วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ 1 เฟส

INVERTER CONTROL SPEED OF AC MOTOR 1 PHASE

ธนวัฒน์ บุญกา

ธีรพงศ์ เกษวาศรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2556

วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ 1 เฟส
INVERTER CONTROL SPEED OF AC MOTOR 1 PHASE

นายธนวัฒน์ บุญภา รหัส 53010654
นายธีรพงศ์ เกลียวศรี รหัส 53010750

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.พลผดุง ผดุงกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INVERTER CONTROL SPEED OF AC MOTOR 1 PHASE

Mr. Thanawat Boonpha
Mr. Teerapong Kliewsri

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN ELECTRONICS ENGINEERING
FALCUTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LAKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ 1 เฟส

INVERTER CONTROL SPEED OF AC MOTOR 1 PHASE

ผู้จัดทำ นาย ธนวัฒน์ บุญภา รหัส 53010654 ชั้นปีที่ 4C

นาย ธีรพงศ์ เกลียวศรี รหัส 53010750 ชั้นปีที่ 4C

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผศ. พลผดุง ผดุงกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบหนึ่งเฟส

นาย ธนวัฒน์ บุญภา รหัส 53010654
นาย ธีรพงศ์ เกลียวศรี รหัส 53010750
ผศ. พลผดุง ผดุงกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการปรับปรุงวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งเป็นวงจรอินเวอร์เตอร์แบบหนึ่งเฟส โดยความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับถูกควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบการทำงานจะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นส่วนประมวลผลที่หนึ่ง ทำหน้าที่รับค่าความเร็วรอบของมอเตอร์จากผู้ใช้งาน โดยการป้อนค่าความเร็วที่ต้องการผ่านแป้นตัวเลข โดยที่ค่าความเร็วรอบที่ต้องการนั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 300รอบต่อนาที ถึง 1800รอบต่อนาที หรือเท่ากับความถี่ที่ 10เฮิรตซ์ ถึง 60เฮิรตซ์ แล้วส่งข้อมูลไปประมวลที่สอง ซึ่งเป็นส่วนควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วยวิธีการเปลี่ยนแปลงความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ โดยอาศัยหลักการของ PWM (Pulse Width Modulation) และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC ในการสร้างสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INVERTER CONTROL SPEED OF AC MOTOR 1 PHASE

Mr. Thanawat Boonpha ID.53010654
Mr. Teerapong Kliewsri ID.53010750
Asst. Prof. Polphadung Padungkul Advisor
Educational Year 2013

Abstract

This thesis is about the modification of control motor circuit which is single phase inverter. The speed of AC motor is controlled by the microcontroller. The system consists of two parts. The first part is using microcontroller. The first processing receives speed motor value from user through the numeric keypad which value of speed motor is between 300rpm to 1800rpm or in the frequency term is between 10Hz to 60Hz. Then the data will be sent to the second processing part which is speed control motor part. The processing of second part adjust frequency of AC voltage by the principles of PWM (Pulse Width Modulation) and this part using dsPIC microcontroller to modulate signal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ในสายการผลิตนั้นจะต้องมีส่วนบางส่วนที่จะเป็นจุดรวมกันของสายการผลิต จากการผลิตในส่วนต่างๆ เพื่อนำมาประกอบกัน, เกี่ยวข้องกัน หรือต้องใช้ในการผลิตร่วมกัน ความเร็วของสายพานลำเรียงต้องมีการปรับความเร็วที่ทำให้การผลิตไม่เกิดการกองกันของชิ้นส่วน หรือต้องไม่เกิดการรอชิ้นส่วนที่นานเกินไป ดังนั้นเกี่ยวกับการควบคุมความเร็วนั้นจำเป็นมากในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ

ในส่วนของเนื้อหาเล่มนี้ เป็นการทำวงจรอินเวอร์เตอร์ที่สามารถปรับเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์ได้ ประกอบไปด้วย หลักการทำงาน การประมวลผล

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานฉบับนี้จะให้ประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....i

ABSTRACT.....ii

คำนำ.....iii

สารบัญ.....iv

สารบัญรูปและตาราง.....vi

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....1

1.3 ขั้นตอนการทำงาน.....1

1.4 ขอบเขตของโครงงาน.....2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

1.6 ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นและการแก้ไข.....2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller).....3

2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ.....3

2.1.2 ข้อแตกต่างระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์.....4

2.1.3 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์.....4

2.2 หลักการควบคุมอินเวอร์แบบ PWM (Pulse Width Modulate).....6

2.3 อินเวอร์เตอร์(Inverter).....8

2.3.1 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์.....8

2.1.2 โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์.....9

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้า.....9

2.4.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส(A.C. Single Phase).....10

2.4.2 ส่วนประกอบของคาปาซิสเตอร์มอเตอร์.....10

2.4.2 หลักการทำงานของคาปาซิเตอร์มอเตอร์.....12

บทที่ 3 หลักการทำงานและการออกแบบ.....13

3.1 โครงสร้างโดยรวม.....13

3.2 หลักการทำงาน.....13

3.2.1 วงจรควบคุม.....13

3.2.2 วงจรสร้างสัญญาณ PWM.....13

3.2.2.1 วงจร Protection.....15

3.2.3 วงจรอินเวอร์เตอร์.....15

3.2.3.1 วงจรเรียงกระแสแบบแรงดันสองเท่า.....16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.2 วงจรภาคขับสวิทช์ ..16
3.2.3.3 วงจรอินเวอร์เตอร์ ..17
บทที่ 4 การออกแบบโปรแกรม ..18
4.1 ส่วนควบคุม ..18
4.2 ส่วนสร้างสัญญาณ PWM ..18
4.3 Flow Chart ..19
บทที่ 5 ผลการทดลอง ..20
5.1 ผลการทดลองการวัดจำนวนรอบของมอเตอร์กับค่าทางทฤษฎี ..20
5.2 ผลการทดลองส่วนการสร้างสัญญาณ PWM ..24
5.2.1 สัญญาณที่ขาออกของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC ..24
5.2.2 เปรียบเทียบสัญญาณกิ่งเดียวกัน ที่เอาท์พุทของไมโครคอลโทรลเลอร์ dsPIC ..28
5.2.3 เปรียบเทียบสัญญาณกิ่งต่างกัน ที่เอาท์พุทของไมโครคอลโทรลเลอร์ dsPIC ..30
5.2.4 สัญญาณที่ขาอินพุทของ Opto-Isolator ..32
5.2.5 เปรียบเทียบสัญญาณกิ่งต่างกัน ที่อินพุทของ Opto-Isolator ..36
5.2.6 วัดสัญญาณกิ่งเดียวกันที่ขาเกทของ IGBT ..38
5.2.7 เปรียบเทียบสัญญาณต่างกิ่งกันที่ขาเกทของ IGBT Q1 กับ Q2, Q3 กับ Q4 ..44
5.2.8 สัญญาณที่ขดสตาร์ทและขดรันของมอเตอร์ไฟฟ้า ..46
5.2.9 สัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์หลังผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ..48
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง ..50

ภาคผนวก ..51
กิตติกรรมประกาศ ..57
หนังสืออ้างอิง ..58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงโครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรเลอร์....1
2.2 แสดงการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล dsPIC30f2010....6
2.3 การใช้เทคนิค PWM....7
2.4 รูปแสดงหลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์....8
2.5 รูปแสดงโครงสร้างของอินเวอร์เตอร์ (Inverter)....9
2.6 โรเตอร์....11
2.7 สเตเตอร์....11
2.8 ฝาปิดหัวท้าย....11
2.9 คาปาซิสเตอร์....11
3.1 Block diagram หลักการทำงานของระบบ....13
3.2 Schematic ของวงจรส่วนควบคุม....14
3.3 Schematic ของวงจรส่วนสัญญาณ....14
3.4 วงจร Protection....15
3.5 วงจรเรียงกระแสแรงดันสองเท่า....16
3.6 วงจรภาคขับสวิทช์....16
3.7 วงจรอินเวอร์เตอร์....17
4.1 Flow Chart ส่วนควบคุม....19
4.2 Flow Chart ส่วนสร้างสัญญาณ....19
5.1 วงจรสร้าสัญญาณ PWM....21
5.2 วงจรอินเวอร์เตอร์....22
5.3 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM1 High (dsPIC ขา 25)....24
5.3 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 High (dsPIC ขา 25)....24
5.4 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM1 Low (dsPIC ขา 26)....25
5.4 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 Low (dsPIC ขา 26)....25
5.5 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM2 High (dsPIC ขา 23)....26
5.5 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM 2 High (dsPIC ขา 23)....26
5.6 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM2 Low (dsPIC ขา 24)....27
5.6 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM2 Low (dsPIC ขา 24)....27
5.7 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM1 High Low (dsPIC ขา 25 - 26)....28
5.7 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 High Low (dsPIC ขา 25 - 26)....28
5.8 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM2 High Low (dsPIC ขา 25 - 26)....29
5.8 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM2 High Low (dsPIC ขา 25 - 26)....29
5.9 (ก) แสดงสัญญาณ PWM1 High (ขาที่ 25) กับ PWM2 High (ขาที่ 23)....30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.9 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 High (ขาที่ 25) กับ PWM2 High (ขาที่ 23).....30
5.10 (ก) แสดงสัญญาณ PWM1 Low (ขาที่ 26) กับ PWM2 Low (ขาที่ 24).....31
5.10 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 Low (ขาที่ 26) กับ PWM2 Low (ขาที่ 24).....31
5.11 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM1 High ที่อินพุทของ Opto Isolator.....32
5.11 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 High ที่อินพุทของ Opto-Isolator.....32
5.12 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM1 Low ที่อินพุทของ Opto-Isolator.....33
5.12 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 Low ที่อินพุทของ Opto-Isolator.....33
5.13 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM2 High ที่อินพุทของ Opto-Isolator 34
5.13 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM2 High ที่อินพุทของ Opto-Isolator.....34
5.14 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM2 Low ที่อินพุทของ Opto-Isolator.....35
5.14 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM2 Low ที่อินพุทของ Opto-Isolator.....35
5.15 (ก) แสดงสัญญาณ PWM1 High กับ PWM2 High ที่อินพุทของ Opto-Isolator..... 36
5.15 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณเปรียบเทียบระหว่าง PWM1 High กับ PWM2 High ที่อินพุทของ Opto-Isolator.....36
5.16 (ก) แสดงสัญญาณ PWM1 Low กับ PWM2 Low ที่อินพุทของ Opto-Isolator.....37
5.16 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณเปรียบเทียบระหว่าง PWM1 Low กับ PWM2 Low ที่อินพุทของ Opto-Isolator.....37
5.17 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM1 High ที่ขาเกทของ IGBT.....38
5.17 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 High ที่ขาเกทของ IGBT 38
5.18 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM1 Low ที่ขาเกทของ IGBT 39
5.18 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 Low ที่ขาเกทของ IGBT.....39
5.19 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM2 High ที่ขาเกทของ IGBT 40
5.19 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM2 High ที่ขาเกทของ IGBT 40
5.20 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM2 Low ที่ขาเกทของ IGBT 41
5.20 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM2 Low ที่ขาเกทของ IGBT 41
5.21 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM1 High และ Low ที่ขาเกทของ IGBT- Q1 และ Q3.....42
5.21 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 High และ Low ที่ขาเกทของ IGBT- Q1 และ Q3.....42
5.22 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM2 High และ Low ที่ขาเกทของ IGBT- Q2 และ Q4.....43
5.22 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM2 High และ Low ที่ขาเกทของ IGBT- Q2 และ Q4.....43
5.23 (ก) สัญญาณ PWM1 High (Q2) กับ PWM2 High (Q4)..... 44
5.23 (ข) ภาพขยายสัญญาณ PWM1 High (Q2) กับ PWM2 High (Q4).....44
5.24 (ก) สัญญาณ PWM1 Low (Q1) กับ PWM2 Low (Q3).....45
5.24 (ข) ภาพขยายสัญญาณ PWM1 Low (Q1) กับ PWM2 Low (Q3).....45
5.25 (ก) สัญญาณที่ขดสตาร์ทที่ความถี่ 50Hz 2ms/div.....46
5.25 (ข) ภาพขยายสัญญาณที่ขดสตาร์ทที่ความถี่ 50Hz 0.5ms/div.....46
5.26 (ก) สัญญาณที่ขดรันที่ความถี่ 50Hz 2ms/div.....47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.26 (ข) ภาพขยายสัญญาณที่ขดรันที่ความถี่ 0.5ms/div.....47
5.27 เปรียบเทียบสัญญาณไซน์ของสัญญาณ PWM1H กับ PWM1L.....48
5.28 เปรียบเทียบสัญญาณไซน์ของสัญญาณ PWM2H กับ PWM2L.....48
5.29 เปรียบเทียบสัญญาณไซน์ของสัญญาณ PWM1H กับ PWM2H.....49
5.30 เปรียบเทียบสัญญาณไซน์ของสัญญาณ PWM1L กับ PWM2L.....49

ภาคผนวก
ก. วงจรในส่วนควบคุม.....51
ข. วงจรในส่วนสร้างสัญญาณ PWM.....52
ค. วงจรในส่วนอินเวอร์เตอร์.....53
ง. วงจรควบคุม.....54
จ. วงจรสร้างสัญญาณ PWM.....54
ฉ. วงจรอินเวอร์เตอร์.....55
ช. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ไม่มีโหลด.....56
ซ. เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแบบปรับค่าได้.....56

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า
5.1 ตารางบันทึกผลการทดลองจากการวัดค่าความเร็วรอบของมอเตอร์.....20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

ในภาคส่วนโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีสายการผลิตมากมาย โดยแต่ละสายการผลิตนั้นบางสายจะมีการรวมการผลิตเข้าด้วยกัน โดยที่ส่วนใหญ่ของการผลิตแต่ละสายนั้นมีความเร็วการผลิตไม่เท่ากัน เมื่อมารวมที่จุดจุดเดียวกันอาจจะเกิดการกองรวมของชิ้นงานจากที่สายการผลิตหนึ่งเร็วกว่าอีกสายหนึ่ง ทำให้สายที่เร็วกว่าต้องมารออีกสายที่ช้ากว่า ดังนั้นหากมีการปรับความเร็วของสายงานได้ จะไม่ทำให้เกิดเหตุการณ์ดังกล่าวข้างต้น โดยโครงงานนี้เป็นการทำวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์ที่เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้กันในตามโรงงาน โดยที่สามารถกำหนดหรือควบคุมความเร็วได้จากการป้อนค่าความเร็วที่ต้องการไปสู่มอเตอร์ไฟฟ้าได้

1.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาโครงสร้างของวงจรอินเวอร์เตอร์, การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ และการเขียนคำสั่งในการควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
- สามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์เป็นชิ้นงานที่สามารถใช้งานได้
- เพื่อศึกษาโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ และการควบคุมการทำงานของระบบ
- สามารถเข้าใจหลักการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์
- สามารถสร้างวงจรอินเวอร์เตอร์ออกมาใช้งานได้
- สามารถปรับปรุงแก้ไขวงจรอินเวอร์เตอร์ได้

1.3 ขั้นตอนการทำงาน

ในส่วนการควบคุม

1. ศึกษาโครงสร้างการทำงานทั้งหมด
2. ศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานในส่วนของวงจรควบคุม
3. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน
4. ทดลองโปรแกรมในการควบคุมการทำงาน
5. ทดลองการใช้งานและแก้ไข

ในส่วนอินเวอร์เตอร์

1. ศึกษาโครงสร้างและหลักการทำงานของส่วนอินเวอร์เตอร์
2. ทดลองต่อวงจรอินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทดสอบและปรับปรุงแก้ไขวงจร
4. ออกแบบลายวงจรเพื่อลง PCB
5. ทดสอบการทำงานบน PCB

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า และส่วนของการเขียนไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จะไปควบคุมมอเตอร์ โดยอินเวอร์เตอร์ที่ควบคุมมอเตอร์เป็นแบบ 1 เฟส ส่วนของการควบคุมนั้นสามารถกำหนดความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าได้ โดยการป้อนค่าที่ต้องการเข้าไป ส่วนของวงจรอินเวอร์เตอร์ สร้างวงจรอินเวอร์เตอร์ออกมาใช้งานได้ โดยสามารถใช้กับมอเตอร์ขณะไม่มีโหลด และสามารถป้อนค่าความเร็วรอบที่ต้องการได้ จัดทำวงจรบน PCB อย่างสมบูรณ์ได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ฝึกทักษะการเขียนโปรแกรมด้วยวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์
- รู้และเข้าใจโครงสร้างและหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ, วงจรอินเวอร์เตอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์
- ได้ฝึกการทำงานเป็นทีม
- สามารถนำไปประยุกต์กับงานอื่นๆ ได้

1.6 ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นและการแก้ไข

- ต้องทำการศึกษาโปรแกรมและภาษที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมใหม่ทั้งหมด ทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน ควรมีการศึกษาโปรแกรมมาก่อนการทำงานจริง
- การเขียนไมโครคอนโทรลเลอร์มีความยุ่งยาก เนื่องจากวงจรควบคุมต้องสามารถปรับค่าที่ได้รับจากการป้อนข้อมูล และประมวลผลแสดงออกทางหน้าจอ LCD
- อุปกรณ์บางตัวไม่สามารถจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมได้ ทำให้ต้องทำการทดลองต่อจริง ทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน
- เครื่องมือวัดไม่เพียงพอต่อการทำงาน ทำให้เกิดความยากลำบากในการทำงาน
- การทดลองวงจรอินเวอร์เตอร์กับไฟฟ้าแรงดันสูงต้องใช้ความรอบคอบในการต่อวงจรและความระมัดระวังเป็นอย่างมาก
- การออกแบบ PCB มีความยุ่งยากมาก เพราะการออกแบบแบบ 2 เลเยอร์ ยังไม่เคยออกแบบมาก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller)

ในปัจจุบันเครื่องใช้ไฟฟ้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตลอดจนระบบโรงงานอุตสาหกรรมจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งติดตั้งอยู่ภายในเป็นตัวควบคุมเกือบทั้งหมด ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์กลายเป็นอีกหนึ่งอุปกรณ์ที่ผู้ผลิตสารกึ่งตัวนำหลายๆ บริษัทให้ความสนใจ และมีการแข่งขันสูงมาก อุปกรณ์ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมมีมากมายหลายชนิด เช่น อุปกรณ์เครื่องใช้ภายในบ้าน สัญญาณไฟจราจร รถยนต์ ตลอดจนระบบอุตสาหกรรม PLC, CNC, Robot เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ถูกใช้งานอย่างแพร่หลาย การศึกษาเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์จึงมีองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรอิเลคทรอนิกส์ ตลอดจนภาษาที่จะใช้ในการเขียน ซึ่งจะต้องศึกษาควบคู่กันไป โดยจะนำเสนอลำดับการทำงานดังต่อไปนี้

2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller) คือ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่รวบรวมฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆ ไว้ภายในตัวของมันเอง โดยมีโครงสร้างใกล้เคียงกับคอมพิวเตอร์ คือ ภายในประกอบด้วยหน่วยรับข้อมูลและโปรแกรมหน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยแสดงผล ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้มีความสมบูรณ์ในตัวของมันเอง ทำให้มีขนาดเล็ก และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับตัวมัน ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาจากคำ 2 คำ คำหนึ่งคือ ไมโคร (Micro) หมายถึงขนาดเล็กและคำว่า คอนโทรลเลอร์ (controller) หมายถึงตัวควบคุมหรืออุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงหมายถึงอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก แต่ในตัวอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กนี้ ได้บรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ ที่คนโดยส่วนใหญ่ค้นเคย กล่าวคือภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้รวมเอาซีพียู, หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

ความแตกต่างของ Microcontroller กับ Microcomputer คือ Microcontroller นั้นมีความสมบูรณ์ภายในตัวของมันเอง คือ มีส่วนประกอบต่างๆ ครบถ้วน ส่วน Microcomputer นั้นต้องทำงานร่วมกับอุปกรณ์ข้างเคียงที่เชื่อมต่อจากภายนอก เช่น แป้นพิมพ์ เครื่องอ่านเขียนแผ่นบันทึก หน่วยความจำ I/O ฯลฯ

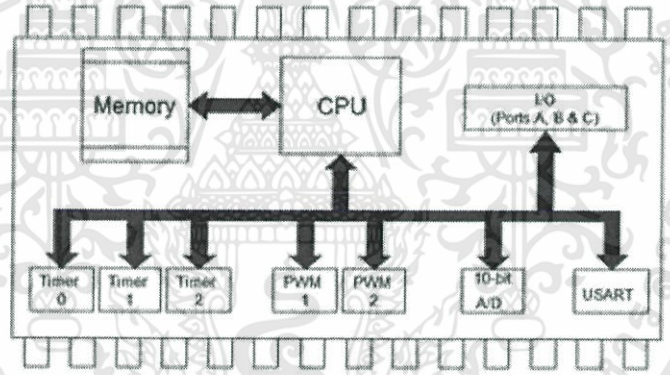
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ข้อแตกต่างระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จะไม่มีหน่วยความจำ RAM, ROM และ Port อยู่ในตัว ทำให้ต้องต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเพิ่มและต้องใช้ ICs ขยายพอร์ตเพิ่มเติม ข้อดีคือ สามารถเพิ่มหน่วยความจำได้ตลอด ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีวงจรพื้นฐานประกอบอยู่ภายในชิป เช่น หน่วยความจำ RAM, ROM และ I/O Port ดังนั้น ในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จึงมีขนาดเล็กกว่าและราคาต่ำกว่าระบบ
ไมโครโปรเซสเซอร์

2.1.3 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้รูป



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรเลอร์

1. **หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู(CPU: Central Processing Unit)** เป็นวงจรอิเลคทรอนิกส์ที่ทำงานหรือประมวลผล ตามชุดของคำสั่งเครื่องจากซอฟต์แวร์ คำนี้เริ่มใช้ในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ต้นศตวรรษ1960s หน่วยประมวลผลเปรียบเสมือนเป็นสมองของคอมพิวเตอร์ ในการทำหน้าที่ตัดสินใจหรือคำนวณ จากคำสั่งที่ได้รับมา เช่น การเปรียบเทียบ การกระทำการทางคณิตศาสตร์ ฯลฯ โดยมีกระบวนการพื้นฐานคือ
   - อ่านชุดคำสั่ง(fetch)
   - ตีความชุดคำสั่ง(decode)
   - ประมวลผลชุดคำสั่ง(execute)
   - อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ(memory)
   - เขียนข้อมูล/ส่งผลการประมวลกลับ(write back)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

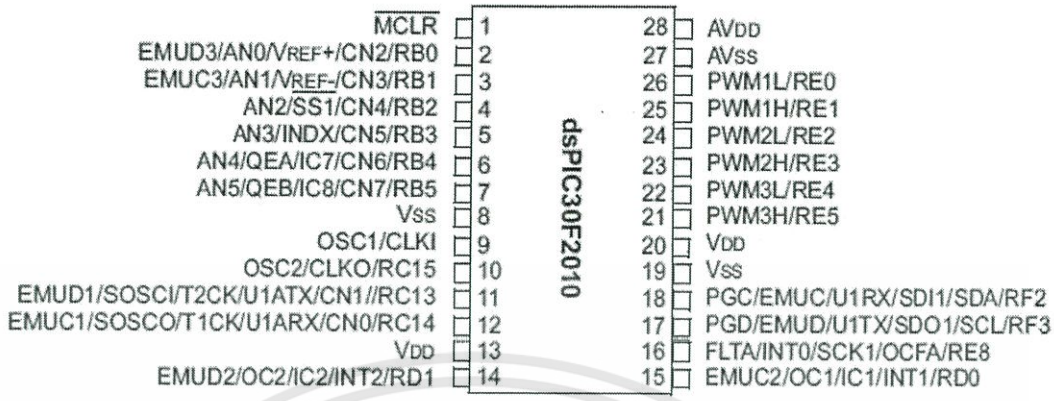
2. **หน่วยความจำ(Memory)** สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก(Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือ ข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล(Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดาษทศในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความจำแรม(RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วๆไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม(EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

3. **ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต(Port)** มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต(Input Port) และ พอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต(Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

4. **ช่องทางเดินของสัญญาณหรือบัส(BUS)** คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล(Data Bus), บัสแอดเดรส(Address Bus)และบัสควบคุม(Control Bus)บัสข้อมูลเป็นสายสัญญาณที่บรรจุข้อมูล เพื่อการประมวลผลทั้งหมด ขนาดของบัสจะขึ้นอยู่กับความสามารถการประมวลผลของซีพียู

5. **วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา(Clock)** นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล dsPIC30f2010

2.2 หลักการควบคุมอินเวอร์แบบ PWM(Pulse Width Modulate)

การเฉลี่ยเฉพาะที่ แรงดันเอาท์พุท V_o ของวงจรทอนระดับสัญญาณดังรูปที่ 2.3(ก) สามารถเปลี่ยนแปลงได้ระหว่างค่า 0 ถึงค่า V_s โดยที่ วัฏจักรงาน D มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้าเราให้ D เป็นฟังก์ชั่นของเวลา $d(t)$ โดยที่ $d(t)$ มีการเปลี่ยนแปลงค่าอย่างช้าๆ เมื่อเทียบกับคาบของการสวิตช์ ซึ่งถ้าเป็นในกรณีเช่นนี้เราสามารถสังเคราะห์แรงดันเอาท์พุท V_o ซึ่งมีค่าเฉลี่ยจะเป็นฟังก์ชั่นของเวลาและมีค่าเท่ากับ $d(t)V_s$ อย่างไรก็ตามเวลาในการเฉลี่ยค่า V_o จำเป็นต้องเป็นช่วงเวลาที่นานเมื่อเทียบกับคาบเวลาของการสวิตช์ T แต่คาบเวลาดังกล่าวจะต้องสั้นกว่าเมื่อเทียบกับคาบเวลาของ $d(t)$

การเฉลี่ยค่าแรงดันเอาท์พุท V_o ในที่นี้หมายถึงการเฉลี่ยเฉพาะที่(local averaging) และจะใช้สัญลักษณ์ $\overline{V_o}(t)$ สำหรับสัญลักษณ์ $<V_o>$ หมายถึงค่าเฉลี่ยจริงซึ่งเป็นค่าคงตัว หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ค่าเฉลี่ยดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ยเฉพาะที่ได้จากการกรองสัญญาณแรงดันเอาท์พุทด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน โดยขจัดความถี่สูงออกและคงเหลือไว้แต่สัญญาณความถี่ต่ำๆ เช่น องค์ประกอบหลักมูล(fundamental component) ในขณะที่ถ้าส่วนค่าเฉลี่ยได้จากการกรองทุกความถี่ออก จะคงเหลือไว้แต่องค์ประกอบไฟตรง

สำหรับวงจรทอนระดับสัญญาณแสดงในรูปที่ 2.3(ก) ถ้าเราให้วัฏจักรงาน $d(t)$ เป็นฟังก์ชั่นไซนูซอยด์ เราจะได้แรงดันเอาท์พุทที่เป็นองค์ประกอบไฟตรงบวกกับไซนูซอยด์ ได้ดังนี้

ถ้า
$$d(t) = 0.5 + m_a \sin \omega_a t$$
$$V_o(t) = 0.5V_s + m_a V_s \sin \omega_a t \quad ; m_a \le 0.5 \qquad (2.1)$$

m_a คือ amplitude modulation

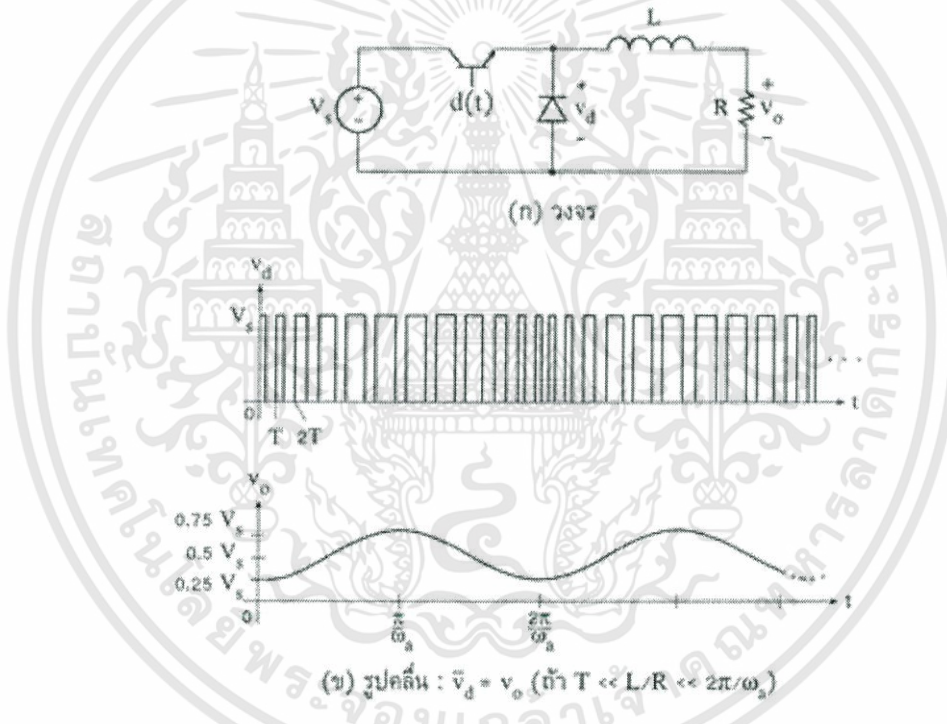
ω_a คือ frequency modulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีเงื่อนไขดังนี้

$$T = \frac{L}{R} = \frac{2\pi}{\omega_a} \qquad (2.2)$$

แรงดัน V_d เป็นพัลส์ที่มีความถี่เท่ากับ $1/T$ แต่มีความกว้างพัลส์ที่ไม่คงตัว เราเรียกรูปคลื่นที่วัฏจักรงานเป็นฟังก์ชั่นของเวลาว่ารูปคลื่นสัญญาณ PWM ค่าเฉลี่ยเฉพาะที่ของรูปคลื่น PWM หรือ $\bar{V}_d$ จะเป็นฟังก์ชั่นของเวลา ถ้าเราทำการกรอง V_d ด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ L และ R โดยมีพารามิเตอร์เป็นไปตามเงื่อนไขสมการที่ (2.2) ดังนั้นค่าความถี่การสวิตช์จะถูกกรองออกไปแต่ความถี่ ω_a ไม่ถูกลดทอน



รูปที่ 2.3 การใช้เทคนิค PWM

ในรูปที่ 2.3(ข) V_o คือค่าเฉลี่ยเฉพาะที่ของรูปคลื่น PWM เนื่องจาก $d(t)$ เป็นฟังก์ชั่นไซนูซอยด์ ค่าเฉลี่ยเฉพาะที่ของรูปคลื่น PWM จึงเป็นรูปไซนูซอยด์ด้วย แต่ $d(t)$ อาจเป็นฟังก์ชั่นของเวลาใดๆ (ที่เป็นไปตามเงื่อนไขสมการที่ (2.2)) $V_o(t)$ ก็จะเป็นฟังก์ชั่นที่เหมือนกับ $d(t)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 อินเวอร์เตอร์(Inverter)

อินเวอร์เตอร์(Inverter) คือ อุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของ 1, 3-Phase AC Motor โดยวิธีการปรับแรงดันและความถี่ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับมอเตอร์ บางครั้งจะเรียกว่า " V/F Control " อินเวอร์เตอร์(Inverter) ยังมีชื่อเรียกอีกหลายอย่างเช่น

VSD: Variable Speed Drives

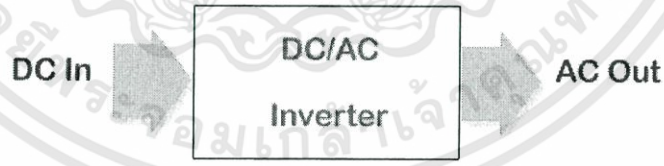
VVVF: Variable Voltage Variable Frequency

VC: Vector Control

2.3.1 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์(Inverter) จะแปลงไฟกระแสสลับ(AC) จากแหล่งจ่ายไฟทั่วไปที่มีแรงดันและความถี่คงที่ ให้เป็นไฟกระแสตรง(DC) โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์(Converter Circuit) จากนั้นไฟกระแสตรงจะถูกแปลงเป็นไฟกระแสสลับที่สามารถปรับขนาดแรงดันและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์(Inverter Circuit) วงจรทั้งสองนี้จะเป็นวงจรหลักที่ทำหน้าที่แปลงรูปคลื่น และผ่านพลังงานของอินเวอร์เตอร์

โดยทั่วไปแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับมีรูปคลื่นซายน์ แต่เอาท์พุตของอินเวอร์เตอร์จะมีรูปคลื่นแตกต่างจากรูปซายน์ นอกจากนั้นยังมีชุดวงจรควบคุม(Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์และวงอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของ 3-phase Induction motor



รูปที่ 2.4 รูปแสดงหลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์

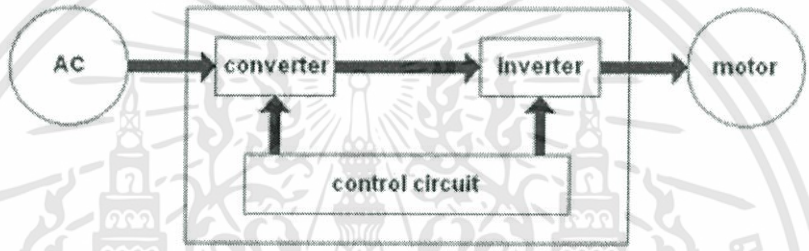
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์

1. ชุดคอนเวอร์เตอร์(Converter Circuit) ซึ่งทำหน้าที่ แปลงไฟสลับจากแหล่งจ่ายไฟ AC. power supply (50 Hz) ให้เป็นไฟตรง(DC Voltage)

2. ชุดอินเวอร์เตอร์(Inverter Circuit) ซึ่งทำหน้าที่ แปลงไฟตรง(DC Voltage) ให้เป็นไฟสลับ (AC Voltage) ที่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ได้

3. ชุดวงจรควบคุม(Control Circuit) ซึ่งทำหน้าที่ ควบคุมการทำงานของชุดคอนเวอร์เตอร์ แถะชุดอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.5 รูปแสดงโครงสร้างของอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามการใช้ของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิดดังนี้

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส หรือเรียกว่าซิงเกิลเฟสมอเตอร์(A.C. Sing Phase)

- สปลิทเฟส มอเตอร์(Split-Phase motor)
- คาปาซิเตอร์มอเตอร์(Capacitor motor)
- รีพัลชั่นมอเตอร์(Repulsion-type motor)
- ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์(Universal motor)
- เช็ดเดดโพลมอเตอร์(Shaded-pole motor)

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส หรือเรียกว่าทีเฟสมอเตอร์(A.C. Three phase Motor) ในที่นี้จะไม่กล่าวถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส(A.C. Single Phase)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด1เฟส (A.C. Single Phase) เป็น เครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีหลักการคือ แปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล โดยไฟฟ้าที่ใช้เป็นแบบกระแสสลับ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส หรือเรียกว่า ซิงเกิลเฟสมอเตอร์ (A.C. Single Phase) มีหลายชนิดดังนี้

1. สปลิทเฟส มอเตอร์(Split-Phase Motor)
2. คาปาซิเตอร์ มอเตอร์(Capacitor Motor)
3. รีพัลชั่น มอเตอร์(Repulsion-type Motor)
4. ยูนิเวอร์แซล มอเตอร์(Universal Motor)
5. เช็ดเดดโพล มอเตอร์(Shaded-pole Motor)

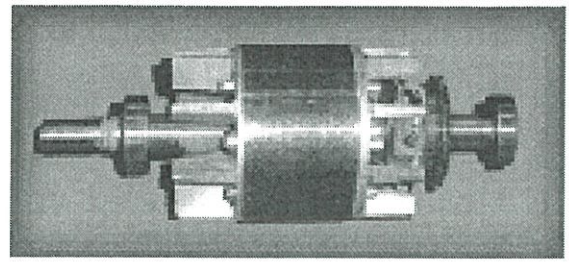
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับคาปาซิสเตอร์มอเตอร์(Capacitor motor) คาปาซิสเตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสที่มีลักษณะคล้ายสปลิทเฟสมอเตอร์มาก ต่างกันตรงที่มีคาปาซิสเตอร์เพิ่มขึ้นมา ทำให้มอเตอร์แบบนี้มีคุณสมบัติพิเศษกว่าสปลิทเฟสมอเตอร์ คือ มีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงใช้กระแสขณะสตาร์ทน้อยมอเตอร์ชนิดนี้มีขนาดตั้งแต่ 1/20 แรงม้าถึง10 แรงม้ามอเตอร์นี้นิยมใช้งานเกี่ยวกับ ปั๊มน้ำ เครื่องอัดลม ตู้แช่ ตู้เย็น ฯลฯ

2.4.2 ส่วนประกอบของคาปาซิสเตอร์มอเตอร์

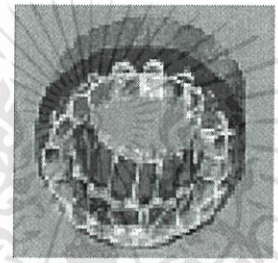
โครงสร้างของคาปาซิเตอร์มอเตอร์ มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เหมือนกับแบบสปลิทเฟส เกือบทุกอย่าง คือ

1. โรเตอร์เป็นแบบกรงกระรอก
2. สเตเตอร์ประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด คือ ชุดสตาร์ทและชุดรัน
3. ฝาปิดหัวท้ายประกอบด้วยปลอกทองเหลือง(Bush) หรือตลับลูกปืน(Ball bearing) สำหรับรองรับเพลา
4. คาพาซิสเตอร์หรือคอนเดนเซอร์(Capacitor or Condenser) ที่ใช้กับมอเตอร์แบบเฟสเดียวมี 3 ชนิดคือ
   - 4.1. แบบกระดาษ หรือ Paper capasitor
   - 4.2. แบบเติมน้ำมัน หรือ Oil -filled capasitor
   - 4.3. แบบน้ำยาไฟฟ้า หรือ Electrolytic capasitor

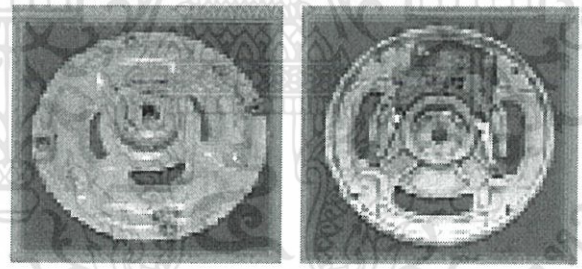
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



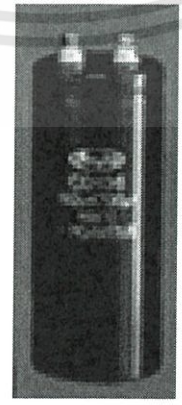
รูปที่ 2.6 โรเตอร์



รูปที่ 2.7 สเตเตอร์



รูปที่ 2.8 ฝาปิดหัวท้าย



รูปที่ 2.9 คาปาซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 หลักการทำงานของคาปาซิเตอร์มอเตอร์

ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของคาปาซิสเตอร์สตาร์ทมอเตอร์เหมือนกับสปลิทเฟส แต่วงจรขดลวดสตาร์ทพันด้วยขดลวดใหญ่ขึ้นกว่าสปลิทเฟส และพันจำนวนรอบมากขึ้นกว่าขดลวดชุดรัน แล้วต่อตัวคาปาซิเตอร์ (ชนิดอิเล็กโทรไลต์) อนุกรมเข้าในวงจรขดลวดสตาร์ท มีสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางตัดตัวคาปาซิสเตอร์และขดสตาร์ทออกจากวงจร

1. คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์(Capacitor start motor)

การทำงานของคาพาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์เหมือนกับแบบสปลิทเฟสมอเตอร์แต่เนื่องด้วยขดลวดชุดสตาร์ทต่ออนุกรมกับคาปาซิเตอร์ ทำให้กระแสที่ไหลเข้าในขดลวดสตาร์ทถึงจุดสูงสุดก่อนขดลวดชุดรันจึงทำให้ กระแสในขดลวดสตาร์ทนำหน้าขดลวดชุดรันซึ่งนำหน้ามากกว่าแบบสปิทเฟสมอเตอร์ คาปาซิสเตอร์มอเตอร์จึงมีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงมากสำหรับมอเตอร์ชนิดคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์หลังจากสตาร์ทแล้วมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบถึง 75 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วสูงสุดสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีจากศูนย์กลางคาปาซิเตอร์จะถูกตัดจากวงจรการทำงาน

2. คาปาซิสเตอร์รันมอเตอร์(Capacitor run motor)

ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของคาพาซิสเตอร์รันมอเตอร์เหมือนกับชนิดคาพาซิเตอร์สตาร์ท แต่ไม่มีสวิตช์แรงเหวี่ยง ตัวคาปาซิสเตอร์จะต่ออยู่ในวงจรตลอดเวลา ทำให้ค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ดีขึ้น และโดยที่คาปาซิสเตอร์ต้องต่อถาวรอยู่ขณะทำงานดังนั้นคาปาซิเตอร์ประเภท น้ำมันหรือกระดาษฉาบโลหะแต่สำหรับมอเตอร์ชนิดคา ปาซิสเตอร์รัน คาปาซิเตอร์จะต่ออยู่ในวงจรตลอดและเนื่องจากขดลวดชุดสตาร์ทใช้งานตลอดเวลา การออกแบบจึงต้องให้กระแสผ่านขดลวดน้อยกว่าแบบคาปาซิสเตอร์สตาร์ท โดยการลดค่าของคาพาซิสเตอร์ลง ดังนั้นแรงบิดจึงลดลงกว่าแบบคาพาซิสเตอร์สตาร์ทแต่ยังสูงกว่าแบบสปลิทเฟสมอเตอร์

3. คาปาซิสเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์(Capacitor start and run motor)

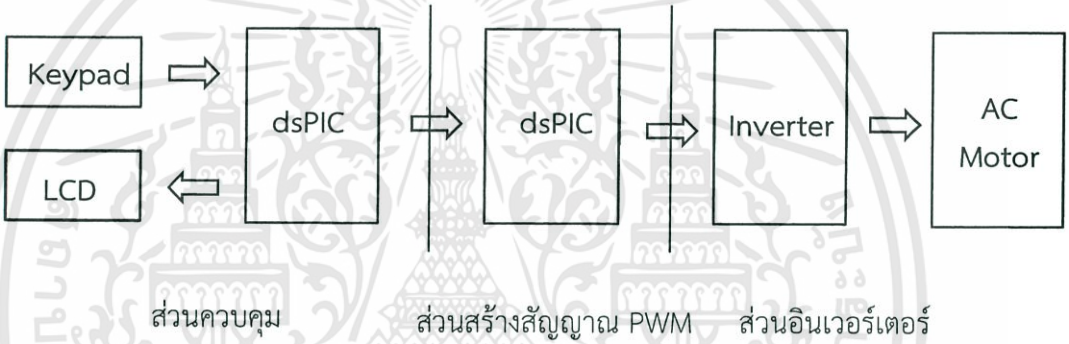
ลักษณะโครงสร้างของคาปาซิสเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ชนิดนี้จะมีคาปาซิเตอร์ 2 ตัว คือคาปาซิสเตอร์สตาร์ทกับคาปาซิสเตอร์รัน คาปาซิสเตอร์สตาร์ทต่ออนุกรมอยู่กับสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางหรือเรียกว่าเซ็นติฟูกัลสวิตช์ ส่วนคาปาซิสเตอร์รันจะต่ออยู่กับวงจรตลอดเวลา คาปาซิสเตอร์ทั้งสองจะต่อขนานกัน ซึ่งค่าของคาปาซิเตอร์ทั้งสองนั้นมีค่าแตกต่างกัน มอเตอร์แบบคาปาซิสเตอร์สตาร์ทและรัน ได้มีการออกแบบมีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงขึ้นโดยคาปาซิสเตอร์รันต่อขนานกับคาปาซิสเตอร์สตาร์ทเมื่อมอเตอร์ไฟฟ้าหมุนไปได้ความ เร็วรอบ 75 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วรอบสูงสุดส่วนคาปาซิสเตอร์รันต่ออยู่ในวงจรตลอด เวลาจึงทำให้มอเตอร์ที่มีกำลังสตาร์ทสูงและกำลังหมุนดีด้วยดัง แสดงรูปวงจรการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการทำงานและการออกแบบ

3.1 โครงสร้างโดยรวม

ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ
- ส่วนวงจรควบคุม
- ส่วนอินเวอร์เตอร์
- ส่วนวงจรอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 3.1 Block diagram หลักการทำงานของระบบ

3.2 หลักการทำงาน

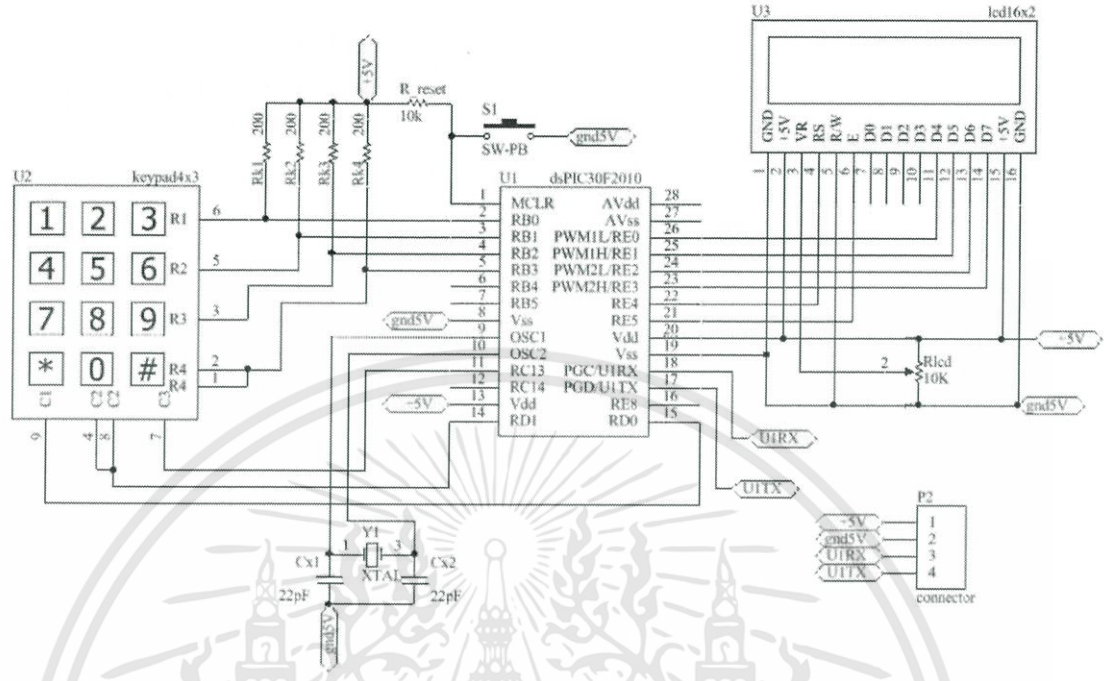
3.2.1 วงจรควบคุม

ในส่วนวงจรควบคุมจะทำหน้าที่รับข้อมูลจากการกดค่าความเร็วรอบที่ต้องการจาก Keypad ค่าที่ได้จะนำไปคำนวณเป็นความถี่ และนำค่าความถี่ที่ต้องการส่งไปประมวลผลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC ในส่วนสร้างสัญญาณแล้วจึงส่ง PWM ออกมาไปยังส่วนของอินเวอร์เตอร์เพื่อไปควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระสลับ

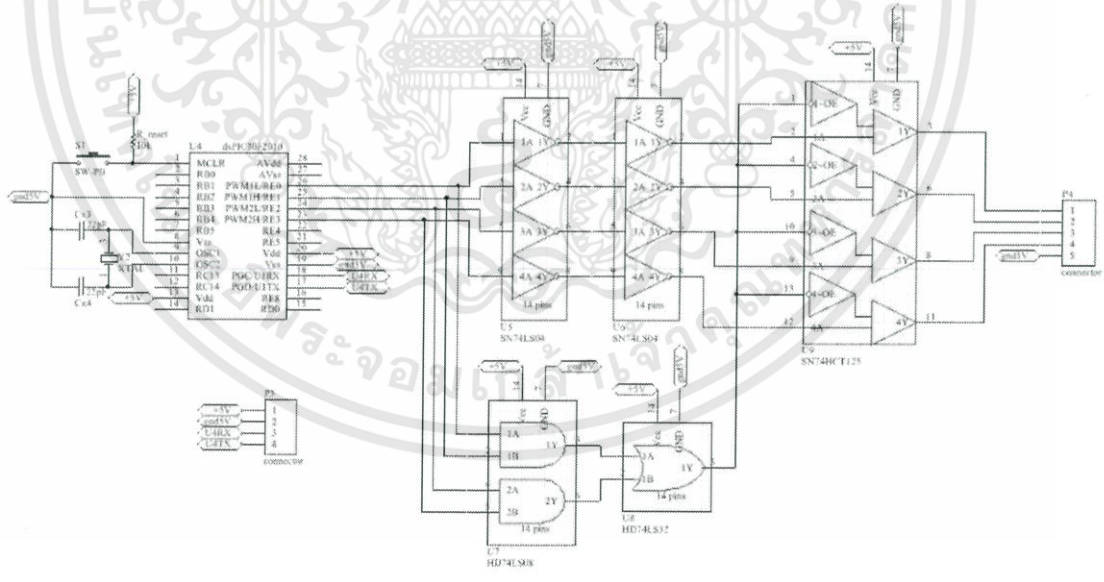
3.2.2 วงจรสร้างสัญญาณ PWM

ในส่วนการสร้างสัญญาณ PWM นำค่าความถี่จากส่วนควบคุมที่รับมาไปคำนวณเป็นสัญญาณ PWM และส่งออกมาไปควบคุมวงจรอินเวอร์เตอร์ ก่อนที่จะส่งไปยังส่วนวงจรอินเวอร์เตอร์จะผ่านส่วนป้องกันคือ จะเป็นการป้องการสัญญาณที่ออกมาผิดพลาดจากการสร้างสัญญาณ PWM เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ เสร็จแล้วจะส่งไปยังวงจรอินเวอร์เตอร์เพื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ แล้วนำไฟฟ้ากระสลับไปใช้ในการขับมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



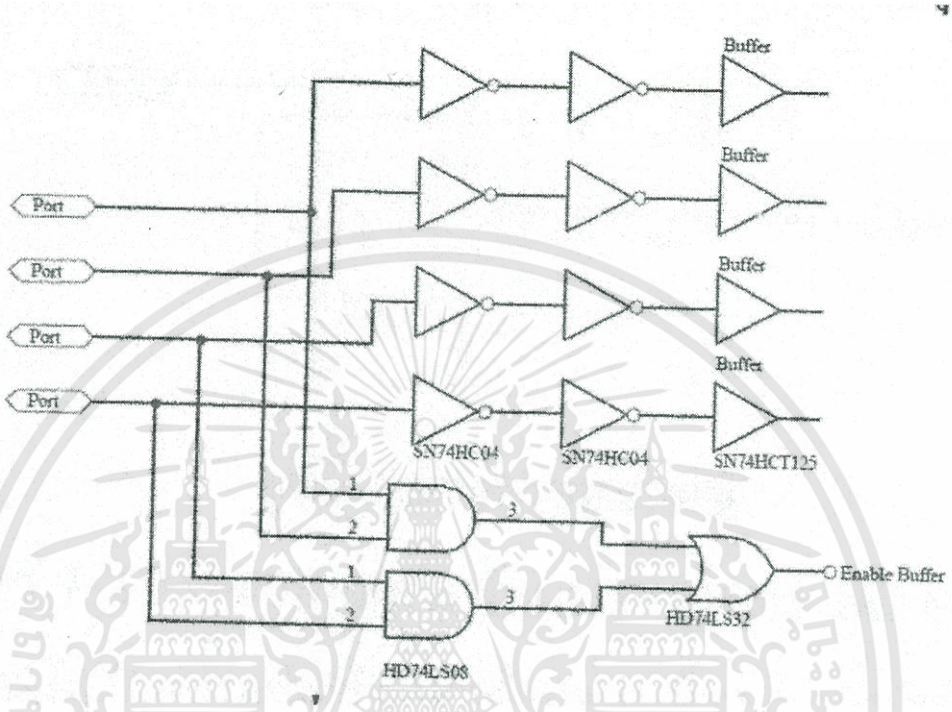
รูปที่ 3.2 Schematic ของวงจรส่วนควบคุม



รูปที่ 3.3 Schematic ของวงจรส่วนสร้างสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.1 วงจร Protection



รูปที่ 3.4 วงจร Protection

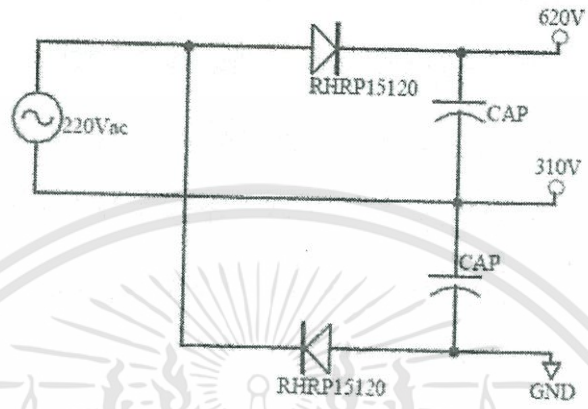
เป็นวงจรที่ใช้ตรวจสอบการทำงานของวงจร สัญญาณ PWM หลังเอาท์พุทของ dsPIC จากรูปใช้ AND Gate ในการตรวจสอบสถานะของสัญญาณ โดยการทำงานของสัญญาณ PWM1 ขา High และ Low จะสลับกันทำงานคนละช่วงเวลา โดยจะต้องไม่ทับซ้อนกันและ PWM2 ก็ใช้หลักการเดียวกัน โดย AND Gate จะเป็นตัวตรวจสอบการทำงานของสัญญาณ และส่งไปยัง OR Gate ถ้า OR Gate เป็น Low ทำให้บัฟเฟอร์ทำงานถ้าเป็นเช่นนี้ วงจรจะทำงานต่อไป แต่ถ้า OR Gate ทำงานเป็น High บัฟเฟอร์จะไม่ทำงาน ทำให้วงจรไม่มีสัญญาณที่ทางออก ซึ่งป้องกันการลัดวงจรของสัญญาณ ในส่วนของ NOT Gate นั้นจะเป็นเรื่องของ Delay Time ทำให้เกิดการหน่วงเพื่อให้มีการตรวจสอบสัญญาณว่าถูกต้องหรือไม่ ก่อนที่จะส่งสัญญาณไปยังส่วนต่อไป

3.2.3 วงจรอินเวอร์เตอร์

เริ่มจากรับสัญญาณ PWM ทั้ง 4 สัญญาณจากส่วนวงจรสร้างสัญญาณและแยกแรงดันไฟฟ้าออกจากกันโดยใช้ Opto Isolator เมื่อรับสัญญาณแล้วจะส่งเข้าไปขับ IGBT ทั้ง 4 ที่ทำหน้าที่เป็นเหมือนสวิตช์ จะไปขับมอเตอร์ไฟฟ้าต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

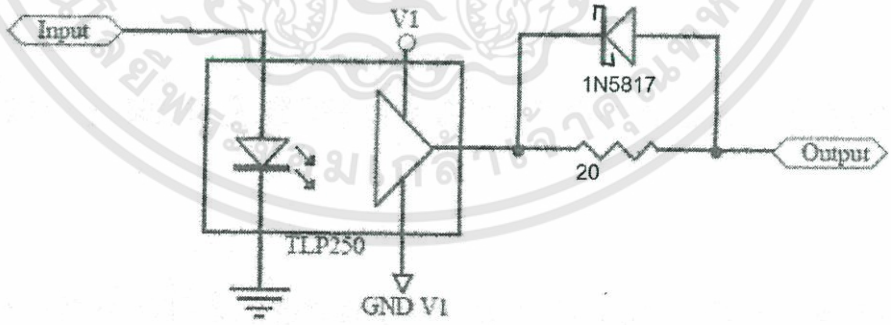
3.2.3.1 วงจรเรียงกระแสแบบแรงดันสองเท่า



รูปที่ 3.5 วงจรเรียงกระแสแรงดันสองเท่า

เป็นวงจรเพิ่มแรงดันเป็นสองเท่า โดยจากรูป เมื่อแรงดัน Vac เป็นช่วงบวกไดโอดตัวบน จำทำงาน ส่วนไดโอดตัวล่าง จะไม่ทำงาน เกิดกระแส I ไหลไปเก็บประจุที่ C ตัวบน เมื่อแรงดัน Vac เป็นช่วงลบ ไดโอดตัวล่างจะทำงาน ไดโอดตัวบนจะไม่ทำงาน จะมีกระแส I ไหลไปเก็บประจุที่ C ตัวล่าง จะเห็นได้ว่าแรงดันที่ตกคร่อม ตัวเก็บประจุทั้งสอง จะมีค่าเท่ากับ 2Vac

3.2.3.2 วงจรภาคขับสวิทช์

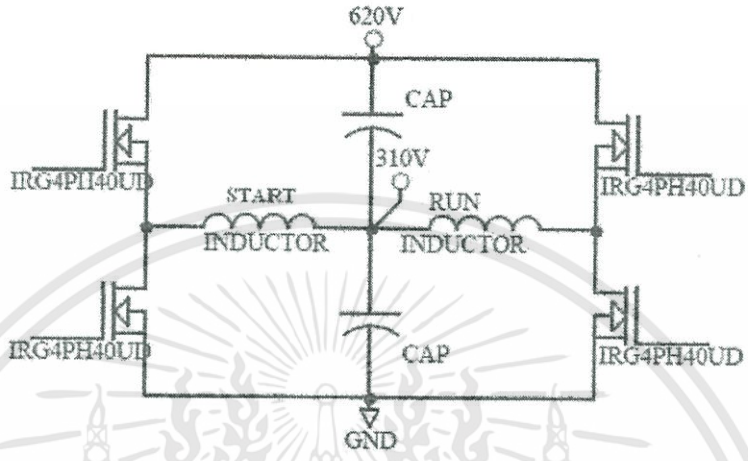


รูปที่ 3.6 วงจรภาคขับสวิทช์

ใช้ Opto Isolate เบอร์ TLP 250 ควบคุมการทำงานของ IGBT โดย Opto Isolate ทั้งสี่ตัวได้แยกกราวด์และไฟเลี้ยงออกจากกันโดยสิ้นเชิง ส่วนตัวต้านทานที่ขา G นั้นใสเพื่อลด Shoot ของสัญญาณ และที่ต้องมีไดโอดคร่อมเพื่อลดค่า Time Constant ของ C ที่ขา Gate และ R ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.3 วงจรอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 3.7 วงจรอินเวอร์เตอร์

ในส่วนของวงจรนี้ จะใช้การต่อ IGBT แบบ Half Bridge Inverter เพื่อควบคุมมอเตอร์หนึ่งเฟส จะเห็นว่า IGBT ในวงจร จะถูกแบ่งเป็นสองกิ่ง ซึ่งสองกิ่งนี้จะทำงานแยกกันโดยสิ้นเชิง และในการสวิทซ์นั้น ตัวบนและตัวล่างจะทำงานสลับกันเสมอ ซึ่งไม่มีทางทำงานพร้อมกันเด็ดขาด และถ้าหากเปรียบเทียบการสวิทซ์ของทั้งสองกิ่งจะพบว่า ทั้งสองกิ่งสวิทซ์ต่างกันเป็นมุม 90 องศาเสมอ โดยกิ่งที่ต่ออยู่กับขดสตาร์ท จะมีมุมเฟสนำขดรันอยู่ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบโปรแกรม

การออกแบบโปรแกรมแบ่งเป็น2ส่วน คือ ส่วนควบคุม และ ส่วนสร้างสัญญาณ PWM

4.1 ส่วนควบคุม

โปรแกรมส่วนนี้จะทำหน้าที่รับข้อมูลคือค่าความเร็วรอบจากผู้ใช้งานที่ต้องการ โดยการกดค่าได้จากแป้นตัวเลข และจะแสดงผลของการกดปุ่มได้จากจอ LCD ว่ากดตัวเลขใดไปบ้าง และเมื่อกดปุ่มสี่เหลี่ยมจะเป็นการกดตกลงใช้ค่าความเร็วที่กดไว้ก่อนหน้านั้นและค่าที่กดมานั้นจะนำไปแปลงเป็นค่าความถี่ของสัญญาณที่จะนำไปขับมอเตอร์ โดยค่าความถี่จะคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{จำนวนรอบ}(rpm) = \frac{120 \cdot f(Hz)}{4} \quad (4.1)$$

$$f(Hz) = \frac{\text{จำนวนรอบ}(rpm)}{30} \quad (4.2)$$

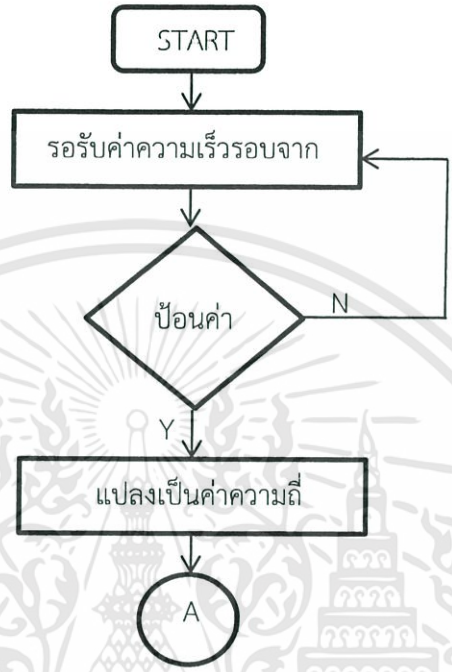
ค่าความถี่ที่ได้จะถูกส่งไปยังส่วนสร้างสัญญาณต่อไป

4.2 ส่วนสร้างสัญญาณ PWM

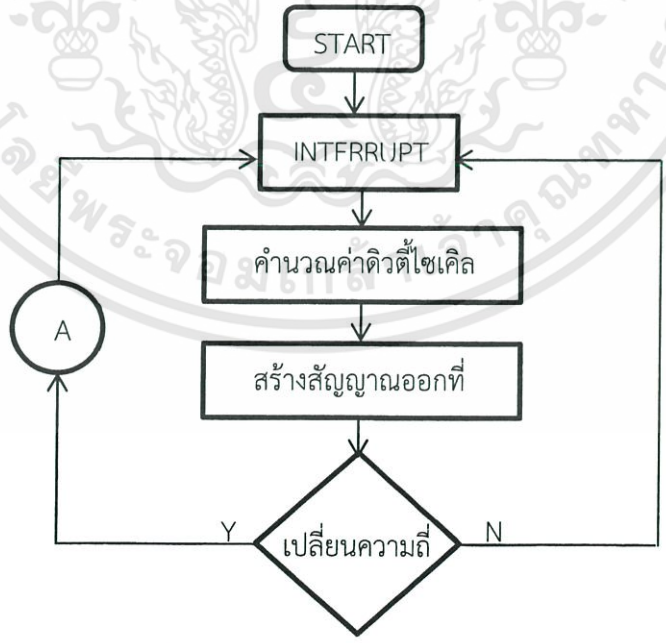
ส่วนนี้จะเป็นการสร้างสัญญาณ PWM สัญญาณที่ได้ออกมาจะเป็นสัญญาณ 2 ชุด ชุดหนึ่งจะนำไปขับขดรันของมอเตอร์ และอีกชุดหนึ่งจะนำไปขับขดสตาร์ทของมอเตอร์ โดยที่ขดสตาร์ทจะมีลักษณะเฟสนำหน้าขดรันอยู่ 90 องศา เพื่อที่จะได้แรงบิดของมอเตอร์สูงที่สุด ในส่วนโค๊ดของโปรแกรมนี้จะเขียนลงไปยังรีจิสเตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งได้ใช้ไลบรารีของ MCPWM ลักษณะโค๊ดจะมีการอินเทอร์รัพท์ตลอดเวลาเพื่อเปลี่ยนแปลงค่าดิวตี้ไซเคิล ในการคำนวณจะมีการใช้ค่าคงที่ของตารางไซน์ทั้ง 64 ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 Flow Chart



รูปที่ 4.1 Flow Chart ส่วนควบคุม



รูปที่ 4.2 Flow Chart ส่วนสร้างสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลอง

5.1 ผลการทดลองการวัดจำนวนรอบของมอเตอร์กับค่าทางทฤษฎี

ความถี่ (Hz)	ค่าจากการคำนวณ (rpm)	ค่าจากการวัดรอบ (rpm)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
10	300	297	1
20	600	597	0.5
30	900	895	0.6
40	1200	1194	0.5
50	1500	1494	0.4
60	1800	1794	0.4

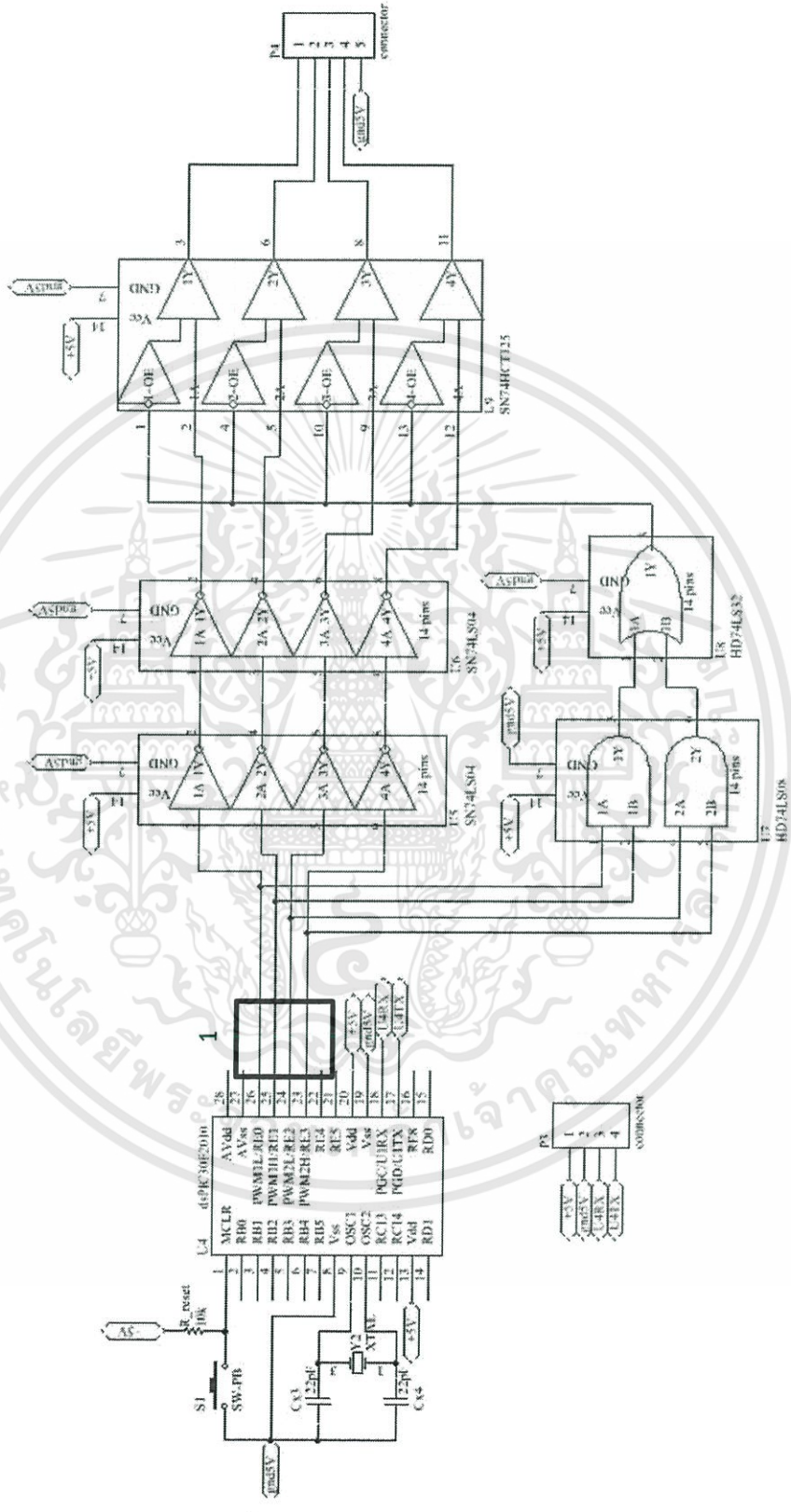
ตารางที่ 5.1 ตารางบันทึกผลการทดลองจากการวัดค่าความเร็วรอบของมอเตอร์

จากตารางผลการทดลองจะเห็นได้ว่าความเร็วรอบที่วัดได้จากการทดลองมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมากหรือแถบจะไม่มีค่าความผิดพลาดเลยจากค่าของทฤษฎีจากสมาการ

จำนวนรอบ$(rpm) = \frac{120 \cdot f(Hz)}{4}$

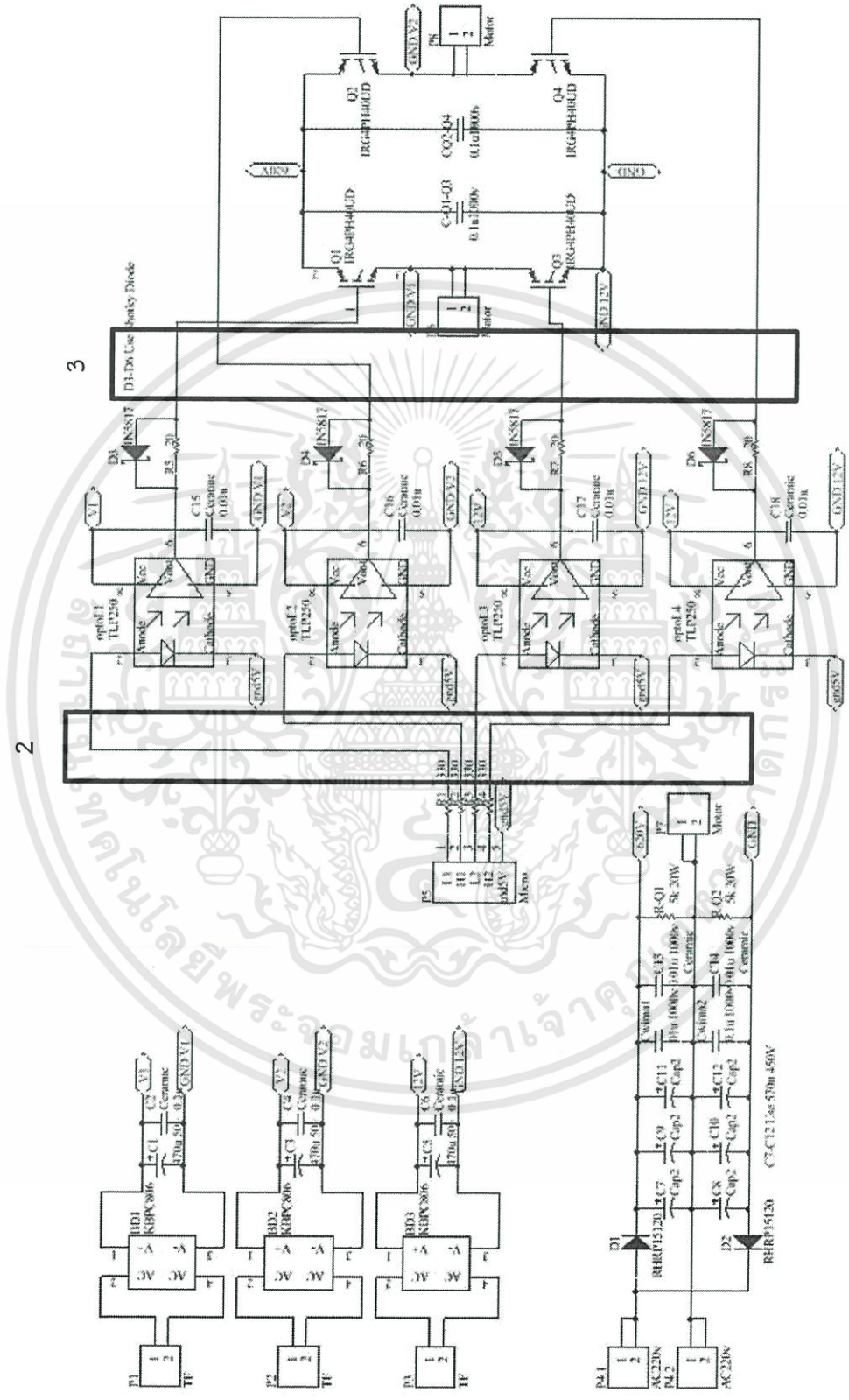
ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดอาจเกิดจากการที่วัดค่าความเร็วรอบจากผู้วัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 วงจรสร้างสัญญาณ PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 วงจรอินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

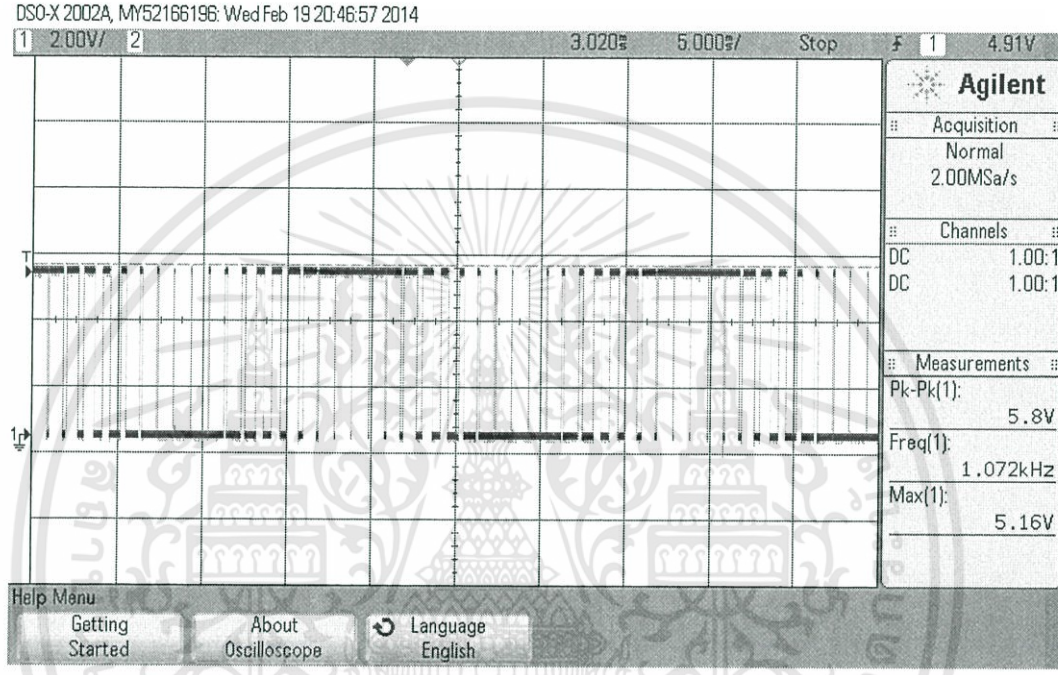
ในส่วนการสร้างสัญญาณ PWM นั้นได้รับข้อมูลจากตัวควบคุมเพื่อสั่งการให้ dsPIC สร้างสัญญาณ PWM ที่ความถี่ค่าต่างๆ โดยสร้างสัญญาณ PWM1 High (dsPIC ขา25), PWM1 Low (dsPIC ขา26) และ PWM2 High (dsPIC ขา23), PWM2 Low (dsPIC ขา24) (หมายเลข 1 ของรูปที่ 5.1 และภาพสัญญาณรูปที่ 5.3 - 5.6) สัญญาณที่ออกมาจากขาของ dsPIC จะเป็นพัลส์ เมื่อวัดเปรียบเทียบสัญญาณ PWM High-Low ที่กิ่งเดียวกัน รูปสัญญาณที่ได้จะการทำงานตรงข้ามกัน (สัญญาณรูปที่ 5.7 - 5.8) และเมื่อวัดการเปรียบเทียบสัญญาณ High-High และ Low-Low ที่ต่างกิ่งกันเพื่อทดสอบความถูกต้องของสัญญาณ PWM โดยที่สัญญาณที่ออกมาจะต่างเฟสกันอยู่ 90 องศา (รูปที่ 5.9 - 5.10) แล้วทำการส่งข้อมูลไปยังส่วน Opto-Isolator โดยสัญญาณที่อินพุทของ Opto-Isolator จะเป็นพัลส์ PWM โดยมีค่า Voltage เท่ากับค่า Voltage ที่ตกคร่อมไดโอดภายใน Opto-Isolator (หมายเลข 2 ของรูปที่ 5.2 และสัญญาณรูปที่ 5.11 - 5.14) ถ้าวัดสัญญาณที่ต่างกิ่งกันที่อินพุท Opto-Isolator ก็จะมีลักษณะที่มีการต่างเฟสกันดังภาพ (รูปที่ 5.15 - 5.16) แล้วถึงจะส่งสัญญาณไปยังขาเกทของ IGBT เข้าที่ Opto-Isolator เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสัญญาณ ต่อมาสัญญาณที่ออกมาจาก Opto-Isolator จะไปควบคุมการสวิตช์ของ IGBT (หมายเลข 3 ของรูปที่ 5.2 รูปที่ 5.17 - 5.24) เมื่อทำการวัดสัญญาณที่ขด Start และขด Run ที่ความถี่ 50Hz โดยวัดที่จุด P6 กับ P7 เป็นขดรันของมอเตอร์ และวัด P8 กับ P7 เป็นขดสตาร์ทของมอเตอร์ (สัญญาณรูปที่ 5.25 - 5.26) และถ้ากลับมาวัดสัญญาณเปรียบเทียบที่เอาท์พุทของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยผ่านวงจรกรองความถี่ (สัญญาณรูปที่ 5.27 - 5.30) โดยสัญญาณชุด PWM2 จะเป็นสัญญาณที่นำไปขับขดสตาร์ทจะมีเฟสนำ 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

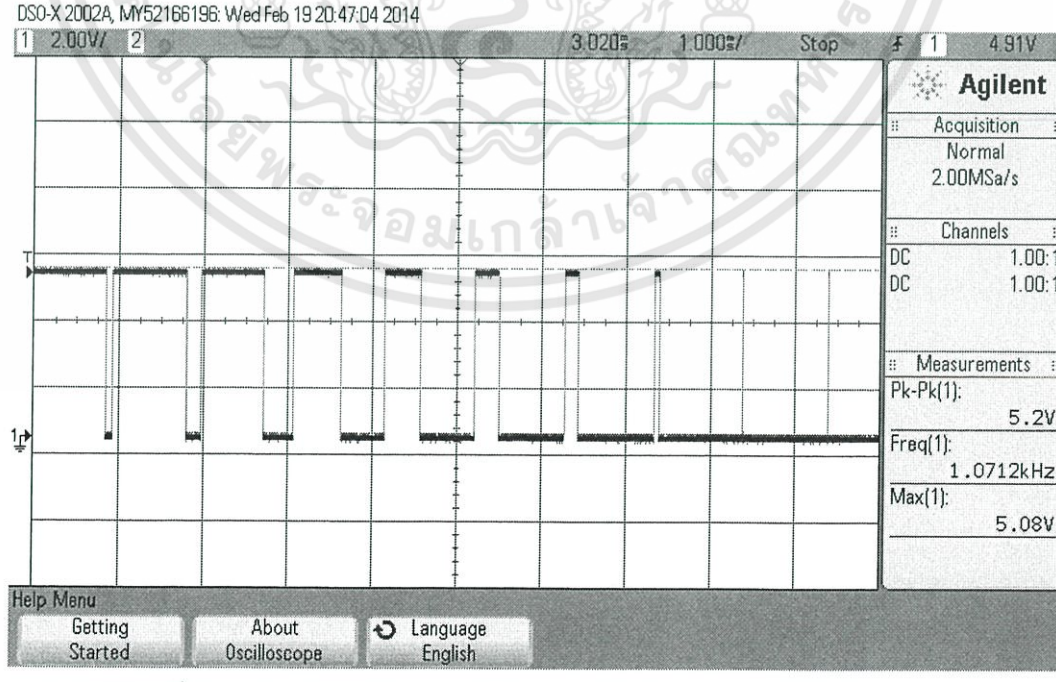
5.2 ผลการทดลองส่วนการสร้างสัญญาณ PWM

5.2.1 สัญญาณที่ขาออกของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC

รูปที่ 5.4-5.7 แสดงรูปสัญญาณ PWM ที่ขาออกของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC เพื่อเป็นการตรวจสอบรูปสัญญาณ PWM โดยการวัดที่ขา 23 - 26 ของ dsPIC30F

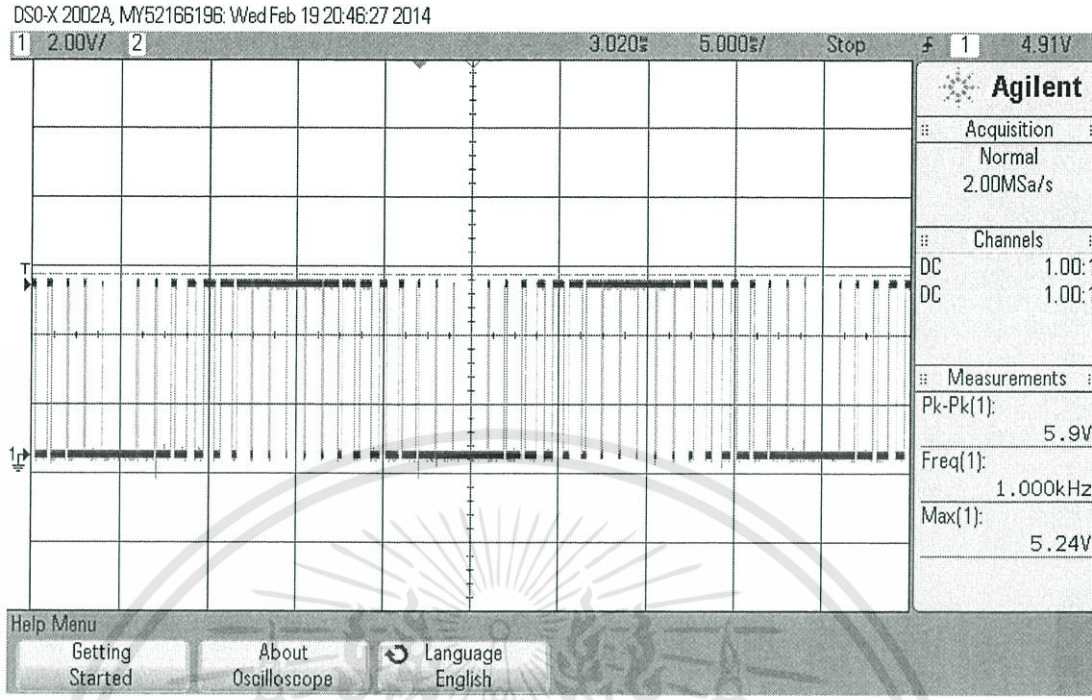


รูปที่ 5.3 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM1 High (dsPIC ขา 25)

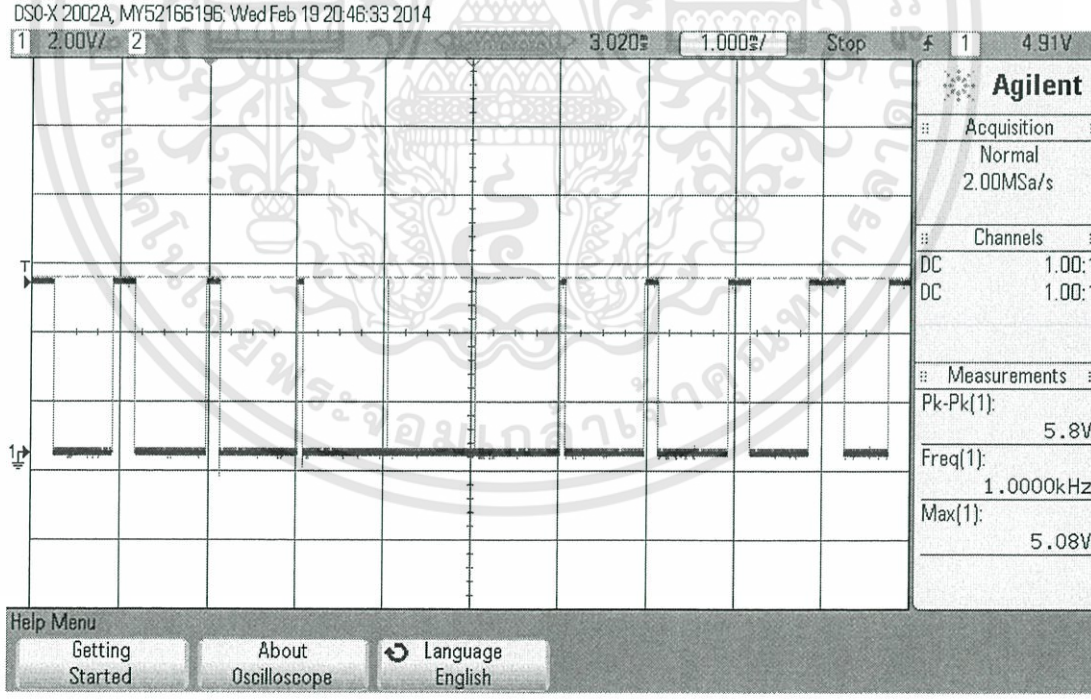


รูปที่ 5.3 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 High (dsPIC ขา 25)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

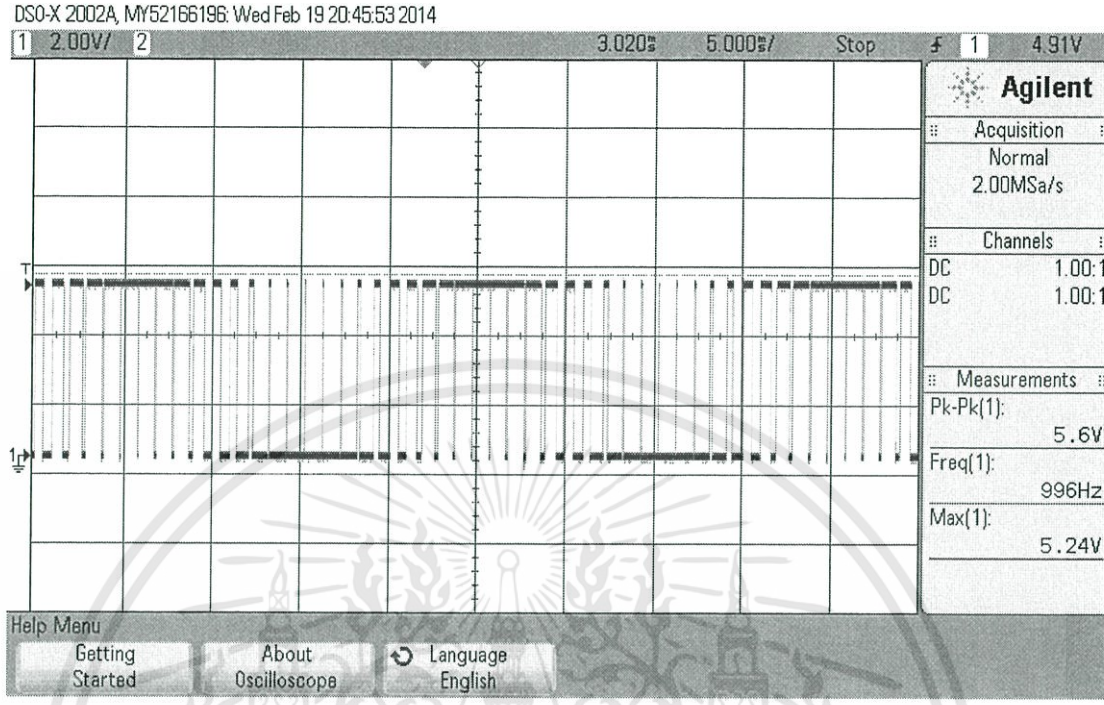


รูปที่ 5.4 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM1 Low (dsPIC ขา 26)

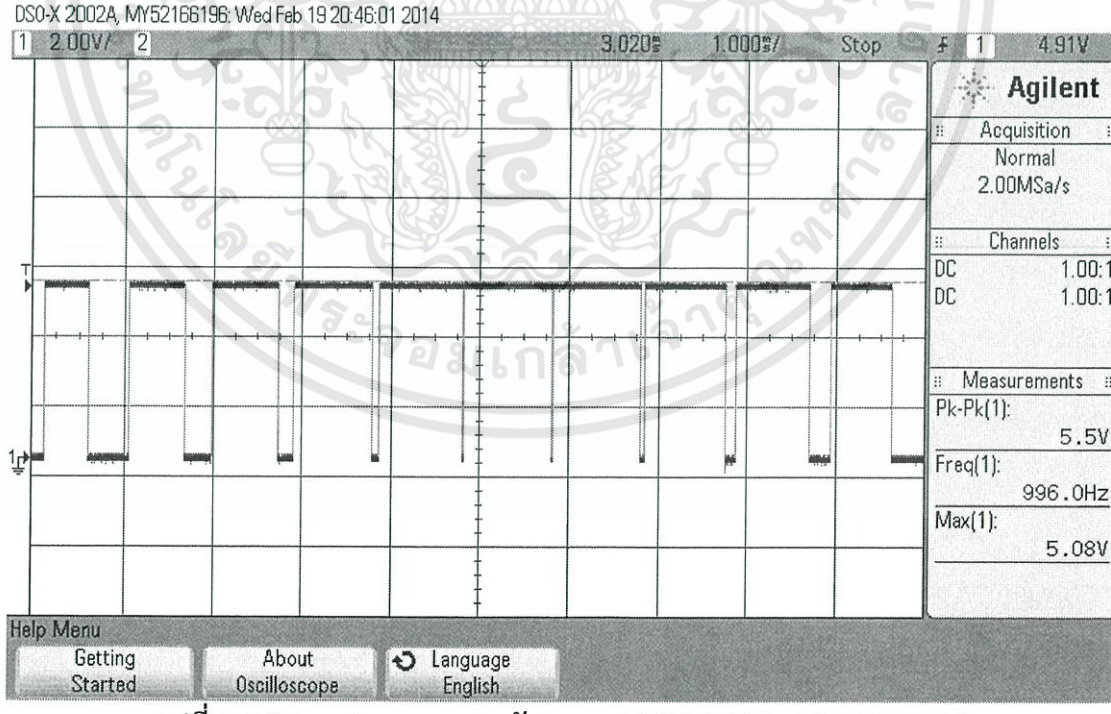


รูปที่ 5.4 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 Low (dsPIC ขา 26)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

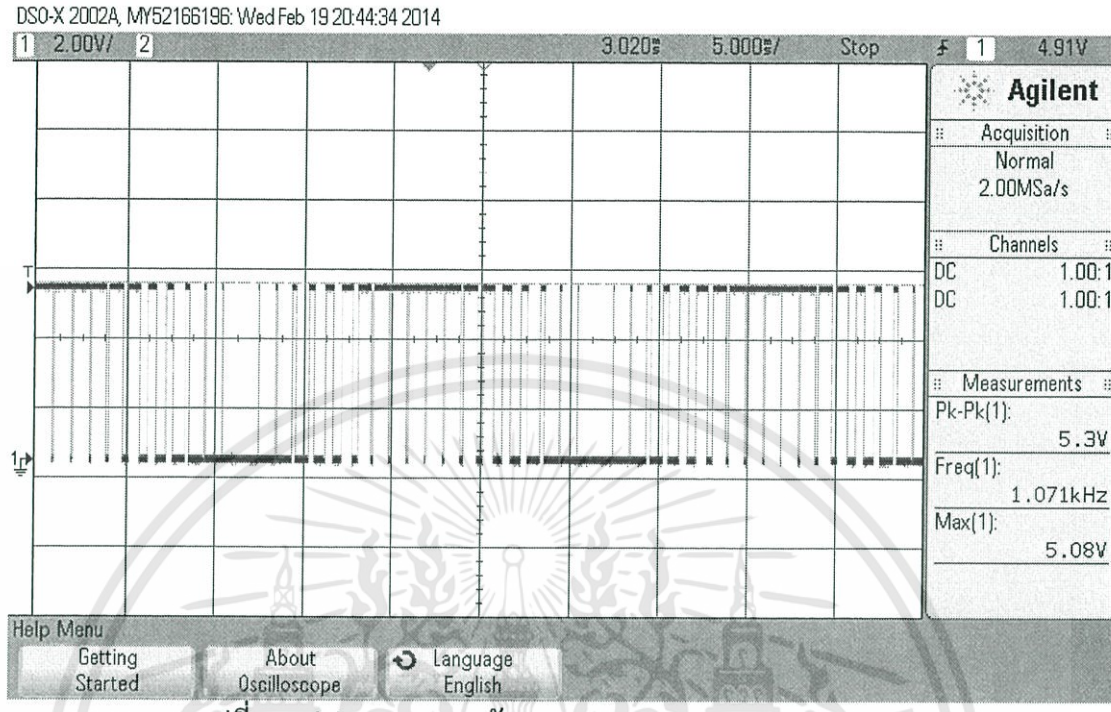


รูปที่ 5.5 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM2 High (dsPIC ขา 23)

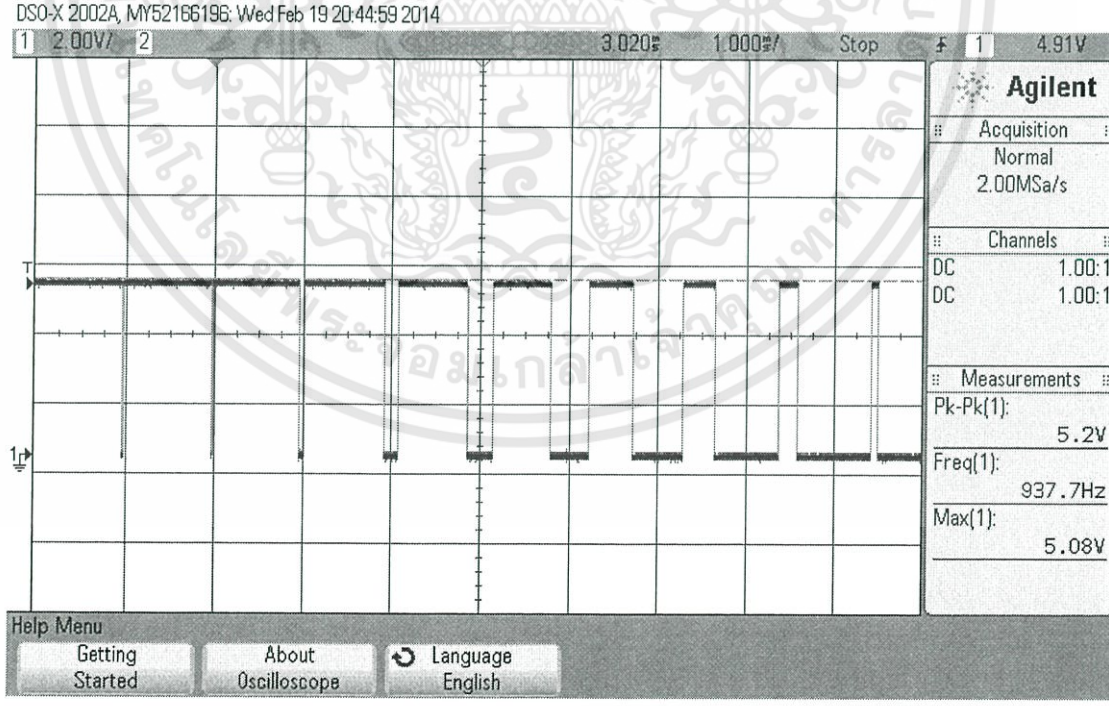


รูปที่ 5.5 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM 2 High (dsPIC ขา 23)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



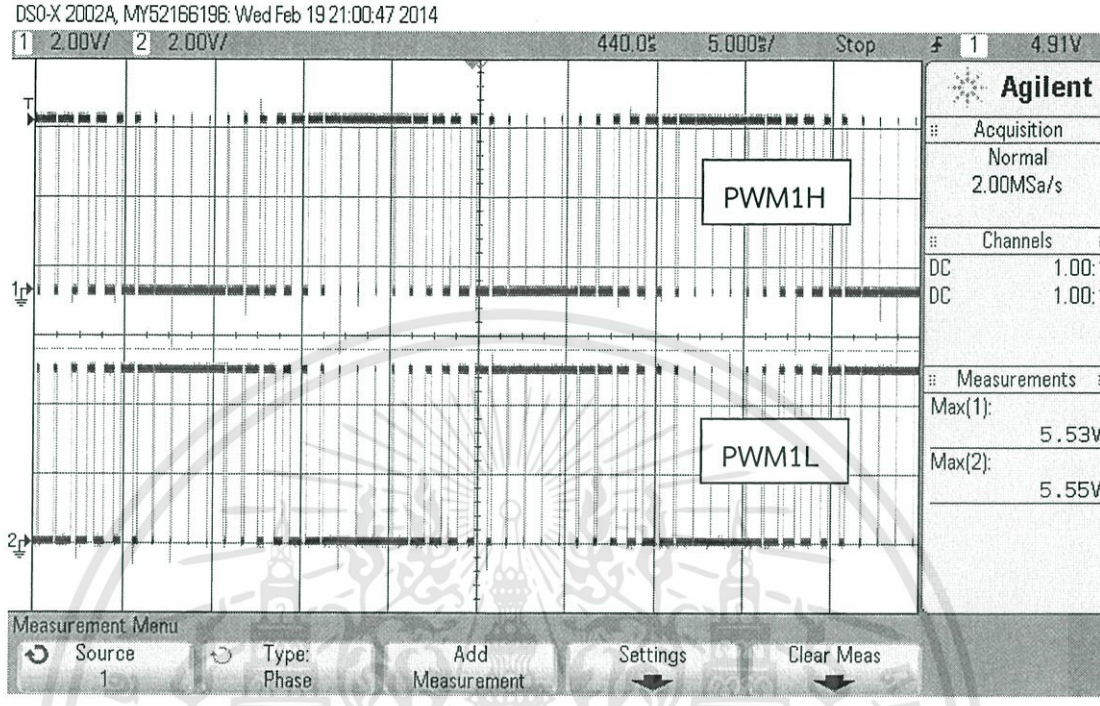
รูปที่ 5.6 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM2 Low (dsPIC ขา 24)



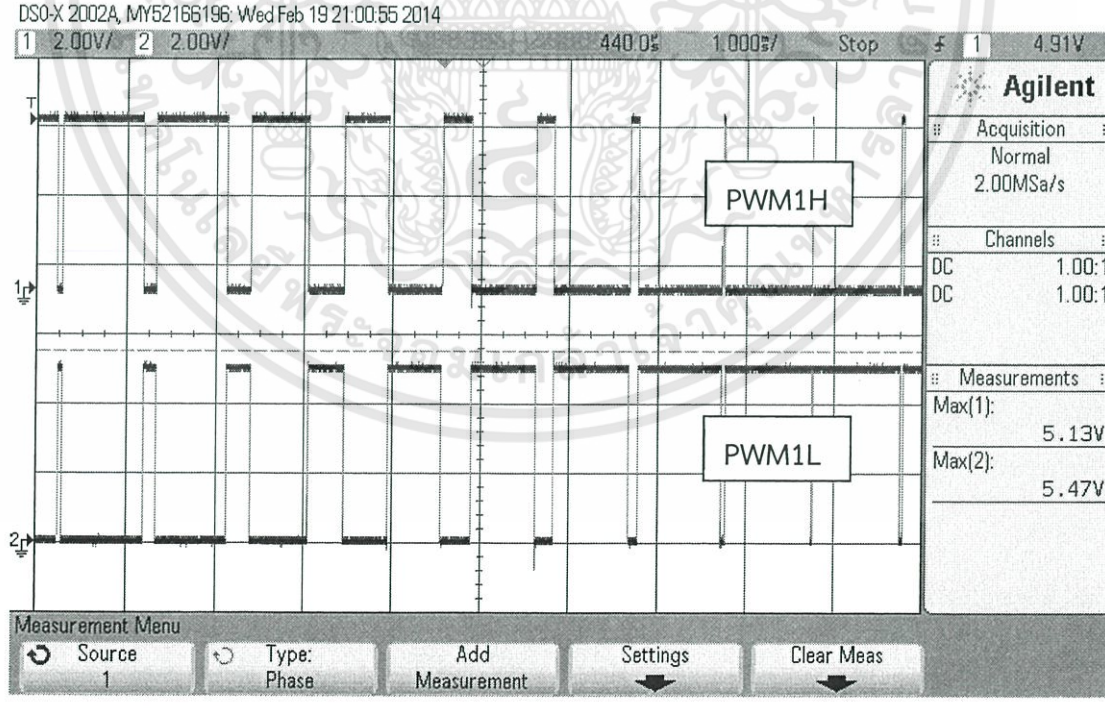
รูปที่ 5.6 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM2 Low (dsPIC ขา 24)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 เปรียบเทียบสัญญาณกิ่งเดียวกัน ที่เอาท์พุทของไมโครคอลโทรลเลอร์ dsPIC

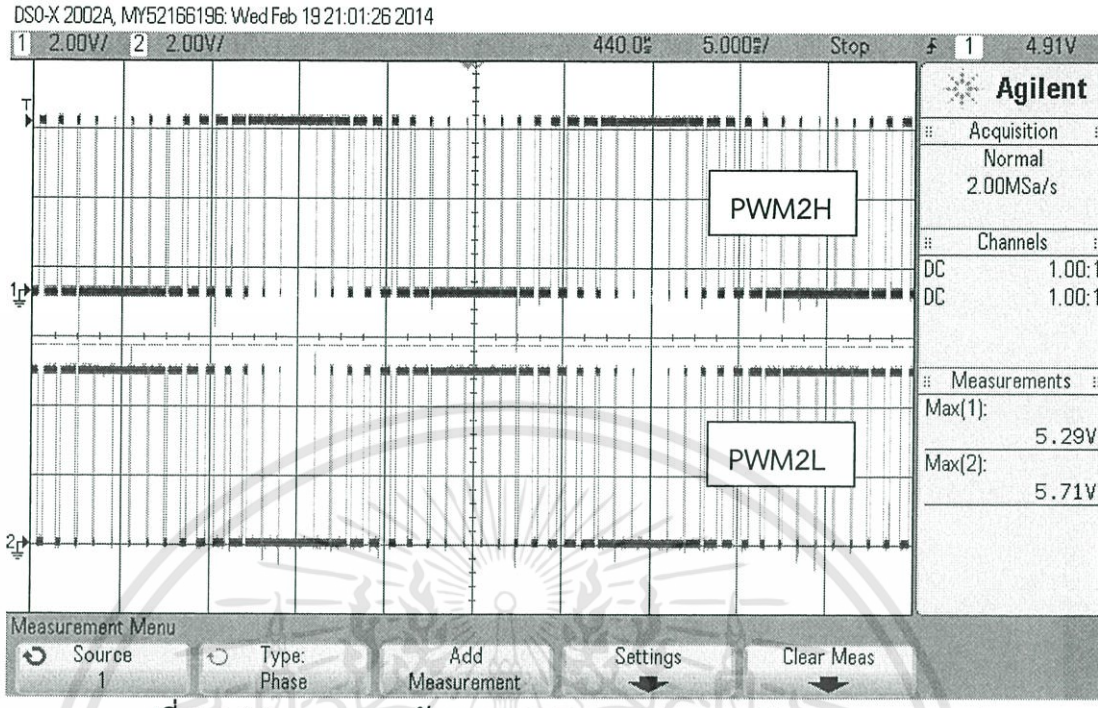


รูปที่ 5.7 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM1 High Low (dsPIC ขา 25 - 26)

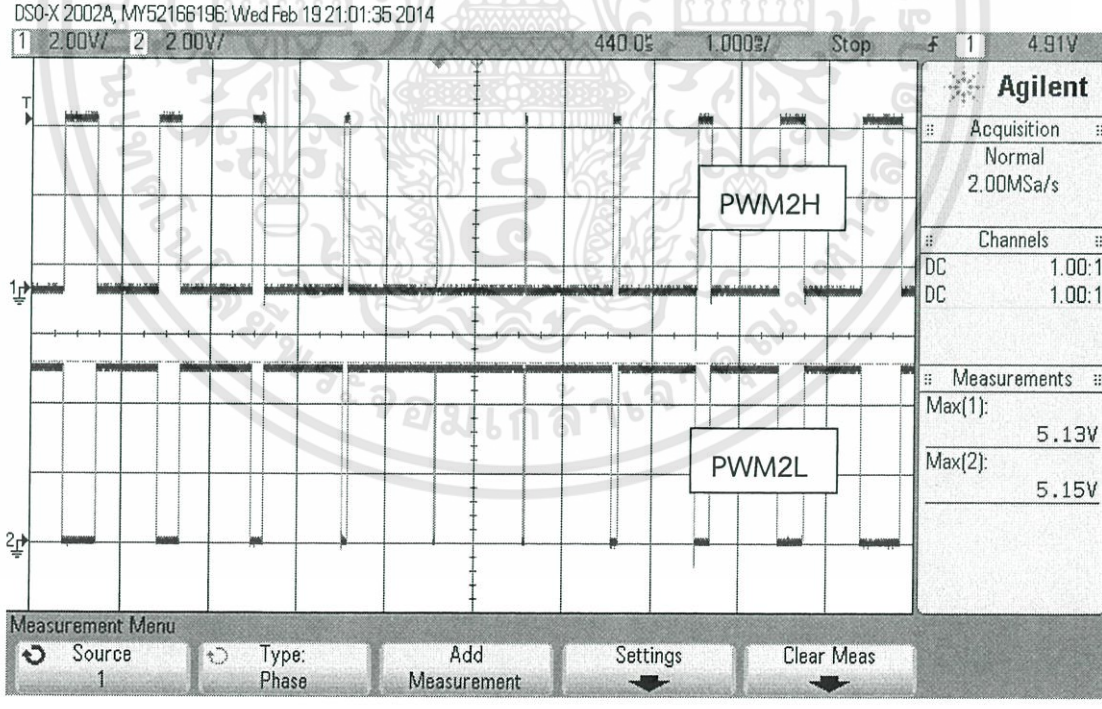


รูปที่ 5.7 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 High Low (dsPIC ขา 25 - 26)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



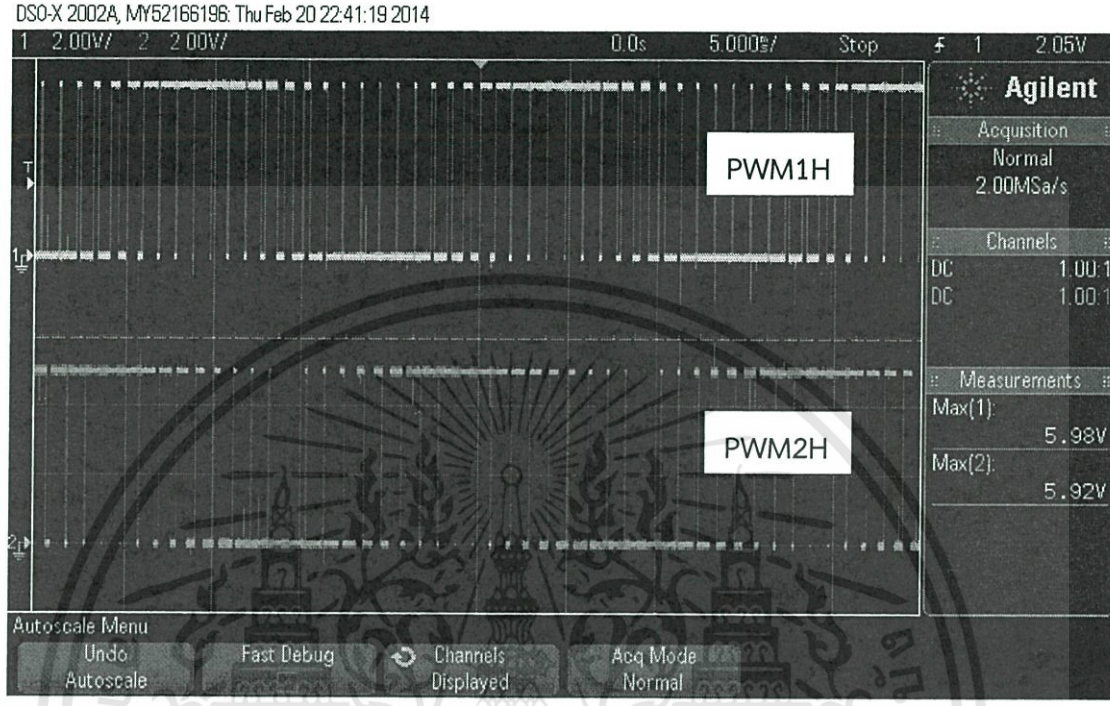
รูปที่ 5.8 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM2 High Low (dsPIC ขา 25 - 26)



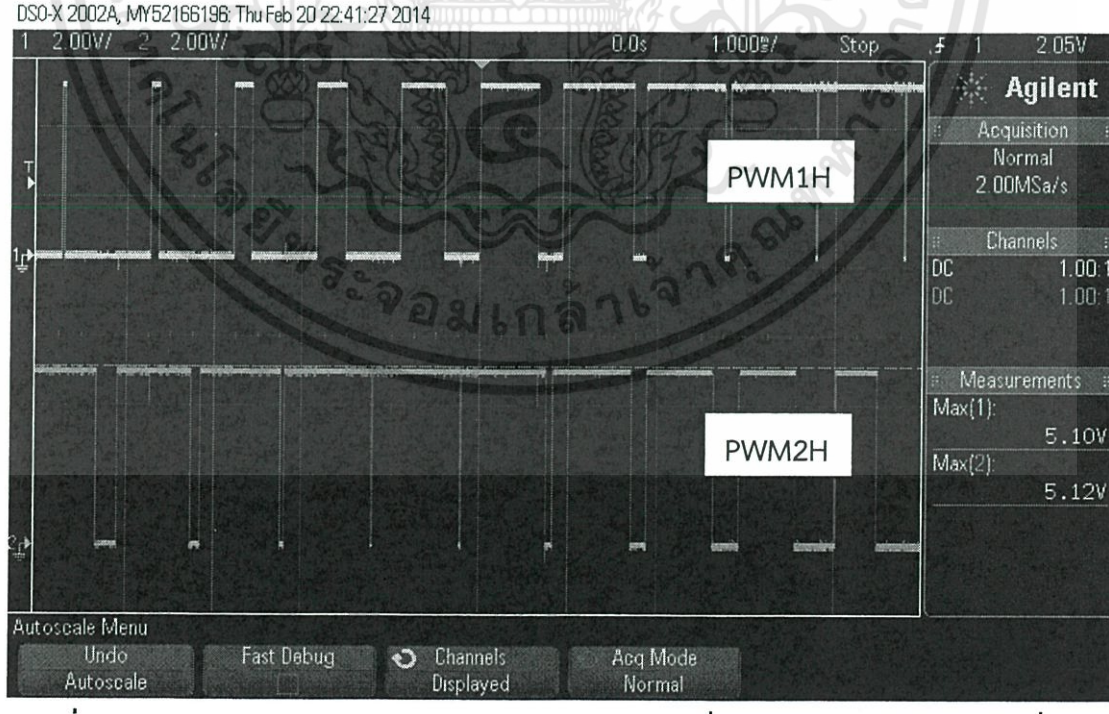
รูปที่ 5.8 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM2 High Low (dsPIC ขา 25 - 26)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 เปรียบเทียบสัญญาณกิ่งต่างกัน ที่เอาท์พุทของไมโครคอลโทรลเลอร์ dsPIC

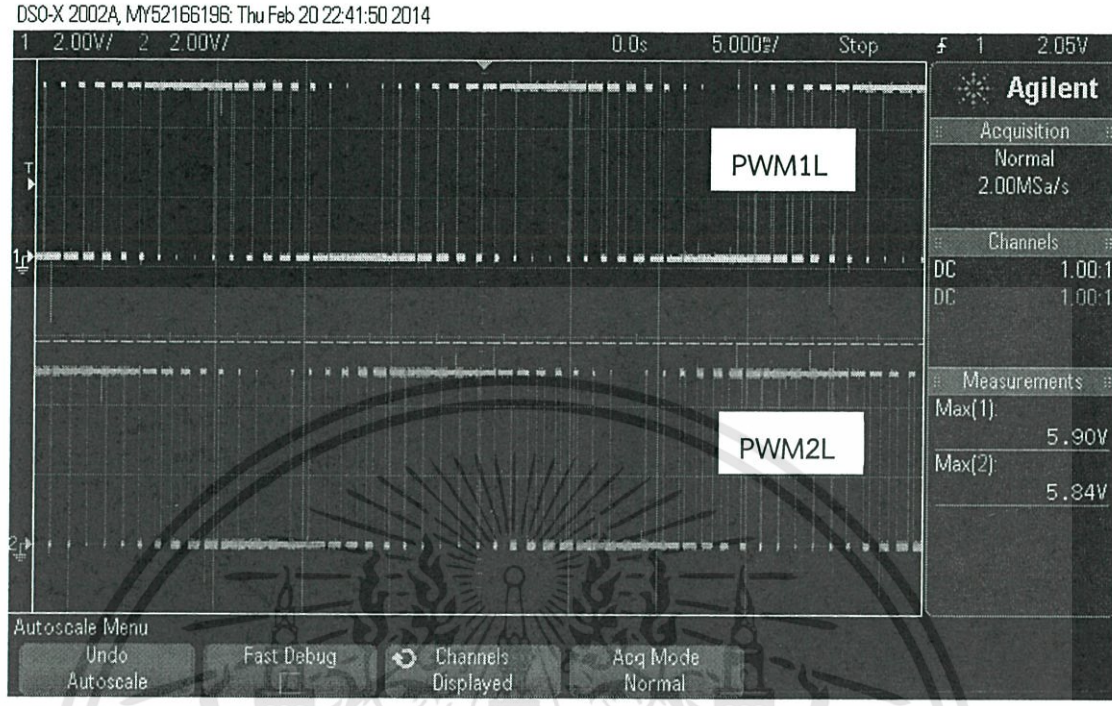


รูปที่ 5.9 (ก) แสดงสัญญาณ PWM1 High (ขาที่ 25) กับ PWM2 High (ขาที่ 23)

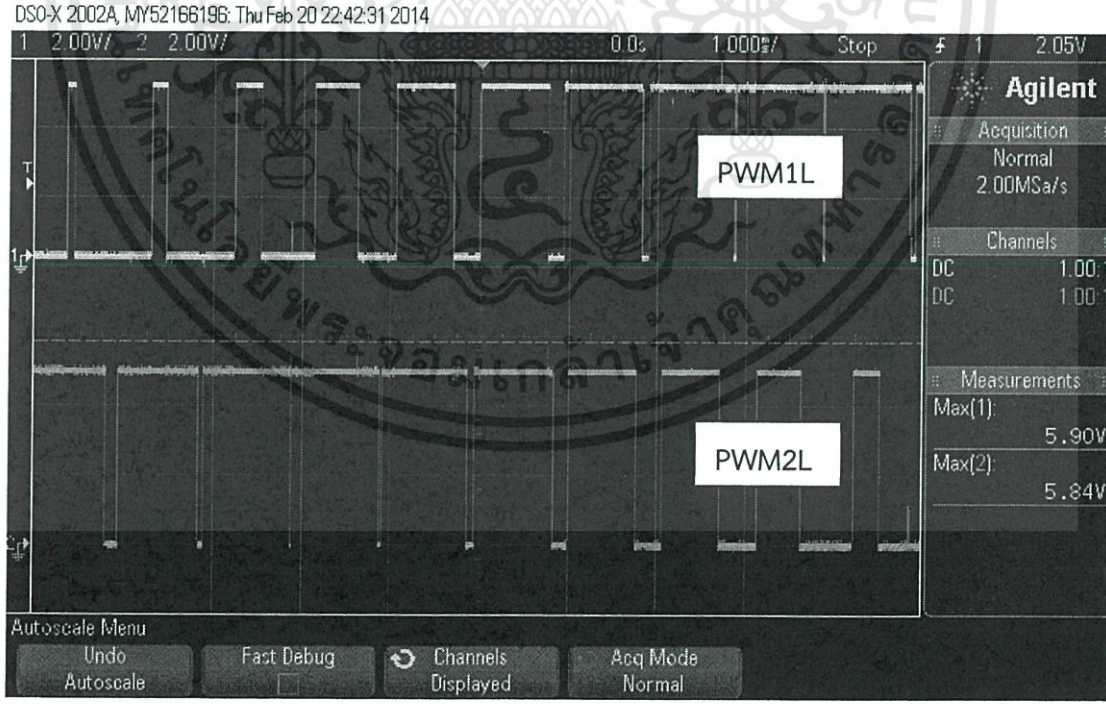


รูปที่ 5.9 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 High (ขาที่ 25) กับ PWM2 High (ขาที่ 23)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 (ก) แสดงสัญญาณ PWM1 Low (ขาที่ 26) กับ PWM2 Low (ขาที่ 24)

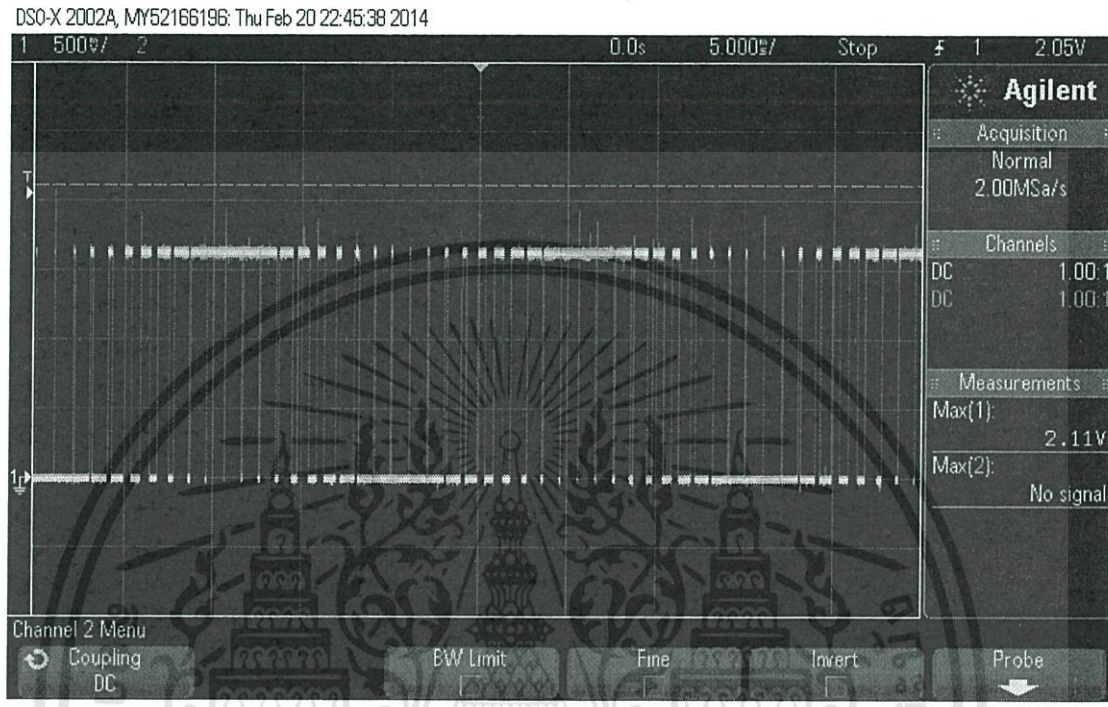


รูปที่ 5.10 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 Low (ขาที่ 26) กับ PWM2 Low (ขาที่ 24)

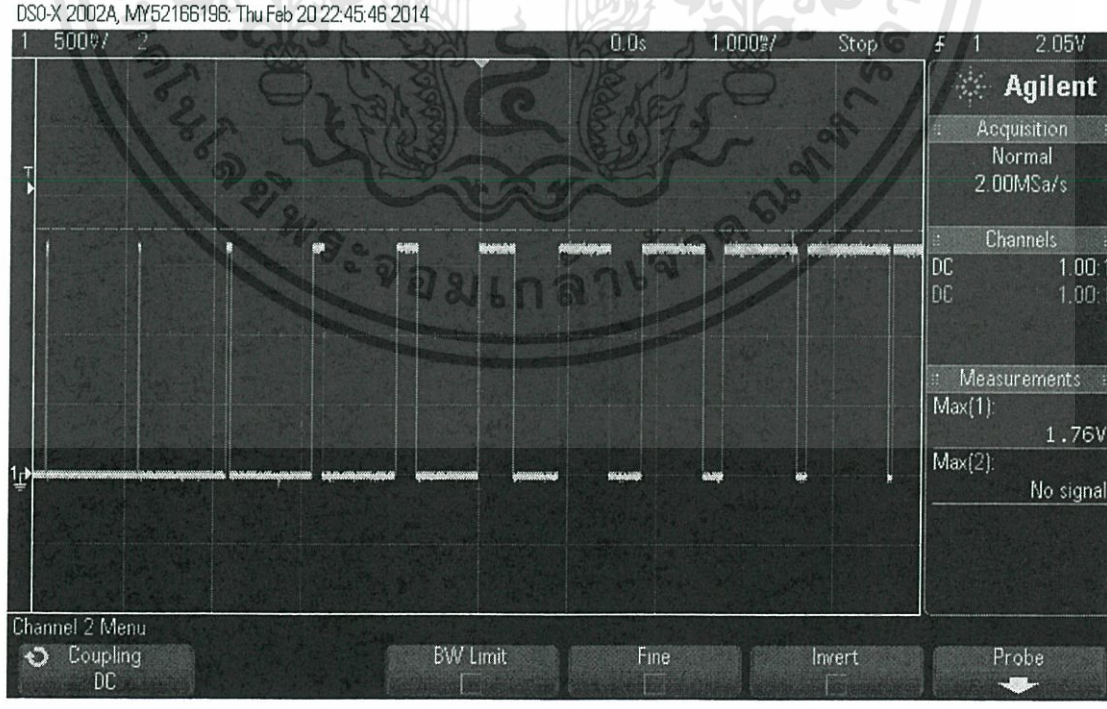
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 สัญญาณที่ขาอินพุทของ Opto-Isolator

ซึ่งจะมีขนาดแรงดันเท่ากับค่าแรงดันตกคร่อมไดโอดภายใน Opto-Isolator

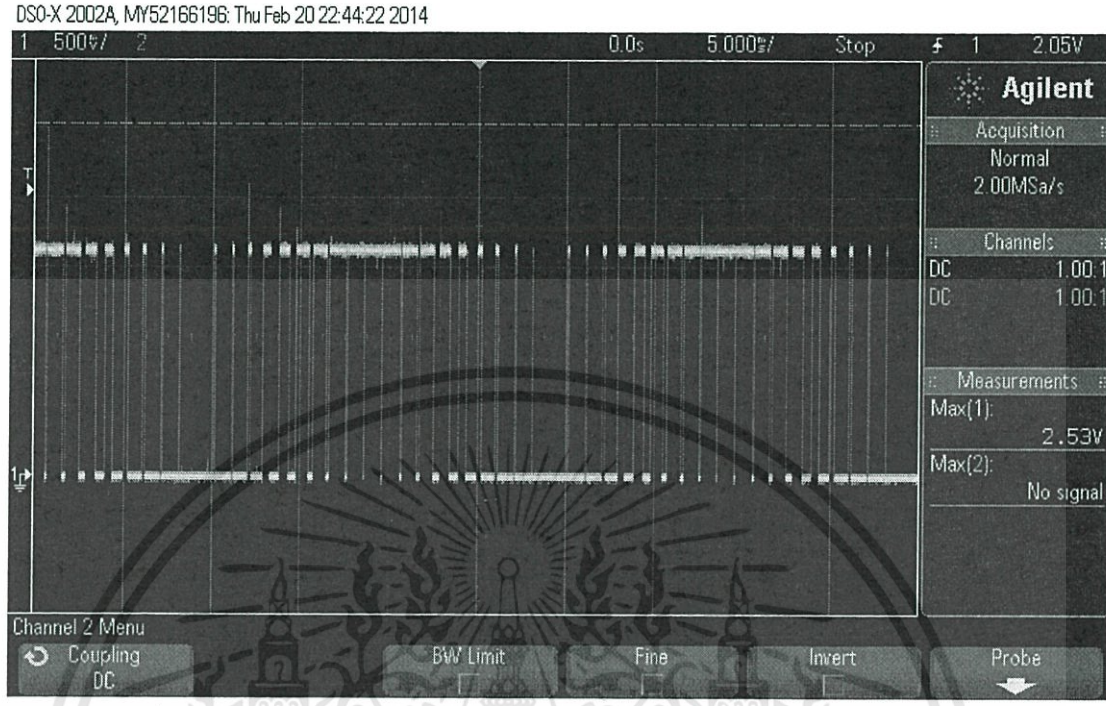


รูปที่ 5.11 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM1 High ที่อินพุทของ Opto-Isolator

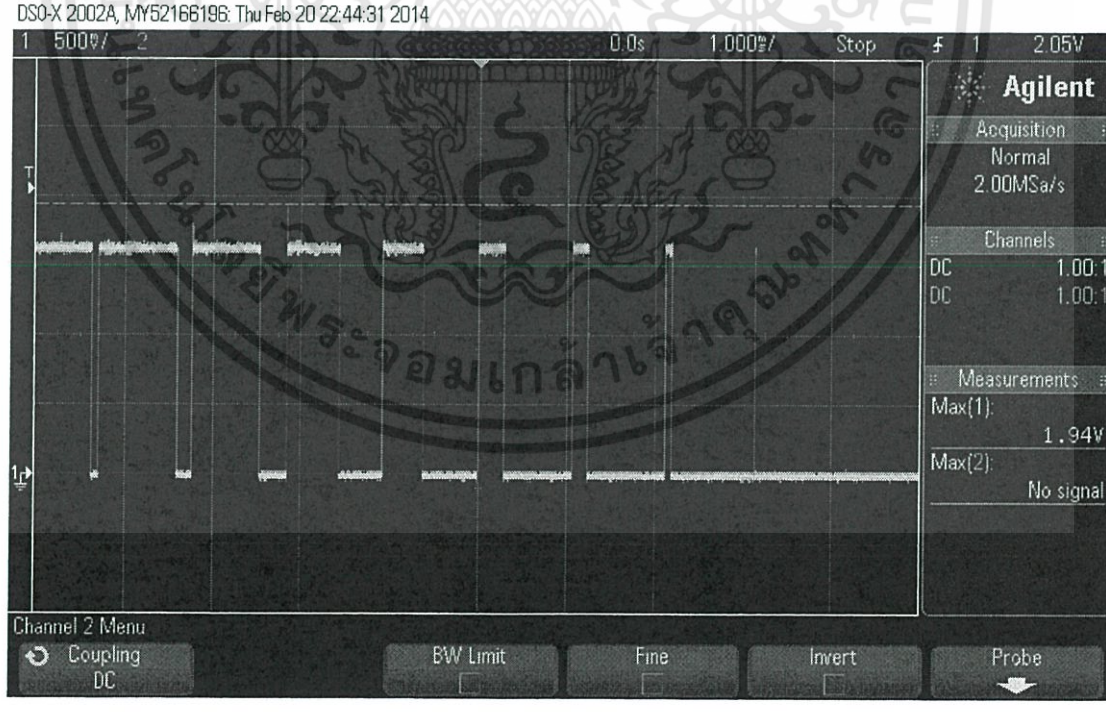


รูปที่ 5.11 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 High ที่อินพุทของ Opto-Isolator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

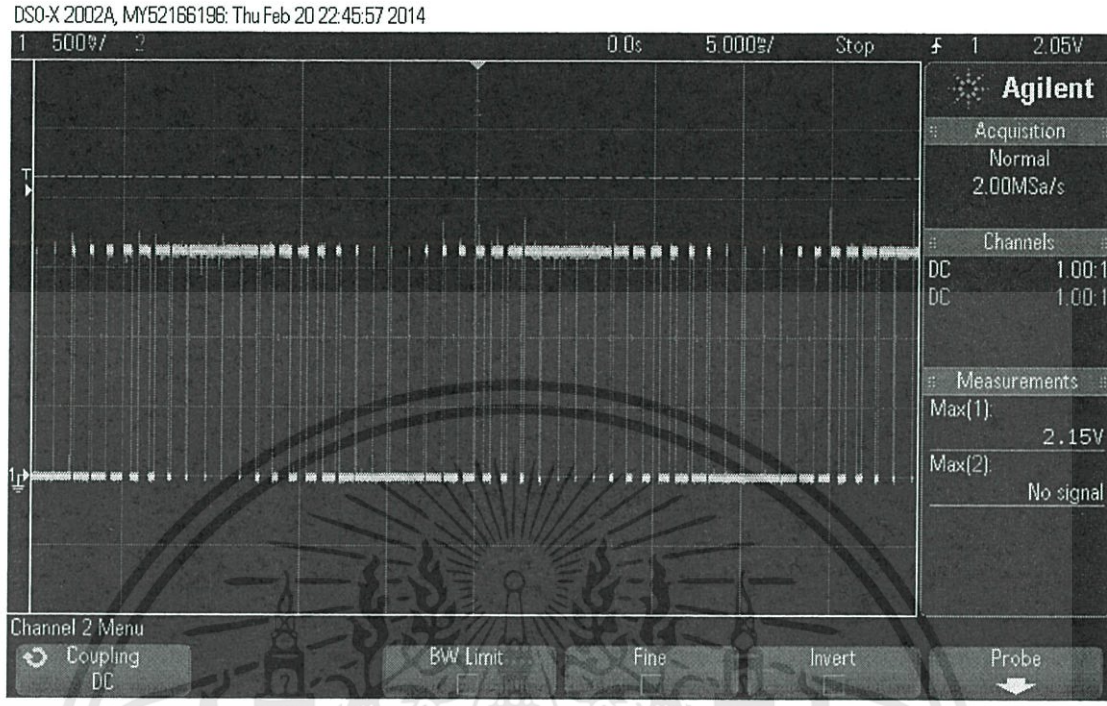


รูปที่ 5.12 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM1 Low ที่อินพุทของ Opto-Isolator

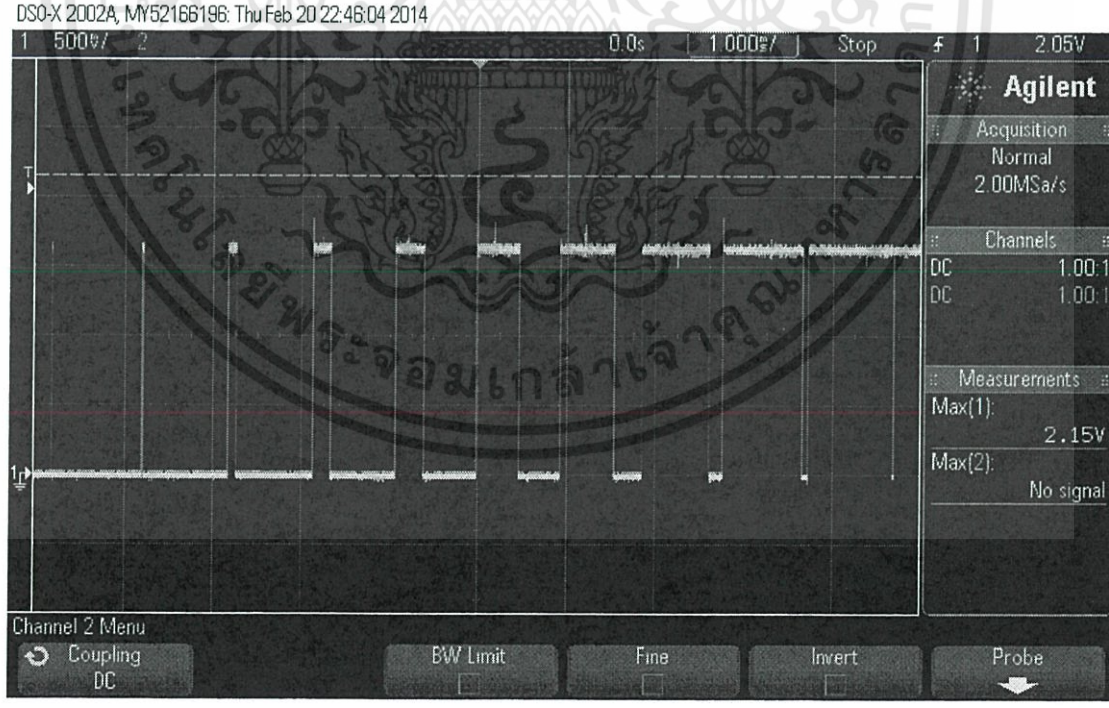


รูปที่ 5.12 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 Low ที่อินพุทของ Opto-Isolator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

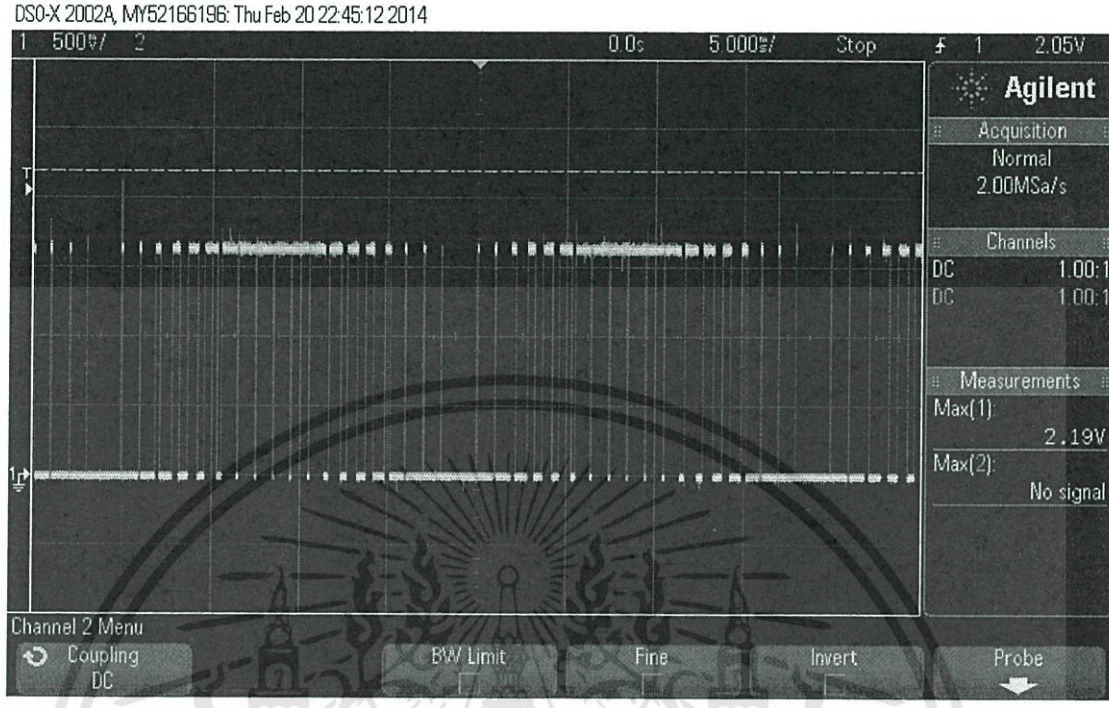


รูปที่ 5.13 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM2 High ที่อินพุทของ Opto-Isolator

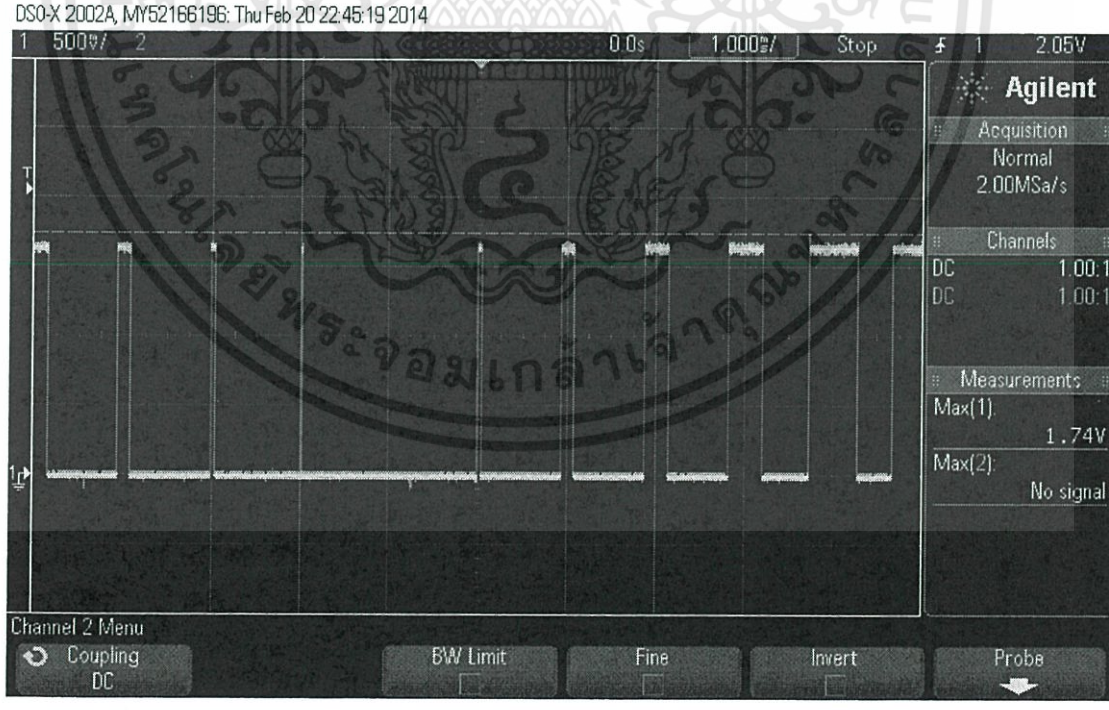


รูปที่ 5.13 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM2 High ที่อินพุทของ Opto-Isolator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



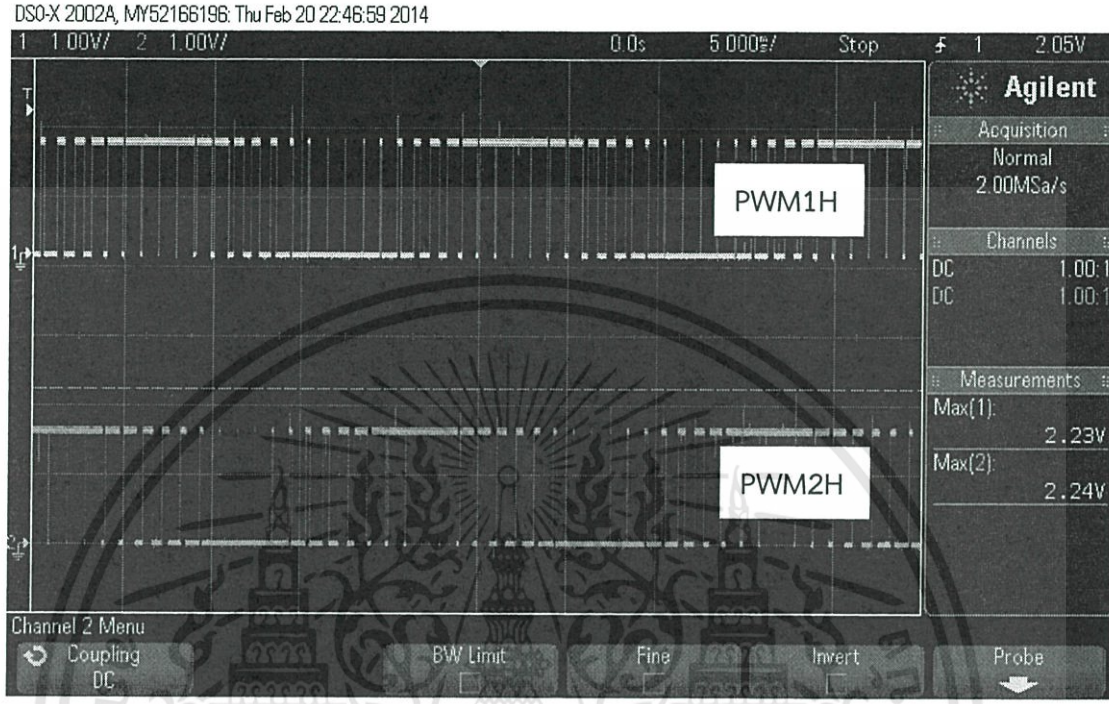
รูปที่ 5.14 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM2 Low ที่อินพุทของ Opto-Isolator



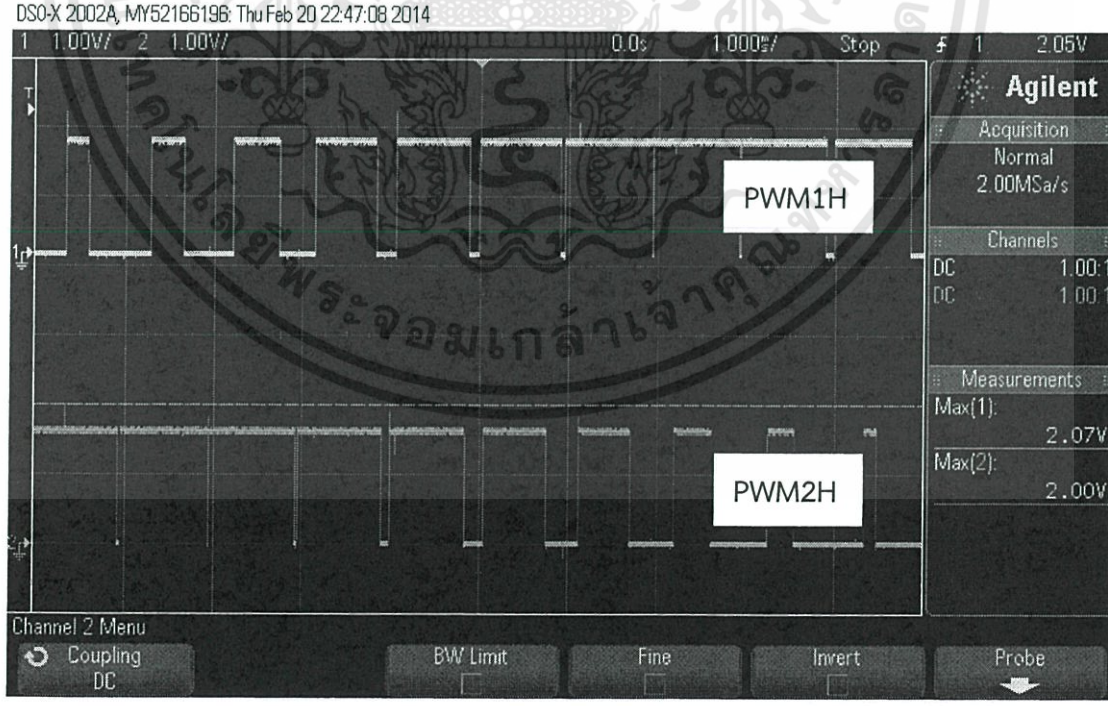
รูปที่ 5.14 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM2 Low ที่อินพุทของ Opto-Isolator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.5 เปรียบเทียบสัญญาณกิ่งต่างกัน ที่อินพุทของ Opto-Isolator

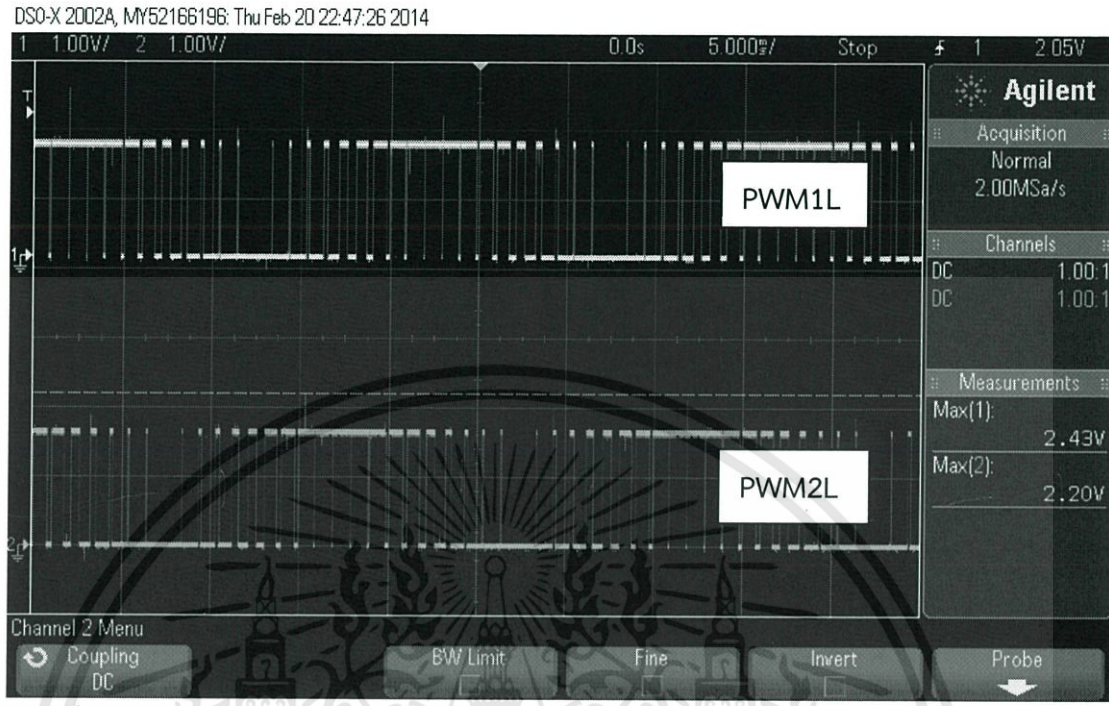


รูปที่ 5.15 (ก) แสดงสัญญาณ PWM1 High กับ PWM2 High ที่อินพุทของ Opto-Isolator

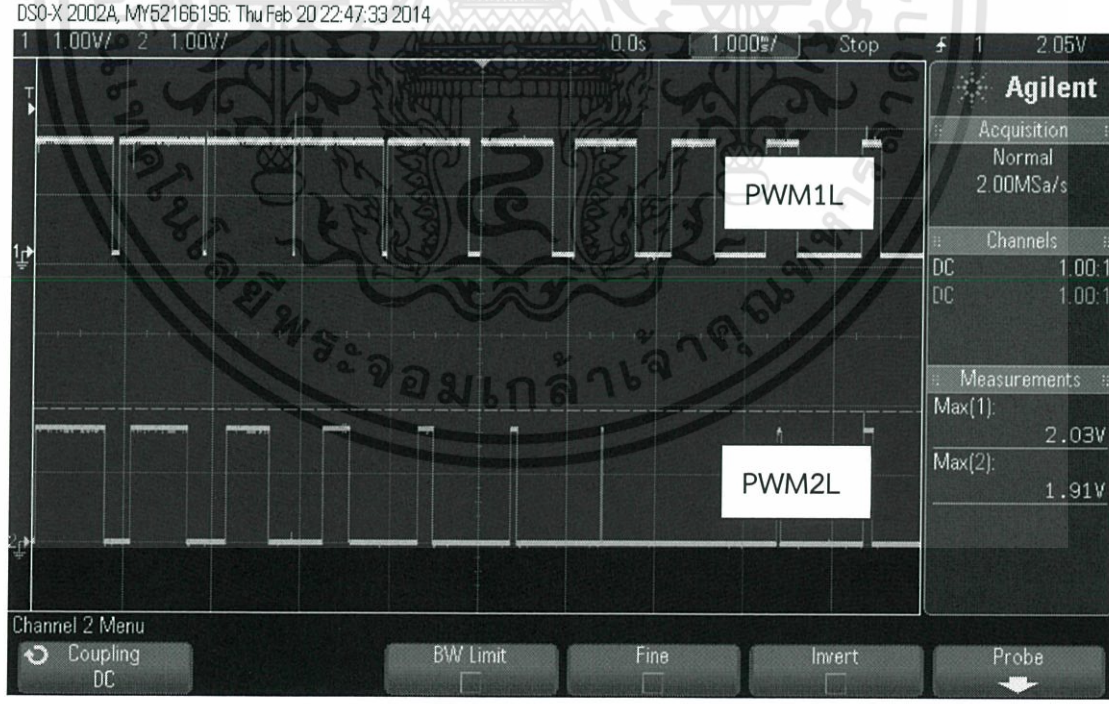


รูปที่ 5.15 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณเปรียบเทียบระหว่าง PWM1 High กับ PWM2 High ที่อินพุทของ Opto-Isolator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.16 (ก) แสดงสัญญาณ PWM1 Low กับ PWM2 Low ที่อินพุทของ Opto-Isolator

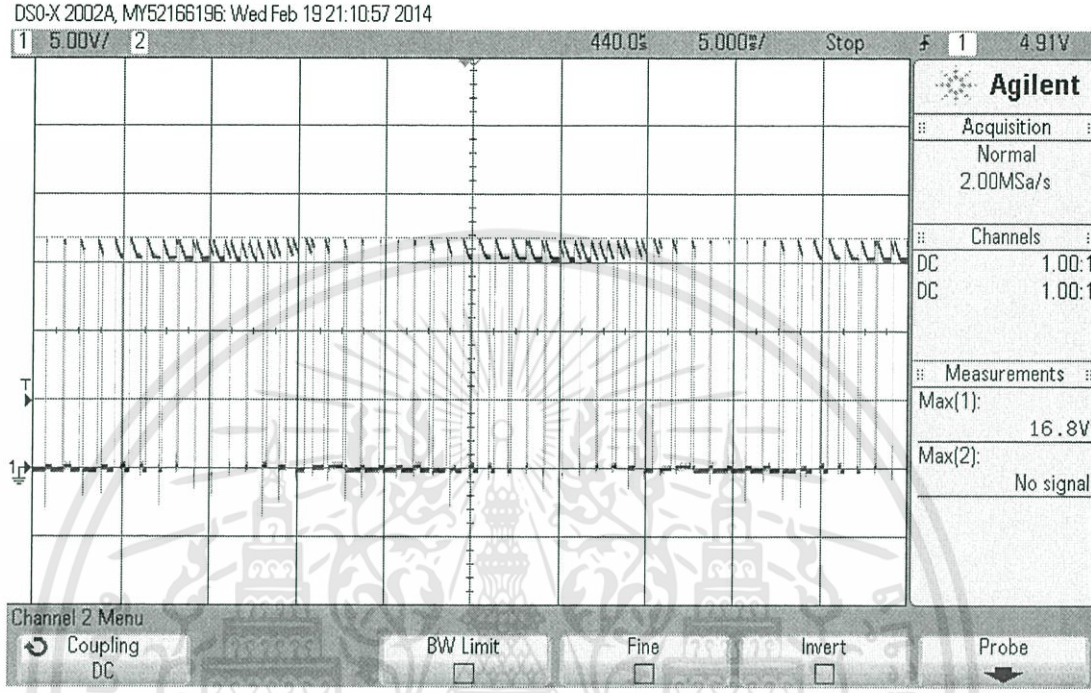


รูปที่ 5.16 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณเปรียบเทียบระหว่าง PWM1 Low กับ PWM2 Low ที่อินพุทของ Opto-Isolator

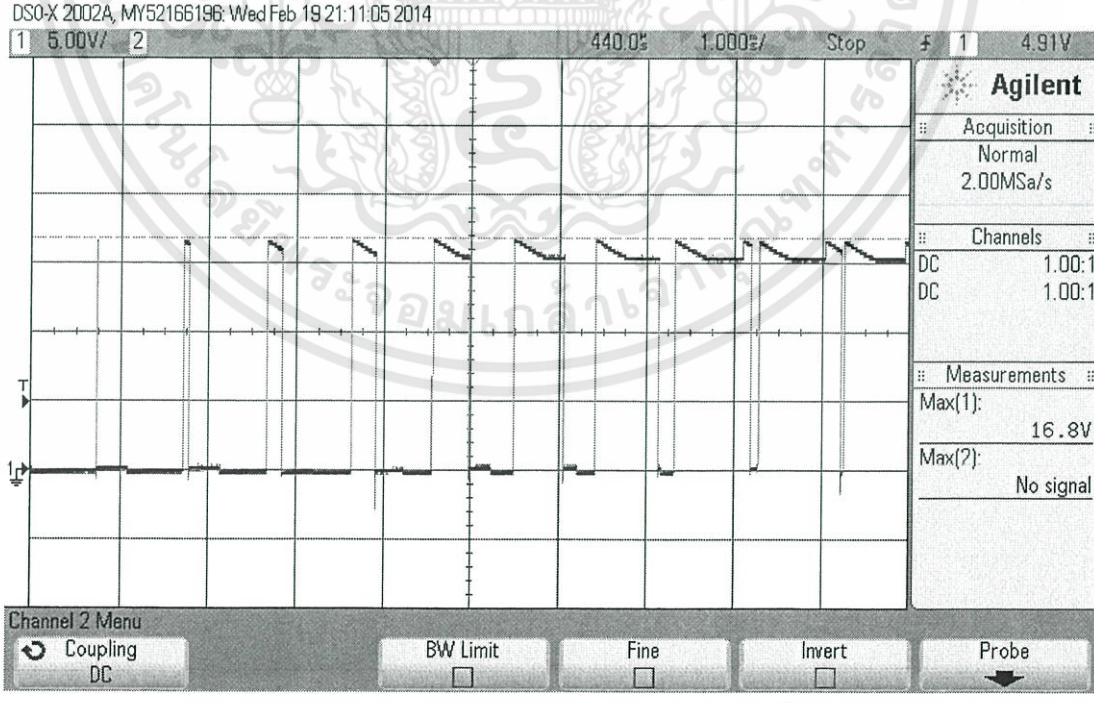
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.6 วัดสัญญาณกิ่งเดียวกันที่ขาเกทของ IGBT

รูปที่ 5.17 – 5.22 เป็นการวัดสัญญาณที่ขาเกทของ IGBT เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสัญญาณที่ออกมาจาก Opto-Isolator

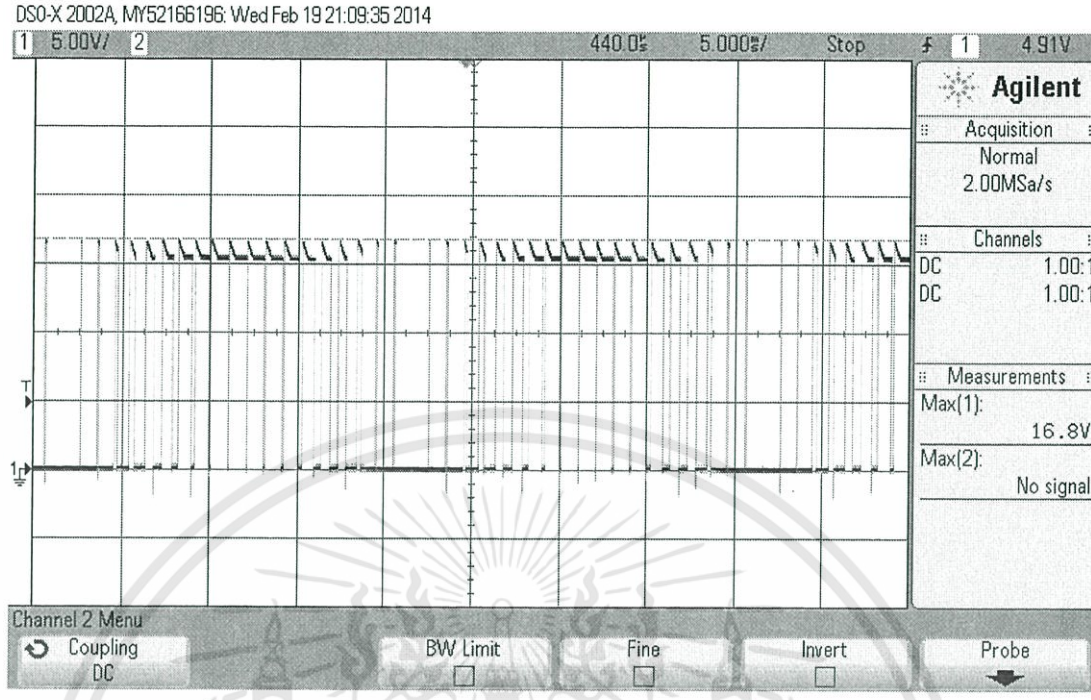


รูปที่ 5.17 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM1 High ที่ขาเกทของ IGBT

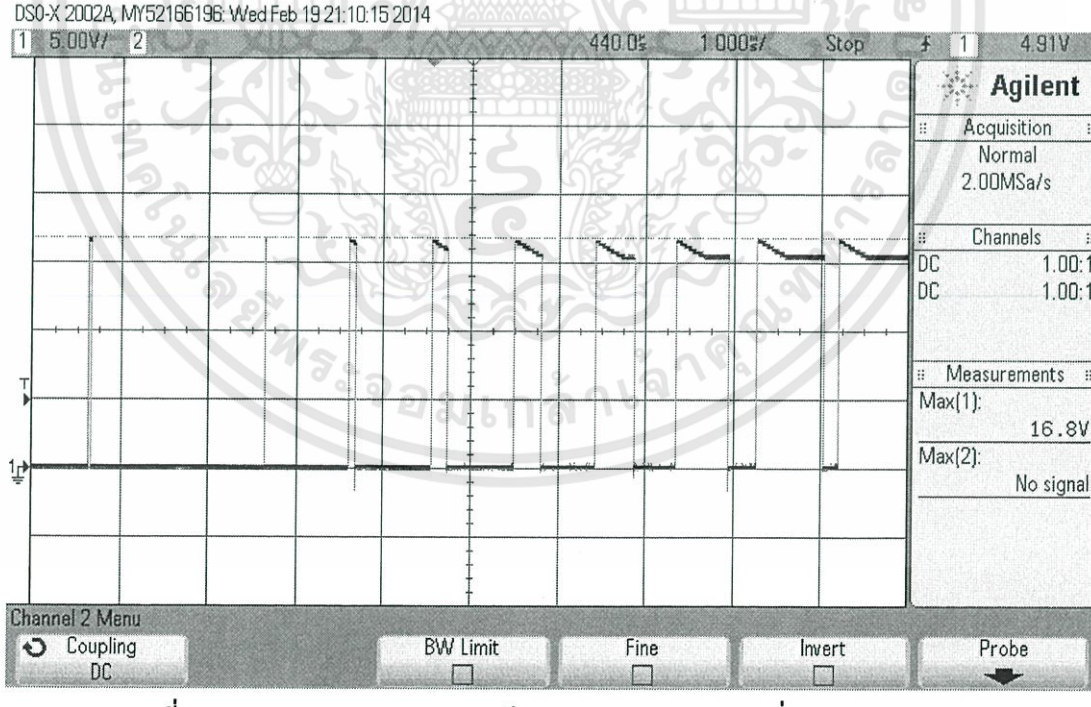


รูปที่ 5.17 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 High ที่ขาเกทของ IGBT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

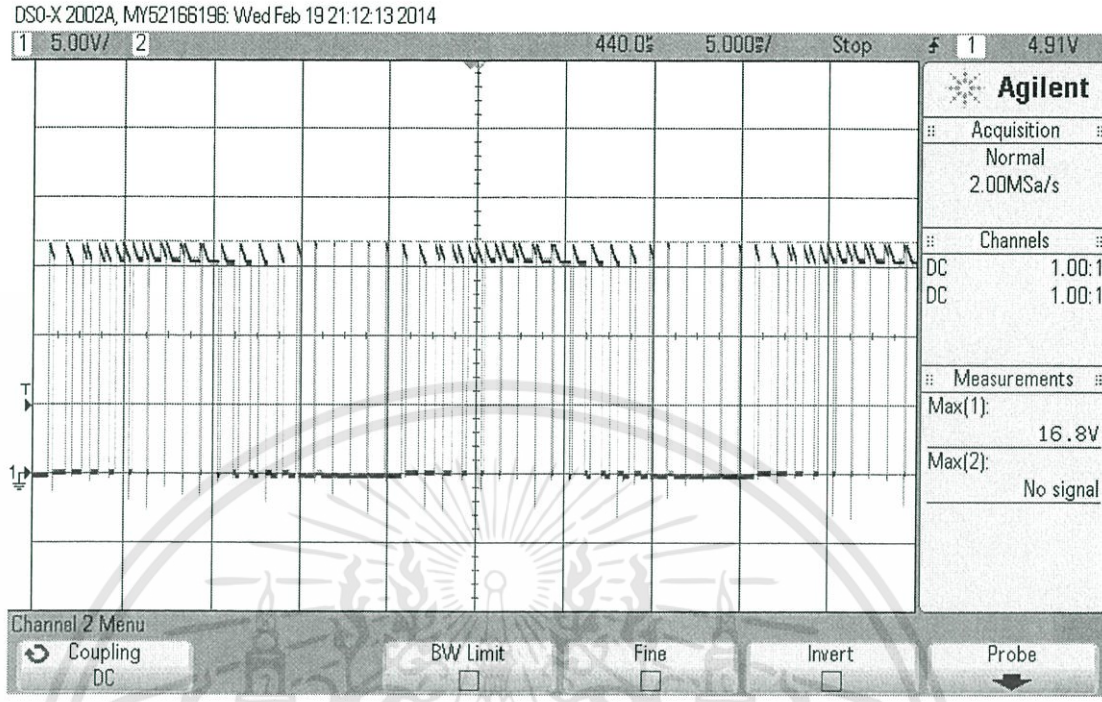


รูปที่ 5.18 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM1 Low ที่ขาเกทของ IGBT

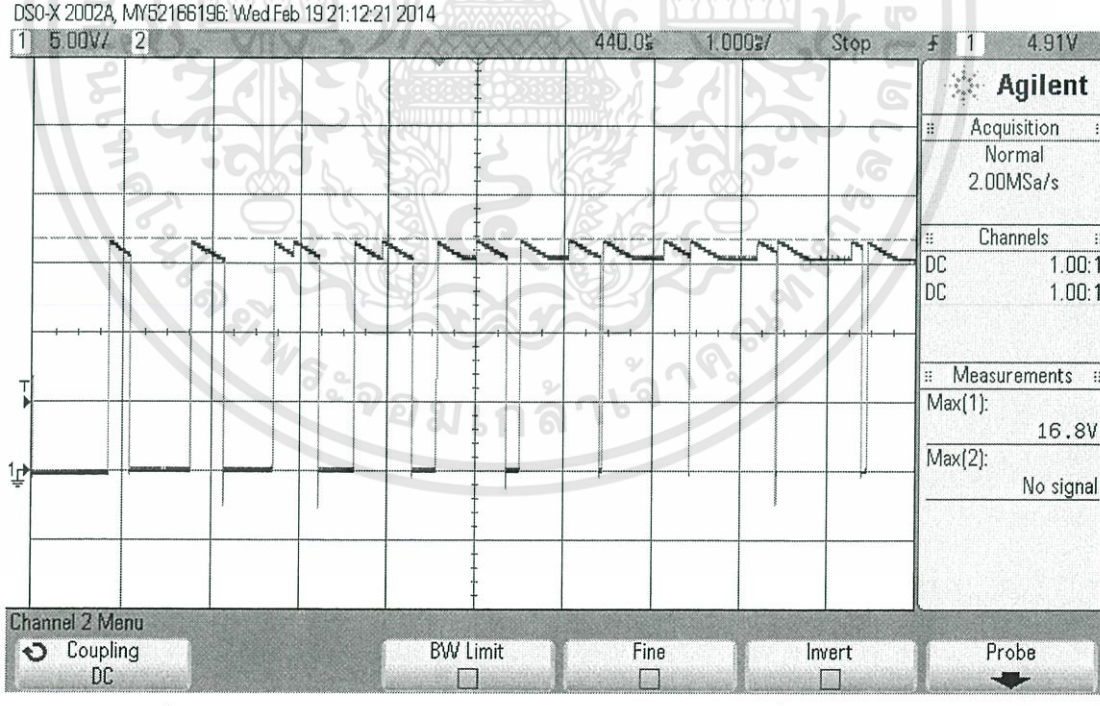


รูปที่ 5.18 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 Low ที่ขาเกทของ IGBT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

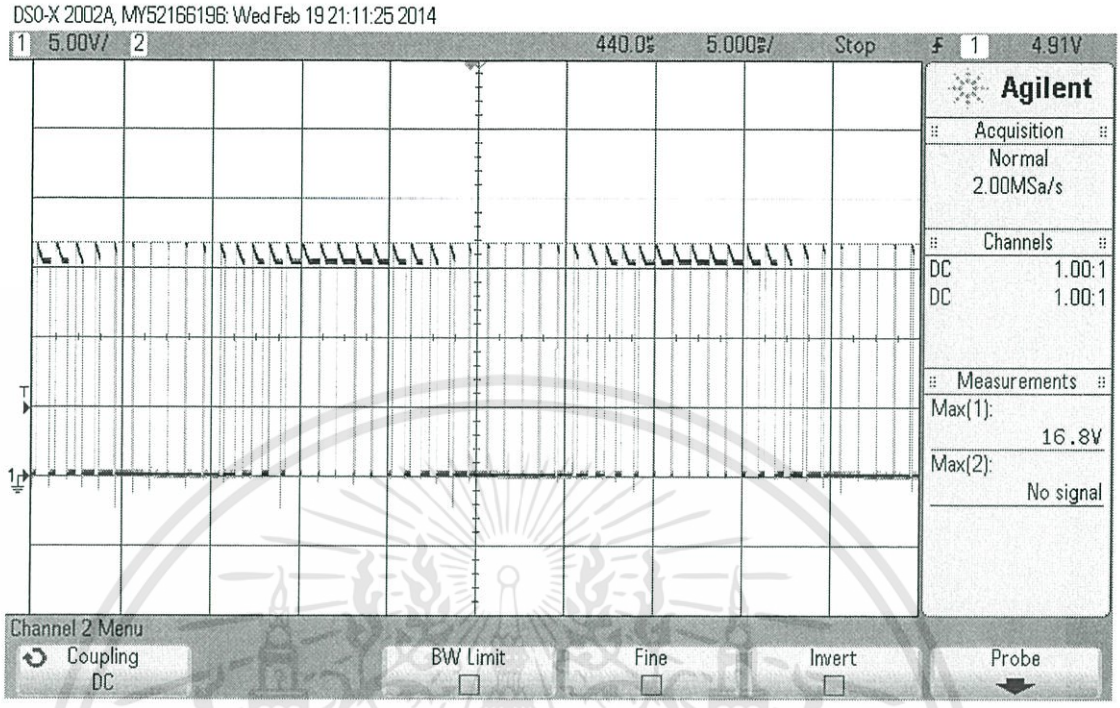


รูปที่ 5.19 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM2 High ที่ขาเกทของ IGBT

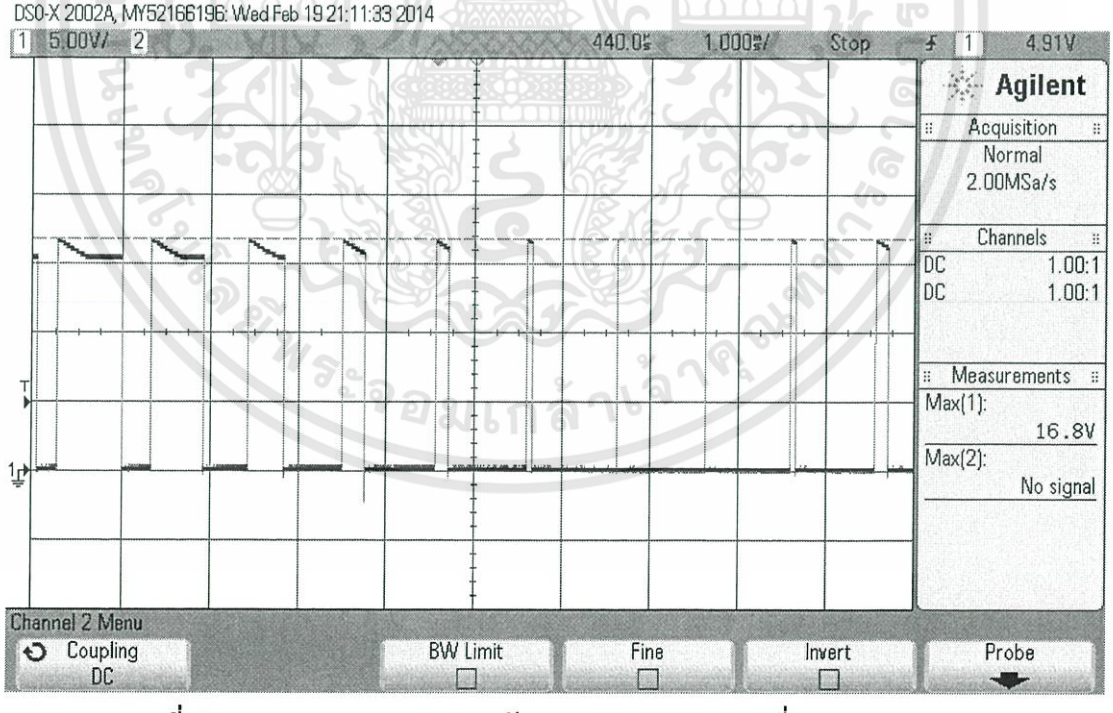


รูปที่ 5.19 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM2 High ที่ขาเกทของ IGBT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

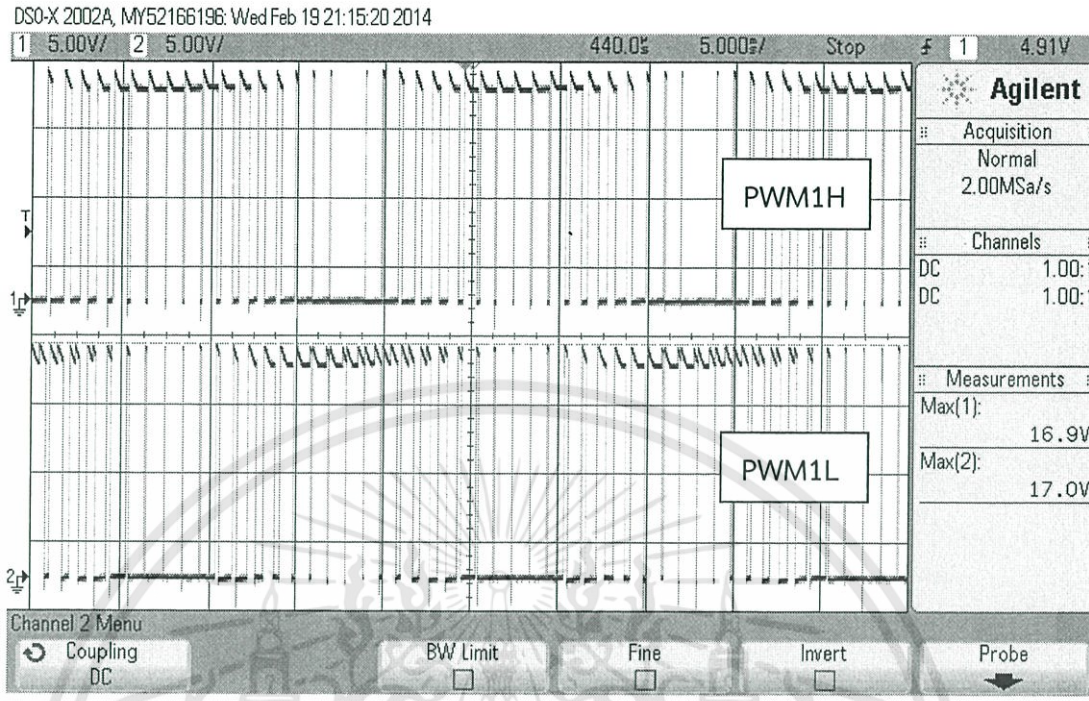


รูปที่ 5.20 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM2 Low ที่ขาเกทของ IGBT

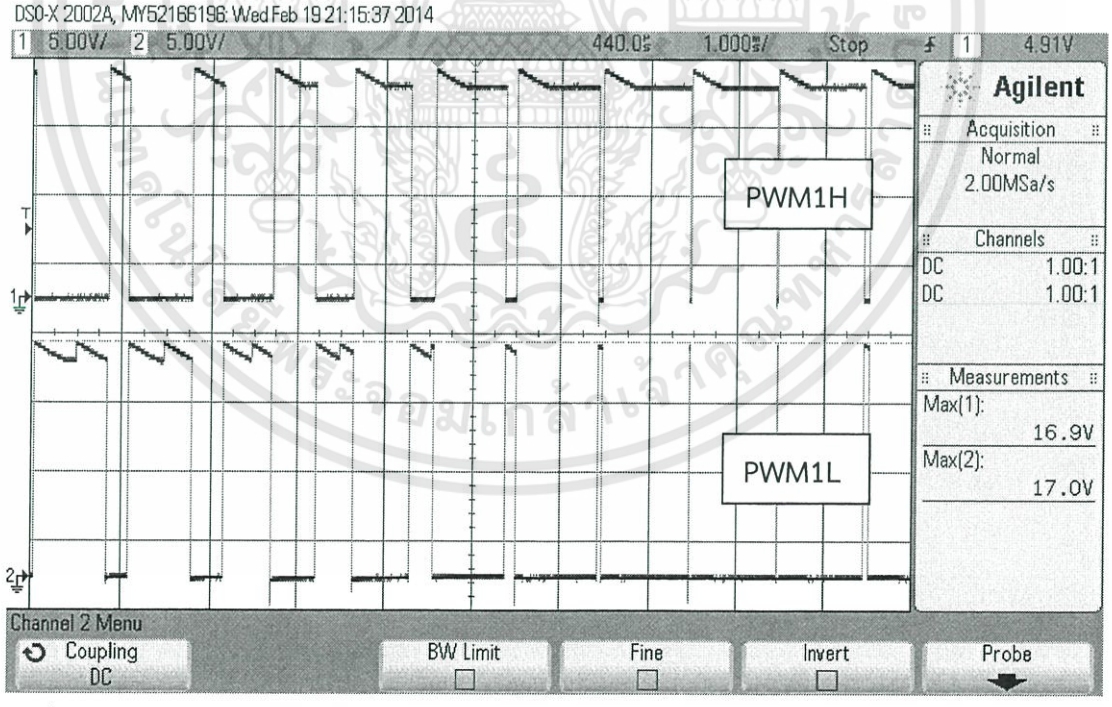


รูปที่ 5.20 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM2 Low ที่ขาเกทของ IGBT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

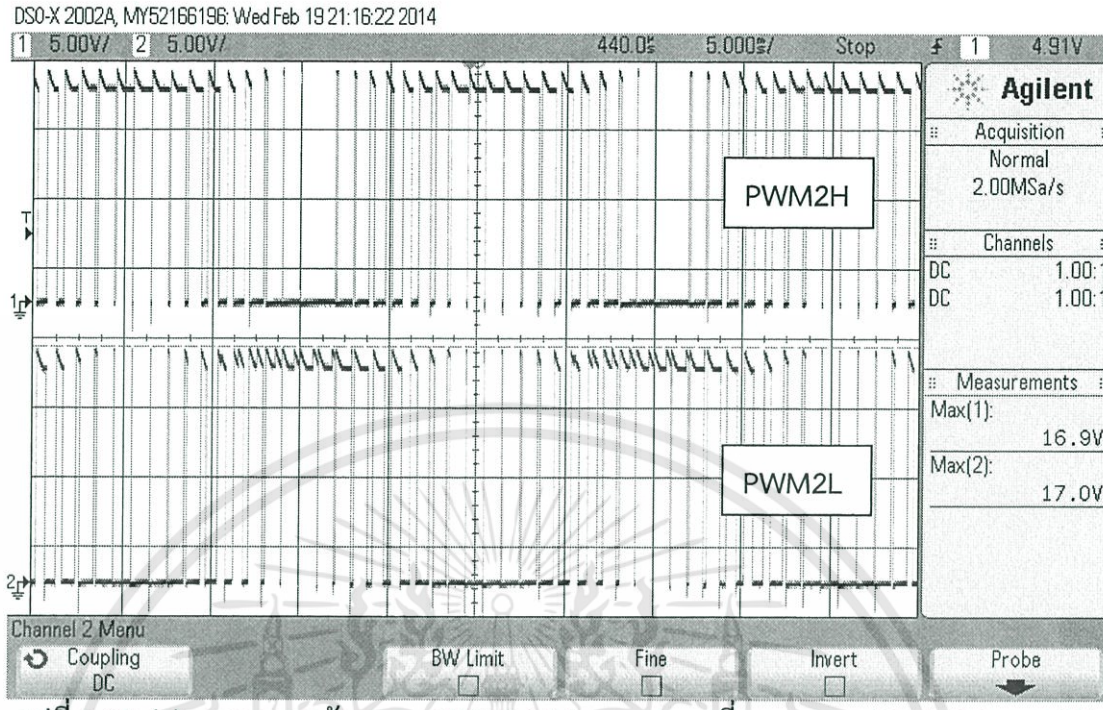


รูปที่ 5.21 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM1 High และ Low ที่ขาเกทของ IGBT- Q1 และ Q3

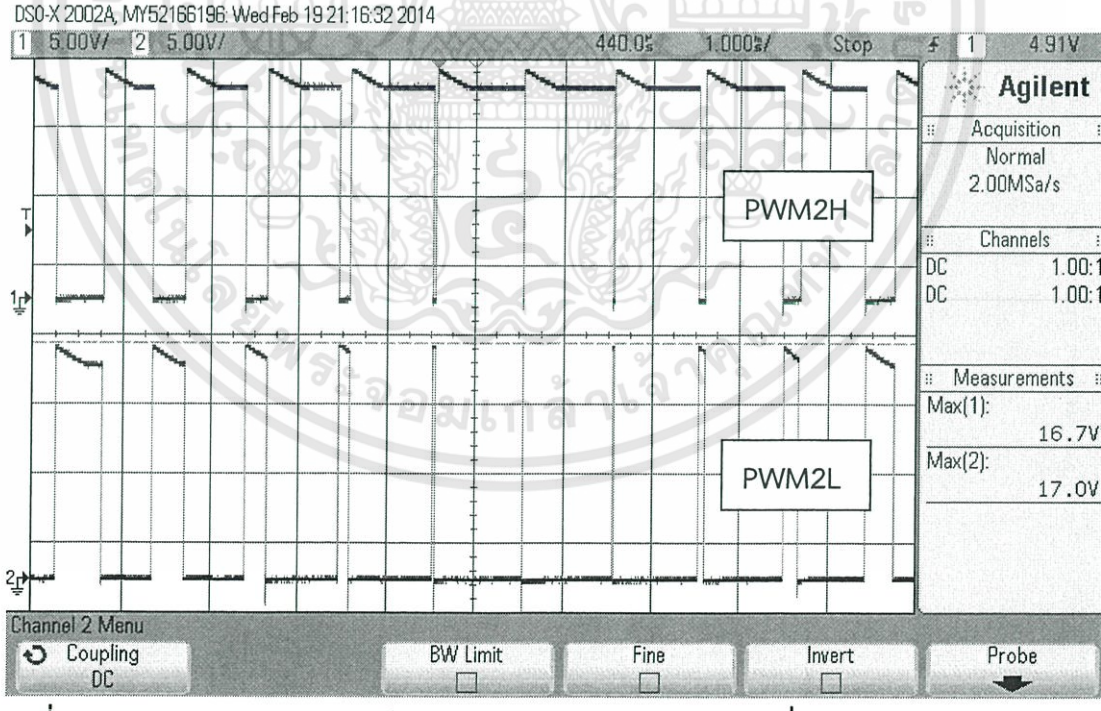


รูปที่ 5.21 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM1 High และ Low ที่ขาเกทของ IGBT- Q1 และ Q3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



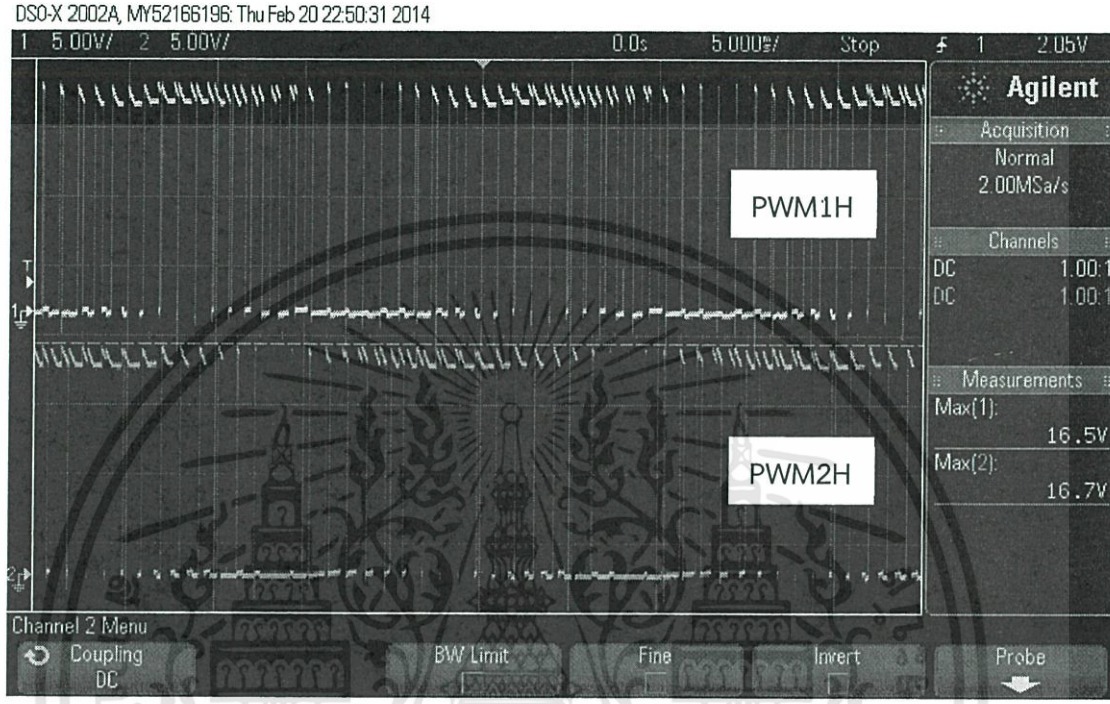
รูปที่ 5.22 (ก) แสดงภาพสัญญาณ PWM2 High และ Low ที่ขาเกทของ IGBT- Q2 และ Q4



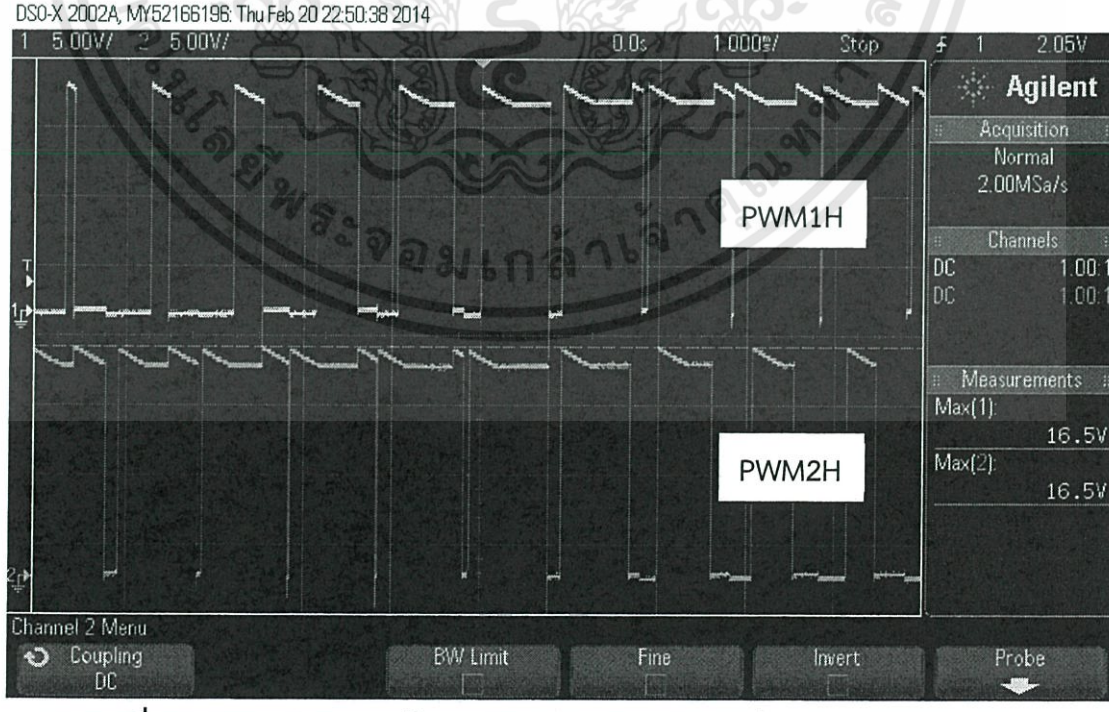
รูปที่ 5.22 (ข) แสดงภาพขยายสัญญาณ PWM2 High และ Low ที่ขาเกทของ IGBT- Q2 และ Q4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.7 เปรียบเทียบสัญญาณต่างกิ่งกันที่ขาเกทของ IGBT Q1 กับ Q2, Q3 กับ Q4 ซึ่งสัญญาณที่ได้ทั้ง 2 จะมีลักษณะต่างเฟสกัน

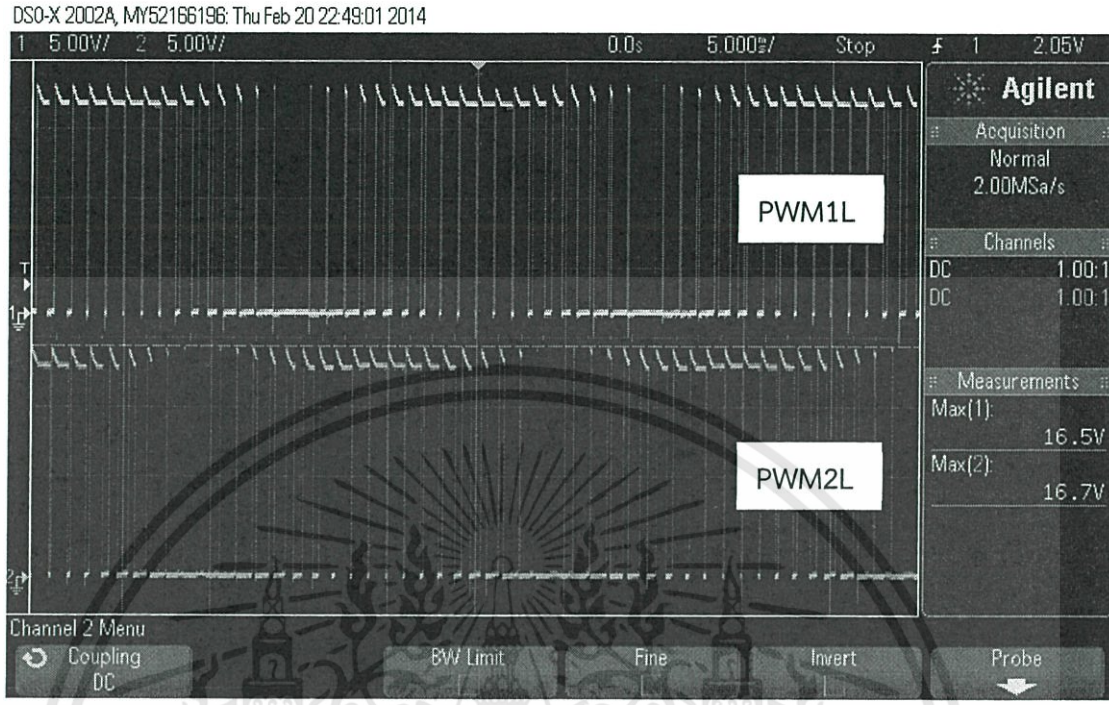


รูปที่ 5.23 (ก) สัญญาณ PWM1 High (Q2) กับ PWM2 High (Q4)

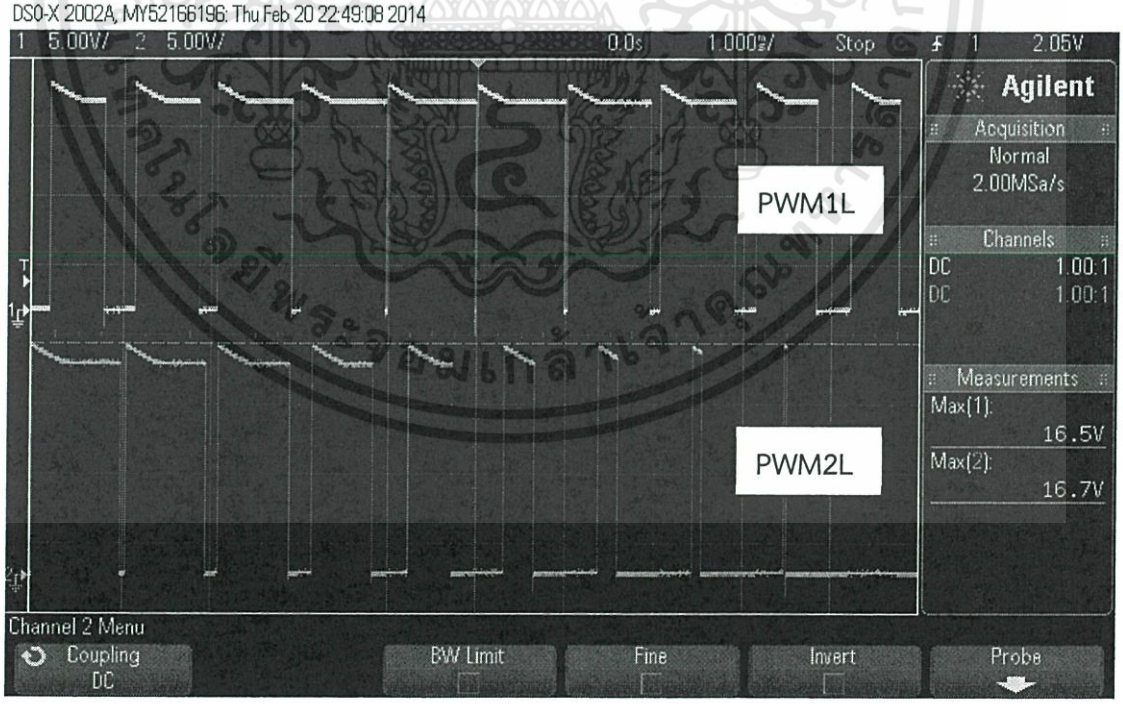


รูปที่ 5.23 (ข) ภาพขยายสัญญาณ PWM1 High (Q2) กับ PWM2 High (Q4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



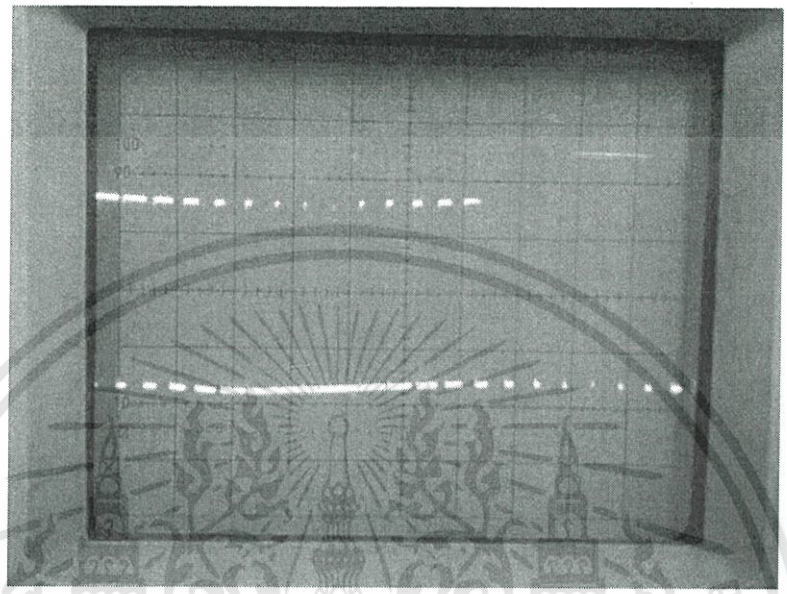
รูปที่ 5.24 (ก) สัญญาณ PWM1 Low (Q1) กับ PWM2 Low (Q3)



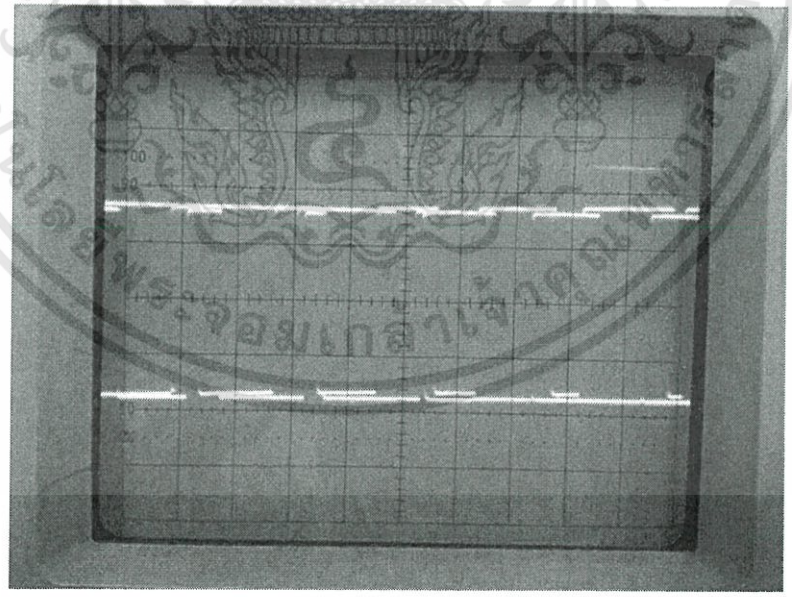
รูปที่ 5.24 (ข) ภาพขยายสัญญาณ PWM1 Low (Q1) กับ PWM2 Low (Q3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.8 สัญญาณที่ขดสตาร์ทและขดรันของมอเตอร์ไฟฟ้าโดยการวัดจากการวัดคร่อมที่ขา E ของ IGBT กับขา common ของมอเตอร์ ที่ความถี่ 50Hz

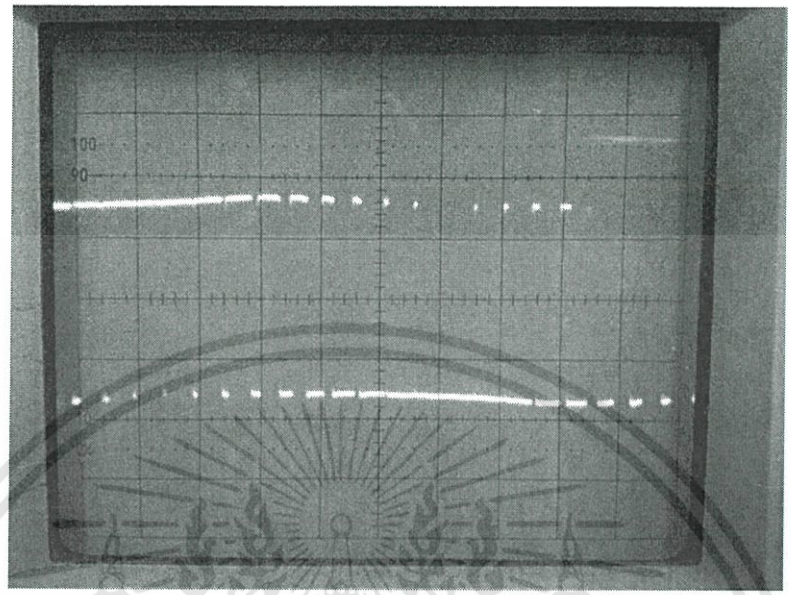


รูปที่ 5.25 (ก) สัญญาณที่ขดสตาร์ทที่ความถี่ 50Hz (Probe x100, 2V/div, 2ms/div)

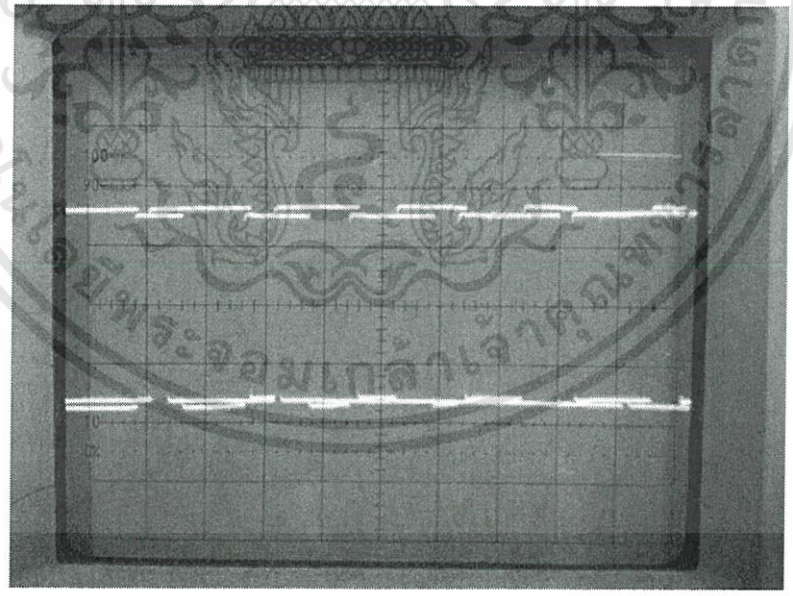


รูปที่ 5.25 (ข) ภาพขยายสัญญาณที่ขดสตาร์ทที่ความถี่ 50Hz (Probe x100, 2V/div, 0.5ms/div)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



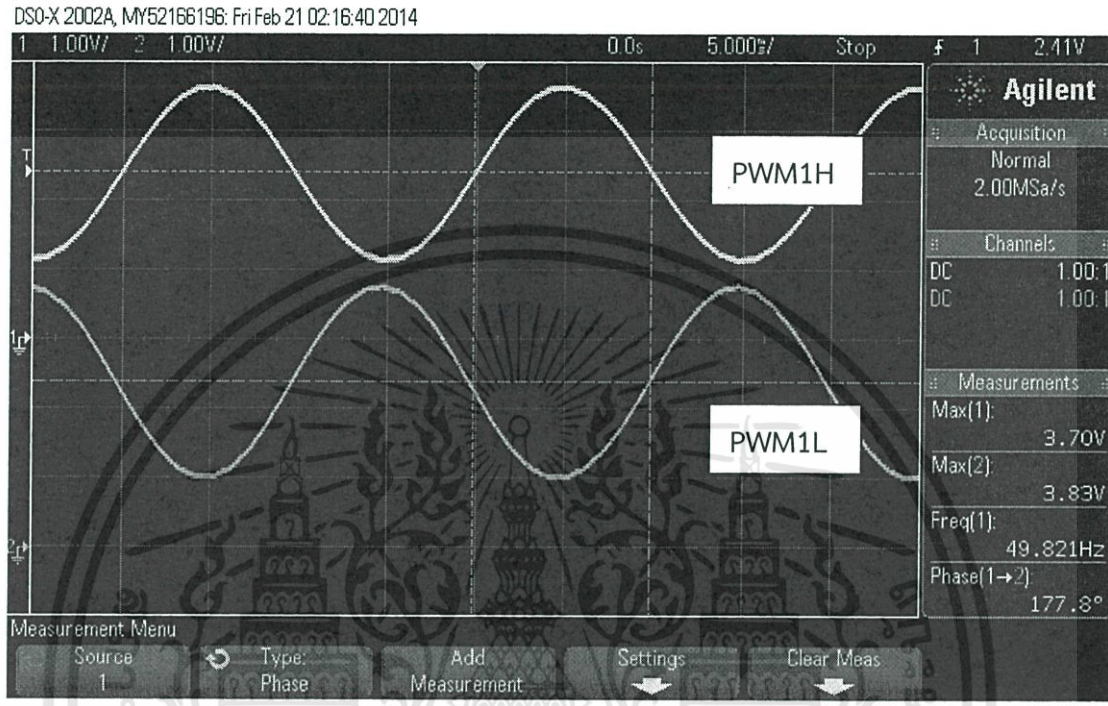
รูปที่ 5.26 (ก) สัญญาณที่ขดรันที่ความถี่ 50Hz (Probe x100, 2V/div, 2ms/div)



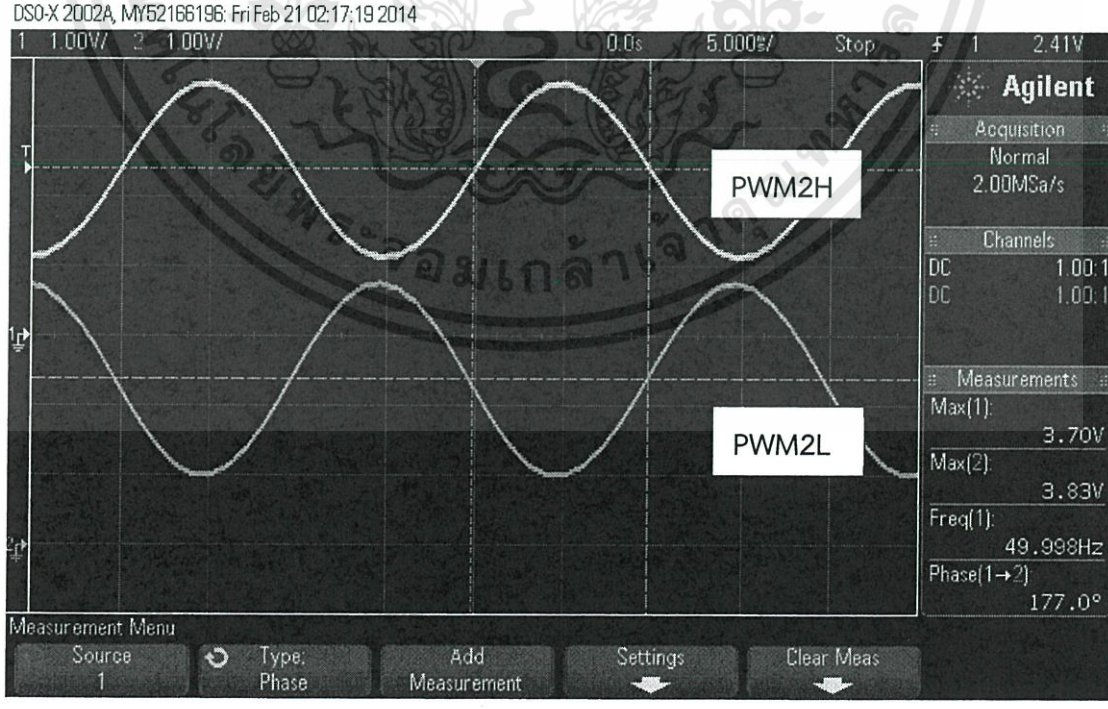
รูปที่ 5.26 (ข) ภาพขยายสัญญาณที่ขดรันที่ความถี่ 50Hz (Probe x100, 2V/div, 0.5ms/div)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.9 สัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์หลังผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่ความถี่ 50Hz และเปรียบเทียบกันระหว่าง PWM1 กับ PWM2

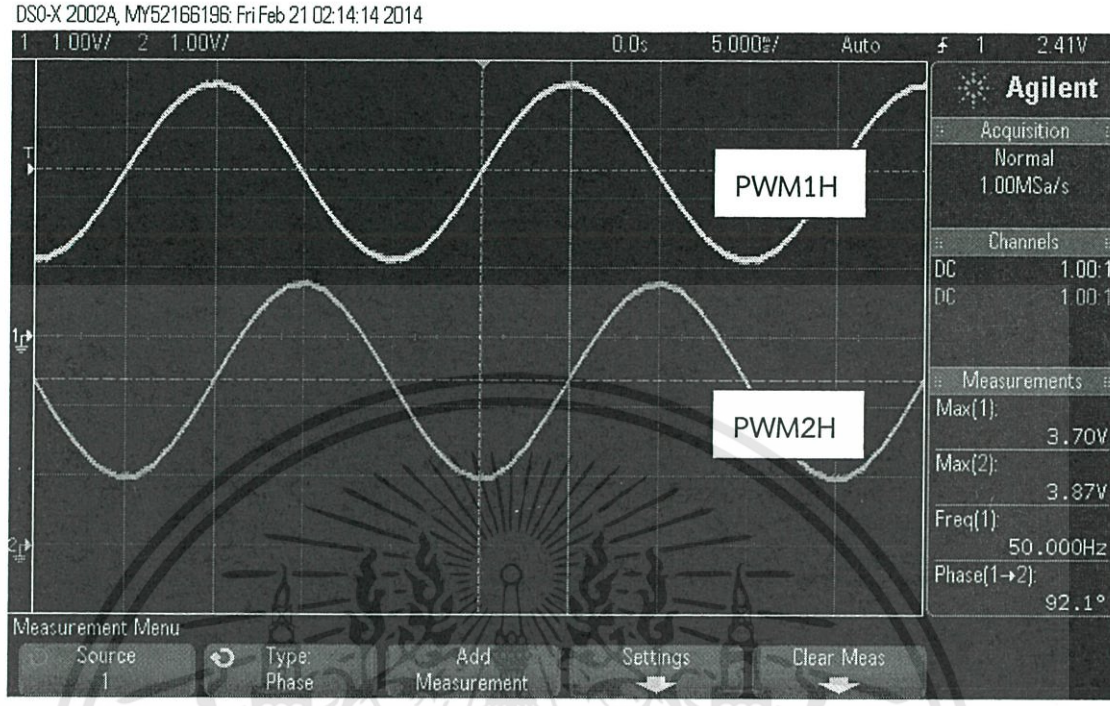


รูปที่ 5.27 เปรียบเทียบสัญญาณไซน์ของสัญญาณ PWM1H กับ PWM1L

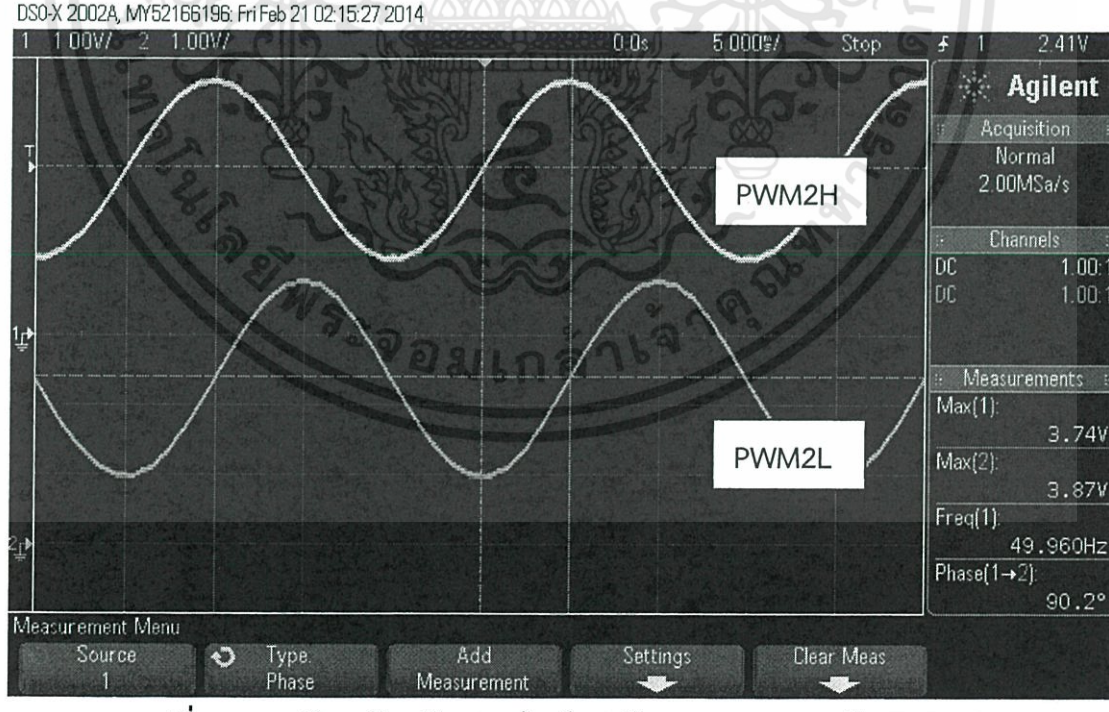


รูปที่ 5.28 เปรียบเทียบสัญญาณไซน์ของสัญญาณ PWM2H กับ PWM2L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.29 เปรียบเทียบสัญญาณไซน์ของสัญญาณ PWM1H กับ PWM2H



รูปที่ 5.30 เปรียบเทียบสัญญาณไซน์ของสัญญาณ PWM1L กับ PWM2L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในโครงงานฉบับนี้ เป็นการศึกษาอินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส จะแบ่งออกเป็นสามส่วนใหญ่ๆ คือในส่วนแรกจะเป็นวงจรควบคุมและในส่วนที่สองจะเป็นการสร้างสัญญาณ PWM เพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับหนึ่งเฟส และส่วนที่สามจะเป็นวงจรอินเวอร์เตอร์เพื่อขับมอเตอร์ โดยในส่วนของการควบคุมสามารถป้อนค่าความเร็วที่ต้องการจาก keypad แล้วค่าที่ต้องการจะถูกส่งไปประมวลผลในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC ที่อยู่ในส่วนของวงจรสร้างสัญญาณเพื่อสร้างสัญญาณ PWM ออกมา สัญญาณที่ส่งออกมานั้นจะเข้าไปยังวงจร Protection เพื่อป้องกันในกรณีที่เขียน code PWM ผิดพลาด โดยที่ไม่ได้ทำการวัดสัญญาณที่ออกมาก่อนนำไปใช้งานหรือต่อเข้ากับส่วนอินเวอร์เตอร์ที่จะขับมอเตอร์ เพราะอาจจะทำให้ IGBT พังหรือเสียหายได้ ซึ่งวงจร Protection จะป้องกันไม่ให้สัญญาณที่ผิดพลาดออกไปยังส่วนต่อไปได้ สัญญาณที่จะส่งไปยัง IGBT จะต้องผ่าน Opto-Isolator เพื่อแยกส่วนของแรงดัน 15 โวลต์ออกจากแรงดัน 310 โวลต์ สัญญาณที่ออกมาจาก Opto-Isolator จะมีขนาดแรงดัน 15 โวลต์ ตามไฟเลี้ยงของ Opto-Isolator เพื่อที่จะนำไปขับ IGBT ให้ IGBT ทำงานหรือสวิตช์ตามสัญญาณที่ถูกส่งมาจากส่วนสร้างสัญญาณ PWM ผลทดลองดูจากราฟที่ได้ออกมาที่พอร์ต PWM1H, PWM1L, PWM2H และ PWM2L นั้น ออกมาได้ความถี่ตามที่กำหนดในการกดค่าความเร็วรอบของผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นกราฟพัลส์สี่เหลี่ยมที่มีค่าดิวตี้เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และถ้าต้องการทราบความถี่จะต้องนำสัญญาณไปผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ลักษณะกราฟสัญญาณที่ได้จะมีลักษณะเป็นสัญญาณไซน์ ที่มีความถี่ที่กดค่าที่ต้องการเข้าไป

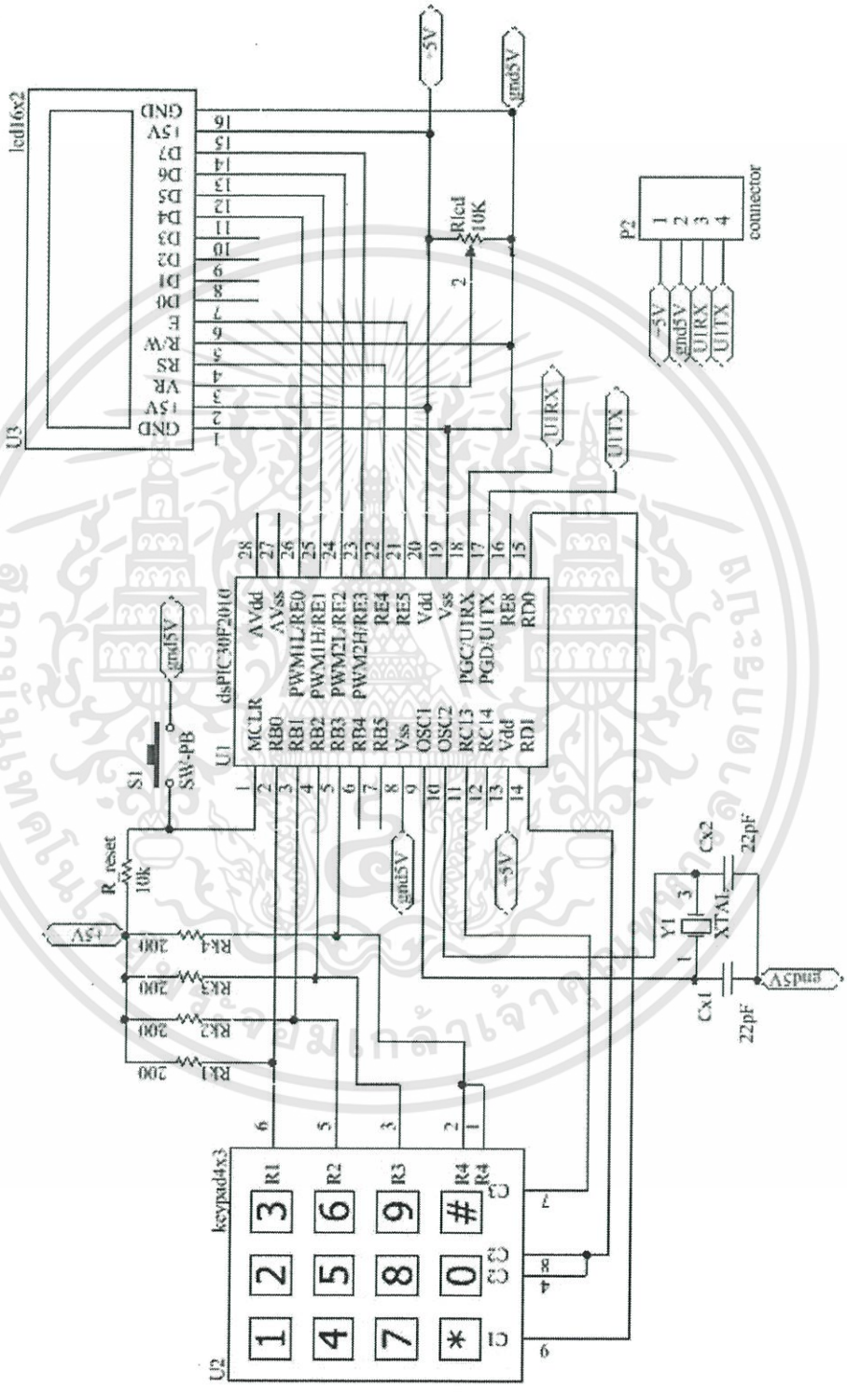
วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองวัดค่าความเร็วรอบจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ 1 เฟส ที่ความถี่ 50 - 60Hz มอเตอร์จะเกิดการกระตุกและหยุดหมุนชั่วขณะ ซึ่งเกิดจากสัญญาณรบกวนกันของด้านไฟฟ้ากระแสสลับและด้านไฟฟ้าตรงในด้าน dspic เนื่องจากการวางแบบวงจร ของแต่ละวงจรใกล้กันจึงทำให้เกิดสาเหตุดังกล่าว

เรื่องของการเขียน Code ในการสร้างสัญญาณ PWM ที่ใช้ dsPIC ซึ่งไม่ถนัดและไม่เคยศึกษาไม่เคยใช้มางานมาก่อนจึงเป็นการยากที่จะทำความเข้าใจ จึงต้องใช้เวลาในการศึกษานานเพื่อที่จะทำโครงงานนี้สำเร็จได้

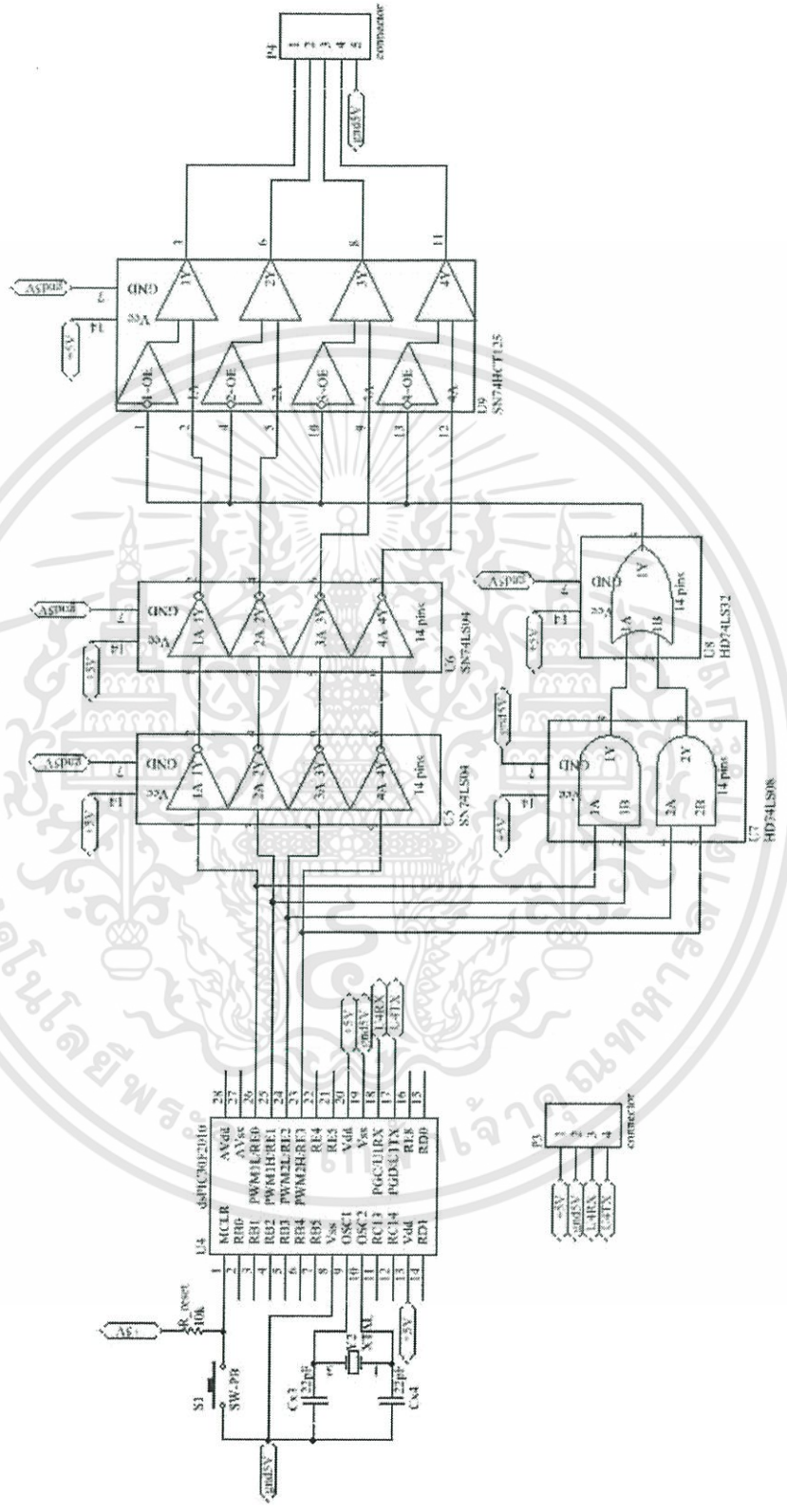
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก



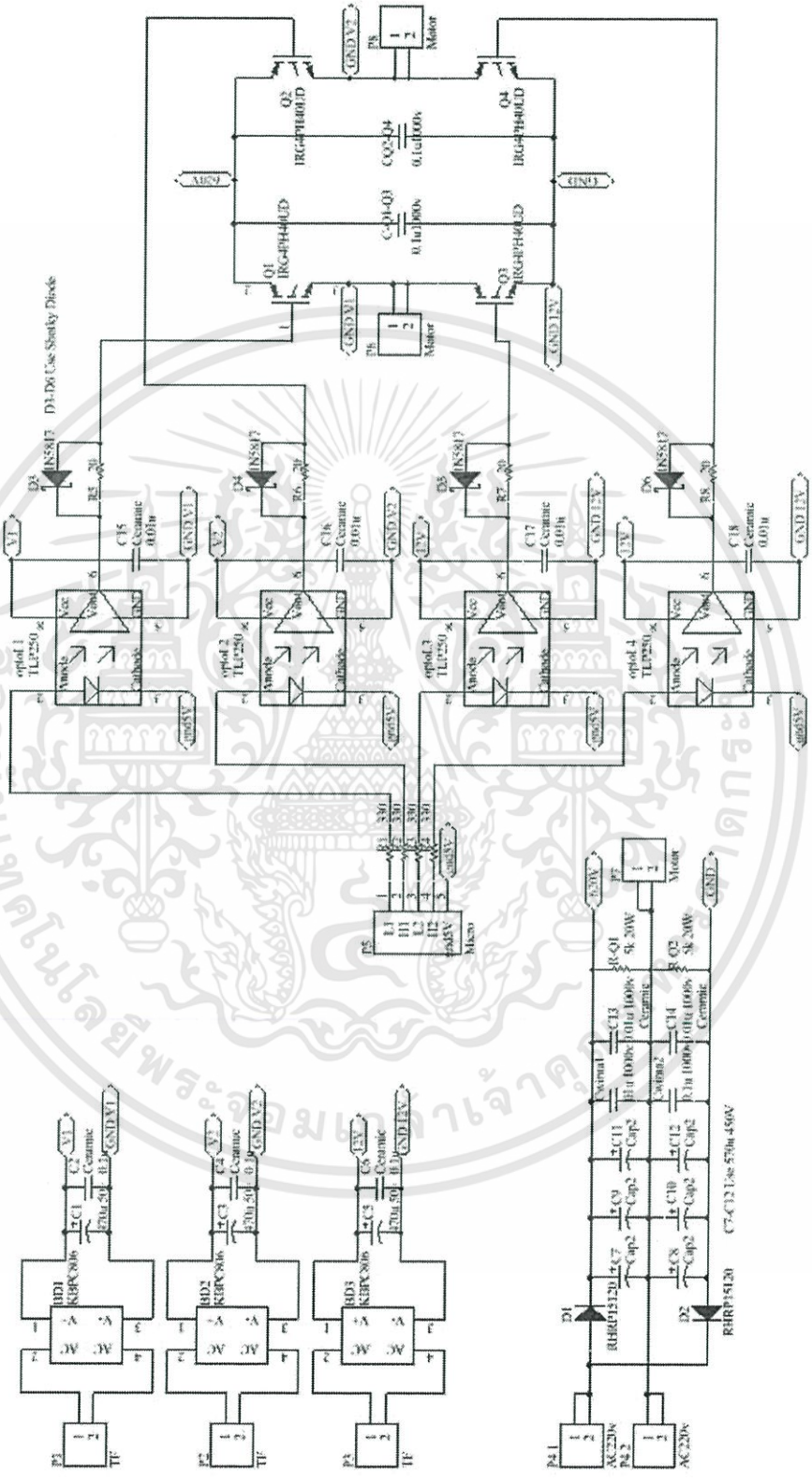
ก. วงจรในส่วนควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



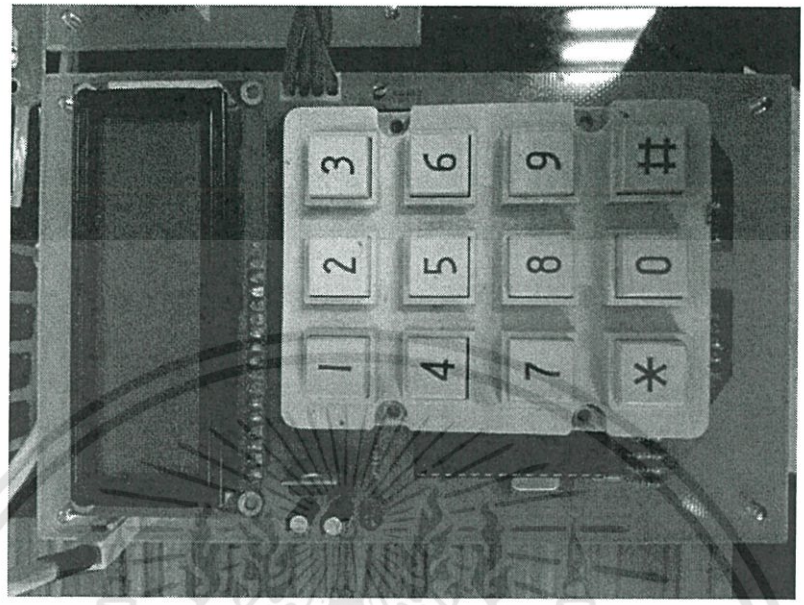
ข. วงจรในส่วนสร้างสัญญาณ PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

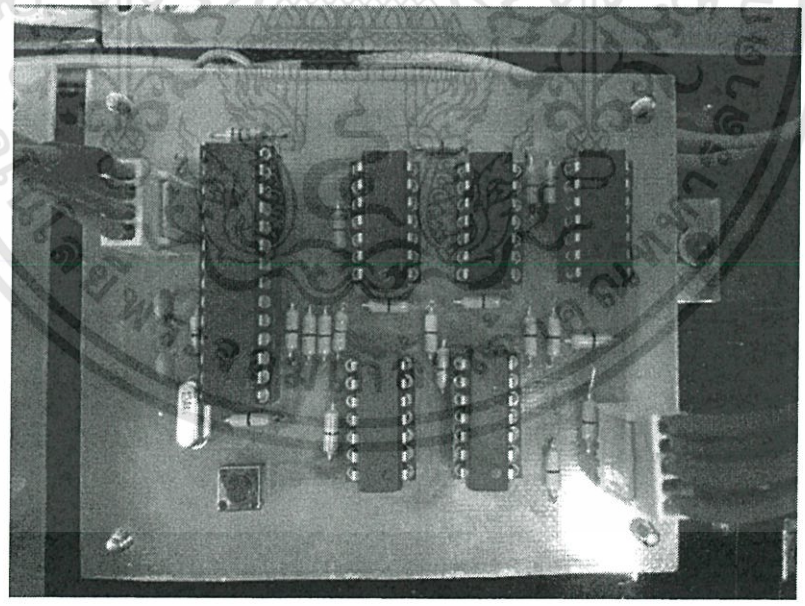


ค. วงจรในส่วนอินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

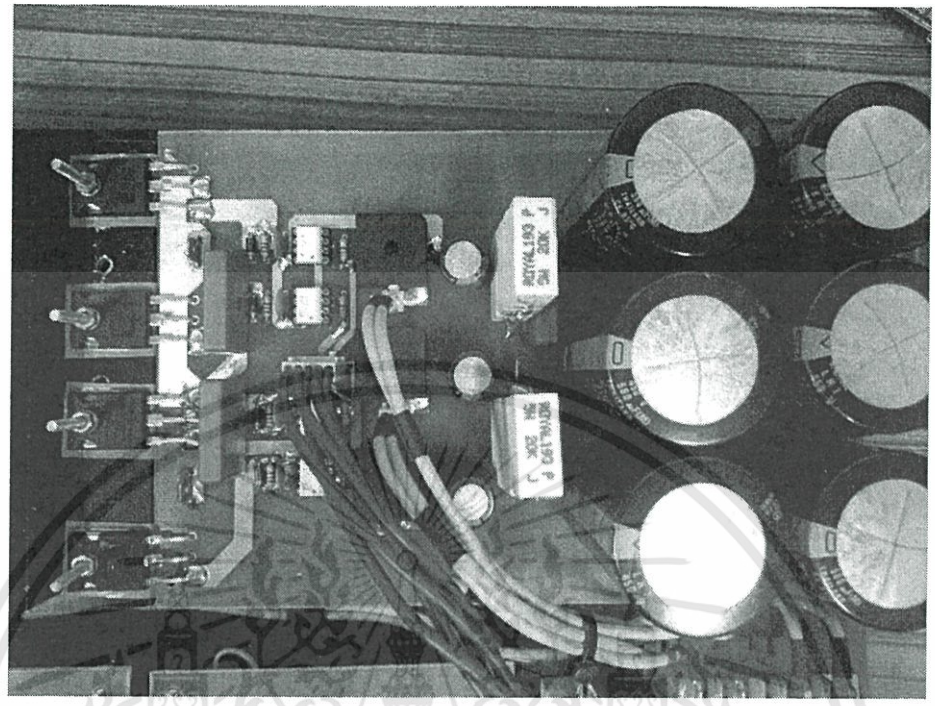


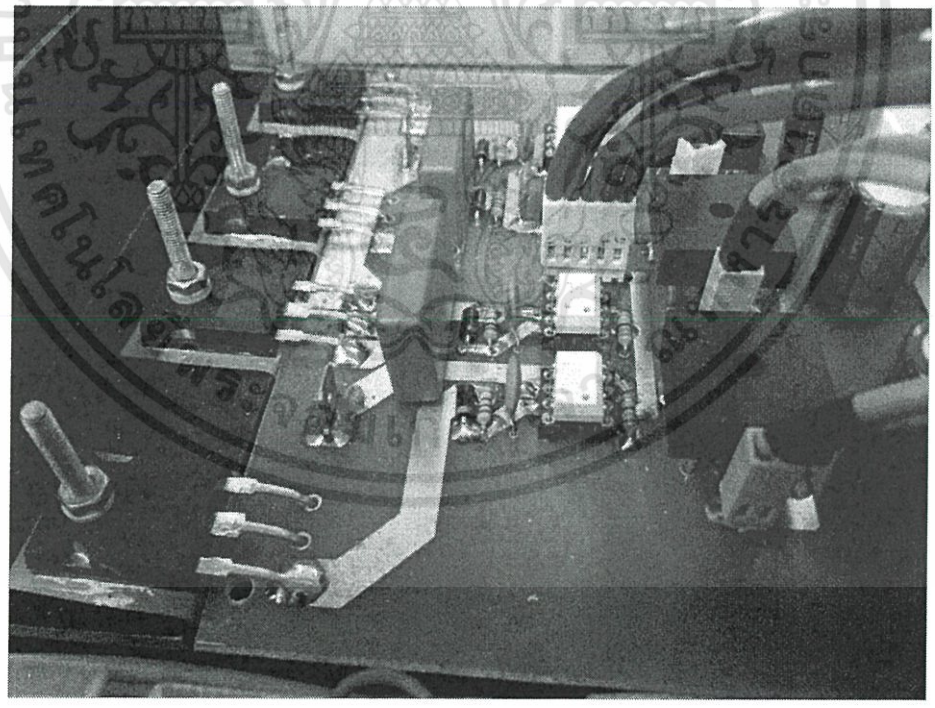
ง. วงจรควบคุม



จ. วงจรสร้างสัญญาณ PWM

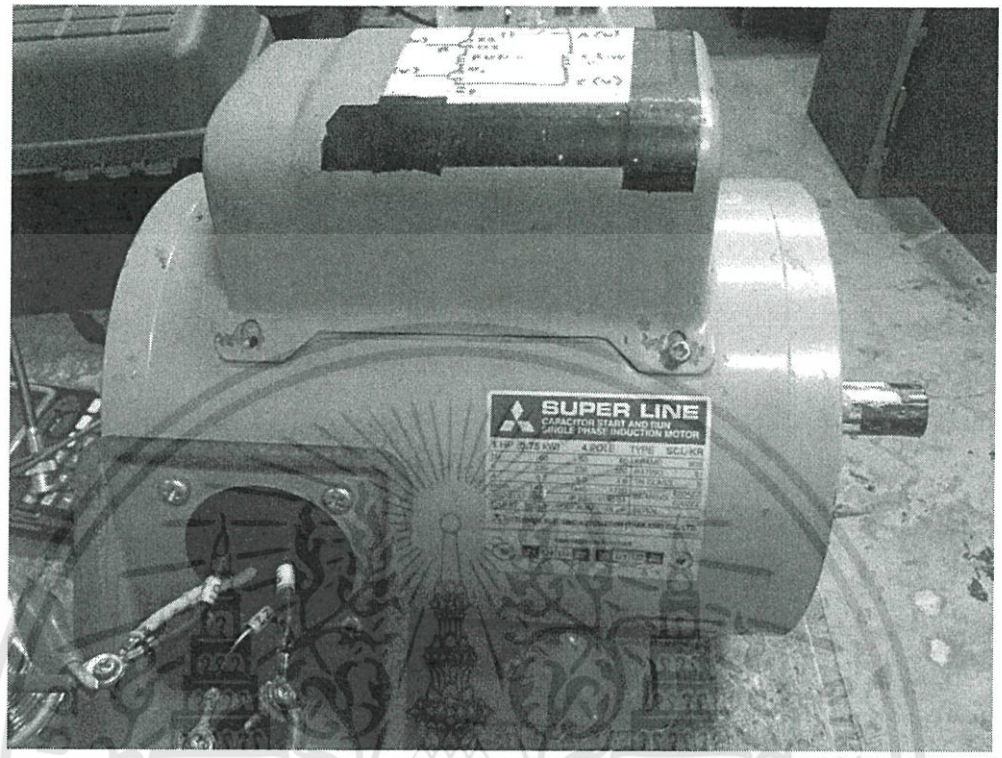
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



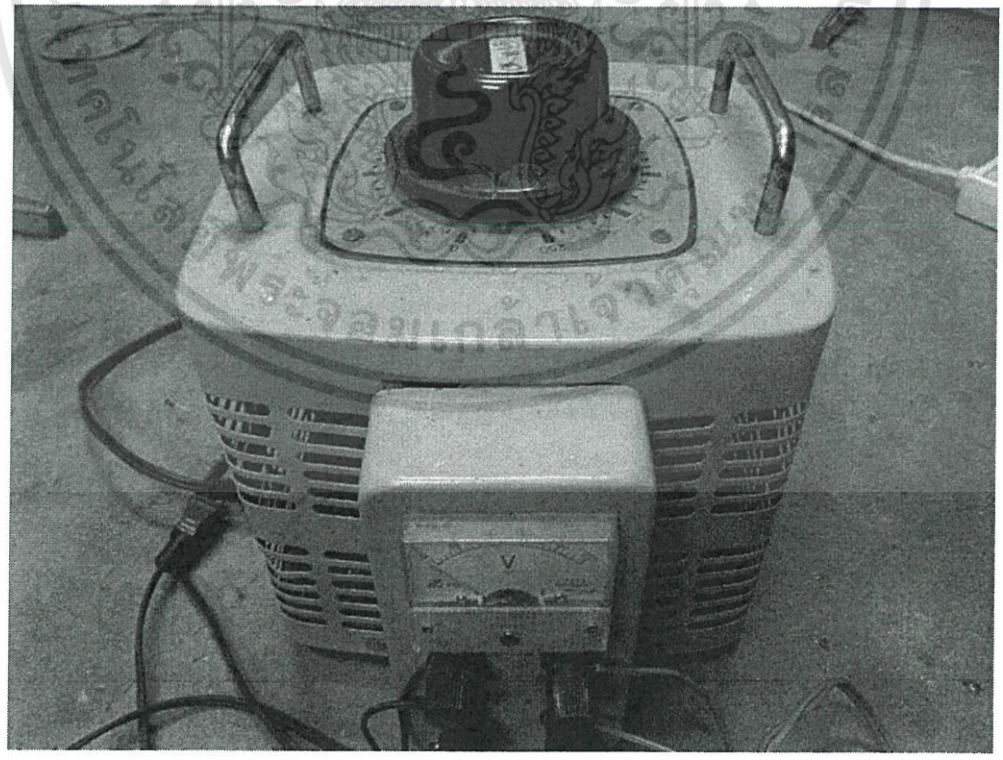


ฉ. วงจรอินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ช. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ไม่มีโหลด



ซ. เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแบบปรับค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานและโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ พลผดุง ผดุงกุล ซึ่งเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงาน และโครงงาน ซึ่งได้ให้คำแนะนำปรึกษา และให้ข้อคิดในการทำโครงงาน จึงขอขอบคุณอาจารย์ที่กรุณาสละเวลา พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์

นอกจากนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณเพื่อนๆพี่ๆและบุคคลที่เกี่ยวข้อง ทุกๆท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ทำให้รายงานและโครงงานนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี
ผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

.....
(นาย ธนวัฒน์ บุญภา)

.....
(นาย ธีรพงศ์ เกลียวศรี)

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

ประจิน พลังสันติกุล, “dsPIC30F Programming กับ MPLAB C คอมไพเลอร์”, บริษัท แอฟซอฟต์ เทค จำกัด, กรุงเทพมหานคร, 2547

http://www.engineer007.com/index.php?mo=3&art=507518

http://www.microchip.com/forums/m413987-print.aspx

http://www.ee.mut.ac.th/home/prasoot/final_thesis/

http://webserv.kmitl.ac.th/s1010958/web/php/A.C.SinglePhase.php

http://dspic-project.blogspot.com/2010/10/lab8-uart.html

http://www.stcontrol.com/th/articles/%E0%B8%AD%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%A7%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C-%28Inverter%29-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้