

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบกล่องดำบันทึกการใช้งานของรถยนต์

BLACK BOX FOR CAR USAGE RECORDING SYSTEM



ปฏิญานិพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบกล่องดำบันทึกการใช้งานของรถยนต์
BLACK BOX FOR CAR USAGE RECORDING SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบกล่องดำบันทึกการใช้งานของรถยนต์

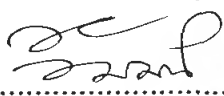
BLACK BOX FOR CAR USAGE RECORDING SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นายฉัตรชัย เมืองกลาง 48015050

2. นายทวี จันทร์ดอยนภา 48015054

3. นายวิเศษ วิโรจน์กุล 48015077



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศ.ดร.วิวัฒน์ ภิรานนท์)



..... (รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเจียน)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบกล่องดำบันทึกการใช้งานของรถยนต์
BLACK BOX FOR CAR USAGE RECORDING SYSTEM

โดย นายฉัตรชัย เมืองกลาง 48015050
นายทวี จันทร์ลอยนภา 48015054
นายวิเศษ วิโรจน์กุล 48015077

อาจารย์ที่ปรึกษา ศ.ดร.วิวัฒน์ กิรานนท์
รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอระบบกล่องดำบันทึกการใช้งานของรถยนต์ ซึ่งภายในระบบประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ภายในรถยนต์ เช่น การทำงานของ เบรก ไฟเลี้ยว ไฟส่องสว่าง ความเร็วและติดตั้งระบบระบุพิกัดผ่านดาวเทียมเพื่อบอกตำแหน่งและทิศทางโดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวแปลงสัญญาณที่ได้จากชุดอุปกรณ์ตรวจสอบการทำงานเป็นข้อมูลดิจิทัล และเก็บข้อมูลดังกล่าวและสามารถสร้างโปรแกรมจำลองเหตุการณ์เมื่อมีการชนกันเกิดขึ้น โดยแสดงผลทางจอภาพ

ABSTRACT

This project proposes a black box for car usage recording system. The black box is composed of a car operation checking part (such as the operation of brake, turn light, head light, speed) and a GPS system for indicating car's position and determining the direction. The microcontroller is employed to convert those signals obtained from a car operation checking part into digital data. These data are stored and can be used to simulate the car crash event by the program. The simulated event is illustrated on the monitor screen.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษาคือ รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน, ศ.ดร.วิวัฒน์ กิรานนท์ ที่ให้คำปรึกษาที่ดีตลอดเวลาการทำโครงการนี้ อีกทั้งยังคอยช่วยเหลือในด้านต่างๆ เป็นอย่างดี และขอขอบคุณบิดา มารดา ผู้ปกครองที่ให้การอุปการะเลี้ยงดูและส่งเสริมค่าเล่าเรียน ตลอดจนขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมที่ให้โอกาสคณะผู้จัดทำได้ทำโครงการนี้ และขอขอบคุณไปยังเพื่อนๆ และทุกๆ ท่านที่คอยให้คำแนะนำและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีมาโดยตลอด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1
1.4.1 ส่วนของซอฟต์แวร์	1
1.4.2 ส่วนของฮาร์ดแวร์	1
ขั้นตอนการทำงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ระบบระบุตำแหน่งบนผิวโลก (GPS)	3
2.1.1 องค์ประกอบของระบบจีพีเอส	3
2.1.2 การหาค่าตำแหน่งพิกัดของผู้ใช้	5
2.1.3 สัญญาที่ใช้ในจีพีเอส	6
2.1.4 การวิเคราะห์ห่างจากดาวเทียมถึงเครื่องรับสัญญาณ	7
2.1.5 โครงสร้างของข้อมูลที่ส่งมาจากดาวเทียมจีพีเอส	7
2.1.6 ปัญหาที่เกิดจากความแม่นยำที่ถูกจำกัดไว้ของระบบจีพีเอส	8
2.1.7 มาตรฐาน NMEA 0183	10
2.2 การอ้างอิงพิกัดตำแหน่ง	14
2.2.1 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic coordinate)	15
2.2.2 การอ้างอิงพิกัดแบบ UTM	16
2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ I ² C	17
2.3.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I ² C	19
2.3.2 หลักการของบัส I ² C	19
2.3.3 สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัส I ² C	20
2.3.4 การทำงานบนบัส I ² C	21
2.3.5 การอ้างถึงแบบ 7 บิต (7-Bit Addressing)	21
2.3.6 การอ้างถึงแบบ 10 บิต (10 bit addressing)	22
2.3.7 การต่ออุปกรณ์ระบบบัส I ² C กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	23
2.3.8 การเขียนโปรแกรมติดต่อบัส I ² C	23
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์	24
2.4.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์	24
2.4.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชจาก Phillips	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
2.5 มาตรฐาน RS-232C	25
2.6 ออปแอมป์ (Op Amp)	27
2.6.1 สัญลักษณ์และขั้ว (Symbol and Terminal)	27
2.6.2 ค่าพิกัดไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Rating)	28
2.6.3 อัตราขยายแรงดันเมื่อยังไม่มีป้อนกลับ (Open Loop Voltage Gain)	28
2.6.4 แรงดันอิ่มตัว (Saturation Voltage)	29
2.6.5 อิมพีแดนซ์ค่านำเข้า (Input Impedance)	29
2.6.6 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage Comparator)	30
2.6.7 แรงดันข้ามศูนย์ (Zero Crossing)	30
2.6.8 วงจรตรวจจับที่ไม่ข้ามศูนย์ (Nonzero Crossing Detector)	32
2.6.9 ข้อกำหนดแรงดันเอาต์พุต (Limit the Output Voltage)	33
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	35
3.1 ภาพรวมของโครงการ	35
3.2 ส่วนรับสัญญาณจากโมดูลจีทีเอส	36
3.3 ส่วนของวงจรเซนเซอร์	37
3.3.1 วงจรเซนเซอร์ตรวจจับแสงสว่าง (ไฟส่องสว่าง, ไฟเบรก, ไฟเลี้ยว)	37
3.3.2 วงจรเซนเซอร์เบรก	37
3.4 วงจรที่ใช้ในการรับสัญญาณจาก โมดูลจีทีเอสและวงจรเซนเซอร์	38
3.5 วงจรการรับส่งสัญญาณของหน่วยความจำอีสแควพรม	39
3.6 การทดสอบสัญญาณจากโมดูลจีทีเอส และการอ่านค่าจากหน่วยความจำอีสแควพรม	41
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	44
4.1 วัดและแสดงผลค่าที่เครื่องรับจีทีเอสส่งออกมา	44
4.1.1 ผลการต่อโมดูลจีทีเอสผ่านไอซี MAX-232 เพื่อเชื่อมต่อพอร์ตคอนนุกรม RS-232	44
4.2 วัดและแสดงผลของเซนเซอร์ตรวจจับแสงสว่าง	46
4.3 แสดงผลของโปรแกรมการรวมข้อมูลที่ได้รับจากจีทีเอสกับเซนเซอร์	46
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป	53
ปัญหาที่พบในการทดลอง	53
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้าที่
1.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานทั้งหมดของโครงการ	2
2.1 วงโคจรของดาวเทียมจีพีเอส	3
2.2 สถานีควบคุมดาวเทียมจีพีเอส	4
2.3 แสดงทรงกลมวงที่จำลองรัศมีของดาวเทียมจีพีเอส	5
2.4 แสดงวงกลม 3 วงแสดงรัศมีของดาวเทียมจีพีเอส	5
2.5 โครงสร้างของสัญญาณที่ใช้ในระบบ GPS	6
2.6 โครงสร้างข้อมูลที่ส่งมาจากดาวเทียมจีพีเอส	8
2.7 แผนผังองค์ประกอบของ DGPS	9
2.8 แผนผังประกอบของระบบ WAAS	10
2.9 แสดงระบบพิกัดภูมิศาสตร์	15
2.10 แสดงการแบ่งเลข UTM	16
2.11 แสดงการแบ่งพื้นที่ออกเป็น โซน (Zone) สำหรับการอ้างอิงพิกัดแบบ UTM	16
2.12 แสดงการแบ่งพื้นที่ที่เป็นรหัส	17
2.13 แสดงแผนผังการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ บนระบบบัส I ² C	18
2.14 แสดงวงจรเอาต์พุตของอุปกรณ์ในระบบบัส I ² C	18
2.15 การต่อตัวต้านทาน पुलอับบนสายสัญญาณระบบบัส I ² C	19
2.16 แสดงการ Start และ Stop condition ของระบบบัส I ² C	20
2.17 แสดงไดอะแกรมเวลาที่แสดงถึงการเกิดสถานะต่างๆบนบัสทั้ง 5 สถานะ	21
2.18 แสดงรูปแบบของข้อมูลกำหนดแอดเดรสที่ใช้ในการอ้างอิงแบบ 7 บิต	22
2.19 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I ² C เมื่อใช้การอ้างอิงแบบ 7 บิต	22
2.20 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I ² C เมื่อใช้การอ้างอิงแบบ 10 บิต	23
2.21 แสดงการใช้ RS-232 เชื่อมต่ออุปกรณ์	26
2.22 แสดงสัญลักษณ์และขั้วต่อของออปแอมป์	26
2.23 แสดงการต่อออปแอมป์เข้ากับแหล่งจ่าย	27
2.24 แสดงการโหลดเข้ากับวงจรออปแอมป์	28
2.25 แสดงวงจรขยายแรงดันเมื่อยังไม่มีการป้อนกลับ	28
2.26 แสดงการอิ่มตัวของแรงดันเอาต์พุตที่เกิดจากแรงดัน V_d มีค่ามากกว่าค่าใดค่าหนึ่ง	29
2.27 แสดงถึงค่าความต้านทานต้านขั้วของออปแอมป์จะมีค่าสูงมากๆ จนกระทั่งไม่ถึงกระแสเลขในขณะที่มีการต่อใช้งาน	30
2.28 วงจรตรวจจับข้ามศูนย์แบบไม่กลับสัญญาณ (Zero Crossing Detector) และอินพุตกับเอาต์พุตที่ได้	31
2.29 วงจรตรวจจับข้ามศูนย์แบบกลับสัญญาณ (Inverting Zero Crossing Detector)	32

สารบัญรูปลภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้าที่
2.30 แสดงวงจรตรวจจับที่ไม่ข้ามศูนย์พร้อมกับสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตที่ได้	32
2.31 แสดงการนำโคโอดไปต่อกันระหว่างขั้วเอาต์พุตกับ โหลดเพื่อป้องกันการ ไบแอสย้อนกลับพร้อมอินพุตและเอาต์พุตที่ได้	34
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ โครงการงาน	35
3.2 จีพีเอสโมดูล Ublox	36
3.3 วงจรเชื่อมต่อ โมดูลจีพีเอส	36
3.4 วงจรเซนเซอร์ตรวจจับตรวจจับแสงสว่าง (ไฟส่องสว่าง, ไฟเบรก , ไฟเลี้ยว)	37
3.5 วงจรเซนเซอร์ตรวจจับเบรก	37
3.6 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งาน	38
3.7 วงจรหน่วยความจำอีทีแควพรวม	39
3.8 วงจรหน่วยความจำอีทีแควพรวมแบบต่อใช้งานร่วมกันหลายตัว	40
3.9 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน โปรแกรมเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ	40
3.10 วิธีการเปิดใช้โปรแกรม Hyper Terminal	41
3.11 หน้าต่างของ new connection	42
3.12 หน้าต่างของ connection To	42
3.13 หน้าต่าง Port Properties	43
3.14 สัญญาณจีพีเอสที่ได้โดยดูจาก โปรแกรม Hyper Terminal	43
4.1 แสดงผลการวัดสัญญาณจาก โมดูลจีพีเอสที่รับ ได้จากดาวเทียม	44
4.2 แสดงค่าการรับข้อมูลของ โมดูลจีพีเอสจากดาวเทียม	44
4.3 แสดงการตัดเอาเฉพาะเฮคเตอร์ที่ต้องการ	45
4.4 แสดงการตัดเอาเฉพาะข้อมูลที่ต้องการเพื่อการนำไปใช้จริง	45
4.5 แสดงผลการเปรียบเทียบของ Vi และ Vo ของเซนเซอร์ตรวจจับแสงสว่าง	46
4.6 แสดงข้อมูลเวลา ละติจูด ลองจิจูด ความเร็วและข้อมูลจากเซนเซอร์ขณะที่มีการใช้ไฟหน้า	46
4.7 แสดงข้อมูลเวลา ละติจูด ลองจิจูด ความเร็วและข้อมูลจากเซนเซอร์ขณะที่มีการใช้ไฟเลี้ยว(ซ้าย)	47
4.8 แสดงข้อมูลเวลา ละติจูด ลองจิจูด ความเร็วและข้อมูลจากเซนเซอร์ขณะที่มีการใช้ไฟเลี้ยว(ขวา)	47
4.9 แสดงข้อมูลเวลา ละติจูด ลองจิจูด ความเร็วและข้อมูลจากเซนเซอร์ขณะที่มีการใช้เบรก	48
4.10 แสดงข้อมูลเวลา ละติจูด ลองจิจูด ความเร็วและข้อมูลจากเซนเซอร์ขณะที่ไม่มีการใช้งาน	48
4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลความเร็ว	49
4.12 แสดงข้อมูลที่นำไปเก็บในอีทีแควพรวม	49
4.13 แสดงข้อมูลที่โหลดออกมาจากอีทีแควพรวม	50
4.14 แสดงโปรแกรมจำลองเหตุการณ์	50
4.15 แสดงทิศทางการเข้าชนกัน	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้าที่
4.16 แสดงทิศทางในขณะที่เกิดการชนกัน	51
4.17 แสดงทิศทางหลังจากเกิดการชนกัน	52



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้าที่
2.1 แสดงความหมายในเรคอร์ด GGA	11
2.2 แสดงความหมายในเรคอร์ด GLL	11
2.3 แสดงความหมายในเรคอร์ด GSA	12
2.4 แสดงความหมายในเรคอร์ด GSV	12
2.5 แสดงความหมายในเรคอร์ด RMC	13
2.6 แสดงความหมายในเรคอร์ด VTG	14
2.7 ย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS-232C	26
2.8 แสดงตารางผลของเอาต์พุตที่ได้ ในขณะที่ V_{ref} ไม่เท่ากับศูนย์	33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ปัจจุบันการใช้รถยนต์บนท้องถนนมักมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา และเกิดปัญหาตามมา ในการพิจารณาติของตำรวจ ว่าเกิดอุบัติเหตุในแต่ละครั้งใครเป็นคนผิด ดังนั้นจึงได้มีการสร้างระบบกล้องคัม บันทึกรการใช้งานของอุปกรณ์ภายในรถยนต์ขึ้นมา คือบันทึกการทำงานของเบรก ไฟเลี้ยว ไฟส่องสว่าง ความเร็วติดตั้งระบบระบุพิกัดผ่านดาวเทียมเพื่อบอกตำแหน่งและทิศทาง แล้วเก็บข้อมูลเพื่อทำการ แสดงผลผ่านทางจอภาพ ซึ่งจะได้ง่ายกับการทำงานของบริษัทประกันภัยและการพิจารณาติของตำรวจ ดังนั้นจึงเป็นวัตถุประสงค์ในการทำโครงการนี้ขึ้นมา

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อจะเก็บข้อมูลของอุปกรณ์ภายในรถยนต์ (คือ การทำงานของเบรก , ไฟ เลี้ยว, ไฟส่องสว่าง) และสามารถเก็บข้อมูลความเร็วของรถยนต์และสามารถระบุตำแหน่งของรถยนต์ได้ โดยติดตั้งโมดูล GPS และถ้าเกิดอุบัติเหตุหรือเกิดการชนกันเกิดขึ้นสามารถนำข้อมูลที่จัดเก็บทั้งหมดมา แสดงผลทางจอภาพได้

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

เพื่อสามารถช่วยเก็บข้อมูลการใช้งานของอุปกรณ์ภายในรถยนต์ (คือ การทำงานของเบรก, ไฟเลี้ยว , ไฟส่องสว่าง) และสามารถทราบถึงบันทึกความเร็วของรถยนต์และระบุตำแหน่งที่รถยนต์อยู่ได้ และจะ ช่วยอำนวยความสะดวกกับบริษัทประกันภัยและการพิจารณาติของตำรวจเมื่อเกิดการชนกัน หรือมี อุบัติเหตุเกิดขึ้นด้วย

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

โครงการนี้แบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1.4.1) ส่วนของซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย

1.4.1.1) โปรแกรมการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์ กับอุปกรณ์ตรวจจับของ อุปกรณ์ภายในรถยนต์ (คือ ตรวจจับการทำงานของเบรก, ไฟเลี้ยว, ไฟส่องสว่าง, ความเร็ว) และสามารถเก็บข้อมูลการใช้งานได้

1.4.1.2) โปรแกรมการเชื่อมต่อระหว่างโมดูลจีพีเอส กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และสามารถ บอกระบุตำแหน่งของรถยนต์ แล้วเก็บข้อมูลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

1.4.1.3) โปรแกรมการเก็บข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ลงหน่วยความจำได้

1.4.1.4) โปรแกรมการดึงข้อมูลจากหน่วยความจำมาเพื่อแสดงผลทางจอภาพได้

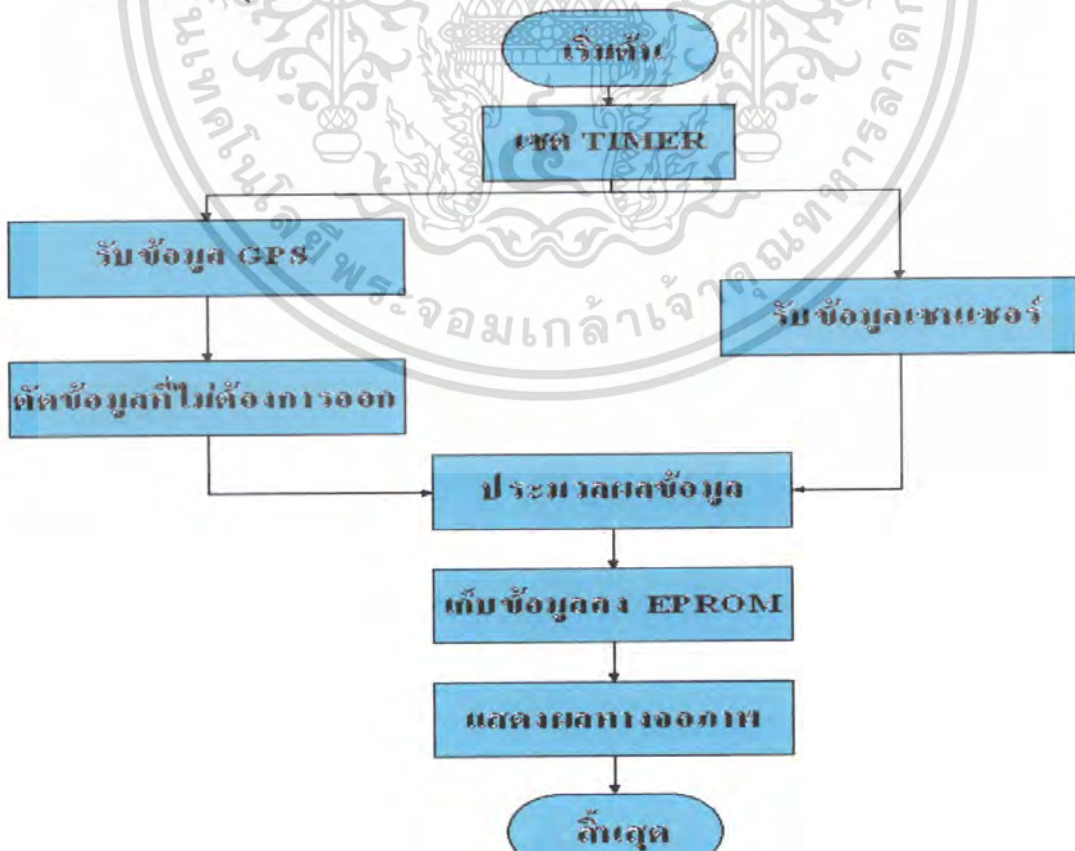
1.4.2) ส่วนของฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.4.2.1) สร้างเซนเซอร์ตรวจจับแสงสว่าง (ไฟส่องสว่าง, ไฟเบรก, ไฟเลี้ยว)
- 1.4.2.2) สร้างระบบ GPS และส่วนของการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์
- 1.4.2.3) สร้างเซนเซอร์ตรวจจับการทำงานของเบรกและความเร็ว
- 1.4.2.4) สร้างส่วนของการเชื่อมต่อเซนเซอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์
- 1.4.2.5) สร้างกล่องดำเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน

ขั้นตอนการทำงาน

- รวบรวมข้อมูลการทำงานของเซนเซอร์ จีพีเอส ไมโครคอนโทรลเลอร์และส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
- สร้างฮาร์ดแวร์ส่วนของเซนเซอร์ระบบจีพีเอสที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์และส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
- เขียนโปรแกรมเชื่อมควบคุมการรับข้อมูลจากจีพีเอสและเซนเซอร์ส่วนต่างๆ ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำโดยผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ได้
- เขียนโปรแกรมดึงข้อมูลจากหน่วยความจำและแสดงผลออกทางจอภาพได้
- สร้างกล่องดำเพื่อบรรจุส่วนของฮาร์ดแวร์
- ทำการเชื่อมต่อระบบทั้งหมดเข้าด้วยกันแล้วบรรจุใส่กล่องดำพร้อมใช้งาน
- เก็บผลการทดลอง
- วิเคราะห์และสรุปผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานทั้งหมดของโครงงาน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

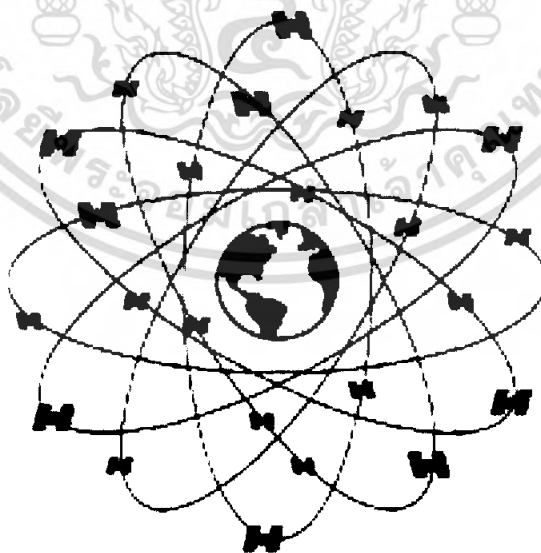
2.1 ระบบระบุตำแหน่งบนผิวโลก (GPS)

GPS บ่อมาจาก Global Positioning System เป็นระบบระบุตำแหน่งทุกแห่งบนโลก จากกลุ่มดาวเทียมอย่างน้อย 24 ดวงที่โคจรอยู่รอบๆ โลก ไม่ว่าผู้ใดที่มีเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (GPS Receiver) ก็สามารถรับสัญญาณมาจากดาวเทียมจีพีเอสได้ และด้วยความสามารถของจีพีเอส จะทำให้เราสามารถนำข้อมูลตำแหน่งมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมาก เช่น ระบบนำร่องจากดาวเทียม (Navigation System), ระบบติดตามยานพาหนะ (Automatic Vehicle Location), การสำรวจพื้นที่บนพื้นโลก (Survey), และการทำแผนที่บนพื้นโลก (Mapping) ซึ่งการทำงานจะอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของกระทรวงกลาโหมประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S. Department of Defense)

2.1.1 องค์ประกอบของระบบจีพีเอส

ระบบจีพีเอสมีส่วนที่เป็นองค์ประกอบใหญ่ๆ อยู่ 3 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนภาคอวกาศ (Space segment), สถานีควบคุม (Control segment) และส่วนผู้ใช้หรือเครื่องรับสัญญาณ (User segment)

ภาคอวกาศ (Space segment) จะประกอบด้วยดาวเทียมอย่างน้อย 24 ดวงมีอยู่ 6 วงโคจรด้วยกัน โดยแบ่งจำนวนดาวเทียมวงโคจรวงละ 4 ดวงด้วยกัน ซึ่งการโคจรจะโคจรอยู่รอบๆ โลก การโคจร 1 รอบใช้เวลา 11 ชั่วโมง 58 นาที แต่ละดวงโคจรทำมุมเอียงกับเส้นศูนย์สูตร (Equator) เป็นมุม 55 องศา คังรูปที่ 2.1 และวงโคจรนี้อยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 20,200 กิโลเมตร (12,600 ไมล์) ดาวเทียมทั้งหมดจะถูกควบคุมเส้นทางการโคจรด้วยสถานีภาคพื้นดิน



รูปที่ 2.1 วงโคจรของดาวเทียมจีพีเอส

โดยหน้าที่พื้นฐานของดาวเทียมเหล่านี้คือ การรับและเก็บสำเนาข้อมูลที่ส่งมาจากส่วนควบคุมภาคพื้นดินควบคุมและรักษาความถูกต้องของเวลาโดยใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากจากนาฬิกาอะตอม (Atomic clock) ในดาวเทียมส่งข้อมูลและสัญญาณไปยังเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสด้วยความถี่พาหะ 2 ค่าในย่าน L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(L-Band) และการโคจรรอบโลกเพื่อส่งสัญญาณครอบคลุมพื้นที่ใช้งานทั่วโลก ซึ่งดาวเทียมจีพีเอสแต่ละดวงจะส่งข้อมูลของมันโดยใช้ความถี่พาหะในย่าน L-Band 2 ความถี่ เพื่อไม่ให้สัญญาณเกิดการกระจายตัวไปในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ ย่านความถี่ของสัญญาณที่ถูกเลือกใช้นี้จะทำให้สัญญาณถูกส่งออกไปอย่างมีประสิทธิภาพและง่ายต่อการสะท้อนและปิดกั้นด้วยวัตถุที่เข้ามาขวาง และมีนาฬิกาที่ใช้เป็นฐานเวลา ดาวเทียม GPS เป็นนาฬิกาอะตอมที่ถูกติดตั้งอยู่ในตัวดาวเทียม ความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาบนดาวเทียมจีพีเอส จะถูกปรับแก้ไขในลักษณะเดียวกันกับการแก้เส้นทางการโคจรดาวเทียม เนื่องจากเป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้คำนวณหาพิกัดบนโลก ความแม่นยำของเวลาจีพีเอสได้ถูกกำหนดไว้ที่ค่า ± 340 นาโนวินาที

สถานีควบคุม (Control Segment) ประกอบด้วยสถานีภาคพื้นดินที่ตั้งกระจายอยู่บนภูมิภาคต่างๆ ของโลก หน้าที่ของสถานีควบคุมคือ ทำการตรวจสอบการทำงานตำแหน่งที่อยู่และวงโคจรของดาวเทียม GPS ให้ทั้งหมดถูกต้องอย่างที่ต้องการเป็นสำหรับสถานีควบคุมภาคพื้นดินในปัจจุบันมี 5 แห่ง ได้แก่ เกาะฮาวาย (Hawaii), เกาะกวาจาไลน์ (Kwajalein), ดิเอโกการ์เซีย (Diego Garcia), เกาะแอสเซนชัน (Ascension Island) และสถานีควบคุมหลัก (Master control) คือที่โคโลราโดสปริง (Colorado Spring) รัฐโคโลราโด สหรัฐอเมริกา ทุกสถานีอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของกระทรวงกลาโหมของประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S. Department of Defense) ดังรูปที่ 2.2



Global Positioning System (GPS) Master Control and Monitor Station Network

รูปที่ 2.2 สถานีควบคุมดาวเทียมจีพีเอส

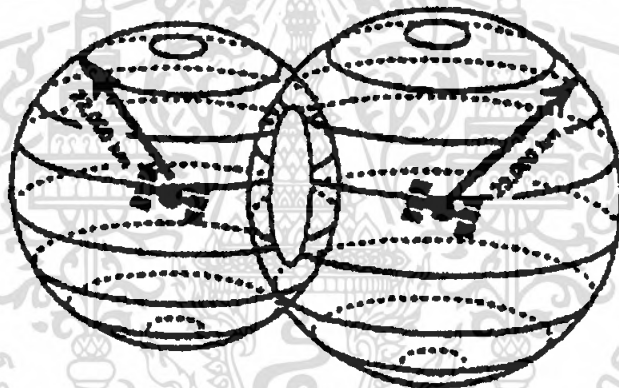
ทั้ง 5 สถานีเป็นสถานีรับข้อมูลโดยข้อมูลที่ได้รับจะถูกส่งไปยังสถานีควบคุมหลักที่ โคโลราโดสปริง, สถานีควบคุมหลักมีหน้าที่ประมวลผลข้อมูลเพื่อหาตำแหน่งพิกัดที่ถูกต้องบนเส้นทางโคจรและค่าเวลาของดาวเทียม เพื่อควบคุมและแก้ไขการทำงานต่างๆ ของดาวเทียมให้มีความถูกต้องตลอดเวลา และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ขออนุญาตจากสถานีควบคุม 3 แห่ง คือที่เกาะแอสเซนชัน, ดิเอโกการ์เซีย และกวาจาไลน์ ทำหน้าที่เป็นสถานีสำหรับการไม่วางกรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อพลิงค์ข้อมูลต่างๆกันไปยังดาวเทียม โดยที่ข้อมูลที่กล่าวถึงนี้ได้แก่ ข้อมูลเส้นทางโคจรและค่าเวลา (ซึ่งถูกแทรกมากับข้อมูลที่ส่งมายังเครื่องรับสัญญาณ) ที่ต้องปรับแก้ไปยังดาวเทียม

ผู้ใช้หรือเครื่องรับสัญญาณ (User Segment) เครื่องรับสัญญาณจะทำหน้าที่ตรวจจับ, ถอดรหัส และประมวลผลสัญญาณที่ได้จากดาวเทียมจีพีเอส และนำผลลัพธ์ที่ได้มาซึ่งจะเป็นค่าพิกัดตำแหน่งเวลา มาตราฐาน ณ จุดที่รับอยู่ในขณะนั้นมาอยู่ในรูปข้อมูลที่ผู้ใช้เข้าใจได้

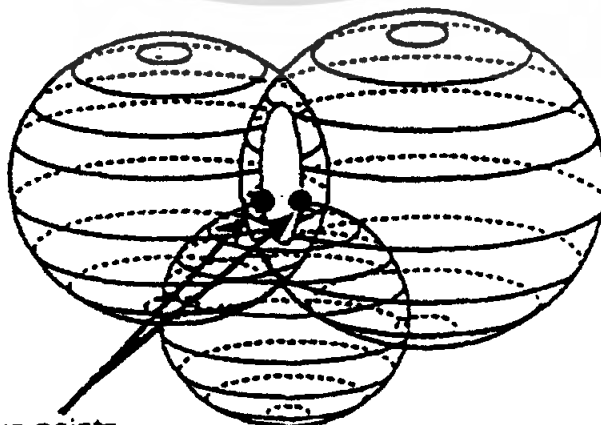
2.1.2) การหาค่าตำแหน่งพิกัดของผู้ใช้

เครื่องรับจีพีเอสมีหลักการทำงานโดยในการวัดระยะห่างระหว่างตัวเครื่องรับกับดาวเทียมจีพีเอส โดยที่สามารถพิจารณาได้โดยใช้รูปที่ 2.3 -2.4 ประกอบ โดยที่จะสมมุติว่าเราอยู่ห่างจากดาวเทียมดวงแรก 22,000 กิโลเมตร สามารถบอกได้เพียงว่าเราอยู่ในตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งบนรัศมีของวงกลมเท่านั้น ถ้าวัดดาวเทียมได้อีกดวงหนึ่งซึ่งอยู่ห่างจากเครื่องรับเป็นระยะทาง 23,000 กิโลเมตร เราสามารถสร้างวงกลมได้อีกดวงหนึ่งขึ้นซึ่งวงกลมทั้งสองมีการตัดกัน ผลที่ได้จะเป็นวงกลมเล็กๆ เกิดขึ้นเครื่องรับจะอยู่ภายในวงกลมนี้ แต่ยังเป็นพื้นที่ๆ กว้างอยู่เกินไป เราจึงต้องมีดาวเทียมอีกดวงหนึ่ง



รูปที่ 2.3 แสดงทรงกลมวงที่จำลองรัศมีของดาวเทียมจีพีเอส

สมมุติให้มีระยะห่างจากเครื่องรับเป็นระยะ 24,000 กิโลเมตร ก็จะมีทรงกลมอีกลูกหนึ่ง ทรงกลมทั้งสามมีการตัดกันผลที่ได้จะเป็นจุดสองจุดและมีตำแหน่งเดียวเท่านั้นที่เป็นตำแหน่งจริง ซึ่งจะแสดงในรูปที่ 2.4



two points

รูปที่ 2.4 แสดงวงกลม 3 วงแสดงรัศมีของดาวเทียมจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ดาวเทียมจีพีเอส อย่างน้อยจะใช้สามดวงเราจะได้ตำแหน่งจุดบนระนาบ 2 มิติเท่านั้น การที่จะทราบจุดบนระนาบที่เป็นแบบ 3 มิติ นั้นเราจะต้องมีค่าจากดาวเทียมจีพีเอสอย่างน้อย 4 ดวง เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส จะต้องรับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสได้ทั้งหมด 4 ดวงและคำนวณหาระยะทางระหว่างเครื่องรับดาวเทียมแต่ละดวงเพื่อนำข้อมูลที่ได้มากำหนดและแสดงค่าพิกัดที่แท้จริงบนพื้นโลกออกมา

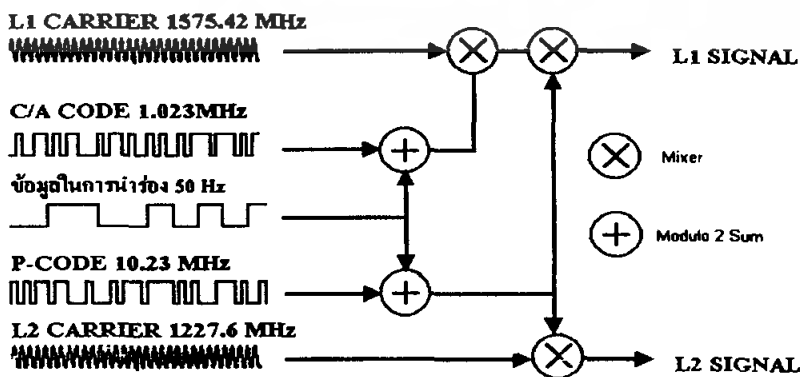
2.1.3) สัญญาณที่ใช้ในจีพีเอส

ดาวเทียมจีพีเอสทำงานโดยกระจายสัญญาณที่บรรจุข้อมูลในการนำร่องด้วยคลื่นพาหะ 2 ความถี่ คือ L1 (Link 1) และ L2 (Link 2) ในย่าน UHF ซึ่งทำให้สัญญาณสามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศ, เมฆ, กระจกและพลาสติกได้อย่างดี แต่จะไม่สามารถผ่านวัสดุที่เป็นของแข็งได้ เช่น อาคาร, ภูเขาหรือรั้วไม้ที่หนาที่มามากๆ ได้ ความถี่พาหะทั้งสองความถี่นี้จะมอดูเลต (Modulate) เข้าด้วยกันกับข้อมูลเพื่อช่วยในการส่งข้อมูลดังกล่าวจากดาวเทียมมายังเครื่องรับสัญญาณ มีลักษณะสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียมมีคลื่นพาหะ 2 ความถี่ คือ

L1 เป็นสัญญาณคลื่นพาหะที่มีความถี่ 1575.42 เมกะเฮิร์ตซ์ ใช้ในการส่งข้อมูลทั่วไปซึ่งทำหน้าที่ในการบอกรายละเอียดต่างๆ ของดาวเทียม เช่นข้อมูลจำเพาะของดาวเทียม ตำแหน่งของดาวเทียม เป็นต้น

L2 เป็นสัญญาณคลื่นพาหะที่มีความถี่ 1227.60 เมกะเฮิร์ตซ์ สัญญาณที่ถูกเข้ารหัสไว้เพื่อความมั่นคงเนื่องจากเป็นสัญญาณที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูลต่างๆ ที่บอกเกี่ยวกับลักษณะเดียวกับ ข้อมูลที่ส่งโดยคลื่นพาหะความถี่ L1 แต่จะมีความเที่ยงตรงมากกว่า เพื่อที่จะใช้ในทางการทหารและความมั่นคงของประเทศสหรัฐอเมริกา

ขั้นตอนของการส่งสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 2.5 ช่องสัญญาณ L1 นั้นจะถูกนำไปมอดูเลตเข้ากับรหัสข้อมูลแบบสุ่ม (Pseudorandom noise หรือ PRN) ที่เรียกว่า C/A-Code ส่วนช่องสัญญาณ L2 จะถูกมอดูเลตด้วยการเข้ารหัสแบบ P-Code เพียงอย่างเดียวเท่านั้นด้วยวิธีการที่เรียกว่า Binary Phase-Shift Keying (BPSK) การมอดูเลตเข้ากับรหัสข้อมูลทั้ง 2 แบบนี้ต่างถูกใช้เพื่อจุดประสงค์ที่ต่างกัน กล่าวคือ การที่เข้ารหัสแบบ P-Code เป็นการเข้ารหัสที่ใช้งานเฉพาะผู้ใช้ที่ขึ้นกับรัฐบาลสหรัฐอเมริกาเท่านั้น จึงจะสามารถใช้งานได้ อีกทั้งต้องมีรหัสผ่านเพื่อผ่านเข้าไปในระบบอีกด้วย ในการเข้ารหัสแบบ C/A-Code เป็นการเข้ารหัสเพื่อใช้งานสำหรับพลเรือน



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของสัญญาณที่ใช้ในระบบ GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4) การวัดระยะห่างจากดาวเทียมถึงเครื่องรับสัญญาณ

ในการทำงานของระบบจีพีเอส จะต้องรู้ข้อมูลระยะห่างของสัญญาณถึงดาวเทียมที่โคจรอยู่เหนือผิวโลก เพื่อที่จะใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ วิธีที่ใช้ในการคำนวณหาระยะห่างนี้สามารถทำได้โดยใช้สมการอย่างง่ายคือ ใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของสัญญาณคูณกับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของสัญญาณ เนื่องจากความเร็วในการเคลื่อนที่ของสัญญาณซึ่งจัดได้ว่าเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบหนึ่ง มีค่าเท่ากับ 186,000 ไมล์ต่อวินาที ดังนั้นถ้ารู้เวลาในการเคลื่อนที่ของสัญญาณก็จะได้ข้อมูลระยะที่เราต้องการ เมื่อทราบระยะห่างจากดาวเทียมอย่างน้อยที่สุด 3 ดวง ก็จะสามารถคำนวณหาตำแหน่งตำแหน่งบนพื้นโลกได้

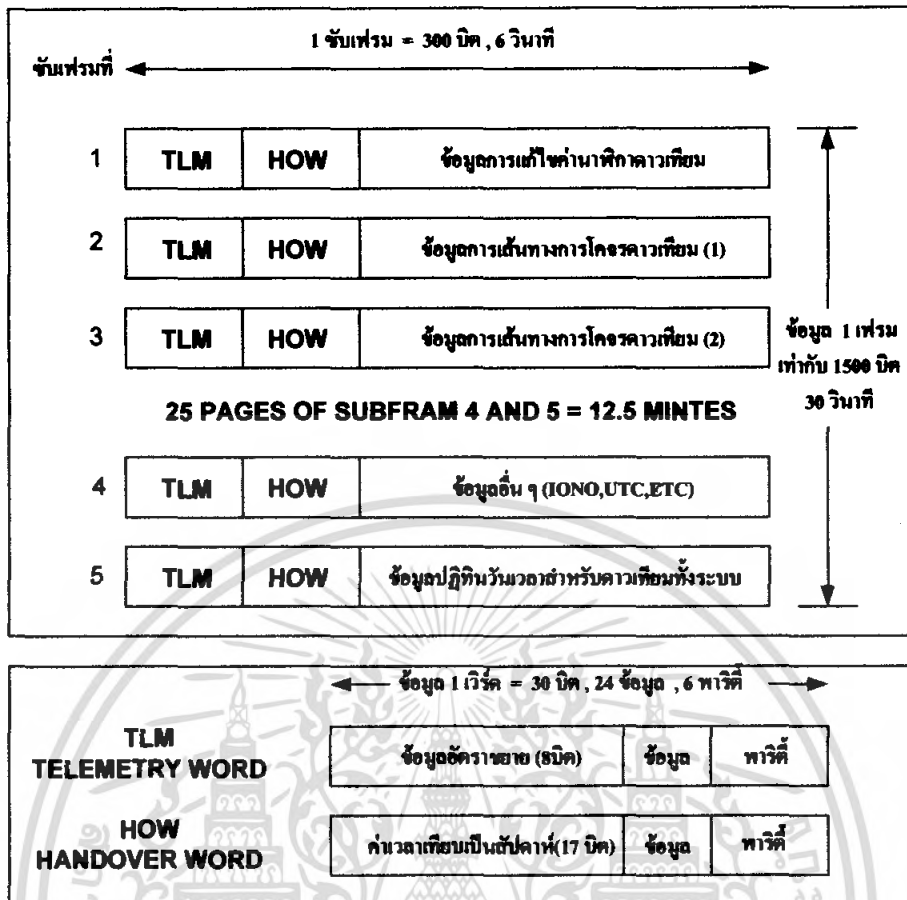
จะเห็นว่าหลักการวิธีนี้ เรื่องของฐานเวลามีความละเอียดและแม่นยำเป็นสิ่งที่จำเป็นมากในการใช้คำนวณ ดังนั้นในดาวเทียมจีพีเอส จึงจะต้องมีการติดตั้งนาฬิกาอะตอมที่มีความแม่นยำสูง ไว้เพื่อเป็นฐานเวลา และเนื่องจากการเข้ารหัสแบบสุ่มหรือ PRN สามารถช่วยให้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส สามารถที่จะคำนวณกลับเพื่อหาว่าสัญญาณใช้เวลาในการเดินทางเท่าไร ดังนั้นการที่จะคำนวณหาระยะห่างที่ว่านี้จึงสามารถทำได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

2.1.5) โครงสร้างของข้อมูลที่ส่งมาจากดาวเทียมจีพีเอส

ข้อมูลที่ส่งมาจากดาวเทียมจีพีเอส ประกอบด้วยข้อมูลที่ส่งเป็นเฟรมย่อยๆเรียกว่าซับเฟรม (Sub frame) แต่ละซับเฟรมจะแทรกค่าเวลาที่ซับเฟรมนั้นๆ ถูกส่งมาจากดาวเทียมจีพีเอส ไว้เพื่อใช้ร่วมกับการคำนวณหาตำแหน่งที่กักตำแหน่ง ข้อมูลแต่ละเฟรมมีขนาด 1,500 บิต ถูกแบ่งในรูปซับเฟรมขนาด 300 บิต จำนวน 5 ซับเฟรม ข้อมูลหนึ่งเฟรมจะถูกส่งมาจากดาวเทียม ทุกๆ 30 วินาที ซับเฟรมขนาด 6 วินาที (300 บิต) จะบรรจุไว้ด้วยข้อมูลเส้นทางโคจรและข้อมูลนาฬิกาโดยข้อมูลในแต่ละเฟรม ดังแสดงในรูปที่ 2.6 จะประกอบด้วยส่วนปลีกย่อยดังนี้

- ซับเฟรมที่ 1 เป็นข้อมูลในการแก้ไขเวลาของดาวเทียมจีพีเอส
- ซับเฟรมที่ 2 และ 3 เป็นข้อมูลเส้นทางโคจรของดาวเทียมจีพีเอส
- ซับเฟรมที่ 4 และ 5 เป็นข้อมูลอื่นๆ เกี่ยวกับระบบ

ข้อมูลจากดาวเทียมซึ่งบรรจุไว้ด้วยข้อมูลในการนำร่อง (Navigation Message) ที่ครบสมบูรณ์จะประกอบด้วยเฟรมข้อมูลจำนวน 25 เฟรม (125 ซับเฟรม) โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งมาจากดาวเทียมทุกๆ 12.5 นาที เป็นอย่างน้อยโดยทั่วไปเครื่องรับสัญญาณนั้นจะ ได้รับข้อมูลที่บอกตำแหน่งล่าสุดของดาวเทียมจีพีเอสในทุกๆ ชั่วโมง เพื่อใช้ร่วมกับอัลกอริทึมในการคำนวณพิกัดตำแหน่งและข้อมูลการโคจรของดาวเทียมแต่ละดวงเพื่อให้เครื่องรับสัญญาณทราบตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง รวมทั้งปรับชดเชยความผิดพลาดของสัญญาณพาหะจากการคอปเปอร์ของความถี่พาหะ (Carrier Doppler Frequency) ซึ่งเกิดจากการที่ความถี่พาหะเบนค่าไปจากค่าจริงเนื่องจากการเคลื่อนที่ของดาวเทียม ตัวอย่างรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 โครงสร้างข้อมูลที่ส่งมาจากควเทียมจีทีเอส

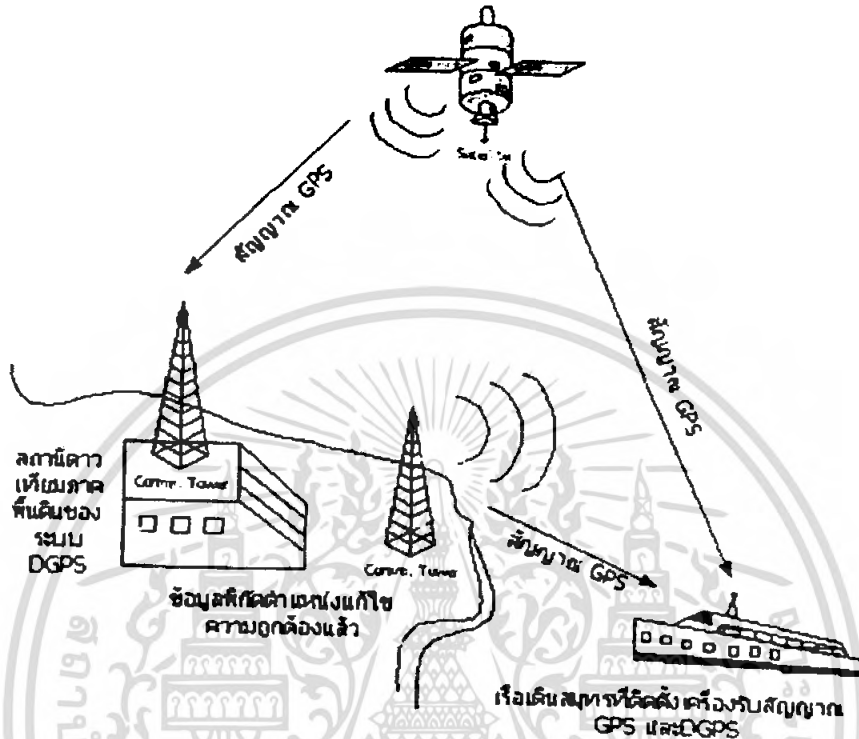
นอกจากนั้นชุดข้อมูลควเทียมจีทีเอสโดยสมบูรณ์ยังประกอบไปด้วย ข้อมูลแบบจำลองของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์อยู่ด้วย เพื่อให้เครื่องรับสัญญาณสามารถประเมินหาค่าหน่วงเฟสของสัญญาณ (Phase delay) ที่เกิดจากสภาพชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ จากเฟรมข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมด ส่วนที่เครื่องรับสัญญาณจำเป็นต้องใช้ก็คือข้อมูลใน 3 เฟรมแรก หากสามารถได้รับข้อมูลดังกล่าวจากควเทียมจีทีเอสตั้งแต่ 3 ดวงขึ้นไป ก็จะสามารถที่จะคำนวณหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องรับสัญญาณได้ ในทางทฤษฎีการรับข้อมูลจากควเทียม 4 ดวง ต้องใช้เวลาอย่างน้อยถึง 18 วินาที ก่อนที่จะสามารถนำข้อมูลทั้งหมดมาใช้คำนวณได้ แต่เนื่องจากเฟรมของควเทียมจีทีเอสแต่ละดวงนั้นจะมาถึงเครื่องรับไม่พร้อมกัน อีกทั้งเราไม่สามารถทราบล่วงหน้าว่าเฟรมที่ 1 จะได้รับเมื่อไร ดังนั้นการประกันว่าจะได้รับข้อมูล 3 เฟรมแรกจากควเทียมจีทีเอส 4 ดวงอย่างแน่นอน ระยะเวลาที่ใช้ในการรับข้อมูลที่จำเป็นจึงอยู่ที่ 30 วินาที หรือสรุปได้ว่า การคำนวณพิกัดตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณจะใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 30 วินาที

2.1.6 ปัญหาที่เกิดจากความแม่นยำที่ถูกรบกวนของระบบจีทีเอส

ปัญหาที่เกิดกับระบบจีทีเอสก็คือ ระดับความแม่นยำในการบอกพิกัดตำแหน่งซึ่งถูกจำกัดไว้โดย Selective Availability หรือ S/A ทำให้เกิดอุปสรรคในการใช้งานบางอย่างที่จำเป็นต้องทราบตำแหน่งพิกัดที่แม่นยำ จึงทำให้เกิดแนวคิดของระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขความคลาดเคลื่อนที่เกิดในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา มิใช่ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เชิงวิชาการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จีพีเอสระบบที่กล่าวถึงนี้คือ DGPS (Differential GPS) ดังแสดงแผนผังในรูปที่ 2.7 หลักการของ DGPS ในการแก้ไขความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาศัยหลักการติดตั้งเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ที่อยู่สถานีภาคพื้นดินในจุดที่ทราบพิกัดที่แน่นอนเพื่อเป็นตำแหน่งอ้างอิง โดยที่สถานีภาคพื้นดินจะทำหน้าที่แก้ไขแล้วส่งกลับไปยังเครื่องรับสัญญาณที่อยู่ในรัศมีทำการของระบบ



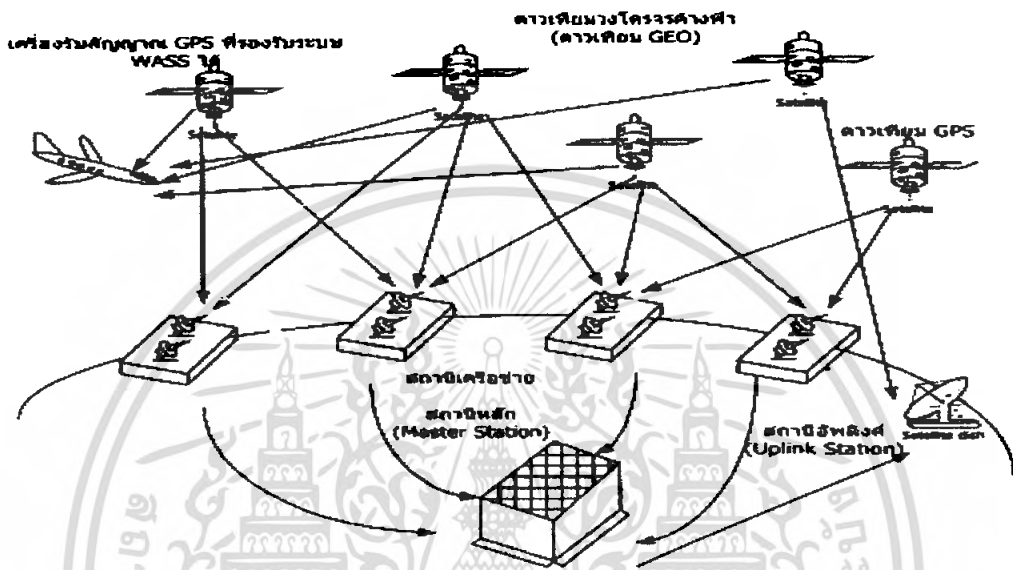
รูปที่ 2.7 แผนผังองค์ประกอบของ DGPS

ระบบ DGPS ใช้คลื่นวิทยุในย่านต่างๆ เช่น MF, HF, UHF, VHF เป็นต้น เพื่อสื่อสารกับเครื่องลูกข่ายในระบบ โดยการเลือกใช้คลื่นวิทยุจะเป็นย่านใดขึ้นกับประเภทของงานที่จะนำระบบไปประยุกต์ด้วย อย่างไรก็ตามระบบ DGPS ก็ยังมีอุปสรรคหลายอย่างในการใช้งาน เช่น รัศมีทำการของระบบที่มีขอบเขตจำกัด ข้อมูลที่ส่งออกไปสถานีภาคพื้นดินสามารถถูกแทรกแซงจากความแปรปรวนของสภาพอากาศรวมทั้งจะต้องติดตั้งเสาอากาศ และเครื่องรับสัญญาณเพิ่มเพื่อใช้งานระบบ แม้ว่า การติดตั้งและใช้งานระบบ DGPS จะมีอุปสรรคและความยุ่งยากอยู่บ้าง แต่ระบบก็สามารถลดความคลาดเคลื่อนได้หลายร้อยพุด

เนื่องจากความผิดพลาดของระบบจีพีเอสที่ได้รับการแก้ไขได้ในระดับหนึ่งโดยระบบ DGPS ยังไม่เพียงพอต่อการใช้งานบางประเภทที่ต้องการความแม่นยำสูงมาก และบวกกับอุปสรรคในการใช้งานที่มีอยู่จริง จึงมีการพัฒนาระบบที่มีชื่อว่า WAAS (Wide Area Augmentation System) เพื่อใช้แก้ปัญหาเดียวกัน สิ่งสำคัญของระบบนี้คือการที่จะนำดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้า หรือ GEO (Geosynchronous Earth Orbiting) ซึ่งเป็นดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้าและมีตำแหน่งที่ตายตัวสัมพันธ์กับพื้นโลก ระบบ WAAS ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ใช้การส่งข้อมูลด้วยคลื่นความถี่ในย่าน VHF จึงทำให้สามารถป้องกันคลื่นรบกวนได้ระดับหนึ่ง และนอกจากนี้ยังสามารถแก้ปัญหาการติดตั้งเสาอากาศที่เครื่องรับสัญญาณเพิ่มได้ด้วย โดยที่ระบบ WAAS จะรับข้อมูลมาจากดาวเทียม GEO และจะส่งไปยังสถานีแม่ข่าย (WMAS หรือ Wide Area Master

Station) ต่อจากนั้นสถานีแม่ข่ายจะทำการคำนวณหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเพื่อจะแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ข้อมูลที่ผ่านการแก้ไขเรียบร้อยแล้วจะถูกส่งไปยังดาวเทียม GEO เพื่อที่จะส่งกลับไปยังเครื่องรับสัญญาณอีกครั้งหนึ่ง

ข้อดีของระบบ WAAS คือความแม่นยำที่ได้มากกว่าระบบ DGPS และสามารถครอบคลุมพื้นที่ใช้งานได้ในวงกว้างเมื่อเปรียบเทียบกับความคลาดเคลื่อนในระบบจีพีเอส ที่ทำงานโดยลำพังจะมีค่าหลายร้อยฟุต ส่วนระบบที่นำเอา WAAS เข้ามาช่วยจะมีค่าความคลาดเคลื่อนภายใน 20 ฟุตเท่านั้น



รูปที่ 2.8 ผังองค์ประกอบของระบบ WAAS

2.1.7) มาตรฐาน NMEA 0183

มาตรฐาน NMEA 0183 เวอร์ชัน 1.5 หรือ 2.2 ซึ่งถูกกำหนดขึ้นโดยองค์กรกลางคือ National Electronic Association สำหรับมาตรฐาน NMEA 0183 เวอร์ชัน 2.2 นี้ได้ประกาศใช้มาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ.1997 เป็นเวอร์ชันซึ่งใหม่กว่าเวอร์ชัน 1.5 และในปัจจุบันอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอส ส่วนใหญ่สามารถรองรับได้

NMEA Message คือข้อมูลซึ่งส่งออกมาจากโมดูลรับสัญญาณจีพีเอส ข้อมูลใน NMEA Message สามารถแบ่งได้เป็นเรคอร์ด (Record) หรือฟิลด์ (Field) บ่อย โดยในแต่ละเรคอร์ดจะประกอบไปด้วยอักขระแอสกี (ASCII) ซึ่งมีความยาวรวมไม่เกิน 80 ตัวอักษร สามารถอ่านข้อมูล NMEA Message ได้โดยใช้ซอฟต์แวร์สื่อสาร เช่น Hyper Terminal เรคอร์ดข้อมูลใน NMEA Message แต่ละเวอร์ชันมีอยู่ไม่น้อยแตกต่างกัน และแต่ละเรคอร์ดจะมีรายละเอียดที่ต่างกันเรคอร์ดที่ใช้กันเป็นหลักใน NMEA Message จะมีอยู่หลายเรคอร์ด รายละเอียดภายในเรคอร์ดต่าง ๆ ของ NMEA Message มีดังนี้

- GGA (Global Positioning System Fixed Data) เรคอร์ดนี้จะประกอบด้วยข้อมูลซึ่งรับออกถึงตำแหน่งพิกัด ละติจูด ลองจิจูด เวลา จำนวนดาวเทียมที่ใช้คำนวณพิกัด (Satellites Used) และความสูงจากระดับน้ำทะเล (MSL Altitude) โดยตัวอย่างของเรคอร์ด GGA ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอส ส่งออกมามีโครงสร้างดังตัวอย่างในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงความหมายในเรคอร์ด GGA

ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
Message ID	\$GPGGA	ส่วนหัวโปรโตคอลของGGA
UTC Time	161229.487	hhmmss.ss เวลามาตรฐานกลาง
Latitude	3723.2547	ddmm.mmmm ตำแหน่งละติจูด
N/S Indicator	N	N = ทิศเหนือ, S = ทิศใต้
Longitude	12158.3416	ddmm.mmmm ตำแหน่งลองจิจูด
E/W Indicator	W	E = ทิศตะวันออก, W = ทิศตะวันตก
Position Fix Indicator	1	บอกลักษณะของ GPS (0 = Not fix , 1 = GPS fix, 2 = Diff. fix)
Satellites Used	07	จำนวนดาวเทียมที่ใช้คำนวณพิกัด
HDOP	1.0	Horizontal Dilution of Precision
MSL Altitude	9.0	ความสูงของเสาอากาศเหนือระดับน้ำทะเล (เมตร)
Units	M	หน่วยความสูงของเสาอากาศ (เมตร)
Geoid Separation		ความแตกต่างระหว่างระบบ WGS-84 กับระดับน้ำทะเล (เมตร)
Unit	M	หน่วยความต่างของระดับน้ำทะเล(เมตร)
Age of Diff. Corr.		จะไม่มีเมื่อใช้ DGPS (วินาที)
Diff. Ref. Station ID	0000	หมายเลขประจำสถานี (DGPS)
Checksum	*18	เช็คซั่ม
<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

- GLL (Geographic Position Latitude /Longitude) เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัด ละติจูด ลองจิจูด ทิศทาง เวลา และสถานะในการรับสัญญาณ (Status) โดยรูปแบบตัวอย่างของเรคอร์ด GLL ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมามีโครงสร้างดังตารางที่ 2.2

\$GPGLL,3723.2475,N,12158.3416,W,161229.487,A*2C<CR><LF>

ตารางที่ 2.2 แสดงความหมายในเรคอร์ด GLL

ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
Message ID	\$GPGLL	ส่วนหัวโปรโตคอลของGLL
Latitude	3723.2475	ddmm.mmmm ตำแหน่งละติจูด
N/S Indicator	N	N = ทิศเหนือ, S = ทิศใต้
Longitude	12158.3416	ddmm.mmmm ตำแหน่งลองจิจูด
E/W Indicator	W	E=ทิศตะวันออก, W=ทิศตะวันตก
UTC Time	161229.487	hhmmss.ss เวลามาตรฐานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนงานด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Status	A	A=Data valid,V= Data not valid
Checksum	*2C	เช็คซัม
<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

- GSA (GNSS DOP and Active Satellites) เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่ง ทิศทาง ลองจิจูด ทิศทาง เวลา และสถานะในการรับสัญญาณ โดยตัวอย่างของเรคอร์ด GSA ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา มีโครงสร้างดังตารางที่ 2.3

\$GPGSA,A,3,07,02,26,27,09,04,15,,,,,1.8,1.0,1.5*33<CR><LF>

ตารางที่ 2.3 แสดงความหมายในเรคอร์ด GSA

ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
Message ID	\$GPGSA	ส่วนหัวโปรโตคอลของGSA
Mode 1	A	M = Manual, A = Automatic
Mode 2	3	1 = ไม่ระบุค่า, 2 = 2มิติ, 3 = 3มิติ
Satellite Used	07,02,26,27,29,,,,	RPNs ของดาวเทียมใช้ในการแก้ปัญหา
PDOP	1.8	Position Dilution of Precision
HDOP	1.0	Horizontal Dilution of Precision
VDOP	1.5	Vertical Dilution of Precision
Checksum	*33	เช็คซัม
<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

- GSV (GNSS Satellites In View) เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าทางเทคนิคต่างๆ ที่ได้รับจากดาวเทียม GPS ที่โมดูลรับสัญญาณได้ โดยตัวอย่างของเรคอร์ด GSV ที่โมดูลรับสัญญาณ จีพีเอส ส่งออกมา มีโครงสร้างดังตารางที่ 2.4

\$GPGSV,2,1,07,07,79,048,42,02,51,062,43,26,36,256,42,27,27,138,42*71<CR><LF>

\$GPGSV2,2,07,09,23,313,42,04,19,159,41,15,12,041,42*41<CR><LF>

ตารางที่ 2.4 แสดงความหมายในเรคอร์ด GSV

ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
Message ID	\$GPGSV	ส่วนหัวโปรโตคอลของ GSV
Number of Messages	2	จำนวนรวมทั้งหมดของ Messages(1-3)
Messages Number	1	หมายเลข Message(1-3)
Satellites in View	07	จำนวนรวมทั้งหมดของดาวเทียมในการมองเห็น
Satellites ID	07	Ch.1(อยู่ในช่วง 1-32)
Elevation	79	Ch.1 (จำนวนสูงสุดคือ 90) หน่วยเป็น degrees
Azimuth	048	Ch.1(อยู่ในช่วง 0-359) หน่วยเป็น degrees

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่จนดานการคา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SNR(C/No)	42	Rang 0-99,null when not tracking (dBHz)
...	02,51,062,43	Ch.2 ของ Satellites ID
...	26,36,256,42	Ch.3 ของ Satellites ID
...	27,27,138,42	Ch.4 ของ Satellites ID
Checksum	*71	เช็คซัม
<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

- RMC (Recomended Minimum Specific GNSS Data) เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าวันที่และเวลา สถานะในการรับสัญญาณตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองจิจูด ทิศทางความเร็ว โดยตัวอย่างของเรคอร์ด RMC ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมาโครงสร้างเป็นดังตารางที่ 2.5

\$GPRMC,161229.487,A,3723.2475,N,12158.3416,W,0.13,309.62,120598,,*10<CR><LF>

- VTG (Course Over Ground and Ground Speed) เรคอร์ดนี้ประกอบไปด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงทิศทางและความเร็วโดยตัวอย่างเรคอร์ด VTG ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมามีโครงสร้างเป็นดังตารางที่ 2.6

\$GPVTG,309.62,T,,M,0.13,N,0.2,K*6E<CR><LF>

ตารางที่ 2.5 แสดงความหมายในเรคอร์ด RMC

ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
Message ID	\$GPRMC	ส่วนหัวโปรโตคอลของ RMC
UTC Time	161229.487	Hhmmss.ss เวลามาตรฐานกลาง
Status	A	A=Data valid , V= Data not valid
Latitude	3723.2475	ddmm.mmmm ตำแหน่งละติจูด
N/S Indicator	N	N=ทิศเหนือ, S= ทิศใต้
Longitude	12158.3416	ddmm.mmmmm ตำแหน่งลองจิจูด
E/W Indicator	W	E=ทิศตะวันออก, W=ทิศตะวันตก
Speed Over Ground	0.13	ความเร็ว (Knots)
Course Over Ground	309.62	True (Degrees)
Date	120598	ddmmyy
Magnetic Variation		degrees
Magnetic Variation (Ref)		E=ทิศตะวันออก, W=ทิศตะวันตก (Degrees)
Checksum	*10	เช็คซัม
<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 แสดงความหมายในเรคอร์ด VTG

ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
Message ID	\$GPVTG	ส่วนหัวโปรโตคอลของ RMC
Course	309.62	Measured heading (Degrees)
Reference	T	True
Course		Measured heading (Degrees)
Reference	M	Magnetic
Speed	0.13	ได้จากการวัดความเร็วด้านแนวนอน (Knots)
Units	N	Knots
Speed	0.2	ได้จากการวัดความเร็วด้านแนวนอน (Km/hr)
Units	K	กิโลเมตรต่อชั่วโมง
Checksum	*6E	เช็คซัม
<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

2.2 การอ้างอิงพิกัดตำแหน่ง

ระบบพิกัด (Coordinate System) เป็นระบบที่สร้างขึ้นสำหรับใช้อ้างอิงในการกำหนดตำแหน่งหรือบอกตำแหน่งพื้นโลกจากแผนที่ที่มีลักษณะเป็นตารางโครงข่ายที่เกิดจากการตัดกันของเส้นตรง 2 จุดที่ถูกกำหนดให้วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ และแนวตะวันออก-ตะวันตก ตามแนวจุดศูนย์สูตรที่กำหนดขึ้น ค่าพิกัดที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งต่างๆ จะใช้ค่าของหน่วยที่นับออกจากเส้นจากจุดศูนย์ก่าเน็คเป็นระยะเชิงมุม (Degree) หรือเป็นระยะทาง (Distance) ไปทางเหนือหรือใต้และตะวันออกหรือตะวันตก ตามตำแหน่งของตำบลที่ต้องการหาค่าพิกัดที่กำหนดในตำแหน่งต่างๆ โดยจะถูกเรียกอ้างอิงเป็นตัวเลขในแนวตั้งและแนวนอนตามหน่วยวัดระยะที่ใช้วัด สำหรับพิกัดที่ใช้อ้างอิงกำหนดบนแผนที่ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ระบบ คือ ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate) และระบบ UTM (Universal Transverse Mercator)

การอ้างอิงพิกัดตำแหน่งโดยพื้นฐานเริ่มมาจากระบบกริดบนแผนที่ คำอธิบายโดยเบื้องต้นของสิ่งที่เรียกว่าพิกัดตำแหน่งก็คือ การที่บอกแทนตำแหน่งที่เราสนใจด้วยค่าตัวเลขแทนเพื่อให้ทุกคนสามารถเข้าใจได้ตรงกัน แต่เนื่องมาจากโลกมีลักษณะที่ค่อนข้างเป็นทรงกลม ถึงแม้ว่าการอ้างพิกัดตำแหน่งบนพื้นผิวโลกที่มีรูปร่างทรงกลมโดยตรงสามารถทำได้แต่ค่อนข้างจะยุ่งยาก วิธีที่ง่ายกว่าซึ่งถูกมาใช้แทนก็คือการแผ่รูปโลกออกเป็นระนาบแบบ 2 มิติแล้วใช้ค่าละติจูดและลองจิจูดบอกแทนจุดที่สนใจ

บนแผนที่ส่วนใหญ่จะมีตารางที่บอกรายละเอียดต่างๆ เป็นเครื่องหมายแทน มีตารางที่เกิดจากการตัดกันของเส้นละติจูดและลองจิจูดแสดงอยู่ มีเส้นละติจูดซึ่งวางตัวในแนวขนานกับเส้นศูนย์สูตรและเว้นระยะห่างไปอย่างเท่าๆ กันโดยมีเส้นละติจูดอยู่ที่ 0 หรือเส้นศูนย์สูตรของโลกเป็นแนวเขตแบ่งโลกออกเป็นซีกด้านเหนือและซีกทางใต้ ซึ่งถ้าจินตนาการโดยตัดลูกโลกตามแนวเส้นละติจูดแต่ละเส้นก็จะได้แผ่นกลมที่วางเรียงซ้อนกันอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

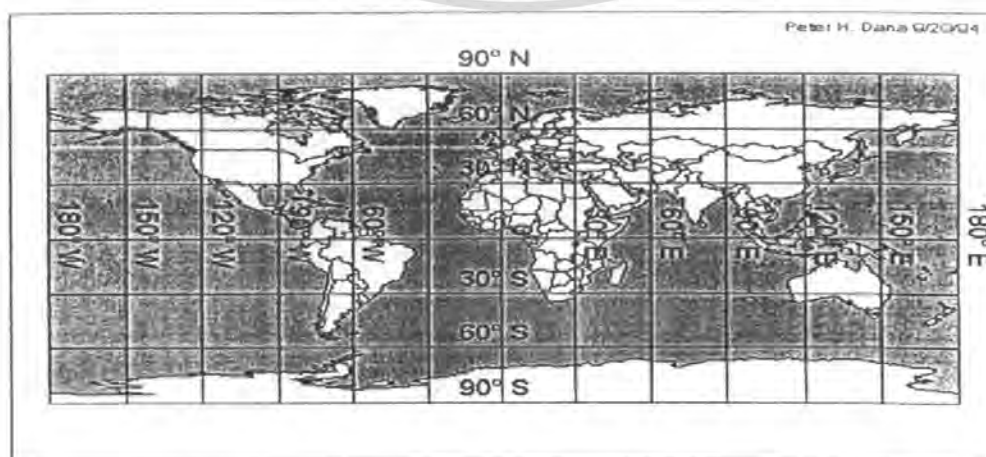
2.2.1) ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic coordinate)

การอ้างพิกัดตำแหน่งในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ที่ได้รับความนิยมมีอยู่ 2 ลักษณะคือ การอ้างพิกัดตำแหน่งโดยใช้ องศา/ลิปดา/ฟิลิปดา และการอ้างตำแหน่งโดยใช้ องศา/ลิปดา แบบทศนิยม

องศา/ลิปดา/ฟิลิปดา การอ้างพิกัดตำแหน่งโดยใช้ องศา/ลิปดา/ฟิลิปดา เป็นระบบที่ได้รับความนิยม ลักษณะโดยทั่วไปในการอ้างพิกัดของระบบ ดังตัวอย่าง 7. RAPIDS N61° 11' 05.5" W130° 30' 10.0" มีความหมายเท่ากับ N61° 11' 05.5" W130° 30' 10.0" ความหมายของชุดข้อมูลนี้คือ ตัวเลขตัวแรกคือตัวเลขเวย์พอยต์ (Waypoint number) ชุดตัวอักษรที่อยู่ถัดมาคือชื่อเวย์พอยต์ (Waypoint name) และตามด้วยค่าพิกัดความหมายของ N61 ในที่นี้คือ ค่าเส้นละติจูด 61° เหนือ ส่วนตัวเลข 11' หมายถึงค่าลิปดา (' = ลิปดา) ความหมายของ 1 ลิปดาเหนือขึ้นไปจากค่า N61 ในการอ้างพิกัดคือค่า 1/60 ของมุม 1° (หน่วยวัด : 60 ลิปดา = 1 องศา) ส่วนตัวเลข 05.5" หมายถึงค่าฟิลิปดา (" = ฟิลิปดา) ความหมายของฟิลิปดาคือ 1/60 ของ 1 ลิปดา (หน่วยวัด 60 ฟิลิปดา = 1) ลิปดา ตัวเลขหลังตัวอักษร W จะสื่อความหมายคล้ายกันโดยจะเป็นค่าของเส้นลองจิจูด และค่าทั้งหมดจะเปรียบเทียบโดยอ้างอิงกับเส้นศูนย์และเส้นเมริเดียนหลัก ตามลำดับ

องศา/ลิปดา แบบทศนิยม การอ้างตำแหน่งโดยใช้องศา/ลิปดาแบบทศนิยมเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ลักษณะทั่วไปในการอ้างพิกัดของระบบนี้ ยกตัวอย่าง 7. RAPIDS W130 30.166 ซึ่งมีความหมายเทียบเท่ากับ N61° 11.0916' W130° 30.1666'

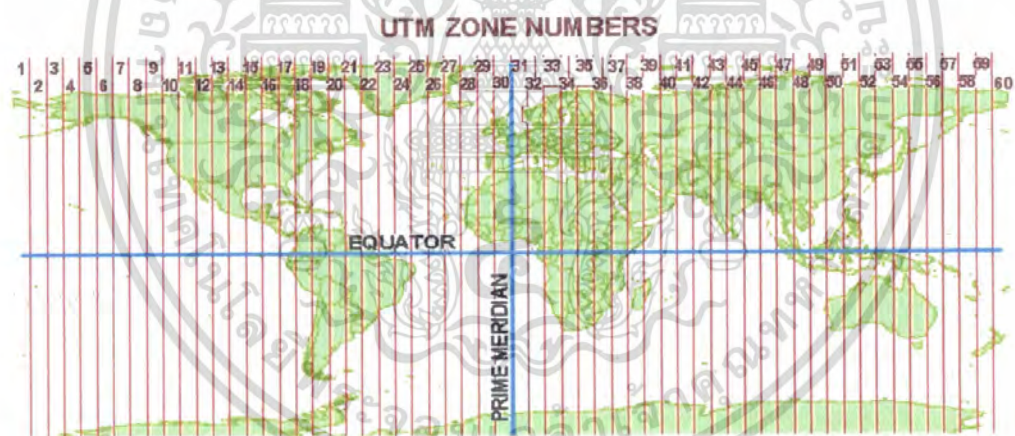
ข้อมูลที่ได้มาจากการนำค่าระบบ องศา/ลิปดา/ฟิลิปดา มาปรับเปลี่ยนด้วยการนำค่าฟิลิปดาของพิกัดมาหารด้วย 60 นำมาบวกกับค่าลิปดาที่อยู่ก่อนหน้า เพื่อเป็นการแปลงค่าฟิลิปดาในรูปแบบตัวเลขทศนิยม ยกตัวอย่างเช่น N61° 11' 05.5" ส่วนที่สองของข้อมูลพิกัดคือ 05.5 จะถูกนำมาหารด้วย 60 ได้ค่า 0.09166666 แล้วจึงนำมาบวกกับ 11 จะได้ผลลัพธ์ของพิกัดในหน่วย องศา/ลิปดา แบบทศนิยมเท่ากับ N61° 11.0916' (โดยส่วนใหญ่จะแสดงทศนิยมเพียง 4 ตำแหน่ง) ในทางกลับกัน การจะเปลี่ยนพิกัดในหน่วย องศา/ลิปดา แบบทศนิยม กลับไปเป็นพิกัดแบบ องศา/ลิปดา/ฟิลิปดา ต้องนำเอาส่วนที่เป็นทศนิยมคูณด้วย 60 ได้เท่ากับ 5.496 และจะได้ค่าพิกัด องศา/ลิปดา/ฟิลิปดา กลับมาเป็น N61° 11' 05.49" ซึ่งใกล้เคียงกับค่า 05.5" ซึ่งเป็นค่าแรกเริ่มนั่นเอง โดยพิกัดคร่าว ๆ จะแสดงในรูปที่ 2.9



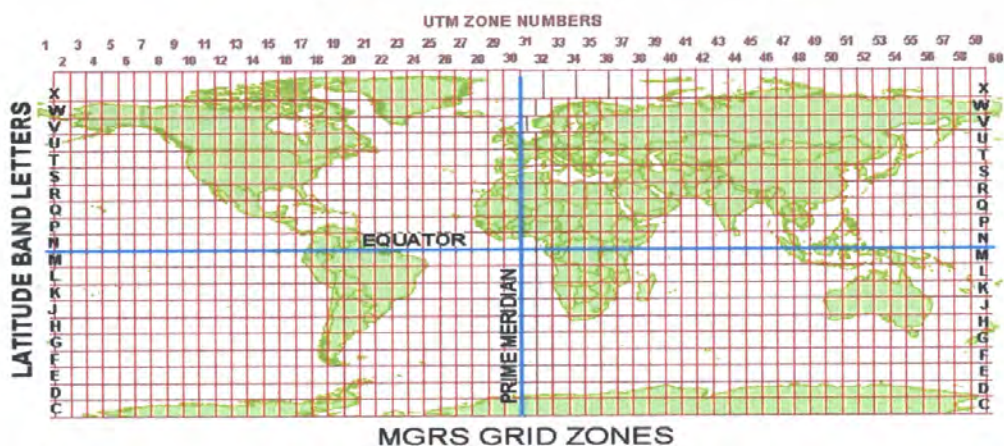
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.9 แสดงระบบพิกัดภูมิศาสตร์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2) การอ้างอิงพิกัดแบบ UTM

การอ้างอิงพิกัดแบบ UTM (Universal Transverse Mercator) เป็นระบบกริดแบบตาราง (Grid) ที่พัฒนาขึ้นโดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี ค.ศ.1974 เพื่อสำหรับใช้ชี้ตำแหน่งที่ตั้งบนโลกอย่างรวดเร็วและแม่นยำในการทหาร วิธีนี้สามารถทำได้ง่ายและได้ผลลัพธ์ที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการส่งข้อมูลจากแผนที่หนึ่งไปยังอีกแผนที่หนึ่ง ตัวอย่างคือ การส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งจากแผนที่ส่งไปให้ผู้รับสามารถเอา ข้อมูลของพิกัดตำแหน่งดังกล่าวไปใช้ เพื่อจะได้ทราบที่ตั้งจริงบนแผนที่ได้ UTM เป็นระบบตารางกริดที่ใช้หน่วยในการกำหนดตำแหน่งและใช้อ้างอิง แสดงในรูปที่ 2.10-2.12 ในการบอกตำแหน่ง ที่ใช้ในการบอกพื้นที่ทางกิจการทหารของประเทศต่างๆ เกือบทั่วโลกในปัจจุบัน เพราะเป็นระบบตารางกริดที่มีขนาดรูปร่าง กริดที่มีขนาดเท่ากันทุกตาราง และมีวิธีการกำหนดบอกค่าพิกัดที่ง่ายและถูกต้องเป็นระบบกริดที่นำเอาเส้นโครงแผนที่แบบ Universal Transverse Mercator Projection ของ Gauss Krueger มาใช้ดัดแปลงในการถ่ายทอดรายละเอียดของบนพื้นผิวโลกให้อยู่ในรูปทรงระบอบ (แกนของรูปทรงระบอบจะทับกับแนวเส้นเอควีเตอร์ และตั้งฉากกับแนวแกนของขั้วโลก) ประเทศไทยเราได้นำเอาเส้นโครงแบบแผนที่แบบ UTM มาใช้กับการทำแผนที่กิจการทหารภายในประเทศจากรูปถ่ายทางอากาศในปี ค.ศ. 1953 ร่วมกับสหรัฐอเมริกา เป็นแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ชุด 708 และปรับปรุงใหม่เป็นชุด L 7017 ที่ใช้ในปัจจุบัน



รูปที่ 2.10 แสดงการแบ่งเลข UTM



รูปที่ 2.11 แสดงการแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน (Zone) สำหรับการอ้างอิงพิกัดแบบ UTM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูในฐานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MM	MM	PN	TH	UH	VH	VH	XH	YH	CN	DN	FN	EM	FM	GM	KG	
MM	NM	PM	QM	TG	UG	VG	WG	XG	YGBM	CM	DM	EM	FM	GM	KG	
ML	14T	PL	QL	TF	UF	15T	XF	YF	BL	CL	16T	EL	FL	GL	KE	
MK	NL	PK	OK	TE	UE	VE	WE	XE	YEBK	CK	DK	EK	FK	GK	KE	
MK	NK	PK	OK	TE	UE	VE	WE	XE	YEBK	CK	DK	EK	FK	GK	KE	
MJ	NJ	PJ	OJ	TD	UD	VD	WD	XD	YD	BJ	CJ	DJ	EJ	FJ	GJ	
MH	NH	PH	OH	TC	UC	VC	WC	XC	YCBH	CH	DH	EH	FH	17S	GH	
MG	NG	PG	OG	TB	UB	VB	WB	XB	YB	BG	CG	DG	EG	FG	GG	
MF	14S	PF	OF	TA	UA	15S	VA	WA	XA	YA	BF	CF	DF	EF	FF	GF
ME	NE	PE	OE	TV	UV	VV	WV	XV	YV	BE	CE	DE	EE	FE	GE	
MD	ND	PD	OD	TU	UU	VU	WU	XU	YU	BD	CD	DD	ED	FD	GD	
MC	NC	PC	OC	TU	UU	VU	WU	XU	YU	BC	CC	DC	EC	FC	GC	

รูปที่ 2.12 แสดงการแบ่งพื้นที่เป็นรหัส

แผนที่ระบบกริดที่ใช้เส้นโครงแบบ UTM เป็นระบบเส้นโครงชนิดหนึ่งที่ใช้ผิวรูปทรงกระบอกเป็นผิวแสดงเส้นเมริเดียน (เส้นลองจิจูด) และเส้นละติจูดของโลก โดยทรงกระบอกตัดโลกระหว่างละติจูด 84 องศาเหนือ และ 80 องศาใต้ ในลักษณะแกนรูปทรงกระบอกทำมุมกับแกนโลก 90 องศา รอบโลก แบ่งออกเป็น 60 โซนๆ ละ 6 องศา โซนที่ 1 อยู่ระหว่าง 180 องศา กับ 174 องศาตะวันตก จะและมีลองจิจูด 177 องศาตะวันตก เป็นเมริเดียนย่านกลาง (Central Meridian) มีเลขกำกับแต่ละ โซนจาก 1 ถึง 60 โดยนับจากซ้ายไปทางขวา ระหว่างละติจูด 84 องศาเหนือ 80 องศาใต้ แบ่งออกเป็นช่องๆ ละ 8 องศา ยกเว้นช่องสุดท้ายเป็น 12 องศา โดยเริ่มนับตั้งแต่ละติจูด 80 องศาใต้ขึ้นไปทางเหนือให้ช่องแรกเป็นอักษร C และช่องสุดท้ายเป็นอักษร X (ยกเว้น 1 และ 0) จากการแบ่งดังกล่าวจะเห็นพื้นที่ จะเห็นพื้นที่ในเขตลองจิจูด 180 องศาตะวันตกถึง 180 องศาตะวันออก และละติจูดที่ 80 องศาใต้ถึง 84 องศาเหนือ จะถูกแบ่งออกเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า 1,200 รูป แต่ละรูปมีขนาดกว้างยาว 6 × 8 จำนวน 1,140 รูป และกว้าง 6 × 12 จำนวน 60 รูปสี่เหลี่ยมนี้เรียกว่า Grid Zone Designation (GZD) ดังแสดงในรูปที่ 2.10-2.12 การเรียกชื่อ Grid Zone Designation ประเทศไทยมีพื้นที่อยู่ระหว่างละติจูด 5 องศา 30 ลิปดาเหนือ ถึง 20 องศา 30 ลิปดาเหนือ และลองจิจูดประมาณ 97 องศา 30 ลิปดาตะวันออก ถึง 105 องศา 30 ลิปดาเหนือ และลองจิจูดประมาณ 97 องศา 30 ลิปดาตะวันออก ถึง 105 องศา 30 ลิปดาตะวันออก ดังนั้นประเทศไทยจึงตกอยู่ใน GZD 47N 47P 47Q 48N 48P และ 48Q การอ่านค่าพิกัดกริดเพื่อให้พิกัดค่ากริดในโซนหนึ่งๆ มีค่าบวกเสมอ จึงกำหนดให้มีเส้นศูนย์สูตรสมมุติขึ้น 2 แห่ง ดังนี้

- ในบริเวณที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร : เส้นศูนย์สูตรมีระยะห่างจากศูนย์สมมุติเท่ากับ 0 เมตร และเส้นเมริเดียนย่านกลางห่างจากเส้นสมมุติ 500,000 เมตร ทางตะวันออก
- ในบริเวณที่อยู่ใต้เส้นศูนย์สูตร : เส้นศูนย์สูตรจะมีระยะทางห่างจากศูนย์สมมุติออกไปทางด้านเหนือ 10,000,000 เมตร และเมริเดียนย่านกลางห่างจากจุดสมมุติ 500,000 เมตร ทางตะวันออก

2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ I²C

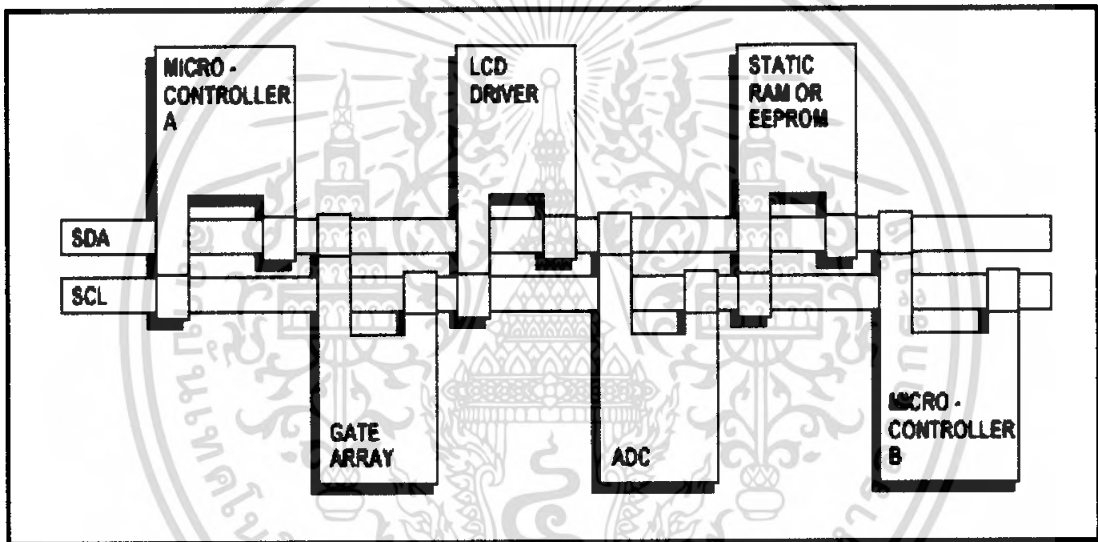
I²C ย่อมาจาก Inter-IC Communication หมายถึง การติดต่อสื่อสารระหว่างไอซีกับบัส I²C ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยฟิลิปส์ (Phillips) ด้วยจุดมุ่งหมายหลักคือ ต้องการให้ไอซีหรือ โมดูลสามารถติดต่อ ตั้งการ และควบคุมภายใต้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น เส้นหนึ่งคือ สายข้อมูล และอีกเส้นหนึ่งคือ สายสัญญาณ

นาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดจังหวะการทำงาน การต่อร่วมกันของอุปกรณ์บนบัส I²C ทำได้ง่ายมาก เพียงเอกสารที่เขียนไว้บนชิปหรือบนแผงวงจรเพียง 2 เส้น เพื่อการที่ชิปเหล่านี้จะเชื่อมเข้ากันได้โดยไม่ต้องใช้การตั้งค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

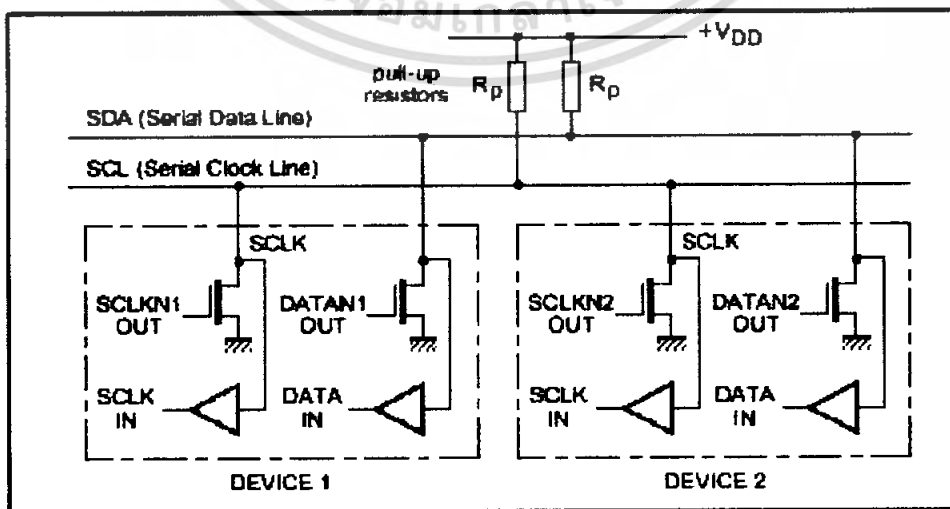
ต่อสายข้อมูลและสายสัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์แต่ละตัวขนานหรือพ่วงกันต่อไป ส่วนของการกำหนดแอดเดรสหรือตำแหน่งสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์แต่ละตัวจะใช้รหัสข้อมูลและจะทำการกำหนดสถานะลอจิกที่ขาแอดเดรสของอุปกรณ์แต่ละตัว

สายข้อมูลบนบัส I²C จะมีชื่อเรียกอย่างเป็นทางการว่า สายข้อมูลอนุกรมหรือ SDA (Serial Data Line) ส่วนสายสัญญาณนาฬิกามีชื่อว่า สายสัญญาณนาฬิกาแบบอนุกรมหรือ SCL (Serial Clock Line) ในการอธิบายต่อไปนี้จะเรียกสายสัญญาณทั้งสองว่า สาย SDA และ SCL

ในรูปที่ 2.13 - 2.14 แสดงผังของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆบนระบบบัส I²C จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ที่ทำให้การเชื่อมต่อบนบัส I²C มีหลากหลายไม่ว่าจะเป็นไอซีขยายพอร์ตอินพุตเอาต์พุต (I/O Expander), ไอซีที่ทำการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล (ADC) และแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอก (DAC), ไอซีรีลไทม์คล็อก (RTC), ไอซีขับโมดูล LCD, หน่วยความจำอีพรอม และไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.13 แสดงแผนผังการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ บนระบบบัส I²C



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 2.14 แสดงวงจรเอาต์พุตของอุปกรณ์ในระบบบัส I²C ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

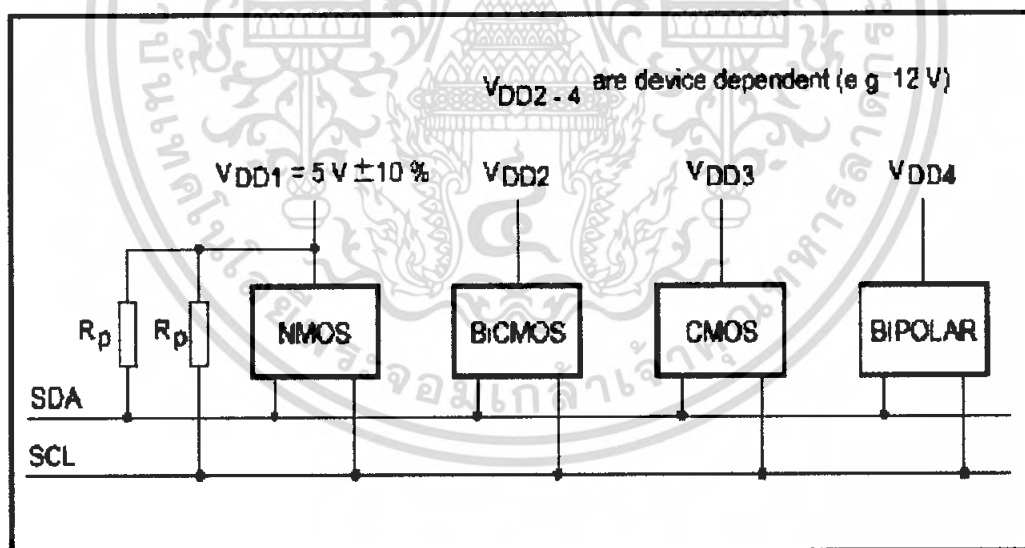
2.3.1) คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I²C

สาย SDA และ SCL เป็นสายสัญญาณ 2 ทิศทาง (Bi-Directional Line) ต้องมีการต่อตัวต้านทาน पुलอับกับแรงดัน +5 โวลต์ ไว้ตลอดเวลาเพื่อให้สายมีสถานะลอจิกสูงในขณะที่ไม่มีการติดต่อใช้งานทั้งยังช่วยในการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจมีเข้ามาในสายสัญญาณทั้งสอง วงจรเอาต์พุตของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส I²C ต้องมีลักษณะเป็นวงจรครैनเปิด (Open-Drain) หรือคอลเล็กเตอร์เปิด (Open-Collector)

อัตราการถ่ายเทข้อมูลบนบัส I²C สูงถึง 100 กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดปกติ (Standard Mode) และสูงถึง 400 กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดความเร็วสูง (Fast Mode) อุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส I²C จะต้องมีความจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างสาย SDA และ SCL ไม่เกิน 400 pF การเข้าถึงอุปกรณ์บนบัส I²C ใช้ข้อมูลสำหรับการเข้าถึง 2 คำ คือ 7 บิต (7-Bit Addressing) หรือ 10 บิต (10-Bit Addressing)

ข้อเด่นอีกประการหนึ่งของบัส I²C ก็คือ สามารถต่ออุปกรณ์ที่ใช้ไฟเลี้ยงไม่เท่ากันให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ โดยอุปกรณ์บนบัส I²C ตัวหนึ่งอาจใช้ไฟเลี้ยง +5 โวลต์ ในขณะที่อีกตัวหนึ่งใช้ไฟเลี้ยง +12 โวลต์ การต่อร่วมกันบนบัส I²C สามารถกระทำได้ในลักษณะเดียวกับกรณีที่อุปกรณ์ทั้งสองใช้ไฟเลี้ยงเท่ากัน กล่าวคือ ให้ต่อสาย SDA และ SCL ของอุปกรณ์แต่ละตัวเข้าด้วยกัน และต้องต่อตัวต้านทาน पुलอับ (R_p) เข้ากับแรงดัน +5 โวลต์ ไว้ด้วยเสมอ ดังรูปที่ 2.15

ในกรณีที่อาจมีแรงดันไฟฟ้ากระชากขนาดใหญ่ปะปนเข้ามาในบัส I²C ที่ขา SDA และ SCL ของอุปกรณ์แต่ละตัวต้องต่อตัวต้านทานอนุกรมกับขา SDA และ SCL เรียกว่า R_s ก่อนต่อเข้าสู่บัส I²C



รูปที่ 2.15 การต่อตัวต้านทาน पुलอับบนสายสัญญาณระบบบัส I²C

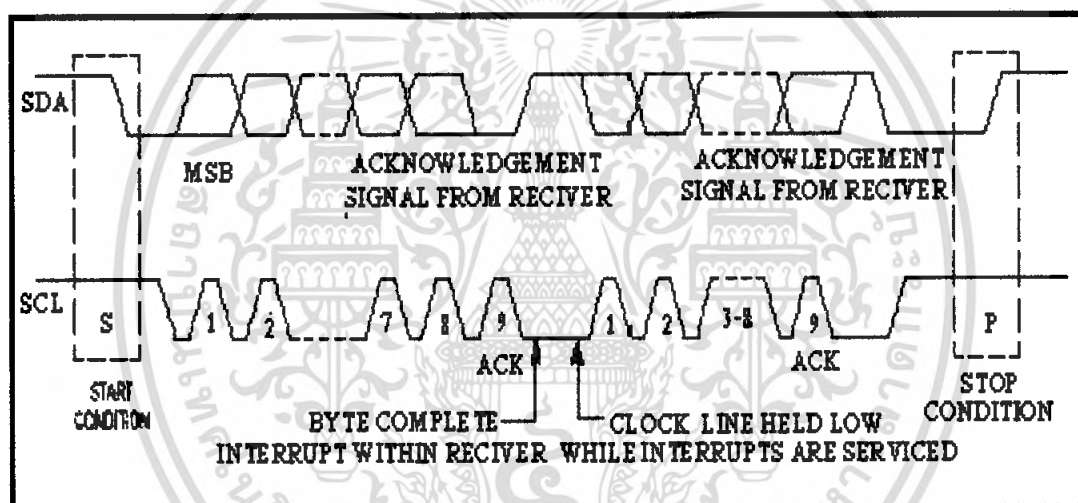
2.3.2) หลักการของบัส I²C

หลักการของบัส I²C ประกอบด้วยสัญญาณสองเส้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วคือ SDA และ SCL อุปกรณ์ที่ต่อพ่วงบนบัสสามารถมีได้มากมาย ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดรูปแบบการติดต่อบนบัส หรือเรียกว่า โปรโตคอล เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่า ขณะนี้อุปกรณ์ใดคิดต่อกันอยู่และอุปกรณ์ตัวใดเป็นตัวรับหรือตัวส่ง ต่อไปนี้จะขออธิบายลักษณะหน้าที่ และนิยามของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส I²C เพื่อเป็นข้อตกลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเขียนขึ้นเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้เขียนเห็นไปจะประสงค์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่สาย SCL เป็นลอจิกต่ำ แต่หากเมื่อใดก็ตามที่ความต้องการให้เกิดการถ่ายทอข้อมูลอย่างสมบูรณ์ สถานะลอจิกที่ขา SDA ต้องคงที่ตลอดเวลาที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูงหากมีการเปลี่ยนแปลง สถานะลอจิกในขณะที่สาย SCL มีลอจิกสูงอยู่นั้น อุปกรณ์มาสเตอร์ที่ทำการควบคุมการถ่ายทอข้อมูลจะแปลความหมายเป็นสถานะหยุดหรือสถานะเริ่มต้นก็ได้ทำให้ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอนั้นเกิดผิดพลาดขึ้น

2.3.3.5) การรับรู้ข้อมูล (Acknowledge) แสดงในรูปที่ 2.17 เกิดขึ้นหลังจากที่การถ่ายทอข้อมูลจากตัวส่งมายังตัวรับเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ได้โดยตัวส่งจะต้องทำการส่งข้อมูลมาให้ 1 บิต จะเรียกบิตนี้ว่าบิตรับรู้ (Acknowledge) จะมีสถานะเป็นลอจิกสูง หลังจากส่งข้อมูลมาครบถ้วน ส่วนอุปกรณ์มาสเตอร์จะทำการส่งสัญญาณรับรู้พิเศษ ซึ่งสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกาเพื่อตอบสนองบิตรับรู้ที่ส่งมาจากตัวส่งทางด้านตัวรับจะส่งบิตรับรู้ที่มีสถานะลอจิกต่ำลงบนบัส อุปกรณ์สเลฟที่ถูกอ้างถึงในการติดต่อหรือกำลังติดต่ออยู่ในขณะนั้นก็จะกำเนิดบิตรับรู้เพื่อตอบสนองให้ทราบว่าได้รับข้อมูลในแต่ละไบท์เรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 2.17 แสดงไคอะแกรมเวลาที่แสดงถึงการเกิดสถานะต่างๆ บนบัสทั้ง 5 สถานะ

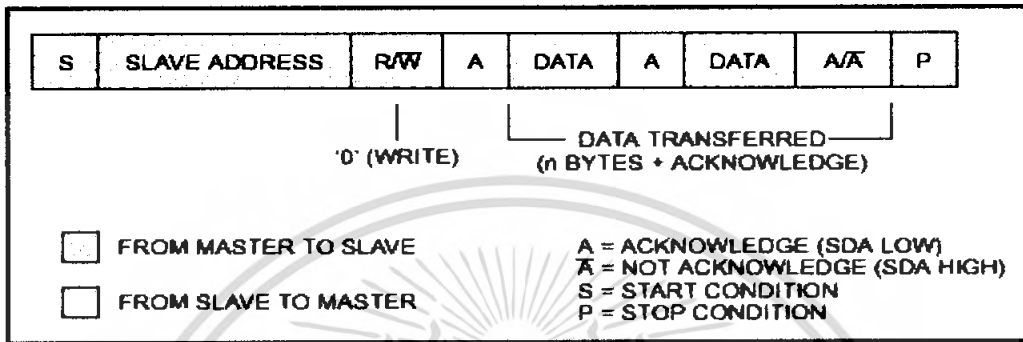
2.3.4) การทำงานบนบัส I²C

ก่อนที่จะเริ่มต้นการถ่ายทอข้อมูลการถ่ายทอข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต่ออยู่บนบัส ต้องมีการอ้างถึงเสียก่อนโดยการอ้างถึงอุปกรณ์บนบัส I²C นั้นจะใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต หรือ แบบ 10 บิต ในกรณีที่มีอุปกรณ์ต่ออยู่บนบัสไม่มาก ใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต ก็เพียงพอ แต่ถ้ามีอุปกรณ์ต่ออยู่บนบัสมากกว่า 127 แอดเดรส จำเป็นต้องใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิตหลังจากที่ติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวเรียบร้อยแล้ว ก็จะเริ่มการถ่ายทอข้อมูล ดังนั้นหัวใจสำคัญในอันดับแรกของการทำงานบนบัส I²C ก็คือการอ้างถึงอุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งในที่นี้จะอธิบายรายละเอียดของการอ้างถึงทั้ง 2 รูปแบบ

2.3.5) การอ้างถึงแบบ 7 บิต (7-Bit Addressing)

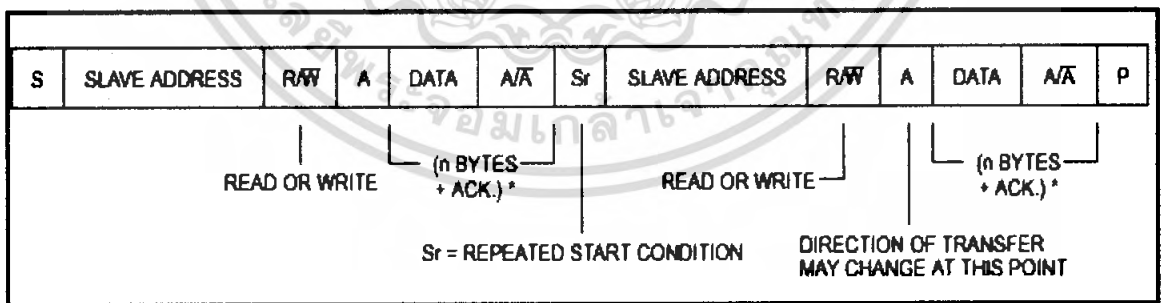
ข้อมูลไบท์แรกที่เกิดขึ้นหลังจากเกิดสถานะเริ่มต้นก็คือข้อมูลที่ใช้ในการอ้างถึงอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อหรือข้อมูลกำหนดแอดเดรส โดยมีรูปแบบแสดงในรูปที่ 2.18 ใน 7 บิตบนรวมทั้งบิต MSB ด้วยจะเรียกว่ากรณิใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นข้อมูลในแอดเดรสของอุปกรณ์สเลฟที่ต้องการติดต่อโดยแบ่งเป็นบิตกำหนดแอดเดรสของที่ จำนวน 4 บิตซึ่งข้อมูลนี้อุปกรณ์แต่ละตัวจะถูกกำหนดมาจากผู้ผลิตแล้ว ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ถัดมาอีก 3 บิต เป็นแอดเดรสที่สามารถโปรแกรมได้โดยผู้ใช้งานต้องกำหนดสถานะลอจิกให้แก่ขา A0 – A2 ของอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อแบบบัส I²C ส่วนในบิต LSB เป็นบิตที่ใช้กำหนดการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์สเลฟตัวนั้นๆหากบิต LSB เป็น 0 หมายถึงต้องการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์นั้นถ้าเป็น 1 จะเป็นการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงรูปแบบของข้อมูลกำหนดแอดเดรสที่ใช้ในการอ้างถึงแบบ 7 บิต

ข้อมูลในไบต์ต่อมาคือ ข้อมูลควบคุม (Control byte) ในอุปกรณ์แต่ละตัวจะต้องมีการกำหนดข้อมูลควบคุมที่แตกต่างกันไปยกตัวอย่าง ไอซีขยายพอร์ต มีข้อมูลควบคุมที่ใช้กำหนดว่า บิตใดเป็นอินพุต บิตใดเป็นเอาต์พุต ในขณะที่ไอซี ADC/DAC ต้องการสัญญาณควบคุม เพื่อกำหนดให้ทำงานเป็นวงจร ADC หรือ DAC เป็นต้นไป ข้อมูลในไบต์ต่อมาคือ ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดจริง (Data) หลังจากที่มีการถ่ายทอดข้อมูลในแต่ละไบต์อุปกรณ์สเลฟที่ทำการติดต่อ ก็จะต้องส่งสัญญาณรับรู้ออกกลับมาด้วยทุกครั้ง เพื่อให้กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลสามารถดำเนินการต่อไปได้ ในรูปที่ 2.19 แสดงรูปแบบข้อมูลอนุกรมที่เกิดขึ้นบนการติดต่อบนบัส I²C ของการอ้างถึงแบบ 7 บิต



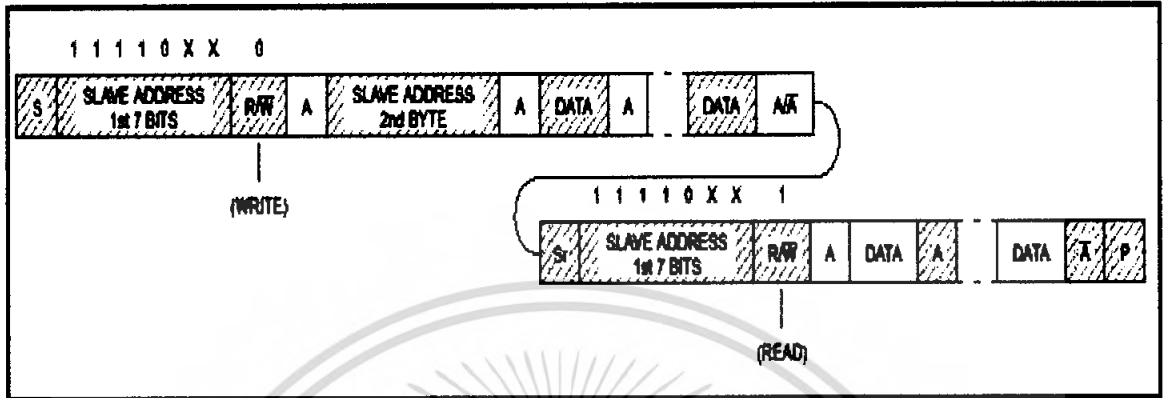
รูปที่ 2.19 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I²C เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต

2.3.6 การอ้างถึงแบบ 10 บิต (10 bit addressing)

ในการอ้างถึงแบบนี้ยังคงใช้รูปแบบข้อมูลอนุกรมที่เหมือนกับแบบ 7 บิต แต่จะมีข้อมูลเพิ่มเข้ามาเล็กน้อย โดยในข้อมูลไบต์แรกหลังจากเกิดสถานะเริ่มต้น ต้องกำหนดให้ 5 บิตบนมีข้อมูลเป็น 11110 ส่วนอีก 2 บิตถัดมาเป็นบิตแอดเดรสของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อ ในบิต LSB ของข้อมูลไบต์แรกยังคงเป็นการกำหนดว่า ต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์สเลฟตัวที่ต้องการติดต่อกับ ข้อมูลไบต์ต่อมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือมีการสงวนลิขสิทธิ์ไว้ก่อน เมื่อผู้เห็นได้เห็นไปใช้โดยไม่ขออนุญาต ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นข้อมูลแอดเดรสในไบท์ที่ 2 ของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อด้วย ข้อมูลไบท์ถัดไปจึงเป็นข้อมูลควบคุม ข้อมูลหลังจากหลังจากนั้นก็จะเป็นข้อมูลจริงที่ใช้ในการติดต่อเช่นเดียวกับการอ้างถึงแบบ 7 บิต หลังจากการถ่ายทอดข้อมูลครบทุกไบท์ ต้องมีสถานะรับรู้เกิดขึ้นเพื่อให้กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลสามารถดำเนินต่อไปได้ในรูปที่ 2.20 เป็นรูปแสดงการถ่ายทอดข้อมูลอนุกรมของการอ้างถึงแบบ 10 บิต



รูปที่ 2.20 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I²C เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิต

2.3.7) การต่ออุปกรณ์ระบบบัส I²C กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

สามารถทำได้โดยง่าย เพียงใช้ขาพอร์ต 2 ขา โดยกำหนดให้ขาหนึ่งเป็น SDA อีกขาหนึ่งเป็น SCL และ ต่อตัวต้านทานค่าประมาณ 4.7 กิโลโห์ม พูลอัพที่ขาพอร์ตทั้งสองขา

2.3.8) การเขียนโปรแกรมติดต่อบัส I²C

เริ่มต้นด้วยการสร้างสถานะมาตรฐานของบัส I²C อันประกอบด้วย สถานะเริ่มต้น, สถานะสิ้นสุด การส่งข้อมูล, สถานะหยุด, สัญญาณนาฬิกาบนขา SCL, การเขียนและอ่านข้อมูลกับอุปกรณ์บนระบบบัส I²C ต้องมีโฟร์ชาร์ตและรายละเอียดของโปรแกรมย่อยที่ใช้สร้างสถานะต่างๆ

การสร้างสถานะเริ่มต้น

- 1.เมื่อใดที่ต้องการที่จะติดต่อกับบัส I²C สิ่งแรกที่จะต้องทำสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งถือว่าเป็นอุปกรณ์มาสเตอร์คือ การทำให้บัสสว่างด้วยการกำหนดให้ขา SCL และขา SDA มีลอจิกเป็น “1” ทั้งคู่
- 2.จากนั้นทำให้ขา SDA มีลอจิก “0” โดยที่ขา SCL ยังคงเป็นลอจิก “1” อยู่
- 3.กำหนดให้ขา SCL มีลอจิกเป็น “0” ถึงตอนนี้ทั้ง SCL และ SDA จะมีลอจิกเป็น “0” ทั้งคู่พร้อมที่จะติดต่อกันได้แล้ว

การสร้างสถานะหยุด

- 1.เมื่อต้องการหยุดส่งข้อมูลจะต้องส่งสถานะหยุดออกไป โดยในตอนแรกต้องกำหนดให้ขา SCL และ SDA เป็นลอจิก “0” ทั้งคู่ก่อน
- 2.กำหนดให้ขา SCL มีลอจิกเป็น “1” โดย SDA ยังคงมีลอจิกเป็น “0”
- 3.จากนั้นทำให้ขา SDA มีลอจิกเป็น “1” ซึ่งจะทำให้ระบบบัสกลับเข้าสู่สว่างอีกครั้ง พร้อมทั้งจะ

เอกสารหรือส่งข้อมูลต่อไป ไม่สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อมูลลอจิก “0” และลอจิก “1”

หลังจากที่ทำการส่งบิตเริ่มต้นแล้ว ลำดับต่อไปคือ จะต้องส่งข้อมูลควบคุมซึ่งจะเป็นขบวนของลอจิก “0” และลอจิก “1”

สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก “0” ต้องดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ทำให้ขา SDA เป็น “0” สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก “0”
2. ทำให้ขา SCL เป็น “1” สำหรับการป้อนสัญญาณนาฬิกา ในขณะที่ขา SDA ยังคงเป็น “0” อยู่
3. จากนั้นทำให้ขา SCL กลับมามีสถานะเป็นลอจิก “0” เหมือนเดิม

ในขณะที่การส่งข้อมูลลอจิก “1” มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำให้ขา SDA มีลอจิกเป็น “1” สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก “1”
2. ทำให้ขา SCL เป็น “1” สำหรับการส่งสัญญาณนาฬิกา ในขณะที่ขา SDA ยังคงเป็น “1” อยู่
3. จากนั้นทำให้ขา SCL กลับมามีสถานะเป็นลอจิก “0” เหมือนเดิม

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.4.1) ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งซึ่งรวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณเอาต์พุต หน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ช่วยลดจำนวนอุปกรณ์และขนาดของระบบ ในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้น ภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม ไมโครคอนโทรลเลอร์มาจาก 2 คำรวมกันคือคำว่า “ไมโคร” (Micro) ซึ่งจะหมายถึงไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) ซึ่งจะเป็นหน่วยประมวลผลขนาดเล็ก ภายในจะประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง หรือ ซีพียู (CPU : Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU : Arithmetic Logic Unit) วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำ และวงจรสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือ “คอนโทรลเลอร์” (Controller) หมายถึงอุปกรณ์ควบคุม ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมโดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระ

2.4.2) ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชจาก Phillips

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้อ้างอิงเพื่อการเรียนรู้และ ใช้งานในโครงการนี้เป็น ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูลของ MCS-51 ซึ่งมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช (Flash Memory) ของบริษัทฟิลิปส์เซมิคอนดักเตอร์ ในอนุกรม 89V51Rx2 โดยจะเน้นไปที่เบอร์ 89V51RD2 สำหรับคุณสมบัติทางเทคนิคที่โดดเด่นของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 อนุกรม มีดังต่อไปนี้

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิต ที่เข้ากันได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 พื้นฐานของอินเทล

- หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบแฟลช ทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้ถึงหมื่นครั้ง จึงสามารถทำให้รูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดียวไม่ต้องใช้

หน่วยความจำภายนอกส่งผลให้สามารถใช้งานพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ขนาดของหน่วยความจำสูงถึง 64 กิโลไบต์

- หน่วยความจำข้อมูลแรมภายในมีขนาด 1 กิโลไบต์
- สามารถเขียนหรือโปรแกรมข้อมูลลงไปหน่วยความจำโปรแกรมโดยไม่ต้องถอดตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการโปรแกรมใหม่ หรือเรียกว่าการโปรแกรมในวงจร หรือ ในระบบ (ISP :In-System Programing) โดยภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีหน่วยความจำที่บรรจุโปรแกรมสำหรับเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมหรือเรียกว่า บูตโรม (BootROM) ทำหน้าที่ในส่วนนี้ แรงดันที่ใช้ในการโปรแกรมแบบ ISP ขึ้นอยู่กับเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89V51RD2 ใช้แรงดันในการโปรแกรมได้ทั้ง +5 โวลต์ และ +12 โวลต์ โดยถ้าใช้แรงดัน +12 โวลต์ จะสามารถโปรแกรมได้ 1000 ครั้ง และถ้าใช้แรงดัน +5 โวลต์ สามารถโปรแกรมได้ 10,000 ครั้ง
- ความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 33 เมกะเฮิรตซ์ ในกรณีทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาภายใน 12 ลูกต่อเมทซินไซเคิล และ 20 เมกะเฮิรตซ์ ในกรณีทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาภายใน 6 ลูกต่อเมทซินไซเคิล 89V51RD2 ได้รับการกำหนดให้ ทำงานเบื้องต้นในโหมดสัญญาณนาฬิกา 6 ลูกต่อเมทซินไซเคิล สามารถเลือกเปลี่ยนเป็น 12 สัญญาณนาฬิกาต่อเมทซินไซเคิลได้
- ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมพื้นฐานเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของผู้ผลิตอื่น ไม่ว่าจะเป็น Intel Siemens หรือ Dallas Semiconductor
- ขาพอร์ต 8 บิต จำนวน 4 พอร์ต เป็นแบบกึ่งสองทิศทาง (Quasi-Bidirectional) สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรถ่ายโอนข้อมูลแบบฟูลคูเพิล็กซ์
- ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต 3 ตัว (ไทม์เมอร์ 0,1 และ2)
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์ได้ 7 ประเภท
- กำหนดความสำคัญของการตอบสนองอินเทอร์รัปต์ได้ 4 ระดับ
- สามารถคิดค่านหน่วยความจำภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวอตช์ด็อกไทม์เมอร์
- มีไมโครลวงจรรันโปรแกรมได้ (PCA:Programmable Count Array) ซึ่งจะบรรจุด้วยตัวตรวจจับสัญญาณ (Capture), วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ (Compare), วงจรมอดูเลชันความกว้างของพัลส์ (PWM) 5 ไมครูลและวอตช์ด็อกไทม์เมอร์ (Watchdog Timer)

2.5 มาตรฐาน RS-232C

พอร์ต RS-232 ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลในแบบอนุกรมเรียกว่า Universal Asynchronous Adapter เหตุที่มีชื่อว่า RS-232 ก็เนื่องจากสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกาหรือ EIA ได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์สื่อสารแบบอนุกรมเอาไว้ภายใต้ชื่อว่า RS-232 ความจริงมาตรฐานของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีหลายมาตรฐาน แต่ที่นิยมกันมากที่สุดสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์คือ RS-232C หน้าที่ของการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับสัญญาณ

- เปลี่ยนสัญญาณที่เข้ามาแบบอนุกรมให้เป็นแบบขนาน
- ตรวจสอบความผิดพลาดของสัญญาณที่ได้รับ
- คัดบิตหยุดและบิตพาริตีออก
- ส่งสัญญาณให้ซีพียูรู้ว่ารับสัญญาณไว้แล้ว

ส่งสัญญาณ

- เปลี่ยนสัญญาณแบบขนานจากซีพียูแล้วส่งออกไปแบบอนุกรม
- เพิ่มบิตหยุดและบิตพาริตี
- เพิ่มสัญญาณควบคุมโมเด็มต่อเนื่อง (ถ้ามี)

มาตรฐาน RS-232 ได้จัดพิมพ์ขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1969 โดยสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา RS ย่อมาจากคำว่า Recommend Standard ส่วน 232 เป็นหมายเลขมาตรฐานตัวนี้ C เป็นตัวอักษรที่แสดงให้ทราบถึงฉบับสุดท้ายของมาตรฐานตัวนี้ จุดประสงค์ของมาตรฐานตัวนี้ก็เพื่อบรรยายคุณลักษณะของการใช้เชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลหลายทาง (Data Terminal Equipment:DTE) กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล (Data Communication Equipment : DCE) สำหรับผู้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ DTE ก็หมายถึงตัวไมโครคอมพิวเตอร์และ DCE ก็หมายถึงโมเด็ม อุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องพิมพ์ที่ได้รับสัญญาณแบบอนุกรมอาจจะใช้ได้ทั้ง DTE และ DCE ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต จากรูปที่ 2.21 จะเห็นว่า RS232C มีส่วนสำคัญอย่างมาก สำหรับการสื่อสารข้อมูลรหัสระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.21 แสดงการใช้ RS-232 เชื่อมต่ออุปกรณ์

ความเร็วและระยะทางในการเชื่อมต่อพอร์ต RS-232 จะสามารถใช้เชื่อมต่อในการถ่ายโอนข้อมูลได้จาก 20,000 บิตต่อวินาที โดยสัญญาณมาตรฐานของ RS-232C กำหนดค่าของแรงดันไฟฟ้าในสัญญาณเพื่อตอบสนองจุดประสงค์ข้างบน ดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS-232C

มาตรฐานของกรวยรับรหัสไฟฟ้า			
แรงดันไฟฟ้า	สถานะลอจิก	สถานะของสัญญาณ	ฟังก์ชันในการควบคุม
บวก	0	SPACE	ON
ลบ	1	MARK	OFF

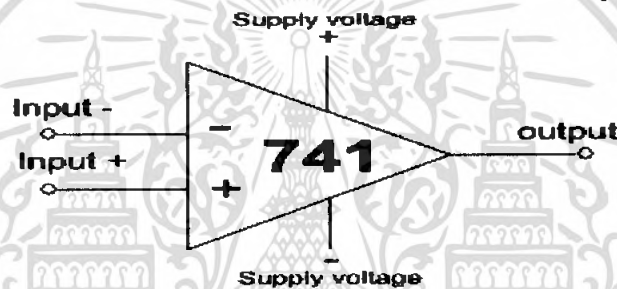
2.6 ออปแอมป์ (Op Amp)

เป็นวงจรที่ให้อัตราขยายสูงมากๆ และมีการเชื่อมโยงแบบโคจรตรง โดยชื่อนี้เป็นที่รู้จักกันมานานแล้ว ตั้งแต่ปี ค.ศ.1940 โดยในระยะแรกๆ ได้ใช้หลอดสูญญากาศก่อน แต่ต่อมาภายหลังคือในปลายปี ค.ศ. 1950 ได้นำเอาทรานซิสเตอร์มาใช้งาน จนกระทั่งปี ค.ศ.1960 จึงได้พัฒนามาเป็นไอซี

ในปัจจุบันวงจรรขยายแบบนี้ได้ถูกนำมาใช้งานกันอย่างกว้างขวาง เช่น เครื่องมือวัด เครื่องกำเนิดสัญญาณรูปต่างๆ เป็นต้น

2.6.1) สัญลักษณ์และขั้ว (Symbol and Terminal)

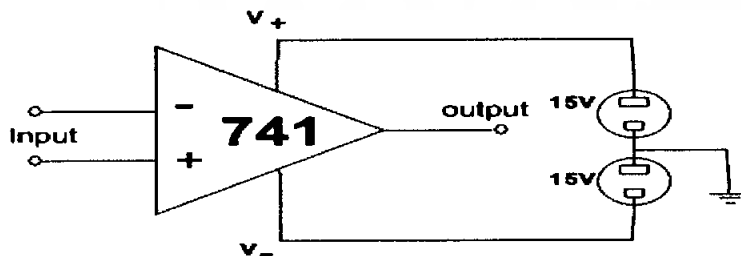
สำหรับสัญลักษณ์ของออปแอมป์มักจะเขียนแทนด้วยรูปสามเหลี่ยมแนวนอน ดังแสดงในรูปที่ 2.22 และจะมีขั้วรวมทั้งหมด 5 ขั้ว คือขั้วต่อสัญญาณอินพุต 2 ขั้ว ซึ่งต่ออยู่กับฐานรูปสามเหลี่ยมขั้วต่อสัญญาณเอาต์พุต 1 ขั้วและต่อเข้ากับขอกของรูปสามเหลี่ยม สุดท้ายขั้วต่อแหล่งจ่ายกำลังเข้ากับออปแอมป์ 2 ขั้วและอยู่ตรงด้านข้างสำหรับหมายเลขเบอร์ของออปแอมป์มักจะเขียนไว้ด้านในรูปสัญลักษณ์



รูปที่ 2.22 แสดงสัญลักษณ์และขั้วต่อของออปแอมป์

สำหรับชื่อขั้วอินพุตทั้ง 2 ขั้ว จะกำหนดเรียกกันดังนี้ คือ ขั้วอินพุตด้านบน จะมีชื่อเรียกว่า ขั้วอินพุตกลับสัญญาณ (Inverting Input) หรืออินพุตลบ ขั้วอินพุตด้านล่างคือขั้วไม่กลับสัญญาณ (Noninverting Input) หรือขั้วอินพุตบวก ซึ่งทั้ง 2 ขั้วนี้บางทีจะมีชื่อเรียกว่าขั้วอินพุตผลต่าง (Differential Input) ทั้งนี้เป็นเพราะว่าสัญญาณเอาต์พุตที่ได้ออกมาจะมีค่าขึ้นอยู่กับค่าความแตกต่างของแรงดันระหว่างขั้วทั้ง 2 นี้

สำหรับแหล่งจ่ายกำลังที่ป้อนเข้ากับออปแอมป์มักจะใช้ด้วยกัน 2 ชุดคือชุดป้อนไฟบวกกับชุดป้อนไฟลบ ด้วยค่าแรงดันตั้งแต่ ± 9 ถึง ± 18 โวลต์ โดยปกติจะใช้แบตเตอรี่ขนาด 9 โวลต์ 4 ตัว มาต่อเป็นแหล่งจ่ายกำลังขนาดแรงดัน ± 18 โวลต์ แต่โดยปกติจะใช้แรงดันขนาด ± 15 โวลต์ดังในรูปที่ 2.23

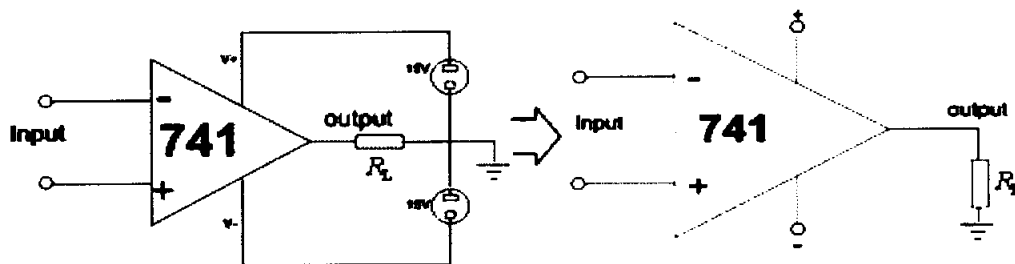


รูปที่ 2.23 แสดงการต่อออปแอมป์เข้ากับแหล่งจ่าย

สำหรับการต่อโหลดเข้ากับออปแอมป์นั้นเราจะกระทำได้โดยนำเอาโหลด ไปต่อเข้ากับขั้วเอาต์พุตดังแสดงในรูปที่ 2.24 ซึ่งแรงดันที่ตกคร่อมโหลด R_L นั้นจะเป็นแรงดันเอาต์พุตที่มีค่าขึ้นอยู่กับอินพุตที่ป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่จะเขียนหน้ากระดาษไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้ามา เนื่องจากออปแอมป์มีขั้วเอาต์พุตเพียงข้างเดียว ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกว่าขั้วเอาต์พุตแบบซิงเกิลเอนเดด (Single Ended Output)



รูปที่ 2.24 แสดงการโหลดเข้ากับวงจรออปแอมป์

2.6.2) ค่าพิกัดไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Rating)

ค่าพิกัดไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Rating) ของออปแอมป์สมมติเป็นเบอร์ 741 ซึ่งได้ถูกกำหนด ดังเช่นค่าแหล่งจ่ายกำลังสูงสุด ± 18 โวลต์ซึ่งถ้าหากแรงดันของแหล่งจ่ายกำลังมีค่ามากกว่านี้แล้วออปแอมป์จะได้รับความเสียหาย

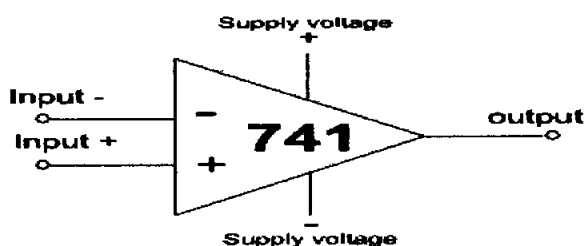
เนื่องจากแรงดันของแหล่งจ่าย จะต่อเข้ากับที่ขั้วบวกและขั้วลบ ของออปแอมป์โดยตรง โดยไม่มีความต้านทานใดๆ มาต่อต้านเพื่อชะลอการไหลของกระแส ดังนั้นแรงดันของแหล่งจ่ายกำลังเมื่อมีค่าเท่ากับ ± 18 โวลต์ แรงดันที่ขั้วของออปแอมป์ก็จะเท่ากับ ± 18 โวลต์ด้วย ดังนั้นค่าแรงดันที่ป้อนเข้าที่ขั้ว จึงต้องถูกกำหนดเสียใหม่ให้ต่ำลงด้วยค่าเท่ากับ ± 15 โวลต์ เพราะฉะนั้น ถ้าแรงดันดังกล่าวมีค่ามากกว่านี้แล้วอาจจะทำให้ออปแอมป์ได้รับความเสียหายได้

สำหรับการกำหนดค่ากระแสสูงสุดของการนำไปใช้งานทางด้านเอาต์พุตจะต้องจ่ายไม่เกิน 5 มิลลิแอมป์ ซึ่งความจริงแล้วออปแอมป์เบอร์นี้สามารถจ่ายได้ถึง 25 มิลลิแอมป์ และจากการทดลองปรากฏว่า ถึงแม้โหลดทางด้านเอาต์พุตจะต่ำมาก ๆ หรือถึงกับลัดวงจร แต่ออปแอมป์ก็ยังไม่ได้รับความเสียหาย

2.6.3) อัตราขยายแรงดันเมื่อยังไม่มีป้อนกลับ (Open Loop Voltage Gain)

อัตราขยายแรงดันดังแสดงในรูปที่ 2.25 นั้นจะเป็นค่าของอัตราขยายแรงดันเมื่อยังไม่มีป้อนกลับ (Open Loop Voltage Gain) และกำหนดให้เขียนย่อเป็น A_{OL} และเป็นอัตราส่วนระหว่างแรงดันเอาต์พุต V_o ต่อค่าผลต่างของแรงดันอินพุตทั้ง 2 ขั้ว (V_d) ได้แก่ แรงดันที่ป้อนเข้ากับขั้วอินพุต - (V_{i-}) ลบกับแรงดันที่ป้อนเข้ากับขั้วอินพุต + (V_{i+}) ดังสมการที่ 2.1 คือ

$$V_d = V_{i-} - V_{i+} \quad (2.1)$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 2.25 แสดงวงจรขยายแรงดันเมื่อยังไม่มีป้อนกลับ ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยค่าแรงดันอินพุต $+(V_{i+})$ กับแรงดันอินพุต $-(V_{i-})$ จะวัดเทียบกับกราวด์เสมอและจากสมการ 2.1 ก็จะได้สมการของอัตราขยายแรงดันเมื่อยังไม่มีป้อนกลับ (A_{OL}) ดังนี้คือ

$$A_{OL} = V_O / V_d \quad (2.2)$$

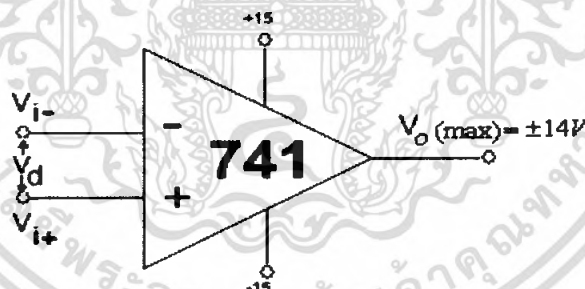
และสมการที่ (2.2) เมื่อนำมาเขียนใหม่จะได้แรงดันเอาต์พุต (V_O)

$$V_O = A_{OL} \cdot V_d \quad (2.3)$$

ออปแอมป์ในทางอุดมคติ (Ideal Op Amp) อัตราขยายแรงดันเมื่อยังไม่มีป้อนกลับ (Open Loop Voltage Gain) หรือ (A_{OL}) จะมีค่าสูงมากๆ ถึงค่าอนันต์ แต่ในทางปฏิบัติมันไม่สามารถจะกระทำได้ ดังเช่น ถ้าเป็นออปแอมป์เบอร์ 741 ค่านี้จะประมาณเท่ากับ 200,000 เท่า จากสมการที่ 2.3 เมื่อ A_{OL} มีค่าเป็นบวกในขณะที่ค่าผลต่างขางแรงดันอินพุตทั้ง 2 ขั้ว (V_d) มีค่าเป็นบวก เอาต์พุตที่ออกมา ก็จะ เป็นบวกด้วย และในทำนองเดียวกันเมื่อ V_d มีค่าเป็นลบแรงดันเอาต์พุต (V_O) ก็จะมีค่าเป็นลบด้วย

2.6.4) แรงดันอิ่มตัว (Saturation Voltage)

ถึงแม้ว่าอัตราขยายแรงดันเมื่อยังไม่มีป้อนกลับ (A_{OL}) จะมีค่าสูงถึง 200,000 เท่าก็ตามแต่ถ้าค่าผลต่างของแรงดันอินพุตทั้ง 2 ขั้ว (V_d) มีค่าเท่ากับ 1 โวลต์ ดังนั้นแรงดันเอาต์พุต (V_O) ก็จะมีค่าเท่ากับ 200,000 โวลต์ ซึ่งถือว่าเป็นไปไม่ได้ แต่ถึงอย่างไรก็ตามแรงดันค่านี้จะถูกจำกัด และจะได้มีน้อยกว่าแรงดันของแหล่งจ่ายเสมอ ดังเช่น ออปแอมป์เบอร์ 741 ค่าแรงดันเอาต์พุตสูงสุดหรือ $V_{O(Max)}$ ขณะป้อนแหล่งจ่ายแรงดัน ± 15 โวลต์ จะประมาณเท่ากับ ± 14 โวลต์ เท่านั้น และเรียกแรงดันนี้ว่า **แรงดันเอาต์พุตอิ่มตัว (Saturation Voltage)** ดังรูปที่ 2.26



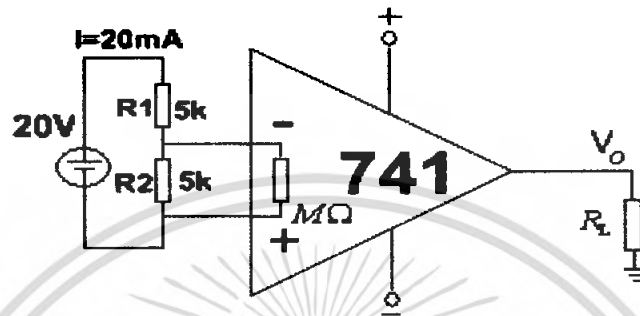
รูปที่ 2.26 แสดงการอิ่มตัวของแรงดันเอาต์พุตที่เกิดจากแรงดัน V_d มีค่ามากกว่าค่าใดค่าหนึ่ง

ถึงอย่างไรก็ตามค่าบวกหรือลบของแรงดันอิ่มตัว (V_{sat}) ที่วัดเทียบกับกราวด์จะมีค่าถึงค่าอิ่มตัวได้ก็ต่อเมื่อผลต่างของแรงดันอินพุตทั้ง 2 ขั้ว (V_d) จะต้องมีค่า ณ จุดๆ หนึ่งซึ่งถ้าแรงดัน (V_d) มีค่ามากกว่าแรงดัน ณ จุดนี้แล้วแรงดันเอาต์พุต (V_O) ที่ออกมา ก็จะมีค่าใกล้เคียงกับแรงดันของแหล่งจ่ายกำลัง โดยจะคงที่อยู่อย่างนี้ตลอดไปคราบที่แรงดัน V_d ยังมีค่ามากกว่า

2.6.5) อิมพีแดนซ์ด้านขาเข้า (Input Impedance)

ตามที่อัตราขยายแรงดันมีค่าสูงมากๆ จะทำให้เกิดเป็นผลดีสำหรับในเรื่องของการขยายแต่ก็ยังมีอีกค่าหนึ่งซึ่งถ้าสูงมากๆ ก็จะทำให้เกิดเป็นผลดีได้เช่นกัน ค่านี้ก็คืออิมพีแดนซ์ด้านเข้า (Input Impedance) หรือ Z_{in} ซึ่งถ้าเป็นออปแอมป์ในทางอุดมคติแล้วจะสูงมากๆ จนถึงค่าอนันต์ ดังนั้นในการนำไปใช้งานค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางด้านอินพุตจะไม่ดึงกระแสเลย หรือเปรียบเสมือนเป็นวงจรเปิดแต่สำหรับในทางปฏิบัติมันไม่สามารถทำให้สูงถึงค่าอนันต์ได้ แต่ก็ยังสามารถอยู่ในระดับเมกกะโอห์ม ดังนั้นการนำไปใช้งานทางด้านอินพุตจึงดึงกระแสเพียงเล็กน้อยเท่านั้นคือประมาณ 0.1 ไมโครแอมป์ ดังตัวอย่างที่ได้แสดงในวงจรตามรูปที่ 2.27 จะเห็นว่ากระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_1 และ R_2 มีค่าเท่ากับ 2 มิลลิแอมป์ แต่พอนำเอาขั้วอินพุตของ ออปแอมป์ทั้งสองไปต่อคร่อมกับตัวต้านทาน R_2 กระแสดังกล่าวนั้นก็ยังคงเดิม แสดงว่าอินพุตของออปแอมป์ไม่ได้ดึงกระแสเลย



รูปที่ 2.27 แสดงถึงค่าความต้านทานด้านข้างของออปแอมป์จะมีค่าสูงมากๆ จนกระทั่งไม่ดึงกระแสเลยในขณะที่มีการต่อใช้งาน

2.6.6) วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage Comparator)

ในการเปรียบเทียบค่าแรงดันโดยมากมักจะใช้ออปแอมป์มาเป็นตัวแสดงผล ด้วยวิธีการเปรียบเทียบแรงดันอินพุตที่ป้อนเข้ามา แล้วทำให้เกิดผลต่างแรงดันอินพุตทั้งสอง หลังจากนั้นก็จะได้แรงดันเอาต์พุตออกมา

ดังนั้น ถ้ามีมาตรฐานอ้างอิงของแรงดัน (Voltage Reference) หรือเขียนย่อเป็น V_{ref} ที่ป้อนเข้ามาที่อินพุตขั้วใดขั้วหนึ่ง และอีกขั้วหนึ่งเป็นแรงดันอินพุตที่ไม่ทราบค่า เพราะฉะนั้นแรงดันที่ปรากฏขึ้นที่ขั้วเอาต์พุตของออปแอมป์ก็จะเป็นตัวแสดงให้เห็นว่าแรงดันอินพุตที่ไม่ทราบค่า นั้นจะมีค่าน้อยหรือมากกว่าแรงดัน V_{ref}

วิธีที่ง่ายที่สุดสำหรับการป้อนค่าแรงดัน V_{ref} ก็คือการทำให้แรงดันค่านี้มีค่าเป็น 0 โวลต์ หรือด้วยการต่อลงกราวด์นั่นเอง ซึ่งเรียกว่า *ตัวตรวจจับข้ามศูนย์ (Zero Crossing Detector)* เพราะฉะนั้น แรงดันเอาต์พุตจะเปลี่ยนสถานะทุกครั้ง (จาก $+V_{sat}$ เป็น $-V_{ref}$ หรือ จาก $-V_{sat}$ เป็น $+V_{sat}$) เมื่อแรงดันอินพุตที่ไม่ทราบค่า ใด ๆ นั้นมีการเปลี่ยนแปลงผ่านระดับ 0 โวลต์

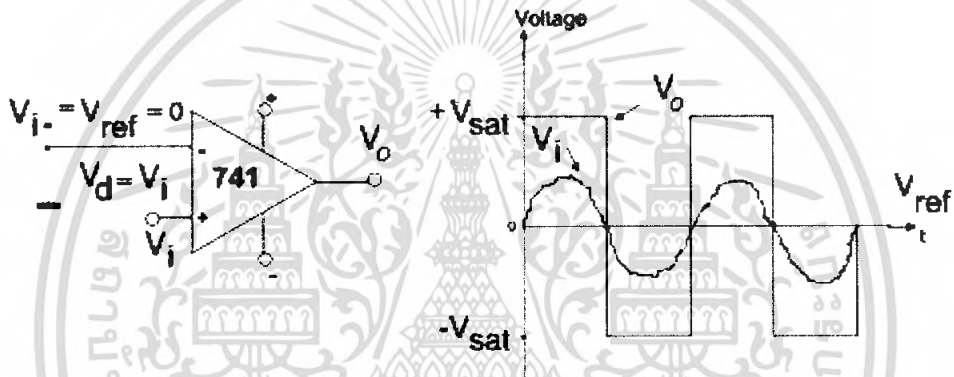
ความจริงแรงดัน V_{ref} ไม่จำเป็นจะต้องมีค่าเท่ากับ 0 โวลต์ เสมอไป ทั้งนี้อาจจะมีค่ามากหรือน้อยกว่าก็ได้ ดังนั้นแรงดันเอาต์พุตก็จะเปลี่ยนสถานะทุกครั้ง เมื่อแรงดันที่ไม่ทราบค่าใด ๆ นั้นมีการเปลี่ยนแปลงผ่านระดับแรงดันค่านี้

2.6.7) แรงดันข้ามศูนย์ (Zero Crossing)

จากรูปที่ 2.28 ได้แสดงวงจรเมื่อแรงดัน V_{ref} มีค่าเท่ากับ 0 โวลต์ ป้อนเข้าที่อินพุตลบ ดังนั้นแรงดันอินพุตลบ ก็จะเท่ากับ $V_{ref} = 0$ โวลต์ ส่วนสัญญาณที่อินพุตบวก (V_{i+}) จะมีค่าเท่ากับแรงดันเอกสแหล่งกำเนิดอินพุต V_i ที่ป้อนเข้ามาใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 V_d &= V_{i+} - V_{i-} \\
 &= V_i - 0 \\
 &= V_i
 \end{aligned}
 \tag{2.4}$$

จากการที่แรงดันอินพุต V_i เพิ่มมากขึ้นกว่าศูนย์ประมาณ 70 ไมโครโวลต์ ค่าผลต่างแรงดันอินพุต ทั้ง 2 ขั้ว (V_d) ก็จะมีค่าเป็นบวก และทำให้สถานะของแรงดันเอาต์พุตเปลี่ยนเป็น V_{sat} ในทำนองเดียวกัน ถ้าแรงดัน V_i ลดลงน้อยกว่าศูนย์ประมาณ 70 ไมโครโวลต์ ค่าผลต่างของแรงดันอินพุตทั้ง (V_d) จะเป็นค่าลบและทำให้แรงดันเอาต์พุตเปลี่ยนสถานะเป็น $-V_{sat}$ หรือถ้าสัญญาณอินพุตใด ๆ มีการเปลี่ยนแปลงคิ่กรูปร่าง 2.28 ด้วยค่ามากกว่าบวกหรือลบ 70 ไมโครโวลต์ จากศูนย์แล้ว เพราะฉะนั้นแรงดันเอาต์พุต ก็จะมีการเปลี่ยนสถานะจาก $+V_{sat}$ เป็น $-V_{sat}$ หรือจาก $-V_{sat}$ เป็น $+V_{sat}$ โดยระดับ หรือจุดที่จะทำให้แรงดันเอาต์พุตเปลี่ยนสถานะนั้นคือจุดที่แรงดันอินพุต V_i เคลื่อนที่ผ่าน 0 ด้วยค่า $+70$ ไมโครโวลต์ จึงเรียกแรงดันนี้ว่า แรงดันข้ามศูนย์ (Zero Crossing)



รูปที่ 2.28 วงจรตรวจจับข้ามศูนย์แบบไม่กลับสัญญาณ (Zero Crossing Detector) และ อินพุต กับ เอาท์พุตที่ได้

ข้อสังเกตจะเห็นว่าสภาพขั้ว (Polarity) ของสัญญาณอินพุตกับเอาต์พุตจะได้เหมือนกันและเรียกว่ วงจร ขยายนี้ว่า วงจรตรวจจับข้ามศูนย์แบบไม่กลับสัญญาณ (Noninverting Zero Crossing Detector)

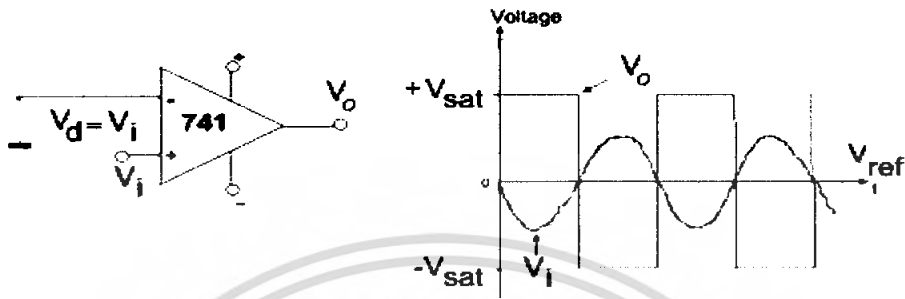
จากการทำงานของวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันที่เมื่อป้อนสัญญาณอินพุต (V_i) เพียงเล็กน้อยแล้วทำให้เอาต์พุตอิมิตด้วยค่า $+V_{sat}$ หรือ $-V_{sat}$ โดยได้สภาพขั้ว (Polarity) ของอินพุตกับเอาต์พุตเหมือนกัน ดังนั้นการนำไปใช้งานจึงมีความไวสูงมาก

ถ้าหากป้อนแรงดัน V_{ref} เข้าที่ขั้วอินพุตบวกด้วยค่าเป็น 0 โวลต์ (โดยการต่ออินพุตบวกลงกราวด์) และสัญญาณอินพุตลบ (V_{i-}) ต่อเข้าที่ขั้วอินพุตลบ เพราะฉะนั้นในขณะที่แรงดันของแหล่งกำเนิดอินพุตใดๆ เปลี่ยนแปลงมาทางบวก แรงดันเอาต์พุตก็จะอิมิตด้วยสภาพขั้วตรงกันข้าม ดังแสดงให้เห็นในสมการข้างล่างนี้

$$\begin{aligned}
 V_d &= V_{i+} - V_{i-} \\
 &= 0 - V_i
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ V_i เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

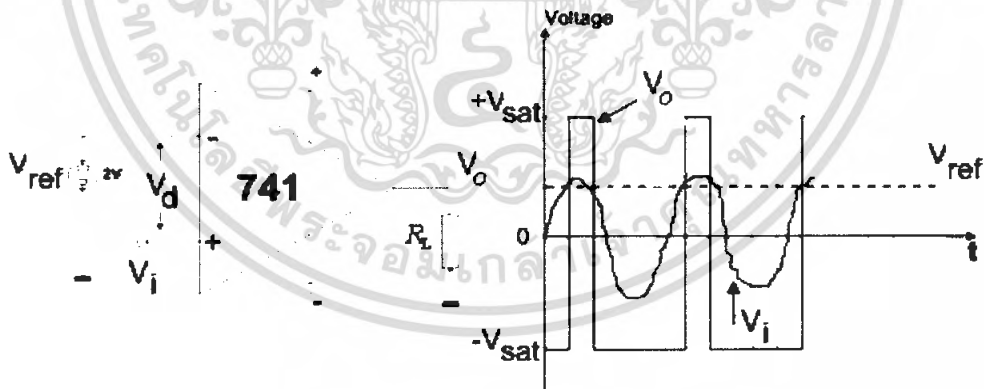
ในทำนองเดียวกันถ้าแรงดันแหล่งกำเนิดอินพุตใดๆ เปลี่ยนมาทางลบเพราะฉะนั้นแรงดัน V_d และทำให้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ $+V_{sat}$ วงจรการเปรียบเทียบแรงดันแบบนี้เรียกว่า วงจรตรวจข้ามศูนย์แบบกลับสัญญาณ (Inverting Zero Crossing Detector) ทั้งนี้เพราะสภาพขั้ว (Polarity) ของสัญญาณเอาต์พุตจะตรงกันข้ามกับอินพุต ดังวงจรแสดงตามรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 วงจรตรวจข้ามศูนย์แบบกลับสัญญาณ (Inverting Zero Crossing Detector)

2.6.8) วงจรตรวจข้ามที่ไม่ข้ามศูนย์ (Nonzero Crossing Detector)

ดังได้กล่าวมาแล้วในตอนแรกๆ ว่ามาตรฐานอ้างอิงของแรงดัน (Voltage Reference) หรือ V_{ref} ไม่จำเป็นจะต้องมีค่าที่ระดับ 0 โวลต์ เสมอไป ดังแสดงในรูปที่ 2.30 คือที่ขั้วอินพุตลบนั้นจะมีแรงดันเท่ากับ 2 โวลต์ป้อนอยู่ (สมมุติเป็นแรงดัน V_{ref} นั้นเอง) พร้อมกับขั้วอินพุตบวก ซึ่งมีแรงดัน V_i ดังนั้นแรงดันเอาต์พุต (V_o) จะเท่ากับ $+V_{sat}$ ได้ก็ต่อเมื่อค่าผลต่างของแรงดันอินพุตทั้ง 2 ขั้ว (V_d) ใดๆ เปลี่ยนแปลงมากกว่า 2 โวลต์



รูปที่ 2.30 แสดงวงจรตรวจข้ามที่ไม่ข้ามศูนย์พร้อมกับสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตที่ได้

$$V_d = V_{i+} - V_{i-} > 0$$

แทนค่า V_{i-} ซึ่งเป็นแรงดัน $V_{ref} = 2$ โวลต์ และ $V_{i+} = V_i$ เพราะฉะนั้น

$$V_d = V_i - 2 > 0$$

หรือ $V_d = V_i > 2$ โวลต์

ดังนั้น ถ้าหากแรงดันอินพุต (V_i) มากกว่า 2 โวลต์ แรงดันอินพุต V_d จะมีค่าเป็นบวกและได้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ $+V_{sat}$ หรือถ้าแรงดันอินพุต V_i น้อยกว่า 2 โวลต์ แรงดันอินพุต V_d ก็จะมีค่าเป็นลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อประโยชน์ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และได้แรงดันอินพุตเท่ากับ $-V_{sat}$ เพราะฉะนั้นตามรูปที่ 2.30 จังหวะของการเปลี่ยนสถานะแรงดันเอาต์พุต ก็ต่อเมื่อแรงดันอินพุต V_i มากกว่าหรือน้อยกว่า 2 โวลต์

จากผลของการป้อนแรงดัน V_{ref} ที่ไม่เท่ากับศูนย์โวลต์ เข้ากับวงจรเปรียบเทียบแรงดันนั้นสามารถสรุปผลได้ตามตารางที่ 2.8 ซึ่งเมื่อกำหนดให้แรงดัน V_{ref} มีค่าเป็นบวก ดังนั้นแรงดันเอาต์พุตที่ได้ก็จะเปลี่ยนสภาพขั้ว (Polarity) ทันทีเมื่อแรงดันอินพุต V_i มีค่ามากกว่าแรงดัน V_{ref} ค่าบวกและในทำนองเดียวกันเมื่อแรงดัน V_{ref} มีค่าเป็นลบแรงดันเอาต์พุตก็จะเปลี่ยนสภาพขั้วได้ในขณะที่แรงดันอินพุต V_i เป็นลบมากกว่าแรงดัน V_{ref} ค่าลบ 2 โวลต์เป็นต้น

ตารางที่ 2.8 แสดงตารางผลของเอาต์พุตที่ได้ ในขณะที่ V_{ref} ไม่เท่ากับศูนย์

POSITIVE VOLTAGE DETECTORS

	$V_i +$	$V_i -$	V_o
NON-INVERTING	$+V_{ref}$	$V_i > +V_{ref}$ $V_i < +V_{ref}$	$+V_{sat}$ $-V_{sat}$
INVERTING	$V_i > +V_{ref}$ $V_i < +V_{ref}$	$+V_{ref}$	$-V_{sat}$ $+V_{sat}$

NEGATIVE VOLTAGE DETECTORS

	$V_i +$	$V_i -$	V_o
NON-INVERTING	$-V_{ref}$	$V_i > -V_{ref}$ $V_i < -V_{ref}$	$+V_{sat}$ $-V_{sat}$
INVERTING	$V_i > -V_{ref}$ $V_i < -V_{ref}$	$-V_{ref}$	$-V_{sat}$ $+V_{sat}$

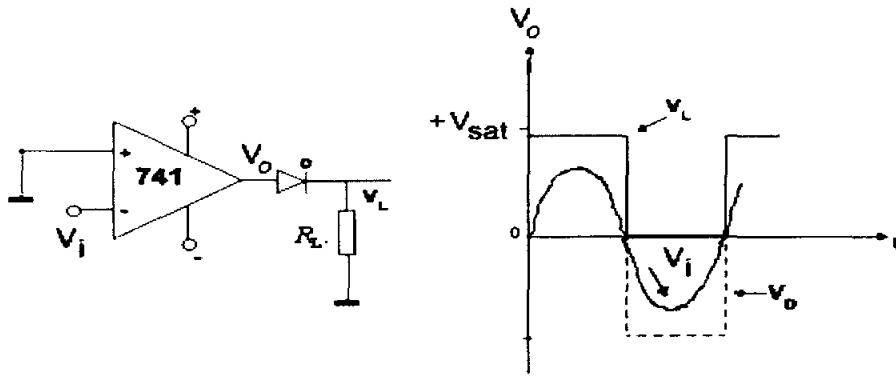
2.6.9) ข้อจำกัดแรงดันเอาต์พุต (Limit the Output Voltage)

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางชนิด เช่น LED หรือทรานซิสเตอร์ เมื่อนำมาใช้กับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage Comparator) อาจจะได้รับเสียหายได้เพราะในขณะที่วงจรนี้ขยายจนได้แรงดัน $V_o = \pm V_{sat}$ แรงดันค่านี้อาจจะกลายเป็นแรงดันไบแอสย้อนกลับ (Reverse Bias) ให้กับรอยต่อของ LED, รอยต่อระหว่างเบสกับอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์, รอยต่อระหว่างเกตกับแคโทดของ SCR และลจิกของคิวิตอล

ในการป้องกันแรงดันไบแอสย้อนกลับนี้สามารถกระทำได้โดยใช้ไดโอดต่อกันระหว่างขั้วเอาต์พุตกับอุปกรณ์ที่จะนำมาต่อ ดังแสดงในรูปที่ 2.31 สำหรับการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับแรงดัน $+V_{sat}$ หรือ $-V_{sat}$ ตามต้องการนั้น สามารถกระทำได้โดยการสลับขั้วไดโอด

โดยถ้าแรงดัน V_o มีค่าเป็นบวกมากกว่าแรงดันไบแอสไปหน้า (Forward Bias) ของไดโอด (ประมาณ 0.6 โวลต์) แล้วไดโอดก็จะนำกระแสและได้แรงดันตกคร่อมโหลด R_L ซึ่งได้แก่ V_L เท่ากับประมาณเท่ากับ $V_o = +V_{sat}$ หรืออีกกรณีหนึ่งถ้าแรงดัน V_o มีค่าเป็นลบไดโอดจะหยุดนำกระแสและได้แรงดัน V_L ประมาณ 0 โวลต์ โดยแรงดันทั้งหมดนั้นก็จะเป็นตกคร่อมที่ตัวไดโอดด้วยค่า $-V_{sat}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 แสดงการนำไดโอดไปต่อกันระหว่างขั้วเอาต์พุตกับโหลดเพื่อป้องกันการไบแอสย้อนกลับพร้อมอินพุตและเอาต์พุตที่ได้

สรุปแรงดัน V_L ที่ปรากฏออกมา จะมีค่าระหว่างประมาณ 0 กับ $-V_{sat}$ แทนที่ที่จะเป็น $+V_{sat}$ กับ $-V_{sat}$ และถ้าสลับขั้วไดโอดแรงดัน V_L ก็จะปรากฏด้วยค่าประมาณ 0 โวลต์ กับ $-V_{sat}$ แทนที่ที่จะเป็น $+V_{sat}$ กับ $-V_{sat}$ เป็นต้น



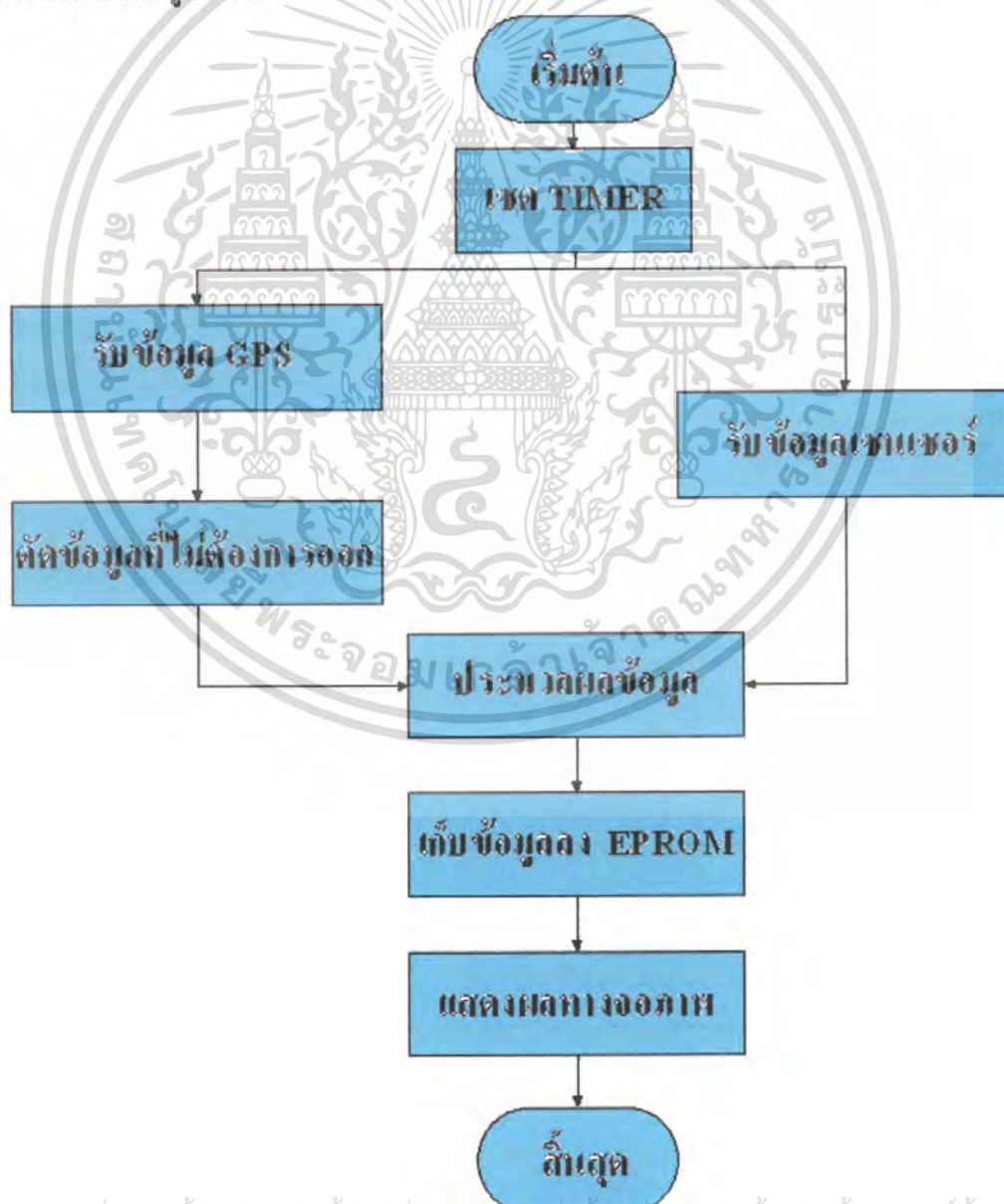
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

3.1 ภาพรวมของโครงการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดในการออกแบบและขั้นตอนการทำงานของชิ้นงาน โดยทำการออกแบบจะประดิษฐ์อุปกรณ์ขึ้นมาแล้วนำไปติดบนรถ จากนั้นอุปกรณ์ตัวนี้จะทำการรับค่าพิกัดต่างๆ จากโมดูลจีพีเอส แล้วนำข้อมูลที่ได้จากโมดูลจีพีเอสไปเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการตัดข้อมูลที่ไมต้องการออกและประมวลผล เนื่องจากข้อมูลที่ออกมาจากจีพีเอสจะมีค่อนข้างมาก ดังนั้นเมื่อทำการตัดข้อมูลที่ไมต้องการออกแล้วข้อมูลที่ไ้จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำอีทีแอสแควพรวมควบคู่กับข้อมูลที่ไ้จากเซนเซอร์ ซึ่งเซนเซอร์ที่จะไ้กล่าวถึงในบทนี้คือ วงจรเซนเซอร์เบรกและวงจรเซนเซอร์ตรวจจับแสงสว่าง (ไฟส่องสว่าง, ไฟเบรก, ไฟเลี้ยว) เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการประมวลผลและแสดงผลต่อไป แสดงผังการทำงานไ้ดังรูปที่ 3.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.1 บล็อกโคอะแกรมการทำงานของโครงการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนรับสัญญาณจากโมดูลจีพีเอส

3.2.1) ส่วนโมดูลจีพีเอส

จากโมดูลจีพีเอสที่เราเลือกใช้จะให้ข้อมูลออกมาหลายประโยค แต่เราเลือกใช้งานเพียงประโยค อาร์เอ็มซีเท่านั้น โดยในประโยคอาร์เอ็มซีจะมีข้อมูลที่เราต้องการครบถ้วนคือ เวลายูทีซี (UTC Time), ละติจูด, ลองจิจูด, ความเร็ว, มุมและวันที่ ซึ่งประโยคอาร์เอ็มซีมีรูปแบบดังนี้

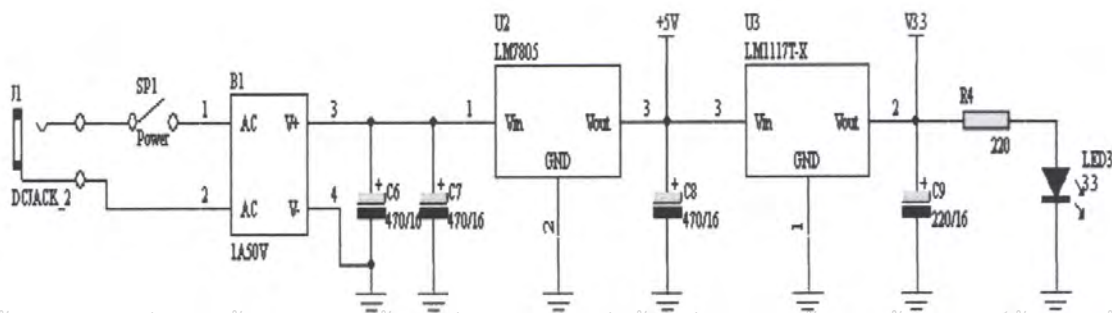
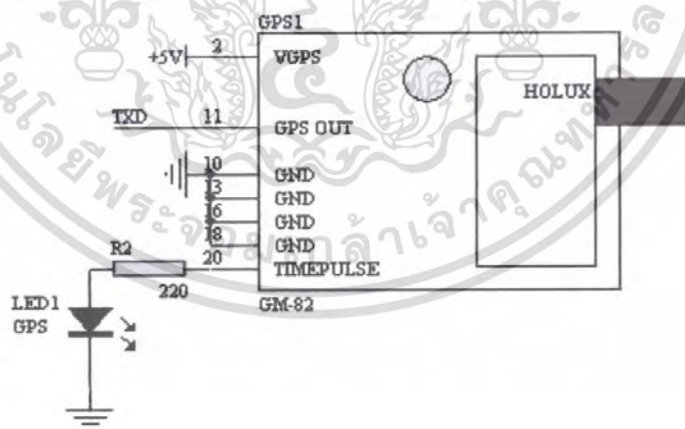
\$GPRMC,hhmmss.sss,a,ddmm.mmmm,n,ddmm.mmmm,e,sss.ss,ggg.gg,ddmmyy,.*K<CR> <LF>

3.2.2) วงจรการเชื่อมต่อ จีพีเอสโมดูล

โมดูลจีพีเอสที่เราใช้นั้นคือ จีพีเอสโมดูลดังรูปที่ 3.2 และแสดงวงจร Connect GPS Module ได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 จีพีเอสโมดูล Ublox

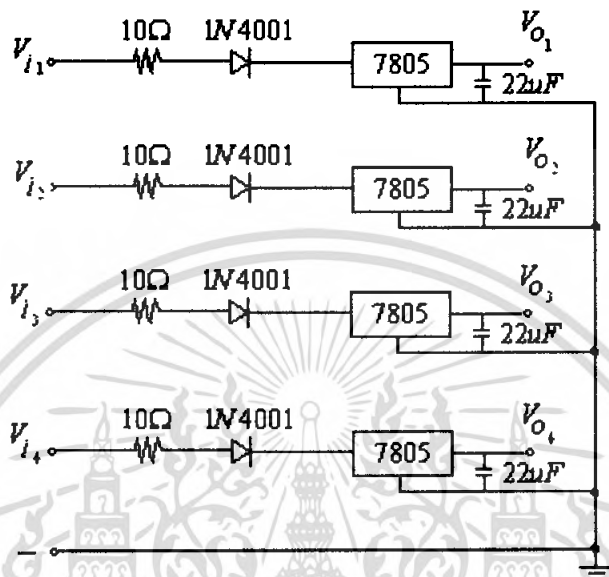


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.3 วงจรเชื่อมต่อโมดูลจีพีเอส
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนของวงจรเซนเซอร์

3.3.1) วงจรเซนเซอร์ตรวจจับแสงสว่าง (ไฟส่องสว่าง, ไฟเบรก, ไฟเลี้ยว)

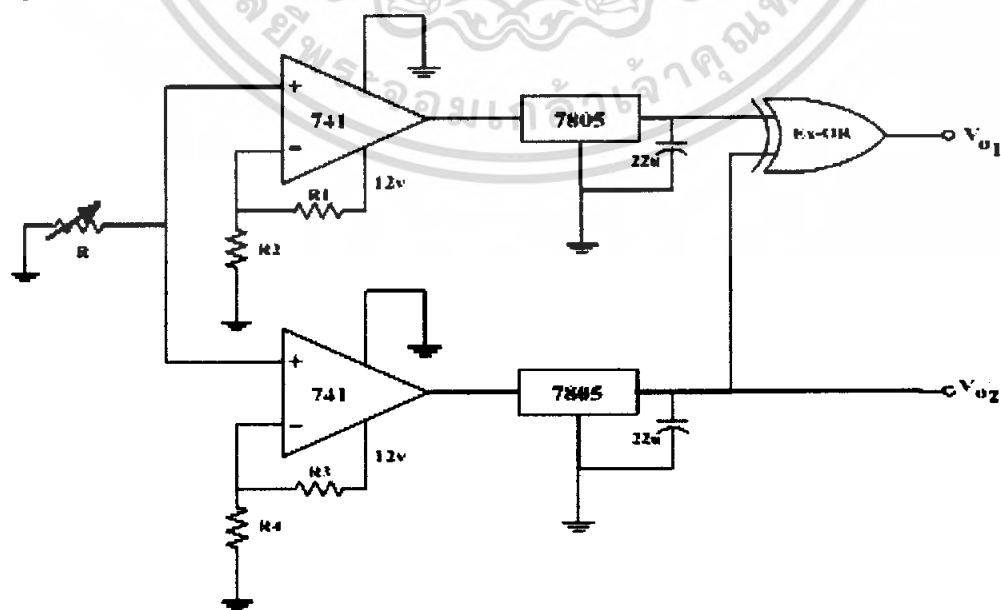
ในส่วนของเซนเซอร์ตรวจจับแสงสว่าง (ไฟส่องสว่าง, ไฟเบรก, ไฟเลี้ยว) จะใช้หลักง่ายๆ โดยใช้ วงจรเรกกูเลเตอร์ (Regulator) รับสัญญาณไฟฟ้าจากระบบไฟของรถยนต์แล้วป้อนเอาต์พุต +5 V ให้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำไปประมวลผลและแสดงวงจรเซนเซอร์ไฟส่องสว่างดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรเซนเซอร์ตรวจจับตรวจจับแสงสว่าง (ไฟส่องสว่าง, ไฟเบรก, ไฟเลี้ยว)

3.3.2) วงจรเซนเซอร์เบรก

วงจรเซนเซอร์เบรกใช้หลักการของวงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยใช้โอปแอมป์ 2 ตัว ต่อกับวงจรแบ่งแรงดันซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วงคือ ไม่เบรก เบรกแบบชลอและเบรกแบบหยุด โดยมีการต่อวงจรเอ็กซ์คูซิฟ-ออร์เพื่อกำหนดการทำงานของวงจรด้วย วงจรเซนเซอร์เบรกแสดงไว้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรเซนเซอร์ตรวจจับเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับก... ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.5 เราสามารถคำนวณแรงดันระหว่างขาบวกและขาลบของออปแอมป์ (V_d) ได้จากสมการ

$$V_d = V_{(+)} - V_{(-)} \tag{3.1}$$

โดยจะให้

$$V_i = V_{(+)}$$

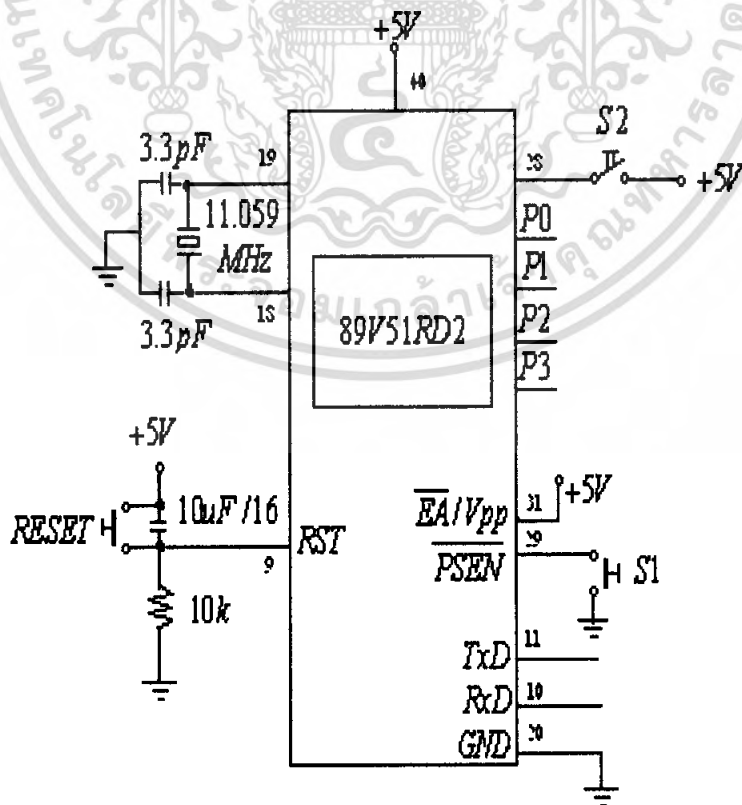
$$V_{ref} = V_{(-)}$$

ซึ่งถ้า

- $V_i < V_{ref}$ จะทำให้ V_d เป็นลบ ออปแอมป์ จะจ่ายไฟเลี้ยงที่ขาลบ ($-V_{sat}$) ที่เอาต์พุต
- $V_i = V_{ref}$ จะทำให้ V_d เป็นศูนย์ ออปแอมป์ จะไม่ทำงาน
- $V_i > V_{ref}$ จะทำให้ V_d เป็นบวก ออปแอมป์ จะจ่ายไฟเลี้ยงที่ขาบวก ($+V_{sat}$) ที่เอาต์พุต

3.4 วงจรที่ใช้ในการรับสัญญาณจากโมดูลจีทีเอสและวงจรเซนเซอร์

เราใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (P89V51RD2) ในการประมวลผลเกี่ยวกับข้อมูลคือจะรับข้อมูลพิกัด จีทีเอสเข้ามาทางขาที่ 10 พอร์ต P3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นทำการตัดข้อมูลที่ไม่ต้องการออกเลือกเอาเฉพาะข้อมูลที่ต้องการและในส่วนของวงจรเซนเซอร์เราจะรับข้อมูลเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้พอร์ตหนึ่งเป็นขารับข้อมูล หลังจากนั้นเราจะทำการประมวลผลข้อมูลทั้งหมดแล้วจะนำข้อมูลที่ประมวลผลแล้วไปเก็บในฮิสแควพรมต่อไป แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่สามารถนำออกเผยแพร่ได้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโมดูลจีทีเอสในรูปที่ 3.2 มีความเร็ว 9600 baud เราสามารถคำนวณหาอัตราเร็ว (Baud rate) ในการรับส่งข้อมูลที่จะใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้จากสมการ

$$baudrate = 256 - \frac{2^{SMOD} * f_{OSC}}{32 * 12 * [256 - TH_1]} \quad (3.2)$$

ซึ่งถ้าใช้ความเร็ว 9600 baud ค่า TH_1 ที่ใช้กำหนดความเร็วในโปรแกรมจะเป็น

$$TH_1 = 256 - \frac{2^{SMOD} * f_{OSC}}{32 * 12 * baudrate} \quad (3.3)$$

$$TH_1 = 256 - \frac{2^0 * 11.0592 * 10^6}{32 * 12 * 9600}$$

$$TH_1 = 256 - 3$$

$$TH_1 = 253$$

หรือ $TH_1 = FDH$ (ในเลขฐาน 16)

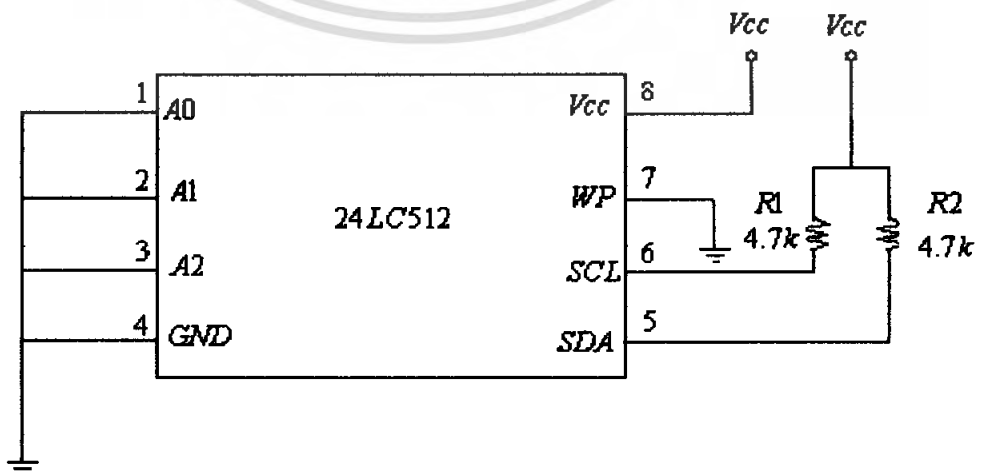
3.5 วงจรการรับส่งสัญญาณของหน่วยความจำอีทีแควพรวม

หน่วยความจำที่เลือกมาใช้คือ 24LC512 เป็นไอซีอีทีแควพรวมแบบอนุกรม โดยใช้บัสไอทีแควซี ซึ่งสามารถต่อในบัสเดียวกันได้หลายตัวขึ้นอยู่กับเบอร์ไอซีที่ใช้ แต่ไอซีตัวนี้สามารถรองรับได้ถึง 8 ตัวในบัสเดียวกัน ซึ่งแต่ละตัวมีความจุ 64 กิโลไบต์ ทำให้หน่วยความจำมีความจุสูงสุดมากถึง 512 กิโลไบต์

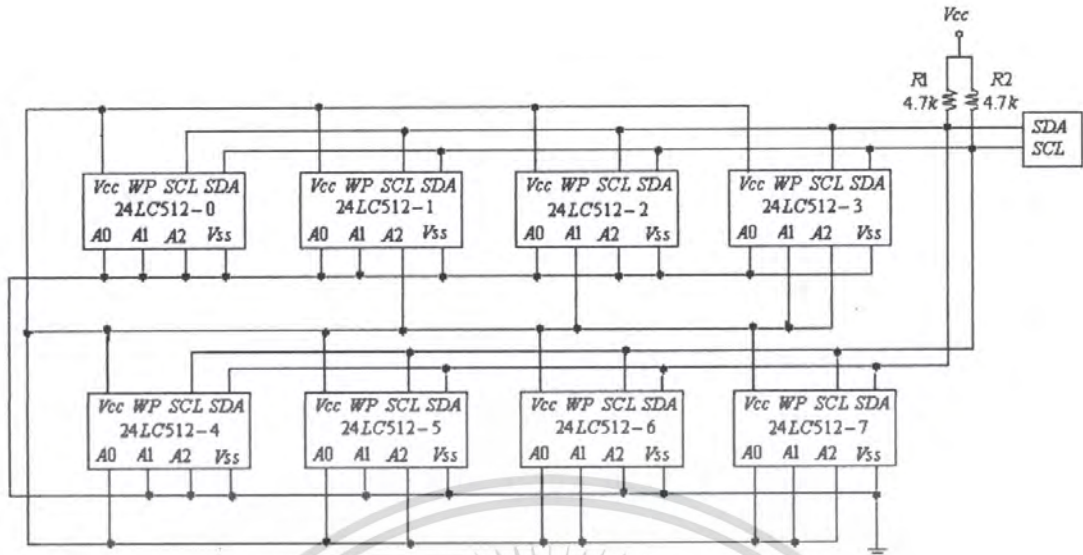
(4 เมกกะไบต์) โดยมีขาที่ใช้ดังนี้คือ

- เอสดีเอเป็นขาที่ใช้รับ-ส่งข้อมูล
- เอสซีแอลเป็นขาที่ควบคุมการรับส่งข้อมูล ซึ่งควบคุมโดยตัวเม่เท่านั้น
- A0, A1, A2 เป็นขาที่ใช้กำหนดแอสแตรสของไอซี

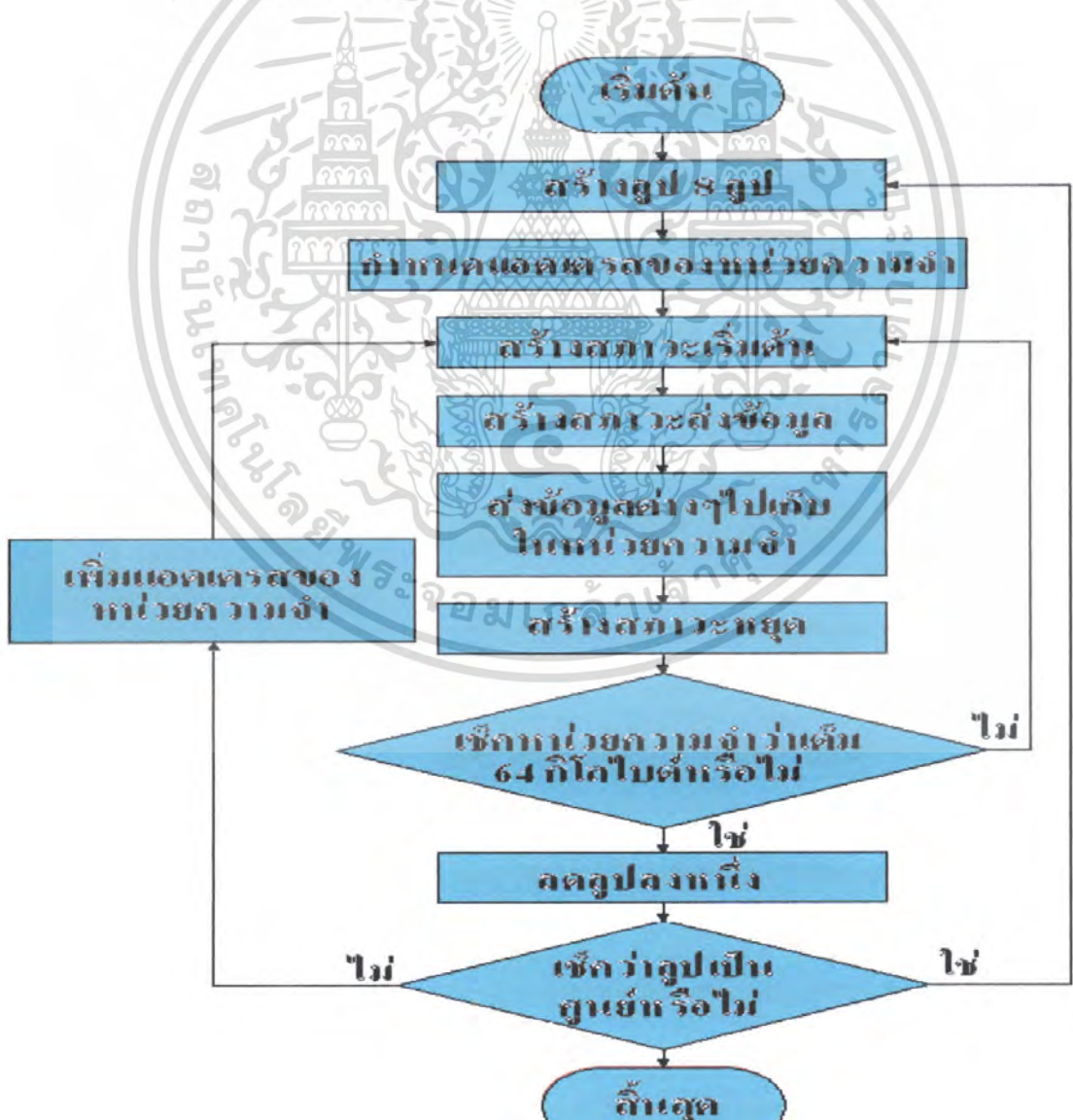
โดยที่ขาเอสดีเอ และเอสซีแอลจะต้องต่อกับตัวต้านทานพูลอัพไว้ด้วย เพื่อให้สถานะของบัสในขณะที่ไม่ถูกใช้งานจะมีสถานะเป็นบัสว่างหรือ “1” ทั้งหมด โดยจะมีลักษณะของวงจรดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรู๊ปที่ 3.7 วงจรหน่วยความจำอีทีแควพรวม หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วงจรหน่วยความจำอีซีสแควพรวมแบบต่อใช้งานร่วมกันหลายตัว

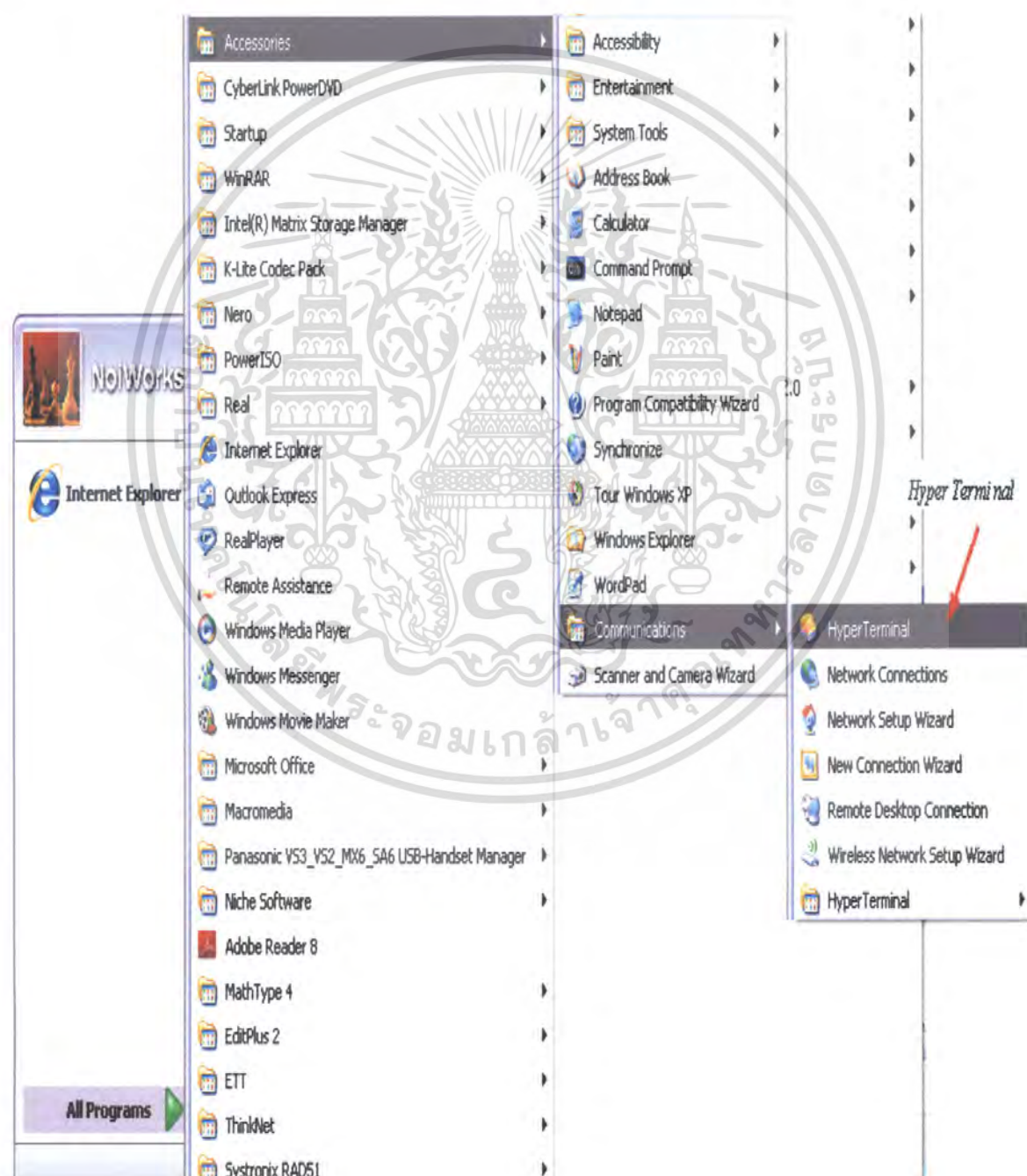


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.9 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน โปรแกรมเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การทดสอบสัญญาณจากโมดูลจีทีเอส และการอ่านค่าจากหน่วยความจำฮีสแควพอม

ในการทดสอบว่าเครื่องรับสัญญาณจีทีเอส (จีทีเอสโมดูล) นั้นสามารถที่จะรับสัญญาณจีทีเอสจากดาวเทียมได้หรือไม่นั้น จะกระทำได้โดยนำจีทีเอสโมดูลมาต่อเข้ากับวงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบRS – 232 ซึ่งจะใช้ตัวไอซี MAX – 232 จากนั้นไปต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์โดยดูจากโปรแกรมเทอร์มินอลซึ่งมีขั้นตอนในการกำหนดค่าในไฮเปอร์เทอร์มินอลดังนี้

3.6.1) เปิดโปรแกรม ไฮเปอร์เทอร์มินอล โดยเข้าไปที่ PROGRAM แล้วไปที่ Accessories จากนั้นไปที่Communication แล้วไปยัง ไฮเปอร์เทอร์มินอล ดังรูปที่ 3.10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.10 วิธีการเปิดใช้โปรแกรม Hyper Terminal
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2) จากนั้นจะปรากฏหน้าจอ New Connection ให้ใส่ชื่อ Connection ของเราเช่น GPS แล้วคลิกปุ่ม OK



รูปที่ 3.11 หน้าต่างของ new connection

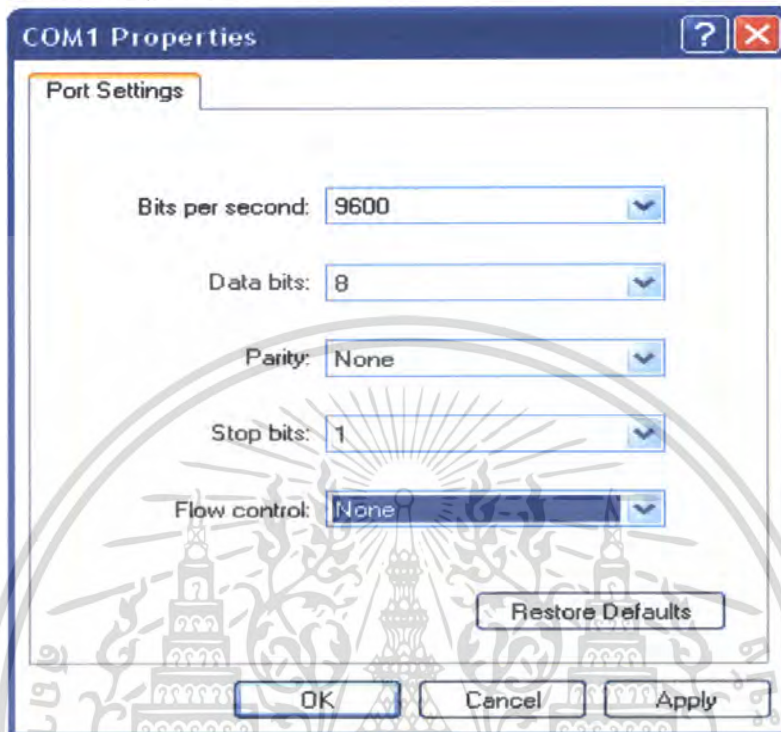
3.6.3) จากนั้นจะปรากฏหน้าจอ Connect To ให้เลือกพอร์ตคอมที่ต้องการติดต่อเช่นกรณีนี้จะใช้คอมพอร์ต 1 แล้วคลิกปุ่ม OK



รูปที่ 3.12 หน้าต่างของ Connection To

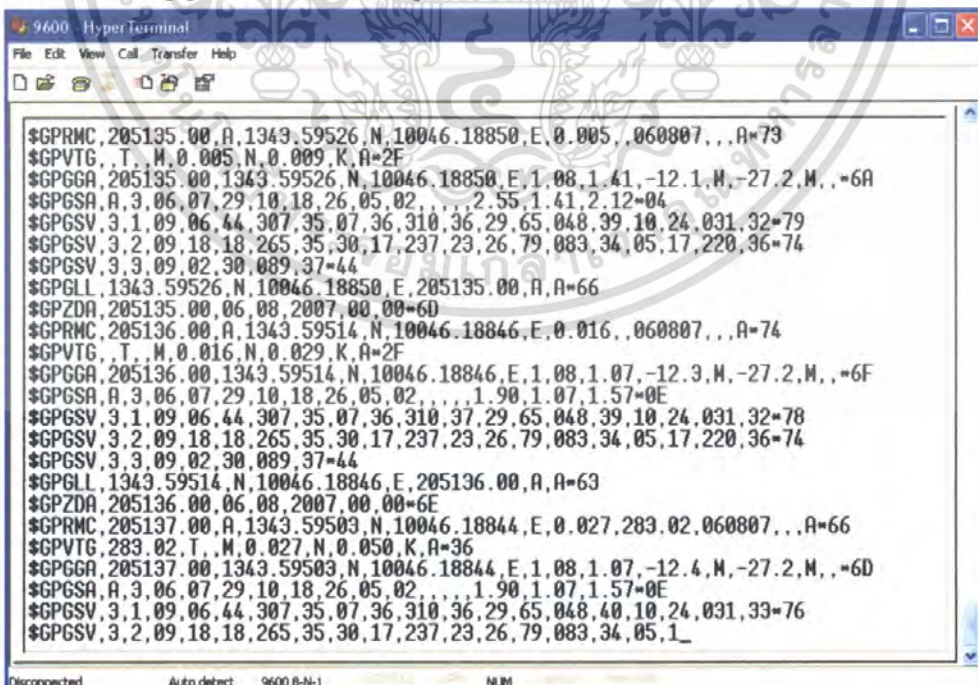
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ผู้ใช้ไปแก้ไขประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4) จากนั้นจะปรากฏหน้าจอ COM1 Properties ซึ่งจะเป็นการกำหนดคุณสมบัติในการติดต่อ ซึ่งให้เลือก Bit per second เป็น 9600 Data bit เป็น 8 Parity เป็น None Stop bits เป็น '1' เป็น Flow Control เป็น None แล้วกดปุ่ม OK



รูปที่ 3.13 หน้าต่าง Port Properties

3.6.5) จะได้สัญญาณจีพีเอสออกมาดังรูป



รูปที่ 3.14 สัญญาณจีพีเอสที่ได้โดยคุณจากโปรแกรม Hyper Terminal

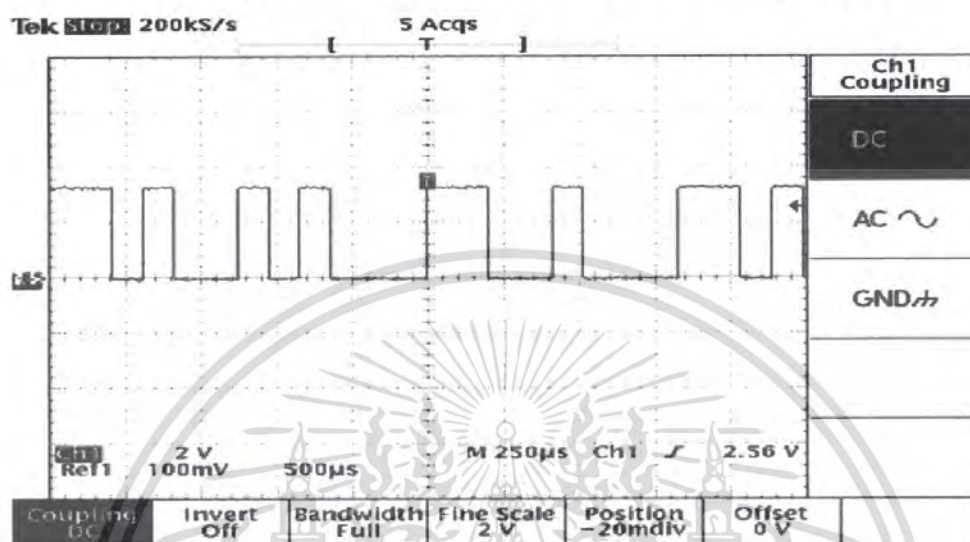
ส่วนการทดสอบการอ่านค่าจากหน่วยความจำอีสแควพรมนั้นก็จะทดสอบได้ โดยใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอมินอลคล้ายกับการทดสอบสัญญาณจากโมดูลจีพีเอส เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานที่ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วัดและแสดงผลค่าที่เครื่องรับจีทีเอสส่งออกมา

4.1.1) ผลการต่อโมดูลจีทีเอสผ่านไอซี MAX-232 เพื่อเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม RS-232



รูปที่ 4.1 แสดงผลการวัดสัญญาณจาก โมดูลจีทีเอสที่รับได้จากควเทียม

จากรูปที่ 4.1 จะเป็นสัญญาณที่ได้รับจากควเทียม ซึ่งสัญญาณที่โมดูลจีทีเอสรับจะเป็นสัญญาณ TTL เนื่องจากโมดูลจีทีเอสจะไม่สามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงจึงต้องต่อโมดูลจีทีเอสผ่านไอซี MAX-232 โดยเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรม RS-232 เพื่อจะให้ผลของการรับข้อมูลจากควเทียมแสดงทาง Hyper Terminal โดยจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.2

```

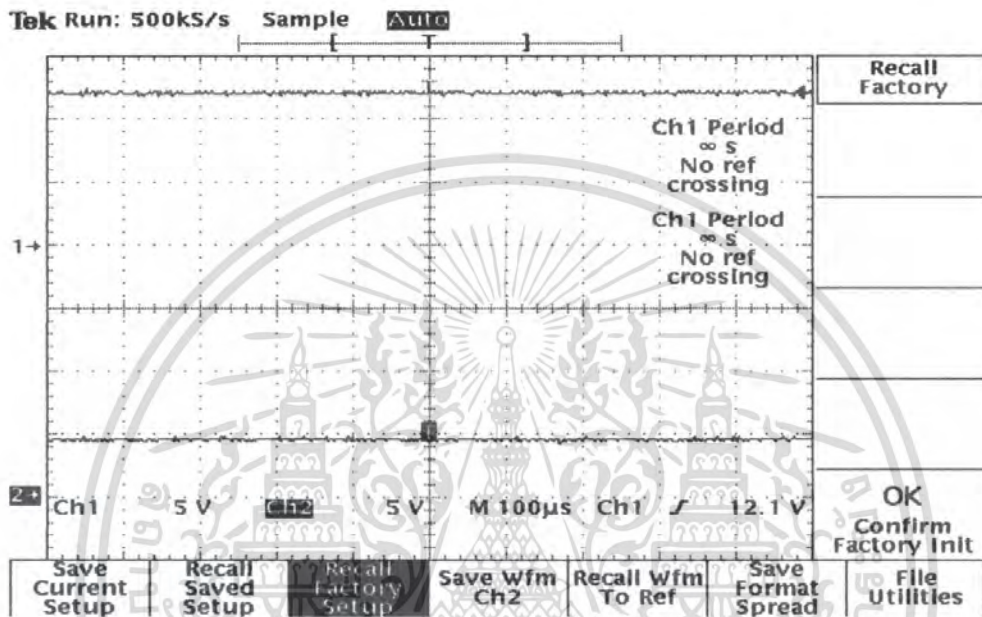
9600 HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help
[Icons]
$GPRMC,205135.00,A,1343.59526,N,10046.18850,E,0.005,060807,0.0,A-73
$GPVTG,1.1,M,0.005,N,0.009,K,A=2F
$GPGGA,205135.00,1343.59526,N,10046.18850,E,1.08,1.41,-12.1,M,-27.2,M,0.0,0.0,0.0
$GPGSA,A,3,06,07,29,10,18,26,05,02,0.0,1.90,1.07,1.57,0.0
$GPGSV,3,1,09,06,44,307,35,07,36,310,36,29,65,048,39,18,24,031,32-79
$GPGSV,3,2,09,18,18,265,35,30,17,237,23,26,79,083,34,05,17,220,36-74
$GPGSV,3,3,09,02,30,089,37-44
$GPGCLL,1343.59526,N,10046.18850,E,205135.00,A,A-66
$GPZDA,205135.00,06,08,2007,00,00=60
$GPRMC,205136.00,A,1343.59514,N,10046.18846,E,0.016,060807,0.0,A-74
$GPVTG,1.1,M,0.016,N,0.029,K,A=2F
$GPGGA,205136.00,1343.59514,N,10046.18846,E,1.08,1.07,-12.3,M,-27.2,M,0.0,0.0,0.0
$GPGSA,A,3,06,07,29,10,18,26,05,02,0.0,1.90,1.07,1.57,0.0
$GPGSV,3,1,09,06,44,307,35,07,36,310,37,29,65,048,39,18,24,031,32-78
$GPGSV,3,2,09,18,18,265,35,30,17,237,23,26,79,083,34,05,17,220,36-74
$GPGSV,3,3,09,02,30,089,37-44
$GPGCLL,1343.59514,N,10046.18846,E,205136.00,A,A-63
$GPZDA,205136.00,06,08,2007,00,00=6E
$GPRMC,205137.00,A,1343.59503,N,10046.18844,E,0.027,283.02,060807,0.0,A-66
$GPVTG,283.02,T,1.1,M,0.027,N,0.050,K,A=36
$GPGGA,205137.00,1343.59503,N,10046.18844,E,1.08,1.07,-12.4,M,-27.2,M,0.0,0.0,0.0
$GPGSA,A,3,06,07,29,10,18,26,05,02,0.0,1.90,1.07,1.57,0.0
$GPGSV,3,1,09,06,44,307,35,07,36,310,36,29,65,048,40,18,24,031,33-76
$GPGSV,3,2,09,18,18,265,35,30,17,237,23,26,79,083,34,05,17,220,36-74

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.2 แสดงค่าการรับข้อมูลของ โมดูลจีทีเอสจากควเทียม
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

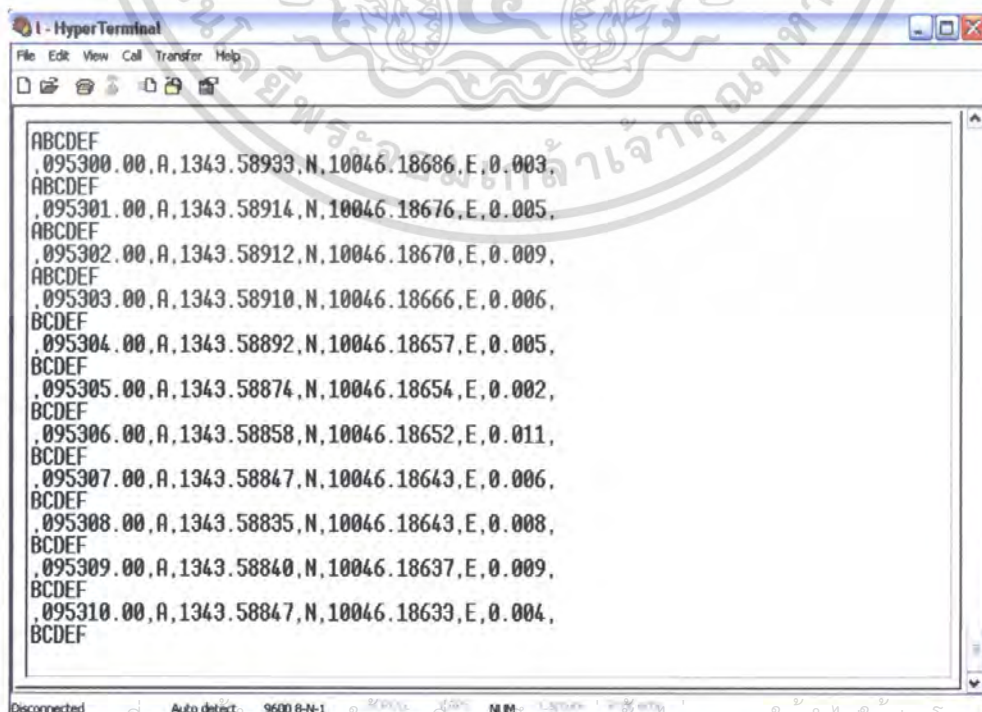
4.2 วัดและแสดงผลของเซนเซอร์ตรวจจับแสงสว่าง

จากวงจรปรับแต่งแรงดันเราสามารถนำมาใช้ในการออกแบบเซนเซอร์ตรวจจับแสงสว่างโดยหลักการป้อนแรงดันอินพุต 12 โวลต์ แล้วทำการปรับแรงดันเอาต์พุตเป็น 5 โวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 เพื่อให้เหมาะสมกับแรงดันที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับได้ในการนำเอาไปประมวลผลตามโปรแกรมควบคุมต่อไป



รูปที่ 4.5 แสดงผลการเปรียบเทียบของ V_i และ V_o ของเซนเซอร์ตรวจจับแสงสว่าง

4.3 แสดงผลของโปรแกรมการรวมข้อมูลที่รับจากจีพีเอสกับเซนเซอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาดูงาน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.6 แสดงข้อมูลเวลา ระยะทาง ระยะจุด ความเร็วและข้อมูลจากเซนเซอร์ขณะที่มีการใช้ไฟหน้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ABCDEF
,095541.00,A,1343.59115,N,10046.18834,E,0.008,
ABCDEF
,095542.00,A,1343.59122,N,10046.18837,E,0.007,
ABCDEF
,095543.00,A,1343.59130,N,10046.18836,E,0.005,
ABCDEF
,095544.00,A,1343.59133,N,10046.18833,E,0.005,
ABCDEF
,095545.00,A,1343.59136,N,10046.18832,E,0.005,
ACDEF
,095546.00,A,1343.59135,N,10046.18832,E,0.003,
ACDEF
,095547.00,A,1343.59136,N,10046.18829,E,0.001,
ACDEF
,095548.00,A,1343.59136,N,10046.18826,E,0.001,
ACDEF
,095549.00,A,1343.59137,N,10046.18824,E,0.002,
ACDEF
,095550.00,A,1343.59136,N,10046.18821,E,0.003,
ACDEF
,095551.00,A,1343.59135,N,10046.18821,E,0.003,
ACDEF

```

รูปที่ 4.7 แสดงข้อมูลเวลา ละติจูด ลองจิจูด ความเร็วและข้อมูลจากเซนเซอร์ขณะที่มีการใช้ไฟเลียว(ซ้าย)

```

ABCDEF
,095728.00,A,1343.59172,N,10046.18758,E,0.004,
ABCDEF
,095729.00,A,1343.59171,N,10046.18757,E,0.006,
ABCDEF
,095730.00,A,1343.59170,N,10046.18757,E,0.007,
ABCDEF
,095731.00,A,1343.59170,N,10046.18757,E,0.001,
ABCDEF
,095732.00,A,1343.59169,N,10046.18758,E,0.004,
ABDEF
,095733.00,A,1343.59168,N,10046.18758,E,0.008,
ABDEF
,095734.00,A,1343.59167,N,10046.18759,E,0.001,
ABDEF
,095735.00,A,1343.59166,N,10046.18759,E,0.004,
ABDEF
,095736.00,A,1343.59166,N,10046.18760,E,0.004,
ABDEF
,095737.00,A,1343.59164,N,10046.18760,E,0.005,
ABDEF
,095738.00,A,1343.59163,N,10046.18761,E,0.006,
ABDEF

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.8 แสดงข้อมูลเวลา ละติจูด ลองจิจูด ความเร็วและข้อมูลจากเซนเซอร์ขณะที่มีการใช้ไฟเลียว(ขวา)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

I - HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help
[Icons]
ABCDEF
,095850.00,A,1343.59093,N,10046.18839,E,0.003,
ABCDEF
,095851.00,A,1343.59090,N,10046.18839,E,0.006,
ABCDEF
,095852.00,A,1343.59089,N,10046.18840,E,0.001,
ABCDEF
,095853.00,A,1343.59088,N,10046.18841,E,0.000,
ABCDEF
,095854.00,A,1343.59086,N,10046.18840,E,0.002,
ABCDEF
,095855.00,A,1343.59083,N,10046.18838,E,0.005,
ABCEF
,095856.00,A,1343.59084,N,10046.18836,E,0.006,
ABCEF
,095857.00,A,1343.59083,N,10046.18835,E,0.004,
ABCEF
,095858.00,A,1343.59084,N,10046.18835,E,0.003,
ABCEF
,095859.00,A,1343.59083,N,10046.18834,E,0.004,
ABCEF
,095900.00,A,1343.59082,N,10046.18835,E,0.004,
ABCEF
Disconnected Auto detect 9600 8-N-1 STRALL CAPS NUM CapsLock RmKeybd

```

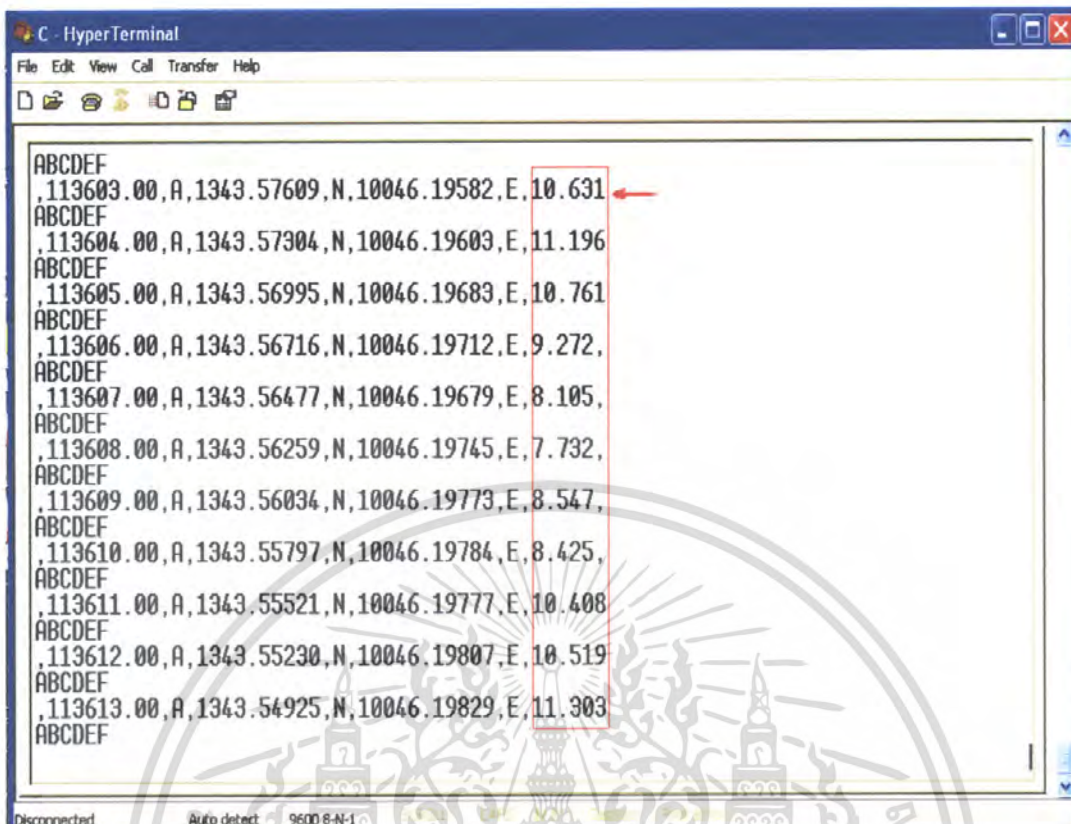
รูปที่ 4.9 แสดงข้อมูลเวลา ละติจูด ลองจิจูด ความเร็วและข้อมูลจากเซนเซอร์ขณะที่มีการใช้เบรก

```

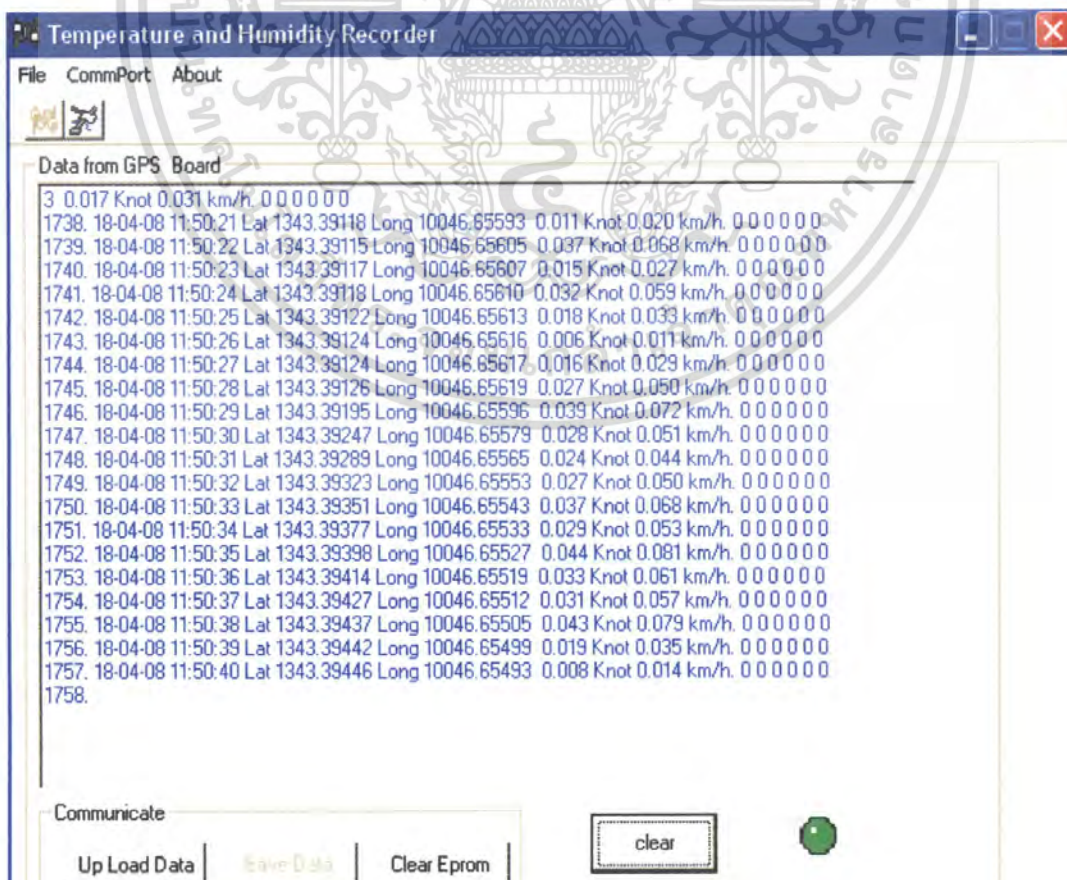
I - HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help
[Icons]
ABCDEF
,100135.00,A,1343.59147,N,10046.18768,E,0.002,
ABCDEF
,100136.00,A,1343.59147,N,10046.18764,E,0.003,
ABCDEF
,100137.00,A,1343.59148,N,10046.18761,E,0.005,
ABCDEF
,100138.00,A,1343.59148,N,10046.18755,E,0.014,
ABCDEF
,100139.00,A,1343.59151,N,10046.18751,E,0.007,
ABCDEF
,100140.00,A,1343.59155,N,10046.18748,E,0.002,
ABCDEF
,100141.00,A,1343.59157,N,10046.18744,E,0.001,
ABCDEF
,100142.00,A,1343.59158,N,10046.18740,E,0.005,
ABCDEF
,100143.00,A,1343.59159,N,10046.18737,E,0.002,
ABCDEF
,100144.00,A,1343.59158,N,10046.18735,E,0.001,
ABCDEF
,100145.00,A,1343.59158,N,10046.18730,E,0.008,
ABCDEF
Disconnected Auto detect 9600 8-N-1 STRALL CAPS NUM CapsLock RmKeybd

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากการค้า
รูปที่ 4.10 แสดงข้อมูลเวลา ละติจูด ลองจิจูด ความเร็วและข้อมูลจากเซนเซอร์ขณะที่ไม่มีการใช้งาน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลความเร็ว



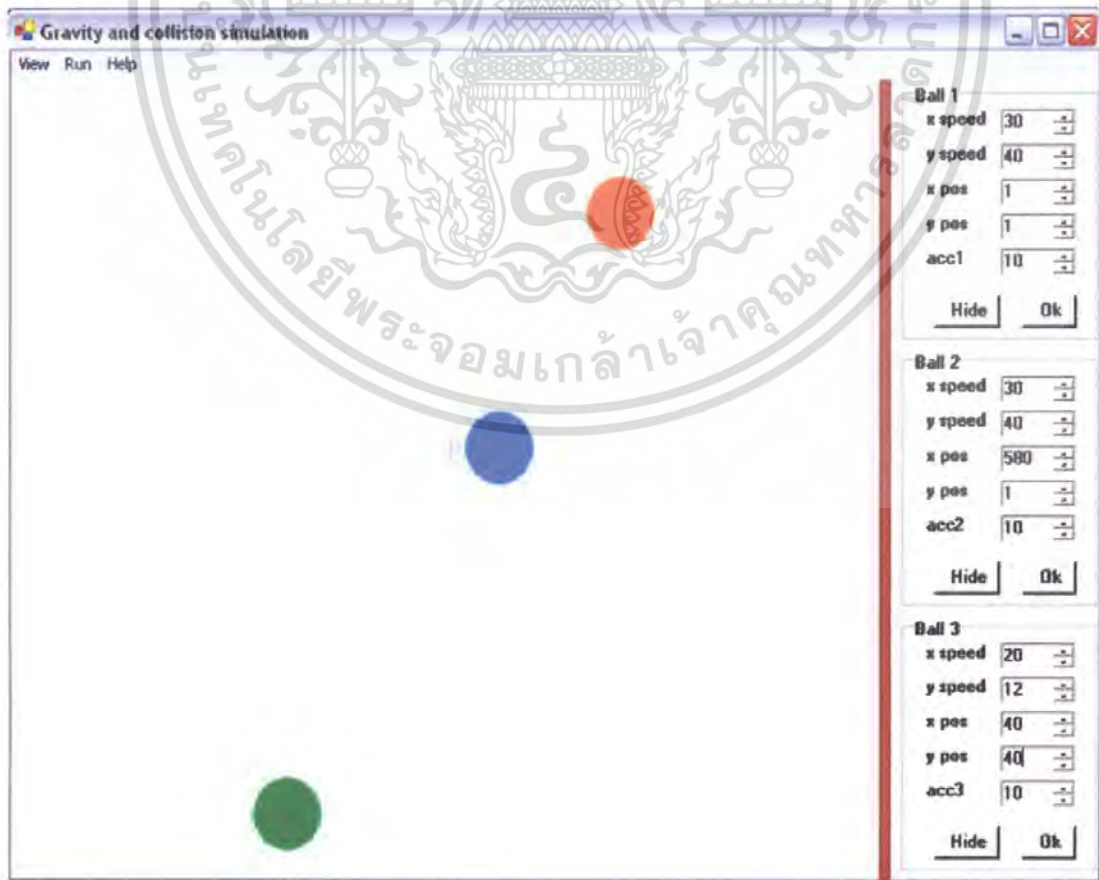
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4.12 แสดงข้อมูลที่นำไปเก็บในฮาร์ดดิสก์
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GPS_21-12-05_151146 - Notepad

File Edit Format View Help

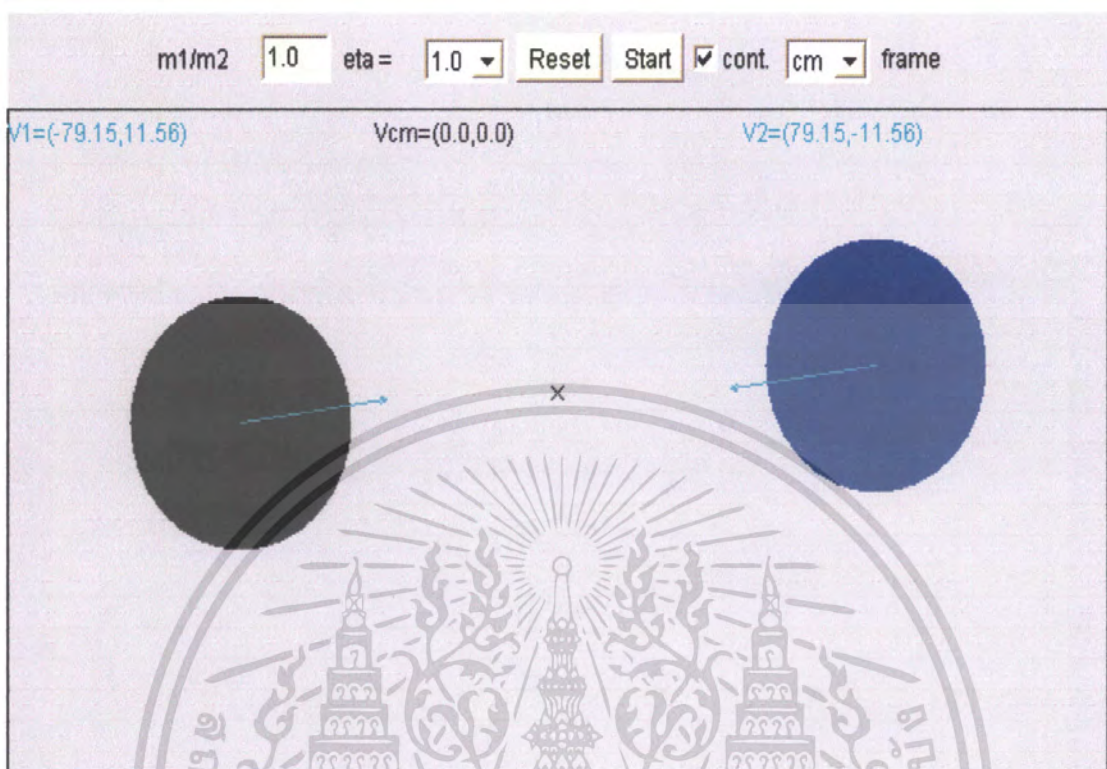
2073.	18-04-2008	11:59:05	1343.39140	10046.65436	0.018	0	0	0	0	0	0
2074.	18-04-2008	11:59:06	1343.39143	10046.65442	0.011	0	0	0	0	0	0
2075.	18-04-2008	11:59:07	1343.39147	10046.65449	0.016	0	0	0	0	0	0
2076.	18-04-2008	11:59:08	1343.39151	10046.65455	0.003	0	0	0	0	0	0
2077.	18-04-2008	11:59:09	1343.39155	10046.65460	0.001	0	0	0	0	0	0
2078.	18-04-2008	11:59:10	1343.39157	10046.65464	0.009	0	0	0	0	0	0
2079.	18-04-2008	11:59:11	1343.39157	10046.65462	0.138	0	0	0	0	0	0
2080.	18-04-2008	11:59:12	1343.39159	10046.65463	0.050	0	0	0	0	0	0
2081.	18-04-2008	11:59:13	1343.39160	10046.65464	0.031	0	0	0	0	0	0
2082.	18-04-2008	11:59:14	1343.39161	10046.65466	0.022	0	0	0	0	0	0
2083.	18-04-2008	11:59:15	1343.39163	10046.65467	0.012	0	0	0	0	0	0
2084.	18-04-2008	11:59:16	1343.39164	10046.65468	0.003	0	0	0	0	0	0
2085.	18-04-2008	11:59:17	1343.39166	10046.65469	0.022	0	0	0	0	0	0
2086.	18-04-2008	11:59:18	1343.39167	10046.65469	0.005	0	0	0	0	0	0
2087.	18-04-2008	11:59:19	1343.39169	10046.65470	0.011	0	0	0	0	0	0
2088.	18-04-2008	11:59:20	1343.39171	10046.65470	0.003	0	0	0	0	0	0
2089.	18-04-2008	11:59:21	1343.39172	10046.65469	0.005	0	0	0	0	0	0
2090.	18-04-2008	11:59:22	1343.39174	10046.65468	0.011	0	0	0	0	0	0
2091.	18-04-2008	11:59:23	1343.39176	10046.65467	0.027	0	0	0	0	0	0
2092.	18-04-2008	11:59:24	1343.39177	10046.65466	0.007	0	0	0	0	0	0
2093.	18-04-2008	11:59:25	1343.39177	10046.65466	0.003	0	0	0	0	0	0
2094.	18-04-2008	11:59:26	1343.39177	10046.65466	0.018	0	0	0	0	0	0
2095.	18-04-2008	11:59:27	1343.39176	10046.65464	0.009	0	0	0	0	0	0
2096.	18-04-2008	11:59:28	1343.39175	10046.65464	0.011	0	0	0	0	0	0
2097.	18-04-2008	11:59:29	1343.39175	10046.65463	0.044	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 4.13 แสดงข้อมูลที่ไหลออกมาจากอ็อสแควพร้อม



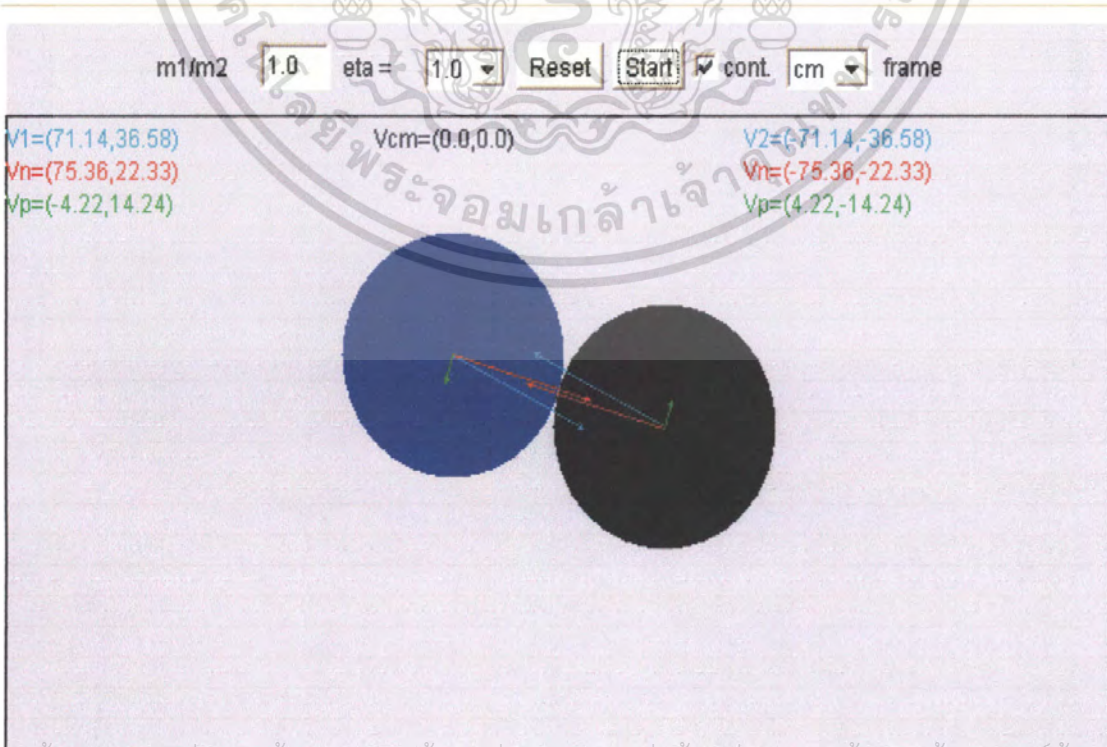
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานที่ออกหรือศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.14 แสดงโปรแกรมจำลองเหตุการณ์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2D Collision



รูปที่ 4.15 แสดงทิศทางก่อนการเข้าชนกัน

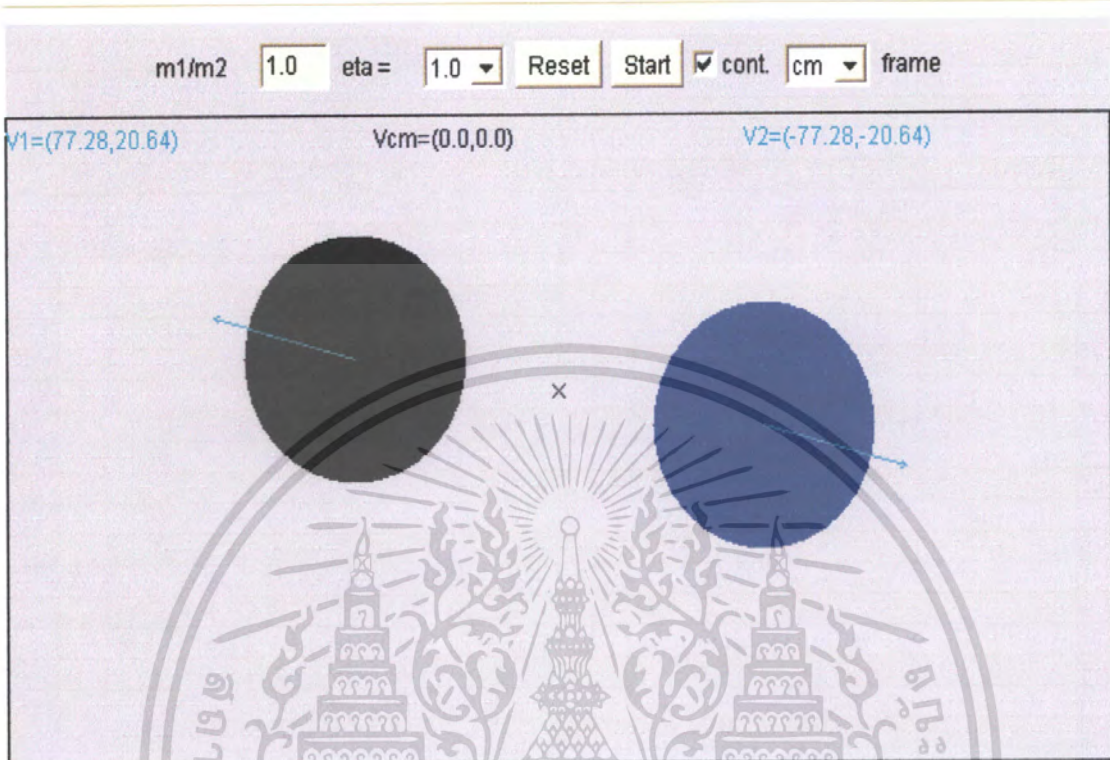
2D Collision



รูปที่ 4.16 แสดงทิศทางในขณะที่เกิดการชนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2D Collision



รูปที่ 4.17 แสดงทิศทางหลังจากเกิดการชนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และบทสรุป

จากการทดลองระบบกล่องคำบันทึกการใช้งานรถยนต์ ด้วยอุปกรณ์จีพีเอสและเซนเซอร์ ได้นำอุปกรณ์ (ชิ้นงานที่ประดิษฐ์ขึ้น) มาติดบนรถยนต์เพื่อที่จะเป็นตัวบอกว่ารอดนค้คันดังกล่าว ได้เดินทางไปไหนบ้างและในขณะที่เดินทางไปได้มีการทำงานของระบบอะไรบ้างในรถยนต์ โดยภายในอุปกรณ์ (ชิ้นงานที่ประดิษฐ์ขึ้น) จะมีวงจรอยู่ 6 ส่วนด้วยกัน

- ส่วนที่หนึ่งนั้นจะประกอบด้วย โมดูลจีพีเอสซึ่งส่วนนี้จะรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมจากนั้นจะทำการเลือกเอาเฉพาะข้อมูลที่ต้องการเพื่อนำไปประมวลผลต่อไป

- ส่วนที่สองเป็นวงจรเซนเซอร์ตรวจจับการทำงานของระบบในรถยนต์ เช่น ระบบไฟต่าง ๆ เบรกและความเร็ว เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปประมวลผลต่อไป

- ส่วนที่สามเป็นวงจรฐานข้อมูลจริง ซึ่งจะสร้างข้อมูลเวลาเป็นวินาที, นาที, ชั่วโมง และสร้างข้อมูลวัน, เดือนและปี เพื่อนำไปใช้อ้างอิงเวลาจริงในการทำงานของระบบต่างๆ ในรถยนต์

- ส่วนที่สี่เป็นวงจรในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งจะทำการรับข้อมูลจากระบบจีพีเอส และเซนเซอร์ เพื่อนำมาประมวลผลโดยโปรแกรมที่สร้างขึ้น

- ส่วนที่ห้าเป็นวงจรหน่วยความจำอีเอสแควพรวมซึ่งจะทำหน้าที่รับข้อมูลต่างๆ จากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำข้อมูลมาเก็บและจะนำข้อมูลดังกล่าว ไปทำการประมวลผลเพื่อแสดงผล

ปัญหาที่พบในการทดลอง

- สายอากาศของโมดูลจีพีเอสจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่เป็นพื้นที่โล่ง สัญญาณที่ส่งจากดาวเทียมสามารถเข้าถึงได้ คือ อยู่ภายนอกตัวอาคาร ถึงจะรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้หมดถ้าอยู่ภายในตัวอาคารจะรับข้อมูลจีพีเอสจากดาวเทียมได้ไม่หมดหรือบางครั้งรับสัญญาณข้อมูลจีพีเอสจากดาวเทียมไม่ได้เลย

- ความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอสขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ เช่น ถ้าท้องฟ้ามีครึ้มหรือท้องฟ้าปิด จะไม่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้ ดังนั้น เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสจะทำงานได้เมื่อท้องฟ้าเปิด

- สัญญาณจีพีเอสที่รับเข้ามาในช่วงต้นอาจมีความคลาดเคลื่อนอยู่ดังนั้น จะต้องรอประมาณ 1-2 นาที จึงจะได้สัญญาณจีพีเอสที่มีความแม่นยำขึ้นเนื่องจากโมดูลจะค้นหาดาวเทียมเพิ่มขึ้นเพื่อทำการบอกตำแหน่ง

หนังสืออ้างอิง

- [1] พนม เพชรจตุพร, พัลลภ คังบวร, พิเชษฐ์ ช่อผกา “ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ GPS ” : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
- [2] สมยศ จุณปิยะ “ การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 ” : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [3] ดำรง จีนขาวขำ “ ทฤษฎีและการนำไปใช้งานอปแอมป์ ” : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [4] Adventure GPS Products :Eagle Explorer , <http://www.gps4fun.com>
- [5] รศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล “ ภาษาแอสเซมบลีสำหรับ MCS-51 ” กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2546
- [6] สัจจะ จรัสรุ่งรวีร “ คู่มือ Visual C# -2005 ฉบับสมบูรณ์ ” นนทบุรี : ไอทีซี, 2550
- [7] ชัชชัย จำลอง “ จัดการฐานข้อมูลให้ OTOP/SMEs ด้วย Access ” กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548
- [8] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิครวิไล “ เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบเฟลช ฉบับ AT89C5X/AT89SXXX (4th Edition) ”
- [9] วรพิน ประวัติบริสุทธ์ “ คู่มือเขียนโปรแกรมด้วยภาษาจาวา ” : บริษัทโปรวิชั่นจำกัด, 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับจีพีเอสและเซนเซอร์

```
ORG 0000H
SJMP MAIN
ORG 0013H
LJMP SENSOR
ORG 0030H
MAIN:MOV PCON,#00H
MOV SCON,#50H
MOV TMOD,#20H
MOV TH1,#0FDH
SETB TCON.2
SETB TR1
MOV IE,#84H
CHK1:JNB RI,CHK1
CLR RI
MOV R1,SBUF
CJNE R1,#'$',CHK1
CHK2:JNB RI,CHK2
CLR RI
MOV R2,SBUF
CJNE R2,#'G',CHK1
CHK3:JNB RI,CHK3
CLR RI
MOV R3,SBUF
CJNE R3,#'P',CHK1
CHK4:JNB RI,CHK4
CLR RI
MOV R4,SBUF
CJNE R4,#'R',CHK1
CHK5:JNB RI,CHK5
CLR RI
MOV R5,SBUF
CJNE R5,#'M',CHK1
CHK6:JNB RI,CHK6
CLR RI
MOV R6,SBUF
CJNE R6,#'C',CHK1
MOV R0,#03CH
JUMP:DJNZ R0,RXTX
MOV A,#00DH
ACALL TX
MOV A,#00AH
ACALL TX
LJMP MAIN
RXTX:JNB RI,RXTX
CLR RI
MOV A,SBUF
MOV SBUF,A
```

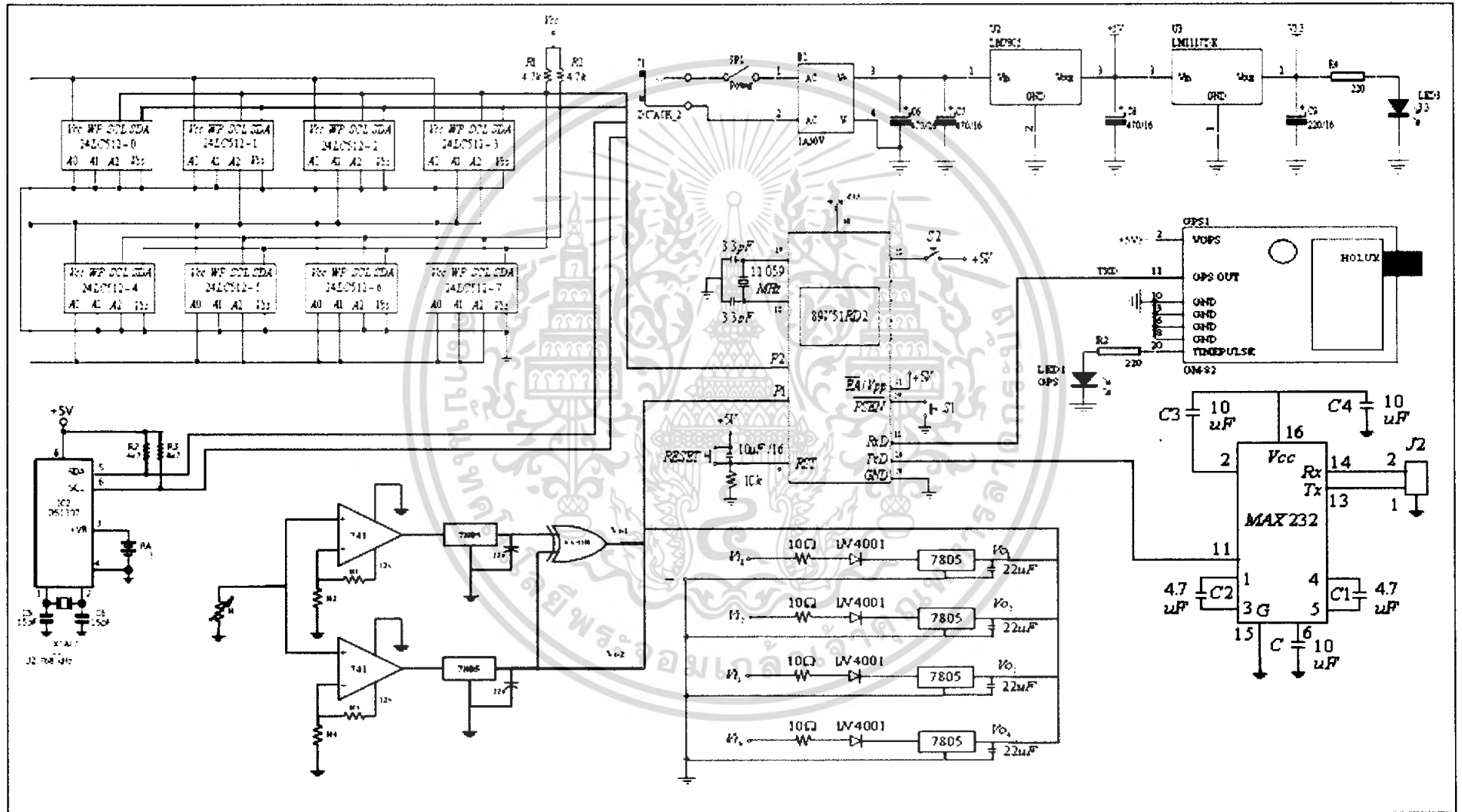
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
WAIT:JNB TI,WAIT
      CLR TI
      SJMP JUMP
TX:   MOV SBUF,A
WAIT1:JNB TI,WAIT1
      CLR TI
      RET
SENSOR:JB P1.0,TX1
      MOV A,#41H
      ACALL WAIT2
TX1:  JB P1.1,TX2
      MOV A,#42H
      ACALL WAIT2
TX2:  JB P1.2,TX3
      MOV A,#43H
      ACALL WAIT2
TX3:  JB P1.3,TX4
      MOV A,#44H
      ACALL WAIT2
TX4:  JB P1.4,TX5
      MOV A,#45H
      ACALL WAIT2
TX5:  JB P1.5,TX6
      MOV A,#46H
      ACALL WAIT2
TX6:  MOV A,#00DH
      ACALL TX
      MOV A,#00AH
      ACALL TX
      RETI
WAIT2:MOV SBUF,A
WAIT3:JNB TI,WAIT3
      CLR TI
      RET
      END
```

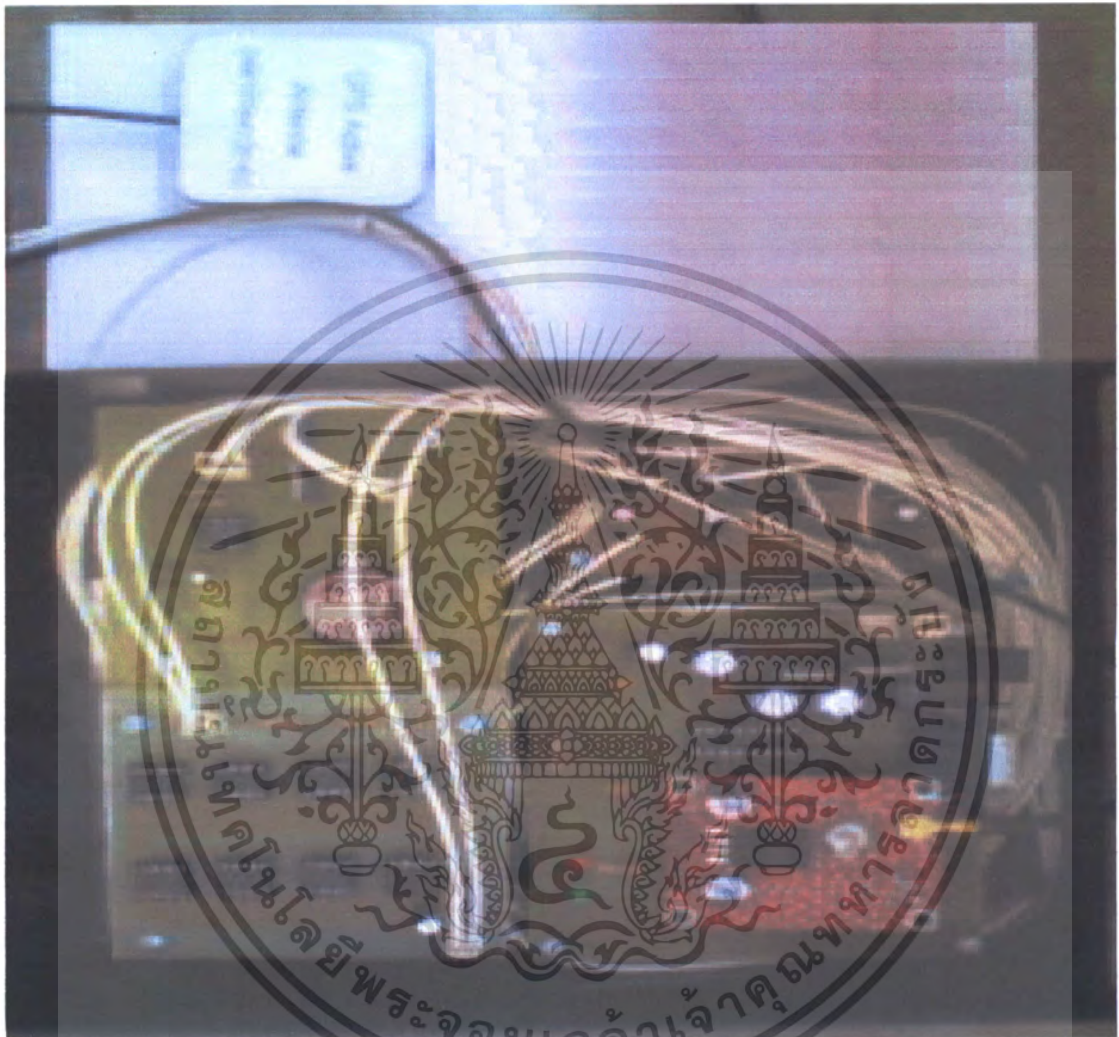


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

330333M



ฮาร์ดแวร์ของระบบกล่องดำบันทึกการใช้งานของรถยนต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



u-blox AG
Zürcherstrasse 43
8000 Thalwil
Switzerland
www.u-blox.com

Phone +41 44 732 7184
Fax +41 44 732 7447
info@u-blox.com

LEA-4A, LEA-4H, LEA-4M, LEA-4P, LEA-4R, LEA-4S, LEA-4T

ANTARIS® 4 GPS Modules Data Sheet



Abstract

Technical Data Sheet describing the economical and flexible ANTARIS®4 based LEA-4x series (LEA-4A, LEA-4H, LEA-4M, LEA-4P, LEA-4R, LEA-4S, LEA-4T) of GPS Modules. The available features include USB and serial interface, SuperSense indoor GPS, Precision Timing, raw measurement data, and Dead Reckoning. The modules are integrated within a compact 17 x 22.4 mm housing, and support passive and active antennas.

your position is our focus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Sheet

Title	LEA-4A, LEA-4H, LEA-4M, LEA-4P, LEA-4R, LEA-4S, LEA-4T		
Subtitle	ANTARIS® 4 GPS Modules		
Doc Type	Data Sheet		
Doc Id	GPS.G4-MS4-06143		
Revision Index	Date	Name	Status / Comments
-	1. Dec. 2006	TG	Release

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

For most recent documents, please visit www.u-blox.com

The current document replaces the following Data Sheets:		
Data Sheet Document Name	Identification of applicable hardware	Comments
GPS.G4-MS4-05017	LEA-4A	
GPS.G4-MS4-05019	LEA-4H	
GPS.G4-MS4-06108	LEA-4M	
GPS.G4-MS4-05021	LEA-4P	
GPS.G4-MS4-05072	LEA-4S	
GPS.G4-MS4-05070	LEA-4T	

	<p>Products marked with this lead-free symbol on the product label comply with the "Directive 2002/95/EC of the European Parliament and the Council on the Restriction of Use of certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment" (RoHS).</p>
--	---

Performance characteristics shown in this document are estimates only and do not constitute a warranty or guarantee of product performance. u-blox does not support any applications in connection with weapon systems. Since u-blox' products are not designed for use in life-support and commercial aviation applications they shall not be used in such products. In devices or systems whereby malfunction of these products can be expected to result in personal injury and casualties, u-blox customers using or selling these products do so at their own risk and agree to keep u-blox harmless from any consequences. u-blox reserves the right to make changes to this product, including its circuits and software, in order to improve its design and/or performance, without prior notice.

u-blox makes no warranties, neither expressed nor implied, regarding the information and specifications contained in this document. u-blox assumes no responsibility for any claims or damages arising from information contained in this document, or from the use of products and services detailed therein. This includes, but is not limited to, claims or damages based on the infringement of patents, copyrights, mask work and/or other intellectual property rights.

u-blox integrated circuits, software and designs are protected by intellectual property laws in Switzerland and abroad. u-blox, the u-blox logo, the TIM-type GPS module, Antaris, SuperSense, "your position is our focus", NavLox, u-center, AssistNow, AlmanacPlus, FixNow and EKF are (registered) trademarks of u-blox AG. This product may in whole or in part be subject to intellectual property rights protection. Please contact u-blox for any additional information. Copyright © 2007, u-blox AG.

1 Functional Description

1.1 Overview

The LEA-4A, LEA-4H, LEA-4M, LEA-4P, LEA-4R, LEA-4S, LEA-4T are a series of GPS modules featuring u-blox's 16-channel ANTARIS[®]4 receiver technology. They provide high performance with low power consumption and feature a USB port for faster data transmission and more flexibility. The ANTARIS[®]4 GPS engine offers outstanding navigation performance even in the most challenging metropolitan areas.

As the successors to the LEA-LA module, the LEA-4x modules also share the 17 x 22.4 mm form factor. The small form factor and SMT pads allow for fully automatic assembly processes with standard pick-and-place equipment and reflow soldering, enabling cost-efficient, high-volume production. The combination of these features make these modules suitable for a broad spectrum of GPS products, for which high performance, low cost, low power consumption and small size are key requirements.

The LEA-4x modules are fully interchangeable, providing the flexibility to use the module with the optimal features for application specific requirements.

1.2 Highlights and Features

- **Cost-optimized and flexible architecture**
- **Low power consumption**
- **A-GPS and autonomous operation, AssistNow[®] ready**
- **Up to 4Hz Position Update rate**
- **Support DGPS, WAAS, EGNOS and MSAS**

For an overview of the various features available with the different LEA-4x models please see Table 1.

Module	16 Channel ANTARIS [®] 4 GPS Engine	SuperSense [®]	Nonvolatile Memory	Serial Ports	USB	AssistNow Online [®]	AssistNow Offline [®]	Configuration Pins	Antenna Supervisor	Antenna Bias Voltage	Dead Reckoning	Timing Mode	Raw Data	Temperature Range (°C)
LEA-4A	✓		ROM	2	✓	✓		✓	✓	✓				-40 ... +85
LEA-4H	✓	✓	Flash	1	✓	✓	✓		✓	✓				-40 ... +85
LEA-4M	✓		ROM	2	✓	✓		✓						-30 ... +70
LEA-4P	✓		Flash	1	✓	✓	✓		✓	✓				-40 ... +85
LEA-4R	✓		Flash	1	✓	✓			✓	✓	✓			-40 ... +85
LEA-4S	✓	✓	ROM	2	✓	✓		✓	✓	✓				-40 ... +85
LEA-4T	✓	✓	Flash	1	✓	✓			✓	✓		✓	✓	-40 ... +85

Table 1: Available features of the LEA-4x series

1.3 Block Diagram

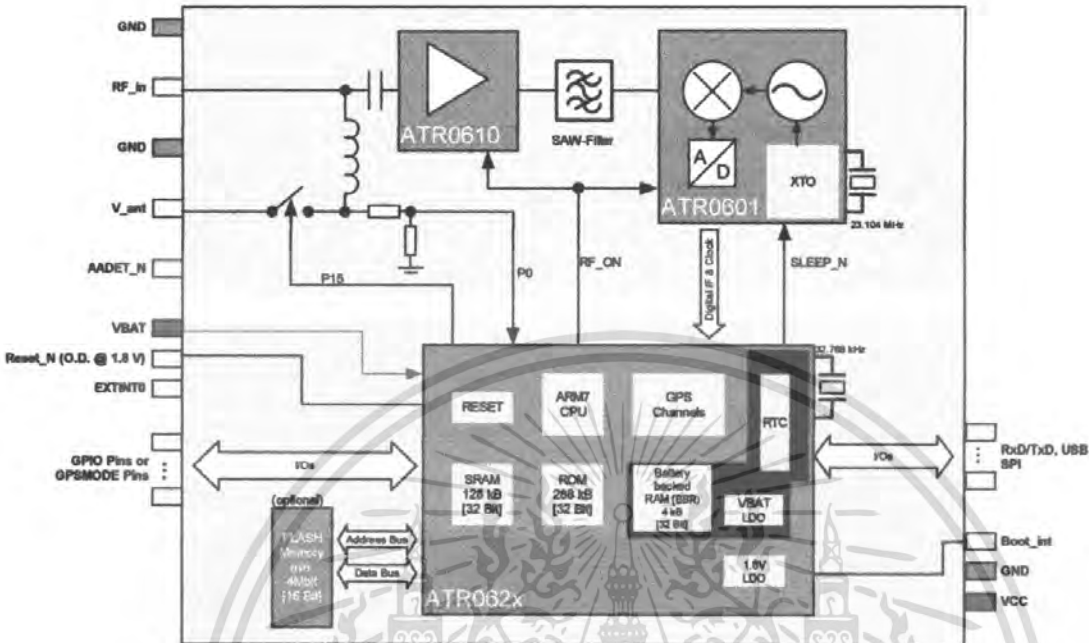


Figure 1: Hardware Block Schematic

1.4 Operating Modes

The ANtaris[®]4 GPS Technology supports the following Operating Modes:

Operating Modes	Description
Continuous Tracking Mode (CTM)	In this mode, the Autonomous Power Management (APM) automatically optimizes power consumption. It powers off parts of the receiver when they are not used. Also, the CPU speed is reduced when the CPU workload is low.
Power Saving Modes	A configurable power saving mode is available where the GPS is put into sleep mode and activated up on a selectable time interval or upon external request (signal activity on serial port or EXTINT input). This mode is ideally suited in applications with stringent power budget requirements in mobile and battery operated end products.

Table 2: Operating Modes

For more information see the ANtaris[®]4 System Integration Manual [1].

1.5 Assisted GPS (A-GPS)

The ANtaris[®]4 GPS engine supports Mobile Station (MS) based A-GPS for accelerated acquisition and position computation in the GPS receiver. In addition, timing receivers (such as the LEA-4T) support MS assisted (output of raw tracking information for position computation by the service provider). 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. All LEA-4x modules support the u-blox AssistNow Online[®] A-GPS service. The LEA-4H and LEA-4P are also AssistNow Offline[®] ready.

1.6 Antenna

The LEA-4x modules are designed for use with passive and active antennas. An antenna supervisor is provided on all modules except the LEA-4M. If activated, the GPS receiver is capable of detecting short circuits to the active antenna by checking the bias voltage level and can shut down the voltage bias immediately. A series resistor is needed in front of the **V_ANT** input. UBX and NMEA messages are provided to report the condition of the antenna supply. Open circuit detection can also be supported with an additional external circuit. For details, please refer to the *ANTARIS⁴ System Integration Manual* [1].

Parameter	Specification	
Antenna Type	Passive and active antenna	
Active Antenna Recommendations	Minimum gain	15 - 20 dB (to compensate signal loss in RF cable)
	Maximum noise figure	1.5 dB
	Maximum gain	50 dB

Table 3: Antenna Specifications for all LEA-4 Modules

Parameter	Specification	
Antenna Supply	Using VCC_RF or external voltage source	
Antenna Supervisor	Short circuit detection	Built-in
	Open circuit detection	Enabled with external circuit

Table 4: Antenna Supervisor Specifications (feature not available with the LEA-4M)

1.7 Configuration

1.7.1 Boot-Time GPSMODE Configuration

The LEA-4A, LEA-4M and LEA-4S provide four GPSMODE pins for boot-time configuration. They become effective immediately after start-up. Once the module has started, the configuration settings may 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 (with the CFG-CFG message), then the modified configuration will be retained, as long as the backup battery supply is not interrupted.

GPSMODE	GPS sensitivity settings
2	
0	Normal sensitivity mode
1	High sensitivity mode

Table 5: GPSMODE Configuration for LEA-4A, LEA-4M

GPSMODE	GPS sensitivity settings
23	
0	Auto mode
1	High sensitivity mode

Table 6: GPSMODE Configuration for LEA-4S

GPSMODE	USB power settings
7	
0	Bus-Powered USB Interface
1	Self-Powered USB Interface

Table 7: USB Settings

GPSMODE 6	GPSMODE 5	Activated Message Set	Serial Port 1		Serial Port 2	
			Baud Rate	Protocol	Baud Rate	Protocol
0	0	High	19.2 Kbaud	NMEA	57.6 Kbaud	UBX
0	1	Low	4.8 Kbaud	NMEA	19.2 Kbaud	UBX
1	0	Medium (default)	9.6 Kbaud	NMEA	38.4 Kbaud	UBX
1	1	Reserved for factory use	115.2 Kbaud	UBX	19.2 Kbaud	NMEA

Table 8: Supported GPSMODE settings

1.7.2 Configuration (LEA-4H, LEA-4P, LEA-4R, LEA-4T)

With the LEA-4H, LEA-4P, LEA-4R and LEA-4T the configuration settings can be modified with UBX configuration messages. The modifications can be saved to the Flash memory.

For more information see the *ANTARIS®4 System Integration Manual* [1].

1.8 Dead Reckoning (LEA-4R)

Dead reckoning GPS receivers supplement the GPS information with an incoming signal from a gyroscope (turn rate sensor) and odometer pulses to do dead reckoning navigation through periods of poor GPS reception. Depending on the quality of the available GPS signals, the LEA-4R uses an algorithm specially developed by u-blox in order to compute the next positions accurately by using an automatically weighted average of the GPS and sensor inputs. This provides precise navigation in locations with no or impaired GPS reception, for example in tunnels, indoor car parks and deep urban canyons.

The LEA-4R is a low power dead reckoning GPS receiver module. It is the ideal solution for high-volume applications requiring a cost-effective and tightly integrated product that provides a continuous and reliable positioning fix 100% of the time.

1.8.1 Supported Peripheral Components (LEA-4R)

The LEA-4R supports the following peripheral components (Table 9):

A/D converters with SPI interface	digital temperature sensors with SPI interface
Linear Technology, LTC1860, 12-bit A/D converter	National Semiconductors, LM70, precision: 10 bits plus sign

Table 9: Supported peripheral components

Gyroscopes should at least meet the requirements listed below:

Parameter	Specification
Supply Voltage	5.0V \pm 0.25V
Zero Point	2.5V \pm 0.4V
Scale factor	25mV ^o /s \pm 5mV ^o /s
Dynamic Range	\pm 60 ^o /s to \pm 125 ^o /s
Linearity	\pm 0.5% (Full scale)
Recommended operating temperature range	-40 to +85 ^o C

Table 10: Required Specifications for Gyroscopes

Gyroscopes with a sensitivity (scale factor) of lower than 20mV^o/s may work but the performance will be degraded. For this reason u-blox does not recommend using gyros with a lower sensitivity.

For implementation details as well as a list of supported gyroscopes that u-blox is currently aware of, or for more information about Dead Reckoning and other special features of the LEA-4R please refer to the *TIM/LEA-4R System Integration Manual* [3].

1.9 Protocols

The LEA-4x series supports different serial protocols.

Protocol	Type	Runs on
NMEA	Input/output, ASCII, 0183, 2.3 (compatible to 3.0)	All serial ports and USB
UBX	Input/output, binary, u-blox proprietary	All serial ports and USB
RTCM	Input, messages 1,2,3,9	All serial ports and USB

Table 11: Available Protocols

For specification of the various protocols see the *ANTARIS[®]4 Protocol Specification* [2].

1.10 LEA-4T

1.10.1 Time Mode

LEA-4T provides a special Time Mode to provide higher timing accuracy. The LEA-4T is designed for use with stationary antenna setups. The Time Mode features three different settings described in Table 12: Disabled, Survey-In and Fixed Mode.

Time Mode Settings	Description
Disabled	Standard PVT operation with SuperSense [®] enabled
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, but must be activated separately using the UBX-CFG-NAV2 message. For details, please refer to the <i>ANTARIS[®]4 System Integration Manual</i> [1].

Table 12: Time Mode Settings

In **Fixed Mode**, the accuracy of the TIMEPULSE signal is higher. Note that the TIMEPULSE signal has a granularity is 43 ns which results from the 23.104 MHz GPS clock. Using the available quantization error information (see UBX-TIM message) in external post-processing, a significantly higher timing accuracy can be achieved.

1.10.2 Time Mark

LEA-4T can be used for precise time measurements with a sub microseconds resolution using the external interrupt (EXTINT0 and EXTINT1). 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 *ANTARIS[®]4 System Integration Manual* [1].

1.10.3 Raw Data Output

The LEA-4T supports raw data output at an uptake rate of 10 Hz. 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.

2 GPS Performance

Parameter	Module	Specification
Receiver Type	All	L1 frequency, C/A Code, 16-Channels 8192 time / frequency search windows
Max Navigation Update Rate	All	4 Hz
	LEA-4T	Raw Data 10 Hz
Accuracy	All	Position 2.5 m CEP ² 5.0 m SEP ³
		Position DGPS / SBAS ¹ 2.0 m CEP 3.0 m SEP
Acquisition ^{4,5}	All	GPS Mode: Fast Acq. Normal High Sens. Auto
		Cold Start 34 s 36 s 41 s 34 s
		Warm Start 33 s
		Hot Start <3.5 s
		Reacquisition <1 s
Sensitivity ⁶	LEA-4A	Tracking -150 dBm
	LEA-M	Acquisition & Reacquisition -140 dBm
	LEA-4P	
	LEA-4R	Cold Starts -140 dBm
	LEA-4H	Tracking -158 dBm
	LEA-4S	Acquisition & Reacquisition -148 dBm
LEA-4T		
Accuracy of Timepulse Signal	All	RMS 50 ns
		99% <100 ns
		Granularity 43 ns
		Compensated ⁷ (LEA-4T) 15 ns
		Time Pulse Configurable: 0.1 ... 1000 Hz
Dynamics	All	≤ 4 g
Operational Limits	All	Maximum Speed 515 m/s

Table 13: Performance Specification

¹ Depends on accuracy of correction data of DGPS or SBAS service

² CEP = Circular Error Probability: The radius of a horizontal circle, centered at the antenna's true position, containing 50% of the fixes.

³ SEP = Spherical Error Probability. The radius of the sphere, centered at the true position, contains 50% of the fixes.

⁴ The different start-up modes like cold, warm and hot start are described in the *ANTARIS⁴ System Integration Manual* [1]

⁵ Measured with good visibility and -125 dBm signal strength

⁶ Demonstrated with a good active antenna

⁷ Quantization error information can be used to compensate the granularity related error of the time pulse signal

3 Mechanical Specifications

3.1 Dimensional Specifications

Parameter	Specification
Length	22.4±.1mm [881 ±4mil]
Width	17.0±.1mm [669 ±4mil]
Thickness	3.0 ±0.3mm [118 ±12mil]
Pitch RF pins	1.1±0.1mm [43 ±4mil]
Pitch Digital pins	1.1±0.1mm [43 ±4mil]
Weight	2.1g

Table 14: Mechanical Specification

3.2 Dimensional Diagrams

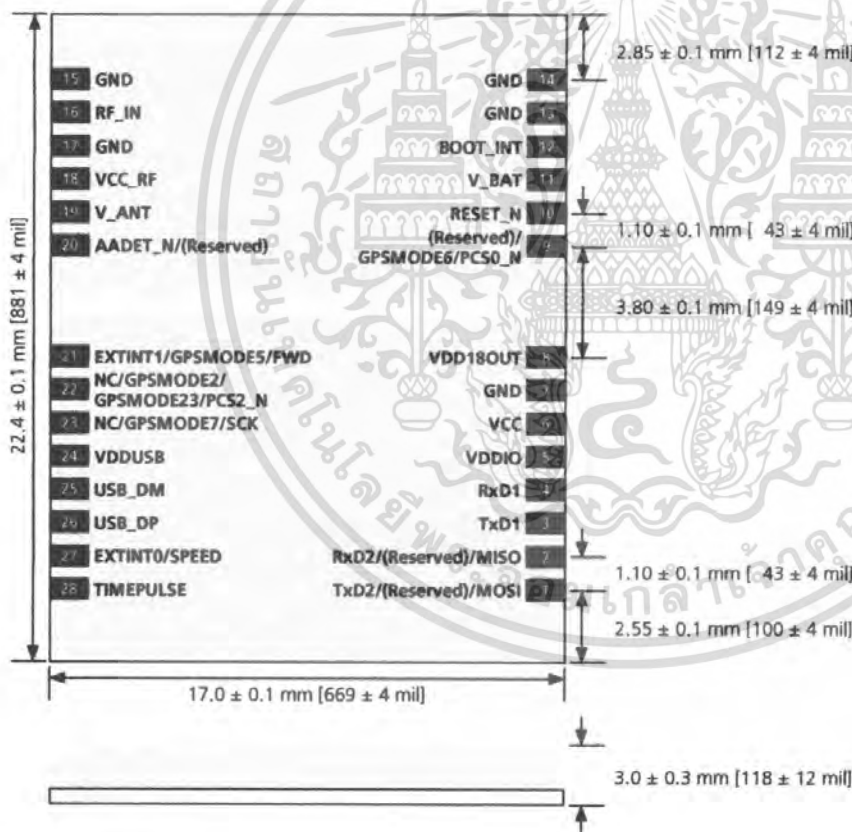


Figure 2: Dimensions

Note For detailed information for a design in, including detailed dimensional diagrams, footprints, paste mask recommendations, pinout tables and a recommended pad layout, please see the *ANTARIS[®]4 System Integration Manual* [1].



MICROCHIP

24AA512/24LC512/24FC512

512K I²C™ CMOS Serial EEPROM

Device Selection Table

Part Number	Vcc Range	Max. Clock Frequency	Temp. Ranges
24AA512	1.8-5.5V	400 kHz ⁽¹⁾	I
24LC512	2.5-5.5V	400 kHz	I, E
24FC512	2.5-5.5V	1 MHz	I

Note 1: 100 kHz for Vcc < 2.5V

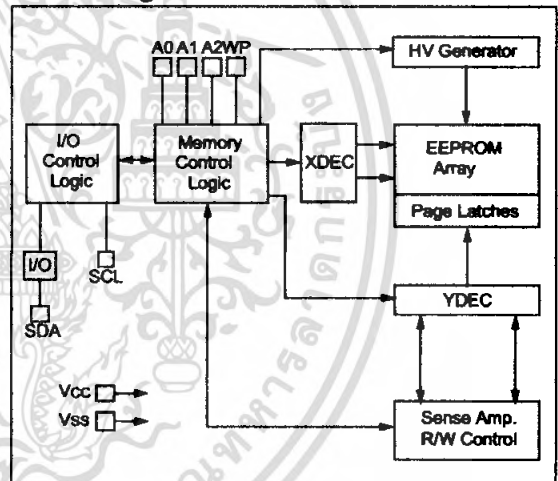
Features:

- Low-power CMOS technology:
 - Maximum write current 5 mA at 5.5V
 - Maximum read current 400 µA at 5.5V
 - Standby current 100 nA typical at 5.5V
- 2-wire serial interface bus, I²C™ compatible
- Cascadable for up to eight devices
- Self-timed erase/write cycle
- 128-byte Page Write mode available
- 5 ms max. write cycle time
- Hardware write-protect for entire array
- Schmitt Trigger inputs for noise suppression
- 1,000,000 erase/write cycles
- Electrostatic discharge protection > 4000V
- Data retention > 200 years
- 8-pin PDIP, SOIC (208 mil), and DFN packages
- 14-lead TSSOP package
- Standard and Pb-free finishes available
- Temperature ranges:
 - Industrial (I): -40°C to +85°C
 - Automotive (E): -40°C to +125°C

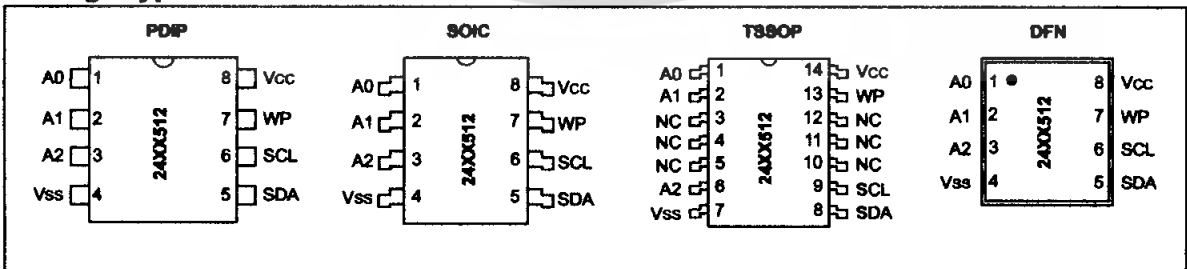
Description:

The Microchip Technology Inc. 24AA512/24LC512/24FC512 (24XX512*) is a 64K x 8 (512 Kbit) Serial Electrically Erasable PROM, capable of operation across a broad voltage range (1.8V to 5.5V). It has been developed for advanced, low-power applications such as personal communications and data acquisition. This device also has a page write capability of up to 128 bytes of data. This device is capable of both random and sequential reads up to the 512K boundary. Functional address lines allow up to eight devices on the same bus, for up to 4 Mbit address space. This device is available in the standard 8-pin plastic DIP, SOIC, DFN and 14-lead TSSOP packages.

Block Diagram



Package Type



* 24XX512 is used in this document as a generic part number for the 24AA512/24LC512/24FC512 devices.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24AA512/24LC512/24FC512

2.0 PIN DESCRIPTIONS

The descriptions of the pins are listed in Table 2-1.

TABLE 2-1: PIN FUNCTION TABLE

Name	PDIP	SOIC	14-lead TSSOP	DFN	Function
A0	1	1	1	1	User Configured Chip Select
A1	2	2	2	2	User Configured Chip Select
(NC)	—	—	3, 4, 5	—	Not Connected
A2	3	3	6	3	User Configured Chip Select
Vss	4	4	7	4	Ground
SDA	5	5	8	5	Serial Data
SCL	6	6	9	6	Serial Clock
(NC)	—	—	10, 11, 12	—	Not Connected
WP	7	7	13	7	Write-Protect Input
Vcc	8	8	14	8	+1.8V to 5.5V (24AA512) +2.5V to 5.5V (24LC512) +2.5V to 5.5V (24FC512)

2.1 A0, A1 and A2 Chip Address Inputs

The A0, A1 and A2 inputs are used by the 24XX512 for multiple device operations. The logic levels on these inputs are compared with the corresponding bits in the slave address. The chip is selected if the compare is true.

Up to eight devices may be connected to the same bus by using different Chip Select bit combinations. If these pins are left unconnected, the inputs will be pulled down internally to Vss. If they are tied to Vcc or driven high, the internal pull-down circuitry is disabled.

In most applications, the chip address inputs A0, A1, and A2 are hard-wired to logic '0' or logic '1'. For applications in which these pins are controlled by a microcontroller or other programmable logic device, the chip address pins must be driven to logic '0' or logic '1' before normal device operation can proceed.

2.2 Serial Data (SDA)

This is a bidirectional pin used to transfer addresses and data into and data out of the device. It is an open-drain terminal, therefore, the SDA bus requires a pull-up resistor to Vcc (typical 10 k Ω for 100 kHz, 2 k Ω for 400 kHz and 1 MHz).

For normal data transfer, SDA is allowed to change only during SCL low. Changes during SCL high are reserved for indicating the Start and Stop conditions.

2.3 Serial Clock (SCL)

This input is used to synchronize the data transfer from and to the device.

2.4 Write-Protect (WP)

This pin can be connected to either Vss or Vcc. Internal pull-down circuitry on this pin will keep the device in the unprotected state if left floating, however, floating this pin is not recommended for most applications. If tied to Vss, normal memory operation is enabled (read/write the entire memory 0000-FFFF).

If tied to Vcc, write operations are inhibited. Read operations are not affected.

3.0 FUNCTIONAL DESCRIPTION

The 24XX512 supports a bidirectional 2-wire bus and data transmission protocol. A device that sends data onto the bus is defined as a transmitter and a device receiving data as a receiver. The bus must be controlled by a master device which generates the serial clock (SCL), controls the bus access and generates the Start and Stop conditions, while the 24XX512 works as a slave. Both master and slave can operate as a transmitter or receiver, but the master device determines which mode is activated.

24AA512/24LC512/24FC512

4.0 BUS CHARACTERISTICS

The following bus protocol has been defined:

- Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.
- During data transfer, the data line must remain stable whenever the clock line is high. Changes in the data line, while the clock line is high, will be interpreted as a Start or Stop condition.

Accordingly, the following bus conditions have been defined (Figure 4-1).

4.1 Bus Not Busy (A)

Both data and clock lines remain high.

4.2 Start Data Transfer (B)

A high-to-low transition of the SDA line while the clock (SCL) is high determines a Start condition. All commands must be preceded by a Start condition.

4.3 Stop Data Transfer (C)

A low-to-high transition of the SDA line while the clock (SCL) is high determines a Stop condition. All operations must end with a Stop condition.

4.4 Data Valid (D)

The state of the data line represents valid data when, after a Start condition, the data line is stable for the duration of the high period of the clock signal.

The data on the line must be changed during the low period of the clock signal. There is one bit of data per clock pulse.

Each data transfer is initiated with a Start condition and terminated with a Stop condition. The number of the data bytes transferred between the Start and Stop conditions is determined by the master device.

4.5 Acknowledge

Each receiving device, when addressed, is obliged to generate an Acknowledge signal after the reception of each byte. The master device must generate an extra clock pulse which is associated with this Acknowledge bit. See Figure 4-2 for acknowledge timing.

Note: The 24XX512 does not generate any Acknowledge bits if an internal programming cycle is in progress.

A device that acknowledges must pull down the SDA line during the Acknowledge clock pulse in such a way that the SDA line is stable low during the high period of the acknowledge related clock pulse. Of course, setup and hold times must be taken into account. During reads, a master must signal an end of data to the slave by NOT generating an Acknowledge bit on the last byte that has been clocked out of the slave. In this case, the slave (24XX512) will leave the data line high to enable the master to generate the Stop condition.

24AA512/24LC512/24FC512

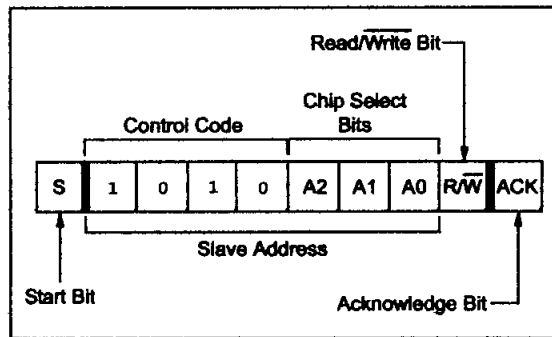
5.0 DEVICE ADDRESSING

A control byte is the first byte received following the Start condition from the master device (Figure 5-1). The control byte consists of a 4-bit control code; for the 24XX512 this is set as '1010' binary for read and write operations. The next three bits of the control byte are the Chip Select bits (A2, A1 and A0). The Chip Select bits allow the use of up to eight 24XX512 devices on the same bus and are used to select which device is accessed. The Chip Select bits in the control byte must correspond to the logic levels on the corresponding A2, A1 and A0 pins for the device to respond. These bits are in effect the three Most Significant bits of the word address.

The last bit of the control byte defines the operation to be performed. When set to a one a read operation is selected and when set to a zero a write operation is selected. The next two bytes received define the address of the first data byte (Figure 5-2). Because all A15...A0 are used, there are no upper address bits that are "don't care". The upper address bits are transferred first, followed by the Less Significant bits.

Following the Start condition, the 24XX512 monitors the SDA bus checking the device type identifier being transmitted. Upon receiving a '1010' code and appropriate device select bits, the slave device outputs an Acknowledge signal on the SDA line. Depending on the state of the R/W bit, the 24XX512 will select a read or write operation.

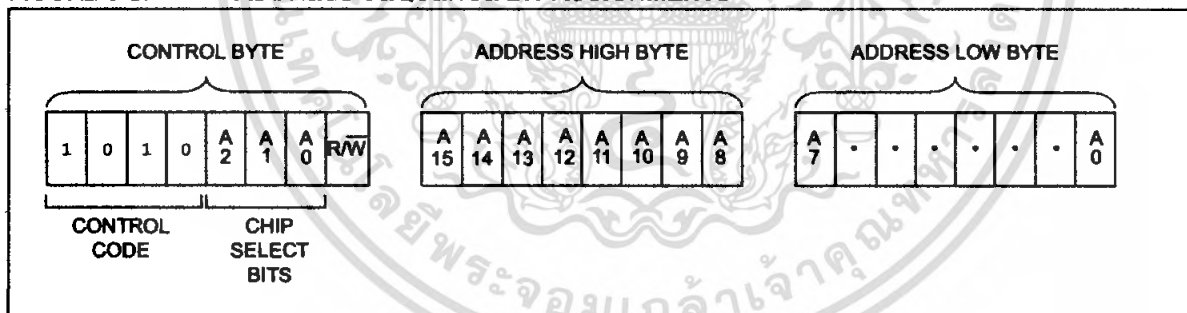
FIGURE 5-1: CONTROL BYTE FORMAT



5.1 Contiguous Addressing Across Multiple Devices

The Chip Select bits A2, A1 and A0 can be used to expand the contiguous address space for up to 4 Mbit by adding up to eight 24XX512s on the same bus. In this case, software can use A0 of the control byte as address bit A16; A1, as address bit A17; and A2, as address bit A18. It is not possible to sequentially read across device boundaries.

FIGURE 5-2: ADDRESS SEQUENCE BIT ASSIGNMENTS



6.0 WRITE OPERATIONS

6.1 Byte Write

Following the Start condition from the master, the control code (four bits), the Chip Select (three bits) and the R/W bit (which is a logic low) are clocked onto the bus by the master transmitter. This indicates to the addressed slave receiver that the address high byte will follow after it has generated an Acknowledge bit during the ninth clock cycle. Therefore, the next byte transmitted by the master is the high-order byte of the word address and will be written into the address pointer of the 24XX512. The next byte is the Least Significant Address byte. After receiving another Acknowledge signal from the 24XX512, the master device will transmit the data word to be written into the addressed memory location. The 24XX512 acknowledges again and the master generates a Stop condition. This initiates the internal write cycle and during this time, the 24XX512 will not generate Acknowledge signals (Figure 6-1). If an attempt is made to write to the array with the WP pin held high, the device will acknowledge the command, but no write cycle will occur, no data will be written and the device will immediately accept a new command. After a Byte Write command, the internal address counter will point to the address location following the one that was just written.

6.2 Page Write

The write control byte, word address and the first data byte are transmitted to the 24XX512 in the same way as in a byte write. But instead of generating a Stop condition, the master transmits up to 127 additional bytes, which are temporarily stored in the on-chip page buffer and will be written into memory after the master has transmitted a Stop condition. After receipt of each word, the seven lower address pointer bits are internally incremented by one. If the master should transmit more than 128 bytes prior to generating the Stop condition, the address counter will roll over and the previously received data will be overwritten. As with the byte write operation, once the Stop condition is received, an internal write cycle will begin (Figure 6-2). If an attempt is made to write to the array with the WP pin held high, the device will acknowledge the command, but no write cycle will occur, no data will be written and the device will immediately accept a new command.

6.3 Write Protection

The WP pin allows the user to write-protect the entire array (0000-FFFF) when the pin is tied to VCC. If tied to VSS or left floating, the write protection is disabled. The WP pin is sampled at the Stop bit for every Write command (Figure 1-1). Toggling the WP pin after the Stop bit will have no effect on the execution of the write cycle.

Note: Page write operations are limited to writing bytes within a single physical page, regardless of the number of bytes actually being written. Physical page boundaries start at addresses that are integer multiples of the page buffer size (or 'page size') and end at addresses that are integer multiples of [page size - 1]. If a Page Write command attempts to write across a physical page boundary, the result is that the data wraps around to the beginning of the current page (overwriting data previously stored there), instead of being written to the next page as might be expected. It is therefore necessary for the application software to prevent page write operations that would attempt to cross a page boundary.

24AA512/24LC512/24FC512

FIGURE 6-1: BYTE WRITE

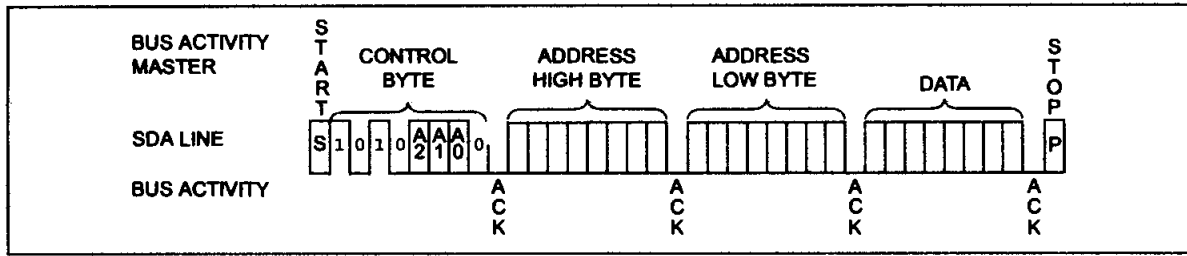
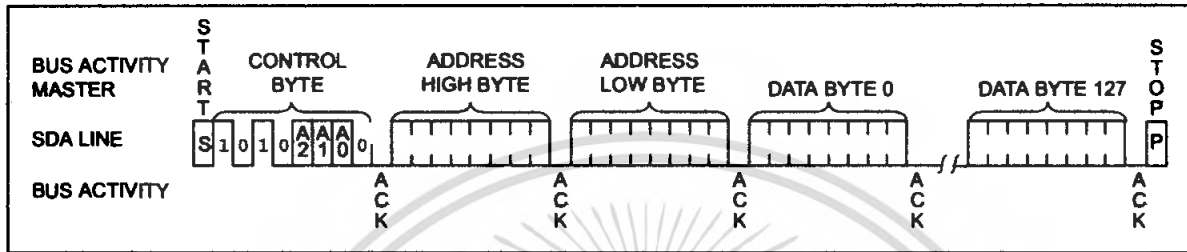


FIGURE 6-2: PAGE WRITE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.0 ACKNOWLEDGE POLLING

Since the device will not acknowledge during a write cycle, this can be used to determine when the cycle is complete (this feature can be used to maximize bus throughput). Once the Stop condition for a Write command has been issued from the master, the device initiates the internally timed write cycle. ACK polling can be initiated immediately. This involves the master sending a Start condition, followed by the control byte for a Write command ($R/W = 0$). If the device is still busy with the write cycle, then no ACK will be returned. If no ACK is returned, then the Start bit and control byte must be resent. If the cycle is complete, then the device will return the ACK and the master can then proceed with the next Read or Write command. See Figure 7-1 for flow diagram.

FIGURE 7-1: ACKNOWLEDGE POLLING FLOW

