ปีการศึกษา 2530

การควบคุมการขับน้ำเอซีด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

โดย

นายอังกูร วณิชประการกิจ เลขประจำตัว 27.1285

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.วิริยะ พิเชฐจำเริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปริญญาครีนิพนธ์ปีการศึกษา 2530

ภาควิชาไฟฟ้ากำลัง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมการชับน้ำเอชีด้วยโมโครโปรเซสเซอร์

ผู้จัดทำ

นายอังกูร วณิชประการกิจ

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.วิริยะ พิเชฐจำเริญ)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

024621

การควบคุมการขับน้ำเอซีด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

อังกูร วณิชประการกิจ
รศ.วิริยะ พิเชฐจำเริญ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2530

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ได้เสนอถึงวิธีการสร้างรูปแบบ PWM โดยวิธีทางการคำนวณ ค่าที่ได้เก็บไว้ในอีพรอม (EPROM) แล้วเขียนโปรแกรมด้วยชุดคำสั่งของ Z -80 ให้ดึงข้อมูลออกมา จะได้สัญญาณ PWM 6 สัญญาณแล้วนำไปเข้าวงจรขับเบสเพื่อให้ได้กระแสเพียงพอที่จะขับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ให้อิ่มตัวได้

ในวงจรอินเวอร์เตอร์จะนำเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มาต่อเป็นลักษณะของโมดูลเพื่อให้น้ำกระแสได้มากขึ้น สามารถปรับความถี่ได้ระหว่าง 12 H_z ถึง 66.6 H_z โดยให้ค่า V/F คงที่ เพื่อนำมาใช้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ก็จะให้ค่าแรงบิดคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Microprocessor control PWM AC.drive

Ungkoon Vanichprakankit

Associate Professor Viriya Pichetjamroen Advis

1987

Abstract

This thesis describes design of PWM pattern by calculation. The calculted patterns are stored in the EPROM, then a control program of Z-80 instruction is used to pull out the patterns. Six PWM patterns are obtained to drive the base circuit of power transistors.

Each power transistor used in the 3 phase inverter circuit is connected in a module so as to increase current -handing capacity. The output frequency can be varied from 12. H_z to 66.7 H_z with aconstant voltage-to-frequency ratio Under this condition, the Speed-Torque characteristics of the induction motor are obtained by measurement.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		
บทนำ		1
บทที่ 1	พื้นฐานการควบคุมมอเตอร์	2
บทที่ 2	วิธีการสร้างรูปแบบ (Pattern) ของ PWM	5
	2.1 การสร้างรูปแบบ PWM	5
	2.2 การสร้างข้อมูลแสดงรูปแบบ PWM	9
	2.3 วิธีหาค่า 1, 2, 3, 4	13
	2.4 วิธีการเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำ	16
	2.5 โฟลว์ชาร์ทของโปรแกรม	19
	2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนสเตท (State number) เลขรวมเวลาย่อย และความถี่	24
	2.7 ตัวอย่างการออกแบบ	28
บทที่ 3	วงจรอินเตอร์เฟส วงจรขับเบส และวงจรกำลัง	35
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง	44
บทที่ 5	บทวิจารณ์และสรุป	56
ภาคผนวก	ก. คู่มือการใช้อุปกรณ์	57
	ข. ภาพถ่ายโครงงาน	60
กิตติกรรมประกาศ		61
หนังสืออ้างอิง		62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสเป็นที่นิยมใช้กันมากเพราะมอเตอร์ชนิดนี้มีราคาถูก แข็งแรง เชื่อถือได้และต้องการการบำรุงรักษาน้อย การปรับความเร็วที่สะดวกที่สุดโดยการปรับความถี่ของแหล่งจ่ายไฟที่ป้อนเข้า ถ้าสามารถออกแบบแหล่งจ่ายไฟให้มีค่าแรงดันต่อความถี่มีค่าคงที่แล้ว มอเตอร์ก็จะมีค่าแรงบิดคงที่ทุกค่าของความเร็วที่ปรับโครงงานนี้ได้ออกแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter) โดยใช้หลักของพัลส์วิดท์มอดดูเลชั่น (Pulse Width Modulation; PWM) โดยสร้างรูปแบบ (Pattern) ของการสวิชชิ่ง (Switching) เป็นข้อมูลเก็บลงไว้ในอีพรอม (EPROM) แล้วเขียนโปรแกรมให้ Z-80 ประมวลผล (execute) ถึงข้อมูลออกมาใช้ การปรับความถี่โดยการปรับค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ (Variable Resistance) ซึ่งเป็นอินพุทของ ADC 0809 ในวงจรอินเวอร์เตอร์จะใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ (Power Transistor) เป็นอุปกรณ์สำหรับสวิชชิ่งตามรูปแบบของ PWM โดยมีวงจรขับเบส (Base drive circuit) เป็นวงจรขยายกระแสสัญญาณ PWM ที่มาจากส่วนของไมโครโปรเซสเซอร์ นอกจากนี้ยังมีวงจรสนับเบอร์ (Snubber circuit) ที่ติดคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เพื่อสลดค่า $\frac{dv}{dt}$ ที่เกิดขึ้นขณะหยุดนำกระแส

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ได้กล่าวถึงวิธีการออกแบบรูปแบบ PWM 3 ระดับและวงจรขับเบส นอกจากนี้ยังกล่าวถึงการต่อเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในลักษณะของโมดูลในการใช้งาน และสมรรถนะของอินเวอร์เตอร์ที่ได้ออกแบบขึ้นมาตลอดจนสิ่งต่าง ๆ ที่ควรปรับปรุงเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

พื้นฐานการควบคุมมอเตอร์

เอซี อินดักชั่นมอเตอร์ มีความเร็วรอบในการหมุนขึ้นอยู่กับความถี่ของแหล่งจ่ายไฟที่ป้อนและจำนวนขั้ว (pole) ของสเตเตอร์ โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$N_s = \frac{120f}{P}$$

เมื่อ N_s แทนความเร็ว synchronous หน่วยรอบต่อนาที (rpm)

f แทนความถี่ของแหล่งจ่ายไฟที่ป้อน หน่วยเฮริทซ์ (H_z)

P แทนจำนวนขั้วของสเตเตอร์

นั่นคือ เราสามารถปรับความเร็วรอบของอินดักชั่นมอเตอร์นี้ได้โดยการเปลี่ยนความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ หรือเปลี่ยนจำนวนขั้วที่สเตเตอร์ วิธีการหลังนี้มีขั้นตอนที่ยุ่งยากกว่าและการเปลี่ยนความเร็วจะมีลักษณะเป็นขั้น ๆ (step) ตามการเปลี่ยนจำนวนขั้ว เช่น 2, 4, 6, 8 เป็นต้น ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ชนิดนี้ ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ได้เสนอโครงงานออกแบบแหล่งจ่ายไฟที่สามารถปรับแรงอันและความถี่ได้ โดยออกแบบให้เอาท์พุทมีอัตราส่วนของแรงดันและความถี่คงที่ เพื่อให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่อยู่ในแอร์แกป (airgap) มีค่าคงที่ตลอดย่านความถี่โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$V = 4.44$$

เพราะว่า $\phi = BA$

$\therefore$ $V = 4.44fN\phi$

หรือ $V = Kf\phi$ โดย $K = 4.44N$

$\therefore$ จะได้ $\phi = \frac{V}{Kf}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ V แทนแรงดันไฟฟ้า หน่วยโวลท์ (Volt)

f แทนความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ หน่วยเฮริทซ์ (H_z)

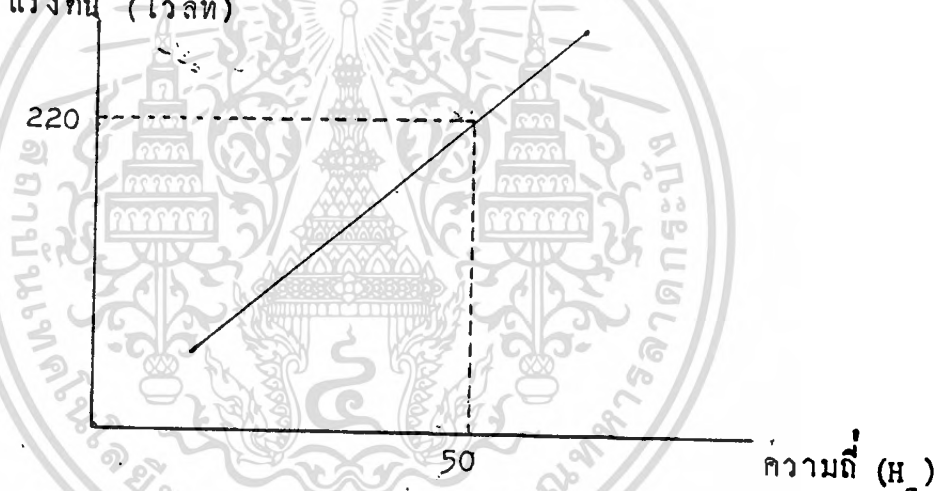
N แทนจำนวนรอบ หน่วยเทิร์น (Turn)

B แทนความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก หน่วยเวเบอร์ (Weber)

A แทนพื้นที่หน้าตัด หน่วยตารางเมตร (m^2)

ϕ แทนฟลักซ์แม่เหล็ก

จากสมการข้างต้น จะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ f เป็นเส้นตรง ซึ่งค่าความชันของสมการก็คือ ค่าฟลักซ์แม่เหล็กนั่นเอง ดังรูปกราฟ



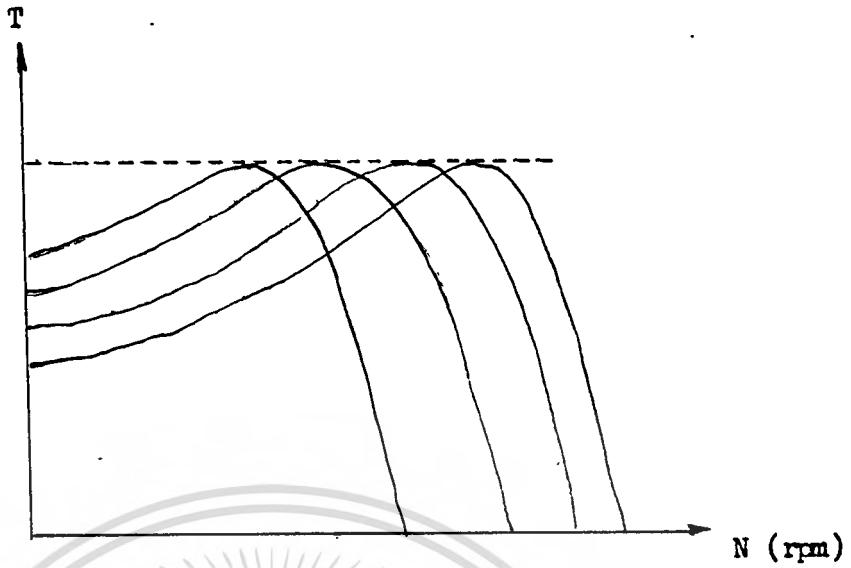
รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความถี่

โดยทั่วไปความถี่ที่ป้อนเข้าอินดักชั่นมอเตอร์ จะมีค่าระหว่าง 10–200 H_z ถ้าต่ำกว่านี้ก็จะเกิดปัญหาฟลักซ์ในแอร์แกปลดลง อันเนื่องมาจากผลของค่าความต้านทาน (resistance) ของสเตเตอร์ซึ่งจะมีผลต่อฟลักซ์แม่เหล็กมากที่ความถี่ต่ำ ถ้าสูงกว่านี้ก็จะเกิดปัญหาเรื่องการสูญเสียในแกนเหล็ก (Core loss) ของมอเตอร์ ตลอดจนการสูญเสียในการสวิชชิ่งที่สูงมากเกินไปสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ทำอินเวอร์เตอร์

แหล่งจ่ายไฟที่สามารถปรับแรงดันและความถี่ได้ โดยอัตราส่วนแรงดันและความถี่มีค่าคงที่ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ B เฟสได้ โดยจะให้ค่าแรงบิด (Torque) มีค่าคงที่ตลอดย่านความถี่ที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังรูป



รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความถี่ค่าต่าง ๆ

แหล่งจ่ายไฟที่ได้ออกแบบไว้ก็ได้สร้างเงื่อนไขเอาท์พุทไว้ดังนี้

$$\frac{\text{แรงดันมูลฐาน (fundamental voltage)}}{\text{ความถี่มูลฐาน (fundamental frequency)}} = \frac{Vo}{fo} = \text{constant}$$

เมื่อนำแหล่งจ่ายไฟที่มีเอาท์พุทตามเงื่อนไขข้างต้นนี้ไปจ่ายให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ ก็จะทำให้เกิดความหนาแน่นฟลักซ์คงที่ในแอร์แกป ซึ่งจะส่งผลให้มอเตอร์ที่ค่าแรงบิดที่คงที่ตามไปด้วย โดยแหล่งจ่ายไฟที่ได้ออกแบบไว้นี้สามารถที่จะปรับความถี่ได้ตั้งแต่ 12 H_z จนถึง 66.6 H_z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

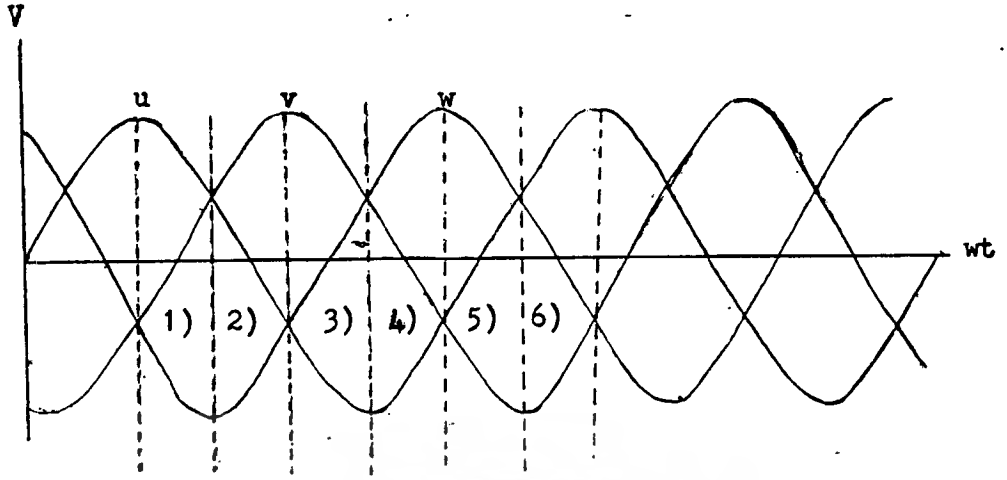
วิธีการสร้างรูปแบบ (Pattern) ของ PWM

อุปกรณ์สวิชชิ่งที่ใช้ในแหล่งจ่ายไฟที่ได้ออกแบบไว้ จะมีการสวิชชิ่งตามรูปแบบของ PWM ซึ่งจะสามารถที่จะกำจัดฮาร์โมนิคที่ลำดับต่ำ ๆ ได้ โดยจะกำจัดฮาร์โมนิคลำดับต่ำ ๆ ได้มากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับรูปแบบของ PWM ที่ใช้และความถี่ของการสวิชชิ่ง ถ้ามีความถี่ของการสวิชชิ่งมาก ฮาร์โมนิคลำดับต่ำ ๆ ก็ถูกกำจัดออกไปมาก ถ้าความถี่ของการสวิชชิ่งน้อย ฮาร์โมนิคลำดับต่ำ ๆ ก็ถูกกำจัดออกไปน้อยเช่นกัน สาเหตุที่ต้องมีการกำจัดฮาร์โมนิคลำดับต่ำ ๆ เพราะว่าค่าฮาร์โมนิคเหล่านี้ ทำให้เกิดการสูญเสียในมอเตอร์ในส่วนของขดลวดตัวนำสเตเตอร์และในแกนเหล็ก อย่างไรก็ตาม การสวิชชิ่งมากก็ทำให้เกิดการสูญเสียการสวิชชิ่งมากตามไปด้วย ดังนั้น จึงต้องเลือกความถี่ของการสวิชชิ่งที่เหมาะสม เพื่อกำจัดหรือลดค่าการสูญเสียทางไฟฟ้าอันเนื่องมาจากองค์ประกอบฮาร์โมนิคของสเตเตอร์โวลท์เตจให้อยู่ในค่าที่ปลอดภัย

2.1 การสร้างรูปแบบ PWM

การสร้างรูปแบบ PWM ของโครงงานนี้ได้อาศัยหลักการมองระดับโวลท์เตจของไฟ 3 เฟสให้มีค่าเป็นเชิงตัวเลขที่ค่ามุมต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้ โดยมีสมการที่แสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว ถ้าพิจารณารูปคลื่นของไฟ 3 เฟสดังรูปที่ 2.1 จะเห็นลักษณะการเปลี่ยนระดับของโวลท์เตจของเฟส u เฟส v และเฟสw ดังรูป 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1

จะเห็นลักษณะการเปลี่ยนระดับของโวลท์เตจของเฟส U เฟส V และเฟส W โดยในทุก 60 องศา จะมีการเปลี่ยนระดับโวลท์เตจของแต่ละเฟสดังนี้คือ

1) U > V > W 2) V > U > W 3) V > W > U

4) W > V > U 5) W > U > V 6) U > W > V

ในการสร้างรูปแบบ PWM นั้น จะกำหนดสมการแสดงระดับโวลท์เตจเป็นเชิงตัวเลขได้ดังนี้

$$U = A\cos(wt) + A + B \quad \text{.....(2.1)}$$

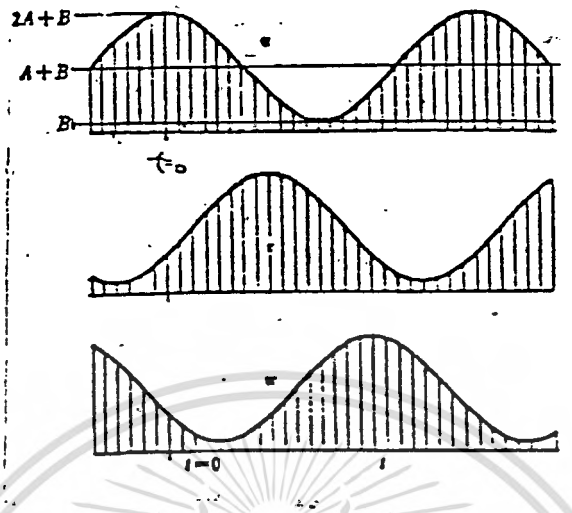
$$V = A\cos(wt-120^{\circ}) + A + B \quad \text{.....(2.2)}$$

$$W = A\cos(wt+120^{\circ}) + A + B \quad \text{.....(2.3)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ A คือตัวเลขแสดงแอมปลิจูดของคลื่นไซน์

B คือค่าคงที่



รูปที่ 2.2 แสดงระดับโวลท์เตจเชิงตัวเลขของสมการ (2.1), (2.2) และ (2.3)

ค่าตัวเลขของ A และ B จะถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อความเหมาะสม ซึ่งวิธีการกำหนดค่า A และ B นี้จะกล่าวในภายหลัง

ตัวอย่าง ถ้ากำหนดให้ A = 34 และ B = 1 (ในตอนหลังจะกล่าวถึงวิธีการกำหนดค่า A และ B)

สาเหตุที่ต้องมีค่า B ซึ่งอย่างน้อยต้องมีค่าเท่ากับ 1 เพราะต้องการให้เป็นเลขนับเวลาที่แสดงระดับโวลท์เตจที่ไม่เป็นศูนย์ เพราะในตัวโปรแกรมจะมีคำสั่ง DEC A อยู่ ถ้ากำหนดให้ในแต่ละเฟสในหนึ่งลูกคลื่นมี pulse 30 pulse

$$\therefore \text{แต่ละ pulse จะอยู่ห่างกัน} = \frac{360^{\circ}}{30} = 12^{\circ}$$

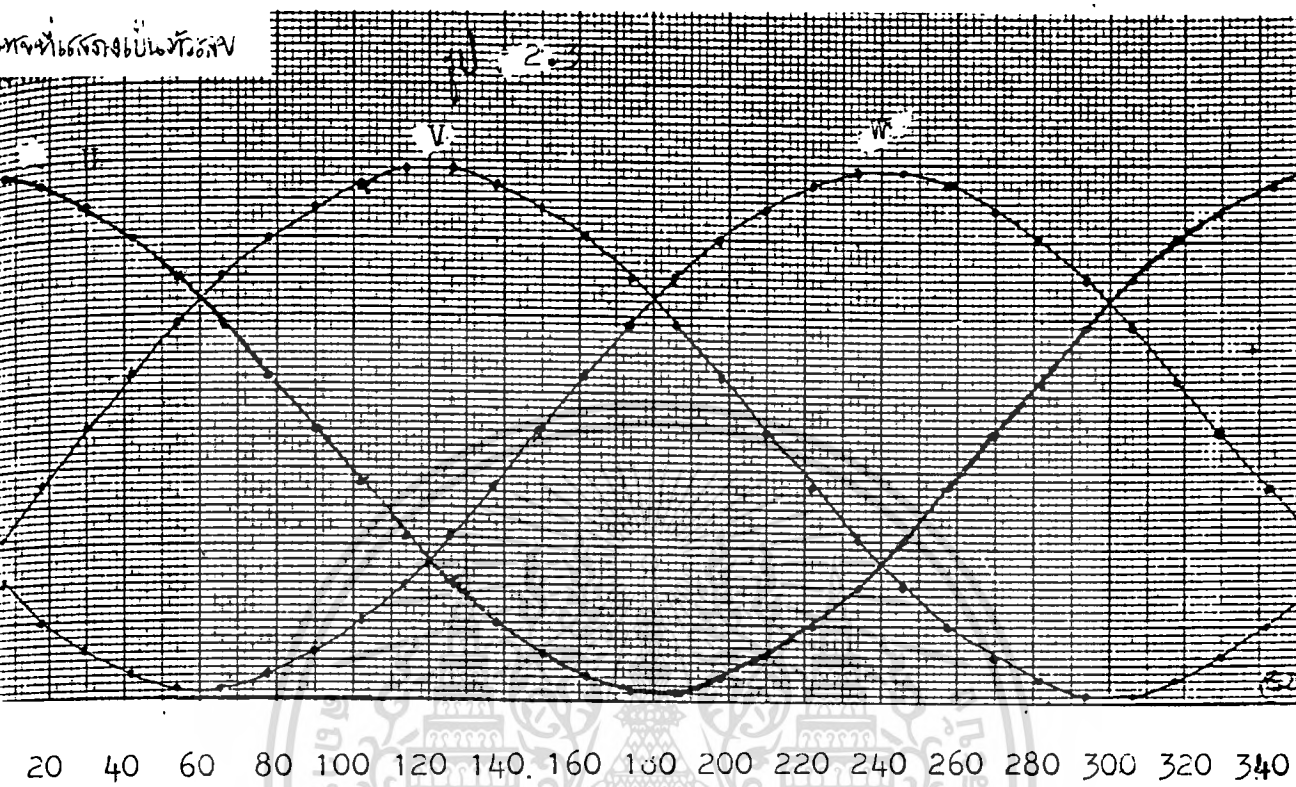
เพื่อให้เหมาะสมจะเริ่ม pulse แรกที่มุม 6 องศา นั่นคือจะได้ว่า $wt = 6^{\circ}, 18^{\circ}, 30^{\circ}, \ldots, 354^{\circ}$ นำค่ามุมเหล่านี้ไปแทนลงในสมการ (2.1), (2.2) และ (2.3) ก็จะได้ค่าระดับโวลท์เตจซึ่งเป็นตัวเลขดังแสดงในตารางที่ 1 และเมื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาเขียนกราฟ โดยให้ระดับโวลท์เตจเป็นแกนตั้งและให้มุมเป็นแกนนอน จะได้ดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1

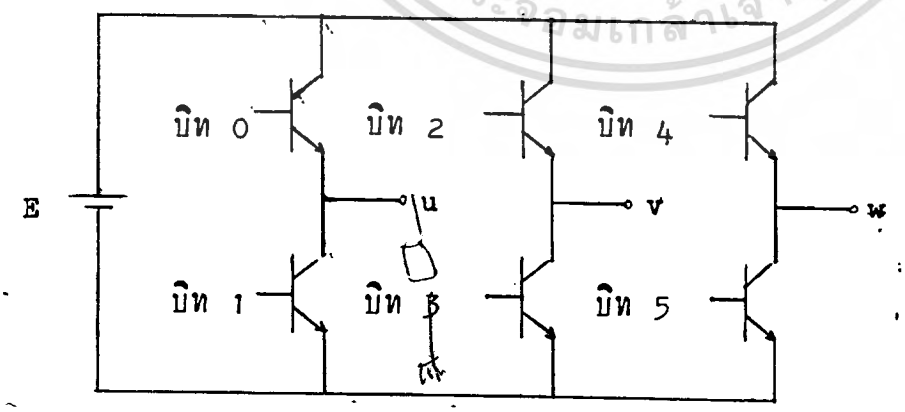
Block	Pulse ที่	มุม	ตัวเลขแสดงระดับโวลท์เตจ			ลักษณะโวลท์เตจของแต่ละเฟส
			u	v	w	
(1)	1	6°	69	21	15	u > v > w
	2	18°	67	28	10	
	3	30°	64	35	6	
	4	42°	60	42	3	
	5	54°	55	49	1	
(2)	6	66°	49	55	1	v > u > w
	7	78°	42	60	3	
	8	90°	35	64	6	
	9	102°	28	67	10	
	10	114°	21	69	15	
(3)	11	126°	15	69	21	v > w > u
	12	138°	10	67	28	
	13	150°	6	64	35	
	14	162°	3	60	42	
	15	174°	1	55	49	
(4)	16	186°	1	49	55	w > v > u
	17	198°	3	42	60	
	18	210°	6	35	64	
	19	222°	10	28	67	
	20	234°	15	21	69	
(5)	21	246°	21	15	69	w > u > v
	22	258°	28	10	67	
	23	270°	35	6	64	
	24	282°	42	3	60	
	25	294°	49	1	55	
(6)	26	306°	55	1	49	u > w > v
	27	318°	60	3	42	
	28	330°	64	6	35	
	29	342°	67	10	28	
	30	354°	69	15	21	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช



2.2 การสร้างข้อมูลแสดงรูปแบบ PWM

วงจรพื้นฐานสำหรับ PWM อินเวอร์เตอร์ 3 เฟส แสดงตามรูป 2.4



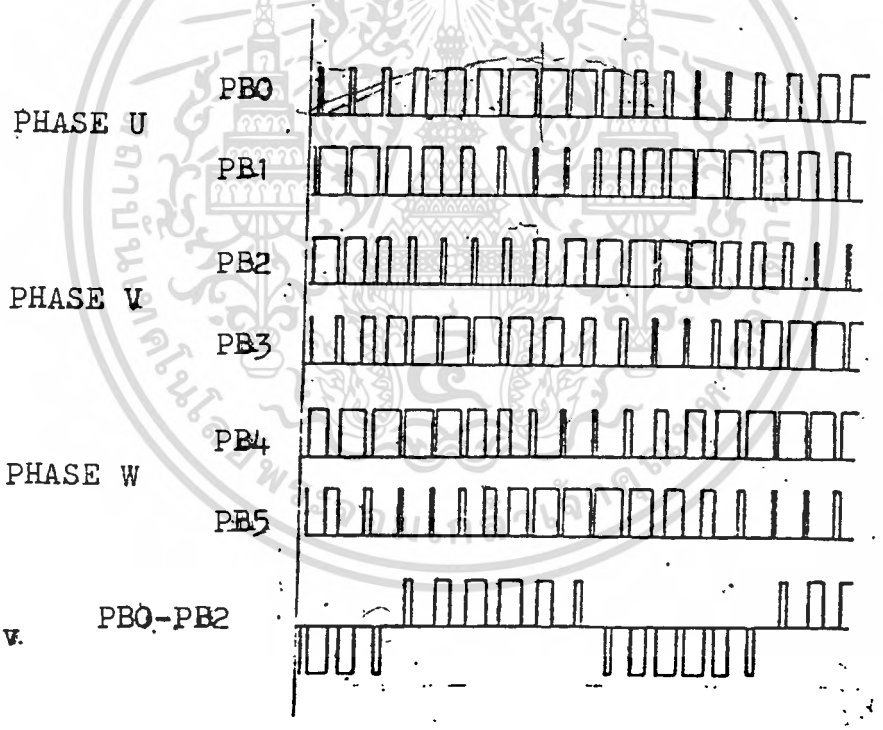
รูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

024621

จากรูปที่ 2.4 ในการออกแบบสร้างรูปแบบ PWM นั้น จะต้องให้บิท 0 กับบิท 1, บิท 2 กับบิท 3, บิท 4 กับบิท 5 จะต้องมีเฟสต่างกัน 180 องศา เพื่อสลับกันทำงาน เพื่อให้ได้เอาท์พุทของเฟส U, V และ W ตามลำดับ

เนื่องจากเฟส V ล้าหลัง(lag) เฟส U อยู่ 120 องศา และเฟส W ล้าหลังเฟส V อยู่ 120 องศา ดังนั้น บิท 2 จะต้องล้าหลังบิท 0 อยู่ 120 องศา และบิท 4 จะต้องล้าหลังบิท 2 อยู่ 120 องศา ดังแสดงในรูปที่ 2.5

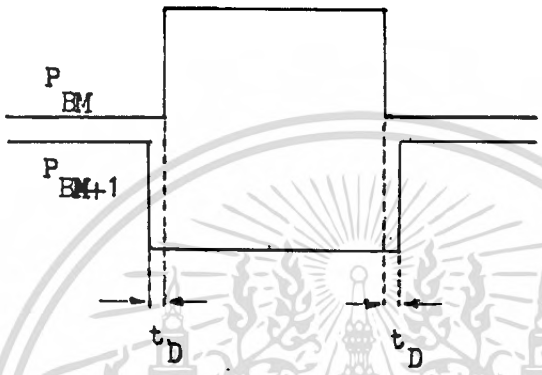


รูปที่ 2.5

จากรูปที่ 2.5 ผลต่างของบิท 0 กับบิท 2 คือ U-V ซึ่งได้เป็นสัญญาณ PWM 3 ระดับ ในทำนองเดียวกันกับบิท 4 กับบิท 2 คือ V-W และบิท 4 กับบิท 0 คือ W-U

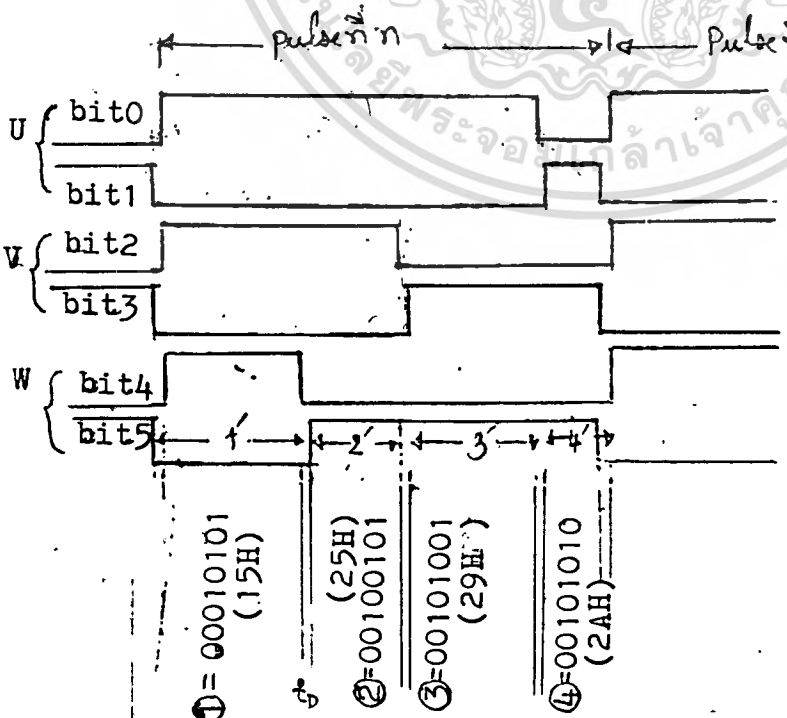
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิททั้ง 6 บิทนี้ คือ เอาท์พุทของพอร์ท 8255 ซึ่งจะนำไปเข้ายังวงจรขับเบส (Base drive circuit) อีกทีหนึ่ง ก่อนที่จะนำไปขับเบสให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ทำงาน เพื่อป้องกันไม่ให้คู่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ (ทรานซิสเตอร์ตัวบนและตัวล่างที่อยู่ในกิ่งเดียวกัน) ทำงานพร้อมกัน จะต้องให้คู่บิทที่ออกมาจากพอร์ท 8255 มีลักษณะเป็นเดดไทม์ (Dead time) ดังรูป 2.6



รูปที่ 2.6

ระหว่างช่วงเดทไทม์คู่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ จะหยุดทำงานพร้อมกันก่อนที่ทั้งคู่จะเปลี่ยนสถานะการทำงานต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.7 แสดงการสร้างข้อมูลเพื่อการสวิชชิ่ง เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ของ pulse ลูกหนึ่งที่ pulse ที่ n ใด ๆ โดยในหนึ่ง pulse จะมีข้อมูลอยู่ 8 ข้อมูลคือ

① = สภาวะการสวิชชิ่งของช่วงย่อยที่ 1 ในที่นี้คือ 00010101 (15 H)

1' = เลขนับเวลาเพื่อการสวิชชิ่งของช่วงย่อยที่ 1

② = สภาวะการสวิชชิ่งของช่วงย่อยที่ 2 ในที่นี้คือ 00100101 (25 H)

2' = เลขนับเวลาเพื่อการสวิชชิ่งของช่วงย่อยที่ 2

③ = สภาวะการสวิชชิ่งของช่วงย่อยที่ 3 ในที่นี้คือ 00101001 (29H :)

3' = เลขนับเวลาเพื่อการสวิชชิ่งของช่วงย่อยที่ 3

④ = สภาวะการสวิชชิ่งของช่วงย่อยที่ 4 ในที่นี้คือ 00101010 (2AH)

4' = เลขนับเวลาเพื่อการสวิชชิ่งของช่วงย่อยที่ 4

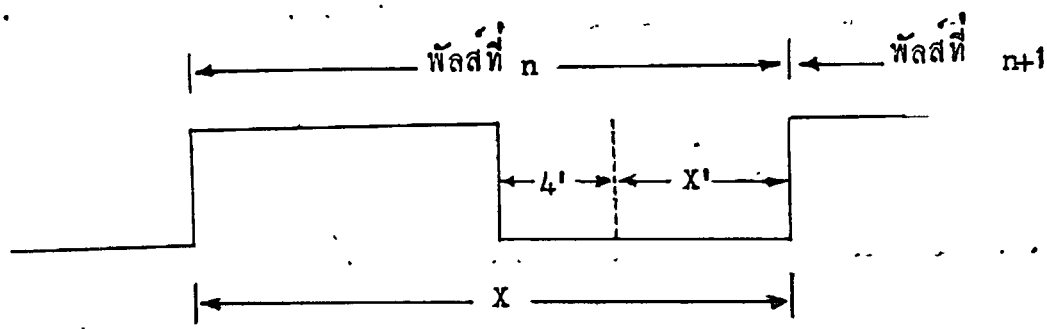
ถ้าให้ h คือ ผลรวมของเลขนับเวลาก็จะได้ว่า

$$h = 1' + 2' + 3' + 4'$$

ซึ่งค่า h จะมีความสัมพันธ์กับความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งจะขอกล่าวไว้ภายหลัง

จะเห็นว่าในหนึ่งพัลส์ จะมีการเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำ 8 ไบน์ ถ้าเรากำหนดให้หนึ่งคาบมี 30 พัลส์ ดังนั้น จะใช้หน่วยความจำทั้งสิ้น 8 x 30 = 240 ไบน์ ข้อมูลทั้ง 240 ไบน์ จะถูกโปรแกรมประมวลผล (execute) ตลอดเวลา และในโปรแกรมจะมีคำสั่งที่สามารถรับความถี่ที่ต้องการผ่านอินพอร์ทได้ด้วย ที่อินพุทพอร์ท จะมีข้อมูลป้อนเข้ามา ข้อมูลนี้ก็คือ ความถี่ ซึ่งไมโครโปรเซสเซอร์จะรับความถี่นี้ช่วงที่ประมวลผลพัลส์ลูกที่ n ผ่านไป และกำลังจะขึ้นพัลส์ลูกที่ n + 1 ดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ความถี่หนึ่ง ๆ ช่วงของ x จะมีค่าเท่ากันทุก ๆ บิท หมายความว่าเวลาเปิดน่ากระแสบวกกับเวลาเปิดน่ากระแสในทุก ๆ พัลส์จะมีค่าคงที่ ถ้าความถี่น้อย x' จะมีค่ามากขึ้น ถ้าความถี่มาก x' จะมีค่าน้อยทำให้แหล่งจ่ายไฟอินเวอร์เตอร์มีค่า V/f คงที่

นั่นคือ ความถี่เพิ่ม จะทำให้โวลท์เตจเพิ่มขึ้นด้วย

ความถี่ลด จะทำให้โวลท์เตจลดลงด้วย

2.3 วิธีการหาค่า $1', 2', 3', 4'$

จากรูปที่ 2.7 จะสามารถหาค่าเลขนับเวลาได้ดังนี้

$1' = W. = 15 = 0FH$

$2' = V-W = 21-15 = 6 = 06H$

$3' = U-V = 69-21 = 48 = 30H$

$4' = h-U = 1 = 01H$

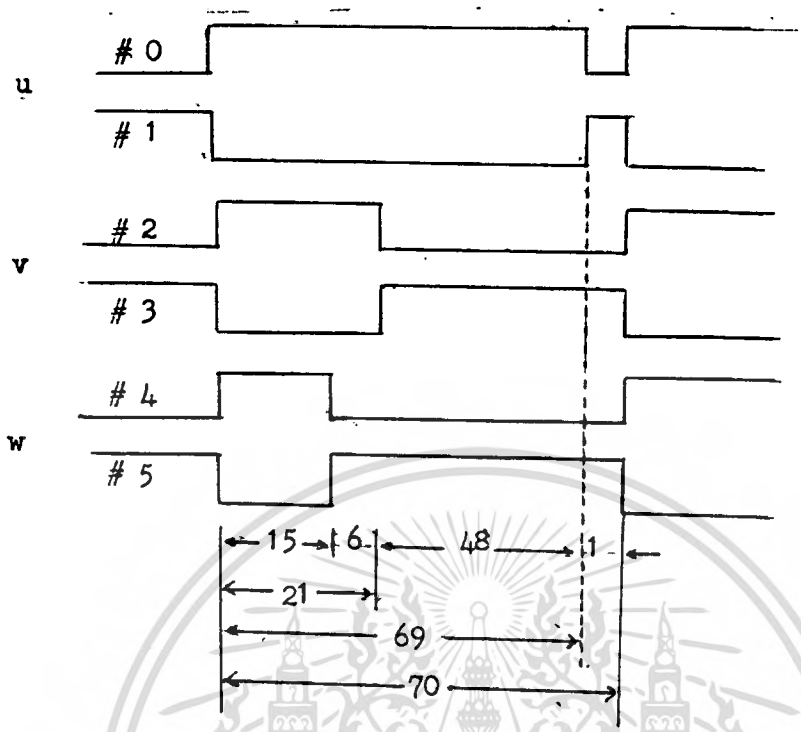
กำหนดให้ $4' = 1$ เพื่อให้เป็นเลขนับเวลาที่น้อยที่สุด โดยค่า h คือ ผลรวมของเลขนับเวลา นั่นคือ

$$h = 15 + 6 + 48 + 1$$

$$= 70$$

สามารถแสดงเลขนับเวลาได้ดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากตารางที่ 1 สามารถที่จะหาค่าเลขนับเวลาและสภาวะสวิชชิ่งของแต่ละพัลส์ ดังแสดงในตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2

	Pulse	มุม	u	v	w	เลขนับเวลาของสภาวะสวิชชิ่ง 1'	2'	3'	4'	สภาวะของสวิชชิ่ง
										u > v > w
	1	6°	69	21	15	15	6	48	1	1 = 00010101=15H
	2	18°	67	28	10	10	18	39	3	2 = 00100101=25H
Block(1)	3	30°	64	35	6	6	29	29	6	3 = 00101001=29H
	4	42°	60	42	3	3	39	18	10	4 = 00101010=2AH
	5	54°	55	49	1	1	48	6	15	
	6	66°	49	55	1	1	48	6	15	v > u > w
	7	78°	42	60	3	3	39	18	10	1 = 00010101=15H
Block(2)	8	90°	35	64	6	6	29	29	6	2 = 00100101=25H
	9	102°	28	67	10	10	18	39	3	3 = 00100110=26H
	10	114°	21	69	15	15	6	48	1	4 = 00101010=2AH
	11	126°	15	69	21	15	6	48	1	v > w > u
Block(3)	12	138°	10	67	28	10	18	39	3	1 = 00010101=15H
	13	150°	6	64	35	6	29	29	6	2 = 00010110=16H
	14	162°	3	60	42	3	39	18	10	3 = 00100110=26H
	15	174°	1	55	49	1	48	6	15	4 = 00101010=2AH
	16	186°	1	49	55	1	48	6	15	w > v > u
Block(4)	17	198°	3	42	60	3	39	18	10	1 = 00010101=15H
	18	210°	6	35	64	6	29	29	6	2 = 00010110=16H
	19	222°	10	28	67	10	18	39	3	3 = 00011010=1AH
	20	234°	15	21	69	15	6	68	1	4 = 00101010=2AH
	21	246°	21	15	69	15	6	48	1	w > u > v
Block(5)	22	258°	28	10	67	10	18	39	3	1 = 00010101=15H
	23	270°	35	6	64	6	29	29	6	2 = 00011001=19H
	24	282°	42	3	60	3	39	18	10	3 = 00011010=1AH
	25	294°	49	1	55	1	48	6	15	4 = 00101010=2AH
	26	306°	55	1	49	1	48	6	15	u > w > v
Block(6)	27	318°	60	3	42	3	39	18	10	1 = 00010101=15H
	28	330°	64	6	35	6	29	29	6	2 = 00011001=19H
	29	342°	67	10	28	10	18	39	3	3 = 00101001=29H
	30	354°	69	15	21	15	6	48	1	4 = 00101010=2AH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วิธีการเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำ

ลักษณะการเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำของพัลส์ที่ n ดังรูปที่ 2.10

dddd-6	4	เลขนับเวลาของช่วงย่อยที่ 4
dddd-6	4	สภาวะสวิชชิ่งของช่วงย่อยที่ 4
dddd-5	3	เลขนับเวลาของช่วงย่อยที่ 3
dddd-4	3	สภาวะสวิชชิ่งของช่วงย่อยที่ 3
dddd-3	2	เลขนับเวลาของช่วงย่อยที่ 2
dddd-2	2	สภาวะสวิชชิ่งของช่วงย่อยที่ 2
dddd-1	1	เลขนับเวลาของช่วงย่อยที่ 1
dddd	1	สภาวะสวิชชิ่งของช่วงย่อยที่ 1

ตัวอย่าง การเก็บข้อมูลจากตารางที่ 2 ไว้ในหน่วยความจำ

.	.
.	.
.	.
FOE9	01H
FOEA	2AH
FOEB	30H
FOEC	29H
FOED	06H
FOEE	25H
FOEF	0FH
FOF0	15H

จากตารางที่ 2 สามารถนำสภาวะการสวิชชิ่งและเลขนับเวลานำมาเก็บไว้ในหน่วยความจำ ได้ดังตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3

F001	01	F829	0F	F051	01	F079	0F	F0A1	01	F0C9	0F
F002	2A	F02A	2A	F052	2A	F07A	2A	F0A2	2A	F0CA	2A
F003	30	F02B	06	F053	30	F07B	06	F0A3	30	F0CB	06
F004	29	F02C	1A	F054	1A	F07C	26	F0A4	26	F0CC	29
F005	06	F02D	30	F055	06	F07D	30	F0A5	06	F0CD	30
F006	19	F02E	19	F056	16	F07E	16	F0A6	25	F0CE	25
F007	0F	F02F	01	F057	0F	F07F	01	F0A7	0F	F0CF	01
F008	15	F030	15	F058	15	F080	15	F0A8	15	F0D0	15
F009	03	F031	0A	F059	03	F081	0A	F0A9	03	F0D1	0A
F00A	2A	F032	2A	F05A	2A	F082	2A	F0AA	2A	F0D2	2A
F00B	27	F033	12	F05B	27	F083	12	F0AB	27	F0D3	12
F00C	29	F034	14	F05C	1A	F084	26	F0AC	26	F0D4	29
F00D	12	F035	27	F05D	12	F085	27	F0AD	12	F0D5	27
F00E	19	F0B6	19	F05E	16	F086	16	F0AE	25	F0D6	25
F00F	0A	F037	03	F05F	0A	F087	03	F0AF	0A	F0D7	03
F010	15	F038	15	F060	15	F088	15	F0B0	15	F0D8	15
F011	06	F059	06	F061	06	F089	06	F0B1	06	F0D9	06
F012	2A	F03A	2A	F062	2A	F08A	2A	F0B2	2A	F0DA	2A
F013	1D	F03B	1D	F063	1D	F08B	1D	F0B3	1D	F0DB	1D
F014	29	F03C	1A	F064	1A	F08C	26	F0B4	26	F0DC	29
F015	1D	F03D	1D	F065	1D	F08D	1D	F0B5	1D	F0DD	1D
F016	19	F03E	19	F066	16	F08E	16	F0B6	25	F0DE	25
F017	06	F03F	06	F067	06	F08F	06	F0B7	06	F0DF	06
F018	15	F040	15	F068	15	F090	15	F0B8	15	F0E0	15
F019	0A	F041	03	F069	0A	F091	03	F0B9	0A	F051	03
F01A	2A	F042	2A	F06A	2A	F092	2A	F0BA	2A	F0E2	2A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 (ต่อ)

F01B	12	F043	27	F06B	12	F093	27	F0BA	2A	F0E2	2A
F01C	29	F044	1A	F06C	1A	F094	26	F0BC	26	F0E4	29
F01D	27	F045	12	F06D	27	F095	12	F0BD	27	F0ES	12
F01E	19	F046	19	F06E	16	F096	16	F0BE	25	F0E6	25
F01F	03	F047	0A	F06F	03	F097	0A	F0BF	03	F0E7	0A
F020	15	F048	15	F070	15	F098	15	F0C0	15	F0E8	15
F021	0F	F049	01	F071	0F	F099	01	F0C1	0F	F0E9	01
F022	2A	F04A	2A	F072	2A	F09A	2A	F0C2	2A	F0EA	2A
F023	06	F04B	30	F073	06	F09B	30	F0C3	06	F0EB	30
F024	29	F04C	1A	F074	1A	F09C	26	F0C4	26	F0EC	29
F025	30	F04D	06	F075	30	F09D	06	F0C5	30	F0ED	06
F026	19	F04E	19	F076	16	F09E	16	F0C6	25	F0EE	25
F027	01	F04F	0F	F077	01	F09F	0F	F0C7	01	D0EF	0F
F028	15	F050	15	F078	15	F0A0	15	F0C8	15	F0F0	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

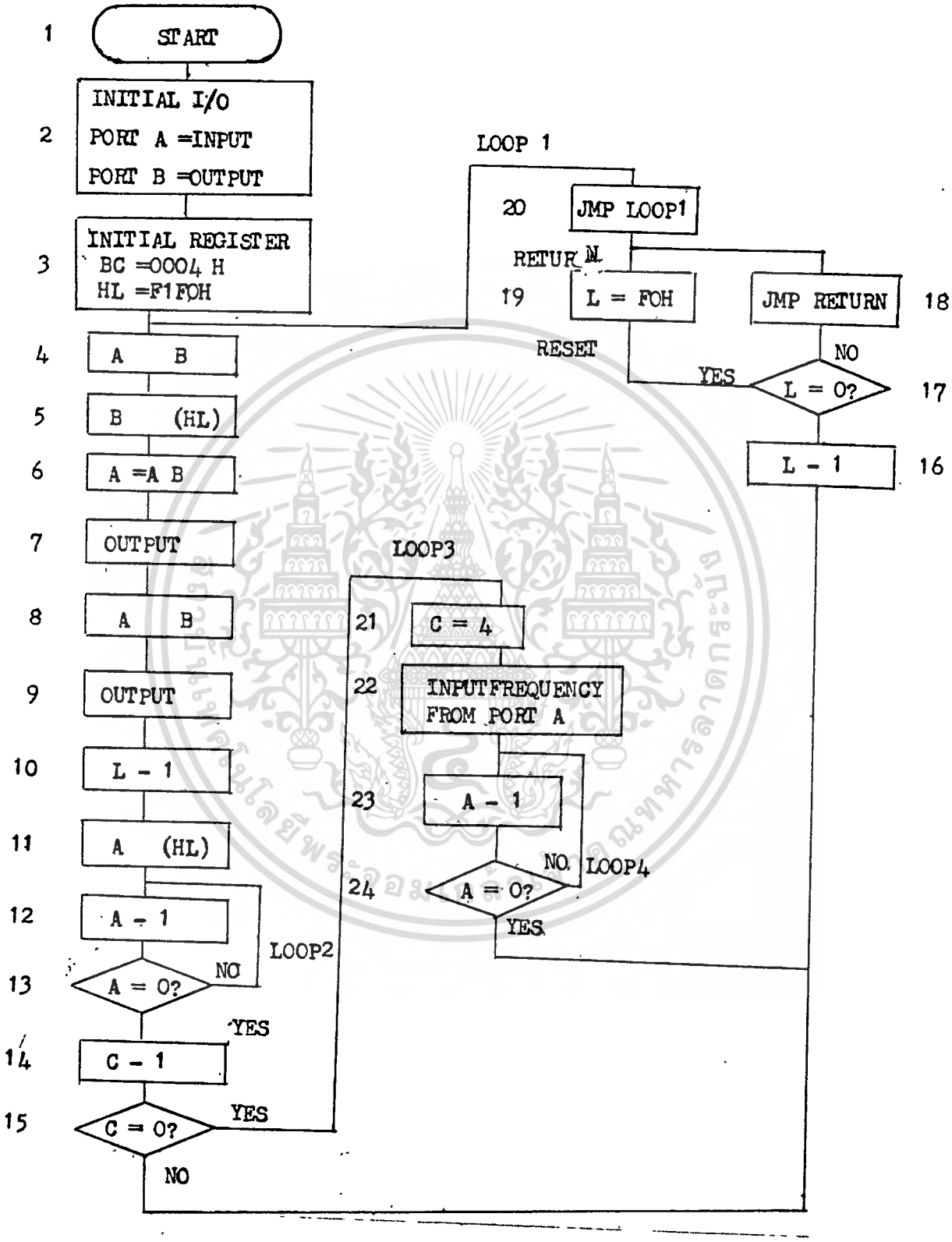
จากตารางที่ 3 จะพบว่า

ตำแหน่ง	F0F0-F0C9	เป็นที่เก็บข้อมูลของพัลส์ที่	1-5
ตำแหน่ง	F0CB-F0A1	เป็นที่เก็บข้อมูลของพัลส์ที่	6-10
ตำแหน่ง	F0A0-F079	เป็นที่เก็บข้อมูลของพัลส์ที่	11-15
ตำแหน่ง	F078-F051	เป็นที่เก็บข้อมูลของพัลส์ที่	16-20
ตำแหน่ง	F050-F029	เป็นที่เก็บข้อมูลของพัลส์ที่	21-25
ตำแหน่ง	F028-F001	เป็นที่เก็บข้อมูลของพัลส์ที่	26-30

2.5 โฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมดึงข้อมูลรูปแบบ PWM ออกจากหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเขียนโฟลว์ชาร์ทได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ที่ใช้ มีดังต่อไปนี้

1. รีจิสเตอร์ A ใช้สำหรับการคำนวณและสำหรับเก็บและดึงข้อมูลโดยผ่าน I/O พอร์ทของ 8255

2. รีจิสเตอร์ B เก็บสภาวะสวิชชิ่งชั่วคราว (temporary)

3. รีจิสเตอร์ C ใช้เป็นตัวนับการลดลงของช่วงย่อยซึ่งมีอยู่ 4 ช่วงย่อย

4. รีจิสเตอร์ H ใช้เก็บข้อมูลไบน์สูงของแอดเดรส คือ FO

5. รีจิสเตอร์ Lใช้เก็บข้อมูลไบน์ต่ำของแอดเดรส คือ OOH-FOH

อธิบายลำดับขั้นตอนของโฟลว์ชาร์ทได้ดังนี้

1 ให้โปรแกรมเริ่มจากตำแหน่ง F800H

2 เป็นส่วนที่กำหนดการใช้I/O ของ 8255 ในที่นี้มี 90H เป็น Control word โดยที่พอร์ท A เป็นอินพุทพอร์ท, พอร์ท B และพอร์ท C เป็นเอาท์พุทพอร์ท (พอร์ท C ไม่ได้ใช้) โดยที่ตำแหน่งของพอร์ท A คือ 10H

ตำแหน่งของพอร์ท B คือ 11H

ตำแหน่งของพอร์ท C คือ 12H

ตำแหน่งของ 8255 คือ 13H

3 เป็นการโหลด 0004H เข้าไปยังรีจิสเตอร์คู่ BC โดย B = OOH, C = 04H ซึ่ง 4 นี้ก็หมายถึงใน 1 พัลส์มี 4 ช่วงย่อย และโหลด FOFO เข้าไปยังรีจิสเตอร์ HL เพื่อแสดงตำแหน่งเริ่มต้นของข้อมูล

4 จะเป็นการย้ายข้อมูลจาก B ไป A ถ้าหลังจากทำ 3 เรียบร้อยแล้ว ก็จะโหลด 0 ไปยังรีจิสเตอร์ A แต่ถ้ามาจาก 20 จะเป็นการย้ายสภาวะสวิชชิ่งจาก B ไป A

5 เป็นการเอาข้อมูลที่ชี้ตำแหน่งโดย HL เข้าไปเก็บไว้ใน B เช่นตอนเริ่มแรก HL = 20FOH ข้อมูล 15H ของตำแหน่งนั้นจะเข้าไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 เป็นการนำข้อมูลในรีจิสเตอร์ A มา AND กับรีจิสเตอร์B แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเก็บไว้ใน A การ AND กันนี้ จะทำทุกบิท ขั้นตอนนี้ทำเพื่อเป็นการสร้างเดดไทม์ (t_D) เพื่อป้องกันไม่ให้เซาเวอร์ทรานซิสเตอร์เสียหาย เนื่องจากการปิด – เปิดไม่ทันกัน

7 เป็นการนำสภาวะเดดไทม์ให้ออกมาทางพอร์ทB ซึ่งช่วงเวลาเอาท์พุทของเดดสเตท (dead state) คือ 15 สเตท (คิดจากคำสั่ง AND และ OUT ของZ –80) ถ้าความถี่ของคล็อคของไมโครโปรเซสเซอร์ Z –80 เป็น

$$\therefore \quad t_D = \frac{15}{1.79 \times 10^6} = 8.38 \text{ us}$$

8 และ 9 เป็นการนำสภาวะสวิชชิ่งใหม่ออกทางพอร์ทB

10 ลดตำแหน่งแอดเดรสลงไป 1 ตำแหน่ง

11 นำข้อมูลที่ชี้โดย HL ไปเก็บไว้ยังรีจิสเตอร์ A ซึ่งข้อมูลนี้จะเป็นข้อมูลของเลขนับเวลาของสภาวะสวิชชิ่ง 8 และ 9

12 และ 13 เป็นการลดเลขนับเวลาของช่วงย่อยให้เป็นศูนย์

14 เป็นการลดค่าในรีจิสเตอร์ C ลงไป 1 หรือเป็นการนับช่วงย่อยของสภาวะสวิชชิ่ง

15 เป็นการสร้างเงื่อนไขว่าได้ประมวลผลไป 4 ช่วงย่อยหรือยัง ถ้ายัง ($C \neq 0$) ก็ให้ทำคำสั่งต่อไป ถ้าได้ประมวลผลไปแล้ว ($C = 0$) ก็ให้ไปทำคำสั่งใน Loop 3 ซึ่งเป็น Loop ที่รับอินพุทที่เป็นข้อมูล 8 บิทที่แปลงเป็นความถี่ของอินเวอร์เตอร์ได้

16 ลดตำแหน่งแอดเดรสลงไป 1 ตำแหน่ง

17 เป็นการสร้างเงื่อนไขว่าได้ประมวลผลไป 30 พัลส์หรือยัง ถ้ายัง ($L \neq 0$) ก็ให้ทำคำสั่งต่อไป ถ้าได้ประมวลไปแล้ว ($L = 0$) ก็ให้ไปที่ 19

18 เป็นคำสั่งให้กลับไปทำที่ 4 ใหม่ ซึ่งก็หมายถึงเป็นการเริ่มต้นของพัลส์ลูกใหม่

19 เป็นการโหลด FOR เข้าไปที่รีจิสเตอร์ L ซึ่งทำให้ HL ชี้ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่แอคเคสเริ่มต้น เป็นการเริ่มประมวลผลพัลส์ลูกที่หนึ่งใหม่ หลังจากที่ได้ประมวลผลไปแล้ว 30 ลูกพัลส์

20 เป็นคำสั่งให้กลับไปทำที่ 4

21 – 24 จะเป็นช่วงของการปรับความถี่

หลังจากที่ได้ทดสอบเงื่อนไขใน 15 แล้วปรากฏว่า ช่วงย่อยได้ผ่านไปแล้ว 4 ช่วงย่อย (C=0) ก็จะกระโดดไปทำคำสั่งตาม Loop 3 ดังนี้

21 เป็นการเซ็ทช่วงย่อยของพัลส์ลูกต่อไป โดยโหลดค่า 04H เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ C

22 ป้อนข้อมูล 8 บิท ที่สามารถแปลงเป็นความถี่ของอินเวอร์เตอร์ได้เข้าทางพอร์ท A แล้วเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ A

23 – 24 เป็นการลดค่าข้อมูลที่อยู่ในรีจิสเตอร์ A จนเป็นศูนย์

จาก 24 ก็จะทำคำสั่ง 16 ต่อ

โปรแกรมที่นำข้อมูลจากตารางที่ 3 มาใช้งาน

```
; SINUSOIDAL PWM
        ORG F800H

F800    3E 90           LD A, 90H
F802    D3 13           OUT(13H), A
F804    01 04 00        LD BC, 0004H
F807    21 F0 F0        LD HL, F0F0H
F80 A   78        LOOP 1 : LD A, B
F80 B   46                 LD B, (HL)
F80 C   A0                 AND B
F80 D   D3 11              OUT (11H), A
F80 F   78                 LD A, B
F810    D3 11              OUT (11H), A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
F812        2D              DEC L
F813        7E              LD A, (HL)
F814        3D    LOOP 2 :  DEC A
F815        20 FD           JR NZ LOOP 2
F817        0D              DEC C
F818        20 07           JR NZ NEW
F81A        0E 04 LOOP 3 :  LD C, 04H
F81C        DB 10           IN A, (10H)
F81E        3D    LOOP 4 :  DEC A
F81F        20 FD           JR NZ LOOP 4
F821        2D    NEW  :    DEC L
F822        28 02           JR Z RESET
F824        18 02           JR RETURN
F826        2E F0   RESET : LD L, 0F0H
F828        18 E0   RESET : JR LOOP1
```

2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนสเตท (state number) เลขรวมเวลา ย่อย h และความถี่

ความถี่ของอินเวอร์เตอร์ที่ได้ออกแบบไว้ขึ้นอยู่กับจำนวนสเตทของโปรแกรมบางส่วนและผลรวมของเลขนับเวลา h โดยในขั้นแรกจะคำนวณหาจำนวนสเตทของโปรแกรมก่อน

วิธีการคำนวณจำนวนสเตทจากโปรแกรม :(จำนวนสเตท คิดตามคำสั่งของ(Z-80) พิจารณาได้จากตารางที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4

การวน LOOP		หมายเลขโพลวชารท	นิวโมนิค	state number	การคำนวณ state number
LOOP 1 ใน 1 pulse จะทำ4ครั้ง	LOOP1	4	LD A,B	4	
		5	LD B,(HL)	7	
		6	AND B	4	
		7	OUT(11H), A	11	52
		8	LD A,B	4	52 x4 =208
		9	OUT(11H),A	11	
		10	DEC L	4	
		11	LD A,(HL)	7	
	LOOP2	12	DEC A	4	ในการทำ LOOP 2 นี้เป็นการลดเลขนับเวลาย่อย ซึ่งใน 1 pulse ผลรวมเลขนับเวลาย่อย =h ในการลดเลขนับเวลาย่อยแต่ละช่วงย่อย โดยทำคำสั่ง JR NZ LOOP2 ค่าเป็นไปตามเงื่อนไข state number =12 ถ้าไม่เป็นไปตามเงื่อนไข state number =7 ใน LOOP2 นี้คิด state number ได้ดังนี้ 16(h-4)+ 4(7+4) =16(h-4)+44 =16 h-20
		13	JR NZ LOOP2	7/12	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 (ต่อ)

การวน LOOP		หมายเลขโฟลว์ชาร์ท	นิวโมนิค	state number	การคำนวณ state number
		14	DEC C	4	4x4 =16
		15	JR NZ NEW	7/12	12x3+7 =43
	NEW	16	DEC L	4	
		17	JR Z RESET	7	35x4 =140
		18	JR RETURN	12	
	RETURN	20	JR LOOP1	12	
					รวม 16h + 387
	LOOP3	21	LD C,04H	7	18
		22	IN A,(10H)	11	
	LOOP4	23	DEC A	4	16(n-1) + 11
		24	JR NZ LOOP4	7/12	=16n -5
					รวม 16n +13
					รวม state number ทั้งหมด =16(h+n)+ 400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากใน 1 พัลส์มีจำนวนสเตททั้งหมด $= 16(h+n) + 400$

n คือ ข้อมูล 8 บิทที่ป้อนเข้ามาทางพอร์ท A

$\therefore$ ใน 1 ไซเคิล มีจำนวนสเตท $= 30 \times 16(h+n) + 400$

$= 480(h+n+25)$

ความถี่สัญญาณคล็อคที่ใช้ในการประมวลผลเป็น f_c

เวลาที่ต้องใช้ในการประมวลผล 1 สเตท คือ $1/f_c$

$\therefore$ ใน 1 ไซเคิลจะใช้เวลา $T = 480(h+n+25)/f_c$

จะได้ว่า $$f = \frac{f_c}{480(h+n+25)}$$

เมื่อกำหนดให้ n มีค่าน้อยที่สุดคือ 1 และมากที่สุดคือ 256 ความถี่ของสัญญาณคล็อค $= 1.79\ MH_z$ และถ้ากำหนดให้ $h = 70$ จะได้ว่า

ความถี่น้อยที่สุดคือ $$f = \frac{f_c}{480(h+n+25)} = \frac{1.79 \times 10^6}{480(70+256+25)}$$

$= 10.6\ H_z$

ความถี่มากที่สุดคือ $$f = \frac{1.79 \times 10^6}{480(70+1+25)} = 38.8\ H_z$$

ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 8 บิทที่ป้อนเข้ามา (n) กับความถี่

สำหรับในการทดลองนี้ ข้อมูล 8 บิทที่ป้อนเข้ามาทางพอร์ท A นั้นได้มาจาก ADC 0809 ซึ่งเป็นไอซีที่เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล สัญญาณอนาล็อกที่เป็นอินพุทของ ADC 0809 ได้จากการเปลี่ยนค่าความต้านทานโดยการหมุนโวลุ่มของตัวต้านทานที่เปลี่ยนค่าได้ (Variable resistance) จะทำให้ได้สัญญาณดิจิตอลและนำมาแสดงผลทาง LED ดังตารางที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 8 บิทที่แปลงเป็นเลขฐานสิบแล้วกับความถี่อินเวอร์เตอร์และการแสดงผลทาง LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ป้อนเข้า	ความถี่ (H_z)	การแสดงผลทาง LED ● = ติด ○ = ดับ
1	38.8	○○○○○○○● = 01H
30	29.8	○○○●●●●○ = 1EH
70	22.6	○●○○○●●○ = 46H
100	19.1	○●●○○●○○ = 64H
150	15.2	●○○●○●●○ = 96H
256	10.6	●●●●●●●● = FFH

ตารางที่ 5

2.7 ตัวอย่างการออกแบบ

สมมติว่าต้องการปรับความถี่จาก 16.6 H_z – 60 H_z และสัญญาณคล็อคให้ความถี่ 2.54

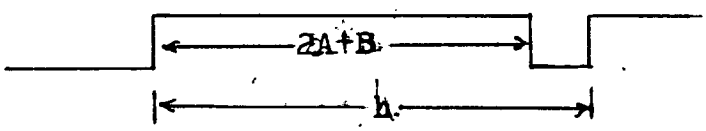
จาก $$f = \frac{f_c}{480(h+n+25)}$$

ความถี่มากที่สุด คือ 60 H_z ดังนั้นค่าของ n จะต้องมีค่าน้อยที่สุด คือ 1

แทนค่าจะได้ว่า $$60 = \frac{2.54 \times 10^6}{480\ (h+1+25)}$$

$$\therefore \quad h = 62$$

พิจารณาค่าตัวเลขที่มากที่สุดของ U, V และ W คือ 2A+B จากรูป 2.11



รูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ $h-(2A+B) = 1$

$62-1 = 2A+B$

$61 = 2A+B$

∴ ถ้ากำหนดให้เหมาะสมแล้ว $B = 1$ และ $A = 30$

โครงงานนี้ได้ออกแบบข้อมูลไว้โดยใช้ค่า $h = 30$, $A = 14$ และค่า $B = 1$ จะได้ข้อมูลดังตารางที่ 6 และนำมาเก็บลงในหน่วยความจำ ดังตารางที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ตารางในการสร้างข้อมูลเพื่อจะเก็บไว้ในหน่วยความจำ

A=14 B=1 h=30

$u = A\cos wt+A+B$

$v = A\cos(wt-120^{\circ})+A+B$

$w = A\cos(wt+120^{\circ})+A+B$

Block	pulse ที่	มุม	u	v	w	1'	2'	3'	4'	สภาวะของการสวิชชิง
(1)	1	6°	29	9	7	7	2	20	1	u>v>w
	2	18°	28	12	5	5	7	16	2	1 = 00010101=15H
	3	30°	27	15	3	3	12	12	3	2 = 00100101=25H
	4	42°	25	18	2	2	16	7	5	3 = 00101001=29H
	5	54°	23	21	1	1	20	2	7	4 = 00101010=2AH
(2)	6	66°	21	23	1	1	20	2	7	v>u>w
	7	78°	18	25	2	2	16	7	5	1 = 00010101=15H
	8	90°	15	27	3	3	12	12	3	2 = 00100101=25H
	9	102°	12	28	5	5	7	26	2	3 = 00100110=26H
	10	114°	9	29	7	7	2	20	1	4 = 00101010=2AH
(3)	11	126°	7	29	9	7	2	20	1	v>w>u
	12	138°	5	28	12	5	7	16	2	1 = 00010101=15H
	13	150°	3	27	15	3	12	12	3	2 = 00010110=16H
	14	162°	2	25	18	2	16	7	5	3 = 00100110=26H
	15	174°	1	23	21	1	20	2	7	4 = 00101010=2AH
(4)	16	186°	1	21	23	1	20	2	7	w>v>u
	17	198°	2	18	25	2	16	7	5	1 = 00010101=15H
	18	210°	3	15	27	3	12	12	3	2 = 00010110=16H
	19	222°	5	12	28	5	7	16	2	3 = 00011010=1AH
	20	234°	7	9	29	7	2	20	1	4 = 00101010=2AH
(5)	21	246°	9	7	29	7	2	20	1	w>u>v
	22	258°	12	5	28	5	7	26	2	1 = 00010101=15H
	23	270°	15	3	27	3	12	12	3	2 = 00011001=19H
	24	282°	18	2	25	2	16	7	5	3 = 00011010=1AH
	25	294°	21	1	23	1	20	2	7	4 = 00101010=2AH
(6)	26	306°	23	1	21	1	20	2	7	u>w>v
	27	318°	25	2	18	2	16	7	5	1 = 00010101=15H
	28	330°	27	3	15	3	12	12	3	2 = 00011001=19H
	29	342°	28	5	12	5	7	16	2	3 = 00101001=29H
	30	354°	29	7	9	7	2	26	1	4 = 00101010=2AH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงตารางหน่วยความจำ เมื่อ A=14, B=1, h=30

2001	01 2029	07 2051	01 2079	07 20A1	01 20C9 07
2002	2A 202A	2A 2052	2A 207A	2A 20A2	2A 20CA 2A
2003	14 202B	02 2053	14 207B	02 20AB	14 20CB 02
2004	29 202C	1A 2054	1A 207C	26 20A4	26 20CC 29
2005	02 202D	14 2055	02 207D	14 20A5	02 20CD 14
2006	19 202E	19 2056	16 207E	16 20A6	25 20CE 25
2007	07 202F	01 2057	07 207F	01 20A7	07 20CF 01
2008	15 2030	15 2058	15 2080	15 20A8	15 20D0 15
2009	02 2031	05 2059	02 2081	05 20A9	02 20D1 05
200A	2A 2032	2A 205A	2A 2082	2A 20AA	2A 20D2 2A
200B	10 2033	07 205B	10 2083	07 20AB	10 20D3 07
200C	29 2034	1A 205C	1A 2084	26 20AC	26 20D4 29
200D	07 2035	10 205D	07 2085	10 20AD	07 20D5 10
200E	19 2036	19 205E	16 2086	16 20AE	25 20D6 25
200F	05 2037	02 205F	05 2087	02 20AF	05 20D7 02
2010	15 2038	15 2060	15 2088	15 20B0	15 20D8 15
2011	03 2039	03 2061	03 2089	03 20B1	03 20D9 03
2012	2A 203A	2A 2062	2A 208A	2A 20B2	2A 20DA 2A
2013	0C 203B	0C 2063	0C 208B	0C 20B3	0C 20DB 0C
2014	29 203C	1A 2064	1A 208C	26 20B4	26 20DC 29
2015	0C 203D	0C 2065	0C 208D	0C 20B5	0C 20DD 0C
2016	19 203E	19 2066	16 208E	16 20B6	25 20DE 25
2017	03 203F	03 2067	03 208F	03 20B7	03 20DF 03
2018	15 2040	15 2068	15 2090	15 20B8	15 20E0 15
2019	05 2041	02 2069	05 2091	02 20B9	05 20E1 02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 (ต่อ)

201A	2A 2042	2A 206A	2A 2092	2A 20BA	2A 20E2	2A
201B	07 2043	10 206B	07 2093	10 20BB	07 20E3	10
201C	29 2044	1A 206C	1A 2094	26 20BC	26 20E4	29
201D	10 2045	07 206D	10 20	07 20BD	10 20E5	07
201E	19 2046	29 206E	16 2098	16 20BE	25 20E6	25
201F	02 2047	05 206F	02 2097	05 20BF	02 20E7	05
2020	15 2048	15 2070	15 2098	15 20C0	15 20E8	15
2021	07 2049	01 2071	07 2099	01 20C1	07 20E9	01
2022	2A 204A	2A 2072	2A 209A	2A 20C2	2A 20EA	2A
2023	02 204B	14 2073	02 209B	14 20C3	02 20EB	14
2024	29 204C	1A 2074	1A 209C	26 20C4	26 20EC	29
2025	14 204D	02 2075	14 209D	02 20C5	14 20ED	02
2026	19 204E	19 2076	16 209E	16 20C6	25 20EE	25
2027	01 204F	07 2077	01 209F	07 20C7	01 20EF	07
2028	15 2050	15 2078	15 20A0	15 20C8	15 20F0	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

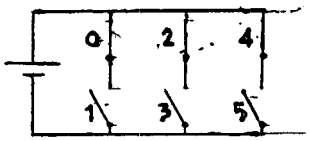
โปรแกรมที่ใช้เป็นโปรแกรมเดียวกับที่ใช้ในตัวอย่าง ต่างกันตรงที่แอดเดรสของข้อมูลการใช้งานจริงเริ่มจากแอดเดรส 2001–20FO โดยแอดเดรส 20FO จะเป็นแอดเดรสเริ่มต้นของการเก็บข้อมูลของพัลส์ลูกที่หนึ่ง ดังนั้น ในโปรแกรมที่แอดเดรส 7807 จึงต้องเปลี่ยนเป็น

```
7807    21  FO  20    LD HL, 20FOH
```

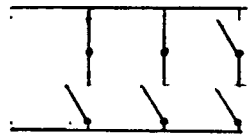
เมื่อให้ไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลตามโปรแกรมที่ป้อนเข้าไป เราสามารถแสดงสภาวะสวิชชิ่งช่วงหนึ่งได้ด้วยสวิชทางกล ดังรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

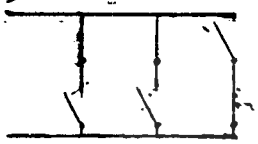
15H=00010101



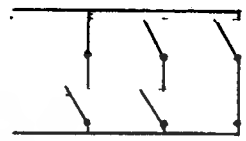
15H∧25H=00000101 (05H)



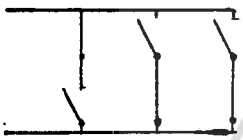
25H=00100101



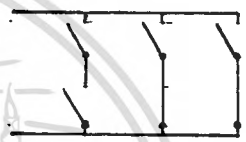
25H∧29H=00100001 (21H)



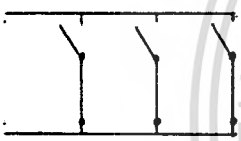
29H=00101001



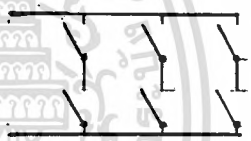
29H∧2AH=00101000 (28H)



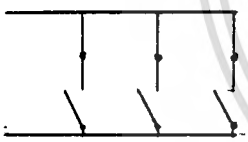
2AH=00101010



2AH∧15H=00000000 (00H)

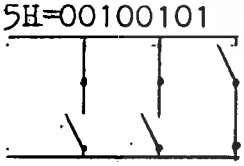


15H=00010101

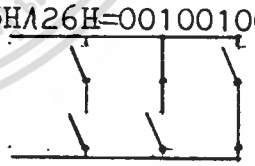


15H∧25H=00000101 (05H)

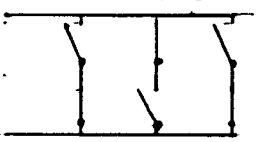
25H=00100101



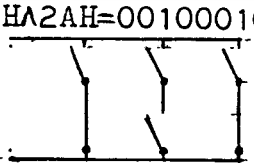
25H∧26H=00100100 (24H)



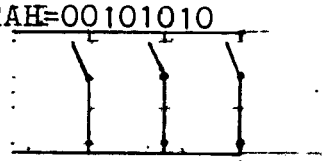
26H=00100110



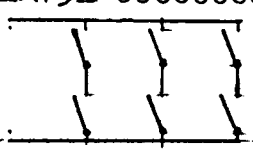
26H∧2AH=00100010 (22H)



2AH=00101010



2AH∧15H=00000000 (00H)



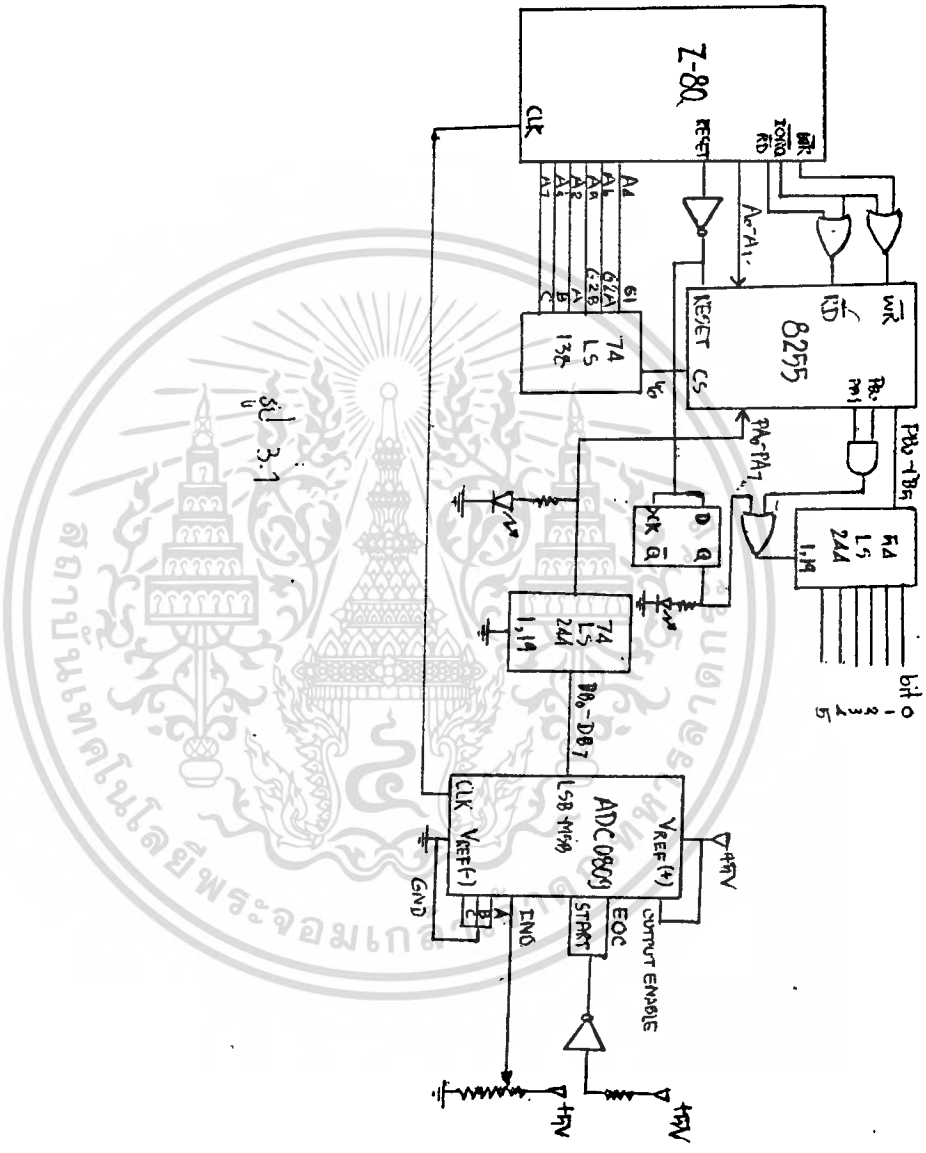
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วงจรอินเตอร์เฟส วงจรขับเบส (BASE DRIVE CIRCUIT) และวงจรกำลัง (POWER CIRCUIT)

วงจรอินเตอร์เฟส Z –80 ด้วยพอร์ทอินพุท/เอาท์พุท 8255 โดยมีไอซีเบอร์ 74LS 138 ทำหน้าที่เป็นตัวถอดรหัสเลือกพอร์ทภายในของ 8255 โดยพอร์ท A กำหนดให้เป็นอินพุทพอร์ทมีตำแหน่งที่ถอดรหัสแล้วอยู่ที่ 10 H พอร์ท B เป็นเอาท์พุทพอร์ท มีตำแหน่งอยู่ที่ 11 H พอร์ท A ของ 8255 จะรับข้อมูล 8 บิทที่แปลงเป็นความถี่ของอินเวอร์เตอร์ได้จาก ADC 0809 และสามารถที่จะเปลี่ยนความถี่ได้โดยการเปลี่ยนค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่เปลี่ยนค่าได้ ข้อมูล 8 บิทนี้จะมีค่าน้อยที่สุด คือ 1 แต่เมื่อแปลงเป็นความถี่แล้วจะเป็นความถี่มากที่สุด และข้อมูล 8 บิทจะมีค่ามากที่สุดคือ FFH หรือ 256 แต่จะเป็นความถี่ต่ำที่สุด สัญญาณเอาท์พุทที่ออกจากพอร์ท B ของ 8255 คือ บิท 0, บิท 1, บิท 2, บิท 3, บิท 4 และบิท 5 จะถูกส่งผ่านไปยัง BUFFER 54 LS 244 เวลาที่ไมโครโปรเซสเซอร์รีเซท สัญญาณเอาท์พุทที่ออกจากพอร์ทจะมีสภาวะไฮท์ ทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ทั้งหมด 6 ตัวเปิดนำกระแส เป็นการลัดวงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เสียหายได้ ดังนั้น เพื่อป้องกันผลของการรีเซทไมโครโปรเซสเซอร์ อันเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ จึงนำสัญญาณรีเซทของ Z –80 ผ่านอินเวอร์เตอร์ 7404 เพื่อกลับสัญญาณรีเซทของ Z –80 ซึ่งเป็นสถานะโลว์ (Low) ให้เป็นสถานะไฮท์ แล้วนำไปเข้า D ฟลิปฟลอป ทั้งขาข้อมูล (Data) และขาคล็อค เพื่อป้องกันผลจากการรวนของไมโครโปรเซสเซอร์ นำสัญญาณเอาท์พุทจาก 8255 บิท 0 กับบิท 1 มา AND กันแล้วนำเอาท์พุทมา OR กับเอาท์พุท Q ของ D ฟลิปฟลอป จากนั้นนำผลจากการ OR กันไปเข้าขาควบคุมของ BUFFER 54LS 244 เพื่อควบคุมการเปิด–ปิดของสัญญาณ PWM จากไมโครโปรเซสเซอร์ไปยังวงจรขับเบส ดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.1

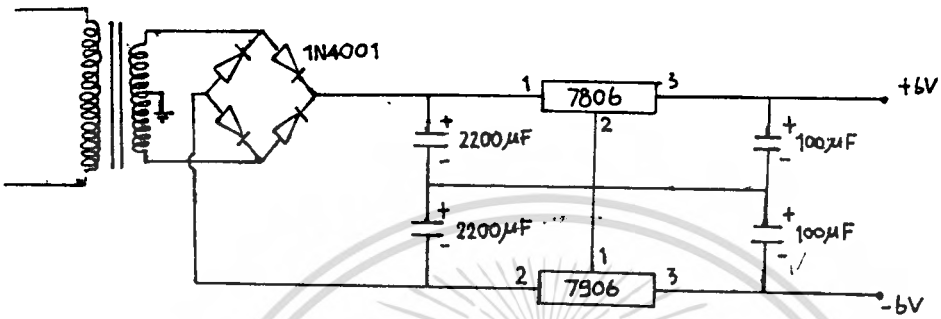
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ PWM จากไมโครโปรเซสเซอร์จะเข้าไปยังวงจรขับเบส เพื่อขยายกระแสขับเบสให้มากเพียงพอที่จะทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์อิ่มตัวได้ โดยสัญญาณ PWM ที่ออกจากวงจรขับเบสจะมีการสวิชชิ่งบวกและลบ 5 โวลท์ การสวิชชิ่งทางบวกจะเป็นการไบอัสข้างหน้า (Forward bias) ซึ่งจะทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแส การสวิชชิ่งทางลบจะเป็นการไบอัสกลับทาง (Reverse bias) ซึ่งจะทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแสทันที

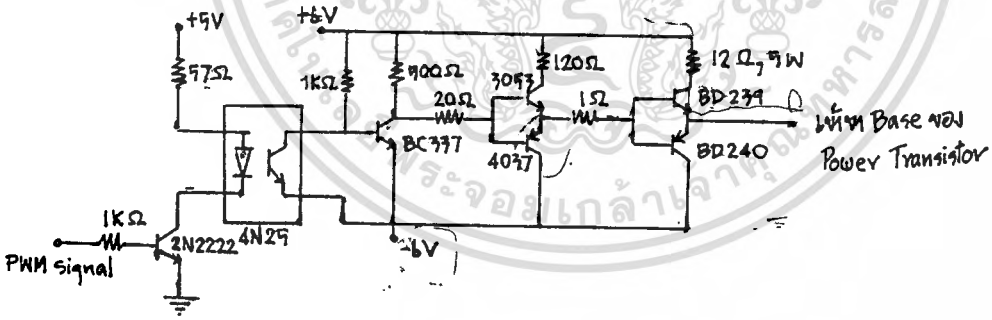
วงจรขับเบสจะใช้ออปโต้ไอโซเลเตอร์ (Opto Isolator) เบอร์ 4N 25 เป็นตัวแยกวงจร ส่วนไมโครกับส่วนกำลังออกจากกัน เพื่อป้องกันการทำงานผิดพลาดของส่วนไมโคร อันเนื่องมาจากการรบกวนของส่วนกำลังที่เข้ามาทางสายกราวด์ รูปที่ 3.2 แสดงแหล่งจ่ายไฟ ± 6V 6 ชุด ที่จ่ายให้กับวงจรขับเบส และรูปที่ 3.3 แสดงวงจรขับเบสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.2



รูป 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

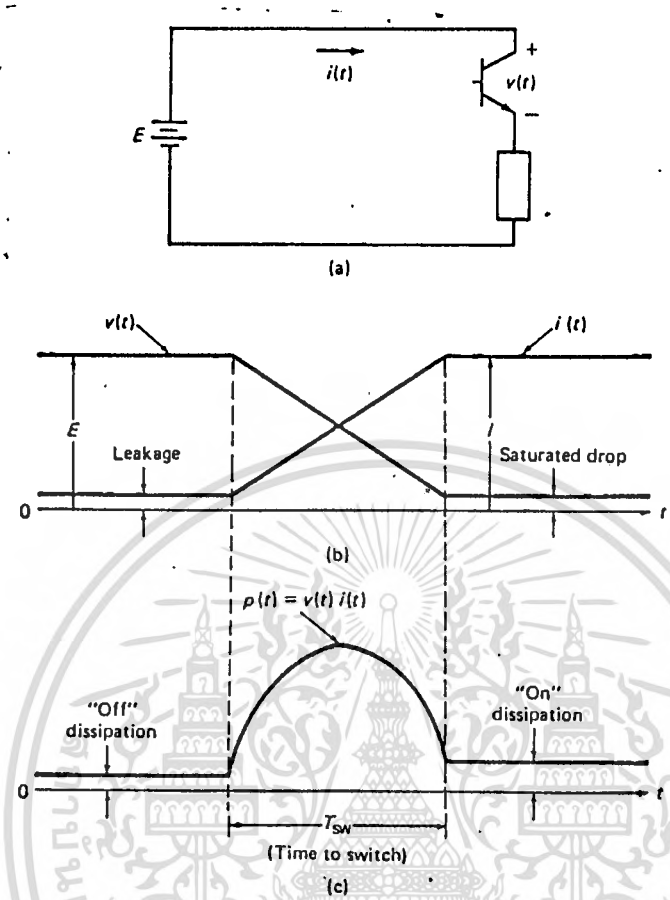
วงจรกำลัง

ในวงจรอินเวอร์เตอร์อุปกรณ์ที่ใช้ในการสวิชชิ่งคือ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะทำงานในย่านการอิ่มตัว เพื่อทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีโวลท์เตจตกคร่อม V_{CE} ประมาณ 2-3 โวลท์ ขณะนำกระแสการสูญเสียกำลัง (Power loss) ในชวงนำกระแสจึงน้อย โดยทั่วไปแล้วการสูญเสียกำลังในเพาเว่อร์ทรานซิสเตอร์สามารถที่จะแบ่งออกได้ดังนี้

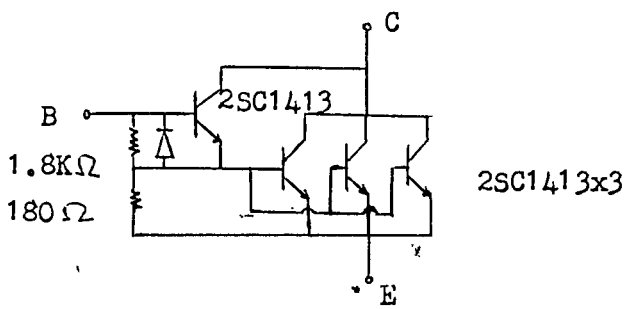
1. การสูญเสียอันเนื่องมาจากการสวิชชิ่ง (Switching Losses)
   1.1 การสูญเสียขณะเปิดนำกระแส (Turn-on Losses)
   1.2 การสูญเสียขณะปิดนำกระแส(Turn-off Losses)
2. การสูญเสียขณะนำกระแส (Conduction Losses)
3. การสูญเสียขณะหยุดนำกระแส (Off-State Losses)

รูปที่ 3.3 แสดงวงจรการสวิชชิ่งอย่างง่ายโดยใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ปิดนำกระแส จะมีโวลท์เตจตกคร่อม V_{CE} เท่ากับ E โวลท์ ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว โวลท์เตจที่ตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ จะมีค่าน้อยกว่าแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง เพราะว่า จะมีโวลท์เตจตกคร่อมโหลดอันเนื่องมาจากกระแสรั่วไหล (Leakage current) อยู่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ในวงจรกำลังได้นำเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ 2 SC 1413 พิกัด 500 โวลท์ 5 แอมป์ นำมาต่อเป็นลักษณะของโมดูล (Module) เพื่อให้นำกระแสได้มากขึ้น โดยนำทรานซิสเตอร์ 1 ตัวมาต่อขับให้กับทรานซิสเตอร์อีก 3 ตัว ในลักษณะของดาร์ลิงตัน (Darlington) ดังรูป 3.4

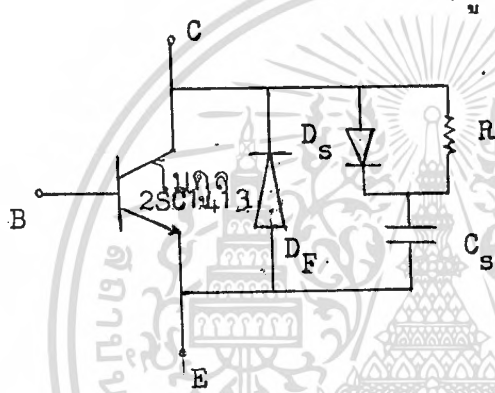


รูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการต่อในลักษณะของโมดูลดังรูป จะทำให้สามารถนำกระแสได้สูงสุด 15 แอมป์ แต่ในทางปฏิบัติอาจจะนำกระแสได้ต่ำกว่านี้ เพราะเป็นคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่เมื่อนำมาต่อขนานกันแล้วพิกัดจะลดลง แต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวอุปกรณ์นั้น

เพื่อกำจัดโวลท์เตจสไปค์ (Voltage spike) ที่เกิดขึ้นขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ปิดนำกระแสและเป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นขณะสวิชชิ่งให้ออกจากเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ จำเป็นต้องใช้วงจรสนับเบ้อร์ต่อขนานเข้ากับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5

โดยขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ปิดนำกระแส คาปาซิเตอร์ C_S จะถูกประจุผ่านไดโอด D_S จนมีแรงดันเท่ากับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง และเมื่อเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เปิดนำกระแส คาปาซิเตอร์ C_S จะถ่ายประจุผ่านตัวต้านทาน R_S ไปยังเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ซึ่งตัวต้านทาน R_S จะเป็นตัวลดค่ากระแสถ่ายประจุ (Discharge current) ของ C_S ให้อยู่ในค่าที่ปลอดภัยต่อเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ค่าสนับเบอร์ที่ใช้ในวงจรมีดังนี้

R_S = 100 โอห์ม 20 วัตต์

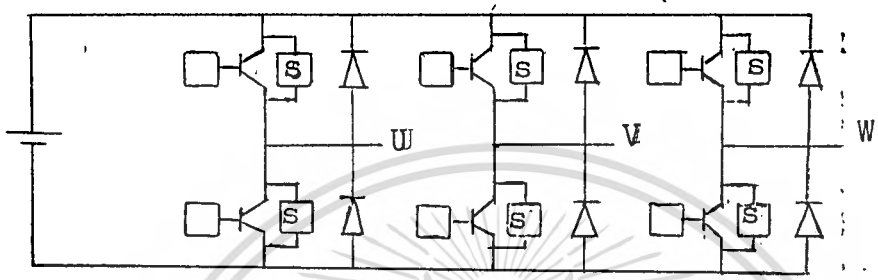
C_S = 0.43 ไมโครฟารัด 650 โวลท์

D_S = ฟาสเรคคอเวอรี่ ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าดังกล่าวเป็นค่าที่สุ่มจากการทดลอง ซึ่งยังไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุด แต่ก็สามารถลดค่า $\frac{dv}{dt}$ และความร้อนที่เกิดกับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ให้อยู่ในค่าที่ปลอดภัยได้

รูปที่ 3.6 เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์กำลัง



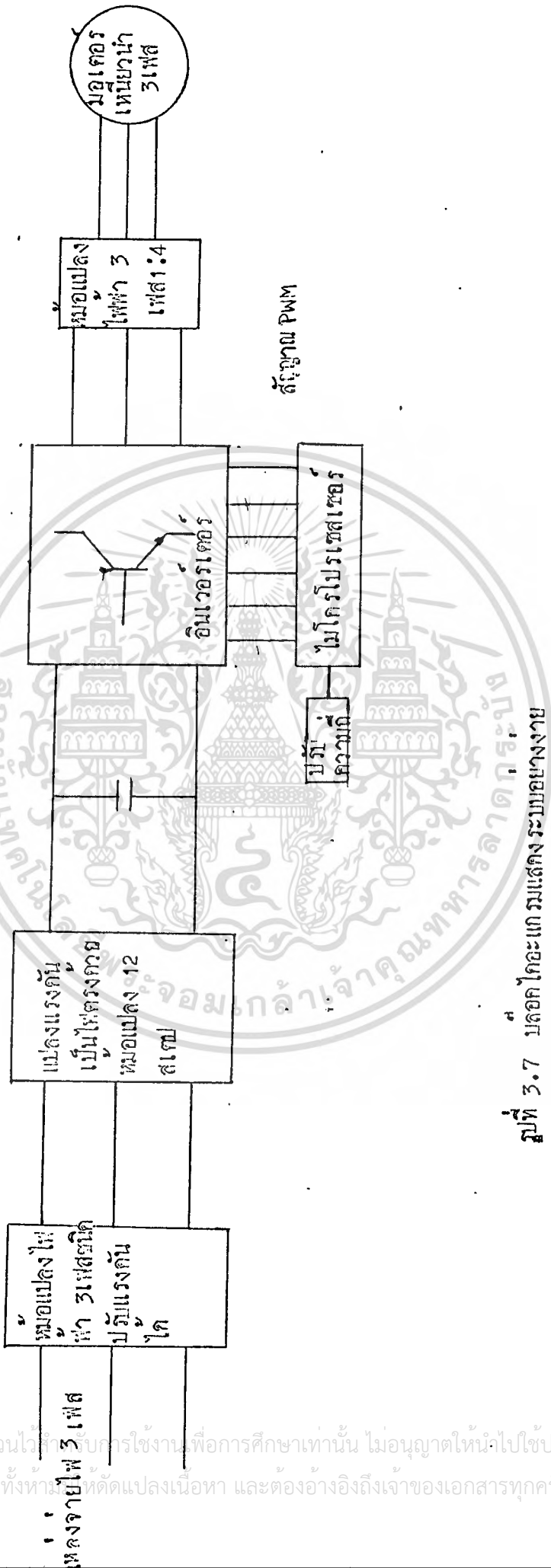
□ = Base drive circuit

Ⓢ = Snubber

รูปที่ 3.6

เอาท์พุทที่ออกจากวงจรอินเวอร์เตอร์จะมีลักษณะเป็น PWM 3 ระดับ ที่มีค่า V/f คงที่ แล้วจึงนำเข้าไปต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส ซึ่งจะทำให้เอาท์พุทมีแรงดันเพิ่มขึ้น 4 เท่า ก่อนที่จะต่อเข้ามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 1 แรงม้า หม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส ได้มาจากหม้อแปลงไฟฟ้าเฟสเดียว 3 ตัวนำมาต่อกัน เนื่องจากหม้อแปลงได้ถูกออกแบบไว้โดยใช้สูตร $E = 4.44fNBA$ ซึ่งเป็นสูตรที่ใช้กับแรงดันที่มีรูปคลื่นเป็นซายน์ เมื่อนำสูตรนี้มาใช้กับแรงดันที่มีรูปคลื่นเป็น PWM ก็กำหนดให้ค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก(B) มีค่าต่ำประมาณ 0.8 เทสลา และกำหนดให้ค่าพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็กมีขนาดใหญ่ คือ 2 x 2 ตารางนิ้ว เพื่อป้องกันการอิ่มตัวของแกนเหล็ก ก็จะได้จำนวนขดลวดทางปฐมภูมิเท่ากับ 100 รอบ และขดลวดทางทุติยภูมิ 400 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



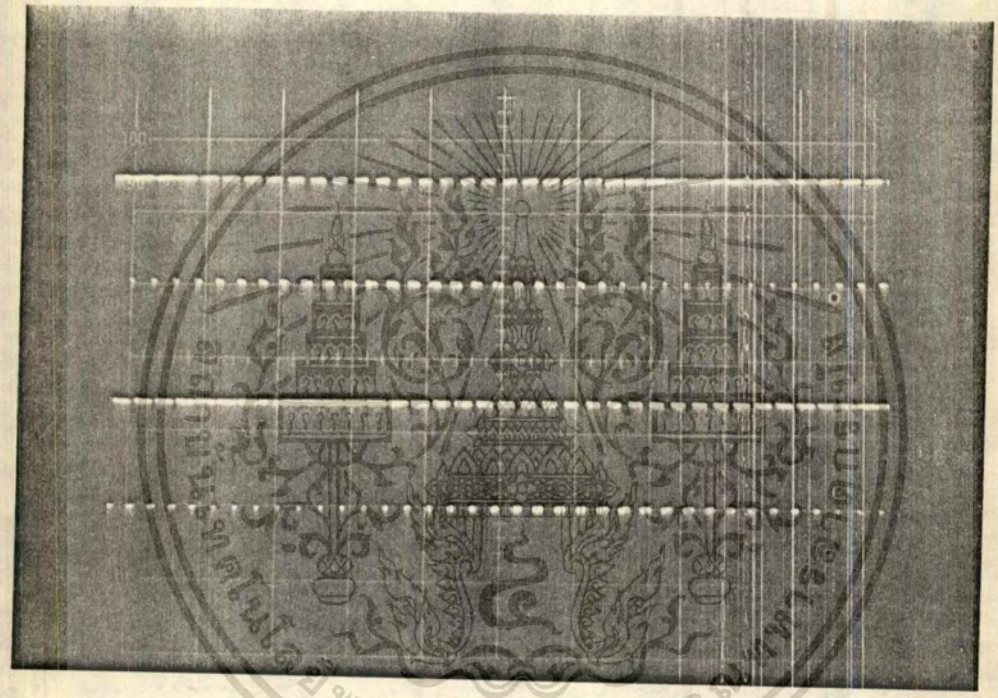
รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบย่อยงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

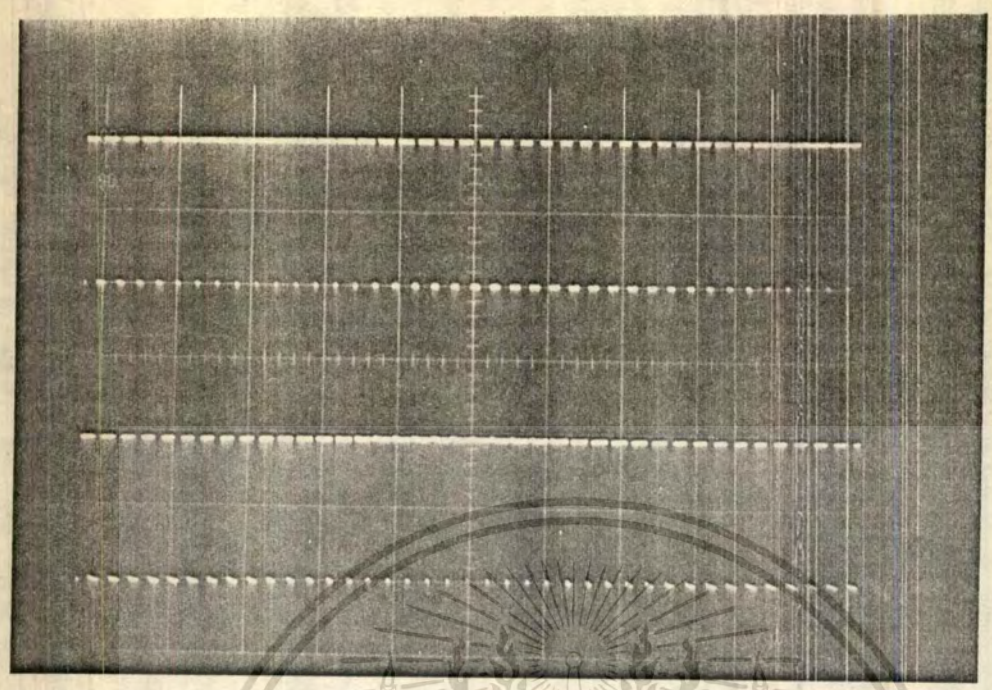
การทดลองและผลการทดลอง

เมื่อนำสัญญาณ PWM บิท 0 ถึง บิท 5 จากไมโครโปรเซสเซอร์ ดังรูปที่ 1

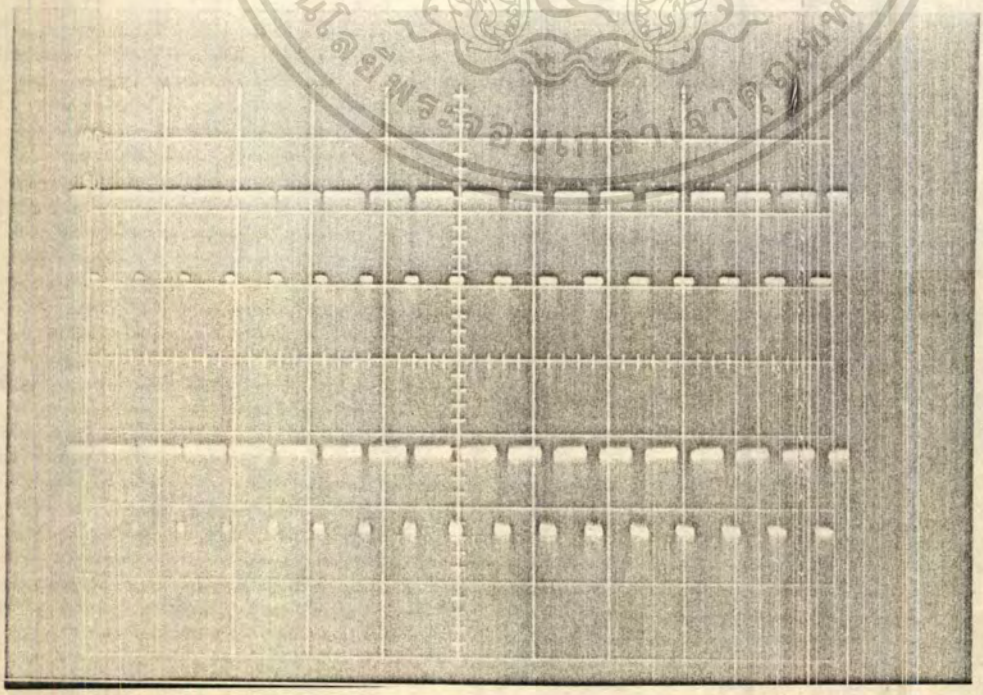


นำมาเข้าวงจรขับเบสจะได้สัญญาณ PWM ที่มีการสวิชชิ่ง ±5 โวลท์ ดังรูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

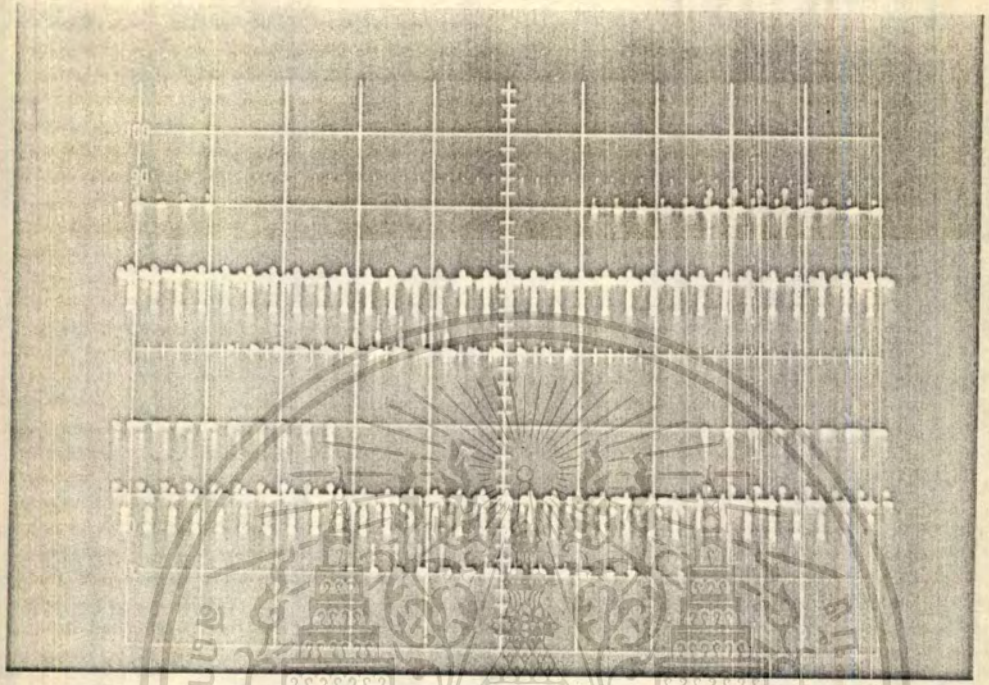


เมื่อนำวงจรขับเบสไปเข้าขาเบสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ จะทำให้สัญญาณสวิชชิ่งทางด้านบวกลดลงหรือประมาณ 1.2 V และให้กระแสเบสประมาณ 320 mA โดยสัญญาณกระแสเบสจะมีการสวิชชิ่งเหมือนกับสัญญาณที่ป้อนเข้าขาเบสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 3

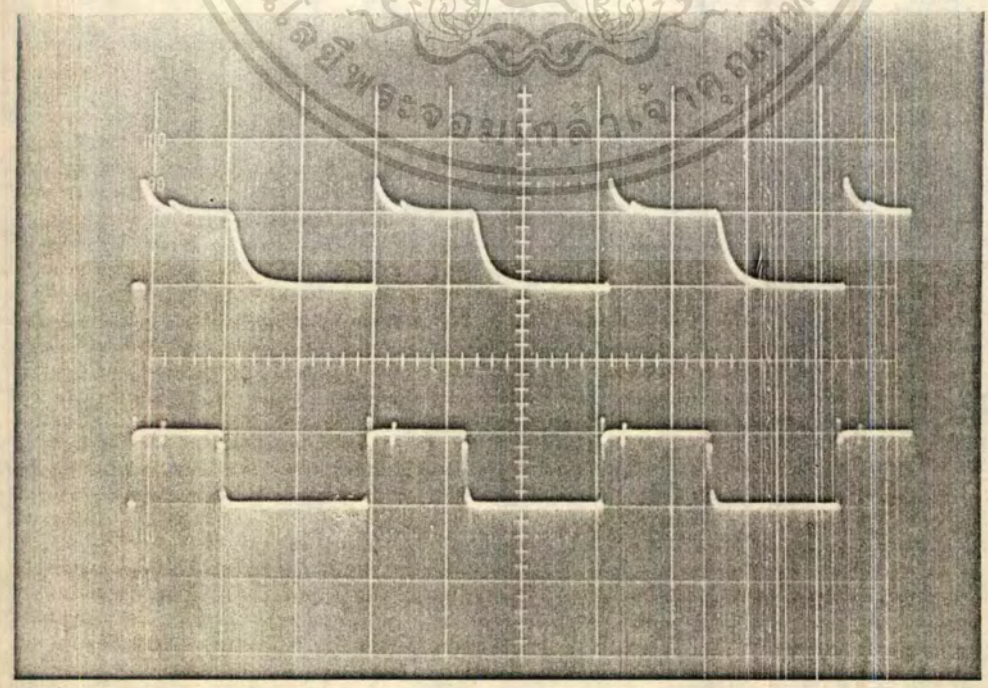


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อป้อนไฟกระแสตรงเข้าวงจรอินเวอร์เตอร์ จะได้แรงดัน V_{uv} และ V_{uw} มีสัญญาณดังรูปที่ 4

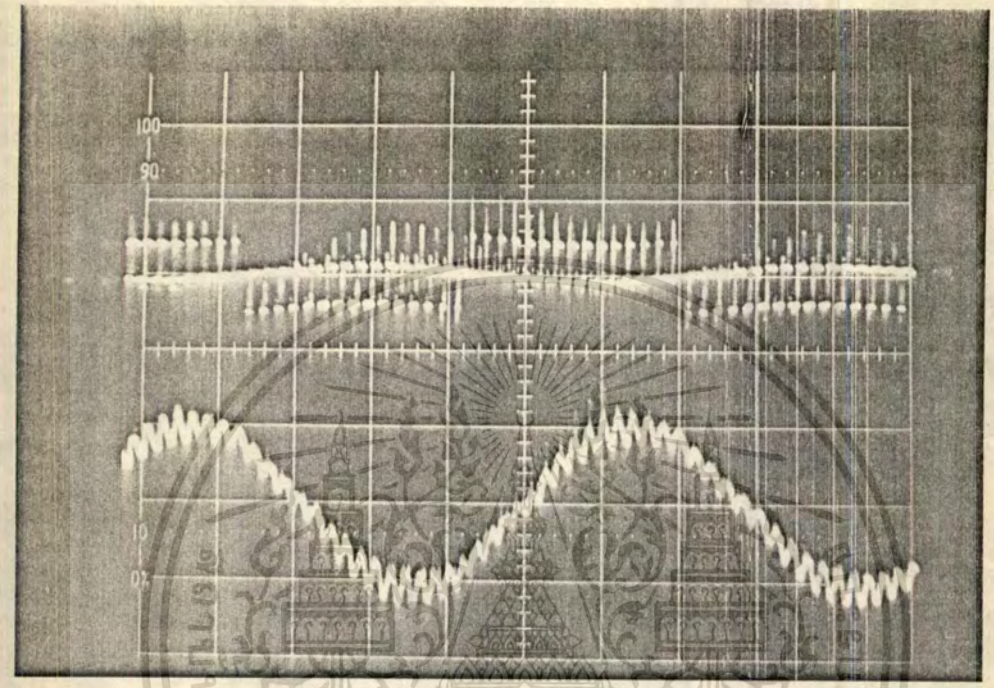


เมื่อจับแรงดันคร่อมคาปาซิเตอร์ C_s ที่สนับเบอร์เทียบกับแรงดัน V_{CE} คร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ จะได้ดังรูปที่ 5

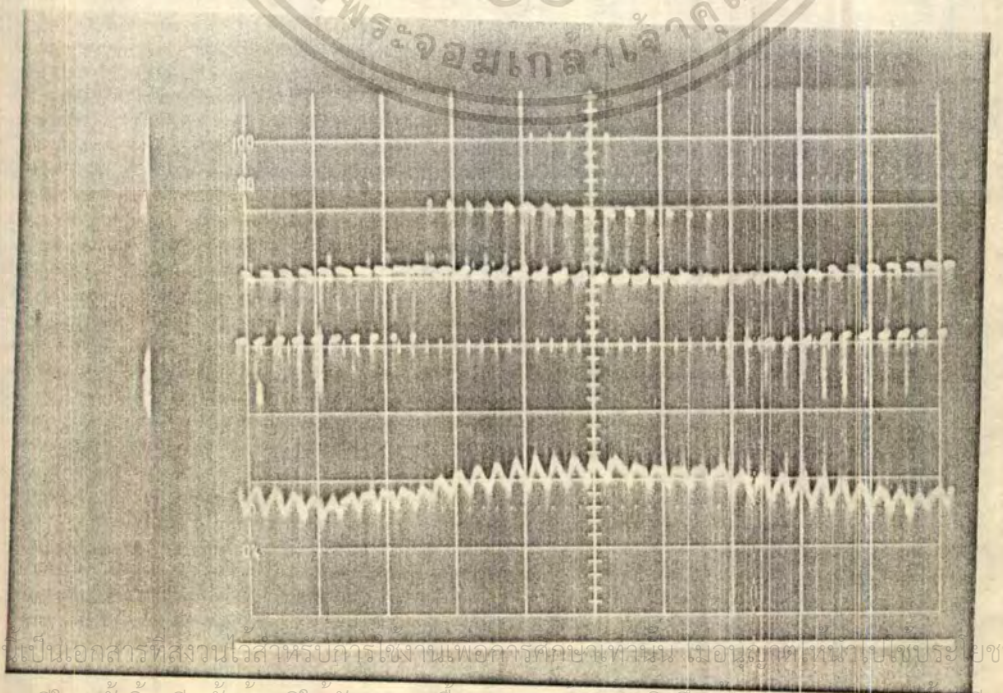


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำเอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์มาต่อเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสที่แปลงแรงดันขึ้น 4 เท่า แล้วนำไปต่อเข้ากับมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยต่อแบบเดลตา-เดลตา (Δ-Δ) จะได้สัญญาณ V_{uv} และกระแสขณะเริ่มหมุน ดังรูปที่ 6

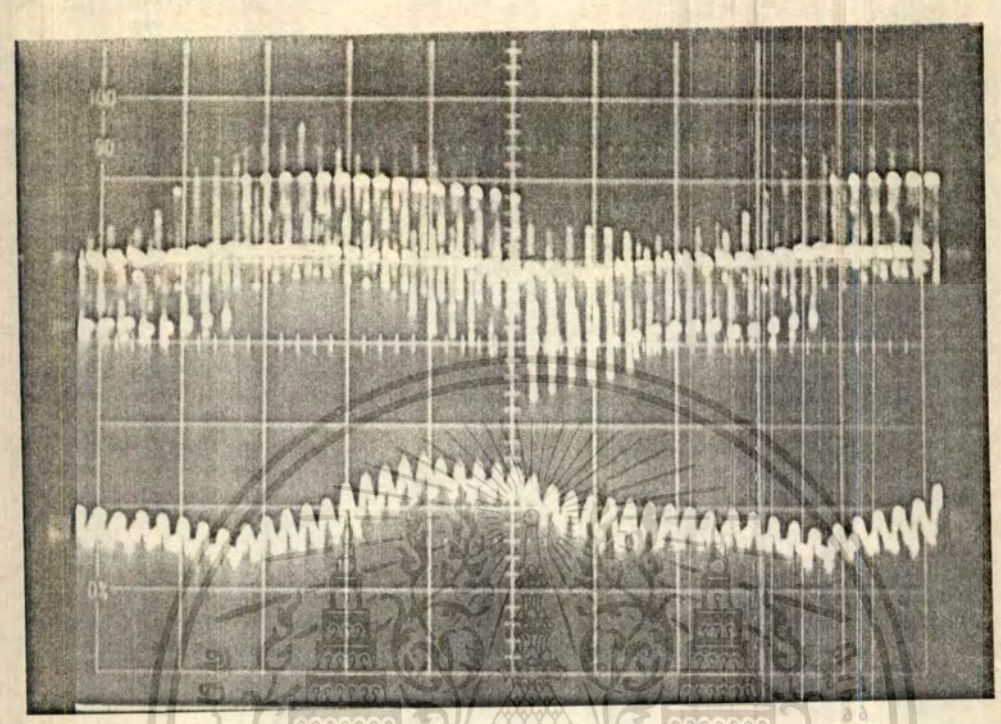


และเมื่อมอเตอร์เหนี่ยวนำหมุนด้วยความเร็วคงที่แล้วจะได้สัญญาณ V_{uv} และกระแสขณะหมุนด้วยความเร็วคงที่ ดังรูปที่ 7

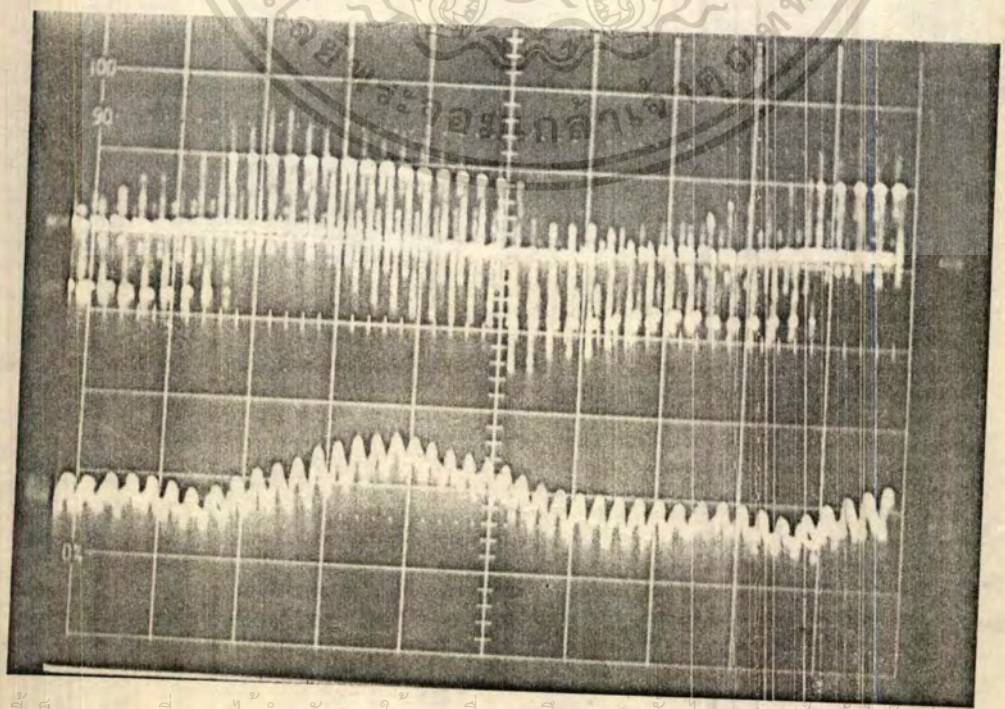


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วที่ 50H_z 220 V จะได้สัญญาณของ V_{uv} และกระแสขณะไร้โหลด ดังรูปที่ 8

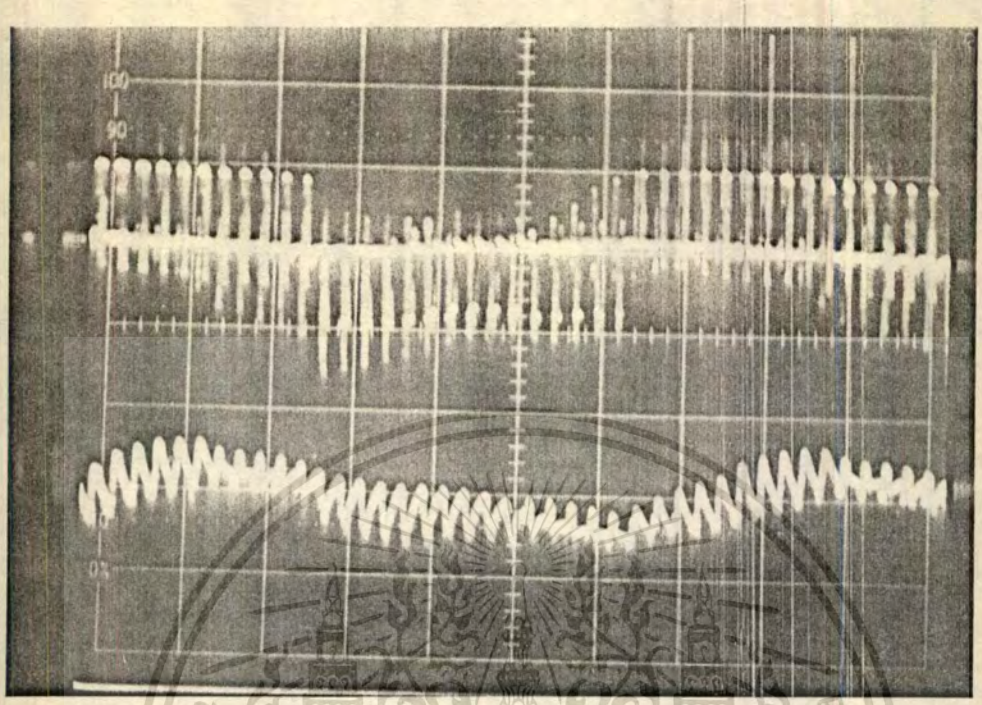


และเมื่อใส่โหลด 20 N ให้แก่มอเตอร์จะได้สัญญาณ V_{uv} และกระแสขณะมีโหลดเป็นดังรูปที่ 9

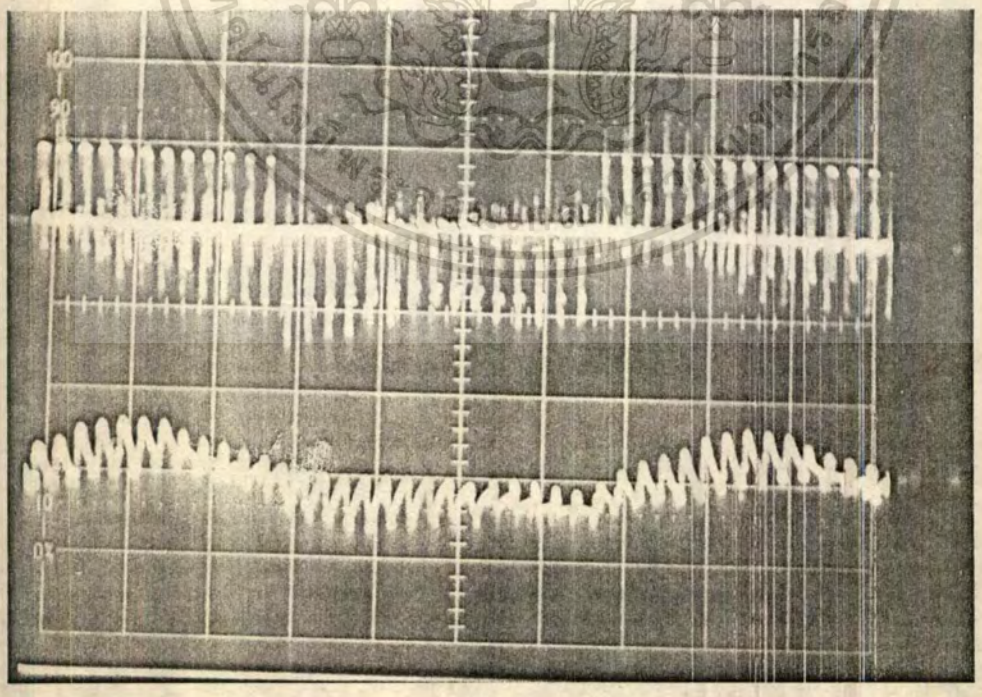


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 10 เป็นรูปสัญญาณ V_{uv} และกระแสขณะไร้โหลดที่ความถี่ 30Hz

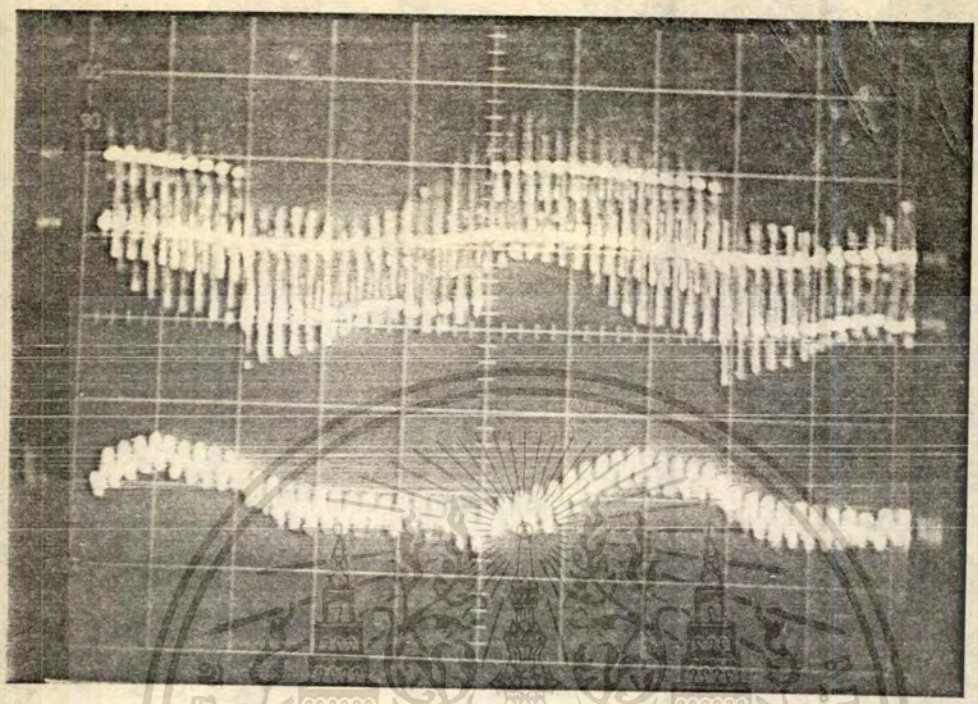


รูปที่ 11 เป็นรูปสัญญาณ V_{uv} และกระแสขณะมีโหลด 10N ที่ความถี่ 30Hz

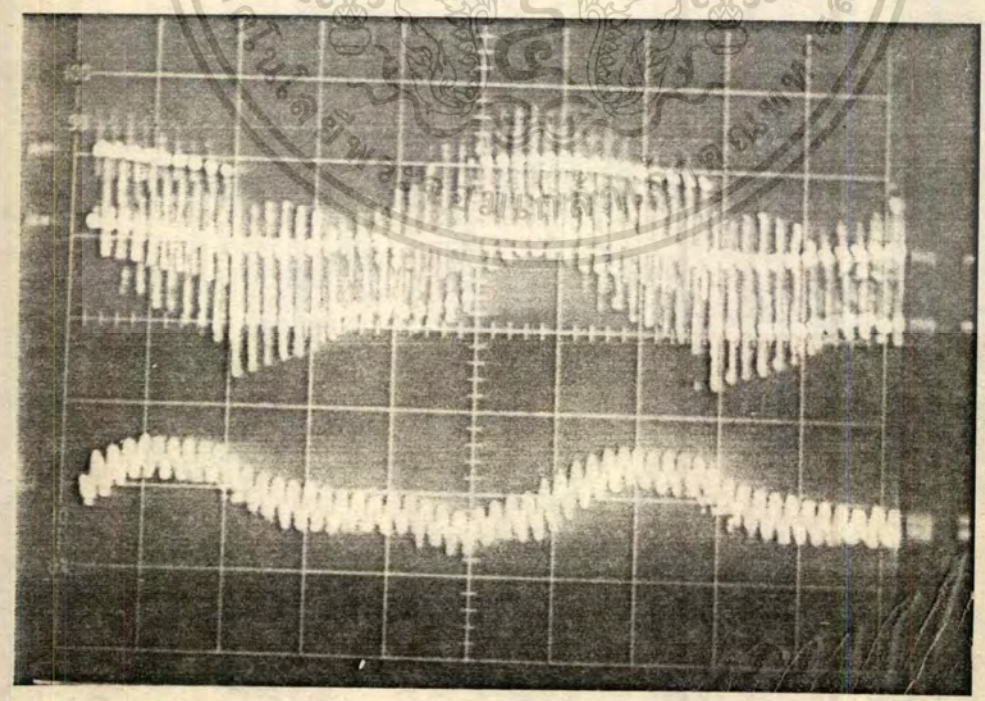


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 12 เป็นรูปสัญญาณ V_{uv} และกระแสขณะไร้โหลด ที่ความถี่ 60 H_z



รูปที่ 13 เป็นรูปสัญญาณ V_{uv} และกระแสขณะมีโหลด 15 N ที่ความถี่ 60 H_z



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การทดลอง

การทดลองนี้จะทำเพื่อศึกษาดูว่าอินเวอร์เตอร์ที่ได้ออกแบบไว้โดยให้มีเอาท์พุทแรงดันต่อความพี่มีค่าคงที่ จะสามารถนำมาใช้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยให้ค่าแรงบิดคงที่ ตลอดช่วงความถี่ที่ได้ออกแบบไว้ว่าดีเพียงใด

วิธีทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 14 โดยให้มอเตอร์ไร้โหลด

2. ตั้งความถี่ไว้ที่ 50 H_z ปรับแรงดันกระแสตรงเพื่อให้ได้แรงดันลายน์ทูลายน์ (Line-to-Line voltage) เท่ากับ 220 โวลท์ บันทึกค่าแรงดันกระแสตรงนั้นไว้เพื่อเป็นค่าแรงดันที่ป้อนให้กับอินเวอร์เตอร์โดยมอเตอร์ไร้โหลดที่ทุกค่าของความถี่

3. ใส่โหลดที่ค่าต่าง ๆ โดยปรับแรงดันกระแสตรงเพื่อให้แรงดันลายน์ทูลายน์มีค่าคงที่ที่ทุกค่าของโหลด โดยมีแรงดันลายน์เท่ากับแรงดันลายน์ขณะที่มอเตอร์ไร้โหลด

4. บันทึกค่า $I_{DC}, V_{DC}, I_{AC}, V_{AC}$ และความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)

5. ตั้งค่าแรงดันกระแสตรงที่ได้จากข้อ 2 ปรับความถี่ค่าใหม่แล้วทำวนข้อ 3, 4 และ 5 จนกว่าจะเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

f = 12 H_Z

F = 20 H_Z

weigtt (kg)	T (N M)	N	V_{DC}	I_{DC}	V_{AC}	I_{AC}	T (N-m)	N	V_{DC}	I_{DC}	V_{AC}	I_{AC}	
0	0	355	135	1.45	98	1.45	0	600	135	2.28	125	1.75	
0.25							0.2	581	135	2.35	125	1.70	
0.50							0.4	565	135	2.42	125	1.70	

F = 30 H_Z

f = 40 H_Z

wight (kg)	T (N-m)	N	V_{DC}	I_{DC}	V_{AC}	I_{AC}	weight (kg)	T (N-m)	N	V_{DC}	I_{DC}	V_{AC}	I_{AC}
0	0	899	135	3.1	158	9.5	0		1200	135	3.75	186	2.025
0.50	0.4	880	137	3.5	158	1.925	0.5	0.4	1185	138	4.2	186	2.0
1.0	0.8	860	138	3.78	158	1.925	1.0	0.8	1170	140	4.68	186	2.05
1.25	1.25	847	140	4.2	158	2.05	1.5	1.2	1156	142	5.05	186	2.15
							1.75	1.4	1147	143	5.3	186	2.25
							2.0	1.6	1138	146	5.6	186	2.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

f = 45Hz

weight (kg)	T	N	Vdc	Idc	Vac	Iac
0	0	1348	135	395	200	2.05
0.5	0.4	1338	138	4.45	200	2.05
1.	0.8	1323	141	4.9	200	2.075
1.50	1.2	1310	145	5.1	200	2.175
2.0	1.6	1297	151	5.95	200	2.3
2.25	1.8	1288	153	6.2	200	2.4
2.5	2.0	1274	155	6.6	200	2.525

F = 50Hz

weight (kg)	T (N-m)	N	Vdc	Idc	V_{AC}	I_{AC}
0		1490	135	44	220	2.15
0.5	0.4	1476	140	50	220	2.15
1.	0.8	1467	142	5.35	220	2.175
1.50	1.2	1450	145	5.8	220	2.25
2.0	1.6	1446	148	6.3	220	2.305
2.25	1.8	1440	149	6.55	220	2.4
2.5	2.0	1435	153	6.95	220	2.54
2.75	2.2	1426	156	7.3	220	2.6

f = 55 Hz

weight (kg)	T N-m	N	V_{DC}	I_{DC}	V_{AC}	I_{AC}
0	0	1669	135	4.7	232	2.15
0.50	0.4	1653	136	5.25	232	2.125
1.0	0.8	1649	138	5.7	232	2.15
1.50	1.2	1640	140	6.2	232	2.25
2.0	1.6	1631	142	6.8	232	2.35
2.25	2.0	1622	148	7.4	232	2.45
2.75	2.2	1612	150	7.7	232	2.505
3.0	2.4	1603	151	8.1	232	2.51

f = 60 Hz

weight (kg)	T N-m	N	V_{DC}	I_{DC}	V_{AC}	I_{AC}
0	0	1799	135	4.85	250	2.2
0.5	0.4	1786	140	5.6	250	2.2
1.0	0.8	1780	142	6.05	250	2.25
1.5	1.2	1774	145	6.6	250	2.30
2.0	1.6	1766	148	7.2	250	2.40
2.5	2.0	1752	149	7.75	250	2.45
3.0	2.4	1740	155	8.4	250	2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

f = 63 H_Z

weight (kg)	T (N-m)	N	V_{DC}	I_{DC}	V_{AC}	I_{AC}	
0	0	1892	135	4.95	252	2.15	
0.5	0.4	1881	138	5.65	252	2.18	
1.0	0.8	18.3	139	6.15	252	2.2	
1.5	1.2	1865	140	6.7	252	2.25	
2.0	1.6	1856	145	7.3	252	2.35	
2.5	2.0	1847	148	7.9	252	2.42	
3.0	2.4	1835	155	8.7	252	2.575	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

ในโครงงานนี้ได้นำไมโครโปรเซสเตอร์ Z =80 มาเป็นตัวประมวลผลโปรแกรม แล้วจึงเอารูปแบบ PWM ที่เก็บไว้อยู่ EPROM ออกมานำสัญญาณ PWM มาเข้าวงจรแบบซับเบส เพื่อขยายกระแสให้สูงเพียงพอที่จะขับให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์สามารถอิ่มตัวได้ โดยสามารถปรับความถี่ได้ 12 H_Z —66.6 H_Z

บทวิจารณ์

จากการทดลองจะพบว่า ยิ่งมอเตอร์ขับโหลดมากขึ้นเพียงใด โวลท์เตจที่เข้ามอเตอร์ยิ่งตกลงเนื่องจากในโครงงานนี้ยังไม่มีส่วนควบคุมแบบปิด จึงต้องอาศัยการปรับดีซีลิงค์โวลท์เตจด้วยมือแทน เพื่อทำให้โวลท์เตจที่เข้ามอเตอร์มีค่าคงที่

ในขณะที่ทดลองให้มอเตอร์รับโหลด ส่วนของวงจรสนับเบอร์จะร้อนพอสมควร จึงต้องหาพัดลมเป่า เพื่อให้สนับเบอร์ระบายความร้อนได้ทัน

ส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส ที่ต่อแบบเดลตา-เดลตา ก็มีความร้อนเกิดขึ้น จำเป็นที่จะต้องออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าใหม่เพื่อให้รับกระแสได้มากขึ้น

ส่วนของ ADC 0809 ที่ให้ข้อมูลความถี่ของอินเวอร์เตอร์ยังไม่เที่ยงตรงที่บางค่าของความถี่ ทำให้ความถี่ที่คำนวณได้รับที่อ่านค่าได้มีค่าผิดพลาดได้

เนื่องจากมิเตอร์ที่ใช้วัดเป็นแบบเข็ม ที่มีช่วงความถี่ของการวัดอยู่ที่ 45 H_Z-65 H_Z ดังนั้นค่าโวลท์เตจและกระแสที่ความถี่อื่น ๆ อาจจะคลาดเคลื่อนไปไม่มากก็น้อย

สรุป

เมื่อเพิ่มความถี่ ค่าโวลท์เตจก็เพิ่มตาม เมื่อลดความถี่ โวลท์เตจก็ลดตาม เมื่อมอเตอร์รับโหลดมากขึ้น กระแสเข้ามอเตอร์ก็มากตามไปด้วย และความเร็วรอบของมอเตอร์ก็ตกลง ที่ความถี่ต่ำมอเตอร์จะรับโหลดได้น้อย แต่ที่ความถี่สูงขึ้นมอเตอร์จะรับโหลดได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

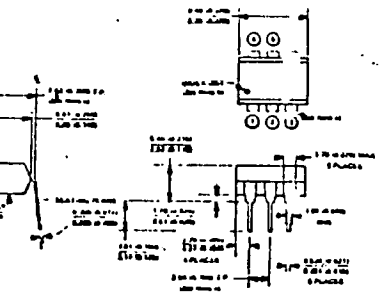
02493, SEPTEMBER 1978—REVISED MARCH 1983

COMPATIBLE WITH STANDARD TTL INTEGRATED CIRCUITS

- Gallium Arsenide Diode Infrared Source Optically Coupled to a Silicon N-P-N Phototransistor
- High Direct-Current Transfer Ratio
- High-Voltage Electrical Isolation . . . 2.5-kV, 1.5-kV, or 0.5-kV Rating
- Plastic Dual-In-Line Package
- High-Speed Switching . . . t_r = 2 μs, t_f = 2 μs Typical

ical data

e package consists of a gallium arsenide infrared-emitting diode and an n-p-n silicon phototransistor mounted on -lead frame encapsulated within an electrically nonconductive plastic compound. The case will withstand soldering nperature with no deformation and device performance characteristics remain stable when operated in high-humidity nditions. Unit weight is approximately 0.52 grams.



NOTES:
a. Leads are within 0.127 (0.005) radius of true position (T.P.) with maximum material condition and unit installed.
b. Pin 1 identified by index dot.
c. Terminal connections:
1. Anode
2. Cathode
3. No internal connection
4. Emitter
5. Collector
6. Base

Infrared-emitting diode

Phototransistor

FALLS WITHIN JEDEC MO-001AM DIMENSIONS
ALL LINEAR DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS AND PARENTHETICALLY IN INCHES

e maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

eak Input-to-Output Voltage: 4N25	±2.5 kV
4N26, 4N27	±1.5 kV
4N28	±0.5 kV
ollector-Base Voltage	70 V
ollector-Emitter Voltage (See Note 1)	30 V
mitter-Collector Voltage	7 V
mitter-Base Voltage	7 V
put-Diode Reverse Voltage	3 V
put-Diode Continuous Forward Current at (or below) 25°C Free-Air Temperature (See Note 2)	80 mA
put-Diode Peak Forward Current (t_w = 300 μs, duty cycle = 2%)	3 A
ontinuous Power Dissipation at (or below) 25°C Free-Air Temperature:	
Infrared-Emitting Diode (See Note 3)	150 mW
Phototransistor (See Note 3)	150 mW
Total, Infrared-Emitting Diode plus Phototransistor (See Note 4)	250 mW
orage Temperature Range	−55°C to 150°C
ad Temperature 1.6 mm (1/16 inch) from Case for 10 Seconds	260°C

gistered data. This data sheet contains all applicable JEDEC registered data in effect at the time of publication.

FEATURES

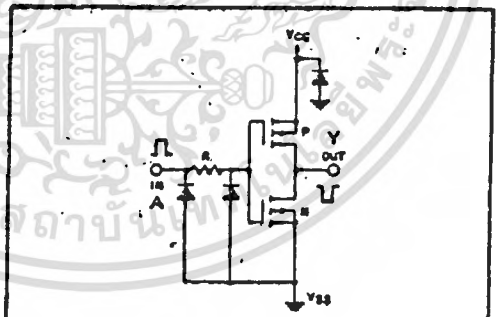
- Direct Drive of 2 TTL/DTL Loads
- Operation from Single Supply
- Pin-for-Pin Replacements for SCL4009B, SCL4010B

DESCRIPTION

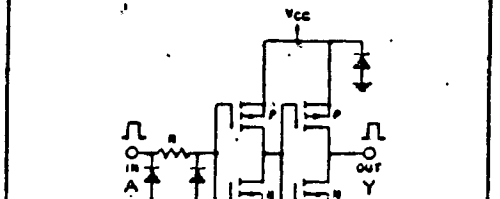
The SCL4049UB and SCL4050B are Inverting and Non-Inverting Hex Buffers, respectively, and feature logic-level conversion using only one supply voltage (V_{CC}). The input-signal high level (V_{IH}) can exceed the V_{CC} supply voltage when these devices are used for logic-level conversions. These devices are intended for use as CMOS-to-DTL/TTL converters and can drive directly two DTL/TTL Loads.

The SCL4049UB and SCL4050B are interchangeable with SCL4009UB and SCL4010B devices, respectively. In these applications the SCL4049UB and SCL4050B are pin-compatible with the SCL4009UB and SCL4010B, respectively, and can be substituted for these devices in existing as well as in new designs. Terminal No. 16 is not connected internally on the SCL4049UB or SCL4050B; therefore, connection to this terminal is of no consequence to circuit operation.

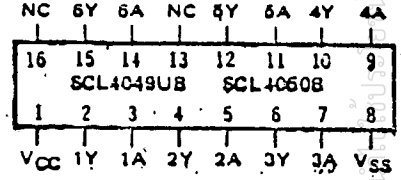
SCHEMATIC DIAGRAMS



SCL4049UB



CONNECTION DIAGRAM
(all packages)



Add suffix for package:
- C - 16-pin Cerdip
- D 16-pin Ceramic
- E 16-pin Epoxy
- F 16-pin Flat
- H Chip

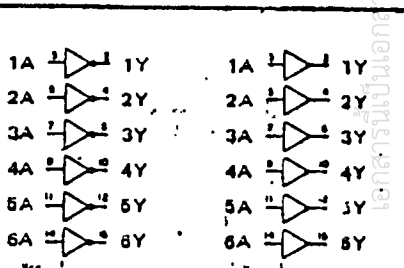
RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{CC} - V_{SS}$	3 to 15	V
Operating Temperature	T_A		
C, D, F, H Device		−55 to +125	°C
E Device		−40 to +85	°C

Note: These devices contain input protection networks to V_{SS} only. Therefore, V_{IH} (max) may exceed V_{CC} without damage (subject to absolute maximum ratings).

LOGIC DIAGRAMS



ADC0808, ADC0809 8-Bit μP Compatible A/D Converters With 8-Channel Multiplexer

General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8-single-ended analog signals.

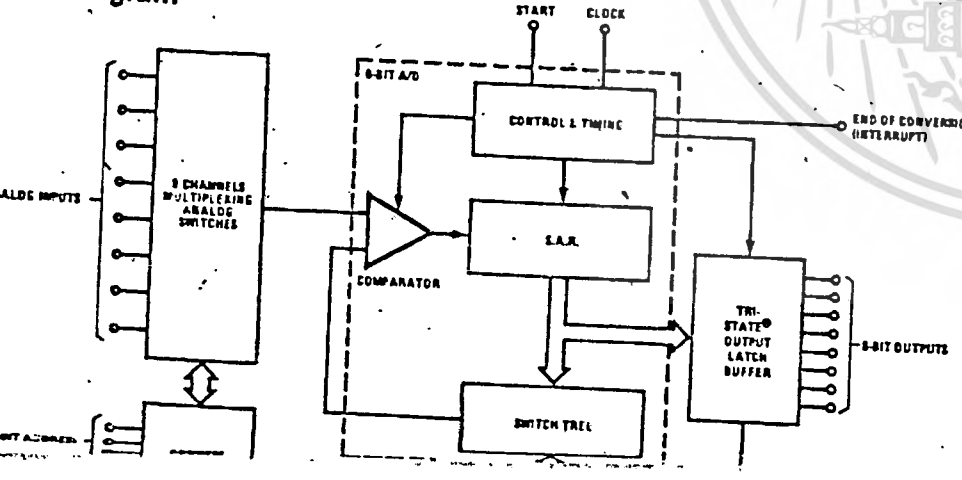
The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE® outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information.

Features

- Resolution — 8-bits
- Total unadjusted error — ±1/2 LSB and ±1 LSB
- No missing codes
- Conversion time — 100 μs
- Single supply — 5 V_{DC}
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC} or analog span adjusted voltage reference
- 8-channel multiplexer with latched control logic
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"
- Outputs meet T^2L voltage level specifications
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero or full-scale adjust required
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- Temperature range −40°C to +85°C or −55°C to +125°C
- Low power consumption — 15 mW
- Latched TRI-STATE® output

Block Diagram



multiplexer. The device contains an 8-channel single-ended analog signal multiplexer. A particular input channel is selected by using the address decoder. Table I shows the input states for the address lines to select any channel. The address is latched into the decoder on the low-to-high transition of the address latch enable signal.

TABLE I

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

CONVERTER CHARACTERISTICS

The Converter

The heart of this single chip data acquisition system is its 8-bit analog-to-digital converter. The converter is designed to give fast, accurate, and repeatable conversions over a wide range of temperatures. The converter is partitioned into 3 major sections: the 256R ladder network, the successive approximation register, and the comparator. The converter's digital outputs are positive true.

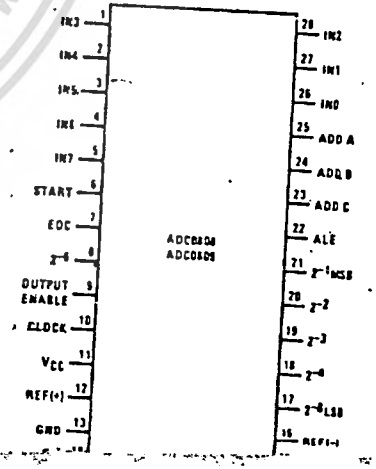
The 256R ladder network approach (*Figure 1*) was chosen over the conventional R/2R ladder because of its inherent monotonicity, which guarantees no missing digital codes. Monotonicity is particularly important in closed loop feedback control systems. A non-monotonic relationship can cause oscillations that will be catastrophic for the system. Additionally, the 256R network does not cause load variations on the reference voltage.

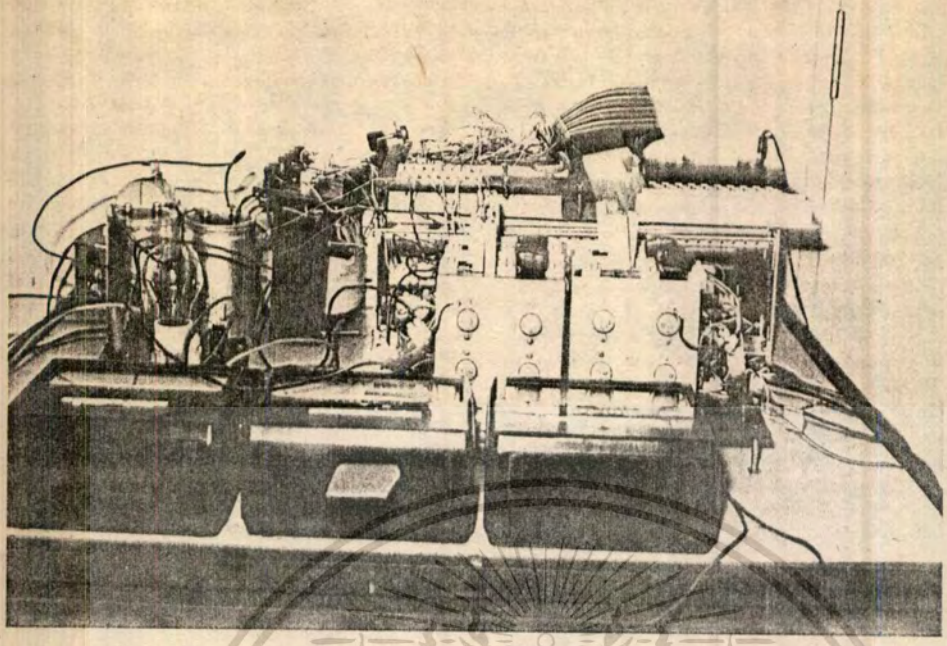
The bottom resistor and the top resistor of the ladder network in *Figure 1* are not the same value as the remainder of the network. The difference in these resistors causes the output characteristic to be symmetrical with the zero and full-scale points of the transfer curve. The first output transition occurs when the analog signal has reached +1/2 LSB and succeeding output transitions occur every 1 LSB later up to full-scale.

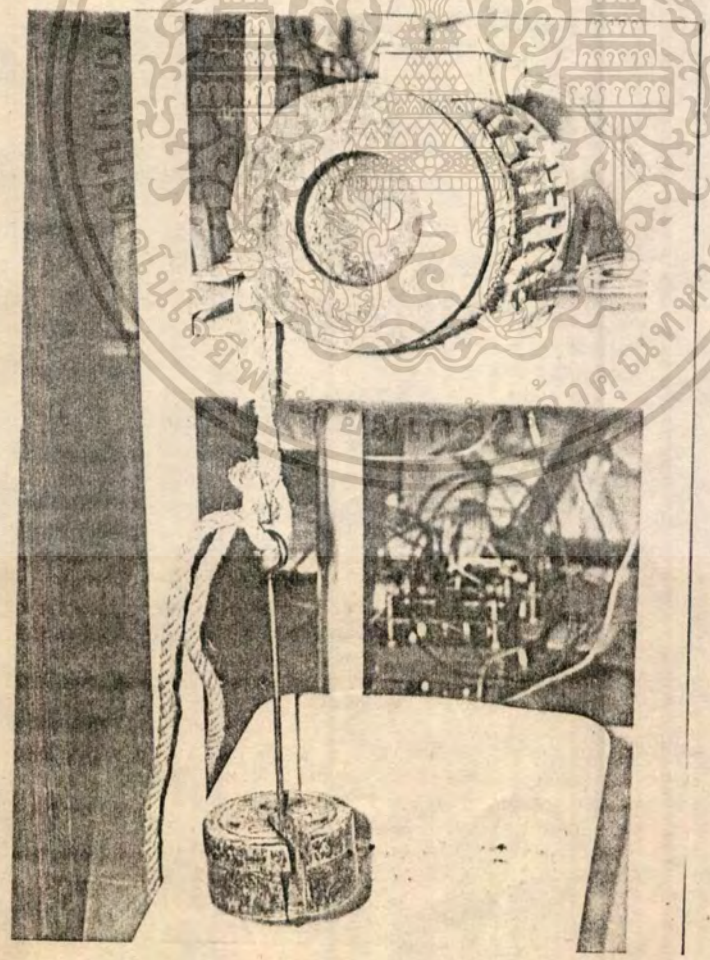
The successive approximation register (SAR) performs 8 iterations to approximate the input voltage. For any SAR type converter, n-iterations are required for an n-bit converter. *Figure 2* shows a typical example of a 3-bit converter. In the ADC0808, ADC0809, the approximation technique is extended to 8 bits using the 256R network.

Connection Diagram

Dual-In-Line Package







เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์วิริยะ พิเชฐจำเริญ เป็นอย่างสูงยิ่งที่ท่านได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ผู้จัดทำเป็นอย่างดี ตลอดจนให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยแก้ปัญหามาโดยตลอด ขอขอบคุณอาจารย์พิพัฒน์ เลาหสงคราม ที่กรุณาให้ยืมไมโครโปรเซสเซอร์ MPF - IPLUS ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการทดลองนี้ นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณคุณวิจิตร กิณเรศ ที่ช่วยให้คำปรึกษา ขอขอบคุณคุณเอกพันธ์ กรกุม ที่ช่วยถ่ายภาพผลการทดลองไว้ และขอขอบคุณเพื่อน ๆ และน้อง ๆ ที่มีส่วนทำให้โครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. วิจิตร กิณเรศ, "การวิเคราะห์และการประยุกต์ของ พี ดับบลิว เอ็ม อินเวอร์เตอร์", คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 146 หน้า, 2529.

2. K.S. RAJASHEKARA AND JOSEPN VITHYATHIL,"Protection and Switching-Aid Networks for Transistor Bridge Inverters", IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. IE-33. No. 2, MAY 1986.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้