สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุดควบคุมและสาธิตการทำงานของเครื่องยนต์แบบดิจิตอล

STUDY ON DIGITALLY CONTROLLER AND DEMONSTRATION SET OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

โดย

ธีรศานต์ คูรัตน์ชัชวาล

ธนัญชัย หาญสวัสดิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. อำนาจ คณะรัฐ

วพ.
ว ๒๕๔๘
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62461
วัน,เดือน,ปี 18 ส.ค. 2549

b 11625515
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **ชุดควบคุมและสาธิตการทำงานของเครื่องยนต์แบบดิจิตอล**

STUDY ON DIGITALLY CONTROLLER AND DEMONSTRATION SET OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

ผู้จัดทำ

1. นาย ธีรศานต์ คูรัตน์ชัชวาล รหัสประจำตัว 45010354
2. นายธนัญชัย หาญสวัสดิ์ รหัสประจำตัว 45010323

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. อำนาจ คณะรัฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดควบคุมและสาธิตการทำงานของเครื่องยนต์แบบดิจิตอล

นายธีรศานต์ คูรัตน์ชัชวาล 45010354
นายธนัญชัย หาญสวัสดิ์ 45010323
ดร. อำนาจ คณะรัฐ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการนำเสนอการควบคุมการจ่ายน้ำมัน และการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ โดยการสร้างหน่วยสมองกล (Electronic Control Unit) ขึ้นมา โดยรับค่าจากเซ็นเซอร์ เพื่อปรับแต่งเวลาการฉีดน้ำมัน และการจุดระเบิดที่ความเร็วรอบ, โหลด, อุณหภูมิ, ตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle Position Sensor) ณ สถานะต่าง ๆ พร้อมทั้งสามารถปรับแต่งการทำงานของหน่วยสมองกลผ่านทางคอมพิวเตอร์ได้

ขอบเขตของโครงงานจะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการจุดระเบิด โหลด, ความเร็วรอบ, และเวลาการฉีดน้ำมัน โดยใช้ ECU ที่สร้างขึ้นมาเพื่อหาตารางการจุดระเบิด และฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ และนำไปคำนวณหาเวลาที่เหมาะสมในการจุดระเบิด และเวลาที่เหมาะสมของการฉีดน้ำมัน เพื่อบรรจุลงในหน่วยความจำของสมองกล และนำไปควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ที่สภาวะต่าง ๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY ON DIGITALLY CONTROLLER AND DEMONSTRATION
SET OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Dr. Amnart Kanarat Advisor

ABSTRACT

This project studies about injection and ignition control of a gasoline engine using an Electronic Control Unit (ECU). The ECU receives signals from sensors at different RPM, load, temperature, and throttle position. The engine control can be done through adjusting ignition and injection time on a personal computer (PC). The scope of this project is to study the relationship of ignition and injection time to load and RPM to build a table of ignition and injection time for controlling a given engine. The obtained table is then stored in the memory of the ECU used to control the engine.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์ อำนาจ คณะรัฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ธีรศานต์ คูรัตน์ชัชวาล
ธนัญชัย หาญสวัสดิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 วงจรไฟฟ้าสำหรับการควบคุมระบบ	3
2.1 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์	3
2.2 วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด	4
2.3 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศ	5
2.4 วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์	8
2.5 วงจรควบคุมการจุดระเบิด	9
บทที่ 3 ระบบจุดระเบิด	11
3.1 ชนิดของระบบจุดระเบิด	11
3.2 หน้าที่ของระบบจุดระเบิด	11
3.3 ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิด	12
3.4 จานจ่ายจุดระเบิด	13
3.5 วงจรปฐมภูมิและทุติยภูมิของระบบจุดระเบิด	13
3.6 ข้อดีของระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์	15
3.7 ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์	15
3.8 การทำงานของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์	16
3.9 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าปิกอัป	17
บทที่ 4 ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	19
4.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

4.2 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ (Water thermo sensor) 19

4.3 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Air thermo sensor) 21

4.4 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle position sensor) 22

4.5 ตัวตรวจจับสูญญากาศ (Vacuum) 27

4.6 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน (Oxygen sensor or Lambda sensor) 29

4.7 สวิตช์ความร้อน – เวลา (Thermo – time switch) 32

4.8 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit : ECU) 34

บทที่ 5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 40

5.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์ 40

5.2 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 8501 42

5.3 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวกับการทำงานของพอร์ตอนุกรมในไมคครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 44

5.4 ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 45

5.5 การใช้งานพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตของ MCS-51 56

5.6 การเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ 58

5.7 รายละเอียดพอร์ต RS-232 60

5.8 การใช้หน่วยความจำภายนอก 68

5.9 การแปลงระบบสัญญาณแอนาล็อกไปเป็นระบบสัญญาณดิจิตอล 69

บทที่ 6 โปรแกรมเคลไฟ 73

6.1 โปรแกรมเคลไฟ 73

6.2 การใช้งานเบื้องต้น 74

6.3 การกำหนด Operator 82

6.4 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน 83

บทที่ 7 วิธีการทดลองและผลการทดลอง 85

7.1 การทดลองการตอบสนองของเซนเซอร์ต่าง ๆ และหัวฉีด 85

7.2 การทดลองการใช้งานชุดสาธิต 87

บทที่ 8 วิจารณ์และสรุปผล 92

8.1 บทสรุป 92

8.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดทำโครงงาน 92

8.3 แนวทางการแก้ไขและพัฒนา 92

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. 94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
5-1	ตารางแสดงไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวในตระกูล MCS-51	40
5-2	ตารางแสดงบิตควบคุมที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON	45
5-3	ตารางแสดงชุดคำสั่งของการถ่ายเทข้อมูลในหน่วยความจำแบบแรมภายใน	46
5-4	ตารางแสดงโปรแกรมเลื่อนข้อมูลไปทางขวา 2 ไบต์ โดยใช้คำสั่ง MOV	46
5-5	ตารางแสดงชุดคำสั่งการถ่ายเทข้อมูลในหน่วยความจำแบบแรมภายนอก	47
5-6	ตารางแสดงชุดคำสั่งการถ่ายเทข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรม	47
5-7	ตารางแสดงชุดคำสั่งทางคณิตศาสตร์	47
5-8	ตารางแสดงชุดคำสั่งของกลุ่มตรรกศาสตร์	49
5-9	ตารางแสดงชุดคำสั่งของบูลีน	51
5-10	ตารางแสดงคำสั่งกระโดดแบบไม่มีเงื่อนไข	53
5-11	ตารางแสดงคำสั่งกระโดดแบบที่มีเงื่อนต่าง ๆ	53
5-12	ตารางแสดงมาตรฐานของการใช้แรงดันไฟฟ้าในสัญญาณ RS-232C	64
7-1	ตารางแสดงผลการทดลองการตอบสนองของหัวฉีด	85
7-2	ตารางแสดงผลการทดลองการตอบสนองของลิ้นเร่ง	85
7-3	ตารางแสดงผลการทดลองการตอบสนองของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2-1	วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์	3
2-2	วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด	4
2-3	วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศในระบบฉีดแบบแอลเจ็ทโทรนิค (L-Jetronic)	5
2-4	วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะสวิตซ์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งเปิด (ON)	6
2-5	วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะสวิตซ์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ท	6
2-6	วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะเครื่องยนต์ทำงาน	7
2-7	วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์โตโยต้า รุ่น 4A-GE	8
2-8	วงจรสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์	9
2-9	วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE	9
3-1	ระบบจุดระเบิดแบบทองขาว	11
3-2	ระบบจุดระเบิดแบบทองขาว	12
3-3	ชิ้นส่วนต่าง ๆ ในจานจ่ายที่ใช้ทองขาว	13
3-4	วงจรปฐมภูมิในระบบจุดระเบิดแบบทองขาว	14
3-5	วงจรทุติยภูมิในระบบจุดระเบิดแบบทองขาว	14
3-6	ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์	15
3-7	การเปรียบเทียบวงจรปฐมภูมิของระบบจุดระเบิดแบบทองขาวและระบบอิเล็กทรอนิกส์	16
3-8	ชิ้นส่วนต่าง ๆ ในจานจ่ายของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์	16
4-1	ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ	19
4-2	ส่วนประกอบและกราฟแสดงค่าความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ	20
4-3	วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ	20
4-4	ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ	21
4-5	วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ	22
4-6	กราฟแสดงการปรับส่วนของเชื้อเพลิงผสมเพิ่มความหนาตามอุณหภูมิของอากาศ	22
4-7	ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง	23
4-8	ส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบหน้าสัมผัสเปิด-ปิด	23
4-9	วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบปิด-เปิด	24
4-10	ตำแหน่งหน้าคอนแทคของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งขณะเดินเบา	24
4-11	ตำแหน่งหน้าคอนแทคของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งขณะใช้งานปกติ	25
4-12	ตำแหน่งหน้าคอนแทคของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งขณะรับภาระสูงสุด	25
4-13	ส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

4-14	วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น	27
4-15	ตัวตรวจสูญญากาศ	28
4-16	วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับสูญญากาศ	28
4-17	ค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับสูญญากาศในเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE	29
4-18	ส่วนประกอบของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน	30
4-19	กราฟค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน	31
4-20	ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนของ BOSCH	31
4-21	วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน	32
4-22	ส่วนประกอบสวิตช์ความร้อน-เวลา	32
4-23	วงจรไฟฟ้าและการทำงานของสวิตช์ความร้อน-เวลา ขณะอุณหภูมิต่ำ	33
4-24	วงจรไฟฟ้าและการทำงานของสวิตช์ความร้อน-เวลา ขณะแผ่นไบเมทัลได้รับความร้อน	34
4-25	หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	35
4-26	การสร้างสัญญาณการควบคุมจังหวะการฉีด	36
4-27	ไดอะแกรมการควบคุมระยะเวลาในการฉีดของคอมพิวเตอร์	37
4-28	การสร้างสัญญาณการฉีดของคอมพิวเตอร์	38
5-1	สัญญาณต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 8051	42
5-2	การสร้างสัญญาณตำแหน่งและสัญญาณข้อมูล	43
5-3	แสดงรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะใน MCS-51	54
5-4	แสดงการใช้วงจรออสซิเลเตอร์ภายในชิป MCS-51	56
5-5	แสดงการใช้วงจรออสซิเลเตอร์ภายนอกสร้างสัญญาณนาฬิกาให้ซีพียู	56
5-6	แสดงโครงสร้างแต่ละบิตของพอร์ตใน MCS-51	57
5-7	ผังแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ บนระบบบัส I^2C	58
5-8	การจัดสรรพื้นที่ของสแครตช์แพดใน DS1820	59
5-9	แสดงการเปลี่ยนระดับสัญญาณแบบทีทีแอล	60
5-10	แสดงการใช้งานพอร์ต RS-232C เชื่อมต่ออุปกรณ์	62
5-11	แสดงระดับแรงดันสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS-232 กับ TTL ในสถานะลอจิก “1” และ “0”	62
5-12	แสดงคุณลักษณะโดยย่อของสัญญาณ RS-232C	63
5-13	แสดงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณทีทีแอล	64
5-14	แสดงย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS-232C	65
5-15	แสดงการกำหนดข้อต่อของมาตรฐาน RS-232C	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

5-16	แสดงโครงสร้างของ Port RS-232	67
5-17	การเชื่อมต่อทางเดียวอย่างง่าย	68
5-18	แสดงตัวแปลง A/D ที่พร้อมกันในเวลาเดียวกัน	69
5-19	แสดงการเก็บสัญญาณดิจิตอลใน RAM	70
5-20	แสดงตัวแปลง A/D แบบขั้นบันได	71
5-21	แสดงตัวอย่างของการดำเนินงานของตัวแปลง A/D ชนิดขั้นบันได	72
6-1	แสดงโปรแกรม Delphi	74
6-2	แสดงแท็ปเครื่องมือการใช้งาน	75
6-3	แสดงส่วน Form ของ Object Inspector	75
6-4	แสดงส่วนที่ใช้สำหรับการสร้างฟอร์มเพื่อนำมาใช้งาน	76
6-5	แสดงการสร้าง New Forms	77
6-6	แสดงปุ่มเครื่องมือบนแท็ป Standard	77
6-7	แสดงส่วน Properties ใน Object Inspector	78
6-8	แสดงส่วน Events ใน Object Inspector	79
6-9	แสดงการ Compile	80
6-10	แสดงไดอะล็อกบ็อกซ์ของ Picture Edition	80
6-11	แสดงหน้าต่างเก็บคำสั่ง	81
7-1	แสดงผลของการตอบสนองของตัวตรวจจับสูญญากาศ	86
7-2	แสดงการทดลองชุดสาธิต	87
7-3	แสดงสัญญาณการจุดระเบิดที่ความเร็ว 500 RPM	88
7-4	แสดงสัญญาณการจุดระเบิดที่ความเร็ว 2000 RPM	88
7-5	แสดงสัญญาณการฉีดน้ำมันที่ 500 RPM	89
7-6	แสดงสัญญาณการฉีดน้ำมันที่ 2000 RPM	89
7-7	แสดงสัญญาณ pulse ของความเร็วรอบ	90
7-8	แสดงสัญญาณ pulse ของความเร็วรอบที่เปลี่ยนแปลงแล้ว	90
ก.1	แสดงหน้าจอแสดงสถานะของเซนเซอร์	95
ก.2	แสดงหน้าจอปรับแต่งการทำงานของเครื่องยนต์	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากปัจจุบันปัญหาด้านพลังงานเป็นปัญหาสำคัญในการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาของราคาน้ำมัน ประเทศไทยยังต้องมีการพึ่งพาน้ำมันจากต่างประเทศ ประกอบกับการคมนาคมขนส่งในบ้านเราจำเป็นต้องพึ่งพาระบบขนส่งทางรถยนต์มากกว่าระบบราง ทำให้การใช้เครื่องยนต์สันดาปเป็นสิ่งจำเป็น และการใช้เครื่องยนต์สันดาปในปัจจุบันจำเป็นต้องมีการใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมจังหวะของเครื่องยนต์ เพื่อให้มีการใช้เชื้อเพลิงน้อยที่สุด และสามารถให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่มากที่สุด เพราะเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทำงานในปัจจุบันซึ่งมีหลายรูปแบบได้ใช้ค่าที่ตั้งมาจากโรงงานทำให้เครื่องยนต์ไม่สามารถทำงานให้มีประสิทธิภาพอย่างที่เราต้องการได้

ปัจจุบันเครื่องยนต์ทั่วไปมักจะมีระบบสมองกล (ECU) ที่มาจากโรงงานและไม่สามารถปรับค่าได้ตามสถาพการใช้งานที่เราต้องการ ดังนั้นเราจึงทำการศึกษาหาตารางการจุดระเบิด และตารางการฉีดน้ำมันเพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานให้เหมาะสมกับสภาวะการใช้งานต่าง ๆ ในหลายรูปแบบ การควบคุมของ ECU ที่มาจากโรงงานนั้น โดยทั่วไป จะไม่เน้นการควบคุมประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ในด้านใดด้านหนึ่ง กล่าวคือ ECU ของเครื่องยนต์ที่มาจากโรงงานซึ่งหมายถึง ECU ที่ใช้ในรถยนต์ทั่วไปจะสั่งให้เครื่องยนต์ทำงานโดยให้มีสถาวะการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดที่ให้ค่าแรงม้า และการประหยัดน้ำมันในระดับหนึ่ง ดังนั้นเราจึงทำการศึกษาและหาวิธีควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์และควบคุมผ่านทางสมองกล (ECU) โดยจำลองสภาวะต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ ส่งสัญญาณเข้าสู่สมองกล (ECU) และประมวลผลเพื่อใช้ในการควบคุมเครื่องยนต์ เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานตามสภาวะที่ต้องการ

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่มีระบบการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดเชื้อเพลิงด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์จะมีชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit) เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันและจุดระเบิดเชื้อเพลิง แต่เนื่องจากว่าชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์มีข้อจำกัดในการปรับแต่งการทำงานของเครื่องยนต์ในสภาวะการทำงานที่ต้องการ ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้ทำการศึกษาลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาออกแบบชุดจำลองและปรับต่งการทำงานของเครื่องยนต์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องยนต์

1.2.2 เพื่อศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจร

1.2.3 เพื่อศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์

1.2.4 นำความรู้ความสามารถทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลและด้านต่างๆมาประยุกต์กับโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.5 เพื่อสร้างชุดควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ โดยสามารถทำงานได้แบบ real-time และทำงานโดยที่ไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ตลอดเวลา

1.2.6 เพื่อใช้เป็นชุดสาธิตการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาและออกแบบจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์

1.3.2 เขียนโปรแกรมเพื่อรับสถานะจากเซนเซอร์

1.3.3 เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการจุดระเบิด และการฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์แบบ real-time

1.3.4 สร้างชุดสาธิต และสามารถจำลองการทำงานของเครื่องยนต์ได้

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาข้อมูลจากหัวข้อโครงงานที่ได้รับ

1.4.2 ศึกษาข้อมูลโดยละเอียดเกี่ยวกับการรับสถานะของเซนเซอร์ด้วยไมโคร คอน โทรลเลอร์

1.4.3 ทำการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลีเพื่อให้เครื่องยนต์สามารถรับส่งข้อมูลแบบ real-time ได้

1.4.4 ทำการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเดลไฟเพื่อให้สามารถปรับแต่งเครื่องยนต์ด้วยคอมพิวเตอร์ได้

1.4.5 ทำการทดลองการทำงานของเครื่องยนต์ให้สามารถทำงานได้จริง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อให้สามารถปรับแต่งเครื่องยนต์ได้ตามขอบเขตของโครงงาน

1.5.2 เพื่อใช้เป็นชุดสาธิตการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน

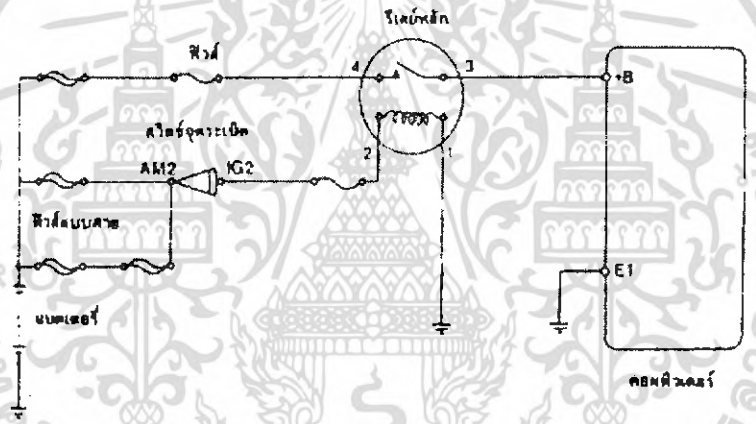
1.5.2 เพิ่มประสบการณ์และความรู้ในด้านต่างๆแก่นักศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วงจรไฟฟ้าสำหรับการควบคุมระบบ

ในการควบคุมการทำงานของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอีเล็กทรอนิกส์ ให้ทำการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในอัตราส่วนที่พอเหมาะกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์นั้น จะประกอบด้วยวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ หาโดยสามารถแยกออกเป็นวงจรย่อย ๆ จะประกอบด้วยวงจรไฟฟ้าต่าง ๆ ที่สำคัญหลายวงจร คือ วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์ วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด วงจรไฟฟ้าควบคุมปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง วงจรไฟฟ้าลิ้นอากาศ วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีดสตาร์ทเย็น วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับสัญญาณเซนเซอร์ต่าง ๆ วงจรสัญญาณสตาร์ทเครื่องยนต์ วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์ และวงจรควบคุมการจุดระเบิด

2.1 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2-1 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์

วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังแสดงในรูป 2-1 โดยมีรีเลย์หลัก (EFI Main Relay) เป็นอุปกรณ์สำหรับตัดต่อวงจรไฟฟ้าจากแบตเตอรี่

การทำงาน

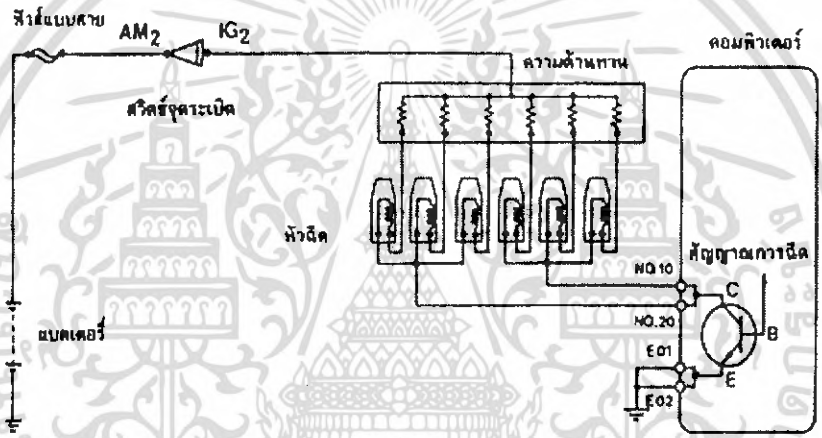
เมื่อปิดสวิตช์จุดระเบิด (Ignition Switch) ไปตำแหน่งเปิด (ON) ขั้ว AM2 และ IG2 ของสวิตช์จะต่อถึงกันกระแสไฟจากแบตเตอรี่จะถูกป้อนเข้าขดลวดของรีเลย์ทางขั้วหมายเลข 2 และมาลงกราวด์ครบวงจรที่ขั้วหมายเลข 1 ทำให้รีเลย์หลักทำงาน (คอนแทครีเลย์ต่อขั้วหมายเลข 3 และ 4 เข้าด้วยกัน) กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ก็จะไหลผ่านหน้าคอนแทคของรีเลย์หลักเข้าคอมพิวเตอร์ที่ขั้ว +B และเมื่อทำการปิดสวิตช์จุดระเบิดกลับมาอยู่ในตำแหน่งปิด (OFF) เช่น ดอนดับเครื่องยนต์ กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขดลวดของรีเลย์จะถูกตัด ทำให้รีเลย์หลักหยุดทำงาน (หน้าคอนแทคแยกจากกัน) กระแสฟ้าจากแบตเตอรี่ที่จ่ายให้กับคอมพิวเตอร์ก็จะถูกตัด

2.2 วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด

จากวงจรไฟฟ้า หัวฉีดแต่ละตัวจะต่อกันแบบขนาน แล้วต่ออนุกรมกับตัวความต้านทาน แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะถูกจ่ายผ่านฟิวส์ สวิตช์จุดระเบิด ตัวความต้านทาน และขดลวดโซลินอยด์ของหัวฉีด ตามลำดับ แล้วมาเข้าคอมพิวเตอร์ที่ขั้ว NO.10 และ NO.20 เพื่อมาลงกราวด์ครบวงจรที่ขั้ว E01 และ E02 ในการมาลงกราวด์ของกระแสไฟฟ้าในวงจรหัวฉีดจะต้องผ่านทรานซิสเตอร์ (Power Transistor) ที่อยู่ภายในหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์หรือคอมพิวเตอร์ ซึ่งทรานซิสเตอร์นี้จะยอมให้กระแสไฟฟ้าจากวงจรหัวฉีดไหลผ่านมาลงกราวด์ครบวงจรได้ก็ต่อเมื่อมีสัญญาณไฟฟ้า (สัญญาณการฉีด ๗ ปื้อนเข้าที่ขา B ของทรานซิสเตอร์



รูปที่ 2-2 วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด

การทำงาน

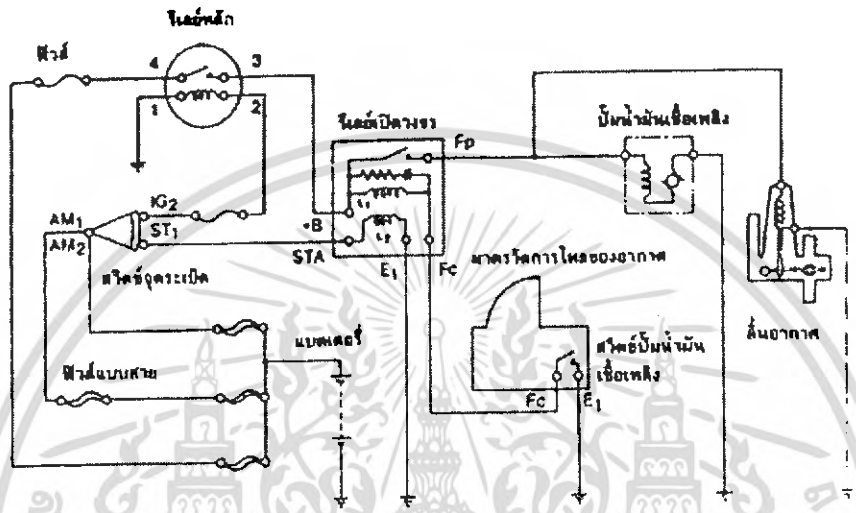
เมื่อปิดสวิตช์จุดระเบิดมาอยู่ในตำแหน่งเปิด (ON) กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านตัวความต้านทานและขดลวดโซลินอยด์ของหัวฉีด มายังขั้ว NO.10 และ NO.20 เพื่อรอลงกราวด์ครบวงจรที่ขั้ว E01 และ E02 ในตำแหน่งนี้ไฟฟ้าจากวงจรหัวฉีดจะยังไม่สามารถลงกราวด์ครบวงจรได้ เนื่องจากยังไม่มีสัญญาณการฉีดจากคอมพิวเตอร์ป้อนเข้าที่ขา B ของทรานซิสเตอร์ เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ (เครื่องยนต์มีการหมุน)คอมพิวเตอร์จะสร้างสัญญาณการฉีดออกมา ทรานซิสเตอร์ก็จะยอมให้กระแสไฟฟ้าจากวงจรหัวฉีดไหลผ่านจากขา C ออกทางขา E มาลงกราวด์ที่ขั้ว E01 และ E02 หัวฉีดจะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงออกมา สำหรับระยะเวลาในการฉีดจะนานเท่าไหร่นั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาของสัญญาณการฉีดจากคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรไฟฟ้าของหัวฉีดจะเห็นว่า มีตัวความต้านทานต่ออนุกรมไว้กับขดลวดโซลินอยด์ของหัวฉีด ตัวความต้านทานนี้จะมีหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ เพื่อป้องกันไม่ให้ขดลวดไหม้ เนื่องจากมีกระแสไฟผ่านมากเกินไป

2.3 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศ

2.3.1 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบฉีดแบบแอลเจ็ทโทรนิค (L – Jetronic)



รูปที่ 2-3 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศในระบบฉีดแบบแอลเจ็ทโทรนิค (L – Jetronic)

ในวงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ แบบแอลเจ็ท โทรนิค (L – Jetronic) จะมีรีเลย์ปิดวงจร (Circuit Opening Relay) และสวิตช์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Pump Switch) สำหรับทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง

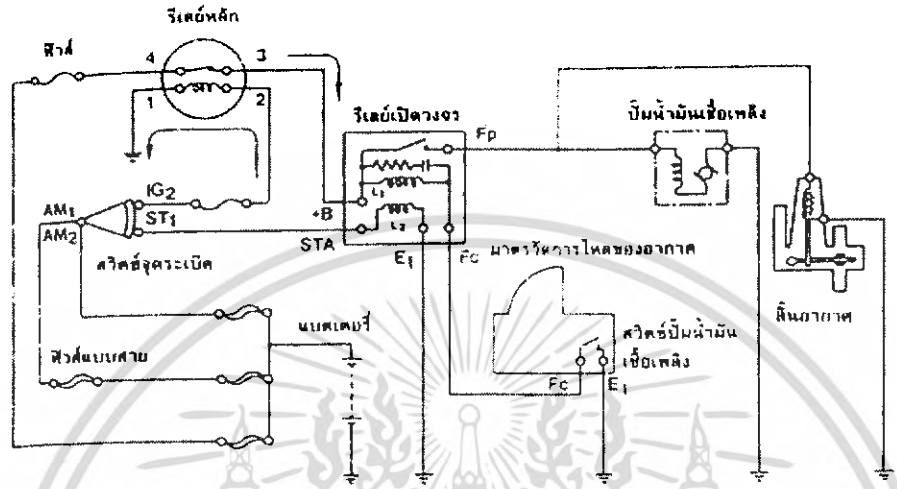
การทำงาน

1. เมื่อปิดสวิตช์จุดระเบิดไปอยู่ที่ตำแหน่งเปิด (ON) แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ถูกจ่ายออกทางขั้น IG2 ของสวิตช์ ป้อนเข้าขดลวดของรีเลย์หลัก ทำให้รีเลย์หลักต่อวงจรไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปยังรีเลย์เปิดวงจร(ที่ขั้ว +B ในตำแหน่งนี้รีเลย์เปิดวงจรยังไม่ทำงานหน้าคอนแทคแยกออกจากกัน) เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด L1 ยังไม่สามารถแยกออกจากกัน ดังนั้น จึงยังไม่มีกระแสไฟฟ้าจ่ายเข้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงได้

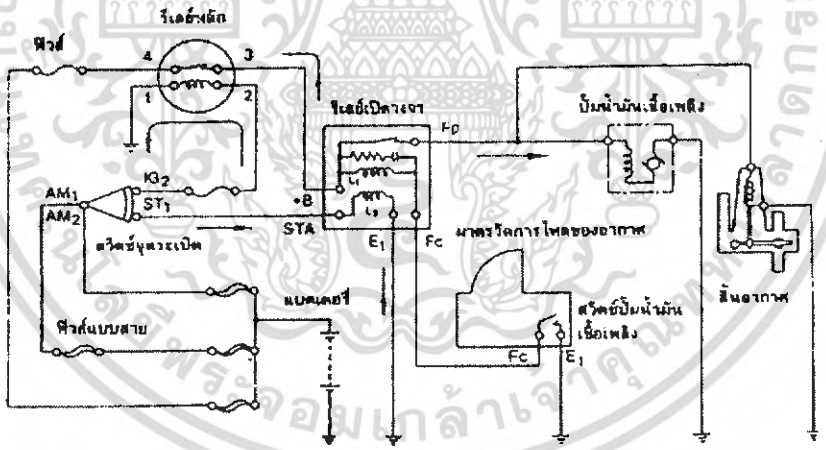
2. เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ (สวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ท) แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะถูกจ่ายออกทางขั้ว ST1 ป้อนเข้าขดลวด L2 ของรีเลย์เปิดวงจรมาลงกราวด์ที่ขั้ว E1 ทำให้รีเลย์เปิดวงจรทำงาน (หน้าคอนแทคต่อกัน) แรงดันฟ้าจากแบตเตอรี่ก็จะถูกจ่ายไปยังปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงทางขั้ว Fp ของรีเลย์เปิดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขณะเครื่องยนต์ทำงาน สวิตช์จุดระเบิดจะกลับมาอยู่ในตำแหน่งON ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวด L2 ถูกตัดลง แต่ตำแหน่งนี้รีเลย์เปิดวงจรจะยังทำงานต่อไปได้ เนื่องจากขณะเครื่องยนต์ทำงาน(มีอากาศไหลแผ่นวัดของมาตรวัดการไหลของอากาศ) หน้าคอนแทคของสวิตช์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะมาต่อกัน ทำให้มีกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด L1 มาลงกราวด์ที่ขั้ว E1 ได้ ดังนั้น ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะยังทำงานต่อไปตามปกติ



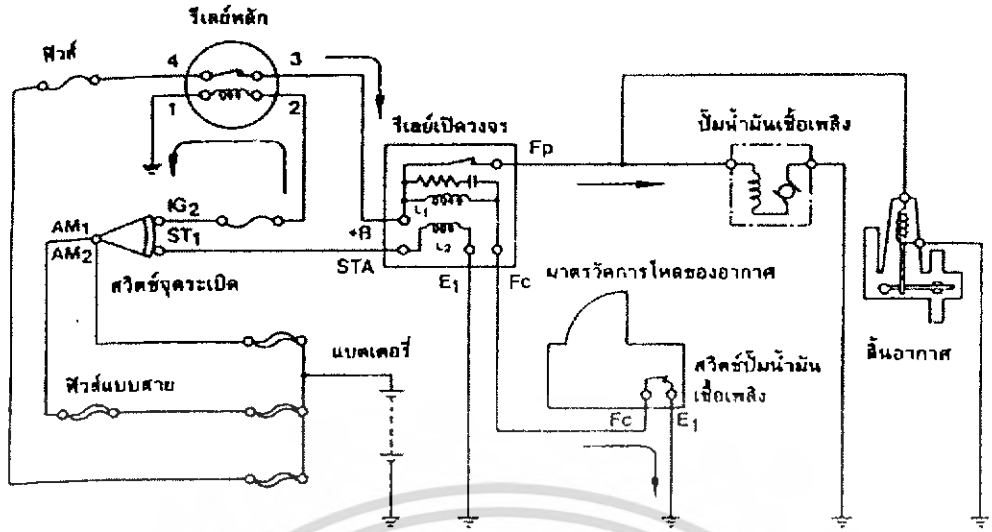
รูปที่ 2-4 วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งเปิด (ON)



รูปที่ 2-5 วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ท

จากการทำงานดังกล่าว จะเห็นว่าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำงานตลอดเวลาที่เครื่องยนต์ทำงาน แต่เมื่อเครื่องยนต์เกิดดับลง (ไม่มีอากาศไหลผ่านแผ่นวัดของมาตรวัดการไหลของอากาศ) หน้าคอนแทคของสวิตช์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะแยกออกจากกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าจากขดลวด L1 ของรีเลย์เปิดวงจร ไม่สามารถลงกราวด์ได้ รีเลย์เปิดวงจรจะหยุดทำงาน การจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงของปั๊มก็จะยุติลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-6 วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะเครื่องยนต์ทำงาน

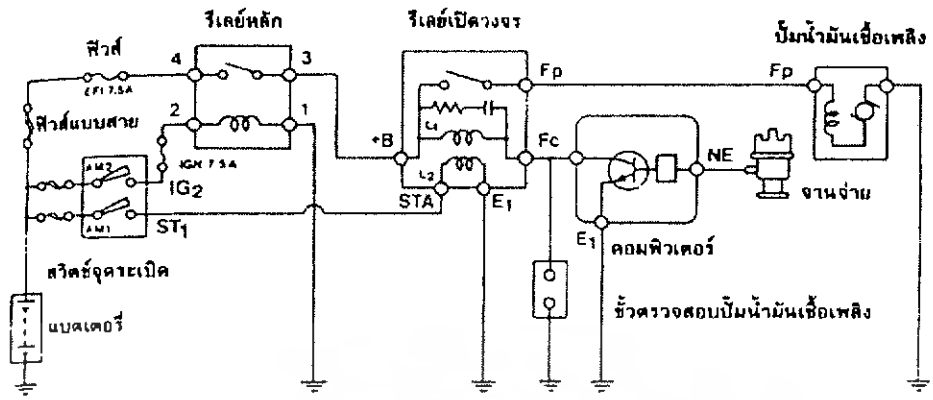
2.3.2 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบหัวฉีดแบบดีเจ็ทโทรนิค (D-Jetronic)

เนื่องจากในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบดีเจ็ทโทรนิคไม่มีมาตรวัดการไหลของอากาศเหมือนกับระบบฉีดแบบแอลเจ็ทโทรนิค เช่น ในเครื่องยนต์ TOYATA 4A-GE , 3S-FE , 2E-E การทำงานของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2-7

จากรูปจะเห็นว่า วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบฉีดแบบดีเจ็ทโทรนิค จะไม่มีสวิตช์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงเหมือนในระบบฉีดแบบแอลเจ็ทโทรนิค วงจรไฟฟ้าจากขั้ว Fc ของรีเลย์เปิดวงจรจะถูกต่อไปยังขั้ว Fc ของคอมพิวเตอร์เพื่อรอลงกราวด์ครบวงจรที่ขั้ว E1 ซึ่งการลงกราวด์ครบวงจรของกระแสไฟฟ้าจากขั้ว Fc นี้จะถูกควบคุม ด้วยอิเล็กทรอนิกส์ภายในคอมพิวเตอร์แทนการใช้สวิตช์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการทำงานนั้นส่วนใหญ่จะเหมือนกับระบบฉีดแบบแอลเจ็ทโทรนิค แต่จะแตกต่างกันก็ตรงที่การควบคุมการลงกราวด์ของกระแสไฟฟ้าจากขั้ว Fc ของรีเลย์เปิดวงจร

ในการควบคุมการลงกราวด์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในคอมพิวเตอร์นั้น ทรานซิสเตอร์จะยอมให้กระแสไฟฟ้าจากขั้ว Fc มาลงกราวด์ที่ขั้ว E1 ได้ก็ต่อเมื่อมีสัญญาณไฟฟ้าบอกสภาวะการหมุนของเครื่องยนต์ป้อนเข้าที่ขา B ของ ทรานซิสเตอร์ (สัญญาณไฟฟ้าบอกสภาวะการหมุนมาจากตัวตรวจจับสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่อยู่ภายในจานจ่าย) หรือกล่าว อย่างง่าย ๆ ก็คือ หากเครื่องยนต์ทำงาน (มีการหมุน) ทรานซิสเตอร์จะยอมให้กระแสไฟฟ้าจากขั้ว Fc ของรีเลย์เปิดวงจรมาลงกราวด์ครบวงจรที่ขั้ว E1 สำหรับขั้วตรวจสอบปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีไว้สำหรับตรวจสอบการทำงานของปั๊มในขณะเครื่องยนต์ดับ ในการตรวจสอบจะทำได้โดยต่อขั้วทั้งสองถึงกันซึ่งจะทำให้กระแสไฟฟ้าจากขดลวด L1 ของรีเลย์เปิดวงจรมาลงกราวด์ครบวงจรได้ รีเลย์วงจรก็จะต่อวงจรไฟฟ้าจ่ายแระแสไฟฟ้าไปยังปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-7 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์โตโยต้า รุ่น 4A-GE

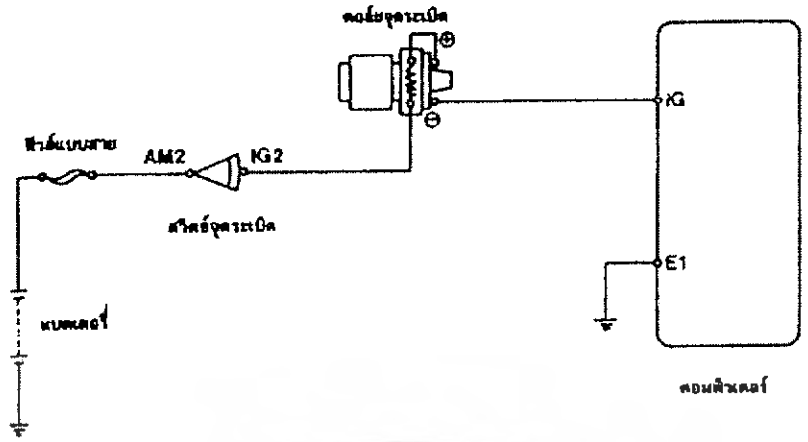
2.4 วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์

ในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบธรรมดา (Conventional EFI) สัญญาณไฟฟ้าบอกความเร็วรอบของเครื่องยนต์ให้กับคอมพิวเตอร์ จะต่อจากขั้วลบของคอยล์จุดระเบิดหรือที่ขั้วจานจ่าย ไปยังขั้ว IG ของคอมพิวเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2-8

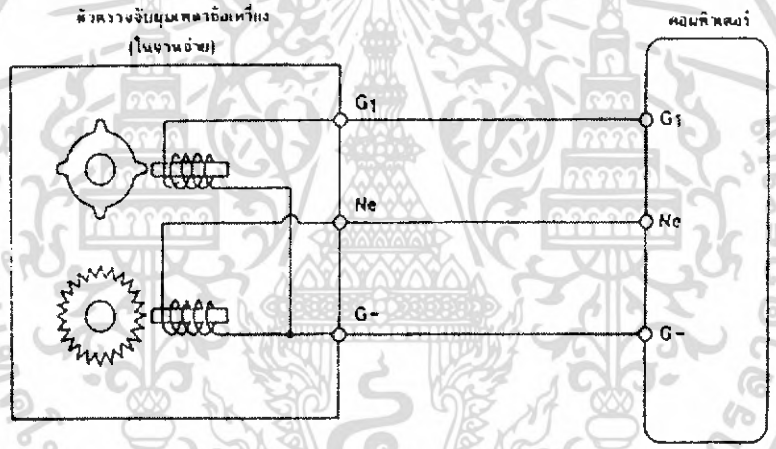
สำหรับในเครื่องยนต์ที่ใช้หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ (TCCS หรือ ECCS) เช่น เครื่องยนต์ TOYATA 4A-GE ,IG-GE , 3S-GE เครื่องยนต์ NISSAN รุ่น CA18ET , RB20E , VG30E สัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์จะต่อจากตัวตรวจจับมุมเพลาข้อเหวี่ยง (Crank angle sensor) ที่ติดตั้งอยู่ภายในจานจ่ายดังตัวอย่างในรูปที่ 2 -9

จากวงจรในรูปที่ 2-9 คอมพิวเตอร์จะได้รับ สัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์จากขดลวดของตัวตรวจจับมุมเพลาข้อเหวี่ยงที่ติดตั้งอยู่ภายในจานจ่าย สัญญาณมุมเพลาข้อเหวี่ยงที่ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์จะมี 2 สัญญาณคือ สัญญาณ Ne และสัญญาณ G ใน 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์ (เครื่องยนต์หมุน 2 รอบ) จะมีสัญญาณ G เกิดขึ้น 4 ครั้ง และสัญญาณ Ne 24 ครั้ง สัญญาณ G จะถูกใช้สำหรับพิจารณาจังหวะในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและกำหนดจังหวะการจุดระเบิด ส่วนสัญญาณ Ne จะใช้สำหรับตรวจจับความเร็วรอบของเครื่องยนต์และมุมเพลา ข้อเหวี่ยง เพื่อใช้ในการคำนวนระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานของหัวฉีด(Basic injection time) และองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าเบื้องต้น (Basic Ignition advance angle)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-8 วงจรสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์



รูปที่ 2-9 วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE

2.5 วงจรควบคุมการจุดระเบิด

ในเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ (EFI) แบบธรรมดา การควบคุมการจุดระเบิดไม่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ กล่าวคือ เป็นระบบการจุดระเบิดแบบธรรมดา (ใช้หน้าทองขาว) หรือแบบอิเล็กทรอนิกส์เหมือนเครื่องยนต์ทั่ว ๆไป สำหรับในเครื่องยนต์หัวฉีดรุ่นใหม่ๆ ที่ใช้หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบ TCCS หรือ ECCS ระบบจุดระเบิดจะถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรควบคุมการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ 4A-GE กระแสไฟฟ้าจากขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดที่จะมาลงกราวด์ ควบคุมโดยทรานซิสเตอร์ (Power transistor) ที่อยู่ภายในตัวช่วยจุดระเบิด (Igniter)

การทำงาน

เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ ตัวตรวจจับมุมเพลาข้อเหวี่ยงที่อยู่ภายในจานจ่าย จะส่งสัญญาณมุมการเคลื่อนที่ของเพลาข้อเหวี่ยงมายังคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณองศาการจุดระเบิดที่เหมาะสม แล้วส่งสัญญาณการจุดระเบิด IGt ช่วยจุดระเบิดในลักษณะของคลื่นสี่เหลี่ยม (pulse) เป็นจังหวะ ๆ สัมพันธ์กับองศาการจุดระเบิด

เมื่อตัวช่วยจุดระเบิดสัญญาณ IGt จากคอมพิวเตอร์ ทรานซิสเตอร์จะทำการตัดสัญญาณกระแสไฟฟ้าจากขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดมาลงกราวด์ ทำให้เกิดการยุบตัวของเส้นแม่เหล็กเหนี่ยวนำให้เกิดไฟฟ้าแรงสูงในขดลวดทุติยภูมิ ในการเหนี่ยวนำเกิดขึ้น วงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในตัวช่วยจุดระเบิดจะทำการตรวจจับสัญญาณจุดระเบิดแล้วส่งสัญญาณยืนยันการจุดระเบิด (IGt) กลับไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทราบว่าจะมีการจุดระเบิดขึ้น หากไม่มีสัญญาณยืนยันการจุดระเบิดป้อนกลับเข้าคอมพิวเตอร์ด้วยเหตุใดก็ตามคอมพิวเตอร์ จะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงทันทีเพื่อป้องกันการตกค้างของน้ำมันภายในกระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ระบบจุดระเบิด

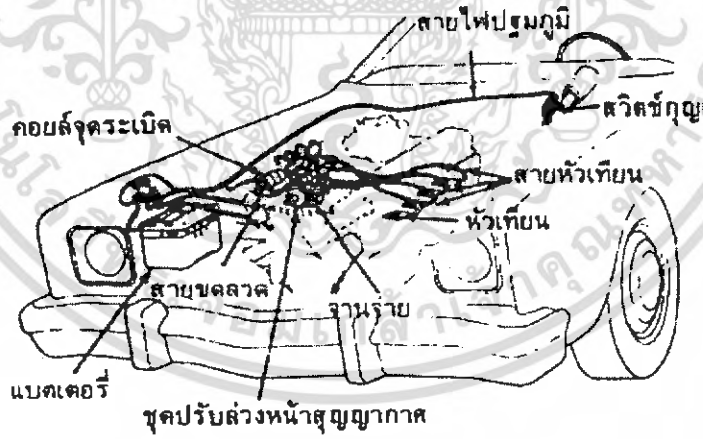
3.1 ชนิดของระบบจุดระเบิด

ระบบจุดระเบิดเป็นระบบที่ให้ประกายไฟในการจุดระเบิดไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง ประกายไฟต้องร้อนเพียงพอต่อการเริ่มเผาไหม้ส่วนผสมเมื่อประกายไฟอ่อน (ความร้อนไม่เพียงพอ๗ หรือเกิดประกายไฟไม่ถูกต้องตามเวลาที่เหมาะสม ความดันที่เกิดจากการเผาไหม้จะมีค่าไม่สูงสุด ดังนั้นการเกิดประกายไฟที่หัวเทียนจะต้องมีความเข้มข้นและตรงต่อเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้ได้กำลังสูงสุด ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง ลดปริมาณก๊าซพิษในไอเสีย และไม่เกิดการเผาไหม้ผิดปกติ

โดยทั่วแล้วระบบจุดระเบิดมี 2 แบบ คือแบบทองขาวและแบบอิเล็กทรอนิกส์ ถึงแม้ว่าโครงสร้างและการทำงานของทั้งสองแบบแตกต่างกัน แต่หน้าที่อย่างเดียวกันหน้าที่ก็คือผลิตไฟฟ้าแรงดันสูงและจ่ายไปตามหัวเทียนต่าง ๆ ด้วยไทมิ่งที่เหมาะสม

3.2 หน้าที่ของระบบจุดระเบิด

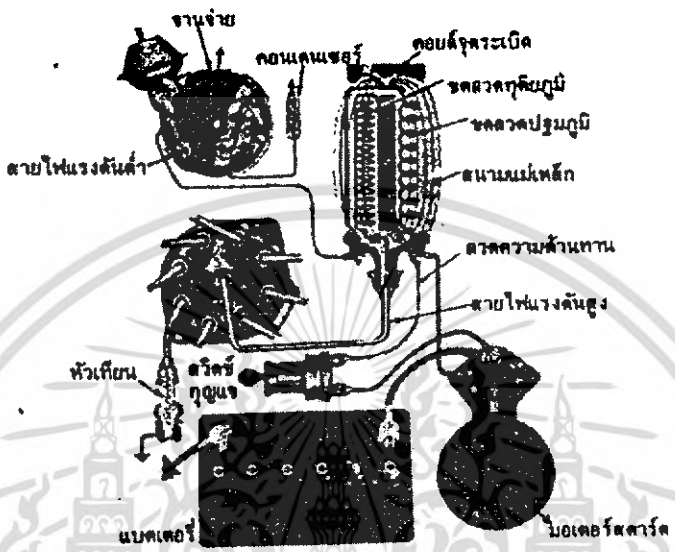
ระบบจุดระเบิดทำให้เกิดประกายไฟสำหรับจุดระเบิดส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิงประกายไฟจะเกิดขึ้นเมื่อใกล้สิ้นสุดจังหวะอัด ส่วนผสมจะเผาไหม้และเกิดความดันสูงกระทำกับลูกสูบ ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลง



รูปที่ 3-1 ระบบจุดระเบิดแบบทองขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบจุดระเบิดที่มีกลไกซึ่งเปลี่ยนแปลงไทมิ่งของการจุดระเบิดให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องยนต์ เมื่อเครื่องยนต์เดินเบา ประกายไฟจะเกิดตรงตำแหน่งก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ถึงTDC เพียงเล็กน้อยเท่านั้นของจังหวะอัด แต่เมื่ออัตราความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ประกายไฟจะเกิดขึ้นล่วงหน้า เพื่อให้ส่วนผสมมีเวลานานเพียงพอต่อการเริ่มเผาไหม้ ซึ่งจะได้ความดันสูงสุดเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ถึง TDC และเริ่มเคลื่อนที่ลง



รูปที่ 3-2 ระบบจุดระเบิดแบบทองขาว

ในขณะที่วาล์วผีเสื้อเปิดบางส่วน ส่วนผสมที่เข้ากระบอกสูบมีจำนวนน้อย ส่วนผสมจำนวนน้อยที่ถูกอัดตัวในจังหวะอัด และการเผาไหม้จะเกิดขึ้นช้าลงเมื่อเริ่มการจุดระเบิดแล้วดังนั้นระบบจุดระเบิดจึงมีกลไกอีกอย่างหนึ่งในการปรับไทมิ่งจุดระเบิดให้เกิดขึ้นล่วงหน้าตามสภาพการทำงานดังกล่าว

3.3 ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิด

ระบบจุดระเบิดระกอบด้วย แบตเตอรี่หรืออัลเทอร์เนเตอร์ (ต้นกำเนิดของกำลังไฟฟ้า)สวิตช์กุญแจจานจ่าย คอยล์จุดระเบิด หัวเทียนและสายไฟ ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์จะมีชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ด้วยจานจ่ายและคอยล์ทำงานร่วมกันเพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าต่ำจากแบตเตอรี่หรืออัลเทอร์เนเตอร์ เป็นแรงดันไฟฟ้าสูงเพื่อการเกิดประกายหัวเทียนในห้องเผาไหม้แรงดันไฟฟ้าสูงนั้นอาจมีค่าสูงสุดถึง 47,000 โวลต์หรือมากว่านี้ ซึ่งรูปที่ 3-2 จะแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบจุดระเบิดแบบทองขาว ระบบนี้เป็นระบบเก่าที่ใช้กันมานานหลายปีแล้ว แต่ปัจจุบันได้มีระบบใหม่มาใช้แทนคือ ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

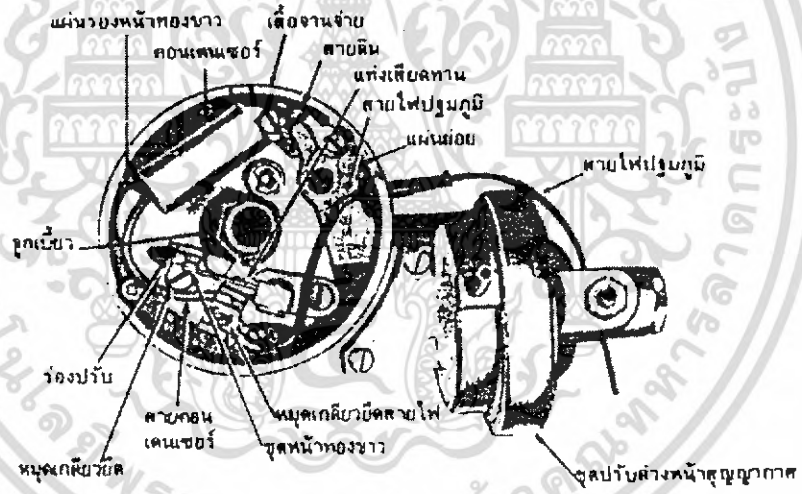
3.4 จานจ่ายจุดระเบิด

ระบบจุดระเบิดแบบทองขาวและแบบอิเล็กทรอนิกส์ส่วนมากประกอบด้วย จานจ่ายจุดระเบิด (Ignition distributor) ดังแสดงในรูปที่ 3-3

หน้าที่ของจานจ่ายจุดระเบิดได้แก่

1. จานจ่ายมีหน้าทองขาว (contact points) หรือทรานซิสเตอร์ (transistor) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ในการตัดและต่อกระแสไฟที่ไหลผ่านวงจรปฐมภูมิ ซึ่งทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าสูง ในคอยล์จุดระเบิด
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้าสูงไปยังหัวเทียนต่าง ๆ โดยการหมุนของโรเตอร์ในฝาครอบจานจ่ายโดยการจุดระเบิดของหัวเทียนเป็นไปตามลำดับการจุดระเบิดของแต่ละกระบอกสูบ
3. จานจ่ายมีกลไกในการปรับไทมิ่งจุดระเบิดให้เกิดขึ้นล่วงหน้าหรือหน่วงให้ช้าลง โดยกลไกปรับล่วงหน้าสุญญากาศและกลไกปรับล่วงหน้าทางกล (พบในระบบจุดระเบิดแบบทองขาวทั้งหมดและแบบอิเล็กทรอนิกส์บางชนิด)

เมื่อใช้ไทมิ่งจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์จะไม่มีกลไกรับล่วงหน้าในจานจ่ายเป็นเพียงจ่ายแรงดันไฟฟ้าสูงไปยังหัวเทียนต่าง ๆ เท่านั้น ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์จำนวนมากไม่มีจานจ่าย



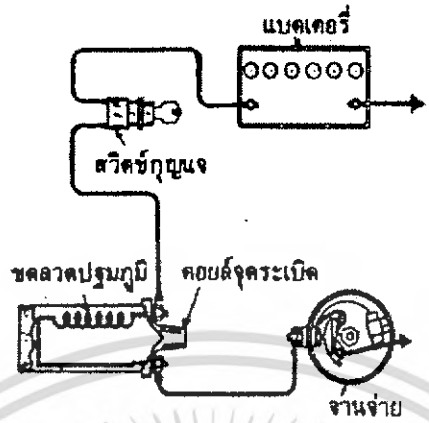
รูปที่ 3-3 ชิ้นส่วนต่าง ๆ ในจานจ่ายที่ใช้ทองขาว

3.5 วงจรปฐมภูมิและทุติยภูมิของระบบจุดระเบิด

ระบบจุดระเบิดมีวงจรไฟฟ้าแยกเป็น 2 วงจร ได้แก่ วงจรปฐมภูมิ (Primary circuit) หรือวงจรไฟแรงต่ำ และวงจรทุติยภูมิ (Secondary circuit) หรือวงจรไฟแรงสูง หรือวงจรไฟแรงต่ำหรือวงจรปฐมภูมิ

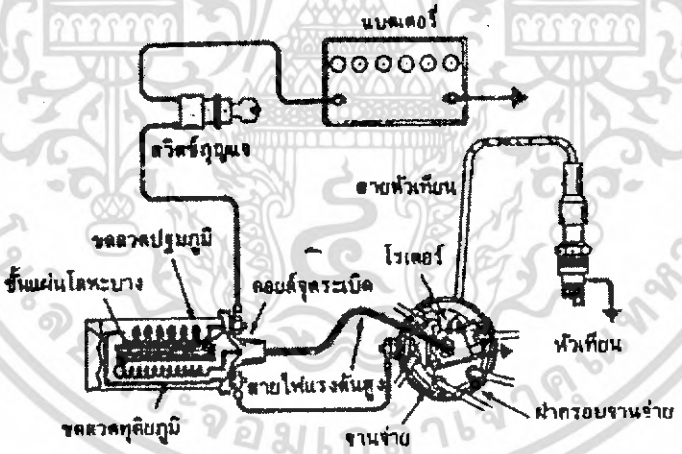
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วย แบตเตอรี่แอมมิเตอร์ สวิตช์กุญแจ รีซิสเตอร์ (ตัวความต้านทาน) ขดลวดฐมภูมิของคอยล์ จุดระเบิด หน้าทองขาวและคอนเดนเซอร์ ตัวถังหรือโครงรถยนต์และสายไฟในวงจรปฐมภูมิ



รูปที่ 3-4 วงจรปฐมภูมิในระบบจุดระเบิดแบบทองขาว

วงจรทุติยภูมิประกอบด้วยขดลวดทุติยภูมิของคอยล์จุดระเบิด ฝาครอบจานจ่ายและโรเตอร์ สายหัวเทียน หัวเทียน และตัวถังหรือโครงรถยนต์



รูปที่ 3-5 วงจรทุติยภูมิในระบบจุดระเบิดแบบทองขาว

เมื่อสวิตช์กุญแจอยู่ที่ตำแหน่ง ON จะมีกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไหลผ่านวงจรปฐมภูมิ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิคอยล์และหน้าทองขาว (หน้าทองขาวปิด) ลงสู่สายดินและกลับสู่แบตเตอรี่ลูกเบี้ยวซึ่งติดตั้งบนเพลาจานจ่ายทำให้หน้าทองขาวเปิดและปิดสลับกันมุมการหมุนของลูกเบี้ยวที่ทำให้หน้าทองขาวยังคงปิดอยู่นั้นเรียกว่ามุมปิดหน้าทองขาว (Dwell angie)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ข้อดีของระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์

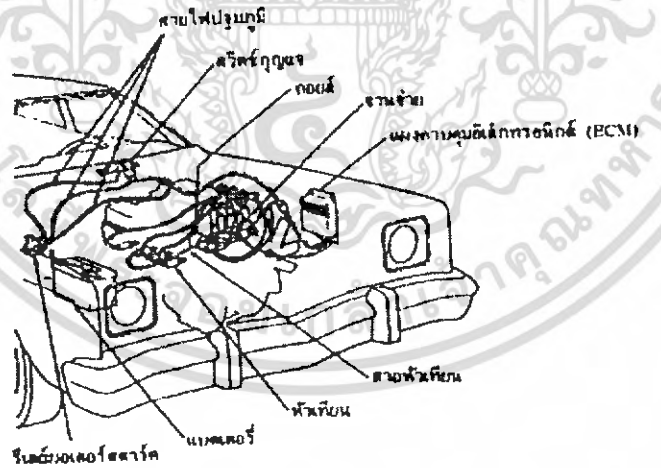
ในปัจจุบันเครื่องยนต์จำนวนมากใช้ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ (electronic ignition system หรือ EIS) ซึ่งมักเรียกว่า การจุดระเบิดโซลิดสเตต (solid – state ignition หรือ SSI) ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ใช้ทรานซิสเตอร์และเซมิคอนดักเตอร์ทำหน้าที่แทนหน้าทองขาว

เมื่อไม่มีหน้าทองขาวที่สึกหรอและไม่มีการปรับและการเปลี่ยน จึงทำให้การบริการของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์น้อยลง นอกจากนี้ ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์จะทำให้แรงดันไฟฟ้าสูงกว่าระบบจุดระเบิดแบทองขาว สิ่งนี้สำคัญมากเพราะว่าแรงดันไฟฟ้าสูงจะทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้ดีขึ้นเมื่อส่วนผสมบาง ระบบจุดอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้แรงดันไฟฟ้าสูงในวงจรทุติยภูมิมักเรียกว่าระบบจุดระเบิดพลังงานสูง (high – energy ignition หรือ HEI)

วงจรทุติยภูมิระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ใช้สายไฟที่มีฉนวนหนากว่าระบบจุดระเบิดแบบทองขาว ดังนั้นสายไฟแรงดันสูงจะมีขนาด 8 mm ในขณะที่แบบทองขาวใช้ขนาด 7 mm ฉนวนทำด้วยสารประกอบซิลิคอนซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนที่ดีสำหรับไฟแรงดันสูง

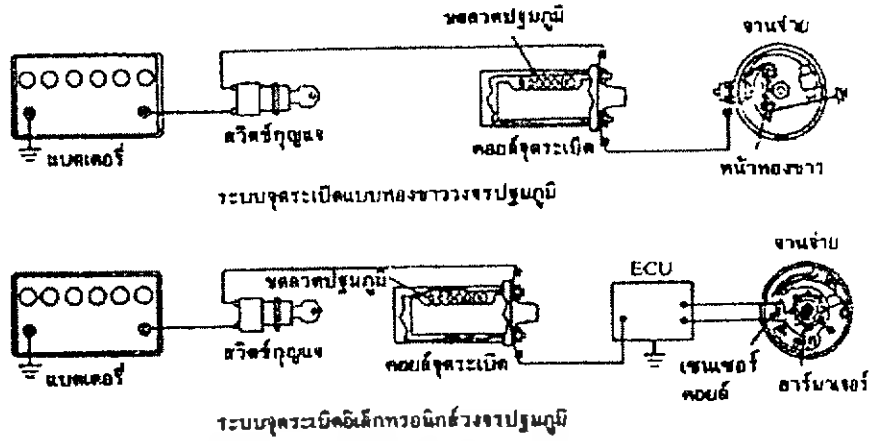
3.7 ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์

ทั้ง 2 ระบบประกอบด้วยแบตเตอรี่ หรือ อัลเทอร์เนเตอร์ สวิตซ์กุญแจ จานจ่านจุดระเบิด คอยล์จุดระเบิด สายไฟ และหัวเทียน แต่ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์จะประกอบด้วยชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic control หรือ ECU) หรือแผงควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic control module หรือ EMC)



รูปที่ 3-6 ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



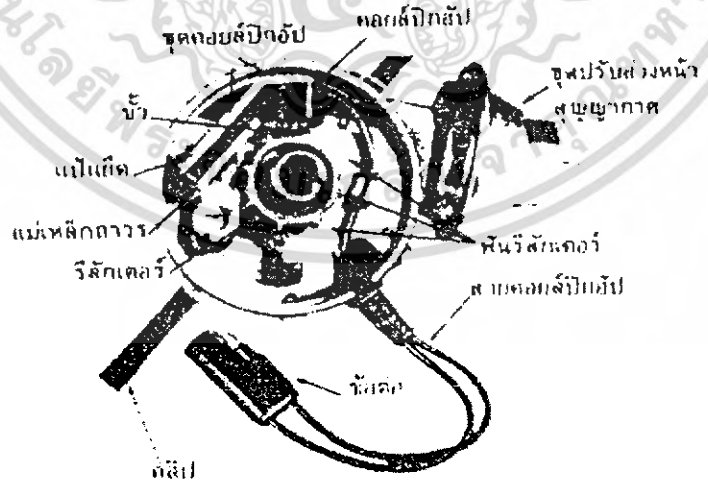
รูปที่ 3-7 การเปรียบเทียบวงจรปฐมภูมิของระบบจุดระเบิดแบบทองขาวและระบบอิเล็กทรอนิกส์

ในระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ จานจ่ายมีอุปกรณ์ซึ่งสร้างสัญญาณการกระตุ้นและส่งเข้าสู่ ECU เพื่อเปิดวงจรปฐมภูมิในขณะที่กระแสไฟฟ้าในวงจรปฐมภูมิหยุดไหล สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบคอยล์จุดระเบิดจะสลายตัว ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่สูงซึ่งจะสวนผ่านสายไฟแรงสูง โรเตอร์และฝาครอบจานจ่ายไฟยังหัวเทียนในแต่ละกระบอกสูบ

ระบบจุดระเบิดของรถยนต์ส่วนมาก (ทั้งแบบทองขาวและแบบอิเล็กทรอนิกส์) เป็นระบบจุดระเบิดแบบเหนี่ยวนำ (inductive ignition system) ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ตามการเปิดและปิดวงจรปฐมภูมิของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์อาจแตกต่างกันไปบ้าง

3.8 การทำงานของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์

รูปที่ 3-8 แสดงจานจ่ายอิเล็กทรอนิกส์โดยทั่วไปซึ่งถอดฝาครอบออก ชุดคอยล์ปิกอัปประกอบด้วยแม่เหล็กถาวร และคอยล์ซึ่งพันรอบแท่งโลหะซึ่งเรียกว่าขั้ว



รูปที่ 3-8 ชิ้นส่วนต่าง ๆ ในจานจ่ายของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีลักเตอร์มีลักษณะคล้ายเฟืองและยึดติดกับส่วนบนของเพลาจานจ่าย คล้ายกับลูกเบี้ยวของจานจ่ายที่ใช้ทองขาว รีลักเตอร์ทำด้วยเหล็กและมีจำนวนฟันเท่ากับจำนวนกระบอกสูบ ฟันของรีลักเตอร์จะมีระยะช่องว่างเล็กน้อยห่างจากชุดคอยล์ปิกอัป ดังนั้นชิ้นส่วนทั้งสองจะไม่สัมผัสกัน

รีลักเตอร์ไม่ใช่แม่เหล็ก เมื่อฟันของรีลักเตอร์เข้าสู่แม่เหล็ก ฟันของรีลักเตอร์จะเป็นเส้นทางเดินของสนามแม่เหล็กดีกว่าอากาศโดยรอบ สิ่งนี้จะทำให้รีลักแตนซ์ (reluctance) ลดลง ซึ่งรีลักแตนซ์ก็คือความต้านทานการไหลของเส้นแรงแม่เหล็กไปตามเส้นทางแม่เหล็ก

แม่เหล็กถาวรในชุดคอยล์ปิกอัปสร้างสนามแม่เหล็กซึ่งมีความเข้มต่ำ สนามแม่เหล็กนี้ผ่านขดลวดของคอยล์ปิกอัปซึ่งพันโดยรอบ (ดูรูที่ 3-9 (ก)) สนามแม่เหล็กนี้ค่อนข้างอ่อนเมื่อระยะช่องว่างระหว่างขั้วกับฟันของรีลักเตอร์มีขนาดกว้าง

ในขณะที่ฟันของรีลักเตอร์เข้าใกล้คอยล์ปิกอัประยะช่องว่างนั้นลดลง เส้นทางเดินของสนามแม่เหล็กจะดีขึ้น (ดูรูที่ 3-9 (ข)) ในขณะความเข้มของสนามแม่เหล็กรอบคอยล์กอัปเริ่มเพิ่มขึ้นการเปลี่ยน (การเพิ่ม) ความเข้มของสนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าบวกที่ขั้วหนึ่งของขั้วคอยล์ปิดอัป

แรงดันไฟฟ้าบวกจะเข้มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งฟันของรีลักเตอร์อยู่ตรงกันข้ามกับขั้วในตำแหน่งนี้จะมีระยะช่องว่างระหว่างฟันของรีลักเตอร์น้อยที่สุด

หลังจากที่ฟันของรีลักเตอร์เคลื่อนที่ผ่านขั้วไปแล้ว ระยะช่องว่างนั้นจะเพิ่มขึ้น (ดูรูป3.15 (ค) สิ่งนี้ทำให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กโดยรอบคอยล์กอัปเริ่มลดลงหรือสลายตัวการลดลงของความเข้มสนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าลงที่ขั้วเดิมของคอยล์ปิกอัปแรงดันไฟฟ้านี้จะเป็นสัญญาณป้อนเข้าสู่ ECU

3.9 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าปิกอัป

แรงดันไฟฟ้าจะเกิดขึ้นในคอยล์ปิกอัปเนื่องจากการเลี่ยนแปลงความเข้มของสนามแม่เหล็ก (อาจเพิ่มขึ้นหรือลดลง) จะไม่มีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นถ้ารีลักเตอร์ไม่เคลื่อนที่ การเพิ่มขึ้นหรือการลดลงของสนามแม่เหล็กในขณะที่ฟันรีลักเตอร์เคลื่อนที่เข้าใกล้และออกห่างจากขั้วจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าบวกและลบสลับที่ขั้วของคอยล์ปิกอัป แรงดันไฟฟ้านี้จะทำหน้าที่คล้ายกับเป็นสัญญาณสวิตช์ ซึ่งมีผลทำให้ ECU ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดและหยุดการไหลของกระแสไฟฟ้าซึ่งจะเกิดสลับกัน

แรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำเกิดขึ้นในคอยล์ปิกอัปเรียกว่า แรงดันไฟฟ้าปิกอัป (pickup voltage) แรงไฟฟ้านี้มีค่าน้อยแต่เป็นสัญญาณที่มีความเที่ยงตรงสูงที่สุดที่ป้อนเข้าสู่ ECU ซึ่ง ECU จะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดตราบเท่าที่สัญญาณแรงดันไฟฟ้าปิกอัปมีค่าเป็นบวก ในระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด และผ่าน ECU ลงสู่สายดิน ซึ่ง ECU จะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิลงสู่สายดิน จนกระทั่งมีสัญญาณแรงดันไฟฟ้าลบจากคอยล์ปิกอัป

62461

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเป็นลบ ECU จะหยุดการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดปฐมภูมิ (วงจรเปิด) ดูรูปที่ 3-9 ในขณะนี้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ECU ลงสู่สายดิน จึงมีผลทำให้สนามแม่เหล็กโดยรอบคอยล์จุดระเบิดสลายตัว สิ่งนี้จะเหนี่ยวนำทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าสูงในขดลวดทุติยภูมิของคอยล์ ซึ่งทำให้หัวเทียนเกิดประกายไฟ หลักการเช่นเดียวกันกับวงจรทุติยภูมิของระบบจุดระเบิดแบบทองขาว

บาลลาสต์รีซิสเตอร์แบบคู่ (dual-ballast resistor) ดังแสดงในรูปที่ 3-9 นั้นจะทำหน้าที่รักษากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรปฐมภูมิให้มีค่าคงที่ถึงแม้ว่ารอบเครื่องยนต์จะเปลี่ยนแปลงก็ตาม สิ่งนี้จะทำให้ประกายไฟที่หัวเทียนมีความแรงสม่ำเสมอ กระแสไฟฟ้าจะไม่ผ่านรีซิสเตอร์ขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ ทั้งนี้เพราะว่าต้องการให้แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ป้อนเข้าสู่คอยล์จุดระเบิดได้เต็มที่ ทำให้มั่นใจได้ว่าจะเกิดประกายที่มีความแรงมากเพียงพอต่อการสตาร์ท

ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์แบบอื่นใช้ฮอลล์เอฟเฟ็กซ์เซนเซอร์ (Hall-effect sensor) แทนการใช้คอยล์ปิกอัป

ข้อสังเกต ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ส่วนมากไม่ใช้รีซิสเตอร์ปฐมภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

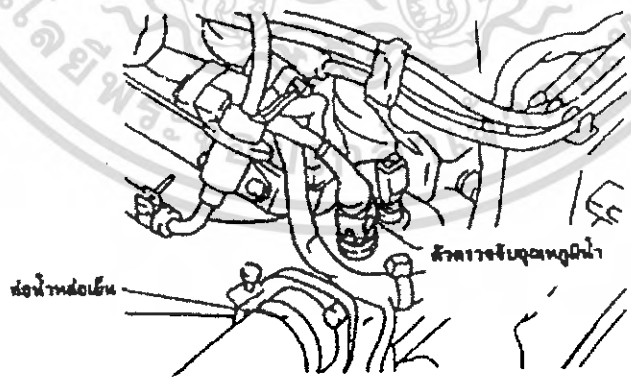
4.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่สำคัญคือ ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ (Water thermo sensor) ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (*Air thermo sensor*) ตัวตรวจจับตำแหน่งสิ้นเร่ง (Throttle position sensor) ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน (Oxygen sensor) ตัวตรวจจับสูญญากาศ (Vacumm sensor) ตัวตรวจจับการไหลอากาศ (Air flow sensor) สวิตซ์ร้อน-เวลา (Thermo – time surch) หรือสวิตซ์ควบคุมเวลาการฉีดของหัวฉีดสตาร์ทเย็น และหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit : ECU) หรือคอมพิวเตอร์

4.2 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ (Water thermo sensor)

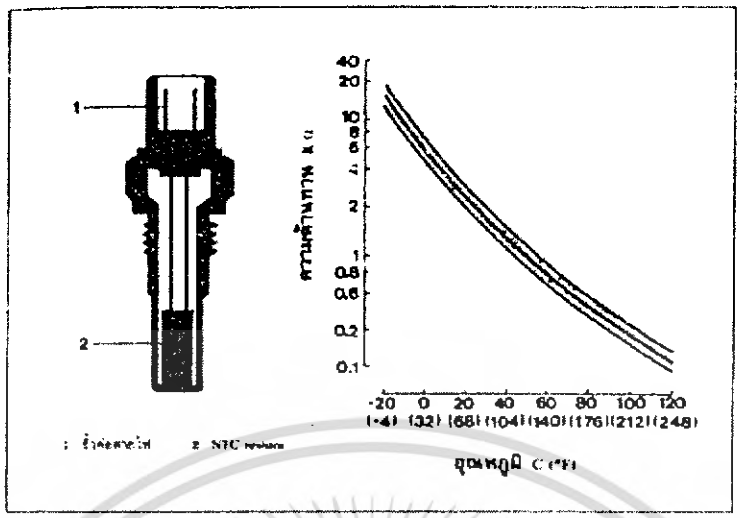
ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ให้เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อเครื่องยนต์อุณหภูมิต่ำ

ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำจะติดตั้งไว้บริเวณช่องทางออกของน้ำหล่อเย็นที่ตัวเครื่องยนต์ ภายในตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ ประกอบด้วยตัวความต้านทานแบบมีค่าสัมประสิทธิทางอุณหภูมิเป็บลบที่เรียกว่า NTC resistor (NTC ย่อมาจาก Negative temperature coefficient) ซึ่งจะมีค่าความต้านทานลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจากคุณสมบัติ NTC resistor จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันของสัญญาณไฟฟ้าสำหรับป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อทำการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ให้ได้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับอุณหภูมิของเครื่องยนต์

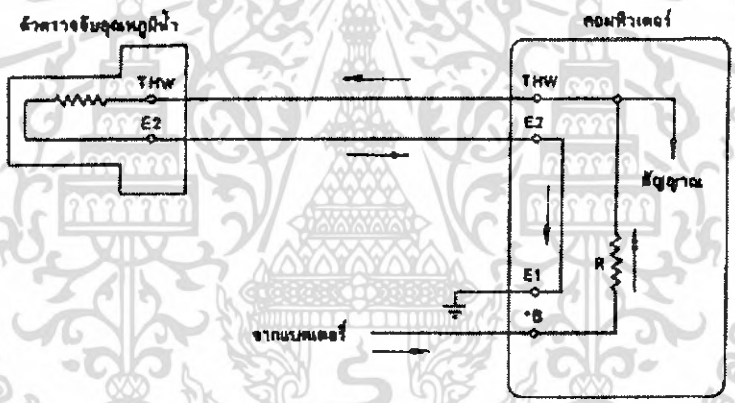


รูปที่ 4-1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-2 ส่วนประกอบและกราฟแสดงค่าความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ



รูปที่ 4-3 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ

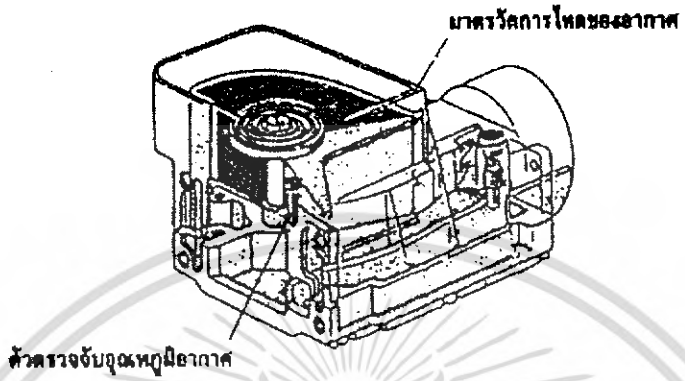
4.2.1 การทำงานของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ

จากวงจรไฟฟ้าในรูป แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ป้อนเข้าที่ขั้ว +B ของคอมพิวเตอร์แล้วไหลผ่านตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมาลงกราวด์ที่ขั้ว E1 ขณะน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ ค่าความต้านทานของ NTC resistor จะเพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมระหว่างขั้ว THW และ E2 สูงขึ้น สัญญาณแรงดันไฟฟ้านี้จะเป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ทำให้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงหนาขึ้นและเมื่ออุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นสูงขึ้น ค่าความต้านทางของ NTC resistor จะต่ำลง แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมระหว่างขั้ว THW และ E2 ก็จะลดลง ทำให้คอมพิวเตอร์กำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลงและกลับเข้าสู่ระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานเมื่ออุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูงถึงค่าที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ คอมพิวเตอร์จะเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงก็ต่อเมื่ออุณหภูมิน้ำหล่อเย็นต่ำกว่าค่าที่กำหนดในเครื่องยนต์แต่ละรุ่น เช่น ที่อุณหภูมิ 60 C เป็นต้น

4.3 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Air thermo sensor)



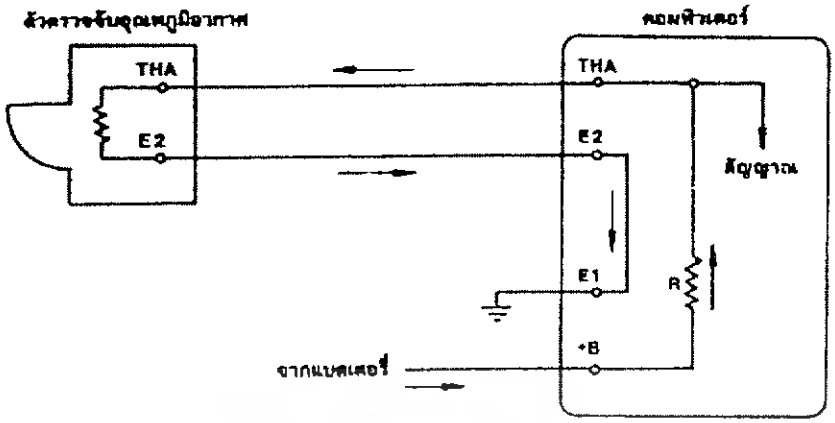
รูปที่ 4-4 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ

ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศจะถูกติดตั้งไว้บริเวณช่องทางอากาศเข้ากระบอกสูบ เช่น ที่กรองอากาศภายในตัวมาตรวัดการไหลของอากาศ (Air Flow Meter) หรือที่ห้องประจุไอดี ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศจะทำหน้าที่ตัวตรวจวัดอุณหภูมิอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบและเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ เพื่อปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้เหมาะสมกับอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป จากหลักการของระบบฉีดปริมาณอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบ จะเป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์คำนวณหาระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี แต่ด้วยเหตุที่อุณหภูมิของอากาศมีค่าไม่คงที่ ทำให้น้ำหนักต่อปริมาตรของอากาศ (ความหนาแน่น) เปลี่ยนไป คือจะมีน้ำหนักต่อปริมาตรน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักอากาศนี้ จึงเป็นเหตุให้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่ได้จากการฉีดของหัวฉีดมีค่าของเชื้อเพลิงหนาขึ้น และในทางตรงกันข้ามส่วนผสมของเชื้อเพลิงจะบาง เมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำลง ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำ และลดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น

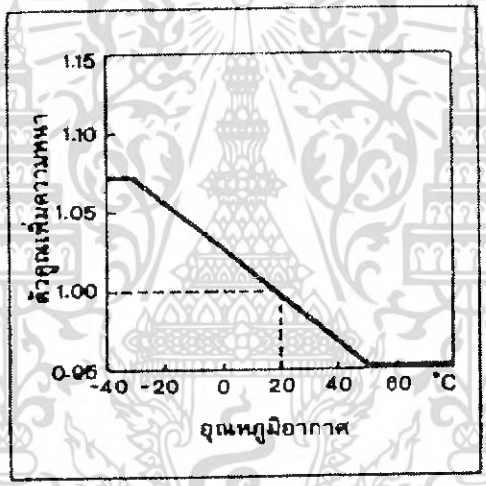
4.3.1 การทำงานของตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ

ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศจะมีโครงสร้างและการทำงานเหมือนกับตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ คอมพิวเตอร์จะเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่ออุณหภูมิอากาศต่ำกว่า 20 ° C และลดเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่ออุณหภูมิอากาศสูงกว่า 20 ° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-5 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ



รูปที่ 4-6 กราฟแสดงการปรับส่วนของเชื้อเพลิงผสมเพิ่มความหนาตามอุณหภูมิของอากาศ

4.4 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle position sensor)

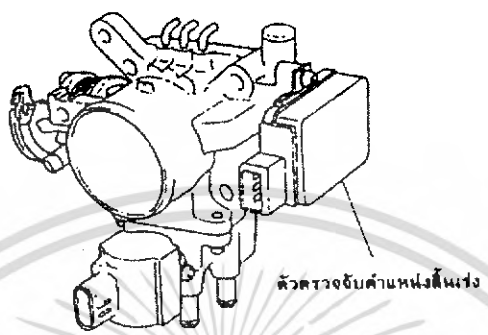
ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง จะทำหน้าที่บอกตำแหน่งการเปิดของลิ้นเร่ง (บอกสภาวะการรับภาระของเครื่องยนต์) ในลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าให้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง หรือตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งที่ใช้ในระบบน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ จะมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ โดยจะแตกต่างกันที่รูปร่างภายนอก และโครงสร้างภายในแล้วแต่บริษัทผู้สร้าง แต่โดยทั่วไปแล้วจะมีหน้าที่และการทำงานคล้ายคลึงกันในขั้นต้นจะขอกล่าวถึงเพียง 2 แบบ ซึ่งเป็นของเครื่องยนต์โตโยต้าคือ

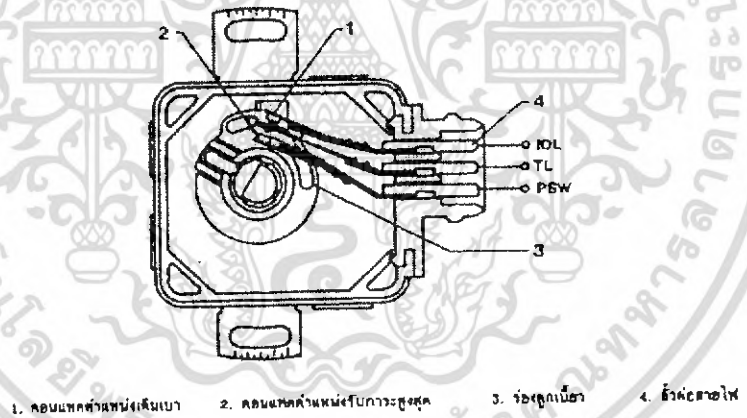
1.) แบบหน้าสัมผัสเปิด – ปิด (On – Off Type)

2.) แบบเชิงเส้น (Liner Type)



รูปที่ 4-7 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง

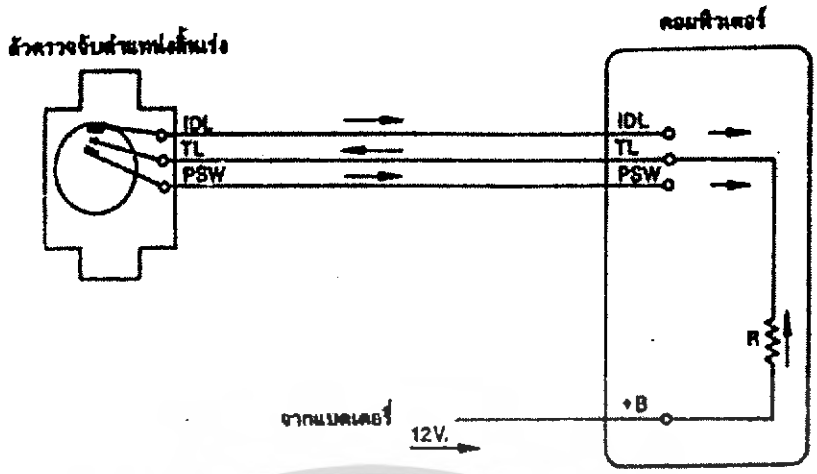
4.4.1 แบบหน้าสัมผัสเปิด – ปิด (On – Off Type)



รูปที่ 4-8 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบหน้าสัมผัสเปิด – ปิด (On – Off Type)

ภายในตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง จะเป็นสวิตช์สำหรับตัดต่อวงจรไฟฟ้า สวิตช์นี้จะทำงานด้วยร่องลูกเบี้ยว (Guide cam) ที่หมุนไปพร้อมกับเพลาของลิ้นเร่ง คือ เมื่อลิ้นเร่งอยู่ในตำแหน่งปิด คอนแทคเดินเบาจะสัมผัสกัน (ขั้ว TL และ IDL จะต่อถึงกัน) และในตำแหน่งที่ลิ้นเร่งเปิดกว้าง ร่องลูกเบี้ยวจะบังคับให้คอนแทคตำแหน่งรับภาระสูงสุดจะสัมผัสกัน (ขั้ว TL และ PSW จะต่อถึงกัน)

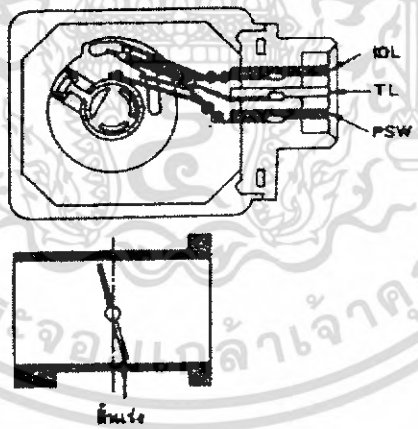
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-9 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบปิด –เปิด

การทำงานของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบหน้าสัมผัสปิด –เปิด

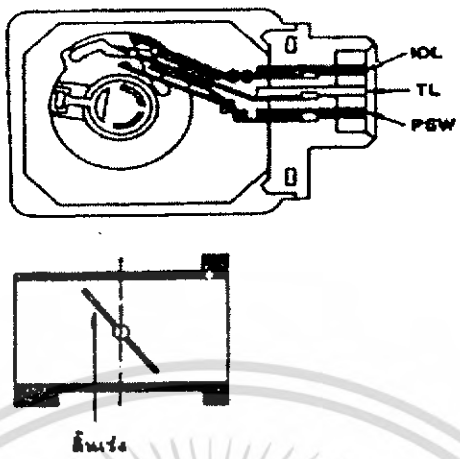
ตำแหน่งเดินเบา สิ้นเร่งจะปิดหรือเปิดเพียงเล็กน้อยหน้าคอนแทคตำแหน่งเดินเบา (Idle point) จะสัมผัสกัน แรงดันไฟฟ้าจากขั้ว TL จะไหลผ่านไปยังขั้ว IDL ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ สัญญาณไฟฟ้านี้จะถูกใช้เป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์ เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในสภาวะเดินเบาเครื่องยนต์ และทำการตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อลดความเร็วรอบเครื่องยนต์ทันทีทันใด



รูปที่ 4-10 ตำแหน่งหน้าคอนแทคของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งขณะเดินเบา

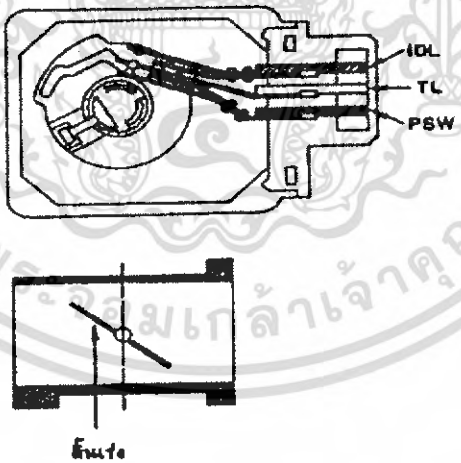
ตำแหน่งใช้งานปกติ (Part Load) ลิ้นเร่งเปิดกว้างขึ้นแต่ยังไม่เต็มที่ ในสภาวะนี้จะไม่มีการต่อกันของหน้าคอนแทคตำแหน่งเดินเบาหรือคอนแทคตำแหน่งรับภาระสูงสุด (Power point) ดังนั้นในตำแหน่งนี้จะไม่มีสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-11 ตำแหน่งหน้าคอนแทคของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งขณะใช้งานปกติ

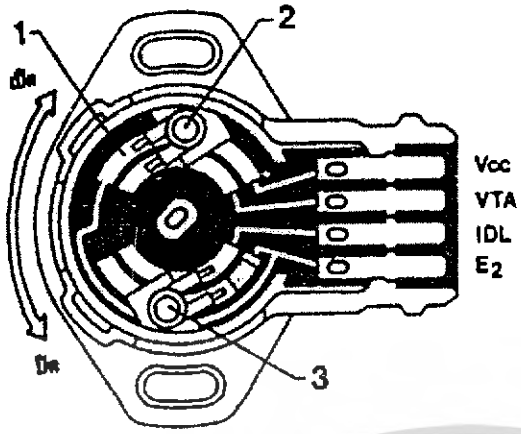
ตำแหน่งรับภาระสูงสุด (Full Load) ลิ้นเร่งเปิดประมาณ 50 ° - 60 ° จากตำแหน่งปิด หน้าคอนแทครับภาระสูงสุดจะสัมผัสกัน ทำให้แรงดันไฟฟ้าจากขั้ว TLL ไหลผ่านไปยังขั้ว PSW ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อบอก ตำแหน่งรับภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ สัญญาณไฟฟ้านี้ จะเป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์เดิมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ให้ได้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่หนาขึ้นตามความต้องการของเครื่องยนต์



รูปที่ 4-12 ตำแหน่งหน้าคอนแทคของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งขณะรับภาระสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 แบบเชิงเส้น (linear Type)



รูปที่ 4-13 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น (Linear Type)

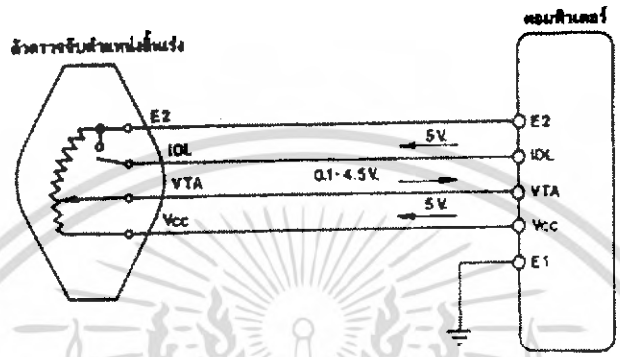
การทำงานของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น

ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบนี้จะประกอบด้วยแผ่นเลื่อน 2 ตัว (หน้าสัมผัสสำหรับสัญญาณเดินเบา และสัญญาณมุมการเปิดของลิ้นเร่ง) แผ่นเลื่อน 2 ตัวนี้จะหมุนเคลื่อนไปพร้อมกับลิ้นเร่ง โดยแผ่นเลื่อนหมายเลข 2 สัมผัสไปบนตัวความต้านทานที่ต่อระหว่างขั้ว VCC และ E2 เมื่อลิ้นเร่งเปิด แผ่นเลื่อนจะหมุนเคลื่อนที่ไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา (ดังแสดงในรูปที่ 4-13) ซึ่งมีผลทำให้ค่าความต้านทานระหว่าง ขั้ว VCC และ ขั้ว VTA เปลี่ยนแปลงไป (ลดลง) จากความเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานระหว่างขั้ว VCC และ ขั้ว VTA ของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งจะถูกนำไปใช้ในการส่งสัญญาณไฟฟ้าบอกตำแหน่งของลิ้นเร่งให้กับคอมพิวเตอร์ สำหรับแผ่นเลื่อนหมายเลข 2 (หน้าสัมผัสสำหรับสัญญาณเดินเบา) ในขณะเครื่องยนต์เดินเบา (ลิ้นเร่งปิด) แผ่นเลื่อนจะต่อวงจรระหว่างขั้ว IDL และ E2 เมื่อเร่งเครื่องยนต์ขึ้นเล็กน้อย แผ่นเลื่อนจะหมุนเคลื่อนที่ไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ทำให้ขั้ว IDL และ E2 ไม่ต่อถึงกัน ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นวงจรที่ขั้ว IDL ถูกทำให้ขาดวงจรไว้ เมื่อแผ่นเลื่อนหมุนเลยไป ขั้ว IDL และ E2 ก็ขาดวงจรจากกัน แต่เมื่อเครื่องยนต์กลับมาอยู่ในตำแหน่งเดินเบา แผ่นเลื่อนจะกลับมาต่อขั้ว IDL และ E2 อีก จากการตัดและต่อวงจรระหว่างขั้ว IDL และ E2 จะนำไปใช้สำหรับบอกสภาวะเดินเบาของเครื่องยนต์ให้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง หรือตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในขณะลดความเร็วรอบเครื่องยนต์อย่างทันทีทันใด เช่น ขณะทำการเบรก

จากวงจรไฟฟ้ารูปที่ 4-14 แรงดันไฟฟ้าประมาณ 5V. จากคอมพิวเตอร์ จะป้อนเข้าที่ขั้ว VCC และ IDL ของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง ในตำแหน่งเครื่องยนต์เดินเบา ลิ้นเร่งปิด หน้าสัมผัสสัญญาณเดินเบาจะต่อขั้ว IDL และ E2 ทำให้ไฟฟ้าจากขั้ว IDL ลงกราวด์ที่ขั้ว E2 นี้ จะเป็นการบอกตำแหน่งเดินเบาของเครื่องยนต์ให้กับคอมพิวเตอร์ สำหรับขั้ว VTA ในตำแหน่งเดินเบาจะมีแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพียงเล็กน้อย (ประมาณ 0.1 V) และเมื่อทำการเร่งเครื่องยนต์ หน้าคอนแทคสัญญาณเดินเบาจะเปิดออก ไฟฟ้าจากขั้ว IDL จะไม่ลงกราวด์ที่ขั้ว E2 ทำให้คอมพิวเตอร์ทราบว่าเครื่องยนต์ไม่ได้อยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะเดินเบาส่วนหน้าคอนแทคสัญญาณการเปิดของลิ้นเร่งจะหมุนเลื่อนไปบนแผ่นความต้านทาน ทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขั้ว VCC และ VTA จะมีค่าลดลง กล่าวคือ เมื่อมุมการเปิดของลิ้นเร่งเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานจะมีค่าน้อยลง ซึ่งมีผลให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว VTA มีค่าเพิ่มขึ้นตามมุมการเปิดของลิ้นเร่ง จากประมาณ 1V. ขณะลิ้นเร่งปิด จนถึงประมาณ 4.5 V. เมื่อลิ้นเร่งเปิดเต็มที่ แรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว VTA นี้จะถูกใช้เป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับสภาวะการเร่งเครื่องยนต์



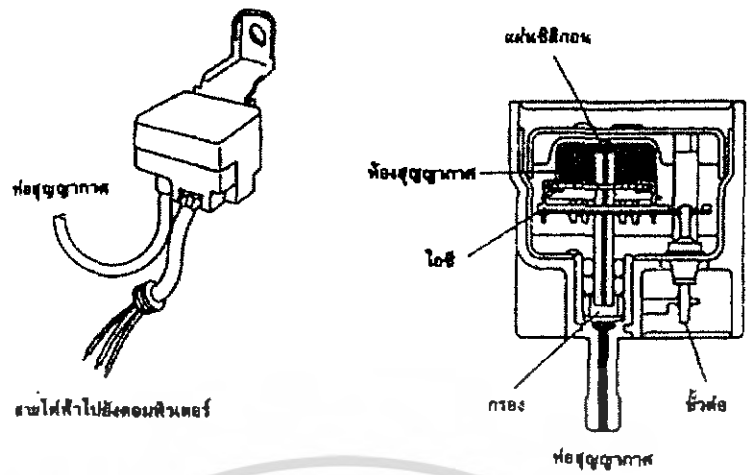
รูปที่ 4-14 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น

หมายเหตุ ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบนี้มีใช้ในเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE , 1G-GE , 3S-GE ฯลฯ

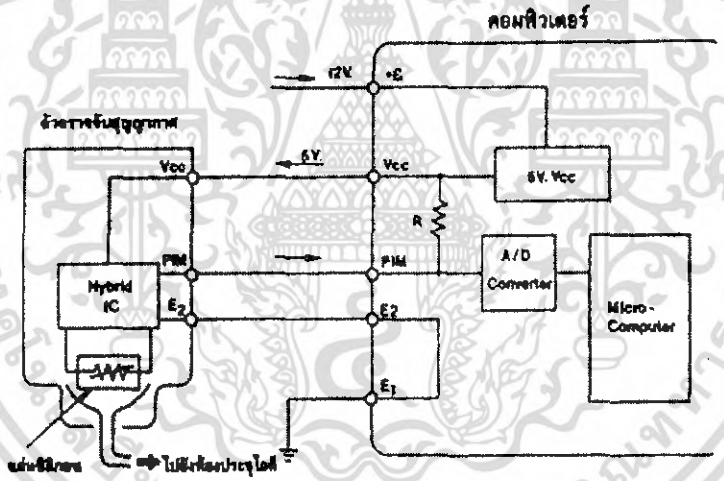
4.5 ตัวตรวจจับสูญญากาศ (Vacuum)

ตัวตรวจจับสูญญากาศจะทำหน้าที่ตรวจวัดแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดี แล้วเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน (Basic Infection Time) ของหัวฉีดภายในตัวตรวจจับสูญญากาศจะประกอบด้วยตัวต้านทานความร้อน (Resistor) ที่ทำจากแผ่นซิลิคอน ต่อวงจรไฟฟ้ารวมกับตัวไอซี แผ่นซิลิคอนจะถูกต่อกับปลายท่อสูญญากาศที่ต่อมารวมกับท่อไอดีของเครื่องยนต์ เพื่อทำการตรวจวัดแรงดันของอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป ขณะเครื่องยนต์ทำงาน แผ่นซิลิคอนจะมีค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไปตามค่าแรงดันของอากาศที่กระทำกับแผ่นซิลิคอน สำหรับตัวไอซีจะทำหน้าที่เปลี่ยนความต้านทานของแผ่นซิลิคอนเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ ซึ่งแรงดันไฟฟ้านี้จะมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับค่าแรงดันของอากาศจากท่อร่วมไอดีที่กระทำกับแผ่นซิลิคอน กล่าวคือ ค่าแรงดันไฟฟ้าจะสูง เมื่อแรงดันของอากาศในท่อไอดีสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-15 ตัวตรวจสูญญากาศ



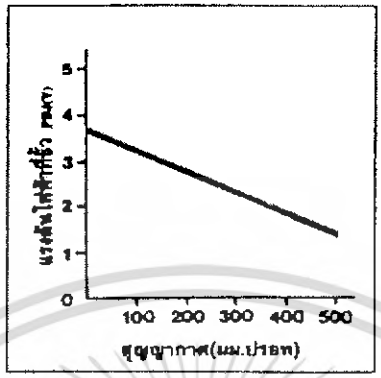
รูปที่ 4-16 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับสูญญากาศ

4.5.1 การทำงานของตัวตรวจจับสูญญากาศ

จากวงจรไฟฟ้า ตัวตรวจจับสูญญากาศ จะได้รับแรงดันไฟฟ้าคงที่ประมาณ 5V. จากขั้ว Vcc ของคอมพิวเตอร์ ในขณะที่เครื่องยนต์มีความเร็วรอบต่ำ ลิ้นเร่งปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบน้อย แรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดีจะต่ำ ตัวตรวจจับสูญญากาศจะส่งสัญญาณไฟฟ้าที่มีค่าต่ำ ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ที่ขั้ว PIM คอมพิวเตอร์จะกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลงตามค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟฟ้าที่ได้รับจากตัวตรวจจับสูญญากาศ หากลิ้นเร่งปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบมากขึ้นตัวตรวจจับสูญญากาศ แรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดีจะสูงตัวตรวจจับสูญญากาศจะส่งสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าสูงให้คอมพิวเตอร์กำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดมากขึ้น



รูปที่ 4-17 ค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับสูญญากาศในเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE

4.6 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน (Oxygen sensor or Lambda sensor)

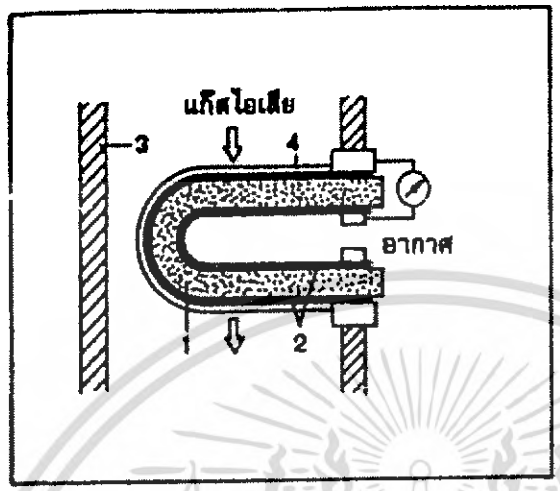
ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณออกซิเจน ในแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ และส่งสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการวัดป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ ทำให้กำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี (14.7:1)

ในขณะเครื่องยนต์ทำงานอยู่ในสภาวะปกติ เครื่องยนต์จะต้องการอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่เป็นการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ คอมพิวเตอร์จะทำการกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด โดยได้รับข้อมูลทางไฟฟ้ามาจากตัวตรวจจับสภาวะการทำงาน แต่อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนผสมที่ได้จากการทำงานของคอมพิวเตอร์นี้ อาจมีการเปลี่ยนแปลงจากค่า 14.7:1 ได้เนื่องจากสาเหตุของความบกพร่องหรือความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ทำงานในระบบ การเบี่ยงเบนของอัตราส่วนผสมนี้ สามารถตรวจได้โดยการวัดปริมาณออกซิเจนในแก๊สไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ หากอัตรส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้ากระบอกสูบหนา การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจะไม่สมบูรณ์ เนื่องจากอากาศมีน้อยทำให้ปริมาณอ๊อกซิเจนในแก๊สไอเสียมีน้อย และในทางตรงกันข้าม ถ้าอัตราส่วนผสมที่ป้อนเข้ากระบอกสูบบางปริมาณออกซิเจนในท่อไอเสียจะมาก จากปริมาณออกซิเจนในแก๊สไอเสียได้ถูกนำมาใช้ในการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี

ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เซรามิคชนิดพิเศษที่ทำจาก เซอโคเนียมไดออกไซด์ ฉาบด้วยผิวแผ่นพลาตินั่ม ที่มีลักษณะเป็นรูพรุนวีทั้งด้านในและด้านนอก แสดงดังรูป 4-18 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนจะถูกติดตั้งยื่นเข้าไปในท่อร่วมไอเสียของเครื่องยนต์ให้แผ่นพลาตินั่มที่ฉาบอยู่ด้านนอกของเซอรามิคได้สัมผัสกับแก๊สไอเสีย ส่วนแผ่นพลาตินั่มทางด้านในของเซอรามิคจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อกับบรรยากาศภายนอก สำหรับปลอกป้องกันตัวเซอรามิค จะเป็นท่อโลหะที่มีช่องให้แก๊สไอเสียผ่านไปยังแผ่นพลาตินั่มและเซอรามิคได้ ปลอกนี้จะทำหน้าที่ป้องกันของแข็งเล็ก ๆ ที่ปนอยู่ในแก๊สไอเสียกระทบกับตัวเซอรามิค



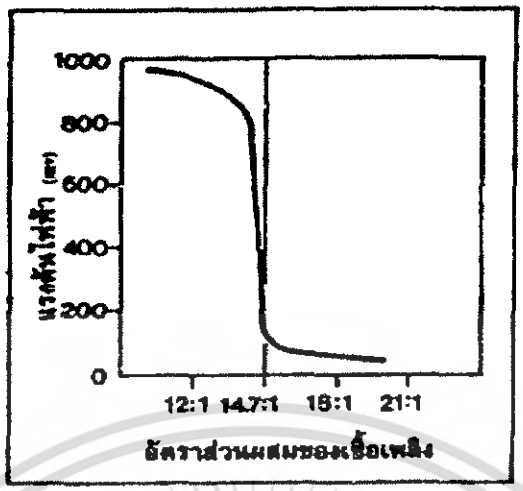
รูปที่ 4-18 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

4.6.1 การทำงานของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

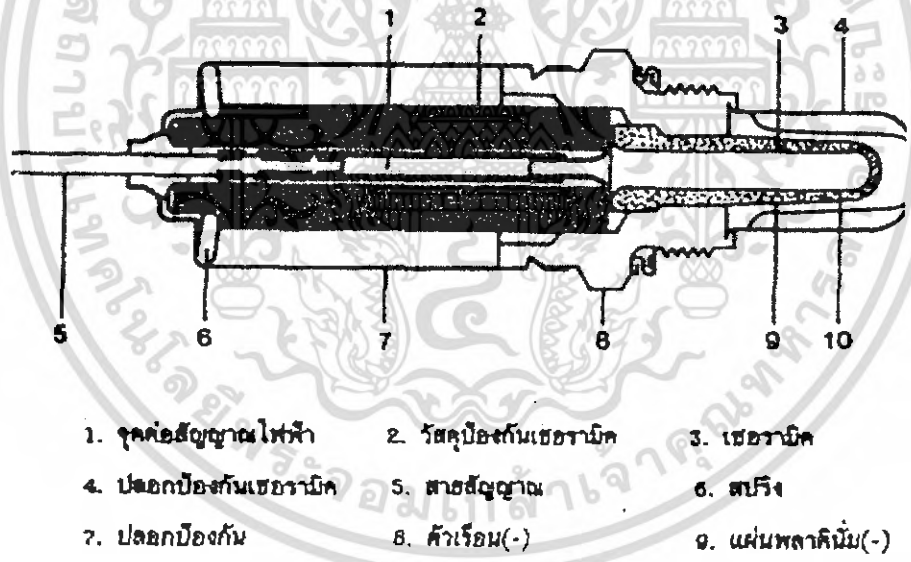
ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน จะเปรียบเสมือนแบตเตอรี่ขนาดเล็กที่มีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณออกซิเจนจะอาศัยความแตกต่างของจำนวนอิเล็กตรอนระหว่างแผ่นพลาตินั่มที่ฉาบไว้ทั้งสองด้านของเซอรามิค และการเป็นตัวนำทางไฟฟ้าของเซอรามิค เมื่อตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนได้รับออกซิเจนจากแก๊สไอเสีย แผ่นพลาตินั่มจะมีอิเล็กตรอนอิสระเกิดขึ้น โดยแผ่นพลาตินั่มในส่วนที่ต่อกับบรรยากาศภายนอก ซึ่งได้รับออกซิเจนจำนวนมาก จะมีอิเล็กตรอนเกิดขึ้นมาก ส่วนแผ่นพลาตินั่มที่สัมผัสกับแก๊สไอเสียจะมีอิเล็กตรอนเกิดขึ้นน้อย สำหรับเซอรามิคนั้นเมื่อได้รับออกซิเจนและความร้อนจากแก๊สไอเสียจะมีคุณสมบัติเป็นตัวนำทางไฟฟ้าทำให้การถ่ายเทอิเล็กตรอนเกิดขึ้นที่แผ่นพลาตินั่มทั้งสอง ดังนั้นหากมีการต่อแผ่นพลาตินั่มทั้งสองเข้าด้วยกันเป็นวงจรจะทำให้มีกระแสไหล

จากการทำงานดังกล่าว จะมีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นที่ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน ประมาณ 100-900 mV โดยแปรผันไปตามปริมาณออกซิเจนในแก๊สเสีย ซึ่งมีผลมาจากค่าอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้ากระบอกสูบ (ดังรูป4-19) หากอัตราส่วนผสมหนาขึ้นแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเข้าใกล้ 900 mV และจะลดต่ำลงเข้าใกล้ 100 mV เมื่ออัตราส่วนผสมบางลง (ค่าแรงดันไฟฟ้าจากตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนมีอุณหภูมิสูงถึง 350 องศาเซลเซียส เนื่องจากเซอรามิคจะมีความต้านทานสูงเมื่ออุณหภูมิต่ำ) จากค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้นี้ จะถูกใช้เป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์ปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-19 กราฟค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน



รูปที่ 4-20 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนของ BOSCH

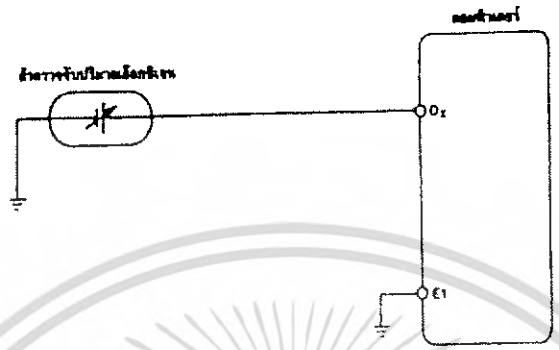
ในการทำงานของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน จะมีผลต่อการปรับอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิง เฉพาะตอนที่เครื่องยนต์ทำงานอยู่ในสภาวะปกติ และอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงมีการเบี่ยงเบนไปจากอัตราส่วนผสมตามทฤษฎีไม่มากนัก

หมายหตุ ในเครื่องยนต์บางรุ่นจะไม่มีตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 สวิตซ์ความร้อน-เวลา (Thermo – time switch)

สวิตซ์ความร้อน-เวลา เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจำกัดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ของหัวฉีดสตาร์ทเย็นให้เหมาะสมกับอุณหภูมิของเครื่องยนต์ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้น้ำมันเชื้อเพลิงถูกฉีดออกมามากเกินความจำเป็นจนเกิดอาการน้ำมันท่วม และป้องกันไม่ให้หัวฉีดสตาร์ทเย็นฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงขณะที่เครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูง

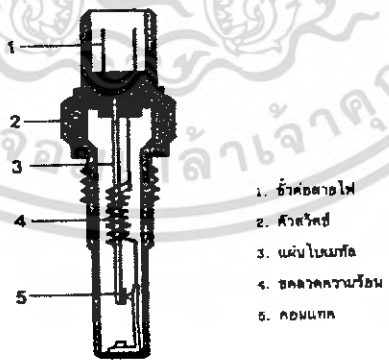


รูปที่ 4-21 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

สวิตซ์ความร้อน-เวลา จะถูกติดตั้งไว้บริเวณช่องทางน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ ภายในสวิตซ์ประกอบด้วยแผ่นโลหะไบเมทัล (Bimetal) พันด้วยขดลวดความร้อน (Heating wing]ding) 2 ขด และที่ส่วนปลายของแผ่นไบเมทัลจะเป็นคอนแทค สำหรับตัดต่อวงจรไฟฟ้าของหัวฉีดสตาร์ทเย็น

4.7.1 การทำงานของสวิตซ์ความร้อน-เวลา

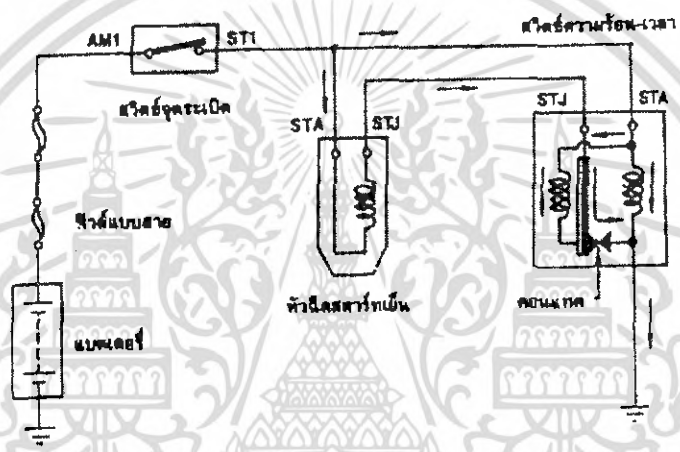
สวิตซ์ความร้อน-เวลาจะทำงานด้วยความร้อนจากเครื่องยนต์และความร้อนจากขดลวด ความร้อนที่ได้รับกระแสไฟฟ้ามาจากขั้วสตาร์ท ST ของสวิตซ์จุดระเบิด (Ignition switch) ในการทำงาน สวิตซ์ความร้อน-เวลาจะต่อวงจรไฟฟ้าร่วมกับหัวฉีดสตาร์ทเย็น ดังรูป 4-23



รูปที่ 4-22 ส่วนประกอบสวิตซ์ความร้อน-เวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

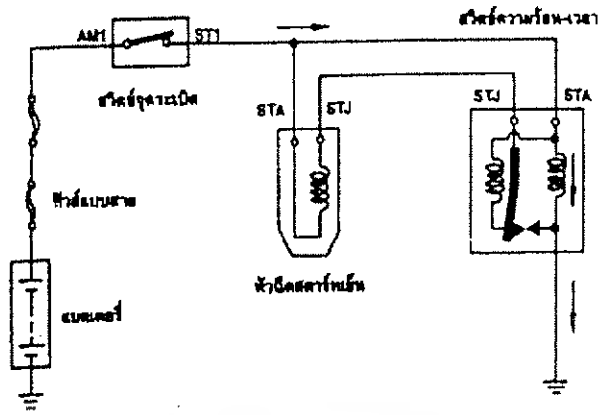
ขณะเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำหน้าคอนแทคของสวิตช์ความร้อน-เวลาจะปิด เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์กระแสไฟฟ้าจากขั้วสตาร์ทของสวิตช์จุดระเบิดจะไหลเข้าขดลวดโซลินอยด์ของหัวฉีดสตาร์ทเย็น มาลงกราวด์ครบวงจรที่หน้าคอนแทคของสวิตช์ความร้อนเวลา หัวฉีดสตาร์ทเย็นก็จะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงออกมาในเวลาเดียวกันนี้กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าขดลวดความร้อนทั้งสองขด ของสวิตช์ความร้อน-เวลา มาลงกราวด์ที่ตัวสวิตช์ ซึ่งยึดติดกับตัวเครื่องยนต์ ทำให้แผ่นไบเมทัลมีอุณหภูมิสูงขึ้น หากเครื่องยนต์ยังสตาร์ทไม่ติดและสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ท แผ่นไบเมทัลจะร้อนมากขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งเกิดการโก่งตัวทำให้คอนแทคที่ปลายแผ่นไบเมทัลแยกออกจากกัน วงจรไฟฟ้าของหัวฉีดสตาร์ทเย็นจะถูกตัด ไม่สามารถลงกราวด์ได้ครบวงจร การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจะหยุดลง และเมื่อคอนแทคแยกออกจากกันแล้วจะเหลือขดลวดความร้อนอีกขดหนึ่งที่ยังคงมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ดังรูป 4-24 เพื่อป้องกันไม่ให้คอนแทคกลับมาต่อกันอีก



รูปที่ 4-23 วงจรไฟฟ้าและการทำงานของสวิตช์ความร้อน-เวลา ขณะอุณหภูมิต่ำ

ในกรณีขณะสตาร์ทเครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูง คอนแทคของสวิตช์ความร้อน-เวลา จะแยกออกจากกันเร็วขึ้นเนื่องจากแผ่นไบเมทัลได้รับความร้อนจากเครื่องยนต์อยู่แล้ว ทำให้ระยะเวลาของการฉีดของหัวฉีดสตาร์ทเย็นน้อยลงนอกจากนี้ หากเครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูงเกินค่าที่กำหนด เช่น 35 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-24 วงจรไฟฟ้าและการทำงานของสวิตช์ความร้อน-เวลา ขณะแผ่นไบเมทัลได้รับความร้อน

อุณหภูมิขึ้นอยู่กับเครื่องยนต์แต่ละรุ่น คอนแทคของสวิตช์ความร้อน-เวลา จะแยกออกจากกันตั้งแต่ยังไม่ได้สตาร์ทเครื่องยนต์ ดังนั้นเมื่อทำการสตาร์ทก็ไม่มีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจากหัวฉีดสตาร์ทเย็น จากการทำงานของสวิตช์ความร้อน-เวลา ดังกล่าวข้างต้นเป็นการควบคุมไม่ให้หัวฉีดสตาร์ทเย็นฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงออกมามากเกินความจำเป็น และควบคุมไม่ให้หัวฉีดสตาร์ทเย็นฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงขณะที่มีอุณหภูมิสูง

หมายเหตุ สวิตช์ความร้อน-เวลา (Thermo – time switch) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สวิตช์ควบคุมเวลาในการฉีดของหัวฉีดสตาร์ทเย็น (Cold start injection time switch)

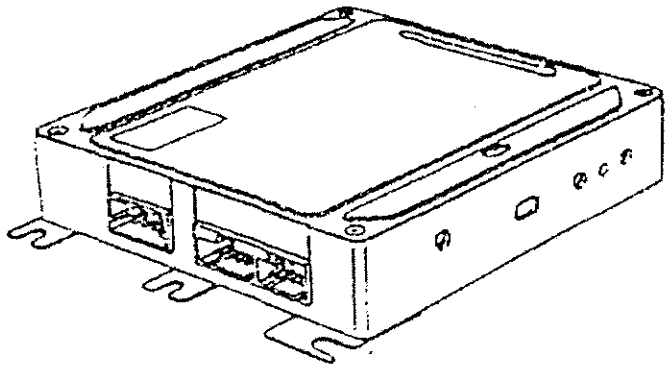
4.8 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit : ECU)

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมระยะเวลาในการฉีดของน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ในสภาวะการทำงานต่าง ๆ

โครงสร้างภายในของหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย ตัวต้านทาน ไดโอด คาปาซิเตอร์ ทรานซิสเตอร์ และ ไอซี ฯลฯ หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์นี้นิยมเรียกว่า "คอมพิวเตอร์" เนื่องจากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องยนต์รุ่นใหม่ ๆ ในปัจจุบันได้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากตัวจับสัญญาณต่าง ๆ

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องยนต์หัวฉีดรุ่นแรก ๆ จะมีหน้าที่อยู่เพียง 2 ประการใหญ่คือ ควบคุมจังหวะการฉีด และควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ระบบฉีดที่ใช้หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ แบบนี้เรียกว่า "ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบธรรมดา"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-25 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

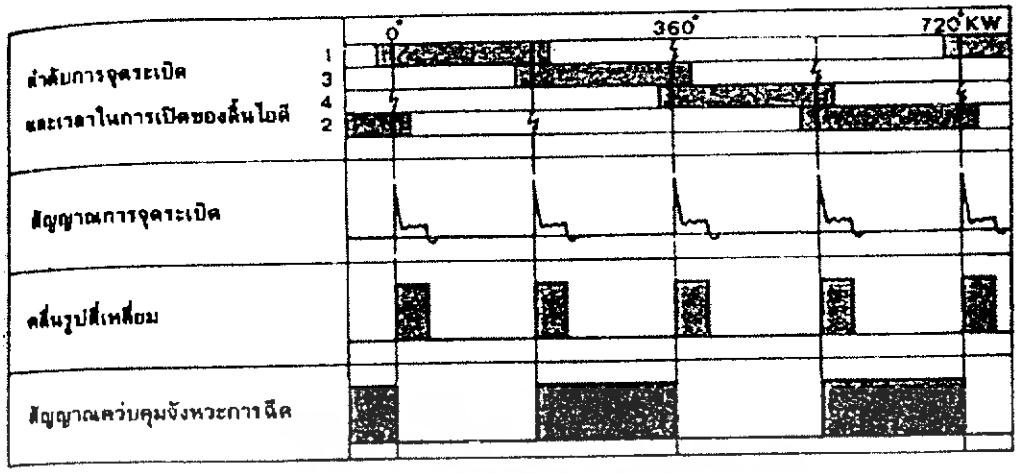
สำหรับหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน ได้ถูกพัฒนาให้มีหน้าที่การทำงานหลายอย่างเพิ่มขึ้นจากเดิม ควบคุมการจุดระเบิด ควบคุมความเร็วรอบเดินเบา ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง วินิจฉัยข้อบกพร่องของอุปกรณ์ในระบบ หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบที่มีหน้าที่หลาย ๆ อย่างนี้ จะมีชื่อต่าง ๆ กันตามบริษัทผู้ผลิต เช่น TCCS , ECCS , MOTRONIC เป็นต้น

ในเบื้องต้นจะขอกล่าวถึงรายละเอียดเฉพาะหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบธรรมดา

4.8.1 การควบคุมจังหวะการฉีด

ในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ น้ำมันเชื้อเพลิงจะฉีดเข้าไปผสมกับ อากาศในท่อไอดี เป็นช่วง ๆ ซึ่งโดยทั่วไปหัวฉีดจะทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 1 ครั้ง ต่อการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง 1 รอบ จังหวะการฉีดและการเริ่มต้นการฉีดจะถูกกำหนดด้วยสัญญาณฟ้าจากขั้วจานจ่าย หรือที่ขั้วลบของคอยล์จุดระเบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-26 การสร้างสัญญาณการควบคุมจังหวะการฉีด

คอมพิวเตอร์จะคอยจับสัญญาณการจุดระเบิดจากขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยม (Rectangular pluse) หลังจากนั้นสัญญาณนี้ซึ่งมีอยู่ 4 ช่วงคลื่นในเครื่องยนต์ 4 สูบ และ6 ช่วงคลื่นในเครื่องยนต์ 6 สูบ จะถูกวงจรอิเล็กทรอนิกส์ลดลงเหลือเพียง 2 ช่วงคลื่น สำหรับนำไปควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ดังรูป 4-26 ดังนั้นใน 1 รอบของการทำงานของเครื่องยนต์จะมีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเพียง 2 ครั้ง

การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 2 ครั้ง จะกระทำโดยไม่คำนึงถึงลำดับการจุดระเบิดและตำแหน่งการปิดเปิดของตำแหน่งลิ้นไอดี กล่าวคือ หัวฉีดทุกตัวจะกระทำการฉีดน้ำมันเชื่อเพพลิงพร้อมกัน กรณีที่น้ำมันเชื้อเพลิงถูกฉีดออกมาในขณะที่ลิ้นไอดีปิด ฝอยละอองน้ำมันจะค้างอยู่ในท่อไอดี และถูกดูดเข้าไปในกระบอกสูบพร้อมกับอากาศในจังหวะดูดของรอบการทำงานต่อไปแม้ว่าฝอยละอองน้ำมันจะค้างอยู่ในท่อไอดีก็ตามแต่จะไม่มีปัญหาเรื่องฝอยละอองน้ำมันรวมตัวกันเป็นหยดเพราะว่า ใน 1 รอบการทำงานของเครื่องบยนต์มีระยะเวลาน้อยมาก พร้อมทั้งบริเวณท่อไอดีที่น้ำมันเชื้อเพลิงฉีดเข้าไปนั้นมีอุณหภูมีค่อนข้างสูง

4.8.2 การควบคุมระยะเวลาในการฉีด

การควบคุมระยะเวลาในการฉีดของคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย

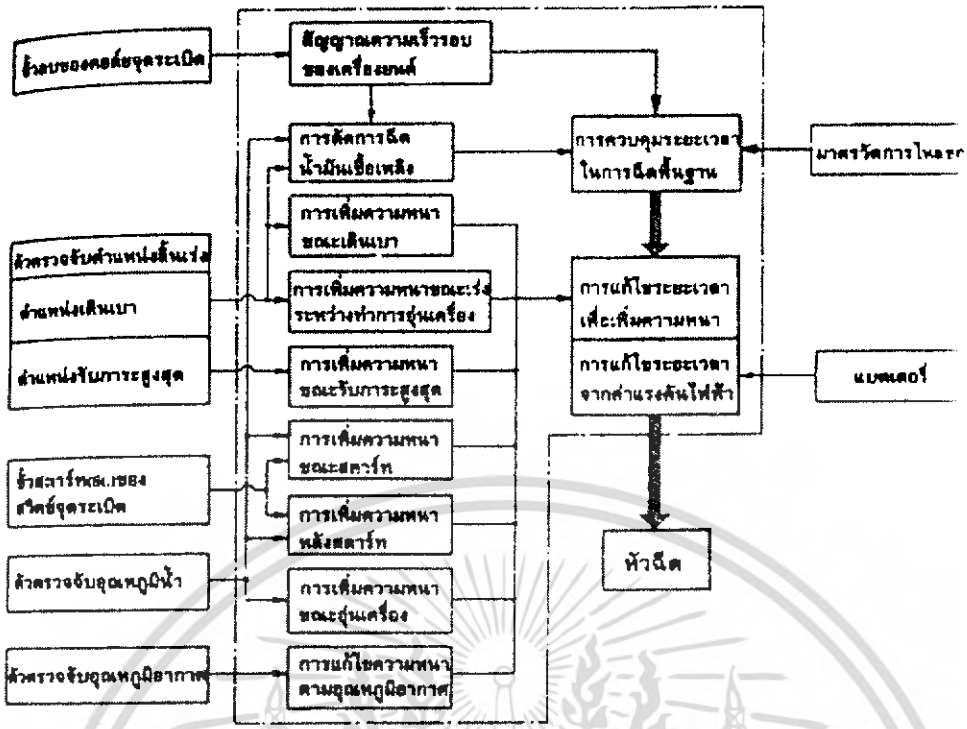
1.) การควบคุมระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน (Basic injection time control)

2.) การแก้ไขระยะเวลาในการเพิ่มความหนาของเชื้อเพลิง (Enrichment correction)

3.) การแก้ไขระยะเวลาในการฉีดจากค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage correction)

4.) การตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel cut)

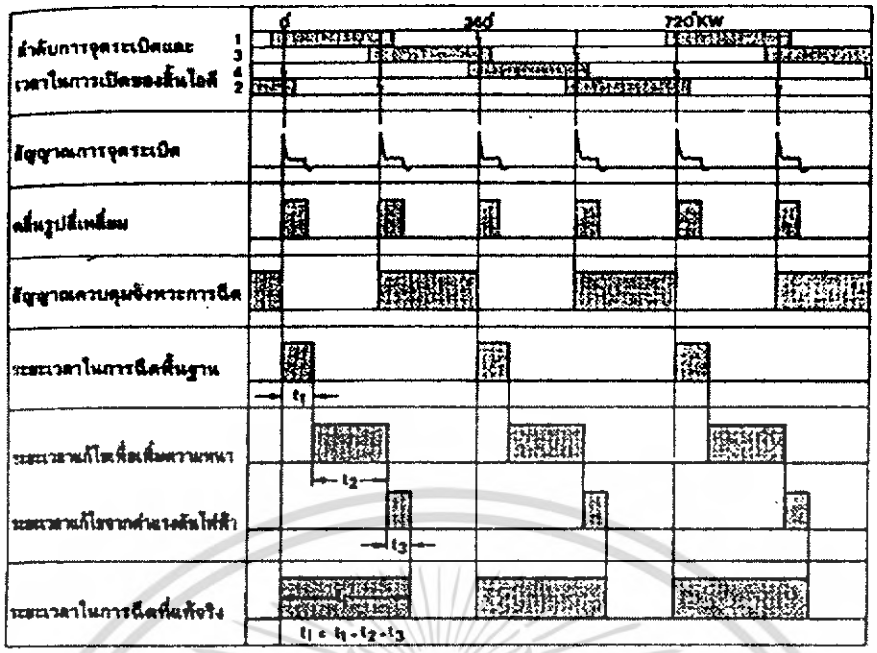
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-27 ไดอะแกรมการควบคุมระยะเวลาในการฉีดของคอมพิวเตอร์

จากการควบคุมระยะเวลาในการฉีดในรูป 4-27 คอมพิวเตอร์จะทำการคำนวนหาระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน จากสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และสัญญาณไฟฟ้าจากมาตรวัดการไหลของอากาศ หลังจากนั้นระยะเวลาการฉีดพื้นฐาน จะถูกขยายให้มีช่วงเวลาที่ยาวขึ้น เพื่อเพิ่มความหนาของอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นไปตามต้องการของเครื่องยนต์ในสภาวะการทำงานที่เกิดขึ้นขณะนั้น โดยคอมพิวเตอร์จะได้รับสัญญาณไฟฟ้าจากตัวตรวจจับสภาวะการทำงานต่างๆ สุดท้ายระยะเวลาในการฉีดที่ได้จากการควบคุมข้างต้น จะถูกแก้ไขให้เหมาะสมอีกครั้งหนึ่ง เมื่อมีค่าแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันปกติ (12V) ดังนั้นระยะเวลาในการฉีดที่แท้จริงของหัวฉีดที่กำหนดด้วยคอมพิวเตอร์จะเท่ากับระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน + ระยะเวลาที่แก้ไขเพื่อเพิ่มความหนา + ระยะเวลาที่แก้ไขจากค่าแรงดันไฟฟ้า ดังรูป 4-28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-28 การสร้างสัญญาณการฉีดของคอมพิวเตอร์

4.8.3 การแก้ไขระยะเวลาในการฉีดจากค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage correction)

ตามที่เคยกล่าวมาแล้วในเรื่องการทำงานของหัวฉีดว่า ในการเปิดของเข็มหัวฉีดจะมีความไวสูงมาก แต่อย่างไรก็ตามการเปิดของเข็มหัวฉีดก็ยังมีความล่าช้าอยู่ โดยเฉพาะเมื่อแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ต่ำลงทั้งนี้ เพราะว่าการเปิดของเข็มหัวฉีดนั้นขึ้นอยู่กับอำนาจแม่เหล็กจากขดลวดโซลินอยส์ ดังนั้นหากแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดโซลินอยด์ของหัวฉีดลดลง ก็จะมีผลให้การเปิดของเข็มหัวฉีดช้าเกินไป ซึ่งความล่าช้าที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้ระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงสั้นลงกว่าที่ได้จากการคำนวนของคอมพิวเตอร์ (ระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน +ระยะเวลาที่แก้ไขเพื่อเพิ่มความหนา) ด้วยเหตุนี้คอมพิวเตอร์จึงมีการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดให้ยาวขึ้น เมื่อแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่มีค่าต่ำกว่าปกติ และหากแรงดันไฟฟ้ามีค่ามากกว่าปกติ ระยะเวลาที่แก้ไขจะลดลง

4.8.4 การตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel cut)

คอมพิวเตอร์จะทำการตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดใน 2 กรณีด้วยกันคือ

1.) ขณะลดความเร็วรอบลงทันทีทันใด เช่น ขณะทำการเบรค หรือขับรถลงจากที่สูง ซึ่งเป็นสภาวะที่เครื่องยนต์ไม่ต้องการน้ำมันเชื้อเพลิง คอมพิวเตอร์จะทำการตัดสัญญาณไฟฟ้า ที่ป้อนเข้าหัวฉีดโดยได้รับข้อมูลทางไฟฟ้ามาจากตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง และสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ กล่าวคือ หากเครื่องยนต์มีความเร็วรอบสูง และลิ้นเร่งอยู่ในตำแหน่งเดินเบา คอมพิวเตอร์จะคัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด สำหรับความเร็วรอบของการตัดการฉีดนั้น จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น หากน้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิต่ำ คอมพิวเตอร์จะตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีความเร็วรอบสูงขึ้น เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันการกระพือของเครื่องยนต์ และเมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วรอบลดลง หรือต่ำกว่าที่กำหนด หรือคอนแทค ตำแหน่งเดินเบาของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งอยู่ในตำแหน่งเปิด การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดจะเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง การตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในสภาวะครั้งนี้ จะทำให้ลดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

2.) เมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงเกินกำหนด คอมพิวเตอร์จะทำการเปรียบเทียบความเร็วของเครื่องยนต์ที่ได้รับค่าความเร็วรอบที่ไว้ในหน่วยความจำ หากความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงถึงค่าที่กำหนดคอมพิวเตอร์จะทำการตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด เพื่อป้องกันไม่ให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงเกินไป และเมื่อความเร็วรอบลดลง หัวฉีดจะกลับมาทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงต่อไปตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ไมโครคอนโทรลเลอร์

5.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวประมวลผลกลางหรือ ซีพียู (CPU) ของระบบเมื่อมีการนำไปใช้งานจำเป็นจะต้องมีไอซีประกอบภายนอกเพิ่มเติมเข้าไปให้ระบบที่สมบูรณ์ เช่น หน่วยความจำและพอร์ตควบคุม เป็นต้นไมโครคอนโทรลเลอร์มีองค์ประกอบของการทำงานหลายส่วนซึ่งได้รับการออกแบบให้บรรจุอยู่ภายในไอซีเพียงตัวเดียวเท่านั้น ดังนั้นการนำไปใช้งานก็ค่อนข้างจะสะดวกเพียงการต่อคริสตอลเพื่อเป็นพื้นฐานเวลาและแหล่งจ่ายไฟให้เท่านั้นก็จะเป็นระบบคอมพิวเตอร์เพื่องานควบคุมที่สมบูรณ์

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยว คือไมโครคอมพิวเตอร์แบบที่มีขนาดเล็ก โดยบรรจุไว้ในแผงไอซีเพียงชิพเดี่ยวเหมาะสำหรับงานควบคุมอุปกรณ์อื่นๆ แบบอัตโนมัติ เพราะสามารถที่จะเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานให้ได้ตามต้องการ ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล MCS-51 คือไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 และไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8052 ซึ่งมีโครงสร้างแตกต่างกันเล็กน้อยดังแสดงในตารางที่ 2.3ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลMCS-51 มีการทำงานแบบ 8 บิตหมายความว่าส่วนที่ทำหน้าที่ในการคำนวณจะทำงานสูงสุดครั้งละ 8 บิต

	หน่วยความจำภายใน		ตัวจับเวลา นับเวลา	การ ขัดจังหวะ
เบอร์	โปรแกรม	ข้อมูล		
8052AH	8kx8 ROM	256x8 RAM	3x16 บิต	6
8051AH	4kx8 ROM	128x8 RAM	2x16 บิต	5
80581	4kx8 ROM	128x8 RAM	2x16 บิต	5
8032AH	ไม่มี	256x8 RAM	3x16 บิต	6
8031AH	ไม่มี	128x8 RAM	2x16 บิต	5
8031	ไม่มี	128x8 RAM	2x16 บิต	5
8751H	4kx8 EPROM	128x8 RAM	2x16 บิต	5

ตารางที่ 5-1 ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวในตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีข้อดีดังนี้

1. สามารถนำข้อมูลมาแอนด์ (AND) ออ (OR) หรือทำการกลับสถานะของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Complement) ทั้งแบบครั้งละ 8 บิต และ ครั้งละ 1 บิต

2. สามารถใช้กับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม (Program Memory) ซึ่งเป็น หน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บคำสั่ง ที่ควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทำงานโดยที่สามารถเก็บคำสั่งได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ (Kilobyte) (64 x 1024 ไบต์) ทำให้สามารถที่จะเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้มาก

3. สามารถต่อกับหน่วยความจำสำหรับข้อมูล (Data Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลในระหว่างการทำงานของโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์

4. ในไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 และไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8751นั้น จะมีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจำนวน 4 กิโลไบต์ (ในไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8052 และไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8752 จะมีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจำนวน 8 กิโลไบต์) อยู่ภายใน ทำให้ไม่ต้องต่อหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก จึงทำให้ระบบรวมทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์มีขนาดเล็กและป้องกันสัญญาณรบกวนจากภายนอก ดังนั้นการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จึงทำงานผิดพลาดได้ยาก

5. มีพอร์ตแบบขนาน (Parallel Port)สำหรับข้อมูลเข้าและออกจำนวน 32 บิตที่ข้อมูลแต่ละบิตเป็นอิสระต่อกัน

6. มีวงจรตั้งเวลา/นับเวลาขนาด 16 บิต 2 ชุด (ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8052 มี 3 ชุด) ที่ทำงานในโหมดต่างๆ ได้ถึง 4 โหมด

7. มีตัวรับ-ส่งข้อมูล (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) ไว้สำหรับ รับข้อมูล-ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial) แบบสองทิศทางที่สามารถเลือกแบบการรับ-ส่งข้อมูล ได้ 4 แบบ

8. มีแหล่งกำเนิดสัญญาณขัดจังหวะการทำงานของโปรแกรม (Interrupt Request Signal) 6 แหล่ง ซึ่งสามารถทำกระโดดไปทำงานตอบสนองการขัดจังหวะ (Interrupt Service Routine) ได้ต่างๆ กัน 5 ตำแหน่ง

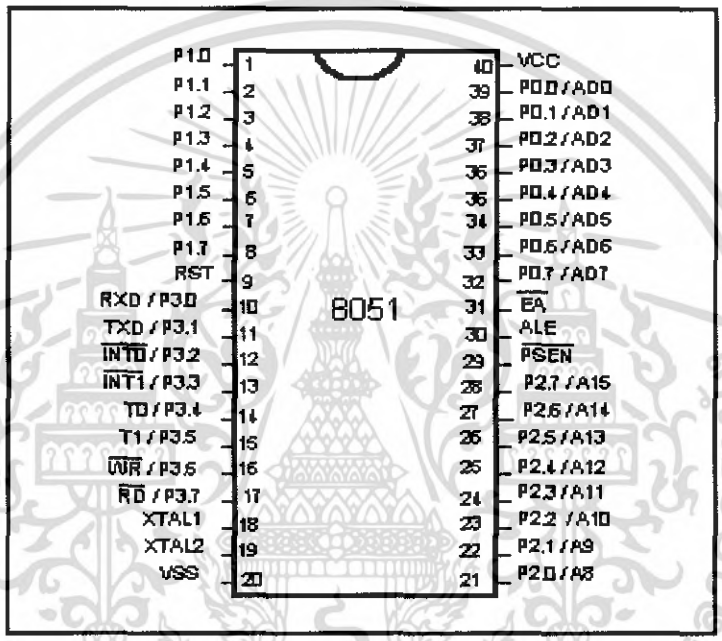
9. สามารถเลือกการทำงานให้อยู่ในโหมดของการหยุดนิ่ง (Idle) และโหมดประหยัดพลังงาน (Power Down) ซึ่งจะประหยัดการใช้กำลังไฟฟ้าในการทำงาน

ซึ่งจากข้อดีดังกล่าว ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นที่นิยมนำมาใช้ควบคุมระบบอัตโนมัติมาก คุณสมบัติดังกล่าวบรรจุไว้ในชิพเดี่ยว (Single Chip) ขนาด 40 ขา ดังนั้นจึงสามารถออกแบบให้ระบบทั้งหมดมีขนาดเล็ก และจะทำให้การตรวจสอบหาข้อผิดพลาดซึ่งเกิดในระบบทำได้ง่ายไม่สลับซับซ้อน รวมทั้งลดปัญหาเรื่องการมีสัญญาณรบกวนในระบบจนทำให้ทำงานผิดพลาดไปแต่การที่จะนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาใช้งานได้นั้นจำเป็น ต้องศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบต่างๆ เสียก่อน เพื่อจะได้เข้าใจถึงการทำงานและวิธีการใช้งานของพอร์ตต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แล้วจึงทำการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานให้เป็นไปตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 8051

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 ไว้อย่างกว้างๆ ซึ่งก็พอที่จะบอกได้โดยสังเขปว่าประกอบด้วยส่วนประกอบใหญ่ๆ อะไรบ้างโดยที่ในรูปที่ 5-1 จะเป็นรูปที่แสดงขาสัญญาณต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51เบอร์ 8051 ซึ่งจะอธิบายถึงส่วนย่อยๆ ภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 โดยที่สัญญาณภายใน จะทำการต่อออกภายนอกโดยขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051ที่มีอยู่ 40 ขา ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์บรรจุอยู่ในไอซีแบบดิฟ (DIP) ซึ่งแต่ละข้างของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 มีขาอยู่ข้างละ 20 ขา รวมขาของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 มีทั้งหมด 40 ขานั้นจะใช้งานต่างๆ กันดังต่อไปนี้คือ



รูปที่ 5-1 สัญญาณต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 8051

- VCC ขา 40 เป็นขาที่ต้องป้อนแรงดันไฟฟ้า +5 โวลต์เข้าไป เพื่อให้ไอซีทำงานได้ระดับแรงดันไฟฟ้าของลอจิก (Logic) 0 และ 1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 จึงต่อเข้ากับอุปกรณ์ลอจิก (Logic) แบบทีทีแอล ได้โดยตรง

- VSS ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อเข้ากับกราวด์ (Ground) ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า การต่ออุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องมีกราวด์ของอุปกรณ์ต่อเข้าด้วยกัน

- Port0 (P0.0-P0.7) เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง 8 บิต สามารถทำงานได้ 2 หน้าที่คือ เป็นพอร์ตอินพุต เอาท์พุต ทั่วไป และใช้เป็นพอร์ตสำหรับติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกคือรับ-ส่งข้อมูลและกำหนดแอดเดรสไบต์ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Port1 (P1.0-P1.7) เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง 8 บิต มีการต่อความต้านทานพูลอัพ (pull-up resister) ไว้ภายใน ทำหน้าที่เป็นพอร์ตอินพุต เอาท์พุตทั่วไป นอกจากนี้ยังใช้งานเป็นขาอินพุตเอาท์พุตของไทเมอร์ 2

- Port2 (P2.0-P2.7) เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง 8 บิต มีการต่อความต้านทานพูลอัพ (pull-up resister) ไว้ภายใน สามารถทำงานได้ 2 หน้าที่คือเป็นพอร์ตอินพุต เอาท์พุตทั่วไป และใช้เป็นพอร์ตสำหรับติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกคือกำหนดแอดเดรสไบต์สูง

- Port3 เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง 8 บิต มีการต่อความต้านทานพูลอัพ (pull-up resister) ไว้ภายใน ทำหน้าที่เป็นพอร์ตอินพุต เอาท์พุตทั่วไป นอกจากนี้ยังใช้งานเป็นขาสัญญาณควบคุมการติดต่อกับหน่วยความจำการอินเตอร์รัปต์ และอื่น ๆ จะกล่าวถึงรายละเอียดในบทที่ 3

- RST เป็นขาอินพุต ที่ใช้รับสัญญาณสำหรับรีเซต ซีพียู ซีพียูจะถูกรีเซตเมื่อขานี้เป็นลอจิก "1" นาน 2 แมชชินไซเคิล หรือ 24 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา

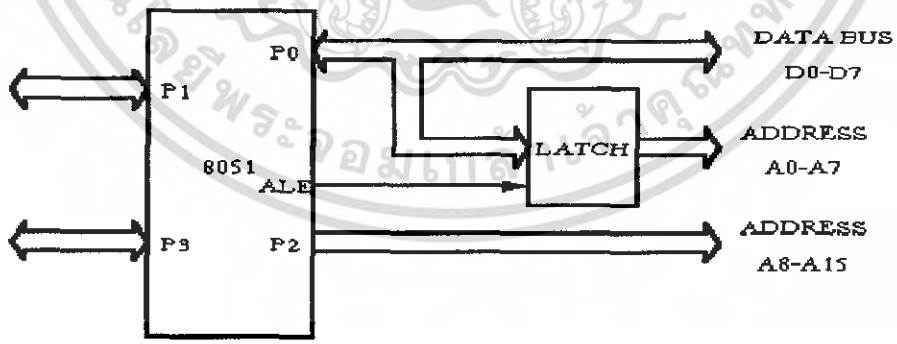
- ALE/PROG ทำหน้าที่เป็นขาเอาท์พุตเมื่อซีพียูต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก คือจะทำการส่งสัญญาณพัลซ์ออกมาที่ขานี้เพื่อการแลตแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก และขานี้จะเป็นอินพุตเมื่ออยู่ในระหว่างโปรแกรมแฟลช

- PSEN เป็นขาเอาท์พุต ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก คือเมื่อซีพียูทำการประมวลผลกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกขานี้จะแอคทีฟ 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิล

- EA/VPP เป็นขาอินพุต และต้องการลอจิค "0" เพื่อยอมให้ซีพียูสามารถเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 0000H ถึง FFFFH นอกจากนี้แล้วขานี้ยังใช้รับไฟ 12 โวลท์เพื่อใช้ในระหว่างที่ทำการโปรแกรมแฟลช

- XTAL1 เป็นขาอินพุตของวงจรออสซิลเลเตอร์แอมปลิไฟเออร์ และยังเป็นอินพุตของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายใน

- XTAL2 เป็นขาเอาท์พุตของวงจรออสซิลเลเตอร์แอมปลิไฟเออร์



รูปที่ 5-2 การสร้างสัญญาณตำแหน่งและสัญญาณข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวกับการทำงานของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมีพอร์ตอนุกรมเป็นแบบดูเพลกซ์เต็ม (Fullduplex) สามารถที่จะส่งและรับข้อมูลได้พร้อมกัน เพราะมีตัวรองรับข้อมูล 2 ตัว ซึ่งใช้ในการรับตัวหนึ่งและส่งอีกตัวหนึ่ง โดยโครงสร้างของรีจิสเตอร์รองรับข้อมูลทั้งสองตัวนี้จะแยกกัน แต่การติดต่อจะใช้ชื่อเดียวกันคือ SBUF (Serial Data Buffer) โดยที่พอร์ตอนุกรมของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถที่จะโปรแกรมให้ทำงานได้แตกต่างกัน 4 โหมด

1. โหมด 0 ข้อมูลจะเข้าและออกทางขา RXD โดยการเลื่อนสัญญาณนาฬิกาออกมาที่ ขา TXD ข้อมูลจะเป็น 8 บิต โดยจะทำการส่งบิตนัยสำคัญต่ำก่อน อัตรารับส่งข้อมูล(Baud rate) จะคงที่ ซึ่งจะอยู่ที่ 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์

2. โหมด 1 เป็นการรับส่งข้อมูลขนาด 10 บิต โดยการส่งออกทางขา TXD และรับทาง ขา RXD รูปแบบบิตจะประกอบด้วย 1 บิตเริ่มต้นเป็น "0" 8 บิตข้อมูล และ 1 บิตสิ้นสุด เป็น "1" อัตรารับส่งข้อมูล (Baud rate) แปรผันได้ตามการตั้งตัวจับเวลาตัวที่ 1 โดยมีสูตรดังนี้

อัตรารับส่งข้อมูล = 2SMOD / 32 * ความถี่ออสซิลเลเตอร์ / 12 * (256 – TH1)

3. โหมด 2 เป็นการรับส่งข้อมูลขนาด 11 บิต ส่งเข้าทางขา RXD และส่งออก ทางขา TXD ประกอบด้วย 1 บิตเริ่มต้นมีค่าเป็น "0" 9 บิตข้อมูลและ 1 บิตสิ้นสุดจะมีค่าเป็น "1" โดยการรับข้อมูลบิตที่ 9 จะถูกนำมาเก็บที่บิต TB8 ของรีจิสเตอร์ SCON (Serial port Control Register) ก่อน อัตรารับส่งข้อมูลสามารถเลือกได้ 2 อัตราคือ 1/32 หรือ 1/64 ของ ความถี่ออสซิลเลเตอร์ ขึ้นอยู่กับการเซตบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON (Power Control register) ซึ่งรายละเอียดของรีจิสเตอร์ SCON (Serial port Control Register) ดังแสดงใน ตารางที่ 2.4

4. โหมด 3 จะเหมือนกับโหมด 2 ทุกอย่าง ยกเว้นอัตรารับส่งข้อมูลจะแปรผันตาม การตั้งตัวจับเวลา 1 ซึ่งจะใช้สูตรเดียวกับโหมด

SM2 : ควบคุมการเปิดทาง (Enable) การทำงานเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์หลายตัวในการสื่อสารซึ่งกันและกันในโหมด 2 และ 3

REN : ตัวเปิดทาง (Enable) อนุกรมการรับ เมื่อเซตเป็น "1" และถ้าเป็น "0" เป็นการ ปิดทาง (Disable)

TB8 : เป็นตัวเก็บข้อมูลบิตที่ 9 ที่จะส่งในโหมด 2 และ 3

RB8 : เป็นตัวรับข้อมูลบิตที่ 9 ในโหมด 2 และ 3 ส่วนในโหมด 1 จะเป็นบิตสิ้นสุด

TI : เป็นแฟลกการขัดจังหวะการเซตด้วยฮาร์ดแวร์ปลายช่วงของบิตที่ 8 ในโหมด 0 หรือ ที่จุดเริ่มต้นของบิตสิ้นสุดในโหมดอื่น ในการส่งแบบอนุกรมของทุกโหมดจะต้องลบล้างบิตนี้ด้วยโปรแกรมหลังการส่ง

RI : เป็นแฟลกการขัดจังหวะการรับเซตด้วยฮาร์ดแวร์ที่ปลายช่วงของบิตที่ 8 ใน โหมด 0 หรือ จุดครึ่งของช่วงบิตสิ้นสุดในโหมดอื่น ในการรับแบบอนุกรมจะต้องเคลียร์บิตนี้

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SM0, SM1; เป็นตัวกำหนดโหมดการใช้งานของพอร์ตอนุกรมดังนี้

SM0	SM1	โหมด
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3

ตารางที่ 5-2 บิตควบคุมที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON

5.4 ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS–51 ซึ่งถูกแบ่งเป็นลักษณะการทำงานตามฟังก์ชั่นได้ 5 กลุ่มคือ

5.4.1 กลุ่มถ่ายเทข้อมูล

กลุ่มถ่ายเทข้อมูลแบ่งออกเป็น 2ชุดคำสั่งคือชุดคำสั่งถ่ายเทข้อมูลในหน่วยความจำแบบแรมภายใน กับชุดคำสั่งถ่ายเทข้อมูลในภายนอก และหน่วยความจำโปรแกรม มีรายละเอียดดังนี้

5.4.1.1 การถ่ายเทข้อมูลในหน่วยความจำแบบแรมภายใน

คำสั่งของการถ่ายข้อมูลในหน่วยความจำแบบแรมภายในแสดงดังตารางที่ 2.5 ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละคำสั่งมีดังนี้

MOV จะทำงานในลักษณะการถ่ายเทข้อมูลเป็นไบต์หรือบิตก็ได้จากแหล่งกำเนิด เข้าสู่ตัวรับข้อมูลในค่าตัวถูกคำนวณ

PUSH จะทำงานโดยการเพิ่มค่าในรีจิสเตอร์ SP ก่อน แล้วจึงถ่ายข้อมูล 1 ไบต์ จากแหล่งกำเนิดไปยังบริเวณเรียงซ้อนตามตำแหน่งที่รีจิสเตอร์ SP กำหนด

POP การถ่ายเทข้อมูลขนาด 1 ไบต์ จากบริเวณเรียงซ้อนตามตำแหน่งที่รีจิสเตอร์ SP กำหนดไปยังรีจิสเตอร์ที่ตัวถูกคำนวณกำหนด และหลังจากนั้นรีจิสเตอร์ SP จะลดค่าลง 1

XCH คำสั่งแลกเปลี่ยนไบต์ระหว่างแหล่งกำเนิดตัวถูกคำนวณกับรีจิสเตอร์ AXCHD คำสั่งแลกเปลี่ยนขนาดทาง 4 บิตอันดับต่ำของแหล่งกำเนิดตัวถูกคำนวณกับ 4 บิตอันดับต่ำ ของตัวกระทำทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นีโมนิก	การกระทำ	โหมดตำแหน่ง				เวลาการทำงาน
		Dir	Ind	Reg	Imm	
MOV A,<SRC>	A = <SRC>	X	X	X	X	1
MOV<DEST>,A	<DEST> = A	X	X	X		1
MOV<DEST>,<SRC>	<DEST> = <SRC>	X	X	X	X	2
MOV DRPT,#DATA16	DPTR = 6 BIT IMMEDIATE CONSTANT				X	2
PUSH <SRC>	INC SP:MOV"@SP",<SRC>	X				2
POP <DEST>	MOV<DEST>,"@SP":DEC SP	X				2
CH A,<BYTE>	ACC AND <BYTE>EXCHANGE DATA	X	X	X		1
XCHD A,@RI	ACC AND @@RI EXCHANGE LOW NIBBLES		X			1

ตารางที่ 5-3 ชุดคำสั่งของการถ่ายเทข้อมูลในหน่วยความจำแบบแรมภายใน

ตำแหน่ง	รูปแบบคำสั่ง					
	2A	2B	2C	2D	2E	ACC
MOV A,2EH	0	12	34	56	78	78
MOV 2EH,2DH	0	12	34	56	56	78
MOV 2DH,2CH	0	12	34	34	56	78
MOV 2CH,2BH	0	12	12	34	56	78
MOV 2CBH,#0	0	0	12	34	56	78

ตารางที่ 5-4 โปรแกรมเลื่อนข้อมูลไปทางขวา 2 ไบต์ โดยใช้คำสั่ง MOV

5.4.1.2 การถ่ายเทข้อมูลในหน่วยความจำแบบแรมภายนอก

คำสั่งในการการถ่ายเทข้อมูลในหน่วยความจำแบบแรมภายนอกจะดูคำสั่งได้ใน ตารางที่ 5-5 ซึ่งมีตัวชี้อยู่ 2 แบบคือใช้รีจิสเตอร์ R0 และ R1 เป็นตัวชี้และอีกแบบก็คือจะใช้ รีจิสเตอร์ DPTR (Data Pointer) เป็นตัวบ่งชี้ ซึ่งถ้าเราใช้รีจิสเตอร์ RI (R0 หรือ R1) เป็นตัวชี้จะสามารถชี้ได้ 256 ไบต์ แต่ถ้าใช้รีจิสเตอร์ DPTR จะสามารถชี้ได้ถึง 64 กิโลไบต์ ชุดคำสั่งของการถ่ายเทข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมนั้นจะอยู่ในตารางที่ 5-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นีโมนิก	การกระทำ	เวลาการทำงาน
JMP addr	Jump to addr	2
JMP @A+DPTR	Jump to A +DPTR	2
CALL addr	Call subroutine at addr	2
RET	Return from subroutine	2
RET1	Return from interrupt	2
NOP	No operation	1

ตารางที่ 5-5 ชุดคำสั่งการถ่ายเทข้อมูลในหน่วยความจำแบบแรมภายนอก

นีโมนิก	การกระทำ	เวลาการทำงาน
MOVC A,@AA+DPTR	Read pgm memory at (A+DPTR)	2
MOVC A,@A+PC	Read pgm memory at (A+PC)	2

ตารางที่ 5-6 ชุดคำสั่งการถ่ายเทข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรม

5.4.2 กลุ่มคำสั่งคณิตศาสตร์

กลุ่มคำสั่งคณิตศาสตร์นี้ แต่ละคำสั่งกำหนดที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 เมกะเฮิรตซ์ คำสั่งทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ใช้เวลา 1 ไมโครวินาทียกเว้นคำสั่ง INC DPTR (Data Pointer) ซึ่งใช้เวลา 2 ไมโครวินาที และคำสั่งการคูณและหารใช้เวลา 4 ไมโครวินาที รายละเอียดการทำงานของแต่ละคำสั่งเป็นดังแสดงในตารางที่ 5-7

นีโมนิก	การกระทำ	โหมดการตำแหน่ง				เวลาการทำงาน
		Dir	Ind	Reg	Imm	
ADD A,<BYTE>	A=A+<BYTE>	X	X	X	X	1
ADDC A,<BYTE>	A=A+<BYTE>+C	X	X	X	X	1
SUBB A, <BYTE>	A=A-<BYTE>-C	X	X	X	X	1
INC A	A=A+1	Accumulator Only				1
INC <BYTE>	<BYTE>=<BYTE>+1	X	X	X		1
INC DPTR	DPTR=DPTR+1	Data Point Only				2
DEC A	A = A-1	Accumulator Only				1

ตารางที่ 5-7 ชุดคำสั่งทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นีโมนิก	การกระทำ	โหมดการตำแหน่ง				เวลาการทำงาน
		Dir	Ind	Reg	Imm	
DEC <BYTE>	<BYTE>=<BYTE>-1	X	X	X		1
MUL AB	B:A=B*A	ACC and B Only				4
DIV AB	A=Int (A/B) B=Mod (A/B)	ACC and B Only				4
DA A	Decimal Adjust	Accumulator Only				1

ตารางที่ 5-7 (ต่อ) ชุดคำสั่งทางคณิตศาสตร์

คำสั่ง ADD A, <byte>

เป็นการนำค่ารีจิสเตอร์ A + <byte> แบบเลขฐานสอง แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเก็บในรีจิสเตอร์ A

คำสั่ง ADDC A, <byte>

เป็นการนำค่ารีจิสเตอร์ A + <byte> + C แบบเลขฐานสอง แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ ไปเก็บในรีจิสเตอร์ A

คำสั่ง INC A

เป็นการเพิ่มค่าในรีจิสเตอร์ A ขึ้นไป 1 คำสั่งนี้ไม่มีผลต่อแฟลกเมื่อค่าของ A = FFH หากเพิ่มค่าขึ้นไปจะทำให้ A = 0

คำสั่ง SUBB A, <byte>

เป็นการนำค่ารีจิสเตอร์ A - <byte> - C แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเก็บในรีจิสเตอร์ A

คำสั่ง INC <byte>

เป็นการเพิ่มค่าข้อมูลในหน่วยความจำหรือรีจิสเตอร์ขึ้นไป 1 ค่า

คำสั่ง DEC A

เป็นการลดค่าในรีจิสเตอร์ A ลงไป 1 ค่า คำสั่งนี้ไม่มีผลต่อแฟลกเมื่อค่าของ A = 00 หากลดค่าลงไปจะทำให้ A = FFH

คำสั่ง MUL AB

เป็นการคูณค่าในรีจิสเตอร์ A ด้วยค่าในรีจิสเตอร์ B แบบเลขฐานสองแล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเก็บในรีจิสเตอร์ B และรีจิสเตอร์ A (รีจิสเตอร์ B เป็นหลักสูง)

คำสั่ง DIV AB

เป็นการหารเลขฐานสองในรีจิสเตอร์ A ด้วยค่าในรีจิสเตอร์ B ผลลัพธ์ที่ได้จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือจำนวนเต็มของการหารเก็บในรีจิสเตอร์ A เศษการหารเก็บในรีจิสเตอร์ B

คำสั่ง DA A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานในลักษณะของเลขฐานสิบ BCD (Binary Code Decimal) โดยคำสั่ง DA A ต้องวางต่อจากคำสั่งการบวก ADD หรือ ADDC

คำสั่ง DEC <byte>

เป็นการลดค่าในหน่วยความจำหรือรีจิสเตอร์ลงไป 1 ค่าคำสั่งนี้ไม่มีผลต่อแฟลก

5.4.3 กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์

กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์ สรุปในตารางที่ 2.10 ซึ่งคำสั่งเหล่านี้สามารถที่จะทำงาน ในลักษณะของบูลีนได้ทั้งขนาดไบต์หรือบิต รายละเอียดแต่ละคำสั่งเป็นดังนี้

คำสั่ง ANL A, <byte>

เป็นการนำข้อมูลในรีจิสเตอร์ A มา แอนด์ (AND) กับข้อมูลใน <byte> เป็นค่าคงที่หรือข้อมูลในหน่วยความจำก็ได้ โดยผลลัพธ์ของการแอนด์ (AND)จะถูกนำไปเก็บในรีจิสเตอร์ A

คำสั่ง ORL <byte>,A และ ORL <byte>,#data

เป็นการนำข้อมูลในหน่วยความจำข้อมูลภายในมาออ (OR) กับค่าในรีจิสเตอร์ A หรือค่าคงที่แล้วนำผลลัพธ์ของการ ออ (OR) ไปเก็บในหน่วยความจำตำแหน่ง <byte>

คำสั่ง SWAP A

เป็นการสลับค่าระหว่าง 4 บิตสูงกับ 4 บิตต่ำในรีจิสเตอร์ A

คำสั่ง CPL A (Complement A)

เป็นการทำผกผัน (Complement) หนึ่งครั้งกับค่าในรีจิสเตอร์ A แล้วจึงเก็บผลลัพธ์ที่ได้ในรีจิสเตอร์ A (การทำการผกผันหนึ่งครั้งจะเปลี่ยนบิตเป็นตรงกันข้าม)

นีโมนิค	การกระทำ	โหมดการอ้างตำแหน่งที่อยู่				เวลาการทำงาน
		Dir	Ind	Reg	Imm	
ANL A,<BYTE>	A=A,AND,<BYTE>	X	X	X	X	1
ANL A,<BYTE>,A	<BYTE>=<BYTE>AND A	X				1
ANL <BYTE>,#data	<BYTE>=<BYTE>AND#data	X				1
ORL A,<BYTE>	A=A,OR,<BYTE>	X	X	X	X	1
ORL <BYTE>,A	<BYTE>=<BYTE>,OR A	X				1
ORL <BYTE>,#data	<BYTE>=<BYTE>,OR#data	X				2
XRL A,<BYTE>	A = A,XOR,<BYTE>	X	X	X	X	1

ตารางที่ 5-8 ชุดคำสั่งของกลุ่มทางตรรกศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นีโมนิค	การกระทำ	โหมดการอ้างตำแหน่งที่อยู่				เวลาการทำงาน
		Dir	Ind	Reg	Imm	
ANL A,<BYTE>	A=A,AND,<BYTE>	X	X	X	X	1
XRL <BYTE>,A	<BYTE>=<BYTE>,XOR A	X				1
XRL <BYTE>,#data	<BYTE>=<BYTE>,XOR#data	X				2
CRL A	A=00H	เป็นเฉพาะตัวกระทำทางคณิตศาสตร์				1
CCRL A	A=NOT,A	เป็นเฉพาะตัวกระทำทางคณิตศาสตร์				1
RL A	หมุนบิตข้อมูลในรีจิสเตอร์ A ไปทางซ้าย 1 บิต	เป็นเฉพาะตัวกระทำทางคณิตศาสตร์				1
RLC A	หมุนข้อมูลใน A ผ่านแฟลก C ทางซ้าย 1 บิต	เป็นเฉพาะตัวกระทำทางคณิตศาสตร์				1
RL A	หมุนบิตค่าในรีจิสเตอร์ A ไปทางขวา 1 บิต	เป็นเฉพาะตัวกระทำทางคณิตศาสตร์				1
RRC A	หมุนข้อมูลใน A ผ่านแฟลก C ทางขวา 1 บิต	เป็นเฉพาะตัวกระทำทางคณิตศาสตร์				1
SWAP A	เป็นการสลับค่าระหว่าง 4 บิตสูง กับ 4 บิตต่ำ	เป็นเฉพาะตัวกระทำทางคณิตศาสตร์				1

ตารางที่ 5-8 (ต่อ) ชุดคำสั่งของกลุ่มทางตรรกศาสตร์

คำสั่ง ORL A,<byte>

เป็นการนำข้อมูลในรีจิสเตอร์ A มา ออ (OR) กับข้อมูลใน <byte> ซึ่งอาจเป็นค่าคงที่ หรือข้อมูลในหน่วยความจำข้อมูลภายในก็ได้ โดยผลลัพธ์ของการออ (OR) จะถูกนำไปเก็บไว้ใน รีจิสเตอร์ A

คำสั่ง XRL

เป็นการนำข้อมูล 2 ตัวมาทำการเอ็กซ์คลูซีฟออร์ (Exclusive OR : XOR) กันแล้วนำผลลัพธ์ที่ได้จากการ เอ็กซ์คลูซีฟออร์ (XOR) ไปเก็บในตัวถูกคำนวณตัวแรก

คำสั่ง CLR A (Clear A)

เป็นการทำให้ค่าในรีจิสเตอร์ A เป็น 00 โดยคำสั่งนี้จะมีผลการทำงานเช่นเดียวกับคำสั่ง MOV A,#00 แต่คำสั่ง CLR A เป็นคำสั่งที่มีความยาวเพียง 1 ไบต์

คำสั่ง RR A (Rotate accumulator right)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการหมุนข้อมูลในรีจิสเตอร์ A เป็นวงกลมไปทางขวา 1 บิตโดยค่าของบิตที่ 7 ก็จะเลื่อนไปอยู่ในบิตที่6 และบิตที่6 เลื่อนไปบิตที่5 ต่อๆไปและจะนำบิตที่0 กลับไปเก็บไว้ในบิตที่ 7

คำสั่ง RLC A (Rotate accumulator left through carry)

เป็นการหมุนข้อมูลใน A ผ่าน แฟลกทดไปทางซ้าย 1 บิต คล้ายกับคำสั่ง RL โดย บิตที่ 7 นำไปเก็บในแฟลก C และแฟลก C ถูกนำไปเก็บในบิต 0 ทำให้การหมุนเป็น 9 บิต

คำสั่ง RL A (Rotate accumulator left)

เป็นการหมุนบิตข้อมูลในรีจิสเตอร์ A เป็นไปทางซ้าย 1 ตำแหน่งบิต โดยบิตที่ 0 เลื่อนไปอยู่ในบิตที่ 1 บิตที่ 1 เลื่อนอยู่ในบิตที่ 2 ต่อๆ ไปและนำบิตที่ 7 กลับไปเก็บไว้ในบิต 0

คำสั่ง RRC A (Rotate accumulator right through carry)

เป็นการหมุนข้อมูลในรีจิสเตอร์ A ผ่าน แฟลก C ไปทางขวา 1 บิต คล้ายกับคำสั่ง RR โดยบิตที่ 0 จะนำไปเก็บในแฟลก C และ แฟลก C นำไปเก็บในบิต 7 ทำให้การหมุนเป็น 9 บิต

5.4.4 กลุ่มคำสั่งแบบบูลีน

ชุดคำสั่งเกี่ยวกับบูลีนแสดงในตารางที่2.11 ทุกคำสั่งใช้การเข้าถึงข้อมูลโดยตรงในระดับบิต โดยมีการใช้บิตตำแหน่งได้ตั้งแต่ 00-7FH ในพื้นที่ 128 บิตหน่วยความจำข้อมูล ภายใน และบิตตำแหน่ง80-FFH ในบริเวณกลุ่มรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ รายละเอียดแต่ละคำสั่งเป็นดังนี้

คำสั่ง ANL C,bit

เป็นการนำข้อมูล 1บิตในตำแหน่งบิตของคำสั่งมาแอนด์ (AND) กับค่าในแฟลก C แล้วนำผลลัพธ์เก็บในแฟลก C

คำสั่ง CPL C (Complement)

ทำให้แฟลก C เปลี่ยนเป็นตรงข้าม

นีโมนิก	การกระทำ	เวลาการทำงาน
ANL C,bit	C = C,AND bit	2
ANL C / bit	C = C,AND NOT bit	2
ORL C,bit	C = C,OR bit	2
ORL C / bit	C = C,OR, NOT bit	2
MOV C,bit	C = bit	1
MOV bit,C	bit = C	2
CLR C	C = 0	1
CLR bit	bit = 0	1

ตารางที่ 5-9 ชุดคำสั่งของบูลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นีโมนิก	การกระทำ	เวลาการทำงาน
SETB C	C = 1	I
SETB bit	Bit = 1	1
CPL C	C = C, NOT	1
CPL bit	Bit = NOT,bit	1
JC rel	up if C = 1	2
JNC rel	Jump if C = 0	2
JB bit , rel	Jump if bit = 1	2
JNB bit ,rel	Jump if bit = 0	2
JBC bit ,rel	Jump if bit = 1 ;CLR bit	2

ตารางที่ 5-9 (ต่อ) ชุดคำสั่งของบูลีน

คำสั่ง ANL bit,C

เป็นการนำค่าในแฟลกตัวทด C มาแอนด์ (AND) กับข้อมูล 1บิตในตำแหน่งบิต ของคำสั่ง แล้วนำผลลัพธ์เก็บในตำแหน่งบิตของคำสั่ง

คำสั่ง CPL bit

ทำให้ค่าในตำแหน่งบิตของคำสั่ง เปลี่ยนเป็นตรงข้าม

คำสั่ง ORL C,bit

เป็นการนำข้อมูล 1 บิตในตำแหน่งบิตของคำสั่งมาออ (OR) กับค่าในแฟลก C แล้วนำผลลัพธ์เก็บในแฟลก C

คำสั่ง ORL bit,C

เป็นการนำค่าในแฟลกตัวทด C มาออ (OR) กับข้อมูล 1 บิตในตำแหน่งบิตของคำสั่ง แล้วนำผลลัพธ์เก็บในตำแหน่งบิตของคำสั่ง

คำสั่ง MOV C,bit

เป็นการนำค่าข้อมูล 1 บิตในตำแหน่งบิตของคำสั่ง กำหนดให้กับแฟลก C

คำสั่ง MOV bit,C

เป็นการนำค่าข้อมูลของแฟลก C กำหนดให้กับบิตในตำแหน่งบิตของคำสั่ง

คำสั่ง CLR C (Clear)

ทำให้แฟลก C = 0

คำสั่ง CLR bit

ทำให้บิตในตำแหน่งบิตของคำสั่ง เป็น 0

คำสั่ง SETB C (Set bit)

ทำให้ค่าของแฟลก C เป็น 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง SETB bit

ทำให้บิตในตำแหน่งบิตของคำสั่ง เป็น 1

5.4.5 กลุ่มคำสั่งการกระโดด

จากตารางที่ 2.12 เป็นคำสั่งกระโดดโดยไม่มีเงื่อนไข โดยคำสั่ง JMP addr แบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะคือ SJMP, LJMP, AJMP ซึ่งแต่ละคำสั่งจะมีเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ของการกระโดด ไปยังตำแหน่งไกลสุดนั้นต่างกัน คำสั่ง JMP เป็นนีโมนิกที่สามารถใช้ได้ถ้าผู้ใช้ไม่คำนึงถึงระยะใกล้ไกลของการกระโดดไป รายละเอียดของคำสั่งการกระโดดแต่ละอย่างมีดังนี้

SMP เป็นการกระโดดแบบย้ายอันดับตำแหน่งเดิมจะกระโดดได้ 128 ถึง +127 ไบต์

AJMP แบบนี้จะกระโดดได้ 2 กิโลไบต์ ใช้หน่วยความจำเพียง 2 ไบต์ ในการกำหนด

LJMP แบบนี้จะกระโดดได้ถึง 64 กิโลไบต์ ใช้หน่วยความจำถึง 3 ไบต์ในการกำหนด

JMP @ A + DTPR เป็นคำสั่งกระโดดที่มีการอ้างตำแหน่งปลายทาง ซึ่งเป็นผลรวม ของข้อมูลในรีจิสเตอร์ DTPR กับข้อมูลในรีจิสเตอร์ A

นีโมนิก	การกระทำ	เวลาการทำงาน
JMP addr	Jump to addr	2
JMP @A + DPTR	Jump to A + DTPR	2
CALL addr	Call subroutine at addr	2
RET	Return from subroutine	2
RETI	Return from interupt	2
NOP	No operation	1

ตารางที่ 5-10 คำสั่งกระโดดแบบไม่มีเงื่อนไข

นีโมนิก	การกระทำ	โหมดการตำแหน่ง				แอกซีดิวต์
		Dir	Ind	Reg	Imm	
J rel	Jump if A = 0	Accumulator only				2
JNZ rel	Jump if A = 0	Accumulator only				2
DJNZ <byte>,rel	Decrement &jump not zero	X		X		2
CJNZ A, <byte>,rel	Jump if A = <byte>	X			X	2
CJNZ <byte>,#data,rel	Jump if A = #data		X	X		2

ตารางที่ 5-11 คำสั่งกระโดดแบบที่มีเงื่อนไขต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.6 รีจิสเตอร์ใช้เฉพาะงาน

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะใน MCS-51 จะเริ่มตั้งแต่ตำแหน่ง 80H-0FFH และมีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 5-2 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะบางตัวในบริเวณหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลบริเวณนี้สามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับบิต เหมือนเช่นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลบริเวณ 128 บิตล่าง รีจิสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิตจะอยู่ในคอลัมน์แรกของรูปที่ 5-3 หากวิเคราะห์ให้ละเอียดจะพบว่ารีจิสเตอร์ที่ใช้งานเฉพาะเหล่านี้จะมีตำแหน่งหมายเลข 3 บิตสุดท้ายเป็น 0 (xxxxx000)

เข้าถึงได้ในระดับบิต / 8 ไบต์								
F8								FF
F0	B							F7
E8								EF
E0	ACC							E7
D8								DF
D0	PSW							D7
C8	T2CON		RCAP2L	RCAP2H	TL2	TH2		CF
C0								C7
B8	IP							BF
B0	P3							B7
A8	IE							AF
A0	P2							A7
98	SCON	SBUF						9F
90	P1							97
88	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1		8F
80	P0	SP	DPL	DPH				PCON 87

รูปที่ 5-3 แสดงรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะใน MCS-51

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะใน MCS-5 อาจจะแบ่งออกตามประเภทการทำงานได้ดังนี้

1) รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของ MCS-51 โดยรวมสามารถแบ่งได้เป็น

ก) รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW (Program Status Word) สามารถที่จะเข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิต

ข) รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PCON (Power Control Register) ไม่สามารถที่จะเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้

2) รีจิสเตอร์ที่ควบคุมการตอบสนองค่อสัญญาณอินเตอร์รัปก่อนจะใช้การ อินเตอร์รัปจะต้องมีขั้นตอนดังต่อไปนี้เซ็ตบิต EA ในรีจิสเตอร์ IE ให้เป็น 1รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของอินเตอร์รัป มีสองตัวดังนี้ คือ

ก) รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE (Interrupt Enable Register)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดให้บิตควบคุม การตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปชนิดนั้น หากกำหนดให้บิตควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปชนิดนั้น หากกำหนดให้บิตควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปแต่ละชนิดมีค่าเป็น 1 หมายถึง ให้ MCS-51 ตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปชนิดนั้น (บิตEAต้องถูกเซ็ตไว้ก่อนเสมอ)

ข) รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IP (Interrupt Priority Register)

จะสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิต การให้บิตกำหนดระดับความสำคัญของอินเตอร์รัปเป็น 0 หมายถึง การให้อินเตอร์รัปชนิดนั้นมีลำดับความสำคัญต่ำ ส่วนการให้บิตกำหนดลำดับความสำคัญของอินเตอร์รัปเป็น 1 หมายถึงให้อินเตอร์รัปชนิดนั้นมีลำดับความสำคัญสูง

3) รีจิสเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์

ประกอบด้วย รีจิสใช้งานเฉพาะ TCON, TMOD และ T2CON (มีใน MCS-51 ที่มีไทม์เมอร์ 2 เท่านั้น)

ก) รีจิสใช้งานเฉพาะ TCON (Timer/Counter Control Register) โดยจะเข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิต

ข) รีจิสใช้งานเฉพาะ TMOD (Timer/Counter Mode Control Register) ไม่สามาที่จะเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้

ค) รีจิสใช้งานเฉพาะ T2CON (Time/Counter 2 Control Register)

4) รีจิสเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของของพอร์ตสื่อสารอนุกรมใน MCS-51

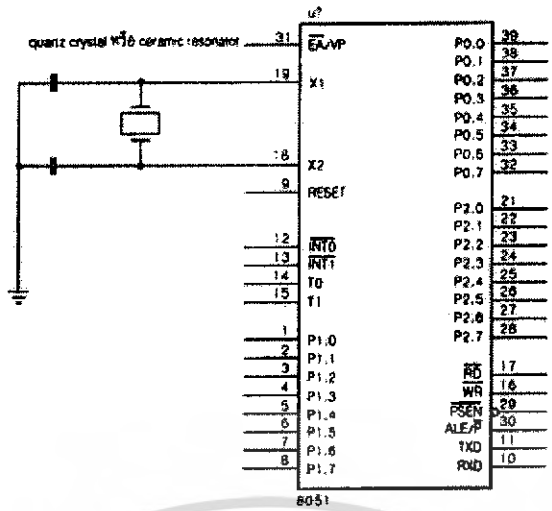
รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON (Serial Port Control Register) เข้าถึงข้อมูลในระดับบิต

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะที่ควบคุมการทำงานของของพอร์ตสื่อสารอนุกรมมีอยู่เพียงตัวเดียวเท่านั้น คือ รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SMOD ในการใช้พอร์ตสื่อสารอนุกรม ข้อมูลที่ได้รับหรือส่งจะเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SBUF

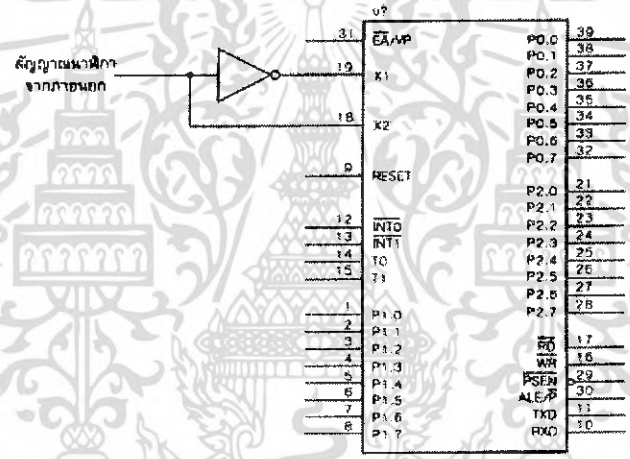
5.4.7 สัญญาณนาฬิกาใน MCS-51

การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทั่วไปจำเป็นต้องพึ่งสัญญาณนาฬิกา เป็นตัวกำหนดจังหวะการทำงานภายในทั้งหมด ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมีวงจรออสซิลเลเตอร์อยู่ภายในชิป ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวกำหนดสัญญาณนาฬิกาให้กับซีพียู เพียงแต่ต่อคริสตอลหรือ Ceramic Resonator ระหว่างขา XTAL1 และ XTAL2 ของชิป และต่อตัวเก็บประจุลงกราวด์ดัง แสดงในรูปที่ 5-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-4 แสดงการใช้วงจรออสซิเลเตอร์ภายในชิป MCS-51

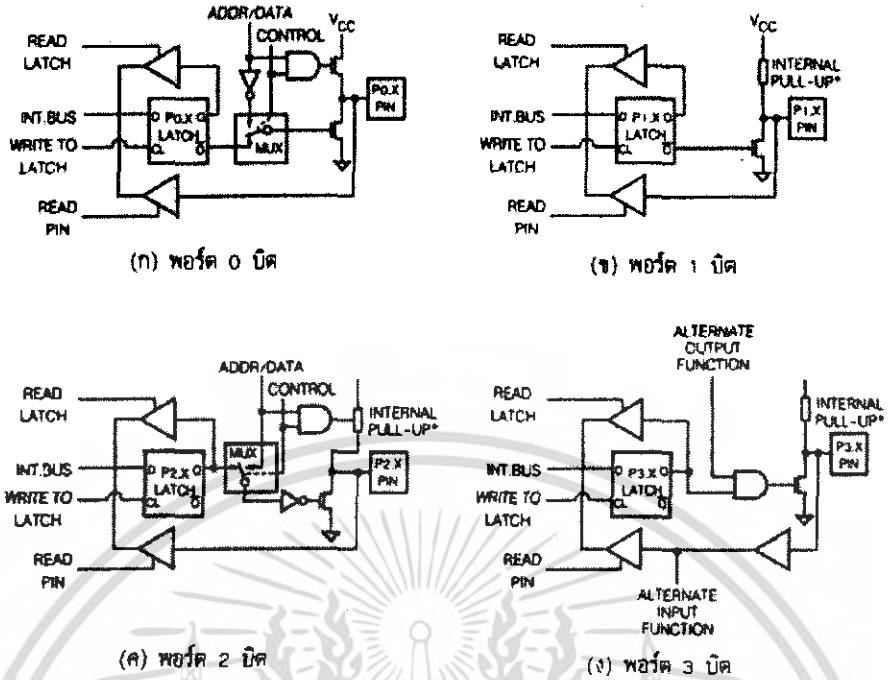


รูปที่ 5-5 แสดงการใช้วงจรออสซิเลเตอร์ภายนอกสร้างสัญญาณนาฬิกาให้ซีพียู

5.5 การใช้งาน พอร์ตอินพุต / เอาต์พุตของ MCS-51

พอร์ต หมายถึง แอดเดรสหนึ่งที่ได้รับการกำหนดไว้เพื่อการโอนย้ายข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับอุปกรณ์ภายนอก การกำหนดประเภทของการติดต่อขึ้นอยู่กับทิศทาง การไหลของข้อมูลเมื่อพิจารณาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก ดังนั้นการนำเข้าข้อมูลจากภายนอกจึงเรียกว่า การอินพุต และในกรณีตรงกันข้ามเพื่อส่งออกข้อมูลจะเรียกว่า การเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) พอร์ต 0 บิต (ข) พอร์ต 1 บิต

(ค) พอร์ต 2 บิต (ง) พอร์ต 3 บิต

รูปที่ 5-6 แสดงโครงสร้างแต่ละบิตของพอร์ตใน MCS-51

จากรูปที่ 5-6 เอาต์พุตไดรเวอร์ของพอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะสามารถเปลี่ยนการทำงานไปเป็น Internal Bus และ Addr/data Bus ได้จากสัญญาณควบคุมภายใน (สัญญาณ Control) สำหรับใช้ ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก โดยค่าที่ขาของสัญญาณควบคุมภายในมีค่าเป็น 1 จะเปิดเกท Addr/Data ให้ออกมาได้แต่ถ้าขานี้เป็น 0 จะทำหน้าที่เป็นพอร์ตปกติ และระหว่างการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกนี้ ค่าของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ P2 จะคงค่าเดิมไว้แต่รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ P0 จะถูกโหลดด้วยค่า 1 เพื่อทำให้พอร์ต 0 มีคุณสมบัติเป็น *High Impedance*

พอร์ต1,2 และ 3 มีวงจรพูลอัพ (วงจรยกระดับของสัญญาณ) ภายในพอร์ต 0 มีเอาต์พุตแบบOpen Drain และอินพุต/เอาต์พุตแต่ละเส้นสามาใช้แยกอิสระจากกัน สำหรับใช้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุต เมื่อพอร์ตถูกกำหนดใช้งานเป็นอินพุต ค่าในบิตแลตช์ของพอร์ตจะต้องมีค่า 1 ซึ่งจะไป Turn Off เอาต์พุตไดรเวอร์ FET (ลอจิก 0 ที่ขาเกทของ FET จะเปิดช่องทางนำกระแสของ FET เพราะเป็น Enchantment Mode n-Channel MOSFET ส่วนลอจิก 1 ที่ขาเกทจะเป็นตัวเปิดช่องทางนำกระแสและทำให้ FET มีคุณสมบัติเป็นตัวต้านทาน) ดังนั้นขาของพอร์ตจะถูกยกระดับสัญญาณขึ้นเป็น 1 โดยวงจรพูลอัพภายใน แต่สามารถถูกดึงระดับสัญญาณลงต่ำเป็น 0 ได้จากวงจรภายนอกพอร์ต 1,2 และ 3จะมีวงจรพูลอัพภายในถาวร จึงเรียกว่า Quasi-Bidirectional Port เมื่อถูกกำหนดเป็นอินพุต วงจรพูลอัพภายในจะทำการยกระดับแรงดันให้มีค่าสูง และจะจ่ายกระแส เมื่อมีการดึงระดับของสัญญาณให้ลดต่ำลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 การเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์

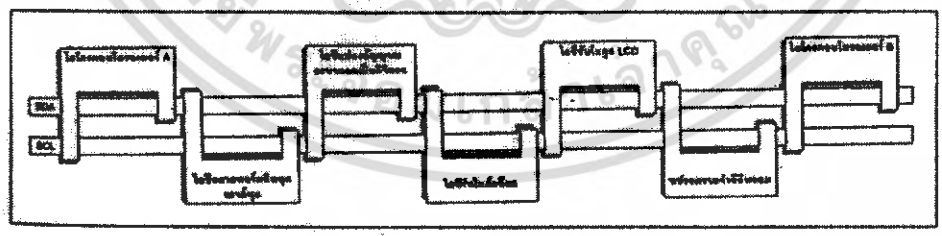
การใช้งานพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 มักนิยมใช้ในการติดต่อเพื่อแรกเปลี่ยนข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมในมาตรฐาน RS – 232 เป็นใหญ่ แต่เนื่องจากระดับสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS – 232 มีระดับตั้งแต่ 3 ถึง 12 V ในขณะที่ระดับสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 อยู่ในระดับทีทีแอล ดังนั้นจึงไม่สามารถเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 เข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงจึงต้องอาศัยการเชื่อมผ่านไอซีพิเศษที่ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณ

ไอซีที่ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณนี้ต้องทำการแปลงข้อมูลส่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 จากระดับทีทีแอลไปเป็นระดับของ RS – 232 และทำการแปลงข้อมูลที่ได้รับจากคอมพิวเตอร์ จากระดับของ RS – 232 เป็นระดับทีทีแอล เพื่อให้สามารถถ่ายทอดไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 ได้อย่างสมบูรณ์ ไอซีดังกล่าวมีด้วยกันหลายเบอร์จากหลายผู้ผลิต อาทิ MAX232 จาก MAXIM หรือ ICL232 จาก HARRIS เป็นต้น

5.6.1 การขยายพอร์ตอินพุตเอาต์พุตด้วยอุปกรณ์ระบบบัส I^2C

I^2C ย่อมาจาก Inter – IC Communication หมายถึง การติดต่อสื่อสารระหว่างไอซี โดยบัส I^2C ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยฟิลิปส์ ด้วยจุดมุ่งหมายหลักคือ ต้องการให้ไอซีหรือโมดูล สามารถติดต่อสั่งงาน และควบคุมภายใต้สายสัญญาณเพียงสองเส้น เส้นหนึ่ง คือ สายข้อมูล อีกเส้น คือ สายสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดจังหวะการทำงาน การต่อร่วมกันของอุปกรณ์บนบัส I^2C ทำได้ง่ายมาก เพียงต่อสายข้อมูลและสายสัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์แต่ละตัวขนานพ่วงกันไป ส่วนการกำหนดแอดเดรสหรือตำแหน่งสำหรับติดอุปกรณ์แต่ละตัวจะใช้รหัสข้อมูลและกำหนดสภาวะลอจิกที่ขาแอดเดรสของอุปกรณ์แต่ละตัว

สายข้อมูลบนบัส I^2C มีชื่อเรียกอย่างเป็นทางการว่า สายข้อมูลอนุกรมหรือ SDA (Serial Data Line) ส่วนสายสัญญาณนาฬิกามีชื่อเรียกว่า สายสัญญาณนาฬิกาอนุกรมหรือ SCL (Serial Clock Line) ในการอธิบายต่อไปนี้จะเรียกสัญญาณทั้งสองว่า SDA และ SCL

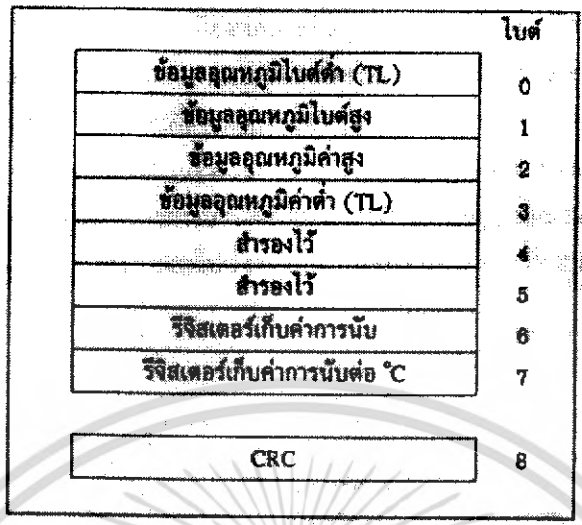


รูปที่ 5-7 ผังแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ บนระบบบัส I^2C

ในรูปที่ 5-7 แสดงผังของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ บนบัส I^2C จะเห็นได้ว่าอุปรณ์ที่ทำการเชื่อมต่อบนบัส I^2C มีหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นไอซีขยายพอร์ตอินพุตเอาต์พุต (I/O Expander) , ไอซีแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC) และแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก (DAC) , ไอซีรีลไทม์คล็อก (RTC) ,ไอซีขับโมดูล LCD , หน่วยความจำอีอีพรอมและไมโครคอนโทรลเลอร์

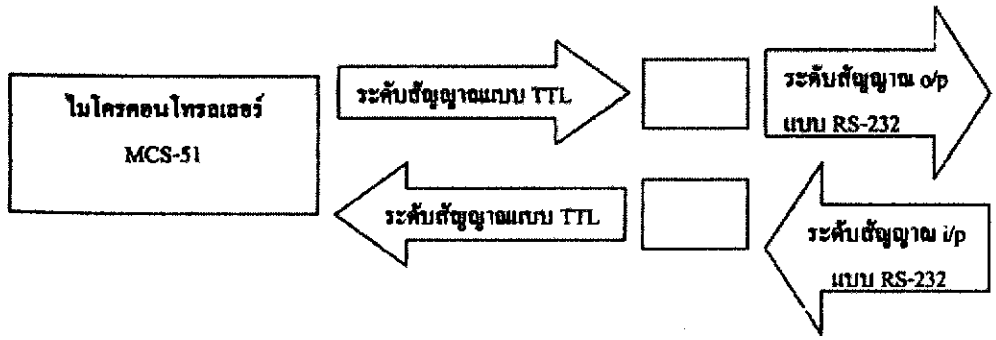


รูปที่ 5-8 การจัดสรรพื้นที่ของสแครตช์แพดใน DS1820

5.6.2 การอินเตอร์เฟสเชื่อมต่อแบบมาตรฐาน RS – 232

ในการเชื่อมต่อแบบอนุกรมเข้ากับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์เทเล็กซ์ หรือโทรพิมพ์ เป็นต้น มักจะกำหนดใช้กรเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS – 232 ทั้งนี้เพื่อให้มีการใช้งานเส้นสัญญาณหรือรูปแบบของตัวเชื่อมต่อที่สอดคล้องกันจะได้ลดปัญหาการเข้ากันไม่ได้ระหว่างสัญญาณของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันทั้งสองด้านให้น้องลงเนื่องจากระดับโวลท์เตจที่ใช้และการแทนความหมายของระดับลอจิกตามมาตรฐานนี้แตกต่างไปจากที่ใช้กันในระบบดิจิตอลทั่วไป โดยระดับสัญญาณของ RS – 232 เป็นแบบไบโพลาร์ ระดับโวลท์เตจทางด้านลบช่วง –3Vถึง –20V แทนค่าลอจิก 1 และโวลท์เตจทางด้านบวก ช่วง +3V ถึง +20V แทนค่าลอจิก 0 ดังนั้นจะเห็นได้ว่ามีความจำเป็นต้องเพิ่มอุปกรณ์หรือวงจรพิเศษเข้าไปเพื่อเปลี่ยนระดับโวลท์เตจจากระบบ 0V ถึง +5V จากขาสัญญาณ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นระดับโวลท์เตจที่สูงกว่าค่า +3V ถึง –3V ดังแสดงในรูปที่ 5-9 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระดับสัญญาณแบบทีทีแอลจากขาสัญญาณ TRD และ RXD ของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะถูกปรับเปลี่ยนไปเป็นระดับสัญญาณ RS – 232 ก่อนที่จะทำการส่งออกไปในสายนำสัญญาณต่อไปจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปเป็นระดับสัญญาณแบบ RS – 232 และการแปลงระดับสัญญาณอินพุตแบบ RS – 232 ไปเป็นระดับสัญญาณทีทีแอลก่อนที่จะทำการเชื่อมต่อกับขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-9 แสดงการเปลี่ยนระดับสัญญาณแบบทีทีแอล

โดยทั่วไปรูปแบบของวงจรก็สามารถทำได้หลายลักษณะทั้งการออกแบบสร้างวงจรเปลี่ยนระดับสัญญาณโดยการใช้ทรานซิสเตอร์หรือใช้ไอซีวงจรรวม ดังแสดงในรูปที่ 5-9 แสดงให้เห็นการนำไอซีวงจรรวมเบอร์ MAX 232 เปลี่ยนระดับสัญญาณจากทีทีแอลไปเป็นระดับสัญญาณ RS – 232 สำหรับวงจรทางด้านส่ง (Driver) เบอร์ MAX232C และเบอร์ MC14891 สำหรับวงจรทางด้านรับ (Receiver) เพื่อเปลี่ยนระดับจาก RS –232 เป็นทีทีแอล ซึ่งเป็นลักษณะการนำไปใช้งาน จะมีการใช้เส้นสัญญาติดต่อพื้นฐานระหว่างกันเพียงสามเส้นเท่านั้น คือ เส้นสัญญาณสำหรับการส่งข้อมูล (TX) ให้กับอุปกรณ์ เส้นสัญญาณสำหรับการรับข้อมูล (RX) ที่ส่งมาจากอุปกรณ์อื่นและสัญญาณกราวด์ (GND) เท่านั้น

อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าไอซีเหล่านี้ยังคงต้องการระดับโวลท์เตจ +15V หรือ –15V สำหรับวงจรทำงานภายในตัวไอซีด้วย ดังนั้นในระยะต่อมาจึงมีการผลิตไอซีวงจรรวมที่ประกอบด้วยวงจรรับและส่งแบบ RS – 232 อยู่ภายในตัวและต้องการเพียงไฟเลี้ยงขนาด +5 V เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากมีวงจรเปลี่ยนระดับโวลท์เตจ (DcToDc Converter) อยู่ภายในตัวไอซีโดยครบถ้วนซึ่งทำให้การสร้างวงจรรับ – ส่งข้อมูลมาตรฐาน RS – 232 กระทำได้ง่ายและสะดวกมากยิ่งขึ้น

5.7 รายละเอียดพอร์ต RS – 232

โดยปกติคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ตเป็นอนุกรม เรียกชื่อกันว่า RS – 232 อยู่ในตัวเองอยู่แล้ว เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ไม่มีพอร์ตอนุกรม เช่น คอมพิวเตอร์ไอบีเอ็ม เป็นต้น จำเป็นจะต้องมีการ์ด โดยเรียกว่า ตัวปรับต่ออะซิงโครนัส (Asynchronous communication Adapter) มาเสียบใส่พอร์ต RS – 232 นี้ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลในแบบอนุกรมเรียกว่า Asynchronous Adapter เหตุที่มีชื่อเรียกว่าพอร์ต RS – 232 ก็เนื่องจากสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของประเทศสหรัฐอเมริกา (Electronic Industries Association : EIA) ได้กำหนดมาตรฐานอุปกรณ์การสื่อสารแบบอนุกรมใช้ภายใต้ชื่อว่าพอร์ต RS – 232 และมาตรฐานการส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้มีหลายมาตรฐาน แต่ที่นิยมกันมากที่สุดสำหรับคอมพิวเตอร์ก็คือ พอร์ต RS – 232C

หน้าที่สำคัญของการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส คือ

- รับสัญญาณ
    1) เปลี่ยนสัญญาณเข้ามาแบบอนุกรมให้เป็นแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ตรวจสอบความผิดพลาดของสัญญาณที่รับ

3) ตัดบิตหยุดและพาริตี้บิตออก

4) ส่งสัญญาณไปให้โปรเซสเซอร์รู้ว่ารับสัญญาณไว้แล้ว

- ส่งสัญญาณ

1) เปลี่ยนสัญญาณแบบขนานจากโปรเซสเซอร์ส่งออกเป็นแบบอนุกรม

2) เพิ่มบิตหยุดและพาริตี้บิต

3) เพิ่มสัญญาณควบคุมโมเด็มที่ต่อเชื่อม (ถ้ามี)

5.7.1 มาตรฐาน RS – 232

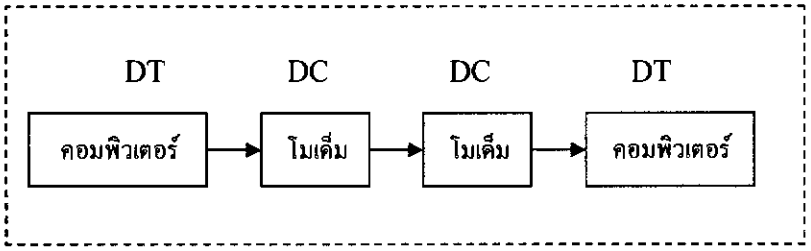
เพื่อให้การทำให้อุปกรณ์จากผู้ผลิตจากต่างบริษัทกันทำงานร่วมกันได้ มาตรฐานหลายชนิดจึงได้รับการออกแบบขึ้น มาตรฐานที่นำมาใช้กันมากที่สุดคือ RS – 232 – C ถูกนำมาใช้ในปี 1969 โดย Electronic Industries Association มาตรฐาน RS – 232 – C ที่ร่างขึ้นในตอนเริ่มแรกสำหรับการเชื่อมต่อระหว่างเทอร์มินอล และโมเด็มระบบคุณลักษณะทางไฟฟ้าของวงจรระหว่างอุปกรณ์สองตัว และกำหนดชื่อและหมายเลขแก่สายที่จำเป็นสำหรับการเชื่อมต่อวงจร ชื่อวงจรมาตรฐาน RS – 232 – C (AA , AB เป็นต้น) จำได้ยากในทางปฏิบัติจึงใช้ชื่อย่อแทน โดย RS ย่อมาจาก Recommended Standard และส่วน 232 จะเป็นหมายเลขบ่งบอกมาตรฐานตัวนี้ ตัวอักษร C คือ หมายเลขของฉบับสุดท้ายของมาตรฐาน จุดประสงค์ของมาตรฐานตัวนี้เพื่อบรรยายคุณลักษณะของการเชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง กับรูปแบบอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล สำหรับผู้ใช้คอมพิวเตอร์

เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ส่งข้อมูลบนสายเส้นเดียว อุปกรณ์จึงถูกแบ่งออกเป็นสองชนิด อุปกรณ์อย่างเช่นเทอร์มินอล ซึ่งใช้สานเส้นที่ 2 สำหรับเอาท์พุตเรียกว่า DTE (Data Terminal Equipment) อุปกรณ์บางอย่างเช่น โมเด็มซึ่งใช้สายเส้นที่ 2 สำหรับอินพุต เรียกว่า DCE (Data Communication Equipment)

อุปกรณ์ DTE และ DCE ตามมาตรฐาน RS – 232 – C อุปกรณ์ DTE ควรใช้หัวต่อตัวผู้ และอุปกรณ์ DCE ควรใช้หัวต่อตัวเมีย อย่างไรก็ตามผู้ผลิตไม่ได้ปฏิบัติตามกฎนี้เสมอ ดังนั้นจึงไม่อาจแยกยะอุปกรณ์ DTE และ DCE โดยการมองผ่านได้เสมอไป เมื่อทราบว่าอุปกรณ์หนึ่งเป็น DTE และอีกตัวหนึ่งเป็น DCE ในทางทฤษฎีแล้วสามารถเชื่อมต่อได้อย่างง่ายดาย โดยการเชื่อมต่อสายที่มีเลขตรงกัน เช่น เส้นที่ 2 กับ 2 และเส้นที่ 3 กับ 3 เป็นต้น เรียกว่าการเชื่อมต่อแบบตรง แต่มีผู้ผลิตบางรายที่ไม่ได้ทำมาตรฐานและทำให้เกิดปัญหาหลายอย่าง

โดยข้อแตกต่างระหว่างของ DTE และ DCE จะเห็นได้จากรูปที่ 5-10 จากรูปจะเห็นได้ว่า RS – 232 – C มีส่วนสำคัญสำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



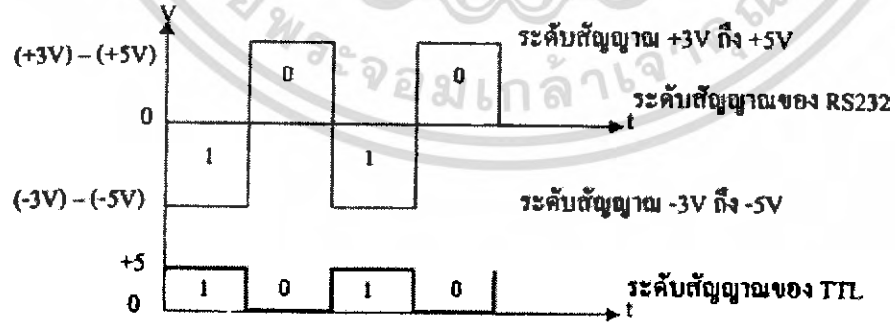
รูปที่ 5-10 แสดงการใช้งานพอร์ต RS – 232C เชื่อมต่ออุปกรณ์

ความเร็วและระยะทางของการเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม RS – 232 C สามารถเชื่อมต่อ การถ่ายโอนข้อมูลได้จาก 0 – 20,000 บิตต่อวินาที ซึ่งเพียงพอสำหรับคอมพิวเตอร์ที่ทีขนาดอัตราบอด 110 ถึง 9600 บอด ความยาวของสายเชื่อมต่อโดยสัญญาณตามมาตรฐานของพอร์ตอนุกรม RS - 232C จำกัดแค่ 50 ฟุต ซึ่งพอสำหรับการสื่อสารคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์รอบนอก

5.7.2 การเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS – 232

การกำหนดมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม EIA RS – 232 (x) เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรม โดยคณะกรรมการสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association) ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทางเพื่อให้มีการใช้งานในการเชื่อมต่อที่สอดคล้องกันระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่าง ๆ การรับส่งสัญญาณจะกำหนดความยาวสูงสุดไว้ที่ไม่เกิน 50 ฟุต ดังที่กล่าวมาแล้ว โดยมีระดับสัญญาณตั้งแต่ 3 โวลท์ จนถึง 15 โวลท์ สำหรับลอจิก “0” และมีระดับแรงดันที่ -3 โวลท์ จนถึง –15 โวลท์ สำหรับลอจิก “1”

ดังนั้นสังเกตได้ว่าจะมีระดับแรงดันที่ใช้ในสถานะลอจิก “0” และลอจิก “1” แตกต่างออกไปจากระบบไอซีดิจิตอลทั่ว ๆ ไป การต่องใช้งานจึงต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับแรงดันจา ก 0 – 5 โวลท์ จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้เป็นระดับแรงดันที่สูงกว่า +3 โวลท์ หรือต่ำกว่า – 3 โวลท์ โดยจะมีไอซีสำเร็จรูปพร้อมใช้งานหรืออาจต่อวงจรจากทรานซิสเตอร์ได้



รูปที่ 5-11 แสดงระดับแรงดันสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS –232 กับ TTL ในสถานะลอจิก “1” และ “0”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเชื่อมต่อแบบอนุกรมเข้ากับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ มักจะกำหนดในการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-232C ทั้งนี้เพื่อมีการใช้งานเส้นสัญญาณหรือรูปแบบของตัวเชื่อมต่อที่สอดคล้องกันและจะได้ลดปัญหาการเข้ากันไม่ได้ระหว่างสัญญาณของอุปกรณ์ที่มาเชื่อมต่อทั้งสองด้านให้น้อยลง เนื่องจากระดับแรงดันแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการทดแทนความหมายของระดับลอจิกตามมาตรฐานนี้แตกต่างไปจากที่ใช้งานกันในระบบดิจิตอลทั่วไป โดยระดับสัญญาณของพอร์ต RS-232C เป็นแบบสองขั้ว (Bipolar) ที่ระดับแรงดันไฟฟ้าทางด้านลบ

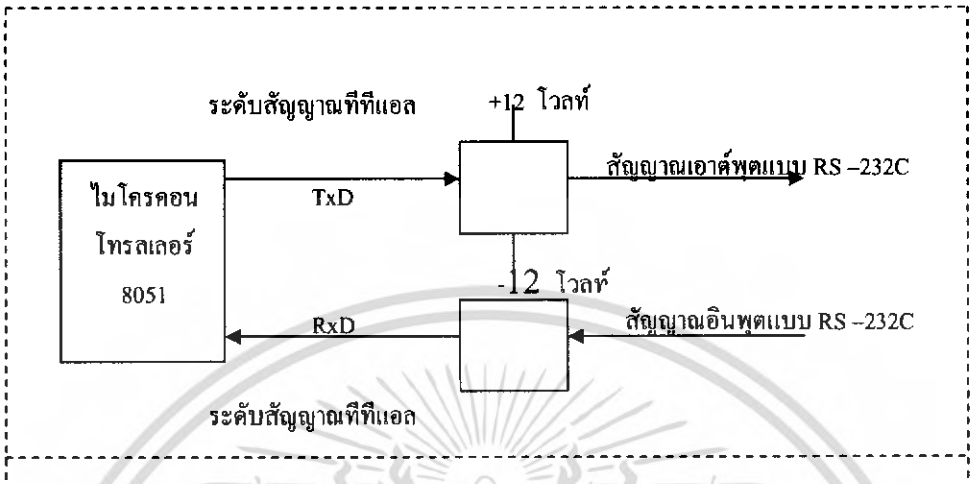
Driver output logic levels with	15 Volt > o_h > 5 Volt
3 k byte to 7 k load	- 5 Volt > o_l > - 15 Volt
Driver output Voltage when open circuit	Vo < 25 Volt
Driver output impedance with Power off	Ro > 300 ohm
Output short circuit current	lo < 0.5A
Driver slew rate	dv / dt < 30 v /s
Receiver input impedance	7 k byte > Rin > 3 k
Receiver input voltage	+ 15 compatible with driver
Receiver Output with open circuit input	MARK
Receiver Output with +3 Volt input	SPACE
Receiver Output with –3 Volt input	MARK
+15	LOGIC 0 = SPACE , CONTROL ON
+5	Noise Margin
+3	Transition Region
-3	Noise Margin
-5	LOGIC 1 = MAR k byte
-15	CONTROL OOF

รูปที่ 5-12 แสดงคุณลักษณะโดยย่อของสัญญาณ RS –232 C

ช่วง-3 โวลต์ ถึง 15 โวลต์ซึ่งจะแทนค่าลอจิก "0" และแรงดันไฟฟ้าทางด้านช่วงบวก +3 โวลต์ถึง +15 โวลต์ แทนค่าลอจิก "1" ดังนั้นจะเห็นได้ว่ามีความจำเป็นจะต้องเพิ่มเติมอุปกรณ์หรือวงจรพิเศษเข้าไป เพื่อเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าจากระบบอยู่ในช่วง +3 โวลต์ถึง +15 โวลต์ ซึ่งได้จากขาสัญญาณของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ซึ่งเป็นระดับแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าค่า +3 โวลต์ หรือ ต่ำกว่า -3 โวลต์ ดังรูปที่ 5-13 จะเห็นว่าระดับสัญญาณแบบทีทีแอล (Transistor Transistor Logic : TTL) จากขาสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TxD (Transmitted Data) และ RxD (Received Data) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จะต้องถูกปรับเปลี่ยนไปให้เป็นสัญญาณ RS – 232C ก่อน หลังจากนั้นที่จะทำการส่งออกไปในสายสัญญาณต่อไป ลักษณะของสัญญาณโดยย่อของสัญญาณ RS –232 C ดังรูปที่ 5-13



รูปที่ 5-13 แสดงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณทีทีแอล (Transistor Transistor Logic : TTL)

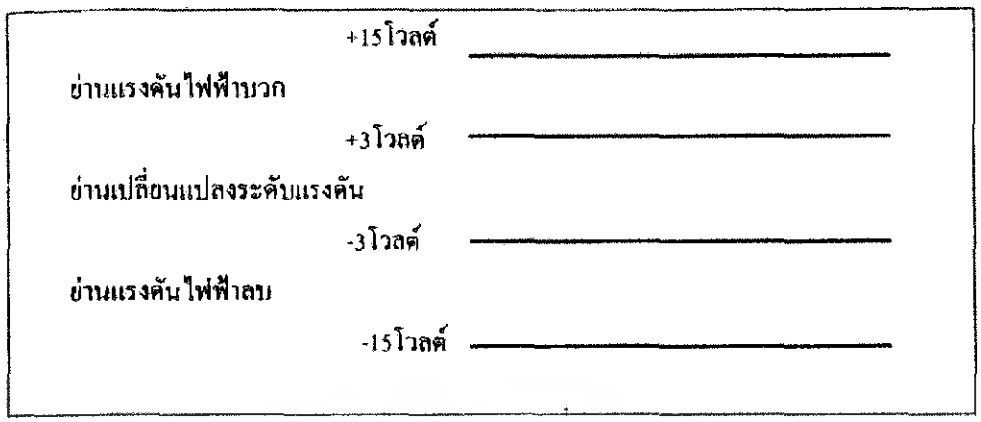
5.7.3 ลักษณะของสัญญาณ RS – 232C

เพื่อเป็นหลักประกันข้อมูลส่งออกไปอย่างถูกต้องอุปกรณ์จะถูกควบคุมอย่างถูกต้องจำเป็นต้องมีข้อตกลงกันในเรื่องของสัญญาณที่ใช้ในมาตรฐานพอร์ตอนุกรม RS – 232C และกำหนดย่านของแรงดันไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 5-11 และในรูปที่ 5-14 สำหรับคอมพิวเตอร์บางเครื่อง ใช้ แต่สัญญาณลอจิกออกมาเป็นสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS – 232C อาจจะสั้นกว่า 50 ฟุต ซึ่งดังที่กล่าวเอาไว้เนื่องจากระดับของกราวด์จะเปลี่ยนแปลงไปอันเนื่องจากการสูญเสียไปในความต้านทานของสาย ผู้ที่เคยใช้คอมพิวเตอร์ไอบีเอ็มอาจประสบกับปัญหานี้เมื่อต่อสัญญาณ RS – 232C เกินกว่า 10 ฟุต แล้วใช้การไม่ได้ แต่อย่างไรก็ตามพอร์ต RS – 232C ของคอมพิวเตอร์ไอบีเอ็ม ยังมีโอกาสให้เลือกใช้กระแสไฟฟ้า 20 มิลลิแอมแปร์ เป็นกระแสไฟฟ้าในการทำงาน

มาตรฐานของการให้แรงดันไฟฟ้า			
แรงดันไฟฟ้า	สถานภาพลอจิก	สถานภาพสัญญาณ	ฟังก์ชั่นในการควบคุม
บวก	0	SPACE	ON
ลบ	1	MASK	OFF

ตารางที่ 5-12 แสดงมาตรฐานของการใช้แรงดันไฟฟ้าในสัญญาณ RS – 232C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-14 แสดงย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS – 232C

5.7.4 การกำหนดข้อต่อของพอร์ต RS – 232C

ในทางฟิสิกส์ มาตรฐานของพอร์ต RS – 232C กำหนดข้อต่อแบบ DB – 25 แต่ละขาของข้อต่อกำหนดดังรูปที่ 5-15 ผู้ผลิตคอมพิวเตอร์อาจใช้ข้อต่อชนิดอื่นที่นอกเหนือจาก DB -25 ยกตัวอย่าง เช่น *Fujitsu F-8 IBM AT , IBM Jr* เป็นต้น หัวต่อตัวเมียของข้อต่อจะอยู่ที่โมเด็มขณะที่หัวต่อตัวผู้อยู่ที่ตัวปรับต่ออะซิงโครนัสหรือที่ตัวคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตามผู้ผลิตหลายรายไม่ได้ทำตามกฎเกณฑ์ ที่กำหนดไว้ ซึ่งสัญญาณต่าง ๆ ทำหน้าที่ดังนี้

Transmit Data (TD ขาที่ 2)

เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก DTE ไปยังโมเด็มหรือต่อเข้าโดยตรงกับคอมพิวเตอร์ตัวอื่นหรือเครื่องพิมพ์ เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออกสถานภาพของลอจิกที่ขานี้จะมีค่าเท่ากับ "1" เทียบเท่าบิตหยุด

Receive Data (RD ขาที่ 3)

เป็นทางของสัญญาณเข้าไปยังอุปกรณ์ภายนอกหรือคอมพิวเตอร์ เมื่อไม่ได้รับสัญญาณเข้ามาขานี้จะมีสถานภาพทางลอจิกเป็น "1"

Request To Send (RTS ขาที่ 4)

ใช้สำหรับส่งสัญญาณ ไปยังโมเด็มหรือเครื่องพิมพ์ ซึ่งเป็นการเรียกร้องที่จะส่งสัญญาณมาทางขา 2 สัญญาณนี้ใช้คู่กับสัญญาณ CTS อุปกรณ์รับ หากได้สัญญาณ RTS จะตรวจสอบตัวเองว่าพร้อมจะรับสัญญาณได้หรือยัง หากพร้อมที่จะรับได้จะส่งสัญญารออกไปที่สาย CTS

Clear To Send (CTS ขาที่ 5)

ดังที่ได้อธิบายไว้ในสัญญาณ RTS เมื่อสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะปิด (Negative Voltage หรือ ลอจิก "1") หมายความว่าอุปกรณ์รับส่ง บอกว่าพร้อมที่จะข้อมูลแล้ว

Data Set Ready (DSR ขาที่ 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสัญญาณสายนี้อยู่ในสภาวะปิด หรือลอจิก "0" เป็นการบอกคอมพิวเตอร์หรือฝ่ายส่งว่าโมเด็มต่อเข้ากับสายโทรศัพท์เรียบร้อยแล้วและพร้อมที่จะส่งได้แล้วโมเด็มที่มีการหมุนอัตโนมัติจะส่งสัญญาณสายนี้ไปบอกให้คอมพิวเตอร์รู้ว่าต่อโทรศัพท์ได้สำเร็จแล้ว

Signal Ground (SG ขาที่ 7)

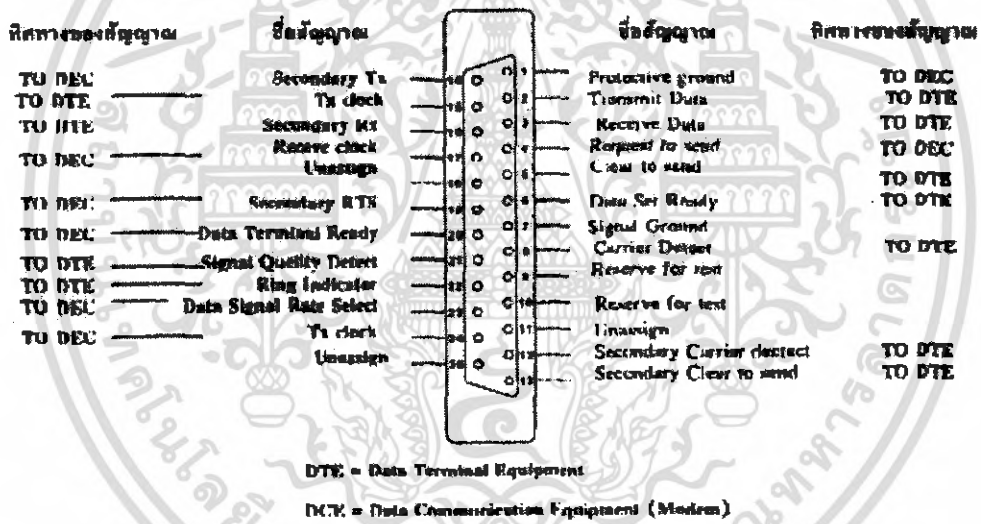
SG ทำหน้าที่เป็นระดับแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงสำหรับทุก ๆ สายสัญญาณจะมีแรงดันไฟฟ้าเป็น "0" เมื่อเทียบกับสัญญาณตัวอื่น

Carrier Detect (CD ขาที่ 8)

โมเด็มจะส่งสัญญาณที่อยู่สภาวะเปิด ลอจิก "0" ไปบอกคอมพิวเตอร์เมื่อได้รับสัญญาณจากโมเด็มของอีกฝ่ายหนึ่ง สัญญาณนี้จะนำไปจุดไดโอดเปล่งแสงจะบอกได้ว่าได้รับสัญญาณจากโมเด็มอีกฝ่ายหนึ่งแล้ว ไดโอดเปล่งแสงจะอยู่บนหน้าปัดของโมเด็มเอง

Data Terminal Ready (DTR ขาที่ 20)

คอมพิวเตอร์จะเปิดสัญญาณสายนี้ให้เปิดลอจิก "0" เมื่อพร้อมที่จะติดต่อกับโมเด็ม โมเด็มส่วนมากไม่รายงานสถานภาพของตัวเอง CD , USR , และ CTS ให้คอมพิวเตอร์รู้ถ้าหากคอมพิวเตอร์ไม่เปิดสัญญาณ DTR



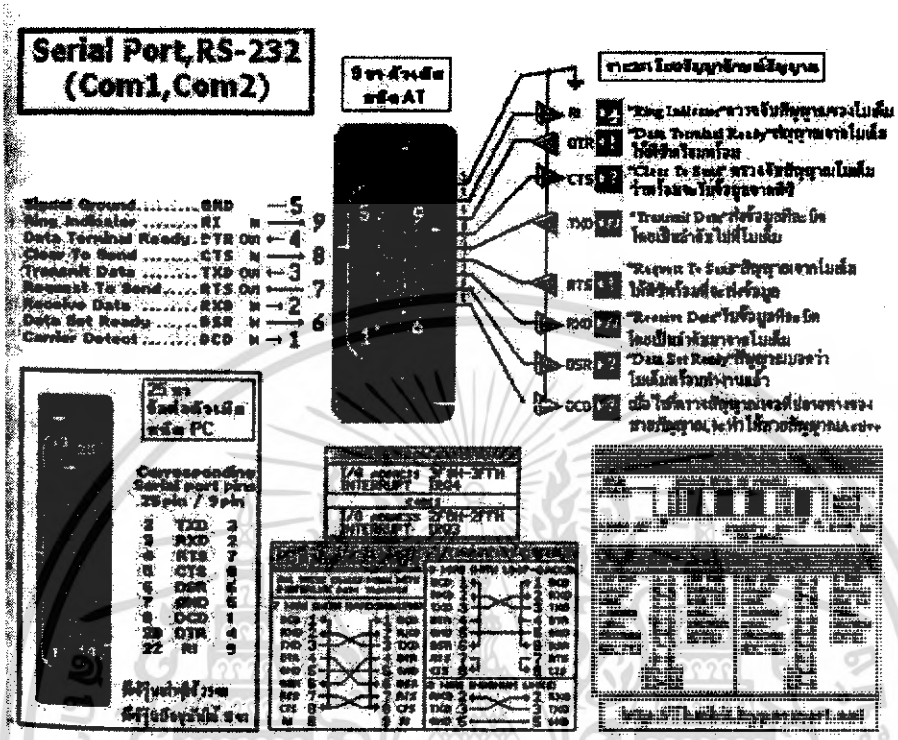
รูปที่ 5-15 แสดงการกำหนดข้อต่อของมาตรฐาน RS – 232C

Ring Indication (RI ขาที่ 22)

สัญญาณนี้ใช้ในโมเด็มที่เป็นระบบตอบรับอัตโนมัติ (Auto Answer) สัญญาณนี้จะเปิดเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งมาและปิดระหว่างเสียงดังของกระดิ่ง อาจสับสนระหว่างสถานภาพของลอจิกกับสถานภาพของสัญญาณ โดยปกติจะคุ้นเคยกับความรู้สึกที่ว่า เมื่อแรงดันไฟฟ้าเป็นบวกหรือเปิดสัญญาณลอจิกน่าจะเป็น "1" สำหรับสัญญาณต่าง ๆ ที่กล่าวนี้มีลักษณะ ตรงกันข้ามและเหตุที่กำหนดกฎเกณฑ์ออกมาอย่างนี้ ก็เพราะว่าแต่เดิมนั้นการติดต่อกันทางโทรเลขการทำงานของสัญญาณจะต้องครบวงจรทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝ่ายส่งและฝ่ายรับ เมื่อลอจิกเป็น “0” หรือขณะที่ไม่มีอะไรส่งควรจะมีสัญญาณทางไฟฟ้าครบวงจรอยู่ตลอดเวลา จะได้รู้ว่าวงจรไม่ขาดระหว่างทาง ตรงส่วนไหนควรจะรู้ว่าวงจรไม่ขาดระหว่างทาง ตรงส่วนไหนควรจะรู้ว่าควบวงจรอยู่ตลอดเวลาก็โดยการให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ฝ่ายส่ง ดังนั้นสัญญาณไฟฟ้าที่มีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกใช้ลอจิกเป็น “0”



รูปที่ 5-16 แสดงโครงสร้างของ Port RS- 232

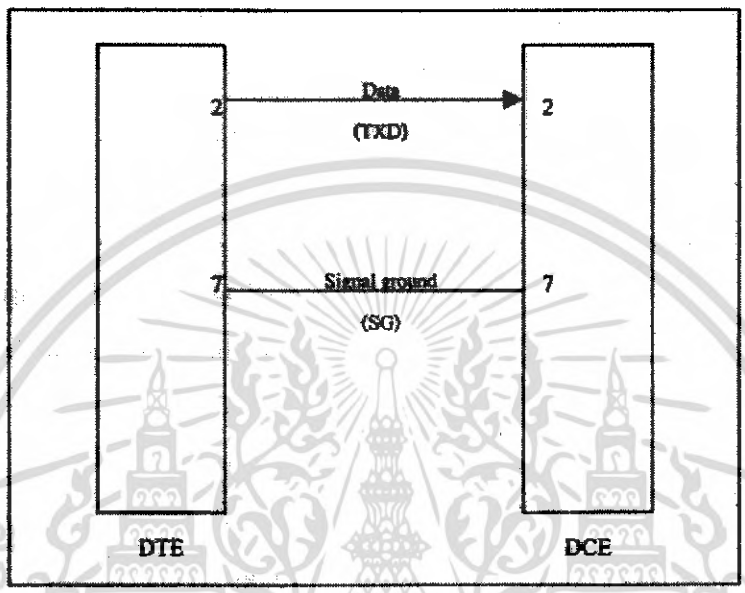
5.7.5 การสื่อสารสองทาง

ในหลายกรณีที่ข้อมูลถูกส่งผ่านในสองทิศทาง โดยเฉพาะเมื่อคอมพิวเตอร์สองตัวสื่อสารกัน รวมทั้งกรณีที่ใช้ซอฟต์แวร์แฮนด์เช็ตกิ้งด้วยเช่นกัน จำนวนสายที่น้อยที่สุดที่จำเป็นในการสื่อสารสองทิศทางคือ สามเส้น ได้แก่ สายข้อมูลในแต่ละทิศทาง และซิกแนลกราวด์ การเพิ่มเติมสายแฮนด์เช็ตกิ้งในแต่ละทิศทาง เมื่อสายแฮนด์เช็ตกิ้งชุดที่สองถูกนำมาใช้เพิ่มเติมลงในแต่ละทิศทาง สายทั้งหมดที่ใช้คือเจ็ดเส้น บางครั้งอาจมีสายเพิ่มอีกสองเส้น เพื่อทำให้โมเด็มสามารถให้ข้อมูลมากขึ้นแก่คอมพิวเตอร์หรือเทอร์มินอล ได้แก่ CD (Carrier Detect) ถูกเชื่อมต่อเข้ากับขา 8 เพื่อแจ้งการคงอยู่ของสัญญาณพาหะ และ RI (Ring Indicator) ถูกเชื่อมต่อขา 22 เพื่อแสดงว่าโมเด็มกำลังถูกเรียกโดยอุปกรณ์ระยะไกล ซึ่งคือการตรวจสอบสัญญาณกริ่งของโทรศัพท์นั่นเอง แม้ว่ายังมีวงจรอื่นอีกหลายวงจรถูกกำหนดโดย RS-232 ซึ่งวงจรนี้เป็นวงจรที่ใช้กันมากที่สุด และเป็นเพียงชุดเดียวที่โดยปกติถูกเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นเหตุผลที่ไมโครคอมพิวเตอร์ใช้หัวต่อ 9 ขาแทน 25 ขา สำหรับนำพาสัญญาณที่จำเป็นทั้งของวงจร RS - 232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7.6 การสื่อสารทางเดียว

วงจรหลักที่ถูกนำมาใช้สำหรับการสื่อสารมีอยู่สามวงจร คือสายเส้นที่ 2 สำหรับข้อมูลจาก DTE ไปยัง DCE สายเส้นที่สาม สำหรับข้อมูลจาก DCE ไปยัง DTE และสายสัญที่ 7 สำหรับซิกแนลกราวด์ (Signal Ground) ซึ่งเป็นจุดอ้างอิงร่วมสำหรับขั้วแรงดันไฟฟ้าของสายอื่น ในกรณีที่ง่ายที่สุดซึ่งมีเพียงอุปกรณ์หนึ่งส่งและอุปกรณ์หนึ่งรับใช้สายเพียงสองเส้นก็เพียงพอคือสายที่ 2 หรือ 3 และสายเส้นที่ 7 ดังแสดงในรูปที่ 5-17



รูปที่ 5-17 การเชื่อมต่อทางเดียวอย่างง่าย

5.8 การใช้หน่วยความจำภายนอก (External Memory)

MCS-51 สามารถอ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 K และอ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64K MCS-51 จะใช้พอร์ต 0 ในการอ้างตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิต ล่างและใช้พอร์ต 0 เป็นพอร์ตข้อมูลด้วย โดยใช้ขา ALE มาเป็นLatch ข้อมูลพอร์ต0 และพอร์ต 2 เป็นขาอ้างตำแหน่ง 8 บิตบน (รวมขาอ้างตำแหน่ง 16 เส้น ซึ่งอ้างได้ 64K)

5.8.1 การติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

ในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก MCS-51 จะส่งค่าตำแหน่งของหน่วยความจำออกไปก่อน ซึ่งค่าตำแหน่งจะเก็บอยู่ใน PC โดยส่งออกไปทางพอร์ต 0 และ พอร์ต 2 จากนั้นเวลาต่อมาจะส่งขา ALE ให้เป็นลอจิก "0" เพื่อการอ่านข้อมูลซึ่งจะได้ Opcode เข้าไปทางขา Data Bus คือ พอร์ต 0

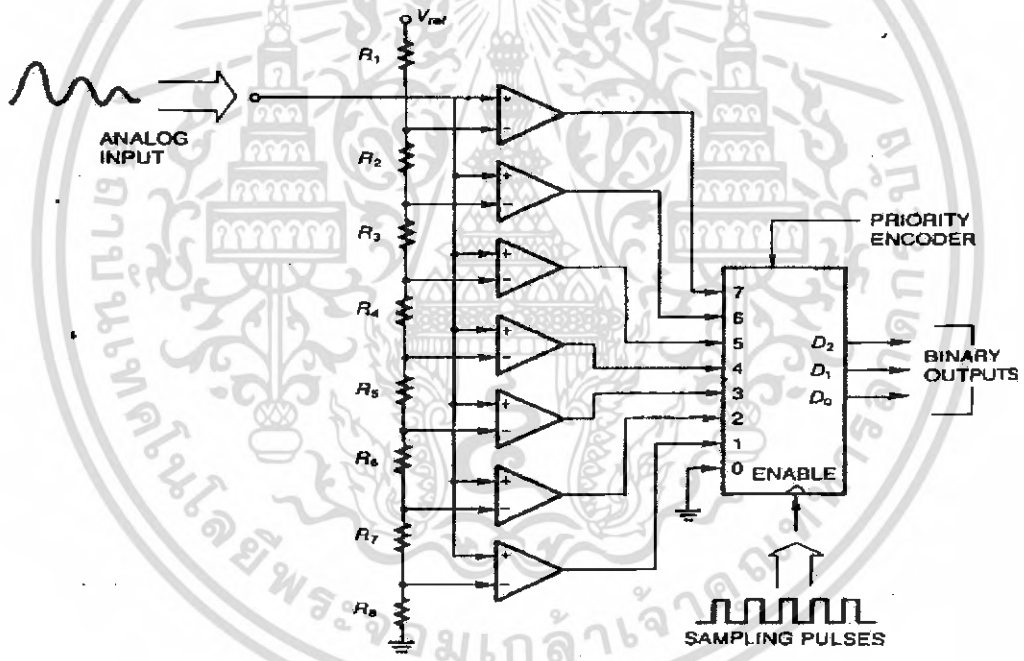
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.9 การแปลงระบบสัญญาณแอนาล็อกไปเป็นระบบสัญญาณดิจิตอล

การแปลงระบบสัญญาณแอนาล็อกไปเป็นระบบสัญญาณดิจิตอล (A/D Conversion) คือ กระบวนการของการแปลงปริมาณแอนาล็อกไปเป็นปริมาณดิจิตอล มันมีความจำเป็น เมื่อข่าวสาร เช่น เสียงหรือวีดีโอ ต้องถูกผ่านกระบวนการในรูปแบบดิจิตอล ตัวแปลง Analog-to-digital ถูกใช้ในการสร้าง การบันทึกเสียงต่าง ๆ แบบดิจิตอล เสียงดนตรีถูกแปลงไปเป็นรูปแบบดิจิตอลต่อมาถูกบันทึกในเลเซอร์ดิสก์เป็นข่าวสารดิจิตอล ในกระบวนการบันทึกเสียงดิจิตอลจะสามารถผ่านกระบวนการในคอมพิวเตอร์ไปแยกเสียง หรือมิฉะนั้นก่อให้เกิดหรือปรับเปลี่ยนเสียงดนตรีดั้งเดิม การบันทึกข่าวสารระบบดิจิตอลจะถูกสร้างขึ้นใหม่อีกครั้งระหว่างการเล่นกลับ (Play Back) โดยตัวแปลงต่าง ๆ แบบ D/A

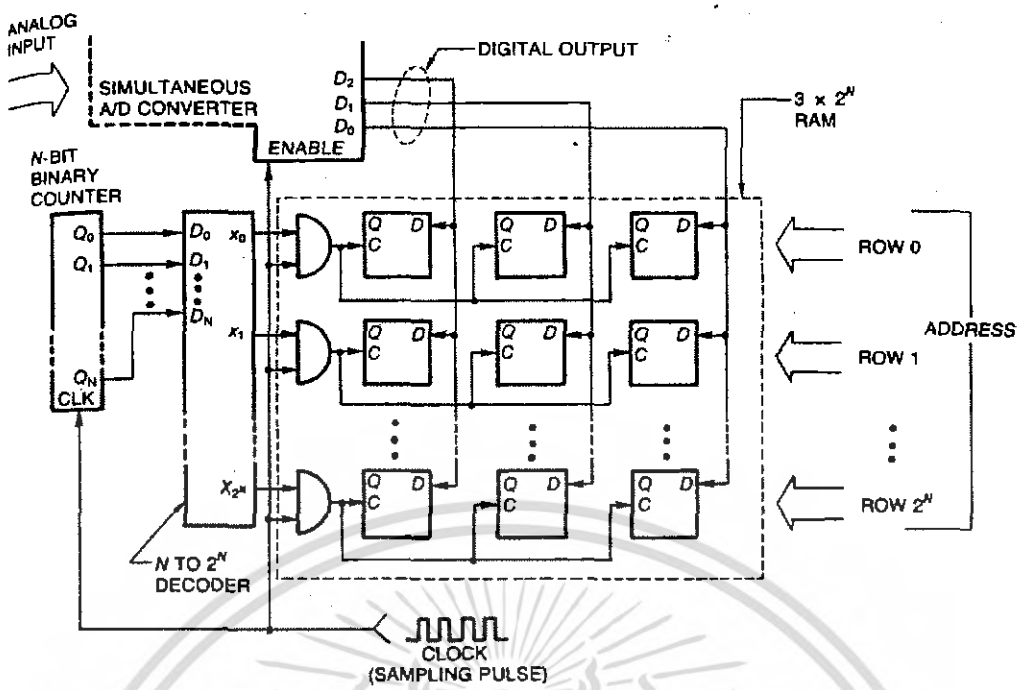
5.9.1 ตัวแปลง A/D ที่พร้อมกันในเวลาเดียวกัน (Simultaneous A/D Converter)

ตัวแปลง A/D ในขณะเดียวกันอย่างละเอียดถูกแสดงในรูปแสดงที่ 5-18 ในระบบนี้ใช้ตัวขยายต่าง ๆ ที่มีความแตกต่างกัน 7 อัน ตัวแบ่งการต้านทานแรงดันไฟฟ้า (Amplifiers) และตัดถอดรหัสลำดับสำคัญ (Priority Encoder)



รูปที่ 5-18 แสดงตัวแปลง A/D ที่พร้อมกันในเวลาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-19 แสดงการเก็บสัญญาณดิจิตอลใน RAM

ตัวถอดรหัสลำดับสำคัญ (Priority Encoder) จะมี Binary Output เท่ากับ ค่าสูงสุดของ Input ซึ่งถูกต้องในช่วงระหว่าง Sampling Pulse ผลลัพธ์ต่าง ๆ ของ 3 ไบนารี่ จะสามารถโอนผ่านไปยังเครื่องมือจัดเก็บ เช่น หน่วยความจำดิจิตอล

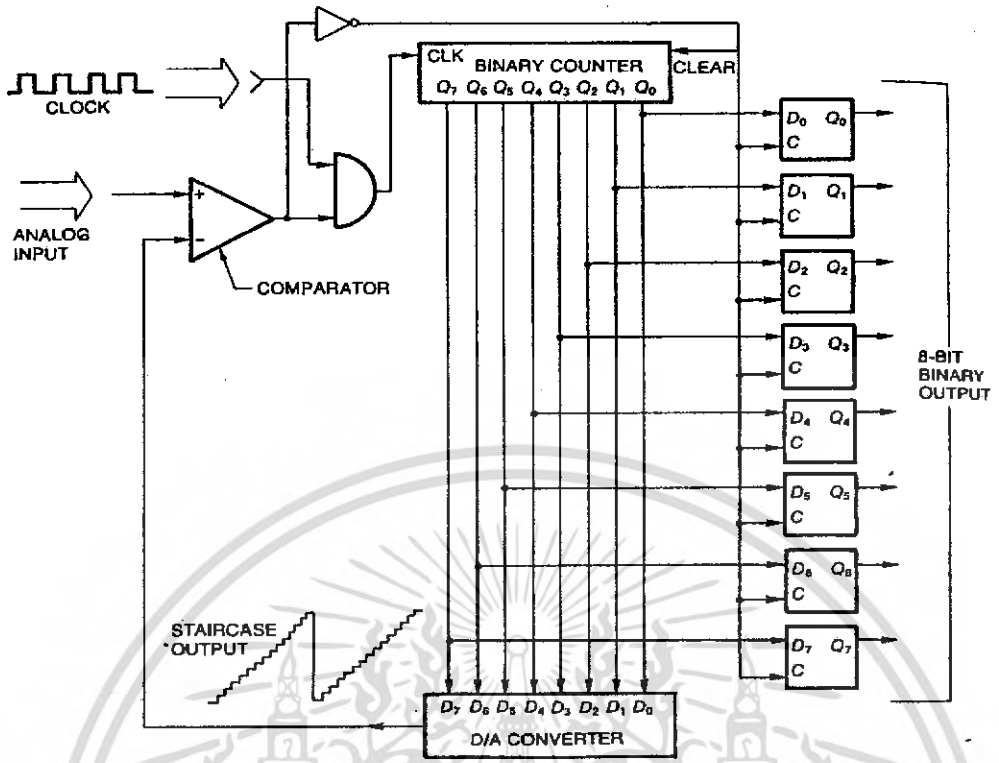
ตัวแปลง A/D กับ RAM

RAM มีความหมายมาจาก หน่วยความจำที่เขียนอย่างเดียว และสามารถเข้าถึงได้โดยอิสระ มันประกอบด้วยกลุ่มของ Flip - Flop ซึ่งสามารถเก็บผลลัพธ์ของกระบวนการดิจิตอลบางอย่างในรูปแสดงที่ 9-11 แสดงตัวแปลง A/D ชนิด 3 – Bit Simultaneous ที่ทำการดิจิตอลสัญญาณแอนนาล็อก และเก็บรักษาผลลัพธ์ใน RAM สำหรับในแต่ละ Sampling Pulse , Binary Counter ถูกทำให้เพิ่ม เป็นเหตุให้แถวใหม่ของ ของ *Flip – Flop* ไปเก็บรักษาผลลัพธ์ *Digital Output* ของ *A/D Converter* แถวต่าง ๆ ของ ของ *Flip – Flop* ถูกเรียกว่าที่อยู่ต่าง ๆ และข่าวสารถูกจัดเก็บในแต่ละแถว (ที่อยู่) ที่เรียกว่าข้อมูลนี้คือหน่วยความจำ และหน่วยความจำที่มากขึ้นสามารถใช้เก็บรักษาผลลัพธ์การประมวลดิจิตอลจากสัญญาณมากขึ้น หลังจากที่ข่าวสารดิจิตอลถูกเก็บรักษาไว้ที่หน่วยความจำ มันจะสามารถถูกโอนไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะถูกผ่านกระบวนการสำหรับจุดประสงค์ต่าง ๆ

5.9.2 ขั้นบันไดของตัวแปลง A/D (Stairstep A/D Converter)

วิธีที่คุ้นเคยอีกทางหนึ่งของการแปลงระบบสัญญาณแอนนาล็อกไปเป็นระบบสัญญาณดิจิตอล คือ Stairstep A/D Converter ดูรูปแสดงที่ 5-20 ระบบนี้บางครั้งอ้างถึงในฐานะตัวแปลง A/D แบบทางขึ้นเครื่องบิน เพราะรูปร่างของบันไดในรูปแบบคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-20 แสดงตัวแปลง A/D แบบขั้นบันได

การดำเนินงานของตัวแปลง A/D แบบขั้นบันได สามารถถูกอธิบายได้ดังนี้

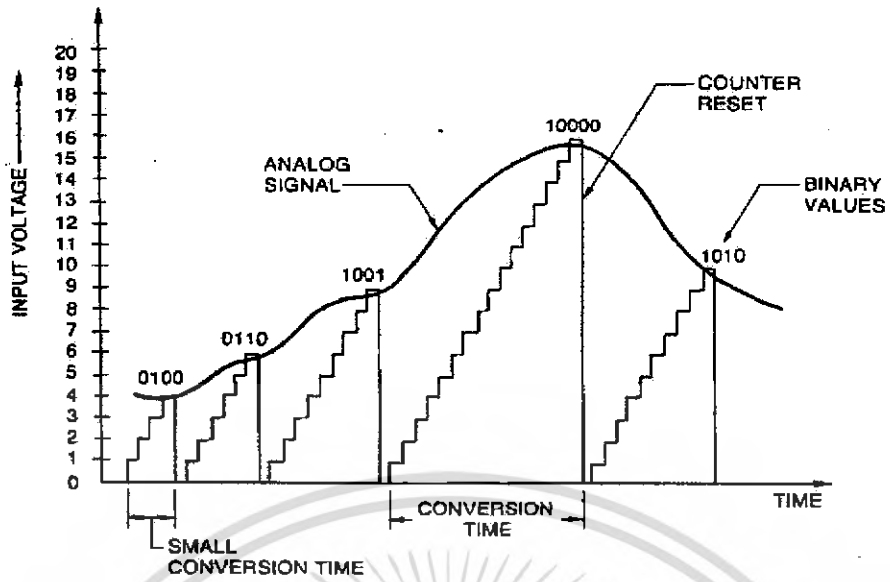
1) สมมุติว่า Binary Counter เริ่มที่ศูนย์ ($0000\ 0000_2$) และผลลัพธ์ของตัวเปรียบเทียบคือศูนย์

2) แรงดันสัญญาณแอนนาล็อกถูกประยุกต์ไปยังการส่งเข้าแอนนาล็อกของตัวเปรียบเทียบ หากแรงดันไฟฟ้าสูงกว่า 0 จะเป็นสาเหตุให้ผลลัพธ์ของตัวเปรียบเทียบเปลี่ยนไปยัง High Output ซึ่งในทางกลับกันก่อให้ประตู AND และให้ Clock Pulse ทำให้ Binary Counter เริ่มทำการนับ

3) การนับของ Binary Counter ก่อให้เกิด Stairstep Output จาก D/A Converter นี้นำไปสู่ (-) Input ของตัวเปรียบเทียบ

4) ตัวนับดำเนินการนับต่อไปจนกระทั่งแรงดันไฟฟ้าขั้นบันได (Stairstep Voltage) สูงกว่าสัญญาณ Input Analog เมื่อใดก็ตามที่สิ่งนี้เกิดขึ้น ผลลัพธ์ของตัวเปรียบเทียบจะไปสู่ ศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-21 แสดงตัวอย่างของการดำเนินงานของตัวแปลง A/D ชนิดขั้นบันได

1) เมื่อผลลัพธ์ของตัวเปรียบเทียบไปสู่ ศูนย์ และประตู AND ยับยั้งจังหวะการเต้นชีพจรนาฬิกา จากการเพิ่มขึ้นของตัวนับไบนารี่ ในเวลาเดียวกันการนับของตัวนับไบนารี่จะถูกเก็บรักษาไว้ในข้อมูล Flip — Flops

2) ค่าที่ถูกเก็บรักษาในข้อมูล Flip — Flops ในขณะนี้แทนค่าไบนารี่ของระบบสัญญาณแอนนาล็อกในเวลาที่สัญญาณถูกทดลองทำ

ในกระบวนการนี้แสดงในรูปแสดงที่ 5-21 ซึ่งแสดงว่าวิธีนี้ช้ากว่า Simultaneous A/D Converter เพราะค่าที่มากกว่าของ Input Voltage ตัวนับ Binary ที่ยาวกว่าสามารถนับในกรณีที่แย่ที่สุด ตัววัดจะผ่านการนับ 256 ครั้ง ในแต่ละการทดลองทำของสัญญาณแอนนาล็อก Input ดังนั้น Conversion Time จะขึ้นอยู่กับค่าของสัญญาณแอนนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
โปรแกรมเดลไฟ

6.1 โปรแกรมเดลไฟ

สำหรับโปรแกรมหรือเครื่องมือที่ช่วยในการพัฒนาแอพลิเคชั่นต่าง ๆ ในท้องตลาดในปัจจุบันจะมีอยู่หลายตัวด้วยกัน เช่น Visual Basic, Visual Fox, Delphi ซึ่งทั้ง 3 ตัวนี้จะใช้ในระดับโปรแกรมเมอร์หรือผู้พัฒนาโปรแกรม มีผู้ที่จะเริ่มมาเรียนเขียนโปรแกรม ต่างสงสัยกันมากว่าโปรแกรมทั้ง 3 ตัวที่กล่าวมาข้างต้นนี้แตกต่างกันอย่างไรซึ่งขอยกตัวอย่างให้ดูดังนี้

Visual Fox เป็นโปรแกรมสำหรับผู้ที่เคยพัฒนาการเขียนพวกแอพลิเคชั่น โดยใช้โปรแกรม dBase หรือ Fox มาก่อน

Visual Basic จะเป็นการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิก

Delphi เป็นโปรแกรมสำหรับผู้ที่เคยพัฒนาการเขียนแอพลิเคชั่นด้วย โปรแกรม Pascal มาก่อน สำหรับรายละเอียดต่าง มีดังนี้

1) Quick editing, Testing and debugging

การนำเอาโปรแกรม Delphi มาใช้ในการพัฒนานั้นค่อนข้างจะง่ายและรวดเร็ว ทั้งในด้านการแก้ไข การตรวจสอบ การดีบักพวกโปรแกรมต่าง ๆ

2) Based on Pascal (Object Pascal)

ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมของ Delphi จะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับภาษาปาสคาล เพราะว่าเดิมทีเดียวภาษาปาสคาลจะเป็นภาษาทางด้านคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมที่เป็นลักษณะ Structure Programming ต่อมาทางบริษัท Borland ได้พัฒนาโปรแกรม Turbo Pascal และต่อมา Turbo Pascal ก็ได้เพิ่มวิธีการเขียนโปรแกรมในลักษณะที่เป็น Object ที่เรียกว่าเป็น OOP (Object Oriented Programming) ใช้ Object ที่ใช้ในตอนนี้ก็คือ Object Pascal นั้นเอง ส่วน Delphi ก็จะมีลักษณะคล้ายกบ Object Pascal เป็นอย่างมากเพราะฉะนั้นคนที่พัฒนาโปรแกรม โดยใช้ Pascal มาแล้วเมื่อมาใช้ Delphi ก็จะง่ายขึ้น

3) A high-Productivity development tool

ในส่วนของ Delphi ได้มีการพัฒนาเป็น Visual นั้นก็คือมีเครื่องมือที่เข้ามาช่วยในการสร้างฟอร์ม ซึ่งทำให้การทำงานง่ายและสะดวกมากยิ่งขึ้น

4) Rapid Application Development (RAD)

ในการทำงานจะมีลักษณะ Object ต่าง ๆ หรือที่เรียกว่าเป็น Component ต่าง ๆ เพราะฉะนั้นการใช้ Delphi จะทำให้การพัฒนาโปรแกรมค่อนข้างจะรวดเร็วซึ่งเราเรียกในการพัฒนาลักษณะอย่างนี้ว่า Rapid Application Development (RAD)

5) Delphi Version ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Delphi ที่ได้มีการพัฒนาออกมาจำหน่ายในปัจจุบันจะเป็นเวอร์ชั่น 4 ซึ่งจะมีเวอร์ชั่นต่าง ๆ อยู่ 4 เวอร์ชั่นต่างกัน ก็คือ

1) Delphi Standard เป็นลักษณะของ Application ขั้นพื้นฐาน

2) Delphi Professional จะเหมาะสำหรับนักพัฒนาโปรแกรม มืออาชีพ

3) Delphi Client / Server เหมาะสำหรับเครือข่ายที่ต้องการตั้งหรือกำหนด เป็น Client / Server ขึ้นมา

4) Delphi Enterprise จะเหมาะกับองค์กรหรือหน่วยงานระดับใหญ่

ประเภทของไฟล์

ในกรณีที่มีการสร้าง Application โดยใช้ Delphi จะมีไฟล์ต่าง ๆ ปรากฏขึ้นมาซึ่งจะมีรายละเอียดให้ดูดังนี้

1) Project File (.DPR) จะเก็บข้อมูลรายละเอียดกับ Form, Unit, Method ที่ใช้ในการรันแอพลิเคชั่นต่าง ๆ

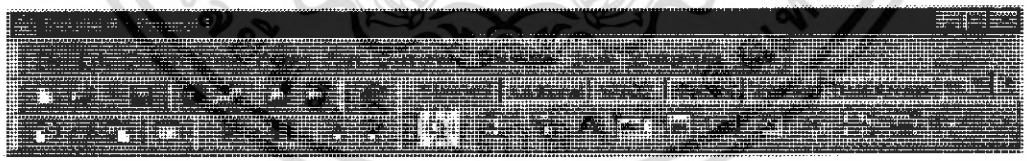
2) Unit File (.PAS, .DCU) Pas ย่อมาจาก Pascal จะเป็น Source Code ของภาษา Object Pascal ซึ่งจะมีข้อมูลต่าง ๆ และ Method ต่าง ๆ ที่ต้องใส่ในแอพลิเคชั่น ส่วน DCU จะเป็นนามสกุลของไฟล์ที่ Compiler สร้างขึ้นมาจากการ Compile Unit File

3) Form File (.DFM) DFM ย่อมากจาก Delphi Form จะเป็นการเก็บข้อมูลในฟอร์ม เช่น Component

4) Resource File (.RES) จะเก็บ Resource ของ แอพลิเคชั่นต่าง ๆ

5) Project Option File (.DDR) จะเก็บรายละเอียดต่าง ๆ ของค่าที่เราใช้ในการ Compile Project

6) Executable File (.EXE) เป็นไฟล์ที่เกิดจากการ Compile Project ต่าง ๆ ที่ได้สร้างขึ้นมา ซึ่งสามารถนำไฟล์ที่เป็น EXE นี้ไป RUN ในเครื่องอื่น ๆ ได้ ส่วนประกอบของ Delphi4



รูปที่ 6-1 แสดงโปรแกรม Delphi

6.2 การใช้งานเบื้องต้น

หลังจากเปิดโปรแกรมของ Delphi 4 ขึ้นมาแล้วในบทนี้จะกล่าวถึงส่วนประกอบที่เรียกใช้เป็นมาตรฐานดังนี้

1) Title Bar สำหรับบอกชื่อโปรแกรมที่เปิดใช้อยู่ในขณะนั้น

2) Minimize Button ใช้สำหรับเก็บพับโปรแกรม ให้เห็นไอคอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

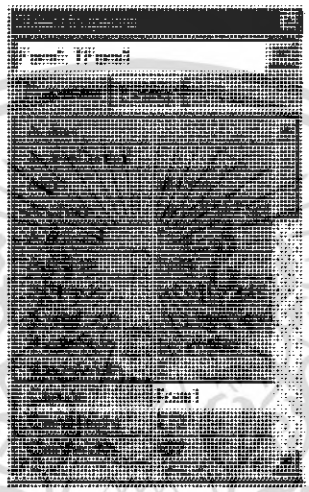
3) Maximize / Restore Button สำหรับเปิดหน้าต่างให้เต็มจอหรือกลับมาเป็นหน้าต่างเหมือนเดิม

4) Close ใช้ปิดโปรแกรม

5) Menu Bar เมนูสำหรับใช้งานในโปรแกรมหากคลิกที่เมนู จะปรากฏ Pull Down Menu และจะมีคำสั่งโชว์ขึ้นมา

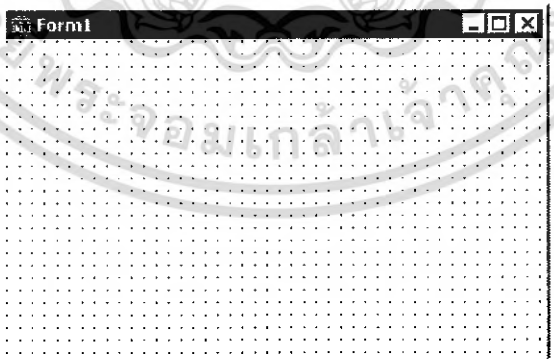
6) Speed Bar เป็นแถมเครื่องมือในการใช้งาน

7) Component Palette เป็นแท็ปเครื่องมือในการใช้งาน



รูปที่ 6-2 แสดงแท็ปเครื่องมือการใช้งาน

8. Object Inspector เป็น Properties สำหรับใช้งานของ Component ของตัวที่เลือกขึ้นมาใช้งาน

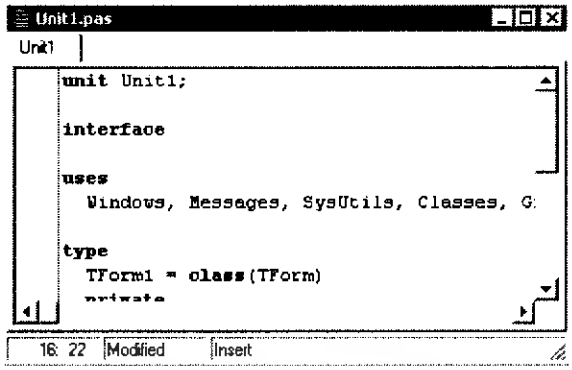


รูปที่ 6-3 แสดงส่วน Form ของ Object Inspector

9. Form Designer ใช้สำหรับสร้างฟอร์มขึ้นมาใช้งาน และสามารถนำ Component ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาวางไว้ได้



รูปที่ 6-4 แสดงส่วนที่ใช้สำหรับการสร้างฟอร์มเพื่อนำมาใช้งาน

10. Code Editor ใช้สำหรับเขียนชุดคำสั่ง

การจัดการโปรเจค

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการจัดการ Environment ของโปรเจคซึ่งจะมีการจัดการในเรื่องของการ Save สำหรับการ Save จะมีหลายวิธีการ คือ

วิธีที่ 1

1) คลิกที่ปุ่ม Save

วิธีที่ 2

1) คลิกที่ปุ่ม Save All

วิธีที่ 3

1) คลิกเมนู File

2) เลือกคำสั่ง Save / Save as... / Save Project as... หรือ Save All

สำหรับในการ New Forms ขึ้นมาใช้งาน ก็สามารถใช้ได้หลายวิธีการคือ

วิธีที่ 1

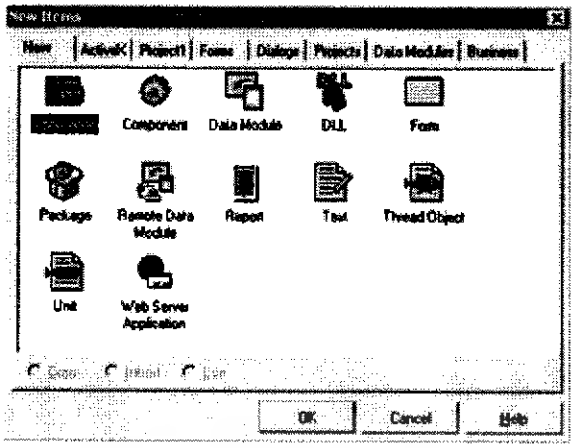
1) คลิกที่เมนู File

2) เลือกคำสั่ง New / New Application / New Form

วิธีที่ 2

1) คลิกที่ปุ่ม New

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-5 แสดงการสร้าง New Forms

สำหรับการปิดโปรแกรม Delphi สามารถใช้ได้หลายวิธีการด้วยกันคือ

วิธีที่ 1

1) คลิกเมนู File

2) เลือกคำสั่ง Exit

วิธีที่ 2

1) คลิกปุ่ม Exit

การใช้ Label

ในบทที่จะกล่าวถึง Component ที่เป็น Standard เกี่ยวกับการใช้ Label ซึ่งเป็นปุ่มเครื่องมือในแท็ป Standard ในการสร้าง Application ที่อยู่บน Delphi จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ขั้นตอน คือ

รูปที่ 6-6 แสดงปุ่มเครื่องมือบนแท็ป Standard

1) การนำเครื่องมือวางไว้บทฟอร์ม

2) สร้างความสัมพันธ์ (Relationship) ระหว่าง Component ที่อยู่บท Form ก็คือการเขียนโปรแกรมเข้าไป

สำหรับวิธีการใช้เครื่องมือ Label ให้ทำดังนี้

1) เปิดโปรแกรม Delphi ขึ้นมา

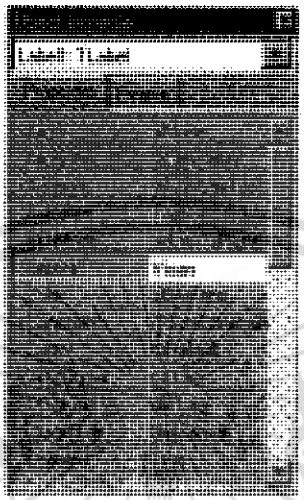
2) คลิกที่แท็ป Standard ของ Component

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) คลิกที่ปุ่มเครื่องมือ Label แล้วนำมาวาดบนฟอร์ม ซึ่งเราเรียกว่า Component

4) หากต้องการทราบว่าในขณะนั้นอะไรที่ Active อยู่ให้ดูที่ Object Inspector

5) ใน Object Inspector จะมีแท็ป Properties ซึ่งใช้กำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ใช้กำหนดให้กับComponent ตัวที่เลือกในขณะนั้นส่วน Event นั้นเมื่อมีการเข้าไปคลิกหรือดับเบิลคลิก Component ที่เลือกเพื่อกำหนดจะให้ทำอะไร



รูปที่ 6-7 แสดงส่วน Properties ใน Object Inspector

6) ให้คลิกที่ Component ที่เกิดจากการใช้ Label มาวาดบนฟอร์ม

7) คลิกที่แท็ป Properties ที่ Object Inspector

8) คลิกที่ Caption แล้วพิมพ์รายการที่เข้าไปในที่นี้ให้พิมพ์ Jatupon

9) ดับเบิลคลิกที่ Font แล้วคลิกปุ่ม ... จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ Font โชว์ขึ้นมา ให้เลือกรูปแบบ, ขนาด, สีตามความต้องการ แล้วคลิก ปุ่ม OK

10) คลิกที่ Hint แล้วพิมพ์ WOP

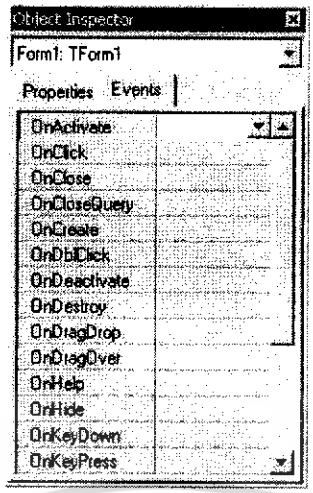
11) คลิกที่ ShowHint แล้วกำหนดเป็น True

12) คลิกปุ่ม Run หรือจะกดปุ่ม F9 ก็ได้ หากต้องการกลับมายังจอปกติ ให้คลิกปุ่ม Close ของ Form ที่สั่ง Run เมื่อก่อนหน้านี้

13) หากต้องการกำหนดให้โชว์ข้อความ เมื่อคลิกที่ Label มาวาดบนฟอร์มให้ Active

14) คลิกแท็ป Events

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-8 แสดงส่วน Events ใน Object Inspector

15) ที่ onclick ให้ดับเบิลคลิกจะปรากฏหน้าต่าง Unit.pas โชว์ขึ้นมา

16) ให้พิมพ์ใต้ Begin ดังนี้ Showmessage ('web of programming');

17) คลิกที่ปุ่ม เพื่อสวิทซ์ไปยังฟอร์ม

18) คลิกที่ปุ่ม Run หรือกดปุ่ม F9

19) เมื่อเลื่อนเมาส์ไปยังชื่อ Jatupon จะโชว์ Hint ซึ่งมีข้อความ WOP

20) หากคลิกที่ชื่อ Jatupon จะโชว์ Message ขึ้นมา

21) เมื่อดูเสร็จให้คลิกปุ่ม OK และคลิกปุ่ม Close แบบฟอร์มออกไป

22) หากต้องการเก็บข้อมูลนี้เอาไว้ให้คลิกปุ่ม Save ซึ่งการ Save จะเป็นการ Save Unit และ Save Project สำหรับชื่อที่บันทึกนั้น ไม่ควรจะใช้ชื่อเดียวกัน

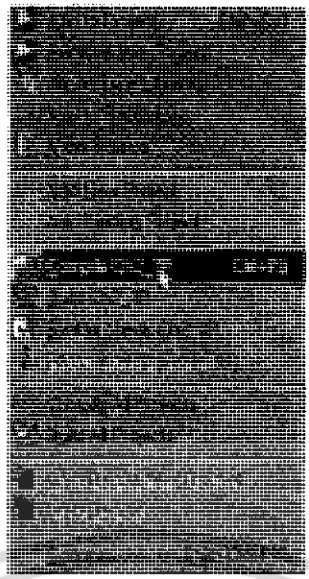
การ Compile มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) คลิกเมนู Project

2) คลิกเลือกคำสั่ง Compile xxxx (xxxx หมายถึงชื่อไฟล์ที่ใช้อยู่ในขณะนั้น)

3) ปิดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-9 แสดงการ Compile

4) เปิดโปรแกรม Windows Explorer

5) เข้าไปในโฟลเดอร์ที่ได้บันทึกไฟล์นั้นไว้

6) ดับเบิลคลิกไฟล์นั้น ซึ่งนามสกุลจะเป็น EXE

7) หากต้องการเปลี่ยนรูปไอคอนของ Control Menu Box และชื่อของ Form ให้เข้าไปกำหนดดังนี้

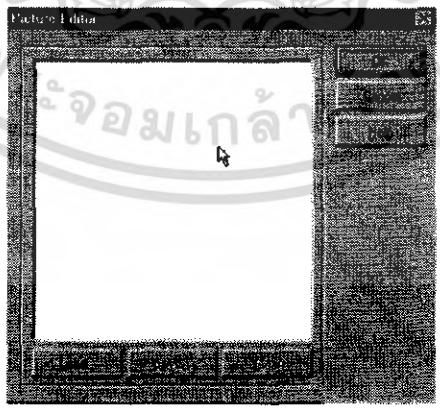
7.1) ดับเบิลคลิกไฟล์ที่มีนามสกุล DPR

7.2) คลิกที่ฟอร์ม

7.3) ที่ Object Inspector ให้คลิกแท็ป Properties

7.4) ที่ caption ให้พิมพ์ Web of Programming

7.5) ที่ Icon ให้คลิกปุ่ม ... จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ Picture Edition โชว์ขึ้นมา



รูปที่ 6-10 แสดงไดอะล็อกบ็อกซ์ของ Picture Edition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.6) คลิกปุ่ม Load แล้วเข้าไปในโฟลเดอร์ C:\program file\common file\Borland Shared\Images\icons

7.7) คลิกเลือกไฟล์ไอคอน ตามที่ต้องการ

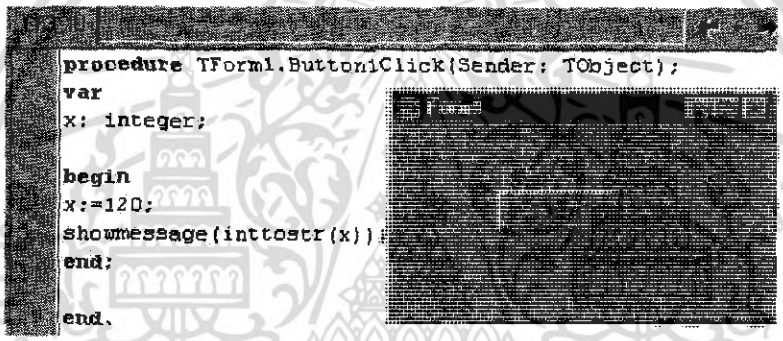
7.8) คลิกปุ่ม OK จะเห็นว่า ไอคอนจะไปโชว์ที่ Control menu Box ของฟอร์มที่จะเปิดใช้งานอยู่ในขณะนั้น

การกำหนดตัวแปร

ในบทนี้จะกล่าวถึงการ Declare ตัวแปร เวลาที่จะใช้ตัวแปรที่จะเข้าไปใช้งาน เช่นมีการกำหนดค่าเข้าไปใช้สำหรับ ตัวแปรนั้น ๆถึงเป็นจะต้องเข้าไป Declare ตัวแปรเสียก่อน สำหรับวิธีการ ให้ทำดังนี้

1) ดับเบิลคลิกที่ปุ่ม Button จะปรากฏปุ่ม Button1 วางอยู่บนฟอร์ม

2) ดับเบิลคลิกปุ่ม Button1 ที่อยู่บนฟอร์ม จะปรากฏหน้าต่างสำหรับเก็บคำสั่งโชว์ขึ้นมา



รูปที่ 6-11 แสดงหน้าต่างเก็บคำสั่ง

3) ที่ใต้ Procedure ให้พิมพ์ดังนี้

```
Var
x: Integer;
```

4) หากต้องการทราบว่า Integer คืออะไรให้ระบายแล้วกดปุ่ม F1 จะปรากฏหน้าต่างของ Delphi Help โชว์ขึ้นมา

5) ที่ใต้ begin ให้พิมพ์ดังนี้

```
x:=120;
showmessage(inttostr(x));
```

6) คลิกปุ่ม Run

7) คลิกปุ่ม Button1 จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์และตัวเลขโชว์ขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 การกำหนด Operator

การกำหนด Operator (ตัวดำเนินการ) ซึ่งจะแบ่งออกเป็นหลายประเภทด้วยกันคือ

1) Assignment Operators

1.1 Assignment ยกตัวอย่างเช่น a:=100; หมายถึง ให้นำค่า 100 ไปเก็บไว้ในตวแปร a

2) Mathematical Operators

2.1 Addition (+) ยกตัวอย่างเช่น a:=b+c; หมายถึง การนำค่าในตัวแปร b บวดกับค่าในตัวแปร c แล้วเก็บไว้ที่ตัวแปร a

2.2 Subtraction (-) ยกตัวอย่างเช่น a:=b-c; หมายถึง การนำค่าในตัวแปร b ลบกับค่าในตัวแปร c แล้วไปเก็บไว้ที่ตัวแปร a

2.3 Multiplication (*) ยกตัวอย่างเช่น a:=b*c; หมายถึง การนำค่าในตัวแปร b คูณกับค่าในตัวแปร c แล้วไปเก็บไว้ที่ตัวแปร a

2.4 Real number division (/) ยกตัวอย่างเช่น a:=b/c; หมายถึง การนำค่าในตัวแปร b หารกับค่าในตัวแปร c แล้วไปเก็บไว้ที่ตัวแปร a โดยกำหนดค่าเป็นทศนิยมได้

2.5 Integer division (div) ยกตัวอย่างเช่น a:=b div c; หมายถึงการนำค่าในตัวแปร b หารกับค่าในตัวแปร c แล้วไปเก็บไว้ที่ตัวแปร a โดยได้เฉพาะผลลัพธ์

3) Logical Operators

3.1 logical and ยกตัวอย่างเช่น if(a:=100 and (b=20) then... หมายถึงค่าทั้ง 2 เป็นจริง

3.2 logical or ยกตัวอย่างเช่น if(a=100 or (b=20) then... หมายถึงค่าตัวใดตัวหนึ่งเป็นจริงหรือค่าทั้งสอง เป็นจริง

4) Equality Operators

4.1 equal to ยกตัวอย่างเช่น if(a=100) then... หมายถึงมีค่าเท่ากับที่กำหนดหรือไม่ ถ้าเท่ากันให้ไปทำเงื่อนไขต่อไป

4.2 not equal to ยกตัวอย่างเช่น if(a<>10) then... หมายถึงมีค่าไม่เท่ากับที่กำหนดหรือไม่ ถ้าไม่เท่ากันให้ไปทำเงื่อนไขต่อไป

4.3 less than ยกตัวอย่างเช่น if(a<10) then... หมายถึงมีค่าน้อยกว่าที่กำหนดหรือไม่ ถ้าน้อยกว่าจริงให้ไปทำเงื่อนไขต่อไป

4.4 Greater than ยกตัวอย่างเช่น if(a>10) then... หมายถึงมีค่ามากกว่าที่กำหนดหรือไม่ ถ้ามากกว่าจริง ให้ไปทำเงื่อนไขต่อไป

4.5 less than or equal to ยกตัวอย่างเช่น if(a<=10) than... หมายถึงมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ ที่กำหนดหรือไม่ ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับจริงให้ไปทำเงื่อนไขต่อไป

4.6 Greater than or equal to ยกตัวอย่าง เช่น if(a>=10) than... หมายถึงมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับที่กำหนดหรือไม่ถ้ามากกว่าหรือ เท่ากับจริง ให้ไปทำเงื่อนไขต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

6.4.1 การใช้คำสั่ง If... then... else

สำหรับบทนี้จะกล่าวถึงการใช้คำสั่ง If... then ... else โดยกำหนดคำสั่งเข้าไปไว้ในปุ่ม Button ให้โชว์ไดอะล็อกบ็อกซ์ Input box ขึ้นมาให้ได้ค่าตัวเลข หากพิมพ์ตัวเลขน้อยกว่า 50 ก็ให้โชว์ไดอะล็อกบ็อกซ์แจ้งว่า ตัวเลขมากกกว่า 50 สำหรับวิธีการกำหนดให้ทำดังนี้

1) ดับเบิลคลิกที่ปุ่ม Button จะปรากฏปุ่ม Button1 คงอยู่บนฟอร์ม

2) ดับเบิลคลิกปุ่ม Button1 ที่อยู่บนฟอร์ม จะปรากฏหน้าต่าง สำหรับเขียนคำสั่งโชว์ขึ้นมา

3) ที่ใต้ Var ให้พิมพ์ต่อจาก Form:tform1; ดังนี้

```
x: double;
```

4) ที่ใต้ begin ให้พิมพ์ดังนี้

```
x:= strtofloat(inputbox('wop','web of programming','20'));
if x<50 then
showmessage('less than 50')
else
showmessage('gt or eq 50')
```

5) คลิกปุ่ม Run

6) คลิกปุ่ม Button1 จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์เพื่อให้ป้อนตัวเลข

7) พิมพ์ 30 แล้วคลิกปุ่ม OK จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์โชว์ข้อความแจ้งว่า less then 50

8) คลิกปุ่ม OK

9) ให้พิมพ์ 60 แล้วคลิกปุ่ม OK จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์โชว์ข้อความ แจ้งว่า gt or eq 50

10) คลิกปุ่ม OK แล้วคลิกปุ่ม close เพื่อปิดฟอร์ม

6.4.2 การใช้คำสั่ง Case

สำหรับคำสั่ง Case จะมีลักษณะคล้าย ๆ กับการใช้คำสั่ง If แต่ถ้าเป็น คำสั่ง If บางครั้งอาจจะต้องใช้ If ซ้อนIf ซึ่งทำให้ลำบากในการใช้งานเพราะฉะนั้นคำสั่งCaseเลยเข้ามามีบทบาทในส่วนของการเขียนโปรแกรมมากขึ้น แต่ถ้าขึ้นกับบางกรณี เหมือนกันสำหรับวิธีการกำหนดให้ทำดังนี้

1) ดับเบิลคลิกที่ปุ่ม Button จะปรากฏปุ่ม Button1 วางอยู่บนฟอร์ม

2) ดับเบิลคลิกปุ่ม Button ที่อยู่บนฟอร์ม จะปรากฏหน้าต่างสำหรับเขียนคำสั่งโชว์ขึ้นมา

3) ที่ใต้ Procedure ให้พิมพ์ดังนี้

```
var
x : Integer;
```

4) ที่ใต้ begin ให้พิมพ์ดังนี้

```
x:=strtoint(inputbox('wop',Enter number 1-5','1'));
1: showmessage ('You typed 1');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2: showmessage ('You typed 2');
3: showmessage ('You typed 3');
4: showmessage ('You typed 4');
5: showmessage ('You typed 5');
else
showmessage('out of range');
end;
```

5) คลิกปุ่ม Run

6) คลิกปุ่ม Button1 จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ เพื่อให้ป้อนตัวเลข

7) พิมพ์ 4 แล้วคลิกปุ่ม OK จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกโชว์ข้อความ แจ้งว่า You typed 4

8) คลิกปุ่ม OK

9) ให้พิมพ์ 6 แล้วคลิกปุ่ม OK จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์โชว์ข้อความ แจ้งว่า Out of range

10) คลิกปุ่ม OK แล้วคลิกปุ่ม Close เพื่อปิดฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
วิธีการทดลองและผลการทดลอง

7.1 การทดลองการตอบสนองของเซนเซอร์ต่าง ๆ และหัวฉีด

7.1.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. การทดลองหาค่าแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์ลิ้นเร่ง กระทำโดยหมุนลิ้นเร่งแล้ววัดหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว TLD, PSW, TL

2. การทดลองหาค่าแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์อากาศและเซนเซอร์น้ำ กระทำโดยการเพิ่มอุณหภูมิวัดค่าอุณหภูมิและวัดค่าความต้านทาน

3. สร้างตัวควบคุมหัวฉีด ที่รับสัญญาณจากสมองกลและหาแรงดันตกคร่อมที่ขั้วของหัวฉีด (ขั้ว No.10, No.20)

4. ทำการวัดโดยใช้มัลติมิเตอร์ และเก็บผลการทดลอง

7.1.2 ผลการทดลองการตอบสนองการควบคุมหัวฉีด

สถานะหัวฉีด	หัวฉีดเปิด	หัวฉีดปิด
ค่าสัญญาณที่มาจากสมองกล (สัญญาณB)	5 V.	0 V.
แรงดันตกคร่อมขั้ว No.10, No.20	9-14 V.	0 V.

ตารางที่ 7-1 แสดงผลการทดลองการตอบสนองของหัวฉีด

7.1.3 ผลการทดลองการหาค่าความต้านทานของลิ้นเร่ง

สถานะ	สายสีน้ำเงิน และสายสีเขียว	สายสีน้ำเงิน และสายน้ำตาล
ลิ้นเร่งปิดสนิท	3.6 kΩ	0.4 kΩ
ลิ้นเร่งเปิดครึ่งหนึ่ง	2.5 kΩ	1.5 kΩ
ลิ้นเร่งเปิดเต็มที่	0.9 kΩ	3.1 kΩ

ตารางที่ 7-2 แสดงผลการทดลองการตอบสนองของลิ้นเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.1.4 ผลการทดลองการหาค่าความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ

ค่าความต้านทาน (kΩ)	อุณหภูมิ (˚C)
3.20	25
2.30	30
1.40	40
0.87	50
0.60	60
0.46	70
0.35	80

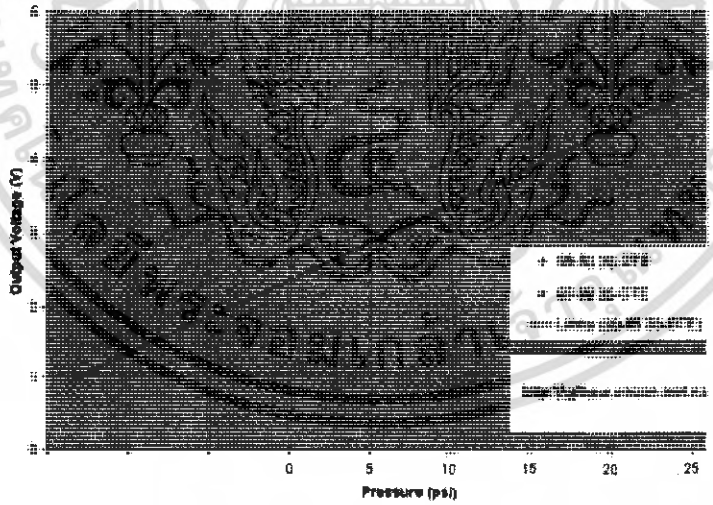
ตารางที่ 7-3 แสดงผลการทดลองการตอบสนองของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ

7.1.5 ผลการทดลองการหาค่าความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ

ผลการทดลองมีค่าเช่นเดียวกับตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ

7.1.6 ผลการทดลองเซนเซอร์ตัวตรวจจับสูญญากาศ

ที่ความดันบรรยากาศ 14.7 Psi จะให้ ค่าเท่ากับ 3.6 V และเมื่อความดันมากขึ้น จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้ามากขึ้นตามรูปที่ 7-1



รูปที่ 7-1 แสดงผลการตอบสนองของตัวตรวจจับสูญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 การทดลองการใช้งานชุดสาธิต

7.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. นำชุดวงจรทั้งหมดเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ และ ชุดทดลอง และดูสถานะผ่านทางคอมพิวเตอร์

2. ทำการสั่งฉีดโดยใช้ค่าจากECUและทดลองเปลี่ยนค่าตารางการฉีดน้ำมัน

3. ทำการสั่งจุดระเบิดโดยใช้ค่าจากECUและทดลองเปลี่ยนค่าตารางองศาการจุดระเบิด

4. นำออสซิโลสโคปมาวัดค่าที่ขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้สั่งจุดจะเบิดและฉีดน้ำมัน

5. ทำการบันทึกผลการทดลอง

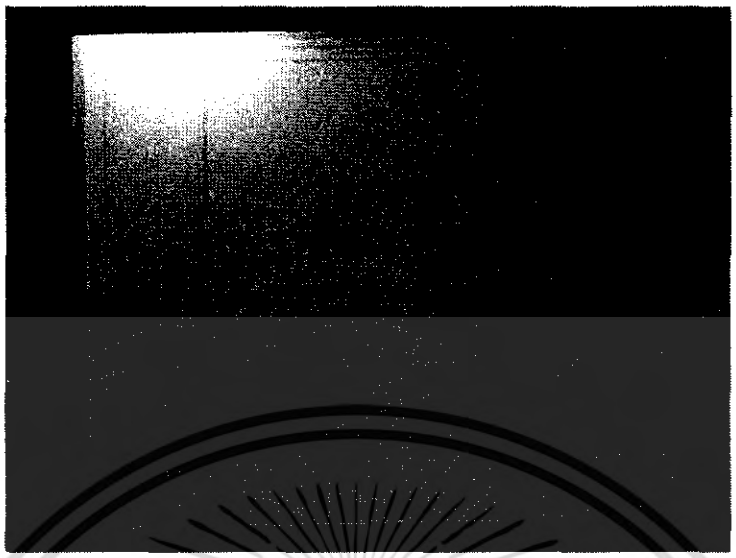
รูปที่ 7-2 แสดงการทดลองชุดสาธิต

7.2.2 ผลการทดลองเมื่อวัดค่าขณะปรับแต่งเครื่องยนต์

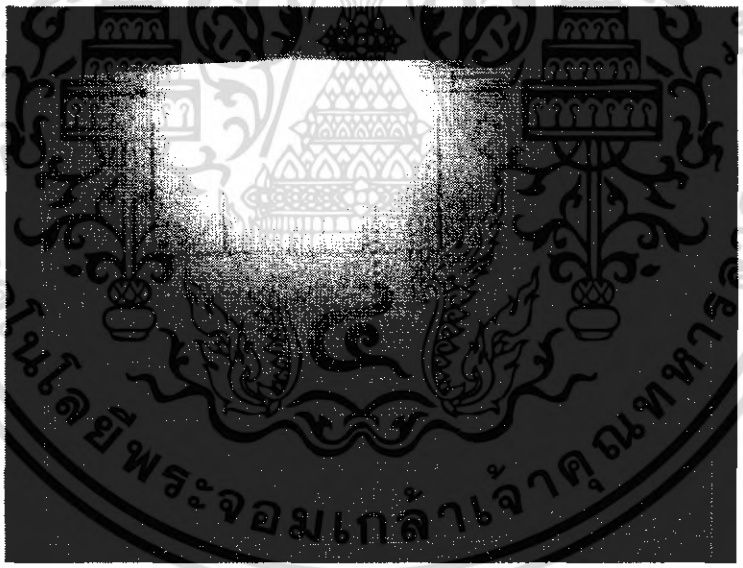
เมื่อทำการปรับแต่งค่าด้วยความเร็วรอบที่ต่างกัน แล้ววัดสัญญาณด้วยออสซิโลสโคป จะได้ผลออกมาดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญญาณการจุดระเบิด



รูปที่ 7-3 แสดงสัญญาณการจุดระเบิดที่ความเร็ว 500 RPM

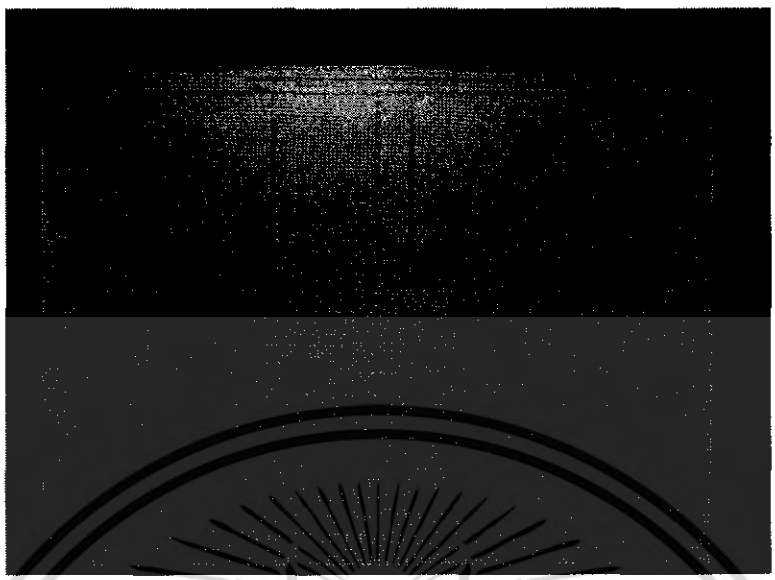


รูปที่ 7-4 แสดงสัญญาณการจุดระเบิดที่ความเร็ว 2000 RPM

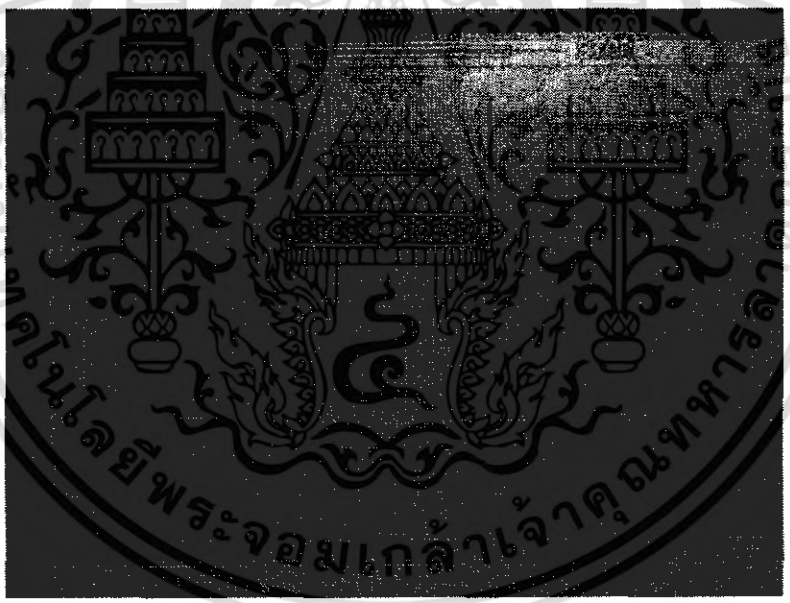
หมายเหตุ: กราฟเส้นบนแสดงจังหวะการจุดระเบิดของชุดทดลอง
กราฟเส้นล่างแสดงจังหวะการฉีดน้ำมันของชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญญาณการฉีดน้ำมัน



รูปที่ 7-5 แสดงสัญญาณการฉีดน้ำมันที่ 500 RPM

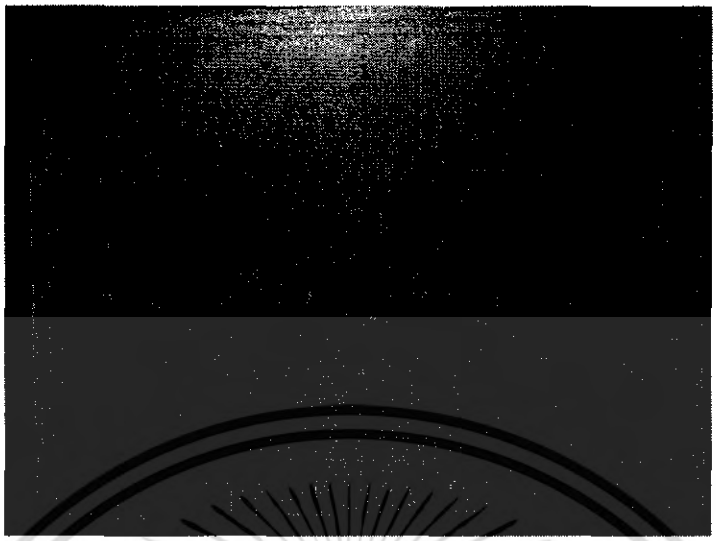


รูปที่ 7-6 แสดงสัญญาณการฉีดน้ำมันที่ 2000 RPM

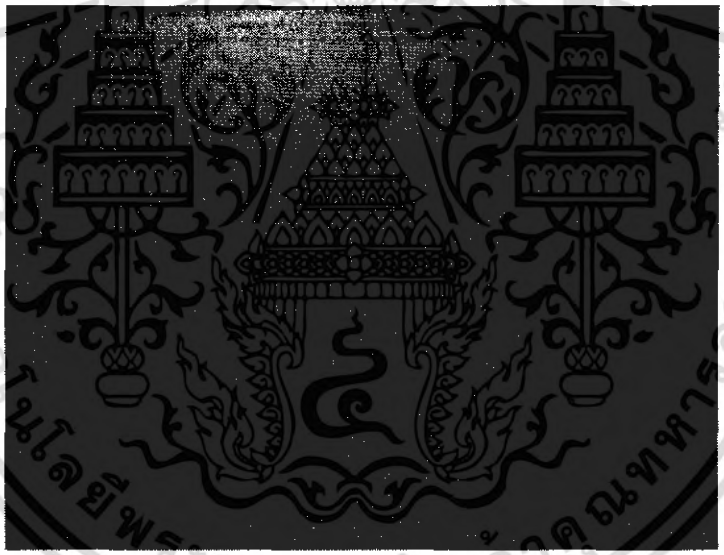
หมายเหตุ: กราฟเส้นบนแสดงจังหวะการจุดระเบิดของชุดทดลอง
กราฟเส้นล่างแสดงจังหวะการฉีดน้ำมันของชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญญาณ pulse ของความเร็วรอบ



รูปที่ 7-7 แสดงสัญญาณ pulse ของความเร็วรอบ



รูปที่ 7-8 แสดงสัญญาณ pulse ของความเร็วรอบที่เปลี่ยนแปลงแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลอง เมื่อนำออสซิโลสโคปไปวัดที่ขั้วของเซนเซอร์ จะได้ค่าความถี่ออกมา ณ ความเร็วรอบหนึ่ง ๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ดังนี้ คือเมื่อเครื่องยนต์หมุน 2 รอบ ที่ลูกสูบที่หนึ่งจะมีการจุดระเบิด 1 ครั้ง กำเนิดสัญญาณ 1 ลูกคลื่น ดังนั้นในเครื่องยนต์สี่สูบจะมีการจุดระเบิด 4 ครั้ง จะกำเนิดสัญญาณ 4 ลูกคลื่น หรือเมื่อเครื่องยนต์หมุน 1 รอบจะกำเนิดสัญญาณการจุดระเบิด 2 ลูกคลื่น จึงสามารถเทียบหาความเร็วรอบได้จาก

ถ้ากำเนิดสัญญาณ	2	ลูก	แสดงว่าเครื่องยนต์หมุนไป	1	รอบ
แปลงเป็นความถี่จะได้	2/60	Hz	เครื่องยนต์หมุนไป	1/60	รอบ
ความถี่	1/30	Hz	เครื่องยนต์หมุนไป	1	rpm

จากการเทียบค่า เมื่อเราวัดได้ค่าความถี่ออกมาก็จะสามารถเทียบหาความเร็วรอบของเครื่องยนต์ได้และจะสังเกตเห็นว่าเมื่อเราเพิ่มความเร็วรอบ ความถี่ก็จะสูงขึ้น แสดงให้รู้ว่ามีการจุดระเบิดและฉีดน้ำมันบ่อยขึ้นนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8
วิจารณ์และสรุปผล

8.1 บทสรุป

จากผลการทดลองข้างต้น เมื่อทำการเปลี่ยนค่าเวลาการจุดระเบิดและการฉีดน้ำมัน ชุดสาธิตเครื่องยนต์และเซนเซอร์สามารถเปลี่ยนระยะเวลาการจุดระเบิดและการฉีดน้ำมันแบบ real-time ได้จริง โดยวัดจากกราฟ pulse ระหว่างความเร็วรอบและการฉีดน้ำมัน ซึ่งจากกราฟที่วัดได้ พบว่าเราสามารถเปลี่ยนแปลงค่าการฉีดน้ำมัน และสั่งงานให้ ECU เปลี่ยนค่าการฉีดน้ำมันตามที่เราเปลี่ยนได้จริงทันที และเมื่อเพิ่มความเร็วรอบ ECU ก็จะทำการเปลี่ยนแปลงค่าการฉีดน้ำมันตามที่เราบันทึกไว้ได้ ส่วนกราฟ pulse ระหว่างความเร็วรอบ กับ องศาการจุดระเบิดพบว่าเราสามารถควบคุมการจุดระเบิดได้จริงทันทีเมื่อมีการเปลี่ยนความเร็วรอบ และจากนั้นองศาการจุดระเบิดจะแปรผันกับค่าเวลาการฉีดน้ำมันพื้นฐานเมื่อเปลี่ยนค่าการฉีดน้ำมันพื้นฐาน จะทำให้องศาการจุดระเบิดเปลี่ยนตาม

นอกจากนี้ในส่วนของการแสดงสถานะของเครื่องยนต์สามารถแสดงผลด้วยเซนเซอร์ทั้งหมดได้อย่างถูกต้อง (ยกเว้นเซนเซอร์ออกซิเจนซึ่งไม่สามารถหาข้อมูลได้) โดยแสดงผลผ่านโปรแกรมที่สร้างขึ้นมา

8.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดทำโครงงาน

ในการจัดทำโครงงานชุดทดลองนี้ สามารถที่จะสรุปปัญหาที่เกิดได้ดังนี้

1. ใช้เวลาในการหาข้อมูลเซนเซอร์ล่าช้า อันเนื่องมาจาก ข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลทางเทคนิคของโตโยต้า
2. ใช้เวลาในการศึกษาการทำงานของเซนเซอร์และทดลองใช้งานทำให้สูญเสียเวลาในการดำเนินงาน
3. ไม่เข้าใจในการทำงานของฟังก์ชันต่าง ๆ ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างดีพอ
4. การทดลองของโครงงานนี้ ตัวบอร์ดมีการเปลี่ยนแปลงบ่อย ทำให้เสียเวลาในการทดลอง
5. จำเป็นต้องศึกษาภาษาโปรแกรมทั้งเดลไฟ และแอสเซมบลี

8.3 แนวทางการแก้ไขและพัฒนา

1. เปลี่ยนจากการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์จากแบบ serial เป็นแบบ usb ซึ่งจะช่วยให้การเขียนข้อมูลลง ram มีความเร็วมากขึ้น ไม่ต้องเสียเวลาในการ burn
2. ปรับปรุงรูปแบบการใช้งานของโปรแกรมให้สะดวกขึ้นในการใช้งาน
3. ชุดสาธิตเครื่องยนต์นี้สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนทางด้านเครื่องยนต์สันดาปภายในได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำไปพัฒนาต่อโดยสามารถต่อกับเครื่องยนต์ได้จริง โดยใช้เซนเซอร์ที่ใช้ในชุดทดลองนี้ไป ประกอบกับเครื่องยนต์ และทำการสั่งงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. สันติ นุราช, "ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ฉบับภาษา C", MRT

2. บุญธรรม ภัทราจารุกุล, "เครื่องยนต์แก๊สโซลีน", ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2543

3. พิเชฐ เขียวสีม่วง, "อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์", สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 2543

4. ดอนสัน ปงผาบ, "การเขียนโปรแกรมภาษาซีในงานควบคุม", สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 2546

5. สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร, จักรพงษ์ สุขประเสริฐ, "เริ่มต้นอย่างมืออาชีพด้วย Delphi 7", ไอดีซีฯ, 2547

6. Jack Erjavec., "Automotive Technology", Thomson Delmar Learning, New York, 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

คู่มือการใช้งานโปรแกรม และชุดสาธิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนจะทำการใช้งานโปรแกรมเราต้องทำการลงโปรแกรม

1. ตัวโปรแกรม Active X เพื่อเป็นตัวกลางในการติดต่อกับฮาร์ดแวร์ภายนอกผ่าน RS-232
2. ตัวโปรแกรมควบคุมและแสดงสถานะ ซึ่งสร้างด้วยโปรแกรม เดลไฟ

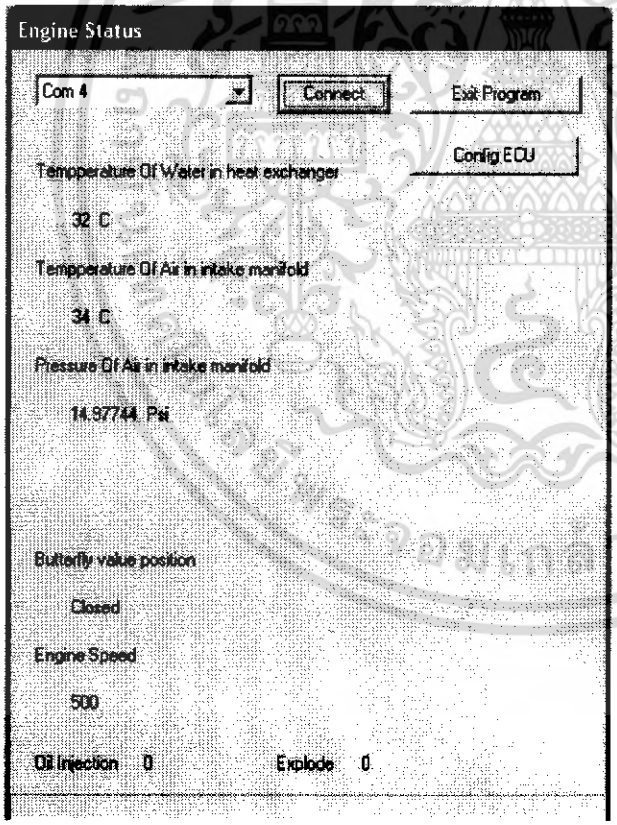
ในการใช้โปรแกรมควบคุมและแสดงสถานะมีรูปแบบการใช้อยู่ 2 แบบคือ

1. การใช้งานเพื่อดูสถานะของเซนเซอร์
2. การใช้งานเพื่อควบคุมและเปลี่ยนแปลงตารางการฉีดน้ำมันและองศาการจุดระเบิด

การใช้งานเพื่อดูสถานะของเซนเซอร์

เมื่อทำการเชื่อมต่อชุดควบคุมและสาธิตการทำงนของเครื่องยนต์แบบดิจิตอล กับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลแล้วเราก็ทำการกดปุ่ม Connect

จากรูปตัวโปรแกรมจะแสดงให้เห็นถึงสถานะของเซนเซอร์แต่ละตัว

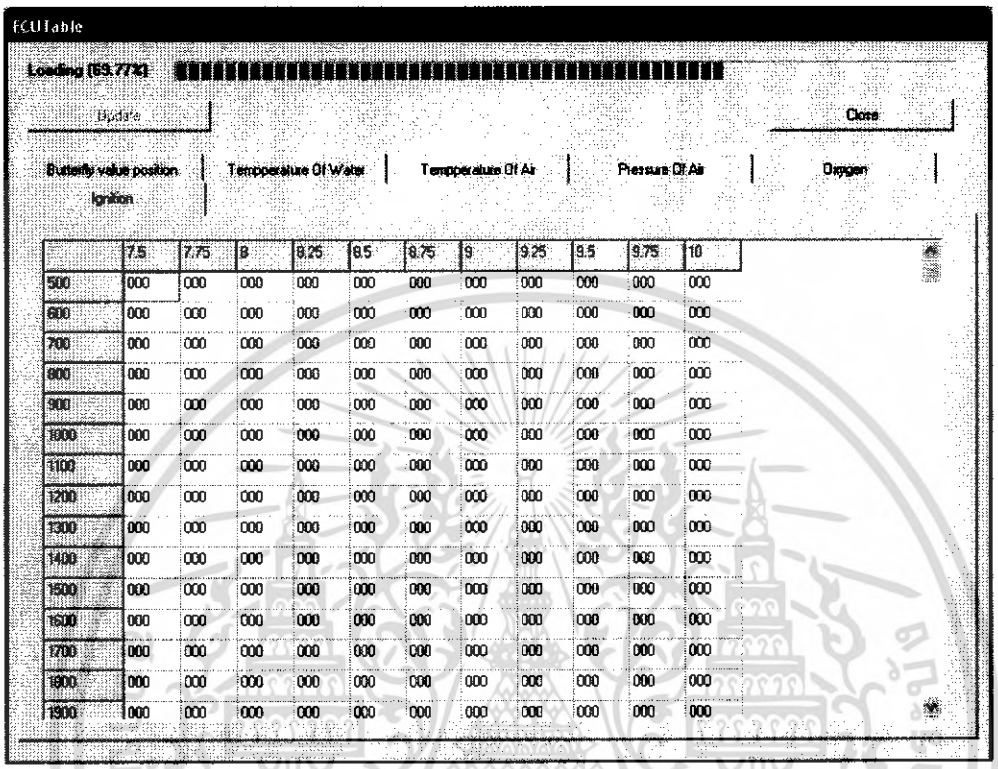


รูปที่ ก.1 แสดงหน้าจอแสดงสถานะของเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานเพื่อควบคุมและเปลี่ยนแปลงตารางการฉีดน้ำมันและองศาการจุดระเบิด

เมื่อทำการเปิดโปรแกรมแล้วให้เราทำการกดปุ่ม Connect จากนั้นเมื่อตัวโปรแกรมแสดงสถานะแล้ว ให้เราทำการกดปุ่ม Config แล้วให้เรารอจนตัวโปรแกรมดึงข้อมูลที่เราบันทึกไว้เสร็จ เราก็สามารถเปลี่ยนแปลงค่าในตารางได้



	7.5	7.75	8	8.25	8.5	8.75	9	9.25	9.5	9.75	10
500	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
600	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
700	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
800	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
900	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
1000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
1100	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
1200	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
1300	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
1400	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
1500	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
1600	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
1700	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
1800	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
1900	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000

รูปที่ ก.2 แสดงหน้าจอปรับแต่งการทำงานของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้