

สำนักงานหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบการสื่อสารสนเทศสำหรับรถฟอร์มูล่า

INFORMATION – COMMUNICATION SYSTEM FOR FORMULA CAR



โดย

นายขจรศักดิ์	ไชยเกตุ	รหัสนักศึกษา 49015443
นายนครินทร์	วรรณพราหมณ์	รหัสนักศึกษา 49015453
นายชิน	ปิ่นวงษ์ก่อ	รหัสนักศึกษา 49015411

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 103068  
วัน,เดือน,ปี... 27 ส.ค. 2552



ปฏิญานិพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**INFORMATION – COMMUNICATION SYSTEM FOR FORMULA CAR**



**By**

**Mr.Kachonsak Chaiyaket**

**Mr.Nakarin Wannapram**

**Mr.Chayin Panwongkoh**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR IN THE DEPARTMENT OF INFORMATION  
ENGINEERING**

**FACULTY OF ENGINEERING**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2008**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หัวข้อปริญญาบัตร

ระบบการสื่อสารสนเทศสำหรับรถฟอร์มูล่า  
( Information – Communication System for Formula car )

ชื่อนักศึกษา	นายขจรศักดิ์ ไชยเกตุ	รหัสนักศึกษา 49015443
	นายนครินทร์ วรรณพราหมณ์	รหัสนักศึกษา 49015453
	นายชยีน ปิ่นวงษ์ก่อ	รหัสนักศึกษา 49015411
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ปิติเขต สุรักษา	
	ผศ. บุญยชนะ ภูระหงษ์	
	ผศ. มนต์ชัย แซ่มน้อย	
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ	
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2551	

ปริญญาบัตรฉบับนี้ได้รับการอนุมัติเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(รศ.ดร.ปิติเขต สุรักษา)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.บุญยชนะ ภูระหงษ์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(มนต์ชัย แซ่มน้อย)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาโท	ระบบการสื่อสารสำหรับรถฟอร์มูล่า
ชื่อนักศึกษา	นายขจรศักดิ์ ไชยเกตุ รหัสนักศึกษา 49015443
	นายนครินทร์ วรรณพราหมณ์ รหัสนักศึกษา 49015453
	นายชยีน ปั่นวงษ์ก่อ รหัสนักศึกษา 49015411
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ปิติเขต สุรักษา
	ผศ. บุญยชนะ ภูระหงษ์
	ผศ. มนต์ชัย แซ่มน้อย
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2551

#### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นโครงการเพื่อพัฒนา รถฟอร์มูล่า โดยการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ด้วยเทคโนโลยี ไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่งผ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์ด้วยอุปกรณ์ไร้สาย มายังพีคสตีบ เพื่อนำมา วิเคราะห์แก้ปัญหาและนำไปปรับปรุงรถให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นเพื่อนำไปใช้แข่งขัน โดยจะแสดงข้อมูลที่ อุปกรณ์ที่ติดกับตัวรถ และ โปรแกรมที่คอมพิวเตอร์ที่พีคสตีบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title Information – Communication system for Formula car

Student Mr.Kachonsak Chaiyaket  
Mr.Nakarin Wannapram  
Mr.Chayin Panwongkoh

Advisor Assoc.Prof.Dr.Pitikhate Sooraksa

Asst.Prof.Boonchana Purahong

Asst.Pof.Monchai Chamchoy

Graduate Level Bachelor Degree of Information Engineering

Department Information Engineer

Academic Year 2008

---

### Abstract

This project proposes development of a control system for a formula car. The objective of the project is to collect data from sensors of the car via wireless communication to the Pit Stop.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีต้องขอกราบขอบพระคุณ บิดา และมารดา ที่รักและ  
เคารพยิ่งของเรา ที่ทำงานอาบเหงื่อต่างน้ำ เพื่อให้เรามีวันนี้ได้ ขอขอบพระคุณครูบาอาจารย์ทุกท่านที่  
อบรมบ่มเพาะพวกเราตั้งแต่เล็กจนโต

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ปิติเขต สุรักษา, ผศ.บุญยชนะ ภูระหงษ์, ผศ. มนต์ชัย แซ่มน้อย ที่คอย  
ช่วยเหลือให้คำปรึกษาในการทำงานในด้านต่างๆ ให้เป็นไปอย่างถูกต้องเกิดความคิดพลาดน้อยที่สุด

ขอบคุณ พี่เจฟ, น้องกิต, พี่ตั้ม และทุกคนที่เกี่ยวข้องทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือให้คำปรึกษา  
เรามาตลอด ทำให้งานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ไม่ทิ้งกัน ขอบคุณทุกท่านที่  
ไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ในการทำปริญญาบัตรฉบับนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อันเป็น  
สถานศึกษาหาความรู้ที่ทำให้เราได้สำเร็จการศึกษาเป็นบัณฑิตที่ดีและมีคุณภาพออกมาเพื่อรับใช้สังคมเป็น  
คนดีเพื่อพัฒนาประเทศชาติให้เจริญก้าวหน้าสืบไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ช
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา	1
1.2 จุดประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>3</b>
2.1 ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN)	3
2.2 หลักการพื้นฐานของ Zigbee	6
2.2.1 IEEE 802.15.4 กับ Zigbee	6
2.2.2 คุณสมบัติทางเทคนิค	7
2.2.3 การตั้งค่าเครือข่าย	9
2.2.3.1 เครือข่ายแบบสตาร์ (Star Network)	9
2.2.3.2 เครือข่ายแบบต้นไม้ (Cluster Tree)	10
2.2.3.3 เครือข่ายแบบเมช (Mesh Network)	10
2.2.4 โพรไฟล์โปรโตคอล Zigbee	11
2.2.5 Zigbee โปรโตคอล	12
2.2.6 การรักษาความปลอดภัย	13
2.2.7 การติดต่อสื่อสารของ Zigbee ผ่านทางพอร์ตอนุกรม	13
2.2.7.1 การไหลของข้อมูล	14
2.3 โปรแกรมภาษา Visual Basic	16

เอกสารนี้เป็นต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4 ECU (Electronic Control Unit)	18
<b>บทที่ 3 การออกแบบโครงงาน</b>	<b>24</b>
3.1 การออกแบบระบบที่จะใช้ในโครงงาน	24
3.2 Flowchart แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ	25
3.3 การออกแบบซอฟต์แวร์ด้วยโปรแกรม Visual Basic	27
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง</b>	<b>31</b>
4.1 ผลการทดลองตามวัตถุประสงค์หลัก	33
4.1.1 ส่วนการแสดงผลข้อมูลจอมอนิเตอร์	33
4.1.2 ส่วนของค่าข้อมูลที่เป็นเส้นกราฟ	34
4.1.3 ส่วนของข้อมูลในรูปของ Data logger	37
<b>บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง</b>	<b>39</b>
5.1 สรุปผลการทดลอง	39
5.2 สรุปปัญหาจากการทดลอง	39
5.3 แนวทางพัฒนาในอนาคต	39
<b>บรรณานุกรม</b>	
<b>ภาคผนวก</b>	

## สารบัญภาพ

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 เครือข่ายแบบ Star Network	10
รูปที่ 2.2 เครือข่ายแบบต้นไม้	11
รูปที่ 2.3 เครือข่ายแบบเมช	11
รูปที่ 2.4 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของสแตคโปรโตคอล Zigbee	12
รูปที่ 2.5 ระบบคาน้ำไฟลั่วไคอะแกรมในอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ UART	15
รูปที่ 2.6 แพ็คเก็ตข้อมูล UART 0x1F (31 ในเลขฐานสิบ) ถูกส่งผ่าน โมดูล RF	15
รูปที่ 2.7 กล่อง ECU	18
รูปที่ 2.8 การต่อกล่อง เข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ	19
รูปที่ 2.9 ตัววัดมวลการไหลของอากาศ	19
รูปที่ 2.10 หลักการทำงานของตัววัดมวลการไหลของอากาศ	20
รูปที่ 2.11 ตำแหน่งของตัววัดมวลการไหลของอากาศ	20
รูปที่ 2.12 ตำแหน่งติดตั้งตัวจับสัญญาณเพลลาข้อเหวี่ยง	21
รูปที่ 2.13 ตำแหน่งติดตั้งตัวจับสัญญาณเพลลาข้อเหวี่ยงอีกมุม	21
รูปที่ 2.14 หลักการทำงานของตัวจับสัญญาณข้อเหวี่ยงเพลลา	22
รูปที่ 3.1 Block Diagram แสดงการทำงาน โดยรวมของระบบ	24
รูปที่ 3.2 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงาน	25
รูปที่ 3.3 รูปแบบของส่วนเริ่มต้นในการเข้าสู่โปรแกรม	27
รูปที่ 3.4 รูปการแสดงผลข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์	28
รูปที่ 3.5 รูปการแสดงผลในรูปของ Data Logger	29
รูปที่ 3.6 รูปแบบการแสดงผลของระยะยุบโซ้ค	30
รูปที่ 4.1 โปรแกรม INTIAL V MONITOR ที่พัฒนาขึ้นจากโปรแกรม Visual Basic 6	31
รูปที่ 4.2 ภาคส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ออกอากาศ	32
รูปที่ 4.3 ภาครับข้อมูลที่ส่งมาจากภาคส่งเข้าคอมพิวเตอร์	32
รูปที่ 4.4 ข้อมูลส่วนของมอนิเตอร์	33
รูปที่ 4.5 ส่วนข้อมูลที่เป็นกราฟอุณหภูมิ น้ำ น้ำมัน ความเร็ว อัตราความเร็วรอบเครื่องยนต์	34
รูปที่ 4.6 กราฟอุณหภูมิ น้ำ อุณหภูมิ น้ำมัน ที่บันทึกจากโปรแกรม	35
รูปที่ 4.7 กราฟความเร็ว อัตราความเร็วรอบเครื่องยนต์	35
รูปที่ 4.8 กราฟระยะยุบโซ้คของล้อหน้า ทั้งซ้ายและขวา	36
รูปที่ 4.9 กราฟระยะยุบโซ้คของล้อหลัง ทั้งซ้ายและขวา	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 ส่วนข้อมูล Data Logger	37
รูปที่ 4.11 Data Logger ที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบของ Text File	38
รูปที่ 4.12 กราฟที่ได้จากการนำข้อมูล Data Logger มาใช้แสดง	38



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 การกำหนดการใช้ย่านความถี่	3
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบ Specification IEEE 802.11	5
ตารางที่ 2.3 ชนิดของอุปกรณ์ IEEE 802.15.4	7
ตารางที่ 2.4 การจัดขาของโมดูล Zigbee -PRO และฟังก์ชันในการทำงาน	9
ตารางที่ 2.5 การเปรียบเทียบมาตรฐานการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย	12



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

สมาคมวิศวกรรมยานยนต์ไทย Society of Automotive Engineers - Thailand (TSAE) ได้ก่อตั้งขึ้นอย่างเป็นทางการตั้งแต่ปี 2541 โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการรวบรวมบุคคลากรในแวดวงอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน ให้มาดำเนินกิจกรรมร่วมกันในระดับชาติและระดับนานาชาติ ร่วมกับสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ของประเทศต่างๆ และเป็นศูนย์กลางในการรวบรวมและเผยแพร่ข้อมูลด้านเทคโนโลยียานยนต์แก่สมาชิกและผู้สนใจทั่วไป

สมาคมวิศวกรรมยานยนต์แห่งประเทศไทย (TSAE) จัดการแข่งขัน รายการ TSAE Auto Challenge รถยนต์ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ที่มีลักษณะเป็น Formula car ระดับอุดมศึกษา ซึ่งด้วยรางวัลพระราชทานของ สมเด็จพระเทพฯ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมสนับสนุนการพัฒนาทักษะวิศวกรรมยานยนต์เสริมสร้างบุคลากรด้านยานยนต์ในประเทศไทย สนับสนุนการออกแบบการสร้างยานยนต์และการจัดการอย่างครบวงจร รวมถึงส่งเสริมให้เกิดนวัตกรรมด้านยานยนต์โดยฝีมือคนไทย เพื่อนำไปสู่การแข่งขันระดับโลก

ในการแข่งขันรถ Student Formula Auto Challenge ( TSAE ) โดยทางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง (ชมรมยานยนต์) ได้สร้างรถแข่งเพื่อส่งเข้าแข่งขันในรายการดังกล่าวด้วย ดังนั้น สภาพโดยรวมของตัวรถนั้นต้องมีสภาพที่พร้อมก่อนการแข่งขัน แต่นั่นก็ไม่ได้หมายความว่าในขณะที่ทำการแข่งขันอยู่ รถที่ใช้ลงแข่งขันนั้นจะไม่มีปัญหาในขณะที่กำลังทำการแข่งขัน เช่น ปัญหาเครื่องยนต์ระบบช่วงล่าง ดังนั้นเพื่อให้เราได้รู้ถึงปัญหาของรถในขณะที่ทำการแข่งขัน การที่เราจะแก้ไขข้อผิดพลาดของรถแข่งในขณะที่ทำการแข่งขันอยู่นั้นทำได้ยาก แต่ก็ที่จะสามารถทำได้เพียงแค่บันทึกข้อมูลของตัวรถแข่งในขณะที่วิ่งอยู่ได้เพียงเท่านั้น เราจะได้นำข้อมูลนั้นมาปรับปรุงตัวรถได้ตรงจุด ได้ใกล้เคียงมากที่สุดเท่าที่สามารถจะทำได้เพียงเท่านั้น

### 1.2 จุดประสงค์

- 2.1 เพื่อพัฒนาการส่งสัญญาณ wireless ในรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว
- 2.2 เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากตัวรถมาวิเคราะห์หาปัญหาของรถขณะวิ่ง
- 2.3 เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการพัฒนารถที่จะใช้ในการแข่งขันต่อไป
- 2.4 เพื่อให้มีความรู้ในด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์

ATmega128

- 2.5 เพื่อศึกษาการเขียน โปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยโปรแกรม Code Vision

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 3.1 มีการส่งผ่านข้อมูลจากตัวรถแข่งมายังคอมพิวเตอร์ที่ PIT ได้
- 3.2 เก็บฐานข้อมูลของรถในขณะที่กำลังวิ่งได้
- 3.3 แสดงผลข้อมูลผ่านทางโปรแกรม Visual Basic ได้

### 1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

1. ศึกษาทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับ Wireless Zigbee Module
2. ศึกษาทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์ ATmega 128
3. จัดทำในส่วนของเอกสารต่างๆที่ประกอบการใช้งานและการนำเสนอโครงการ
4. ทดลองการทำงานในส่วนของตัวตรวจจับต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงการ
5. เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์
6. ทดลองผลการทำงานในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์
7. ทดลองผลที่ได้รับเมื่อนำไปใช้กับรถยนต์
8. ออกแบบส่วนของระบบฮาร์ดแวร์
9. ทดลองระบบทั้งหมดและต้องงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN)

เครือข่ายไร้สายเฉพาะบริเวณ, WLAN, 802.11 ในปัจจุบันการเชื่อมโยงข้อมูลและการเข้าถึงข้อมูลเป็นปัจจัยสำคัญของการดำเนินธุรกิจ ทำให้เทคโนโลยีใหม่ที่กำลังมาแรงขณะนี้ถูกกล่าวถึงอย่างมาก เทคโนโลยีดังกล่าวคือ ระบบเครือข่ายไร้สาย(Wireless LAN: WLAN) เป็นระบบเชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์หรือเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ใช้สายเข้าด้วยกัน หรือเพื่อเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต โดยอาศัยคลื่นวิทยุ (Radio Frequency: RF) รับส่งข้อมูลแทนสายเคเบิลหรือการเชื่อมต่อแบบปกติ คลื่นวิทยุที่ใช้อยู่ในย่านความถี่ ISM (Industrial Scientific and Medical) ซึ่งเป็นย่านความถี่สาธารณะสามารถใช้งาน โดยไม่ต้องขออนุญาต

โดยแต่ละประเทศมีช่องสัญญาณที่อนุญาตให้ใช้งานต่างกัน ในประเทศไทย กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ได้ออกกฎกระทรวงเรื่องกำหนดให้เครื่องวิทยุคมนาคมและสถานีวิทยุคมนาคมบางประเภทได้รับยกเว้น ไม่ต้องได้รับใบอนุญาต ต่อมาใน พ.ศ. 2547 ได้กำหนดให้เครื่องวิทยุคมนาคมที่ใช้งาน WLAN ในย่านความถี่ 2400-2500 MHz(2.4-2.5 GHz) และมีกำลังส่งไม่เกิน 100 mW (แบบ E.I.R.P.) เป็นเครื่องวิทยุคมนาคมที่ได้รับการยกเว้น โดยไม่ต้องได้รับใบอนุญาต

#### ตารางที่ 2.1 การกำหนดการใช้ย่านความถี่

ประเภทเครื่องวิทยุคมนาคม	ความถี่วิทยุ	กำลังส่ง	กฎกระทรวง
เครื่องวิทยุคมนาคมที่ไม่จำกัดลักษณะการใช้งาน เช่น เครื่องบันทึกและอ่านข้อมูลสำหรับสัตว์, สัตว์บอร์ด ไร้สาย, เมสเสจ ไร้สาย, โทรศัพท์ ไร้สาย, วิทยุมือถือ, เครื่องบังคับวิทยุของเด็กเล่น, เครื่องควบคุมการเปิด/ปิดประตู, เครื่องควบคุมระบบไฟหรือวาล์วน้ำ, เครื่องพิมพ์ ไร้สาย, WLAN, เครื่องแสดงข้อมูลบุคคล สัตว์หรือสิ่งของ, หูฟัง ไร้สาย เป็นต้น	ต่ำกว่า 135 kHz	ไม่เกิน 150 mW (แบบ E.I.R.P.)	ข้อ 2 (10) และข้อ 10
	13.553 - 13.567 MHz	ไม่เกิน 5 mW (แบบ E.I.R.P.)	ข้อ 2 (11) และข้อ 10
	2400 - 2500 MHz	ไม่เกิน 100 mW (แบบ E.I.R.P.)	ข้อ 2 (12) และข้อ 10
	26.965 - 27.405 MHz	ไม่เกิน 100 mW	ข้อ 2 (3), (4) และข้อ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมี ศัพท์ใหม่ๆ ที่เกิดตามมาพร้อมกับ WLAN ด้วย เช่น Wi-Fi, Hot Spot คำแรก Wi-Fi หมายถึงเครื่องหมายการค้าของกลุ่มบริษัทขายอุปกรณ์เครือข่ายใช้เรียกอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11b ถ้าเห็นเครื่องหมาย Wi-Fi ที่อุปกรณ์ใดแสดงว่าอุปกรณ์นั้นเข้ากันได้กับ มาตรฐาน IEEE 802.11b ส่วน Hot Spot หมายถึงรูปแบบการให้บริการอินเทอร์เน็ตโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย ผู้ให้บริการจะติดตั้งอุปกรณ์ที่เรียกว่า Access Point ไว้ตามแหล่งชุมชน เช่น สนามบิน ศูนย์ประชุม ห้างสรรพสินค้า โรงแรม เป็นต้น เพื่อรับและส่งสัญญาณวิทยุจากอุปกรณ์ไร้สายเช่น โน้ตบุ๊กที่มีการ์ดไร้สาย แล้วเชื่อมต่อ Access Point เข้ากับอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ผู้ใช้บริการซื้อแพคเกจสำหรับการเชื่อมต่อคล้ายกับการซื้อแพคเกจอินเทอร์เน็ตทั่วไป

ในเมืองไทยเริ่มมีสถานที่ให้บริการ Hot Spot แล้ว เช่น Siam Discovery สนามบินดอนเมือง ร้านบ้านไร่กาแฟ ร้านกาแฟ Star Bucks โรงแรมเซอรادتัน แกรนด์ ลาгуน่า ภูเก็ต และจะเพิ่มขึ้นอีกหลายแห่งในอนาคต รูปแบบการจัดเครือข่าย (Topology) ของระบบเครือข่ายไร้สายทาง Physical เป็นแบบ Star คือ มี Access Point เป็นศูนย์กลาง มีเครื่องคอมพิวเตอร์ถูกขั้วอยู่โดยรอบเชื่อมต่อกับศูนย์กลาง หรือ Access Point โดยตรงดังรูป ส่วนทาง Logical เป็นแบบ Bus มีการใช้ช่องสัญญาณร่วมกัน โดยผลัดกันใช้ (Shared media) เมื่อคอมพิวเตอร์ เครื่องใดต้องการสื่อสารกับ Access Point การ์ดเครือข่ายไร้สายใน เครื่องนั้นจะคอยฟังสัญญาณในระบบเครือข่ายว่า ไม่มีเครื่องใดกำลังสื่อสารกับ Access Point อยู่ จึงจะส่งข้อมูลสื่อสารออกไป การทำงานของ Access Point เทียบได้กับการทำงานของ Hub ในเครือข่ายใช้สาย คือเมื่อรับข้อมูลทางคลื่นวิทยุจากคอมพิวเตอร์ต้นทาง Access Point จะส่งข้อมูลต่อไปยังคอมพิวเตอร์ปลายทางซึ่งอาจเป็นคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายไร้สายเดียวกันผ่านคลื่นวิทยุ หรือเป็นคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายใช้สายอีกเครือข่ายหนึ่งผ่านสายเคเบิลที่เชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายก็ได้

การสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายไร้สายไม่สามารถสื่อสารกันโดยตรงได้ ต้องสื่อสารผ่าน Access Point ทำให้เสียเวลา เปลืองแบนด์วิดท์ เนื่องจากการสื่อสาร 1 ครั้ง ต้องส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายถึง 2 ครั้ง แต่โดยปกติแล้วการสื่อสารมักเป็นการสื่อสารออกไปยังเครือข่ายใช้สายอื่นมากกว่า เช่น อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง เครื่อง Server ยานความถี่หนึ่งสำหรับการสื่อสารแบ่งออกเป็นหลายช่องความถี่ Access Point กับคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายจะตกลงเลือกใช้ช่องความถี่เดียวกันทั้งเครือข่าย ดังนั้นหากมี Access Point หลายตัวอยู่ในบริเวณ ใกล้เคียงกัน แต่ละเครือข่ายก็จะมีช่องความถี่ที่ใช้สื่อสารของตัวเอง

แต่หากมีเครือข่ายมากเกินไป ก็ทำให้สัญญาณรบกวนกันเองได้ ความเร็วการรับส่งข้อมูลขึ้นอยู่กับระยะทาง สิ่งรบกวน สภาพแวดล้อม เช่น อุปกรณ์ไร้สายอื่นที่ใช้คลื่นความถี่ใกล้เคียงกันอย่างเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีติดตั้งภายในอาคาร มีผนัง กำแพง เสา ฯลฯ เมื่อคอมพิวเตอร์เคลื่อนที่ห่างจาก Access Point ความเร็วจะลดลงเป็นลำดับ เช่น จาก 11 เป็น 5.5 Mbps เมื่อเคลื่อนออกไปไกลกว่านี้จะเหลือ 2 หรือ 1 Mbps หากไกลมากกว่านี้จะรับส่งข้อมูลไม่ได้ องค์กรที่กำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรม อิเล็กทรอนิกส์ หรือ IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineer) ได้กำหนดมาตรฐานเครือข่ายไร้สาย โดยใช้การกำหนดตัวเลข 802.11 แล้วตามด้วยตัวอักษร เช่น 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n เป็นต้น ตัวอักษรต่อท้ายจะหมายถึงกลุ่มที่กำหนดมาตรฐาน โดยในแต่ละกลุ่มจะทำการพัฒนาขีดความสามารถของระบบให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม ความแตกต่าง ระหว่างมาตรฐาน 802.11b, 802.11a และ 802.11g สรุปได้ดังตาราง

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบ Specification IEEE 802.11

ตารางเปรียบเทียบ Specification IEEE 802.11			
	802.11b	802.11a	802.11g
เวลาประกาศใช้	July 1999	July 1999	June 2003
เทคโนโลยี	CCK	OFDM	OFDM and CCK
อัตราส่งข้อมูลสูงสุด	11Mbps	54Mbps	54Mbps
อัตราการส่งข้อมูล	1, 2, 5.5, 11Mbps	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54Mbps	CCK: 1, 2, 5.5, 11Mbps OFDM: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54Mbps
คลื่นความถี่	2.4 - 2.497GHz	5.15 - 5.35GHz	5.425 - 5.675GHz 5.725 - 5.875GHz 2.4 - 2.497GHz
ระยะทาง	100m (300ft)	50m (150ft)	100m (300ft)

ระบบเครือข่ายไร้สายมีความเสี่ยงด้านความปลอดภัยสูงกว่าเครือข่ายที่ใช้สาย เนื่องจาก การรับส่งข้อมูลเราไม่สามารถมองเห็นได้ ทำให้ดักจับข้อมูลได้ง่ายกว่า เครื่องลูกข่ายสามารถอยู่ที่ ตำแหน่งก็ได้ภายในรัศมีของคลื่นความถี่ไร้สาย ทำให้ตรวจสอบได้ยาก แต่ได้มีการกำหนดระบบ ความปลอดภัยพื้นฐานภายในระบบเครือข่ายไร้สายเรียงจากต่ำสุดไปสูงสุดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ชื่อเครือข่าย (Service Set ID หรือ SSID) เป็นการกำหนดให้เฉพาะเครื่องลูกข่ายที่มีชื่อเครือข่ายเดียวกับ Access Point เท่านั้น จึงจะติดต่อกับ Access Point ได้

2. การจำกัดหมายเลขการ์ดเครือข่าย Access Point แต่ละตัวสามารถปรับตั้งให้อนุญาตเฉพาะการ์ดเครือข่ายที่มีหมายเลขตรงกับบัญชีเท่านั้นที่ใช้งานได้

3. การยืนยันตัวตน (Authentication) เป็นการกำหนดให้ผู้ใช้งานต้องยืนยันตัวตนกับ Access Point ทุกครั้งก่อนการเข้าใช้เครือข่าย รูปแบบการยืนยันตัวตนมักอยู่ในรูปของการป้อนชื่อ บัญชีและรหัสผ่าน

4. การเข้ารหัส (Encryption) การ์ดเครือข่ายไร้สายมีฮาร์ดแวร์ที่สามารถเข้ารหัสได้ทั้ง 40 บิต 128บิต หรืออาจสูงกว่านี้ก็ได้ ทำให้ยากต่อการดักลอบนำ ข้อมูลไปใช้ แต่ขณะเดียวกันทำให้ความเร็วการรับส่งข้อมูลลดลงตามไปด้วย

ตัวระบบของเครือข่ายไร้สายมีข้อจำกัด คือ ระยะทำการของ Access Point ค่อนข้างสั้น หากต้องการให้สัญญาณครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด ต้องติดตั้ง Access Point มากกว่า 1 ตัว และวางแผนการติดตั้งให้พื้นที่รับสัญญาณของ Access Point แต่ละตัวทับซ้อนกัน เพื่อไม่ให้สัญญาณขาดหายในบางจุดของพื้นที่ ประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลไม่เท่ากับเครือข่ายใช้สาย ไม่เหมาะสมกับแอปพลิเคชันที่ต้องการแบนด์วิดท์สูง หรือทำงานแบบเวลาจริง (Real time) ความเข้ากันได้ระหว่างอุปกรณ์ต่างผู้ผลิต รวมทั้งมาตรฐานเรื่องความปลอดภัย การยืนยันตัวตน (Authentication) การ Roaming กำลังอยู่ระหว่างพัฒนา

## 2.2 หลักการพื้นฐานของ Zigbee

Zigbee เป็น โปรโตคอลของเครือข่ายไร้สาย ที่ออกมาแบบใช้สำหรับการตรวจจับและควบคุมเครือข่ายที่ใช้อัตราการส่งข้อมูลต่ำ โดยเฉพาะ โดยมีแอปพลิเคชันจำนวนมากที่ได้รับประโยชน์จาก โปรโตคอลนี้ เช่น การสร้างระบบเครือข่ายอัตโนมัติ ระบบรักษาความปลอดภัย ภายในบ้าน ระบบเครือข่ายในโรงงานอุตสาหกรรม และแอปพลิเคชันอื่นๆ

เมื่อเปรียบเทียบกับ โปรโตคอลไร้สายอื่นๆ แล้ว โปรโตคอล Zigbee มีความซับซ้อนน้อยกว่าจึงช่วยลดทรัพยากรที่ต้องใช้งาน และที่สำคัญที่สุดมาตรฐานที่กำหนดไว้ เนื่องจากมีช่วงความถี่ที่สามารถใช้งานได้มีสามช่วง และความสามารถในการปรับแต่งเครือข่ายและความปลอดภัยของระบบ ซึ่งสามารถนำไปทดแทนการเชื่อมต่อแบบ RS-422 และ RS-485 ได้

### 2.2.1 IEEE 802.15.4 กับ Zigbee

โปรโตคอล Zigbee ใช้กำหนด IEEE 802.15.4 เป็นชั้น Medium Access (MAC) และชั้น ฟิสิคอลลของตัวมันเอง โดย IEEE 802.15.4 ได้กำหนดช่วงความถี่สำหรับการทำงานเป็นสามช่วงคือ 2.4 GHz, 915 MHz, 868 MHz ในแต่ละช่วงความถี่จะมีจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดอยู่ช่วงหนึ่ง เช่นช่วงความถี่ 2.4 GHz จะมีช่องสัญญาณ 16 ช่อง (ช่องสัญญาณที่ 11-26), ช่วงความถี่ 915 MHz จะมีช่องสัญญาณ 10 ช่อง (ช่องสัญญาณ 1-10) และที่ 868 MHz จะมีช่องสัญญาณ 1 ช่อง (ช่องสัญญาณที่ 0)

อัตราการส่งข้อมูลของ โปรโตคอลนี้ขึ้นอยู่กับช่วงความถี่ที่ใช้งาน ช่วงความถี่ 2.4 GHz จะให้อัตราการส่งข้อมูล 250 kbps, 915 MHz จะให้อัตราการส่งข้อมูล 40 kbps, 868 MHz จะให้อัตราการส่งข้อมูล 20 kbps อัตราการส่งข้อมูลที่แท้จริงจะน้อยกว่าที่กำหนดไว้เนื่องจากมีการเพิ่มเฮดเดอร์และความล่าช้าที่เกิดขึ้นในการบวนการทำงาน

ความยาวสูงสุดของ MAC แพ็กเก็ตคือ 127 ไบต์ รวมทั้งมีค่า CRC 16 บิตที่ทำหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของเฟรม นอกจากนี้ IEEE 802.15.4 ใช้กระบวนการยืนยันการได้รับข้อมูล (acknowledgement) ซึ่งกระบวนการนี้ได้กล่าวถึงในเรื่อง TCP/IP ที่ผ่านมาแล้ว

### ชนิดของอุปกรณ์

IEEE 802.15.4 กำหนดอุปกรณ์ไว้สองชนิด ตามตารางที่ 2.3

#### ตารางที่ 2.3 ชนิดของอุปกรณ์ IEEE 802.15.4

ชนิดของอุปกรณ์	งานที่สามารถใช้ได้	แหล่งพลังงาน	การตั้งค่าที่เครื่องรับ
Full Function Device (FFD)	ทุกประเภท	หลัก	เปิดเมื่อไม่ได้ใช้
Reduced Function Device (RFD)	จำกัด	แบตเตอรี่	ปิดเมื่อไม่ได้ใช้

### 2.2.2 คุณสมบัติทางเทคนิค

#### คุณสมบัติโดยทั่วไป

- ความถี่ในการทำงาน: 2.4GHz
- สายอากาศ: มีสายอากาศแบบ Whip
- ระยะทำการในร่ม: สูงสุด 300 ฟุตหรือประมาณ 100 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระยะทำการกลางแจ้ง (แบบ line-of-sight) : สูงสุดถึง 1 ไมล์ หรือประมาณ 1,500 เมตร
- กำลังส่ง : 60mW (18dBm)
- ความไวในการรับสัญญาณ: -100 dBm (1% packet error rate)
- การทำงานของขาพอร์ต: สามารถกำหนดผ่านทางซอฟต์แวร์ X-CTU เพื่อให้ทำงานเป็น
  - อินพุตอนุภาคสำหรับวงจรแปลงสัญญาณอนุภาคเป็นดิจิทัล ความละเอียด 10 บิต
  - อินพุตเอาต์พุตดิจิทัล
- ขนาด: 0.96 N 1.297 นิ้ว หรือ 2.438 N 3.294 เซนติเมตร
- ไฟเลี้ยง: 2.8 ถึง 3.4V
- กระแสไฟฟ้า: เมื่อส่งข้อมูล 215mA, รับข้อมูล 55mA, น้อยกว่า10mA ในโหมดลดพลังงานที่ไฟเลี้ยง+3.3V
- อุณหภูมิใช้งาน : -40 ถึง 85°C

#### คุณสมบัติด้านการสื่อสารข้อมูล

- สามารถทำงานเป็นอุปกรณ์มาสเตอร์ และสเลฟได้
- อัตราถ่ายทอข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ: 250,000 บิตต่อวินาที
- อัตราการถ่ายทอข้อมูลอนุกรม (บอดเลต): 1,200 ถึง 115,200 บิตต่อวินาที
- รูปแบบโครงข่ายข้อมูลที่รองรับ: จุดต่อจุด (Point-to-point), จุดต่อหลายจุด (Point-to-multipoint) และเขากันได้กับอุปกรณ์ ตามมาตรฐานรหัส 802.15.4
- ทางเลือกแอดเดรส: PAN ID, ช่อง (Channel) และแอดเดรส (Addresses) สำหรับแอดเดรสสามารถกำหนดรหัสแอดเดรสได้ มากถึง 65,000 รหัส
- เทคโนโลยีในการกระจายคลื่น: DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
- รองรับการทำงานทั้งแบบ API และ AT command สามารถกำหนดได้ผ่านทางซอฟต์แวร์ X-CTU
- การรับรองมาตรฐาน : สหรัฐอเมริกา (.CC Part 15.247) OUR-XBEEPRO
  - แคนาดา (IC) 4214A XBEEPRO
  - ยุโรป (CE) ETSI (ที่กำลังส่งสูงสุด 10dBm)
  - ญี่ปุ่น 005NYCA0378 (ที่กำลังส่งสูงสุด 10dBm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 การจัดขาของโมดูล Zigbee-PRO และฟังก์ชันในการทำงาน

ขาที่	ชื่อขา / การทำงาน
1	Vcc : ขาดไฟเลี้ยง +3.3V
2	DOUT : ขาเอาต์พุตส่งข้อมูลอนุกรม
3	DIN : ขาอินพุตรับข้อมูลอนุกรม
4	DO8 : ขาเอาต์พุตดิจิตอล ช่อง 8
5	RESET : ขารีเซ็ตหลัก (แอกทีฟ "0")
6	PWM0/RSSI : ขาเอาต์พุต PWM ของ 0 และขาเอาต์พุตแสดงความแรงของการรับสัญญาณ
7	PWM1 : ขาเอาต์พุต PWM ของ 1
8	ไม่ใช้งาน
9	DTR/SLEEP_RQ/DI8 : ขาอินพุตรับสัญญาณให้หยุดทำงานเข้าสู่โหมดสลีปหรือเป็นขาอินพุตดิจิตอลช่อง 8
10	GND : ขาดกราวด์
11	AD4/DIO4 : ขาอินพุตอนาล็อก 4 หรือ ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 4
12	CTS/DIO7 : อินพุตรับสัญญาณแจ้งการส่งข้อมูลจากโฮสต์ (Clear-To-Send)
13	ON/SLEEP : ขาแสดงสถานะการทำงาน "1" : อยู่ในโหมดทำงานปกติ "0" : อยู่ในโหมดสลีป
14	VRE : ขาดไฟแรงดันอ้างอิงสำหรับ โมดูลแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลภายใน XBee-PRO
15	Associated/AD5/DIO5 : ขาแสดงสถานะการเชื่อมต่อ หรือ ขาอินพุตอนาล็อก 5 หรือ ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 5
16	RTS/AD6/DIO6 : ขาเอาต์พุตแจ้งความพร้อมในการส่งข้อมูล(Ready-To-Send) ใช้ควบคุมจังหวะการรับส่งข้อมูล หรือเป็นขาอินพุตอนาล็อก 6 หรือเป็นขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 6
17	AD3/DIO3 : ขาอินพุตอนาล็อก 3 หรือ ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 3
18	AD2/DIO2 : ขาอินพุตอนาล็อก 2 หรือ ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 2
19	AD1/DIO1 : ขาอินพุตอนาล็อก 1 หรือ ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 1
20	AD0/DIO0 : ขาอินพุตอนาล็อก 0 หรือ ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3 การตั้งค่าเครือข่าย

เครือข่ายไร้สายโดยใช้โปรโตคอล Zigbee สามารถตั้งค่าได้หลายแบบ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นหมวดหมู่ๆ ได้ 2 แบบ คือ จุดเชื่อมต่อ และอุปกรณ์ปลายทาง

อุปกรณ์เชื่อมต่อของโปรโตคอล Zigbee เป็นอุปกรณ์ประเภท FFD ที่รวมการทำงานของโปรโตคอล Zigbee ไว้เป็นจำนวนมาก ส่วนอุปกรณ์ปลายทางสามารถเป็นได้ทั้ง FFD และ RFD ซึ่ง RFD เป็นอุปกรณ์ที่เล็กและง่ายที่สุดของโปรโตคอล Zigbee ที่มีการทำงานของโปรโตคอล Zigbee น้อยมาก

#### 2.2.3.1 เครือข่ายแบบสตาร์ (Star Network)

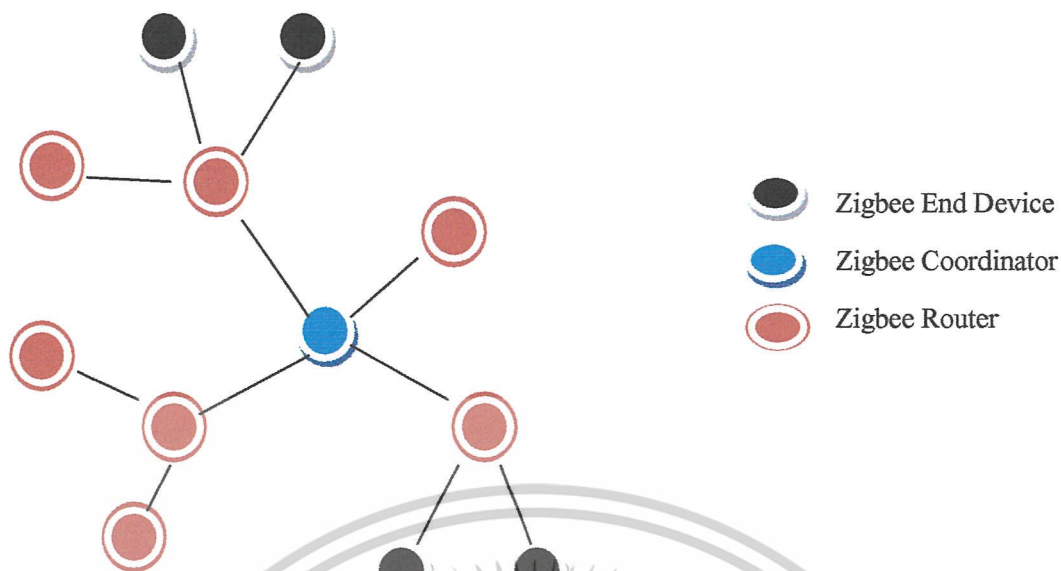
ประกอบด้วยจุดเชื่อมต่อ โปรโตคอล Zigbee 1 จุด และอุปกรณ์ปลายทางหลายๆ ชิ้นในเครือข่ายแบบสตาร์ อุปกรณ์ปลายทางทั้งหมดจะสื่อสารกับอุปกรณ์เชื่อมต่อเท่านั้น ถ้าอุปกรณ์ปลายทางหนึ่ง ต้องการสื่อสารกับอุปกรณ์ปลายทางอื่นๆ ต้องส่งข้อมูลผ่านอุปกรณ์เชื่อมต่อเท่านั้น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ อุปกรณ์เชื่อมต่อทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปยังผู้รับ



รูปที่ 2.1 เครือข่ายแบบ Star Network

#### 2.2.3.2 เครือข่ายแบบต้นไม้ (Cluster Tree)

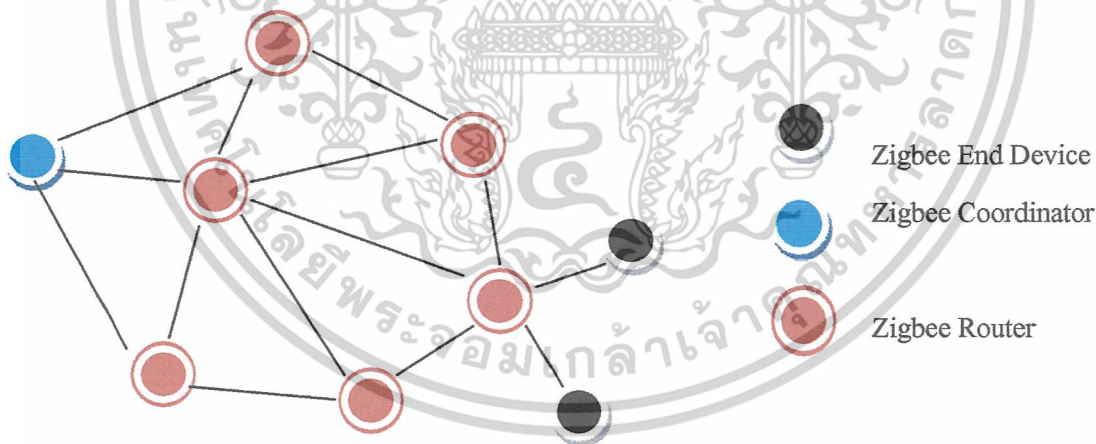
ในเครือข่ายนี้ อุปกรณ์ปลายทางจะสามารถเชื่อมต่อได้กับอุปกรณ์เชื่อมต่อหรือ Zigbee โปรโตคอล Router ทำหน้าที่ 2 ประเภท คือ เพิ่มจำนวนโหนดที่สามารถเชื่อมต่ออยู่บนเครือข่าย และขยายขนาดของเครือข่าย เนื่องจาก router จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปยังจุดต่างๆ ของ เครือข่าย ได้โดยที่ อุปกรณ์ปลายทางไม่จำเป็นต้องอยู่ในระยะการส่งสัญญาณวิทยุ



รูปที่ 2.2 เครือข่ายแบบต้นไม้

### 2.2.3.3 เครือข่ายแบบเมฆ (Mesh Network)

เครือข่ายแบบเมฆใช้กับเครือข่ายแบบต้นไม้แยกเว้นอุปกรณ์ FFD สามารถส่งข้อมูลไปยัง FFD อื่นได้โดยตรง ไม่ต้องผ่านโครงสร้างต้นไม้ ข้อมูลที่ส่งไปยัง RFD จะต้องผ่านอุปกรณ์ RFD ก่อนหน้า ข้อดีของการเชื่อมต่อแบบนี้ก็คือ ช่วยลดอัตราความล่าช้าของการส่งและเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบ



รูปที่ 2.3 เครือข่ายแบบเมฆ

เครือข่ายแบบต้นไม้และเครือข่ายแบบเมฆมีอีกชื่อว่า เครือข่ายหลายจุด (multi-hop) ขณะที่เครือข่ายแบบสตาร์เป็น เครือข่ายจุดเดียว (Single-hop) เครือข่ายโปรโตคอล Zigbee เป็นเครือข่ายแบบเชื่อมต่อได้หลายอุปกรณ์พร้อมกัน ซึ่งหมายความว่า จุดเชื่อมต่อในเครือข่ายทุกจุดมีสิทธิในการเข้าถึงตัวกลางที่ใช้ในการสื่อสารเท่าๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีวิธีการเชื่อมต่อแบบหลายอุปกรณ์พร้อมกัน 2 วิธี ได้แก่ Beacon และ non-beacon การเชื่อมต่อแบบ beacon จุดเชื่อมต่อจะสามารถส่งข้อมูลได้ในเวลาที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าเท่านั้น

ตารางที่ 2.5 การเปรียบเทียบมาตรฐานการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย

มาตรฐาน	Zigbee® 802.15.4	Wi-Fi™ 802.11b	Bluetooth™ 802.15.1
ช่วงการส่ง (เมตร)	1 – 100*	1 - 100	1 – 10
อายุการใช้งาน (วัน)	100 – 1,000	0.5 – 0.5	1 – 7
ขนาดเครือข่าย(ต่อ โหนด)	>64,000	32	7
แอปพลิเคชัน	Monitoring & control	Web, Email, video	Cable Replacement
ขนาดสแตก(กิโลไบต์)	4 – 32	1,000	250
Throughput (kb/s)	20 - 250	11,000	720

#### 2.2.4 โพรไฟล์โปรโตคอล Zigbee

โพรไฟล์โปรโตคอล Zigbee เป็นคำอธิบายขององค์ประกอบทางตรรกะของอุปกรณ์และส่วนติดต่อ ไม่ต้องมีรหัสในการสร้างโพรไฟล์ ข้อมูลโพรไฟล์แต่ละส่วนจะสามารถส่งผ่านระหว่างอุปกรณ์ได้คล้ายกับสถานะของสวิตช์ ถูกเรียกว่าแอททริบิวต์ (attribute) แต่ละแอททริบิวต์จะมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว โดยส่วนติดต่อจะถูกกำหนดในระดับคลัสเตอร์ ไม่ใช่ที่ระดับแอททริบิวต์

โพรไฟล์จะกำหนดค่าหมายเลขของแอททริบิวต์ และหมายเลขคลัสเตอร์ นอกจากนี้ยังมีรูปแบบในแต่ละแอททริบิวต์ ตัวอย่างเช่น ในการควบคุมภายในบ้าน โพรไฟล์การส่องสว่างคลัสเตอร์ “On Off DRC” ของอุปกรณ์รีโมทควบคุมค่าความต้านทาน (Dimmer Remote Control) จะมีแอททริบิวต์ “On/Off” จะต้องมีค่าเป็นสัญญาณ 8 บิต ซึ่งค่า 0xFF หมายถึง “เปิด” ค่า 0x00 หมายถึง “ปิด” และค่า 0xF0 หมายถึงสลับค่าเอาต์พุต

โพรไฟล์ยังกำหนดคลัสเตอร์ที่จำเป็นและที่เป็นตัวเลือกสำหรับแต่ละอุปกรณ์ นอกจากนี้เพิ่มโพรไฟล์อาณานิยามตัวเลือกบาง โปรโตคอลอาณานิยามตัวเลือกบาง โปรโตคอล Zigbee บริการแมนคาเทอร์รี่

ผู้ใช้งานสามารถนำคำนิยามและเขียนรหัสใช้มันได้ มันสามารถเขียนรหัสได้หลายแบบ หลายกลุ่มฟังก์ชันที่สนับสนุนแมนคาเทอร์รี่คลัสเตอร์ และการบริการและใช้แอททริบิวต์ที่อยู่ในโพรไฟล์ ในทางนี้หนึ่งสวิตช์จะทำงานกับ โหลดคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้น

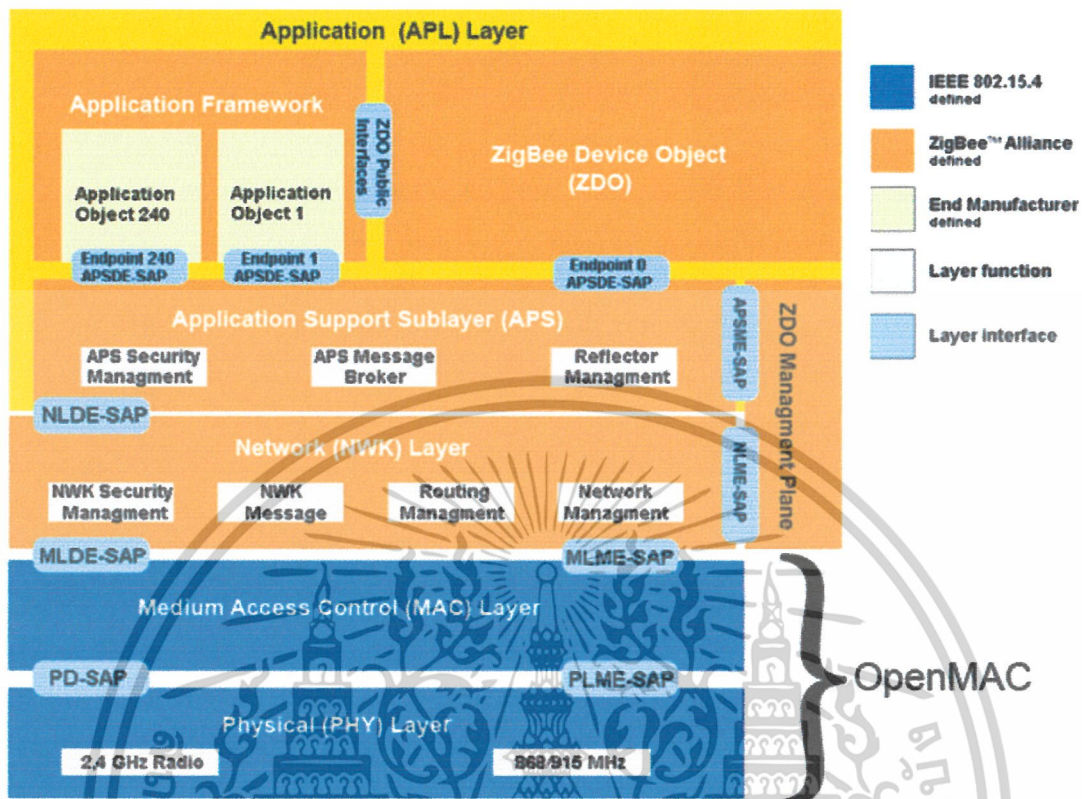
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.5 Zigbee โพรโทคอล

ชั้นสแตก ( Zigbee ) ประกอบด้วย ชั้นเครือข่าย ชั้นแอปพลิเคชัน และการให้บริการรักษาความปลอดภัย (SSP) อุปกรณ์แต่ละตัวของ Zigbee ความมีลักษณะพิเศษที่สามารถใช้งานได้ทั้งแบบสาธารณะและส่วนตัว ซึ่งรูปแบบนั้นจะถูกนิยามตามสภาพแวดล้อมของแอปพลิเคชัน ชนิดของอุปกรณ์คลัสเตอร์ถูกใช้สำหรับการติดต่อสื่อสาร รูปแบบการติดต่อแบบสาธารณะรับรองการให้บริการที่ต่างกันของผู้ให้บริการสำหรับที่ว่างแอปพลิเคชันเดียวกัน

อุปกรณ์ถูกนิยามโดยรูปแบบและถูกประกอบด้วยวัตถุแอปพลิเคชันต่างๆ แต่ละวัตถุแอปพลิเคชันถูกติดต่อกับส่วนพักของสแตก Zigbee โดย endpoint ซึ่งมีอยู่องค์ประกอบในอุปกรณ์ การติดต่อสื่อสารถูกสร้างจาก endpoint ไปยัง endpoint และส่งผ่านโครงสร้างข้อมูลที่ถูกเรียกโดยคลัสเตอร์ คลัสเตอร์จะมีกลุ่มของแอททริบิวต์ที่จำเป็นสำหรับการใช้ข้อมูลร่วมกันระหว่างวัตถุแอปพลิเคชัน คลัสเตอร์ถูกใช้ในแอปพลิเคชันพิเศษซึ่งถูกนิยามลงในรูปแบบของตัวเอง แต่ละอินเตอร์เฟสสามารถส่งหรือรับข้อมูลในรูปแบบของคลัสเตอร์ได้และ 255 เป็น endpoint พิเศษถูกใช้สำหรับการตั้งค่าและการจัดการของการเข้าถึงอุปกรณ์ Zigbee แอปพลิเคชันสามารถติดต่อสื่อสารกับชั้นอื่นๆ ของสแตก Zigbee ที่ติดตั้ง และตั้งค่าไว้แล้วได้การเพิ่ม endpoint 0 เป็นวัตถุของอุปกรณ์ Zigbee (Zigbee Device Object) endpoint 255 ถูกใช้เพื่อส่งไปยังทุกๆ endpoint ขณะที่ endpoint 241 – 254 ถูกจองไว้ แอปพลิเคชันที่สนับสนุนชั้นที่ต่ำกว่าที่ติดต่อกับ endpoint กับชั้นเครือข่าย และ SSP เป็นตัวช่วยให้ endpoint ทั้งหมด กับการส่งข้อมูล การรักษาความปลอดภัย และการ Binding ( การ Binding เป็น ความสามารถในการจับความแตกต่างแต่ละอุปกรณ์เข้าด้วยกัน เช่น สวิตช์)

ชั้นเครือข่ายใช้อุปกรณ์ในการติดต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ในการหาเส้นทางของข้อความ ลากรค้นหาเครือข่าย การสนับสนุนแอปพลิเคชันในชั้นที่ต่ำกว่าถูกให้บริการในชั้นนี้แอปพลิเคชันนี้ แอปพลิเคชันสามารถคอนฟลิกและส่งผ่านค่าพารามิเตอร์ของชั้นเครือข่ายผ่านทาง ZDO



รูปที่ 2.4 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของ สแตค โปรโตคอล Zigbee

### 2.2.6 การรักษาความปลอดภัย

SSP เป็นตัวรักษาความปลอดภัยอย่างไรก็ตาม การรักษาความปลอดภัยของระบบถูกนิยามที่รูปแบบระดับของโพรไฟล์ ซึ่งการนิยามชนิดขององค์ประกอบการรักษาความปลอดภัยในเครือข่ายพิเศษ แต่ละชั้น MAC เครือข่าย และชั้นแอปพลิเคชัน สามารถรักษาความปลอดภัยและใช้กลยุทธ์รักษาความปลอดภัยร่วมกันได้เพื่อเป็นการลดการเก็บความต้องการ SSP ถูกติดตั้งและคอนฟลิกผ่านทาง ZDO และต้องการองค์ประกอบพิเศษ

การถอดรหัสพื้นฐาน Zigbee พิเศษนิยามให้การใช้ “trust center” หรือ การไว้ใจศูนย์กลาง เหมือนกับอุปกรณ์ในเครือข่ายที่ใช้กระจายกลยุทธ์รักษาความปลอดภัย

### 2.2.7 การติดต่อสื่อสารของ Zigbee ผ่านทางพอร์ตอนุกรม

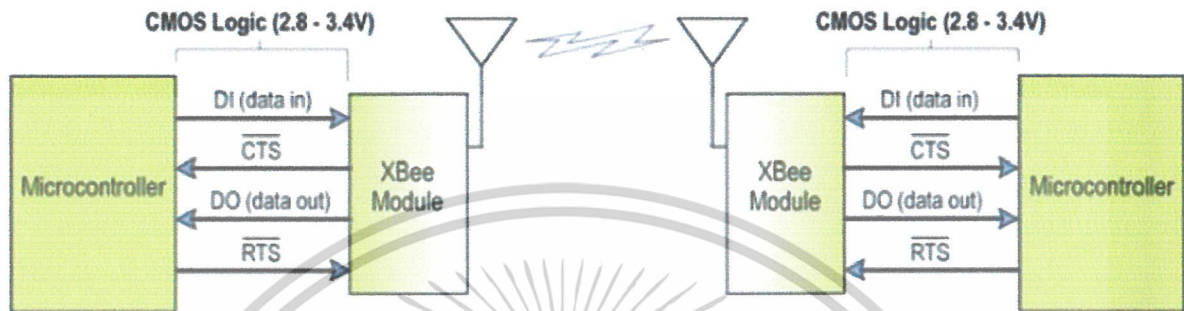
Zigbee อินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์ผู้ใช้ (host) ผ่านพอร์ตอนุกรม อะซิงโครนัสระดับตรรกะส่งผ่านโมดูลทางพอร์ตอนุกรม โมดูลสามารถติดต่อสื่อสารกับตรรกะต่างๆ เข้ากับ UART หรือระดับตัวแปลกับอุปกรณ์อนุกรมต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.7.1 การไหลของข้อมูล

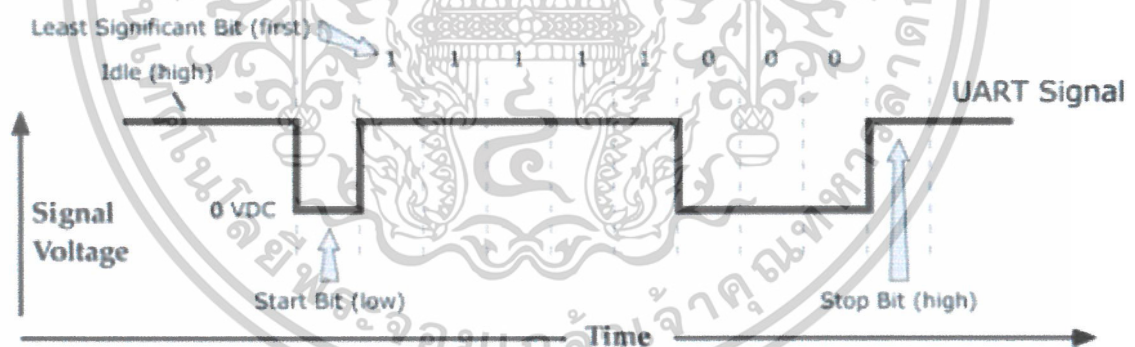
อุปกรณ์มีอินเทอร์เฟซ UART สามารถติดต่อโดยตรงกับพินของ RF โมดูล แสดง

ในรูป



รูปที่ 2.5 ระบบคาส์ไฟลด์โคอะแกรมในอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ UART

ข้อมูลส่งเข้า UART โมดูล ผ่านคาส์อิน (ขา 3) ด้วยสัญญาณอนุกรม อะซิงโครนัสสัญญาณจะว่างเมื่อไม่มีข้อมูลถูกส่ง แต่ละข้อมูลไบต์ประกอบด้วย บิตเริ่ม (ต่ำ) 8 บิต และบิตหยุด (สูง) ตามรูปอธิบายแผนบิตอนุกรมของการผ่านข้อมูลทางโมดูล



รูปที่ 2.6 แพ็กเก็ตข้อมูล UART 0x1F (31 ในเลขฐานสิบ) ถูกส่งผ่าน โมดูล RF

รูปแบบงาน โมดูล UART ดังนั้นเวลาและพาริตีตรวจสอบต้องการข้อมูลติดต่อสื่อสาร การสื่อสารอนุกรมขึ้นอยู่กับ 2 UART ถูกจัด โครงสร้างกับการจัดตั้ง (อัตราบอร์ด, พาริตี, บิตเริ่มต้น, บิตหยุด, บิตข้อมูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 โปรแกรมภาษา Visual Basic

Visual Basic เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ได้รับความนิยมนำมาใช้ในการพัฒนาบน Windows เนื่องจาก เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้เทคโนโลยีในลักษณะ Visualize ซึ่งเพียงแค่เลือก Control ที่เหมาะสม แล้ววางลงบน Form ก็สามารถสร้างภาพที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้ รวมทั้งการใช้เทคนิคการเขียนโปรแกรมแบบ Event – Driven ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดขั้นตอนการทำงานให้กับ Control ต่างๆ ที่สร้างขึ้นตามเหตุการณ์ (Event) ต่างๆ ที่เกิดขึ้น เช่น การเลื่อนเมาส์หรือการรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด ฯลฯ เป็นต้น ประกอบกับภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมเป็นภาษา Basic ซึ่งเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ผู้ใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลส่วนใหญ่คุ้นเคย จึงส่งผลให้การพัฒนาโปรแกรมบน Windows ด้วย Visual Basic มีขั้นตอนน้อยกระทำได้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน จึงทำให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้ได้ภายในเวลา 2-3 ชั่วโมง ก็สามารถพัฒนาโปรแกรมบน Windows ขึ้นเป็นโปรแกรมแรกได้

Visual Basic นี้เป็นเครื่องมือที่ใช้พัฒนาโปรแกรมขึ้นใช้งานที่ใช้ได้ตั้งแต่ผู้ใช้ระดับต้นเพื่อใช้สร้างโปรแกรมง่ายๆ บน Windows หรือ โปรแกรมเมอร์ระดับกลางที่จะเรียกใช้ฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ของ Visual Basic ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนโปรแกรมเมอร์ระดับมืออาชีพที่จะพัฒนาโปรแกรมในระดับสูง โดยการใช้ Object Linking and Embedding (OLE) และ Application Programming Interface (API) ของ Windows มาประกอบการเขียนโปรแกรม

### 2.3.1 ขั้นตอนในการใช้งานโปรแกรมของ Visual Basic

ขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรม ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอนดังนี้  
ขั้นตอนที่ 1 การสร้างจอภาพจากโปรแกรม

ในขั้นตอนนี้จะนำ Form มาออกแบบเพื่อใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้ หรือที่เรียกว่าการออกแบบ User Interface ในการพัฒนาโปรแกรมแบบเดิม ขั้นตอนนี้จะใช้เวลาและค่าใช้จ่ายสูงเนื่องจากจะต้องเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างจอภาพต่างๆ จากนั้นต้อง Compile โปรแกรมนั้นแล้ว Run จึงจะเห็นจอภาพที่จัดทำขึ้น แต่สำหรับ Visual Basic ปัญหาในลักษณะนี้ถูกแก้ไขโดยใช้เทคนิคของ Visualize ซึ่งเป็นความสามารถส่วนหนึ่งของ Visual Basic ขั้นตอนนี้จึงสามารถทำได้อย่างง่ายดาย เพียงแต่นำเอา Control ต่างๆ ใน Toolbox ที่ต้องการใช้งานมาวางไว้บน Form ซึ่งจำทำให้ประหยัดเวลาและสามารถเห็นลักษณะของจอภาพที่ออกแบบได้ใจขณะนั้นเลย สำหรับรายละเอียดในการสร้างจอภาพสามารถศึกษาได้จากหนังสือคู่มือการพัฒนาโปรแกรมภาษา Visual Basic

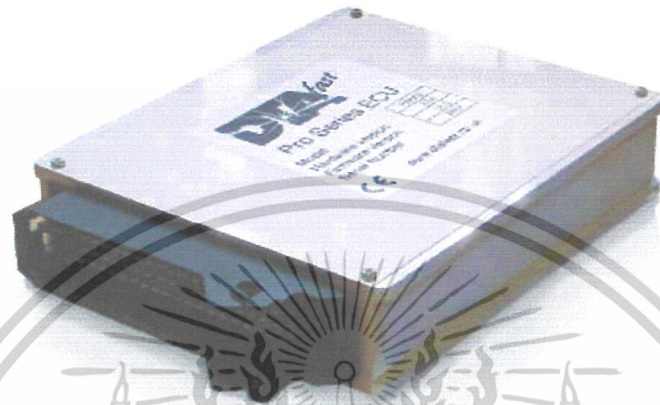
## ขั้นตอนที่ 2 การเขียนโปรแกรม

เมื่อวาง Control ต่างๆ ลงบน Form เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ( control ต่างๆ เมื่อถูกนำมาวางไว้บน Form จะเรียกว่า Object ) ขั้นตอนต่อมาได้แก่การเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดการทำงานให้กับแต่ละ Object ภายใต้เหตุการณ์ต่างๆ ( Event ) ที่จะเกิดขึ้นกับจอภาพนั้นๆ รายละเอียดของคำสั่งและการใช้งานสามารถศึกษาได้จากตัวอย่างในหนังสือคู่มือการพัฒนาโปรแกรมภาษา Visual Basic

เนื่องจากเนื้อหารายละเอียดในการเขียนโปรแกรม Visual Basic นั้นมีมากมายหลายบทหลายตอน ในรายงานเล่มนี้ไม่สามารถอธิบายรายละเอียดได้ทั้งหมด ท่านผู้สนใจที่จะพัฒนาโปรแกรมภาษา Visual Basic เพื่อนำมาใช้ในโครงการ สามารถหารายละเอียดของขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมภาษา Visual Basic ได้จากหนังสือคู่มือการพัฒนาโปรแกรมภาษา Visual Basic ที่วางขายตามท้องตลาด หรือร้านหนังสือชั้นนำทั่วไป ส่วนในรายงานเล่มนี้จะอธิบายเนื้อหา รายละเอียดที่สำคัญของการพัฒนาโปรแกรมภาษา Visual Basic ที่ได้นำมาใช้กับโครงการนี้เท่านั้น



## 2.4 ECU (Electronic Control Unit)



รูปที่ 2.7 กล่อง ECU

กล่องอีซียู (ECU) ย่อมาจาก Electronic Control Unit เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีพื้นฐานมาจากคอมพิวเตอร์ หน้าที่หลักคือเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่างๆ เพื่อนำมาประมวลผล และใช้ในการควบคุมการทำงาน การส่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ รวมทั้งการตรวจ สอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์อื่นๆ ที่ทำงานร่วมกับเครื่องยนต์ ในระบบ ควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ ก็จะมี อุปกรณ์ แบ่งเป็นกลุ่มๆ ได้คือ

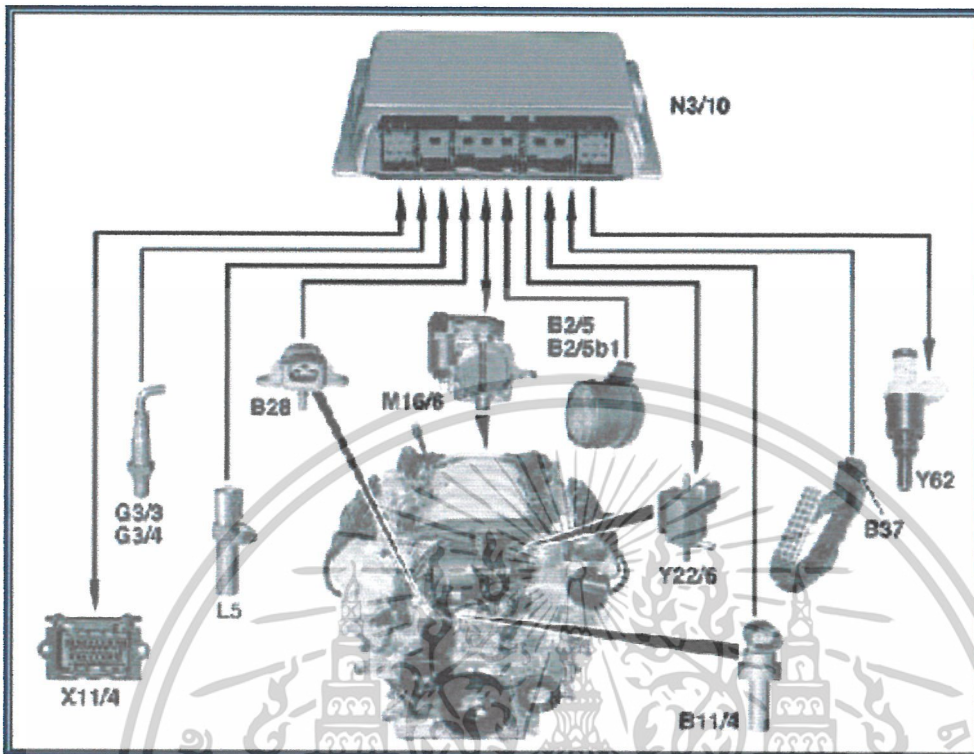
ตัวส่งสัญญาณเข้า หรือ สัญญาณ **INPUT**

ตัวประมวลผลและควบคุมการทำงาน หรือ **CONTROL**

ตัวรับสัญญาณ หรือ อุปกรณ์ทำงาน หรือ **OUTPUT**

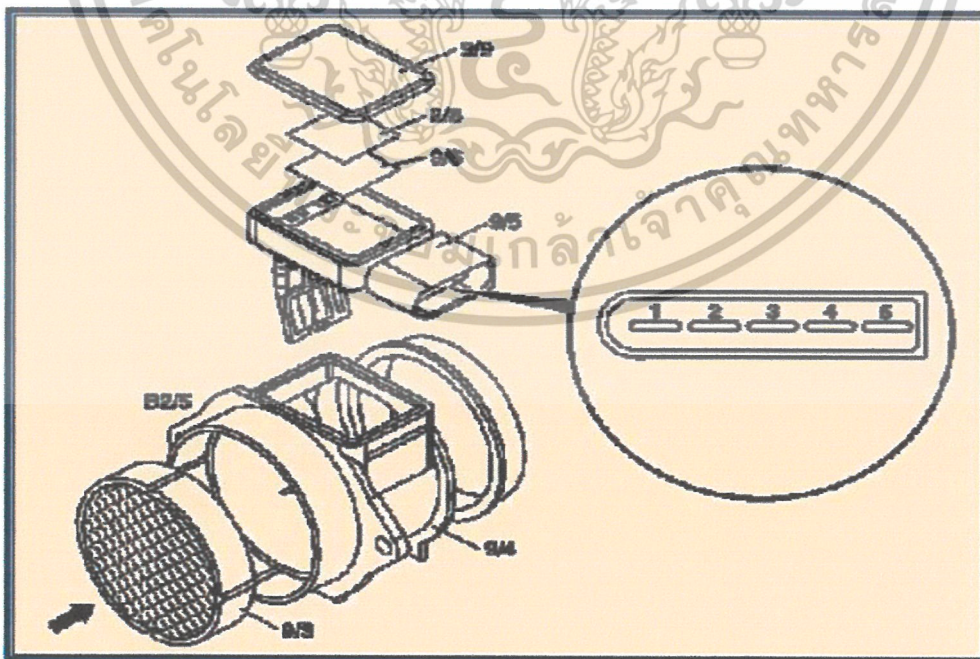
โดย หลักการแล้ว ตัวส่งสัญญาณ หรือ สัญญาณINPUTจะทำหน้าที่ คอยบอกสภาพการทำงาน ของเครื่องยนต์ครับ โดยจะบอกเป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งสัญญาณ ไฟฟ้านี้จะบอกข้อมูลของเครื่องยนต์ เช่น รอบของเพลาค้อเหวี่ยง, รอบเพลาลูกเบี้ยว, มวลการไหลของอากาศอุณหภูมิเครื่องยนต์, ปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 การต่อกล่อง เข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ

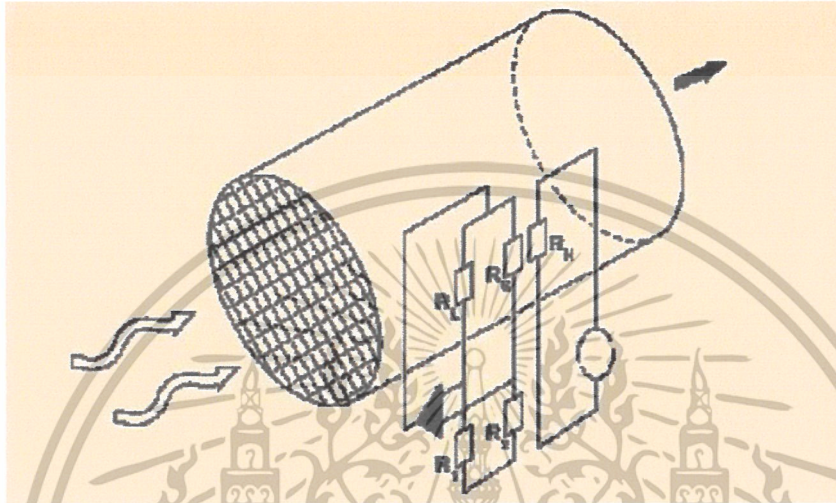
ตัววัดมวลการไหลของอากาศ หรือ Mass Air Flow (แมสแอร์โฟล) หรือ Hot Film (ฮอทฟิล์ม)



รูปที่ 2.9 ตัววัดมวลการไหลของอากาศ

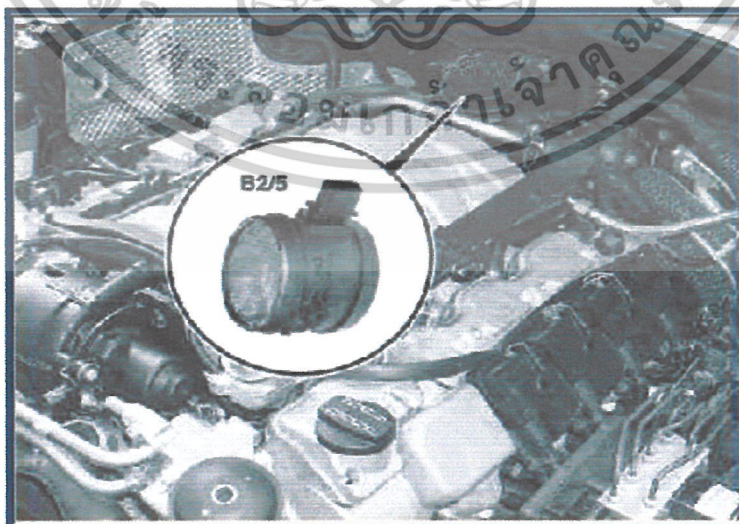
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของก็คือ จะใช้ตัวทำความร้อน ที่ควบคุมอุณหภูมิด้วย ชุดอิเล็กทรอนิกส์ภายใน ที่บางท่านจะรู้จักในนาม ของ Hot Film ( ฮอทฟิล์ม) และก็จะมีความไวต่ออุณหภูมิอากาศภายใน เมื่ออากาศวิ่งผ่านเข้า Hot Film( ฮอทฟิล์ม) มาก ตัววัดมวลการไหลของอากาศ ก็จะส่งสัญญาณ



รูปที่ 2.10 หลักการทำงานของตัววัดมวลการไหลของอากาศ

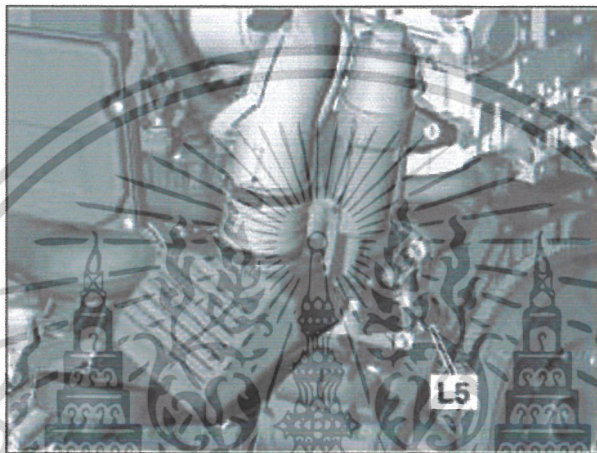
ไปที่กล่องควบคุม เพื่อบอกว่า อากาศเข้ามาเยอะนะ กล่องควบคุมก็จะนำข้อมูลนี้ไปเปรียบเทียบกับ ข้อมูลที่มีอยู่เป็นข้อมูลพื้นฐาน แล้วส่งเป็นสัญญาณมาควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง ที่หัวฉีด อีกที ให้เหมาะสมกับภาระที่เครื่องยนต์ต้องรับ และควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ทั้งหมดด้วย ตำแหน่งที่อยู่คือใน ห้องเครื่องยนต์



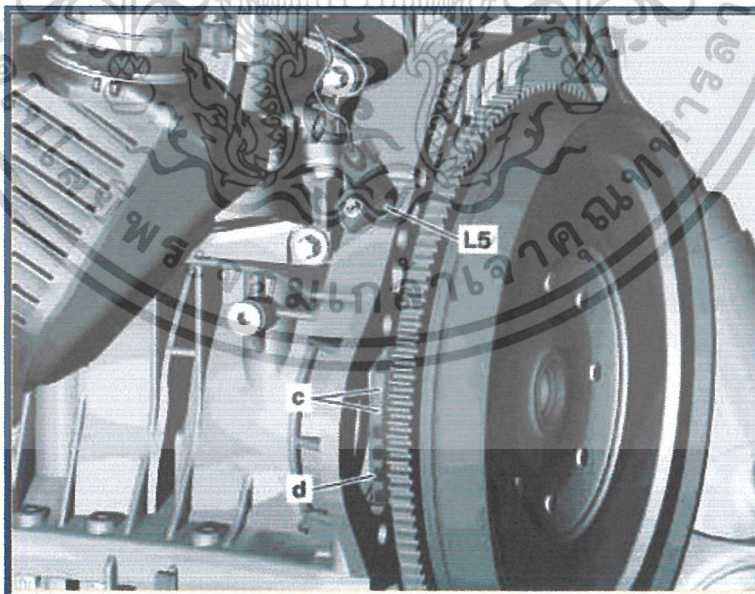
รูปที่ 2.11 ตำแหน่งของตัววัดมวลการไหลของอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเรื่อง การทำงานของระบบควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ ได้นำระบบการตรวจจับสถานะของเครื่องยนต์มาให้ดูกันครับ ซึ่งในระบบควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ นี้ มีอุปกรณ์อยู่หลายตัว เช่น ตัวตรวจจับสัญญาณเพลาค้อเหวี่ยง ตัวตรวจจับสัญญาณ เพลาลูกเบี้ยว ตัวตรวจจับอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น ตัวตรวจจับสัญญาณองศาสิ้นแรง ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ ตัวตรวจจับมวลการไหลของอากาศ ตัวตรวจจับสัญญาณเพลาค้อเหวี่ยง ( Crankshaft Position Sensor)



รูปที่ 2.12 ตำแหน่งติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณเพลาค้อเหวี่ยง

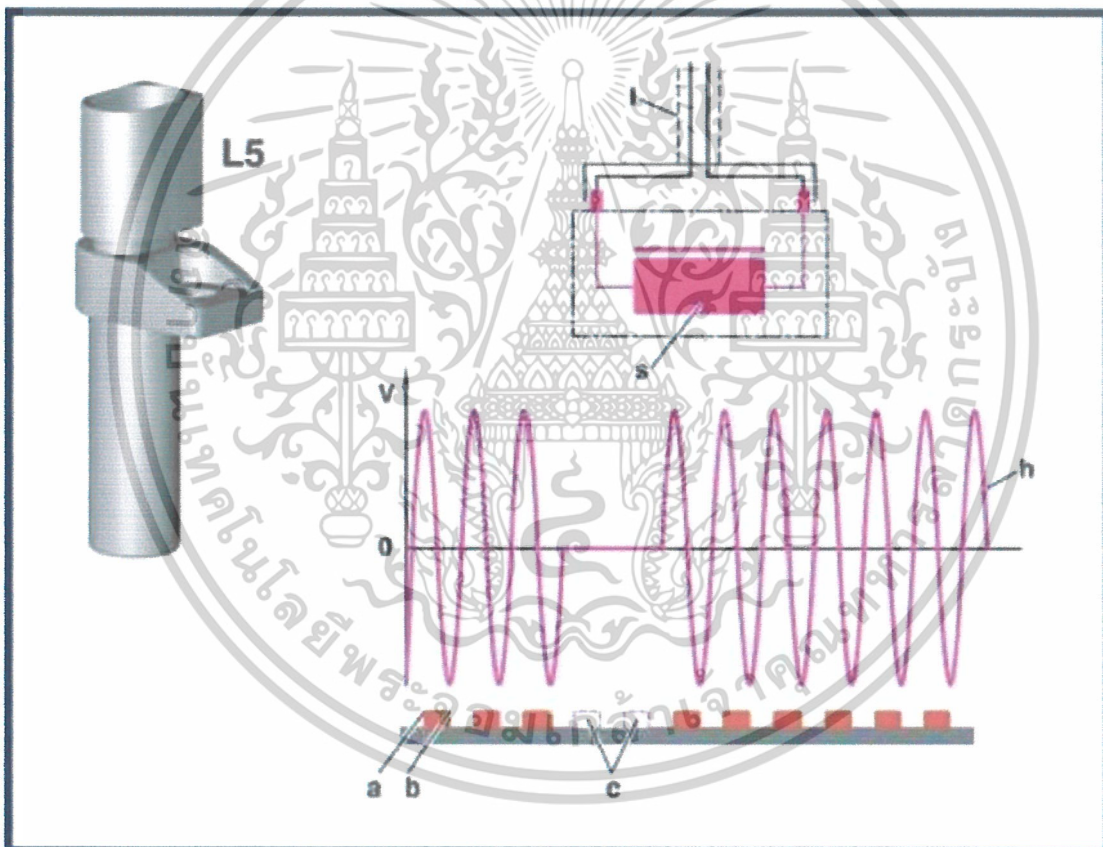


รูปที่ 2.13 ตำแหน่งติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณเพลาค้อเหวี่ยงอีกมุมมอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งจะมีการติดตั้งส่วนใหญ่ที่ ด้านหลังเครื่องยนต์ แต่ก็มี ยี่ห้ออื่นๆ หรือรุ่นอื่นๆ ที่มีการติดตั้งอยู่ด้านหน้าเครื่องยนต์ด้านกลางเครื่องยนต์ แต่ในรูปนี้มีการติดตั้งอยู่ที่ ด้านหลังเครื่องติดตั้งใกล้กับล้อช่วยแรงหรือ Fly Wheel เพื่อจะตัดสัญญาณกับเซ็นเซอร์ที่ล้อช่วยแรงหรือ Fly Wheel

การทำงานของตัวตรวจจับสัญญาณเพลาคือเหวี่ยง จะทำหน้าที่วัดองศาของเพลาคือเหวี่ยง เพื่อรายงานข้อมูลไปยังกล่องควบคุมการทำงาน of เครื่องยนต์ ว่า ณ ตอนนี้อยู่ที่จุดใดอยู่ตำแหน่งใดบ้าง



รูปที่ 2.14 หลักการทำงานของตัวจับสัญญาณข้อเหวี่ยงเพลาคือเหวี่ยง

กล่องควบคุมการทำงาน of เครื่องยนต์ จะรับเอาข้อมูลมาคิดคำนวณ ซึ่งสัญญาณที่ส่งมาจะมีอยู่หลายแบบซึ่ง ในที่นี้ จะเป็นสัญญาณแบบรูปคลื่น และเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และคำนวณว่า ควรที่จะสั่งการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในสูบใด และ สั่งการจุดระเบิดในสูบใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการจุดระเบิด ระบบการฉีดเชื้อเพลิง ในเครื่องยนต์ เบนซิน ในปัจจุบัน จะต้องรับคำสั่งจากกล่อง ควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ ว่าจะต้องฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงสูบใด ว่าจะต้องจุดระเบิดที่สูบใด เพราะ ฉะนั้น กล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ ต้องทราบข้อมูลดังที่กล่าวมา จากสัญญาณเพลลาข้อเหวี่ยง ซึ่งเป็นหนึ่งในตัวตรวจจับสัญญาณ



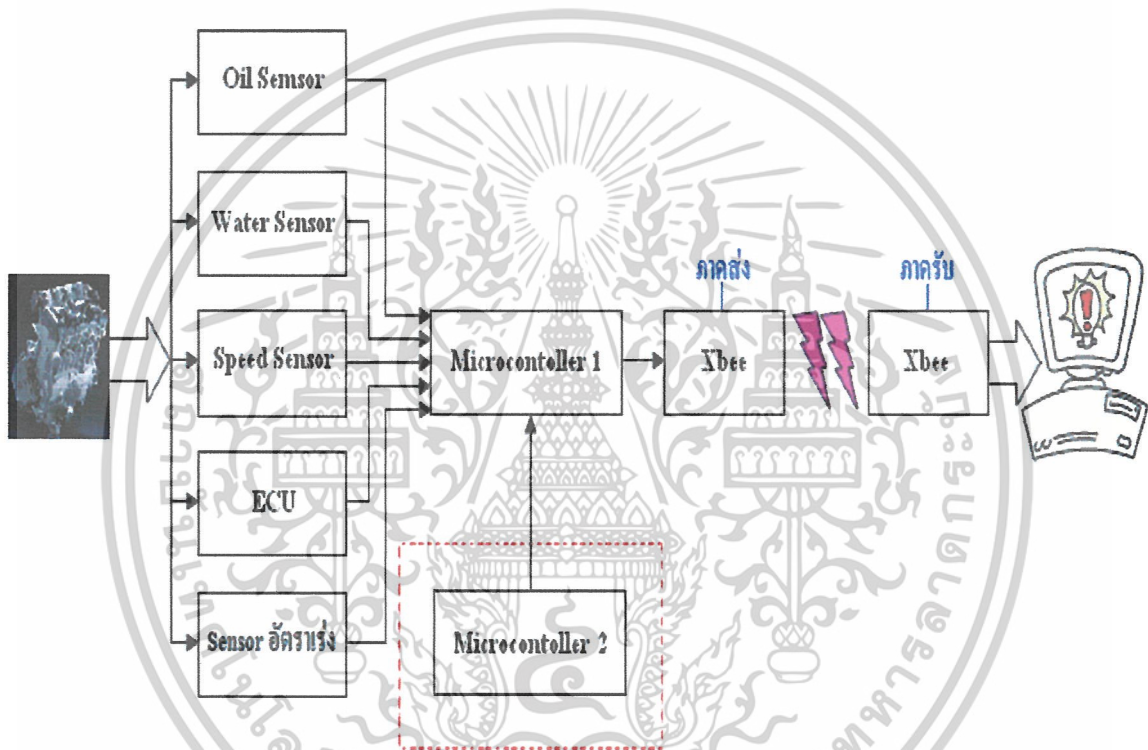
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การออกแบบโครงสร้าง

#### 3.1 การออกแบบระบบที่จะใช้ในโครงการ

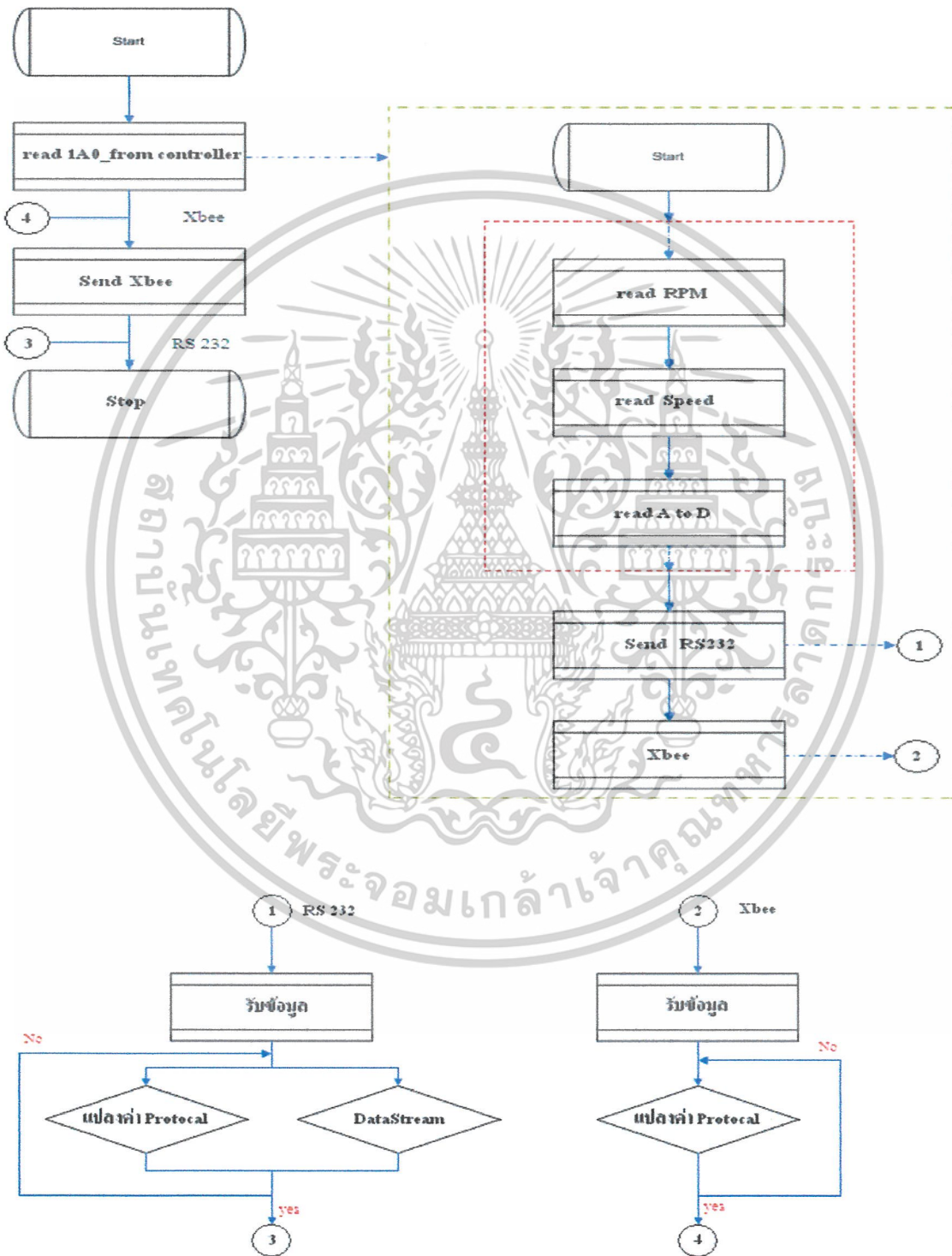
Block Diagram แสดงการทำงานของ โครงการงาน



รูปที่ 3.1 Block Diagram แสดงการทำงาน โดยรวมของระบบ

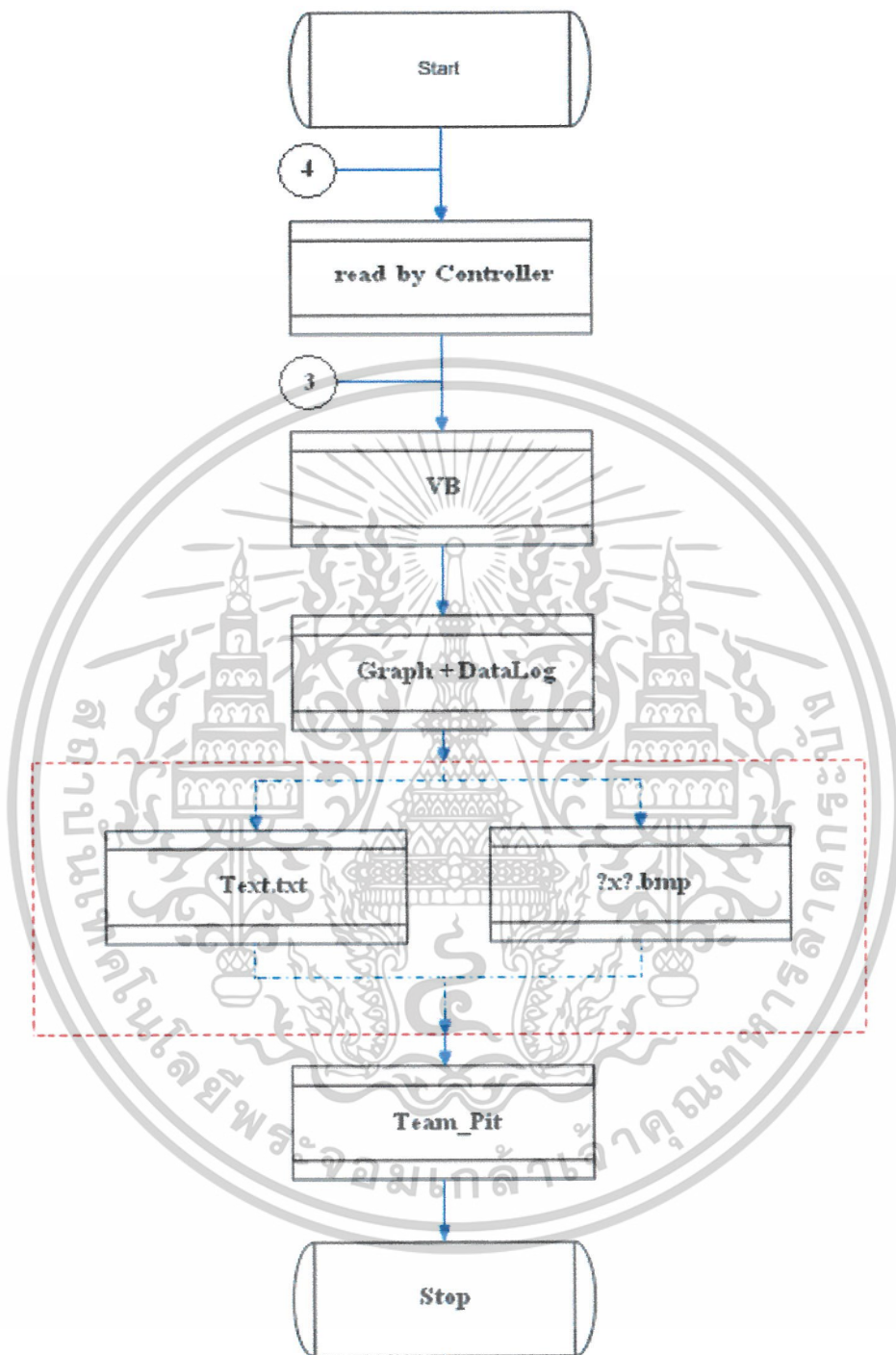
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 Flowchart แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ  
มีขั้นตอนการทำงานดังนี้



รูปที่ 3.2 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



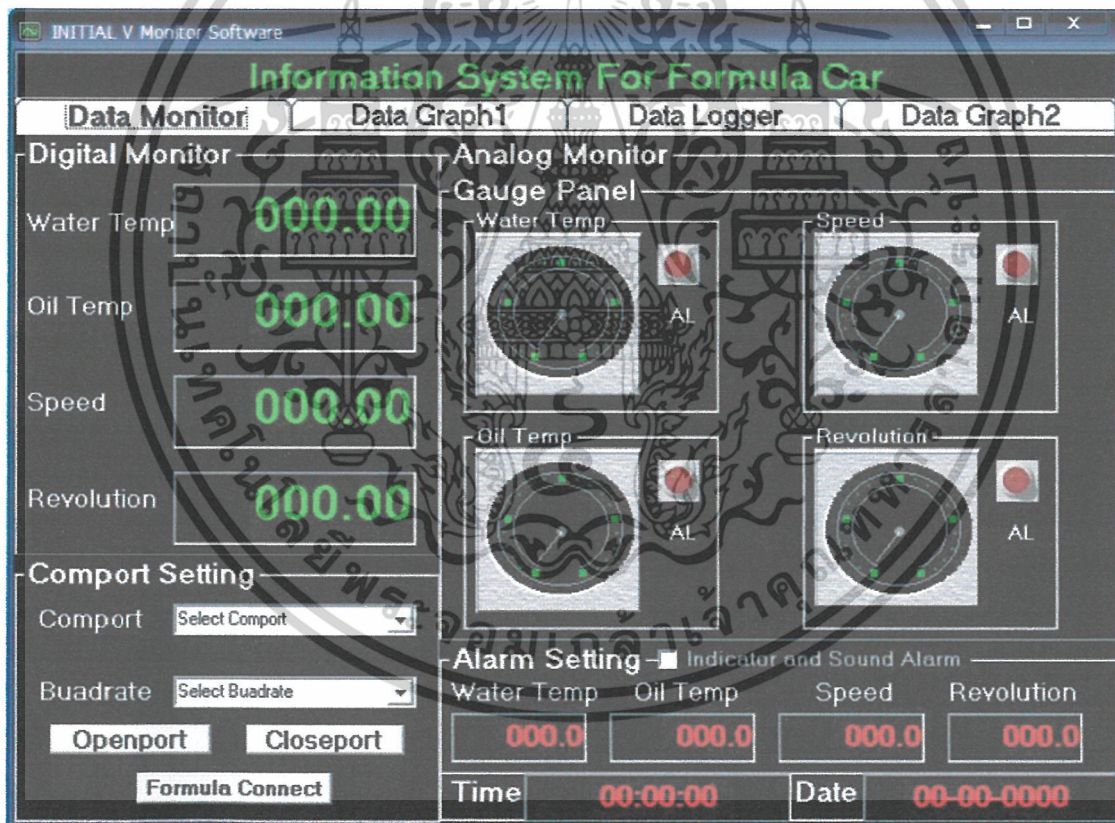
รูปที่ 3.2 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การออกแบบซอฟต์แวร์ด้วยโปรแกรม Visual Basic

การออกแบบซอฟต์แวร์ในโครงการชิ้นนี้ จะใช้โปรแกรม Visual Basic เข้ามาช่วย เพื่อใช้ในการแสดงผลออกมาเป็นกราฟบนเครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมทั้งแสดงรายละเอียดของการบันทึกข้อมูลทั้งหมด เช่น วันและเวลาในการเริ่มต้นเก็บข้อมูล จำนวนช่องสัญญาณที่ทำการบันทึก จำนวนข้อมูลที่บันทึกไว้ในหน่วยความจำข้อมูล และระยะเวลาของเวลาในการบันทึกค่าแต่ละค่า โดยการโหลด (Load) ค่าของสัญญาณข้อมูลที่ป้อนเข้า A/D Converter ซึ่งได้บันทึกไว้ในหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (RAM) สำหรับโครงสร้างนี้ได้ใช้ พอร์ตอนุกรม (Serial Port) ในการโหลดค่าข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์

ซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นในโครงการนี้ มีด้วยกันทั้งหมด ดังต่อไปนี้



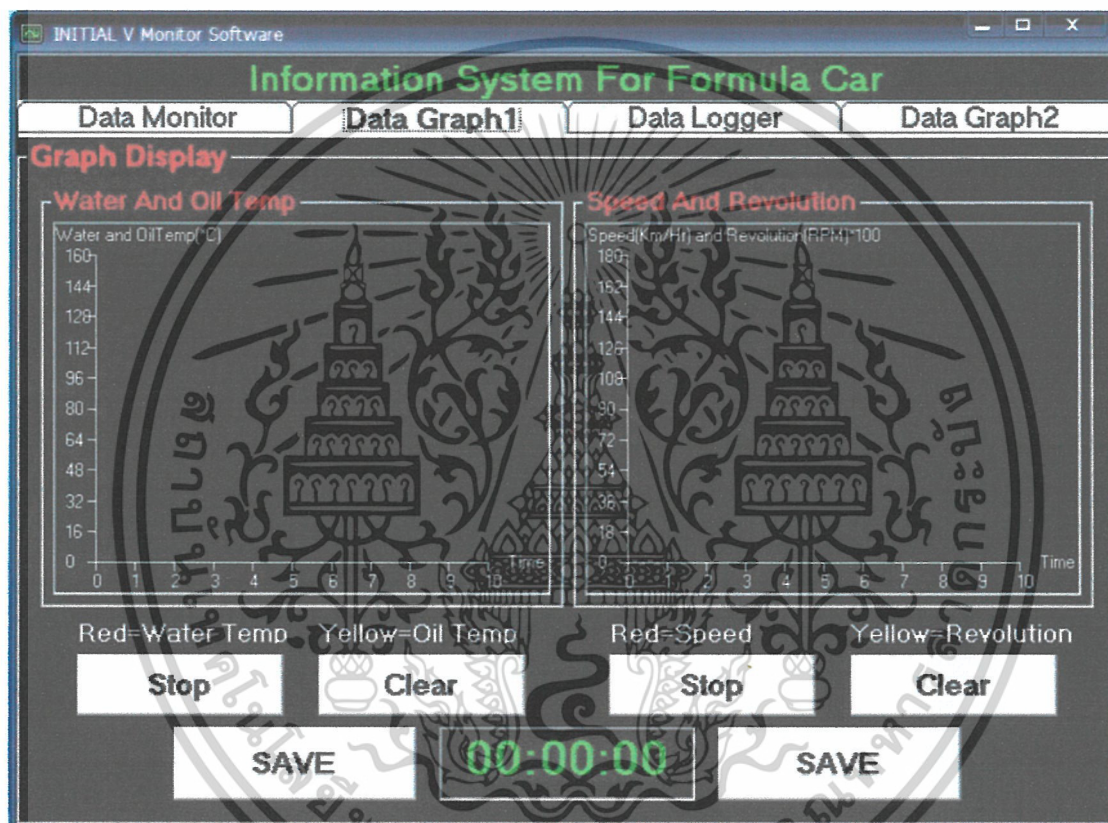
รูปที่ 3.3 รูปแบบของส่วนเริ่มต้นในการเข้าสู่โปรแกรม

โดย Page นี้ประกอบด้วยส่วนของ Digital Monitor, Analog Monitor, Comport Setting, และ Alarm Setting, Digital Monitor ประกอบด้วย ส่วนแสดงผลอุณหภูมิของน้ำ น้ำมัน ความเร็วของรถ และความเร็วยรอบเครื่องยนต์ ในรูปของตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analog Monitor ประกอบด้วย ส่วนแสดงผลอุณหภูมิของน้ำ อุณหภูมิน้ำมัน ความเร็วของรถ และ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ในรูปเกจวัด

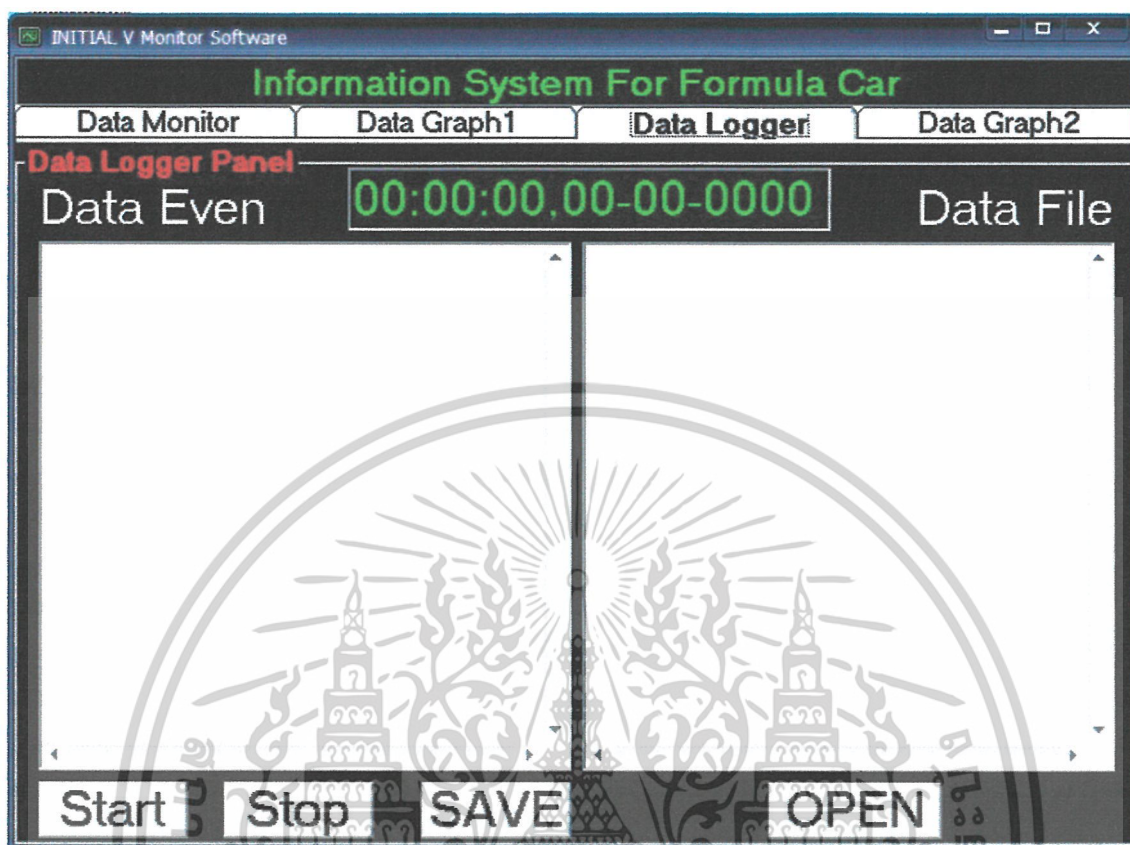
Comport Setting ประกอบด้วยส่วนที่ใช้เลือก Comport ที่ใช้ต่อกับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเลือก บอดเรท ในการส่งข้อมูลและปุ่มคำสั่งเปิดปิดพอร์ท



รูปที่ 3.4 รูปการแสดงผลข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์

เป็นการแสดงผลข้อมูลที่ได้รับเข้ามาจากไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วมาแสดงผลในรูปของกราฟ โดยจะเป็นส่วนของกราฟอุณหภูมิ น้ำ อุณหภูมิ น้ำมัน ความเร็วรถ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ มีปุ่มคำสั่งหยุด ลบและคำสั่ง เซฟภาพ และในมินาฬิกาบอกเวลา

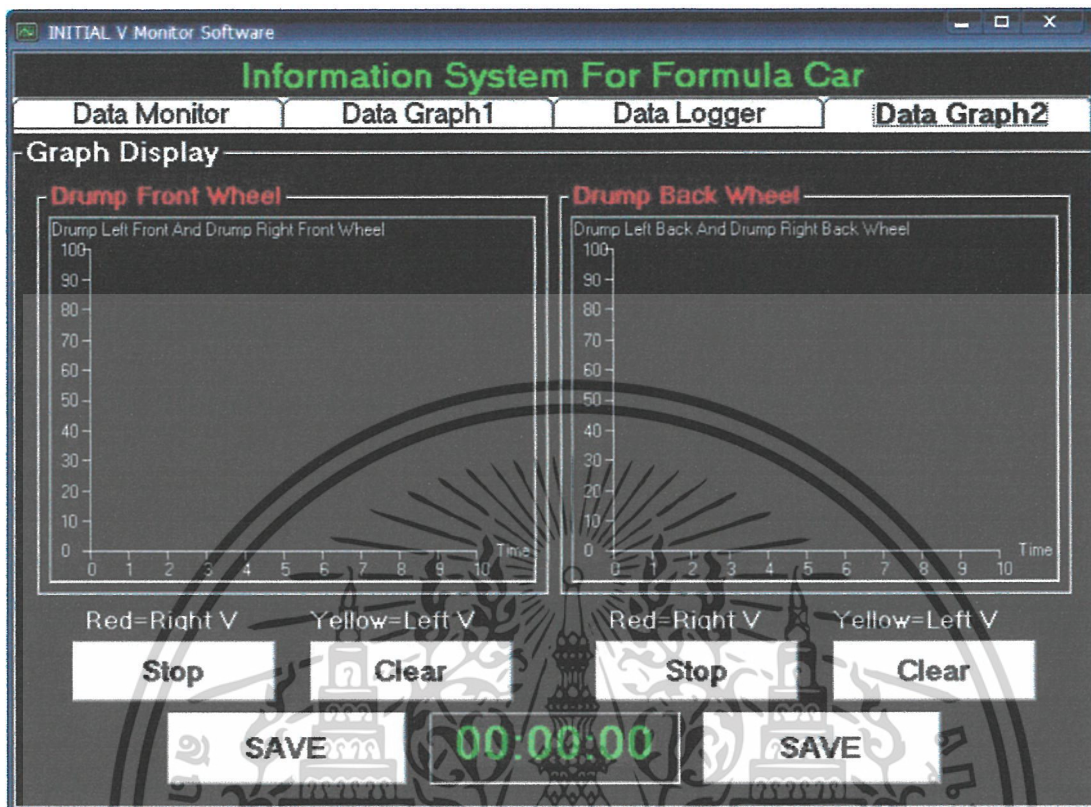
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 รูปการแสดงผลในรูปแบบของ Data Logger

ในรูปภาพข้างต้นจะเป็นการรับข้อมูลแล้วแสดงผลในรูปแบบของ Data Logger ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลได้ในลักษณะของไฟล์ .txt มีวัน เวลา ที่บันทึกข้อมูล และสามารถเปิดดูข้อมูลที่เก็บไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 รูปแบบการแสดงผลระยะยุบ ใช้ค  
 รูปภาพที่แสดงอยู่นี้ จะเป็นการแสดงผลของข้อมูลระยะยุบ โช้ค ทั้ง4ล้อ โดยแสดงในรูปแบบของ  
 กราฟ

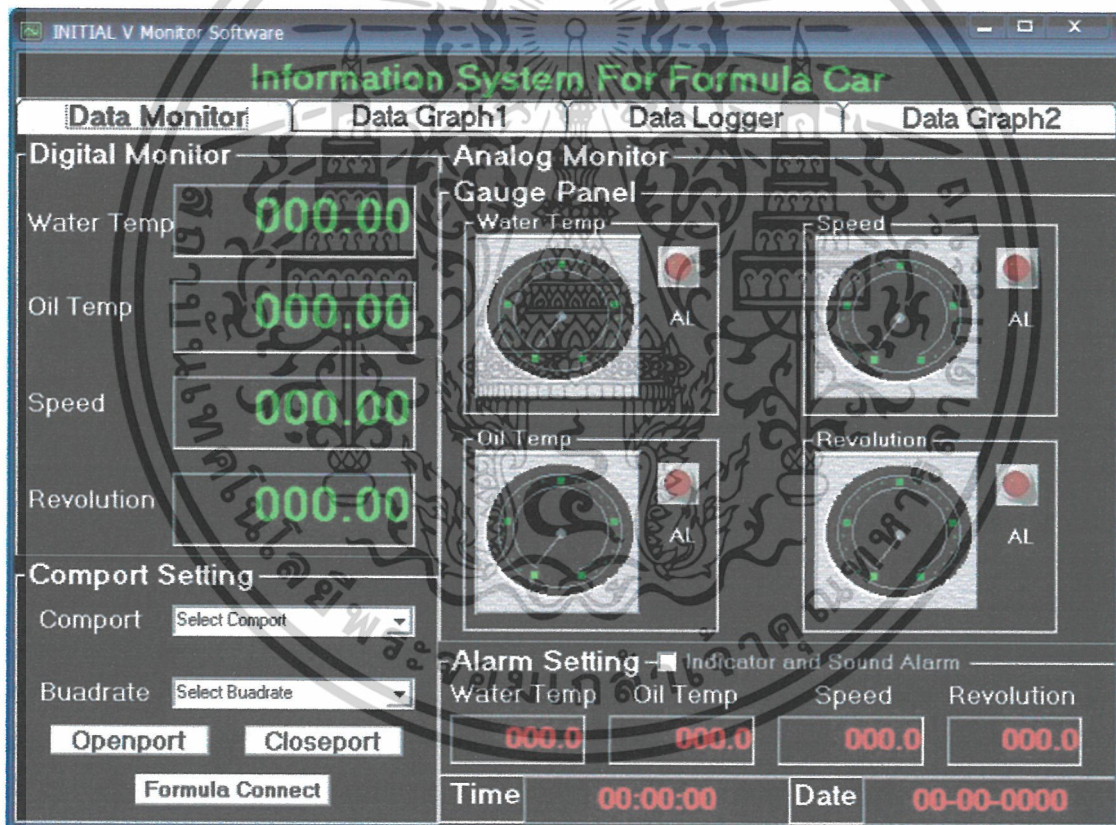
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

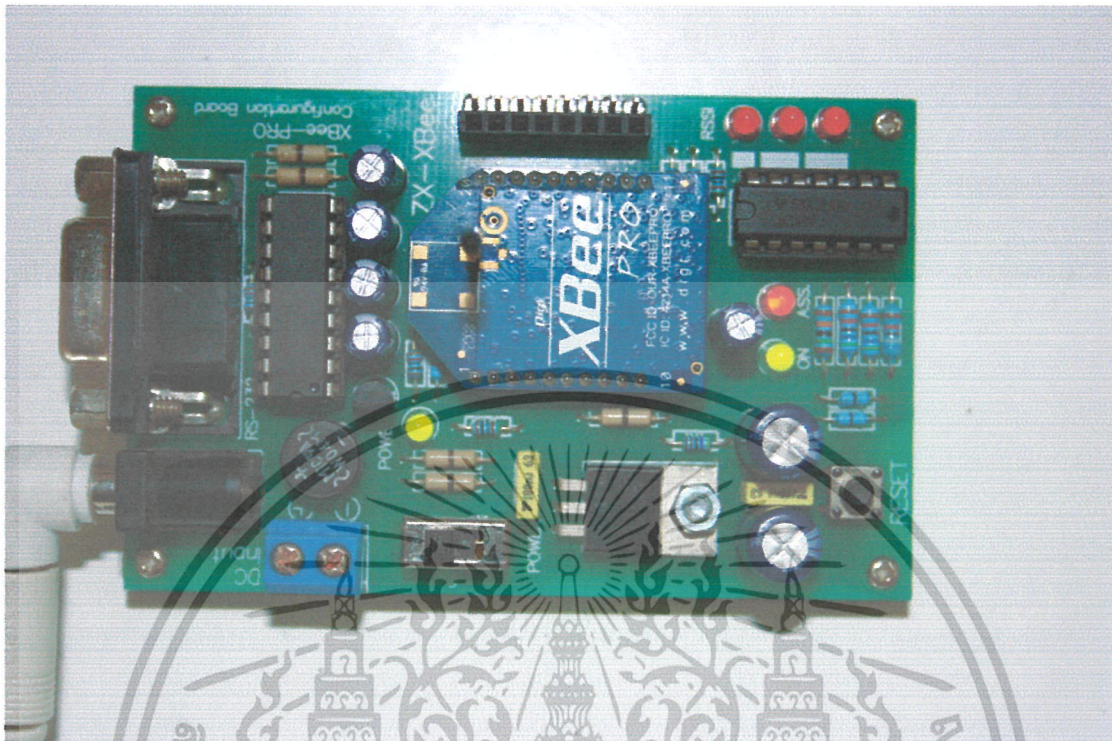
จากการออกแบบโปรแกรมขึ้นมาใช้ จากโปรแกรม Visual Basic 6 เพื่อใช้แสดงผลในส่วน  
ของค่า อุณหภูมิของน้ำเครื่องยนต์ อุณหภูมิของหม้อน้ำ ความเร็วรถขณะวิ่ง อัตราความเร็วรอบ  
เครื่องยนต์ โดยรับข้อมูลมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้แสดงค่าที่ได้รับจากตัวตรวจจับนั้นๆ  
ออกมาแสดงผลที่โปรแกรม Visual Basic 6 ที่สร้างขึ้นมา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วยภาครับ ภาคส่ง และ โปรแกรม



รูปที่ 4.1 โปรแกรมINITIAL V MONITOR ที่พัฒนาขึ้นจากโปรแกรม Visual Basic 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ภาคส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ออกอากาศ



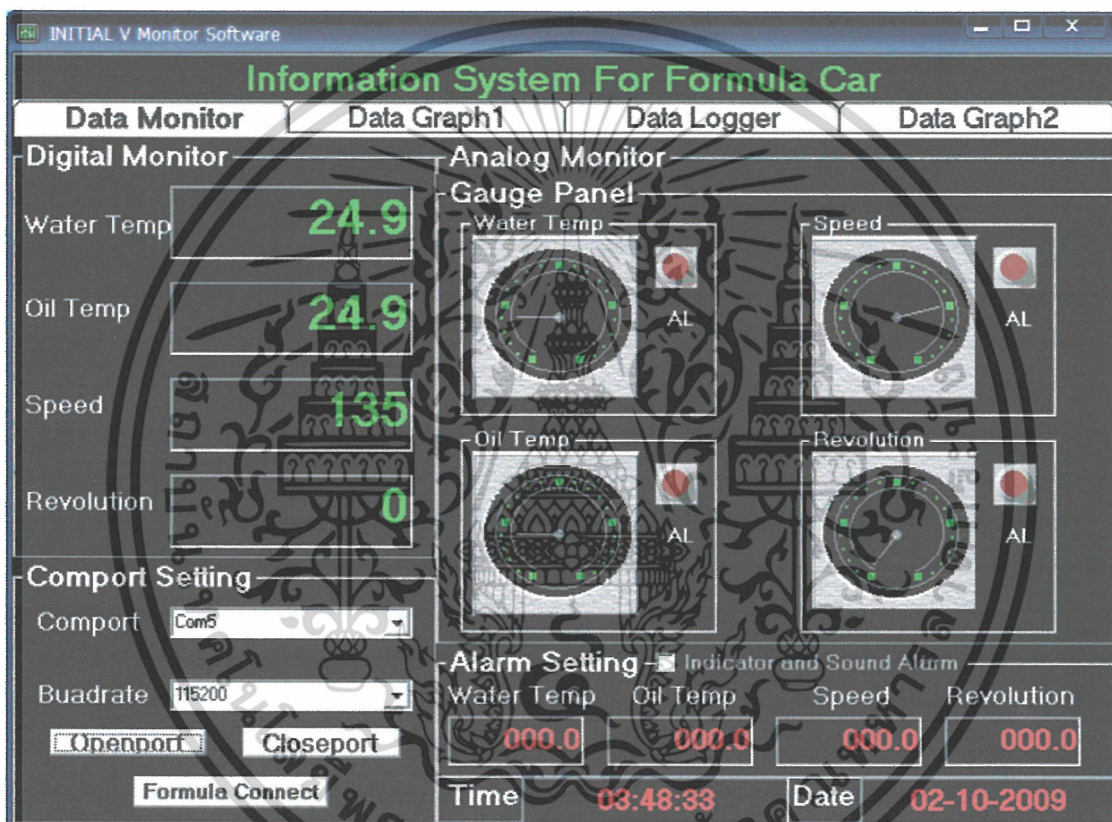
รูปที่ 4.3 ภาครับข้อมูลที่ส่งมาจากภาคส่งเข้าคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1 ผลการทดลองตามวัตถุประสงค์หลัก

การทำงานของโปรแกรมตามที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้จะมีอยู่ 3 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนการแสดงผลเป็นค่าข้อมูลเป็นจอมอนิเตอร์ ส่วนของค่าข้อมูลที่เป็นเส้นกราฟ และส่วนของข้อมูลในรูปแบบของ Data logger โดยจะแสดงผลการทดลองดังต่อไปนี้

##### 4.1.1 ส่วนการแสดงผลข้อมูลจอมอนิเตอร์

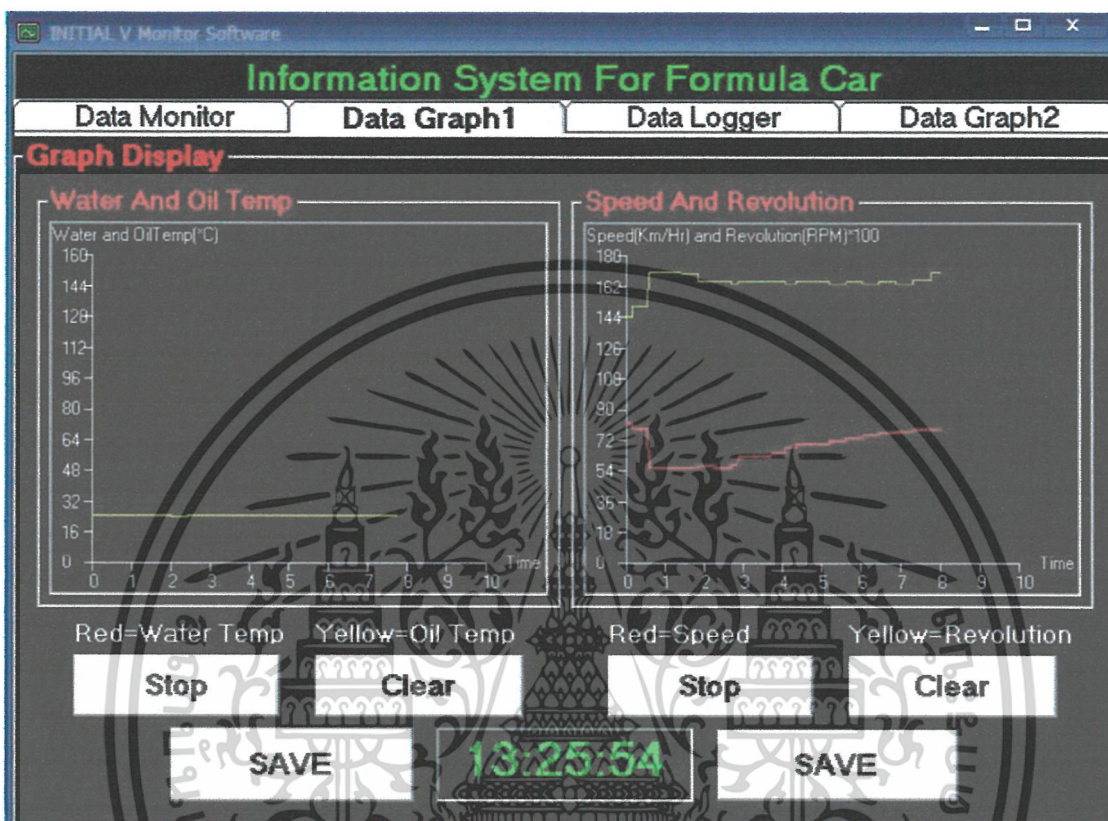


รูปที่ 4.3 ข้อมูลส่วนของมอนิเตอร์

เป็นข้อมูลของอุณหภูมิ น้ำ อุณหภูมิน้ำมัน ความเร็วรถ และอัตราความเร็วรอบเครื่องยนต์ซึ่งแสดงในรูปแบบของ ตัวเลข และเกจวัด รวมทั้งส่วนของการ Setting Comport ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้ Baudrate ที่ 115200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

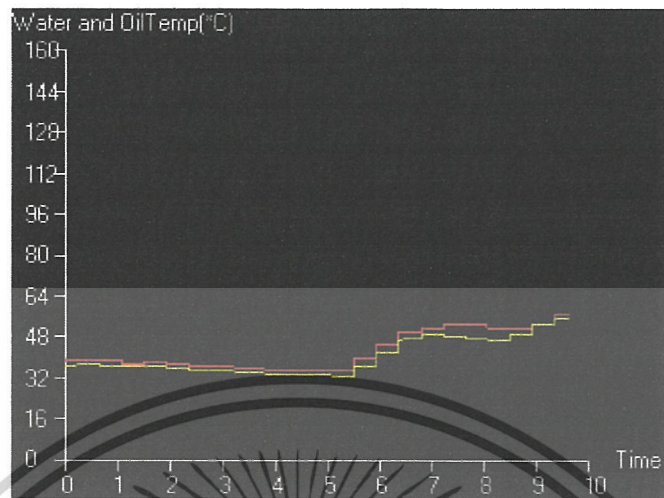
#### 4.1.2 ส่วนของค่าข้อมูลที่เป็นเส้นกราฟ



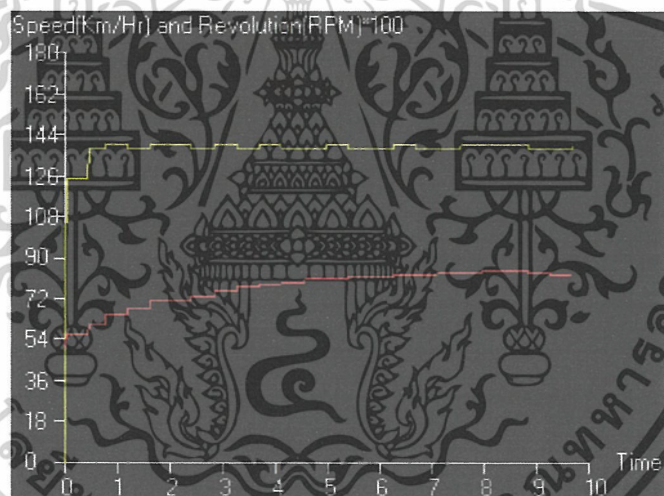
รูปที่ 4.4 ส่วนข้อมูลที่เป็นกราฟอุณหภูมิ น้ำมัน ความเร็ว อัตราความเร็วรอบเครื่องยนต์

เป็นการแสดงข้อมูลที่ได้จากมอนิเตอร์ในส่วนแรกมา พลอตกราฟออกมาโดยจะมีทั้งกราฟของอุณหภูมิ น้ำมัน อุณหภูมิ น้ำ ความเร็วรถ อัตราความเร็วรอบเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังสามารถบันทึก เป็นความกราฟได้ด้วยคำสั่ง Save เป็นไฟล์ .bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

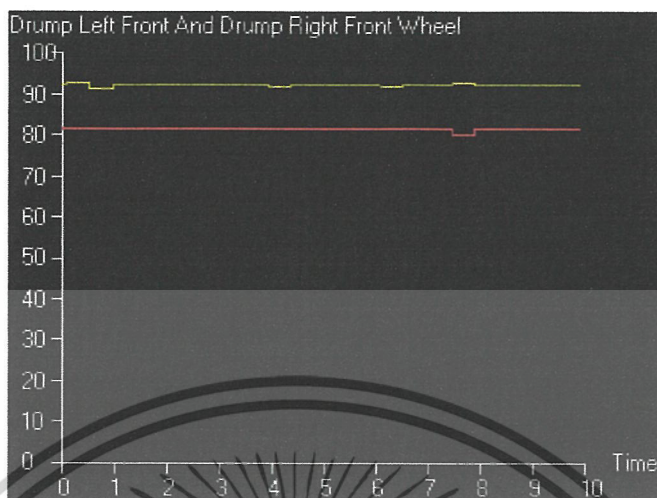


รูปที่ 4.5 กราฟอุณหภูมิ น้ำ อุณหภูมิ น้ำมัน ที่บันทึกจาก โปรแกรม

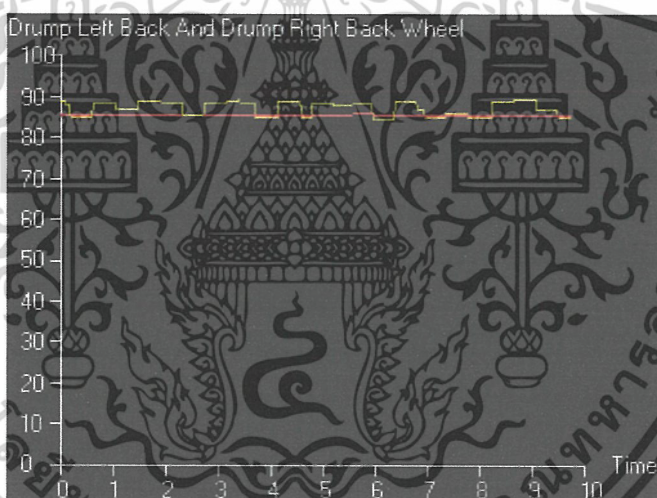


รูปที่ 4.6 กราฟความเร็ว อัตราความเร็วรอบเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



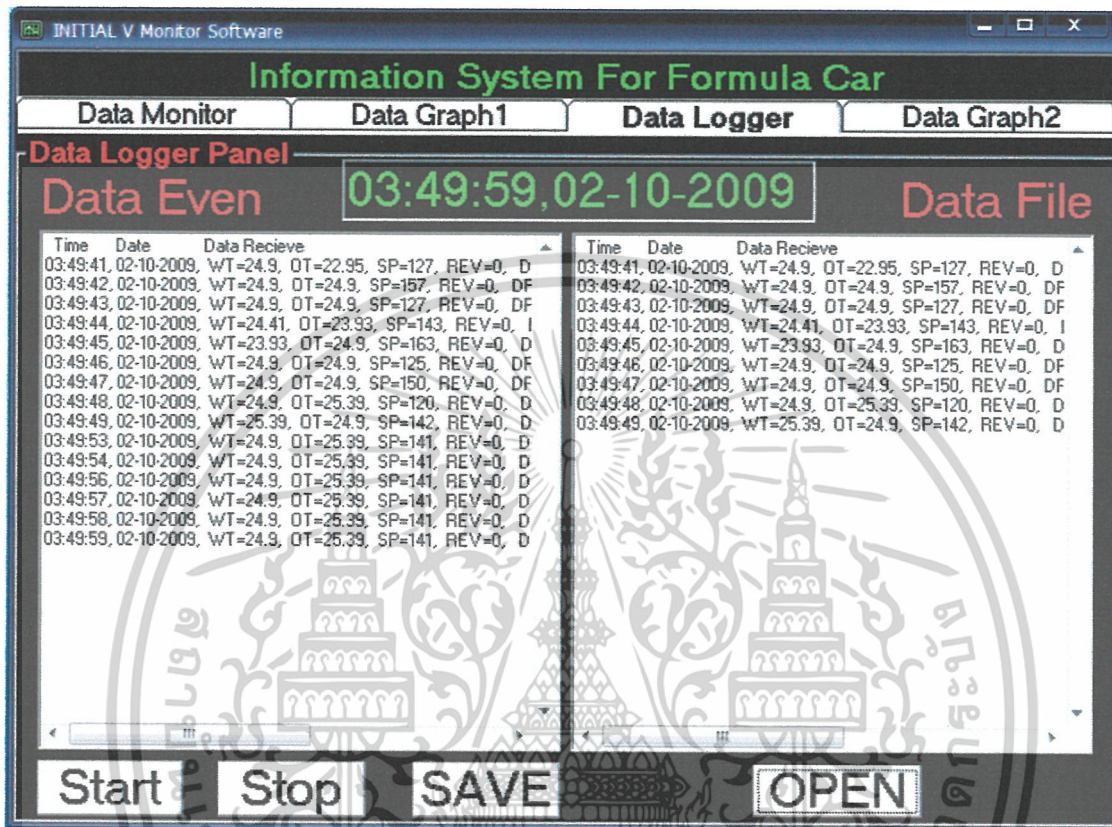
รูปที่ 4.7 กราฟระยะขยับไถ่ของล้อหน้า ทั้งซ้ายและขวา



รูปที่ 4.8 กราฟระยะขยับไถ่ของล้อหลัง ทั้งซ้ายและขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.3 ส่วนของข้อมูลในรูปของ Data logger

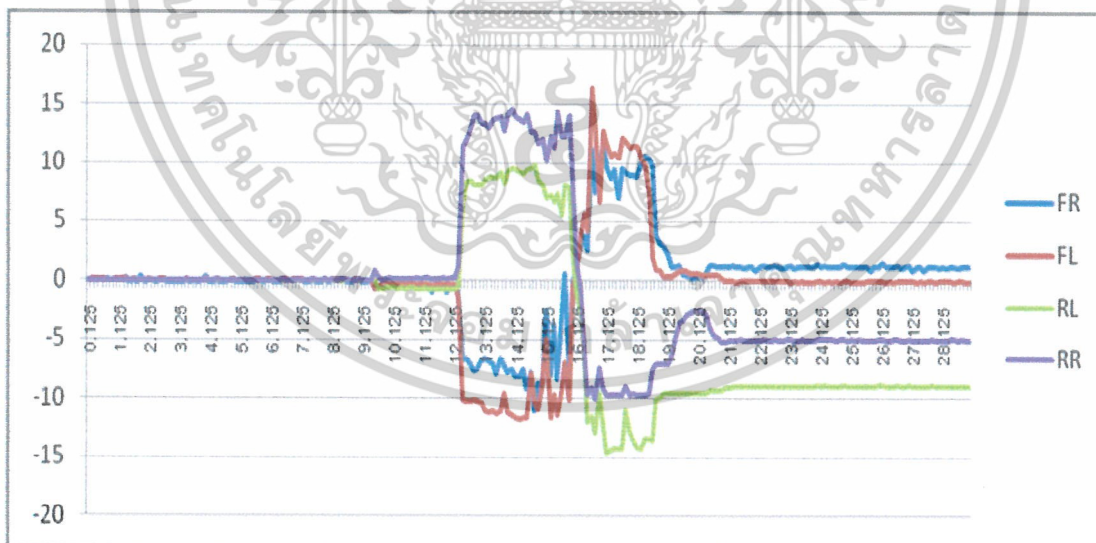


รูปที่ 4.9 ส่วนข้อมูล Data Logger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time	Date	Data Recieve						
13:49:27	02-10-2009	WT=25.39	OT=24.9	SP=86.1	REV=3240	DFR=81.54	DFL=92.58	DBR=85.55
13:49:28	02-10-2009	WT=24.9	OT=24.41	SP=85.95	REV=3240	DFR=81.54	DFL=92.58	DBR=85.55
13:49:29	02-10-2009	WT=24.41	OT=24.9	SP=86.1	REV=3210	DFR=81.54	DFL=92.58	DBR=85.55
13:49:30	02-10-2009	WT=24.9	OT=24.41	SP=85.95	REV=3210	DFR=81.54	DFL=92.58	DBR=85.55
13:49:31	02-10-2009	WT=24.9	OT=24.41	SP=86.1	REV=3240	DFR=81.54	DFL=92.58	DBR=85.55
13:49:32	02-10-2009	WT=24.9	OT=24.9	SP=86.1	REV=3240	DFR=81.54	DFL=92.38	DBR=85.55
13:49:33	02-10-2009	WT=24.9	OT=24.41	SP=86.1	REV=3240	DFR=81.54	DFL=92.58	DBR=85.55
13:49:34	02-10-2009	WT=24.41	OT=24.41	SP=86.1	REV=3210	DFR=81.54	DFL=92.58	DBR=85.64
13:49:35	02-10-2009	WT=24.9	OT=24.41	SP=86.1	REV=3210	DFR=81.54	DFL=92.58	DBR=85.55
13:49:36	02-10-2009	WT=24.9	OT=24.41	SP=86.1	REV=3240	DFR=81.54	DFL=92.77	DBR=85.55
13:49:37	02-10-2009	WT=24.9	OT=24.41	SP=86.1	REV=3210	DFR=81.54	DFL=92.58	DBR=85.55
13:49:38	02-10-2009	WT=24.9	OT=280.27	SP=16.2	REV=25050	DFR=92.58	DFL=85.55	DBR=-.78
13:49:39	02-10-2009	WT=24.9	OT=24.41	SP=85.95	REV=3210	DFR=81.54	DFL=92.58	DBR=85.55
13:49:40	02-10-2009	WT=24.9	OT=24.41	SP=85.95	REV=3240	DFR=81.54	DFL=92.58	DBR=85.55
13:49:41	02-10-2009	WT=24.9	OT=24.41	SP=85.95	REV=3210	DFR=81.54	DFL=92.58	DBR=85.55
13:49:42	02-10-2009	WT=24.9	OT=24.9	SP=85.95	REV=3240	DFR=81.54	DFL=92.48	DBR=85.55
13:49:43	02-10-2009	WT=23.93	OT=24.41	SP=85.95	REV=3210	DFR=81.54	DFL=92.48	DBR=85.74
13:49:44	02-10-2009	WT=23.93	OT=24.41	SP=85.95	REV=3210	DFR=81.54	DFL=92.48	DBR=85.74
13:49:45	02-10-2009	WT=24.9	OT=24.41	SP=85.95	REV=3210	DFR=81.54	DFL=92.58	DBR=85.55
13:49:46	02-10-2009	WT=24.9	OT=24.9	SP=85.95	REV=3210	DFR=81.54	DFL=92.58	DBR=85.55
13:49:47	02-10-2009	WT=24.9	OT=24.41	SP=85.95	REV=3240	DFR=81.54	DFL=92.58	DBR=85.55
13:49:48	02-10-2009	WT=24.9	OT=23.44	SP=85.95	REV=3210	DFR=81.54	DFL=92.58	DBR=85.55

รูปที่ 4.10 Data Logger ที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบของ Text File



รูปที่ 4.11 กราฟที่ได้จากการนำข้อมูล Data Logger มาใช้แสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากความต้องการที่จะส่งข้อมูลจากตัวรถมายัง Cock pit จึงทำให้เกิดความคิดที่จะสร้าง “ระบบสื่อสารสนเทศสำหรับรถฟอร์มูล่า”

ในขั้นตอนแรก เราจะต้องออกแบบงานลักษณะงานในขั้นต้นก่อน โดยจะต้องเลือกอุปกรณ์ที่จะใช้ควบคุมข้อมูล ตัวกลางในการส่งผ่านข้อมูล และลักษณะการใช้งาน ออกแบบการทำงานเบื้องต้นทำให้ได้ขอบเขตงาน

หลังจากที่ขั้นตอนแรกเราได้ขอบเขตในการทำงานแล้วต่อไปจะเป็นขั้นตอนในการจัดซื้ออุปกรณ์สำเร็จรูปที่ใช้ในงาน

จากนั้นก็ทำงานการทดลองกับแผงทดลองต้นแบบ เป็นการทดลองเบื้องต้นว่าอุปกรณ์มีปัญหาและใช้งานได้จริง เมื่อทดสอบเรียบร้อยแล้วก็จะทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

จะใช้โปรแกรม Code Vision ในการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์และใช้โปรแกรม Visual Basic 6 ในการเขียนโปรแกรมแสดงผล

#### 5.2 สรุปปัญหาจากการทดลอง

1. อุปกรณ์ส่งสัญญาณมีความบอบบางมากต้องมีความระมัดระวังมาก และยังมีปัญหาในการเสาค่าตัวอุปกรณ์ที่ต้องทำบ่อยๆ
2. กราฟที่ได้ยังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร เพราะมีปัญหาในการในเรื่องอัตราการส่งข้อมูลเนื่องตัวกลางมีอัตราการส่งข้อมูลยังไม่เพียงพอ
3. ยังไม่สามารถติดตั้งชิ้นงานบนตัวรถได้เนื่องจากรถยังอยู่ในขั้นตอนการสร้างจึงทำได้เพียงการทดสอบกับอุปกรณ์ทดลองเท่านั้น

#### 5.3 แนวทางพัฒนาในอนาคต

1. เปลี่ยนจากโมดูล Wireless Communication เป็น โมดูลแบบ GPS แทน
2. ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 1. XBee/XBee-PRO OEM RF Modules

The XBee and XBee-PRO OEM RF Modules were engineered to meet IEEE 802.15.4 standards and support the unique needs of low-cost, low-power wireless sensor networks. The modules require minimal power and provide reliable delivery of data between devices.

The modules operate within the ISM 2.4 GHz frequency band and are pin-for-pin compatible with each other.



## 1.1. Key Features

### Long Range Data Integrity

#### XBee

- Indoor/Urban: up to 100' (30 m)
- Outdoor line-of-sight: up to 300' (100 m)
- Transmit Power: 1 mW (0 dBm)
- Receiver Sensitivity: -92 dBm

#### XBee-PRO

- Indoor/Urban: up to 300' (100 m)
- Outdoor line-of-sight: up to 1 mile (1500 m)
- Transmit Power: 100 mW (20 dBm) EIRP
- Receiver Sensitivity: -100 dBm

RF Data Rate: 250,000 bps

### Advanced Networking & Security

- Retries and Acknowledgements
- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
- Each direct sequence channels has over 65,000 unique network addresses available
- Source/Destination Addressing
- Unicast & Broadcast Communications
- Point-to-point, point-to-multipoint and peer-to-peer topologies supported
- Coordinator/End Device operations

### Low Power

#### XBee

- TX Current: 45 mA (@3.3 V)
- RX Current: 50 mA (@3.3 V)
- Power-down Current: < 10  $\mu$ A

#### XBee-PRO

- TX Current: 215 mA (@3.3 V)
- RX Current: 55 mA (@3.3 V)
- Power-down Current: < 10  $\mu$ A

### ADC and I/O line support

- Analog-to-digital conversion, Digital I/O
- I/O Line Passing

### Easy-to-Use

- No configuration necessary for out-of box RF communications
- Free X-CTU Software (Testing and configuration software)
- AT and API Command Modes for configuring module parameters
- Extensive command set
- Small form factor
- Free & Unlimited RF-XPert Support**

### 1.1.1. Worldwide Acceptance

**FCC Approval (USA)** Refer to Appendix A [p57] for FCC Requirements. Systems that contain XBee/XBee-PRO RF Modules inherit MaxStream Certifications.

ISM (Industrial, Scientific & Medical) **2.4 GHz frequency band**

Manufactured under **ISO 9001:2000** registered standards

XBee/XBee-PRO RF Modules are optimized for use in the **United States, Canada, Australia, Israel and Europe.** Contact MaxStream for complete list of government agency approvals.



## 1.2. Specifications

Table 1-01. Specifications of the XBee/XBee-PRO OEM RF Modules

Specification	XBee	XBee-PRO
<b>Performance</b>		
Indoor/Urban Range	up to 100 ft. (30 m)	Up to 300' (100 m)
Outdoor RF line-of-sight Range	up to 300 ft. (100 m)	Up to 1 mile (1500 m)
Transmit Power Output (software selectable)	1mW (0 dBm)	60 mW (18 dBm) conducted, 100 mW (20 dBm) EIRP*
RF Data Rate	250,000 bps	250,000 bps
Serial Interface Data Rate (software selectable)	1200 - 115200 bps (non-standard baud rates also supported)	1200 - 115200 bps (non-standard baud rates also supported)
Receiver Sensitivity	-92 dBm (1% packet error rate)	-100 dBm (1% packet error rate)
<b>Power Requirements</b>		
Supply Voltage	2.8 – 3.4 V	2.8 – 3.4 V
Transmit Current (typical)	45mA (@ 3.3 V)	If PL=0 (10dBm): 137mA(@3.3V), 139mA(@3.0V) PL=1 (12dBm): 155mA (@3.3V), 153mA(@3.0V) PL=2 (14dBm): 170mA (@3.3V), 171mA(@3.0V) PL=3 (16dBm): 188mA (@3.3V), 195mA(@3.0V) PL=4 (18dBm): 215mA (@3.3V), 227mA(@3.0V)
Idle / Receive Current (typical)	50mA (@ 3.3 V)	55mA (@ 3.3 V)
Power-down Current	< 10 $\mu$ A	< 10 $\mu$ A
<b>General</b>		
Operating Frequency	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
Dimensions	0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)	0.960" x 1.297" (2.438cm x 3.294cm)
Operating Temperature	-40 to 85° C (industrial)	-40 to 85° C (industrial)
Antenna Options	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector
<b>Networking &amp; Security</b>		
Supported Network Topologies	Point-to-point, Point-to-multipoint & Peer-to-peer	
Number of Channels (software selectable)	16 Direct Sequence Channels	12 Direct Sequence Channels
Addressing Options	PAN ID, Channel and Addresses	
<b>Agency Approvals</b>		
United States (FCC Part 15.247)	OUR-XBEE	OUR-XBEEPRO
Industry Canada (IC)	4214A XBEE	4214A XBEEPRO
Europe (CE)	ETSI	ETSI (Max. 10 dBm transmit power output)*
Japan	n/a	005NYCA0378 (Max. 10 dBm transmit power output)**

\* When operating in Europe: XBee-PRO RF Modules must be configured to operate at a maximum transmit power output level of 10 dBm. The power output level is set using the PL command. The PL parameter must equal "0" (10 dBm).

Additionally, European regulations stipulate an EIRP power maximum of 12.86 dBm (19 mW) for the XBee-PRO and 12.11 dBm for the XBee when integrating high-gain antennas.

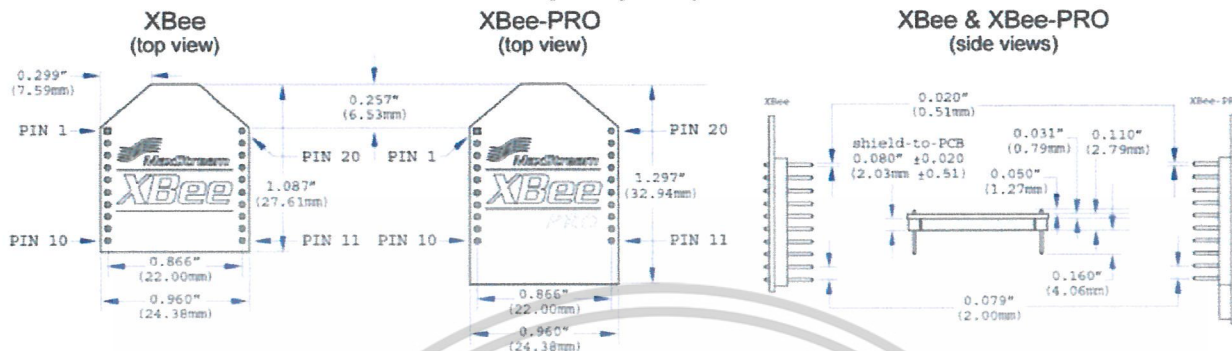
\*\* When operating in Japan: Transmit power output is limited to 10 dBm. A special part number is required when ordering modules approved for use in Japan. Contact MaxStream for more information [call 1-801-765-9885 or send e-mails to sales@maxstream.net].

Antenna Options: The ranges specified are typical when using the integrated Whip (1.5 dBi) and Dipole (2.1 dBi) antennas. The Chip antenna option provides advantages in its form factor; however, it typically yields shorter range than the Whip and Dipole antenna options when transmitting outdoors. For more information, refer to the "XBee Antenna" application note located on MaxStream's web site (<http://www.maxstream.net/support/knowledgebase/article.php?kb=153>).



### 1.3. Mechanical Drawings

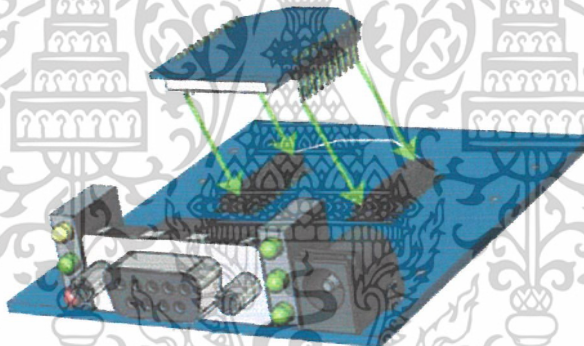
**Figure 1-01. Mechanical drawings of the XBee/XBee-PRO OEM RF Modules (antenna options not shown)**  
 The XBee and XBee-PRO RF Modules are pin-for-pin compatible.



### 1.4. Mounting Considerations

The XBee/XBee-PRO RF Module was designed to mount into a receptacle (socket) and therefore does not require any soldering when mounting it to a board. The XBee Development Kits contain RS-232 and USB interface boards which use two 20-pin receptacles to receive modules.

**Figure 1-02. XBee Module Mounting to an RS-232 Interface Board.**



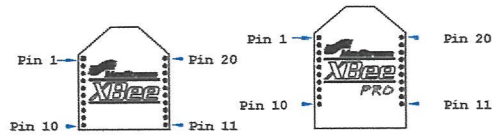
The receptacles used on MaxStream development boards are manufactured by Century Interconnect. Several other manufacturers provide comparable mounting solutions; however, MaxStream currently uses the following receptacles:

- Through-hole single-row receptacles - Samtec P/N: MMS-110-01-L-SV (or equivalent)
- Surface-mount double-row receptacles - Century Interconnect P/N: CPRMSL20-D-0-1 (or equivalent)
- Surface-mount single-row receptacles - Samtec P/N: SMM-110-02-SM-S

MaxStream also recommends printing an outline of the module on the board to indicate the orientation the module should be mounted.

## 1.5. Pin Signals

**Figure 1-03. XBee/XBee-PRO RF Module Pin Numbers**  
(top sides shown - shields on bottom)



**Table 1-02. Pin Assignments for the XBee and XBee-PRO Modules**  
(Low-asserted signals are distinguished with a horizontal line above signal name.)

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / CONFIG	Input	UART Data In
4	DO8*	Output	Digital Output 8
5	RESET	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI	Output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output 1
8	[reserved]	-	Do not connect
9	DTR / SLEEP_RQ / DI8	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4 / DIO4	Either	Analog Input 4 or Digital I/O 4
12	CTS / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / SLEEP	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs
15	Associate / AD5 / DIO5	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5
16	RTS / AD6 / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

\* Function is not supported at the time of this release

**Design Notes:**

- Minimum connections: VCC, GND, DOUT & DIN
- Minimum connections for updating firmware: VCC, GND, DIN, DOUT, RTS & DTR
- Signal Direction is specified with respect to the module
- Module includes a 50k  $\Omega$  pull-up resistor attached to RESET
- Several of the input pull-ups can be configured using the PR command
- Unused pins should be left disconnected



## 1.6. Electrical Characteristics

Table 1-03. DC Characteristics (VCC = 2.8 - 3.4 VDC)

Symbol	Characteristic	Condition	Min	Typical	Max	Unit
V <sub>IL</sub>	Input Low Voltage	All Digital Inputs	-	-	0.35 * VCC	V
V <sub>IH</sub>	Input High Voltage	All Digital Inputs	0.7 * VCC	-	-	V
V <sub>OL</sub>	Output Low Voltage	I <sub>OL</sub> = 2 mA, VCC >= 2.7 V	-	-	0.5	V
V <sub>OH</sub>	Output High Voltage	I <sub>OH</sub> = -2 mA, VCC >= 2.7 V	VCC - 0.5	-	-	V
I <sub>IN</sub>	Input Leakage Current	V <sub>IN</sub> = VCC or GND, all inputs, per pin	-	0.025	1	μA
I <sub>OZ</sub>	High Impedance Leakage Current	V <sub>IN</sub> = VCC or GND, all I/O High-Z, per pin	-	0.025	1	μA
TX	Transmit Current	VCC = 3.3 V	-	45 (XBee) 215 (PRO)	-	mA
RX	Receive Current	VCC = 3.3 V	-	50 (XBee) 55 (PRO)	-	mA
PWR-DWN	Power-down Current	SM parameter = 1	-	< 10	-	μA

Table 1-04. ADC Characteristics (Operating)

Symbol	Characteristic	Condition	Min	Typical	Max	Unit
V <sub>REFH</sub>	VREF - Analog-to-Digital converter reference range		2.08	-	V <sub>DDAD</sub>	V
I <sub>REF</sub>	VREF - Reference Supply Current	Enabled	-	200	-	μA
		Disabled or Sleep Mode	-	< 0.01	0.02	μA
V <sub>INDC</sub>	Analog Input Voltage <sup>1</sup>		V <sub>SSAD</sub> - 0.3	-	V <sub>DDAD</sub> + 0.3	V

1. Maximum electrical operating range, not valid conversion range.

Table 1-05. ADC Timing/Performance Characteristics<sup>1</sup>

Symbol	Characteristic	Condition	Min	Typical	Max	Unit
R <sub>AS</sub>	Source Impedance at Input <sup>2</sup>		-	-	10	kΩ
V <sub>AIN</sub>	Analog Input Voltage <sup>3</sup>		V <sub>REFL</sub>	-	V <sub>REFH</sub>	V
RES	Ideal Resolution (1 LSB) <sup>4</sup>	2.08V ≤ V <sub>DDAD</sub> ≤ 3.6V	2.031	-	3.516	mV
DNL	Differential Non-linearity <sup>5</sup>		-	±0.5	±1.0	LSB
INL	Integral Non-linearity <sup>6</sup>		-	±0.5	±1.0	LSB
E <sub>ZS</sub>	Zero-scale Error <sup>7</sup>		-	±0.4	±1.0	LSB
F <sub>FS</sub>	Full-scale Error <sup>8</sup>		-	±0.4	±1.0	LSB
E <sub>IL</sub>	Input Leakage Error <sup>9</sup>		-	±0.05	±5.0	LSB
E <sub>TU</sub>	Total Unadjusted Error <sup>10</sup>		-	±1.1	±2.5	LSB

1. All ACCURACY numbers are based on processor and system being in WAIT state (very little activity and no IO switching) and that adequate low-pass filtering is present on analog input pins (filter with 0.01 μF to 0.1 μF capacitor between analog input and VREFL). Failure to observe these guidelines may result in system or microcontroller noise causing accuracy errors which will vary based on board layout and the type and magnitude of the activity.

Data transmission and reception during data conversion may cause some degradation of these specifications, depending on the number and timing of packets. It is advisable to test the ADCs in your installation if best accuracy is required.

2. R<sub>AS</sub> is the real portion of the impedance of the network driving the analog input pin. Values greater than this amount may not fully charge the input circuitry of the ATD resulting in accuracy error.

3. Analog input must be between V<sub>REFL</sub> and V<sub>REFH</sub> for valid conversion. Values greater than V<sub>REFH</sub> will convert to \$3FF.

4. The resolution is the ideal step size or 1LSB = (V<sub>REFH</sub> - V<sub>REFL</sub>)/1024

5. Differential non-linearity is the difference between the current code width and the ideal code width (1LSB). The current code width is the difference in the transition voltages to and from the current code.

6. Integral non-linearity is the difference between the transition voltage to the current code and the adjusted ideal transition voltage for the current code. The adjusted ideal transition voltage is (Current Code - 1/2) \* (1 / ((V<sub>REFH</sub> + E<sub>FS</sub>) - (V<sub>REFL</sub> + E<sub>ZS</sub>))).

7. Zero-scale error is the difference between the transition to the first valid code and the ideal transition to that code. The ideal transition voltage to a given code is (Code - 1/2) \* (1 / (V<sub>REFH</sub> - V<sub>REFL</sub>)).

8. Full-scale error is the difference between the transition to the last valid code and the ideal transition to that code. The ideal transition voltage to a given code is (Code - 1/2) \* (1 / (V<sub>REFH</sub> - V<sub>REFL</sub>)).

9. Input leakage error is error due to input leakage across the real portion of the impedance of the network driving the analog pin. Reducing the impedance of the network reduces this error.

10. Total unadjusted error is the difference between the transition voltage to the current code and the ideal straight-line transfer function. This measure of error includes inherent quantization error (1/2LSB) and circuit error (differential, integral, zero-scale, and full-scale) error. The specified value of E<sub>TU</sub> assumes zero E<sub>IL</sub> (no leakage or zero real source impedance).



Note injector numbers are in firing order not cylinder number  
See attached notes.

All 5 volt and Sensor Gnd connections are equivalent (except Lambda Gnd). Use the ones which are most suitable for the sensors connected. If not using twisted pair wire, twist together separate wires especially the sensor connections with a pitch of approx. 2.5 cm

**Crank sensor connections**  
Use twisted pair wire with overall screen for crank sensor  
VR sensor pin outs (magnetic)  
Ford  
Pin 1 to pin 8  
Pin 2 to pin 47  
Shield to pin 47 at ECU  
Vauxhall/Opel/BMW/Volvo/Saab/Lecl. (Bosch & Siemens)  
Pin 1 to pin 8  
Pin 2 to pin 47  
Pin 3 to shield to pin 47 at ECU  
Marell  
Pin 2 to pin 8  
Pin 1 to pin 47  
Shield to pin 47 at ECU

**12 volt supply**

Injectors MUST be 5 Ohms or more. If less use ballast resistor.  
SEE ATTACHED NOTES

Ground (Earth)

Micro Switch

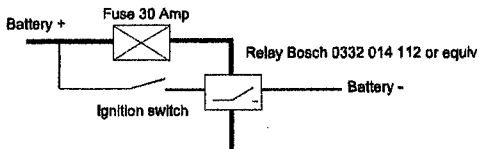
Hall Sensor

Hall Sensor

Magnetic Sensor

12 Volt Supply

**Typical 12v supply circuit**



Tel +44 (0)161 877 1419  
Fax +44 (0)161 877 7086  
Email office@dtafest.co.uk

**WIRING SCHEMATIC**

FOR P8PRO V29.0 FIRMWARE OR LATER

LAST UPDATED 01/10/2002  
\*\* SEE ATTACHED NOTES \*\*

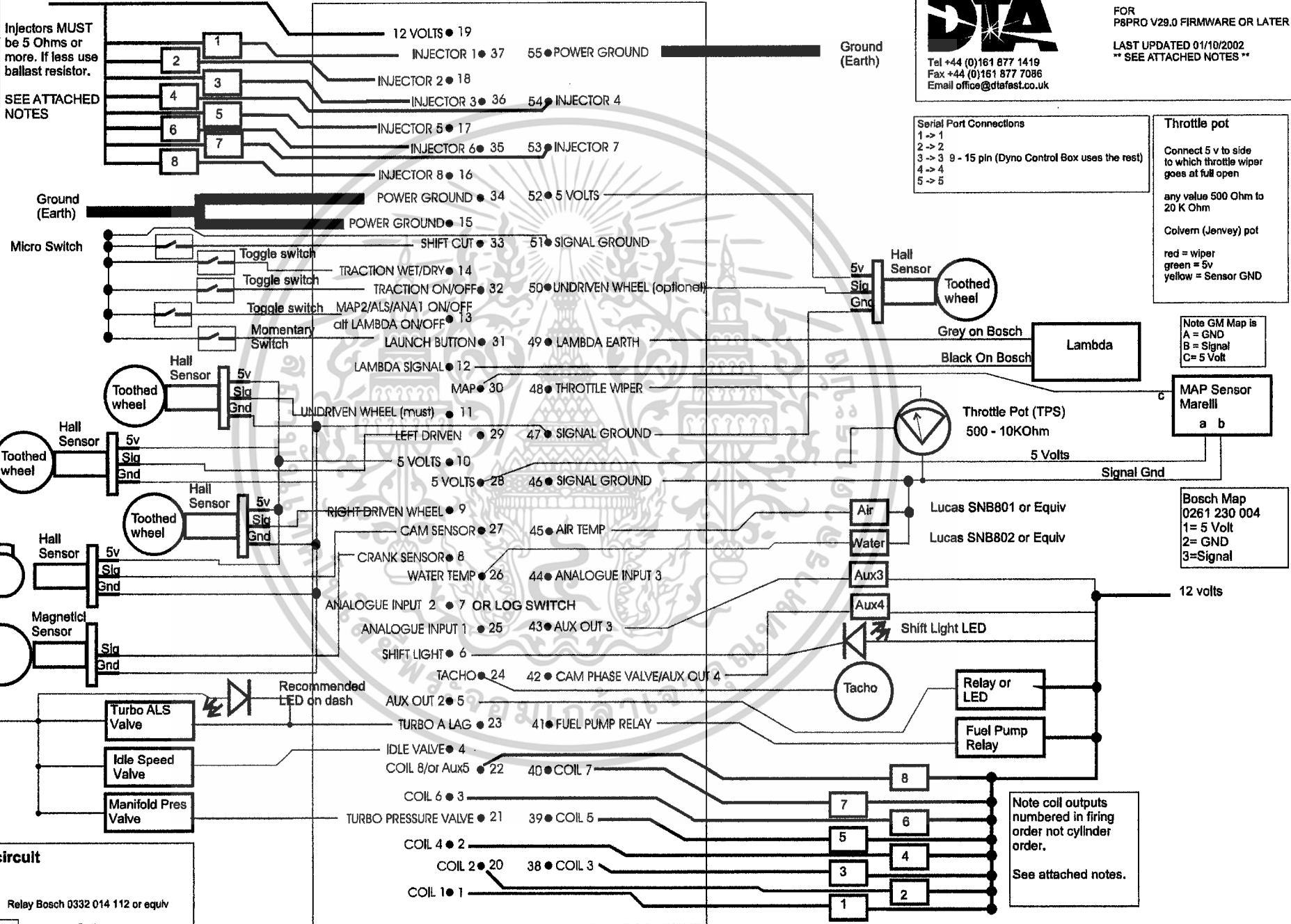
**Serial Port Connections**  
1 -> 1  
2 -> 2  
3 -> 3  
4 -> 4  
5 -> 5  
9 - 15 pin (Dyno Control Box uses the rest)

**Throttle pot**  
Connect 5 v to side to which throttle wiper goes at full open  
any value 500 Ohm to 20 K Ohm  
Colvern (Jervey) pot  
red = wiper  
green = 5v  
yellow = Sensor GND

Note GM Map is  
A = GND  
B = Signal  
C = 5 Volt

MAP Sensor Marelli  
a b

Bosch Map 0261 230 004  
1= 5 Volt  
2= GND  
3=Signal



Latch end

Note coil outputs numbered in firing order not cylinder order.  
See attached notes.

### Injector Wiring

**Note all injectors must be high impedance types or use a ballast resistor.**

#### Sequential

Remember that the outputs are numbered in firing sequence, that is 1 is the first to fire, 2 the second etc. For a 4 cylinder with a firing sequence of 1/3/4/2 connect wires as below.

Cyl	1	3	4	2
O/P	1	2	3	4

And similarly for 6 or 8 cylinder engines. 8 cylinders is the maximum that can be handled with sequential injection. A cam sensor MUST be fitted for sequential injection.

#### Non Sequential

Use O/P's 1,2 and 5,6. Balance numbers of injectors on each

#### Non Sequential Twin Injector

Injectors 1:- Use O/P's 1,2 and 5,6. Balance numbers of injectors on each

Injectors 2:- Use O/P's 3,4 and 7,8. Balance numbers of injectors on each

### Coil Wiring

#### Coil Per Plug

Remember that the outputs are numbered in firing sequence, that is 1 is the first to fire, 2 the second etc. For a 4 cylinder with a firing sequence of 1/3/4/2 connect wires as below. A cam sensor MUST be fitted for coil per plug operation.

Cyl	1	3	4	2
O/P	1	2	3	4

And similarly for 6 or 8 cylinder engines.

#### Wasted Spark

Use the lowest outputs. For a 6 cylinder engine with a firing order of 1/3/6/4/5/2 wire as below.

Cyl	1	3	6
Cyl	4	5	2
O/P	1	2	3

#### Distributor

Use Coil output 1 or 2..

#### Twin Spark

Coil O/P's 1 to 4 work as normal. Coil O/P's 5 to 8 are the matching second plug. For a 4 cylinder, coil per plug, twin spark wire as below.

Cyl	1	3	4	2	First Plug
O/P	1	2	3	4	

Cyl	1	3	4	2	Second Plug
O/P	5	6	7	8	

Four cylinder coil per plug or 8 cylinder wasted spark is the maximum for twin spark operation.

#### Special Considerations for Audi 5 Cylinder

The engine must have 5 coils and a 60 - 2 crank wheel at 60 degrees. Set to 10 cylinders in general engine settings. Set unequal firing and 1 coil per plug OFF in unequal firing angles. Set sequential injection OFF in injector phasing. You do not need a cam sensor.

#### Wire coils as below

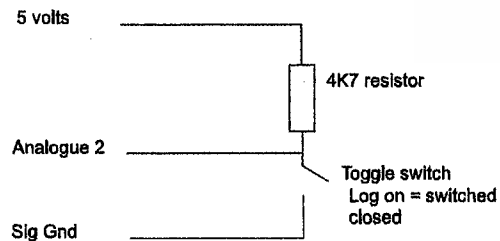
Cyl	1	5	2	3	4
O/P	1	2	3	4	5

#### Wire Injectors as below

Cyl	1	5	2	3	4
O/P	1	2	5	6	6

### ANALOGUE 2 WIRING FOR LOG SWITCH

If using the analogue 2 input for switching the log on and off use the following wiring.



WIRING NOTES

FOR P8PRO V29.D FIRMWARE OR LATER

LAST UPDATED 01/10/2002

Tel +44 (0)1274 667960  
 Fax +44 (0)1274 663627  
 Email office@dtatst.demon.co.uk

## Features

- High-performance, Low-power AVR<sup>®</sup> 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 133 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers + Peripheral Control Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
  - 128K Bytes of In-System Reprogrammable Flash
    - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - 4K Bytes EEPROM
    - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
  - 4K Bytes Internal SRAM
  - Up to 64K Bytes Optional External Memory Space
  - Programming Lock for Software Security
  - SPI Interface for In-System Programming
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - Two Expanded 16-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, Compare Mode and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Two 8-bit PWM Channels
  - 6 PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits
  - Output Compare Modulator
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - 8 Single-ended Channels
    - 7 Differential Channels
    - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Dual Programmable Serial USARTs
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
  - Software Selectable Clock Frequency
  - ATmega103 Compatibility Mode Selected by a Fuse
  - Global Pull-up Disable
- I/O and Packages
  - 53 Programmable I/O Lines
  - 64-lead TQFP and 64-pad MLF
- Operating Voltages
  - 2.7 - 5.5V for ATmega128L
  - 4.5 - 5.5V for ATmega128
- Speed Grades
  - 0 - 8 MHz for ATmega128L
  - 0 - 16 MHz for ATmega128



8-bit AVR<sup>®</sup>  
Microcontroller  
with 128K Bytes  
In-System  
Programmable  
Flash

ATmega128  
ATmega128L  
Summary

Rev. 2467MS-AVR-11/04



Note: This is a summary document. A complete document is available on our Web site at [www.atmel.com](http://www.atmel.com).

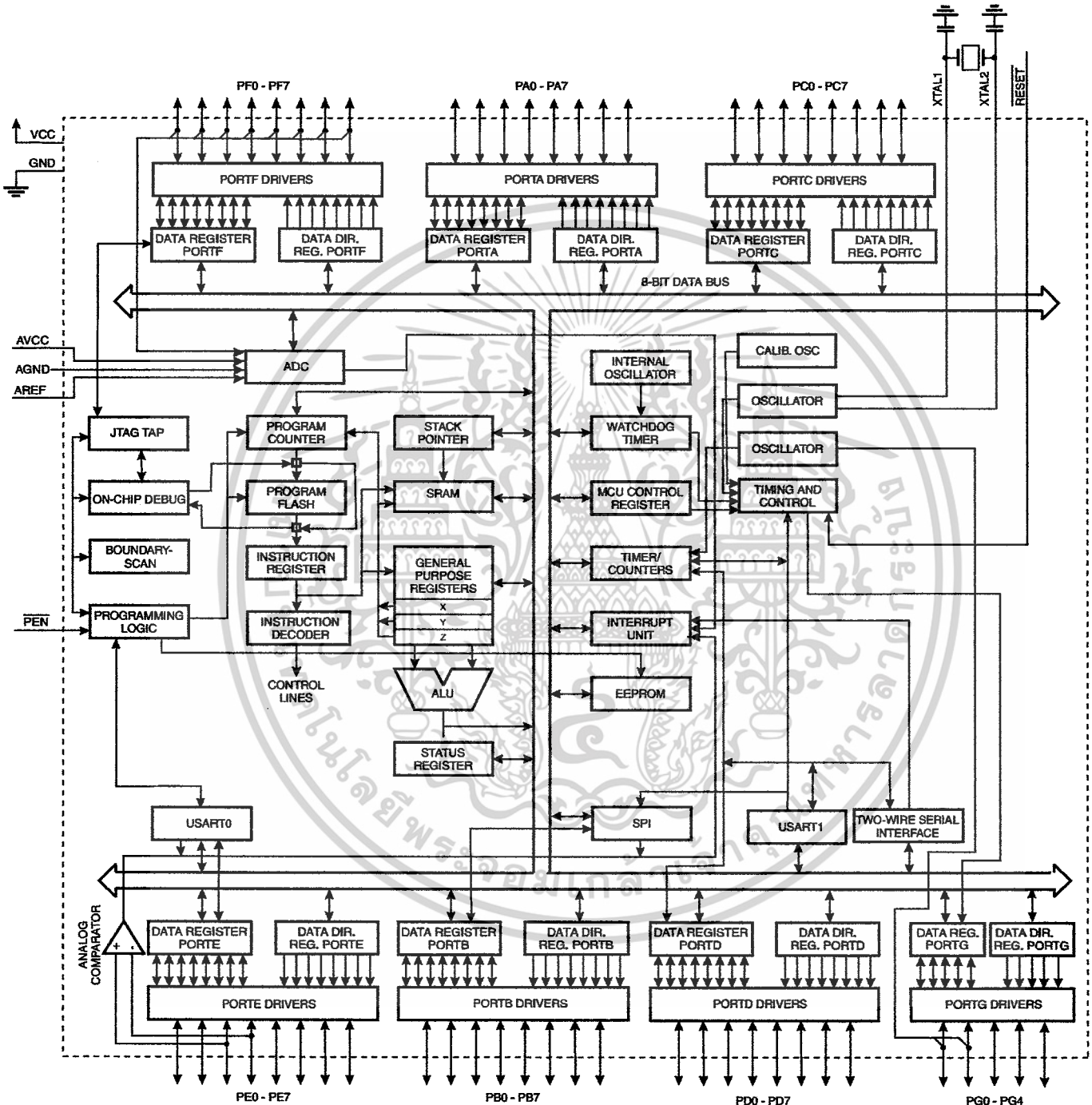
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## Block Diagram

Figure 2. Block Diagram



# LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

## General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  at room temperature and  $\pm 3/4^\circ\text{C}$  over a full  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only  $60\ \mu\text{A}$  from its supply, it has very low self-heating, less than  $0.1^\circ\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40$  to  $+110^\circ\text{C}$  range ( $-10$  with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

## Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/°C scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at +25°C)
- Rated for full  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than  $60\ \mu\text{A}$  current drain
- Low self-heating,  $0.08^\circ\text{C}$  in still air
- Nonlinearity only  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  typical
- Low impedance output,  $0.1\ \Omega$  for 1 mA load

## Typical Applications

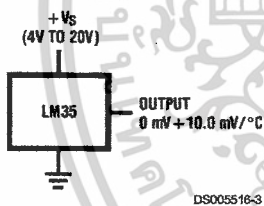
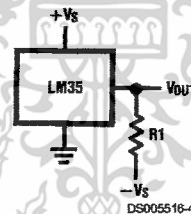


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor  
(+2°C to +150°C)

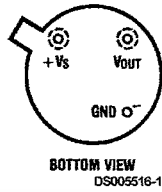


Choose  $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$   
 $V_{\text{OUT}} = +1,500\ \text{mV}$  at  $+150^\circ\text{C}$   
 $= +250\ \text{mV}$  at  $+25^\circ\text{C}$   
 $= -550\ \text{mV}$  at  $-55^\circ\text{C}$

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

# Connection Diagrams

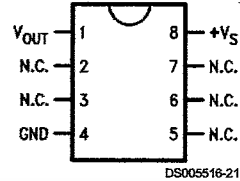
**TO-46  
Metal Can Package\***



\*Case is connected to negative pin (GND)

**Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH**  
See NS Package Number H03H

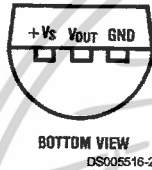
**SO-8  
Small Outline Molded Package**



N.C. = No Connection

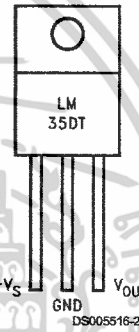
**Top View  
Order Number LM35DM**  
See NS Package Number M08A

**TO-92  
Plastic Package**



**Order Number LM35CZ,  
LM35CAZ or LM35DZ**  
See NS Package Number Z03A

**TO-220  
Plastic Package\***



\*Tab is connected to the negative pin (GND).

**Note:** The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

**Order Number LM35DT**  
See NS Package Number TA03F