ปีการศึกษา 2532

การศึกษาระบบหัวฉีดน้ำมันและการปรับองศาการจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์

โดย

นาย จักรภพ ทิมมณี 29.1023

นาย มานะ พงศานรากุล 29.1159

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ พลผดุง ผดุงกุล

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2532

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาระบบหัวฉีดน้ำมันและการปรับองศาการจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์

ผู้จัดทำ

1. นายจักรภพ ทิมมณี 29.1023
2. นายมานะ พงศานรากุล 29.1159

....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ พลผดุง ผดุงกุล)

การศึกษาระบบหัวฉีดน้ำมันและการปรับองศาการจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์

จักรภพ ทิมมณี 29.1023
มานะ พงศานรากุล 29.1159
อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ พลผดุง ผดุงกุล

บทคัดย่อ

ระบบหัวฉีดน้ำมันอิเล็กทรอนิกส์ เป็นระบบการจ่ายน้ำมันแก่เครื่องยนต์ที่เข้ามาแทนระบบการจ่ายน้ำมันแบบคาร์บูเรเตอร์ ซึ่งจะให้อัตราส่วนของอากาศต่อน้ำมันต่อสภาวะของเครื่องยนต์ที่ดีกว่า

ระบบการปรับองศาการจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ เป็นระบบการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าที่เข้ามาแทนที่ระบบการปรับการปรับองศาการจุดระเบิดโดยการใช้ระบบสูญญากาศ ซึ่งทำให้การปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าของเครื่องยนต์ ใกล้เคียงการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าตามอุดมคติได้ดีกว่า

การทำงานของทั้ง 2 ระบบนี้จะถูกควบคุมโดยสัญญาณจากส่วนควบคุม ที่ใช้หลักการทางดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ มาประมวลผลเกี่ยวกับสัญญาณตรวจจับสภาวะของเครื่องยนต์ จากตัวตรวจจับสัญญาณตามจุดต่างๆของเครื่องยนต์ ซึ่งในส่วนควบคุมนี้จะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลสภาวะของเครื่องยนต์ขณะนั้น เพื่อกำหนดเป็นค่าช่วงเวลาในการฉีดน้ำมัน และการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าที่ดีที่สุด เราสามารถออกแบบสัญญาณให้เหมาะสมกับสภาวะของเครื่องยนต์ และเก็บไว้ในหน่วยความจำในส่วนควบคุม

INTRODUCTION TO ELECTRONIC FUEL INJECTION AND ELECTRONIC SPARK ADVANCED

Chakraphop Timmanee 29.1023
Mana Pongsanarakul 29.1159
Advisor: Ponpadung Padungkul

Abstract:

Electronic fuel injection is a fuel delivery system used for engine rather than Caburator system. It creates better air-fuel mixture and increase the response efficiency to the engine operating condition.

Electronic spark advanced system is the newly high-technology spark advanced system that ultimately will be the most popular spark advanced system used instead of the vacuum spark advanced system, by the reason of its increasing efficiency in any operation conditions of the engine and its character that close to the ideal spark advanced than the vacuum one.

These two operations are controlled by a signal from control unit. This unit was digital electronic basis to generate the input signal from each of sensor, which report the action in that moment in the engine, and the opened-closed injector control output signal. Microprocessor, heart of the control system, will process all input data for calculating the optimum fuel-injection duration and the degree of spark advance. We can design for a proper output signal to store in the control unit memory.

สารบัญ

คำนำ

จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี่ ทำให้มีการประยุกต์ใช้งานระบบทางไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์เข้าไปใช้งานด้านต่างๆมากมาย ทั้งในรูปการทดแทนระบบเดิมหรือใช้ควบคุมระบบเก่าที่มีอยู่ให้ทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับโครงงานระบบหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าอิเล็กทรอนิกส์นี้ ได้นำเอาวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์และหลักการทางไมโครคอมพิวเตอร์ มาควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าของเครื่องยนต์ โดยจะเช็คการทำงานที่สภาวะต่างๆของเครื่องยนต์ และประมวลผลว่าที่สภาวะของเครื่องยนต์ขณะนั้นควรจะได้รับน้ำมันเชื้อเพลิงและมีการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าเท่าใด ซึ่งหัวใจของระบบควบคุมนี้ก็คือไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณแสดงสภาวะของเครื่องยนต์ที่ได้รับมา เป็นสัญญาณที่ใช้ควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าที่เหมาะสมแก่การทำงานของเครื่องยนต์ในสภาวะนั้นๆ

ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบที่ได้จากโครงงานที่ศึกษาในครั้งนี้ ยังนับว่าด้อยกว่าระบบของผู้ผลิตเครื่องยนต์รายใหญ่อยู่มาก ซึ่งเป็นเพราะบริษัทผู้ผลิตเครื่องยนต์ต่างๆ ได้ทุ่มเททั้งกำลังคนและกำลังในการค้นคว้าและพัฒนาประกอบกับในบางบริษัทได้มีการค้นคว้าและพัฒนามานานแล้ว แต่สำหรับประเทศไทยแล้วระบบนี้พึ่งจะเริ่มเข้ามามีบทบาท ประกอบกับการแข่งขันกันของแต่ละบริษัทผู้ผลิตเพื่อเป็นผู้นำในด้านนี้ ทำให้การศึกษาการทำงานของระบบนี้เป็นไปได้โดยไม่สะดวกนัก เพราะการปกปิดข้อมูลทั้งจากบริษัทผู้ผลิตและตัวเครื่องยนต์และจากเวลาและข้อมูลที่จำกัด ประกอบกับอุปกรณ์บางส่วนก็ยากแก่การค้นหา ดังนั้นโครงงานนี้จึงยังมีประสิทธิภาพไม่ดีพอ ซึ่งต้องการการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นไปอีก

โครงงานนี้เรียกได้ว่า เป็นการไล่ตามวิวัฒนาการของผู้ผลิตเครื่องยนต์ได้ค้นคว้ามาก่อนแล้ว ซึ่งผู้ศึกษาก็ได้ผ่านกระบวนการคิดการทำงานเช่นเดียวกันนี้มาแล้ว จึงหวังว่าโครงงานที่ศึกษาในครั้งนี้ คงพอที่จะเป็นแนวทางแก่การศึกษาเพื่อที่จะพัฒนา และดำเนินการแก้ไขปรับปรุงต่อไป และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณบุคคลที่เกี่ยวข้องที่ได้ช่วยแนะแนวทางและให้คำปรึกษาอันเป็นประโยชน์แก่โครงงานนี้

บทที่ 1

ความต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์

(The Engine's Fuel Reguirement)

ปัจจุบันเครื่องยนต์แก๊สโซลีนได้ถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงมากยิ่งขึ้น คือนอกจากจะพยายามทำให้ได้กำลังสูงที่สุดแล้วยังต้องการมีความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และเกิดมลภาวะเป็นพิษจากแก๊สไอเสียน้อยที่สุดอีกด้วย ซึ่งประสิทธิภาพของเครื่องยนต์นี้จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญหลายประการ คือ

1. อัตราส่วนการอัด
2. ขบวนการในการเผาไหม้
3. อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้ากระบอกสูบ
4. การออกแบบชิ้นส่วนต่าง ๆของเครื่องยนต์

อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงนับเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากอย่างหนึ่งที่จะมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ หากอัตราส่วนผสมที่ป้อนเข้ากระบอกสูบไม่เหมาะสมจะเป็นเหตุให้เครื่องยนต์มีกำลังงานต่ำ สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และเกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (co) มาก ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์

อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี (Theoretical air-fuel ratio)

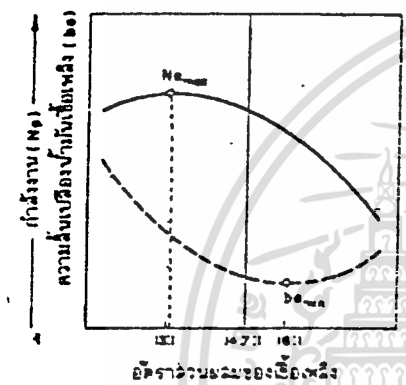
อัตรส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎีหมายถึงอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่จำเป็นสำหรับการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 14.7:1 หรือประมาณ 15:1 เมื่อคิดโดยน้ำหนัก กล่าวคือ จะต้องใช้อากาศหนัก 15 Kg ต่อน้ำมันเบนซิน Kg หรือ ถ้าคิดโดยปริมาตรจะต้องใช้อากาศจำนวน 10,000 ลิตรต่อน้ำมันเบนซิน 1 ลิตร

ส่วนผสมหนาและบาง(Rich and Lean mixture)

อัตราส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงตามทฤษฎี ถือว่าเป็นอัตราส่วนผสมที่พอดีสำหรับการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ถ้าอัตราส่วนผสมมากกว่า 14.7:1 เช่น 16:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่ใช้อากาศมากกว่าทฤษฎี จะเรียกว่า ส่วนผสมบาง (Leanmixture) และในทางตรงกันข้าม หากอัตราส่วนผสมน้อยกว่า 14.7:1 เช่น 13:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่ใช้อากาศน้อยกว่าทฤษฎี จะเรียกว่าส่วนผสมหนา (Rich mixture)

<u>ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงต่อความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและกำลังงานของเครื่องยนต์</u>

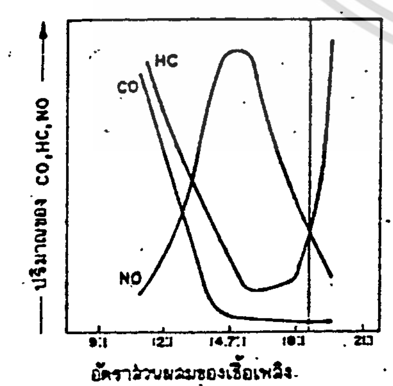
จากกราฟ อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่ประมาณ 16:1 (be_{min}) เป็นอัตราส่วนผสมที่มีความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยที่สุดและที่อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงประมาณ 12-13:1(Ne_{max}) จะเป็นอัตราส่วนผสมที่ให้กำลังงานสูงสุด และในช่วงอัตราส่วนผสมที่หนากว่าอัตราส่วนผสมตามทฤษฎี (14.7:1) จะเป็นช่วงที่ให้อัตราการเร่งดีเนื่องจากกราฟกำลังงานพุ่งขึ้นสู่ค่าสูงสุด



รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงต่อความสิ้นเปลืองน้ำมันและกำลังงาน

<u>ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงต่อส่วนประกอบของไอเสีย</u>

ในแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ จะประกอบด้วยสารประกอบต่างๆ ที่เป็นพิษต่อร่างกายของมนุษย์ คือ HC, CO และ NO จากกราฟ เป็นการแสดงถึงปริมาณของ HC,CO มาก



รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงต่อก๊าซไอเสีย

<u>อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์ต้องการ ในสภาวะการทำงานต่างๆ</u>

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้งานอยู่โดยทั่ว ๆ ไปจะมีคาร์บูเรเตอร์เป็นอุปกรณ์สำหรับทำหน้าที่จ่ายส่วนผสมของอากาศ และน้ำมันเชื้อเพลิงเข้ากระบอกสูบ

ในอัตราส่วนผสมต่างๆที่เหมาะสมกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ คือ

8:1
1. ขณะสตาร์ท เครื่องยนต์ต้องการอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่ค่อนข้างหนามาก(ประมาณ 8:1) เนื่องจากในขณะสตาร์ทเครืาองยตนต์มีความเร็วรอบต่ำ ดังนั้นอากาศที่ไหลผ่านคอคอด (Venturi)ของคาร์บูเรเตอร์จึงมีความเร็วต่ำด้วย ทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงไม่สามารถเป็นฝอยละอองได้ดี พร้อมทั้งเครื่องยนต์บังมีความฝืดสูง ดังนั้นนิงนำเป็นต้องใช้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่หนากว่าปกติมาก เพื่อให้ได้กำลังงานในการขับเคลื่อนชิ้นส่วนมากขึ้นและเป็นการชอเชยการเป็นฝอยละอองของน้ำมันที่ยังไม่ดี

๑๐:1 ความเร็วรอบ ๖๐๐ – 1000 500/๑

2. ขณะเดินเบา เครื่องยนต์มีความเร็วรอบประมาณ 600-1,000 รอบต่อนาที ซึ่งยังเป็นความเร็วรอบที่ต่ำ ดังนั้นเครื่องยนต์จึงยังคงต้องการอัตราส่วนผสมที่หนา (ประมาณ 10:1) เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานอยู่ได้โดยไม่สะดุดหรือดับไปเนื่องจากความฝืดของชิ้นส่วน และเพื่อเป็นการชดเชยการเป็นฝอยละอองของน้ำมันที่ยังไม่ค่อยดีนัก ต่ำ → หนา

3. ขณะอุณหภูมิต่ำ เครื่องยนต์ต้องการส่วนผสมหนา เพราะความเย็นจะทำให้ฝอยละอองของน้ำมันบางส่วนกลั่นตัวเป็นหยดน้ำมัน ติดตามผนังท่อไอดีและผนังกระบอกสูบ 1000 – 2000 → 15:1 ถึง 16:1

4. ขณะใช้งานตามปกติ เครื่องยนต์รับภาระปานกลาง ความเร็วรอบประมาณ 1,000-2,000 รอบต่อนาที อัตราส่วนผสมที่เครื่องยนต์ต้องการจะอยู่ในช่วง 15:1 ถึง 16:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่ประหยัดและใกล้เคียงกัลอัตราส่วนผสมตามทฤษฎี

5. ขณะเร่งเครื่อง อัตราส่วนผสมของเชื้อที่เครื่องยนต์ต้องการจะหนากว่าปกติเพื่อให้ความเร็วรอบเพิ่มขึ้นได้อย่างทันทีทันใด (มีอัตราเร่งดี)

6. ขณะใช้กำลังงานสูง เช่น ขณะบรรทุก เครื่องยนต์จะต้องการส่วนผสมหนา (ประมาณ 12:1 ถึง 13:1) เพื่อให้ได้กำลังงานสูงสุด

ให้กำลังมาก — 12 - 13 : 1

ปัญหาของคาร์บูเรเตอร์

เนื่องจากเครื่องยนต์ต้องทำงานอยู่ภายใต้สภาวะต่างๆที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตามสภาพการขับขี่ของรถยนต์ ดังนั้นคาร์บูเรเตอร์ที่นำมาใช้จะต้องถูกออกแบบให้สามารถจ่ายส่วนผสมของเชื้อเพลิงได้อย่างถูกต้อง และรวดเร็วทันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ด้วยเหตุนี้ในปัจจุบันจะเห็นว่าคาร์บูเรเตอร์รุ่นใหม่ๆจะมีอุปกรณ์หรือกลไกต่างๆประกอบเข้าด้วยกันจำนวนมาก หรือในคาร์บูเรเตอร์ของเครื่องยนต์บางรุ่นได้นำเอาระบบอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาควบคุมการทำงาน เพื่อให้การจ่ายส่วนผสมของเชื้อเพลิงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ก็ยังไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดตามที่ต้องการได้ เนื่องจากคาร์บูเรเตอร์ยังมีข้อจำกัดในการทำงานที่สำคัญอยู่หลายประการ คือ

*1.จากการที่คาร์บูเรเตอร์ประกอบด้วยวงจรในการจ่ายส่วนผสมหลายวงจรเช่น วงจรความเร็วรอบเดินเบา วงจรความเร็วรอบปกติ วงจรปั้มเร่ง วงจรความเร็วรอบสูง ฯลฯ ในขณะที่มีการเปลี่ยนวงจรการทำงานจำเป็นจะต้องมีการจ่ายส่วนผสมที่หนาไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องยนต์เกิดการสะดุด ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

2.คาร์บูเรเตอร์ประกอบด้วยอุปกรณ์ทำงานต่างๆ ที่เป็นกลไกอยู่เป็นจำนวนมากทำให้การจ่ายส่วนผสมยังมีความล่าช้า ดังนั้นการตอบสนองการเร่งจึงยังไม่ดีเท่าที่ควร

3.ประสิทธิภาพในการผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิง จะขึ้นอยู่กับความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านคอคอด (Venturi) ของคาร์บูเรเตอร์ เช่นในขณะความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ความเร็วของอากาศจะต่ำ การผสมของอากาศกับน้ำมันจะไม่ค่อยดี (เป็นฝอยละอองได้ไม่ดี) ทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

4.กรณีที่เครื่องยนต์มีคาร์บูเรเตอร์ตัวเดียว ความยาวของท่อไอดีในแต่ละสูบจะไม่เท่ากัน กระบอกสูบที่มีท่อไอดียาว หรือมีความโค้งงอของท่อไอดีมาก จะมีความล่าช้าในการบรรจุส่วนผสม และมีการตกค้างของน้ำมันในท่อไอดีมาก ทำให้ส่วนผสมที่บรรจุเข้าในแต่ละสูบมีปริมาณไม่เท่ากัน ซึ่งจะมีผลต่อกำลังของเครื่องยนต์

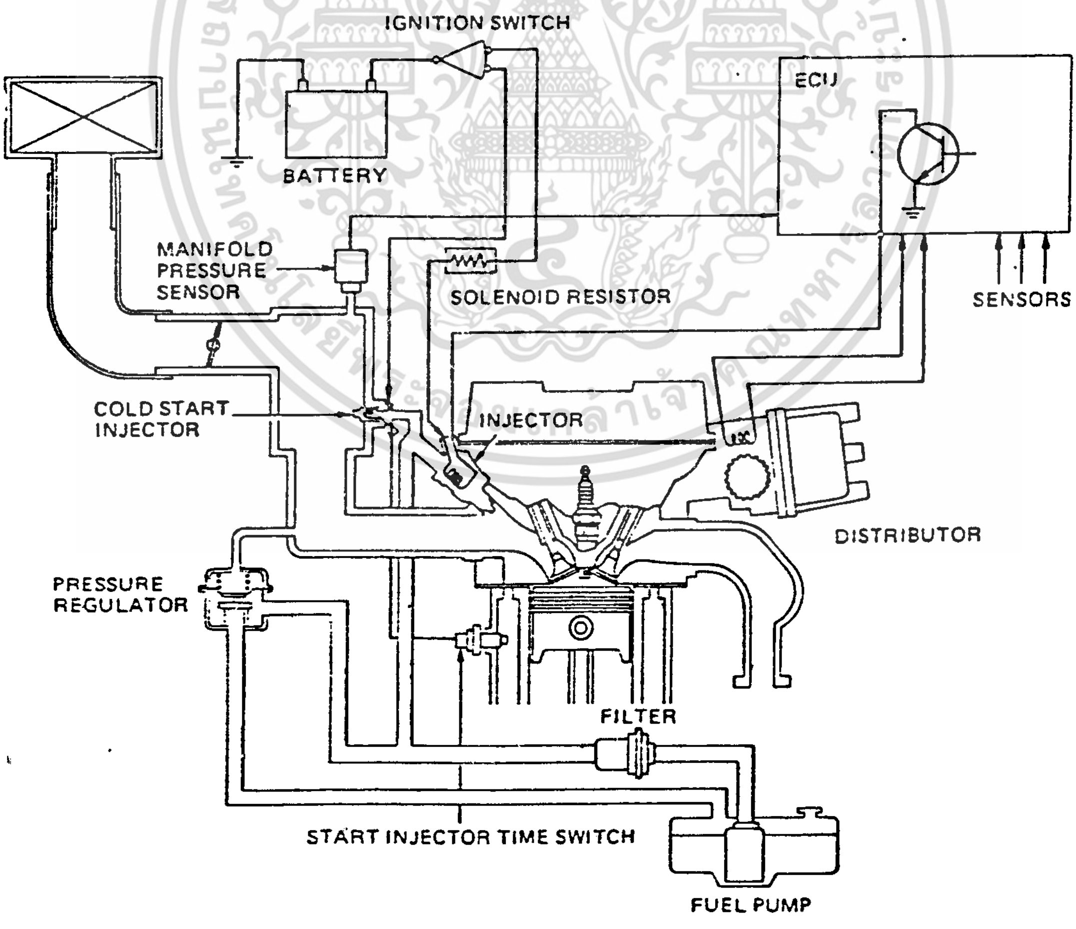
5.ขณะทำการลดอัตราเร่งของเครื่องยนต์ลงทันทีทันใด (ตำแหน่งลิ้นเร่งปิด)ซึ่งเป็นสภาวะที่เครื่องยนต์ไม่ต้องการน้ำมันเชื้อเพลิง แต่เครื่องยนต์ยังได้รับน้ำมันเชื้อเพลิงจากทางวงจรความเร็วรอบเดินเบา (เฉพาะในคาร์บูเรเตอร์แบบธรรมดา) และน้ำมันที่ตกค้างติดกับผนังท่อไอดีซึ่งขณะลิ้นเร่งปิดจะเกิดสุญญากาศในท่อไอดีมากเนื่องจากความเร็วรอบเครื่องยนต์ยังสูงอยู่ ทำให้น้ำมันที่ตกค้างอยู่กลายเป็นฝอยละอองถูกดูดเข้ากระบอกสูบ จึงเป็นการสิ้นเปลืองน้ำมัน

6. ในขณะที่รถยนต์วิ่งบนถนนที่มีความลาดเอียง ระดับน้ำมันในห้องลูกลอยของคาร์บูเรเตอร์จะเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งทำให้คาร์บูเตอร์จ่ายอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงผิดพลาดไปจากที่เครื่องยนต์ต้องการ

ระบบฉีดน้ำมันมาแทนคาร์บูเรเตอร์

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง(Fuel Injection System)

จากข้อจำกัดในการทำงานของคาร์บูเรเตอร์ ทำให้บริษัทผู้ผลิตรถยนต์สร้างอุปกรณ์สำหรับจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบใหม่ที่เรียกว่า ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงมาใช้แทนคาร์บูเรเตอร์ โดยในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงนี้จะไม่มีวงจรสำหรับจ่ายส่วนผสมหลายวงจรเหมือนคาร์บูเรเตอร์ น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกจ่ายให้กับเครื่องยนต์ ด้วยการใช้หัวฉีด(Injector) ทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปผสมกับอากาษในท่อไอดี(Intake tube) ดังรูป เครื่องยนต์จะมีหัวฉีดกระบอกสูบละ 1 ตัว การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดทุกตัวจะกระทำพร้อมกันและมีปริมาณของน้ำเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเท่ากัน



รูปที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์

ชนิดของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในรถยนต์นั่งทั่วๆ ไปในปัจจุบัน จะมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบคือ

√1.ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบกลไก (K-Jectrnic)

√2.ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบกลไกร่วมกับอิเล็กทรอนิกส์ (KE-Jetronic)

√3. ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ (D-Jetronic และ L-Jetronic)

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 3 แบบนี้ ได้ถูกคิดค้นและพัฒนาโดยบริษัท BOSCH ซึ่งในระบบฉีดแต่ละแบบจะมีความแตกต่างกันตามลักษณะของการควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดสำหรับในตำรานี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์เท่านั้นเนื่องจากเป็นระบบฉีดที่มีใช้มากในประเทศไทย ดังจะพบเห็นได้ในรถยนต์รุ่นใหม่ ๆ ส่วนแบบ K-Jectronic และ KE-Jetronic นิยมใช้มากในยุโรป

บทที่ 2

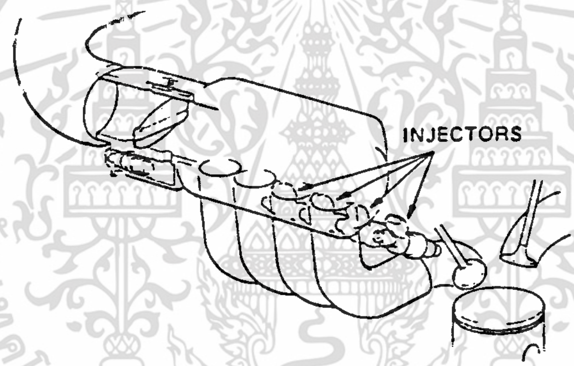
ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ (L0 และ L Jetronic)

(Electronic Fuuel Injection System)

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ เป็นระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์โดยใช้หัวฉีด (Injector) ที่มีการควบคุมการทำงานด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือคอมพิวเตอร์(Computor)

หลักการเบื้องต้นของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์

น้ำมันเชื้อเพลิงจากถังจะถูกส่งไปยังหัวฉีด (Injector) ซึ่งติดตั้งอยู่ที่บริเวณท่อไอดี (Intake tube) ของแต่ละสูบ (ดังรูป) โดยใช้ปั๊มไฟฟ้า (Electric Fuel pump)



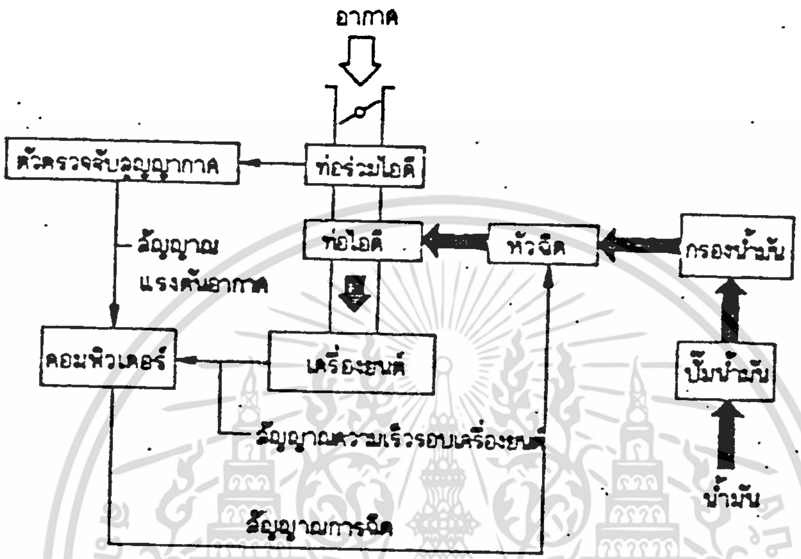
รูปที่ 4 ตำแหน่งการติดตั้งหัวฉีด

เมื่อมีสัญญาณไฟฟ้า (Injection signal) จากคอมพิวเตอร์ป้อนเข้าหัวฉีด น้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งมีกำลังดันประมาณ 2.5 บาร์ (bar) จะถูกฉีดเข้าไปผสมกับอากาศภายในท่อไอดี เพื่อบรรจุเข้ากระบอกสูบของเครื่องยนต์ ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกมานี้ จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการป้อนสัญญาณไฟฟ้าเข้าหัวฉีด กล่าวคือถ้ามีสัญญาณไฟฟ้าจากคอมพิวเตอร์ป้อนเข้าหัวฉีดนาน ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกออกมามาก

ชนิดของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กันมากในปัจจุบันจะมีอยู่ 2 แบบคือ

1. ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ D-Jetronic

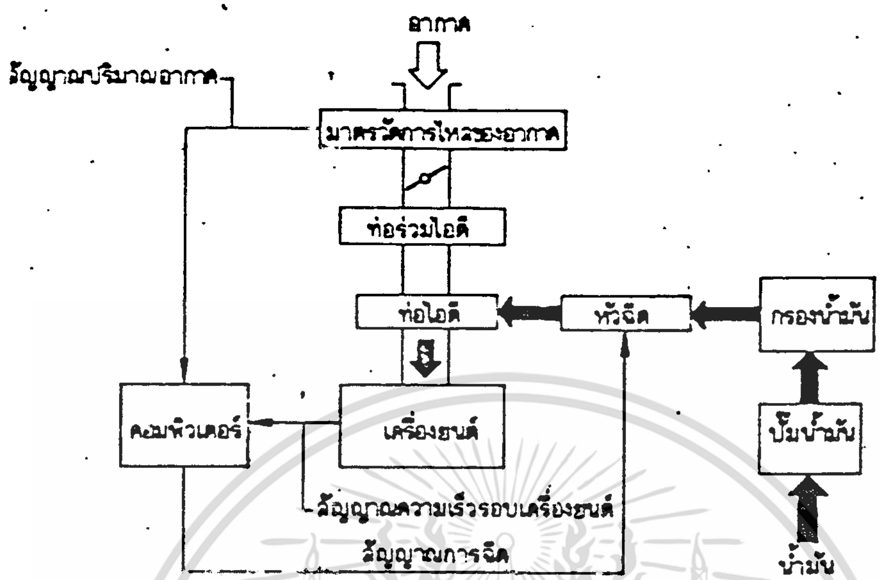


รูปที่ 5 หลักการของ D-Jetronic

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ D-Jetronic เป็นระบบฉีดที่มีการควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ด้วยวิธีการวัดแรงดันของอากาศภายในท่อร่วมไอดี (Intake manifold) แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ร่วมกับสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดที่เหมาะสมกับปริมาณอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบ กล่าวคือ เมื่ออากาศไหลเข้ากระบอกสูบมากคอมพิวเตอร์จะกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ขณะเครื่องยนต์มีความเร็วรอบต่ำ ลิ้นเร่ง (Throttle valve) จะเปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบน้อย ความดันของอากาศในท่อร่วมไอดีจะต่ำ (เป็นสูญญากาศมาก) ตัวตรวจจับสูญญากาศ (Vacuum sensor) จะส่งสัญญาณไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับแรงดันอากาศในท่อร่วมไอดีขณะนั้นป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ให้กำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลง และในทางตรงกันข้ามหากลิ้นเร่งเปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบมาก (ขณะเร่งเครื่องยนต์) ความดันของอากาศในท่อร่วมไอดีจะสูงขึ้น (เป็นสูญญากาศน้อย) ตัวตรวจจับสูญญากาศจะส่งสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ ให้กำหนดระยะในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น

① ②
รอบต่ำ ลิ้นเร่งจะเปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบน้อย ความดันของ... ตัวตรวจจับสูญญากาศ (Vacuum sensor) จะส่งสัญญาณไฟฟ้า... ป้อน... กำหนดระยะเวลาในการฉีดน้อยลง

2.ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ แบบ L-Jetronic



รูปที่ 5 หลักการของ L-Jetronic

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ L-Jetronic เป็นระบบฉีดที่พัฒนามาจากแบบ D-Jetronic ซึ่งมีการวัดปริมาณอากาศที่ไหลเข้ากระบอกสูบจากแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดี แต่เนื่องจากปริมาตรกับแรงดันของอากาศมีสัดส่วนแปรผันกันไม่ควที่แน่นอน ทำให้การวัดปริมาณอากาศจากค่าแรงดันไม่ค่อยเที่ยงตรง จึงเป็นเหตุให้คอมพิวเตอร์กำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงขาดความเที่ยงตรงไปด้วย สำหรับในระบบฉีดแบบ L-Jetronic นี้จะทำการวัดปริมาณอากาศที่ไหลเข้ากระบอกสูบโดยตรง โยใช้มาตรวัดการไหลของอากาศ(Air Flow Meter) เป็นตัวตรวจวัดปริมาณอากาศที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ร่วมกับสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสม วัดปริมาณอากาศที่ไหลเข้า + ความเร็วรอบเครื่องยนต์

การควบคุมระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน

จากหลักการเบื้องต้นของระบบฉีดแบบ D-Jetronic และแบบ L-Jetronic จะเห็นได้ว่าในระบบฉีดแบบ D-Jetronic ระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดจะถูกกำหนดด้วยสัญญาณไฟฟ้าจากค่าแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดีและสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์

ส่วนในระบบฉีดแบบ L-Jetronic ระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด จะถูกกำหนดด้วยสัญญาณไฟฟ้าจากมาตรวัดการไหลของอากาศและสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดที่ได้จากการควบคุมทั้งสองแบบนี้จะเรียกว่า ระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน ซึ่งเป็นระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี

จากการควบคุมระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน สัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะเป็นข้อมูลในการคำนวณปริมาณอากาศต่อรอบการทำงานของเครื่องยนต์ พร้อมทั้งยังเป็นตัวกำหนดจังหวะและการเริ่มการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดซึ่งสัญญาณนี้จะถูกต่อจากขั้วลบของคอยล์จุดระเบิด(Ignition coil) หรือที่ขั้วจานจ่ายของเครื่องยนต์

การเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

เนื่องจากเครื่องยนต์ต้องทำงานอยู่ใต้สภาวะต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลาทำให้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่จ่ายให้กับเครื่องยนต์ ต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะการทำงานเหล่านั้นด้วย ซึ่งเป็นเหตุให้อัตราส่วนผสมของน้ำมันตามทฤษฎีที่ได้จากระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานไม่สามารถตอบสนองการทำงานของเครื่องยนต์ในทุกสภาวะได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้มากขึ้น เพื่อให้ได้อัตราส่วนผสมที่หนาเพียงพอกับความต้องการของเครื่องยนต์ ด้วยเหตุนี้ในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ จะมีอุปกรณ์สำหรับตรวจจับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ที่เรียกว่า SENSOR เป็นตัวส่งข้อมูลการทำงานของเครื่องยนต์ในลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าไปยังคอมพิวเตอร์ ให้เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานต่างๆที่เกิดขึ้น คือ

① ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ (Water thermo sensor) จะส่งสัญญาณไฟฟ้าให้คอมพิวเตอร์เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ให้เหมาะสมกับสภาพอุณหภูมิของเครื่องยนต์ กล่าวคือ ระยะเวลาในการฉีดจะเพิ่มขึ้นเมื่อเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ

② ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Air thermo sensor). จะส่งสัญญาณไฟฟ้าให้คอมพิวเตอร์ปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับอุณหภูมิของอากาศ กล่าวคือ ระยะเวลาในการฉีดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำกว่าค่าที่กำหนดและในทางตรงกันข้ามระยะเวลาในการฉีดจะลดลงเมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงกว่าค่าที่กำหนด

③ ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle position sensor) จะส่งสัญญาณไฟฟ้าให้คอมพิวเตอร์เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับสภาพความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เช่น ในขณะเครื่องยนต์เดินเบา ขณะเร่งความเร็วรอบหรือขณะรับภาระสูงสุด

④ สัญญาณการสตาร์ท (Starting signal) จะเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งให้คอมพิวเตอร์เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในขณะสตาร์ทเครื่องยนต์

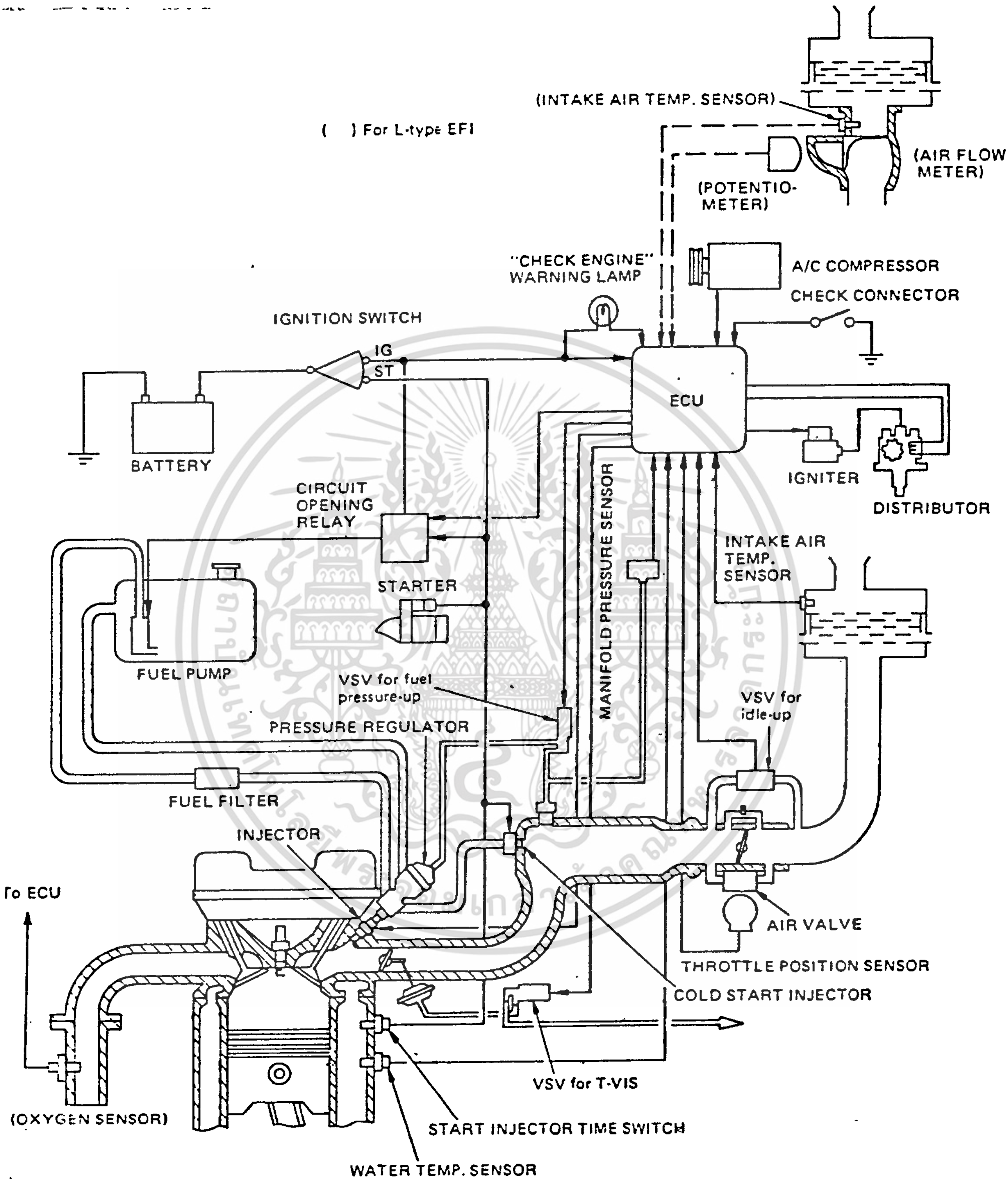
หมายเหตุ การเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบ D-Jetronic จะเหมือนกับระบบ L-Jetronic

นอกจากตัวตรวจจับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ซึ่งทำหน้าที่ส่งสัญญาณไฟฟ้าให้คอมพิวเตอร์ทำการเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์แล้ว ยังมีอุปกรณ์ช่วยสำหรับการสตาร์ทเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิต่ำและเพิ่มรอบเดินเบาของเครื่องยนต์ขณะอุณหภูมิต่ำ โดยที่อุปกรณ์นี้จะไม่ทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์เหมือนตัว SENSOR อุปกรณ์ช่วยที่กล่าวนี้คือ หัวฉีดสตาร์ทเย็น (Cold start injector) และ ลิ้นอากาศ (Air valve)

ส่วนประกอบของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์

ในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ D-Jetronic และแบบ L-Jetronic จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆที่สำคัญ ดังแสดงให้เห็นในรูป ซึ่งถ้าหากแยกอุปกรณ์ต่างๆเหล่านี้ไปตามหน้าที่การทำงานจะได้ระบบย่อยอีก 3 ระบบ คือ

1. ระบบเชื้อเพลิง (Fuel System)
2. ระบบประจุอากาศ (Air Induction System)
3. ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control System)



รูปที่ 7 แสดงส่วนประกอบของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์

การควบคุมจังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

ในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปผสมกับอากาศในท่อไอดีเป็นช่วงๆ โดยหัวฉีดจะทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 1 ครั้งต่อการหมุมของเพลาข้อเหวี่ยง 1รอบ จังหวะการฉีดและการเริ่มต้นการฉีดจะถูกกำหนดด้วยสัญญาณไฟฟ้าจากขั้วหรือที่ขั้วลบของคอล์ยจุดระเบิด คอมพิวเตอร์จะคอยตรวจจับสัญญาณการจุดระเบิดจากขดลวดปฐมภูมิของคอล์ยจุดระเบิดแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยม หลังจากนั้นสัญญาณนี้ซึ่งมีอยู่ 4 ช่วงคลื่นจะถูกวงจรอิเล็กทรอนิกส์ลดลงเหลือเพียง 2 ช่วงคลื่น ดังนั้นใน 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์จะมีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 2 ครั้ง

การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดทั้ง 2 ครั้ง จะกระทำโดยไม่คำนึงถึงลำดับการจุดระเบิดและตำแหน่งการปิดเปิดของลิ้นไอดี กล่าวคือ หัวฉีดทุกหัวจะทำการฉีดน้ำมันเชื้อเลิงพร้อมกัน กรณีที่น้ำมันเชื้อเพลิงถูกฉีดออกมาในขณะลิ้นไอดีปิด ฝอยละอองของน้ำมันจะค้างอยู่ในท่อไอดีและจะถูกดูดเข้ากระบอกสูบพร้อมกับอากาศในจังหวะดูดของรอบการทำงานต่อไป แม้ว่าฝอยละอองของน้ำมันจะค้างอยู่ในท่อไอดีก็ตาม แต่จะไม่มีปัญหาเรื่องฝผยละอองน้ำมันรวมตัวกันเป็นหยด เพราะใน 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์ มีระยะเวลาที่น้อยมาก พร้อมทั้งบริเวณท่อไอดีที่น้ำมันเชื้อเพลิงฉีดเข้าไปนั้นมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง

การควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

การควบคุมระยะเวลาในการฉีดของคอมพิวเตอร์จะประกอบด้วยส่วนต่างๆที่สำคัญคือ

1.การควบคุมระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน

2.การแก้ไขระยะเวลาเพื่อความหนาของเชื้อเพลิง

3.การแก้ไขระยะเวลาในการฉีดจากค่าแรงดันไฟฟ้า

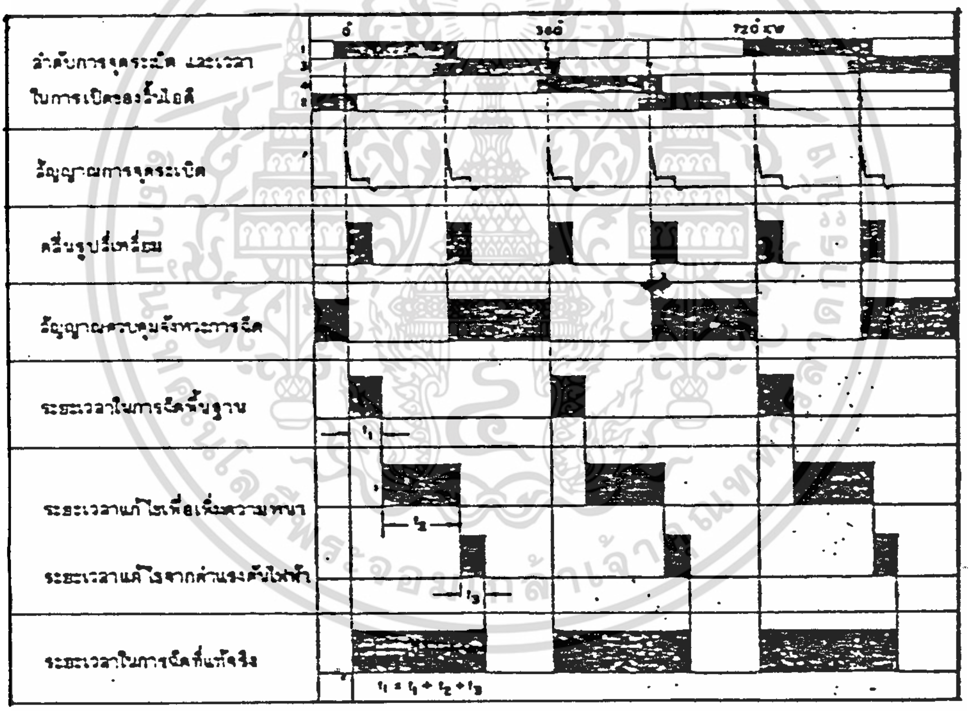
4.การตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

จากวงจรการควบคุมระยะเวลาในการฉีด คอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณหาระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานจากสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์และสัญญาณไฟฟ้าจากมาตรวัดการไหลของอากาศ หลังจากนั้นระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานจะถูกขยายให้มีช่วงเวลาที่ยาวขึ้น เพื่อเพิ่มความหนาของอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิง ให้เป็นไปตามความต้องการของเครื่องยนต์ในสภาวะการทำงานที่เกิดขึ้นขณะนั้น โดยคอมพิวเตอร์จะได้รับสัญญาณไฟฟ้า

จากตัวตรวจจับสภาวะการทำงานต่างๆ สุดท้ายระยะเวลาในการฉีดที่ได้จากการควบคุมข้างต้นจะถูกแก้ไขเมื่อค่าแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าแรงดันตามปกติ ดังนั้นระยะเวลาในการฉีดที่แท้จริงของหัวฉีดที่กำหนดโดยคอมพิวเตอร์จะเท่ากับ

ระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน + ระยะเวลาที่แก้ไขเพื่อเพิ่มความหนา
+ ระยะเวลาที่แก้ไขจากค่าแรงดันไฟฟ้า

<u>หมายเหตุ</u> ระยะเวลาในการฉีพื้นฐาน หมายถึงระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ที่ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี (14.7:1)



รูปที่ **8** การคำนวณสัญญาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

บทที่ 3

การปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าอิเล็กทรอนิกส์ :ESA

(Electronic Spark Advance)

หลักการทั่วไป

ในการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ให้ได้สูงที่สุดนั้น ส่วนผสมของอากาศต่อน้ำมันจะต้องถูกจุดระเบิด ณ เวลาที่เกิดความดันของการสันดาปสูงที่สุด (Maximum Combusion Pressure) นั่นก็คือที่ประมาณ 10 องศาหลังศูนย์ตายบน

อย่างไรก็ตามเวลาที่จะเกิดการจุดระเบิดที่ก่อให้เกิดความดันของการสันดาปสูงสุดนั้นมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับรอบของเครื่องยนต์และความดันของอากาศที่ไหลเข้า (Manfold Pressure) ดังนี้

-การจุดระเบิดจะเกิดเร็วเมื่อรอบของเครื่องยนต์สูงขึ้น และจะจุดช้าลงเมื่อรอบของเครื่องยนต์ต่ำลง ซึ่งในระบบฉีดน้ำมันอิเล็กทรอนิกส์ (EFI: Electronic Fuel Injection)แบบทั่วๆไป เวลาของการจุดระเบิดล่วงหน้าจะถูกควบคุมโดย Governer Advancer หรืออีกนัยหนึ่ง

-เมื่อความดันของอากาศที่ไหลเข้ามีค่าต่ำ (ความเป็นสูญญากาศสูง)จะเกิดการจุดระเบิดล่วงหน้า ซึ่งในระบบฉีดแบบทั่วๆไปจะถูกควบคุมโดย Vacuum Advancer)

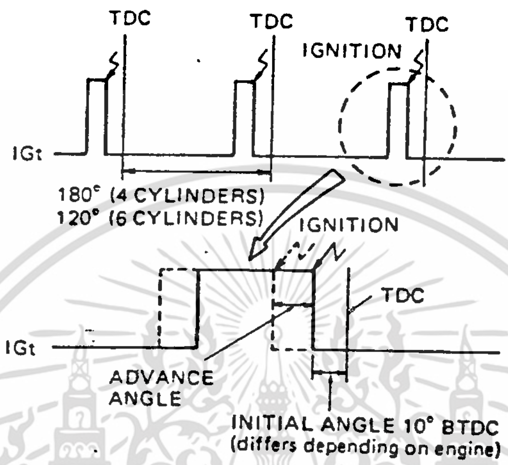
ในความเป็นจริงแล้ว ช่วงเวลาจุดระเบิดที่ใช้ได้ผลดีที่สุดจะขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างนอกเหนือไปจากรอบของเครื่องยนต์และปริมาณอากาศที่ไหลเข้า ได้แก่ ลักษณะของเผาไหม้, อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ เป็นต้น

ดังนั้นการจุดระเบิดล่วงแบบ Governer Advancer จะไม่ก่อให้เกิดเวลาการจุดระเบิดตามอุดมคติสำหรับเครื่องยนต์ อย่างไรก็ตามเครื่องยนต์จะถูกจัดให้มีลักษณะของเวลาการจุดระเบิดที่ใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุด ด้วยระบบ ESA

*ส่วนควบคุม (ECU) จะพิจารณาเวลาของการจุดระเบิด จากหน่วยความจำภายในที่จะประกอบด้วยข้อมูลของเวลาของการจุดระเบิด ที่ใช้ได้ผลที่สุดสำหรับแต่ละสภาวะของเครื่องยนต์ แล้วจะส่งสัญญาณการจุดระเบิดที่มีช่วงเวลาที่ถูกต้องไปยังตัวจุดระเบิด (Igniter) และเนื่องจาก ESA จะให้ค่าเวลาการจุดระเบิดที่เหมาะสมที่สุดออกมา ดังนั้นประสิทธิภาพของการเผาไหม้น้ำมันและกำลังของเครื่องยนต์จะอยู่ที่ระดับที่ดีเสมอ

สัญญาณกำหนดคาบเวลาการจุดระเบิด (IGT: Ignition Timimng Signal)

ส่วนควบคุมจะส่งสัญญาณกำหนดคาบเวลาการจุดระเบิด (IGT)ไปยัง Igniter โดยสัญญาณIGTนี้จะขึ้นอยู่กับสัญญาณจากตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆ เพื่อที่จะก่อให้เกิดคาบเวลาที่ถูกคำนวณไว้ในไมโครโปรเซสเซอร์ . แล้วสัญญาณกำหนดคาบเวลาการจุดระเบิดจะหายไป หัวเทียนจะจุดระเบิด ณ จุดที่สัญญาณหายไป

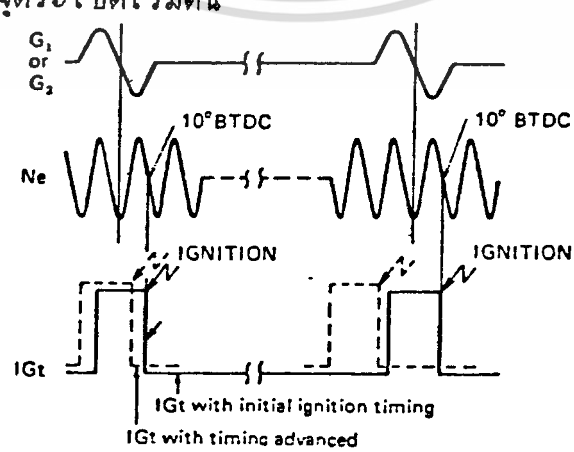


รูปที่ **9** แสดงเวลาที่เกิดการจุดระเบิด

การพิจารณามุมของเพลาข้อเหวี่ยง

ในการที่จะควบคุมคาบเวลาการจุดระเบิดได้นั้น ส่วนควบคุมจะต้องรู้ว่าศูนย์อยู่ที่ไหน เครื่องยนต์ส่วนมากจะพิจารณาว่าเพลาข้อเหวี่ยงจะอยู่ที่ 10 องศาก่อนศูนย์ตายบนเมื่อได้รับสัญญาณ Ne ลูกแรกที่ตามหลังสัญญาณ G

ดังนั้นส่วนควบคุมจะคำนวณคาบเวลาการจุดระเบิด และจะกำหนดให้เวลาล่วงหรือย้อนหลังโดยใช้ตำแหน่ง 10 องศาก่อนศูนย์ตายบนเป็นตำแหน่งเปรียบเทียบ โดยกำหนดว่าสัญญาณการจุดระเบิดที่ 10 ก่อนศูนย์ตายบนนั้นเป็นสัญญาณคาบเวลาการจุดระเบิดเริ่มต้น



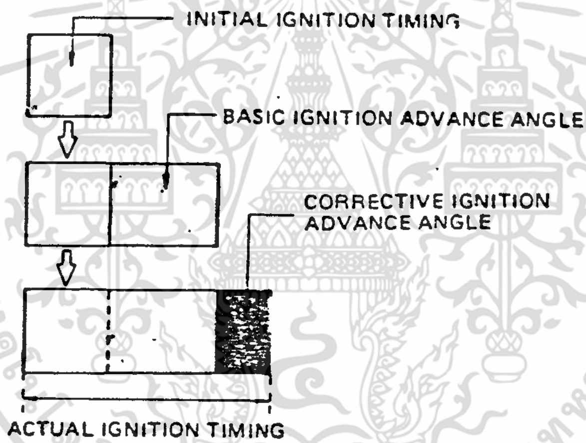
รูปที่ 10 แสดงสัญญาณจุดระเบิดที่10องศาก่อนศูนย์ตายบนและการจุดระเบิดล่วงหน้า

<u>การคำนวณคาบเวลาการจุดระเบิด</u> (Calculating Ignition Timimg)

ส่วนควบคุมจะเลือกมุมของการจุดระเบิดล่วงหน้าจากค่าที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ ที่ขึ้นอยู่กับความดันของอากาศที่ไหลเข้าและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ แล้วจะบวกด้วยค่าเพิ่มเติมที่ขึ้นอยู่กับสัญญาณจากตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆ เพื่อที่จะพิจารณาคาบเวลาของการจุดระเบิดที่แท้จริง

การคำนวณเป็นดังนี้

* คาบเวลาของการจุดระเบิด = คาบเวลาการจุดระเบิดเบื้องต้น
+มุมของการจุดระเบิดล่วงหน้าพื้นฐาน
+ค่าเพิ่มเติมของการจุดระเบิดที่จะให้ล่วงหน้าหรือย้อนหลัง



รูปที่ 11 แสดงค่าคาบเวลาการจุดระเบิดที่แท้จริง

บทที่ 4

ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

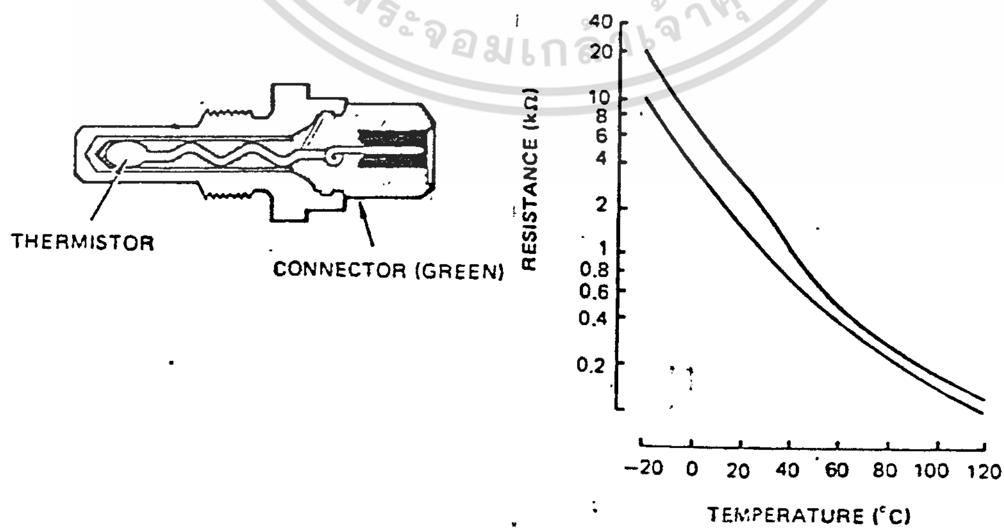
(Electronic Control System)

ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆที่ทำหน้าที่ควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดและหัวฉีดสตาร์ทเย็น คือ

1. หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit)
2. ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (Water thermo sensor)
3. ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Air thermo sensor)
4. ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle position sensor)
5. ตัวตรวจจับปริมาณอ๊อกซิเจน (Oxygen sensor)
6. ตัวตรวจจับสูญญากาศ (Vacuum sensor) มีเฉพาะในระบบฉีดแบบ D-Jetronic
7. ตัวตรวจจับปริมาณการไหลของอากาศ (Air flow sensor) มีเฉพาะในระบบฉีดแบบ L-Jetronic
8. สวิทช์ความร้อน-เวลา (Thermo-time switch) หรือสวิทช์ควบคุมเวลาการฉีดของหัวฉีดสตาร์ทเย็น

ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (Water thermo sensor)

ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทำการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ให้เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 12 ส่วนประกอบและกราฟแสดงค่าความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ

ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ จะถูกติดตั้งไว้บริเวณช่องทางออกของน้ำหล่อเย็นที่ตัวเครื่องยนต์ ภายในตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำประกอบด้วยตัวความต้านทานแบบมีค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิเป็นลบ ที่เรียกว่า NTC resistor ซึ่งจะมีค่าความต้านทานลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จากคุณสมบัติของ NTC resistor จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันของสัญญาณไฟฟ้า สำหรับป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อทำการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ให้ได้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับอุณหภูมิของเครื่องยนต์

หมายเหตุ คอมพิวเตอร์จะเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงก็ต่อเมื่อ อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นต่ำกว่าค่าที่กำหนดในเครื่องยนต์แต่ละรุ่นเช่นที่อุณหภูมิ 50 C เป็นต้น

ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Air thermo sensor)

ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศจะถูกติดตั้งไว้ภายใน ตัวมาตรวัดปริมาณการไหลของอากาศ เพื่อฝทำการตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ให้เพิ่มหรือลดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด

จากหลักการของระบบฉีด ปริมาณอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบจะเป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์คำนวณหาระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี แต่ด้วยเหตุที่อุณหภูมิของอากาศมีค่าไม่คงที่ทำให้น้ำหนักต่อปริมาตรของอากาศ (ความหนาแน่น) เปลี่ยนไป คือจะมีน้ำหนักต่อปริมรตรน้อยลงเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น จากเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นอากาศนี้จึงเป็นเหตุให้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่ได้การฉีดของหัวฉีด มีค่าที่ไม่เที่ยงตรง กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น ความหนาแน่นของอากาศจะน้อยลงทำให้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงหนาขึ้น และในทางตรงกันข้ามส่วนผสมของเชื้อเพลิงจะบางเมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำลง ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นนี้ จึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำและลดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น

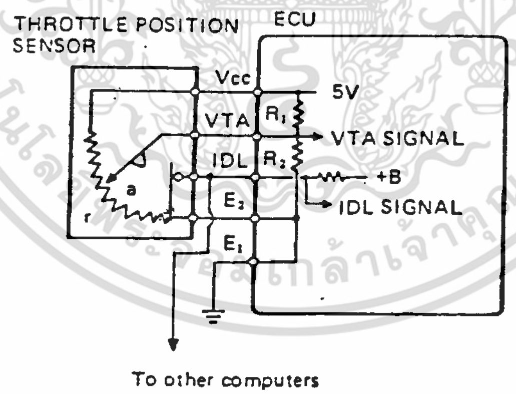
หมายเหตุ ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศมีโครงสร้างและการทำงานเหมือนกับตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ คอมพิวเตอร์จะเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำกว่า 20 C

ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle position sensor)

ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งจะทำหน้าที่บอกตำแหน่งการเปิดของลิ้นเร่ง (บอกการรับภาระของเครื่องยนต์) ในลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าให้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง หรือตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

สำหรับในระบบฉีดแบบ D-Jetronic ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งที่ใช้จะมีลักษณะคือ ไม่มีหน้าสัมผัสตำแหน่งรับภาระสูงสุด แต่จะมีตัวความต้านทานสำหรับปรับแรงดันไฟฟ้า ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ตลอดเวลาที่มีการเร่งเครื่องยนต์ โดยไม่ต้องให้ลิ้นเร่งเปิดถึงตำแหน่งรับภาระสูงสุด ทั้งนี้ก็เพื่อช่วยให้มีการตอบสนองอัตราการเร่งได้ดีขึ้น

เนื่องจากในระบบฉีดแบบ D-Jettronic ใช้วิธีการตรวจวัดปริมาณอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบ จากค่าแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดี ซึ่งทำให้มีความล่าช้า เพราะการเปลี่ยนแลงของความดันอากาศต้องใช้เวลาชั่วขณะหนึ่งหลังจากลิ้นเร่งเปิดกว้าง จากความล่าช้านี้จะมีผลให้ส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่ได้จากระยะเวลาในการฉีดที่กำหนดโดยคอมพิวเตอร์บางลงดังนั้นเมื่อทำการเร่งเครื่องยนต์อย่างทันทีทันใดทำให้การตอบสนองการเร่งไม่ดี ดังนั้นจึงต้องมีการแก้ไขเพื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงให้หนาขึ้น ด้วยการจ่ายสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ทุกตำแหน่งการเปิดของลิ้นเร่ง



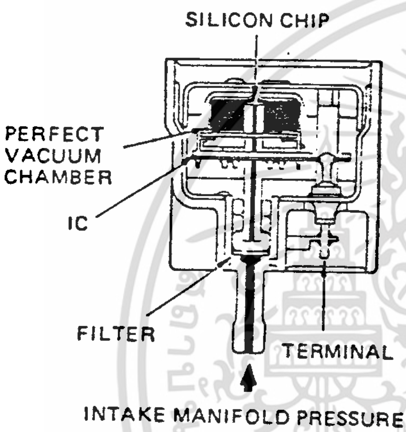
รูปที่ **13** วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง

การทำงานของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง แรงดันไฟฟ้าประมาณ 5V จากคอมพิวเตอร์จะป้อนเข้าที่ขั้ว Vcc ขณะที่ลิ้นคันเร่งปิดหน้าคอนแทคสัญญาณเดินเบาจะต่อขั้ว IDL และ E_2 เพื่อบอกตำแหน่งเดินเบาให้คอมพิวเตอร์ เมื่อทำการเร่งเครื่องยนต์ หน้าคอนแทคสัญญาณเดินเบาจะเปิดออก ส่วนหน้าคอนแทคสัญญาณการเปิดของลิ้นคันเร่งจะหมุนเลื่อนไปบนแผ่นความต้านทาน ทำให้แรงดัน VTA เพิ่มขึ้นตามมุมการเปิดของลิ้นเร่ง

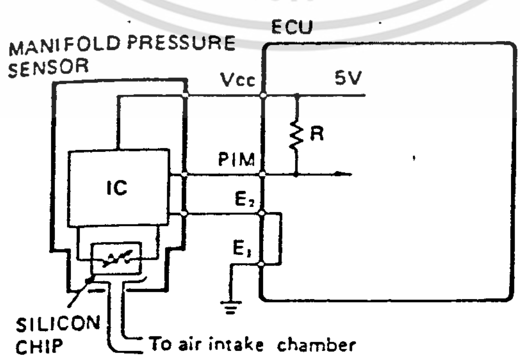
<u>ตัวตรวจจับสูญญากาศ</u> (vacuum sensor)

ตัวตรวจจับสูญญากาศจะทำหน้าที่ตรวจวัดแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดี แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าระบบควบคุม เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานของหัวฉีดน้ำมัน

ภายในตัวตรวจจับสูญญากาศจะประกอบด้วยตัวความต้านทานที่ทำจากแผ่นซิลิกอน ต่อวงจรไฟฟ้าร่วมกับตัวไอซี แผ่นซิลิกอนจะต่อถูกกับปลายท่อสูญญากาศ ที่ต่อมาจากท่อร่วมไอดีของเครื่องยนต์ เพื่อทำการตรวจวัดแรงดันของอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปขณะเครื่องยนต์ทำงานแผ่นซิลิกอนจะมีค่าความเปลี่ยนแปลงไปตามค่าแรงดันของอากาศที่กระทำกับแผ่นซิลิกอน สำหรับตัวไอซีจะมีหน้าที่เปลี่ยนความต้านทานของแผ่นซิลิกอนเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า ป้อนเข้าระบบควบคุมซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้านี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าแรงของอากาศจากท่อร่วมไอดีที่กระทำกับแผ่นซิลิกอน กล่าวคือ ค่าแรงดันไฟฟ้าจะสูงเมื่อแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดีสูง (เป็นสูญญากาศน้อย)



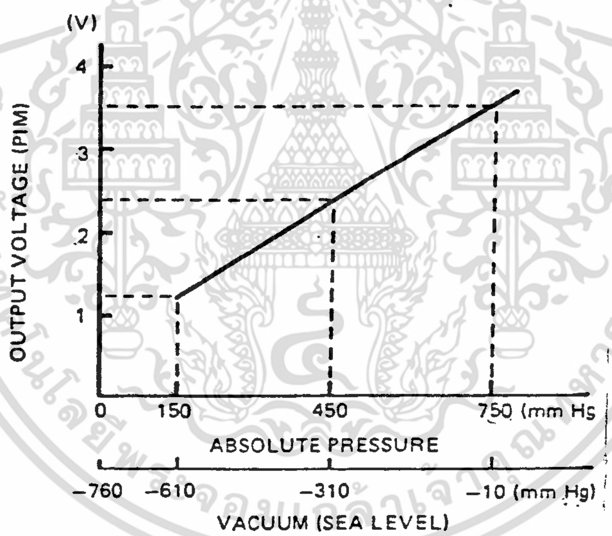
รูปที่ **14** ตัวตรวจจับสูญญากาศ



รูปที่ **15** ส่วนประกอบและวงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับสูญญากาศ

<u>การทำงานของตัวตรวจจับสูญญากาศ</u>

จากวงจรไฟฟ้า ตัวตรวจจับสูญญากาศจะได้รับแรงดันไฟฟ้าคงที่ประมาณ 5 v ที่จ่ายออกมาจากระบบควบคุม ในตำแหน่งที่เครื่องยนต์มีความเร็วรอบต่ำ ลิ้นคันเร่งเปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบน้อย แรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดีจะต่ำ (เป็นสูญญากาศมาก) ตัวตรวจจับสูญญากาศจะส่งสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าต่ำ ป้อนเข้าระบบควบคุมที่ขั้ว PIM ไมโครโปรเซสเซอร์ในระบบควบคุมจะกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลงตามค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับจากตัวตรวจจับสูญญากาศ หากลิ้นเร่งเปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบมากขึ้น แรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดีจะสูง ตัวตรวจจับสูญญากาศจะส่งสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าสูง ให้ระบบควบคุมกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดมากขึ้น



รูปที่ **16** ค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับสูญญากาศ

วงจรรับสัญญาณควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

ส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุดส่วนหนึ่งของระบบหัวฉีดน้ำมันและการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าอิเล็กทรอนิกส์ ก็คือระบบควบคุม ซึ่งระบบควบคุมนี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณ สภาวะต่างๆของเครื่องยนต์มาประมวลผล ซึ่งควบคุมด้วยโปรแกรมและประมวลผลโดยไมโครโปรเซสเซอร์ เบอร์ z-80 ซึ่งได้ออกแบบระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดนี้ ให้อยู่ในลักษณะการทำงานด้วยตัวเอง (STAND ALONE SYSTEM) ดังนั้นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ จะมีอยู่ที่เดียวคือ แบตเตอรี่ของรถยนต์ ซึ่งจะมีค่าแรงดันไฟฟ้าประมาณ 14 V ขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน และมีค่าแรงดันไฟฟ้าประมาณ 12 V ขณะที่เครื่องยนต์หยุดทำงาน แต่วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งาน จะใช้ค่าแรงดันไฟฟ้า 5 V และ 12 V ดังนั้นจึงออกแบบวงจรปรับระดับแรงดันไฟฟ้า ให้เป็น 5V และ 12 V โดยใช้ไอซีเร็กกูเรท เบอร์ LM340T-5 และ เบอร์ LM340T-12 เพื่อปรับระดับแรงดันไฟฟ้าจาก 14 V ให้เป็น 5V และ 12 V ตามลำดับ ซึ่งไอซีในตระกูล LM340 นี้เป็นวงจรปรับระดับแรงดันไฟฟ้าสำเร็จรูป ภายในไอซีตัวเดียว ซึ่งสามารถทนแรงดันอินพุทได้ในระดับสูง แต่สำหรับวงจรที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 5 V นั้นใช้กระแสสูง และเพื่อป้องกันการใช้งานเกินภาระ จึงใช้ทรานซิสเตอร์ต่อคร่อมไว้เป็นทางเดินกระแสส่วนที่เกินดังรูปวงจร REGURATE PART โดยกำหนดให้กระแสไหลผ่าน ไอซีเร็กกูเรทไม่เกิน 0.35 A และเมื่อกระแสไหลผ่านมากกว่า 0.35 A จะทำให้แรงดันไฟฟ้าคร่อมความต้านทาน 2 โอห์มสูงกว่า 0.7 V ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานจึงทำให้กระแสส่วนที่เกินไหลผ่านทรานซิสเตอร์ไป จึงช่วยลดกระแสที่ผ่านไอซีเร็กกูเรท

✓ สัญญาณที่เข้ามาสู่ส่วนควบคุมทางภาคอินพุท ได้แก่

1. สัญญาณวัดแรงดันของอากาศ (PRESSURE INTAKE MANIFOLD SIGNAL,PIM)
2. สัญญาณวัดองศาเพลาข้อเหวี่ยง (CRANKSHAFT ANGLE SIGNAL,G)
3. ✓สัญญาณวัดรอบเครื่องยนต์ (ENGINE RPM SIGNAL,Ne)
4. สัญญาณวัดตำแหน่งของลิ้นคันเร่ง (THROTTLE POSITION SIGNAL,IDL&VTA)
5. สัญญาณวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (THERMO WATER SIGNAL,THW)
6. สัญญาณวัดอุณหภูมิอากาศ (THERMO INTAKE AIR SIGNAL,THA)
7. สัญญาณการสตาร์ทเครื่องยนต์ (STARTER SIGNAL,STA)
8. สัญญาณจากเครื่องปรับอากาศ (AIR CONDITIONER SIGNAL,A/C)

ระบบควบคุมจะทำการประมวลผลสัญญาณทั้งหมดนี้ แล้วจะให้สัญญาณเอาพุท 2 สัญญาณ คือสัญญาณควบคุมการฉีดน้ำมัน และ สัญญาณการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้า ที่เหมาะสมกับสัญญาณอินพุททั้งหมดนี้ ซึ่งก็หมายถึงเหมาะสมกับสภาวะต่างๆของเครื่องยนต์ด้วย

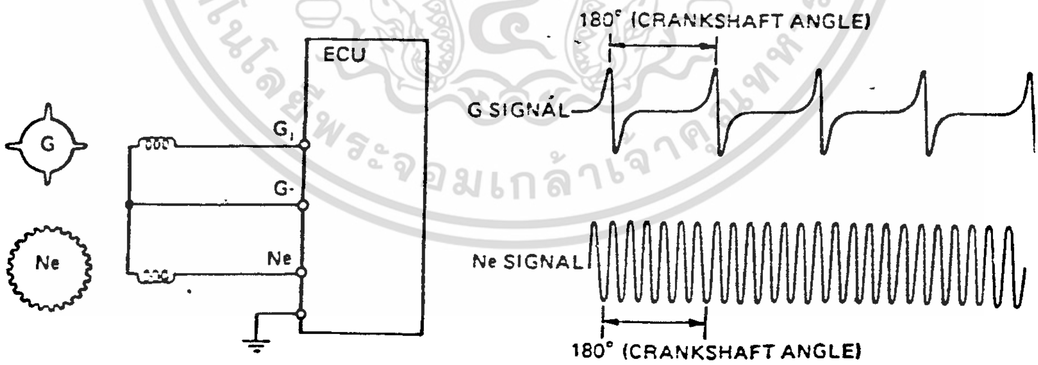
การสร้างสัญญาณอินพุท

1.สัญญาณวัดแรงดันของอากาศ (PIM) สัญญาณนี้จะออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 5V โดยที่เราป้อนแรงดันไฟฟ้า 5V ไปที่ตัวตรวจจับสูญญากาศ

เมื่ออากาศไหลเข้ากระบอกสูบน้อย ก็จะให้แรงดันไฟฟ้าออกมาน้อย

เมื่ออากาศไหลเข้ากระบอกสูบมาแ ก็จะให้แรงดันไฟฟ้าออกมามาก

2.สัญญาณวัดองศาเพลาข้อเหวี่ยง (G) และสัญญาณวัดรอบเครื่องยนต์ (Ne) สัญญาณทั้ง 2 สัญญาณนี้ได้มาจากตัวตรวจจับสัญญาณที่จานจ่าย ซึ่งประกอบไปด้วย ไทม์มิ่งโรเตอร์ (TIMIMNG ROTORS) กับ พิกอัพคอยล์ (PICKUP COIL) ซึ่งโรเตอร์ของสัญญาณ G จะมี 4 ฟัน ส่วนโรเตอร์ของสัญญาณ Ne จะมี 24 ฟัน เมื่อโรเตอร์หมุนตัดพิกอัพคอยล์ 1 รอบ จะให้สัญญาณ G ออกมา 4 ลูก และให้สัญญาณ Ne ออกมา 24 ลูก ดังรูป



รูปที่ **17** แสดงการสร้างสัญญาณ G และสัญญาณ Ne

จากสัญญาณทั้ง 2 นี้ จะนำไปสร้างสัญญาณขึ้นมาใหม่คือ สัญญาณการจุดระเบิดพื้นฐาน (STANDARD IGNITION TIMIMG SIGNAL, IGT.std) สำหรับสัญญาณ IDT.std นี้ เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมซึ่งมีความกว้างของลูกคลื่นเท่ากับความกว้างของสัญญาณ Ne หนึ่งลูกคลื่น นั่นก็คือ 30 องศาของรอบเพลาข้อเหวี่ยง และสัญญาณ IGT.std จะให้องศาการจุดระเบิดที่ 10 องศาก่อนศูนย์ตายบน (10 BTDC) ซึ่งจะทำการจุดระเบิดที่ขอบขาลงของสัญญาณ

IGT.std และที่ 10 BTDC เช็คจากจุดตัดที่ศูนย์ของสัญญาณ G ลากลงมาตัดสัญญาณ Ne และที่สัญญาณลูกถัดไปตัดที่ศูนย์ ก็คือ 10 BTDC ดังรูป

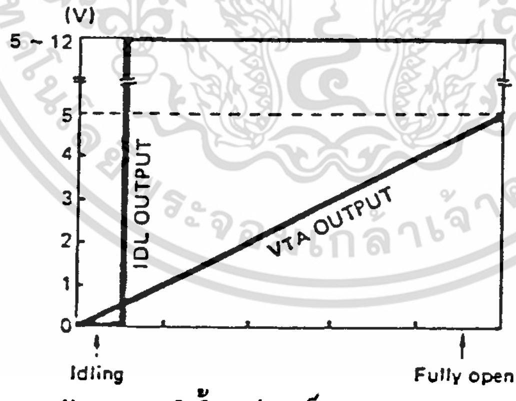
การสร้างสัญญาณ IGT.std เราใช้จุดตัดที่ศูนย์ของสัญญาณ G และ Ne จึงใช้วงจรคอมพาราเตอร์ โดยใช้งานแบบ Crossing zero โดยที่เราใช้ไอซีเบอร์ LM 339 เพราะมีออปแอมป์ให้ใช้งานถึง 4 ตัว จะได้สัญญาณเป็นรูปพัลส์ จะเรียกว่า สัญญาณ [G] และ [Ne] ตามลำดับ จากนั้นนำสัญญาณ [G] ไปผ่านวงจร โมโนสเตเบิ้ล เบอร์ 74221 และนำไปเป็นสัญญาณ CLEAR ให้ไอซีเบอร์ 74164 และสัญญาณ [Ne] ไปเข้าวงจร Inverter เพื่อกลับเฟสสัญญาณ แล้วนำสัญญาณที่ได้ไปเป็นสัญญาณ CLOCK ให้ 74164 ซึ่งทำงานเป็น 8-Parallel-Out Serial Shift Register แล้วนำเอาเอาท์พุท Q_a ไปผ่านวงจร Inverter แล้วนำสัญญาณที่ได้ไป OR กับสัญญาณเอาท์พุท Q_f ก็จะได้สัญญาณ IGT.std

3. สัญญาณวัดตำแหน่งของลิ้นคันเร่ง (IDL,VTA) สัญญาณ IDL จะวัดผลเป็นลักษณะแบบสัญญาณดิจิตอลคือ

เมื่อตำแหน่งของลิ้นคันเร่งปิดสนิท IDL จะเป็น 0

เมื่อตำแหน่งของลิ้นคันเร่งเปิด IDL จะเป็น 1

ส่วนสัญญาณ VTA จะมีค่าตั้งแต่ประมาณ 0.1 - 5 V โดยจะแปรเปลี่ยนไปตามมุมการเปิดของลิ้นคันเร่ง VTA จะเพิ่มขึ้นเมื่อองศาการเปิดของลิ้นคันเร่งเพิ่มขึ้น ดังรูป



4. สัญญาณวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (THW) และสัญญาณวัดอุณหภูมิอากาศ (THA) ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นและอากาศ เป็นอุปกรณ์ชนิดเดียวกันคือ ทำงานเป็นเทอร์มิสเตอร์ชนิดหนึ่ง จึงให้ค่าออกมาเป็นความต้านทาน โดยที่ความต้านทานจะแปรผกผันกับอุณหภูมิ คือ

อุณหภูมิสูง ความต้านทานจะต่ำ

อุณหภูมิต่ำ ความต้านทานจะสูง

จึงได้นำคุณสมบัติค่าความต้านทานผกผันของเทอร์มิสเตอร์ มาใช้โดยเปรียบเทียบกับ Voltage Comparater เบอร์ LM339 ซึ่งให้เอาท์พุทเป็นดิจิตอลคือ

สัญญาณอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น

ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50 C สัญญาณจะเป็น 1

ที่อุณหภูมิสูงกว่า 50 C สัญญาณจะเป็น 0

สัญญาณอุณหภูมิอากาศ

ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 C สัญญาณจะเป็น 1

ที่อุณหภูมิสูงกว่า 20 C สัญญาณจะเป็น 0

4. สัญญาณการสตาร์ทของเครื่องยนต์ (STA) และสัญญาณจากเครื่องปรับอากาศ (A/C) สัญญาณทั้งสองสัญญาณนี้มีลักษณะเหมือนกันคือ เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ หรือทำการเปิดเครื่องปรับอากาศ (คอมเพรสเซอร์ทำงาน) จะให้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 12 V ซึ่งเรามาทำการลดค่าแรงดันไฟฟ้าให้เหลือเพียง 5 V ซึ่งเป็นสถานะ 1 ทางดิจิตอล และเมื่อปล่อยสวิทช์สตาร์ท หรือทำการปิดเครื่องปรับอากาศ (คอมเพรสเซอร์หยุดทำงาน) จะให้แรงดันไฟฟัน 0 V ซึ่งก็เป็นสถานะ 0 ทางดิจิตอลได้เลย

เมื่อได้สัญญาณอินพุทที่แสดงสภาวะต่างๆของเครื่องยนต์แล้ว ต่อมาจะพูดถึงวงจรที่จะรับสัญญาณสภาวะของเครื่องยนต์เข้าสู่หน่วยประมวลผล ซึ่งก็คือไมโครโปรเซสเซอร์นั่นเอง

สัญญาณแสดงรอบเครื่องยนต์ได้มาจาก สัญญาณตอบรับการจุดระเบิดจาก IGNITER มาเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟฟ้าโดย F-TO-V Converter LM2917 ซึ่งจะเปลี่ยนสัญญาณความถี่ ออกมาเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าโดยที่แรงดันไฟฟ้าจะเป็นไปตามสูตร $V_{out} = F_{in} * V_{cc} * R_1 * C_1$

สัญญาณรอบเครื่องยนต์ สัญญาณแรงดันอากาศและสัญญาณตำแหน่งของลิ้นคันเร่ง (VTA) เป็นสัญญาณอนาล็อก เมื่อจะเข้าสู่หน่วยประมวลผลจะต้องแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเสียก่อน โดยตัวเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ADC 0809 (Anaiog to Digital Converter)

สัญญาณตอบรับการจุดระเบิด (IGT) จะถูกประมวลให้เกิดสัญญาณใหม่ที่เรียกว่า สัญญาณ BIT-SYNC โดยการนำสัญญาณ IGT ไปหาร 2 โดย 74393 (Dual 4-Bit Binary Counter)

สัญญาณ BIT-SYNC , สัญญาณ IDL , สัญญาณ THW , สัญญาณ THA สัญญาณ STA , สัญญาณ A/C , สัญญาณ IGT_{eta} จะถูกต่อเข้ากับอินพุทของไอซี 74373 (Octal D-Type Transparent Latches and Edge-Triggered Flip-Flops)

สัญญาณนาฬิกาที่ใช้เป็นพื้นฐานของการนับช่วงเวลาในการให้สัญญาณการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้า ใช้ค่าประมาณ 2 MHz ซึ่งได้จากการนำเอาสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้ ไมโครโปรเซสเซอร์มีค่าประมาณ 4 MHz นำมาผ่านวงจรหาร 2 โดยไอซี เบอร์ 74393 (Dual 4-Bit Binary Counter) ซึ่งเป็นวงจรนับได้ถึง 16 และมีอยู่ 2 ตัวภายในชิพเดียวกัน จะได้ค่าสัญญาณนาฬิกาประมาณ 2 MHz แล้วนำไปป้อนให้กับไอซี เบอร์ 74193 (Synchronous 4-Bit Binary Up/Down Counter) ซึ่งเป็นวงจรนับ 16 ที่ใช้งานได้ทั้งนับเดินหน้าและนับถอยหลัง และมีค่าทด (Carry) เมื่อนับเดินหน้าเกิน 16 และมีค่ายืม (Borrow) เมื่อนับถอยหลังต่ำกว่า 16 แต่ในที่นี้ใช้การนับเดินหน้าและต่ออนุกรมกัน 4 ตัว ใช้นับเป็น 16 บิท แล้วต่อเอาท์พุทเข้าวงจรแลทช์ 74373 โดยบิทที่มีนัยสำคัญต่ำคือ เอาท์พุทของ 74193 สองตัวแรกต่อเข้ากับ74373 ตัวที่ 1 และบิทที่มีนัยสำคัญสูงคือ เอาท์พุทของ 74193 สองตัวหลังต่อเข้ากับ74373 ตัวที่ 2

และใช้สัญญาณ IGT ผ่านเข้าวงจรโมโนสเตเบิ้ล 74221 แล้วเข้าที่ขา CLEAR ของ 74193

ข้อมูลอินพุททั้งหมดจะต่อเข้ากับตัวผ่านสัญญาณ 74245 (Octal Bus Transeiver with 3-state Outputs) เข้าสู่ขาข้อมูลทั้ง 8 ของไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80

ทั้ง ADC0809 ,74373 ,74245 จะถูกถอดระหัสเพื่อควบคุมการทำงานโดยเลือกใช้เป็นพอร์ท ซึ่งดูลักษณะการเข้าระหัสวงจร Decoder สำหรับสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้กับ ADC0809 จะใช้ค่าประมาณ 500 KHz โดยนำเอาสัญญาณนาฬิกาของ ไมโครโปรเซสเซอร์นำมาหาร 8 จะได้ค่าประมาณ 500 KHz

<u>สัญญาณเอาท์พุท</u>

สัญญาณทางอินพุททั้งหมดจะถูกประมวลผล และได้ผลออกมาเป็นสัญญาณทางเอาท์พุท 2 สัญญาณ คือ

<u>1.สัญญาณคาบเวลาการฉีดน้ำมัน</u> สัญญาณคาบเวลาการฉีดน้ำมันจะถูกกำหนดค่าคาบเวลาการฉีดที่ถูกต้องโดยไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งสั่งงานไปยังไอซี เบอร์ 8253 (Programmable Interval Timer) ภายใน 8253 จะประกอบไปด้วยเคาท์เตอร์ 3 ตัวที่ทำงานเป็นอิสระต่อกัน คือ

- CT#2 ถูกโปรแกรมให้ทำงานในโหมดการทำงานที่ 3 (Square wave generater) คือทำการหารสัญญาณนาฬิกาที่มีค่าประมาณ 500 KHz (สัญญาณนนาฬิกาที่ป้อนให้กับ ADC0809) ด้วยค่า 22H ให้เป็นสัญ

ญาณนาฬิกาที่มีความถี่ประมาณ 20 KHz แล้วนำไป AND กับสัญญาณคาบเวลาการฉีดที่แท้จริง เพื่อเป็นการลดความร้อนที่เกิดจาก Power Transister ที่ทำงานไดร์ฟคอลย์ของหัวฉีดเพราะทำงานนานไป และเพื่อให้หัวฉีดน้ำมันทำการฉีดน้ำมันให้เป็นละอองมากขึ้น จะได้ให้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้นด้วย

- CT#1 ถูกโปรแกรมให้ทำงานในโหมดการทำงานที่ 3 เช่นกันกับ CT#2 เพื่อทำการหารสัญญาณนาฬิกาสัญญาณเดียวกับ CT#2 ด้วยค่า 50H ให้เป็นสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่ประมาณ 10 KHz เพื่อนำไปเป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับ CT#0

- CT#0 ถูกโปรแกรมให้ทำงานในโหมด 0 (Interupt on terminal count) จะทำการนับค่าสัญญาณนาฬิกาที่ได้จาก CT#1 แบบนับลง สัญญาณเอาท์พุทของ CT#0 ปกติจะมีค่าลอจิกเป็น 1 และเมื่อถูกสั่งให้ทำงานสัญญาณเอาท์พุทจะมีค่าลอจิกเป็น 0 ไปจนกว่าข้อมูลที่ถูกสั่งมาจะเป็น 0000H แล้วจะให้เอาท์พุทเป็นลอจิก 1 อีก ซึ่งค่าข้อมูลการนับที่ป้อนให้กับ CT#0 นี้ก็คือข้อมูลที่ได้มาจากการประมวลผลสภาวะต่างๆของเครื่องยนต์จากสัญญาณอินพุท โดยไมโครโปรเซสเซอร์ เปรียบเทียบกับข้อมูลในหน่วยความจำ แล้วนำข้อมูลที่เหมาะสมไปป้อนให้กับ CT#0 ซึ่งข้อมูลนี้เป็นตัวกำหนดค่าคาบเวลาการฉีดที่แท้จริง

สัญญาณเอาท์พุทจาก CT#0 จะถูกแปลงสัญญารผ่าน Inverter เพื่อเป็นค่าสัญญาณการฉีด แล้วไป AND กับสัญญาณนาฬิกา 20KHz จาก CT#2 เพื่อเป็นสัญญาณการฉีดที่แท้จริง

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่จะป้อนให้แก่ CT#0 นี้จะต้องเป็นค่าที่ถูกต้องตามสภาวะของเครื่องยนต์ที่ใช้งานได้จริงๆ ดังนั้นค่าของส่วนนี้จะต้องได้มาจาการทดลองจากเครื่องยนต์จริง และข้อมูลนี้จะในหน่วยความจำ ซึ่งหน่วยประมวลผลสามารถที่จะนำค่าออกมาใช้ และกำเนิดสัญญาณการฉีดน้ำมันที่มีค่าคาบเวลาการฉีดที่เหมาะสมและใช้ได้ผลต่อสภาวะต่างๆของเครื่องยนต์ในการใช้งานจริง

<u>2.สัญญาณการจุดระเบิด</u> สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ

2.1)สัญญาณการจุดระเบิดที่ 10 องศาก่อนศูนย์ตายบน (IGT_{td})

สัญญาณ IGT_{td} เป็นสัญญาณที่ใช้เป็นสัญญาณอ้างอิงในการกำเนิดสัญญาณการจุดระเบิดล่วงหน้า หัวเทียนจะทำการจุดระเบิดเมื่อสัญญาณการจุดระเบิดหมดไป นั่นก็คือเมื่อสัญญาณการจุดระเบิดตกลงเป็นศูนย์นั่นเอง สัญญาณIGT_{td} จะตกลงเป็น 0 ที่จุดตัดที่ศูนย์ของสัญญาณ Ne ลูกแรกที่ตามหลังสัญญาณ G การสร้างสัญญาณ IGT_{td} ได้กล่าวมาแล้วจากสัญญาณอินพุท

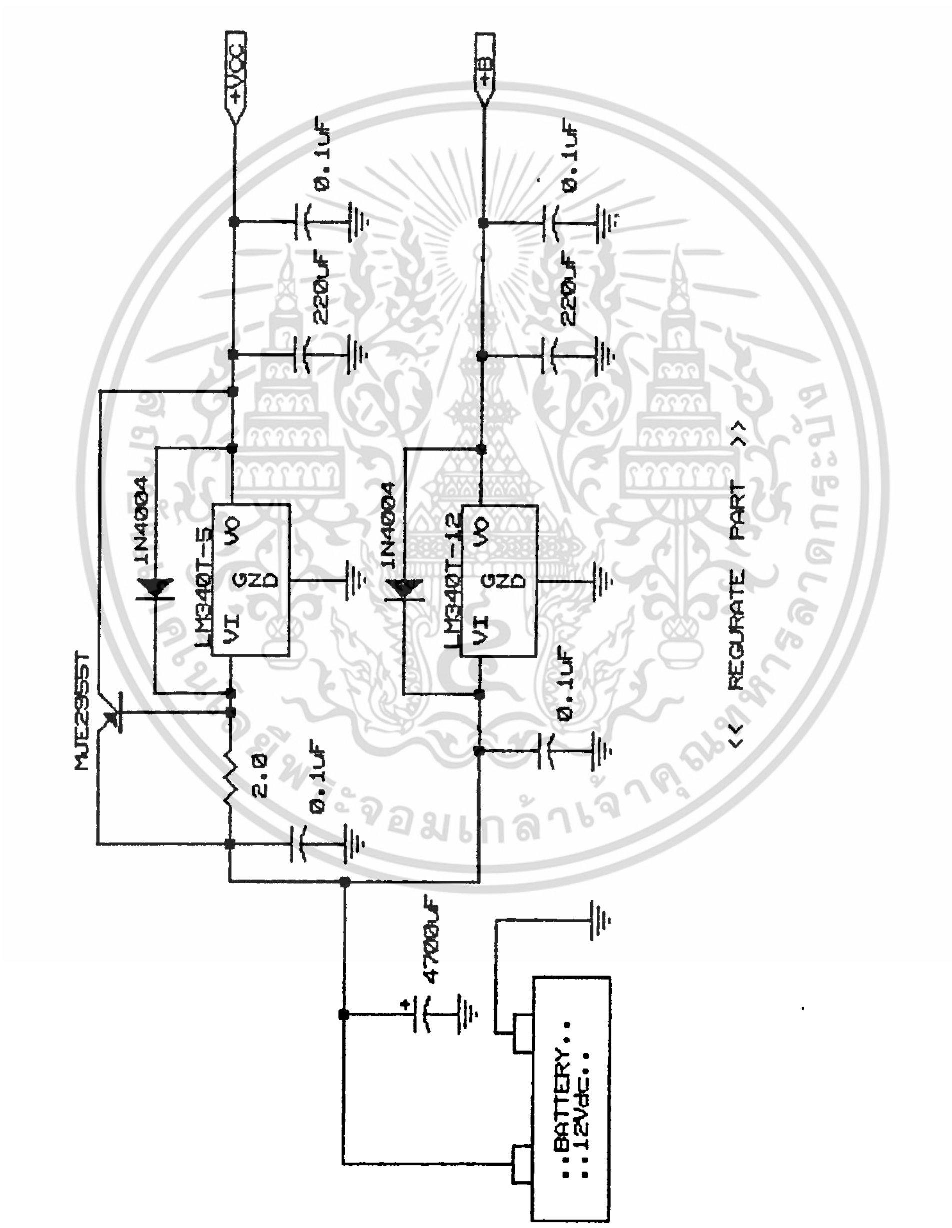
2.2)สัญญาณการจุดระเบิดล่วงหน้า (IGT_{dv})

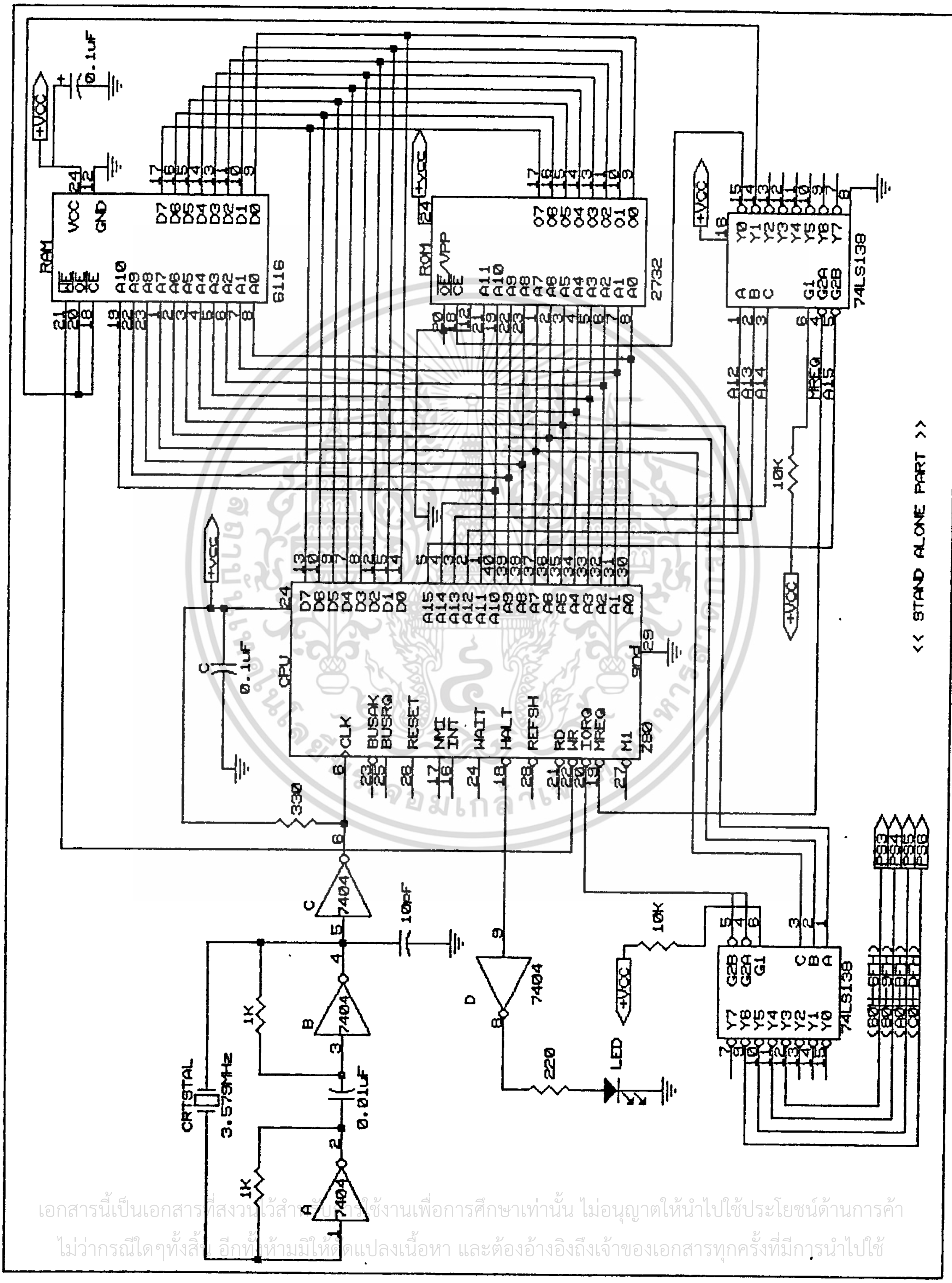
จากที่กล่าวมาแล้วว่าเราใช้สัญญาณ IGT_{td} เป็นสัญญาณอ้างอิง

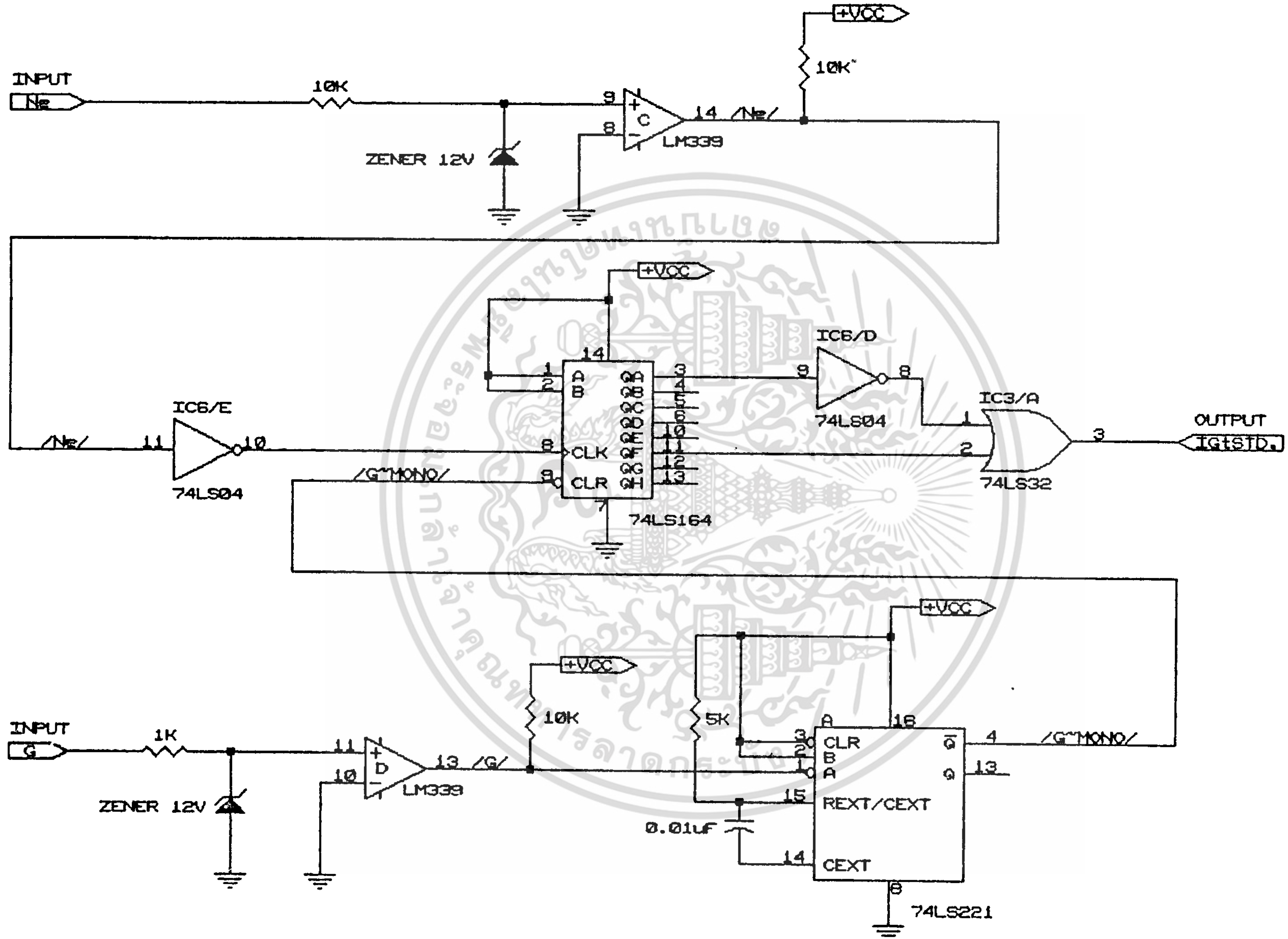
ในการกำเนิดสัญญาณ IGT_{adv} ดังนั้นในการกำเนิดสัญญาณ IGT_{adv} เราจะพิจารณามุมหรือองศาของการจุดระเบิดล่วงหน้าจากสัญญาณ IGT_{std} โดยใช้วงจรนับ 74193 ทั้งหมด 4 ตัวต่ออนุกรมกัน ซึ่งจะได้ค่านับเป็นเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 บิท เพื่อเป็นฐานเวลาอ้างอิงต่อสัญญาณสัญญาณทั้งสอง

การกำเนิดสัญญาณ IGT_{adv} จะกำหนดให้เกิดสัญญาณโดยไอซี เบอร์ 7476 (Dual J-K Master-Slave Flip-Flop with Preset and Clear) ซึ่งมี J-K Flip-Flop 2 ตัวในชิพเดียวกัน ซึ่ง Flip-Flop ตัวแรกใช้ในการกำเนิดสัญญาณ IGT_{adv} โดยกำหนดให้การทำงานเป็นแบบ Toggle และให้สถานะของ Q เมื่อเปิดเครื่องเป็น 0 โดยใช้วงจร RC ต่อเข้าที่ขา CLEARดังรูป การสั่งงานโดยใช้พอร์ทหมายเลข 61H จังหวะการทำงานให้ IGT_{adv} เป็นสถานะ 0 และ 1 นั้นจะถูกกำหนดค่าจากหน่วยประมวลผล โดยคำนวณออกมาในรูปของค่านับสำหรับเปิดและปิดพอร์ท เมื่อหน่วยประมวลผลทำการเปรียบเทียบค่าการนับที่คำนวณได้ กับค่าการนับขณะนั้นของวงจรนับ แล้วปรากฏว่าค่าการนับจากวงจรนับมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าการนับที่หน่วยประมวลผลคำนวณได้ ไมโครโปรเซสเซอร์ก็จะสั่งให้เปิดแล้วปิดพอร์ทตามลำดับ ก็ทำให้เกิดสัญญาณIGT_{adv} ออกมา ซึ่งจะมีการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าไปจากสัญญาณ IGT_{std} อย่างเหมาะสมกับสภาวะของเครื่องยนต์ขณะนั้น

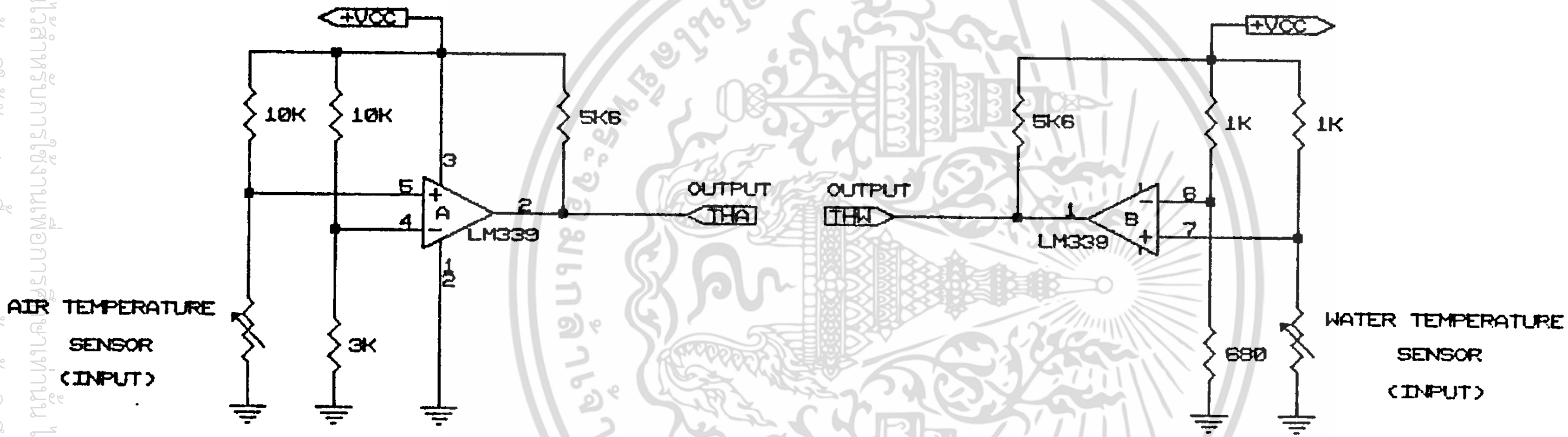
เนื่องจากสัญญาณจุดระเบิดทั้ง 2 แบบจะนำไปใช้ไม่พร้อมกัน ดังนั้นจึงจัดให้มีพอร์ทสำหรับเลือกสัญญาณจุดระเบิดว่า จะใช้เป็นแบบ Standard หรือแบบ Advance โดยใช้พอร์ทหมายเลข 60H ในการสั่งงานไปยัง Flip-Flop ตัวที่สอง ซึ่งใช้งานเป็นแบบ Toggle เช่นเดียวกัน โดยกำหนดเริ่มต้นของ Q เป็น 1 เมื่อเปิดเครื่อง ใช้วงจร RC ต่อเข้าที่ขา PRESET แล้วนำขา Q และ$\bar{Q}$ ไปควบคุมการเลือกชนิดของสัญญาณการจุดระเบิดดังรูปวงจร


+VCC
+B
0.1uF
220uF
0.1uF
220uF
1N4004
LM340T-5
VI GND VO
1N4004
LM340T-12
VI GND VO
0.1uF
MJE2955T
2.0
0.1uF
4700uF
::BATTERY..
::12Vdc..
<< REGURATE PART >>


<< STAND ALONE PART >>
CPU
Z80
RAM
6116
ROM
2732
74LS138
74LS138
CRYSTAL
3.579MHz
7404
LED
+VCC
0.1uF
0.01uF
10pF
1K
1K
10K
10K
330
220
PS3
PS4
PS5
PS6
CLK
BUSAK
BUSRQ
RESET
NMI
INT
WAIT
HALT
REFSH
RD
WR
IORQ
MREQ
M1
A12
A13
A14
MREQ
A15

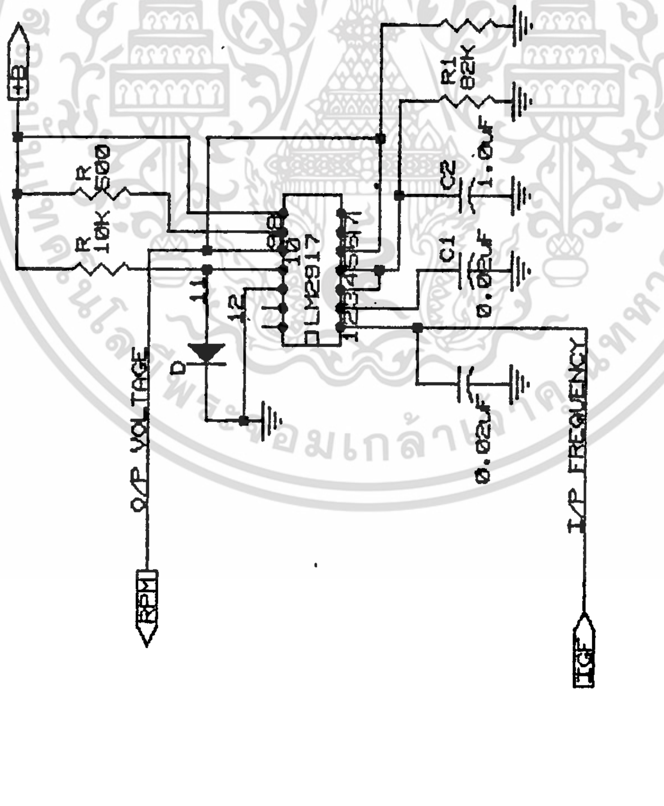


<< STANDARD IGNITION SIGNAL GENERATOR PART >>

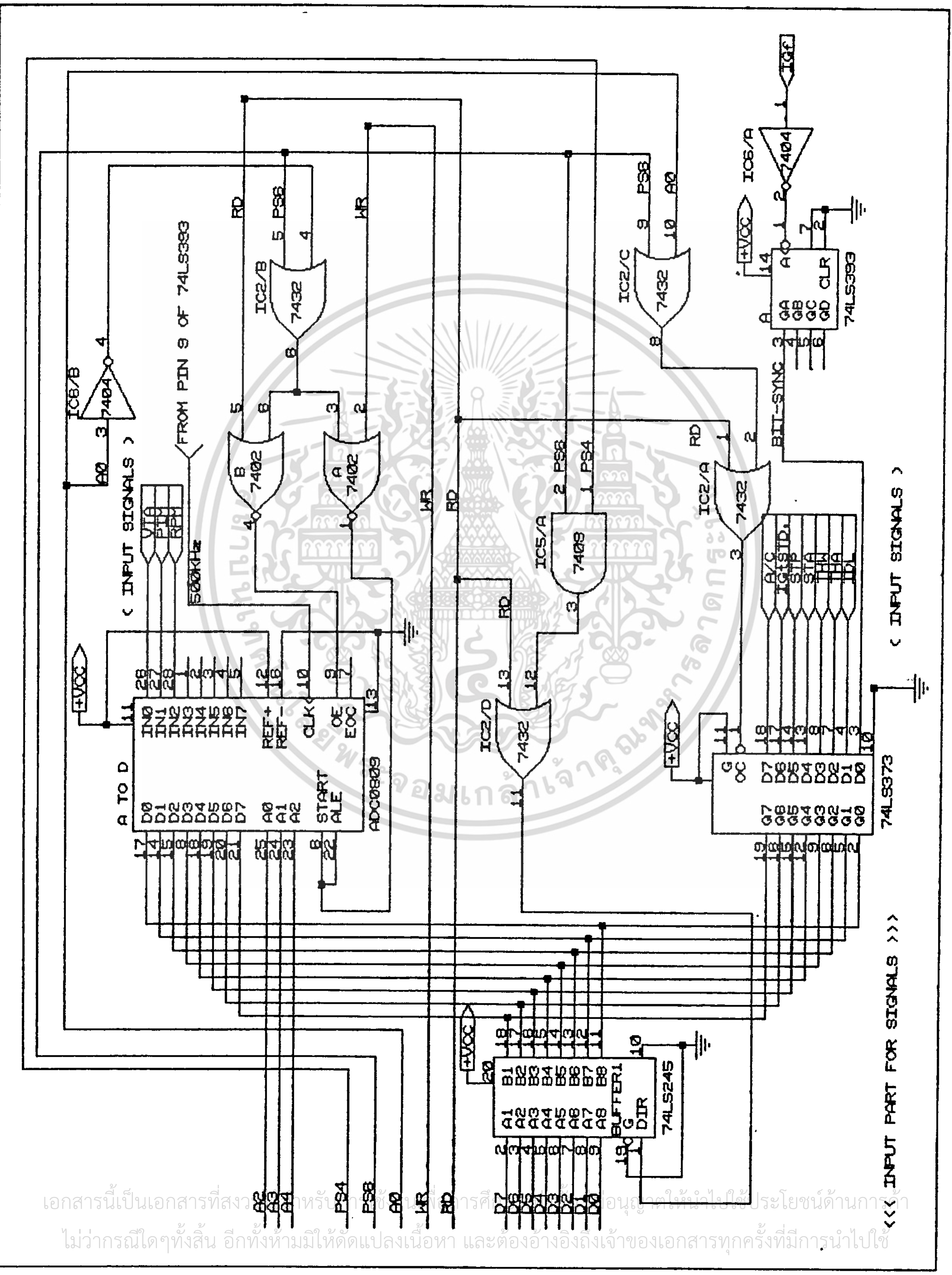


<< AIR TEMPERATURE CCT >>

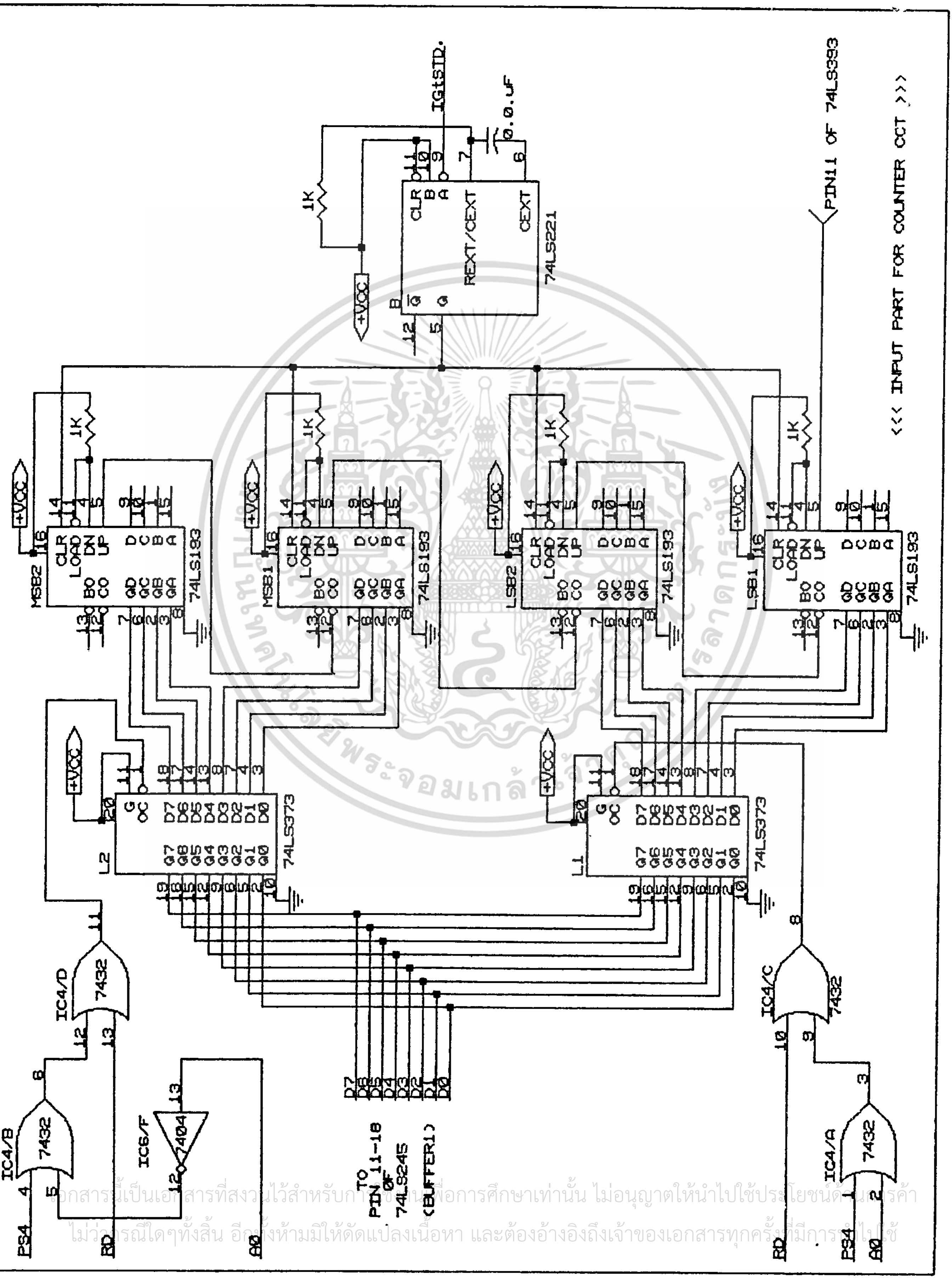
<< WATER TEMPERATURE CCT >>



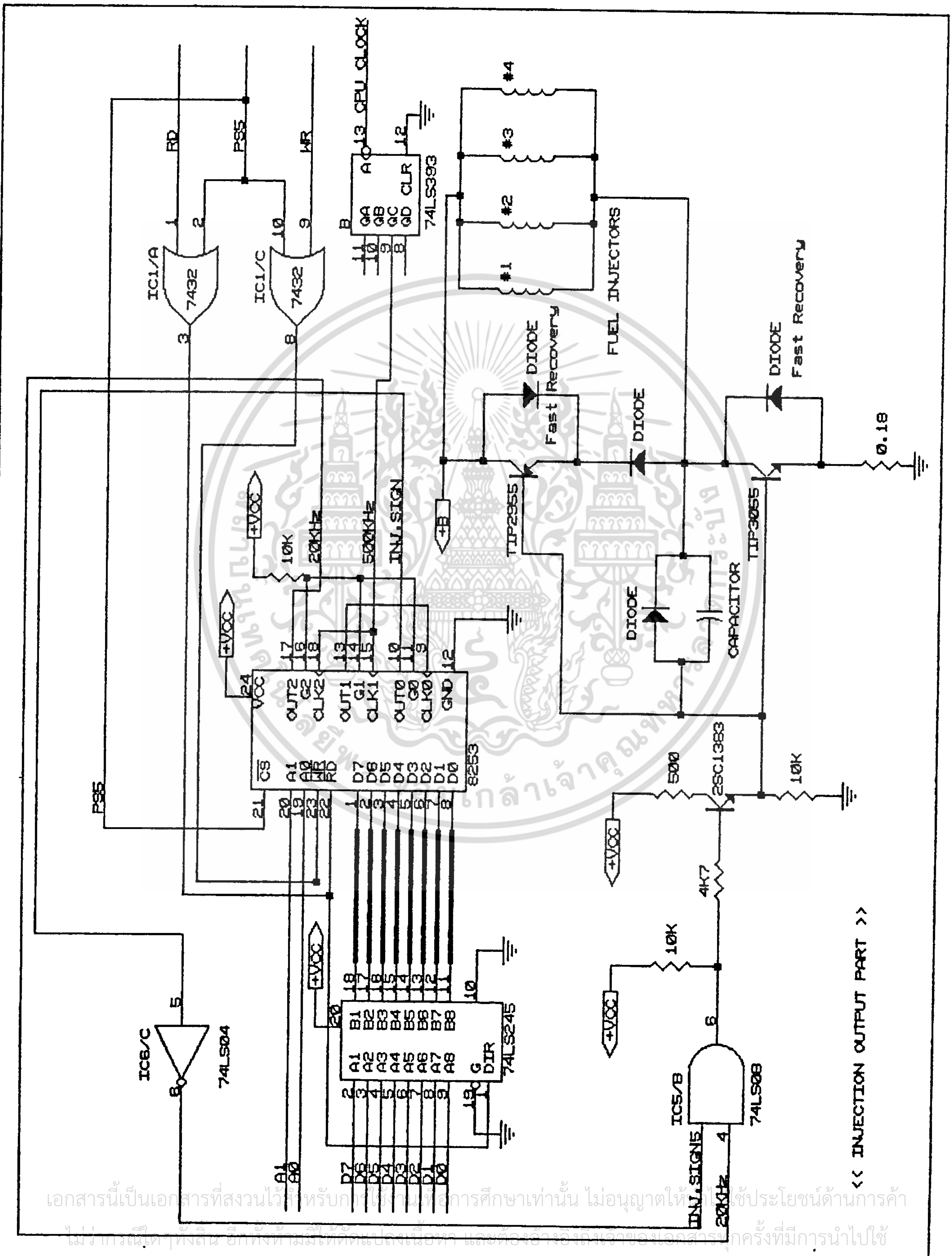
<< F TO V CONVERTOR >>



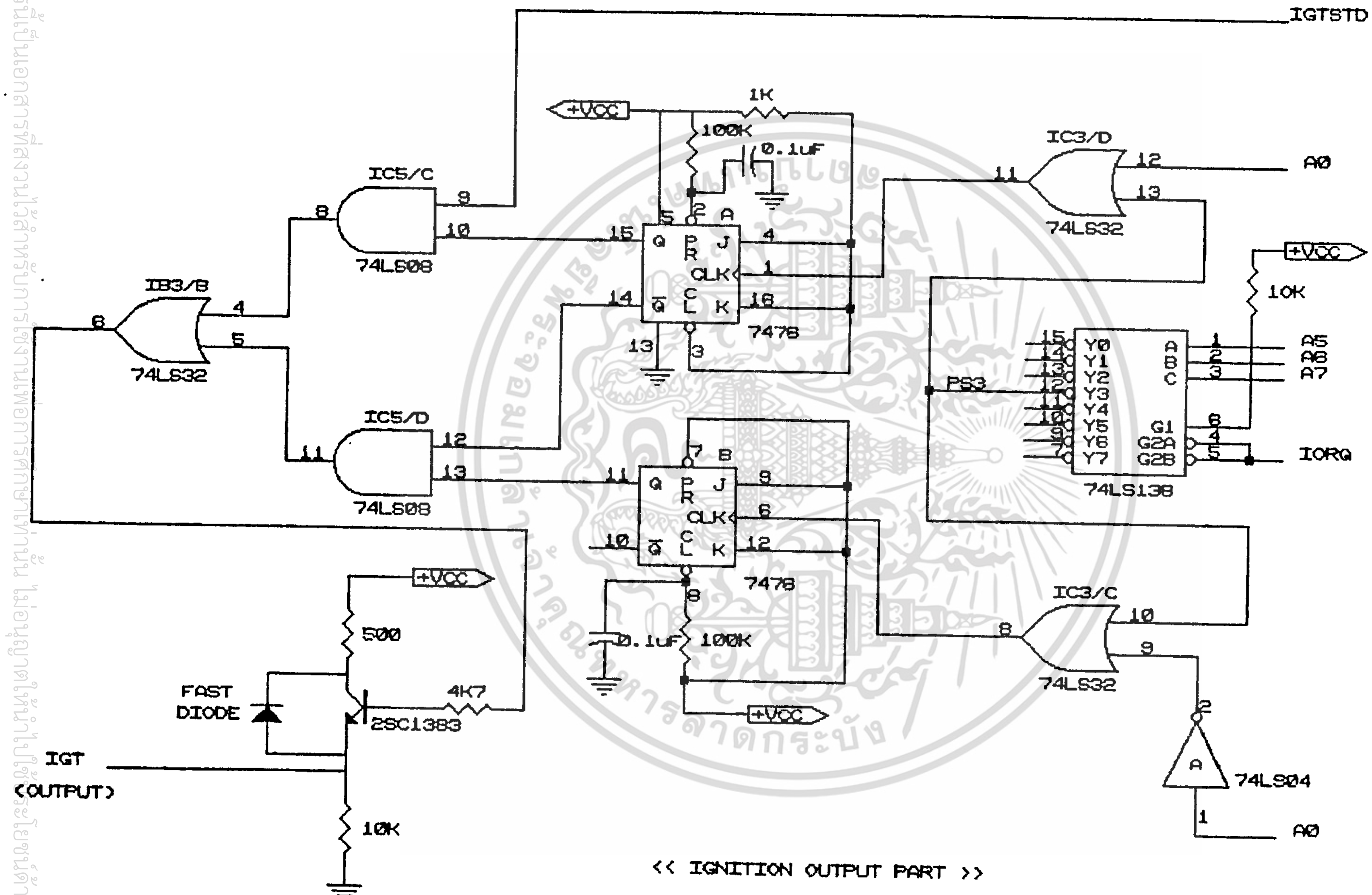
<<< INPUT PART FOR SIGNALS >>>



<<< INPUT PART FOR COUNTER CCT >>>
PIN11 OF 74LS393
IGtSTD.
0.0.uF
74LS221
REXT/CEXT
CEXT
1K
+VCC
MSB2
MSB1
LSB2
LSB1
74LS193
L2
L1
74LS373
IC4/B
IC4/D
IC4/C
IC4/A
7432
IC6/F
7404
PS4
RD
A0
D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0
TO PIN 11-18 OF 74LS245 (BUFFER1)



RD
P35
WR
13 CPU CLOCK
74LS393
IC1/A
IC1/C
7432
8253
74LS245
IC6/C
74LS04
IC5/B
74LS08
INJ.SIGN
20KHz
500KHz
+VCC
10K
4K7
500
2SC1383
TIP2955
TIP3055
DIODE
Fast Recovery
CAPACITOR
FUEL INJECTORS
0.18
+B
<< INJECTION OUTPUT PART >>



<< IGNITION OUTPUT PART >>

โปรแกรมควบคุมการทำงาน

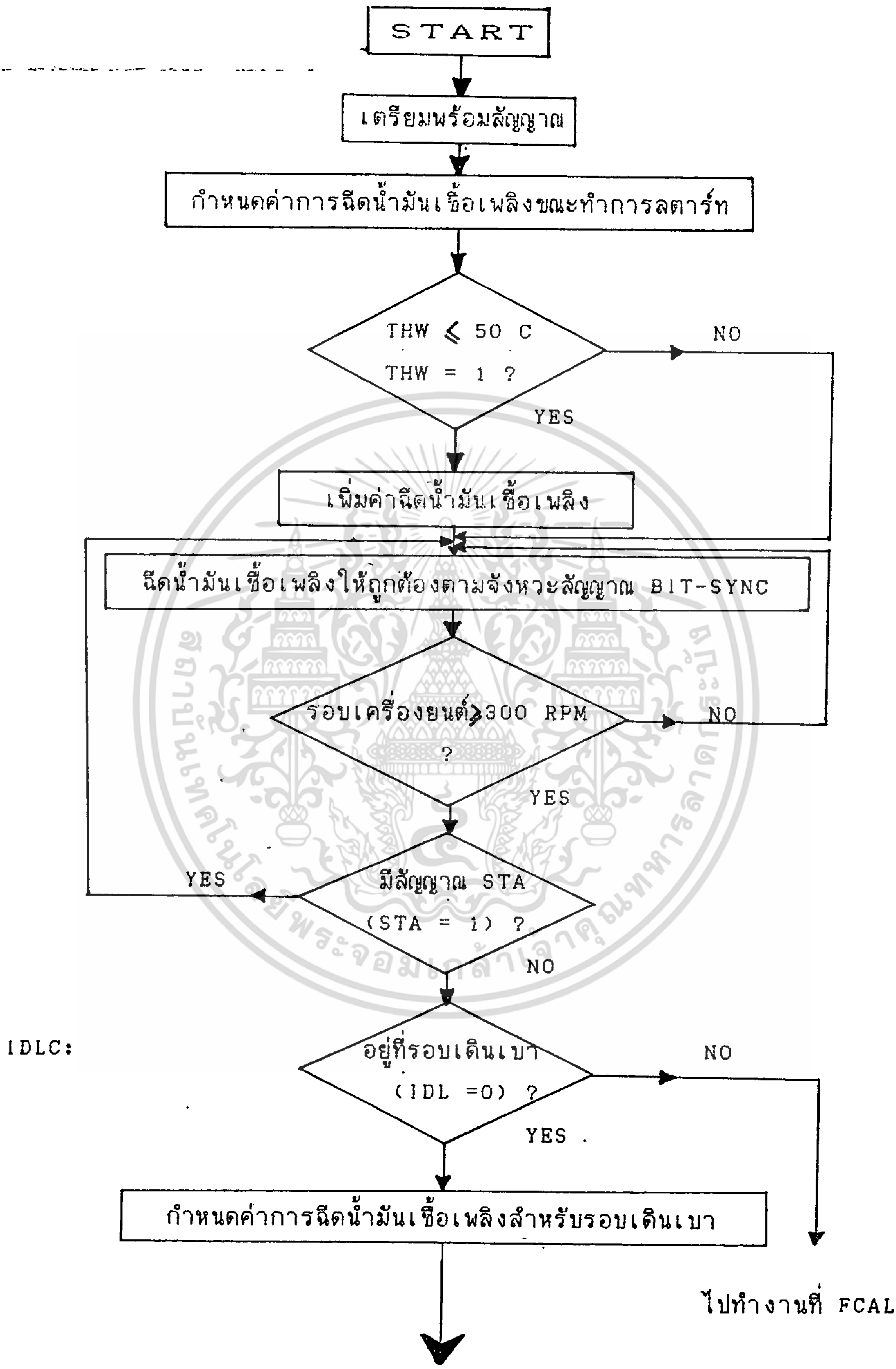
โปรแกรมควบคุมการทำงาน นับได้ว่าเป็นส่วนที่มีความสำคัญมาก เพราะจุดประสงค์หลักของการทำงานก็คือ ต้องการการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดล่วงหน้าที่ถูกต้องต่อทุกๆสภาวะของเครื่องยนต์ มีสัญญาณอินพุทแสดงสภาวะของเครื่องยนต์จากตัวตรวจจับสัญญาณที่ใช้งานหลายสัญญาณ และต้องนำสัญญาณเหล่านี้มาประมวลผล เพื่อหาสัญญาณเอาท์พุท 8 สัญญาณ ได้แก่

1. สัญญาณคาบเวลาการเปิดของหัวฉีดน้ำมัน
2. สัญญาณควบคุมการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้า

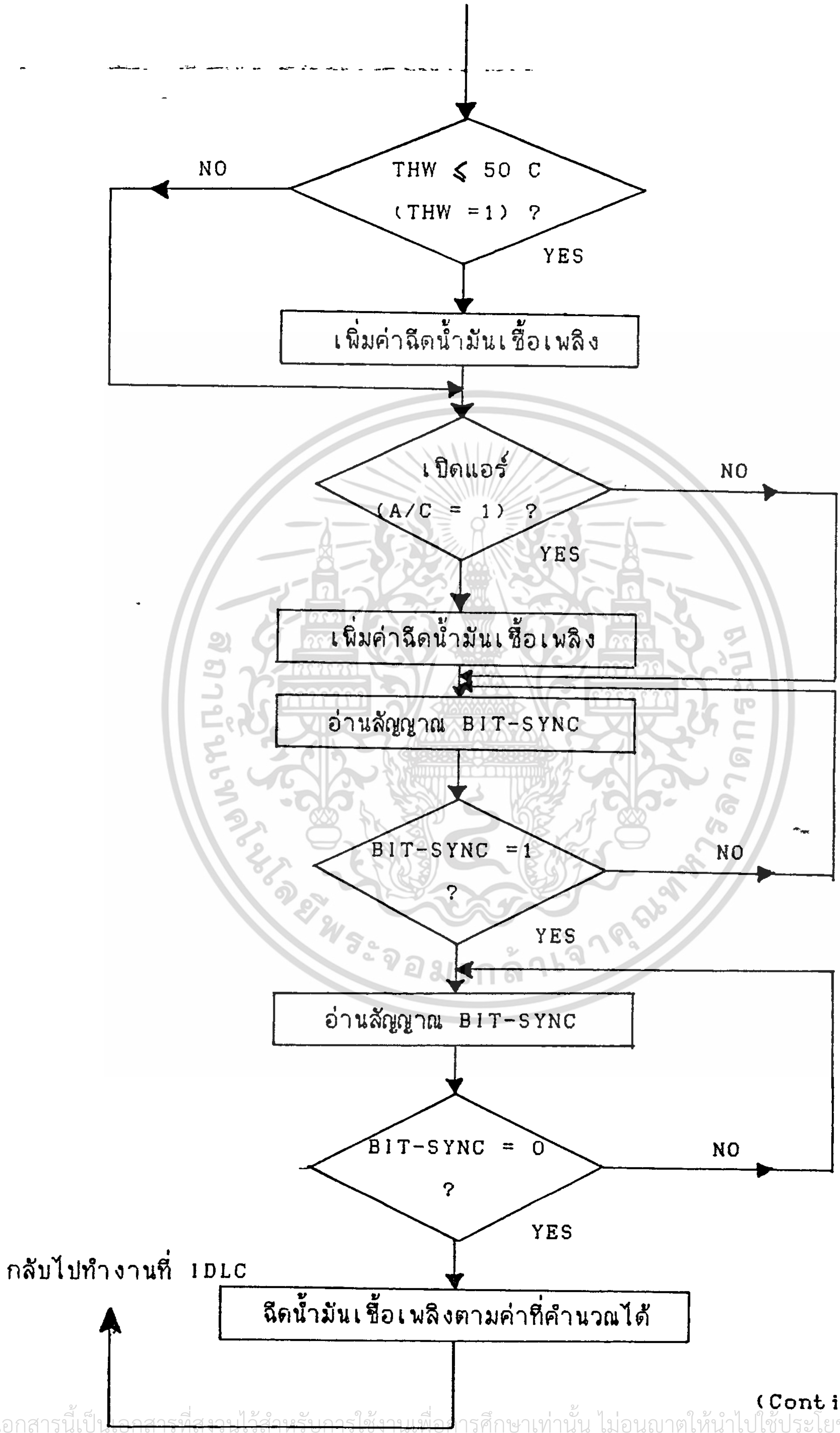
ดังนั้นหัวใจของการควบคุมการประมวลผลโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ก็คือ โปรแกรมควบคุมการทำงาน

เนื่องจากอุปกรณ์ที่เราจะนำระบบไปใช้งานคือ เครื่องยนต์ของรถยนต์ ดังนั้นการจะนำไปใช้งาน ต้องคำนึงถึงสภาพความเป็นจริงต่างๆว่า เครื่องยนต์อาจเกิดสภาวะใดได้บ้าง เช่น ในการสตาร์ทเครื่องยนต์ในตอนที่เครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ เครอึ่งยนต์จะเริ่มทำงานได้ยากกว่าในการสตาร์ทที่อุณหภูมิใช้งาน เพราะที่อุณหภูมิต่ำการจุดระเบิดทำได้ยาก ดังนั้นจึงเพิ่มคาบเวลาการเปิดของหัวฉีดน้ำมันให้มากขึ้นในขณะที่อุณหภูมิต่ำ หรือเมื่อทำการเปิดเครื่องปรับอากาศในรถยนต์ เครื่องยนต์จะรับภาระมากขึ้นเพราะ การทำงานของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศใช้กำลังงานจากเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ ดังนั้นจึงเพิ่มคาบเวลาการเปิดของหัวฉีดน้ำมันให้มากขึ้นเมื่อทำการเปิดเครื่องปรับอากาศ หรือกรณีที่แบตเตอรี่ของรถยนต์มีกำลังไฟฟ้าต่ำกว่าที่จะทำให้มอเตอร์สตาร์ทของเครื่องยนต์ทำงานได้ จึงต้องทำการเข็นรถยนต์เพื่อที่จะสตาร์ทเครื่องยนต์ จึงต้องมีโปรแกรมการทำงานให้สามารถทำงานได้แม้ว่าจะไม่มีสัญญาณสตาร์ทจากเครื่องยนต์ เป็นต้น สภาวะต่างของเครื่องยนต์เหล่านี้จะต้องนำมาคิด เตรียมไว้ให้สมบูรณ์แบบมากที่สุด

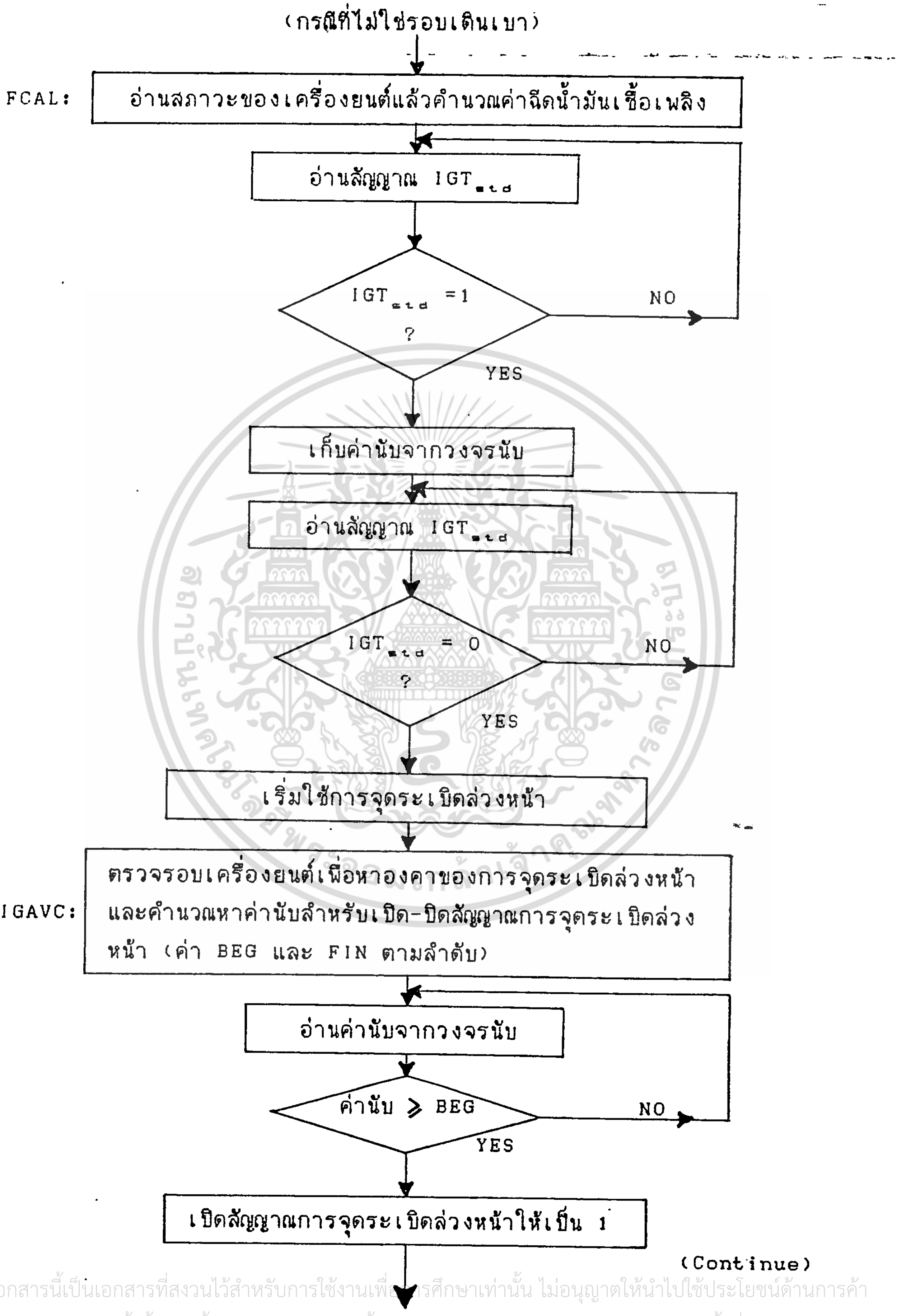
จะเห็นได้ว่า ในการที่จะให้ผลดังที่กล่าวมาไม่สามารถจะกระทำได้โดยง่าย ดังนั้นโปรแกรมควบคุมการทำงานที่ใช้ จะต้องมีความซับซ้อนมากพอสมควร แต่พอจะอธิบายหลักการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ได้โดยการพิจารณาควบคู่ไปกับแผนภาพดังนี้

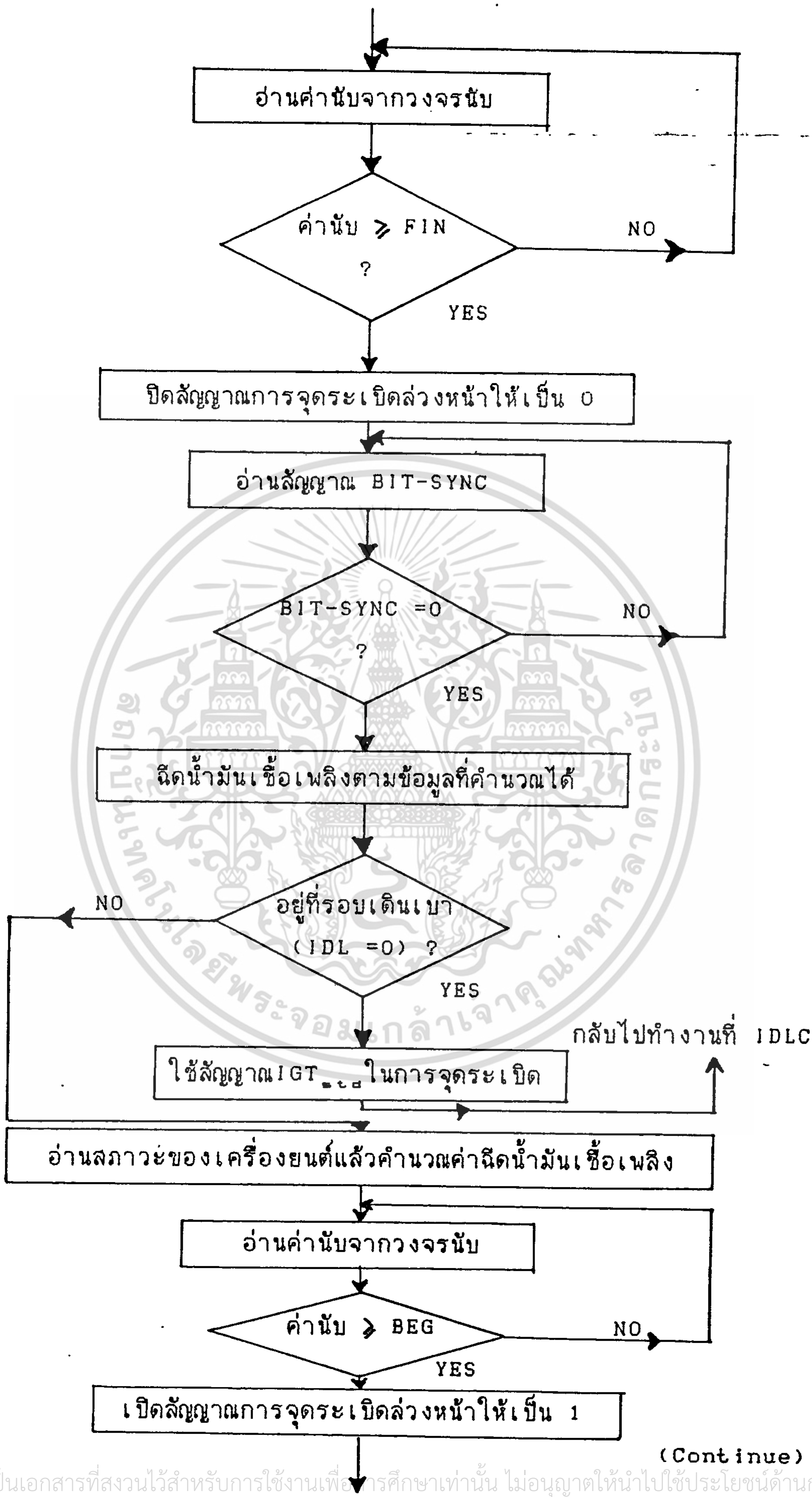

START
เตรียมพร้อมสัญญาณ
กำหนดค่าการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงขณะทำการสตาร์ท
THW ≤ 50 C
THW = 1 ?
NO
YES
เพิ่มค่าฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง
ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้ถูกต้องตามจังหวะสัญญาณ BIT-SYNC
รอบเครื่องยนต์>300 RPM
?
NO
YES
มีสัญญาณ STA
(STA = 1) ?
YES
NO
IDLC:
อยู่ที่รอบเดินเบา
(IDL =0) ?
NO
YES
กำหนดค่าการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับรอบเดินเบา
ไปทำงานที่ FCAL

(Continue)

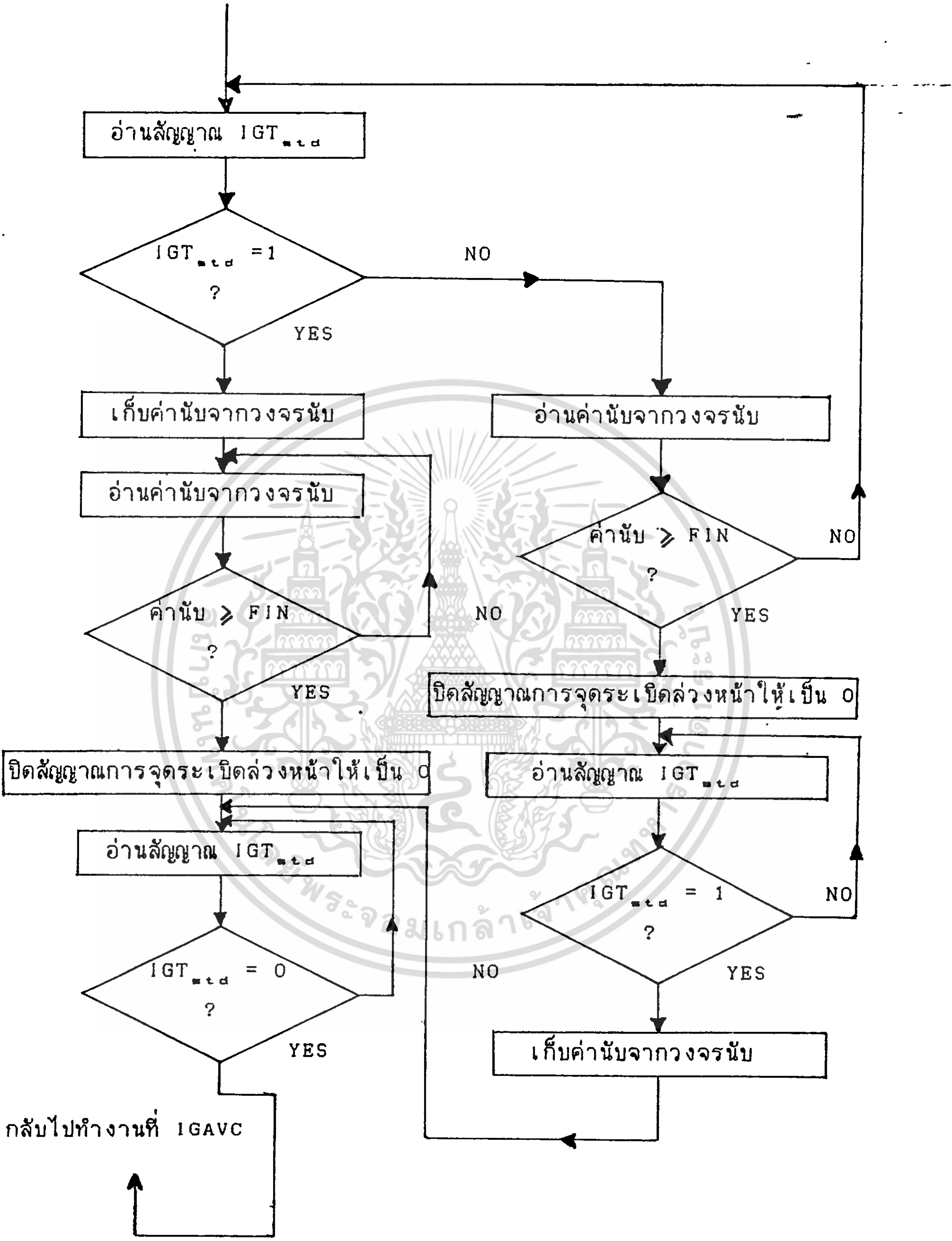

THW ≤ 50 C
(THW =1) ?
NO
YES
เพิ่มค่าฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง
เปิดแอร์
(A/C = 1) ?
NO
YES
เพิ่มค่าฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง
อ่านสัญญาณ BIT-SYNC
BIT-SYNC =1
?
NO
YES
อ่านสัญญาณ BIT-SYNC
BIT-SYNC = 0
?
NO
YES
กลับไปทำงานที่ IDLC
ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงตามค่าที่คำนวณได้

(Continue)


(กรณีที่ไม่ใช่รอบเดินเบา)
FCAL:
อ่านสภาวะของเครื่องยนต์แล้วคำนวณค่าฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง
อ่านสัญญาณ IGT ๒๘
IGT ๒๘ =1 ?
NO
YES
เก็บค่านับจากวงจรนับ
อ่านสัญญาณ IGT ๒๘
IGT ๒๘ = 0 ?
NO
YES
เริ่มใช้การจุดระเบิดล่วงหน้า
IGAVC:
ตรวจรอบเครื่องยนต์เพื่อหาองศาของการจุดระเบิดล่วงหน้า และคำนวณหาค่านับสำหรับเปิด-ปิดสัญญาณการจุดระเบิดล่วงหน้า (ค่า BEG และ FIN ตามลำดับ)
อ่านค่านับจากวงจรนับ
ค่านับ ≥ BEG
NO
YES
เปิดสัญญาณการจุดระเบิดล่วงหน้าให้เป็น 1
(Continue)


อ่านค่านับจากวงจรนับ
ค่านับ ≥ FIN ?
NO
YES
ปิดสัญญาณการจุดระเบิดล่วงหน้าให้เป็น 0
อ่านสัญญาณ BIT-SYNC
BIT-SYNC =0 ?
NO
YES
ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงตามข้อมูลที่คำนวณได้
อยู่ที่รอบเดินเบา (IDL =0) ?
NO
YES
ใช้สัญญาณIGT ในการจุดระเบิด
กลับไปทำงานที่ IDLC
อ่านสภาวะของเครื่องยนต์แล้วคำนวณค่าฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง
อ่านค่านับจากวงจรนับ
ค่านับ ≥ BEG
NO
YES
เปิดสัญญาณการจุดระเบิดล่วงหน้าให้เป็น 1

(Continue)


อ่านสัญญาณ IGT
IGT =1 ?
NO
YES
เก็บค่านับจากวงจรนับ
อ่านค่านับจากวงจรนับ
อ่านค่านับจากวงจรนับ
ค่านับ ≥ FIN ?
NO
ค่านับ ≥ FIN ?
NO
YES
YES
ปิดสัญญาณการจุดระเบิดล่วงหน้าให้เป็น 0
ปิดสัญญาณการจุดระเบิดล่วงหน้าให้เป็น 0
อ่านสัญญาณ IGT
อ่านสัญญาณ IGT
IGT = 1 ?
NO
IGT = 0 ?
NO
YES
YES
เก็บค่านับจากวงจรนับ
กลับไปทำงานที่ IGAVC

จากแผนภาพการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงาน จะเห็นได้ว่าในส่วนแรกของโปรแกรมจะเป็นสภาวะของการสตาร์ทเครื่องยนต์ โดยจะให้เกิดการจุดระเบิดแบบมาตราฐาน10 องศาก่อนศูนย์ตายบน และกำหนดคาบเวลาการฉีดน้ำมันสำหรับสตาร์ทเครื่องยนต์ไว้ค่าหนึ่ง ซึ่งจะเพิ่มขึ้นได้ถ้าอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นต่ำกว่า 50 C ซึ่งจังหวะของการฉีดน้ำมันนี้จะต้องสัมพันธ์กับจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ โดยที่เราใช้สัญญาณที่ประมวลขึ้นมาคือ สัญญาณ BIT-SYNC ควบคุมจังหวะการฉีดของน้ำมันเชื้อเพลิง ดังที่กล่าวมาแล้ว และถ้าเครื่องยนต์ยังมีรอบการทำงานต่ำกว่า 300 รอบต่อนาที หรือมีการเปิดสวิทช์สตาร์ทอยู่ นั่นก็คือเครื่องยนต์ยังไม่ติด ดังนั้นจึงยังทำงานในส่วนอยู่

ส่วนต่อมาเป็นการทำงานในกรณีที่ไม่ได้มีการเปิดลิ้นคันเร่ง ซึ่งจะอยู่ในสภาวะรอบเดินเบา (Idle) ตามปกติเครื่องยนต์จะถูกตั้งรอบเดินเบาไว้ค่าหนึ่งอยู่แล้ว ดังนั้นเราจึงกำหนดค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันให้ค่า และถ้าขณะที่เครื่องยนต์อยู่ในสภาวะรอบเดินเบาอยู่ และอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นมีค่าต่ำกว่า 50 C จะทำให้ลิ้นอากาศเปิดให้อากาศเข้าเครื่องยนต์มากขึ้น ทำให้รอบของเครื่องยนต์สูงขึ้นจึงทำการกำหนดค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันนานขึ้น เพื่อป้องกันอาการน็อกของเครื่องยนต์ หรือเมื่อมีการเปิดเครื่องปรับอากาศก็จะกำหนดค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันเพิ่มขึ้นเช่นกัน และยังไม่มีการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าเพิ่มมากขึ้น คือใช้การจุดระเบิดแบบมาตราฐานอยู่

สำหรับส่วนสุดท้ายซึ่งเป็นส่วนที่ซับซ้อนที่สุด เพราะจะต้องประมวลผลหาค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันที่ดีที่สุด และการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าที่เหมาะสม ณ สภาวะต่างๆของเครื่องยนต์ สามารถอธิบายการทำงานของโปรแกรมควบคุมส่วนสุดท้าย โดยแยกออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. <u>ส่วนของการฉีดน้ำมัน</u> ในขั้นแรกจะต้องอ่านค่ารอบของเครื่องยนต์ ค่าแรงดันของอากาศที่ไหลเข้าสู่เครื่องยนต์ และค่าตำแหน่งของลิ้นคันเร่งแล้วนำข้อมูลสภาวะทั้ง 3 มาประมวลผลหาค่าคาบเวลาการเปิดหัวฉีดน้ำมันที่ถูกต้องโดยค้นหาจากข้อมูลของหน่วยความจำในระบบควบคุม จากนั้นจึงทำการประมวลผลของสัญญาณสภาวะอื่นๆ เช่น อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น อุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าสู่เครื่องยนต์ การเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ เพื่อให้ได้ค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันที่เหมาะสมแก่เครื่องยนต์ในแต่ละสภาวะ การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นจะทำการฉีดก็ต่อเมื่อ สัญญาณ BIT-SYNC เป็นจะสถานะ 1 มาเป็น 0 ทางดิจิตอล

2. <u>ส่วนของการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้า</u> ในการจุดระเบิดล่วงหน้านั้น จะใช้สัญญาณจุดระเบิดที่ 10 องศาก่อนศูนย์ตายบน (IGT_{-10}) เป็นมาตราฐาน โดยองศาหรือมุมของการจุดระเบิดล่วงหน้าจะมีอยู่ในหน่วย

ความจำภายในส่วนควบคุม และโปรแกรมควบคุมจะกำหนดให้ไมโครโปรเซสเซอร์ค้นหาค่าตามสภาวะของรอบเครื่องยนต์ เพื่อให้การปรับค่าองศาการจุดระเบิดถูกต้องยิ่งขึ้น จึงได้ใช้วงจรนับอ้างอิงในการให้สัญญาณการจุดระเบิดล่วงหน้า และค่านับจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ไมโครโปรเซสเซอร์คำนวณได้ โดยค่าที่คำนวณจะมีอยู่ 2 ค่าคือ ค่าเริ่มสัญญาณการจุดระเบิดและค่าสิ้นสุดสัญญาณการจุดระเบิด เพราะการจุดระเบิดจะทำงานที่ค่าสิ้นสุดของสัญญาณการจุดระเบิด และค่าช่วงเวลาที่ให้สัญญาณการจุดระเบิดจะเป็นสัดส่วนกับค่าคาบเวลาของสัญญาณNe จึงต้องทำการคำนวณไว้ทั้ง 2 ค่า ซึ่งทั้ง 2 ค่านี้จะมีค่าเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับค่าองศาการจุดระเบิดล่วงหน้า

การเริ่มสัญญาณของการจุดระเบิดล่วงหน้า จะกระทำเมื่อค่านับจากวงจรนับที่ไมโครโปรเซสเซอร์อ่านค่าเข้ามา มีค่ามากกว่าค่าการเริ่มสัญญาณของการจุดระเบิดในหน่วยความจำ และค่าการสิ้นสุดของสัญญาณการจุดระเบิดจะกระทำเมื่อค่านับจากวงจรนับที่อ่านเข้ามา มีค่ามากกว่าค่าการสิ้นสุดสัญญาณการจุดระเบิดในหน่วยความจำ

ท้ายที่สุดจะอธิบายถึงส่วนของโปรแกรมหลัก ซึ่งโปรแกรมจะกำหนดให้ไมโครโปรเซสเซอร์วนทำงานอยู่ เมื่อมีการเหยียบคันเร่ง (สัญญาณ IDL เปลี่ยนสถานะเป็นลอจิก 1)

ใน 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์ จะมีการจุดระเบิดขึ้น 2 ครั้ง และมีการฉีดน้ำมัน 1 ครั้งตามสัญญาณ BIT-SYNC และในระหว่างนี้ถ้ามีการถอนคันเร่ง (ทำให้สัญญาณ IDL เปลี่ยนสถานะเป็น 0) โปรแกรมควบคุมจะกำหนดให้ไมโครโปรเซสเซอร์ออกจากการทำงานในช่วงนี้ แล้วไปทำงานในส่วนของสภาวะรอบเดินเบาแทน และจะกำหนดให้มีการจุดระเบิดมาตราฐานแทนการจุดระเบิดล่วงหน้า

อย่างไรก็ตาม การทำงานของโปรแกรมใช้เวลาในการทำงานน้อยมากเมื่อเทียบกับการทำงานของเครื่องยนต์ ดังนั้นการใช้ระบบการทำงานแบบนี้จะให้การตอบสนองที่ดีต่อเครื่องยนต์ ทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

<u>การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงาน</u>

ในการเริ่มต้นการออกแบบโปรแกรม จะพิจารณาจากจุดประสงค์หรือหน้าที่หลักของโปรแกรมก่อน ซึ่งในโครงงานนี้ต้องการโปรแกรมควบคุมการทำงานของการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้า ที่มีความถูกต้องให้กับเครื่องยนต์ และต้องมีความแม่นยำในด้านของสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ด้วย

ในขั้นแรกจะเริ่มที่การเขียนแผนภาพการทำงานของโปรแกรม (Flowchart) ต้องพิจารณาความเป็นไปได้ทั้งหมดของการทำงานต่างๆที่จะมีผลต่อโปรแกรม และการทำงานของโปรแกรมจะต้องถูกต้องเสมอ ดังนั้นเมื่อได้แผนภาพการทำงานแล้วจึงพิจารณาถึงตัวโปรแกรมที่แท้จริง โดยโครงงานชิ้นนี้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 ทำหน้าที่ควบคุมและประมวลผลการทำงานทั้งหมด จึงได้ใช้โปรแกรมควบคุมการทำงานด้วยภาษาแอสแซมบลี้ของ Z-80 (Z-80 Assembly language) ซึ่งพิจารณาได้ว่ามีความสะดวกหลายด้าน เพราะการประยุกต์ของการใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์มีมากมายและแพร่หลายตลอดจนมีเอกสารเพื่อการค้นคว้าหาข้อมูลได้มากมาย และง่ายต่อการเข้าใจ

ในขั้นต่อมา เมื่อได้แผนภาพการทำงานของโปรแกรมแล้วและมีความเข้าใจการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 และการใช้งานเป็นอย่างดี ต่อมาก็จะทำการเขียนแผนภาพออกมาอีก 1 ชุด ซึ่งจะต้องนำเอาความสัมพันธ์กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบมาใช้ด้วย ดังนั้นจะต้องพิจารณาถึงทางด้าน I/O ของระบบด้วย โดยทำการกำหนดพอร์ททั้งอินพุทและเอาท์พุทที่มีไว้สำหรับสัญญาณต่างๆ ดังนี้

<u>ด้านอินพุท</u>

1. สัญญาณรอบของเครื่องยนต์ (RPM) กำหนดใช้พอร์ทเบอร์ C9H
2. สัญญาณแรงดันอากาศที่ไหลเข้า (PIM) กำหนดใช้พอร์ทเบอร์ C5H
3. สัญญาณตำแหน่งลิ้นเร่ง (VTA) กำหนดใช้พอร์ทเบอร์ C1H
4. สัญญาณแสดงสภาวะของเครื่องยนต์อื่นๆที่มิได้เป็นสัญญาณแบบอนาล็อก กำหนดให้เข้าวงจรแลทช์ข้อมูล ซึ่งจะแสดงข้อมูลได้ทั้งหมด 8 สภาวะด้วยกัน คือ

- สัญญาณจังหวะการฉีด (BIT-SYNC) ป้อนเข้าบิท 0
- สัญญาณสภาวะรอบเดินเบา (IDL) ป้อนเข้าบิท 1
- สัญญาณอุณหภูมิอากาศ (THA) ป้อนเข้าบิท 2
- สัญญาณอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (THW) ป้อนเข้าบิท 3
- สัญญาณสภาวะการสตาร์ท (STA) ป้อนเข้าบิท 4

-สัญญาณสภาวะการเบรค (STP) ป้อนเข้าบิท 5

-สัญญาณการจุดระเบิดพื้นฐาน (IGT) ป้อนเข้าบิท 6

-สัญญาณสภาวะการเปิดเครื่องปรับ (A/C) ป้อนเข้าบิท 7

โดยกำหนดให้สัญญาณเหล่านี้ใช้พอร์ทเดียวกันคือเบอร์ COH และข้อมูลเหลานี้จะไม่สับสนกัน เพราะข้อมูลจะอยู่คนละตำแหน่งกัน

5.สัญญาณการนับจากวงจรนับอ้างอิงจากไอซีเบอร์74193 กำหนดใช้

-พอร์ทเบอร์ 80H สำหรับค่านับนัยสำคัญต่ำ (LSB)

-พอร์ทเบอร์ 81H สำหรับค่านับนัยสำคัญสูง (MSB)

<u>ด้านเอาท์พุท</u>

1.สัญญาณค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง จะถูกส่งค่าโดยผ่านวงจรนับอิสระ 8253 โดยใช้

-พอร์ทเบอร์ AOH สำหรับกำเนิดสัญญาณการฉีดน้ำมันโดยตัวนับที่ 0

-พอร์ทเบอร์ A1H สำหรับกำเนิดสัญญาณความถี่500KHzโดยตัวนับที่1

-พอร์ทเบอร์ A2H สำหรับกำเนิดสัญญาณความถี่20KHzโดยตัวนับที่ 2

2.สัญญาณการจุดระเบิด จะถูกส่งค่าโดยผ่านวงจรกำเนิดสัญญาณการจุดระเบิด (แสดงรูปวงจรในส่วน Ignition output part) มีการติดต่อคือ

-เลือกชนิดของสัญญาณการจุดระเบิด โดยใช้พอร์ทเบอร์ 60H

-การกำเนิดสัญญาณการจุดระเบิดล่วงหน้า โดยใช้พอร์ทเบอร์ 61H

เมื่อทราบชนิดของ I/O สำหรับการติดต่อกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้วจึงทำการออกแบบโปรแกรมที่แท้จริง โดยใช้แผนภาพการทำงานเป็นหลักในการอ้างอิง สำหรับการทำงานในลักษณะทั่วๆไปจะไม่กล่าวถึง แต่จะกล่าวถึงเฉพาะส่วนที่ยากแก่การทำความเข้าใจและการออกแบบโปรแกรม คือ

1)การคำนวณหาค่าข้อมูลสำหรับการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

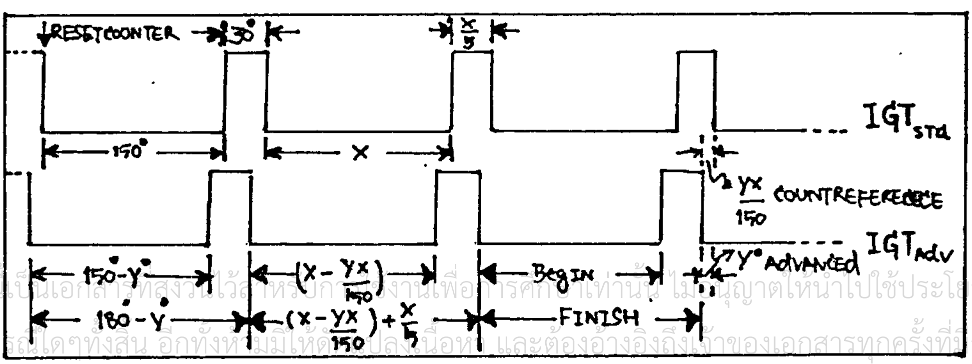
ดังที่ได้กล่าวถึงการทำงานมาแล้วว่า โปรแกรมจะต้องทำการตรวจสอบสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ แล้วหาค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ โดยทำการทดลองกับเครื่องยนต์จริงเมื่อได้ข้อมูลส่วนค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงมาแล้ว ต่อมาจะนำข้อมูลนี้มาทำเป็นตาราง(Table) โดยกำหนดใช้ค่าการฉีดน้ำมันพื้นฐานที่ขึ้นอยู่กับค่าตัวแปร 2 ชนิดคือ ค่ารอบของเครื่องยนต์และค่าแรงดันของอกาากาศที่ไหลเข้ากระบอกสูบของเครื่องยนต์ ค่าข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บในรูปของเลขฐาน 16 แล้วเก็บไว้ในหน่วยความจำ

เพื่อให้เกิดความเข้าใจโดยง่าย จะทำการอ้างอิงถึงตารางข้อมูลค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันดังกล่าว ที่มีแสดงอยู่ในส่วนของผลการทดลอง โดยที่ค่าในแถว(Column)ซ้ายสุดก็คือ ค่าแรงดันของอากาศที่ไหลเข้ากระบอกสูบ(PIM) ตั้งแต่ค่าแรงดันอากาศน้อยไปหาค่าแรงดันอากาศมากทั้งหมด 16 ค่าและค่าในบรรทัดบนสุดก็คือค่ารอบของเครื่องยนต์ (RPM) ตั้งแต่ค่ามากไปหาค่าน้อยทั้งหมด 16 ค่า

ไมโครโปรเซสเซอร์จะนำเอาค่ารอบของเครื่องยนต์และค่าแรงดันอากาศที่ไหลเข้ากระบอกสูบ จากการอ่านสภาวะของเครื่องยนต์ขณะนั้นมาทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่มีอยู่ในตารางในหน่วยความจำ เพื่อหาค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงว่าจัดอยู่ในพิกัดใดในตาราง โดยที่ค่าสภาวะเครื่องยนต์ทั้ง2 จะเป็นตัวกำหนดว่าจะใช้ข้อมูลจากตำแหน่ง (Addrees) ใดในหน่วยความจำ ซึ่งอธิบายได้ดังนี้ตารางค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันจะอยู่ในAddress ที่ 0400H-04FFH ซึ่งมีค่าทั้งหมด FFH ค่า (256 ค่า) โดยที่ค่ารอบของเครื่องยนต์และค่าแรงดันอากาศไหลเข้าจะมีค่าต่างๆกัน 16 ค่า หรือก็คือ 0FH ค่า ดังนั้นถ้าที่สภาวะของเครื่องยนต์มีค่าแรงดันอากาศไหลจัดเป็นค่าที่ X และค่ารอบของเครื่องยนต์จัดเป็นค่าที่ Y ดังนั้นข้อมูลค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันพื้นฐานจะอยู่ที่ Address(04XY) (โดยที่ค่า X และ Y มีค่าไม่เกิน 0FH)

2)การคำนวณการกำเนิดสัญญาณการจุดระเบิดล่วงหน้า

ดังได้อธิบายมาแล้วว่า การกำเนิดสัญญาณการจุดระเบิดล่วงหน้านั้นจะใช้สัญญาณการจุดระเบิดมาตรฐานที่ 10 องศาก่อนศูนย์ตายบน (IGT_{std}) เป็นสัญญาณอ้างอิง โดยการอ้างอิงนั้นเพื่อให้มีความใกล้เคียงความเป็นจริงทางอนาล็อกมากที่สุด เรากำหนดให้ใช้หน่วยของเวลาที่ใช้อ้างอิงเป็นหน่วยของค่านับจากวงจรนับอ้างอิงเป็นค่า 16 บิท ที่ใช้สัญญาณนาฬิกาประมาณ 2 MHz เป็นค่าที่ทำการนับโดยวงจรนับ โดยกำหนดให้วงจรนับถูกรีเซ็ททุกครั้งที่สัญญาณ IGT_{std} เปลี่ยนระดับสัญญาณทางดิจิตอลจาก 1 เป็น 0 และค่านับจาากวงนับอ้างอิงนี้จะอ่านเข้าสู่ไมโครโปรเซสเซอร์โดยการสั่งทางโปรแกรมควบคุมการทำงาน เมื่อสัญญาณ IGT_{std} มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณทางดิจิตอลจาก 0 เป็น 1 จะอธิบายการคะนวณโดยดูจากกราฟประกอบ



สมมติว่าองศาของการจุดระเบิดล่วงหน้าที่เพิ่มขึ้นจาก IGT$_{-ea}$ มีค่าเท่ากับ Y องศา หมายความว่าจะให้กำเนิดสัญญาณ IGT$_{-av}$ ก่อนที่ IGT$_{-ea}$ จะเป็น 1 ทางดิจิตอล เท่ากับ Y องศา และสิ้นสุดสัญญาณ IGT$_{-av}$ ก่อนที่สัญญาณ IGT$_{-ea}$ จะเป็น 0 ทางดิจิตอล เท่ากับ Y องศาเช่นกัน จะคำนวณหาค่านับดังนี้

X = ค่านับที่อ่านค่ามาได้ ซึ่งจะเทียบได้กับ 150 องศาเพราะฉะนั้น

150 องศาเทียบเป็นค่านับได้เท่ากับ X

Y องศาเทียบเป็นค่านับได้เท่ากับ XY/150

30 องศาเทียบเป็นค่านับได้เท่ากับ XY/5

จากทฤษฎีค่าความกว้างของสัญญาณจุดระเบิดจะเท่ากับ 30 องศาซึ่งก็คือค่านับ X/5 ดังนั้นจะคำนวณหาค่านับเริ่มกำเนิดสัญญาณ IGT$_{-av}$ ได้คือ

*ให้กำเนิดสัญญาณ IGT$_{-av}$ ที่ค่านับเท่ากับ X-(XY/150)

กำหนดให้ค่านับ X-(XY/150) เรียกว่าค่า BEG

เนื่องจากความกว้างของสัญญาณจุดระเบิดเท่ากับ X/5

*ให้สิ้นสุดสัญญาณ IGT$_{-av}$ ที่ค่านับเท่ากับ X-(XY/150)+(X/5)

กำหนดให้ค่านับ X-(XY/150)+(X/5) เรียกว่าค่า FIN

เมื่อได้ค่า BEG และ FIN แล้ว จะนำค่านี้ไปเปรียบเทียบกับค่านับจากวงจรนับ เมื่อค่านับมากกว่าหรือเท่ากับค่า BEG และ FIN แล้วไมโครโปรเซสเซอร์จะส่งสัญญาณให้ทำการให้กำเนิดสัญญาณและสิ้นสุดสัญญาณ IGT$_{-av}$ ตามลำดับ

สำหรับค่า Y นั้นจะได้มาจากการค้นหาในหน่วยความจำโดยเลือกค่าที่เหมาะสมกับสภาวะรอบของเครื่องยนต์ขณะนั้น โดยที่กำหนดไว้ว่าไม่เกินค่า 20H หรือค่า 32 องศาเมื่อเทียบกับสัญญาณการจุดระเบิดพื้นฐานที่10องศาก่อนศูนย์ตายบน ซึ่งก็คือจะทำการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าได้มากที่สุดเท่ากับ 42 องศาก่อนศูนย์ตายบน

โปรแกรมการคำนวณหาค่า BEG และ FIN นี้ ทำโดยใช้โปรแกรมาการคูณและการหารเลขฐาน 16 สำหรับข้อปลีกย่อยอื่นๆได้แก่ การควบคุมไม่ให้เกิดการทำงานผิดจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ มีหลักการที่อธิบายได้ว่าที่ทุกๆการจุดระเบิด 2 ครั้งจึงจะมีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 1 ครั้ง จึงได้จัดให้มีการควบคุมป้องกันการผิดพลาดไว้ ซึ่งพิจารณาได้จากโปรแกรมการคำนวณการจุดระเบิดล่วงหน้าใช้ระยะเวลาพอสมควร และต้องสัมพันธ์กับการตรวจสอบค้นหาข้อสำหรับการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงด้วย จึงกำหนดการทำงานของโปรแกรมว่าการจุดระเบิด 1 ครั้งแล้วทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 1 ครั้ง การจุดระเบิดครั้งที่ 2 โดยใช้ค่าที่คำนวณค่าได้จากการจุดระเบิดครั้งแรก

สำหรับโปรแกรมส่วนอื่นที่มิได้มีความยุ่งยากซับซ้อนมากนัก พิจารณาจากแผนภาพก็จะสามารถเข้าใจได้โดยง่ายจึงไม่ของอธิบายในส่วนนี้ แต่ที่สำคัญที่สุดในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของโครงงานชิ้นนี้ก็คือ ต้องตรวจลอบการทำานทั้งหมด ตลอดจนรีจิสเตอร์ต่างๆที่ใช้ ซึ่งมีจำนวนน้อยต้องแบ่งการทำงาน การ PUSH หรือ POP รีจิสเตอร์ซึ่งมีการใช้งานมาก ถ้ามีการทำงานผิดพลาดแล้วอาจเกิดการทำงานผิดพลาดของโปรแกรม (BUG) ได้ จึงต้องทำการแก้ไขและตรวจสอบ (DEBUG) ให้รอบคอบเพื่อให้โปรแกรมสามารถใช้งานได้ดีในทางปฏิบัติ

```
****************************
*                          *
*      CCS   PROGRAM       *
*     DESIGNED .. BY       *
*    MANA & CHAKRAPHOP     *
*                          *
****************************
                .OR       0000H
                .TA       2000H
FSTART          .EQ       24H
IDLF            .EQ       12H
TABLAD          .EQ       04H
FPTHW           .EQ       02H
FPAIRC          .EQ       02H
                LD        A,99H
DLY1            LD        B.0FFH
DLY2            DEC       B
                JR        NZ,DLY2
                DEC       A
                JR        NZ,DLY1
                LD        SP,1780H
                LD        A,0B7H
                OUT       (0A3H),A
                LD        A,22H
                OUT       (0A2H),A
                LD        A,00H
                OUT       (0A2H),A
                LD        A,77H
                OUT       (0A3H),A
                LD        A,50H
                OUT       (0A1H),A
                LD        A,00H
                OUT       (0A1H),A
```

```
        LD      B,FSTART
        IN      A,(0C0H)
        LD      E,A
        BIT     3,E
        JR      Z,WAIT1
        LD      A,FPTHW
        ADD     A,B
        LD      B,A
WAIT1   IN      A,(0C0H)
        LD      E,A
        BIT     0,E
        JR      Z,WAIT1
WAIT2   IN      A,(0C0H)
        LD      E,A
        BIT     0,E
        JR      NZ,WAIT2
        CALL    FINJ
        LD      A,00H
        OUT     (0C9H),A
        CALL    LOOP1
        IN      A,(0C9H)
        SBC     A,09H
        JR      C,WAIT1
SW.STA  IN      A,(0C0H)
        LD      E,A
        BIT     4,E
        JR      NZ,WAIT1
IDLC    IN      A,(0C0H)
        LD      E,A
        BIT     1,E
        JR      NZ,NONIDL
        LD      B,IDLF
        IN      A,(0C0H)
```

```
          LD      E,A
          BIT     3,E
          JR      Z,AIRC
          LD      A,FPTHW
          ADD     A,B
          LD      B,A
AIRC      IN      A,(0C0H)
          LD      E,A
          BIT     7,E
          JR      Z,WAIT3
          LD      A,FPAIRC
          ADD     A,B
          LD      B,A
WAIT3     IN      A,(0C0H)
          LD      E,A
          BIT     0,E
          JR      Z,WAIT3
WAIT4     IN      A,(0C0H)
          LD      E,A
          BIT     0,E
          JR      NZ,WAIT4
          CALL    FINJ
          JR      IDLC
NONIDL    CALL    FCAL
IGTST1    IN      A,(0C0H)
          LD      E,A
          BIT     6,E
          JR      Z,IGTST1
RCTR      IN      A,(80H)
          LD      L,A
          IN      A,(81H)
          LD      H,A
IGTST0    IN      A,(0C0H)
```

```
          LD     E,A
          BIT    6,E
          JR     NZ,IGTSTO
IGADV     LD     A,00H
          OUT    (60H),A
IGAVC     LD     A,00H
          OUT    (0C9H),A
          CALL   LOOP1
          IN     A,(0C9H)
          LD     C,A
CPL       SBC    A,33H
          JR     NC,CPH
          LD     E,L
          LD     D,H
          PUSH   BC
          PUSH   DE
          LD     DE,0005H
          CALL   DIVID
          POP    DE
          POP    BC
          JR     DOCIG
CPH       LD     A,C
          SBC    A,9FH
          JR     C,LDAT
          LD     C,20H
          JR     XDIV96
LDAT      LD     IY,IGDAT
          LD     IX,RPMIGD
          LD     D,(IX+0)
GRPM      LD     A,C
          CP     D
          JR     Z,GDAT
          SBC    A,D
```

```
                JR      C,GDAT
                INC     IX
                INC     IY
                LD      D,(IX+0)
                JR      GRPM
GDAT            LD      C,(IY+0)
XDIV96          LD      DE,0096H
                PUSH    HL
                PUSH    BC
                CALL    DIVID
                EX      DE,HL
                POP     BC
MULT            LD      A,C
                LD      HL,0000H
                LD      C,08H
MULOOP          ADD     HL,HL
                RLA
                JR      NC,NEXT
                ADD     HL,DE
NEXT            DEC     C
                JR      NZ,MULOOP
                EX      DE,HL
                POP     HL
                PUSH    HL
                SBC     HL,DE
                EX      DE,HL
                POP     HL
                PUSH    BC
                PUSH    DE
XDIV5           LD      DE,0005H
                CALL    DIVID
                POP     DE
                POP     BC
```

```
DOCIG   ADD     HL,DE
        PUSH    DE
        PUSH    HL
CCTR1   IN      A,(80H)
        LD      L,A
        IN      A,(81H)
        LD      H,A
        SBC     HL,DE
        JR      C,CCTR1
OPNIG   LD      A,00H
        OUT     (61H),A
        POP     HL
        EX      DE,HL
CCTR2   IN      A,(80H)
        LD      L,A
        IN      A,(81H)
        LD      H,A
        SBC     HL,DE
        JR      C,CCTR2
CLOIG   LD      A,00H
        OUT     (61H),A
        EX      DE,HL
B.SYNC  IN      A,(0C0H)
        LD      E,A
        BIT     0,E
        JR      NZ,B.SYNC
        CALL    FINJ
CIDL    IN      A,(0C0H)
        LD      E,A
        BIT     1,E
        JR      NZ,NOTIDL
        POP     DE
        LD      A,00H
```

```
                OUT     (60H),A
                JP      IDLC
NOTIDL          POP     DE
                PUSH    HL
                PUSH    DE
                CALL    FCAL
                POP     DE
CCTR3           IN      A,(80H)
                LD      L,A
                IN      A,(81H)
                LD      H,A
                SBC     HL,DE
                JR      C,CCTR3
OPNIG2          LD      A,00H
                OUT     (61H),A
                POP     HL
                EX      DE,HL
IGNTT           IN      A,(0C0H)
                LD      C,A
                BIT     6,C
                JR      Z,RCTR2
                IN      A,(80H)
                LD      L,A
                IN      A,(81H)
                LD      H,A
                PUSH    HL
RCTR1           IN      A,(80H)
                LD      L,A
                IN      A,(81H)
                LD      H,A
                SBC     HL,DE
                JR      C,RCTR1
CLOIG2          LD      A,00H
```

```
                OUT     (61H),A
                POP     HL
                JP      IGLOOP
RCTR2           IN      A,(80H)
                LD      L,A
                IN      A,(81H)
                LD      H,A
                SBC     HL,DE
                JR      C,IGNTT
COIG2           IN      A,00H
                OUT     (61H),A
IGTCTR          IN      A,(OCOH)
                LD      C,A
                BIT     6,C
                JR      Z,IGTCTR
                IN      A,(80H)
                LD      L,A
                IN      A,(81H)
                LD      H,A
IGLOOP          IN      A,(OCOH)
                LD      E,A
                BIT     6,E
                JR      NZ,IGLOOP
                JP      IGAVC

        ***  END OF MAIN PROGRAM  ***
        ******************************
```

```
***************************
*                         *
*   INJECTION  SUBROUTINE *
*                         *
***************************

                  .OR      0200H
                  .TA      2200H
FINJ              LD       A,10H
                  OUT      (0A3H),A
                  LD       A,B
                  OUT      (0A0H),A
                  RET

***************************
*                         *
*    LOOP1  SUBROUTINE    *
*                         *
***************************

                  .OR      0210H
                  .TA      2210H
LOOP1             LD       A,19H
LOOP2             DEC      A
                  JR       NZ,LOOP2
                  RET
```

```
*****************************
*                           *
* FUEL CALCULATE SUBROUTINE *
*                           *
*****************************

                .OR     0220H
                .TA     2220H
FCAL            LD      A,00H
RRPM            OUT     (0C9H),A
                CALL    LOOP1
                IN      A,(0C9H)
                LD      C,A
RPIM            LD      A,00H
                OUT     (0C5H),A
                CALL    LOOP1
                IN      A,(0C5H)
                LD      D,A
RVTA            LD      A,00H
                OUT     (0C1H),A
                CALL    LOOP1
                IN      A,(0C1H)
                LD      E,A
MAXPIM          LD      A,D
                SBC     A,0BCH
                JR      C,CPIM
                LD      H,0FH
                JR      MINRPM
CPIM            LD      H,00H
                LD      IX,PIMDAT
                LD      B,(IX+0)
PIML            LD      A,D
                CP      B
```

```
            JR      Z,MINRPM
            SBC     A,B
            JR      C,MINRPM
            INC     H
            INC     IX
            LD      B,(IX+0)
            JR      PIML
MINRPM      LD      A,C
            SBC     A,19H
            JR      NC,CRPM
            LD      L,0FH
            JR      LTABLE
CRPM        LD      L,00H
            LD      IX,RPMDAT
            LD      B,(IX+0)
RPML        LD      A,C
            CP      B
            JR      Z,LTABLE
            SBC     A,B
            JR      NC,LTABLE
            INC     L
            INC     IX
            LD      B,(IX+0)
            JR      RPML
LTABLE      LD      A,H
            RLCA
            RLCA
            RLCA
            RLCA
            ADD     A,L
            LD      L,A
            LD      H,TABLAD
            LD      B,(HL)
```

```
CVTA    LD    IX,VTADAT
        LD    IY,FPDAT
        LD    D,(IX+0)
VTAL    LD    A,E
        CP    D
        JR    Z,GFP
        SBC   A,D
        JR    C,GFP
        INC   IY
        INC   IX
        LD    D,(IX+0)
        JR    VTAL
GFP     LD    A,(IY+0)
        ADD   A,B
        LD    B,A
THW     IN    A,(0C0H)
        LD    E,A
        BIT   3,E
        JR    Z,AIRCON
        LD    A,FPTHW
        ADD   A,B
        LD    B,A
AIRCON  IN    A,(0C0H)
        LD    E,A
        BIT   7,E
        JR    Z,GFDAT
        LD    A,FPAIRC
        ADD   A,B
        LD    B,A
GFDAT   RET
```

```
***************************
*                         *
*   DIVIDE   SUBROUTINE   *
*                         *
***************************

               .OR      02D0H
               .TA      22D0H
DIVID          LD       C,L
               LD       A,H
               LD       HL,0000H
               LD       B,10H
               OR       A
DVLOOP         RL       C
               RLA
               RL       L
               RL       H
               PUSH     HL
               SBC      HL,DE
               CCF
               JR       C,DROP
               EX       (SP),HL
DROP           INC      SP
               INC      SP
               DJNZ     DVLOOP
               EX       DE,HL
               RL       C
               LD       L,C
               RL       A
               LD       H,A
               OR       A
               RET
*** END ALL OF THE PROGRAM ***
```

```
*****************************
*                           *
*      REFERENCE  DATA      *
*                           *
*****************************

                .OR     03A0H
                .TA     23A0H
PIMDAT          .HS     343E464E
                .HS     59636A73
                .HS     74868E97
                .HS     9FAAB3BC

                .OR     03B0H
                .TA     23B0H
RPMDAT          .HS     ECDCCFC1
                .HS     B7A99A8B
                .HS     7C6F6052
                .HS     43362719

                .OR     03C0H
                .TA     23C0H
VTADAT          .HS     00122234
                .HS     4057697A
                .HS     889AABBD
                .HS     CCE0F0FF

                .OR     03E0H
                .TA     23E0H
IGTDAT          .HS     02040608
                .HS     0A0C0E10
                .HS     12141618
                .HS     1A1C1E20
```

```
                  .OR     03F0H
                  .TA     23F0H
RPMIGT  .         .HS     33384046
                  .HS     4D555A62
                  .HS     6A71787F
                  .HS     898E989F
** TABLE OF FUEL DATA IS**
** IN ADDRESS 0400-04FF **
********END OF DATA*******
```

บทที่ ๕

วิธีการทดลองและผลการทดลอง

วิธีการทดลอง

เมื่อได้ทำการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ทั้งหมด และออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบได้แล้ว ต่อมาก็จะได้ทำการทดลองวงจรและโปรแกรมควลคุมการทำงานที่ได้ออกแบบ โดยทำการสมมติค่าสภาวะต่างๆของเครื่องยนต์ ให้ใกล้เคียงกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์จริงมากที่สุด ซึ่งในการสมมติค่าสภาวะของเครื่องยนต์นี้กระทำได้โดยพิจารณาว่า สัญญาณอินพุทจากตัวตรวจจับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์แต่ละสัญญาณมีลักษณะอย่างไรบ้าง แล้วทำการป้อนสัญญาณสมมติเข้าภาคอินพุทของวงจรรับสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์

การที่จะต้องทำการสมมติสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ขึ้นมาทำการทดลองนี้ก็เพื่อว่า ต้องการความสมบูรณ์ของวงจรควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและวงจรควบคุมการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าอิเล็กทรอนิกส์ และต้องการให้เกิดความผิดพลาดในทุกๆด้านน้อยที่สุดด้วย เพราะการนำวงจรไปทดลอบกับเครื่องยนต์จริงมิใช่เรื่องที่จะกระทำได้โดยง่าย และเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลองเป็นเครื่องยนต์ที่มีราคาแพง กอปรกับอุปกรณ์ที่ใช้กับเครื่องยนต์รุ่นนี้มีราคาแพงและหาได้ยากพอสมควร ดังนั้นถ้าเกิดการทำงานที่ผิดพลาดแล้วอาจทำให้เครื่องยนต์เสียหายและยากต่อการแก้ไข

สัญญาณแสดงสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ที่ทำการสมมติมีดังนี้ คือ

-สัญญาณจากตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น(THW) มีลักษณะสัญญาณเป็น 0 กับ 1 ทางดิจิตอล โดยทำการสมมติ

เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 50 C สัญญาณจะเป็น 1 ดังนั้นจึงป้อนแรงดันไฟฟ้า 5 V

เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 50 C สัญญาณจะเป็น 0 ดังนั้นจึงป้อนแรงดันไฟฟ้า 0 V

-สัญญาณจากตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ(THA) มีลักษณะสัญญาณเหมือนสัญญาณจากตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น แต่ใช้งานที่อุณหภูมิต่างกันดังนี้

เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 20 C สัญญาณจะเป็น 1 ดังนั้นจึงป้อนแรงดันไฟฟ้า 5 V.

เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 20 C สัญญาณจะเป็น 0 ดังนั้นจึงป้อนแรงดันไฟฟ้า 0 V

-สัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (IDL,VTA)

ที่สภาวะรอบเดินเบา IDL จะเป็น 0 จึงป้อนแรงดันไฟฟ้า 0 V

ที่สภาวะการเร่งเครื่องยนต์ IDL จะเป็น 1 จึงป้อนแรงดันไฟฟ้า 1 V

ส่วนสัญญาณ VTA จะมีลักษณะสัญญาณเป็นแบบลิเนียร์ มีค่าตั้งแต่ลิ้นเร่งปิดสุดถึงเปิดสุดประมาณ 0.1-5 V

*-สัญญาณจากตัวตรวจจับสูญญากาศ (PIM) จะมีค่าแปรเปลี่ยนตามแรงดันของอากาศที่ไหลเข้ากระบอกสูบ ซึ่งจะมีค่าประมาณตั้งแต่ 0-5 V

-สัญญาณแสดงการสตาร์ทเครื่องยนต์ (STA) มีลักษณะเป็นสัญญาณทางดิจิตอล คือ

เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ STA จะเป็น 1

เมื่อเครื่องยนต์ทำงานได้แล้ว STA จะเป็น 0

-สัญญาณการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ (A/C) มีลักษณะเป็นสัญญาณทางดิจิตอล คือ

เมื่อทำการเปิดเครื่องปรับอากาศ A/C จะเป็น 1

เมื่อทำการปิดเครื่องปรับอากาศ A/C จะเป็น 0

-สัญญาณการจุดระเบิดพื้นฐาน (IGT_{std}) สำหรับสัญญาณการจุดระเบิดพื้นฐานนี้ จะได้จากการเปรียบเทียบสัญญาณ G กับสัญญาณ Ne แต่ไม่สามารถทำการสมมติทั้งสัญญาณ G และ Ne ขึ้นมาได้ จึงใช้ Signal generater สร้างสัญญาณการจุดระเบิดพื้นฐานขึ้นมาป้อนเข้าวงจรรับสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์

เมื่อได้ทำการสมมติสัญญาณแสดงสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์แล้ว จึงเริ่มทำการทดลองทีละขั้นตอน โดยในขั้นแรกทำการทดลองโดยใช้ซิงเกิ้ลบอร์ด (Single board) ทำการควบคุมการทำงานของวงจร ซึ่งง่ายต่อการตรวจสอบความผิดพลาดและการป้อนข้อมูลในหน่วยความจำ และสามารถทำการแก้ไขโปรแกรมควบคุมการทำงานได้โดยสะดวก

ในการทดสอบโปรแกรมควบคุมการทำงาน จะทำการทดสอบโดยแยกการทดสอบออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

<u>ขั้นตอนแรก</u> ทำการทดสอบสำหรับการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่สภาวะต่างของเครื่องยนต์เพียงอย่างเดียว โดย<u>ทำการกำหนดค่าการจุดระเบิดล่วงหน้าค่าคงที่ค่าหนึ่ง</u> แล้วทำการทดสอบที่สภาวะสมมติต่างๆของเครื่องยนต์จากการป้อนสัญญาณสมมติสภาวะของเครื่องยนต์ที่ได้กล่าวมาแล้ว จากนั้นพิจารณาว่าค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่สภาวะสมมติต่างๆของเครื่องยนต์นั้นถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องก็ทำการแก้ไขโปรแกรมส่วนนี้ก่อน แต่ถ้าค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงถูกต้องก็ให้ทำงานตามขั้นตอนที่สองต่อไป

<u>ขั้นตอนที่สอง</u> เมื่อการทำงานของโปรแกรมส่วนควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงถูกต้องแล้ว ต่อมาทำการทดสอบสำหรับการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าที่สภาวะต่างๆของเครื่องยนต์เพียงอย่างเดียว โดยทำการกำหนดค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงค่าคงที่ค่าหนึ่ง แล้วทำการทดสอบที่สภาวะสมมติ

ต่างๆของเครื่องยนต์เช่นเดียวกับในขั้นตอนแรก จากนั้นพิจารณาว่าการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้านั้นมีการจุดระเบิดที่ถูกต้องตามค่าที่กำหนดไว้ในหน่วยความจำหรือไม่ ถ้าค่าการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าไม่ถูกต้องตามค่าที่กำหนดไว้ ก็ให้ทำการแก้ไขในส่วนนี้ก่อน แล้วจึงทำการทดสอบขั้นตอนต่อไป

<u>ขั้นตอนสุดท้าย</u> เมื่อทำการทดสอบในทั้งสองขั้นตอนแรกผ่านมาเรียบร้อยแล้ว ต่อมาจึงทำการทดสอบโดยใช้ทั้งการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและการจุดระเบิดพร้อมกัน ซึ่งจะได้โปรแกรมควบคุมการทำงานที่ดีที่สุดออกมา

จากนั้นเมื่อได้โปรแกรมควบคุมการทำงานที่ถูกต้องแล้ว ต่อไปจึงทำการทดลองการทำงานกับเครื่องยนต์จริง และสภาวะต่างๆของเครื่องยนต์จริงๆ เพื่อหาค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์ โดยที่ในขั้นแรกทำการประมาณการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าที่จะเป็นไปได้ก่อน แล้วใช้วงจรกำเนิดสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมที่สามารถปรับความกว้างของคลื่นได้ ทำการปรับค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมต่อสภาวะของเครื่องยนต์ที่ทดลอง เมื่อได้ค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อ-เพลิงที่เหมาะสมแล้ว ต่อไปจึงทดลองเปลี่ยนค่าการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าเป็นค่าต่างๆแล้วทดลองว่าค่าการปรับองศาการจุดระเบิดที่รอบต่างๆกัน มีค่าเป็นเท่าใดที่ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงสุด

จากนั้นทำการบันทึกค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าที่เหมาะสมลงในหน่วยความจำ

เมื่อได้ค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าที่ถูกต้องแล้ว จึงทดสอบการทำงานแบบการทำงานด้วยตัวเองของไมโครโปรเซสเซอร์ (Stand alone system) โดยทำการบันทึกโปรแกรมควบคุมการทำงานและค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง และค่าการปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าที่ถูกต้องลงในหน่วยความจำ (EPROM) โดยเครื่องเขียนข้อมูล (Eprom writer) แล้วทดสอบกับเครื่องยนต์จริง

<u>ผลการทดลอง</u>

จากการทดลองกับเครื่องยนต์ จะได้ค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าการปรับองศาของการจุดระเบิด ซึ่งแสดงไว้ในตาราง และสัญญาณต่างๆก็แสดงไว้ในกราฟ ดังนี้

RPM / PIM	EC	DC	CF	C1	B7	A9	9A	8B	7C	6F	60	52	43	36	27	19
34	1C	1C	1B	1A	19	19	18	17	16	16	12	12	12	12	12	12
3E	24	1F	1E	1D	1C	1C	1B	19	18	18	14	14	12	12	12	12
46	24	23	21	1E	1E	1E	1D	1C	1A	1A	16	16	14	12	12	12
4E	2D	2B	29	27	24	22	20	1E	1D	1C	1A	18	16	14	12	12
59	37	33	2E	2B	29	25	23	22	1F	1E	1C	1A	18	16	14	12
63	40	3B	37	33	2F	2B	28	24	21	1F	1E	1C	1A	18	16	12
6A	49	47	43	40	3E	37	2E	28	23	22	21	21	1D	1A	18	12
73	52	4D	4B	45	42	3D	38	30	26	25	24	23	21	1E	1A	12
7C	5B	57	54	4F	4D	47	41	3B	36	2D	28	26	23	1F	1C	12
86	64	60	5E	5A	56	50	49	41	3F	36	2B	28	26	21	1E	12
8E	6D	69	65	61	5D	58	52	4B	44	3B	2F	2B	28	23	1F	12
97	76	73	70	6A	64	5F	58	51	48	3F	33	2F	2B	28	23	12
9F	7F	7B	76	72	6B	66	63	55	4D	42	35	33	2D	2B	26	12
AA	88	85	7E	75	73	71	67	5B	52	47	38	35	31	2D	2B	12
B3	91	8E	86	7D	76	75	69	5F	58	4C	3E	38	35	31	2F	12
BC	9B	97	8E	85	7D	76	6F	66	5B	51	45	3E	38	37	35	12

ตารางที่ **1** แสดงข้อมูลคาบเวลาการฉีดน้ำมันเทียบกับ RPM และ PIM

จากตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบของเครื่องยนต์กับแรงดันของอากาศที่ไหลเข้า ที่มีผลต่อคาบเวลาของการฉีดน้ำมัน ข้อมูลส่วนนี้จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ และไมโครโปรเซสเซอร์จะทำการเรียกข้อมูลการฉีดน้ำมันที่ถูกต้องตามสภาวะรอบของเครื่องยนต์กับแรงดันอากาศที่ไหลเข้าขณะนั้นออกมาใช้เป็นข้อมูลคาบเวลาการฉีดน้ำมันพื้นฐาน ซึ่งจะนำไปบวกกับการเพิ่มคาบเวลาการฉีดน้ำมันอันเนื่องมาจากสภาวะของเครื่องยนต์ที่ได้รับมาจากตัวตรวจจับสัญญาณตำแหน่งของลิ้นคันเร่ง และตัวตรวจจับสัญญาณสภาวะอื่นๆของเครื่องยนต์ เช่น ที่สภาวะของอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นต่ำกว่า 50 C และที่สภาวะการเปิดเครื่องปรับอากาศของรถยนต์ เป็นต้น

แล้วจะทำการส่งค่าข้อมูลคาบเวลาการฉีดน้ำมันที่ถูกต้องที่สุดนี้ให้กับวงจรนับ ซึ่งจะแปลงค่าข้อมูลเป็นสัญญาณที่ใช้ในการเปิดหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงไปยังวงจรส่วนควบคุมการเปิด-ปิดหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Drive Circuit) เพื่อจ่ายน้ำมันให้แก่เครื่องยนต์ต่อไป

ต้าแหน่ง ๗ ๕ เริ่ม

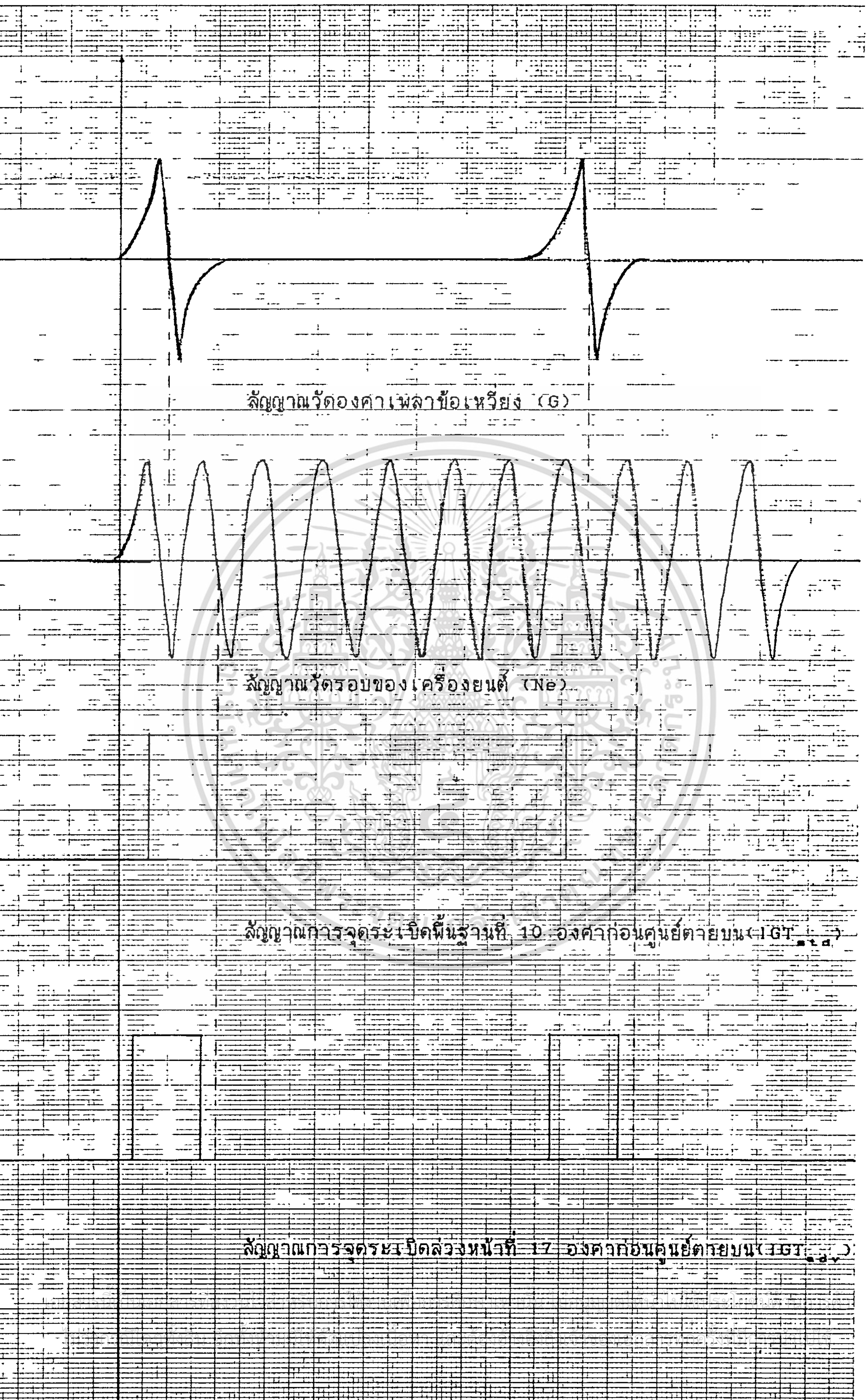
VTA	FPDAT	RPM	IGTDAT
00	02	33	02
12	02	38	04
22	02	40	06
34	06	46	08
40	06	4D	0A
57	06	55	0C
69	0A	5A	0E
7A	0A	62	10
88	0A	6A	12
9A	0E	71	14
AB	0E	78	16
BD	0E	7F	18
CC	12	89	1A
E0	12	8E	1C
F0	12	98	1E
FF	12	9F	20

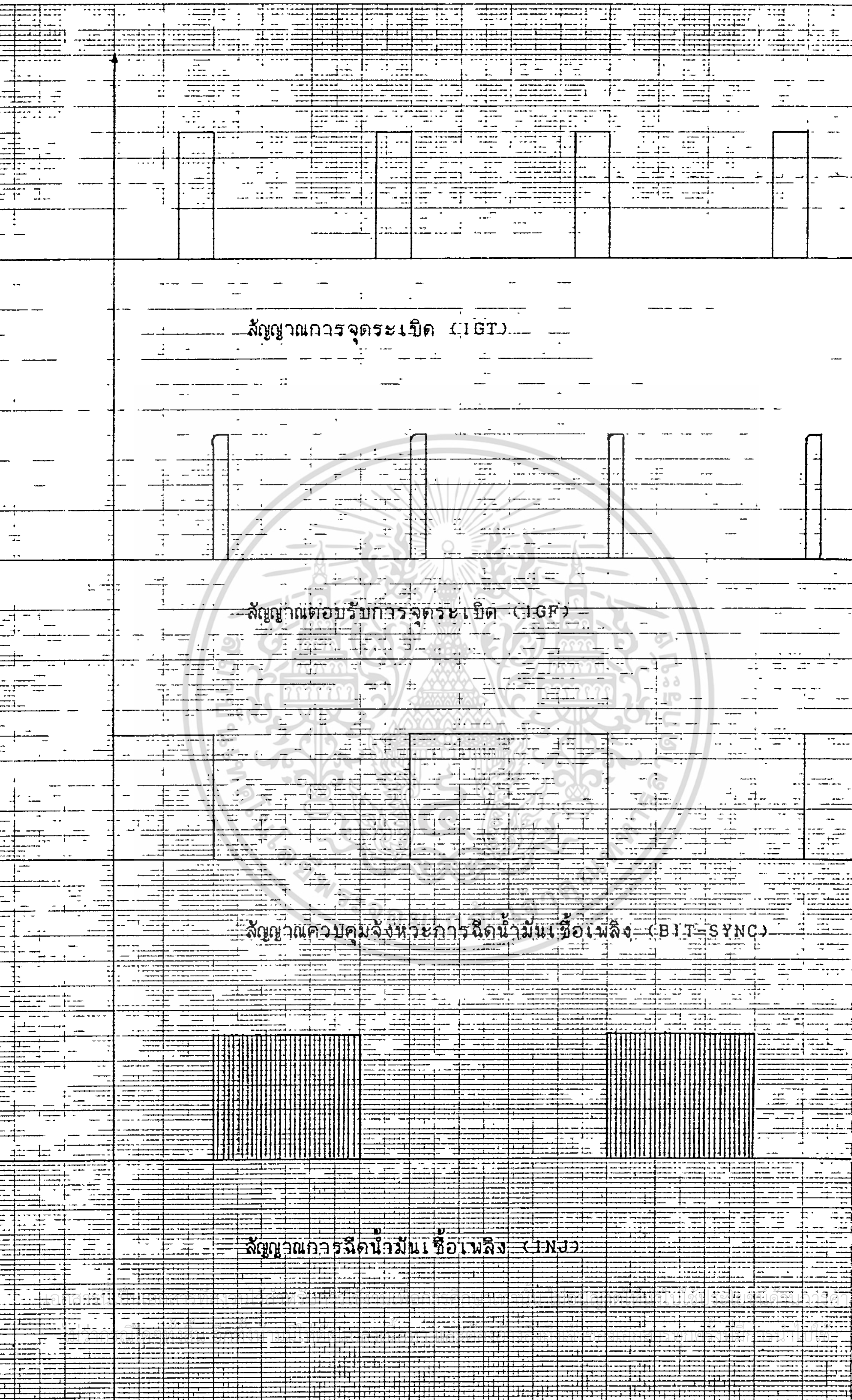
ตารางที่ **2** แสดงข้อมูลคาบเวลาการฉีดน้ำมันเพิ่มเทียบกับ VTA

ตารางที่ **3** แสดงข้อมูลการปรับองศาการจุดระเบิดเทียบกับ RPM

จากตารางที่ **2** จะแสดงความสัมพันธ์ของค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันที่เพิ่มขึ้นเมื่อตำแหน่งของลิ้นคันเร่งมีตำแหน่งการเปิดต่างกัน เมื่อลิ้นคันเร่งเปิดมาก VTA จะมีค่ามากนั่นก็คือเครื่องยนต์กำลังรับภาระสูง จึงทำการเพิ่มค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันมาก และเมื่อลิ้นคันเร่งเปิดน้อย VTA จะมีค่าน้อยนั่นก็คือเครื่องยนต์ได้รับภาระต่ำ จึงทำการเพิ่มค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันน้อย

จากตารางที่ **3** จะแสดงความสัมพันธ์ขององศาการจุดระเบิดล่วงหน้าที่เพิ่มขึ้นจากการจุดระเบิดพื้นฐาน เทียบกับรอบของเครื่องยนต์ขณะต่างๆกัน ค่าองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าที่เพิ่มนี้จะถูกเลือกใช้โดยไมโครโปรเซสเซอร์ จะทำการเลือกค่าที่เหมาะสมกับสภาวะรอบของเครื่องยนต์ขณะนั้น ข้อมูลจะถูกนำไปประมวลผลเพื่อแปลงให้เป็นค่านับสำหรับการเริ่มต้นและสิ้นสุดของสัญญาณจุดระเบิด จากนั้นข้อมูลนี้จะนำไปเปรียบเทียบกับค่านับอ้างอิงจากวงจรนับ แล้วส่งสัญญาณไปยังวงจรกำเนิดสัญญาณการจุดระเบิดต่อไป


สัญญาณวัดองศาเพลาข้อเหวี่ยง (G)
สัญญาณวัดรอบของเครื่องยนต์ (Ne)
สัญญาณการจุดระเบิดพื้นฐานที่ 10 องศาก่อนศูนย์ตายบน (IGT๑๐)
สัญญาณการจุดระเบิดล่วงหน้าที่ 17 องศาก่อนศูนย์ตายบน (IGT๑๗)


สัญญาณการจุดระเบิด (IGT)
สัญญาณตอบรับการจุดระเบิด (IGF)
สัญญาณควบคุมจังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (BIT-SYNC)
สัญญาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (INJ)

บทที่ ๖

บทสรุปและวิจารณ์

โครงงานระบบหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์และการปรับองศาการจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการศึกษาถึงการประยุกต์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาใช้ควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและการปรับองศาการจุดระเบิดให้แก่เครื่องยนต์ และมีผลทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูง รวมทั้งประหยัดเชื้อเพลิงมากกว่าในระบบที่จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยคาร์บูเรเตอร์ และการปรับองศาการจุดระเบิดด้วยระบบสุญญากาศ ที่ใช้กันแพร่หลายกันอยู่ในปัจจุบัน

จากการทดลองโครงงานนี้ ไม่สามารถทดลองหาจุดข้อมูลที่ทำให้เครื่องยนต์ได้ประสิทธิภาพสูงสุดได้ เนื่องจากขาดอุปกรณ์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เช่น เครื่องวัดแรงม้าของเครื่องยนต์ เป็นต้น ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการทดลอง จึงเป็นข้อมูลที่ไม่สามารถให้ผลการทำงานมีประสิทธิภาพได้สูงสุด เพียงแต่เป็นการศึกษาให้ทราบถึงการทำงานของระบบหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและการปรับองศาการจุดระเบิดโดยใช้วงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ แต่ถ้ามีอุปกรณ์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์และมีเวลาในการทดลองมากกว่านี้ ก็จะทำให้ได้ข้อมูลที่ทำให้เครื่องยนต์ทำงานมีประสิทธิภาพสูงสุดได้

จากการศึกษาโครงงานนี้ มีวัตถุประสงค์หลักในด้านการประหยัดพลังงาน ถ้าสามารถทดลองหาข้อมูลค่าคาบเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าการปรับองศาของการจุดระเบิดได้เหมาะสม จะทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้มีประสิทธิภาพสูงสุดและประหยัดเชื้อเพลิงมากกว่าระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน และการประยุกต์ของโครงงานนี้สามารถนำไปใช้ได้กับเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมอีกด้วย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติเป็นอย่างมาก

นอกจากนี้ โครงงานที่ศึกษายังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบได้อีกเช่น การตรวจสอบความผิดพลาดของอุปกรณ์ที่ใช้งานในการทำงาน ถ้าเกิดมีอุปกรณ์ที่ชำรุดหรือไม่สามารถทำงานเต็มประสิทธิภาพได้ ระบบก็จะส่งสัญญาณเตือนให้รู้ว่ามีอุปกรณ์ตัวไหนชำรุดบ้าง และการทำงานของระบบก็จะทำงานต่อไปโดยอาศัยข้อมูลในหน่วยความจำที่ทำเตรียมไว้แล้ว ซึ่งข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้นี้จะเป็นข้อมูลสำหรับการทำงานที่สภาวะปกติแต่ไม่สามารถให้ประสิทธิภาพสมบูรณ์ได้ จนกว่าอุปกรณ์ที่ชำรุดจะถูกเปลี่ยนหรือได้รับการซ่อมแซม ระบบจึงสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพอีกครั้งหนึ่ง การทำงานของระบบในลักษณะนี้สามารถทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้ต่อเนื่องโดยไม่มีการหยุดชะงัก และเป็นการประหยัดเวลาในการตรวจสอบและซ่อมแซมส่วนที่ชำรุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์พลผดุง ผดุงกุล อาจารย์ที่ปรึกษาของโครงงาน ระบบหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและการปรับองศาการจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ ที่ช่วยให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนให้ความร่วมมือช่วยในทุกๆด้าน

ขอขอบคุณศูนย์ฝึกอบรม บริษัทโตโยต้ามอเตอร์ไทยแลนด์จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านเอกสารเกี่ยวกับระบบการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ และให้คำปรึกษาในด้านต่างๆที่เกี่ยวกับเครื่องยนต์

ขอขอบคุณอู่ซ่อมรถยนต์ RALLY SPORT ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ของเครื่องยนต์

เอกสารอ้างอิง

1. Jan P. Norbye, AUTOMOTIVE FUEL INJECTION SYSTEMS, A Tecnical guide, Motorbooks International USA, 1981.
2. TOYOTA TCCS SERVICE TRAINING INFORMATION, Toyota Motor Corporation, Pub. No. ST1019E, 1988.
3. Robert Bosch, COMBINED IGNITION AND FUEL INJECTION SYSTEM WITH LANBDA CLOSED-LOOP CONTROL MOTRONIC TECHNICAL INSTRUCTION, Stuttgart, 1985.
4. TOYOTA COMPUTER-CONTROLLED SYSTEM FOR COROLLA AND CELICA 4A-GE ENGINE, Diagnosis manual, Toyota Motor Corporation, Pub. No. 36901E, 1986.
5. Weathers Tom Jr. and Hunter Claud c., AUTOMOTIVE COMPUTER AND CONTRO9L SYSTEM, Prentice-HALL, 1984.
6. Lance A. Leventhal, Z-80 ASSEMBLY LANGUAGE PROGRAMMING,

ภาคผนวก

Z8400
Z80® CPU Central Processing Unit

Zilog

Product Specification

April 1985

Z80 CPU

FEATURES

- The instruction set contains 158 instructions. The 78 instructions of the 8080A are included as a subset; 8080A software compatibility is maintained.
- Eight MHz, 6 MHz, 4 MHz, and 2.5 MHz clocks for the Z80H, Z80B, Z80A, and Z80 CPU result in rapid instruction execution with consequent high data throughput.
- The extensive instruction set includes string, bit, byte, and word operations. Block searches and block transfers, together with indexed and relative addressing, result in the most powerful data handling capabilities in the microcomputer industry.
- The Z80 microprocessors and associated family of peripheral controllers are linked by a vectored interrupt system. This system may be daisy-chained to allow implementation of a priority interrupt scheme. Little, if any, additional logic is required for daisy-chaining.
- Duplicate sets of both general-purpose and flag registers are provided, easing the design and operation of system software through single-context switching, background-foreground programming, and single-level interrupt processing. In addition, two 16-bit index registers facilitate program processing of tables and arrays.
- There are three modes of high speed interrupt processing: 8080 similar, non-Z80 peripheral device, and Z80 Family peripheral with or without daisy chain.
- On-chip dynamic memory refresh counter.

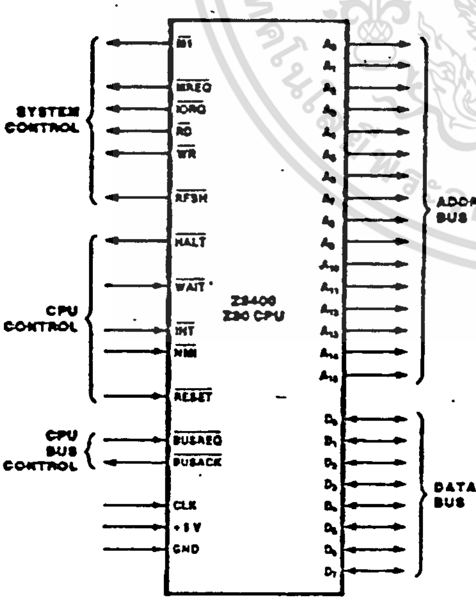


Figure 1. Pin Functions

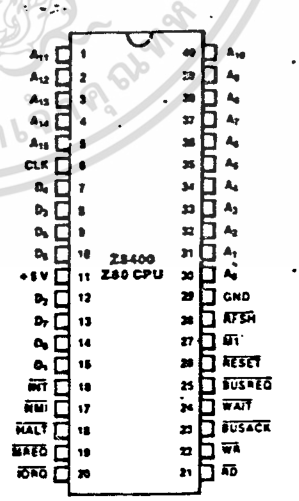


Figure 2a. 40-Pin Dual-In-Line Package (DIP) Pin Assignments

intel®

8253/8253-5
PROGRAMMABLE INTERVAL TIMER

- MCS-85™ Compatible 8253-5
- 3 Independent 16-Bit Counters
- DC to 2.6 MHz
- Programmable Counter Modes
- Count Binary or BCD
- Single +5V Supply
- Available in EXPRESS
  - —Standard Temperature Range
  - —Extended Temperature Range

The Intel® 8253 is a programmable counter/timer device designed for use as an Intel microcomputer peripheral. It uses nMOS technology with a single +5V supply and is packaged in a 24-pin plastic DIP.

It is organized as 3 independent 16-bit counters, each with a count rate of up to 2.6 MHz. All modes of operation are software programmable.

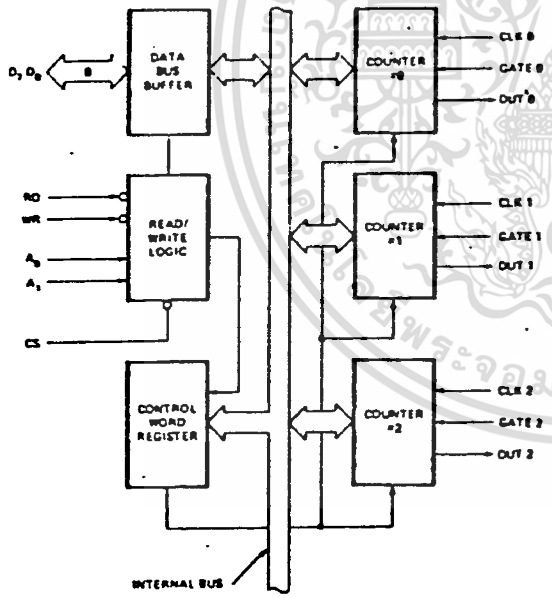


Figure 1. Block Diagram

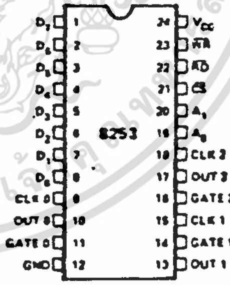


Figure 2. Pin Configuration

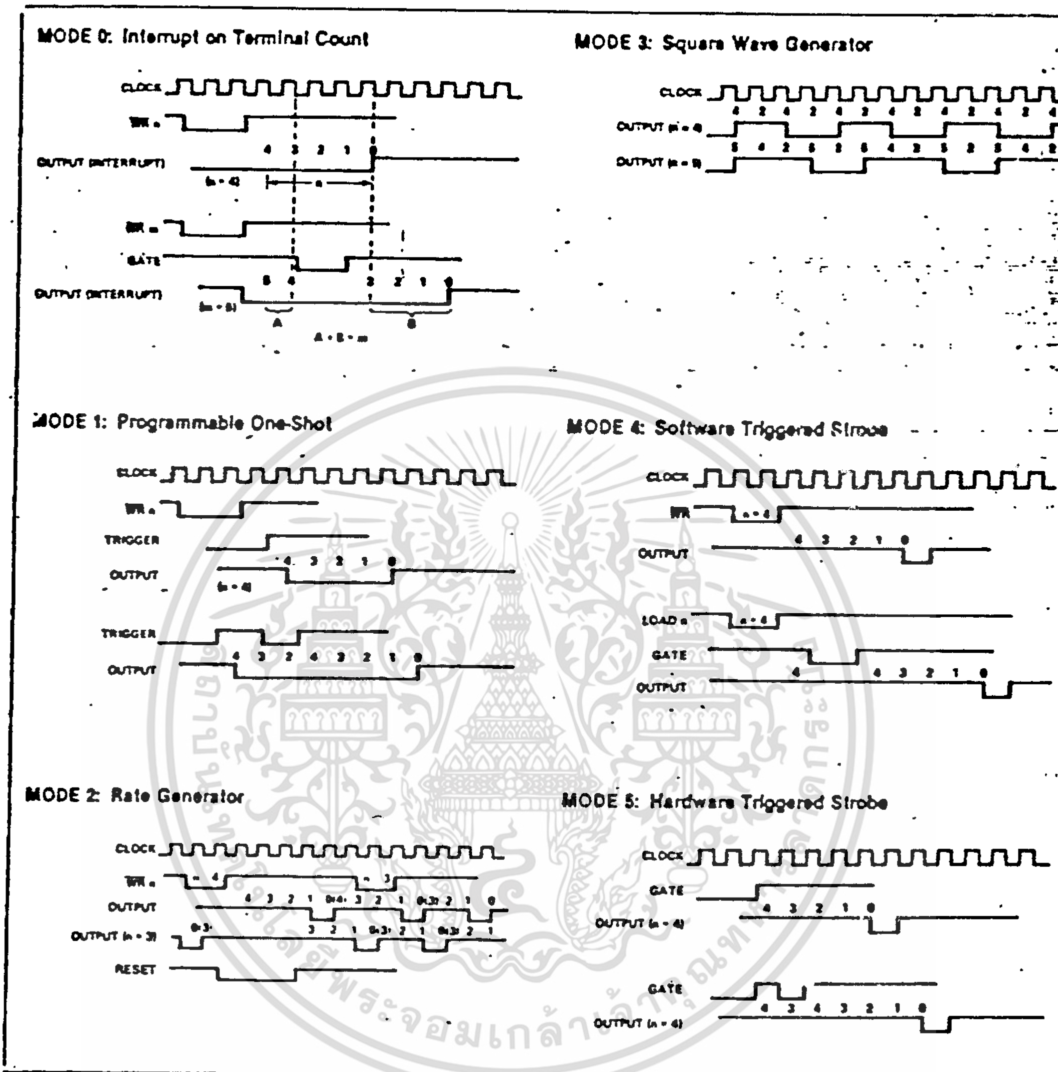


Figure 7. 8253 Timing Diagrams

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Ambient Temperature Under Bias .... 0°C to 70°C
Storage Temperature .... −65°C to +150°C
Voltage On Any Pin
With Respect to Ground .... −0.5 V to +7 V
Power Dissipation .... 1 Watt

*NOTICE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

D.C. CHARACTERISTICS (T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5V ±10%)

Symbol	Parameter	Min.	Max.	Unit	Test Conditions
V_{IL}	Input Low Voltage	−0.5	0.8	V	
V_{IH}	Input High Voltage	2.2	V_{CC}+.5V	V	
V_{OL}	Output Low Voltage		0.45	V	Note 1
V_{OH}	Output High Voltage	2.4		V	Note 2
I_{IL}	Input Load Current		±10	μA	V_{IN} = V_{CC} to 0V
I_{OFL}	Output Float Leakage		±10	μA	V_{OUT} = V_{CC} to .45V
I_{CC}	V_{CC} Supply Current		140	mA	

CAPACITANCE (T_A = 25°C, V_{CC} = GND = 0V)

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test Conditions
C_{IN}	Input Capacitance			10	pF	fc = 1 MHz
$C_{I/O}$	I/O Capacitance			20	pF	Unmeasured pins returned to V_{SS}

A.C. CHARACTERISTICS (T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5.0V ± 10%, GND = 0V)

Bus Parameters (Note 3)

READ CYCLE

Symbol	Parameter	8253		8253-5		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	
t_{AR}	Address Stable Before $\overline{READ}$	50		30		ns
t_{RA}	Address Hold Time for $\overline{READ}$	5		5		ns
t_{RR}	$\overline{READ}$ Pulse Width	400		300		ns
t_{RD}	Data Delay From $\overline{READ}$[4]		300		200	ns
t_{DF}	$\overline{READ}$ to Data Floating	25	125	25	100	ns
t_{RV}	Recovery Time Between READ and Any Other Control Signal	1		1		μs

A.C. CHARACTERISTICS (Continued)

WRITE CYCLE

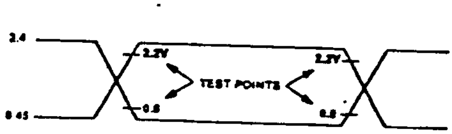
Symbol	Parameter	8253 Min.	8253 Max.	8253-5 Min.	8253-5 Max.	Unit
t_{AW}	Address Stable Before $\overline{WRITE}$	50		30		ns
t_{WA}	Address Hold Time for $\overline{WRITE}$	30		30		ns
t_{WW}	$\overline{WRITE}$ Pulse Width	400		300		ns
t_{DW}	Data Set Up Time for $\overline{WRITE}$	300		250		ns
t_{WD}	Data Hold Time for $\overline{WRITE}$	40		30		ns
t_{RV}	Recovery Time Between $\overline{WRITE}$ and Any Other Control Signal	1				µs

CLOCK AND GATE TIMING

Symbol	Parameter	8253 Min.	8253 Max.	8253-5 Min.	8253-5 Max.	Unit
t_{CLK}	Clock Period	380	dc	380	dc	ns
t_{PWH}	High Pulse Width	230		230		ns
t_{PWL}	Low Pulse Width	150		150		ns
t_{GW}	Gate Width High	150		150		ns
t_{GL}	Gate Width Low	100		100		ns
t_{GS}	Gate Set Up Time to CLK↑	100		100		ns
t_{GH}	Gate Hold Time After CLK↑	50		50		ns
t_{OD}	Output Delay From CLK↓[4]		400		400	ns
t_{ODG}	Output Delay From Gate↓[4]		300		300	ns

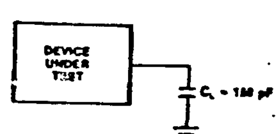
NOTES:
1. $I_{OL} = 2.2$ mA.
2. $I_{OH} = -400$ µA.
3. AC timings measured at V_{OH} 2.2, $V_{OL} = 0.8$.
4. $C_L = 150$pF.
* For Extended Temperature EXPRESS, use M8253 electrical parameters.

A.C. TESTING INPUT, OUTPUT WAVEFORM



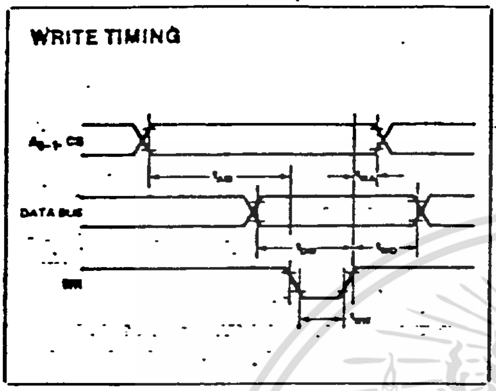
A.C. TESTING INPUTS ARE DRIVEN AT 2.4V FOR A LOGIC "1" AND 0.45V FOR A LOGIC "0" TIMING MEASUREMENTS ARE MADE AT 2.2V FOR A LOGIC "1" AND 0.8V FOR A LOGIC 0

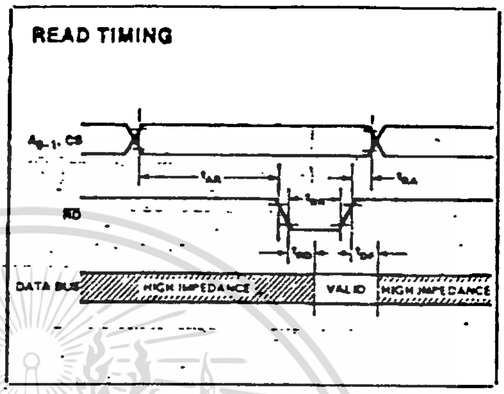
A.C. TESTING LOAD CIRCUIT

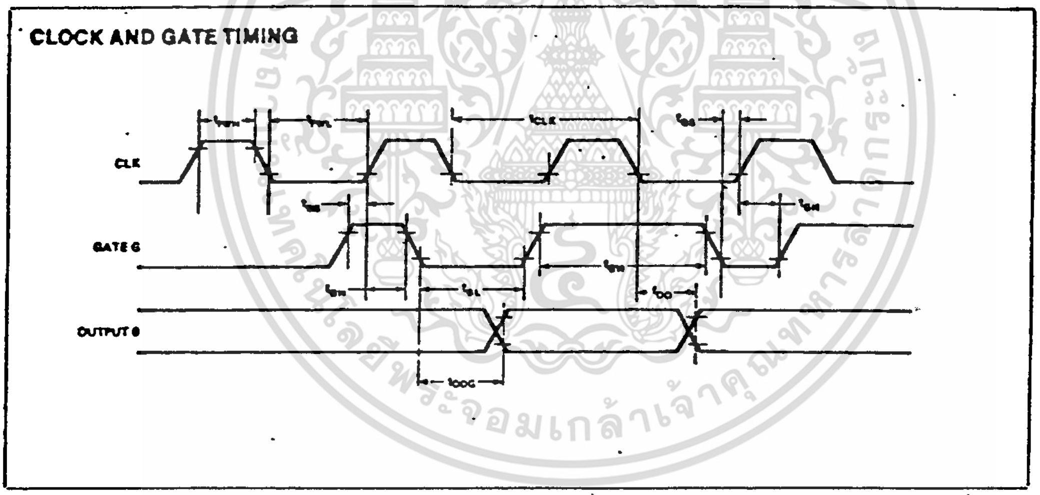


C_L INCLUDES JIG CAPACITANCE

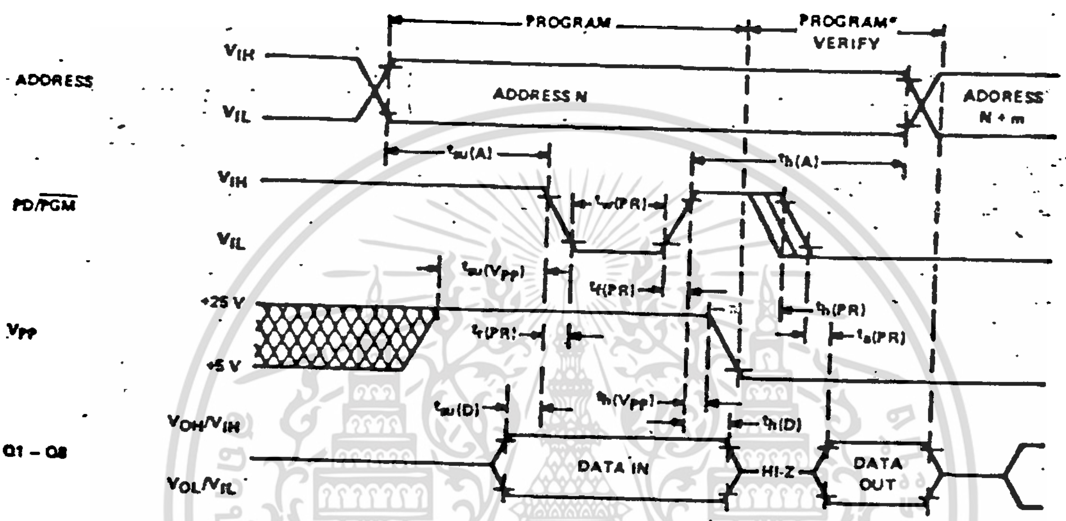
WAVEFORMS


WRITE TIMING
DATA BUS


READ TIMING
RD
DATA BUS
HIGH IMPEDANCE
VALID
HIGH IMPEDANCE


CLOCK AND GATE TIMING
CLK
GATE 0
OUTPUT 0

program cycle timing



*Program verify equivalent to read mode.

NEC Microcomputers, Inc.

NEC
μPD2732
PRELIMINARY

32,768 (4K X 8) BIT UV ERASABLE PROM

DESCRIPTION

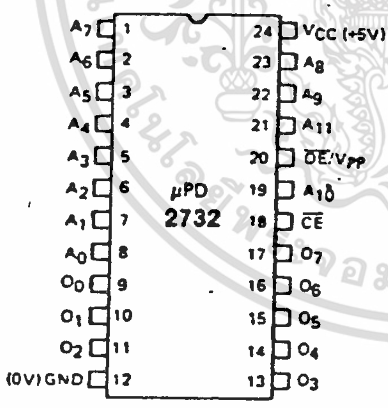
The μPD2732 is a 32,768 bit (4096 x 8 bit) Ultraviolet Erasable and Electrically Programmable Read-Only Memory (EPROM). It operates from a single +5V supply, making it ideal for microprocessor applications. It features an output enable control and offers a standby mode with an attendant 80% savings in power consumption.

A distinctive feature of the μPD2732 is a separate output control, output enable ($\overline{OE}$) from the chip enable control ($\overline{CE}$). The $\overline{OE}$ control eliminates bus contention in multiple-bus microprocessor systems. The μPD2732 features fast, simple one-pulse programming controlled by TTL-level signals. Total programming time for all 32,768 bits is only 210 seconds.

FEATURES

- Ultraviolet Erasable and Electrically Programmable
- Access Time – 450 ns Max
- Single Location Programming
- Programmable with Single Pulse
- Low Power Dissipation: 150 mA Max Active Current, 30 mA Max Standby Current
- Input/Output TTL Compatible for Reading and Programming
- Single +5V Power Supply
- 24 Pin Ceramic DIP
- Three-State Outputs

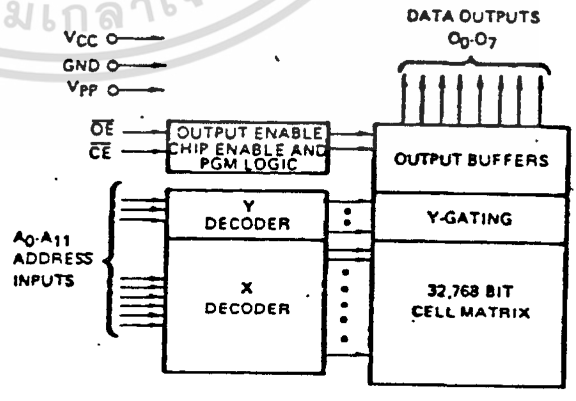
PIN CONFIGURATION



MODE SELECTION

MODE \ PINS	$\overline{CE}$	$\overline{OE}/V_{PP}$	V_{CC}	OUTPUTS
Read	V_{IL}	V_{IL}	+5	D_{OUT}
Standby	V_{IH}	Don't Care	+5	High Z
Program	Pulsed V_{IL} to V_{IH}	+25	+5	D_{IN}
Program Verify	V_{IL}	V_{IL}	+5	D_{OUT}
Program Inhibit	V_{IH}	+25	+5	High Z

BLOCK DIAGRAM



PIN NAMES

A_0-A_{11}	Addresses
$\overline{OE}$	Output Enable
O_0-O_7	Data Outputs
$\overline{CE}$	Chip Enable

2732DS-12-80-CAT

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Temperature Under Bias .... −10°C to +80°C
Storage Temperature .... −65°C to +125°C
All Input or Output Voltages with
Respect to Ground .... +6V to −0.3V
Voltage on Pin 22 with Respect
to Ground .... +13.5V to −0.3V
V_{PP} Supply Voltage with Respect to Ground
During Programming .... +22V to −0.3V

NOTICE. Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

D.C. AND A.C. OPERATING CONDITIONS DURING READ

	2732A/A-2/A-3/A-4	2732A-20/A-25/A-30
Operating Temperature Range	0°C–70°C	0°C–70°C
V_{CC} Power Supply[1,2]	5V ± 5%	5V ± 10%

READ OPERATION

D.C. CHARACTERISTICS

Symbol	Parameter	Limits Min.	Limits Typ.[1]	Limits Max.	Units	Conditions
I_{IL}	Input Load Current			10	µA	V_{IN} = 5.5V
I_{LO}	Output Leakage Current			10	µA	V_{OUT} = 5.5V
I_{CC1}[2]	V_{CC} Current (Standby)			35	mA	$\overline{CE} = V_{IH}$, $\overline{OE} = V_{IL}$
I_{CC2}[2]	V_{CC} Current (Active)			100	mA	$\overline{OE} = \overline{CE} = V_{IL}$
V_{IL}	Input Low Voltage	−0.1		0.8	V	
V_{IH}	Input High Voltage	2.0		V_{CC} + 1	V	
V_{OL}	Output Low Voltage			0.45	V	I_{OL} = 2.1 mA
V_{OH}	Output High Voltage	2.4			V	I_{OH} = −400 µA
V_{PP}[2]	V_{PP} Read Voltage	3.8		V_{CC}	V	V_{CC} = 5.0V ± 0.25V

A.C. CHARACTERISTICS

Symbol	Parameter	2732A-2 2732A-20 Min.	2732A-2 2732A-20 Max.	2732A 2732A-25 Min.	2732A 2732A-25 Max.	2732A-3 2732A-30 Min.	2732A-3 2732A-30 Max.	2732A-4 Min.	2732A-4 Max.	Units	Test Conditions†
t_{ACC}	Address to Output Delay		200		250		300		450	ns	$\overline{CE} = \overline{OE} = V_{IL}$
t_{CE}	$\overline{CE}$ to Output Delay		200		250		300		450	ns	$\overline{OE} = V_{IL}$
t_{OE}	$\overline{OE}$ to Output Delay		70		100		150		150	ns	$\overline{CE} = V_{IL}$
t_{DF}[4]	$\overline{OE}$ High to Output Not Driven	0	60	0	60	0	130	0	130	ns	$\overline{CE} = V_{IL}$
t_{OH}	Output Hold from Addresses, $\overline{CE}$ or $\overline{OE}$ Whichever Occurred First	0		0		0		0		ns	$\overline{CE} = \overline{OE} = V_{IL}$

†A.C. TEST CONDITIONS

Output Load .... 1 TTL gate and C_L = 100 pF
Input Rise and Fall Times .... ≤ 20 ns
Input Pulse Levels .... 0.45V to 2.4V

Timing Measurement Reference Level:
Inputs .... 0.8 and 2.0V
Outputs .... 0.8 and 2.0V

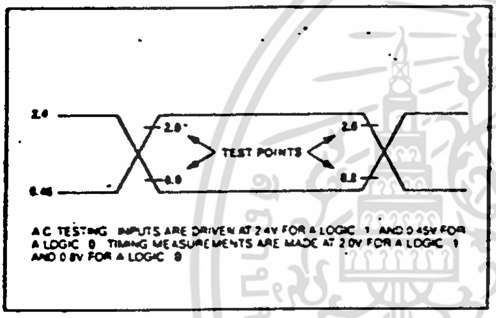
NOTES: 1. V_{CC} must be applied simultaneously or before V_{PP} and removed simultaneously or after V_{PP}
2. V_{PP} may be connected directly to V_{CC} except during programming. The supply current would then be the sum of I_{CC} and I_{PP1}.
3. Typical values are for t_A = 25°C and nominal supply voltages.
4. This parameter is only sampled and is not 100% tested. Output Float is defined as the point where data is no longer driven — see timing diagram on page 3.

AFN-01545B

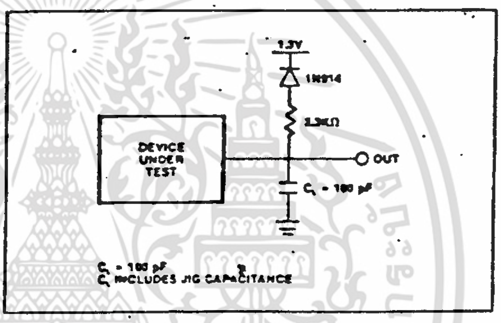
CAPACITANCE [2] (T_A = 25°C, f = 1 MHz)

Symbol	Parameter	Typ.	Max.	Unit	Conditions
C_{IN1}	Input Capacitance Except $\overline{OE}/V_{PP}$	4	6	pF	V_{IN} = 0V
C_{IN2}	$\overline{OE}/V_{PP}$ Input Capacitance		20	pF	V_{IN} = 0V
C_{OUT}	Output Capacitance	8	12	pF	V_{OUT} = 0V

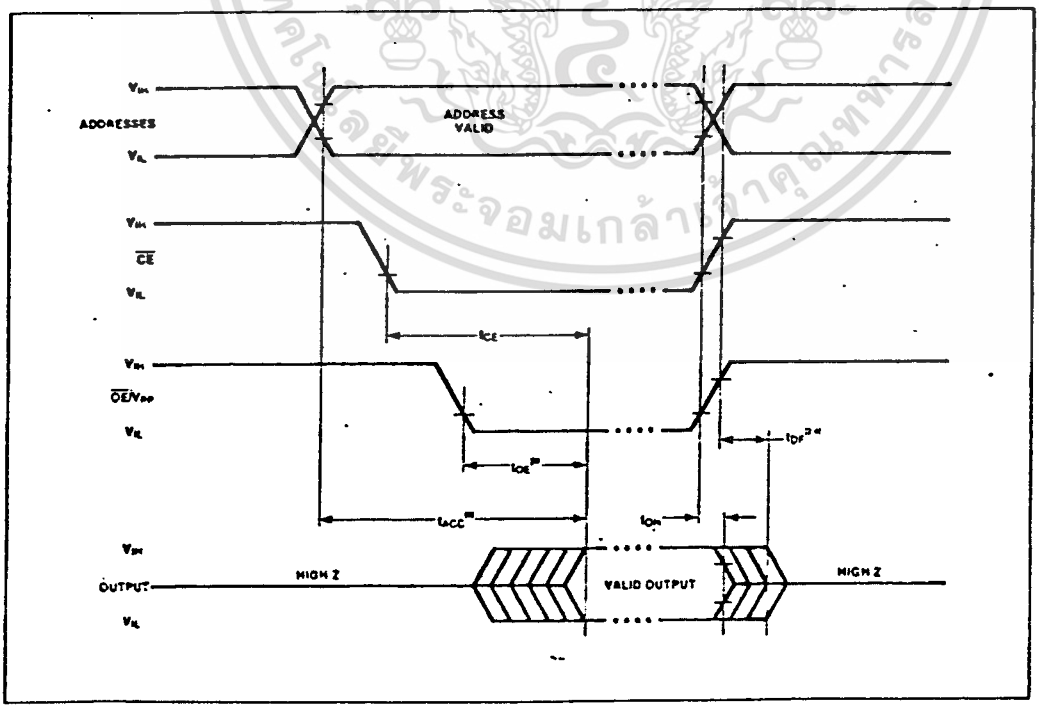
A.C. TESTING INPUT/OUTPUT WAVEFORM



A.C. TESTING LOAD CIRCUIT

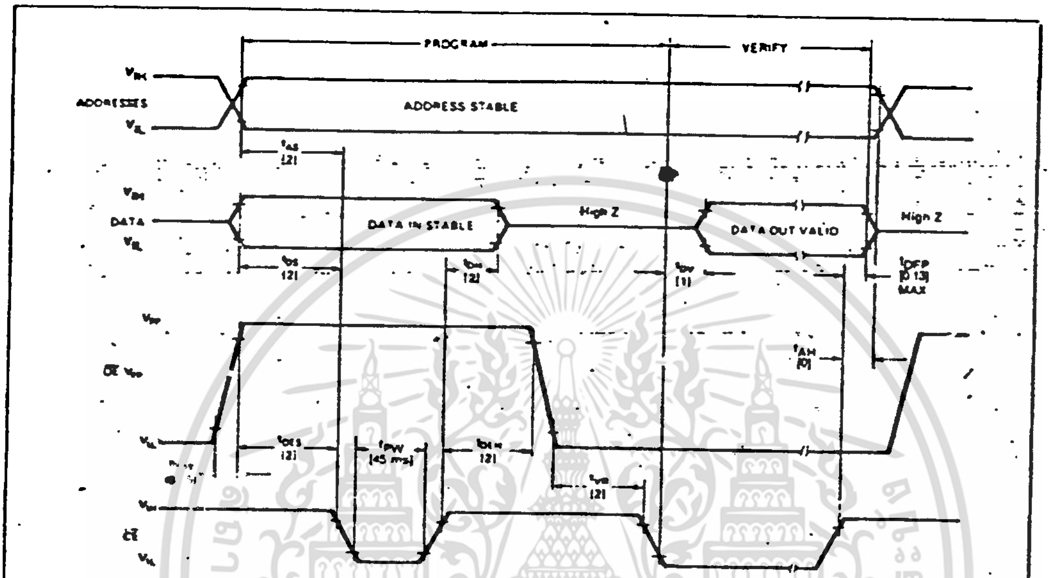


A.C. WAVEFORMS



AFN-01545B

PROGRAMMING WAVEFORMS



NOTES
1. ALL TIMES SHOWN IN [ ] ARE MINIMUM AND IN μSEC UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
2. THE INPUT TIMING REFERENCE LEVEL IS 0.8V FOR A V_{IL} AND 2V FOR A V_{IH}

AFN 01545B

National Semiconductor

A to D, D to A

ADC0808, ADC0809 8-Bit μP Compatible A/D Converters With 8-Channel Multiplexer

General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8-single-ended analog signals.

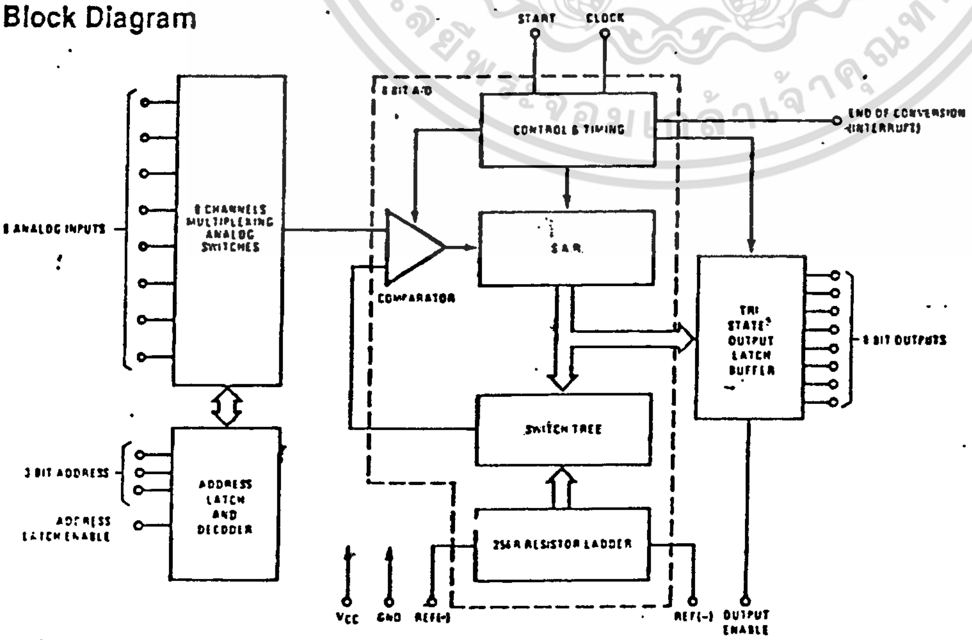
The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE® outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information.

Features

- Resolution — 8-bits
- Total unadjusted error — ± 1/2 LSB and ± 1 LSB
- No missing codes
- Conversion time — 100 μs
- Single supply — 5 V_{DC}
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC} or analog span adjusted voltage reference
- 8-channel multiplexer with latched control logic
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"
- Outputs meet T^2L voltage level specifications
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero or full-scale adjust required
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- Temperature range −40°C to +85°C or −55°C to +125°C
- Low power consumption — 15 mW
- Latched TRI-STATE® output

Block Diagram



TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corp

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 and 2)

Supply Voltage (V_{CC}) (Note 3)	6.5V
Voltage at Any Pin Except Control Inputs	$-0.3V$ to ($V_{CC}+0.3V$)
Voltage at Control Inputs (START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	$-0.3V$ to $+15V$
Storage Temperature Range	$-65°C$ to $+150°C$
Package Dissipation at $T_A=25°C$	875 mW
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

Operating Ratings (Notes 1 and 2)

Temperature Range (Note 1)	$T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$
ADC0808CJ	$-55°C \le T_A \le +125°C$
ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0809CCN	$-40°C \le T_A \le +85°C$
Range of V_{CC} (Note 1)	$4.5 V_{DC}$ to $6.0 V_{DC}$

Electrical Characteristics

Converter Specifications: $V_{CC}=5 V_{DC}=V_{REF(+)}$, $V_{REF(-)}=GND$, $T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$ and $f_{CLK}=640$ kHz unless otherwise stated.

	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	ADC0808					
	Total Unadjusted Error (Note 5)	25°C			±1/2	LSB
		T_{MIN} to T_{MAX}			±3/4	LSB
	ADC0809					
	Total Unadjusted Error (Note 5)	0°C to 70°C			±1	LSB
		T_{MIN} to T_{MAX}			±1 1/4	LSB
	Input Resistance	From Ref(+) to Ref(−)	1.0	2.5		kΩ
	Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(−)	GND-0.10		V_{CC}+0.10	V_{DC}
$V_{REF(+)}$	Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		V_{CC}	V_{CC}+0.1	V
$\frac{V_{REF(+)}+V_{REF(-)}}{2}$	Voltage, Center of Ladder		V_{CC}/2-0.1	V_{CC}/2	V_{CC}/2+0.1	V
$V_{REF(-)}$	Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(−)	−0.1	0		V
	Comparator Input Current	$f_c=640$ kHz, (Note 6)	−2	±0.5	2	μA

Electrical Characteristics

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ $4.5V \le V_{CC} \le 5.5V$, $-55°C \le T_A \le +125°C$ unless otherwise noted ADC0808CCJ, ADC0808CCN, and ADC0809CCN $4.75 \le V_{CC} \le 5.25V$, $-40°C \le T_A \le +85°C$ unless otherwise noted

	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ANALOG MULTIPLEXER						
$I_{OFF(+)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5V$, $V_{IN}=5V$, $T_A=25°C$		10	200	nA
		T_{MIN} to T_{MAX}			1.0	μA
$I_{OFF(-)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5V$, $V_{IN}=0$, $T_A=25°C$	−200	−10		nA
		T_{MIN} to T_{MAX}	−1.0			μA
CONTROL INPUTS						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage		V_{CC}-1.5			V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage				1.5	V
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=15V$			1.0	μA
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=0$	−1.0			μA
I_{CC}	Supply Current	$f_{CLK}=640$ kHz		0.3	3.0	mA

Electrical Characteristics (Continued)

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ 4.5V $\le V_{CC} \le$ 5.5V, $-55°C \le T_A \le +125°C$ unless otherwise noted
ADC0808CCJ, ADC0808CCN, and ADC0809CCN 4.75 $\le V_{CC} \le$ 5.25V, $-40°C \le T_A \le +85°C$ unless otherwise noted

Parameter		Conditions	Min	Typ	Max	Unit
DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)						
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -360\ \mu A$	V_{CC}-0.4			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	I_O = 1.6 mA			0.45	V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage EOC	I_O = 1.2 mA			0.45	V
I_{OUT}	TRI-STATE® Output Current	V_O = 5V			3	μA
		V_O = 0	−3			μA

Electrical Characteristics

Timing Specifications: $V_{CC} = V_{REF(+)}$ = 5V, $V_{REF(-)}$ = GND, $t_r = t_f$ = 20 ns and T_A = 25°C unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
t_{WS}	Minimum Start Pulse Width	*(Figure 5)*		100	200	ns
t_{WALE}	Minimum ALE Pulse Width	*(Figure 5)*		100	200	ns
t_s	Minimum Address Set-Up Time	*(Figure 5)*		25	50	ns
t_H	Minimum Address Hold Time	*(Figure 5)*		25	50	ns
t_D	Analog MUX Delay Time From ALE	R_S = 0Ω *(Figure 5)*		1	2.5	μs
t_{H1}, t_{H0}	OE Control to Q Logic State	C_L = 50 pF, R_L = 10k *(Figure 8)*		125	250	ns
t_{1H}, t_{0H}	OE Control to Hi-Z	C_L = 10 pF, R_L = 10k *(Figure 8)*		125	250	ns
t_c	Conversion Time	f_c = 640 kHz, *(Figure 5)* (Note 7)	90	100	116	μs
f_c	Clock Frequency		10	640	1280	kHz
t_{EOC}	EOC Delay Time	*(Figure 5)*	0		8 + 2 μs	Clock Period
C_{IN}	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
C_{OUT}	TRI-STATE® Output Capacitance	At TRI-STATE® Outputs, (Note 12)		10	15	pF

Note 1: Absolute maximum ratings are those values beyond which the life of the device may be impaired.

Note 2: All voltages are measured with respect to GND, unless otherwise specified.

Note 3: A zener diode exists, internally, from V_{CC} to GND and has a typical breakdown voltage of 7 V_{DC}.

Note 4: Two on-chip diodes are tied to each analog input which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode dro greater than the V_{CC} supply. The spec allows 100 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the suppl voltage by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0 V_{DC} to 5 V_{DC} input voltage range will therefore require a minimum sup ply voltage of 4.900 V_{DC} over temperature variations, initial tolerance and loading.

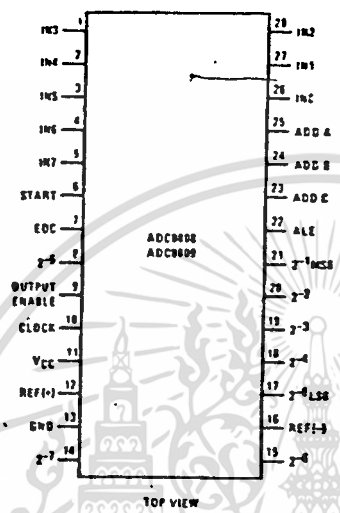
Note 5: Total unadjusted error includes offset, full-scale, linearity, and multiplexer errors. See *Figure 3*. None of these A/Ds requires a zero or full-scale adjust However, if an all zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or if a narrow full-scale span exists (for example: 0.5V to 4.5V full-scale) the referenc voltages can be adjusted to achieve this. See *Figure 13*.

Note 6: Comparator input current is a bias current into or out of the chopper stabilized comparator. The bias current varies directly with clock frequency an has little temperature dependence *(Figure 6)*. See paragraph 4.0.

Note 7: The outputs of the data register are updated one clock cycle before the rising edge of EOC.

Connection Diagram

Dual-In-Line Package



Timing Diagram

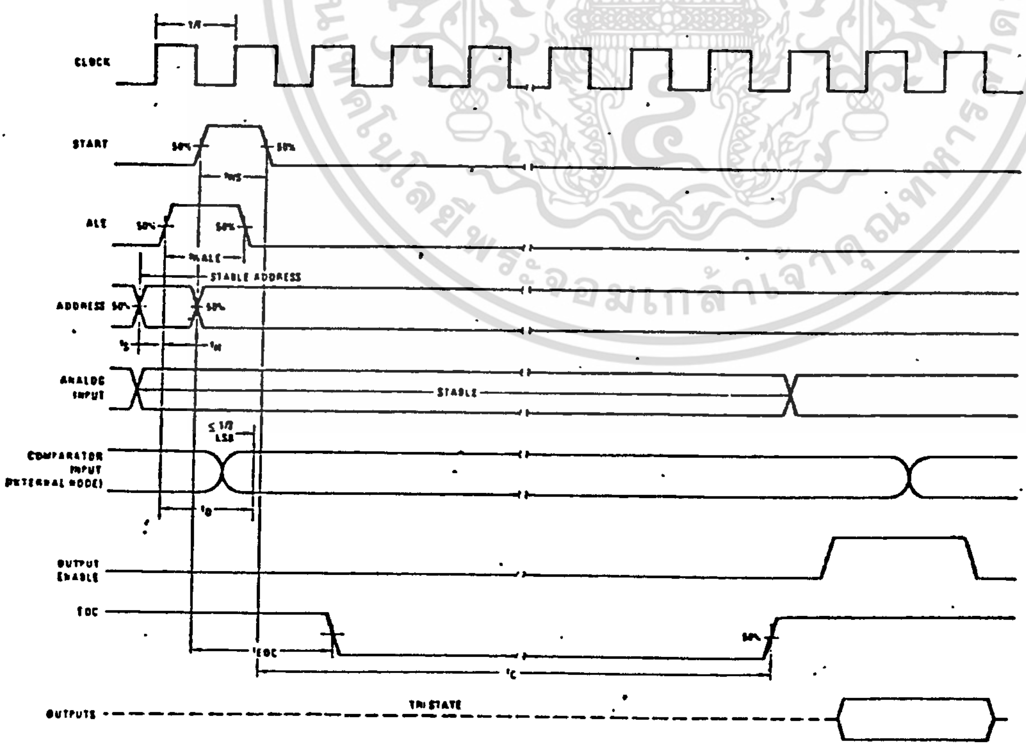


FIGURE 5

National Semiconductor

LM2907, LM2917 Frequency to Voltage Converter

General Description

The LM2907, LM2917 series are monolithic frequency to voltage converters with a high gain op amp/comparator designed to operate a relay, lamp, or other load when the input frequency reaches or exceeds a selected rate. The tachometer uses a charge pump technique and offers frequency doubling for low ripple, full input protection in two versions (LM2907-8, LM2917-8) and its output swings to ground for a zero frequency input.

Advantages

- Output swings to ground for zero frequency input
- Easy to use: $V_{OUT} = f_{IN} \times V_{CC} \times R1 \times C1$
- Only one RC network provides frequency doubling
- Zener regulator on chip allows accurate and stable frequency to voltage or current conversion. (LM2917)

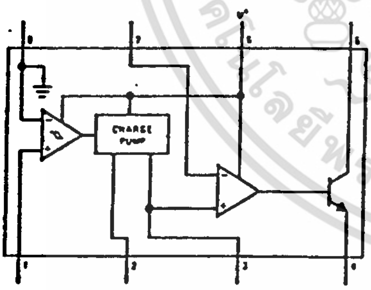
Features

- Ground referenced tachometer input interfaces directly with variable reluctance magnetic pickups
- Op amp/comparator has floating transistor output
- 50 mA sink or source to operate relays, solenoids, meters, or LEDs
- Frequency doubling for low ripple
- Tachometer has built-in hysteresis with either differential input or ground referenced input
- Built-in zener on LM2917
- ±0.3% linearity typical
- Ground referenced tachometer is fully protected from damage due to swings above V_{CC} and below ground

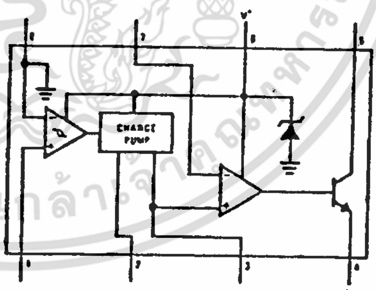
Applications

- Over/under speed sensing
- Frequency to voltage conversion (tachometer)
- Speedometers
- Breaker point dwell meters
- Hand-held tachometer
- Speed governors
- Cruise control
- Automotive door lock control
- Clutch control
- Horn control
- Touch or sound switches

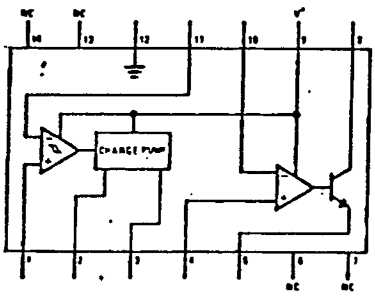
Block and Connection Diagrams Dual-In-Line Packages, Top Views



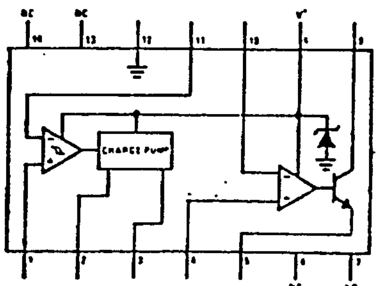
Order Number LM2907N-8
See NS Package N08B



Order Number LM2917N-8
See NS Package N08B



Order Number LM2907J
See NS Package J14A
Order Number LM2907N
See NS Package N14A



Order Number LM2917J
See NS Package J14A
Order Number LM2917N
See NS Package N14A

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

Supply Voltage	28V
Supply Current (Zener Options)	25 mA
Collector Voltage	28V
Differential Input Voltage	
Tachometer	28V
Op Amp/Comparator	28V
Input Voltage Range	
Tachometer LM2907-8, LM2917-8	±28V
LM2907, LM2917	0.0V to +28V
Op Amp/Comparator	0.0V to +28V
Power Dissipation	500 mW
Operating Temperature Range	−40°C to +85°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

Electrical Characteristics V_{CC} = 12 V_{DC}, T_A = 25°C, see test circuit

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
TACHOMETER					
Input Thresholds	V_{IN} = 250 mVp-p @ 1 kHz (Note 2)	±10	±15	±40	mV
Hysteresis	V_{IN} = 250 mVp-p @ 1 kHz (Note 2)		30		mV
Offset Voltage	V_{IN} = 250 mVp-p @ 1 kHz (Note 2)				
LM2907/LM2917			3.5	10	mV
LM2907-8/LM2917-8			5	15	mV
Input Bias Current	V_{IN} = ±50 mV_{DC}		0.1	1	μA
V_{OH} Pin 2	V_{IN} = +125 mV_{DC} (Note 3)		8.3		V
V_{OL} Pin 2	V_{IN} = −125 mV_{DC} (Note 3)		2.3		V
Output Current; I_2, I_3	V2 = V3 = 6.0V (Note 4)	140	180	240	μA
Leakage Current; I_3	I2 = 0, V3 = 0			0.1	μA
Gain Constant, K	(Note 3)	0.9	1.0	1.1	
Linearity	f_{IN} = 1 kHz, 5 kHz, 10 kHz, (Note 5)	−1.0	0.3	+1.0	%
OP/AMP COMPARATOR					
V_{OS}	V_{IN} = 6.0V		3	10	mV
I_{BIAS}	V_{IN} = 6.0V		50	500	nA
Input Common-Mode Voltage		0		V_{CC}−1.5V	V
Voltage Gain			200		V/mV
Output Sink Current	V_C = 1.0	40	50		mA
Output Source Current	V_E = V_{CC} − 2.0		10		mA
Saturation Voltage	I_{SINK} = 5 mA		0.1	0.5	V
	I_{SINK} = 20 mA			1.0	V
	I_{SINK} = 50 mA		1.0	1.5	V
ZENER REGULATOR					
Regulator Voltage	R_{DROP} = 470Ω		7.56		V
Series Resistance			10.5	15	Ω
Temperature Stability			+1		mV/°C
TOTAL SUPPLY CURRENT			3.8	6	mA

Note 1: For operation in ambient temperatures above 25°C, the device must be derated based on a 150°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 175°C/W junction to ambient for package 22 and 16 or a thermal resistance of 187°C/W junction to ambient for package 20

Note 2: Hysteresis is the sum $+V_{TH}-(-V_{TH})$, offset voltage is their difference. See test circuit.

Note 3: V_{OH} is equal to 3/4 x V_{CC} − 1 V_{BE}, V_{OL} is equal to 1/4 x V_{CC} − 1 V_{BE} therefore $V_{OH} - V_{OL} = V_{CC}/2$. The difference, $V_{OH} - V_{OL}$, and the mirror gain, I_2/I_3, are the two factors that cause the tachometer gain constant to vary from 1.0.

Note 4: Be sure when choosing the time constant R1 x C1 that R1 is such that the maximum anticipated output voltage at pin 3 can be reached with I_3 x R1. The maximum value for R1 is limited by the output resistance of pin 3 which is greater than 10 MΩ typically.

Note 5: Nonlinearity is defined as the deviation of V_{out} (@ pin 3) for f_{IN} = 5 kHz from a straight line defined by the V_{OUT} @ 1 kHz and V_{OUT} @ 10 kHz. C1 = 1000 pF, R1 = 68k and C2 = 0.22 mFd.

General Description (Continued)

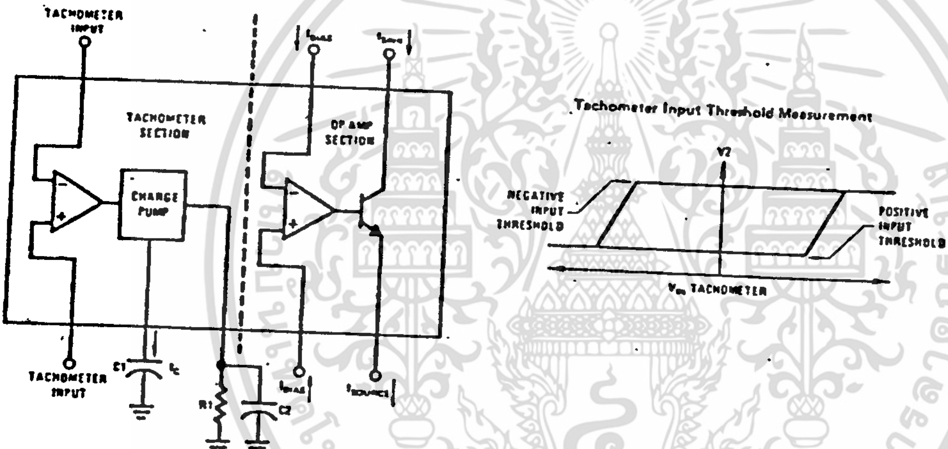
The op amp/comparator is fully compatible with the tachometer and has a floating transistor as its output. This feature allows either a ground or supply referred load of up to 50 mA. The collector may be taken above V_{CC} up to a maximum V_{CE} of 28V.

The two basic configurations offered include an 8-pin device with a *ground referenced tachometer* input and an internal connection between the tachometer output and the op amp non-inverting input. This version is well suited for single speed or frequency switching or fully buffered frequency to voltage conversion applications.

The more versatile configurations provide differential tachometer input and uncommitted op amp inputs. With this version the tachometer input may be floated and the op amp becomes suitable for active filter conditioning of the tachometer output.

Both of these configurations are available with an active shunt regulator connected across the power leads. The regulator clamps the supply such that stable frequency to voltage and frequency to current operations are possible with any supply voltage and a suitable resistor.

Test Circuit and Waveform



Applications Information

The LM2907 series of tachometer circuits is designed for minimum external part count applications and maximum versatility. In order to fully exploit its features and advantages let's examine its theory of operation. The first stage of operation is a differential amplifier driving a positive feedback flip-flop circuit. The input threshold voltage is the amount of differential input voltage at which the output of this stage changes state. Two options (LM2907-8, LM2917-8) have one input internally grounded so that an input signal must swing above and below ground and exceed the input thresholds to produce an output. This is offered specifically for magnetic variable reluctance pickups which typically provide a single-ended ac output. This single input is also fully protected against voltage swings to ±28V, which are easily attained with these types of pickups.

The differential input options (LM2907, LM2917) give the user the option of setting his own input switching level and still have the hysteresis around that level for excellent noise rejection in any application. Of course in order to allow the inputs to attain common-mode voltages above ground, input protection is removed and neither input should be taken outside the limits of the supply voltage being used. It is very important that an input not go below ground without some resistance in its lead to limit the current that will then flow in the epi-substrate diode.

Following the input stage is the charge pump where the input frequency is converted to a dc voltage. To do this requires one timing capacitor, one output resistor, and an integrating or filter capacitor. When the input stage changes state (due to a suitable zero crossing or differential voltage on the input) the timing capacitor is either charged or discharged linearily between two voltages whose difference is $V_{CC}/2$. Then in one half cycle of the input frequency or a time equal to $1/2\ f_{IN}$ the change in charge on the timing capacitor is equal to $V_{CC}/2 \times C1$. The average amount of current pumped into or out of the capacitor then is:

$$\frac{\Delta Q}{T} = i_{c(AVG)} = C1 \times \frac{V_{CC}}{2} \times (2f_{IN}) = V_{CC} \times f_{IN} \times C1$$

The output circuit mirrors this current very accurately into the load resistor R1, connected to ground, such that if the pulses of current are integrated with a filter

Applications Information (Continued)

capacitor, then, $V_o = i_c \times R1$, and the total conversion equation becomes:

$V_O = V_{CC} \times f_{IN} \times C1 \times R1 \times K$

Where K is the gain constant—typically 1.0.

The size of C2 is dependent only on the amount of ripple voltage allowable and the required response time.

CHOOSING R1 AND C1

There are some limitations on the choice of R1 and C1 which should be considered for optimum performance. The timing capacitor also provides internal compensation for the charge pump and should be kept larger than 100 pF for very accurate operation. Smaller values can cause an error current on R1, especially at low temperatures. Several considerations must be met when choosing R1. The output current at pin 3 is internally fixed and therefore $V_o/R1$ must be less than or equal to this value. If R1 is too large, it can become a significant fraction of the output impedance at pin 3 which degrades linearity. Also output ripple voltage must be considered and the size of C2 is affected by R1. An expression that describes the ripple content on pin 3 for a single R1C2 combination is:

$$V_{RIPPLE} = \frac{V_{CC}}{2} \times \frac{C1}{C2} \times \left(1 - \frac{V_{CC} \times f_{IN} \times C1}{I_2}\right) \text{pk–pk}$$

It appears R1 can be chosen independent of ripple, however response time, or the time it takes V_{OUT} to stabilize at a new voltage increases as the size of C2 increases so a compromise between ripple, response time, and linearity must be chosen carefully.

As a final consideration, the maximum attainable input frequency is determined by V_{CC}, C1 and I_2:

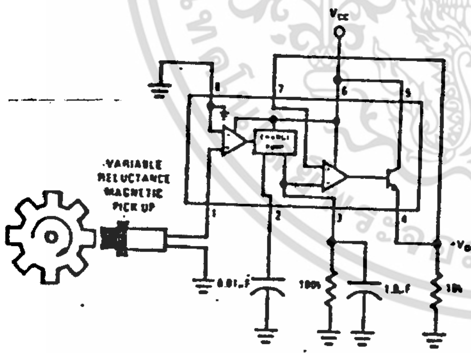
$$f_{MAX} = \frac{I_2}{C1 \times V_{CC}}$$

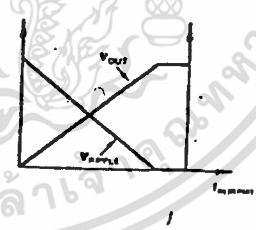
USING ZENER REGULATED OPTIONS (LM2917)

For those applications where an output voltage or current must be obtained independent of supply voltage variations, the LM2917 is offered. The most important consideration in choosing a dropping resistor from the unregulated supply to the device is that the tachometer and op amp circuitry alone require about 3 mA at the voltage level provided by the zener. At low supply voltages there must be some current flowing in the resistor above the 3 mA circuit current to operate the regulator. As an example, if the raw supply varies from 9 to 16V, a resistance of 470Ω will minimize the zener voltage variation to 160 mV. If the resistance goes under 400Ω or over 600Ω the zener variation quickly rises above 200 mV for the same input variation.

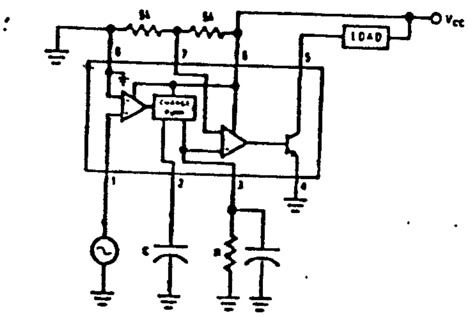
Typical Applications

Minimum Component Tachometer





"Speed Switch" Load is Energized When $f_{IN} \geq \frac{1}{2RC}$



Zener Regulated Frequency to Voltage Converter