



อินเวอร์เตอร์สามเฟสชนิดพีดับบลิวเอ็มควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
3 PHASE PWM INVERTER CONTROLLED BY MICROCONTROLLER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

040316

ปีการศึกษา 2541

อินเวอร์เตอร์สามเฟสชนิดพีดับบลิวเอ็มโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
3 PHASE PWM INVERTER CONTROLLED BY MICROCONTROLLER



อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.วีระเชษฐ จันเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2541

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง อินเวอร์เตอร์สามเฟสชนิดพีดับบลิวเอ็มควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
3 PHASE PWM INVERTER CONTROLLED BY MICROCONTROLLER

ผู้จัดทำ

1.นายพนนต์ จินดาหารวงศ์ รหัส 39013126

2.นายสุวัฒน์ชัย กล้าเกิดผล รหัส 39013145



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเวอร์เตอร์สามเฟสชนิดพีดับบลิวเอ็มควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

นายพยนต์ จินดาหารวงศ์

นายสุวัตชัย กล้าเกิดผล

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำเสนอ 3 Phase PWM Inverter ซึ่งใช้สำหรับ ขับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส กรรมวิธีทั้งหมดคือหลักการควบคุมฟลักซ์ของมอเตอร์ ให้คงที่ที่ที่พิกัดซึ่งทำได้โดยการควบคุมให้อัตราส่วนของแรงดันที่จ่ายเข้ามอเตอร์ กับความถี่มีค่าคงที่ ส่วนสำคัญของโครงการนี้ อยู่ที่การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในตระกูล MCS-51 เบอร์ 80C32 เพื่อกำเนิดสัญญาณ พีดับบลิวเอ็ม แบบสามเฟสจากนั้นสัญญาณพัลส์เหล่านี้ จะถูกจ่ายไปทริก IGBT เพื่อทำการสวิตช์แรงดันดีซีลิงค์ โดยที่แรงดันเอาท์พุทที่ สวิตช์จากวงจร IGBT จะถูกนำไปใช้สำหรับขับมอเตอร์ต่อไป ซึ่งความเร็วมอเตอร์ที่ควบคุมด้วย อินเวอร์เตอร์นี้อยู่ในช่วง 10 -100 % ของความเร็วพิกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 PHASE PWM INVERTER CONTROLLED BY MICROCONTROLLER

PAYON JINDARAWONG

SUWATCHAI KLAGERDPOL

ABSTRACT

This thesis is objected to present, 3 phase PWM inverter which used for 3 phase induction motor drives. All of the process is based on the constant airgap flux method which done by keep the ratio of motor applied voltages and operating frequency at constant. The main part of this project is at the use of 80C32 microcontroller which used for generates 3 phase PWM pulse and then this pulses will applied to IGBTs for swithes the DC link voltage and the swiching voltage that out put from IGBTs circuit will applied to drives the motor. The motor speed which controlled by this inverter is in the range of 10 - 100 % of rated speed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
กล่าวทั่วไป	1
วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
ขอบเขตของโครงการ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ	5
PWM INVERTER	14
PWM 3 เฟส	19
ไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C32	22
MOSGATE DRIVER	24
บทที่ 3 โครงสร้างและการออกแบบโครงการ	
BLOCK DIAGRAM	25
หลักการทำงาน	25
PROTECTION CIRCUIT	27
INPUT BUFFER ของ ISOLATOR	28
IR2130 INPUT BUFFER	29
IR2130 และ IGBT	30
ภาค REGULATOR และ DC LINK	31
การออกแบบโปรแกรม	32
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
การทดลองสร้างแรงดัน PWM 1 เฟส	48
การทดลองสร้างแรงดัน PWM 3 เฟส	50
การทดลองวัด Dead Timer	53
การทดลองวัดแรงดันเอาต์พุตจาก IGBT	53
วิเคราะห์ผลการทดลอง	54
บทที่ 5 สรุปโครงการ	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงวงจรสมมูลย์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ที่พิจารณาจากทางด้าน Stator	5
รูปที่ 2.2 แสดง Torque-Speed Characteristic ที่พิกัดแรงดันและความถี่	7
รูปที่ 2.3 แสดง I_r กับ s_f ที่พิกัดแรงดันและความถี่	8
รูปที่ 2.4 แสดง Torque-speed Characteristic	9
รูปที่ 2.5 เฟสเซอร์ไคอะแกรมเมื่อค่า s_f มีค่าน้อย	10
รูปที่ 2.6 แสดง Voltage Boost	10
รูปที่ 2.7 แสดงคุณลักษณะของมอเตอร์เหนี่ยวนำ	12
รูปที่ 2.8 แสดง PWM-VSI	14
รูปที่ 2.9 (a) แสดงรูปคลื่น PWM	16
รูปที่ 2.9(b) แสดงแรงดัน Line และ Phase Inverter	16
รูปที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันมูลฐานและดัชนีการมอดูเลตของเทคนิค SPWM	17
รูปที่ 2.11 แสดงรูปคลื่น PWM แบบ Uniform Spamling	19
รูปที่ 2.12 Inverter 2 เฟส	20
รูปที่ 2.13 รูปคลื่นแรงดัน PWM และอาร์โมนิคสเปคตรัมของแรงดัน	21
รูปที่ 2.14 แสดงขาของ MOSGATE DRIVER	24
รูปที่ 3.1 แสดง Block diagram ของโครงงาน	25
รูปที่ 3.2 วงจรป้องกัน	27
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรอินพุตบัฟเฟอร์และ Isolator	29
รูปที่ 3.4 แสดงวงจร IR2130 INPUT BUFFER	29
รูปที่ 3.5 แสดง IR2130 และ IGBT	30
รูปที่ 3.6 แสดง Regulator ภาคจ่ายไฟ 5V ให้กับอินพุตบัฟเฟอร์ของ Opto Isolator	31
รูปที่ 3.7 แสดง Regulator จ่ายไฟให้กับ IR2130	31
รูปที่ 3.8 แสดงชุดจ่ายแรงดัน DC Link ที่ทดลองที่แรงดัน V_{dc} 360V	32
รูปที่ 3.9 แสดงสภาวะการ ON-OFF ของแรงดันใน Switching Pulse	33
รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณ PWM ที่วัดที่ความถี่ Fundamental 50Hz ความถี่ในการสวิตช์ 3k Hz	48
รูปที่ 4.2 แสดงสเปคตรัมของฮาร์ตมินิกจากสัญญาณ PWM 50Hz	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ในการสวิตช์ 30K Hz	49
รูปที่ 4.3 แสดง Total Harmonic Distortion ,% Distortion ของแรงดัน 50Hz	
ความถี่ในการสวิตช์ 30K Hz	49
รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณจากพอร์ทในเฟส u ,u' ที่ Tim/DIV : 2ms/DIV	
ความถี่มูลฐาน 50Hz ความถี่ในการสวิตช์ 3K Hz	50
รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณจากพอร์ทในเฟส u ,u' ที่ Tim/DIV : 2ms/DIV	
ความถี่มูลฐาน 50Hz ความถี่ในการสวิตช์ 3K Hz	50
รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณจากพอร์ทในเฟส u ,v ความถี่มูลฐาน 50Hz	51
รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณจากพอร์ทในเฟส u ,v โดยต่อฟิลเตอร์ระหว่างเฟสและกราวด์	
ความถี่มูลฐาน 50Hz	51
รูปที่ 4.8 แสดงแรงดันจากพอร์ท โดยวัดเทียบระหว่าง u และ v	
ความถี่มูลฐาน 50 Hz	52
รูปที่ 4.9 แสดงแรงดันจากพอร์ท โดยวัดเทียบระหว่าง u และ v	
โดยผ่านฟิลเตอร์ ความถี่มูลฐาน 50 Hz	52
รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณเฟส u แล u'	53
รูปที่ 4.11 แสดง Voltage waveform ที่ความถี่มูลฐาน 10Hz, 25Hz, 50Hz ตามลำดับ	56
รูปที่ 4.12 แสดง Harmonic Spectrals ที่ความถี่มูลฐาน 10Hz, 25Hz, 50Hz ตามลำดับ	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 แสดงการทดลองที่ได้จากการวัดจากมิเตอร์และออสซิลโลสโคป	53
ตารางที่ 4.2 แสดง %THD จากการวัด	54
ตารางที่ 4.3 แสดงลำดับฮาร์โมนิก ที่ความถี่มูลฐาน 10Hz, 25Hz, 50Hz ตามลำดับ	58



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวโดยทั่วไป

มอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นมอเตอร์ชนิดหนึ่ง ที่นิยมใช้เป็นเครื่องต้นกำลังกันอย่างแพร่หลาย ในวงการอุตสาหกรรมทั่ว ๆ ไป ซึ่งมอเตอร์เหนี่ยวนำมีข้อได้เปรียบกว่ามอเตอร์ประเภทอื่นดังนี้

1. มีโครงสร้างที่ง่าย
2. สะดวกในการใช้งาน
3. แข็งแรงและทนทานไม่ค่อยมีปัญหา
4. การบำรุงรักษาทำได้ง่าย
5. การซ่อมแซมทำได้ง่าย
6. มอเตอร์มาตรฐานธรรมดา ความเร็วรอบคงที่
7. มีราคาถูก

ช่วงพิกัดกำลังงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้กว้างมากจากไม่กี่วัตต์ ไปจนถึงหลายพันกิโลวัตต์และค่า สักคาไฟฟ้า ที่ใช้สำหรับมอเตอร์ จากเป็นสิบสิบลโวลต์จนถึงพันพันโวลต์ แต่มอเตอร์เหนี่ยวนำยังมีข้อเสียเปรียบเมื่อเทียบกับมอเตอร์ประเภทอื่น คือ

1. มีประสิทธิภาพต่ำตามค่า Slip โดยถ้าค่า Slip มาก ประสิทธิภาพจะต่ำ
2. มีกระแสขณะสตาร์ทสูง

1.1.2 การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

จากสมการความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

$$N_r = (1 - S)N_s = (1 - S) \frac{120f}{P}$$

การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำจึงทำได้หลายวิธี คือ

1. เปลี่ยนแปลงค่า Slip
2. เปลี่ยนแปลงความถี่ป้อนเข้าทางสเตเตอร์
3. เปลี่ยนขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์

สำหรับใน โครงการนี้จะใช้การเปลี่ยนแปลง ความถี่ป้อนเข้าทางสเตเตอร์เพื่อควบคุมความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของขอบเขตของโครงการ

1.2.1 วัตถุประสงค์

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการสร้าง PWM Inverter แบบสามเฟส สำหรับใช้ขับหรือควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส โดยใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการสร้างสัญญาณ PWM

1.2.2 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้ได้อาศัยไมโครคอนโทรลเลอร์หรือ ไมโครโปรเซสเซอร์ชิพเดี่ยว ตระกูล MCS-51 เบอร์ 80C32 ในการสร้างสัญญาณ PWM สามเฟส ออกมาโดยตรง ซึ่งมีการสร้าง Dead Time โดยใช้โปรแกรม ความถี่ในการสวิตช์ ของชุดนี้มีค่าคงที่อยู่ที่ 3 kHz สามารถปรับค่า Fundamental Frequency ได้ตั้งแต่ 10%-100% หรือ 5Hz-50Hz

ในกรณีที่ใช้ขับมอเตอร์ความถี่ที่พิกัด คือ 50Hz นั้นจะสามารถสร้าง Switching Pulse ย่อยภายใน 1 คาบเวลาของความถี่ 50Hz ได้ 60 พัลส์ ในขณะที่เดียวกัน ก็ทำการควบคุมอัตราส่วนของแรงดันมูลฐาน ที่พิกัด ต่อความถี่พิกัดที่มูลฐาน ให้คงที่ เพื่อควบคุมให้เส้นแรงแม่เหล็กที่สร้างขึ้นนี้ส่งผ่าน Airgap มายัง Rotor มีค่าค่อนข้างคงที่ ซึ่งยกเว้นในกรณีที่ปรับความถี่เอาท์พุท จาก Inverter ในย่านความถี่ต่ำ ๆ จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กค่อนข้างลดลง เนื่องจาก Voltage Drop ภายใน Stator Reactance จึงต้องทำการชดเชยแรงดันให้มากขึ้น ที่เรียกว่า Voltage Boost ซึ่งค่าแรงดันที่เพิ่มขึ้นจะประมาณ $X_s I_s$ ซึ่งการควบคุมให้เส้นแรงแม่เหล็กใน Airgap คงที่ จะส่งผลถึงการคงที่ของแรงบิดสูงสุดด้วย ไม่ว่าจะหมุนด้วยความเร็วต่ำหรือสูงก็ตาม

ในช่วงแรกที่ทำโครงการจากอาจารย์ที่ปรึกษา มีความสนใจที่จะทำโครงการพิสัยบลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์ชนิดสามเฟส โดยอาศัย ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-96 มาเป็นตัวสร้างสัญญาณ แต่ด้วยเหตุที่ไม่สามารถศึกษาในรายละเอียด ในส่วนของหน่วยที่มาประมวลผล และกำเนิดสัญญาณ ของ CPU ตัวนี้ได้เพียงพอ ตัวอุปกรณ์ที่สนับสนุนของ MCS-96 เอง เช่น Single Board ที่นำ CPU นี้มาเป็นตัวประมวลผล ที่ต้องซื้อจากต่างประเทศโดยในขณะนี้เท่าที่ทราบ

บริษัทที่ผลิตบอร์ดที่ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับ ไมโครโปรเซสเซอร์ ในประเทศ ยังไม่มีราย
 โดผลิออกมา คู่มือของบอร์ด MCS-96 เท่าที่เคยได้ลองศึกษาดู ของอินเทลก็ยังไม่
 สามารถทำให้เข้าใจได้ ดีพอ เพราะไม่เข้าใจในชุดคำสั่ง ก็จำเป็นต้องหันมาสนใจกับ ไมโคร
 คอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 ซึ่งถ้าลองเปรียบเทียบความสามารถเท่าที่พอจะเปรียบเทียบกัน
 ได้ MCS-51 ก็ยังเป็นรองในทุก ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็น หน่วยประมวลผลหลัก มี
 ACCUMULATOR เพียงตัวเดียว ในขณะที่ MCS-96 มีรีจิสเตอร์ประมวลผล ที่นำมาใช้ได้มาก
 มาก ที่เรียกว่ารีจิสเตอร์ไฟล์ อีกทั้งยังสามารถ เลือกค่าความถี่ในการสวิตช์สูงมาก ๆ ได้

โครงการนี้เมื่อเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประสิทธิภาพของสัญญาณที่ส่ง
 ออก ไม่ได้ถูกกำหนดโดย ความสามารถในการประมวลผล แต่จะด้อยในด้านความสามารถที่มีขีด
 จำกัดในวงแคบ เช่นความถี่ในการสวิตช์มีค่าต่ำ การเปลี่ยนความถี่ไม่สามารถทำได้ทันทีทันใด
 ถ้าพัฒนาให้ตอบสนองได้ทันทีทันใด ก็จะต้องสูญเสียความสามารถบางประการไปเช่น อาจต้อง
 สวิตช์ที่ความถี่ต่ำ เนื่องจากไม่มีหน่วยส่งออกที่สามารถทำงานไปพร้อมกับตัวประมวลผล ภายใน
 ที่กำลังทำงานชนิดอื่นอยู่ได้

โครงการในใช้เทคนิคการสร้างสัญญาณแบบ Sinusoidal PWM จำลองการเปรียบเทียบ
 กันระหว่างสัญญาณพาหะ กับสัญญาณอ้างอิง เป็นค่าของเวลาในการ ON และ OFF ในคาบ
 เวลาที่ตายตัวหรือคาบเวลาในการสวิตช์นั่นเอง ซึ่งขนาดของสัญญาณอ้างอิงหรือมูลฐาน ทางเอาต์
 พูทจากชุดอินเวอร์เตอร์จะขึ้นอยู่กับ Modulation Index ความถี่มูลฐานขึ้นอยู่กับ Modulation
 Frequency หรือ mf ในโครงการนี้ออกแบบให้ความถี่มูลฐานทางเอาต์พุทกับขนาดของสัญญาณ
 มูลฐานแปรไปในอัตราส่วนที่คงที่ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ขับมอเตอร์ เพื่อให้มีระดับแรงบิด
 สูงสุดเท่ากันทุกความถี่ ซึ่งที่สำคัญยิ่งไปกว่านั้นคือ เพื่อไม่ให้แกนหลักของมอเตอร์เกิดการอิ่มตัว
 ถ้านำแรงดันไปขับมอเตอร์เอาต์พุทที่ความถี่ต่ำลง โดยไม่ลดแรงดันลงจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็ก
 หนาแน่นมากเกินไป ส่งผลเป็นความร้อนในแกนเหล็ก โครงการนี้จึงทำการเปลี่ยนแปลงค่า m
 ไปพร้อม ๆ กับค่า mf นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ผลทางฮาร์โมนิกที่เกิดขึ้นเมื่อขนาดของแรงดัน
 และความถี่เปลี่ยนแปลง สืบเนื่องจากการพัฒนาโปรแกรมสร้างสัญญาณพิคดับลิวเอมีมีที่ทำได้
 ขนาดความคล่องตัวในการเปลี่ยนความถี่คือในการเปลี่ยนความถี่จะต้องสร้างรูปแบบของเวลา ที่
 เป็นไปในแต่ละความถี่ขึ้นมาใหม่ทุกครั้งที่เปลี่ยนความถี่และเก็บลงใน Look Up Table ทำให้
 ต้องหยุดการส่งสัญญาณชั่วคราวขณะเปลี่ยนความถี่ การวิเคราะห์ฮาร์โมนิก จึงไม่สามารถวิ
 เคราะห์ขณะทำการเปลี่ยนความเร็วหรือความถี่ว่าเป็นอย่างไร

จากที่กล่าวมาทั้งหมดสรุปได้ว่า โครงการนี้นำเสนอเทคนิคการออกแบบและสร้างอิน
 เวอร์เตอร์สามเฟสแบบพิคดับลิวเอมี โดยมีสัญญาณควบคุมที่สร้างจาก ไมโครคอนโทร
 ลเลอร์เบอร์ 80C32 เพื่อนำไปขับมอเตอร์ได้ในบางความถี่ 10-100% ของพิคัก โดยรักษาอัตรา
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของแรงดันและความถี่มูลฐานในของชุดอินเวอร์เตอร์ให้คงที่ และทำการวิเคราะห์ผลของฮาร์โมนิก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

2.1.1 หลักการเบื้องต้น

เนื่องจาก จุดประสงค์ในการทำโครงการ คือ เพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ ให้ได้ความเร็วที่ต้องการ โดยใช้ PWM Inverter 3 เฟส ในการควบคุม ดังนั้นการทำโครงการจึงต้องเข้าใจ หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ และการควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ และตัวควบคุมความเร็ว จะต้องสามารถจ่ายกระแสให้ที่พิกัดได้ทุกช่วงความเร็ว เพื่อให้มอเตอร์สามารถให้แรงบิดสูงสุดได้ ในทุก ๆ ช่วงความเร็ว

ในมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส และ 3 เฟส เมื่อได้รับการจ่ายแรงดันไฟสลับ ที่สมมูลย์ 3 เฟส (กรณีมอเตอร์ 3 เฟส) ที่มีความถี่ f จะมีผลให้กระแสไหลอย่างสมมูลย์ ในแต่ละเฟส ซึ่งสร้างแรงแม่เหล็กขึ้น ที่ช่องอากาศ ที่หมุนด้วยความเร็วคงที่ เรียกว่า Synchronous Speed ดังต่อไปนี้

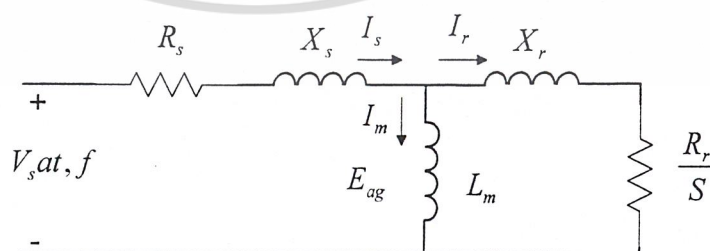
$$N_s = \frac{120f}{P} \quad (\text{rpm}) \quad (2.1)$$

ซึ่งสนามแม่เหล็กหมุนหรือ Rotating Field นี้ จะเหนี่ยวนำทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำและกระแสไหล ใน Rotor ทำให้มีแรงบิด พาให้ Rotor หมุนอยู่ ด้วยความเร็วคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งต่ำกว่าความเร็ว Synchronous เล็กน้อย ซึ่งหมุนช้ากว่า ด้วยความเร็ว $N_s - N_r$ หรือเรียกว่า Slip Speed ซึ่งมักถูกแสดงในรูป Perunit Slip หรือ Slip ดังนี้

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \quad (2.2)$$

หรือมอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็ว

$$N_r = N_s(1 - S) \quad (2.3)$$



รูปที่ 2.1 แสดงวงจรสมมูลย์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ที่พิจารณาจากทางด้าน Stator
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือมีการขออนุญาตใช้แล้ว มิฉะนั้นขอสงวนสิทธิ์ในเชิงวิชาการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรสมมูลย์ในรูป 2.1 ซึ่งไม่คิดค่า RC เพราะมีค่าสูงมาก ทำให้กระแสไหลได้น้อย แต่กระแส I_m มาก ซึ่งกระแส I_m หรือ Magnetizing Current ซึ่งเป็นองค์ประกอบของกระแส Stator I_s จะถูกกล่าว โดยรวมว่าใช้สร้าง Resultant Airgap Flux หรือ ϕ_{ag}

จากวงจรสมมูลย์ที่ได้ จึงเขียนความสัมพันธ์ ของแรงดันป้อนเข้าได้ดังนี้

$$V_s = E_{ag} + I_s(R_s + jX_s) \quad (2.4)$$

จากทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า จะมีแรงบิด ที่เกิดขึ้นที่มอเตอร์ คือ

$$T_{em} = k_1 I_r \phi_{ag} \sin \delta \quad (2.5)$$

โดยที่ δ คือมุมต่างเฟส ระหว่าง Rotor mmf หรือ Resultant Airgap Flux สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นที่ Stator เป็นดังนี้

$$E_{ag} = k_2 f \phi_{ag} \quad (2.6)$$

สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ที่เกิดขึ้นที่ Rotor เมื่อพิจารณาทาง Stator

$$E_r = R_r I_r + S X_r I_r \quad (2.7)$$

และในสภาวะที่มอเตอร์หมุนในย่านปกติ และพิจารณาทางด้านวงจร ทาง Rotor พบว่า Rotor Leakage Reactance จะมีค่าน้อยกว่า Rotor Resistance ณ ที่ค่า Slip Frequency นั้น ๆ มาก และยังทำให้มุม δ ใกล้เคียงศูนย์

ดังนั้น จะได้ความสัมพันธ์ของกระแส I_r เมื่อพิจารณาที่มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วปกติ

$$I_r \approx k_3 \phi_{ag} S f \quad (2.8)$$

และ

$$T_{em} = k_4 \phi_{ag}^2 S f \quad (2.9)$$

และในกรณี ความถี่ป้อนเข้า f มีค่าพิกัด และไม่คิดผลของ Series Impedance ทาง Stator

$$V_s \approx E_{ag} \approx k_2 f \phi_{ag} \quad (2.10)$$

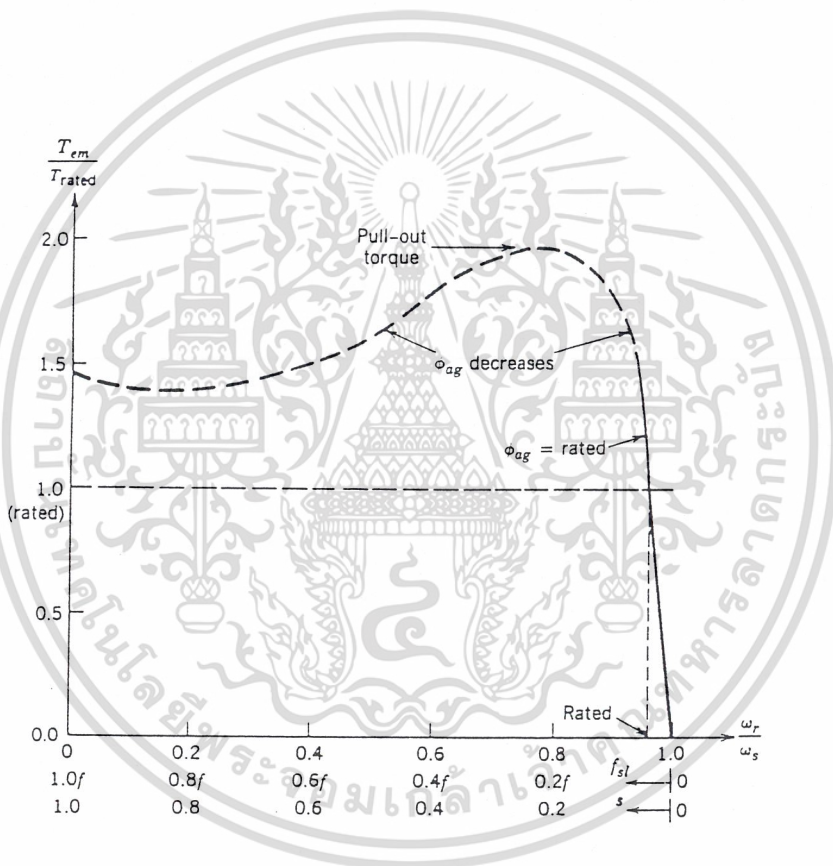
จากสมการต่าง ๆ ข้างต้น ทำให้ได้ข้อสังเกต ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ความเร็ว Synchronous Speed สามารถเปลี่ยนแปลงของความถี่ไฟฟ้าป้อนเข้า
2. ที่ค่า Slip ต่ำ ๆ ความเร็วมอเตอร์ จะแปรผันตามโดยประมาณกับ ความถี่ของแรงดันป้อนเข้า ยกเว้นที่ความถี่คงต่ำ
3. เพื่อให้ได้สมรรถนะทางแรงบิดเท่าพิกัด ควรรักษา ϕ_{ag} ให้คงที่เท่าพิกัด ซึ่งต้องทำให้ V_s แปรผันตรงตาม f
4. เนื่องจาก I_r แปรตาม sf เพื่อจำกัดมิให้กระแส I_r สูงเกินกว่าพิกัด ค่าของ Slip Frequency (SF) ไม่ควรจะเกินค่าพิกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

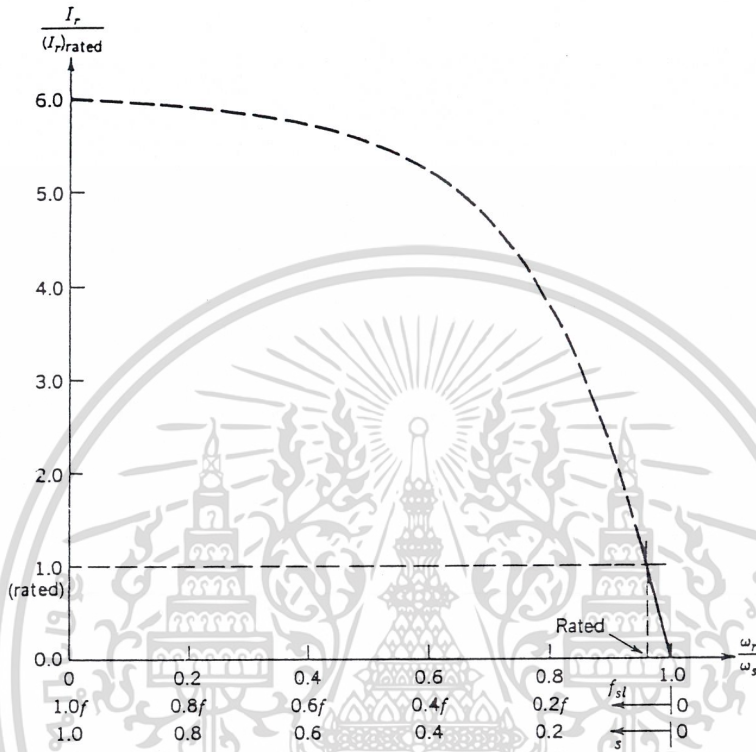
จากข้อสังเกตทั้งหมด พอสรุปได้ว่า ความเร็วมอเตอร์ สามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยการควบคุม ความถี่ป้อนเข้า f และควรทำ Airgap Flux มีค่าคงที่เท่ากับพิกัด โดยการควบคุม ให้ขนาดของแรงดันป้อนเข้าแปรผันตามความถี่ f ถ้ามอเตอร์เหนี่ยวนำถูกควบคุม ในลักษณะดังกล่าวแล้ว มอเตอร์สามารถจะให้แรงบิดที่พิกัดได้ โดยในขณะที่ Sf , I_r , I_s และค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียในวงจร Rotor ทั้งหมดที่กล่าวมา จะอยู่ภายใต้ค่าที่พิกัด

2.1.2 คุณลักษณะของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ที่พิกัดความถี่และพิกัดแรงดัน



รูปที่ 2.2 แสดง Torque-Speed Characteristic ที่พิกัดแรงดันและความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดง I_r กับ S_f ที่พิกัดแรงดันและความถี่

เมื่อพิจารณาจากรูป 2.2 และ 2.3 พบว่า เมื่อ S_f มีค่าต่ำ I_r และ T_{em} จะแปรผันตาม S_f อย่างเป็นเชิงเส้น แต่ถ้า S_f มีค่ามากขึ้น ทั้ง T_{em} และ I_r จะไม่แปรผันตาม S_f อย่างไม่เป็นเชิงเส้นอีกต่อไป ด้วยเหตุที่ Rotor Reactance ที่ค่าความถี่ Slip ดังกล่าวมาข้างต้น มีค่ามากขึ้น เมื่อเทียบกับ R_r (เมื่อพิจารณาทางวงจรรด้าน Rotor) ทำให้มุม δ แยกห่างกันมากขึ้น ทำให้แรงบิดในสมการ (2.5) มีค่าลดลง และ I_r มีค่าสูงขึ้น เป็นเหตุให้ I_s มีค่าสูงขึ้นตาม จึงเกิดแรงดันตกคร่อมใน Impedance ทาง Stator ทำให้ E_{ag} มีค่าลดลง ส่งผลถึง ϕ_{ag} มีค่าลดลง ดังนั้นจะพิจารณาได้จากสมการ (2.8) และ (2.9) ว่าเนื่องจาก ϕ_{ag} ลดลง จากที่กล่าวมาข้างต้น จึงทำให้ T_{em} และ I_r ไม่ได้แปรผันตรงกับ S_f อีกต่อไป ผลกระทบทั้งหมดที่เกิดกับ $I_s, I_r, T_{em}, \phi_{ag}$ จะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน และจากรูปที่ 2.2 จะเรียกจุดที่ค่าแรงบิดมีค่าสูงสุดว่า Pull Out Torque

ในการใช้งานปกติทั่ว ๆ ไป การขับมอเตอร์เหนี่ยวนำ ที่จะกล่าวถึงต่อไป จะรักษาให้ S_f มีค่าต่ำ หรือมีค่าสูงสุดได้ไม่เกินพิกัด ดังนั้นส่วนที่เป็นเส้นประในรูป 2.2 และ 2.3 จะไม่นำมาพิจารณา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การควบคุมความเร็ว โดยการเปลี่ยนความถี่และแรงดัน

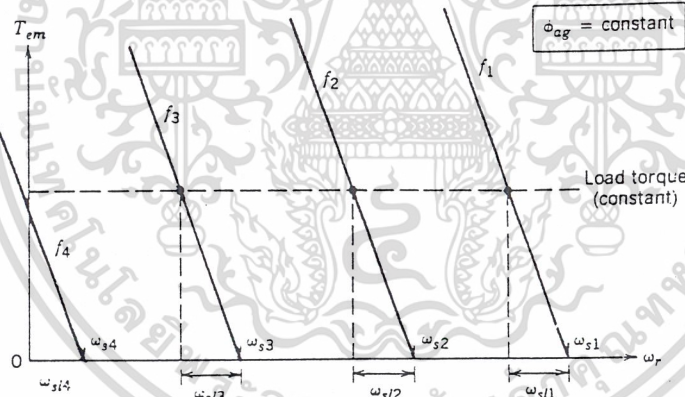
จากหัวข้อที่ 2.1.1 เราได้ทราบแล้วว่า สามารถปรับความเร็วได้ โดยการปรับความถี่ ซึ่งจะควบคุมความเร็ววงโคจร หรือความเร็วมอเตอร์ ถ้าเรารักษาให้ Sf มีค่าน้อย ๆ และคงการรักษาค่าให้ ϕ_{ag} มีค่าคงที่ โดยการปรับให้ V_s แปรผันตรงกับ f ซึ่งก็ยังมีวิธีอื่น ๆ อีกที่ใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นการปรับลดแรงดันป้อนเข้า V_s หรือการควบคุมความเร็วโดย Static Slip Power Recovery แต่การปรับความเร็ว โดยการควบคุมความถี่และแรงดัน จะได้รับความนิยมใช้งานขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำมากกว่า การควบคุมโดยวิธีอื่น ๆ

2.1.3.1 ลักษณะของแรงบิดกับความเร็ว

จากความสัมพันธ์ในสมการต่าง ๆ ของหัวข้อ 2.1.1 เมื่อควบคุมให้ ϕ_{ag} คงที่ และรักษาให้ Sf มีค่าต่ำแล้ว จะได้ความสัมพันธ์ของแรงบิดต่อ Sf ที่ทุก ๆ ค่าความถี่ f คือ

$$T_{em} = k_s Sf \quad (2.11)$$

ซึ่งแรงบิดในช่วงที่ Sf มีค่าน้อยนี้ ดูได้จากเส้นทึบ ในรูปที่ 2.2 และเมื่อพิจารณารูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดง Torque-Speed Characteristic เมื่อ ϕ_{ag} คงที่ และ Sf มีค่าต่ำ

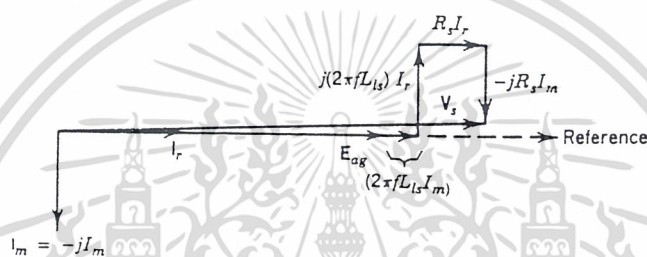
จากรูปที่ 2.4 เมื่อพิจารณา Sf ในรูปของ ω_{sl} ซึ่ง ω_{sl} เท่ากับ $S\omega_s$ เมื่อขับเคลื่อนด้วยความเร็วต่าง ๆ กัน โดยการปรับเปลี่ยนความถี่ป้อนเข้า และเมื่อ Load Torque คงที่แล้ว จะได้เส้น Curve แสดงคุณลักษณะของแต่ละความถี่จนกระทั่งไป เมื่อ Load Torque และความเร็ว Slip ω_{sl} มีค่าคงที่ และจะสังเกตเห็นว่า เมื่อ Load Torque คงที่ ความถี่ Slip หรือ Sf ซึ่งเป็นความถี่ของแรงดันเหนี่ยวนำและกระแสในวงจร Rotor จะคงที่ด้วย อย่างไรก็ตาม ก็แสดงว่า ในขณะที่ความถี่ f เพิ่มขึ้น ค่า Slip S จะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

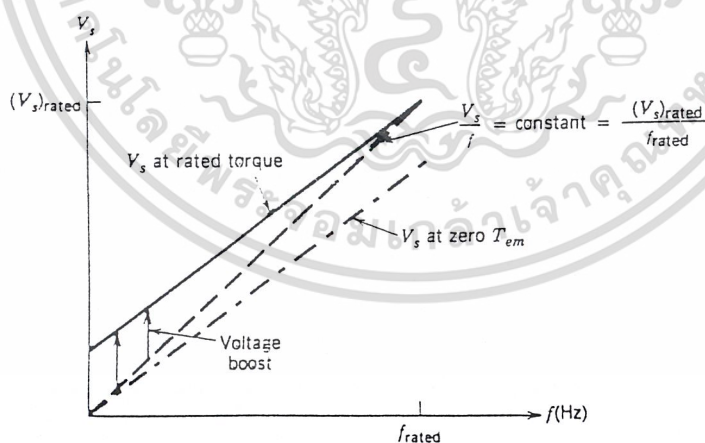
2.1.3.2 Voltage Boost ที่ต้องการเมื่อขับที่ความถี่ต่ำ

การทำงานที่ความถี่ต่ำ ผลกระทบของ R_s ไม่สามารถจะละเลยได้ แม้จะรักษาให้ Sf มีค่าต่ำ หรือที่พิกัดก็ตาม ซึ่งจะสังเกตได้จากการอธิบาย ต่อไปนี้

ในมอเตอร์เหนี่ยวนำ ที่ออกแบบมาตามปกติ นั้น X_r จะมีค่าน้อยมาก จนสามารถไม่นำมาคิดได้ เมื่อนำไปเทียบกับ R_r/S ซึ่งจะเห็นได้จากวงจรสมมูลย์ในรูป 2.1 ดังนั้น กระแส I_r จะ Inphase กับ E_{ag} เมื่อเป็นเช่นนี้ ประกอบกับ R_s ที่มีค่าน้อย เมื่อนำมาเขียนเป็นเฟสเซอร์ จะได้ตามรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เฟสเซอร์ไดอะแกรมเมื่อค่า Sf มีค่าน้อย



รูปที่ 2.6 แสดง Voltage Boost ที่ต้องการ เพื่อให้ ϕ_{ag} คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่า ส่วนของเฟสเซอร์ที่ตั้งฉากกับ V_s นั้น แทบไม่มีผลต่อขนาดของ V_s เลย เราจึงสามารถละทิ้งไม่นำมาพิจารณาได้ ดังนั้นจึงได้

$$V_s = E_{ag} + X_s I_m + R_s I_r \quad (2.12)$$

ถ้า ϕ_{ag} ถูกรักษาให้มีค่าคงที่ จะทำให้ E_{ag} แปรผันตรงกับ f รวมทั้ง I_m จะคงที่ด้วย ดังนั้น Voltage Boost ที่ต้องการ อันเกิดจากผลกระทบของ X_s ในสมการ (2.12) ยังแปรผันตามความถี่ที่ใช้งาน f อีกด้วย ดังนั้น ที่ ϕ_{ag} คงที่ สมการ 2.12 สามารถเขียนได้เป็น

$$V_s = k_6 f + R_s I_r \quad (2.13)$$

สมการ 2.13 แสดงให้เห็นว่า แรงดันที่ต้องการเพิ่ม เพื่อชดเชย แรงดันตกคร่อม R_s เพื่อรักษา ϕ_{ag} ให้คงที่นั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับ f เพียงอย่างเดียว ยังขึ้นอยู่กับ I_r อีกด้วย และที่เราทราบว่า I_r นั้น แปรผันตรงกับ T_{em} ในกรณีที่ ϕ_{ag} คงที่

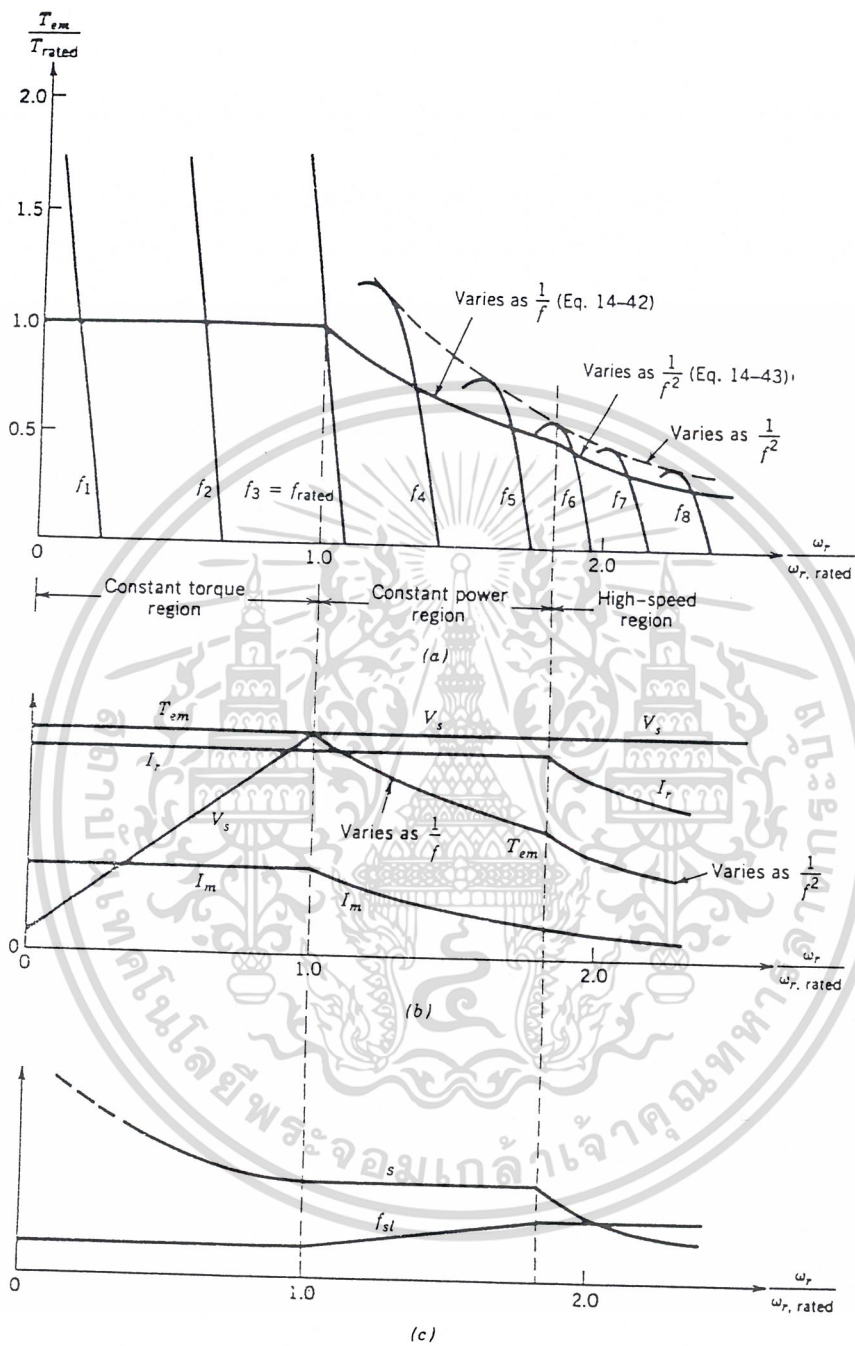
จากรูปที่ 2.6 แสดง Voltage Boost ที่ต้องการเพื่อรักษา ϕ_{ag} ให้คงที่ โดยแรงดันพิกัด V_s ที่ต้องการเพื่อให้ ϕ_{ag} คงที่ที่แรงบิดพิกัด แสดงโดยเส้นทึบ แรงดันที่แปรผันตรงกับ f ที่ค่าแรงดันพิกัดและความถี่พิกัด แสดงไว้เป็นเส้นประ ซึ่ง Voltage Boost ที่ต้องการ ที่ความถี่ต่ำ ๆ จะมีค่ามากอันเกิดจาก แรงดันตกคร่อม R_s ด้วยเหตุที่ ความถี่สูง แรงดันตกคร่อม R_s สามารถไม่นำมาคิดได้ เมื่อเทียบกับ E_{ag} ซึ่งจะมีค่าสูงกว่า ส่วนแรงดันที่ต้องการในขณะ Noload จะแสดงเป็นเส้น Dashed Line

2.1.4 สมรรถนะของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ที่ความเร็วสูงกว่าและต่ำกว่าพิกัด

การควบคุมความเร็ว โดยการควบคุมความถี่และแรงดัน ยังช่วยให้มอเตอร์สามารถทำงานได้ไม่เพียงแต่ที่ความเร็วต่ำกว่าพิกัดเท่านั้น แต่ยังสามารถทำงานได้ที่ความเร็วสูงกว่าพิกัด ซึ่งในโครงงานนี้ สร้างตัวควบคุมความเร็วอยู่ในย่านต่ำกว่าความเร็วพิกัดเท่านั้น แต่สามารถทำงานที่ความเร็วสูงนี้เป็นที่สนใจมากสำหรับการใช้งาน โดยส่วนใหญ่ เพราะเหตุที่มอเตอร์เหนี่ยวนำ มีโครงสร้างที่แข็งแรง สามารถทำงานได้ที่ความเร็วสูงถึงสองเท่า ของความเร็วพิกัด โดยไม่มีปัญหาเกิดขึ้น อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องรู้สมรรถนะทางแรงบิดและกำลังของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ดังกล่าว ที่เป็นฟังก์ชันของ ความเร็ว Rotor อย่างชัดเจน

จากรูปที่ 2.7a แสดงคุณลักษณะของแรงบิดกับความเร็วของมอเตอร์ และ V_s , I_r , I_m และ T_{em} เป็นฟังก์ชันของความเร็วโรเตอร์ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.7b ส่วนรูปที่ 2.7c แสดง Sf และ S ควรทราบไว้ว่า ในมอเตอร์ขนาดใหญ่ เมื่อมอเตอร์ทำงานเต็มสมรรถนะ แล้วนั้น $I_s \approx I_r$ ดังนั้นผลของ I_m ที่รวมอยู่กับ I_s จะมีค่าน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงคุณลักษณะของมอเตอร์เหนี่ยวนำและสมรรถนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ช่วงความเร็วต่ำกว่าพิกัด หรือช่วงแรงบิดคงที่ (Constant Torque Region)

ในช่วงที่ความเร็วต่ำกว่าพิกัด แสดงโดยเส้นทึบในรูปที่ 2.7a ซึ่งเป็นช่วงที่ Sf มีค่าน้อยและ ϕ_{ag} ถูกรักษาให้คงที่ ด้วยการควบคุม V_s/f ให้คงที่ แรงดันของ Stator จะถูกปรับลดลงตามความถี่จากค่าที่พิกัดลงไป ดังที่แสดงดังรูป 2.7b ถ้า ϕ_{ag} ยังคงคงที่ มอเตอร์สามารถจ่ายแรงบิดได้ที่พิกัด โดยการใช้กระแสที่พิกัดที่ Sf คงที่ ดังนั้น ในช่วงที่ต่ำกว่าความเร็วพิกัดนี้ จึงถูกเรียกว่า Constant Power Region

2.1.4.2 ช่วงความเร็วสูงกว่าพิกัดหรือช่วงกำลังคงที่ (Constant Power Region)

ด้วยการเพิ่มความถี่ป้อนเข้า ให้สูงขึ้นกว่าค่าพิกัด สามารถทำให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วสูงกว่าพิกัดได้ ในการขับมอเตอร์เหนี่ยวนำ ที่ปรับความเร็วได้นั้น ส่วนใหญ่แรงดันมอเตอร์จะไม่ได้ถูกจ่ายให้สูงกว่าพิกัด การเพิ่มขึ้นของความถี่มีผลทำให้ V_s/f ลดลง สิ่งก็ตามมาคือ ϕ_{ag} มีค่าลดลง ในขณะที่ V_s คงที่ นั้นสามารถแสดงฟังก์ชันของแรงบิดได้ดังสมการ

$$T_{em} = \frac{k_7}{f^2} \omega_{sl} \quad (2.14)$$

แสดงให้เห็นว่า ความชันของเส้นแรงบิด แปรตาม $\frac{1}{f^2}$ ดังรูปที่ 2.7a ในช่วงสูงกว่าความเร็วพิกัด ณ ที่สมรรถนะสูงสุดที่พิกัด I_r จะมีค่าคงที่เท่าพิกัดเหมือนกับ ช่วงความเร็วต่ำกว่าพิกัด ซึ่งเป็นไปตาม $S = \frac{Sf}{f}$ ซึ่งมีค่าคงที่ อยู่ในช่วงนี้ ซึ่งสามารถดูได้จากสมการ

$$I_r = k_5 S = \text{constant} \quad (2.15)$$

เมื่อ V_s และ S คงที่ตลอดช่วงนี้ แรงบิดสูงสุดในช่วงนี้สามารถหาได้จาก

$$T_{em,max} = \frac{f_{rated}}{f} T_{rated} \quad (2.16)$$

เนื่องจาก $P_{em,max} = \omega_r T_{em,max}$ และ $\omega_r = (1-S)\omega_s$ แต่ S คงที่ ω_r จึงแปรผันตรงกับ f เท่านั้น ดังนั้นในทางปฏิบัติมอเตอร์สามารถที่จะให้กำลังได้สูงกว่าพิกัดได้ โดยถ้า I_m ลดลงเพราะ ϕ_{ag} ลดลง ดังนั้นทำให้ I_s จะมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นมอเตอร์จึงกำเนิดแรงบิดและกำลังที่สูงขึ้น และเนื่องจาก I_m ลดลง ทำให้ Core Loss ลดลงด้วย ในทำนองด้วยกันการระบายความร้อนก็สามารถทำได้ดีกว่าในขณะที่ทำงานที่ความเร็วสูง ทำให้ core loss ลดลง

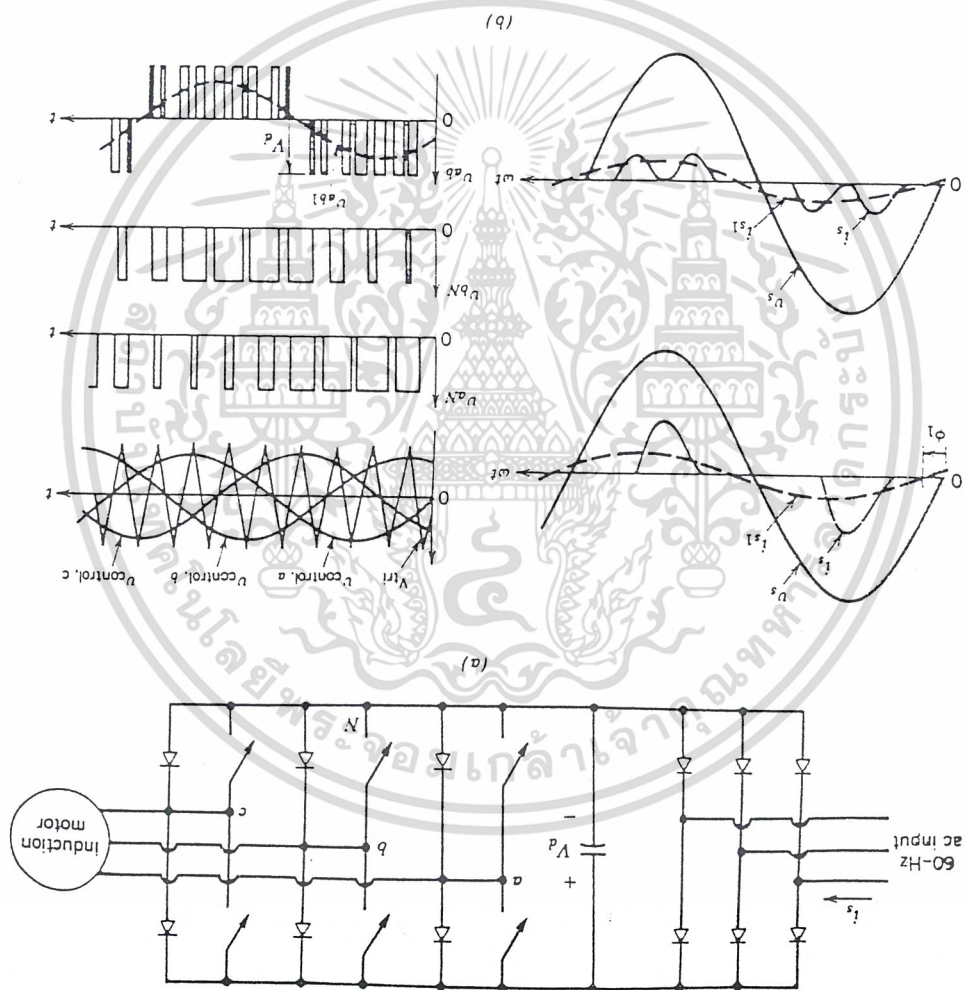
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.3 การทำงานความเร็วสูงหรือช่วง Sf คงที่

เมื่อ V_s มีค่าคงที่ที่พิกัด ซึ่งตามการออกแบบมอเตอร์ ช่วงที่ทำงานความเร็วสูงนี้อาจอยู่ระหว่าง 1.5 ถึง 2 เท่าของความเร็วพิกัด ช่วงนี้ ϕ_{ag} จะลดลงอย่างมาก ทำให้จุดทำงานของมอเตอร์เกือบเข้าใกล้ pull-out torque ดังที่แสดงในรูป 2.7a ในช่วงนี้เอง มอเตอร์จะสามารถจ่ายแรงบิดออกอยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งจะต่ำกว่าค่า pull-out Torque คงที่ มีผลทำให้ Sf คงที่

2.2 PWM Inverter

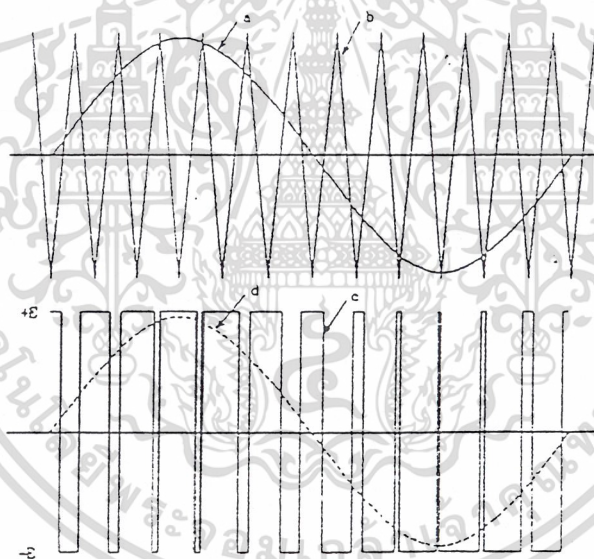
2.2.1 Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM)



รูปที่ 2.8 แสดง PWM-VSI

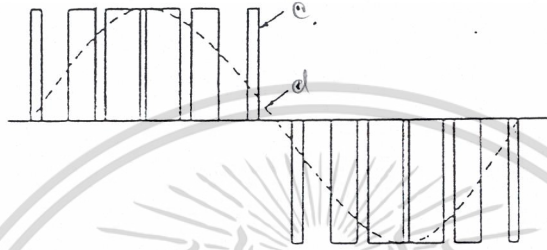
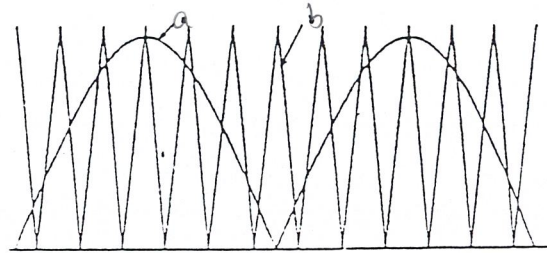
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมสามารถสร้างได้โดยการใช้วงจรถิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกที่สุดหรืออาจใช้วิธีไมโครโปรเซสเซอร์ โดยโปรแกรมให้ไมโครโปรเซสเซอร์ส่งสัญญาณสถานะสวิทช์ซึ่งเป็นวิธีที่แน่นอน หลักการของ Natural Sampled PWM จะใช้คลื่นพาหะเป็นรูปสามเหลี่ยมนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณรูปไซน์ ซึ่งเป็นสัญญาณ Modulate ที่มีความถี่ต่ำกว่าความถี่มูลฐานผลของการเปรียบเทียบ จะเกิดจุดตัดกันของรูปคลื่นทั้งสอง นำมากำหนดเป็นสัญญาณการสวิทช์ของอุปกรณ์สวิทช์ซึ่งในวงจรหลักของอินเวอร์เตอร์ ในรูปที่ 2.9(a) เป็นลักษณะของ NS PWM ชนิด 2 ระดับ ซึ่งเป็นรูปคลื่นที่มีการสวิทช์ 2 ระดับคือ $+E$ และ $-E$ และลักษณะของ NS PWM ชนิด 3 ระดับ ซึ่งเป็นรูปคลื่นที่มีการสวิทช์ 3 ระดับคือ $+E$, 0 และ $-E$ ซึ่ง PWM ชนิด 3 ระดับขนาดของฮาร์โมนิกส์อันดับต่ำจะมีค่าน้อยกว่าชนิด 2 ระดับ สำหรับคลื่นพาหะที่เป็นสามเหลี่ยมนี้ จะใช้ร่วมกันของทั้งสามเฟส ทำให้ได้รูปคลื่นเอาท์พุทของสามเฟสอินเวอร์เตอร์ตามรูปที่ 2.9(b)



กรณี SPWM 2 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กรณี SPWM 3 ระดับ

รูปที่ 2.9(a) แสดงรูปคลื่น a : สัญญาณอ้างอิงรูปไซน์

b : สัญญาณคลื่นพาหะ

c : สัญญาณสวิตชิ่ง

d : สัญญาณพินคาเมนทอล



รูปที่ 2.9(b) แสดงแรงดัน Line และ Phase Inverter

(a) แรงดันระหว่างไลน์ (b) แรงดันเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะรูปคลื่นของ PWM นี้ จะประกอบด้วยองค์ประกอบมูลฐานที่มีทั้งความถี่และแอมพลิจูด ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลง โดยควบคุมความถี่และแรงดันตามลำดับของรูปคลื่นสัญญาณมอดูเลต ในการวิเคราะห์ฮาร์โมนิกของรูปคลื่นเอาต์พุท สามารถหาได้จากการกระจายฟูเรียร์แบบธรรมดา และแบบ Double Seris Expansion ซึ่งสมการที่เกิดขึ้น โดยใช้วิธีการ Double Fourier คือ

$$V(t) = M\left(\frac{V_d}{2}\right) \sin(\omega_r t + \phi) + \text{Bessel Function Harmonics Terms} \quad (3.1)$$

ซึ่ง M คือ ดัชนีของการมอดูเลต

ω_r คือ เป็นความถี่มูลฐานซึ่งเป็นความถี่เดียวกับความถี่การมอดูเลต

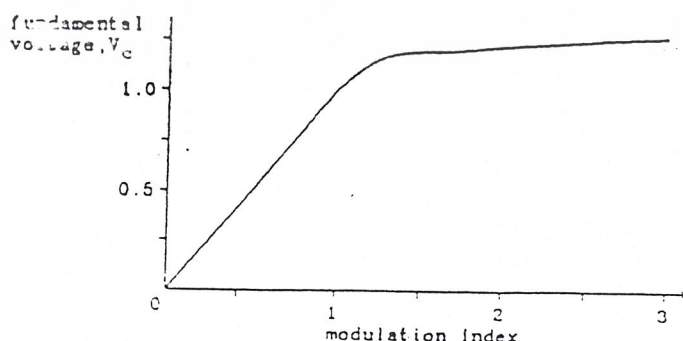
ϕ คือ เป็น Phase Shift ของเอาต์พุท

ดัชนีของการมอดูเลตกำหนดโดย $M = \frac{V_p}{V_T}$ ซึ่ง

V_p คือ ค่า Peak ของแอมพลิจูดสัญญาณการมอดูเลต

V_T คือ ค่า Peak ของแอมพลิจูดคลื่นพาหะ

ในทางอุดมคติแล้ว ค่า M จะแปรค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 และความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันมอดูเลตและเอาต์พุทจะเป็นแบบเชิงเส้น ซึ่งถ้าค่า M มากกว่าหนึ่ง จะเกิดการ “Over Modulation” เป็นผลให้เกิดการหายไปของจำนวนพัลส์ ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันมูลฐานและดัชนีการ Modulate ไม่เป็นเชิงเส้น ถ้าเพิ่มค่า M มาก ๆ ในที่สุดจำนวนพัลส์จะลดลงจนเป็น Square Wave ซึ่งจะให้ค่ายูติลิตี้แฟกเตอร์สูง ซึ่งจะให้ค่าแรงดันพินดามเมนทอลสูงด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันมูลฐานและดัชนีการมอดูเลต แสดงได้ในรูปที่ 2.10 มีเทคนิคบางอย่างที่สามารถเพิ่มแรงดันมูลฐานได้ในขณะอยู่ในช่วงลิเนียร์ โดยการเพิ่มฮาร์โมนิกส์ที่สามเข้าไปรวมกับสัญญาณการมอดูเลต แต่อย่างไรก็ตาม ปัญหาของพัลส์ที่แคบที่สุดของ PWM สามารถทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการคอมมิวในไทรสเตอร์ และ Snubber Relaxation รวมทั้งการสลัดวงจรในกึ่ง (Shoot Through) ของอินเวอร์เตอร์ ดังนั้นเวลาน้อยที่สุดของวงจรล็อกเอาต์ จึงเป็นสิ่งที่ควรคำนึง



รูปที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันมูลฐานและดัชนีการมอดูเลตของเทคนิค SPWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนของความถี่คลื่นพาหะต่อความถี่ของสัญญาณการมอดูเลต หรือสัญญาณอ้างอิง (Frequency Ratio) จะมีผลต่อความถี่ฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้น และการสูญเสียของอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งและจะเป็นตัวกำหนดจำนวนพัลส์ PWM ที่เกิดขึ้นในหนึ่งไซเคิล ถ้า Frequency Ratio ต่ำจะทำให้พัลส์ PWM ต่ำ จากการวิเคราะห์ห้วงประกอบฮาร์โมนิกส์ สรุปได้ว่า ลำดับฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นคือ

$$n\left(\frac{\omega_c}{\omega_r}\right) \pm K \quad (3.2)$$

ซึ่ง ω_c คือ Carrier Frequency และ ω_r คือ Modulating Frequency)

โดยที่ $n = 1,3,5,\dots$ $K = 0,2,4,\dots$

$n = 2,4,6,\dots$ $K = 1,3,5,\dots$

เมื่อ n คือ กลุ่มอันดับฮาร์โมนิกส์หลัก

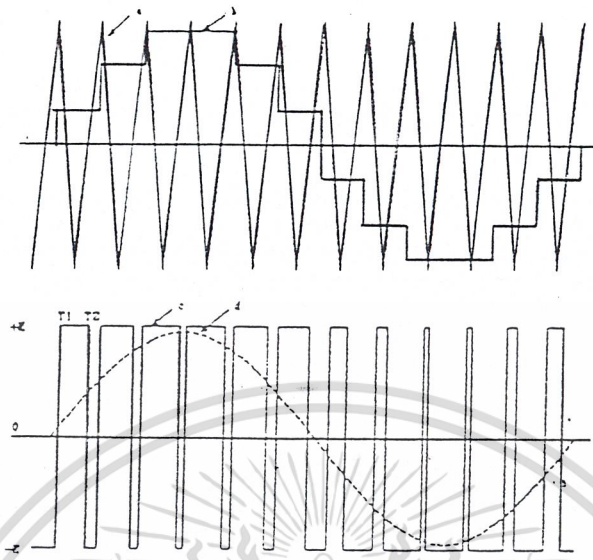
K คือ อันดับฮาร์โมนิกส์ย่อยหรือรอบข้าง

ลักษณะการเกิดฮาร์โมนิกส์ของเทคนิค SPWM นี้จะเกิดเป็นกลุ่ม ๆ และมีฮาร์โมนิกส์ย่อยอยู่รอบข้างฮาร์โมนิกส์หลัก ดังนั้นลำดับกลุ่มของฮาร์โมนิกส์หลักจะขึ้นอยู่กับ Frequency Ratio $\left(\frac{f_c}{f_r}\right)$ และขนาดของฮาร์โมนิกส์จะขึ้นอยู่กับดัชนีการมอดูเลต (M) ซึ่งหมายความว่าที่ค่าดัชนีการมอดูเลตเดียวกัน แต่ค่า Frequency Ratio ต่างกัน ขนาดขององค์ประกอบฮาร์โมนิกส์กลุ่มเดียวกันจะมีขนาดเท่ากัน แต่ตำแหน่งการเกิดจะต่างกัน เกิดห่างออกจาก Fund เป็นจำนวนเท่าของ f_c เมื่อ Frequency Ratio มีค่าสูงขึ้น จำนวนฮาร์โมนิกส์ของกระแสใน Line ของอินเวอร์เตอร์ถูกรองออกด้วย Leakage Reactance ของมอเตอร์ และรูปคลื่นของกระแสยิ่งเข้าใกล้รูปไซน์มากขึ้น การสูญเสียของการสวิตซ์ของอุปกรณ์สวิตซ์ยิ่งมากขึ้น ดังนั้นการเลือกค่า Frequency Ratio ต่างกัน จึงขึ้นอยู่กับการยอมรับระหว่างการสูญเสียในอินเวอร์เตอร์และมอเตอร์ เมื่อค่า Frequency Ratio สูงขึ้น การสูญเสียในมอเตอร์จะลดลงก็ตาม แต่จะมีการสูญเสียในอุปกรณ์สวิตซ์ของอินเวอร์เตอร์มากขึ้นด้วย

เทคนิค PWM ที่นิยมใช้เทคนิคหนึ่งโดยอาศัยเทคนิคแบบ Uniform Sampling ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ซึ่งใช้วิธีหลักการของคลื่นพาหะ ในหลักการของ Natural Sampling จะสมมาตรกันเสมอ วิธี Uniform Sampling จะเป็นวิธีการที่ง่ายกับการที่จะสร้าง โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์จะให้ผลลดขนาดของฮาร์โมนิกส์ความถี่ต่ำและสามารถกำจัด Subharmonics ซึ่งเกิดในโหมดของ Free-Running

Ma inid nu chon

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงรูปคลื่น PWM แบบ Uniform Sampling

นอกจากจะใช้สัญญาณการมอดูเลตที่เป็นรูปไซน์แล้ว ยังมีการใช้รูปคลื่นสี่เหลี่ยมคางหมูได้เหมือนกัน ซึ่งจะให้พัลส์ที่สมมาตรที่เอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์ และสามารถควบคุมแรงดันเอาท์พุทได้อย่างสิ้นเชิง จากศูนย์จนถึงรูปคลื่นสี่เหลี่ยม โดยการเปลี่ยนแอมพลิจูดของคลื่นมอดูเลต แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการเปลี่ยนไปสู่ โหมด Square Wave แล้ว ฮาร์โมนิกส์ของเอาท์พุทขณะทำงานในโหมด Square Wave จะน้อยกว่า ในขณะที่ทำงานแบบ PWM ในขณะที่ ยูติลิตี้แฟกเตอร์ของ Square Wave จะสูงกว่าของ PWM

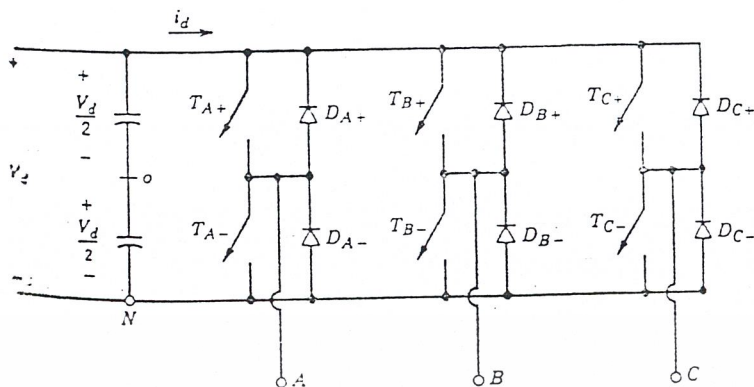
2.2.2 PWM 3 เฟส

PWM Inverter 3 เฟส ก็มีหลักการและแนวคิดมาจาก Inverter 1 เฟส กล่าวคือค่าแรงดันมูลฐานระหว่าง Line To Line หรือแรงดันเฟสจะแปรตามค่า Modulation Index หรือ m ซึ่งเท่ากับค่าสูงสุดของแรงดันอ้างอิงต่อค่าสูงสุดของแรงดัน Triangle ซึ่งในทางปฏิบัติถือว่า แรงดัน DC Link ดังนั้นค่า m จึงเป็นอัตราส่วนของแรงดันมูลฐานเอาท์พุทต่อแรงดัน DC Link นั้นเอง

ในย่านการทำงานปกติค่า Modulation Index จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 แรงดันมูลฐานเอาท์พุทจะเป็นรูป Sine ในขณะที่ย่านการทำงานนี้อาจถูกเรียกว่า Linear Modulation เรียกช่วงนี้ว่า Over Modulation ลักษณะแรงดันอ้างอิงหรือแรงดันคอนโทรล , แรงดัน Triangle ,แรงดันเอาท์พุทเทียบกับ Negative bus และแรงดัน Line Output จากวงจรรูปที่ 2.12 ในช่วงการทำงาน Linear Modulation แสดงดังรูปที่ 2.13

$m \leq 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 Inverter 3 เฟส

2.2.3 ช่วง Linear Modulation ($m \leq 1$)

ในช่วงนี้แรงดันมูลฐานจะแปรตามค่า m อย่างเป็นเชิงเส้น ค่าสูงสุดของแรงดันจากจุด A กับ Negative bus ณ ความถี่มูลฐานจากรูปที่ 2.12 เป็นดังนี้

$$(\bar{V}_{AN})_1 = m \frac{V_d}{2}$$

ดังนั้นแรงดันมูลฐาน Line To Line RMS ที่เกิดจากมุมต่างเฟสของแรงดัน 120° ระหว่างเฟส สามารถหาได้ดังนี้

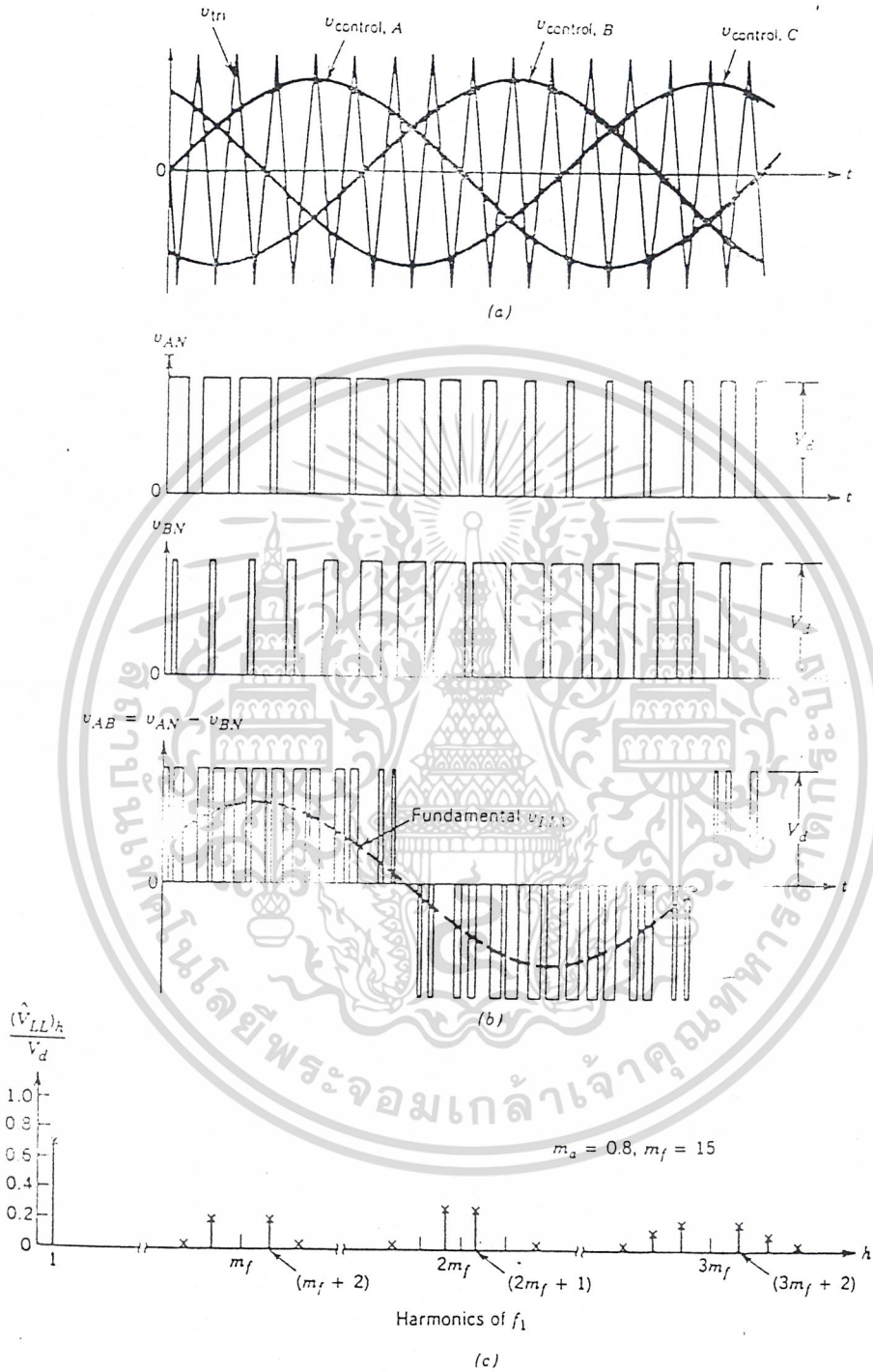
$$V_{LL1} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} (V_{AN})_1$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} m V_d$$

$$\approx 0.62 m V_d \quad ; m \leq 1$$

ดังนั้นในกรณีที่ขั้วมอเตอร์ที่มี V_{LL} 380V จะต้องใช้ DC Link ขนาด 620V และสำหรับมอเตอร์ที่มี V_{LL} 220V จะต้องใช้ DC Link ขนาด 360V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 รูปคลื่นแรงดัน PWM และ ฮาร์โมนิค สเปกตรัมของแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C32

2.3.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C32

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิต ที่มีแรมภายใน 256 ไบต์ ซึ่งส่วนใหญ่ถูกจัดสรรเป็น รีจิสเตอร์ ทั่วไป และเป็นรีจิสเตอร์ พิเศษ (Special Function Register)
- มี คำสั่งในการ คณ หาข้อมูลขนาด 8 บิต
- สามารถอ้างถึงข้อมูลแบบบิตได้ซึ่งเหมาะสำหรับใช้เป็น Controller
- มีแรมภายในให้ใช้เก็บข้อมูลได้โดยไม่ต้องอาศัยแรมภายนอก
- ติดต่อหน่วยความจำ Program Memory ได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ ติดต่อหน่วยความจำภายนอกที่เป็น Data Memory ได้เพิ่มอีก 64 กิโลไบต์

2.3.2 Timer และ Counter

ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ TH0 ,TL0 ,TH1 ,TL1 ,TH2 ,TL2 โดยรวมเรียกว่า รีจิสเตอร์ TH0 ,TL0 ว่า Timer 0 TH1 ,TL1 ว่า Timer 1 TH2 ,TL2 ว่า Timer 2 ซึ่ง Timer แต่ละตัวจะมีขนาดรวมกันได้ 16 บิต (TH0 ,TL0 ,TH1 ,TL1 ,TH2 ,TL2 มีขนาด 8 บิต) Timer แต่ละตัว จะมี Over flow flag TF0 , TF1 ,TF2 ของ Timer0 ,Timer1 ,Timer2 ตามลำดับ

Timerแต่ละตัวสามารถควบคุมได้จากรีจิสเตอร์พิเศษ โดย TMOD ใช้ควบคุมลักษณะการทำงาน หรือ Mode control ว่าจะให้ทำงานเป็น Counter (นับ Clock ภายนอก)หรือ Timer สำหรับ Timer 0 และ Timer1 และมีรีจิสเตอร์ TCON เป็นตัวควบคุม การ ON-OFF มี Flag แสดงการ Over flow ของ Timer 0 และ 1 ส่วน Timer 2 จะถูกควบคุมและกำหนดหน้าที่การทำงานและมี Flag แสดงการ Over flow โดย รีจิสเตอร์ T2CON โดยหน้าที่ของบิตต่าง ๆ ภายใน รีจิสเตอร์สามารถสรุปได้ดังนี้

รีจิสเตอร์ TMOD

bit 7	GATE1	บิตควบคุมวงจร GATE ของ $C/\bar{T}1$
bit 6	$C/\bar{T}1$	บิตกำหนดการทำงานเป็นตัวนับ/จับเวลาของ $C/\bar{T}1$
bit 5	M1	บิต 1 (บน) เลือกโหมดการทำงานของ $C/\bar{T}1$
bit 4	M0	บิต 0 (ล่าง) เลือกโหมดการทำงานของ $C/\bar{T}1$
bit 3	GATE0	บิตควบคุมวงจร GATE ของ $C/\bar{T}0$
bit 2	$C/\bar{T}0$	บิตกำหนดการทำงานเป็นตัวนับ/จับเวลาของ $C/\bar{T}0$
bit 1	M1	บิตบนเลือกโหมดการทำงานของ $C/\bar{T}0$
bit 0	M0	บิตล่างเลือกโหมดการทำงานของ $C/\bar{T}0$

รีจิสเตอร์ TCON

bit 7	TF1	Over flow flag ของ $C/\bar{T}1$
-------	-----	---------------------------------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

bit 6	TR1	บิตกำหนดการ ON-OFF การทำงานของ $C/\bar{T}1$
bit 5	TF0	Over flow flag ของ $C/\bar{T}0$
bit 4	TR0	บิตกำหนดการ ON-OFF การทำงานของ $C/\bar{T}0$
bit 3	IE1	flag แสดงการ Interrupt ของ $\overline{INT}1$
bit 2	IT1	บิตเลือกประเภทการรับสัญญาณ $\overline{INT}1$
bit 1	IE0	flag แสดงการ Interrupt ของ $\overline{INT}0$
bit 0	IT0	บิตเลือกประเภทการรับสัญญาณ $\overline{INT}0$

รีจิสเตอร์ T2CON

bit 7	TF2	over flow flag ของ $C/\bar{T}2$
bit 6	EXF2	$C/\bar{T}2$ ezternal flag
bit 5	RCLK	receive clock flag
bit 4	TCLK	transmit clock flag
bit 3	EXEN2	$C/\bar{T}2$ external enable flag ถ้าเป็น 1 จะ enable
bit 2	TR2	บิตกำหนดการ ON-OFF ของ $C/\bar{T}2$
bit 1	$C/\bar{T}2$	บิตกำหนดการทำงานเป็นตัวนับ/จับเวลา
bit 0	$CP/\overline{RL}2$	บิตเลือกโหมดการทำงาน <i>Capture / Reload</i>

ในการใช้งานจะเลือกให้ทำงานเป็น Timer โดยนับ Colck ภายใน โดยสัญญาณ clock จาก Crystal จะถูกหาร 12 ก่อนเข้าสู่ รีจิสเตอร์ที่เป็นตัวนับ โดยทุก ๆ 12 Periode ของ Clock Pulse หรือ 1 Machine cycle ค่าใน รีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต นี้จะเพิ่มขึ้น 1 เมื่อใดก็ตามที่ค่าในรีจิสเตอร์มีค่าจาก FFFFH เป็น 0000H Over flow flag ของ Timer ตัวดังกล่าวจะถูกเซต และจะมีสัญญาณ Interrupt ไปแจ้งให้ CPU ถูก Interrupt (ถ้ามีการอนุญาตให้ Interrupt ได้) ในการใช้เป็นตัวจับเวลาไม่ควร อนุญาตให้มีการ Interrupt เพราะเวลาที่ CPU จะยอมรับการ Interrupt นับตั้งแต่ Over flow flag set เป็น 1 จะขึ้นอยู่กับช่วงของ Machine cycle ที่ CPU กำลังทำงานอยู่ขณะถูก Interrupt การไม่ยอมให้มีการ Interrupt ของ CPU ขณะ Timer over flow จะทำให้ Over flow flag ไม่ถูก Clear จึงต้องมีการ Clear โดย Software

2.3.3 เอาท์พุทพอร์ตของ CPU

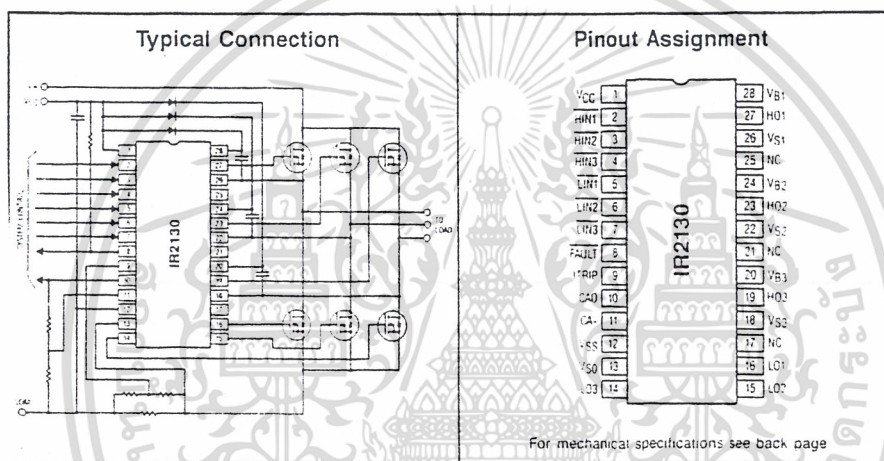
พอร์ต 1 ของ CPU จะถูกกำหนดให้เป็น เอาท์พุทพอร์ตที่ใช้ส่งสัญญาณ PWM ที่สร้างขึ้นออกไปภายนอก โดยสามารถควบคุมพอร์ตนี้ได้ โดยการเขียนข้อมูลลงใน Latch หรือรีจิสเตอร์ พิเศษ P1 หรือการอ้างข้อมูลเป็นแบบบิต ให้กับรีจิสเตอร์พิเศษ P1 สามารถกำหนดสถานะบิตต่าง ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 XTAL

XTAL ที่ใช้กับ CPU 80C32 สามารถใช้ได้ตั้งแต่ 24 M Hz ลงมา ซึ่งจากการทดลองดู โดยการใส่ XTAL ที่ความถี่ 20 M Hz ก็พบว่าสามารถทำงานได้ดีไม่มีผิดพลาด โดยโครงงานนี้ใช้ XTAL ขนาด 20M Hz

2.4 MOSGATE DRIVER



รูปที่ 2.14 แสดง การวางขาและการทำงานของ MOSGATE DRIVER

2.4.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับ Mosgate driver

- มีช่องสัญญาณออกแบบ Float เพื่อทำงานแบบ Bootstrap
- สัญญาณเอาท์พุทไปขับ Gate ที่อยู่ในช่วง 10-20V
- มีการ Lock out สัญญาณทั้ง 6 ช่อง เมื่อเกิด Under Voltage
- มีระบบการ Shutdown turns off กับ Driver ทั้ง 6 ช่อง เมื่อเกิด Over current
- Driver สามารถต่อแยกเป็น Half bridge ได้อิสระ
- เอาท์พุทมีเฟสตรงข้ามกับ อินพุท
- แรงดัน Offset สูงถึง 600 Vmax
- กระแสเอาท์พุท I_o +/- ขนาด 200/420 mA
- T_{ON} / T_{OFF} (ค่ากลาง) 675 และ 425 ns
- Dead Time (ค่ากลาง) 2.5 μ S

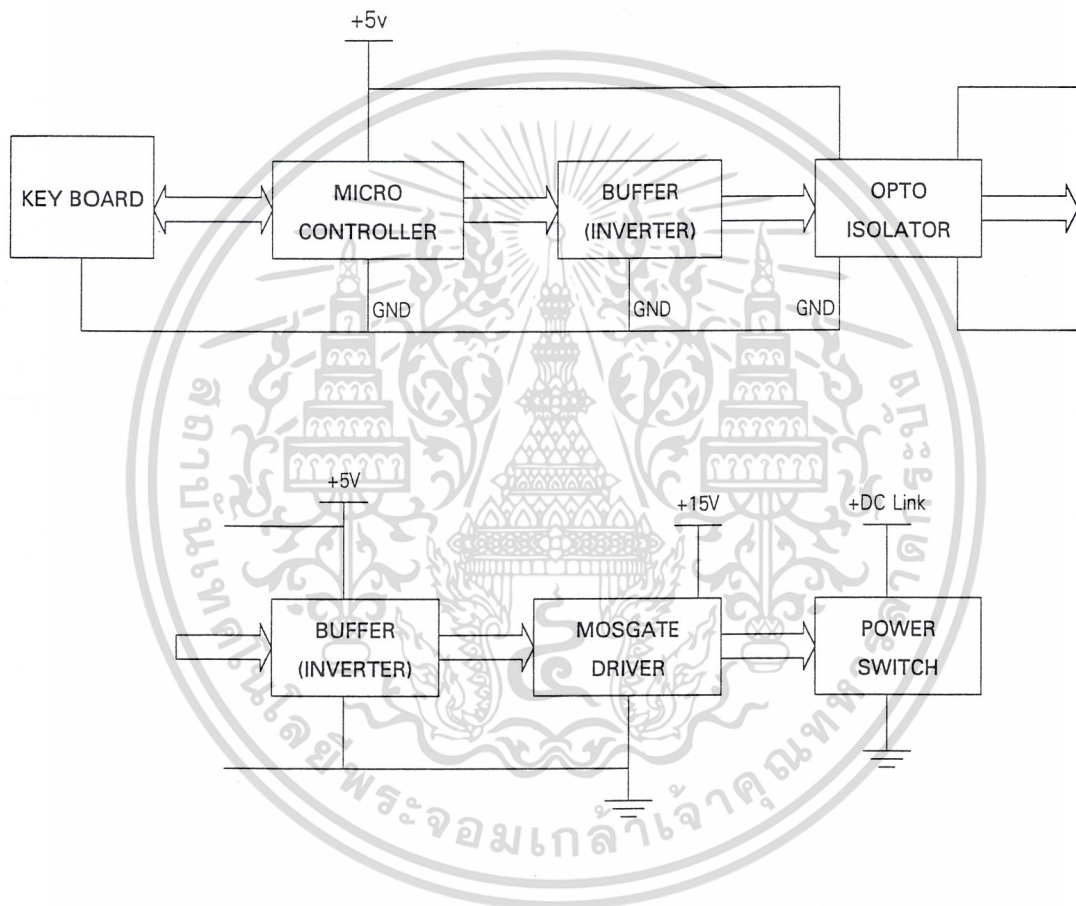
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

โครงสร้างและการออกแบบโครงงาน

3.1 โครงสร้าง ส่วนประกอบ การจัดวางวงจรส่วนต่าง ๆ และอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน



รูปที่ 3.1 แสดง Block Diagram การจัดวางวงจรของโครงงาน

3.2 หลักการทำงาน

การจัดวางของวงจรจะเริ่มจากการรับค่าความถี่โดยใช้ KEY BOARD พิมพ์ค่าความถี่ที่ต้องการใส่ลงในรีจิสเตอร์ R1 ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์ที่เก็บค่าความถี่ มูลฐานของสัญญาณที่ต้องการ สัญญาณพีคดับลิวเอ็มที่สร้างขึ้นมาจาก CPU จะประกอบด้วยสัญญาณออก 6 Channel ที่มีความถี่ในการสวิทซ์ 3kHz สัญญาณ 6 เส้นนี้จะถูกนำไปควบคุมขาเกตของ IGBT เพื่อทำการสวิทซ์ต่อไป

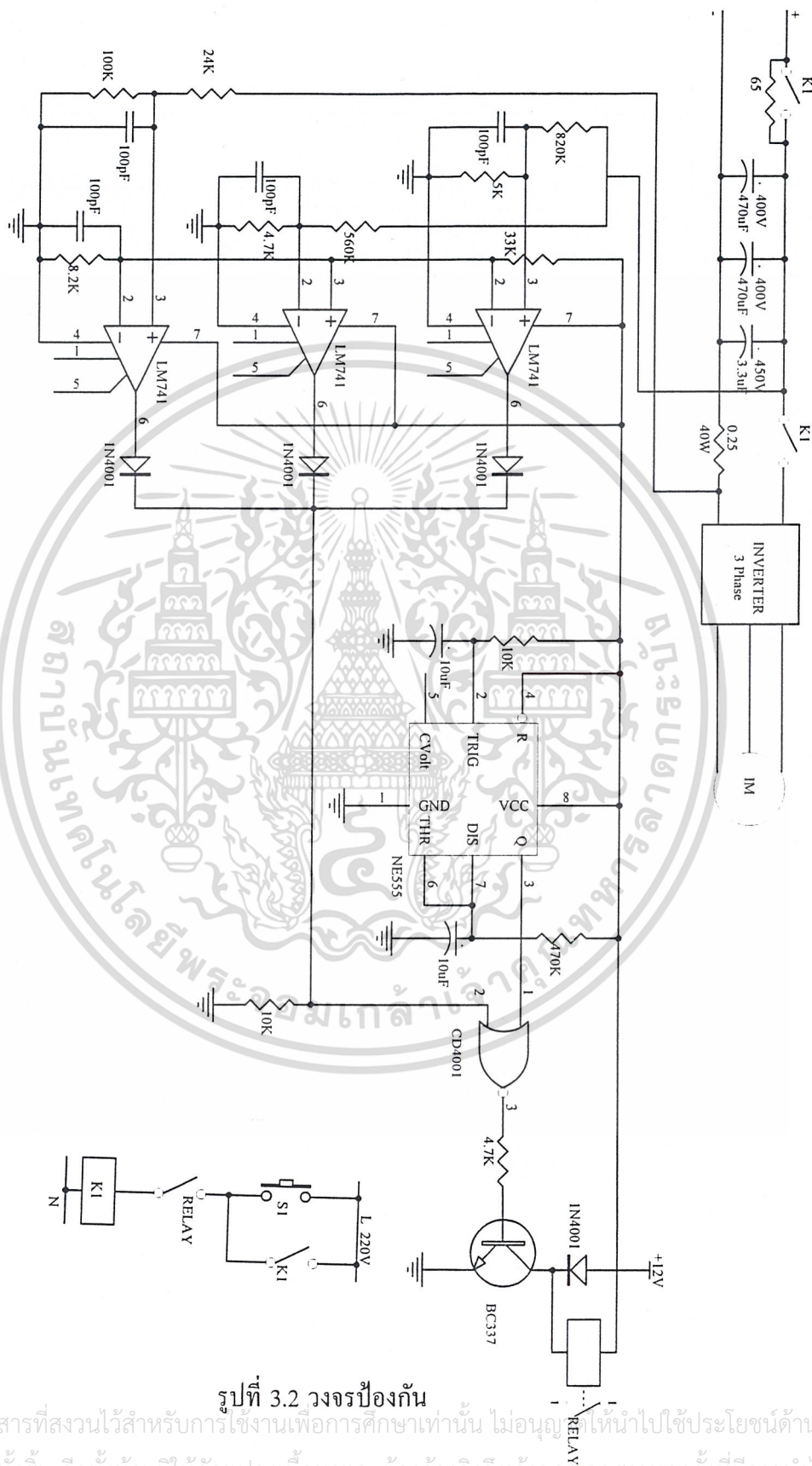
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเอาต์พุตทั้ง 6 Channel นี้ จะมีการสร้าง Dead Time ออกมาเรียบร้อยแล้ว จากนั้นจะถูกส่งเข้าสู่บัฟเฟอร์ ซึ่งใช้ไอซี CMOS เบอร์ 4049 ซึ่งเป็น Hex Inverting Buffer คือมี Inverter Gate อยู่ 6 ตัว ในชิปตัวเดียวกัน ดังนั้นเอาต์พุตจึงกลับเฟส สาเหตุที่ใช้บัฟเฟอร์ในตอนนี้เพื่อขับ LED ภายใน Opto Isolator ที่จะต่อไปได้ เพราะโดยลำพังแล้วเอาต์พุตจากไมโครคอนโทรลเลอร์ จ่ายกระแสออกมาได้จำกัด ไม่สามารถนำไปขับ Opto Isolator ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอาต์พุตที่ออกจากบัฟเฟอร์นี้จะเข้าสู่ Opto Isolator ซึ่งใช้เบอร์ 6N36 ซึ่งจากโครงสร้างเป็น Opto ที่มีอินพุตและเอาต์พุตช่องทางเดียวต่อ 1 ตัว โดยมี Opto Diode ต่อเพื่อรับแสงจาก LED ภายใน กระแสที่ไหลผ่าน Photo Diode จะถูกขยายโดย ทรานซิสเตอร์ที่ต่อแบบ Open Collector เอาไว้ ดังนั้นจึงต้องต่อ R Pull up ไฟ Vcc ทางขา เอาต์พุต ดังนั้นเอาต์พุตที่ออกมาจาก Opto Isolator จึงมีเฟสคงเดิม เหมือนที่ออกมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะเข้าสู่บัฟเฟอร์ตัวที่สองใช้เบอร์เดียวกับตัวแรก เพื่อให้เหมาะสมแก่อินพุตแบบ Active Low ของตัวไดรเวอร์ในภาคต่อไป จากข้อแนะนำใน Data Sheet ของตัว MOSGATE DRIVER ควรใช้ V_{in} ของ IR2130 อยู่ระหว่าง +5V และ 0 (Off Logic และ On Logic ตามลำดับ) ดังนั้นจึงต้องต่อแรงดัน $V_{cc} +5V$ เป็นแหล่งจ่ายให้บัฟเฟอร์ตัวนี้ สัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากไดรเวอร์ที่ใช้คือ IR2130 ของบริษัท International Rectifier จะมีโครงสร้างพิเศษ แบบ Hexfet Driver ทางเอาต์พุตสามารถจ่ายกระแสได้ถึง 250 mA รั้งภายในไดรเวอร์ มีวงจรภาคต่าง ๆ ที่มีประโยชน์เช่น ตรวจสอบสถานะ Under Voltage Over Voltage ของ IR2130 เอง มีขารับ Itrip หรือกระแสที่ป้อนกลับจากชุด DC Link เข้ามาเพื่อทริปกั IR2130 ให้ทำการ Lock Out สัญญาณทั้ง 6 Channel ตัวไดรเวอร์จะมีตัว Drive ทางภาคเอาต์พุต ซึ่งสามารถต่อให้ขี้อยู่บนแรงดันสูงถึง 600V ได้ (V offset 600V) หรือที่เรียกว่ามีเอาต์พุตแบบ Floating Output จากนั้นสัญญาณคู่ของแต่ละ Channel จะป้อนเข้าสู่ขา G และ E ของ IGBT แต่ละตัว เพื่อขับมอเตอร์ต่อไป โดย IGBT ที่ใช้ เป็นของบริษัท International Rectifier พิกัดแรงดัน 1200V 15A ย่านความถี่ในการสวิตซ์ขนาดกลางคือย่าน 10kHz เบอร์ IRGPH40MD2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 PROTECTION CIRCUIT



รูปที่ 3.2 วงจรป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

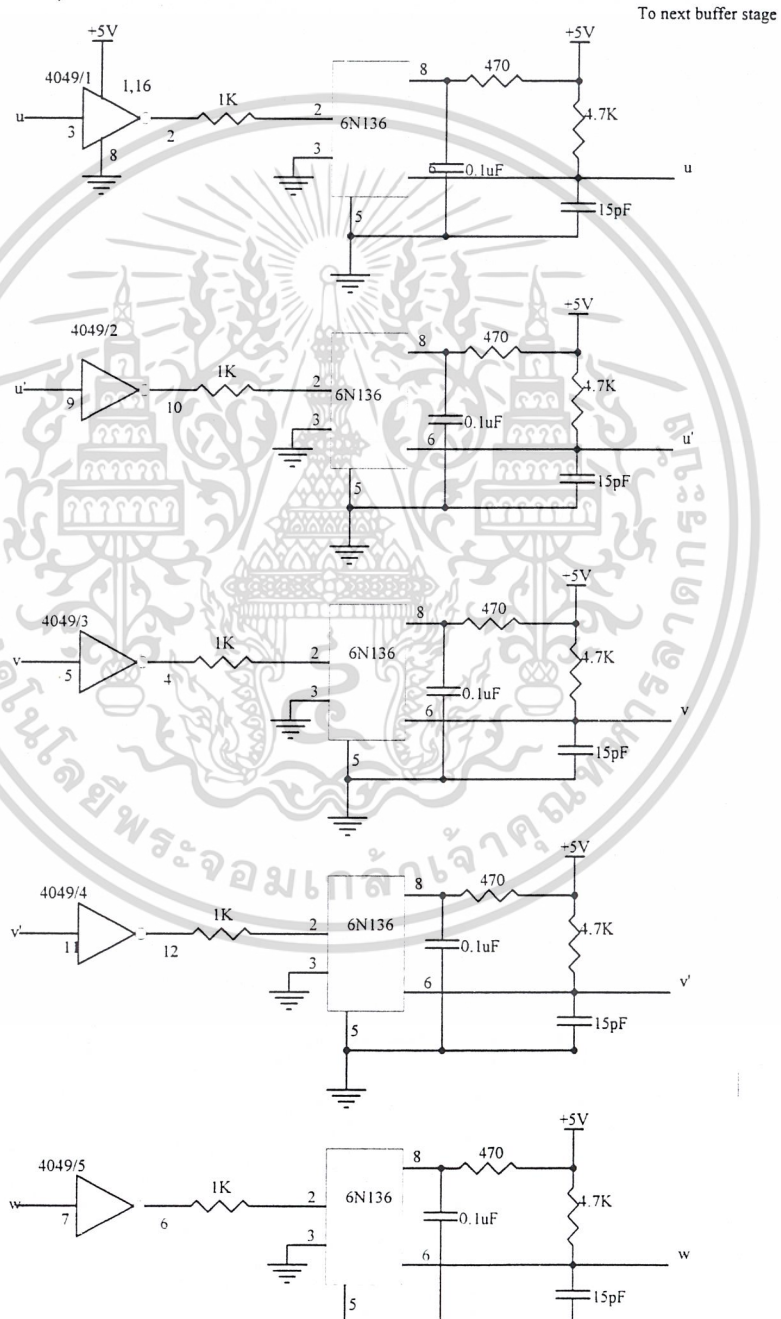
คุณสมบัติของวงจรป้องกัน

ป้องกันแรงดันสูงเกิน 395 V , ป้องกันแรงดันตกต่ำกว่า 285 V

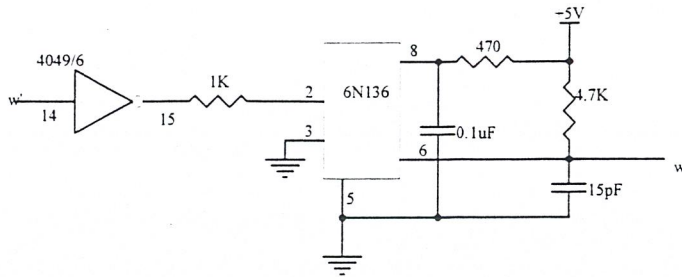
ป้องกันกระแสเกิน 2 เท่าของฟิวด์ที่ 12 A , หน่วงเวลาเปิดเครื่อง และประจุฟิลเตอร์ ผ่านตัวต้านทาน เป็นเวลา 5 วินาที

3.4 INPUT BUFFER ของ OPTO ISOLATOR

From CPU Port(Single Board)



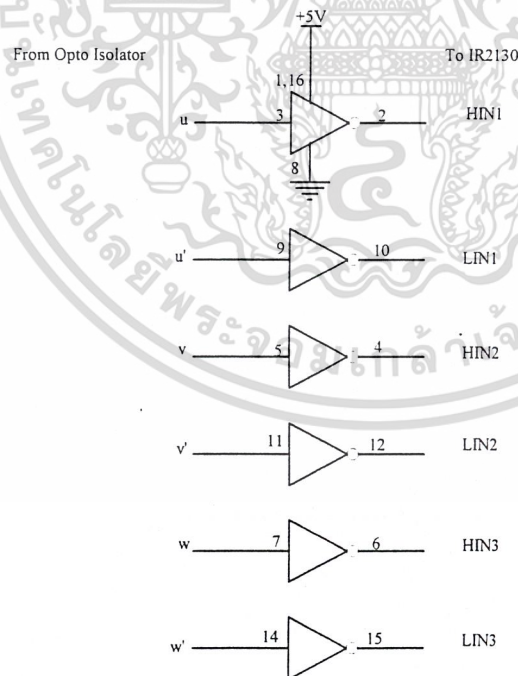
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรอินพุตบัฟเฟอร์ และ Opto Isolator

จากรูปใช้ CD4049 เป็นอินพุตบัฟเฟอร์ ซึ่งเป็น Inverter gate Opto Isolator ที่ใช้เป็นเบอร์ 4N136 ให้เอาท์พุทแบบ Open Collector ทางขา 6 ส่วนขา 8 เป็นขาของ Photo Diode จะต้องต่อ R เพื่อจำกัดกระแสไว้ด้วย โดยใช้ R ขนาด 470 โอห์ม ในการเลือกค่า R ที่ขา 8 นี้ จะต้องระวังไม่ให้มากหรือน้อยเกินไป โดยถ้าน้อยเกินไป Photo Diode อาจพังได้ ถ้ามากเกินไป Transistor จะขยายกระแสได้น้อย ไม่สามารถ Strobe แรงดันเอาท์พุทลงเป็น 0 ได้

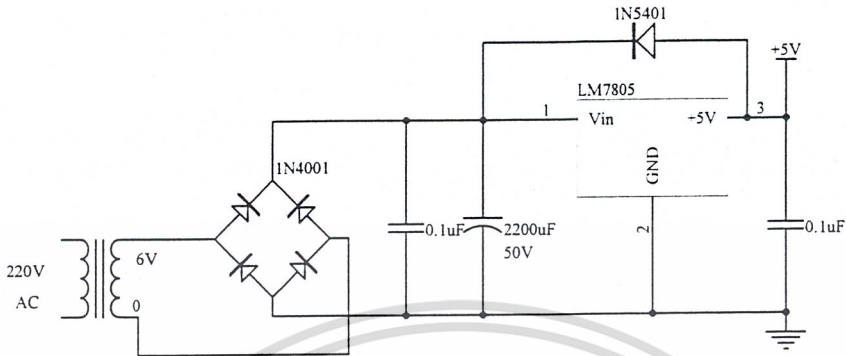
3.5 IR 2130 INPUT BUFFER



รูปที่ 3.4 แสดงวงจร IR 2130 INPUT BUFFER

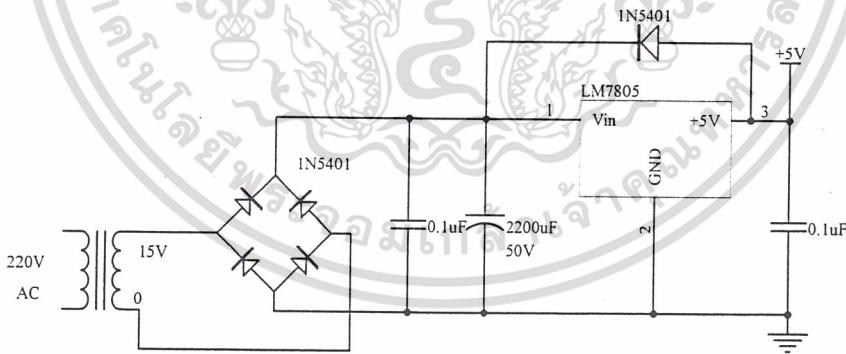
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ภาค REGULATOR และ DC LINK



รูปที่ 3.6 แสดง regulator ภาคจ่ายไฟ 5V ให้กับอินพุตบัฟเฟอร์ ของ Opto Isolator โดยสามารถคำนวณแรงดันด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} V_{ac} &= 2V_d + V_{ref} + V_o/1.414 \\ &= 1.4 + 1 + 5/1.414 = 6 \text{ V} \end{aligned}$$

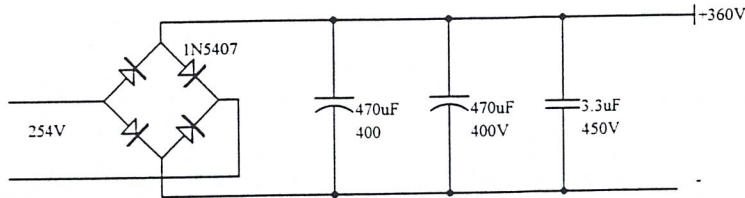


รูปที่ 3.7 แสดง Regulator จ่ายไฟให้กับ IR2130

ส่วนแรงดัน 5 V สำหรับบัฟเฟอร์ของ IR2130 มีวงจรเช่นเดียวกับ regulator 5 V สามารถคำนวณแรงดันด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงได้ดังนี้

$$\begin{aligned} V_{ac} &= 2V_d + V_{ref} + V_o/1.4.1 \\ &= 3 + 1 + 15/1.414 \approx 15 \text{ V} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

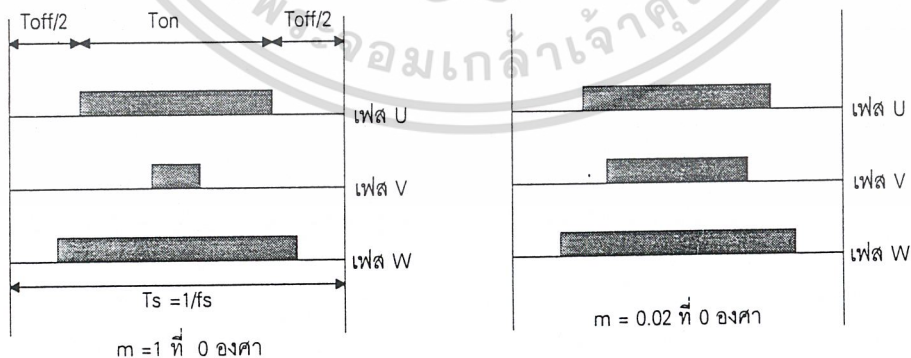


รูปที่ 3.8 แสดงชุดจ่ายแรงดัน DC Link ที่ทดลองที่แรงดัน Vdc 360 V Diode ทนกระแสไม่เกิน 6 A

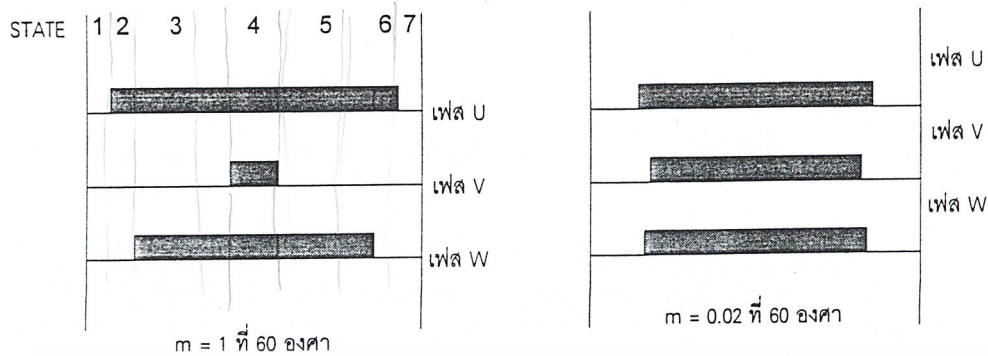
3.8 การออกแบบโปรแกรม

3.8.1 แนวความคิดในการสร้างสัญญาณ PWM โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

อันที่แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกใช้ในโครงการนี้ โดยหลักการแล้วจะทำงานเป็นสวิทช์ ซึ่งสามารถสั่งการได้โดยใช้คำสั่ง เพื่อที่จะสวิทช์แรงดันเอาท์พุทออกมาที่พอร์ทตามต้องการ แต่จะทำอย่างไร ให้ได้ลำดับการสวิทช์ จึงหวัะและเวลาในการสวิทช์หรือส่งสภาวะ ON, OFF ของแรงดันออกทางแต่ละบิต หรือ Channel ของพอร์ท นั้นเป็นเรื่องยุ่งยาก จะต้องอาศัยการวางแผนการปฏิบัติของโปรแกรม ให้ครอบคลุมต่อตัวแปรต่างๆ ที่เปลี่ยนไปให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ การวางแผนสร้างโปรแกรมนี้ ผู้จัดทำเองศึกษาเอาจาก ลักษณะของ Switching Pulse โดยสามารถแจกแจงการเปลี่ยนแปลงของเวลา On และ OFF ของ Switching Pulse ในองศาหนึ่ง ๆ และที่ค่า m ค่าหนึ่งได้ดังรูปที่ 3.10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงสถานะการ ON-OFF ของแรงดันใน Switching Pulse ที่องศาและค่า m หนึ่ง ๆ

จากรูปที่ 3.9 แสดงการแจกแจงลักษณะการ ON-OFF ของสัญญาณแต่ละเฟส (เฟส u, v, w) เพื่อจ่ายให้กับเพาเวอร์สวิตช์ ตัวขับเคลื่อนครึ่งบวกทั้ง 3 ส่วนเฟส u', v', w' สำหรับขับเพาเวอร์สวิตช์ ด้านครึ่งโวลต์อีก 3 ตัวไม่ได้แสดงไว้ โดยเวลา $T_s = \frac{1}{f_s}$ ซึ่งเป็นคาบเวลาของความถี่ในการสวิตช์ของ Switching Pulse ซึ่งเลือกไว้ที่ 3 kHz เนื่องจากเวลา t_{ON}, t_{OFF} ของแต่ละเฟสเปรียบได้กับการหาค่าเฉลี่ยแรงดันชั่วขณะที่ถูก Sampling และ Hold ไว้ เป็นช่วงองศาไป เช่นถ้าแบ่งช่วงการ Sampling ทุก ๆ 7.2° ของ Wave Form ค่าที่ Sampling ได้แต่ละช่วงจะถูกเปลี่ยนจากระดับแรงดันที่แปรตาม $V \sin \omega t$ ไปเป็นค่า t_{ON} ของช่วง 7.2° นั้นของแต่ละเฟส โดยที่ค่า t_{ON}, t_{OFF} สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$T_{ON} = \frac{T_s}{2} (m \sin \omega t + 1)$$

$$T_{OFF} = \frac{T_s}{2} (1 - m \sin \omega t) = T_s - T_{ON}$$

โดย T_s = คาบเวลาทั้งหมดใน Switching Pulse

ωt = มุมทางไฟฟ้าเป็นมุมต่าง ๆ ของค่า Wave form สัญญาณ Sine ที่ถูก Sampling เป็นช่วง ๆ

m = ค่า Modulation Index ซึ่งในโครงงานนี้จะแปรตาม f เนื่องจากกำหนด v/f คงที่

จากสมการ T_{ON}, T_{OFF} ที่กล่าวมาได้จากการวิเคราะห์ในแรงดันเฟส ซึ่งหาได้จากการวิเคราะห์รูปคลื่น Triangle ไปเปรียบเทียบกับ $V_{control}$ หรือ V_{ref} โดยกำหนดว่า ความถี่ในการสวิตช์สูงกว่าความถี่มูลฐานมาก ๆ

จากที่เรากำหนดว่า v/f คงที่ ดังนั้น

$$\text{ถ้าสมมติให้ } V_{rated, peak} = 220\sqrt{2}V = V_d$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ $f_{rated} = 50\text{Hz}$ ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น

$$\frac{v}{f} = \frac{220\sqrt{2}}{50}$$

และ

$$m = \frac{V_{ref,peak}}{V_{tri,peak}} = \frac{V_{out,peak}}{V_d}$$

$$m = \frac{(220\sqrt{2}/50)f}{220\sqrt{2}}$$

ดังนั้น $m = f/50$

$$m_a = \frac{\hat{V}_{combnd}}{\hat{V}_{tri}} = \frac{\hat{V}_{i,peak}}{V_d}$$

$$\frac{(220\sqrt{2})}{V_d = 220\sqrt{2}}$$

จากค่า m ที่อยู่ในเทอมของความถี่ที่ได้มีความถูกต้องเพราะ V แปรผันตาม f อย่างเป็นเชิงเส้นจึงได้

$$\begin{aligned} T_{ON} &= \frac{T_s}{2} \left(\frac{f}{50} \sin \omega t + 1 \right) \\ &= \frac{T_s \cdot f}{100} \sin \omega t + \frac{T_s}{2} \end{aligned}$$

จากรูปที่ 4 เราสามารถแบ่งช่วงเวลาย่อย ๆ หรือ State เป็น 7 State ด้วยกัน ในบางองศาอาจมีไม่ถึง 7 State เพราะมีบาง State มีเวลาเป็นศูนย์ โดยที่ State ที่ 1, 2, 3 จะเหมือนกับ State 7, 6, 5 ตามลำดับ ใน State ที่ 4 จะเป็นเวลา t_{ON} ของเฟสใดเฟสหนึ่ง และจะสังเกตเห็นว่าเวลาใน State 1, 2 หรือ 6, 7 จะมีค่าน้อยมาก เมื่อค่า m มีค่าน้อย

3.8.2 ค่าเวลาของฐานเวลาในการทำงานของ CPU

ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 80C32 ในโครงงานนี้ใช้ XTAL ขนาด 20 MHZ และจำนวน 1 Machine Cycle ของการทำงานของ CPU จะเท่ากับ 12 Clock Pulse ดังนั้น

$$\text{ค่าเวลา 1 Machine cycle} = \frac{12}{20 \times 10^6} = 0.6 \mu\text{S}$$

ในโครงงานนี้ได้อาศัยการนับเวลาโดย ฮาร์ดแวร์ภายใน CPU เอง โดยอาศัย Timer ซึ่งสามารถตั้งค่า Startup Value และ ON-OFF Timer ได้ ซึ่งค่าเวลาในการนับหนึ่ง แต่ละครั้งใน Timer จะเท่ากับ 1 Machine cycle หรือ $0.6 \mu\text{S}$ ซึ่งเท่ากับการนับหนึ่งครั้ง เราสามารถหาจำนวนครั้งทั้งหมดในการนับของ Timer ให้มีค่าเวลาจากการนับทั้งหมด เป็น T_s ได้ดังนี้คือ

$$\text{จาก } T_s = 1/3000\text{Hz}$$

$$\text{ดังนั้นจำนวนครั้งในการนับ} = \frac{1}{3000} / 0.6 \times 10^{-6} = 555.5$$

$$\text{หรือ } T_s = 555.5 \text{ ครั้ง}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.3 การวางแผนโปรแกรม

เมื่อเราทราบว่าในช่วงเวลาเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงอยู่ 7 ช่วง หรือ 7 State ซึ่งมีเวลาและสภาวะของเอาต์พุตของแต่ละช่วงต่างกันไปตามความถี่ และ $\sin\omega t$ ในการส่งเอาต์พุตในโครงงานนี้จะส่งเอาต์พุตออกมาที่ พอร์ต 1 ซึ่งเฟส u, v, w, u', v', w' จะเรียงจาก P1.7 ,P1.6 ,P1.5 ,P1.4 ,P1.3 ,P1.2 ตามลำดับ ดังนั้นจากรูปที่ 4 ที่ $60^\circ, m=1$ ใน state ที่ 4 เอาต์พุตของพอร์ต 1 ของ CPU ควรจะเป็น 111000XX โดย 2 บิตท้ายด้านต่ำไม่ได้ใช้ ถ้าเป็นศูนย์ทั้งคู่ ค่าของเอาต์พุต พอร์ต 1 จะเป็น EOH และ State ที่ 1 จะเป็น 8CH ซึ่งต่อไปเราเรียก Code พวกนี้ว่า Switching code ดังนั้นเราสามารถวางเค้าโครงของโปรแกรม ได้ว่าจะมีการหน่วงเวลาอยู่ 7 ช่วง ซึ่งแต่ละช่วงจะมีการส่ง Switching code ออกไปเป็นรหัสฐานสิบหกต่าง ๆ กัน จะเห็นได้ว่าช่วงเวลารอในแต่ละ State เราสามารถทำงานอื่นได้ แต่มีช่วงเวลาที่จำกัด ที่แปรตาม $\sin\omega t$ และค่าความถี่ f ในบางช่วงที่เราจำเป็นต้องทำงานอื่น มาทำระหว่างรอ ถ้างานที่ทำนั้นต้องใช้เวลาทำงานอยู่ระยะหนึ่ง ระยะเวลาทำงานจะต้องไม่มากกว่าเวลาระหว่างช่วงนั้น ๆ

โครงงานนี้ได้จัดทำโปรแกรมหนึ่งรับค่าความถี่ 29Hz-50Hz มาทำงาน จากที่กล่าวมาจึงเป็นไปได้เลย ที่ในระหว่างรอ จะมีการคำนวณเวลาของช่วงอื่น ๆ ว่าเป็นอย่างไรในพัลส์ในลูกถัดไป ซึ่งการคำนวณจะต้องใช้การ คูณ หาร ข้อมูล 8 บิต หรือ 16 บิต ซึ่งค่อนข้างเสียเวลามาก การแก้ปัญหาจึงเก็บค่า $\sin\omega t$ ไว้เป็น Lookup Table ถาวร และทำการคำนวณค่าเวลาทั้ง 7 ช่วง ในแต่ละองศา เช่น $0^\circ, 0.12^\circ, 0.24^\circ, 0.36^\circ$ เป็นต้นจนครบ 360° เก็บเอาไว้เป็น Lookup Table เช่นกัน แต่ไม่ถาวรเพราะจะต้องเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อความถี่ f ที่ได้รับ เปลี่ยนไป จำนวนค่าจึงจะมีถึง $360/0.12^\circ$ หรือ 3000 ค่า สาเหตุต้องแบ่งเป็นช่วงละ 0.12° ทั้งหมด 3000 ค่า เพราะในกรณีที่ต้องการกำเนิดสัญญาณที่มีความถี่มูลฐาน 50 Hz ออกไปจะต้องส่งเอาต์พุตพัลส์ย่อย ๆ ออกไป 60 พัลส์ต่อ 1 วินาที แต่ถ้าต้องการกำเนิดความถี่ 49 Hz จะต้องส่งเอาต์พุตพัลส์ ออกไป 61.22 พัลส์ต่อวินาที ถ้าเราเก็บช่วงเวลาค่าย่อย ๆ ทั้ง 7 ในแต่ละองศา 2400 ค่า ดังนั้น 1 ค่าจะเท่ากับ 0.15 องศาที่ความถี่ 50Hz ส่งพัลส์ออกไป 60 พัลส์ต่อวินาที เท่ากับต้อง Shift ค่าใน Lookup Table ทีละ 39.2 ค่า จะเห็นว่าเป็นการ Shift ที่ไม่ลงตัว ดังนั้นจึงตัดสินใจเลือกเก็บค่า Lookup Table จำนวน 3000 ค่า ๆ ละ 0.12° ซึ่งจะ Shift ค่าใน Lookup Table ตามความถี่ที่ต้องการ คือ 50Hz จะ Shift 50 ค่า 33Hz จะ Shift 33 ค่า และจากลักษณะที่ส่ง 61.22 พัลส์ต่อวินาที จะเป็นการ Shift ทีละ 49 ค่า เมื่อ Shift ไป 61 ครั้ง จะได้ค่าที่ 2489 เมื่อทำการ Shift อีกครั้งหนึ่งจะได้ค่าที่ 3038 หรือ 364.56° ซึ่งเท่ากับค่าที่ 4.56° ดังนั้นในค่าข้อมูลที่เป็นเศษเกินคือค่าที่ 38 หรือค่าที่ 4.56° เท่านั้น ในหนึ่งค่าหรือองศาหนึ่ง ๆ ใน Lookup Table ที่เก็บข้อมูลเวลาของ State จะมีจำนวน ไบต์ 5 ไบต์ ดังนี้คือ ไบต์ต่ำจะถูกกำหนดเป็น Flag หรือบิตข้อมูล บอกสภาวะของข้อมูลที่เป็น State นั้นว่าเกินกว่า 8 บิตหรือไม่ ส่วนอีก 4 ไบต์ เรียงจาก State 1 , State 2 ,State 3 ,State 4 ส่วน State 5 ,6 ,7 ไม่จำเป็นต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บใน Lookup Table เพราะเหมือนกันกับ State 1 ,2 ,3 ดังนั้นจำนวนไบต์ที่เก็บใน RAM ที่เป็น Lookup Table คือ 5×3000 หรือ 15000 ไบต์ ค่าข้อมูลที่เป็นเวลาที่ต้องหวน ในแต่ละ State ที่เก็บไว้จะเป็น Startup Value หรือค่าเริ่มต้น ในการนับ Timer เนื่องจาก Timer ที่ใช้ใน 80C32 จะนับค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 65535 ครั้ง หรือ 0000H ถึง FFFFH พอถึงจำนวนครั้งที่ 65535 ค่าข้อมูลในรีจิสเตอร์ของ Timer จะเป็น 0000 หหมด Over flow flag ของ timer จะ set เป็นการแสดงว่า ถึงเวลาที่ตั้งไว้แล้ว ดังนั้นถ้าเราต้องการให้นับ 3 ครั้ง จะต้องใส่ค่า Startup Value ให้กับรีจิสเตอร์ ของ Timer เป็น FFFDH จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า มี Lookup Table อยู่ 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเก็บค่า $\sin \omega t$ จำนวน 3000 ค่า เนื่องจาก ωt เริ่มจาก $0^\circ, 0.12^\circ, 0.24^\circ$ เป็นต้น และจากสาเหตุที่ค่า $\sin \omega t$ อาจเป็นลบ และมีค่าเป็นจุดทศนิยม ดังนั้นจากการ T_{ON} จึงนำเอา T_s ที่เท่ากับ 555.55 μs $\sin \omega t$ ซึ่งค่าอาจเป็นลบหรือมีค่ามากกว่า 8 บิต ได้ (เพราะเกิน 256) จึงต้องทำการเก็บค่าเป็นจำนวน 6000 ไบต์ โดยองศาหนึ่ง ๆ จะมีค่า 2 ไบต์ โดยไบต์สูงจะใช้บิตที่ 7 เป็น Negative Flag ค่าข้อมูลนี้จะเป็นค่าข้อมูลถาวร รอการเรียกใช้ และจะมี Lookup Table ที่เก็บอยู่ในแรมอีกส่วนหนึ่ง ที่ได้จากการคำนวณหาเวลาของแต่ละ State เรียบร้อยแล้วเก็บอยู่ 15000 ค่า ซึ่งเป็น Lookup Table ที่เปลี่ยนไปตามความถี่ที่ต้องการ ดังนั้นจึงมีโปรแกรมส่วนหนึ่งที่ทำหน้าที่ คำนวณหาเวลาในแต่ละ State แต่ละองศา (ทีละ 0.12°) โดยรับข้อมูลจาก Lookup Table ที่เป็นค่า 555.55 $\sin \omega t$ มาคำนวณ ประกอบกับค่า f ที่รับเข้ามา จากนั้นจะนำค่าที่คำนวณได้ เก็บเก็บไว้ในแรม จนครบ 15000 ไบต์ จะเห็นว่า โปรแกรม ส่วนนี้จะต้องทำงานทุกครั้ง ที่มีการเปลี่ยนความถี่ ซึ่งทั้งโปรแกรมจะใช้เวลาทำงาน 0.3 วินาที ภายหลังจากทำงานในโปรแกรม สร้าง Lookup Table เสร็จแล้วก็จะเข้าสู่โปรแกรมหลัก สำหรับสร้างสัญญาณ PWM ต่อไป

3.8.4 โปรแกรมกำเนิดสัญญาณ PWM

จากหัวข้อที่ผ่านมากล่าวแล้วว่า ได้สร้าง Lookup Table เก็บข้อมูลเวลาของ State ไว้แล้ว จากนั้นหน้าที่ต่อไป คือนำเอาค่าเวลาเหล่านั้น โหลดเข้าสู่รีจิสเตอร์ของ Timer และสั่งให้ Timer นั้น หรือเท่ากับเป็นการหวนเวลา เมื่อครบกำหนดเวลา ก็สั่ง Switching code ของ State ต่อไปออกไป และหวนเวลาทำจนครบ 7 State แล้วจึงวนกลับไปเริ่ม State ที่ 1 ใหม่ โปรแกรมกำเนิดสัญญาณ PWM จึงเป็นโปรแกรมที่ยาก ต้องจัดสรรเวลาให้ประหยัดมากที่สุดและเที่ยงตรงที่สุด เท่าที่จะทำได้ เช่นถ้าใน State ที่ 2 มี Switching code เป็น A0H และมีเวลาที่ต้องหวน 300 μs หรือ 600 MC เราสามารถจำลองการสร้างโปรแกรมได้ดังนี้

MOV P1,#COH	ใช้เวลา 2 MC
SETB TR1	ใช้เวลา 1 MC ถ้าเราใส่ค่า Startup Value ให้ Timer 1 ไว้แล้ว
TNB TF1 \$	ใช้เวลา 2 MC

เอกสาร MOV P1,#A0H วนไว้สำหรับใช้เวลา 2 MC เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SETB TR2

ค่าเวลาที่เสียไประหว่างการเปลี่ยนแปลง Switching code ทางเอาต์พุต จาก C0 เป็น A0 เฉพาะกับคำสั่งจะใช้เวลา 7 Machine cycle ดังนั้นค่า Startup Value ของ Timer ควรจะเป็น 65536-20+7 หรือ FFF3H และมีช่วงเวลาดำเนินการทำงานอื่นได้ 13 Machine cycle ในระหว่างคำสั่ง SETB TR1 และ JNB TF1 \$ ถ้ามีการสร้าง Dead Time 3 μ S หรือ 5 MC ในระหว่างการส่ง Switching code ทั้งสองสามารถเขียนได้ดังนี้ คือ

```
MOV P1,#C0H
```

```
SETB TR1
```

```
NB TF1 $
```

```
MOV P1,#80H      #80H เป็น Dead Time code ได้จาก C0H Logic AND กับ A0H
```

```
SETB TR2
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
MOV P1,#A0H
```

ที่กล่าวมาเป็นการจำลองคำสั่งที่ใช้ว่าคิดเวลาและสร้าง Dead Time ได้อย่างไร แต่ยังมีรายละเอียดปลีกย่อยอีกมากมาย ไม่ว่าจะเป็น ช่วงเวลาใน State ที่อาจมีค่าน้อยกว่า ค่าเวลา Daed Time ทำให้ต้องกำเนิด Switching code พิเศษออกไป เช่น State 3 มีค่าน้อยกว่า Dead Time ดังนั้น Code พิเศษนี้จะเกิดขึ้นมาแทน Switching code ของ State 3 คือค่า Switching code ของ State 2 AND กับ State 4 ดังนั้นในการออกแบบโปรแกรมจึงต้องทำกันอย่างละเอียดโดยคำนึงถึงค่าเวลา Dead Time พวกนี้ด้วย ซึ่ง Code ที่จะส่งไปยังเอาต์พุตพอร์ท จะมีค่าต่าง ๆ กันไป ตามแต่ละช่วงองศา และสถานการณ์ ซึ่งการที่จะกล่าวถึงรายละเอียดทั้งหมดเป็นเรื่องที่ยุ้งยากและชวนให้สับสน แต่โชคดีที่การเปลี่ยนแปลงของเอาต์พุต โคด จะอยู่ในช่วงองศาที่กว้างประมาณ 60° ดังนั้น ในแต่ละ State จะมี Switching code ที่เปลี่ยนแปลงไปจำนวน 6 ค่า ยกเว้น State 1, 7 ที่จะมีค่า 1CH เสมอ และ State ที่ 4 จะมีค่าเป็น E0H เสมอ ดังนั้น จึงไม่ต้องเก็บค่า switching Code นี้ไว้ใน Lookup Table

เนื่องจากค่าเวลาในแต่ละ State แบ่งตามฟังก์ชัน sine ทำให้สามารถสรุปการเปลี่ยนแปลงเวลาของแต่ละ state เมื่อองศาเปลี่ยนไปที่ความถี่ f 50Hz ได้ดังนี้

0° หรือไบต์ที่ 0000H State 1 = 38MC State 2 = 240MC

30° หรือไบต์ที่ 04E2H State 1 = 138 MC State 2 = 196MC

จะเห็นได้ว่า State 1 มีเวลาเพิ่มขึ้น ในขณะที่ State ที่ 2 จะลดลง State ที่ 3 จะเพิ่มขึ้นและ State ที่ 4 จะลดลงในทางกลับกันที่ 30° และ 60° ค่าเวลา State ที่ 1 จะลดลง State 2 จะเพิ่มขึ้น State 3 จะลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลง และ State 4 จะเพิ่มขึ้น เท่ากับค่าเดิมที่ 0° ในขณะที่ $60^\circ-120^\circ$ จะกลับกันกับที่เกิดใน $0^\circ-60^\circ$ การทำงานอื่น ๆ ที่จำเป็นเช่น โปรแกรมส่วนที่ตรวจสอบ เพิ่มค่าตัวชี้ โปรแกรมรับค่าจาก Lookup Table โปรแกรมโหลดค่าเริ่มต้นให้ Timer สามารถแทรกลงไประหว่าง State พวกนี้ได้โดยสามารถแทรกลงไป ใน State ที่มีแนวโน้ม เพิ่มขึ้น ตั้งแต่แรก เช่นช่วง $0^\circ-60^\circ$ ก็คือ State 1, State 3, State 5, State 7 เป็นต้น เวลาที่จำกัดที่ให้โปรแกรมส่วนอื่น ๆ ที่นำไปแทรก ทำงานได้ จะเท่ากับ เวลาที่น้อยที่สุดของ State นั้น ดังนั้นโปรแกรมกำเนิดสัญญาณ PWM ส่วนที่สูงกว่า 30Hz จะมีโปรแกรม Loop อยู่ 2 Loop โดย Loop หนึ่งจะทำงานในช่วง $0^\circ-60^\circ$, $120^\circ-180^\circ$, $240^\circ-300^\circ$ ส่วนอีกโปรแกรม Loop หนึ่ง จะทำงานในช่วง $60^\circ-120^\circ$, $180^\circ-240^\circ$, $300^\circ-360^\circ$ และถ้าความถี่ต่ำกว่า 30Hz ลงมาจะมีการจัดรูปแบบ โปรแกรมใหม่ เพราะถ้าค่า f ต่ำค่า m จะต่ำด้วย แนวโน้มของเวลาที่มากขึ้นน้อยลง ตามองศาของแต่ละ State ยังคงเป็น ลักษณะเดิม ค่าเวลาที่น้อยที่สุด ของบาง State ที่แม้ว่า จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีค่าเวลาเหลือไม่พอ ให้ โปรแกรมที่แทรกเข้าไป ทำงานระหว่างช่วงเวลานั้น ทำงานได้เสร็จทัน จึงต้องปรับปรุง โปรแกรมใหม่ ขึ้นมาเพื่อ แบ่งเบาภาระรันโปรแกรมช่วง 30 Hz ลงมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.5 โพล์ซาร์ท แสดงการทำงานของโปรแกรม

3.8.5.1 โปรแกรมสร้าง Lookup table

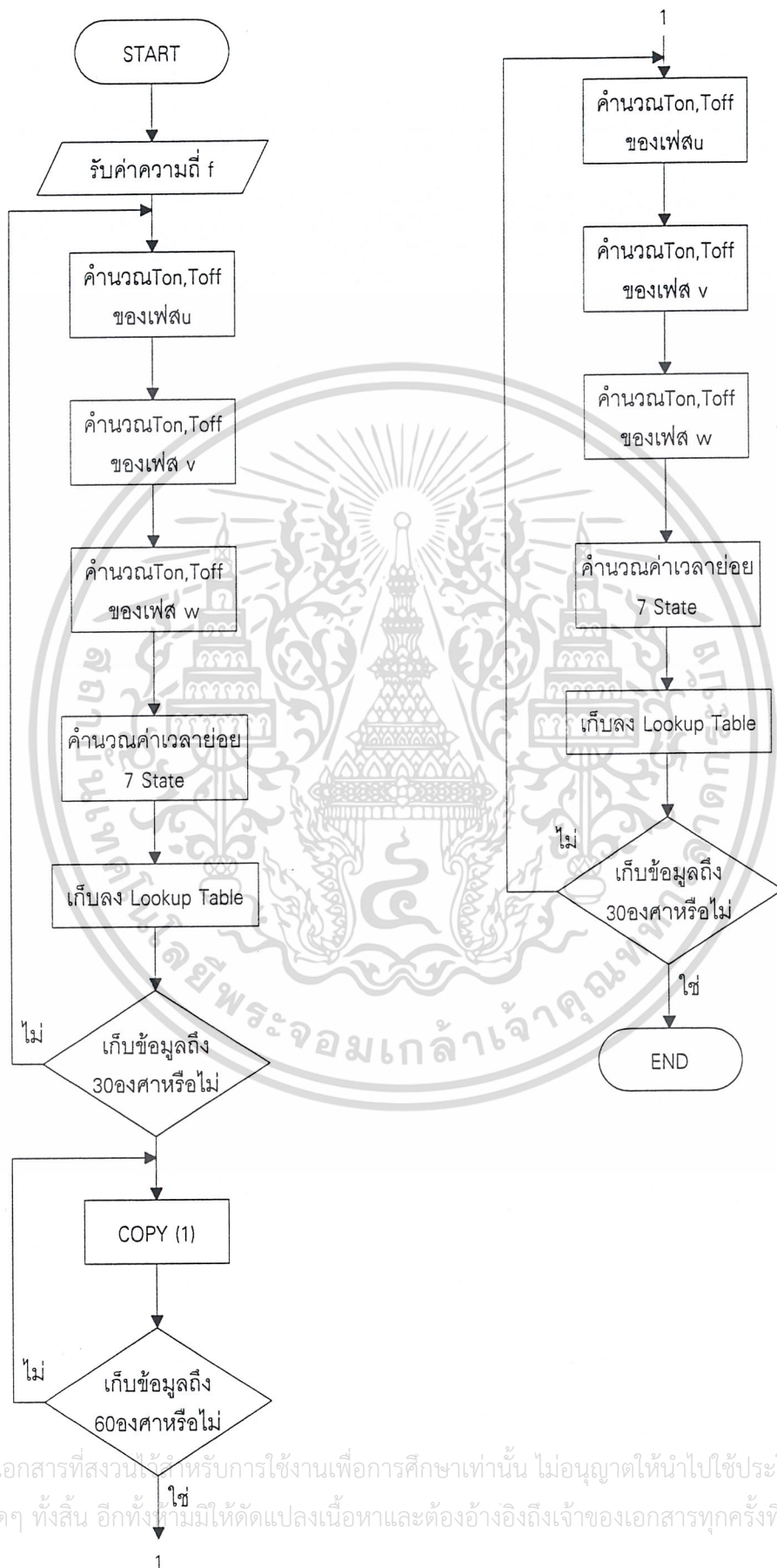
จากโพล์ซาร์ทโปรแกรมจะออกไปรับค่า f จาก A/D ถ้ามีการ Interrupt เข้ามา หาค่า T_{ON} , T_{OFF} ของแต่ละเฟส การคำนวณ จะรับค่าจาก Lookup Table ที่เก็บ $555.5\sin\theta$ มาคำนวณ โดยสูตร

$$T_{ON} = 555.5\sin\theta * (f/100) + 277.77 \quad \text{และ} \quad T_{OFF} = 555.5 - T_{ON}$$

จากนั้นนำค่าที่ได้แต่ละเฟสมาหาเวลาช้อย 7 State แล้วแปลงเป็นค่า 2' s complement หรือ ค่า Start up value (เตรียมพร้อมที่จะไหลคเข้าสู่ Timer ได้ทันที) เก็บลงใน Lookup table โปรแกรมส่วนนี้จะวนทำงานครบ 120°



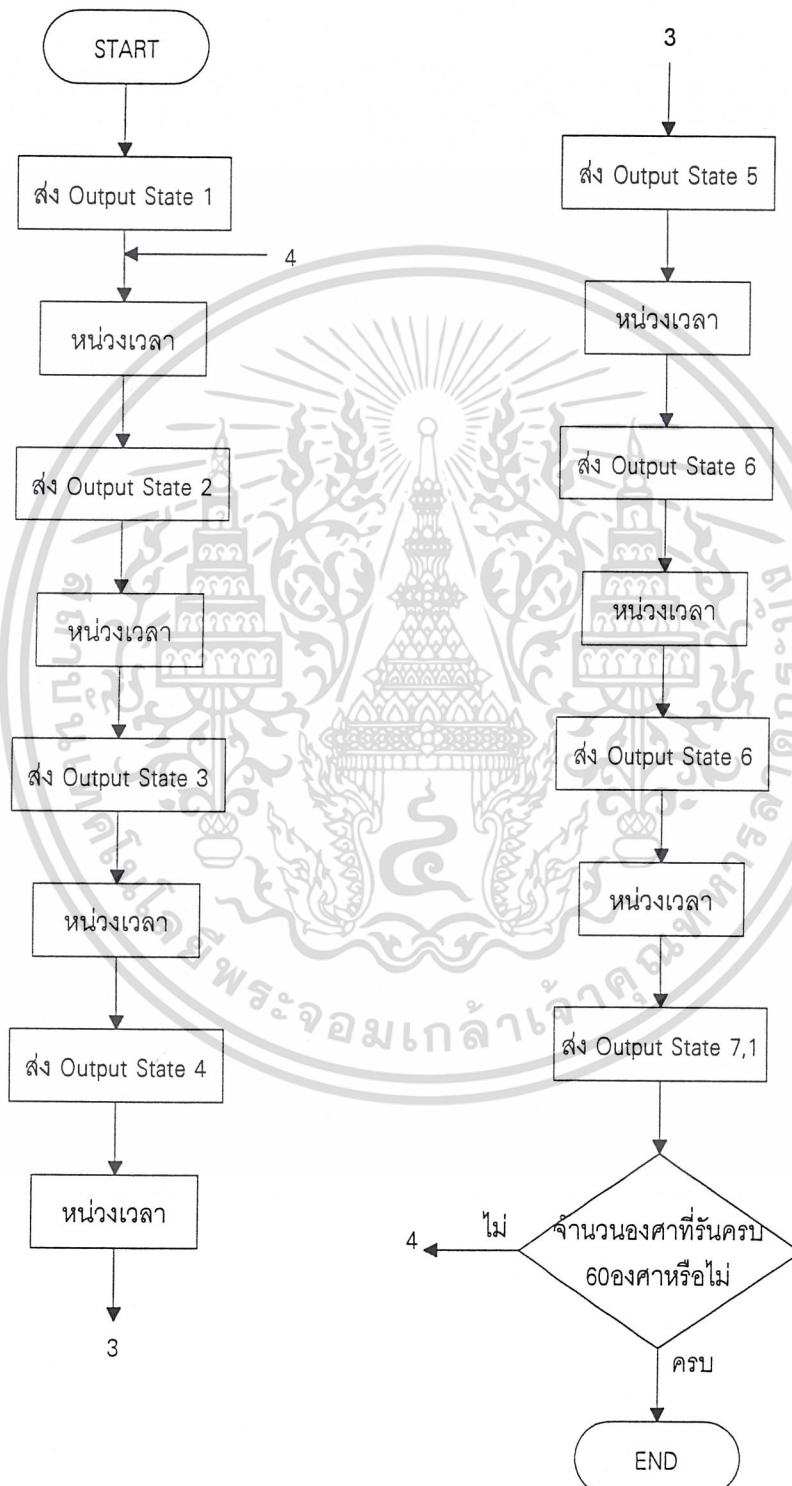
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

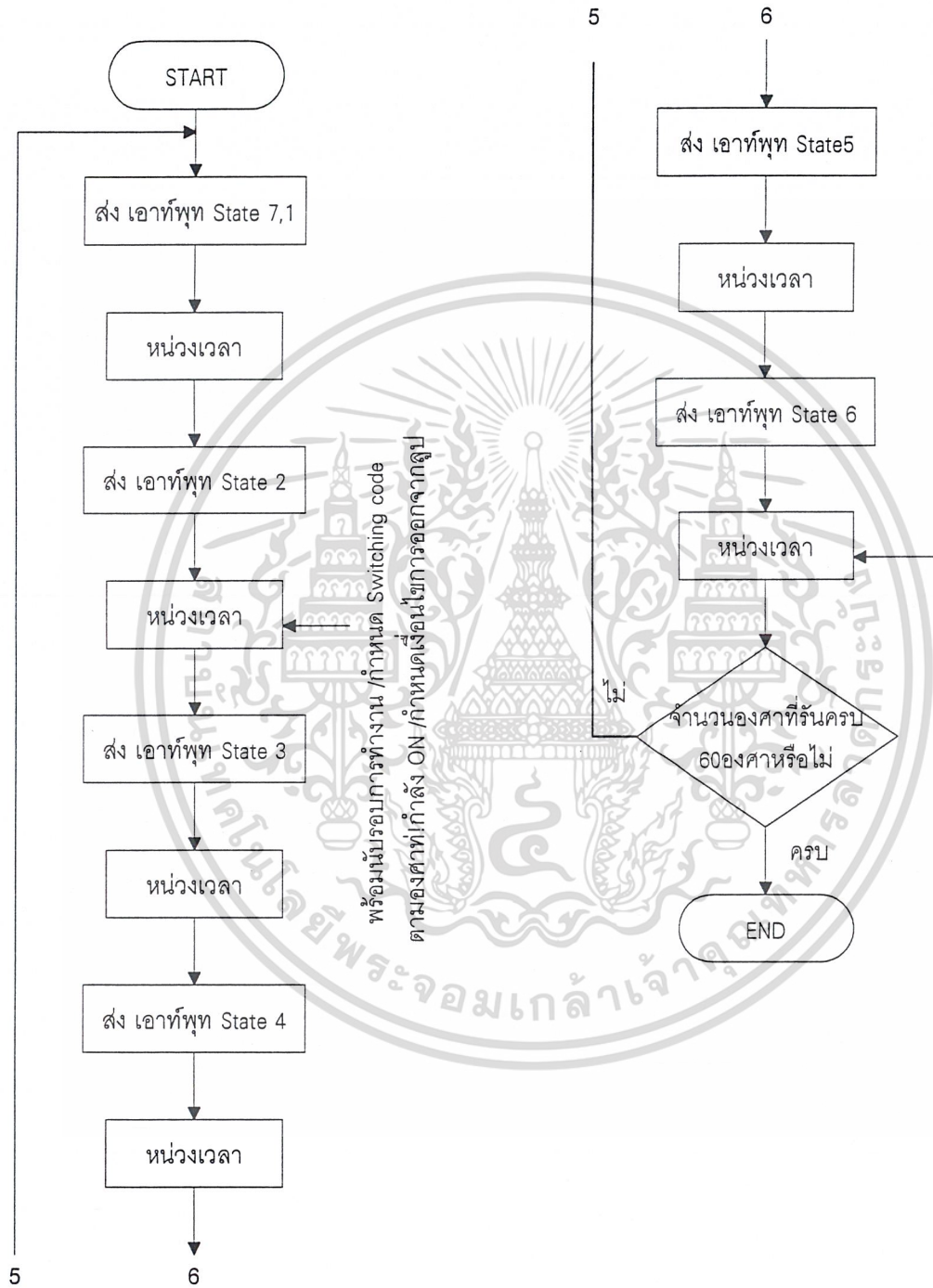
3.8.5.2 โปรแกรมกำเนิดสัญญาณ PWM

- โปรแกรมย่อย Loop_1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โปรแกรมย่อย Loop_2

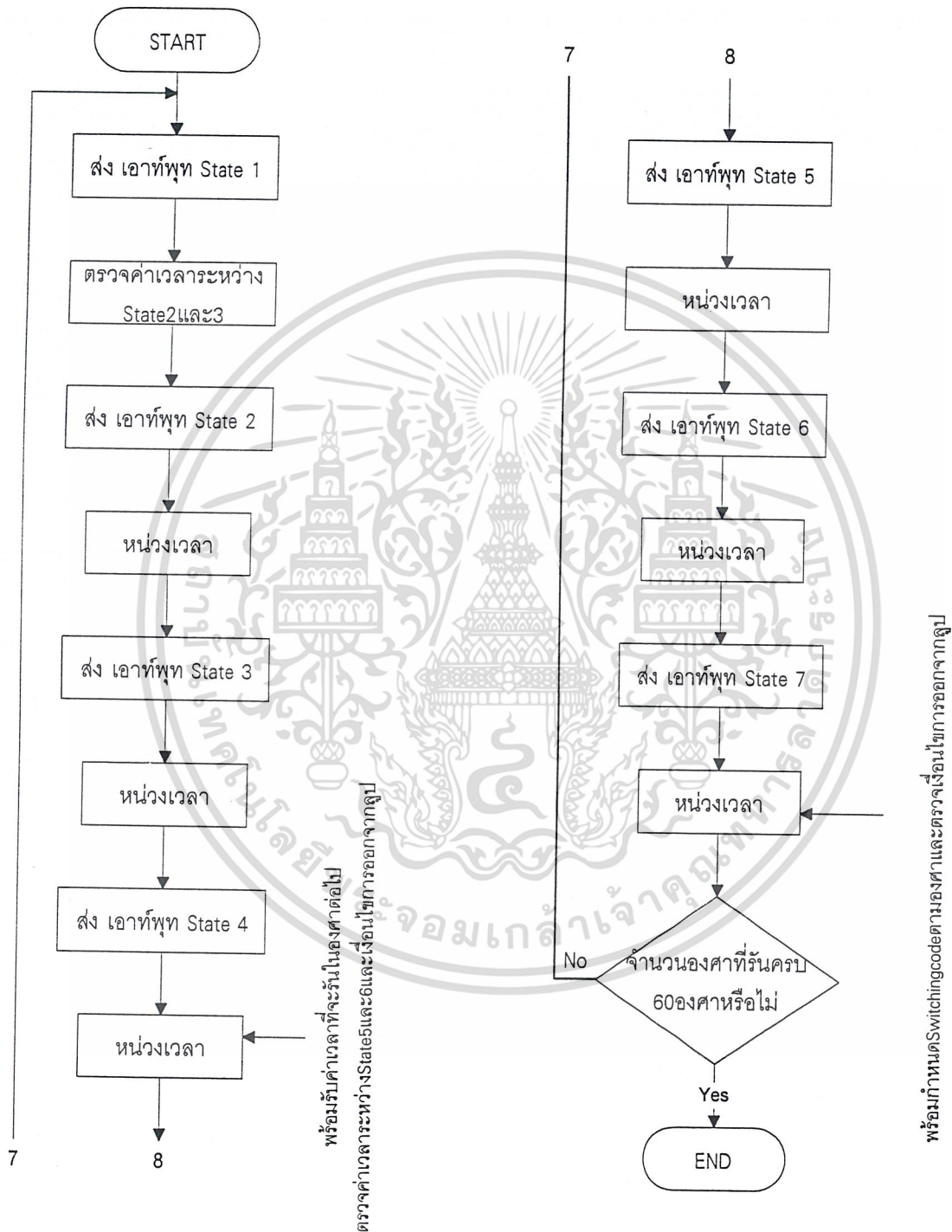


พร้อมับรอบการทำงาน กำหนด Switching code ตามองศาที่เก้ดถึง ON /กำหนดเงื่อนไขการออกจากลูป

พร้อมับค่าเวลาที่จะรันในองศาต่อไป จากLookuptableเก็บในรีจิสเตอร์ชั่วคราวและTimer

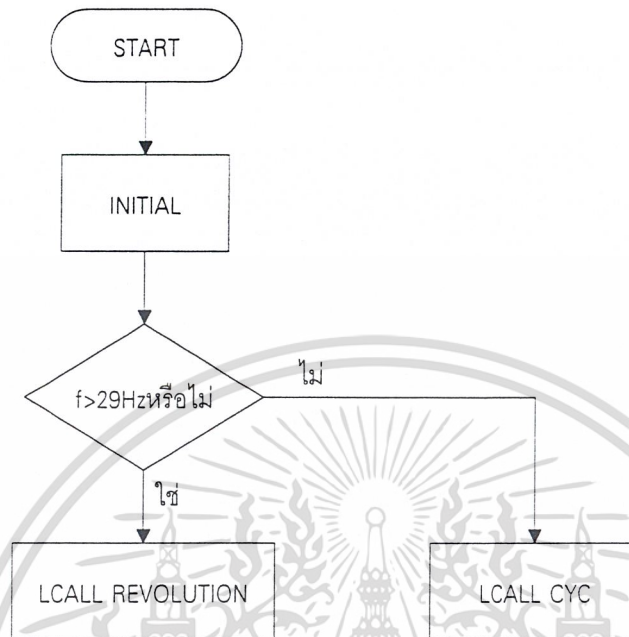
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-โปรแกรมย่อย Loop



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.5.3 โปรแกรมหลัก



โปรแกรมหลักจะตรวจสอบค่า f ว่าเป็นเช่นไร ถ้าน้อยกว่า 29Hz จะเรียกโปรแกรมน้อย CYC ถ้ามากกว่า 29Hz จะเรียกโปรแกรมน้อย REVOLUTION ในโปรแกรมน้อย REVOLUTION จะประกอบด้วย ส่วน Initial และ โปรแกรมน้อย Loop_1 ,Loop_2 โดย Initial จะเป็นส่วนที่รับค่าเวลาที่จอร์นในองศาต่อไป และกำหนด Switching code เบื้องต้นให้กับโปรแกรมต่อไป ที่รัน จะมีการเรียกโปรแกรมน้อย Loop_1 ,Loop_2 สลับกันไปจนครบ 360° แล้วจึงกลับไปเริ่มต้นใหม่ โปรแกรมน้อย Loop_1 ,Loop_2 จะเป็นโปรแกรมที่หน่วงเวลา และส่งเอาท์พุท ที่เป็น Switching code ออกไปที่พอร์ท จะเห็นว่าในบางช่วง ช่วงหน่วงเวลาจะมีการทำงานอื่น ๆ ที่จำเป็นมาทำเช่น เตรียมค่าของเวลาที่ใส่ให้ Timer หน่วงเวลาใน Cycle ต่อไป หรือแม้กระทั่งให้กับ Timer ที่จะรันในช่วงต่อไป ในโปรแกรมหน่วงเวลาจะมีการสร้าง Dead time ส่ง dead time code ออกมาก่อนที่จะส่ง Switching code ในช่วงต่อไป 5 machine cycle หรือ 3uS โปรแกรมน้อยนั้นจะมีการนับจอร์นองศาที่จะรันเป็นลูป โดยจำกัดอยู่ที่ช่วงละ 60°

โปรแกรมน้อย CYC มีลักษณะเช่นเดียวกับ โปรแกรม REVOLUTION โดยประกอบด้วย โปรแกรม Initial และ โปรแกรมลูป โปรแกรมลูปก็เป็นโปรแกรมที่ส่ง เอาท์พุทและหน่วงเวลาปกติ แต่ข้อแตกต่างอยู่ที่เวลาใน State ที่ 2,3 และ 5,6 ว่าเป็น state ที่ใกล้เคียงกันนั้นมีโอกาสที่เวลาทั้งสอง State นั้นจะน้อยจนถึงน้อยมากด้วยกันทั้งคู่ จึงต้องมีการจัดการกับโปรแกรมเป็นพิเศษ ในระหว่าง State ทั้งสอง โดยตรวจสอบเวลา และกระโดดไปโปรแกรมน้อยที่เหมาะสมที่ออกแบบไว้ตามแต่ละสถานการณ์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

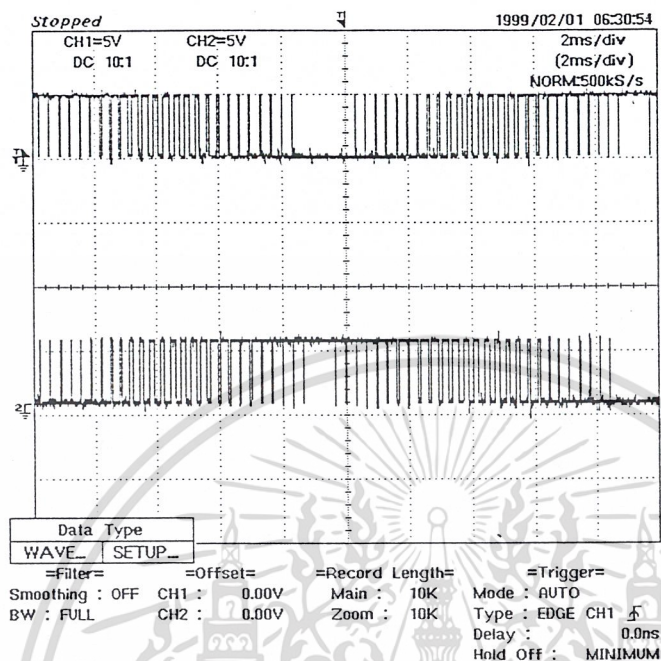
เมื่อเข้าสู่การทำงานของโปรแกรมหลัก การทำงานของ CPU จะวนเวียนอยู่ในโปรแกรมพวกloop ต่าง ๆ เพื่อสร้างสัญญาณ PWM จะไม่สามารถออกมาที่โปรแกรมหลักได้อีก ยกเว้นกรณีที่มีการ Interrupt เพื่อเปลี่ยนค่าความถี่



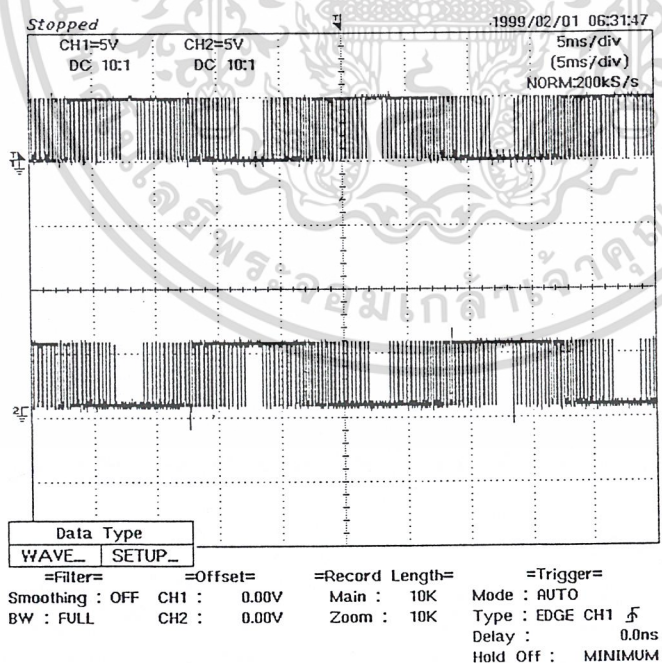
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองสร้างแรงดัน PWM 3 เฟส

ทำการวัดสัญญาณจากพอร์ทของ CPU ได้ผลดังนี้

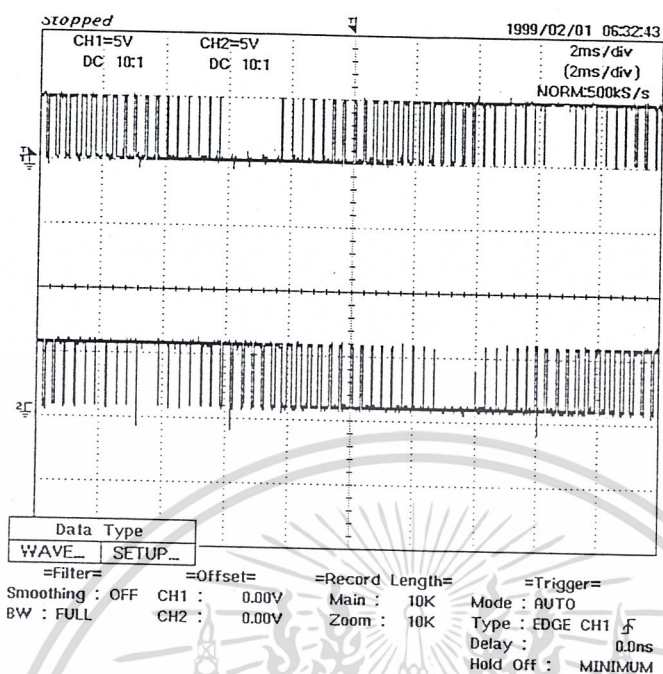


รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณจากพอร์ทในเฟส u และ u' ที่ Tim/Div : 2ms/Div ความถี่มูลฐาน 50 Hz ความถี่ในการสวิตช์ 3KHz

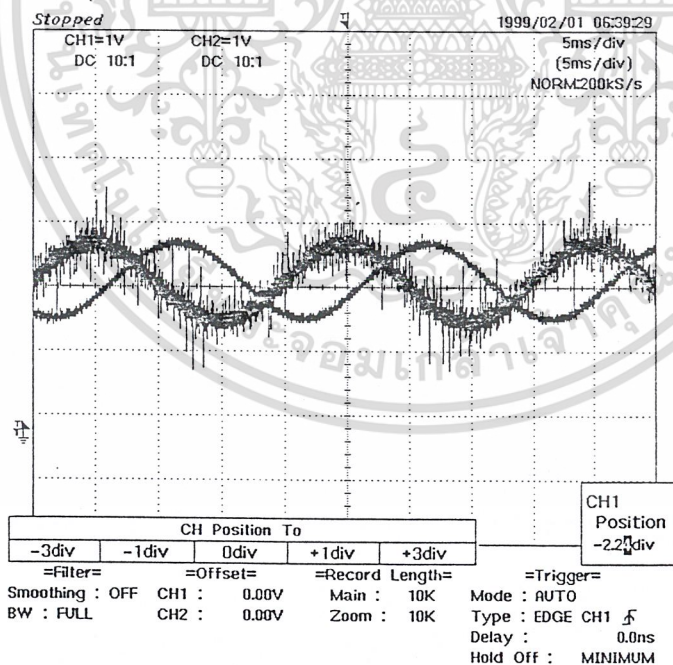


รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณจากพอร์ทในเฟส u และ u' ที่ Tim/Div : 2ms/Div ความถี่มูลฐาน 50 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



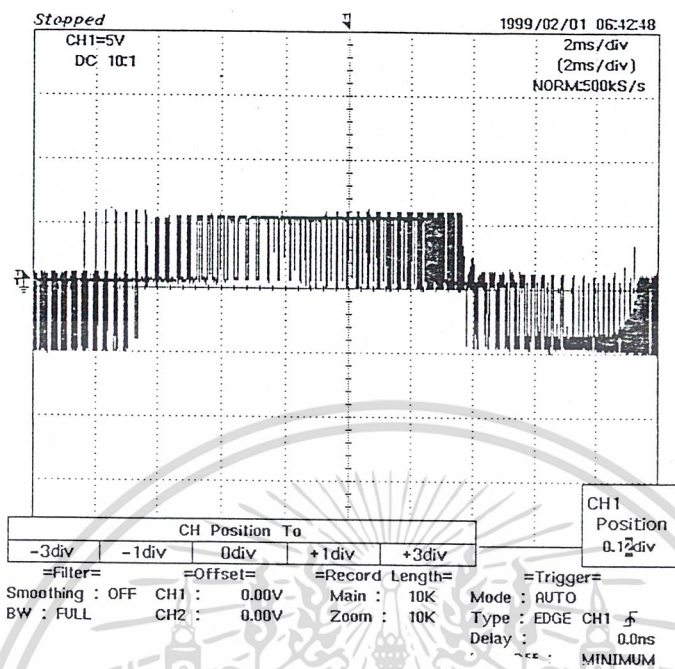
รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณจากพอร์ทในเฟส u และ v โดยยังไม่ได้ผ่าน ฟิลเตอร์ ความถี่มูลฐาน 50 Hz



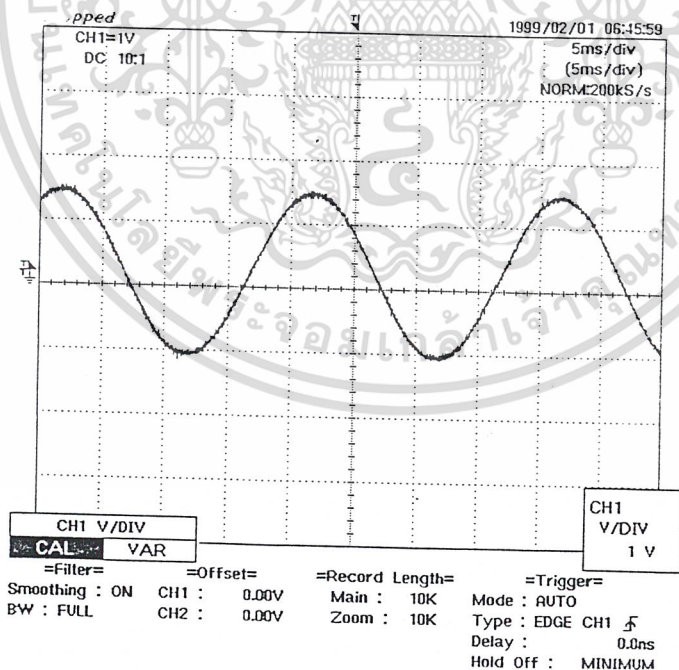
รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณจากพอร์ทในเฟส u และ v โดยต่อ ฟิลเตอร์ระหว่างเฟสและกราวด์

ความถี่มูลฐาน 50 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

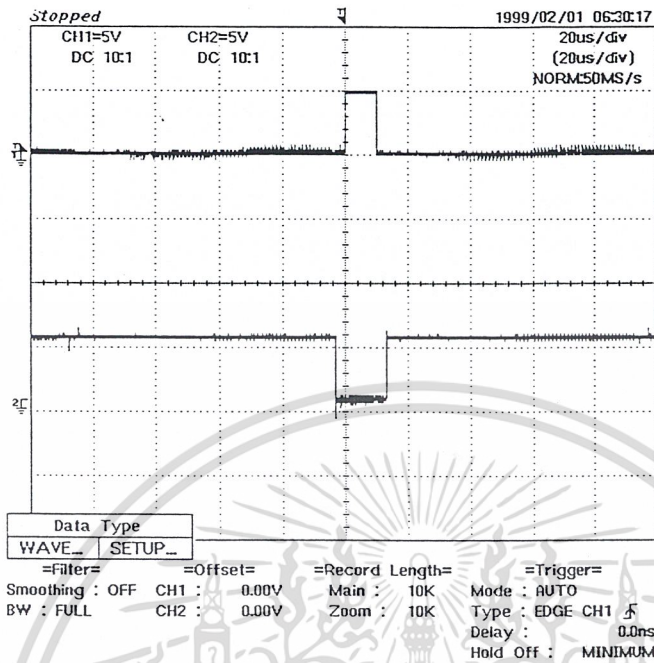


รูปที่ 4.8 แสดงแรงดันจากพอร์ท โดยวัดเทียบระหว่างเฟส u กับ v ความถี่มูลฐาน 50Hz



รูปที่ 4.9 แสดงแรงดันจากพอร์ทโดยวัดเทียบระหว่างเฟส u กับ v โดยผ่านฟิลเตอร์ ความถี่มูลฐาน 50Hz
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองวัด สัญญาณที่เป็น Complementary กัน



รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณเฟส u และ u' เพื่อสังเกตว่ามีช่วงห่างของการ ON-OFF กันจริง

4.4 การวัดแรงดันเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ ภายใต้เงื่อนไข

1. ค่าเวลาเพื่อ Dead Time คงที่เท่ากับ 3 μ s
2. แรงดัน DC Link ขนาด 50 V
3. ค่า Modulation Index แปรตามความถี่ เช่น ที่ $f = 50$ Hz : $m=1$, $f=25$ Hz : $m=0.5$, $f=10$ Hz : $m=0.2$
4. ความถี่มูลฐานของแรงดันเอาต์พุต ที่ 10 Hz 25 Hz และ 50Hz

โดยการทดลองดังตาราง ที่ 4.1 แสดงผลการทดลองที่ได้จากการวัดจากมิเตอร์และออสซิลโลสโคป

	10Hz			25Hz			50Hz		
	Vrms	Vpp	Vrms/ f	Vrms	Vpp	Vrms/ f	Vrms	Vpp	Vrms/ f
อ่านค่าจาก มิเตอร์ KYORITSU	6	-	0.6	15.5	-	0.62	30.5	-	0.6
อ่านค่าจาก ออสซิลโลสโคป DL1520	10.5	71.2	1.05	24.4	110	0.97	37	108	0.7

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลจากการวัด

จากการทดลองที่ได้พบว่า ค่าที่อ่านจากมิเตอร์ KYORITSU จะได้อัตราส่วนของ v/f ก่อนข้างคงที่ ในขณะที่ v/f ที่ได้จากการอ่านที่ออสซิลโลสโคป มีค่าไม่คงที่ จึงพอสรุปได้ ค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสัญญาณ อาร์โมนิคอันดับที่ใกล้เคียงกับ $f, 2mf$ ฯลฯ ถูกกรองออกบางส่วนโดยวงจรภายในมิเตอร์ จึงอ่านค่าได้จากสัญญาณอาร์โมนิคที่เหลือและแรงดันมูลฐาน ส่วนสัญญาณที่อ่านจากออสซิลโลสโคป ที่มีค่าต่างออกไปนั้นอาจเกิดจากหลายปัจจัย เช่น มีอาร์โมนิคอันดับที่ใกล้เคียงกับ $f, 2mf$ ฯลฯ ปนอยู่ หรืออาจเกิดการไม่เสถียรของสัญญาณ เช่น การแกว่งของคาบเวลาของสัญญาณที่วัด ซึ่งจะแบ่งตามค่าเวลาที่ตรวจจับ จากการทดลองจะมีค่าสูงสุดและต่ำสุดต่างกันมาก โดยเฉพาะความถี่ที่ Modulation Index ต่ำ

4.5 การวิเคราะห์ Voltage Waveform

1. เมื่อพิจารณาลักษณะรูปคลื่นของแรงดันที่วัดโดยออสซิลโลสโคป ที่ความถี่ 10Hz, 25Hz และ 50Hz ในรูปที่ 4.11 พบว่ารูปคลื่นที่วัดมีคาบเวลาของรูปคลื่นมูลฐาน โดยประมาณใกล้เคียงกับ 10Hz, 25Hz และ 50Hz ตามลำดับ โดยพิจารณาจากสเกลทางแกนเวลา

2. เมื่อพิจารณา Harmonic Spectrals พบว่าจะมีฮาร์โมนิคข้างเคียง (side band harmonics) ประมาณ $mf, 2mf$ ฯลฯ เกิดขึ้นรอบ ๆ ลำดับที่ $mf, 2mf$ ฯลฯ แต่ไม่ปรากฏที่ลำดับ $mf, 2mf$ ฯลฯ

ณ ที่ความถี่มูลฐาน 50 Hz และ Modulation Index เป็น 1 ขนาดของฮาร์โมนิคในลำดับประมาณ $mf, 2mf$ พิจารณาจากรูปที่ 4.12 มีขนาดน้อยกว่าขนาดของแรงดันมูลฐานลดหลั่นไป

ณ ที่ความถี่มูลฐาน 25 Hz และ Modulation Index เป็น 0.5 ขนาดของฮาร์โมนิคในลำดับประมาณ $mf, 3mf$ พิจารณาจากรูปที่ 4.12 มีขนาดลดลงตามขนาดของแรงดันมูลฐานที่ลดลง แต่ขนาดของแรงดันฮาร์โมนิคลำดับประมาณ $2mf$ จะมีค่ามากขึ้น จนเกือบเท่าแรงดันมูลฐาน

ณ ที่ความถี่มูลฐาน 10 Hz และ Modulation Index เป็น 0.2 ขนาดของฮาร์โมนิคในลำดับประมาณ $mf, 3mf$ พิจารณาจากรูปที่ 4.12 มีขนาดลดน้อยลง ในขณะที่ฮาร์โมนิคลำดับประมาณ $2mf$ มีค่าสูงขึ้นมาก โดยมีค่ามากกว่าแรงดันมูลฐาน

3. เมื่อพิจารณา % THD จากการทดลอง ได้ผลการวัดดังตาราง 4.2

%THD	10Hz	25Hz	50Hz
	102.65	3.327	1.193

ตารางที่ 4.2 แสดง % THD จากการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

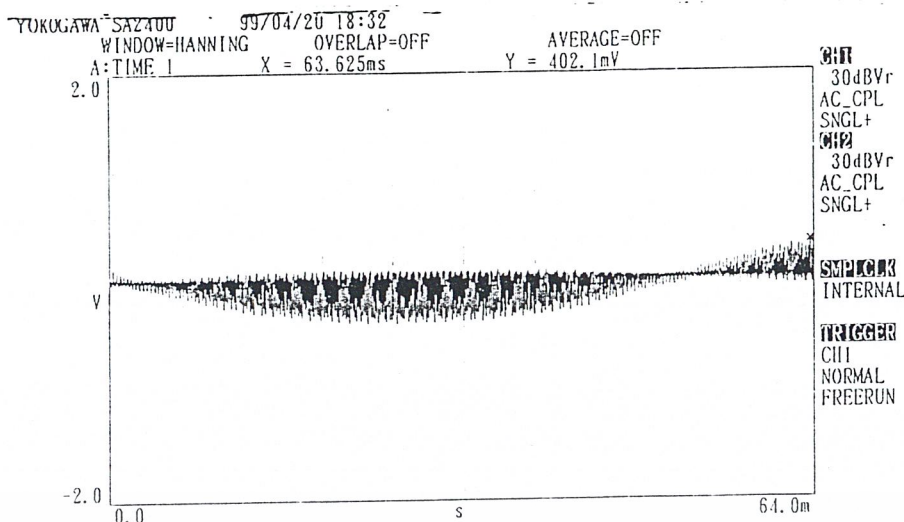
ในการทดลองที่ 10Hz ทำการวัดโดยออสซิลโลสโคปและทำการจัดลำดับของฮาร์โมนิก 20 อันดับ อันดับแรกออกมาพบว่าฮาร์โมนิก ที่แสดงอยู่ในตารางที่ 4.3 ในส่วนของความถี่มูลฐาน 10Hz ในบางอันดับมีค่า ขนาด และความถี่ ซ้ำกัน เช่น ฮาร์โมนิกอันดับที่ 2 อ่านค่าได้ 15.625 Hz ในขณะที่ความถี่ของแรงดันมูลฐานก็มีความถี่ 15.625 Hz และมีขนาดเท่ากับฮาร์โมนิกอันดับที่ 2 เช่นกัน ทำให้ % Distortion สูงถึง 100% ซึ่งผลที่เกิดขึ้น อาจเกิดจากออสซิลโลสโคปไม่สามารถจับสัญญาณตรงความถี่มูลฐานที่แท้จริงได้ อันเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ความสามารถของอุปกรณ์ที่วัด ความไม่เสถียรหรือแกว่งของสัญญาณ

ในการทดลองวัดที่ 25 Hz พิจารณาตารางที่ 4.3 ก็พบว่ายังไม่สามารถจับขนาดของสัญญาณมูลฐานได้ถูกต้องนัก คือยังอ่านค่าได้ 31 Hz พบว่า %THD มีขนาด 3.327%

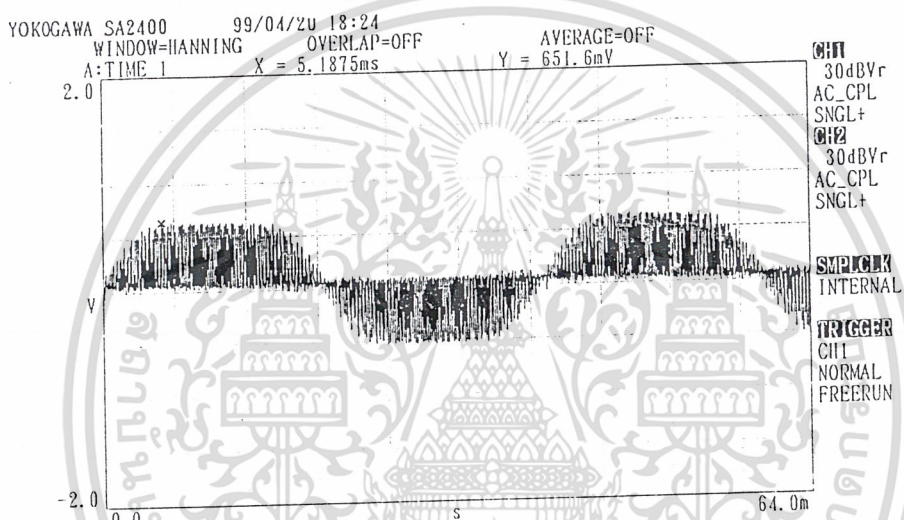
ในการทดลองวัดที่ 50 Hz พิจารณาตารางที่ 4.3 ก็พบว่าออสซิลโลสโคปสามารถจับขนาดของสัญญาณมูลฐานได้ใกล้เคียงยิ่งขึ้นที่ 46.875 Hz พบว่า %THD มีขนาด 1.1973%

จากการทดลองวัด %THD ในความถี่มูลฐานสามความถี่ข้างต้น จึงสรุปได้ว่า ที่ความถี่มูลฐานต่ำ และค่า Modulation Index มีค่าต่ำเช่นกัน %THD จะมีค่าสูงขึ้น และถ้าความถี่มูลฐานสูงขึ้น ประกอบกับ Modulation Index สูงขึ้น %THD ก็จะมีค่าต่ำลง

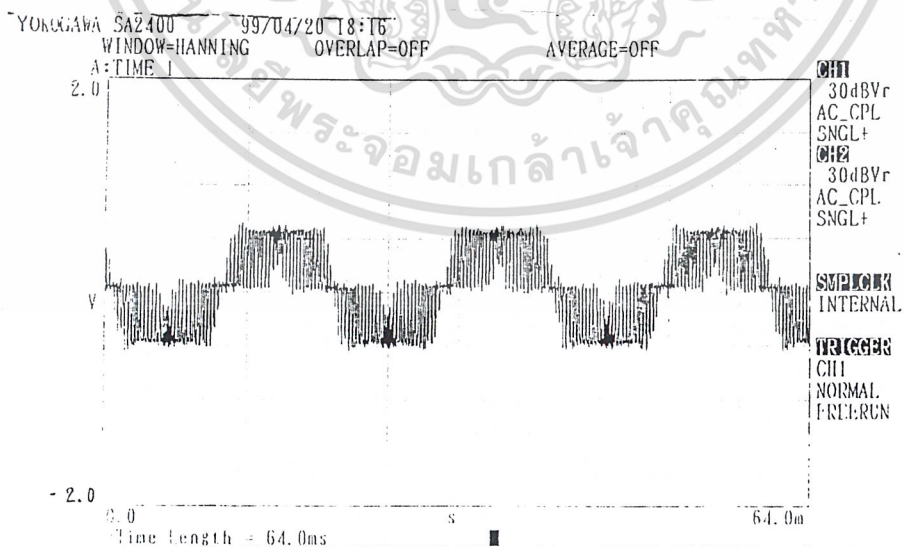
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



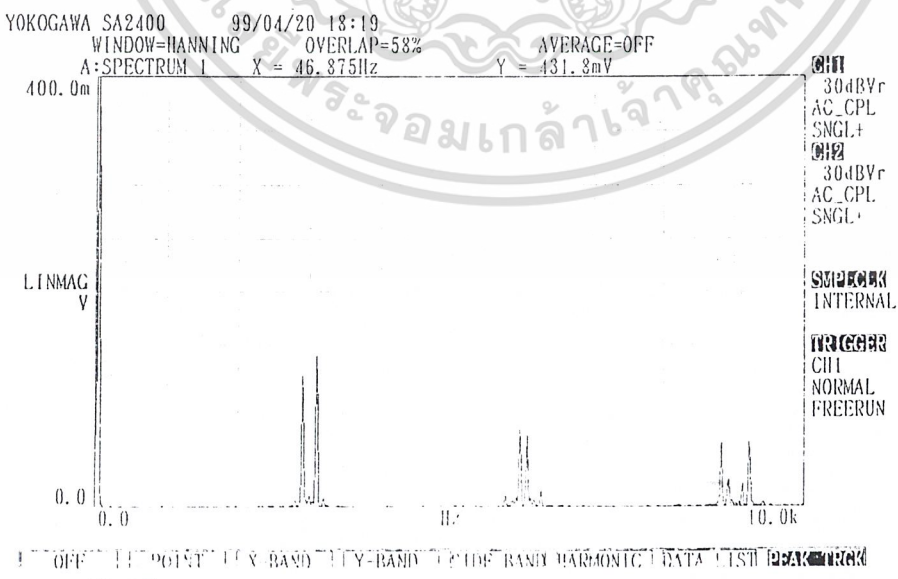
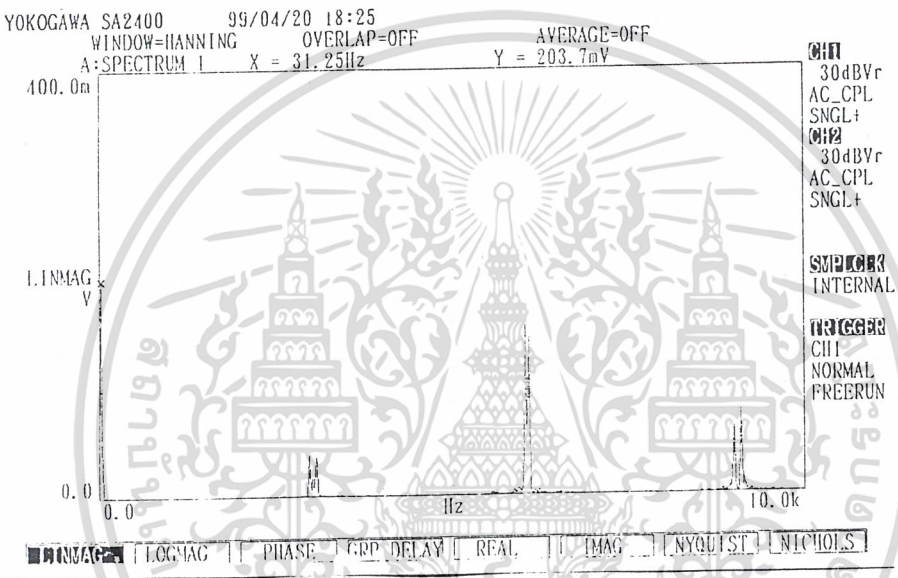
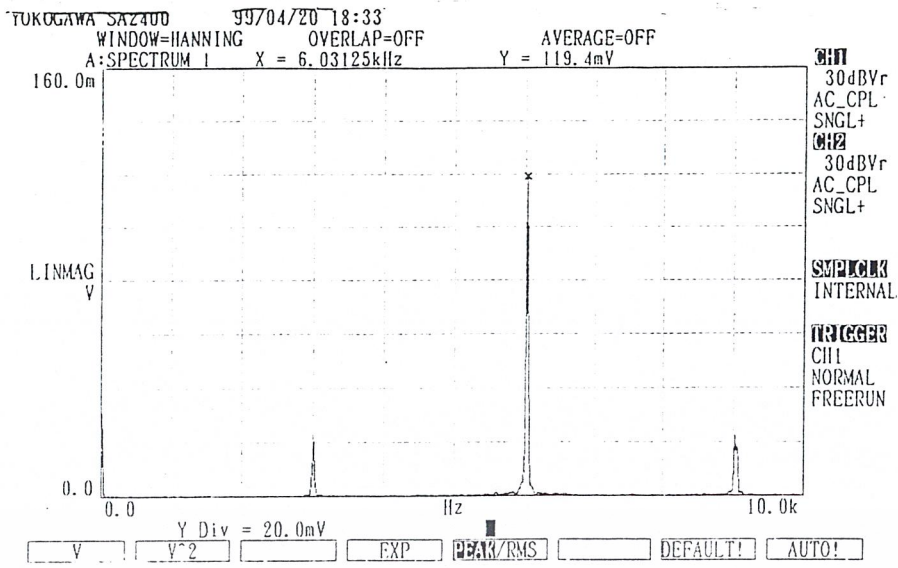
OFF POINT X-BAND Y-BAND SIDE BAND HARMONIC DATA LIST DISPLAY



UP/LW FRNT/BACK SETUP MAP DISP CNFG GRID ON



เอกสารนี้รูปที่ 4.11 แสดง Voltage Waveform ที่ความถี่มูลฐาน 10Hz, 25Hz, 50Hz ตามลำดับ โยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4.12 แสดง Harmonic Spectrals ที่ความถี่มูลฐาน 10Hz, 25Hz, 50Hz ตามลำดับ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปโครงการงาน

สรุป

จากการศึกษาและสร้างอินเวอร์เตอร์สามเฟสแบบพีคดับลิฟท์เอ็มทำให้ได้เรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ คือ

1. ทำให้เรียนรู้เทคนิคในการควบคุมอินเวอร์เตอร์สามเฟสแบบพีคดับลิฟท์เอ็ม โดยการควบคุมอัตราส่วน v/f ให้คงที่ได้ จากการปรับค่า Modulation Index แปรตามความถี่ เนื่องจากว่า แรงดันมูลฐานที่ได้จะแปรตาม Modulation Index
2. ทำให้เรียนรู้ว่าการปรับเปลี่ยนค่า Modulation Index ส่งผลให้แรงดันมูลฐานเปลี่ยนไปแล้วมีผลต่อค่า THD คือ %THD จะสูงขึ้น ถ้า Modulation Index และขนาดของแรงดันมูลฐานลดลง ซึ่งในการนำไปขับมอเตอร์ที่ความถี่ต่ำนี้ มอเตอร์ก็จะได้รับผลกระทบจากอาร์โมนิคอย่างชัดเจนเพราะขนาดของแรงดันมูลฐานลดลงต่ำมาก
3. ทำให้เรียนรู้ถึงปัญหา อุปสรรค การปรับแต่งและแก้ไข ทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โดยปัญหา ทางฮาร์ดแวร์ ที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดขึ้นขณะกำลังจ่ายภาระให้กับมอเตอร์ ซึ่งเป็นปัญหา จากการทำการหยุดมอเตอร์ โดยการหยุดจ่ายสัญญาณทริกแก่ IGBT ในขณะที่มอเตอร์ทำการหมุนที่ความเร็วพิกัด ทำให้พลังงานที่คืนกลับจากมอเตอร์ ถูกแปลงเป็นแรงดันและกระแส ไหลเข้าไปสู่ บัสของ DC Link ถ้ากระแสที่ไหลมีค่ามากพอ อาจทำให้ตัว IGBT หรือ Free Wheeling Diode ภายในเสียหายได้ รวมไปถึงปัญหาการช็อต Branch ที่เกิดขึ้นภายในชุด Power Switch ที่ใช้ IGBT ปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนอันเกิดจากการเดินสายไฟสัญญาณยาวเกินไป ปัญหาทางซอฟต์แวร์อันได้แก่ ข้อจำกัดทางการเขียนโปรแกรม ส่วนมากอยู่ที่ความสามารถของ CPU ที่ใช้ การมีรีจิสเตอร์ประมวลผลเพียงตัวเดียวคือ Accumulator ทำให้ต้องเพิ่มความเร็วในการประมวลผล ให้มากขึ้นไปอีก เพื่อให้ทำงานต่าง ๆ เสร็จเร็วขึ้น
4. สามารถนำแรงดันที่ได้จากชุดอินเวอร์เตอร์ไปขับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสได้ ตามความถี่ที่กำหนดไว้ตั้งแต่ 5Hz ถึง 50Hz ได้

ข้อผิดพลาดและการเสียหายของอุปกรณ์

จากการทดลองสร้าง ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะพบมากในส่วนของฮาร์ดแวร์ โดยสามารถให้ข้อสังเกต ถึงสาเหตุของข้อผิดพลาดและการเสียหายของอุปกรณ์ได้ดังนี้

1. ข้อผิดพลาดจากการลัดวงจร Branch ในสาขาเดียวกันของ IGBT จากการทดลองสร้าง แม้ว่าจะเผื่อเวลา Dead Time ออกไป 3 μ s หรือมากกว่าแล้วก็ตาม ก็พบว่ายังมีการลัดวงจรอยู่บ้างใน Branch เดียวกัน โดยตรวจพบ โดยการใช้ออสซิลโลสโคปวัดระหว่าง DC Link และ IGBT ซึ่งเป็นการลัดวงจรที่ไม่รุนแรง มี

ไม่ทราบว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไหลในช่วง 1-2 mA ทั้งที่ค่ากลางของ Dead Time ของ IGBT อยู่ที่ 2 μ S การแก้ไขจึงพยายามเปลี่ยนแปลง Ton และ Toff โดยการเปลี่ยนค่าความต้านทานที่ต่อกับขา GATE จนกระแสลัดวงจรที่ Branch อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แนวทางอื่นๆ อาจใช้ตัวต้านทานและตัวไดโอดต่อขนานกันและนำไปต่ออนุกรมระหว่าง Driver และ GATE เพื่อให้ Toff สั้นลง

2. การเสียหายของชุด Driver การเสียหายของ Driver เบอร์ IR1230 จะมีสาเหตุอยู่ 3 ประการคือ แรงดันแหล่งจ่ายสูงเกินไป, แรงดัน offset สูงกว่าพิกัดที่ 600V, การมีแรงดันสูงทะลุผ่าน GATE ทำให้กระแสไหลเข้าสู่ขาเอาต์พุทของไดรเวอร์ แรงดัน offset ที่แม้ว่าแรงดันที่ DC Link มีค่าน้อยกว่า 600V ก็ตามเมื่อนำไปขับมอเตอร์ แล้วเกิดภาวะที่การสวิตช์หยุดลงขณะที่มอเตอร์หมุน เมื่อพลังงานคืนกลับจากมอเตอร์สูงพอ และตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ มีค่าน้อยเกินไป หรือ ไม่ได้ถูกต้องอยู่ในระบบ offset voltage มีโอกาสสูงกว่าพิกัด อาจทำให้ DRIVER ชุดบน 3 ชุด Breakdown ได้

3. การทะลุของขา GATE ของ IGBT เกิดจากการ Breakdown ในชั้น Metal Oxide ภายใน IGBT อันเกิดจากการจ่ายแรงดันขับ GATE เกินกว่าพิกัดมาก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

;MAIN PROGRAM

;WITH 15000 BYTES LOOK UP TABLE MAKING

```

ORG C900H
MOV SP,#60H
CLR A
MOV 10H,A
MOV 11H,A
MOV 16H,A
MOV 17H,A
MOV 2FH,A
MOV 12H,#A0H
MOV 13H,#0FH
MOV 14H,#D0H
MOV 15H,#07H
MOV P2,#E0H
MOV R0,#E3H
MOV A,#90H
MOVX @R0,A
MOV P2,#E0H
MOV R0,#E0H
MOV R1,A
STRAT:MOV DPL,10H
MOV DPH,11H
MOV A,DPH
ADD A,#87H
MOV DPH,A
CLR A
MOVC A,@A+DPTR
MOV B,A
INC DPTR
CLR A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOVC A,@A+DPTR

LCALL GENIE

PUSH 08H

PUSH 09H

PUSH 0AH

PUSH 0BH

MOV DPL,12H

MOV DPH,13H

MOV A,DPH

MOV ADD,#87H

MOV DPH,A

CLR A

MOVC A,@A+DPTR

MOV B,A

INC DPTR

CLR A

MOVC A,@A+DPTR

LCALL GENIE

PUSH 08H

PUSH 09H

PUSH 0AH

PUSH 0BH

MOV DPL,14H

MOV DPH,15H

MOV A,DPH

MOV ADD,#87H

MOV DPH,A

CLR A

MOVC A,@A+DPTR

MOV B,A

INC DPTR

CLR A

MOVC A,@A+DPTR

LCALL GENIE

PUSH 08H

PUSH 09H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PUSH 0AH
 PUSH 0BH
 POP 7BH
 POP 7AH
 POP 79H
 POP 78H
 POP 77H
 POP 76H
 POP 75H
 POP 74H
 POP 73H
 POP 72H
 POP 71H
 POP 70H
 MOV DPL,16H
 MOV DPH,17H
 ANL 2FH,#C0H
 CJNE R1,#1EH,SX
 SX:MOV 7FH,C
 MOV A,#01H
 CJNE A,11H,X1
 MOV A,#F4H
 CJNE A,10H,X2
 X2:JC X3
 X4:LJMP BL_30
 X1:JNC X4
 X3:MOV A,#05H
 CJNE A,11H,X5
 MOV A,#DCH
 CJNE A,10H,X6
 X6:JC X7
 X8:LJMP PBL_90
 X5:JNC X8
 X7:MOV A,#09H
 CJNE A,11H,X9
 MOV A,#C4H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CJNE A,10H,X10
 X10:JC X11
 X12:LJMP PBL_90
 X9:JNC X12
 X11:MOV A,#0DH
 CJNE A,11H,X13
 MOV A,#ACH
 CJNE A,10H,X14
 X14:JC X15
 X16:LJMP PBL_210
 X13:JNC X16
 X15:MOV A,#11H
 CJNE A,11H,X17
 MOV A,#94H
 CJNE A,10H,X18
 X18:JC X19
 X20:LJMP PBL_270
 X17:JNC X20
 X19:MOV A,#15
 CJNE A,11H,X21
 MOV A,#7CH
 CJNE A,#10H,X22
 X22:JC X23
 X24:LJMP PBL_330
 X21:JNC X24
 X23:MOV A,#17H
 CJNE A,11H,X25
 MOV A,#70H
 CJNE A,10H,X26
 X26:JC X27
 X28:SETB 7EH
 LJMP BL_30
 X25:JNC X28
 X27:SJMP S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 PBL_90:MOV A,#03H
 CJNE A,11H,XP1
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,#E8H
CJNE A,10H,XP2
XP2:JC XP3
XP4:LJMP BL_90
XP1:JNC XP4
XP3:SETB 7EH
LJMP BL_90
PBL_150:MOV A,#07H
CJNE A,11H,XP5
MOV A,#D0H
CJNE A,10H,XP6
XP6:JNC XP7
XP8:LJMP BL_150
XP5:JC XP8
XP7:SETB 7EH
LJMP BL_150
PBL_210:MOV A,#0BH
CJNE A,11H,XP9
MOV A,#B8H
CJNE A,10H,XP10
XP10:JC XP11
XP12:LJMP BL_210
XP9:JNC XP12
XP11:SETB 7EH
LJMP BL_210
PBL_270:MOV A,#0FH
CJNE A,11H,XP13
MOV A,#A0H
CJNE A,10H,XP14
XP14:JNC XP15
XP16:LJMP BL_270
XP13:JC XP16
XP15:SETB 7EH
LJMP BL_270
PBL_330:MOV A,#13H
CJNE A,11H,XP17

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,#88H
CJNE A,10H,XP18
XP18:JC XP19
XP20:LJMP BL_330
XP17:JNC XP20
XP19:SETB 7EH
LJMP BL_330
BL_30:MOV 2AH,#AAH
LCALL WOFF
LCALL UW
MOV C,79H
MOV 52H,C
LCALL VU
MOV C,7AH
MOV 54H,C
LCALL VON
MOV A,2AH
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,7FH
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,23H
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,24H
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,29H
MOVX @DPTR,A
LJMP FIN
BL_90:MOV 2AH,#AAH
LCALL UOFF
LCALL WU
MOV C,7CH
MOV 52H,C

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCALL VW
MOV C,7BH
MOV 54H,C
LCALL VON
MOV A,2AH
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,7DH
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,26H
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,25H
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,29H
MOVX @DPTR,A
LJMP FIN
BL_150:MOV 2AH,#AAH
LCALL UOFF
LCALL VU
MOV C,7AH
MOV 52H,C
LCALL WV
MOV C,7DH
MOV 54H,C
LCALL WON
MOV A,2AH
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,7DH
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,24H
MOVX @DPTR,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแบบลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

INC DPTR
MOV A,27H
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,7CH
MOVX @DPTR,A
LJMP FIN
BL_210:MOV 2AH,#AAH

```

```

LCALL VOFF
LCALL UV
MOV C,78H
MOV 52H,C
LCALL WU
MOV C,7CH
MOV 54H,C
LCALL WON
MOV A,2AH
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,7EH
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,22H
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,26H
MOVX @DPTR,A

```

```

INC DPTR
MOV A,7CH
MOVX @DPTR,A
LJMP FIN

```

```
BL_270:MOV 2AH,#AAH
```

```

LCALL VOFF
LCALL WV
MOV C,7DH
MOV 52H,C

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCALL UW
MOV C,79H
MOV 54H,C
LCALL UON
MOV A,2AH
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,7EH
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,27H
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,23H
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,28H
MOVX @DPTR,A
LJMP FIN
BL_330:MOV 2AH,#AAH
LCALL WOFF
LCALL VW
MOV C,7BH
MOV 52H,A
LCALL UV
MOV C,78H
MOV 54H,A
LCALL UON
MOV A,2AH
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,7FH
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,25H
MOVX @DPTR,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

INC DPTR
MOV A,22H
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,28H
MOVX @DPTR,A
LJMP FIN

```

```
UOFF:MOV A,71H
```

```
CLR C
```

```
RRC A
```

```
JNZ S
```

```
MOV A,70H
```

```
RRC A
```

```
ADDC A,#00H
```

```
MOV 7DH,A
```

```
JB 7FH,T2
```

```
JB 7EH,X29
```

```
T2:MOV A,#08H
```

```
CLR C
```

```
SUBB A,7DH
```

```
JC X30
```

```
SETB 50H
```

```
MOV A,7DH
```

```
MOV B,#19H
```

```
MUL AB
```

```
SJMP X31
```

```
X30:MOV A,7DH
```

```
CPL A
```

```
INC A
```

```
X31:MOV 7DH,A
```

```
X29:RET
```

```
VOFF:MOV A,75H
```

```
CLR C
```

```
RRC A
```

```
JNZ S
```

```
MOV A,74H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

RRC,A
ADDC A,#00H
MOV 7EH,A
JB 7FH,T3
JB 7EH,X32
T3:MOV A,#08H
CLR C
SUBB A,7EH
JC X33
SETB 50H
MOV A,7EH
MOV B,#19H
MUL AB
SJMP X34
X33:MOV A,7EH
CPLA
INC A
X34:MOV 7EH,A
X32:RET
WOFF:MOV A,79H
CLR C
RRC A
JNZ S
MOV A,78H
RRC A
ADDC A,#00H
MOV 7FH,A
JB 7FH,T4
JB 7EH,X35
T4:MOV A,#08H
CLR C
SUBB A,7FH
JC X35
SETB 50H
MOV A,7FH
MOV B,#19H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MUL AB
 SJMP X37
 X36:MOV A,7FH
 CPL A
 INC A
 X37:MOV 7FH,A
 RET
 UON:MOV A,73H
 JZ X38H
 MOV A,72H
 JZ X39H
 CLR 57H
 SJMP X39H
 X38:MOV A,#08H
 CLR C
 SUBB A,72H
 JC X39
 SETB 56H
 MOV A,72H
 MOV B,#19H
 MUL AB
 SJMP X40
 X39:MOV A,72H
 CPL A
 INC A
 X40:MOV 28H,A
 RET

VON: MOV A,77H
 JZ X41
 MOV A,76H
 JZ X42
 CLR 57H
 SJMP X42
 X41:MOV A,#08H

CLR C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUBB A,76H
 JC X42
 SETB 56H
 MOV A,76H
 MOV B,#19H
 MUL AB
 SJMP X43
 X42:MOV A,76H
 CPL A
 INC A
 X43:MOV 29H,A
 RET
 WON:MOV A,7BH
 JZ X44
 MOV A,7AH
 JZ X45H
 CLR 57H
 SJMP X45
 X44:MOV A,#08H
 CLR C
 SUBB A,7AH
 JC X45H
 SETB 56H
 MOV A,7AH
 MOV B,#19H
 MUL AB
 SJMP X46
 X45:MOV A,7AH
 CPL A
 INC A
 X46:MOV 7CH,A
 RET
 UV:MOV A,70H
 CLR C
 SUBB A,74H
 MOV 22H,A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,71H
SUBB A,75H
CLR C
RRC A
JNZ S
MOV A,22H
RRC A
ADDC A,#00H
MOV 22H,A
MOV A,#08H
CLR C
SUBB A,22H
JC X47
SETB 78H
MOV A,22H
MOV B,#19H
MUL AB
SJMP X48
X47:MOV A,22H
CPL A
INC A
X48:MOV 22H,A
RET
UW:MOV A,70H
CLR C
SUBB A,78H
MOV 23H,A
MOV A,71H
SUBB A,79H
CLR C
RRC A
JNZ S
MOV A,23H
RRC A
ADDC A,#00H
MOV 23H,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOV A,#08H

CLR C

SUBB A,23H

JC X49

SETB 79H

MOV A,23H

MOV B,#19H

MUL AB

SJMP X50

X49:MOV A,23H

CPL A

INC A

X50:MOV 23H,A

RET

VU:MOV A,74H

CLR C

SUBB A,70H

MOV 24H,A

MOV A,75H

SUBB A,70H

MOV 24H,A

MOV A,75H

SUBB A,71H

CLR C

RRC A

JNZ S

MOV A,24H

RRC A

ADDC A,#00H

MOV 24H,A

MOV A,#08H

CLR C

SUBB A,24H

JC X51

SETB 7AH

MOV A,24H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV B,#19H
MUL AB
SJMP X52
X51:MOV A,24H
CPL A
INC A
X52:MOV 24H,A
RET
VW:MOV A,74H
CLR C
SUBB A,78H
MOV 25H,A
MOV A,75H
SUBB A,79H
CLR C
RRC A
JNZ S
MOV A,25H
RRC A
ADDC A,#00H
MOV 25H,A
MOV A,#08H
CLR C
SUBB A,25H
JC X53
SETB 7BH
MOV A,25H
MOV B,#19H
MUL AB
SJMP X54
X53:MOV A,25H
CPL A
INC A
X54:MOV 25H,A
RET
WU:MOV A,78H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CLR C
SUBB A,70H
MOV 26H,A
MOV A,79H
SUBB A,71H
CLR C
RRC A
JNZ S
MOV A,26H
RRC A
ADDC A,#00H
MOV 26H,A
MOV A,#08H
CLR C
SUBB A,26H
JC X55
SETB 7CH
MOV A,26H
MOV B,#19H
MUL AB
SJMP X56
X55:MOV A,26H
CPL A
INC A
X56:MOV 26H,A
RET
VW:MOV A,78H

```

```

CLR C
SUBB A,74H
MOV 27H,A
MOV A,79H
SUBB A,75H
CLR C
RRC A
JNZ S
MOV A,27H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

RRC A
ADDC A,#00H
MOV 27H,A
MOV A,#08H
CLR C
SUBB A,27H
JC X57
SETB 7DH
MOV A,27H
CPL A
INC A
X58:MOV 27H,A
RET
FIN:MOV A,10H
ADD A,#02H
MOV 10H,A
MOV A,11H
ADDC A,#00H
MOV 11H,A
CLR 7EH
MOV A,17H
CJNE A,11H,X59
MOV A,#70H
CJNE A,10H,X59
CLR A
MOV 10H,A
MOV 11H,A
SETB 7EH
X59:JC S
MOV A,12H
ADD A,#02H
MOV 12H,A
MOV A,13H
ADDC A,#00H
MOV 13H,A
MOV A,#17H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CJNE A,13H,X60
MOV A,#70H
CJNE A,12H,X60
CLR A
MOV 12H,A
MOV 13H,A
X60:JC S

```

```

MOV A,14H
ADD A,#02H
MOV 14H,A
MOV A,15H
ADDC A,#00H
MOV 15H,A
MOV A,#17H
CJNE A,15H,X61
MOV A,#70H
CJNE A,14H,X61
CLR A
MOV 14H,A
MOV 15H,A
X61:JC S

```

```

MOV A,16H
ADD A,#05H
MOV 16H,A
MOV A,17H
ADDC A,#00H
MOV 17H,A
MOV A,#3CH
CJNE A,17H,X62
MOV A,#8CH
CJNE A,16H,X63

```

```

X63:JC X64
X65:LJMP START
X62:JNC X65

```

```

X64:MOV A,#05H
MOV B,R1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MUL AB
MOV R6,A
MOV R7,B
CJNE R1,#1EH,DTC
DTC:JNC HF
LJMP CYC
HF:LJMP REVOLUTION

```

```

GENIE:MOV C,E7H

```

```

MOV 7FH,C

```

```

CLR E7H

```

```

MOV 22H,B

```

```

MOV B,R1

```

```

MUL AB

```

```

MOV 23H,A

```

```

MOV A,22H

```

```

MOV B,R1

```

```

MUL AB

```

```

MOV 22H,A

```

```

MOV A,23H

```

```

ADD A,B

```

```

MOV 23H,A

```

```

MOV A,22H

```

```

ADD A,#4DH

```

```

MOV 22H,A

```

```

MOV 2AH,A

```

```

MOV A,23H

```

```

ADDC A,#00H

```

```

MOV 23H,A

```

```

MOV 2BH,A

```

```

LCALL ETHAN

```

```

MOV A,#15H

```

```

ADD A,24H

```

```

JB 7FH,REV1

```

```

MOV 0AH,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีแบบสิ่งเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        SJMP NEXT_1
REV_1:MOV 08H,A
NEXT-1:MOV A,#01H
        ADDC A,25H
        JB 7FH,REV_2
        MOV 0BH,A
        SJMP NEXT_2
REV_2:MOV 09H,A
NEXT_2:MOV A,#16H
        ADD A,2AH
        MOV 22H,A
        CLR A
        ADDC A,2BH
        MOV 23H,A
        LCALL ETHAN
        MOV A,#16H
        SUBB A,24H
        JB 7FH,REV_3
        MOV 08H,A
        SJMP NEXT_3
REV_3:MOV 0AH,A
NEXT_3:MOV A,#01H
        SUBB A,25H
        JNC NX
        CLR A
        JB 7FH,DX
        MOV 08H,A
        MOV 09H,A
        SJMP NEXT_4
DX:MOV 0AH,A
        MOV 0BH,A
        SJMP NEXT_4
NX:JB 7FH,REV_4
        MOV 09H,A
        SJMP NEXT_4
REV_4:MOV 0BH,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนในหลักสูตรการศึกษานานาชาติเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีแบบลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NEXT_4:RET

ETHAN:MOV 24H,#00H

MOV 25H,#00H

LP:MOV A,23H

RL A

ADD A,24H

MOV 24H,A

CLR A

ADDC A,25H

MOV 25H,A

MOV B,#38H

MOV A,23H

MUL AB

ADD A,22H

MOV 22H,A

MAV A,B

ADDC A,#00H

MOV 23H,A

JNZ LP

MOV A,22H

MOV B,#64H

DIV AB

MOV 2CH,A

MOV A,B

CJNE A,#32H,X84

X84:JC X83

MOV A,2CH

ADD A,#01H

MOV 2CH,A

X85:MOV A,2CH

ADD A,24H

MOV 24H,A

MOV A,25H

ADDC A,#00H

MOV 25H,A

RET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

; REVOLUTION PROGRAM

ORG B600H

REVOLUTION:MOV IE,#85H

MOV TCON,#00H

MOV TMOD,#11H

MOV T2CON,#01H

MOV SP,#60H

MOV R4,#00H

MOV R5,#00H

MOV DPTR,#0000H

MOV 7AH,#38H

MOV 7BH,#18H

MOV 7CH,#28H

MOV 7DH,#8CH

MOV 7EH,#0CH

MOV 7FH,#88H

MOV 10H,#08H

MOV 28H,#A0H

MOV 27H,#A8H

MOV 12H,#E2H

MOV 13H,#04H

MOV 14H,#C4H

MOV 15H,#09H

MOV 25H,#38H

MOV 24H,#18H

MOV 26H,#28H

MOVX A,@DPTR

MOV 22H,A

INC DPTR

MOVX A,@DPTR

ADD A,#05H

MOV 08H,A

INC DPTR

MOVX A,@DPTR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV 0AH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,#17H
MOV 0CH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
MOV 0EH,A
MOV TL0,08H
MOV TL2,0CH
MOV A,#FFH
MOV TH0,A
MOV TH2,A
MOV P1,#1CH
SETB TR0
RETURN:LCALL LOOP_1
JNB TF0 S
MOV P1,#0CH
SETB TR2
MOVC A,@A+PC
MOV P1,#8CH
MOV 7AH,#A8H
MOV 7BH,#88H
MOV 7CH,#A0H
MOV 7D,#C4H
MOV 7EH,#84H
MOV 7FH,#C0H
MOV 11H,#80H
MOV 24H,#0CH
MOV 25H,#8CH
MOV 12H,#A6H
MOV 13H,#0EH
MOV 14H,88H
MOV 15H,#13H

```

```
LCALL TSIT_2
```

```
LCALL LOOP_2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CLR TR1
CLR TF1
MOV TL1,0AH
MOV TH1,#FFH
JNB TF0 $
MOV P1,#0CH
SETB TR1
MOVC A,@A+PC
MOV P1,#8CH
JNB TF1 $
MOV P1,#84H
SETB TR2
MOVC A,@A+PC
MOV P1,#C4H
MOV 7AH,#8CH
MOV 7BH,#0CH
MOV 7CH,#84H
MOV 7DH,#54H
MOV 7EH,#14H
MOV 7FH,#44H
MOV 10H,#04H
MOV 28H,#C0H
MOV 27H,#C4H
MOV 12H,#6AH
MOV 13H,#18H
MOV 14H,#4CH
MOV 15H,#1DH
LCALL TSIT_1
LCALL LOOP_1
JNB TF0 $
MOV P1,#14H
SETB TR2
MOVC A,@A+PC
MOV P1,#54H
MOV 7AH,#C4H
MOV 7BH,#44H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV 7CH,#C0H
MOV 7DH,#70H
MOV 7EH,#50H
MOV 7FH,#60H
MOV 11H,#40H
MOV 24H,#14H
MOV 25H,#54H
MOV 12H,#2EH
MOV 13H,#22H
MOV 14H,#10H
MOV 15H,#27H
LCALL TSIT_2
LCALL LOOP_2
CLR TR1
CLR TF1
MOV TL1,#0AH
MOV TH1,#FFH
JNB TF0 $
MOV P1,#14H
SETB TR1
MOVC A,@A+PC
MOV P1,#54H
JNB TF1 $
MOV P1,#50H
SETB TR2
MOVC A,@A+PC
MOV P1,#70H
MOV 7AH,#54H
MOV 7BH,#14H
MOV 7CH,#50H
MOV 7DH,#38H
MOV 7EH,#18H
MOV 7FH,#30H
MOV 10H,#10H
MOV 28H,#60H
MOV 27H,#70H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV 12H,#F2H
MOV 13H,#2BH
MOV 14H,#D4H
MOV 15H,#30H
ACALL TSIT_1
ACALL LOOP_1
JNB TF0 $
MOV P1,#18H
SETB TR2
MOVC A,@A+PC
MOV P1,#38H
MOV 7AH,#70H
MOV 7BH,#30H
MOV 7CH,#60H
MOV 7DH,#A8H
MOV 7EH,#28H
MOV 7FH,#A0H
MOV 11H,#20H
MOV 24H,#18H
MOV 25H,#38H
MOV 12H,#B6H
MOV 13H,#35H
MOV 14H,#98H
MOV 15H,#3AH
LCALL TSIT_2
LCALL LOOP_2
CLR TR1
CLR TF1
MOV TL1,0AH
MOV TH1,#FFH
JNB TF0 $
MOV P1,#18H
SETB TR1
MOVC A,@A+PC
MOV P1,#38H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV P1,#28H
SETB TR2
MOVC A,@A+PC
MOV P1,#A8H
CLR C
MOV A,R4
SUBB A,#98H
MOV R4,A
MOV A,R5
SUBB A,#3AH
MOV R5,A
MOV 7AH,#38H
MOV 7BH,#18H
MOV 7CH,#28H
MOV 7DH,#8CH
MOV 7EH,#0CH
MOV 7FH,#88H
MOV 10H,#08H
MOV 28H,#A0H
MOV 27H,#A8H
MOV 12H,#E2H
MOV 13H,#04H
MOV 14H,#C4H
MOV 15H,#09H
LCALL TSIT_1
LJMP RETURN

```

```

TSIT_1:MOV A,R6

```

```

ADD A,R4
MOV DPL,A
MOV R4,A
MOV A,R7
ADDC A,R5
MOV DPH,A
MOV R5,A

```

```

ANL TCON,#0FH

```

```

MOV TL1,#0EH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,#FFH
MOV TH1,A
JNB TF2 $
MOV P1,28H
SETB TR1
CLR TR2
CLR TF2
MOV P1,#0EH
MOV TL2,0CH
MOV TH2,A
JNB TF1 $
MOV P1,28H
SETB TR2
ANL TCON,#0FH
MOV P1,27H
MOV 25H,7AH
MOV 24H,7BH
MOV 26H,7CH
MOVX A,@DPTR
MOV 22H,A
INC DPTR
MOV TL1,08H
MOVX A,@DPTR
ADD A,#05H
MOV 08H,A
INC DPTR
MOV TL0,0AH
MOVX A,@DPTR
MOV 0AH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,#17H
MOV 0CH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
MOV 0EH,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,#FFH
MOV TH0,A
MOV TH1,A
JNB TF2 $
MOV P1,26H
SETB TR0
CLR TR2
CLR TF2
MOV P1,25H
JNB TF0 $
MOV P1,24H
SETB TR1
MOVC A,@A+PC
MOV P1,#1CH
CLR TR0
CLR TF0
MOV TL0,08H
MOV TL2,0CH
MOV A,#FFH
MOV TH0,A
MOV TH2,A
JNB TF1 $
CLR TR1
CLR TF1
SETB TR0
RET
TSIT_2:ANL TCON,#0FH

```

```
MOV TL1,0CH
```

```
MOV TL0,0EH
```

```
MOV A,#FFH
```

```
MOV TH0,A
```

```
MOV TH1,A
```

```
MOV 27H,7AH
```

```
MOV 26H,7BH
```

```
MOV 28H,7CH
```

```
JNB TF2 $
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV P1,26H
SETB TR1
MOVC A,@A+PC
MOV P1,27H
JNB TF1 S
MOV P1,28H
SETB TR0
MOVC A,@A+PC
MOV P1,#0EH
CLR TR1
CLR TF1
MOV TL1,0CH
MOV TH1,#FFH
JNB TF0 S
MOV P1,28H
SETB TR1
MOVC A,@A+PC
MOV P1,27H
CLR TR2
CLR TF2
MOV A,0AH
ADD A,#19H
MOV TL2,A
MOV TH2,#FFH
JNB TF1 S
MOV P1,26H
SETB TR2
MOVC A,@A+PC
MOV P1,25H
MOV A,R6
ADD A,R4
MOV DPL,A
MOV R4,A
MOV A,R7
ADDC A,R5
MOV DPH,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV R5,A
MOVX A,@DPTR
MOV 22H,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
MOV 2AH,A
ADD A,09H
CPL A
INC A
MOV 08H,A
CLR 7EH
MOV 09H,2AH
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,#1AH
MOV 0AH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
MOV 0CH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,#0AH
MOV 0EH,A
JNB TF2 $
CLR TR2
CLR TF2
MOV TL2,0AH
MOV TH2,#FFH
CLR TR0
CLR TF0
RET

```

```

;*****

```

```

;LOOP_1 PROGRAM

```

```

;#BASE_1,2,3 equals ZER_1,2,3 address respectively

```

```

;*****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 LOOP_1:JB 12H,SM_1
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

ONE_1:MOV A,10H
      JNB TF0 S
      MOV P1,24H
      MOV P1,A
      NOP          ;state 3 started
      MOV A,27H
      MOV P1,26H
      MOV P1,A
      SETB TR2     ;set timer later 6 MCS
      LJMP LINE_1
      NOP
      NOP
TWO_1:JNB TF0 S
      MOV P1,24H
      MOV P1,10H
      NOP          ;state 3 started
      MOV P1,26H
      MOV P1,27H
      SETB TR2
      LJMP LINE_1
      NOP
      NOP
      NOP
      NOP
THR_1:JNB TF0 S
      MOV P1,24H
      NOP
      MOV P1,10H
      MOV P1,26H   ;state 3 started
      NOP
      MOV P1,27H
      SETB TR2
      LJMP LINE_1
      NOP
      NOP

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

FOU_1:JNB TF0 $
    MOV P1,24H
    NOP
    MOV A,26H
    MOV P1,10H
    MOV P1,A    ;state 3 started
    MOVC A,@A+PC
    MOV P1,27H
    SETB TR2
    LJMP LINE_1
    NOP
    NOP

```

```

FIV_1:JNB TF0 $
    MOV P1,24H
    MOVC A,@A+PC
    NOP
    MOV P1,26H
    MOVC A,@A+PC
    NOP
    MOV P1,27H
    SETB TR2
    LJMP LINE_1
    NOP
    NOP
    NOP
    NOP

```

```

SIX_1:JNB TF0 $
    MOV P1,24H
    MOVC A,@A+PC
    MOV A,26H
    MOV P1,25H
    MOV P1,A
    MOVC A,@A+PC
    NOP

```

```

MOV P1,27H

```

```

SETB TR2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LJMP LINE_1
NOP
SEV_1:JNB TF0 $
MOV P1,24H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,25H
MOV P1,26H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,27H
SETB TR2
LJMP LINE_1
NOP
EIG_1:JNB TF0 $
MOV P1,24H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,25H
NOP
MOV P1,26H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,27H
SETB TR2
LJMP LINE_1
LINE_1:ANL TCON,#0FH
MOV A,R6
MOV A,R4
MOV DPL,A
MOV R4,A
MOV A,R7
ADDC A,R5
MOV DPH,A
MOV R5,A
MOV A,12H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SUBB A,R4
MOV A,13H
SUBB A,R5
JC ISM_1
PUSH 7AH
PUSH 7BH
PUSH 7CH
SJMP OSM_1
ISM_1:PUSH 7DH
      PUSH 7EH
      PUSH 7FH
OSM_1:CLR C
      MOV A,14H
      SUBB A,R4
      MOV A,15H
      SUBB A,R5
      MOV 7FH,C
      MOV A,#FFH
      MOV TH1,A
      JNB TF2 $
      CLR TR2
      CLR TF2
      MOV TH2,A
      MOV TL2,0CH
      JB 16H,SM_2
      MOV A,0EH
      ADD A,#04H
      MOV TL1,A
      MOVC A,@A+PC
      NOP
      MOV P1,28H
      SETB TR1      ;set timer lates 1 MCS
      NOP
      MOV A,28H
      MOV P1,#0EH
      JNB TF1 $

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV P1,A
SETB TR2
MOVC A,@A+PC
MOV P1,27H
LJMP LINE_2
SM_2:MOV A,0EH
MOV DPTR,#BASE_2
JMP @A+DPTR

```

```
ZER_2:NOP
```

```
MOV P1,27H
```

```
SETB TR2
```

```
LJMP LINE_2
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
ONE_2:MOV A,27H
```

```
MOV P1,28H
```

```
MOV P1,A
```

```
SETB TR2
```

```
LJMP LINE_2
```

```
NOP
```

```
NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

TWO_2:NOP

MOV P1,28H

MOV P1,27H

SETB TR2

LJMP LINE_2

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

THR_2:NOP

MOV P1,28H

NOP

MOV P1,27H

SETB TR2

LJMP LINE_2

NOP

NOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

FOU_2:NOP

MOV P1,28H

MOVC A,@A+PC

MOV P1,27H

SETB TR2

LJMP LINE_2

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

FIV_2:NOP

MOV P1,28H

MOVC A,@A+PC

NOP

MOV P1,27H

SETB TR2

LJMP LINE_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ **NOP** ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
SIX_2:NOP
MOV P1,28H
MOVC A,@A+PC
MOV A,28H
MOV P1,#0EH
MOV P1,A
SETB TR2
MOVC A,@A+PC
MOV P1,27H
LJMP LINE_2
NOP
NOP
NOP
NOP
SEV_2:NOP
MOV P1,28H
NOP
MOVC A,@A+PC
MOV P1,#0EH
MOV P1,28H
SETB TR2
MOVC A,@A+PC
MOV P1,27H
LJMP LINE_2
NOP
NOP

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NOP
NOP
EIG_2:NOP
MOV P1,28H
NOP
MOVC A,@A+PC
MOV P1,#0EH
NOP
MOV P1,28H
SETB TR2
MOVC A,@A+PC
MOV P1,27H
LINE_2:MOV DPL,R4
MOV DPH,R5
JNB 7FH,CROSS_1
LJMP TERM_1
CROSS_1:ANL TCON,#0FH
MOVX A,@DPTR
MOV 2BH,A
INC DPTR
MOV A,08H
ADD A,#03H
MOV TL1,A
MOVX A,@DPTR
ADD A,#05H
MOV 08H,A
INC DPTR
MOV A,0AH
MOV 0BH,A
ADD A,#04H
MOV TL0,A
MOVX A,@DPT
MOV 0AH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV 0CH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
MOV 0EH,A
JNB TF2 S
MOV A,#FFH
MOV TH0,A
MOV TH1,A
CLR TR2
CLR TF2
MOV TH2,#FFH
MOV TL2,0CH
JB 12H,SM_3
MOVC A,@A+PC
MUL AB
NOP
MOV P1,26H
SETB TR0
MOV A,24H
NOP
MOV P1,25H
JNB TF0 S
MOV P1,A
CLR TR0
CLR TF0
NOP
MOV P1,#1CH
SETB TR1
MOV 22H,2BH
MOV TL0,08H
MOV TH0,#FFH
POP 26H
POP 24H
JNB TF1 S
SETB TR0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ **POP 25H** เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CLR TR1
CLR TF1
LJMP LOOP_1
SM_3:MOV A,0BH
MOV DPTR,#BASE_3
JMP @A+DPTR
ZER_3:MOVC A,@A+PC
MOV P1,10H
MOVC A,@A+PC ;state 7 started
NOP
MOV P1,#1CH
SETB TR1 ;set timer lates 6 MCS
LJMP LINE_3
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
ONE_3:NOP
MOV A,10H
MOV P1,26H
MOV P1,A
NOP ;state 7 started
MOV A,#1CH
MOV P1,24H
MOV P1,A
SETB TR1 ;set timer lates 6 MCS
LJMP LINE_3
NOP

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NOP
NOP
NOP
TWO_3:MOV C A,@A+PC
MOV P1,26H
MOV P1,10H
NOP ;state 7 started
MOV P1,24H
MOV P1,#1CH
SETB TR1
LJMP LINE_3

```

```

NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
THR_3:MOV C A,@A+PC
MOV P1,26H
NOP
MOV P1,10H
MOV P1,24H ;state 7 started
NOP
MOV P1,#1CH
SETB TR1
LJMP LINE_3

```

```

NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
FOU_3:MOV C A,@A+PC
MOV P1,26H
NOP
MOV A,24H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ MOV P1,10H เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV P1,A      ;state 7 started
MOVC A,@A+PC
MOV P1,#1CH
SETB TR1
LJMP LINE_3
NOP
NOP
NOP
NOP

```

```
FIV_3:MOVC A,@A+PC
```

```

MOV P1,26H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,24H
MOVC A,@A+PC ;state 7 started
NOP
MOV P1,#1CH
SETB TR1
LJMP LINE_3
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP

```

```
SIX_3:MOVC A,@A+PC
```

```

MOV P1,26H
MOVC A,@A+PC
MOV A,24H
MOV P1,25H
MOV P1,A
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,#1CH
SETB TR1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ LAMP ที่ใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NOP
NOP
NOP
SEV_3:MOVC A,@A+PC
MOV P1,26H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,25H
MOV P1,24H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,#1CH
SETB TR1
LJMP LINE_3
NOP
NOP
NOP
EIG_3:MOVC A,@A+PC
MOV P1,26H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,25H
NOP
MOV P1,24H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,#1CH
SETB TR1
LINE_3:MOV 22H,2BH
MOV TL0,08H
POP 26H
POP 24H
JNB TF1 $
SETB TR0
POP 25H
CLR TR1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CLR TF1
LJMP LOOP_1
TERM_1:ANL TCON,#0FH
INC DPTR
MOV A,08H
ADD A,#03H
MOV TL1,A
MOVX A,@DPTR
MOV 09H,A
CPL A
INC A
ADD A,#05H
MOV 08H,A
INC DPTR
MOV A,0AH
ADD A,#04H
MOV TL0,A
MOVX A,@DPTR
ADD A,#05H
MOV 0AH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,#05H
MOV 0CH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,#05H
MOV 0EH,A
JNB TF2 $
MOV A,#FFH
MOV TH0,A
MOV TH1,A
CLR TR2
CLR TF2
MOV TH2,A
MOV TL2,0AH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,@A+PC
MUL AB
MUL AB
MOV P1,26H
SETB TR0
MOV A,24H
NOP
MOV P1,25H
JNB TF0 S
MOV P1,A
CLR TR0
CLR TF0
NOP
MOV P1,#1CH
SETB TR1
MOV 22H,2BH
MOV TL0,08H
MOV TH0,#FFH
POP 26H
POP 24H
JNB TF1 S
SETB TR0
POP 25H
RET
LOOP_2:JB 7EH,SM_4
MOV A,08H
ADD A,#04H
MOV TL0,A
MOV TH0,#FFH
NOP
MOV P1,24H
SETB TR0
NOP
MOV A,24H
MOV P1,#1CH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ JNB TF0 S เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV P1,A
SETB TR2
MOVC A,@A+PC
MOV P1,25H
LJMP LINE_4
SM_4:MOV A,08H
MOV DPTR,#BASE_4
JMP @A+DPTR
ZER_4:NOP

```

```

MOV P1,25H
SETB TR2
LJMP LINE_4

```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
ONE_4:MOV A,25H
```

```
MOV P1,24H
```

```
MOV P1,A
```

```
SETB TR2
```

```
LJMP LINE_4
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

TWO_4:NOP

MOV P1,24H

MOV P1,25H

SETB TR2

LJMP LINE_4

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

THR_4:NOP

MOV P1,24H

NOP

MOV P1,25H

SETB TR2

LJMP LINE_4

NOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ **NOP** ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

FOU_4:NOP

MOV P1,24H

MOVC A,@A+PC

MOV P1,25H

SETB TR2

LJMP LINE_4

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

FIV_4:NOP

MOV P1,24H

MOVC A,@A+PC

NOP

MOV P1,25H

SETB TR2

LJMP LINE_4

NOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOP
 NOP
 NOP
 NOP
 NOP
 NOP
 NOP
 NOP
 NOP
 NOP
 NOP
 NOP
 NOP
 NOP
 NOP
 NOP

SIX_4:NOP

MOV P1,24H
 MOVC A,@A+PC
 MOV A,24H
 MOV P1,#1CH
 MOV P1,A
 SETB TR2
 MOVC A,@A+PC
 MOV P1,25H
 LJMP LINE_4
 NOP
 NOP
 NOP
 NOP
 SEV_4:NOP

MOV P1,24H
 MOVC A,@A+PC
 NOP
 MOV P1,#1CH
 MOV P1,24H
 SETB TR2
 MOV A,@A+PC
 MOV P1,25H
 LJMP LINE_4

NOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NOP
NOP
EIG_4:NOP
MOV P1,24H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,#1CH
NOP
MOV P1,24H
SETB TR2
MOVC A,@A+PC
MOV P1,25H
LJMP LINE_4
LINE_4:ANL TCON,#0FH
MOV TL0,0EH
MOV A,12H
SUBB A,R4
MOV A,13H
SUBB A,R5
JC ISM_2
MOV 27H,7AH
MOV 26H,7BH
MOV 28H,7CH
SJMP OSM_2
ISM_2:MOV 27H,7DH
MOV 26H,7EH
MOV 28H,7FH
OSM_2:CLR C
MOV A,R6
ADD A,R4
MOV DPL,A
MOV R4,A
MOV A,R7
ADDC A,R5
MOV DPH,A
MOV R5,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,#FFH
MOV TH0,A
JNB TH2 $
CLR TR2
CLR TF2
MOV TH1,A
MOV TH2,A
MOV TL2,0AH
MOV A,14H
SUBB A,R4
MOV A,15H
SUBB A,R5
MOV 7FH,C
SETB 7EH
JB 14H,SM_5
MOV A,0CH
ADD A,#04H
MOV TL1,A
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,26H
SETB TR1
NOP
MOV A,28H
MOV P1,27H
JNB TF1 $
MOV P1,A
CLR TR1
CLR TF1
NOP
MOV P1,#E0H
SETB TR0
MOV A,0CH
ADD A,#04H
MOV TL1,A
MOV TH1,#FFH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LJMP LINE_5
SM_5:MOV A,0CH
      MOV DPTR,#BASE_5
      JMP @A+DPTR
ZER_5:NOP
      MOV P1,11H
      MOVC A,@A+PC
      NOP
      MOV P1,#E0H
      SETB TR0
      LJMP ZER_6
      NOP
      NOP
      NOP
      NOP
      NOP
      NOP
      NOP
      NOP
      NOP
      NOP
      NOP
      ONE_5:MOV A,11H
           MOV P1,26H
           MOV P1,A
           NOP
           MOV A,#E0H
           MOV P1,28H
           MOV P1,A
           SETB TR0
           LJMP ONE_6
           NOP
           NOP
           NOP
           NOP

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TWO_5:NOP

MOV P1,26H
 MOV P1,11H
 NOP
 MOV P1,28H
 MOV P1,#E0H
 SETB TR0
 LJMP TWO_6

NOP
 NOP
 NOP

NOP
 NOP
 NOP

THR_5:NOP

MOV P1,26H
 NOP
 MOV P1,11H
 MOV P1,28H
 NOP
 MOV P1,#E0H
 SETB TR0
 LJMP THR_6

NOP
 NOP
 NOP

NOP
 NOP

FOU_5:NOP

MOV P1,26H
 NOP
 MOV A,28H
 MOV P1,11H
 MOV P1,A

MOVC A,@A+PC
 MOV P1,#E0H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SETB TR0
LJMP FOU_6
NOP
NOP
NOP
NOP
FIV_5:NOP

```

```

MOV P1,26H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,28H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,#E0H
SETB TR0
LJMP FIV_6
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP

```

```

SIX_5:NOP
MOV P1,26H
MOVC A,@A+PC
MOV A,28H

```

```

MOV P1,27H
MOV P1,A
MOVC A,@A+PC

```

```

NOP
MOV P1,#E0H
SETB TR0
LJMP SIX_6
NOP

```

```

NOP
NOP

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SEV_5:NOP
      MOV P1,26H
      MOVC A,@A+PC
      NOP
      MOV P1,27H
      MOV P1,28H
      MOVC A,@A+PC
      NOP
      MOV P1,#E0H
      SETB TR0
      LJMP SEV_6

```

```

      NOP
      NOP
      NOP
      EIG_5:NOP
      MOV P1,26H
      MOVC A,@A+PC
      NOP
      MOV P1,27H
      NOP
      MOV P1,28H
      MOVC A,@A+PC
      NOP
      MOV P1,#E0H
      SETB TR0
      LJMP EIG_6

```

```

LINE_5:JNB TF0 S
      MOV P1,28H
      SETB TR1
      NOP
      MOV A,26H
      MOV P1,27H
      JNB TF1 S
      MOV P1,A
      MOVC A,@A+PC

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV P1,25H
SETB TR2
LJMP LINE_6
ZER_6:JNB TF0 $
MOV P1,11H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,25H
SETB TR2
LJMP LINE_6

```

```

ONE_6:MOV A,11H
JNB TF0 $
MOV P1,28H
MOV P1,A
NOP
MOV A,25H
MOV P1,26H
MOV P1,A
SETB TR2
LJMP LINE_6

```

```

TWO_6:JNB TF0 $
MOV P1,28H
MOV P1,11H
NOP
MOV P1,26H
MOV P1,25H
SETB TR2
LJMP LINE_6

```

```

THR_6:JNB TF0 $
MOV P1,28H
NOP
MOV P1,11H
MOV P1,26H
MOV P1,25H
SETB TR2

```

```
LJMP LINE_6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

FOU_6:JNB TF0 $
    MOV P1,28H
    NOP
    MOV A,26H
    MOV P1,11H
    MOV P1,A
    MOVC A,@A+PC
    MOV P1,25H
    SETB TR2
    LJMP LINE_6

```

```

FIV_6:JNB TF0 $
    MOV P1,28H
    MOVC A,@A+PC
    NOP
    MOV P1,26H
    MOVC A,@A+PC
    NOP
    MOV P1,25H
    SETB TR2
    LJMP LINE_6

```

```

SIX_6:JNB TF0 $
    MOV P1,28H
    MOVC A,@A+PC
    MOV A,26H
    MOV P1,27H
    MOV P1,A
    MOVC A,@A+PC
    NOP
    MOV P1,25H
    SETB TR2
    LJMP LINE_6

```

```

SEV_6:JNB TF0 $
    MOV P1,28H
    MOVC A,@A+PC
    NOP
    MOV P1,27H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV P1,26H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,25H
SETB TR2
LJMP LINE_6
EIG_6:JNB TF0 S
MOV P1,28H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,27H
NOP
MOV P1,26H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,25H
SETB TR2
LJMP LINE_6
LINE_6:MOV DPL,R4
MOV DPH,R5
ANL TCON,#0FH
JNB 7EH,CROSS_2
LJMP TERM_2
CROSS_2:MOVX A,@DPTR
MOV 22H,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
MOV 2AH,A
ADD A,09H
CJNE A,#09H,XA
XA:JNC XB
MOV B,#19H
MUL AB
MOV 08H,A
SJMP XC
XB:CPL A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

INC A
MOV 08H,A
CLR 7FH
XC:MOV 09H,2AH
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,#1AH
MOV 0AH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
MOV 0CH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,#0AH
MOV 0EH,A
JNB TF2 S
CLR TR2
CLR TF2
MOV TL2,0AH
MOV TH2,#FFH
LJMP LOOP_2
TERM_2:INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,#05H
MOV 08H,A
MOV TL0,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,#05H
MOV 0AH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,#05H
MOV 0CH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ADD A,#05H
MOV 0EH,A
JNB TF2 $
CLR TR2
CLR TF2
MOV TL2,0CH
MOV A,#FFH
MOV TH0,A
MOV TH1,A
MOV TH2,A
MOV A,09H
CPL A
INC A
ADD A,#04H
MOV TL1,A
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,24H
SETB TR1
MOVC A,@A+PC
MOV P1,#1CH
JNB TF1 $
NOP
SETB TR0
RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ORG D500H
LOOP3:ANL TCON ,#0FH
      JNB TF2 S
      ANL T2CON,#7BH
      MOV TL2,0EH
      MOV TH2,0FH
      JB 12H,SMA
      MOV A,0CH
      ADD A,#05H
      MOV TL1,A
      MOV TH1,#FFH
      MOV A,0AH
      ADD A,#04H
      MOV TL0,A
      MOV TH0,#FFH
      NOP
      MOV P1,24H
      SETB TR0
      MOV A,26H
      NOP
      MOV P1,25H
      JNB TF0 S
      MOV P1,A
      SETB TR1
      MOVC A,@A+PC
      MOV P1,27H
      LJMP KEEP1
SMA:MOV A,0CH
      ADD A,#0AH
      MOV TL1,A
      MOV TH1,#FFH
      MOV A,0AH
      MOV DPTR,#AZER
      JMP @A+DPTR

```

```
KEEP1:JNB TF1 S
```

```
MOV P1,28H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV C,@A+PC
NOP
MOV P1,#E0H
SETB TR2
MOV A,R6
ADD A,R4
MOV DPL,A
MOV R4,A
MOV A,R7
ADDC A,R5
MOV DPH,A
MOV R5,A
MOV A,12H
SUBB A,R4
MOV A,13H
SUBB A,R5
JC ISMA
PUSH 7AH
PUSH 7BH
PUSH 7CH
SJMP OSM
ISMA:PUSH 7DH
PUSH 7EH
PUSH 7FH
OSMA:CLR C
MOV A,14H
SUBB A,R4
MOV A,15H
SUBB A,R5
MOV 7FH,C
MOVX A,@DPTR
MOV 2AH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,#18H
MOV 09H,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

INC DPTR
MOVX A,@DPTR
MOV 0BH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
MOV 0DH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,#1CH
MOV 0EH,A
MOV A,#FEH
ADDC A,#00H
MOV C,57H
ADDC A,#00H
MOV 0FH,A
ANL TCON,#0FH
JNB TF2 $
ANL T2CON,#7BH
MOV TL2,08H
MOV TH2,#FFH
MOV A,0CH
ADD A,#05H
MOV TL1,A
MOV TH1,#FFH
JB 12H,SMD
MOV A,0AH
ADD A,#05H
MOV TL0,A
MOV TH0,#FFH
MOV P1,28H
SETB TR1
MOVC A,@A+PC
MOV P1,27H
JNB TF1 $
MOV P1,26H
SETB TR0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV C A,@A+PC
MOV P1,25H
JNB TF0 $
MOV P1,25H
JNB TF0 $
MOV P1,24H
MOV C A,@A+PC
NOP
MOV P1,#1CH
SETB TR2
LJMP DEP1
SMB:MOV A,0AH
MOV DPTR,#BZER
NOP
NOP
MOV P1,28H
SETB TR1
NOP
NOP
MOV P1,27H
JMP @A+DPTR
DEP1:MOV 22H,2AH
MOV 08H,09H
MOV 0AH,0BH
MOV 0CH,0DH
POP 26H
POP 24H
POP 25H
JNB 7FH,MRC
RET
MRC:JNB TF2 $
CLR TR2
CLR TF2
MOV TL2,08H
MOV TH2,#FFH
MUL AB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MUL AB
NOP
NOP
SETB TR2
LJMP LOOP3

```

```

ORG D900H
LOOP4:ANL TCON,#0FH

```

```

JNB TF2 $
ANL T2CON,#7BH
MOV TL2,0EH
MOV TH2,0FH
MOV A,0AH
ADD A,#05H
MOV TL0,A
MOV TH0,#FFH
JB 14H,SMC
MOV A,0CH
ADD A,#04H
MOV TL1,A
MOV TH1,#FFH
NOP
MOV P1,24H
SETB TR0
MOVC A,@A+PC
MOV P1,25H
JNB TF0 $
MOV P1,26H
SETB TR1
MOV A,28H
NOP
MOV P1,27H
JNB TF1 $
MOV P1,A
MOVC A,@A+PC

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NOP
MOV P1,#E0H
SETB TR2
LJMP KEEP2
SMC:MOV A,0CH
MOV DPTR,#CZER
NOP
NOP
NOP
MOV P1,24H
SETB TR2
NOP
NOP
MOV P1,25H
MOV A,12H
SUBB A,R4
MOV A,13H
SUBB A,R5
JC ISMB
MOV 27H,7AH
MOV 26H,7BH
MOV 28H,7CH
SJMP OSMB
ISMB:MOV 26H,7DH
MOV 27H,7EH
MOV 28H,7FH
CLR C
MOV A,R6
ADD A,R4
MOV DPL,A
MOV R4,A
MOV A,R7
MOVC A,R5
MOV DPH,A
MOV R5,A
CLR C

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,14H
SUBB A,R4
SUBB A,R5
MOV 7FH,C
MOVX A,@DPTR
MOV 2AH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
MOV 0BH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
MOV 0DH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,#1CH
MOV 0EH,A
MOV A,#FEH
ADDC A,#00H
MOV C,57H
ADDC A,#00H
MOV 0FH,A
ANL TCON,#0FH
JNB TF2 $
ANL T2CON,#7BH
MOV TL2,08H
MOV TH2,#FFH
JB 14H,SMD
MOV A,0AH
ADD A,#05H
MOV TL0,A
MOV TH0,#FFH
MOV A,0CH
ADDC A,#04H
MOV TL1,A
MOV TH1,#FFH
MOV P1,28H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SETB TR1
MOV A,26H
NOP
MOV P1,27H
JNB TF1 $
MOV P1,A
SETB TR0
MOVC A,@A+PC
MOV P1,25H
JNB TF0 $
MOV P1,24H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,#1CH
SETB TR2
LJMP DEP2
SMD:MOV A,0AH
ADD A,#0AH
MOV TL0,A
MOV TH0,#FFH
MOV A,0CH
MOV DPTR,#DZER
JMP @A+DPTR
PDEP:JNB TF0 $
MOV P1,24H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,1CH
SETB TR2
DEP2:MOV 22H,2AH
MOV 08H,09H
MOV 0AH,0BH
MOV 0CH,0DH
JB 7FH,CIR
RET
CIR:JNB TF2 $

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CLR TR2
CLR TF2
MOV TL2,08H
MOV TH2,#FFH
MUL AB
MUL AB
NOP
NOP
SETB TR2
LJMP LOOP4

```

```

*****

```

```

CYC PROGRAM

```

```

*****

```

```

ORG DC00H

```

```

CYC:MOV IE,#85H

```

```

MOV TCON,#00H

```

```

MOV TMOD,#11H

```

```

MOV T2CON,#01H

```

```

MOV SP,#60H

```

```

MOV R4,#00H

```

```

MOV R5,#00H

```

```

MOV DPTR,#0000H

```

```

MOV 7AH,#38H

```

```

MOV 7BH,#18H

```

```

MOV 7CH,#28H

```

```

MOV 7DH,#8CH

```

```

MOV 7EH,#0CH

```

```

MOV 7FH,#88H

```

```

MOV 10H,#08H

```

```

MOV 28H,#A0H

```

```

MOV 27H,#A8H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV 12H,#E2H
MOV 13H,#04H
MOV 14H,#C4H
MOV 15H,#09H
MOV 25H,#38H
MOV 24H,#18H
MOV 26H,#28H
MOVX A,@DPTR
MOV 22H,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,18H
MOV 08H,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
MOV 0AH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
MOV 0CH,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,#1CH
MOV 0EH,A
MOV A,#FEH
MOV C,17H
ADDC A,#00H
MOV 0FH,A
MOV TL2,08H
MOV TH2,#FFH
MOV P1,1CH
BEG:LCALL LOOP3
MOV 7AH,#A8H
MOV 7BH,#88H
MOV 7CH,#A0H
MOV 7DH,#C4H
MOV 7EH,#84H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV 7FH,#C0H
MOV 11H,#80H
MOV 24H,#0CH
MOV 25H,#8CH
JNB TF2 $
CLR TR2
CLR TF2
MOV TL2,08H
MOV TH2,#FFH
MOV 12H,#A6H
MOV 13H,#0EH
MOV 14H,#88H
MOV 15H,#13H
SETB TR2
LJMP LOOP4
MOV 7AH,#8CH
MOV 7BH,#0CH
MOV 7CH,#84H
MOV 7DH,#54H
MOV 7EH,#14H
MOV 7FH,#44H
MOV 10H,#04H
MOV 28H,#C0H
MOV 27H,#C4H
JNB TF2 $
CLR TR2
CLR TF2
MOV TL2,08H
MOV TH2,#FFH
MOV 12H,0AH
MOV 13H,#18H
MOV 14H,#4CH
MOV 15H,#1DH
SETB TR2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV 7BH,#44H
MOV 7CH,#C0H
MOV 7DH,#70H
MOV 7EH,#50H
MOV 7FH,#60H
MOV 11H,#40H
MOV 24H,#14H
MOV 25H,#54H
JNB TF2 $
CLR TR2
CLR TF2
MOV TL2,08H
MOV TH2,#FFH
MOV 12H,#2EH
MOV 13H,#22H
MOV 14H,#10H
MOV 15H,#27H
SETB TR2
LCALL LOOP4
MOV 7AH,#54H
MOV 7BH,#14H
MOV 7CH,#50H
MOV 7DH,#38H
MOV 7EH,#18H
MOV 7FH,#30H
MOV 10H,#10H
MOV 28H,#60H
MOV 27H,#70H
JNB TF2 $
CLR TR2
CLR TF2
MOV TL2,08H
MOV TH2,#FFH
MOV 12H,#F2H
MOV 13H,#2BH
MOV 14H,#D4H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV 15H,#30H
SETB TR2
LCALL LOOP3
MOV 7AH,#70H
MOV 7BH,#30H
MOV 7CH,#60H
MOV 7DH,#A8H
MOV 7EH,#28H
MOV 7FH,#A0H
MOV 11H,#20H
MOV 24H,#18H
MOV 25H,#38H
JNB TF2 $
CLR TR2
CLR TF2
MOV TL2,08H
MOV TH2,#FFH
MOV 12H,#B6H
MOV 13H,#35H
MOV 14H,#98H
MOV 15H,#3AH
SETB TR2
LCALL LOOP4
MOV 7AH,#38H
MOV 7BH,#18H
MOV 7CH,#28H
MOV 7DH,#8CH
MOV 7EH,#0CH
MOV 7FH,#88H
MOV 10H,#08H
MOV 28H,#A0H
MOV 27H,#A8H
JNB TF2 $
CLR TR2
CLR TF2
MOV TL2,08H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV TH2,#FFH
MOV 12H,#E2H
MOV 13H,#04H
MOV 14H,#C4H
MOV 15H,#09H
SETB TR2
CLR C
MOV A,R4
SUBB A,#98H
MOV R4,A
MOV A,R5
SUBB A,#3AH
MOV R5,A
AJMP BEG

```

```

*****
ORG D000H
AZER:NOP
MOV P1,10H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,27H
SETB TR1
LJMP KEEP1

```

```

ORG D019H
AONE:MOV A,10H
MOV P1,24H
MOV P1,A
NOP
MOV A,27H
MOV P1,26H
MOV P1,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในเครื่องเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LJMP KEEP1
ORG D032H
ATWO:NOP
MOV P1,24H
MOV P1,10H
NOP
MOV P1,27H
SETB TR1
LJMP KEEP1
ORG D04BH
ATHR:NOP
MOV P1,24H
NOP
MOV P1,10H
MOV P1,26H
NOP
MOV P1,27H
SETB TR1
LJMP KEEP1
ORG D064H
AFOU:NOP
MOV P1,24H
NOP
MOV A,26H
MOV P1,10H
MOV P1,A
MOVC A,@A+PC
MOV P1,27H
SETB TR1
LJMP KEEP1
ORG D07DH
AFIV:NOP
MOV P1,24H
MOVC A,@A+PC

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOVC A,@A+PC

NOP

MOV P1,27H

SETB TR1

LJMP KEEP1

ORG D096H

ASIX:NOP

MOV P1,24H

MOVC A,@A+PC

MOV A,26H

MOV P1,25H

MOV P1,A

MOVC A,@A+PC

NOP

MOV P1,27H

SETB TR1

LJMP KEEP1

ORG D0AFH

ASEV:NOP

MOV P1,24H

MOVC A,@A+PC

NOP

MOV P1,25H

MOV P1,26H

MOVC A,@A+PC

NOP

MOV P1,27H

SETB TR1

LJMP KEEP1

ORG D0C8H

AEIG:NOP

MOV P1,24H

MOVC A,@A+PC

NOP

MOV P1,25H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน **NOP** การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV P1,26H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,27H
SETB TR1
LJMP KEEP1

```

```

;*****

```

```

ORG D100H
BZER:JNB TF1 S
MOV P1,10H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,#1CH
SETB TR2
LJMP DEP1
ORG D119H
BONE:MOV A,10H
JNB TF1 S
MOV A,10H
MOV P1,26H
MOV P1,A
NOP
MOV A,#1CH
MOV P1,24H
MOV P1,A
SETB TR2
LJMP DEP1
ORG D132H
BTWO:JNB TF1 S
MOV P1,26H
MOV P1,10H
NOP
MOV P1,24H
MOV P1,#1CH

```

```

SETB TR2
LJMP DEP1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORG D14BH
 BTHR:JNB TF1S
 MOV P1,26H
 NOP
 MOV P1,10H
 MOV P1,24H
 NOP
 MOV P1,#1CH
 SETB TR2
 LJMP DEP1

ORG D164H
 BFOU:JNB TF1 S
 MOV P1,26H
 NOP
 MOV A,24H
 MOV P1,10H
 MOV P1,A
 MOVC A,@A+PC
 MOV P1,#1CH
 SETB TR2
 LJMP DEP1
 ORG D17DH
 BFIV:JNB TF1 S
 MOV P1,26H
 MOVC A,@A+PC
 NOP

MOV P1,24H
 MOVC A,@A+PC
 NOP
 MOV P1,#1CH
 SETB TR2
 LJMP DEP1
 ORG D196H

BSIX:JNB TF1 S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 MOV P1,26H
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV C A,@A+PC
MOV A,24H
MOV P1,25H
MOV P1,A
MOV C A,@A+PC
NOP
MOV P1,#1CH
SETB TR2
LJMP DEP1
ORG D1AFH
BSEV:JNB TF1 S
MOV P1,26H
MOV C A,@A+PC
NOP
MOV P1,25H
MOV P1,24H
MOV C A,@A+PC
NOP
MOV P1,#1CH
SETB TR2
LJMP DEP1
ORG D1C8H
BEIG:JNB TF1 S
MOV P1,26H
MOV C A,@A+PC
NOP
MOV P1,25H
NOP
MOV P1,24H
MOV C A,@A+PC
NOP
MOV P1,#1CH
SETB TR2
LJMP DEP1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ORG D700H
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CZER:JNB TF0 S
      MOV P1,11H
      MOVC A,@A+PC
      NOP
      MOV P1,#E0H
      SETB TR2
      LJMP KEEP2
      ORG D719H

```

```

CONE:MOV A,11H

```

```

      JNB TF0 S
      MOV P1,26H

```

```

      MOV P1,A
      NOP
      MOV A,#E0H
      MOV P1,28H

```

```

      MOV P1,A
      SETB TR2
      LJMP KEEP2

```

```

      ORG D732H

```

```

CTWO:JNB TF0 S

```

```

      MOV P1,26H
      MOV P1,11H

```

```

      NOP
      MOV P1,28H

```

```

      MOV P1,#E0H

```

```

      SETB TR2

```

```

      LJMP KEEP2

```

```

      ORG D74BH

```

```

CTHR:JNB TF0 S

```

```

      MOV P1,26H

```

```

      NOP

```

```

      MOV P1,11H

```

```

      MOV P1,28H

```

```

      NOP

```

```

      MOV P1,#E0H

```

```

      SETB TR2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
SETB TR2
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LJMP KEEP2
ORG D764H
CFOU:JNB TF0 S
MOV P1,26H
NOP
MOV A,28H
MOV P1,11H
MOV P1,A
MOVC A,@A+PC
MOV P1,#E0H

```

```

SETB TR2
LJMP KEEP2
ORG D77DH
CFIV:JNB TF0 S
MOV P1,26H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,28H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,#E0H

```

```

SETB TR2
LJMP KEEP2
ORG D796H
CSIX:JNB TF0 S
MOV P1,26H
MOVC A,@A+PC

```

```

MOV A,28H
MOV P1,27H
MOV P1,A
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,#E0H
SETB TR2

```

```

LJMP KEEP2
ORG D7AFH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CSEV:JNB TF0 $
MOV P1,26H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,27H
MOV P1,28H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,#E0H
SETB TR2
LJMP KEEP2
ORG D7C8H
CEIG:JNB TF0 $
MOV P1,26H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,27H
NOP
MOV P1,28H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,#E0H
SETB TR2
LJMP KEEP2
*****
ORG D800H
DZER:NOP
MOV P1,11H
MOVC A,@A+PC
NOP
MOV P1,25H
SETB TR0
LJMP PDEP
ORG D819H
DONE:MOV A,11H
MOV P1,28H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV P1,A
NOP
MOV A,25H
MOV P1,26H
MOV P1,A
SETB TR0
LJMP PDEP
ORG D832H

```

DTWO:NOP

```

MOV P1,28H
MOV P1,11H
NOP
MOV P1,26H
MOV P1,25H
SETB TR0
LJMP PDEP
ORG D84BH

```

DTHR:NOP

```

MOV P1,28H
NOP
MOV P1,11H
MOV P1,26H
MOV P1,25H
SETB TR0
LJMP PDEP
ORG D864H

```

DFOU:NOP

```

MOV P1,28H
NOP
MOV A,26H
MOV P1,11H
MOV P1,A
MOVC A,@A+PC
MOV P1,25H

```

SETB TR0

LJMP PDEP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORG D87DH

DFIV:NOP

MOV P1,28H

MOVC A,@A+PC

NOP

MOV P1,26H

MOVC A,@A+PC

NOP

MOV P1,25H

SETB TR0

LJMP PDEP

ORG D896H

DSIX:NOP

MOV P1,28H

MOVC A,@A+PC

MOV A,26H

MOV P1,27H

MOV P1,A

MOVC A,@A+PC

NOP

MOV P1,25H

SETB TR0

LJMP PDEP

ORG D8AFH

DSEV:NOP

MOV P1,28H

MOVC A,@A+PC

NOP

MOV P1,27H

MOV P1,26H

MOVC A,@A+PC

NOP

MOV P1,25H

SETB TR0

LJMP PDEP

ORG D8C8H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEIG:NOP

MOV P1,28H

MOVC A,@A+PC

NOP

MOV P1,27H

NOP

MOV P1,26H

MOVC A,@A+PC

NOP

MOV P1,25H

SETB TR0

LJMP PDEP



555.55*SIN@ LOOK UP TABLE

ORG 8700H

DWL 0,1,2,3,5,6,7,8,9,10,12,13,14,15,16,17,19,20,21,22,23,24,26

DWL 27,28,29,30,31,33,34,35,36,37,38,40,41,42,43,44,45,46,48,49

DWL 50,51,52,53,55,56,57,58,59,60,62,63,64,65,66,67,68,70,71,72

DWL 73,74,75,77,78,79,80,81,82,83,85,86,87,88,89,90,92,93,94,95

DWL 96,97,98,100,101,102,103,104,105,106,108,109,110,111,112,113

DWL 114,116,117,118,119,120,121,122,123,125,126,127,128,129,130

DWL 131,133,134,135,136,137,138,139,140,142,143,144,145,146,147

DWL 148,149,151,152,153,154,155,156,157,158,159,161,162,163,164

DWL 165,166,167,168,169,171,172,173,174,175,176,177,178,179,181

DWL 182,183,184,185,186,187,188,189,190,191,193,194,195,196,197

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแบบสงวนเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DWL 198,199,200,201,202,203,205,206,207,208,209,210,211,212,213
 DWL 214,215,216,217,219,220,221,222,223,224,225,226,227,228,229
 DWL 230,231,232,233,234,235,237,238,239,240,241,242,243,244,245
 DWL 246,247,248,249,250,251,252,253,254,255,256,257,258,259,260
 DWL 262,263,264,265,266,267,268,269,270,271,272,273,274,275,276
 DWL 277,278,279,280,281,282,283,284,285,286,287,288,289,290,291
 DWL 292,293,294,295,296,297,298,299,300,301,302,303,304,305,305
 DWL 306,307,308,309,310,311,312,313,314,315,316,317,318,319,320
 DWL 321,322,323,324,325,326,327,327,328,329,330,331,332,333,334
 DWL 335,336,337,338,339,340,341,341,342,343,344,345,346,347,348
 DWL 349,350,351,351,352,353,354,355,356,357,358,359,359,360,361
 DWL 362,363,364,365,366,367,367,368,369,370,371,372,373,373,374
 DWL 375,376,377,378,379,379,380,381,382,383,384,385,385,386,387
 DWL 388,389,390,390,391,392,393,394,394,395,396,397,398,399,399
 DWL 400,401,402,403,403,404,405,406,407,407,408,409,410,411,411
 DWL 412,413,414,415,416,417,417,418,419,420,421,421,422,423,424
 DWL 424,424,425,426,427,427,428,429,430,430,431,432,432,433,434
 DWL 435,436,437,438,438,439,440,440,441,442,443,444,445,445,446
 DWL 447,447,447,448,449,449,450,451,451,452,452,453,454,455,456
 DWL 456,457,458,458,459,459,460,461,461,462,463,463,464,465,465
 DWL 466,467,467,468,468,469,470,470,471,472,472,473,473,474,475
 DWL 476,476,477,478,478,479,479,480,481,481,482,482,483,483,484
 DWL 485,485,486,486,487,487,488,489,489,490,490,491,491,492,492
 DWL 493,493,494,494,495,496,496,497,497,498,498,499,499,500,500
 DWL 501,501,502,502,503,503,504,504,505,505,506,506,507,507,508
 DWL 508,508,509,509,510,510,511,511,512,512,513,513,514,514,515
 DWL 515,516,516,517,517,517,518,518,519,519,519,520,520,521,521
 DWL 522,522,522,523,523,523,524,524,525,525,525,526,526,527,527
 DWL 527,528,528,528,529,529,529,530,530,530,531,531,532,532,533
 DWL 533,533,533,534,534,534,535,535,535,536,536,536,537,537,537
 DWL 537,538,538,538,538,539,539,539,540,540,540,540,541,541,541
 DWL 541,542,542,542,542,543,543,543,543,544,544,544,544,545,545
 DWL 545,545,545,546,546,546,546,547,547,547,547,547,548,548,548
 DWL 548,548,548,549,549,549,549,549,549,550,550,550,550,550,550
 DWL 551,551,551,551,551,551,551,552,552,552,552,552,552,552,553
 DWL 553,553,553,553,553,553,553,553,554,554,554,554,554,554,554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DWL 554,554,554,554,554,555,555,555,555,555,555,555,555,555

DWL 555,555,555,555,555,555,555,555,555,555,555,555,555,556

DWL 556,556,556,556,556,556,556,556,556,556,556,555,555,



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HIGH VOLTAGE THREE-PHASE MOS GATE DRIVER IR2130

General Description

The IR2130 is a high voltage driver for MOS-gated power devices. It has three high side and three low side referenced gate drive channels. The device can be used to drive six N-channel MOSFETs or IGBTs in a three-phase bridge configuration operating from DC bus voltages up to 600 volts.

The logic inputs are compatible with 5V CMOS OR LSTTL. The output driver features a high pulse current buffer stage designed for minimum driver cross-conduction. A ground referenced operational amplifier provides an analog feedback of bridge current via an external current sense resistor. A current trip function which terminates all six outputs is also derived from this resistor. An open drain FAULT signal is provided to indicate that an over-current or undervoltage shutdown has occurred. A built-in 2μs deadtime prevents overlap current conduction in the power switches.

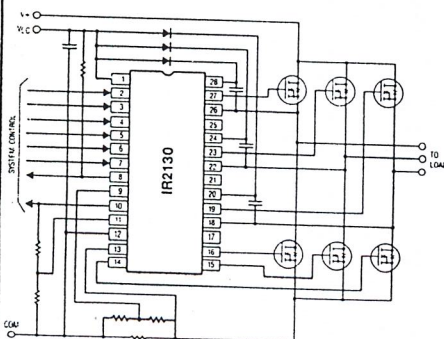
Applications

- PWM AC motor drives
- Six-step AC motor drives
- Brushless DC motor drives
- UPS
- High Power Ballast

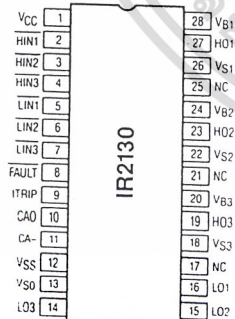
Features

- High voltage (600V) operation
- Output driver designed to drive MOS-gated power devices
 - Output drive of 250mA/500mA typical source/sink
 - Switching time of 75/35ns typical t_r/t_f into 1000pF load
- Independent half bridge drivers
 - Three floating high voltage drivers
 - Three ground referenced drivers
- Floating supply designed for bootstrap operation
 - Operating offset range from -5 to +600V
 - dV/dt immunity rated at +/-50V/ns
 - Quiescent power dissipation of 30mW at 15V
- Over-current shut down turns off all six drive outputs
 - Trip point at 485mV with 100mV hysteresis
 - Leading edge blanking time of 400ns typ
- Current amplifier provides linear voltage proportional to bridge current.
- Input logic provides 2μs deadtime between high side and low side
 - 250ns min input filter for noise immunity
- Fault pin indicates over-current shut down and undervoltage lockout
- Propagation delay time of 630ns/400ns typical t_{on}/t_{off}
- Wide gate drive supply range from 10 to 20V
- Under-voltage lockout (8.65V typ) with hysteresis for all channels

Typical Connection



Pinout Assignment



For mechanical specifications see back page

Static Electrical Characteristics

(V_{CC} , $V_{BS1,2,3}=15V$ and $V_{SS}=V_{S0}=0V$ unless otherwise specified)
 (V_{IN} , V_{TH} , I_{IN} , V_O , and I_O parameters are applicable to all six channels (HS1,2,3 & LS1,2,3))
 The V_O and I_O parameters are referenced to $V_{S0,1,2,3}$
 (All the Static Electrical Parameters are 100% tested in production at $T_A=25°C$)

Symbol	Parameter	$T_J = 25°C$			$T_J = -55$ to $150°C$		Units	Test Conditions
		Min	Typ	Max	Min	Max		
I_{LK}	Offset Supply Leakage Currents (chan 1,2,&3)	—	—	50	—	500	μA	$V_B=V_S < 600V$
I_{QBS0}	Quiescent $V_{BS1,2,3}$ Supply Currents (OUT=LO)	—	11	16	—	30		$(V_{IN1,2,3})=ITRIP=5V$
I_{QBS1}	Quiescent $V_{BS1,2,3}$ Supply Currents (OUT=HI)	—	20	—	—	—		$(HS-V_{IN1,2,3})=ITRIP=0V$
I_{QCC0}	Quiescent V_{CC} Supply Current (OUT=LO)	—	2.6	—	—	—	mA	$(V_{IN1,2,3})=ITRIP=5V$
I_{QCC1}	Quiescent V_{CC} Supply Current (OUT=HI)	—	2.8	3.5	—	6		$(V_{IN1,2,3})=ITRIP=0V$
I_{IN+}	Logic "1" Input Bias Current (OUT=HI)	—	360	500	—	900	μA	$V_{IN}=0V$
I_{IN-}	Logic "0" Input Bias Current (OUT=LO)	—	160	—	—	—		$V_{IN}=5V$
I_{TRIP+}	"High" ITRIP Bias Current	—	60	—	—	—		ITRIP=5V
I_{TRIP-}	"Low" ITRIP Bias Current	—	—	20	—	1000	nA	ITRIP=0V
$V_{IN,IH}$	Logic "0" Input Voltage (OUT=LO)	—	—	—	2.2	—	V	
$V_{IN,IL}$	Logic "1" Input Voltage (OUT=HI)	—	—	—	—	0.8		
$V_{IT,TH+}$	ITRIP Input Positive Going Threshold	435	485	535	400	550	mV	
V_{CCUV+}	V_{CC} Supply Undervoltage Positive Going Threshold	8.5	9	9.45	8	9.6		
V_{CCUV-}	V_{CC} Supply Undervoltage Negative Going Threshold	8.2	8.65	9.1	7.7	9.3		
V_{BSUV+}	$V_{BS1,2,3}$ Supply Undervoltage Positive Going Thresholds	—	8.65	—	—	—		
V_{BSUV-}	$V_{BS1,2,3}$ Supply Undervoltage Negative Going Thresholds	—	8.25	—	—	—		
I_{O+}	Output High Short Circuit Pulsed Current	—	250	—	—	—		mA
I_{O-}	Output Low Short Circuit Pulsed Current	—	500	—	—	—	$V_{OUT}=15V$, $V_{IN-}=5V$, $PW < 10μs$	
$V_{CC-V_{OH}}$	High Level Output Voltage	—	4	45	—	100	mV	
V_{OL}	Low Level Output Voltage	—	0.4	10	—	100		
$R_{on,FLT}$	FAULT- Low On Resistance	—	50	65	—	150		
V_{OS}	Amplifier Input Offset Voltage	—	—	10	—	—	mV	$V_{S0}=CA-=0.2V$
I_{CA-}	CA- Input Bias Current	—	0.5	4	—	10	nA	$CA-=2.5V$
CMRR	Amplifier Common Mode Rejection Ratio	—	80	—	—	—	dB	$V_{S0}=CA-=0.1V$ & $5V$
PSRR	Amplifier Power Supply Rejection Ratio	—	75	—	—	—	dB	$V_{S0}=CA-=0.2V$, $V_{CC}=10V$ & $20V$
$V_{OH,Amp}$	Amplifier High Level Output Voltage	5.09	5.2	5.27	5	5.5	V	$CA-=0V$, $V_{S0}=1V$
$V_{OL,Amp}$	Amplifier Low Level Output Voltage	—	2.5	20	—	50	mV	$CA-=1V$, $V_{S0}=0V$
$I_{SRC,Amp}$	Amplifier Output Source Current	3.15	4	—	2	—	mA	$CA-=0V$, $V_{S0}=1V$, $CAO=4V$
$I_{SNK,Amp}$	Amplifier Output Sink Current	1	1.6	—	0.5	—	mA	$CA-=1V$, $V_{S0}=0V$, $CAO=2V$
$I_{O+,Amp}$	Amplifier Output High Short Circuit Current	—	4.3	6.5	—	10	mA	$CA-=0V$, $V_{S0}=5V$, $CAO=0V$
$I_{O-,Amp}$	Amplifier Output Low Short Circuit Current	—	3	4.4	—	10	mA	$CA-=5V$, $V_{S0}=0V$, $CAO=5V$

Absolute Maximum Ratings

Absolute Maximum Ratings indicate sustained limits beyond which damage to the device may occur. All voltage parameters are absolute voltages referenced to VSS unless specified otherwise. The Thermal Resistance and Power Dissipation ratings are measured under board mounted and still air conditions.

Symbol	Parameter	Min	Max	Units	
VB1,2,3	Floating Supply Absolute Voltages	VS1,2,3-0.5	VS1,2,3+20	V	
VS1,2,3	Floating Supply Offset Voltages	VS0-5	VS0+600		
VHO1,2,3	High Side Output Voltages	VS1,2,3-0.5	VB1,2,3+0.5		
VCC	Fixed Supply Voltage	-0.5	20		
VS0	Low Side Driver Return	-5	VCC+0.5		
VLO1,2,3	Low Side Output Voltages	VS0-0.5	VCC+0.5		
VIN	Logic Input Voltages (HIN-, LIN-, ITRIP)	-0.5	VCC+0.5		
VCA-	Amplifier Inverting Input Voltage	-0.5	VCC+0.5		
VCAO	Amplifier Output Voltage	-0.5	VCC+0.5		
VFLT-	Fault Output Voltage	-0.5	VCC+0.5		
dVS/dt	Allowable Offset Supply Voltage Transient	—	50		Vns
PD	Package Power Dissipation @ TA <= 25°C	—	1.5		W
RthJA	Thermal Resistance, Junction to Ambient	—	70		C/W
Tj	Junction Temperature	-55	150		C
Tc	Storage Temperature	-55	150		
TL	Lead Temperature (soldering, 10 seconds)	—	300		

Recommended Operating Conditions

Refer to the Input/Output Logic Timing diagram. For proper operation the device should be used within the recommended conditions.

The VS0,1,2,3 offset ratings are tested with all supplies biased at 15V differential.

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
VB1,2,3	Floating Supply Voltages	VS1,2,3+10	VS1,2,3+20	V
VS1,2,3	Floating Supply Offset Voltages	VS0-5	VS0+600	
VHO1,2,3	High Side Output Voltages	VS1,2,3	VB1,2,3	
VCC	Fixed Supply Voltage	10	20	
VS0	Low Side Drive Return	-5	5	
VLO1,2,3	Low Side Output Voltages	VS0	VCC	
VIN	Logic Input Voltages (HIN-, LIN-, ITRIP)	VSS	5	
VCA-	Amplifier Inverting Input Voltage	VSS	5	
VCAO	Amplifier Output Voltage	VSS	5	
VFLT-	Fault Output Voltage	VSS	VCC	

Typical Performance Characteristics

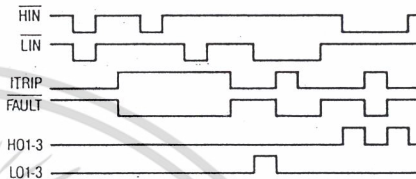


Fig. 1 — Input/Output Function Diagram

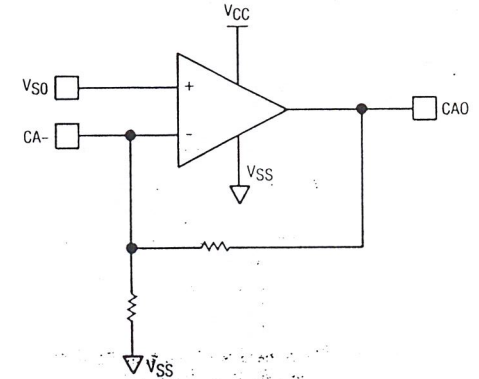


Fig. 2 — Diagnostic Feedback Operational Amplifier Circuit

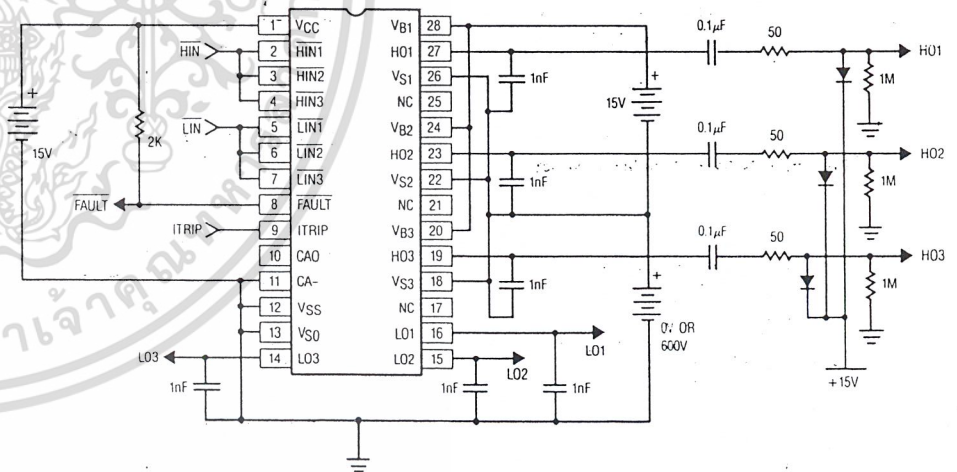


Fig. 3a — Switching Time Test Circuit

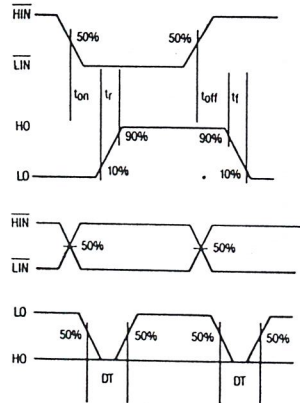


Fig. 3b. — Input/Output Switching Time Waveform Definition

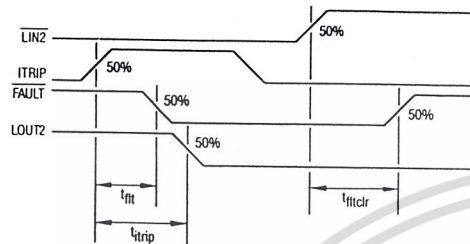


Fig. 3c — Overcurrent Shutdown Switching Time Waveform Definition

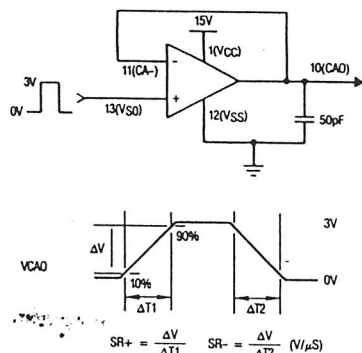


Fig. 4 — Operational Amplifier Slew Rate Measurement

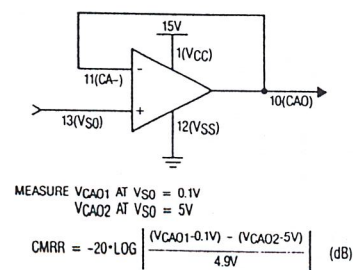


Fig. 6 — Operational Amplifier Common Mode Rejection Ratio Measurements

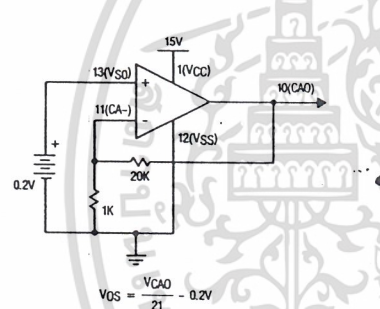


Fig. 5 — Operational Amplifier Input Offset Voltage Measurement

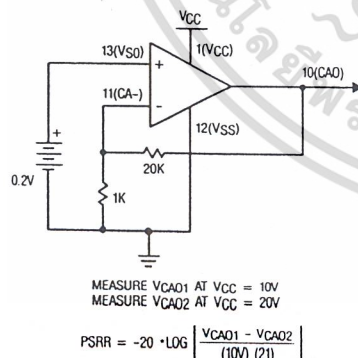


Fig. 7 — Operational Amplifier Power Supply Rejection Ratio Measurement

Functional Description

The IR2130 is a monolithic high voltage, high speed six channel power MOSFET and IGBT driver. Refer to the section on Functional Block Diagram for the internal partitioning of the various circuit blocks. The driver translates logic input signals into corresponding out-of-phase low impedance outputs. Low side channel outputs (LO1, 2, 3) are referenced to a fixed supply ($V_{CC}-V_{S0}$) and high side channel outputs (HO1, 2, 3) are referenced to individual floating rails ($V_{BS1, 2, 3}$), with offset capability up to 600V.

Input/Output Logic

The logic circuit provides the control pulses for the output channel corresponding to the logic inputs as indicated by the Input/Output Function Diagram (Fig. 1). The HO and LO outputs are in anti-phase with the corresponding HIN- and LIN- logic inputs. A bridge circuit overcurrent or V_{CC} undervoltage condition sets the internal fault logic high, which in turn shuts all six drive outputs off. The logic input uses a comparator with hysteresis and a 300ns front end filter to provide high noise immunity and can accept inputs with slow rise times. The input thresholds are compatible with 5V CMOS or LSTTL and V_{IL}/V_{IH} are 0.8V/2.2V.

A minimum deadtime of 2 μ s is provided between HO and LO outputs of each channel to prevent cross conduction between high side and low side power devices. A longer deadtime can be obtained by providing a gap or an overlap between HIN- and LIN- inputs of desired duration.

In a typical three-phase bridge operation, fast switching of the power devices, parasitic inductances in the wiring and the current sensing resistor can cause voltage spikes of several volts between the V_{S0} and V_{SS} pins. Thus, isolation circuits were added to guarantee that the logic functions correctly even when V_{S0} swings by up to ± 5 V with respect to V_{SS} .

Protection and Diagnostics

In the case when V_{CC} is below the under-voltage trip point, the UV detect block will send a signal to enable the fault logic, which in turn disables all six output channels. The fault logic, and therefore the outputs, change state as soon as V_{CC} crosses the under-voltage lockout threshold voltages.

The over-current shutdown protection is provided to protect the driven power device when abnormal over-stress conditions occur. Over-stress conditions are detected by sensing the bridge circuit current through a sensing resistor, as shown in the section on Typical Connection. When the voltage at the ITRIP pin exceeds its threshold (485mV), the fault logic is latched on and all six output channels are disabled. The fault logic, in this case, can be reset by either cycling V_{CC} below its undervoltage threshold or by holding all three LIN- pins high for more than 10 μ s.

In both shutdown cases, the fault logic causes the FAULT output pin to send an open-drain diagnostic output signal.

Separate UV detect blocks are also used to disable each floating channel individually when $V_{BS1, 2, 3}$ are below the trip point limit. The UV condition can be reset cycle-by-cycle at the next input signal into the channel. The UV detect for V_{BS} , however, has no effect on the fault logic.

In addition to these protection features, the IR2130 also provides an operational amplifier which can be used for diagnostic feedback of the bridge circuit current level. By configuring the op amp as a noninverting amplifier, as shown in Fig. 2, the op amp will provide an analog (0V to 5V) signal reflecting the current in the bridge circuit.

Level Shifting

Narrow "On" and "Off" pulses triggered respectively by the rising and the falling edge of HINs, are generated by the pulse generator block. The respective pulse is used to drive separate high voltage N-channel DMOS level translators that set or reset RS latches operating off the floating rail. Level shifting of the ground referenced HIN signals is thus accomplished by transposing the references of the signal to the floating rail. Because each high voltage N-channel DMOS level translator is turned on for only the duration of the short "On" or "Off" pulses, for each set or reset event, power dissipation is minimized. False triggering of the RS latch from fast dv/dt transients on the $V_{S1, 2, 3}$ nodes are effectively differentiated from normal pull-down pulses through a pulse discriminator circuit such that, the floating channel is essentially immune to any level of dv/dt. Also, the high voltage level shifting circuit is designed to function normally even when the $V_{S1, 2, 3}$ nodes swing more than 5V below the V_{S0} pin. This condition can often occur during the recirculation period of the output free-wheeling diodes.

Output Driver

All six channels use identical low impedance CMOS buffer stages with peak current capability of 0.25A for the pull-up and 0.5A for pull-down. To avoid cross-conduction noise spikes, the buffer stages are designed such that the pull-up device is turned off before the pull-down device turns on and vice versa. For a typical 1000pF load the rise and fall times are 75ns and 35ns, respectively.

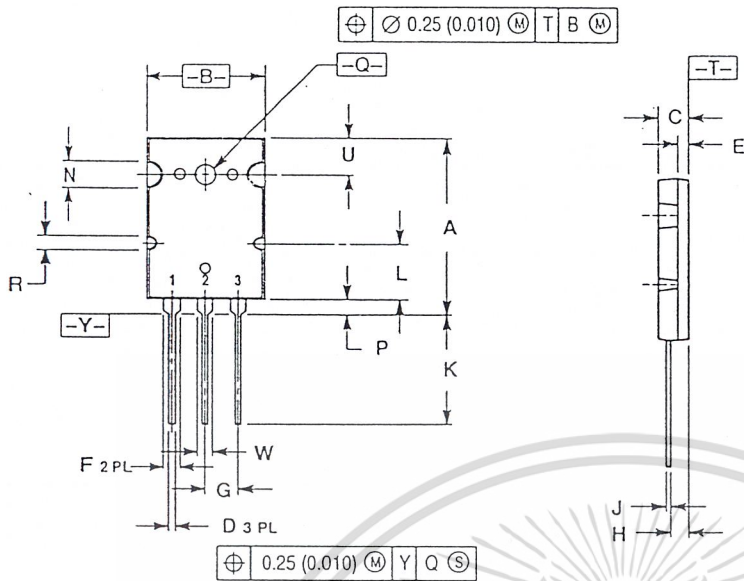
Application Guidelines

The IR2130 is typically used to drive six high voltage N-channel power MOSFETs or IGBTs configured in three phase bridge or other topologies. Fixed low side referenced outputs are used to drive the three low side connected power devices. Floating output channels are used to drive power devices in the high side configuration that require an over-rail voltage drive. Refer to the section on Typical Applications for various circuit topologies where the IR2130 is applicable.

Typically, the floating supply is derived from the fixed supply using a bootstrap technique as shown in the section on Typical Connection. The charging diode must have a voltage withstand capability higher than the peak HV bus voltage. To prevent discharging of the bootstrap capacitors, a fast recovery diode is recommended. The value of the bootstrap capacitor depends on the switching frequency, duty cycle and gate charge requirement of the power MOSFET. The voltage across the capacitor should not be allowed to drop below the under-voltage lockout threshold. A 0.1 μ F capacitor is usually suitable for applications switching above 5kHz.

A supply bypass capacitor between V_{CC} and V_{SS} is required to supply the transient current needed for refreshing the bootstrap supply, as well as for switching

PACKAGE DIMENSIONS



- NOTES:
 1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	2.8	2.9	1.102	1.142
B	19.3	20.3	0.760	0.800
C	4.7	5.3	0.185	0.209
D	0.93	1.48	0.037	0.058
E	1.9	2.1	0.075	0.083
F	2.2	2.4	0.087	0.102
G	5.45 BSC		0.215 BSC	
H	2.6	3.0	0.102	0.118
J	0.43	0.78	0.017	0.031
K	17.6	18.8	0.693	0.740
L	11.0	11.4	0.433	0.449
N	3.95	4.75	0.156	0.187
P	2.2	2.6	0.087	0.102
Q	3.1	3.5	0.122	0.137
R	2.15	2.35	0.085	0.093
U	6.1	6.5	0.240	0.256
W	2.8	3.2	0.110	0.125

- STYLE 5:
 PIN 1. GATE
 2. COLLECTOR
 3. EMITTER

CASE 340G-02
 TO-264
 ISSUE E

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and μ are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:

USA / EUROPE / Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution; P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447 or 602-303-5454

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center, 3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-81-3521-8315

FAX: RMFAX0@email.sps.mot.com - TOUCHTONE 602-244-6609
 INTERNET: http://Design-NET.com

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park, 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

MOTOROLA

อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MGY30N60D/D



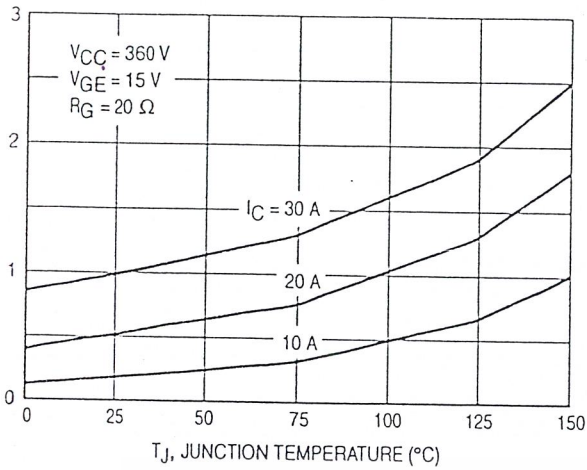


Figure 11. Turn-Off Losses versus Junction Temperature

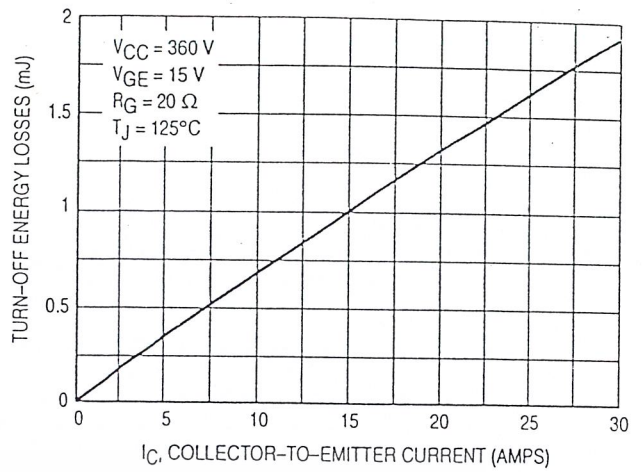


Figure 12. Turn-Off Losses versus Collector-to-Emitter Current

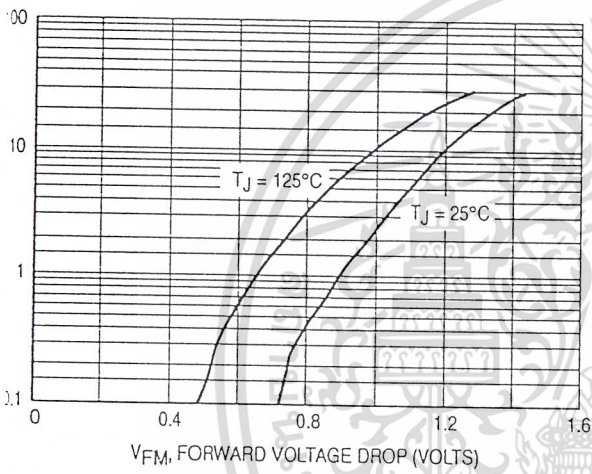


Figure 13. Typical Diode Forward Drop versus Instantaneous Forward Current

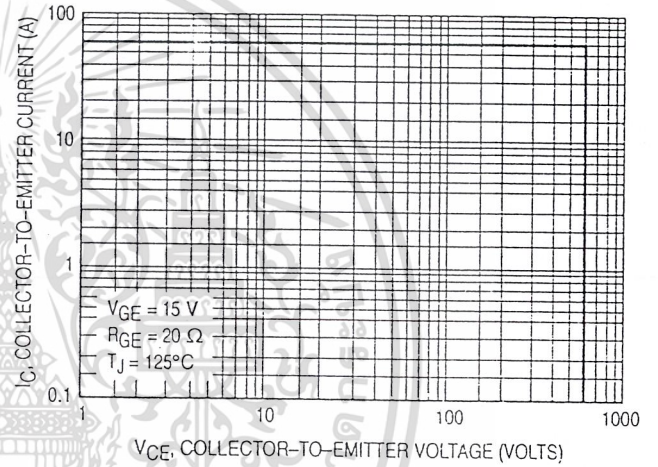


Figure 14. Reverse Biased Safe Operating Area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

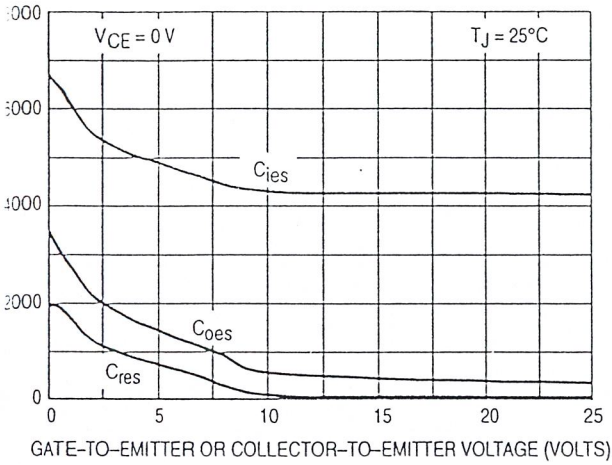


Figure 5. Capacitance Variation

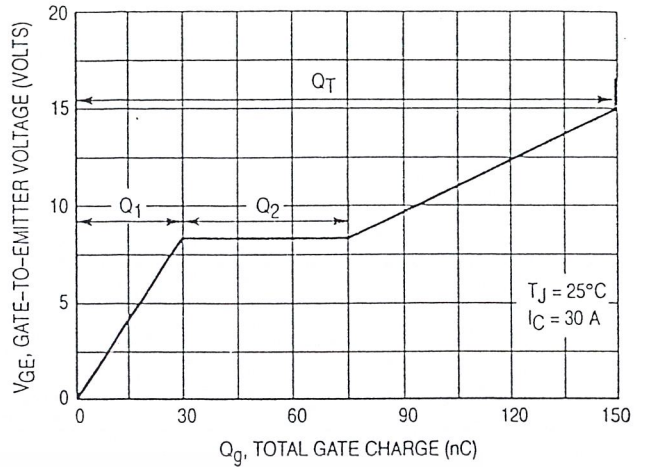


Figure 6. Gate-to-Emitter Voltage versus Total Charge

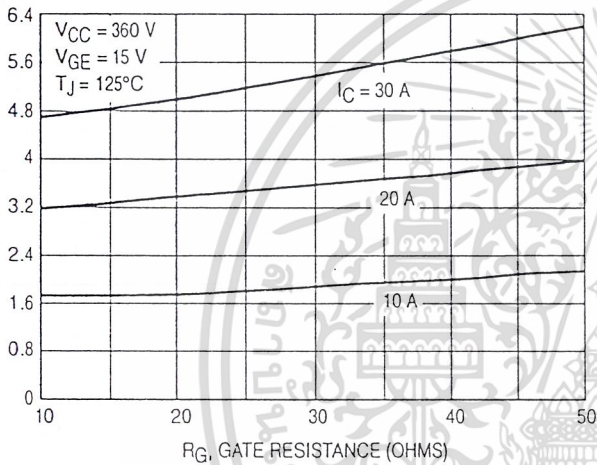


Figure 7. Total Switching Losses versus Gate Resistance

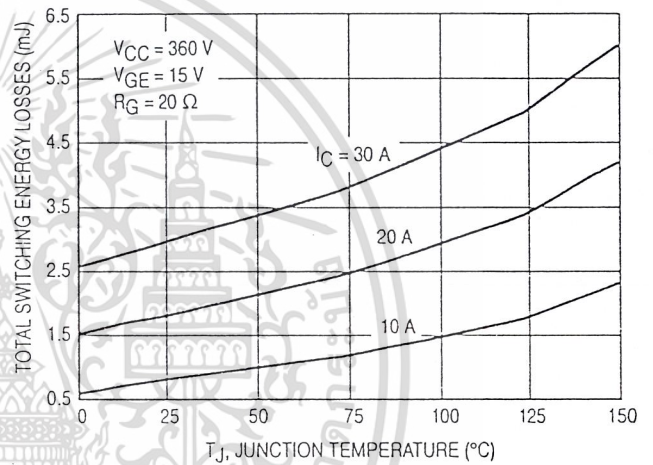


Figure 8. Total Switching Losses versus Junction Temperature

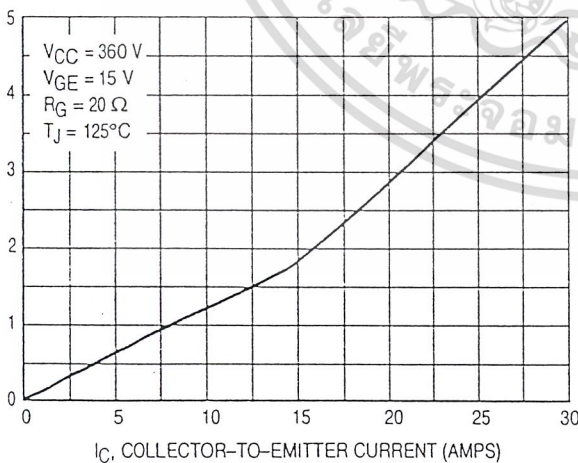


Figure 9. Total Switching Losses versus Collector-to-Emitter Current

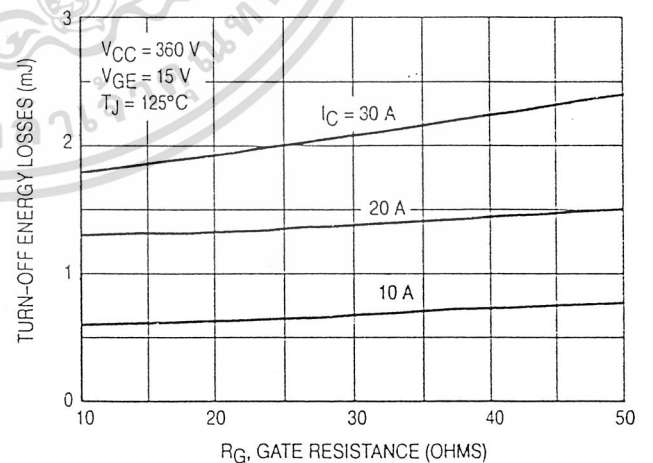


Figure 10. Turn-Off Losses versus Gate Resistance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRICAL CHARACTERISTICS — continued ($T_J = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	
CHARACTERISTICS — continued						
Reverse Recovery Time	$(I_F = 30 \text{ Adc}, V_R = 360 \text{ Vdc}, \text{d}I_F/\text{d}t = 200 \text{ A}/\mu\text{s})$	t_{rr}	—	153	—	ns
		t_a	—	82	—	
		t_b	—	71	—	
Reverse Recovery Stored Charge	Q_{RR}	—	2.3	—	μC	
Reverse Recovery Time	$(I_F = 30 \text{ Adc}, V_R = 360 \text{ Vdc}, \text{d}I_F/\text{d}t = 200 \text{ A}/\mu\text{s}, T_J = 125^\circ\text{C})$	t_{rr}	—	208	—	ns
		t_a	—	117	—	
		t_b	—	91	—	
Reverse Recovery Stored Charge	Q_{RR}	—	3.8	—	μC	
INTERNAL PACKAGE INDUCTANCE						
Internal Emitter Inductance (Measured from the emitter lead 0.25" from package to emitter bond pad)	L_E	—	13	—	nH	

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS

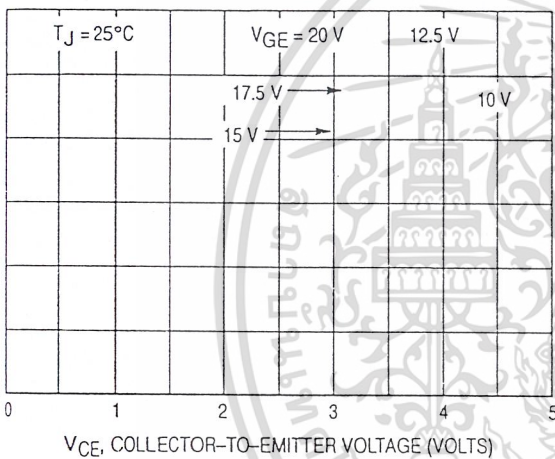


Figure 1. Output Characteristics, $T_J = 25^\circ\text{C}$

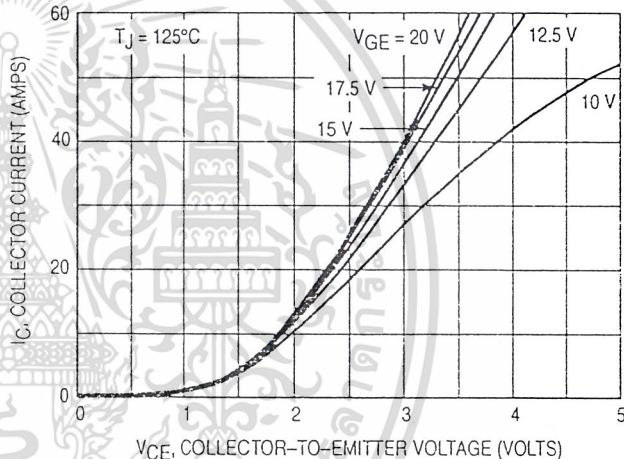


Figure 2. Output Characteristics, $T_J = 125^\circ\text{C}$

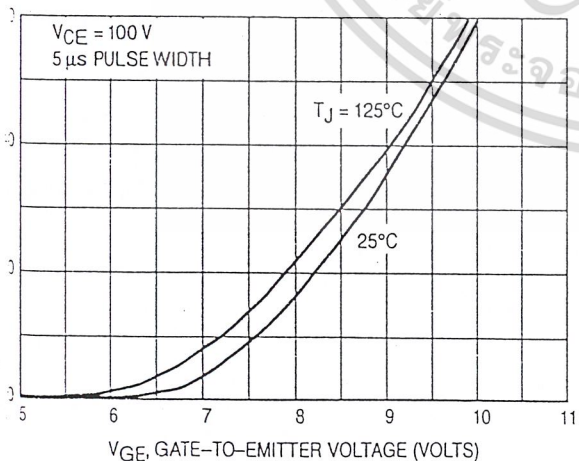


Figure 3. Transfer Characteristics

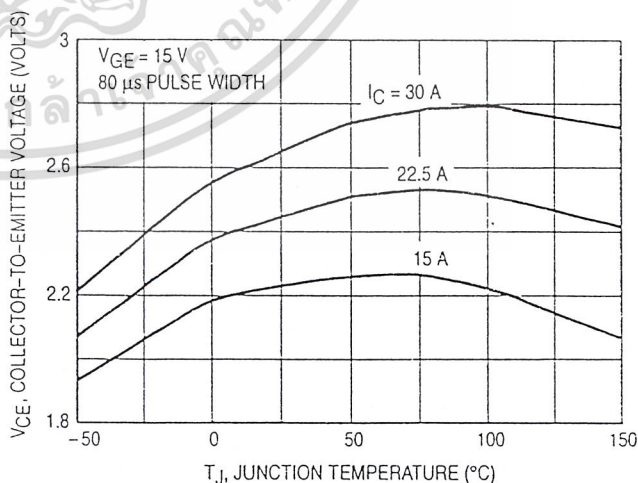


Figure 4. Collector-to-Emitter Saturation Voltage versus Junction Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Y30N60D

CRITICAL CHARACTERISTICS (T_J = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	
CHARACTERISTICS						
Collector-to-Emitter Breakdown Voltage (V _{GE} = 0 Vdc, I _C = 250 μAdc) Temperature Coefficient (Positive)	BV _{CES}	600 —	— 870	— —	Vdc mV/°C	
Zero Gate Voltage Collector Current (V _{CE} = 600 Vdc, V _{GE} = 0 Vdc) (V _{CE} = 600 Vdc, V _{GE} = 0 Vdc, T _J = 125°C)	I _{CES}	— —	— —	100 2500	μAdc	
Gate-Body Leakage Current (V _{GE} = ± 20 Vdc, V _{CE} = 0 Vdc)	I _{GES}	—	—	250	nAdc	
CHARACTERISTICS (1)						
Collector-to-Emitter On-State Voltage (V _{GE} = 15 Vdc, I _C = 15 Adc) (V _{GE} = 15 Vdc, I _C = 15 Adc, T _J = 125°C) (V _{GE} = 15 Vdc, I _C = 30 Adc)	V _{CE(on)}	— — —	2.20 2.10 2.60	2.90 — 3.45	Vdc	
Gate Threshold Voltage (V _{CE} = V _{GE} , I _C = 1 mAdc) Threshold Temperature Coefficient (Negative)	V _{GE(th)}	4.0 —	6.0 10	8.0 —	Vdc mV/°C	
Forward Transconductance (V _{CE} = 10 Vdc, I _C = 30 Adc)	g _{fe}	—	15	—	Mhos	
STATIC CHARACTERISTICS						
Output Capacitance	C _{ies} C _{oes} C _{res}	—	4280 225 19	—	pF	
Input Capacitance						
Transfer Capacitance						
SWITCHING CHARACTERISTICS (1)						
Turn-On Delay Time	(V _{CC} = 360 Vdc, I _C = 30 Adc, V _{GE} = 15 Vdc, L = 300 μH R _G = 20 Ω, T _J = 25°C) Energy losses include "tail"	—	76	—	ns	
Rise Time						
Turn-Off Delay Time						
Fall Time						
Turn-Off Switching Loss						
Turn-On Switching Loss						
Total Switching Loss						
Turn-On Delay Time						
Rise Time						
Turn-Off Delay Time						
Fall Time						
Turn-Off Switching Loss	(V _{CC} = 360 Vdc, I _C = 30 Adc, V _{GE} = 15 Vdc, L = 300 μH R _G = 20 Ω, T _J = 125°C) Energy losses include "tail"	—	394	—	mJ	
Turn-On Switching Loss						
Total Switching Loss						
Gate Charge						
Gate Charge	(V _{CC} = 360 Vdc, I _C = 30 Adc, V _{GE} = 15 Vdc)	—	150	—	nC	
			Q ₁	30		—
			Q ₂	45		—
MODE CHARACTERISTICS						
Mode Forward Voltage Drop (I _{EC} = 15 Adc) (I _{EC} = 15 Adc, T _J = 125°C) (I _{EC} = 30 Adc)	V _{FEC}	— — —	1.30 1.10 1.45	1.80 — 2.05	Vdc	

Pulse Test: Pulse Width ≤ 300 μs, Duty Cycle ≤ 2%.

(continued)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ควรแก้ไขใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Designer's™ Data Sheet

Insulated Gate Bipolar Transistor with Anti-Parallel Diode

Channel Enhancement-Mode Silicon Gate

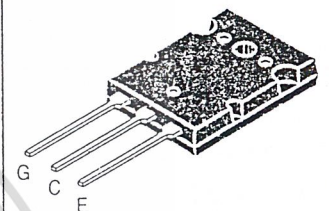
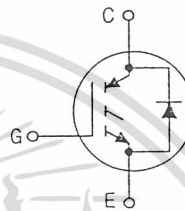
MGY30N60D

Motorola Preferred Device

IGBT & DIODE IN TO-264
30 A @ 90°C
50 A @ 25°C
600 VOLTS
SHORT CIRCUIT RATED

This Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) is co-packaged with a soft recovery ultra-fast rectifier and uses an advanced termination scheme to provide an enhanced and reliable high voltage-blocking capability. Short circuit rated IGBT's are specifically suited for applications requiring a guaranteed short circuit stand time such as Motor Control Drives. Fast switching characteristics result in efficient operations at high frequencies. Co-packaged IGBT's save space, reduce assembly time and cost.

Industry Standard High Power TO-264 Package (TO-3PBL)
High Speed E_{off} : 60 μ s per Amp typical at 125°C
High Short Circuit Capability - 10 μ s minimum
Soft Recovery Free Wheeling Diode is included in the package
Robust High Voltage Termination
Robust RBSOA



CASE 340G-02, Style 5
TO-264

MAXIMUM RATINGS ($T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CES}	600	Vdc
Collector-Gate Voltage ($R_{GE} = 1.0 \text{ M}\Omega$)	V_{CGR}	600	Vdc
Gate-Emitter Voltage — Continuous	V_{GE}	± 20	Vdc
Collector Current — Continuous @ $T_C = 25^\circ\text{C}$	I_{C25}	50	Adc
— Continuous @ $T_C = 90^\circ\text{C}$	I_{C90}	30	Adc
— Repetitive Pulsed Current (1)	I_{CM}	100	Apk
Static Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$	P_D	202	Watts
Derate above 25°C		1.61	W/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to 150	°C
Short Circuit Withstand Time ($V_{CC} = 360 \text{ Vdc}, V_{GE} = 15 \text{ Vdc}, T_J = 25^\circ\text{C}, R_G = 20 \Omega$)	t_{sc}	10	μs
Thermal Resistance — Junction to Case - IGBT	$R_{\theta JC}$	0.62	°C/W
— Junction to Case - Diode	$R_{\theta JC}$	1.41	°C/W
— Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	35	°C/W
Maximum Lead Temperature for Soldering Purposes, 1/8" from case for 5 seconds	T_L	260	°C
Mounting Torque, 6-32 or M3 screw		10 lbf•in (1.13 N•m)	

Pulse width is limited by maximum junction temperature.

Designer's Data for "Worst Case" Conditions — The Designer's Data Sheet permits the design of most circuits entirely from the information presented. SOA Limits — representing boundaries on device characteristics — are given to facilitate "worst case" design.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร



MOTOROLA

High Speed Optocouplers

Technical Data

6N135
6N136
HCPL-2502
HCPL-4502
HCPL-4503

Features

- Very High Common Mode Transient Immunity: 15000 V/ μ s at $V_{CM} = 1500$ V Guaranteed (HCPL-4503)
- High Speed: 1 Mb/s
- TTL Compatible
- Guaranteed ac and dc Performance Over Temperature: 0°C to 70°C
- Open Collector Output
- Recognized under the Component Program of U.L. (File No. E55361) for Dielectric Withstand Proof Test Voltages of 2500 Vac, 1 Minute and 5000 Vac, 1 Minute (Option 020).
- CSA Approved under Component Acceptance Notice No. 5 (File No. LR 88324)

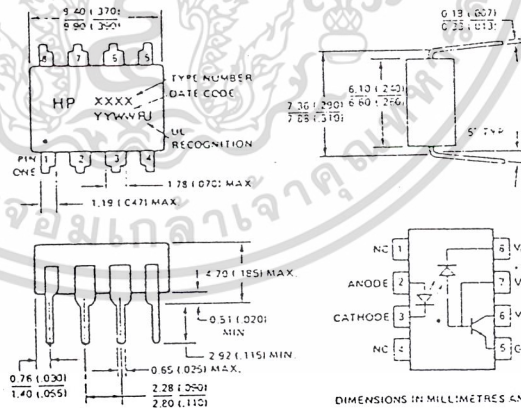
transistor collector increase the speed up to a hundred times over that of a conventional photo-transistor coupler by reducing the base-collector capacitance.

The 6N135 is for use in TTL/CMOS, TTL/LSTTL or wide bandwidth analog applications. Current transfer ratio (CTR) for

the 6N135 is 7% minimum at $I_F = 16$ mA.

The 6N136 is designed for high speed TTL/TTL applications. A standard 16 mA TTL sink current through the input LED will provide enough output current for 1 TTL load and a 5.6 k Ω pull-up resistor. CTR of the 6N136 is 19% minimum at $I_F = 16$ mA.

Outline Drawing



Description

These diode-transistor optocouplers use an insulating layer between the light emitting diode and an integrated photon detector to provide electrical insulation between input and output. Separate connections for the photodiode bias and output

*See notes, following page.

CAUTION: The small junction sizes inherent to the design of this bipolar component increases the component's susceptibility to damage from electrostatic discharge (ESD). It is advised that normal static precautions be taken in handling and assembly of this component to prevent damage and/or degradation which may be induced by ESD.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The HCPL-2502 is suitable for use in applications where matched or known CTR is desired such as in the feedback path of switch-mode power supplies. CTR is 15 to 22% at $I_F = 16\text{mA}$.

The HCPL-4502 provides the electrical and switching performance of the 6N136 with increased ESD protection.

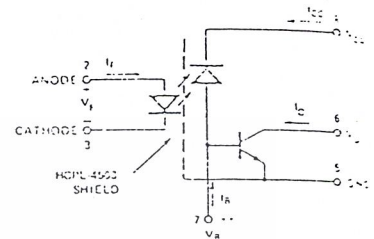
The HCPL-4503 is an HCPL-4502 with increased common mode transient immunity of 15000 V/ μs minimum at $V_{CM} = 1500$ guaranteed.

The HCPL-4504 is recommended for IPM (Intelligent Power Module) interfacing. The HCPL-4504 is similar to the HCPL-4503, but with increased speed and CTR (See HP sales representatives for details).

Applications

- Video Signal Isolation
- Line Receivers – High common mode transient immunity ($>1000\text{ V}/\mu\text{s}$) and low input-output capacitance (0.6 pF).
- High Speed Logic Ground Isolation – TTL/TTL, TTL/LTTL, TTL/CMOS, TTL/LSTTL.
- Replace Slow Phototransistor Isolators – Pins 2-7 of the 6N135/6 series conform to pins 1-6 of 6 pin phototransistor couplers. Pin 8 can be tied to any available bias voltage of 1.5 V to 30 V for high speed operation.
- Replace Pulse Transformers – Save board space and weight
- Analog Signal Ground Isolation – Integrated photon detector provides improved linearity over phototransistor type.

Schematic



NOTE: FOR HCPL-4502/3, PIN 7 IS NOT CONNECTED

Absolute Maximum Ratings

Storage Temperature*	-55°C to +125°C
Operating Temperature*	-55°C to 100°C
Lead Solder Temperature*	260°C for 10s (1.6 mm below seating plane)
Average Input Current – I_F^*	25 mA ⁽¹⁾
Peak Input Current – I_F^*	50 mA ⁽²⁾ (50% duty cycle, 1 ms pulse width)
Peak Transient Input Current – I_F^*	1.0 A ($\leq 1\ \mu\text{s}$ pulse width, 300 pps)
Reverse Input Voltage – V_R^* (Pin 3-2)	5 V
Input Power Dissipation*	45 mW ⁽³⁾
Average Output Current – I_O^* (Pin 6)	8 mA
Peak Output Current*	16 mA
Emitter-Base Reverse Voltage*	5 V (Pin 5-7, except HCPL-4502/3)
Output Voltage* – V_O (Pin 6-5)	-0.5 V to 15 V
Supply Voltage* – V_{CC} (Pin 8-5)	-0.5 V to 15 V
Output Voltage – V_O (Pin 6-5)	-0.5 V to 20 V
Supply Voltage – V_{CC} (Pin 8-5)	-0.5 V to 30 V
Base Current – I_B^* (Pin 7, except HCPL-4502/3)	5 mA
Output Power Dissipation*	100 mW ⁽⁴⁾

*JEDEC Registered Data (The HCPL-2502 and HCPL-4502/3 are not registered.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Specifications

Over recommended temperature ($T_A = 0^\circ\text{C}$ to 70°C) unless otherwise specified. See note 13.

Parameter	Symbol	Device	Min.	Typ.**	Max.	Units	Test Conditions	Fig.	Note	
Current Transfer Ratio	CTR*	6N135	7	13	50	%	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_O = 0.4\text{ V}$ $I_F = 16\text{ mA}$, $V_{CC} = 4.5\text{ V}$	1, 2, 4	5, 11	
			5	19			$V_O = 0.5\text{ V}$			
		6N136 HCPL-4502 HCPL-4503 HCPL-2502	19	24	50	%	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_O = 0.4\text{ V}$			
			15	25			$V_O = 0.5\text{ V}$			
			15	18	22		$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_O = 0.4\text{ V}$			
Logic Low Output Voltage	V_{OL}	6N135	0.1	0.4	V	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $I_O = 1.1\text{ mA}$	$I_F = 16\text{ mA}$, $V_{CC} = 4.5\text{ V}$			
				0.5		$I_O = 0.8\text{ mA}$				
		6N136 HCPL-2502 HCPL-4502 HCPL-4503	0.1	0.4	V	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $I_O = 3.0\text{ mA}$				
				0.5		$I_O = 2.4\text{ mA}$				
Logic High Output Current	I_{OH} *			0.003	μA	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_O = V_{CC} = 5.5\text{ V}$	$I_F = 0\text{ mA}$	6		
				0.01		$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_O = V_{CC} = 15.0\text{ V}$				
				50						
Logic Low Supply Current	I_{CCL}		50	200	μA	$I_F = 16\text{ mA}$, $V_O = \text{Open}$, $V_{CC} = 15\text{ V}$			13	
Logic High Supply Current	I_{CCH} *		0.02	1	μA	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $I_F = 0\text{ mA}$, $V_O = \text{Open}$, $V_{CC} = 15\text{ V}$			13	
				2						
Input Forward Voltage	V_F *		1.5	1.7	V	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $I_F = 16\text{ mA}$			3	
				1.8						
Input Reverse Breakdown Voltage	BV_R *		5		V	$I_R = 10\text{ mA}$				
Temperature Coefficient of Forward Voltage	$\frac{\Delta V_F}{\Delta T_A}$			-1.6	$\text{mV}/^\circ\text{C}$	$I_F = 16\text{ mA}$				
Input Capacitance	C_{IN}			60	pF	$f = 1\text{ MHz}$, $V_F = 0\text{ V}$				
Input-Output Isolation Voltage	I_{IO}		2500		1	μA	45% RH, $t = 5\text{ s}$, $V_{IO} = 3\text{ kVdc}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		6, 16	
							V_{RMS}	RH < 50%, $t = 1\text{ min.}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		6, 14, 15
Resistance (Input-Output)	R_{IO}			10^{12}	Ω	$V_{IO} = 500\text{ Vdc}$			6	
Capacitance (Input-Output)	C_{IO}			0.6	pF	$f = 1\text{ MHz}$			6	
Transistor DC Current Gain	h_{FE}			150		$V_O = 5\text{ V}$, $I_O = 3\text{ mA}$				
				130		$V_O = 0.4\text{ V}$, $I_b = 20\text{ }\mu\text{A}$				

*For JEDEC registered parts. **All typicals at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Switching Specifications

Over recommended temperature ($T_A = 0^\circ\text{C}$ to 70°C), $V_{CC} = 5\text{ V}$, $I_F = 16\text{ mA}$ unless otherwise specified.

Parameter	Sym.	Device	Min.	Typ.**	Max.	Units	Test Conditions		Fig.	Note	
							$T_A = 25^\circ\text{C}$				
Propagation Delay Time to Logic Low at Output	t_{PLL}	6N135		0.2	1.5	μs	$T_A = 25^\circ\text{C}$	$R_L = 4.1\text{ k}\Omega$	5, 9, 11	8, 9	
							$T_A = 25^\circ\text{C}$	$R_L = 1.9\text{ k}\Omega$			
		6N135 HCPL-2502 HCPL-4502 HCPL-4503		0.2	0.8	1.0	μs	$T_A = 25^\circ\text{C}$			$R_L = 4.1\text{ k}\Omega$
								$T_A = 25^\circ\text{C}$			$R_L = 1.9\text{ k}\Omega$
Propagation Delay Time to Logic High at Output	t_{PLH}	6N135		1.3	1.5	μs	$T_A = 25^\circ\text{C}$	$R_L = 4.1\text{ k}\Omega$	5, 9, 11	8, 9	
							$T_A = 25^\circ\text{C}$	$R_L = 1.9\text{ k}\Omega$			
		6N136 HCPL-2502 HCPL-4502 HCPL-4503		0.6	0.8	1.0	μs	$T_A = 25^\circ\text{C}$			$R_L = 4.1\text{ k}\Omega$
								$T_A = 25^\circ\text{C}$			$R_L = 1.9\text{ k}\Omega$
Common Mode Transient Immunity at Logic High Level Output	$ CM_{HI} $	6N135		1		$\text{kV}/\mu\text{s}$	$R_L = 4.1\text{ k}\Omega$	$I_F = 0\text{ mA}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CM} = 10\text{ V}_{P-P}$, $C_L = 15\text{ pF}$	10	7, 8, 9	
		6N136 HCPL-2502 HCPL-4502		1		$\text{kV}/\mu\text{s}$	$R_L = 1.9\text{ k}\Omega$				
		HCPL-4503	15	30		$\text{kV}/\mu\text{s}$	$R_L = 1.9\text{ k}\Omega$				$I_F = 0\text{ mA}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CM} = 1500\text{ V}_{P-P}$, $C_L = 15\text{ pF}$
Common Mode Transient Immunity at Logic Low Level Output	$ CM_{LI} $	6N135		1		$\text{kV}/\mu\text{s}$	$R_L = 4.1\text{ k}\Omega$	$I_F = 16\text{ mA}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CM} = 10\text{ V}_{P-P}$, $C_L = 15\text{ pF}$	10	7, 8, 9	
		6N136 HCPL-2502 HCPL-4502		1		$\text{kV}/\mu\text{s}$	$R_L = 1.9\text{ k}\Omega$				
		HCPL-4503	15	30		$\text{kV}/\mu\text{s}$	$R_L = 1.9\text{ k}\Omega$				$I_F = 16\text{ mA}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CM} = 1500\text{ V}_{P-P}$, $C_L = 15\text{ pF}$
Bandwidth	BW	6N135/6 HCPL-2502		9		MHz	See Test Circuit	7, 8	10		

*JEDEC registered specification for 6N135/6.

**All typicals at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

Notes:

- Derate linearly above 70°C free-air temperature at a rate of $0.8\text{ mA}/^\circ\text{C}$.
- Derate linearly above 70°C free-air temperature at a rate of $1.6\text{ mA}/^\circ\text{C}$.
- Derate linearly above 70°C free-air temperature at a rate of $0.9\text{ mW}/^\circ\text{C}$.
- Derate linearly above 70°C free-air temperature at a rate of $2.0\text{ mW}/^\circ\text{C}$.
- CURRENT TRANSFER RATIO in percent is defined as the ratio of output collector current, I_O , to the forward LED input current, I_F , times 100.
- Device considered a two-terminal device: Pins 1, 2, 3, and 4 shorted together and Pins 5, 6, 7, and 8 shorted together.
- Common mode transient immunity in a Logic High level is the maximum tolerable (positive) dV_{CM}/dt on the leading edge of the common mode pulse, V_{CM} , to assure that the output will remain in a Logic High state (i.e., $V_O > 2.0\text{ V}$). Common mode transient immunity in a Logic Low level is the maximum tolerable (negative) dV_{CM}/dt on the trailing edge of the common mode pulse signal, V_{CM} , to assure that the output will remain in a Logic Low state (i.e., $V_O < 0.8\text{ V}$).
- The $1.9\text{ k}\Omega$ load represents 1 TTL unit load of 1.6 mA and the $5.6\text{ k}\Omega$ pull-up resistor.
- The $4.1\text{ k}\Omega$ load represents 1 LSTTL unit load of 0.36 mA and $6.1\text{ k}\Omega$ pull-up resistor.
- The frequency at which the ac output voltage is 3 dB below its mid-frequency value.
- The JEDEC registration for the 6N136 specifies a minimum CTR of 15%. HP guarantees a minimum CTR of 19%.
- See Option 020 data sheet for more information.
- Use of a $0.1\text{ }\mu\text{F}$ bypass capacitor connected between pins 5 and 8 is recommended.
- In accordance with UL 1577, each optocoupler is proof tested by applying an insulation test voltage $\geq 3000\text{ V}_{RMS}$ for 1 second (leakage detection current limit, $I_{L} \leq 5\text{ }\mu\text{A}$).
- In accordance with UL 1577, each optocoupler is proof tested by applying an insulation test voltage $\geq 6000\text{ V}_{RMS}$ for 1 second (leakage detection current limit, $I_{L} \leq 5\text{ }\mu\text{A}$).
- This rating is equally validated by an equivalent ac proof test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Insulation Related Specifications

Parameter	Symbol	Value	Units	Conditions
Min. External Air Gap (Clearance)	L(101)	> 7	mm	Measured from input terminals to output terminals
Min. External Tracking Path (Creepage)	L(102)	> 7	mm	Measured from input terminals to output terminals
Min. Internal Plastic Gap (Clearance)		0.08	mm	Insulation thickness between emitter and detector
Tracking Resistance	CTI	175	Volts	DIN IEC 112/VDE 0303 Part 1
Isolation Group (Per DIN VDE 0109)		IIIa		Material Group DIN VDE 0109

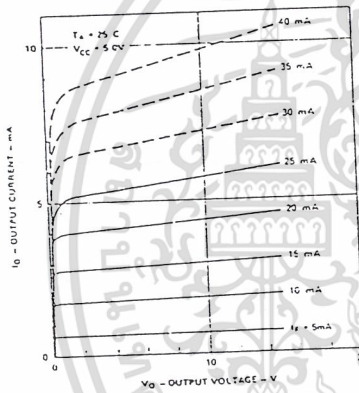


Figure 1. DC and Pulsed Transfer Characteristics.

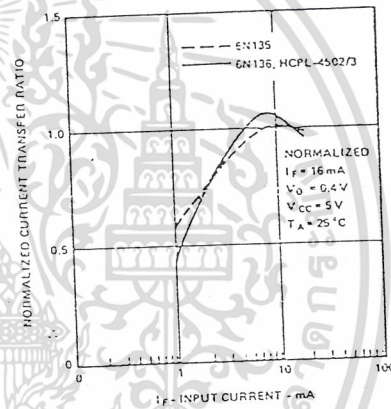


Figure 2. Current Transfer Ratio vs. Input Current.

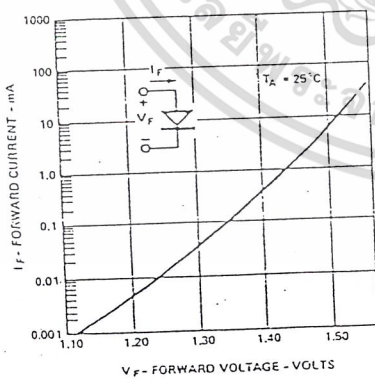


Figure 3. Input Current vs. Forward Voltage.

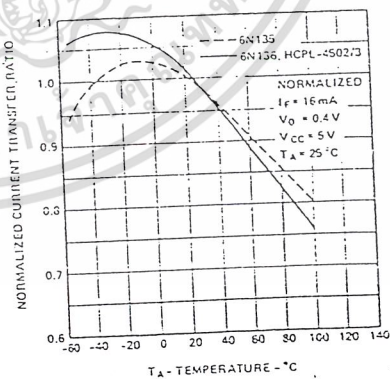


Figure 4. Current Transfer Ratio vs. Temperature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

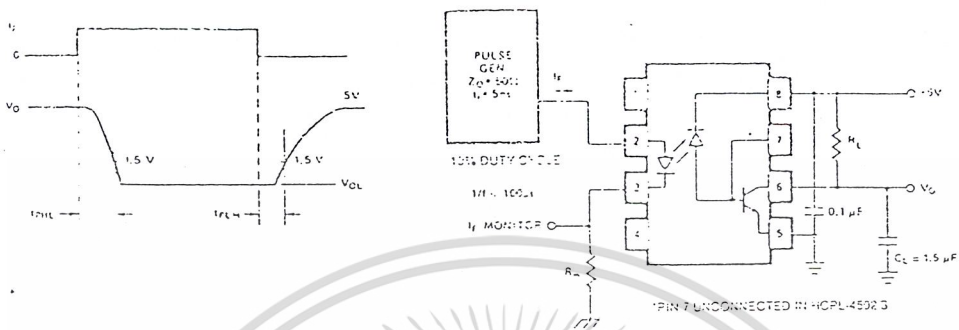


Figure 9. Switching Test Circuit.*

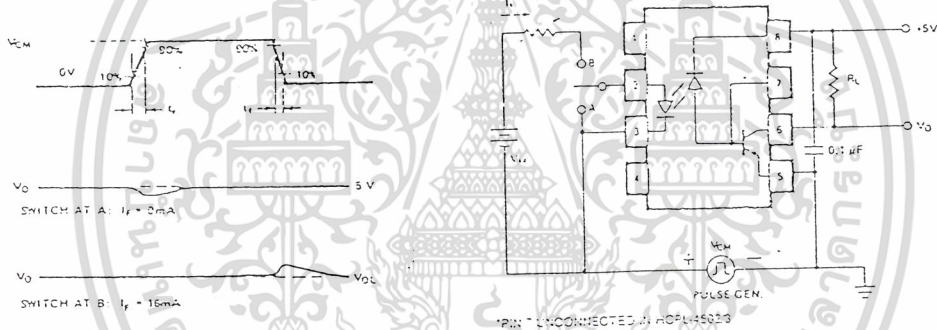


Figure 10. Test Circuit for Transient Immunity and Typical Waveforms.

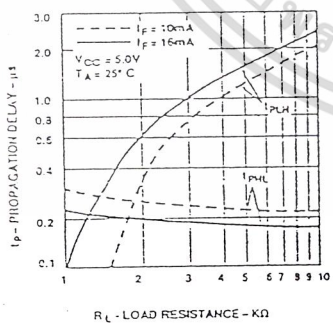


Figure 11. Propagation Delay Time vs. Load Resistance.
*JEDEC Registered Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] B.K Bose. Power Electronics and AC Drives, General Electric Company Corporate Research and Development Schenectady. New York, Prentice-Hall, 1986
- [2] Ned Mohan, Tore M. Undeland, William P. Robbins, Power Electronics : converters, applications, and design. John Wiley & Sons, Inc 2nd edition 1995
- [3] Takashi Kenjo. Power Electronics for the Microprocessor Age, Oxford University Press, 1990
- [4] เอกสารประกอบการสอนวิชา Electric Drives in Motor, 2541



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้