# ระบบจุดระเบิดคู่แบบเรียงลำดับของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

# Dual Coil Sequence Ignition System


กิตติศักดิ์ กระพันเขียว

Kittisak Krapankhiew

จักรินทร์ จันทโชติ

Charkkarin Chanthachote


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

# ระบบจุดระเบิดคู่แบบเรียงลำดับของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

Dual Coil Sequence Ignition System

กิตติศักดิ์ กระพันเขียว

Kittisak Krapankhiew

จักรินทร์ จันทโชติ

Charkkarin Chanthachote

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ระบบจุดระเบิดคู่แบบเรียงลำดับของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

Dual Coil Sequence Ignition System


โดย

กิตติศักดิ์ กระพันเขียว

จักรินทร์ จันทโชติ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.จิรวัฒน์ ปานกลาง


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

**คณะ** วิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**เรื่อง** ระบบจุดระเบิดคู่แบบเรียงลำดับของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
Dual Coil Sequence Ignition System

ผู้จัดทำ นาย กิตติศักดิ์ กระพันเขียว รหัสประจำตัว 53010122

นาย จักรินทร์ จันทโชติ รหัสประจำตัว 53010192

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(รศ.จิรวัฒน์ ปานกลาง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อปริญญานิพนธ์** | ระบบจุดระเบิดคู่แบบเรียงลำดับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน |
| **นักศึกษา** | นาย กิตติศักดิ์ กระพันเขียว รหัสประจำตัว 53010122 |
| | นาย จักรินทร์ จันทโชติ รหัสประจำตัว 53010192 |
| **ปริญญา** | วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ |
| **ปีการศึกษา** | 2556 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์** | รศ.จิรวัฒน์ ปานกลาง |


## บทคัดย่อ

การทำปริญญานิพนธ์เรื่องระบบจุดระเบิดหัวเทียนโดยใช้คอยล์คู่เป็นการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานในการสร้างสัญญาณพัลส์ ซึ่งสามารถกำหนดเวลาของสัญญาณในการจุดระเบิดได้ โดยจะจุด2ครั้งติดต่อกันในช่วงเวลาของ$T_{on}$โดยทั้งสองคอยล์จะทำงานที่แรงดันมีค่าเป็นบวกเหมือนกันและจำนวนครั้งทั้งหมดที่จุดระเบิดของแต่ละคอยล์จะต้องอยู่ในช่วงเวลาที่ใช้ในการจุดระเบิด การจุดระเบิดที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์หรือเผาไหม้ไม่หมดทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงและเกิดมลภาวะการใช้คอลย์คู่จะทำให้จำนวนครั้งและประกายไฟในการจุดระเบิดมากขึ้นดังนั้นการเผาไหม้ก็จะสมบูรณ์ยิ่งขึ้นจึงช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | Dual Coil Sequence Ignition System |
| **Student** | Mr. KittisakKrapankhiew Student ID 53010122 |
| | Mr. CharkkarinChanthachotet Student ID 53010192 |
| **Degree** | Bachelor of Engineering |
| **Program** | Electronics Engineering |
| **Year** | 2013 |
| **Thesis Advisor** | Ass.Prof.JirawathParnklang |


## ABSTRACT

Dual Coil Sequence Ignition System used microcontroller to control the ignition. It ignites 2 times consecutivelyin one period. Both coils are operated at the same voltage with positive values and the total number of ignition on each coil must be during the ignition. Ignition that incomplete combustion or do not burn out make the fuel energy consumption and pollution. Using dual coil will increase the number of times and sparks in the ignition, so it will burn more completely, considerably reducing global warming and vehicles fuel power at a certain level.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวงจรจุดระเบิดด้วยหัวเทียนโดยใช้คอยล์คู่ จะไม่สามารถทำสำเร็จได้ถ้าไม่ได้อาจารย์ภายในภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ช่วยเหลือ และที่สำคัญคือ รศ.จิรวัฒน์ ปานกลาง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความรู้และให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาการทำโครงงานมาโดยตลอด ขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่คอยช่วยเหลือกันช่วยกันหาวิธีแก้ไขปัญหาเวลาเจอปัญหาต่างๆ สุดท้ายนี้ต้องขอบคุณบิดาและมารดาที่ให้เงินสนับสนุนการทำโครงงานชิ้นนี้ จนทำให้เครื่องนี้สำเร็จในที่สุด

กิตติศักดิ์ กระพันเขียว

จักรินทร์ จันทโชติ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญรูป..... IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 แนวคิดพื้นฐาน.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....1

1.3 สมมุติฐานของโปรเจค.....1

1.4 องค์ประกอบของโครงงานการวิจัย.....1

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....3

2.1 พื้นฐานเกี่ยวกับแก๊สโซลีน.....3

2.2 หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ.....4

2.2.1 ไดอะแกรมจังหวะการทำงานของลิ้น.....5

2.3 ระบบจุดระเบิด.....6

2.4 ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา.....6

2.4.1 แบตเตอรี่.....7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4.2 สวิตช์ไฟจุดระเบิด.....7

2.4.3 จานจ่าย.....8

2.4.3.1คอนเดนเซอร์.....9

2.4.4 คอยล์จุดระเบิด.....9

2.4.4.1 คอยล์จุดระเบิดแบบมีความต้านทานภายนอก.....10

2.4.5 สายไฟแรงสูง.....11

2.4.6 หัวเทียน.....12

2.4.7 การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา.....13

2.5 การจุดระเบิดล่วงหน้า.....14

2.6 มุมดเวลล์.....16

2.7 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์.....17

2.7.1ระบบจุดระเบิดแบบจานจ่ายไฟกับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้า แบบกลไกและแบบสุญญากาศ.....18

2.7.2 ระบบจุดระเบิดแบบจานจ่ายไฟกับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์.....20

2.7.3 ระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟกับคอยล์จุดระเบิดหลายตัว.....21

2.7.4 ระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟกับการจุดระเบิดโดยตรง.....25

2.7.4.1 ระบบจุดระเบิดโดยตรงแบบคอยล์หลายตัว.....25

บทที่ 3ข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบ.....29

3.1 ส่วนของวงจรการสร้างสัญญาณ Pulse.....29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า


3.1.1. วงจรโมโนสเตเบิล (MonostableMultivibator).....30

3.1.2. วงจรอะสเตเบิล(AstableMultivibrator).....31

3.2 ส่วนส่วนของวงจรปรับค่าแรงดัน.....33

3.3 ส่วนของการประมวลผล (CPU).....33

3.3.1 ไมโครคอนโทลเลอร์ (Microcontroller).....33

3.4 ส่วนของคอยล์จุดระเบิด (Ignition Coil).....39

บทที่ 4 หลักการออกแบบของวงจรจุดระเบิด.....40

4.1 สัญญาณที่ต้องการ.....40

4.2 หลักการในการออกแบบระบบจุดระเบิด.....41

4.2.1 ส่วนของการสร้างสัญญาณพัลส์ (Pulse Generator).....41

4.2.2 ส่วนของการประมวลผล Microcontroller.....42

4.2.3 ส่วนของส่งสัญญาณ Pulse.....42

4.2.4 ส่วนของคอยล์จุดระเบิด (Ignition Coil).....42

4.2.5 ส่วนของหัวเทียน.....42

4.3 การออกแบบ Schematic ในโปรแกรม Altium.....43

บทที่ 5การทดลองและผลการทดลอง.....44

5.1 จุดประสงค์.....44

5.2 วิธีการทดลอง.....44

5.3 การทดลอง.....44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง.....57

6.1 การทดลองการแสดงผลทางด้าน Output ของ PIC.....57

6.2 การทดลองการสปาร์คของหัวเทียน.....57

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


รูปที่ หน้า

2.1 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ....4

2.2ไดอะแกรมแสดงจังหวะการทำงานของลิ้นสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ....5

2.3 ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาที่ใช้คอยล์จุดระเบิดแบบมีความต้านทานภายนอก....7

2.4 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของทองขาว....8

2.5 แสดงโครงสร้างของคอนเดนเซอร์....9

2.6แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของคอยล์จุดระเบิด....10

2.7 เปรียบเทียบสายไฟแรงสูงที่ใช้กันในปัจจุบันกับในอดีต....11

2.8 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของหัวเทียน....12

2.9 แสดงการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาขณะหน้าทองขาวปิด....13

2.10 แสดงการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาขณะหน้าทองขาวเปิด....13

2.11 แสดงผลจากการใช้อุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าทั้งสองแบบ....15

2.12 แสดงมุมดเวลล์ของหน้าทองขาว....16

2.13 แสดงความสัมพันธ์ของการจัดตั้งความห่างระหว่างหน้าทองขาวกับมุมดเวลล์....16

2.14 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์....18

2.15 แสดงจานจ่ายไฟของระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ขดลวดกำเนิดสัญญาและ อุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกสำหรับเครื่องยนต์ 4 สูบ....19

2.16 แสดงส่วนประกอบในระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้จานจ่ายไฟที่ใช้ขดลวด กำเนิดสัญญาณกับมอดูลควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์....19


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.17 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อุปกรณ์การจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์.....20

2.18 ระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟ.....21

2.19 เครื่องยนต์แบบสูบวี 6 กับระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟ.....23

2.20 แผนผังของระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟสำหรับเครื่องยนต์แบบสูบวี 6 สูบ ซึ่งใช้คอยล์จุดระเบิด 3 ตัว จุดประกายที่หัวเทียน 6 หัว.....23

2.21 แสดงให้เห็นการทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียนพร้อมกันถึง 2 หัวของคอยล์จุดระเบิดเพียงตัวเดียวซึ่งวิธีนี้เรียกว่าวิธีประกายไฟสูญเปล่า.....24

2.22 แสดงสัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาราวลิ้นที่สัมพันธ์กับสัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยง.....25

2.23 ระบบจุดระเบิดโดยตรงซึ่งไม่ต้องใช้สายไฟหัวเทียน.....25

2.24 มอดูลจุดระเบิดและคอยล์จุดระเบิด 2 ตัวติดตั้งอยู่ภายในตัวเรือนภายใต้ฝาครอบของเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบจุดระเบิดโดยตรง.....26

2.25 ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุ.....27

2.26 ระบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุ.....28

3.1 วงจรด้านในของ LM555.....29

3.2 หน้าที่การทำงานแต่ละขาของ LM555.....29

3.3 วงจร MonostableMultivibrator.....30

3.4วงจร AstableMultivibrator.....31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป(ต่อ)


รูปที่ หน้า

3.5 วงจรปรับค่าแรงดันโดยใช้ LM2575-5.....33

3.6แสดงตำแหน่งขา (PIN Diagram) ของตัวถัง.....36

3.7แสดงลักษณะ โครงสร้างภายในของตัว Microcontroller PIC 16F877.....37

3.8 แสดงการจัดสรรค์พื้นที่ของหน่วยความจำ.....38

3.9แสดง Coil On Plug.....39

4.1 Timing Diagram ของการออกแบบ.....40

4.3 IC555.....40

4.2 Block Diagram.....41

4.3 Schematic ของวงจร Microcontroller.....43

5.1 ใช้ f = 10 Hz วัดโดยใช้เครื่อง Oscilloscope.....45

5.2 ใช้ Ton = 1 ms.....45

5.3 ใช้ Ton = 2 msและ Ton = 3 msตามลำดับ.....46

5.4 ใช้ Ton = 4msและ Ton = 5msตามลำดับ.....46

5.5ใช้ f = 20 Hz วัดโดยใช้เครื่อง Oscilloscope.....47

5.6 ใช้ Ton = 1ms.....47

5.7 ใช้ Ton = 2 msและ Ton = 3 msตามลำดับ.....48

5.8 ใช้ Ton = 4msและ Ton = 5msตามลำดับ.....48

5.9ใช้ f = 30 Hz วัดโดยใช้เครื่อง Oscilloscope.....49

5.10 ใช้ Ton = 1 ms.....49


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.11 ใช้ Ton = 2 ms และ Ton = 3 ms ตามลำดับ....50

5.12 ใช้ Ton = 4 ms และ Ton = 5 ms ตามลำดับ....50

5.13ใช้ f = 40 Hz วัดโดยใช้เครื่อง Oscilloscope....51

5.14 ใช้ Ton = 1 ms....51

5.15 ใช้ Ton = 2 ms และ Ton = 3 ms ตามลำดับ....52

5.16 ใช้ Ton = 4 ms และ Ton = 5 ms ตามลำดับ....52

5.17ใช้ f = 50 Hz วัดโดยใช้เครื่อง Oscilloscope....53

5.18 ใช้ Ton = 1 ms....53

5.19 ใช้ Ton = 2 msและ Ton = 3 msตามลำดับ....54

5.20 ใช้ Ton = 4 ms และ Ton = 5 ms ตามลำดับ....54

5.21ใช้ f = 60 Hz วัดโดยใช้เครื่อง Oscilloscope....55

5.22 ใช้ Ton = 1 ms....55

5.23 ใช้ Ton = 2 ms และ Ton = 3 ms ตามลำดับ....56

5.24 ใช้ Ton = 4 ms และ Ton = 5 ms ตามลำดับ....56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 แนวคิดพื้นฐาน

ภาวะโลกร้อนและเชื้อเพลิงพลังงานเป็นปัญหาที่ทุกคนหันมาตระหนักกันมากขึ้นในปัจจุบัน โดยเฉพาะผู้ใช้ยวดยานพาหนะเป็นส่วนหนึ่งที่สร้างปัญหามลพิษรวมทั้งได้รับผลกระทบจากราคาเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น ดังนั้นหากเราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้สองหัวเทียน ก็จะเป็นการช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ในระดับหนึ่ง เราจึงคิดที่จะทดลองเพื่อปรับปรุงการจุดระเบิดให้ดีมากยิ่งขึ้นโดยจากการจำลองสัญญาณในการจุดระเบิดที่ต้องการขึ้นมา

การที่ระบบเครื่องยนต์จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นประกอบไปด้วยปัจจัยหลายอย่าง หนึ่งในปัจจัยที่สำคัญก็คือระบบการจุดระเบิดและการสันดาป ซึ่งหากเราสามารถปรับปรุงระบบการจุดระเบิด โดยเพิ่มจำนวนครั้งของการจุดระเบิดของหัวเทียนต่อหนึ่งรอบการทำงานของเครื่องยนต์แล้ว และคาดว่าจะเป็นการช่วยให้เครื่องยนต์มีการสันดาปที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นการช่วยลดมลพิษรวมทั้งเป็นการใช้เชื้อเพลิงได้อย่างเต็มประสิทธิภาพอีกด้วย

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ในการทดลองเป็นการจำลองการสร้างสัญญาณพัลส์ขึ้นมาเพื่อที่จะใช้เป็นสัญญาณของรอบเครื่องยนต์และสามารถกำหนดค่าเวลาในการจุดได้ ซึ่งจะสามารถทดลองในรอบเครื่องยนต์และช่วงเวลาต่างๆได้

## 1.3 สมมุติฐานของโปรเจค

ทำให้การจุดระเบิดที่ออกมานั้น มีประสิทธิภาพดีขึ้น

## 1.4 องค์ประกอบของโครงงานการวิจัย

**โครงงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 3 ส่วนที่สำคัญคือ**

1. ส่วนการจำลองสัญญาณ คือส่วนที่ทำการจำลองสัญญาณการจุดระเบิดจากลูกสูบเครื่องยนต์ โดยสัญญาณจะเป็นพัลส์ที่ความกว้างถูกกำหนดจากรอบของเครื่องยนต์

2. ส่วนการประมวลผล คือส่วนที่รับสัญญาณจากส่วนจำลองสัญญาณและกำหนดครั้งของการจุดระเบิดจากนั้นทำการประมวลผลและสร้างสัญญาณออกเป็นพัลส์ตามจำนวนครั้งที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนการจุดระเบิด คือส่วนที่รับสัญญาณจากส่วนประมวลผลเพื่อไปขับคอยล์จุดระเบิดให้เกิดการจุดประกายที่หัวเทียน

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบการจุดระเบิดหัวเทียนเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทำให้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้นได้จริง เป็นการช่วยลดมลพิษและใช้เชื้อเพลิงได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2

# หลักการและทฤษฎีเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

## 2.1 พื้นฐานเกี่ยวกับแก๊สโซลีน

ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศที่ถูกอัดให้มีปริมาตรเล็กลงในกระบอกสูบแล้วเกิดการระเบิดลุกไหม้ ภายในกระบอกสูบและผลิตพลังงานกลออกมาได้ก็อาศัยระบบจุดระเบิด ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายพลังงานทางไฟฟ้าให้เกิดประกายไฟภายในกระบอกสูบ ประกายไฟที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบมีค่า 18,000 ถึง 25,000 โวลต์ทำให้ไอดีเกิดการลุกไหม้อย่างรวดเร็วได้ หน้าที่ของระบบจุดระเบิดก็คือการจ่ายประกายไฟเพื่อจุดระเบิดไอดีภายในกระบอกสูบตามจังหวะการจุดระเบิดที่เหมาะสมของเครื่องยนต์

มีองค์ประกอบอยู่ 3 อย่างที่จะทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างสมบูรณ์เต็มประสิทธิภาพคือ กำลังอัดของเครื่องยนต์สูง, จังหวะการจุดระเบิดเหมาะสมและประกายไฟแรง, อัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศถูกต้อง

การทำงานของระบบจุดระเบิดที่ดีจะต้องมี

1. ประกายไฟแรง (strong spark) เมื่อไอดีถูกอัดให้มีปริมาณเล็กลงในกระบอกสูบมันจะทำให้ประกายไฟกระโดดข้ามช่องว่างในอากาศได้ยาก ซึ่งผลอันนี้ทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจะต้องสูงพอที่จะทำให้สามารถจุดประกายไฟระหว่างเขี้ยวหัวเทียนได้

2. จังหวะการจุดระเบิดที่เหมาะสม (proper ignition timing) การที่จะให้เผาไหม้ไอดีสมบูรณ์จึงต้องมีระยะเวลาในการจุดระเบิดที่เหมาะสมกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์และภาระของเครื่องยนต์

3. มีความทนทาน (sufficient durability) ถ้าระบบจุดระเบิดทำงานผิดพลาดเครื่องยนต์จะไม่ติดระบบจุดระเบิดจึงต้องมีความทนทานต่อการสั่นสะเทือนและความร้อนจากเครื่องยนต์ ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงและมมีอายุการใช้งานยาวนาน

ระบบจุดระเบิดจะประกอบด้วยแบตเตอรี่ สวิตส์จุดระเบิด คอยล์จุดระเบิด หน้าทองขาว คอนเดนเซอร์ จานจ่ายสายไฟแรงสูง และหัวเทียน โดยในระบบจุดระเบิดยังแบ่งออกเป็น 2 วงจรคือ

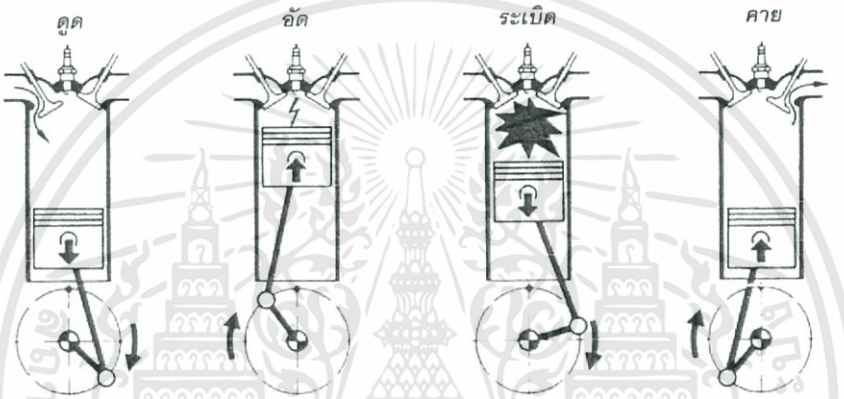
1. วงจรไฟฟ้า (low-tension circuit) จะเริ่มต้นที่แบตเตอรี่จ่ายแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ผ่านสวิตซ์จุดระเบิดไปยังคอยล์จุดระเบิดด้านขดลวดปฐมภูมิ ไปหน้าทองขาวในจานจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรไฟแรงสูง (high-tension circuit) จะเริ่มจากขดลวดทุติยภูมิของคอยล์จุดระเบิดไปฝาครอบจานจ่าย หัวโรเตอร์ สายไฟแรงสูง และหัวเทียน

## 2.2 หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

เครื่องยนต์ 4 จังหวะจะมีลักษณะในการทำงานดังต่อไปนี้คือใน 1 รอบหรือ 1 วัฏจักรของการทำงานลูกสูบจะต้องเคลื่อนที่ขึ้น-ลง 4 ครั้งคือเคลื่อนที่ขึ้น 2 ครั้งเคลื่อนที่ลง 2 ครั้งหรือกล่าวได้ว่าเพลาข้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบจะได้งาน 1 ครั้งจังหวะการทำงานจะหมุนเวียนกันอยู่เช่นนี้ตลอดไปจนกว่าเครื่องยนต์จะหยุดทำงาน เครื่องยนต์โซลีน 4 จังหวะดังรูปที่ 2.1 จะมีจังหวะในการทำงานดังต่อไปนี้




**รูปที่** 2.1 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

จังหวะที่ 1 จังหวะดูด (intake stroke) ลูกสูบจะเคลื่อนที่จากศูนย์ตายบน (TDC) ลงสู่ศูนย์ตายล่าง (BDC) ลิ้นไอดีเปิดส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงจะถูกดูดเข้ามาบรรจุอยู่ภายในกระบอกสูบโดยผ่านทางลิ้นไอดีจังหวะนี้จะมีติดต่อกันไปเรื่อยๆจนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนที่ลงถึงศูนย์ตายล่างจึงจะหมดจังหวะดูดขณะนี้ส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงจะถูกดูดเข้ามาบรรจุอยู่เต็มภายในกระบอกสูบ

จังหวะที่ 2 จังหวะอัด (compression stroke) จังหวะนี้จะต่อเนื่องมาจากจังหวะดูดคือเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงถึงศูนย์ตายล่างแล้วจะเริ่มเคลื่อนที่ขึ้นสู่ศูนย์ตายบนขณะนี้ทั้งลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะปิดสนิทส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงภายในกระบอกสูบจะถูกอัดตัวขึ้นไปเรื่อยๆตามการเคลื่อนตัวของลูกสูบจังหวะนี้จะสิ้นสุดลงก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นถึงศูนย์ตายบนเพียงเล็กน้อย

จังหวะที่ 3 จังหวะระเบิด (expansion stroke) จังหวะนี้บางทีเรียกว่าจังหวะกำลัง (power stroke) จังหวะนี้จะเกิดขึ้นในตอนปลายจังหวะอัดโดยส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงจะถูกจุดด้วยประกายไฟจากหัวเทียนจึงทำให้เกิดการเผาไหม้และการระเบิดอย่างรุนแรงผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงเราจะได้งานกำลังจังหวะนี้

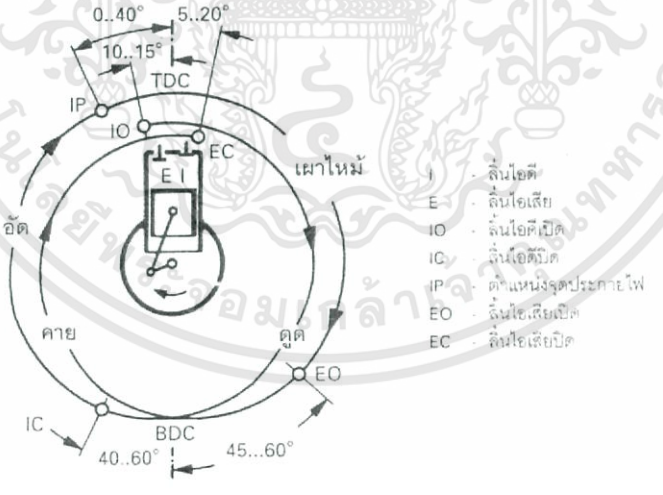
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวะที่ 4 จังหวะคาย (exhaust stroke) หลังจากถูกสูบเคลื่อนที่ลงอันเนื่องมาจากแรงระเบิดจนถึงศูนย์ตายล่างแล้วลิ้นไอเสียจะเปิดปล่อยให้ไอเสียอันเกิดจากการเผาไหม้ออกไปจากกระบอกสูบ และจะยังคงเปิดอยู่จนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นซึ่งการเคลื่อนที่ขึ้นของลูกสูบในจังหวะนี้จะเป็นการช่วยในการขับไล่ไอเสียออกอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นจึงเวียนเข้าหาจังหวะดูดอีกและจะเป็นเช่นนี้ตลอดเวลาที่เครื่องยนต์ทำงาน

ตามที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้อย่างชัดเจนแล้วว่าเครื่องยนต์จะทำงานด้วยจังหวะดูด-อัด-ระเบิด-คายหมุนเวียนกันอยู่เช่นนี้ตลอดไป

### 2.2.1 ไดอะแกรมจังหวะการทำงานของลิ้น

ไดอะแกรมจังหวะการทำงานของลิ้นไม่ว่าจะเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนหรือเครื่องยนต์ดีเซลก็ตาม จะเป็นเครื่องแสดงถึงตำแหน่งหรือองศาในการเปิด-ปิดของลิ้นที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของลูกสูบของเครื่องยนต์ซึ่งจะแตกต่างกันออกไปตามการออกแบบเครื่องยนต์ที่ไม่เหมือนกัน แต่อย่างไรก็ตามวัตถุประสงค์หลักที่สำคัญก็คือต้องการให้การบรรจุไอดีเข้าสู่กระบอกสูบการจัดเวลาในการจุดเชื้อระเบิด หรือการฉีดเชื้อเพลิงและการขับไล่ไอเสียให้ออกไปจากกระบอกสูบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะในการทำงานสูงสุดตามต้องการไดอะแกรมจังหวะการทำงานของลิ้นสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะได้ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 2.2




**รูปที่** 2.2 ไดอะแกรมแสดงจังหวะการทำงานของลิ้นสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

จากการศึกษาไดอะแกรมพบว่าจังหวะการทำงานของลิ้นในทางปฏิบัติจะมีความแตกต่างไปจากทางทฤษฎีมากเช่นในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะจะพบว่าทั้งลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะเปิดก่อนและปิดหลังตำแหน่งการเปิด-ปิดของลิ้นในทางทฤษฎีทั้งนี้ก็เนื่องมาจากเหตุผลหลายประการเช่นความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล่าช้าในการเคลื่อนตัวของลิ้นและกลไกประกอบลิ้นรูปร่างของลูกเบี้ยวความเร็วของเครื่องยนต์และความเฉื่อยของแก๊สไอดีเป็นต้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดจังหวะการทำงานของลิ้นในทางปฏิบัติให้แตกต่างกันออกไปเพื่อช่วยบรรเทาปัญหาดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

## 2.3 ระบบจุดระเบิด

ระบบจุดระเบิดเครื่องยนต์เป็นระบบที่ทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียนเพื่อจุดเชื้อระเบิดภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ทำให้เกิดกำลังงานดังนั้นเพื่อที่จะบรรลุหน้าที่ดังกล่าวนี้ได้อย่างสมบูรณ์ระบบจุดระเบิดจะต้องทำหน้าที่ดังต่อไปนี้คือ

1. เพิ่มแรงดันไฟจาก 6 หรือ 12 โวลต์ให้เป็นไฟแรงสูงประมาณ 15,000 ถึง 40,000 โวลต์หรือสูงกว่า

2. จัดเวลาในการจุดระเบิดด้วยการจัดส่งไฟแรงสูงไปให้กับหัวเทียนในเวลาอันถูกต้องระบบจุดระเบิดที่นิยมใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยทั่วไปจำแนกออกได้เป็น 2 แบบคือ

1. ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา

2. ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์

## 2.4 ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา

ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาดังรูปที่ 2.3 เป็นระบบจุดระเบิดที่ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟที่จะจัดส่งไฟแรงต่ำ 6 หรือ 12 โวลต์ให้กับวงจรขดลวดปฐมภูมิของระบบเพื่อทำให้เกิดไฟแรงสูงประมาณ 15,000 ถึง 25,000 โวลต์ส่งไปยังหัวเทียนเพื่อจุดเชื้อระเบิดภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ให้เกิดการเผาไหม้ต่อไป

ส่วนประกอบขั้นพื้นฐานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาประกอบด้วย

1. แบตเตอรี่

2. สวิตช์ไฟจุดระเบิด

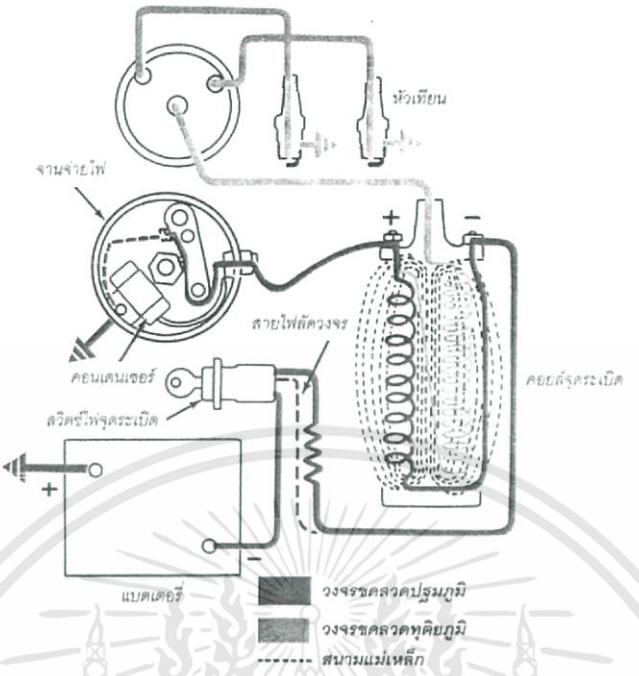
3. จานจ่าย

4. คอยล์จุดระเบิต

5. สายไฟแรงสูง

6. หัวเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่** 2.3 ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาที่ใช้คอยล์จุดระเบิดแบบมีความต้านทานภายนอก

### 2.4.1 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามาเก็บไว้ในรูปของพลังงานเคมีเมื่อเราต่อสายออกใช้งานเมื่อใดพลังงานเคมีก็จะแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้อีก แบตเตอรี่เป็นหัวใจของระบบไฟฟ้าเนื่องจากจะต้องจ่ายกระแสไฟให้กับระบบจุดระเบิดและมอเตอร์สตาร์ต (สำหรับระบบสตาร์ตติดเครื่องด้วยกระแสไฟฟ้า) เมื่อต้องการสตาร์ตติดเครื่องดังนั้นแบตเตอรี่จึงเป็นตัวยืนในวงจรไฟฟ้าเพื่อให้มีแรงเคลื่อนไว้ใช้ในวงจรอยู่เสมอ

### 2.4.2 สวิตช์ไฟจุดระเบิด

สวิตช์ไฟจุดระเบิดหรือที่นิยมเรียกกันโดยทั่วไปว่าสวิตช์สตาร์ตจะทำหน้าที่ตัดต่อระหว่างแบตเตอรี่กับวงจรขดลวดปฐมภูมิของระบบจุดระเบิด ดังนั้น ถ้าปิดสวิตช์จุดระเบิด ก็จะไม่มีกระแสไหลในวงจรปฐมภูมิเลย สวิตช์จุดระเบิดจึงต้องเปิดอยู่ตลอดเวลาในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน สวิตช์ไฟจุดระเบิดหรือสวิตช์สตาร์ตในปัจจุบันนอกจากจะทำหน้าที่ในการตัด-ต่อระหว่างแบตเตอรี่กับวงจรขดลวดปฐมภูมิของระบบจุดระเบิดและสตาร์ติดเครื่องแล้วสวิตช์ตัวนี้ยังทำหน้าที่ในการล็อกหรือปลดล็อกพวงมาลัยของรถเชื่อมต่อวงจรสัญญาณเตือนที่เป็นเสียงหรือสัญญาณไฟขณะที่จะสตาร์ตติดเครื่องเมื่อยังไม่ปิดประตูรถหรือเมื่อไม่คาดเข็มขัดนิรภัยในรถยนต์หลายยี่ห้อปั๊มเชื้อเพลิงแบบไฟฟ้าจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเข้ากับแบตเตอรี่โดยผ่านทางสวิตช์สตาร์ตอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆอาทิ วิทยุเทปวีซีดีฯลฯ ล้วนรับกำลังงานจากแบตเตอรี่ผ่านทางสวิตช์ไฟจุดระเบิดหรือสวิตช์สตาร์ตแทบทั้งสิ้น

### 2.4.3 จานจ่าย

ทองขาว ดังรูปที่ 2.4 จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ที่ใช้ในการตัด-ต่อวงจรไฟแรงต่ำ เพื่อให้เกิดไฟแรงสูงภายในคอยล์ ในทองขาว 1 ชุดจะประกอบด้วยทองขาว 2 ตัว คือ ตัวที่อยู่กับที่ (stationary point) กับตัวเคลื่อนที่ (moving point) โดยทั่วไปตัวเคลื่อนที่จะติดตั้งอยู่บนจุดหมุนซึ่งอยู่บนตัวที่อยู่กับที่ และที่แขนของทองขาวตัวนี้จะมีหมอนกันสึก ซึ่งทำจากไนลอน หรือเบเคไลท์ ติดอยู่เพื่อให้ลูกเบี้ยวมาดันให้หน้าทองขาวเปิดได้ตามต้องการ หน้าทองขาวทั้งสองตัวนี้จะต้องอยู่ในแนวเดียวกัน สำหรับวัสดุที่นิยมนำมาใช้ในการทำหน้าทองขาวส่วนใหญ่ได้แก่ ทังสเตน เนื่องจากสามารถทนต่อความร้อนได้สูง

**รูปที่ 2.4** แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของทองขาว

ช่องว่างระหว่างหน้าทองขาวนี้จะต้องได้รับการปรับตั้งอย่างถูกต้องตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเครื่องยนต์เนื่องจากช่องว่างดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาในการสร้างสนามแม่เหล็กของคอยล์และปรับจังหวะในการจุดระเบิดด้วยดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องจัดตั้งอย่างถูกต้องและเที่ยวตรงสำหรับการเปิด-ปิดของหน้าทองขาวในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 800 ถึง 4,500 ครั้งต่อนาทีหรือมากกว่าทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เป็นสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.3.1 คอนเดนเซอร์

คอนเดนเซอร์หรือบางทีเรียกว่าคาปาซิเตอร์จะทำหน้าที่ป้องกันการอาร์กที่หน้าของทองขาว นอกจากนี้ยังสามารถช่วยทำให้การเกิดไฟแรงสูงของคอยล์ดีขึ้นจากลักษณะการสร้างทำให้คอนเดนเซอร์สามารถใช้เป็นที่สำหรับเก็บกระแสไฟที่พยายามจะไหลผ่านหน้าทองขาวในขณะที่หน้าทองขาวเริ่มเปิดมาเก็บไว้เป็นการชั่วคราวจึงสามารถช่วยลดการอาร์กที่เป็นสาเหตุทำให้หน้าทองขาวไหม้ลงได้นอกจากนั้นการที่สามารถทำให้กระแสในวงจรขดลวดปฐมภูมิภายในคอยล์หยุดไหลอย่างรวดเร็วนั้นยังมีผลทำให้การเกิดไฟแรงสูงภายในคอยล์ดีขึ้นอีกด้วยทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพของการเกิดไฟแรงสูงส่วนหนึ่งจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการยุบตัวของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดปฐมภูมตัดกับขดลวดทุติยภูมินั่นเอง

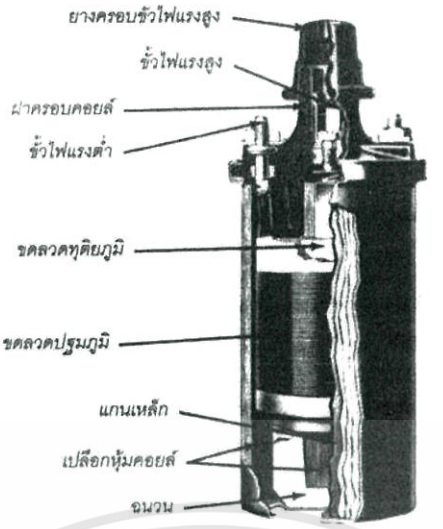
**รูปที่ 2.5** แสดงโครงสร้างของคอนเดนเซอร์

### 2.4.4 คอยล์จุดระเบิด

คอยล์จุดระเบิดจะทำหน้าที่แปลงไฟแรงต่ำให้เป็นไฟแรงสูงเพื่อจัดส่งให้กับหัวเทียน คอยล์จุดระเบิด ดังรูปที่ 2.6 จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนด้วยกัน คือ ขดลวดปฐมภูมิ, ขดลวดทุติยภูมิ และขั้วไฟแรงสูง

ขดลวดปฐมภูมิ จะประกอบด้วยลวดเส้นใหญ่ (ปกติจะใช้ลวดเกจ 18 พันประมาณ 200 รอบ) พันทับอยู่บนขดลวดทุติยภูมิ ขดลวดนี้จะอยู่ในวงจรไฟแรงต่ำ โดนที่ปลายด้านหนึ่งจะต่ออยู่กับขั้วบวก (+) ขณะที่ปลายอีกด้านหนึ่งจะต่ออยู่กับขั้วด้านลบ (-) สำหรับขดลวดทุติยภูมิจะประกอบด้วยลวดเส้นเล็กพันอยู่บนแกนเหล็กอ่อนของอาร์มาเจอร์หลายพันรอบ ขดลวดชุดนี้จะเป็นขดลวดที่อยู่ในวงจรไฟแรงสูงโดยที่ปลายด้านหนึ่งจะต่อเข้ากับขั้วไฟแรงสูง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะต่อร่วนกับปลายด้านหนึ่งของขดลวดปฐมภูมิทางขั้วบวก (+)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.6** แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของคอยล์จุดระเบิด

### 2.4.4.1 คอยล์จุดระเบิดแบบมีความต้านทานภายนอก

คอยล์จุดระเบิดแบบธรรมดา จะทำงานได้ดีเมื่อเครื่องยนต์เดินด้วยความเร็วเดินเบาหรือความเร็วต่ำ เนื่องจากระยะเวลาที่หน้าทองขาวสัมผัสกันนานพอที่จะทำให้กระแสไฟไหลเข้าสู่ขดลวดปฐมภูมิได้มาก จึงไม่มีปัญหาต่อการเกิดไฟแรงสูงในคอยล์ แต่เมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วสูงขึ้น ระยะเวลาที่หน้าทองขาวสัมผัสกันจะสั้นลง จึงเป็นผลทำให้กระแสไฟที่ไหลเข้าสู่ขดลวดปฐมภูมิมีปริมาณลดลง การเกิดไฟแรงสูงในคอยล์จึงลดตามลงไปด้วย จึงทำให้ประสิทธิภาพในการจุดระเบิดและประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องยนต์เดินด้วยความเร็วต่ำ ความเร็วปานกลางและความเร็วสูง จึงได้มีการออกแบบให้ขดลวดปฐมภูมิของคอยล์มีขนาดโตขึ้นและจำนวนรอบลดลง ซึ่งมีผลทำให้ความต้านทานในวงจรของขดลวดปฐมภูมิมีค่าลดลง และกระแสไฟจะไหลเข้าสู่ขดลวดได้มากขึ้นแม้ในขณะที่เครื่องยนต์เดินด้วยความเร็วรอบสูง จึงไม่มีปัญหาในเรื่องการเกิดไฟแรงสูงในขณะที่เครื่องยนต์เดินด้วยความเร็วรอบสูง เพราะกระแสไฟจะไหลเข้าสู่วงจรขดลวดปฐมภูมิได้มาก และขดลวดจะอิ่มตัวได้เร็วในระยะเวลาอันสั้น แต่จะมีปัญหาขณะที่เครื่องยนต์เดินด้วยความเร็วต่ำ เพราะจะทำให้คอยล์ร้อนและหน้าทองขาวไหม้ ดังนั้นจึงมีการใส่ตัวต้านทานเข้าไปในวงจรขดลวดปฐมภูมิ เพื่อควบคุมกระแสที่ไหลเข้าสู่ขดลวดมิให้มากจนเกินไปในขณะเครื่องยนต์เดินด้วยความเร็วต่ำ จึงสามารถป้องกันมิให้คอยล์ร้อนและหน้าทองขาวไหม้ได้ จึงเป็นผลทำให้คอยล์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกๆ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ตัวต้านทานที่ใส่เข้าไปนี้จะอยู่นอกคอยล์ จึงเรียกคอยล์ชนิดนี้ว่า คอยล์จุดระเบิดแบบมีความต้านทานภายนอก คอยล์แบบนี้นิยมใช้กันมากกับเครื่องยนต์รอบสูงที่ใช้ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาในปัจจุบัน

อย่างไรก็ตามปัญหาประการหนึ่งของการใช้คอยล์แบบนี้ก็คือ เครื่องยนต์จะสตาร์ทติดเครื่องได้ยาก เนื่องจากในขณะทำการสตาร์ทติดเครื่องมอเตอร์สตาร์ตจะดึงกระแสไฟไปจำนวนมาก ทำให้

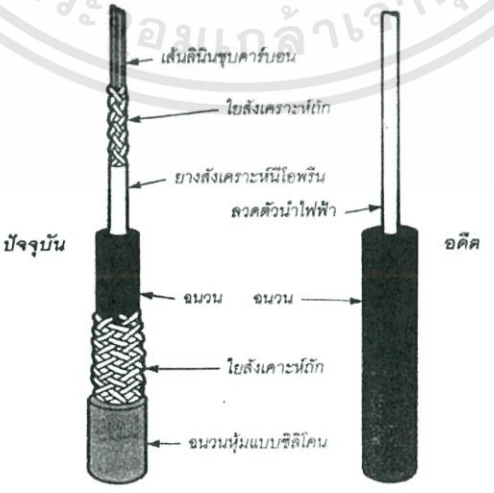
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันที่เหลือจะผลักดันกระแสไฟให้ผ่านตัวต้านทานเข้าสู่ขดลวดปฐมภูมิต่ำ (ประมาณ 5-8 โวลต์) ไม่เพียงพอต่อการสร้างไฟแรงสูงในคอยล์ ดังนั้น เพื่อที่จะแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าว จึงมีการทำให้เกิดการลัดวงจรเกิดขึ้นในขณะที่ทำการสตาร์ทติดเครื่อง และทำให้กระแสไฟไหลผ่านตัวสตาร์ทของสวิตช์สตาร์ทเข้าสู่ขดลวดปฐมภูมิของคอยล์โดยตรงไม่ผ่านตัวต้านทาน และหลังจากเครื่องยนต์สตาร์ทติดแล้ว เมื่อสวิตช์สตาร์ทคืนสู่ตำแหน่งเดินเครื่อง ตามปกติ ก็จัดให้กระแสที่ไหลเข้าสู่ขดลวดปฐมภูมิ ให้ไหลผ่านตัวต้านทานได้ตามปกติ

### 2.4.5 สายไฟแรงสูง

สายไฟแรงสูง ดังรูปที่ 9.7 จะทำหน้าที่ลำเลียงกระแสไฟแรงสูงจากคอยล์จุดระเบิดไปให้กับหัวเทียน ทำให้เกิดประกายไฟจุดเชื้อระเบิดภายในห้องเผ้าไหม้ต่อไป สายไฟหัวเทียนจะต้องมีฉนวนหุ้มหนาเพื่อสามารถป้องกันไฟแรงสูงรั่วลงสู่ดิน นอกจากนั้นยังต้องสามารถทนต่อน้ำมันความสั่นสะเทือน ความร้อนหรือวัสดุที่แหลมคมได้เป็นอย่างดี

สายไฟแรงสูงนี้ ได้แก่ สายไฟที่ต่อระหว่างขั้วไฟแรงสูงของคอยล์กับขั้วไฟแรงสูงขั้วกลางที่ฝาจานจ่ายไฟกับสายไฟที่ต่อระหว่างขั้วไฟแรงสูงที่อยู่โดยรอบขั้วกลางของฝาจานจ่ายไฟกับหัวเทียน สายไฟแรงสูงในปัจจุบันได้รับการพัฒนาให้มีคุณสมบัติดีขึ้นกว่าเดิมมาก เนื่องจากระบบจุดระเบิดที่ใช้ในปัจจุบันเป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถผลิตไฟแรงสูงได้สูงกว่าระบบจุดระเบดแบบเดิมที่ใช้ทองขาวมาก ดังนั้น สายไฟแรงสูงที่ใช้ในปัจจุบัน จึงต้องหุ้มด้วยฉนวนที่ทำมาจากวัสดุชรนิดต่างๆ หลายชั้นแทนการหุ้มด้วนฉนวนเพียงชั้นเดียวเหมือนกับแบบเดิม นอกจากนั้นตัวนำไฟฟ้าก็ได้รับการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยเปลี่ยนจากการใช้ลวดตัวนำเพียงเส้นเดียวไปใช้เส้นลินินชุบคาร์บอนหลายเส้น ลักษณะโครงสร้างของสายไฟแรงสูงทั้ง 2 แบบดูได้จากรูปที่แสดง และเนื่องจากสายไฟแรงสูงแบบใหม่ต้องหุ้มด้วยฉนวนหลายชั้นจึงมีขนาดโตกว่าแบบเดิม โดยที่แบบนี้จะทีขนาดโตถึง 0.315 นิ้ว (8มม.) ขณะที่แบบเดิมจะมีขนาดโตเพียง 0.276 นิ้ว (7มม.) เท่านั้น



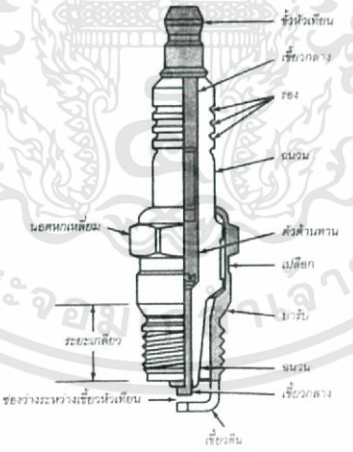

**รูปที่** 2.7 เปรียบเทียบสายไฟแรงสูงที่ใช้กันในปัจจุบันกับในอดีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.6 หัวเทียน

หัวเทียน ดังรูปที่ 2.8 เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งของระบบจุดระเบิดใช้ทำหน้าที่จุดส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ การใช้หัวเทียนที่ถูกต้องจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องยนต์ได้อย่างมหาศาล ทำให้เกิดการประหยัดเชื้อเพลิงและยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ได้อีกด้วย

หัวเทียนจะประกอบด้วย ตัวนำไฟฟ้า 2 ตัวที่เรียกว่า เขี้ยวหัวเทียน (electrode) เขี้ยวกลาง (center electrode) ของหัวเทียนมาตรฐานที่ใช้กันโดยทั่วไปในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จำทำจากโลหะผสมนิกเกิลกับโครเมียม แมงกานีส และซิลิคอน สำหรับหัวเทียนแบบพิเศษเขี้ยวกลางจำมีทั้งชนิดที่ทำด้วย เงิน(silver) และทองคำขาว(platinum) เขี้ยวกลางที่ทำจากโลหะทั้งสองชนิดนี้จะมีคุณสมบัติในการนำความร้อนและมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนได้มากกว่าแบบแรกมาก เขี้ยวกลางจะหุ้มด้วยฉนวน ซึ่งส่วนใหญ่จะทำจากกระเบื้องชนิดทนความร้อนสูง จากนั้นเปลือกนอก (outer shell) จะหุ้มห่อด้วยฉนวนอีกชั้นหนึ่ง ระหว่างฉนวนกับเปลือกนอกจะถูกคั่วไว้ด้วยปะเก็น(gasket) เพื่อป้องกันแก๊สรั่ว และเพื่อใช้เป็นแนวทางในการระบายความร้อนจากเขี้ยวของหัวเทียนไปสู่ระบบระบายความร้อน หัวเทียนบางแบบไม่ใช้ปะเก็นดังนั้น ระหว่างเขี้ยวกับฉนวนและระหว่างฉนวนกับเปลืองจากจะถูกทำให้ติดแน่นด้วยกาว เปลือกนอกของหัวเทียนจะทำด้วยโลหะ




**รูปที่ 2.8** แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของหัวเทียน

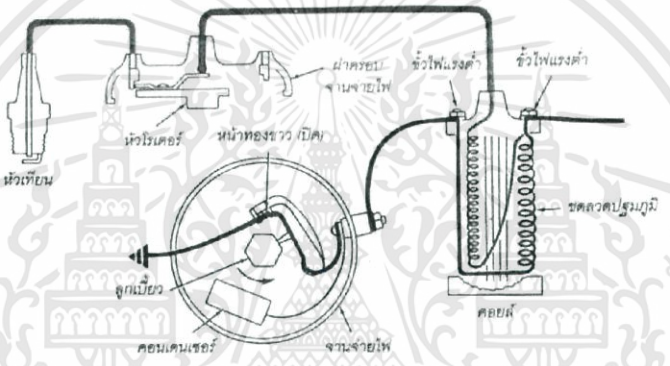
ส่วนบนของหัวเทียนจะทำเป็นนอตหัวหกเหลี่ยมสำหรับใช้กับปกแจขัน ส่วยล่างจำทำเป็นเกลียวสำหรับขันเข้าไปในรูปหัวเทียนที่ฝาสูบของเครื่องยนต์ เขี้ยวดิน (ground electrode) จะต่อยื่นออกจากเปลือกส่วนล่างและโค้งเข้าหาเขี้ยวกลางโดยมีช่องว่างระหว่างกัน เขี้ยวดินส่วนใหญ่จะทำจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

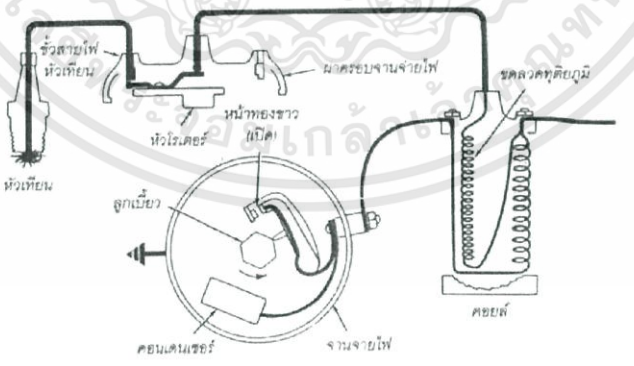
โลหะผสมนิกเกิลกับโครเมียม ปลายด้านบนของเขี้ยวกลางจะต่อเข้ากับสกรู ที่ขันเกลียวเข้ากับส่วนบนของฉนวนปลายขั้วด้านนี้จะต่อเข้ากับสายไฟแรงสูงของระบบจุดระเบิด

### 2.4.7 การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา

ก่อนการสตาร์ทติดเครื่องยนต์ หน้าทองขาวจะอยู่ในตำแหน่งเปิดหรือปิดนั้นจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของลูกเบี้ยวที่กระทำต่อทองขาวในขณะนั้น ถ้าหน้าทองขาวเปิดอยู่ก็จะปิดทันทีเมื่อเครื่องยนต์หมุน เมื่อหน้าทองขาวปิด กระแสไฟจากแบตเตอรี่ก็จะไหลผ่านสวิตช์ไฟจุดระเบิดเข้าไปในขดลวดปฐมภูมิของคอยล์ผ่านหน้าทองขาวลงดินครบวงจร จึงทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆ ขดลวดปฐมภูมิ ดังรูปที่ 2.9




**รูปที่ 2.9** แสดงการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาขณะหน้าทองขาวปิด




**รูปที่ 2.10** แสดงการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาขณะหน้าทองขาวเปิด

เมื่อเครื่องยนต์หมุนต่อไป ลูกเบี้ยวก็จะดันหน้าทองขาวให้แยกออกจากัน วงจรขดลวดปฐมภูมิจะขาดตอนลงทันที ทำให้กระแสไฟในวงจรนี้หยุดไหล ดังนั้น สนามแม่เหล็กที่เกินขึ้นรอบๆ ขดลวด ปฐมภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็จะยุบตัวลงตัดกับขดลวดทุติยภูมิ แต่เนื่องจากขดลวดทุติยภูมิ เป็นลวดเส้นเล็กพันมากรอบดังนั้น แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นภายในขดลวดขุดนี้จึงสูงมาก โดยทั่วไปจะสูงประมาณ 15,000 ถึง 25,000 โวลต์ เป็นผลทำให้หัวเทียนเกิดประกายไฟจุดเชื้อระเบิดภายในกระบอกสูบ ทำให้เกิดการเผาไหม้ดังรูปที่ 2.10

ในจังหวะที่หน้าทองขาวแยกออกจากกันนี้ กระแสไฟในวงจรขดลวดปฐมภูมิที่เคยไหลผ่านหน้าทองขาวลงดิน ก็จะไหลเข้าประจุในคอนเดนเซอร์ที่ต่อขนานอยู่ จึงทำให้สามารถป้องกันการอาร์คที่หน้าทองขาว อันเกิดจากการที่กระแสไฟพยายามจะไหลผ่านหน้าทองขาวในจังหวะที่หน้ามองขาวเริ่มแยกออกจากกันได้ นอกจากนั้นยังทำให้กระแสไฟในวงจรขดลวดปฐมภูมิหยุดไหลได้เร็วยิ่งขึ้นจะเป็นผลทำให้เกิดไฟแรงสูงในคอยล์ดีขึ้นอีกด้วย

เมื่อเครื่องยนต์หมุนต่อไปจนกระทั่งหน้าทมองขาวปิด คอนเดนเซอร์ก็จะค่ายประจุปล่อยให้กระแสไฟไหลผ่านหน้ามทองขาวลงดินครบวงจรอีกครั้งหนึ่ง

สำหรับระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาที่มีตัวต้านทานภายนอกต่อร่วมอยู่ ดังรูปที่ 2.3 จะมีการลัดวงจรในขณะทำการสตาร์ทติดเครื่องโดยจะลัดวงจรที่ตัวสวิตช์สตาร์ท กล่าวคือ ขณะทำการสตาร์ทติดเครื่อง เนื่องจากกระแสไฟจำนวนมากจะไหลเข้าสู่ตัวมอเตอร์สตาร์ท จึงมีผลทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ตัวแบตเตอรี่ลดลง ดังนั้นถ้าให้กระแสไฟไหลผ่านตัวต้านทานในขณะทำการสตาร์ทติดเครื่อง ก็จะทำให้คอยล์จุดระเบิดผลิตไฟแรงสูงได้น้อยลง จึงมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ลดตามลงไปด้วย ดังนั้น เพื่อให้การผลิตไฟแรงสูงของคอยล์จุดระเบิดเป็นไปตามปกติ จึงทำให้เกิดการลัดวงจรที่ตัวสวิตช์สตาร์ท เพื่อมิให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานในขณะทำการสตาร์ทติดเครื่อง จึงทำให้เครื่องยนต์สามารถติดเครื่องได้โดยง่าย และเมื่อเครื่องยนต์สตาร์ทติดแล้วสวิตช์สตาร์ทก็จะคืนสู่ตำแหน่งเดิม ตัวต้านทานก็จะถูกใส่กลับคืนเข้าสู่วงจร กระแสไฟที่ไหลเข้าสู่วงจรขดลวดปฐมภูมิ ก็จะไหลผ่านตัวต้านทานตามปกติ

## 2.5 การจุดระเบิดล่วงหน้า

การจุดระเบิดล่วงหน้าที่เวลาอันถูกต้อง จะมีผลทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด เชื้อเพลิงโดยทั่วไปจะมีความล่าช้าในการจุดติดไฟ และต้องการเวลาสำหรับการเผาไหม้ ดังนั้น การเริ่มจุดประกายไฟเพื่อให้เชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์เกิดการเผาไหม้ ของเครื่องยนต์เกิดการเผาไหม้ จึงต้องเริ่มจุดระเบิดล่วงหน้าก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นถึงศูนย์ตายบนเสมอ และจะต้องให้การเผาไหม้สิ้นสุดลงหลังจากลูกสูบคล้อยหลังศูนย์ตายบนไปเล็กน้อย (ประมาณ 10 องศาหลังศูนย์ตายบน) ก็จะทำให้ได้รับผลจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงมีค่าสูงที่สุด การจุดระเบิดล่วงหน้าก่อนหรือหลังเวลาอันควรนั้น นอกจากจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องยนต์ลดลงแล้ว ยังสามารถทำให้ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์เกิดความเสียหายได้ เช่น การจุดระเบิดล่วงหน้ามากเกินไปก็อาจจะทำให้เครื่องยนต์ตีกลับ หรือการจุดระเบิดหลังเวลาอันควรก็จะสามารถทำให้เครื่องยนต์ร้อนจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

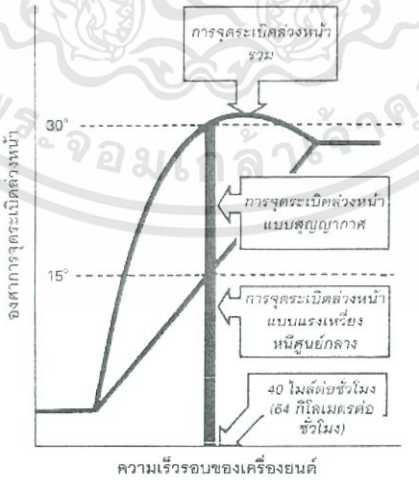
และไม่มีกำลังได้ ซึ่งทั้งสองกรณีจะเป็นผลทำให้ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์เกิดความเสียหาย ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น อย่างไรก็ตาม เครื่องยนต์ก็จำเป็นจะต้องทำงานที่ความเร็วและภาระต่างๆกันดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมเวลาในการจุดระเบิดให้ล่วงหน้ามากน้อยต่างกันออกไปตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ ความเร็วรอบ และภาระของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ เมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วรอบหรือภาระสูงขึ้นก็จะทำให้มีการจุดระเบิดล่วงหน้ามากขึ้น ทั้งนี้ก็เพื่อให้การเผาไหม้ของเครื่องยนต์สิ้นสุดลง ณ ตำแหน่งเดิม ก็จะทำให้ได้รับประโยชน์จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงมากที่สุด เครื่องยนต์ก็จะมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงที่สุด

อุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอัตโนมัติ ที่นิยมใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยทั่วไปมี 2 แบบคือ

1.แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

2.แบบสุญญากาศ

เครื่องยนต์ที่ใช้จุดระเบิดแบบธรรมดาในปัจจุบัน จะมีอุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าทั้ง2แบบ โดยที่แบบสุญญากาศจะทำงานได้ดีในขณะที่เครื่องยนต์กำลังเดินเบาและลิ้นเร่งเปิดเล็กน้อย ขณะที่แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะทำงานได้ดีในขณะที่เครื่องยนต์กำลังเดินด้วยความเร็วรอบสูง ดังนั้น เครื่องยนต์ที่มีอุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าทั้ง2แบบ จึงสามารถควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าได้ตามความเร็วและภาระของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงไป จึงทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุดตามต้องการ ผลจากการใช้อุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าร่วมกันทั้ง2แบบถูกแสดงได้ดังรูป 2.11

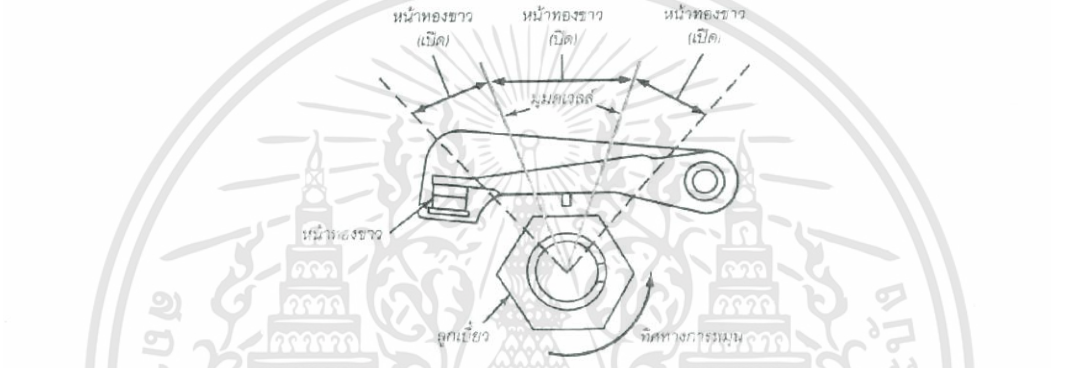



**รูปที่ 2.11** แสดงผลจากการใช้อุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าทั้งสองแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 มุมดเวลล์

มุมดเวลล์ (dwell angle) ดังรูป 2.12 คือ มุมที่หน้าทองขาวปิด วัดเป็นองศาโดยรอบลูกเบี้ยว จากจุดที่ทองขาวเริ่มปิดไปจนถึงจุดที่หน้าทองขาวเริ่มเปิด มุมนี้จะมีผลต่อการเกิดไฟแรงสูงในคอยล์จุดระเบิด หรือการเกิดประกายไฟระหว่างเขี้ยวหัวเทียนนั่นเอง ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องตั้งตามที่บริษัทกำหนดมาให้ และควรมีการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ ดังรูป 9.19 แสดงความสัมพันธ์ของการจัดตั้งความห่างระหว่างหน้าทองขาวกับมุดดเวลล์ จะพบว่าถ้ามุมของมุดดเวลล์น้อย หน้าทองขาวจะห่างมาก และในทำนองเดียวกันถ้ามุมของมุดดเวลล์มาก หน้าทองขาวจะห่างน้อย




**รูปที่** 2.12 แสดงมุมดเวลล์ของหน้าทองขาว

**รูปที่** 2.13 แสดงความสัมพันธ์ของการจัดตั้งความห่างระหว่างหน้าทองขาวกับมุมดเวลล์

สำหรับในกรณีหน้าทองขาวห่างมากหรือมุมของมุดดเวลล์น้อยนั้น ก็จะทำให้หน้าทองขาวเปิดเร็วขึ้น ซึ่งหมายความว่าหัวเทียนจะจุดประกายไฟเร็วขึ้น ดังนั้นจึงเหมาะกับเครื่องยนต์ที่ใช้งานรอบต่ำๆและเนื่องจากหน้าทองขาวจะถูกแยกออกจากกันด้วยความเร็วสูง จึงสามารถช่วยลดการอาร์คระหว่างหน้าทองขาวได้ดี ทำให้ยืดอายุการใช้งานหน้าทองขาวให้นานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนกรณีที่หน้าทองขาวห่างน้อยหรือมุมของมุดดเวลล์มากนั้น นั้น ก็จะทำให้หน้าทองขาวเปิดช้าลง ซึ่งหมายความว่าหัวเทียนจะจุดประกายไฟช้าลง ดังนั้นจึงไม่เหมาะกับเครื่องยนต์ที่ใช้งานรอบต่ำๆ เพราะถ้าเครื่องยนต์เดินเบาจะเกิดการอาร์คกระหว่างหน้าทองขาว อันเนื่องมาจากความล่าช้าในการเปิดหน้าของทองขาวจึงเหมาะกับเครื่องยนต์ที่ใช้งานรอบสูงๆ

## 2.7 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์

ราวต้นปี พ.ศ.2513 เครื่องยนต์ที่ใช้กับรถยนต์ส่วนใหญ่ ที่ใช้ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา (ทองขาว) มาสามารถผ่านมาตรฐานสานมลพิษจากไอเสียได้ กฎข้อบังคับของสหพันธรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกา ต้องการให้ระบบจุดระเบิดทำงานได้ถึง 5,000 ไมล์ โดยมีการบำรุงรักษาเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย ซึ่งระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาไม่สามารถที่จะทำได้ เพราะหน้าทองขาวจะไหม้และสึกหรอระหว่างการทำงานตามปกติ ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างหน้าทองขาว ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลจังหวะการจุดระเบิดและพลังงานจากการจุดประกายไฟลดลง เป็นผลทำให้เครื่องยนต์เดินไม่ครบสูบ และสารมลพิษจากไอเสียเพิ่มมากขึ้น

เครื่องยนต์ที่ใช้กับรถยนต์ส่วนใหญ่ในปี พ.ศ.2518 และหลังจากนั้นจึงเปลี่ยนไปใช้ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ดังรูปที่ 9.20 ซึ่งเป็นระบบที่ไม่ใช้ทองขาวและคอนเดนเซอร์แต่จะใช้ทรานซิสเตอร์และอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอื่นแทน ทำหน้าที่เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ในการเปิด ปิดกระแสไฟที่ไหลเข้าสู่วงจรขดลวดปฐมภูมิ เพื่อให้เกิดไฟแรงสูงในขดลวดทุติยภูมิของคอลย์จุดระเบิดจัดส่งให้กับหัวเทียนต่อไป

ระบบจุดระเบิดด้วยอิเล็กทรอนิกส์ที่นิยมในปัจจุบันแบ่งได้ 4 แบบ คือ

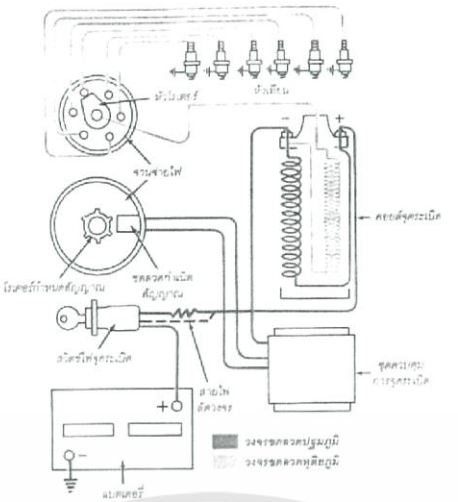
1.แบบจานจ่ายไฟกับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกและแบบสุญญากาศ (distributor type with mechanical centrifugal and vacuum advance)

2.แบบจานจ่ายไฟกับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์ (distributor type with electronic spark advance)

3.แบบไร้จานจ่ายไฟกับคอยล์จุดระเบิดหลายตัว (distributor less type with multiple ignition coils)

4.แบบไร้จานจ่ายไฟกับการจุดระเบิดโดยตรงด้วยตัวเก็บประจุ (distributor less type with direct capacitor discharge ignition)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่** 2.14 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์

### 2.7.1 ระบบจุดระเบิดแบบจานจ่ายไฟกับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกและแบบสุญญากาศ

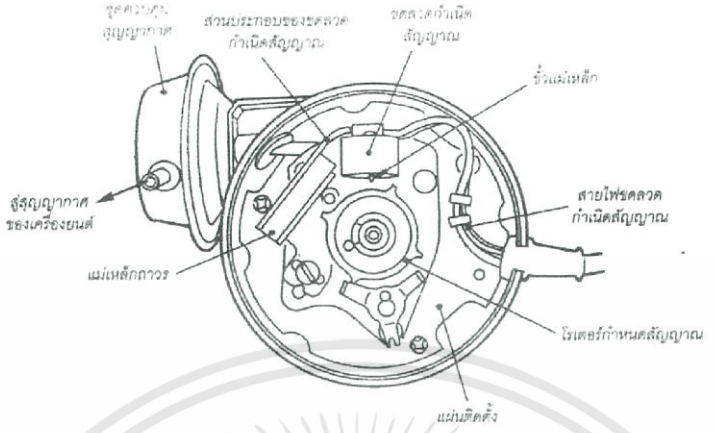
โดยทั่วไปหลักการทำงานและการสร้างระบบจุดระเบิด ไม่ว่าจะเป็นแบบใช้ทองขาวหรือแบบอิเล็กทรอนิกส์ก็จะคล้ายๆกัน จานจ่ายไฟของทั้ง2แบบก็อาจจะมีอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกและแบบสุญญากาศเหมือนกันทุกประการ แต่ความแตกต่างที่สำคัญคือแทนที่จะใช้สวิตช์ทางกล (ทองขาว)ที่ใช้ในระบบจุดระเบิดแบบธรรมดามาควบคุมกระแสในวงจรขดลวดปฐมภูมิ ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์จะใช้สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์แทนที่

ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบจุดระเบิดแบบนี้คือสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์หรือชุดกำเนิดสัญญาณ (signal generator unit) ซึ่งประกอบด้วยอาร์มาเจอร์ (armature) หรือโรเตอร์กำหนดสัญญาณ (reluctor) ตัวตรวจจับแม่เหล็ก (magnetic sensor) หรือขดลวดกำเนิดสัญญาณ(pickup coil)และมอดูลจุดระเบิด (ignition module) โดยที่โรเตอร์กำหนดสัญญาณจะมีจำนวนซี่ยื่นออกมาเท่ากับจำนวนสูบของเครื่องยนต์ซึ่งเท่ากับลูกเบี้ยวของจานจ่ายไฟ ดังนั้น เมื่อโรเตอร์กำหนดสัญญาณหมุน ซี่แต่ละซี่ก็จะทำให้เกิดพัลส์แรงเคลื่อนขึ้นในขดลวดกำเนิดสัญญาณ ซึ่งสัญญาณดังกล่าวจะทำให้มอดูลจุดระเบิดเปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิ ทำให้เกิดไฟแรงสูงในวงจรขดลวดทุติยภูมิของคอลย์จุดระเบิด เป็นผลให้หัวเทียนจุดประกายไฟ

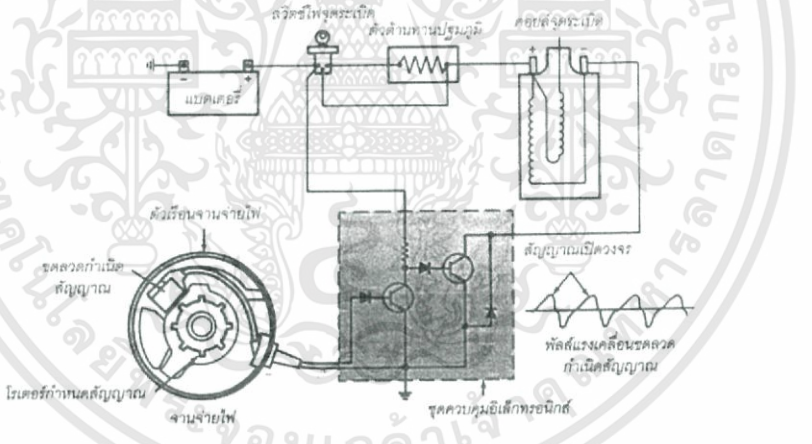
มอดูลจุดระเบิดอาจจะเป็นหน่วยที่แยกออกต่างหากหรือติดตั้งอยู่กับหรือภายในจานจ่ายไฟก็ได้ เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์อาจจะไม่มีมอดูลจุดระเบิดแบบแยกต่างหากชุดควบคุมเครื่องยนต์ (engine controller) หรือมอดูลควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ (electronic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

control module, ECM) หรือที่เรียกย่อ ๆว่า อีซีเอ็ม ก็จะทำหน้าที่คบคุมการจุดระเบิดได้อย่างสมบูรณ์




**รูปที่ 2.15** แสดงจานจ่ายไฟของระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ขดลวดกำเนิดสัญญาและอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกสำหรับเครื่องยนต์ 4 สูบ



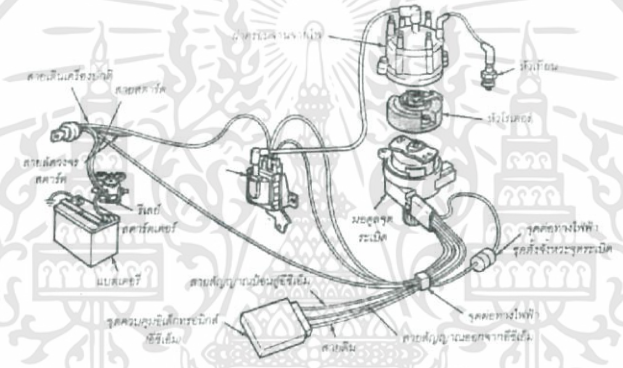

**รูปที่ 2.16** แสดงส่วนประกอบในระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้จานจ่ายไฟที่ใช้ขดลวดกำเนิดสัญญาณกับมอดูลควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.7.2ระบบจุดระเบิดแบบจานจ่ายไฟกับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์

ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเป็นระบบจุดระเบิดที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกและแบบสุญญากาศซึ่งใช้กับรถยนต์ที่ไม่ใช้ระบบควบคุมเครื่องยนต์แบบอิเล็กทรอนิกส์หรืออีซีเอ็ม ตามปกติรถยนต์ที่ใช้ระบบควบคุมเครื่องยนต์แบบอิเล็กทรอนิกส์หรืออีซีเอ็มที่ใช้จานจ่ายไฟจะใช้อุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์ การควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าของคอมพิวเตอร์หรืออีซีเอ็มนี้จะขึ้นอยู่กับสัญญาณจากตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆที่อยู่ภายในระบบ

ข้อสังเกต : การจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์จะกระทบแต่เพียงวงจรขดลวดปฐมภูมิของระบบจุดระเบิดเท่านั้น แต่จะไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆขึ้นกับวงจรขดลวดทุติยภูมิ



**รูปที่ 2.17** ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อุปกรณ์การจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์

รูปที่ 2.17 แสดงระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบนี้มอดูลจุดระเบิดและอีซีเอ็มจะทำงานร่วมกันในจังหวะการจุดระเบิด มอดูลจะระเบิดจะติดตั้งอยู่กับตัวเรือนจานจ่ายไฟ ภายในจานจ่ายไฟตัวตรวจจับภาพการเกิดประกายไฟ (profile ignition pickup or PIP sensor) จะส่งสัญญาณให้กับมอดูลจุดระเบิดเมื่อลูกสูบของแต่ละสูบเลื่อนตัวเข้าใกล้ศูนย์ตายบน มอดูลจุดระเบิดจะใช้ข้อมูลร่วมกับอีซีเอ็ม จากนั้นจึงจะคำนวณค่าการจุดระเบิดล่วงหน้า ส่วนอีซีเอ็มก็จะผลิตสัญญาณตัวใหม่ซึ่งบริษัทฟอร์ดเรียกว่า สัญญาณผลผลิตประกายไฟ (spark output signal, SPOUT) ส่งกลับไปยังมอดูลจุดระเบิด ซึ่งจะเปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิที่เวลาอันถูกต้องเพื่อจุดประกายไฟที่หัวเทียน

กรณีที่บางทีอีซีเอ็มหรือส่วนอื่นๆในระบบควบคุมเครื่องยนต์ด้วยอิเล็กทรอนิกส์ทำงานผิดพลาด ก็อาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เครื่องยนต์เข้าสู่โหมดหรือแบบที่เครื่องยนต์เดินผิดปกติ (limp-

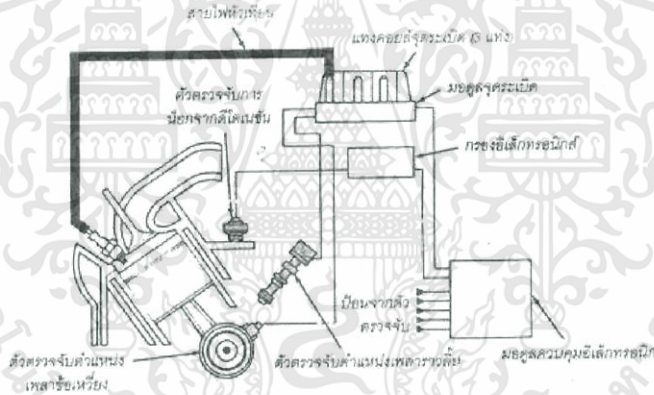
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

in) หรือกลวิธีจำกัดการทำงาน (limited-operating strategy,LOS)จากนั้นมอดูลจุดระเบิดจะใช้เพียงสัญญาณจากตัวตรวจจับในจานจ่ายฯไฟเพื่อเปิดปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิ

### 2.7.3 ระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟกับคอยล์จุดระเบิดหลายตัว

เครื่องยนต์หลายแบบจะใช้ระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟ ดูรูปที่ 2.18 ระบบนี้เป็นระบบจุดระเบิดด้วยอิเล็กทรอนิกส์กับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์แต่ไม่มีจานจ่ายไฟตัวตรวจจับสัญญาณจะทำหน้าที่จัดส่งสัญญาณตำแหน่งของเพลาข้อเหวี่ยงไปยังมอดูลจุดระเบิด จากนั้นจะร่วมกันกับอีซีเอ็มจัดเวลาหรือจังหวะในการจุดระเบิด กระตุ้นและแจกจ่ายไฟแรงสูงไปยังหัวเทียน

การไม่มีจานจ่ายไฟจะทำให้มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวลดลง รวมถึงสวิตช์หมุนแรงเคลื่อนสูงที่เป็นส่วนหนึ่งของฝาจานจ่ายไฟและหัวโรเตอร์ เป็นผลทำให้การบำรุงรักษาลดลง นอกจากนั้นยังสามารถขจัดการปรับตั้งทางกลของเวลาหรือจังหวะในการจุดระเบิด ระบบจุดระเบิดแบบนี้ยังช่วยลดการรบกวนคลื่นวิทยุภายในรถยนต์ และเพิ่มความเที่ยงตรงของเวลาหรือจังหวะในการจุดระเบิดได้อีกด้วย




**รูปที่** 2.18 ระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟ

รูปที่ 2.18 จะแสดงตำแหน่งของตัวตรวจจับสัญญาณของเพลาข้อเหวี่ยงและเพลาราวลิ้น อีซีเอ็มจะรับสัญญาณจากตัวตรวจจับเหล่านี้และจากตัวตรวจจับสัญญาณอื่นๆ มาควบคุมการทำงานของระบบจุดระเบิด ระบบเชื้อเพลิง และระบบควบคุมสารมลพิษของเครื่องยนต์

ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยง ดังรูปที่ 2.18 จะทำหน้าที่รายงานความเร็วของเพลาข้อเหวี่ยงและตำแหน่งของลูกสูบให้กับมอดูลจุดระเบิด ตัวตรวจจับนี้จะต้องรับรู้เมื่อลูกสูบของสูบที่ 1 กำลังเข้าใกล้ตำแหน่งศูนย์ตายบนในจังหวะอัด และระบบจุดระเบิดก็จะต้องจัดส่งประกายไฟไปยังหัวเทียนของสูบนั้นทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

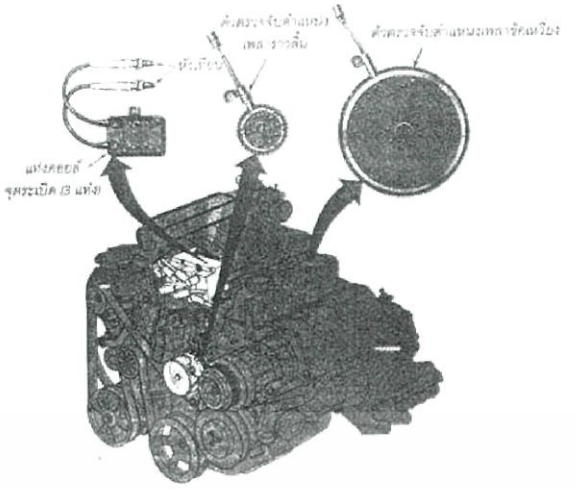
ส่วนตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาราวลิ้น บางทีเรียกว่าตัวตรวจจับการพิสูจน์กระบอกสูบหรือซีดีไอ (cylinder identification sensor, CDI) ตัวตรวจจับนี้จะจัดเตรียมสัญญาณพัลส์แรงเคลื่อนที่พิสูจน์ตำแหน่งของลูกสูบ สูบที่ 1 ตัวตรวจจับที่ใช้ปกติจะเป็นสวิตช์ฮอลล์เอฟเฟกต์ มอดูลจุดระเบิดจะยอมรับสัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาราวลิ้นเมื่อเริ่มจังหวะจุดระเบิดแต่ละจังหวะนี้เป็นการจุดระเบิดของหัวเทียนทั้งหมดระหว่างรอบหรือวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์

ระหว่างที่เพลาข้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบ (720 องศา) ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยงก็จะจัดเตรียมพัลส์เท่ากับจำนวนสูบของเครื่องยนต์ ขณะที่ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาราวลิ้นจะจัดเตรียมเพียง 1 พัลส์ ตัวตรวจจับนี้จะทำหน้าที่ในการพิสูจน์คอยล์ที่จะจุดประกายไฟ และจัดลำดับขั้นของการจุดประกายไฟของคอยล์ในมอดูลจุดระเบิด

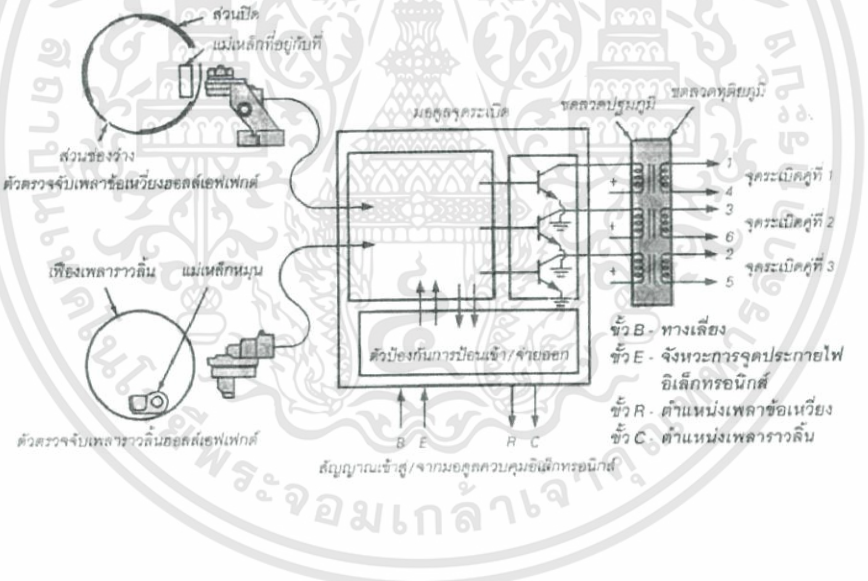
รูปที่ 2.19 แสดงให้เห็นถึงเครื่องยนต์สูบวี 6 สูบที่ใช้ระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟ ระบบนี้จะรวมถึงมอดูลจุดระเบิด แท่งของคอยล์จุดระเบิดซึ่งประกอบด้วยคอยล์จุดระเบิดจำนวน 3 ตัว ตัวตรวจจับสัญญาณตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยง และตัวตรวจจับสัญญาณตำแหน่งเพลาราวลิ้น ดูรูปที่ 2.20 คอยล์จุดระเบิดแต่ละตัวจะผลิตไฟแรงสูงให้กับหัวเทียนจำนวน 2 หัว ในเวลาเดียวกัน โดยที่ปลายด้านหนึ่งของขดลวดทุติยภูมิแต่ละขดจะต่อเข้ากับหัวเทียน ดูรูปที่ 2.21 มอดูลจุดระเบิดจะเป็นตัวกำหนดลำดับขึ้นการจุดระเบิดและเลือกคอยล์เพื่อทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียน จากนั้นอีซีเอ็มจะส่งสัญญาณไปยังมอดูลจุดระเบิดเพื่อเปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิ เป็นผลทำให้เกิดไฟแรงสูงในขดลวดทุติยภูมิ ทำให้เกิดประกายไฟกระโดดข้ามที่เขี้ยวหัวเทียน

ระบบนี้คอยล์จุดระเบิดเพียง 1 ตัวจะผลิตไฟแรงสูงให้กับหัวเทียนจำนวน 2 หัวในเวลาเดียวกัน ซึ่งเป็นวิธีประกายไฟสูญเปล่า (waste-spark method) ของการแจกจ่ายประกายไฟ ระบบนี้จะจุดประกายไฟครั้งละ 2 สูบ เมื่อสูบหนึ่งสิ้นสุดจังหวะอัด อีกสูบหนึ่งสิ้นสุดจังหวะคาย โดยที่หัวเทียนที่จุดในจังหวะอัดจะใช้กระแสไปข้างหน้า (forward current) ขณะที่หัวเทียนที่จุดในจังหวะคายจะใช้กระแสกลับหลัง (reverse current)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

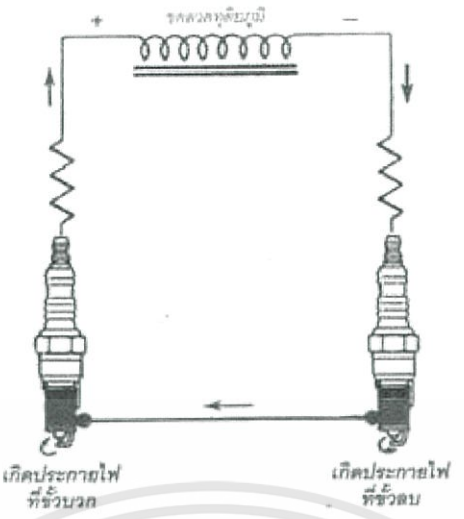


**รูปที่ 2.19** เครื่องยนต์แบบสูบวี 6 กับระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟ




**รูปที่ 2.20** แผนผังของระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟสำหรับเครื่องยนต์แบบสูบวี 6 สูบ ซึ่งใช้คอยล์จุดระเบิด 3 ตัว จุดประกายที่หัวเทียน 6 หัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



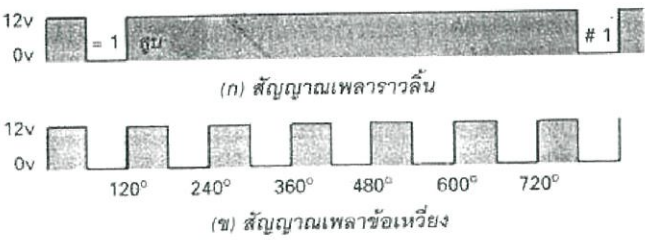

**รูปที่ 2.21** แสดงให้เห็นการทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียนพร้อมกันถึง 2 หัว

ของคอยล์จุดระเบิดเพียงตัวเดียวซึ่งวิธีนี้เรียกว่าวิธีประกายไฟสูญเปล่า

รูปที่ 2.21 แสดงให้เห็นถึงเครื่องยนต์สูบวี 6 สูบกับปลาย 2 ปลายของขดลวดทุติยภูมิของคอยล์ที่ต่อเข้ากับหัวเทียนของสูบที่ 1 และ 4 เมื่อสูบที่ 1 จุดประกายไฟที่ปลายจังหวะอัด ทำให้ส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้และเกิดการระเบิดเป็นจุดเริ่มต้นของจังหวะระเบิด สูบที่ 4 ก็จะจุดประกายไฟเช่นกัน แต่จะสูญเปล่าเพราะสูบที่ 4 จะอยู่ในปลายจังหวะคาย สูบที่จะจุดประกายไฟต่อไปคือ สูบที่ 3 และ 6 และตามด้วยสูบที่ 2 และ 5 และจะหมุนเวียนเช่นนี้ตลอดเวลาที่เครื่องยนต์ทำงานอยู่

สำหรับการจุดประกายไฟของหัวเทียนสูบที่อยู่ในจังหวะคาย เนื่องจากแก๊สไอเสียส่วนใหญ่ได้ถูกระบายออกไปจากกระบอกสูบแล้วบางส่วน จึงทำให้ความดันภายในกระบอกสูบมีค่าลดลง ดังนั้นความต้านทานต่อการเกิดประกายไฟที่เขี้ยวหัวเทียนของสูบนี้จึงต่ำลงไปด้วย พลังงานที่ใช้ในการทำให้เกิดประกายไฟจึงต่ำ ดังนั้น จึงทำให้มีพลังงานอย่างเหลือเฟือสำหรับการทำให้เกิดประกายไฟที่เขี้ยวหัวเทียนของสูบที่อยู่ในจังหวะอัด จึงเป็นผลทำให้การเผาไหม้ที่สูบนี้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

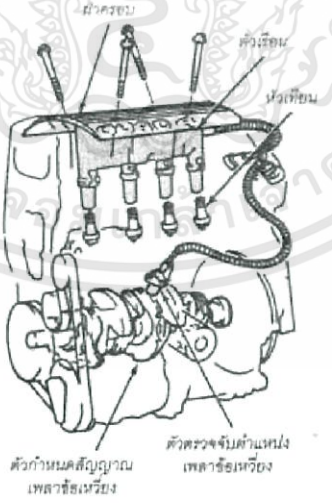



**รูปที่** 2.22 แสดงสัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาราวลิ้นที่สัมพันธ์กับสัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยง

### 2.7.4 ระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟกับการจุดระเบิดโดยตรง

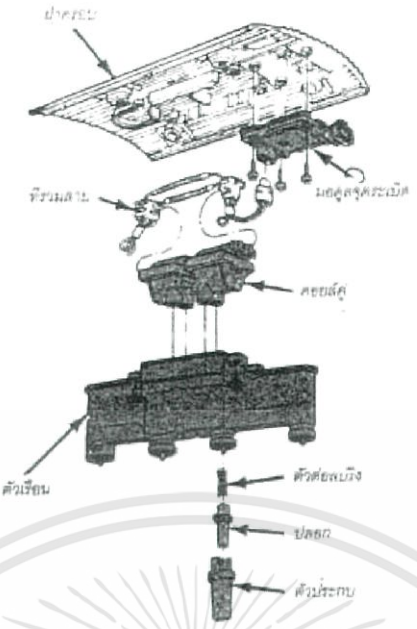
#### 2.7.4.1 ระบบจุดระเบิดโดยตรงแบบคอยล์หลายตัว

เครื่องยนต์บางแบบจะใช้ระบบจุดระเบิดโดยตรงที่ไม่ต้องใช้สายไฟหัวเทียน ดังรูปที่ 2.23 ในเครื่องยนต์ 4 สูบ มอดูลจุดระเบิดกับคอยล์จำนวน 2 ตัวจะถูกติดตั้งภายใต้ฝาครอบอะลูมิเนียมของเครื่องยนต์ ดูรูปที่ 2.24 การทำงานขั้นพื้นฐานของระบบจะเหมือนกับระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟกับคอยล์จุดระเบิดหลายตัวตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น อย่างก็ตาม ตัวนำทุติยภูมิที่หล่อเป็นชิ้นเดียว (molded one-piece secondary conductor) หลายตัวก็ได้ถูกนำมาใช้แทนสายไฟหัวเทียน




**รูปที่** 2.23 ระบบจุดระเบิดโดยตรงซึ่งไม่ต้องใช้สายไฟหัวเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.24** มอดูลจุดระเบิดและคอยล์จุดระเบิด 2 ตัวติดตั้งอยู่ภายในตัวเรือน

ภายใต้ฝาครอบของเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบจุดระเบิดโดยตรง

ปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นกับระบบจุดระเบิดที่ใช้สายไฟหัวเทียนก็คือ การสูญเสียแรงเคลื่อนบางส่วนในสายไฟหัวเทียน ดังนั้น ถ้าปราศจากสายไฟหัวเทียนแล้วไฟแรงสูงก็จะเข้าสู่หัวเทียนได้อย่างเต็มที่ นอกจากนั้นการกำจัดสายไฟหัวเทียนยังเป็นการลดการบำรุงรักษาลงด้วยเช่นกัน เพราะจะไม่มีสายไฟหัวเทียนให้ตรวจสอบและเปลี่ยน

ระบบจุดระเบิดแบบนี้ คอยล์จุดระเบิดจะถูกติดตั้งเข้ากับหัวเทียนแต่ละหัวโดยตรง การเปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิในคอยล์แต่ละตัวก็จะทำให้หัวเทียนจุดประกายไฟเพียง 1 หัว เท่านั้น

ระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟมีข้อดีที่เหนือกว่าระบบจุดระเบิดแบบมีจานจ่ายไฟดังนี้

1. การสึกหรอน้อยกว่าเนื่องจากชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวน้อยกว่า

2. ความยืดหยุ่นในการติดตั้งมีมากกว่า เพราะส่วนประกอบในการติดตั้งน้อยลง ซึ่งปัจจุบันมีความสำคัญมากเพราะห้องเครื่องจะมีขนาดเล็กลง

3. การบำรุงรักษาต่ำเพราะไม่ต้องมีหัวโรเตอร์และฝาครอบจานจ่ายไฟ

4. การแทรกแซงคลื่นความถี่วิทยุลดลง เพราะไม่มีช่องว่างระหว่าหัวโรเตอร์กับขั้วไฟแรงสูงที่ฝาครอบจานจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ขจัดการจุดระเบิดไม่ครบสูบที่ทำให้เกิดกรดไนทริกขึ้นในฝาครอบจานจ่ายไฟ

6. ขจัดการปรับตั้งจังหวะการจุดระเบิดทางกล

7. ลดภาระทางกลของเครื่องยนต์

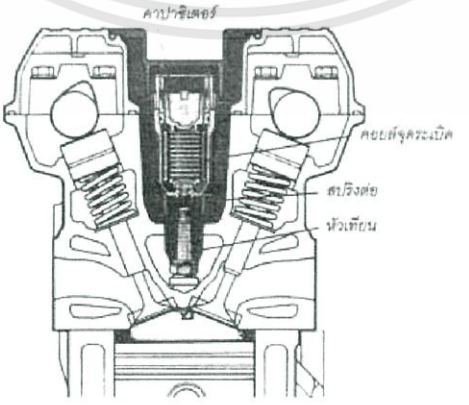
8. ยืดระยะเวลาอิ่มตัวของคอยล์ทำให้ผลิตไฟแรงสูงได้สูงขึ้น

9. ยืดระยะเวลาระหว่างการจุดระเบิด ทำให้คอยล์มีเวลาในการระบายความร้อนได้มากขึ้น

ระบบจุดระเบิดที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทั้งหมดเป็นระบบจุดระเบิดแบบเหนี่ยวนำ (induction ignition system) ระบบจุดระเบิดแบบนี้จะเก็บพลังงานปฐมภูมิไว้ในคอยล์หรือตัวนำทางไฟฟ้า แต่ระบบจุดระเบิดโดยตรงแบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุหรือที่นิยมเรียกกันโดยทั่วไปว่าแบบซีดีไอที่จะกล่าวต่อไปนี้ จะเก็บพลังงานปฐมภูมิไว้ในคาปาซิเตอร์หรือคอนเดนเซอร์ ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนนี้จะสามารถกักเก็บประจุไฟฟ้าเพียงเล็กน้อยไว้เพียงชั่วคราวเท่านั้น

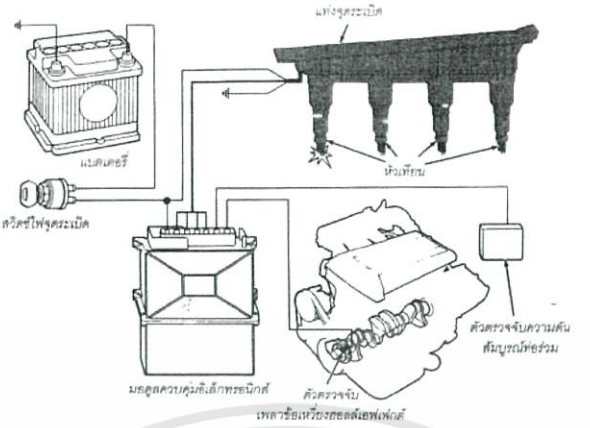
ระบบจุดระเบิดแบบนี้ ประกายไฟที่หัวเทียนจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อสวิตช์หรือทรานซิสเตอร์ปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิ จากนั้นคาปาซิเตอร์ที่ได้รับการประจุจากแบตเตอรี่ก็จะคายประจุผ่านคอยล์จุดระเบิด ทำให้เกิดไฟแรงสูงขึ้นภายในคอยล์และทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียน

รูปที่ 2.25 แสดงให้เห็นถึงระบบจุดระเบิดแบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุหรือแบบซีดีไอของรถซาอับ ที่คล้าย ๆ กับระบบจุดระเบิดโดยตรงแบบคอยล์หลายตัว ระบบนี้หัวเทียนแต่ละหัวจะมีคอยล์จุดระเบิดและคาปาซิเตอร์ของตนเอง ส่วนประกอบทั้งหมดจะถูกผนึกเข้าด้วยกันและติดตั้งเข้ากับหัวเทียนโดยตรง ดังรูปที่ 2.26 ระบบนี้จะสามารถจัดส่งไฟแรงสูงหรือแรงเคลื่อนทุติยภูมิให้กับหัวเทียนได้สูงถึง 40,000 โวลต์ โดยจะทำให้หัวเทียนเกิดประกายไฟเมื่อสวิตช์หรือทรานซิสเตอร์ปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิ เพื่อให้ตัวเก็บประจุคายประจุออกมาให้กับคอยล์จุดระเบิด ทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียน




**รูปที่ 2.25** ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่** 2.26 ระบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุ

สำหรับการเพิ่มของแรงเคลื่อนภายในระบบสามารถที่จะกระทำได้ใน 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกก็คือการยกระดับแรงเคลื่อนจากแบตเตอรี่ให้สูงขึ้นจาก 12 โวลต์เป็น 400 โวลต์ จากนั้นจึงมีการเพิ่มแรงเคลื่อนให้สูงขึ้นอีกเป็น 40,000 โวลต์ในขั้นตอนที่ 2

แรงเคลื่อนจากแบตเตอรี่จะเป็นสาเหตุที่ทำให้กระแสจำนวนเล็กน้อยไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของคอยล์ที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ดังนั้น เมื่อวงจรขดลวดปฐมภูมิเปิด เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นก็จะยุบตัวลง ทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำสูงถึง 400 โวลต์ในวงจรขดลวดปฐมภูมิเข้าประจุคาปาซิเตอร์อีซีเอ็มที่ใช้ควบคุมจังหวะการจุดระเบิดจะขึ้นอยู่กับสัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยงแบบฮอลล์เอฟเฟกต์ ตัวตรวจจับความดันสัมบูรณ์ท่อร่วมหรือเอ็มเอพี (manifold absolute pressure sensor, MAP) จะจัดเตรียมข้อมูลทางด้านภาระของเครื่องยนต์ให้กับอีซีเอ็ม ตัวตรวจจับการน็อก (detonation or knock sensor) ก็จะจัดส่งสัญญาณให้กับอีซีเอ็มสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงจังหวะจุดระเบิดให้เป็นไปตามลำดับขั้นการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ได้อย่างถูกต้อง

ระบบจุดระเบิดแบบนี้เกือบจะทันทีหลังบิดกุญแจสวิตช์สตาร์ทแล้วหัวเทียนแต่ละหัวจะจุดประกายไฟไปตามลำดับขั้นการจุดระเบิดประมาณ 50 ครั้ง ปรากฏการณ์นี้จะช่วยให้เขี้ยวหัวเทียนสะอาดและแห้ง จึงช่วยให้การสตาร์ทติดเครื่องสามารถที่จะกระทำได้โดยง่าย แต่ถ้าเครื่องยนต์สตาร์ทไม่ติด หลังจากผู้ใช้รถปล่อยกุญแจสตาร์ทคืนสู่ตำแหน่งเดิมและพยายามที่จะสตาร์ทใหม่อีกครั้งหนึ่ง หัวเทียนทั้งหมดก็จะจุดประกายไฟอีกประมาณ 1,000 ครั้ง เมื่อเครื่องยนต์สตาร์ทติดแล้วและเดินด้วยความเร็วประมาณ 600 รอบต่อนาทีหรือสูงกว่า ระบบจุดระเบิดก็จะจัดให้เกิดประกายไฟเพียง 1 ครั้งต่อหัวเทียน 1 หัวเท่านั้น

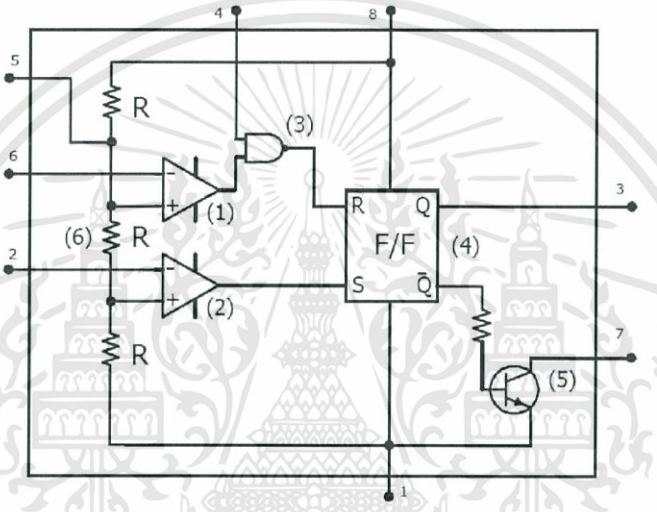
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

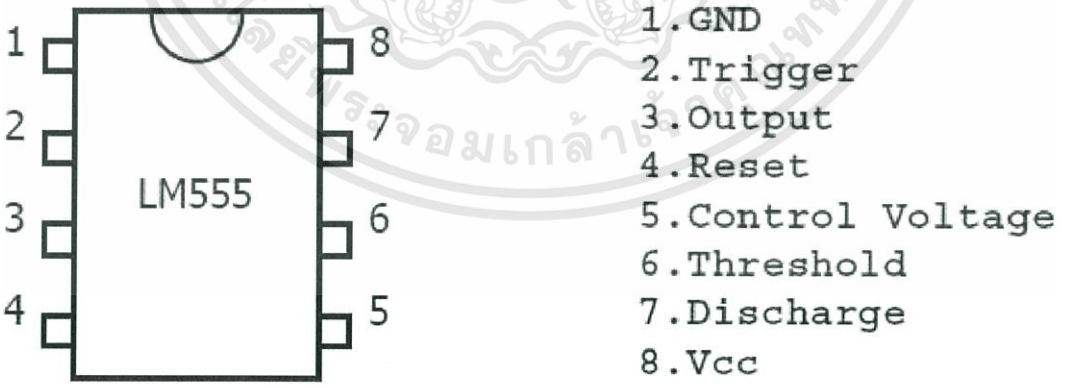
# ข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบ

## 3.1 ส่วนของวงจรการสร้างสัญญาณ Pulse

ใช้ IC555




รูปที่ 3.1 วงจรด้านในของ IC555




รูปที่ 3.2 หน้าที่การทำงานแต่ละขาของ IC555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

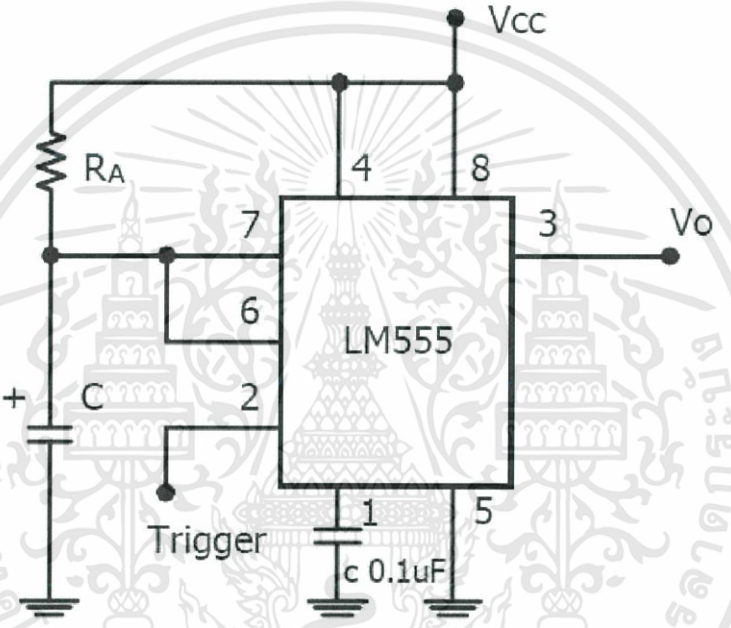
หลักการทำงานเบื้องต้นของ IC555 โดยอาศัยการทำงานเป็น 2 แบบคือ

- เป็นตัวผลิตสัญญาณค่าความถี่ต่างๆ

- เป็นวงจรนับสัญญาณ

### 3.1.1. วงจรโมโนสเตเบิล (MonostableMultivibator)

คือวงจรที่สร้างสัญญาณพัลซ์ขึ้นมา 1 ลูก หลังจากมีการทริก (กระตุ้น) ให้วงจรเกิดสัญญาณ มีความกว้างที่สามารถกำหนดได้ด้วยค่า RC




**รูปที่ 3.3** วงจร Monostable Multivibrator

**หลักการทำงาน**

ขณะที่ไม่มีสัญญาณ Trig ที่ขา 2 V(trig) = Vcc แรงดันคร่อมคาปาซิสเตอร์จะเป็นศูนย์ เพราะว่า Vccจะมีกระแสไหลผ่าน R(A) ผ่าน Transistor ลงกราวด์ได้ Vo = 0

เมื่อมีสัญญาณ Trig ที่ขา 2 คือ V(Trig) = 0 Transistor ภายในจะ Off ทำให้ Vccจะทำการเก็บประจุ (Charge C) จนกระทั่งแรงดันตกคร่อมคาปาซิสเตอร์ ประมาณ 2Vcc/3 คาปาซิสเตอร์จะคายประจุผ่าน Transistor ขณะที่คาปาซิสเตอร์คายประจุ output จะเป็น logic 1 ได้ Vo = Vcc

แบ่งช่วงการทำงานเป็น 4 ช่วง

<u>ช่วงที่ 1</u>ขณะที่Vtrig = VCC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงที่ 2ขณะที่ trig ด้วย Vtrig = 0V

ช่วงที่ 3ขณะที่ trig กลับเป็น Vcc อีกครั้ง

ช่วงที่ 4เมื่อคาปาซิสเตอร์ทำการเก็บประจุจนกระทั่ง Vccมีค่าเท่ากับ 2/3Vcc หรือมากกว่านั้น

วงจร Monostable Multivibator นี้สามารถสร้างสัญญาณพัลซ์ขึ้นมาจำนวน 1 ลูก หลังจากมีการ Trig ที่ขา 2 โดยความกว้างพัลซ์ขึ้นอยู่กับค่า R(A) และ C

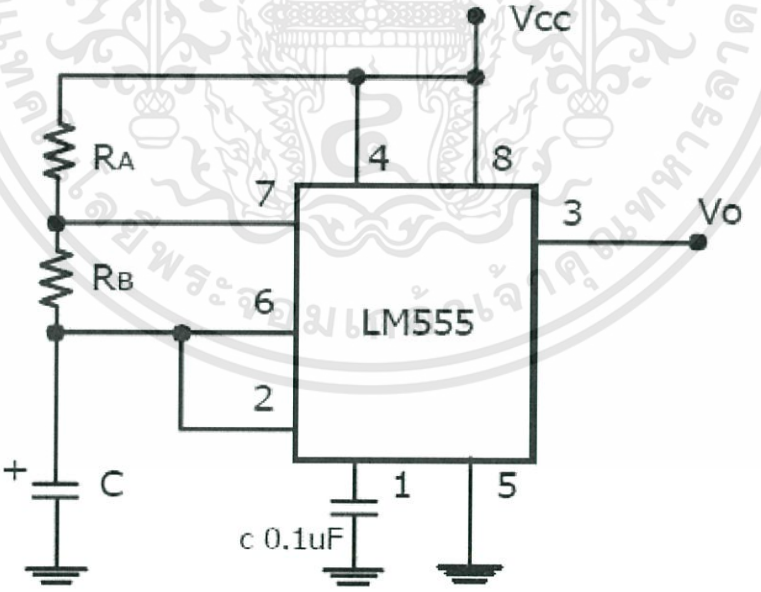
สมการในการ charge ประจุของ Capacitor จาก 0 ถึง 2/3Vccคือ

$$T = 1.1R(A)xC$$

### 3.1.2. วงจรอะสเตเบิล (AstableMultivibrator)

คือวงจรสร้างสัญญาณ Square wave มีความถี่ที่สามารถกำ หนดได้ตามความต้องการ ด้วยค่าคาปาซิสเตอร์ C และค่าความต้านทาน R(A)และ R(B)

โดยในวงจรนี้นอกจากจะสามารถกำหนดความถี่ของสัญญาณ Square wave ด้วยค่า C และค่าRT = RA + RBแล้วยังสามารถที่จะกำหนดช่วงเวลา “ON” และ “OFF” ของสัญญาณด้วยค่าที่แตกต่างกันของ RA และ RB ได้อีกด้วย




**รูปที่ 3.4** วงจร Astable Multivibrator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หลักการทำงาน**

ใช้หลักการเก็บประจุและคายประจุของคาปาซิสเตอร์โดยจะทำการเก็บประจุผ่าน RA, RB และจะคายประจุผ่าน RB และTrภายในลง GND

- ขณะที่คาปาซิสเตอร์เก็บประจุจนถึงระดับแรงดัน 2/3VCC ขณะนั้นแรงดันของ V0 = VCC

- ขณะที่คาปาซิสเตอร์คายประจุออกเกิดแรงดันตกคร่อมมีช่วงจาก 2/3VCC ถึง VCC/3 ขณะนั้นแรงดันของ V0 = 0Vแบ่งขั้นตอนการทำ งานเป็น 5 ช่วง

ช่วงที่ 1 เป็นช่วงที่ทำ การเปิดวงจร คาปาซิสเตอร์จะทำ การเก็บประจุจาก VCC ผ่าน RA ,RB

ช่วงที่ 2 ช่วงที่คาปาซิสเตอร์ทำการเก็บประจุเกิน VCC/3

ช่วงที่ 3 เมื่อคาปาซิสเตอร์ถูกเก็บประจุจนกระทั่งมีค่ามากกว่า 2VCC/3

ช่วงที่ 4 คาปาซิสเตอร์จะทำ การคายประจุผ่าน RB และ Trลง GND

ช่วงที่ 5 เมื่อคาปาซิสเตอร์ทำการคายประจุจนแรงดันคร่อม C = VCC/3

การวิเคราะห์เวลาในการ charge และ discharge Capacitor

เวลาในการ charge C จาก 0 – Vcc/3

$$t = 0.405\ RC$$

เวลาในการ charge C จาก 0 – 2/3Vcc

$$t = 0.693RC$$

แต่ R = R(A) + R(B)

$$t = 0.69(\ R(A) + R(B)\ )C$$

เวลาในการ charge C จาก2/3Vcc – Vcc/3

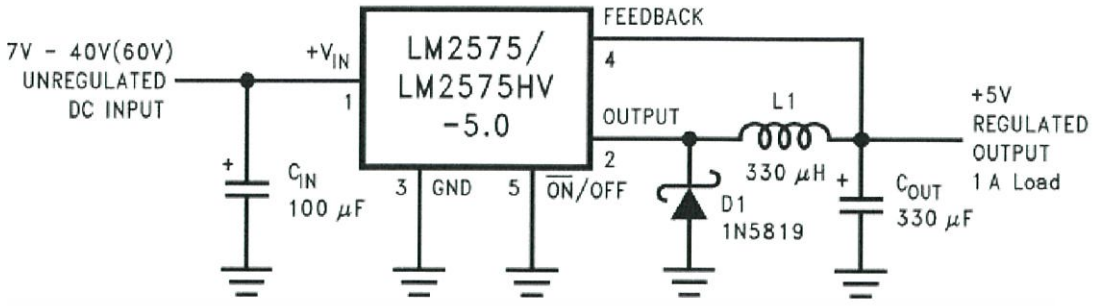
$$t = 0.69(\ R(A) + 2R(B)\ )C$$

ที่ความถี่ของ Square Wave

$$F = 1/0.69(\ R(A) + 2R(B)\ )C$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 ส่วนของวงจรปรับค่าแรงดัน




**รูปที่ 3.5** วงจรปรับค่าแรงดันโดยใช้ LM2575-5

วงจร Switching Voltage Regulator ทำหน้าที่เป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจร microcontroller โดยรับ input มาจากไฟ 12 โวลต์ เหตุที่ใช้ LM2575-5นี้ เรื่องจากราคาไม่แพงและหาใช้ง่าย และมีพลังงานสูญเสียน้อย

## 3.3 ส่วนของการประมวลผล (CPU)

### 3.3.1 ไมโครคอนโทลเลอร์ (Microcontroller)

เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิตอลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิตอลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้ ไมโครคอนโทลเลอร์ภายในชิพจะมีหน่วยความจำ, Port อยู่ในชิพเพียงตัวเดี่ยว ไมโครคอนโทลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายในต่างๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโปรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุท/เอาท์พุท บางส่วนเข้าไปในตัว ไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้ในงานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา, วงจรการสื่อสารอนุกรม, วงจรแปลงสัญญาณอนาลอคเป็นดิจิตอล เป็นต้น สรุปคือ

Microcontroller = Microprocessor + Memory + I/O

ไมโครคอนโทลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวา โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบอุปกรณ์อื่นๆ (Embeded Systems) เพื่อควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์, เตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อบไมโครเวฟ, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะว่า ไมโครคอนโทลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้ในงานควบคุมหลายประการ เช่น

- ชิพไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็ก

- ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าใช้ชิพไมโครโพรเซสเซอร์

- วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร

- มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานง่าย

- ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้

โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ของบริษัทไมโครชิพ (Microchip) โดยเฉพาะเบอร์ PIC16F877เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่กำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบแรก ๆ ที่มีการประมวลผลแบบ RISC Processor (RISC : Reduced Instruction Set Computer ) โดยใช้คำสั่งการประมวลผลเพียง 33 - 35 คำสั่ง และใช้เวลาในการประมวลคำสั่งเพียง 1 หรือ 2 machine cycle ต่อคำสั่งเท่านั้น การประมวลผลคำสั่งเป็นลักษณะ Pipe Line คือ ขณะประมวลผลคำสั่งแรกจะทำการโหลดคำสั่งถัดไปมาเตรียมรอไว้ ทำให้การทำงานที่รวดเร็วมาก นอกจากนั้นในตัวโครงสร้างยังประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ฟังก์ชั่นโมดูลสำหรับใช้งานพิเศษต่าง ๆ มากมาย ได้แก่ โมดูล Analog to Digital Converter , USART , Timer / Counter , SPI , Compare / Capture / PWM , I2C เป็นต้น โมดูลเหล่านี้ล้วนเพิ่มขีดความสามารถให้นำไปใช้งานได้อย่างหลากหลาย ประกอบกับมีเครื่องมือในการพัฒนาที่เพียบพร้อม คุณสมบัติของไมโคร คอนโทรลเลอร์ PIC16F877 มีดังนี้คือ

- มีคำสั่งในภาษาแอสเซ็มบลี้ 35 คำสั่ง

- ใช้ความถี่ออสซิลเลเตอร์ได้สูงสุด 20 MHz

- มีหน่วยความจำโปรแกรม Flash Memory ขนาด 8 K word (14 – bit words)

- มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ RAM 368 Bytes

- มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM 256 Byte

- มีการตอบสนองอินเตอร์รัพท์ทั้งหมด 14 แหล่ง

- สามารถเลือกระดับการป้องกันข้อมูล (Code Protection) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีโหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode)

- สามารถเลือกแหล่งสัญญาณนาฬิกาได้หลายโหมด้ XT RC และออสซิเลเตอร์พลังงานต่ำ

- มีฟังก์ชั่นการรักษาเสถียรภาพการทำงาน ได้แก่ POR , PWRT, OST, BOR และ WDT

- การโปรแกรมตัวชิพแบบ ICSP (ICSP : In-Circuit Serial Programming)

- สามารถทำงานที่ไฟเลี้ยงวงจรตั้งแต่ 2.0 V ถึง 5.5 V

- ขาพอร์ท I/O แต่ละขา สามารถรับและปล่อยกระแสได้สูงสุด 25 mA

- มีโมดูล Timer / Counter ใช้งานทั้งหมด 3 ตัว Timer 0 , Timer 1, และ Timer 2

- มีโมดูล CCP (CCP : Compare / Capture / PWM) จำนวน 2 ชุด

- มีโมดูล Analog to Digital Converter ความละเอียด ขนาด 8 บิท และ 10 บิท จำนวน 8 ช่อง ภายในตัวชิพ

- มีโมดูลสื่อสารอนุกรมแบบ USART (USART : Universal Synchronous Asynchronous Receiver / Transmitter)

- มีพอร์ท I/O จำนวน 5 พอร์ท ได้แก่ พอร์ท A , B , C , D , และ E มีขา I/O รวมกัน 33 ขาดังนี้คือ
PORTA มี 5 ขา RA0 ถึง RA5

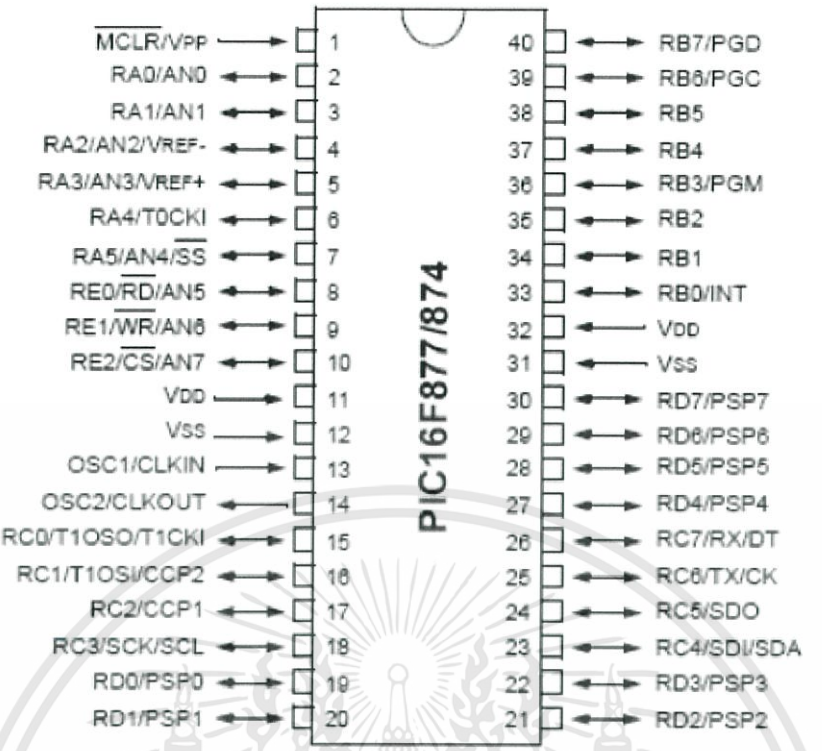
PORTB มี 8 ขา RB0 ถึง RB7

PORTC มี 8 ขา RC0 ถึง RC7

PORTD มี 8 ขา RD0 ถึง RD7

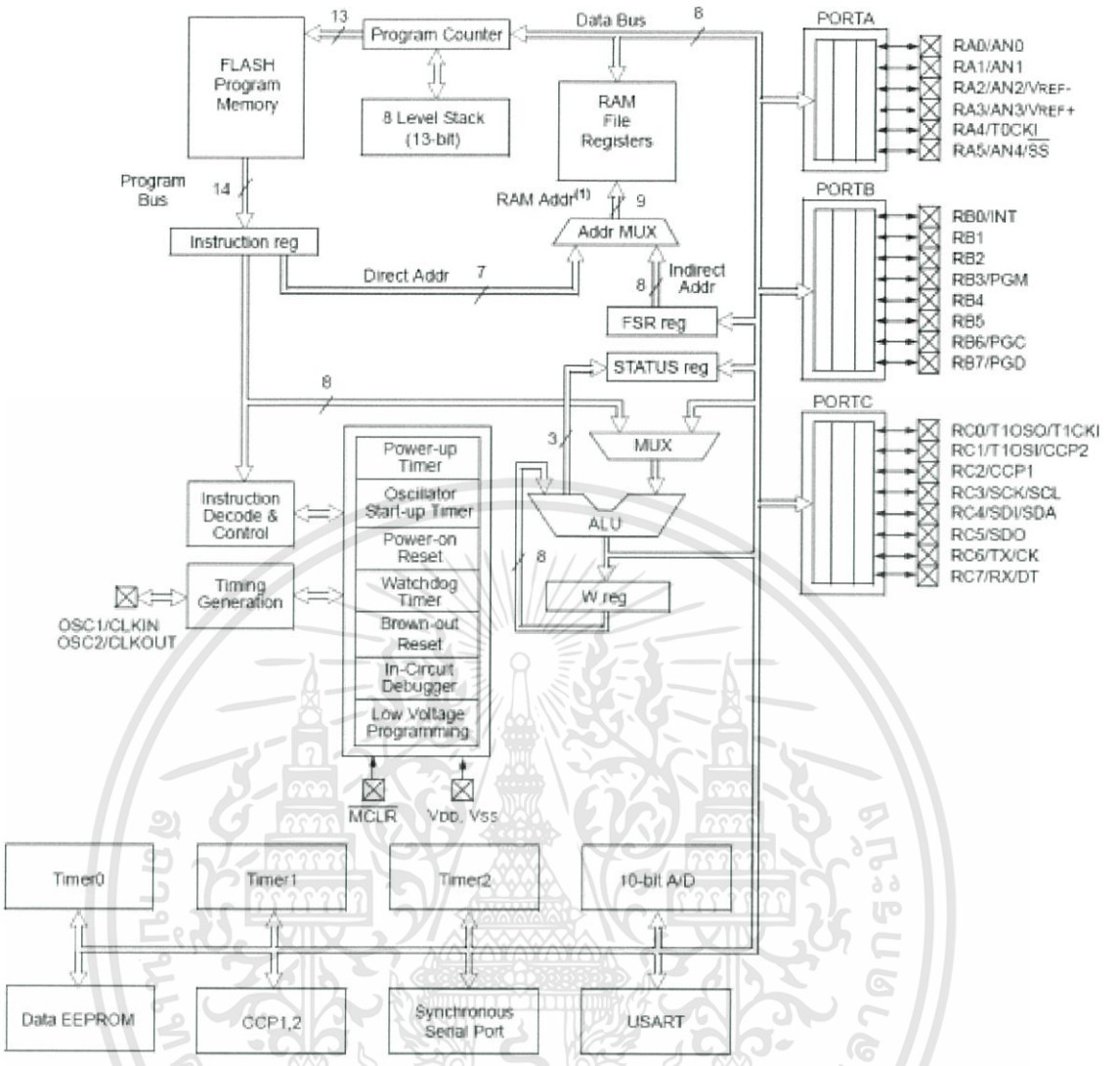
PORTE มี 3 ขา RE0 ถึง RE2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.6** แสดงตำแหน่งขา (PIN Diagram) ของตัวถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.7** แสดงลักษณะ โครงสร้างภายในของตัว Microcontroller PIC 16F877

หน่วยความจำและรีจิสเตอร์ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ( Internal Memory Units )

การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ มีลักษณะเป็นไบท์แมชีน (Byte Machine) ดังนั้นหน่วยความจำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมาก ในโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ (ตามรูปที่ 4 ) ในตระกูล PIC16F87X จะมีหน่วยความจำที่อยู่ภายในตัวชิพ หลายส่วนด้วยกัน ได้แก่

1 ) หน่วยความจำโปรแกรม ( Program Memory )

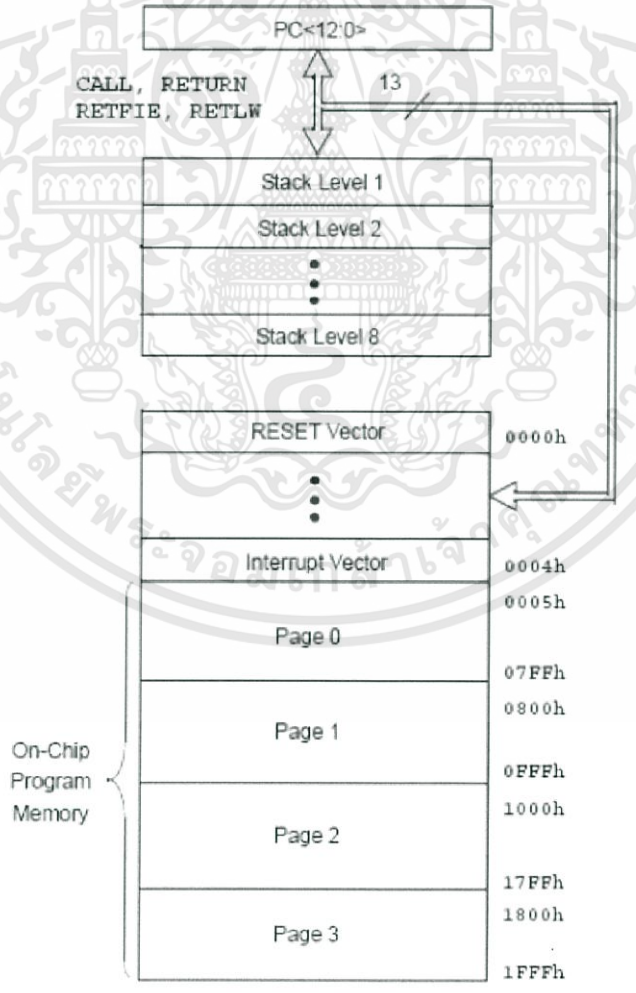
2 ) หน่วยความจำที่เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานต่าง ๆ ( Register Files )

3 ) หน่วยความจำข้อมูล หรือหน่วยความจำเอนกประสงค์ ( Data Memory )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 ) หน่วยความจำแบบที่ไม่ต้องใช้ไฟเลี้ยง หรือ EEPROM หน่วยความจำทั้ง 4 ส่วนนี้ จะมีขนาดความจุ และการใช้งานที่แตกต่างกันไป ตามจุดประสงการใช้งาน

หน่วยความจำโปรแกรม เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บและการประมวลผลคำสั่งในโปรแกรมที่ผู้ใช้ได้เขียนและบนท๊กเก็บไว้ หน่วยความจำส่วนนี้จะมีขนาด 14 บิท ตามรูปที 5 เป็นโครงสร้าง ประกอบด้วย Program Counter เป็นตัวชี้ตำแหน่งลำดับการประมวลผล ( Execute Sequence Cycle) Stack Register เป็นหน่วยความจำที่พักค่าตำแหน่งลำดับการประมวลผล กรณีต้องกระโดดไปทำงานย่อย On-chip Program Memory เป็นเนื้อที่โปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผล ประกอบด้วยตำแหน่งแอดเดรสที่สำคัญ ๆ คือ RESET Vector จะอยู่ที่ 0000h และ Interrupt Vector จะอยู่ที่ 0004h นอกนั้นเป็นตำแหน่งที่เก็บโปรแกรมเริ่มตั้งแต่ 0005h ไปจนถึงตำแหน่งสุดท้ายของหน่วยความจำ




**รูปที่ 3.8** แสดงการจัดสรรค์พื้นที่ของหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.4 ส่วนของคอยล์จุดระเบิด (Ignition Coil)

Coil คือส่วนหนึ่งของระบบจุดระเบิดที่ทำหน้าที่ในการเพิ่มแรงดันให้มีขนาดแรงดีนที่สูงเพื่อนำไปจุดหัวเทียนให้มีการสปาร์ค ในที่นี่จะใช้ Coil On Plug ซึ่งมีความกะทัดรัดปกติแล้วการเชื่อมต่อระหว่าง Coil กับหัวเทียนต้องมีสายไฟต่อกันเนื่องจากไฟที่ผ่านสายไฟดังกล่าวมีขนาดแรงดันที่สูงเพื่อหลีกเลี่ยงจากการรั่วของสายไฟเมื่อใช้ไปนานๆ Coil On Plug จึงเป็นทางเลือกหนึ่ง

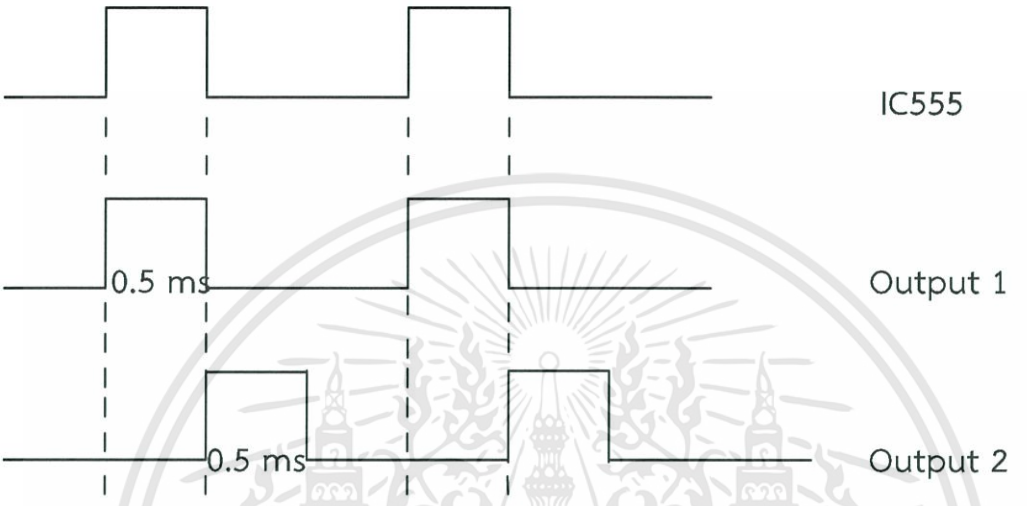
**รูปที่ 3.9** แสดง Coil On Plug

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

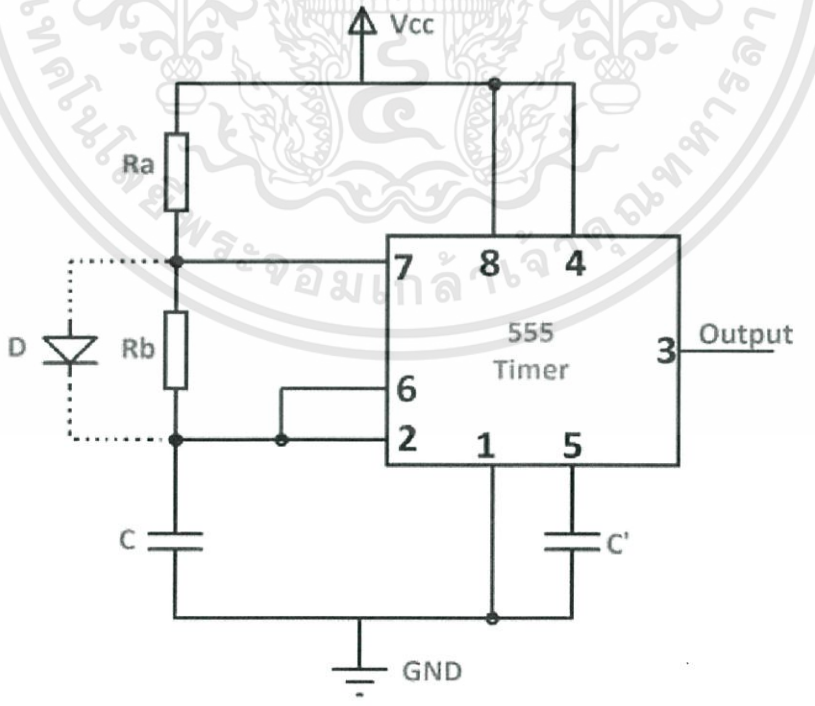
# หลักการออกแบบของวงจรจุดระเบิด

## 4.1 สัญญาณที่ต้องการ




รูปที่ 4.1 Timing Diagram ของการออกแบบ

การคำนวณ IC555




รูปที่ 4.2 IC555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ได้จาก IC555 สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

จากสูตร

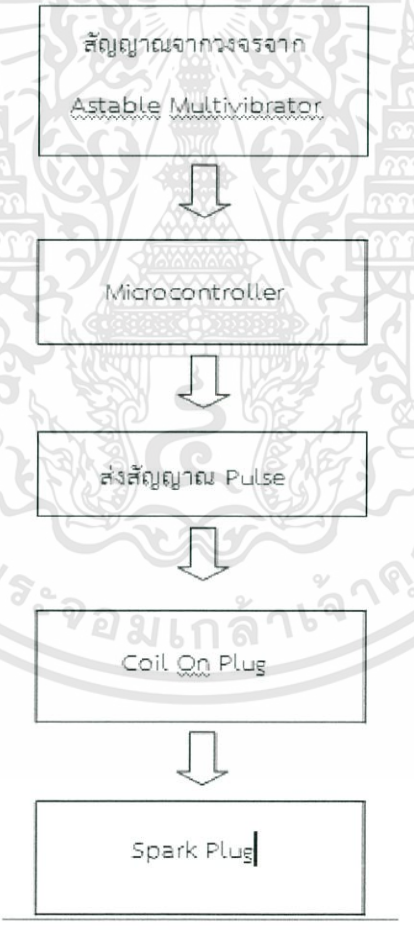
$$T_{on} = R_A C ln2$$

$$T_{off} = R_B C ln2$$

$$T = T_{on} + T_{off}$$

$$Duty\ cycle = \frac{R_A}{R_A + R_B}$$

4.2 หลักการในการออกแบบระบบจุดระเบิด




รูปที่ 4.3 Block Diagram

4.2.1 ส่วนของการสร้างสัญญาณพัลส์ (Pulse Generator)

ใช้วงจร Astable Multivibrator ในการสร้างสัญญาณ Pulse ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.2 ส่วนของการประมวลผล Microcontroller

ส่วนของการประมวลผล จะได้รับสัญญาณมาจากส่วนของวงจร Astable Multivibrator มาทำการแปลงให้เป็นสัญญาณพั้ลส์ 2 สัญญาณพั้ลส์ตัวแรกมีค่าเป็นปกติ ส่วนอีกตัวมีค่าดีเลย์อยู่แล้วส่งไปที่ส่วนของวงจรขับคอยล์จุดระเบิด

### 4.2.3 ส่วนของส่งสัญญาณ Pulse

ส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการไดร์กระแสที่ได้รับสัญญาณการจุดระเบิดมาจาก Microcontroller เพื่อทำการขับ Gate ของ Coil On Plug

### 4.2.4 ส่วนของคอยล์จุดระเบิด (Ignition Coil)

คอยล์จุดระเบิดนี้จะใช้ Coil On Plug ทำหน้าที่ในการเพิ่มแรงดันให้สูงขึ้น ซึ่งในที่นี้จากเดิม 25 โวลต์ เพิ่มเป็น 8000-25,000 โวลต์ แล้วจากนั้นก็จะเกิดการจุดระเบิดที่หัวเทียน

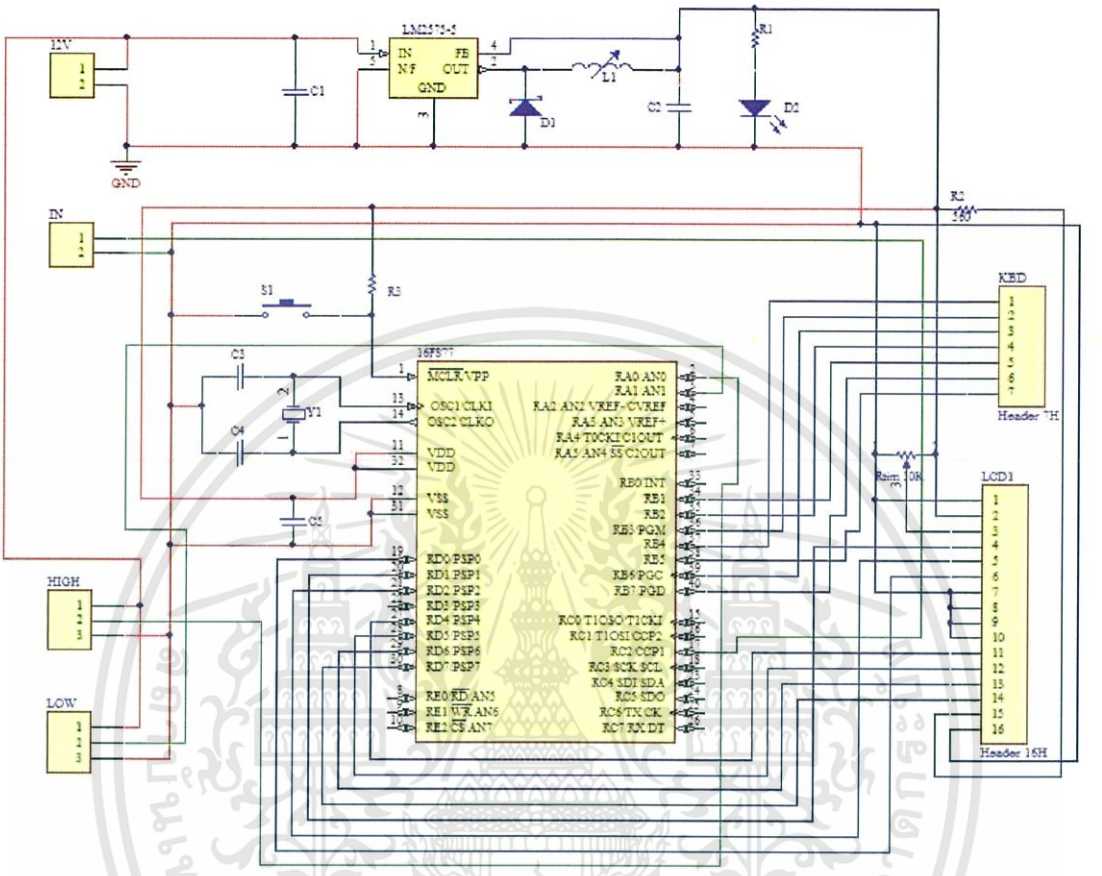
### 4.2.5 ส่วนของหัวเทียน

หัวเทียนที่ใช้จะเป็นหัวเทียน 1 เขี้ยวซึ่งรับสัญญาณจากคอยล์จุดระเบิด(Ignition Coil) เพื่อทำการจุดระเบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 การออกแบบ Schematic ในโปรแกรม Altium

### วงจร Microcontroller




รูปที่ 4.4 Schematic ของวงจร Microcontroller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

# การทดลองและผลการทดลอง

## 5.1 จุดประสงค์

5.1.1 เพื่อทดสอบการแสดงผลทางด้านเอาท์พุทของวงจร Astable Multivibrator

5.1.2 เพื่อทดสอบการสปาร์คของหัวเทียนโดยใช้ Coil On Plug

## 5.2 วิธีการทดลอง

5.2.1 ทดสอบการแสดงผลทางส่วนของวงจร Astable Multivibrator

การทดลองคือจะให้ IC555 จ่ายสัญญาณออกมาทาง Output และสังเกตสัญญาณ

5.2.2 ทดสอบการสปาร์คของหัวเทียนโดยใช้ Coil On Plug

นำ Output ที่ได้จากวงจร Astable Multivibrator มาต่อเข้ากับ Microcontroller และให้ Output ต่อออกไปยัง Coil On Plug และสังเกตการจุดระเบิดของหัวเทียนจากการกำหนดค่า Ton จาก Keypad ในส่วนของ Microcontroller

## 5.3 การทดลอง

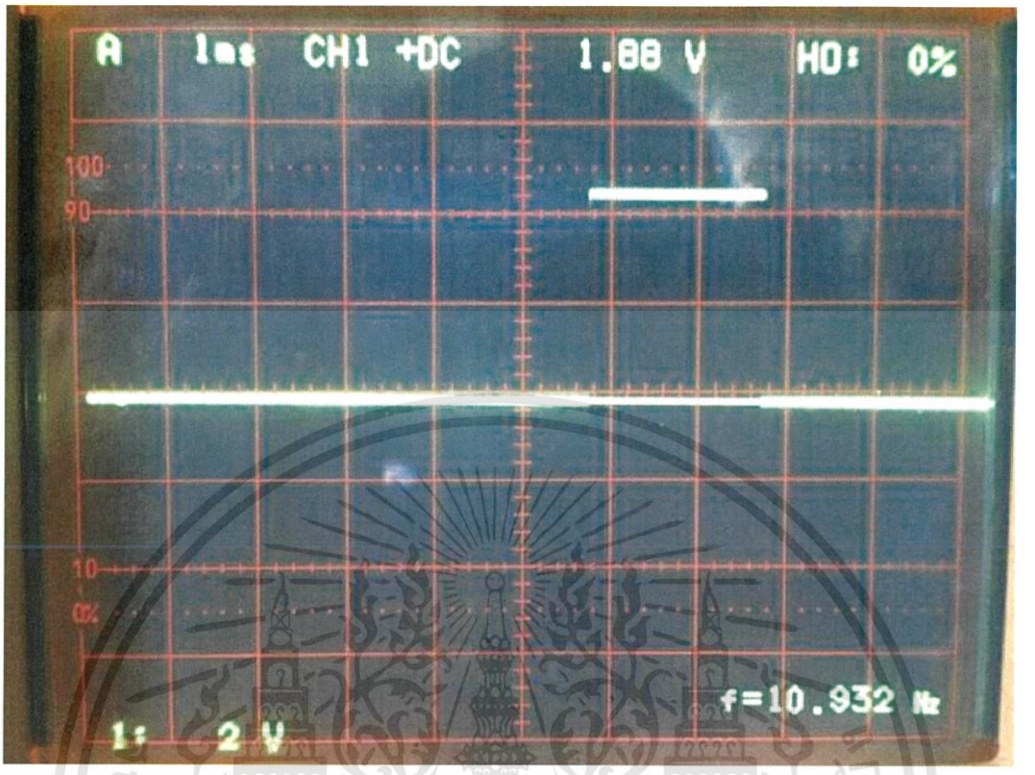
เป็นการทดลอง2แบบคือ

1. ทดลองโดยใช้โปรแกรม Proteus

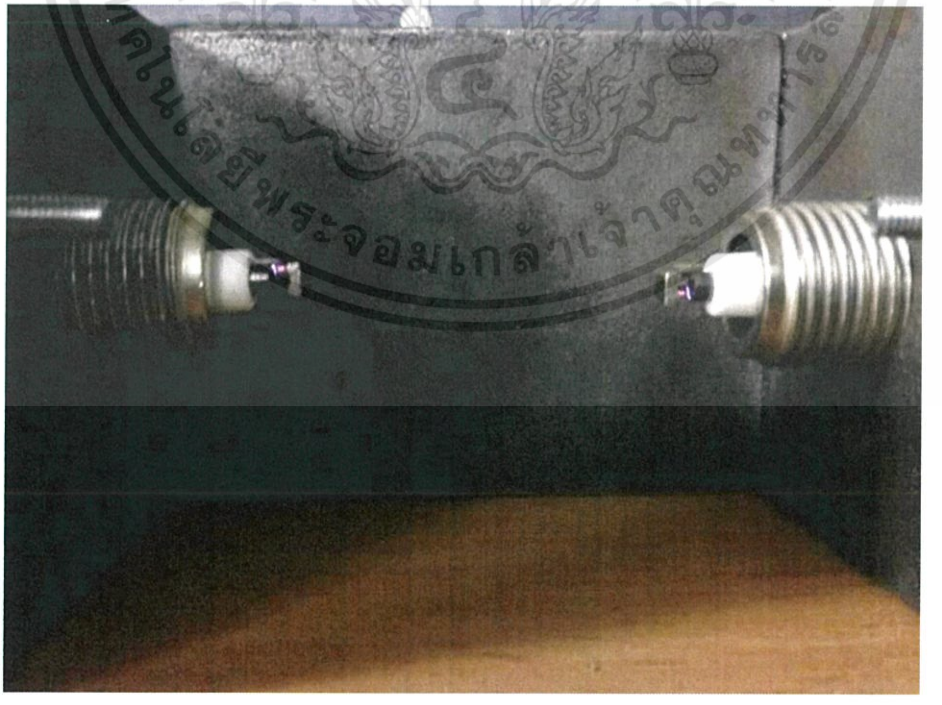
2. ทดลองโดยใช้อุปกรณ์ของจริง โดยสังเกตุจากกระจุดระเบิดของหัวเทียน และแรงดันที่จ่ายให้คอล์ยคือ 12 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลอง

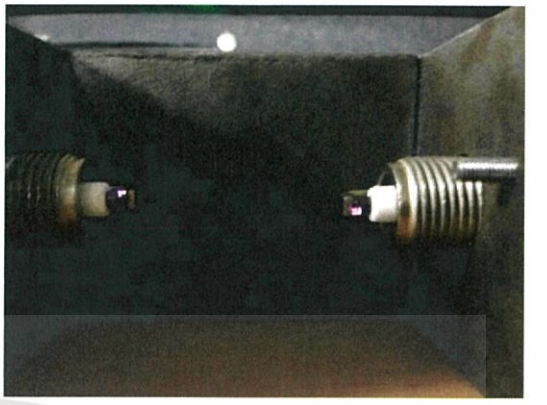



รูปที่ 5.1 ใช้ f = 10 Hz วัดโดยใช้เครื่อง Oscilloscope

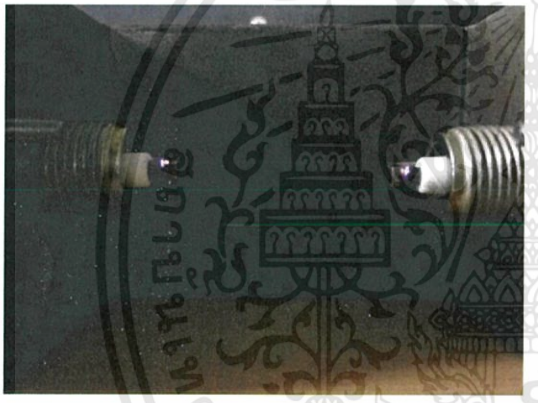


รูปที่ 5.2 ใช้ Ton = 1 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

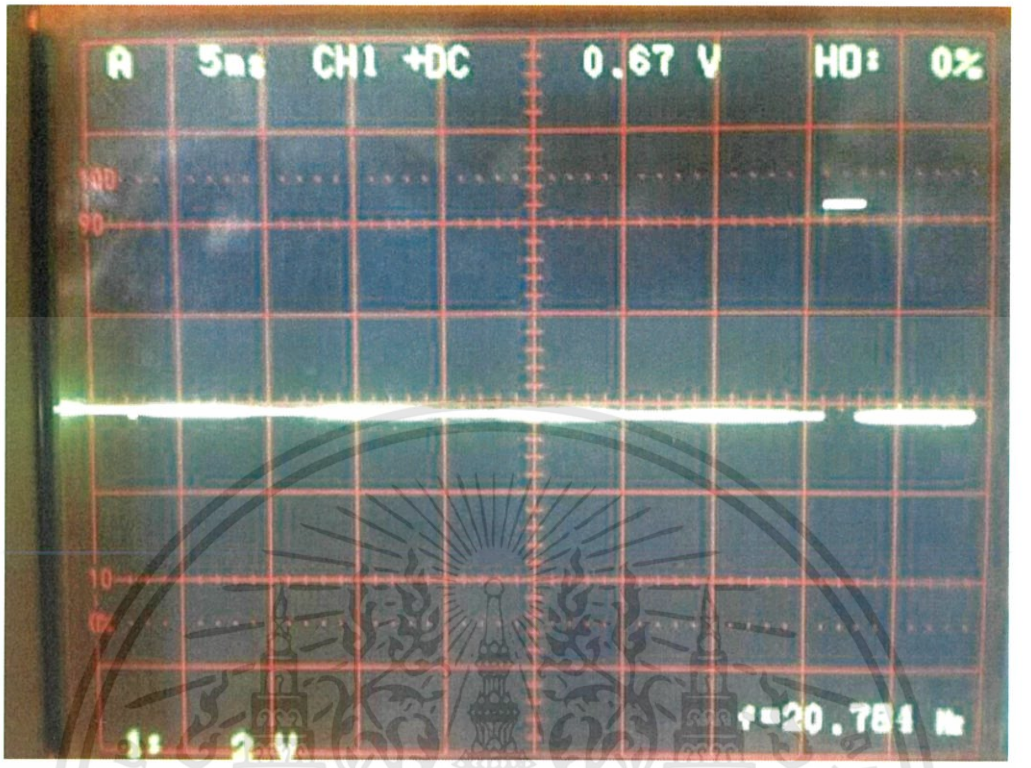


**รูปที่ 5.3** ใช้ Ton = 2 ms และ Ton = 3 ms ตามลำดับ

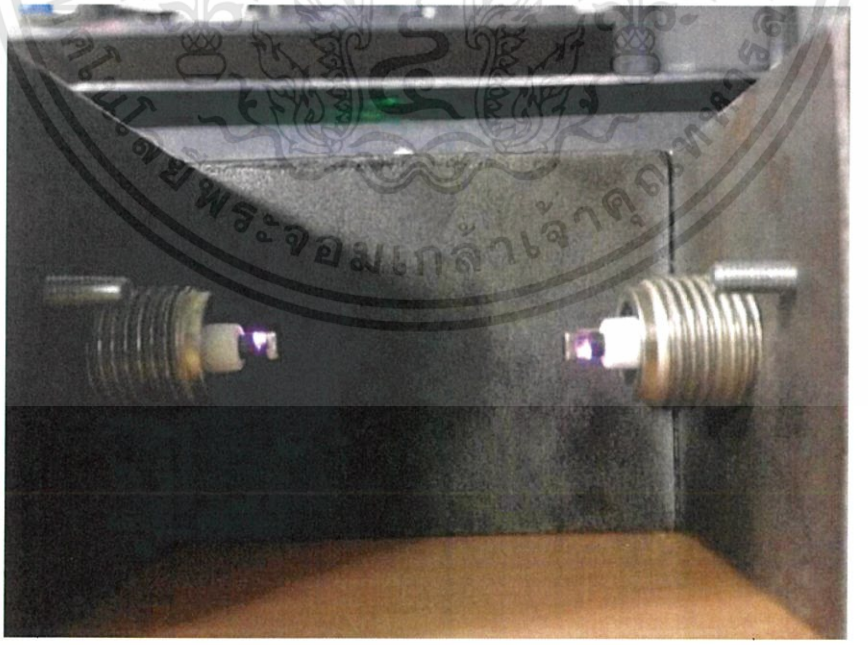


**รูปที่ 5.4** ใช้ Ton = 4 ms Ton = 5 ms ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

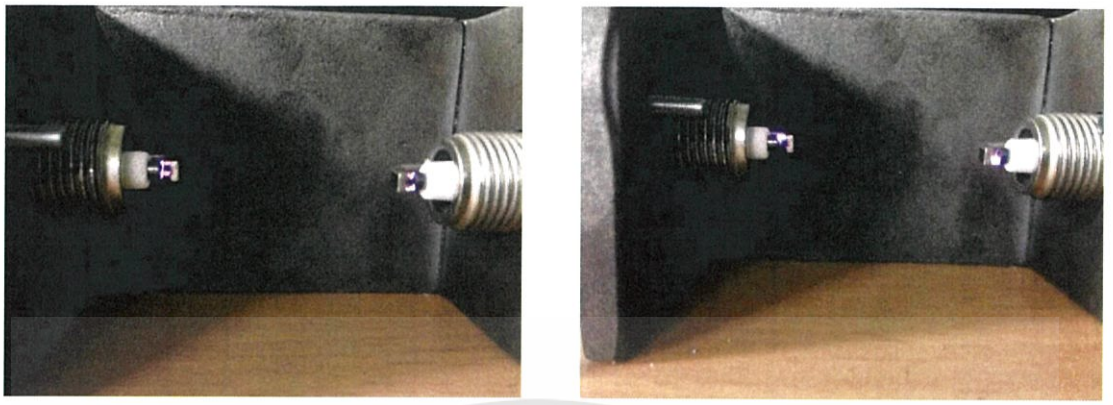



**รูปที่ 5.5** ใช้ f = 20 Hz วัดโดยใช้เครื่อง Oscilloscope

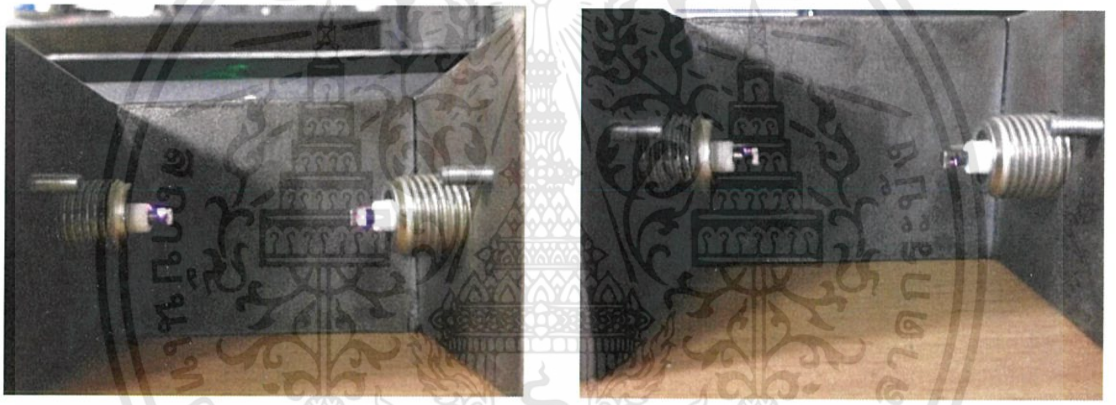


**รูปที่** 5.6 ใช้ Ton = 1 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

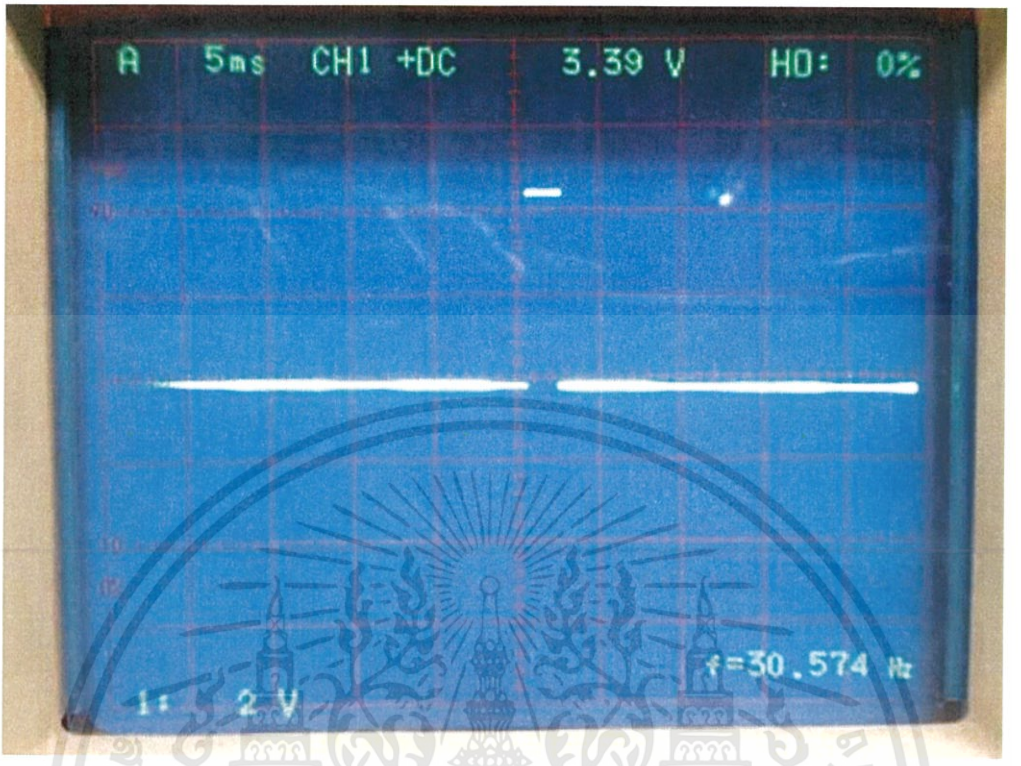


**รูปที่ 5.7** ใช้ Ton = 2 ms และ Ton = 3 ms ตามลำดับ

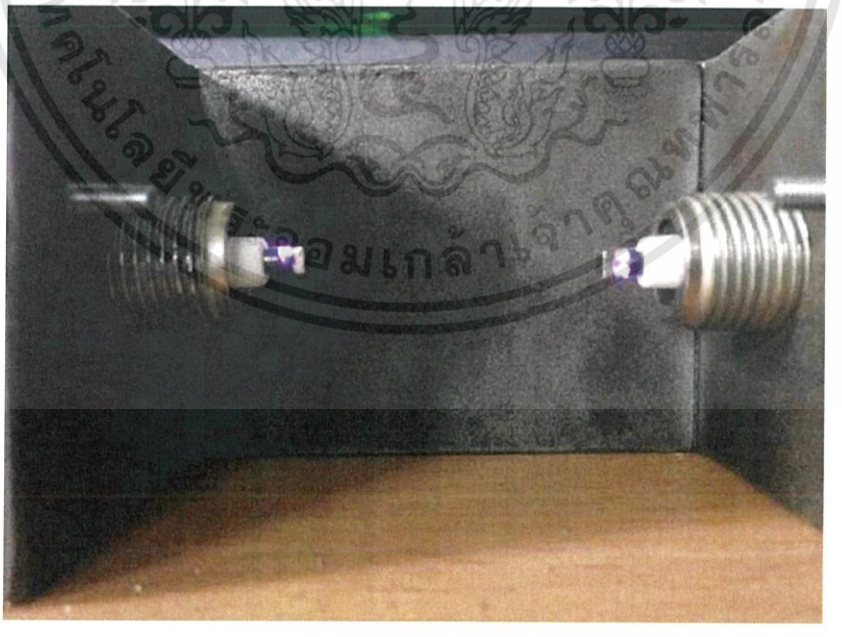


**รูปที่ 5.8** ใช้ Ton = 4 ms Ton = 5 ms ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

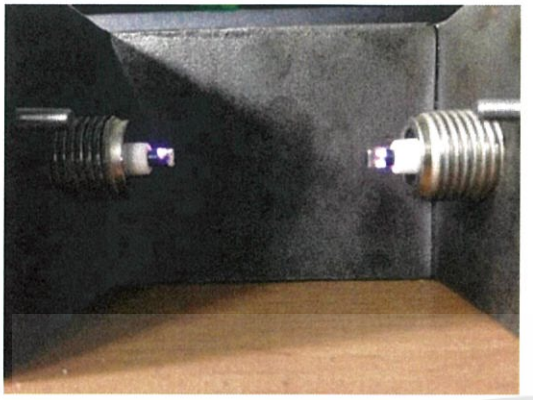
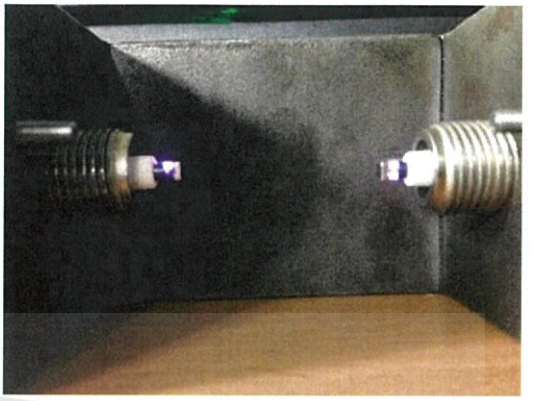



**รูปที่ 5.9** ใช้ f = 30 Hz วัดโดยใช้เครื่อง Oscilloscope

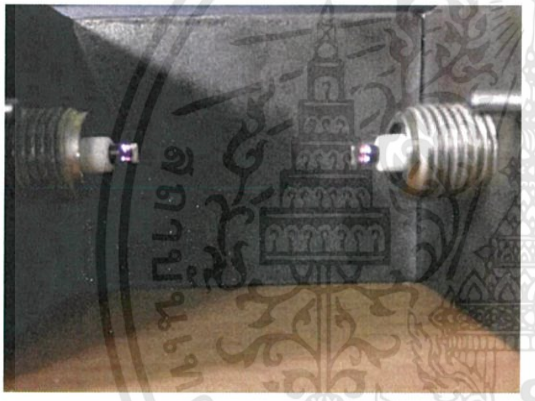
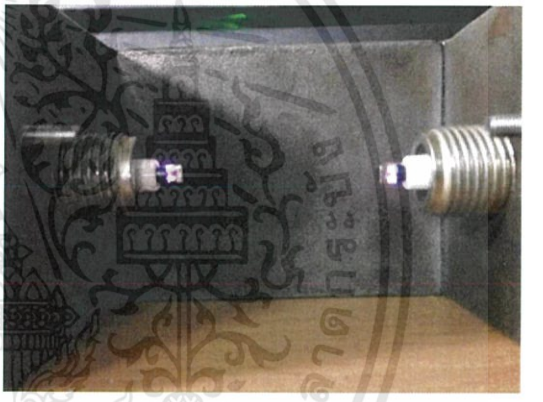


**รูปที่ 5.10** ใช้ Ton = 1 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

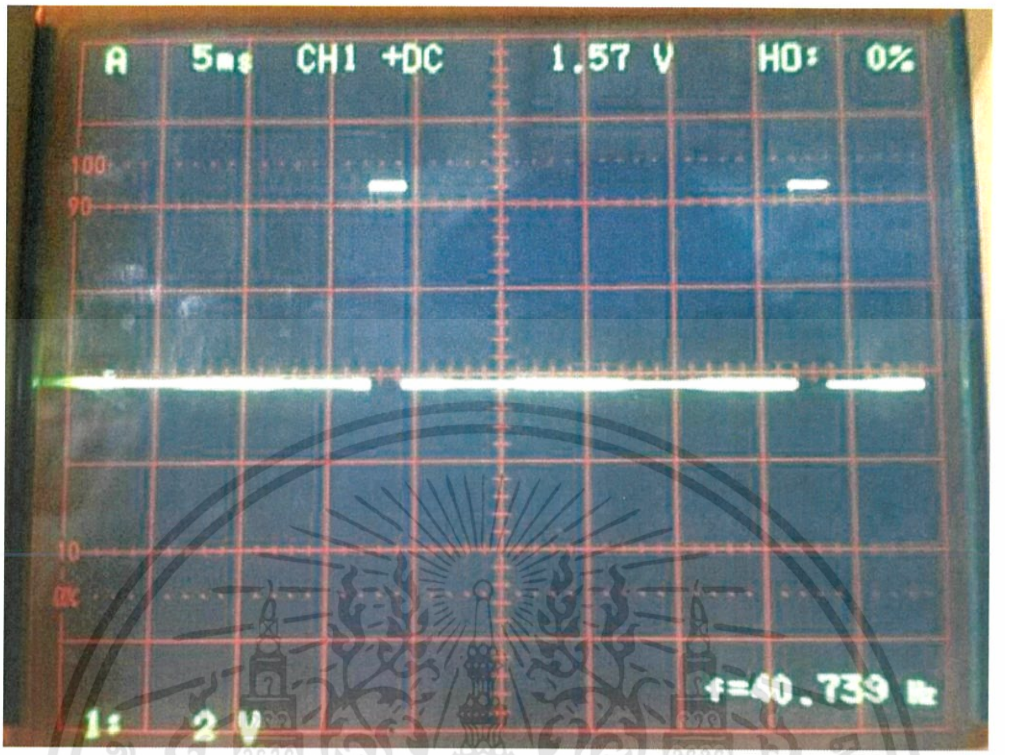



**รูปที่ 5.11** ใช้ Ton = 2 ms และ Ton = 3 ms ตามลำดับ

**รูปที่ 5.12** ใช้ Ton = 4 ms Ton = 5 ms ตามลำดับ

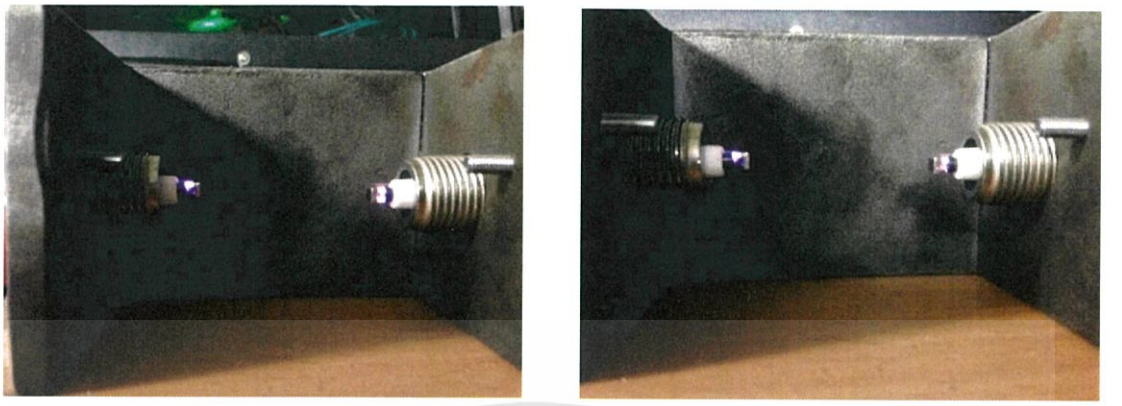
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



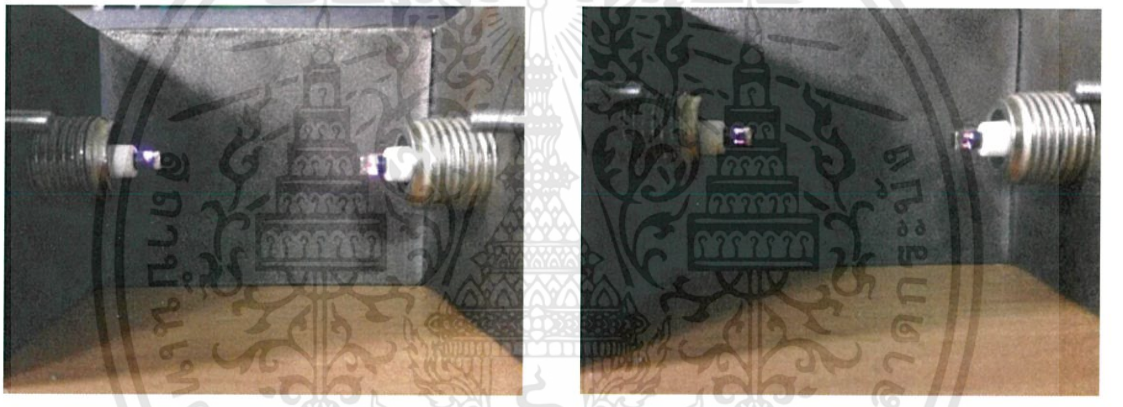

**รูปที่ 5.13** ใช้ f = 40 Hz วัดโดยใช้เครื่อง Oscilloscope

**รูปที่ 5.14** ใช้ Ton = 1 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

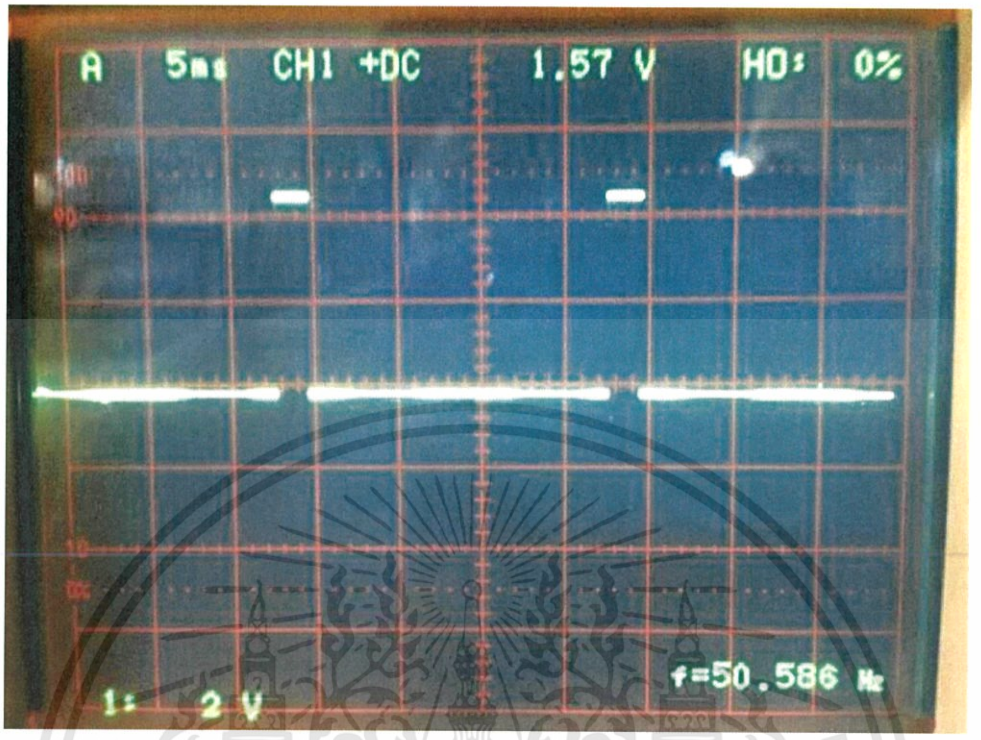


**รูปที่ 5.15** ใช้ Ton = 2 ms และ Ton = 3 ms ตามลำดับ



**รูปที่ 5.16** ใช้ Ton = 4 ms Ton = 5 ms ตามลำดับ

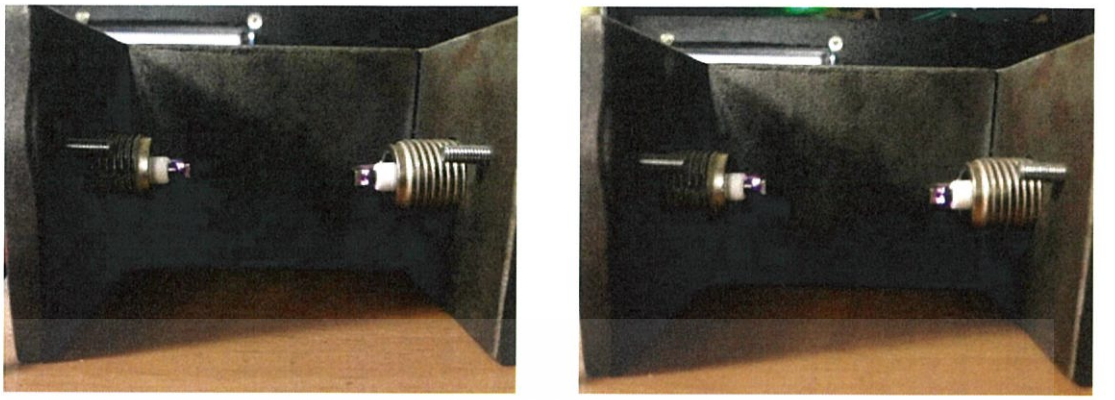
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



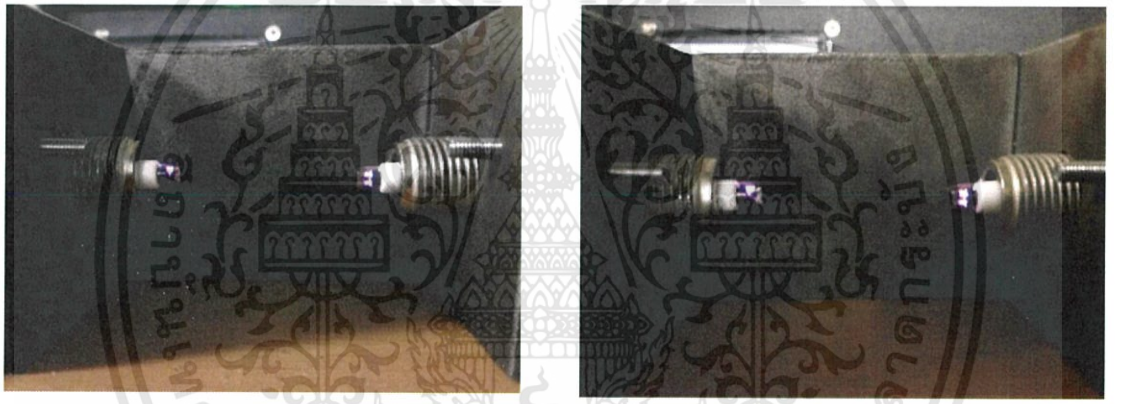

**รูปที่** 5.17 ใช้ f = 50 Hz วัดโดยใช้เครื่อง Oscilloscope

**รูปที่** 5.18 ใช้ Ton = 1 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

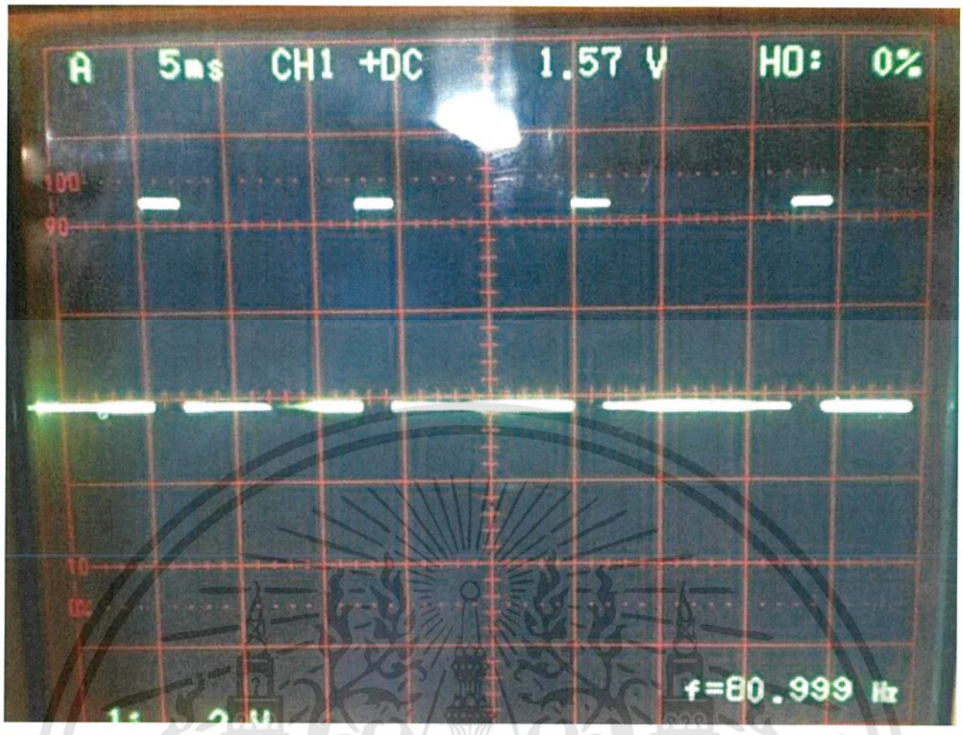


**รูปที่ 5.19** ใช้ Ton = 2 ms และ Ton = 3 ms ตามลำดับ



**รูปที่ 5.20** ใช้ Ton = 4 ms Ton = 5 ms ตามลำดับ

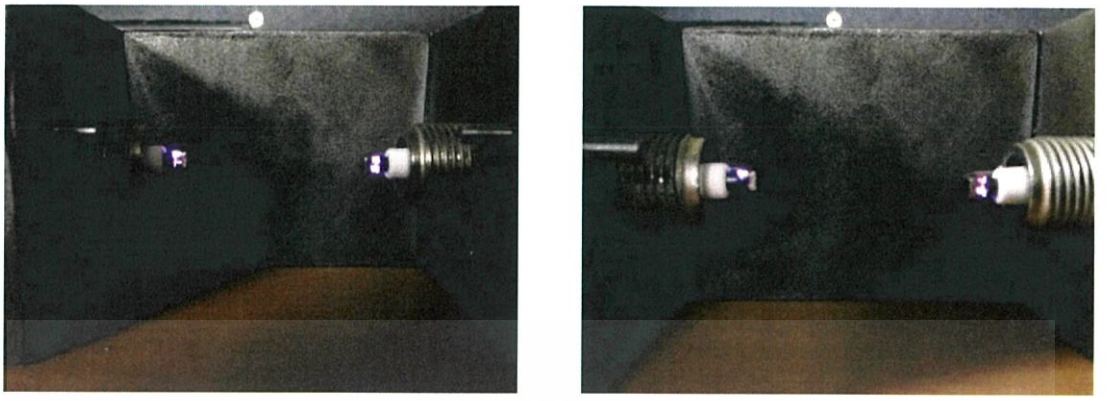
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 5.21** ใช้ f = 60 Hz วัดโดยใช้เครื่อง Oscilloscope

**รูปที่ 5.22** ใช้ Ton = 1 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 5.23** ใช้ Ton = 2 ms และ Ton = 3 ms ตามลำดับ

**รูปที่ 5.24** ใช้ Ton = 4 ms Ton = 5 ms ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 6

# สรุปผลการทดลอง

## 6.1 การทดลองการแสดงผลทางด้าน Output ของ PIC

จากการทดลองจะเห็นว่า สามารถสร้างสัญญาณพัลส์ได้ตามที่ต้องการ โดยสร้างลูกแรกมาและสร้างลูกที่สองมาตามลำดับซึ่งจะจุดต่อเนื่องจากลูกแรก โดยIC555 จะสร้างสัญญาณพัลส์ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการจำลองรอบของเครื่องยนต์ แล้วนำสัญญาณนี้ไปใช้ในการทริคไมโครคอนโทรนเลอร์เพื่อให้ทำการสร้างสร้างสัญญาณพัลส์ที่ใช้สำหรับจุดระเบิดต่อไป

## 6.2 การทดลองการสปาร์คของหัวเทียน

จากการทดลองเราจะทำการป้อนค่า $T_{on}$ ให้กับไมโครคอนโทรบเลอร์จากนั้นไมโครคอนโทรนเลอร์จะสร้างสัญญาณขึ้นมาโดยคอยล์แต่ละตัวจะสร้างมา 1 ลูกใน 1 รอบเครื่องยนต์ โดยเมื่อคอยล์ตัวแรกทำการจุดหัวเทียนเสร็จแล้วจากนั้นคอยล์ตัวที่สองก็จะทำก่อนจุดหัวเทียนต่อไปทันทีในเวลาที่ติดต่อกัน โดยจากการทดลองจะเห็นว่า$T_{on}$ นั้นมีผลต่อประกายไฟที่เขี้ยวของหัวเทียน ถ้าที่ความถี่เดียวกัน$T_{on}$มีค่ามากจะเกิดประกายไฟน้อยกว่า$T_{on}$น้อย เพราะคาดว่าคอยจะจุดในช่วงสัญญาณขาขึ้นคือในช่วงที่Onทันทีและต่อจากนั้นจะเป็นการชาร์จประจุดในช่วงเวลาที่Off ดั้งนั้นถ้า$T_{off}$มากจะทำในเวลาในการชาร์จมากถึงทำให้จุดได้แรงกว่าและความถี่ก็มีผลต่อประกายไฟเช่นเดียวกันโดยถ้าความถี่สูงจะทำให้จุดหลายครั้งมากทำให้เห็นประกายไฟที่เข้มขึ้นเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง


[1] วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ,รศ.จิรวัฒน์ ปานกลาง , ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[2] ST Microeletronics Datasheet

[3] National Semiconductor Datasheet

[4] ประณต กุลประสูตร, "ทฤษฎีเครื่องยนต์เบนซิน", สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 448 หน้า, 2551

[5] http://www.altium.com

[6] http://www.ntc.ac.th/

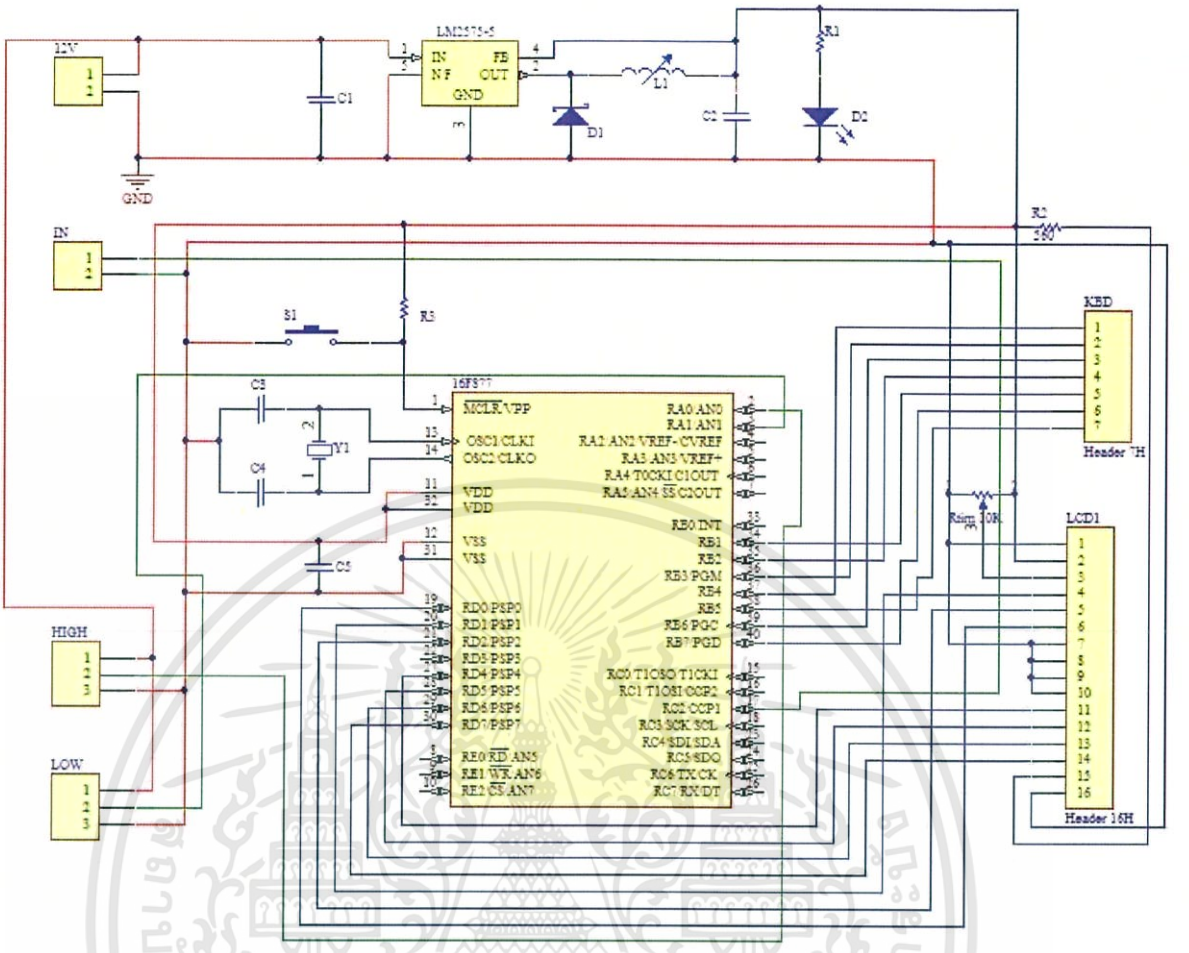


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

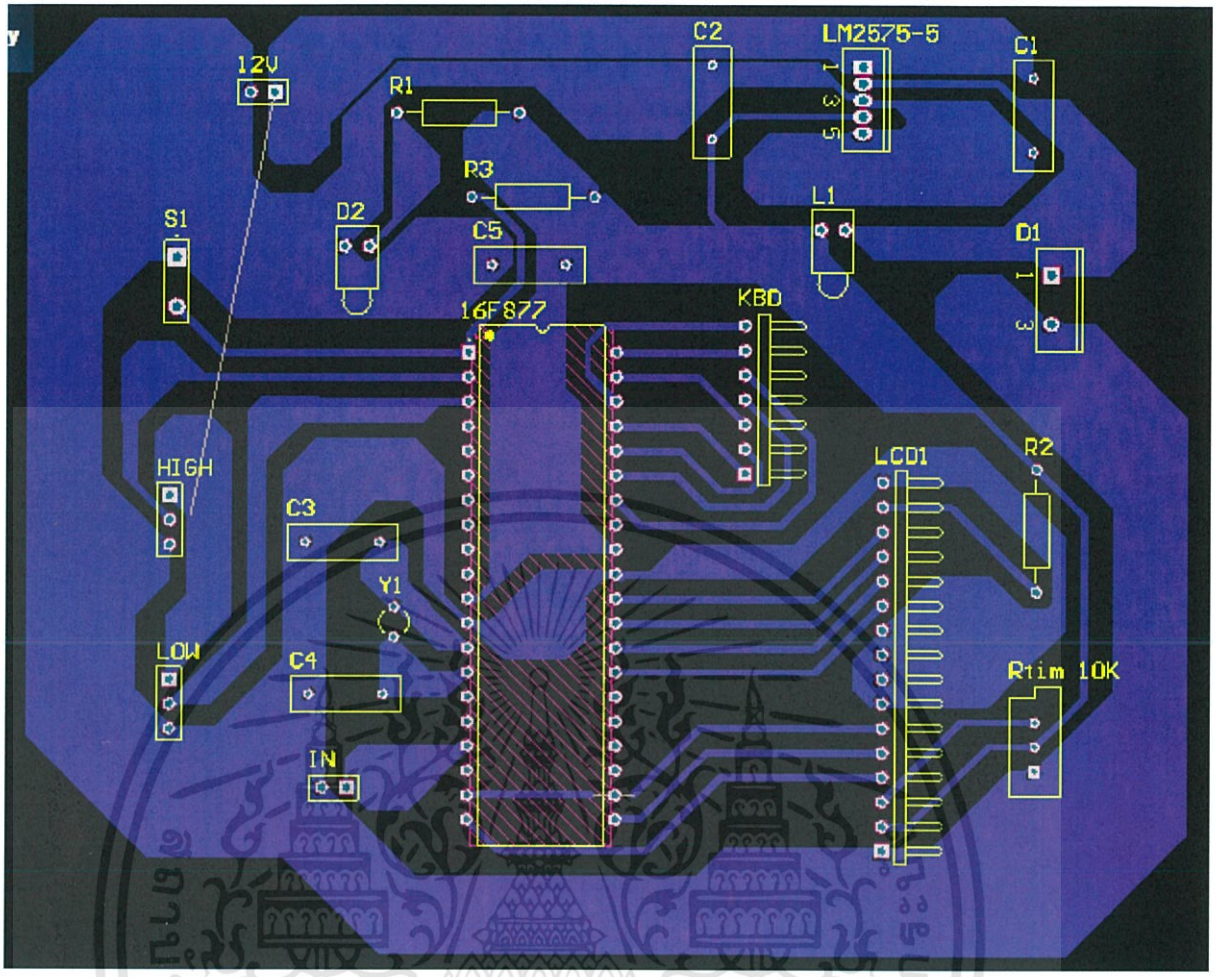


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 1.1** Schematic ของ Microcontroller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 1.2 PCB ของ Microcontroller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## **Code** Microcontroller

```
#include <16F877.h>
#fuses HS,NOPROTECT,NOPUT,NOWDT
#use delay(clock=10000000)
#use rs232(baud=9600,xmit=pin_c6,rcv=pin_c7)
#define use_portb_kbd
#include <lcd.c>
#include <kbd.c>
unsigned long time,Ton=0;
unsigned int k,kp[5],i,m=0;
#int_ccp1
void CCP1_ISR(void)
{


  time=get_timer1();


    output_high(pin_a0);
    output_low(pin_a1);
    delay_us(Ton);
    output_high(pin_a1);
    output_low(pin_a0);
    delay_us(Ton);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      output_low(pin_a1);
set_timer1(0);
}
void kbd_pullup_init()
{
   port_b_pullups(true);
}
void main()
{
   enable_interrupts(GLOBAL);
   enable_interrupts(INT_CCP1);

   lcd_init();
   kbd_pullup_init();
lcd_putc(" Dual Coil IG \n");
   lcd_putc("ID : 0122 0192");
   delay_ms(1000);
   lcd_putc('\f');
   lcd_putc("  Ton =       us\n");
   lcd_putc("  # >>> ENTER  ");
      while(true)
     {
        Ton=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        k=kbd_getc();
        if(k!=0)
        {
          if(k=='#')break;
           lcd_gotoxy(9+m,1);
           lcd_putc(k);
           kp[m]=k-48;
           m++;
           k=0;
         }
      }
       for(i=0;i<m;i++)
       {
         Ton=Ton*10+kp[i];
       }
m=0;
    printf("\t %Ld",Ton); //เชคค่าTonเฉยๆ
        lcd_putc('\f');
        lcd_putc("   COMPLETE  \n");
        lcd_putc("PROGRAM RUNNING");
      setup_ccp1(CCP_CAPTURE_RE);
setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_4);
      set_timer1(0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    set_tris_a(0x00);
    set_tris_b(0xff);
  while(true)
  {
;
  }
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้