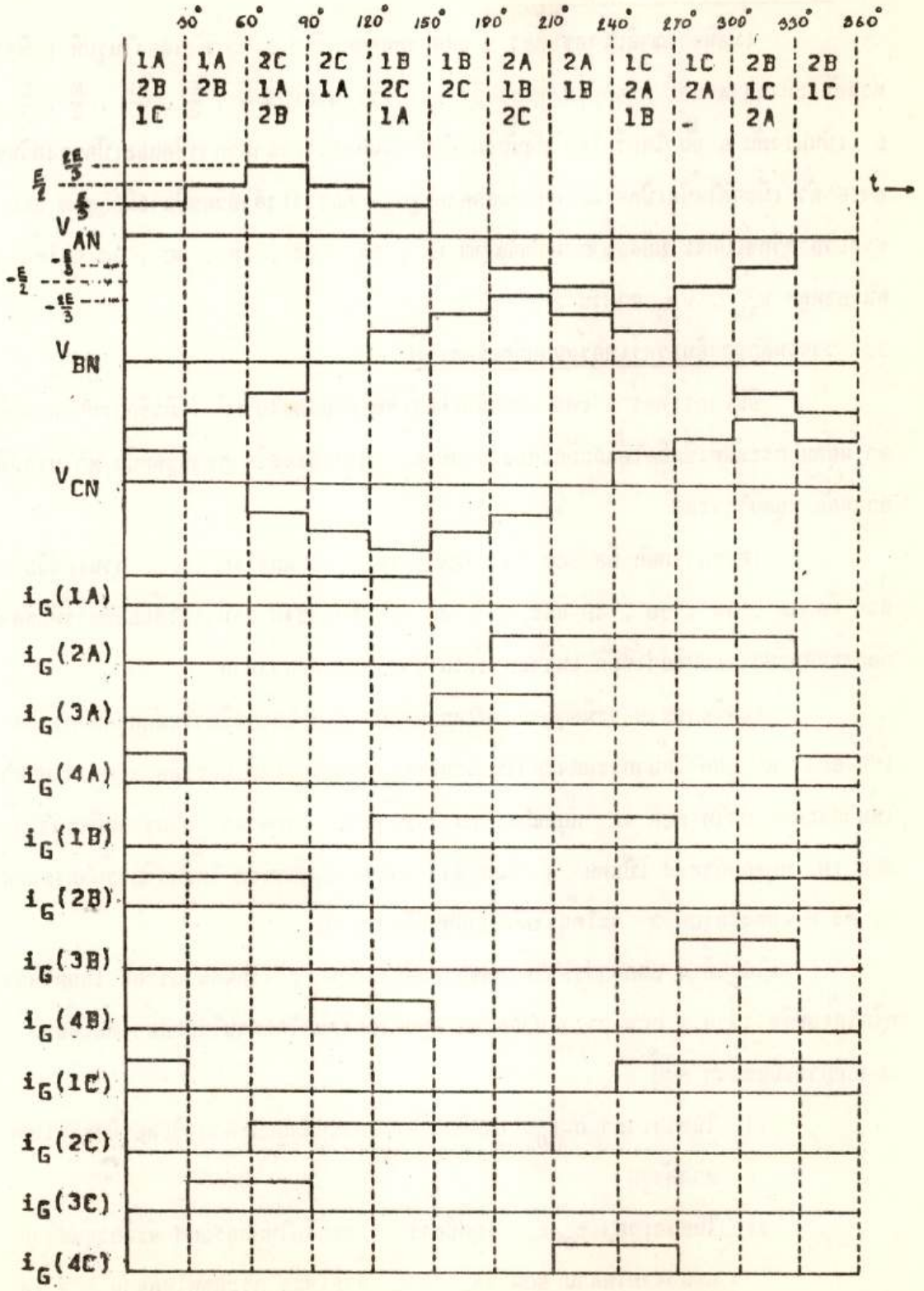
120 - 150 องศา



150 - 180 องศา



รูปที่ 1 แสดงการนำกระแสของเอสซีอาร์หลักในลักษณะสวิทช์และแรงดันโหลด



รูปที่ 2 แสดงรูปคลื่นของแรงดันโหลด สัญญาณทริกเกทของเอสซีอาร์ทุกตัวในวงจร และชุดของเอสซีอาร์หลักที่นำกระแสพร้อมกันในช่วงมุมต่างๆ

2. วิธีการทำให้แรงดันเอาท์พุท 12 ขั้น

เมื่อพิจารณาอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส แทนด้วยสวิทช์ 6 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 1 พิจารณาแรงดันระหว่าง A และ N จากรูป 1(ก) ถึง (ฉ) แรงดันจะเป็น $\frac{E}{3}$, $\frac{E}{2}$, $\frac{2E}{3}$, $\frac{E}{2}$, $\frac{E}{3}$, 0 เป็นแรงดัน 6 ขั้น ในครึ่งโซล ดังนั้นเมื่อจัดลำดับและช่วงเวลาทำการปิดและเปิดของสวิทช์ทั้ง 6 ตัว เมื่อจัดให้ปิดเปิดตามลำดับ ดังแสดงมนรูป 2 คือช่วงเวลาสวิทช์ปิดจะมีสัญญาณ และช่วงเวลาสวิทช์เปิดจะไม่มีสัญญาณ ตามสัญญาณ 1A , 2A , 1B , 2B , 3C , 3C จะได้แรงดันเอาท์พุท V_{AN} , V_{CN} ตามรูป 2

3. วงจรหลักของอินเวอร์เตอร์แบบแม็คเมอร์เรย์

อินเวอร์เตอร์ 3 เฟส แบบแม็คเมอร์เรย์ ดังแสดงในรูปที่ 3 มีวิธีการทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสที่เชื่อถือได้และมีความแน่นอนมาก เพราะมีเอสซีอาร์ช่วยชุดหนึ่ง ทำให้เอสซีอาร์หลัก หยุดนำกระแส

เอสซีอาร์หลัก คือ SCR 1A , 2A , 1B , 2B และ 1C , 2C ส่วนเอสซีอาร์ช่วย คือ 3A , 4A , 3B , 4B และ 3C , 4C เอสซีอาร์ช่วย สามารถใช้เอสซีอาร์ที่มีขีดจำกัดกระแสน้อยกว่าเอสซีอาร์หลัก เพราะช่วงเวลานำกระแสน้อยกว่ามาก

เอสซีอาร์ช่วย จะมีสัญญาณทริกให้นำกระแส จะทำให้เอสซีอาร์หลักหยุดนำกระแส เช่น SCR 3A ถูกทำให้นำกระแสจะทำให้ SCR 1A หยุดนำกระแส และเมื่อ SCR 4A ถูกทำให้นำกระแสจะทำให้ SCR 4A หยุดนำกระแส และถ้าทำให้ SCR 4A นำกระแสก็จะทำให้ SCR 1B หยุดนำกระแส เป็นต้น ลำดับและช่วงเวลาของสัญญาณทริก ให้เอสซีอาร์นำกระแสทั้ง 12 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 2 จะได้แรงดันเอาท์พุทเป็น 12 ขั้น

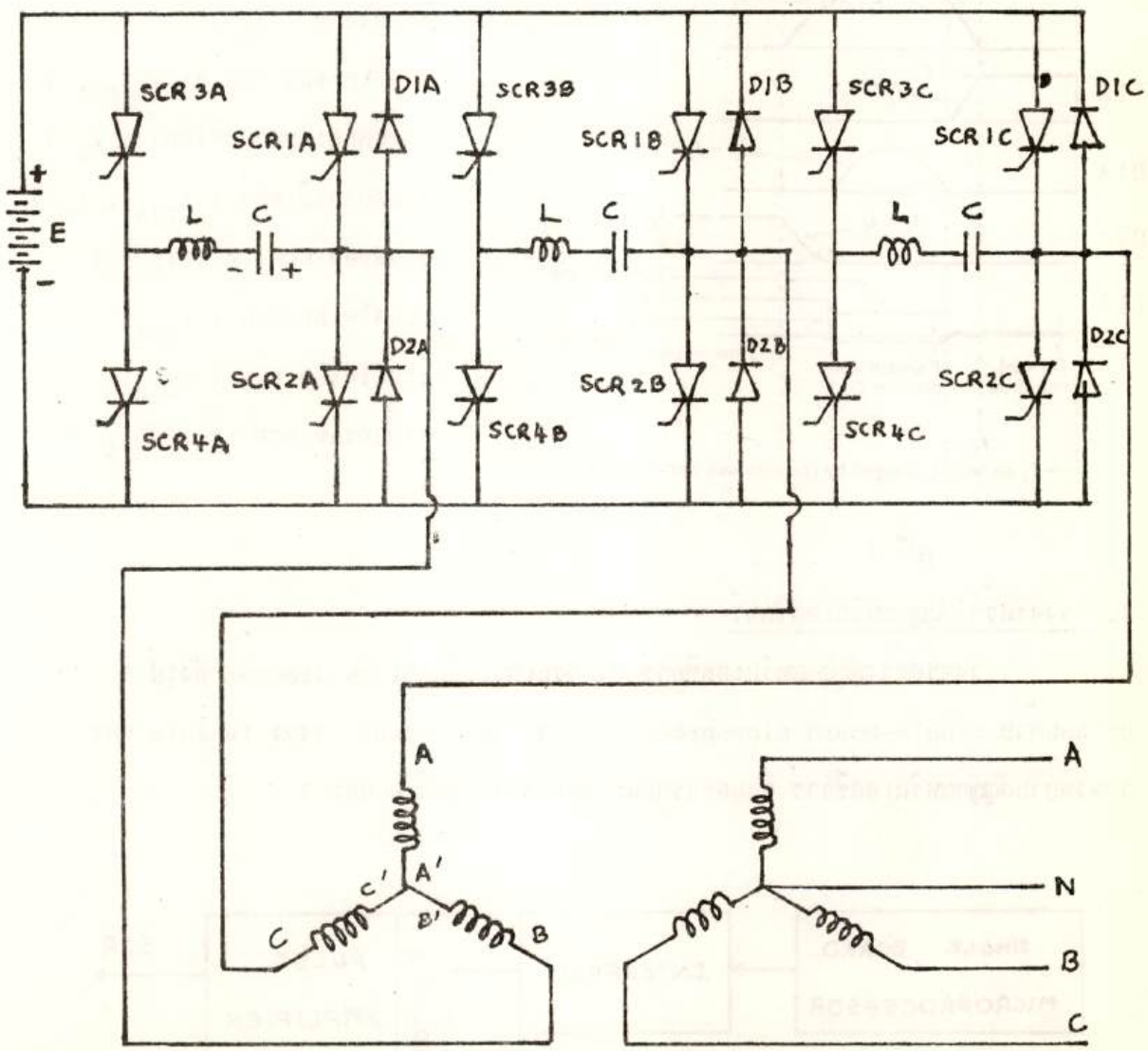
ในรูปที่ 4 แสดงการทำให้เอสซีอาร์หลัก(SCR 1A) หยุดนำกระแส โดยทำการทริกให้เอสซีอาร์ช่วย (SCR 3A) นำกระแส สมมติให้กระแสไหลผ่านโหลดอย่างต่อเนื่อง แบ่งอธิบายเป็นช่วงๆ ดังนี้

1) ในช่วงเวลา $0-t_0$ เอสซีอาร์ 1A กระแสอยู่และคาปาซิเตอร์มีประจุในทิศทางดังรูป

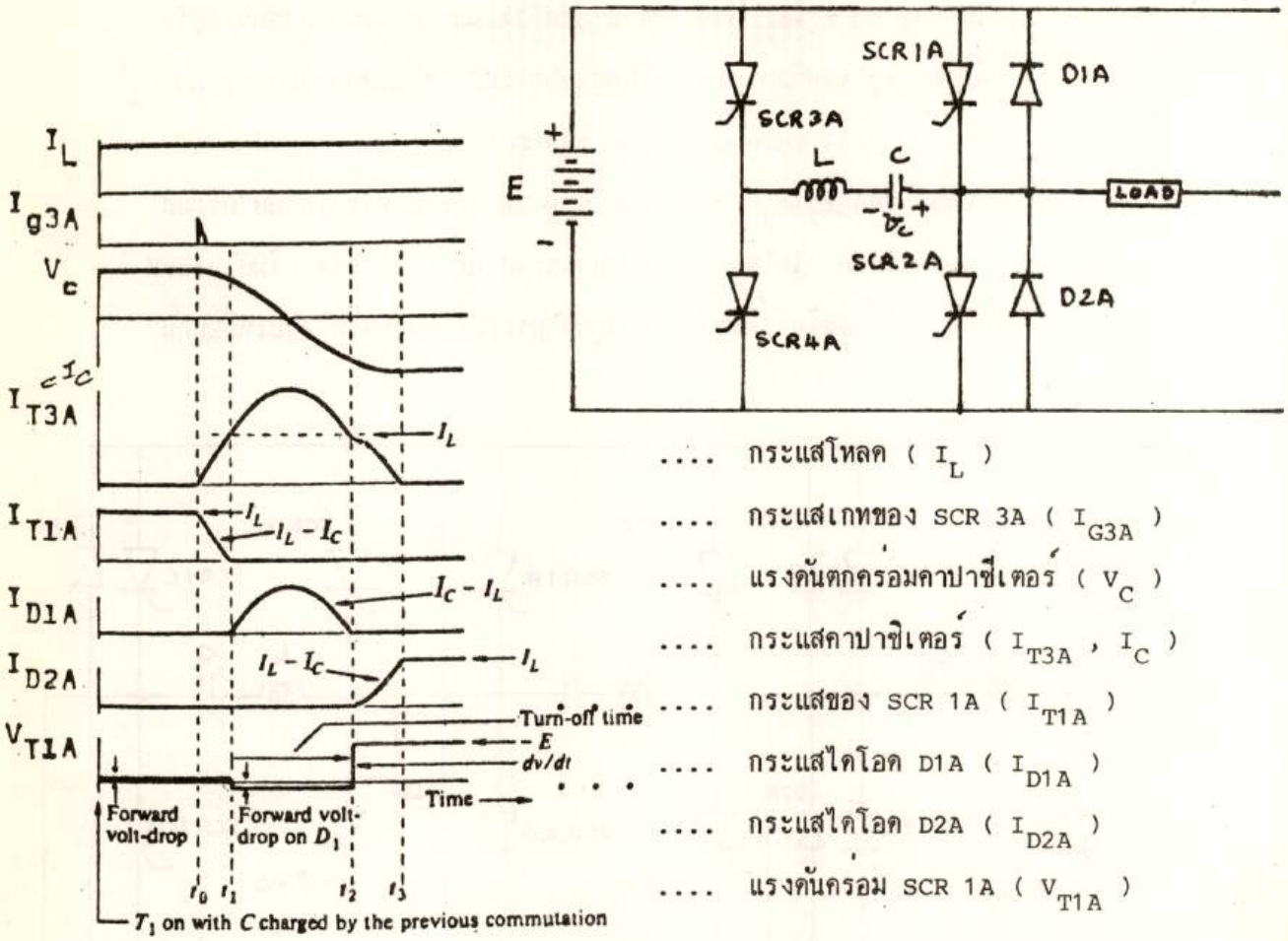
2) ในช่วงเวลา t_0-t_1 เอสซีอาร์ 3A ถูกทริกให้ทำกระแส จะมีกระแสจากแหล่งจ่ายไฟผ่าน SCR 3A, C, L เข้าสู่โหลด กระแสที่ไหลผ่าน SCR 1A จะลดลงเป็นศูนย์

3) ในช่วงเวลา t_1-t_2 กระแสที่ผ่าน SCR 3A และ C จะมากกว่ากระแสโหลด ที่เวลา t_1 เอสซีอาร์ 1A เริ่มหยุดนำกระแส ดังนั้นช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 จะต้องมากกว่า turn-off-time ของ SCR 1A

4) ในช่วงเวลา t_2-t_3 กระแสผ่าน SCR 3A และ C ตกลงเท่ากับ กระแสไหลผ่านโหลด ไดโอด D1A หยุดนำกระแส แต่ไดโอด D2A เริ่มนำกระแส สำหรับการทำให้เอสซีอาร์หลักตัวอื่นๆ หยุดนำกระแสก็มีหลักการทำงานเหมือนกัน



รูปที่ 3 อินเวอร์เตอร์แบบแม็คเมอร์เรย์



.... กระแสโหลด (I_L)

.... กระแสเกทของ SCR 3A (I_{G3A})

.... แรงดันตกคร่อมคาปาซิเตอร์ (V_C)

.... กระแสคาปาซิเตอร์ (I_{T3A} , I_C)

.... กระแสของ SCR 1A (I_{T1A})

.... กระแสไดโอด D1A (I_{D1A})

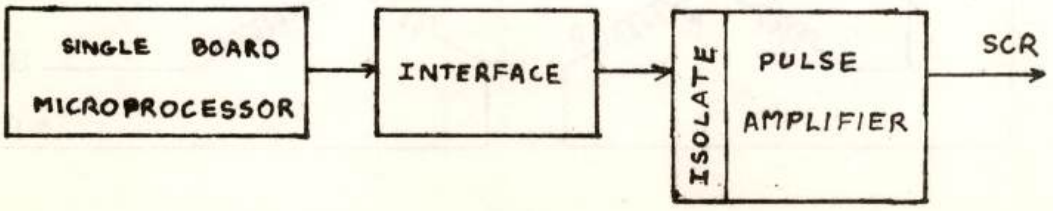
.... กระแสไดโอด D2A (I_{D2A})

.... แรงดันคร่อม SCR 1A (V_{T1A})

รูปที่ 4

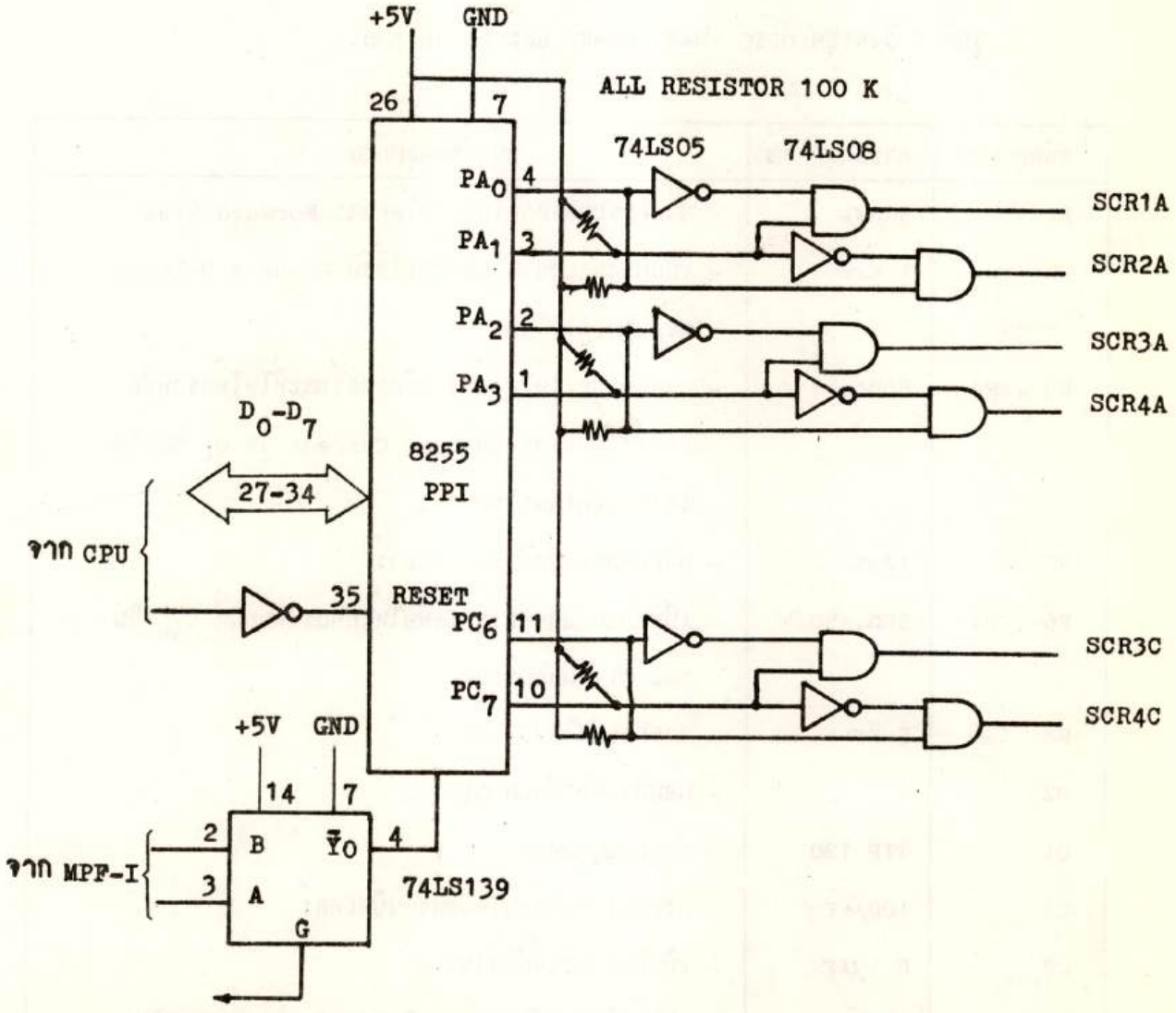
4. วงจรสร้างสัญญาณทริกเอสซีอาร์

วงจรสร้างสัญญาณทริกเอสซีอาร์ สามารถเขียนเป็น block diagram ดังรูป 5 ประกอบด้วย Single-board microprocessor วงจรอินเตอร์เฟส วงจร Isolate และวงจรขยายสัญญาณทริกเอสซีอาร์ ดังแสดงรายละเอียดวงจรในรูปที่ 6 และ 7

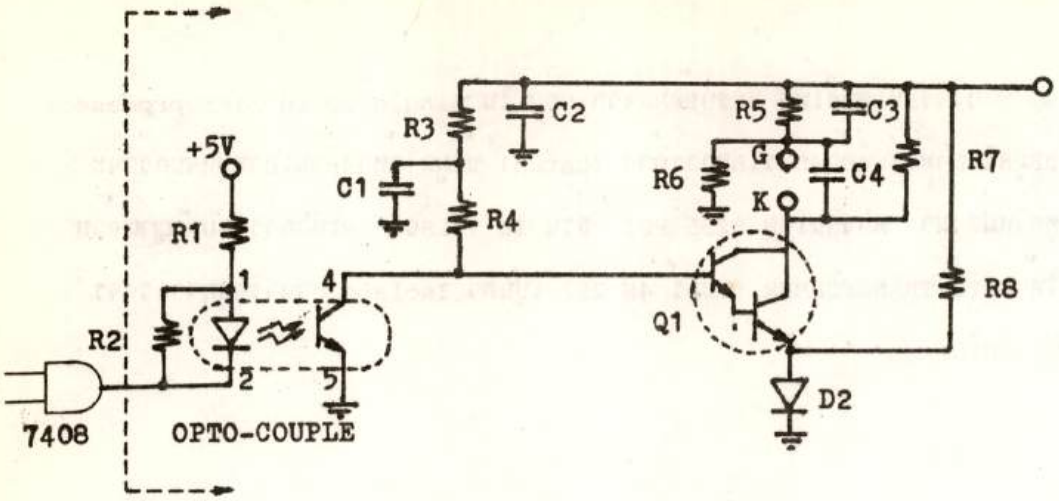


รูปที่ 5 Block diagram วงจรสร้างสัญญาณทริก

วงจรอินเตอร์เฟส จะรับข้อมูลจาก CPU ใน Single Board Microprocessor แล้วส่งข้อมูลไปยังพอร์ทที่ต้องการโดยการค้าง (Latch) ข้อมูลไว้ทางด้านเอาท์พุทจนกว่าจะมีข้อมูลชุดใหม่ส่งมา ทำงานโดย 8255 PPI ส่วน IC 74LS05 จะทำการกลับสัญญาณจ่ายกระแสให้ OPTO TRANSFORMER (เบอร์ 4N 25) เป็นตัว Isolate วงจรออกจากวงจรขยายสัญญาณทริก



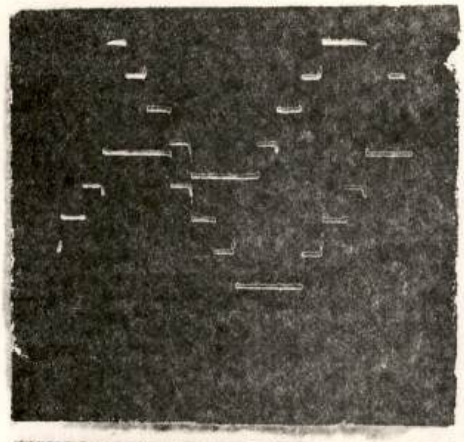
รูปที่ 6 วงจรอินเตอร์เฟส



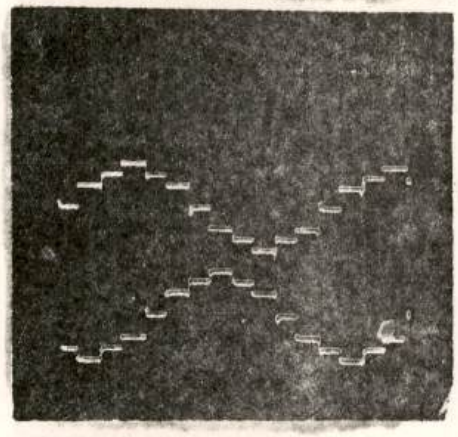
รูปที่ 7 วงจรชุด OPTO TRANSFORMER และ Pulse Amp.

ชนิดอุปกรณ์	ค่าของอุปกรณ์	หน้าที่ของอุปกรณ์
R1	500Ω	- จำกัดกระแสให้กับโฟโต้ไดโอดขณะ Forward Bias
R2	1 KΩ	- เป็นทางผ่านของกระแสขณะได้รับ Reverse Voltage ครอมโฟโต้ไดโอด
R3 , R4	500Ω, 5 KΩ	- จำกัดกระแสให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ขณะที่โฟโต้ทรานซิสเตอร์ทำงานและจ่าย Bias Current ให้ Q_1 ขณะโฟโต้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน
R5	12Ω	- กำหนดกระแสทริกให้เอสซีอาร์
R6 , R7	50Ω, 50Ω	- เป็นทางผ่านของแระแสเพื่อให้เกิดแรงดันลบที่ V_{gk} ในขณะ Q1 ไม่นำกระแส
R8	5 KΩ	- จ่ายกระแสให้แก่ D2
D2		- ป้อนแรงดันกลับแก่ Q1
Q1	TIP 120	- ขยายสัญญาณทริก
C1	100μF	- กรองแรงดันให้กับโฟโตทรานซิสเตอร์
C2	0.1μF	- เป็นฟิลเตอร์ให้กับวงจร
C3	22μF	- ทำให้เกิดแรงดัน Spike ในช่วงแรกของสัญญาณทริก
C4	0.5μF	- ลดสัญญาณรบกวนในสาย(ต่อไว้ที่ขาเกท-คาโทดของเอสซีอาร์)
OPTO	4N 25	- Isolate สัญญาณทริก

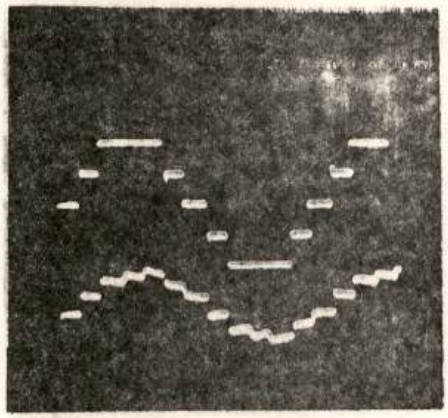
ตารางแสดงค่าต่างๆ และหน้าที่ของอุปกรณ์ในวงจรขยายสัญญาณทริก



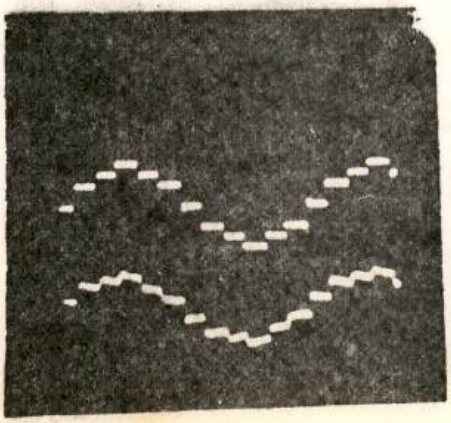
รูปบน เป็นแรงดัน V_{AC} (50V/DIV)
รูปล่าง เป็นแรงดัน V_{BC} (50V/DIV)
(2ms/DIV)



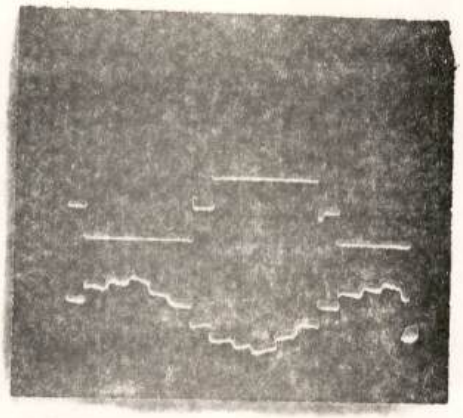
รูปบน เป็นแรงดัน V_{AN} (50V/DIV)
รูปล่าง เป็นแรงดัน V_{BN} (50V/DIV)
(2ms/DIV)



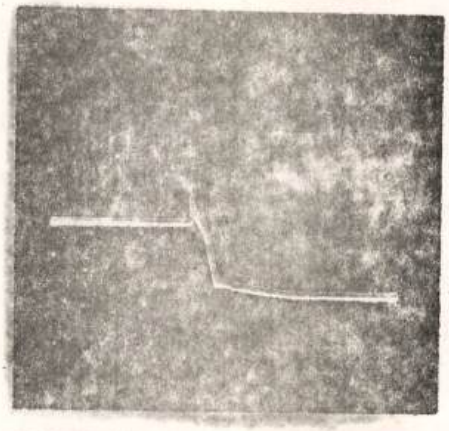
รูปบน เป็นแรงดัน V_{AB} (50V/DIV)
รูปล่าง เป็นกระแส I_A
(2ms/DIV)



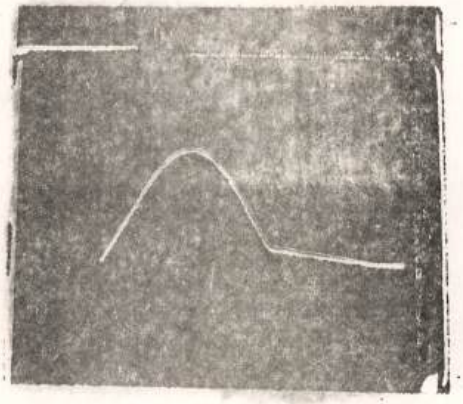
รูปบน เป็นแรงดัน V_{AN} (50V/DIV)
รูปล่าง เป็นกระแส I_A
(2ms/DIV)



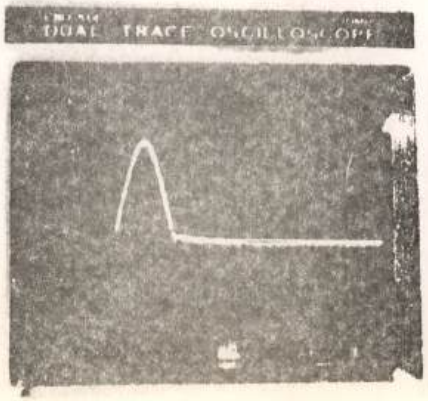
รูปบน เป็นแรงดัน $V_{SCR\ 1A}$ (50V/DIV)
รูปล่าง เป็นกระแส I_A
(2ms/DIV)



เป็นรูปแรงดัน $V_{SCR\ 1A}$ เพื่อแสดง
การเปลี่ยนแปลงแรงดัน (50V/DIV)
(0.2ms/DIV)



เป็นรูปกระแสคาปาซิเตอร์
(20 us/DIV)



เป็นรูปกระแสผ่านไดโอด D1A
(50 us/DIV)

5. ผลการทดลอง

เมื่อนำสัญญาณไปทริกเอสซีอาร์ทั้ง 12 ตัว ให้นำกระแสได้สัญญาณของแรงดันและกระแสดังแสดงในรูปที่ 8 จะเห็นว่าแรงดันและกระแสเอาท์พุทมีลักษณะเป็นขั้นๆ 12 ขั้น ใน 1 ไซเคิล ฉะนั้น เมื่อทำการฟิลเตอร์จะเข้าใกล้ sinusoidal วงจรอินเวอร์เตอร์แบบแม็คเมอร์เรย์จะเกิด $\frac{dt}{}$ สูงคร่อมเอสซีอาร์ซึ่งจะทำให้เอสซีอาร์นำกระแสได้เองโดยไม่มีสัญญาณทริก ซึ่งจะทำให้เกิดการลัดวงจรได้เมื่อแรงดันของแหล่งจ่ายไฟมีค่าสูง การลด $\frac{dv}{}$ จำเป็นจะต้องใช้วงจร snubber และจะต้องทำการฟิลเตอร์ แรงดันเอาท์พุท ด้วยคาปาซิเตอร์ เพื่อลด $\frac{dv}{}$ ตกคร่อมเอสซีอาร์ลง

6. สรุป

การสร้างวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส แบบเป็นขั้นนี้ ถ้ามีจำนวนขั้นมากใน 1 ไซเคิล จะทำให้แรงดันและกระแสเอาท์พุทเข้าใกล้ sinusoidal ซึ่งสามารถทำได้โดยการรวมกันโดยเทคนิคการต่อหม้อแปลงเอาท์พุท โดยใช้เอสซีอาร์ในวงจรถึง 24 ตัว

7. เอกสารอ้างอิง

1. S.B. DEWAN and A. STRAUGHEN, "Power Semiconductor Circuit", New York, John Willey & Sons, Inc., 1975

2. Cyril W. Lander, "Power electronics",London,McGRAW-HILL BOOK, 1981.

3. Devid Finner "The power thyristor and its Applications" ,McGRAW-HILL BOOK, 1980.

4. SCR Manual Sixth Edition, General Electric Company

Phase Failure Protection

อุดมศักดิ์ ยั่งยืน *
ยุทธศักดิ์ รุ่งเรืองพลางกูร *
ทวีป อัศวแสงทอง
ธนวงศ์ อารีรัชชกุล
ธีรศักดิ์ ศิลปสิทธิ์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการสร้างเครื่องตัดไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ เมื่อได้รับแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลย์ แรงดันไฟเกิน แรงดันไฟตก แรงดันขาดหายไป 1 เฟส และการกลับเฟสของไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้มอเตอร์ที่ต่ออยู่ในระบบไฟฟ้าหมุนกลับทิศทาง ซึ่งเหตุการณ์เหล่านี้ทำให้มอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เสียหายได้

เครื่องต้นแบบสามารถใช้กับระบบไฟ 3 เฟส 380 โวลท์ หรือ 220 โวลท์ โดยไม่ใช้สายนิวทรอล และไฟ 1 เฟส 220 โวลท์ โดยอาศัยหลักการเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส และหลักการของ SYMMETRICAL COMPONENT ซึ่งสามารถตรวจจับแรงดันไม่สมดุลย์ได้ ±20% ทั้ง 3 เฟส จากภาวะปกติจะมีหลอดไฟ (หรือ LED) สว่างเพื่อแสดงความผิดปกติของแต่ละชนิด มีวงจรหน่วงเวลาการตัดและหน่วงเวลาการต่อ เมื่อไฟเข้าสู่ภาวะปกติโดยอัตโนมัติ รีเลย์ภายในเครื่องสามารถทนกระแสได้ 3 แอมป์ ซึ่งสามารถจ่ายไฟให้คอยล์ของคอนแทคเตอร์ขนาด 100 กิโลโวลท์-แอมป์ได้

1. บทนำ

โครงงานนี้เป็นโครงงานของการออกแบบอุปกรณ์ตัดไฟฟ้าโดยอัตโนมัติเมื่อแรงดันไม่สมดุลย์หรือลำดับทิศทางผิด

ในกรณีที่มีความผิดปกติกับแรงดันที่จ่ายเข้าสู่มอเตอร์ จะต้องป้องกันมอเตอร์โดยการตัดวงจรมอเตอร์ออกจากภาคจ่ายไฟก่อนที่มอเตอร์จะได้รับความเสียหาย ซึ่งในการพิจารณาระบบแรงดันที่ผิดปกติ เราแบ่งเป็น 4 กรณี คือ

1) แรงดันต่ำกว่าปกติ
2) แรงดันสูงกว่าปกติ
3) แรงดันไม่สมดุลย์

4) แรงดันสลับเฟส

2. ผลที่เกิดขึ้นเมื่อมอเตอร์ได้รับแรงดันไม่เหมาะสม

ในการวิเคราะห์ถึงผลที่เกิดขึ้นเมื่อมอเตอร์ทำงานที่สภาพผิดไปจากปกติเมื่อได้รับแรงดันไม่เหมาะสม จำเป็นต้องทราบถึงสมการและสูตรที่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์เหนี่ยวนำเสียก่อน

$$T = K_1 E_2 I_2 \cos\theta_2 \qquad \text{----------(1)}$$

$$T = \frac{K_2 V^2 R_2}{(R_2^2 + X_2^2)} \qquad \text{จาก } E_2 \propto V \text{ ----------(2)}$$

$$T = \frac{K_3 S E_2^2 R_2}{R_2^2 + (SX_2)^2} \qquad \text{----------(3)}$$

$$P_m = 2\pi T N_r \qquad \text{----------(4)}$$

เมื่อ T = แรงบิดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ (Torque)

E_2 = แรงดันเหนี่ยวนำของโรเตอร์อยู่กับที่

I_2 = กระแสของโรเตอร์เมื่อโรเตอร์อยู่กับที่

θ_2 = ค่ามุมระหว่างแรงดันเหนี่ยวนำกับกระแสของโรเตอร์

V = แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟ

R_2 = Roter Resistance Per Phase

X_2 = Roter Reactance Per Phase

S = Slip

P_m = กำลังงานทางกล

N_r = ความเร็วรอบของตัวหมุนต่อวินาที

- ปรากฏการณ์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ แบบ3เฟส เมื่อได้รับแรงดันต่ำกว่าปกติ

เมื่อแรงดันต่ำกว่าปกติ จากสมการ (2)

$$T = K_2 V^2 R_2 / (R_2 + X_2) \qquad T \propto V^2$$

ดังนั้น เมื่อ แรงดันลดต่ำลงในขณะที่ยังต้องการแรงบิดสูงขึ้น จะทำให้กระแสโรเตอร์ (I_2) มีค่ามากขึ้น จากสมการ (1)

$$T = K_1 E_2 I_2 \cos\theta_2$$

จากการวิเคราะห์ ถ้าแรงดันต่ำลง 20%-30% ของพิกัดจะทำให้ กระแสสูงมากเป็นอันตรายกับมอเตอร์ได้

- <u>ปรากฏการณ์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ3เฟสเมื่อได้รับแรงดันสูงกว่าปกติ</u>

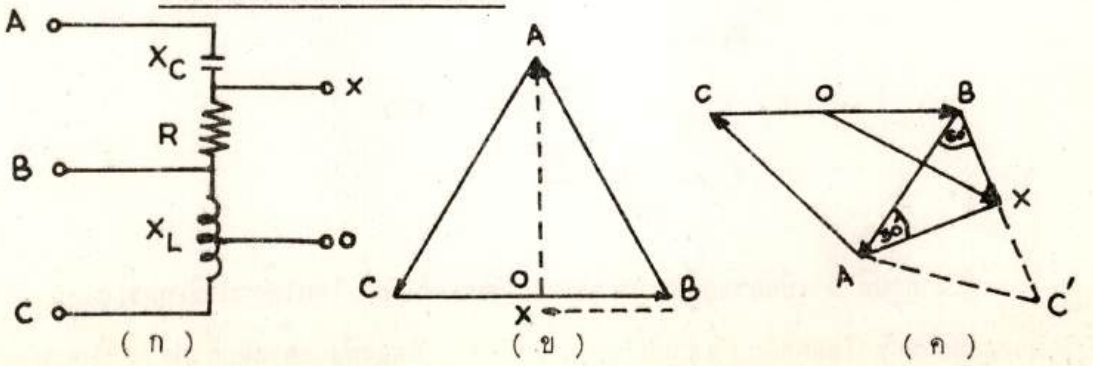
เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์มีค่าสูงมากขึ้น จะทำให้ E สูงมากขึ้นด้วย เนื่องจาก $V \propto E2$ ซึ่งในกรณีที่ความถี่คงที่จะทำให้ฟลักในแกนเหล็กสูงมากขึ้น เนื่องจากปัจจุบันการออกแบบแบบแกนเหล็กในงานจริงจะออกแบบให้แกนเหล็กรับฟลักจนเกือบจะอิ่มตัวแล้วที่แรงดันปกติ ดังนั้น เมื่อฟลักสูงมากขึ้น จะทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นในแกนเหล็กมาก อาจทำให้ฉนวนของขดลวดเสียหายได้ พิสูจน์ได้จากสมการ (1)

$$T = K_1 E_2 I_2 \cos\theta_2 \qquad (E_2 \propto \theta)$$

- <u>ปรากฏการณ์ของมอเตอร์เมื่อได้รับเฟสไม่ถูกต้อง</u>

เมื่อมอเตอร์ได้รับแรงดันโดยลำดับเฟสไม่ถูกต้องจะทำให้ทิศทางการหมุนผิดไปจากปกติ ซึ่งงานบางอย่างต้องการให้มอเตอร์หมุนในทิศทางใดทิศทางหนึ่งโดยเฉพาะ จึงต้องมีการตรวจสอบการลำดับเฟส และตัดอุปกรณ์ออกเมื่อการลำดับเฟสผิดไป

<u>แนวทางการตรวจรับลำดับเฟส</u>



รูป 1

พิจารณาจากรูป (ก) เป็นการออกแบบวงจรตรวจจับเฟสโดยใช้ อุปกรณ์ R,L,C ซึ่งหลักการคำ

นวณหาค่าของอุปกรณ์ดังกล่าว พิจารณาจากรูป 1(ข) ซึ่งเป็นเวคเตอร์ เมื่อมีการลำดับเฟสแบบ ABC และพิจารณาจาก รูป 1(ค) ซึ่งเป็นเวคเตอร์ เมื่อมีการลำดับเฟสแบบ CBA ในการวัดค่าแรงดันระหว่างจุด X และ O เมื่อมีการลำดับเฟสแบบ ABC จะได้ค่าแรงดันเท่ากับศูนย์โวลท์ และเมื่อมีการลำดับเฟสแบบ CBA จะทำให้มีแกงดันระหว่างจุด X และ O ค่าหนึ่ง ซึ่งเมื่อเราพิจารณาเวคเตอร์ในรูป (ค) จะเห็นได้ว่าในสามเปลี่ยม ABX จะได้ว่า XB นำหน้า AB เป็นมุม 60° ซึ่งค่ากระแสจะ inphase กับ vector XB ในการคำนวณอุปกรณ์ R,C จะได้ว่า

$$Z = V \angle 0^{\circ} / I \angle 60^{\circ}$$ โดยให้ V และ I มีค่า 1หน่วย

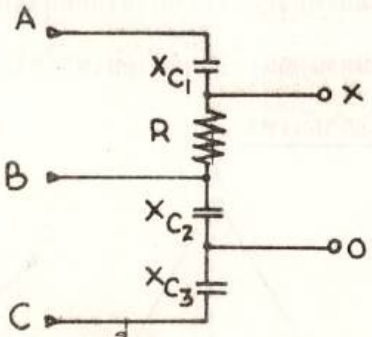
$$Z = 1 \angle -60^{\circ} = 1/2 - j\sqrt{3}/2$$

$$R/XC = 1/\sqrt{3} \quad ====> \quad XC = \sqrt{3}\, R \text{ ----------(4)}$$

การเลือกอุปกรจึงเลือก C ก่อน แล้วคำนวณค่า R สำหรับการพัน choke จากการพิจารณาจาก vector เราต้องการพัน โช๊ค(choke) ให้มีจุดแทปกึ่งกลางพพื่อแบ่งครึ่งแรงดัน BC ที่จุด O นั่นเอง หรืออาจเลือกใช้ capacitor 2ตัว นำมาต่ออนุกรม และเอาจุดต่อตรงกลางมาเป็นเอ๊าพุท โดยคาปาซิเตอร์ 2 ตัวมีขนาดเท่ากัน

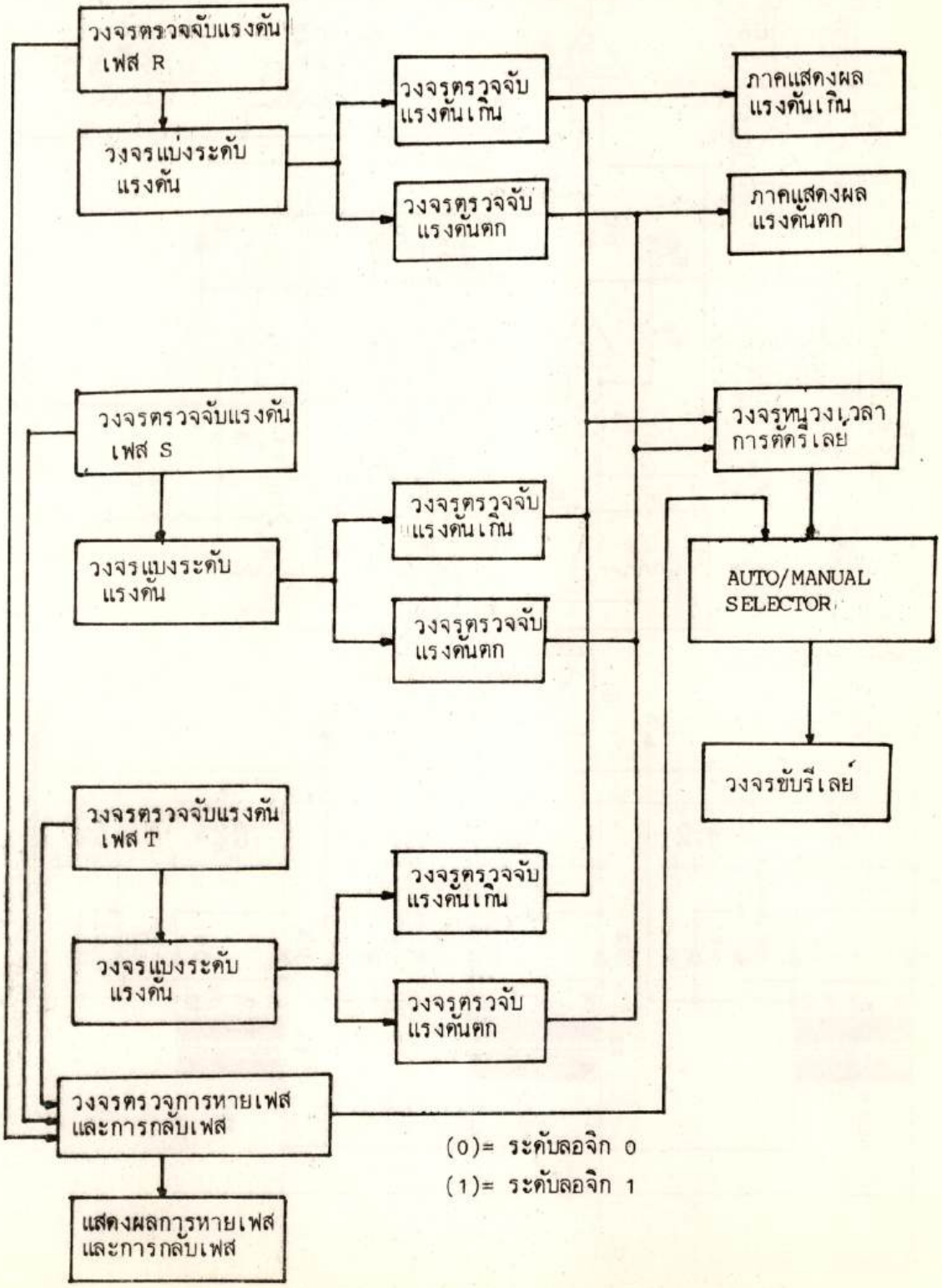
การออกแบบและคำนวณวงจรใช้งาน

ในการออกแบบอุปกาณ์การใช้งานจริง ได้ออกแบบให้สามารถใช้กับระบบไฟ 3 เฟส 220 V. และ 380 V. และยังปรับเปอร์เซ็นต์ของค่าที่จะตรวจสอบ โดยมีช่วงแรงดันปรับได้ $\pm$20% โดยสามารถตรวจสอบค่าได้แน่นอน และสามารถตั้งเวลาตัดได้จาก 3 - 10 วินาที และตั้งช่วงเวลาการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเข้าในวงจรได้จาก 5 - 180 วินาที เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริง

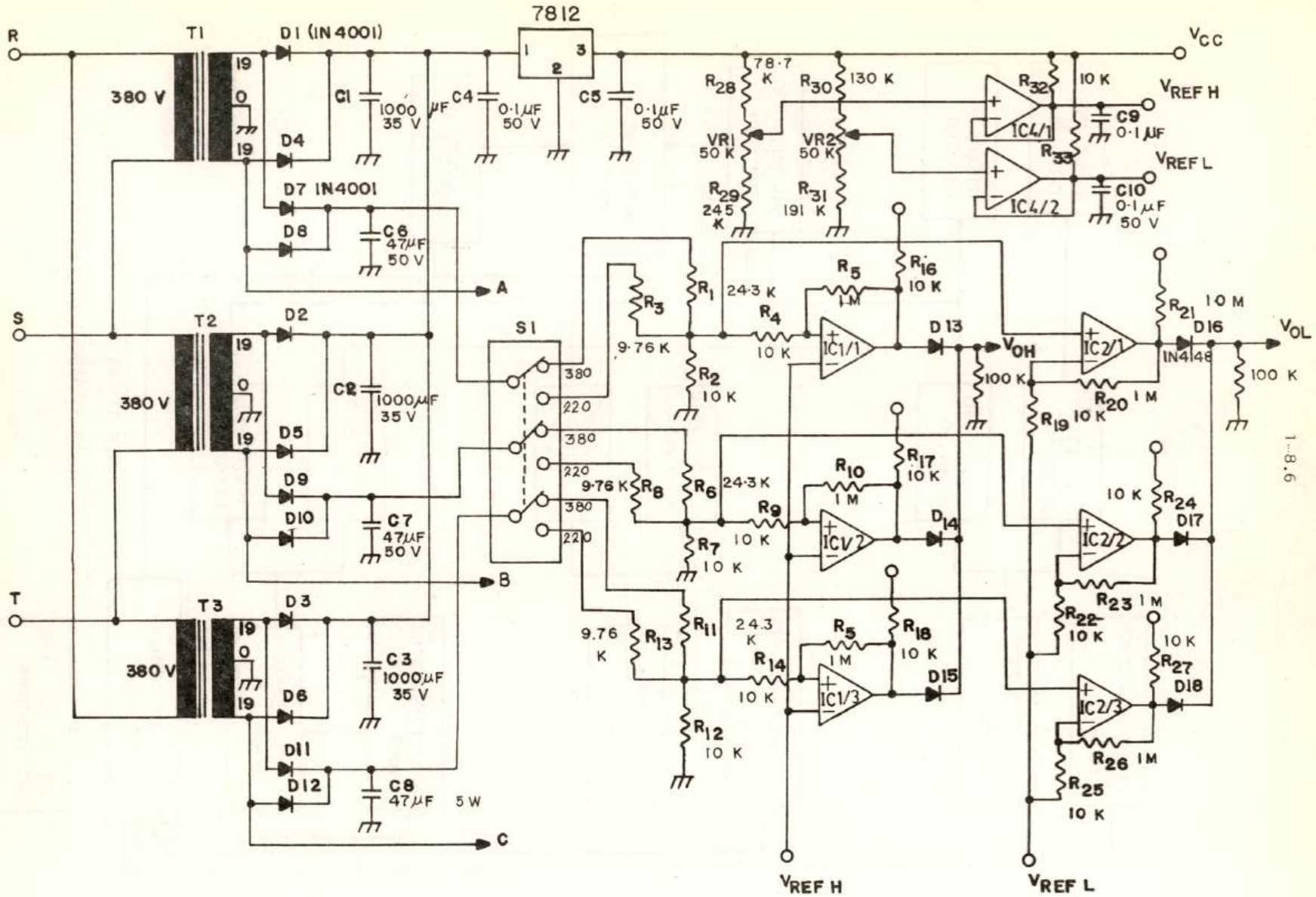


รูปที่ 2

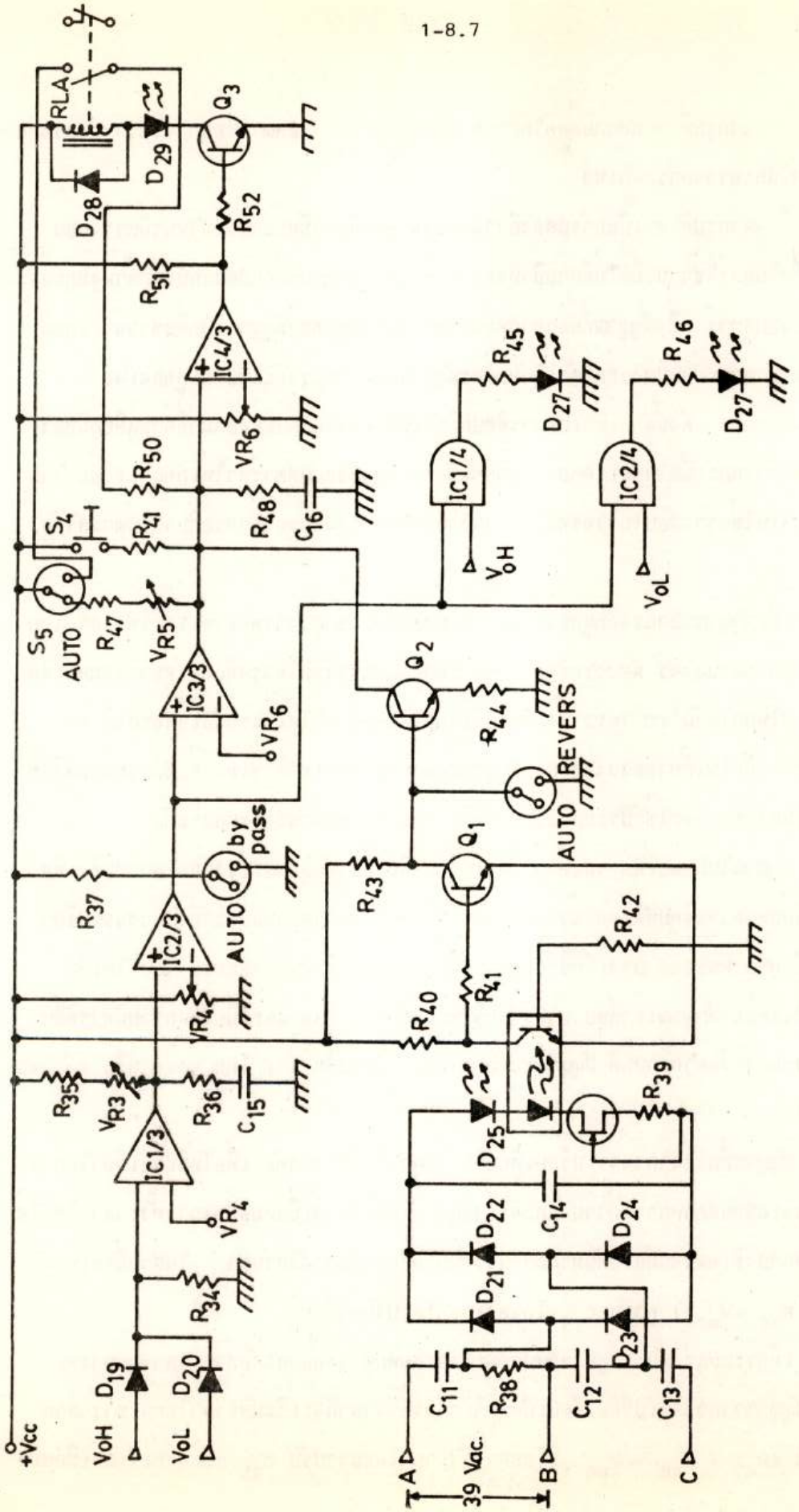
จากรูปที่ 2 เป็นการออกแบบวงจรตรวจจับลำดับเฟส โดยใช้คาปาซิเตอร์ C_2 , C_3 มาต่ออนุกรมกัน โดยค่า C_2 เท่ากับ C_3 มาแทนค่า L ที่ต้องพัน แล้วแทปกึ่งกลาง ซึ่งจะทำให้ลดขนาดลงได้โดยหลักการยังเหมือนเดิม



รูป 3 บล็อก ไดอะแกรม ของระบบตรวจจับแรงดันไม่สมดุลย์และตรวจการกลับเฟส



รูป 4 แสดงวงจรรวม


RLA
Q3
D29
D28
R52
R51
IC4/3
VR6
R50
R48
C16
R41
S4
S5
AUTO
R47
VR5
IC3/3
VR6
IC1/4
IC2/4
R45
R46
D27
D27
VOH
VOL
Q2
R44
REVERS
AUTO
by pass
AUTO
Q1
R43
R42
R37
IC2/3
VR4
R40
R41
R35
VR3
R36
C15
IC1/3
VR4
D25
R39
C14
D22
D24
D21
D23
R34
D19
D20
VOH
VOL
+Vcc
C11
R38
C12
C13
A
Vac.
B
C
39

รูป 5

จากรูปที่ 3 แสดงบล็อคไดอะแกรม (Block Diagram) ของวงจรตรวจจับแรงดันไม่สมดุลย์ และตรวจการกลับเฟส

จากรูปที่ 4 เป็นการแสดงถึงวงจรรวม จะเห็นว่ามีหม้อแปลงทำหน้าที่ตรวจสอบแรงดัน ซึ่งในการใช้งานเมื่อไม่มีสายนิวทรอล ดังนั้นเราออกแบบหม้อแปลงแบบเดลต้าปฐมภูมิและทุติยภูมิต่อแบบสตาร์ ซึ่งสัญญาณที่ออกจากหม้อแปลงจะอยู่ในรูปของสัญญาณรูปคลื่นซายน์ โดยมีสัญญาณออกมาจากหม้อแปลงแต่ละตัว โดยแต่ละสัญญาณเกิดจากแรงดันในแต่ละคู่ของเฟส (R-S,S-T,T-R) ดังนั้น เมื่อเกิดการผิดปกติกับเฟสหนึ่งจะแสดงผลออกมาที่ด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง2ตัว และเนื่องจากเราต่อด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงแบบสตาร์ทำให้เกิดการเรียนลำดับเฟสเพื่อนำไปใช้ตรวจสอบในวงจรตรวจสอบลำดับเฟสการทำงานของวงจรอธิบายได้ตามลำดับดังนี้:-

1. เมื่อสัญญาณของแรงดันถูกส่งผ่านหม้อแปลงแล้วจะเข้าสู่วงจรฟูลเวฟเรคติไฟเออร์ โดยในแต่ละเฟสจะผ่านวงจร RECTIFIER 2 ชุด โดยสัญญาณแรงดันไฟตรงที่แต่ละชุดจะรวมกันเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ IC 7812 ซึ่งเป็นไอซีเรคกูเลเตอร์ ทำให้ได้แรงดันเอ้าพุทคงที่ 12 โวลท์ ซึ่งจะเป็นไฟเลี้ยงของวงจร และสัญญาณที่ออกจากวงจรเรคติไฟเออร์ที่เหลือจะผ่านสวิทช์เลือกระดับแรงดันว่าจะใช้กับระบบ 220 V หรือ 380 V โดยผ่านวงจรแบ่งระดับ

2. สัญญาณในแต่ละเฟส จะเข้าสู่วงจรเปรียบเทียบแรงดันสูงและแรงดันต่ำกว่าปกติ เพื่อเปรียบเทียบหาความผิดปกติโดยใช้วงจรคอมพาราเตอร์โดยการออกแบบเราตั้งให้วงจรเปรียบเทียบให้มี HYSTERESIS บ้างเล็กน้อยเพราะเนื่องจากถ้าไม่มี HYSTERESIS จะทำให้เกิดการออสซิเลทของสัญญาณเอ้าท์พุท ถ้าแรงดันอินพุทมีการกระเพื่อม และเมื่อเกิดความผิดปรติขึ้น เช่น แรงดันสูงหรือต่ำกว่าปกติ สัญญาณเอ้าท์พุทจะออกเป็นลอจิก 1 (โดย Volt หรือ Vol จะเป็น 1)

3. สัญญาณที่ออกจากวงจรเปรียบเทียบจะเข้าสู่วงจรตั้งเวลาตัด เพื่อให้มีช่วงเวลาในการตัดให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน และจะส่งสัญญาณไปตัดรีเลย์เมื่อหมดช่วงการตั้งเวลา โดยใช้การชาร์จคาปาซิเตอร์จนมีแรงดันมากกว่าแรงดันที่เปรียบเทียบ สำหรับค่า ในส่วนนี้จะเท่ากับ $(R_{35} + R_{36} + V_{R3})$ คูณกับ C_{15} โดยตั้งเวลาโดยปรับค่าที่ V_{R3}

4. เมื่อระบบแรงดันเข้าสู่สภาวะปกติหลังจากผิดปกติ จะต้องอาศัยช่วงเวลาจากการต่อโดยเมื่อสัญญาณจากวงจรเปรียบเทียบเป็นปกติ วงจรตั้งเวลาก็จะเริ่มนับเวลาโดยจะชาร์จผ่าน C_{16} ผ่าน $(R_{47} + R_{48} = V_{R5})$ โดยการตั้งเวลาโดยการปรับ C_{R5} และจะต่อรีเลย์เมื่อหมด

ช่วงเวลา แต่ถ้าไม่ต้องการให้ต่อโดยอัตโนมัติก็สามารถเลือกสวิทช์ S_5 ไปที่ MANUAL จะทำให้ R pull up ถูกตัดออกไป ซึ่งในขณะที่ผิดปกตินั้นระดับลอจิกที่เอ๊าท์พุทของ IC 313 จะเป็นศูนย์ รีเลย์จะหยุดทำงานทำให้ Contact NO เปิดออกทำให้ R pull up ออกจากด้าน output ของ IC 313 ทำให้ไม่เกิดการต่อรีเลย์จนกว่าจะมีการกด S_4 เพื่อ reset และเมื่อรีเลย์ทำงาน contact NO จะต่อ R pull up ได้

5. ในขณะที่วงจรเปรียบเทียบแรงดันทำงาน วงจรตรวจจับการขาดหาย 1 เฟส และการกลับเฟสก็จะทำงานอยู่ด้วย โดยรับสัญญาณอินพุทจาหม้อแปลงแต่ละตัว ซึ่งมีการลำดับเฟส และนำสัญญาณผ่านวงจร R-L-C ที่คำนวณไว้ หาผลรวมของแรงดัน เมื่อเกิดการสลับเฟสโดยนำสัญญาณผ่านวงจรบริดจ์เรคติฟลาย แล้วนำไปขับออปโต-คัปเปอร์ โดยมีเฟสเป็นตัวกำหนดให้กระแสคงที่ โดยใช้คุณสมบัติที่ช่วง saturated ของ FET เพื่อให้เฟสทำงานเป็น Contact Current Source เมื่อมีการขาดหายไป 1 เฟสหรือเกิดการสลับเฟส ทรานซิสเตอร์ของออปโต-คัปเปอร์จะได้รับแสงจากไดโอด ในออปโต-คัปเปอร์ และนำกระแสทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 หยุดนำกระแสทรานซิสเตอร์ Q_2 จะนำกระแสซึ่งจะทำให้คาปาซิเตอร์ C_{16} คายประจุผ่านทรานซิสเตอร์ Q_2 ลงกราวด์ไป รีเลย์จะหยุดทำงานโดยไม่ผ่านภาคหน่วงเวลา และเมื่อระบบแรงดันเข้าสู่สภาวะปกติ วงจรหน่วงเวลาการต่อจะตั้งเวลาเพื่อต่อรีเลย์เข้าสู่วงจร หรือจะเลือกให้ต่อโดยกดสวิทช์รีเซท S_4 ก็ได้

6. ในกรณีที่เราไม่ต้องการใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันเราสามารถทำได้โดยเลื่อนสวิทช์ S_2 จาก Auto มาที่กราวน์ เพื่อให้รีเลย์ทำงานตลอดเวลาถึงแม้ว่าแรงดันจะผิดปกติอยู่

ในกรณีที่นำไปใช้กับวงจรควบคุมมอเตอร์ ที่มีการกลับทิศทางการหมุนตลอดเวลา เราไม่จำเป็นต้องใช้วงจรตรวจจับการกลับเฟส จึงใช้สวิทช์ S_3 ที่ reverse เป็นสวิทช์สำหรับต่อลงกราวน์ ในกรณีไม่ต้องการใช้วงจรตรวจการกลับเฟส

7. การแสดงผลที่ LED จะนำสัญญาณจากวงจรเปรียบเทียบและสัญญาณเอ๊าท์พุทจากวงจรตั้งเวลาการตัดมา AND กัน และนำสัญญาณเอ๊าท์พุทไปขับ LED โดยมี LED แสดงสภาพแรงดันเกินแรงดันตก สำหรับ LED แสดงผลการทำงานของวงจร ตรวจการขาดหาย 1 เฟส และการกลับเฟสใช้ LED จะสว่างเมื่อสภาวะปกติ และจะดับเมื่อผิดปกติ

3. <u>สรุป</u> เมื่อมีการผิดปกติของแรงดันไฟฟ้า เช่น แรงดันต่ำกว่าพิกัด หรือแรงดันสูงกว่าพิกัดวงจรจะตั้งเวลา แล้วไปตัดรีเลย์ เพื่อให้คอนแทคเตอร์ของรีเลย์ไปตัดวงจรควบคุมมอเตอร์ และเมื่อระบบแรงดันเข้าสู่สภาวะปกติแล้ว วงจรจะตั้งเวลาเพื่อต่อรีเลย์เข้าในวงจรอีกครั้ง และในวงจร

ตรวจสอบการขาดหายเฟส และการสลับเฟส เมื่อเกิดการผิดปกติก็จะตัดรีเลย์ออก และเมื่อเข้าสู่สภาวะปกติก็จะตั้งเวลาต่อรีเลย์หรือกดสวิทช์รีเซ็ทเพื่อต่อรีเลย์เลยก็ได้

เอกสารอ้างอิง

1. J.F. YOUNG "SENSITIVE PHASE FAILURE AND LOW VOLTAGE PROTECTION FOR MOTOR" ELECTRICAL REVIEW , 29 NOVEMBER 1963 , Page 827-829
2. วิทยา เจตน์จุฑารัตน์ ,สหชัย พีรพัฒน์ "พฤติกรรมภายในของมอเตอร์เมื่อได้รับแรงดันไม่สมดุลย์" วิทยานิพนธ์ ปี 2527 ส.จ.ธ.
3. David F. Stuat. "McGrow Hill Book Company. 1976

   Circuit Design "McGrow Hill Book Company. 1976
4. Cough & Driscoll "Operational Amplifier and linear Integrated Circuit" Prentice-Hall 1977
5. Cmos Interated Circuit Manual

การนำพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง ป้อนเข้าสู่ระบบส่งกำลังไฟฟ้า 3 PHASE

สมชาย ลิขิตอัมพร

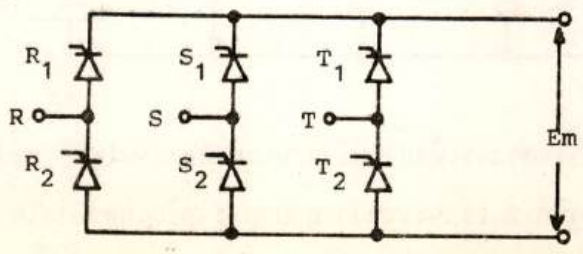
1. บทนำ

ในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในโรงงานอุตสาหกรรม และบ้านเรือนทั่วไป ฯลฯ

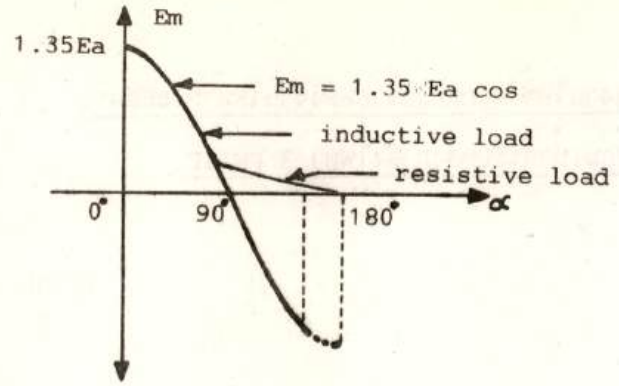
ปัจจุบันมีการค้นหาแหล่งพลังงานอื่นกันอย่างมากมาย ซึ่งในที่นี้เราจะศึกษาถึงการนำเอาพลังงานธรรมชาติต่างๆมาเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อป้อนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงนั้นกลับเข้าสู่ระบบส่งกำลังไฟฟ้า เช่นในการใช้เซลแสงอาทิตย์ (SOLAR CELL) หรือการใช้พลังงานลมมาหมุนกังหันเพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้วประจุกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเข้าสู่แบตเตอรี่ เปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายไฟให้แก่ LOAD หรือนำพลังงานส่วนนี้ป้อนเข้าสู่ระบบส่งกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าอีกทีหนึ่ง จากหลักการ จะทำให้เราสามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่เราต้องดึงมาจากการไฟฟ้าได้ ซึ่งจะมากเท่าใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงของเราว่ามีพลังงานที่สามารถจ่ายได้มากเพียงใด ในบทความนี้จะกล่าวถึงหลักการนำพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า

2. หลักการนำกำลังไฟฟ้ากระแสตรงป้อนเข้าระบบส่งกำลังไฟฟ้า

ในการศึกษาการทำกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ป้อนกลับเข้าสู่ระบบส่งกำลังไฟฟ้านั้น เราทำได้โดยอาศัยหลักการในการเลือกมุมทริกเอสซีอาร์ ในขณะที่มีโหลดเป็นอินดัคตีฟโหลด ให้เหมาะสม ในรูป 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาท์พุทของวงจร Full Wave Three Phase Full Wave Bridge



(ก) แสดงการต่อวงจร three phase full wave bridge



(ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน DC output กับมุมทริก SCR

รูป 1

จากกราฟเราจะเห็นได้ว่าในกรณีที่เป็นอินดัคทีฟโหลดนั้น ถ้าหากเราทริกเอสซีอาร์ให้มุมทริกมากกว่า 90 องศา แล้วเราจะได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เอาท์พุท จากวงจร Three phase full wave rectifier มีค่าเป็นลบ ซึ่งเราอาจพิจารณาได้อีกทางจากสมการที่(1)

$$Em = 1.35\ Ea \cos\alpha \quad \ldots (1);\ 0^\circ < \alpha < 180^\circ$$

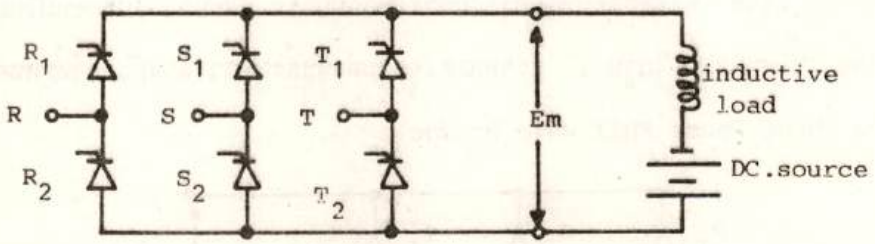
โดยที่ Em = แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เอาท์พุท

Ea = แรงดันไฟอินพุท

α = มุมทริกเอสซีอาร์

ซึ่งจากสมการนี้เราก็จะพบว่าเมื่อมุม มีค่ามากกว่า 90 องศา แล้วจะทำให้ Em มีค่าเป็นลบ

โดยอาศัยหลักการข้อนี้ ถ้าหากนำเอาแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เช่น แบตเตอรี่ หรือเซลไฟฟ้าแสงอาทิตย์มาต่อเข้าในวงจร Three phase full wave rectifier ในรูป 2 เราก็จะสามารถนำเอาพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟ DC. มาป้อนกลับเข้าสู่ระบบส่งกำลังไฟฟ้าได้ดังรูป

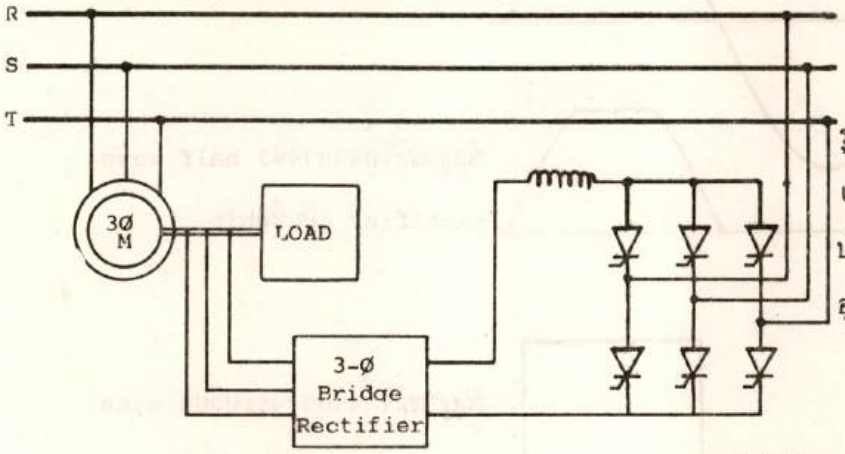


รูป 2 แสดงการต่อวงจรเพื่อป้อนพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟDC เข้าสู่ระบบกำลังไฟฟ้า

จากวงจรตามรูปที่ 2 เราจะเห็นว่า ถ้าหากเราทริกเอสซีอาร์ให้ มากกว่า 90 องศา แล้วจะทำให้ Em มีค่าเป็นลบ กระแสไฟจะไหลออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เข้า

สู่ระบบส่งกำลังไฟฟ้าได้ นั่นคือเราสามารถนำเอากำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ป้อนกลับเข้าสู่ระบบส่งกำลังไฟฟ้าได้

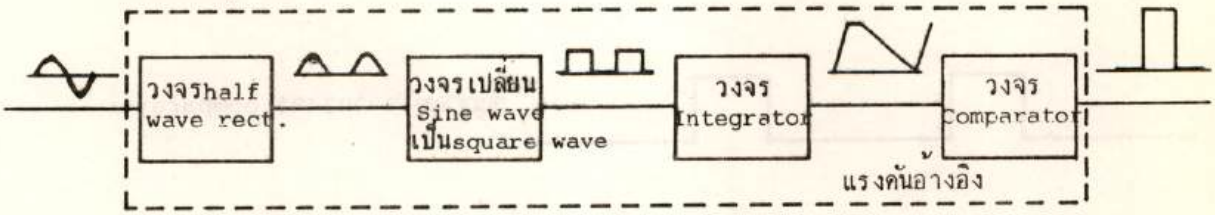
จากหลักการข้างต้นนี้จะเห็นว่าเราสามารถนำเอาไปประยุกต์ใช้ภายในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นในการนำเอาไฟจากวงจรโรเตอร์ของมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ มาเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแทน



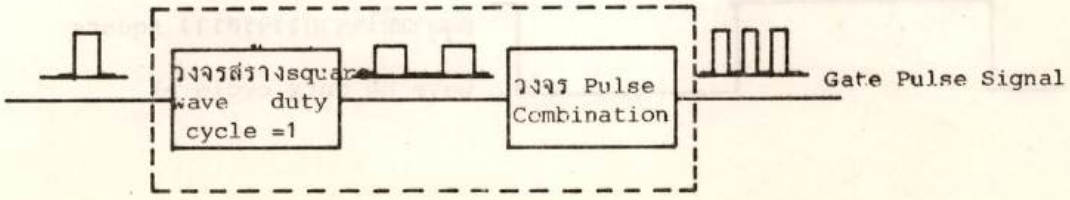
รูป 3 แสดงการนำเอาวงจรข้างต้นไปประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรม

จากวงจรเราจะเห็นว่าเราสามารถนำเอาแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากโรเตอร์ของมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ แบบ Wound rotor มาเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อป้อนกลับเข้าสู่ระบบส่งกำลังไฟฟ้าได้จะทำให้สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์ได้

ในการสร้างสัญญาณทริก เพื่อนำไปทริกเอสซีอาร์นั้น เราสามารถที่จะทำได้โดยอาศัยวงจร Gate Phase - shift และวงจร Gate pulse combination ดังแสดงด้วยบล็อก - ไดอะแกรมตามรูปที่ 4



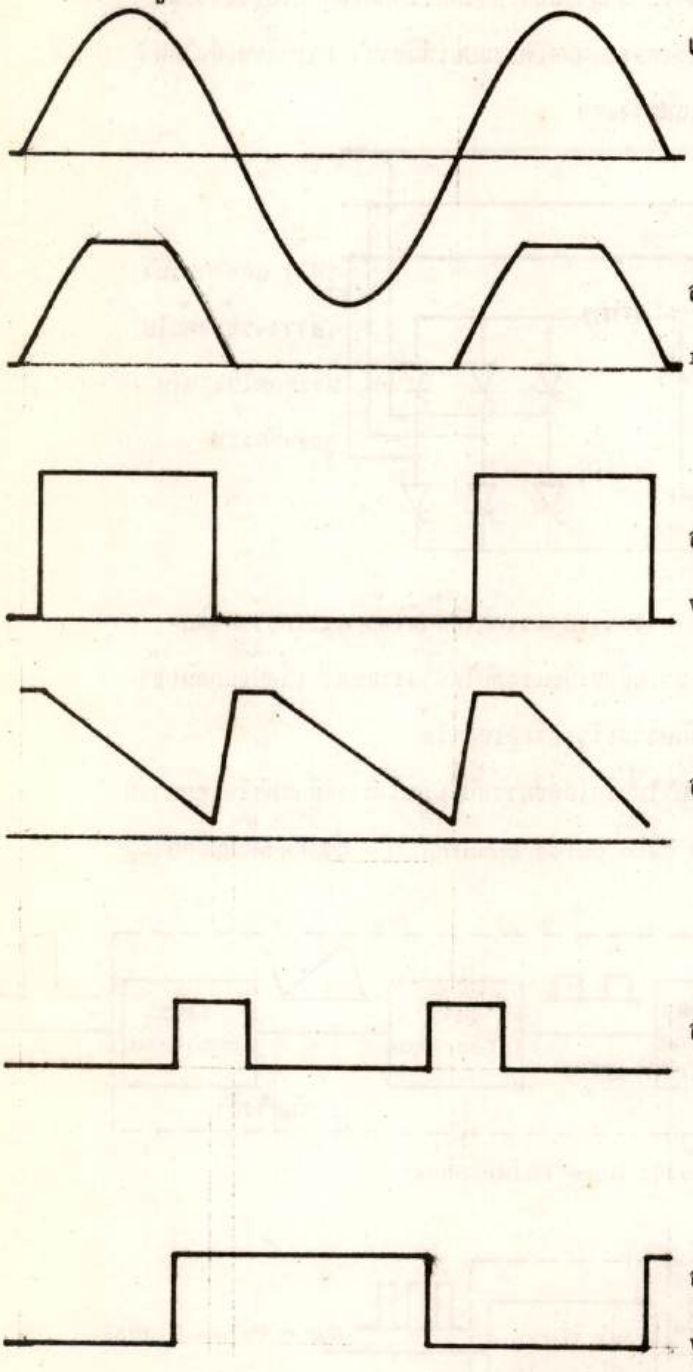
ก) บล็อกไดอะแกรม แสดงวงจร Gate Pulse Shift



ข) บล็อกไดอะแกรมแสดงวงจร Gate Pulse Combination

รูป 4

ในการสร้างสัญญาณ Gate pulse signal นั้น เราอาจแสดงเป็นรูปคลื่นดังรูป 5 ได้ดังรูปต่อไปนี้



แรงดันไฟฟ้าอินพุทจากแหล่งจ่ายไฟ

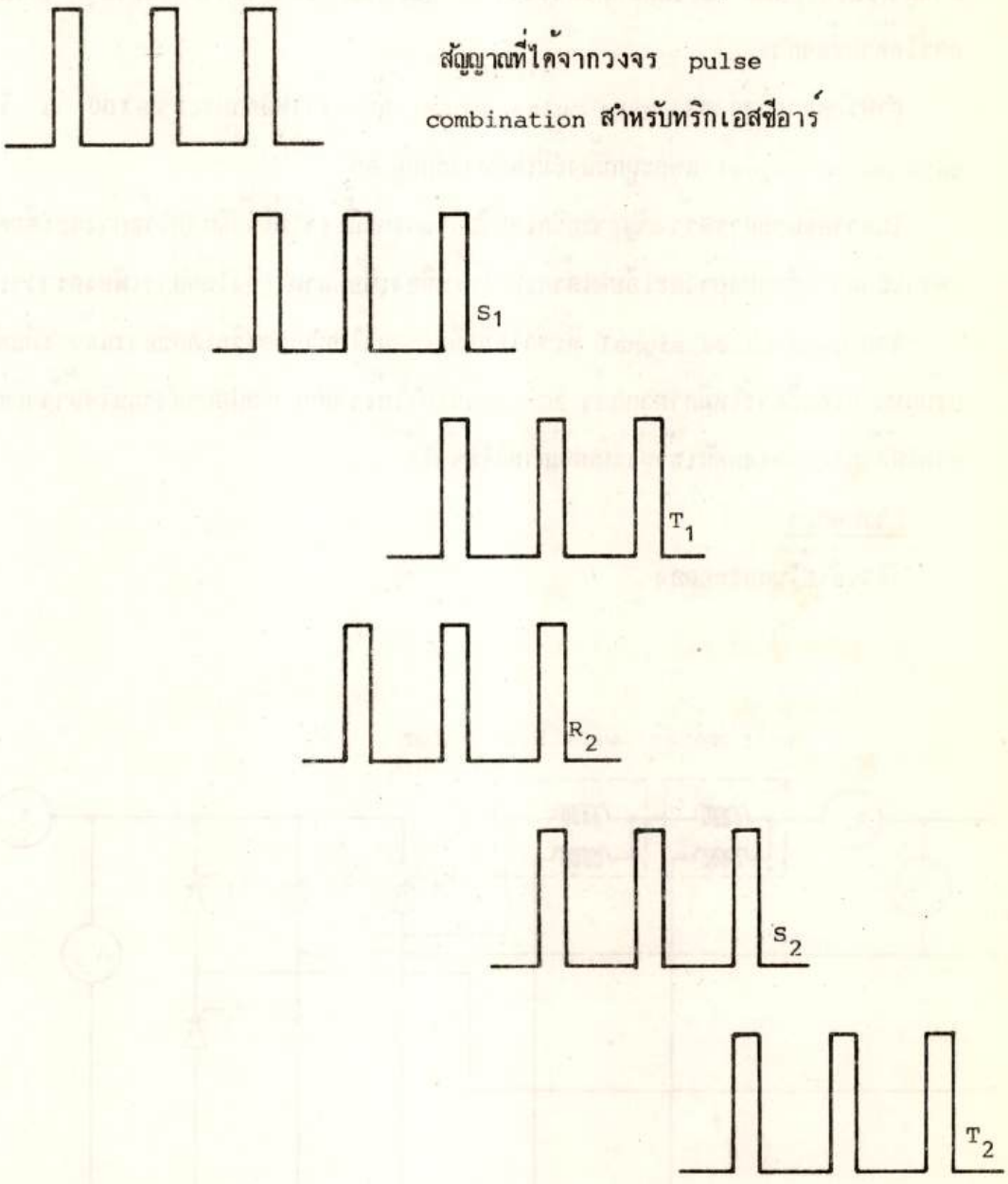
สัญญาณที่ได้จากวงจร half wave rectifier แบบมีchip

สัญญาณที่ได้จากวงจรเปลี่ยน sine wave เป็น square wave

สัญญาณที่ได้จากวงจร อินทิเกรเตอร์

สัญญาณที่ได้จากวงจร comparator

สัญญาณที่ได้จากวงจรสร้าง square wave ที่มี duty cycle =1


สัญญาณที่ได้จากวงจร pulse
combination สำหรับทริกเอสซีอาร์
S1
T1
R2
S2
T2

รูป 5

จาก gate pulse signal ที่ได้นี้เราจะนำไปทริก SCR, R_1, S_1, T_1, R_2, S_2 และ T_2 ตามลำดับ ซึ่งในการปรับมุมทริก SCR นั้น เราทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงแรงดันอ้างอิง(reference voltage)ที่เข้าวงจร comparator เราก็จะสามารถปรับมุมทริกเอสซีอาร์ได้ตามต้องการ

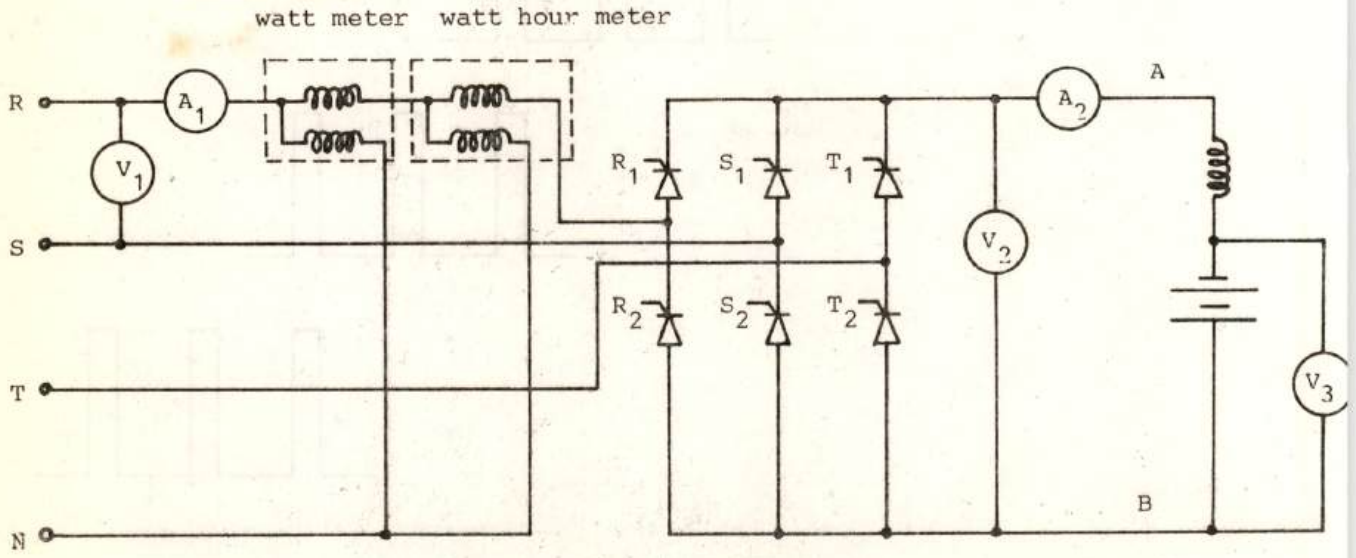
สำหรับความกว้างของ gate pulse signal นั้น เราให้มีค่าประมาณ 100 s โดยที่ gate pulse signal แต่ละลูกนั้นจะมีเฟสต่างกันอยู่ 60°

ในการอธิบายการสร้างสัญญาณทริกเอสซีอาร์ข้างต้นนี้เราไม่ได้อธิบายไว้อย่างละเอียด เพราะถ้าหากอธิบายอย่างละเอียดแล้วจะทำให้เปลืองเนื้อที่มาก จึงได้กล่าวเพียงคร่าวๆเท่านั้น

จาก gate pulse signal ที่เราได้นี้เมื่อเรานำไปทำการทริกเอสซีอาร์แล้ว เมื่อทำการปรับมุมทริกเอสซีอาร์ให้มีค่ามากกว่า 90° แล้วจะทำให้เราสามารถป้อนพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงกลับเข้าสู่ระบบส่งกำลังไฟฟ้าได้

3. <u>การทดลอง</u>

วงจรที่ใช้ในการทดลอง



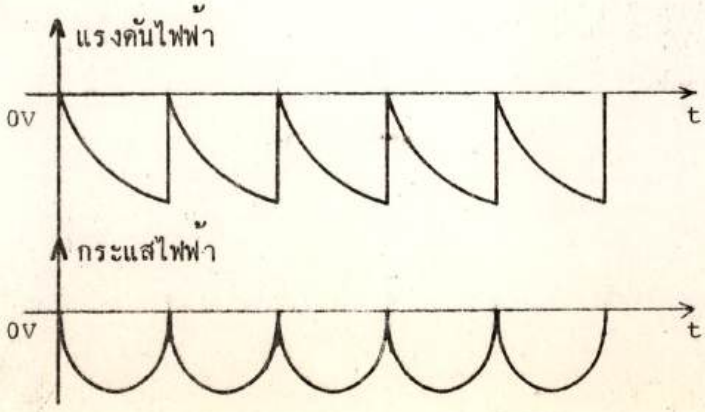
รูป 6

4. ผลการทดลอง

V_1(v)	A_1(amp)	V_2(v)	A_2(amp)	V_3(v)	Power reverse/phase(w)
120	2.1	32	1.4	35	13
120	2.2	34	2.1	40	24
120	2.45	37	3	45	35
120	3.25	39	4	50	49
120	4.05	41	5	60	66
120	5	44	6.2	70	87

จากผลการทดลองที่ได้เราจะเห็นได้ว่า เราสามารถที่จะนำเอาพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ป้อนกลับเข้าสู่ระบบไฟ 3 เฟสได้ ซึ่งสังเกตได้ว่ามีการป้อนกำลังไฟฟ้ากลับสู่ระบบไฟฟ้าได้โดยสังเกตได้จาก Watt-hour meter จะหมุนกลับทาง ซึ่งแสดงว่ากำลังไฟฟ้าไหลกลับเข้าสู่แหล่งจ่ายไฟ สำหรับในการทดลองนี้เราได้คงที่มุมทริก SCR ไว้ที่มุมประมาณ 110 แล้วทำการเพิ่มค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเพิ่มขึ้น จะทำให้กำลังไฟฟ้าที่ป้อนกลับมีค่ามากยิ่งขึ้น ซึ่งถ้ามีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาดใหญ่ๆ และมีอินดักแตนซ์ โหลดที่กระแสได้สูงๆและมี SCR ขนาดใหญ่เพียงพอแล้วก็จะทำให้เราสามารถป้อนพลังงานกลับเข้าสู่ระบบกำลังส่งไฟฟ้า 3 เฟสได้อย่างมาก

ในการป้อนพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงกลับเข้าสู่ระบบส่งกำลังไฟฟ้านั้น นอกจากขึ้นอยู่กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแล้วยังขึ้นอยู่กับมุมที่ใช้ทริก SCR ด้วย สำหรับลักษณะของรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการวัดที่จุด A และ B และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดจะมีลักษณะดังรูป



รูป 7

5. สรุป

จากการศึกษาและทดลองถึงการนำเอาพลังงานจากแหล่งไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อป้อนกลับเข้าสู่ระบบส่งกำลังไฟฟ้านั้น จะพบว่าเราสามารถที่จะนำเอาพลังงานจากแหล่งจากไฟฟ้ากระแสตรงป้อนกลับเข้าสู่ระบบส่งกำลังไฟฟ้า 3 เฟสได้จริง ซึ่งจากการทดลองพบว่าปัจจัยที่ทำให้การป้อนพลังงานไฟฟ้ากลับเข้าสู่ระบบส่งกำลังไฟฟ้าได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

1) ขนาดของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

2) มุมในการหริก SCR

3) ขนาดของ SCR

ซึ่งจากเหตุผลนี้เราจะเห็นว่าสามารถที่จะป้อนพลังงานกลับเข้าสู่ระบบส่งกำลังไฟฟ้าได้อย่างมากมาย ถ้าเรามีปัจจัยทั้ง 3 อย่างเพียงพอ

6. หนังสืออ้างอิง

1. M.S.BERDE, "THYRISTOR ENGINEERING" ,Romesh Chander Khanna,1981

2. S.B.DEWAN AND A.STRAUGHEN, "POWER SEMICONDUCTOR CIRCUITS"
John.Wiley & Sons, 1975

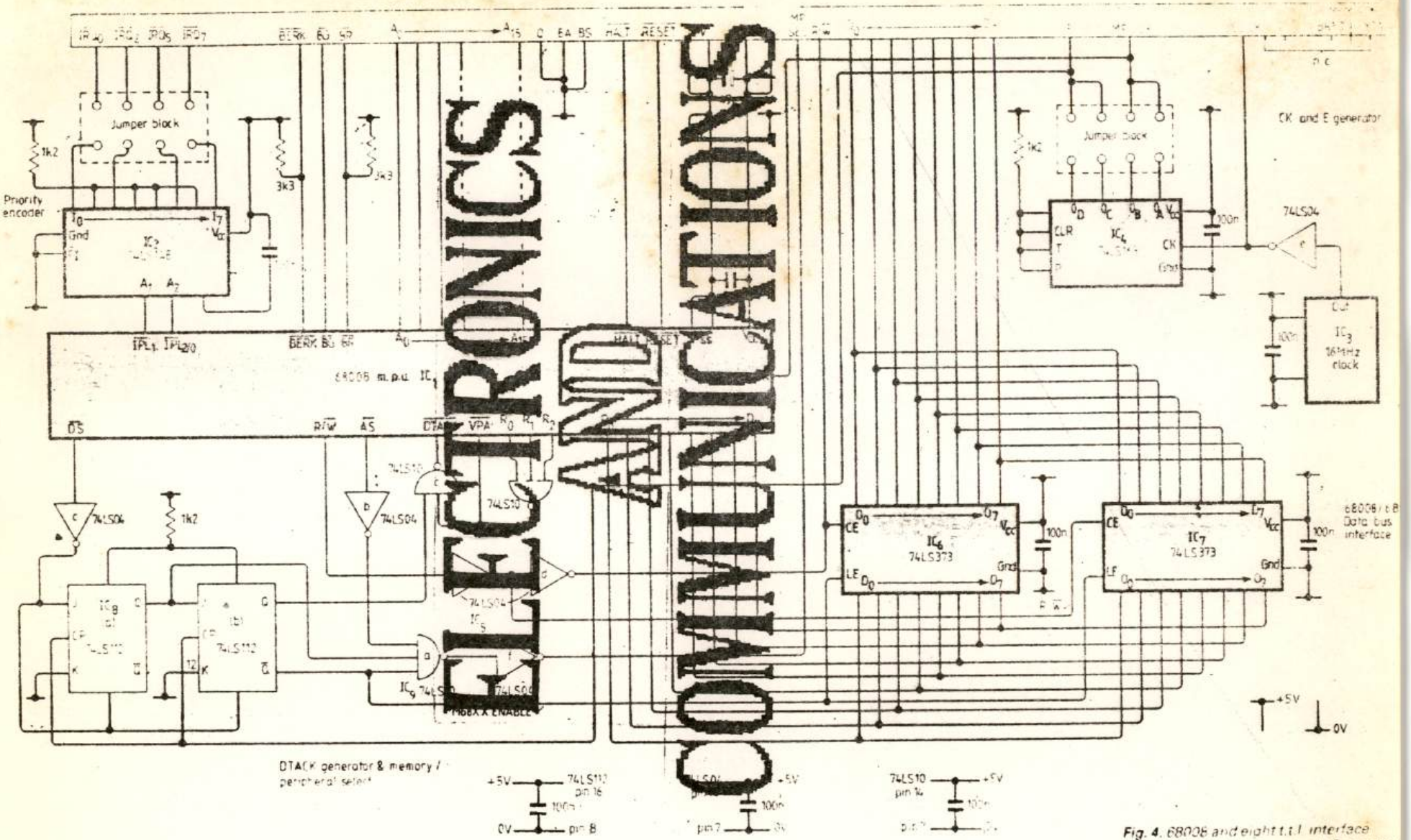


Fig. 4. 68008 and eight t.t.l. interface devices fit easily onto a single Eurocard. Ribbon cable and 40-pin d.i.l. header connect the board to the target system.

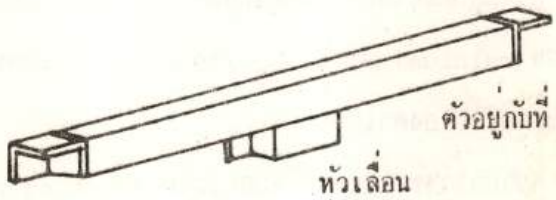
LINEAR SCALE

1. บทนำ

LINEAR SCALE เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับระยะทางในแนวเส้นตรง โดยจะเปลี่ยนระยะทางที่ตรวจจับได้ เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่มีรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (square wave) โดยมี duty cycle 50% จำนวนลูกคลื่น (pulse) ที่ผลิตออกมาจะแปรตามระยะที่ตรวจ จับได้ โดยที่ LINEAR SCALE ที่ผลิตออกมานี้จะผลิตลูกคลื่นออกมา 1 ลูก ทุกระยะ 5 ไมครอน (1ไมครอน = $1*10^{-6}$ เมตร)

2. ลักษณะและส่วนประกอบ

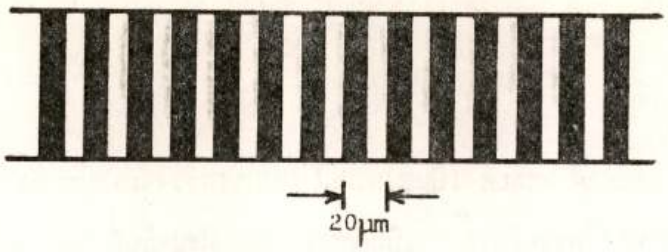
LINEAR SCALE นี้มีลักษณะภายนอกดังรูปข้างล่าง



รูป 1 ลักษณะภายนอกของ LINEAR SCALE

จากรูปจะเห็นว่า LINEAR SCALE ประกอบด้วย หัวเลื่อน และตัวที่อยู่กับที่ซึ่งยึดอยู่ด้วยกัน โดยหัวเลื่อนเลื่อนได้อิสระบนแนวของตัวอยู่กับที่ จากหัวเลื่อนจะมีสายสัญญาณ ที่ส่งสัญญาณไฟฟ้า (out put voltage) ออกไป โดยปกติจะต่อเข้ากับเครื่องอ่าน (digital read out) ส่วนตัวอยู่กับที่นั้นจะเป็นฐานที่ให้หัวเลื่อนเลื่อน (scan) ไป ตัวอยู่กับที่จะมีความยาวยาวกว่าความยาวมาตรฐานเล็กน้อย ความยาวมาตรฐานนั้นจะวัด จากตำแหน่ง (ดังรูป) ความยาวมาตรฐานมีหลายขนาด ขึ้นกับผู้ผลิตจะผลิตออกมา เฉพาะยี่ห้อที่ใช้ในโครงงานนี้มีขนาดตั้งแต่ 100 มม. ถึง 3000 มม.

ลักษณะภายในของตัวอยู่กับที่จะประกอบด้วย glass scale คือแผ่นกระจกยาวเท่ากับความยาวของตัวที่อยู่กับที่ โดยแผ่นกระจกนี้จะถูกกรีดในแนวขวาง ให้เป็นช่องมีลักษณะอย่างเดียวกับเกรตติง (grating) ดังในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดง grating ของ glass scale

ลักษณะภายในของตัวเลื่อนประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือหัวตรวจจับ (detector head) ซึ่งประกบและเลื่อนอยู่บน glass scale

หัวตรวจจับ (detecting head) จะประกอบด้วย ต้นกำเนิดแสง และตัวรับแสง 2 ชุด โดยที่ 2 ชุดนี้จะวางห่างกันเป็นระยะครึ่งหนึ่งของระยะที่กรีด

3. <u>รายละเอียดทางเทคนิค</u>(technical specifition)

1. ความถูกต้องในการวัดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (measuring accuracy at 20 celcius) = $(5+8L_0/1000)$ ไมโครเมตร โดยที่ L_0 หมายถึง ความยาวมาตรฐานที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

2. ความกว้างของระยะที่ขีดบนกระจก (grating pitch) : 20 ไมครอน

3. ต้นกำเนิดแสง (light source) : ไดโอดเปล่งแสง (LED)

4. ตัวรับแสง (sensor element) : โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Phototransistor)

5. ความเร็วสูงสุดในการเลื่อนหัว (Max travering speed of head) : 300 mm/s

6. แหล่งจ่ายไฟ (power supply) : 5 โวลท์ (DC)

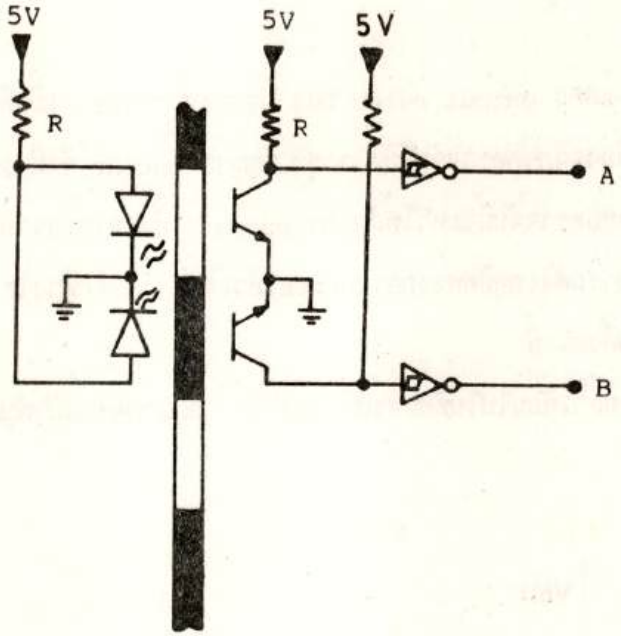
7. จำนวนลูกคลื่นที่ผลิตออกมา (output pulse) : 20 ไมครอน/พัลส์

8. ระดับแรงดันที่ผลิตออกมา (output voltage) : 3-5 โวลท์ (DC)

4. <u>หลักการทำงาน</u>

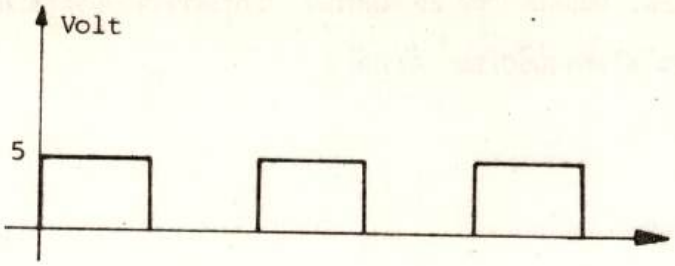
การทำงานของ LINEAR SCALE นี้ อาศัยหลักการของแสงที่ส่องผ่านกระจกที่ถูกกรีดเป็นเส้นอย่างละเอียด หรือที่เรียกว่า glass scale นั้น รอยกรีดจะทำให้เกิด เป็นแถบทึบแสงผ่านไม่ได้ และแถบใสที่แสงลอดผ่านได้ ดังรูป 2 โดยที่ความกว้างของ เกรตติง

(grating pitch) นั้นแคบมากถึง 20 ไมครอน ซึ่งหัวตรวจจับที่ประกอบด้วย ไดโอดเปล่งแสง (LED) และโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงวงจรของหัวตรวจจับ

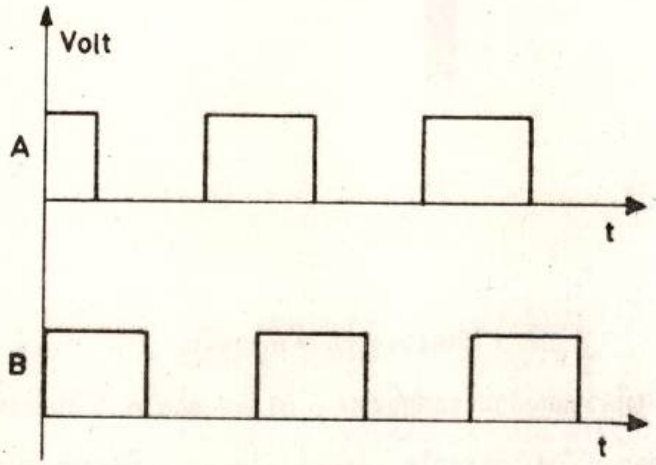
จากรูปจะเห็นว่าแสงสามารถส่องผ่าน glass scale ในแถบที่ใสไปตกกระทบโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ทำให้นำกระแสได้ output signal จะมีแรงดัน 5โวลท์และเมื่อเลื่อนหัวเลื่อนในตำแหน่งที่แถบทึบอยู่ระหว่างชุดตรวจจับ จะทำให้ไม่มีแสงตกกระทบโฟโต้ทรานซิสเตอร์ จึงทำให้ไม่สามารถนำกระแสได้ output จะมีแรงดันเป็น 0โวลท์ ทั้งนี้เนื่องจากว่า grating pitch แคบมากและการเลื่อนของหัวเลื่อนผ่านเกรตติงแต่ละครั้งจะผ่านช่อง (pitch) หลายช่อง ดังนั้นจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดัน หรือเป็นลูกคลื่นสี่เหลี่ยม (square wave) และลูกคลื่นที่เกิดขึ้น เป็นลักษณะ 50% duty cycle ดังรูป 4



รูปที่ 4 แสดง output pulse ของ LINEAR SCALE เมื่อหัวเลื่อนเลื่อนไป

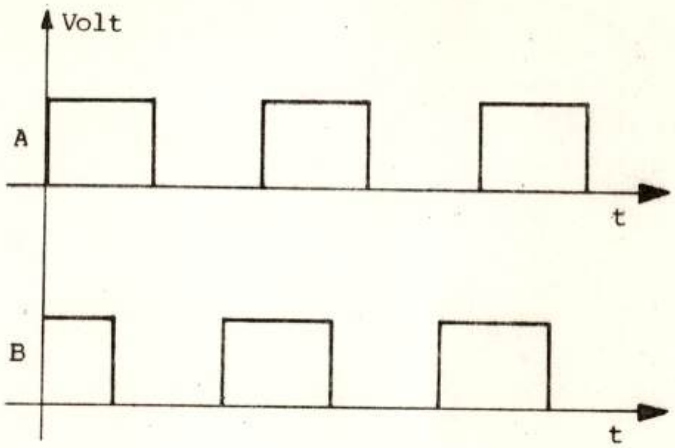
เนื่องจากจุดตรวจจับมีถึง 2 ชุด สัญญาณ output จึงมี 2 ชุดด้วยคือ A และ B โดยการวางของชุดตรวจจับนี้จะทำให้สัญญาณ output ทั้งสองห่างจากกันประมาณ 90 องศา ดังนั้นเราจึงสามารถสังเกตุทิศทางการเลื่อนของหัวเลื่อนว่าไปทิศทางใด โดยดูจาก การเลื่อนของสัญญาณทั้งสองนี้

โดยถ้าเลื่อนไปในทิศทางหนึ่งจะทำให้ สัญญาณจากAนำสัญญาณจาก B ไป 90 องศา ดังรูป 5



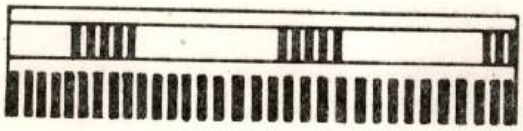
รูป 5

และถ้าเลื่อนกลับอีกทางหนึ่งจะทำให้สัญญาณจากAตามสัญญาณBไป 90 องศา ดังรูป 6



รูป 6

สำหรับ linear scale ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นรุ่นที่มีสัญญาณ ABS ซึ่งเกิดจากการที่บน glass scale นั้น มีการกรีดเป็นช่อง 5 ช่อง (grating pitch) ทุกระยะ 50 มม.ของแนวช่องเดิม ดังรูป 7



รูปที่ 7

ดังนั้นทุกๆระยะ 50 มม. จะเกิดมีสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมเกิดขึ้นที่สัญญาณ ABS ซึ่งโดยปกติแล้ว ถ้า linear scale นี้ใช้กับเครื่องอ่านดิจิตอล (digital readout) สัญญาณ ABS จะเป็นสัญญาณที่จะไปทริกให้เกิดการเริ่มนับจากค่าที่ตั้งไว้ หรือทำให้ค่าที่อ่านได้คงที่อยู่ที่ค่าที่ต้องการ

เครื่องสังเคราะห์ความถี่ย่านวีเอฟเอช

(A VHF Frequency synthesizer)

ชนินทร์ วงษ์งามขำ *

บทคัดย่อ

บทความต่อไปนี้จะกล่าวถึงการออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องสังเคราะห์ความถี่ซึ่งใช้หลักการดิจิตอลเฟสล็อคลูป ความถี่ที่ได้จากเครื่องสังเคราะห์ความถี่จะขึ้นกับวงจรสร้างความถี่โดยใช้แรงดันควบคุม, ความถี่ที่ออกมาจะถูกปรับแก้อยู่ตลอดเวลาโดยนำไปเปรียบเทียบกับความถี่อ้างอิงที่วงจรเปรียบเทียบเฟส ผลที่ได้จากวงจรเปรียบเทียบเฟสสามารถควบคุมความถี่จากวงจรกำเนิดความถี่ให้มีค่าคงที่ได้ เราสามารถกำหนดความถี่ที่ต้องการได้โดยการตั้งค่าตัวหารในวงจรหารซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในเครื่อง ผลการทดลองแสดงว่าสามารถสังเคราะห์ความถี่ในย่านวี-เอชเอฟ ในช่วง 108.0 ถึง 124.9 เม็กกะเฮิรทซ์ และ 204.0 ถึง 244.9 เม็กกะ - เฮิรทซ์ เป็นขั้นๆ ขั้นละ 100 กิโลเฮิรทซ์ โดยมีความผิดพลาดทางความถี่ไม่เกิน +/- 100 เฮิรทซ์

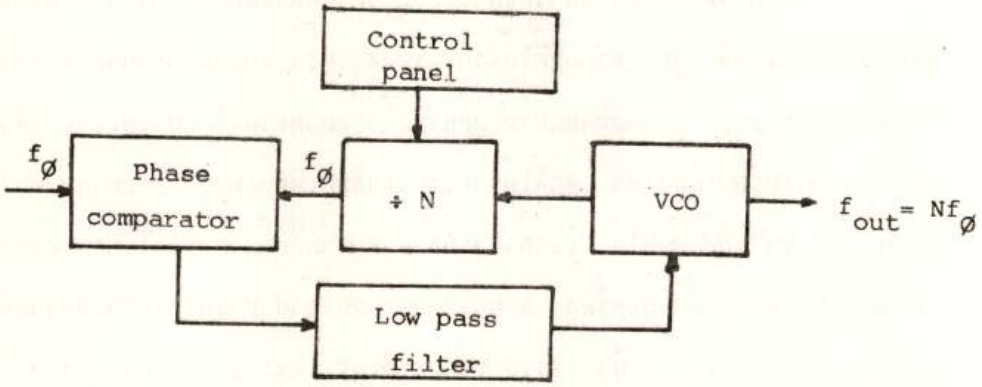
1. บทนำ

การสังเคราะห์ความถี่เป็นการสร้างความถี่ค่าหนึ่งหรือหลายค่าจากความถี่อ้างอิงหนึ่งค่าหรือ 2-3 ค่า ในสมัยแรกนั้น การสังเคราะห์ความถี่ได้จากวงจรกำเนิดความถี่ซึ่งใช้ผลึกแร่ควบคุม และมีผลึกแร่จำนวนหนึ่งซึ่งสามารถสวิทช์เลือกได้ ความเที่ยงตรงและเสถียรภาพของความถี่ที่ได้ออกมาจะขึ้นกับความเที่ยงตรงและเสถียรภาพของผลึกแร่เอง (และขึ้นกับวงจรด้วย) การสังเคราะห์ความถี่ขึ้นมาใหม่โดยการผสมความถี่จากวงจรกำเนิดความถี่โดยใช้ผลึกแร่ควบคุมมากกว่า 1 วงจร สามารถให้ความถี่อื่นๆได้มากกว่าเดิมและเป็นการเริ่มต้นการพัฒนาการสังเคราะห์ความถี่เมื่อกว่า 20 ปีมาแล้ว ในปัจจุบันนี้การสังเคราะห์ความถี่เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากขึ้นสำหรับการสร้างความถี่ที่มีความเที่ยงตรงสูงและต้องการให้มีเสถียรภาพทางความถี่สูงด้วย การพัฒนาทางวงจรดิจิตอลทำให้การสังเคราะห์ความถี่ด้วยเทคนิคทางดิจิตอลเฟสล็อคลูป (Digital phase locked loop) ทำได้ง่ายขึ้นโดยยังคงมีความเที่ยงตรงและเสถียรภาพเช่นเดิม การสร้างเครื่องสังเคราะห์ความถี่ขึ้นมาใช้จึงสามารถทำได้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะความถี่

ย่านความถี่สูงมากหรือย่านวีเอชเอฟ , VHF;(Very high frequency) ซึ่งเป็นย่านที่ใช้กันมาก เครื่องฯที่สร้างขึ้นมาก็จะสามารถใช้เป็นความถี่อ้างอิง เมื่อจะต้องทดสอบอุปกรณ์สื่อสารที่ใช้งานได้เป็นอย่างดี

2. หลักการ

หลักการของการสังเคราะห์ความถี่ที่ใช้เทคนิคดิจิตอลเฟสล็อคลูป มีส่วนประกอบในขั้นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1



;f_ϕ = Reference frequency

;f_{out} = Output frequency

;VCO =Voltage controlled oscilator

3. หลักการทำงาน

ความถี่จาก VCO จะถูกหารด้วย N แล้วป้อนเข้าเปรียบเทียบกับความถี่อ้างอิงในวงจรเปรียบเทียบเฟส(Phase comparator) ผลจากการเปรียบเทียบจะเป็น Error voltage ซึ่งจะถูกกรองให้เรียบโดยวงจรผ่านความถี่ต่ำ และจะได้ระดับไฟตรงเพื่อควบคุมความถี่สำหรับ VCO เพื่อให้ความถี่จาก VCO เป็นไปตามสมการที่ 1

$$f_{out} = Nf_\phi \quad \text{---------- (1)}$$

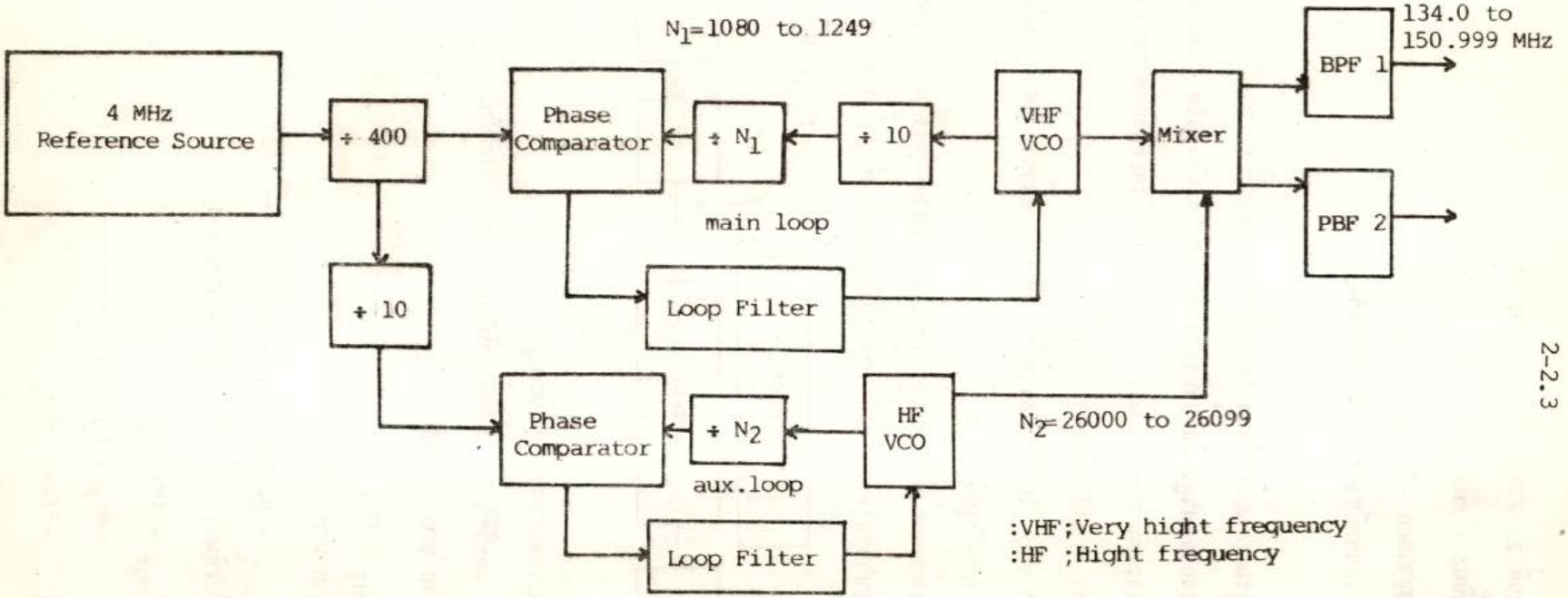
การเปลี่ยนความถี่ทำได้โดยการเปลี่ยนค่า N ที่ Control panel

4. การสร้างเครื่องต้นแบบ

เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นกำหนดลักษณะตามความต้องการดังนี้

1. สามารถสังเคราะห์ความถี่ในย่านวีเอชเอฟ

ความถี่ย่านที่ 1. 134.0 ถึง 150.999 MHz



control panel 1 ---------- to inputs of N_1
control panel 2 ---------- to inputs of N_2

รูปที่ 3 ผังระบบสังเคราะห์ความถี่แบบดิจิตอลลูปซ้อน 2 ลูป

ความถี่ย่านที่ 2. 230.0 ถึง 270.999 MHz

2. ขั้นความถี่ ขั้นละ 1 KHz

3. กำลังของสัญญาณออก -3 dBm/50 Ohm

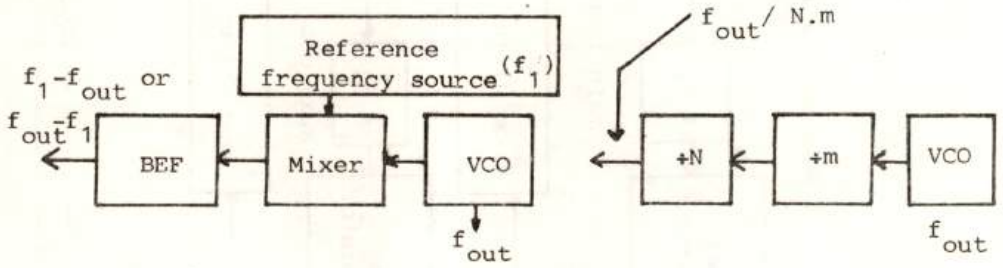
4. การเบี่ยงของความถี่สูงสุดไม่เกิน +/- 100 Hz

5. <u>การออกแบบ</u>

เราสามารถออกแบบเครื่องฯ โดยใช้หลักการในรูปที่ 1 มาเป็นแนวทางได้อย่างดี แต่เนื่องจากความถี่ที่ต้องการมีค่าสูงเกินกว่าที่วงจรหาร N จะทำงานได้ (วงจรหาร N มักจะประกอบขึ้นด้วยไอซีประเภท Programmable count) จึงจะต้องลดความถี่จาก VCO ลงมาก่อนที่จะป้อนวงจรหาร N ซึ่งปรกติสามารถทำได้ 2 ทาง คือ

1. นำความถี่จาก VCO ไปผสมกับความถี่ค่าคงที่หนึ่ง แล้วกรองเอาความถี่ผลต่างออกมาเพื่อป้อนเข้าวงจรหาร N ดังรูปที่ 2 ก

2. เพิ่มวงจรหารด้วยค่าคงที่ ไว้ระหว่างวงจร VCO กับวงจรหาร N ซึ่งวงจรหารที่เพิ่มเข้าไปนี้จะต้องสามารถทำงานได้ที่ความถี่ที่ VCO สร้างออกมา ดังรูปที่ 2 ข



รูปที่ 2 การลดความถี่จาก VCO

วิธีที่ 1. และวิธีที่ 2. ให้ผลต่างกันในแง่ของขั้นความถี่ดังนี้

ความถี่จาก VCO ในกรณีที่ 1.

$$f_{out} = Nf_{\phi} + f_1 \qquad \text{——————} \quad (2)$$

ความถี่จาก VCO ในกรณีที่ 2.

$$f_{out} = N.m.f_{\phi} \qquad \text{——————} \quad (3)$$

ในกรณีที่มีการลดค่าหรือเพิ่มค่า N ถ้าเพิ่มค่าของ N เป็น N+1

จาก (2) จะได้ $f_{out} = (N+1)f_{\phi} + f_1$

$$= Nf_{\phi} + f_{\phi} + f_1 \qquad \text{——————} \quad (4)$$

จาก (3) จะได้ $f_{out} = (N+1)\, m.f_{\phi}$

$$= Nmf_{\phi} + mf_{\phi} \qquad \text{——————} \quad (5)$$

จาก (4) และ (5) พิจารณาเปรียบเทียบกับ (2) และ (3) จะได้ว่า

กรณีที่ 1 ขั้นของความถี่ เป็น f_ϕ คงเดิม

กรณีที่ 2 ขั้นของความถี่ เป็น mf_ϕ เพิ่มเป็น m เท่า

ส่วน Loop Bandwidth ในกรณีที่ 1 จะคงเดิม ส่วนในกรณีที่ 2 จะลดลง m เท่า ในกรณีที่ต้องสังเคราะห์ความถี่ในช่วงกว้าง ๆ เช่น มากกว่า 40 MHz ขึ้นไป เราจะต้องรู้ว่าวงจรหาร N ที่จะใช้นั้น สามารถทำงานที่ความถี่มากกว่า 40 MHz ได้หรือไม่ ถ้าไม่ควรลด Loop bandwidth ลงโดยวิธีการในข้อ 2 ในเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นได้ใช้วงจรหาร 10 (m=10) เพื่อลดความถี่จาก VCO ลงมา 10 เท่า

การเลือกค่าความถี่อ้างอิงสำหรับใช้เปรียบเทียบในลูปก็เป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากเป็นตัวกำหนดอัตราการปรับแก้ความถี่ของลูป,ความเร็วในการเข้าสู่การล็อคของลูป,และการเบี่ยงเบนทางความถี่เอ้าท์พุท เป็นต้น

การเลือกค่าความถี่ในการเปรียบเทียบในลูปให้สูงๆก็เป็นการดีในอันที่จะเพิ่มความเร็ว(หรือลดเวลา)ในการล็อคของลูป และ ความเร็วในการเปรียบเทียบและปรับแก้ความถี่ในลูปก็เร็วขึ้น ทำให้การเบี่ยงเบนทางความถี่ที่เอ้าท์พุทมีค่าลดลง และความถี่ที่เอ้าท์พุทก็จะเที่ยงตรงยิ่งขึ้น แต่การใช้ความถี่อ้างอิงสูงๆก็จะทำให้ขั้นความถี่สูงขึ้นด้วย ในเครื่องต้นแบบใช้ความถี่อ้างอิง 2 ค่า ในการเปรียบเทียบ 2 ลูป ซึ่งเป็นเทคนิคที่เรียกว่า Double loop frequency synthesizer ซึ่งระบบนี้จะประกอบด้วยลูปของการเปรียบเทียบเฟส 2 ลูป ดังรูปที่ 3

เครื่องสังเคราะห์ความถี่ที่ใช้หลักการดังกล่าวนี้ เราแบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วน คือ

1. การสังเคราะห์ความถี่ในลูปหลัก (Frequency synthesis in main loop)
2. การสังเคราะห์ความถี่ในลูปช่วย (Frequency systhesis in auxilary loop)
3. การผสมความถี่ในลูปหลักและลูปช่วย แล้วกรองเอาความถี่ผลรวมออกมา

ความถี่อ้างอิงที่ใช้ในการเปรียบเทียบความถี่ในลูปหลักเป็น 10 KHz ส่วนความถี่อ้างอิงสำหรับการเปรียบเทียบความถี่ในลูปช่วยมีค่าเป็น 1 KHz ขั้นความถี่ที่สังเคราะห์ขึ้นในลูปหลักมีค่าเป็น 100 KHz ส่วนในลูปช่วยมีขั้นความถี่เป็น 1 KHz

การออกแบบระบบสังเคราะห์ความถี่ 2 ลูปนี้มีข้อดีคือเราสามารถจัดให้มีค่าความถี่อ้างอิง 2 ค่า สำหรับวัตถุประสงค์ 2 ประการคือ

1. สามารถออกแบบให้ช่วงความถี่ที่ได้จาก VCO กว้างมากพอที่ต้องการได้โดยความถี่เอ้าท์

พุทจาก VCO ยังคงมีค่าการเบี่ยงเบนทางความถี่ไม่มากได้ เนื่องจากใช้ความถี่ในการปรับแก้สูงพอ

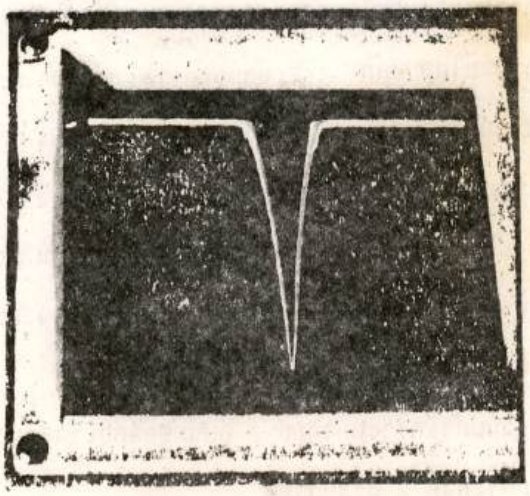
2. สามารถออกแบบให้ขั้นความถี่มีค่าน้อยๆได้ โดยการเปรียบเทียบความถี่ ที่ความถี่มีค่าน้อยๆ เช่น 1 KHz แต่ค่าการเบี่ยงเบนทางความถี่ยังคงมีค่าไม่มากนัก (ไม่เกิน 100 Hz) เนื่องจากการออกแบบวงจร VCO ในลูปช่วยมีช่วงกว้างความถี่ไม่มาก

6. การทำงานของเครื่องต้นแบบ

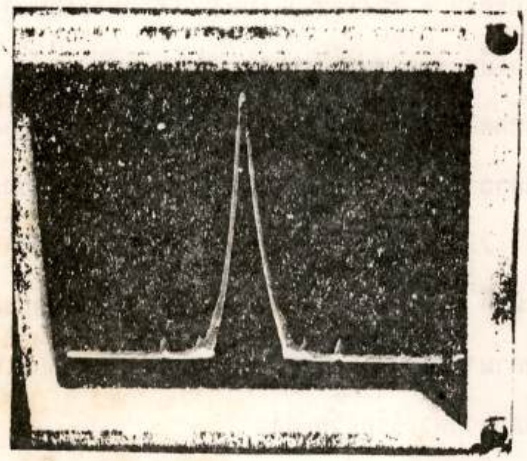
ในลูปหลักจะมีการสังเคราะห์ความถี่ 2 ช่วงคือ 108.0 ถึง 124.9 MHz และ 204.0 ถึง 244.9 MHz ซึ่งสามารถเลือกได้โดยสวิทช์ S ในลูปนี้ใช้ความถี่อ้างอิง 10 KHz สามารถสร้างความถี่ได้ขั้นละ 100 KHz ส่วนในลูปช่วยจะสังเคราะห์ความถี่ในช่วง 26.000 ถึง 26.099 KHz โดยใช้ความถี่อ้างอิง 1 KHz จากการหารความถี่อ้างอิงในลูปแรกด้วย 10 ในลูปช่วยจะสามารถสังเคราะห์ความถี่ได้ขั้นละ 1 KHZ ต่อจากนั้นเมื่อนำความถี่จากเอ้าท์พุทของ VCO ในลูปหลักและลูปช่วยมีค่ามาผสมกันในวงจรผสมความถี่ (MIXER) แล้วกรองเอาความถี่ผลรวมมาโดยวงจรผ่านย่านความถี่ (Band pass filter) แล้วขยายระดับของสัญญาณให้ได้ตามกำหนด ในที่สุดก็จะได้ความถี่เอ้าท์พุทที่ต้องการคือ 134.000 ถึง 150.999 MHz และ 230.000 ถึง 270.999 MHz ตามต้องการ

7. ผลการทดลอง

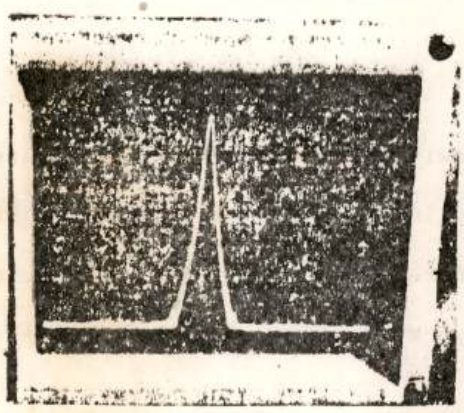
เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นแล้วในส่วนลูปหลัก และลูปช่วย และนำไปทดสอบดูการเปลี่ยนทางความถี่ และดู Sideband noises ด้วยเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม (SPECTRUM ANALYZER:TAKEDA RIKEN MODEL TR4132) มีลักษณะดังรูปที่ 4,5 และ 6



รูปที่ 4 รูปสเปคตัมของความถี่ที่สังเคราะห์ขึ้นโดยลูปหลักที่ความถี่ 115.0 MHz



รูปที่ 5 สเปคตัมของความถี่ที่สังเคราะห์ขึ้นโดยลูปหลักที่ความถี่ 245.0 MHz



รูปที่ 6 สเปคตัมของความถี่ที่สังเคราะห์ขึ้นโดยลูปช่วยที่ความถี่ 26.000 MHz

ภาพจากเครื่องวิเคราะห์สเปคตัมแสดงให้เห็นว่าความถี่ที่สังเคราะห์ออกมา มีระดับของสัญญาณแปลกปลอม (Spurious signals) ต่ำกว่าระดับสัญญาณความถี่ที่สังเคราะห์ออกมาอยู่ 60 ดีบี (ประมาณ 60 ดีบี ทั้งสามย่านความถี่) ส่วนการเบี่ยงเบนของความถี่ไม่สามารถวัดได้ด้วยเครื่องนี้ (TR4132) เนื่องจากความละเอียดสูงสุดในการแสดงผลทางความถี่ของเครื่องเป็น 100 MHz

ผู้เขียนได้ทดลองวัดความถี่ด้วยเครื่องวัดความถี่ของ Optoelectronics inc. รุ่น K7000 ซึ่งสามารถวัดความถี่ได้ถึง 550 MHz โดยมีความละเอียดถึง 100 Hz และมีความถูกต้อง +/- ของหลักสุดท้าย พบว่า ความถี่ที่อ่านได้จากเครื่องวัดฯในเวลาสั้น (ไม่เกิน 5 นาที) มีการเปลี่ยนแปลงที่หลักสุดท้าย เปลี่ยนแปลงบ้าง (ไม่เกิน 3 ครั้ง) ซึ่งก็ไม่สามารถบอกได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากที่เครื่องฯที่รับการทดสอบอยู่ หรือ เนื่องจากตัวเครื่องวัดเอง

ส่วนการทดลองผสมความถี่จาก VCO ของ 2 ลูป แล้วกรองเอาความถี่ผลรวมออกมากำลังอยู่ในขั้นทดสอบ

8. สรุป

เครื่องสังเคราะห์ความถี่ที่สร้างขึ้นมาสามารถใช้งานได้ในระดับหนึ่ง ในส่วนของงานที่ได้ทดสอบไปแล้วก็สำเร็จตามเป้าที่ได้ตั้งไว้หากส่วนที่เหลือสำเร็จก็จะได้แหล่งกำเนิดความถี่ที่สามารถใช้เป็นมาตรฐานได้

9. เอกสารอ้างอิง

1. Manassewitsch, V .Frequency synthesizers ,
A Wiley Interscience publication , 1980

2. ITT Reference Data for Radio Engineers , 5 th ed.
(New york: Howard W. Sams & Comnpany , 1968).

Antenna Pattern Display

สนั่น สระแก้ว

บทคัดย่อ

ในระบบสื่อสารนั้น สายอากาศนับว่าเป็นส่วนสำคัญอันดับแรกในการรับสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อป้อนให้กับวงจรท้องถิ่น คุณสมบัติของสายอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบ Directional Antenna ซึ่งใช้กันอยู่ทั่วไป จะมีความสามารถในการรับสัญญาณได้ดีเฉพาะในทิศทางหนึ่งเท่านั้น โดยในทิศทางอื่นขนาดความแรงของสัญญาณที่รับได้จะลดลงไป ดังนั้น ในการทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศชนิดต่างๆ โดยการวัดขนาดความแรงของสัญญาณในทิศทางต่างๆ ที่ความถี่หนึ่งๆ แล้วนำมาพล็อตแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดของความแรงของสัญญาณที่มุมต่างๆเทียบกับทิศอ้างอิง บนพิกัดเชิงขั้ว (polar coordinate) ซึ่งจะได้รูปแบบการกระจายคลื่น(Radiation pattern) ของสายอากาศแต่ละแบบ นับว่ามีความสำคัญและมีประโยชน์ต่อการเลือกใช้ชนิดของสายอากาศให้เหมาะสมกับระบบสื่อสารและช่วยในการติดตั้งทิศทาง ของสายอากาศให้ถูกต้องเพื่อให้รับสัญญาณได้สูงสุดโครงงานนี้เป็นอีกวิธีหนึ่งในการหารูปแบบการกระจายคลื่น ของสายอากาศแบบต่างๆ ในย่านความถี่ VHF และ UHF

บทนำ

ในการหารูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศ จะมีอยู่ 2 วิธีคือ

1.โดยการรับสัญญานโดยตรงจากสายอากาศที่ต้องการจะหารูปแบบการกระจายคลื่นแล้วป้อนให้กับวงจรวัดขนาดความแรงของสัญญาณ วิธีนี้จะสามารถวัดขนาดของสัญญาณได้ถูกต้องมากที่สุด แต่ถ้าสายอากาศมีขนาดใหญ่มากจะไม่สะดวกและอาจเสียค่าใช้จ่ายมาก

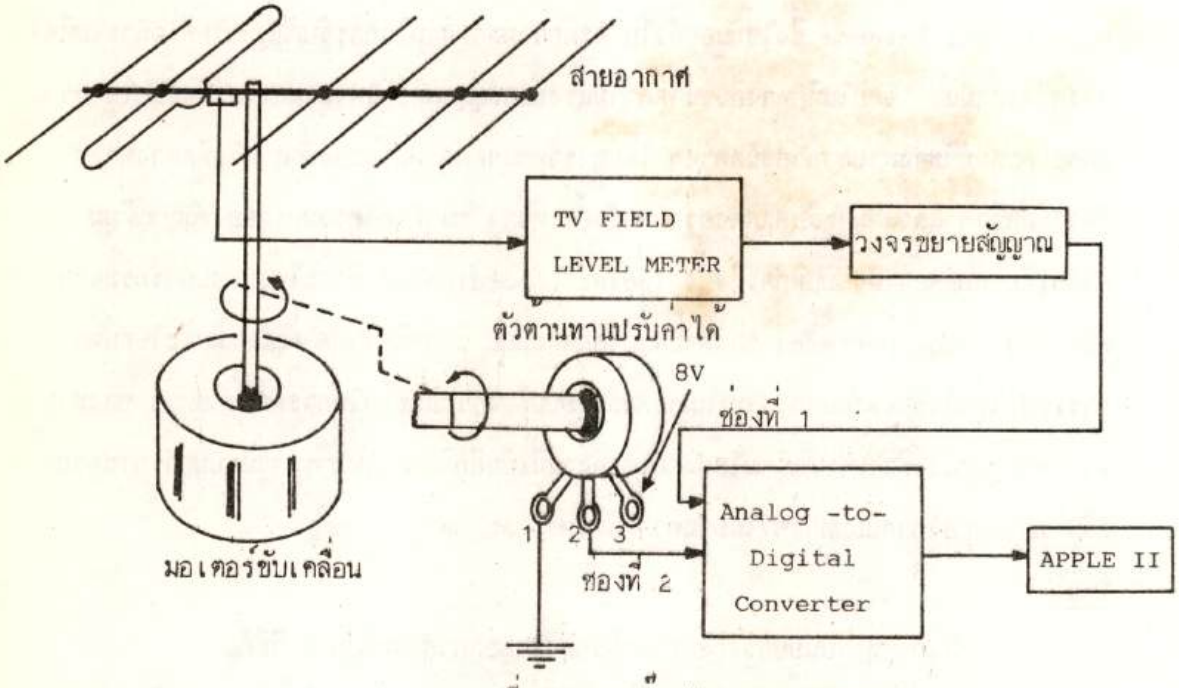
2.โดยการสร้างแบบจำลองของสายอากาศให้มีขนาดเล็กลง แล้วนำไปทดลองที่ความถี่สูงขึ้นตามที่คำนาณได้ตามแบบจำลอง ซึ่งวิธีนี้ทำให้สะดวกและเสียค่าใช้จ่ายน้อยแต่ความถูกต้องจะขึ้นอยู่กับการออกแบบแบบจำลองนั้น

โครงงาน "Antenna Pattern Display" นี้ เป็นการหารูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศตามวิธีที่ 1 โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ APPLE II เป็นส่วนแสดงผล การวัดขนาดความแรงของสัญญาณ จะใช้ TV Field Level Meter เป็นตัววัดสัญญาณแล้วป้อนผ่านวงจรเปลี่ยนสัญญาณแบบอนาล็อกเป็นดิจิตอล เพื่อป้อนให้กับคอมพิวเตอร์ ส่วนการวัดตำแหน่งหรือทิศ

ทางของอากาศจะใช้ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ที่มีแกนหมุนต่ออยู่กับแกนหมุนของสายอากาศ เมื่อแกนของสายอากาศหมุนความแรงและค่ามุมที่เทียบกับทิศอ้างอิง สามารถนำไปประมวลผล เพื่อพล็อตรูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศ

โครงสร้าง

โครงสร้างของเครื่องแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบ

หลักการทำงาน

สามารถพิจารณาส่วนต่างๆ ของวงจรได้ดังนี้

1) ส่วนขับเคลื่อนเสาของสายอากาศ จะใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน โดยแกนหมุนของมอเตอร์จะต่อกันทางกลกับแกนหมุนของตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ โดยการทดรอบให้เหมาะสมกับการขับเคลื่อน การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์โดยการป้อนแรงดันไฟสลับ บวกหรือลบ 24 V (หมุนตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกา)

2) ส่วนวัดขนาดความแรงของสัญญาณ TV Field Level Meter จะต่อโดยตรงกับสายอากาศ เพื่อรับสัญญานจากสถานีส่ง สัญญาณที่ได้จะถูกนำไปแปลงเป็นสัญญาณไฟกระแสตรง และ

ป้อนผ่านวงจรขยาย เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีขนาดอยู่ในช่วง 0-8 V เพื่อป้อนให้กับช่องสัญญานช่องที่ 1 ของวงจร Analog-to-Digital converter เพื่อเปลี่ยนเป็นสัญญาณแบบดิจิตอลป้อนให้กับไมโครคอมพิวเตอร์

3) ส่วนวัดตำแหน่ง จะใช้ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ ซึ่ง Coupling กับแกนของสายอากาศ และมีการหดรอบให้เหมาะสม เมื่อสายอากาศหมุนไปรอบๆ จะทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขา 1 กับขา 2 เปลี่ยนแปลงไป เป็นผลให้ค่าแรงดันที่ป้อนให้กับช่องสัญญานช่องที่ 2 ของวงจร Analog-to-Digital Converter เปลี่ยนแปลงไป

ความถูกต้องของค่าแรงดันที่แสดงตำแหน่งของสายอากาศจะขึ้นอยู่กับค่าแรงดันที่ป้อนให้กับตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ ซึ่งจำเป็นต้องมีการ Regulate ให้ได้แรงดันที่เรียบมาก และค่าความต้านทานที่ปรับค่าได้จะต้องปรับได้อย่างละเอียดมากด้วย

4) โปรแกรมควบคุมการทำงาน โปรแกรมการทำงานจะต้องอ่านค่าแรงดันที่แสดงขนาดความแรงของสัญญาณ จากช่องสัญญานช่องที่ 1 และอ่านค่าแรงดันที่แสดงตำแหน่งของสายอากาศจากช่องสัญญานช่องที่ 2 ในการประมวลผลข้อมูลที่ได้ เพื่อแสดงผลบนจอภาพนั้น เนื่องจากการพล็อตบนจอภาพของ ไมโครคอมพิวเตอร์ APPLE II นั้น จะสะดวกถ้าพล็อตบนพิกัด XY จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนค่าขนาดความแรงและค่าของมุม ให้อยู่ในระบบพิกัดฉาก (Regtangular Coordenate) โดยใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

ถ้า R = ขนาดความแรงของสัญญาณ

A = ค่าของมุมของสายอากาศเทียบกับทิศอ้างอิง

พิกัด $X = X_0 + R * \cos(A)$

พิกัด $Y = Y_0 + R * \sin(A)$

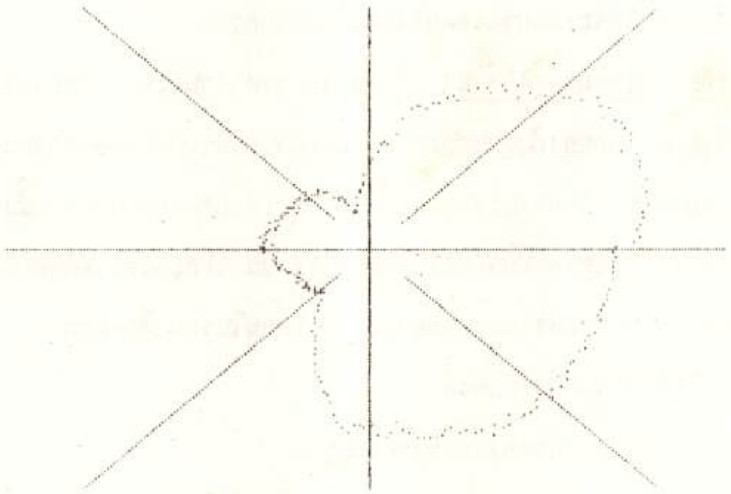
เมื่อ X_0 และ Y_0 คือค่ากึ่งกลางของพิกัดบนจอภาพ

ในการประมวลผลข้อมูลเพื่อให้แสดงผลได้พร้อมๆกับ การหมุนของสายอากาศจึงไม่สามารถ ใช้การประมวลผลด้วยภาษาขั้นสูงเช่น ภาษา BASIC หรือ FORTRAN ได้ จำเป็นต้องใช้ภาษาเครื่อง (Machine Language) ในการหาค่าของ sine และ cosine เพื่อให้รวดเร็วจะใช้วิธีการค้นหาค่าจากตาราง (Look-Up table) แล้วนำมาคำนวณตามสมการการหาพิกัด X และ Y ในการพล็อตบนจอภาพจะต้องปรับให้อยู่ในโหมด (mode) HGR1

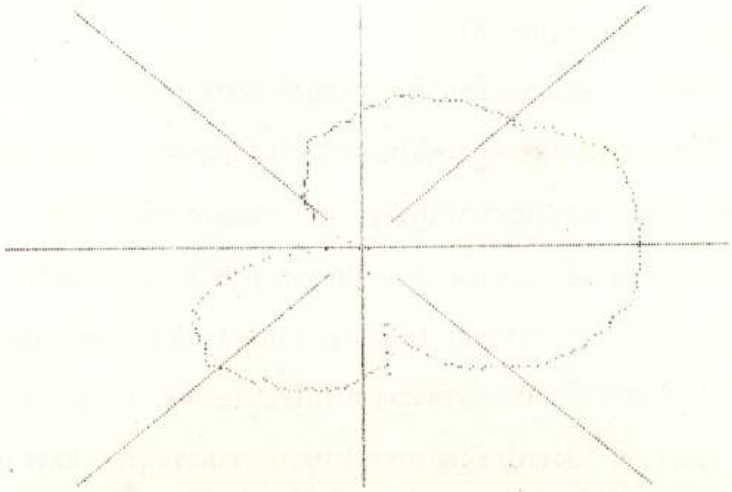
นอกจากนี้ โปรแกรมยังต้องแสดงค่าขนาดความแรงสูงสุด และค่าของมุมที่ตำแหน่งนั้น (เทียบกับทิศอ้างอิง) ได้ด้วย

ผลการทดลอง

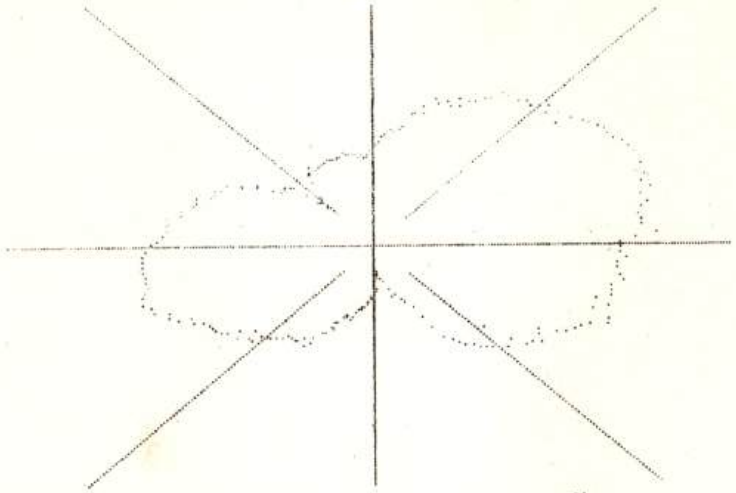
จากผลการทดลอง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2 เป็น pattern ของสัญญาณที่รับจากสถานีโทรทัศน์ช่องต่างๆ บริเวณดาดฟ้าอาคารไฟฟ้า 2 โดยใช้สายอากาศของช่องนั้นๆ ซึ่งจะเห็นว่าความ ละเอียดของ pattern จะถูกจำกัดด้วยความสามารถในการแสดงผล ในโหมด HGR1 ของ ไมโครคอมพิวเตอร์ APPLE II ความละเอียดของตำแหน่งและขนาดของความแรง จะถูกจำกัดด้วยจำนวนบิทของวงจร Analog-to Dital converter ซึ่งเป็นขนาด 8 บิท ทำให้ค่าของมุมใน 1 รอบแบ่งออกได้สูงสุดเพียง 255 ตำแหน่ง และความถูกต้องของค่าของตำแหน่งจะขึ้นอยู่กับความเป็นเชิงเส้น (Linearity) ของตัวต้านทานที่ปรับค่าได้และวงจรขยายสัญญาน



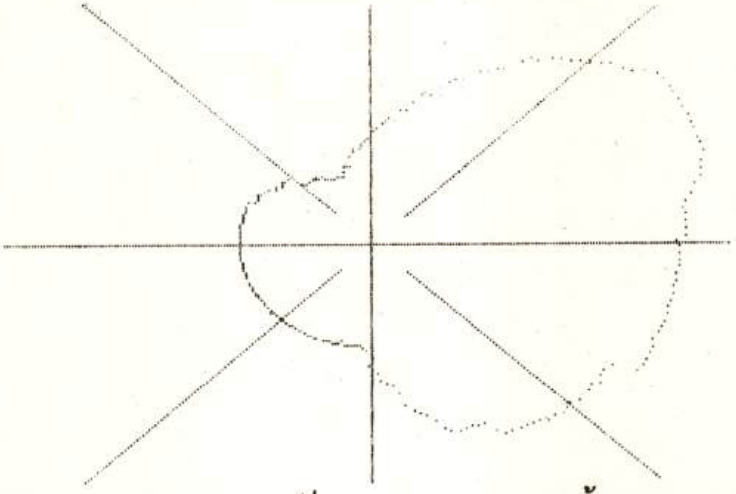
รูปที่ 2.1 สัญญานจากสถานีโทรทัศน์ช่อง 3, 155.25MHz. ใช้สายอากาศของช่อง 3



รูปที่ 2.2 สัญญานจากสถานีโทรทัศน์ช่อง 5, 175.25 MHz. ใช้สายอากาศของช่อง 5



รูปที่ 2.3 สัญญาณจากสถานีโทรทัศน์ช่อง 7,189.25 MHz. ใช้สายอากาศของช่อง 7



รูปที่ 2.4 สัญญาณจากสถานีโทรทัศน์ช่อง 9,203.25 MHz. ใช้สายอากาศของช่อง 9

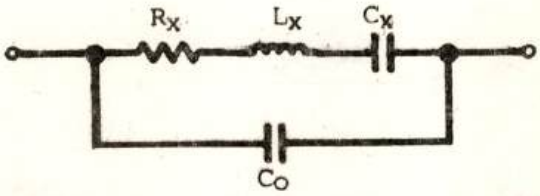
สรุป จากการออกแบบและผลการทดลองที่ได้ จะพบว่า เราสามารถนำไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีการประมวลผลแบบ ดิจิตอล ไปเชื่อมต่อกับวงจร วัดข้อมูลขนาดความแรงของสัญญาณ ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก นับเป็นอีกวิธีหนึ่งในการวัดหารูปแบบการกระจายคลื่น (Radiation pattern) ของสายอากาศแบบต่างๆ ในช่วงความถี่ VHF และ UHF ได้สะดวกและรวดเร็วมาก

เทคนิคในการดึงความถี่ของวงจรคริสตอลออสซิเลเตอร์

ชนินทร์ วงศ์งามขำ *

voltage-controlled crystal oscillator (VC XO) นั้นไม่ค่อยใช้ในการสังเคราะห์ความถี่มากเท่ากับ VCO เพราะว่า VCXO นั้นไม่สามารถจูนได้ในช่วงความถี่กว้างๆ อย่างไรก็ตาม ความสามารถเฉพาะบางอย่างของ VCXO เช่น เสถียรภาพของความถี่ และ phase noise จะดีกว่า VCO มาก

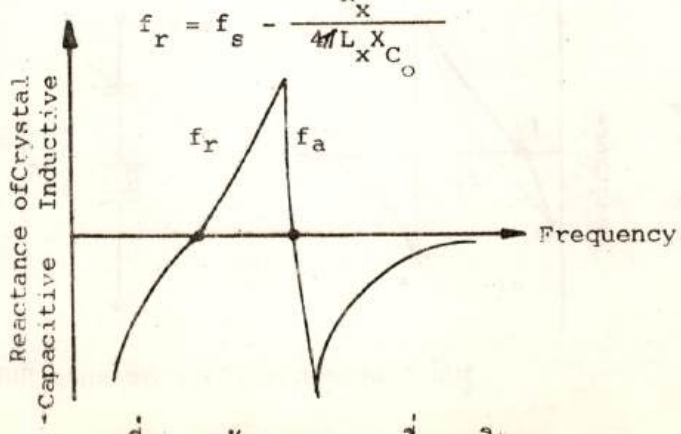
สำหรับ VCXO ที่จะพูดถึงต่อไปนี้ เป็นแบบง่ายๆ ราคาถูก และ มีเสถียรภาพดีปานกลาง



รูปที่ 1 วงจรสมมูลย์ของคริสตอล

ในรูป 1 แสดงวงจรสมมูลย์ของคริสตอล การสูญเสียในคริสตอลนั้น ก็เนื่องจาก R_x ส่วน L_x และ C_x เป็น motional-arm inductance,capacitance ตามลำดับ และ C_o คือ total static shunt capacitance ซึ่งเป็นค่า capacitance ของ electrode , case และ leads ในรูป 6-49 นั้นจะเป็น คุณลักษณะทางความถี่ ของ คริสตอล 1 ตัว ซึ่งจะมีความถี่เรโซเนนท์เป็น

$$f_r = f_s - \frac{R_x^2}{4\pi L_x X C_o} \qquad (1)$$



รูปที่ 2 คุณลักษณะทางความถี่ของคริสตอล

จาก $$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_x C_x}} \qquad (2)$$

และ $$X_{C_o} = -\frac{1}{2\pi f_r C_o} \qquad (3)$$

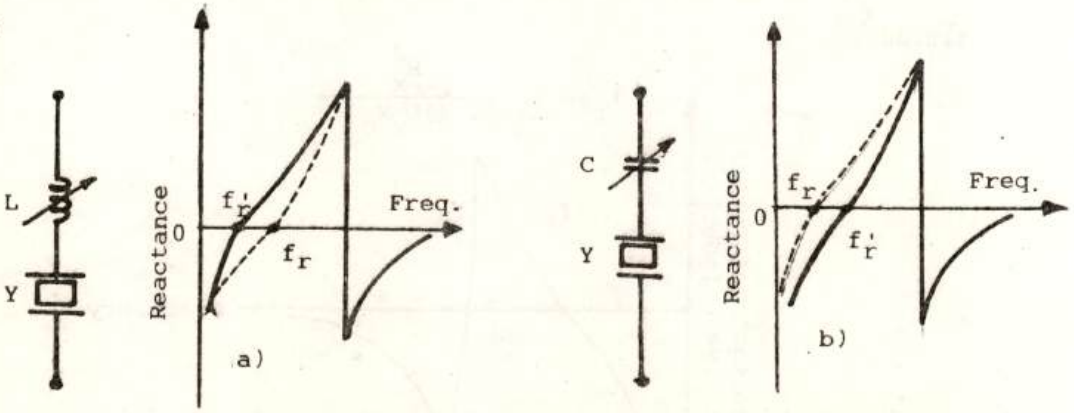
ความถี่ antiresonant (parallel resonant) จะเกิดขึ้นที่

$$f_c = f_s + \frac{|X_{C_o}|}{4\pi L_x} \qquad (4)$$

ส่วน Q แฟกเตอร์ของวงจร series-resonant จะเป็น

$$Q = \frac{2\pi f_r L_x}{R_x} \qquad (5)$$

ย่านที่สนใจในการออกแบบ vcxo จะอยู่ต่ำกว่า f_a เทคนิคในการดึงความถี่ของวงจงคริสตอลออสซิเลเตอร์ นั้นขึ้นอยู่กับ ลักษณะของวงจงออสซิเลเตอร์ ตัวอย่างเช่น ถ้าเราใช้คริสตอลแทนอินดัคเตอร์ในฟีดแบคเนทเวอร์คของออสซิเลเตอร์ แบบ Colpitts นั้น เราสามารถจะดึงความถี่ได้ในช่วงระหว่าง f_r และ f_s เท่านั้น การที่จะชิพท์ความถี่ resonant ของคริสตอลให้สูงกว่า หรือ ต่ำกว่า f_r ก็สามารถช่วยให้ดึงความถี่ของออสซิเลเตอร์ ได้มาก การดึงความถี่ก็สามารถทำได้โดยใช้ inductor หรือ capacitor ต่ออนุกรมกับคริสตอล ดังในรูป 3 a และ 3 b

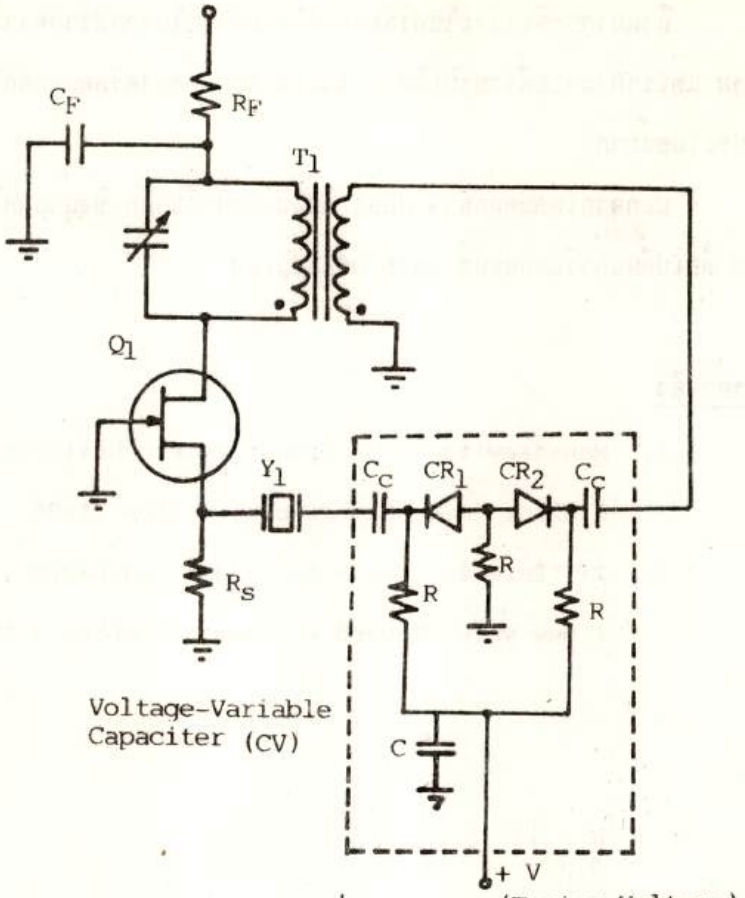


รูปที่ 3 ผลของการต่อค่า reactance กับความถี่ resonant

a) Inductive pulling

b) Capacitance pulling

จากรูป 3 a และ b จะนำไปประยุกต์กับวงจร VCXO ในรูป 4



รูปที่ 4

ในวงจรจะเห็นว่า คริสตอลจะทำหน้าที่เป็นตัวผ่านสัญญาณป้อนกลับที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ (Low-impedance feedback path) ที่ความถี่เรโซเนนท์ของคริสตอล ค่า inductance ของหม้อแปลง T_1 ทางด้าน secondary L , และค่า C(V) ถูกเลือกให้ ค่า L-C(V) มีค่าระหว่าง inductive และ capacitive ขึ้นอยู่กับค่า tuning voltage V ซึ่งจะยังผลให้เกิดการเลื่อนความถี่เรโซเนนท์ไปทางบวก หรือทางลบ

วงจร Voltage-variable capacitance ประกอบด้วย Varicaps 2 ตัว CR1 และ CR2 ต่อกันแบบ back-to-back , นอกจากนี้มี Coupling Capacitors C_c 2 ตัว ทำหน้าที่บล็อก tuning Voltage และจำกัดการเปลี่ยนแปลงของค่าความจุของวาริแคป ซึ่งต่ออนุกรมกันกับคริสตอล R เป็น decoupling resistors และ C เป็น R_f by pass capacitor ถ้าใช้งานที่ความถี่สูงๆ ควรเปลี่ยน R เป็น R_f Choke แทน

สรุป

ถึงแม้ว่าปกติเราจะใช้คริสตอลเป็นส่วนสำคัญในการสร้างความถี่ที่ค่อนข้างเที่ยงตรงมากก็ตาม แต่เราสามารถที่จะปรับเลื่อนความถี่เรโซเนนท์ของคริสตอลออกไปได้บ้างเล็กน้อย ซึ่งจะเป็นประโยชน์มาก

นอกจากเทคนิคที่กล่าวไปแล้ว ก็ยังมีเทคนิคอื่นๆอีก ซึ่งยุ่งยากขึ้นบ้าง แต่ก็อาศัยหลักการเดิม คือเปลี่ยนค่ารีแอกแตนซ์ ของคริสตอลนั้นเอง

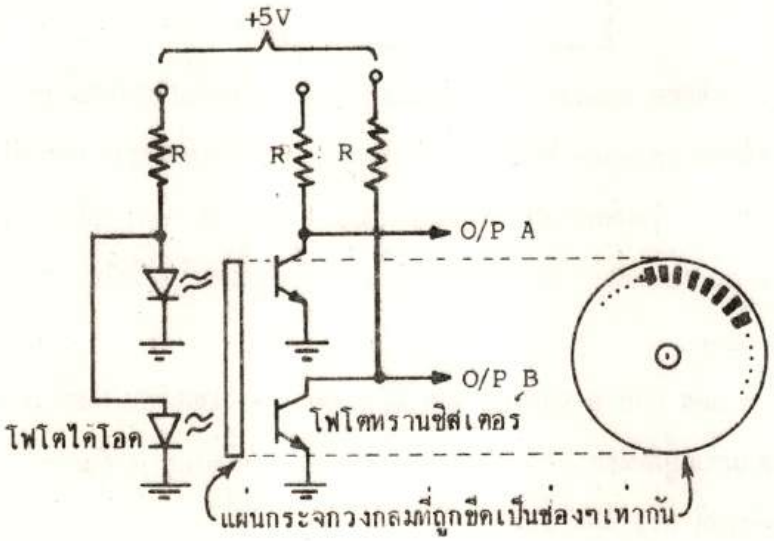
เอกสารอ้างอิง

1. Manassewitsch, V. Frequency synthesizers,
A Wiley Interscience publication ,1980

2. ITT Reference Data for Radio Engineers , 5 th ed.
(New york: Howard W. Sams & Company , 1968).

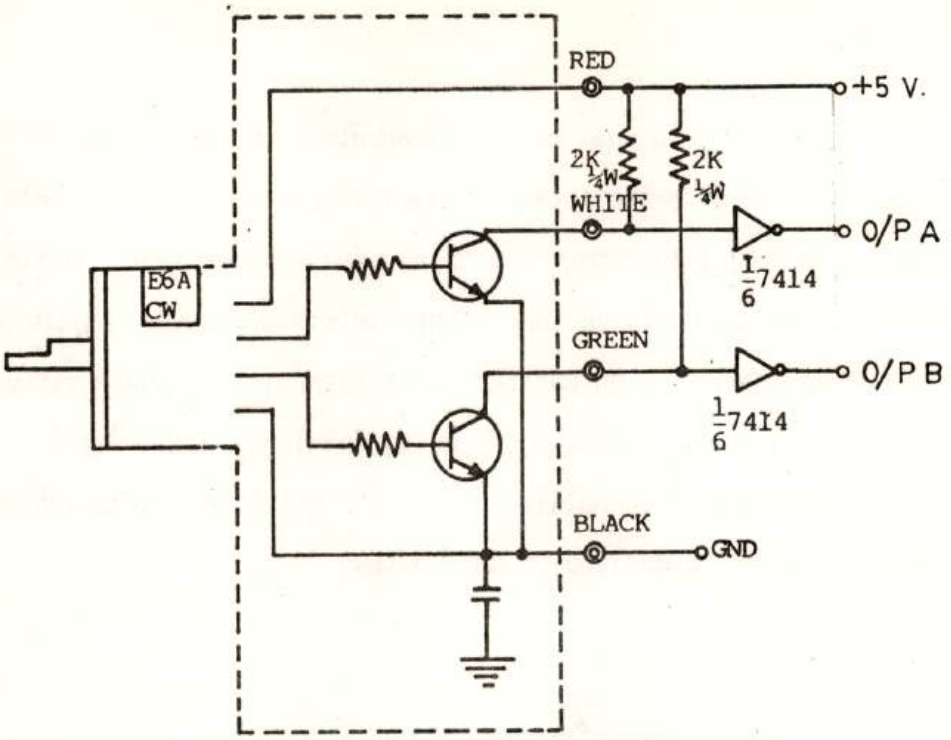
Encoder

Encoder เป็นอุปกรณ์ sensor การหมุนที่ใช้กับระบบที่มีคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม Encoder ส่วนใหญ่มักใช้หลักการของแสงในการตรวจสอบการหมุนและมักใช้ โฟโต้ไดโอดแบบอินฟาเรดในการตรวจสอบการหมุนทำให้การใช้งานของ Encoder มีอายุ การใช้งานยาวนานขึ้นมีการสึกหรอน้อย ภายใน Encoder ประกอบด้วยโฟโต้ไดโอดแบบอินฟาเรดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์แบบอินฟาเรด 2 ชุด และระหว่างโฟโต้ไดโอดกับโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะมีแผ่นกระจกวงกลมโดยที่บนแผ่นกระจกนี้จะมีการขีดเป็นเส้นเพื่อไม่ให้แสงผ่านไปได้ดังรูปที่ 1 และการวางตำแหน่งของโฟโต้ไดโอดกับโฟโต้ทรานซิสเตอร์ 2 ชุดจะถูกติดตั้งในตำแหน่งที่จะทำให้เอาท์พุทของ Encoder มีเฟสต่างกัน 90 องศาทางไฟฟ้า



รูปที่ 1

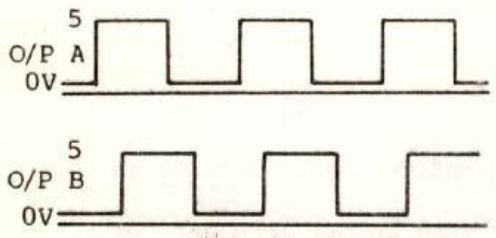
Encoder ที่ใช้ศึกษานี้เป็น encoder แบบ optical ผลิตโดย OMRON รุ่น E6A-CW100 ซึ่งเป็นแบบ Bidirectional (without zero index) โดยที่ encoder ตัวนี้สามารถสร้าง output เป็น pulses ได้ 100 pulses/revolution



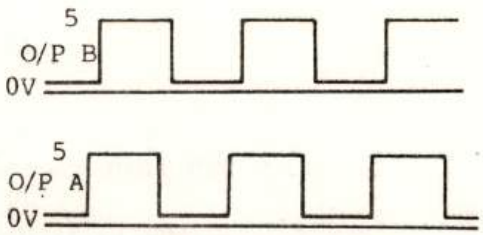
รูปที่ 2 วงจรติดต่อ Encoder ที่ได้ออกแบบไว้สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ TTL

วงจรติดต่อ Encoder ได้แสดงเอาไว้ดังรูปข้างบน โดยที่สัญญาณ O/P ที่ออกมาเป็น Pulses ขนาด 0-5V โดยที่ความกว้างของ pulses ในช่วง 5V จะเท่ากับ pulses ในช่วง 0V (Duty Cycle 50%) ความถี่ของ pulses ขึ้นอยู่กับความเร็วใน การหมุนของ Rotary ของ Encoder

O/P A และ O/P B จากรูปที่ 1 จะมี pulses ต่างเฟสกันอยู่โดยที่ O/P A หรือ O/P B จะนำหรือตามขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุนของ encoder timing diagram ของ O/P แสดงไว้แล้วดังรูปที่ 3.1 และ 3.2



รูปที่ 3.1



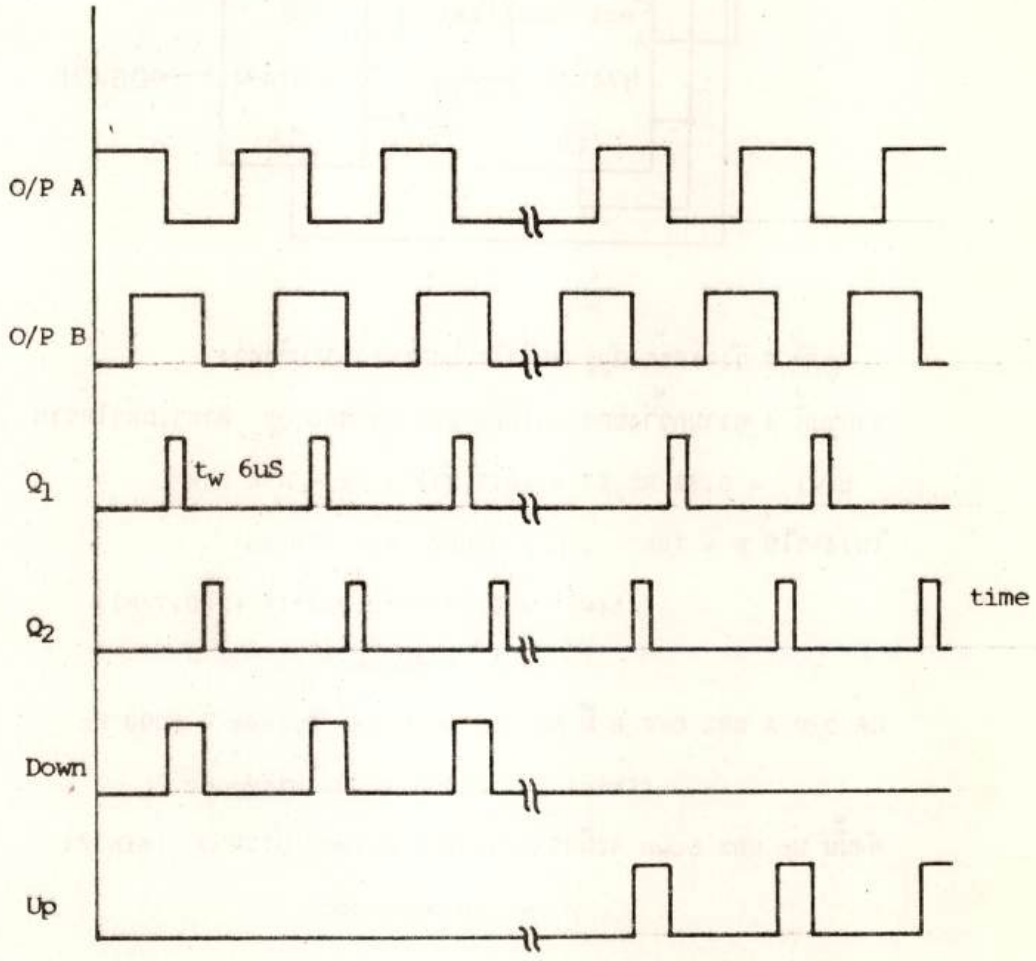
รูปที่ 3.2

รูปที่ 3 Timing Diagram ของ O/P จากวงจรรูปที่ 2

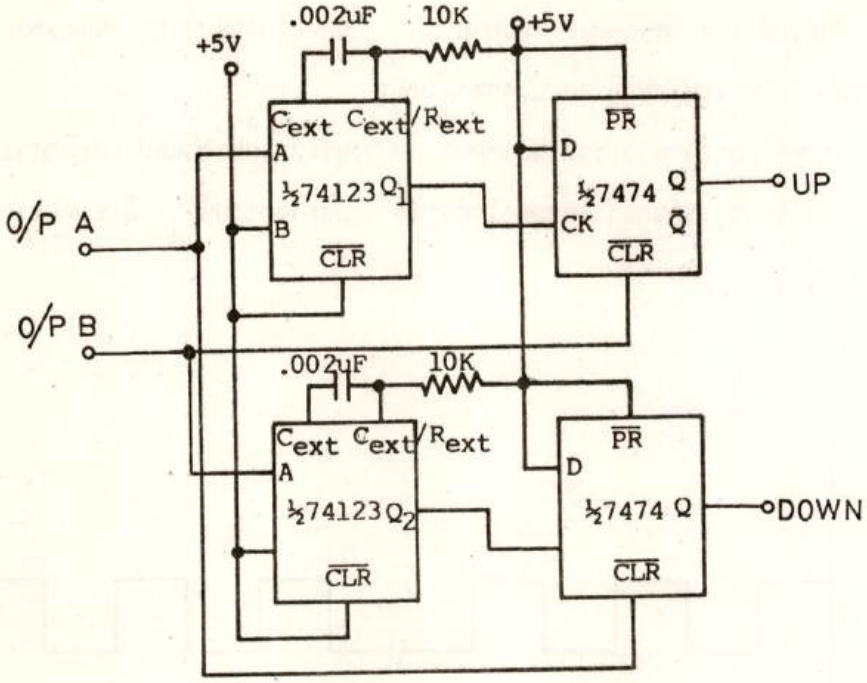
จากรูปที่ 3.1 Encoder หมุนทวนเข็ม มองจากด้านหน้าของ Encoder O/P A จะนำ O/P B อยู่ประมาณ 90 องศาทางไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.2 Encoder หมุนตามเข็ม มองจากด้านหน้าของ Encoder O/P A จะตาม O/P B อยู่ประมาณ 90 องศาทางไฟฟ้า

จากหลักการดังกล่าวเราสามารถออกแบบวงจรเพื่อใช้หาตำแหน่งและทิศทางของ Encoder ได้โดยวงจรดังกล่าวได้แสดงไว้ดังรูปที่ 5 และวงจรรูปที่ 5 มี timing diagram ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 Timing Diagram ของวงจรรูปที่ 5



รูปที่ 5 วงจรสร้างสัญญาณเพื่อใช้นับและตรวจสอบทิศทาง

จากรูปที่ 4 ความกว้างของ pulses ของ Q1 และ Q2 สามารถหาได้จาก

$t(w) = 0.32\ RC\ (1 + (0.7/R))\ ;\ 5k < R < 50k$

ในวงจรใช้ $R = 10K$, $C = 0.002$ microFarad

$t(w) = 0.32*10*0.002*(1 + (0.7/R))$

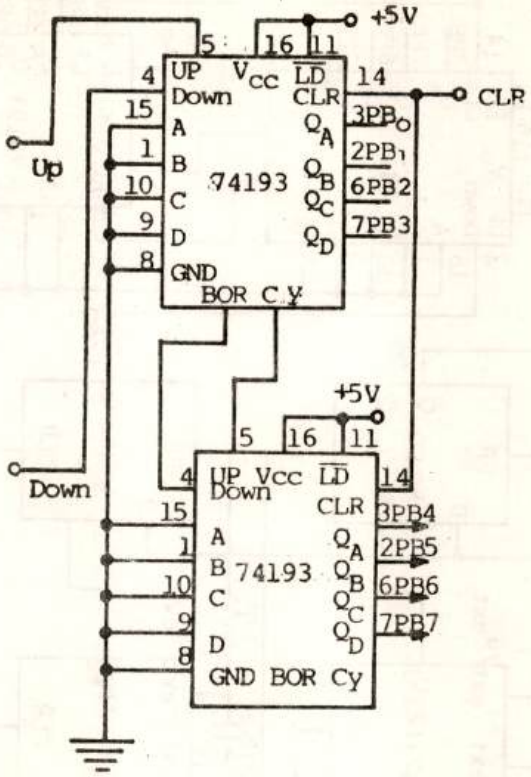
$= 6$ microsec

แต่ O/P A และ O/P B มี No. of Response Pulses = 5000 Hz

$t(min) = 1/5000 = 200$ microsec

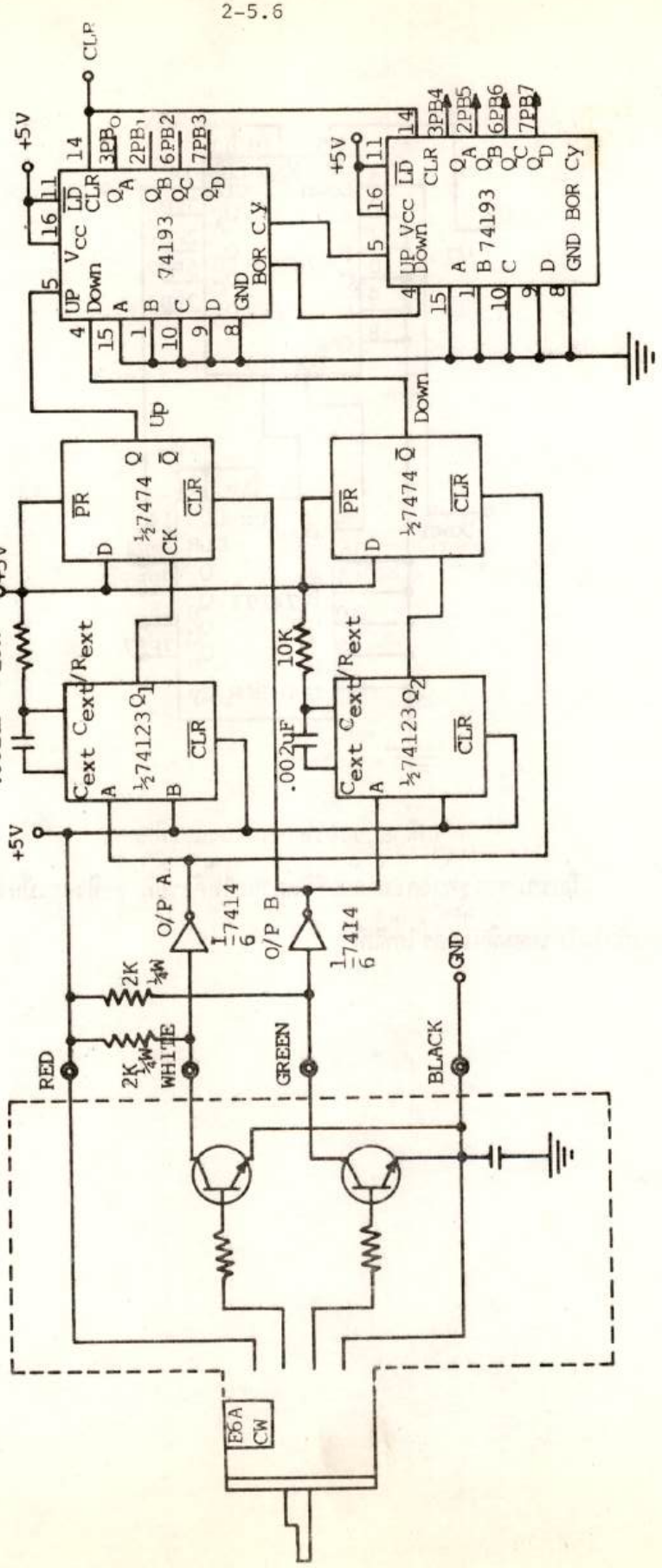
ดังนั้น Up และ Down จะมีความกว้างของ pulses ประมาณ $t(min)/4$

$= 50$ microsec



รูปที่ 6 วงจรหาตำแหน่งและทิศทาง

เมื่อรวมวงจรต่างๆเข้าด้วยกันแล้วจะได้ดังรูปที่ 7 ซึ่งจะเป็นวงจรที่สามารถนำไปเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ได้ทันที


CLR
+5V
74193
UP
Down
Vcc
GND
BOR
CY
3PB0
2PB1
6PB2
7PB3
3PB4
2PB5
6PB6
7PB7
Up
Down
½7474
PR
CLR
CK
D
Q
+5V
10K
.002uF
Rext
Cext
½74123
A
B
O/P A
O/P B
1/6 7414
2K ¼W
WHITE
RED
GREEN
BLACK
GND
E6A
CW

รูปที่ 7

```
CROMEMCO CDOS Z80 ASSEMBLER version 02.15                PAGE 0001

                        0001 ;**************************************************
                        0002 ;**          POSITION MEASURING PROGRAM           **
                        0003 ;**     THIS PROGRAM USES PORT READ AND PORT WRITE **
                        0004 ;**     NO. 0C0H AND 0C1H CONSEQUENTLY.           **
                        0005 ;**     NUMBER OF PULSE PER REVOLUTION IS 64H.    **
                        0006 ;**                                               **
                        0007 ;**************************************************
     (00C0)             0008 PORTR   EQU     0C0H     ;PORT READ
     (00C1)             0009 PORTC   EQU     0C1H     ;PORT CLEAR
     (0064)             0010 PULSE   EQU     64H      ;PULSE PER REVOLUTION
     (0018)             0011 CBRKEY  EQU     18H      ;CLEAR BREAK KEY
     (1A00)             0012 CALB    EQU     1A00H    ;CALCULATE BUFFER
     (0678)             0013 HEX7SG  EQU     0678H
     (0624)             0014 SCAN1   EQU     0624H
     (0083)             0015 SIGNL   EQU     83H      ;SIGN <
     (00A2)             0016 SIGNR   EQU     0A2H     ;SIGN >
0000'                   0017         ORG 1800H
1800  AF                0018 CLEAR:  XOR A            ;INITIAL CALCULATE BUFFER
1801  21001A            0019         LD HL,CALB       ;POINTER OF CALCULATE BUFFER
1804  0603              0020         LD B,03H
1806  77                0021 LOOPC:  LD (HL),A        ;INITIAL POSITION, REVOLUTION &
1807  23                0022         INC HL           ;ACTUAL POSITION
1808  10FC              0023         DJNZ LOOPC
180A  D3C1              0024         OUT (PORTC),A    ;CLEAR COUNTER
180C  21101A            0025         LD HL,CALB+10H   ;POINTER OF DISPLAY
180F  0606              0026         LD B,06
1811  77                0027 LOOPD:  LD (HL),A        ;CLEAR DISPLAY
1812  23                0028         INC HL
1813  10FC              0029         DJNZ LOOPD
                        0030
1815  DBC0              0031 READP:  IN A,(PORTR)     ;READ COUNTER
1817  DD21001A          0032         LD IX,CALB       ;INPUT OF SUBCAL
181B  CD4618            0033 CALC:   CALL SUBCAL      ;CALCULATE POSITION
                        0034 ;CONVERT POSITION BUFFER
181E  21001A            0035         LD HL,CALB
1821  CDA518            0036         CALL SUBBCD      ;HEX TO BCD CONVERT ROUTINE
                        0037 ;CONVERT REVOLUTION BUFFER
1824  21011A            0038         LD HL,CALB+1
1827  CDA518            0039         CALL SUBBCD      ;HEX TO BCD CONVERT ROUTINE
                        0040 ;CONVERT POSITION TO HEX 7SG
182A  3A081A            0041         LD A,(CALB+8)    ;BCD DATA OF POSITION
182D  21101A            0042         LD HL,CALB+10H   ;POINTER OF DISPLAY
1830  CD7806            0043         CALL HEX7SG      ;BCD TO HEX 7SG CONVERT ROUTINE
                        0044
1833  3A091A            0045         LD A,(CALB+9)    ;BCD DATA OF REVOLUTION
1836  CD7806            0046         CALL HEX7SG      ;BCD TO HEX 7SG CONVERT ROUTINE
1839  DD21101A          0047         LD IX,CALB+10H   ;POINTER OF DISPLAY
183D  CD2406            0048         CALL SCAN1       ;SCAN DISPLAY & KEY 1 TIME
1840  FE18              0049         CP CBRKEY        ;CLEAR KEY
1842  28BC              0050         JR Z,CLEAR
1844  18CF              0051         JR READP
                        0052 ;CALCULATE SUBROUTINE
                        0053 ;INPUT:IX IS POINTER OF CALCULATE BUFFER
                        0054 ;OUTPUT:IX IS ACTUAL POSITION
                        0055 ;       IX+1 IS REVOLUTION
                        0056 ;       IX+2 IS BUFFER
                        0057 ;REG:A IS USED
                        0058 ;REG CHANGE:AF,AF',BC
1846  DD4E02            0059 SUBCAL: LD C,(IX+2)      ;POSITION BUFFER
1849  91                0060         SUB A,C          ;ENCODER - POSITION BUFFER
184A  F27A18            0061         JP P,NONEG       ;IF NONEGATIVE THEN GO TO NONEG
184D  ED44              0062         NEG              ; 2'S COMPLEMENT
184F  4F                0063         LD C,A
1850  08                0064         EX AF,AF'
1851  DD7E02            0065         LD A,(IX+2)
1854  91                0066         SUB A,C          ;BUFFER IS BUFFER -
1855  DD7702            0067         LD (IX+2),A      ;(ENCODER - BUFFER)
1858  08                0068         EX AF,AF'
1859  4F                0069         LD C,A
185A  DD7E00            0070         LD A,(IX)        ;ACTUAL POSITION
185D  91                0071         SUB A,C
185E  DD7700            0072         LD (IX),A
1861  3015              0073         JR NC,NUNDER     ;IF NC THEN NO UNDERLOAD
1863  D664              0074         SUB A,PULSE
1865  DD7700            0075         LD (IX),A
1868  DD7E01            0076         LD A,(IX+1)      ;DECREMENT REVOLUTION
186B  3D                0077         DEC A
186C  3007              0078         JR NC,UNDER      ;UNDER ZERO
186E  ED44              0079         NEG
1870  3E83              0080         LD A,SIGNL       ;LEFT DIRECTION
1872  32151A            0081         LD (CALB+15H),A
1875  DD7701            0082 UNDER:  LD (IX+1),A
                        0083
```

```
CROMEMCO CDOS Z80 ASSEMBLER version 02.15                    PAGE 0002

1878  182A          0084 NUNDER: JR READY
187A  2828          0085 NONEG:  JR Z,READY       ;IF ZERO OCCURE THEN GOTO READY
187C  4F            0086         LD C,A
187D  08            0087         EX AF,AF'
187E  DD7E02        0088         LD A,(IX+2)
1881  81            0089         ADD A,C          ;BUFFER IS BUFFER +
1882  DD7702        0090         LD (IX+2),A      ;(ENCODER + BUFFER)
1885  08            0091         EX AF,AF'
1886  DD4E00        0092         LD C,(IX)
1889  81            0093         ADD A,C
188A  DD7700        0094         LD (IX),A
188D  0664          0095         LD B,PULSE
188F  B8            0096         CP A,B
1890  3812          0097         JR C,READY       ;IF NC THEN NO OVERLOAD
1892  90            0098         SUB A,B
1893  DD7700        0099         LD (IX),A
1896  DD7E01        0100         LD A,(IX+1)      ;INCREMENT REVOLUTION
1899  3C            0101         INC A
189A  2005          0102         JR NZ,NZERO      ;ZERO OCCURE
189C  3EA2          0103         LD A,SIGNR       ;RIGHT DIRECTION
189E  32151A        0104         LD (CALB+15H),A
18A1  DD7701        0105 NZERO:  LD (IX+1),A
                    0106
18A4  C9            0107 READY:  RET
                    0108 ;BINARY TO BCD CONVERTION
                    0109 ;ENTRY:BINARY DATA STORED IN ADDR. HL
                    0110 ;EXIT:BCD DATA STORED IN ADDR. HL+8
                    0111 ; A BCD DATA WORKING REGISTER
                    0112 ; C BINARY BIT NUMBER
                    0113
                    0114 SUBBCD:
                    0115 ;CLEAR BCD DATA BUFFER
18A5  E5            0116         PUSH HL          ;SAVE HL INTO STACK POINTER
18A6  7D            0117         LD A,L
18A7  C608          0118         ADD A,08H
18A9  6F            0119         LD L,A
18AA  7C            0120         LD A,H
18AB  CE00          0121         ADC A,00H
18AD  67            0122         LD H,A
18AE  77            0123         LD (HL),A        ;CLEAR MEMORY
                    0124 ;CALCULATE BIT NUMBER
18AF  0E08          0125         LD C,08          ;C=BIT NUMBER
                    0126 CON:
                    0127 ;SHIFT BINARY DATA LEFT
18B1  E3            0128         EX (SP),HL       ;HL=HL
18B2  CB06          0129         RLC (HL)
                    0130 ;ADD CARRY & DOUBLE BCD DATA
18B4  E3            0131         EX (SP),HL       ;HL=HL+8
18B5  7E            0132         LD A,(HL)
18B6  8F            0133         ADC A,A
18B7  27            0134         DAA
18B8  77            0135         LD (HL),A
18B9  0D            0136         DEC C
18BA  20F5          0137         JR NZ,CON
18BC  E1            0138         POP HL
18BD  C9            0139         RET



CROSS REFERENCE LISTING

CALB    0012  0019 0025 0032 0035 0038 0041 0042 0045 0047 0081 0104
CALC    0033
CBRKEY  0011  0049
CLEAR   0018  0050
CON     0126  0137
HEX7SG  0013  0043 0046
LOOPC   0021  0023
LOOPD   0027  0029
NONEG   0085  0061
NUNDER  0084  0073
NZERO   0105  0102
PORTC   0009  0024
PORTR   0008  0031
PULSE   0010  0074 0095
READP   0031  0051
READY   0107  0084 0085 0097
SCAN1   0014  0048
SIGNL   0015  0080
SIGNR   0016  0103
SUBBCD  0114  0036 0039
SUBCAL  0059  0033
UNDER   0082  0078
```

```
                        0058 ;REG CHANGE:AF,AF',BC
1846  DD4E02            0059 SUBCAL: LD C,(IX+2)      ;POSITION BUFFER
1849  91                0060         SUB A,C          ;ENCODER - POSITION BUFFER
184A  F27A18            0061         JP P,NONEG       ;IF NONEGATIVE THEN
184D  ED44              0062         NEG              ; 2'S COMPLEMENT
184F  4F                0063         LD C,A
1850  08                0064         EX AF,AF'
1851  DD7E02            0065         LD A,(IX+2)
1854  91                0066         SUB A,C          ;BUFFER IS BUFFER
1855  DD7702            0067         LD (IX+2),A      ;(ENCODER - BUFFER)
1858  08                0068         EX AF,AF'
1859  4F                0069         LD C,A
185A  DD7E00            0070         LD A,(IX)        ;ACTUAL POSITION
185D  91                0071         SUB A,C
185E  DD7700            0072         LD (IX),A
1861  3015              0073         JR NC,READY      ;IF NC THEN NO OVERLOAD
1863  D664              0074         SUB A,PULSE
1865  DD7700            0075         LD (IX),A
1868  DD7E01            0076         LD A,(IX+1)      ;INCREMENT REVOLUTION
186B  3D                0077         DEC A
186C  3007              0078         JR NC,UNDER      ;UNDER ZERO
186E  ED44              0079         NEG
1870  3E83              0080         LD A,SIGNL       ;LEFT DIRECTION
1872  32151A            0081         LD (CALB+15H),A
1875  DD7701            0082 UNDER:  LD (IX+1),A
                        0083
1878  18[illegible]     0084         JR NZERO
187A  2[illegible]      0085 NOUND:  JR NZ,READY      ;IF ZERO OCCURE THEN GOTO
187C  4[illegible]      0086         LD C,B
187D  0[illegible]      0087         EX AF,AF'
187E  DD7E02            0088         LD A,(IX+2)
1881  81                0089         ADD A,C          ;BUFFER IS BUFFER +
1882  DD7702            0090         LD (IX+2),A      ;(ENCODER + BUFFER)
1885  08                0091         EX AF,AF'
1886  DD4E00            0092         LD C,(IX)
1889  81                0093         ADD A,C
188A  DD7700            0094         LD (IX),A
188D  0664              0095         LD B,PULSE
188F  B8                0096         CP A,B
1890  3812              0097         JR C,READY       ;IF NC THEN NO OVERLOAD
1892  90                0098         SUB A,B
1893  DD7700            0099         LD (IX),A
1896  DD7E01            0100         LD A,(IX+1)      ;INCREMENT REVOLUTION
1899  3C                0101         INC A
189A  2005              0102         JR NZ,NZERO      ;ZERO OCCURE
189C  3EA2              0103         LD A,SIGNR       ;RIGHT DIRECTION
189E  32151A            0104         LD (CALB+15H),A
18A1  DD7701            0105 NZERO:  LD (IX+1),A
                        0106
18A4  C9                0107 READY:  RET
                        0108 ;BINARY TO BCD CONVERTION
                        0109 ;ENTRY:BINARY DATA STORED IN ADDR. HL
                        0110 ;EXIT:BCD DATA STORED IN ADDR. HL+8
                        0111 ; A BCD DATA WORKING REGISTER
                        0112 ; C BINARY BIT NUMBER
                        0113
                        0114 SUBBCD:
```

MICROCOMPUTER AND MICROPROCESSOR APPLICATIONS

ไมโครคอมพิวเตอร์ microANT

ประพันธ์ ธนสิทธิ์สมบูรณ์ *

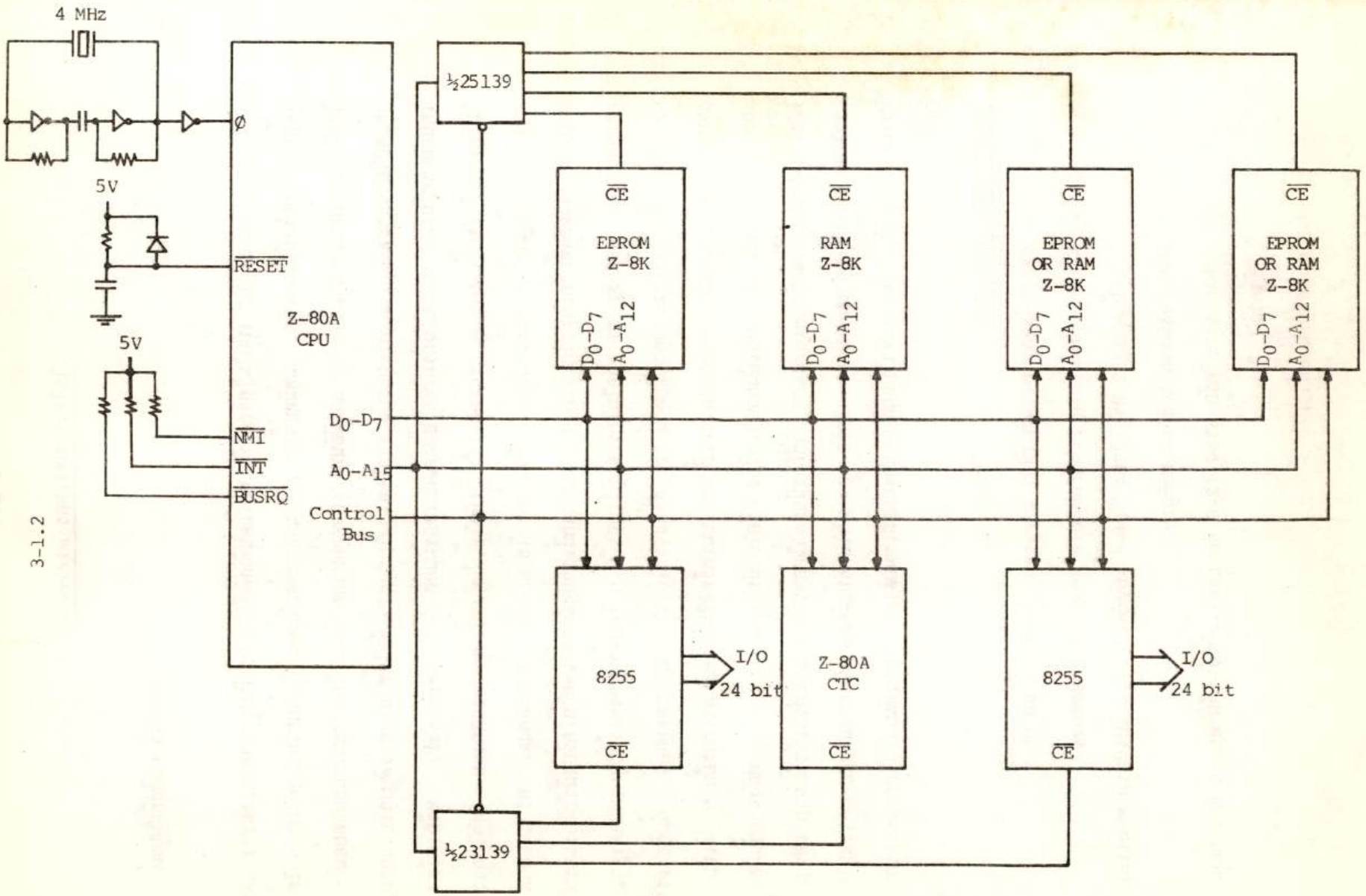
microANT เป็นไมโครคอมพิวเตอร์แผ่นพิมพ์เดี่ยวที่ได้ปรับปรุงมาจาก ANT I และได้ถูกออกแบบให้มีขนาดเล็ก แต่มีหน่วยความจำมากพอที่จะใช้พัฒนาโปรแกรมขนาดใหญ่ ๆ ได้ โดยไม่ต้องต่อหน่วยความจำเพิ่ม และมีอินพุท/เอาท์พุทมากพอที่จะนำไปควบคุมงานขนาดย่อม ๆ ได้โดยไม่ต้องต่อพอร์ทเพิ่ม พร้อมกันนั้น เราได้สร้างโปรแกรมเพื่อใช้ช่วยในการพัฒนาโปรแกรม โดยเพิ่มชุดอินเทอเฟสแบบอนุกรมเพื่อใช้ติดต่อกับเทอร์มินอล (CRT Terminal) หรือเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แอปเปิ้ลทู (APPLE II) เพื่อใช้เป็นที่ป้อนข้อมูลและแสดงผล ทำให้การตรวจสอบค่าข้อมูลต่างๆ สะดวกและรวดเร็วกว่าการใช้ แอลอีดี 7 ส่วนแสดงผล เพราะจอภาพสามารถแสดงผลได้มากและรวดเร็วกว่า นอกจากนี้เรายังมีคำสั่งเพื่อให้เครื่องนี้รับโปรแกรมเลขฐานสิบหก (HEX FILE) จากไมโครคอมพิวเตอร์อื่น ๆ โดยผ่านทางพอร์ทอนุกรมมาตรฐาน RS 232C ซึ่งโปรแกรมเลขฐานสิบหกนี้ จะถูกสร้างจากโปรแกรมแอสเซมเบลอร์ นั่นคือ เราสามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลี้ Z80 บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์อื่น ๆ (เช่น APPLE II) แล้วทำการแปลเป็นภาษาเครื่อง หรือโปรแกรมเลขฐานสิบหก หลังจากนั้นก็ส่งโปรแกรมที่แปลแล้วมายัง microANT วิธีการนี้จะทำให้การพัฒนาโปรแกรมเร็วขึ้นมาก เพราะเราไม่ต้องมาเสียเวลาแปลเป็นภาษาเครื่องเอง ทำให้ลดข้อผิดผลาดในการแปลไป การแก้ไขโปรแกรมก็ง่ายขึ้น เพราะเราไปแก้ที่โปรแกรมแอสเซมบลี้เลย การพัฒนาโปรแกรมจะเร็วขึ้นมาก

โครงสร้างทาง HARDWARE

1. CPU Z-80A, ความถี่นาฬิกา (System Clock) 4.00 MHz
2. EPROM (Erasable Programable Read Only Memory)

   EPROM 2732 หรือ 2764 (4-8 Kbytes) บรรจุ โปรแกรม Monitor
3. RAM (Random Access Memory)

   RAM 6116 หรือ 6264 (2-8 Kbytes) สำหรับเก็บ stack และ ข้อมูลชั่วคราว
4. การขยายหน่วยความจำ



รูปที่ 1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของแผนวงจร ไมโครคอมพิวเตอร์

บนแผ่นสามารถใส่ EPROM หรือ RAM ขนาด 2-8 Kbytes ได้อีก 2 ตัว ถ้าต้องการหน่วยความจำมากกว่านี้ก็สามารถขยายเพิ่มทาง connector 40 pin โดยให้แอดเดรสอยู่ในช่วง 8000H-FFFFH

5. อินพุทเอาท์พุทพอร์ท (I/O PORT)

IC 8255 (Programmable I/O) เป็นอินพุท หรือเอาท์พุท 3 พอร์ท (24 บิท) 2 ตัว ดังนั้นบนแผ่นจึงมีพอร์ททั้งหมดมี 6 พอร์ท (48 บิท)

IC Z-80A CTC (Counter Timer Circuit) เป็นวงจรนับหรือวงจรตั้งเวลา ขนาด 8 บิท 4 ชุด

6. ไฟเลี้ยง (Power Supply) 9 โวลท์ ดีซี ไม่ต้องควบคุมแรงดัน (Unregulation)

7. แผ่นวงจรขนาด 13 * 15 ซม.

จากโครงสร้างนี้จะเห็นว่า microANT เป็นแผ่นไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดเล็กมาก แต่บรรจุด้วยหน่วยความจำถึง 32 KB ซึ่งจะเพียงพอสำหรับเขียนโปรแกรมขนาดใหญ่ได้อย่างสบาย หรืออาจจะใช้เก็บข้อมูลจำนวนมาก ๆ พร้อมกันนั้นบนแผ่นยังมีพอร์ทอินพุท หรือเอาท์พุทถึง 48 บิท ซึ่งสามารถจะนำมาควบคุมการแสดงผลของ แอลอีดี 7 ส่วน และตรวจสอบการกดสวิทช์ (Check Key) และยังมีพอร์ทเหลือพอที่จะนำไปควบคุมรีเลย์ หรือไทรแอคอีกหลายสิบตัว เพื่อไปควบคุมหลอดไฟ โซลินอยส์วาล์ว หรือมอเตอร์ พร้อมกันนั้นก็ยังมีตัวจับเวลา หรือนับสัญญานอีกถึง 4 ชุด โดยอาจจะใช้เป็นตัวสร้างสัญญานอินเทอรัพท์ ซีพียู เพื่อทำเป็นเวลามาตรฐาน แล้วยังมีเหลือเพื่อใช้เป็นตัวนับสัญญานอีก 3 ชุด เพื่อนำไปใช้งานอื่น จะเห็นว่าเราสามารถทำแผ่นไมโครคอมพิวเตอร์นี้ให้เป็นแผ่นไมโครคอมพิวเตอร์เอนกประสงค์

<u>การใช้งาน</u>

เราสามารถใช้เทอร์มินอลเป็นที่ป้อนข้อมูลและแสดงผล โดยการเพิ่มชุดอินเทอร์เฟสแบบอนุกรม คำสั่งต่าง ๆ มีดังนี้

1. B Brakepoint จะเป็นการตั้ง Brakepoint เพื่อจะให้โปรแกรมมาหยุดที่ใดที่หนึ่งใน RAM

2. D Dump memory เป็นการแสดงค่าในหน่วยความจำ โดยจะแสดงครั้งละ 128 ไบท์ และแสดงค่าของข้อมูลนั้นในรหัส ASCII ด้วย ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการตรวจสอบข้อมูลที่เป็นรหัส ASCII

3. E EPROM programmer ใช้โปรแกรม EPROM ซึ่งอยู่ในระหว่างพัฒนาและคาดว่าจะสามารถโปรแกรม EPROM ได้ตั้งแต่ขนาด 2 - 32 Kbytes

4. F Fill memory เป็นการใส่ข้อมูลค่าหนึ่งค่าใดลงในหน่วยความจำเป็นช่วง

5. G Goto execute เป็นการกำหนดให้ CPU กระโดดไปทำโปรแกรมที่แอสเดรสใด ๆ

6. I input/output port เป็นการอ่านหรือเขียนข้อมูล กับพอร์ท

7. L load HEX file เป็นการรับโปรแกรมเลขฐานสิบหกจากไมโครคอมพิวเตอร์อื่น ผ่านทางพอร์ทอนุกรม

8. M Memory modify เป็นการแก้ไขข้อมูลในหน่วยความจำ

9. R Register dump เป็นการแสดงค่าในรีจีสเตอร์ทุกตัว

10. T Transfer data เป็นการย้ายข้อมูลจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง

<u>การประยุกต์ใช้งาน</u>

เราสามารถนำ microANT ไปประยุกต์ใช้งานได้มากมาย ตามแต่ผู้ใช้ต้องการ โดยการเพิ่มวงจรขับ (Driver circuit) และเขียนโปรแกรมควบคุมเท่านั้น ตัวอย่างโครงงานที่ทางภาควิชาฯ ได้นำ microANT ไปใช้ควบคุมคือ

1. ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไฮโดรลิค 6 ส่วน

2. ควบคุมการแสดงผลของแผงโฆษณาขนาด 1.5 * 2.0 เมตร ใช้หลอดไฟ 220 โวลท์ 768 ดวง

3. ควบคุมการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ความร้อน (Thermal printer)

4. ควบคุมการหมุนของมอเตอร์กระแสสลับ

5. ควบคุมการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง

6. ควบคุมการหมุนของมอเตอร์แบบสเต็ป (Stepping motor)

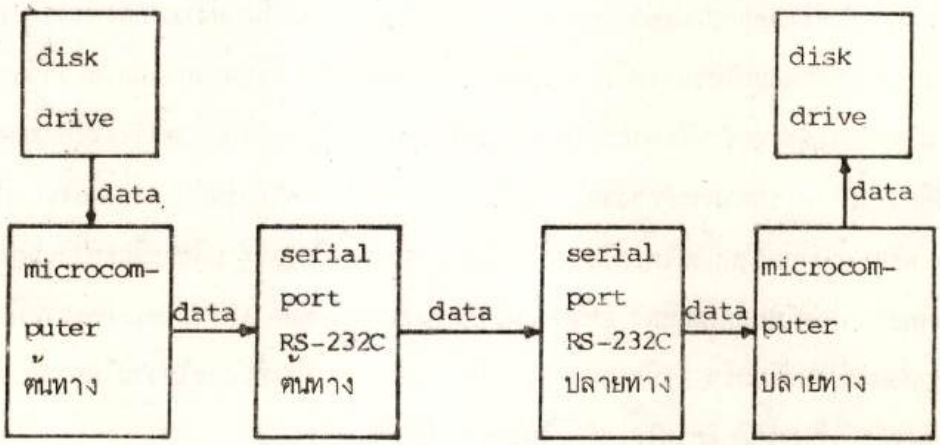
7. และอื่น ๆ

ผู้สนใจสามารถติดต่อขอชมได้ที่ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี และในงานนิทรรศการเทคโนโลยี ครั้ง ที่ 5 ที่จัดขึ้นระหว่างวันที่ 9-15 ธันวาคมนี้ ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี เราจะนำโครงงานเหล่านี้ออกแสดงด้วยครับ

การสื่อสารระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทาง serial port

ประเสริฐ คันธมานนท์

สำหรับผู้ที่เคยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์หลายยี่ห้อในการใช้งาน บางครั้งคงจะเคยเกิดความอึดอัดใจที่ไม่สามารถจะนำโปรแกรม assembly ที่เขียนขึ้นในเครื่องหนึ่งไปทำงานต่อในอีกเครื่องหนึ่งโดยไม่ต้องทำการปอนเครื่องใหม่ในเครื่องที่ต้องการใช้อีกยี่ห้อหนึ่งทั้งนี้เพราะในไมโครคอมพิวเตอร์แต่ละยี่ห้อจะมีรูปแบบการเก็บข้อมูลลงแผ่นแม่เหล็ก (diskett) ที่แตกต่างกัน จึงไม่สามารถที่จะนำ แผ่นแม่เหล็กจากยี่ห้อหนึ่งไปใช้ในเครื่องอีกยี่ห้อหนึ่งได้ทันที แต่เราก็มีวิธีการที่จะส่งผ่านข้อมูลเหล่านี้จากเครื่องหนึ่งไปสู่อีกเครื่องหนึ่งได้ โดยผ่านทางพอร์ทอนุกรม (serial port) เช่น RS-232C วิธีการนี้ทำให้เราสามารถหลีกหนีปัญหาจากการที่รูปแบบของการเก็บข้อมูลลงแผ่นแม่เหล็กแตกต่างกันในเครื่องแต่ละยี่ห้อไปได้ เพราะข้อมูลที่เราต้องการส่งข้ามเครื่อง จะถูกส่งผ่าน serial port จากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง ซึ่งจะรับข้อมูลมาแล้วไปเก็บลงแผ่นแม่เหล็กในรูปแบบของตัวเอง ดังแผนภาพรูปที่ 1



รูปที่ 1

ด้วยวิธีการที่อาจจะเห็นว่าง่ายๆนี้ แต่ก็เป็นวิธีการที่ให้ประโยชน์อย่างมากถ้ารู้จักใช้ให้ดี เพราะว่า ในสถาบันการศึกษาที่มีเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ใช้งานอยู่นั้น โดยปกติจะมีเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์อยู่หลายยี่ห้อ ซึ่งบางยี่ห้อก็สามารถหา software ใช้งานได้ง่าย ราคาถูกแต่บางยี่ห้อก็หา software ได้ยาก และมักจะมีราคาแพง ปัญหานี้ทำให้เราใช้งาน

เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์บางเครื่องได้ไม่เต็มที่นัก เพราะไม่มี software สนับสนุนมากพอ ดังนั้นด้วยวิธีการส่งข้อมูลผ่าน serial port นี้จะทำให้เราสามารถนำ software บางตัวจากเครื่องที่หา software ได้ง่ายไปใช้ในเครื่องที่หา software ได้ยาก แต่ก็มีข้อแม้บางอย่างอยู่คือ เครื่องทั้งสองจะต้องใช้ CPU เบอร์เดียวกัน และใช้ operating system ตัวเดียวกัน วิธีการนี้จึงจะใช้ได้ค่อนข้างเต็มที่ ซึ่งถ้าแต่ละเครื่องใช้ CPU ต่างกันแล้ว ผลประโยชน์ที่จะได้จากการส่งข้อมูลแบบนี้จะอยู่ในรูปของข้อมูล (data) เท่านั้น ซึ่งก็ยังนับว่ามีประโยชน์ไม่น้อยทีเดียว สำหรับผู้ที่ศึกษาหรือใช้งานภาษา assembly เพื่อใช้งานกับไมโครคอมพิวเตอร์ หรือ hardware อื่นๆ ที่มี CPU เบอร์ Z-80 เป็นตัวควบคุมการทำงานก็สามารถนำวิธีการนี้มาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้โดยใช้งานร่วมกับระบบพัฒนาโปรแกรม microANT ซึ่งจะเป็นเครื่องเชื่อมระหว่าง hardware หรือ ไมโครโปรเซสเซอร์กับไมโครคอมพิวเตอร์ โดยผ่าน serial port เช่นกัน ด้วยวิธีการนี้จะทำให้เราสามารถพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้กับ hardware ที่เราต้องการได้เร็วยิ่งขึ้นกล่าวคือเราจะอาศัย โปรแกรมแปลภาษา assembly (assembler) ที่มีอยู่ในไมโครคอมพิวเตอร์ ช่วยเราในการแปล assembly ที่เขียนขึ้นให้เป็นภาษาเครื่อง (machine language) ที่เป็นเลขฐาน 16 แล้วเราจะส่งภาษาเครื่องนี้ผ่าน serial port ไปยังเครื่อง microANT ซึ่งจะต่ออยู่กับ hardware หรือ ไมโครโปรเซสเซอร์ที่กำลังต้องการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้งาน เพื่อทดสอบโปรแกรมที่เราเขียนขึ้น ถ้ามีข้อผิดพลาด หรือต้องการแก้ไขเราก็อาจจะแก้ที่ไมโครโปรเซสเซอร์ หรือมาแก้ที่ไมโครคอมพิวเตอร์ แล้วทำการแปลแล้วจึงส่งไปทดสอบใหม่ ด้วยวิธีการนี้ทำให้เราสามารถทำงานได้เร็วขึ้นกว่าการที่เราจะทำการแปล assembly เป็นภาษาเครื่องเอง แล้วไปป้อนให้เครื่องไมโครโปรเซสเซอร์เป็นเลขฐานสิบหกทีละตัว นอกจากนี้ถ้าเราต้องการอัดโปรแกรมนั้นลง EPROM เราก็สามารถทำได้ทันที เพราะ microANT มีเครื่องอัด EPROM อยู่ในตัวเสร็จ จึงนับว่ามีประโยชน์อย่างมากไม่ว่าจะเป็นการใช้งานในด้านการศึกษาใช้งาน หรือ เพิ่มประสิทธิภาพให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

การส่งข้อมูลผ่านทาง serial port นี้ จำเป็นต้องมี โปรแกรมช่วยในการใช้งาน หรืออาจจะใช้โปรแกรม utility บางตัว เช่น PIP.COM ใน CP/M ก็ได้ทั้งนี้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งาน serial port นี้ จำเป็นต้องมีความรู้ทางด้าน harware ของ serial port นั้นช่วยด้วย เพราะว่า serial port แต่ละเครื่องอาจจะแตกต่างกันไปได้

โครงงานสื่อสารข้อมูลผ่านทาง serial port ที่ใช้งานอยู่ในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า ธนบุรี นั้น เป็นการเชื่อมโยงระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์ยี่ห้อ

APPLE II+,CROMEMCO,MILLENIUM และระบบพัฒนาโปรแกรม microANT ซึ่งผู้สนใจจะสามารถดูระบบนี้ได้ที่ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า ธนบุรี ในงานนิทรรศการ เทคโนโลยีครั้งที่ 5 ระหว่างวันที่ 9-15 ธันวาคม 2528

ชุดทดลองการควบคุม AC. MOTOR ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์แผงเดียว MPF I

ประพันธ์ ธนสิทธิสมบูรณ์ *

สมชาย พัฒนกุล

1. บทนำ

ชุดทดลองการควบคุม AC. MOTOR ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์แผงเดียว (Single Board Microcomputor) MPF I นี้เป็นชุดทดลองเพื่อแสดงการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุมการหมุนของ AC. MOTOR ที่สามารถควบคุมทิศทางการหมุน,นับจำนวนรอบของการหมุนหรือการตั้งจำนวนรอบให้ AC. MOTOR หมุนตามจำนวนรอบที่ต้องการ โดยผ่านทางอุปกรณ์ควบคุมไฟ AC. (วงจร Triac)

จุดประสงค์สำหรับการทดลองนี้คือ ใช้ศึกษาการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้ากำลังโดยเฉพาะ AC. MOTOR ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์เบื้องต้น ทั้งทางด้านการเชื่อมต่อ (Interface) และการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ควบคุม เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาแนวความคิดและวิธีการในการสร้างระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้ากำลัง โดยวงจรอิเลคทรอนิคส์ (POWER ELECTRONIC) ที่สามารถโปรแกรมได้ให้สมบูรณ์ต่อไป

2. ทฤษฎีการทำงานของวงจร (Hardware)

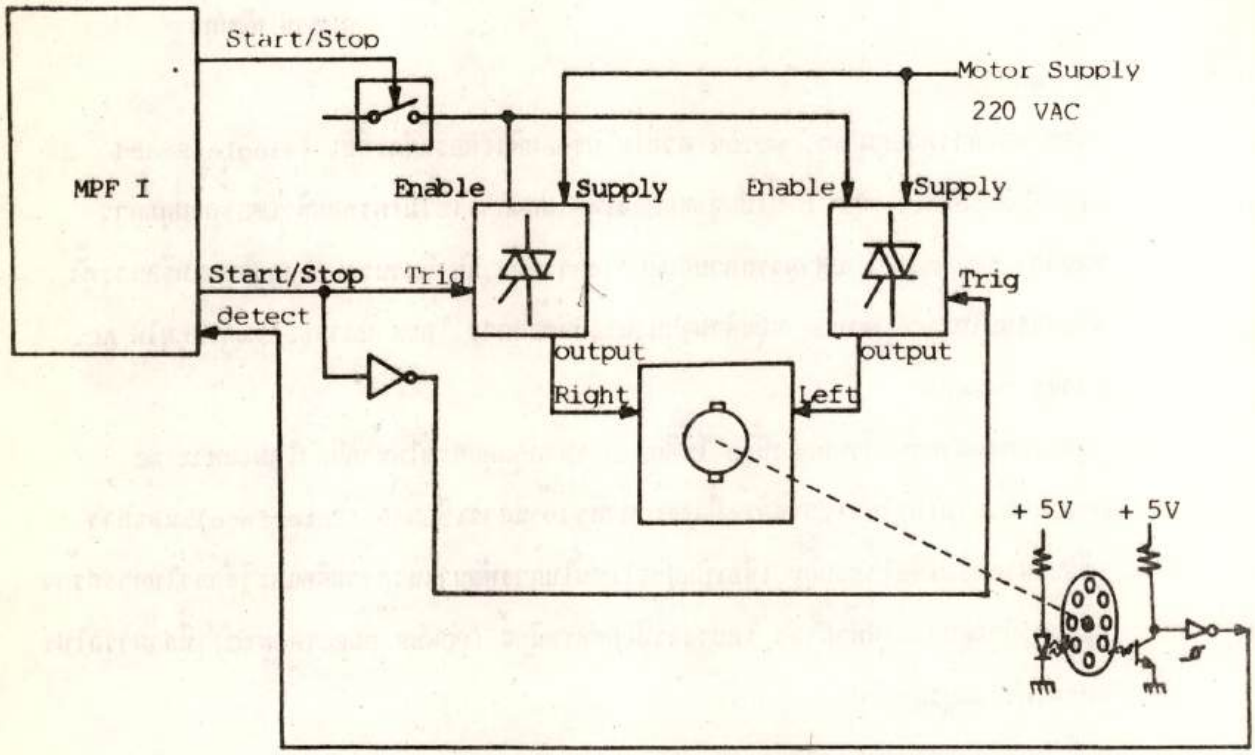
หลักการของชุดควบคุม AC. MOTOR ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

แผงวงจรไมโครคอมพิวเตอร์ในชุดทดลองนี้เป็นแผงวงจรไมโครคอมพิวเตอร์แบบแผ่นพิมพ์เดียว ยี่ห้อ MICRO PROFESSOR MPF I ซึ่งมี CPU เบอร์ Z-80 CPU เป็นหัวใจสำคัญของวงจรส่งสัญญาณควบคุมและรับสัญญาณตรวจสอบโดยผ่านอุปกรณ์ Input / Output เป็น Port แบบขนาน (Parallel Port) ซึ่งใช้ Chip เบอร์ Z-80 PIO ใช้ Triac เป็น Solid State Delay ในรูปที่ 1. แสดง Block Diagram ของวงจรควบคุม , รูปที่ 2. แสดงวงจรควบคุม

การทำงานของวงจรทาง Hardware

รูป 1 วงจรรับสัญญาณทาง OUTPUT ของ O/P PORT เพื่อควบคุม AC. MOTOR - AC. MOTOR

เมื่อไตรแอค 1 นำกระแสจะทำให้ SUPPLY จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ AC. MOTOR ทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดจากขด 2 นำหน้าขด 1 ไปประมาณ 90 องศา ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก


MPF I
Start/Stop
Motor Supply
220 VAC
Enable
Supply
Enable
Supply
Start/Stop
Trig
Trig
detect
output
output
Right
Left
+ 5V
+ 5V

รูปที่ 1

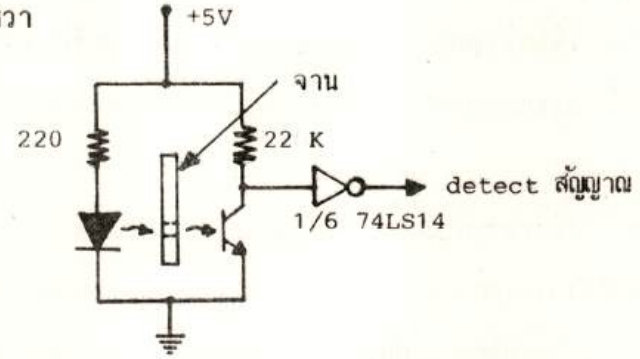
หมุน ทำให้มอเตอร์หมุนไปทางหนึ่ง

เมื่อไตรแอค 2 นำกระแสจะทำให้ SUPPLY จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ AC. MOTOR ทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดจากขด 1 นำหน้าขด 2 ไปประมาณ 90 องศา ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนกลับทางจากทิศทางเดิมทำให้มอเตอร์หมุนไปอีกทางหนึ่ง

- วงจรทริกให้ไตรแอคนำกระแส

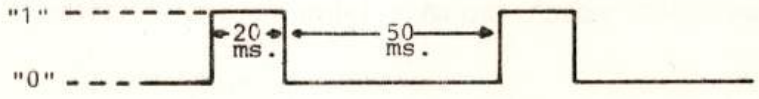
เมื่อมีแรงดันประมาณ 5 V. ป้อนเข้าที่จุด Star/Stop จะทำให้ transistor cut off ไม่นำกระแส ทำให้ไม่เกิดการทริกไตรแอคได้

เมื่อป้อน 0 V. เข้าจุด Star/Stop จะทำให้ transistor conduct มีกระแสไหลผ่าน OPTO COOPLER / ISOLATOR ZERO CROSSING triac driver เมื่อทางขา Left/Right เป็น 0 V. ไตรแอค 2 จะนำกระแส,ไตรแอค 1 cut off ทำให้มอเตอร์หมุนทางซ้าย เมื่อขา Left/Right เป็น 5 V. ,ไตรแอค 1 จะนำกระแส ,ไตรแอค 2 cut off ทำให้มอเตอร์หมุนทางขวา



รูป 2 วงจร detect สัญญาณ INPUT

ลักษณะการทำงานของวงจร จะอาศัยจานหมุนตัดแสงที่มาจากไดโอด ซึ่งบนจานจะมีรูสำหรับให้แสงผ่าน 8 รู เมื่อจานอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ให้แสงผ่าน transistor จะ cut off จะทำให้ Vce ประมาณ 5 V. ผ่าน NOT Gate ทำให้เกิดสัญญาณเป็น 0 และเมื่อจานอยู่ในตำแหน่งที่แสงผ่านได้ transistor จะ Conduct ทำให้ Vce 0 V. ผ่าน NOT Gate ทำให้เกิดสัญญาณเป็น 1 ลักษณะของ Pulse ดังรูป 3



รูป 3 สัญญาณ pulseจากวงจร detectสัญญาณอินพุท

3. โปรแกรมควบคุม (Software)

โปรแกรมควบคุมมอเตอร์ให้หมุนซ้าย,หมุนขวา โดยใช้คีย์กดของ MPF-I เป็นตัวสั่งให้มอเตอร์ หมุนซ้ายหรือหมุนขวา ก่อนการหมุนมอเตอร์ให้มีการเช็คว่ามอเตอร์ยังหมุนหรือเปล่า ถ้าหมุนอยู่ให้รอจนกว่าจะหยุดเอง ถ้ามันหยุดแล้วให้มันเริ่มต้นหมุน และ set ค่าเริ่มต้นเป็น 0 และแล้วก็นับจำนวนรอบและแสดงตำแหน่งของมอเตอร์ โดยแสดงผลลัพธ์บน Display พร้อมกับ set ปุ่มกดว่ามีความต้องการให้มอเตอร์หยุดหมุน ให้หยุดหมุนมอเตอร์ และนับรอบต่อไปจนกว่ามอเตอร์จะหยุดหมุนและแสดงค่าสุดท้ายที่นับได้ LATCH ไว้ และถ้าไม่มีการกดคีย์ทั้ง 2 ให้นับจำนวนรอบ และตำแหน่งเพื่อ Display

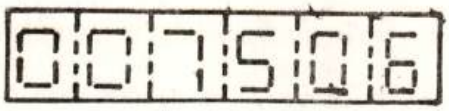
อธิบายโปรแกรม

เมื่อเริ่ม RUN บน LED ของ MPF-I จะกระพริบคำว่า LEFT และ RIGHT สลับกัน การกดคีย์ "0" จะทำให้มอเตอร์หมุนซ้ายและคีย์ "1" จะหมุนขวา ก่อนการหมุน LED จะแสดงคำว่า CHECK เพื่อตรวจสอบดูว่าขณะนี้มอเตอร์หมุนหรืออยู่หรือไม่ ถ้าหมุนอยู่จะ LOOP อยู่ในการ CHECK นี้ถ้าหยุดหมุนแล้วจะเริ่มส่งค่าหมุนซ้ายหรือหมุนขวา ตอยคีย์ที่กดมาเพื่อให้มอเตอร์หมุนทันที

ใน 1 รอบของมอเตอร์จะเกิด PULSE ค่าใน DATA BF จะคอยนับ PULSE นี้ ค่าใน REG.BC จะนับจำนวนรอบ การ Display บน LEDใช้ Subroutine ช่วยดังนี้

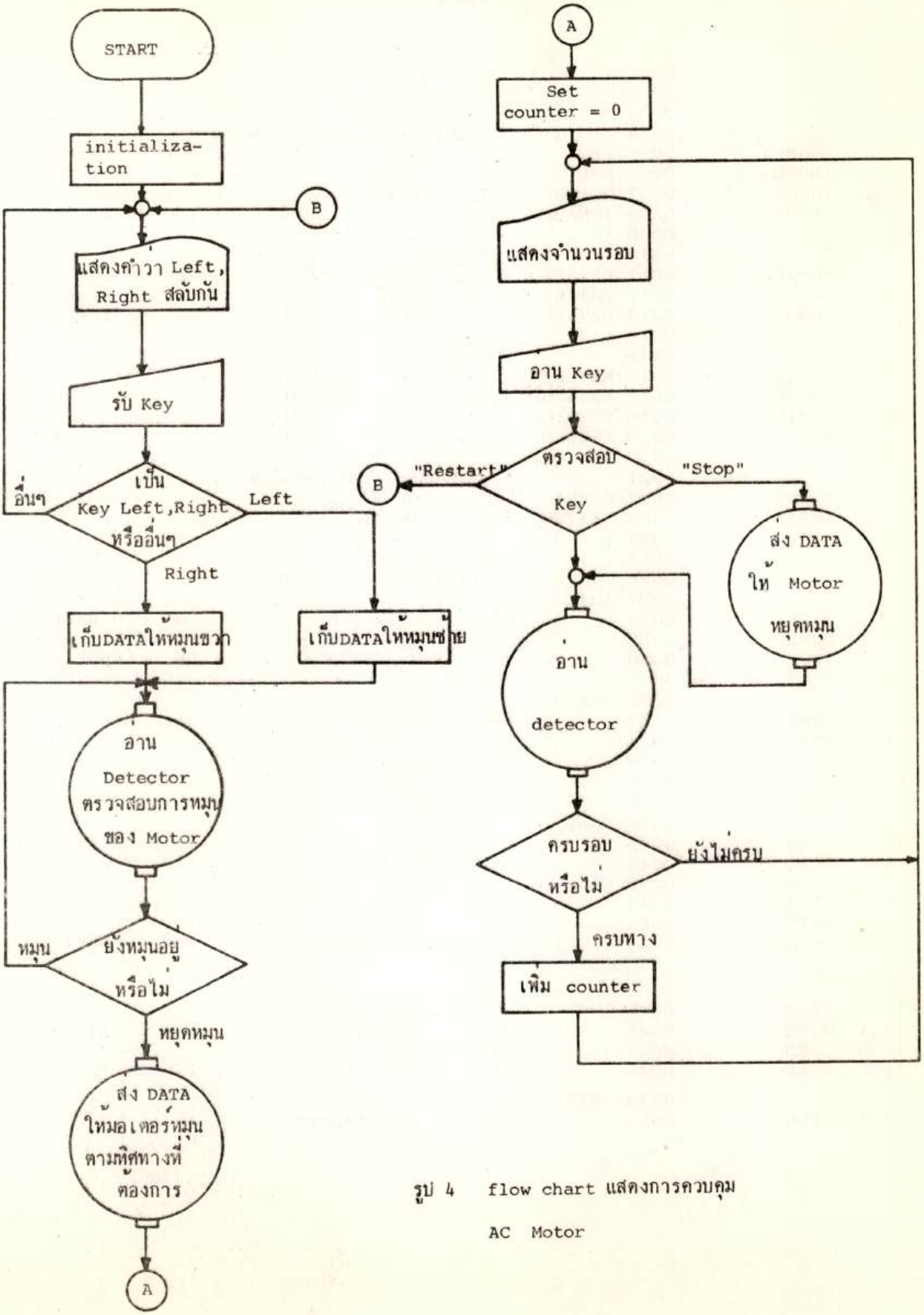
1. HEX 7 SG ใช้เปลี่ยนค่าที่นับได้เป็น 7 Segment format เก็บใน DISP 3F
2. SCAN1 ใช้ Display ค่าใน DISP 3F

แสดงตัวอย่างการ Display ได้ดังนี้



ในรูปแสดงให้เห็นว่าขณะนี้มอเตอร์หมุนไป 75 6/8 รอบ

การสั่งหยุดทำได้โดยคีย์ "DEL" มอเตอร์จะหยุดหมุนและ Display ค่าที่หมุนไปทั้งหมด แต่ถ้ากดคีย์ "MOVE" จะเป็นการเริ่มต้นการเริ่ม RUN ใหม่ทันที



รูป 4 flow chart แสดงการควบคุม

AC Motor

```
                        0001            ; LISTING 1
                        0002            ;
                        0003            ; EQUATE VALUE
                        0004            ; PIO port & control word
(0082)                  0005 PAC        EQU     82H             ; Port A control
(0080)                  0006 PAD        EQU     80H             ; Port A Data
(00CF)                  0007 MODE3      EQU     0CFH            ; Set to mode 3
(0001)                  0008 IOMARK     EQU     01H             ; I/O Mask
                        0009 ;
                        0010            ; Motor Control data
(00FF)                  0011 DATASTOP           EQU     0FFH    ; Stop Motor
(0004)                  0012 DATARIGHT          EQU     04H     ; Rotate right
(0000)                  0013 DATALEFT           EQU     00H     ; Rotate left
                        0014 ;
                        0015            ; Key Scan code
(0012)                  0016 KEYLEFT            EQU     12H
(000C)                  0017 KEYRIGHT           EQU     0CH
(001C)                  0018 KEYSTOP            EQU     1CH
(0023)                  0019 KEYRUN             EQU     23H
                        0020 ;
                        0021            ; Utility subroutine monitor
(0624)                  0022 SCAN1      EQU     0624H
(0678)                  0023 HEX7SG     EQU     0678H
                        0024 ;
0000'                   0025            ORG     1800H
                        0026            ; INITIALIZE ROUTINE
                        0027 Init
1800    3ECF            0028            LD      A,MODE3         ; Set PIO port A
1802    D382            0029            OUT     (PAC),A         ; to mode 3 (I/O mode)
1804    3E01            0030            LD      A,IOMARK        ; D0 - input
1806    D382            0031            OUT     (PAC),A         ; other - output
                        0032 Begin
1808    3EFF            0033            LD      A,DATASTOP      ; Stop motor
180A    D380            0034            OUT     (PAD),A
180C    21A918          0035            LD      HL,LeftPatt
180F    E5              0036            PUSH    HL
1810    DD21AF18        0037            LD      IX,RightPatt
                        0038 Loop
1814    DDE3            0039            EX      (SP),IX         ; flip 'LEFT'/'RIGHT'
1816    0645            0040            LD      B,45H           ; Time Constant
                        0041 Cont
1818    CD2406          0042            CALL    SCAN1           ; Disp & read key
181B    FE12            0043            CP      KEYLEFT
181D    2808            0044            JR      Z,LEFTDAT       ; key = 'LEFT'

181F    FE0C            0045            CP      KEYRIGHT
1821    2808            0046            JR      Z,RIGHTDAT      ; key = 'RIGHT'
1823    10F3            0047            DJNZ    Cont
1825    18ED            0048            JR      Loop
                        0049 LEFTDAT
1827    1E00            0050            LD      E,DATALEFT
```

```
1829  1802          0051            JR      Next10
                    0052 RIGHTDAT
182B  1E04          0053            LD      E,DATARIGHT
                    0054 Next10
182D  CD6918        0055            CALL    Check           ; wait until motor stop
1830  AF            0056            XOR     A
1831  32BB18        0057            LD      (DataBuff),A
1834  010000        0058            LD      BC,0000         ; counter = 0
1837  7B            0059            LD      A,E
1838  D380          0060            OUT     (PAD),A         ; Rotate motor with cor
                          rect
                    0061                                    ; position
183A  CD9718        0062            CALL    Convert         ; convert counter to pa
                          ttern
183D  DD21BD18      0063            LD      IX,DispBuff
1841  CD5818        0064 Loop1      CALL    Display
1844  DB80          0065            IN      A,(PAD)         ; Read Detector
1846  CB47          0066            BIT     0,A
1848  28F7          0067            JR      Z,Loop1         ; Wait until '1'
184A  CD8218        0068            CALL    Increment       ; check 1 round & inc.
                          counter
                    0069 Loop2
184D  CD5818        0070            CALL    Display
1850  DB80          0071            IN      A,(PAD)         ; Read Detector again
1852  CB47          0072            BIT     0,A
1854  20F7          0073            JR      NZ,Loop2        ; wait until '0'
1856  18E9          0074            JR      Loop1
                    0075 ;
                    0076 ; Subroutine
                    0077 ;
                    0078 Display
1858  CD2406        0079            CALL    SCAN1
185B  FE1C          0080            CP      KEYSTOP
185D  2805          0081            JR      Z,StopRout
185F  FE23          0082            CP      KEYRUN
1861  28A5          0083            JR      Z,Begin
1863  C9            0084            RET
                    0085 StopRout
1864  3EFF          0086            LD      A,DATASTOP      ; stop motor
1866  D380          0087            OUT     (PAD),A
1868  C9            0088            RET
                    0089 ;
                    0090 Check
1869  DB80          0091            IN      A,(PAD)         ; Read Detector status
186B  57            0092            LD      D,A             ; save status
186C  0E02          0093            LD      C,2             ; delay time 1
186E  DD21B518      0094            LD      IX,CheckPat
1872  06FF          0095            LD      B,0FFH          ; delay time 2
                    0096 LoopCh
1874  CD2406        0097            CALL    SCAN1
1877  DB80          0098            IN      A,(PAD)         ; Read again
1879  BA            0099            CP      D
187A  20ED          0100            JR      NZ,Check
```

```
187C  1096          0101            DJNZ    Loop
187E  0D            0102            DEC     C
187F  2093          0103            JR      NZ,Loop
1881  C9            0104            RET
                    0105 ;
                    0106 Increment
1882  21BB18        0107            LD      HL,DataBuff
1885  34            0108            INC     (HL)
1886  7E            0109            LD      A,(HL)
1887  FE08          0110            CP      8
1889  200C          0111            JR      NZ,Convert
188B  AF            0112            XOR     A
188C  77            0113            LD      (HL),A
188D  79            0114            LD      A,C
188E  C601          0115            ADD     1
1890  27            0116            DAA
1891  4F            0117            LD      C,A
1892  78            0118            LD      A,B
1893  CE00          0119            ADC     A,0
1895  27            0120            DAA
1896  47            0121            LD      B,A
                    0122 ;
                    0123 Convert
1897  21BD18        0124            LD      HL,DispBuff
189A  3ABB18        0125            LD      A,(DataBuff)
189D  CD7806        0126            CALL    HEX7SG
18A0  79            0127            LD      A,C
18A1  CD7806        0128            CALL    HEX7SG
18A4  78            0129            LD      A,B
18A5  CD7806        0130            CALL    HEX7SG
18A8  C9            0131            RET
                    0132 ;
18A9  0D0F8F85      0133 LeftPatt           DB 0DH,0FH,8FH,85H,00H,00H
      0000                  .
18AF  0D37BE20      0134 RightPatt          DB 0DH,37H,0BEH,20H,03H,00H
      0300
18B5  078D8F37      0135 CheckPat           DB 07H,8DH,8FH,37H,8DH,00H
      8D00
18BB  (0002)        0136 DataBuff           DS 2
18BD  (0006)        0137 DispBuff           DS 6
                    0138 ;
18C3  (0000)        0139            END

Errors              0
```

การทดลองวิธีควบคุมการหมุนของ STEPPING MOTOR โดยไมโครคอมพิวเตอร์

อ.ประพันธ์ ธนสิทธิสมบูรณ์ *
สุเมธ อังคะศิริกุล

บทนำ

การทดลองวิธีควบคุมการหมุนของ STEPPING MOTOR โดยไมโครคอมพิวเตอร์นี้ เป็นการทดลองเพื่อศึกษา การควบคุมการหมุนของ STEPPING MOTOR ทั้งการควบคุมความเร็ว ทิศทางการหมุน และจำนวน step แล้วใช้โปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุมตัวแปรต่างๆ

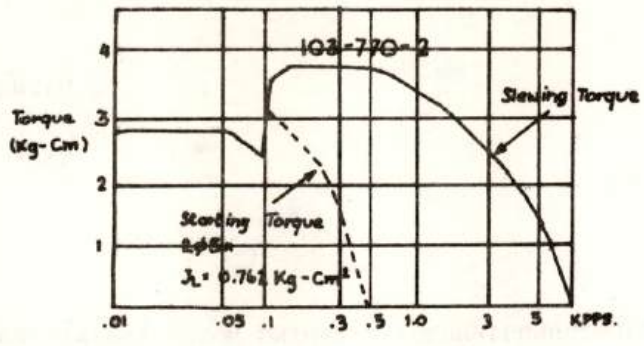
ในโปรแกรมที่ทดลองสามารถแสดงวิธีการควบคุมตัวแปรต่างๆของ STEPPING MOTOR คือ

- การควบคุมทิศทางของการหมุน (ตามเข็มหรือทวนเข็ม)
- ควบคุมความเร็วของการหมุน
- แสดง Seq.ของสัญญาณที่แต่ละเฟสของขดลวด

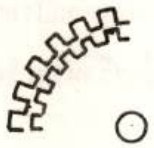
2. ทฤษฎี

STEPPING MOTOR เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่หมุนได้เมื่อมีการป้อนกระแสไฟตรงเป็น pulse เข้าไปที่ขดลวดโดยมีลำดับของ pulse ที่เป็นระเบียบ จะทำให้เกิดแรงผลัก (torque) ระหว่าง rotor กับ stator เนื่องจาก electromagnetic force การหมุนของ rotor จะขึ้นกับความถี่ของ pulse ที่ป้อนเข้าไป (ในรูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความถี่ของ pulse กับ torque) มอเตอร์ชนิดนี้อาจเรียกว่า pulse motor ก็ได้

ภายใน stepping motor ทั้งที่ stator และ rotor จะมีลักษณะเป็นซี่ฟัน (ดังรูปที่ 2) ซึ่งผลของซี่ฟัน จะทำให้เกิดแรงผลักซึ่งกันและกัน เมื่อมีการป้อนไฟเข้าไปในขดลวด stator การพันขดลวดและลักษณะการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปให้กับขดลวด ทำให้การควบคุมตำแหน่งการหมุนได้ละเอียด และแม่นยำ



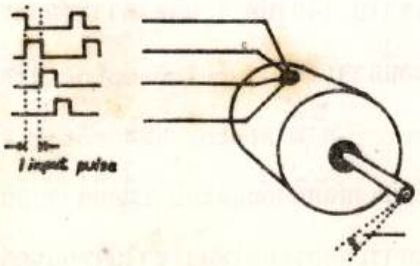
รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของ pulse กับ torque



รูปที่ 2 แสดงลักษณะซี่ฟันของ Stepping Motor

<u>คำนิยามเกี่ยวกับ STEPPING MOTOR</u>

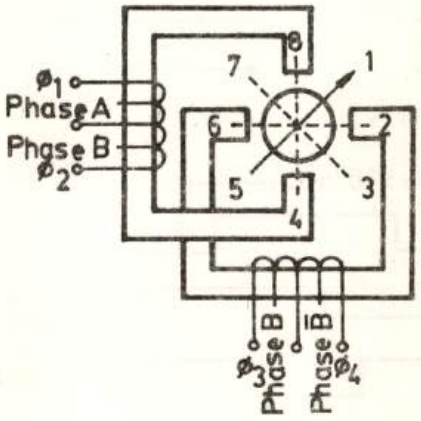
-มุมสเต็ป (step angle) คือมุมหมุนของแกนมอเตอร์ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วขดลวดด้วยอินพุท พัลซ์เพียงลูกเดียว (รูปที่3 แสดงมุมสเต็ป)



รูปที่ 3 แสดงลักษณะมุมสเต็ป

-จำนวนสเตปต่อรอบ (step per revolution) คือจำนวนสเตปเมื่อมอเตอร์หมุนไป 1 รอบ (360°)

-เฟสของขดลวด เป็นส่วนของขดลวดระหว่างปลายสายกับ center tab หรือทั้งขดลวด ถ้าไม่มี center tab (ดังรูปที่ 4)ซึ่งแสดงเป็นลักษณะของมุมทางไฟฟ้า (องศาทางไฟฟ้า) ของ stepping motor ที่มีขดลวด 4 เฟส



รูปที่ 4 แสดง Stepping Motor 4 Phase

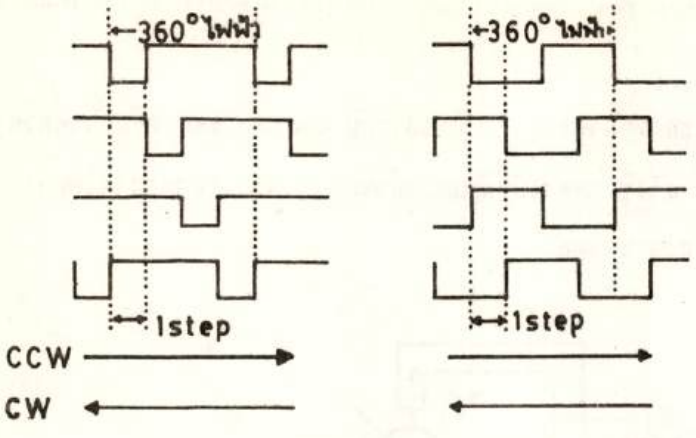
แบบ Unipolar permanent magnet

<u>วิธีป้อนลำดับของสัญญาณอินพุทให้กับเฟสต่าง ๆ ของมอเตอร์</u> มีอยู่ 2 แบบ คือ

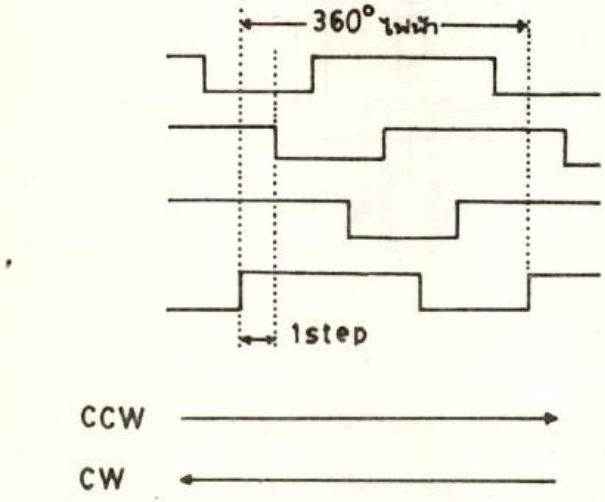
1. Full Step Mode ขดลวดจะถูก energised เพียง 1 ขด (1 เฟส) ในเวลาหนึ่ง ๆ จะทำให้มอเตอร์หมุนทีละ 90 องศาทางไฟฟ้า จากรูปที่ มอเตอร์จะหมุนจาก 1 ไปยัง 3 ไปยัง 5 ไปยัง 7 แล้วกลับไปซ้ำที่ 1 อีกต่อไปเรื่อย ๆ (รูปที่ 5 แสดงแผนผังเวลาของการควบคุมการหมุนแบบ full step ในรูป ก.เป็นแบบ wave รูป ข.แบบ normal ซึ่งได้ torque สูงกว่าแบบในรูป ก.)

การควบคุมแบบ full step mode สำหรับมอเตอร์ที่มีขดลวด 4 เฟส จะมีจำนวนสเตปต่อ 1 ชี่ฟันของ rotor เท่ากับ 4 สเตป (ระยะของ 1 ชี่ฟัน = 360 องศาไฟฟ้า)

2. Half Step Mode ทุก ๆ 2 สเตปจะมีขดลวดเฟสเดียวที่ถูก energized และสเตปที่เหลือจะมี 2 สเตปติดกันที่ถูก energized ดังรูปที่6 โดยวิธีนี้การหมุนของมอเตอร์ในแต่ละสเตปจะเท่ากับ 45 องศาทางไฟฟ้า หรือหมุน 8 สเตปต่อ 1 รอบองศาทางไฟฟ้าหรือ 1 ชี่ฟัน



รูปที่ 5 แสดง timing ของสัญญาณแต่ละ phase ในการควบคุม Full step mode
ก)ป้อน pulse แบบ wave
ข)ป้อน pulse แบบ normal



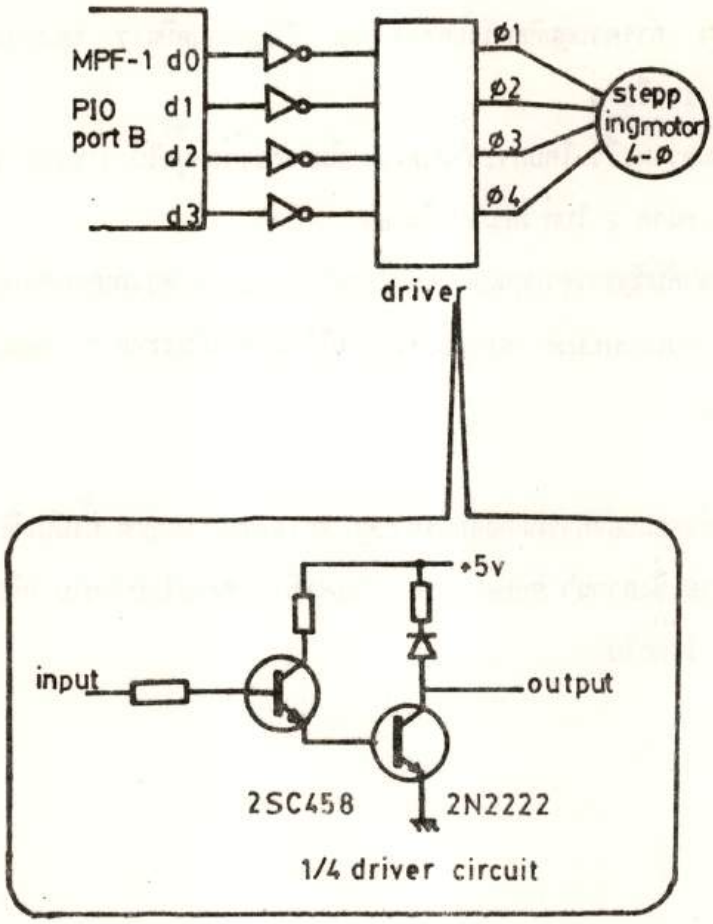
รูปที่ 6 แสดง timing ของสัญญาณแต่ละ phase ในการควบคุม Half stop mode

ประโยชน์ของ Stepping Motor

เนื่องจาก stepping motor สามารถหมุนได้ละเอียดและมีตำแหน่งที่แน่นอน จึงสามารถนำไปใช้งานที่ต้องการควบคุมตำแหน่งอย่างแม่นยำ ตัวอย่าง เช่น การควบคุมตำแหน่งหัวอ่าน diskette ใน disk drive ให้ตรงตำแหน่ง track ที่ต้องการ , การควบคุมตำแหน่งหัวพิมพ์ (carriage) และการป้อนกระดาษ (linefeed) ในเครื่องพิมพ์, การควบคุมการเลื่อนบัตรข้อมูล เหล่านี้เป็นต้น

วงจรเชื่อมต่อ (INTERFACE) ระหว่าง MICROCOMPUTER กับ STEPPING MOTOR

ทางด้านไมโครคอมพิวเตอร์ใช้ Port แบบ Parallel (Z-80 PIO) ต่อ Inverter และ วงจรขับกระแสซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์ 2SC 458 ร่วมกับ 2N 2222 ดังรูปที่ 7 จากวงจรนี้ ขดลวดจะถูก Energized เมื่อข้อมูลเป็น '0' จะถูก Deenergized เมื่อข้อมูลเป็น '1'



รูปที่ 7 แสดงวงจรเชื่อมต่อไมโครคอมพิวเตอร์กับ STEPPING MOTOR

STEPPING MOTOR ที่ใช้ในการทดลองเป็น STEPPING MOTOR ของ SANYO ELECTRIC CO.LTD 6 Vdc., 0.88 A., 1.8 deg/step , 4 PHASE

โปรแกรมควบคุม (Software)

ส่วนสำคัญของโปรแกรมควบคุมอยู่ที่โปรแกรมย่อยที่ชื่อ StepDrive ซึ่งเป็นโปรแกรมย่อย ที่ส่งสัญญาณให้มอเตอร์หมุนตามจำนวน STEP ที่ตั้งไว้สามารถกำหนด ทิศทาง,ความเร็ว และ MODE (full หรือ half step) ได้จากโปรแกรมหลัก หลักการของ Subroutine "StepDrive" นี้แสดงไว้ใน Flow chart รูปที่ 8 ตัวโปรแกรมแสดงใน Listing ที่ 1

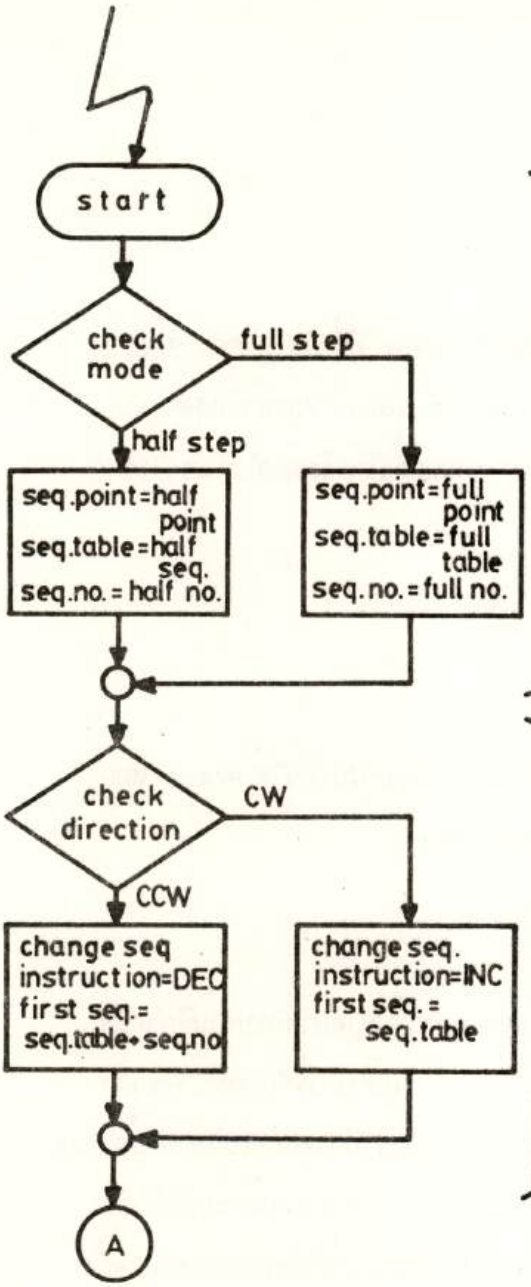
ส่วนของ Main program ในการทดลองเป็นการใช้งาน Subroutine 'StepDrive' ลักษณะต่างๆ คือ

- การทดลอง การควบคุมทิศทางของการหมุน โดยกำหนดบิท 7 ของหน่วยความจำชื่อ Direction เป็น 1 หรือ 0

- การควบคุมความเร็ว โดยการกำหนดเวลาที่มอเตอร์จะหมุนไป 1 STEP ในหน่วยความจำชื่อ StepTime ขนาด 2 ไบท์ มีหน่วยเป็น mS.

- การแสดงลำดับสัญญาณควบคุมแต่ละเฟสโดยนำ pattern ของสัญญาณควบคุมจากตาราง pattern ที่อยู่ใน Subroutine 'StepDrive' นำไปแปลงเป็นระหัส 7 segment แสดงออกบน LED display

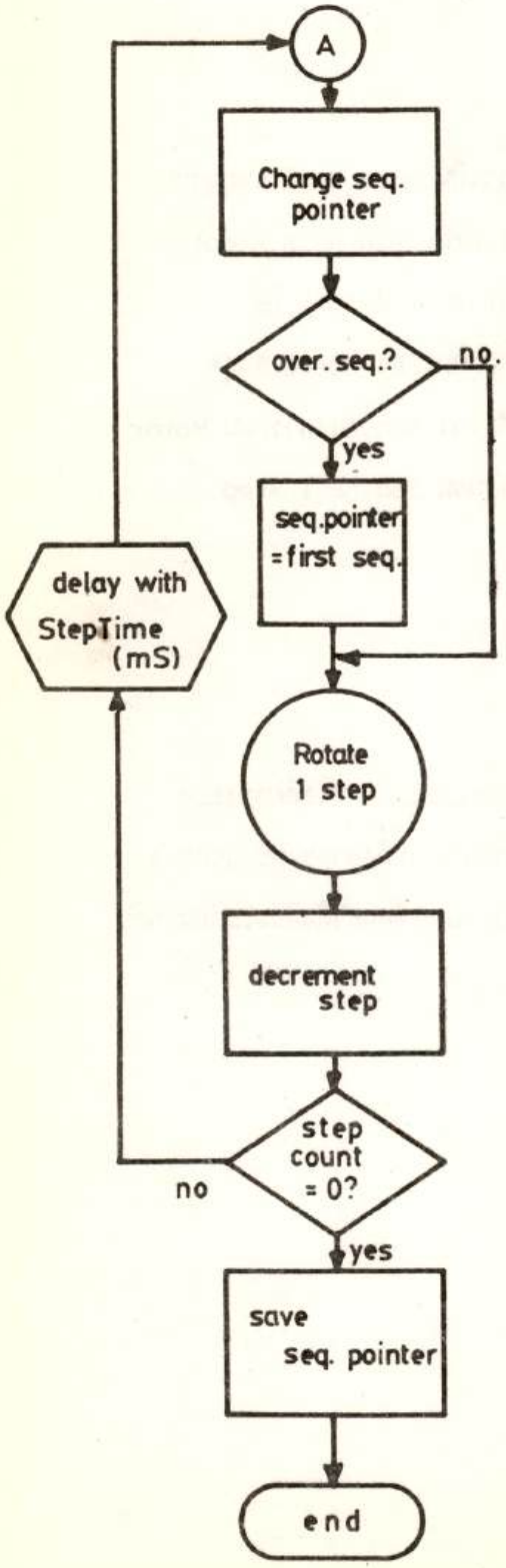
จากขั้นตอนของการทดลองการควบคุม STEPPING MOTOR นี้เป็นเพียงตัวอย่างการควบคุมอย่างง่าย ซึ่งอาจนำ Subroutine ควบคุมนี้ไปใช้งานโดยทั่วๆไป หรืออาจพัฒนาเพื่อใช้เฉพาะงานอื่นๆ ได้ต่อไป



ตรวจสอบว่าเป็น mode ของการหมุนแบบใด (Full step หรือ Half step) แล้ว ตั้งค่าต่างๆให้เหมาะสม คือ

- ตำแหน่งของ Motor ล่าสุด
- ตาราง Seq.ของการหมุน Motor
- จำนวน Seq.ต่อ 1 Step

ตรวจสอบ direction หรือทิศทางของการหมุน เพื่อทำการตั้งค่าตำแหน่งแรกของ Seq.Table และเลือกคำสั่งที่จะเปลี่ยนลำดับของ Seq.



เลื่อน Pointer ที่ชี้ Data ของ Seq. ต่อไปที่จะให้ Motor หมุนถ้าสิ้นสุดลำดับของการหมุนแล้วให้เริ่มต้นลำดับแรกใหม่

ส่ง data นั้นออกไปเพื่อให้ Motor หมุนไป 1 ลำดับ

ตรวจสอบจำนวนลำดับว่าครบตามที่กำหนดหรือไม่ ถ้ายังไม่ครบให้ทำการหน่วงเวลาด้วยค่าคงตัวเวลาที่กำหนด(เป็นค่าที่ใช้กำหนดความเร็วของการหมุน) แล้ววนกลับไปอีกครั้ง ถ้าครบแล้วเก็บลำดับของการหมุนครั้งสุดท้ายไว้แล้วกลับไปยังโปรแกรมหลัก

LISTING 1 แสดง Subroutine ' StepDrive ' เป็นภาษาแอสเซมบลี Z-80

```
StepDrive
Direction       DS   1     ; D7 = 0 หมุนตามเข็มนาฬิกา (CW)
                           ;      1 หมุนทวนเข็มนาฬิกา (CCW)
                           ; D0 = 0 Full step mode
                           ;      1 Half step mode
Nstep           DS   2     ; จำนวน STEP ที่ต้องการ
StepTime        DS   2     ; เวลาต่อ 1 STEP (millisec.)
StartSeq        DS   2
FULLPOINT       DS   2
HALFPOINT       DS   2
CWinstruction       INC  HL
CCWinstruction      DEC  HL
IF  Clock = 4              ; Time delay for clock 4 MHz
 DelayConstant      DB   248
ENDIF
IF Clock = 2.5             ; Time delay for clock 2.5 MHz
 DelayConstant      DB   154
ENDIF
; Rotational sequence pattern
          DB   0
FullStep  DB   00001110b
          DB   00001101b
          DB   00001011b
          DB   00000111b
          DB   0
FullNO.   EQU  4-1
```

```
HalfStep DB   00001110b
         DB   00001100b
         DB   00001101b
         DB   00001001b
         DB   00001011b
         DB   00000011b
         DB   00000111b
         DB   00000110b
         DB   0
HalfNO.  EQU  8-1

         LD   HL,(Nstep)          ; จำนวน Step ที่จะหมุน
         LD   B,H
         LD   C,L
         LD   A,(Direction)
         BIT  0,A                 ; FULL หรือ HALF STEP
         JR   Z,FULLinit
HALFinit
         LD   HL,(HALFPOINT)
         PUSH HL
         LD   HL,HalfStep
         LD   DE,HalfNO.
         JR   WhichDirection
FULLinit
         LD   HL,(FULLPOINT)
         PUSH HL
         LD   HL,FullStep
         LD   DE,FullNO.
```

```
WhichDirection
        OR    A
        JR    Z,CWinit
CCWinit
        ADD   HL,DE
        LD    A,(CCWinstruction)
        JR    Directioninit
CWinit
        LD    A,(CWinstruction)
Directioninit
        LD    (ChangeSeq),A
        LD    (StartSeq),HL
        LD    DE,(StepTime)
        POP   HL

Rotate
ChangeSeq
        DS    1
        LD    A,(HL)
        OR    A
        JR    NZ,Rot20
        LD    HL,(StartSeq)
Rot20
        LD    A,(HL)
        OUT   (STEPPING),A
        DEC   BC
        LD    A,B
        OR    C
```

```
        JR    Z,Finish
Rot35
        LD    A,(DelayConstant)
Rot40
        DEC   A
        JR    NZ,Rot40
        DEC   HL
        LD    A,D
        OR    E
        JR    NZ,Rot35
        JR    Rotate
Finish
        LD    A,(Direction)
        BIT   0,A
        JR    NZ,HALFINISH
FULLFINISH
        LD    (FULLPOINT),HL
        RET
HALFINISH
        LD    (HALFPOINT),HL
        RET
```

3. เอกสารอ้างอิง

- รายงานการทดลองวิชา MICROPROCESSOR & APPLICATION II
  การทดลอง STEPPING MOTOR
  โดย นายรัฐพล หุตายน ,นาย วณพันธ์ วัยวุฒิ
  สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
- เอกสารประกอบการทดลองเรื่อง STEPPING MOTOR
  สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

แผงแสดงผล

กิตติ ศานต์พิริยะ
รุ่งโรจน์ บุญอเนกทรัพย์
สนั่น สระแก้ว

บทนำ

ในปัจจุบันนี้บทบาทการใช้งานของแผงแสดงผลในธุรกิจการโฆษณา นับว่ามีใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น การพัฒนาของแผงแสดงผล เริ่มมาจากแผงแสดงผลขนาดเล็กที่ใช้ไดโอดเปล่งแสง (LED) เป็นส่วนแสดงผล และส่วนควบคุม อาจเป็นวงจร ซีเควนเชียล (Seqential circuits) ที่ทำงานเป็นลำดับขั้นตามที่ออกแบบไว้ หรืออาจเป็นไมโครโปรเซสเซอร์ แผ่นพิมพ์เดี่ยว (Single chip microprocessor)ที่มีโปรแกรมสำเร็จรูปหรืออาจโปรแกรมได้โดยผู้ใช้

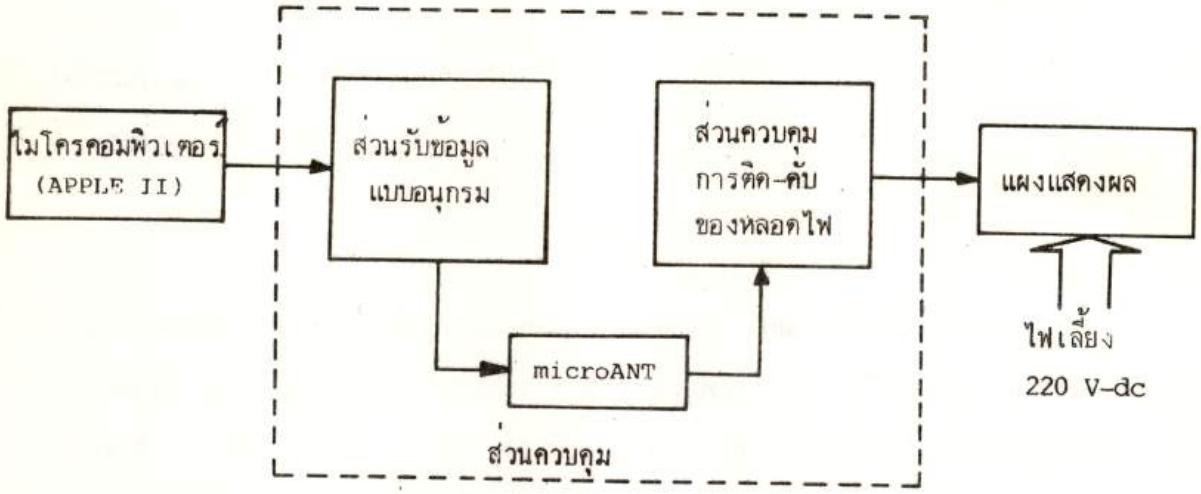
ต่อมาได้มีการนำไมโครคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบเฉพาะนำไป ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ พวกไทริสเตอร์(ThyristerDrive Circuit) จึงทำให้สามารถเปลี่ยนส่วนแสดงผลจาก LED เป็นหลอดไฟที่มีขนาดหลายๆวัตต์ได้ ถ้าพิจารณาจากหลักการสแกน (Scanning) ข้อมูลของส่วนแสดงผล อาจแบ่งออกเป็น

-การสแกนแบบขนาน วิธีนี้จะมีข้อจำกัดทางด้านจำนวนแถวและจำนวนหลักด้วยจำนวนบิทของข้อมูลและจำนวนพอร์ทเอาท์พุทของไมโครโปรเซสเซอร์ แต่จะมีความเร็วในการ สแกนสูง

-การสแกนข้อมูลแบบอนุกรม วิธีนี้จะไม่มีข้อจำกัดทางด้านจำนวนแถวและจำนวนหลัก แต่ถ้าจำนวนแถวและจำนวนหลักมากขึ้น จะทำให้มีข้อจำกัดทางด้านความเร็วในการสแกน

แผงแสดงผลของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

แผงแสดงผลนี้จัดเป็นโครงงานของนักศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี ซึ่งจัดเป็นแผงแสดงผล ที่มีการสแกนข้อมูลแบบขนาน ทำให้ความเร็วในการสแกนข้อมูลสูง จึงทำให้สามารถใช้แผงแสดงผลทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพได้ ส่วนต่างๆ ของระบบสามารถเขียนเป็น บล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบแผงแสดงผล

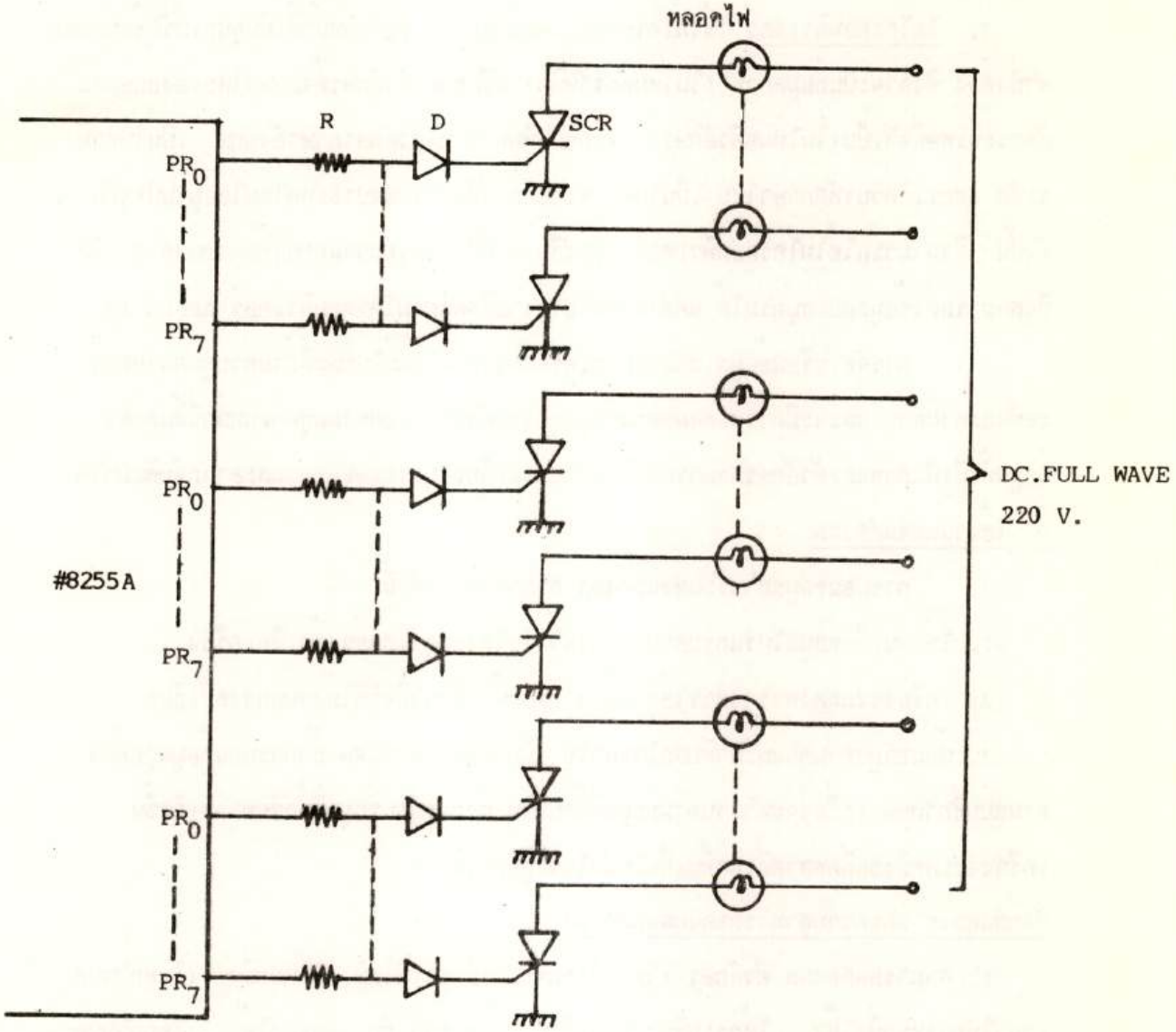
1. แผงแสดงผล ประกอบด้วยหลอดไฟขนาด 5 W 220 V จำนวน 768 ดวงโดยแบ่งออกเป็น 24 แถว(row) 36 หลัก(column) ซึ่งหลอดไฟแต่ละดวงนี้สามารถควบคุมให้ส่วางหรือดับได้อย่างอิสระต่อกัน โดยการสแกนของข้อมูลจากส่วนควบคุม ด้วยความถี่สูงกว่า 100 ครั้ง ต่อวินาที จึงทำให้การแสดงผลบนแผงแสดงผลสามารถทำได้อย่างสมบูรณ์ ในหลายรูปแบบ

2. ส่วนควบคุม ประกอบด้วย ภาครับข้อมูล แบบอนุกรมจากไมโครคอมพิวเตอร์ โดยผ่านทางพอร์ทอินพุท แล้วเปลี่ยนข้อมูลเป็นแบบขนาน เก็บไว้ในบัฟเฟอร์ เพื่อรอการสแกนผ่านพอร์ทเอาท์พุทไปควบคุม วงจรไทริสเตอร์ไดรเวอร์ เพื่อควบคุมการติด(ส่วาง)-ดับของหลอดไฟในแต่ละหลัก จนครบ 32 หลัก แล้วกลับมาสแกนใหม่ ตามฟังก์ชั่นการควบคุม ให้เป็นไปตามรูปแบบต่างๆ ที่ต้องการได้

ส่วนรับข้อมูลแบบอนุกรมใช้ ไอซีเบอร์ 8251 (USART) เป็นตัวรับข้อมูลแล้วเปลี่ยนเป็นแบบขนาน เพื่อป้อนให้กับส่วนประมวลผลกลาง

ส่วนประมวลผลกลางใช้ไมโครคอมพิวเตอร์แผ่นพิมพ์เดี่ยว microANT ซึ่งออกแบบเพื่อใช้ในการเรียนการสอนภายในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า microANT ใช้ไอซีเบอร์ Z-80A โดยมีหน่วยความจำทั้งหมด 32 Kbytes ทำให้แผงแสดงผลสามารถเก็บข้อมูลตัวอักษรที่จะแสดงผลได้มากกว่า 10,000 ตัวหรือข้อมูลภาพได้มากกว่า 100 ภาพ ส่วนประมวลผลกลางจะนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลและควบคุมการสแกนข้อมูลผ่านพอร์ทเอาท์พุทตามฟังก์ชั่นโค๊ดที่กำหนดโดยผู้ใช้

ส่วนควบคุมการติด-ดับ ของหลอดไฟ จะใช้ เอสซีอาร์ (Silicon Controled-Rectifier) ต่ออนุกรมกับหลอดไฟแต่ละดวง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงส่วนควบคุมการติดและดับของหลอดไฟ

สัญญาณทริกเกอริ่งของ เอสซีอาร์ นั้นจะได้รับจากสายข้อมูล จากพอร์ทเอาท์พุท ซึ่งอาจเป็น"0" (ไม่มีสัญญาณทริกเกอริ่ง-หลอดไฟจะดับ) หรือ "1" (มีสัญญาณทริกเกอริ่ง-หลอดไฟจะติด) จากลักษณะดังกล่าว จะทำให้ข้อมูล 1 ไบท์ สามารถควบคุมการติดดับของหลอดไฟได้ 8 ดวง

พอร์ทเอาท์พุทจะใช้เพอริเฟอรัลอินเตอร์เฟสไอซีเบอร์ 8255 ซึ่งจะมีพอร์ทเอาท์พุท 3 พอร์ท ดังนั้น การสแกนข้อมูลออกไปทริกเกอร์ เอสซีอาร์ ที่ควบคุมหลอดไฟ 1 หลัก (เอสซีอาร์ 24 ตัว) จะใช้ ไอซี 8255 1 ตัว(แสดงดังรูปที่2) และมีการสแกนข้อมูล 3 ครั้ง

3. ไมโครคอมพิวเตอร์ ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ APPLE II ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์รับข้อมูลและคำสั่งต่าง ซึ่งอาจเป็นข้อมูลภาพ (ในโหมดกราฟฟิค) หรือข้อมูลตัวอักษรทั้งภาษาไทย-อังกฤษและอักขระพิเศษที่จำเป็น(ในโหมดตัวอักษร) จากแป้นพิมพ์ ระหัสตัวอักษรภาษาอังกฤษ เป็นไปตามระหัส ASCII ส่วนรหัสภาษาไทย เป็นไปตามระหัสที่การสื่อสารแห่งประเทศไทยใช้อยู่ในปัจจุบัน ดังนั้น จึงสามารถใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น ๆ ที่มีการประมวลผลของข้อมูลขนาด 8 บิท ซึ่งสามารถส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ แต่สามารถใช้ได้ง่ายที่สุดกับไมโครคอมพิวเตอร์ APPLE II

การจัดเตรียมข้อมูล สามารถจัดเตรียมล่วงหน้าได้แม้ในขณะที่ส่วนควบคุมการแสดงผลยังแสดงผลอยู่ และจะมีการแสดงผลตามข้อมูลชุดใหม่ทันทีที่การแสดงผลชุดก่อนหน้านี้สิ้นสุดลง ข้อมูลทั้งที่เป็นภาพและตัวอักษรสามารถบันทึกลงบนแผ่นเก็บข้อมูล(Diskett)และอ่านกลับคืนมาได้

การใช้งานแผงแสดงผล

การป้อนข้อมูลสำหรับแผงแสดงผล สามารถทำได้ดังนี้

1. ใช้แผ่นเก็บข้อมูลโปรแกรมควบคุมการทำงานใส่ในช่องใส่แผ่นแล้วเปิดเครื่อง
2. เครื่องจะแสดงตารางการใช้งานต่าง ตลอดทั้งแนะนำถึงวิธีใช้งานอย่างละเอียด
3. ป้อนข้อมูลตามคำแนะนำที่บอกไว้จนครบ เมื่อกดแป้น RETURN ถ้าการป้อนข้อมูลถูกต้องตามแบบที่กำหนด เครื่องจะทำงานตามข้อมูลที่ป้อนทันที ถ้าการป้อนข้อมูลมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น เครื่องจะบอกถึงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นเพื่อให้แก้ไขให้ถูกต้องต่อไป

ฟังก์ชั่นต่างๆ และความสามารถของแผงแสดงผล

1. สามารถแสดงผล ตัวอักษร (ไทย-อังกฤษ และอักขระพิเศษ) ให้หยุดนิ่ง (โดยกำหนดเวลาในการหยุดนิ่งได้), ให้กระพริบ หรือเลื่อน ซ้าย,ขวา,ขึ้น และลงได้ (โดยกำหนดจำนวนครั้งของการกระพริบ หรือการเลื่อนได้)
2. สามารถแสดงผลภาพ (ซึ่ง พล็อตโดยผู้ใช้โดยใช้คีย์ที่กำหนด) ให้หยุดนิ่ง, กระพริบ หรือเคลื่อนที่ ซ้าย,ขวา,ขึ้น,ลง หรือในแนวทะแยงได้
3. สามารถแสดงผลภาพหมุน หรือภาพเคลื่อนไหวได้
4. สามารถส่งข้อมูลหลายๆ โหมดให้แสดงผลติดต่อกันได้

ชุดทดลองการอินเตอร์เฟส A/D & D/A Converter กับไมโครคอมพิวเตอร์แบบSingle Board

วงจรอิเลคโทรนิค แบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆได้เป็นสองประเภทคือ แบบวงจรอนาล็อก (ANALOG)และแบบวงจรดิจิตอล (DIGITAL) ซึ่งวงจรอนาล็อกก็คือวงจรที่ประมวลผลสัญญาณในลักษณะที่ต่อเนื่อง และวงจรดิจิตอลก็คือวงจรที่ประมวลผลสัญญาณในลักษณะที่ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งจะเป็นลักษณะสัญญาณสองระดับแรงดันที่แทนด้วยตัวเลข "0" และเลข "1"

เมื่อมีการนำเอาวงจรทั้งสองประเภทมาใช้งานร่วมกัน ก็จำเป็นที่จะต้องมีวงจรเชื่อมโยง (INTERFACING CIRCUIT) วงจรทั้งสองเข้าด้วยกันจึงจะทำให้สามารถทำงานร่วมกันได้ ซึ่งวงจรที่ว่านี้ก็คือวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาล็อก (DIGITAL TO DIGITAL CONVERTER) และวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล (ANALOG TO DIGITAL CONVERTER)

การนำระบบไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) ไปประยุกต์ใช้งานบางประเภทจำเป็นที่จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากระบบไมโครโปรเซสเซอร์ออกสู่วงจรอิเลคโทรนิคภายนอกหรือมีการแปลงสัญญาณจากวงจรอิเลคโทรนิคภายนอกเข้าสู่ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งก็จะต้องอาศัยวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก หรือวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลเข้ามาเป็นตัวเชื่อมโยง ดังนั้นบทความนี้จะได้แนะนำการประยุกต์ใช้งานขั้นพื้นฐานของการอินเตอร์เฟส (Interface) ระบบไมโครคอมพิวเตอร์แบบ Single Board ที่ใช้ Z-80 เป็น CPU (ในบทความนี้ใช้ Single Board Microprocessor ของ Multitech รุ่น MPF I) กับ IC ที่ทำหน้าที่เป็น 8 bit A TO D Converter เบอร์ ADC 0808 และ IC ที่ทำหน้าที่เป็น 8 bit D TO A Converter เบอร์ DAC 0800

สำหรับ IC เบอร์ ADC 0809 เป็น A TO D Converter ขนาด 8 bit ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

1. ความเร็วในการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Conversion Tome) เท่ากับ 100 µsec
2. ใช้ Single Supply +5V
3. สามารถปรับค่า Analog Span Voltage Reference ได้ โดยจะต้องอยู่ระหว่าง 0-5 โวลท์
4. มี 8 Channel Multiplexer

5. กำลังสูญเสียต่ำ 15 mW

6. Output เป็นสามสถานะ (Tri State) ดังนั้นจึงสามารถต่อโดยตรงกับสายข้อมูลได้เลย

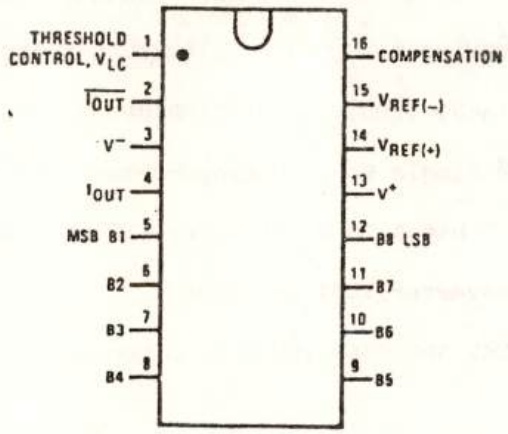
7. มีสายสัญญาณอินเตอรัพท์ ซึ่งจะมีไว้บอกให้ทราบว่าเปลี่ยน (Converse) สัญญาณเรียบร้อยแล้ว

การอ่านค่าดิจิตอลจาก A TO D Converter ที่จะต้องทำการ Start ให้กับ IC ADC 0808 เริ่มการเปลี่ยนโดยใช้คำสั่ง OUT มาที่พอร์ทที่เราต้องการอ่านค่า เมื่อ A TO D ทำการเปลี่ยนเรียบร้อยแล้ว สายสัญญาณอินเตอรัพท์จะ ACTIVE (เป็นลอจิก"1") เราก็สามารถอ่านค่าได้เลยโดยใช้คำสั่งอินพุทที่พอร์ทนั้น

จากรูปที่ 1 แสดงตำแหน่งการจัดขาของ IC เบอร์ ADC 0808,ADC 0809 ซึ่งเป็น 8 bit A TO D Converter

Connection Diagram

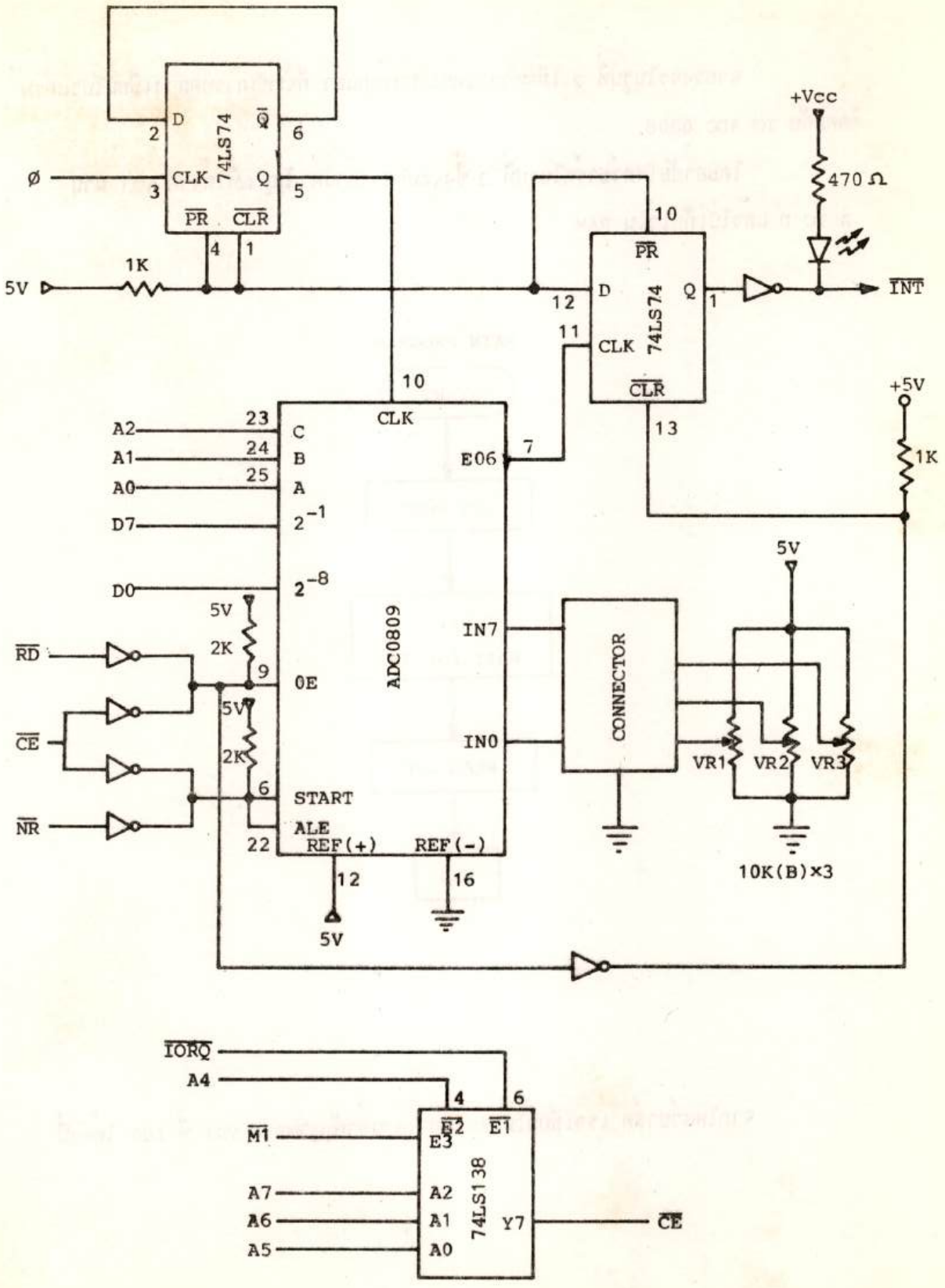
Dual-In-Line Package



TOP VIEW

รูปที่ 1

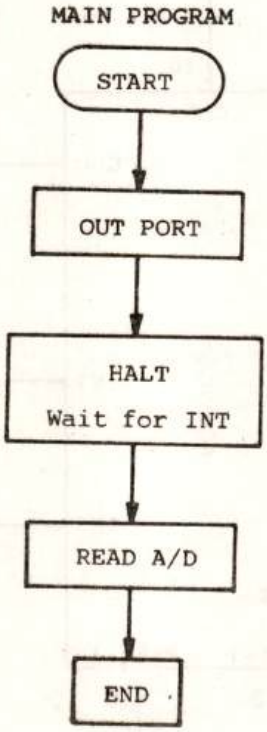
รูปที่ 2 เป็นวงจรที่ใช้ในการอินเตอร์เฟส IC ADC 0808 กับไมโครคอมพิวเตอร์แบบ Single Board (MPF I)


74LS74
D
CLK
Q
PR
CLR
Ø
5V
1K
+Vcc
470 Ω
INT
+5V
ADC0809
A2
A1
A0
D7
D0
CLK
E06
IN7
IN0
0E
START
ALE
REF(+)
REF(-)
RD
CE
NR
2K
CONNECTOR
VR1
VR2
VR3
10K(B)×3

IORQ
A4
M1
A7
A6
A5
74LS138
E3
E2
E1
A2
A1
A0
Y7
CE

จากวงจรในรูปที่ 2 เมื่อทำการต่อเรียบร้อยแล้ว ก็จะทำการทดลองเขียนโปรแกรมติดต่อกับ IC ADC 0808

โดยอาศัยโฟลว์ชาร์ตในรูปที่ 3 ซึ่งจะทำการอ่านค่าสัญญาณที่ได้จาก VR1 ผ่าน A TO D แล้วไปเก็บไว้ใน RAM



จากโฟลว์ชาร์ต เราเขียนโปรแกรมการอ่านค่าสัญญาณจาก VR1 ที่ IN0 ได้ดังนี้

โปรแกรมที่ 1

```
        ORG   1800 H
        ;
MAIN:   IM 2                ;SET INTERRUPT MODE 2
        LD    A,18H
        LD    I,A           ;DEFIND HIGHT-ORDER VECTOR ADRESS
        LD    HL,18A0H
        LD    (18FFH),HL    ;STORE INTERUPT VECTOR
        EI
        OUT   (IN0),A       ;OUT PORT IN0
        HALT                ;WAIT FOR INTERUPT
        IN    A,(IN0)       ;READ A TO D
        LD    (1900H),A     ;STORE A TO RAM (1900H)
        RST   38H           ;RETURN TO MONITOR PROGRAM
        ;
INTR:   ORG   18A0H         ;INTERUPT SERVICE ROUTINE
        RETI                ;RETURN FORM INTERUPT
        ;
   IN0 EQU E0H
```

ซึ่งจากโปรแกรมนี้เราสามารถอ่านค่าจาก VR1 ได้ โดยผ่านทาง IN0 ของ A TO D ซึ่งค่าที่ได้นี้จะถูกเก็บไว้ใน RAM ที่ Adress 1900H

จากโปรแกรมที่ 1 เป็นเพียงโปรแกรมพื้นฐานที่ใช้ในการอ่านค่าจาก A TO D ซึ่งเราสามารถดัดแปลงโปรแกรมนี้ให้สามารถแสดงค่าที่อ่านได้บน LED 7 Segment และแสดงข้อมูลที่อ่านได้ตลอดเวลา ดังต่อไปนี้

โปรแกรมที่ 2 ;"A TO D 1 INPUT (IN0) DISPLAY AT LED 7 SEGMENT"

```
        ORG   1800H
        XOR   A             ;CLEAR REG. A
MAIN:   LD    HL,1910H      ;SET ADDRESS OF DATA BUFFER
        LD    B,06H
CLR:    LD    (HL),A        ;CLEAR  DATA BUFFER
        INC   L
        DJNZ  CLR
        IM    2             ;SET INTERUPT MODE 2
        EI
        LD    A,18H
        LD    I,A           ;DEFINE HIGHT-ORDER VECTOR ADDRESS
        LD    HL,18A0H
        LD    (18FFH),HL    ;STORE INTERUPT VECTOR
OUT:    OUT   (IN0),A       ;OUT PORT IN0
        HALT                ;WAIT FOR INTERUPT
        IN    A,(IN0)       ;READ A TO D
        LD    HL,1910H
        LD    IX,1910H      ;SET DISPLAY POINTER
        CALL  HEX 7 SG      ;CONVERT HEX.DATA TO 7-SEGMENT
        CALL  SCAN I        ;DISPLAY LED 7-SEGMENT
        JR    OUT
        ;
INT:    ORG   18A0H         ;INTERUPT SERVICE ROUTINE
        EI
        RETI                ;RETURN FORM INTERUPT
        ;
```

```
IN0 EQU   E0H
HEX7SG EQU   66DH
SCANI EQU   624H
```

หมายเหตุ HEX7SG เป็น Subroutine ใน Moniter Program ของ MPF I ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนเลข 16 2 หลักให้เป็น 7 -SEGMENT FORMAT

SCAN I เป็น Subrutine ใน Moniter Promgram ของ MPF I ทำหน้าที่ SCAN KEYOARD & DISPLAY 1 CYCLE จากขวาไปซ้าย

จากโปรแกรมที่ 2 นี้ เมื่อเราปรับค่า VR1 จะทำให้เราสามารถอ่านค่าจาก IN0 ได้โดยแสดงค่าที่ LED 7 SEGMENT 2 หลักทางขวามือ ซึ่งเราก็สามารถดัดแปลงโปรแกรมที่ 2 เพื่อที่จะทำให้สามารถอ่านค่าจาก VR1 ถึง VR3 โดยแสดงผลทาง LED 7 SEGMENT ดังโปรแกรมที่ 3

โปรแกรมที่ 3 ; A TO D 3INPUT (IN0-IN2) DISPLAY AT LED 7 SEGMENT

```
        ORG   1800H
MAIN:   IM    2             ;SET INTERUPT MODE 2
        LD    A,18
        LD    I,A           ;DEFINE HIGH -ORDER VECTOR ADRESS
        LD    HL,18A0H      ;
        LD    (18FF),HL     ;STORE INTERUPT VECTOR
        EI
REPT:   LD    BC,03E0H      ;SET COUNTER & SET NO. PORT
        LD    HL,1910H      ;SET ADRESS OF DATA BUFFER
OUT:    OUT   (C),A         ;OUT PORT
        HALT                ;WAIT FOR INTERUPT
        IN    A,(C)         ;READ A TO D
        LD    IX,1910H      ;SET DISPLAY POINTER
        CALL  HEX756
```

```
        CALL   SCANI
        INC    C
        DJNZ   OUT
        JR     REPT
        ;
INTR    ORG    18A0H          ;INTERUPT SERVICE ROUTINE
        EI
        RETI                  ;RETURN FROM INTERUPT
        ;
 IN0    EQU    E0H
 IN1    EQU    E1H
 IN2    EQU    E2H
```

หลังจากที่ได้จากการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการอินเตอร์เฟสระหว่างระบบไมโครโปรเซส-เซอร์กับ IC D TO A เบอร์ DAC 0800 บ้าง

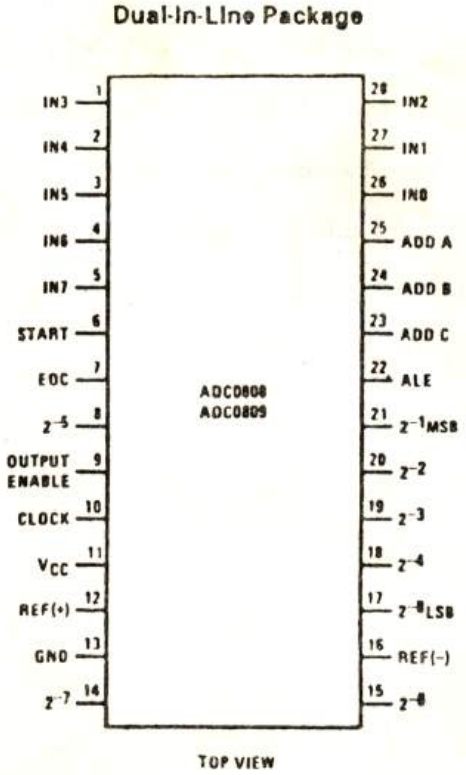
DAC 0800 เป็น DIGITAL TO ANALOG CONVERTER ขนาด 8 บิท โดยจะเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นกระแสไฟฟ้า ดังนั้นจึงต้องมี Op-Amp อีกตัวหนึ่งเพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนกระ-แสจาก D TO A เป็นแรงดันไฟฟ้าอีกครั้งหนึ่ง

การอินเตอร์เฟส DAC 0800 กับระบบไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องต่อผ่านทางเอาท์พุทพอร์ท โดย CPU จะส่งข้อมูลดิจิตอลมาแลทช์ไว้ที่เอาท์พุทพอร์ท ซึ่งในบทความนี้ได้ใช้ Z-80 PIO ในเครื่อง MPF I เป็นเอาท์พุทพอร์ท

คุณสมบัติของ DAC 0800 มีดังนี้

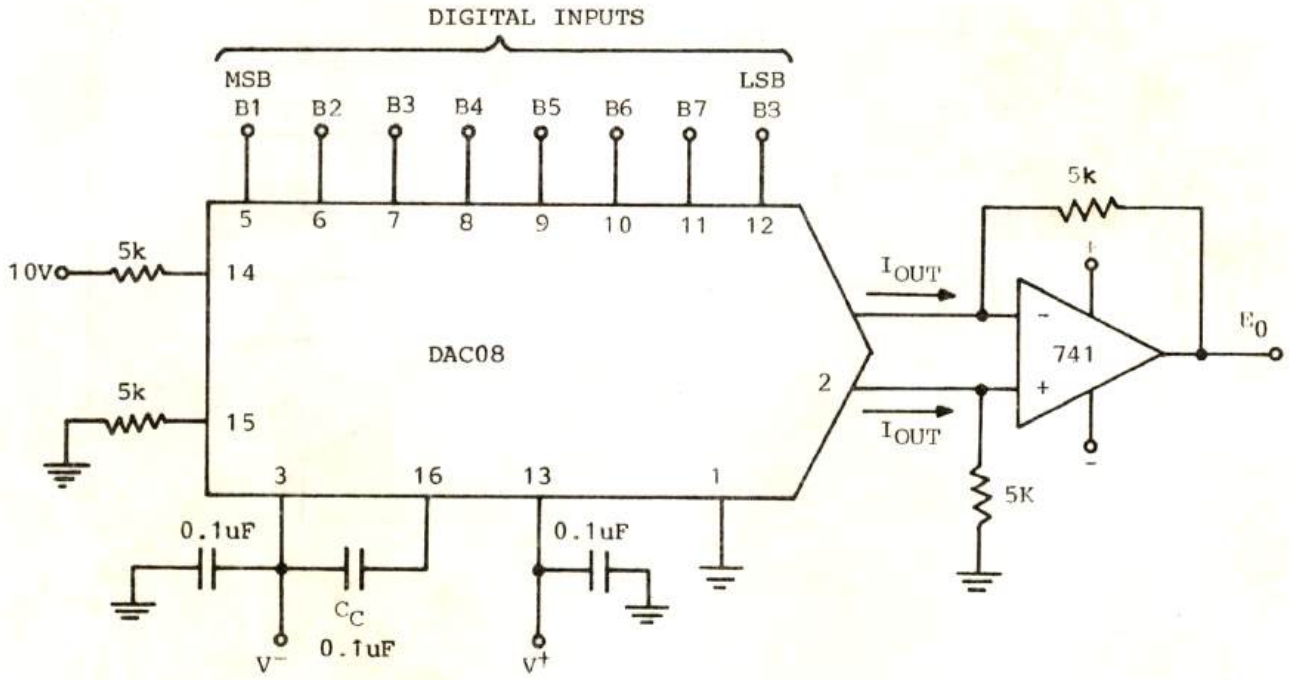
1. Fast setting output current 100 nS
2. Wide power supply range +4.5V to +18V
3. High output compliance -10V to +18V
4. กำลังสูญเสียต่ำ 33 mW ที่ +5V

จากรูปที่ 4 แสดงตำแหน่งการจัดขาของ IC เบอร์ DAC 0800



รูปที่ 4

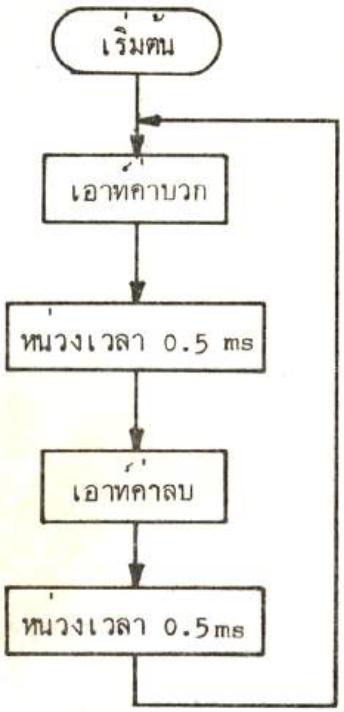
รูปที่ 5 แสดงวงจรที่ใช้ในการอินเตอร์เฟส IC DAC 0800 กับไมโครคอมพิวเตอร์แบบ Single Board (MPF I)



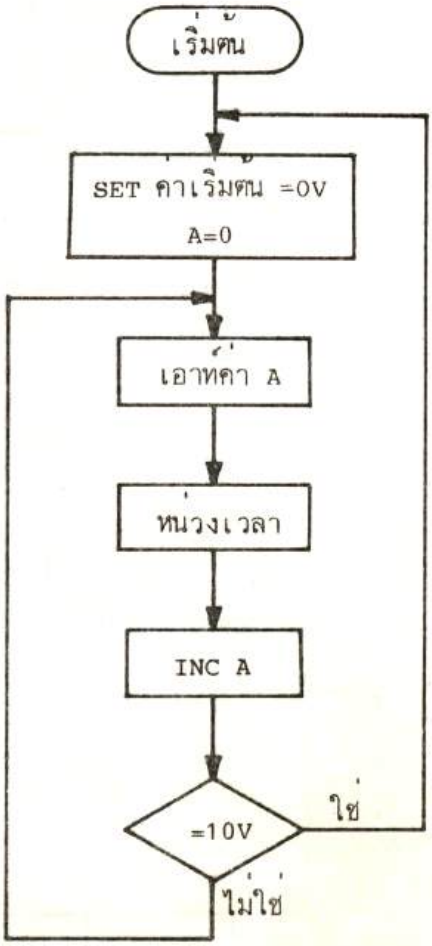
รูปที่ 5

เมื่อทำการต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ก็จะทำการทดลองเขียนโปรแกรมติดต่อกับ IC DAC 0800 ซึ่งเราจะเขียนโปรแกรมสร้าง square wave ความถี่ 1 KHz 1 Vp-p และ SAW TOOTH Wave ความถี่ 1 KHz 10 Vp-p ซึ่งในการเขียนโปรแกรมนี้เราจะต้องตรวจสอบค่าดิจิตอลที่จะทำให้เอาท์พุท 1 โวลท์ และ 10 โวลท์ (ซึ่งจะหาดูได้จาก DATA SHEET ของDAC 0800) ว่ามีค่าเท่าใด จากนั้นจะต้อง Initial ให้ Z-80 PIO เป็นเอาท์พุทพอร์ท และก็อาศัยโฟลว์ชาร์ตในรูปที่ 6 ช่วยในการเขียนโปรแกรม

กรณี square wave



กรณี sawtooth wave



รูปที่ 6

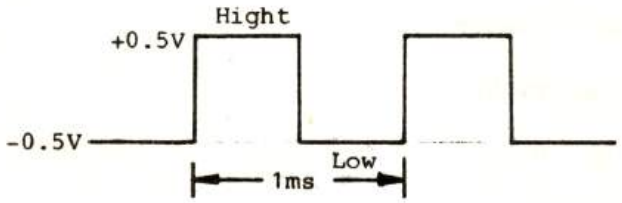
square wave : frequency 1 KHz 1 V_{p-p}

clock ใน MPF I O = 1.7895 MHz ; 1 clock = 0.5588 µS

1 µS = 1790 clock

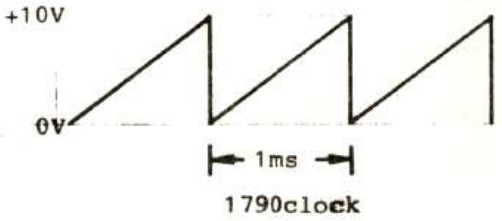
ให้ HIGH = 895 clock

LOW = 895 clock



Saw tooth : frequency 1 KHz 10 V_{p-p}

1 mS = 1790 clocks




```
; This program covert digital to square wave
; frequency 1 KHz, 1 Vp-p
TDELAY EQU   40H          ;SET TIME DELAY
DPORTA EQU   80H          ;DATA SEND TO PORT A OF PIO
CPORTA EQU   82H          ;CONTROL PORT FOR PORT A
MODE 0 EQU   00XX1111B    ;SELECT MODE 0
DINT   EQU   0XXX0011B    ;DISABLE INTERUPT
HILGHL EQU   86H          ;Amplitude =0.5V
LOWL   EQU   79H          ;Amplitude =-0.5V
   ;   INITIAL PIO
       ORG   1800H
```

```
        LD    A,MODE0       ;SET PIO MODE 0
        OUT   (CPORTA),A
        LD    A,PINT        ;DISABLE INTERUPT PIO
        OUT   (CPORTA),A
        DISPLAY SQUARE WAVE
DISP:   LD    A,HIGHL
        OUT   (DPORTA),A    ;OUT 0.5V
        CALL  DELAY         ;DELAY TIME
        LD    A,XXH         ;INSERT FOR CORRECT DELAY
        NOP
        LD    A,LOWL
        OUT   (DPORTA),A    ;OUT -0.5V
        CALL  DELAY
        JR    DISP
DELAY:  LD    B,TDELAY
DELAY1: DJNZ  DELAY1
        NOP
        RET

    ; This program convert Digital to sawtooth
    ; frequency 1 KHz,1Vp-p
    ;
DPORTA  EQU   80H
CPORTA  EQU   82H
MODE0   EQU   00XX1111B
DINT    EQU   0XXX0011B
HIGHL   EQU   FFH           ;SET HIGH LEVEL =10V
LOWL    EQU   80H           ;SET LOW LEVEL =0V
```

```
        ;INITIAL   PIO
            ORG    1800H
            LD     A,MODE0        ;SET PIO MODE 0
            OUT    (CPORTA),A
            LD     A,DINT         ;DISABLE INTERRUPT PIO
            OUT    (CPORTA),A
        ; DISPLAY SAWTOOTH frequency 1KHz 10Vp-p
DISP        LD     A,LOWL
OUT         OUT    (DPORTA),A
            ADD    A,04H          ;INCREMENT REG.A
            CP     A,HIGKL        ;check if 10V
            JR     C,DISP
            NOP
            NOP
            JR     OUT
```

จากการศึกษาการอินเตอร์เฟส A TO D CONVERTER และ A TO D CONVERTER เพื่อใช้ร่วมกันกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์แบบ Single board นี้ก็ช่วยชี้เห็นแนวทางการนำไมโครคอมพิวเตอร์แบบ Single board นี้ไปประยุกต์ใช้งานต่างๆได้มากขึ้น ซึ่งไม่เฉพาะเจาะจงกับไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 เท่านั้น เรายังสามารถประยุกต์ใช้กับไมโครโปรเซสเซอร์เองบริษัทผู้ผลิตอื่นๆได้อีก โดยอาศัยหลักการพื้นฐานแบบเดียวกัน

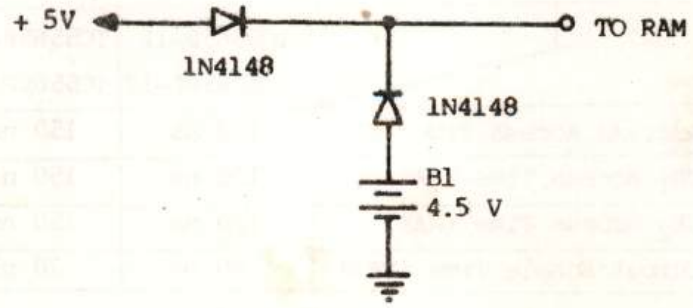
การพัฒนาโปรแกรมภาษาเครื่องด้วย STATIC RAM 8 Kbyte

การพัฒนาโปรแกรมภาษาเครื่องสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์แบบ Single board นั้น มักจะมีการเปลี่ยนแปลงและแก้ไขอยู่ตลอดเวลา ซึ่งเมื่อขณะทำโปรแกรมอยู่ใน RAM แล้วทำการ RUN ถ้าหากเกิดข้อผิดพลาด ก็อาจจะทำให้โปรแกรมที่บรรจุอยู่ใน RAM นั้นสูญหายไปได้ จากปัญหาอันนี้ก็มีวิธีแก้โดยทำ RAM ให้มีลักษณะคล้าย ROM ซึ่งจะทำให้โปรแกรมที่อยู่ใน RAM นั้นไม่สูญหาย และเมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงแก้ไขก็สามารถทำได้โดยง่ายและรวดเร็ว

การใช้ RAM ให้เป็น ROM นั้นเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดวิธีหนึ่งในการพัฒนาโปรแกรมภาษาเครื่อง ซึ่งการนำ RAM มาใช้แทน ROM เรานิยมใช้ RAM ชนิด STATIC มากกว่าชนิด DYNAMIC ทั้งนี้เพราะว่าชนิด DYNAMIC มีการใช้งานค่อนข้างยุ่งยากกว่าชนิด STATIC เนื่องจากต้องมีการ refresh ตลอดเวลา การ refresh ของ DYNAMIC RAM คือขบวนการอ่านข้อมูลเข้าไปในหน่วยความจำ เนื่องจากการเก็บข้อมูลของ DYNAMIC RAM มีลักษณะคล้ายการเก็บประจุของ Capacitor ซึ่งจะต้องมีการ Charge ประจุอยู่เรื่อยๆจึงสามารถเก็บประจุนั้นได้ ดังนั้นการ refresh จึงทำให้ DYNAMIC RAM สามารถเก็บข้อมูลไว้ได้ ส่วน RAM ชนิด STATIC นั้นใช้งานง่ายกว่า DYNAMIC RAM มาก เนื่องจากไม่ต้องมีการ refresh แต่ก็มีข้อเสียคือ ขนาดความจุของ STATIC RAM ที่มีขายอยู่ในท้องตลาดนั้นไม่สูงนัก และค่อนข้างจะมีราคาสูงกว่าเมื่อเทียบกับ Dynamic RAM

หลักการที่สำคัญในการเปลี่ยน RAM ให้เป็น ROM นั้นก็คือการเพิ่มแบตเตอรี่ เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่ RAM ตลอดเวลา ดังนั้นข้อมูลที่ถูกเขียนลงบน RAM จะถูกเก็บรักษาไว้ตลอดเวลาตราบเท่าที่ไฟเลี้ยงจากแบตเตอรี่ ยังคงมีพอเพียงที่จะรักษาข้อมูลใน RAM ไม่ให้สูญหายไปได้

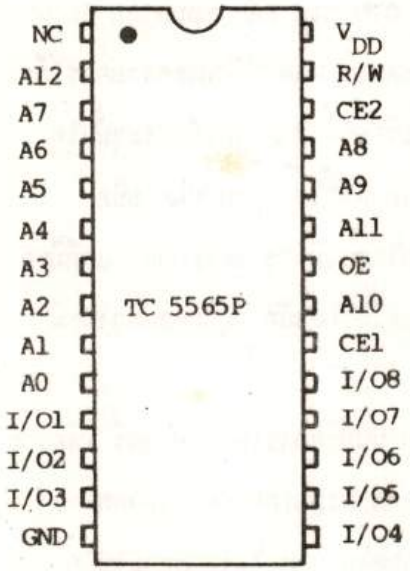
จากรูปที่ 1 เป็นวงจรที่ใช้ในการต่อแบตเตอรี่ให้กับ RAM



รูปที่ 1

สำหรับ Static RAM ที่นิยมใช้ในขณะนี้ก็คือ IC เบอร์ HM 6116LP ซึ่งมีขนาดความจุความจำ 2 Kbyte จะเห็นได้ว่าความจุขนาด 2 Kbyte นี้อาจไม่เพียงพอต่อการใช้งานบางอย่างได้ ซึ่งเราอาจแก้ไขโดยเพิ่ม IC เบอร์เดียวกันนี้ ลงไปอีกในวงจรตามที่ต้องการ แต่จะทำให้ต้องเพิ่มวงจร Decoder ลงไปด้วยและยังเป็นผลให้การกินกระแสจากแบตเตอรี่เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

ขณะนี้เทคโนโลยี่ในการผลิต RAM ชนิด Static นี้ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็วมาก ทำให้สามารถผลิต Static RAM ที่มีขนาดความจุเพิ่มมากขึ้นและกินกระแสไฟต่ำมาก ตัวอย่างเช่น IC Static RAM เบอร์ TC 5565 P-12/P-15 ของบริษัท TOSHIBA หรือเบอร์ HM 6264LP ของบริษัท HITACHI ซึ่งเป็น Static RAM ที่มีขนาดความจุถึง 8 Kbyte และกินกระแสไฟต่ำมาก ซึ่งข้อมูลคร่าวๆของ IC เบอร์ TC 5565 นี้แสดงในรูปที่ 2



$A_0 \sim A_{12}$	Address Inputs
R/W	Read/Write Control Input
OE	Output Enable Input
CE_1 , CE_2	Chip Enable Inputs
$I/O_1 \sim I/O_8$	Data Input/Output
V_{DD}	Power (+5V)
GND	Ground
N.C.	No Connection

- Directly TTL Compatable: All Inputs And Outputs
- Standard 28 Pin DIP
- Pin Compatable with 2764 type EPROM

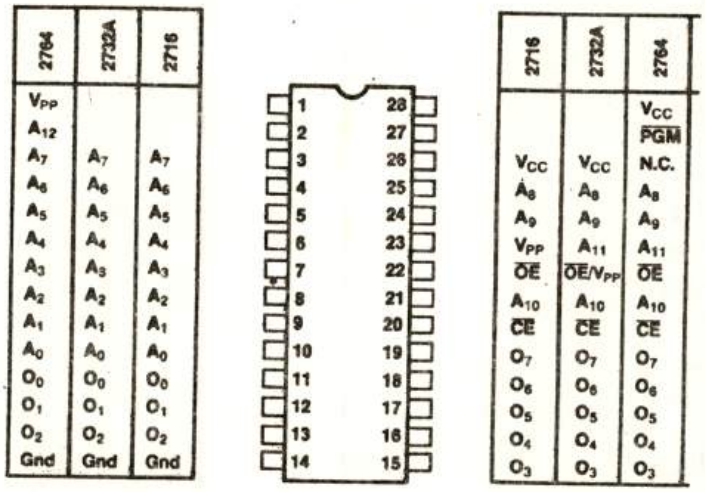
	TC5565P-12 TC5565PL-12	TC5565P-15 TC5565PL-15
Address Access Time (MAX)	120 ns	150 ns
CE_1 Access Time (MAX)	120 ns	150 ns
CE_2 Access Time (MAX)	120 ns	150 ns
Output Enable Time (MAX)	60 ns	70 ns

รูปที่ 2 แสดงข้อมูลต่าง ๆ ของ IC เบอร์ TC 5565P

สำหรับ IC เบอร์ HM 6264LP นั้นคุณสมบัติและขาเหมือนกับ IC TC 5565P ทุกประการ แต่การกินกระแสไฟนั้นต่ำกว่าเบอร์ TC 5565P

จากข้อมูลของ IC TC 5565P นั้นจะพบว่าการจัดขาของ IC เบอร์นี้ตรงกับขาของ IC เบอร์ 2764 ซึ่งเป็น EPROM ขนาด 8 Kbyte ดังนั้นเราจึงสามารถใช้ RAM ตัวนี้ในตำแหน่งของ IC 2764 ได้ทันที

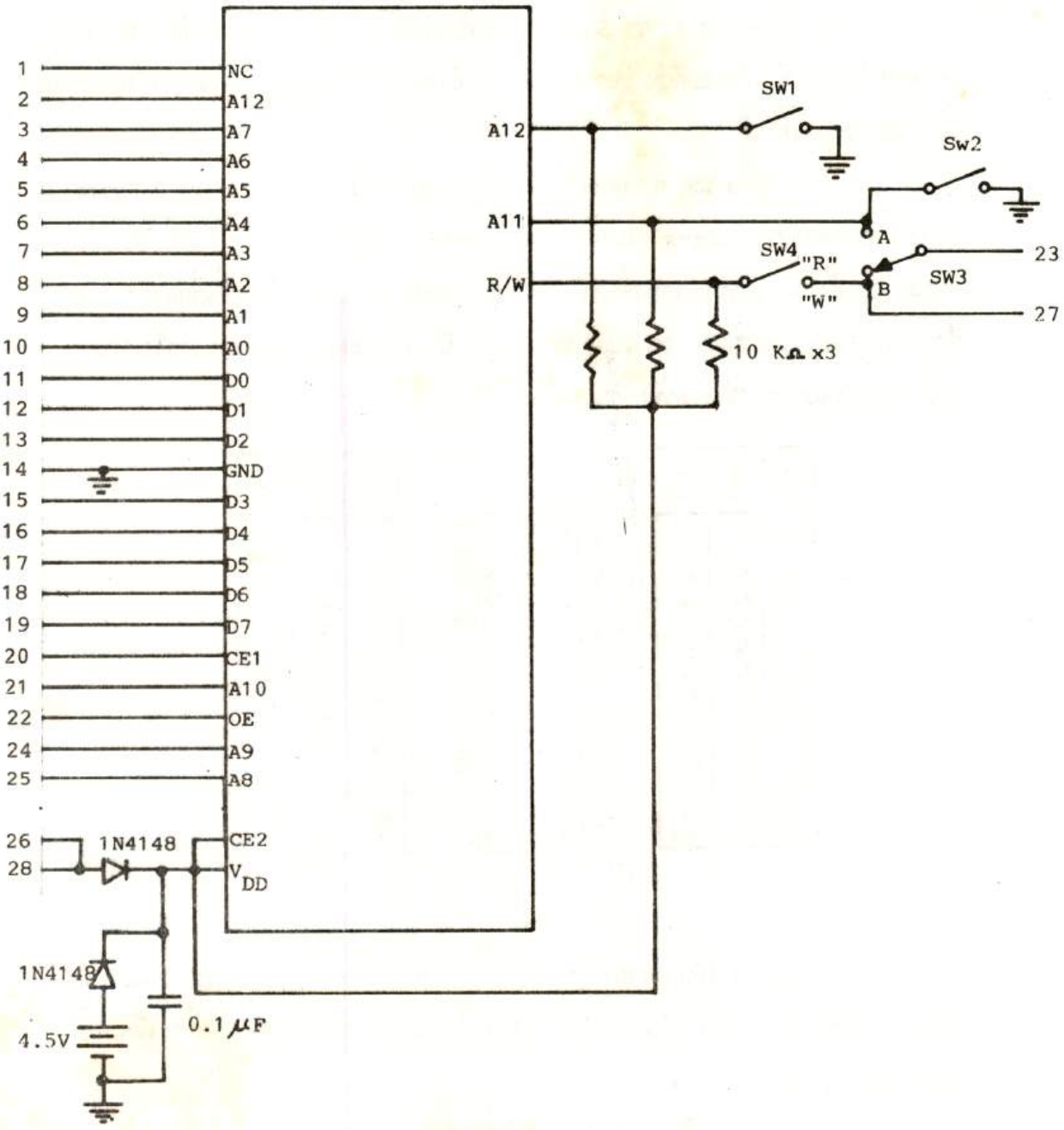
จากรูปที่ 3 แสดงการจัดขาของ EPROM เบอร์ 2716 (ขนาดความจุ 2 Kbyte) 2732 (ขนาดความจุ 4 Kbyte) และ 2764 (ขนาดความจุ 8 Kbyte) จะเห็นได้ว่าการจัดขาของ IC ทั้ง 3 เบอร์นี้มีความคล้ายคลึงกันมาก เพียงแต่ IC 2764 มีขาเพิ่มขึ้นมาอีก 4 ขา ซึ่งถ้าประยุกต์การใช้งานของ IC เบอร์ TC 5565P นี้ให้เหมาะสมแล้วก็จะสามารถใช้แทนตำแหน่งของ EPROM ทั้ง 3 เบอร์ที่กล่าวมานี้ได้



รูปที่ 3

จากรูปที่ 4 เป็นวงจรประยุกต์การใช้งาน IC TC 5565P หรือ HM 6264LP มาใช้แทน EPROM เบอร์ 2716 , 2732 และ 2764 ซึ่งมีหลักการเขียนข้อมูล และการเลือกใช้งานในแต่ละเบอร์ดังนี้

-เมื่อใช้เขียนข้อมูลไม่เกิน 2 Kbyte เพื่อใช้แทน IC เบอร์ 2716 ให้นำ SOCKET ของวงจรที่ทำขึ้นไปเสียบแทนที่ RAM เบอร์ HM 6116LP บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบ Single Board และจะต้องเลื่อนการเสียบ SOCKET โดยปล่อยให้ขา 1,2 และ 27,28 ลอยออกมานอก SOCKET (ทั้งนี้เพื่อให้ตำแหน่งขาตรงกัน) แล้วปรับ SW4 ให้อยู่ที่ตำแหน่ง "W" (WRITE) ปรับ SW3 ให้อยู่ตำแหน่ง "B" การเขียนข้อมูลในกรณีนี้สามารถเลือกช่วงการเขียนได้



รูปที่ 4 แสดงวงจรประยุกต์การใช้งาน IC TC 5565P

* หมายเหตุ ตำแหน่งหมายเลข คือ ตำแหน่งขาบน SOCKET IC ที่ใช้ในการแทนที่ ROM

4 ช่วง โดยเลือกปรับที่ SW1 และ SW2 ซึ่งแต่ละช่วงเขียนข้อมูลได้ไม่เกิน 2 Kbyte เมื่อเขียนข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ปรับ SW4 ไปอยู่ตำแหน่ง "R"(READ) เสมอ เพื่อป้องกันการเขียนข้อมูลทับ และป้องกันข้อมูลผิดพลาดเนื่องจากการเปิดปิดสวิทช์ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จากนั้นเราก็สามารถนำข้อมูลนี้ไปแทน IC2716 ได้

-เมื่อใช้แทน IC2732 ก็อาจจะใช้วิธีการเขียนแบบเดียวกับกรณี IC2716 แต่จะต้องเลือกปรับตำแหน่ง SW1 และ SW2 เนื่องจากเขียนได้ทีละ 2Kbyte หรือจะนำไปแทนที่ IC2732 แล้วปรับ SW3 ไปที่ตำแหน่ง "A" แล้วนำขา 27 ไปต่อกับขา WR ของ CPU ก็จะเขียนได้ทีละ 4 Kbyte ซึ่งจะต้องปรับ SW2 ให้ open circuit ตลอดเวลา และใช้ SW1 เป็นตัวเลือกช่วงการเขียน เมื่อเขียนข้อมูลเสร็จเรียบร้อยต้องปรับ SW4 ไปตำแหน่ง "R" เสมอ

-เมื่อเขียนข้อมูลทีละ 8Kbyte เพื่อแทน IC2764 ก็นำไปแทนตำแหน่งของ RAM เบอร์ TC5565 หรือ HM6264LP บน Single board ไมโครคอมพิวเตอร์ แล้วปรับ SW4 ไปตำแหน่ง "W" ปรับ SW3 ไปตำแหน่ง "A" และให้ SW1 และ SW open circuit ตลอดเวลา เมื่อเขียนเสร็จแล้วให้ปรับ SW4 ไปตำแหน่ง "R" จากนั้นก็สามารถนำไปแทนที่ IC2764 ได้

จะเห็นได้ว่าการนำ RAM ไปทำ ROM ที่สามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้นั้น ให้ประโยชน์ต่อการพัฒนาโปรแกรมภาษาเครื่องเป็นอย่างมาก ซึ่งอีกไม่นานบริษัทผู้ผลิต IC คงจะผลิต STATIC RAM ที่มีความจุสูงซึ่งอาจจะเป็น 16Kbyte 32Kbyte 64Kbyte หรือมากกว่านั้นภายใน IC เพียง Chip เดียว ออกมาจำหน่าย และจะเป็นผลทำให้ส่วนของ memory บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เล็กลงแต่มีความจุสูง และช่วยลดความยุ่งยากทาง hardware ลงไปได้มาก

เครื่องส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์ผ่านสายโทรศัพท์

(Modem)

ชวยง พิกุลสวัสดิ์ *

1.บทนำ

การสื่อสารข้อมูลของคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้กันในขณะนี้ อาศัยสายโทรศัพท์เป็นตัวกลางในการส่งข้อมูล เหตุผลทั้งนี้ก็เพราะว่าสายโทรศัพท์มีติดตั้งอยู่ทุกหนทุกแห่ง จึงไม่จำเป็นต้องเดินสายส่งใหม่ให้สิ้นเปลืองอีก แต่ว่าสายโทรศัพท์มีข้อจำกัดคือ ข้อมูลที่จะส่งนั้นต้องเป็นแบบอนุกรม และความถี่ของสัญญาณข้อมูลต้องไม่เกินกว่าช่วงความถี่ (Bandwidth) ที่สายโทรศัพท์ยอมให้ผ่านได้ ถ้าความถี่เกินกว่านี้แล้วจะเกิดการลดทอนของสัญญาณในสายมาก ทำให้ข้อมูลผิดพลาดไปจากเดิมได้ ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับสายโทรศัพท์เพื่อให้เกิดการส่งข้อมูลขึ้นได้ อุปกรณ์อันนี้เรียกว่า Modem

Modem เป็นคำย่อมาจากคำว่า Modulator และ Demodulator ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์โดยใช้สายโทรศัพท์ เพราะจะเป็นตัวเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลที่มาจากคอมพิวเตอร์หรือเทอร์มินัลให้เหมาะสมและสามารถส่งผ่านไปตามสายโทรศัพท์ได้

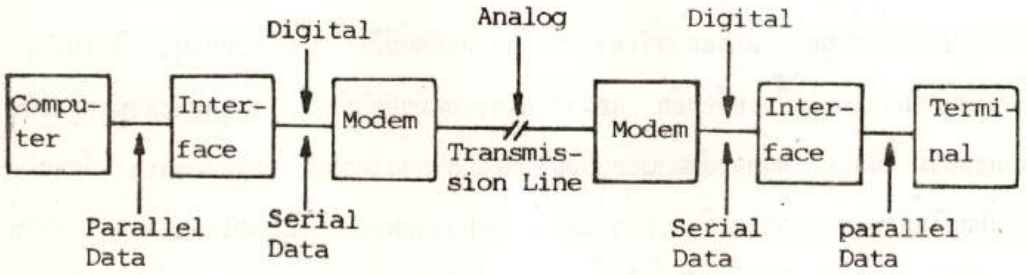
2. ขอบข่ายการสื่อสารข้อมูล (Communication Link)

การสื่อสารข้อมูล (Data Communication) ระหว่างสถานที่ 2 แห่ง หรือมากกว่าซึ่งอยู่ห่างไกลกัน คือการส่งถ่ายข้อมูลหรือจัดระบบข้อมูล เพื่อเป็นการถ่ายทอดหรือแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน ในการติดต่อสื่อสารระหว่างสถานที่ที่อยู่ห่างไกลกันนี้ จะต้องมีอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อระหว่าง2สถานที่นี้ เพื่อเป็นทางเดินของข้อมูลอุปกรณ์นั้นได้แก่ สายส่ง (Transmission Line) ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้สายโทรศัพท์ เนื่องจากระบบโทรศัพท์มีการขยายงานกว้างขวางพอสมควรและมีจำนวนมากพอ

เนื่องจากคุณสมบัติของสายส่งถูกกำหนดไว้ว่า ในเวลาใดเวลาหนึ่งจะยอมให้ข้อมูลถูกส่งผ่านไปเพียง 1 element เท่านั้น หรือเป็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั่นเอง และเนื่องจากระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้มีการจัดระบบข้อมูลแบบขนาน ดังนั้นข้อมูลที่จะออกจากคอมพิวเตอร์จะต้องถูกเปลี่ยนให้เป็นข้อมูลแบบอนุกรมเสียก่อนที่จะส่งไปตามสายโทรศัพท์ ในการเปลี่ยนข้อมูลแบบขนานเป็นแบบอนุกรมนี้จะถูกทำโดย DC-Controller หรือ ภาค Interface และในการ

เปลี่ยนข้อมูลแบบอนุกรมเป็นแบบขนานก็ใช้ภาค Interface เช่นกัน

สัญญาณที่ถูกส่งออกจากคอมพิวเตอร์นั้นเป็นสัญญาณ digital เมื่อผ่านวงจร Interface ก็ยังเป็นสัญญาณ digital เช่นเดิม เนื่องจากสายโทรศัพท์ไม่สามารถรับสัญญาณแบบ digital ได้ แต่สามารถรับสัญญาณแบบ Analog ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์อย่างหนึ่งซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากแบบ digital มาเป็นแบบ Analog เสียก่อนที่จะถูกส่งไปตามสายโทรศัพท์ อุปกรณ์ดังกล่าวได้แก่ Modem



รูปที่ 1 Block diagram แสดงการส่งและรับข้อมูล

3. ลักษณะการต่ออุปกรณ์การส่งถ่ายข้อมูล

สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในการส่งถ่ายข้อมูลที่ควรจะพิจารณาดูว่าการส่งถ่ายข้อมูลเป็นแบบส่งและรับพร้อมกันในเวลาเดียวกันหรือแบบส่งหรือรับได้เพียงอย่างเดียว ซึ่งพิจารณาแยกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. Simplex คือการส่งถ่ายข้อมูลในลักษณะทางเดียว หมายถึงว่า จากสถานที่หนึ่งซึ่งถูกกำหนดให้เป็นผู้ส่งก็จะส่งข้อมูลได้เพียงอย่างเดียวไม่สามารถจะรับข้อมูลได้เลย ส่วนสถานที่ที่กำหนดให้เป็นผู้รับก็จะรับข้อมูลได้เพียงอย่างเดียวเช่นกัน

2. Duplex คือการส่งถ่ายข้อมูลที่สามารถจะกระทำได้ 2 ทาง สถานที่หนึ่งๆสามารถจะเป็นได้ทั้งผู้ส่งและผู้รับ ซึ่งแบบ Duplex นี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

2.1 Haif Duplex เป็นการส่งถ่ายข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์นัก เนื่องจากว่าสถานที่ใดสถานที่หนึ่งไม่สามารถส่งและรับข้อมูลในเวลาเดียวกัน มี switch เลือกว่าจะเป็นตัวส่งหรือตัวรับ

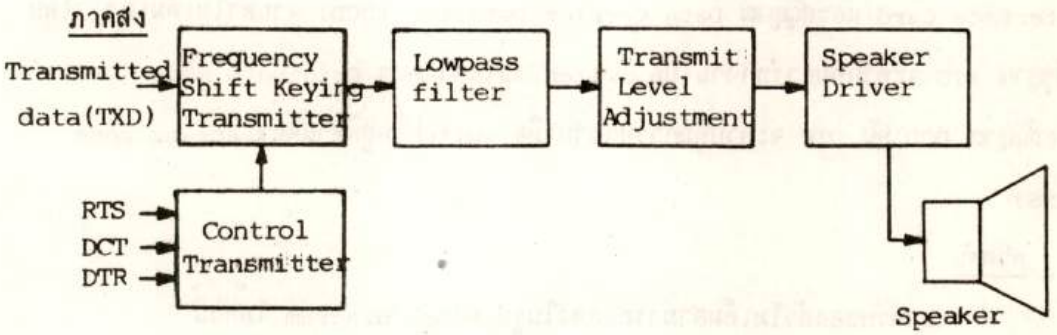
2.2 Full Duplex เป็นการส่งถ่ายข้อมูลแบบ Duplex ที่สมบูรณ์ คือข้อมูลจะถูกส่งหรือรับในเวลาเดียวกันได้ ระบบนี้จะต้องใช้สายส่งถึง 4 เส้นด้วยกัน

4. การออกแบบ Modem

Modem ที่สร้างขึ้นนี้เป็นชนิด Acoustic couple modem ซึ่งใช้สัญญาณในย่านความถี่เสียงส่งผ่านออกจากลำโพงไปเข้าปากพูดของโทรศัพท์ และจากหูฟังโทรศัพท์เข้าไมโครโฟนของตัวรับเพื่อทำการแยกสัญญาณต่อไป

ส่วนประกอบหลักของวงจร Modem ประกอบด้วย

- ภาคส่ง
- ภาครับ



รูปที่ 2 แสดง Block diagram การทำงานของภาคส่งของตัว Modem

- ภาค Frequency Shift Keying Transmitter

ภาคนี้อาจจะเรียกว่า ภาคผสมสัญญาณ (Modulation) ก็ได้ เพราะว่าการทำงานของภาคนี้จะเป็นการผสมสัญญาณแบบ Frequency Shift Keying ซึ่งเป็นลักษณะหนึ่งของการผสมสัญญาณแบบ Frequency Modulation (FM) วงจรที่ออกแบบใช้ไอซีเบอร์ 566 ซึ่งเป็นวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ที่ควบคุมความถี่ด้วยระดับแรงดัน (Voltage Control Oscillator)

- ภาค Low Pass Filter

ภาค Low Pass Filter นี้จะทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนทางความถี่สูงให้ออกจากสัญญาณที่เป็นข้อมูล

- ภาค Transmiitter Level Adjustment

ภาค Transmitter Level Adjustment นี้ทำหน้าที่เป็นตัวปรับขนาดของสัญญาณข้อมูลที่ออกจาก Low pass filter ให้มีขนาดพอเหมาะและสามารถส่งผ่าน Acoustic coupler ไปตามสายโทรศัพท์ถึงตัวผู้รับได้ อุปกรณ์ที่ใช้เป็น potentiometer ธรรมดา

- ภาค Speaker Drive

ภาค Speaker Driver นี้ทำหน้าที่ขยายสัญญาณข้อมูลที่รับมาจากภาค

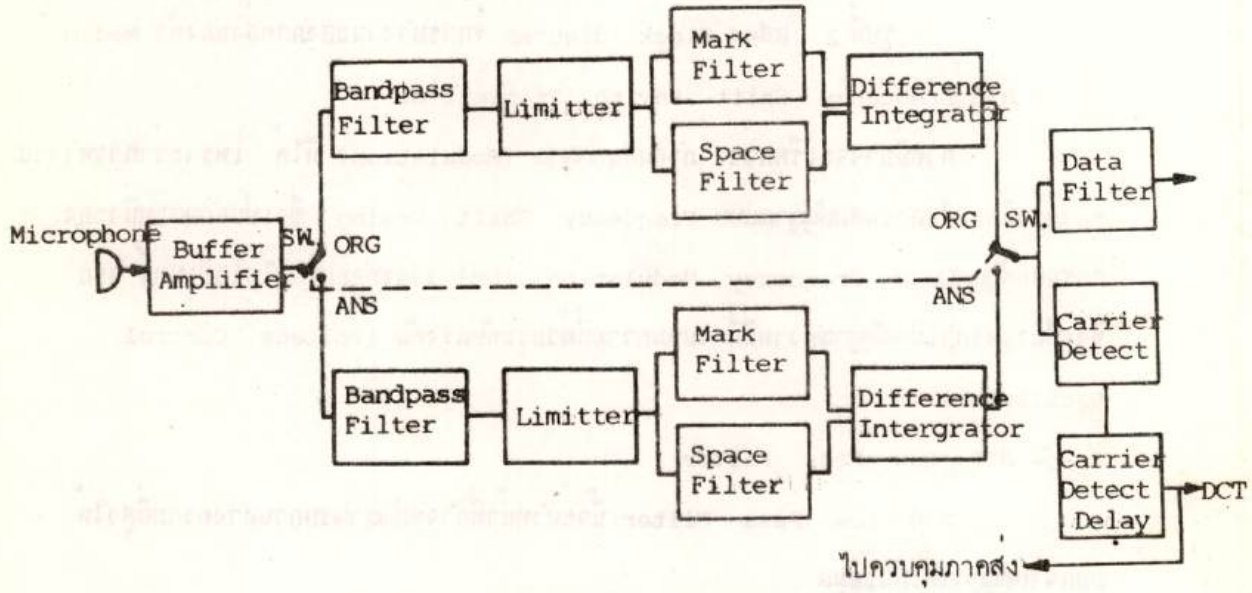
Transmitter Level Adjustment ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อสามารถที่จะขับออกทางลำโพงที่มี impedance 8 ได้ ตัววงจรเป็นลักษณะของ Non-inverting Amplifier

- ภาค Control Transmitter

สัญญาณข้อมูลที่ออกจากภาค FSK Transmitter ไปสู่ภาค Low pass filter จะถูกควบคุมโดยภาค Control Transmitter สัญญาณควบคุมเหล่านี้ได้มาจากสัญญาณ Request to send (RTS) สัญญาณ Data Terminal Ready (DTR) จาก Modem Interface Card และสัญญาณ Data Carrier Detector (DCD) จากตัวโมเด็มเอง โดยที่สัญญาณ RTS จะควบคุมการทำงานเมื่อ switch อยู่ในตำแหน่ง Originate mode (ORG) และสัญญาณ DCD กับ DTR จะควบคุมการทำงานเมื่อ switch อยู่ที่ตำแหน่ง Answer mode (ANS)

ภาครับ

ภาครับของตัวโมเด็มสามารถแสดงในรูป Block diagram ได้ดังนี้



รูปที่ 3 Block diagram แสดงการทำงานของภาครับของตัวโมเด็ม

จากรูปข้างบน สวิทช์ 2 ตัวจะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวเลือก Mode เท่านั้นว่าตัวโมเด็มนี้จะเป็นผู้ส่ง(Originate mode) หรือจะเป็นผู้รับ(Answer mode) โมเด็มที่ออกแบบและสร้างขึ้นนี้สามารถทำงานเป็นแบบ Full Duplex ได้ด้วย คือ สามารถส่งสัญญาณข้อมูลและรับสัญญาณข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน การที่ออกแบบให้ Modem แต่ละตัวสามารถเลือกได้ว่าจะเป็นตัวส่งหรือตัวรับได้ ทำให้วงจรทางภาครับตั้งแต่ภาค Bandpass Filter ภาค Limitter ภาค

Mark Filter and Space Filter และภาค Difference Integrator ต้องมีอยู่ 2 ชุด โดยที่แต่ละชุดจะตั้งช่วงความถี่ไว้แตกต่างกัน เพื่อให้ความถี่ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารตรงตามมาตราฐานของ CCITT.

- ภาค Buffer Amplifier

วงจรที่ใช้เป็น Non-inverting Amplifier ซึ่งมี Op Amp เป็นตัวทำงาน Op-Amp ที่ใช้ในภาคนี้เป็นชนิดเดียวกันกับที่ใช้ในภาคอื่นๆ คือ เป็น J-FET Input Operational Amplifier

- ภาค Bandpass Filter

วงจร Bandpass Filter เป็น Active Filter ชนิด Infinite-Gain Multiple-feedback Bandpass Filters ต่อ Cascade เข้าด้วยกัน 3 ชุด โดยแต่ละชุดจะมี Center Frequency (fc) แตกต่างกันไป แต่มี Quality Factor (Q) และอัตราขยาย (A) เท่ากัน

- ภาค Limitter

วงจรภาค Limitter นี้จะทำหน้าที่ลดขนาดของสัญญาณข้อมูลให้เหลือเพียง+/- 0.7 โวลท์ เพื่อป้อนให้กับภาค Mark Filter และ Space Filter เหตุผลที่ต้องมีการลดขนาดของสัญญาณลง คือ สัญญาณที่ออกจาก Bandpass Filter มีขนาดใหญ่มาก ถ้าป้อนสัญญาณนี้ให้แก่ Mark และ Space Filter โดยตรง จะทำให้ Op Amp ในวงจร Filter ทั้งสองเกิด Saturation ได้ เมื่อเกิด Saturation output จาก Filter ทั้งสองจะถูกชลิบให้มีขนาดเท่ากัน คือ สัญญาณจะถูกชลิบที่แรงดันประมาณใกล้เคียงกับแรงดันไฟเลี้ยงของ Op Amp ดังนั้นจะไม่สามารถแยกออกได้ว่าขณะนี้มีข้อมูลที่เป็น Mark หรือ Space เข้ามา การ detect ข้อมูลในวงจรภาคถัดไปจึงเกิดผิดพลาดขึ้น

- ภาค Mark Filter และ Space Filter

เนื่องจากความถี่ของสัญญาณขณะที่มีข้อมูลเป็น Mark กับความถี่ของสัญญาณขณะที่มีข้อมูลเป็น Space มีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น คือ จะแตกต่างกันประมาณ 200 Hz ดังนั้นวงจรฟิลเตอร์สำหรับภาค Mark Filter และภาค Space Filter จึงต้องมีค่า Quality factor (Q) สูงพอ เพื่อที่จะให้วงจรสามารถแยกออกได้ว่าสัญญาณข้อมูลที่ได้รับอยู่ขณะนั้นเป็น Mark frequency หรือ Space Frequency

- ภาค Difference Integrator

หน้าที่สำคัญของภาคนี้ คือ ตรวจสอบว่าในเวลาขณะที่ได้รับสัญญาณข้อมูลจากภาค Mark และ Space Filter นั้น output จาก Filter ตัวใดที่มีขนาดใหญ่กว่า output ของ Mark และ Space Filter จะถูกนำมาหักลบกัน เมื่อมีข้อมูล Mark เข้ามา output ของ Op Amp จะเป็น +12 V และในทำนองเดียวกันถ้ามีข้อมูล Space เข้ามา output จะเป็น -12 V แต่ถ้าไม่มีข้อมูลที่เป็น Mark หรือ Space เข้ามาเลย output ของ Op Amp จะเป็น 0 Volt

- ภาค Data Filter

ภาค Data Filter จะทำหน้าที่กำจัดความถี่ของพาหะ (Carier Frequency) ที่หลงเหลือมากับสัญญาณข้อมูลที่ออกจากภาค Difference Integrator และทำให้ข้อมูลที่ detect ได้ มีรูปร่างลักษณะที่สมมาตร

- ภาค Carrier Detect

หน้าที่ของวงจรนี้ คือ ตรวจจับ (detect) ว่ามีสัญญาณข้อมูลมาจาก output ของภาค Difference Integrator หรือไม่

- ภาค Carrier Detect Delay

หน้าที่ของวงจรนี้ คือ หน่วงเวลาการ detect สัญญาณข้อมูลได้ประมาณ 2-3 วินาที

5. สรุป

การส่งข้อมูลทางสายโทรศัพท์ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานของคอมพิวเตอร์ให้สูงขึ้น และเมื่อคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในวงการธุรกิจ อุตสาหกรรม ระบบ Modem จึงเริ่มมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น บทความที่เขียนขึ้นนี้เป็นการกล่าวทฤษฎีและวงจรใช้งานเท่าที่จำเป็น หากท่านใดมีความสนใจอยากทราบรายละเอียด สามารถศึกษาได้จากเอกสารอ้างอิงดังข้างล่างนี้

6. เอกสารอ้างอิง

1. James W. Coffron

" Z-80 APPLICATION " , SYBEX Inc,1983

2. Sol Libes , Mark Garetz

" Interfacing To S-100/IEEE 696 Microcomputers " ,

Osborne/Mc Graw-Hill , California , 1981

Microprocessor Based-Sequence Controller

บรรจง เลาห์วีระ
สันติ ประมวลศิลป์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการนำไมโครโปรเซสเซอร์มาใช้แทนรีเลย์ไฟฟ้าในการควบคุมการทำงานแบบลำดับ(Sequence Control) ลดความยุ่งยากในการติดตั้งตู้ควบคุม ทำให้สามารถออกแบบวงจรควบคุมแบบลำดับโดยทางซอฟแวร์ได้ เครื่องที่สร้างขึ้นนี้มีจำนวนรีเลย์ 128 ตัว ประกอบด้วยตัวตั้งเวลาที่อิสระต่อกัน 10 ตัว INPUT/OUTPUT สามารถขยายได้ถึง 48 จุด จำนวนหน้าสัมผัสของรีเลย์ใช้ได้อย่างไม่จำกัดจำนวน เครื่องควบคุมนี้ใช้ MPF-IP ในการควบคุมการทำงาน โดยเพิ่มวงจรทางด้านฮาร์ดแวร์มาใช้ 8255 PIO เป็น INPUT/OUTPUT และวงจรนับเวลาด้วย Z80-CTC ทางด้านซอฟแวร์เป็นโปรแกรมตรวจสอบคำสั่งลอจิกที่เขียนโปรแกรมเข้าเครื่อง และโปรแกรมย่อยที่ใช้ในการทำลอจิก ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องให้ผลที่สามารถนำไปใช้ในการควบคุมการทำงานอย่างอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมได้

1. บทนำ

โครงงาน "Microprocessor Based-Sequence Controller" เป็นโครงงานที่ศึกษาหลักการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการควบคุมการทำงานแบบซีเควันซ์ การควบคุมแบบซีเควันซ์ใช้ในการควบคุมขบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภท เช่นการควบคุมสายพานลำเลียง การควบคุมการสตาร์ทของมอเตอร์ และระบบกำจัดของเสียของโรงงาน เป็นต้น ในอดีตเราต้องใช้อุปกรณ์จำพวกรีเลย์แม่เหล็กไฟฟ้า ตัวตั้งเวลา คอนแทคเตอร์เป็นจำนวนมากในการประกอบเป็นตู้ควบคุม จะต้องใช้เวลามากในการออกแบบ ติดตั้ง และไม่สะดวกในการเปลี่ยนแปลงแก้ไข ซึ่งก็หมายความถึงค่าใช้จ่ายในการดำเนินการมีค่าสูงด้วย

ในโครงงานนี้จุดประสงค์ใหญ่คือใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 มาทำหน้าที่แทนรีเลย์แม่เหล็กไฟฟ้าในการควบคุมซีเควันซ์ ลดจำนวนอุปกรณ์ลง เป็นการเปลี่ยนการออกแบบจากฮาร์ดแวร์มาเป็นซอฟแวร์ เราเพียงเขียนโปรแกรมให้ไมโครโปรเซสเซอร์ มันก็จะจดจำไว้ไปควบคุมลำดับขั้นตอนการทำงานอย่างอัตโนมัติ การออกแบบ การแก้ไข และการติดตั้งก็จะรวดเร็วขึ้นมาก เนื่องจากราคาของไมโครโปรเซสเซอร์นับวันจะถูกลงและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การ

ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการควบคุมแบบซีเควันซ์ จึงนับวันจะใช้มากขึ้น ในที่สุดคงจะแทนวงจรที่ใช้รีเลย์แม่เหล็กไฟฟ้า

โครงงานนี้ได้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แผงเดี่ยว MPF-IP ในการศึกษาทดลองงานทางด้านซอฟแวร์คือ เขียนโปรแกรมให้เครื่องสามารถรับการโปรแกรมจากผู้ออกแบบ สามารถแสดงจุดที่ผิดพลาด ให้มีการแก้ไขจนถูกต้องเครื่องถึงยอมทำงานตามวงจรซีเควันซ์ที่ออกแบบ ส่วนด้านฮาร์ดแวร์ได้มีการใช้ 8255 PIO เป็น I/O และใช้ Z80-CTC สอง Channel เป็นฐานเวลาสำหรับตั้งเวลาที่อิสระต่อกัน 10 ตัว

การที่จะเขียนโปรแกรมให้เครื่องทำงาน ต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรควบคุมลอจิกซีเควันซ์ ซึ่งผู้ใช้เครื่องสามารถที่จะศึกษาจากหนังสือหลักการออกแบบวงจรลอจิกทั่วไป

2. โปรแกรมควบคุมการทำงาน

โปรแกรมที่เขียนขึ้นให้ MPF-IP ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมซีเควันซ์สามารถแบ่งได้สองตอนคือ :

2.1 โปรแกรม TEXT EDITOR

จุดประสงค์ของโปรแกรมส่วนนี้เพื่อให้ MPF-IP รับคำสั่งซีเควันซ์ของผู้ออกแบบวงจรได้ โปรแกรมนี้จะทำหน้าที่ตรวจเช็คว่าผู้เขียนคำสั่งลอจิกเขียนถูกลักษณะหรือไม่ ถ้าผู้ใช้เขียนผิดเครื่อง MPF-IP จะแสดงออกมาถึงคำสั่งที่เขียนผิด ผู้ใช้ต้องกลับไปแก้ไขคำสั่งนั้นใหม่เมื่อโปรแกรมตรวจใหม่อีกครั้ง ถ้าหากไม่มีคำสั่งที่เขียนผิดเลย เครื่องก็จะแสดงข้อความว่าไม่มีผิดพลาด แล้วเครื่องจะบรรจุคำสั่งทั้งหมดเข้าไปในเนื้อที่ของส่วนความจำที่ใช้สำหรับให้ทำงานต่อไป โปรแกรมนี้อาศัยคุณสมบัติในโหมดอีดิทเตอร์ของ MPF-IP เมื่อมีการกด CONTROL E เข้าสู่โหมดอีดิท หลังจากกำหนด DEFAULT VALUE ในส่วนความจำที่กำหนดแล้ว MPF-IP มีการ SCAN KEYBOARD เพื่อรับค่าคีย์ที่ถูกกดเปลี่ยนเป็นรหัส ASCII CODE หนึ่งตัวอักษรต่อ 1 ไบท์ แล้วเก็บเรียงเข้าไปในหน่วยความจำที่กำหนด และแสดงอักษรเหล่านั้นออกมาที่หลอดแสดงผลฟลูออเรสเซนท์ เมื่อต้องการมีการแก้ไขตัวอักษรเหล่านั้นก็สามารถใช้คำสั่ง CONTROL R กลับเข้าไปในโหมดอีดิทใหม่ เพื่อทำการแก้ไขอักษรเหล่านั้น TEXT LINE ของ MPF-IP จะจบลงด้วย CARRIAGE RETURN ซึ่งมีรหัสแอสกี้เป็น "0D" เราได้อาศัยคุณสมบัติของ MPF-IP เหล่านี้ในการเก็บคำสั่งลอจิกที่ออกแบบไว้เข้าไปในหน่วยความจำ แล้วเราก็เขียนโปรแกรมทำการดึงเอาคำสั่งลอจิกที่แทนด้วยรหัสแอสกี้เหล่านั้นออกมา เปรียบเทียบตรวจดูความถูกต้องของคำสั่งที่เขียนเข้าไปเหล่านั้น ถ้าหากมีที่ผิดก็จะแสดงข้อความออกมาว่าผิดที่บรรทัดไหน

แล้วต้องกลับไปแก้ไขในโหมดอีดิทใหม่ด้วยคำสั่ง CONTROL R แก้ไขถูกต้องหมดแล้วก็กลับมาตรวจใหม่จนไม่มีที่ผิด เครื่องก็จะแสดงข้อความว่าไม่มีผิด และโหลดเอาคำสั่งลอจิกเหล่านั้นเข้าไปในเนื้อที่หน่วยความจำสำหรับใช้งาน ซึ่งจะเขียนเข้าไปเป็น MACHINE CODE ในลักษณะเป็นคำสั่งไปเรียกโปรแกรมลอจิกย่อยออกมาทำงาน โปรแกรมย่อยเหล่านั้นจะเรียงกันไปทำงานจนหมดก็จะกลับมาทำงานใหม่

ตำแหน่งของคีย์และความหมายของคีย์ของคำสั่งลอจิกที่กำหนดในการใช้งานนี้ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 1 ในการใช้งานจริงเพื่อให้ผู้เขียนโปรแกรมใช้อย่างสะดวก โครงงานนี้ได้ทำแผ่นพลาสติก เจาะรู และพิมพ์คำสั่งที่ต้องใช้งานตรงกับตำแหน่งของคีย์นั้นๆ เมื่อต้องการใช้งานโปรแกรมก็เพียงแต่นำแผ่นพลาสติกนั้นทาบบน KEY BOARD ของ MPF-IP ผู้เขียนโปรแกรมก็จะกดได้อย่างง่าย ส่วนวิธีการเขียนโปรแกรมให้ถูกต้องจะกล่าวในหัวข้อที่ 4 ตัวอย่างการเขียนคำสั่ง

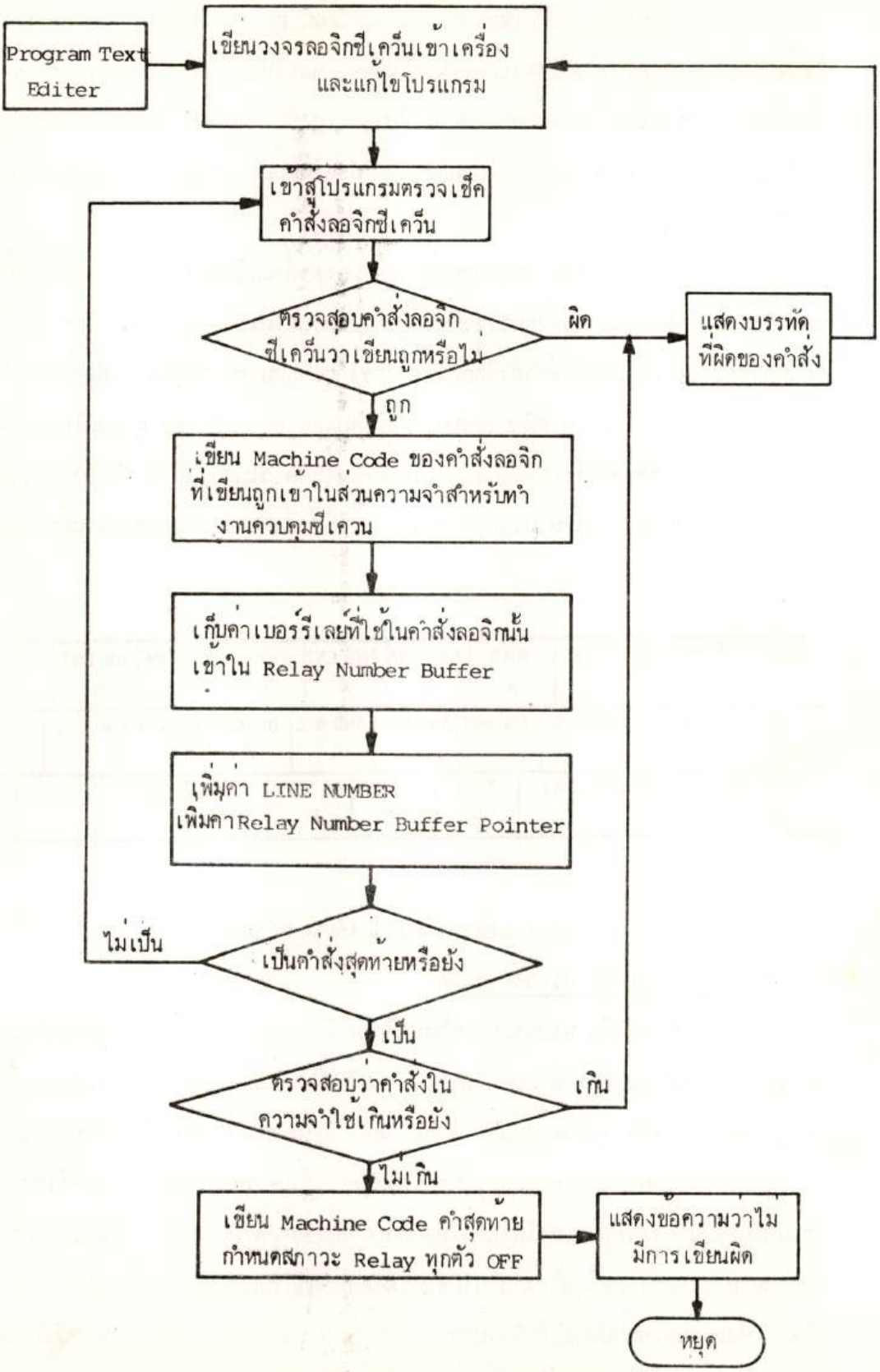
ลักษณะการเขียนโปรแกรม TEXT EDITOR นี้แสดงขั้นตอนการทำงานด้วย FLOW CHART ในรูปที่ 2

LD Q	LD·TIM W	LD·CNT E	AND R	AND·TIM T	AND·CNT Y	OR U	OR·TIM I	OR·CNT O	
LD·NOT A	LD·N·T S	LD·N·C D	AND·NOT F	AND·N·T G	AND·N·C H	OR·NOT J	OR·N·T K	OR·N·C L	
	AND·LD X	CNT C	TIM V	OUT B	OR·LD N	END M			

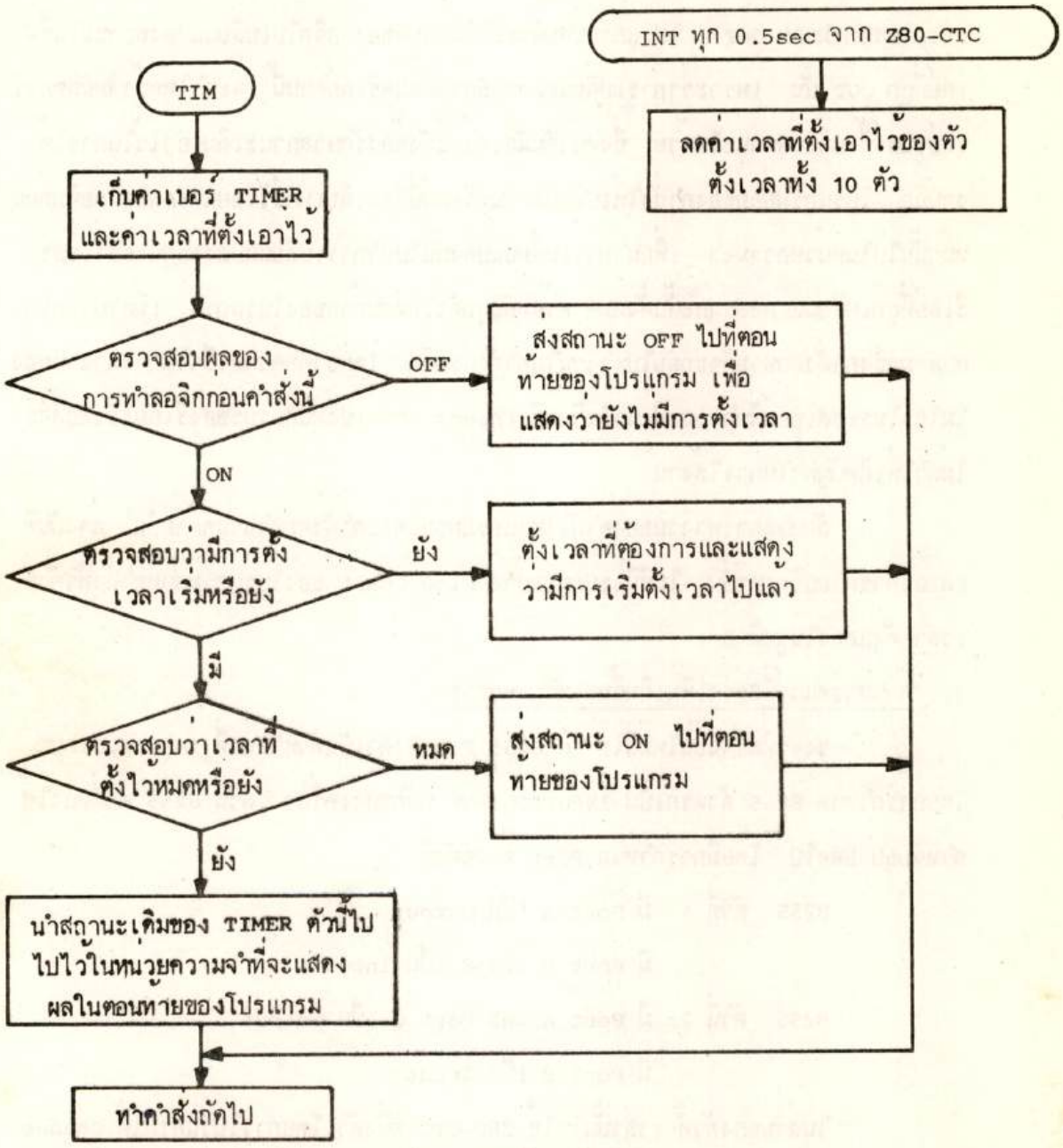
รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งของคีย์ของคำสั่งลอจิก

2.2 โปรแกรมย่อยสำหรับวงจรลอจิก

ในส่วนนี้เป็นโปรแกรมย่อยทำหน้าที่ทำลอจิกของหน้าสัมผัสรีเลย์ แต่ละโปรแกรมย่อยจะถูกเขียนเป็น MACHINE CODE บรรจุไว้ในเนื้อที่ในหน่วยความจำสำหรับใช้งาน ซึ่งโปรแกรม TEXT EDITOR จะทำหน้าที่นี้ให้โดยอัตโนมัติ แต่ละโปรแกรมจะเรียงกันไปในหน่วยความจำ เมื่อเริ่มใช้งานที่ต้นโปรแกรมจะเป็นการกำหนดค่าเริ่มแรกของรีจิสเตอร์ต่างๆที่ใช้งาน จากนั้นก็จะเป็นการเรียกนำเอาโปรแกรมย่อยทีละคำสั่งออกมาทำลอจิกกัน แต่ละโปรแกรมย่อยจะทำหน้าที่ดึงเบอร์รีเลย์ที่ถูกใช้งานในโปรแกรมออกมาดูสถานะของมันว่าเป็นวงจร "เปิด" หรือ "ปิด" ซึ่งสถานะเหล่านั้นจะเก็บไว้ในหน่วยความจำ 1 ไบท์ต่อรีเลย์หนึ่งตัว จากนั้นโปรแกรมย่อยก็จะตรวจดูสภาพของเบอร์รีเลย์ที่ใช้งานตัวนั้นว่าเป็น "0" หรือ "FF"("0" คือวงจรเปิด



รูปที่ 2 โฟลว์ชาร์ตสำหรับ Program Text Editer



รูปที่ 3 โฟลว์ชาร์ตแสดงโปรแกรมย่อยของคำสั่งตัวตั้งเวลา

"FF" คือวงจรปิด) ถ้าไม่เป็น "0" หรือ "FF" ก็จะแสดงบรรทัดที่ผิดออกมา หลังจากนั้นก็นำสภาวะของรีเลย์ตัวนี้ทำลอจิกกับผลของคำสั่งลอจิกก่อนหน้าคำสั่งลอจิกนี้ แล้วเก็บผลเอาไว้เพื่อไปทำลอจิกกับคำสั่งถัดไป โปรแกรมทำงานมาถึงคำสั่งให้นำผลของลอจิกออกที่รีเลย์ตัวหนึ่ง (เจอโปรแกรมย่อย OUT) โปรแกรมย่อยนี้จะยังไม่นำผลของลอจิกไปเปลี่ยนแปลงสถานะในรีเลย์ที่ถูก OUT นั้น เพราะว่าการเปลี่ยนสถานะของขดลวดรีเลย์ตอนนี้ จะทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์เบอร์นี้เปลี่ยนสถานะไปด้วย ซึ่งหน้าสัมผัสเหล่านี้ยังต้องรักษาสถานะเดิมเอาไว้ในการใช้งานอีก โปรแกรมย่อยของคำสั่งให้เปลี่ยนสถานะรีเลย์นี้ก็จะเก็บเบอร์รีเลย์และผลของลอจิกก่อนหน้านั้นไปในหน่วยความจำ เพื่อนำการเปลี่ยนแปลงนั้นไปทำการเปลี่ยนแปลงสถานะของเบอร์รีเลย์ที่ถูกเปลี่ยนแปลงสถานะนั้นทั้งหมด พร้อมกันทุกตัวในตอนท้ายของโปรแกรม เมื่อโปรแกรม RUN มาถึงคำสั่งสุดท้ายก็จะกลับไปทำงานในคำสั่งแรกอีก โดยอาศัยความเร็วในการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ที่ทำงานเป็นนาโนวินาที (nsec) การเปลี่ยนสถานะของรีเลย์เร็วพอที่จะไม่ทำให้เกิดปัญหาในการใช้งาน

ลักษณะการทำงานของคำสั่งโปรแกรมย่อยแต่ละคำสั่งจะทำงานคล้ายกัน ต่างกันที่ผลของการทำลอจิกเท่านั้น ในที่นี้จะยกตัวอย่าง Flow Chart ของโปรแกรมย่อยคำสั่งตั้งเวลา ดังแสดงในรูปที่ 3

3. ด้านฮาร์ดแวร์ที่สร้างเพิ่มเติมขึ้นสำหรับ MPF-IP

วงจรที่สร้างขึ้นใหม่นี้ใช้ IC 8255 PIO 2 ตัวเป็นตัวทำหน้าที่ INPUT/OUTPUT โดยการกำหนด 8255 ตัวแรกเป็น INPUT/OUTPUT หลักของเครื่อง ส่วน 8255 ตัวที่สองใช้สำหรับขยายต่อไป โดยมีการกำหนด Port ต่างๆดังนี้

8255 ตัวที่ 1 มี Port A เป็น Output
มี Port B และ C เป็น Input

8255 ตัวที่ 2 มี Port A และ Port C เป็น Output
มี Port B เป็น Input

ในส่วนของตัวตั้งเวลานั้นได้ใช้ Z80-CTC หนึ่งตัว โดยการโปรแกรมให้ Channel 2 เป็น Timer ไม่มีการ Interrupt Prescale ด้วย 16 ลูกคลื่นนาฬิกา ค่า Time Constant มีค่า 0EEH (238 ฐานสิบ) ให้ขา ZC/TO 2 ต่อเชื่อมกับ CLK/TRG3 เพื่อป้อนจำนวนครั้งของรอบเวลาที่หมดไปเข้า Channel ที่ 3 ซึ่งโปรแกรมไว้เป็น Counter ที่สามารถเกิดสัญญาณ INT เข้าสู่ CPU ได้ ค่าจำนวนนับที่ตั้งเอาไว้มีค่า 0E9H (233 ฐานสิบ) ซึ่งจะทำให้

CTC ตัวนี้ Interrupt ทุกๆ 0.5 วินาที เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวฐานเวลาไปลดค่าเวลาที่ตั้งเอาไว้ของตัวตั้งเวลาทั้ง 10 ตัว

สามารถคำนวณเวลาที่เกิดการ Interrupt จากสูตรดังนี้

เวลาที่เกิดการ Interrupt = (TC1 x TC2 x TC3) / f

โดยที่ TC1 เป็นค่า Prescale ของ Channel 2 = 16

TC2 เป็นค่า Time Constant ของ Channel 2 = 238

TC3 เป็นค่า Time Constant ของ Channel 3 = 233

f เป็นความถี่ของระบบ = 1789772.5 Hz

ซึ่งจะได้เวลาที่เกิดการ Interrupt = 0.49574 วินาที

4. ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม

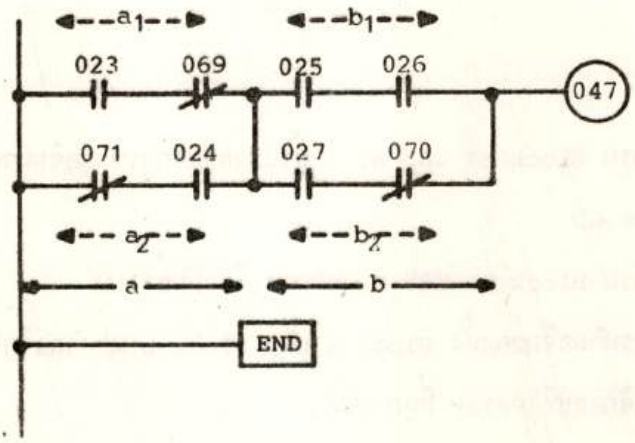
ลำดับขั้นตอนการเขียนโปรแกรมให้เครื่องทำงานมีดังนี้

1. เปลี่ยนวงจรที่ใช้รีเลย์ไฟฟ้าที่เราคุ้นเคยเป็น Ladder Diagram

2. จาก Ladder Diagram เปลี่ยนเป็นคำสั่งลอจิกป้อนเข้าเครื่อง MPF-IP ให้ทำการตรวจเช็คคำสั่งที่เขียน

3. สั่งให้ทำงานได้หากไม่มีผิด สังเกตผลการทำคำสั่งจาก LED ที่แสดงไว้

ตัวอย่างที่ 4.1 แสดงวงจรที่ประกอบด้วยหลาย Block

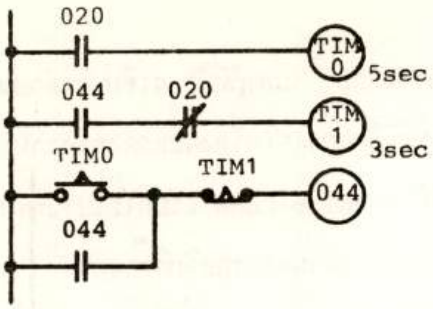


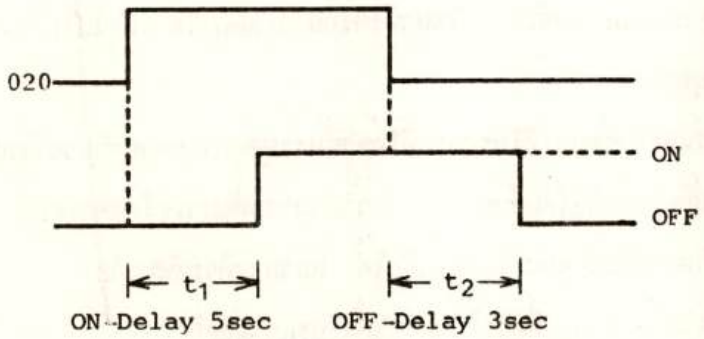
Ladder Diagram

KEY	INSTRUCTION	DATA
Q	LD	023
F	AND.NOT	069
A	LD.NOT	071
R	AND	024
N	OR.LD	-
Q	LD	025
R	AND	026
Q	LD	027
F	AND.NOT	070
N	OR.LD	-
X	AND.LD	-
B	OUT	047
M	END	-

* เขียนโปรแกรม Block a1 และ a2 แล้วนำผลของการทำลอจิกมาทำลอจิกกันอีกครั้ง ด้วยคำสั่ง OR.LD
* เขียนโปรแกรม Block b1 และ b2 ทำนองเดียวกับข้างบน
* นำผลของการทำลอจิกของทั้ง Block a และ Block b มาทำลอจิกกัน
* นำผลของลอจิกออกที่ Relay ที่ทุก Out

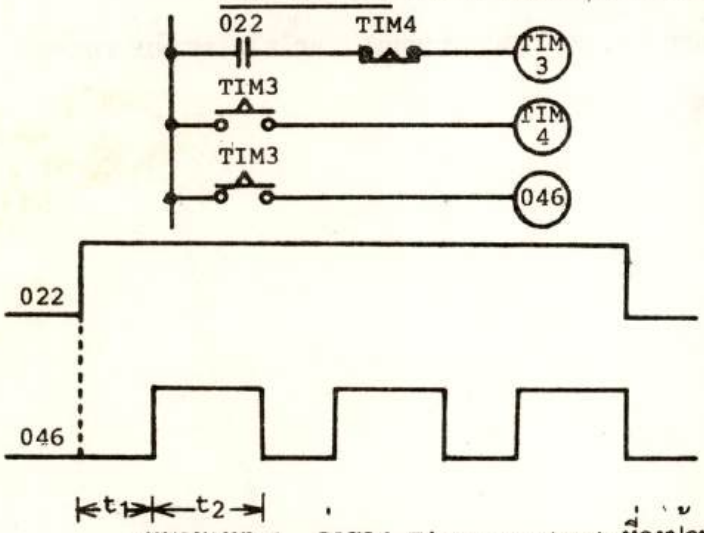
ตัวอย่างที่ 4.2 การหน่วงการปิดเปิดของ Relay





KEY	INSTRUCTION	DATA
Q	LD	020
V	TIM 0	10
Q	LD	044
F	AND.NOT	020
V	TIM 1	6
W	LD.TIM	0
U	OR	044
G	AND.N.T	1
B	OUT	044

ตัวอย่างที่ 4.3 การใช้ TIMER ให้เกิด Pulse ที่ปรับความกว้างได้



KEY	INSTRUCTION	DATA
Q	LD	022
G	AND.N.T	4
V	TIM 3	2
W	LD.TIM	3
B	OUT	046

*หมายเหตุ 1. ค่าของ Time constant ที่จะป้อนเข้าเครื่องจะมีค่าสองเท่าของเวลาจริง

2. Timer แต่ละตัวตั้งเวลาได้ตั้งแต่ 0.5 sec ถึง 128 sec ถ้าต้องการเวลานานกว่านี้ สามารถต่อประกอบกันได้

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เพื่อทดลองป้อนโปรแกรมลอจิกให้เครื่องตรวจสอบ ในกรณีที่มีการเขียนผิดลักษณะเครื่องจะสามารถแสดงออกมาถึงบรรทัดที่ผิดได้ เมื่อไม่มีที่ผิดแล้ว เครื่องจะแสดงข้อความว่าไม่มีผิด เมื่อตรวจสอบหน่วยความจำที่ใช้งานจะเห็นว่ามี Machine Code เรียกใช้โปรแกรมย่อยตามคำสั่งต่างๆที่ป้อนเข้าเครื่อง ทดลองให้ RUN จะได้ผลตามวงจรลอจิกที่ต้องการ สามารถทดสอบโดยการเปลี่ยนสภาวะของ Input แล้วดูผลของ Output ซึ่งก็ได้ผลตามที่ต้องการ ทำให้เราสามารถนำผลของ Output ไปขับภาระไฟฟ้าที่ไม่เกิน 3 Amp ได้ นำไปใช้ในการควบคุมแบบอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมได้

เนื่องจากด้านซอฟแวร์และฮาร์ดแวร์ที่โครงงานนี้ได้ทำขึ้นง่ายต่อการขยายจำนวนรีเลย์จำนวน Input/Output และรีเลย์ที่ทำหน้าที่พิเศษอื่นๆ จึงคาดว่าสามารถพัฒนาเครื่องควบคุมนี้ให้มีประสิทธิภาพสูงเท่าเครื่องที่มีจำหน่ายในปัจจุบันหรือดีกว่าอีกได้ แนวทางที่จะพัฒนาคือ

1. เพิ่มหน่วยความจำสำหรับจำนวน Step ที่มากขึ้นของคำสั่งโปรแกรมลอจิก
2. เพิ่มความปลอดภัยในการตรวจสอบคำสั่งที่ป้อนเข้าเครื่อง
3. เมื่อคำสั่งมี Step มากขึ้นจะทำให้เวลาการทำงานนานขึ้น แก้ไขได้โดยเพิ่มความถี่ของสัญญาณนาฬิกาในขณะที่ RUN
4. เพิ่มคำสั่งพิเศษอื่นๆ

การควบคุมลิฟท์โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์

(Microprocessor Lift Control)

ฤษฎี ศัณหโกศัย *
อุดมศักดิ์ ยั่งยืน *
บัณฑิต ทิพากร *
จิรศักดิ์ โอฬารรัตนชัย
ทวีพร ธนธานี
ธรรมนูญ ชันติกมลกุล
สมพงษ์ ฉัตรแสงอุทัย

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุมลิฟท์ที่ได้จำลองขึ้นมา เป็นลิฟท์สูง 4 ชั้น ขนาด 0.7x0.7x3.0 เมตร ได้เขียนโปรแกรมสำหรับให้ไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 STARTER KIT ควบคุมการทำงานของลิฟท์ และได้สร้างวงจรอินเตอร์เฟส เพื่อทำหน้าที่รับสัญญาณเข้าและส่งสัญญาณออกจากระบบควบคุม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ใช้ Photo couple รับสัญญาณเข้าว่าขณะนี้อยู่ชั้นใด

2. ส่งสัญญาณควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง ขนาด 0.5 แรงม้า 220 โวลท์ ให้ลิฟท์เคลื่อนที่ขึ้นหรือลง

3. ส่งสัญญาณควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงที่มีพิกัด 0.5 แอมแปร์ 25 โวลท์ เพื่อเปิดและปิดประตูลิฟท์

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางไมโครโปรเซสเซอร์ก้าวหน้ามาก ทำให้มีราคาถูกลง ดังนั้นจึงได้มีการนำเอาไมโครโปรเซสเซอร์มาใช้ในระบบควบคุมที่สลับซับซ้อนมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากวงจรควบคุมที่สลับซับซ้อนนั้น ประกอบด้วยอุปกรณ์จำนวนมาก เมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงแก้ไขหรือเพิ่มเติม ทำได้ยุ่งยากหรืออาจจะต้องเปลี่ยนทั้งหมดเลยก็ได้ ส่วนการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในระบบควบคุมนั้น การทำงานขึ้นกับโปรแกรมที่เขียนขึ้น การแก้ไขจึงทำได้ง่ายกว่ามาก ดังนั้นจึงได้นำเอาไมโครโปรเซสเซอร์มาใช้ในการควบคุมระบบการทำงานของลิฟท์ ซึ่งลิฟท์ที่ใช้อยู่จะควบคุมโดย Magnetic contactor และเป็นระบบที่ซับซ้อนสำหรับข้อกำหนดการควบคุมการทำงานของลิฟท์ที่จะจำลองขึ้นเป็นดังนี้

1. ลิฟท์จะเปิดประตูรับผู้โดยสารเฉพาะผู้ที่มีความต้องการขึ้นหรือลง ตรงกับสภาวะการ

เคลื่อนที่ของลิฟท์ในขณะนั้นเท่านั้น เช่น ขณะลิฟท์กำลังเคลื่อนที่ลงก็จะเปิดรับเฉพาะผู้ที่ต้องการจะลง

2. เมื่อลิฟท์หยุดรับผู้โดยสาร ประตูจะเปิดอยู่ช่วงเวลาหนึ่งแล้วประตูจะปิด ถ้าไม่มีสิ่งกีดขวางประตู ประตูก็จะปิดต่อจนสุด และผู้โดยสารสามารถควบคุมการเปิดปิดประตูได้ในขณะที่ลิฟท์หยุดนิ่งรับผู้โดยสาร

3. เมื่อประตูปิดเรียบร้อย ลิฟท์จะเคลื่อนที่ไปชั้นที่กำหนดโดยผู้โดยสาร และขณะที่ลิฟท์ใกล้จะถึงชั้นที่ต้องการ ลิฟท์ก็จะช้าลงจนกระทั่งหยุด ณ ชั้นที่ต้องการ

4. เมื่อไม่มีผู้ใช้ลิฟท์ ลิฟท์ก็จะค้างอยู่ที่ชั้นที่ถูกกำหนดโดยผู้โดยสารหลังสุด

<u>วงจรควบคุมการทำงานของลิฟท์</u>

วงจรควบคุมการทำงานของลิฟท์ทั้งหมด ดังรูป 1.6 การติดต่อระหว่าง ซีพียู กับวงจรภายนอกใช้ IC#8255 ซึ่งเป็น PPI โดยใช้ 2 ตัวเป็นอินพุทพอร์ท อีก 1 ตัวเป็นเอาท์พุทพอร์ท รายละเอียดของวงจรแต่ระรูปเป็นดังนี้

รูปที่ 1 เป็นวงจร DECODER เพื่อเลือกการติดต่อกับ IC#8255 ทั้ง 3 ตัว ซึ่งจะกำหนด PORT NO. ให้กับ IC แต่ละตัว สัญญาณ SPIN และ SPOUT เป็นสัญญาณแสดงอินพุทและเอาท์พุทจากชุด Z-80 STARTER KIT

รูปที่ 2 เป็นวงจรขับมอเตอร์ โดยใช้เอสซีอาร์ 2 ตัว ต่อกลับขั้วกัน เพราะว่ามอเตอร์ที่ใช้ เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้น จะสามารถกลับทิศทางการหมุนได้ โดยการทริกให้เอสซีอาร์ทำงานที่ละตัว

รูปที่ 3 วงจร SYNCHRONIZE ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์นั้น ใช้วิธีควบคุมเฟสของกระแสไฟที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ดังนั้นจึงต้องใช้วงจรนี้ตรวจหาจุดที่มีมุมศูนย์องศาของไฟสลับ ที่จ่ายให้มอเตอร์ส่งไปบอกซีพียู เพื่อให้ซีพียูทำการควบคุมเฟสได้

รูปที่ 4 วงจรอินพุทพอร์ท ใช้รับข้อมูลจากคีย์บอร์ด IC#8255 ในวงจรนี้ใช้เป็นอินพุทพอร์ท มี PORT NO. 60-62 โดยมีพอร์ท A รับข้อมูล FLOOR KEY , UPKEY เป็นคีย์(KEY) สำหรับกดไปชั้นที่ต้องการ และยังมี DOWNKEY,UP KEY เป็นคีย์(KEY) สำหรับเรียกลิฟท์ของชั้น 4 และ 1 ตามลำดับ พอร์ท B รับข้อมูลจาก DOWN KEY ของชั้น 3 และ 2 ซึ่งเป็นคีย์(KEY)สำหรับเรียกลิฟท์ของชั้น 3 และ 2 ตามลำดับเช่นกัน

รูปที่ 5 วงจรอินพุทพอร์ทรับข้อมูลจาก SENSOR ต่างๆ โดยใช้ IC#8255 เป็นอินพุทพอร์ท มี PORT No.70-72 มีพอร์ท A รับข้อมูลจาก SPEED SENSOR ซึ่งเป็นตัว กำหนดความเร็วของมอเตอร์ที่ขับลิฟท์ทั้งหมด เมื่อลิฟท์เคลื่อนที่เข้าหรือออกจากชั้นใด SPEED SENSOR

ของชั้นนั้นจะเป็นตัวส่งข้อมูลให้ IC#8255 เพื่อส่งให้ CPU ทำการปรับความเร็ว นอกจากนี้ ในส่วนนี้ยังแสดงตำแหน่งของลิฟท์ให้ผู้อยู่ในลิฟท์ทราบด้วย พอร์ท B รับข้อมูลจาก Door Sensor, Safty Sensor,Door Close และ Door Open Key Ffp โดยมีบิท PB_0 อ่านข้อมูลว่าประตูปิดหรือยัง บิท PB_2 ใช้สำหรับการตรวจสอบว่า มีคนเข้ามาในขณะประตูกำลังปิดหรือไม่ ส่วนบิท PB_3 และ PB_4 รับข้อมูลจาก Door Close และ Door Open Key เพื่อสั่งให้ปิดหรือเปิดประตูตามลำดับ สำหรับพอร์ท C จะรับข้อมูลจาก Stop Sensor เพื่อกำหนดให้ลิฟท์หยุดเมื่อถึงชั้นที่ต้องการ

รูปที่ 6 ใช้ IC#8255 เป็นเอาพุทพอร์ท ควบคุมการขับลิฟท์และมอเตอร์ประตู และใช้ Clear ข้อมูลจากอินพุทพอร์ท มีพอร์ทหมายเลข 50-52 พอร์ท Aใช้ควบคุมการขับมอเตอร์ บิท PA_0 และ PA_1 ใช้ควบคุมมอเตอร์ลิฟท์ บิท PA_2 และ PA_3 ควบคุมมอเตอร์ประตู พอร์ทนี้จะเชื่อมต่อกับวงจร POWER INTERFACE เพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้ได้ทิศที่ต้องการ โดยที่วงจร POEWER INTERFACE ของบิทที่ใช้ควบคุมมอเตอร์แต่ละตัวจะต่อกันในลักษณะที่เอสซีอาร์ 2 ตัวต่อกลับขั้วกัน ดังในรูปที่ 2 พอร์ท B ไม่ได้ใช้ และพอร์ท C เป็นเอาท์พุทพอร์ทส่งสัญญาณไป Clear วงจร CATCH ของคีย์อินพุทแต่ละตัว

<u>โปรแกรมควบคุมการทำงานของลิฟท์</u>

โปรแกรมทั้งหมด พิจารณาได้จาก flow chart ที่เขียนขึ้น ซึ่งได้จากการกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ในการทำงานของลิฟท์ขนาด 4 ชั้น โดยจะเริ่มจากการกำหนดสภาวะปัจจุบันของลิฟท์ ซึ่งสภาวะปัจจุบันของลิฟท์จะมีได้สภาวะเดียวเท่านั้นคือการตรวจสอบว่า ขณะนี้ลิฟท์อยู่ที่ชั้นไหน

กำหนดอินพุทพอร์ท อ่านคีย์บอร์ดภายในลิฟท์และภายนอกลิฟท์ว่า มีคีย์ไหนกดบ้าง ซึ่งอ่านได้จากพอร์ท # 60-62 แล้วทำการเปรียบเทียบระดับที่อยู่ของลิฟท์กับคีย์ที่ถูกกดว่า มากกว่า น้อยกว่า หรือเท่ากัน

ถ้าระดับของลิฟท์อยู่สูงกว่าคีย์ที่ถูกกด ลิฟท์ก็จะเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็วที่ช้าเมื่อพ้นขอบเขตของชั้นที่อยู่เดิมของลิฟท์แล้ว (โดยตรวจสอบจาก SPEED SENSOR) ลิฟท์จะเคลื่อนที่เร็วขึ้น ในขณะที่ลิฟท์กำลังลงนี้ ก็จะตรวจสอบคีย์ภายในลิฟท์และภายนอกลิฟท์ที่อยู่ระดับต่ำกว่าตลอดเวลา สำหรับคีย์ภายนอกลิฟท์นั้น ในกรณีนี้จะตรวจสอบเฉพาะ DOWN KEY เท่านั้น เมื่อพบว่ามีคีย์ถูกกด และเข้าเขตของชั้นนั้น ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จาก SPEED SENSOR (PORT # 70) ของชั้นนั้น ก็จะเปลี่ยนความเร็วให้ช้าลงและจะหยุดเมื่อตรงชั้นที่มีผู้กดคีย์ ซึ่ง

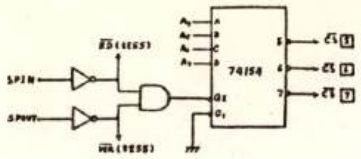
ตรวจได้จาก STOP SENSOR (PORT # 72) ของชั้นนั้นและทำการ CLEAR KEY ที่ถูกกด และเปิดประตูลิฟท์ แล้วจึงปิด เพื่อไปชั้นอื่นต่อไป ถ้ามีการกดคีย์อีก

ถ้าระดับลิฟท์อยู่ต่ำกว่าคีย์ที่ถูกกด ลิฟท์จะเคลื่อนที่ขึ้นความเร็วที่ช้า เมื่อพ้นขอบเขตของชั้นที่อยู่เดิมของลิฟท์แล้ว (ตรวจสอบจาก SPEED SENSOR) ลิฟท์จะเคลื่อนที่เร็วขึ้นในขณะที่ลิฟท์กำลังขึ้นนี้ จะตรวจสอบเฉพาะ UP KEY เท่านั้น เมื่อพบว่ามีคีย์ถูกกด และลิฟท์เข้าเขตของชั้นนั้น(ตรวจสอบจาก SPEED SENSOR ของชั้นนั้น) ก็จะเปลี่ยนความเร็วให้ช้าลง และจะหยุดเมื่อตรงกับชั้นที่มีผู้กดคีย์ (ตรวจสอบจาก STOP SENSOR ของชั้นนั้น) แล้ว CLEAR KEY ที่ถูกกด เปิดแล้วปิด ปิดประตูอ่านคีย์ต่อไป ถ้ามีการกดอีก ก็ให้ลิฟท์เคลื่อนที่ไปอีก

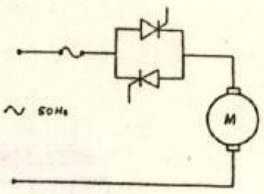
ถ้าระดับลิฟท์เท่ากับคีย์ที่ถูกกด ประตูจะเปิดออกและปิด แล้วอ่านคีย์บอร์ดต่อไป

การเปิดและปิดประตูลิฟท์ เมื่อลิฟท์ถึงชั้นที่กำหนดจะหยุดและเปิดประตูออก จนกระทั่งเปิดสุด (ตรวจสอบได้จาก ปิท PB_1 ของพอร์ท # 71) แล้วจะตรวจสอบ DOOR CLOSE KEY ว่าถูกกดหรือไม่ ถ้ากดจะทำการปิดประตูทันที ถ้าไม่ได้กด ก็จะหน่วงเวลาไป 5 วินาที แล้วจะปิดเอง และในขณะที่กำลังปิดอยู่นี้ จะตรวจสอบว่ามีผู้เข้ามาขวางประตูหรือไม่ หรือมีผู้กด DOOR OPEN KEY หรือ KEY ภายนอกประตูหรือไม่ ถ้ามีจะเปิดประตูใหม่ ถ้าไม่มีจะตรวจสอบว่า ประตูปิดสุดหรือยัง (ตรวจจากปิท PB_0 ของพอร์ท # 71)ถ้าปิดสุดแล้วจะทำการอ่าน KEY BOARD ต่อไป

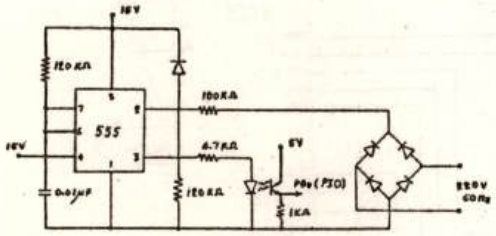
สำหรับการควบคุมความเร็ว โดยการควบคุมลิฟท์นั้น ทำโดย CPU จะตรวจสอบปิท PB_0 ของ Z-80 PIO ซึ่งเป็นปิทที่จะบอกให้ CPU รู้ว่า ขณะนั้นไฟเอ.ซี. 220 โวลท์มีมุม 0 องศาหรือไม่ ซึ่งตรวจสอบรับข้อมูลจากวงจร SYNCHRONIZE ในรูปที่ 3 ถ้ายังไม่ใช่มุม 0 องศา ก็จะไปตรวจใหม่ ถ้าเป็นมุม 0 องศาแล้ว CPU จะหน่วงเวลาไปเพื่อทริก ที่มุม 90° สำหรับความเร็วช้า และมุม 80° สำหรับความเร็ว เมื่อครบเวลาที่หน่วงแล้ว ก็จะส่งสัญญาณไปยังวงจร POWER INTERFACE ให้มอเตอร์ลิฟท์ทำงานตามต้องการ ส่วนมอเตอร์ประตูไม่จำเป็นต้องควบคุมความเร็ว จึงไม่ต้องตรวจหามุม 0 องศา



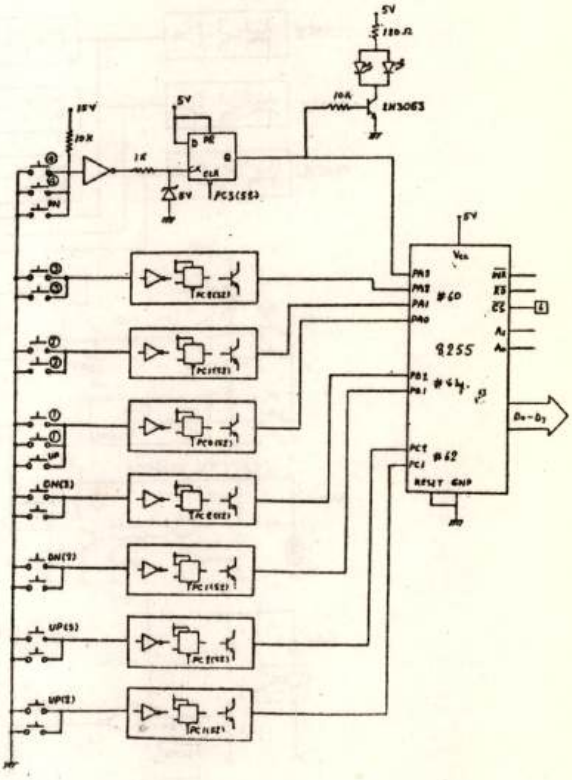
รูปที่ 1 วงจรถอดรหัส



รูปที่ 2 วงจรควบคุมมอเตอร์

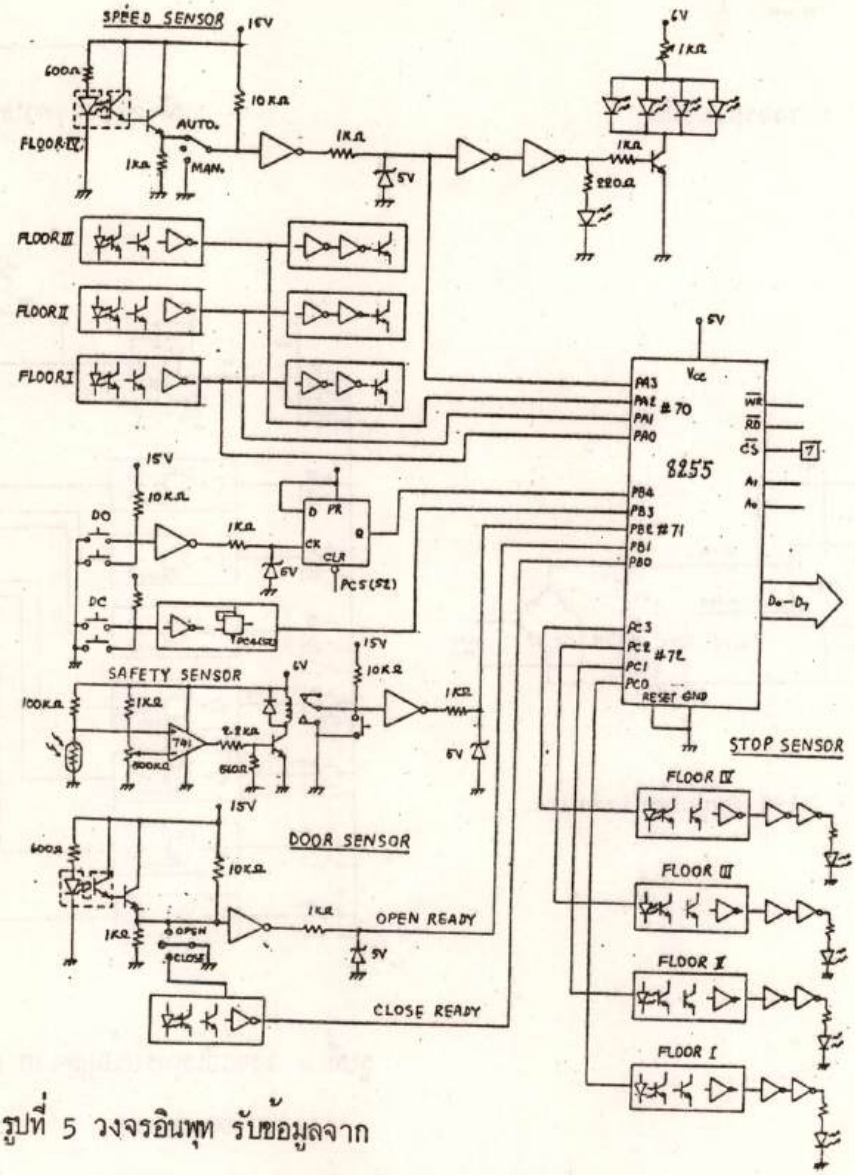


รูปที่ 3 วงจร Synchonization



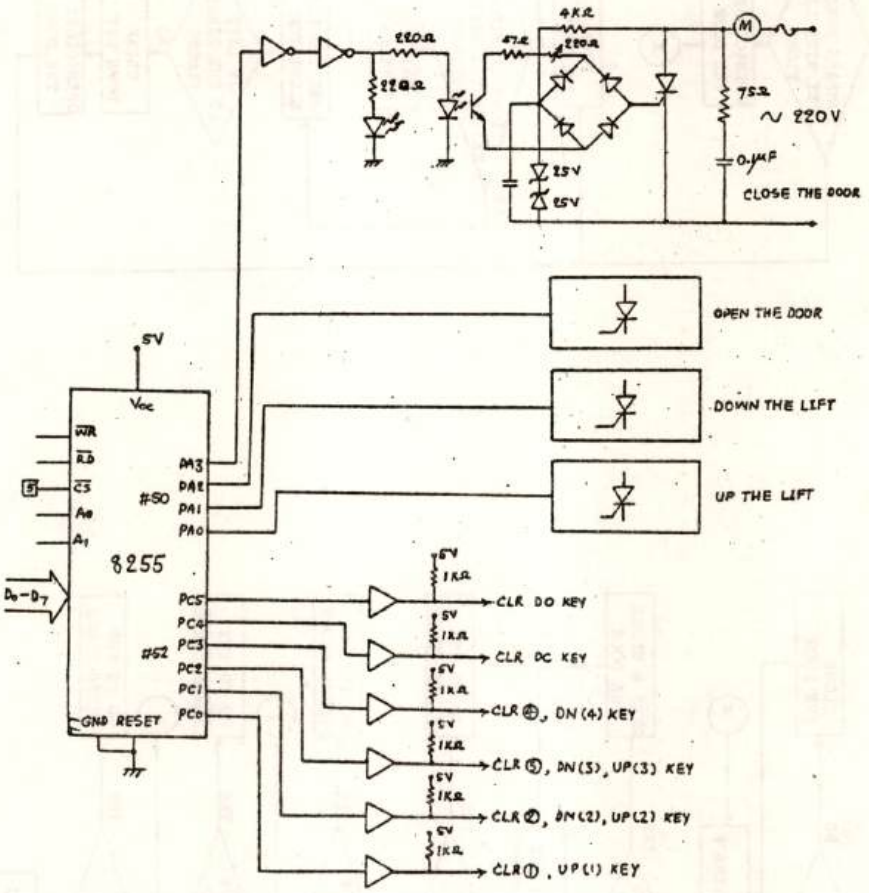
รูปที่ 4 วงจรอินพุทรับขอมูลจาก FLOOR,

UP,DOWN KEY

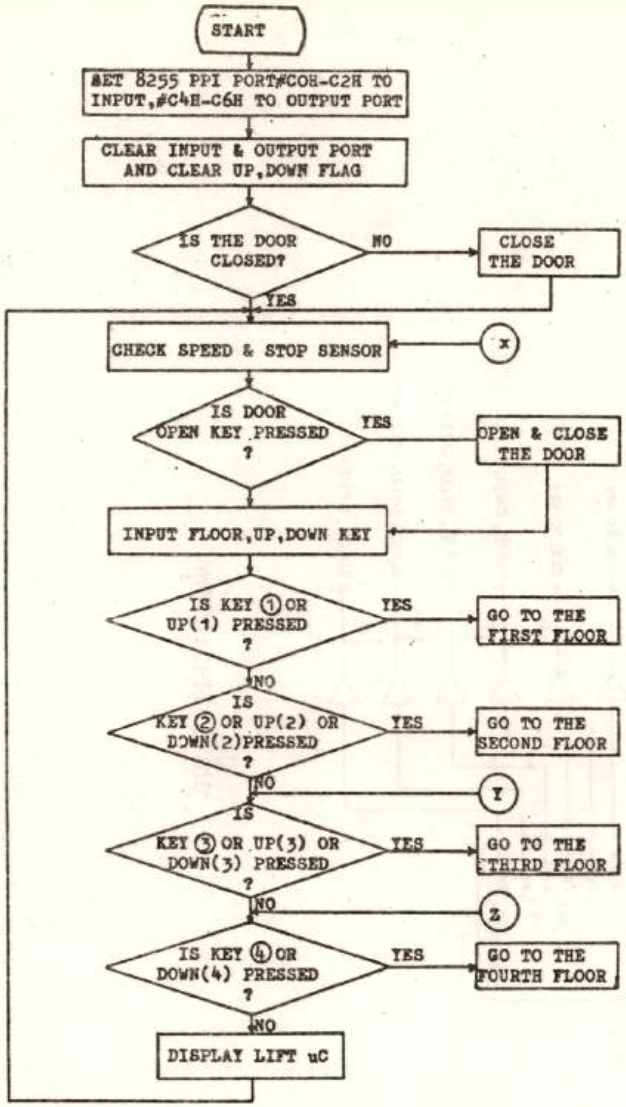


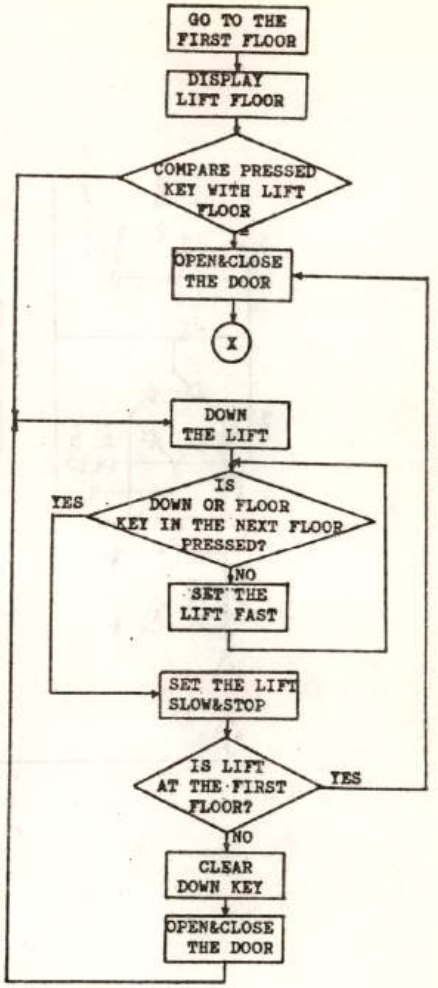
รูปที่ 5 วงจรอินพุท รับข้อมูลจาก

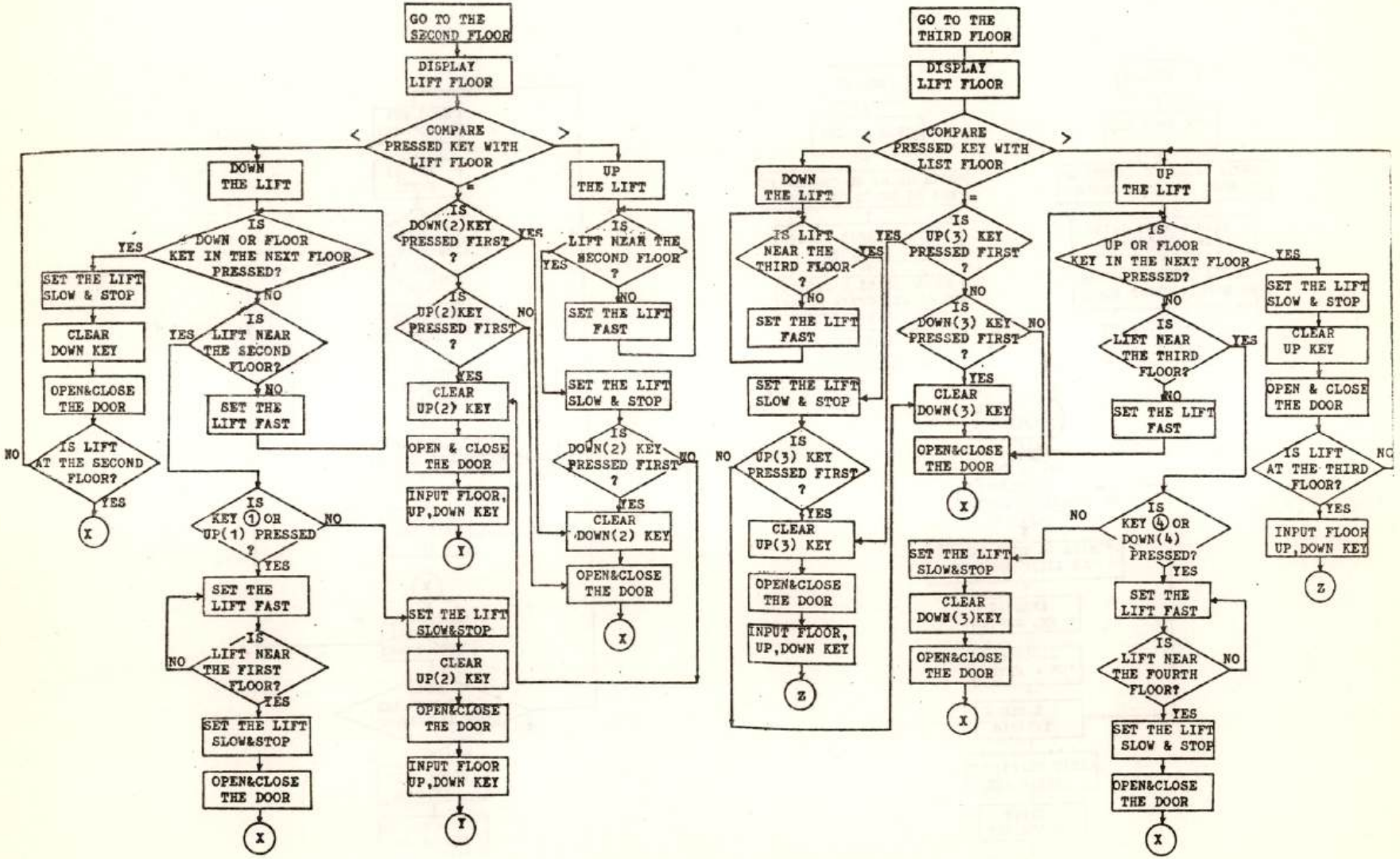
SENSOR,DOOR OPEN,DOOR CLOSE KEY

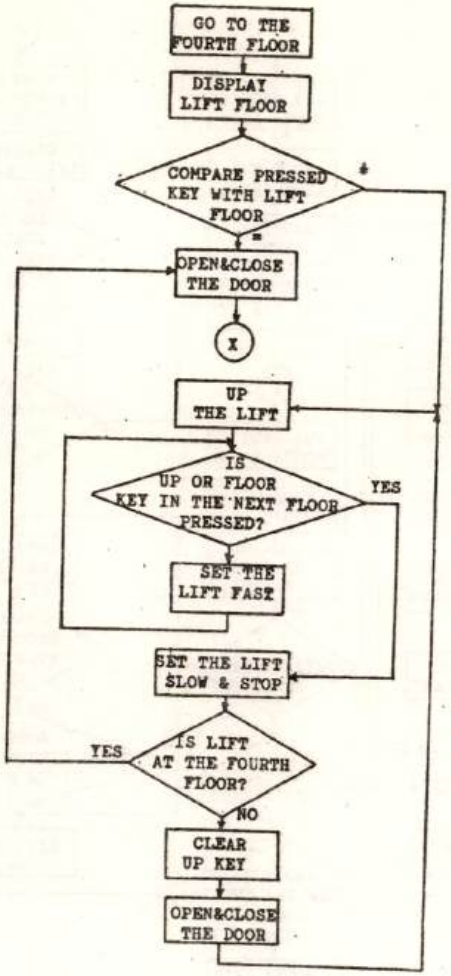


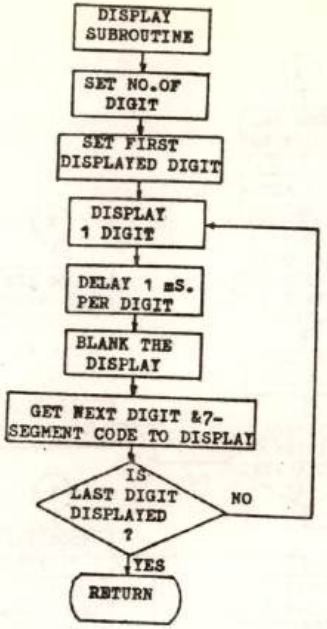
รูปที่ 6 วงจรเอาท์พุท

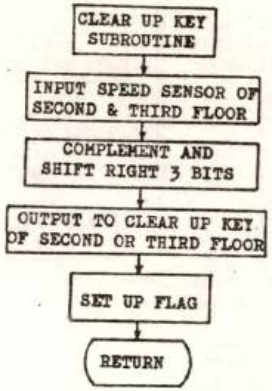

START
SET 8255 PPI PORT#C0H-C2H TO INPUT,#C4H-C6H TO OUTPUT PORT
CLEAR INPUT & OUTPUT PORT AND CLEAR UP,DOWN FLAG
IS THE DOOR CLOSED?
NO
CLOSE THE DOOR
YES
CHECK SPEED & STOP SENSOR
X
IS DOOR OPEN KEY PRESSED ?
YES
OPEN & CLOSE THE DOOR
INPUT FLOOR,UP,DOWN KEY
IS KEY ① OR UP(1) PRESSED ?
YES
GO TO THE FIRST FLOOR
NO
IS KEY ② OR UP(2) OR DOWN(2)PRESSED ?
YES
GO TO THE SECOND FLOOR
NO
Y
IS KEY ③ OR UP(3) OR DOWN(3) PRESSED ?
YES
GO TO THE THIRD FLOOR
NO
Z
IS KEY ④ OR DOWN(4) PRESSED ?
YES
GO TO THE FOURTH FLOOR
NO
DISPLAY LIFT uC

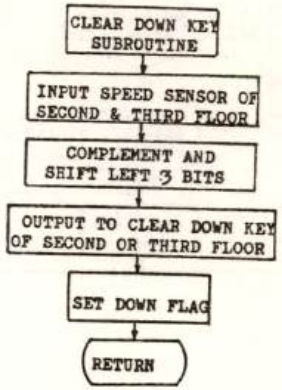

GO TO THE FIRST FLOOR
DISPLAY LIFT FLOOR
COMPARE PRESSED KEY WITH LIFT FLOOR
OPEN&CLOSE THE DOOR
X
DOWN THE LIFT
IS DOWN OR FLOOR KEY IN THE NEXT FLOOR PRESSED?
YES
NO
SET THE LIFT FAST
SET THE LIFT SLOW&STOP
IS LIFT AT THE FIRST FLOOR?
YES
NO
CLEAR DOWN KEY
OPEN&CLOSE THE DOOR

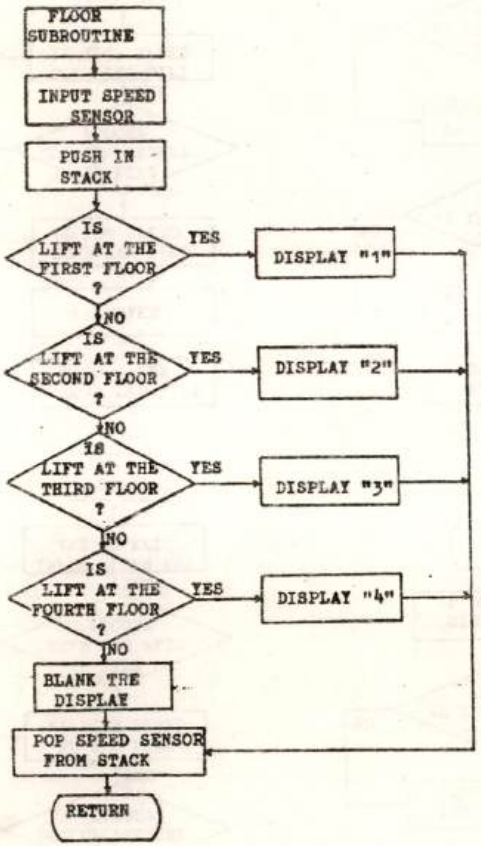

GO TO THE SECOND FLOOR
DISPLAY LIFT FLOOR
COMPARE PRESSED KEY WITH LIFT FLOOR
DOWN THE LIFT
UP THE LIFT
IS DOWN OR FLOOR KEY IN THE NEXT FLOOR PRESSED?
YES
NO
SET THE LIFT SLOW & STOP
CLEAR DOWN KEY
OPEN&CLOSE THE DOOR
IS LIFT AT THE SECOND FLOOR?
NO
YES
X
IS LIFT NEAR THE SECOND FLOOR?
SET THE LIFT FAST
IS KEY (1) OR UP(1) PRESSED ?
SET THE LIFT FAST
IS LIFT NEAR THE FIRST FLOOR?
SET THE LIFT SLOW&STOP
OPEN&CLOSE THE DOOR
IS DOWN(2)KEY PRESSED FIRST ?
IS UP(2)KEY PRESSED FIRST ?
CLEAR UP(2) KEY
OPEN & CLOSE THE DOOR
INPUT FLOOR, UP,DOWN KEY
Y
SET THE LIFT SLOW&STOP
CLEAR UP(2) KEY
OPEN&CLOSE THE DOOR
INPUT FLOOR UP,DOWN KEY
IS LIFT NEAR THE SECOND FLOOR ?
SET THE LIFT FAST
SET THE LIFT SLOW & STOP
IS DOWN(2) KEY PRESSED FIRST ?
CLEAR DOWN(2) KEY
OPEN&CLOSE THE DOOR
GO TO THE THIRD FLOOR
DISPLAY LIFT FLOOR
COMPARE PRESSED KEY WITH LIST FLOOR
DOWN THE LIFT
UP THE LIFT
IS LIFT NEAR THE THIRD FLOOR ?
SET THE LIFT FAST
SET THE LIFT SLOW & STOP
IS UP(3) KEY PRESSED FIRST ?
CLEAR UP(3) KEY
OPEN&CLOSE THE DOOR
INPUT FLOOR, UP,DOWN KEY
Z
IS UP(3) KEY PRESSED FIRST ?
IS DOWN(3) KEY PRESSED FIRST ?
CLEAR DOWN(3) KEY
OPEN&CLOSE THE DOOR
SET THE LIFT SLOW&STOP
CLEAR DOWN(3)KEY
OPEN&CLOSE THE DOOR
IS UP OR FLOOR KEY IN THE NEXT FLOOR PRESSED?
IS LIFT NEAR THE THIRD FLOOR?
SET THE LIFT FAST
IS KEY (4) OR DOWN(4) PRESSED?
SET THE LIFT FAST
IS LIFT NEAR THE FOURTH FLOOR?
SET THE LIFT SLOW & STOP
OPEN&CLOSE THE DOOR
SET THE LIFT SLOW & STOP
CLEAR UP KEY
OPEN & CLOSE THE DOOR
IS LIFT AT THE THIRD FLOOR?
INPUT FLOOR UP,DOWN KEY
Z

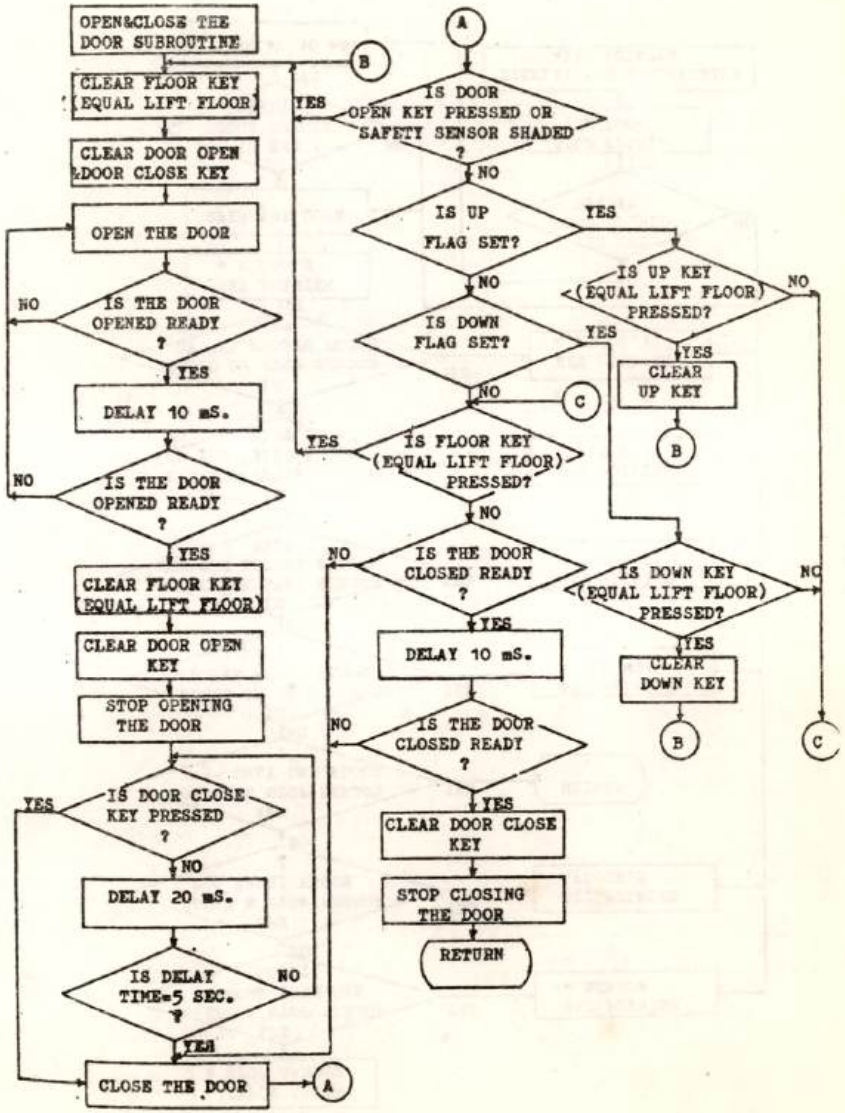

GO TO THE FOURTH FLOOR
DISPLAY LIFT FLOOR
COMPARE PRESSED KEY WITH LIFT FLOOR
≠
=
OPEN&CLOSE THE DOOR
X
UP THE LIFT
IS UP OR FLOOR KEY IN THE NEXT FLOOR PRESSED?
YES
SET THE LIFT FAST
SET THE LIFT SLOW & STOP
IS LIFT AT THE FOURTH FLOOR?
YES
NO
CLEAR UP KEY
OPEN&CLOSE THE DOOR

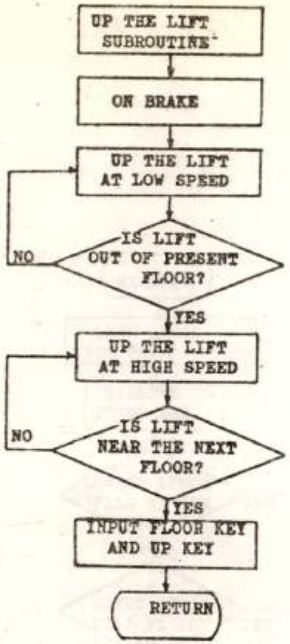

DISPLAY SUBROUTINE
SET NO.OF DIGIT
SET FIRST DISPLAYED DIGIT
DISPLAY 1 DIGIT
DELAY 1 mS. PER DIGIT
BLANK THE DISPLAY
GET NEXT DIGIT &7-SEGMENT CODE TO DISPLAY
IS LAST DIGIT DISPLAYED ?
NO
YES
RETURN

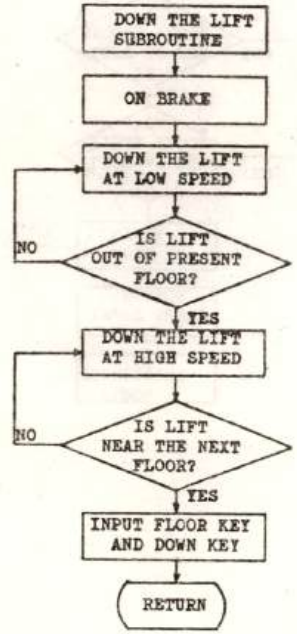

CLEAR UP KEY SUBROUTINE
INPUT SPEED SENSOR OF SECOND & THIRD FLOOR
COMPLEMENT AND SHIFT RIGHT 3 BITS
OUTPUT TO CLEAR UP KEY OF SECOND OR THIRD FLOOR
SET UP FLAG
RETURN

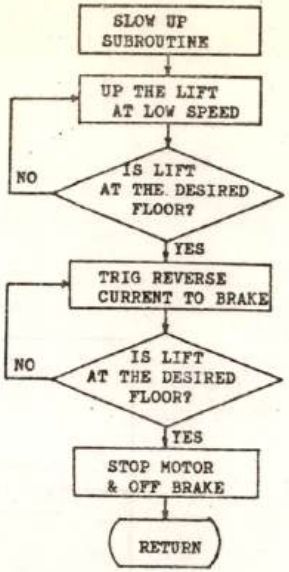

CLEAR DOWN KEY SUBROUTINE
INPUT SPEED SENSOR OF SECOND & THIRD FLOOR
COMPLEMENT AND SHIFT LEFT 3 BITS
OUTPUT TO CLEAR DOWN KEY OF SECOND OR THIRD FLOOR
SET DOWN FLAG
RETURN

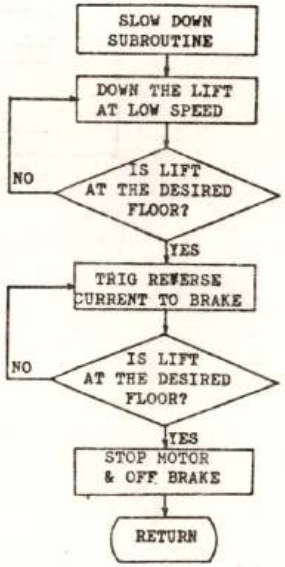

FLOOR SUBROUTINE
INPUT SPEED SENSOR
PUSH IN STACK
IS LIFT AT THE FIRST FLOOR ?
YES
DISPLAY "1"
NO
IS LIFT AT THE SECOND FLOOR ?
YES
DISPLAY "2"
NO
IS LIFT AT THE THIRD FLOOR ?
YES
DISPLAY "3"
NO
IS LIFT AT THE FOURTH FLOOR ?
YES
DISPLAY "4"
NO
BLANK THE DISPLAY
POP SPEED SENSOR FROM STACK
RETURN

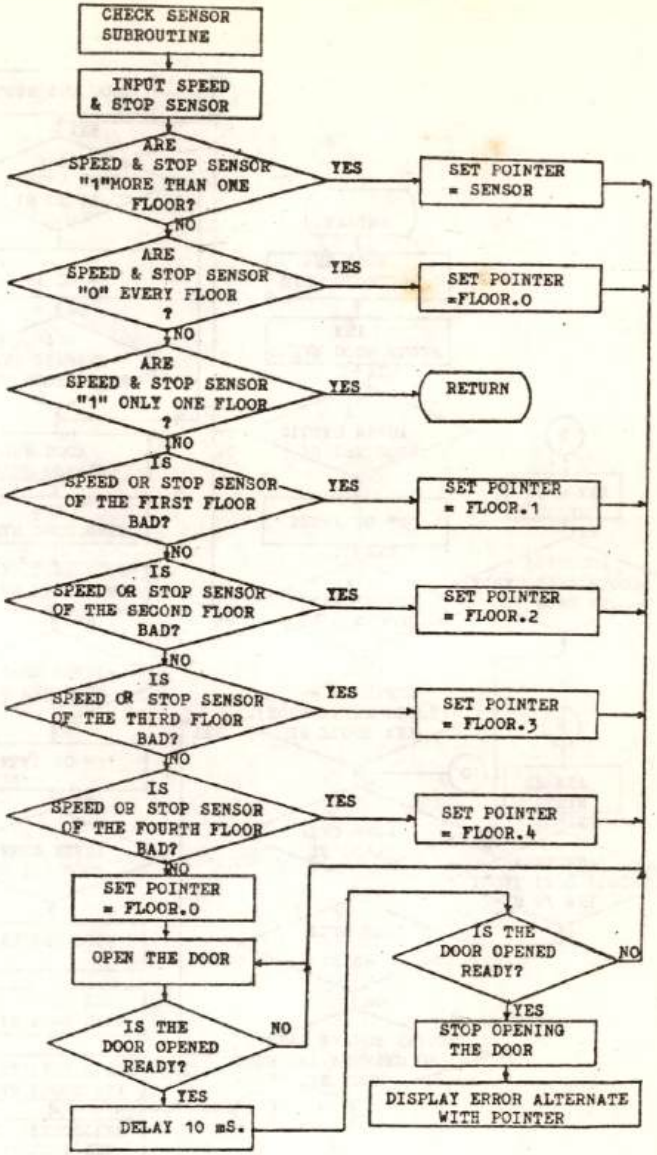

OPEN&CLOSE THE DOOR SUBROUTINE
B
CLEAR FLOOR KEY (EQUAL LIFT FLOOR)
CLEAR DOOR OPEN &DOOR CLOSE KEY
OPEN THE DOOR
IS THE DOOR OPENED READY ?
NO
YES
DELAY 10 mS.
IS THE DOOR OPENED READY ?
NO
YES
CLEAR FLOOR KEY (EQUAL LIFT FLOOR)
CLEAR DOOR OPEN KEY
STOP OPENING THE DOOR
IS DOOR CLOSE KEY PRESSED ?
YES
NO
DELAY 20 mS.
IS DELAY TIME=5 SEC. ?
NO
YES
CLOSE THE DOOR
A
A
IS DOOR OPEN KEY PRESSED OR SAFETY SENSOR SHADED ?
YES
NO
IS UP FLAG SET?
YES
NO
IS UP KEY (EQUAL LIFT FLOOR) PRESSED?
NO
YES
CLEAR UP KEY
B
IS DOWN FLAG SET?
YES
NO
C
IS FLOOR KEY (EQUAL LIFT FLOOR) PRESSED?
YES
NO
IS THE DOOR CLOSED READY ?
NO
YES
DELAY 10 mS.
IS THE DOOR CLOSED READY ?
NO
YES
CLEAR DOOR CLOSE KEY
STOP CLOSING THE DOOR
RETURN
IS DOWN KEY (EQUAL LIFT FLOOR) PRESSED?
NO
YES
CLEAR DOWN KEY
B
C


UP THE LIFT SUBROUTINE
ON BRAKE
UP THE LIFT AT LOW SPEED
IS LIFT OUT OF PRESENT FLOOR?
NO
YES
UP THE LIFT AT HIGH SPEED
IS LIFT NEAR THE NEXT FLOOR?
NO
YES
INPUT FLOOR KEY AND UP KEY
RETURN


DOWN THE LIFT SUBROUTINE
ON BRAKE
DOWN THE LIFT AT LOW SPEED
IS LIFT OUT OF PRESENT FLOOR?
NO
YES
DOWN THE LIFT AT HIGH SPEED
IS LIFT NEAR THE NEXT FLOOR?
NO
YES
INPUT FLOOR KEY AND DOWN KEY
RETURN


SLOW UP SUBROUTINE
UP THE LIFT AT LOW SPEED
IS LIFT AT THE DESIRED FLOOR?
NO
YES
TRIG REVERSE CURRENT TO BRAKE
IS LIFT AT THE DESIRED FLOOR?
NO
YES
STOP MOTOR & OFF BRAKE
RETURN


SLOW DOWN SUBROUTINE
DOWN THE LIFT AT LOW SPEED
IS LIFT AT THE DESIRED FLOOR?
NO
YES
TRIG REVERSE CURRENT TO BRAKE
IS LIFT AT THE DESIRED FLOOR?
NO
YES
STOP MOTOR & OFF BRAKE
RETURN


CHECK SENSOR SUBROUTINE
INPUT SPEED & STOP SENSOR
ARE SPEED & STOP SENSOR "1"MORE THAN ONE FLOOR?
YES
SET POINTER = SENSOR
NO
ARE SPEED & STOP SENSOR "0" EVERY FLOOR ?
YES
SET POINTER =FLOOR.0
NO
ARE SPEED & STOP SENSOR "1" ONLY ONE FLOOR ?
YES
RETURN
NO
IS SPEED OR STOP SENSOR OF THE FIRST FLOOR BAD?
YES
SET POINTER = FLOOR.1
NO
IS SPEED OR STOP SENSOR OF THE SECOND FLOOR BAD?
YES
SET POINTER = FLOOR.2
NO
IS SPEED OR STOP SENSOR OF THE THIRD FLOOR BAD?
YES
SET POINTER = FLOOR.3
NO
IS SPEED OR STOP SENSOR OF THE FOURTH FLOOR BAD?
YES
SET POINTER = FLOOR.4
NO
SET POINTER = FLOOR.0
OPEN THE DOOR
IS THE DOOR OPENED READY?
NO
YES
DELAY 10 mS.
IS THE DOOR OPENED READY?
NO
YES
STOP OPENING THE DOOR
DISPLAY ERROR ALTERNATE WITH POINTER

หุ่นยนต์อุตสาหกรรม

(INDUSTRIAL ROBOT)

บรรลือ สุคัมภีรานนท์

อนุสรณ์ สุขศรี

บทนำ

ในอดีตก่อนที่จะเกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรมขึ้นในประเทศอังกฤษ แรงงานในโรงงานอุตสาหกรรมล้วนแล้วแต่อาศัยแรงงานของมนุษย์เป็นสำคัญ ทำให้การประกอบการขาดประสิทธิภาพและมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นมาก หลังจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมจึงได้มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีมากขึ้น มีการนำเครื่องจักรกลต่างๆมาช่วยในการผลิต ขณะที่มีการนำเครื่องจักรกลมาใช้เพิ่มมากขึ้น ปัญหาทางด้านอุบัติเหตุในโรงงานอุตสาหกรรมก็เพิ่มมากขึ้นด้วย โดยเฉพาะในงานที่ต้องเสี่ยงกับอันตราย หรืองานที่ต้องทำในลักษณะซ้ำๆ ซึ่งจะทำให้คนงานเกิดความเบื่อหน่าย ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาและคิดค้นเครื่องจักรกลที่สามารถทำงานโดยอัตโนมัติขึ้น

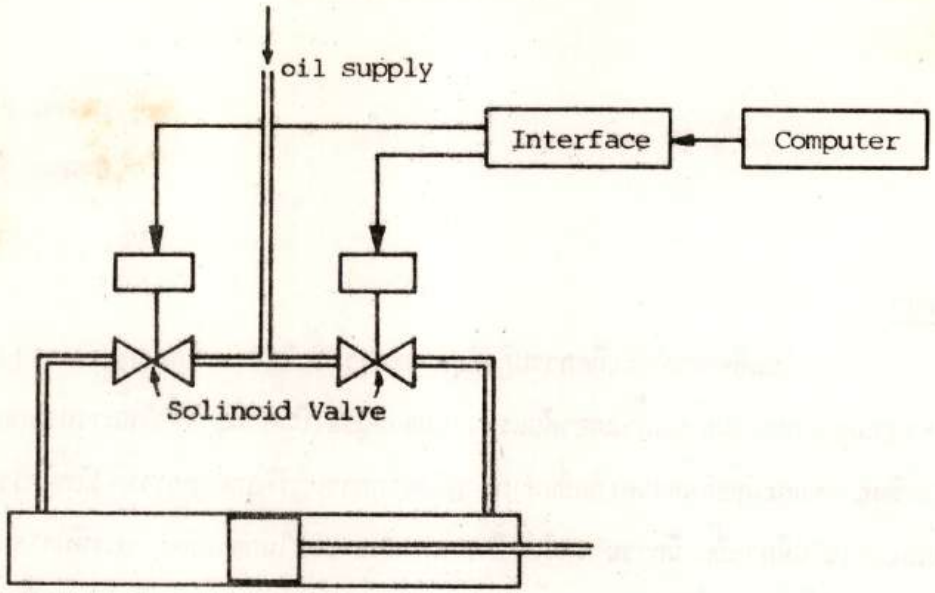
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี ได้เล็งเห็นถึงวัตถุประสงค์ดังกล่าวจึงได้มีการประดิษฐ์และพัฒนาหุ่นยนต์ขึ้น โดยให้ชื่อว่า "โรโบ-มด3" ซึ่งมีการพัฒนาเรื่อยมาเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำงานได้รวดเร็ว และเกิดข้อผิดพลาดในการทำงานน้อยลง ในโครงงานนี้ได้นำเทคโนโลยีทางด้านไมโครคอมพิวเตอร์มาช่วยควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ให้สามารถเคลื่อนไหวในตำแหน่งต่างๆได้อย่างถูกต้องตรงกับที่เราต้องการ

ทฤษฎีการทำงานของหุ่นยนต์

ส่วนทางกล

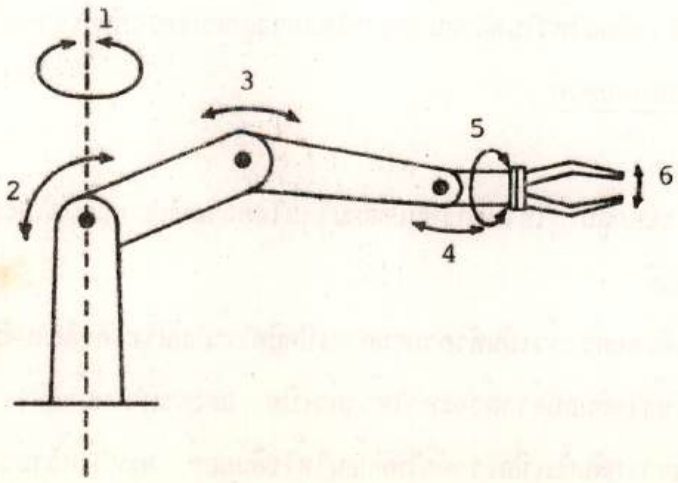
กระบอกสูบ ใช้ในการขับเคลื่อนโดยใช้ความดันจากน้ำมันไฮโดรลิกในการทำให้ลูกสูบมีการเคลื่อนที่

โซลินอยด์วาล์วเป็นตัวควบคุมการเปิดปิดให้น้ำมันไฮโดรลิกไปดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ โดยการป้อนไฟเข้าโซลินอยด์วาล์วจะทำให้วาล์วเปิด และจะทำให้น้ำมันไฮโดรลิกสามารถผ่านวาล์วได้ ซึ่งในทางกลับกันเมื่อเราตัดไฟที่ป้อนให้โซลินอยด์ จะทำให้วาล์วปิด ทำให้น้ำมันไฮโดรลิกไม่สามารถผ่านได้ ซึ่งในการควบคุมสัญญาณไฟนี้ จะถูกควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ดังแผนภาพแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1

เราจะนำก้านสูบของกระบอกสูบนี้ไปต่อเข้ากับแขนหุ่นยนต์ เพื่อบังคับให้สามารถเกิดการเคลื่อนที่ได้ 3 มิติ ซึ่งหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นนี้มีส่วนเคลื่อนไหวทั้งหมด 6 ส่วนด้วยกัน ดังแสดงในรูป 2

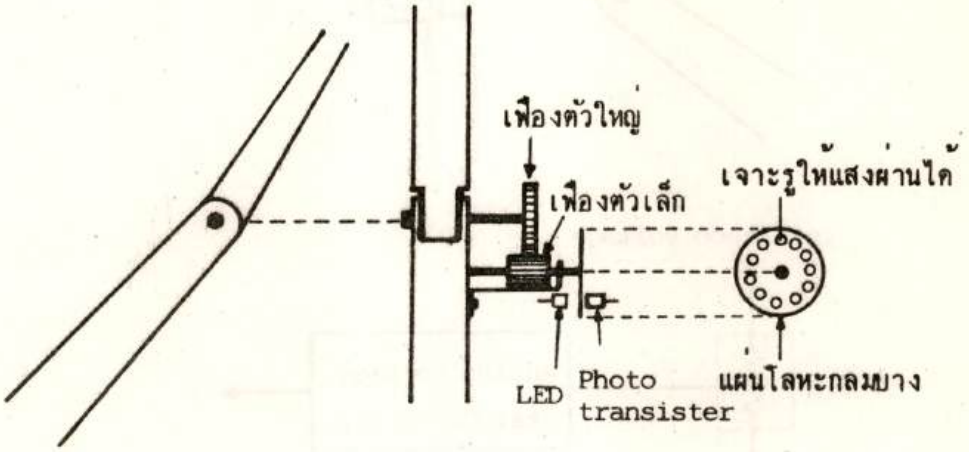


รูปที่ 2

จากรูปจะเห็นได้ว่าต้องใช้กระบอกสูบทั้งหมด 6 ตำแหน่งด้วยกัน เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวใน 6 ส่วนของแขนหุ่นยนต์ ในการเคลื่อนไหวของส่วนที่ 1 ถึง 5 นั้น เป็นการเคลื่อนไหวแบบเป็นสัดส่วน กล่าวคือ สามารถบังคับให้เคลื่อนไหวได้มากน้อยตามต้องการ แต่สำหรับส่วนที่ 6 นั้นเป็นส่วนมือหุ่นยนต์ สามารถจับ (Hold) หรือปล่อย (Release) ได้

ส่วนคอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์จะเป็นส่วนควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ทั้งหมด โดยอาศัยอุปกรณ์บางอย่างสำหรับทำหน้าที่บอกตำแหน่งต่างๆของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ อุปกรณ์ที่ใช้นี้สามารถสร้างขึ้นเองได้ และให้ผลในการวางตำแหน่งแก่คอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3

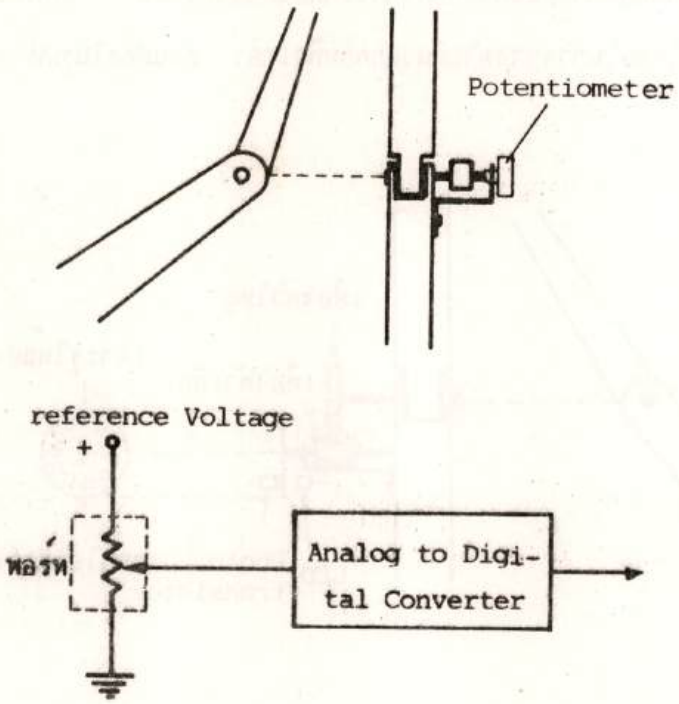


รูปที่ 3

จากรูปที่ 3 เมื่อแขนหุ่นยนต์เคลื่อนไหวจะทำให้เฟืองตัวใหญ่ ซึ่งต่ออยู่กับแกนหมุนของหุ่นยนต์หมุน มีผลทำให้เฟืองตัวเล็กและแผ่นโลหะกลมที่เจาะรูไว้หมุนไปด้วย โดยหลักการที่ว่า เมื่อรูบนแผ่นโลหะเคลื่อนมาตรงกับทางเดินของแสงจากไดโอดเปล่งแสง โฟโต้ทรานซิสเตอร์ ก็จะให้สัญญาณออกมาเป็นพัลส์ ซึ่งในที่นี้จำเป็นต้องใช้เฟืองตัวใหญ่มาขับเฟืองตัวเล็ก เพื่อที่ว่าการที่หุ่นยนต์เคลื่อนไหวเพียงเล็กน้อย ก็สามารถที่จะขับเฟืองตัวเล็กให้หมุนไปได้หลายๆรอบ ซึ่งจะทำให้แผ่นโลหะกลมเจาะรูสามารถหมุนไปได้หลายๆรอบด้วย เพื่อที่จะทำให้ได้สัญญาณพัลส์ จากโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ออกมามากพอสำหรับอ้างอิงตำแหน่งการเคลื่อนไหวได้ละเอียด สัญญาณพัลส์ที่ได้จะป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ เพื่อที่คอมพิวเตอร์จะทราบว่าหุ่นยนต์จะต้องเคลื่อนไปอีกเท่าไร จึงจะถึงตำแหน่งที่ต้องการ โดยอาศัยหลักการนับจำนวนพัลส์นี้ เพื่ออ้าง

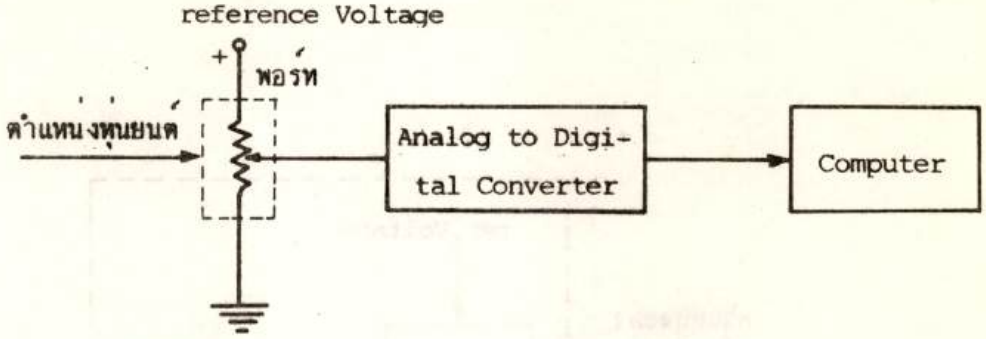
อิงถึงตำแหน่งต่างๆที่เคลื่อนที่ไป โดยที่ตำแหน่งอ้างอิงนี้จะต้องเป็นตำแหน่งเริ่มต้นของการทำงานทุกครั้ง

มีอุปกรณ์อีกอย่างหนึ่งที่จะใช้บอกตำแหน่งของหุ่นยนต์แก่คอมพิวเตอร์ได้เช่นกัน ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวนี้คือ ความต้านทานที่ปรับค่าได้ (Potentiometer) จะเรียกสั้นๆว่า "พอท" (port) การติดตั้งพอท แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4

จากรูปที่ 4 แกนของ พอท จะต่อร่วมอยู่กับแกนหมุนของหุ่นยนต์ ดังนั้นเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนไหวไป ก็จะทำให้แกนของ พอท หมุนไปด้วย ซึ่งจะทำให้ค่าความต้านทานของ พอท เปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งของหุ่นยนต์ เนื่องจากเราป้อนแรงดันอ้างอิง (Reference Voltage) ค่าหนึ่งคร่อมตัว พอท ไว้ ดังนั้นที่ตำแหน่งต่างๆกันของหุ่นยนต์ แรงดันที่ออกจาก พอท (แรงดันที่ขากลางของพอทเทียบกับกราวนด์) จะแตกต่างกันไปตามตำแหน่งของหุ่นยนต์ แรงดันดังกล่าวนี้ จะป้อนเข้าวงจรที่ใช้เปลี่ยนระดับแรงดันให้เป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to digital converter) เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรับรู้ตำแหน่งของหุ่นยนต์ได้ เราสามารถแสดงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ที่กล่าวมาแล้วนี้เข้ากับคอมพิวเตอร์ได้ดังรูปที่ 5



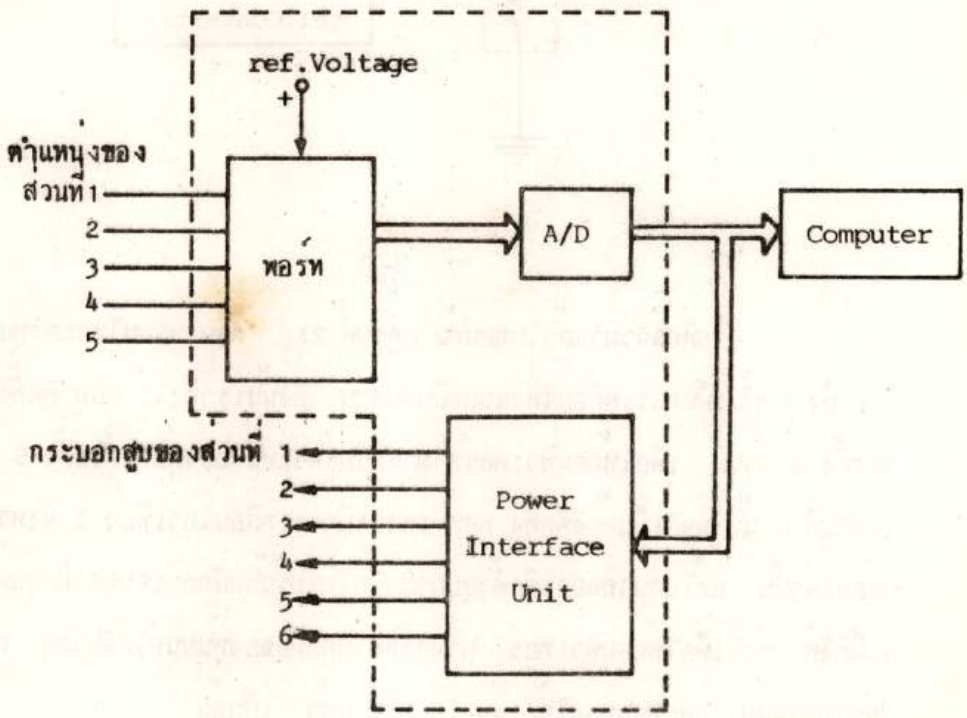
รูปที่ 5

จากที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น (ดูรูปที่ 2) ส่วนเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ ในส่วนที่ 1 ถึง 5 นั้นเป็นการเคลื่อนไหวแบบเป็นสัดส่วน ดังนั้นเราจึงใช้ พอท ติดตั้งเข้าที่แกนหมุนของทั้ง 5 ส่วนนี้ เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรับรู้ตำแหน่งของหุ่นยนต์ในทั้ง 5 ส่วนนี้ สำหรับในส่วนที่ 6 นั้นไม่จำเป็นต้องติดตั้ง พอท เพราะมีการเคลื่อนไหวเพียง 2 จังหวะคือ จับ หรือ ปล่อยเท่านั้น แต่ในอนาคตอาจติดตั้งอุปกรณ์สำหรับรับรู้น้ำหนักการจับของมือหุ่นยนต์เข้าในส่วนที่ 6 นี้ก็ได้ ทั้งนี้เพื่อให้คอมพิวเตอร์ สามารถควบคุมมือของหุ่นยนต์ให้จับวัสดุ หรือชิ้นงานที่มีความอ่อนนุ่ม และบอบบางได้ เช่น ไข่ หรือ แก้ว เป็นต้น

จากที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด เราสามารถแสดงแผนผัง (Block diagram) ของระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ควบคุมหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นนี้ ดังแผนผังรูปที่ 6

ซึ่งส่วนที่อยู่ในกรอบไข่ปลา คือ ส่วนที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ให้ติดต่อกับระบบทางกลของหุ่นยนต์

การที่เราพัฒนาหุ่นยนต์นี้ขึ้นมา ก็เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามต้องการ เพื่อจะได้นำไปใช้แทนแรงงานของมนุษย์ในงานด้านที่มีอัตราเสี่ยงต่ออันตรายสูง และเป็นงานที่ทำซ้ำๆกัน ในโครงงานนี้การทำงานของหุ่นยนต์ จะถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ทั้งหมด โดยควบคุมการบันทึกตำแหน่งของหุ่นยนต์ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถกำหนดรูปแบบการเคลื่อนไหวต่างๆ ตามต้องการได้โดยการเขียนโปรแกรมซอฟแวร์ขึ้น เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามโปรแกรมที่สร้างขึ้นมา จึงเปรียบได้ว่าโปรแกรมซอฟแวร์นี้เสมือนหนึ่งหัวใจของการทำงานที่เดียว เพราะถ้าขาดโปรแกรมซอฟแวร์ที่ถูกต้อง หุ่นยนต์จะไม่สามารถทำงานตามที่ต้องการได้


ref.Voltage
+
ตำแหน่งของ
ส่วนที่ 1
2
3
4
5
พอร์ท
A/D
Computer
กระบอกสูบของส่วนที่ 1
2
3
4
5
6
Power
Interface
Unit

รูปที่ 6

โครงงาน Microcomputer-Based Programable Controller And Process Simulator Version II

วุฒิชัย สิทธิอัฐกร

1. บทนำ

การ Simulate คือการจำลอง ปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นกับขบวนการหรือระบบใดระบบหนึ่ง โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์เข้าช่วยในการทำนายปรากฏการณ์ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจริงในระบบ หรือขบวนการนั้นๆ เพื่อทำการศึกษาและวิเคราะห์ระบบก่อนที่จะทำการสร้างระบบจริงขึ้นมา ซึ่งเป็นการประหยัดเงินและเวลากว่าที่จะทำการศึกษาและทดลองกับระบบหรือขบวนการจริงๆ และอาจนำมาใช้ฝึกบุคคลากรให้มีความชำนาญก่อนที่จะฝึกกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์จริง

ในโครงงานนี้จะเป็นการจำลองขบวนการหรือ Simulate Process Control ในการควบคุมระดับน้ำ โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์แบบ Apple II ซึ่งมีหน่วยความจำ 48 Kbyte โดยจะดัดแปลงโปรแกรมของ Version I เพิ่มประสิทธิภาพของโปรแกรมให้สามารถ

1 เลือกใช้สมการ Controller ได้หลายชนิด

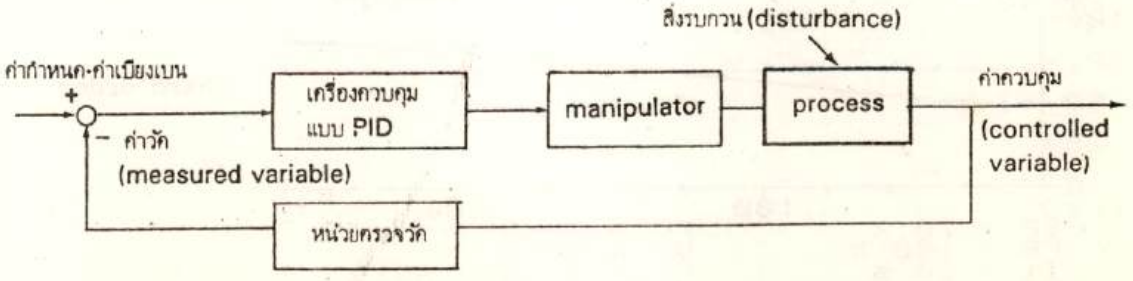
2 เลือก Control Valve ให้เหมาะสมกับสมการ Controller แต่ละแบบ

3 ให้ Simulate การควบคุมแบบ Cascade Control ได้

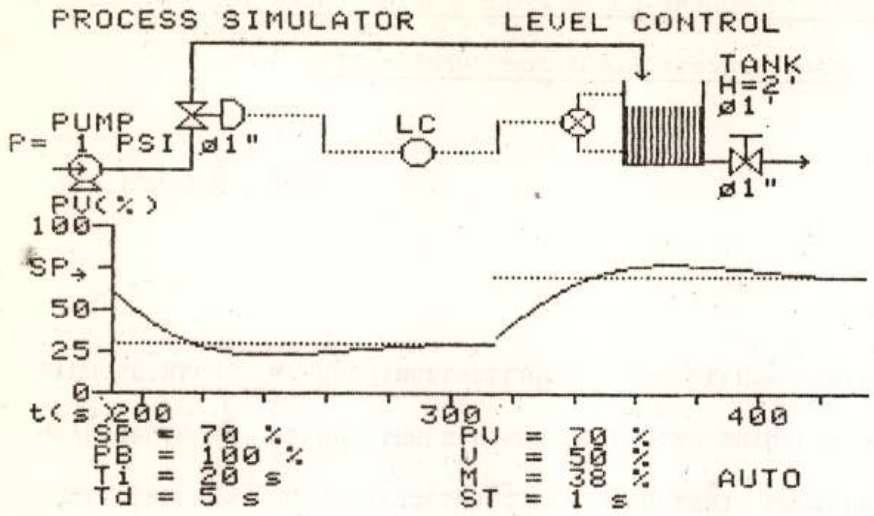
(หมายเหตุ การควบคุมแบบ Cascade Control ยังอยู่ในระหว่างการพัฒนา)

2. ระบบควบคุมที่ทำการ Simulate

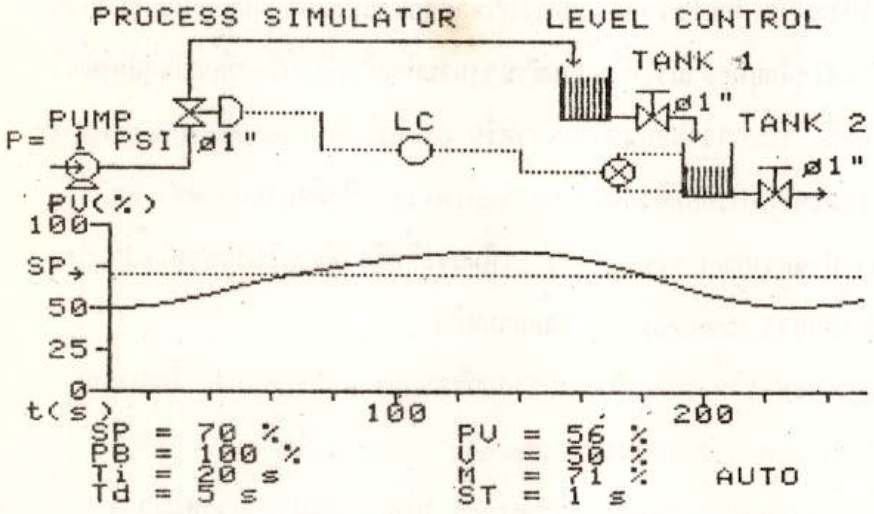
จะเป็นการควบคุมระดับน้ำในถังน้ำให้ได้ระดับน้ำตามที่ต้องการ โดยใช้การควบคุมแบบ Closed loop แบบ PID Control ซึ่งมี block diagram ดังรูปที่ 1



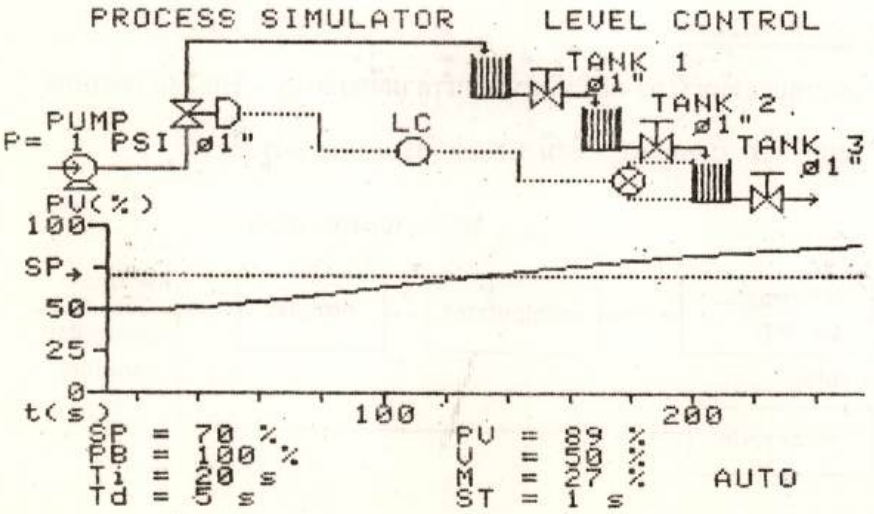
รูปที่ 1 การควบคุมแบบ PID



first order



second order



third order

ซึ่งการควบคุมแบบนี้จะมีการป้อนกลับ (feed back) โดยการวัดค่าที่ต้องการควบคุมมาเปรียบเทียบกับ ค่าที่กำหนด ถ้ามีค่าที่ผิดพลาดไป เครื่องควบคุมก็จะปรับ manipulator Variable ซึ่งเปรียบได้กับ input ของระบบ เพื่อให้ค่าควบคุมได้ตามต้องการ

การควบคุมแบบ PID Control นี้จะประกอบด้วย Action 3 แบบ คือ

1. Proportional Action

2. Integral Action

3. Derivative Action

ซึ่งมีรูปแบบของสมการของสัญญาณควบคุม $m(t)$ ทางด้าน Analog คือ

$$m(t) = 100/PB \quad (e(t)) + 1/TI \quad e(t)dt + TD\ de(t)/dt$$

ในระบบควบคุมที่ทำการ Simulated นั้นจะมีทั้งชนิดแบบ ถังน้ำ 1 ถัง (first order), ถังน้ำ 2 ถัง (second order) และแบบถังน้ำ 3 ถัง (third order) ดังแสดงในรูปที่ 2

โดย SP = ค่าที่กำหนด (SETPOINT)

PB = % PROPORTIONAL BAND

Ti = INTEGRAL TIME

Td = DERIVATIVE TIME

PV = ค่าควบคุม (CONTROL VALUED or PROCESS VARIBLE)

V = OUTFLOW VALUE

M = HARD MANUAL SET

ST = SAMPLING TIME

ซึ่งในการที่มีจำนวนถังน้ำต่างกันไปนั้นย่อมหมายถึงว่าระบบจะมี Time lag ต่างกัน ดังนั้น เราจึงสามารถเปรียบเทียบการทำงานของขบวนการในแต่ละแบบว่ามีการตอบสนองได้เร็วมากน้อยกว่ากันเพียงใด

ประโยชน์ของการ Simulate Process Control

1.ประหยัดเงินและทรัพย์สิน เพราะถ้าลองทำการทดลองกับระบบจริงจะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองมาก และอาจจะเกิดความเสียหายกับระบบได้ถ้าเกิดความผิดพลาดขึ้น

2.การปรับค่าต่างๆ ของระบบจะทำได้ง่ายและรวดเร็ว ทำให้ทำการศึกษาระบบได้อย่างละเอียด

3. เป็นการฝึกบุคคลให้เข้าใจถึง ระบบควบคุมได้ง่ายและรวดเร็ว

4. เป็นการปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินเพราะถ้าเกิดความผิดพลาดจากการกำหนดค่าตัวแปรผิด หรืออื่นๆ ก็จะไม่เกิดความเสียหายขึ้นซึ่งผิดกับการทดลองกับระบบจริง ถ้าเกิดความผิดผลาดอุปกรณ์หรือระบบอาจเสียหายได้

5. สามารถศึกษาระบบควบคุมได้อย่างละเอียด

3. สรุป

ในปัจจุบันนั้นเทคโนโลยี่ด้าน Digital Computer เจริญรวดเร็วมาก จนปัจจุบันราคาของเครื่องได้ลดต่ำลงมาอย่างมาก แต่ประสิทธิภาพต่อราคาของคอมพิวเตอร์ได้เพิ่มขึ้นอย่างมาก ทำให้เราสามารถที่จะนำคอมพิวเตอร์มาช่วยงานทางด้านการศึกษาได้ดีและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การ Simulate หรือจะจำลองแบบการทำงานของขบวนการหรือระบบใดระบบหนึ่งจึงทำได้ง่ายและดีขึ้นกว่าเดิมที่ใช้ Analog Computer หรืออุปกรณ์ทางด้านอิเลคโทรนิคส์อื่นๆมาก ซึ่งโครงงานนี้ก็เป็นเพียงแต่การนำคอมพิวเตอร์มา Simulate ขบวนการหนึ่งเท่านั้น โดยผู้ดำเนินงานเพียงหวังว่าจะมีประโยชน์ต่อท่านและอาจเป็นแนวทางในการ ใช้คอมพิวเตอร์ในรูปแบบอื่นๆ ต่อไป

บทความพิเศษ 1

แนะนำ smARTWORK

นายสุดชาย จงพิพิธพร

smARTWORK เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการออกแบบลายวงจรและทำ ARTWORK ของวงจร smARTWORK สามารถช่วยออกแบบวงจรที่มีขนาดสูงสุดได้ 10"wide 16"high โดยไม่ขึ้นกับความหนาแน่นของอุปกรณ์หรือวงจร และยังสามารถออกแบบวงจรได้ทั้งแบบหน้าเดียวและสองหน้า เส้นที่เดินเชื่อม, pad และระยะห่างต่างๆใน smARTWORK เป็น ขนาดมาตรฐานและลายวงจรที่ออกแบบโดย smARTWORK สามารถถกัดเป็นลายวงจรได้

Thin Line Width	12 mils. (0.012")
Wide Line Width	50 mils. (0.050")
Pad Diameter	62 mils. (0.062")
Minimum Spacing	19 mils. (0.019")

smARTWORK เป็นโปรแกรมที่ทำงานอยู่บนเครื่องIBM PC,XT,ATหรือเครื่อง Compatible และทำงานบน PC-DOS version 2.0 หรือใหม่กว่านี้ ระบบที่ใช้ควรจะ มี Disk Drive 2 ตัวหรือ Disk Drive กับ Hard Disk 1 ตัวและหน่วยความจำต่ำ สุด 192 Kbyte จอมอนิเตอร์ที่ใช้เป็นจอสีหรือไม่เป็นจอสีก็ได้ แต่ถ้าเป็นจอสีจะช่วยให้การออกแบบง่ายขึ้น เพราะจะสามารถเห็นลายวงจรพร้อมๆกันสองหน้าได้ โดยที่บนจอจะ แสดงให้เห็นเป็นสามสี ซึ่งจะทำให้แยกความแตกต่างได้ เครื่องพิมพ์ที่ใช้ EPSON FX-100 ,MX-100 หรือ Compatible หรือจะใช้ Plotter ก็ได้เช่น Houton Instrument DMP-41 pen-ink plotter

smARTWORK ประกอบด้วยไฟล์ 4 ไฟล์หลัก

1.SMART.COM เป็นไฟล์ที่ต้องทำการ run ก่อนๆที่จะใช้ไฟล์อื่น การ run โปรแกรมนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงบนจอ

2.EDIT.EXE เป็นไฟล์ที่ใช้ในการทำการแก้ไข ปรับปรุงและสร้างลายวงจร

3.PLOT.EXE เป็นไฟล์ที่ใช้ในการพิมพ์หรือวาดลายวงจร ทางเครื่องพิมพ์หรือทางเครื่องพล็อตเตอร์ ลักษณะของคำสั่งในไฟล์นี้จะเป็นเมนูให้เลือก

4.SMART.STA เป็นไฟล์ข้อมูลที่ใช้ใน EDIT.EXE และ PLOT.EXE ไฟล์นี้ ต้องอยู่ที่ Drive A ตลอดเวลาที่ run โปรแกรมอยู่

ขั้นตอนการใช้ smARTWORK

1.ใส่ Disk ที่เป็น PC-DOS version 2.0 หรือใหม่กว่านี้ใน Drive A

2.เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์กับจอมอนิเตอร์

3.รอจนกระทั่ง selftest เสร็จ ใส่วันเดือนปีและเวลา

4.เอา PC-DOS ออก ใส่ smARTWORK ใน Drive A ใส่แผ่นเปล่าที่ format แล้วใน Drive B

5.กด SMART รอจนทำงานเรียบร้อย

6.กด EDIT แล้วก็พร้อมที่จะใช้ออกแบบวงจรได้ ซึ่งบนจอจะแสดง cursor อยู่ที่มุมซ้ายล่าง

การเคลื่อนที่ของ cursor สามารถเคลื่อนที่ได้ 4 ทิศทางโดยการกดปุ่ม โดยที่การกด 1 ครั้งจะทำให้ cursor เคลื่อนที่ไป 1 ตำแหน่งหรือ 1 cell (0.050"ขนาด จริง) การเคลื่อนที่เร็วต้องกด ปุ่ม shift แล้วกดปุ่มซ้ายหรือขวาจะทำให้เคลื่อนที่ไป 10 ตำแหน่งหรือ 0.500" ขนาดจริง หรือกด shift แล้วกดปุ่มขึ้นบนหรือลงล่างจะ ทำให้ เคลื่อนที่ไป 5 ตำแหน่งหรือ 0.250" ขนาดจริง การแสดงผลบนจอจะแสดงผล 2"high 4"wide หรือเรียกว่า window

คำสั่งที่ใช้ในไฟล์ EDIT แบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1.Single-Keystroke Functions

MARK ROUTE--F1	F2--REMOVE ROUTE
PLACE PAD--F3	F4--REMOVE PAD
WIDEN--F5	F6--SHRINK
PLACE FATCELL--F7	F8--REPEAT ROUTE

Change Layer -- PgUP or PgDn keys

Backspace route -- Backspace key

Move Cursor 1 cell -- Shift-Arrow keys

Pronpt for Command -- Enter key

2.Display - Control Function

Alt-F1 -- Toggle Color - b/w mode

Alt-F2 -- Toggle Color - intensity

Alt-F3 -- Toggle Color - scheme

Alt-F4 -- Toggle background Color

Alt-F5 -- Toggle opaque/transparent mode

Alt-F6 -- Toggle active layer's Color

Alt-F7 -- Toggle window size

3. Command - Line Input

clear

cleave <direction>

dip <direction> <#pin> <spacing>

load <filename>

mouse

quit

save <filename>

sip <direction> <#pin>

backspace -- Delete character

Esc -- Erase response

Enter -- Process response

กลุ่มคำสั่ง 1 และ 2 สามารถทำงานได้ในหน้าที่ที่มี cursor อยู่ แต่คำสั่ง กลุ่ม

3 จะต้องกด Enter ก่อนจึงจะพิมพ์คำสั่งต่างๆได้ ในกลุ่ม 3 เมื่อกด Enterเครื่อง จะแสดง Command: ที่บรรทัดล่างสุดแล้วจึงจะพิมพ์คำสั่งได้

Single - Keystroke Functions

MARK ROUTE (F1) ใช้สำหรับการกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของการ เชื่อมต่อ เมื่อกำหนดจุดเริ่มต้นที่จุดใด ตัว cursor จะเปลี่ยนลักษณะเป็นเส้นนอน 3 เส้น และเมื่อกำหนดจุดสุดท้ายเสร็จ cursor จะเปลี่ยนเป็นแบบเดิม และเครื่องจะแสดงเส้นเชื่อมจุดขนาด 12 mils (0.012") ซึ่งเครื่องจะคำนวนก่อน โดยที่จะใช้ระยะทางสั้นที่ สุดและไม่ชนกับเส้นอื่นๆ ที่มีอยู่

REMOVE ROUTE (F2) ใช้สำหรับลบเส้นทั้งเส้นออก

PLACE PAD (F3) ใช้สำหรับใส่ pad ที่ตำแหน่ง cursor โดยที่มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางของ pad เท่ากับ 62 mils (0.062")

REMOVE PAD (F4) ใช้สำหรับลบ pad ที่ตำแหน่ง cursor อยู่ออก

WIDEN (F5) ใช้สำหรับขยายเส้นที่ลากด้วย (F1) จากขนาด 12 mils (0.012") เป็น 50 mils (0.050") ตลอดเส้น

SHRINK (F6) ใช้สำหรับลดขนาดของเส้นที่ลากด้วย(F1)จากขนาด 50mils (0.050") เป็นขนาด 12 mils (0.012")

PLACE FATCELL (F7) ใช้สำหรับใส่ลายวงจรขนาด 50 milsquare

REPEAT ROUTE (F8) ใช้สำหรับเขียนลายวงจรที่มีขนาดเท่าๆกันและซ้ำๆกัน

Change layer (PgUp or PgDn key) ใช้เปลี่ยนจากชั้นบนไปชั้นล่าง

Backspace route (Backspace key) ใช้ลบเส้นที่อยู่บนจอ

Interupt route (Ctrl-Break) ใช้หยุดไม่ให้เครื่องคำนวนในการลาก เส้น เพราะเครื่องใช้เวลาค่อนข้างนานในการคำนวน

Move Cursor 1 Cell (Arrow-keys) ใช้เคลื่อน cursor ไปทีละcell หรือ 1 ตำแหน่งหรือ 0.050" ขนาดจริง

Move 5 or 10 Cells (Shift-Arrow keys) ใช้ในการเคลื่อนที่ของ cursor เร็วๆ

Prompt for Command (Enter key) กด Enter เพื่อที่จะรับคำสั่ง

Command-Line Input:

Diaplay - Control Function

Alt-F1 เป็นคำสั่งเพื่อเลือกดูลายทั้งสองชั้น โดยที่ชั้นที่ทำงานอยู่จะมีสีเขียวแล้วชั้นที่ไม่ได้ทำงานจะมีสีแดง ส่วนที่มีทั้ง 2 ชั้น เช่น pad จะมีสีเหลือง

Alt-F2 เป็นคำสั่งเพื่อเพิ่ม intensity

Alt-F3 เป็นคำสั่งเปลี่ยน tone สี

Set I	Set II
red	magenta
green	cyan
yellow	white

Alt-F4 เป็นคำสั่งสำหรับเปลี่ยนสีฉากจากดำเป็นฟ้า

Alt-F5 เป็นคำสั่งให้แสดง 2 สีหรือ 3 สี ถ้า 2 สีบริเวณที่มีทั้งชั้นบนและชั้นล่างจะไม่มีสีแสดงให้เห็น ถ้า 3 สีจะมีสีเหลืองแสดง

Alt-F6 เป็นคำสั่งให้ชั้นไหนทำงาน

Alt-F7 เป็นคำสั่งให้จอภาพแสดงภาพทั้งหมดของโปรแกรม 10"high 16" wide บนจอทั้งหมด

Command - Line Input

clear ใช้ลบลายวงจรทั้งหมด

cleave ใช้ขยายหรือเลื่อนลายวงจรออกไป โดยกำหนดทิศทางเป็น

N

W E

S

เช่น ขยายทางตะวันออก 1 cell จาก cursor อยู่หรือ 0.050"

dip (dual in live package) ใช้ในการกำหนด pad ของขาไอซี โดย มีการกำหนดทิศทางเหมือน cleave คือ n,s,e,w ; จำนวนขาของไอซีทั้งหมดและระยะ ห่างระหว่างขาด้านกว้าง เช่น dip e 14 3 หมายถึง ไอซี 14 ขาชี้ไปทางตะวันออกขา 1 อยู่ที่ cursor ความกว้างของขาไอซี 0.3"

load เป็นการ load โปรแกรมลายวงจรจาก disk เข้ามาแก้ไขดัดแปลง โดยที่สามารถกำหนด Drive ได้ เช่น load c:ufo1.pcb หมายถึง โปรแกรมที่ชื่อ ufo1.pcb ใน Drive c

mouse ใช้กับ hardware เมื่อมี mouse ถ้าไม่มี mouse ก็ไม่จำเป็น

quit ใช้เป็นคำสั่งเพื่อที่จะออกจากโปรแกรม Edit กลับเข้าสู่ DOS

save เป็นการ save โปรแกรมลายวงจรเข้า disk โดยสามารถกำหนด Drive ได้

sip (singel in line package) เหมือน dip แต่มีแถวเดียว ลักษณะการใช้เหมือนกันเช่น sip n 10 หมายถึง มี 10 ขา ชี้ไปทางเหนือขา 1 อยู่ที่ cursor

Backspace ลบตัวอักษรระหว่างการพิมพ์คำสั่ง

Esc หยุดการทำงานทุกอย่างกลับไปสู่การใช้งานปรกติ

Enter ทำงานตามคำสั่งแล้วกลับไปทำงานปรกติ

บทความพิเศษ 2

PC-DRAW

วิศิษฐ รุ่งเจริญพร

PC-DRAW เป็นโปรแกรมใช้กับเครื่องPC-16 BIT ใช้งานด้าน เขียนแบบไฟฟ้า เขียนแบบอุตสาหกรรม ฯลฯ PC-DRAW ประกอบด้วยแผ่นดิสก์ 3 แผ่นด้วยกันคือ

-แผ่นที่1 -เป็นแผ่นใช้งานหลัก (PC-DRAW#1)ใส่ที่DRIVE#1

-แผ่นที่2 -เป็นแผ่นInformation (PC-DRAW#2)

-แผ่นที่3 -เป็นแผ่นข้อมูล(DATA) ใส่ที่DRIVE#2

ลักษณะการใช้งาน PC-DRAW ทั่วๆไปคือ

แผ่นที่ 1 (PC-DRAW#1) ส่วนเขียนแบบงานจะประกอบด้วยแบบงานที่เขียนและ Template เราสามารถเลือกเขียนแบบงานได้แบบ Free hand กับใช้เลือกเครื่องหมายจาก Template (โดยปรกติในตัวโปรแกรมจะมี Template ติดมาให้ 2-3plate มี 5 หน้า หน้าละ 21 เครื่องหมาย เราสามารถออกแบบเครื่องหมายเพิ่มเข้าไปใน Template เดิม หรือสร้าง Template ใหม่เองได้)

ก่อนที่จะใช้งานต้องคำนึงถึง แบบงานว่าจะเขียนแบบงานอะไร ก็พิจารณาเลือก Template ที่มีเครื่องหมายที่สอดคล้องกันกับแบบงาน

เมื่อเลือก option 2 ในเมนูหลัก เครื่องจะใส่ชื่อแบบงานที่จะเขียน ถ้าใส่ชื่อที่มีอยู่แล้วในแผ่น DATA เครื่องจะเอาแบบงานนั้นมาแก้ไข ถ้าใส่ชื่อใหม่เครื่องจะเตรียมที่ให้และถามชื่อ Template ที่จะใช้ให้เราเลือก Template ที่จะใช้จากที่แสดงบนจอภาพ เครื่องจะ load โปรแกรมเข้ามาเริ่มเขียนหรือแก้ไขแบบงานต่อไป

แผ่นที่2 (PC-DRAW#2) จะใช้ในกรณีที่เลือก option 1 ในเมนูหลักเท่านั้น ในแผ่นที่ 2 จะบรรจุคำแนะนำการใช้ PC-DRAW ทั้งหมดเอาไว้เมื่อเลือก option 1 ก็เปลี่ยนแผ่นที่ 2 ใส่เข้า DRIVE#1 แทนแผ่นที่ 1 และ ทำตามคำแนะนำของเครื่อง ถ้าต้องการกลับเมนูหลักเพื่อใช้งานต่อไป เปลี่ยนแผ่นที่ 1 (PC-DRAW#1) กลับเข้าไปตามเดิม

แผ่นที่3 (DATA) โดยปรกติจะใส่ไว้ที่ DRIVE#2 ตลอดเวลา

สรุปคำสั่งที่ใช้ในการเขียนแบบงาน(เมื่อเลือกoption2)

Funtion Key

F1 -กลับเมนูหลัก -ขณะใช้งานใดๆอยู่ถ้าต้องกลับสู่เมนูหลักกด F1

F2 -สร้างวงกลม -กด F2 ครั้งแรกเป็นจุดศูนย์กลางวงกลมเลื่อน Cursor มาตามแนวระนาบแกน X ตามรัศมีที่ต้องการกด F2 อีกครั้งจะได้รูปวงกลมกระพริบอยู่(ถ้าจะให้เลิกกระพริบกด End)

F3 -Saveแบบงาน กด F3 เพื่อ Save แบบงานเครื่องจะถามว่า (S/N/R?) คือ S-Save,N-ไม่Save,R-เปลี่ยนชื่อที่จะSave

F4 -ลากเส้นตรง กด F4 ครั้งแรกเป็นจุดเริ่มต้นของเส้นตรง เลื่อน Cursor ไปตำแหน่งปลายที่ต้องการลากเส้นตรง กด F4 อีกครั้งจะได้เส้นตรงระหว่างจุดที่กำหนดทั้ง2จุดนี้

F5 -ลบเครื่องหมาย ขณะที่เครื่องหมายใดๆกำลังกระพริบ กด F5 จะเป็นการลบเครื่องหมายนั้น

Alt-F5-ล้างภาพ กด Alt พร้อมกับ F5 จะเป็นการลบแบบงานที่แสดงอยู่ทั้งหมด

F6 -หมุนเครื่องหมาย ขณะที่เครื่องหมายใดๆกำลังกระพริบ กด F6 เครื่องหมายนั้นจะหมุนไปครั้งละ90°

F7 -ขยายเครื่องหมาย ขณะที่เครื่องหมายใดๆกำลังกระพริบ กด F7 เครื่องหมายนั้นจะขยายออกไป 2 สเกล (1 สเกล=1/4 ของขนาดเครื่องหมาย)

F8 -ย่อเครื่องหมาย ขณะที่เครื่องหมายกำลังกระพริบ กด F8 จะทำให้เครื่องหมายนั้นย่อเข้ามา 2 สเกล (1สเกล=1/4ของขนาดเครื่องหมาย)

Alt-F7 และ Alt-F8 -ขยาย/ย่อ เครื่องหมาย ขณะที่เครื่องหมายกำลังกระพริบ กด Alt-F7 หรือ Alt-F8 จะมีผลทำให้ขยายหรือย่อในอัตรา 1 สเกล

F9 -เลือกแบบงานหรือTemplateใหม่ กด F9 จะเลือกแบบงานใหม่และ หรือTemplate ใหม่โดยไม่ต้องกลับไปเมนูหลัก เมื่อกด F9 เครื่องจะถามชื่อแบบงานใหม่ ถ้าไม่ใส่ชื่อแล้วกด Return แสดงว่าใช้แบบงานเดิมจากนั้นให้ใส่ชื่อ Template ใหม่ ถ้าใช้ Template ใหม่ใส่ชื่อใหม่ ถ้าใช้อันเก่าก็กด Return

Alt-F9-แสดงตำแหน่งจุดกำเนิดของเครื่องหมาย กด Alt-F9 ตำแหน่งจุดกำเนิดทั้งหมดบนแบบงานจะถูกแสดงออกมา สีจะตัดกับสีเครื่องหมายเดิมอีกครั้งจุดกำเนิดจะหายไป

F-10 -ล้างและวาดใหม่ -กดF10 จะเป็นการล้างแบบงาน สามารถเขียนใหม่ได้ทันที

Alt-F10-ล้างและวาดจอภาพใหม่

PgUp -เปลี่ยนหน้าแบบงานขึ้นไปหน้าบน

PgDn -เปลี่ยนหน้าแบบงานลงไปหน้าล่าง

Tab-Right -เลื่อนหน้าแนวนอนไปทางขวา จากหน้า1ไปหน้า3,2ไป4

Tab-Left -เลื่อนหน้าแนวนอนไปทางซ้าย จากหน้า2ไปหน้า1,4ไป2

Alt-P -เลื่อนหน้าโดยตรง -กดAlt-P เพื่อเปลี่ยนหน้าแบบงาน ใส่เลข2หลัก(01-99) ถ้าเกิน4หน้าเครื่องจะถามว่า(S/N/R) แบบงานที่ใช้งานอยู่ทั้ง4หน้า

Ctrl-PgUp -เลื่อนหน้าTemplateขึ้นไปหาหน้าแรกๆ

Ctrl-PgDn -เลื่อนหน้าTemplate ลงไปหาหน้าหลังๆ

Alt-V -ตั้งตำแหน่งเคลื่อน -ตำแหน่งเคลื่อนมีผลต่อระยะการเลื่อน Cursor ไปบนแบบงาน ปรกติตำแหน่งเคลื่อนมีค่าเท่ากับ "08" เมื่อกด Alt-V แล้วใส่ค่าของตำแหน่งเคลื่อนเป็นเลข2หลัก(01-99) ตัวอย่างเช่น "08" ระยะเลื่อนจริงจะเป็น1/4นิ้ว, "04"เลื่อนทีละ1/8นิ้ว, "02"เลื่อนทีละ1/10นิ้ว ตำแหน่งเคลื่อนมีผลต่อการใช้F7 และF8 เพื่อขยายและย่อ

ลูกศร <-- --> -บน,ล่าง,ซ้าย,ขวา -ใช้เลื่อนCusotไปตามตำแหน่งที่ต้องการตามทิศลูกศร

Ctrl-Right,Ctrl-Left -เลื่อนCursorด้วยระยะเป็น4เท่าของAlt-V ที่ตั้งไว้

Alt-X -เป็นการเขียนแบบอิสระ -กดAlt-X จะเข้าสู่การเขียนแบบFree hand โดยใช้การเลื่อนทั้ง 8 ทิศของกลุ่มในลูกศร กดแต่ละครั้งจะให้เส้นตรงครั้งละ 1 ระยะ ระยะนี้ขึ้นกับการตั้งAlt-V ถ้าต้องการลบเส้นหลังสุดที่เขียนก็กดSpace bare(แคร่ยาว) เส้นที่เขียนครั้งสุดท้ายจะหายไป

Note -อย่าลืมกด Num lock -เมื่อจะใช้ลูกศร

Alt-S -เลือกเครื่องหมายจาก Template -เลื่อน Cursorมาที่ตำแหน่งที่จะใส่เครื่องหมาย กดAlt-S แล้วใส่เลขที่เครื่องหมายใน Template นับ 01 ถึง 21จากซ้ายไปขวาและบนลงล่าง เครื่องหมายเลขที่ใน Template จะปรากฏที่ตำแหน่ง Cursor

Alt-Z -เลือกเครื่องหมายบนแบบงาน -เลื่อน Cursor มาที่ตำแหน่งที่ใกล้เครื่องหมายที่เลือกบนแบบงานที่มากที่สุด กด Alt-Z เครื่องหมายนั้นจะกระพริบ เลื่อน Cursorไปยังตำแหน่งที่ต้องการ กด Alt-M เครื่องหมายนั้นจะปรากฏที่ตำแหน่ง

Cursor ใหม่ กด End เพื่อหยุดกระพริบ

Alt-& -เลือกกลุ่มเครื่องหมาย -เลื่อน Cursor ไปยังมุมซ้ายบนของกลุ่มเครื่องหมาย กด Alt-& เลื่อน Cursor ไปยังมุมขวาล่างของกลุ่มเครื่องหมาย กด Alt-& กลุ่มเครื่องหมายจะกระพริบ ขั้นต่อไปก็สามารถทำการใดๆกับกลุ่มเครื่องหมายนี้ได้ เช่น ใช้ Alt-M เพื่อเลื่อนตำแหน่งหรือย่อ/ขยายก็ได้ กด End เมื่อต้องการให้หยุดกระพริบ

KANIT ENGINEERING CORP.,LTD.

800/3-4 Asoke Din-Daeng Rd. Huai-khwang, Bangkok
Tel. 2454451, 2450419 Name Of Agency

YARWAY — PUMP PROTECTION VALVES, STEAM PRESSURE/TEMPERATURE CONTROL VALVES, BOILER TRIM EQUIPMENT, STEAM TRAPS

Farris — SAFETY RELIEF VALVES

Serck — SERCK AUDCO PRESSURE BALANCED PLUG VALVES BUTTERFLY VALVES.

FUJI ELECTRIC — ELECTRONIC INSTRUMENTS

KLIEGER Control Engineering — LEVEL INDICATING METER

WIKA — PRESSURE GAUGES

Oval — FLOWMETER

WV — BALL VALVES AND ACTUATOR

UE — TEMPERATURE & PRESSURE CONTROLS

FLOW CELL — AREA TYPE FLOWMETER

THYODA JAPAN — THERMOMETER

LEWA LEWA Herbert Ott GmbH + Co. D-7250 Leonberg, Postf. 1563 — MATERING PUMPS

Sam Dick Industries — GAS EVAPORIZER

RUEGER — THERMOMETER

RELIANCE ELECTRIC — AC & DC MOTORS

FISHER

HIGH QUALITY ENGINEERING PRODUCT

process manager console

PROVOX INSTRUMENTATION

CONTROL VALVES & ACTUATOR

- globe valve body class 150, 300, 600, 900, 1500 & 2500
- butterfly control valve
- vee-ball valve
- piston & diaphragm actuator

control valve

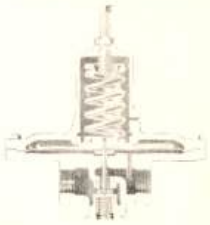
FIELD MOUNTED INSTRUMENTATION

type 2340 electronic transmiter

- temperature controllers
- temperature transmitters
- pneumatic valve positioner
- pressure controllers
- electro-pneumatic valve positioner
- electro pneumatic transducer
- pressure indicating controllers
- temperature transmitter

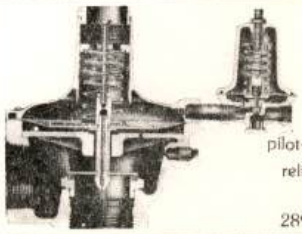
PRESSURE RUDUCING REGULATORS

- general purpose regulator for liquids, gases & vapors
- small volume regulator
- high pressure regulator
- gas service regulator
- water pressure regulator
- high capacity regulator



95 series

RELIEF VALVES



pilot-operated relief valve type 289P-6355

- pilot operated back pressure regulator or relief valve
- pressure relief valve
- pilot-operated relief valve

KANIT ENGINEERING CORPORATION LIMITED

อภินันทนาการจาก

บริษัท ยูนิแมกซ์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
UNIMAX INTERNATIONAL CO.,LTD.

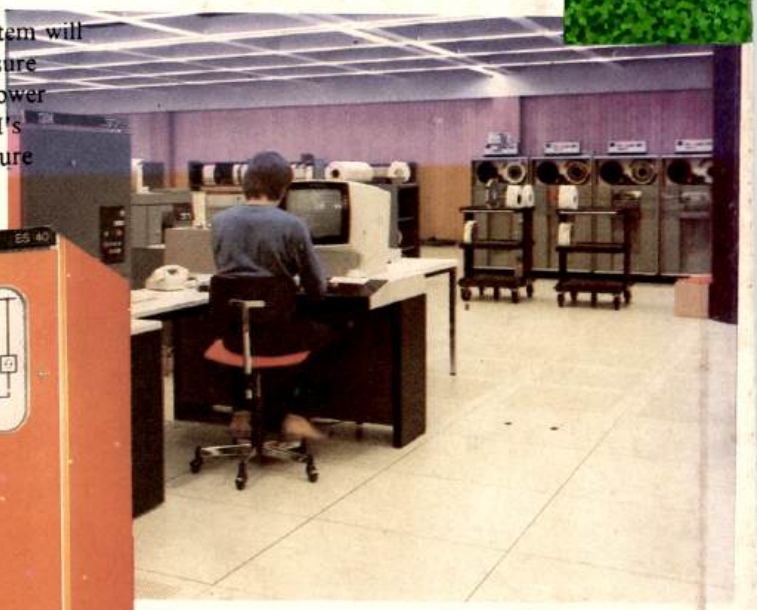
บริษัท รับเหมา ออกแบบ จัดหาอุปกรณ์และติดตั้ง ระบบไฟฟ้า
ระบบสุขาภิบาล สำหรับ อาคาร สำนักงาน โรงงาน
คอนโดมิเนี่ยม และอื่น ๆ โดยทีมงานวิศวกรและผู้เชี่ยวชาญ

44/3 ทองหล่อ ซอย 1 สุขุมวิท 55 กรุงเทพฯ ☎ 391-7016
44/3 Tonglor soi 1 Sukhumvit 55 Bangkok 390-2692

„ขอขอบคุณ„

BROWN BOVERI UPS System

BROWN BOVERI's Static UPS System will power your vital installation and ensure continuous working right through power cuts and failures. BROWN BOVERI's proven UPS equipment will also ensure protection from mains voltage and frequency fluctuations.



BROWN BOVERI UPS Systems offer:

- Higher Efficiency
- Power Ratings up to 1800 KVA
- 20 Years' Experience
- High Reliability

BBC
BROWN BOVERI

บีบีซี บราวน์ โบเวอรี่ (ประเทศไทย)
189 ถนน อโศก กรุงเทพฯ 10110 โทร. 2580379