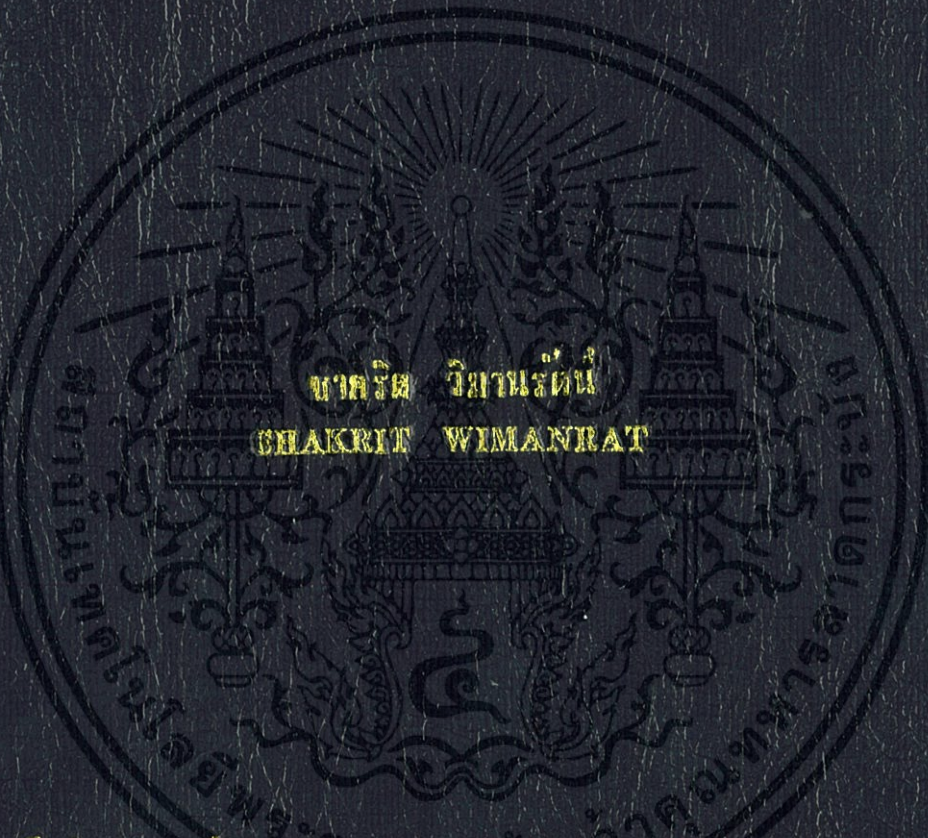


ระบบแจ้งเหตุรถบัสฉุกเฉิน
KINDERGARTEN BUS ALERT SYSTEM



ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์
ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์

สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา ๒๕๕๘

ระบบแจ้งเตือนรถรับส่งเด็กอนุบาล
KINDERGARTEN BUS ALERT SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KINDERGARTEN BUS ALERT SYSTEM



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์

ระบบแจ้งเตือนรถรับส่งเด็กอนุบาล

รายชื่อนักศึกษา

นายชาคริต วิมานรัตน์

รหัสนักศึกษา 53010350

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมสารสนเทศ

พ.ศ.

2556

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์

ผศ.ไพศาล

สิทธิโยภาสกุล

ผศ.ดร.กฤตากร กล่อมการ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง



.....
(ผศ.ไพศาล สิทธิโยภาสกุล)

.....
(ผศ.ดร.กฤตากร กล่อมการ)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์

ระบบแจ้งเตือนรถรับส่งเด็กอนุบาล

รายชื่อนักศึกษา

นายชาคริต วิมานรัตน์

รหัสนักศึกษา 53010350

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมสารสนเทศ

พ.ศ.

2556

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์

ผศ.ไพศาล

สิทธิโยภาสกุล

ผศ.ดร.กฤตากร กล่อมการ

บทคัดย่อ

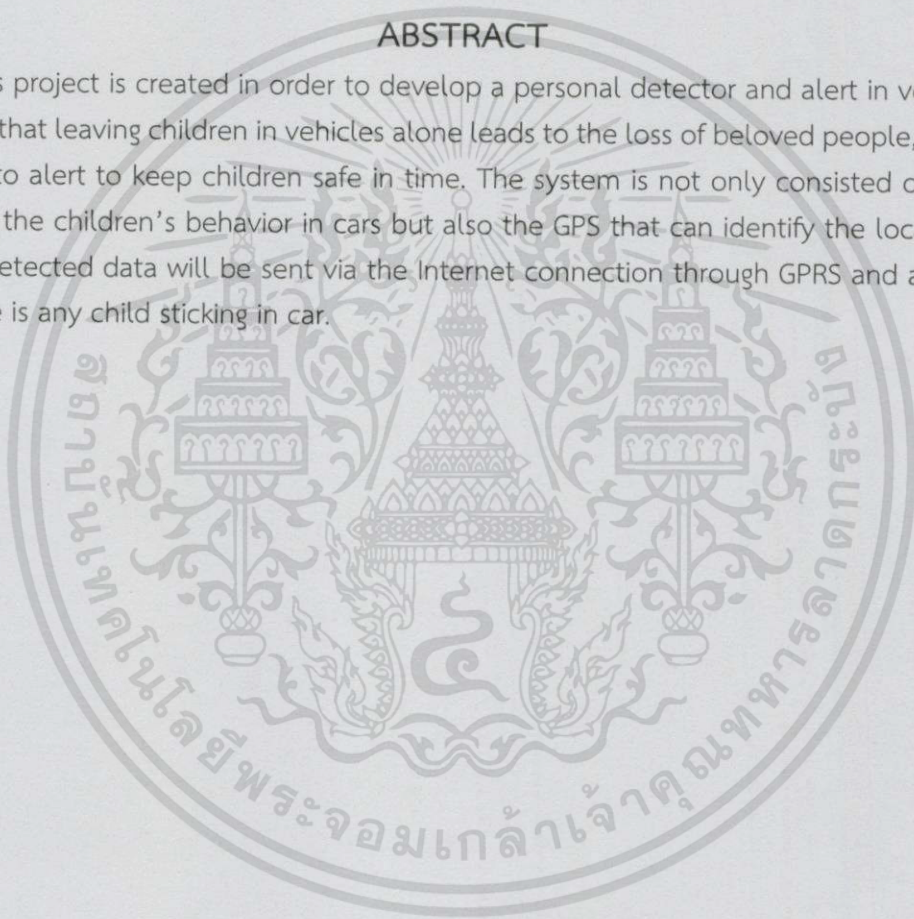
โครงการนี้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาระบบการตรวจจับบุคคลภายในยานพาหนะและการแจ้งเตือน จากปัญหาเด็กเล็กที่ถูกลืมหิ้วไว้ในยานพาหนะจนเป็นเหตุให้เกิดความสูญเสียของบุคคลอันเป็นที่รัก ระบบจะทำการแจ้งเตือนเพื่อทำการช่วยเหลือได้ทันหากเกิดมีเด็กถูกลืมทิ้งไว้ในยานพาหนะเกิดขึ้น โดยระบบจะมี Sensor สำหรับตรวจจับเด็กที่ติดอยู่ภายในรถ และ GPS สำหรับระบุตำแหน่งที่อยู่ของรถยนต์ แล้วทำการส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อทำการจัดเก็บ และแจ้งเตือนโดย SMS เมื่อมีเด็กติดอยู่ในรถด้วย GPRS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Kindergarten Bus Alert System	
Student	Mr. Chakrit Wimanrat	Student ID. 53010350
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Information Engineering	
Year	2013	
Thesis Advisor	Asst.Prof. Paisan Sithiyopasakul Asst.Prof.Dr. Kitdakorn Klomkarn	

ABSTRACT

This project is created in order to develop a personal detector and alert in vehicles. Due to the fact that leaving children in vehicles alone leads to the loss of beloved people, this system is created to alert to keep children safe in time. The system is not only consisted of sensor for monitoring the children's behavior in cars but also the GPS that can identify the location of the cars. The detected data will be sent via the Internet connection through GPRS and alert to SMS when there is any child sticking in car.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากการได้รับการสนับสนุน ความช่วยเหลือ ตลอดทั้งคำแนะนำ และแนวทางในการดำเนินงาน ความช่วยเหลือด้านเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ จากอาจารย์ ผศ.ไพศาล สิทธิโยภาสกุล และ ผศ.ดร.กฤตากร กล่อมการ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยให้การสนับสนุนพร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาการทำงานและเป็นกำลังใจที่ดีให้เสมอมา

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์สาขาวิศวกรรมสารสนเทศทุกท่าน ที่ให้ความรู้ คำปรึกษาตลอดทั้งความช่วยเหลือต่างๆ ที่มีให้มาโดยตลอด

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ สิ่งอำนวยความสะดวก ตลอดจนเครื่องมือเครื่องใช้ในการดำเนินงานเป็นไปอย่างเรียบร้อยราบรื่น

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และผู้มีอุปการคุณทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา ความรู้ และคอยเป็นกำลังใจตลอดมา ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้หากขาดบุคคลเหล่านี้ ผู้จัดทำขอระลึกในพระคุณ และขอกราบขอบคุณมา ณ ที่นี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ชาคริต วิมานรัตน์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 อุปกรณ์ที่ต้องใช้	1
1.4.1 ฮาร์ดแวร์	1
1.4.2 ซอฟต์แวร์	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	3
2.1 Arduino UNO	3
2.1.1 คุณสมบัติของ Arduino UNO	3
2.1.2 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ Arduino UNO	4
2.2 GPS Module	4
2.2.1 ความเป็นมาของ GPS	4
2.2.2 องค์ประกอบของ GPS	5
2.2.3 หลักการทำงานของ GPS	7
2.2.4 การหาตำแหน่งพิกัดของผู้ใช้	9
2.2.5 มาตรฐาน NMEA 0183	10
2.2.6 ระบบพิกัด (Coordinate System)	15
2.2.7 คุณสมบัติของ GPS Module	17
2.2.8 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ GPS Module	18
2.3 GSM/GPRS Module	18
2.3.1 ความเป็นมาของ GSM/GPRS	18
2.3.2 คุณสมบัติของ GSM/GPRS Module	19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.3 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ GSM/GPRS Module.....	20
2.4 Temperature & Humidity Sensor.....	21
2.4.1 คุณสมบัติของ Temperature & Humidity Sensor	21
2.4.2 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ Temperature & Humidity Sensor	22
2.4.3 การทำงานของ Temperature & Humidity Sensor.....	23
2.5 PIR Sensor	24
2.5.1 คุณสมบัติของ PIR Sensor	24
2.5.2 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ PIR Sensor	24
2.5.3 การทำงานของ PIR Sensor	24
2.6 Ultrasonic Sensor	25
2.6.1 คุณสมบัติของ Ultrasonic Sensor.....	25
2.6.2 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ Ultrasonic Sensor.....	26
2.6.3 การทำงานของ Ultrasonic Sensor.....	26
2.7 ฐานข้อมูล.....	27
2.8 แผนที่ภูเก็ล	28
บทที่ 3 การออกแบบและโครงสร้าง.....	29
3.1 โครงสร้างการทำงานของระบบ	29
3.2 การออกแบบการทำงานของระบบ	30
3.2.1 ผังการทำงานของระบบ	30
3.2.2 ผังการทำงานของ GPS	31
3.2.3 ผังการทำงานของ Temperature & Humidity Sensor	32
3.2.4 ผังการทำงานของ PIR Sensor.....	33
3.2.5 ผังการทำงานของ Ultrasonic Sensor.....	34
3.2.6 ผังการทำงานของโปรแกรม	35
3.2.7 ผังการทำงานของ Website	36
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้	37
3.3.1 Arduino UNO	37
3.3.2 GPS Module.....	37
3.3.3 GSM/GPRS Module.....	38
3.3.4 Temperature & Humidity Sensor.....	38

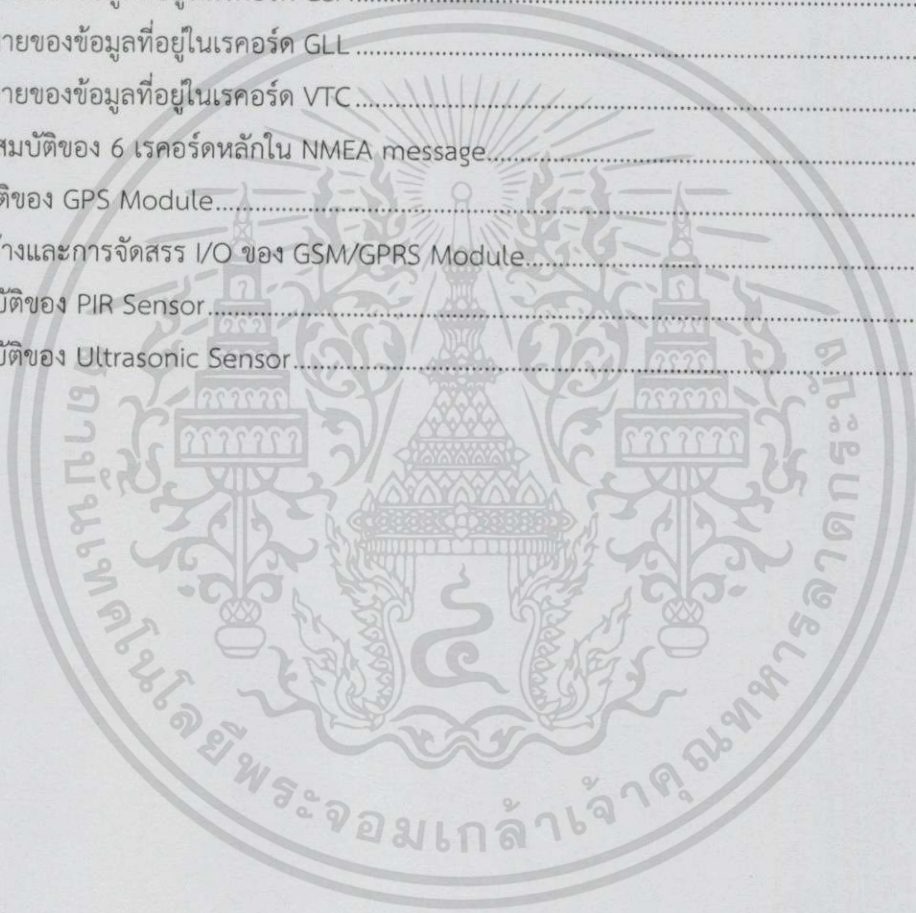
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.5 PIR Sensor	39
3.3.6 Ultrasonic Sensor	39
3.3.7 การเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์.....	40
3.4 หน้าที่การทำงาน.....	40
3.5 การติดตั้งอุปกรณ์.....	41
บทที่ 4 ผลการทดลอง	46
4.1 ผลการแสดงผลหน้า Website	46
4.1.1 ผลการแสดงผลหน้า Login	46
4.1.2 ผลการแสดงผลหน้า Home.....	47
4.1.3 ผลการแสดงผลหน้า Map	47
4.1.4 ผลการแสดงผลหน้า Datalog	48
4.2 ผลการแสดงผลจอ Monitor.....	49
4.2.1 ผลการแสดงผลจอ Monitor ขณะเริ่มต้นทำงาน	49
4.2.2 ผลการแสดงผลจอ Monitor ขณะส่งข้อมูลทาง HTTP.....	49
4.2.3 ผลการแสดงผลจอ Monitor ขณะ Sensor ตรวจจับการเคลื่อนไหว.....	50
4.2.4 ผลการแสดงผลจอ Monitor ขณะส่งข้อมูลทาง SMS.....	50
4.3 ผลการทดลองการแจ้งเตือนทาง SMS.....	51
4.4 ผลการทดลองการแสดงผลทาง Website	51
4.4.1 ผลการทดลองการแสดงผลโดยแผนที่ Google Map.....	51
4.4.1 ผลการทดลองการแสดงผลโดยตาราง Datalog	52
บทที่ 5 สรุปและบทวิจารณ์	53
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	53
5.2 ปัญหาที่พบในการดำเนินงาน.....	53
5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา.....	53
5.4 แนวทางการพัฒนาต่อ.....	53
บรรณานุกรม.....	55
ภาคผนวก.....	56
ภาคผนวก ก. Data Sheet ATmega328.....	57
ภาคผนวก ข. Data Sheet NEO-6.....	72
ภาคผนวก ค. Data Sheet SIM900	89

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติของ Arduino UNO.....	3
2.2 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด RMC.....	10
2.3 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด GGA.....	11
2.4 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด GSV.....	12
2.5 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด GSA.....	13
2.6 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด GLL.....	13
2.7 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด VTC.....	14
2.8 สรุปคุณสมบัติของ 6 เรคอร์ดหลักใน NMEA message.....	14
2.9 คุณสมบัติของ GPS Module.....	17
2.10 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ GSM/GPRS Module.....	20
2.11 คุณสมบัติของ PIR Sensor.....	24
2.12 คุณสมบัติของ Ultrasonic Sensor.....	25



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ Arduino UNO	4
2.2 สถานีสังเกตการณ์ระบบดาวเทียม GPS 5 แห่ง	5
2.3 สัญญาณที่ดาวเทียมส่งออกมา	6
2.4 การโคจรของดาวเทียม GPS รอบโลก.....	6
2.5 องค์ประกอบของระบบดาวเทียม GPS	7
2.6 หลักการทำงานของ GPS	7
2.7 ทรงกลมสองวงที่จำลองรัศมีของดาวเทียม GPS ระหว่างเครื่องรับ.....	9
2.8 ทรงกลมสามวงที่จำลองรัศมีของดาวเทียม GPS ระหว่างเครื่องรับ	9
2.9 แสดงการแบ่งพิกัดละติจูดและลองจิจูด	15
2.10 แสดงการแบ่งกริดโซนระบบพิกัดกริด UTM.....	16
2.11 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ GPS Module.....	18
2.12 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ GSM/GPRS Module.....	20
2.13 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ Temperature & Humidity Sensor.....	22
2.14 การเชื่อมต่อกับ Temperature & Humidity Sensor.....	22
2.15 การทำงานของ Temperature & Humidity Sensor.....	23
2.16 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ PIR Sensor	24
2.17 การทำงานของ PIR Sensor	25
2.18 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ Ultrasonic Sensor	26
2.19 การสะท้อนกลับของคลื่นเสียงจากวัตถุของ Ultrasonic Sensor.....	27
3.1 โครงสร้างการทำงานของระบบ	29
3.2 Flowchart การทำงานของระบบ	30
3.3 Flowchart การทำงานของ GPS.....	31
3.4 Flowchart การทำงานของ Temperature & Humidity Sensor	32
3.5 Flowchart การทำงานของ PIR Sensor.....	33
3.6 Flowchart การทำงานของ Ultrasonic Sensor.....	34
3.7 Flowchart การทำงานของโปรแกรม	35
3.8 Flowchart การทำงานของ Website	36
3.9 Arduino UNO.....	37
3.10 GPS Module	37
3.11 GSM/GPRS Module.....	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.12 Temperature & Humidity Sensor.....	38
3.13 PIR Sensor.....	39
3.14 Ultrasonic Sensor	39
3.15 การเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์.....	40
3.16 หน้าที่การทำงานของส่วนต่างๆ	40
3.17 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์	41
3.18 Arduino IDE	42
3.19 การกำหนดชนิดของ Microcontroller.....	43
3.20 การกำหนดพอร์ตการเชื่อมต่อระหว่าง Microcontroller กับคอมพิวเตอร์.....	44
3.21 การโปรแกรม Microcontroller	45
4.1 ผลการแสดงผลหน้า Login.....	46
4.2 ผลการแสดงผลหน้า Home	47
4.3 ผลการแสดงผลหน้า Map.....	47
4.4 ผลการแสดงผลหน้า Datalog.....	48
4.5 ผลการแสดงผลจอ Monitor ขณะเริ่มต้นทำงาน.....	49
4.6 ผลการแสดงผลจอ Monitor ขณะส่งข้อมูลทาง HTTP	49
4.7 ผลการแสดงผลจอ Monitor ขณะ Sensor ตรวจจับการเคลื่อนไหว.....	50
4.8 ผลการแสดงผลจอ Monitor ขณะส่งข้อมูลทาง SMS.....	50
4.9 ผลการทดลองการแจ้งเตือนทาง SMS	51
4.10 ผลการทดลองการแสดงผลโดยแผนที่ Google Map	51
4.11 ผลการทดลองการแสดงผลโดยตาราง Datalog	52

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันพบว่าได้มีการนำเครื่องรับ GPS มาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย และมีการนำมาประยุกต์ใช้ในการระบุตำแหน่งรถยนต์ด้วยระบบดาวเทียม ซึ่งสามารถบอกค่าพิกัด ละติจูด ลองจิจูด เวลา ความเร็ว และอื่นๆ ได้ GPS นั้นเป็นระบบเปิดที่บุคคลทั่วไปสามารถใช้งานได้เพียงแค่มียุคมือในการรับสัญญาณ GPS ซึ่งสามารถนำมาทำการประยุกต์เพื่อช่วยแก้ปัญหา จากข่าวที่มีเด็กนักเรียนถูกลืมทิ้งไว้ในรถรับส่งนักเรียน และเด็กนักเรียนไม่สามารถเปิดประตูออกมาได้ในขณะที่รถรับส่งนักเรียนจอดอยู่โดยไม่มีผู้ดูแล หรือแม้แต่นักเรียนของธนาคารที่มีข่าวถูกปล้นระหว่างทางที่ขนส่งเงินจำนวนมาก อาจจะไปประยุกต์ใช้กับกรณีอื่นๆ ตามวัตถุประสงค์ และความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ปัญหาโดยการนำระบบแจ้งเตือนรถรับส่งเด็กอนุบาล ซึ่งผู้ดูแลสามารถตรวจสอบการแจ้งเตือนเมื่อมีเด็กนักเรียนอยู่ในรถรับส่งนักเรียนเพียงลำพัง โดยใช้เทคโนโลยี GPRS ในการทำส่งข้อมูลต่างๆ ของรถรับส่งนักเรียนเข้าสู่ Web server เพื่อความง่ายต่อการตรวจสอบและความถูกต้องแม่นยำ และในระบบยังสามารถเก็บข้อมูลสถานะของรถรับส่งนักเรียน โดยการเก็บข้อมูลไว้ในส่วนของ Database

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการติดตามตำแหน่งยานพาหนะผ่านระบบ GPS
- 1.2.2 เพื่อศึกษาการรับส่งข้อมูลผ่านระบบ GSM/GPRS
- 1.2.3 เพื่อศึกษาและออกแบบระบบการตรวจจับด้วย Sensor
- 1.2.4 เพื่อศึกษาการใช้งานของ Microcontroller
- 1.2.5 เพื่อเป็นต้นแบบและนำไปประยุกต์ใช้กับธุรกิจหรืองานที่ต้องการ

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 สามารถระบุตำแหน่งของยานพาหนะได้
- 1.3.2 สามารถทำการรับและส่งข้อมูลผ่าน GSM/GPRS ได้
- 1.3.3 สามารถรับส่งข้อมูลไปยัง Server ได้
- 1.3.4 สามารถทำการแจ้งเตือนผ่าน SMS ได้

1.4 อุปกรณ์ที่ต้องใช้

1.4.1 ฮาร์ดแวร์

- เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับพัฒนาโปรแกรม
- เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับเป็นเซิร์ฟเวอร์ระบบฐานข้อมูล

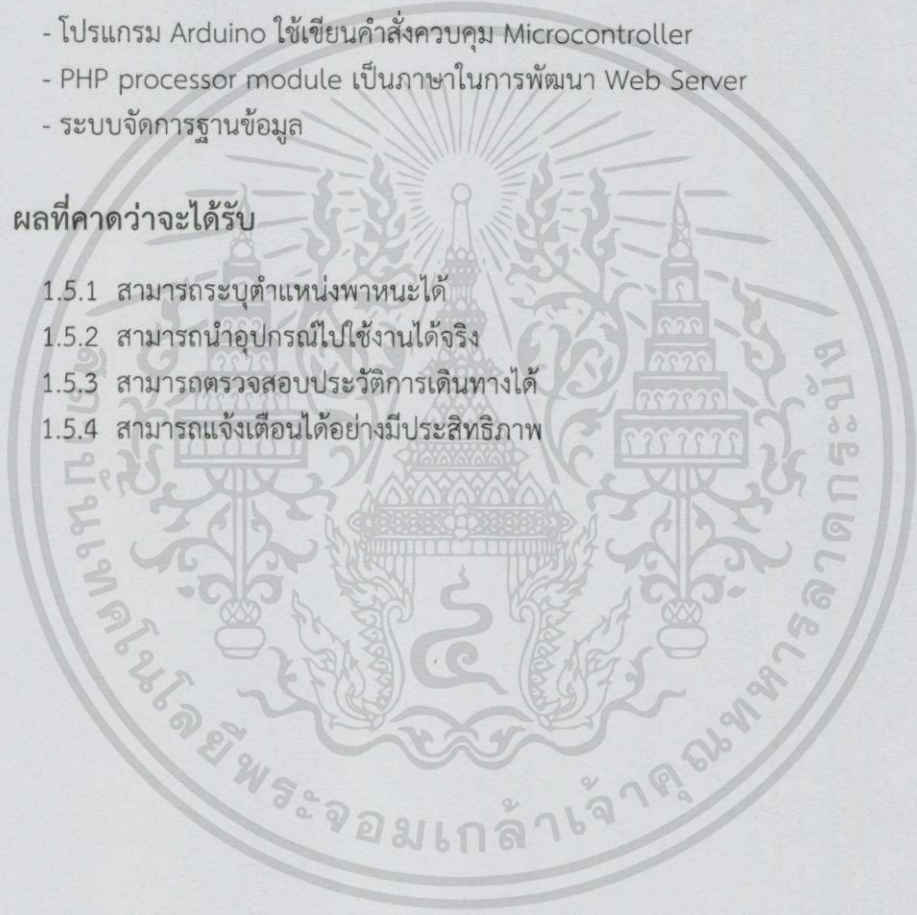
- Microcontroller และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- GSM/GPRS Module
- GPS Module
- GPS Antenna
- Temperature & Humidity Sensor
- PIR Sensor
- Ultrasonic Sensor

1.4.2 ซอฟต์แวร์

- โปรแกรม Arduino ใช้เขียนคำสั่งควบคุม Microcontroller
- PHP processor module เป็นภาษาในการพัฒนา Web Server
- ระบบจัดการฐานข้อมูล

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถระบุตำแหน่งพิกัดได้
- 1.5.2 สามารถนำอุปกรณ์ไปใช้งานได้จริง
- 1.5.3 สามารถตรวจสอบประวัติการเดินทางได้
- 1.5.4 สามารถแจ้งเตือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ



บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้

2.1 Arduino UNO

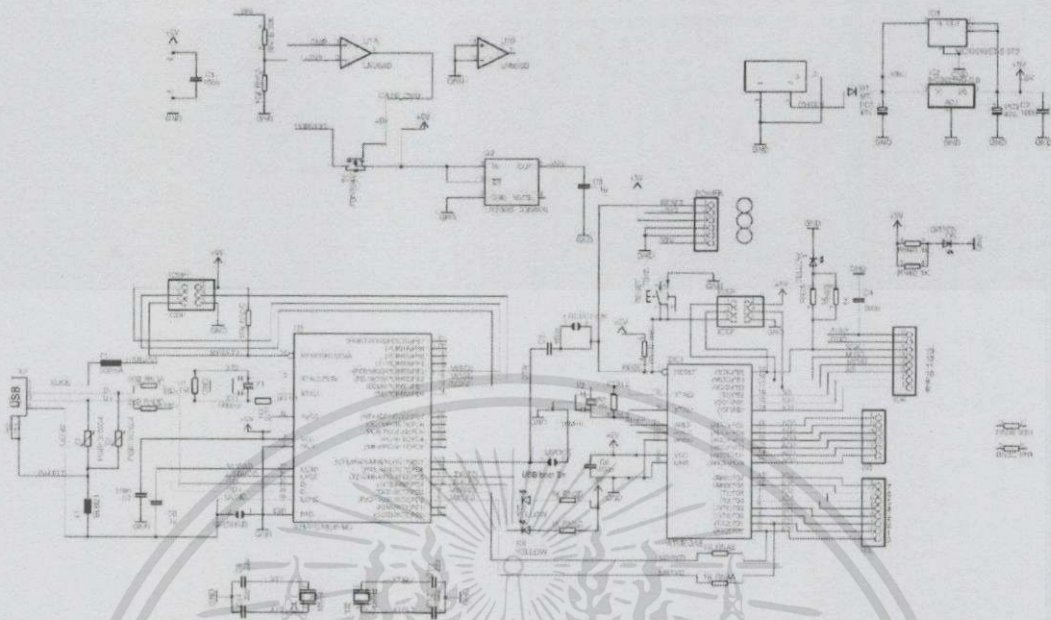
Arduino Uno เป็น Microcontroller board ที่ใช้ ATmega328 เป็น Microcontroller หลัก ซึ่งตัวนี้จะมีขา Digital 14 ขา Input/Output และมีขา Analog Input ได้อีก 6 ขา ทำงานที่ ความถี่ 16 MHz มี USB Connector และ Power Jack DC ซึ่ง Arduino UNO ตัวนี้ทำมาเพื่อ ความสะดวก ง่ายต่อการใช้งาน และในการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ สามารถต่อ USB เข้ากับ ช่องคอมพิวเตอร์ ก็สามารถ Run โปรแกรมได้

2.1.1 คุณสมบัติของ Arduino UNO

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของ Arduino UNO

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (Recommended)	7-12V
Input Voltage (Limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM Output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by Bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

2.1.2 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ Arduino UNO



รูปที่ 2.1 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ Arduino UNO

2.2 GPS Module

GPS Module ที่ใช้งานเป็น GY-NEO6MV2 GPS Module เป็น Module รับสัญญาณดาวเทียม GPS เพื่อการบอกตำแหน่งพิกัด ณ จุดใดๆ และเวลามาตรฐานโลก โดยอาศัยดาวเทียมที่โคจรรอบโลกคำนวณสัญญาณมาพิกัดใกล้เคียงกับเวลาที่แท้จริงมากที่สุด ทำให้ระบบนี้มีความน่าเชื่อถือในการบอกตำแหน่ง ณ จุดรับสัญญาณได้อย่างต่อเนื่อง

2.2.1 ความเป็นมาของ GPS

Global Positioning System ชื่อภาษาไทยบัญญัติโดยคณะกรรมการบัญญัติศัพท์เทคโนโลยีสารสนเทศ ราชบัณฑิตยสถาน เมื่อเดือนพฤษภาคม 2541 ไว้ว่า "ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก" ชื่อเต็มของระบบนี้คือ NAVSTAR Global Positioning System คำว่า NAVSTAR เป็นอักษรย่อมาจาก Navigation Satellite Timing and Ranging ภาคของคำว่าดาวเทียมสำหรับนำร่อง คือ ระบบที่ระบุตำแหน่งทุกแห่งบนโลก จากกลุ่มดาวเทียม 24 ดวง ที่โคจรรอบโลก ในระดับสูงที่พ้นจากคลื่นวิทยุรบกวนของโลก และวิธีการที่สามารถให้ความถูกต้องเพียงพอที่จะใช้ชี้บอกตำแหน่งได้ทุกแห่งบนโลกตลอดเวลา 24 ชั่วโมง จากการนำมา ใช้งานจริงจะให้ความถูกต้องสูง โดยที่ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตำแหน่งทางราบต่ำกว่า 50 เมตร และถ้าเป็นแบบวิธี "อนุพันธ์" (Differential) จะให้ความถูกต้องถึงระดับเซนติเมตรจากการพัฒนาทางด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทำให้สามารถผลิตเครื่องรับ GPS ที่มีขนาดเล็กลง และมีราคาถูกลงกว่าเครื่องรับระบบ TRANSIT เดิมเป็นอันมาก

ระบบ GPS ในปัจจุบัน มีหลายระบบ ได้แก่

- NAVSTAR GPS (Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System) พัฒนาโดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา

- GLONASS (Global Navigation Satellite System) เป็นระบบของรัสเซีย ที่พัฒนาเพื่อแข่งขันกับสหรัฐอเมริกา แต่ระบบนี้ยังใช้งานได้ไม่สมบูรณ์ ใช้งานได้ดีเฉพาะในรัสเซีย ยุโรป และแคนาดา

- Galileo เป็นระบบที่กำลังพัฒนาโดยสหภาพยุโรป ร่วมกับจีน อิสราเอล อินเดีย โมร็อกโก ซาอุดีอาระเบีย เกาหลีใต้ และยูเครน

2.2.2 องค์ประกอบของ GPS

GPS สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ส่วนศูนย์ควบคุมกลาง ส่วนอวกาศ ส่วนผู้ใช้งาน

ส่วนศูนย์ควบคุมกลาง (Control Station Segment) ซึ่งเป็นศูนย์ควบคุมระบบ และบัญชาการการทำงานของระบบ GPS รวมไปถึงการตรวจตราดูความเรียบร้อยของระบบ ตั้งอยู่ที่ฐานทัพอากาศเมือง Colorado Spring สหรัฐอเมริกา และศูนย์ควบคุมกลางประกอบด้วย

- สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station) จำนวน 5 แห่ง กระจายอยู่ตามจุดต่างๆ ของโลก ได้แก่ Hawaii, Kwajalein, Ascension Island, Diego Garcia และ Colorado Spring

- งานส่งสัญญาณภาคพื้นดิน (Ground Antennas) ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 จุด ได้แก่ Ascension Island, Diego Garcia, Kwajalein

- ศูนย์บัญชาการ (Master Control Station) ตั้งอยู่ฐานทัพอากาศสหรัฐฯ Schriever AFB รัฐ Colorado

เมื่อสถานีรับสัญญาณจากดาวเทียมมา เพื่อปรับแก้ไขข้อมูลวงโคจร (Ephemeris) และข้อมูลเวลา (Clock Correction) ของดาวเทียมแต่ละดวงแล้วจะทำการส่งข้อมูลวงโคจร (Ephemeris) และข้อมูลเวลา (Clock Data) กลับไปยังดาวเทียม แล้วดาวเทียมก็จะทำการส่งข้อมูลที่ได้รับการแก้ไขแล้วมาพร้อมกับคลื่นวิทยุมายังเครื่องรับ GPS



รูปที่ 2.2 สถานีสังเกตการณ์ระบบดาวเทียม GPS 5 แห่ง

ส่วนอวกาศ (Space Segment) จะประกอบด้วย

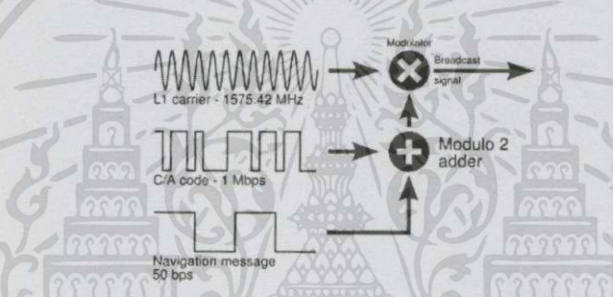
- ดาวเทียมทั้งหมด 24 ดวง แต่ละดวงโคจรรอบโลกเป็นเวลา 12 ชั่วโมง

- มีความสูงของวงโคจรอยู่ประมาณ 11,000 ไมล์จากพื้นโลก

- ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีนาฬิกาอะตอม (Atomic Clock) ติดตั้งอยู่ถึง 4 เครื่อง ซึ่งจะให้เวลาที่ถูกต้องมาก

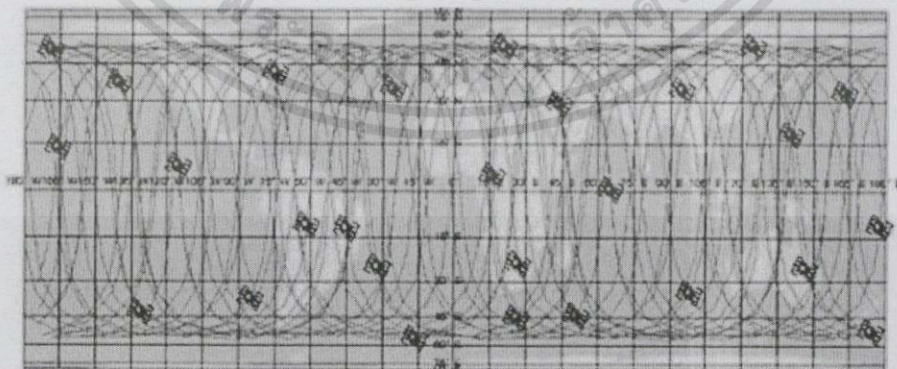
- มีระนาบของวงโคจร 6 ระนาบ แต่ละระนาบมีดาวเทียม 4 ดวง และเอียงทำมุมกับเส้นศูนย์สูตร (Equator) เป็นมุม 55 องศา

โครงสร้างของวงโคจร (Constellation) ในลักษณะนี้ทำให้มีดาวเทียมจำนวน 5-11 ดวงที่เครื่องรับ GPS สามารถรับสัญญาณได้ ณ ตำแหน่งหนึ่งตำแหน่งใดได้ตลอดเวลา และดาวเทียม GPS จะมีปีกเป็นแผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell Panels) โดยปกติจะพยายามหมุนตัวให้สามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากที่สุด ดังนั้นตัวดาวเทียมจะมีการหมุนปรับตัวตลอดเวลา โดยให้ปีกเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ตั้งฉากกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในตัวดาวเทียมยังบรรจุแบตเตอรี่สำหรับให้พลังงานเมื่อดาวเทียม GPS เคลื่อนตัวอยู่ภายในเงาของโลก



รูปที่ 2.3 สัญญาณที่ดาวเทียมส่งออกมา

ตำแหน่งของดาวเทียมตลอดเวลาจะถูกคำนวณให้เครื่องรับหาตำแหน่งของผู้ใช้ที่สามารถรับข้อมูลได้ 50 bps ต่อเนื่องกัน วงโคจรของแต่ละดวงต่อระยะเวลา 1 ชั่วโมง โดยการตั้ง Element การโคจรที่ 15 Keplerian พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์ฮาร์โมนิกเพิ่มขึ้นจากการรบกวน และแก้ไขทุกๆ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 2.4 การโคจรของดาวเทียม GPS รอบโลก

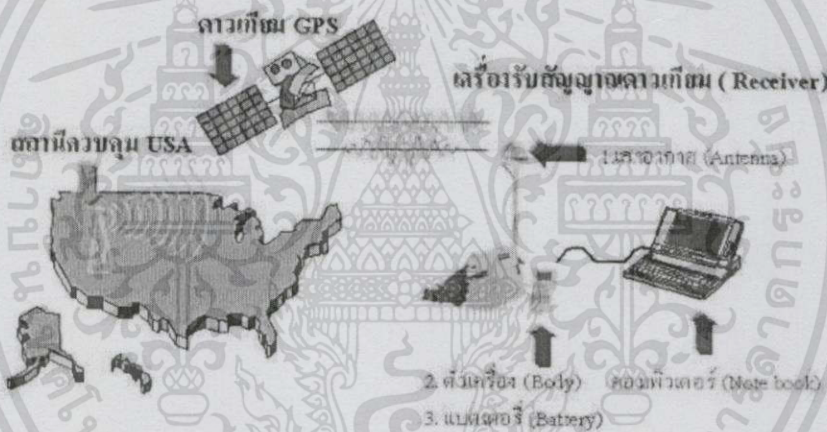
ส่วนผู้ใช้งาน (User Segment) ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับทางทหาร (Military) และทางพลเรือน (Civilian) ซึ่งทางพลเรือนจะได้รับสัญญาณฟรี แต่ผู้ใช้ต้องรับผิดชอบหาซื้อจันรับ (Antenna) และเครื่องรับ (Receiver) ด้วยตนเอง นโยบายการให้บริการข้อมูล GPS ของรัฐบาลสหรัฐฯ มีดังนี้

Precise Positioning Services : PPS

- ใช้ในทางทหารเป็นหลัก
- ข้อมูลจะมีการเข้ารหัส เฉพาะผู้ที่มีเครื่องถอดรหัสจึงจะสามารถใช้งานได้
- ความถูกต้องของพิกัด คือ 22 เมตร ในแนวราบ, 27.7 เมตร ในแนวตั้ง และ 200 nanosecond (UTC)

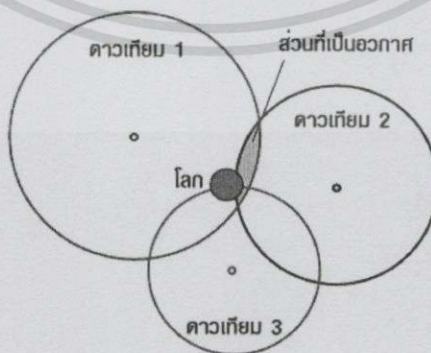
Standard Positioning Services : SPS

- ใช้ในกิจการพลเรือนเป็นหลัก
- ความถูกต้องลดลงเนื่องจาก Selective Availability (SA)
- ความถูกต้องของพิกัด คือ 100 เมตร ในแนวราบ, 156 เมตร ในแนวตั้ง และ 340 nanosecond (UTC)



รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของระบบดาวเทียม GPS

2.2.3 หลักการทำงานของ GPS



รูปที่ 2.6 หลักการทำงานของ GPS

การทำงานของ GPS มีดังนี้

1. อาศัยหลักพื้นฐานของ GPS: Satellites Triangulation

หลักการ: อาศัยตำแหน่งของดาวเทียมในอวกาศเป็นจุดอ้างอิง แล้ววัดระยะจากดาวเทียม 4 ดวง และใช้หลักการทางเรขาคณิตในการคำนวณหาตำแหน่งบนพื้นโลก

2. วัดระยะทางระหว่างเครื่องรับ GPS กับดาวเทียม GPS โดยการวัดระยะเวลาที่คลื่นวิทยุใช้ในการเดินทางจาก ดาวเทียมสู่เครื่องรับใช้เวลาเดินทางของคลื่นวิทยุ

สูตร : ระยะทาง = ความเร็ว * เวลาที่ใช้เดินทาง

คลื่นวิทยุ : ความเร็ว = 186,000 ไมล์ต่อนาฬิกา

การวัดระยะเวลาในการเดินทาง คือ โดยการเทียบกันของคลื่นสัญญาณที่ดาวเทียมส่งมากับคลื่นสัญญาณที่เครื่องรับ GPS ส่งมา ส่วนคลื่นที่ใช้ในการส่งจะเป็น Pseudo Random Noise Code

3. การวัดระยะเวลาที่คลื่นวิทยุใช้ในการเดินทางของ GPS จะต้องใช้นาฬิกาที่แม่นยำมาก ถ้า PRN CODE จากดาวเทียมมีข้อมูลเวลาที่คลื่นเริ่มออกเดินทางจากดาวเทียมเมื่อคลื่นสัญญาณจากดาวเทียม และคลื่นสัญญาณจากเครื่องรับ GPS สมวารกัน (Synchronize) และจะต้องใช้นาฬิกาอะตอม ในการวัดเวลา ส่วนเวลาที่ใช้ในการเดินทางจะสั้นมากประมาณ 0.06 วินาที คือ เวลาของเครื่องรับ GPS * เวลาของดาวเทียม ส่วนการบอกตำแหน่ง GPS ยังเป็นเวลาที่มีความแน่นอนถึง 10 นาโนวินาทีหรือดีกว่า

4. ต้องรู้ตำแหน่งของดาวเทียม GPS ที่แน่นอนในอวกาศ

วงโคจรสูงมากประมาณ 11,000 ไมล์

วงโคจรอาจคลาดเคลื่อน (Ephemeris Errors) เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของ ดวงจันทร์ และ ดวงอาทิตย์

สถานีควบคุมจะใช้เรดาร์ตรวจสอบการโคจรของดาวเทียม GPS ตลอดเวลาแล้ว ส่งข้อมูลไปปรับแก้ข้อมูลวงโคจร และเวลาของดาวเทียม เมื่อข้อมูลได้รับการ ปรับแก้แล้วจะถูกส่งมายังเครื่องรับ GPS

5. ต้องแก้ไขความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเดินทางของคลื่นวิทยุมาสู่โลก

สาเหตุที่ของความคลาดเคลื่อน (GPS Errors) ของค่าพิกัดที่คำนวณได้

เกิดจากการเดินทางสู่ชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) จะมีประจุไฟฟ้า และชั้นโทรโปสเฟียร์ (Troposphere) จะมีทั้งความชื้น อุณหภูมิ ความหนาแน่นที่แปรเปลี่ยนได้ตลอดเวลา

การสะท้อนของคลื่นสัญญาณไปในหลายทิศทาง (Multipath Error) ซึ่งที่ผิวโลกคลื่นสัญญาณต้องกระทบกับวัตถุ ก่อนถึงเครื่องรับ GPS จะทำให้มีการหักเห และสัญญาณจะอ่อน

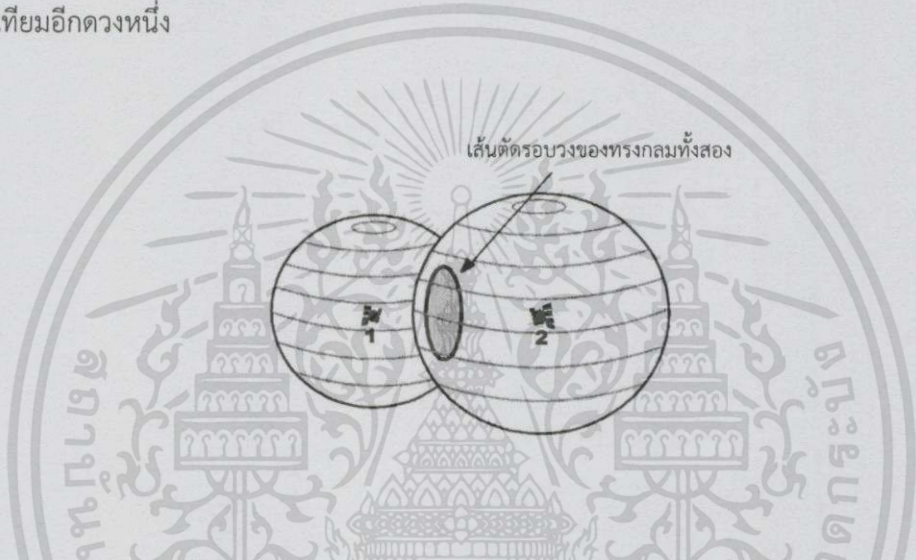
ปัญหาที่เกิดจากดาวเทียม (Check Error, Ephemeris Error) อาจเกิดจากวงโคจรคลาดเคลื่อนเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์หรืออาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาเพียงเล็กน้อยจะทำให้การคำนวณระยะทางผิดพลาดได้มากเนื่องจากดาวเทียมอยู่สูงมาก

ความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตระหว่างตำแหน่งของดาวเทียม และตำแหน่งของเครื่องรับ GPS ซึ่งจะคำนวณเป็นค่า GDOP = Geometric Dilution of Precision ซึ่งเกิดจากลักษณะการวางตัวของดาวเทียม

อาจจะเกิดจากความผิดพลาดอื่นๆ เช่น ความผิดพลาดของคอมพิวเตอร์ หรือมนุษย์ที่ควบคุมสถานี 1 เมตร ถึง 100 เมตร ซึ่งผิดพลาดได้มาก หรือความผิดพลาดของเครื่องรับ GPS, ซอฟต์แวร์, ฮาร์ดแวร์, ผู้ใช้ ซึ่งความผิดพลาดนี้ไม่แน่นอน

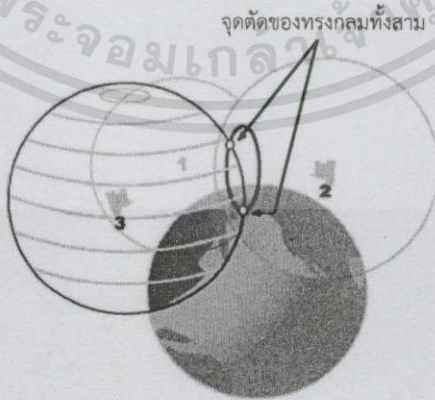
2.2.4 การหาตำแหน่งพิกัดของผู้ใช้

เครื่องรับ GPS มีหลักการในการวัดระยะห่างระหว่างตัวมันกับดาวเทียม GPS โดยสมมติว่าผู้ใช้งานอยู่ห่างจากดาวเทียมดวงแรก 11,000 ไมล์ สามารถบอกได้แต่เพียงว่าผู้ใช้งานอยู่ในตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งบนรัศมีของวงกลม ถ้าวัดดาวเทียมได้อีกดวงหนึ่งซึ่งอยู่ห่างจากเครื่องรับเป็นระยะ 12,000 ไมล์ ผู้ใช้งานสามารถสร้างทรงกลมได้อีกดวงหนึ่งทรงกลมทั้งสองมีการตัดกัน ผลที่ได้จะเป็นวงกลมเล็กๆ เกิดขึ้นเครื่องรับจะอยู่ที่ใดที่หนึ่งในวงกลมนี้ซึ่งยังคงเป็นพื้นที่ที่กว้างเกินไปจะต้องมีดาวเทียมอีกดวงหนึ่ง



รูปที่ 2.7 ทรงกลมสองวงที่จำลองรัศมีของดาวเทียม GPS ระหว่างเครื่องรับ

สมมติให้มีระยะห่างจากเครื่องรับเป็นระยะ 13,000 ไมล์ก็จะมีทรงกลมอีกหนึ่งลูก ทรงกลมทั้งสามมีการตัดกันผลที่ได้จะเป็นจุดสองจุดที่จะมีจุดเดียวเท่านั้นที่เป็นตำแหน่งจริง



รูปที่ 2.8 ทรงกลมสามวงที่จำลองรัศมีของดาวเทียม GPS ระหว่างเครื่องรับ

การใช้ดาวเทียม GPS อย่างน้อย 3 ดวง ผู้ใช้งานจะได้ตำแหน่งจุดบนระนาบ 2 มิติเท่านั้น การที่จะทราบจุดบนระนาบที่เป็น 3 มิติได้นั้นต้องใช้ดาวเทียม GPS อย่างน้อย 4 ดวง เครื่องรับสัญญาณ GPS จะต้องรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS ทั้ง 4 ดวง และคำนวณหาระยะทางระหว่างเครื่องรับดาวเทียมแต่ละดวง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณ และแสดงค่าพิกัดที่แท้จริงบนพื้นโลกออกมา

2.2.5 มาตรฐาน NMEA

NMEA (National Marine Electronics Association) เป็นโปรโตคอล ซึ่งส่งออกมาจากเครื่องรับสัญญาณ GPS ซึ่งข้อมูลสามารถแบ่งได้เป็นเรคอร์ด (Record) หรือฟิลด์ (Field) ย่อย โดยในแต่ละชุดข้อมูลจะประกอบด้วยอักษรแอสกี (ASCII) ซึ่งมีความยาวรวมไม่เกิน 80 ตัวอักษร ซึ่งชุดข้อมูลในแต่ละเวอร์ชันมีอยู่เล็กน้อยแตกต่างกัน รายละเอียดของแต่ละชุดข้อมูลจะมีความแตกต่างกัน และมีประโยชน์ในการนำไปใช้ที่ต่างกัน ซึ่งสามารถนำไปใช้งานตามความต้องการโดยเลือกจากข้อมูลที่มีอยู่ในเรคอร์ด

การอ่านค่าจากอุปกรณ์ GPS เป็นโปรโตคอล NMEA โดยจะทำการแสดงชุดข้อมูลตำแหน่งที่ได้จากเครื่อง GPS ข้อมูลที่ได้รับจากเครื่อง GPS มีหลายชุดข้อมูล แต่ละชุดข้อมูลก็ให้ความหมายที่ต่างกันไป กลุ่มชุดข้อมูลที่ได้รับจากเครื่อง GPS มีดังนี้

RMC (Recommended Minimum Specific GNSS Data) ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าวันที่ และเวลา สถานะในการรับสัญญาณตำแหน่งพิกัดละติจูด และลองจิจูด ทิศทางความเร็ว

ตารางที่ 2.2 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด RMC

หมายเลขฟิลด์	ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
	Message ID	\$GPRMC	ส่วนหัวโปรโตคอลของ RMC
1	UTC Position	161229.487	hhmmss.sss เวลามาตรฐานกลาง
2	Status	A	A = Data Valid or V = Data Not Valid
3	Latitude	3723.2475	ddmm.mmmmm ตำแหน่งละติจูด
4	N/S Indicator	N	N = North or S = South
5	Longitude	12158.3416	dddmm.mmmmm ตำแหน่งลองจิจูด
6	E/W Indicator	W	E = East or W = West
7	Speed Over Ground	0.13	ความเร็ว (Knots)
8	Course Over Ground	309.62	True (degrees)
9	Date	120598	ddmmyy
10	Magnetic Variation		degrees
11	Magnetic Variation (Ref)		E = East or W = West (degrees)
	Checksum	*10	ผลรวมการตรวจสอบชุดข้อมูล
	<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

GGA (Global Positioning System Fixed Data) ประกอบด้วยข้อมูลที่ใช้ออกถึงตำแหน่ง พิกัด ละติจูด ลองจิจูด เวลา จำนวนดาวเทียมที่ใช้คำนวณพิกัด (Satellites Used) และความสูงจากระดับน้ำทะเล (MSL Altitude)

ตารางที่ 2.3 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคคอร์ด GGA

หมายเลขฟิลด์	ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
	Message ID	\$GPGGA	ส่วนหัวโปรโตคอลของ GGA
1	UTC Position	161229.487	hhmmss.sss เวลามาตรฐานกลาง
2	Latitude	3723.2475	ddmm.mmmm ตำแหน่งละติจูด
3	N/S Indicator	N	N = North or S = South
4	Longitude	12158.3416	dddmm.mmmm ตำแหน่งลองจิจูด
5	E/W Indicator	W	E = East or W = West
6	Position Fix Indicator	1	เป็นตัวบอกลักษณะของ GPS (0 = Not Fix, 1 = GPS Fix, 2 = Differential GPS Fix)
7	Satellites Used	07	จำนวนดาวเทียมที่ใช้คำนวณพิกัดอยู่ในช่วง 0 ถึง 12
8	HDOP	1.0	Horizontal Dilution of Precision
9	MSL Altitude	9.0	ความสูงของสายอากาศเหนือระดับน้ำทะเล (เมตร)
10	Units	M	หน่วยของความสูงของเสาอากาศ (เมตร)
11	Geoid Separation		ความต่างระหว่างระบบ WGS-84 กับระดับน้ำทะเล (เมตร)
12	Units	M	หน่วยของความต่างของจีอยด์ (ระดับน้ำทะเล) (เมตร)
13	Age of Diff. Corr.		จะไม่มีฟิลด์นี้เมื่อไม่ใช่ DGPS (วินาที)
14	Diff. Ref. Station ID	0000	หมายเลขประจำสถานีอ้างอิง (DGPS)
	Checksum	*18	ผลรวมการตรวจสอบชุดข้อมูล
	<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

GSV (GNSS Satellites in View) ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าทางเทคนิคต่างๆ ที่ได้รับจากดาวเทียม GPS

ตารางที่ 2.4 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด GSV

หมายเลขฟิลด์	ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
	Message ID	\$GPGSV	ส่วนหัวโปรโตคอลของ GSV
1	Number of Messages	2	จำนวนรวมทั้งหมดของ Messages (1-3)
2	Messages Number	1	หมายเลข Message (1-3)
3	Satellites in View	07	จำนวนรวมทั้งหมดของดาวเทียมในการมองเห็น
4	Satellites ID	07	Ch.1 (อยู่ในช่วง 1-32)
5	Elevation	79	Ch.1 (จำนวนสูงสุด คือ 90) หน่วยคือ degrees
6	Azimuth	048	Ch.1 (True, อยู่ในช่วง 0-359) หน่วยเป็น degrees
7	SNR (C/No)	42	Range 0 to 99, Null when not tracking (dB Hz)
8-11	...	02, 51, 062, 43	Ch.2 ของ Satellites ID, Elevation, Azimuth, SNR
12-15	...	26, 36, 256, 42	Ch.3 ของ Satellites ID, Elevation, Azimuth, SNR
16-19	...	27, 27, 138, 42	Ch.4 ของ Satellites ID, Elevation, Azimuth, SNR
	Checksum	*71	ผลรวมการตรวจสอบชุดข้อมูล
	<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

GSA (GNSS DOP and Active Satellites) ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงรายละเอียดการจับสัญญาณจากดาวเทียม รวมถึงจำนวนดาวเทียมที่จับสัญญาณได้ และค่า DOP (Dilution of Precision) ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความเที่ยงตรงของสัญญาณที่ได้รับจากดาวเทียม

ตารางที่ 2.5 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด GSA

หมายเลขฟิลด์	ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
	Message ID	\$GPGSA	ส่วนหัวโปรโตคอลของ GSA
1	Mode 1	A	M = Manual, A = Automatic
2	Mode 2	3	1 = ไม่ระบุค่า, 2 = 2 มิติ, 3 = 3 มิติ
3-14	Satellite Used	07, 02, 26,27, 09, 04, 15,,,,,	RPNs ของดาวเทียมใช้ในการแก้ปัญหา (เป็น Null สำหรับฟิลด์ที่ไม่ได้ใช้)
15	PDOP	1.8	Position Dilution of Precision
16	HDOP	1.0	Horizontal Dilution of Precision
17	VDOP	1.5	Vertical Dilution of Precision
	Checksum	*33	เช็คซัม
	<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

GLL (Geographic Position Latitude/Longitude) ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัด ละติจูด ลองจิจูด ทิศทาง เวลา และสถานะในการรับสัญญาณ (Status)

ตารางที่ 2.6 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด GLL

หมายเลขฟิลด์	ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
	Message ID	\$GPGLL	ส่วนหัวโปรโตคอลของ GLL
1	Latitude	3723.2475	ddmm.mmmm ตำแหน่งละติจูด
2	N/S Indicator	N	N = North or S = South
3	Longitude	12158.3416	dddmm.mmmm ตำแหน่งลองจิจูด
4	E/W Indicator	W	E=East or W= West
5	UTC Position	161229.487	hhmmss.ss เวลามาตรฐานกลาง
6	Status	A	A = Data Valid or V = Data Not Valid
	Checksum	*2C	เช็คซัม
	<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

VTG (Course Over Ground and Ground Speed) เรคคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงทิศทาง และความเร็ว

ตารางที่ 2.7 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคคอร์ด VTC

หมายเลขฟิลด์	ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
	Message ID	\$GPVTG	ส่วนหัวโปรโตคอลของ VTC
1	Course	309.62	Measured Heading (degrees)
2	Reference	T	True
3	Course		Measured Heading (degrees)
4	Reference	M	Magnetic
5	Speed	0.13	ได้จากการวัดความเร็วด้านแนวนอน (Knots)
6	Units	N	Knots
7	Speed	0.2	ได้จากการวัดความเร็วด้านแนวนอน (Km/hr)
8	Units	K	กิโลเมตรต่อชั่วโมง
	Checksum	*6E	เช็คซัม
	<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

รายละเอียดของแต่ละเรคคอร์ดจะมีความแตกต่างกัน และมีประโยชน์ในการนำไปใช้ที่ต่างกัน ซึ่งสามารถนำไปใช้งานตามความต้องการ

ตารางที่ 2.8 สรุปคุณสมบัติของ 6 เรคคอร์ดหลักใน NMEA message

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการ	เรคคอร์ดที่เก็บข้อมูลที่ต้องการไว้
การระบุพิกัดตำแหน่ง	\$GPRMC, \$GPGLL
ความเร็ว	\$GPRMC, \$GPVTG
วัน, เวลา	\$GPRMC, \$GPGLL
ระดับแนวระนาบ, ความสูง	\$GPGLL, \$GPGLL
ข้อมูลของดาวเทียม	\$GPGSV
สถานะของตัวรับ	\$GPGLL, \$GPGLL
การแก้ไขในเรื่อง DGPS	\$GPGLL

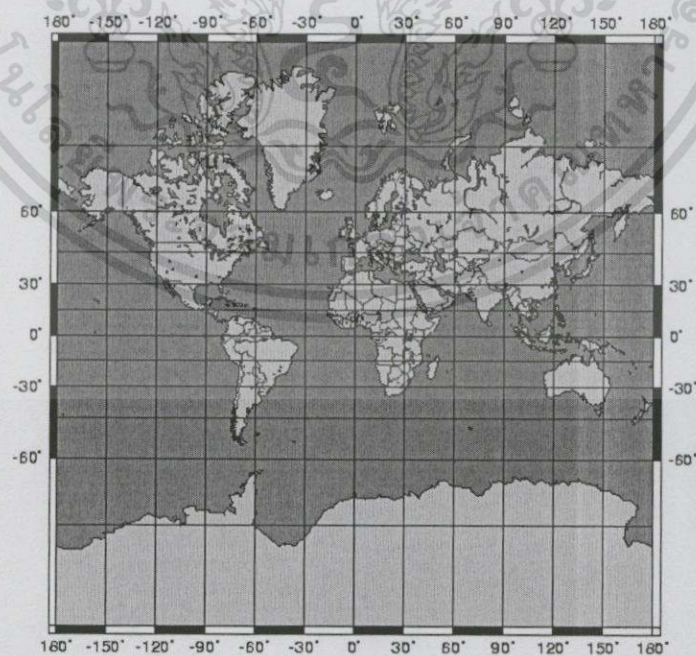
2.2.6 ระบบพิกัด (Coordinate System)

เป็นระบบที่สร้างขึ้นสำหรับใช้อ้างอิงในการกำหนดตำแหน่ง หรือบอกตำแหน่งพื้นโลกจากแผนที่ที่มีลักษณะเป็นตารางโครงข่ายที่เกิดจากตัดกันของเส้นตรงสองชุดที่ถูกกำหนดให้วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ และแนวตะวันออก-ตะวันตก ตามแนวของจุดศูนย์กำเนิด (Origin) ที่กำหนดขึ้น ค่าพิกัดที่ใช้อ้างอิงในการบอกตำแหน่งต่างๆ จะใช้ค่าของหน่วยที่นับออกจากจุดศูนย์กำเนิดเป็นระยะเชิงมุม (Degree) หรือเป็นระยะทาง (Distance) ไปทางเหนือหรือใต้ และตะวันออกหรือตะวันตกตามตำแหน่งของตำบลที่ต้องการหาค่าพิกัดที่กำหนดตำแหน่งต่างๆ จะถูกเรียกอ้างอิงเป็นตัวเลขในแนวตั้ง และแนวนอนตามหน่วยวัดระยะใช้วัดสำหรับระบบพิกัดที่ใช้อ้างอิงกำหนดตำแหน่งบนแผนที่ที่นิยมใช้กับแผนที่ในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกัน 2 ระบบ คือ

- 1) ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System)
- 2) ระบบพิกัดกริดแบบ UTM (Universal Transverse Mercator Co-ordinate System)

1. ระบบพิกัดภูมิศาสตร์

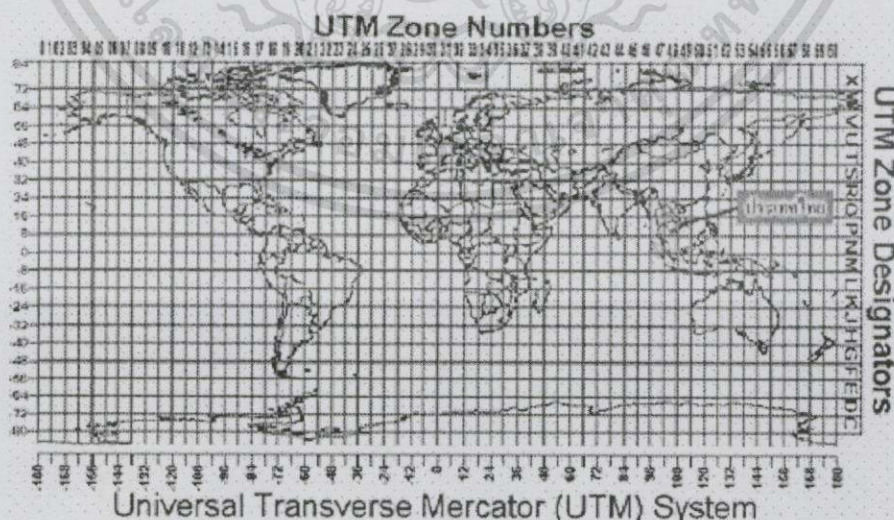
เป็นระบบพิกัดที่กำหนดตำแหน่งต่างๆ บนพื้นโลก ด้วยวิธีการอ้างอิงบอกตำแหน่งเป็นค่าระยะเชิงมุมของละติจูด (Latitude) และ ลองจิจูด (Longitude) ตามระยะเชิงมุมที่ห่างจากศูนย์กำเนิด (Origin) ของละติจูด และลองจิจูด ที่กำหนดขึ้นสำหรับศูนย์กำเนิดของละติจูด (Origin of Latitude) นั้นกำหนดขึ้นจากแนวระดับที่ตัดผ่านศูนย์กลางของโลก และตั้งฉากกับแกนหมุน เรียกแนวระนาบศูนย์กำเนิดนั้นว่า เส้นศูนย์สูตร (Equator) ซึ่งแบ่งโลกออกเป็นซีกโลกเหนือ และซีกโลกใต้ ฉะนั้นค่าระยะเชิงมุมของละติจูดจะเป็นค่าเชิงมุมที่เกิดจากมุมที่ศูนย์กลางของโลก กับแนวระดับฐานกำเนิดมุมที่เส้นศูนย์สูตรที่วัดค่าของมุมออกไปทั้งซีกโลกเหนือ และซีกโลกใต้ ค่าของมุมจะสิ้นสุดที่ขั้วโลกเหนือ และขั้วโลกใต้ มีค่าเชิงมุม 90 องศาพอดี ดังนั้นการใช้ค่าระยะเชิงมุมของละติจูดอ้างอิงบอกตำแหน่งต่างๆ นอกจากจะกำหนดเรียกค่าวัดเป็น องศาลิปดา และฟิลิปดา แล้วจะบอกซีกโลกเหนือหรือใต้กำกับด้วยเสมอ



รูปที่ 2.9 แสดงการแบ่งพิกัดละติจูดและลองจิจูด

2. ระบบพิกัดกริดแบบ UTM

พิกัดกริด UTM (Universal Transverse Mercator) เป็นระบบตารางกริดที่ใช้ช่วยในการ กำหนดตำแหน่ง และใช้อ้างอิงในการบอกตำแหน่งที่นิยมใช้กับแผนที่ในกิจการทหารของประเทศ ต่างๆ เกือบทั่วโลกในปัจจุบัน เพราะเป็นระบบตารางกริดที่มีขนาดรูปร่างเท่ากันทุกตาราง และมีวิธีการกำหนดบอกค่าพิกัดที่ง่าย และถูกต้องเป็นระบบกริดที่นำเอาเส้นโครงแผนที่แบบ Universal Transverse Mercator Projection ของ Gauss -Krueger มาใช้ตัดแปลงการฉายทอดรายละเอียดของพื้นผิวโลกให้รูปทรงระบอบ Mercator Projection อยู่ในตำแหน่ง Mercator Projection (แกนของรูปทรงระบอบจะทับกับแนวเส้นอิควเตอร์ และตั้งฉากกับแนวแกนของขั้วโลก) ประเทศไทยได้นำเอาเส้นโครงแผนที่แบบ UTM นี้มาใช้ในการทำแผนที่ เป็นชุด L 7017 ที่ใช้ในปัจจุบันแผนที่ระบบพิกัดกริด ที่ใช้เส้นโครงแผนที่แบบ UTM เป็นระบบเส้นโครงชนิดหนึ่งที่ใช้ผิวรูปทรงระบอบเป็นผิวแสดงเส้นเมริเดียน (หรือเส้นลองจิจูด) และเส้นละติจูดของโลก โดยใช้ทรงระบอบตัดโลกระหว่างละติจูด 84 องศาเหนือ และ 80 องศาใต้ในลักษณะแกนรูปทรงระบอบแล้วทำมุมกับแกนโลก 90 องศารอบโลก แบ่งออกเป็น 60 โซนๆ ละ 6 องศา โซนที่ 1 อยู่ระหว่าง 180 องศา กับ 174 องศาตะวันตก และมีลองจิจูด 177 องศาตะวันตก เป็น เมริเดียนย่านกลาง (Central Meridian) มีเลขกำกับแต่ละโซนจาก 1 ถึง 60 โดย นับจากซ้ายไปทางขวาระหว่างละติจูด 84 องศาเหนือ 80 องศาใต้ แบ่งออกเป็น 2 ช่อง ช่องละ 8 องศา ยกเว้นช่องสุดท้าย เป็น 12 องศา โดยเริ่มนับตั้งแต่ละติจูด 80 องศาใต้ ขึ้นไป ทางเหนือ ให้ช่องแรกเป็นอักษร C และช่องสุดท้ายเป็นอักษร X (ยกเว้น I และ O) จากการแบ่งตามที่กล่าวแล้วจะเห็นพื้นที่ในเขตลองจิจูด 180 องศาตะวันตก ถึง 180 องศาตะวันออก และละติจูด 80 องศาใต้ ถึง 84 องศาเหนือ จะถูกแบ่งออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า 1,200 รูป แต่ละรูปมีขนาดกว้างยาว 6 องศา คูณ 8 องศา จำนวน 1,140 รูป และกว้างยาว 6 องศา คูณ 12 องศา จำนวน 60 รูป รูปสี่เหลี่ยมนี้เรียกว่า Grid Zone Designation (GZD) การเรียกชื่อ Grid Zone Designation ประเทศไทยมีพื้นที่อยู่ ระหว่างละติจูด 5 องศา 30 ลิปดาเหนือ ถึง 20 องศา 30 ลิปดาเหนือ และลองจิจูดประมาณ 97 องศา 30 ลิปดา ตะวันออก ถึง 105 องศา 30 ลิปดา ตะวันออก ดังนั้น ประเทศไทยจึงตกอยู่ใน GZD 47N 47P 47Q 48N 48P และ 48 Q



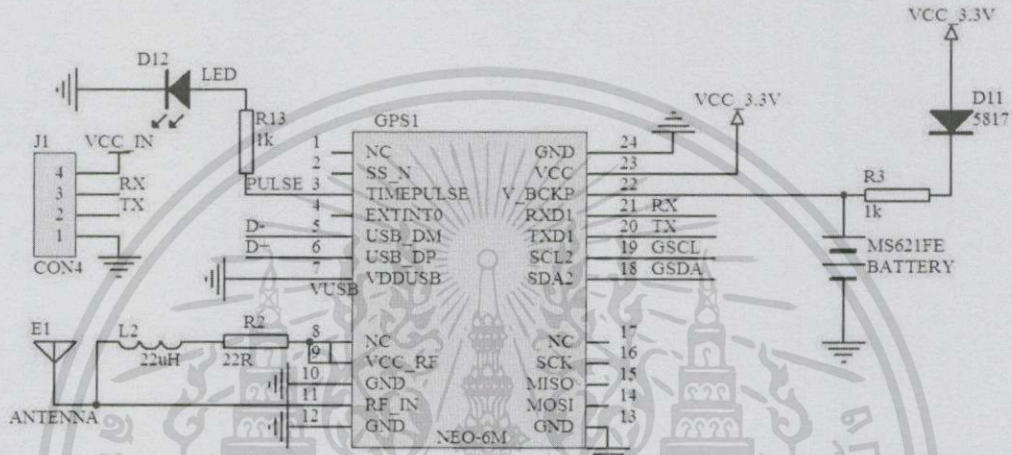
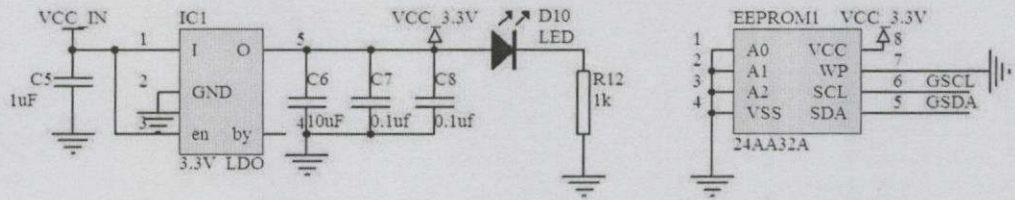
รูปที่ 2.10 แสดงการแบ่งกริดโซนระบบพิกัดกริด UTM

2.2.7 คุณสมบัติของ GPS Module

ตารางที่ 2.9 คุณสมบัติของ GPS Module

Receiver Type	50-Channel u-blox 5 EngineGPS L1 C/A CodeSBAS: WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN
Max. Update Rate	5 Hz
Accuracy	(All SV @ -130 dBm)
	Position 2.5 m CEP
	SBAS 2.0 m CEP
Acquisition	(All SV @ -130 dBm)
	Cold starts 32 s
	Warm starts 32 s
	Aided starts < 3 s (Dependent on aiding data connection speed and latency)
	Hot starts 1 s
Sensitivity	(Demonstrated with a good active antenna)
	Tracking -160 dBm
	Reacquisition -160 dBm
	Cold starts -146 dBm
Timing Accuracy	
	RMS 30 ns
	99% < 60 ns
	Granularity 21 ns
Time Pulse	Configurable 0.25 Hz to 1 kHz
A-GPS	Supports AssistNow Online and AssistNow Offline, OMA SUPL Compliant
Operational Limits	Velocity: 500 m/s (972 Knots)
	Altitude: 50,000 m
Operating Temp.	-40° C to 85° C
Storage Temp.	-40° C to 85° C

2.2.8 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ GPS Module



รูปที่ 2.11 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ GPS Module

2.3 GSM/GPRS Module

GSM/GPRS Module ที่ใช้งานเป็น SIM 900 GSM/GPRS Module เป็น Module โทรศัพท์ ออกแบบให้ Module มีลักษณะเป็น SMT Type มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ด้วยโปรเซสเซอร์ AMR926EJ-S Core สามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งหมด 4 ความถี่ GSM/GPRS 850 / 900 / 1800 / 1900 MHz เพื่อทำการส่งข้อมูลผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และส่งข้อความสั้นเพื่อทำการแจ้งเตือน

2.3.1 ความเป็นมาของ GSM/GPRS

GPRS เป็นเทคโนโลยีโครงข่ายโทรศัพท์ที่ถูกพัฒนาขึ้นจากพื้นฐานของระบบ GSM จะทำงานอยู่ในรูปแบบ Package-Switched ซึ่งจะแตกต่างจากระบบที่ผู้ใช้งานใช้เสียงโทรคุยกันปกติ ที่เรียกว่า Circuit-Switched

ระบบ Circuit-Switched จะเป็นระบบที่ใช้สำหรับติดต่อสื่อสารของสัญญาณเสียงแบบที่ใช้โทรศัพท์โทรคุยกันปกติ โดย Circuit-Switched นี้จะมีช่องสัญญาณอยู่หลายช่อง เมื่อจะทำการติดต่อ จะต้องมีการจองช่องสัญญาณก่อน 1 ช่อง แล้วจึงจะสามารถเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างโทรศัพท์เมื่อวางสาย ช่องสัญญาณนั้นก็จะถูกยกเลิก แล้วปล่อยว่างไว้ให้ผู้อื่นสามารถใช้งานต่อไปได้

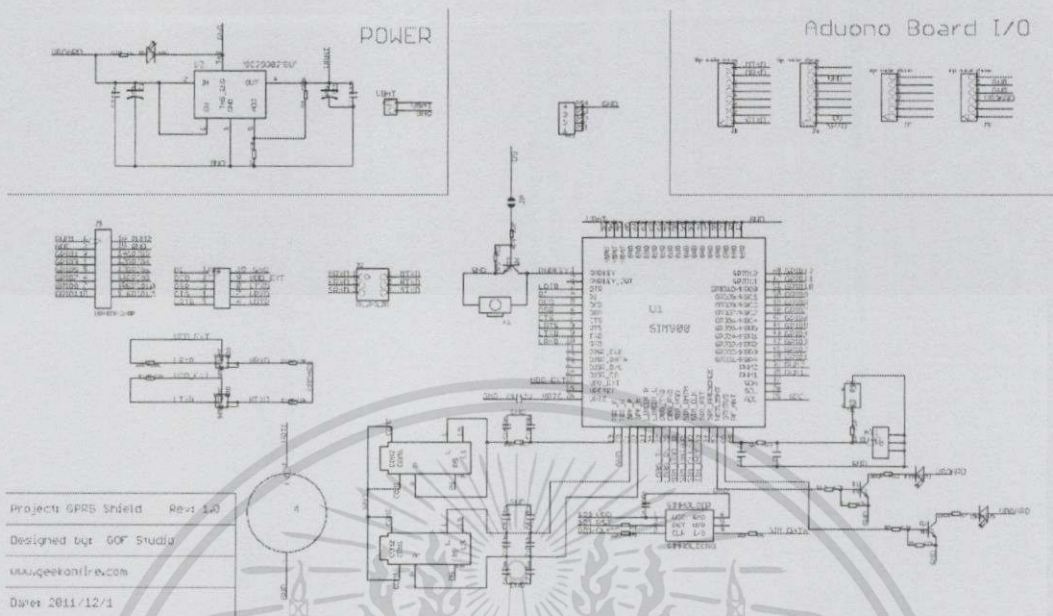
แต่ในระบบ Package-Switched จะสามารถใช้ช่องสัญญาณเดี่ยวร่วมกับผู้อื่นได้ ไม่ต้องมีการจองช่องสัญญาณก่อนเหมือนระบบ Circuit-Switched โดยข้อมูลเสียงจะถูกแบ่งออกก่อน เป็นข้อมูลย่อยๆ หลายๆ ข้อมูล เรียกว่า Package ในแต่ละ Package จะมีหมายเลขประจำตัวอยู่ ซึ่ง Package จะถูกส่งเข้าไปที่ช่องสัญญาณรวม ในช่องสัญญาณ 1 ช่องก็อาจจะมี Package เสียงอื่นๆ วิ่งรวมอยู่ในนี้ได้ หลังจากนั้น เมื่อถึงปลายทาง package แต่ละตัวจะทราบว่าจุดหมายอยู่ที่ใด และจะต้องไปรวมกลุ่มกับ Package ใด เพื่อประกอบกันเป็นข้อมูลเสียงเดิม เพื่อให้ปลายทางสามารถรับข้อมูลที่ถูกต้องตรงกับข้อมูลที่ส่งได้

โดย GPRS มีความสามารถในการส่งข้อมูลผ่านทางโทรศัพท์มือถือได้ด้วยความเร็วใน ระดับ 171.2 kbps (ขณะที่โทรศัพท์มือถือดิจิตอลธรรมดาส่งได้ด้วยความเร็ว 9.6 Kbps) ซึ่งความเร็วที่สูงระดับนี้สามารถรองรับกับการใช้งานอินเทอร์เน็ตได้อย่างง่ายดาย ได้อย่างไม่มีปัญหา GPRS ได้ถูกกำหนดเป็นมาตรฐาน และมีกำหนดการที่จะออกใช้งานทั่วโลก โดยเริ่มมีการวางระบบเพื่อรองรับการใช้งาน ตั้งแต่ปี 2000 โดยในปี 2001 นั้นได้มีการเริ่มทดสอบให้บริการที่ความเร็ว 56 Kbps และ 112 Kbps โดยทั้งหมดจะทำงานอยู่บนเครือข่ายโทรศัพท์ GSM เดิม

2.3.2 คุณสมบัติของ GSM/GPRS Module

- Quad-Band 850 / 900 / 1800 / 1900 MHz : Would work on GSM networks in all countries across the world.
- GPRS Multi-Slot Class 10/8
- GPRS mobile Station Class B
- Compliant to GSM-Phase 2/2+
- Class 4 (2 W @ 850 / 900 MHz)
- Class 1 (1 W @ 1800 / 1900MHz)
- Control via AT Commands : Standard Commands: GSM 07.07 & 07.05 | Enhanced Commands: SIMCOM AT Commands.
- Short Message Service : So that you can send small amounts of data over the network (ASCII or Raw Hexadecimal).
- Embedded TCP/UDP stack : Allows you to upload data to a web server.
- RTC Supported.
- Selectable Serial Port.
- Speaker and Headphone Jacks
- Low Power Consumption 1.5mA (Sleep Mode)
- Industrial Temperature Range -40°C to +85 °C

2.3.3 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ GSM/GPRS Module



รูปที่ 2.12 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ GSM/GPRS Module

ตารางที่ 2.10 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ GSM/GPRS Module

Power Select	Select the Power Supply for GPRS Shield (External Power or 5 V of Arduino)
Power Jack	Connected to External 4.8~5 VDC Power Supply
Antenna Interface	Connected to External Antenna
Serial Port Select	Select either Software Serial Port or Hardware Serial Port to be connected to GPRS Shield
Hardware Serial	D0/D1 of Arduino
Software Serial	D7/D8 of Arduino
Status LED	Tell whether the Power of SIM900 is on
Net Light	Tell the Status about SIM900 linking to the net
UART of SIM900	UART Pins breakout of SIM900
Microphone	To answer the Phone Call
Speaker	To answer the Phone Call
GPIO, PWM and ADC of SIM900	GPIO, PWM and ADC Pins breakout of SIM900
Power Key	Power Up and Down for SIM900
Pins Usage on Arduino	
D0	Unused if you select Software Serial Port to communicate with GPRS Shield

D1	Unused if you select Software Serial Port to communicate with GPRS Shield
D2	Unused
D3	Unused
D4	Unused
D5	Unused
D6	Unused
D7	Used if you select Software Serial Port to communicate with GPRS Shield
D8	Used if you select Software Serial Port to communicate with GPRS Shield
D9	Used for Software Control the Power Up or Down of the SIM900
D10	Unused
D11	Unused
D12	Unused
D13	Unused
D14(A0)	Unused
D15(A1)	Unused
D16(A2)	Unused
D17(A3)	Unused
D18(A4)	Unused
D19(A5)	Unused
Note: A4 and A5 are connected to the I2C Pins on the SIM900. The SIM900 however cannot be accessed via the I2C .	

2.4 Temperature & Humidity Sensor

Temperature & Humidity Sensor ที่ใช้งานเป็น DHT11 Humidity and Temperature Sensor ใช้ในการวัดอุณหภูมิกับความชื้นในอากาศ

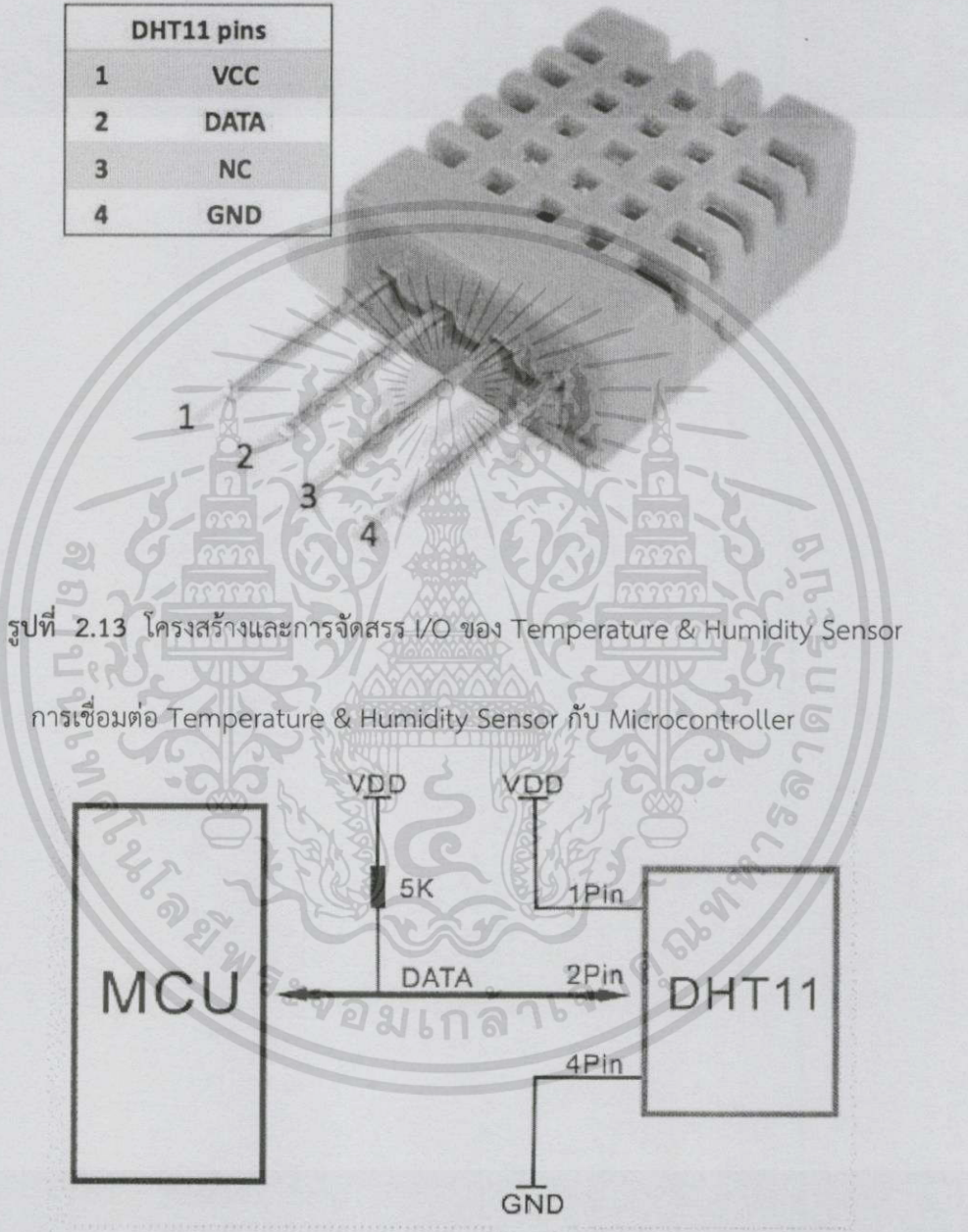
2.4.1 คุณสมบัติของ Temperature & Humidity Sensor

- ย่านวัดความชื้น 20-90% RH โดยมีค่าความแม่นยำ +5% RH ความละเอียดในการวัด 1% แสดงผลแบบ 8 บิต
- ย่านวัดอุณหภูมิ 0-50 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความแม่นยำ +-2 องศาเซลเซียส ความละเอียดในการวัด 1 องศาเซลเซียส แสดงผลแบบ 8 บิต
- 3 to 5V Power and I/O
- 2.5mA Max Current Use During Conversion (While Requesting Data)
- ความถี่ในการวัด 1

- ขนาด 15.5 mm x 12 mm x 5.5 mm
- มี 4 Pins ใช้พื้นที่ในการวางขา 0.1"

2.4.2 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ Temperature & Humidity Sensor

DHT11 pins	
1	VCC
2	DATA
3	NC
4	GND



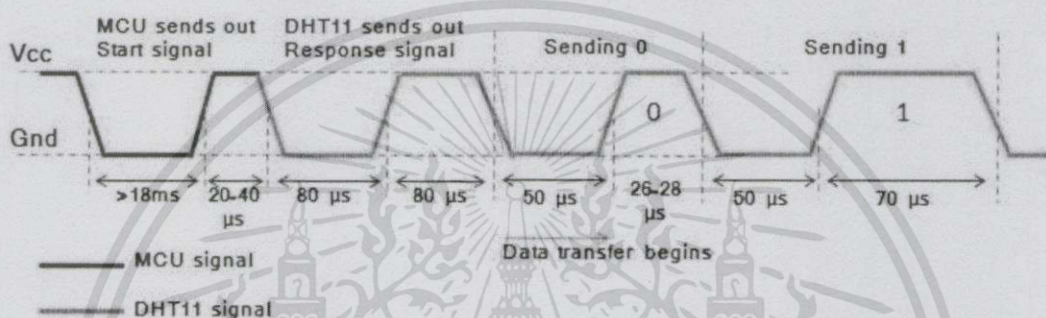
รูปที่ 2.13 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ Temperature & Humidity Sensor

การเชื่อมต่อ Temperature & Humidity Sensor กับ Microcontroller

รูปที่ 2.14 การเชื่อมต่อกับ Temperature & Humidity Sensor

2.4.3 การทำงานของ Temperature & Humidity Sensor

วิธีการส่งข้อมูลของ DHT11 จะใช้การสื่อสารกับ Microcontroller ด้วยวิธี Single-Wire Two-Way Serial Interface คือ การสื่อสารอนุกรมสองทางโดยใช้สายเส้นเดียว ในการสื่อสารโดยใช้สายเส้นเดียวนั้น จำเป็นต้องใช้โปรโตคอลที่ตกลงกันไว้ระหว่างตัว Microcontroller และ DHT11 ในอันดับแรก Microcontroller จะส่ง Start signal ที่เป็นแรงดันไฟฟ้าระดับต่ำ 18 ไมโครวินาที ไปที่ DHT11 เพื่อให้ DHT11 เริ่มทำงาน และหยุดรอ 20-40 ไมโครวินาทีเพื่อรอ DHT11 ตอบกลับ เพื่อให้ Microcontroller รู้ว่า DHT11 ก็พร้อมส่งแล้ว DHT11 จะส่งแรงดันระดับต่ำกลับไป การส่งแรงดันจาก DHT11 กลับไปจะนาน 80 ไมโครวินาที จากนั้นจะรออีก 80 ไมโครวินาที ก่อนที่จะส่งข้อมูลบิตแรก



รูปที่ 2.15 การทำงานของ Temperature & Humidity Sensor

สำหรับการส่งบิตเป็น "0" ตัว DHT11 จะดึงระดับแรงดันลงต่ำนาน 50 ไมโครวินาที และปล่อยเป็นระดับ "สูง" นาน 26-28 ไมโครวินาที แต่ถ้าเป็นการส่งบิตเป็น "1" DHT11 จะดึงสายสัญญาณลงระดับต่ำ 50 ไมโครวินาที และปล่อยให้เป็นระดับสูงนาน 70 ไมโครวินาที ดังรูปที่ 2.15

ในแต่ละชุดของข้อมูลที่ส่งมาจาก DHT11 Microcontroller รับข้อมูลแล้วจะต้องเอามาแปลงต่อ ว่าข้อมูลที่ส่งมานั้นแปลว่าอะไร แต่ละชุดข้อมูลจะยาว 40 บิต และใช้เวลาส่งประมาณ 40 มิลลิวินาทีใน 40 บิตที่ส่งมาประกอบด้วย 8 bit integral RH data + 8 bit decimal RH data + 8 bit integral T data + 8 bit decimal T data + 8 bit checksum

2.5 PIR Sensor

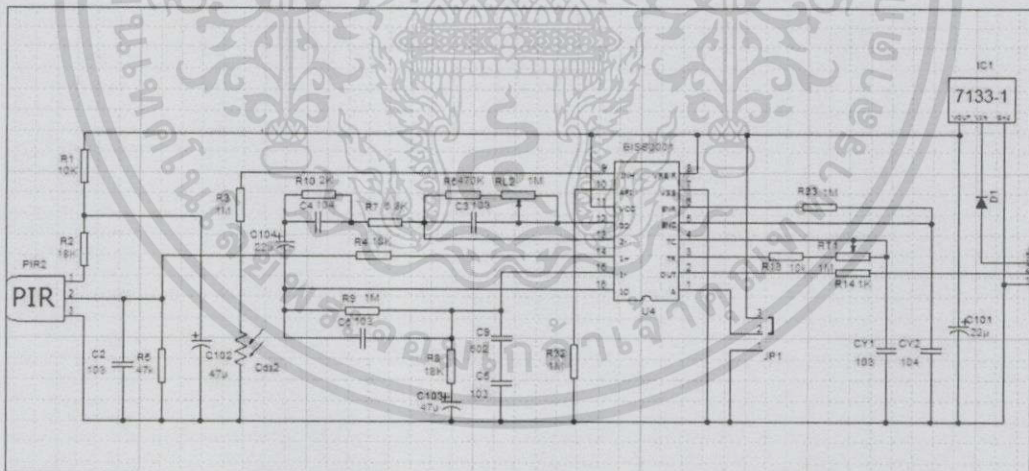
PIR Sensor ที่ใช้งานเป็น DYP-ME003 PIR Sensor เป็น Sensor ตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตที่มีการแผ่รังสีอินฟราเรดออกจากร่างกาย โดยใชการตรวจจับรังสีอินฟราเรดที่ผ่านตัว Sensor

2.5.1 คุณสมบัติของ PIR Sensor

ตารางที่ 2.11 คุณสมบัติของ PIR Sensor

Input Voltage	DC 4.5-20 V
Static Current	50 μ A
Trigger	H-Yes, L-No
Block Time	2.5 S(Default)
Delay Time	5 S(Default)
Sentry Angle	< 110 degree
Sentry Distance	3 m(Default) - Max 7 m
Lens Size	Diameter 23 mm(Default)
Dimensions	32 mm * 24 mm

2.5.2 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ PIR Sensor

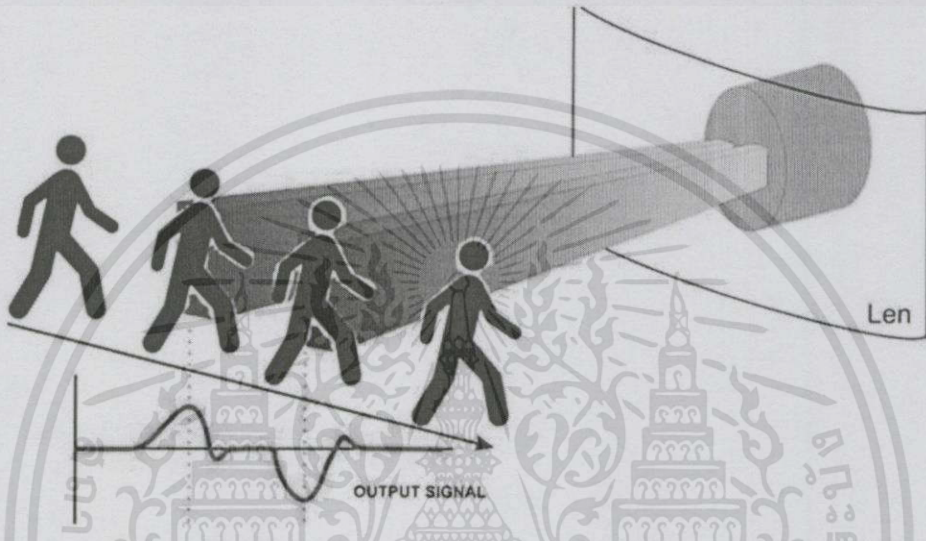


รูปที่ 2.16 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ PIR Sensor

2.5.3 การทำงานของ PIR Sensor

PIR Sensor เป็นอุปกรณ์ตรวจจับคลื่นรังสี Infrared จากวัตถุ ผ่านอุปกรณ์รวมแสง มายังตัว Pyro Electric ซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานความร้อน จากรังสี Infrared เป็นพลังงานไฟฟ้า แม้จะมีปริมาณ Infrared แค่นี้เพียงเล็กน้อย จึงทำให้ PIR Sensor สามารถตรวจจับ คลื่นรังสี Infrared และอุณหภูมิได้

ภายใน PIR Sensor จะมีอุปกรณ์ตรวจจับรังสี Infrared อยู่ 2 ชุดด้วยกัน เมื่อมีสิ่งมีชีวิตที่มีความอบอุ่นในร่างกายเคลื่อนที่ผ่านเข้ามาใน พื้นที่ที่ PIR Sensor สามารถตรวจจับคลื่นรังสี Infrared ที่แผ่ออกมาจากสิ่งมีชีวิตได้ PIR Sensor จะเปลี่ยนคลื่นรังสี Infrared ให้กลายเป็นกระแสไฟฟ้าดังรูป จะเห็นว่าเมื่อมีสิ่งมีชีวิตเคลื่อนที่ผ่าน อุปกรณ์ตรวจจับรังสี Infrared ตัวที่ 1 จะได้สัญญาณ Output ออกมาสูงกว่าแรงดันปรกติ และเมื่อสิ่งมีชีวิตเคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์ตรวจจับรังสี Infrared ตัวที่ 2 จะได้แรงดัน Output ต่ำกว่าค่าแรงดันปรกติ ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 การทำงานของ PIR Sensor

2.6 Ultrasonic Sensor

Ultrasonic Sensor ที่ใช้งานเป็น HC-SR04 Ultrasonic เป็น Sensor ใช้วัดระยะทางโดยไม่ได้มีการสัมผัสกับตำแหน่งที่ต้องการวัด วัดระยะทางได้ 2 cm ถึง 400 cm โดยส่งคลื่น Ultrasonic ความถี่ 40 kHz ไปยังวัตถุที่ต้องการวัดระยะทางระหว่างวัตถุ และรับคลื่นที่สะท้อนกลับมา พร้อมทั้งจับเวลาเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณระยะทาง

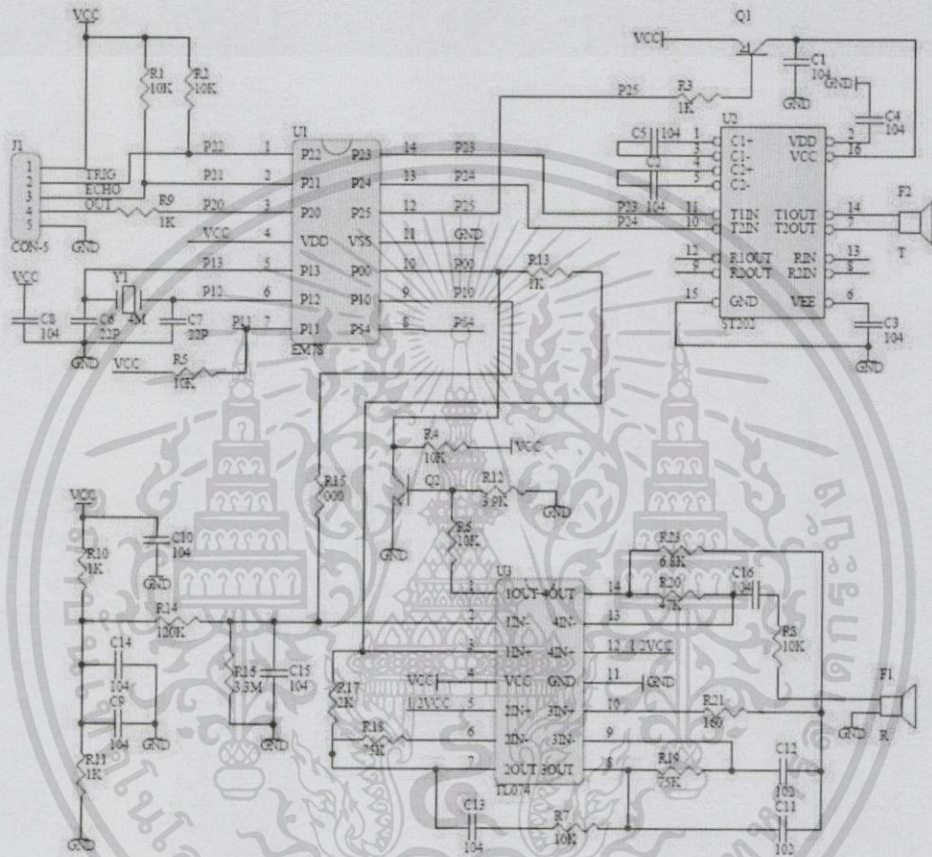
2.6.1 คุณสมบัติของ Ultrasonic Sensor

ตารางที่ 2.12 คุณสมบัติของ Ultrasonic Sensor

Working Voltage	DC 5 V
Static Current	3 mA
Working Temperature	0 ~ + 70
Output Way	GPIO
Induction Angle	Less than 15 degree
Detection Range	2 cm to 4 m

Detecting Precision	0.3 cm + 1%
Sensor Size	Approx. 45 x 20 x 1.6 mm
Hole Diameter	Approx. 1 mm

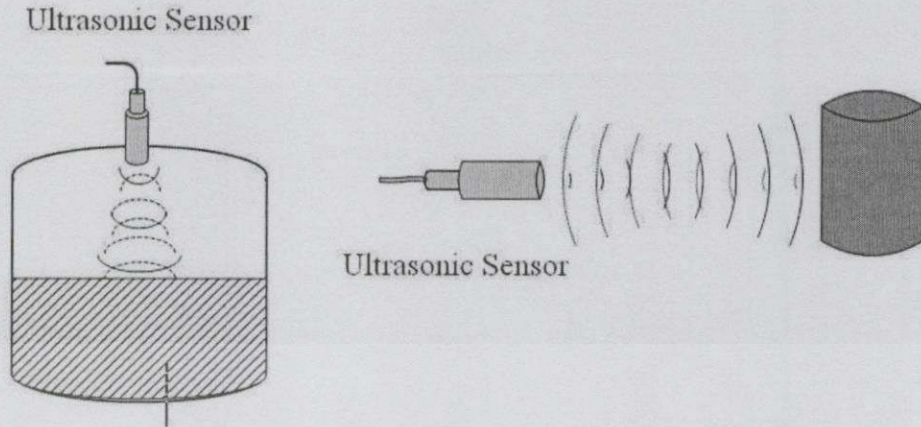
2.6.2 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ Ultrasonic Sensor



รูปที่ 2.18 โครงสร้างและการจัดสรร I/O ของ Ultrasonic Sensor

2.6.3 การทำงานของ Ultrasonic Sensor

Ultrasonic sensor เป็น Sensor ที่ทำงานโดยอาศัยคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 kHz ซึ่งเป็นคลื่นในย่านที่มนุษย์ไม่สามารถได้ยินเสียง ทำงานโดยอาศัยการกระจายหรือการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงไปกระทบกับพื้นผิวของตัวกลาง อาจจะเป็นของแข็งหรือของเหลว บางส่วนของคลื่นเสียงจะแทรกผ่านเข้าไปในตัวกลางนั้น และส่วนใหญ่ของคลื่นความถี่สูงนี้จะสะท้อนกลับมาเรียกว่า "Echo" โดยช่วงเวลาของการสะท้อนกลับของคลื่นเสียงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะห่างระหว่างวัตถุกับ Sensor ดังรูป



รูปที่ 2.19 การสะท้อนกลับของคลื่นเสียงจากวัสดุของ Ultrasonic Sensor

โดยทั่วไปนิยมใช้ Ultrasonic Sensor สำหรับการวัดระยะทางของวัตถุ สามารถใช้งานกับวัตถุทั้งชนิดโลหะ และอโลหะทุกเฉดสี โปรงใส โปรงแสงหรือทึบแสง ตรวจจับวัตถุได้หลายขนาด ไม่เหมาะกับวัตถุที่มีคุณสมบัติการยืดหยุ่นหรือคุณสมบัติการดูดซับเสียง ซึ่งจะดูดซับคลื่นเสียงไม่ให้สะท้อนกลับมายังตัวรับสัญญาณ และเนื่องจากลักษณะการสะท้อนกลับของเสียงขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบที่ทำให้เสียงกระจายไปในทิศทางต่างๆ จึงไม่เหมาะกับวัตถุที่มีลักษณะเป็นก้อนๆ ไม่สม่ำเสมอ ผลที่ได้จากการสะท้อนกลับของคลื่น Ultrasonic ที่ใช้กับวัตถุลักษณะนี้จะมีความเที่ยงตรง (Precision) ต่ำ สำหรับวัตถุที่มีผิวเรียบคลื่นเสียงที่มาตกกระทบส่วนใหญ่จะสะท้อนออกจากพื้นผิวนั้นอย่างมีระเบียบ ค่าความเที่ยงตรงที่ได้จากการวัดจะมีค่าสูงมากกว่า โดยตำแหน่งของ Sensor ที่ตั้งฉากกับพื้นผิวของวัตถุจะให้ประสิทธิภาพในการสะท้อนคลื่นกลับมายังตัวรับมากที่สุด

ในสภาวะแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองหรือมีไอน้ำในอากาศ เสียงอาจถูกดูดซับไปบ้าง และสูญเสียพลังงานไปในรูปของพลังงานความร้อน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาอุณหภูมิที่พื้นผิวของวัตถุพบว่าวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดความผิดเพี้ยนของการวัดขึ้น โดยทำให้ระยะการตรวจจับสั้นลง ผลที่ได้จะไม่แน่นอน เนื่องจากเสียงที่เดินทางผ่านอากาศที่มีอุณหภูมิสูงมีความเร็วสูงกว่าเสียงที่เดินทางผ่านอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ในการติดตั้ง Sensor ต้องระวังมุมอับที่สัญญาณเสียงไม่สามารถเดินทางผ่านไปได้ หรือเรียกว่า บริเวณ "Blind Zone หรือ Dead Zone"

ในการคำนวณหาระยะทางที่วัดได้สามารถคำนวณได้จาก สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{Distance} = ((\text{Duration of High Level}) * (\text{Speed of Sound} : 340 \text{ m/s}))/2$$

2.7 ฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล (Database) หมายถึง แหล่งเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อหรือจุดประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง มีโครงการ และการจัดการอย่างเป็นระบบ ข้อมูลที่บันทึกเก็บไว้สามารถปรับปรุงแก้ไข สืบค้น และนำมาใช้ในการจัดการสารสนเทศได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

ฐานข้อมูลในที่นี้หมายถึงฐานข้อมูลที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ ส่วนอุปกรณ์ที่เก็บข้อมูลก็คือจานแม่เหล็กหรือฮาร์ดดิสก์นั่นเอง

โครงสร้างของตารางประกอบด้วย

1. ชื่อตารางหรือชื่อฐานข้อมูล (Database Name)
2. เขตข้อมูลในแนวตั้ง (Column) หรือฟิลด์ (Field) หลายฟิลด์
3. รายการข้อมูลหรือระเบียน (Record) หลายรายการในแนวนอน (Row)

ศัพท์สำคัญเกี่ยวกับระบบฐานข้อมูลและการออกแบบระบบฐานข้อมูล คือ

1. เอนทิตี (Entity) เป็นคำที่อ้างอิงถึงบุคคล สถานที่ และสิ่งของ
2. แอตทริบิวต์ (Attribute) เป็นข้อมูลที่แสดงลักษณะของเอนทิตี
3. ความสัมพันธ์ (Relationships) หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีต่างๆ ในระบบ ในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์นั้นจะต้องกำหนดชนิดของคีย์ต่างๆ เพื่อเป็นแอตทริบิวต์ พิเศษที่ทำหน้าที่บางอย่าง เช่น เป็นตัวแทนของตาราง ฯลฯ ซึ่งมีชนิดคีย์ ดังนี้

1. Primary Key จะเป็นฟิลด์ที่มีค่าไม่ซ้ำกันเลยในแต่ละเรคอร์ดในตารางนั้น สามารถใช้ฟิลด์ที่เป็น Primary Key นี้ เป็นตัวแทนของตารางนั้นได้ทันที

2. Candidate Key เป็นฟิลด์หนึ่งหรือหลายฟิลด์ที่พอเอามารวมกันแล้วมีคุณสมบัติเป็น Primary Key (ไม่ซ้ำ) และไม่ได้ถูกใช้เป็นคีย์หลัก เช่น รหัสจังหวัดเป็นคีย์หลัก ส่วนชื่อจังหวัดก็ไม่ซ้ำเช่นกัน แต่ไม่ได้เป็นคีย์หลักจึงเป็นคีย์คู่แข่งแทน

3. Composite Key บางตารางหาฟิลด์ไม่ซ้ำไม่ได้เลย จึงต้องใช้หลายๆ ฟิลด์มา รวมกันเป็น Primary Key ฟิลด์ที่ใช้รวมกันนี้เรียกว่า Composite Key

4. Foreign Key เป็นฟิลด์ใดๆ ในตาราง (ฝั่ง Many) ที่มีความสัมพันธ์กับฟิลด์ ที่เป็น Primary Key ในอีกตาราง (ฝั่ง One) โดยที่ตารางทั้งสองมีความสัมพันธ์แบบ One-to-Many ต่อกัน

2.8 แผนที่กูเกิ้ล

Google Maps เป็นบริการของ Google ที่ให้บริการเทคโนโลยีด้านแผนที่ประสิทธิภาพสูง ใช้งานง่าย ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ของ Google สามารถเปิด Website จากเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องใดก็ได้ เพื่อเปิดใช้บริการแผนที่ของ Google Maps โดยบริการแผนที่เริ่มต้นให้บริการตั้งแต่กลางปี ค.ศ. 2005 เป็นบริการฟรี จัดให้แก่ผู้ใช้ทั่วโลกส่วนประกอบที่สำคัญที่ดึงดูดผู้ใช้งานเป็นอย่างมาก คือ แผนที่ และภาพถ่ายดาวเทียมคุณภาพดี ซึ่งครอบคลุมพื้นผิวโลกในมาตราส่วนต่างๆ ตามความเหมาะสม

บทที่ 3 การออกแบบและโครงสร้าง

3.1 โครงสร้างการทำงานของระบบ

โครงสร้างแสดงการทำงานของระบบแจ้งเตือนรับส่งเด็กกอนูบาล เพื่อช่วยเหลือเด็กที่ติดอยู่ในรถยนต์ โดยจะมีโครงสร้างการทำงาน ดังรูป 3.1



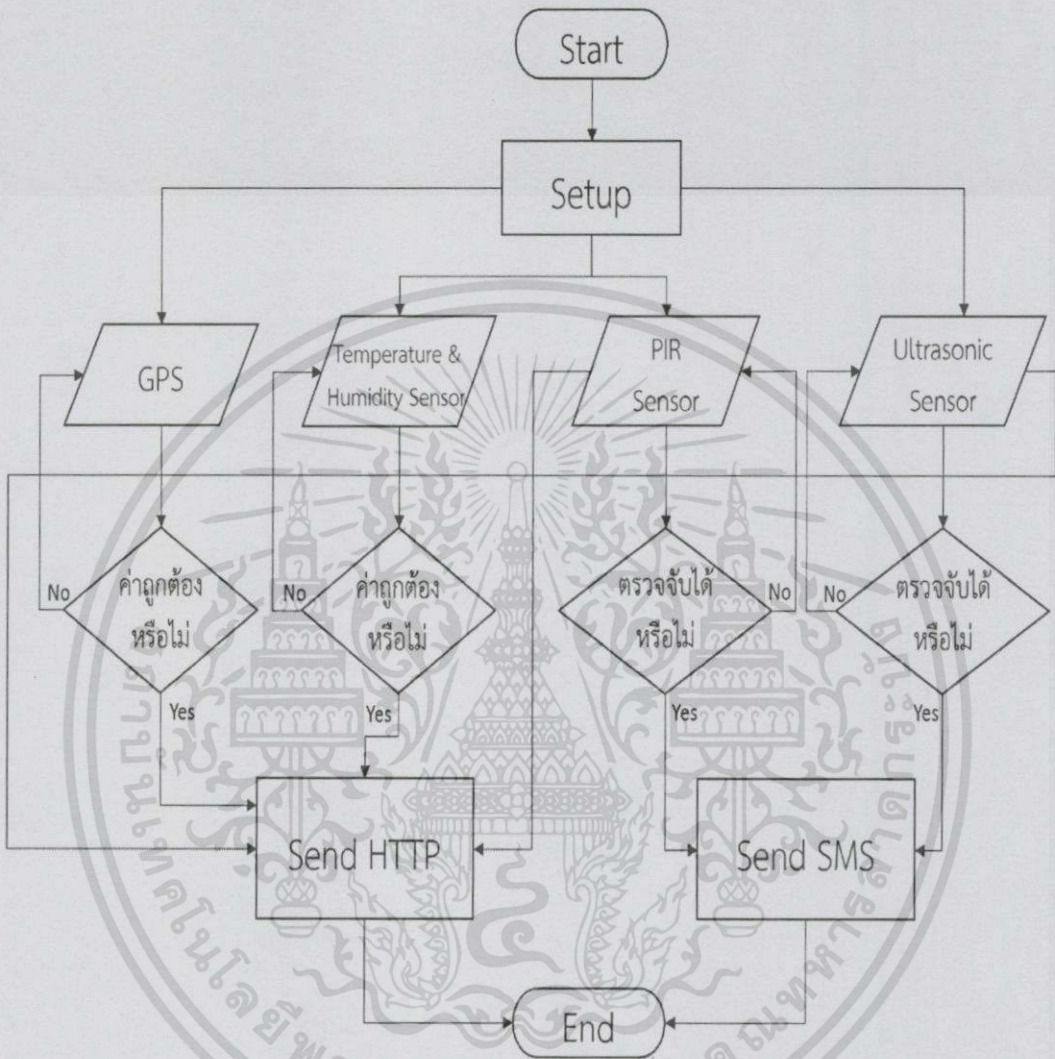
รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานของระบบ

การทำงานของระบบแจ้งเตือนรับส่งเด็กกอนูบาล มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. Sensor จะทำการตรวจจับเด็กที่ติดอยู่ภายในยานพาหนะโดย PIR Sensor และ Ultrasonic Sensor และวัดอุณหภูมิกับความชื้น แล้วทำการส่งค่าที่วัดได้ไปยัง Microcontroller
2. GPS จะทำการระบุตำแหน่งที่อยู่ของยานพาหนะจากดาวเทียม และทำการส่งค่าตำแหน่งที่รับได้ไปยัง Microcontroller
3. Microcontroller จะทำการประมวลผลข้อมูลที่รับได้จาก Sensor กับ GPS เมื่อ Sensor ทำการตรวจจับได้ Microcontroller จะส่ง SMS แจ้งเตือนไปยังเจ้าของยานพาหนะเพื่อทำการช่วยเหลือเด็กได้ทันเวลาผ่าน GSM ส่วน GPS ที่ติดตั้งบนยานพาหนะได้รับพิกัดตำแหน่งจากดาวเทียม Microcontroller จะส่งข้อมูลตำแหน่ง และข้อมูลของ Sensor ต่างๆไปยัง Server ผ่าน GPRS

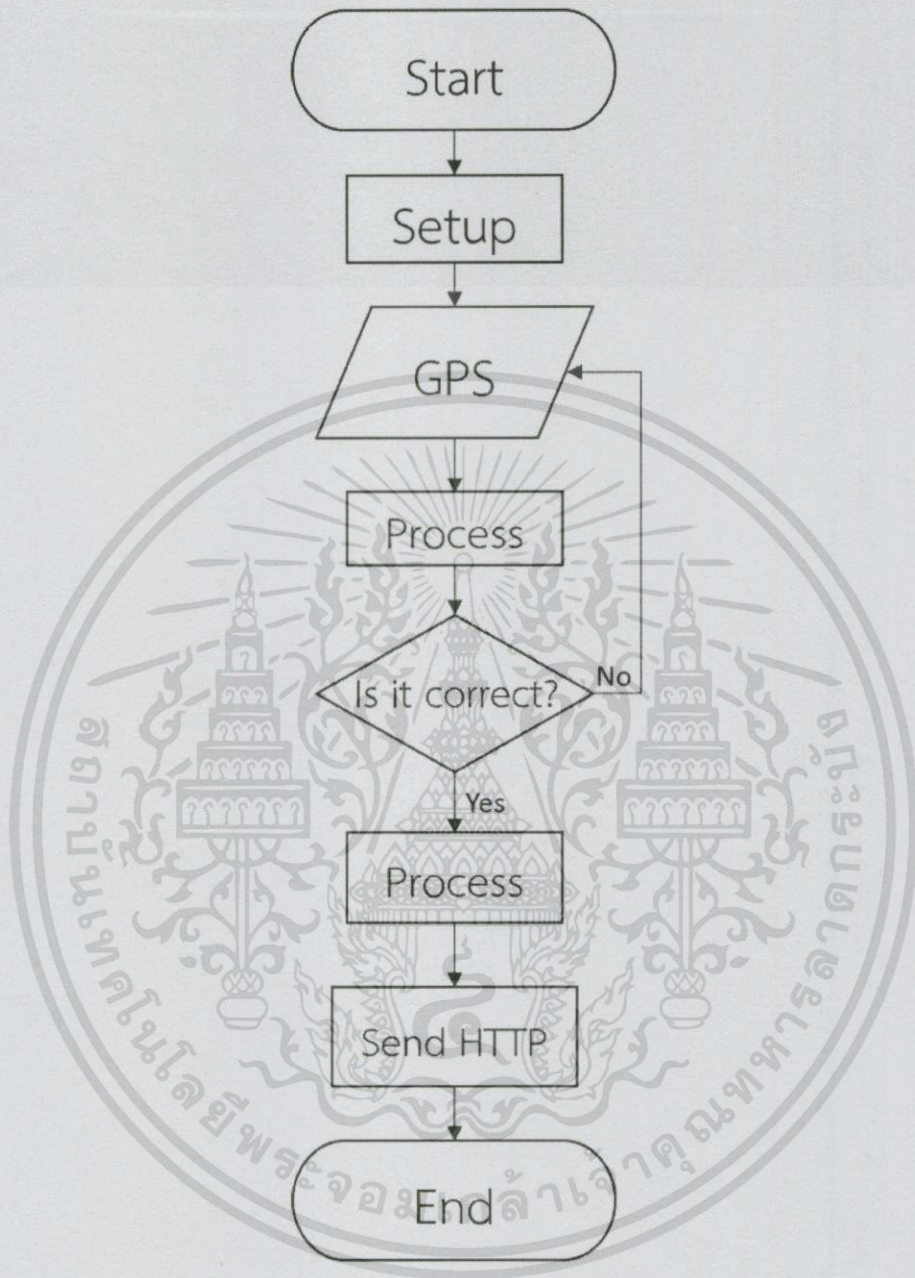
3.2 การออกแบบการทำงานของระบบ

3.2.1 ผังการทำงานของระบบ



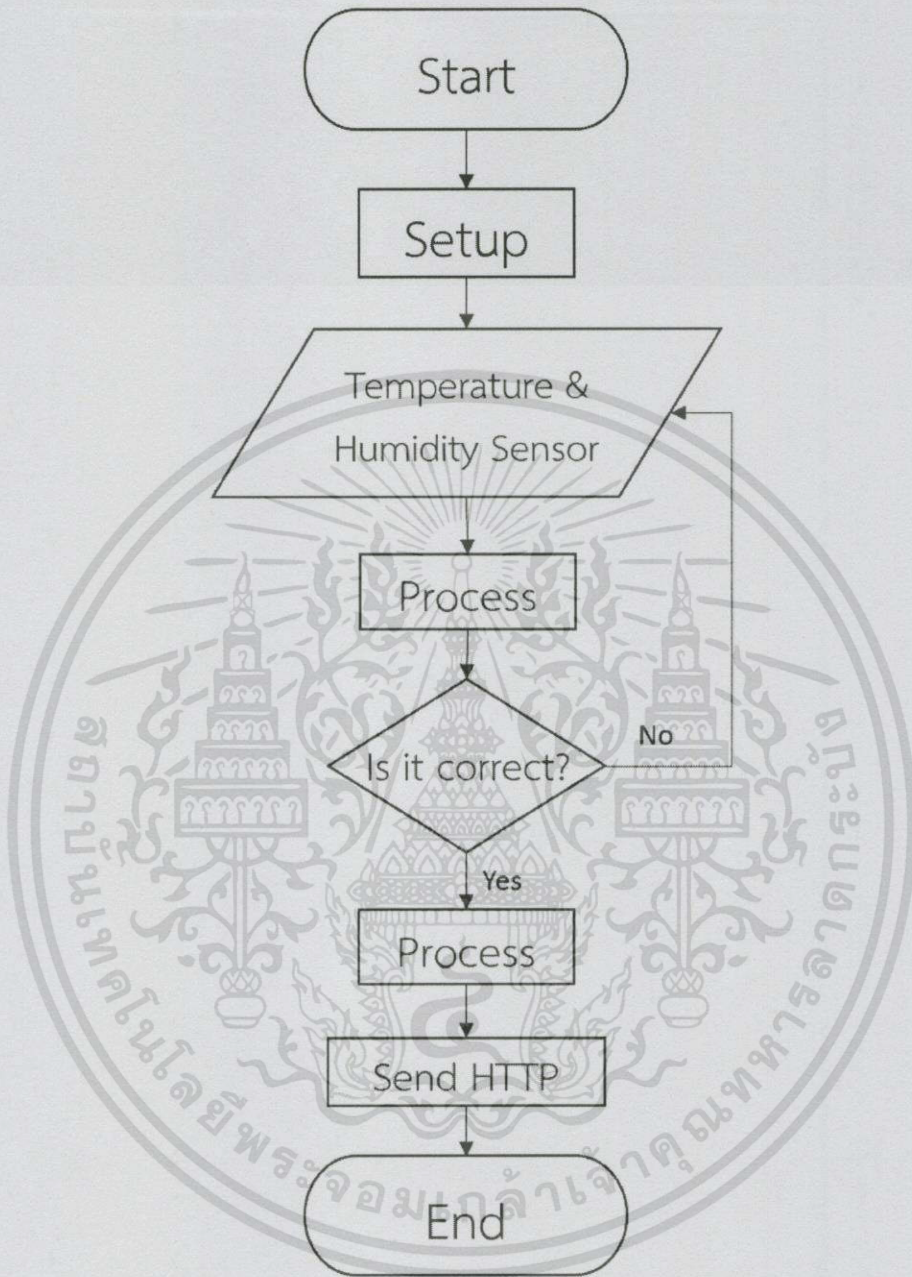
รูปที่ 3.2 Flowchart การทำงานของระบบ

3.2.2 ผังการทำงานของ GPS



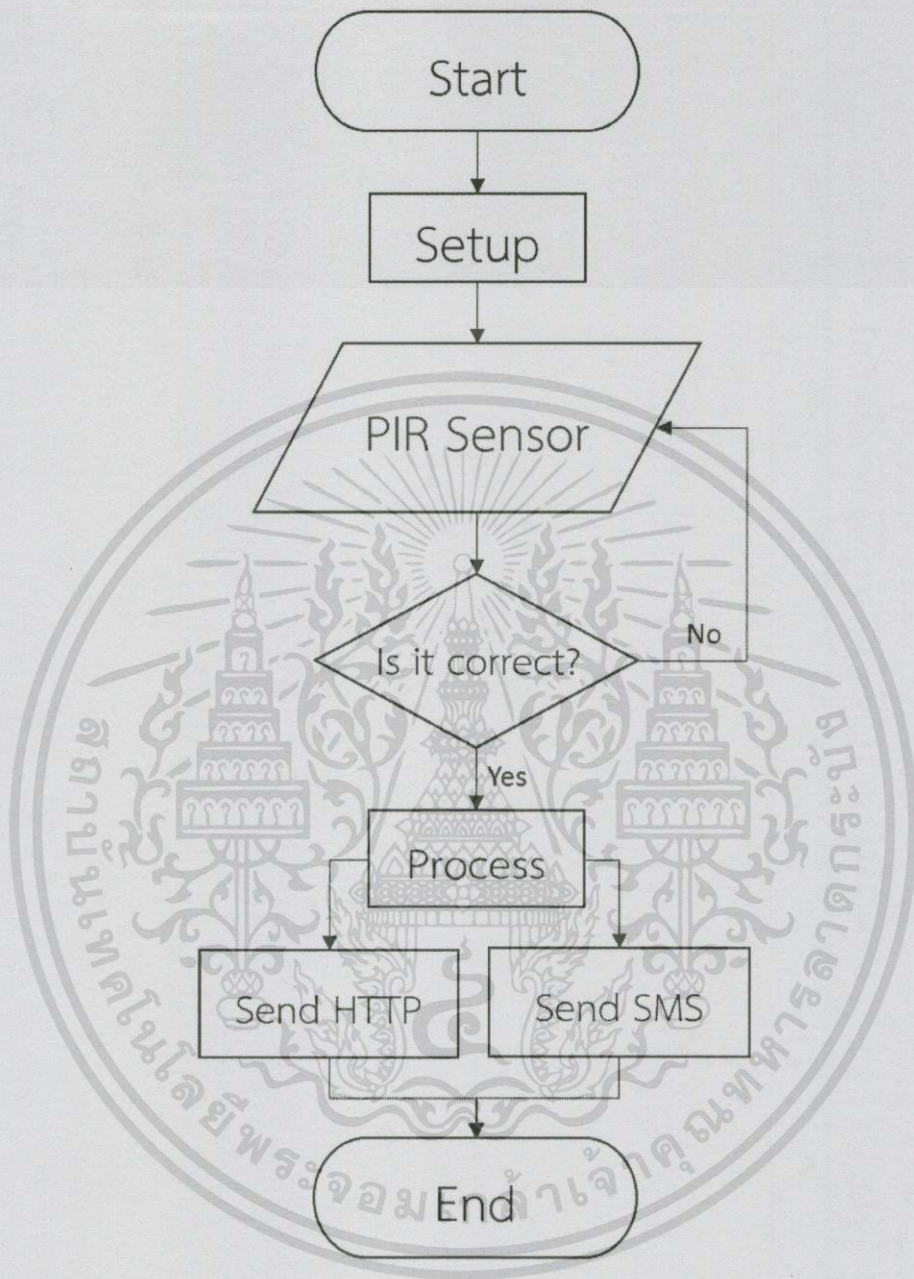
รูปที่ 3.3 Flowchart การทำงานของ GPS

3.2.3 ผังการทำงานของ Temperature & Humidity Sensor



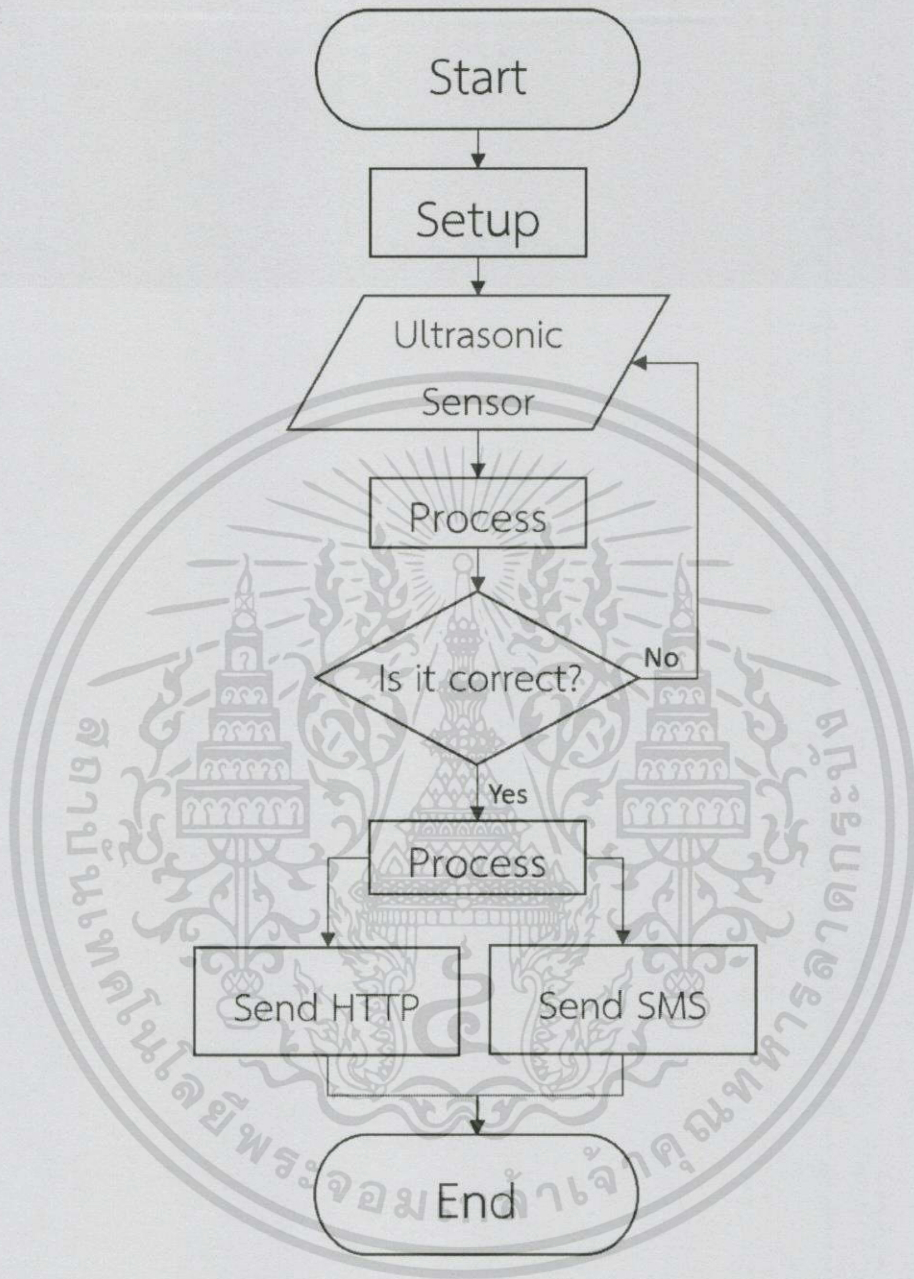
รูปที่ 3.4 Flowchart การทำงานของ Temperature & Humidity Sensor

3.2.4 ผังการทำงานของ PIR Sensor



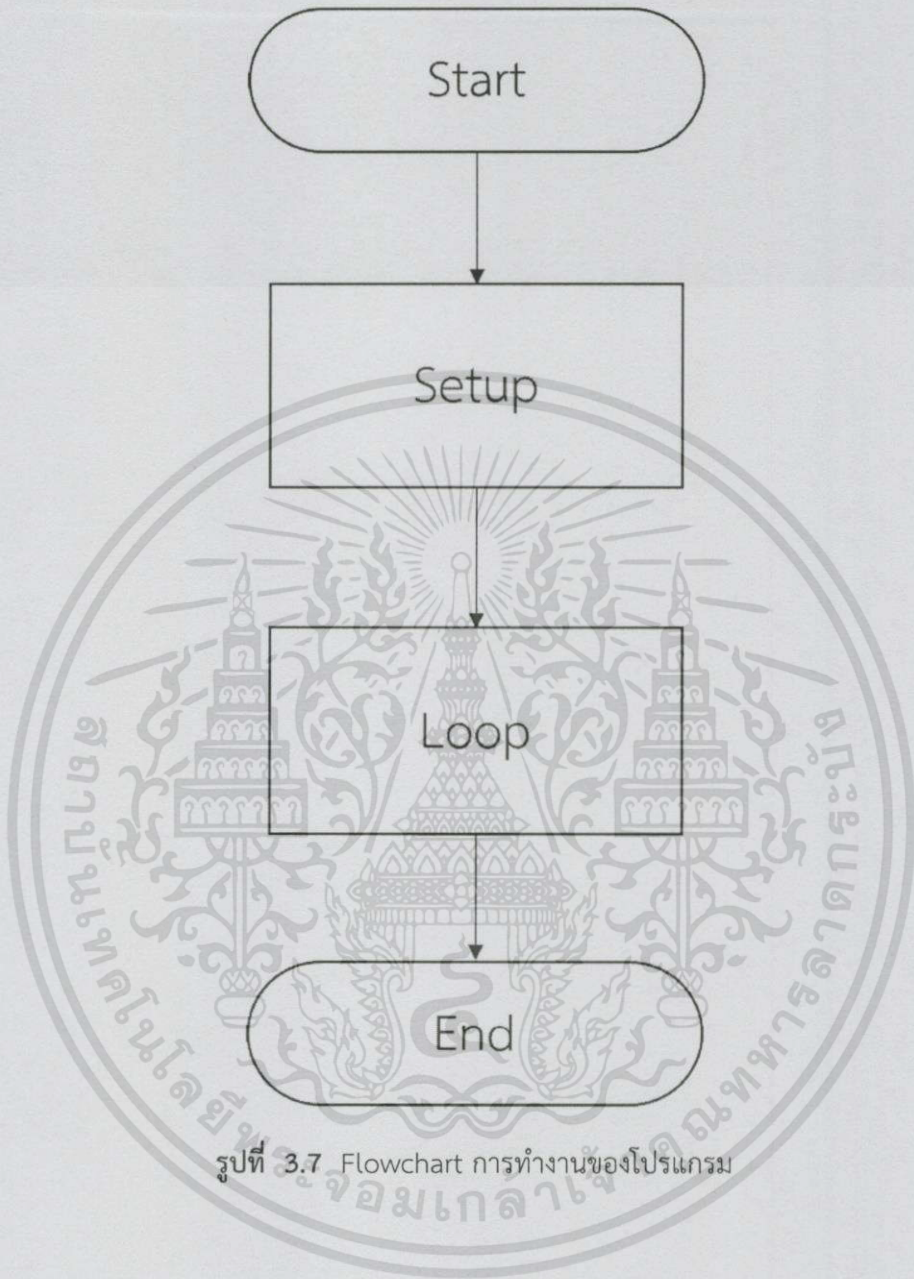
รูปที่ 3.5 Flowchart การทำงานของ PIR Sensor

3.2.5 ผังการทำงานของ Ultrasonic Sensor



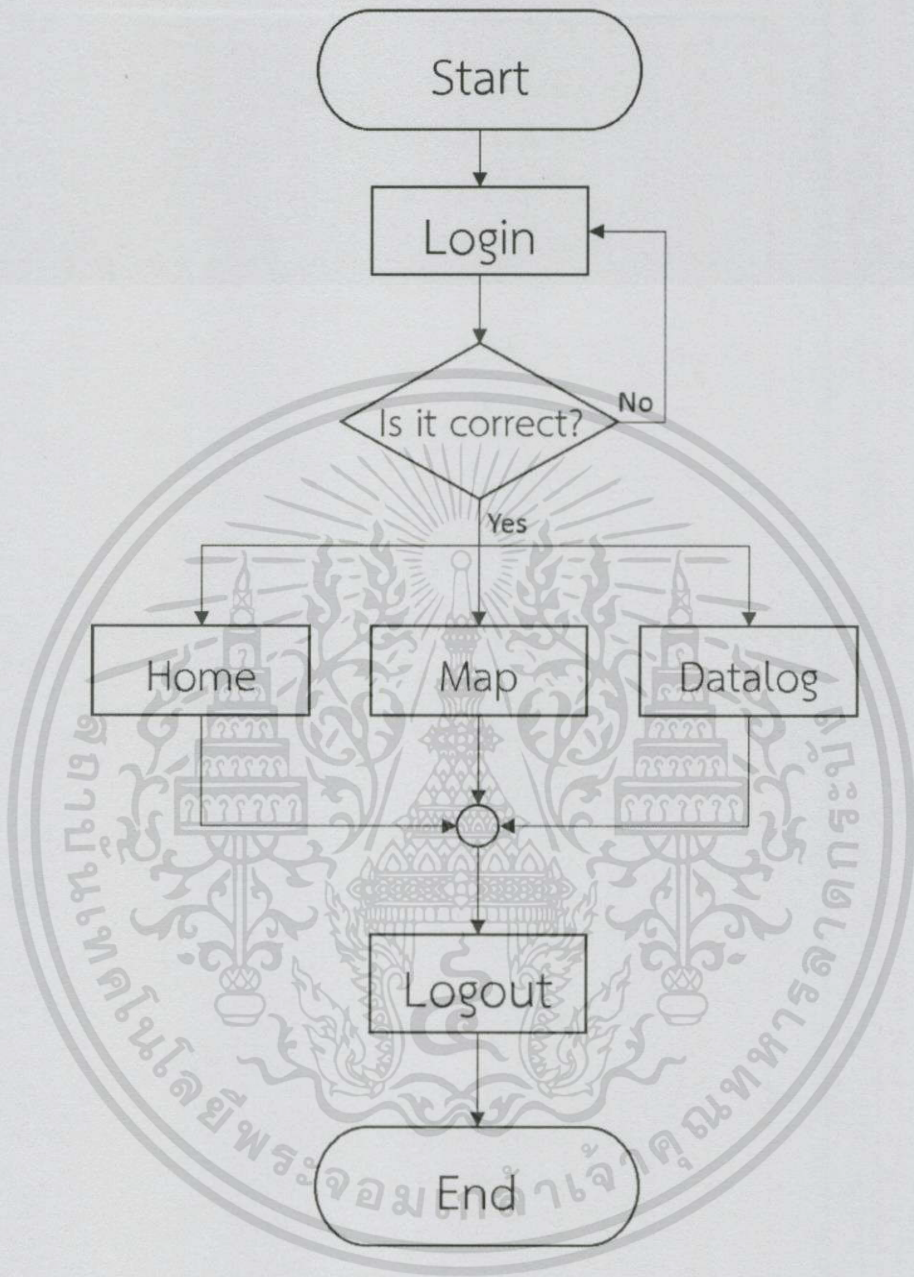
รูปที่ 3.6 Flowchart การทำงานของ Ultrasonic Sensor

3.2.6 ผังการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 3.7 Flowchart การทำงานของโปรแกรม

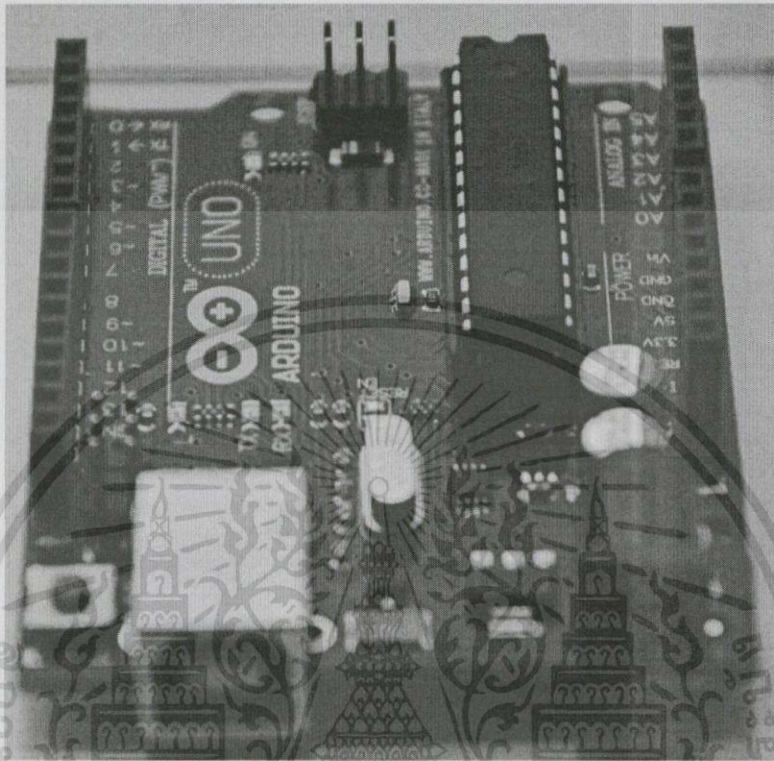
3.2.7 ผังการทำงานของ Website



รูปที่ 3.8 Flowchart การทำงานของ Website

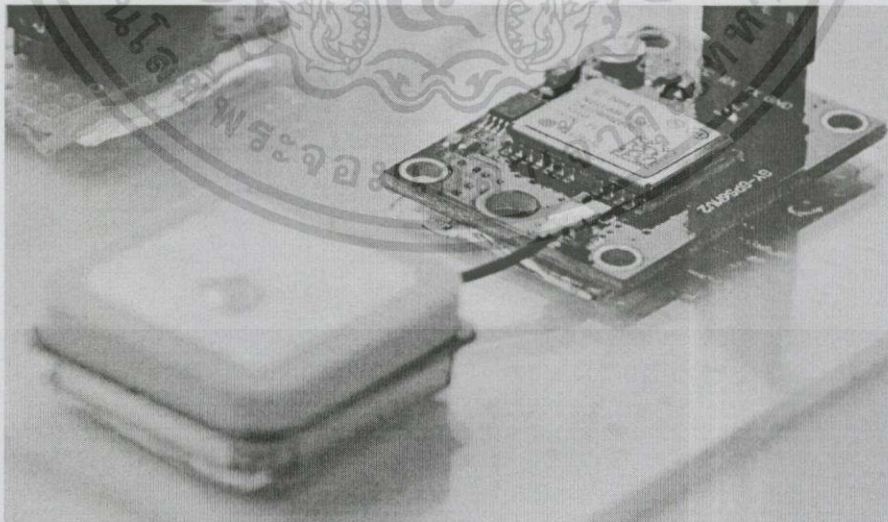
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้

3.3.1 Arduino UNO



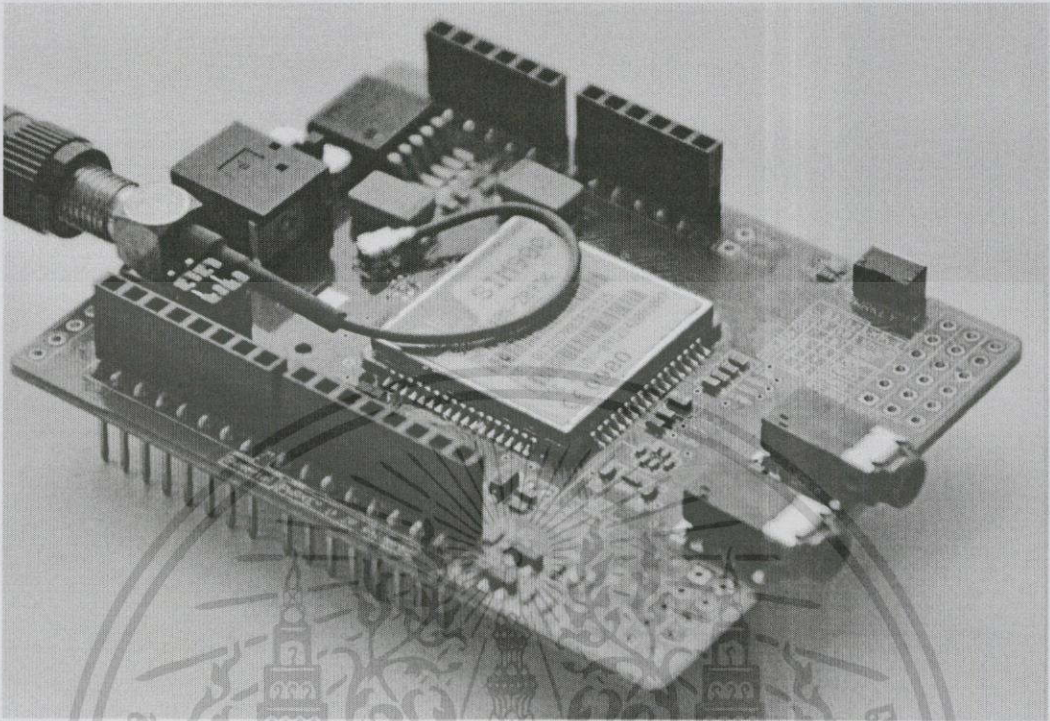
รูปที่ 3.9 Arduino UNO

3.3.2 GPS Module



รูปที่ 3.10 GPS Module

3.3.3 GSM/GPRS Module



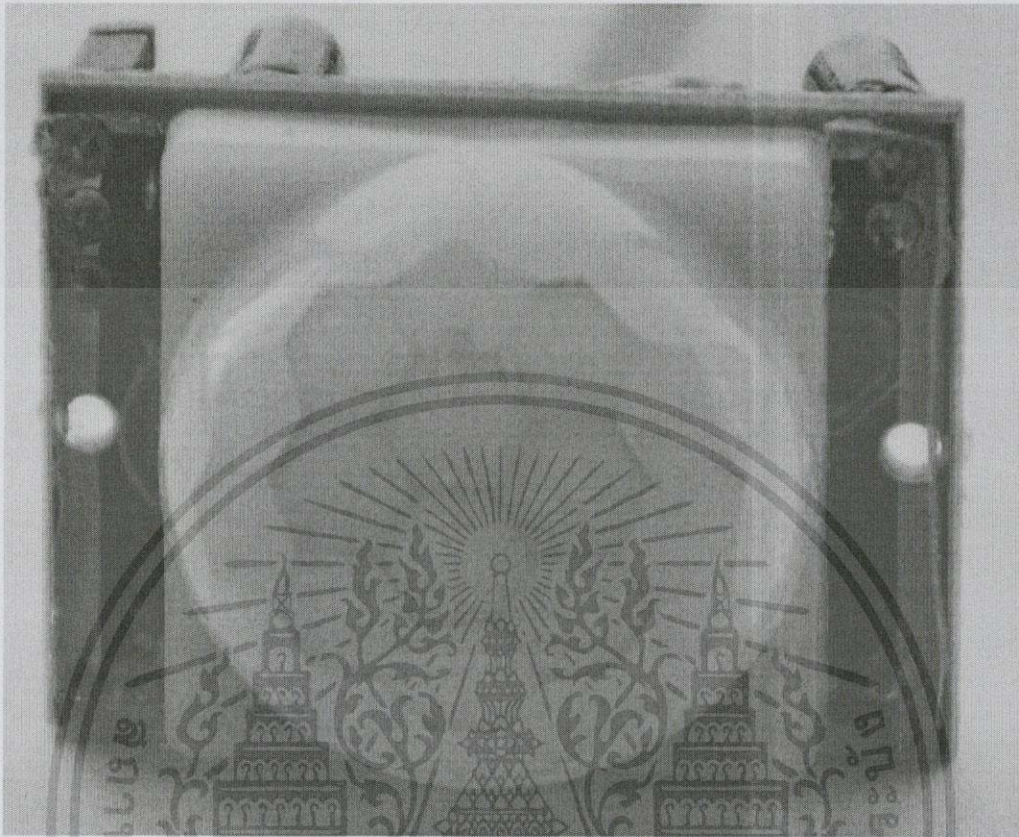
รูปที่ 3.11 GSM/GPRS Module

3.3.4 Temperature & Humidity Sensor



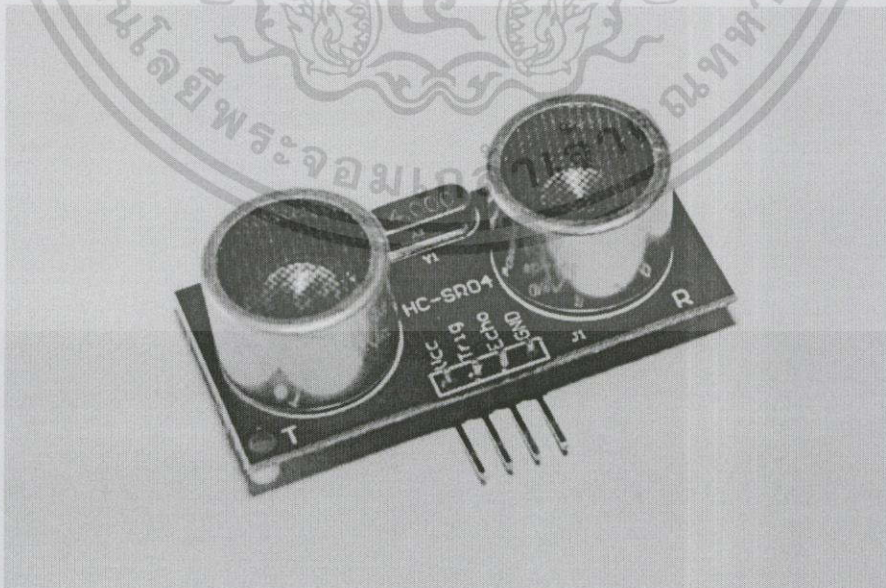
รูปที่ 3.12 Temperature & Humidity Sensor

3.3.5 PIR Sensor



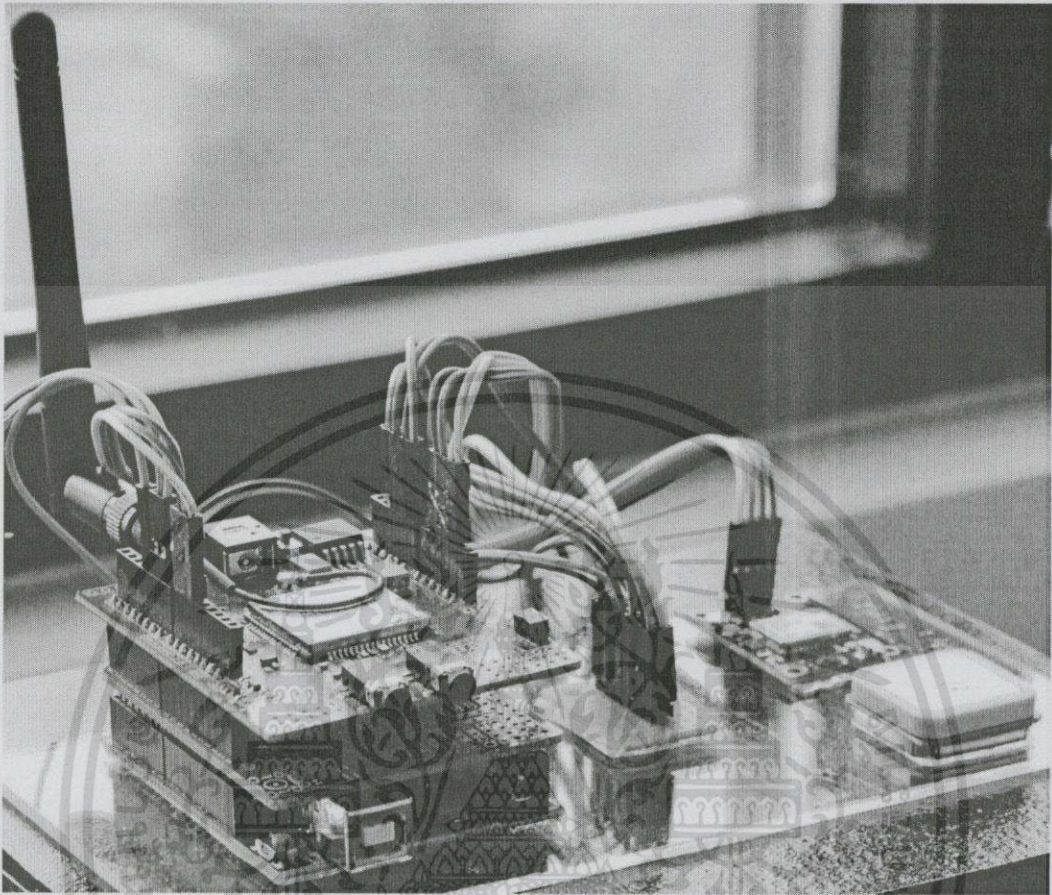
รูปที่ 3.13 PIR Sensor

3.3.6 Ultrasonic Sensor



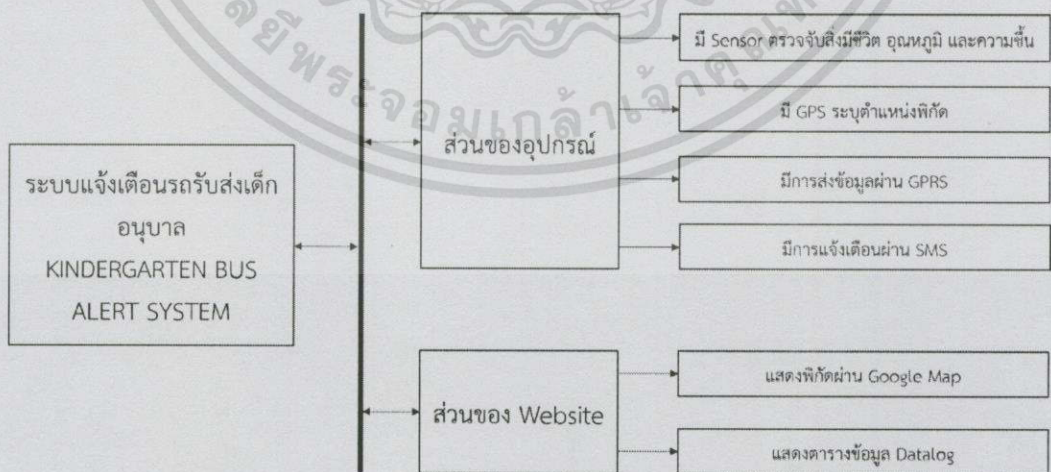
รูปที่ 3.14 Ultrasonic Sensor

3.3.7 การเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์



รูปที่ 3.15 การเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์

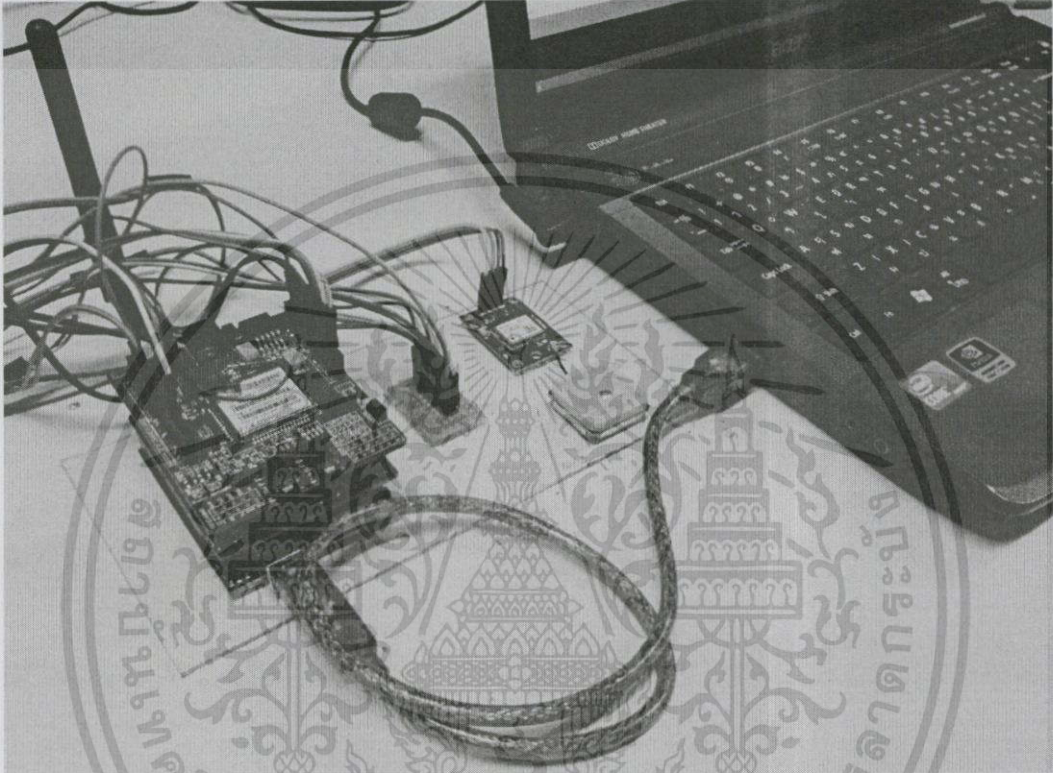
3.4 หน้าที่การทำงาน



รูปที่ 3.16 หน้าที่การทำงานของส่วนต่างๆ

3.5 การติดตั้งอุปกรณ์

การติดตั้งอุปกรณ์ เริ่มจากนำอุปกรณ์ที่ได้ทำการเชื่อมต่อระหว่าง Microcontroller เข้ากับ Module และ Sensor ต่างๆ มาเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต USB เพื่อทำการลงโปรแกรมการทำงานให้กับ Microcontroller ด้าน Microcontroller จะเชื่อมต่อผ่านทาง Serial Port



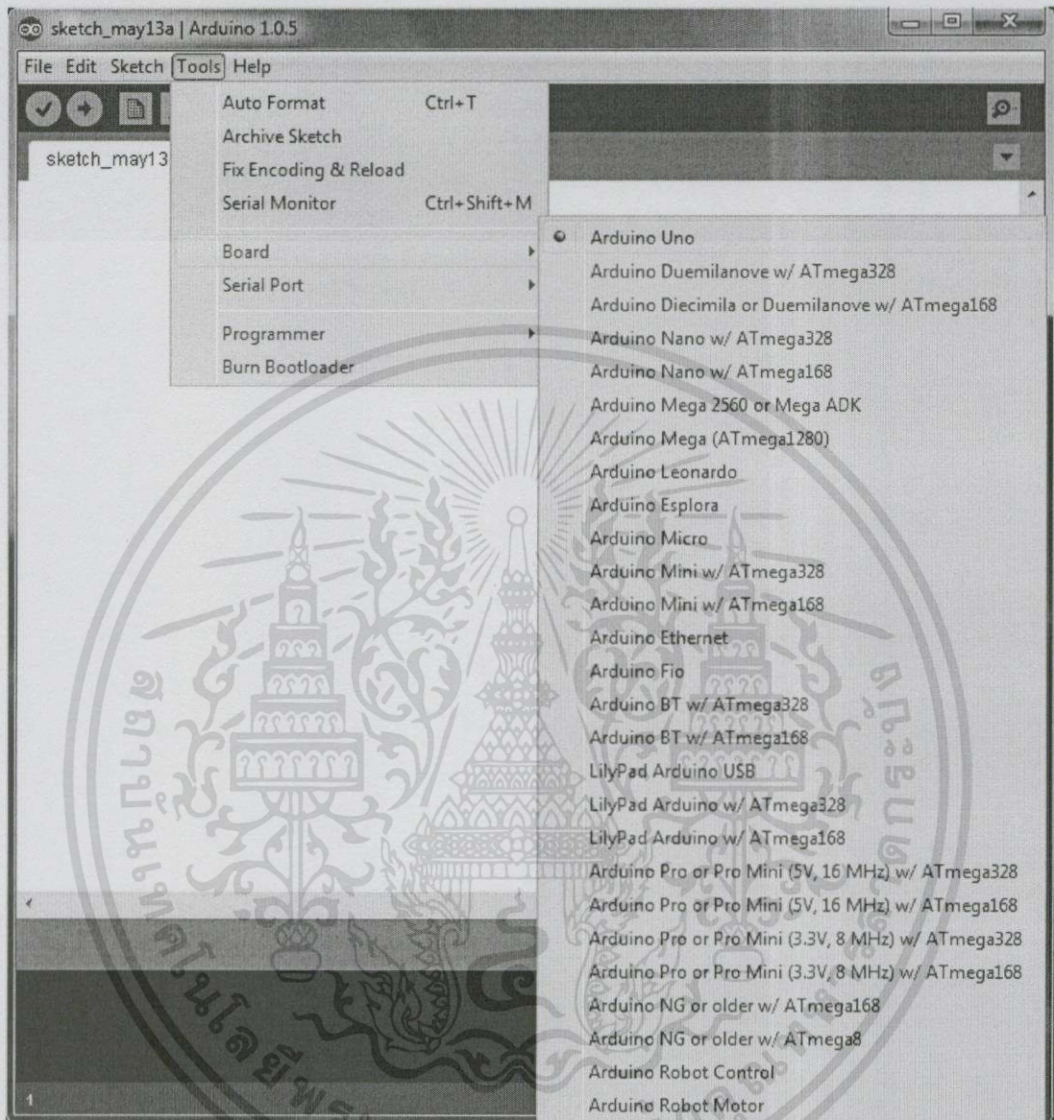
รูปที่ 3.17 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์

ทำการเปิดโปรแกรม Arduino IDE ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับการลงโปรแกรมให้กับ Microcontroller ของ Arduino โดยเฉพาะ



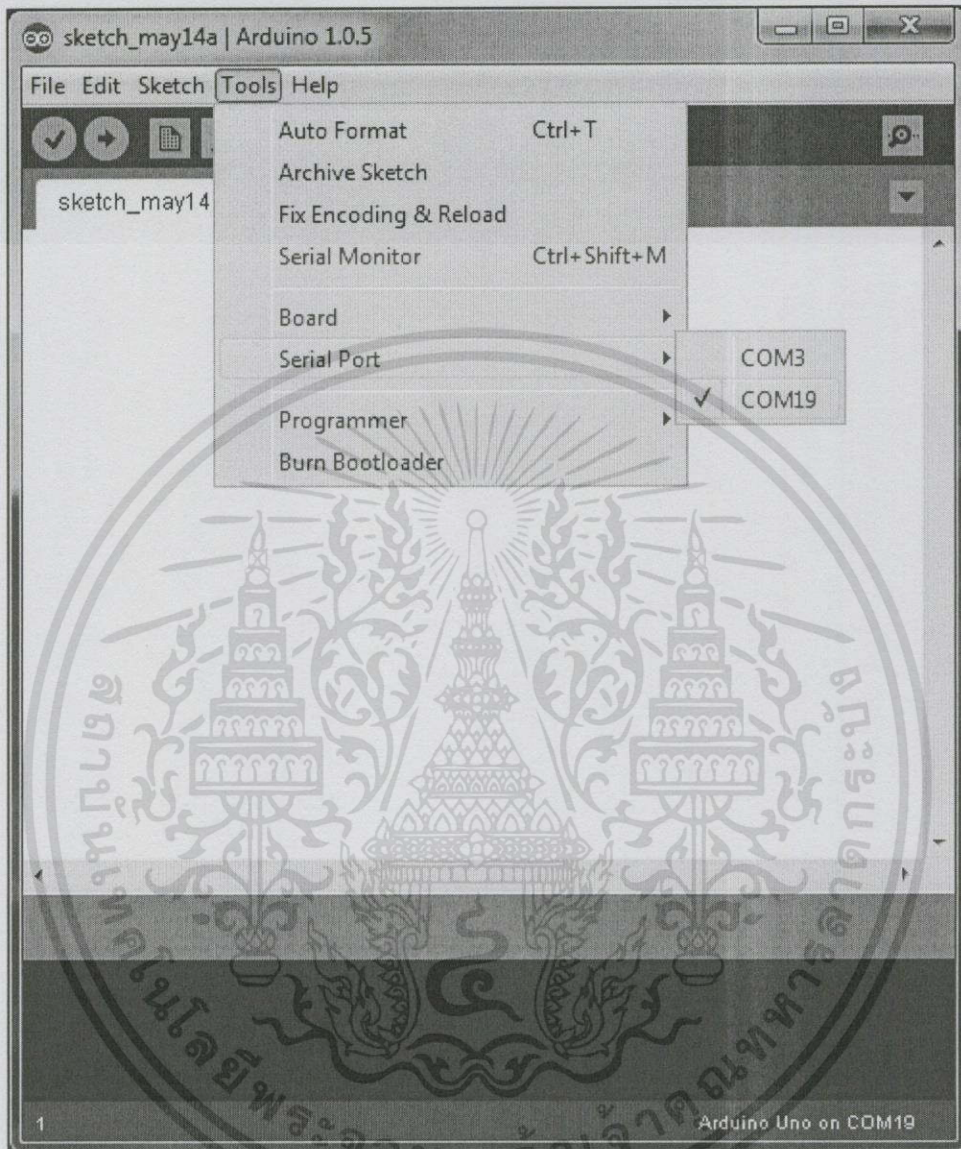
รูปที่ 3.18 Arduino IDE

ทำการเลือกชนิดของ Microcontroller ซึ่ง Microcontroller ที่ใช้ คือ Arduino UNO ทำการเลือกโดยเข้าไปที่เมนู Tools จากนั้นเลือก Board แล้วเลือก Arduino UNO



รูปที่ 3.19 การกำหนดชนิดของ Microcontroller

ทำการเลือกพอร์ตการเชื่อมต่อระหว่าง Microcontroller กับคอมพิวเตอร์ ซึ่งพอร์ตที่ใช้ในการเชื่อมต่อ คือ Serial Port COM19



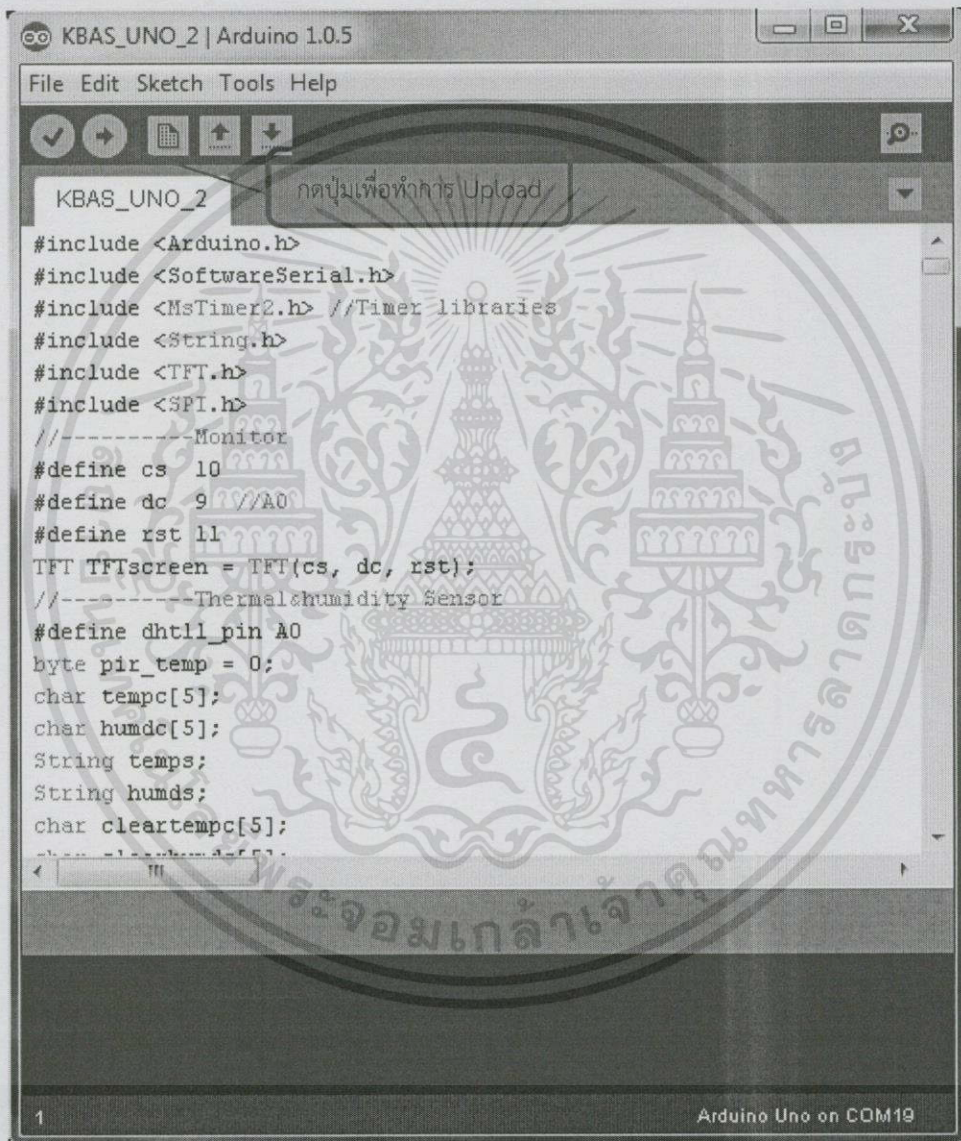
รูปที่ 3.20 การกำหนดพอร์ตการเชื่อมต่อระหว่าง Microcontroller กับคอมพิวเตอร์

ทำการโปรแกรม Microcontroller ซึ่งได้เขียนคำสั่งการทำงานของ Microcontroller ที่ทำงานติดต่อกับ Module และ Sensor ต่างๆ โดยการโปรแกรมจะมีการเขียนฟังก์ชันหลักที่จำเป็นต่อการทำงานอยู่ 2 ฟังก์ชัน คือ void setup() และ void loop()

void setup() จะเป็นฟังก์ชันสำหรับทำการตั้งค่าการทำงานเริ่มต้นต่างๆ ของโปรแกรม

void loop() จะเป็นฟังก์ชันสำหรับการทำงานของ Microcontroller

หลังจากเขียนโปรแกรมคำสั่งเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะทำการกด Upload เพื่อทำการเบิร์นโปรแกรมลง Microcontroller



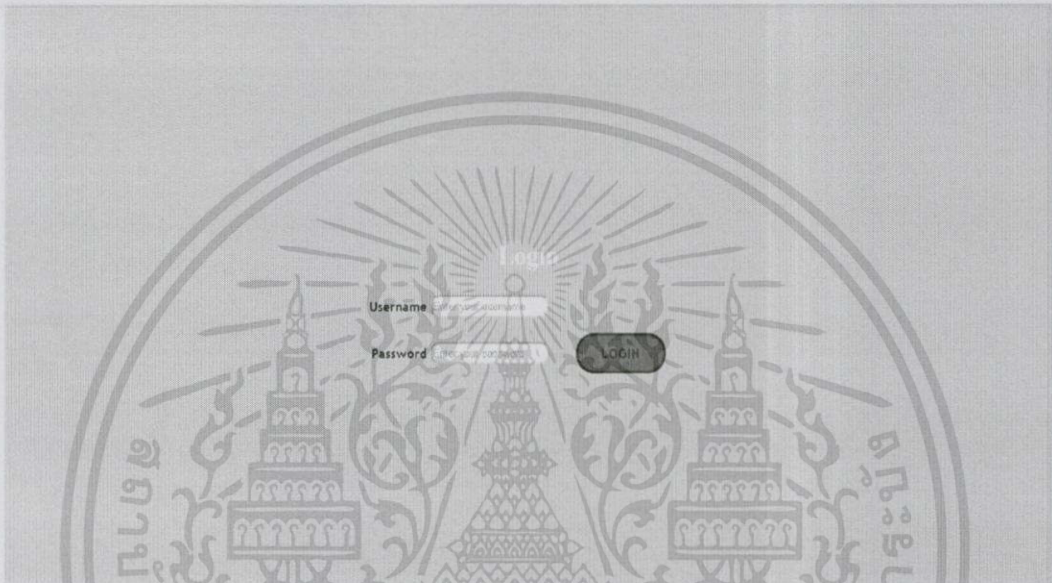
รูปที่ 3.21 การโปรแกรม Microcontroller

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการแสดงผลหน้า Website

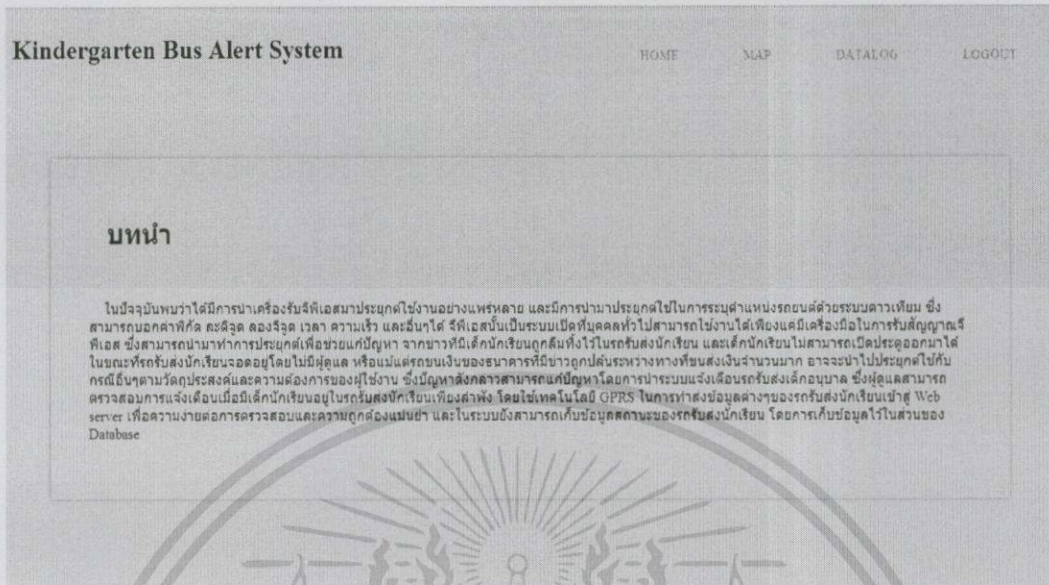
4.1.1 ผลการแสดงผลหน้า Login



รูปที่ 4.1 ผลการแสดงผลหน้า Login

รูปที่ 4.1 ผลการแสดงผลหน้า login แสดงส่วนของการ login เข้าระบบในส่วนของการแสดงผล ซึ่งประกอบด้วยช่องสำหรับใส่ Username และ Password เพื่อทำการ login โดยมีปุ่ม login เพื่อทำการตรวจสอบสิทธิ์การเข้าใช้งาน

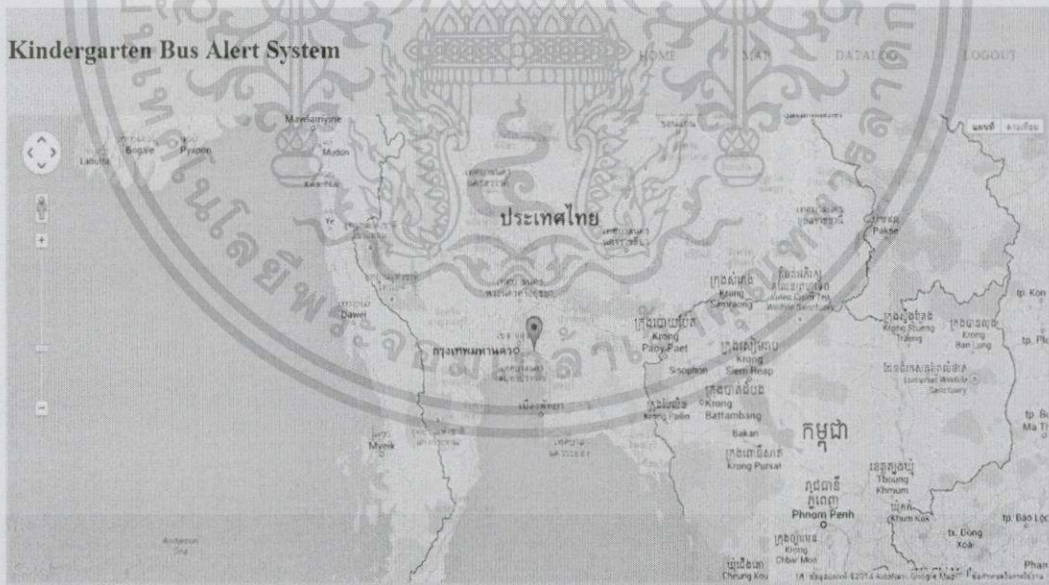
4.1.2 ผลการแสดงผลหน้า Home



รูปที่ 4.2 ผลการแสดงผลหน้า Home

รูปที่ 4.2 ผลการแสดงผลหน้า home แสดงส่วนของเนื้อหาบทความความเป็นมาของระบบ

4.1.3 ผลการแสดงผลหน้า Map



รูปที่ 4.3 ผลการแสดงผลหน้า Map

รูปที่ 4.3 ผลการแสดงผลหน้า Map แสดงส่วนของแผนที่ Google Map ในส่วนนี้จะทำการแสดงตำแหน่ง ที่ได้รับตำแหน่งจากดาวเทียม GPS ผ่าน GPS Module

4.1.4 ผลการแสดงผลหน้า Datalog

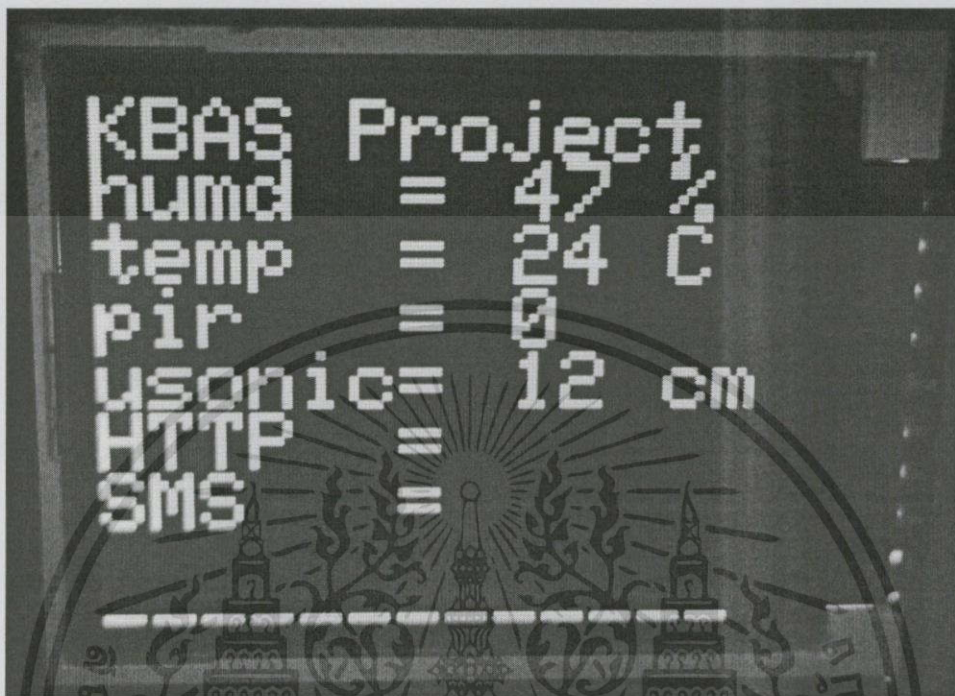
Kindergarten Bus Alert System								HOME	MAP	DATALOG	LOGOUT
Name	Date Time	Latitude	Longitude	Temp (C)	Humid (%)	PIR Sensor	Ultrasonic Sensor				
ETS	12-May-14 14:32	13.72179	100.77448	33	61	0	12				
ETS	12-May-14 14:31	13.72811	100.77651	33	61	0	12				
ETS	12-May-14 14:31	13.72624	100.77272	33	61	0	12				
ETS	12-May-14 14:31	13.72787	100.77311	33	61	0	12				
ETS	12-May-14 14:30	13.7279	100.77313	33	61	0	12				
ETS	12-May-14 14:30	13.7279	100.77314	33	61	0	12				
ETS	12-May-14 14:29	13.72795	100.77315	33	61	0	12				
ETS	12-May-14 14:29	13.72807	100.7732	33	61	0	12				
ETS	12-May-14 14:28	13.72764	100.7731	33	61	0	12				
ETS	12-May-14 14:28	13.72779	100.77301	33	61	0	12				
ETS	12-May-14 14:28	13.7278	100.77309	33	61	0	12				
ETS	12-May-14 14:28	13.72779	100.77323	33	61	0	12				
ETS	12-May-14 14:27	13.72769	100.77278	33	61	0	12				
ETS	12-May-14 14:26	13.72733	100.77301	33	61	0	12				
ETS	12-May-14 14:25	13.72729	100.7727	33	61	0	12				

รูปที่ 4.4 ผลการแสดงผลหน้า Datalog

รูปที่ 4.4 ผลการแสดงผลหน้า Datalog แสดงส่วนของตาราง Datalog ในส่วนนี้จะทำการแสดงข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับจาก Microcontroller ส่วนการแสดงผลของ Website จะมีปุ่ม logout สำหรับออกจากระบบ

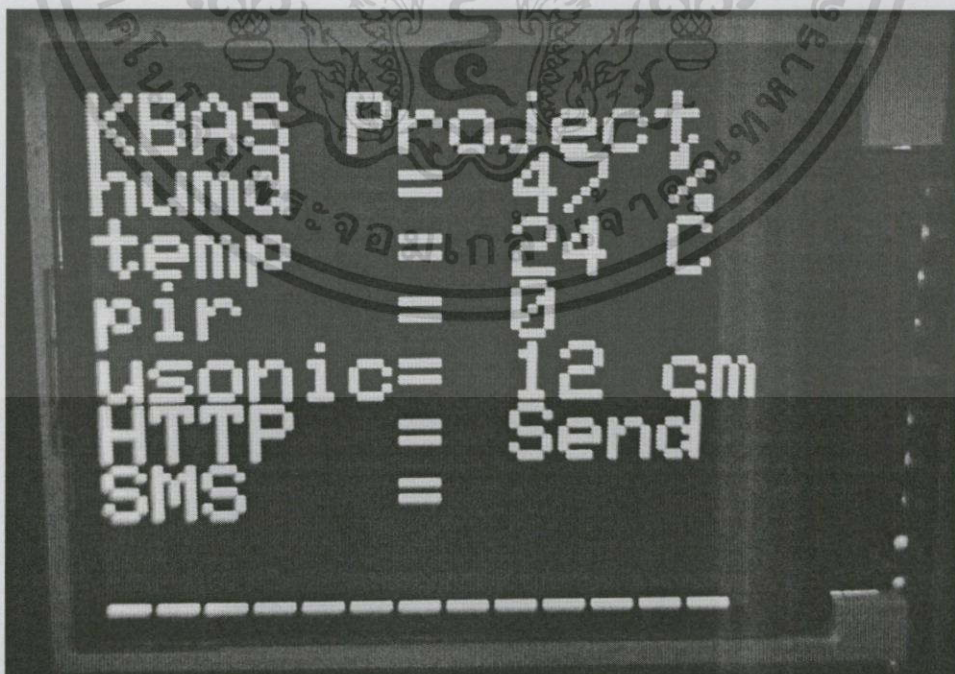
4.2 ผลการแสดงผล Monitor

4.2.1 ผลการแสดงผล Monitor ขณะเริ่มต้นทำงาน



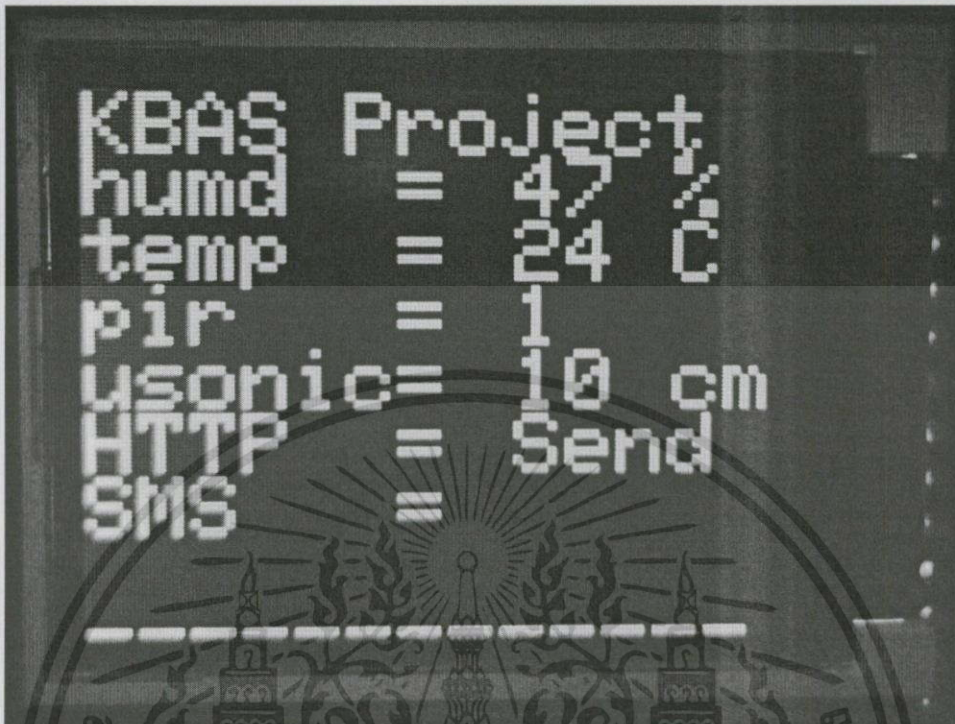
รูปที่ 4.5 ผลการแสดงผล Monitor ขณะเริ่มต้นทำงาน

4.2.2 ผลการแสดงผล Monitor ขณะส่งข้อมูลทาง HTTP



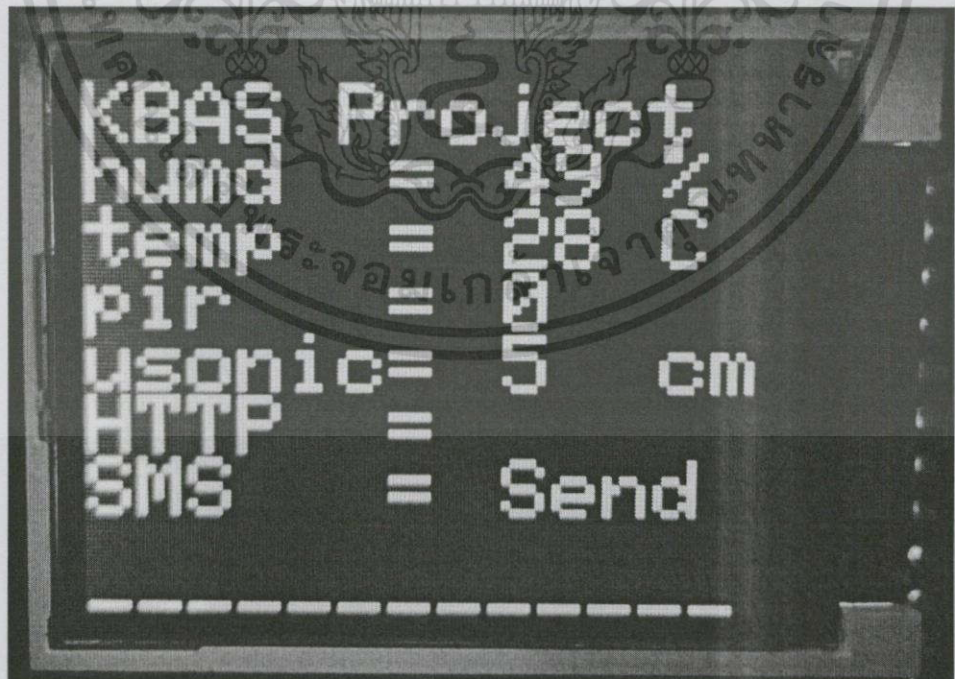
รูปที่ 4.6 ผลการแสดงผล Monitor ขณะส่งข้อมูลทาง HTTP

4.2.3 ผลการแสดงผล Monitor ขณะ Sensor ตรวจจับการเคลื่อนไหว



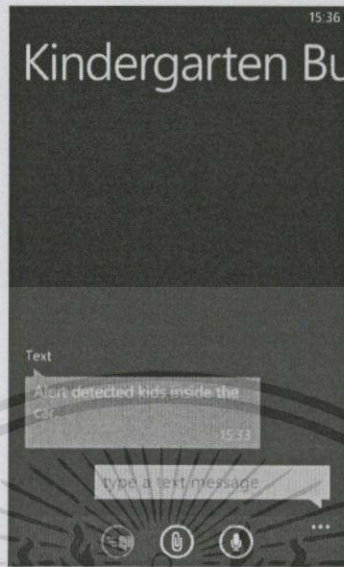
รูปที่ 4.7 ผลการแสดงผล Monitor ขณะ Sensor ตรวจจับการเคลื่อนไหว

4.2.4 ผลการแสดงผล Monitor ขณะส่งข้อมูลทาง SMS



รูปที่ 4.8 ผลการแสดงผล Monitor ขณะส่งข้อมูลทาง SMS

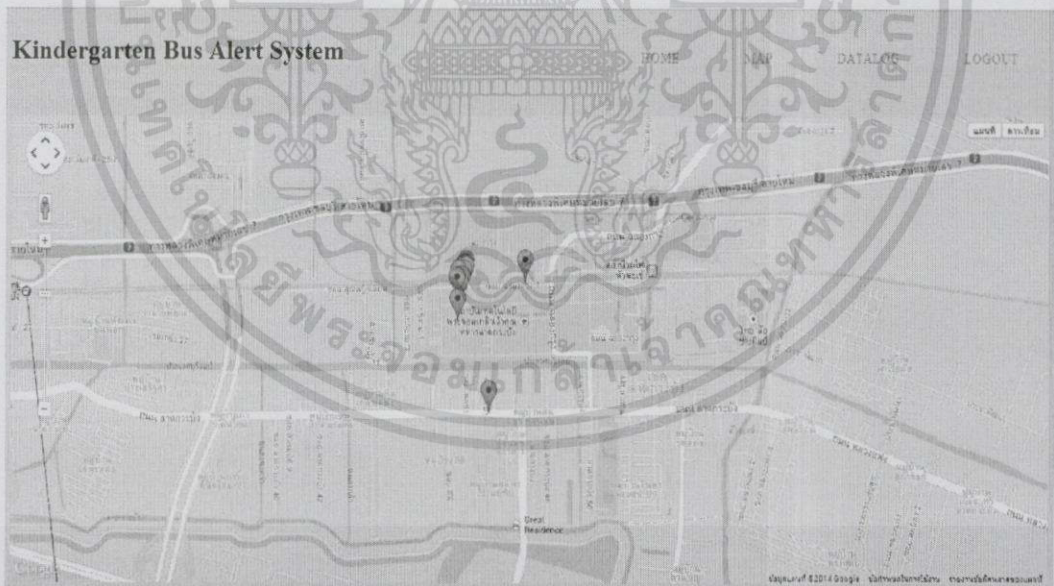
4.3 ผลการทดลองการแจ้งเตือนทาง SMS



รูปที่ 4.9 ผลการทดลองการแจ้งเตือนทาง SMS

4.4 ผลการทดลองการแสดงผลทาง Website

4.4.1 ผลการทดลองการแสดงผลโดยแผนที่ Google Map

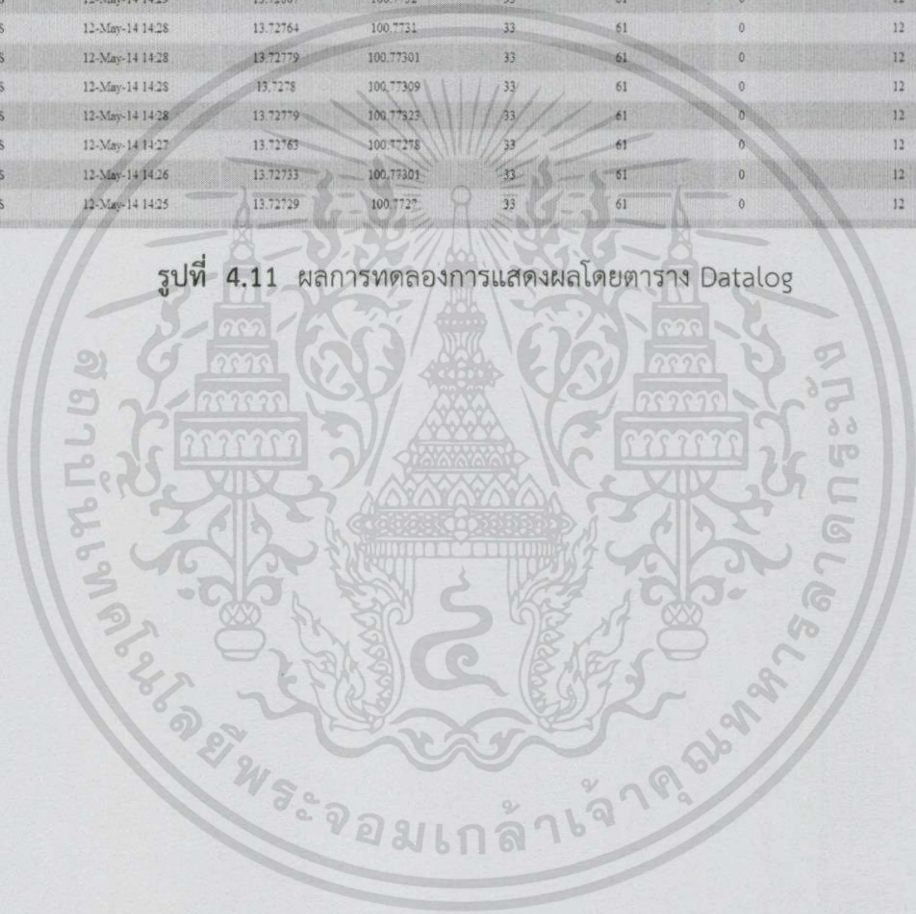


รูปที่ 4.10 ผลการทดลองการแสดงผลโดยแผนที่ Google Map

4.4.2 ผลการทดลองการแสดงผลโดยตาราง Datalog

Kindergarten Bus Alert System							
HOME MAP DATALOG LOGOUT							
Name	Date Time	Latitude	Longitude	Temp (C)	Humid (%)	PIR Sensor	Ultrasonic Sensor
ETS	12-May-14 14:32	13.72179	100.77448	33	61	0	12
ETS	12-May-14 14:31	13.72811	100.77651	33	61	0	12
ETS	12-May-14 14:31	13.72624	100.77272	33	61	0	12
ETS	12-May-14 14:31	13.72787	100.77311	33	61	0	12
ETS	12-May-14 14:30	13.7279	100.77313	33	61	0	12
ETS	12-May-14 14:30	13.7279	100.77314	33	61	0	12
ETS	12-May-14 14:29	13.72795	100.77315	33	61	0	12
ETS	12-May-14 14:29	13.72807	100.7732	33	61	0	12
ETS	12-May-14 14:28	13.72764	100.7731	33	61	0	12
ETS	12-May-14 14:28	13.72779	100.77301	33	61	0	12
ETS	12-May-14 14:28	13.7278	100.77309	33	61	0	12
ETS	12-May-14 14:28	13.72779	100.77323	33	61	0	12
ETS	12-May-14 14:27	13.72763	100.77278	33	61	0	12
ETS	12-May-14 14:26	13.72733	100.77301	33	61	0	12
ETS	12-May-14 14:25	13.72729	100.7727	33	61	0	12

รูปที่ 4.11 ผลการทดลองการแสดงผลโดยตาราง Datalog



บทที่ 5

สรุปและบทวิจารณ์

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการทดลองดำเนินงานสามารถสรุปผลการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของ Microcontroller และส่วนของ Website โดยส่วนของ Microcontroller จะทำการรับค่าจาก GPS และ Sensor มาทำการประมวลผล แล้วทำการส่งข้อมูลต่างๆ ผ่าน HTTP โดย GPRS และทำการแจ้งเตือนผ่าน SMS โดย GSM

ในส่วนของ Website จะทำการแสดงผลที่ได้รับจาก Microcontroller เช่น พิกัดตำแหน่ง อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น จะทำการแสดงผ่านหน้าแผนที่ Google Map เพื่อแสดงพิกัดบนแผนที่ และทำการแสดงตารางข้อมูล Datalog เพื่อแสดงข้อมูลทั้งหมดที่ได้รับจาก Microcontroller ในการเข้าไปดูข้อมูลต่างๆ จำเป็นต้องทำการ Login เพื่อตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน และสามารถทำการ Logout เพื่อออกจากระบบได้

5.2 ปัญหาที่พบในการดำเนินงาน

1. จากการทดลองในช่วงแรกของการเปิดใช้งาน ค่าของ GPS ที่ได้รับจะมีค่าเป็น 0 เนื่องจาก GPS Module ยังไม่พร้อมทำงาน ต้องทำการรอสักครู่หนึ่ง GPS Module จึงจะทำงานได้ตามปกติ
2. เนื่องจากสายของเสาอากาศของ GPS Module มีขนาดสั้น จึงทำให้ความสามารถในการรับตำแหน่งที่อยู่ลดลง
3. Microcontroller ที่ใช้งานอยู่นั้น มีประสิทธิภาพในการทำงานค่อนข้างจำกัดจึงทำให้ทำงานในปริมาณที่มากๆ พร้อมกันอาจเกิดการติดขัด หรือหยุดทำงานในบางครั้ง

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา

1. ทำการเปลี่ยนเสาอากาศของ GPS Module ให้มีขนาดยาวขึ้น เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับตำแหน่งพิกัดของ GPS Module
2. เขียนโปรแกรมสำหรับเบิร์น Microcontroller ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด หรือทำการเปลี่ยน Microcontroller ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่ามาใช้งานแทน

5.4 แนวทางการพัฒนาต่อ

1. พัฒนาให้ระบบสามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้น มีความถูกต้องของข้อมูลตำแหน่งมากขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับได้หลากหลายอย่าง
2. พัฒนาในส่วนแสดงผลของ Website ให้มีความสวยงาม การใช้งานที่หลากหลาย เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน

3. พัฒนาให้สามารถตรวจสอบผ่านระบบมือถือ Smart Phone ได้
4. สามารถนำระบบไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่นๆ เช่น ตรวจสอบจราจรโมยรถยนต์ เพื่อติดตามรถยนต์คืนเจ้าของ เป็นต้น
5. สามารถนำการทำงานบางส่วนจากระบบไปประยุกต์ใช้งานด้านอื่นๆ หรือพัฒนาส่วนต่างๆ ของระบบให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น



บรรณานุกรม

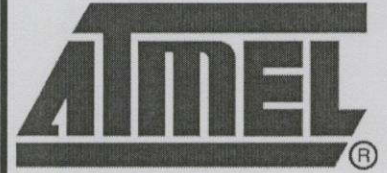
- [1] ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ GPS [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก :
<http://www.global5thailand.com/thai/gps.htm>
- [2] GPRS คืออะไร [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก :
<http://www.com5dow.com/>
- [3] HC-SR04 Ultrasonic Sensor Distance Measuring Module [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก :
<http://www.electfreaks.com/store/hcsr04-ultrasonic-sensor-distance-measuring-module-p-91.html#ixzz2VgqzgYEL>
- [4] ultrasonic sensor เซนเซอร์ชนิดใช้เสียงหรือเซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิก [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4348/ultrasonic-sensor-เซนเซอร์ชนิดใช้เสียงหรือเซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิก>
- [5] การใช้งาน DHT11 Humidity and Temperature Sensor กับบอร์ด Arduino [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก : <http://www.arduitronics.com/article/การใช้งาน-dht11-humidity-and-temperature-sensor-กับบอร์ด-arduino>
- [6] PIR motion sensor [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก :
<http://embedsoftdev.com/embedded/pir-motion-sensor/>
- [7] PIR Motion Sensor คืออะไร [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก : <http://www.solarself.com/14441245/pir-motion-sensor-คืออะไร>
- [8] GPRS/GSM SIM900 Shield board arduino compatible [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก :
<http://www.geeetech.com/gprsgsm-sim900-shield-board-arduino-compatible-p-610.html>
- [9] SIM900 [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก :
<http://wm.sim.com/producten.aspx?id=1019>
- [10] Ublox NEO-6M GPS Module [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก :
<http://www.ebay.com.au/itm/Ublox-NEO-6M-GPS-Module-Aircraft-Flight-Controller-For-Arduino-MWC-IMU-APM2-/200911914297>





Features

- High Performance, Low Power AVR[®] 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 4/8/16/32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash program memory
 - 256/512/512/1K Bytes EEPROM
 - 512/1K/1K/2K Bytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
In-System Programming by On-chip Boot Program
True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
Temperature Measurement
 - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
Temperature Measurement
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I²C compatible)
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
 - 1.8 - 5.5V
- Temperature Range:
 - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
 - 0 - 4 MHz@1.8 - 5.5V, 0 - 10 MHz@2.7 - 5.5V, 0 - 20 MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C
 - Active Mode: 0.2 mA
 - Power-down Mode: 0.1 µA
 - Power-save Mode: 0.75 µA (Including 32 kHz RTC)



8-bit AVR[®]
Microcontroller
with 4/8/16/32K
Bytes In-System
Programmable
Flash

ATmega48A
ATmega48PA
ATmega88A
ATmega88PA
ATmega168A
ATmega168PA
ATmega328
ATmega328P

Summary

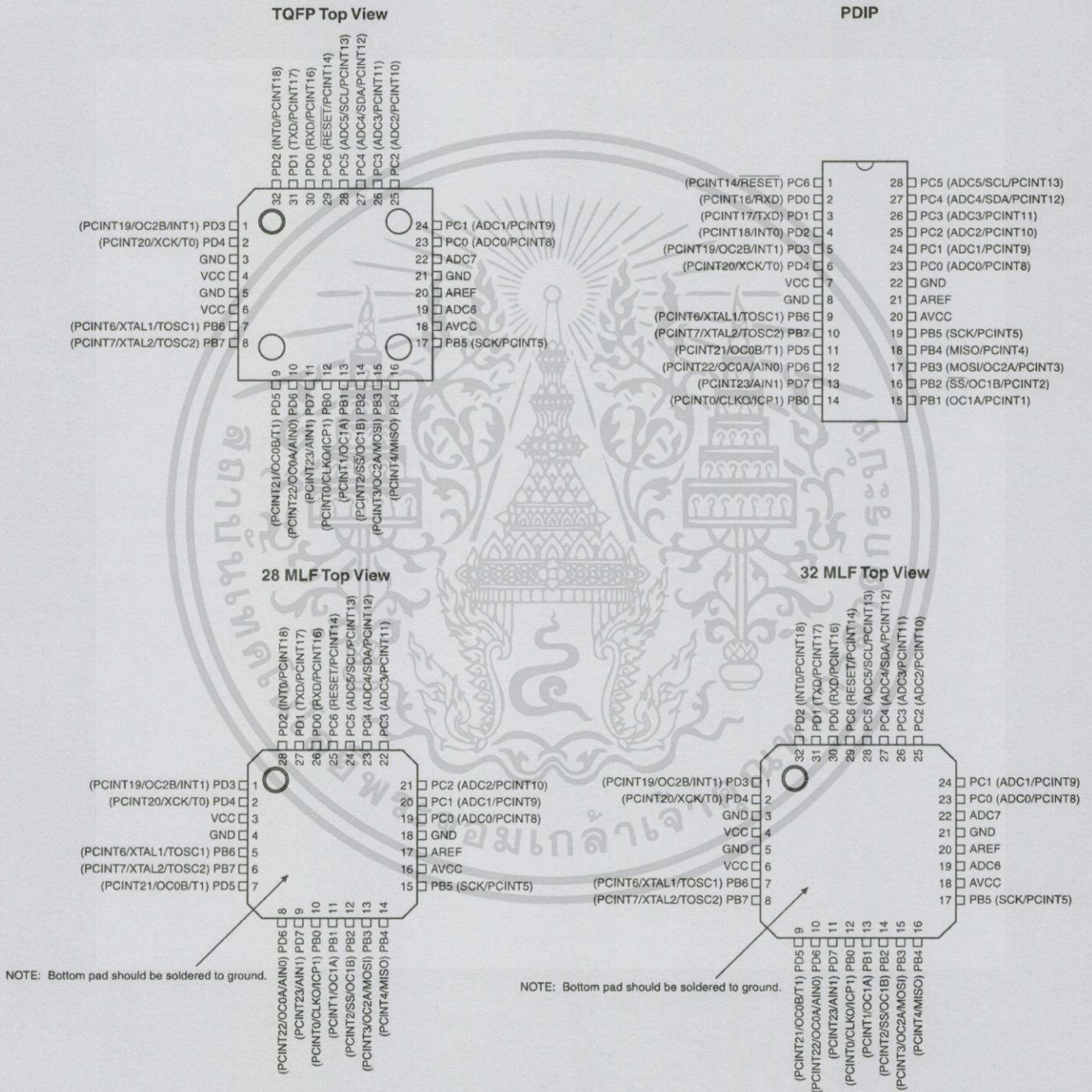
Rev. 8271BS-AVR-04/10



ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P

1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P



1.1 Pin Descriptions

1.1.1 VCC

Digital supply voltage.

1.1.2 GND

Ground.

1.1.3 Port B (PB7:0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.

If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB7...6 is used as TOSC2...1 input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.

The various special features of Port B are elaborated in "System Clock and Clock Options" on page 26.

1.1.4 Port C (PC5:0)

Port C is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The PC5...0 output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

1.1.5 PC6/ $\overline{\text{RESET}}$

If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.

If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 28-12 on page 323. Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.

The various special features of Port C are elaborated in "Alternate Functions of Port C" on page 86.

1.1.6 Port D (PD7:0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.



ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P

The various special features of Port D are elaborated in "Alternate Functions of Port D" on page 89.

1.1.7 AV_{CC}

AV_{CC} is the supply voltage pin for the A/D Converter, PC3:0, and ADC7:6. It should be externally connected to V_{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter. Note that PC6...4 use digital supply voltage, V_{CC} .

1.1.8 AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

1.1.9 ADC7:6 (TQFP and QFN/MLF Package Only)

In the TQFP and QFN/MLF package, ADC7:6 serve as analog inputs to the A/D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit ADC channels.

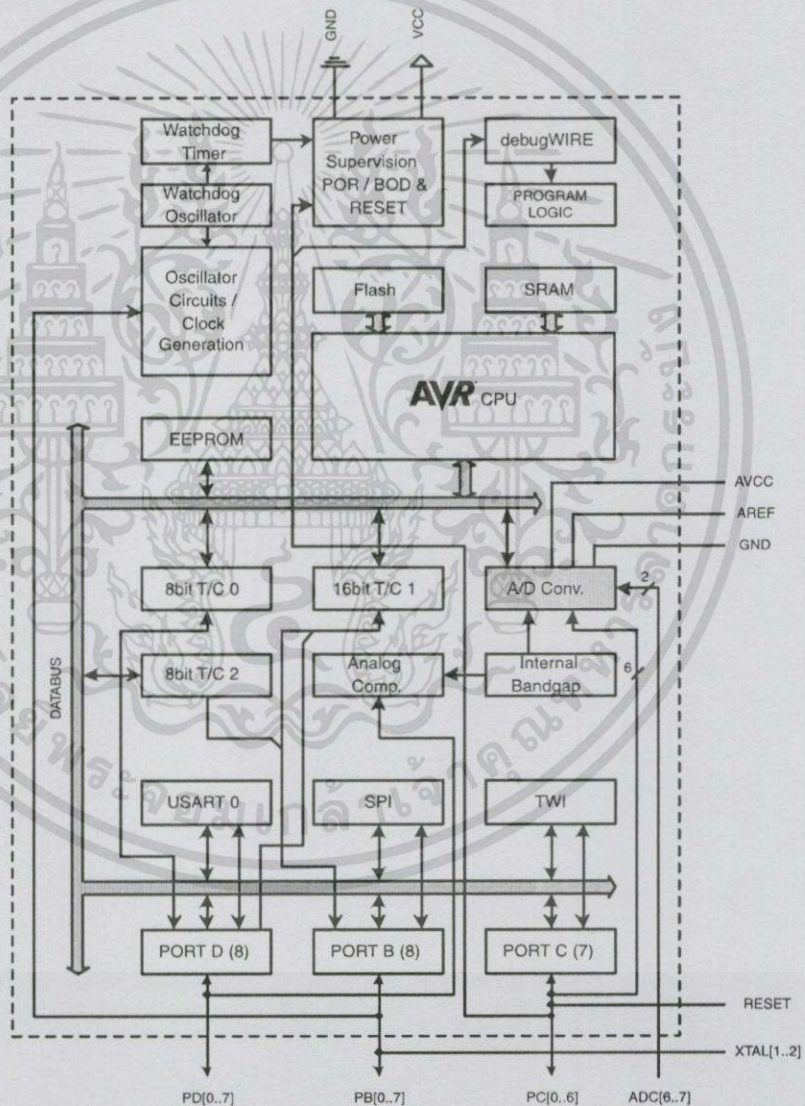


2. Overview

The ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

2.1 Block Diagram

Figure 2-1. Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent

ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P

registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P provides the following features: 4K/8K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 256/512/512/1K bytes EEPROM, 512/1K/1K/2K bytes SRAM, 23 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, three flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte-oriented 2-wire Serial Interface, an SPI serial port, a 6-channel 10-bit ADC (8 channels in TQFP and QFN/MLF packages), a programmable Watchdog Timer with internal Oscillator, and five software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, USART, 2-wire Serial Interface, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low power consumption.

The device is manufactured using Atmel's high density non-volatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional non-volatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The Boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C Compilers, Macro Assemblers, Program Debugger/Simulators, In-Circuit Emulators, and Evaluation kits.

2.2 Comparison Between Processors

The ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P differ only in memory sizes, boot loader support, and interrupt vector sizes. Table 2-1 summarizes the different memory and interrupt vector sizes for the devices.

Table 2-1. Memory Size Summary

Device	Flash	EEPROM	RAM	Interrupt Vector Size
ATmega48A	4K Bytes	256 Bytes	512 Bytes	1 instruction word/vector
ATmega48PA	4K Bytes	256 Bytes	512 Bytes	1 instruction word/vector
ATmega88A	8K Bytes	512 Bytes	1K Bytes	1 instruction word/vector
ATmega88PA	8K Bytes	512 Bytes	1K Bytes	1 instruction word/vector
ATmega168A	16K Bytes	512 Bytes	1K Bytes	2 instruction words/vector

ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P

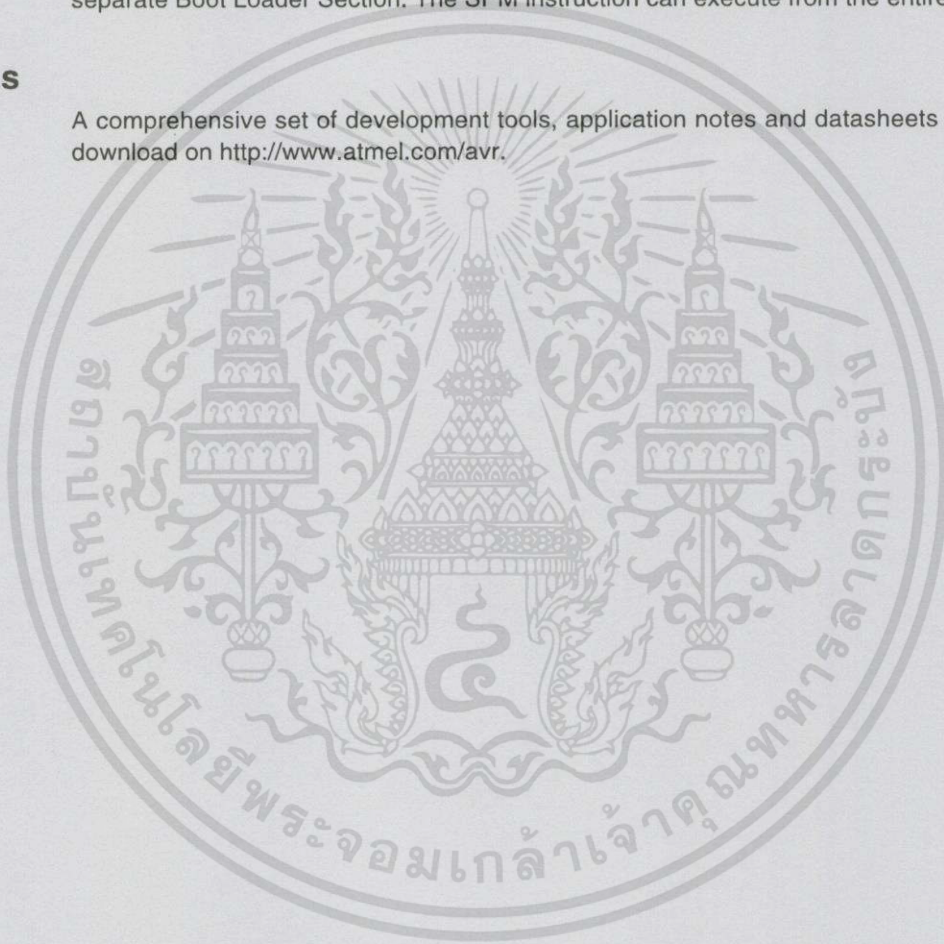
Table 2-1. Memory Size Summary

Device	Flash	EEPROM	RAM	Interrupt Vector Size
ATmega168PA	16K Bytes	512 Bytes	1K Bytes	2 instruction words/vector
ATmega328	32K Bytes	1K Bytes	2K Bytes	2 instruction words/vector
ATmega328P	32K Bytes	1K Bytes	2K Bytes	2 instruction words/vector

ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P support a real Read-While-Write Self-Programming mechanism. There is a separate Boot Loader Section, and the SPM instruction can only execute from there. In ATmega 48A/48PA there is no Read-While-Write support and no separate Boot Loader Section. The SPM instruction can execute from the entire Flash.

3. Resources

A comprehensive set of development tools, application notes and datasheets are available for download on <http://www.atmel.com/avr>.



4. Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
(0xFF)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xFE)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xFD)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xFC)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xFB)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xFA)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF9)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF8)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF7)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF6)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF5)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF4)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF3)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF2)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF1)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF0)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xEF)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xEE)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xED)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xEC)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xEB)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xEA)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE9)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE8)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE7)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE6)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE5)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE4)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE3)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE2)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE1)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE0)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xDF)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xDE)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xDD)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xDC)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xDB)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xDA)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xD9)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xD8)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xD7)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xD6)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xD5)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xD4)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xD3)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xD2)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xD1)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xD0)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xCF)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xCE)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xCD)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xCC)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xCB)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xCA)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xC9)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xC8)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xC7)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xC6)	UDR0									196
(0xC5)	UBRR0H									200
(0xC4)	UBRR0L									200
(0xC3)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xC2)	UCSR0C	UMSEL01	UMSEL00	UPM01	UPM00	USBS0	UCSZ01 / UDORD0	UCSZ00 / UCPHA0	UCPOL0	198/213



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
(0xC1)	UCSR0B	RXCIE0	TXCIE0	UDRIE0	RXEN0	TXEN0	UCSZ02	RXB80	TXB80	197
(0xC0)	UCSR0A	RXC0	TXC0	UDRE0	FE0	DOR0	UPE0	U2X0	MPCM0	196
(0xBF)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xBE)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xBD)	TWAMR	TWAM6	TWAM5	TWAM4	TWAM3	TWAM2	TWAM1	TWAM0	-	245
(0xBC)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	-	TWIE	242
(0xBB)	TWDR	2-wire Serial Interface Data Register								244
(0xBA)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	245
(0xB9)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	-	TWPS1	TWPS0	244
(0xB8)	TWBR	2-wire Serial Interface Bit Rate Register								242
(0xB7)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xB6)	ASSR	-	EXCLK	AS2	TCN2UB	OCR2AUB	OCR2BUB	TCR2AUB	TCR2BUB	165
(0xB5)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xB4)	OCR2B	Timer/Counter2 Output Compare Register B								163
(0xB3)	OCR2A	Timer/Counter2 Output Compare Register A								163
(0xB2)	TCNT2	Timer/Counter2 (8-bit)								163
(0xB1)	TCCR2B	FOC2A	FOC2B	-	-	WGM22	CS22	CS21	CS20	162
(0xB0)	TCCR2A	COM2A1	COM2A0	COM2B1	COM2B0	-	-	WGM21	WGM20	159
(0xAF)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xAE)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xAD)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xAC)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xAB)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xAA)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xA9)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xA8)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xA7)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xA6)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xA5)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xA4)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xA3)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xA2)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xA1)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xA0)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x9F)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x9E)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x9D)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x9C)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x9B)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x9A)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x99)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x98)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x97)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x96)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x95)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x94)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x93)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x92)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x91)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x90)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x8F)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x8E)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x8D)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x8C)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x8B)	OCR1BH	Timer/Counter1 - Output Compare Register B High Byte								139
(0x8A)	OCR1BL	Timer/Counter1 - Output Compare Register B Low Byte								139
(0x89)	OCR1AH	Timer/Counter1 - Output Compare Register A High Byte								139
(0x88)	OCR1AL	Timer/Counter1 - Output Compare Register A Low Byte								139
(0x87)	ICR1H	Timer/Counter1 - Input Capture Register High Byte								139
(0x86)	ICR1L	Timer/Counter1 - Input Capture Register Low Byte								139
(0x85)	TCNT1H	Timer/Counter1 - Counter Register High Byte								139
(0x84)	TCNT1L	Timer/Counter1 - Counter Register Low Byte								139
(0x83)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x82)	TCCR1C	FOC1A	FOC1B	-	-	-	-	-	-	138
(0x81)	TCCR1B	ICNC1	ICES1	-	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	137
(0x80)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	-	-	WGM11	WGM10	135



ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page	
0x7F	DIDR1	--	--	--	--	--	--	AIN1D	AIN0D	250	
0x7E	DIDR0	--	--	ADC5D	ADC4D	ADC3D	ADC2D	ADC1D	ADC0D	267	
0x7D	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x7C	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	--	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	263	
0x7B	ADCSRB	--	ACME	--	--	--	ADTS2	ADTS1	ADTS0	266	
0x7A	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	264	
0x79	ADCH	ADC Data Register High byte									266
0x78	ADCL	ADC Data Register Low byte									266
0x77	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x76	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x75	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x74	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x73	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x72	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x71	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x70	TIMSK2	--	--	--	--	--	OCIE2B	OCIE2A	TOIE2	164	
0x6F	TIMSK1	--	--	ICIE1	--	--	OCIE1B	OCIE1A	TOIE1	140	
0x6E	TIMSK0	--	--	--	--	--	OCIE0B	OCIE0A	TOIE0	112	
0x6D	PCMSK2	PCINT23	PCINT22	PCINT21	PCINT20	PCINT19	PCINT18	PCINT17	PCINT16	75	
0x6C	PCMSK1	--	PCINT14	PCINT13	PCINT12	PCINT11	PCINT10	PCINT9	PCINT8	75	
0x6B	PCMSK0	PCINT7	PCINT6	PCINT5	PCINT4	PCINT3	PCINT2	PCINT1	PCINT0	75	
0x6A	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x69	EICRA	--	--	--	--	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	72	
0x68	PCICR	--	--	--	--	--	PCIE2	PCIE1	PCIE0		
0x67	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x66	OSCCAL	Oscillator Calibration Register									37
0x65	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x64	PRR	PRTWI	PRTIM2	PRTIM0	--	PRTIM1	PRSPI	PRUSART0	PRADC	42	
0x63	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x62	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x61	CLKPR	CLKPCE	--	--	--	CLKPS3	CLKPS2	CLKPS1	CLKPS0	37	
0x60	WDTCR	WDIF	WDIE	WDP3	WDCE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	55	
0x5F (0x5F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	9	
0x5E (0x5E)	SPH	--	--	--	--	--	(SP10) ⁵	SP9	SP8	12	
0x5D (0x5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	12	
0x5C (0x5C)	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x5B (0x5B)	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x5A (0x5A)	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x59 (0x59)	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x58 (0x58)	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x57 (0x57)	SPMCSR	SPMIE	(RWWSB) ⁵	--	(RWSRE) ⁵	BLBSET	PGWRT	PGERS	SELFPRGEN	294	
0x56 (0x56)	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x55 (0x55)	MCUCR	--	BODS ⁽⁶⁾	BODSE ⁽⁶⁾	PUD	--	--	IVSEL	IVCE	45/69/93	
0x54 (0x54)	MCUSR	--	--	--	--	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	55	
0x53 (0x53)	SMCR	--	--	--	--	SM2	SM1	SM0	SE	40	
0x52 (0x52)	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x51 (0x51)	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x50 (0x50)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	248	
0x4F (0x4F)	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x4E (0x4E)	SPDR	SPI Data Register									176
0x4D (0x4D)	SPSR	SPIF	WCOL	--	--	--	--	--	SPI2X	175	
0x4C (0x4C)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	174	
0x4B (0x4B)	GPIOR2	General Purpose I/O Register 2									25
0x4A (0x4A)	GPIOR1	General Purpose I/O Register 1									25
0x49 (0x49)	Reserved	--	--	--	--	--	--	--	--		
0x48 (0x48)	OCR0B	Timer/Counter0 Output Compare Register B									
0x47 (0x47)	OCR0A	Timer/Counter0 Output Compare Register A									
0x46 (0x46)	TCNT0	Timer/Counter0 (8-bit)									
0x45 (0x45)	TCCR0B	FOC0A	FOC0B	--	--	WGM02	CS02	CS01	CS00		
0x44 (0x44)	TCCR0A	COM0A1	COM0A0	COM0B1	COM0B0	--	--	WGM01	WGM00		
0x43 (0x43)	GTCCR	TSM	--	--	--	--	--	PSRASY	PSRSYNC	144/166	
0x42 (0x42)	EEARH	(EEPROM Address Register High Byte) ⁵									21
0x41 (0x41)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte									21
0x40 (0x40)	EEDR	EEPROM Data Register									21
0x3F (0x3F)	EECR	--	--	EEDM1	EEDM0	EERIE	EEMPE	EEPE	EERE	21	
0x3E (0x3E)	GPIOR0	General Purpose I/O Register 0									25



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x1D (0x3D)	EIMSK	-	-	-	-	-	-	INT1	INT0	73
0x1C (0x3C)	EIFR	-	-	-	-	-	-	INTF1	INTF0	73
0x1B (0x3B)	PCIFR	-	-	-	-	-	PCIF2	PCIF1	PCIF0	
0x1A (0x3A)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0x19 (0x39)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0x18 (0x38)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0x17 (0x37)	TIFR2	-	-	-	-	-	OCF2B	OCF2A	TOV2	164
0x16 (0x36)	TIFR1	-	-	ICF1	-	-	OCF1B	OCF1A	TOV1	140
0x15 (0x35)	TIFR0	-	-	-	-	-	OCF0B	OCF0A	TOV0	
0x14 (0x34)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0x13 (0x33)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0x12 (0x32)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0x11 (0x31)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0x10 (0x30)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0x0F (0x2F)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0x0E (0x2E)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0x0D (0x2D)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0x0C (0x2C)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0x0B (0x2B)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	94
0x0A (0x2A)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	94
0x09 (0x29)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	94
0x08 (0x28)	PORTC	-	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	93
0x07 (0x27)	DDRC	-	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	93
0x06 (0x26)	PINC	-	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	93
0x05 (0x25)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	93
0x04 (0x24)	DDRB	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0	93
0x03 (0x23)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	93
0x02 (0x22)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0x01 (0x21)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0x00 (0x20)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	

- Note:
1. For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.
 2. I/O Registers within the address range 0x00 - 0x1F are directly bit-accessible using the SBI and CBI instructions. In these registers, the value of single bits can be checked by using the SBIS and SBIC instructions.
 3. Some of the Status Flags are cleared by writing a logical one to them. Note that, unlike most other AVRs, the CBI and SBI instructions will only operate on the specified bit, and can therefore be used on registers containing such Status Flags. The CBI and SBI instructions work with registers 0x00 to 0x1F only.
 4. When using the I/O specific commands IN and OUT, the I/O addresses 0x00 - 0x3F must be used. When addressing I/O Registers as data space using LD and ST instructions, 0x20 must be added to these addresses. The ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P is a complex microcontroller with more peripheral units than can be supported within the 64 location reserved in Opcode for the IN and OUT instructions. For the Extended I/O space from 0x60 - 0xFF in SRAM, only the ST/STS/STD and LD/LDS/LDD instructions can be used.
 5. Only valid for ATmega88A/88PA/168A/168PA/328/328P.
 6. BODS and BODSE only available for picoPower devices ATmega48PA/88PA/168PA/328P

5. Instruction Set Summary

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr$	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr + C$	Z,C,N,V,H	1
ADIW	RdI,K	Add Immediate to Word	$Rdh:Rdl \leftarrow Rdh:Rdl + K$	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr$	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	$Rd \leftarrow Rd - K$	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr - C$	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	$Rd \leftarrow Rd - K - C$	Z,C,N,V,H	1
SBIW	RdI,K	Subtract Immediate from Word	$Rdh:Rdl \leftarrow Rdh:Rdl - K$	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	$Rd \leftarrow Rd \cdot Rr$	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \cdot K$	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \vee Rr$	Z,N,V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rr$	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	$Rd \leftarrow 0xFF - Rd$	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	$Rd \leftarrow 0x00 - Rd$	Z,C,N,V,H	1
SBR	Rd,K	Set Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
CBR	Rd,K	Clear Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \cdot (0xFF - K)$	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	$Rd \leftarrow Rd + 1$	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	$Rd \leftarrow Rd - 1$	Z,N,V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	$Rd \leftarrow Rd \cdot Rd$	Z,N,V	1
CLR	Rd	Clear Register	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rd$	Z,N,V	1
SER	Rd	Set Register	$Rd \leftarrow 0xFF$	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
BRANCH INSTRUCTIONS					
RJMP	k	Relative Jump	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	2
IJMP		Indirect Jump to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	2
JMP ⁽¹⁾	k	Direct Jump	$PC \leftarrow k$	None	3
RCALL	k	Relative Subroutine Call	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	3
ICALL		Indirect Call to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	3
CALL ⁽¹⁾	k	Direct Subroutine Call	$PC \leftarrow k$	None	4
RET		Subroutine Return	$PC \leftarrow STACK$	None	4
RETI		Interrupt Return	$PC \leftarrow STACK$	I	4
CPSE	Rd,Rr	Compare, Skip if Equal	if $(Rd = Rr)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
CP	Rd,Rr	Compare	$Rd - Rr$	Z, N,V,C,H	1
CPC	Rd,Rr	Compare with Carry	$Rd - Rr - C$	Z, N,V,C,H	1
CPI	Rd,K	Compare Register with Immediate	$Rd - K$	Z, N,V,C,H	1
SBRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	if $(Rr(b)=0)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBRS	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	if $(Rr(b)=1)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	if $(P(b)=0)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBIS	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	if $(P(b)=1)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	if $(SREG(s) = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	if $(SREG(s) = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BREQ	k	Branch if Equal	if $(Z = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRNE	k	Branch if Not Equal	if $(Z = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRCS	k	Branch if Carry Set	if $(C = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRCC	k	Branch if Carry Cleared	if $(C = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRSH	k	Branch if Same or Higher	if $(C = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRLO	k	Branch if Lower	if $(C = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRMI	k	Branch if Minus	if $(N = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRPL	k	Branch if Plus	if $(N = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	if $(N \oplus V = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	if $(N \oplus V = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	if $(H = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	if $(H = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRTS	k	Branch if T Flag Set	if $(T = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRTC	k	Branch if T Flag Cleared	if $(T = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	if $(V = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	if $(V = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2

ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
BRIE	k	Branch if Interrupt Enabled	if (I = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRID	k	Branch if Interrupt Disabled	if (I = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS					
SBI	P,b	Set Bit in I/O Register	I/O(P,b) ← 1	None	2
CBI	P,b	Clear Bit in I/O Register	I/O(P,b) ← 0	None	2
LSL	Rd	Logical Shift Left	Rd(n+1) ← Rd(n), Rd(0) ← 0	Z,C,N,V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), Rd(7) ← 0	Z,C,N,V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	Rd(0) ← C, Rd(n+1) ← Rd(n), C ← Rd(7)	Z,C,N,V	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	Rd(7) ← C, Rd(n) ← Rd(n+1), C ← Rd(0)	Z,C,N,V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), n=0...6	Z,C,N,V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	Rd(3...0) ← Rd(7...4), Rd(7...4) ← Rd(3...0)	None	1
BSET	s	Flag Set	SREG(s) ← 1	SREG(s)	1
BCLR	s	Flag Clear	SREG(s) ← 0	SREG(s)	1
BST	Rr, b	Bit Store from Register to T	T ← Rr(b)	T	1
BLD	Rd, b	Bit load from T to Register	Rd(b) ← T	None	1
SEC		Set Carry	C ← 1	C	1
CLC		Clear Carry	C ← 0	C	1
SEN		Set Negative Flag	N ← 1	N	1
CLN		Clear Negative Flag	N ← 0	N	1
SEZ		Set Zero Flag	Z ← 1	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	Z ← 0	Z	1
SEI		Global Interrupt Enable	I ← 1	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	I ← 0	I	1
SES		Set Signed Test Flag	S ← 1	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	S ← 0	S	1
SEV		Set Twos Complement Overflow	V ← 1	V	1
CLV		Clear Twos Complement Overflow	V ← 0	V	1
SET		Set T in SREG	T ← 1	T	1
CLT		Clear T in SREG	T ← 0	T	1
SEH		Set Half Carry Flag in SREG	H ← 1	H	1
CLH		Clear Half Carry Flag in SREG	H ← 0	H	1
DATA TRANSFER INSTRUCTIONS					
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	Rd ← Rr	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	Rd+1:Rd ← Rr+1:Rr	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	Rd ← K	None	1
LD	Rd, X	Load Indirect	Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (X), X ← X + 1	None	2
LD	Rd, -X	Load Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, Y	Load Indirect	Rd ← (Y)	None	2
LD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Y), Y ← Y + 1	None	2
LD	Rd, -Y	Load Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, Rd ← (Y)	None	2
LDD	Rd, Y+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Y + q)	None	2
LD	Rd, Z	Load Indirect	Rd ← (Z)	None	2
LD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Z), Z ← Z + 1	None	2
LD	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, Rd ← (Z)	None	2
LDD	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Z + q)	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	Rd ← (k)	None	2
ST	X, Rr	Store Indirect	(X) ← Rr	None	2
ST	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(X) ← Rr, X ← X + 1	None	2
ST	-X, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, (X) ← Rr	None	2
ST	Y, Rr	Store Indirect	(Y) ← Rr	None	2
ST	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Y) ← Rr, Y ← Y + 1	None	2
ST	-Y, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, (Y) ← Rr	None	2
STD	Y+q, Rr	Store Indirect with Displacement	(Y + q) ← Rr	None	2
ST	Z, Rr	Store Indirect	(Z) ← Rr	None	2
ST	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Z) ← Rr, Z ← Z + 1	None	2
ST	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, (Z) ← Rr	None	2
STD	Z+q, Rr	Store Indirect with Displacement	(Z + q) ← Rr	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	(k) ← Rr	None	2
LPM		Load Program Memory	R0 ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	Rd ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc	Rd ← (Z), Z ← Z + 1	None	3
SPM		Store Program Memory	(Z) ← R1:R0	None	-
IN	Rd, P	In Port	Rd ← P	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	P ← Rr	None	1
PUSH	Rr	Push Register on Stack	STACK ← Rr	None	2

ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
POP	Rd	Pop Register from Stack	Rd ← STACK	None	2
MCU CONTROL INSTRUCTIONS					
NOP		No Operation		None	1
SLEEP		Sleep	(see specific descr. for Sleep function)	None	1
WDR		Watchdog Reset	(see specific descr. for WDR/timer)	None	1
BREAK		Break	For On-chip Debug Only	None	N/A

Note: 1. These instructions are only available in ATmega168PA and ATmega328P.





NEO-6

u-blox 6 GPS Modules

Data Sheet

Abstract

Technical data sheet describing the cost effective, high-performance u-blox 6 based NEO-6 series of GPS modules, that brings the high performance of the u-blox 6 positioning engine to the miniature NEO form factor.

These receivers combine a high level of integration capability with flexible connectivity options in a small package. This makes them perfectly suited for mass-market end products with strict size and cost requirements.

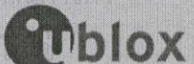


16.0 x 12.2 x 2.4 mm

www.u-blox.com

locate, communicate, accelerate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่สงวนลิขสิทธิ์, ห้ามทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำ 

Document Information

Title	NEO-6
Subtitle	u-blox 6 GPS Modules
Document type	Data Sheet
Document number	GPS.G6-HW-09005-E

Document status
Document status information

Objective Specification	This document contains target values. Revised and supplementary data will be published later.
Advance Information	This document contains data based on early testing. Revised and supplementary data will be published later.
Preliminary	This document contains data from product verification. Revised and supplementary data may be published later.
Released	This document contains the final product specification.

This document applies to the following products:

Name	Type number	ROM/FLASH version	PCN reference
NEO-6G	NEO-6G-0-001	ROM7.03	UBX-TN-11047-1
NEO-6Q	NEO-6Q-0-001	ROM7.03	UBX-TN-11047-1
NEO-6M	NEO-6M-0-001	ROM7.03	UBX-TN-11047-1
NEO-6P	NEO-6P-0-000	ROM6.02	N/A
NEO-6V	NEO-6V-0-000	ROM7.03	N/A
NEO-6T	NEO-6T-0-000	ROM7.03	N/A

This document and the use of any information contained therein, is subject to the acceptance of the u-blox terms and conditions. They can be downloaded from www.u-blox.com.

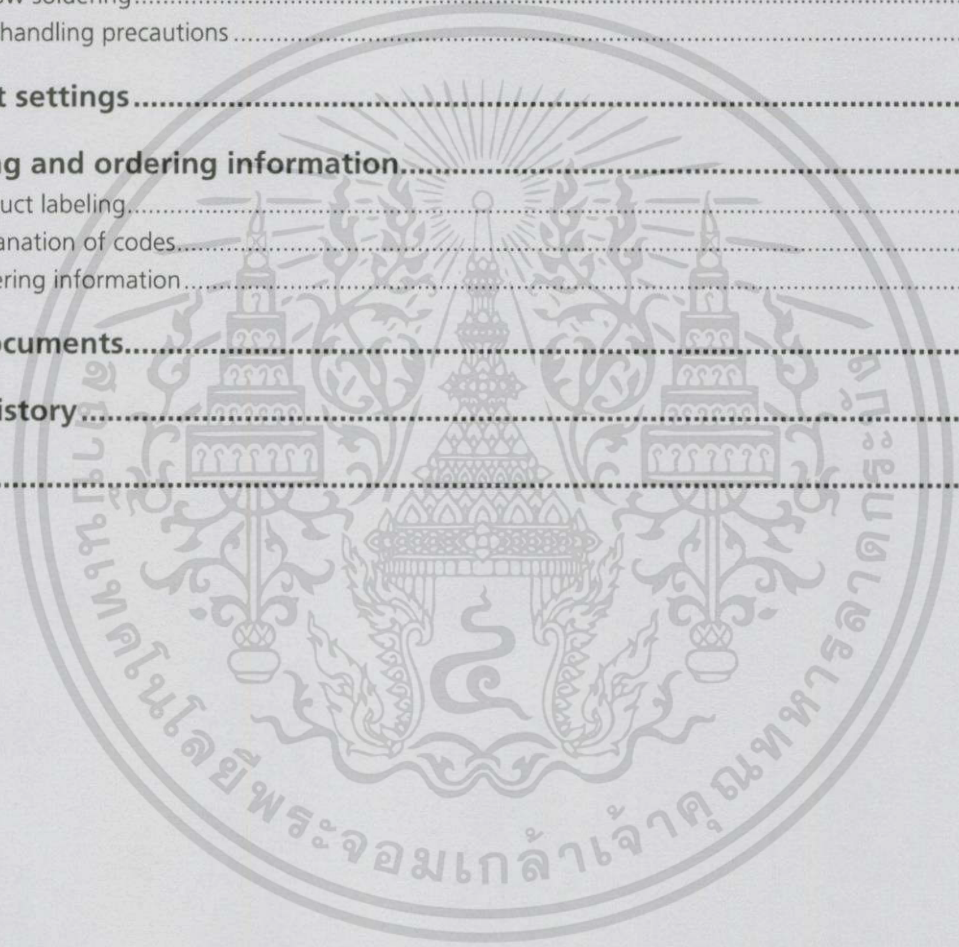
u-blox makes no warranties based on the accuracy or completeness of the contents of this document and reserves the right to make changes to specifications and product descriptions at any time without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties without express permission is strictly prohibited. Copyright © 2011, u-blox AG.

u-blox® is a registered trademark of u-blox Holding AG in the EU and other countries. ARM® is the registered trademark of ARM Limited in the EU and other countries.

Contents

Contents	3
1 Functional description	5
1.1 Overview	5
1.2 Product features	5
1.3 GPS performance.....	6
1.4 Block diagram.....	7
1.5 Assisted GPS (A-GPS).....	7
1.6 AssistNow Autonomous	7
1.7 Precision Timing.....	8
1.7.1 Time mode	8
1.7.2 Timepulse and frequency reference	8
1.7.3 Time mark	8
1.8 Raw data	8
1.9 Automotive Dead Reckoning	8
1.10 Precise Point Positioning.....	9
1.11 Oscillators	9
1.12 Protocols and interfaces.....	9
1.12.1 UART.....	9
1.12.2 USB.....	9
1.12.3 Serial Peripheral Interface (SPI).....	9
1.12.4 Display Data Channel (DDC).....	10
1.13 Antenna.....	10
1.14 Power Management	10
1.14.1 Maximum Performance Mode	10
1.14.2 Eco Mode.....	10
1.14.3 Power Save Mode	11
1.15 Configuration	11
1.15.1 Boot-time configuration	11
1.16 Design-in	11
2 Pin Definition	12
2.1 Pin assignment	12
3 Electrical specifications	14
3.1 Absolute maximum ratings	14
3.2 Operating conditions	15
3.3 Indicative power requirements.....	15
3.4 SPI timing diagrams	16
3.4.1 Timing recommendations	16
4 Mechanical specifications	17

5	Qualification and certification	18
5.1	Reliability tests	18
5.2	Approvals	18
6	Product handling & soldering	19
6.1	Packaging	19
6.1.1	Reels	19
6.1.1	Tapes	20
6.2	Moisture Sensitivity Levels	21
6.3	Reflow soldering	21
6.4	ESD handling precautions	21
7	Default settings	22
8	Labeling and ordering information	23
8.1	Product labeling	23
8.2	Explanation of codes	23
8.3	Ordering information	24
	Related documents	24
	Revision history	24
	Contact	25



1 Functional description

1.1 Overview

The NEO-6 module series is a family of stand-alone GPS receivers featuring the high performance u-blox 6 positioning engine. These flexible and cost effective receivers offer numerous connectivity options in a miniature 16 x 12.2 x 2.4 mm package. Their compact architecture and power and memory options make NEO-6 modules ideal for battery operated mobile devices with very strict cost and space constraints.

The 50-channel u-blox 6 positioning engine boasts a Time-To-First-Fix (TTFF) of under 1 second. The dedicated acquisition engine, with 2 million correlators, is capable of massive parallel time/frequency space searches, enabling it to find satellites instantly. Innovative design and technology suppresses jamming sources and mitigates multipath effects, giving NEO-6 GPS receivers excellent navigation performance even in the most challenging environments.

1.2 Product features

Model	Type	Supply	Interfaces	Features
	GPS	PPP Timing Raw Data Dead Reckoning 1.75 V - 2.0 V 2.7 V - 3.6 V	UART USB SPI DDC (I-C compliant)	Programmable (flash) FW update I-CXO RTC crystal Antenna supply and supervisor Configuration pins Time pulse External interrupt/Wakeup
NEO-6G	•	•	•	•
NEO-6Q	•	•	•	•
NEO-6M	•	•	•	•
NEO-6P	•	•	•	•
NEO-6V	•	•	•	•
NEO-6T	•	•	•	•

○ = Requires external components and integration on application processor

Table 1: Features of the NEO-6 Series



All NEO-6 modules are based on GPS chips qualified according to AEC-Q100. See Chapter 5.1 for further information.

1.3 GPS performance

Parameter	Specification			
Receiver type	50 Channels GPS L1 frequency, C/A Code SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS			
Time-To-First-Fix ¹		NEO-6G/Q/T	NEO-6MV	NEO-6P
	Cold Start ²	26 s	27 s	32 s
	Warm Start ²	26 s	27 s	32 s
	Hot Start ²	1 s	1 s	1 s
	Aided Starts ³	1 s	<3 s	<3 s
Sensitivity ⁴		NEO-6G/Q/T	NEO-6MV	NEO-6P
	Tracking & Navigation	-162 dBm	-161 dBm	-160 dBm
	Reacquisition ⁵	-160 dBm	-160 dBm	-160 dBm
	Cold Start (without aiding)	-148 dBm	-147 dBm	-146 dBm
	Hot Start	-157 dBm	-156 dBm	-155 dBm
Maximum Navigation update rate		NEO-6G/Q/M/T	NEO-6PV	
		5Hz	1 Hz	
Horizontal position accuracy ⁶	GPS	2.5 m		
	SBAS	2.0 m		
	SBAS + PPP ⁷	< 1 m (2D, R50) ⁸		
	SBAS + PPP ⁷	< 2 m (3D, R50) ⁸		
Configurable Timepulse frequency range		NEO-6G/Q/M/PV	NEO-6T	
		0.25 Hz to 1 kHz	0.25 Hz to 10 MHz	
Accuracy for Timepulse signal	RMS	30 ns		
	99%	<60 ns		
	Granularity Compensated ⁹	21 ns		
Velocity accuracy ⁶		0.1m/s		
Heading accuracy ⁶		0.5 degrees		
Operational Limits	Dynamics	≤ 4 g		
	Altitude ¹⁰	50,000 m		
	Velocity ¹⁰	500 m/s		

Table 2: NEO-6 GPS performance

¹ All satellites at -130 dBm

² Without aiding

³ Dependent on aiding data connection speed and latency

⁴ Demonstrated with a good active antenna

⁵ For an outage duration ≤10s

⁶ CEP, 50%, 24 hours static, -130dBm, SEP: <3.5m

⁷ NEO-6P only

⁸ Demonstrated under following conditions: 24 hours, stationary, first 600 seconds of data discarded. HDOP < 1.5 during measurement period, strong signals. Continuous availability of valid SBAS correction data during full test period.

⁹ Quantization error information can be used with NEO-6T to compensate the granularity related error of the timepulse signal

¹⁰ Assuming Airborne <4g platform

1.4 Block diagram

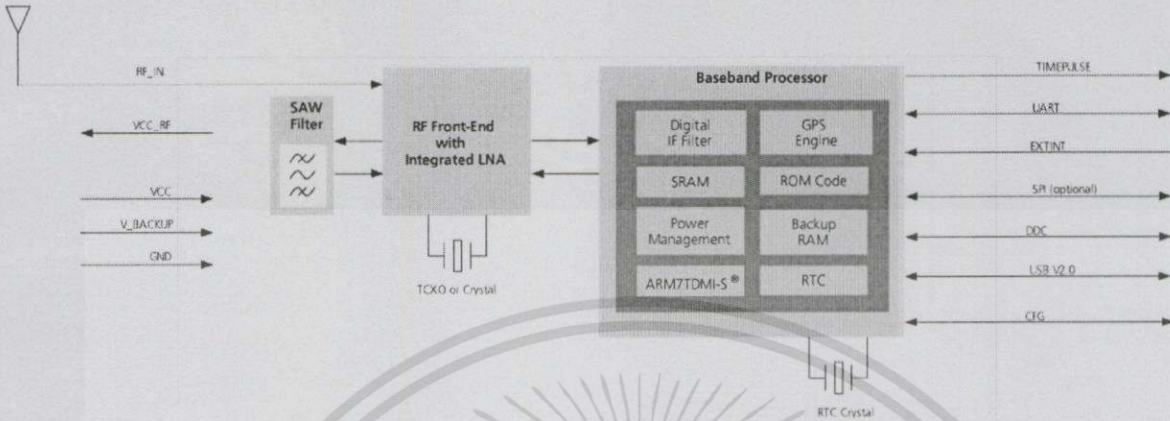


Figure 1: Block diagram (For available options refer to the product features table in section 1.2).

1.5 Assisted GPS (A-GPS)

Supply of aiding information like ephemeris, almanac, rough last position and time and satellite status and an optional time synchronization signal will reduce time to first fix significantly and improve the acquisition sensitivity. All NEO-6 modules support the u-blox AssistNow Online and AssistNow Offline A-GPS services¹¹ and are OMA SUPL compliant.

1.6 AssistNow Autonomous

AssistNow Autonomous provides functionality similar to Assisted-GPS without the need for a host or external network connection. Based on previously broadcast satellite ephemeris data downloaded to and stored by the GPS receiver, AssistNow Autonomous automatically generates accurate satellite orbital data ("AssistNow Autonomous data") that is usable for future GPS position fixes. AssistNow Autonomous data is reliable for up to 3 days after initial capture.

u-blox' AssistNow Autonomous benefits are:

- Faster position fix
- No connectivity required
- Complementary with AssistNow Online and Offline services
- No integration effort, calculations are done in the background



For more details see the u-blox 6 Receiver Description including Protocol Specification [2].

¹¹ AssistNow Offline requires external memory.

1.7 Precision Timing

1.7.1 Time mode

NEO-6T provides a special Time Mode to provide higher timing accuracy. The NEO-6T is designed for use with stationary antenna setups. The Time Mode features three different settings described in Table 3: Disabled, Survey-In and Fixed Mode. For optimal performance entering the position of the antenna (when known) is recommended as potential source of errors will be reduced.

Time Mode Settings	Description
Disabled	Standard PVT operation
Survey-In	The GPS receiver computes the average position over an extended time period until a predefined maximum standard deviation has been reached. Afterwards the receiver will be automatically set to Fixed Mode and the timing features will be activated.
Fixed Mode	In this mode, a fixed 3D position and known standard deviation is assumed and the timing features are activated. Fixed Mode can either be activated directly by feeding pre-defined position coordinates (ECEF - Earth Center Earth Fixed format) or by performing a Survey-In. In Fixed mode, the timing errors in the TIMEPULSE signal which otherwise result from positioning errors are eliminated. Single-satellite operation is supported. For details, please refer to the u-blox 6 Receiver Description including Protocol Specification [2].

Table 3: Time mode settings

1.7.2 Timepulse and frequency reference

NEO-6T comes with a timepulse output which can be configured from 0.25 Hz up to 10 MHz. The timepulse can either be used for time synchronization (i.e. 1 pulse per second) or as a reference frequency in the MHz range. A timepulse in the MHz range provides excellent long-term frequency accuracy and stability.

1.7.3 Time mark

NEO-6T can be used for precise time measurements with sub-microsecond resolution using the external interrupt (EXTINT0). Rising and falling edges of these signals are time-stamped to the GPS or UTC time and counted. The Time Mark functionality can be enabled with the UBX-CFG-TM2 message

For details, please refer to the u-blox 6 Receiver Description including Protocol Specification [2].

1.8 Raw data

Raw data output is supported at an update rate of 5 Hz on the NEO-6T and NEO-6P. The UBX-RXM-RAW message includes carrier phase with half-cycle ambiguity resolved, code phase and Doppler measurements, which can be used in external applications that offer precision positioning, real-time kinematics (RTK) and attitude sensing.

1.9 Automotive Dead Reckoning

Automotive Dead Reckoning (ADR) is u-blox' industry proven off-the-shelf Dead Reckoning solution for tier-one automotive customers. u-blox' ADR solution combines GPS and sensor digital data using a tightly coupled Kalman filter. This improves position accuracy during periods of no or degraded GPS signal.

The NEO-6V provides ADR functionality over its software sensor interface. A variety of sensors (such as wheel ticks and gyroscope) are supported, with the sensor data received via UBX messages from the application processor. This allows for easy integration and a simple hardware interface, lowering costs. By using digital sensor data available on the vehicle bus, hardware costs are minimized since no extra sensors are required for Dead Reckoning functionality. ADR is designed for simple integration and easy configuration of different sensor options (e.g. with or without gyroscope) and vehicle variants, and is completely self-calibrating.

For more details contact the u-blox support representative nearest you to receive dedicated u-blox 6 Receiver Description Including Protocol Specification [3].

1.10 Precise Point Positioning

u-blox' industry proven PPP algorithm provides extremely high levels of position accuracy in static and slow moving applications, and makes the NEO-6P an ideal solution for a variety of high precision applications such as surveying, mapping, marine, agriculture or leisure activities.

Ionospheric corrections such as those received from local SBAS¹² geostationary satellites (WAAS, EGNOS, MSAS) or from GPS enable the highest positioning accuracy with the PPP algorithm. The maximum improvement of positioning accuracy is reached with PPP+SBAS and can only be expected in an environment with unobstructed sky view during a period in the order of minutes.

1.11 Oscillators

NEO-6 GPS modules are available in Crystal and TCXO versions. The TCXO allows accelerated weak signal acquisition, enabling faster start and reacquisition times.

1.12 Protocols and interfaces

Protocol	Type
NMEA	Input/output, ASCII, 0183, 2.3 (compatible to 3.0)
UBX	Input/output, binary, u-blox proprietary
RTCM	Input, 2.3

Table 4: Available protocols

All listed protocols are available on UART, USB, and DDC. For specification of the various protocols see the u-blox 6 Receiver Description including Protocol Specification [2].

1.12.1 UART

NEO-6 modules include one configurable UART interface for serial communication (for information about configuration see section 1.15).

1.12.2 USB

NEO-6 modules provide a USB version 2.0 FS (Full Speed, 12Mbit/s) interface as an alternative to the UART. The pull-up resistor on USB_DP is integrated to signal a full-speed device to the host. The VDDUSB pin supplies the USB interface. u-blox provides a Microsoft® certified USB driver for Windows XP, Windows Vista and Windows 7 operating systems.

1.12.3 Serial Peripheral Interface (SPI)

The SPI interface allows for the connection of external devices with a serial interface, e.g. serial flash to save configuration and AssistNow Offline A-GPS data or to interface to a host CPU. The interface can be operated in master or slave mode. In master mode, one chip select signal is available to select external slaves. In slave mode a single chip select signal enables communication with the host.



The maximum bandwidth is 100kbit/s.

¹² Satellite Based Augmentation System

1.12.4 Display Data Channel (DDC)

The I²C compatible DDC interface can be used either to access external devices with a serial interface EEPROM or to interface with a host CPU. It is capable of master and slave operation. The DDC interface is I²C Standard Mode compliant. For timing parameters consult the I²C standard.

- The DDC Interface supports serial communication with u-blox wireless modules. See the specification of the applicable wireless module to confirm compatibility.
- The maximum bandwidth is 100kbit/s.

1.12.4.1 External serial EEPROM

NEO-6 modules allow an optional external serial EEPROM to be connected to the DDC interface. This can be used to store Configurations permanently.

- For more information see the LEA-6/NEO-6/MAX-6 Hardware Integration Manual [1].

Use caution when implementing since forward compatibility is not guaranteed.

1.13 Antenna

NEO-6 modules are designed for use with passive and active¹³ antennas.

Parameter	Specification
Antenna Type	Passive and active antenna
Active Antenna Recommendations	Minimum gain
	Maximum gain
	Maximum noise figure

Table 5: Antenna Specifications for all NEO-6 modules

1.14 Power Management

u-blox receivers support different power modes. These modes represent strategies of how to control the acquisition and tracking engines in order to achieve either the best possible performance or good performance with reduced power consumption.

- For more information about power management strategies, see the u-blox 6 Receiver Description including Protocol Specification [2].

1.14.1 Maximum Performance Mode

During a Cold start, a receiver in Maximum Performance Mode continuously deploys the acquisition engine to search for all satellites. Once the receiver has a position fix (or if pre-positioning information is available), the acquisition engine continues to be used to search for all visible satellites that are not being tracked.

1.14.2 Eco Mode

During a Cold start, a receiver in Eco Mode works exactly as in Maximum Performance Mode. Once a position can be calculated and a sufficient number of satellites are being tracked, the acquisition engine is powered off resulting in significant power savings. The tracking engine continuously tracks acquired satellites and acquires other available or emerging satellites.

- Note that even if the acquisition engine is powered off, satellites continue to be acquired.

¹³ For information on using active antennas with NEO-6 modules, see the LEA-6/NEO-6 Hardware Integration Manual [1].

1.14.3 Power Save Mode

Power Save Mode (PSM) allows a reduction in system power consumption by selectively switching parts of the receiver on and off.



Power Save mode is not available with NEO-6P, NEO-6T and NEO-6V.

1.15 Configuration

1.15.1 Boot-time configuration

NEO-6 modules provide configuration pins for boot-time configuration. These become effective immediately after start-up. Once the module has started, the configuration settings can be modified with UBX configuration messages. The modified settings remain effective until power-down or reset. If these settings have been stored in battery-backup RAM, then the modified configuration will be retained, as long as the backup battery supply is not interrupted.

NEO-6 modules include both **CFG_COM0** and **CFG_COM1** pins and can be configured as seen in Table 6. Default settings in bold.

CFG_COM1	CFG_COM0	Protocol	Messages	UARTBaud rate	USB power
1	1	NMEA	GSV, RMC, GSA, GGA, GLL, VTG, TXT	9600	BUS Powered
1	0	NMEA	GSV, RMC, GSA, GGA, GLL, VTG, TXT	38400	Self Powered
0	1	NMEA	GSV ¹⁴ , RMC, GSA, GGA, VTG, TXT	4800	BUS Powered
0	0	UBX	NAV-SOL, NAV-STATUS, NAV-SVINFO, NAV-CLOCK, INF, MON-EXCEPT, AID-ALPSERV	57600	BUS Powered

Table 6: Supported COM settings

NEO-6 modules include a **CFG_GPS0** pin, which enables the boot-time configuration of the power mode. These settings are described in Table 7. Default settings in bold.

CFG_GPS0	Power Mode
0	Eco Mode
1	Maximum Performance Mode

Table 7: Supported CFG_GPS0 settings

Static activation of the **CFG_COM** and **CFG_GPS** pins is not compatible with use of the SPI interface.

1.16 Design-in

In order to obtain the necessary information to conduct a proper design-in, u-blox strongly recommends consulting the LEA-6/NEO-6/MAX-6 Hardware Integration Manual [1].

¹⁴ Every 5th fix.

2 Pin Definition

2.1 Pin assignment

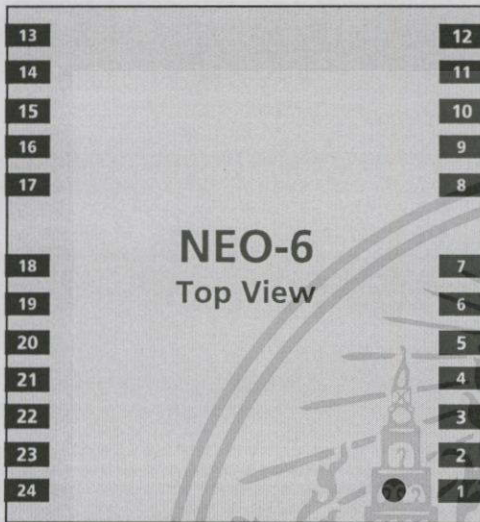


Figure 2 Pin Assignment

No	Module	Name	I/O	Description
1	All	Reserved	I	Reserved
2	All	SS_N	I	SPI Slave Select
3	All	TIMEPULSE	O	Timepulse (1PPS)
4	All	EXTINT0	I	External Interrupt Pin
5	All	USB_DM	I/O	USB Data
6	All	USB_DP	I/O	USB Data
7	All	VDDUSB	I	USB Supply
8	All	Reserved		See Hardware Integration Manual Pin 8 and 9 must be connected together.
9	All	VCC_RF	O	Output Voltage RF section Pin 8 and 9 must be connected together.
10	All	GND	I	Ground
11	All	RF_IN	I	GPS signal input
12	All	GND	I	Ground
13	All	GND	I	Ground
14	All	MOSI/CFG_COM0	O/I	SPI MOSI / Configuration Pin. Leave open if not used.
15	All	MISO/CFG_COM1	I	SPI MISO / Configuration Pin. Leave open if not used.
16	All	CFG_GPS0/SCK	I	Power Mode Configuration Pin / SPI Clock. Leave open if not used.
17	All	Reserved	I	Reserved
18	All	SDA2	I/O	DDC Data
19	All	SCL2	I/O	DDC Clock
20	All	TxD1	O	Serial Port 1
21	All	RxD1	I	Serial Port 1

No	Module	Name	I/O	Description
22	All	V_BCKP	I	Backup voltage supply
23	All	VCC	I	Supply voltage
24	All	GND	I	Ground

Table 8: Pinout


Pins designated Reserved should not be used. For more information about Pinouts see the LEA-6/NEO-6/MAX-6 Hardware Integration Manual [1].



3 Electrical specifications

3.1 Absolute maximum ratings

Parameter	Symbol	Module	Min	Max	Units	Condition
Power supply voltage	VCC	NEO-6G	-0.5	2.0	V	
		NEO-6Q, 6M, 6P, 6V, 6T	-0.5	3.6	V	
Backup battery voltage	V_BCKP	All	-0.5	3.6	V	
USB supply voltage	VDDUSB	All	-0.5	3.6	V	
Input pin voltage	Vin	All	-0.5	3.6	V	
	Vin_usb	All	-0.5	VDDU	V	
DC current trough any digital I/O pin (except supplies)	Ipin			10	mA	
VCC_RF output current	ICC_RF	All		100	mA	
Input power at RF_IN	Prfin	NEO-6Q, 6M, 6G, 6V, 6T		15	dBm	source impedance = 50Ω, continuous wave
		NEO-6P		-5	dBm	
Storage temperature	Tstg	All	-40	85	°C	

Table 9: Absolute maximum ratings



GPS receivers are Electrostatic Sensitive Devices (ESD) and require special precautions when handling. For more information see chapter 6.4.



Stressing the device beyond the "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage. These are stress ratings only. The product is not protected against overvoltage or reversed voltages. If necessary, voltage spikes exceeding the power supply voltage specification, given in table above, must be limited to values within the specified boundaries by using appropriate protection diodes. For more information see the *LEA-6/NEO-6/MAX-6 Hardware Integration Manual* [1].

3.2 Operating conditions

All specifications are at an ambient temperature of 25°C.

Parameter	Symbol	Module	Min	Typ	Max	Units	Condition
Power supply voltage	VCC	NEO-6G	1.75	1.8	1.95	V	
		NEO-6Q/M NEO-6P/V/T	2.7	3.0	3.6	V	
Supply voltage USB	VDDUSB	All	3.0	3.3	3.6	V	
Backup battery voltage	V_BCKP	All	1.4		3.6	V	
Backup battery current	I_BCKP	All		22		µA	V_BCKP = 1.8 V, VCC = 0V
Input pin voltage range	Vin	All	0		VCC	V	
Digital IO Pin Low level input voltage	Vil	All	0		0.2*VCC	V	
Digital IO Pin High level input voltage	Vih	All	0.7*VCC		VCC	V	
Digital IO Pin Low level output voltage	Vol	All			0.4	V	Iol=4mA
Digital IO Pin High level output voltage	Voh	All	VCC-0.4			V	Ioh=4mA
USB_DM, USB_DP	VinU	All	Compatible with USB with 22 Ohms series resistance				
VCC_RF voltage	VCC_RF	All		VCC-0.1		V	
VCC_RF output current	ICC_RF	All			50	mA	
Antenna gain	Gant	All			50	dB	
Receiver Chain Noise Figure	NFtot	All		3.0		dB	
Operating temperature	Topr	All	-40		85	°C	

Table 10: Operating conditions

Operation beyond the specified operating conditions can affect device reliability.

3.3 Indicative power requirements

Table 11 lists examples of the total system supply current for a possible application.

Parameter	Symbol	Module	Min	Typ	Max	Units	Condition
Max. supply current ¹⁵	Iccp	All			67	mA	VCC = 3.6 V ¹⁶ / 1.95 V ¹⁷
	Icc Acquisition	All		47 ¹⁹		mA	
	Icc Tracking (Max Performance mode)	NEO-6G/Q/T NEO-6M/P/V		40 ²⁰ 39 ²⁰		mA	
Average supply current ¹⁸	Icc Tracking (Eco mode)	NEO-6G/Q/T NEO-6M/P/V		38 ²⁰ 37 ²⁰		mA	VCC = 3.0 V ¹⁶ / 1.8 V ¹⁷
	Icc Tracking (Power Save mode / 1 Hz)	NEO-6G/Q NEO-6M		12 ²⁰ 11 ²⁰		mA	

Table 11: Indicative power requirements

Values in Table 11 are provided for customer information only as an example of typical power requirements. Values are characterized on samples, actual power requirements can vary depending on FW version used, external circuitry, number of SVs tracked, signal strength, type of start as well as time, duration and conditions of test.

¹⁵ Use this figure to dimension maximum current capability of power supply. Measurement of this parameter with 1 Hz bandwidth.

¹⁶ NEO-6Q, NEO-6M, NEO-6P, NEO-6V, NEO-6T

¹⁷ NEO-6G

¹⁸ Use this figure to determine required battery capacity.

¹⁹ >8 SVs in view, CNo >40 dBHz, current average of 30 sec after cold start.

²⁰ With strong signals, all orbits available. For Cold Starts typical 12 min after first fix. For Hot Starts typical 15 s after first fix.

3.4 SPI timing diagrams

In order to avoid a faulty usage of the SPI, the user needs to comply with certain timing conditions. The following signals need to be considered for timing constraints:

Symbol	Description
SS_N	Slave Select signal
SCK	Slave Clock signal

Table 12: Symbol description

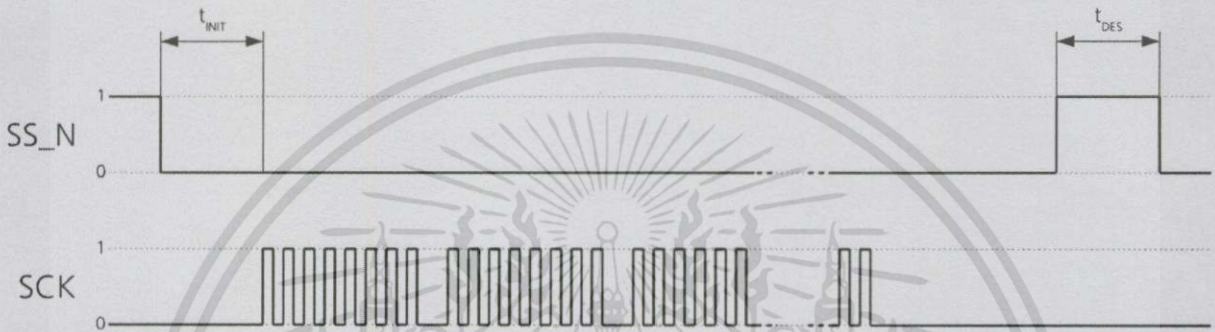


Figure 3: SPI timing diagram

3.4.1 Timing recommendations

Parameter	Description	Recommendation
t_{INIT}	Initialization Time	500 μ s
t_{DES}	Deselect Time	1 ms
Bitrate		100 kbit/s

Table 13: SPI timing recommendations

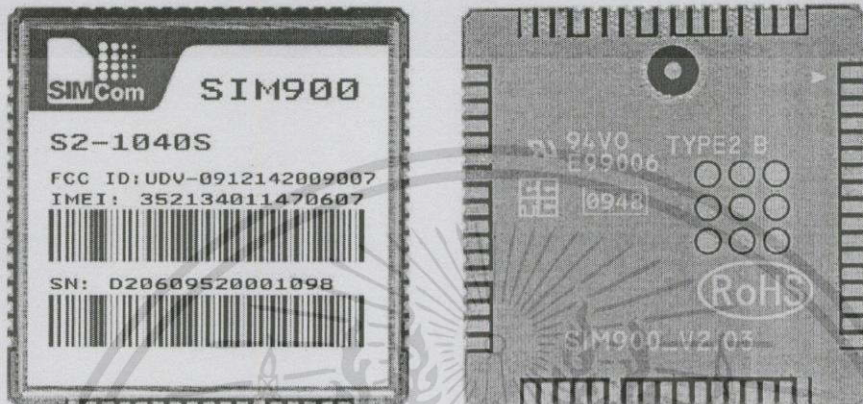
- The values in the above table result from the requirement of an error-free transmission. By allowing just a few errors, the byte rate could be increased considerably. These timings – and therefore the byte rate – could also be improved by disabling other interfaces, e.g. the UART.
- The maximum bandwidth is 100 kbit/s²¹.

²¹ This is a theoretical maximum, the protocol overhead is not considered.



SIM900

GSM/GPRS Module



The SIM900 is a complete Quad-band GSM/GPRS solution in a SMT module which can be embedded in the customer applications.

Featuring an industry-standard interface, the SIM900 delivers GSM/GPRS 850/900/1800/1900MHz performance for voice, SMS, Data, and Fax in a small form factor and with low power consumption. With a tiny configuration of 24mm x 24mm x 3 mm, SIM900 can fit almost all the space requirements in your M2M application, especially for slim and compact demand of design.

- SIM900 is designed with a very powerful single-chip processor integrating AMR926EJ-S core
- Quad - band GSM/GPRS module with a size of 24mmx24mmx3mm
- SMT type suit for customer application
- An embedded Powerful TCP/IP protocol stack
- Based upon mature and field-proven platform, backed up by our support service, from definition to design and production

