ระบบจุดระเบิดหลายครั้งด้วยคอยล์จุดระเบิดคู่

(Dual Coil Multi Pulse Ignition System)

ชวพันธ์ พุนทิกาพัทร์

Chavaphan Phunthikaphadr

ยุวธิดา ศรีวังพล

Yuwathida Sriwangphol

สิทธิพล โพนทานิล

Sittipon Ponthanin

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

ระบบจุดระเบิดหลายครั้งด้วยคอยล์จุดระเบิดคู่

(Dual Coil Multi Pulse Ignition System)

โดย

นายชวพันธ์ พุนทิกาพัทร์
นางสาว ยุวธิดา ศรีวังพล
นาย สิทธิพล โพนทานิล

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. จิรวัฒน์ ปานกลาง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน	ระบบจุดระเบิดหลายครั้งด้วยคอยล์จุดระเบิดคู่
ชื่อนักศึกษา	นาย ชวพันธ์ พุนทิกาพัทร์ รหัส 53010328
	นางสาว ยุวธิดา ศรีวังพล รหัส 53011325
	นาย สิทธิพล โพนทานิล รหัส 53011688
สาขา	อิเล็กทรอนิกส์
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. จิรวัฒน์ ปานกลาง

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....

(รศ. จิรวัฒน์ ปานกลาง)

วันที่ 19 / มิ.ย. / 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน	ระบบจุดระเบิดหลายครั้งด้วยคอยล์จุดระเบิดคู่
ชื่อนักศึกษา	นาย ชวพันธ์ พุนทิกาพัทร์ รหัส 53010328
	นางสาว ยุวธิดา ศรีวังพล รหัส 53011325
	นาย สิทธิพล โพนทานิล รหัส 53011688
สาขา	อิเล็กทรอนิกส์
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. จิรวัฒน์ ปานกลาง

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ฉบับนี้เป็นการพัฒนาระบบการจุดระเบิดหัวเทียนเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยสามารถกำหนดครั้งการจุดระเบิดหัวเทียนต่อ1รอบการทำงานของเครื่องยนต์ ซึ่งจากปกติจะจุดระเบิดหัวเทียน1ครั้ง แต่ในที่นี้จะกำหนดเป็น 2 ครั้ง 3ครั้ง หรือ 4 ครั้งได้ และได้มีการพัฒนาให้ดีขึ้นโดยการใช้คอยล์สองตัวมาเป็นตัวจุดระเบิดรวมถึงการเลื่อนเฟสของสัญญาณให้ได้ผลลัพธ์ในการจุดให้ดีขึ้น ในโครงงานฉบับนี้เป็นวงจรใช้ในการทดสอบ และประมวลผลคือส่วนที่รับสัญญาณจากส่วนจำลองสัญญาณ และจำนวนครั้งของการจุดระเบิด จากนั้นก็จะทำการประมวลผลของสัญญาณและสร้างสัญญาณออกเป็นพัลส์ตามจำนวนครั้งที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Dual Coil Multi Pulse Ignition System
Student	Mr. Chavaphan Phunthikaphadr ID.53010328
	Miss Yuwathida Sriwangphol ID.53011325
	Mr. Sittipon Ponthanin ID.53011688
Program	Electronic
Faculty	Engineering
Year	2013
Adviser	Assoc.Prof. Jirawat Panklang

Abstract

This project is aim to improve the spark plug ignition process of gasoline engine in which the engineer can set the number of ignition per 1 round of engine working. Normally, it will ignition only 1 time per round but this report will show that to ignition more than 1 time is possible and have been by the use of dual coil are ignition. Including the phase shift of the signal to obtain the best results. The circuit being used in this experiment is the signal collector in which receive signal from simulator and the number of ignition. After that, it will process the signal and convert into the require number of pulse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องระบบจุดระเบิดหลายครั้งด้วยคอยล์จุดระเบิดคู่สามารถสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ คณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ รศ.จิรวัฒน์ ปานกลาง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานฉบับนี้ ที่กรุณาให้คำแนะนำเป็นที่ปรึกษาในการแก้ปัญหาต่างๆ รวมทั้งเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องของโครงงานสารสนเทศฉบับนี้

นอกจากนี้คณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ บิดา มารดาที่ได้ให้การสนับสนุนทางด้านกำลังใจและทุนทรัพย์ จนการทำโครงงานสารสนเทศครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี รวมทั้งเพื่อนๆและน้องๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆเกี่ยวกับโครงงานนี้

นาย ชวพันธ์ พุนทิกาพัทร์ รหัส 53010328
นางสาว ยุวธิดา ศรีวังพล รหัส 53011325
นาย สิทธิพล โพนทานิล รหัส 53011688

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ/ภาษาไทย	I
บทคัดย่อ/ภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตโครงงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา	2
บทที่ 2 หลักการพื้นฐานเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	3
2.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ	3
2.2 ระบบจุดระเบิด	6
2.3 ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา	7
2.4 การจุดระเบิดล่วงหน้า	16
2.5 มุมดเวลล์	17
2.6 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์	19
บทที่ 3 หลักการพื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์	31
3.1 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์	31
3.2 หน่วยประมวลผลกลาง	32
3.3 คุณสมบัติของ PIC16F877	32
3.3.1 คุณสมบัติต่างๆของ PIC16F877	33
3.3.2 คุณสมบัติพิเศษของ PIC16F877	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 หลักการออกแบบวงจรจุดระเบิดหัวเทียน	35
4.1 หลักการเบื้องต้น	35
4.2 การจำลองสัญญาณจุดระเบิด	35
บทที่ 5 ผลการทดลอง	36
5.1 การจำลองสัญญาณจุดระเบิด	36
5.2 สัญญาณที่ได้จากการซิมมูเลท	37
5.3 ผลการทดลองที่ช่วงความถี่ต่างๆ	45
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	49
6.1 ส่วนการจำลองสัญญาณจุดระเบิด	49
6.2 ส่วนการประมวลผล	49
6.3 ปัญหาระหว่างการทำงานและวิธีแก้ไข	49
ภาคผนวก	50
บรรณานุกรม	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ 3

รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจังหวะดูด 3

รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจังหวะอัด 4

รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจังหวะระเบิด 4

รูปที่ 2.5 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจังหวะคาย 5

รูปที่ 2.6 ไดอะแกรมแสดงจังหวะการทำงานของลิ้นสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ 6

รูปที่ 2.7 ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาที่ใช้คอยล์จุดระเบิดแบบมีความต้านทานภายนอก 7

รูปที่ 2.8ส่วนประกอบภายในของจานจ่าย 8

รูปที่ 2.9 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของทองขาว 9

รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของคอนเดนเซอร์ 10

รูปที่ 2.11 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของคอยล์จุดระเบิด 11

รูปที่ 2.12 เปรียบเทียบสายไฟแรงสูงที่ใช้กันในปัจจุบันกับในอดีต 13

รูปที่ 2.13 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของหัวเทียน 14

รูปที่ 2.14 แสดงการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาขณะหน้าทองขาวปิด 15

รูปที่ 2.15 แสดงการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาขณะหน้าทองขาวเปิด 15

รูปที่ 2.16 แสดงผลจากการใช้อุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าทั้งสองแบบ 17

รูปที่ 2.17 แสดงมุมดเวลล์ของหน้าทองขาว 18

รูปที่ 2.18 แสดงความสัมพันธ์ของการจัดตั้งความห่างระหว่างหน้าทองขาวกับมุมดเวลล์ 18

รูปที่ 2.19 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ 20

รูปที่ 2.20 แสดงจานจ่ายไฟของระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ขดลวดกำเนิดสัญญาณ 21

รูปที่ 2.21 แสดงส่วนประกอบในระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้จานจ่ายไฟ
ที่ใช้ขดลวดกำเนิดสัญญาณกับมอดูลควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ 21

รูปที่ 2.22 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อุปกรณ์
การจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์ 22

รูปที่ 2.23 ระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟ 23

รูปที่ 2.24 แสดงให้เห็นการทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียนพร้อมกันถึง 2 หัว
ของคอยล์จุดระเบิดเพียงตัวเดียวซึ่งวิธีนี้เรียกว่าวิธีประกายไฟสูญเปล่า 24

รูปที่ 2.25 แสดงสัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาราวลิ้นที่สัมพันธ์
กับสัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยง 25

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น การอ้างอิงต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.26 ระบบจุดระเบิดโดยตรงซึ่งไม่ต้องใช้สายไฟหัวเทียน 26

รูปที่ 2.27 มอดูลจุดระเบิดและคอยล์จุดระเบิด 2 ตัวติดตั้งอยู่ภายในตัวเรือน
ภายใต้ฝาครอบของเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบจุดระเบิดโดยตรง 27

รูปที่ 2.28 ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุ 29

รูปที่ 2.29 ระบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุ 29

รูปที่ 3.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ 31

รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างภายนอกของ PIC16F877 ที่ใช้ในการทดลอง 31

รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรจุดระเบิดหัวเทียน 35

รูปที่ 5.1 แสดงวงจรที่ใช้ในการซิมมูเลท 36

สัญญาณที่ได้จากการซิมมูเลท

รูปที่ 5.2 แสดงสัญญาณของเครื่องยนต์ 1,044 rpm ความถี่ 8.7 Hz 38

รูปที่ 5.3 แสดงสัญญาณของเครื่องยนต์ 2,000 rpm ความถี่ 16.67 Hz 40

รูปที่ 5.4 แสดงสัญญาณของเครื่องยนต์ 4,000 rpm ความถี่ 33.3 Hz 42

รูปที่ 5.5 แสดงสัญญาณของเครื่องยนต์ 6,000 rpm ความถี่ 50 Hz 44

ผลการทดลองที่ช่วงความถี่ต่างๆ

รูปที่ 5.6 แสดงสัญญาณของเครื่องยนต์ 1,044 rpm ความถี่ 8.7 Hz 45

รูปที่ 5.7 แสดงสัญญาณของเครื่องยนต์ 2,000 rpm ความถี่ 16.67 Hz 46

รูปที่ 5.8 แสดงสัญญาณของเครื่องยนต์ 4,000 rpm ความถี่ 33.3 Hz 47

รูปที่ 5.9 แสดงสัญญาณของเครื่องยนต์ 6,000 rpm ความถี่ 50 Hz 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันภาวะโลกร้อนที่เกิดจากเชื้อเพลิงพลังงานฟอสซิลเป็นปัญหาที่ทุกคนหันมาสนใจกันมากขึ้น โดยเฉพาะผู้ใช้ยวดยานพาหนะเป็นส่วนหนึ่งที่สร้างปัญหามลพิษทางอากาศรวมทั้งได้รับผลกระทบจากราคาเชื้อเพลิงฟอสซิลที่สูงขึ้น ดังนั้นหากเราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงน้ำมันเชื้อเพลิง ของการทำงานของเครื่องยนต์โดยเฉพาะเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่สร้างมลภาวะสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลซึ่งนิยมใช้กันในรถยนต์ปัจจุบัน ก็จะเป็นการช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้

การที่ระบบเครื่องยนต์สันดาปภายในเชื่อเพลิงแก๊สโซลีนจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเชิงเชื้อเพลิงนั้นประกอบไปด้วยปัจจัยหลายอย่าง หนึ่งในปัจจัยที่สำคัญก็คือระบบการจุดระเบิดด้วยหัวเทียนและการสันดาปไอดี ซึ่งหากเราสามารถปรับปรุงระบบการจุดระเบิด และการคายไอเสียรวมทั้งเพิ่มจำนวนหัวเทียนในการทำงานของวัฏจักรเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแล้ว จะเป็นการช่วยให้เครื่องยนต์มีการสันดาปที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และจะเป็นการช่วยลดมลพิษทางอากาศรวมทั้งเป็นการใช้เชื้อเพลิงได้อย่างเต็มประสิทธิภาพอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบระบบการจุดระเบิดของหัวเทียนคู่ว่ามีช่วงการจุดระเบิดใดที่มีความถี่สัมพันธ์กับความเร็วรอบของรถยนต์ เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตโครงงาน

สามารถสร้างวงจรทดสอบคอยล์จุดระเบิดรถยนต์ในการสันดาปภายในที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนเพื่อสร้างการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้เครื่องยนต์มีการสันดาปภายในที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และช่วยลดมลพิษทางอากาศ รวมทั้งสามารถทำให้รถยนต์ยนต์ใช้เชื้อเพลิงได้อย่างเต็มประสิทธิภาพอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

งานวิจัยฉบับนี้ได้แบ่งได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บทด้วยกัน

บทที่ 1 ได้เกริ่นนำที่มาและความสำคัญของงานวิจัย จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ขอบเขตโครงงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำงานวิจัยนี้เกี่ยวกับหลักการพื้นฐานเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

บทที่ 3 จะอธิบายถึงหลักการพื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์

บทที่ 4 เป็นบทที่อธิบายถึงหลักการออกแบบวงจรระบบจุดระเบิดหลายครั้งด้วยคอยล์จุดระเบิดคู่

บทที่ 5 แสดงผลการผลการทดลอง

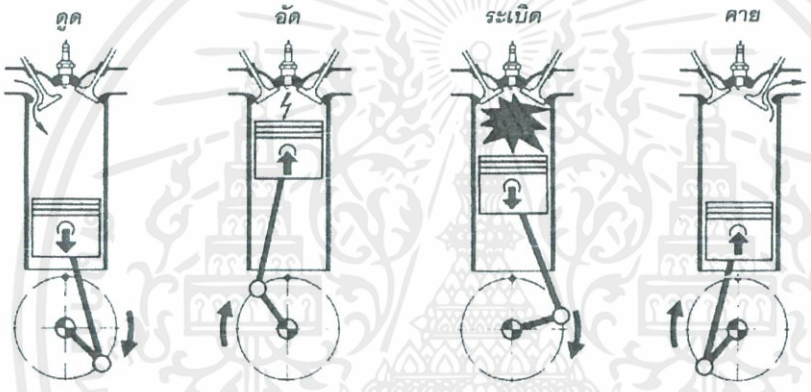
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

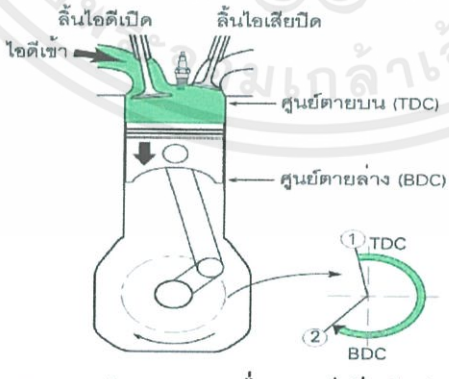
บทที่ 2
หลักการพื้นฐานเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

2.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

เครื่องยนต์ 4 จังหวะจะมีลักษณะในการทำงานดังต่อไปนี้คือ ใน 1 รอบหรือ 1 วัฏจักรของการทำงาน ลูกสูบจะต้องเคลื่อนที่ขึ้น-ลง 4 ครั้ง คือเคลื่อนที่ขึ้น 2 ครั้ง เคลื่อนที่ลง 2 ครั้ง หรือกล่าวได้ว่าเพลาข้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบ จะได้งาน 1 ครั้ง จังหวะการทำงานจะหมุนเวียนกันอยู่เช่นนี้ตลอดไปจนกว่าเครื่องยนต์จะหยุดทำงาน เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ดังรูปที่ 2.1 จะมีจังหวะในการทำงานดังต่อไปนี้



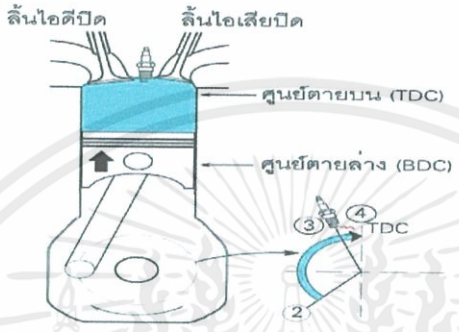
รูปที่ 2.1 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ



รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจังหวะดูด

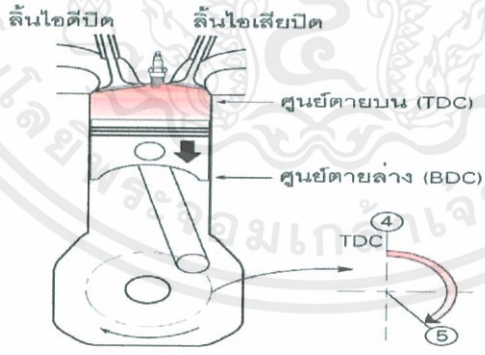
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวะที่ 1 จังหวะดูด (intake stroke) ลูกสูบจะเคลื่อนที่จากศูนย์ตายบน (TDC หรือ Top Dead Center) ลงสู่ศูนย์ตายล่าง (BDC หรือ Bottom Dead Center) ลิ้นไอดีเปิด ส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงจะถูกดูดเข้ามาบรรจุอยู่ภายในกระบอกสูบโดยผ่านทางลิ้นไอดี จังหวะนี้จะมีติดต่อกันไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนที่ลงถึงศูนย์ตายล่างจึงจะหมดจังหวะดูด ขณะนี้ส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงจะถูกดูดเข้ามาบรรจุอยู่เต็มภายในกระบอกสูบ



รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจังหวะอัด

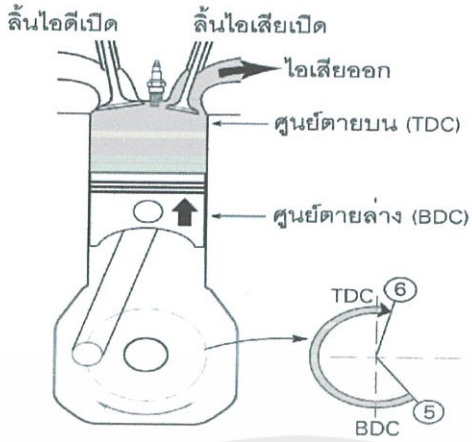
จังหวะที่ 2 จังหวะอัด (compression stroke) จังหวะนี้จะต่อเนื่องมาจากจังหวะดูดคือ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงถึงศูนย์ตายล่างแล้ว จะเริ่มเคลื่อนที่ขึ้นสู่ศูนย์ตายบน ขณะนี้ทั้งลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะปิดสนิท ส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงภายในกระบอกสูบจะถูกอัดตัวขึ้นไปเรื่อย ๆ ตามการเคลื่อนตัวของลูกสูบ จังหวะนี้จะสิ้นสุดลงก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นถึงศูนย์ตายบนเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจังหวะระเบิด

จังหวะที่ 3 จังหวะระเบิด (expansion stroke) จังหวะนี้บางทีเรียกว่าจังหวะกำลัง (power stroke) จังหวะนี้จะเกิดขึ้นในตอนปลายจังหวะอัดโดยส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงจะถูกจุดด้วยประกายไฟจากหัวเทียน จึงทำให้เกิดการเผาไหม้และการระเบิดอย่างรุนแรงผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลง เราจะได้งานกำลังจังหวะนี้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจังหวะคาย

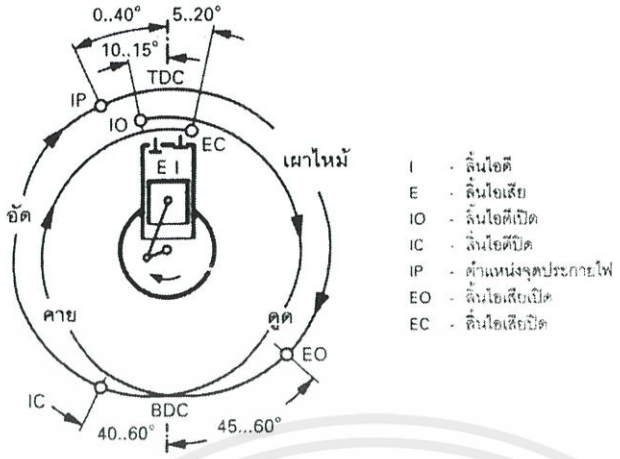
จังหวะที่ 4 จังหวะคาย (exhaust stroke) หลังจากถลกสูบเคลื่อนที่ลงอันเนื่องมาจากแรงระเบิดจนถึงศูนย์ตายล่างแล้ว ลิ้นไอเสียจะเปิดปล่อยให้ไอเสียอันเกิดจากการเผาไหม้ออกไปจากกระบอกสูบ และจะยังคงเปิดอยู่จนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น ซึ่งการเคลื่อนที่ขึ้นของลูกสูบในจังหวะนี้จะเป็นการช่วยในการขับไล่ไอเสียออกอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นจึงเวียนเข้าหาจังหวะดูดอีก และจะเป็นเช่นนี้ตลอดเวลาที่เครื่องยนต์ทำงาน

ตามที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้อย่างชัดเจนแล้วว่า เครื่องยนต์จะทำงานด้วยจังหวะดูด-อัด-ระเบิด-คาย หมุนเวียนกันอยู่เช่นนี้ตลอดไป

2.1.1 ไดอะแกรมจังหวะการทำงานของลิ้น

ไดอะแกรมจังหวะการทำงานของลิ้น ไม่ว่าจะเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนหรือเครื่องยนต์ดีเซลก็ตาม จะเป็นเครื่องแสดงถึงตำแหน่งหรือองศาในการเปิด-ปิดของลิ้น ที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของลูกสูบของเครื่องยนต์ ซึ่งจะแตกต่างกันออกไปตามการออกแบบเครื่องยนต์ที่ไม่เหมือนกัน แต่อย่างไรก็ตาม วัตถุประสงค์หลักที่สำคัญก็คือ ต้องการให้การบรรจุไอดีเข้าสู่กระบอกสูบ การจัดเวลาในการจุดเชื้อระเบิดหรือการฉีดเชื้อเพลิง และการขับไล่ไอเสียให้ออกไปจากกระบอกสูบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะในการทำงานสูงสุดตามต้องการ ไดอะแกรมจังหวะการทำงานของลิ้นสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ได้ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ไดอะแกรมแสดงจังหวะการทำงานของลิ้นสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

จากการศึกษาไดอะแกรมพบว่า จังหวะการทำงานของลิ้นในทางปฏิบัติจะมีความแตกต่างไปจากทางทฤษฎีมาก เช่น ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ จะพบว่าทั้งลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะเปิดก่อนและปิดหลังตำแหน่งการเปิด-ปิดของลิ้นในทางทฤษฎี ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากเหตุผลหลายประการ เช่น ความล่าช้าในการเคลื่อนตัวของลิ้น และกลไกประกอบลิ้น รูปร่างของลูกเบี้ยว ความเร็วของเครื่องยนต์และความเฉื่อยของแก๊สไอดีเป็นต้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดจังหวะการทำงานของลิ้นในทางปฏิบัติให้แตกต่างกันออกไปเพื่อช่วยบรรเทาปัญหาดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

2.2 ระบบจุดระเบิด

ระบบจุดระเบิดเครื่องยนต์ เป็นระบบที่ทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียนเพื่อจุดเชื้อระเบิดภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ทำให้เกิดกำลังงาน ดังนั้น เพื่อที่จะบรรลุหน้าที่ดังกล่าวนี้ได้อย่างสมบูรณ์ ระบบจุดระเบิดจะต้องทำหน้าที่ดังต่อไปนี้ คือ

1. เพิ่มแรงดันไฟจาก 6 หรือ 12 โวลต์ ให้เป็นไฟแรงสูงประมาณ 20,000 ถึง 40,000 โวลต์ หรือสูงกว่า

2. จัดเวลาในการจุดระเบิดด้วยการจัดส่งไฟแรงสูงไปให้กับหัวเทียนในเวลาอันถูกต้อง

ระบบจุดระเบิดที่นิยมใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยทั่วไปจำแนกออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา

2. ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์

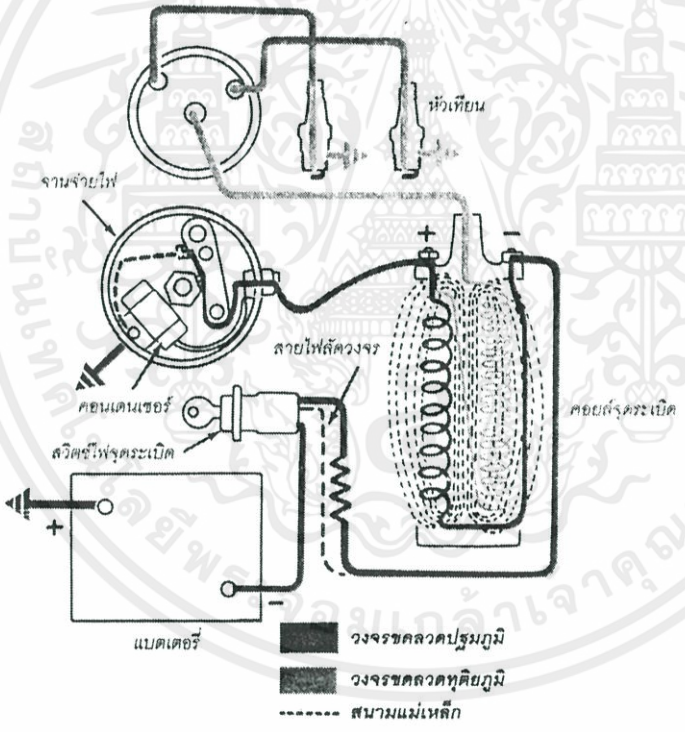
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา

ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาดังรูปที่ 2.7 เป็นระบบจุดระเบิดที่ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟที่จะจัดส่งไฟแรงต่ำ 6 หรือ 12 โวลต์ ให้กับวงจรขดลวดปฐมภูมิของระบบ เพื่อทำให้เกิดไฟแรงสูงประมาณ 15,000 ถึง 25,000 โวลต์ ส่งไปยังหัวเทียน เพื่อจุดเชื้อระเบิดภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ให้เกิดการเผาไหม้ต่อไป

ส่วนประกอบขั้นพื้นฐานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา ประกอบด้วย

1. แบตเตอรี่
2. สวิตช์ไฟจุดระเบิด
3. จานจ่าย
4. คอยล์จุดระเบิด
5. สายไฟแรงสูง
6. หัวเทียน



รูปที่ 2.7 ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาที่ใช้คอยล์จุดระเบิดแบบมีความต้านทานภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามาเก็บไว้ในรูปของพลังงานเคมี เมื่อเราต่อสายออกใช้งานเมื่อใด พลังงานเคมีก็จะแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้อีก แบตเตอรี่เป็นหัวใจของระบบไฟฟ้า เนื่องจากจะต้องจ่ายกระแสไฟให้กับระบบจุดระเบิดและมอเตอร์สตาร์ท (สำหรับระบบสตาร์ทติดเครื่องด้วยกระแสไฟฟ้า) เมื่อต้องการสตาร์ทติดเครื่อง ดังนั้น แบตเตอรี่จึงเป็นตัวยืนในวงจรไฟฟ้า เพื่อให้มีแรงเคลื่อนไว้ใช้ในวงจรอยู่เสมอ

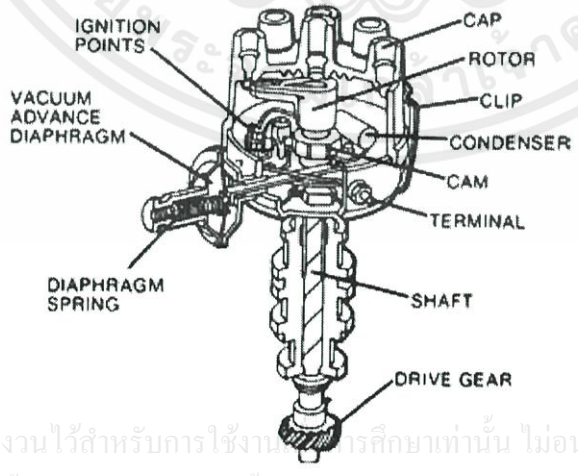
2.3.2 สวิตช์ไฟจุดระเบิด

สวิตช์ไฟจุดระเบิด หรือที่นิยมเรียกกันโดยทั่วไปว่าสวิตช์สตาร์ท จะทำหน้าที่ตัดต่อระหว่างแบตเตอรี่กับวงจรขดลวดปฐมภูมิของระบบจุดระเบิด ดังนั้น ถ้าปิดสวิตช์จุดระเบิด ก็จะไม่มีกระแสไหลในวงจรปฐมภูมิเลย สวิตช์จุดระเบิดจึงต้องเปิดอยู่ตลอดเวลาในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน

สวิตช์ไฟจุดระเบิดหรือสวิตช์สตาร์ทในปัจจุบัน นอกจากจะทำหน้าที่ในการตัด-ต่อระหว่างแบตเตอรี่กับวงจรขดลวดปฐมภูมิของระบบจุดระเบิดและสตาร์ทติดเครื่องแล้ว สวิตช์ตัวนี้ยังทำหน้าที่ในการล็อกหรือปลดล็อกพวงมาลัยของรถ เชื่อมต่อวงจรสัญญาณเตือนที่เป็นเสียงหรือสัญญาณไฟ ขณะที่จะสตาร์ทติดเครื่องเมื่อยังไม่ปิดประตูรถหรือเมื่อไม่คาดเข็มขัดนิรภัย ในรถยนต์หลายยี่ห้อปั๊มเชื้อเพลิงแบบไฟฟ้าจะต่อเข้ากับแบตเตอรี่โดยผ่านทางสวิตช์สตาร์ท อุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ อาทิ วิทยุเทป วีซีดี ฯลฯ ล้วนรับกำลังงานจากแบตเตอรี่ผ่านทางสวิตช์ไฟจุดระเบิดหรือสวิตช์สตาร์ตแทบทั้งสิ้น

2.3.3 จานจ่าย

จะมีในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่มีหลายสูบ เช่นเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 สูบที่ใช้ในรถยนต์นั่งทั่วไป หากเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 1 สูบเช่นเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ เครื่องยนต์เครื่องตัดหญ้า จะไม่มีจานจ่ายแต่จะใช้ "แมกนีโต" แทนจานจ่าย (บางครั้งเครื่องยนต์หลายสูบ ก็อาจใช้แมกนีโต เช่น รถจักรยานยนต์หลายสูบ)

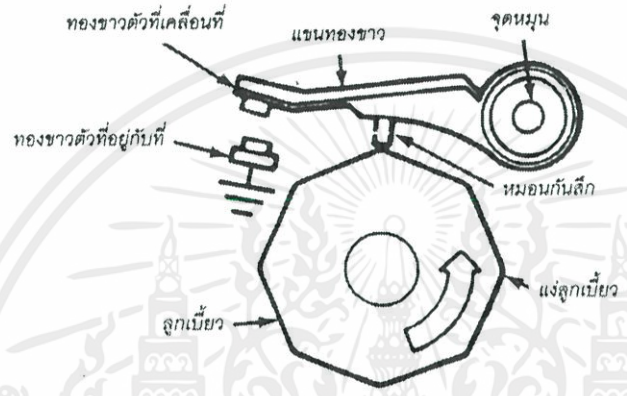


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8ส่วนประกอบภายในของจานจ่าย

2.3.3.1 ทองขาว

ทองขาว ดังรูปที่ 2.9 จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ที่ใช้ในการตัด-ต่อวงจรไฟแรงต่ำ เพื่อให้เกิดไฟแรงสูงภายในคอยล์ ในทองขาว 1 ชุดจะประกอบด้วยทองขาว 2 ตัว คือ ตัวที่อยู่กับที่ (stationary point) กับตัวเคลื่อนที่ (moving point) โดยทั่วไปตัวเคลื่อนที่จะติดตั้งอยู่บนจุดหมุนซึ่งอยู่บนตัวที่อยู่กับที่ และที่แขนของทองขาวตัวนี้จะมีหมอนกันสึก ซึ่งทำจากไนลอน หรือเบเคไลท์ ติดอยู่เพื่อให้ลูกเบี้ยวมาดันให้หน้าทองขาวเปิดได้ตามต้องการ หน้าทองขาวทั้งสองตัวนี้จะต้องอยู่ในแนวเดียวกัน สำหรับวัสดุที่นิยมนำมาใช้ในการทำหน้าทองขาวส่วนใหญ่ได้แก่ ทังสเตน เนื่องจากสามารถทนต่อความร้อนได้สูง



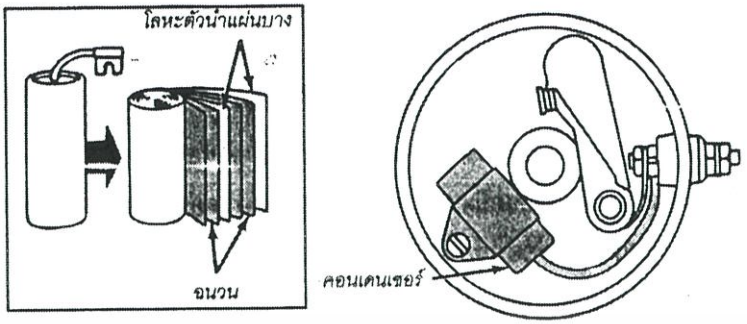
รูปที่ 2.9 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของทองขาว

ช่องว่างระหว่างหน้าทองขาวนี้จะต้องได้รับการปรับตั้งอย่างถูกต้องตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเครื่องยนต์ เนื่องจากช่องว่างดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาในการสร้างสนามแม่เหล็กของคอยล์และปรับจังหวะในการจุดระเบิดด้วย ดังนั้น จึงจำเป็นจะต้องจัดตั้งอย่างถูกต้องและเที่ยงตรง สำหรับการเปิด-ปิดของหน้าทองขาวในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 800 ถึง 4,500 ครั้งต่อนาที หรือมากกว่า ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เป็นสำคัญ

2.3.3.2 คอนเดนเซอร์

คอนเดนเซอร์หรือบางทีเรียกว่า คาปาซิเตอร์ จะทำหน้าที่ป้องกันการอาร์กที่หน้าของทองขาว นอกจากนี้ยังสามารถช่วยทำให้การเกิดไฟแรงสูงของคอยล์ดีขึ้น จากลักษณะการสร้างทำให้คอนเดนเซอร์สามารถใช้เป็นที่สำหรับเก็บกระแสไฟที่พยายามจะไหลผ่านหน้าทองขาวในขณะที่หน้าทองขาวเริ่มเปิดมาเก็บไว้เป็นการชั่วคราว จึงสามารถช่วยลดการอาร์กที่เป็นสาเหตุทำให้หน้าทองขาวไหม้ลงได้ นอกจากนั้นการที่สามารถทำให้กระแสในวงจรขดลวดปฐมภูมิภายในคอยล์หยุดไหลอย่างรวดเร็วนั้นยังมีผลทำให้การเกิดไฟแรงสูงภายในคอยล์ดีขึ้นอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพของการเกิดไฟแรงสูงส่วนหนึ่งจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการยุบตัวของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดปฐมภูมิตัดกับขดลวดทุติยภูมินั่นเอง

เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของคอนเดนเซอร์

2.3.4 คอยล์จุดระเบิด

คอยล์จุดระเบิดจะทำหน้าที่แปลงไฟแรงต่ำให้เป็นไฟแรงสูงเพื่อจัดส่งให้กับหัวเทียน คอยล์จุดระเบิด ดังรูปที่ 2.11 จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนด้วยกัน คือ ขดลวดปฐมภูมิ, ขดลวดทุติยภูมิ และขั้วไฟแรงสูง

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.11 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของคอยล์จุดระเบิด

2.3.4.คอยล์จุดระเบิดแบบไดเร็ก (Direct Coil)

ในปัจจุบันระบบจุดระเบิดของเครื่องยนต์เบนซินยุคใหม่เกือบทั้งหมดได้เปลี่ยนไปใช้แบบ Direct Coil หรือ coil-on-plug (Direct coil ignition system) เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเรื่องกระแสไฟไม่เต็มเม็ดเต็มหน่วยจากรูปแบบการจุดระเบิดแบบเดิมๆ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องตำแหน่งของคอยล์จุดระเบิดที่ติดตั้งเอาไว้ในตัวจานจ่าย ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาเรื่องความร้อนที่สะสมอยู่ภายใต้ฝาครอบจานจ่ายและที่เป็นประเด็นก็คือความต่อเนื่องและความแรงของกระแสไฟที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่จะลดลงไปจากการที่ปลดปล่อยกระไฟได้ไม่เต็มเม็ดเต็มหน่วย

โครงสร้างคอยล์จุดระเบิด

ภายในคอยล์จุดระเบิด มีโครงสร้างเป็นหม้อแปลงแบบ Step Up ทำหน้าที่ยกระดับแรงดันไฟจากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ให้มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 30,000 - 40,000 โวลต์ ค่าแรงดันไฟสูงนี้เป็นค่ามาตรฐานที่อยู่ในเครื่องยนต์เบนซินทุกชนิด

องค์ประกอบภายในคอยล์จุดระเบิดแบบไดเร็ก (Direct Coil)

1.วงจร Drive

2.ขั้วปลั๊กทั้ง 4 เส้น (Ground, Trigger , Feedback, ไฟเลี้ยง 12 โวลต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของคอยล์จุดระเบิดแบบไดเร็ก

- แบ่งตามลักษณะการทำงาน ได้ 2 แบบ แบบแรกคือมีตัวควบคุมการจุดระเบิดภายใน แบบที่สองใช้ตัวควบคุมการจุดระเบิดภายนอก สังเกตง่ายๆ รุ่นที่ตัวควบคุมการจุดระเบิดภายในจะมีขั้วต่อทางไฟฟ้าฝั่งไฟแรงดันต่ำ 3 ขั้ว ส่วนรุ่นที่ตัวควบคุมการจุดระเบิดอยู่ภายนอกจะมีขั้วต่อทางไฟฟ้าฝั่งไฟต่ำเพียง 2 ขั้ว สำหรับรุ่นที่มีขั้วต่อ 2 ขั้ว ฝั่งไฟต่ำจะมีเพียงแค่ชุดขดลวด ไฟสูงจะมีตัวต้านทานต่ออนุกรมอยู่กับขดลวด สามารถใช้มัลติมิเตอร์ตรวจสอบได้ ส่วนรุ่นที่มีขั้วต่อแบบ 3 สาย ต้องอาศัยสัญญาณภายนอกมากระตุ้นเพื่อให้คอยล์เริ่มทำงาน สัญญาณที่ใช้ต้องเป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม ที่มีขนาดแรงดัน 3.3-5 โวลต์ หากใช้แรงดันไฟตรงในการกระตุ้นเพื่อให้คอยล์ทำงานอาจทำให้คอยล์จุดระเบิดเสียหายได้

2.3.5 สายไฟแรงสูง

สายไฟแรงสูง ดังรูปที่ 2.12 จะทำหน้าที่ลำเลียงกระแสไฟแรงสูงจากคอยล์จุดระเบิดไปให้กับหัวเทียน ทำให้เกิดประกายไฟจุดเชื้อระเบิดภายในห้องเผ้าไหม้ต่อไป สายไฟหัวเทียนจะต้องมีฉนวนหุ้มหนาเพื่อสามารถป้องกันไฟแรงสูงรั่วลงสู่ดิน นอกจากนั้นยังต้องสามารถทนต่อน้ำมันความสั่นสะเทือน ความร้อนหรือวัสดุที่แหลมคมได้เป็นอย่างดี

สายไฟแรงสูงนี้ ได้แก่ สายไฟที่ต่อระหว่างขั้วไฟแรงสูงของคอยล์กับขั้วไฟแรงสูงขั้วกลางที่ฝาจานจ่ายไฟกับสายไฟที่ต่อระหว่างขั้วไฟแรงสูงที่อยู่โดยรอบขั้วกลางของฝาจานจ่ายไฟกับหัวเทียน สายไฟแรงสูงในปัจจุบันได้รับการพัฒนาให้มีคุณสมบัติดีขึ้นกว่าเดิมมาก เนื่องจากระบบจุดระเบิดที่ใช้ในปัจจุบันเป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถผลิตไฟแรงสูงได้สูงกว่าระบบจุดระเบิดแบบเดิมที่ใช้ทองขาวมาก ดังนั้นสายไฟแรงสูงที่ใช้ในปัจจุบัน จึงต้องหุ้มด้วยฉนวนที่ทำมาจากวัสดุชนิดต่างๆ หลายชั้นแทนการหุ้มด้วนฉนวนเพียงชั้นเดียวเหมือนกับแบบเดิม นอกจากนั้นตัวนำไฟฟ้าก็ได้รับการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยเปลี่ยนจากการใช้ลวดตัวนำเพียงเส้นเดียวไปใช้เส้นลินินชุบคาร์บอนหลายเส้น ลักษณะโครงสร้างของสายไฟแรงสูงทั้ง 2 แบบดูได้จากรูปที่แสดง และเนื่องจากสายไฟแรงสูงแบบใหม่ต้องหุ้มด้วยฉนวนหลายชั้นจึงมีขนาดโตกว่าแบบเดิม โดยที่แบบนี้จะที่ขนาดโตถึง 0.315 นิ้ว (8 มม.) ขณะที่แบบเดิมจะมีขนาดโตเพียง 0.276 นิ้ว (7 มม.) เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

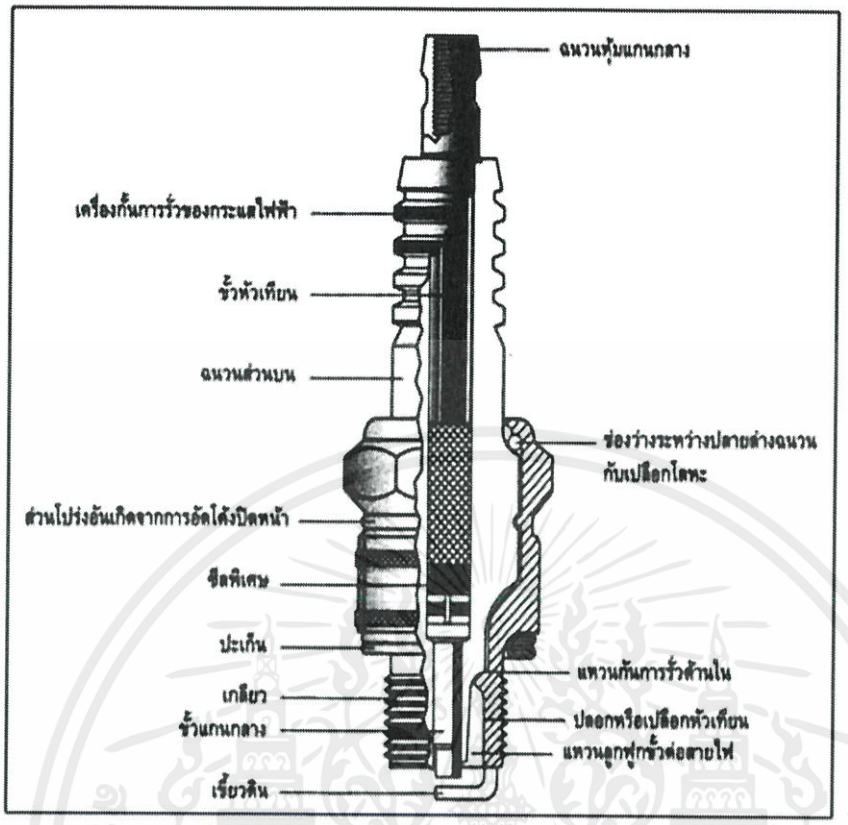
รูปที่ 2.12 เปรียบเทียบสายไฟแรงสูงที่ใช้กันในปัจจุบันกับในอดีต

2.3.6 หัวเทียน

หัวเทียน ดังรูปที่ 2.13 เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งของระบบจุดระเบิดใช้ทำหน้าที่จุดส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ การใช้หัวเทียนที่ถูกต้องจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องยนต์ได้อย่างมหาศาล ทำให้เกิดการประหยัดเชื้อเพลิงและยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ได้อีกด้วย

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



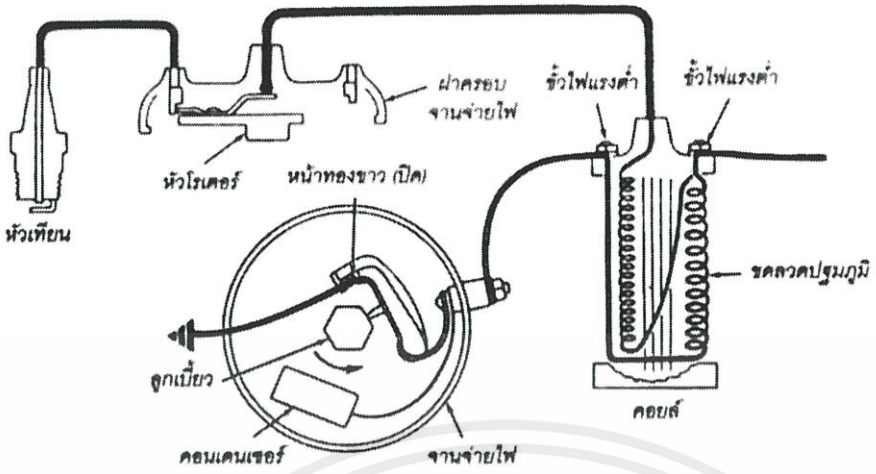
รูปที่ 2.13 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของหัวเทียน

ส่วนบนของหัวเทียนจะทำเป็นนอตหัวหกเหลี่ยมสำหรับใช้กับปกแจขัน ส่วนล่างจะทำเป็นเกลียวสำหรับขันเข้าไปในรูปหัวเทียนที่ฝาสูบของเครื่องยนต์ เขี้ยวดิน (ground electrode) จะต่อยื่นออกจากเปลือกส่วนล่างและโค้งเข้าหาเขี้ยวกลางโดยมีช่องว่างระหว่างกัน เขี้ยวดินส่วนใหญ่จะทำจากโลหะผสมนิกเกิลกับโครเมียม ปลายด้านบนของเขี้ยวกลางจะต่อเข้ากับสกรู ที่ขันเกลียวเข้ากับส่วนบนของฉนวนปลายขั้วด้านนี้จะต่อเข้ากับสายไฟแรงสูงของระบบจุดระเบิด

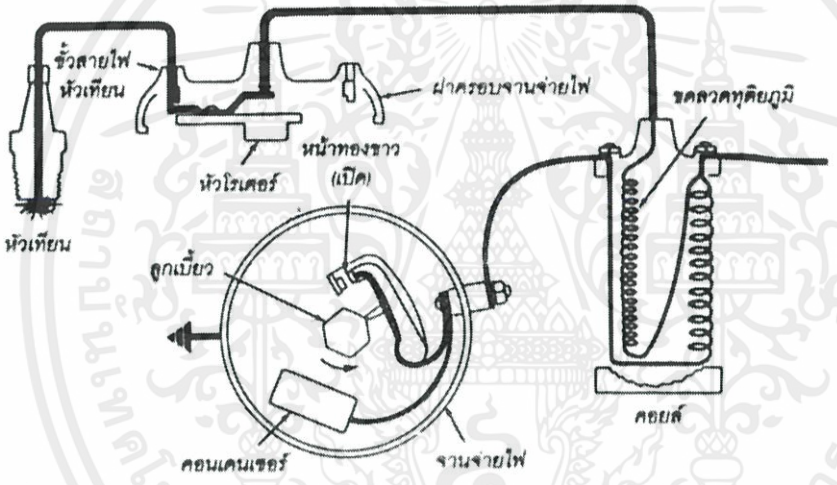
2.3.7 การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา

ก่อนการสตาร์ทติดเครื่องยนต์ หน้าทองขาวจะอยู่ในตำแหน่งเปิดหรือปิดนั้นจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของลูกเบี้ยวที่กระทำต่อทองขาวในขณะนั้น ถ้าหน้าทองขาวเปิดอยู่ก็จะปิดทันทีเมื่อเครื่องยนต์หมุน เมื่อหน้าทองขาวปิด กระแสไฟจากแบตเตอรี่ก็จะไหลผ่านสวิตช์ไฟจุดระเบิดเข้าไปในขดลวดปฐมภูมิของคอยล์ ผ่านหน้าทองขาวลงดินครบวงจร จึงทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ขดลวดปฐมภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 แสดงการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาขณะหน้าทองขาวปิด



รูปที่ 2.15 แสดงการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาขณะหน้าทองขาวเปิด

เมื่อเครื่องยนต์หมุนต่อไป ลูกเบี้ยวก็จะดันหน้าทองขาวให้แยกออกจากกัน วงจรขดลวดปฐมภูมิจะขาดตอนลงทันที ทำให้กระแสไฟในวงจรนี้หยุดไหล ดังนั้น สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบๆ ขดลวด ปฐมภูมิก็จะยุบตัวลงตัดกับขดลวดทุติยภูมิ แต่เนื่องจากขดลวดทุติยภูมิ เป็นลวดเส้นเล็กพันมากรอบดังนั้น แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นภายในขดลวดชุดนี้จึงสูงมาก โดยทั่วไปจะสูงประมาณ 15,000 ถึง 25,000 โวลต์ เป็นผลทำให้หัวเทียนเกิดประกายไฟจุดเชื้อระเบิดภายในกระบอกสูบ ทำให้เกิดการเผาไหม้

ในจังหวะที่หน้าทองขาวแยกออกจากกันนี้ กระแสไฟในวงจรขดลวดปฐมภูมิที่เคยไหลผ่านหน้าทองขาวลงดิน ก็จะไหลเข้าประจุในคอนเดนเซอร์ที่ต่อขนานอยู่ จึงทำให้สามารถป้องกันการอาร์คที่หน้าทองขาว อันเกิดจากการที่กระแสไฟพยายามจะไหลผ่านหน้าทองขาวในจังหวะที่หน้าทองขาวเริ่มแยกออกจากกันได้ นอกจากนั้นยังทำให้กระแสไฟในวงจรขดลวดปฐมภูมิหยุดไหลได้เร็วยิ่งขึ้นจะเป็นผลทำให้เกิดไฟแรงสูงในคอยล์ดีขึ้นอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเครื่องยนต์หมุนต่อไปจนกระทั่งหน้าทมองขาวปิด คอนเดนเซอร์ก็จะค่ายประจุปล่อยให้กระแสไฟไหลผ่านหน้ามทองขาวลงดินครบวงจรอีกครั้งหนึ่ง

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

2.4 การจุดระเบิดล่วงหน้า

การจุดระเบิดล่วงหน้าที่เวลาอันถูกต้อง จะมีผลทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด เชื้อเพลิงโดยทั่วไปจะมีความล่าช้าในการจุดติดไฟ และต้องการเวลาสำหรับการเผาไหม้ ดังนั้น การเริ่มจุดประกายไฟเพื่อให้เชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์เกิดการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เกิดการเผาไหม้ จึงต้องเริ่มจุดระเบิดล่วงหน้าก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นถึงศูนย์ตายบนเสมอ และจะต้องให้การเผาไหม้สิ้นสุดลงหลังจากลูกสูบคล้อยหลังศูนย์ตายบนไปเล็กน้อย (ประมาณ 10 องศาหลังศูนย์ตายบน) ก็จะทำให้ได้รับผลจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงมีค่าสูงที่สุด การจุดระเบิดล่วงหน้าก่อนหรือหลังเวลาอันควรนั้น นอกจากจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องยนต์ลดลงแล้ว ยังสามารถทำให้ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์เกิดความเสียหายได้ เช่น การจุดระเบิดล่วงหน้ามากเกินไปก็อาจจะทำให้เครื่องยนต์ตีกลับ หรือการจุดระเบิดหลังเวลาอันควรก็จะสามารถทำให้เครื่องยนต์ร้อนจัดและไม่มีกำลังได้ ซึ่งทั้งสองกรณีจะเป็นผลทำให้ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์เกิดความเสียหาย ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น อย่างไรก็ตาม เครื่องยนต์ก็จำเป็นจะต้องทำงานที่ความเร็วและภาระต่างๆกันดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมเวลาในการจุดระเบิดให้ล่วงหน้ามากน้อยต่างกันออกไปตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ ความเร็วรอบ และภาระของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ เมื่อเครื่องยนต์ มีความเร็วรอบหรือภาระสูงขึ้นก็จะทำให้มีการจุดระเบิดล่วงหน้ามากขึ้น ทั้งนี้ก็เพื่อให้การเผาไหม้ของเครื่องยนต์สิ้นสุดลง ณ ตำแหน่งเดิม ก็จะทำให้ได้รับประโยชน์จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงมากที่สุด เครื่องยนต์ก็จะมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงที่สุด

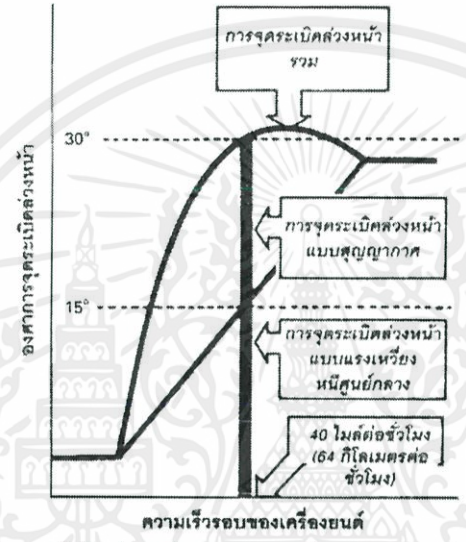
อุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอัตโนมัติ ที่นิยมใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยทั่วไปมี 2 แบบคือ

1.แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

2.แบบสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยนต์ที่ใช้จุดระเบิดแบบธรรมดาในปัจจุบัน จะมีอุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าทั้ง2แบบ โดยที่แบบสุญญากาศจะทำงานได้ดีในขณะที่เครื่องยนต์กำลังเดินเบาและลิ้นเร่งเปิดเล็กน้อย ขณะที่แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะทำงานได้ดีในขณะที่เครื่องยนต์กำลังเดินด้วยความเร็วรอบสูง ดังนั้นเครื่องยนต์ที่มีอุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าทั้ง2แบบ จึงสามารถควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าได้ตามความเร็วและภาระของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงไป จึงทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุดตามต้องการ ผลจากการใช้อุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าร่วมกันทั้ง2แบบถูกแสดงได้ดังรูป 2.16

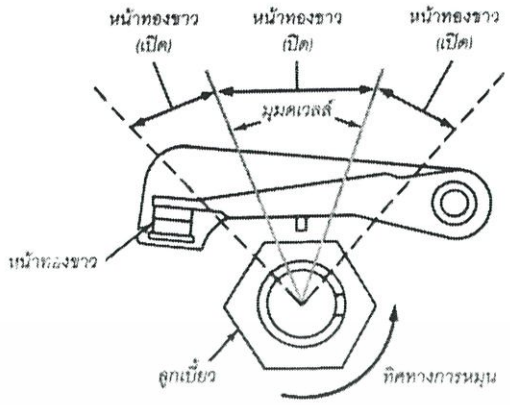


รูปที่ 2.16 แสดงผลจากการใช้อุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าทั้งสองแบบ

2.5 มุมดเวลล์

มุมดเวลล์ (dwell angle) ดังรูป 2.17 คือ มุมที่หน้าทองขาวปิด วัดเป็นองศาโดยรอบลูกเบี้ยว จากจุดที่ทองขาวเริ่มปิดไปจนถึงจุดที่หน้าทองขาวเริ่มเปิด มุมนี้จะมีผลต่อการเกิดไฟแรงสูงในคอยล์จุดระเบิด หรือการเกิดประกายไฟระหว่างเขี้ยวหัวเทียนนั่นเอง ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องตั้งตามที่บริษัทกำหนดมาให้ และควรมีการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ ดังรูป 9.19 แสดงความสัมพันธ์ของการจัดตั้งความห่างระหว่างหน้าทองขาวกับมุมดเวลล์ จะพบว่าถ้ามุมของมุมดเวลล์น้อย หน้าทองขาวจะห่างมาก และในทำนองเดียวกันถ้ามุมของมุมดเวลล์มาก หน้าทองขาวจะห่างน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงมุมคเวลล์ของหน้าทองขาว

รูปที่ 2.18 แสดงความสัมพันธ์ของการจัดตั้งความห่างระหว่างหน้าทองขาวกับมุมคเวลล์

สำหรับในกรณีหน้าทองขาวห่างมากหรือมุมของมุมคเวลล์น้อยนั้น ก็จะทำให้หน้าทองขาวเปิดเร็วขึ้น ซึ่งหมายความว่าหัวเทียนจะจุดประกายไฟเร็วขึ้น ดังนั้นจึงเหมาะกับเครื่องยนต์ที่ใช้งานรอบต่ำๆและเนื่องจากหน้าทองขาวจะถูกแยกออกจากกันด้วยความเร็วสูง จึงสามารถช่วยลดการอาร์คระหว่างหน้าทองขาวได้ดี ทำให้ยืดอายุการใช้งานหน้าทองขาวให้นานขึ้น

ส่วนกรณีที่หน้าทองขาวห่างน้อยหรือมุมของมุมคเวลล์มากนั้น นั้น ก็จะทำให้หน้าทองขาวเปิดช้าลง ซึ่งหมายความว่าหัวเทียนจะจุดประกายไฟช้าลง ดังนั้นจึงไม่เหมาะกับเครื่องยนต์ที่ใช้งานรอบต่ำๆ เพราะถ้าเครื่องยนต์เดินเบาจะเกิดการอาร์คระหว่างหน้าทองขาว อันเนื่องมาจากความล่าช้าในการเปิดหน้าของทองขาวจึงเหมาะกับเครื่องยนต์ที่ใช้งานรอบสูงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์

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

เครื่องยนต์ที่ใช้กับรถยนต์ส่วนใหญ่ในปี พ.ศ.2518 และหลังจากนั้นจึงเปลี่ยนไปใช้ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นระบบที่ไม่ใช้ทองขาวและคอนเดนเซอร์แต่จะใช้ทรานซิสเตอร์ และอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอื่นแทน ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ในการเปิด-ปิดกระแสไฟที่ไหลเข้าสู่วงจรขดลวดปฐมภูมิ เพื่อให้เกิดไฟแรงสูงในขดลวดทุติยภูมิของคอยล์จุดระเบิดจัดส่งให้กับหัวเทียนต่อไป

ระบบจุดระเบิดด้วยอิเล็กทรอนิกส์ที่นิยมในปัจจุบันแบ่งได้ 4 แบบ คือ

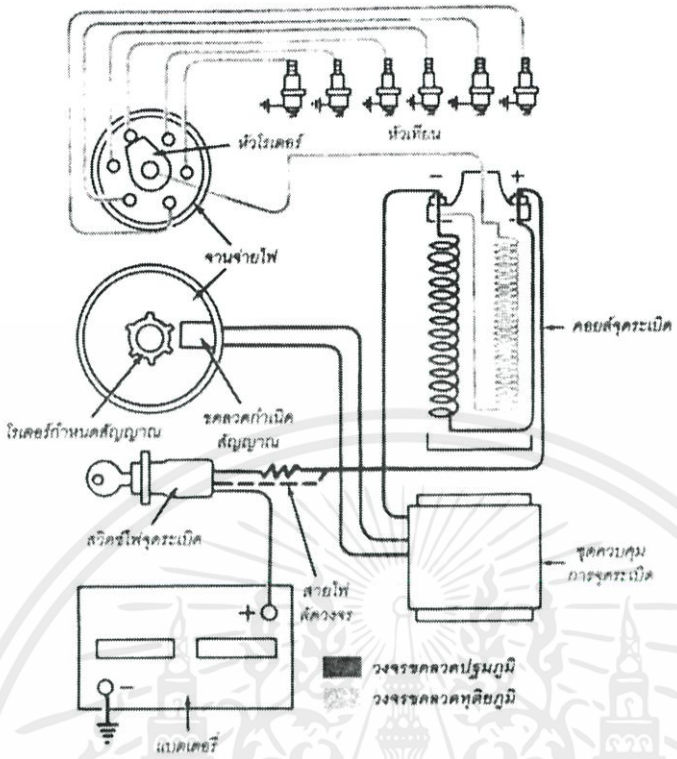
1.แบบจานจ่ายไฟกับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกและแบบสุญญากาศ (distributor type with mechanical centrifugal and vacuum advance)

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 2.19 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์

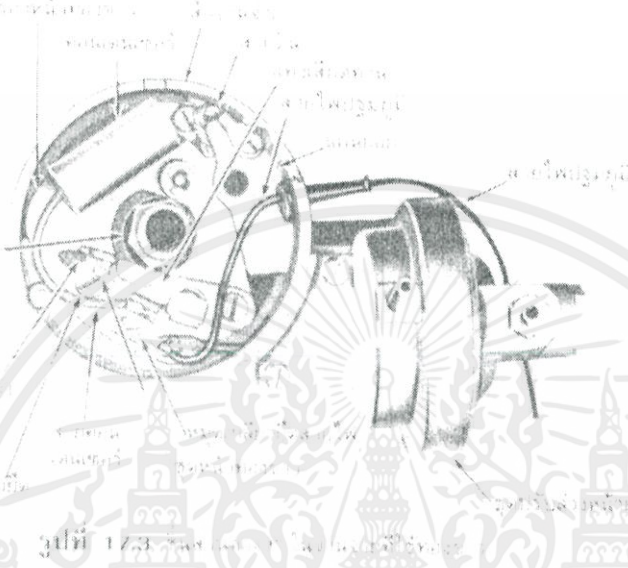
2.6.1 ระบบจุดระเบิดแบบจานจ่ายไฟกับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกและแบบสุญญากาศ

โดยทั่วไปหลักการทำงานและการสร้างระบบจุดระเบิด ไม่ว่าจะเป็นแบบใช้ทองขาวหรือแบบอิเล็กทรอนิกส์ก็จะคล้ายๆกัน จานจ่ายไฟของทั้ง 2 แบบก็อาจจะมีอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกและแบบสุญญากาศเหมือนกันทุกประการ แต่ความแตกต่างที่สำคัญคือแทนที่จะใช้สวิตช์ทางกล (ทองขาว) ที่ใช้ในระบบจุดระเบิดแบบธรรมดามาควบคุมกระแสในวงจรขดลวดปฐมภูมิ ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์จะใช้สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์แทนที่

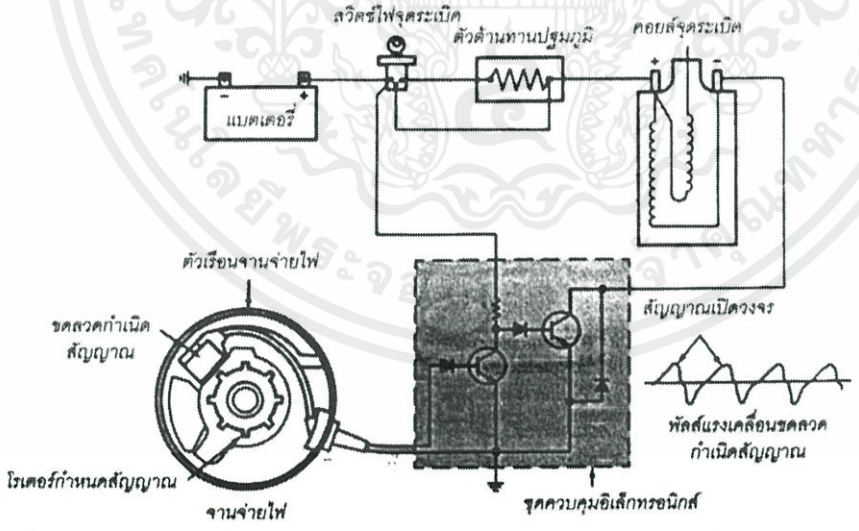
ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบจุดระเบิดแบบนี้คือสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์หรือชุดกำเนิดสัญญาณ (signal generator unit) ซึ่งประกอบด้วยอาร์มาเจอร์ (armature) หรือโรเตอร์กำหนดสัญญาณ (reluctor) ตัวตรวจจับแม่เหล็ก (magnetic sensor) หรือขดลวดกำเนิดสัญญาณ (pickup coil)และมอดูลจุดระเบิด (ignition module) โดยที่โรเตอร์กำหนดสัญญาณจะมีจำนวนซี่ยื่นออกมาเท่ากับจำนวนสูบของเครื่องยนต์ซึ่ง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

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอดูลจุดระเบิดอาจจะเป็นหน่วยที่แยกออกต่างหากหรือติดตั้งอยู่กับหรือภายในจานจ่ายไฟก็ได้ เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์อาจจะไม่มีมอดูลจุดระเบิดแบบแยกต่างหาก ชุดควบคุมเครื่องยนต์ (engine controller) หรือมอดูลควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ (electronic control module, ECM) หรือที่เรียกย่อ ๆว่า อีซีเอ็ม ก็จะทำหน้าที่คบคุมการจุดระเบิดได้อย่างสมบูรณ์



รูปที่ 2.20 แสดงจานจ่ายไฟของระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ขดลวดกำเนิดสัญญาณและอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกสำหรับเครื่องยนต์ 4 สูบ



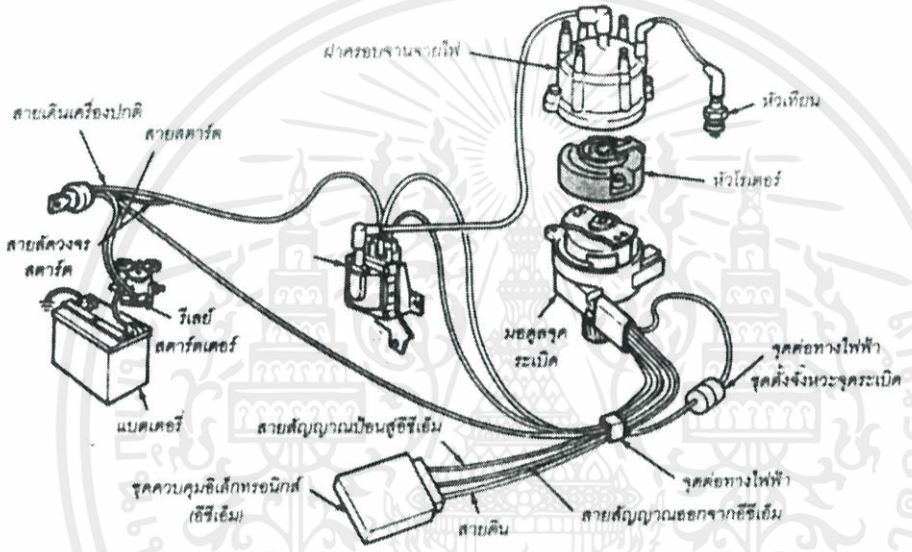
รูปที่ 2.21 แสดงส่วนประกอบในระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้จานจ่ายไฟที่ใช้ขดลวดกำเนิดสัญญาณกับมอดูลควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ระบบจุดระเบิดแบบจานจ่ายไฟกับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์

ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเป็นระบบจุดระเบิดที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกและแบบสุญญากาศ ซึ่งใช้กับรถยนต์ที่ไม่ใช้ระบบควบคุมเครื่องยนต์แบบอิเล็กทรอนิกส์หรืออีซีเอ็ม ตามปกติรถยนต์ที่ใช้ระบบควบคุมเครื่องยนต์แบบอิเล็กทรอนิกส์หรืออีซีเอ็มที่ใช้จานจ่ายไฟจะใช้อุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์ การควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าของคอมพิวเตอร์หรืออีซีเอ็มนี้จะขึ้นอยู่กับสัญญาณจากตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆที่อยู่ภายในระบบ

ข้อสังเกต : การจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์จะกระทบแต่เพียงวงจรขดลวดปฐมภูมิของระบบจุดระเบิดเท่านั้น แต่จะไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆขึ้นกับวงจรขดลวดทุติยภูมิ



รูปที่ 2.22 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อุปกรณ์
การจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์

รูปที่ 2.22 แสดงระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบนี้มอดูลจุดระเบิดและอีซีเอ็มจะทำงานร่วมกันในจังหวะการจุดระเบิด มอดูลจะระเบิดจะติดตั้งอยู่กับตัวเรือนจานจ่ายไฟ ภายในจานจ่ายไฟตัวตรวจจับภาพการเกิดประกายไฟ (profile ignition pickup or PIP sensor) จะส่งสัญญาณให้กับมอดูลจุดระเบิดเมื่อลูกสูบของแต่ละสูบเลื่อนตัวเข้าใกล้ศูนย์ตายบน มอดูลจุดระเบิดจะใช้ข้อมูลร่วมกับอีซีเอ็ม จากนั้นจึงจะคำนวณค่าการจุดระเบิดล่วงหน้า ส่วนอีซีเอ็มก็จะผลิตสัญญาณตัวใหม่ซึ่งบริษัทฟอร์ดเรียกว่า สัญญาณผลผลิตประกายไฟ (spark output signal, SPOUT) ส่งกลับไปยังมอดูลจุดระเบิด ซึ่งจะเปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิที่เวลาอันถูกต้องเพื่อจุดประกายไฟที่หัวเทียน

กรณีที่บางทีอีซีเอ็มหรือส่วนอื่นๆในระบบควบคุมเครื่องยนต์ด้วยอิเล็กทรอนิกส์ทำงานผิดพลาด ก็อาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เครื่องยนต์เข้าสู่โหมดหรือแบบที่เครื่องยนต์เดินผิดปกติ (limp-in) หรือกลวิธีจำกัด

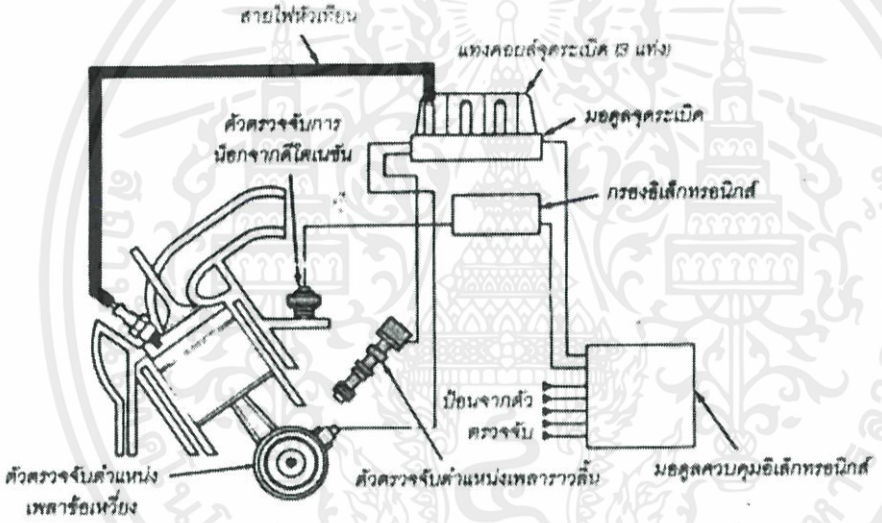
เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

การทำงาน (limited-operating strategy,LOS)จากนั้นมอดูลจุดระเบิดจะใช้เพียงสัญญาณจากตัวตรวจจับในจานจ่ายไฟเพื่อเปิด-ปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิ

2.6.3 ระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟกับคอยล์จุดระเบิดหลายตัว

เครื่องยนต์หลายแบบจะใช้ระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟ ดูรูปที่ 2.22 ระบบนี้เป็นระบบจุดระเบิดด้วยอิเล็กทรอนิกส์กับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์แต่ไม่มีจานจ่ายไฟตัวตรวจจับสัญญาณจะทำหน้าที่จัดส่งสัญญาณตำแหน่งของเพลาข้อเหวี่ยงไปยังมอดูลจุดระเบิด จากนั้นจะร่วมกันกับอีซีเอ็มจัดเวลาหรือจังหวะในการจุดระเบิด กระตุ้นและแจกจ่ายไฟแรงสูงไปยังหัวเทียน

การไม่มีจานจ่ายไฟจะทำให้มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวลดลง รวมถึงสวิตช์หมุนแรงเคลื่อนสูงที่เป็นส่วนหนึ่งของฝาจานจ่ายไฟและหัวโรเตอร์ เป็นผลทำให้การบำรุงรักษาลดลง นอกจากนั้นยังสามารถขจัดการปรับตั้งทางกลของเวลาหรือจังหวะในการจุดระเบิด ระบบจุดระเบิดแบบนี้ยังช่วยลดการรบกวนคลื่นวิทยุภายในรถยนต์ และเพิ่มความเที่ยงตรงของเวลาหรือจังหวะในการจุดระเบิดได้อีกด้วย

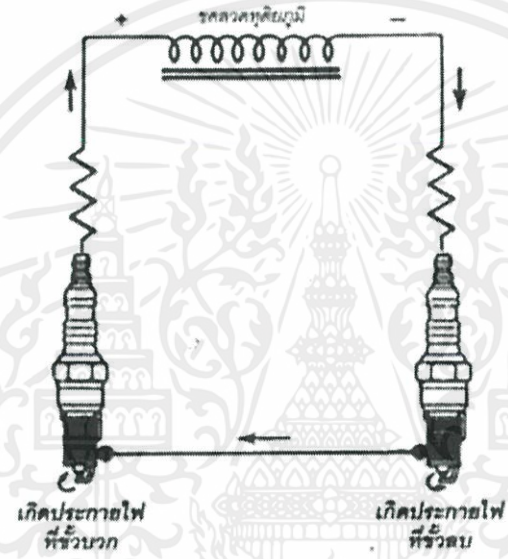


รูปที่ 2.23 ระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟ

รูปที่ 2.23 แสดงให้เห็นถึงเครื่องยนต์สูบวี 6 สูบที่ใช้ระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟ ระบบนี้จะรวมถึงมอดูลจุดระเบิด แท่งของคอยล์จุดระเบิดซึ่งประกอบด้วยคอยล์จุดระเบิดจำนวน 3 ตัว ตัวตรวจจับสัญญาณตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยง และตัวตรวจจับสัญญาณตำแหน่งเพลาราวลิ้น ดูรูปที่ 2.24 คอยล์จุดระเบิดแต่ละตัวจะผลิตไฟแรงสูงให้กับหัวเทียนจำนวน 2 หัว ในเวลาเดียวกัน โดยที่ปลายด้านหนึ่งของขดลวดทุติยภูมิแต่ละขดจะต่อเข้ากับหัวเทียน ดูรูปที่ 2.25 มอดูลจุดระเบิดจะเป็นตัวกำหนดลำดับขั้นการจุดระเบิดและเลือกคอยล์เพื่อทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียน จากนั้นอีซีเอ็มจะส่งสัญญาณไปยังมอดูลจุดระเบิดเพื่อเปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิ เป็นผลทำให้เกิดไฟแรงสูงในขดลวดทุติยภูมิ ทำให้เกิดประกายไฟกระโดดข้ามที่เขี้ยวหัวเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



รูปที่ 2.24 แสดงให้เห็นการทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียนพร้อมกันถึง 2 หัว ของคอยล์จุดระเบิดเพียงตัวเดียวซึ่งวิธีนี้เรียกว่าวิธีประกายไฟสูญเปล่า

รูปที่ 2.24 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 พลังงานที่ใช้ในการทำให้เกิด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

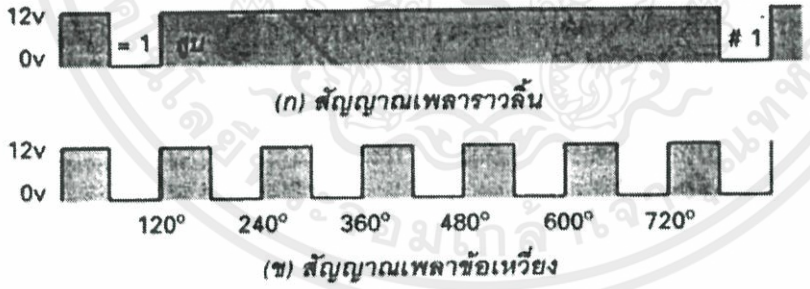
ประกายไฟจึงต่ำ ดังนั้น จึงทำให้มีพลังงานอย่างเหลือเฟือสำหรับการทำให้เกิดประกายไฟที่เขี้ยวหัวเทียนของสูบที่อยู่ในจังหวะอัด จึงเป็นผลทำให้การเผาไหม้ที่สูบนี้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

รูปที่ 2.22 จะแสดงตำแหน่งของตัวตรวจจับสัญญาณของเพลาข้อเหวี่ยงและเพลาราวลิ้น อีซีเอ็มจะรับสัญญาณจากตัวตรวจจับเหล่านี้และจากตัวตรวจจับสัญญาณอื่นๆ มาควบคุมการทำงานของระบบจุดระเบิด ระบบเชื้อเพลิง และระบบควบคุมสารมลพิษของเครื่องยนต์

ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยง จะทำหน้าที่รายงานความเร็วของเพลาข้อเหวี่ยงและตำแหน่งของลูกสูบให้กับมอดูลจุดระเบิด ตัวตรวจจับนี้จะต้องรับรู้เมื่อลูกสูบของสูบที่ 1 กำลังเข้าใกล้ตำแหน่งศูนย์ตายบนในจังหวะอัด และระบบจุดระเบิดก็จะต้องจัดส่งประกายไฟไปยังหัวเทียนของสูบนั้นทันที

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

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



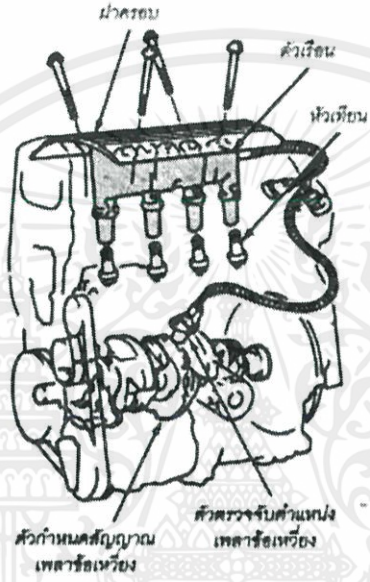
รูปที่ 2.25 แสดงสัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาราวลิ้นที่สัมพันธ์กับสัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 ระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟกับการจุดระเบิดโดยตรง

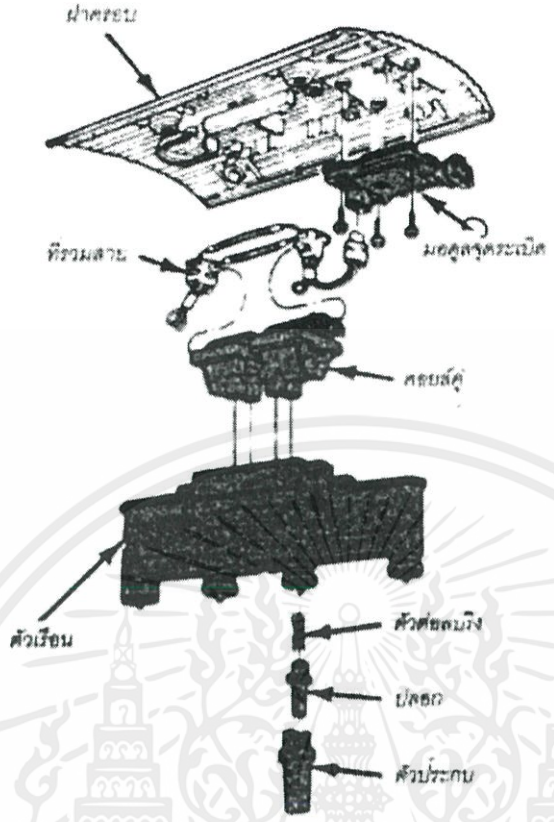
2.6.4.1 ระบบจุดระเบิดโดยตรงแบบคอยล์หลายตัว

เครื่องยนต์บางแบบจะใช้ระบบจุดระเบิดโดยตรงที่ไม่ต้องใช้สายไฟหัวเทียน ดังรูปที่ 2.27 ในเครื่องยนต์ 4 สูบ มอดูลจุดระเบิดกับคอยล์จำนวน 2 ตัวจะถูกติดตั้งภายใต้ฝาครอบอะลูมิเนียมของเครื่องยนต์ ดูรูปที่ 2.27 การทำงานขั้นพื้นฐานของระบบจะเหมือนกับระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟกับคอยล์จุดระเบิดหลายตัวตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น อย่างไรก็ตาม ตัวนำทุติยภูมิที่หล่อเป็นชิ้นเดียว (molded one-piece secondary conductor) หลายตัวก็ได้ถูกนำมาใช้แทนสายไฟหัวเทียน



รูปที่ 2.26 ระบบจุดระเบิดโดยตรงซึ่งไม่ต้องใช้สายไฟหัวเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 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 เพราะไม่มีช่องว่างระหว่างหัวโรเตอร์กับขั้วไฟแรงสูงที่ฝาครอบจานจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ขจัดการจุดระเบิดไม่ครบสูบที่ทำให้เกิดกรดไนทริกขึ้นในฝาครอบจานจ่ายไฟ

6. ขจัดการปรับตั้งจังหวะการจุดระเบิดทางกล

7. ลดภาระทางกลของเครื่องยนต์

8. ยืดระยะเวลาอิ่มตัวของคอยล์ทำให้ผลิตไฟแรงสูงได้สูงขึ้น

9. ยืดระยะเวลาระหว่างการจุดระเบิด ทำให้คอยล์มีเวลาในการระบายความร้อนได้มากขึ้น

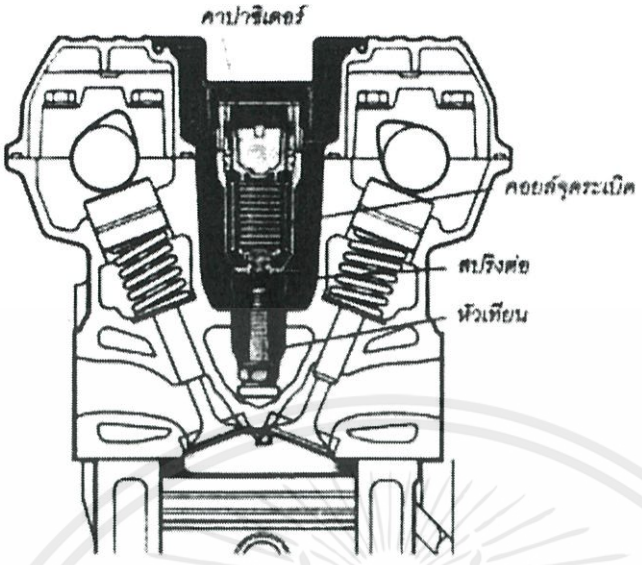
2.6.4.2 ระบบจุดระเบิดโดยตรงแบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุ

ระบบจุดระเบิดที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทั้งหมดเป็นระบบจุดระเบิดแบบเหนี่ยวนำ (induction ignition system) ระบบจุดระเบิดแบบนี้จะเก็บพลังงานปฐมภูมิไว้ในคอยล์หรือตัวนำทางไฟฟ้า แต่ระบบจุดระเบิดโดยตรงแบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุหรือที่นิยมเรียกกันโดยทั่วไปว่าแบบซีดีไอที่จะกล่าวต่อไปนี้จะเก็บพลังงานปฐมภูมิไว้ในคาปาซิเตอร์หรือคอนเดนเซอร์ ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนนี้จะสามารถกักเก็บประจุไฟฟ้าเพียงเล็กน้อยไว้เพียงชั่วคราวเท่านั้น

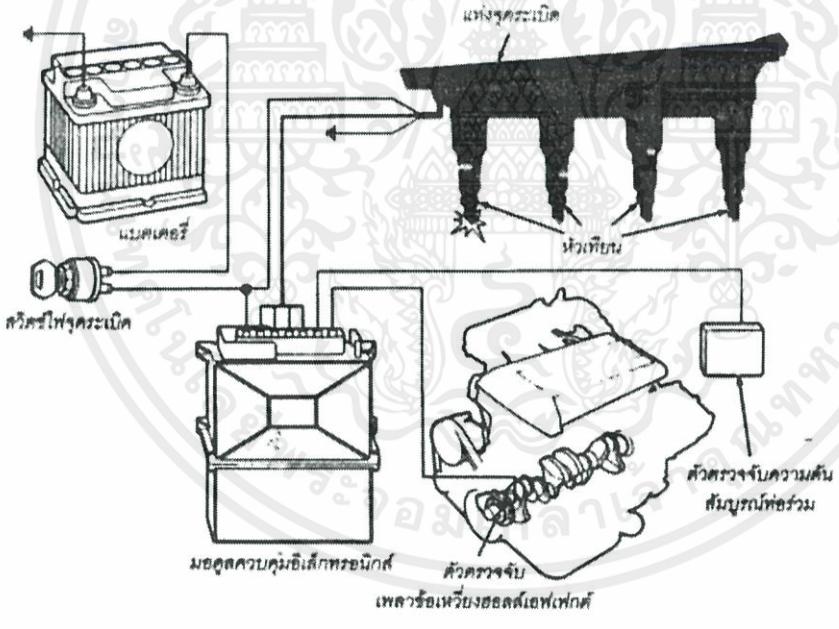
ระบบจุดระเบิดแบบนี้ ประกายไฟที่หัวเทียนจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อสวิตช์หรือทรานซิสเตอร์ปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิ จากนั้นคาปาซิเตอร์ที่ได้รับการประจุจากแบตเตอรี่ก็จะคายประจุผ่านคอยล์จุดระเบิด ทำให้เกิดไฟแรงสูงขึ้นภายในคอยล์และทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียน

รูปที่ 2.28 แสดงให้เห็นถึงระบบจุดระเบิดแบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุหรือแบบซีดีไอของรถซาอับ ที่คล้าย ๆ กับระบบจุดระเบิดโดยตรงแบบคอยล์หลายตัว ระบบนี้หัวเทียนแต่ละหัวจะมีคอยล์จุดระเบิดและคาปาซิเตอร์ของตนเอง ส่วนประกอบทั้งหมดจะถูกผนึกเข้าด้วยกันและติดตั้งเข้ากับหัวเทียนโดยตรง ระบบนี้จะสามารถจัดส่งไฟแรงสูงหรือแรงเคลื่อนทุติยภูมิให้กับหัวเทียนได้สูงถึง 40,000 โวลต์ โดยจะทำให้หัวเทียนเกิดประกายไฟเมื่อสวิตช์หรือทรานซิสเตอร์ปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิ เพื่อให้ตัวเก็บประจุคายประจุออกมาให้กับคอยล์จุดระเบิด ทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุ



รูปที่ 2.29 ระบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุ

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

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ส่วนใดส่วนหนึ่งของเอกสารนี้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น เพื่อการค้า ก่อนได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

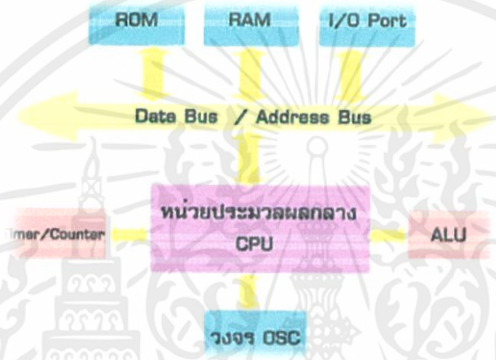
ระบบจุดระเบิดแบบนี้เกือบจะทันทีหลังบิดกุญแจสวิตช์สตาร์ทแล้วหัวเทียนแต่ละหัวจะจุดประกายไฟไปตามลำดับขั้นการจุดระเบิดประมาณ 50 ครั้ง ปรากฏการณ์นี้จะช่วยให้เขี้ยวหัวเทียนสะอาดและแห้ง จึงช่วยให้การสตาร์ทติดเครื่องสามารถที่จะกระทำได้โดยง่าย แต่ถ้าเครื่องยนต์สตาร์ทไม่ติดหลังจากผู้ใช้รถปล่อยกุญแจสตาร์ทคืนสู่ตำแหน่งเดิมและพยายามที่จะสตาร์ทใหม่อีกครั้งหนึ่งหัวเทียนทั้งหมดก็จะจุดประกายไฟอีกประมาณ 1,000 ครั้ง เมื่อเครื่องยนต์สตาร์ทติดแล้วและเดินด้วยความเร็วประมาณ 600 รอบต่อนาทีหรือสูงกว่า ระบบจุดระเบิดก็จะจัดให้เกิดประกายไฟเพียง 1 ครั้งต่อหัวเทียน 1 หัวเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

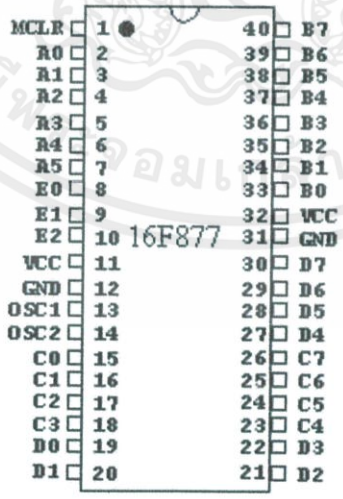
บทที่ 3
หลักการพื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC นั้นมีหลายลักษณะ มีทั้งไอซีแบบ 8 ขา(DIP 8 Pins), 14 ขา(DIP 14 Pins), 18 ขา(DIP 18 Pins), 28 ขา(DIP 28 Pins), 40 ขา(DIP 40 Pins) เป็นต้น มีให้เลือกมากมายว่า จะใช้ขนาดหน่วยความจำโปรแกรมขนาดเท่าใดให้เหมาะสมกับงานที่ออกแบบ



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างภายนอกของ PIC16F877 ที่ใช้ในการทดลอง

3.2 หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit : CPU)

หน่วยประมวลผลกลางจะประกอบไปด้วยวงจรต่างๆหลากหลาย ที่จำเป็นสำหรับประมวลผล และการคำนวณ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง, วงจรควบคุมสัญญาณนาฬิกา, วงจรควบคุมการทำงาน, วงจรตั้งเวลา และรวมทั้งหน่วยคำนวณทางลอจิกและคณิตศาสตร์ (ALU) เป็นต้น

3.3 คุณสมบัติของ PIC16F877

- มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช เขียนโปรแกรมใหม่ได้นับแสนครั้ง
- มีหน่วยความจำข้อมูลอีอีพร้อมที่บันทึกข้อมูลใหม่ได้นับล้านครั้ง คือเป็นการแยกหน่วยความจำโปรแกรม และหน่วยความจำข้อมูลออกจากกัน และมีบัสสำหรับติดต่อแยกกันด้วย โดยมีโครงสร้างดังนี้

โครงสร้างหลักคือ ซีพียู, หน่วยความจำโปรแกรม, หน่วยความจำข้อมูล, ส่วนติดต่ออินพุท-เอาต์พุท , วงจรสัญญาณนาฬิกา, วงจรรีเซตหลัก, วงจรไฟเลี้ยง, และส่วนจัดการอินเตอร์รัปต์ และยังมีโมดูลพิเศษต่าง ๆ เพื่อเข้ามา เช่น

- วงจรบราวเอาต์รีเซต (brown-out reset)
- ส่วนแก้ไขข้อมูลในวงจร หรือดีบักเกอร์ (In-circuit debugger)
- วงจรโปรแกรมแรงดันต่ำ (low-voltage programming)
- ไทเมอร์ 3 ตัว
- วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล 10 บิต
- โมดูลเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรม (SPI : Serial Peripheral Interfacing)
- โมดูลเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบบัส I2C
- โมดูลสื่อสารอนุกรม (USART : Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter)
- โมดูลเปรียบเทียบสัญญาณ - ตรวจจับสัญญาณ – วงจรมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ (CCP : Compare Capture Pulse-width modulation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 คุณสมบัติต่าง ๆ ของ PIC16F877

- มีคำสั่ง 35 คาสั่ง
- ทำตามคำสั่งด้วยสัญญาณหนึ่งลูก (ยกเว้น คาสั่งกระโดด)
- ทำงานด้วยความถี่สัญญาณนาฬิกาตั้งแต่ ไฟตรงจนถึง 20 Mhz.
- หน่วยความจำโปรแกรม 8k (14-Bit Words)
- หน่วยความจำข้อมูลแรมหรือรีจิสเตอร์ 368 ไบต์
- หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม 256 ไบต์
- ตอบสนองสัญญาณอินเตอร์รัปต์ 15 แหล่ง
- วงจรเพาเวอร์ออนรีเซต (POR)
- สแต็ก 8 ระดับ
- เพาเวอร์อัปไทเมอร์ (PWRT)
- ออสซิลเลเตอร์สตาร์ตอัปไทเมอร์ (OST)
- วงจรวอตช์ด็อกไทเมอร์ (WDT) วงจรออสซิลเลเตอร์ในตัว
- เลือกระดับป้องการข้อมูลตัวโปรแกรม
- โหมดประหยัดพลังงาน
- สามารถโปรแกรมที่แรงดัน +5V.
- แก้ไข้ตัวโปรแกรมในหน่วยความจำผ่านพอร์ตเพียง 2 ขา ด้วยกระบวนการ ICD (In-circuit Debugger)
- ซีพียูสามารถอ่านและเขียนหน่วยความจำโปรแกรมได้
- กระแสซิงก์และซอร์ส 25mA.
- แรงดัน +2 ถึง +5V.
- ใช้พลังงาน

  น้อยกว่า 2mA. ที่แรงดัน +5V. และความถี่ 4Mhz.

  20μA. ที่แรงดัน +3V. และความถี่ 32khz.

  น้อยกว่า 1μA. ในโหมดประหยัดพลังงาน หรือสแตนด์บาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 คุณสมบัติพิเศษของ PIC16F877

-ไทเมอร์ 3 ตัว

- o ไทเมอร์ 0 ขนาด 8 บิต ปรีสเกลเลอร์ 8 บิต ในตัว
- o ไทเมอร์ 1 ขนาด 16 บิต ปรีสเกลเลอร์
- o ไทเมอร์ 2 ขนาด 8 บิต ปรีสเกลเลอร์ โพสต์สเกลเลอร์ และรีจิสเตอร์คาบเวลา 8 บิตในตัว

-โมดูล CCP 2 ชุด

- o ตรวจจับสัญญาณ (Capture) ขนาด 16 บิต ความละเอียด 12.5nSec.
- o เปรียบเทียบสัญญาณ (Compare) ขนาด 16 บิต ความละเอียด 200nSec.
- o วงจร PWM ความละเอียด 10 บิต

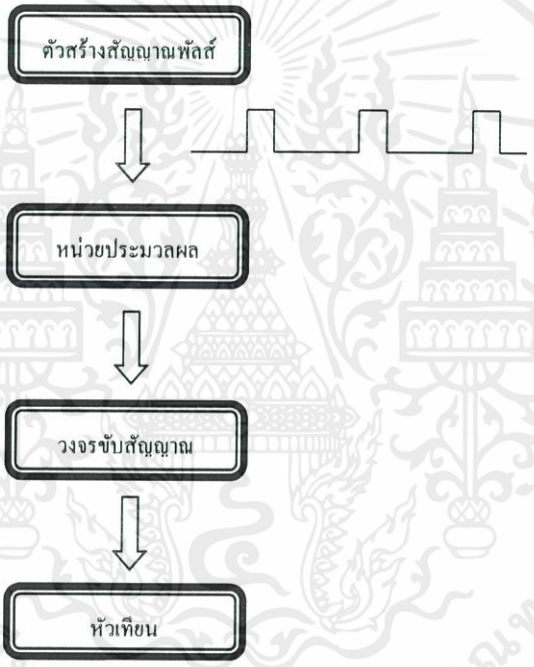
- วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล 10 บิต 8 ช่อง
- วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมทั้ง SPI และ I2C
- วงจรสื่อสารข้อมูลอนุกรม (USART) พร้อมการตรวจจับแอดแดรส 9 บิต
- วงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟเลี้ยง (Brown-out detection) เพื่อรีเซตซีพียู หรือ (BOR : Brown-out reset)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
หลักการออกแบบวงจรจุดระเบิดหัวเทียน

4.1 หลักการเบื้องต้น

จากบล็อกไดอะแกรมการทำงานเบื้องต้น เริ่มจากการสร้างสัญญาณพัลส์จุดระเบิดจากนั้นต้องป้อนค่าความกว้างของคาบสัญญาณพัลส์ และป้อนค่าความกว้างของ duty cycle แล้วผ่านหน่วยประมวลผล โดยหน่วยประมวลผลจะทำการคำนวณช่วงเวลาการจุดระเบิดและให้สัญญาณออกมาสัมพันธ์กับจังหวะเวลาการจุดระเบิดจริง หลังจากนั้นสัญญาณที่ได้จะผ่านวงจรขับสัญญาณเพื่อจุดระเบิดหัวเทียนต่อไป



รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรจุดระเบิดหัวเทียน

4.2 การจำลองสัญญาณจุดระเบิด

ในการจำลองสัญญาณนั้นจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวสร้างสัญญาณพัลส์เพื่อใช้ในการจุดระเบิดซึ่งเริ่มต้นด้วยการป้อนค่าความกว้างของคาบสัญญาณ ค่า Output high ค่า Shift phase ของสัญญาณที่ส่งให้คอยล์ตัวที่สองต่อสัญญาณของคอยล์ตัวแรก และค่าจำนวนพัลส์ที่ต้องการแบ่งสัญญาณ Output high ออกเป็นจำนวน 1,2,3,4 ลูก จากนั้นส่งสัญญาณแต่ละเส้นเข้าคอยล์แต่ละตัว ผ่านวงจรขับสัญญาณเพื่อจุดระเบิดหัวเทียน

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลอง

5.1 การจำลองสัญญาณจุดระเบิด

ทำการวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขา RA0 และ RA2 เมื่อป้อนไฟ 5 โวลต์ ให้กับ PIC เพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปเข้าคอยล์ผ่านวงจรขับสัญญาณเพื่อจุดระเบิดหัวเทียน โดยใช้รอบเครื่องยนต์สูงสุดที่ 6,000 RPM

สามารถคำนวณเพื่อหาคาบเวลาของการจุดระเบิดได้ดังนี้

ที่ความเร็วรอบ 6,000 rpm คำนวณความถี่ได้จากสมการ

ความถี่ = (rpm/60*2)

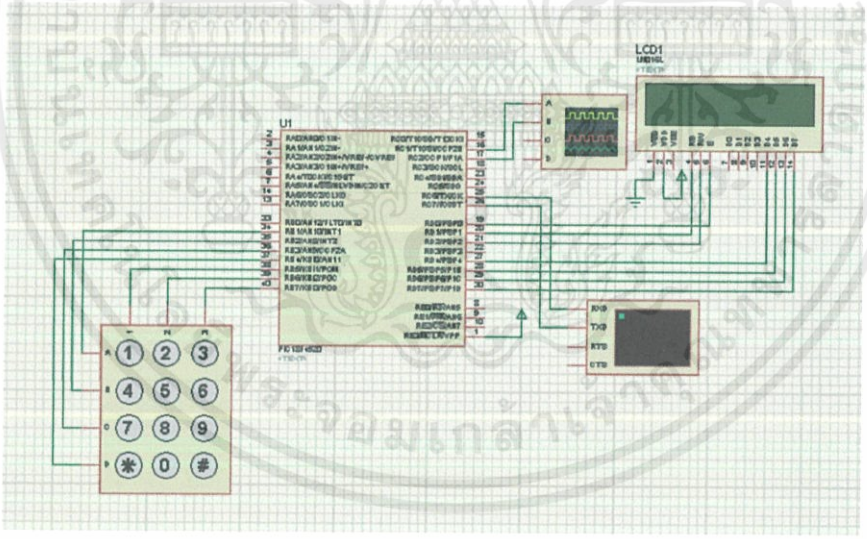
การคำนวณหาค่าค่าความถี่ที่ความเร็วรอบ 6000 rpm

ที่ความเร็วรอบ 6000 rpm

ความถี่ =(6000/60*2)

ความถี่ = 50 Hz

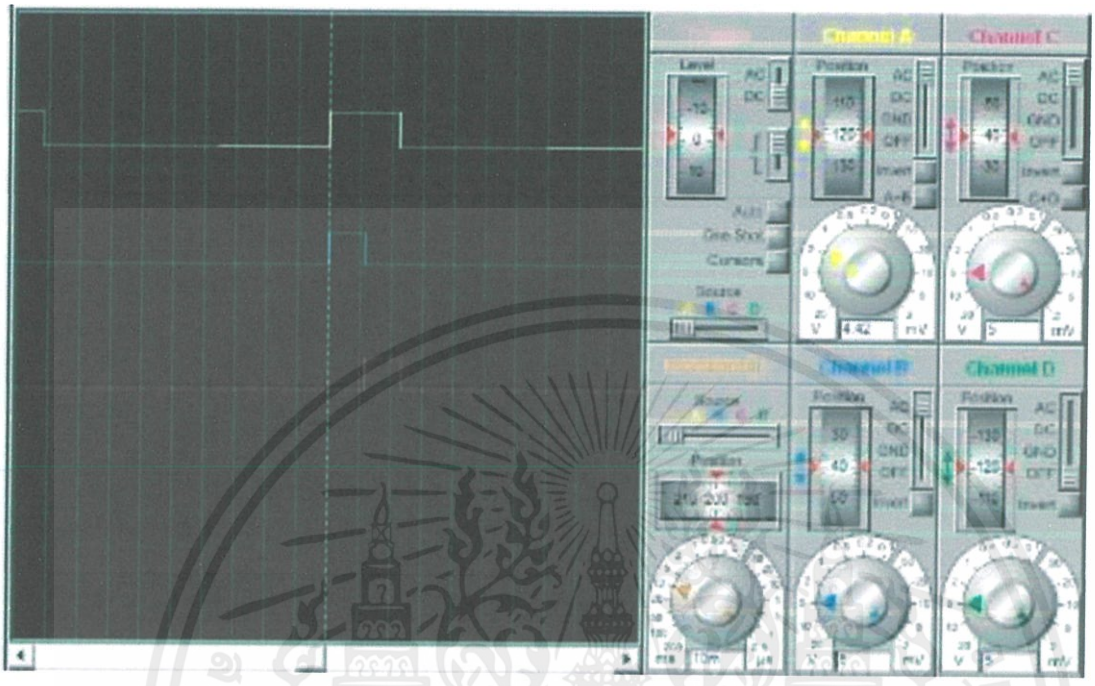
ระยะเวลาที่อยู่ในช่วงของการจุดระเบิดทั้งหมด คือ 0.02s



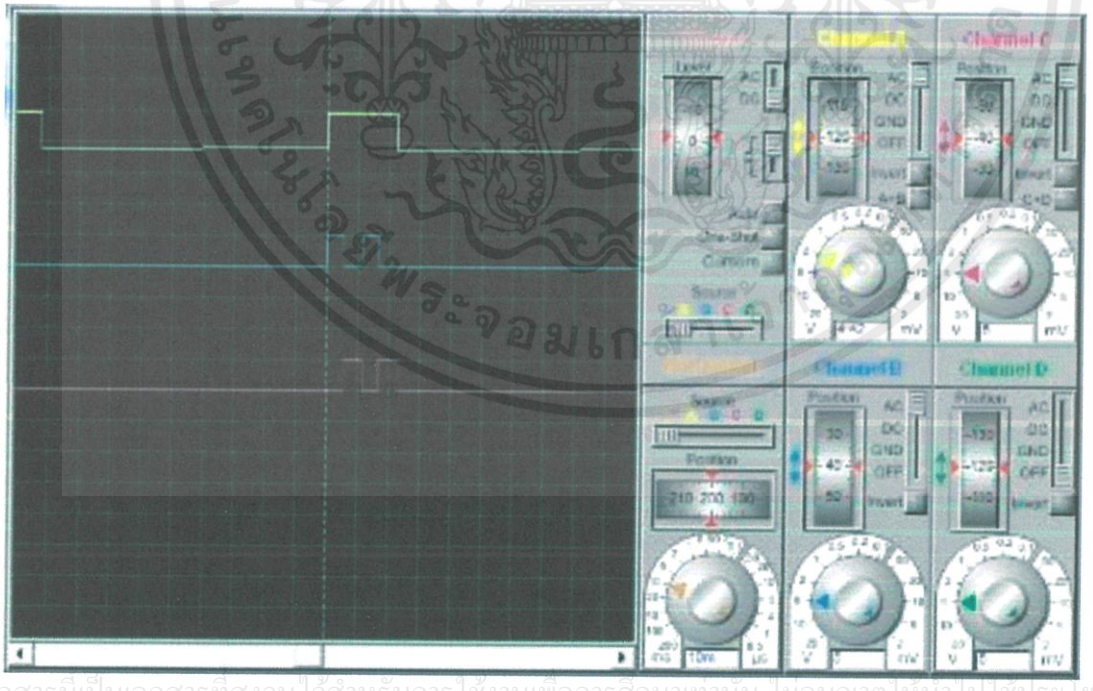
รูปที่ 5.1 แสดงวงจรที่ใช้ในการซิมมูเลท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 สัญญาณที่ได้จากการซิมมูเลท

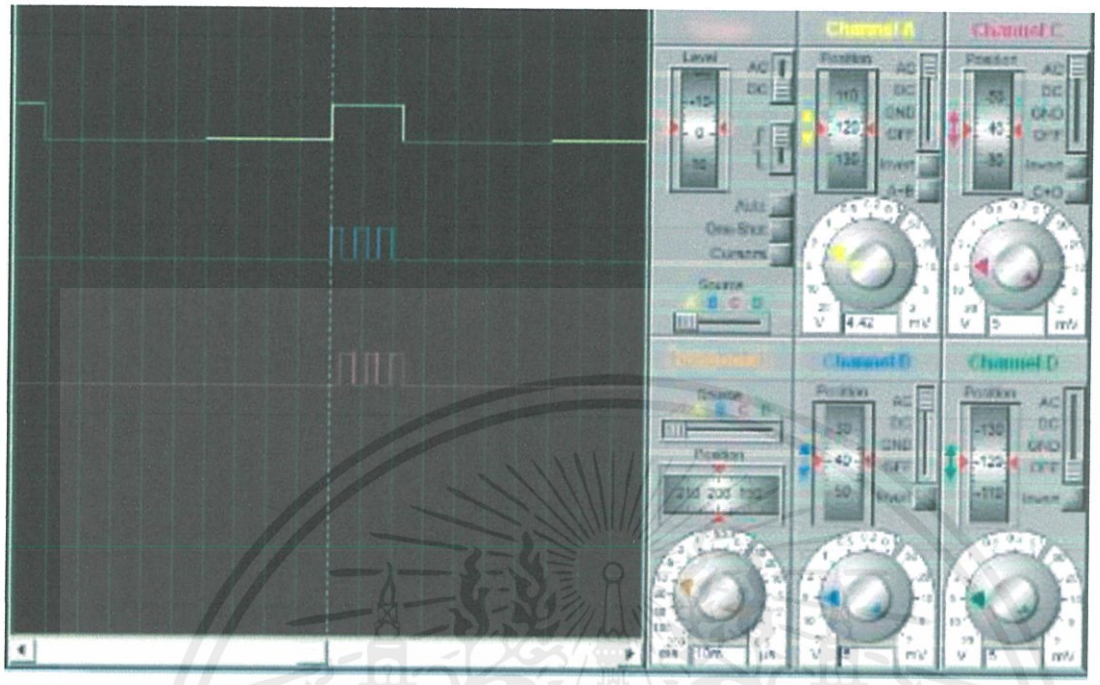


รูปที่ 5.2 ก) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 1 ลูก

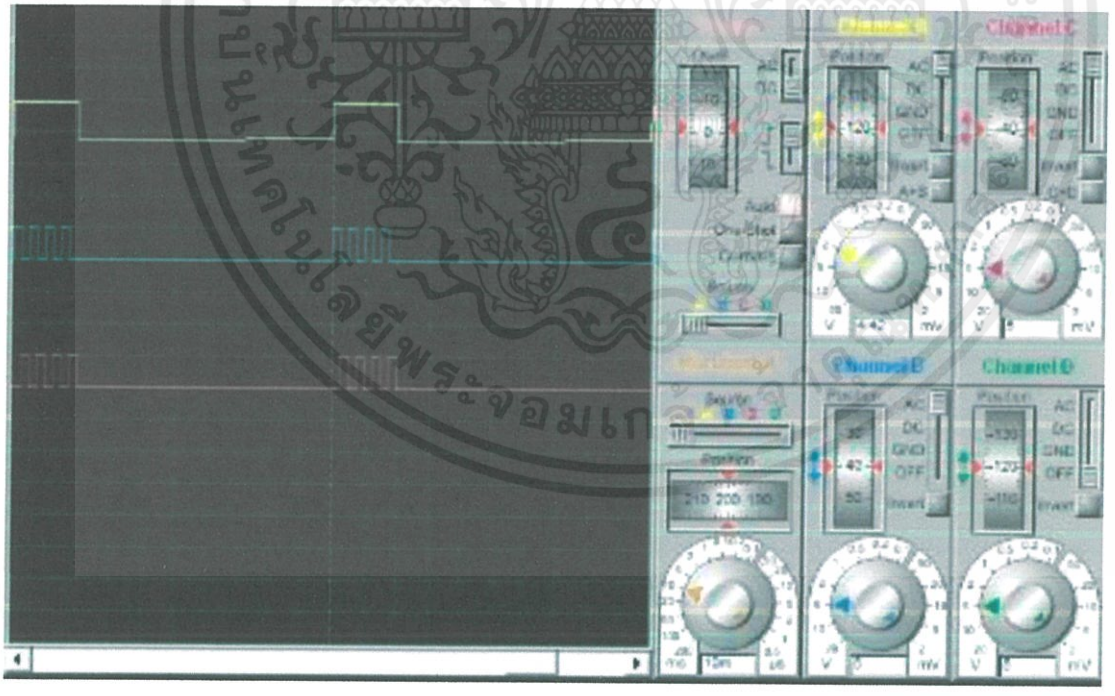


รูปที่ 5.2 ข) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 2 ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



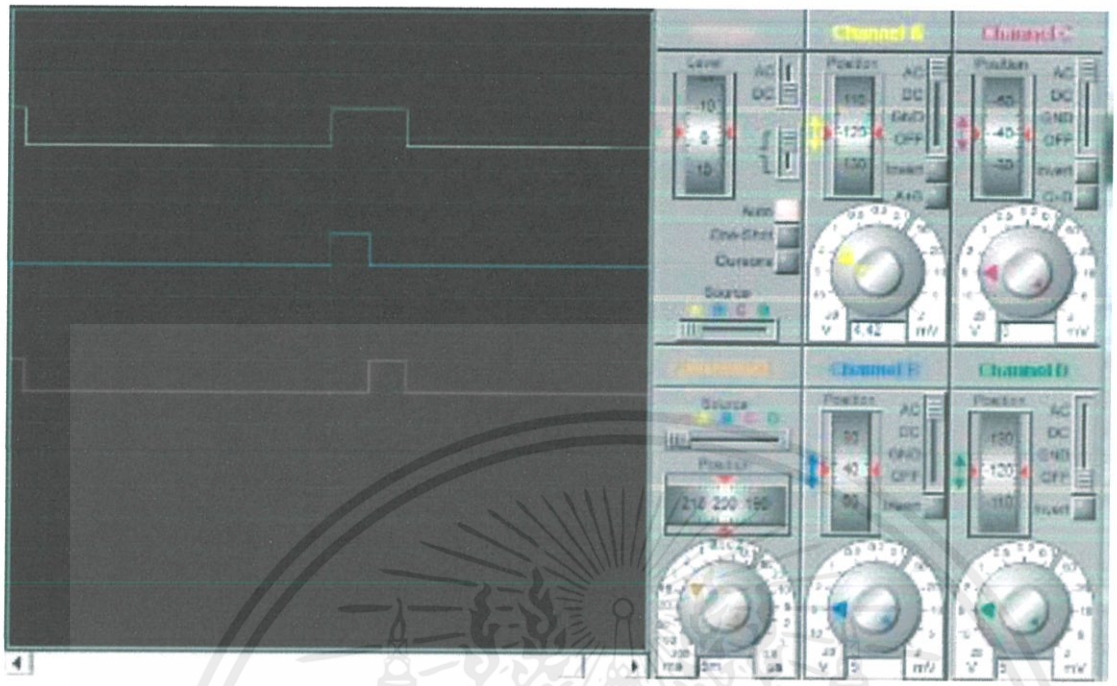
รูปที่ 5.2 ค) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 3 ลูก



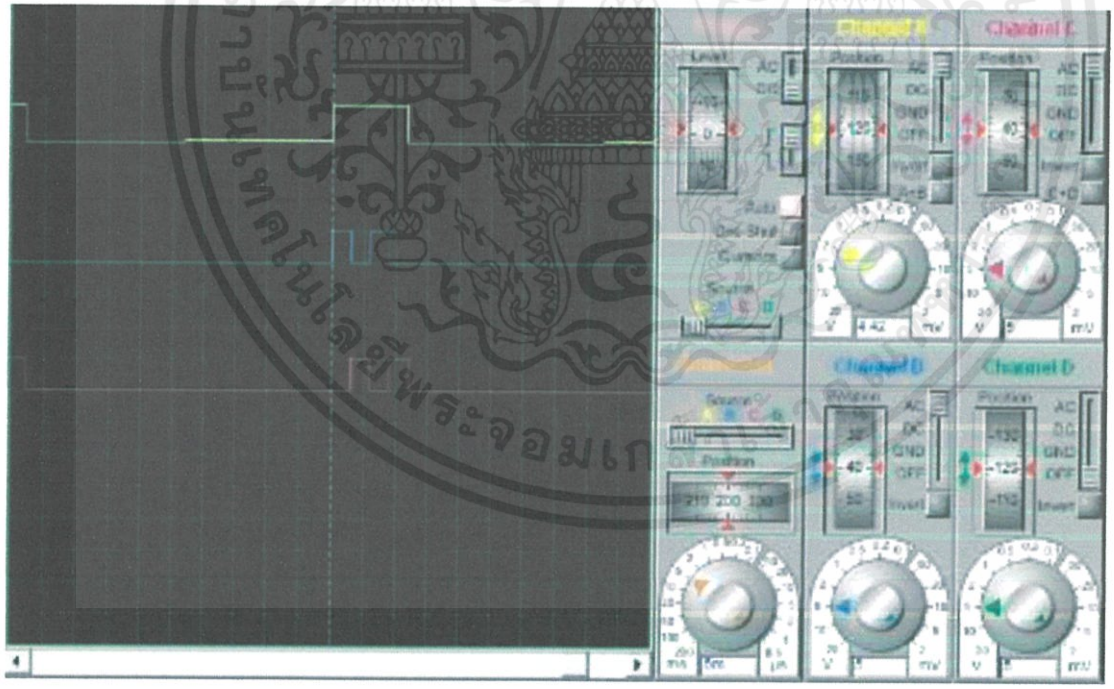
รูปที่ 5.2 ง) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 4 ลูก

รูปที่ 5.2 แสดงสัญญาณของเครื่องยนต์ 1,044 rpm ความถี่ 8.7 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

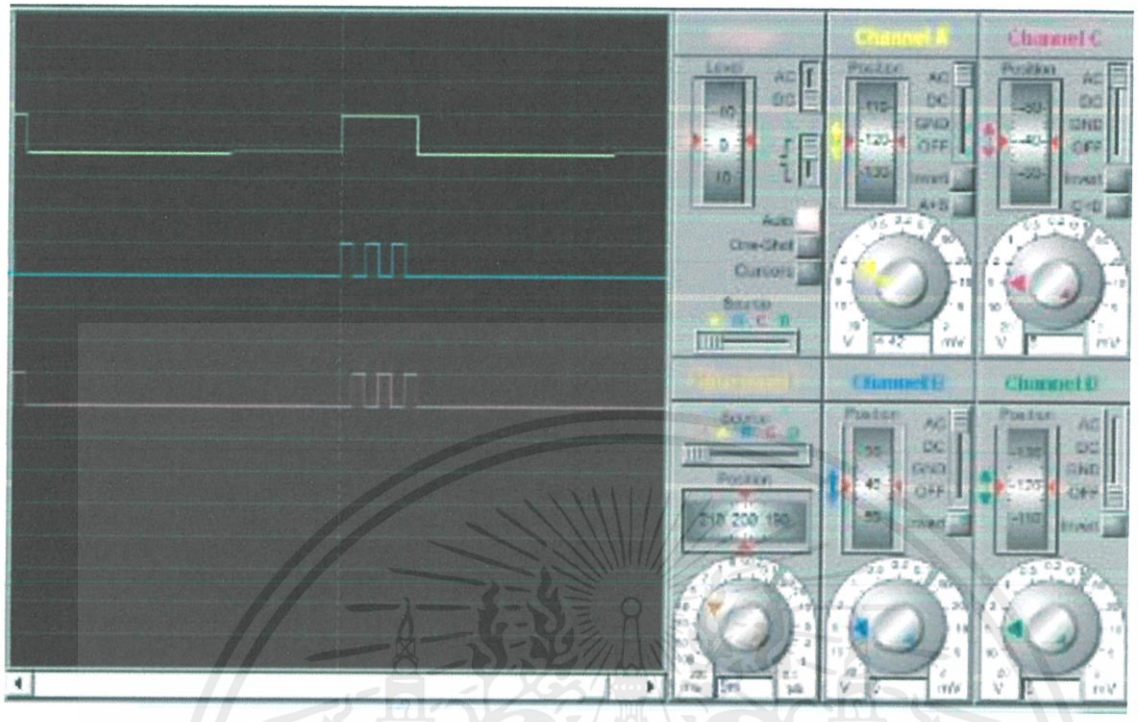


รูปที่ 5.3 ก) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 1 ลูก

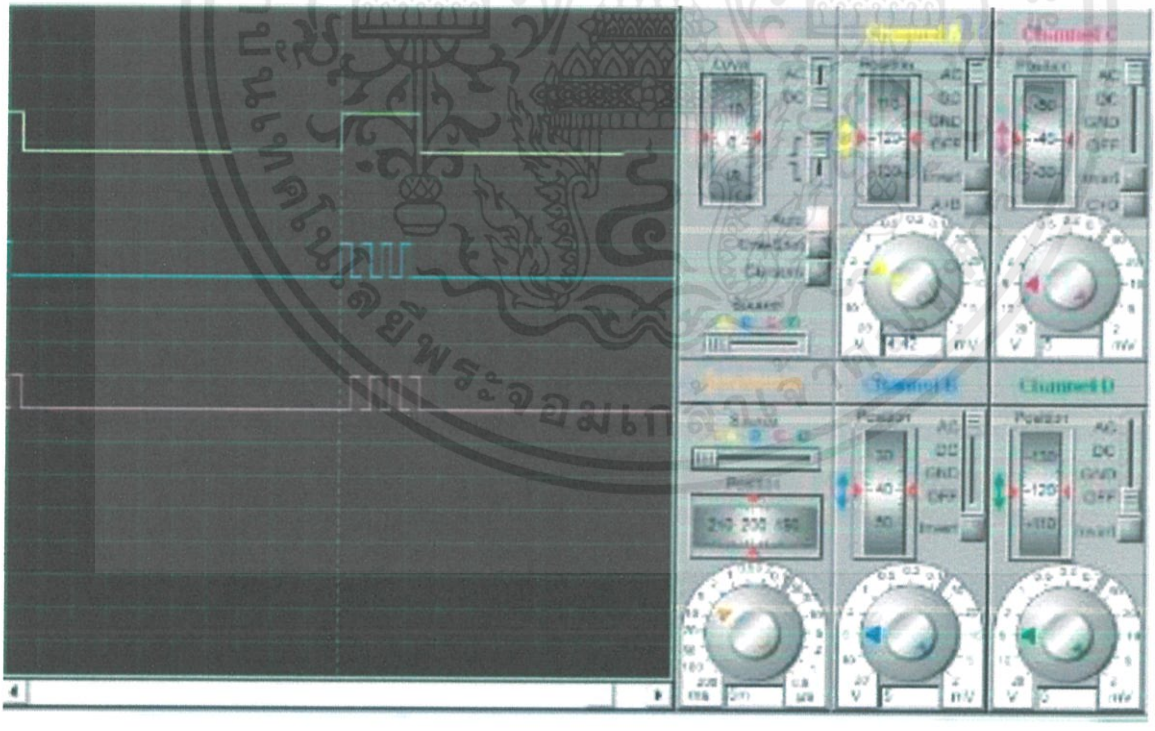


รูปที่ 5.3 ข) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 2 ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



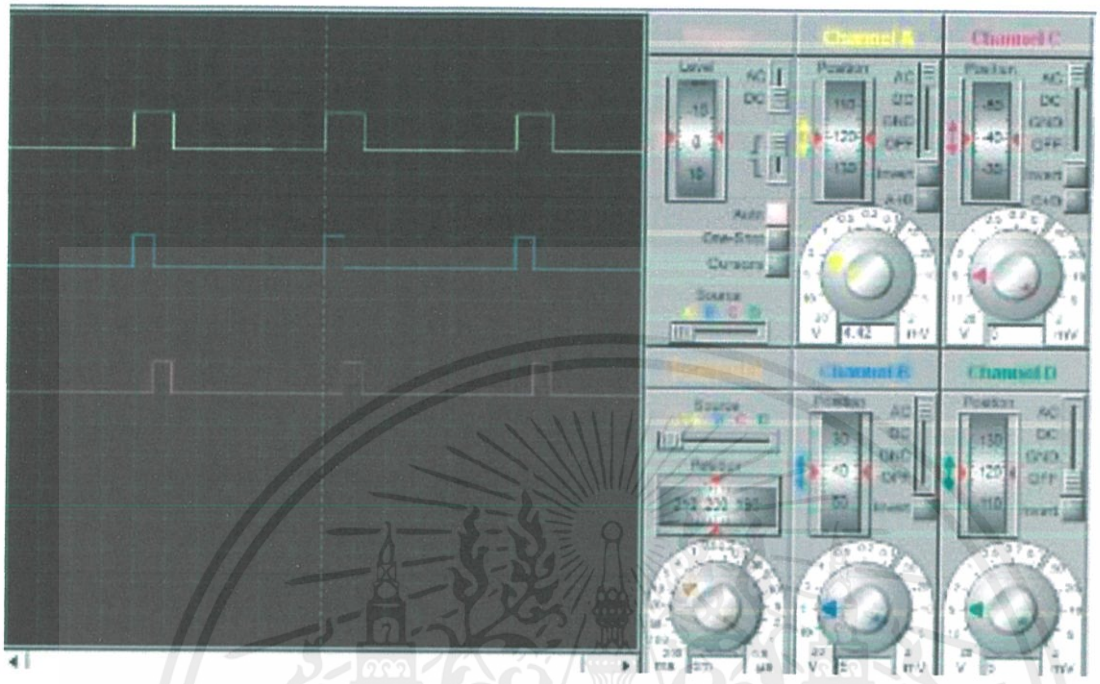
รูปที่ 5.3 ค) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 3 ลูก



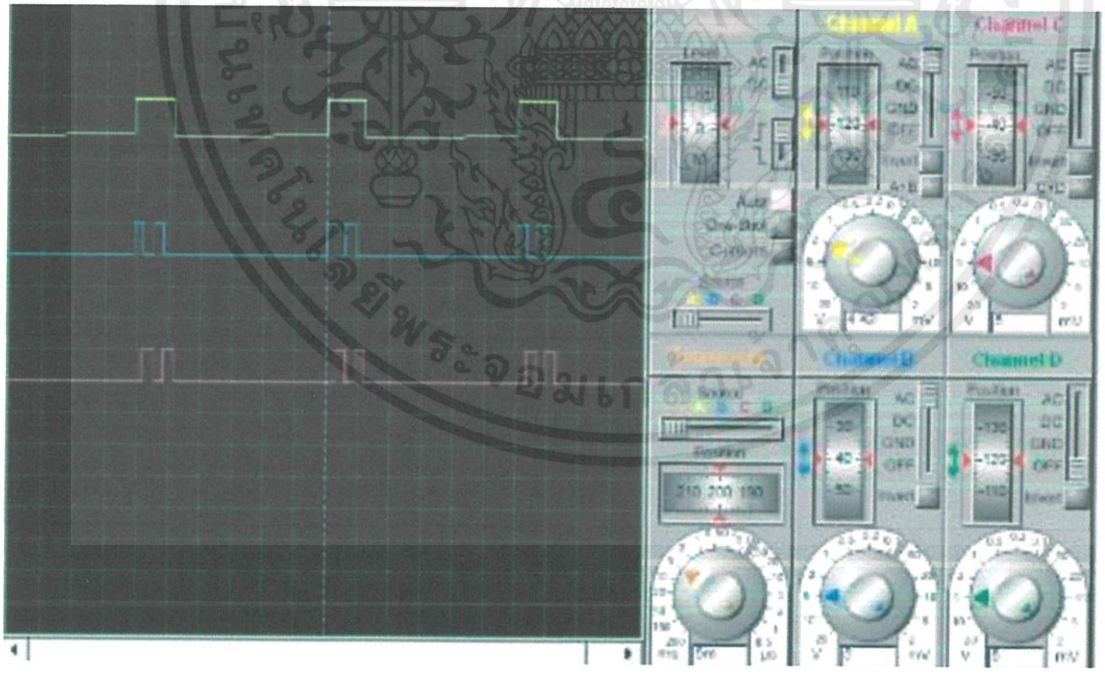
รูปที่ 5.3 ง) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 4 ลูก

รูปที่ 5.3 แสดงสัญญาณของเครื่องยนต์ 2,000 rpm ความถี่ 16.67 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

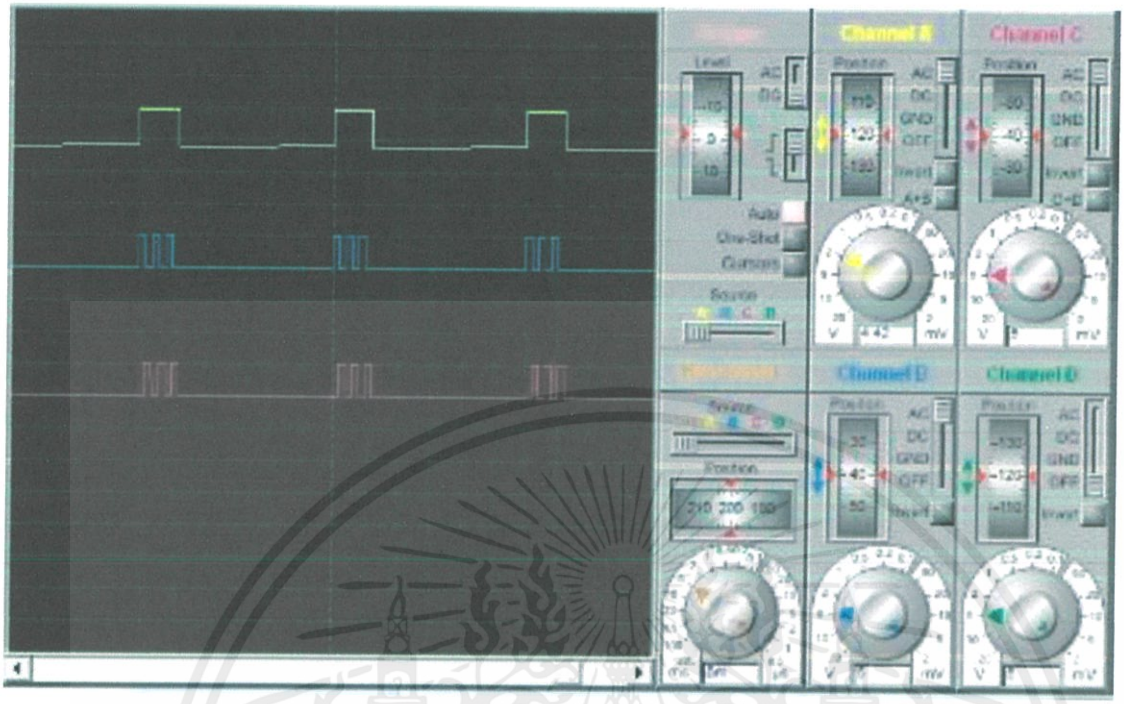


รูปที่ 5.4 ก) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 1 ลูก

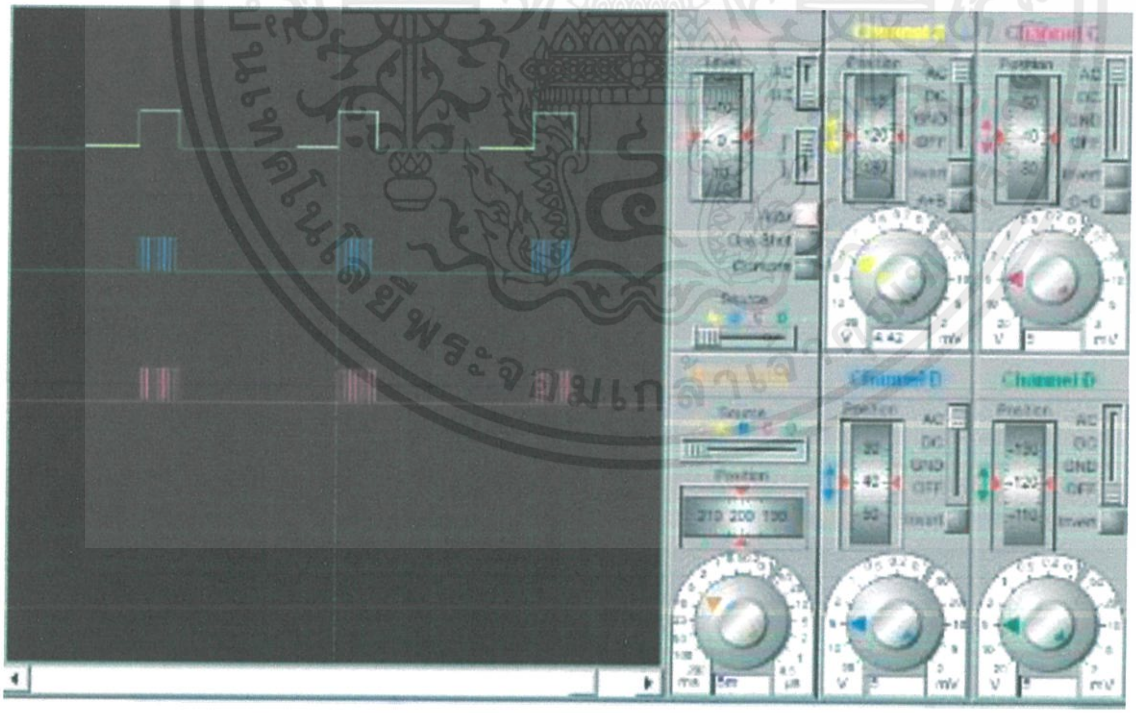


รูปที่ 5.4 ข) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 2 ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



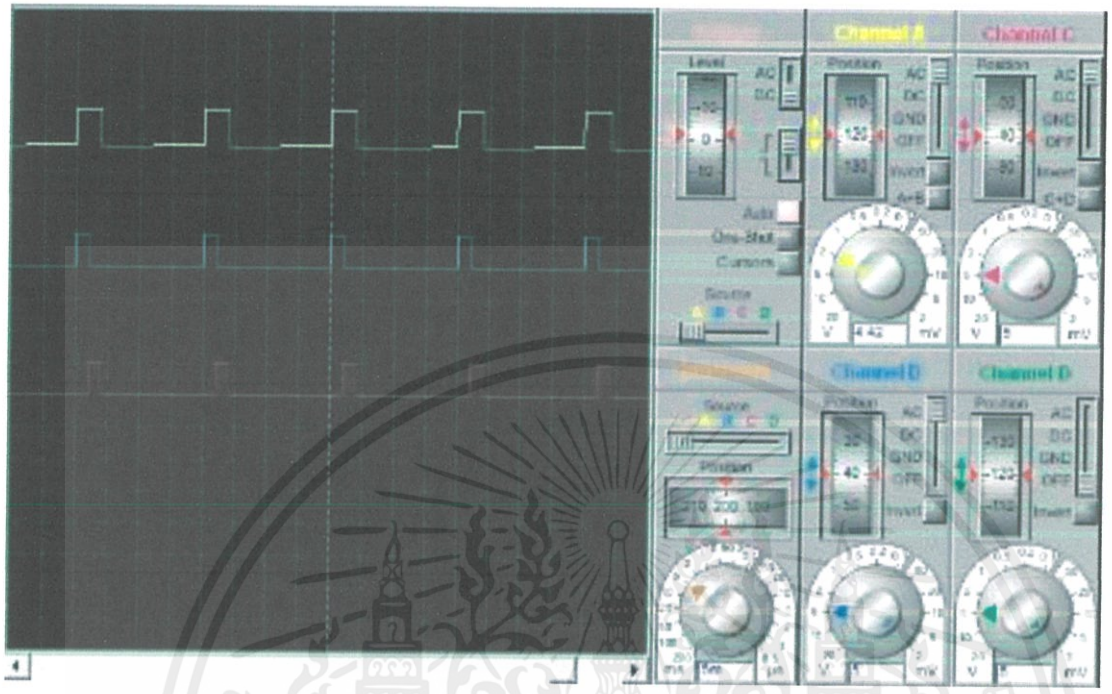
รูปที่ 5.4 ค) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 3 ลูก



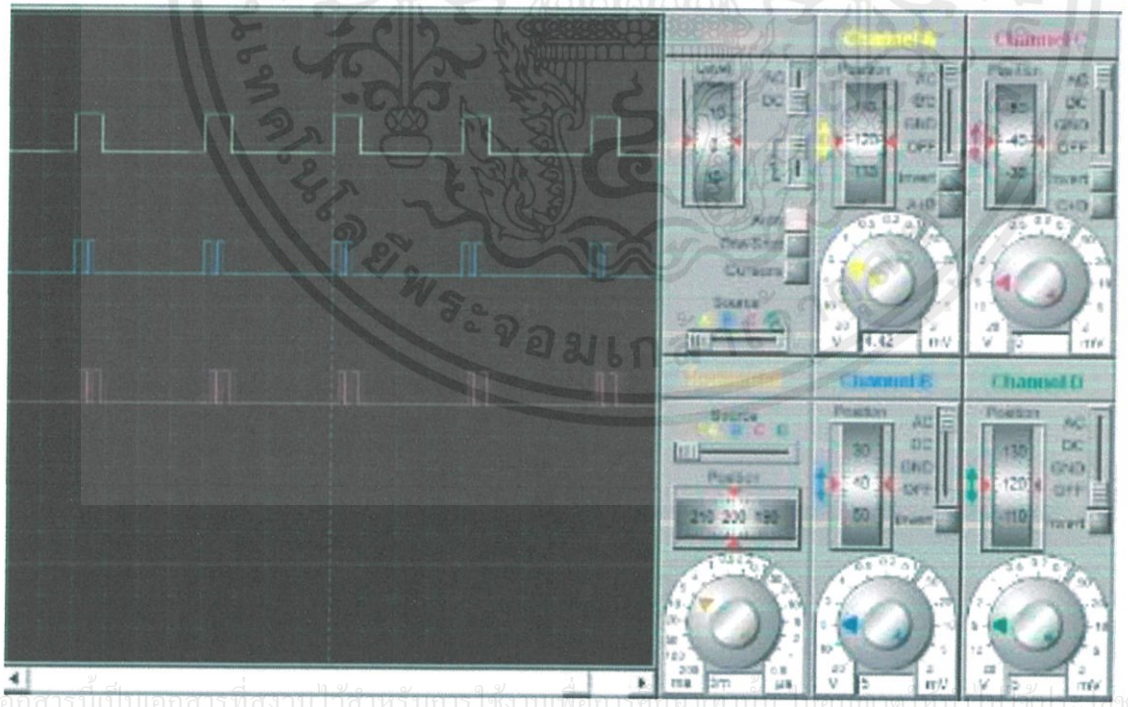
รูปที่ 5.4 ง) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 4 ลูก

รูปที่ 5.4 แสดงสัญญาณของเครื่องยนต์ 4,000 rpm ความถี่ 33.3 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ทั้งนี้ห้ามมิให้คัดลอกส่วนใดส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

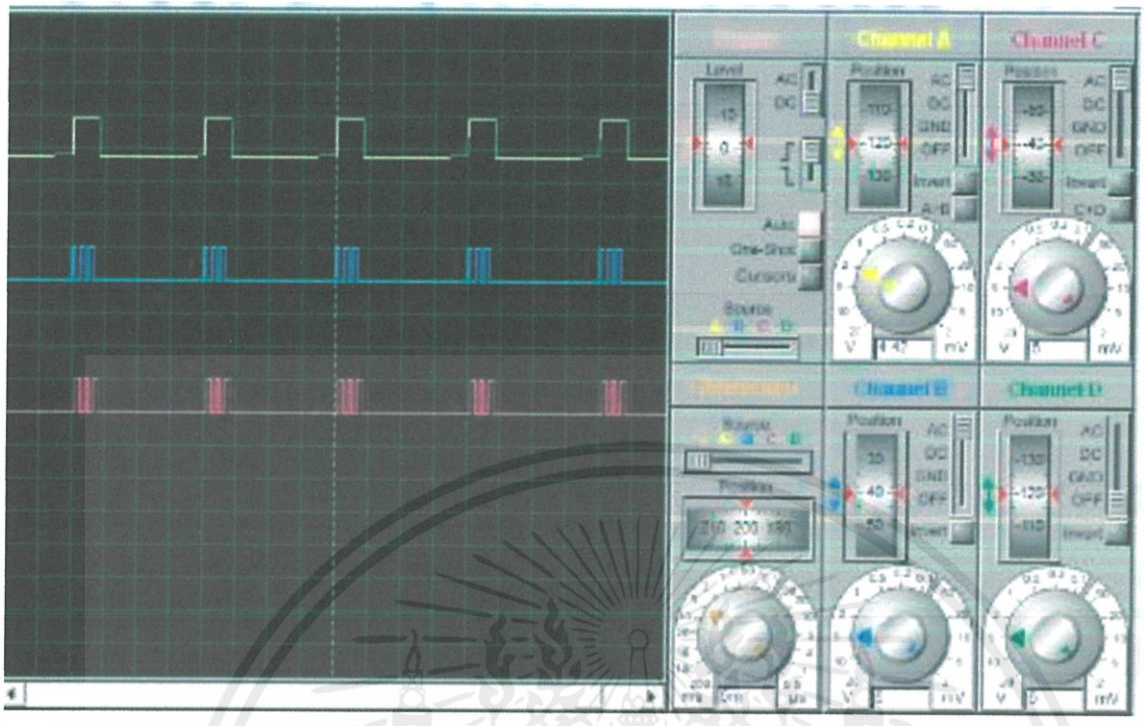


รูปที่ 5.5 ก) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 1 ลูก

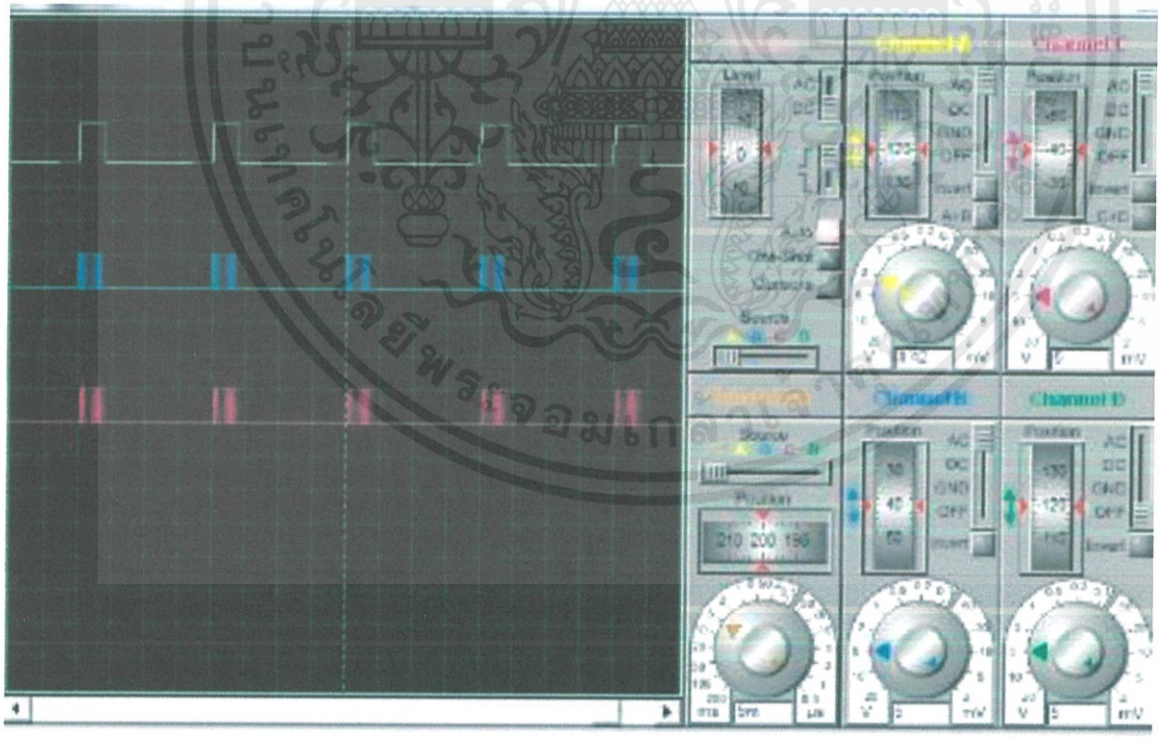


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.5 ข) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 2 ลูก



รูปที่ 5.5 ค) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 3 ลูก

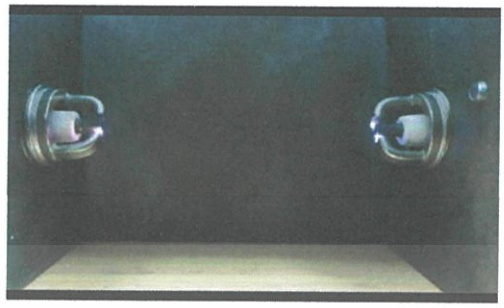


รูปที่ 5.5 ง) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 4 ลูก

รูปที่ 5.5 แสดงสัญญาณของเครื่องยนต์ 6,000 rpm ความถี่ 50 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

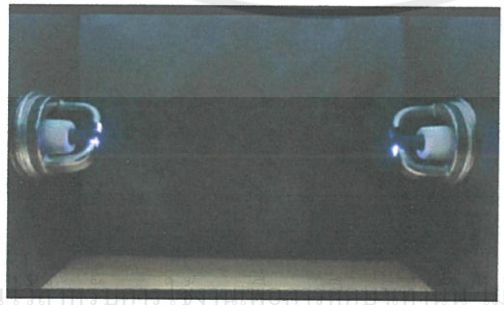
5.3 ผลการทดลองที่ช่วงความถี่ต่างๆ



รูปที่ 5.6 ก) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 1 ลูก

รูปที่ 5.6 ข) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 2 ลูก

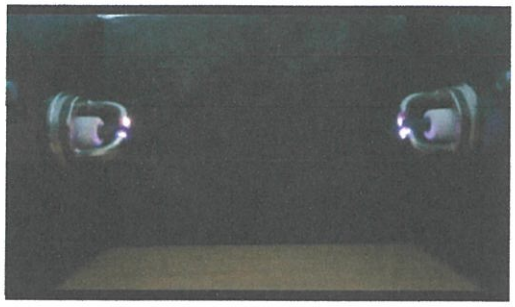
รูปที่ 5.6 ค) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 3 ลูก



รูปที่ 5.6 ง) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 4 ลูก

รูปที่ 5.6 แสดงสัญญาณของเครื่องยนต์ 1,044 rpm ความถี่ 8.7 Hz

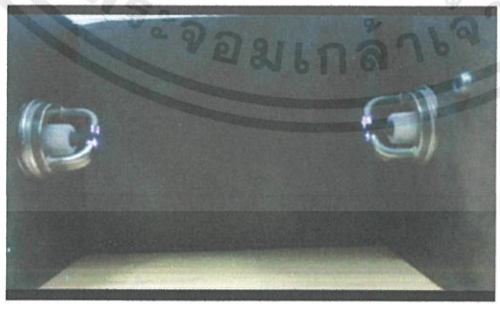
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 ก) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 1 ลูก

รูปที่ 5.7 ข) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 2 ลูก

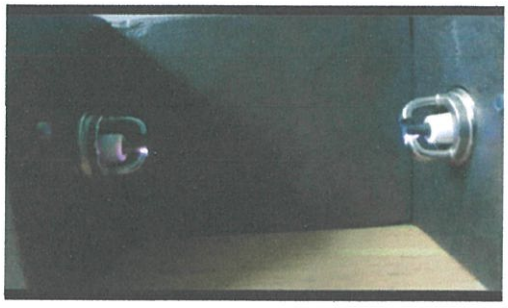
รูปที่ 5.7 ค) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 3 ลูก



รูปที่ 5.7 ง) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 4 ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

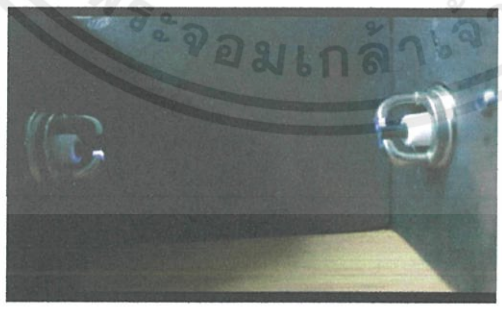
รูปที่ 5.7 แสดงสัญญาณของเครื่องยนต์ 2,000 rpm ความถี่ 16.67 Hz



รูปที่ 5.8 ก) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 1 ลูก

รูปที่ 5.8 ข) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 2 ลูก

รูปที่ 5.8 ค) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 3 ลูก



รูปที่ 5.8 ง) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 4 ลูก

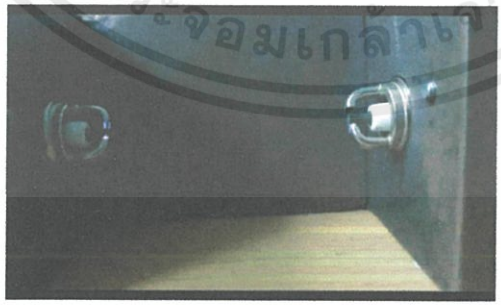
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.8 แสดงสัญญาณของเครื่องยนต์ 4,000 rpm ความถี่ 33.3 Hz

รูปที่ 5.9 ก) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 1 ลูก

รูปที่ 5.9 ข) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 2 ลูก

รูปที่ 5.9 ค) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 3 ลูก



รูปที่ 5.9 ง) จำนวนลูกคลื่นของช่วงเวลาการจุดระเบิด = 4 ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.9 แสดงสัญญาณของเครื่องยนต์ 6,000 rpm ความถี่ 50 Hz

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

6.1 ส่วนการจำลองสัญญาณจุดระเบิด

จากการทดลองการสร้างสัญญาณโดยใช้แรงดันขนาด 5 V ซึ่งใช้รอบเครื่องยนต์สูงสุด6,000 RPM คำนวณหาค่าคาบเวลาที่ใช้ในการจุดระเบิดได้ค่าเท่ากับ 10 ms จากการทดลองแบ่งพัลส์สัญญาณออกเป็นลูกคลื่นได้ตามจำนวนที่ต้องการ โดยใช้ PIC16F877 เป็นตัวประมวลผล เพื่อนำสัญญาณที่ได้นี้ส่งสัญญาณให้กับคอยล์เพื่อใช้ในการทดสอบการจุดระเบิดหัวเทียน

6.2 ส่วนการประมวลผล

จากการทดลองและสร้างสัญญาณพบว่าสามารถสร้างสัญญาณจุดระเบิด 5V ที่เป็นพัลส์ตามค่าที่ป้อนเข้าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และจะนำสัญญาณพัลส์เข้าคอยล์จุดระเบิดได้ตามต้องการ สามารถส่งสัญญาณจุดระเบิดให้กับวงจรจุดระเบิดได้ โดยคาดว่าจำนวนลูกคลื่นของสัญญาณพัลส์ที่เพิ่มขึ้นให้สัมพันธ์กับช่วงเวลาของการจุดระเบิดจะทำให้หัวเทียนสามารถจุดระเบิดได้หลายครั้งตามจำนวนของลูกคลื่นสัญญาณที่ป้อนเข้าไปอาจจะทำให้เครื่องยนต์มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้นได้และอาจจะช่วยลดคราบเขม่าในลูกสูบได้อีกด้วย ทั้งนี้อาจจะเป็นการช่วยเพิ่มให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

6.3 ปัญหาระหว่างการทำงานและวิธีแก้ไข

1.มีความรู้และความเข้าใจเริ่มต้นเกี่ยวกับการทำงานของระบบเครื่องยนต์ไม่ละเอียดมากพอ จึงต้องทำการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมพอสมควร

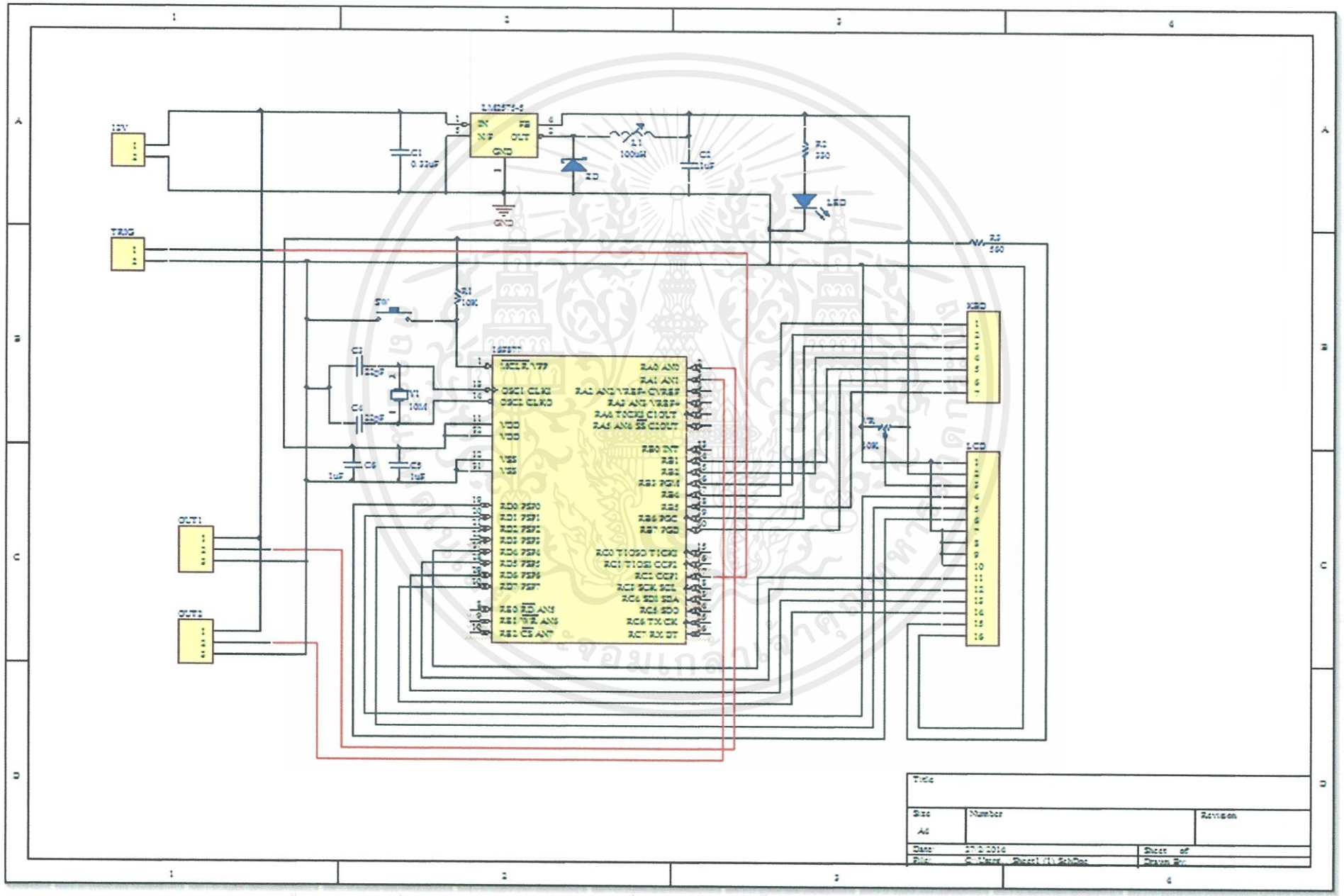
2.อุปกรณ์เฉพาะทางหาได้ยากและมีราคาแพง เช่น คอยล์จุดระเบิด

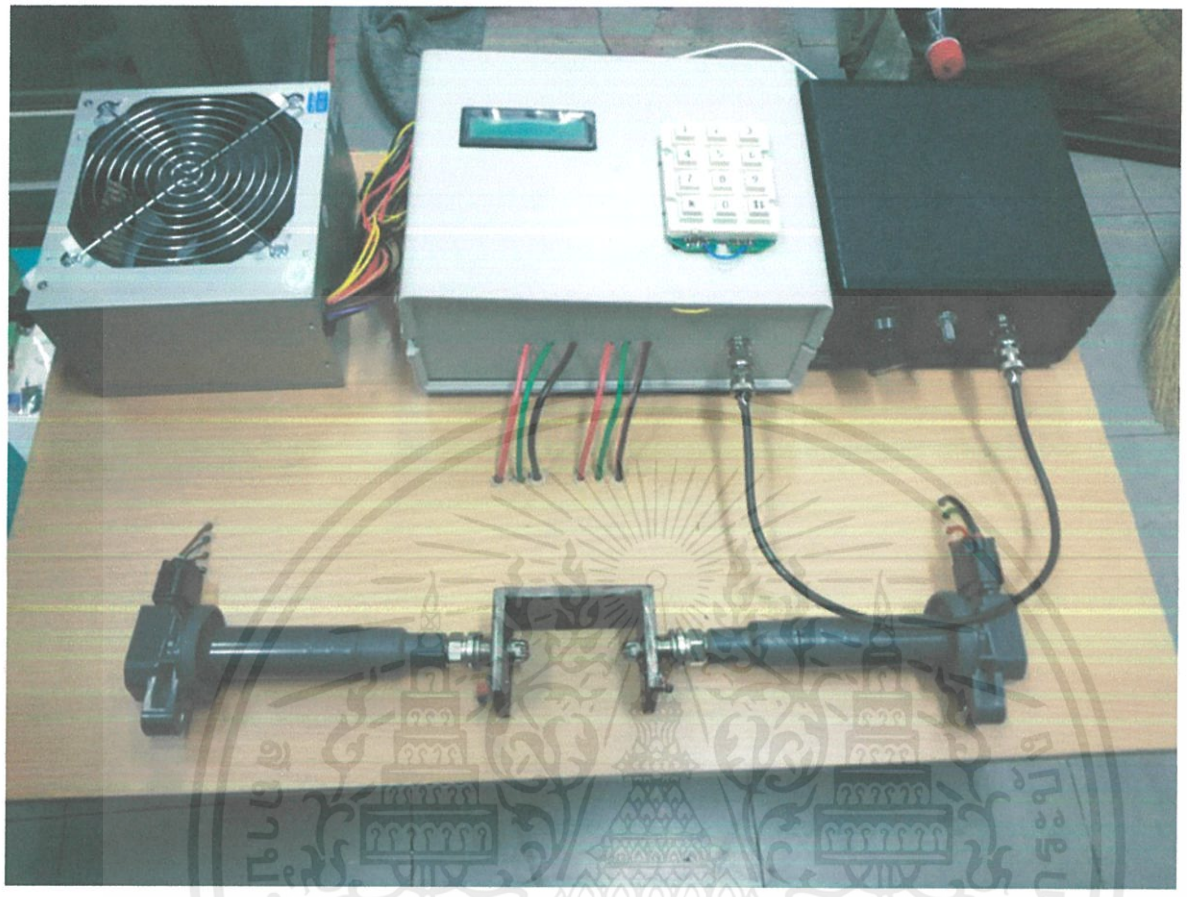
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sheet1 (1).SchDoc





ภาพชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROCHIP

PIC16F87X
Data Sheet

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2001 Microchip Technology Inc.

"All rights reserved. Copyright © 2001, Microchip Technology Incorporated, USA. Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Microchip Technology Incorporated with respect to the accuracy or use of such information, or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights. The Microchip logo and name are registered trademarks of Microchip Technology Inc. in the U.S.A. and other countries. All rights reserved. All other trademarks mentioned herein are the property of their respective companies. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights."

Trademarks

The Microchip name, logo, PIC, PICmicro, PICMASTER, PICSTART, PRO MATE, KEELOQ, SEEVAL, MPLAB and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

Total Endurance, ICSP, In-Circuit Serial Programming, FilterLab, MXDEV, microID, *Flex*ROM, *fuzzy*LAB, MPASM, MPLINK, MPLIB, PICDEM, ICEPIC, Migratable Memory, FanSense, ECONOMONITOR and SelectMode are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Serialized Quick Term Programming (SQTP) is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2001, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

DNV Certification, Inc. USA — ANSI-RAB QMS ACCREDITED — DNV — DNV MSC The Netherlands Accredited by the RvA — ISO 9001 / QS-9000 REGISTERED FIRM

Microchip received QS-9000 quality system certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona in July 1999. The Company's quality system processes and procedures are QS-9000 compliant for its PICmicro® 8-bit MCUs, KEELOQ® code hopping devices, Serial EEPROMs and microperipheral products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001 certified.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2001 Microchip Technology Inc.

PIC16F87X

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

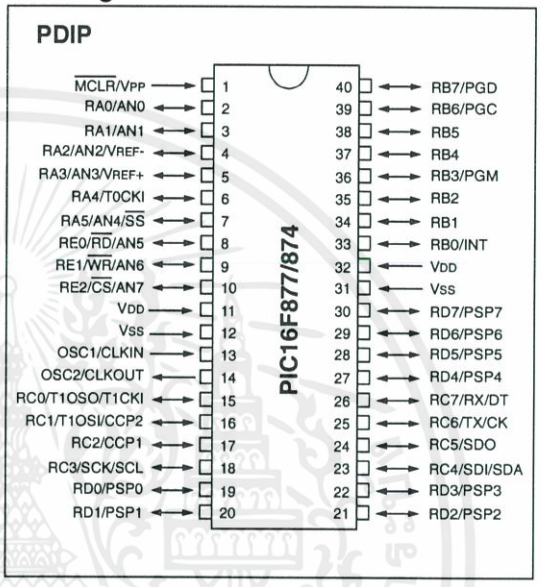
- PIC16F873
- PIC16F874
- PIC16F876
- PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
  DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
  Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
  Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
  Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature ranges
- Low-power consumption:
  - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
  - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
  - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram

PDIP



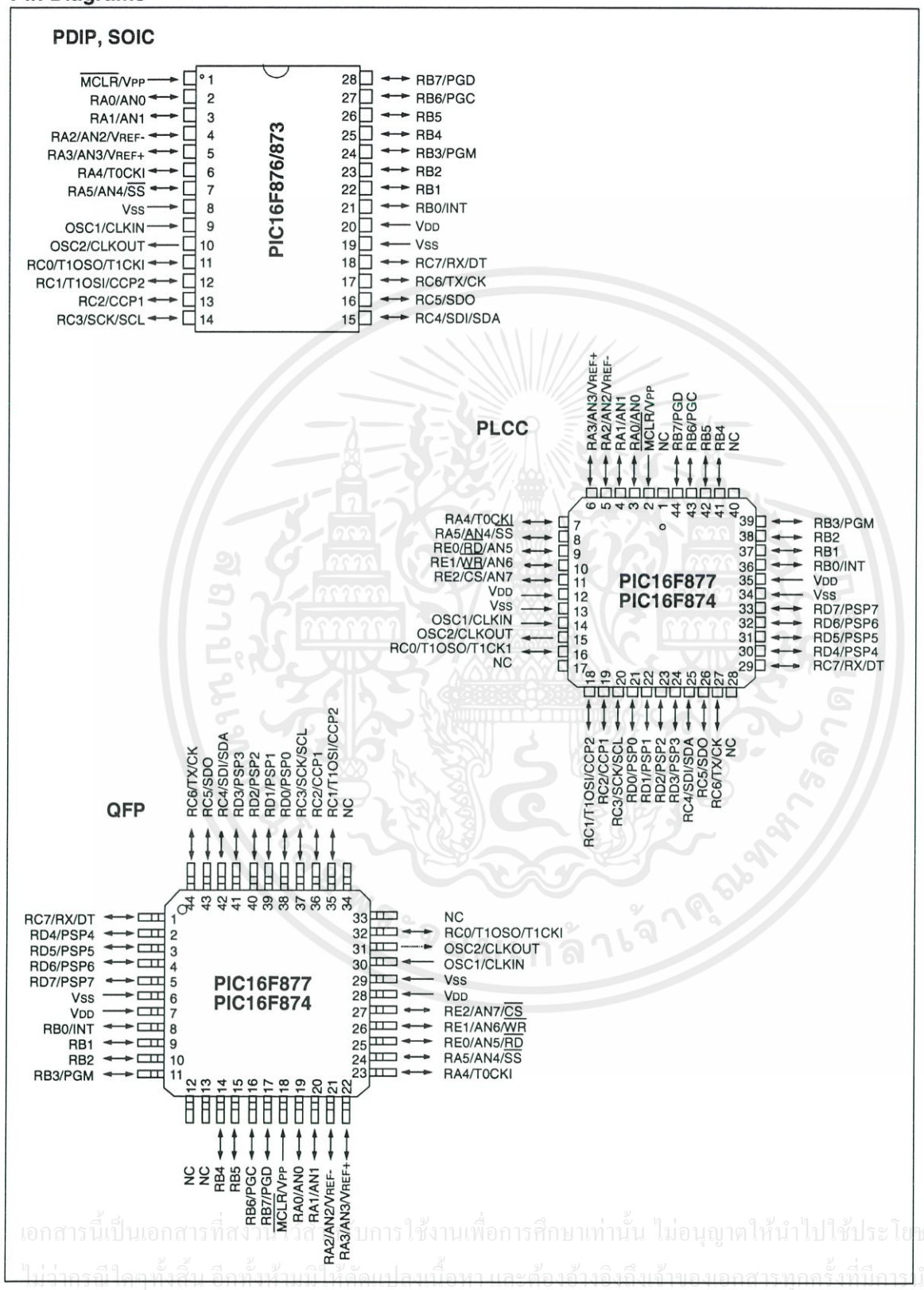
Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during SLEEP via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I^2C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2001 Microchip Technology Inc.

Pin Diagrams



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2001 Microchip Technology Inc.

Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 instructions	35 instructions	35 instructions	35 instructions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table of Contents

1.0 Device Overview 5
2.0 Memory Organization 11
3.0 I/O Ports 29
4.0 Data EEPROM and FLASH Program Memory 41
5.0 Timer0 Module 47
6.0 Timer1 Module 51
7.0 Timer2 Module 55
8.0 Capture/Compare/PWM Modules 57
9.0 Master Synchronous Serial Port (MSSP) Module 65
10.0 Addressable Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART) 95
11.0 Analog-to-Digital Converter (A/D) Module 111
12.0 Special Features of the CPU 119
13.0 Instruction Set Summary 135
14.0 Development Support 143
15.0 Electrical Characteristics 149
16.0 DC and AC Characteristics Graphs and Tables 177
17.0 Packaging Information 189
Appendix A: Revision History 197
Appendix B: Device Differences 197
Appendix C: Conversion Considerations 198
Index 199
On-Line Support 207
Reader Response 208
PIC16F87X Product Identification System 209

TO OUR VALUED CUSTOMERS

It is our intention to provide our valued customers with the best documentation possible to ensure successful use of your Microchip products. To this end, we will continue to improve our publications to better suit your needs. Our publications will be refined and enhanced as new volumes and updates are introduced.

If you have any questions or comments regarding this publication, please contact the Marketing Communications Department via E-mail at **docerrors@mail.microchip.com** or fax the **Reader Response Form** in the back of this data sheet to (480) 792-4150. We welcome your feedback.

Most Current Data Sheet

To obtain the most up-to-date version of this data sheet, please register at our Worldwide Web site at:

http://www.microchip.com

You can determine the version of a data sheet by examining its literature number found on the bottom outside corner of any page. The last character of the literature number is the version number, (e.g., DS30000A is version A of document DS30000).

Errata

An errata sheet, describing minor operational differences from the data sheet and recommended workarounds, may exist for current devices. As device/documentation issues become known to us, we will publish an errata sheet. The errata will specify the revision of silicon and revision of document to which it applies.

To determine if an errata sheet exists for a particular device, please check with one of the following:

- Microchip's Worldwide Web site; http://www.microchip.com
- Your local Microchip sales office (see last page)
- The Microchip Corporate Literature Center; U.S. FAX: (480) 792-7277

When contacting a sales office or the literature center, please specify which device, revision of silicon and data sheet (include literature number) you are using.

Customer Notification System

Register on our web site at **www.microchip.com/cn** to receive the most current information on all of our products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2001 Microchip Technology Inc.

1.0 DEVICE OVERVIEW

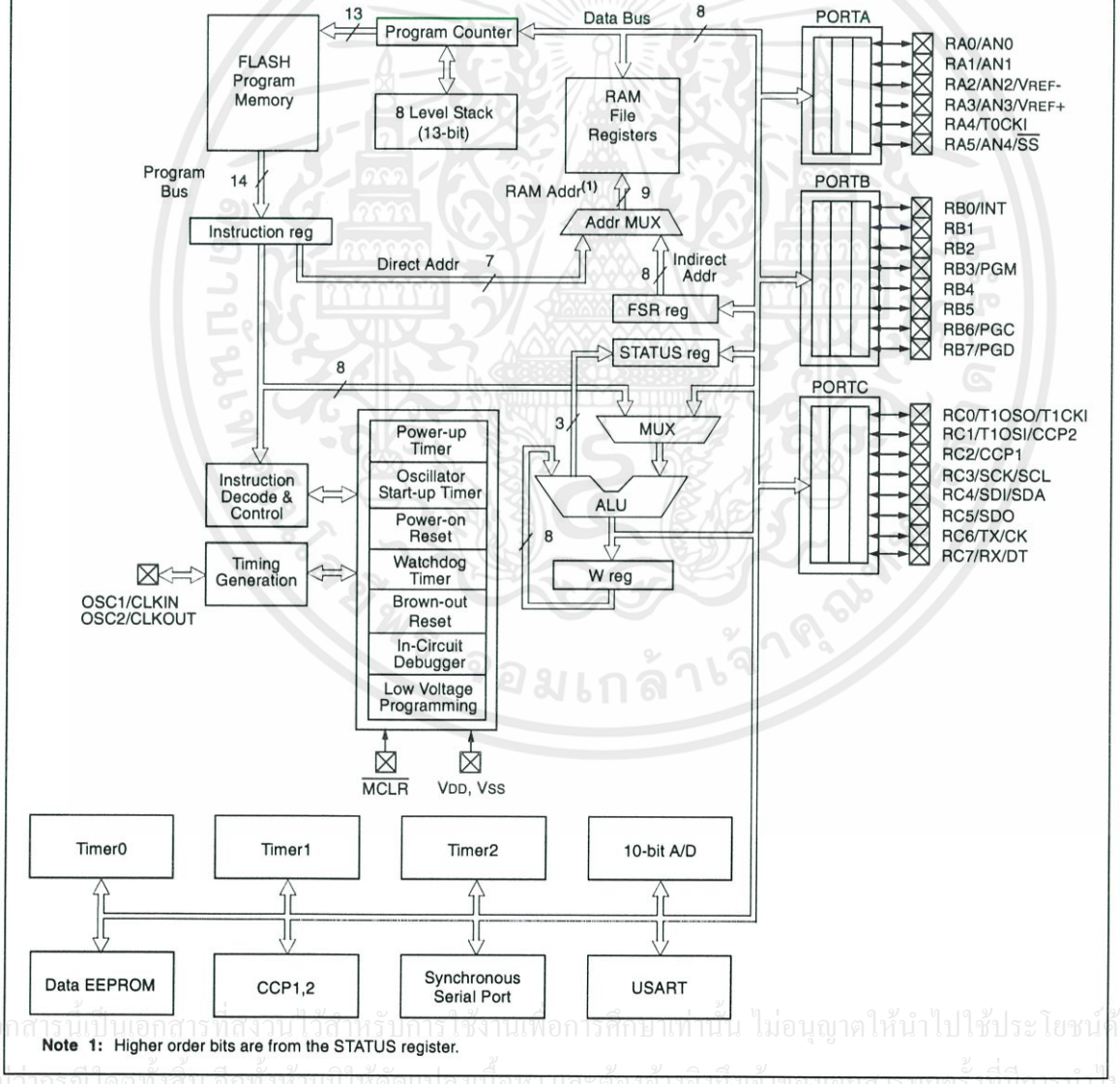
This document contains device specific information. Additional information may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023), which may be obtained from your local Microchip Sales Representative or downloaded from the Microchip website. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet, and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

There are four devices (PIC16F873, PIC16F874, PIC16F876 and PIC16F877) covered by this data sheet. The PIC16F876/873 devices come in 28-pin packages and the PIC16F877/874 devices come in 40-pin packages. The Parallel Slave Port is not implemented on the 28-pin devices.

The following device block diagrams are sorted by pin number; 28-pin for Figure 1-1 and 40-pin for Figure 1-2. The 28-pin and 40-pin pinouts are listed in Table 1-1 and Table 1-2, respectively.

FIGURE 1-1: PIC16F873 AND PIC16F876 BLOCK DIAGRAM

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F873	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F876	8K	368 Bytes	256 Bytes

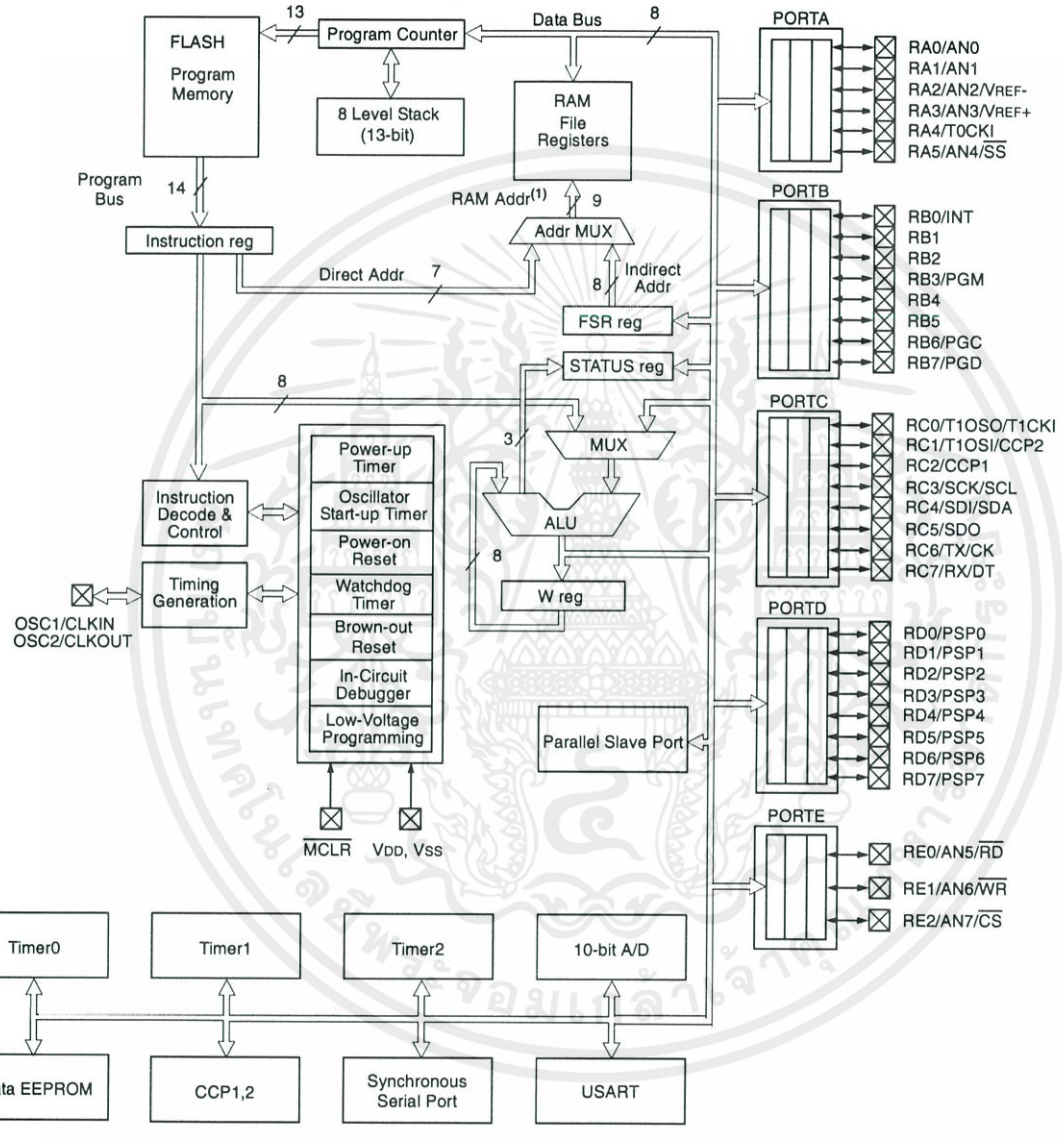


Note 1: Higher order bits are from the STATUS register.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 BLOCK DIAGRAM

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F874	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F877	8K	368 Bytes	256 Bytes



Note 1: Higher order bits are from the STATUS register.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2001 Microchip Technology Inc.

TABLE 1-1: PIC16F873 AND PIC16F876 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pin#	SOIC Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	9	9	I	ST/CMOS(3)	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	10	10	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, the OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
$\overline{MCLR}$/VPP	1	1	I/P	ST	Master Clear (Reset) input or programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
					PORTA is a bi-directional I/O port.
RA0/AN0	2	2	I/O	TTL	RA0 can also be analog input0.
RA1/AN1	3	3	I/O	TTL	RA1 can also be analog input1.
RA2/AN2/VREF-	4	4	I/O	TTL	RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage.
RA3/AN3/VREF+	5	5	I/O	TTL	RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage.
RA4/T0CKI	6	6	I/O	ST	RA4 can also be the clock input to the Timer0 module. Output is open drain type.
RA5/$\overline{SS}$/AN4	7	7	I/O	TTL	RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.
					PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.
RB0/INT	21	21	I/O	TTL/ST(1)	RB0 can also be the external interrupt pin.
RB1	22	22	I/O	TTL	
RB2	23	23	I/O	TTL	
RB3/PGM	24	24	I/O	TTL	RB3 can also be the low voltage programming input.
RB4	25	25	I/O	TTL	Interrupt-on-change pin.
RB5	26	26	I/O	TTL	Interrupt-on-change pin.
RB6/PGC	27	27	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock.
RB7/PGD	28	28	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.
					PORTC is a bi-directional I/O port.
RC0/T1OSO/T1CKI	11	11	I/O	ST	RC0 can also be the Timer1 oscillator output or Timer1 clock input.
RC1/T1OSI/CCP2	12	12	I/O	ST	RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output.
RC2/CCP1	13	13	I/O	ST	RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/ PWM1 output.
RC3/SCK/SCL	14	14	I/O	ST	RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I^2C modes.
RC4/SDI/SDA	15	15	I/O	ST	RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I^2C mode).
RC5/SDO	16	16	I/O	ST	RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode).
RC6/TX/CK	17	17	I/O	ST	RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock.
RC7/RX/DT	18	18	I/O	ST	RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
VSS	8, 19	8, 19	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	20	20	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

เอกสารนี้ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS(4)	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	14	15	31	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
$\overline{MCLR}$/VPP	1	2	18	I/P	ST	Master Clear (Reset) input or programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
						PORTA is a bi-directional I/O port.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	RA0 can also be analog input0.
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	RA1 can also be analog input1.
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	I/O	TTL	RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage.
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	I/O	TTL	RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage.
RA4/T0CKI	6	7	23	I/O	ST	RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer/ counter. Output is open drain type.
RA5/$\overline{SS}$/AN4	7	8	24	I/O	TTL	RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.
						PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST(1)	RB0 can also be the external interrupt pin.
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	I/O	TTL	RB3 can also be the low voltage programming input.
RB4	37	41	14	I/O	TTL	Interrupt-on-change pin.
RB5	38	42	15	I/O	TTL	Interrupt-on-change pin.
RB6/PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock.
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2001 Microchip Technology Inc.

บรรณานุกรม

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

[2] "อิเล็กทรอนิกส์กำลัง", วี.เจ. พริ้นติ้ง, 845 หน้า, 2547

เว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง

[3]http://www.etteam.com/article/pic/pic009.html

[4]http://www.alldatasheet.net/datasheet-pdf/pdf/75015/MICROCHIP/16F877.html

[5] http://nuttarut.rmutl.ac.th/Engine/Topic2_IgnitionSystem.pdf

[6] http://translate.google.co.th/translate?hl=th&langpair=en|th&u=http://tech-tut.com/%3Fp%3D581

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้