Project Report No. EE2002-29

High effective AC –line Stabilization Power source for home

Mr. Thawatchai Sinpai ID 421732-0
Mr. Wirat Sudram ID 421861-0

This is the report of fourth year project assignment submitted in partial fulfillment of the requirement for the Degree Bachelor of Engineering

Department of Electrical Engineering
Faculty of Engineering Khon Kaen University
2002

รายงานโครงการหมายเลข EE2002-29

เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าในบ้านให้คงที่และมีประสิทธิภาพสูง

นาย ธวัตชัย สิ้นภัย เลขประจำตัว **421732-0**
นาย วิรัตน์ สุดรัมย์ เลขประจำตัว **421861-0**

รายงานนี้เป็นรายงาน งานโครงการของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ซึ่งเสนอเป็นส่วนหนึ่งใน
หลักสูตรวิศวกรรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2545

ใบประเมินผลงานโครงการ

เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าในบ้านให้คงที่และมีประสิทธิภาพสูง

High effective AC –line Stabilization Power source for home

โดย

นาย ธวัตชัย สิ้นภัย เลขประจำตัว 421732-0

นาย วิรัตน์ สุดรัมย์ เลขประจำตัว 421861-0

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(อาจารย์ ดร. กฤษ เฉยไสย)

อาจารย์ผู้ร่วมประเมินผล

.....

(ผศ. ดร. สัมฤทธิ์ หังสะสูตร)

.....

(อาจารย์ ดร. ชัยภัฏ วรรธะสาร)

ประเมินผล ณ วันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่อง Hight-effective AC-line Stabilization Power Source for home สามารถสำเร็จไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.กฤษ เฉยไสย ซึ่งให้คำปรึกษาและคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อโครงงานนี้ และยังเอื้อเฟื้อเครื่องมืออุปกรณ์ที่ไม่สามารถจัดหาได้ ที่เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้องกับโครงการ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการยืม และเบิกจ่ายอุปกรณ์ต่างๆ มา ณ ที่นี่ด้วย

นายธวัชชัย สิ้นภัย
นายวิรัตน์ สุดรัมย์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่อง AC-line Stabilizer ซึ่งจะใช้หลักการควบคุมแรงดันโดยใช้ AC to DC Converter เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ แล้วใช้ Condensor ที่มีค่าสูงเป็น Power Buffer ในเวลาที่แรงดันตกลงมากๆ แล้วเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับโดย Inverter ในส่วนของการทำ Inverter นั้น ในการสร้างสัญญาณ Sine Wave Reference Voltage จะใช้ EPROM ในการสร้างเพื่อให้เกิดความเพี้ยนต่ำ สำหรับผลที่ได้นั้น ซึ่งจะได้ output voltage 220 Vrms และจ่ายโหลด ได้ไม่เกิน 5 แอมป์

Abstract

This Project was estrabhished with objective to study and design construct the AC-line stabilizer. Use AC to DC converter and High Capacity Condenser to make power DC Voltage stable and inverse DC to AC by High Frequency Inverter. The sine-wave reference voltage has been generated by EPROM to make actual sine-wave with low distortion.

The AC-line stabilizer can supply load 220 Vrms, 5 A.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ก

บทคัดย่อภาษาไทย ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ค

สารบัญ ง

สารบัญรูป ฉ บทที่ 1 Introduction

1.1 หลักการและเหตุผล 1

1.2 ขอบข่ายของงาน 1

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎี

Single-Phase Full Bridge Inverter 3

2.1 PWM with Bipolar Voltage Switching 4

2.2 PWM with Unipolar Voltage Switching 4

บทที่ 3 การออกแบบ

3.1 Pulse Width Modulation 7

3.2 การออกแบบสัญญาณ Sine Wave 8

3.2.1 การสร้างสัญญาณนาฬิกา(clock) 10

3.2.2 การสร้างวงจร Digital to Analog Converter (DAC) 11

3.3 การสร้างสัญญาณคลื่นสามเหลี่ยม (Triangular Wave) 12

3.4 Dead Time Circuit 13

3.5 MOSFET Driver 14

3.6 การกรองความถี่ต่ำ (Low Pass filte) 15

บทที่ 4 ผลการทดสอบ
4.1 Control Circuit
4.1.1 วงจรสัญญาณคลื่น Sine 17
4.1.2 วงจรสัญญาณคลื่นสามเหลี่ยม 18
4.1.3 PWM Signal 19
4.1.4 Dead Time Circuit 19
4.1.5 Driver Circuit 20
4.2 Main Circuit 21

รูปแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าในบ้านให้คงที่
และมีประสิทธิภาพสูง 26

บทที่ 5 สรุปผลการทำโครงงาน
5.1 ผลการทำโครงงาน 31
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ 32
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ 32

บรรณานุกรม
ภาคผนวก

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 Block Diagram การทำ AC-Stabilizer 1
รูปที่ 2.1 Block Diagram Inverter Circuit 3
รูปที่ 2.2 Single – Phase full bridge inverter 3
รูปที่ 2.3 PWM with Bipolar Voltage Switching 4
รูปที่ 2.4 สเปกตรัม 4
รูปที่ 2.5 รูปคลื่นสามเหลี่ยมและรูปไซน์ นำมาตัดกันเพื่อให้เกิดสัญญาณ PWM 5
รูปที่ 2.6 PWM with Unipolar Voltage Switching วิธีที่ 1 5
รูปที่ 2.7 สเปกตรัม 5
รูปที่ 2.8 PWM with Unipolar Voltage Switching วิธีที่ 2 6
รูปที่ 2.9 สเปกตรัม 6

รูปที่ 3.1 PWM signal 7
รูปที่ 3.2 การสร้างสัญญาณ sine-wave 10
รูปที่ 3.3 สัญญาณนาฬิกา 10
รูปที่ 3.4 R-2R ladder 11
รูปที่ 3.5 Triangular Wave Circuit 12
รูปที่ 3.6 Dead Time Circuit 13
รูปที่ 3.7 วงจรภายใน TLP250 MOSFET Driver 14
รูปที่ 3.8 การต่อใช้งานของ TLP250 14
รูปที่ 3.9 Low Pass Filter 15
รูปที่ 3.10 วงจรรวม Inverter 16
รูปที่ 4.1 สัญญาณรูปคลื่นไซด์จาก EPROM และผ่าน filter แล้ว 17
รูปที่ 4.2 สัญญาณรูปคลื่นไซด์ เมื่อผ่าน Gain Vp-p 13.12 v 18
รูปที่ 4.3 สัญญาณคลื่นสามเหลี่ยมความถี่ 20 kHz Vp-p 15.67 v 18
รูปที่ 4.4 สัญญาณ PWM modulation ratio 0.83 19
รูปที่ 4.5 สัญญาณแสดง Dead Time ซึ่งวัดได้ 2 µs 19
รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณ ช่อง 1ก่อนเข้า Driver circuitช่องที่2 หลังจากที่ผ่าน Driver circuit ซึ่งจะเกิดการกลับเฟสของสัญญาณ 20
รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณจาก Driver ไปขับ MOSFETS ที่ขา Gat e 20
รูปที่ 4.8 สัญญาณ Output จาก Inverter ผ่าน Filter ขณะ No load ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน DC link 60 V 21
รูปที่ 4.9 สัญญาณ Output จาก Inverter ผ่าน Filter ขณะ No load ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน DC link 30 V 21
รูปที่ 4.10 สัญญาณ Output จาก Inverter ผ่าน Filter ขณะ No load ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน DC link 60 V 22
รูปที่ 4.11 สัญญาณ Output จาก Inverter ผ่าน Filter ขณะ No load ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน DC link 120 V 22
รูปที่ 4.12 สัญญาณ Output จาก Inverter PWM ขณะจ่าย load 250 W ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน DC link 260 V 23
รูปที่ 4.13 สัญญาณ Output จาก Inverter PWM ขณะจ่าย load 250 W ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน DC link 311 V 23
รูปที่ 4.14 สัญญาณ Output จาก Inverter ผ่าน Filter ขณะจ่าย load 250 W ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน DC link 100 V 24
รูปที่ 4.15 สัญญาณ Output จาก Inverter ผ่าน Filter ขณะจ่าย load 250 W ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน DC link 250 V 24

รูปที่ 4.16 สัญญาณ Output จาก Inverter ผ่าน Filter ขณะจ่าย load 250 W ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน Input DC 311 V 25
รูปที่ 4.17 วงจรสัญญาณสัญญาณ Sine Wave 26
รูปที่ 4.18 วงจรสัญญาณคลื่นสามเหลี่ยมและ comparator 26
รูปที่ 4.19 Dead Time Circuit 27
รูปที่ 4.20 MOSFET Driver 27
รูปที่ 4.21 MOSFET 28
รูปที่ 4.22 Low Pass filter 28
รูปที่ 4.23 High Capacity Condenser 29
รูปที่ 4.24 Power Supply Circuit 29
รูปที่ 4.25 วงจรรวม AC-line Stabilizer 30

บทที่ 1
Introduction

การตกของแรงดันไฟฟ้าขณะที่ Load ยังต้องการกำลังงานเท่าเดิม Load จึงต้องการกระแสมาชดเชยแรงดันที่ตกมากขึ้น ซึ่งถ้าแรงดันไฟฟ้าตกมาก ๆ กระแสที่ load ต้องการมาชดเชยสูงเกิน กระแส rated ของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น จะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้านั้นเกิดความเสียหายได้

ดังนั้นการควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้คงที่และมีประสิทธิ์ภาพสูงจึงมีความสำคัญมากเพื่อลดความเสี่ยง ต่อการเกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในบ้าน

รูปที่ 1.1 Block diagram การทำ AC-Stabilizer

การควบคุมแรงดันจะใช้ AC to DC converter เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง แล้วใช้ Condenser ที่มีค่าสูงเป็น power buffer ในเวลาที่ Input Voltage ตกลงมาก ๆ แล้วเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้ inverter แล้วควบคุม output phase กับ input phase ให้ตรงกัน

วัตถุประสงค์

ออกแบบและสร้างเครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าในบ้านให้คงที่และมีประสิทธิภาพ

ศึกษาวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (power electronics) ในการควบคุมไฟฟ้า

ศึกษาการใช้งานเทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์และดิจิตอล (Electronics and Digital Technology) ในการควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

ขอบข่ายของงาน

ออกแบบ สร้างวงจร Inverter และ converter

เรียนรู้การใช้งาน EPROM และ Pulse Width Modulation (PWM)

ทดสอบการทำงานและประสิทธิภาพของเครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าภายในบ้านให้คงที่และมีประสิทธิภาพ

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าภายในบ้านให้คงที่และมีประสิทธิภาพ
2. ได้เรียนรู้การใช้งานอิเล็กทรอนิกส์กำลัง วงจร Inverter และ converter
3. ได้เรียนรู้หลักการ power buffer
4. ได้เรียนรู้หลักการทำ Pulse Width Modulation (PWM)

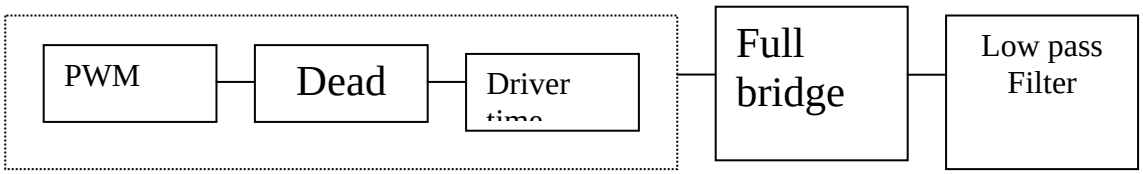
5. ได้เรียนรู้การใช้งานของ ROM
6. สามารถประยุกต์ใช้งาน power electronics ในการออกแบบและสร้างวงจรอย่างอื่นได้

บทที่ 2

ทฤษฎี

การทำ Inverter ก็เพื่อที่จะแปลงไฟฟ้ากระแสตรงไปเป็นกระแสสลับที่มีความถี่ตามต้องการ ซึ่งในโครงงานนี้ จะใช้การทำ Inverter แบบ Single- phase full bridge Inverter เพื่อให้ Voltage Drop ต่ำ ส่วนประกอบของวงจรจะ

ประกอบด้วยส่วน Control circuit เพื่อควบคุมการ switching ของ MOSFET , full bridge Inverter และ low-pass filter



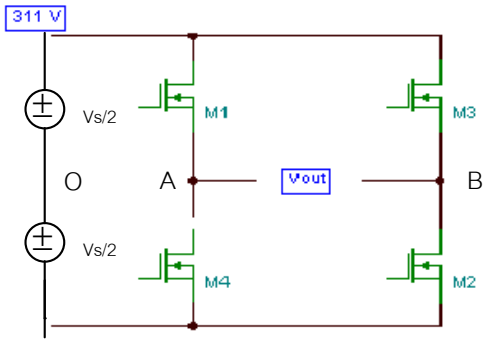
รูปที่ 2.1 Block Diagram Inverter Circuit

PWM signal เป็นสัญญาณที่ใช้ในการ switching ของ MOSFET ซึ่งจะต้องมี Deadtime circuit เพื่อป้องกันการ ON พร้อมกันของ MOSFET คู่ที่ขนานกันอยู่ ส่วน driver circuit จะเป็นวงจรขับกระแสของ MOSFET และไว้ decoupling ระบบด้วย เมื่อผ่าน full-bridge Inverter จะได้ไฟฟ้ากระแสสลับที่ประกอบด้วยองค์ประกอบของความถี่ที่มากกว่า 50 Hz อยู่จึงต้องกรองออกด้วย Low pass filter ก่อนออกไปยังโหลด

Single-Phase full bridge Inverter

Single Phase full bridge Inverter นั้น แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

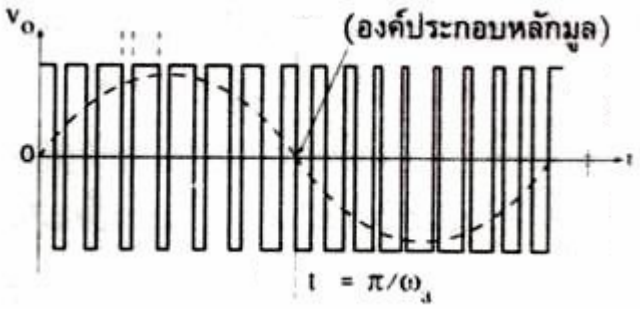
1. PWM with Bipolar Voltage Switching
2. PWM with Unipolar Voltage Switching



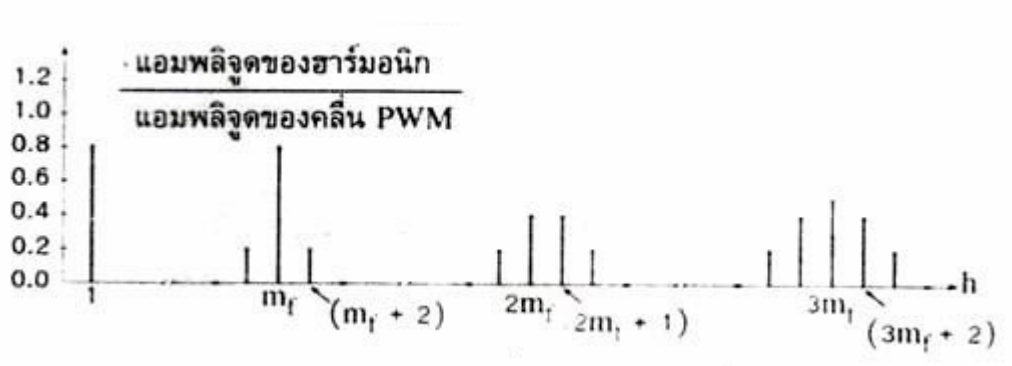
รูปที่ 2.2 Single-Phase full bridge Inverter

2.1 PWM with Bipolar Voltage Switching

จากรูปแสดงการ Switching แบบ bipolar คือ การทำให้คู่ switch M1,M2 จะ ตัดต่อวงจรพร้อมกัน ประกอบกับคู่ M3,M4 ที่ switch พร้อมกัน ซึ่งจะได้สัญญาณ PWM ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 PWM with Bipolar Voltage Switching



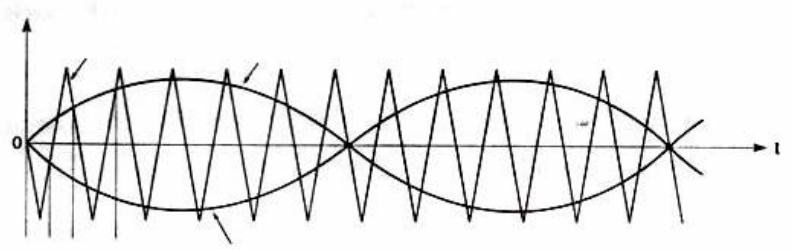
รูปที่ 2.4 สเปกตรัม

ซึ่งจะเห็นว่าการ switching แบบ Bipolar Voltage Switching จะมี spectrum อยู่ที่ $(m_f \pm k)*f_a$ เหมือนแบบ Half- Bridge แต่ Amplitude ของ output (Vo) จะเป็น 2 เท่า ของแบบ Half -Bridge

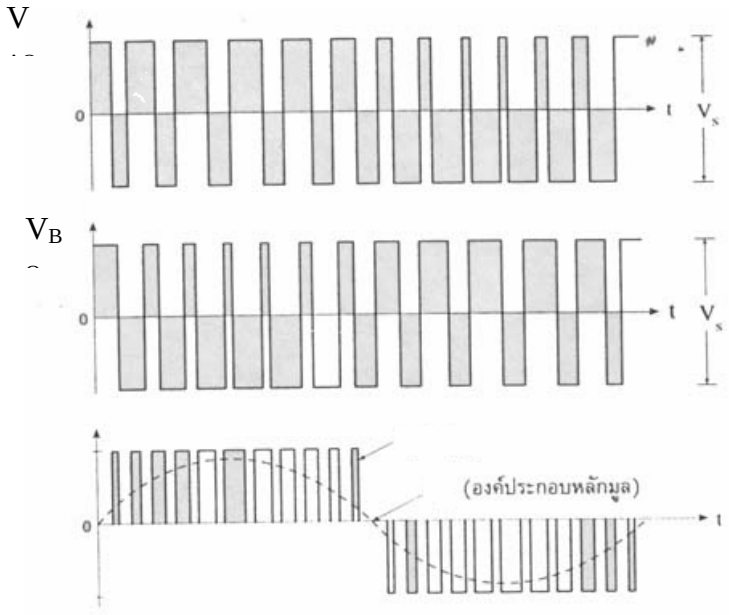
2.2 PWM with Unipolar Voltage Switching

เป็นการ switch แรงดันระหว่างค่าบวกกับค่าศูนย์เป็นระยะเวลาครึ่งคาบแล้วจึง switch แรงดันค่าลบกับค่าศูนย์ ในครึ่งคาบถัดไป การ switch แรงดันแบบ ขั้วเดียวทำได้ 2 วิธีคือ

2.2.1 โดยการ switching ของ M1 และ M4 เกิดจากสัญญาณ sine wave องศา เปรียบเทียบกับสัญญาณสามเหลี่ยม แต่การ switch ของ M3 และ M4 เป็นสัญญาณ sine wave ที่กลับ phase ไป 180 องศา เปรียบเทียบกับสัญญาณสามเหลี่ยม ซึ่งจะเห็นได้ว่า M1 และ M3 เป็นอิสระต่อกัน โดยจะมี harmonic เริ่มต้นที่ $(2m_f \pm k)*f_a$

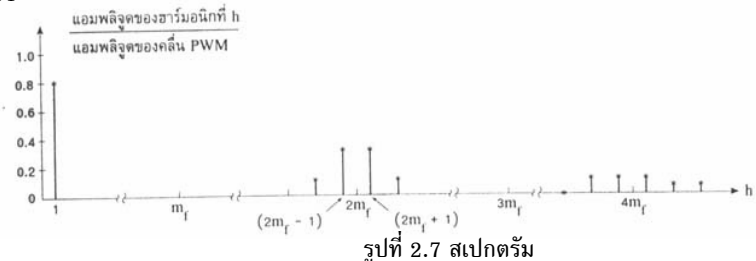


รูปที่ 2.5 รูปคลื่นสามเหลี่ยมและรูปไซน์ นำมาตัดกันเพื่อให้เกิดสัญญาณ PWM



รูปที่ 2.6 PWM with Unipolar Voltage Switching วิธีที่ 1

V_{OUT}

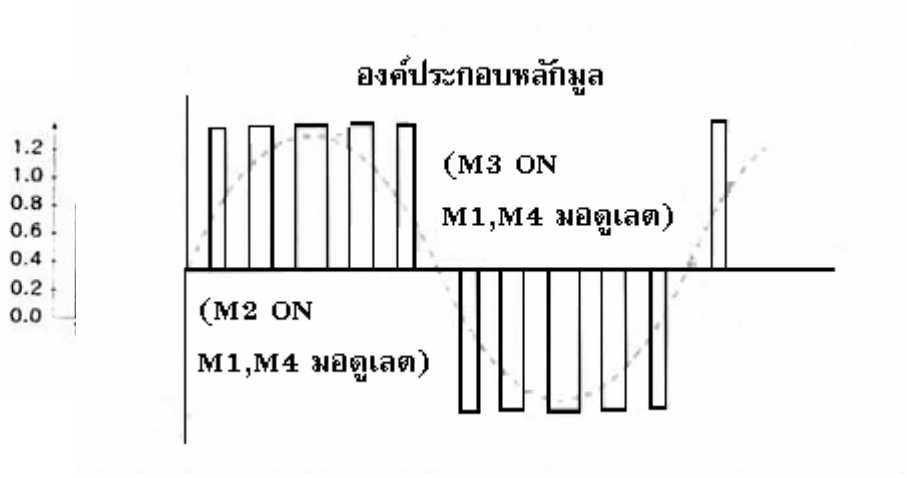


รูปที่ 2.7 สเปกตรัม

2.2.2 การ switch แบบที่ 2 มีวิธีการดังนี้ คือ ในครึ่งวัฏจักรบวก คือให้ M2ต่อ อยู่ตลอดเวลา ส่วน M1 และ M4 จะทำงานแบบคู่ประกบ ซึ่งข้อดีของการ switch วิธีนี้ คือ switch ที่ทำงานที่ความถี่สูงมีเพียง 2 switch คือ M1 และ M4 ส่วน M2 และ M3 จะ switch ที่ความถี่ต่ำ คือ 50 Hz โดยจะสูญเสียพลังงานใน switching ต่ำ โดยจะมี Harmonic เริ่มต้น

อยู่ที่ $(m_f \pm k)*f_a$

รูปที่ 2.8 PWM with Unipolar Voltage Switching วิธีที่ 2



รูปที่ 2.9 สเปกตรัม

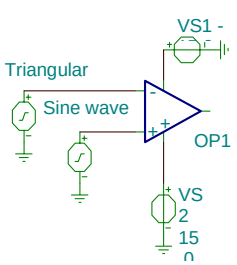
บทที่3

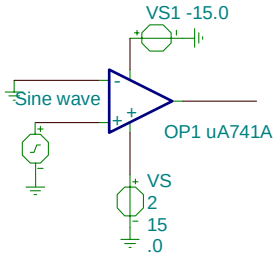
การออกแบบวงจร

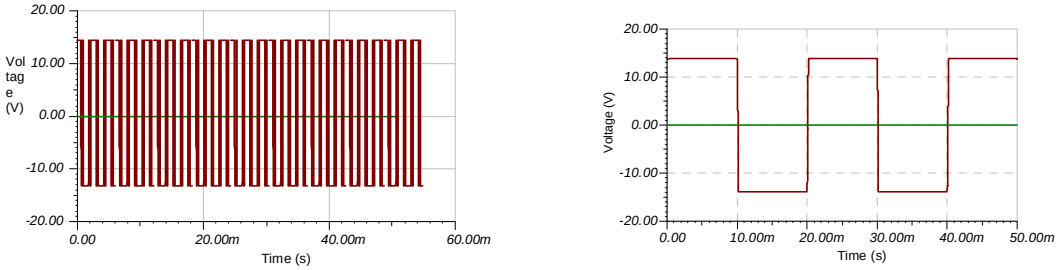
3.1 Pulse Width Modulation (PWM)

การทำสัญญาณ PWM นั้นจะใช้การนำสัญญาณ sine wave ความถี่ 50 Hz เปรียบเทียบกับสัญญาณคลื่นสามเหลี่ยม (Triangular wave) ที่ความถี่ 20 kHz เมื่อผ่าน comparator หรือ operation amplifier ก็จะได้สัญญาณ pulse ที่มี pulse width เปลี่ยนแปลงตามระดับสัญญาณ sine wave และมีความถี่ตามสัญญาณคลื่นสามเหลี่ยม

การเลือกใช้สัญญาณคลื่นสามเหลี่ยม 20 kHz ก็เพื่อที่จะสามารถกรองเอาความถี่ที่สูงออกได้ง่ายเมื่อผ่าน Low-pass filter รูปที่ 3.9 จะแสดงการทำสัญญาณ PWM(แบบUnipolar Voltage Switching) ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็นสองชุดโดยชุดแรก จะนำสัญญาณ คลื่นสามเหลี่ยมมา modulate กับ สัญญาณคลื่นไซด์ 50 Hz ส่วนอีกชุดจะได้จากการนำสัญญาณคลื่นไซด์ 50 Hz modulate กับ ground ที่เลือกวิธีนี้เนื่องจะมีการศูนย์เสียพลังงานในการ Switching น้อยกว่าวิธีอื่น







PWM

รูปที่ 3.1 PWM signal

3.2 การออกแบบสัญญาณ sine wave

ขั้นตอนแรกจะเก็บข้อมูลของค่า sine wave 1 ลูกคลื่นที่ถูก sampling ด้วยความถี่ตาม Address ที่ต้องการ คือ 4096 ตำแหน่ง แล้วจะแปลงค่าที่ได้เป็นเลขฐาน 16 เก็บค่าใน EPROM เบอร์ 27C256HG -70 เริ่มต้นในการทำงาน สามารถพิจารณาจากได้จาก รูปที่ 3.2 เริ่มต้น counter จะรับสัญญาณ clock จากวงจรสร้าง clock ซึ่งจะใช้ IC counter 4 bit dual 2 ตัว แต่จะใช้แค่ 12 bit เพราะเก็บข้อมูลทั้งหมด 4096 อ้างขา Address A0-A11 ของ EPROM ซึ่งถ้าต้องการ output ออกมาจาก EPROM 50Hzจะต้องใช้ความถี่ของ Clock ในการอ้าง Address ของ EPROM คือ 819.2 kHz

โดย counter จะชี้ตำแหน่งข้อมูลที่มีอยู่ใน EPROM ไปเรื่อย ตั้งแต่ตำแหน่ง 0000H ไปจนถึง 1000H โดย EPROM เมื่อได้รับสัญญาณอ้าง Address จาก counter ก็จะส่งข้อมูลออก output Q1-Q8 ออกไปยัง IC latch ซึ่งจะทำหน้าที่ป้องกันความผิดพลาดจากการอ้าง Address ไม่พร้อมกัน เมื่อข้อมูลออกจาก IC latch จะผ่าน Digital to Analog Converter (DAC) ซึ่งจะได้ output ออกมาเป็นลบ จึงต้องทำการ offset ให้สัญญาณที่ได้เป็นคลื่นไซด์ที่มีทั้งครึ่งบวกและครึ่งลบ

การคำนวณหาค่าของ sine wave ที่เก็บในแต่ละตำแหน่ง และทำการแปลงเป็นเลขฐาน 16 ทำได้โดยการเขียน program ใน MATLAB ดังต่อไปนี้

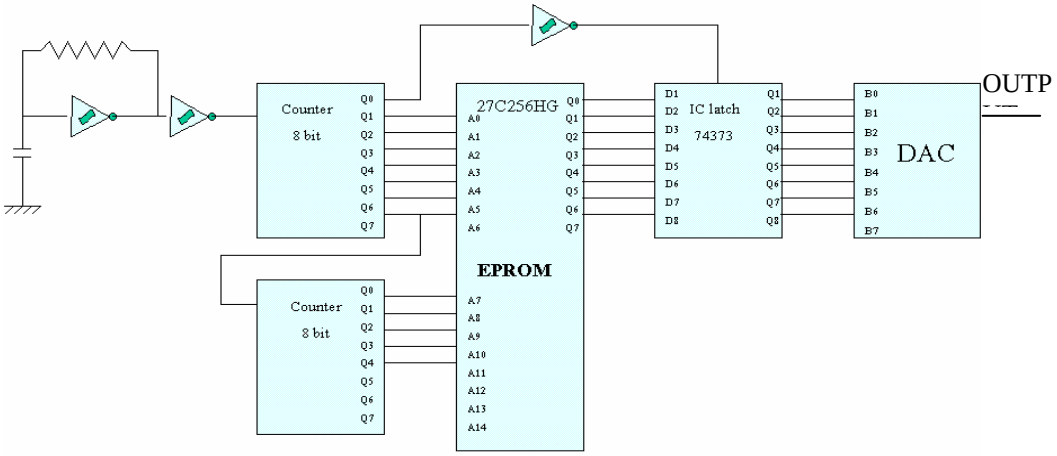
```
col=0; T = 0.02/4096;
fprintf('\tdb\t');
for t=0:T:0.02
        s=127*(1+sin(2*pi*50*t));
        s1=round(s);
        col=col+1;
    if col <=7
        fprintf('%03Xh,  ',s1);
    end
    if col >=8;
        fprintf('%03Xh  ',s1);
        fprintf('\n');
        col=0;
```

```
            fprintf('\tdb\t');
        end
    end
```

จากนั้นนำผลที่ได้ไปเก็บใน notepad แล้วแก้ไขโดยเพิ่ม ORG 0000h ที่บรรทัดแรกก่อนข้อมูลที่ได้ และ end บรรทัดสุดท้ายของข้อมูล ผลที่ได้จากการ รัน Program ข้างบนและแก้ไขแล้ว โดยแสดงตัวอย่างข้อมูล 256 ตำแหน่ง

```
ORG 0000h
db      07Fh, 082h, 085h, 088h, 08Bh, 08Fh, 092h, 095h
db      098h, 09Bh, 09Eh, 0A1h, 0A4h, 0A7h, 0AAh, 0ADh
db      0B0h, 0B2h, 0B5h, 0B8h, 0BBh, 0BEh, 0C0h, 0C3h
db      0C6h, 0C8h, 0CBh, 0CDh, 0D0h, 0D2h, 0D4h, 0D7h
db      0D9h, 0DBh, 0DDh, 0DFh, 0E1h, 0E3h, 0E5h, 0E7h
db      0E9h, 0EAh, 0ECh, 0EEh, 0EFh, 0F0h, 0F2h, 0F3h
db      0F4h, 0F5h, 0F7h, 0F8h, 0F9h, 0F9h, 0FAh, 0FBh
db      0FCh, 0FCh, 0FDh, 0FDh, 0FDh, 0FEh, 0FEh, 0FEh
db      0FEh, 0FEh, 0FEh, 0FEh, 0FDh, 0FDh, 0FDh, 0FCh
db      0FCh, 0FBh, 0FAh, 0F9h, 0F9h, 0F8h, 0F7h, 0F5h
db      0F4h, 0F3h, 0F2h, 0F0h, 0EFh, 0EEh, 0ECh, 0EAh
db      0E9h, 0E7h, 0E5h, 0E3h, 0E1h, 0DFh, 0DDh, 0DBh
db      0D9h, 0D7h, 0D4h, 0D2h, 0D0h, 0CDh, 0CBh, 0C8h
db      0C6h, 0C3h, 0C0h, 0BEh, 0BBh, 0B8h, 0B5h, 0B2h
db      0B0h, 0ADh, 0AAh, 0A7h, 0A4h, 0A1h, 09Eh, 09Bh
db      098h, 095h, 092h, 08Fh, 08Bh, 088h, 085h,  082h
db      07Fh, 07Ch, 079h, 076h, 073h, 06Fh, 06Ch,  069h
db      066h, 063h, 060h, 05Dh, 05Ah, 057h, 054h,  051h
db      04Eh, 04Ch, 049h, 046h, 043h, 040h, 03Eh,  03Bh
db      038h, 036h, 033h, 031h, 02Eh, 02Ch, 02Ah,  027h
db      025h, 023h, 021h, 01Fh, 01Dh, 01Bh, 019h, 017h
db      015h, 014h, 012h, 010h, 00Fh, 00Eh, 00Ch, 00Bh
db      00Ah, 009h, 007h, 006h, 005h, 005h, 004h, 003h
db      002h, 002h, 001h, 001h, 001h, 000h, 000h, 000h
db      000h, 000h, 000h, 000h, 001h, 001h, 001h, 002h
db      002h, 003h, 004h, 005h, 005h, 006h, 007h, 009h
db      00Ah, 00Bh, 00Ch, 00Eh, 00Fh, 010h, 012h, 014h
db      015h, 017h, 019h, 01Bh, 01Dh, 01Fh, 021h, 023h
db      025h, 027h, 02Ah, 02Ch, 02Eh, 031h, 033h, 036h
db      038h, 03Bh, 03Eh, 040h, 043h, 046h, 049h, 04Ch
db      04Eh, 051h, 054h, 057h, 05Ah, 05Dh, 060h, 063h
db      066h, 069h, 06Ch, 06Fh, 073h, 076h, 079h, 07Ch
END
```

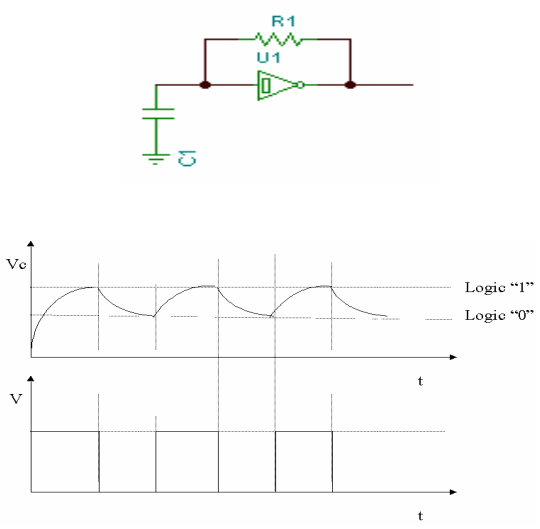
ซึ่งค่าที่ได้นี้จะนำไป Save เป็นนามสกุล .ASM แล้วใช้ sxa51 RUN โปรแกรมจะสร้างไฟล์นามสกุล .HEX ให้แล้วนำไฟล์ข้อมูลนามสกุล .HEX ไปทำการ Program ลงใน EPROM



รูปที่ 3.2 การสร้างสัญญาณ sine wave

3.2.1 การสร้างสัญญาณนาฬิกา (clock)

การสร้างสัญญาณนาฬิกาจะใช้หลักการ การ Discharge ของ C กับ การเปลี่ยนแปลงค่าของ logic ของ Schmidt Trigger ที่มีการเปลี่ยนแปลง output ทันทีทันใด เมื่อถึงระดับของการรับรู้ว่าเป็น logic ใด ซึ่งจะใช้ IC เบอร์ 74HC14



รูปที่ 3.3 สัญญาณนาฬิกา

การคำนวณหาค่าความถี่สัญญาณนาฬิกา

สูตรการคำนวณ

$$f = \frac{1.2}{RC}$$

เลือก $c = 150\ \rho f$ $R = 1220.7\ \Omega$

เลือก ตัวต้านทานปรับค่าได้ 4.7 kΩ ในการสร้างสัญญาณนาฬิกา เพื่อที่จะสามารถปรับความถี่ของสัญญาณคลื่นไซด์เพื่อให้ได้ 50 Hz ได้เมื่อเกิดข้อผิดพลาดจาก time delay

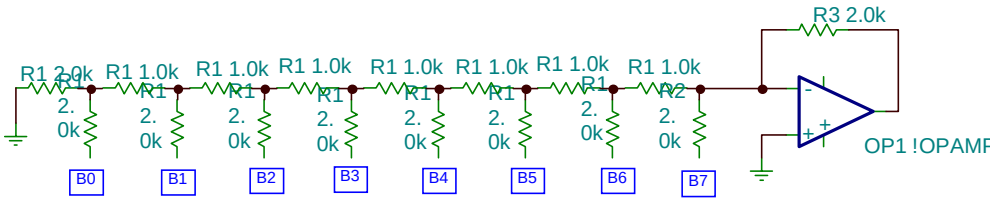
3.2.2 การสร้างวงจร **Digital To Analog Converter (DAC)**

การสร้างวงจร DAC จะใช้การทำแบบ R-2R ladder network เนื่องจากสัญญาณ Digital ที่ได้ออกมาเป็น 8 bit การคำนวณหา output ที่ออกมาเป็น Analog หาได้จากสูตร

$$V_{OUT} = \frac{-V_{ref}}{2^7} B = -\frac{V_{ref}}{128} B$$

เมื่อ B เป็นเลข Decimal ที่แปลงจาก เลขฐานสองแล้ว ถ้าใช้ค่า Voltage reference เป็น + 5 Voltage output สูงสุดมีค่าเท่ากับ

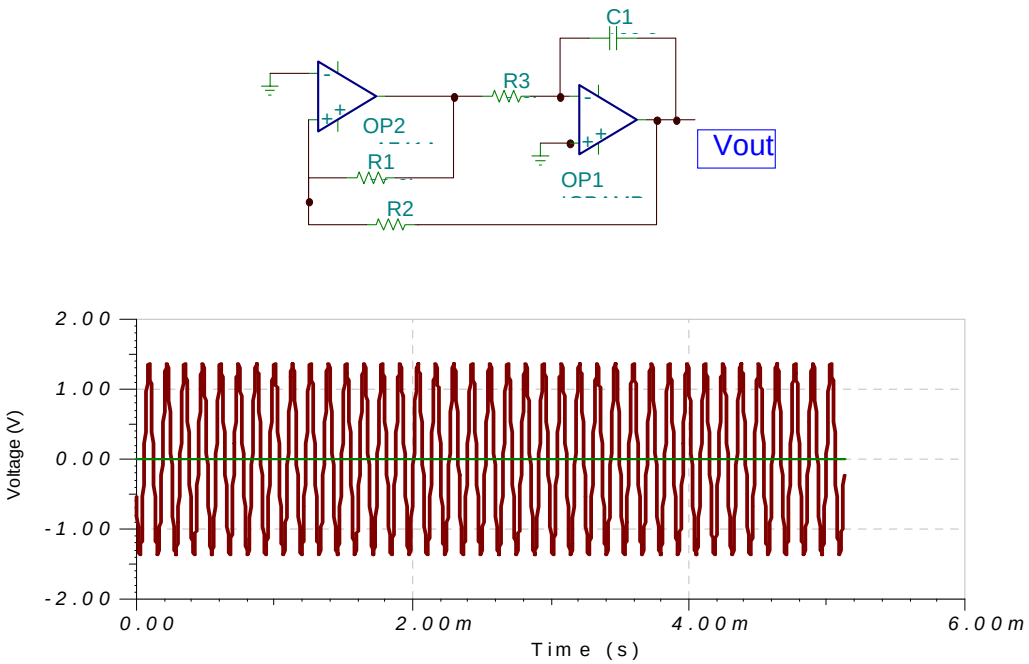
$$V_{OUT} = \frac{-5}{2^7}(255) = -9.9609\ V$$



รูปที่ 3.4 R-2R Ladder

เนื่องจากค่า Voltage Output ที่ได้นั้นติดลบ ดังนั้นจึงต้องทำการ Offset Voltage ขึ้น เพื่อให้ได้ค่าที่เป็น สัญญาณ sine wave ที่มีทั้งครึ่งบวกและลบ โดยตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ขาบวกของ Op-am โดยมีแหล่ง $\pm$15 ต่ออยู่ที่ด้านบนและด้านล่างของตัวต้านทานปรับค่า

3.3 การสร้างสัญญาณคลื่นสามเหลี่ยม (Triangular wave)



รูปที่ 3.5 Triangular wave circuit

สูตรการคำนวณ

$$f = \frac{1}{4CR_1}\left(\frac{R_2}{R_3}\right)$$

เลือก $R_1 = R_3 = 2.2\,k\Omega, R_2 = 39\,k\Omega, C = 0.1\mu f$

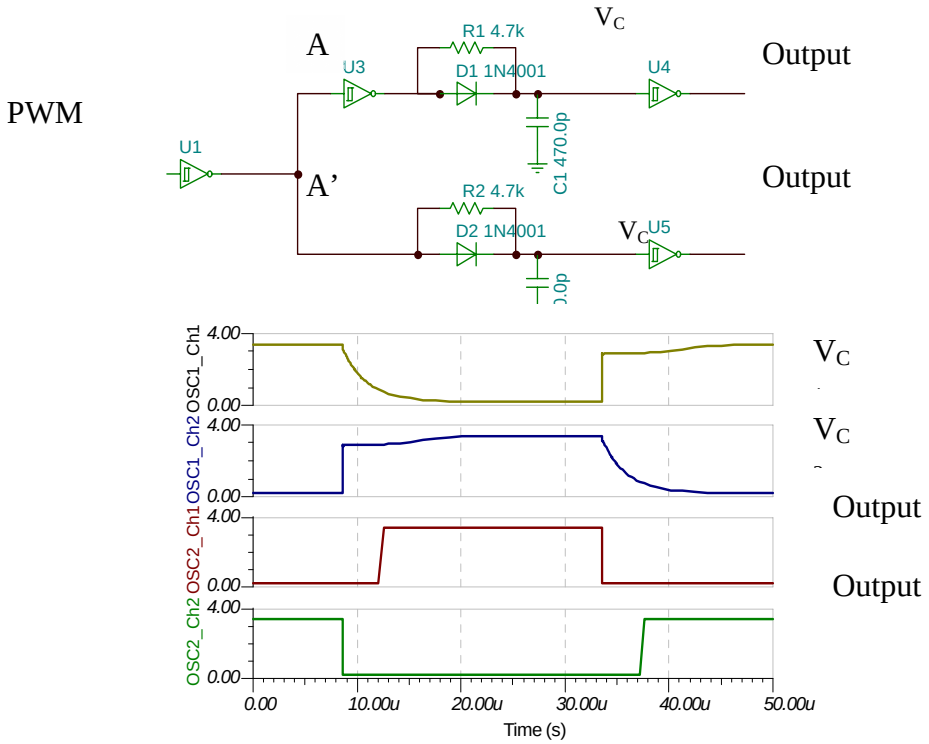
จะได้

$$f = \frac{1}{4 \times 0.1\mu f \times 2.2\,k\Omega}\left(\frac{39\,k\Omega}{2.2\,k\Omega}\right)$$
$$= 20.1 \text{ kHz}$$

3.4 Dead Time Circuit

เนื่องจากการ ON-OFF ของ MOSFET ไม่ได้เกิดขึ้นทันทีทันใด การนำ สัญญาณ PWM ที่ได้มาขับโดยตรง จะทำให้เกิดการ ON ที่ Overlap กัน

ดังนั้นจึงต้องสร้างสัญญาณที่เกิดการ Shift phase และสร้าง dead time ระหว่างสัญญาณด้วย เพื่อที่จะให้ MOSFET ON-OFF สลับกันจริง ๆ



จากรูปกราฟ 2.9 แสดงการทำงานของ dead time circuit อธิบายผลตามรูปกราฟได้ดังนี้คือขณะที่ตำแหน่ง A มี logic เป็น “0” Voltage ที่ตกคร่อม Vc1 จะมี logic เป็น “1” output B จะมีค่าเป็น logic “0” และเมื่อ A มี logic เป็น “1” Vc1 จะค่อย ๆ ลดลงตามการ discharge ของตัวเก็บประจุ จนกระทั่งถึงระดับ Voltage ที่รับรู้ว่าเป็น logic “0” output B จึงจะมีค่า logic “1”

ขณะที่ตำแหน่ง A’ มี logic เป็น “0” Voltage ที่ตกคร่อม Vc2 จะมี logic เป็น “0” output B’ จะมีค่าเป็น logic “1” และเมื่อ A’ มี logic เป็น “1” Vc2 จะมี logic เป็น “0” output B’ จะมีค่าเป็น logic “0”และเมื่อตำแหน่ง A’ มี logic เป็น “0” ” Vc2 จะค่อย ๆ ลดลงตามการ discharge ของตัวเก็บประจุ จนกระทั่งถึงระดับ Voltage ที่รับรู้ว่าเป็น logic “0” output B’ จึงจะมีค่า logic “1”

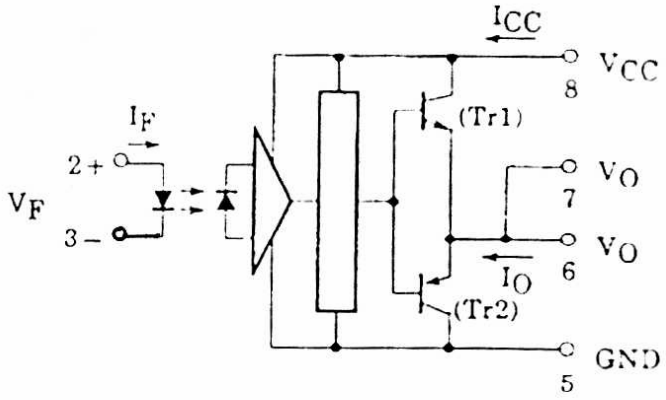
ดังนั้นจากกราฟจะเห็นว่ากราฟของ output B และ output B’ จะมีค่าไม่เป็น 1พร้อมกัน

3.5 MOSFET Driver

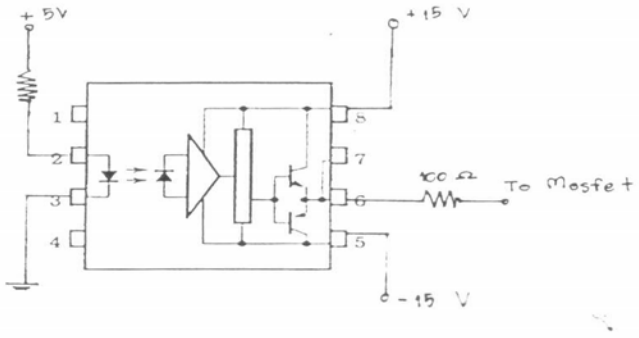
MOSFET Driver เป็นส่วนที่ขยายสัญญาณเพื่อที่จะไปควบคุมการ ON-OFF ของ MOSFET ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ Opto Isolator กับ ส่วนที่เป็น current boost

Opto Isolator มีหน้าที่แยกไฟแรงสูงกับไฟแรงต่ำ โดยใช้แสงเป็นตัวกลางในการเชื่อมระบบ โดยใช้แสงที่ได้ไปขับในส่วนของ current boost เพื่อขยายกระกระแสให้มากขึ้น

ในส่วนของ Driver นั้นจะใช้ IC TLP250 เป็น Mosfet Driver ซึ่งสามารถพิจารณา การทำงานของ TLP250 ได้จากวงจรภายในดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 3.7 วงจรภายใน TLP250 Mosfet Driver

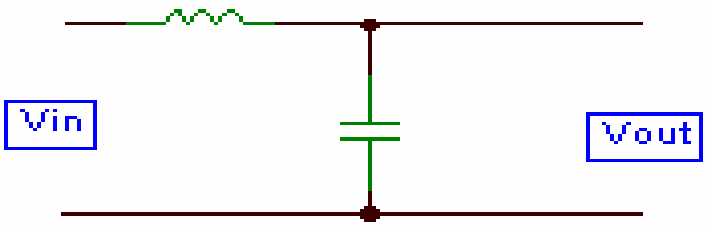


รูปที่ 3.8 การต่อใช้งาน ของ TLP 250

3.6 การกรองความถี่ต่ำ (Low -pass filter)

ไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้หลังจากผ่าน full Bridge Inverter นั้น จะมีความถี่ที่สูงกว่า 50Hz ปนอยู่จึงต้องทำการกรองออกด้วย ซึ่งจะใช้วงจรกรองความถี่ แบบ LC filter การหาค่า L และ C นั้นจะคำนวณจาก

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



รูปที่ 3.9 Low-pass Filter

การเลือก LC ที่ใช้.

จาก

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

ต้องการ f_o ที่ 2 kHz
ดังนั้น เลือก C 9.9 uF จะได้ L = 0.64 mH

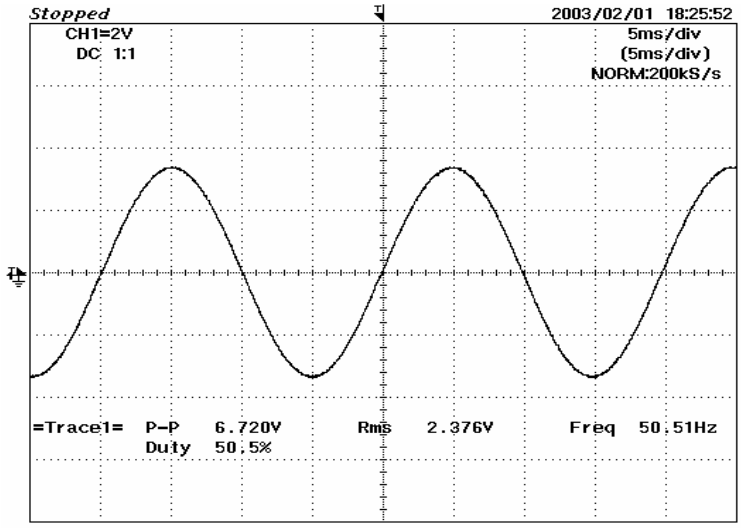
บทที่ 4

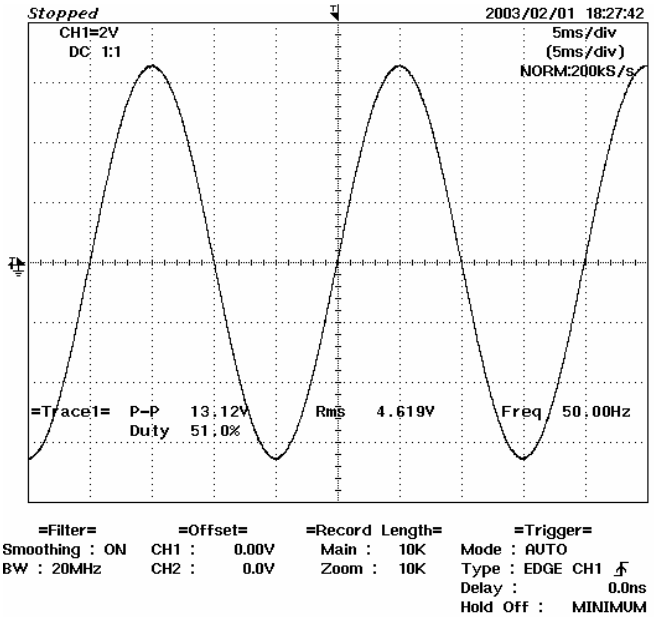
ผลการทดสอบ

ในส่วนของผลการทดสอบ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ชุด Control และ Main Circuit ซึ่งจะทำการทดสอบ โดยเปลี่ยนค่าของแรงดันเข้าไปเรื่อย จาก Low Voltage ไปยังแรงดัน High Voltage ที่ต้องการ คือ แรงดัน D.C. 311 Volts

4.1 Control Circuits

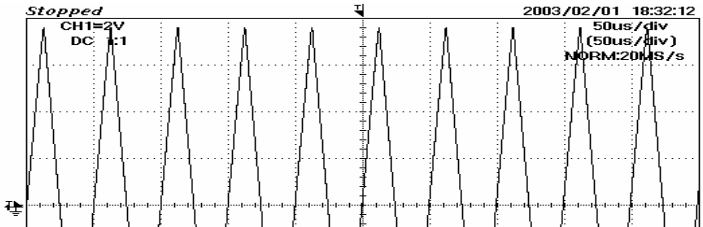
4.1.1 วงจรสร้างสัญญาณคลื่นไซด์


Stopped
2003/02/01 18:25:52
CH1=2V
DC 1:1
5ms/div
(5ms/div)
NORM:200kS/s
=Trace1= P-P 6.720V
Duty 50.5%
Rms 2.376V
Freq 50.51Hz
=Filter=
Smoothing : ON
BW : 20MHz
=Offset=
CH1 : 0.00V
CH2 : 0.0V
=Record Length=
Main : 10K
Zoom : 10K
=Trigger=
Mode : AUTO
Type : EDGE CH1
Delay : 0.0ns
Hold Off : MINIMUM


Stopped
2003/02/01 18:27:42
CH1=2V
DC 1:1
5ms/div
(5ms/div)
NORM:200kS/s
=Trace1= P-P 13.12V
Duty 51.0%
Rms 4.619V
Freq 50.00Hz
=Filter=
Smoothing : ON
BW : 20MHz
=Offset=
CH1 : 0.00V
CH2 : 0.0V
=Record Length=
Main : 10K
Zoom : 10K
=Trigger=
Mode : AUTO
Type : EDGE CH1
Delay : 0.0ns
Hold Off : MINIMUM

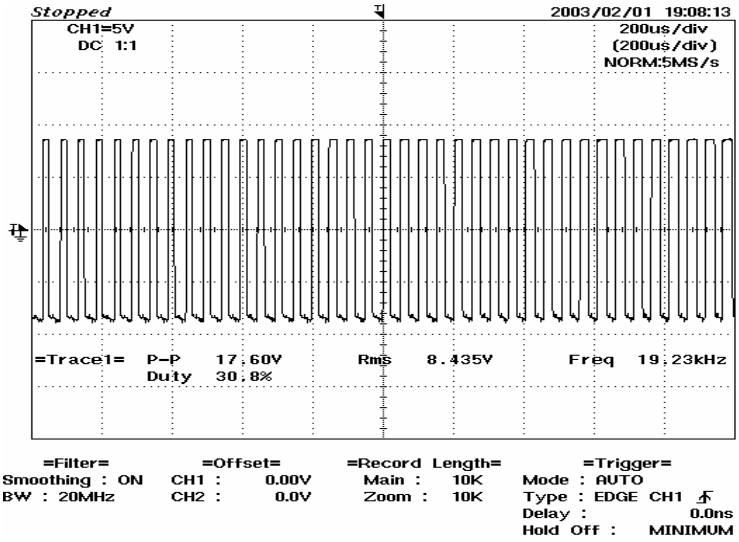
V

4.1.2


Stopped
2003/02/01 18:32:12
CH1=2V
DC 1:1
50us/div
(50us/div)
NORM:20MS/s

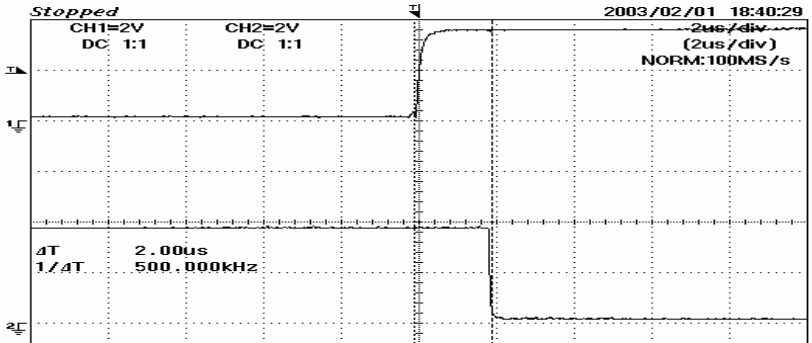
รูปที่ 4.3 สัญญาณคลื่นสามเหลี่ยม ความถี่ 20 kHz Vp-p 15.76 V

4.1.3 PWM Signal



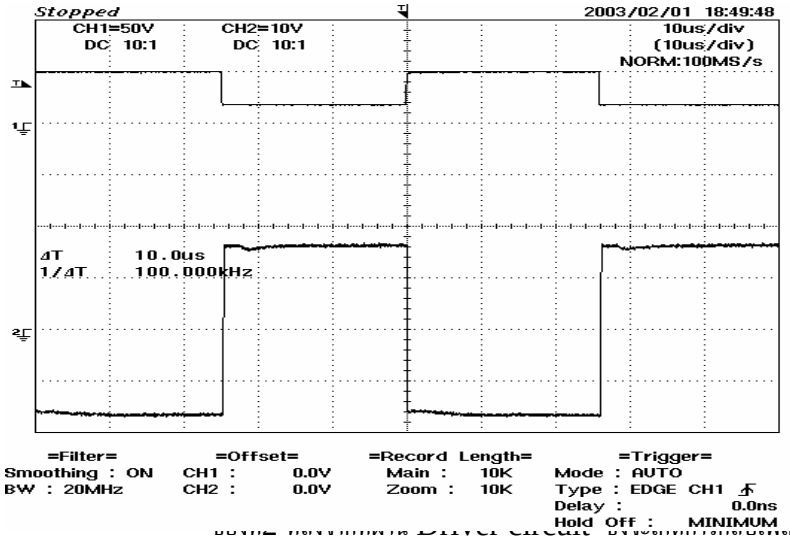
โดยสัญญาณ PWM ที่ได้เกิดจากสัญญาณรูปคลื่น sinewave ความถี่ 50Hz Vp-p = 13.12 compare กับสัญญาณคลื่นสามเหลี่ยม ความถี่ 20 kHz Vp-p 15.76 V

4.1.4 Dead Time Circuits

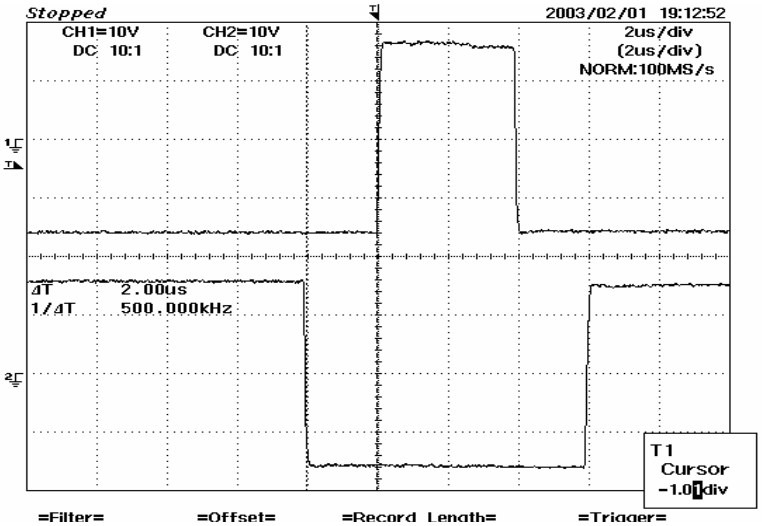


รูปที่ 4.5 แสดง Dead Time ซึ่งสามารถวัดได้ 2 μs

4.1.5 Driver Circuit

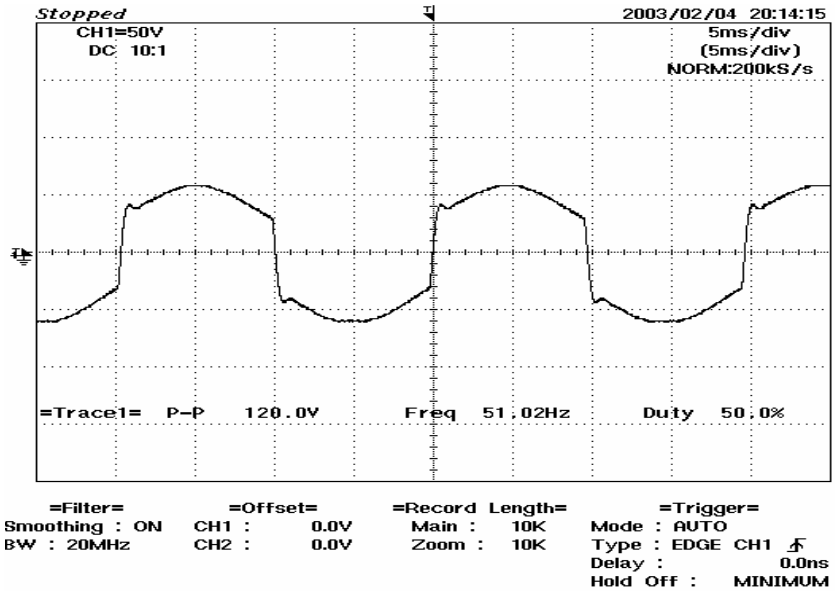


ของสัญญาณ



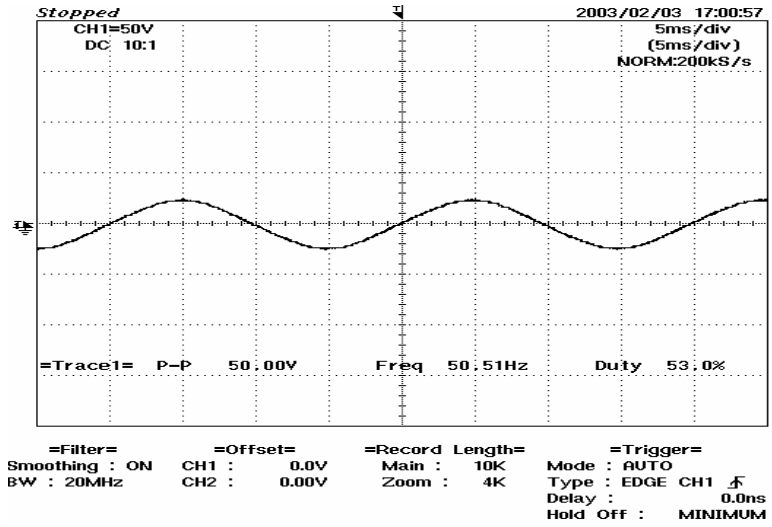
รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณจากDriverไปขับ MOSFETS ที่ขา Gate
ช่องที่1 ไปขับ MOSFETS ที่ขา Gate ของ MOSFETS ตัวบน
ช่องที่2 ไปขับ MOSFETS ที่ขา Gate ของ MOSFETS ตัวล่าง
ซึ่งมี Dead Time อยู่ที่ 2 μs

4.2 MAIN CIRCUITS

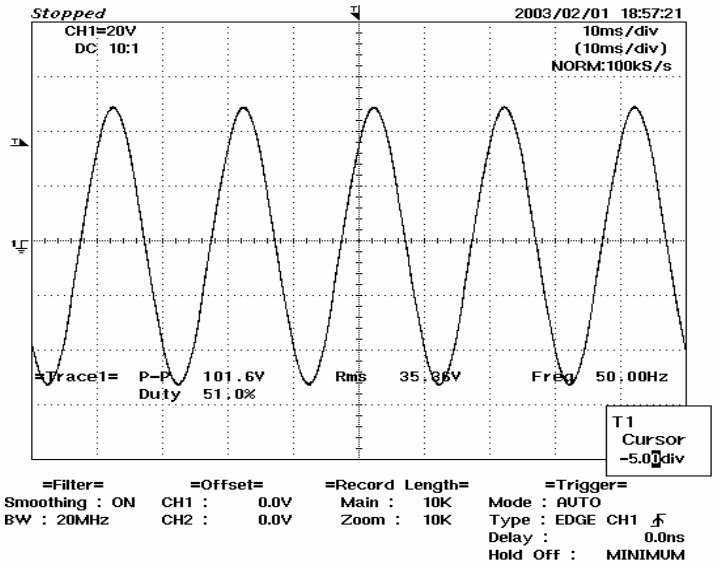


รูปที่4.8 สัญญาณ Output จาก Inverter ผ่าน Filter ขณะ No load
ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน DC Link 60 V

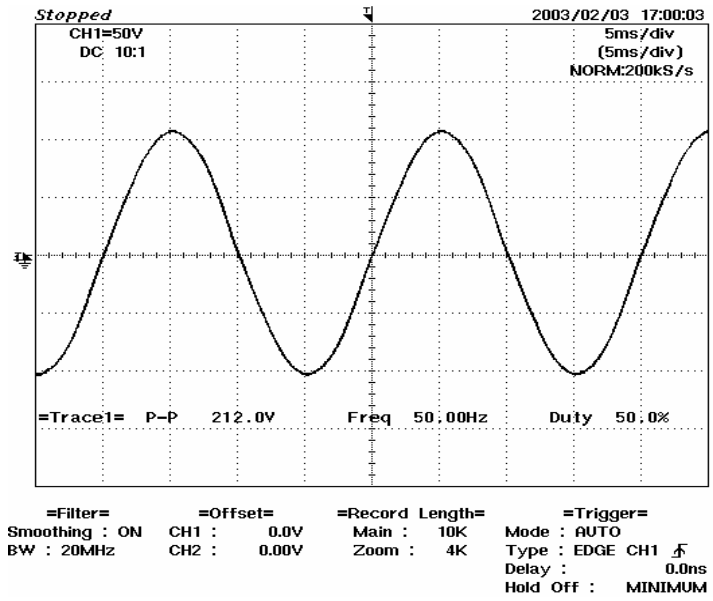
ในรูปที่ 4.8 ใช้ชุด control MOSFETS 2 ความถี่ตามทฤษฎีในบทที่ 2 (PWM with Unipolar Voltage Switching)คือ ความถี่ 50 Hz และ 20 kHz เกิดการเพี้ยนของสัญญาณ Sinewave ดังรูป ซึ่งการแก้ไขทำได้โดยทำการ ทำชุดควบคุม MOSFETS ที่ความถี่เดียวกันทั้ง 2 ชุด แบบ Bipolar Voltage Switching ที่ 20 kHz ซึ่งได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้



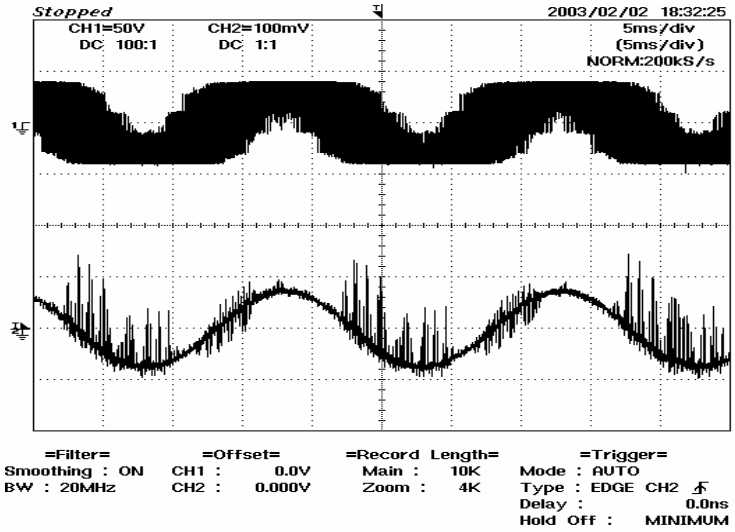
รูปที่ 4.9 สัญญาณ Output จาก Inverter ผ่าน Filter ขณะ No load ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน DC Link 30 V



รูปที่ 4.10 สัญญาณ Output จาก Inverter ผ่าน Filter ขณะ No load ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน DC Link 60 V



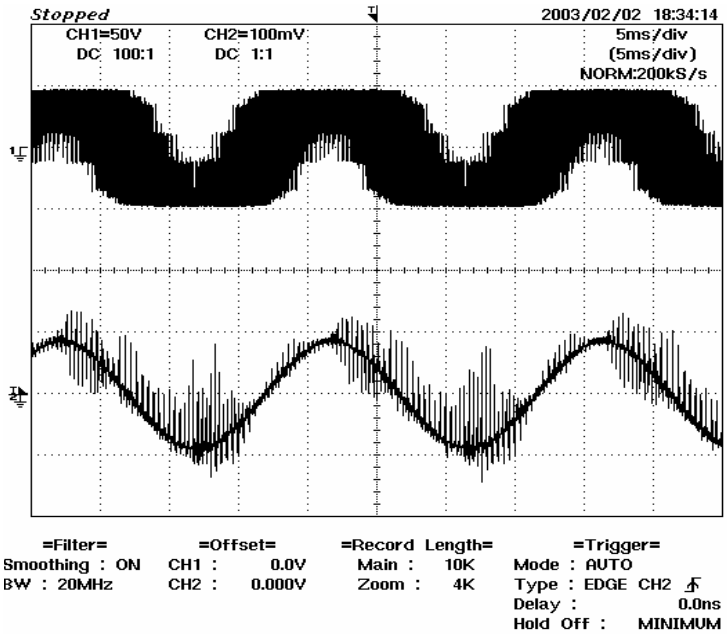
รูปที่ 4.11 สัญญาณ Output จาก Inverter ผ่าน Filter ขณะ No load ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน DC Link 120



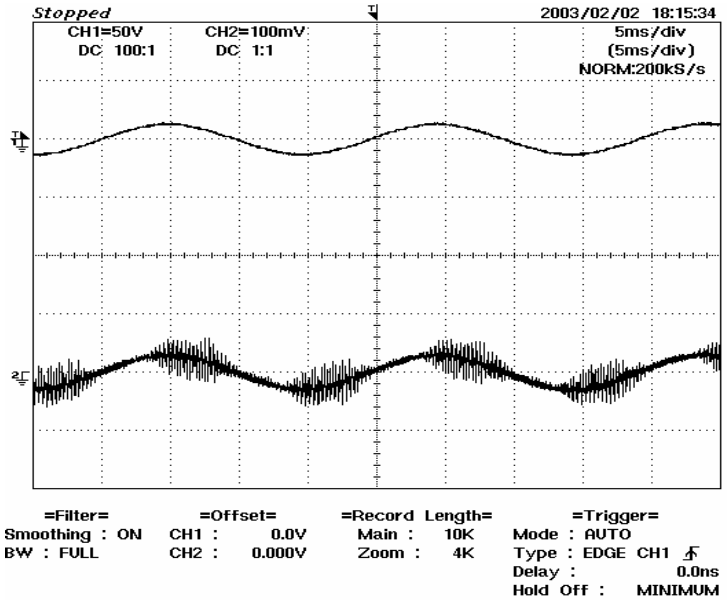
รูปที่ 4.12 สัญญาณ Output จาก Inverter PWM ขณะจ่าย load 250W ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน DC Link 260

ช่องที่ 1 แสดงแรงดันสัญญาณ PWM

ช่องที่ 2 แสดงกระแสที่จ่าย LOAD

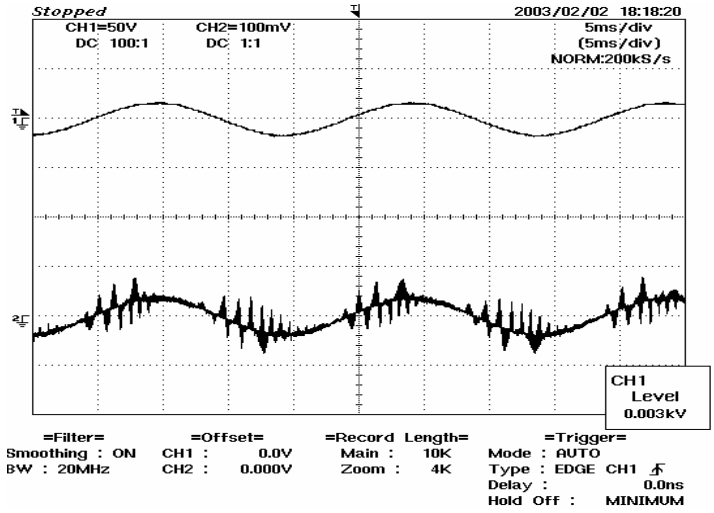


รูปที่ 4.13 สัญญาณ Output จาก Inverter PWM ขณะจ่าย load 250 W
ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน DC Link 311
ช่องที่ 1 แสดงแรงดันสัญญาณ PWM
ช่องที่ 2 แสดงกระแสที่จ่าย LOAD

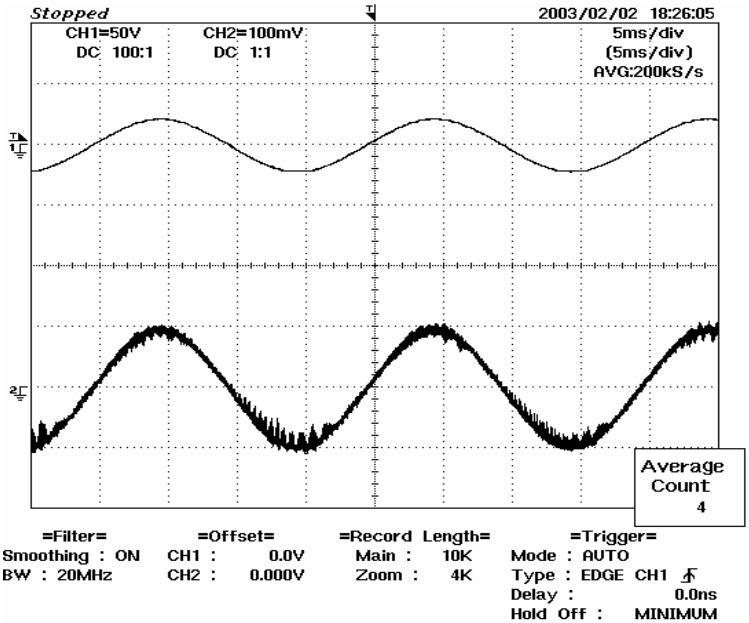


รูปที่ 4.14 สัญญาณ Output จาก Inverter ผ่าน Filter ขณะจ่าย load 250 W
ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน DC Link 100V
ช่องที่1 แสดงแรงดันสัญญาณ SINEWAVE

ช่องที่ 2 แสดงกระแสที่จ่าย LOAD

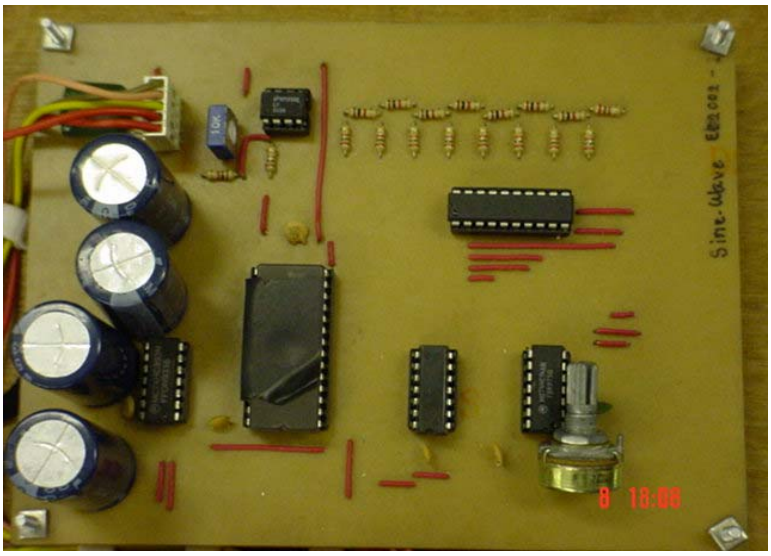


รูปที่ 4.15 สัญญาณ Output จาก Inverter ผ่าน Filter ขณะจ่าย load 250 W
ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน DC Link 250V
ช่องที่1 แสดงแรงดันสัญญาณ SINEWAVE
ช่องที่ 2 แสดงกระแสที่จ่าย LOAD

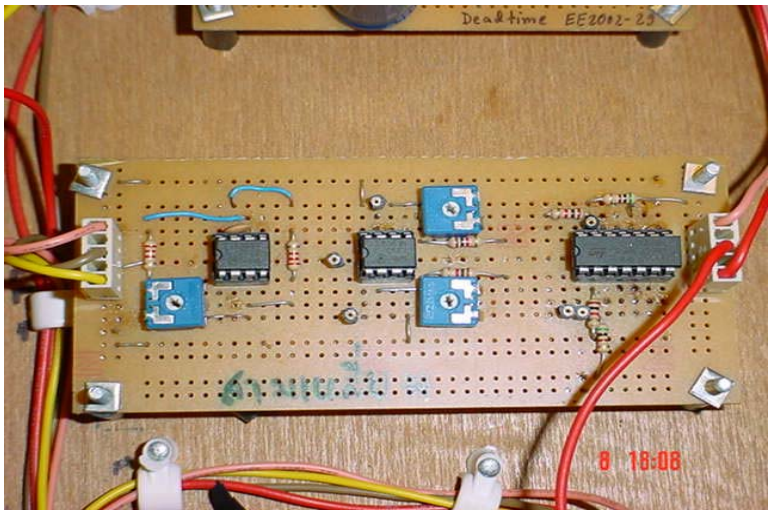


รูปที่ 4.16 สัญญาณ Output จาก Inverter ผ่าน Filter ขณะจ่าย load 250 W
ที่ความถี่ 50 Hz แรงดัน DC Link 311V
ช่องที่ 1 แสดงแรงดันสัญญาณ SINEWAVE

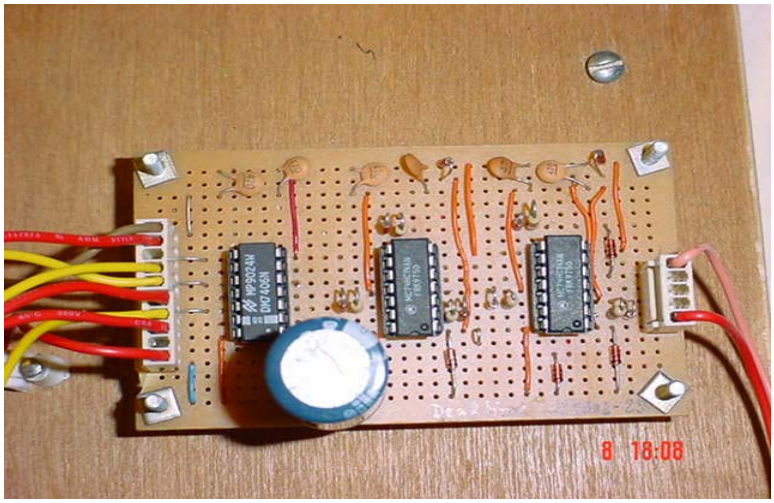
ช่องที่ 2 แสดงกระแสที่จ่าย LOAD



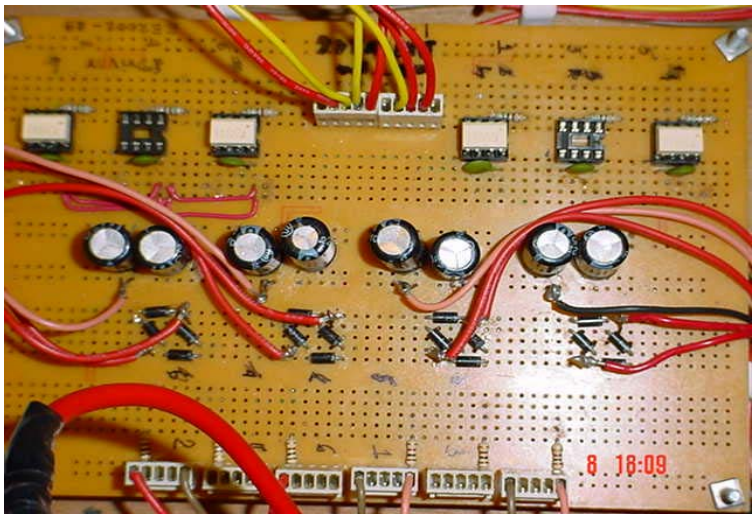
รูปที่ 4.17 วงจรสัญญาณ **Sine Wave**



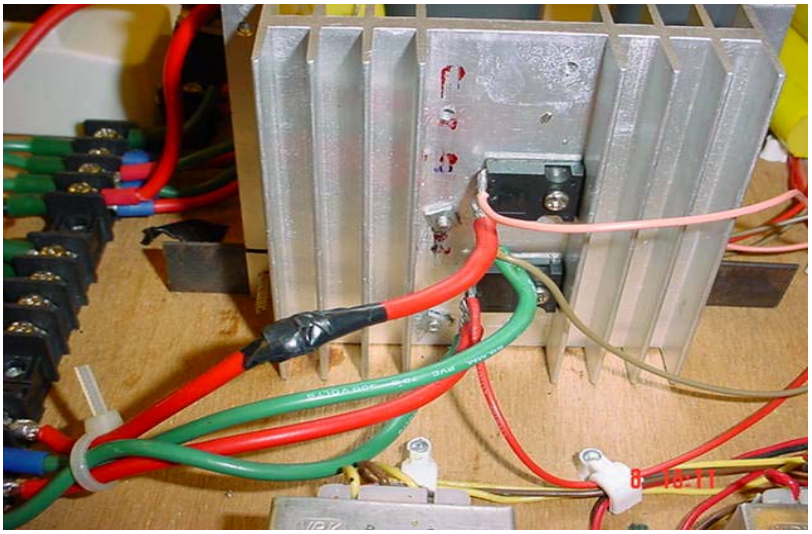
รูปที่ 4.18 วงจรสัญญาณคลื่นสามเหลี่ยม และ **comparator**



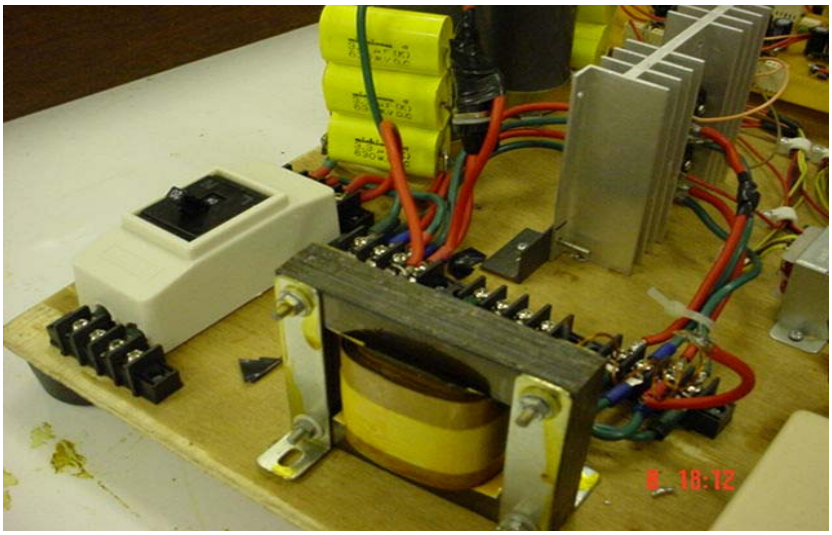
รูปที่ 4.19 **Dead Time Circuit**



รูปที่ 4.20 **MOSFET Driver**

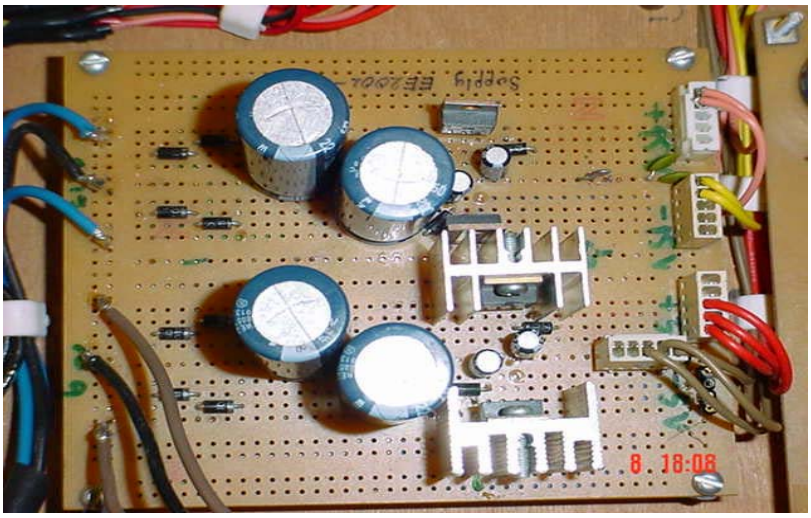


รูปที่ 4.21 **MOSFET**

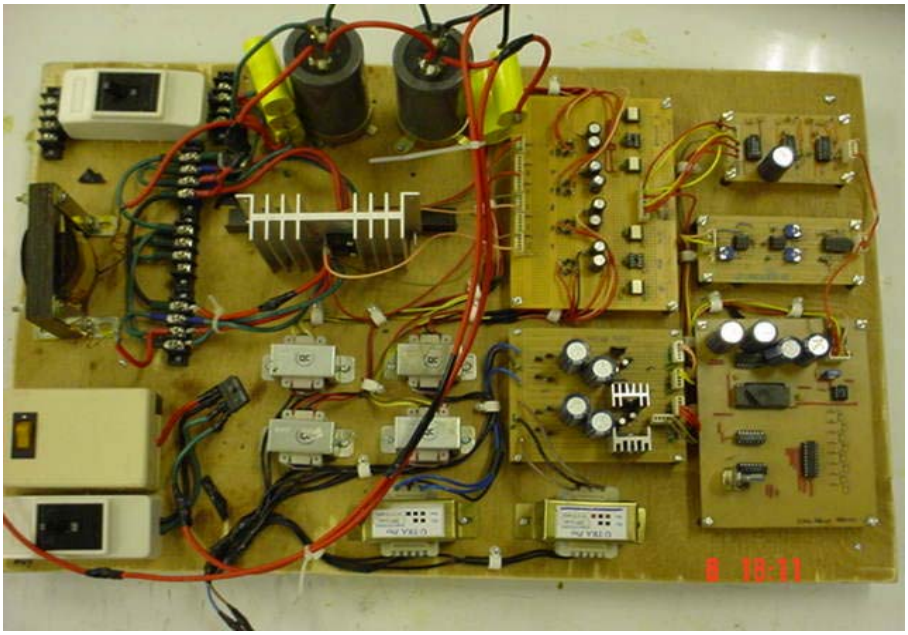


รูปที่ 4.22 **Low Pass filter**

รูปที่ 4.23 **High Capacitive condenser 2200 uf 350 V**



รูปที่ 4.24 **Power Supply Circuit**



รูปที่ 4.25 วงจรรวม **AC-line Stabilizer**

บทที่ 5
สรุปผลการทำโครงงาน

5.1 ผลการทำโครงงาน

จากการสร้างเครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าภายในบ้านให้คงที่และมีประสิทธิภาพสูง ในส่วนของการทดสอบวงจรส่วนต่าง ๆให้ผลดังนี้

- ในส่วนของการสร้างสัญญาณ sine wave นั้น ผลที่ได้จากการสร้างสัญญาณ โดยใช้ EPROM จะได้สัญญาณที่ออกมามี distortion และ Harmonic ต่ำ และสามารถปรับ offset และ Amplitude ได้
- สัญญาณคลื่นสามเหลี่ยมที่สร้างได้นั้น สามารถปรับความถี่ และ Amplitude ได้
- วงจร Dead Time ที่ออกแบบไว้ที่ 2 μs นั้น สามารถป้องกันให้ไม่เกิดการ ON Overlap ของ MOSFET ได้จริง ที่แรงดันสูง
- Driver Circuits IC TLP250 เป็น optoisolator และ driver ในตัว ซึ่งสามารถจ่ายกระแสให้กับ MOSFET ได้เพียงพอ
- ชุด control สามารถควบคุมให้ Single Phase full Bridge Inverter ทำงานและจ่าย โหลด ได้ที่แรงดัน 220 Vrms
- วงจร Filter ที่ออกแบบสามารถกรอง เอาสัญญาณ sinewave 50Hz ออกมาได้
- condenser ที่ใส่นั้น สามารถรักษาระดับแรงดันไว้ได้ เมื่อเกิดแรงดันตกในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวขึ้นอยู่กับขนาดของโหลด หากโหลดมีขนาดเล็กก็รักษาไว้ได้นาน แต่ถ้าโหลดใหญ่ก็จะรักษาแรงดันไว้ได้น้อยกว่า
- ในส่วนของ Supply ที่จ่ายให้กับ Driver ที่ต้องแยกจ่ายถึง 3 ชุดนั้นเนื่องจากว่า MOSFET ชุดด้านบนและด้านล่าง มีการ ON-OFF สลับกัน

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงงานนั้น ในชุดสร้างสัญญาณคลื่นไซด์ จะเกิดการเพี้ยนของสัญญาณ ซึ่งเกิดจากระดับแรงดัน logic ที่ไม่คงที่ ซึ่งแก้ไขโดยการใส่ condenser เพื่อรักษาระดับแรงดัน Vcc ของ IC ที่ใช้ในวงจร และใช้ Capacitor ตัวเล็ก ๆ เพื่อป้องกันการ Oscillate

-การใช้ R-port ในการปรับค่า Amplitude offset และ frequency เพื่อให้ได้ความละเอียดและความแน่นอนตามต้องการได้ยาก

-ในการทดสอบ จะต้องระวังในเรื่อง ลำดับในการ ON switch ซึ่งจะต้องเริ่มจากการ ON ชุด control ก่อนที่จะ RUN ชุด MAIN เพื่อป้องกัน MOSFET ไม่ให้เสียหาย

-สำหรับการป้องกัน วงจรนั้น จะต้องมีการ protect ทั้งทางด้าน input และ output ด้วย อุปกรณ์ที่ใช้ในการปลดวงจรนั้น ควรจะมีความเร็วในการปลดวงจรสูง

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นนี้ ในการทดสอบนั้นสามารถจ่าย กระแสได้ประมาณ 5 แอมป์ หากต้องการจ่ายโหลดให้ได้มากขึ้น ควรจะเพิ่มขนาดความสามารถในการจ่ายกระแสของ MOSFET ให้สูงขึ้น และเปลี่ยนชุด converter เป็นแบบ switching full bridge

เอกสารอ้างอิง

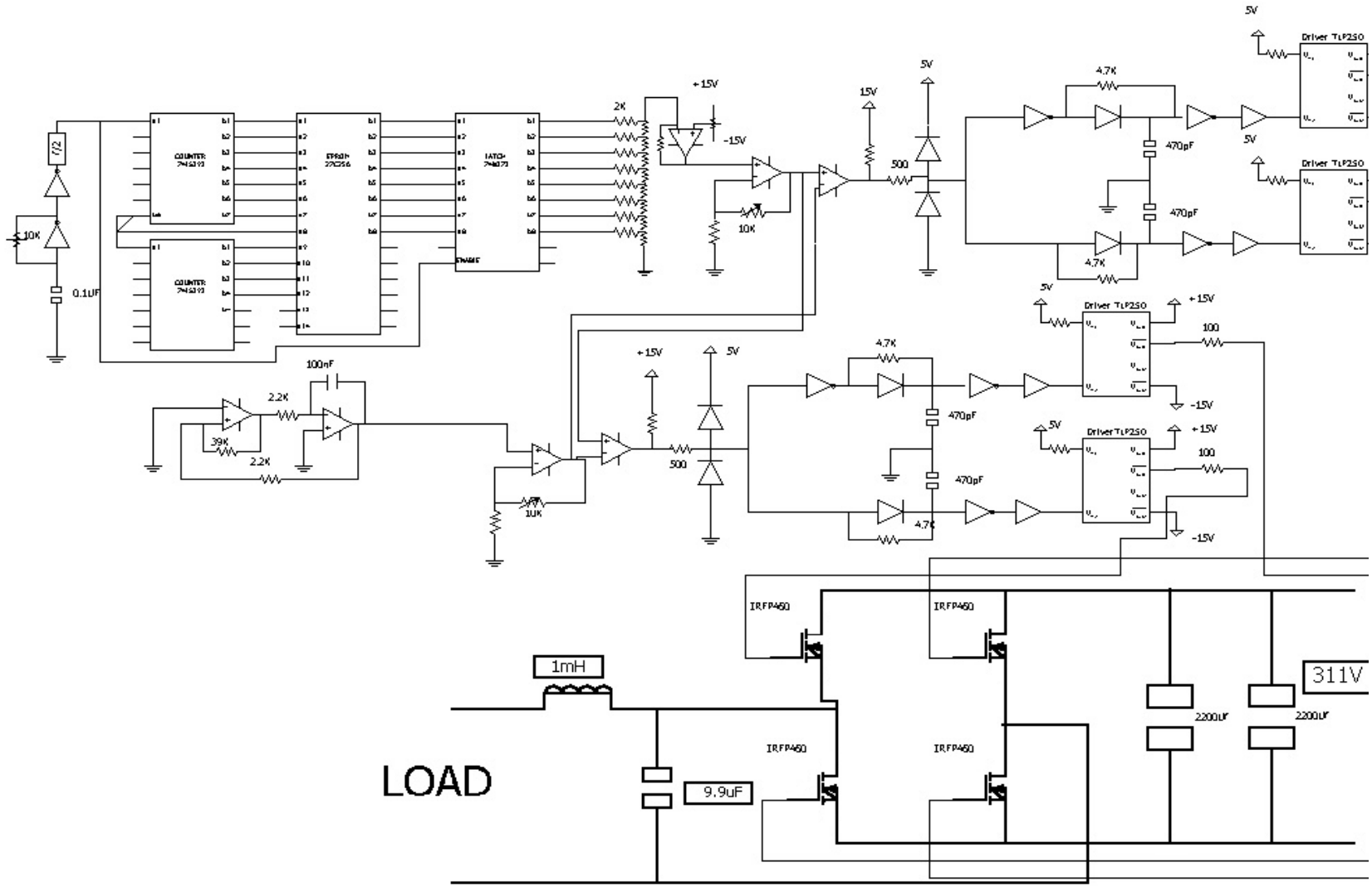
โคทม อารียา, **อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 2**, 2544,กรุงเทพมหานคร:ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สมบูรณ์ มาลานนท์ และคณะ, **แหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่ง (Switching Power Supply)**, กรุงเทพมหานคร:ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

Ned Mohan and Tore M. Underland and William P. Robbins ,**Power Electronic**,1995, 2nd edition ,John Wiley&Sons,Inc.

Robert L. Boylestaul and Louis Nashlsky, 1972, **Electronic Device and Circuit Theory**,7th edition ,New Jersy: Practice Hall,Inc.

Ronald J. Tocci and Neal S. Widmer,1995, **Digital System Principle and Aplication**,New Jersy : Practice Hall,Inc.



COUNTER
COUNTER
EPROM
LATCH
ENABLE
f/2
10K
0.1UF
2K
+15V
-15V
10K
15V
5V
500
4.7K
470pF
470pF
4.7K
5V
Driver TLP250
Driver TLP250
100nF
2.2K
39K
2.2K
1UK
+15V
5V
500
4.7K
470pF
470pF
4.7K
5V
Driver TLP250
+15V
100
-15V
5V
Driver TLP250
+15V
100
-15V
IRFP460
IRFP460
IRFP460
IRFP460
1mH
9.9uF
2200uF
2200uF
311V
LOAD