

## ชื่อโครงการ แหล่งจ่ายไฟความเพี้ยนต่ำ

นาย วัชร มงคลสถิตย์ เลขประจำตัว 431866-3

นาย วุฒิชัย นาคศิริคิล เลขประจำตัว 431898-2

รายงานนี้เป็นรายงาน งานโครงการของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งใน  
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ.2546

Project Report No.EE2003-28

## Low Harmonic Voltage Source

Mr.Watchara Mongkolsatitya ID 431866-3

Mr.Woottichai Naksirisin ID 431898-2

This is the report of Fourth year project assignment submitted in partial fulfilment of the requirement for the Degree of Bachelor of Engineering.

Department of Electrical Engineering  
Faculty of Engineering Khon Kean University  
2003

## ใบประเมินผลงานโครงการ

ชื่อโครงการ แหล่งจ่ายไฟความเพี้ยนต่ำ  
Project Title Low Harmonic Voltage Source

นาย วัชร มงคลสถิตย์ เลขประจำตัว 431866-3  
นาย วุฒิชัย นาคศิริคิล เลขประจำตัว 431898-2

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ กฤษ เญยไสย)

อาจารย์ผู้ร่วมประเมิน

(อาจารย์ ชัยภักดิ์ วรรณะสาร)

(อาจารย์ อำนาจ สุขศรี)

ประเมินผล ณ วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2547

## บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาและออกแบบแหล่งจ่ายไฟความถี่ต่ำ ที่มีขนาดของสัญญาณ Output คงที่และมีความถี่คงที่ที่ 50 Hz โดยคาดว่าจะสามารถจ่ายกำลังให้ Load ได้สูงสุด 1 kW โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เบอร์ MEGA 32 เป็นตัวสร้างสัญญาณ Sine wave จากนั้นนำสัญญาณที่ได้จะผ่านวงจรขยายเพื่อขยายขนาดและเพิ่มกำลังขับของสัญญาณ ซึ่งวงจรขยายกำลังที่ใช้เป็นวงจรขยายคลาส AB แบบ Push-pull

ผลที่ได้ของโครงการสามารถสร้างสัญญาณ sine wave ที่ output ได้สูงสุดที่ระดับแรงดัน Vcc ขนาด 160 Volt โดยที่ output ที่ระดับแรงดันต่ำมีลักษณะเป็นรูป pure sine แต่เมื่อขนาดแรงดันสูงขึ้นจะทำให้ ลักษณะของสัญญาณเพี้ยนไปเล็กน้อย อีกทั้งยังมี harmonic สูงขึ้น แต่เมื่อที่ระดับแรงดันสูงกว่า 160 V จะทำให้ output มีความเพี้ยนสูงและเกิดการ oscillate สูงด้วย และเมื่อระดับแรงดันประมาณ 175 V จะทำให้ สัญญาณไม่เป็นรูป sine และกระแสสูงจนทำให้ MOSFET เสียหาย

## ABSTRACT

This pre-project is studying and design the Low Harmonic Voltage Source With a constant amplitude and constant frequency at 50 Hz, which's used to supply 1KW load. AVR Mega32 Microcontroller will be the part of generating sinusoidal signal, and this signal will be amplified the amplitude and increased the power of signal. The power amplify circuit in this project was the push-pull circuit class AB .

The result of this project was the able to generate sinusoidal waveform at 160 volts. In the experiment at low level of voltage we found the waveform which's pure sine, but at high level of voltage we found the waveform which's slightly distorted and had high harmonic, and at 160 v voltage level the signal will had high harmonic and the high oscillate, at 176 v that had high current and to break up the MOSFET.

## สารบัญ

|                                     | หน้า |
|-------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย                     | ก    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                  | ข    |
| สารบัญ                              | ค    |
| สารบัญรูปภาพ                        | ง    |
| สารบัญตาราง                         | จ    |
| บทที่ 1 บทนำ                        |      |
| 1.1 หลักการและเหตุผล                | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์                    | 1    |
| 1.3 ขอบข่ายของงาน                   | 2    |
| 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ             | 2    |
| บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน                |      |
| 2.1 วงจรสร้างสัญญาณ Sine wave       | 3    |
| 2.2 วงจร Main circuit               | 7    |
| บทที่ 3 การออกแบบ                   |      |
| 3.1 การออกแบบ                       | 13   |
| บทที่ 4 ผลการทดลอง                  |      |
| 4.1 การทำการทดลอง                   | 15   |
| 4.2 สรุปผลการทดลอง                  | 19   |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ |      |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง                  | 20   |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ                      | 20   |
| เอกสารอ้างอิง                       | 21   |
| ภาคผนวก ก. รูปของการทดลองจริง       | ก-1  |
| ภาคผนวก ข. โปรแกรมสร้างสัญญาณ       | ข-1  |
| ภาคผนวก ค. รายละเอียดอุปกรณ์ไอซี    | ค-1  |

## สารบัญรูปภาพ

|                                                                                         | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| รูปที่ 1.1 แสดงการทำงานของวงจร Generator                                                | 1    |
| รูปที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างภายนอกของ MEGA 32                                             | 3    |
| รูปที่ 2.2 แสดงวงจร R-2R Ladder                                                         | 4    |
| รูปที่ 2.3 แสดงวงจร supply +5 V                                                         | 5    |
| รูปที่ 2.4 แสดงวงจร supply $\pm 15V$                                                    | 5    |
| รูปที่ 2.5 แสดงวงจร supply 30V – 220V                                                   | 5    |
| รูปที่ 2.6 แสดงวงจร off-set                                                             | 6    |
| รูปที่ 2.7 แสดง diagram ของวงจรสร้างสัญญาณ                                              | 6    |
| รูปที่ 2.8 แสดงวงจรขยาย pre-amplifier                                                   | 7    |
| รูปที่ 2.9 แสดงสัญลักษณ์ของหม้อแปลง                                                     | 7    |
| รูปที่ 2.10 แสดงการเปรียบเทียบของ Output ในแต่ละ Class                                  | 8    |
| รูปที่ 2.11 แสดงการเกิด Crossover distortion                                            | 11   |
| รูปที่ 2.12 แสดงการทำงานของวงจรขยายคลาส AB                                              | 11   |
| รูปที่ 2.13 แสดงวงจรขยายคลาส AB แบบ push pull                                           | 12   |
| รูปที่ 3.1 แสดงวงจร main circuit แบบเดิม                                                | 13   |
| รูปที่ 3.2 แสดงวงจรขยายคลาส AB แบบ push pull โดยใช้ MOSFET                              | 14   |
| รูปที่ 3.3 แสดง diagram ของวงจรรวม                                                      | 14   |
| รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณ Sine wave จาก microcontroller                                     | 15   |
| รูปที่ 4.2 ที่ระดับแรงดัน Vdc 30 V (โดย CH1:สัญญาณขา Gate CH2: Output) กระแส 0.2A 38    | 16   |
| รูปที่ 4.3 ที่ระดับแรงดัน Vdc 60 V (โดย CH1:Output CH2: สัญญาณขา Gate ) กระแส 0.4A 38   | 16   |
| รูปที่ 4.4 ที่ระดับแรงดัน Vdc 120 V (โดย CH1:สัญญาณขา Gate CH2: Output ) กระแส 0.7 A 39 | 17   |
| รูปที่ 4.5 ที่ระดับแรงดัน Vdc 160 V (โดย CH1:สัญญาณขา Gate CH2: Output ) กระแส 1.3 A 39 | 17   |
| รูปที่ 4.6 แสดงสเปกตรัมของสัญญาณ ที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อดูฮาร์โมนิค             | 18   |
| รูปที่ 4.7 แสดงสเปกตรัมของสัญญาณ ที่ Output เมื่อป้อนแรงดัน Vdc 60 V เพื่อดูฮาร์โมนิค   | 18   |

## สารบัญตาราง

|                                               | หน้า |
|-----------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 2.1 แสดงแอมพลิฟายเออร์ในคลาสต่างๆ    | 9    |
| ตารางที่ 2.2 แสดงลักษณะต่างๆของแอมพลิฟายเออร์ | 10   |

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดการโครงการเรื่องแหล่งจ่ายไฟฮาร์โมนิคต่ำขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างสูงต่อท่านผู้ให้ความอนุเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. อาจารย์กฤษ เฉยไสย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ให้ความกรุณาในคำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่าง ๆ จนทำให้โครงการนี้สำเร็จได้ด้วยดี
2. เจ้าหน้าที่ประจำสารบรรณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ให้ความสะดวกในการเก็บอุปกรณ์ต่างๆ
3. เพื่อน ๆ ร่วมโครงการที่ซึ่งมีอาจารย์กฤษ เฉยไสย เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้การช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ และขอขอบพระคุณต่อผู้ที่เกี่ยวข้องทุก ๆ ท่านที่ช่วยจนกระทั่งโครงการนี้สำเร็จได้ด้วยดี

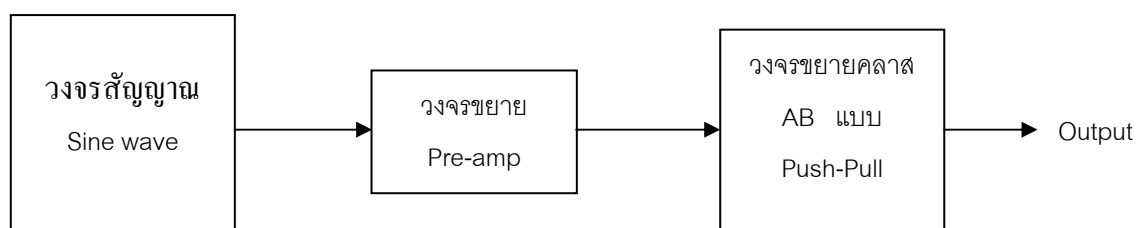
## บทที่ 1

### บทนำ

แหล่งจ่ายไฟมีความจำเป็นมากสำหรับการเรียนการสอนของนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ โดยเฉพาะ นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งในปัจจุบันนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการจ่ายกำลังไฟฟ้ากำลังสูงมีราคาค่อนข้างแพง อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควรและมีสัญญาณรบกวนอยู่ จึงเสนอโครงการนี้ขึ้นมา เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีประสิทธิภาพสูงและมีสัญญาณรบกวนต่ำ

#### 1.1 หลักการและเหตุผล

ใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR MEGA 32 เป็นสร้างสัญญาณ และนำสัญญาณที่ได้ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ มาแปลงเป็นสัญญาณอนาล็อก และนำสัญญาณนี้ป้อนผ่านไปยังวงจรขยาย Pre-amp เพื่อเพิ่มกำลังขับให้สัญญาณ แล้วป้อนสัญญาณผ่านวงจรขยายแบบ Push-Pull เพื่อขยายสัญญาณให้มีขนาดสูงขึ้น โดยใช้ความถี่คงที่



รูปที่ 1.1 แสดงการทำงานของวงจร generator

#### 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างแหล่งจ่ายไฟที่มี Harmonic ต่ำ โดยใช้ microcontroller เป็นตัวสร้างสัญญาณ
2. เพื่อสร้างแหล่งจ่ายไฟที่สามารถนำไปใช้ในห้องทดลอง

#### 1.3 ขอบข่ายของงาน

1. สร้างวงจรสร้างสัญญาณ Sine wave โดยใช้ Microcontroller
2. สร้างวงจรขยาย Pre-amplifier เพื่อเพิ่มกำลังขับให้กับสัญญาณ
3. สร้างวงจรขยายแบบ Push-Pull เพื่อขยายขนาดของสัญญาณ

#### 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

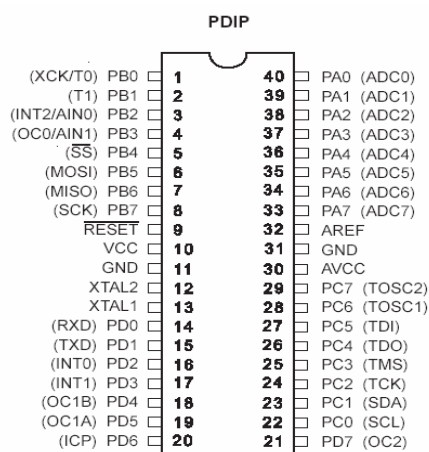
1. ได้เรียนรู้ การใช้และเขียนโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์มากขึ้น
2. ได้เรียนรู้ และเข้าใจวิชา Power electronic มากขึ้น
3. ได้เรียนรู้หลักการทำงานของวงจรขยายแบบ Push-Pull มากขึ้น

## บทที่ 2

### ทฤษฎีพื้นฐาน

#### 2.1 วงจรสร้างสัญญาณ Sine wave

##### 2.1.1 Microcontroller AVR MEGA 32



รูปที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างภายนอกของ MEGA 32

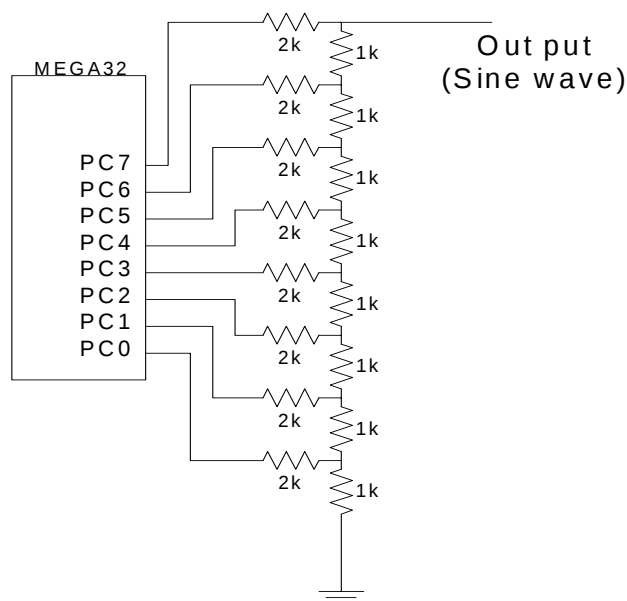
ลักษณะโครงสร้างของ MEGA 32 มีดังถึงเป็น แบบ PDIP ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งมีคุณสมบัติการทำงานที่สำคัญดังนี้

1. มีหน่วยความจำ 32 K byte
2. มี register ใช้งาน 32 x 8 register
3. มี internal SRAM 2 K byte
4. มี 1024 byte EEPROM
5. มี PWM 4 channel
6. มีวงจรแปลงสัญญาณ analog เป็น digital ( ADC ) 8 bit 10 channel ที่ PORTA
7. มี timer / counter 3 ตัว
8. มี I/O port จำนวน 4 port
9. มี external interrupt 3 ขา คือ INT0 INT1 และ INT2

จากคุณสมบัติการทำงานของ MEGA32 จะเห็นได้ว่าเป็น microcontroller ที่มีความสามารถในการทำงานสูง เนื่องจากวงจรสร้างสัญญาณจำเป็นต้องสามารถเลือกลักษณะของสัญญาณต่าง ๆ ทั้งยังสามารถปรับความถี่ได้ด้วย จึงได้เลือกใช้ microcontroller MEGA32 นี้เป็นตัวสร้างสัญญาณ โดยออกแบบให้สัญญาณ Output ออกที่ port C และใช้ port A ซึ่งสามารถแปลงสัญญาณ analog เป็น digital ได้ รับสัญญาณ analog เพื่อใช้ในการปรับความถี่ของสัญญาณ output นอกจากนี้ยังสามารถใช้การ interrupt ได้ถึง 3 ขา เพื่อเลือกลักษณะของสัญญาณ output

แต่เนื่องจากการทดลองได้มีการเปลี่ยนแปลงวงจร main circuit จากวงจรขยาย class B เป็น วงจรขยาย class AB แบบ push pull ซึ่ง output ของวงจรขยายแบบนี้จำเป็นต้องใช้กับสัญญาณ sine wave และให้ความถี่ของสัญญาณคงที่ ดังนั้นจึงได้ลดรูปแบบการใช้งาน microcontroller ลงเหลือเพียงให้สร้าง สัญญาณ sine wave ที่มีความถี่คงที่ 50 Hz ออกที่ port C

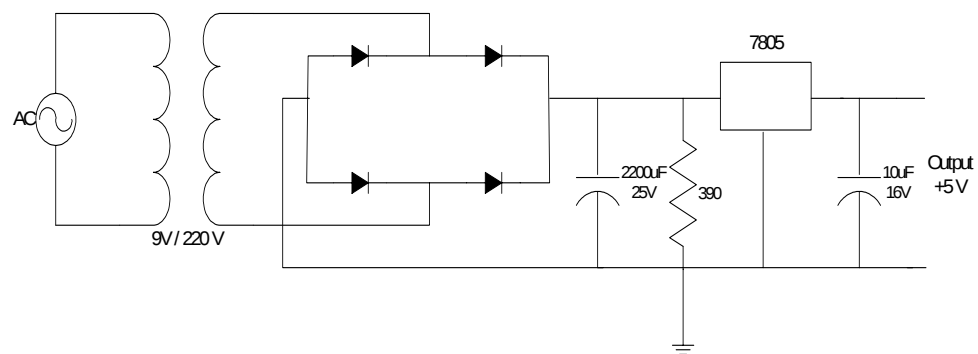
เมื่อสัญญาณ output ออกจาก port C ของ microcontroller จะได้สัญญาณที่เป็น digital ดังนั้น จึงต้องมี D/A converter เพื่อแปลงสัญญาณ digital เป็น analog ซึ่ง D/A converter ดังกล่าวจะใช้ R-2R ladder โดย resistor ขนาด 1 k $\Omega$  และ 2 k $\Omega$  ซึ่งได้แสดงดังรูป



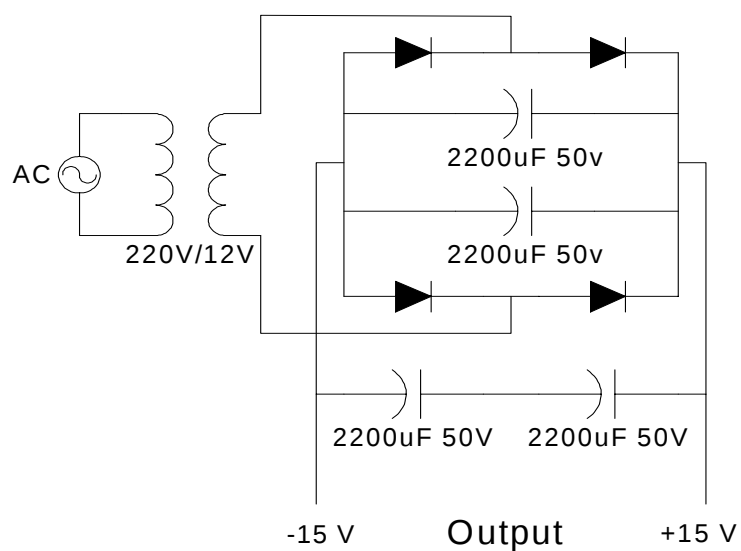
รูปที่ 2.2 แสดงวงจร R-2R Ladder

### 2.1.2 Power Supply

เราจำเป็นต้องมีวงจร supply เพื่อที่จะจ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะใช้แรงดันที่ + 5 Vdc โดยจะใช้ หม้อแปลงขนาด 9 V / 220 V จากนั้นผ่านวงจร Bridge เพื่อแปลงให้เป็นไฟกระแสตรง และผ่านตัวเก็บประจุเพื่อลดการกระเพื่อมของสัญญาณที่ได้จากวงจร Bridge จากนั้นผ่าน IC regulator เพื่อสร้างแรงดันขนาด + 5 Vdc และใช้หม้อแปลงขนาด 12 V / 220 V แปลงเป็นไฟกระแสตรงด้วยวงจร Bridge เพื่อจ่ายแรงดัน  $\pm 15$  V ให้กับ op-am ในวงจร off-set ซึ่งวงจรแสดงในรูป

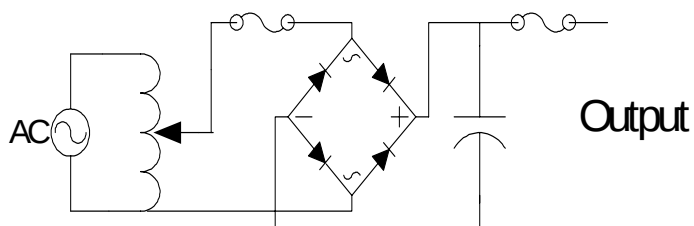


รูปที่ 2.3 แสดงวงจร supply +5 V



รูปที่ 2.4 แสดงวงจร supply  $\pm 15V$

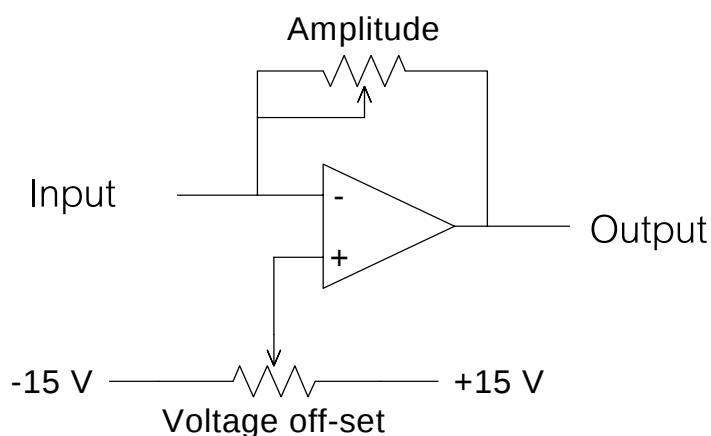
นอกจากนี้ยังมี power supply ที่ใช้สำหรับจ่ายกำลังให้กับวงจร main circuit โดยใช้ variac ขนาด 220 V ผ่านวงจร bridge และ capacitor ดังรูปที่ จากนั้นปรับขนาดของไฟกระแสตรงได้จาก variac



รูปที่ 2.5 แสดงวงจร supply 30V – 220V

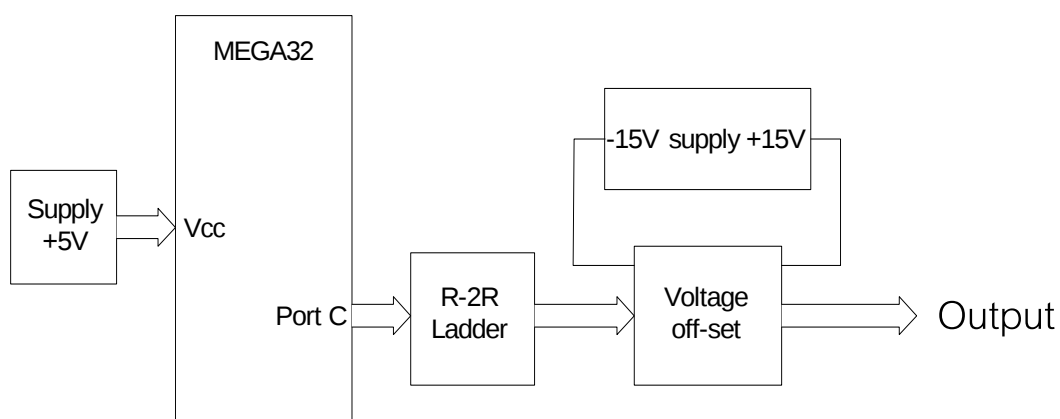
### 2.1.3 วงจร off-set

เนื่องจากสัญญาณ output ที่ออกจากวงจร R-2R Ladder ยังมีไฟกระแสดรอปอยู่ทำให้สัญญาณ sine wave ที่ได้ถูกยกขึ้น ทำให้ peak ล่างของสัญญาณอยู่ที่ ground ดังนั้นจึงต้องมีวงจร voltage off-set เพื่อใช้ในการปรับระดับของสัญญาณที่เหมาะสม หรือจุดกึ่งกลางของสัญญาณอยู่ที่ ground อีกทั้งยังสามารถปรับขนาดของสัญญาณได้ โดยใช้ op-amp ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีอัตราขยายสูง และควบคุมการทำงานด้วยอุปกรณ์ประกอบภายนอก ซึ่งได้แสดงวงจรดังรูป



รูปที่ 2.6 แสดงวงจร off-set

ดังนั้นจะได้ diagram ของวงจรสร้างสัญญาณ Sine wave ดังนี้

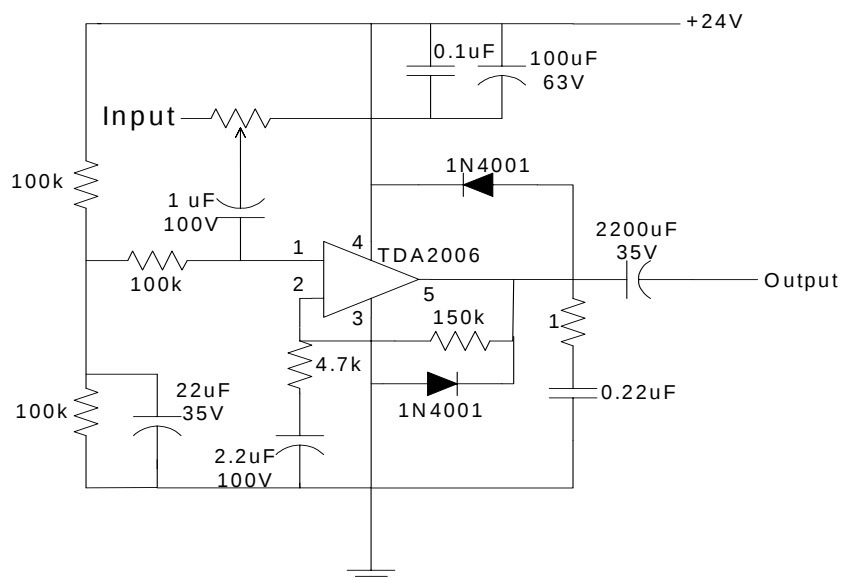


รูปที่ 2.7 แสดง diagram ของวงจรสร้างสัญญาณ

## 2.2 วงจร Main circuit

### 2.2.1 วงจรขยาย Pre-amplifier

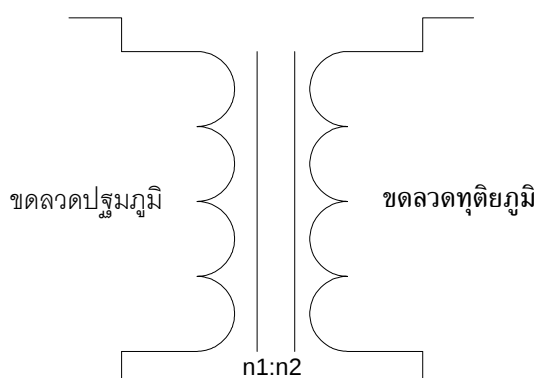
วงจรขยาย pre amplifier เป็นวงจรที่ใช้เพิ่มกำลังให้กับสัญญาณ โดยมีกำลังขับประมาณ 8 W และ input ของวงจรขยาย pre amplifier มาจากวงจรสร้างสัญญาณ ส่วน output ของวงจรนี้ส่งให้เป็น input ของวงจร main circuit ซึ่งได้แสดงดังรูปที่ 2-8



รูปที่ 2.8 แสดงวงจรขยาย pre-amplifier

### 2.2.2 หม้อแปลง (Transformer)

หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนขนาดแรงดันไฟฟ้าสลับจากแรงดันหนึ่งไปเป็นแรงดันไฟฟ้าสลับที่ต้องการ โดยหม้อแปลงจะรับพลังงานไฟฟ้าเข้าทางขดปฐมภูมิจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบขดปฐมภูมิ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และสนามแม่เหล็กนี้จะตัดขดลวดทุติยภูมิเกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นในขดลวดนี้ได้ ซึ่งแรงดันจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ เพื่อให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่ขดลวดปฐมภูมิมาตัดขดลวดทุติยภูมิมาก ๆ จึงให้ทั้งสองขดลวดพันอยู่บนแกนเหล็กอันเดียวกัน เมื่อพลังงานไฟฟ้าผ่านขดลวดปฐมภูมิจะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในรูปความร้อน และที่เหลือเป็นพลังงานออกที่ขดลวดทุติยภูมิ



รูปที่ 2.9 แสดงสัญลักษณ์ของหม้อแปลง

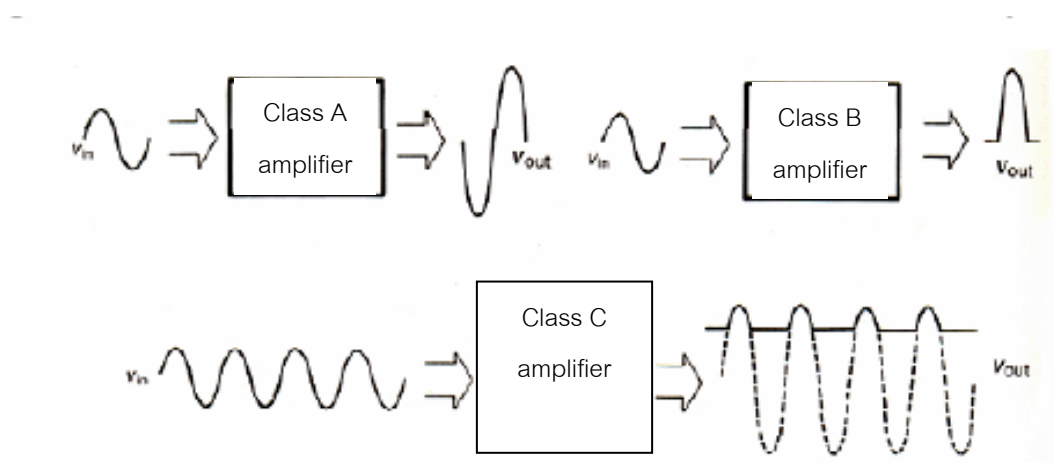
โดยหม้อแปลงที่ใช้ในวงจร main circuit มี 2 ตัว คือ T1 และ T2 โดยที่

1. หม้อแปลง T1 มีอัตราส่วนรอบเป็น 1:1 ทำหน้าที่เป็นตัวแยกวงจรสร้างสัญญาณและวงจร main circuit ออกจากกัน เพื่อป้องกันกระแสย้อนกลับจากวงจร main circuit มาสู่วงจรสร้างสัญญาณ
2. หม้อแปลง T2 เป็นหม้อแปลงขนาด 220V/250V ทำหน้าที่รวมสัญญาณจาก MOSFET M1 และ M2 จากนั้นส่งสัญญาณที่ได้ให้ output

### 2.2.3 วงจร main circuit

#### การศึกษาวงจรขยาย

จากการศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของวงจรขยายสามารถจัดแบ่งชนิดของเครื่องขยายซึ่งขึ้นอยู่กับ การเลือกจุดทำงานของวงจรขยายนั่น ๆ โดยแบ่งออกเป็น ชนิดหรือคลาสได้เป็น คลาส-เอ (class A) คลาส-บี (class B) คลาส เอ-บี (class A-B) และคลาส-ซี (class C) ซึ่งพออธิบายชนิดของวงจรได้ดังนี้ วงจรขยาย ชนิดนี้จะมีจุดทำงานอยู่ในช่วงที่เรียกว่า แอกทีฟ (active) หรือช่วงการทำงานของทรานซิสเตอร์จะเป็นเชิงเส้น คืออยู่สูงกว่าจุดคัทออฟ โดยอยู่ในช่วงที่ทำให้เกิดมีกระแสคอลเลกเตอร์ไหลใน วงจรตลอดเวลา ถึงแม้ว่าจะไม่มีสัญญาณเข้ามาทางอินพุตก็ตาม โดย Output ที่ได้จากวงจรขยายแต่ละคลาสนั้นจะมีลักษณะต่างกันดังแสดง ในรูป



รูปที่ 2.10 แสดงการเปรียบเทียบของ Output ในแต่ละ Class

## สรุปแอมป์ไฟเออร์คลาสต่าง ๆ ต่าง

ตารางที่ 2.1 แสดงแอมป์ไฟเออร์ในคลาสต่าง ๆ

| คุณสมบัติ            | คลาส A                                                                              | คลาส AB                                                        | คลาส B                                                                        | คลาส C                                                             |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| ประสิทธิภาพ          | 50%                                                                                 | ระหว่างคลาส A และ B                                            | 78.5%                                                                         | 100%                                                               |
| มุมการนำไฟฟ้า (องศา) | 360                                                                                 | ระหว่างคลาส A และ B                                            | 180                                                                           | น้อย (ประมาณ 90)                                                   |
| ความผิดเพี้ยน        | ต่ำ                                                                                 | ปานกลาง                                                        | สูง                                                                           | สูงมาก                                                             |
| การไบอัส             | ตรง (ตรงกลางเส้นโหลด)                                                               | ตรง (ใกล้จุดคัทออฟ)                                            | ศูนย์ (ที่จุดคัทออฟ)                                                          | กลับ (ขึ้นอยู่กับคัทออฟ)                                           |
| การนำไปใช้           | แอมป์ไฟเออร์สำหรับวงจรขนาดเล็กและแอมป์ไฟเออร์สำหรับวงจรขนาดปานกลางในงานสำหรับออดิโอ | ขั้นตอนของ high-power ซึ่งใช้ในงานสำหรับออดิโอและ ความถี่วิทยุ | ขั้นตอนของ high-power ซึ่งไม่ใช้ในงานออดิโอ การใช้งานขึ้นอยู่กับความผิดเพี้ยน | โดยทั่วไปใช้ในความถี่วิทยุและ วงจรจูน ซึ่งกำจัดความผิดเพี้ยนได้มาก |

## ลักษณะต่างๆของแอมพลิฟายเออร์

ตารางที่ 2.2 แสดงลักษณะต่างๆของแอมพลิฟายเออร์

| คำอธิบายและตัวอย่าง        |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| โวลต์เตจ<br>แอมพลิฟายเออร์ | โวลต์เตจแอมพลิฟายเออร์เป็นแอมพลิฟายเออร์สำหรับสัญญาณขนาดเล็ก อยู่ในขั้นตอนแรกๆ ของระบบสัญญาณ และถูกออกแบบให้มีอัตราการขยายแรงดันที่ดี ออติโอพรี - แอมพลิฟายเออร์ เป็นตัวกลางของโวลต์แอมพลิฟายเออร์                                                      |
| เพาเวอร์<br>แอมพลิฟายเออร์ | เพาเวอร์แอมพลิฟายเออร์เป็นแอมพลิฟายเออร์สำหรับวงจรขนาดใหญ่ และอยู่ในขั้นตอนสุดท้ายของระบบสัญญาณ เพาเวอร์แอมพลิฟายเออร์ ถูกออกแบบสำหรับอัตราการขยายแรงดันและประสิทธิภาพที่ดี                                                                             |
| รูปแบบ                     | รูปแบบแอมพลิฟายเออร์เป็นการบอกว่าสัญญาณถูกป้อนและนำมาจากอุปกรณ์ขยาย สำหรับไบโพลาร์ ทรานซิสเตอร์มี รูปแบบดังนี้ common-emitter common-collector common-base สำหรับ Field-effect ทรานซิสเตอร์ มีรูปแบบดังนี้ common- source common- drain และ common-gate |
| การคัปปลิง                 | วิธีทำให้สัญญาณเคลื่อนที่จากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง การคัปปลิงสามารถทำได้ โดย ตัวเก็บประจุ โดยตรง หรือหม้อแปลง                                                                                                                                 |
| การใช้งาน                  | แอมพลิฟายเออร์อาจถูกแบ่งแยกไปตามการใช้งาน ตัวอย่างเช่น ออติโอแอมพลิฟายเออร์ RF แอมพลิฟายเออร์ , DCแอมพลิฟายเออร์ , Band-passแอมพลิฟายเออร์ และ wide-band แอมพลิฟายเออร์                                                                                 |
| คลาส                       | การจำแนกนี้เป็นการอ้างอิงถึงวิธีการไบอัสของอุปกรณ์ที่ขยาย แอมพลิฟายเออร์สามารถถูกไบอัสเป็นแบบ คลาส A, B, AB, C โวลต์เตจแอมพลิฟายเออร์ปกติถูกไบอัสเป็นคลาส A สำหรับประสิทธิภาพที่ดีขึ้น เพาเวอร์แอมพลิฟายเออร์อาจใช้ คลาส AB, B, C                       |

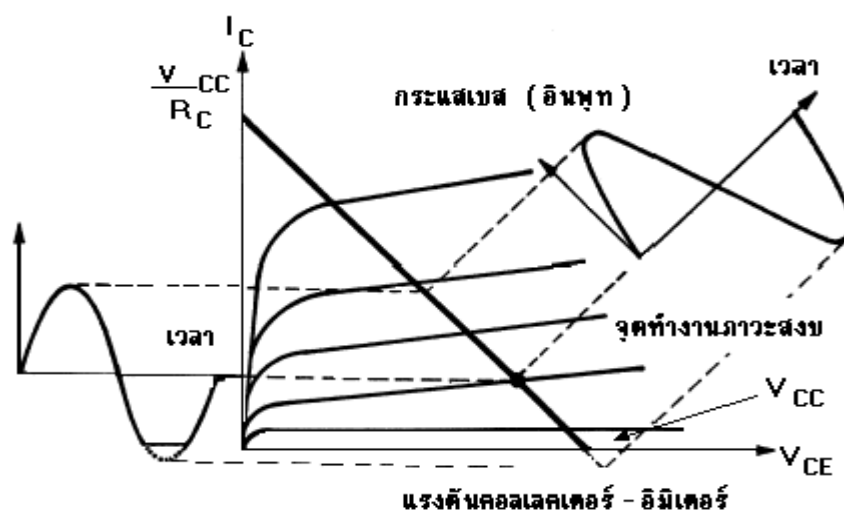
### วงจรขยายคลาส AB

จากการศึกษาพบว่าวงจรขยายคลาส AB ที่มีคุณลักษณะอยู่ระหว่างคลาส A และคลาส B ซึ่งคลาส AB มีประสิทธิภาพดีเท่กว่าวงจรขยายคลาส B แต่ดีกว่าคลาส A และสามารถลดความเพี้ยนคลอส์โอเวอร์ลงได้มาก ดังนั้นวงจรขยายคลาส AB จึงให้ทั้งความเพี้ยนต่ำ และให้ประสิทธิภาพสูง

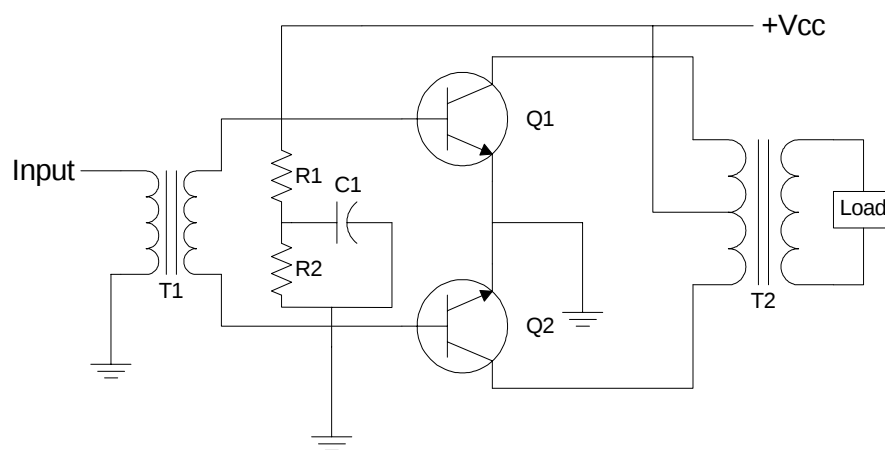
วงจรขยายนี้จะมีการไบแอสแรงดันเพื่อให้จุดทำงานของทรานซิสเตอร์อยู่สูงกว่าจุดคัทออฟเล็กน้อย จึงมีกระแสคอลเลกเตอร์ไหลในวงจรเพียงเล็กน้อยในกรณีที่ไม่มีสัญญาณอินพุต  $i_b$  เข้ามาวงจรขยาย สัญญาณคลาส AB นี้นิยมใช้กันมากในการขยายเสียงแบบเครื่องขยายเสียงในภาคกำลังโดยการต่อเป็น วงจร พูชพูล (push pull)



รูปที่ 2.11 แสดงการเกิด Crossover distortion



รูปที่ 2.12 แสดงการทำงานของวงจรขยายคลาส AB



รูปที่ 2.13 แสดงวงจรขยายคลาส AB แบบ push pull

## บทที่ 3

### การออกแบบ

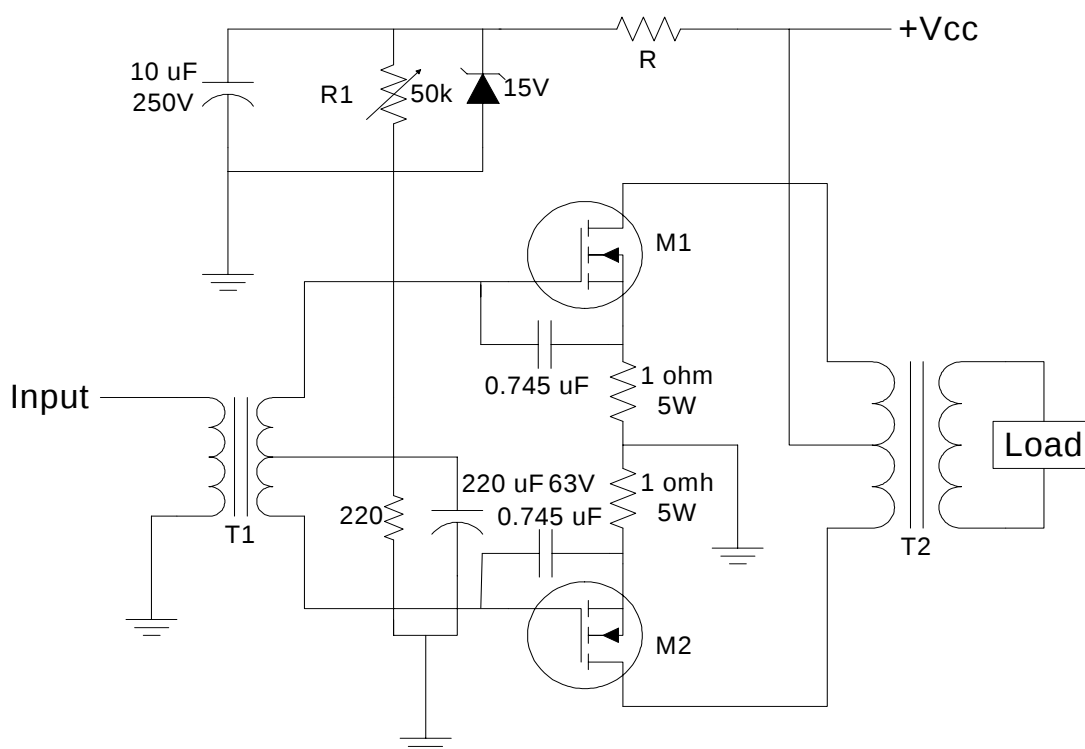
#### 3.1 การออกแบบวงจรขยาย

จากการที่ได้ศึกษาวงจรขยายกำลังแบบต่าง ๆ และได้นำมาเปรียบเทียบกับวงจร main circuit จากเฟสแรก ดังแสดงในรูป 3.1 พบว่าวงจรขยายคลาส AB แบบ Push – Pull มีรูปแบบวงจรที่ง่ายและมีประสิทธิภาพในการขยายขนาดใกล้เคียงกับวงจรเดิม จึงได้ทำการออกแบบวงจรโดยใช้ MOSFET เป็นตัวขับ และใช้หม้อแปลงในวงจร 2 ตัวคือ T1 และ T2 โดยที่ T1 เป็นตัวแยกวงจรขยายกับวงจรสร้างสัญญาณออกจากกันเพื่อป้องกันวงจรสร้างสัญญาณในกรณีที่มีกระแสไหลย้อนกลับจากวงจรขยายและทำหน้าที่ให้สัญญาณขับเคลื่อนกับ MOSFET โดยมีอัตราส่วนรอบ 1:1 ส่วน T2 เป็นหม้อแปลง Output ซึ่งทำหน้าที่รวมสัญญาณจากขา Drain ของ MOSFET ทั้งสองเข้าด้วยกัน และจ่ายสัญญาณ Output ให้กับโหลด ซึ่งหม้อแปลงทั้งสองเป็นแบบ center tap ดังรูป 3.2

ข้อได้เปรียบของวงจรที่ 3.1 (วงจรเดิม) เมื่อเทียบกับวงจรที่ 3.2 (วงจรใหม่)

1. ความยากง่ายและความซับซ้อนของวงจรขยายคลาส AB แบบ push pull นั้นจะน้อยกว่าวงจรเดิม ซึ่งจะสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน เป็นผลทำลดอุปกรณ์ต่างและ Component ทางไฟฟ้าเป็นผลทำให้มีค่าใช้น้อยและเป็นการประหยัด
2. วงจรขยายคลาส AB แบบ push pull นั้นสามารถที่จะปรับปรุงหรือทำการแก้ไขเพื่อให้ค่าที่ได้เป็นไปตามที่ต้องการนั้นสามารถทำได้ง่ายและสะดวก
3. วงจรขยายคลาส AB แบบ push pull นั้นสะดวกและง่ายต่อการแก้ไขเปลี่ยนแปลงมากกว่าวงจรเดิม
4. วงจรขยายคลาส AB แบบ push pull มีการป้องกันกระแสจากวงจร main circuit ด้วยหม้อแปลง T1 ทำให้วงจรสร้างสัญญาณและ pre-amplifier ปลอดภัย

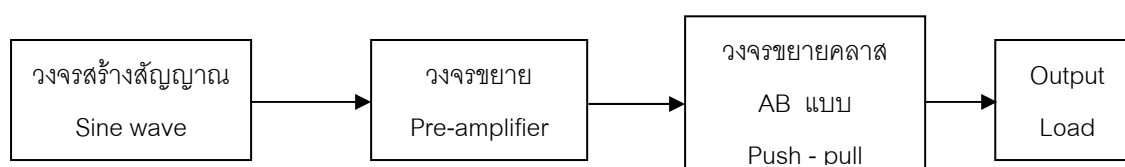




รูปที่ 3.2 แสดงวงจรขยายคลาส AB แบบ push pull โดยใช้ MOSFET

จากวงจรที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อสัญญาณ Sine wave ชักบวกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านเข้ามาที่ขา Gate ของ M1 จะทำให้ M1 มีสถานะ ON คือจะมีกระแสไหลผ่านขา Drain และขา Source ของ M1 และเมื่อสัญญาณ Sine wave ในช่วงชักลบจากผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านเข้ามาที่ขา Gate ของ M2 จะทำให้ M2 มีสถานะ ON คือจะมีการไหลของกระแสผ่านขา Drain และขา Source ของ M2 ซึ่งการทำงานสลับกันระหว่าง MOSFET ของทั้งสอง จะทำให้ได้สัญญาณที่ได้ผ่านเข้าไปยังหม้อแปลง T 2 และ T2 นี้จะรวมสัญญาณที่ได้จาก MOSFET ของทั้งคู่เข้าด้วยกันจึงทำให้ได้สัญญาณเอาต์พุตของหม้อแปลง T2 ที่ได้นั้นเป็นรูปสัญญาณ Sine wave ครึ่งบวกและลบ ส่วน R-volume ในวงจรนี้สำหรับการไบแอส MOSFET เพื่อเพิ่มหรือลดแรงดันให้แก่ MOSFET

ในรูปที่ 3.3 ได้แสดง diagram ของวงจรรวม



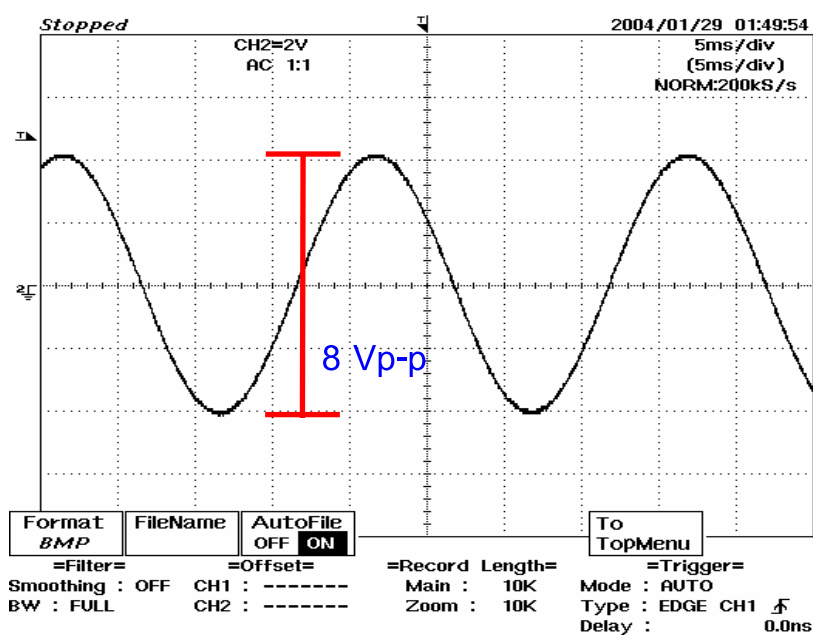
รูปที่ 3.3 แสดง diagram ของวงจรรวม

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

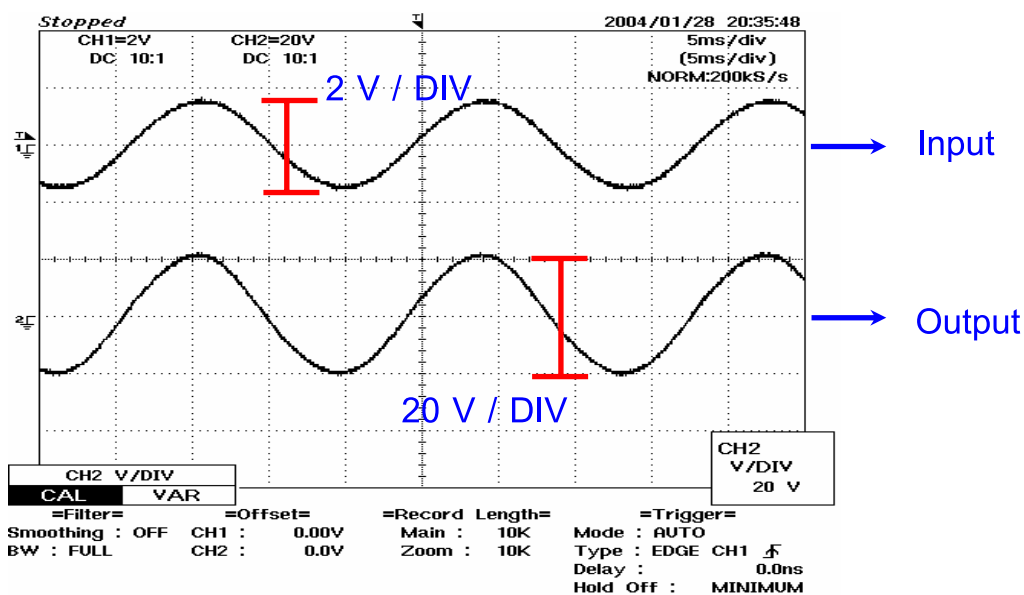
#### 4.1 การทำการทดลอง

จากการทำการทดลองวงจร main circuit ตามรูปที่ 3.1 ได้ทำการทดลองป้อนไฟกระแสตรงขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ 30V ถึง 180V ที่แรงดัน 30V ถึง 60V ใช้ power supply จ่ายให้ และที่ขนาดแรงดันกระแสตรง Vcc สูง ๆ ตั้งแต่ 60 V ขึ้นไปเราจะนำ Variac มาใช้ในการสร้างขนาดแรงดันกระแสตรง Vcc ที่ขนาดสูง ๆ โดยผ่านวงจร Full bridge โดยให้มีไฟตกคร่อมที่ Zener diode 15 V และที่ความต้านทานที่ต่อระหว่าง Vcc กับ Zener diode เท่ากับ  $(V_{cc} - 15 \text{ V})$  โดยเลือกขนาดของความต้านทานจากสูตร  $R = \frac{V^2}{P} = \frac{(V_{dc} - 15)}{1/4}$  (เลือกความต้านทานขนาดกำลัง 1/4 W) จากนั้นทำการทดลองปรับค่า Amplitude ของ input และ bias voltage ด้วยความต้านทานปรับค่าได้ (R1 จากรูปที่ 3.1) พร้อมทั้งสังเกต Output และกระแสจาก Vcc โดยทำให้มีกระแสต่ำที่สุดและสัญญาณ output จาก oscilloscope มีลักษณะสมบูรณ์มากที่สุดหรือมีความเพี้ยนน้อยที่สุด ซึ่งจะแสดงในรูปซึ่งจะแสดงที่ระดับแรงดันกระแสตรง Vcc ที่ค่าต่าง ๆ ซึ่งในรูปต่าง ๆ ได้แสดงสัญญาณที่ขา Gate และสัญญาณที่คร่อมโหลด (Output) ดังต่อไปนี้



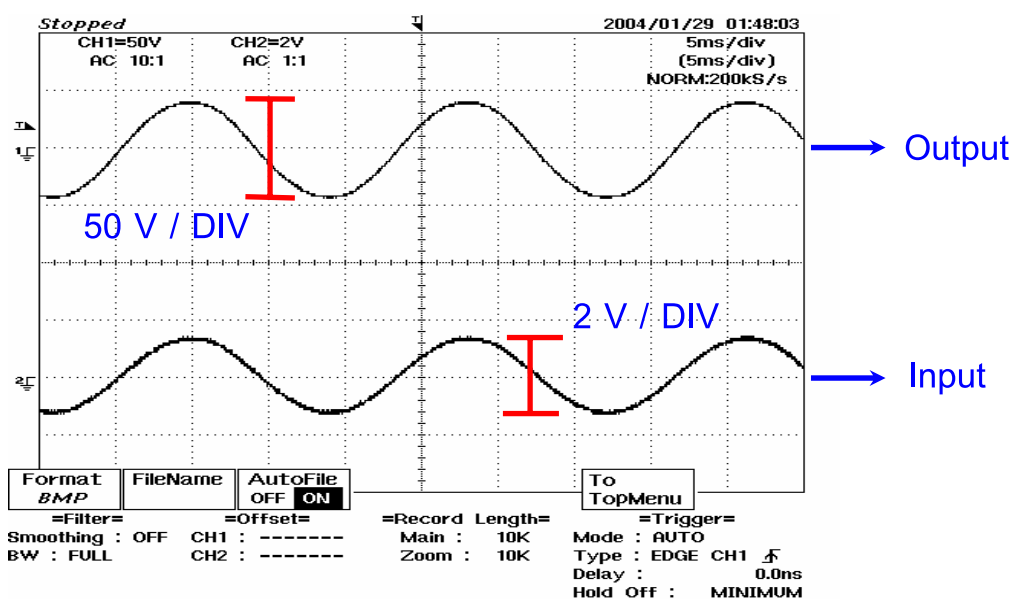
รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณ Sine wave จาก microcontroller

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าสัญญาณจากวงจรสร้างสัญญาณมีลักษณะที่เป็น pure sine โดยในรูปสัญญาณมีขนาดแรงดัน 8 Vp-p



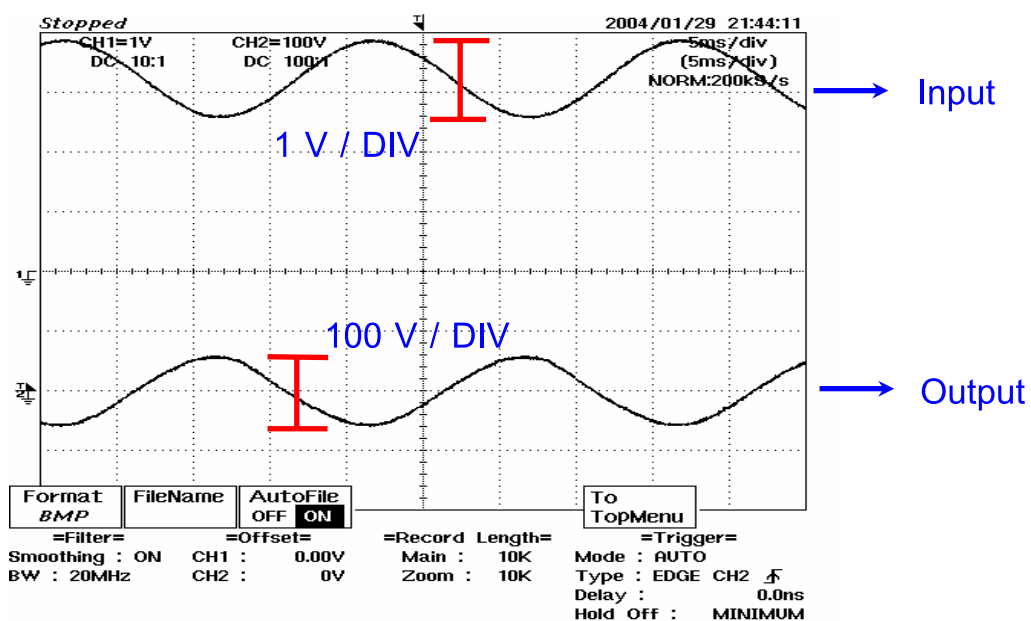
รูปที่ 4.2 ที่ระดับแรงดันกระแสตรง  $V_{cc}$  ที่ 30 V (โดย CH1:สัญญาณขา Gate CH2: Output) กระแส 0.2A

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่วัดได้จาก output ที่แรงดันกระแสตรง  $V_{cc}$  ที่ 30 V มีลักษณะเป็นรูป sine ที่สวย



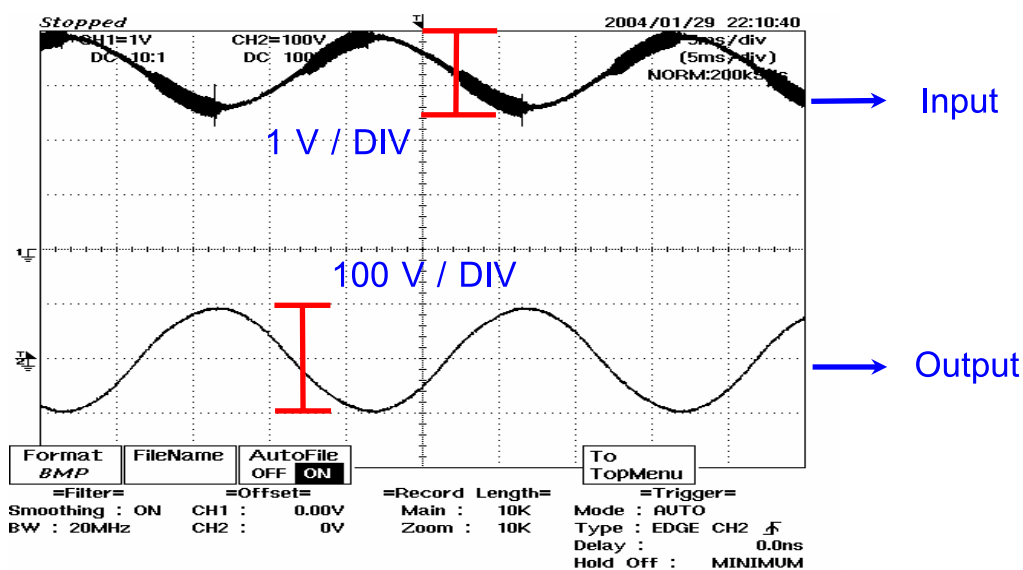
รูปที่ 4.3 ที่ระดับแรงดันกระแสตรง  $V_{cc}$  ที่ 60 V (โดย CH1:Output CH2: สัญญาณขา Gate) กระแส 0.4A

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่วัดได้จาก output ของวงจร main circuit ที่ระดับแรงดันกระแสตรง  $V_{cc}$  ที่ 60 V มีลักษณะเป็นรูป sine ที่สวย



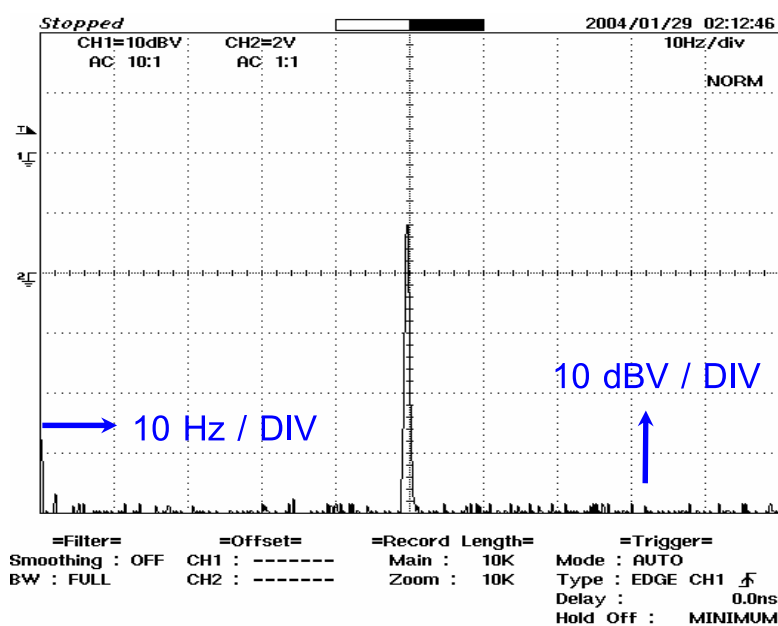
รูปที่ 4.4 ที่ระดับ แรงดันกระแสตรง  $V_{cc}$  ที่ 120 V (โดย CH1:สัญญาณขา Gate CH2: Output) กระแส 0.7 A

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่วัดได้จาก output ของวงจร main circuit ที่ระดับแรงดัน กระแสตรง  $V_{cc}$  ที่ 120V มีลักษณะเป็นรูป sine แต่มีความเพี้ยนเล็กน้อย



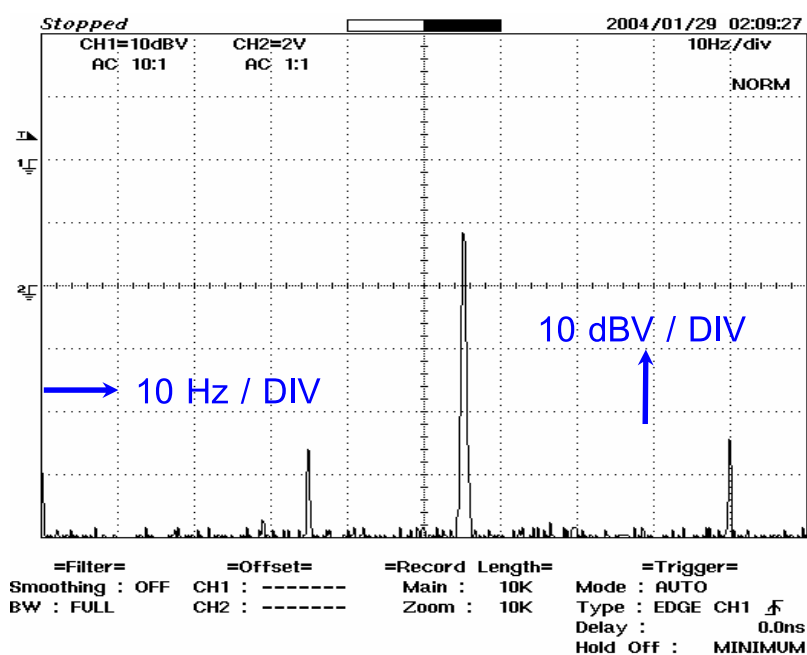
รูปที่ 4.5 ที่ระดับแรงดัน  $V_{cc}$  ที่ 160 V (โดย CH1:สัญญาณขา Gate CH2: Output) กระแส 1.3 A

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่วัดได้จาก output ของวงจร main circuit ที่ระดับแรงดัน กระแสตรง  $V_{cc}$  ที่ 160V มีลักษณะเป็นรูป sine แต่ยังคงมีความเพี้ยนเล็กน้อย



รูปที่ 4.6 แสดงสเปกตรัมของสัญญาณ ที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อตรวจสอบฮาร์โมนิก

จากรูปที่ 4.6 แสดงเส้นสเปกตรัมของสัญญาณจากวงจรสร้างสัญญาณ จะเห็นว่าสัญญาณจากวงจรสร้างสัญญาณมี harmonic ที่ต่ำ



รูปที่ 4.7 แสดงสเปกตรัมของสัญญาณที่ Output เมื่อป้อนแรงดันกระแสตรง Vcc ที่ 60 V เพื่อตรวจสอบฮาร์โมนิก

จากรูปที่ 4.7 จะเห็นว่าที่ระดับแรงดันกระแสตรง Vcc ที่ 60 V สัญญาณ output ของวงจร main circuit ยังมี harmonic อยู่บ้าง

## 4.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่าสัญญาณ Output ของวงจร main circuit ที่ระดับแรงดัน Vcc ต่าง ๆ จะมีลักษณะสัญญาณที่เป็น sine wave โดยเฉพาะที่ระดับแรงดัน Vcc ต่ำ ๆ ที่ 30 V และ 60 V สัญญาณจะมีลักษณะเป็น pure sine แต่เมื่อแรงดัน Vcc สูงขึ้นเป็น 120 V สัญญาณที่ได้จะเริ่มมีความเพี้ยนเล็กน้อย ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการปรับ voltage bias และการปรับ amplitude ของสัญญาณ input ยังไม่ดีเท่าที่ควร แต่ยังสามารถยอมรับได้

เมื่อแรงดัน Vcc มีขนาดสูงกว่า 160 V ลักษณะของสัญญาณ output จะเริ่มเพี้ยนมากขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงที่ระดับแรงดัน ประมาณ 175 V รูปของสัญญาณจะไม่เป็นรูป Sine และมีกระแสไหลสูงจนทำให้ MOSFET เกิดความเสียหาย

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 4.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะได้ว่า

1. เนื่องจากว่าใช้ Microcontroller มาใช้ในการสร้างสัญญาณ ซึ่งสัญญาณจากตัว Microcontroller นั้นเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งในการใช้งานเราจะใช้สัญญาณอนาลอกมาควบคุมมอเตอร์ จึงทำให้มีความจำเป็นในการแปลงสัญญาณดิจิทัลที่ได้จาก ตัว Microcontroller มาเป็นสัญญาณอนาลอก ซึ่งจะเป็นสาเหตุของการเกิดความเพี้ยนของสัญญาณ และส่วนวงจรที่ใช้ในการแปลงนั้นสัญญาณนั้นเป็นวงจร R to R ladder ซึ่งวงจรดังกล่าวอาจมีประสิทธิภาพในการแปลงสัญญาณที่ไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดความเพี้ยนของสัญญาณที่เราได้

2. สัญญาณเอาต์พุตที่ได้มีขนาดสูงกว่าแรงดัน  $V_{cc}$  ประมาณ 1.136 เท่าเนื่องจาก Turn ratio ของหม้อแปลง T2 (220V / 250V) จะเห็นได้ว่าความมีประสิทธิภาพของวงจรขยายกำลังแบบ Push-pull แบบคลาส AB นั้นสูงกว่า ค่าเอาต์พุตที่ได้จากวงจรขยายของเฟสเดม ซึ่งแรงดันที่สามารถป้อนให้แก่วงจรแบบ Push-pull ได้ค่าสูงสุดที่ 160 V ส่วนวงจรขยายแบบเดิมของเฟสแรกนั้นสามารถป้อนขนาดแรงดัน ให้แก่วงจรได้ที่ระดับ 120 v

3. เมื่อเปรียบเทียบเส้นสเปกตรัมระหว่างสัญญาณ Sine wave ที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์(input) กับสัญญาณ Sine wave ที่เอาต์พุต จะพบสัญญาณเอาต์พุตจะมี harmonic มากกว่าสัญญาณ ที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์(input)เล็กน้อย

4. เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของวงจร Push-pull กับ วงจรเดิมของเฟสแรก จะพบว่าจำนวนอุปกรณ์ หรือ Component ต่าง ๆทางไฟฟ้านั้นมีจำนวนน้อยกว่ามาก ทำให้สะดวกและง่ายต่อการตรวจสอบและแก้ไขวงจร

อีกเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย

#### 4.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

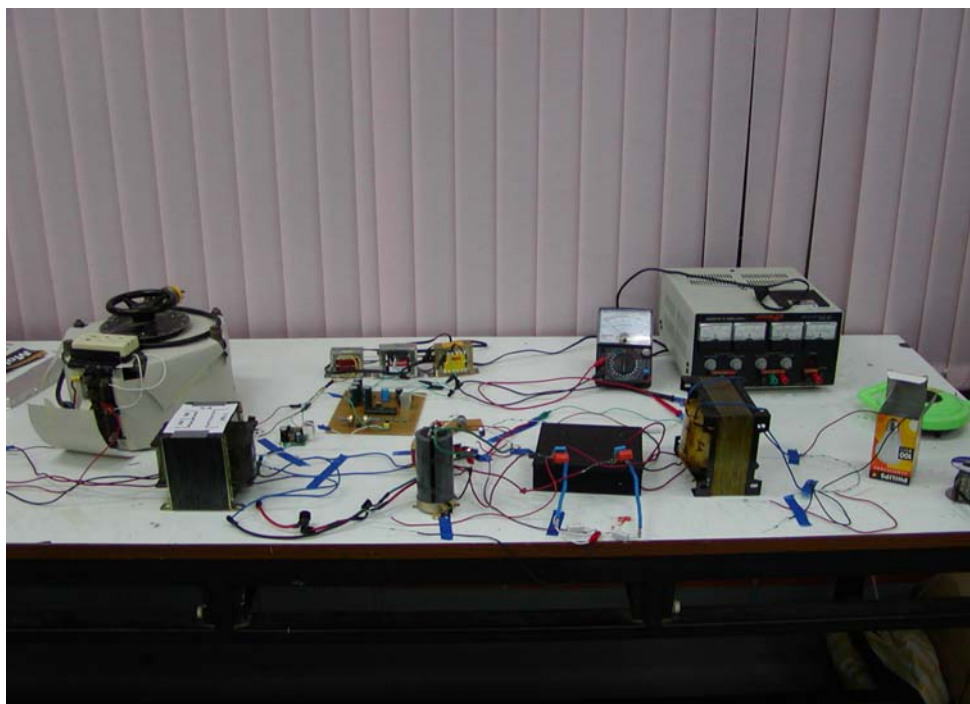
ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลองคือการ Oscillate ของสัญญาณอินพุต กับสัญญาณเอาต์พุต นั้นสูงจึงได้แก้ไขโดยการนำตัว Capacitor ขนาด 0.745 uF มาต่อคร่อมระหว่างขา Gate และขา Source ของ MOSFET ทั้ง 2 ตัว และต่อค่าความต้าน 150 โอห์ม อนุกรมระหว่างขา Gate ของ MOSFET กับ สัญญาณอินพุต ทำให้สามารถลดการ Oscillate ของอินพุต และเอาต์พุตได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ในการปรับ Voltage-bias แก่ MOSFET ต้องค่อย ๆ ปรับทีละน้อย เนื่องจากการเพิ่มระดับแรงดันที่สูงมากเกินไป จะทำให้เกิดการไหลกระแสที่สูงมากซึ่งอาจทำให้ MOSFET เสียหายได้ ดังนั้นในการปรับ Voltage-Bias จึงต้องปรับให้ได้กระแสที่มีค่าต่ำ ๆ จากนั้นไปปรับ Amplitude ของ อินพุตจนได้ สัญญาณเอาต์พุตที่สมบูรณ์

สิ่งที่ต้องทำการปรับปรุงให้ดีขึ้นคือจะต้องทำให้มีสัญญาณรบกวน (noise) และ harmonic ให้น้อยลงกว่านี้ และมีแรงดันที่ใช้ป้อนให้กับวงจร main (push-pull) นั้นยังมีค่าที่ต่ำอยู่คือ 160 V ดังนั้นจะต้องปรับปรุงให้สามารถเพิ่มขนาดของแรงดันให้มีค่าที่สูงขึ้นถึงระดับ 220 V เพื่อให้สามารถจ่ายกำลังให้โหลดสูงๆ

## เอกสารอ้างอิง

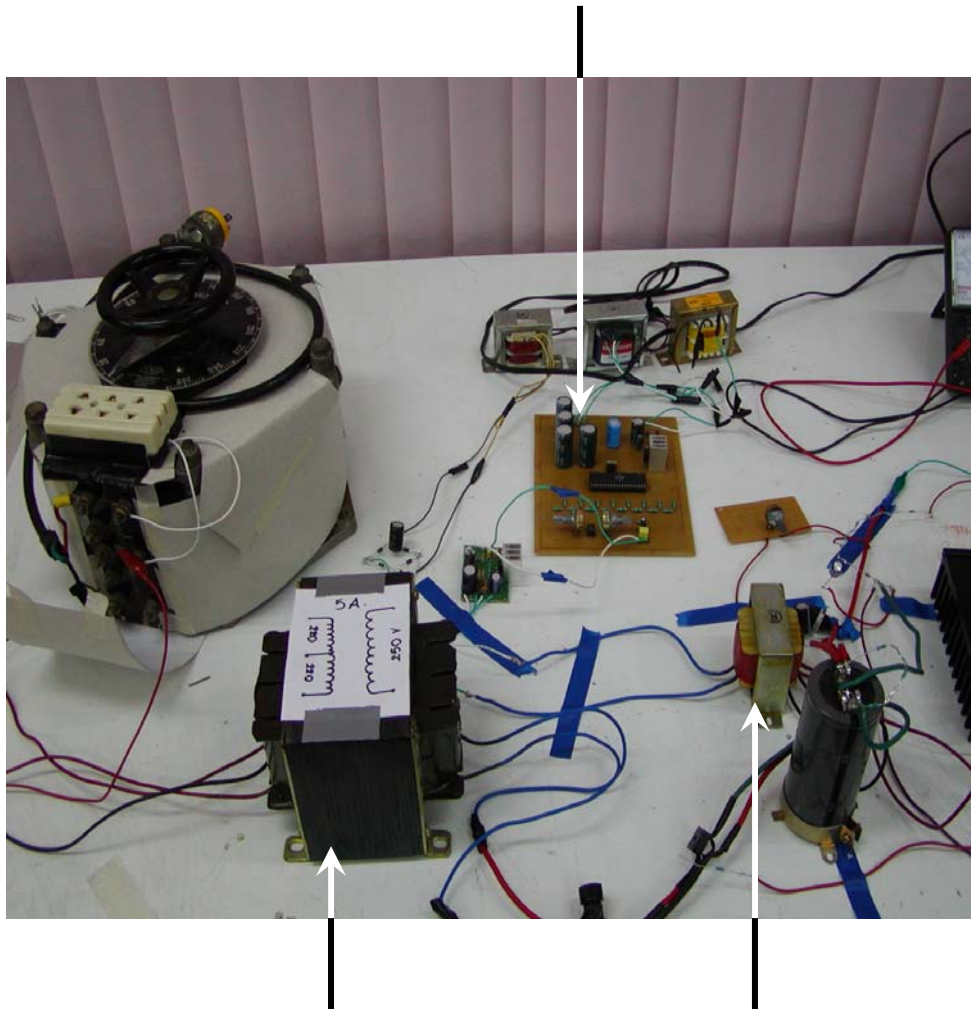
1. นรินทร์ เนาวประทีป, ออปแอมป์. พิมพ์ที่ หจก. สำนักพิมพ์ฟิลิกส์เซ็นเตอร์
2. มงคล ทองสงคราม ,ปี 2538, อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่2. พิมพ์ที่ หจก. วี.เจ. พรินต์ติ้ง  
เครื่องเสียงเพาเวอร์มอสเฟต. พิมพ์ที่ บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด
3. Advance Engineering Group, อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. พิมพ์ที่ หจก. สำนักพิมพ์ฟิลิกส์เซ็นเตอร์
4. ณพงค์ สุวรรณนิพนธ์ , EE336: Electrical Communications,Lacure5 (25-NOV-2003) Summer2/2003  
การพันหม้อแปลง/มอเตอร์ , ปี 2527 พิมพ์ครั้งที่ 6 ,พิมพ์ที่ห้างหุ้นจำกัด นำอักษรการพิมพ์

## ภาคผนวก ก. รูปของการทดลองจริง



รูปที่ ก.1 แสดงวงจรรวมทั้งหมดและอุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

วงจรสร้างสัญญาณ Sine wave ที่มีความถี่ 50 Hz  
โดยที่ตัวบอร์ดสามารถปรับ voltage-offset และ  
ขนาดของสัญญาณได้



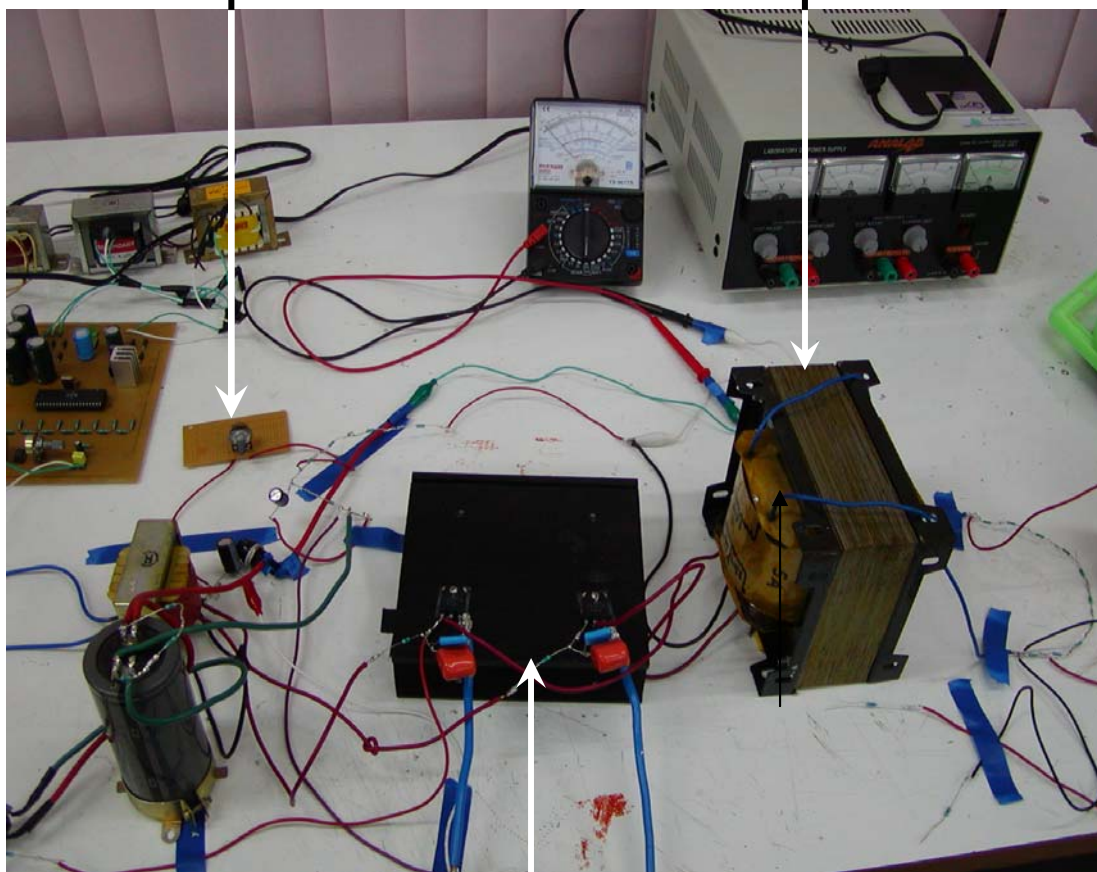
หม้อแปลงที่ต่อจาก Variac ที่  
ใช้สำหรับป้อนแรงดัน Vdc ที่  
สูงกว่า 60 v

หม้อแปลง T1

รูปที่ ก.2 แสดงวงอุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

R-volume ที่ใช้ในการ  
Bias แก่ MOSFET

หม้อแปลง T2



MOSFET ทั้ง 2 ตัว

รูปที่ ก.3 แสดงวงอุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง



## ภาคผนวก ข. โปรแกรมสร้างสัญญาณ

โปรแกรมสร้างสัญญาณ Sine wave ความถี่คงที่ 50 Hz โดยใช้โปรแกรม AVR studio 4 มีดังนี้

```
.include "m32def.inc"

.def    temp    = r16
.def    key     = r17
.def    time1ms = r18

; Handling All Interrupt Vector

.org 0x0000
rjmp _reset

.org 0x0004    ; External Interrupt1 Vector Address
reti

.org 0x0006    ; External Interrupt2 Vector Address
reti

.org 0x0008    ; Output Compare2 Interrupt Vector Address
reti

.org 0x000a    ; Overflow2 Interrupt Vector Address
reti

.org 0x000c    ; Input Capture1 Interrupt Vector Address
reti

.org 0x000e    ; Output Compare1A Interrupt Vector Address
reti

.org 0x0010    ; Output Compare1B Interrupt Vector Address
reti

.org 0x0012    ; Overflow1 Interrupt
rjmp _update_sinewave

.org 0x0014    ; Output Compare0 Interrupt Vector Address
reti

.org 0x0018    ; SPI Interrupt Vector Address
reti

.org 0x001a    ; USART Receive Complete Interrupt Vector Address
reti

.org 0x001c    ; USART Data Register Empty Interrupt Vector Address
reti

.org 0x001e    ; USART Transmit Complete Interrupt Vector Address
```

```

reti
.org 0x0020      ; ADC Interrupt Vector Address
reti
.org 0x0022      ; EEPROM Interrupt Vector Address
reti
.org 0x0024      ; Analog Comparator Interrupt Vector Address
reti
.org 0x0026      ; Irq. vector address for Two-Wire Interface
reti
.org 0x0028      ; Store Program Memory Ready Interrupt Vector Address
reti

.org 0x0030

sine_str:
.DB "Sine Wave", 0x00
;.org 0x0100
.org 0x0080

sinewave:      ; 256 step sinewave table
.DB 0x80,0x83,0x86,0x89,0x8c,0x8f,0x92,0x95,0x98,0x9c,0x9f,0xa2,0xa5,0xa8,0xab,0xae
.DB 0xb0,0xb3,0xb6,0xb9,0xbc,0xbf,0xc1,0xc4,0xc7,0xc9,0xcc,0xce,0xd1,0xd3,0xd5,0xd8
.DB 0xda,0xdc,0xde,0xe0,0xe2,0xe4,0xe6,0xe8,0xea,0xec,0xed,0xef,0xf0,0xf2,0xf3,0xf5
.DB 0xf6,0xf7,0xf8,0xf9,0xfa,0xfb,0xfc,0xfc,0xfd,0xfe,0xfe,0xff,0xff,0xff,0xff
.DB 0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xfe,0xfe,0xfd,0xfc,0xfc,0xfb,0xfa,0xf9,0xf8,0xf7
.DB 0xf6,0xf5,0xf3,0xf2,0xf0,0xef,0xed,0xec,0xea,0xe8,0xe6,0xe4,0xe2,0xe0,0xde,0xdc
.DB 0xda,0xd8,0xd5,0xd3,0xd1,0xce,0xcc,0xc9,0xc7,0xc4,0xc1,0xbf,0xbc,0xb9,0xb6,0xb3
.DB 0xb0,0xae,0xab,0xa8,0xa5,0xa2,0x9f,0x9c,0x98,0x95,0x92,0x8f,0x8c,0x89,0x86,0x83
.DB 0x80,0x7c,0x79,0x76,0x73,0x70,0x6d,0x6a,0x67,0x63,0x60,0x5d,0x5a,0x57,0x54,0x51
.DB 0x4f,0x4c,0x49,0x46,0x43,0x40,0x3e,0x3b,0x38,0x36,0x33,0x31,0x2e,0x2c,0x2a,0x27
.DB 0x25,0x23,0x21,0x1f,0x1d,0x1b,0x19,0x17,0x15,0x13,0x12,0x10,0x0f,0x0d,0x0c,0x0a
.DB 0x09,0x08,0x07,0x06,0x05,0x04,0x03,0x03,0x02,0x01,0x01,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00
.DB 0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x01,0x01,0x02,0x03,0x03,0x04,0x05,0x06,0x07,0x08
.DB 0x09,0x0a,0x0c,0x0d,0x0f,0x10,0x12,0x13,0x15,0x17,0x19,0x1b,0x1d,0x1f,0x21,0x23
.DB 0x25,0x27,0x2a,0x2c,0x2e,0x31,0x33,0x36,0x38,0x3b,0x3e,0x40,0x43,0x46,0x49,0x4c
.DB 0x4f,0x51,0x54,0x57,0x5a,0x5d,0x60,0x63,0x67,0x6a,0x6d,0x70,0x73,0x76,0x79,0x7c

```

```

_reset:

    cli

    ; *always* initialize stack pointer

    ldi        temp, LOW(RAMEND)
    out        SPL, temp

    ldi        temp, HIGH(RAMEND)
    out        SPH, temp


    ; PORT initialization

    ldi        temp, 0xFF
    out        DDRA, temp
    ldi        temp, 0xFF
    out        DDRB, temp
    ldi        temp, 0xFF
    out        DDRC, temp
    ldi        temp, 0x00
    out        DDRD, temp


    ; timer 0 init
    ; prescale:64
    ; overflow every 1ms

    clr        temp
    out        TCCR0, temp
    ldi        temp, 0x06
    out        TCNT0, temp
    ldi        temp, 0xFA
    out        OCR0, temp          ; set compare
    ldi        temp, 0x03
    out        TCCR0, temp          ; start timer


    ; timer 1 init
    ; prescale:1
    ; normal TOP=0xFFFF
    ; frequency = 50 Hz

    clr        temp

```

```

out          TCCR1B, temp    ; timer 1 *STOP*
ldi          temp, 0xFB      ; 11111011
out          TCNT1H, temp
ldi          temp, 0x1E      ; 00011110
out          TCNT1L, temp
ldi          temp, 0x00      ; 00000000
out          TCCR1A, temp

; Set up timer interrupt
ldi          temp, 0x04      ; 00000101
out          TIMSK, temp     ; timer 0 ovf, timer 1 ovf

;*****
;
,** MAIN PROGRAM          **
;*****
;
Main:
    sei
    ; initialize "Sine Wave"
    ldi          ZL, LOW(sinewave*2)
    ldi          ZH, HIGH(sinewave*2)

    ldi          temp, 0x01    ; 00000001
    out          TCCR1B, temp  ; start timer 1

_loop:
    lpm
    out          PORTC, r0
    rjmp        _loop

_update_sinewave:
    ; update initialize timer 1
    ldi          temp, 0xFB    ; 11111011
    out          TCNT1H, temp
    ldi          temp, 0x1E    ; 00011110
    out          TCNT1L, temp
    inc         r30
    reti

```



# แหล่งจ่ายไฟความเพี้ยนต่ำ

โดย

1. นาย วัชร มงคลสถิตย์ รหัสประจำตัว 431866-

3

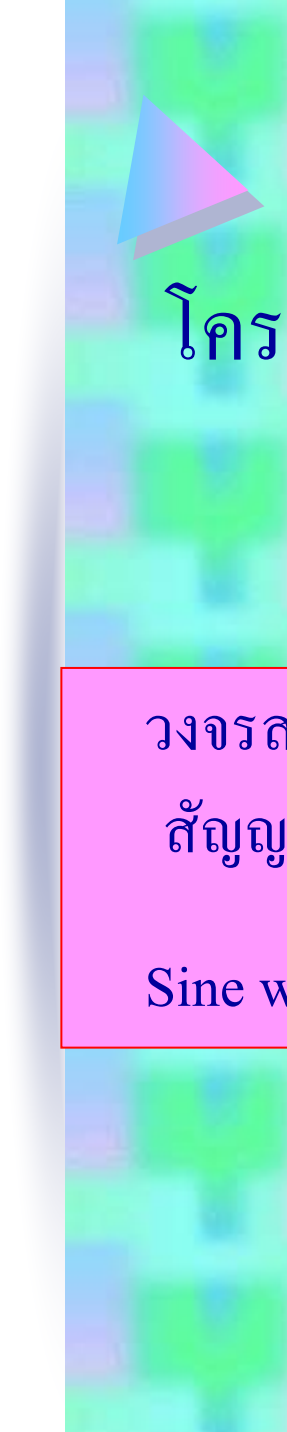
2. นาย วุฒิชัย นาคศิริกุล รหัสประจำตัว 431898-

**อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ**

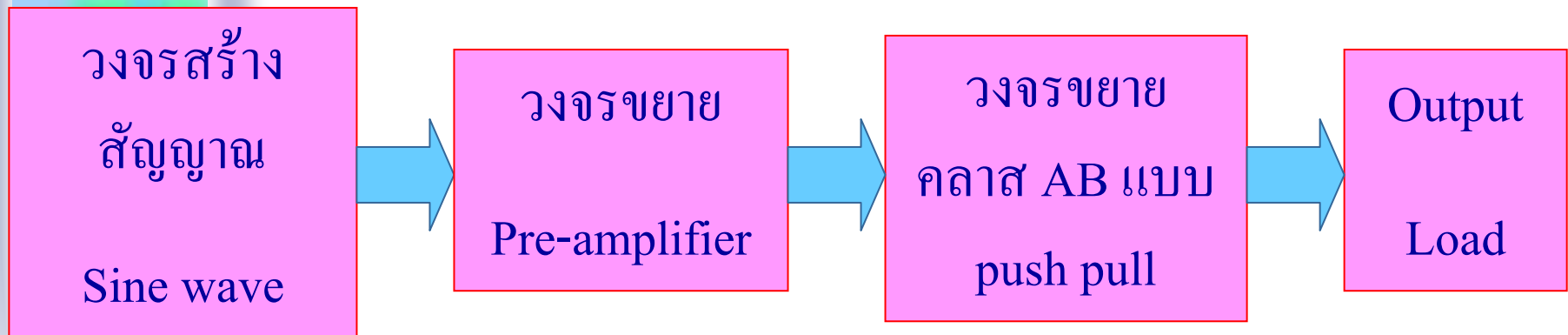
2

อาจารย์ กฤษ เอยไสย

**Low Harmonic Voltage Source**



# โครงสร้างของวงจรโดยรวม

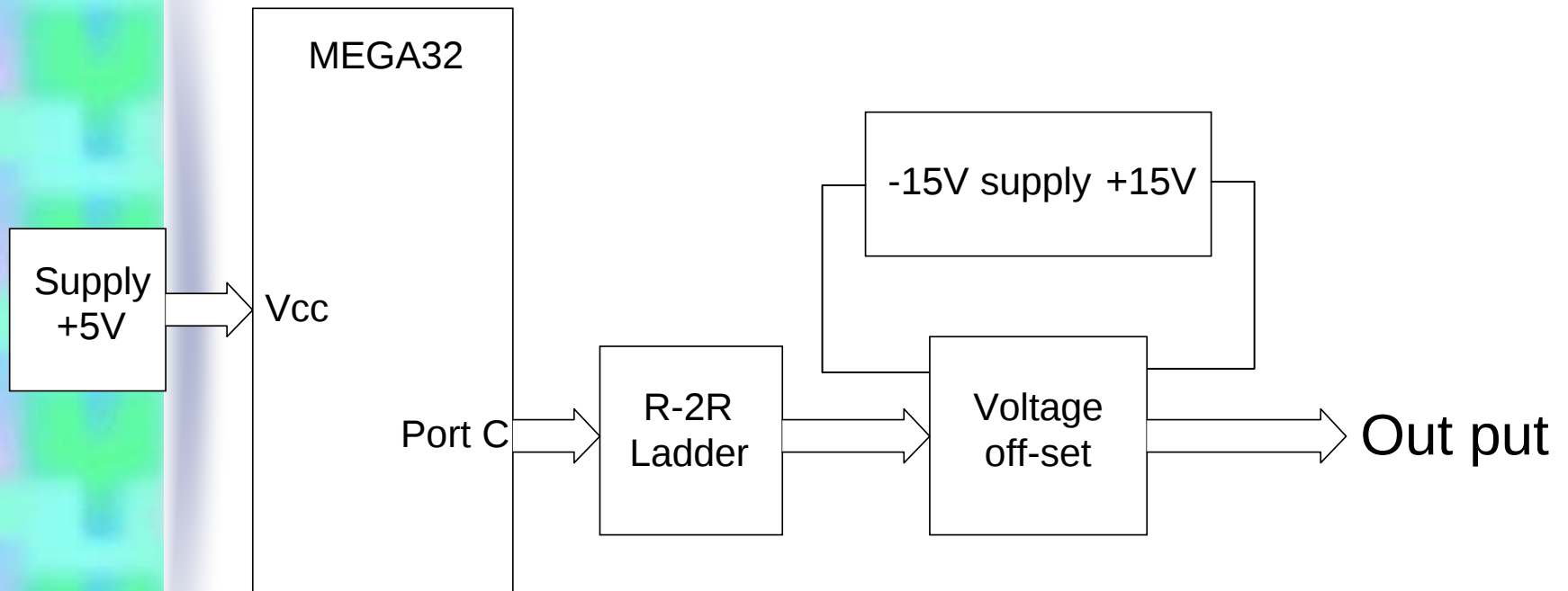




## ลำดับการนำเสนอ

1. วงจรสร้างสัญญาณ sine wave และผลการทดลอง
2. วงจรขยาย Pre-amplifier
3. วงจรขยายคลาส AB แบบ push pull และผลการทดลอง
4. สรุปผลการทดลอง
5. ปัญหาและข้อเสนอนะ

## วงจรสร้างสัญญาณ Sine wave



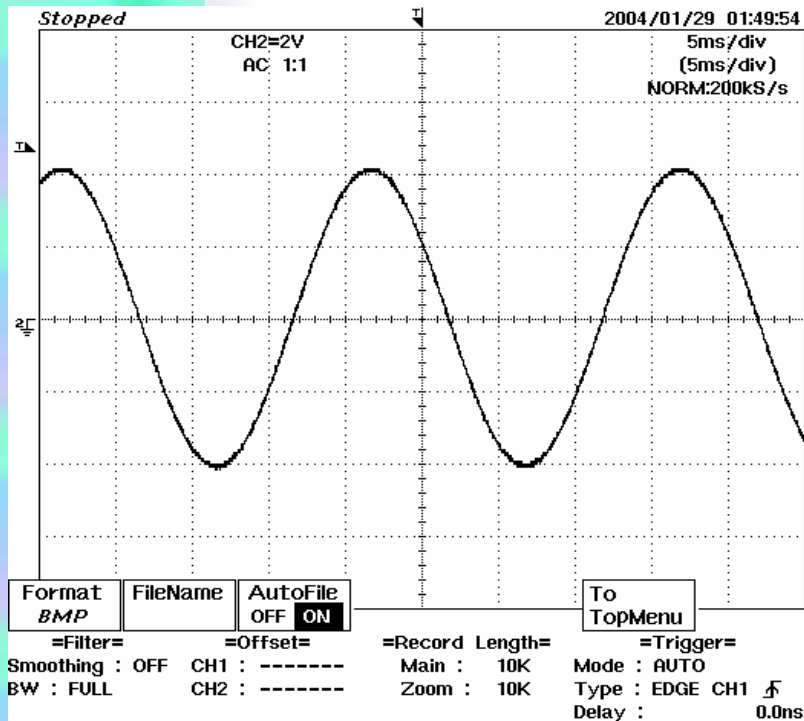
รูปที่ 1 แสดง diagram ของวงจรสร้างสัญญาณ



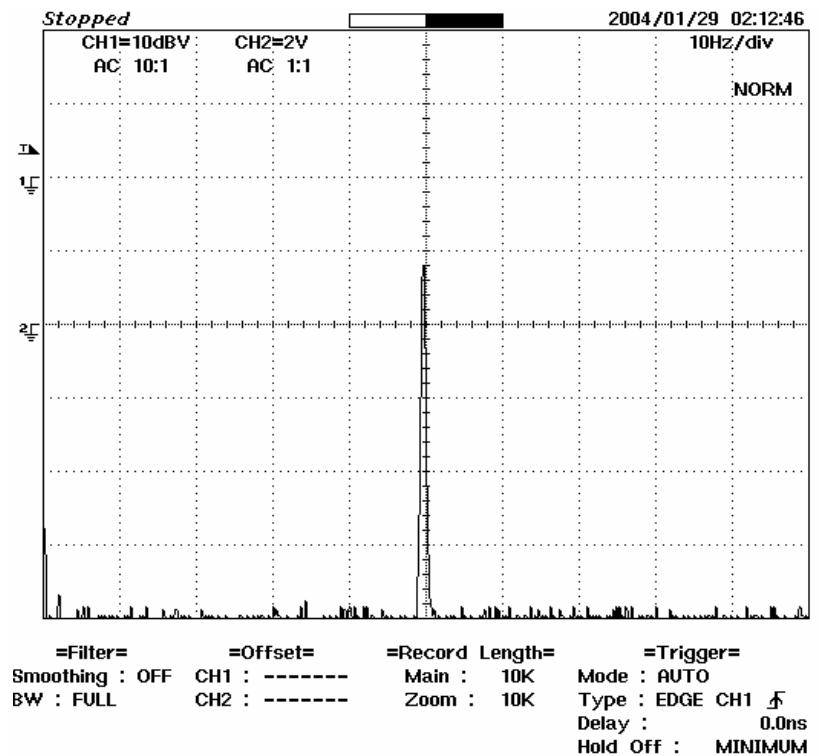
## วงจรสร้างสัญญาณ ประกอบไปด้วย

1. วงจร power supply + 5V สำหรับจ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และ  $\pm 15V$  สำหรับวงจร off set
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR MEGA 32 เป็นตัวสร้างสัญญาณ
3. วงจร R-2R Ladder เพื่อแปลงสัญญาณดิจิทัลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นสัญญาณอะนาลอก
4. วงจร off set สำหรับปรับระดับและขนาดของสัญญาณ

# รูปสัญญาณที่ได้จากวงจรสร้างสัญญาณ

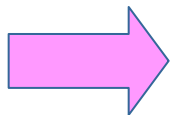


รูปสัญญาณจากวงจรสร้างสัญญาณที่ระดับแรงดัน 8 Vp-p ซึ่งมีลักษณะเป็นรูป pure sine



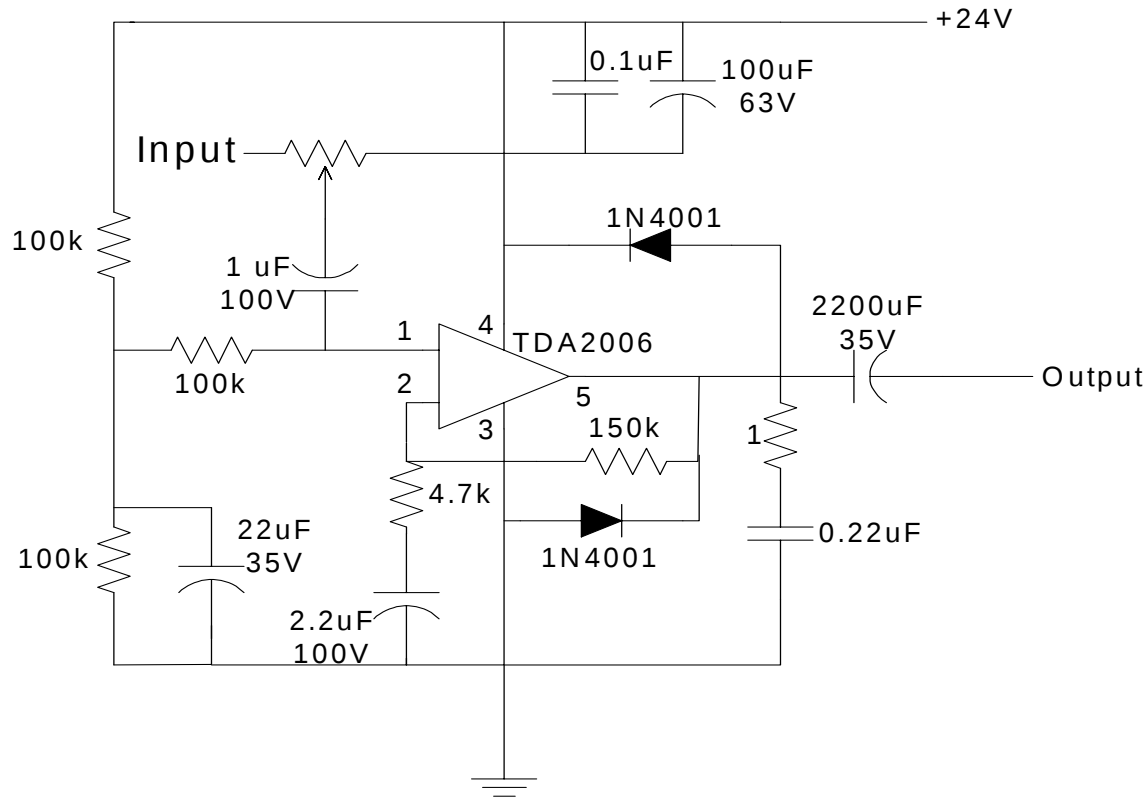
รูปแสดงเส้นสเปกตรัมของสัญญาณจากวงจรสร้างสัญญาณ ซึ่งมีสัญญาณรบกวน

ต่ำ

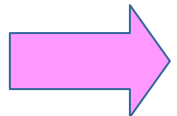


## วงจรขยาย Pre-amplifier

วงจรขยาย pre-amplifier เป็นวงจรขยายเพื่อเพิ่มกำลังขับให้กับสัญญาณ  
จาก วงจร สร้างสัญญาณ โดยมีกำลัง 8 W



รูปที่ 2 แสดงวงจรขยาย Pre-amplifier



## วงจรขยายคลาส AB แบบ push pull

วงจรขยายคลาส AB แบบ push pull มีคุณสมบัติดังนี้

1. มีคุณลักษณะอยู่ระหว่างคลาส A และ B
2. สามารถลดความเพี้ยนคลอสโอเวอร์ลงได้มาก
3. มีความเพี้ยนต่ำและประสิทธิภาพสูง

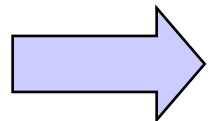


รูปแสดงการเกิด Crossover distortion

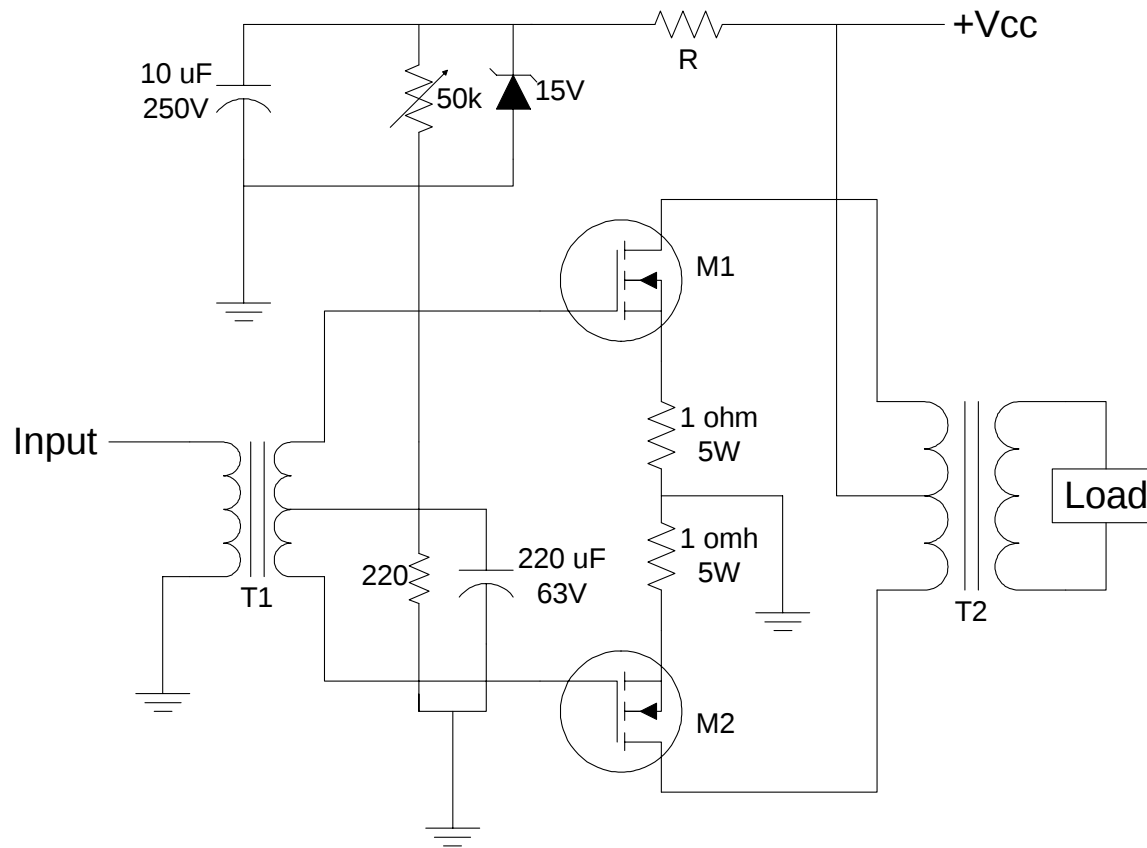


## ข้อดีของวงจรรขยายคลาส AB เมื่อเทียบกับวงจรรขยายแบบเดิม

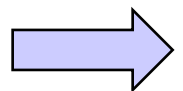
1. วงจรรขยายคลาส AB มีความซับซ้อนของวงจรน้อยกว่าแบบเดิม
2. เนื่องจากมีความซับซ้อนน้อยจึงทำให้สามารถตรวจสอบ ปรับปรุง และแก้ไขได้ง่าย
3. ทำให้ประหยัดเนื่องจาก มีอุปกรณ์ที่นำมาใช้หรือ component ทางไฟฟ้าที่ใช้นั้นมีจำนวนที่น้อยกว่า
4. มีหลักการของการทำงานที่เข้าใจได้ง่าย



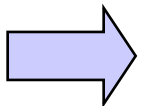
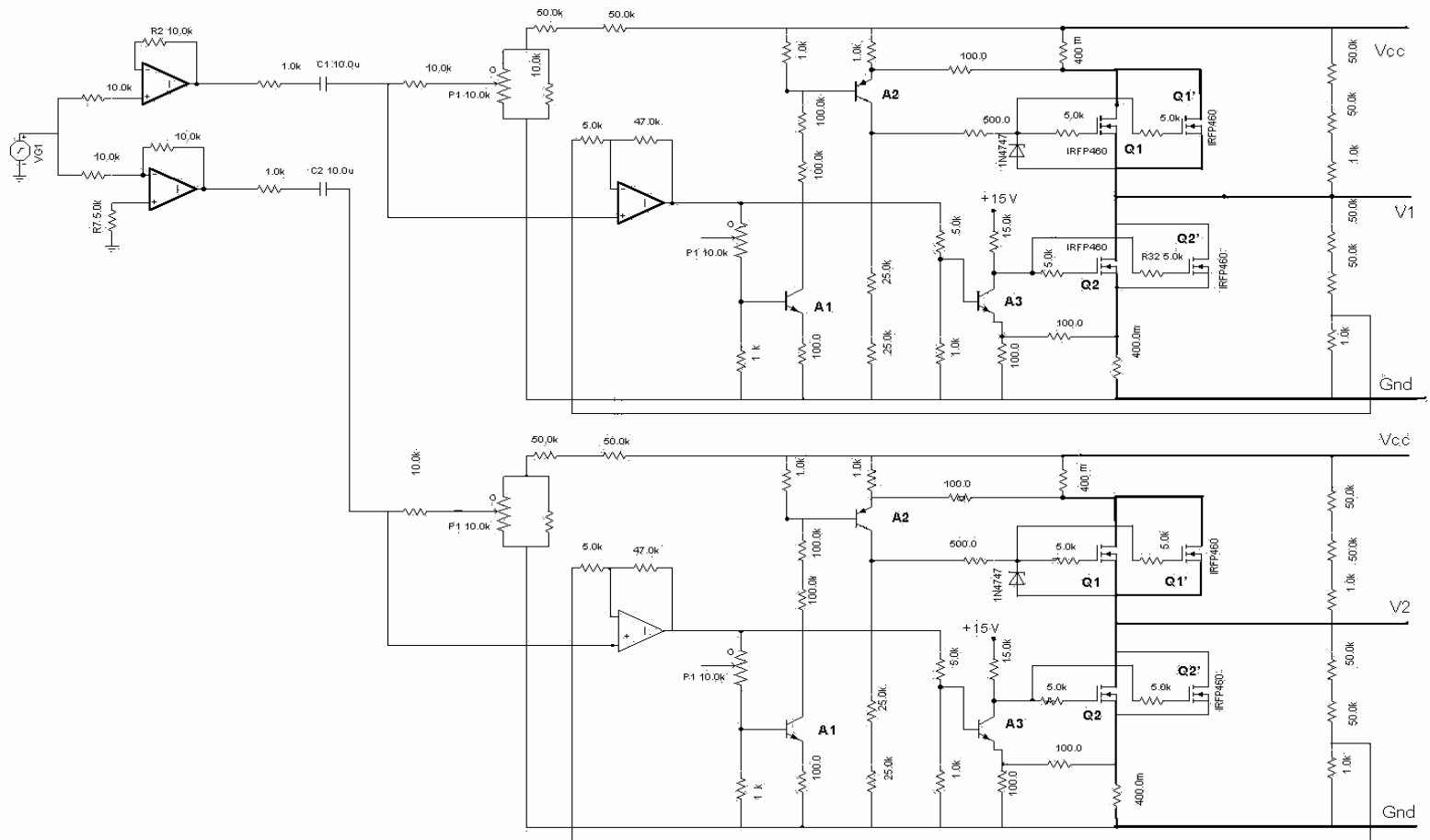
## รูปแสดงวงจรขยายคลาส AB แบบ push-pull



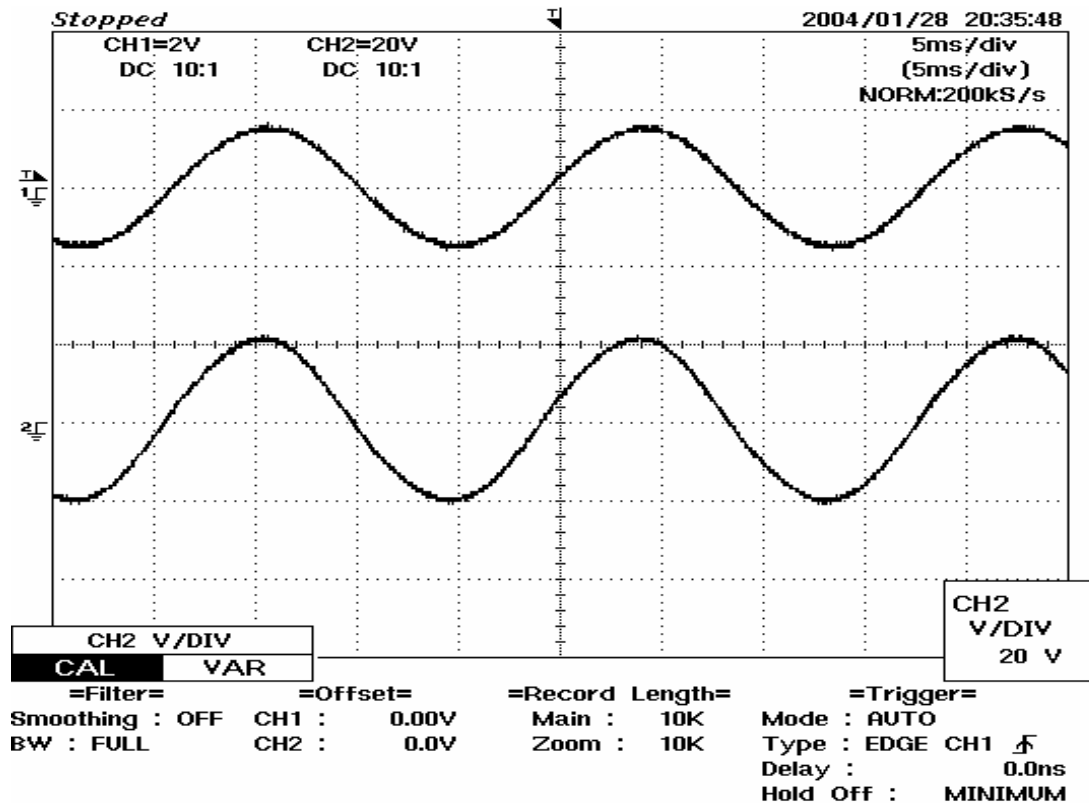
รูปที่ 3 แสดงวงจรขยายคลาส AB แบบ push-pull ที่ออกแบบ โดยใช้ MOSFET



# วงจรขยายแบบเค็ม



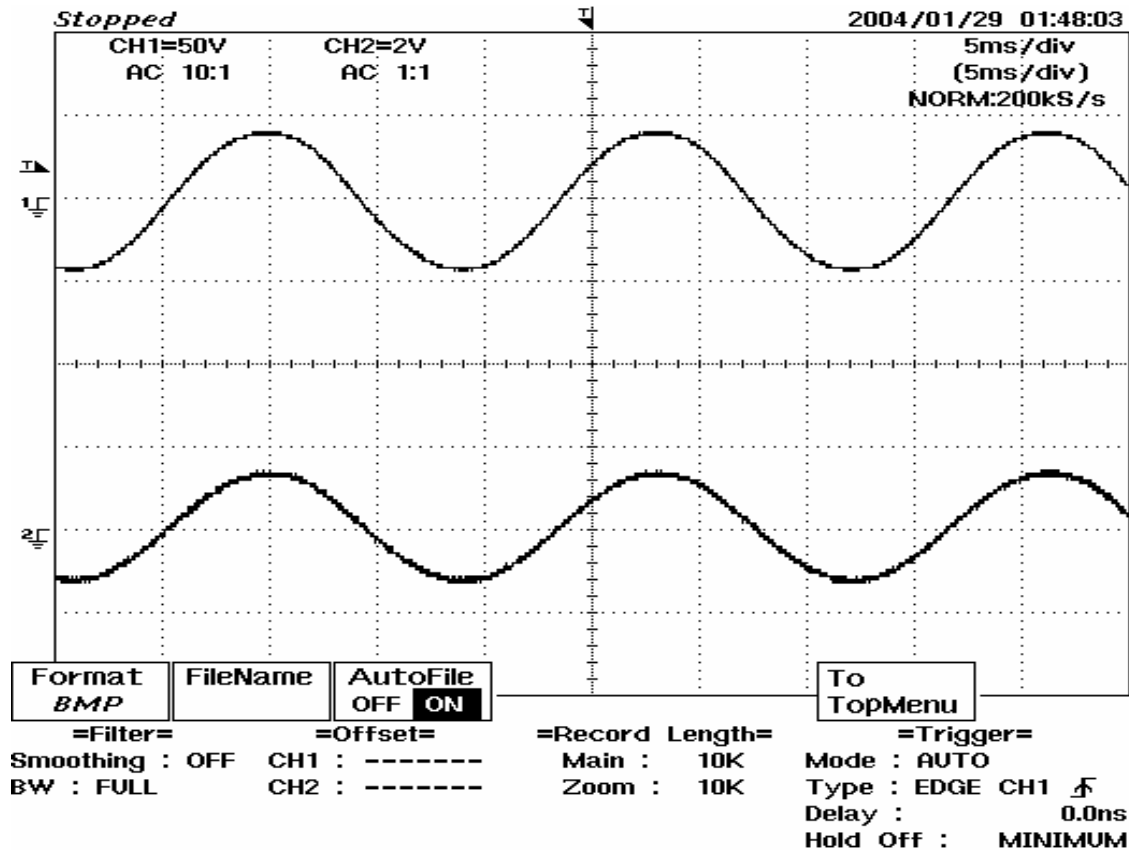
รูปสัญญาณที่ระดับแรงดัน Vdc 30 V (โดย CH1:สัญญาณขา Gate CH2:  
Output) กระแส 0.2A



จากรูป จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่วัดได้จาก output ที่แรงดัน Vdc 30 V มีลักษณะเป็นรูป sine ที่สวย

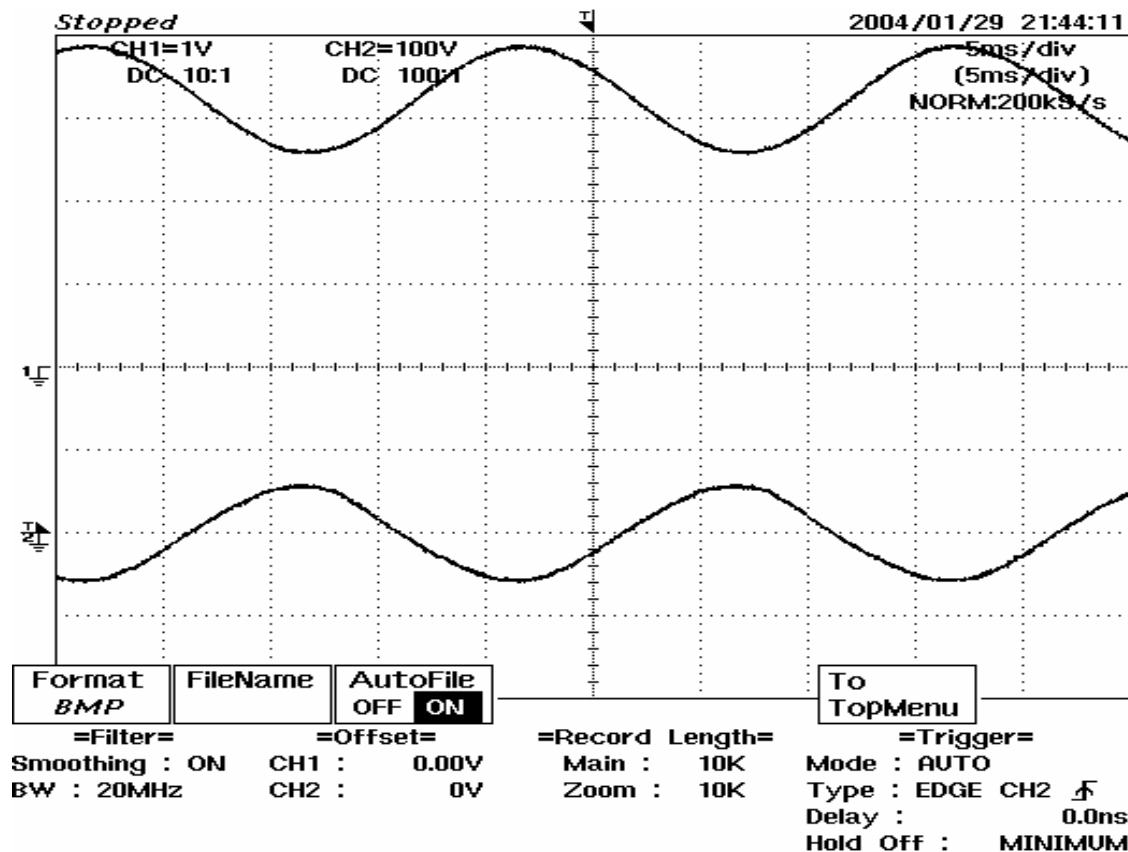
รูปสัญญาณที่ระดับแรงดัน Vdc 60 V (โดย CH1:Output CH2: สัญญาณขา Gate )

กระแส 0.4A



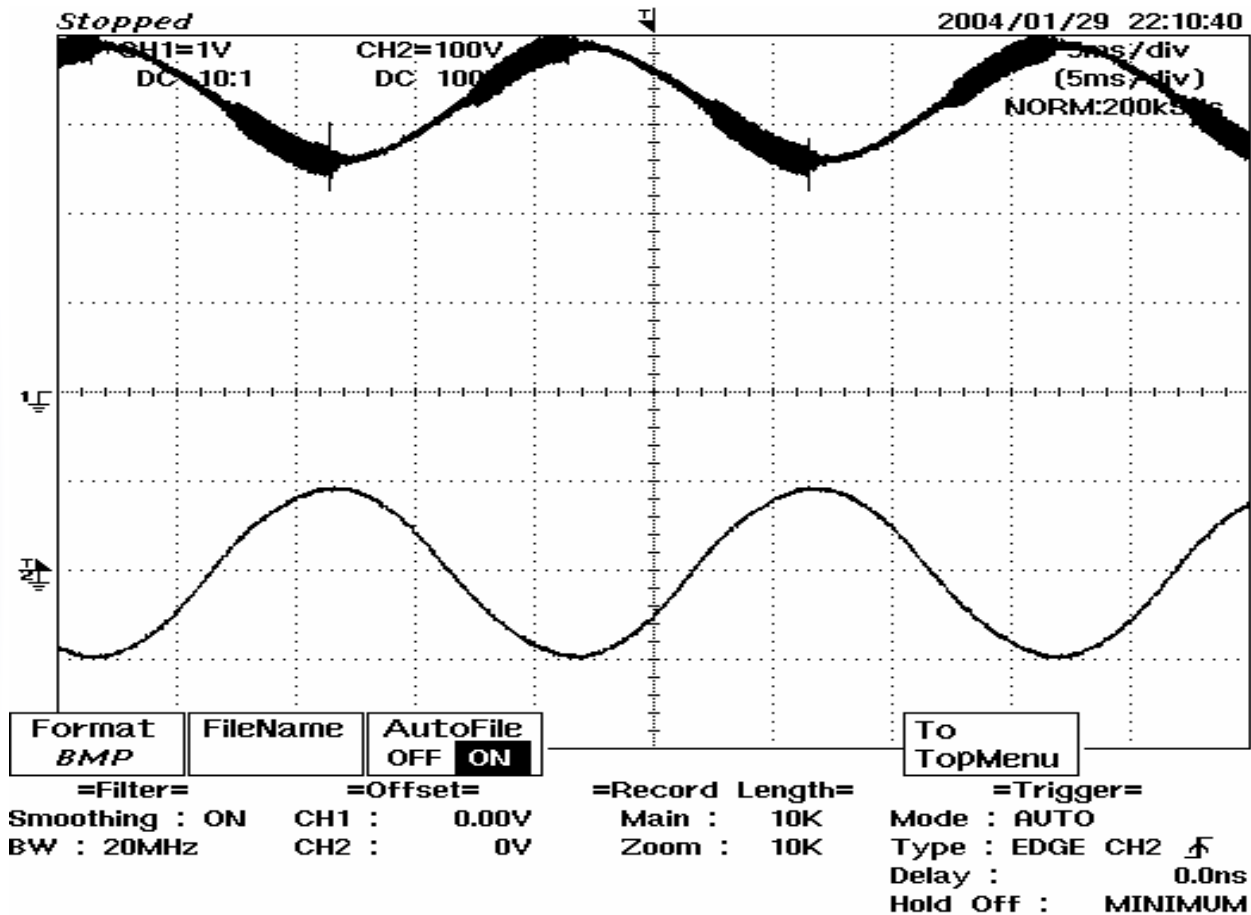
จากรูป จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่วัดได้จาก output ของวงจร main circuit ที่ระดับแรงดัน Vdc 60 V มีลักษณะเป็นรูป sine ที่สวย

รูปสัญญาณที่ระดับแรงดัน Vdc120 V (โดย CH1:สัญญาณขา Gate CH2:  
Output ) กระแส 0.7 A



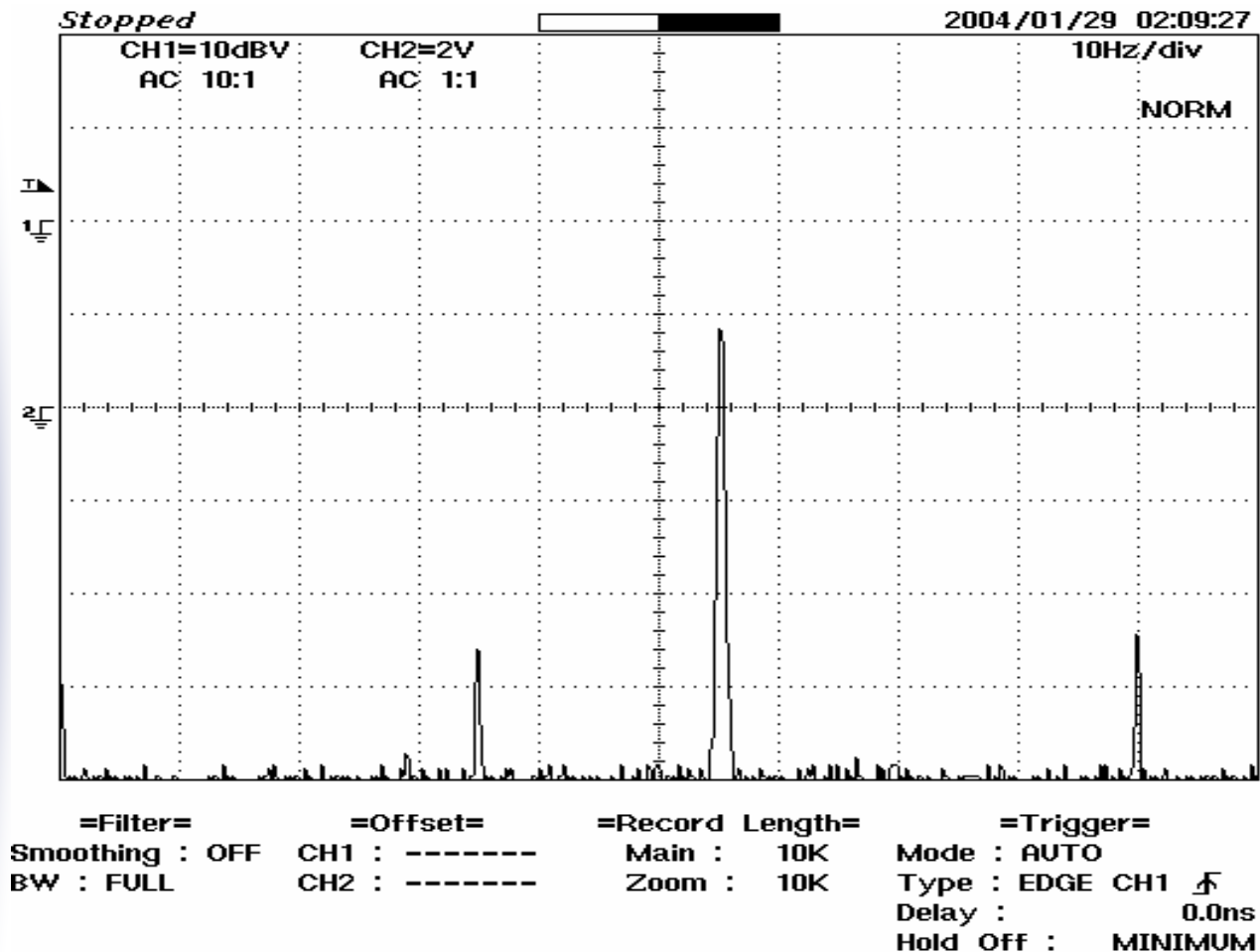
จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่วัดได้จาก output ของวงจร main circuit ที่ระดับแรงดัน Vdc 120V มีลักษณะเป็นรูป sine แต่มีความเพี้ยนเล็กน้อย

รูปสัญญาณที่ระดับแรงดัน Vdc160 V(โดย CH1:สัญญาณขา Gate CH2: Output )  
กระแส 1.3 A

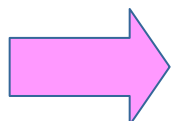


จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่วัดจาก output ของวงจร main circuit ที่ระดับแรงดัน Vdc 160V มีลักษณะเป็นรูป sine แต่ยังมีคามเพี้ยนเล็กน้อย

รูปแสดงสเปกตรัมของสัญญาณ ที่Output เมื่อป้อนแรงดัน Vdc 60 V เพื่อดูฮาร์โมนิก



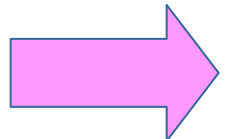
จะเห็นว่าที่ระดับแรงดัน Vdc 60 V สัญญาณ output ของวงจร main circuit ยังมี harmonic อยู่บ้าง





## สรุปผลการทดลอง

1. สัญญาณเอาต์พุตที่ได้นั้นมีลักษณะที่เป็นรูป sinusoidal แต่ยังมี  
ความเพี้ยนเล็กน้อยที่ระดับแรงดันสูง ๆ
2. ประสิทธิภาพของวงจรขยายคลาส AB แบบ Push-pull นั้นสูง  
เนื่องจากสัญญาณเอาต์พุตมีขนาดใกล้เคียงกับแรงดันอินพุต  
( $V_{cc}$ )





# ปัญหาและข้อเสนอนะ

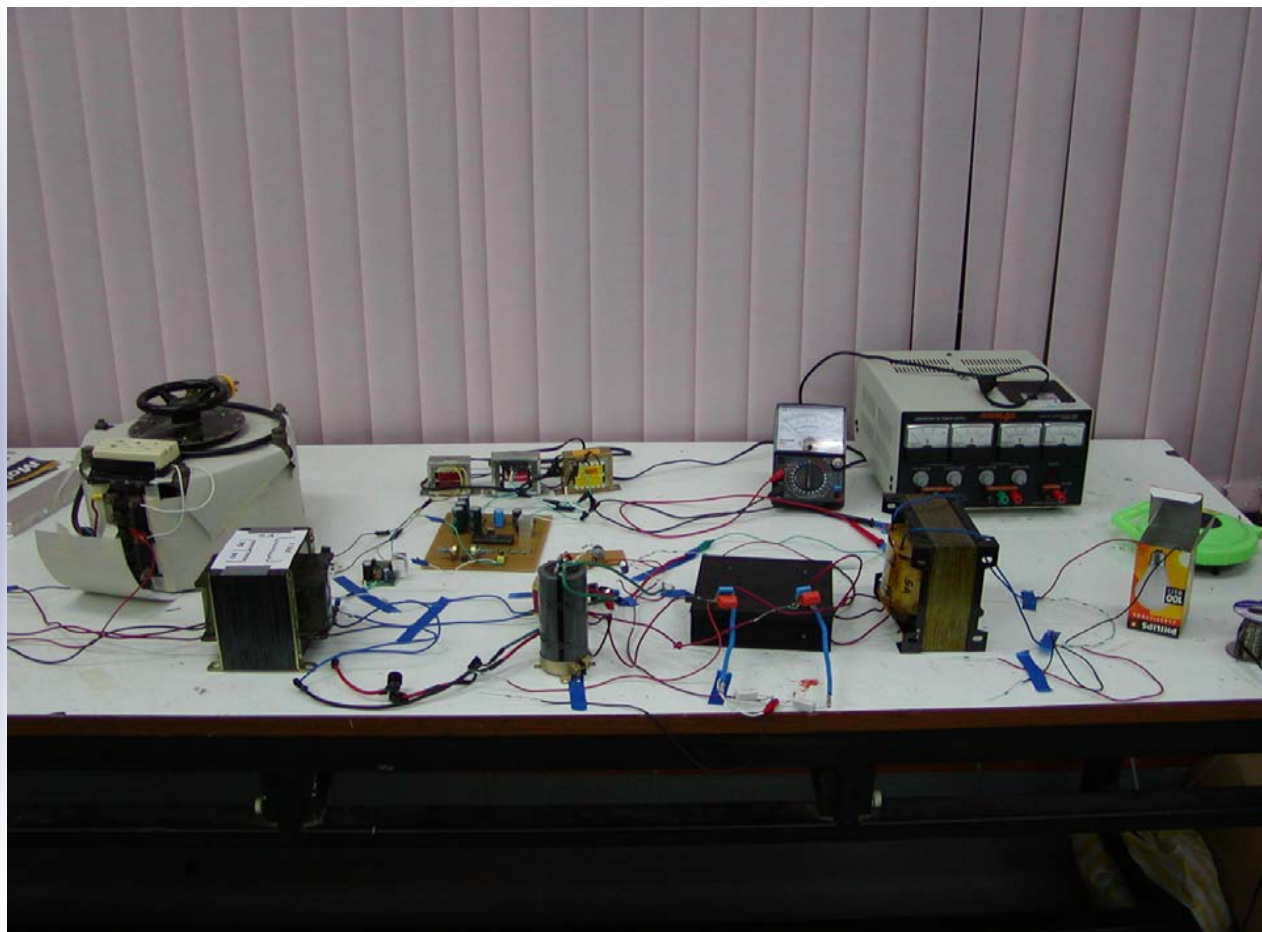
## ปัญหา

1. การ Oscillate ของสัญญาณอินพุต กับสัญญาณเอาต์พุต
2. เมื่อปรับ voltage off-set สูงจะทำให้กระแสที่ไหลมีค่าสูงทำให้ MOSFET เสียหาย
3. แรงดันที่ใช้ป้อนให้กับวงจร main (push-pull) นั้นยังมีค่าที่ต่ำอยู่คือ 160 V

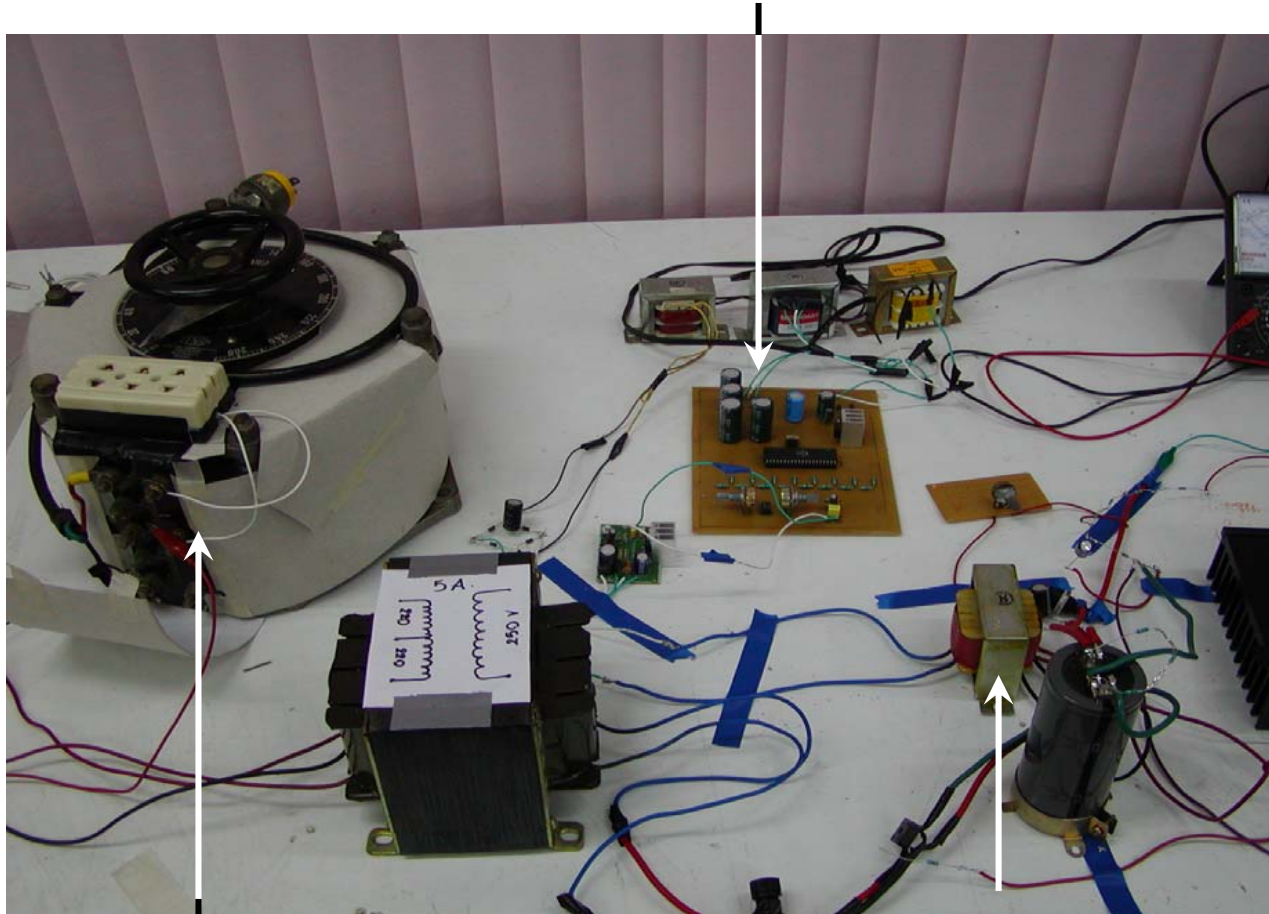
## ข้อเสนอแนะ

1. การ Oscillate นั้นสามารถแก้ไขได้โดยการนำตัว Capacitor ขนาด 0.745 uF มาต่อคร่อมระหว่างขา Gate และขา Source ของ MOSFET ทั้ง 2 ตัว
2. การปรับ Voltage-bias แก่ MOSFET ต้องค่อยๆปรับทีละน้อย เนื่องจากการเพิ่มระดับแรงดันที่สูงมากเกินไป จะทำให้เกิดการไหล กระแสที่สูงมากซึ่งอาจทำให้ MOSFET เสียหาย
3. การปรับ Voltage-Bias ต้องปรับให้ได้กระแสที่มีค่าต่ำๆก่อนและ จากนั้นค่อยๆไปปรับ Amplitude ของ อินพุตจนได้ สัญญาณเอาต์พุต ที่สมบูรณ์
4. สิ่งต้องทำการปรับปรุงให้ดีขึ้นจากครั้งนี้ คือจะต้องทำให้มีสัญญาณ ปรกวน และ harmonic ให้น้อยลงกว่านี้ และจะต้องปรับปรุงให้ สามารถเพิ่มขนาดของแรงดันให้มีค่าที่สูงขึ้นถึงระดับ 220 V

## รูปแสดงวงจรรวมทั้งหมดและอุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง



## วงจรสร้างสัญญาณ Sine wave

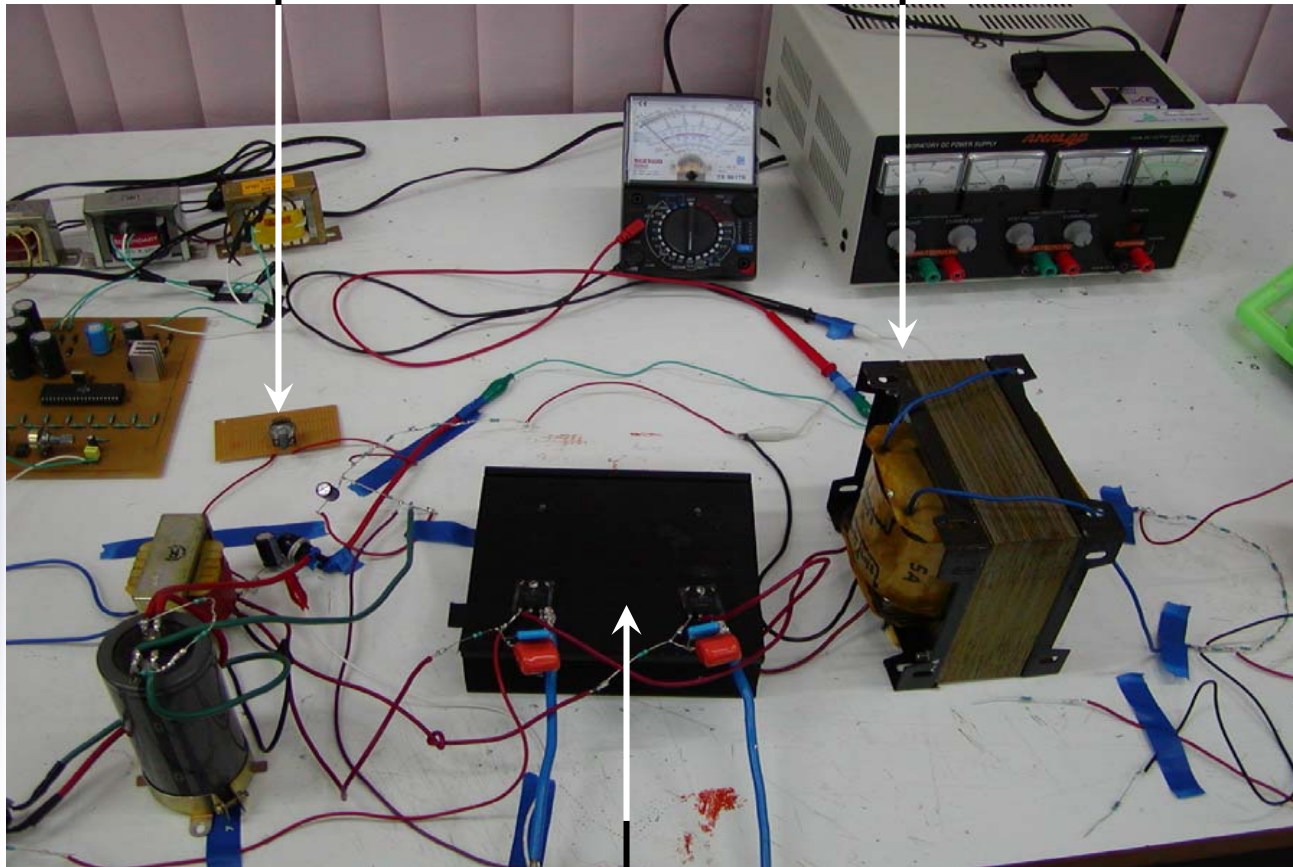


Variac ที่ใช้สำหรับป้อนแรงดัน Vdc ที่  
สูงกว่า 60 v

หม้อแปลง T1

R-volume ที่ใช้ในการ Bias  
แก MOSFET

หม้อแปลง T2



MOSFET ทั้ง 2 ตัว



# จบการนำเสนอ