สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบเพิ่มความปลอดภัยในการป้องกันการขโมยและระบุตำแหน่งรถยนต์

CAR POSITIONING AND IMPROVE THE SECURITY SYSTEM

โดย

นายสาวิตร มีความดี

นางสาวสุกฤตา มหาหิง

นายอภิพล วาสนาสุริยพงศ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72035
วัน,เดือน,ปี - 7 มิ.ย. 2550

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

ผ่านการตรวจฉบับหนึ่งแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบเพิ่มความปลอดภัยในการป้องกันการขโมยและระบุตำแหน่งรถยนต์

CAR POSITIONING AND IMPROVE THE SECURITY SYSTEM

โดย

นายสาวิตร	มีความดี	46010825
นางสาวสุกฤตา	มหาหิง	46010841
นายอภิพล	วาสนาสุริยพงศ์	46010922

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์

รศ.ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **ระบบเพิ่มความปลอดภัยในการป้องกันการขโมยและระบุตำแหน่งรถยนต์**

CAR POSITIONING AND IMPROVE THE SECURITY SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นายสาวิตร มีความดี 46010825

2. นางสาวสุกฤตา มหาหิง 46010841

3. นายอภิพล วาสนาสุริยพงศ์ 46010922

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบเพิ่มความปลอดภัยในการป้องกันการขโมย
และระบุตำแหน่งรถยนต์
CAR POSITIONING AND IMPROVE THE
SECURITY SYSTEM

โดย นายสาวิตร มีความดี 46010825
นางสาวสุกฤตา มหาหิง 46010841
นายอภิพล วาสนาสุริยพงศ์ 46010922

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์
รศ.ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการนำจีพีเอส (GPS) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการระบุตำแหน่งมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยนำมาระบุตำแหน่งของรถยนต์ อุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในรถยนต์จะทำการเตือนมายังเจ้าของรถยนต์ เพื่อทำการหยุดไม่ให้รถเคลื่อนที่และทราบถึงตำแหน่งของรถยนต์ว่าอยู่ ณ ตำแหน่งใด ซึ่งเป็นประโยชน์ในด้านการเพิ่มความปลอดภัยของระบบป้องกันการโจรกรรมรถยนต์

ABSTRACT

This project is using the application of GPS to find the recent position of the car. When we know the car was stolen the equipment which sets up in the car will warn the owner to order to stop the car and know the position of this car. It will improve the car security system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 คุณลักษณะพื้นฐานของ MCS-51	3
2.1.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52	3
2.1.2 ลักษณะการจัดขาของ MCS-51	3
2.1.3 พอร์ตอินพุทและพอร์ตเอาท์พุท	4
2.1.4 หน่วยความจำโปรแกรมของ MCS-51	5
2.2 ทำความรู้จักกับระบบหาพิกัดบนพื้นโลกจีพีเอส	6
2.3 ส่วนประกอบของระบบจีพีเอส	8
2.3.1 ส่วนอวกาศ (Satellite Constellation)	8
2.3.2 ส่วนสถานีควบคุม (Ground Control Segment)	11
2.3.2.1 สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station)	11
2.3.2.2 สายอากาศภาคพื้นดิน (Ground Uplink Antenna Facility)	12
2.3.3 ส่วนผู้ใช้ (User Segment)	12
2.3.3.1 เครื่องรับแบบเรียงลำดับสัญญาณดาวเทียม	12
2.3.3.2 เครื่องรับแบบต่อเนื่อง (Continuous Receivers)	13
2.4 การบอกตำแหน่งของจีพีเอส	14
2.5 ความแม่นยำ (Accuracy) ของตำแหน่งพิกัดที่คำนวณได้	17
2.6 ความผิดพลาดในระบบจีพีเอส	19
2.6.1 ความผิดพลาดแบบที่แก้ไขได้	19
2.6.2 ความผิดพลาดแบบที่แก้ไขไม่ได้	20
2.6.2.1 ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากตำแหน่งของดาวเทียมจีพีเอส (Ephemeris Data Error)	20
2.6.2.2 ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียมจีพีเอส (Satellite Clock Error)	20
2.6.2.3 ความคลาดเคลื่อนจากสัญญาณความปลอดภัย (Security Signal)	20
2.6.2.4 ความผิดพลาดจากชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere Error)	21
2.6.2.5 ความผิดพลาดจากชั้นโทรโพสเฟียร์ (Troposphere Error)	21
2.6.2.6 ความผิดพลาดจากการรับสัญญาณสะท้อนจากหลายทิศทาง (Multipath Error)	21
2.6.2.7 ความผิดพลาดจากเครื่องรับ (Receiver Errors)	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

2.6.2.8 ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการจับกลุ่มของดาวเทียมที่ใช้นำร่อง (Geometric Dilution of Precision) 21

2.7 โครงสร้างของข้อมูลที่ส่งจากดาวเทียมจีพีเอส 22

2.8 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (GPS Receiver Operation) 24

2.8.1 การเลือกดาวเทียม (Satellite Tracking Selection) 24

2.8.2 การรับสัญญาณดาวเทียม 24

2.8.3 รหัสแทร็คกิ้ง (Code Tracking) 25

2.8.4 การถอดรหัสข้อมูล (Data Detection) 25

2.9 ลักษณะของสัญญาณจากดาวเทียมในระบบจีพีเอส (GPS Satellite Signal) 25

2.9.1 รหัสซีเอ 26

2.9.2 รหัสพี 26

2.9.3 ข่าวสารการนำร่อง (Navigation) 26

2.10 การให้บริการของระบบจีพีเอส (GPS Service) 28

2.10.1 การบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์ 28

2.10.2 การบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน 29

2.11 มาตรฐาน NMEA และโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารของจีพีเอส 29

2.11.1 การอินเตอร์เฟสทางไฟฟ้า (Electrical Interface) 29

2.11.2 มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ-0183 29

2.11.3 โปรโตคอล เอ็นเอ็มอีเอ-0183 30

2.11.4 ข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA Message) 30

2.11.5 รายละเอียดภายในเรคคอร์ดต่างๆ ของข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ 30

2.12 หลักการพื้นฐานของแผนที่และการระบุพิกัดตำแหน่ง 35

2.12.1 ศัพท์เทคนิคที่ควรทราบ 35

2.12.2 การอ้างอิงตำแหน่งในระบบนำร่องด้วยดาวเทียมจีพีเอส 36

2.12.3 ความคลาดเคลื่อนของโมดูลรับสัญญาณจีพีเอส 39

2.13 ระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบไอสแควซีบัส (I^2C Bus) 40

2.13.1 ความรู้เรื่องการสื่อสารแบบไอสแควซีบัส 40

2.13.2 การเชื่อมต่อบัสแบบไอสแควซีบัส 40

2.13.3 การรับส่งข้อมูลของไอสแควซีบัส 41

2.13.4 ข้อกำหนดในการเริ่มต้น (Start) และสิ้นสุด (Stop) 42

2.13.5 การแจ้งสภาวะรับทราบในบัส (Acknowledge) 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.14 หน่วยความจำอีสแควพรอม (E^2PROM) แบบไอสแควซี (24XX) 44

2.14.1 คุณสมบัติของหน่วยความจำอีสแควพรอมแบบไอสแควซี 44

2.14.2 การจัดขาสัญญาณของหน่วยความจำ 24XX 45

2.14.3 การเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำ 47

2.14.4 การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ 49

2.15 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม 51

2.15.1 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม 51

2.16 โทรศัพท์มือถือกับการส่งข้อความสั้น 54

2.16.1 จีเอสเอ็มเอทีคอมมานด์ (GSM AT Command) 54

2.16.2 หลักการรับส่งข้อความสั้นของโทรศัพท์มือถือ 54

2.16.3 โหมดของการรับส่งข้อมูลข้อความสั้น 54

2.16.4 รูปแบบในการส่งข้อมูลข้อความสั้นผ่านเอทีคอมมานด์ 54

2.16.5 การรับข้อความสั้นในพีดียูโหมด 55

2.16.6 การส่งข้อความสั้นในพีดียูโหมด 56

บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง 58

3.1 หลักการออกแบบ 58

3.2 ส่วนรับข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส 59

3.2.1 การจัดการกับข้อมูลที่รับมาจากโมดูลจีพีเอส 59

3.2.2 วงจรรวมที่ใช้ในโครงงาน 62

3.3 วงจรการรับส่งสัญญาณของหน่วยความจำอีสแควพรอม 65

3.4 การติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 กับแป้นตัวเลข 66

3.5 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232 67

3.6 วงจรจ่ายไฟสำรอง 68

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 69

4.1 การทดลองในส่วนเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส 69

4.1.1 ขั้นตอนการทดลอง 69

4.1.2 ข้อมูลที่รับมาจากเครื่องรับจีพีเอส 79

4.1.3 การกรองข้อมูลที่รับมาจากเครื่องรับจีพีเอส 81

4.2 การทดลองการลดขนาดข้อมูล 82

4.3 การทดลองรับค่ารหัสผ่านจากแป้นตัวเลข 83

4.4 การทดลองเขียนและอ่านข้อมูลของหน่วยความจำ 83

4.5 การทดลองส่งข้อความสั้น 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

4.6 การทดลองใช้งานอุปกรณ์ทั้งหมด 85

บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป 86

5.1 สรุปผลการทดลอง 86

5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง 86

5.3 แนวทางพัฒนาต่อไป 86

ภาคผนวก

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89C52	3
รูปที่ 2.2 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอินพุทและเอาท์พุทพอร์ต	4
รูปที่ 2.3 แสดงการจัดพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	6
รูปที่ 2.4 ดาวเทียมจีพีเอสบล็อกวัน	7
รูปที่ 2.5 ดาวเทียมจีพีเอสบล็อกทู	7
รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบ 3 ส่วนของจีพีเอส	8
รูปที่ 2.7 แสดงกลุ่มดาวเทียมจีพีเอส โดยมีระนาบโคจร 6 ระนาบ แต่ละระนาบจะมีดาวเทียมอยู่ 4 ดวง	9
รูปที่ 2.8 แสดงภาพฉายของระนาบโคจรดาวเทียม ณ เวลาหนึ่ง	10
รูปที่ 2.9 แสดงวงโคจรของดาวเทียมจีพีเอส	10
รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะการมอดูเลตสัญญาณของจีพีเอส	11
รูปที่ 2.11 แสดงที่ตั้งของสถานีควบคุมดาวเทียมจีพีเอส	12
รูปที่ 2.12 การคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับจีพีเอส	15
รูปที่ 2.13 ทรงกลมจำลองที่สร้างล้อมรอบดาวเทียมรัศมี 22,000 กิโลเมตร	17
รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะการตัดกันของระยะห่างจากดาวเทียม 2 ดวง อันเนื่องมาจากเครื่องรับ	17
รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะการตัดกันของระยะห่างจากดาวเทียม 3 ดวง อันเนื่องมาจากเครื่องรับ	17
รูปที่ 2.16 เทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียล	19
รูปที่ 2.17 แสดงจีดีโอพีที่ไม่ดี	22
รูปที่ 2.18 แสดงจีดีโอพีที่ดี	22
รูปที่ 2.19 แสดงโครงสร้างของข้อมูลที่ส่งจากดาวเทียมจีพีเอส	23
รูปที่ 2.20 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับจีพีเอส	24
รูปที่ 2.21 แสดงบล็อกไดอะแกรมการดีมอดูเลตสัญญาณจีพีเอสและควบคุมการเข้ารหัสซีเอ	27
รูปที่ 2.22 แสดงบล็อกไดอะแกรมการสร้างรหัสซีเอ	27
รูปที่ 2.23 รูปแบบต่างๆ ในการสร้างภาพฉายของผิวโลกลงบนพื้นผิวทรงกระบอก	38
รูปที่ 2.24 ลักษณะโครงสร้างการต่อบัสแบบไอสแควซีบัส	40
รูปที่ 2.25 ลักษณะของคอนโทรลไบต์ของไอสแควซี	41
รูปที่ 2.26 ตัวอย่างรูปแบบของการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ไอโอแบบไอสแควซีบัสตัวหนึ่ง	42
รูปที่ 2.27 ตัวอย่างรูปแบบของการเขียนข้อมูลให้กับอุปกรณ์ไอโอแบบไอสแควซีบัสตัวหนึ่ง	42
รูปที่ 2.28 ลักษณะการสร้างสภาวะเริ่มต้นและสภาวะสิ้นสุดของไอสแควซี	43
รูปที่ 2.29 ลักษณะการรับส่งบิตข้อมูลของไอสแควซี	43
รูปที่ 2.30 ลักษณะของสภาวะการรับส่งข้อมูลในบัสแบบไอสแควซี	44
รูปที่ 2.31 บล็อกไดอะแกรมของหน่วยความจำอีสแควพรอมตระกูล 24XX	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.32 ขาสัญญาณโดยทั่วไปของไอซี 24XX	45
รูปที่ 2.33 รหัสคอนโทรลไบต์ของ 24XX/32/64/128/256 ของไมโครชิพ	46
รูปที่ 2.34 ตัวอย่างการเขียนข้อมูลให้หน่วยความจำแบบทีละไบต์	47
รูปที่ 2.35 ตัวอย่างการเขียนข้อมูลให้หน่วยความจำแบบครั้งละหน้า	48
รูปที่ 2.36 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์	49
รูปที่ 2.37 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบระบุตำแหน่งครั้งละหลายๆ ไบต์	50
รูปที่ 2.38 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบไม่ระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์	50
รูปที่ 2.39 การกำหนดขาอาร์เอส-232 สำหรับดีบี-9 และดีบี-25	52
รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานโดยรวมของชิ้นงาน	58
รูปที่ 3.2 MTI-1 GPS Receiver	59
รูปที่ 3.3 การเปลี่ยนแปลงจำนวนไบต์จากโมดูลจีพีเอสถึงหน่วยความจำอีสแคว่พรอม	62
รูปที่ 3.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	63
รูปที่ 3.5 โฟล์วชาร์ทของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1	64
รูปที่ 3.6 โฟล์วชาร์ทของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2	65
รูปที่ 3.7 วงจรหน่วยความจำอีสแคว่พรอม	66
รูปที่ 3.8 แสดงส่วนประกอบวงจรการเชื่อมต่อระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์กับแป้นตัวเลข	67
รูปที่ 3.9 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส – 232	67
รูปที่ 3.10 วงจรจ่ายไฟสำรอง	68
รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณที่ออกจากแม็กซ์ – 232	69
รูปที่ 4.2 แสดงการต่อสายอากาศจีพีเอส เครื่องรับจีพีเอส และวงจรแม็กซ์-232	70
รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณที่ส่งออกมาจากโมดูลจีพีเอส	70
รูปที่ 4.4 แสดงค่าเริ่มต้นที่รับได้จากเครื่องรับจีพีเอส	71
รูปที่ 4.5 แสดงค่าที่ได้รับจากเครื่องรับจีพีเอส	71
รูปที่ 4.6 แสดงค่าละติจูดและค่าลองติจูดที่กรองได้	82
รูปที่ 4.7 ข้อมูลที่ได้จากการลดขนาดข้อมูล	82
รูปที่ 4.8 แสดงการรับค่ารหัสผ่านจากแป้นตัวเลข	83
รูปที่ 4.9 ผลการเขียนและอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ	84
รูปที่ 4.10 ผลการส่งข้อความสั้น	84
รูปที่ 4.11 ผลการส่งข้อความสั้นเตือน	85
รูปที่ 4.12 ผลการส่งข้อความสั้นบอกเวลาและพิกัด	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 รหัสซีเอของระบบจีพีเอส 27

ตารางที่ 2.2 เรคคอร์ดหลักๆ ในเอ็นเอ็มอีเอที่มักถูกนำมาใช้งาน 31

ตารางที่ 2.3 ความหมายของเรคคอร์ดจีแอลแอล 32

ตารางที่ 2.4 ความหมายของเรคคอร์ดจีจีเอ 32

ตารางที่ 2.5 Position Fix Indicator 33

ตารางที่ 2.6 ความหมายของเรคคอร์ดจีเอสเอ 33

ตารางที่ 2.7 Mode1 33

ตารางที่ 2.8 Mode2 33

ตารางที่ 2.9 ความหมายของเรคคอร์ดจีเอสวี 34

ตารางที่ 2.10 ความหมายของเรคคอร์ดอาร์เอ็มซี 34

ตารางที่ 2.11 คอนโทรลไบต์ของหน่วยความจำแบบไอสแลวซีบัสของไมโครชิพ 46

ตารางที่ 2.12 การจัดขาคอนเน็คเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐานอาร์เอส-232 ทั้งแบบดีบี-9 และ ดีบี-25 52

ตารางที่ 2.13 ส่วนประกอบของสตริงการรับข้อความสั้น 55

ตารางที่ 2.14 ส่วนประกอบของข้อมูลที่ส่ง 56

ตารางที่ 2.15 แสดงการแปลงตัวอักษร 57

ตารางที่ 3.1 การลดขนาดข้อมูล 60

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลแสดงเรคคอร์ดต่างๆ ที่โมดูลจีพีเอสส่งออกมา 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในการเดินทางของมนุษย์ไม่ว่าในสมัยใด สิ่งจำเป็นในการเดินทางก็คือสิ่งที่ช่วยบอกว่ากำลังเดินทางไปยังตำแหน่งและทิศทางใด ก่อนมีการใช้ระบบจีพีเอส มนุษย์ยังไม่เคยมีเครื่องมือใดที่ใช้บอกตำแหน่งหรือทิศทางได้อย่างสมบูรณ์เลย วิวัฒนาการของการบอกทางเริ่มจากการดูดาวบนท้องฟ้าซึ่งใช้ได้ดีเพราะดาวอยู่ไกลมาก ทำให้สามารถมองเห็นดาวได้จากที่ต่างๆ ในบริเวณกว้างได้ แต่จะสามารถเห็นดาวได้เฉพาะตอนกลางคืนที่ท้องฟ้าแจ่มใสเท่านั้น ในยุคอิเล็คทรอนิคส์ มนุษย์สร้างเครื่องมือในการเดินเรือชื่อ โลแรน (LORAN) ที่ใช้คลื่นวิทยุซึ่งติดตั้งตามพื้นที่ส่วนต่างๆ และระบบต่อมาใช้ดาวเทียมเหมือนจีพีเอส คือระบบการส่งผ่าน (TRANSMIT SYSTEM) หรือ แซทนาฟ (SATNAV) ทั้งสองระบบได้เลิกใช้ไปแล้วเนื่องจากมีข้อบกพร่อง คือสำหรับโลแรนนั้นสามารถบอกตำแหน่งได้เพียงบริเวณหนึ่งๆ เท่านั้นไม่สามารถครอบคลุมทั้งหมด ส่วนระบบการส่งผ่านสามารถที่จะบอกตำแหน่งครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่าแต่ก็มีข้อบกพร่อง คือวงโคจรของดาวเทียมต่ำเกินไปและมีจำนวนน้อยเกินไป และคลาดเคลื่อนได้ง่าย

กระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา ได้ดำเนินโครงการระบบหาพิกัดตำแหน่งด้วยดาวเทียมหรือจีพีเอสขึ้น โดยจีพีเอสใช้ดาวเทียม 24 ดวง โคจรอยู่ในระดับที่สูงพ้นจากคลื่นวิทยุรบกวนของโลก และวิธีการที่สามารถให้ความถูกต้องเพียงพอที่จะใช้ชี้บอกตำแหน่งได้ทุกแห่งบนโลกตลอดเวลา ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตำแหน่งทางราบไม่เกิน 50 เมตรและถ้าใช้วิธีวัดแบบอนุพันธ์ (Differential) จะให้ความถูกต้องถึงระดับเซนติเมตร จากการพัฒนาทางอิเล็กทรอนิกส์ทำให้สามารถผลิตเครื่องรับจีพีเอส ที่มีขนาดเล็กลง และมีราคาถูกลงกว่าเครื่องรับระบบการส่งผ่านเดิมเป็นอย่างมาก

ในปัจจุบันได้มีการนำเอาระบบจีพีเอส (Global Positioning System : GPS) มาใช้งานอยู่ด้วยกันหลายด้าน เช่น งานที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจ เช่น ภูมิศาสตร์, วิศวกรรมศาสตร์, สิ่งแวดล้อม งานด้านเกี่ยวกับขนส่ง รวมไปถึงการใช้ระบบจีพีเอสในระดับส่วนบุคคลนั้นก็คือการใช้ระบบจีพีเอสในการระบุตำแหน่ง เพื่อใช้ในการหาเส้นทางในการเดินทางหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าระบบนำทาง (Navigation) และใช้ระบุตำแหน่งของตนเวลาที่เราต้องการจะไปเดินป่าหรือไปทำการสำรวจในเส้นทางที่ไม่เคยไปทำให้เราไม่หลงทางหรือเมื่อมีเหตุฉุกเฉินก็สามารถบอกตำแหน่งของเราให้กับคนอื่นเพื่อมาช่วยเหลือได้ ซึ่งถือได้ว่าระบบจีพีเอสเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันของเราอย่างมาก

โครงงานนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้งานคุณสมบัติของจีพีเอส ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของระบบจีพีเอส คือ สามารถระบุพิกัดตำแหน่งของวัตถุที่เราต้องการทราบได้ ซึ่งเราจะนำเอาความสามารถนี้มารวมกับการตรวจสอบว่ารถของเราถูกใช้โดยคนที่เราอนุญาตให้ใช้หรือไม่ ในที่นี้จะใช้วิธีบังคับให้ผู้ใช้ป้อนรหัสผู้ใช้ (Password) ก่อนการติดเครื่องยนต์ เราจะได้อุปกรณ์เพิ่มความปลอดภัยจากการโจรกรรมรถยนต์ซึ่งจะมีหลักการทำงานง่ายๆ ดังนี้คือ เมื่อมีการบุกรุกเข้าไปในรถเราจะแทนการตรวจจับผู้บุกรุกของเซนเซอร์(sensor) ด้วยการกดสวิตซ์ ต่อจากนั้นจะให้มีการป้อนรหัสผู้ใช้ผ่านแป้นตัวเลข ถ้าหากป้อนรหัสผิดจะไม่สามารถติดเครื่องได้ โดยจะแทนความพร้อมในการติดเครื่องยนต์ด้วยแอลอีดีเอ็นจินออน (LED Engine On) ซึ่งถ้าเครื่องยนต์พร้อมแอลอีดีเอ็นจินออนจะติด แต่ถ้ามีการใส่รหัสผู้ใช้ผิด 3 ครั้ง ระบบจะส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อความสั้น (SMS) ไปแจ้งเตือนเจ้าของรถว่าตอนนี้มีผู้บุกรุกเข้ามาในรถของคุณ และเมื่อใดที่รถยนต์มีการเคลื่อนที่ ระบบจะส่งข้อความสั้นแจ้งเวลาและพิกัดของรถยนต์ไปยังเจ้าของรถ เพื่อให้เจ้าของรถทราบตำแหน่งของรถยนต์ว่าอยู่ที่ตำแหน่งใดเพื่อจะได้ให้เจ้าของรถไปติดต่อกับตำรวจเพื่อตามไปนำรถกลับมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีหรือหลักการ

2.1 คุณลักษณะพื้นฐานของ MCS-51

2.1.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52

- มีหน่วยความจำโปรแกรมชนิดแฟลช (Flash Memory) ขนาด 2 กิโลไบต์ (Kbyte)
- มีหน่วยความจำแรม 8 บิท (bit) ขนาด 128 ไบต์ (byte)
- ทำงานที่ความเร็วนาฬิกาสูงสุด 24 เมกกะเฮิร์ท (MHz)
- มีอินพุทเอาท์พุทพอร์ตขนาด 15 บิท
- มีสัญญาณอินเตอร์รัพท์ได้ 3 แหล่ง
- มีพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม 1 ช่อง (UART)
- มีวงจรเปรียบเทียบสัญญาณอนาลอก (Analog Comparator Input) 1 ช่อง
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป

2.1.2 ลักษณะการจัดขาของ MCS-51

รูปที่ 2.1 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส -51 ในอนุกรม AT89C52

ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 โวลท์

ขา GND เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มีขา 8 ขา แต่ละขาเรียกได้เป็น 1 บิทสามารถกำหนดให้เป็นทั้งอินพุทและเอาท์พุทสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุท สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิทของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย

ขาพอร์ต 3(P3.0-P3.7) มีขา 7 ขา แต่ละขาเรียกได้เป็น 1 บิท แต่ในส่วนของวงจรภายในไอซีจะมีขาของพอร์ต 3 อยู่ทั้งหมด 8 ขา เพียงแค่ขา P 3.6 จะไม่ได้ต่อออกมาใช้งานภายนอก แต่ใช้เป็นขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับสถานะของผลการเปรียบเทียบสัญญาณอนาลอกระหว่างพอร์ต P1.0 และ P1.1 จากภายนอกของไอซี ดังนั้นขาทั้ง 7 ขาที่ต่อใช้งานสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุทสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุทสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิทของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุทอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุทได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นตอนต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุทสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุทสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุทรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา $\overline{INT0}$

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุทรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา $\overline{INT1}$

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุทสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุทสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.7 ใช้เป็นขาอินพุทและเอาท์พุทสำหรับใช้งานทั่วไป

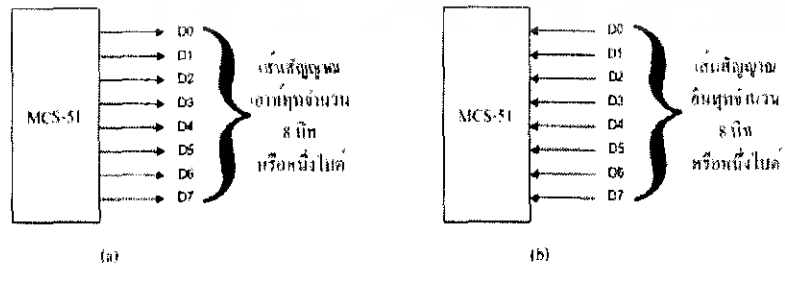
หมายเหตุ P3.6 อยู่ภายในไอซีไม่ได้ต่อออกมาภายนอก แต่ใช้เป็นขารับสถานะของการเปรียบเทียบสัญญาณอินพุทอนาลอกระหว่างพอร์ต P1.0 และ P1.1 จากภายนอก

ขารีเซต (Reset) ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้การป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตัลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1.3 พอร์ตอินพุทและพอร์ตเอาท์พุท

พอร์ต คือ แอดเดรสหนึ่งที่ได้รับการกำหนดไว้เพื่อการโอนย้ายข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก การกำหนดประเภทของการติดต่อขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของข้อมูล เมื่อพิจารณาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก จากรูปที่ 2.2 (a) เป็นการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นเอาท์พุทพอร์ต และจากรูป 2.2 (b) เป็นการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอินพุทพอร์ต



รูปที่ 2.2 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอินพุทและเอาท์พุทพอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การใช้งานพอร์ตเป็นอินพุท

การใช้งานพอร์ตเป็นการอินพุทข้อมูลจะต้องเริ่มต้นด้วยการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมาทางบิทของพอร์ตนั้นก่อนเป็นอันดับแรก เพื่อหยุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุทของบิทนั้น ทำให้ขาสัญญาณของบิทถูกต่อเข้ากับตัวต้านทานซึ่งทำหน้าที่พูลอัพ (Pull-up) ภายในซึ่งมีผลทำให้บิทนั้นของพอร์ต 1, 2 และ 3 เป็นสภาวะลอจิกสูง ตัวต้านทานนี้มีค่าประมาณ 50 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็นค่าที่สูงมากและทำให้อุปกรณ์ภายนอกสามารถขับสัญญาณของพอร์ตเหล่านี้เป็นลอจิกต่ำได้ง่าย สำหรับบิทของพอร์ต 0 นั้นแม้ว่าจะมีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกันกับบิทของพอร์ตอื่นๆ แต่เนื่องจากไม่มีตัวต้านทานซึ่งทำหน้าที่พูลอัพภายในไว้ ทำให้เมื่อทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุทนั้นหยุดการทำงาน ก็จะเป็นผลให้สัญญาณนี้อยู่ในสภาวะอิมพีแดนซ์สูงแทน

- การใช้งานพอร์ตเป็นเอาท์พุท

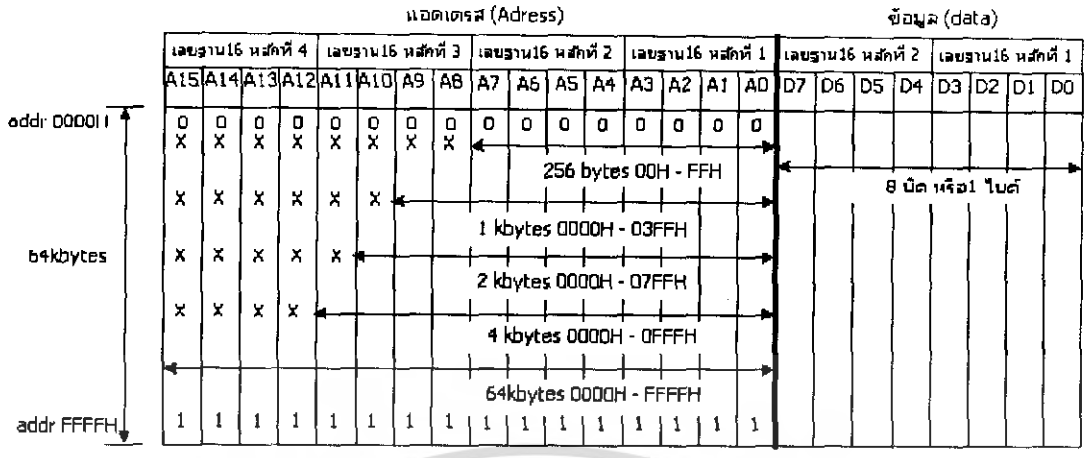
เมื่อมีการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 ให้กับแต่ละบิทของพอร์ตทุกพอร์ต ข้อมูลนี้จะถูกส่งให้กับฟลิปฟลอป ซึ่งจะค้างค่านี้ไว้ และมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุทนั้นทำงาน ดังนั้นขาสัญญาณก็จะมีสภาวะลอจิกเป็นลอจิกต่ำด้วย

ส่วนการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมานั้น ในกรณีที่เป็นการทำงานในแต่ละบิทของพอร์ต 1, 2 หรือ 3 จะทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุทนั้นหยุดทำงาน มีผลทำให้ขาของสัญญาณเป็นลอจิกสูงด้วยตัวต้านทานที่พูลอัพอยู่ภายในนั้น แต่สำหรับการใช้งานในแต่ละบิททางพอร์ต 0 นั้นจะมีผลแตกต่างออกไป โดยขาสัญญาณจะมีสภาวะอิมพีแดนซ์สูงแทน เนื่องจากไม่มีตัวต้านทานภายในเชื่อมต่ออยู่นั้นเอง ดังนั้นการใช้งานพอร์ต 0 เป็นการนำข้อมูลออกทางเอาท์พุท จึงจำเป็นต้องใช้ตัวต้านทานภายนอกพูลอัพสัญญาณไว้กับลอจิกสูงแทน

2.1.4 หน่วยความจำโปรแกรมของ MCS-51

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory) หรือหน่วยความจำรหัสคำสั่ง (Code Memory) จะทำหน้าที่เก็บชุดคำสั่งเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ปฏิบัติตามคำสั่งนั้นๆ AT89C52 จะมีหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมได้ 2 กิโลไบต์ หน่วยความจำจะเป็นลักษณะแบบแฟลช ที่มีคุณสมบัติในการใช้งานโดยสามารถจะทำการลบข้อมูลด้วยไฟฟ้า และเก็บข้อมูลเข้าเก็บไว้ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ได้กว่า 1,000 ครั้ง โดยใช้เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงการจัดพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51

ส่วนของแอดเดรส (ADDRESS) ไม่สามารถที่จะใช้ตำแหน่งเดียวกันได้ แต่ข้อมูล (DATA) สามารถที่จะมีข้อมูลเหมือนกันได้

2.2 ทำความรู้จักกับระบบหาพิกัดบนพื้นโลกจีพีเอส

จีพีเอสเป็นระบบหาพิกัดบนพื้นโลกโดยการอ้างอิงจากดาวเทียมที่มีความแม่นยำสูงสามารถใช้หาพิกัดใดๆ บนพื้นโลกได้ทุกเวลาทุกสภาพอากาศ ซึ่งในปัจจุบันเป็นเทคโนโลยีที่เริ่มเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น มีการนำไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ มากมาย เช่น การช่วยวางแผนการเดินทางด้วยแผนที่ (โดยรถยนต์) ระบบติดตามตำแหน่งบนพื้นผิวโลก เป็นต้น จึงได้มีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพื้นฐานของจีพีเอส (Core Technology) ซึ่งมุ่งเน้นในการพัฒนาออกแบบวงจรรวมพื้นฐานที่ใช้ในระบบจีพีเอส ทั้งในรูปแบบทรัพย์สินทางปัญญา (Intellectual Property) หรือ ไอพี คอร์ (IP Core) และการทำเป็นชิพในขั้นสุดท้าย จีพีเอสถูกพัฒนาขึ้นมาโดยหน่วยงานต่อต้านการรุกรานของสหรัฐอเมริกาหรือดีโอดี (The United States Department of Defense : DOD)ใช้ในการหาพิกัดตำแหน่งในที่ต่างๆ บนโลกด้วยดาวเทียมโดยการส่งสัญญาณคลื่นวิทยุลงมาบนโลก เมื่อเครื่องรับจีพีเอสรับสัญญาณได้ จึงเอาข้อมูลต่างๆ ที่มากับสัญญาณจีพีเอส ไปคำนวณหาตำแหน่งเพื่อประโยชน์ทางการทหาร ระบบจีพีเอสถูกนำมาทดลองใช้ครั้งแรกในช่วงสงครามอ่าวในปี ค.ศ.1991 และถูกพัฒนาจนสมบูรณ์ในปี ค.ศ.1993 ต่อมาจึงเปิดโอกาสให้ภาคเอกชนและหน่วยงานต่างๆ นำระบบไปใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลก แต่ดีโอดียังไม่เปิดสัญญาณการเลือกที่เหมาะสมหรือเอสเอ (Selective Available : SA) เพื่อลดความถูกต้องของการบอกตำแหน่งเพื่อประโยชน์ทางการทหาร และปิดสัญญาณเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม ค.ศ.2000 ด้วยเหตุผลทางการตลาดทำให้การบอกตำแหน่งมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

จีพีเอสสามารถหาตำแหน่งได้โดยใช้สัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสที่ส่งไปโคจรอยู่รอบโลก ดาวเทียมจีพีเอสชุดแรกเป็นชุดสำหรับทดลองเรียกว่า บล็อกวัน (Block I) บล็อกวันมีทั้งหมด 10 ดวง ดวงแรกถูกส่งขึ้นไปในปี ค.ศ.1988 จากนั้นในปี ค.ศ.1989 – 1994 ดาวเทียมจีพีเอสที่จะใช้งานจริงหรือเรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บล็อกทู (Block II) ก็ถูกส่งโคจรรอบโลกทั้งหมด 24 ดวง (ใช้งาน 21 ดวง สำรองในวงโคจร 3 ดวง) นอกจากนี้ยังมีอีก 4 ดวง เป็นดวงสำรองซึ่งพร้อมที่จะส่งเข้าวงโคจรหากจำเป็น อายุการใช้งานของดาวเทียมประมาณ 7.5 ปี ดาวเทียมทั้งหมดโคจรรอบโลกที่ความสูง 10,900 ไมล์ทะเล (20,200 กิโลเมตร) มีคาบโคจรรอบโลกประมาณ 11 ชั่วโมง 58 นาที โดยเคลื่อนที่ในแนวระนาบ 6 ระนาบ ระนาบละ 4 ดวง มีมุมเอียง (Inclination angle) 55 องศา การจัดวางวงโคจรแบบนี้ทำให้ทุกๆ ที่บนพื้นโลกสามารถรับสัญญาณดาวเทียมได้ 6 ดวง เกือบ 100 % ดาวเทียมเหล่านี้จะเป็นจุดอ้างอิงที่ใช้ในการหาตำแหน่ง มันก็เลยต้องเคลื่อนที่อยู่ในวงโคจรที่คงที่เสมอ บนพื้นโลกก็จึงมีสถานีตรวจวัดปรับวงโคจรของดาวเทียมให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง และปรับตั้งนาฬิกาในดาวเทียมให้เดินตรงอยู่เสมอ สถานีตรวจสอบสำหรับดาวเทียมจีพีเอสมีทั้งหมด 5 แห่ง คือที่ ฮาวาย (Hawaii), แอสเซนชันไอซ์แลนด์ (Ascension Island), ดีโก การ์เซีย (Diego Garcia), ควาจะเลน (Kwajalein) และฟอลคิน เอ เอฟ บี (Falcon AFB) และมีสถานีควบคุมหลัก (master control) อยู่ที่โคโลราโด สปริงส์ (Colorado Springs)

รูปที่ 2.4 ดาวเทียมจีพีเอสบล็อกวัน

รูปที่ 2.5 ดาวเทียมจีพีเอสบล็อกทู

ดาวเทียมแต่ละดวงจะติดตั้งนาฬิกาอะตอมซึ่งตั้งเวลาไว้ให้ตรงกันทุกดวง ดาวเทียมจีพีเอสจะถ่ายทอดสัญญาณในรูปของคลื่นวิทยุตลอดเวลา คลื่นวิทยุที่จะจะถูกส่งออกมา 2 คลื่นความถี่ คือ L1 =

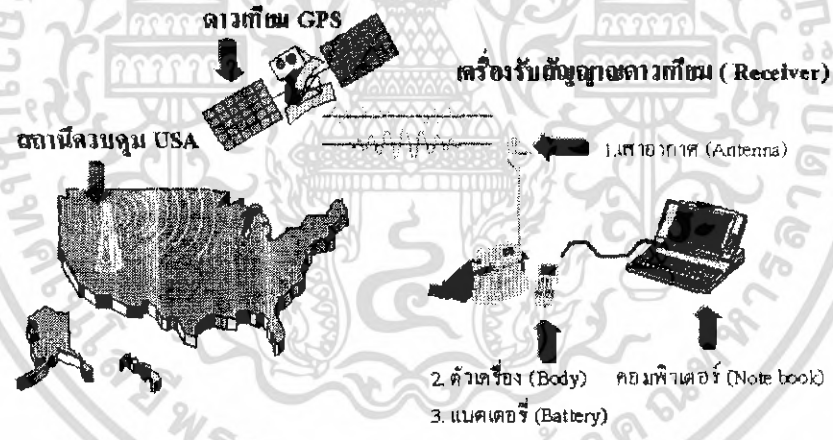
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.57542 กิกะเฮิร์ท (GHz) และ L2 = 1.2276 กิกะเฮิร์ท (ที่เรียก L1/L2 เพราะเป็นย่านความถี่ L-Band) ดาวเทียมทุกดวงจะมีวงโคจรสำหรับสร้างรหัสซูโด แรนดอม (Pseudo Random Code) ออกมาด้วย บิทเรท (bit rate) 1.023 เมกกะบิทต่อวินาที (Mbps) แต่รหัสจะแตกต่างกันออกไปตามอัลกอลิทึม (algorithm) ที่เลือกใช้ รหัสนี้จะเอามามอดูเลต (modulate) กับคลื่นพาห์ (carrier) L1/L2 แล้วก็ส่งมาพื้นโลก การมอดูเลตรหัสซูโดแรนดอม (modulate pseudo random code) กับ L1/L2 ทำให้สัญญาณวิทยุอื่นๆ ไม่สามารถซิงโครไนซ์ (synchronize) กับ L1/L2 ได้ ดาวเทียมจีพีเอสทุกดวงจึงสามารถใช้ความถี่ในการส่งสัญญาณเพียงชุดเดียวเพราะรหัสซูโดแรนดอมที่ดาวเทียมแต่ละดวงสร้าง (generate) ขึ้นมาเป็นตัวบ่งชี้ได้ว่าสัญญาณที่เครื่องรับ (receiver) ได้รับมาจากดาวเทียมดวงไหน และสัญญาณที่ดาวเทียมจีพีเอสส่งมาคือส่วนที่จะนำไปคำนวณหาตำแหน่งบนพื้นโลกได้

2.3 ส่วนประกอบของระบบจีพีเอส

ระบบจีพีเอสประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้คือ

- ส่วนอวกาศ
- ส่วนสถานีควบคุม
- ส่วนผู้ใช้



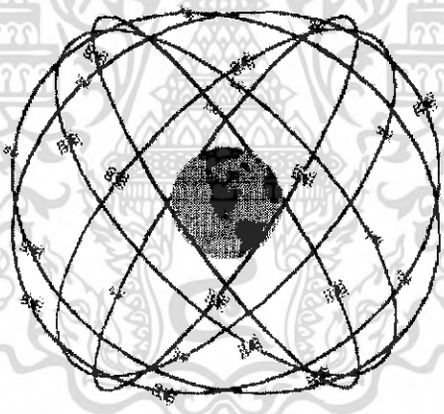
รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบ 3 ส่วนของจีพีเอส

2.3.1 ส่วนอวกาศ (Satellite Constellation)

จะประกอบด้วยดาวเทียม 29 ดวง โดยใช้บอกพิกัด 24 ดวง ส่วนอีก 5 ดวงจะสำรองเอาไว้ เพื่อเตรียมใช้ทดแทนดาวเทียมที่กำลังจะหมดอายุ ดาวเทียมทั้ง 24 ดวงนี้ จะโคจรรอบโลกโดยรัศมีวงโคจรสูงจากพื้นโลกประมาณ 20,200 กิโลเมตร โดยจะเป็นวงโคจรแบบไม่คงที่ (Non – Geostationary Orbit) 6 วงโคจร แต่ละวงโคจรประกอบด้วยดาวเทียม 4 ดวง แต่ละวงโคจรเอียงทำมุม 55 องศา การบอกตำแหน่งบนพื้นโลกจะระบบสัญญาณดาวเทียมได้อย่างน้อย 4 ดวง ถ้ามีมุมเงย 15 องศาขึ้นไป และสามารถรับสัญญาณได้ถึง 12 ดวง ถ้ามีมุมเงย 5 องศา ความแม่นยำในการบอกตำแหน่งของจีพีเอสเกิดขึ้นจากการใช้สัญญาณ

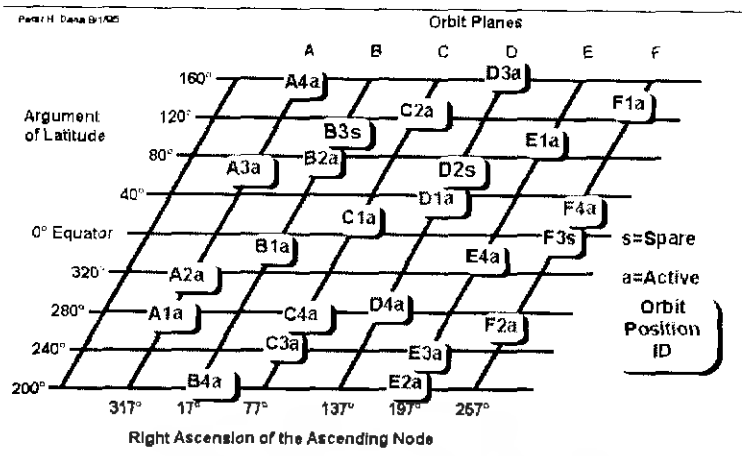
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาฬิกาที่มีความเที่ยงตรงสูงและตรงกันระหว่างเครื่องรับจีพีเอสกับดาวเทียมจีพีเอส ซึ่งในระบบจีพีเอสนี้จะใช้สัญญาณนาฬิกาจากนาฬิกาอะตอม ในดาวเทียมจีพีเอสบล็อกทู จะมีนาฬิกาอะตอมแบบรูบิเดียม 2 เครื่อง และแบบซีเซียมอีก 2 เครื่อง ซึ่งจะให้ความผิดพลาดไม่เกิน 10^{-14} วินาที (เนื่องจากความผิดพลาดของเวลาเพียง 10^{-9} วินาที จะทำให้เกิดความผิดพลาดของตำแหน่งถึง 30 เซนติเมตร) ดาวเทียมจะใช้สัญญาณจากนาฬิกาสร้างเป็นคล็อค (clock) สร้างความถี่พื้นฐาน 10.23 เมกกะเฮิร์ท แล้วสร้างความถี่พื้นฐานในแบนด์ L1 และ L2 โดยการคูณความถี่พื้นฐานด้วย 154 และ 120 ตามลำดับ ดังนั้นความถี่ของคลื่นพาห์ในแบนด์ L1 จะเท่ากับ 1,575.42 เมกกะเฮิร์ท และความถี่ของคลื่นพาห์ในแบนด์ L2 จะเท่ากับ 1,227.60 เมกกะเฮิร์ท มาตรฐานการคำนวณหาระยะทางจากดาวเทียมถึงเครื่องรับเรียกว่า "ซูโด-เรนจ์" (Pseudo-Range) จะคำนวณจากระยะเวลาที่สัญญาณทั้งสองที่อยู่ในรูปรหัสพีอาร์เอ็น (Pseudorandom Noise : PRN) ที่ผสมมากับคลื่นพาห์ทั้งสองแบนด์ เดินทางจากดาวเทียมถึงเครื่องรับสัญญาณ รหัสแรกที่ส่งเรียกว่า "รหัสซีเอ" (Coares/Acquis Code : C/A Code) เป็นสัญญาณที่อนุญาตให้บุคคลทั่วไปใช้งาน สัญญาณจะผสมออกมาที่แบนด์ L1 เท่านั้น สัญญาณรหัสที่สองคือ "รหัสพี" (Precision Code : P Code) เป็นสัญญาณที่ใช้ในทางทหารของสหรัฐและบุคคลที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น สัญญาณที่ผสมจะออกมาทั้ง 2 แบนด์ คือ L1 และ L2 ทำให้การระบุตำแหน่งมีความแม่นยำกว่า ซึ่งก็มีการเข้ารหัสไว้ เพื่อรักษาความปลอดภัยของทหารสหรัฐอเมริกา



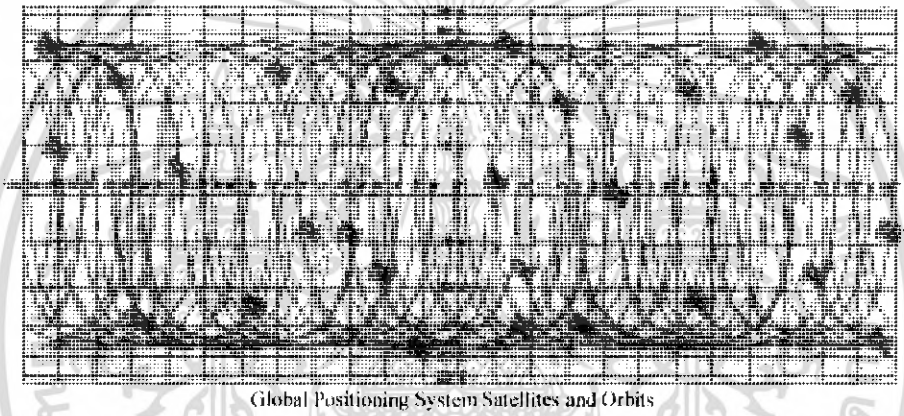
รูปที่ 2.7 แสดงกลุ่มดาวเทียมจีพีเอส โดยมีระนาบโคจร 6 ระนาบ แต่ละระนาบจะมีดาวเทียมอยู่ 4 ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Simplified Representation of Nominal GPS Constellation

รูปที่ 2.8 แสดงภาพฉายของระนาบโคจรดาวเทียม ณ เวลาหนึ่ง



Global Positioning System Satellites and Orbits
for 27 Operational Satellites on September 29, 1998
Satellite Positions at 00:00:00 9/29/98 with 24 hours (2 orbits) of Ground Tracks to 00:00:00 9/30/98

รูปที่ 2.9 แสดงวงโคจรของดาวเทียมจีพีเอส

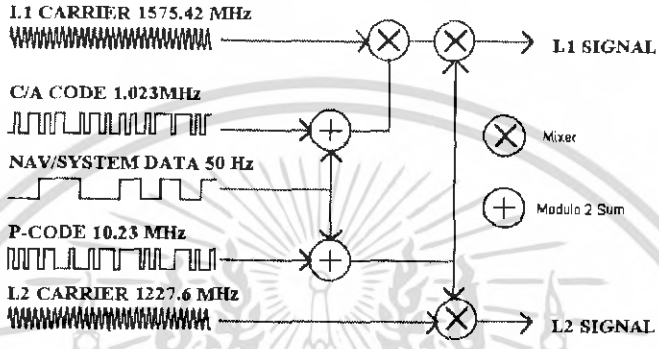
ในคลื่นพาห์ L1 นั้นใช้สำหรับการส่งสัญญาณทั้ง 2 แบบ จึงต้องมีการชิฟท์เฟสของคลื่นพาห์เพื่อมิให้สัญญาณรบกวนกัน หลังจากนั้นรหัสพีอาร์เอ็นจะมีข้อมูลอื่นๆ ที่ผสมมาในสัญญาณด้วย ได้แก่ ข้อมูลที่เกี่ยวกับวงโคจรดาวเทียม สัมประสิทธิ์สภาพชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) สภาพการใช้งานของดาวเทียม เวลาของระบบ และสัญญาณเวลาของดาวเทียม เป็นต้น รหัสซีและรหัสซีเอนั้นได้ถูกออกแบบมาเพื่อไม่ให้มีการรบกวนกัน โดยรหัสพีจะถูกมอดูเลตกับคลื่นพาห์พร้อมๆ กับรหัสซีเอ รหัสที่ถูกมอดูเลตกับสัญญาณของคลื่นพาห์ที่ถูกชิฟท์เฟสไป 90 องศา โดยสัญญาณของคลื่นพาห์ที่ถูกมอดูเลตทั้งสองนี้จะรวมกันโดยวิธี "เฟส ควอดดราเจอร์" (Phase Quadrature) และข้อมูลที่ถูกส่งมาจากดาวเทียมนั้นจะถูกมอดูโล-ทู (Modulo-2) ลงบนรหัสพีหรือลำดับของรหัสซีเอ รหัสพี, รหัสซีเอและข้อมูลนำร่อง (Navigation Message) คือ P(t), C/A(t) และ D(t) ตามลำดับ โดยการมอดูเลตคลื่นพาห์แสดงได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L_1(t) = a_1 P(t) D(t) \cos f_1(t) + a_1 C/A(t) \sin f_1(t)$$
$$L_2(t) = a_2 P(t) D(t) \cos(f_2 t)$$

และการดีมอดูเลต (Demodulate) คลื่นพาห์โดย

$$L_1(t) = a_1 \cos(f_1 t)$$



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะการมอดูเลตสัญญาณของจีพีเอส

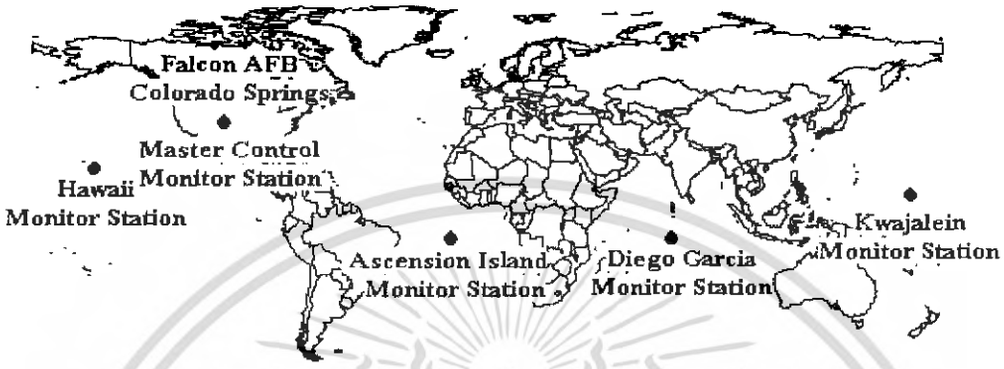
2.3.2 ส่วนสถานีควบคุม (Ground Control Segment)

มีส่วนรับผิดชอบการทำงานของดาวเทียมจีพีเอส เช่น การรักษาตำแหน่งการโคจรของดาวเทียม ตรวจสภาพและระบบต่างๆ บนดาวเทียม ตรวจแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ระดับพลังงานของแบตเตอรี่ การเปิดดาวเทียมสำรอง ปรับปรุงข้อมูลเวลา ข้อมูลอิฟีเมอริส (Ephemeris) ข้อมูลอัลมาแนค (Almanac) และตัวชี้ค่าอื่นๆ ในข่าวสารการนำร่องวันละครั้งหรือตามแต่ความจำเป็น สถานีควบคุมนี้จะมีนาฬิกาอะตอมแบบซีเซียมที่มีความแม่นยำสูงและเครื่องรับที่สามารถคำนวณรหัสพีซูโดเรนจ์ (P-Code Pseudo-Range) ของดาวเทียมทุกดวงที่รับสัญญาณได้ ข้อมูลต่างๆ ที่ถูกคำนวณแล้วจะถูกส่งไปให้สถานีควบคุม ซึ่งสามารถที่จะนำข้อมูลมาหาตัวแปรต่างๆ จากนั้นส่งกลับไปยังดาวเทียมจีพีเอสเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ

2.3.2.1 สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station) สถานีสังเกตการณ์จะมีเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ทั้งสองความถี่ (L1และ L2) โดยจะทำการวัดค่าซูโดเรนจ์ และเดลตาเรนจ์ของแต่ละดาวเทียมที่ผ่านสถานีและมีนาฬิกาซีเซียมสองตัวที่ตั้งเวลาเพื่อใช้ในการอ้างอิงกับเวลาของระบบจีพีเอส สัญญาณจากดาวเทียมที่ส่งมาถึงสถานีสังเกตการณ์นั้นมีการหักเหและล่าช้าในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์และโทรโพสเฟียร์ (Troposphere) เรียกการล่าช้านี้ว่า "ไอโอโนสเฟียริกดีเลย์" (Ionospheric Delay) และโทรโพสเฟียริกดีเลย์ (Tropospheric Delay) การล่าช้านี้จะทำให้เกิดการผิดพลาดของข้อมูล ซึ่งการแก้ไขนั้นสถานีสังเกตการณ์จะรวบรวมข้อมูลจากสัญญาณที่ได้รับทั้ง 2 ความถี่ อุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และจะส่งไปยังสถานีควบคุมหลักโดยกรมอุตุนิยมวิทยาของสหรัฐอเมริกา เพื่อทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาด และการหาข้อมูลที่ต้องใช้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 สายอากาศภาคพื้นดิน (Ground Uplink Antenna Facility) ส่วนสถานีสายอากาศภาคพื้นดินจะทำการส่งคำสั่ง ข้อมูลการนำร่อง และข้อมูลอื่นๆ ที่เรียกว่า "ทีทีแอนด์ซี" (Telemetry, Tracking and Command: TT&C) ซึ่งเตรียมพร้อมโดยสถานีควบคุมหลักสำหรับดาวเทียมแต่ละดวง ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปยังสถานีสายอากาศภาคพื้นดินและเก็บไว้จนกว่าดาวเทียมที่ต้องการส่งข้อมูลจะผ่านมา โดยส่งคลื่นความถี่ เอส-แบนด์ (S-band) โดยสถานีสายอากาศจะตั้งอยู่คู่กับสถานีสังเกตการณ์



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

รูปที่ 2.11 แสดงที่ตั้งของสถานีควบคุมดาวเทียมจีพีเอส

2.3.3 ส่วนผู้ใช้ (User Segment)

ในส่วนนี้ส่วนประกอบที่สำคัญคือ เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส โดยจะรับสัญญาณแอล-แบนด์ (L-band) ที่ถูกส่งมาจากดาวเทียมและนำมาคำนวณเพื่อหาค่าตำแหน่ง ความเร็วและเวลาของเครื่องรับจากนั้นนำค่ามาประยุกต์ใช้งานตามลักษณะการใช้งาน ซึ่งเครื่องรับจีพีเอสสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เครื่องที่สามารถรับดาวเทียมได้ 4 ดวง หรือมากกว่าได้พร้อมกันในทีเดียว กับเครื่องรับที่มีการรับดาวเทียมโดยการเรียงลำดับและแต่ละกลุ่มยังแบ่งย่อยได้อีกคือ

2.3.3.1 เครื่องรับแบบเรียงลำดับสัญญาณดาวเทียม ปกติเครื่องรับจีพีเอสจะต้องมีข้อมูลจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง จึงจะสามารถคำนวณหาตำแหน่งได้ เครื่องรับจีพีเอสที่ใช้การเรียงลำดับใช้ช่องรับสัญญาณเพียงช่องเดียว รับข้อมูลจากดาวเทียมดวงหนึ่งระยะหนึ่งแล้วเปลี่ยนไปอีกดวงหนึ่ง เครื่องประเภทนี้จะมีแผงวงจรเล็ก ดังนั้นจึงมีราคาถูกและใช้กำลังน้อย ข้อเสียของการเรียงลำดับสัญญาณอาจเกิดการขาดตอนและทำให้มีผลต่อความถูกต้องของผลที่ได้น้อย เครื่องรับในกลุ่มนี้ได้แก่

- เครื่องรับช่องเดียวแบบจำกัดพลังงาน (Starved-Power Single Receiver)

เครื่องแบบนี้ออกแบบให้พกพาได้และสามารถทำงานได้ด้วยถ่านไฟฉายขนาดเล็ก การจำกัดการใช้กระแสไฟฟ้าโดยให้ปิดการทำงานตัวเองโดยอัตโนมัติเมื่อแสดงตำแหน่งครั้งสองใน 1 นาที เหมาะสำหรับใช้งานบอกตำแหน่งส่วนตัว เช่น นักไต่เขา หรือแล่นเรือในเวลากลางวันโดยไม่ต้องมีแบตเตอรี่ (Battery) ไฟฉายหลายก้อน และทำงานได้ทุกที่บนโลก ข้อเสียคือ ความถูกต้องของสัญญาณจีพีเอสที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร ต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นไม่ได้และไม่สามารถใช้วัดหาความเร็วได้ การที่หาความเร็วไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากต้องปิดเครื่องเองในระหว่างการวัด เพราะว่าเครื่องใช้แผงวงจรนาฬิกาที่ใช้ไฟน้อย (นาฬิกาจะต้องเดินอยู่ตลอดเวลา) นาฬิกาที่ใช้จึงไม่ให้ความถูกต้องเท่าที่ควร

- เครื่องรับช่องเดียว (Single Channel Receivers)

เหมือนกับแบบเครื่องรับช่องเดียวแบบจำกัดพลังงาน เป็นเครื่องรับสัญญาณช่องเดียวใช้ทำการหาระยะจากดาวเทียมทุกดวง แต่ที่ไม่เหมือนกันคือ เครื่องรับช่องเดียวแบบมาตรฐาน ไม่จำกัดที่พลังงาน ดังนั้นจึงทำการรับสัญญาณต่อเนื่องได้มีผลทำให้มีความถูกต้องสูงกว่า และใช้วัดหาความเร็วได้ จากที่มีเพียงช่องเดียวที่ต้องใช้ทั้งการรับข้อมูลดาวเทียมและคำนวณหาระยะ จึงไม่สามารถหาตำแหน่งต่อเนื่องได้ ยิ่งกว่านั้นตามเหตุผลของวิชาการ ความไม่เที่ยงตรงของนาฬิกามีผลโดยตรงต่อความถูกต้องของการวัดหาความเร็ว เครื่อราคาถูกบางชนิดใช้นาฬิการาคาถูกเพื่อให้ราคาเครื่องลดลง จึงทำให้ค่าความเร็วที่แสดงมาเชื่อถือไม่ได้

- เครื่องรับช่องเดียวแบบมัลติเพล็กเร็ว (Fast-Multiplexing Single Receiver)

เครื่องประเภทนี้เหมือนกับเครื่องทั้ง 2 ประเภทที่กล่าวมาแล้วข้างต้นซึ่งรับช้า แต่เครื่องรับชนิดนี้สามารถเปลี่ยนดาวเทียมได้เร็วมากกว่า ข้อดีคือ สามารถทำการวัดได้ในขณะที่กำลังรับข้อมูลจากดาวเทียม ดังนั้นเครื่องทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และการที่มีนาฬิกาไม่เที่ยงตรง จะมีผลต่อเครื่องประเภทนี้น้อย เครื่องแบบนี้ต้องการใช้แผงวงจรที่ค่อนข้างซับซ้อนและราคาพอๆ กับเครื่องแบบ 2 ช่องรับสัญญาณที่ใช้เครื่องซึ่งให้ความถูกต้องสูงกว่าและมีลักษณะการยืดหยุ่นการใช้งานได้ดีกว่า

- เครื่องรับแบบรับสัญญาณสองช่องตามลำดับ (Two-Channel Sequencing Receivers)

การเพิ่มช่องรับสัญญาณขึ้นอีก 1 ช่อง ช่วยให้เครื่องเพิ่มขีดความสามารถขึ้นอย่างเห็นได้ชัดข้อหนึ่งคือความแรงสัญญาณ ค่าสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Signal-to-Noise Ratio) เป็นสองเท่าทันที หมายถึง สามารถจับสัญญาณภายใต้สภาวะที่ไม่ดีได้และสามารถรับดาวเทียมดวงที่อยู่ระดับต่ำใกล้เส้นขอบฟ้าได้จากการที่ช่องหนึ่งสามารถรับข้อมูลตำแหน่งอย่างต่อเนื่องได้ในขณะที่อีกช่องหนึ่งค้นหาดาวเทียมดวงต่อไป เครื่องแบบสองช่องนี้จะทำงานแบบนำร่องได้โดยไม่ขาดตอน และความเร็วก็จะมีค่าที่ถูกต้องขึ้น ความจริงเครื่องรับสองช่องที่มีคุณภาพดีก็สามารถใช้คำนวณหาและตัดค่าที่เวลาของนาฬิกาเครื่องรับไม่ดีทิ้งเพื่อใช้ในการวัดหาความเร็ว ข้อเสียของเครื่องแบบสองช่องคือ มีราคาสูงกว่าและกินไฟมากกว่า ในเครื่องรับรุ่นใหม่ๆ บางรุ่นก็มักใช้แบบวงจรรวมหรือไอซี (IC) ที่สามารถเพิ่มช่องรับสัญญาณที่สองและมีราคาสูง เครื่องแบบสองช่องยังมีราคาแพงกว่าเครื่องแบบช่องเดียวมาก ทั้งนี้เนื่องจากผู้ใช้เครื่องรับจีพีเอสสองช่องมักต้องการเครื่องที่มีความถูกต้อง แข็งแรง และสามารถควบคุมสังเกตการณ์แสดงผลที่ดีกว่า

2.3.3.2 เครื่องรับแบบต่อเนื่อง (Continuous Receivers) ได้แก่ เครื่องรับที่สามารถรับสัญญาณดาวเทียมได้พร้อมกันตั้งแต่ 4 ดวงขึ้นไป และสามารถแสดงผลค่าตำแหน่งและความเร็วได้ทันที การรับสัญญาณดาวเทียมได้ทั้ง 4 ดวง พร้อมกับที่มีค่าในการวัดหาในขณะที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งรวดเร็วหรือต้องการความถูกต้องสูง ดังนั้นเครื่องแบบนี้จึงนำมาใช้ในงานรังวัดทางด้านวิทยุ ซึ่งพบว่าจะมีช่องรับสัญญาณทั้ง 4, 5, 8, 10, และ 12 ช่อง นอกจากข้อดีที่ใช้วัดตำแหน่งอย่างต่อเนื่องแล้ว เครื่องรับจีพีเอสแบบหลายช่องสามารถช่วยขจัดปัญหาจีดีโอพี (GDOP: Geometrics Dilution of Precision) ได้อีกด้วยคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

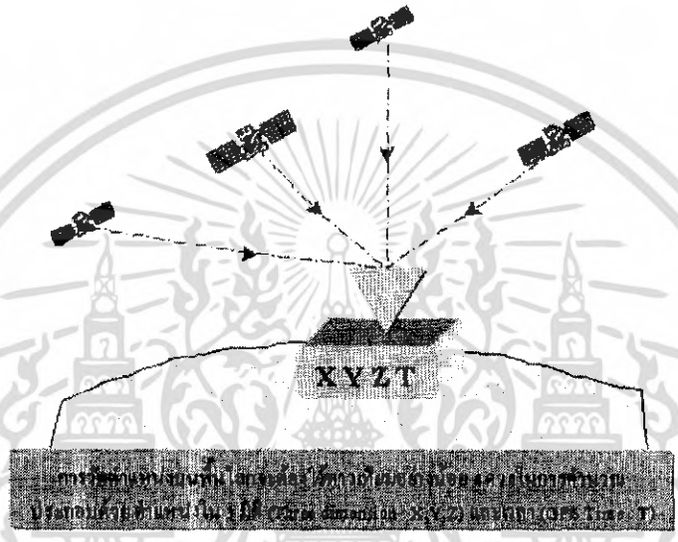
แทนที่จะรับดาวเทียม 4 ดวงใดๆ ก็จะคำนวณหาค่าจีดีโอพีดาวเทียม 4 ดวงของกลุ่มดาวเทียมที่ขึ้นอยู่และทำการวัดจากดาวกลุ่มที่มีค่าจีดีอีต่ำสุด เครื่องรับสี่ช่องสัญญาณสามารถให้ค่าสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของเครื่องแบบสองช่องสัญญาณ และเป็น 4 เท่าของเครื่องรับแบบช่องสัญญาณเดียว จากการเปรียบเทียบค่าการรับสัญญาณของแต่ละช่องเครื่องรับสามารถปรับตั้งค่าพิกัดเทียมระหว่างช่องรับสัญญาณซึ่งช่วยทำให้การวัดมีความถูกต้องดีขึ้น นอกจากข้อดีและข้อเสียที่ได้กล่าวไปแล้ว ยังมีข้อดีอื่นมาพิจารณาอีกคือ มีเครื่องแบบใหม่ที่สามารถหาค่าพิกัดตำแหน่งมีความถูกต้องสูงมาก โดยการใช้ทั้งรหัสซูโดแรนดอมที่กล่าวมาแล้ว และใช้ความถี่ของคลื่นพาหะ ซึ่งทำให้เครื่องรับทำงานมีความเที่ยงตรงสูง ที่รหัสซูโดแรนดอมไม่สามารถให้ได้ และใช้ในการวัดหาค่าเวลาได้แม่นยำมากขึ้นซึ่งช่วยบอกตำแหน่งได้ดีขึ้นด้วยและบางเครื่องที่ไม่ต้องใส่ค่าประมาณตำแหน่งและเวลาโดยประมาณให้เครื่องก่อนทำการวัด เครื่องรับแบบนี้สามารถที่จะใส่ค่าเริ่มต้นได้เอง ข้อที่ควรพิจารณาก็คือ การต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นและความสะดวก บางเครื่องแสดงได้เฉพาะพิกัดทางภูมิศาสตร์ บางเครื่องไม่สามารถต่อเข้ากับเครื่องมืออื่นๆ หรือคอมพิวเตอร์ได้ และมีสิ่งสำคัญที่ควรพิจารณาอีกข้อหนึ่งก็คือ ความแข็งแรงทนทาน ถ้าต้องใช้เครื่องทำงานในพื้นที่ที่เป็นทะเล หรือในพื้นที่ป่าเขา การใช้ไฟและความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นตัวชี้สำคัญที่จะต้องเอาใจใส่ จากผลทางสถิติแสดงให้เห็นว่าอัตราของค่าความผิดพลาดจะเพิ่มเป็นสองเท่าของความร้อนในเครื่องที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 7 องศาฟาเรนไฮต์ เครื่องรับจีพีเอสรุ่นใหม่ในปัจจุบันได้รับการเพิ่มความสามารถให้มากขึ้นกว่าเดิมหลายประการ เช่น ใช้การประมวลผลที่ซับซ้อน แสดงผลรายละเอียดผ่านทางจอภาพ เครื่องรับจีพีเอสบางรุ่นอาจแสดงจุดตำแหน่งบนแผนที่ที่ได้วาดไว้แล้วให้เห็นในทันที

2.4 การบอกตำแหน่งของจีพีเอส

ดาวเทียมจีพีเอสแต่ละดวงจะส่งกระจายสัญญาณ 2 ชนิด อย่างต่อเนื่องได้แก่ สัญญาณจากการบอกตำแหน่งมาตรฐาน (Standard Positioning: SPS) ซึ่งใช้สำหรับบุคคลทั่วไปและสัญญาณบอกตำแหน่งความเที่ยงตรงสูง (Precise Positioning Service: PPS) ซึ่งใช้สำหรับทางการทหาร สัญญาณเอสพีเอสเป็นสัญญาณแบบขยายสเปคตรัม (Spread-Spectrum) ที่กระจายสัญญาณด้วยความถี่ 1,575.42 เมกกะเฮิร์ท สภาพแวดล้อม หรือสัญญาณรบกวนที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้า บนพื้นโลก ซึ่งมีผลกระทบค่อนข้างน้อย ต่อสัญญาณดังกล่าว สัญญาณเอสพีเอสประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับวงโคจรของดาวเทียม 2 ชนิด คือ ข้อมูลอัลมาแนค และข้อมูลอิฟีเมอริส โดยข้อมูลอัลมาแนคเป็นข้อมูลที่บอกถึงสภาพของดาวเทียมและตำแหน่งวงโคจร ของดาวเทียมทุกดวงในระบบอย่างคร่าวๆ เครื่องรับจีพีเอสจะรับข้อมูลอัลมาแนคจากดาวเทียมดวงใดๆ ที่สามารถรับสัญญาณได้ แล้วใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อการเลือกรับดาวเทียมที่สามารถจะใช้ได้ในการคำนวณตำแหน่งพิกัด ส่วนข้อมูลอิฟีเมอริสประกอบด้วยข้อมูลที่แม่นยำโดยละเอียดของวงโคจรของดาวเทียมแต่ละดวงที่ทำการรับสัญญาณได้ สัญญาณเอสพีเอสจะส่งรหัสลงมาด้วย โดยรหัสดังกล่าวจะทำให้เครื่องรับจีพีเอสสามารถคำนวณเวลาที่สัญญาณเดินทางจากดาวเทียมมาถึงตัวเครื่องรับจีพีเอสได้ เมื่อเครื่องรับทราบเวลาที่เดินทางและตำแหน่งดาวเทียมหรือข้อมูลอิฟีเมอริส ก็สามารถคำนวณหาระยะทางระหว่างดาวเทียม (Pseudo-range) แต่ละดวงกับเครื่องรับจีพีเอสได้ เครื่องรับจะทำการรับสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 3 ถึง 4 ดวงในเวลาเดียวกัน เครื่องจะใช้ดาวเทียม 3 ดวงในการคำนวณหาตำแหน่งพิกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงอย่างเดียวโดยเมื่อทราบระยะทางจากเครื่องรับจีพีเอสถึง 3 ดวง เครื่องจะสามารถคำนวณตำแหน่งพิกัดของตนเองได้เมื่อกำหนดให้ความสูงคงที่ (ผู้ใช้ต้องป้อนค่าความสูงที่ทราบให้กับเครื่อง) และถ้ารับสัญญาณจากดาวเทียมได้ 4 ดวง เครื่องจะใช้ดาวเทียม 4 ดวงในการคำนวณตำแหน่งพิกัด และความสูงได้โดยไม่จำเป็นต้องป้อนค่าความสูงให้กับเครื่อง ซึ่งสัญญาณที่รับมานี้จะทำให้ทราบข้อมูลที่สำคัญต่อการคำนวณตำแหน่งสองอย่างคือ ตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวงและเวลาที่สัญญาณเดินทางมาถึง ซึ่งจะทำให้ทราบระยะทางจากดาวเทียมถึงเครื่องรับจีพีเอสโดยการนำเอาเวลาที่ได้หลังจากตัดความคลาดเคลื่อนของเวลามาคูณกับความเร็วแสง ระยะทางที่ได้นี้ คือ ซูโดเรนจ์ มาทำการแก้สมการเพื่อหาค่าที่ไม่ทราบค่า



รูปที่ 2.12 การคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับจีพีเอส

การอ้างอิงตำแหน่งของจีพีเอส ใช้การอ้างอิงตามระบบธรณีวิทยาโลก-84 หรือดับบลิวจีเอส-84 (World Geodetic System-84: WGS-84) ซึ่งจำลองโลกว่าเป็นทรงรี (Ellipsoid) ทรงรีนี้มีรัศมีตามแนวเส้นศูนย์สูตร (Semi-major axis) = 6,378,137 เมตร และรัศมีตามแนวขั้วโลก (Semi-minor axis) = 6,356,752.3124 เมตร ระยะห่างของดาวเทียมที่จริงก็จะเป็นระยะห่างจากศูนย์กลางโลกก็ตามดับบลิวจีเอส-84 การจำลองแบบนี้ทำให้สามารถคำนวณตำแหน่งได้ตามหลักของเรขาคณิตซึ่งตำแหน่งที่เครื่องคำนวณได้จะเป็นจุดที่ระบุอยู่ในระบบพิกัดฉาก (coordinate) สามมิติ (X,Y,Z) เมื่อนำมาเทียบกับรูปทรงรีของโลกตามดับบลิวจีเอส-84 ก็จะได้เป็นตำแหน่งและความสูงเทียบจากวงรี ค่าเหล่านี้เอามาแปลงเป็นพิกัดและความสูงจริงๆ อีกครั้ง ส่วนการคำนวณเรื่องของความสูงนั้นค่อนข้างยุ่งยากพอควร เพราะว่าโลกปกติไม่ค่อยราบเรียบเหมือนกับวงรีที่เป็นต้นแบบ (model) พื้นโลกมีทั้งภูเขา ทะเล หลุมลึก ซึ่งมีช่วงความต่างกว่า 20 กิโลเมตร ดังนั้นจึงต้องหาจุดอ้างอิงสำหรับความสูงขึ้นมา จุดที่ว่านั้นก็คือ "ระดับน้ำทะเลกลาง" (จุดอ้างอิงของพิกัดก็คือเส้นเมอริเดียนแรก (prime meridian) ที่ผ่านเมืองกรีนิช (Greenwich) กับเส้นศูนย์สูตร) ซึ่งระดับน้ำทะเลกลางเป็นตำแหน่งของพื้นผิวซึ่งคิดตามแรงโน้มถ่วงของโลก เรียกว่า "จีออยด์" (Geoids) ในดับบลิวจีเอส-84 มีแผนที่จีออยด์ของตำแหน่งต่างๆ ทั่วโลกระบุไว้ด้วยว่าต่างจากวงรี

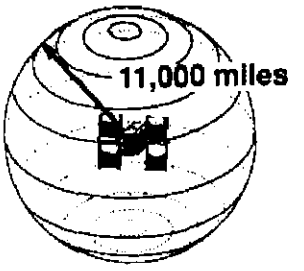
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของดับบลิวจีเอส-84 มากน้อยแค่ไหน ดังนั้นจึงสามารถหาตำแหน่งความสูงเทียบกับระดับน้ำทะเลกลางได้

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเป็นการพูดถึงการบอกตำแหน่งของจีพีเอสซึ่งจะทำให้มองเห็นภาพได้แคบลงโดยรูปที่ 2.13 ถึง 2.15 จะเห็นว่าเครื่องรับที่อยู่บนผิวโลกอาจจะอยู่ที่บริเวณใดก็ได้บนพื้นทรงกลมที่สร้างขึ้นมาล้อมรอบดาวเทียม เพราะไม่รู้ว่าที่จุดใดของทรงกลมแตะอยู่กับพื้นผิวของโลก ถ้ามีดาวเทียมดวงหนึ่งโคจรอยู่เหนือพื้นดิน 23,000 กิโลเมตร เราก็สามารถสร้างทรงกลมได้อีกลูกหนึ่ง ถ้าทรงกลมทั้งสองมีส่วนที่ตัดกันผลที่ได้ก็จะเป็นวงกลมเล็กๆ เกิดขึ้น เครื่องรับน่าจะอยู่ที่ใดที่หนึ่งในวงกลมนี้ซึ่งก็ยังคงเป็นพื้นที่กว้างเกินไป ถ้ามีดาวเทียมอีกดวงเป็นดาวเทียมดวงที่สามโคจรเหนือพื้นโลก 24,000 กิโลเมตร ก็จะสามารถสร้างทรงกลมได้อีกลูกหนึ่ง ถ้าทรงกลมทั้งสามมีการตัดกัน ผลที่ได้จะเป็นจุดสองจุดที่ขอบของวงกลมเล็กๆ เครื่องรับน่าจะอยู่ในจุดใดจุดหนึ่งในสองจุดนี้ แต่จะมีจุดเดียวเท่านั้นที่เป็นไปได้ทางทฤษฎี (ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยอาศัยคณิตศาสตร์เข้าช่วย) การหาพิกัดจุด (X,Y,Z) ในระบบจีพีเอสนั้นสิ่งที่ต้องการในการหาตำแหน่ง คือ ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับ แต่การวัดระยะโดยตรงทำได้ยากมากและมีค่าที่ไม่ละเอียดพอในบรรดาการวัดทั้งหมด "เวลา" เป็นสิ่งที่วัดได้แม่นยำที่สุดโดยใช้การสั่นของอะตอมธาตุซีเซียม (นาฬิกาอะตอม) ถ้าเครื่องสามารถวัดเวลาได้แม่นยำพอก็จะสามารถวัดระยะเวลาที่คลื่นเดินทางมาจากดาวเทียมมาถึงเครื่องรับได้ เมื่อได้ระยะเวลาที่คลื่นเดินทางก็จะสามารถหาระยะทางระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับได้โดยคำนวณกับความเร็วของแสง ค่าความแตกต่างที่ได้ก็จะเป็นเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของสัญญาณจากดาวเทียมมาถึงเครื่องรับเมื่อรู้ค่าการวัดระยะเวลาของเครื่องรับ มีจุดสำคัญที่รหัสซูโดแรนดอม ทั้งดาวเทียมและเครื่องรับจีพีเอสจะสร้างรหัสซูโดแรนดอมที่เหมือนกันในขณะเวลาเดียวกันเมื่อเครื่องรับได้รับซูโดแรนดอมจากดาวเทียมจีพีเอส ก็จะสามารถทำการเปรียบเทียบว่า รหัสที่ได้รับมีความแตกต่างจากรหัสที่เครื่องรับสร้างในระยะเวลาที่แน่นอนก็จะสามารถหาระยะห่างจากดาวเทียมถึงเครื่องรับได้ เหตุผลที่ว่าทำไมต้องเป็น 3 ดวงก็เพราะเมื่อได้ระยะห่างจากดาวเทียมดวงแรกเราจะได้ว่าตำแหน่งของเครื่องรับจะอยู่บนพื้นผิวของทรงกลมเสมือนอันหนึ่งที่มีรัศมีเท่ากับระยะห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับเมื่อได้ระยะห่างจากดาวเทียมดวงที่สองก็จะได้ตำแหน่งของเครื่องรับจะอยู่บนทรงกลมเสมือนอีกอันหนึ่งด้วย ดังนั้นจะได้ว่าตำแหน่งของเครื่องรับจะอยู่บนเส้นรอบวงกลมที่เกิดจากจุดตัดของวงกลมเสมือนทั้งสองอัน เมื่อได้ระยะห่างจากดาวเทียมดวงที่สามก็จะได้ทรงกลมเสมือนสามลูกตัดกันซึ่งจะเกิดจุดตัด 2 จุด เครื่องรับจะอยู่ที่จุดตัดจุดใดจุดหนึ่งในสองจุดนี้โดยทั่วไปตำแหน่งของจุดตัดนี้จะมีจุดหนึ่งที่ไม่น่าจะเป็นคำตอบที่ถูก (เช่น คำนวณแล้วได้จุดที่อยู่นอกโลก ในผิวโลก ไม่ใช่บนผิวโลก) ซึ่งจะถูกตัดทิ้งไป และจุดที่เหลือก็จะคือผลลัพธ์ที่ถูกต้องว่าเราอยู่ที่ตำแหน่งใดบนพื้นโลก วิธีการที่จะใช้หาตำแหน่งนี้เรียกว่า "ไทรแองกูเลทติง" (Triangulating)

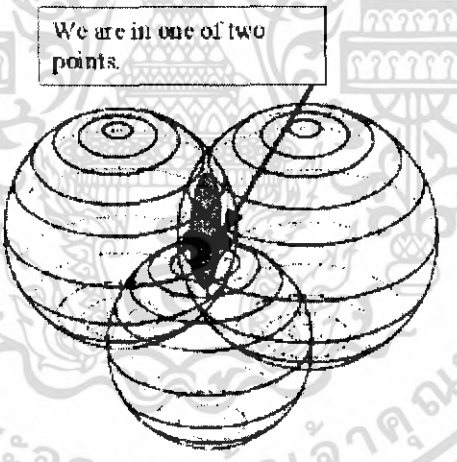
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.13 ทรงกลมจำลองที่สร้างล้อมรอบดาวเทียมรัศมี 22,000 กิโลเมตร

รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะการตัดกันของระยะห่างจากดาวเทียม 2 ดวง อันเนื่องมาจากเครื่องรับ



รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะการตัดกันของระยะห่างจากดาวเทียม 3 ดวง อันเนื่องมาจากเครื่องรับ

2.5 ความแม่นยำ (Accuracy) ของตำแหน่งพิกัดที่คำนวณได้

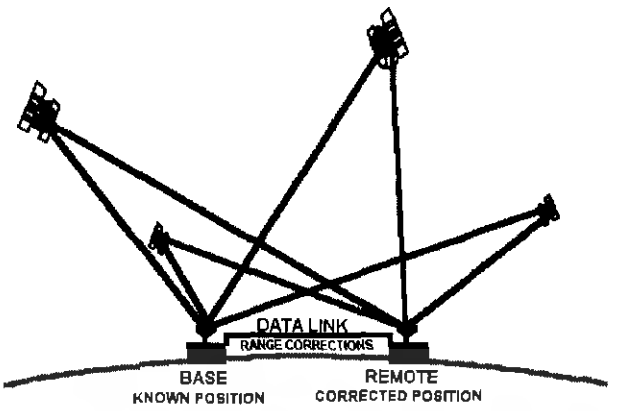
โดยทั่วไปแล้วเครื่องรับจีพีเอสที่ทำงานโดยอาศัยสัญญาณเอสพีเอสสามารถคำนวณค่าตำแหน่งพิกัดที่มีความถูกต้องอยู่ระยะ 25 เมตร และค่าความถูกต้องของความเร็วอยู่ในระยะ 5 เมตรต่อวินาที เนื่องจากค่าความถูกต้องที่ได้นี้จะขึ้นอยู่กับนโยบายของรัฐบาลสหรัฐอเมริกาที่เรียกว่าเอสเอ เพื่อรักษาความมั่นคงทางทหาร สัญญาณเอสเอนี้จะทำให้เกิดค่าความผิดพลาดขึ้นกับข้อมูลอิฟีเมอริสที่ส่งกระจายมาจากดาวเทียม ส่งผลให้ค่าความผิดพลาดของค่าตำแหน่งพิกัดที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นระยะ 100 เมตร ในการใช้งานทั่วไปค่าความผิดพลาดในระยะ 100 เมตร ก็ดีเพียงพอแต่สำหรับการใช้งานที่ต้องการความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
72035

ถูกต้องที่มากกว่านี้สามารถทำได้โดยใช้เทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียล (Differential) เพื่อกำจัดผลของเอสเอ ซึ่งทำให้ค่าที่ได้มีความถูกต้องมากขึ้น (ขณะนี้รัฐบาลสหรัฐอเมริกาได้ปิดเอสเอแล้ว) นอกจากนี้ความถูกต้องของค่าพิกัดยังขึ้นกับชุดของค่าคงที่ที่เรียกว่า "แม็ปดาตัม" (Map Datum) ซึ่งค่าเหล่านี้มีความแตกต่างกันสำหรับพื้นที่ในแต่ละพื้นที่ โดยทั่วไปแต่ละประเทศจะใช้แม็ปดาตัมที่แตกต่างกันในการสร้างแผนที่ของพื้นที่ในแต่ละประเทศ ตำแหน่งเดียวกันบนแผนที่ 2 ฉบับ ที่ใช้แม็ปดาตัมต่างกันในการสร้างแผนที่จะให้ตำแหน่งพิกัดที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเทียบตำแหน่งพิกัดที่ได้จากเครื่องรับจีพีเอสกับตำแหน่งพิกัดจริงที่ได้จากแผนที่จึงต้องใช้แม็ปดาตัมเดียวกัน โดยที่เครื่องรับจีพีเอสส่วนมากจะสามารถเปลี่ยนแม็ปดาตัมของเครื่องได้หลายแบบเพื่อให้สามารถนำเครื่องไปใช้บอกตำแหน่งเทียบกับแผนที่ในพื้นที่แต่ละประเทศได้ สำหรับการใช้เครื่องในการเดินเรือในทะเลและมหาสมุทรจะต้องเลือกใช้แม็ปดาตัมดับบลิวจีเอส-84 ซึ่งเป็นชุดของค่าคงที่สำหรับบริเวณทะเล มหาสมุทร และชายฝั่งที่ใช้ได้เกือบทุกพื้นที่ทั่วโลก การตั้งแม็ปดาตัมที่ไม่ถูกต้องให้กับเครื่องรับจีพีเอสอาจทำให้ตำแหน่งพิกัดที่อ่านได้จากเครื่องไม่ตรงกับตำแหน่งพิกัดที่ได้จากแผนที่ ความแตกต่างอาจเป็นได้ตั้งแต่ไม่กี่เมตรจนมากถึงหลายร้อยเมตร โดยทั่วไปถ้าไม่ทราบว่าแผนที่ที่ใช้อ้างอิงใช้แม็ปดาตัมใดให้เลือกแม็ปดาตัมของเครื่องเป็นดับบลิวจีเอส-84 แต่ถ้าทราบแม็ปดาตัมของแผนที่ที่ใช้เปรียบเทียบ ก็ให้เลือกตั้งแม็ปดาตัมของเครื่องจีพีเอสเป็นแบบเดียวกัน สำหรับประเทศไทยถ้าตั้งแม็ปดาตัมเป็นดับบลิวจีเอส-84 ให้กับเครื่องจีพีเอส จะทำให้ตำแหน่งพิกัดที่อ่านได้จากเครื่องรับ เทียบกับแผนที่ประเทศไทยที่อ้างอิงกับแม็ปดาตัมแบบไทย–เวียดนาม มีความแตกต่างในแนวราบที่ประมาณ 413 เมตร ซึ่งค่อนข้างสูงมาก ดังนั้นก่อนการใช้เครื่องจีพีเอสควรตั้งค่าแม็ปดาตัมให้ตรงกับแผนที่ที่จะใช้เปรียบเทียบทุกครั้ง

เทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียล หรือ วิธีความแตกต่างของตำแหน่ง (Differential Positioning) เป็นเทคนิคหนึ่งในการที่จะทำให้ผู้ใช้หาค่าพิกัดจากดาวเทียมสามารถที่จะกำจัดค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเนื่องจากสภาวะแวดล้อมและผลจากเอสเอ ทำให้สามารถที่จะใช้เครื่องหาพิกัดในการคำนวณหาค่าตำแหน่งที่ให้ค่าความแม่นยำสูง โดยมีหลักการในการใช้ค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ ณ ตำแหน่งที่ทราบค่าพิกัดแน่นอนถูกต้องและทำการป้อนค่าดังกล่าวเข้าไปเพื่อทำการแก้ไขค่าตำแหน่งที่คำนวณได้จากเครื่องรับจีพีเอสเครื่องอื่นๆ โดยทั่วไปแล้ว ค่าความแม่นยำในแนวราบของตำแหน่งใดๆ ที่คำนวณได้จากเครื่องรับจีพีเอสจะมีค่าประมาณ 15 เมตรอาร์เอ็มเอส (RMS: Root Mean Square) หรือมากกว่า ความหมายของคำว่า 15 เมตร อาร์เอ็มเอส หมายถึง ถ้านำการกระจายจุดต่างๆ รอบตำแหน่งที่ถูกต้องเป็นแบบวงกลมโดยมีค่ากลางข้อมูล (mean) เป็นศูนย์ ค่าความแม่นยำ 15 เมตรอาร์เอ็มเอส จะหมายถึง 63 เปอร์เซ็นต์ของตำแหน่งที่วัดได้สูงสุด จากตำแหน่งที่ถูกต้องค่าความผิดพลาดในการหาตำแหน่งมีอยู่ 2 ประเภท คือ แบบที่แก้ไขได้ และแบบที่แก้ไขไม่ได้ ค่าความผิดพลาดแบบที่แก้ไขได้จะเป็นค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเหมือนๆ กันกับเครื่องรับจีพีเอสทุกเครื่องที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน ส่วนค่าความผิดพลาดที่แก้ไขไม่ได้จะเป็นค่าความผิดพลาดแบบที่จะไม่มีความสัมพันธ์กันเลยในระหว่างเครื่องรับทุกเครื่องที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 เทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียล

2.6 ความผิดพลาดในระบบจีพีเอส

แม้ว่าระบบจีพีเอสจะถูกพัฒนาให้มีความถูกต้องในระบบการนำร่องทั่วโลกก็ตาม แต่ระบบจีพีเอสก็ยังคงมีความผิดพลาดมากพอสมควรซึ่งความผิดพลาดหลักนั้นแบ่งเป็น ความผิดพลาดที่แก้ไขได้ (Correctable Errors) และความผิดพลาดที่แก้ไขไม่ได้ (Non-Correctable Errors)

2.6.1 ความผิดพลาดแบบที่แก้ไขได้

ข้อมูลความผิดแบบที่แก้ไขได้นี้จะเกิดได้จากหลายสาเหตุ ได้แก่ ความผิดพลาดของสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม ความผิดพลาดของตำแหน่งดาวเทียม และความผิดพลาดจากการหน่วงสัญญาณของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์และโทรโพสเฟียร์ รวมทั้งค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้จากผลของเอสเอ ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียมและตำแหน่งดาวเทียมเป็นค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นภายในดาวเทียมจีพีเอส ค่าความผิดพลาดของสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียมจะเป็นค่าความผิดพลาดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ของเวลาที่ได้จากนาฬิกาอะตอมซีเซียม (Cesium Atomic Clock) ภายในดาวเทียมซึ่งจะทำให้เครื่องรับจีพีเอสเกิดความผิดพลาดในการวัดตำแหน่งในขณะที่ทำการวัดแบบซูโดเรนจ์ ส่วนค่าความผิดพลาดของตำแหน่งดาวเทียมนี้เป็นค่าความผิดพลาดที่อยู่ในข้อมูลที่ถูกใช้โดยเครื่องรับจีพีเอส ในการกำหนดการหาดาวเทียมในอวกาศ ค่าความผิดพลาดเนื่องจากชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์และโทรโพสเฟียร์เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของชั้นบรรยากาศ ทำให้เกิดการหน่วงเวลาการเดินทางของสัญญาณที่ส่งจากดาวเทียมเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของอิเล็กตรอน (Electron) ในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ ซึ่งเป็นชั้นบรรยากาศที่สัญญาณสามารถทะลุผ่านและเป็นชั้นบรรยากาศในส่วนบนสุดของชั้นบรรยากาศโลก ส่วนชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์จะเกี่ยวข้องกับความชื้น อุณหภูมิ และความสูงซึ่งบรรยากาศชั้นนี้จะมีผลทำให้เกิดการหน่วงเวลาได้น้อยกว่าชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ ค่าความผิดพลาดที่แก้ไขได้อีกแบบหนึ่ง คือ ผลของเอสเอ ซึ่งเอสเอเป็นมาตรการที่กระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกาใช้ในการทำให้ค่าความแม่นยำของเครื่องรับจีพีเอสเกิดความผิดพลาดสูงขึ้น โดยการใส่ค่าความผิดพลาดเข้าไปในสัญญาณจีพีเอสที่จะส่งออกจากดาวเทียม ซึ่งเป็นมาตรการที่ทำเพื่อผลประโยชน์ทางทหารสำหรับสหรัฐอเมริกา และกองกำลังพันธมิตร ค่าความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดที่กล่าวนี้มีความเหมือนกันอยู่อย่างหนึ่งก็คือ ปริมาณและทิศทางของค่าความผิดพลาดในเวลาใดเวลาหนึ่งจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน ดังนั้นเครื่องรับจีพีเอส 2 เครื่อง ซึ่งอยู่ในระยะห่างที่ไม่มากนักจะได้รับผลกระทบจากค่าความผิดพลาดในปริมาณและทิศทางที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน ดังนั้นเราสามารถที่จะทำการหาค่าความผิดพลาดดังกล่าวได้

2.6.2 ความผิดพลาดแบบที่แก้ไขไม่ได้

ค่าความผิดพลาดแบบที่แก้ไขไม่ได้ เป็นค่าความผิดพลาดที่เครื่องรับจีพีเอส 2 เครื่องในบริเวณเดียวกันจะเกิดค่าความผิดพลาดที่ไม่เท่ากัน และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะไม่มีความสัมพันธ์ใดๆ ต่อกัน แหล่งที่มาของค่าความผิดพลาดแบบนี้ ได้แก่ ค่าระดับสัญญาณรบกวนในเครื่องรับจีพีเอสซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ไม่ว่าจะเป็นแบบชนิดใด และค่าความผิดพลาดเนื่องจากมัลติพาท (Multipath) หรือการรับสัญญาณสะท้อนจากหลายทิศทางอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมรอบๆ บริเวณ ค่าความผิดพลาดนี้เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องรับได้รับสัญญาณทั้งจากดาวเทียมโดยตรงและสัญญาณที่สะท้อนจากสิ่งที่มีอยู่รอบข้าง ไม่ว่าจะเป็นตึก หรือภูเขา ค่าความผิดพลาดแบบที่ไม่สามารถแก้ไขได้นี้ ไม่สามารถที่จะกำจัดได้จากการทำดิฟเฟอร์เรนเชียล แต่สามารถที่จะลดได้โดยการทำการเฉลี่ยที่แน่นอน (Position Fix Averaging) และสามารถแยกรายละเอียดปลีกย่อยของความผิดพลาด ได้ดังนี้

2.6.2.1 ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากตำแหน่งของดาวเทียมจีพีเอส (Ephemeris Data Error) เกิดจากการเฉไปของวงโคจรดาวเทียม เมื่อข้อมูลจีพีเอสไม่ได้ส่งตำแหน่งที่ถูกต้องของดาวเทียมจะมีผลความผิดพลาดไปถึงการคำนวณตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ ค่าความผิดพลาดนี้จะแก้ไขโดยข้อมูลควบคุมจากสถานีหลัก ดังนั้นถ้าไม่มีการแก้ไขจากสถานีควบคุม ข้อมูลจะมีความผิดพลาดมากขึ้นเรื่อยๆ แต่จากรายงานใน ค.ศ.1984 แสดงว่าสำหรับการทำงานไม่เกิน 24 ชั่วโมง ค่าความผิดพลาดอันเนื่องมาจากค่าอีฟีเมอร์ริสมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 2.1 เมตร

2.6.2.2 ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียมจีพีเอส (Satellite Clock Error) ในเครื่องส่งสัญญาณจีพีเอสที่ดาวเทียมและที่เครื่องรับสัญญาณ จำเป็นต้องมีการสร้างสัญญาณนาฬิกาอะตอมแบบซีเซียม และรูบิเดียม (Cesium and Rubidium Oscillators) ซึ่งมีความแม่นยำสูงและจะต้องซิงโครนัสกับระบบ แต่ในความเป็นจริงสัญญาณของดาวเทียมจะถูกแก้ไขโดยสถานีควบคุมหลักในการซิงโครนัสกับระบบโดยตลอด แต่นาฬิกาของเครื่องรับนั้นยากที่จะทำการแก้ไข จึงต้องมีการชดเชยการคำนวณโดยใช้สัญญาณจากดาวเทียมเพิ่มในการคำนวณด้านเวลา

2.6.2.3 ความคลาดเคลื่อนจากสัญญาณความปลอดภัย (Security Signal) ความผิดพลาดนี้เป็นความคลาดเคลื่อนมากที่สุด สาเหตุเนื่องมาจากการที่ทางการสหรัฐอเมริกาได้ใส่รหัสข้อมูลเอสเอลงในสัญญาณดาวเทียมทุกดวง ค่าความคลาดเคลื่อนจากเอสเอนั้นจะมีค่าประมาณ 10 นาที ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางระยะทางเฉลี่ยประมาณ 20 เมตร ผู้ใช้ทั่วไปที่ใช้ระบบเอสพีเอสจะมีสัญญาณเอสเอรวมอยู่ด้วย ทำให้เกิดความผิดพลาดแต่ผู้ใช้ที่ได้รับการอนุญาตให้ใช้ระบบพีพีเอสจะไม่มีความผิดพลาดจากรหัสเอสเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.4 ความผิดพลาดจากชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere Error) เป็นค่าความผิดพลาดรองลงมาจากสาเหตุของเอสเอ ทำให้เกิดการล่าช้าในการเดินทางของสัญญาณดาวเทียม เนื่องจากอิเล็กตรอนอิสระในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ สัญญาณจากดาวเทียมเมื่อเดินทางผ่านบรรยากาศชั้นนี้จะสามารถเดินทางได้เท่ากับความเร็วเริ่มต้น การเปลี่ยนแปลงสัญญาณจะมีความล่าช้าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนอิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ในชั้นนี้ และแปรผันตรงกับส่วนกลับของความถี่ ผู้ใช้ทั้งหมดจะมีความคลาดเคลื่อนในความล่าช้าในชั้นไอโอโนสเฟียร์

2.6.2.5 ความผิดพลาดจากชั้นโทรโพสเฟียร์ (Troposphere Error) เป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้ความเร็วแสงเฉไปโดยที่ความแปรปรวนของอุณหภูมิ ความดัน และความชื้น ทั้งหมดนี้ทำให้ความเร็วแสงของสัญญาณแปรปรวนทั้งรหัสสำหรับผู้ใช้ทั่วไป ค่าความผิดพลาดนี้จะอยู่ที่ประมาณ 1 เมตร

2.6.2.6 ความผิดพลาดจากการรับสัญญาณสะท้อนจากหลายทิศทาง (Multipath Error) เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่มีสาเหตุมาจากการส่งสัญญาณของดาวเทียมจีพีเอสไปกระทบผิวสะท้อนก่อนที่จะไปถึงผู้รับ เช่น สะท้อนผิวของตึกหรือผิวของน้ำ โดยผลกระทบนี้มีแนวโน้มที่มากขึ้นในเครื่องรับที่อยู่นิ่งๆ ใกล้กับผิวสะท้อนที่ใหญ่มากๆ ความผิดพลาดที่พบมากที่สุดประมาณ 15 เมตร การแก้ไขความผิดพลาดนี้คือ การต่อสายอากาศ (Antenna) ให้กับเครื่องรับสัญญาณ

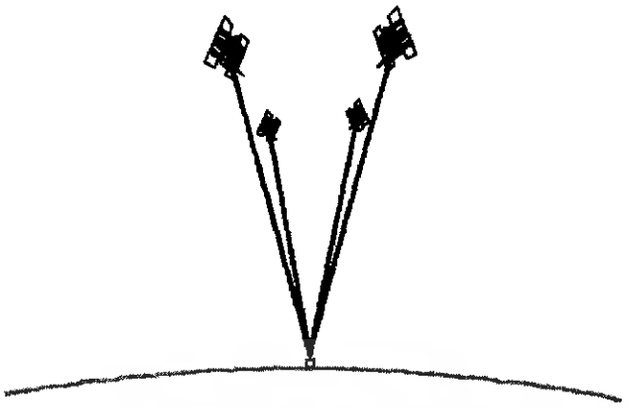
2.6.2.7 ความผิดพลาดจากเครื่องรับ (Receiver Errors) เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดระยะของเครื่องรับสัญญาณอันเนื่องมาจากความร้อนภายในเครื่องรับสัญญาณ ประสิทธิภาพซอฟแวร์ของเครื่องรับและจำนวนช่องรับสัญญาณต่อเนื่องจากปัจจุบัน ปัจจุบันเทคโนโลยีได้พัฒนาจนความผิดพลาดลักษณะนี้ค่อนข้างมีน้อยมาก

2.6.2.8 ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการจับกลุ่มของดาวเทียมที่ใช้นำร่อง (Geometric Dilution of Precision) ความผิดพลาดนี้เกิดจากการหาระยะทางซูโดเรนจ์ของเครื่องรับ การเลือกกลุ่มดาวเทียมจะเป็นองค์ประกอบหลัก มีการใช้ค่าๆ หนึ่งเป็นตัวแสดงถึงคุณภาพของผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับจากการกำหนดตำแหน่งเครื่องรับจีพีเอสค่านี้คือ ค่าดีโอพี (DOP: Dilution of Precision) มักถูกอธิบายในเทอมต่างๆ ที่สัมพันธ์กับสัญญาณที่ได้จากการจับกลุ่มดาวเทียมเพื่อการกำหนดตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณเทอมต่างๆ เหล่านี้ ได้แก่

GDOP	:	Geometrical Dilution of Precision
PDOP	:	Position Dilution of Precision (3-D) บางทีเรียก Spare DOP
HDOP	:	Horizontal Dilution of Precision (Latitude, Longitude)
VDOP	:	Vertical Dilution of Precision (Height)

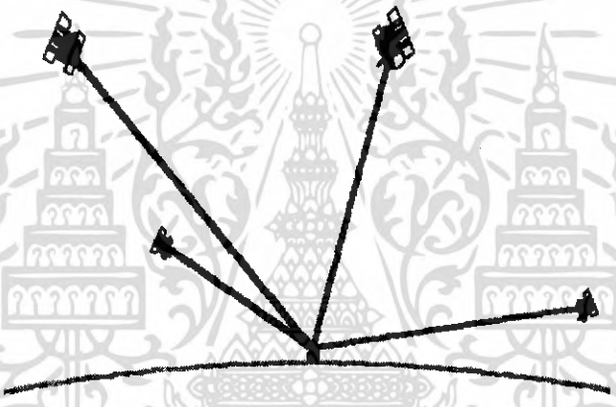
ค่าที่มักจะนำมาพิจารณาได้แก่ จีดีโอพี (GDOP) จะแสดงถึงการจัดวางตัวของดาวเทียม 4 ดวงที่ทำกับเครื่องรับสัญญาณ ถ้าค่าจีดีโอพีมีค่ามากพิกัดที่ได้จากเครื่องรับอาจผิดพลาดไปจากที่ควรจะเป็นมากเช่นเดียวกัน ตัวอย่างของการจัดกลุ่มดาวเทียมที่ทำให้จีดีโอพีมีค่าไม่ดีและดี เป็นดังรูปที่ 2.17 และ 2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



POOR GDOP

รูปที่ 2.17 แสดงจีดีโอพีที่ไม่ดี



GOOD GDOP

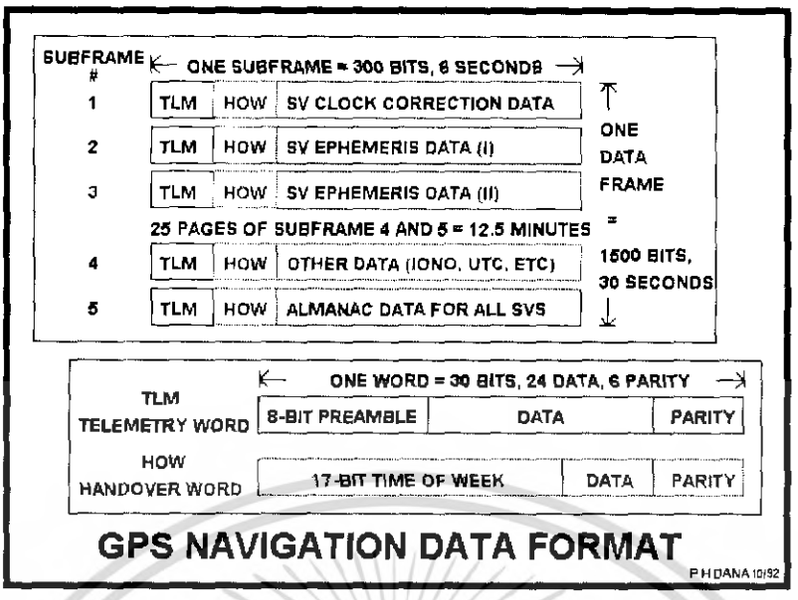
รูปที่ 2.18 แสดงจีดีโอพีที่ดี

2.7 โครงสร้างของข้อมูลที่ส่งจากดาวเทียมจีพีเอส

ข้อมูลที่ส่งจากดาวเทียมจีพีเอสประกอบไปด้วยข้อมูลที่ถูกแบ่งเฟรมย่อยๆ เรียกว่า ซับเฟรม (Sub frame) แต่ละซับเฟรมจะแทรกค่าเวลาที่ซับเฟรมนั้นๆ ถูกส่งมาจากดาวเทียมจีพีเอสไว้ด้วยเพื่อใช้ร่วมในการคำนวณหาค่าพิกัดตำแหน่งข้อมูลแต่ละเฟรมมีขนาด 1,500 บิท ถูกแบ่งให้อยู่ในรูปเฟรมขนาด 300 บิท จำนวน 5 ซับเฟรม ข้อมูลหนึ่งเฟรมจะถูกส่งมาจากดาวเทียมทุกๆ 30 วินาที ซับเฟรมขนาด 6 วินาที (300 บิท) จะบรรจุไว้ด้วยเส้นทางโคจรและของข้อมูลนาฬิกา โดยข้อมูลในแต่ละเฟรมประกอบด้วยส่วนประกอบย่อยๆ ดังรูปที่ 2.19

- ซับเฟรมที่ 1 เป็นข้อมูลในการแก้ไขเวลาดาวเทียมจีพีเอส
- ซับเฟรมที่ 2 และ 3 เป็นข้อมูลเส้นทางโคจรของดาวเทียมจีพีเอส
- ซับเฟรมที่ 4 และ 5 เป็นข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงโครงสร้างของข้อมูลที่ส่งจากดาวเทียมจีพีเอส

ข้อมูลจากดาวเทียมซึ่งบรรจุไว้ด้วยข้อมูลในการนำร่อง (Navigation Message) ที่ครบสมบูรณ์ จะประกอบด้วยเฟรมข้อมูลจำนวน 25 เฟรม (125 ซับเฟรม) โดยข้อมูลดังกล่าว จะถูกส่งจากดาวเทียมทุกๆ 12.5 นาที เป็นอย่างน้อย โดยทั่วไปเครื่องรับสัญญาณจะได้รับข้อมูลของตำแหน่งล่าสุดของดาวเทียมทุกชั่วโมง เพื่อใช้ร่วมกับอัลกอริทึมในการคำนวณพิกัดตำแหน่ง และข้อมูลการโคจรของดาวเทียมแต่ละดวงอย่างคร่าวๆ เพื่อเครื่องรับสัญญาณสามารถทราบตำแหน่งคร่าวๆ ของดาวเทียมแต่ละดวง รวมทั้งปรับชดเชยความผิดพลาดของสัญญาณพาหะจากปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ของความถี่พาหะ (Carrier Doppler Frequency) ซึ่งเกิดจากการที่ความถี่พาหะมีการเบนค่า เนื่องจากการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

นอกจากนั้นชุดข้อมูลจากดาวเทียมจีพีเอสโดยสมบูรณ์ยังประกอบด้วยข้อมูลแบบจำลองของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์อยู่ด้วย เพื่อให้เครื่องรับสัญญาณสามารถประเมินค่าในการหน่วงเฟสของสัญญาณ (Phase Delay) ที่เกิดจากสภาพชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์จากเฟรมของข้อมูลที่ส่งมาทั้งหมด ส่วนที่เครื่องรับสัญญาณจำเป็นต้องใช้ คือ ข้อมูลใน 3 ซับเฟรมแรก หากสามารถรับข้อมูลดังกล่าวจากดาวเทียมตั้งแต่ 4 ดวงขึ้นไป ก็สามารถคำนวณพิกัดตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องรับสัญญาณได้ ในทางทฤษฎีการรับข้อมูลจากดาวเทียม 4 ดวง จะใช้เวลาอย่างน้อย 18 วินาที ก่อนที่จะสามารถนำข้อมูลทั้งหมดมาใช้คำนวณได้ แต่เนื่องจากซับเฟรมจากดาวเทียมแต่ละดวงจะมาถึงเครื่องรับไม่พร้อมกัน อีกทั้งไม่สามารถทราบล่วงหน้าว่าซับเฟรมที่ 1 จะได้รับมาเมื่อไหร่ ดังนั้นเพื่อเป็นการประกันว่าจะได้รับข้อมูล 3 ซับเฟรมแรก จากดาวเทียมจีพีเอส 4 ดวงอย่างแน่นอน ระยะเวลาที่ใช้ในการรับข้อมูลเท่าที่จำเป็นจะอยู่ที่ 30 วินาที หรือกล่าวได้ว่า การคำนวณพิกัดตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณจะใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 30 วินาทีนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

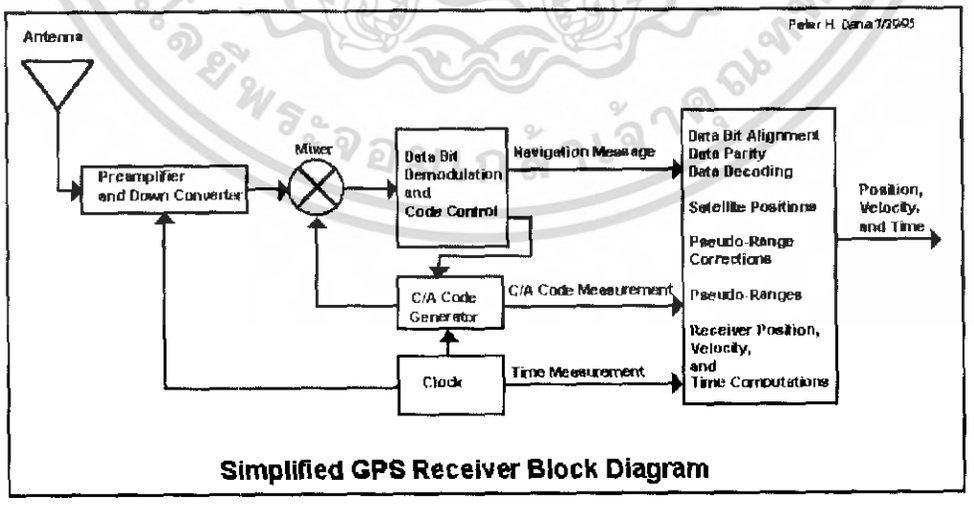
2.8 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (GPS Receiver Operation)

2.8.1 การเลือกดาวเทียม (Satellite Tracking Selection)

กระบวนการแทร็คสัญญาณจะเริ่มโดยที่เครื่องรับจะหาว่าดาวเทียมดวงไหน ที่ตำแหน่งใดที่เป็นไปได้ในการแทร็คสัญญาณ โดยจะทำการค้นหารหัสซีเอของดาวเทียมที่อยู่ในวิสัยและล็อคสัญญาณดาวเทียมดวงนั้น เมื่อดาวเทียมถูกแทร็คเครื่องรับจะสามารถดีมอดูเลตข้อมูลนำร่อง ค่าอัลมาแนคและข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมทั้งหมด ซึ่งการเลือกดาวเทียมของเครื่องรับจะต้องใช้ข้อมูลจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ในการคำนวณเครื่องรับอาจรับข้อมูลทุกดวงในพิสัยมาทำการคำนวณเลยก็ได้ แต่เครื่องรับส่วนใหญ่จะทำการเลือกดาวเทียมไม่มากเกินไปในการคำนวณ เนื่องจากปัญหายุ่งยากในการคำนวณและต้นทุน ดังนั้นในการเลือกดาวเทียมที่จะรับข้อมูลสถานะดาวเทียมที่ดีที่สุดที่ได้จากสัญญาณแทรคดาวเทียมดวงแรก หรืออาจเลือกจากดาวเทียมที่ได้สัญญาณก่อนเลยก็ได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบ

2.8.2 การรับสัญญาณดาวเทียม

กำลังของสัญญาณดาวเทียมที่ส่งออกมา เมื่อมาถึงเครื่องรับ สัญญาณที่ได้จะมีกำลังอ่อน และจะถูกรบกวนโดยสัญญาณรบกวน (Noise) เครื่องรับจึงจำเป็นต้องทำการจำลองสัญญาณที่ได้รับเข้ามาและนำมาเรียงให้ตรงกับสัญญาณดาวเทียม จากนั้นจึงทำการคอมเพรสกลับมาให้เป็นสัญญาณต้นแบบ เรียกวิธีการนี้ว่า เทคนิคโค้ดคอร์รีเลชัน (Code Correlation) แต่ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ ความล่าช้าของสัญญาณในรหัสของเครื่องรับ เวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับ ทำให้ได้ระยะทางออกมา (ระยะทางจากความล่าช้านี้ เรียกว่า ซูโดเรนจ์ ซึ่งไม่ใช่ระยะทางที่แท้จริง เนื่องจากยังไม่ได้ลบค่าไบอัสของสัญญาณนาฬิกา (Clock Bias) ของเครื่องรับโดยปกติออกไป) เครื่องรับโดยปกติจะรับโดยใช้เทคนิค เฟสล็อคลูป เพื่อซิงค์โครไนซ์สัญญาณที่เครื่องรับสร้างขึ้นภายในกับสัญญาณที่ได้รับจากดาวเทียม โค้ดแทรคกิ้งลูป จะใช้คลื่นพาห์แทร็คกิ้งลูปทั้งสอง เพื่อที่รับและแทร็คสัญญาณดาวเทียม



รูปที่ 2.20 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 รหัสแทร็คกิ้ง (Code Tracking)

รหัสแทร็คกิ้ง จะใช้เพื่อกำหนดการวัดซูโดเรนจ์ระหว่างดาวเทียมจีพีเอสกับเครื่องรับ โดยจะสร้างสัญญาณเลียนแบบรหัสซีเอของดาวเทียมเป้าหมาย การประมาณค่าดอปเปลอร์จะถูกนำออกไปโดยใช้วงจรเฟสโรเตชั่นก่อนถึงคอร์รีเลเตอร์ เพื่อที่จะจัดสัญญาณที่ได้รับให้ตรงกับสัญญาณเลียนแบบที่สร้างขึ้น สัญญาณเลียนแบบจะถูกนำมาเทียบกับสัญญาณที่ได้รับมาอย่างเป็นระบบ ตามปกติผลลัพธ์ของคอร์รีเลเตอร์ จะถูกรวม 1 ถึง 10 มิลลิวินาที ไม่สามารถจับการคอร์รีเลตได้ เฟสของรหัสที่สร้างขึ้นจะถูกล่วงหน้าไป 1 ชิฟท์ ถ้าไม่สามารถจับการคอร์รีเลตได้หลังจากรหัสทั้งหมดถูกค้นหา แล้วดอปเปลอร์จะถูกปรับและการประมวลผลจะกระทำซ้ำต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งทำการคอร์รีเลตสำเร็จ การชิงค์โครไนเซชั่นรหัสจะถูกรักษาไว้โดยจะคอร์รีเลตสัญญาณที่ได้รับกับรหัสที่เกิดขึ้นเร็วกว่าปกติ (with Chip and Code) ระบบป้อนกลับง่ายๆ นี้ จะรักษารหัสไว้ที่ตำแหน่งที่ถูกต้องในการที่จะนำคลื่นพาห์ ซึ่งยังคงมอดูเลตอยู่กับข้อมูลการนำร่องกลับมา (Prompt code) จะถูกหักออกไปจากสัญญาณที่เข้ามา ความล่าช้าที่เครื่องรับต้องเพิ่มให้สัญญาณเลียนแบบเพื่อให้การชิงค์โครไนซ์สำเร็จคูณกับความเร็วของแสง คือ การวัดซูโดเรนจ์ (Pseudo range Measurement) เมื่อคลื่นพาห์ถูกสร้างขึ้นใหม่อีกครั้ง ความถี่ที่แม่นยำและล็อคกับสัญญาณที่รับเข้ามา ซึ่งทำให้ได้การวัดซูโดเรนจ์ที่แม่นยำมากกว่าแบนด์วิธของโค้ดแทร็คกิ้งลูป โดยปกติมีค่า 1 เฮิร์ท เป็นการวัดอย่างอิสระ สามารถทำได้ที่ช่วงเวลาประมาณ 10 วินาที

2.8.4 การถอดรหัสข้อมูล (Data Detection)

ข้อมูลที่เครื่องรับสัญญาณที่ได้รับจากดาวเทียม เป็นข้อมูลที่มีการมอดูเลตกันของคลื่นพาห์รหัสซีเอ รหัส P(Y) และข้อมูลข่าวสารในการถอดพาหะ จะใช้ตัวกรองความถี่ต่ำ (Low Pass Filter) เพื่อแยกเอาคลื่นพาห์ออก เครื่องรับจะใช้ตัวสังเคราะห์ความถี่สร้างเฟสที่คงที่ และใช้เทคนิคเฟสล็อคลูป (Phase-locked loop) ในการล็อคลูปรหัสแทร็คกิ้ง (Code Tracking Loop) ไว้เพื่อตรวจจับสัญญาณ ส่วนการถอดรหัสซีเอออกแล้วทำการสร้างสัญญาณซีเอจำลองขึ้นจากคุณลักษณะของดาวเทียมแต่ละดวง เพื่อกำหนดและล็อคลูปข้อมูลรหัสซีเอ แล้วจึงทำการแยกรหัสซีเอออกมา ส่วนรหัส P(Y) นั้น เนื่องจากมีความยาวคาบสัญญาณถึง 7 วัน จึงใช้วิธีเฟสล็อคลูปไม่ได้ จึงใช้ข้อมูลที่อยู่ในการทราบเวลาที่แน่นอนในการทำงาน

2.9 ลักษณะของสัญญาณจากดาวเทียมในระบบจีพีเอส (GPS Satellite Signal)

ดาวเทียมจะส่งสัญญาณคลื่นไมโครเวฟ 2 ความถี่ออกมา โดยที่ความถี่ทั้งสองนี้จะทำหน้าที่เป็นคลื่นพาหะ คือ สัญญาณความถี่พาหะ L1 (1,575.42 เมกกะเฮิร์ท) และ L2 (1,227.60 เมกกะเฮิร์ท) ความถี่พาหะจะถูกมอดูเลตโดยสเปรดสเปกตรัม รหัสประกอบด้วยขบวนของรหัสพีอาร์เอ็น ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของดาวเทียมแต่ละดวงและข้อมูลข่าวสารนำร่อง ดาวเทียมทุกดวงส่งคลื่นความถี่พาหะเหมือนกัน(L1,L2 : Carrier Signal) แต่สัญญาณดาวเทียมดวงใดๆ สามารถถูกแยกโดยใช้เทคนิคย้อนกลับ เรียกเทคนิคนี้ว่า ซีดีเอ็มเอ (Code Division Multiple Access : CDMA) โดยการที่เครื่องรับจะจำลองรหัสพีอาร์เอ็นของดาวเทียมดวงที่ต้องการเพื่อทำการดีมอดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณพาหะ L1 จะถูกมอดูเลตโดยใช้รหัสพีอาร์เอ็น 2 ตัว และมอดูเลตกับรหัสข้อมูลข่าวสารแบบไบนารีเฟสชิฟท์คีย์ (Binary phase shift key : BPSK) โดยข้อมูลจะอยู่ในรูปวิธีกระจายแถบความถี่ (Spread Spectrum) ส่วนสัญญาณพาหะ L2 จะถูกมอดูเลตโดยรหัสพีอาร์เอ็น 1 ตัว และข้อมูลข่าวสาร โดยสรุปรหัสที่ถูกมอดูเลตกับคลื่นพาหะมีอยู่ 3 ชนิด

2.9.1 รหัสซีเอ

เป็นข้อมูลรหัสพีอาร์เอ็น มีลักษณะเป็นไบนารี (Binary Code) มีความถี่ 1.023 เมกกะเฮิร์ท ขนาดความยาว 1,024 บิท มีคาบเวลา 1 มิลลิวินาที รหัสซีเอจะถูกเอ็กซ์คลูซีฟออร์ (Exclusive-OR) กับข้อมูลข่าวสารการนำร่องก่อนที่จะส่งออกจากดาวเทียม โดยมอดูเลตกับพาหะ L1 เพียงอย่างเดียว ทำให้ผู้ที่ใช้บริการระบบเอสพีเอส ไม่สามารถคำนวณความล่าช้าของสัญญาณได้อย่างละเอียด อันเนื่องมาจากบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ เพราะต้องใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แทนสัญญาณ L2 รหัสซีเอจะถูกเข้ารหัสด้วยเทคนิคเอสเอ เพื่อให้เกิดความผิดพลาดขึ้นเล็กน้อย สาเหตุเนื่องมาจากปัญหาความมั่นคง

2.9.2 รหัสพี

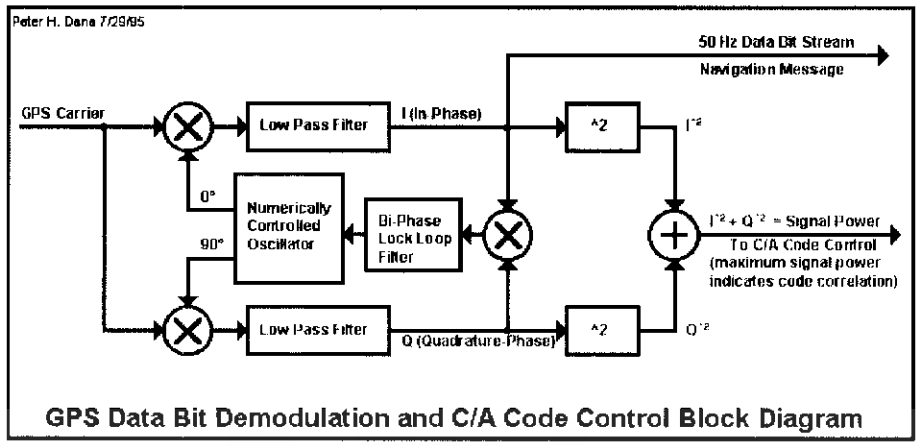
เป็นข้อมูลรหัสพีอาร์เอ็นแบบไบนารี มีความถี่ 1.023 เมกกะเฮิร์ท ขนาดความยาว 7 วัน โดยจะเริ่มใหม่ทุกๆ เที่ยงคืนวันเสาร์-อาทิตย์ รหัสพีเหมือนกับรหัสซีเอ คือ ถูกเอ็กซ์คลูซีฟออร์กับข้อมูลข่าวสารนำร่องแต่จะถูกมอดูเลตกับคลื่นพาหะ L1 และ L2 ทำให้ผู้ที่ใช้บริการระบบพีเอสพี สามารถใช้คลื่นทั้งสองคำนวณความล่าช้าอันเนื่องจากบรรยากาศได้อย่างละเอียด รหัสพีจะถูกเข้ารหัสเช่นเดียวกับรหัสซีเอ แต่รหัสพีจะถูกเข้ารหัสด้วยเทคนิค เอเอส (Anti-Spoofing : AS) ด้วยและจะเรียกเปลี่ยนเป็นรหัส P(Y)

2.9.3 ข่าวสารการนำร่อง (Navigation)

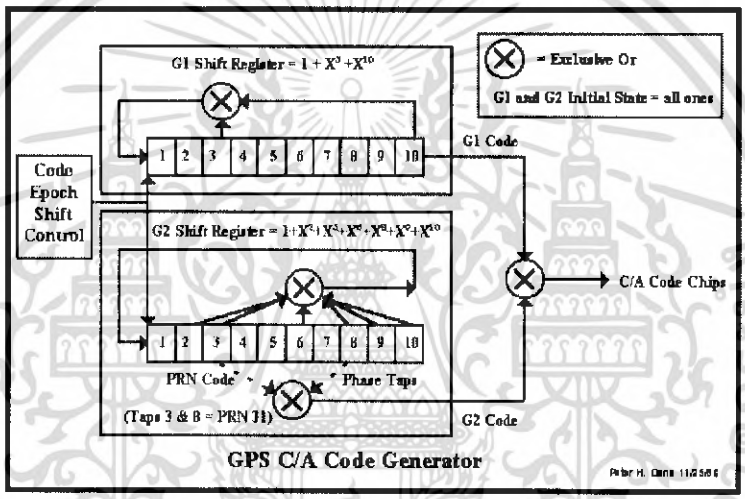
ข่าวสารการนำร่องมีความถี่ 50 เฮิร์ท จะรวมอยู่ทั้งในรหัส P(Y) และซีเอ ด้วยวิธีเอ็กซ์คลูซีฟ ข่าวสารการนำร่องมีข้อมูลเอกลักษณ์ของดาวเทียมดวงที่ส่งสัญญาณ และข้อมูลทั่วไปของดาวเทียม ดังนี้

- เวลาขณะที่ส่งข้อมูลออกจากดาวเทียม (time of transmission of the message)
- แฮนด์โอเวอร์เวิร์ด (HOX) สำหรับการส่งจากรหัสซีเอไปยัง P(Y) – รหัสแทร็คกิ้ง
- ข้อมูลการแก้ไขสัญญาณนาฬิกา (Clock Correction)
- ข้อมูลอิฟีเมอริส
- ข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมส่งสัญญาณ (Health Data for the Transmitting Satellite)
- ค่าโคเอฟฟีเชียนท์สำหรับจำลองชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Coefficient for the Ionospherc delay model)
- ค่าโคเอฟฟีเชียนท์เพื่อคำนวณเวลายูทีซี (UTC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงบล็อกไดอะแกรมการดีมอดูเลตสัญญาณจีพีเอสและควบคุมการเข้ารหัสซีเอ



รูปที่ 2.22 แสดงบล็อกไดอะแกรมการสร้างรหัสซีเอ

SV PRN ID	G2 Phase Taps	First 10 Chips
1	2 & 6	1100100000
2	3 & 7	1110010000
3	4 & 8	1111001000
4	5 & 9	1111100100
5	1 & 9	1001011011
6	2 & 10	1100101101
7	1 & 8	1001011001
8	2 & 9	1100101100
9	3 & 10	1110010110
10	2 & 3	1101000100

ตารางที่ 2.1 รหัสซีเอของระบบจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SV PRN ID	G2 Phase Taps	First 10 Chips
11	3 & 4	1110100010
12	5 & 6	1111101000
13	6 & 7	1111110100
14	7 & 8	1111111010
15	8 & 9	1111111101
16	9 & 10	1111111110
17	1 & 4	1001101110
18	2 & 5	1100110111
19	3 & 6	1110011011
20	4 & 7	1111001101
21	5 & 8	1111100110
22	6 & 9	1111110011
23	1 & 3	1000110011
24	4 & 6	1111000110
25	5 & 7	1111100011
26	6 & 8	1111110001
27	7 & 9	1111111000
28	8 & 10	1111111100
29	1 & 6	1001010111
30	2 & 7	1100101011
31	3 & 8	1110010101
32	4 & 9	1111001010

ตารางที่ 2.1 รหัสซีเอของระบบจีพีเอส (ต่อ)

2.10 การให้บริการของระบบจีพีเอส (GPS Service)

การให้บริการระบบจีพีเอสแบ่งการให้บริการออกเป็น 2 ระดับ คือ การบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์ (Precise Position Service: PPS) และการบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน (Standard Position Service: SPS)

2.10.1 การบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์

การให้บริการแบบพีพีเอส จะเน้นไปในทางทหารโดยจะต้องได้รับการอนุมัติจาก U.S. Department of Defense Mapping Agency ผู้ที่ได้รับอนุญาต เช่น กองทัพสหรัฐอเมริกา และกองทัพอื่นๆ หรือพลเรือน เช่น Australian Defense Mapping Agency การให้บริการแบบพีพีเอส จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 16 เมตรของความเร็วคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.2 เมตรต่อวินาที (ขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องรับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแอคเซส (Access) ข้อมูล พีพีเอสจะใช้เทคนิคคริปโทกราฟฟิก (Cryptographic) 2 อย่าง คือ เอสเอและเอเอส เทคนิคเอสเอจะทำการลดค่าความถูกต้องของข้อมูลพีวีที (PVT) โดยจะใส่ค่าความผิดพลาดซูโดแรนดอม (Pseudorandom Error) ให้กับสัญญาณดาวเทียม ส่วนเทคนิคเอเอสจะเอนคริปท์ (Encrypt) สัญญาณรหัส P ให้สัญญาณในรหัส Y

เอนคริปท์ คีย์ (Encrypt Key) และเทคนิคเฉพาะอื่นๆ จะถูกจัดให้เฉพาะผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาต ทำให้เอสเอและเอเอสไม่เป็นผล เครื่องรับจะได้ประสิทธิภาพสูงสุดเนื่องจากระบบจีพีเอสจะได้ผลดีที่สุดถ้าใช้รหัส P(Y) บนทั้ง L1 และ L2 ในการคำนวณ

2.10.2 การบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน

ระบบจีพีเอส เป็นระบบที่ผู้ใช้บริการสามารถใช้สัญญาณ L1 ได้เพียงอย่างเดียวในการหาพิกัดจีพีเอสเป็นบริการที่ให้ความถูกต้องน้อยกว่า แต่จะใช้งานได้กับผู้ใช้ทั้งหมดในช่วงเวลาที่ไม่มีในสงคราม อาจมีการลดค่าความถูกต้องลง เนื่องจากความมั่นคงได้โดยประธานาธิบดีสหรัฐอเมริกาเท่านั้น

2.11 มาตรฐาน NMEA และโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารของจีพีเอส

มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA Standard) คือ การอินเตอร์เฟสทางไฟฟ้าและโปรโตคอลการสร้างข้อมูลสำหรับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์การเดินเรือ เอ็นเอ็มอีเอยังมีมาตรฐานสำหรับการสื่อสารในรูปแบบอื่นๆ อีกด้วย ซึ่งการศึกษาและพัฒนาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ทางน้ำ

2.11.1 การอินเตอร์เฟสทางไฟฟ้า (Electrical Interface)

มาตรฐานนี้สามารถใช้เป็นระบบที่มีตัวส่ง (Talker) เดียว และมีตัวรับ (listener) สายที่แนะนำให้ใช้เป็นแบบชีลด์ทวิสท์แพร์ โดยต่อกราวด์ที่ตัวส่งเท่านั้น มาตรฐานไม่ได้กำหนดชนิดคอนเนคเตอร์ (Connector) เจาะจง

2.11.2 มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ-0183

มาตรฐานที่เอาท์พุทจะเป็นแบบอีไอเอ-4221 (EIA-4221) และมีสายสัญญาณ 2 เส้น คือ A และ B โวลเตจบนเส้น A จะเป็นเหมือนกับสายทีทีแอลเดียวแบบเดิม ขณะที่ B โวลเตจจะกลับกันกับ A เช่น A เป็น +5 โวลท์ B เป็นกราวด์ในการใช้งาน สายเพียงเส้นเดียว คือ สาย A ในอีไอเอ-422 อาจจะใช้เชื่อมต่อกับอาร์เอส-232 อินพุทของเครื่องคอมพิวเตอร์ในมาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ-0183 ตัวอักขระที่ใช้คือ รหัสแอสกี้ ซึ่งสามารถพิมพ์เป็นเอ็นเอ็มอีเอ-0183 นั้น ข้อมูลจะถูกส่งด้วยอัตรา 4,800 บิทต่อวินาที ข้อมูลจะส่งในรูปของประโยค แต่ละประโยคเริ่มต้นด้วย $ ตัวอักษรที่ตามมาอีก 2 ตัวคือ เซ็นเท้นซ์ ไอดีหรือตัวกำหนดรูปแบบประโยค หรือ เรียกว่า ชื่อประโยค (Sentence name) ตามด้วยฟิลด์ข้อมูลจำนวนหนึ่งซึ่งจะถูกแบ่งแยกโดยเครื่องหมายคอมม่า (,) และสิ้นสุดด้วยเครื่องหมายเช็คซัม (Check Sum) ที่สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกได้ว่าจะมีหรือไม่ และจบลงด้วยแคร์เรียรีเทิร์นและไลน์ฟีด (carrier return/line feed) ซึ่งประโยคจะมีตัวอักษรถึง 82 ตัวรวมกับ $ และแคร์เรียรีเทิร์นและไลน์ฟีด

ถ้าข้อมูลสำหรับฟิลด์ไม่สามารถหาได้ ฟิลด์จะถูกเว้นข้ามไปแต่คอมม่าที่ทำหน้าที่แบ่งฟิลด์ยังคงถูกส่งไปโดยไม่เว้นช่องว่าง เพราะในแต่ละฟิลด์มีความยาวไม่คงที่หรือไม่มีข้อมูล เครื่องรับจะระบุตำแหน่งของฟิลด์ข้อมูลที่ต้องการ โดยการนับเครื่องหมายคอมม่า เช็คซัมที่เลือกได้ว่าจะมีหรือไม่ประกอบด้วย " * " และ 2 บิท ของเลขฐาน 16 แทนการเอ็กซ์คลูซีฟของตัวอักษรทั้งหมด แต่ไม่รวม " $ " และ " * " ในการใช้งานจะมีความต้องการใช้เช็คซัมในบางประโยคในมาตรฐานจะอนุญาตแต่ละผู้ผลิตในการนิยามรูปแบบประโยค ประโยคเริ่มต้นด้วย " $GP " และตัวอักษรสามตัวที่ตามเป็นไอดีที่ถูกกำหนดมาจากโรงงาน ตามด้วยข้อมูลซึ่งเป็นไปตามรูปแบบทั่วไปของประโยคมาตรฐาน

2.11.3 โปรโตคอล เอ็นเอ็มอีเอ-0183

เอ็นเอ็มอีเอ คือ โปรโตคอลมาตรฐานที่ถูกนำมาใช้โดยเครื่องรับจีพีเอส เพื่อส่งข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอเอาท์พุทจะเป็นโปรโตคอล อีไอเอ-422 เอ แต่เราสามารถนำไปใช้ร่วมงานกับอาร์เอส-232 ได้ โดยอัตราการส่งข้อมูลเป็น 4,800 บิทต่อวินาที, 8 ดาต้าบิท , ไม่มีพาริตี้บิท แต่มี 1 สต็อปบิท (Stop Bit) และประโยคของเอ็นเอ็มอีเอ-0183 จะเป็นแอสกี้ (ASCII) ทั้งหมด แต่ละประโยคจะเริ่มต้นด้วย " $ " และจบลงด้วย " <CR><LF>" และข้อมูลจะถูกแบ่งขั้นด้วย " , " เครื่องรับจีพีเอสบางตัวไม่ส่งฟิลด์ข้อมูล เช็คซัมถูกเพิ่มเข้าไป (ในบางกรณี)

2.11.4 ข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA Message)

ข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ คือ ข้อมูลที่ส่งออกมาจากโมดูลรับสัญญาณจีพีเอส ข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอสามารถแบ่งเป็นเรคคอร์ด (Record) หรือฟิลด์ (field) ย่อย โดยในแต่ละเรคคอร์ดจะประกอบด้วยอักขระแอสกี้ ซึ่งมีความยาวรวมไม่เกิน 80 ตัวอักษร เราสามารถอ่านดูข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ โดยการใช้ซอร์ฟแวร์สื่อสาร เช่น ไฮเปอร์เทอร์มินอล (Hyper Terminal) ซึ่งจากที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น แต่ละเรคคอร์ดที่มักใช้กันเป็นหลักในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ จะมีอยู่ 6 เรคคอร์ด ดังตารางที่ 2.2

2.11.5 รายละเอียดภายในเรคคอร์ดต่างๆ ของข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ

- จีแอลแอล (Geographic Position Latitude/Longitude : GLL)

เรคคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูล ซึ่งใช้บอกตำแหน่งพิกัด ละติจูด ลองติจูด ทิศทาง เวลา และสถานะในการรับสัญญาณ (Status)โดยตัวอย่างของเรคคอร์ดจีแอลแอล ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา เช่น

*$GPGLL,3723.2475,N,12158.3416,W,161229.487,A*2C* ซึ่งจะมีโครงสร้างดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จีจีเอ (Global Positioning System Fixed Data : GGA)

เรคคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูล ซึ่งใช้บอกตำแหน่งพิกัด ละติจูด ลองติจูด เวลา จำนวนดาวเทียมที่ใช้คำนวณพิกัด (Satellite used) และความสูงจากระดับน้ำทะเล (MSL Altitude) โดยตัวอย่างของเรคคอร์ดจีจีเอที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา เช่น

*$GPGGA,161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.0,9.0,M, , , ,.0000*18* ซึ่งจะมีโครงสร้าง ดังตารางที่ 2.4

- จีเอสเอ (GNSS DOP and Active Satellite : GSA)

เรคคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูล ซึ่งใช้แสดงดาวเทียมตัวที่มีส่วนร่วมในการคำนวณพิกัด ความแม่นยำของตำแหน่งที่ระบุ รวมไปถึงความแม่นยำของการระบุตำแหน่งทั้งแนวระนาบและแนวดิ่ง โดยตัวอย่างของเรคคอร์ดจีเอสเอที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา เช่น

*$GPGSA,A,3,07,02,26,27,09,04,15,,,,,1.8,1.0,1.5*33* ซึ่งมีโครงสร้างดังตารางที่ 2.6

- จีเอสวี (GNSS Satellite in View : GSV)

เรคคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูล ซึ่งใช้บอกถึงค่าทางเทคนิคต่างๆ ที่ได้รับจากดาวเทียมจีพีเอสที่โมดูลรับสัญญาณได้ โดยตัวอย่างของเรคคอร์ดจีเอสวี ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา เช่น

*$GPGSV,2,1,07,79,048,42,02,51,062,43,26,256,42,27,138,42*71* จะมีโครงสร้างดังตารางที่ 2.9

- อาร์เอ็มซี (Recommended Minimum Specific GNSS Data : RMC)

เรคคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูล ซึ่งใช้บอกถึงค่าวันที่และเวลา สถานะในการรับสัญญาณตำแหน่งพิกัดละติจูดและ ลองติจูด ทิศทาง ความเร็ว โดยตัวอย่างของเรคคอร์ดอาร์เอ็มซี ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา เช่น

*$GPRMC,161229.487,A,3723.2475,N,12158.3416,W,0.13,309.62,120598, ,*10* มีโครงสร้างดังตารางที่ 2.10

Sentences	DESCRIPTION
GGA	Standard output message for detailed position information.
GLL	Older message for simple position information only.
GSA	List of satellites used in solution
GSV	Detailed satellites information including signal strengths
RMC	Combination message of position and velocity.
VTG	Standard output message for velocity.
ZDA	Date/Time

ตารางที่ 2.2 เรคคอร์ดหลักๆ ในเอ็นเอ็มอีเอ ที่มักถูกนำมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGLL		GLL protocol header
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N = north or S = south
Longitude	12158.3416		ddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E = east or W = west
UTC Position	161229.487		hhmmss.sss
Status	A		A = data valid or V =dara not valid
Checksum	*2C		
<CR><LF>			End of message termination

ตารางที่ 2.3 ความหมายของเรคคอร์ด จีแอลแอล

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGGA		GGA protocol header
UTC Position	161229.487		hhmmss.sss
Latitude	3723.2475		Ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N = north or S = south
Longitude	12158.3416		Ddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E = east or W = west
Position Fix Indicator	1		(ดูตารางที่ 2.5)
Satellite Used	07		Range 0 to 12
HDOP	1.0		Horizontal Dilution of Precision
MSL Altitude	9.0	meters	
Units	M	meters	
Geoid Separation		meters	
Units	M	meters	
Ages of Diff. Corr.		second	Null fields when DGPS is not used
Diff. Ref. Station ID	0000		
Checksum	*18		
<CR><LF>			End of message termination

ตารางที่ 2.4 ความหมายของเรคคอร์ด จีจีเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Value	Description
0	Fix not available or invalid
1	GPS SPS Mode, fix valid
2	Differential GPS, SPS Mode, fix valid
3	GPS PPS Mode, fix valid

ตารางที่ 2.5 Position Fix Indicator

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGSA		GSA protocol header
Mode1	A		(ดูตารางที่ 2.7)
Mode2	3		(ดูตารางที่ 2.8)
Satellite Used	07		SV on Channel 1
Satellite Used	02		SV on Channel 2
...			...
Satellite Used			SV on Channel 12
PDOP	1.8		Position Dilution of Precision
HDOP	1.0		Horizontal Dilution of Precision
VDOP	1.5		Vertical Dilution of Precision
Checksum	*33		
<CR><LF>			End of message termination

ตารางที่ 2.6 ความหมายของเรคคอร์ด จีเอสเอ

Value	Description
M	Manual – forced to operate in 2D or 3D mode
A	2Dautomatic – allowed to automatically switch 2D/3D

ตารางที่ 2.7 Mode1

Value	Description
1	Fix Not Available
2	2D
3	3D

ตารางที่ 2.8 Mode2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGSV		GSV protocol header
Number of Message	2		Range 1 to 3
Message Number	1		Range 1 to 3
Satellites in View	07		
Satellite ID	07		Channel 1 (Range 1 to 32)
Elevation	79	degrees	Channel 1 (maximum90)
Azimuth	048	Degrees	Channel 1 (True, Range 0 to 359)
SNR (C/No)	42	dBHz	Range 0 to 99, null when not tracking
...			...
Satellite ID	27		Channel 4 (Range 1 to 32)
Elevation	27	degrees	Channel 4 (maximum90)
Azimuth	138	degrees	Channel 4 (True, Range 0 to 359)
SNR (C/No)	42	dBHz	Range 0 to 99, null when not tracking
Checksum	*71		
<CR><LF>			End of message termination

ตารางที่ 2.9 ความหมายของเรคคอร์ด จีเอสวี

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPRMC		RMC protocol header
UTC Position	161229.487		hhmmss.sss
Status	A		A = data valid or V = data not valid
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N = north or S = south
Longitude	12158.3416		ddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E = east or W = west
Speed Over Ground	0.13	knots	
Course Over Ground	309.62	degrees	True
Data	120598		Ddmmyy
Magnetic Variation		degrees	E = east or W = west
Checksum	*10		
<CR><LF>			End of message termination

ตารางที่ 2.10 ความหมายของเรคคอร์ด อาร์เอ็มซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 หลักการพื้นฐานของแผนที่และการระบุพิกัดตำแหน่ง

2.12.1 ศัพท์เทคนิคที่ควรทราบ

- ละติจูด (Latitude) และลองติจูด (Longitude)

ละติจูด คือ เส้นเสมือนที่ลากตามแนวตะวันออก – ตะวันตกไปบนพื้นผิวโลก คำเรียกในภาษาไทยคือ "เส้นรุ้ง" ละติจูดเป็นส่วนที่ใช้ในการบอกตำแหน่งของจุดที่สนใจว่าตั้งอยู่ทางซีกโลกด้านเหนือหรือด้านใต้ เส้นรุ้งที่ 0° จะเรียกว่า "เส้นศูนย์สูตร" (The Equator), เส้นรุ้งที่ 90° เหนือคือ ขั้วโลกเหนือ, เส้นรุ้งที่ 90° ใต้ คือขั้วโลกใต้ การอ้างอิงพิกัดของละติจูดมีรูปแบบเป็น 0'00'00" (องศา ลิปดา พิลิปดา ตามลำดับ)

ลองติจูด คือ เส้นเสมือนที่ลากตามแนวเหนือ – ใต้ ผ่านขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ไปบนพื้นผิวโลก คำเรียกในภาษาไทยคือ "เส้นแวง" โดยที่เส้นแวงที่ 0°จะเรียกว่า "เส้นเมอริเดียนหลัก" (Prime Meridian) เป็นเส้นที่เกิดจากการตกลงกันโดยถือให้เส้นที่ลากผ่าน Royal Astronomical Observatory ที่เมืองกรีนิช ประเทศอังกฤษ ให้เป็นเส้นเริ่มต้นสำหรับใช้ในการอ้างตำแหน่งลองติจูด เส้นแวงจะถูกเริ่มนับจากเส้นเมอริเดียนหลักไปทางตะวันตกและตะวันออกด้านละ 180° โดยจะไปบรรจบทบกัน ณ เส้นแวงที่ 180° และอยู่ตรงข้ามกับเส้นเมอริเดียนหลักพอดี โดยเส้นแวงที่ว่านี้คือ "เส้นแบ่งเขตวันสากล" (International Date Line) ซึ่งถูกกำหนดขึ้นจากการทำข้อตกลงร่วมกันของประเทศต่างๆ ณ กรุงวอชิงตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ.1884

ความสำคัญของเส้นแบ่งเขตวันสากลก็คือ เป็นเส้นที่ใช้แบ่งเขตวันของซีกโลกทางด้านตะวันตกและตะวันออก โดยกำหนดให้ซีกโลกทางด้านตะวันตกของเส้นแวงที่ 180° (ด้านทวีปเอเชีย) มีเวลา (วัน) ที่เร็วกว่า ซีกโลกทางด้านตะวันออก (ด้านทวีปอเมริกา) อยู่ 1 วัน ดังนั้นเมื่อเดินทางข้ามเส้นแบ่งเขตวันสากลจากซีกโลกด้านตะวันตกไปยังตะวันออกก็จะต้องลดตัวเลขวันที่ลง 1 วัน สำหรับการอ้างอิงค่าละติจูดที่มีรูปแบบเป็น 0'00'00" (องศา ลิปดา พิลิปดา ตามลำดับ) เช่นเดียวกัน

- ค่าเวลามาตรฐาน (Standard Time)

ในอดีตเมืองแต่ละเมืองใช้เส้นตามแนวเมอริเดียนเป็นแนวอ้างอิงถึงเวลาของเมืองนั้นๆ เวลาดังกล่าวเรียกว่า "เวลาท้องถิ่น" แต่เนื่องจากเวลาท้องถิ่นแต่ละแห่งย่อมไม่เท่ากัน ขึ้นกับลองติจูดของที่แห่งนั้นๆ เช่น เวลาของจังหวัดตากกับเวลาของจังหวัดอุบลราชธานีย่อมไม่ตรงกัน ดังนั้นเพื่อไม่เกิดความสับสนเมื่อมีการติดต่อสื่อสารกันจึงได้มีการกำหนดค่าเวลามาตรฐานขึ้น โดยถือเอาเวลาของบริเวณใดบริเวณหนึ่งเป็นเวลามาตรฐานที่ใช้สำหรับใช้ร่วมกันทั้งหมดในท้องถิ่นนั้นๆ อย่างไรก็ตามในทางทฤษฎีแล้วระบบเวลามาตรฐานจะทำโดยการโซนเวลาออกเป็นแนวขั้วโลกเหนือถึงขั้วโลกใต้ แต่ละโซนจะมีลองติจูดห่างกันอยู่ 15° โดยถือเอาเส้นลองติจูดที่อยู่ตรงกึ่งกลางนั้นๆ เป็นเส้นที่กำหนดเวลาท้องถิ่นของทั้งโซน (ระยะห่างทุก 15° ของเส้นลองติจูดจะเทียบเท่าได้กับเวลาต่างกันอยู่ 1 ชั่วโมง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.2 การอ้างอิงตำแหน่งในระบบนำร่องด้วยดาวเทียมจีพีเอส

ระบบในการอ้างอิงพิกัดของระบบจีพีเอส (GPS Coordinate System) ที่ใช้กันมีอยู่หลายแบบด้วยกันซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงรูปแบบที่นิยมใช้งานกัน 3 แบบ ได้แก่ การอ้างพิกัดแบบองศา/ลิปดา/พิลิปดา การอ้างอิงพิกัดแบบองศา/ลิปดาแบบทศนิยม และการอ้างพิกัดแบบยูเอ็มที (UMT)

- พื้นฐานเริ่มต้นมาจากระบบกริด

คำอธิบายเริ่มต้นของสิ่งที่เรียกว่า "พิกัดตำแหน่ง" ก็คือ การบอกแทนตำแหน่งที่เราสนใจด้วยค่าตัวเลขแทน เพื่อให้ทุกคนสามารถเข้าใจได้ตรงกัน แต่เนื่องจากโลกของเรามีสัณฐานเป็นรูปทรงกลม (ค่อนข้างกลม) ซึ่งแม้ว่าการอ้างพิกัดตำแหน่งบนพื้นผิวโลกที่มีรูปร่างทรงกลมโดยตรงจะสามารถทำได้แต่จะทำได้ค่อนข้างยุ่งยาก วิธีที่ง่ายกว่าที่ถูกเลือกใช้แทนก็คือการแผ่ลูกโลกออกเป็นระนาบ 2 มิติ แล้วใช้ค่าละติจูดและลองติจูดบอกแทนจุดที่สนใจ ซึ่งวิธีนี้ก็คือวิธีการที่ใช้มาแต่ไหนแต่ไรบนแผนที่กระดาษนั่นเอง

แผนที่ส่วนใหญ่จะมีตารางที่บอกรายละเอียดต่างๆ โดยทำไว้เป็นเครื่องหมายแทน มีตารางที่เกิดจากการตัดกันของเส้นละติจูดและเส้นลองติจูดแสดงอยู่ มีเส้นละติจูดที่วางตัวในแนวขนานกับเส้นศูนย์สูตรและเว้นระยะห่างออกไปเท่าๆ กันโดยมีเส้นละติจูดที่ 0 องศา หรือเส้นศูนย์สูตรของโลกเป็นแนวเขตแบ่งโลกออกเป็นซีกทางด้านเหนือและทางด้านใต้ ซึ่งถ้าหากจินตนาการโดยตัดลูกโลกตามแนวเส้นละติจูดแต่ละเส้นก็จะเหมือนการซอยหัวหอม ก็จะได้แผ่นกลมวางเรียงซ้อนกันอยู่

เส้นลองติจูดเป็นเส้นที่ลากผ่านขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ โดยเส้นลองติจูดที่ 0 องศา เป็นเส้นแบ่งวันเวลาของซีกโลกตะวันออกและตะวันตก ซึ่งถ้าหากจินตนาการโดยตัดผ่าลูกโลกไปตามแนวเส้นลองติจูดก็จะได้ลูกโลกที่ถูกตัดแบ่งเป็นเสี้ยวของวงกลมเหมือนกับกลีบส้ม

- องศา/ลิปดา/พิลิปดา

การอ้างตำแหน่งพิกัดโดยใช้ องศา/ลิปดา/พิลิปดา เป็นระบบที่ได้รับความนิยมมากที่สุดลักษณะโดยทั่วไปในการอ้างพิกัดของระบบ ยกตัวอย่างเช่น *7. RAPIDS N61 11' 05.5" W130 30' 10.0"* ซึ่งหมายความเทียบเท่ากับ N61 11' 05.5" W130 30' 10.0 ความหมายของชุดข้อมูลที่ยกมานี้ คือ

ตัวเลขตัวแรก คือ "หมายเลขเวย์พอยท์" (Waypoint Number)

ชุดตัวอักษรที่อยู่ถัดมาคือ "ชื่อเวย์พอยท์" (Waypoint Name)

และตามมาด้วยพิกัด ความหมายของN61 คือ ค่าเส้นละติจูด 61 องศาเหนือ ซึ่งถ้าหากดูเทียบกับแผนที่ก็จะอยู่ตรงตำแหน่งเหนือชายแดนของบริทิชโคลัมเบีย (British Columbia) มาเล็กน้อย ส่วนตัวเลข 11' หมายถึง ค่าลิปดา (' = ลิปดา) ความหมายของ 1 ลิปดา เหนือขึ้นไปจากค่า N61 ในการอ้างพิกัดก็คือ 1/60 ของมุม 1 องศา

ตัวเลข 05.5" หมายถึงค่าฟิลิปดา (" = พิลิปดา) ความหมายของฟิลิปดาในที่นี้ก็คือ 1/60 ของ 1 ลิปดา เหนือขึ้นไปจาก 11 ลิปดา

ส่วนตัวเลขหลังตัวอักษร W ก็สื่อความหมายในทำนองเดียวกันโดยจะเป็นค่าของเส้นลองติจูด แน่นอนว่าค่าทั้งหมดจะเปรียบเทียบโดยอ้างอิงกับเส้นศูนย์สูตรและเส้นเมอริเดียนหลักตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าที่แสดงถึงเส้นละติจูดเหนือเป็นการแสดงแนวตำแหน่งซึ่งอยู่ทางซีกโลกเหนือจากเส้นศูนย์สูตรขึ้นมา ส่วนค่าที่แสดงถึงลองติจูดตะวันตกเป็นการแสดงแนวตำแหน่งซึ่งอยู่ทางซีกโลกด้านตะวันตกจากเส้นเมอริเดียนหลัก เนื่องจากเส้นละติจูดจะวางตัวในแนวที่ขนานกันจึงสามารถแทนค่าตัวเลขของระยะทางเป็นหน่วยฟุต, เมตร จากค่าของมุมแต่ละองศาค่าลิปดาหรือค่าพิลิปดาได้ แต่หลักการนี้จะไม่ได้ผลดีเท่าไรนักกับกรณีของเส้นลองติจูดเนื่องจากเส้นลองติจูดจะมีการบีบเข้าใกล้กันมากขึ้น ณ บริเวณที่ใกล้กับขั้วโลกเหนือและบริเวณที่ใกล้กับขั้วโลกใต้

- องศา/ลิปดา แบบทศนิยม

การอ้างพิกัดตำแหน่งโดยใช้ องศา/ลิปดา แบบทศนิยม เป็นอีกวิธีที่นิยมใช้เช่นกัน ลักษณะโดยทั่วไปในการอ้างพิกัดของระบบที่ว่านี้คือ ยกตัวอย่างเช่น *7.W RAPIDS N61 11.0524 W130 30.1660* ซึ่งความหมายเทียบเท่ากับ N61°11.0524' W130°30.1660'

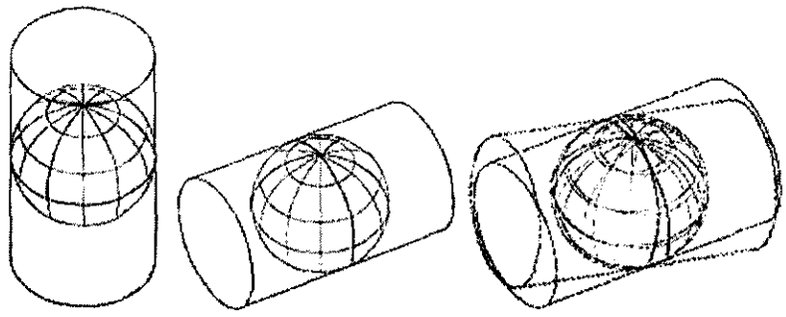
ชุดข้อมูลข้างต้นมีที่มาจากการนำค่าในระบบ องศา/ลิปดา/พิลิปดา มาปรับเปลี่ยนด้วยการนำส่วนที่สองของพิกัดตำแหน่งมาหารด้วย 60 นำมาบวกกับค่าลิปดาที่อยู่ก่อนหน้า เพื่อแปลงค่าให้เป็นพิกัดลิปดาในรูปแบบตัวเลขทศนิยม ยกตัวอย่างเช่น N61 11' 05.5" ส่วนที่สองของค่าพิกัดคือ 05.5 จะถูกนำมาหารด้วย 60 ได้เป็น 0.0916666 นำมาบวกกับ 11 จะได้ผลลัพธ์ของพิกัดในหน่วย องศา/ลิปดาแบบทศนิยมเท่ากับ N61° 11.0916' (โดยมากจะแสดงทศนิยมเพียง 4 ตำแหน่ง) ในทางกลับกัน การเปลี่ยนพิกัดในหน่วยองศา/ลิปดาแบบทศนิยม กลับไปเป็นพิกัดแบบ องศา/ลิปดา/พิลิปดา ก็ต้องนำเอาส่วนที่เป็นทศนิยมคูณด้วย 60 โดยใช้ 0.0916 มาคูณกับ 60 ได้เท่ากับ 5.496 จะได้พิกัดแบบ องศา/ลิปดา/พิลิปดากลับมาเป็น N61° 11' 05.49" ซึ่งใกล้เคียงกับค่า 05.5" ที่เป็นค่าเริ่มต้นนั่นเอง

- ยูนิเวอร์ซอล ทรานส์เวิร์ส เมอร์เคเตอร์ (Universal Transverse Mercator : UTM)

การอ้างอิงตำแหน่งพิกัดแบบยูทีเอ็มเป็นระบบกริดตาราง (Grid) ที่พัฒนาขึ้นโดยกระทรวงกลาโหมประเทศสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี ค.ศ.1974 สำหรับใช้ชี้ตำแหน่งที่ตั้งบนโลกอย่างรวดเร็วและแม่นยำในการทหาร วิธีการนี้สามารถได้ง่ายและได้ผลลัพธ์ที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการส่งข้อมูลจากแผนที่หนึ่งไปยังอีกแผนที่หนึ่ง ตัวอย่างที่ดีตัวอย่างหนึ่งก็คือ การส่งข้อมูลของพิกัดตำแหน่งจากแผนที่ส่งหนึ่งไปให้ผู้รับโดยผู้รับสามารถเอาข้อมูลของพิกัดตำแหน่งดังกล่าวไปใช้เพื่อจะได้ทราบที่ตั้งจริงๆ บนแผนที่ได้โดยง่าย

สำหรับคำนิยามโดยทั่วไปของยูทีเอ็ม ก็คือภาพเสมือนของพื้นผิวโลกที่ถูกนำมาฉายลงยังพื้นผิวของรูปทรงกระบอกซึ่งวางตัวในแนวขวาง (ดังรูปที่ 2.23 (ข)) การอ้างอิงพิกัดตำแหน่งในระบบยูทีเอ็มจะครอบคลุมในช่วงเส้นละติจูด 80° ใต้ ถึง 84° เหนือ แต่ในพื้นที่ที่นอกเหนือออกไปจะขาดความแม่นยำไปจากความผิดเพี้ยนของการฉายภาพ หากแต่อยู่ในขอบเขตที่สามารถยอมรับได้ (การอ้างพิกัดแบบยูทีเอ็มจะมีความแม่นยำและเหมาะสำหรับพื้นที่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรแต่สำหรับบริเวณขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ การอ้างอิงพิกัดแบบยูทีเอ็มจะขาดความแม่นยำ การอ้างอิงพิกัดบริเวณดังกล่าวจึงต้องอ้างอิงด้วยรูปแบบอื่นๆ แทน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 รูปแบบต่างๆ ในการสร้างภาพฉายของผิวโลกลงบนพื้นผิวทรงกระบอก

(ก) Normal Mercator, (ข) Transverse Mercator, (ค) Oblique Mercator

ในการอ้างพิกัดแบบยูเอ็มทีจะแบ่งพื้นที่บนโลกออกเป็น 60 ส่วน โดยพื้นที่แต่ละส่วนจะมีความกว้าง 6° ทางลองติจูดแต่ละโซนมีการกำหนดหมายเลขกำกับไว้เรียงจากซีกโลกทางด้านตะวันตกมายังซีกโลกตะวันออกนับเริ่มจากเส้นละติจูด 180° ซึ่งแม้ว่ากริดของยูทีเอ็มจะมีลักษณะเป็นตารางสี่เหลี่ยมหากแต่จะมีขนาดที่ไม่เท่ากันทั้งหมดเนื่องจากช่วงความห่างระหว่างเส้นละติจูดจะมีการเปลี่ยนค่าไปในแนวซีกโลกทางด้านใต้และทางด้านเหนือ สำหรับค่าพิกัดของจุดต่างๆ ในระบบยูทีเอ็มทั้งหมดจะมีค่าเป็นเลขบวก โดยหน่วยที่ใช้เป็นหลักคือหน่วยเมตร (สำหรับประเทศไทยก็ตั้งอยู่ในโซน 47 และ 48 มีเส้นลองติจูด 102° เป็นเส้นแบ่ง)

ระบบในการอ้างอิงพิกัดแบบยูเอ็มทีใช้ตัวเลข 6 หลักในการอ้างอิงพิกัดตำแหน่งทำให้การอ้างอิงพิกัดตำแหน่งทำได้ง่ายกว่าและสะดวกมากกว่าระบบ องศา/ลิปดา/พิลิปดา สำหรับตัวอย่างของพิกัดยูทีเอ็มที่อ่านได้จากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสของการ์มิน (Garmin) เช่น *8. WATERC 09V 0425200 UMT 6774340 Waters Creek* โดยความหมายของข้อมูลอ่านได้ดังนี้

8.	คือ หมายเลขเวย์พอยท์
WATERC	คือ ชื่อเวย์พอยท์ ซึ่งรับสัญญาณจีพีเอสจะใช้ในการเรียกชื่อแทนเพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าใจได้ง่าย
09V	คือ หมายเลขโซน (Zone Number)
0425200	คือ ค่าพิกัดทางทิศตะวันออก (Easting porting number)
UTM	คือ ข้อความยูทีเอ็มใช้ในการแยกค่าพิกัดทางทิศตะวันออกและค่าพิกัดทางทิศเหนือออกจากกันซึ่งเป็นฟอร์แมตข้อมูลที่ใช้ในเครื่องรับสัญญาณของการ์มินจีพีเอส
6774340	คือ ค่าพิกัดทางทิศเหนือ (Northing porting number)

ส่วนตัวอักษรท้ายข้อมูลเป็นการอธิบายอย่างสั้นๆ ของเวย์พอยท์นั้น โดยตัวเลข 0425200 และ 6774340 คือระยะทางในหน่วยเมตรซึ่งวัดจากเส้นลองติจูดของโซนนั้นมาทางตะวันออกและวัดจากเส้นละติจูดของโซนขึ้นมาทางเหนือ ตามลำดับ

การนำพิกัดตำแหน่งมาใช้งานในระบบนำร่องด้วยดาวเทียมจีพีเอสสิ่งที่ต้องระบุด้วยเสมอนอกเหนือไปจากค่าพิกัดตำแหน่งว่าใช้ระบบใดแล้ว (เช่น ระบบพิกัดแบบยูทีเอ็มหรือละติจูด/ลองติจูด) ก็คือ แบบจำลองสัณฐานของลูกโลกและแบบจำลองสนามแรงโน้มถ่วงของโลก ว่าเป็นการอ้างอิงกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานดับบลิวจีเอส-84 หรือ อินเดียน 1975 (Indian1975) แต่โดยส่วนใหญ่แล้วค่าพื้นฐานที่มักใช้ในเครื่องรับจีพีเอสจะเป็นมาตรฐานดับบลิวจีเอส-84 สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือ ความละเอียดของตำแหน่งที่ระบุ คือ ในระบบพิกัดแบบยูทีเอ็มจะสามารถระบุพิกัดได้ถึงหลักเซนติเมตร แต่ความถูกต้องของตำแหน่งจะอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง 15 - 30 เมตร สำหรับเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสแบบพกพาหรือเครื่องรับสัญญาณที่ไม่ได้ผ่านการปรับแต่ง ส่วนการบอกตำแหน่งพิกัดเป็นระบบละติจูด/ลองติจูด หากต้องการให้ระบบมีความถูกต้องถึงระดับเมตร ก็จะต้องระบุถึงค่าในหน่วยองศาถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 4 (โดยทั่วไปการอ้างพิกัดแบบยูทีเอ็มส่วนใหญ่ใช้กันในทางทหารโดยเฉพาะเหล่าทหารปืนใหญ่ เพื่อให้การยิงเป้าหมายมีความแม่นยำมากที่สุด)

สำหรับระบบการอ้างพิกัดแบบองศา/ลิปดา/พิลิปดา ในตำราต่างประเทศจะใช้คำเรียกว่าเป็นหน่วย องศา/นาที/วินาที (Degree/minute/second) ทั้งนี้เพราะหน่วย ลิปดาและพิลิปดาเป็นคำศัพท์ที่ถูกบัญญัติขึ้นเพื่อใช้ในภาษาไทยโดยมีรากศัพท์มาจากภาษาสันสกฤต เป็นมาตรวัดมุม (1 ลิปดา มีค่าเท่ากับ 1 ใน 60 ของ 1 องศา และพิลิปดา มีค่า 1 ใน 60 ของลิปดา) สำหรับใช้แทนหน่วยนาทีและวินาทีตามลำดับ (อ้างอิงจากพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิต)

2.12.3 ความคลาดเคลื่อนของโมดูลรับสัญญาณจีพีเอส

ระบบนำร่องด้วยดาวเทียมจีพีเอส ที่ใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน มีต้นกำเนิดจากความต้องการระบบนำร่องสำหรับใช้ในการทหารของสหรัฐอเมริกา ระบบนำร่องด้วยดาวเทียมจีพีเอสก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากมายในการเดินทางได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย เช่น การนำไปใช้ในระบบการเดินเรือ การจราจรทางอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้อต่อการมองเห็นสิ่งต่างๆ โดยรอบ เวลากลางคืน ภายใต้สภาพอากาศที่เลวร้าย เป็นต้น

กลไกการทำงานของระบบจีพีเอสที่ขับเคลื่อนด้วยดาวเทียมวงโคจรสูงทั้ง 24 ดวง ซึ่งโคจรอยู่ห่างจากผิวโลกที่ระยะ 20,000 กิโลเมตร เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสได้ไม่ว่าจะอยู่ ณ จุดใดบนพื้นโลกซึ่งเครื่องรับสัญญาณจะประมวลผลสัญญาณที่ได้รับออกมาเป็นพิกัดละติจูด, ลองติจูด และความสูงจากระดับน้ำทะเล ดาวเทียมเหล่านี้จะสามารถส่งข้อมูลอย่างถูกต้อง โดยมีระบบของฐานเวลาที่แม่นยำเป็นตัวแปรที่สำคัญมากๆ

เนื่องจากว่ากลุ่มของดาวเทียมจีพีเอสโคจรอยู่ห่างจากพื้นโลกค่อนข้างมากซึ่งค่าเวลาที่ตำแหน่งห่างจากพื้นโลกซึ่งมีแรงโน้มถ่วงมาก จะเดินเร็วขึ้นตามหลักทฤษฎีสัมพันธภาพทั่วไป และเนื่องจากความเร็วในการโคจรของดาวเทียมมีค่าสูงถึงประมาณ 14,000 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยดาวเทียมทุกดวงต้องโคจรด้วยความสอดคล้องกัน จึงมีความจำเป็นมากที่จะต้องมีการแก้ไขความคลาดเคลื่อนในการคำนวณค่าเวลา โดยจะต้องคำนึงทฤษฎีสัมพันธภาพด้วย เนื่องจากการใช้เพียงกฎทางกลศาสตร์ของนิวตัน (หรือ LaGrange หรือ Hamilton) เพียงอย่างเดียวจะก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนแบบสะสม (Accumulating Error) ขึ้น ซึ่งอาจมีค่ามากถึง 10 กิโลเมตรต่อวัน มากเกินกว่าจะทำให้ระบบจีพีเอสจะเป็นระบบที่น่าเชื่อถือได้ อย่างไรก็ตามแม้จะคำนึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามทฤษฎีสัมพันธภาพทั่วไปแล้ว แต่ความคลาดเคลื่อนจากปัจจัยอื่นๆ ก็สามารถจะเกิดขึ้นได้เสมอ แต่อยู่ในระดับที่ไม่มากนักและสามารถจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก้ไขชดเชยกันได้ โดยผู้ผลิตเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสจะใช้วิธีปรับใช้ชดเชยโดยใช้ซอฟท์แวร์ (Software) เพื่ออัพเดท (Update) ความคลาดเคลื่อนเหล่านี้ให้ระบบมีความถูกต้องมากที่สุดเมื่อใช้งานจริง

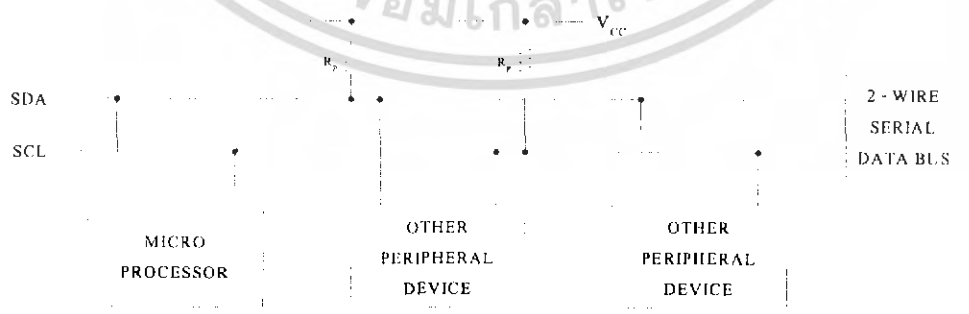
2.13 ระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบไอสแควซีบัส (I^2C Bus)

2.13.1 ความรู้เรื่องการสื่อสารแบบไอสแควซีบัส

ไอสแควซีบัส (ย่อมาจาก **I**nter **I**ntegrate **C**ircuit **B**us (IIC Bus)) ซึ่งนิยมเรียกว่า "ไอสแควซีบัส" เป็นวิธีการติดต่อสื่อสารอนุกรมแบบหนึ่ง รูปแบบในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ด้วยระบบบัสแบบนี้จะมีข้อดี คือ ใช้สัญญาณในการเชื่อมต่อเพียงสองเส้น (เอสซีแอล และเอสดีเอ) แต่สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์จำนวนหลาย ๆ ตัวร่วมในบัสเดียวกันได้ ซึ่งในปัจจุบันถือได้ว่าเป็นยุคสมัยของไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก เนื่องจากระบบการทำงานของวงจรต่าง ๆ จะมุ่งเน้นออกแบบให้มีขนาดเล็กกะทัดรัดและสามารถใช้งานได้หลากหลาย ดังนั้นอุปกรณ์จำพวกชิพซับพอร์ท (Chips Support) ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นไอซีหน่วยความจำ ไอซีเอดีซี (ADC) ไอซีฐานเวลา (RTC) หรือไอซีจำพวกพอร์ทอินพุทเอาท์พุท ต่างๆ ก็เริ่มมีการออกแบบให้ใช้การเชื่อมต่อกับซีพียูเป็นบัสแบบไอสแควซีบัสกันมากยิ่งขึ้น ซึ่งข้อกำหนดของการเชื่อมต่อบัสแบบนี้จะมีรูปแบบที่เป็นมาตรฐานเหมือนกัน แต่อาจมีความแตกต่างกันบ้างในบางจุด เช่นจำนวนของไบต์ของข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารของอุปกรณ์แต่ละประเภทอาจใช้จำนวนไบต์มากน้อยไม่เท่ากัน แต่รูปแบบโดยรวมจะมีความเหมือนกันซึ่งมีรายละเอียดและข้อกำหนดพอสังเขปดังต่อไปนี้

2.13.2 การเชื่อมต่อบัสแบบไอสแควซีบัส

ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์โดยใช้บัสแบบไอสแควซีบัสนี้จะใช้สัญญาณทั้งหมด 2 เส้น คือ เอสซีแอล (SCL) และเอสดีเอ (SDA) โดยการติดต่อระหว่างอุปกรณ์จะเป็นแบบ 2 ทิศทาง โดยสัญญาณทั้งสองเส้นจะต้องต่อกับตัวต้านทาน พูลอัป ไว้ เพื่อให้สถานะของบัสในขณะไม่ถูกใช้งานจะมีสภาวะเป็นบัสว่างหรือ "1" ทั้งคู่ โดยอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ออกแบบมาเชื่อมต่อกับระบบบัสแบบนี้ จะต้องสร้างวงจรภาคเอาท์พุทให้เป็นแบบ โอเพนเดรน (Open Drain) หรือ โอเพนคอลเลคเตอร์ (Open Collector) เสมอ เพื่อให้สามารถต่ออุปกรณ์ร่วมกันในระบบบัสเดียวกันได้มากกว่าหนึ่งอุปกรณ์



รูปที่ 2.24 ลักษณะโครงสร้างการต่อบัสแบบไอสแควซีบัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.3 การรับส่งข้อมูลของไอสแควซีบัส

การรับส่งข้อมูลของอุปกรณ์ไอสแควซีบัสจะเริ่มต้นด้วยการที่ตัวแม่สร้างสภาวะเริ่มต้น (Start Condition) เพื่อขอใช้บัสจากนั้นจึงเริ่มการส่งคอนโทรลไบต์ (Control Byte) เพื่อใช้ระบุตำแหน่งแอดเดรสของตัวลูกที่ต้องการจะติดต่อด้วยในระบบบัส โดยค่าตำแหน่งแอดเดรสนี้อุปกรณ์แต่ละตัวจะมีรหัสแอดเดรสเฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไป ไม่มีการซ้ำกันในระบบบัสเดียวกัน โดยคอนโทรลไบต์นี้จะมีขนาด 8 บิต ซึ่ง 7 บิตแรก (เริ่มจาก MSB) จะเป็นค่าตำแหน่งแอดเดรสของตัวลูกส่วนบิตที่ 8 (LSB) จะเป็นบิตสุดท้ายของไบต์ใช้สำหรับระบุทิศทางของข้อมูลในการรับส่ง (R/W) โดยถ้าบิต แอลเอสบี (LSB) มีค่าเป็น "0" จะหมายถึงตัวแม่ (CPU) เขียนข้อมูลไปให้ตัวลูก (อุปกรณ์) แต่ถ้าแอลเอสบีมีค่าเป็น "1" จะหมายถึงตัวแม่ต้องการอ่านข้อมูลจากตัวลูก โดยข้อมูลจะทำการรับส่งกันครั้งละ 1 ไบต์ (8บิต) และปิดท้ายข้อมูลของแต่ละไบต์ด้วยบิตแสดงการตอบรับ (Acknowledge Bit) โดยลักษณะโครงสร้างของคอนโทรลไบต์ของอุปกรณ์แบบไอสแควซี มีดังนี้

รูปที่ 2.25 ลักษณะของคอนโทรลไบต์ของไอสแควซี

ซึ่งจะเห็นได้ว่าคอนโทรลไบต์ของอุปกรณ์ไอสแควซีนั้นจะมีขนาด 8 บิต โดยที่บิต7 – บิต4 จะเป็นรหัสประจำตัวของอุปกรณ์แต่ละตัวที่ถูกกำหนดไว้ตายตัวจากโรงงาน ซึ่งผู้ใช้งานต้องศึกษาจากคู่มือดาต้าชีต (Data Sheet) ของอุปกรณ์นั้น ๆ ว่าอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้งานมีรหัสประจำตัวเป็นเท่าใด ส่วนบิต3 – บิต1 นั้น จะมีไว้สำหรับเลือกเบอร์อุปกรณ์ที่ต่ออยู่ในบัส โดยค่าของทั้ง 3 บิตนี้จะต้องมีค่าตรงกับการกำหนดสถานะทางลอจิกให้กับขาสัญญาณ A2, A1 และA0 ของอุปกรณ์ด้วย ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ที่มีรหัสประจำตัวเป็น "0111" อาจถูกออกแบบให้สามารถต่อร่วมกันภายในบัสเดียวกันได้จำนวน 8 ตัว โดยการกำหนดสภาวะทางลอจิกให้กับขาสัญญาณ A2, A1 และA0 ของอุปกรณ์ให้มีความแตกต่างกันจากวงจรที่ต่ออยู่ดังนั้นเมื่อตัวแม่ต้องการติดต่ออุปกรณ์ที่มีรหัสประจำตัว "0111" ตัวใดในระบบบัสก็จะส่งค่าคอนโทรลไบต์ด้วยค่าใน บิต3 – บิต1 ตรงกับสถานะทางลอจิกของอุปกรณ์ตัวนั้นออกไป ตัวอย่างเช่น ถ้าตัวแม่ส่งรหัสคอนโทรลไบต์ด้วยค่า "01110000" ออกไปในบัส ก็จะหมายถึงว่าตัวแม่ต้องการจะเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์ที่มีรหัสประจำตัว "0111" ตัวที่ขาสัญญาณ A2, A1 และA0 มีค่าเป็น "0" อยู่ ส่วนตัวอุปกรณ์ที่มีรหัส "0111" แต่มีสภาวะทางลอจิกของขาสัญญาณ A2, A1 และA0 ไม่ตรงกับ "000" ก็จะไม่สนใจรหัสนั้น

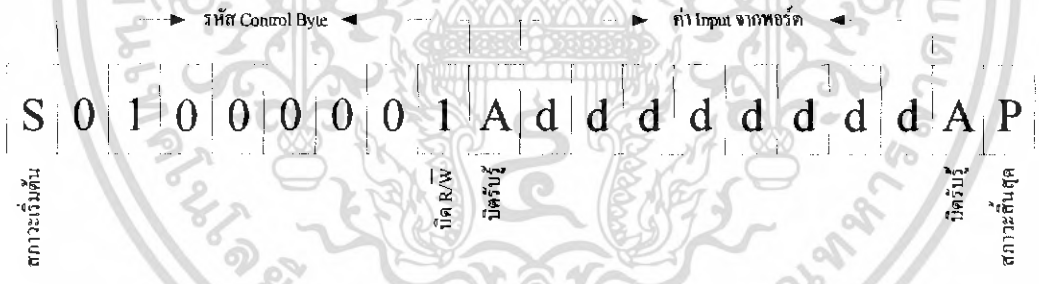
อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ไอสแควซีบางตัวอาจถูกออกแบบให้ต่อได้ในระบบบัสเดียวกันเพียงตัวเดียวโดยไม่มีขาสัญญาณในการเลือกตำแหน่งของอุปกรณ์อยู่ด้วยค่าของคอนโทรลไบต์ในตำแหน่งบิต3 – บิต1 ก็อาจถูกกำหนดไว้ตายตัวเป็น "000" เสมอก็เป็นได้ ส่วนค่าคอนโทรลไบต์ในตำแหน่งของบิต0 นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะใช้เป็นบิตกำหนดทิศทางของข้อมูล โดยถ้าบิต0 มีค่าเป็น" 0" จะหมายถึงตัวแม่ต้องการเขียนค่าไปยังอุปกรณ์ แต่ถ้าค่าในบิต0 มีค่าเป็น "1" หมายถึง ตัวแม่ต้องการอ่านค่าข้อมูลจากอุปกรณ์ เป็นต้น

สำหรับจำนวนไบต์ข้อมูลในการรับส่งกันนั้น ไม่มีข้อกำหนดตายตัวว่าจะต้องส่งกันครั้งละกี่ไบต์ ขึ้นอยู่กับข้อตกลงระหว่างอุปกรณ์แต่ละชนิดจะกำหนดขึ้น โดยในการรับส่งแต่ละครั้งนั้น ตัวแม่จะเป็นตัวควบคุมการรับส่งเองทั้งหมด ซึ่งในกรณีที่ตัวแม่ต้องการติดต่อกับอุปกรณ์หลายๆ ตัวนั้น หลังจากตัวแม่สร้างสภาวะเริ่มต้นขึ้นมาและทำการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ตัวหนึ่งเสร็จแล้ว ไม่จำเป็นต้องสร้างสภาวะสิ้นสุด (Stop Condition) เพื่อกลับไปเริ่มต้นรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ตัวต่อไปอีกก็ได้ แต่ตัวแม่สามารถสร้างสภาวะเริ่มต้นขึ้นมาซ้ำใหม่พร้อมกับส่งค่าคอนโทรลไบต์ซึ่งระบุตำแหน่งแอดเดรสของอุปกรณ์ตัวต่อไปที่ต้องการติดต่อด้วยได้ทันที แต่เมื่อทำการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ทุกตัวในบัสเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงสร้างสภาวะสิ้นสุดเพื่อเป็นการเลิกใช้บัส และทำให้บัสอยู่ในสภาวะว่างในภายหลังก็ได้เช่นกัน

รูปที่ 2.26 ตัวอย่างรูปแบบของการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ไอโอแบบไอสแควซีบัสตัวหนึ่ง



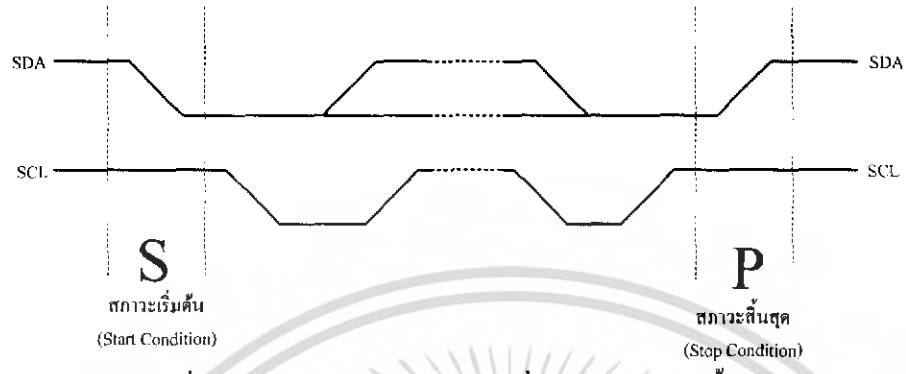
รูปที่ 2.27 ตัวอย่างรูปแบบของการเขียนข้อมูลให้กับอุปกรณ์ไอโอแบบไอสแควซีบัสตัวหนึ่ง

2.13.4 ข้อกำหนดในการเริ่มต้น (Start) และสิ้นสุด (Stop)

การกำหนดสภาวะเริ่มต้น และสภาวะสิ้นสุดจะถูกกำหนดโดยตัวแม่โดยสภาวะปกติของบัส หรือสภาวะบัสว่างนั้นสัญญาณเอสซีแอล และเอสดีเอจะมีสถานะเป็น "1" ทั้งคู่ แต่เมื่อต้องการเริ่มต้นการรับส่งข้อมูลในบัส ตัวแม่จะต้องสร้างสภาวะเริ่มต้นโดยการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณเอสดีเอจาก "1" มาเป็น "0" ในขณะที่สัญญาณเอสซีแอลยังมีค่าเป็น "1" อยู่ ซึ่งอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวลูกจะรอคอยตรวจสอบสภาวะการเปลี่ยนแปลงของบัสอยู่เสมอ เมื่อตรวจพบสภาวะเริ่มต้นจึงมีการเริ่มต้นรับส่งข้อมูลกัน โดยตัวแม่จะต้องส่งข้อมูลของคอนโทรลไบต์เป็นไบต์เริ่มต้น เพื่อกำหนดตำแหน่งแอดเดรสของอุปกรณ์ปลายทางที่ต้องการจะติดต่อด้วย โดยตัวแม่จะเป็นตัวสร้างสัญญาณเอสซีแอลเพื่อควบคุมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

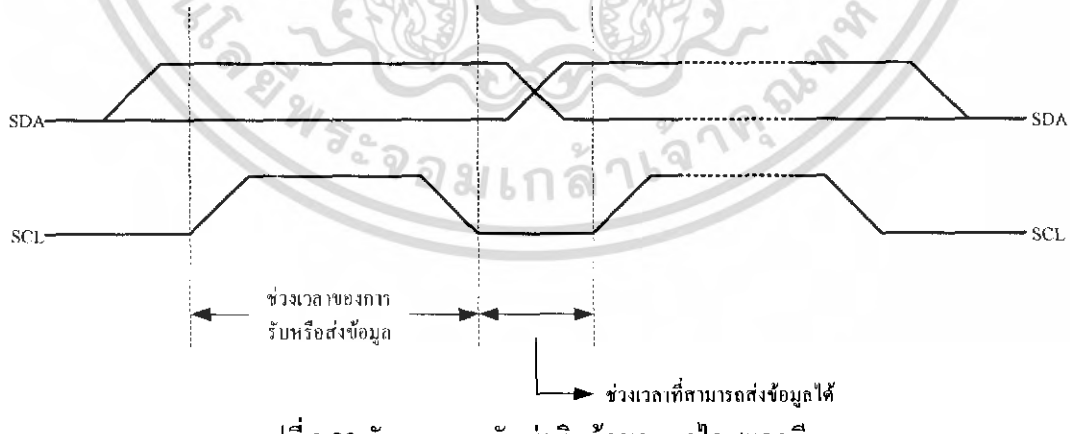
รับส่งข้อมูลในบัสตลอดการรับส่ง โดยสภาวะของสัญญาณข้อมูลเอสดีเอจะถูกเปลี่ยนแปลงขณะที่สัญญาณนาฬิกาเอสซีแอลมีค่าเป็น "0" โดยข้อมูลจะถูกรับส่งในขณะที่สัญญาณนาฬิกาเอสซีแอลมีค่าเป็น "1" และเมื่อต้องการสิ้นสุดการใช้บัส ตัวแม่จะสร้างสภาวะสิ้นสุดโดยเปลี่ยนสภาวะของสัญญาณเอสดีเอจาก "0" กลับไปเป็น "1" ในขณะที่สัญญาณเอสซีแอลยังมีค่าเป็น "1" อยู่



รูปที่ 2.28 ลักษณะการสร้างสภาวะเริ่มต้นและสภาวะสิ้นสุดของไอสแควซี

2.13.5 การแจ้งสภาวะรับทราบในบัส (Acknowledge)

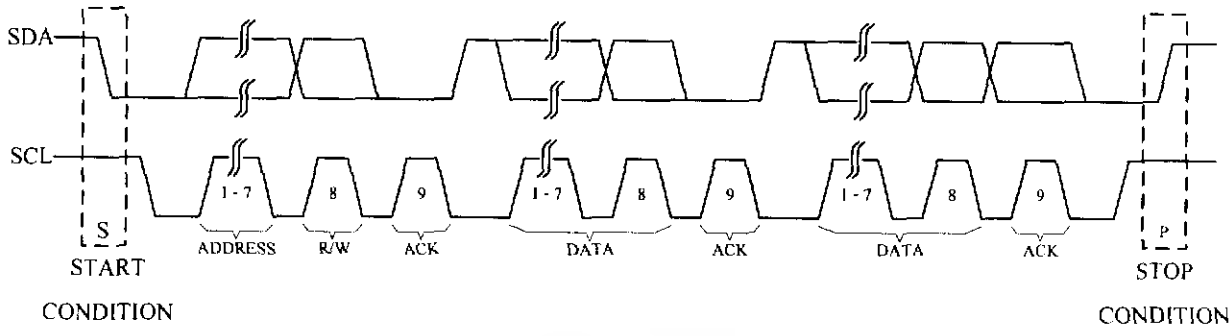
ในการรับส่งข้อมูลในระบบบัสแบบไอสแควซีบัส จะต้องมีการแจ้งสภาวะรับทราบเพื่อแจ้งให้ทราบว่า ข้อมูลที่ถูกส่งออกไปนั้นได้รับแล้วและมีความถูกต้องสมบูรณ์ ซึ่งตัวแม่จะใช้สัญญาณนาฬิกาเอสซีแอลในการควบคุมการรับส่งข้อมูลทางขาเอสดีเอ เมื่อข้อมูลถูกส่งครบ 8 บิต ตัวลูกต้องมีการตอบรับให้ตัวแม่รับรู้ โดยเมื่อตัวแม่ส่งข้อมูลครบ 8 บิตแล้ว ตัวแม่จะปล่อยสัญญาณข้อมูลเอสดีเอให้อยู่ในสภาวะว่าง ("1") และสร้างสัญญาณนาฬิกาเอสซีแอลออกมาในบัสอีกจำนวน 1 ลูกคลื่น ซึ่งในสภาวะนี้ตัวลูกจะต้องส่งสัญญาณ "0" ออกมาทางขาเอสดีเอในช่วงที่สัญญาณนาฬิกาเอสซีแอล มีค่าเป็น "0" เป็นเวลา 1 ลูกคลื่นของสัญญาณนาฬิกาเอสซีแอล และตัวแม่ก็จะทำการตรวจสอบสัญญาณการรับรู้นี้ในช่วงที่สัญญาณนาฬิกามีค่าเป็น "1" เสมอ



รูปที่ 2.29 ลักษณะการรับส่งบิตข้อมูลของไอสแควซี

ในกรณีที่ตัวลูกไม่ยอมส่งสัญญาณการรับรู้มาให้ ตัวแม่อาจต้องเริ่มต้นกระบวนการส่งข้อมูลใหม่ทั้งหมด หรือยกเลิก หรือหยุดการติดต่อการรับส่งข้อมูลในครั้งนั้นก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



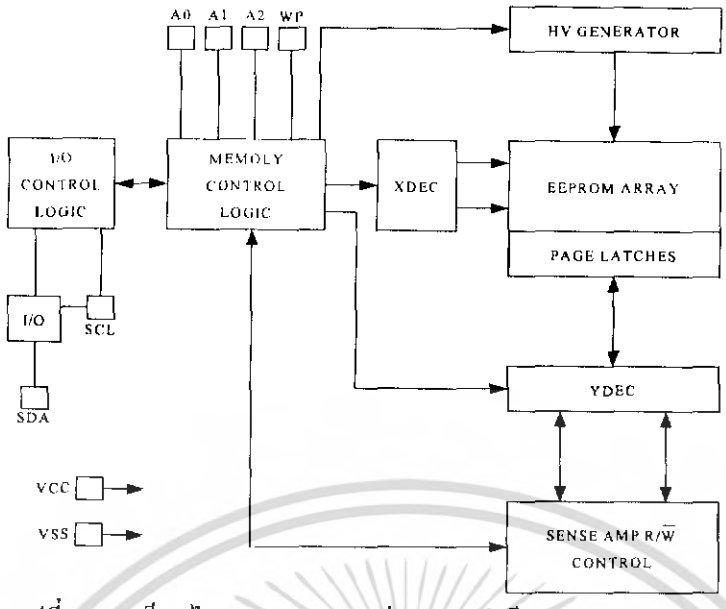
รูปที่ 2.30 ลักษณะของสภาวะการรับส่งข้อมูลในบัสแบบไอสแควซี

2.14 หน่วยความจำอีสแควพรอม (E^2PROM) แบบไอสแควซี (24XX)

2.14.1 คุณสมบัติของหน่วยความจำอีสแควพรอมแบบไอสแควซี

หน่วยความจำแบบอีอีพรอม นิยมเรียกสั้น ๆ ว่าอีสแควพรอมนั้น จัดเป็นหน่วยความจำประเภทหน่วยความจำถาวร เนื่องจากสามารถเก็บรักษาข้อมูลภายในตัวไว้ได้แม้ว่าจะไม่มีการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับตัวหน่วยความจำก็ตาม ซึ่งหน่วยความจำแบบนี้จะมีจุดเด่นประการหนึ่ง คือ สามารถทำการลบและเขียนซ้ำได้หลาย ๆ ครั้งด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า ทำให้มีความสะดวกมากในการออกแบบวงจรและการนำไปประยุกต์ใช้งาน โดยหน่วยความจำแบบนี้จะมีรูปแบบในการเชื่อมต่อกับตัวแม่ได้หลายแบบ แต่สำหรับหน่วยความจำที่นิยมนำมาใช้เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้แก่ หน่วยความจำแบบที่ใช้วิธีการเชื่อมต่อแบบอนุกรม ซึ่งนิยมเรียกว่า ซีเรียลอีอีพรอม ซึ่งจะใช้สัญญาณในการเชื่อมต่อน้อยเส้น โดยหน่วยความจำซีเรียลอีอีพรอม แบบที่กำลังได้รับความนิยมในการใช้งานในปัจจุบันได้แก่หน่วยความจำที่ใช้การเชื่อมต่อแบบอนุกรมไอสแควซีบัสในตระกูล 24XX ซึ่งหน่วยความจำแบบนี้มีคุณสมบัติที่น่าสนใจหลายประการ คือ มีขนาดเล็ก ใช้สัญญาณในการเชื่อมต่อน้อยเส้น และสามารถเก็บรักษาข้อมูลไว้ได้นานกว่า 200 ปี นอกจากนี้ยังสามารถลบและเขียนซ้ำได้ถึง 1 ล้านครั้ง (อ้างอิงจากไมโครชิพ) จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งาน ในด้านที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาข้อมูลที่ต้องการพื้นที่ของหน่วยความจำ จำนวนมากแต่ไม่ต้องการความเร็วในการอ่านเขียน และไม่ได้เปลี่ยนแปลงค่าข้อมูลบ่อยมากนักได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 บล็อกไดอะแกรมของหน่วยความจำอีสแควพรอมตระกูล 24XX

2.14.2 การจัดขาสัญญาณของหน่วยความจำ 24XX

ลักษณะรูปร่างของหน่วยความจำตระกูล 24XX นั้นจะมีขนาด 8 ขา โดยมีให้เลือกใช้ทั้งแบบที่เป็นตัวถังตีนตะขาบขนาด 8 ขา หรือ DIP8 (Dual in-line package) และแบบที่เป็นตัวถังแบบอุปกรณ์พื้นผิว หรือ SOP8 (Small Outline package) โดยทั้ง 2 แบบจะมีลักษณะของการจัดเรียงขาสัญญาณเหมือนกันดังนี้

รูปที่ 2.32 ขาสัญญาณโดยทั่วไปของไอซี 24XX

- A0, A1, A2 เป็นขาสัญญาณแอดเดรสอินพุท ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งการทำงานของอีสแควพรอมแต่ละตัวที่จะเชื่อมต่อกันภายในบัส ซึ่งขาสัญญาณแอดเดรสนี้แต่ละตัวอาจมีไม่เท่ากันบางตัวอาจมี 3 ขา บางตัวอาจมีเพียง 1 หรือ 2 ขา บางตัวอาจไม่มีเลย โดยถ้าตัวใดไม่มีการออกแบบให้กำหนดค่าแอดเดรสจากทางฮาร์ดแวร์ได้ ขาสัญญาณเหล่านี้จะถูกปล่อยว่าง (NC) ไว้
- VSS เป็นขาสัญญาณอ้างอิง หรือ GND
- เอสดีเอเป็นขาข้อมูลแบบ 2 ทิศทางของไอสแควซี สำหรับรับส่งข้อมูลระหว่างอีสแควพรอมและไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะทำหน้าที่เป็นอินพุทในการรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จะส่งให้กับอีสแควพรอม และในทางกลับกันก็จะทำหน้าที่เป็นเอาท์พุท สำหรับส่งข้อมูลจากอีสแควพรอมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เอสซีแอลเป็นขาสัญญาณนาฬิกาอินพุทของไอสแควซี ใช้สำหรับควบคุมการรับส่งหรืออ่านเขียนข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ และอีสแควพรอม
- WP เป็นขาสัญญาณไรท์โพเทค (Write Protect) โดยมีสภาวะเป็นอินพุท ทำหน้าที่ป้องกันการเขียนข้อมูลให้กับอีอีพรอม โดยถ้าขานี้มีสภาวะเป็น "0" จะสามารถสั่งเขียนข้อมูลให้กับอีสแควพรอมได้ ถ้าขานี้มีสภาวะเป็น "1" จะไม่สามารถเขียนข้อมูลให้กับอีสแควพรอมได้

ซึ่งปัจจุบันหน่วยความจำในกลุ่มนี้จะมีผลิตออกจำหน่ายเพื่อให้ผู้ใช้ได้เลือกใช้งานกันตามความเหมาะสมมากมายหลายเบอร์ โดยส่วนมากจะมีรหัสเบอร์เริ่มต้นด้วย 24 เช่น 2416, 2432, 2464, 24128, 24256 และ24512 เป็นต้น ซึ่งหน่วยความจำเหล่านี้จะเป็นแบบที่ใช้การเชื่อมต่อแบบไอสแควซีบัสเหมือนกันทั้งหมด และจะมีลักษณะของขาสัญญาณที่เข้ากันได้ทุกประการสามารถนำไปทดแทนกันได้ โดยแต่ละเบอร์จะมีความแตกต่างกันในบางเรื่อง เช่น ขนาดของจำนวนความจุในการเก็บข้อมูล ความเร็วในการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำ และระดับแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงในการทำงาน เป็นต้น ซึ่งผู้ใช้เองสามารถออกแบบวงจรและเลือกติดตั้งหน่วยความจำเพื่อใช้งานกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้หลายเบอร์ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์และขนาดของหน่วยความจำที่ต้องการ โดยอีสแควพรอมในตระกูล 24XX (ไอสแควซีบัส) ในกลุ่มนี้บางเบอร์สามารถต่อร่วมกันภายในบัสเดียวกันได้มากกว่า 1 ตัว โดยแต่ละตัวจะมีขาแอดเดรสสำหรับกำหนดรหัสตำแหน่งของอุปกรณ์ภายในบัสจากฮาร์ดแวร์ (ขาสัญญาณ A2, A1 และ A0) ได้เช่น เบอร์ 24XX32, 64 ,128 และ24XX256 ของไมโครชิพ เป็นต้น โดยหน่วยความจำแต่ละตัวจะมีรหัสในการติดต่อเรียกว่าคอนโทรลไบต์ซึ่งมีลักษณะ ดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
1	0	1	0	A2	A1	A0	$R/\overline{W}$

รูปที่ 2.33 รหัสคอนโทรลไบต์ของ 24XX/32/64/128/256 ของไมโครชิพ

สำหรับหน่วยความจำเบอร์ 24XX32, 24XX64, 24XX128 และ24XX256 ของไมโครชิพนั้นจะเห็นได้ว่ารหัสคอนโทรลไบต์ในตำแหน่ง 4 บิตบน (บิต7, 6, 5 และ4) จะมีค่าเป็น "1010" ส่วนบิต 3, 2 และ1 นั้นจะขึ้นอยู่กับสภาวะทางลอจิกของขาสัญญาณ A2, A1 และA0 ในวงจร ซึ่งจากคุณสมบัติดังกล่าวจะทำให้สามารถทำการต่อหน่วยความจำดังกล่าวได้มากถึง 8 ตัวภายในบัสเดียวกัน โดยกำหนดสภาวะของขาสัญญาณลอจิกแอดเดรสที่แตกต่างกันออกไป โดยสามารถสรุปให้เห็นได้ ดังตารางต่อไปนี้

เบอร์(ความจุ)	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
24XX32 (4K x 8)	1	0	1	0	A2	A1	A0	R/W
24XX64 (8K x 8)	1	0	1	0	A2	A1	A0	R/W
24XX128 (16K x 8)	1	0	1	0	A2	A1	A0	R/W
24XX256 (32K x 8)	1	0	1	0	A2	A1	A0	R/W

ตารางที่ 2.11 คอนโทรลไบต์ของหน่วยความจำแบบไอสแควซีบัสของไมโครชิพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

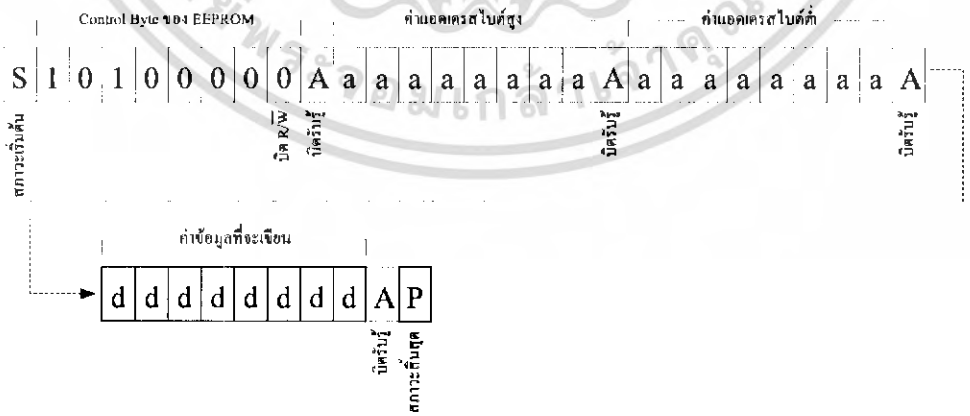
จากตารางจะเห็นได้ว่า หน่วยความจำอีสแควพรอมแบบไอสแควซีบัส 24XX32/64/128/256 ของไมโครชิพนั้นจะมีคอนโทรลไบต์ที่เหมือนกันทุกเบอร์ แต่จะมีความแตกต่างกันที่ขนาดความจุในการเก็บรักษาข้อมูลของแต่ละเบอร์

2.14.3 การเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำ

สำหรับรูปแบบของวิธีการอ่านเขียนข้อมูลของหน่วยความจำแต่ละเบอร์นั้น โดยมากแล้วจะมีรูปแบบมาตรฐานที่คล้ายกัน แต่อาจมีความแตกต่างกันบ้างในบางเบอร์บางยี่ห้อ เช่น ความเร็วในการเขียน ดังนั้นเมื่อจะเลือกใช้หน่วยความจำเบอร์ใดยี่ห้อใด ควรศึกษารายละเอียดดาต้าชีตเพิ่มเติมถึงคุณสมบัติเหล่านี้ประกอบด้วย

ในการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำอีสแควพรอมนั้น มี 2 แบบ คือ การเขียนแบบทีละไบต์ (Byte Write) ซึ่งในการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำด้วยวิธีการนี้สามารถที่จะเข้าถึงตำแหน่งแอดเดรสใด ๆ ของหน่วยความจำที่มีอยู่ตามต้องการ โดยในการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำในแต่ละครั้งนั้นจะต้องทำการส่งคอนโทรลไบต์ตามด้วยแอดเดรสไบต์ และดาต้าไบต์ ตามลำดับ ส่วนการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำอีกวิธีหนึ่งก็คือ การเขียนแบบครั้งละหน้า (Page Write) ซึ่งในการเขียนแบบนี้จะมีข้อดีคือสามารถเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำได้ครั้งละหลาย ๆ ไบต์โดยการส่งค่า คอนโทรลไบต์ และแอดเดรสไบต์ เพียงครั้งเดียวแต่ต้องเขียนข้อมูลในตำแหน่งแอดเดรสที่ต่อเนื่องกันและอยู่ภายในหน้า (Page) เดียวกันด้วย

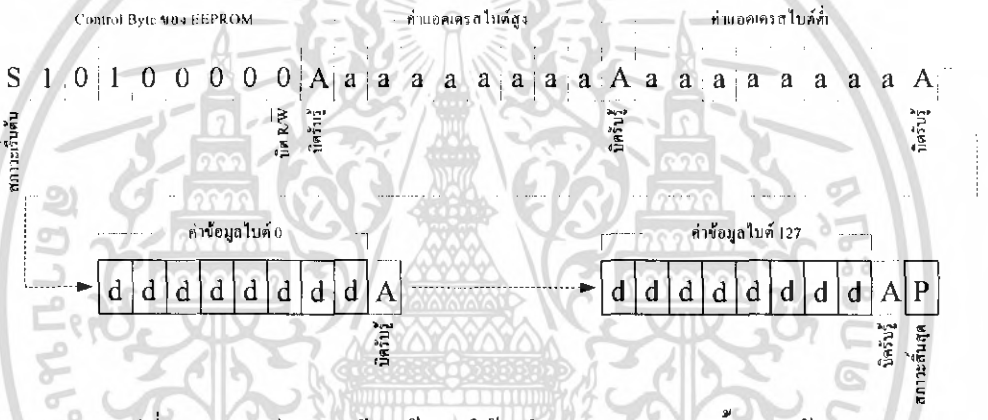
การเขียนแบบทีละไบต์ เป็นการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำครั้งละ 1 ไบต์ โดยการสั่งเขียนข้อมูลแบบนี้ สามารถเขียนข้อมูลในตำแหน่งใด ๆ ภายในตัวหน่วยความจำก็ได้ ซึ่งทุกๆ ครั้งที่เขียนข้อมูลให้หน่วยความจำนั้น หลังจากสร้างสภาวะเริ่มต้นแล้วจะต้องส่งค่าคอนโทรลไบต์ จำนวน 1 ไบต์ ตามด้วยค่าแอดเดรสไบต์ ซึ่งอาจจะเป็น 1ไบต์หรือ 2ไบต์ ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของหน่วยความจำเบอร์ที่ใช้อยู่ แต่สำหรับหน่วยความจำตั้งแต่เบอร์ 24XX32 เป็นต้นไป ไบต์แอดเดรสจะมีขนาด 2 ไบต์เสมอ จากนั้นจึงตามด้วยไบต์ข้อมูลที่ต้องการจะเขียนอีก 1ไบต์ แล้วจึงสิ้นสุดด้วยสภาวะสิ้นสุดเป็นลำดับสุดท้าย



รูปที่ 2.34 ตัวอย่างการเขียนข้อมูลให้หน่วยความจำแบบทีละไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนแบบครั้งละหน้า เป็นการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำครั้งละหลาย ๆ ไบต์ โดยการสั่งเขียนข้อมูลแบบนี้ จะสามารถเขียนข้อมูลในตำแหน่งหน่วยความจำที่อยู่ในหน้า (Page) เดียวกันได้ครั้งละหลาย ๆ ไบต์ ซึ่งทุกครั้งที่จะเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำนั้น หลังจากสร้างสภาวะเริ่มต้นแล้วจะต้องส่งค่าคอนโทรลไบต์จำนวน 1 ไบต์ ตามด้วยค่าแอดเดรสไบต์ซึ่งอาจจะเป็น 1 ไบต์หรือ 2 ไบต์ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของหน่วยความจำเบอร์ที่ใช้อยู่ จากนั้นจึงตามด้วยไบต์ข้อมูลที่ต้องการจะเขียนอีกครั้งละ 1 ไบต์ต่อเนื่องกันไป แล้วจึงจบด้วยสภาวะสิ้นสุดเป็นลำดับสุดท้าย โดยจำนวนของไบต์ข้อมูลนั้นจะต้องดูจากขนาดของหน้าที่กำหนดไว้ในหน่วยความจำแต่ละเบอร์ว่ามีขนาดกี่ไบต์ โดยการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำวิธีนี้จะมีข้อดี คือ ไม่ต้องเสียเวลาในการส่งค่าคอนโทรลไบต์ และค่าแอดเดรสไบต์ใหม่บ่อยๆ แต่มีข้อจำกัด คือ ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำที่ต้องการจะเขียนนั้น จะต้องต่อเนื่องกันไม่สามารถกระโดดข้ามได้ และในการเขียนแต่ละครั้งต้องไม่เกินหน้าด้วย เนื่องจากเมื่อตำแหน่งแอดเดรสของอีสแควพรอมถูกเพิ่มเป็นค่าสูงสุดในหน้า แล้วค่าตำแหน่งแอดเดรสจะวนกลับไปเป็นค่าตำแหน่งเริ่มต้นของหน้าใหม่



รูปที่ 2.35 ตัวอย่างการเขียนข้อมูลให้หน่วยความจำแบบครั้งละหน้า

ซึ่งจากวิธีการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำอีสแควพรอมทั้ง 2 แบบที่อธิบายมาแล้วนั้น สามารถนำมาเรียบเรียงเป็นขั้นตอนให้เห็นได้ ดังต่อไปนี้

1. ส่งสภาวะเริ่มต้นไปยังบัสเพื่อเริ่มต้นการสื่อสาร
2. ส่งคอนโทรลไบต์ของอีสแควพรอมสำหรับการเขียน ซึ่งก็คือ “10100000”
3. ส่งค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูงที่ต้องการเขียนข้อมูลไปให้ อีสแควพรอม
4. ส่งค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำที่ต้องการเขียนข้อมูลไปให้ อีสแควพรอม
5. ส่งค่าข้อมูลที่ต้องการเขียนไปยังอีสแควพรอมในตำแหน่งแอดเดรสที่ระบุในข้อ 3 และ4
6. ส่งค่าข้อมูลไบต์ถัดไปที่ต้องการเขียนไปยังอีสแควพรอมจนกว่าจะครบหน้าหรือส่งค่าสภาวะสิ้นสุดเพื่อจบการสื่อสารถ้าต้องการเขียนเพียง 1 ไบต์
7. ส่งสภาวะสิ้นสุดไปยังบัสเพื่อจบการสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.4 การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ

ในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำอีสแควพรอมนั้น สามารถสั่งอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำได้ 3 แบบ คือการอ่านแบบระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์ (Random Read) การอ่านแบบระบุตำแหน่งครั้งละหลาย ๆ ไบต์ (Sequential Read) และการอ่านโดยไม่ระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์ (Current Address Read) ซึ่งวิธีการสั่งอ่านข้อมูลแต่ละแบบนั้นจะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป โดยสามารถอธิบายวิธีการได้ ดังนี้

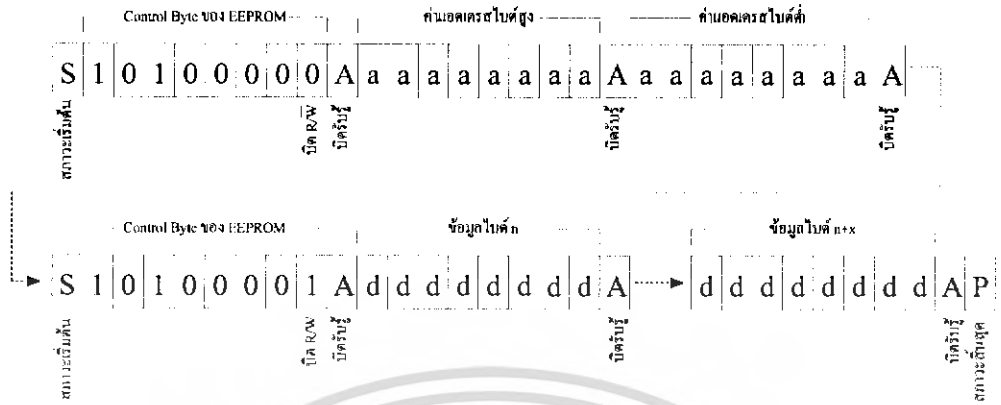
การอ่านแบบระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์ เป็นการสั่งอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำตำแหน่งแอดเดรสใดๆ ภายในตัวหน่วยความจำก็ได้ โดยสามารถอ่านข้อมูลได้ครั้งละ 1 ไบต์ โดยกระบวนการอ่านข้อมูลวิธีนี้ จะเริ่มต้นด้วยการสร้างสภาวะเริ่มต้นจากนั้นจึงเริ่มส่งคอนโทรลไบต์ สำหรับบ่งบอกการเขียน (บิต LSB = “0”) จำนวน 1 ไบต์ตามด้วยค่าของแอดเดรสไบต์ซึ่งอาจจะเป็น 1 ไบต์หรือ 2 ไบต์ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของหน่วยความจำเบอร์ที่ใช้อยู่ หลังจากเขียนแอดเดรสไบต์ครบแล้วให้สร้างสภาวะเริ่มต้นใหม่อีกครั้งหนึ่ง พร้อมกับส่งค่าคอนโทรลไบต์สำหรับบ่งบอกการอ่านบิต(บิต LSB = “1”) จำนวน 1 ไบต์ แล้วจึงรอรับไบต์ข้อมูล จากหน่วยความจำตามตำแหน่งแอดเดรสที่ระบุไว้ จากนั้นจึงจบด้วยการส่งสภาวะหยุดเพื่อจบการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ

รูปที่ 2.36 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์

การอ่านแบบระบุตำแหน่งครั้งละหลาย ๆ ไบต์ เป็นการสั่งอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำตำแหน่งแอดเดรสใด ๆ ภายในตัวหน่วยความจำก็ได้ ตามปกติแล้วคำสั่งนี้จะมีลักษณะคล้ายกับคำสั่งอ่านข้อมูลแบบระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์ โดยสามารถอ่านข้อมูลได้ครั้งละหลาย ๆ ไบต์ต่อเนื่องกันไป ซึ่งเมื่ออ่านข้อมูลแต่ละไบต์เสร็จแล้วค่าแอดเดรสจะเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 ตำแหน่งโดยอัตโนมัติ โดยไม่ต้องส่งค่าคอนโทรลไบต์ และแอดเดรสไบต์ในการอ่านใหม่ให้เสียเวลา โดยหน่วยความจำจะส่งข้อมูลออกมาทางขาเอสดีเอครั้งละ 1 ไบต์ ต่อเนื่องกันไปจนกว่าจะพบสภาวะสิ้นสุด โดยกระบวนการอ่านข้อมูลวิธีนี้ จะเริ่มต้นด้วยการสร้างสภาวะเริ่มต้น จากนั้นจึงเริ่มส่งคอนโทรลไบต์สำหรับบ่งบอกการเขียน (บิต LSB = “0”) จำนวน 1 ไบต์ตามด้วยค่าของแอดเดรสไบต์ซึ่งอาจมีขนาดเป็น 1 ไบต์หรือ 2 ไบต์ ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของหน่วยความจำแต่ละเบอร์ หลังจากเขียนแอดเดรสไบต์ครบแล้วให้สร้างสภาวะเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง พร้อมกับส่งค่ารหัสคอนโทรลไบต์สำหรับบ่งบอกการอ่าน (บิต LSB = “1”) จำนวน 1 ไบต์ แล้วจึง

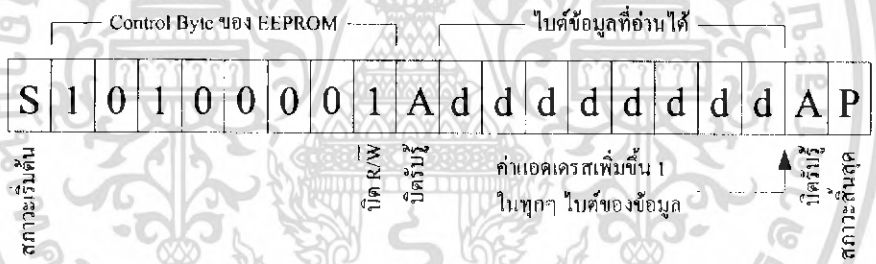
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอรับไบต์ข้อมูลจากหน่วยความจำตามตำแหน่งแอดเดรสที่ระบุไว้ และสามารถอ่านข้อมูลตำแหน่งถัดไปในหน่วยความจำได้ เมื่ออ่านข้อมูลได้ครบตามต้องการแล้วจึงจบด้วยการส่งสภาวะหยุด



รูปที่ 2.37 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบระบุตำแหน่งครั้งละหลาย ๆ ไบต์

การอ่านโดยไม่ระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์ เป็นการสั่งอ่านข้อมูลตำแหน่งแอดเดรสต่อเนื่องจากครั้งสุดท้าย ซึ่งการสั่งอ่านข้อมูลแบบนี้จะมีความรวดเร็วกว่าแบบอื่นเนื่องจากไม่ต้องส่งแอดเดรสไบต์ไปให้กับหน่วยความจำ ซึ่งมีรูปแบบในการสั่งอ่านข้อมูลเป็นดังนี้



รูปที่ 2.38 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบไม่ระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์

ซึ่งจากวิธีการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ อีสแควพรอม ทั้ง 3 แบบที่อธิบายมาแล้วนั้นสามารถนำมาเรียบเรียงเป็นขั้นตอนให้เห็นได้ดังต่อไปนี้

1. การอ่านแบบระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์
    1.1 ส่งสภาวะเริ่มต้นไปยังบัส เพื่อเริ่มต้นการสื่อสาร
    1.2 ส่งคอนโทรลไบต์ของอีสแควพรอม สำหรับการเขียน ซึ่งก็คือ “10100000”
    1.3 ส่งค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูงที่ต้องการเริ่มต้นการอ่านข้อมูลไปให้อีสแควพรอม
    1.4 ส่งค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำที่ต้องการเริ่มต้นการอ่านข้อมูลไปให้อีสแควพรอม
    1.5 ส่งคอนโทรลไบต์ของอีสแควพรอมสำหรับการอ่าน ซึ่งก็คือ “10100001”
    1.6 อ่านข้อมูลหน่วยความจำจากแอดเดรสที่ระบุไว้ในข้อ 1.3 และ1.4 จำนวน 1 ไบต์
    1.7 ส่งสภาวะสิ้นสุดไปยังบัส เพื่อจบการสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การอ่านแบบระบุตำแหน่งครั้งละหลาย ๆ ไบต์

2.1 ส่งสภาวะเริ่มต้นไปยังบัส เพื่อเริ่มต้นการสื่อสาร (เหมือนข้อ 1.1-1.4)

2.2 ส่งคอนโทรลไบต์ของอีสแควพรอม สำหรับการอ่าน ซึ่งก็คือ "10100001"

2.3 อ่านข้อมูลไบต์แรกจากหน่วยความจำที่แอดเดรสที่ระบุไว้

2.4 อ่านข้อมูลไบต์ถัดไปเรื่อย ๆ ตามต้องการ

2.5 ส่งสภาวะสิ้นสุดไปยังบัส เพื่อจบการสื่อสาร

3. การอ่านโดยไม่ระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์

3.1 ส่งสภาวะเริ่มต้นไปยังบัส เพื่อเริ่มต้นการสื่อสาร

3.2 ส่งคอนโทรลไบต์ของอีสแควพรอม สำหรับการอ่าน ซึ่งก็คือ "10100001"

3.3 อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ จำนวน 1 ไบต์ที่แอดเดรสที่ต่อเนื่องจากที่เคยอ่านแล้ว

3.4 ส่งสภาวะสิ้นสุดไปยังบัส เพื่อจบการสื่อสาร

จากตัวอย่างที่อธิบายมาข้างต้นนั้นจะอ้างอิงคอนโทรลไบต์ของหน่วยความจำที่กำหนดขาสัญญาณแอดเดรสเป็น "0" ทั้งหมด ซึ่งในการใช้งานจริงถ้าลักษณะการจัดวงจรมีการกำหนดสภาวะลอจิกของขาสัญญาณแอดเดรส ไม่ตรงตามนี้ต้องเปลี่ยนแปลงคอนโทรลไบต์ให้ตรงกับที่ใช้ด้วย

2.15 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การรับส่งแบบอนุกรมมีข้อดี คือ ใช้สายสัญญาณน้อยและส่งได้เป็นระยะทางไกล สำหรับโครงงานนี้ใช้การติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ รับส่งข้อมูลแบบอนุกรมกับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการเปลี่ยนระดับสัญญาณไฟฟ้าให้ได้มาตรฐานในการรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ทอนุกรมของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งสัญญาณข่าวสารที่ได้อย่างถูกต้องประมวลผลโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

2.15.1 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

โดยปกติเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ตที่เป็นอนุกรม ชื่อว่า อาร์เอส-232 อยู่ในตัวมันเองอยู่แล้ว ซึ่งพอร์ทอาร์เอส-232 ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลในแบบอนุกรม (Universal Asynchronous Adapter) เหตุที่มีชื่อ เรียกว่า อาร์เอส-232 ก็เนื่องมาจากสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกา หรือ อีไอเอ (RS-232:Recommended Standard Number 232,EIA:Electronic Industry Association) ได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์สื่อสารแบบอนุกรมเอาไว้ภายใต้ชื่อ อาร์เอส-232

- มาตรฐาน อาร์เอส-232ซี (RS-232C)

มาตรฐาน อาร์เอส-232ซี ได้จัดพิมพ์ขึ้นเมื่อ ค.ศ.1969 อาร์เอส ย่อมาจาก Recommended Standard ส่วน 232 คือ หมายเลขบ่งบอกมาตรฐานตัวนี้ C เป็นหมายเลขฉบับของมาตรฐานตัวนี้ จุดประสงค์ของมาตรฐาน อาร์เอส-232 ซี เพื่อบรรยายคุณลักษณะของการเชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูล (DCE: Data Communication Equipment) กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลสำหรับผู้ใช้คอมพิวเตอร์ทั่วไป ดีทีอี (DTE: Data Terminal Equipment) หมายถึง ตัวไมโครคอมพิวเตอร์ ส่วน ดีซีอี หมายถึง โมเด็ม (Modem) และอุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องพิมพ์ที่รับสัญญาณแบบอนุกรม อาจเป็นไปได้ทั้ง ดีทีอี และ ดีซีอี ซึ่งจะ

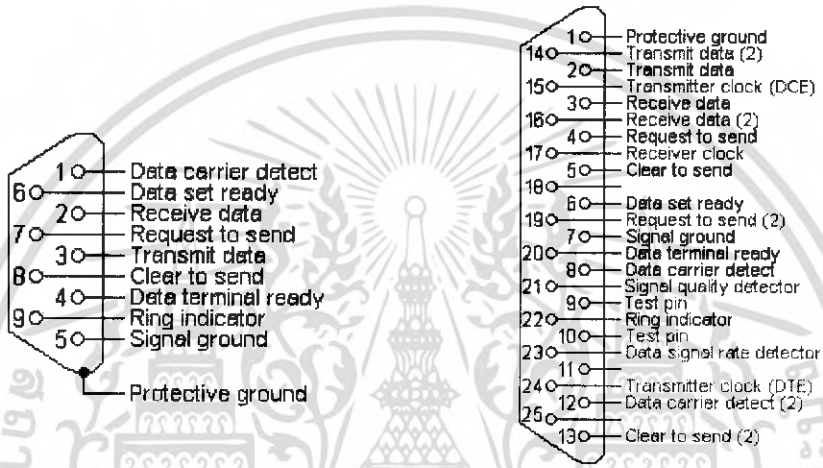
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต สำหรับข้อแตกต่างของดีทีอี และ ดีซีอี จะเห็นได้ว่า อาร์เอส-232 ซี มีส่วนสำคัญอย่างมากสำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์

- อุปกรณ์ ดีทีอี และ ดีซีอี

ตามมาตรฐานอาร์เอส-232 ซี อุปกรณ์ดีทีอีควรใช้หัวต่อตัวผู้ และอุปกรณ์ดีซีอีควรใช้หัวต่อตัวเมีย อย่างไรก็ตามผู้ผลิตไม่ได้ปฏิบัติตามกฎเสมอไป ดังนั้นจึงไม่แยกแยะอุปกรณ์ดีทีอีและดีซีอี โดยการมองผ่านๆ ได้เสมอไป เมื่อทราบว่าอุปกรณ์หนึ่งเป็นดีทีอี และอีกตัวหนึ่งเป็นดีซีอี ในทางทฤษฎีแล้วสามารถเชื่อมต่อได้อย่างง่ายดาย โดยการเชื่อมต่อสายที่มีหมายเลขตรงกัน เป็นการเชื่อมต่อแบบตรงไปตรงมา

- การกำหนดขา อาร์เอส-232 สำหรับดีบี-9 (DB-9) และดีบี-25 (DB-25)



รูปที่ 2.39 การกำหนดขา อาร์เอส-232 สำหรับ ดีบี-9 และ ดีบี-25

การกำหนดขาสัญญาณของคอนเน็คเตอร์ อนุกรม 9 ขา (DB-9) และ อนุกรม 25 ขา (DB-25) แสดงในตารางที่ 2.12

ตำแหน่งขา		ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
DB-9	DB-25		
1	8	Data Carrier Detect : DCD	อินพุท
2	3	Received Data : RxD	อินพุท
3	2	Transmitted Data : TxD	เอาต์พุท
4	20	Data Terminal Ready : DTR	เอาต์พุท
5	7	Signal Ground : GND	-
6	6	Data Set Ready : DSR	อินพุท
7	4	Request To Send: RTS	เอาต์พุท
8	5	Clear To Sent : CTS	อินพุท
9	22	Ring Indicator : RI	อินพุท

ตารางที่ 2.12 การจัดขาคอนเน็คเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน อาร์เอส-232 ทั้งแบบ ดีบี-9 และ ดีบี-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ดีซีอี (Data Carrier Detect : DCD) หรืออาจเรียกว่า ซีดี (Carrier Detect : CD)

  ขานี้จะแอคทีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก

- อาร์ดี(Received Data : RxD)

  เป็นทางที่สัญญาณเข้าไปยัง ดีทีอี หรือไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามาที่ขานี้จะมีสถานะสภาพลอจิกเป็น "1"

- ทีดี(Transmitted Data : TxD)

  เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก ดีทีอี (หรือตัวไมโครคอมพิวเตอร์) ไปยังโมเด็มหรือต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่น เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออกสถานะภาพของลอจิกที่ขานี้มีค่าเท่ากับ "1" หรือเทียบเท่า สต็อป บิท

- ดีทีอาร์(Data Terminal Ready : DTR)

  เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าต้องการติดต่อด้วย โดยขาดีทีอาร์นี้ต้องเชื่อมต่อกับขาดีเอสอาร์ของอุปกรณ์ปลายทาง และขาดีทีอาร์ของอุปกรณ์ปลายทางต้องเชื่อมต่อกับขา ดีเอสอาร์ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อเป็นแบบนูลโมเด็ม (Null Modem) ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขาดีทีอาร์ และ ดีเอสอาร์ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อกับขาดีเอสดีด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจสัญญาณพาห์

- จีเอ็นดี(Signal Ground : GND)

  กราวด์ระบบ

- ดีเอสอาร์ (Data Set Ready : DSR)

  ขานี้จะใช้คู่กับขาดีทีอาร์ เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์ปลายทาง ซึ่งขาดีเอสอาร์จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขาดีทีอาร์

- อาร์ทีเอส(Request To Send: RTS)

  เป็นขาสำหรับสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณอาร์ทีเอส คือ ขาซีทีเอส ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบนูลโมเด็ม จะต้องเชื่อมต่อขาอาร์ทีเอส และ ซีทีเอส ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

- ซีทีเอส(Clear To Sent : CTS)

  ขานี้จะคอยรองรับสัญญาณจากขาอาร์ทีเอส เมื่อรับสัญญาณข้อมูลจากขาทีดี จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขาจึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมรับข้อมูลหรือไม่

- อาร์ไอ(Ring Indicator : RI)

  ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้ก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อโมเด็มและโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 โทรศัพท์มือถือกับการส่งข้อความสั้น

2.16.1 จีเอสเอ็มเอทีคอมมานด์ (GSM AT Command)

เป็นชุดคำสั่งมาตรฐานที่ใช้ติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์มือถือ โดยส่วนมากมักใช้ในการสื่อสารกับอุปกรณ์สื่อสารต่างๆ เช่น โมเด็มหรืออุปกรณ์ดีทีอี นั้นสามารถใช้ชุดคำสั่งที่เป็นมาตรฐานที่เรียกว่าเอทีคอมมานด์ (AT Command) ในการติดต่อสื่อสารกันหรือสั่งงานอุปกรณ์เหล่านั้นให้ทำงานตามที่เราต้องการ โดยชุดคำสั่งพื้นฐานจะถูกกำหนดไว้ในเฮย์ เอทีคอมมานด์ (Hayes AT Command) ซึ่งบริษัทเฮย์ (Hayes) ได้เป็นผู้ออกแบบคิดค้นเพื่อใช้กับโมเด็มของตนและต่อมาบริษัทผู้ผลิตมือถือยี่ห้อต่างๆ ได้พัฒนามาใช้กับผลิตภัณฑ์ของตนเป็นเหตุให้คำสั่งพิเศษบางคำสั่งไม่เหมือนกันในผลิตภัณฑ์ต่างยี่ห้อกัน และความสามารถของโทรศัพท์ในบางรุ่นจะไม่รองรับคำสั่งดังกล่าว เนื่องจากไม่ได้มีวงจรส่วนของโมเด็มบรรจุอยู่ภายใน

การติดต่อกับมือถือก็เช่นกันเราสามารถใช้ชุดคำสั่งที่กำหนดไว้ใน จีเอสเอ็มเอทีคอมมานด์ซึ่งมีคำสั่งเพิ่มเติมที่เหมาะสมกับการใช้งานและควบคุมมือถือ การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับมือถือนั้นจะทำผ่านสายรับส่งข้อมูล (Data Link) ซึ่งเป็นตัวเชื่อมต่อแบบอนุกรมโดยใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอลของวินโดว์ส่วนความเร็วในการสื่อสารมักใช้ 19,200 บิทต่อวินาที

2.16.2 หลักการรับส่งข้อความสั้นของโทรศัพท์มือถือ

ข้อความสั้นเป็นบริการส่งข้อความสั้นๆ จากโทรศัพท์มือถือต้นทางผ่านชุมสายไปยังโทรศัพท์มือถือปลายทาง โดยสามารถส่งได้สูงสุด 160 ตัวอักษรต่อครั้ง ตามข้อกำหนดมาตรฐานขององค์การอีทีเอสไอ (European Telecommunications Standards Institute : ETSI) โดยแต่ละตัวอักษรจะใช้รหัสขนาด 7 บิท

2.16.3 โหมดของการรับส่งข้อมูลข้อความสั้น

แบ่งออกเป็น 2 โหมดคือเท็กซ์โหมด (Text Mode) และพีดียูโหมด (PDU Mode : Protocol Description Unit Mode)

การส่งข้อความในเท็กซ์โหมดนั้น จะเป็นการนำข้อความที่ต้องการส่งมาเข้ารหัสก่อน (โดยตัวเครื่องเอง) แล้วจึงส่งข้อมูลในรูปพีดียูโหมดอีกครั้งหนึ่ง แต่ในบางเครื่องก็ไม่สนับสนุนการส่งแบบเท็กซ์โหมดผ่านทาง เอทีคอมมานด์ แต่หากเป็นพีดียูโหมดจะสามารถส่งได้ เนื่องจากเครื่องจะไม่ต้องทำอาศัยการแปลงข้อมูลอีกชั้น

2.16.4 รูปแบบในการส่งข้อมูลข้อความสั้นผ่านเอทีคอมมานด์

มี 2 รูปแบบ คือ เท็กซ์โหมดและพีดียูโหมด

เท็กซ์โหมด เป็นการส่งข้อมูลในรูปของตัวอักษรได้โดยตรง ซึ่งตัวเครื่องส่วนใหญ่ไม่รองรับการส่งข้อมูลรูปแบบนี้ผ่านทางเอทีคอมมานด์ จึงไม่สามารถใช้งานได้สมบูรณ์

พีดียูโหมด (PDU : PACKET DATA UNIT) เป็นรูปแบบการส่งข้อความสั้น อีกรูปแบบหนึ่งที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องมีการเข้ารหัสข้อมูลที่สลับซับซ้อนแต่ตัวเครื่องจะสามารถรับรู้ได้ทุกเครื่องที่รับคำสั่งเอทีคอมมานด์ได้

2.16.5 การรับข้อความสั้นในพีดียูโหมด

ถ้าหากทำการเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือแล้วทำการอ่านข้อความสั้นที่อยู่ในอินบ็อกซ์(inbox) โดยใช้คำสั่ง AT+CMGR ข้อมูลที่ได้รับจะอยู่ในรูปของสตริงที่ประกอบด้วยข้อมูลของผู้ส่ง , ข้อมูล SMS Service Center(SMSC) , Time Stamp และอื่นๆ ที่จำเป็นและตามด้วยส่วนท้ายสุดของสตริง จะขอยกตัวอย่างโดยใช้โทรศัพท์มือถือซีเมนส์ (SIEMENS) รุ่น C-35 ซึ่งข้อความที่ส่งมาคือ hellohello จากโทรศัพท์มือถืออีกเครื่องหนึ่ง ข้อมูลสตริงจะอยู่ในรูปของตัวเลขฐานสิบ 16 และฐาน 10 ในบางส่วน ซึ่งมีรายละเอียด ดังตารางที่ 2.13

0691668111808804A91660411044100004030212194348 20AE8329BFD4697D9EC37

กลุ่มตัวเลข 8 บิต	รายละเอียด
06	ความยาวของ SMSC Information 6 Octets (bytes)
91	รูปแบบของเลขหมาย SMSC 91 หมายถึง เลขหมายแบบสากล (International Format)
66 81 11 80 88	เลขหมาย SMSC(แบบ decimal semi-octets) ซึ่งจะเป็นเลขฐาน 10 สลับหลักเป็นคู่ (nibble) ในกรณีนี้เลขหมายจริงของ Service Center คือ +6681118088
04	First octet of this SMS-DELIVER Message
0A	ความยาวของเลขหมายผู้ส่ง (0A hex= 10 ตัวเลข)
91	รูปแบบของเลขหมายผู้ส่ง 91 หมายถึง เลขหมายแบบสากล (International Format)
66 04 11 04 41	เลขหมายผู้ส่ง (แบบ decimal semi-octets) ซึ่งจะเป็นเลขฐาน 10 สลับหลักเป็นคู่ เลขหมายผู้ส่งที่แท้จริง คือ +6640114014
00	TP-PID (Protocol Identifier) ในกรณีนี้คือ 00
00	TP-DCS (Data Coding Scheme) 00 คือ การเข้ารหัสข้อความแบบ 7 bits Default Alphabet
40 30 21 21 94 34 82	TP-SCTS ข้อมูล Time Stamp (แบบ decimal semi-octets) สลับหลักเป็นคู่
0A	TP-UDL User Data Length จำนวนตัวอักษรของข้อความที่ส่งในที่นี้ คือ 10 ตัว
E8329BFD4697D9EC37	TP-DU ข้อความ hellohello ที่เข้ารหัสแล้วจากตัวอักษรแบบ 7 bits เป็นข้อมูล byte ขนาด 8 bits

ตารางที่ 2.13 ส่วนประกอบของสตริงการรับข้อความสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลทั้งหมดในตารางเป็นเลขฐาน 16 ขนาด 8 บิต ยกเว้นหมายเลข Service Center, เลขหมายผู้ส่ง,Time Stamp จะเป็นเลขฐาน 10 ขนาด 8 บิต สลับหลักเป็นคู่ๆ ในส่วนของข้อมูลที่เป็นข้อความนั้นเป็นเลขฐาน 16 ขนาด 8 บิต เช่นกัน โดยข้อมูลนี้จะใช้แสดงข้อความที่ประกอบด้วยตัวอักษรขนาด 7 บิต ซึ่งผ่านการแปลง (เข้ารหัส) ข้อมูลจากรหัสตัวอักษรขนาด 7 บิต

ในส่วนของข้อมูลที่เป็นเลขฐาน 10 เช่น เลขหมายผู้ส่งตัวเลขในแต่ละคู่ (1 ไบต์) จะถูกสลับกัน เช่น เลขหมายจริง +66 04110441 จะถูกสลับในแต่ละคู่เป็น 66 04 11 04 41 (66 คือ รหัสประเทศ ส่วนเลขหมวดของหมายเลขโทรศัพท์มือถือจะถูกตัดเลข 0 ออก เช่น 04 จะเหลือแค่ 4 เป็นต้น แล้วจึงนำตัวเลขทั้งหมดมาต่อกันแล้วสลับคู่) เช่นเดียวกันกับ Time Stamp ข้อมูล 40 30 21 21 94 34 82 ซึ่งมีรูปแบบเป็น YY/MM/DD (HH:MM:SS:ss) หมายถึง ข้อความนี้ส่งเมื่อ 04/03/12 12:49:43:28

2.16.6 การส่งข้อความสั้นในพีดียูโหมด

ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างการใช้โทรศัพท์มือถือซีเมนส์ รุ่น C-35 โดยใช้โหมดพีดียูไปให้ผู้รับหมายเลข +66066277916

AT+CMGF=0 // เลือกโหมดพีดียู

AT+CSMS=0 // เช็คว่าโทรศัพท์มือถือสนับสนุนการส่งข้อความสั้นหรือไม่

AT+CMGF=22 // ต้องการส่งทั้งหมด 22 ไบต์ (ไม่รวมตัวเลข 00 ที่อยู่ข้างหน้าสุด)

>0011000A916666729761000AA0AE8329BFD4697D9EC37

// เมื่อพิมพ์ข้อความครบแล้วกด Ctrl+z ส่วนประกอบอธิบายในตารางที่ 2.14

กลุ่มตัวเลข 8 บิต (Octet)	รายละเอียด
00	ความยาวของ SMSC Information 00 หมายถึง ให้ใช้ SMSC Information ที่เก็บอยู่ภายในเครื่อง (ปกติเครื่องที่สามารถส่ง SMS ได้มีข้อมูล SMSC ภายในเครื่องอยู่แล้ว)
11	First octet of this SMS-SUBMIT Message
00	TP-Message-Reference 00 คือ ให้เครื่องตั้งหมายเลขอ้างอิงข้อความขึ้นเอง
0A	Address-Length ความยาวของเลขหมายผู้รับ (10 ตัว)
91	Type-of-Address(91 indicates international format of the phone number)
66 66 72 97 61	หมายเลขโทรศัพท์ของผู้รับ (แบบ semi octets) หมายเลขที่แท้จริง คือ +66066277916
00	TP-PID (Protocal identifier) เป็น 00
00	TP-DCS (Data Coding Scheme) เป็น 00
AA	TP-Validity-Period AA หมายถึง ช่วงเวลาหมดอายุของข้อความ 4 วัน ถ้าภายในช่วงเวลานี้ ยังไม่ถึงปลายทางข้อความจะถูกยกเลิกโดยอัตโนมัติ

ตารางที่ 2.14 ส่วนประกอบของข้อมูลที่ส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0A	TP-User-Data-Length จำนวนตัวอักษรของข้อความที่ส่ง (10 ตัว)
E8329BFD4697D9EC37	TP-User-Data เป็นข้อมูลในส่วนของข้อความตัวอักษรแบบ 7 บิต hellohello ที่ผ่านการแปลง(เข้ารหัส) เป็นข้อมูลแบบ 8 บิตแล้ว โดยมีวิธีการตามหัวข้อการแปลงตัวอักษรชนิด 7 บิต เป็นข้อมูล 8 บิต

ตารางที่ 2.14 ส่วนประกอบของข้อมูลที่ส่ง (ต่อ)

รหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต (7 bits default alphabet)

ตัวอักษรชนิด 7 บิต ถูกกำหนดโดยคู่มือ GSM 03.38 เป็นดังตารางข้างต้น ซึ่งเปรียบเทียบกับรหัสฐาน 10 ของ ISO-8859-1(ASCII) ซึ่งอยู่ทางด้านขวามือของตารางข้างต้น

การแปลงตัวอักษรชนิด 7 บิต เป็นข้อมูล 8 บิต (octet)

จากตารางที่ 2.14 ในส่วนของ TP-User-Data จะเป็นส่วนที่เราสามารถใส่รหัสของข้อความที่ต้องการส่ง แต่เนื่องจากเราไม่สามารถนำรหัสของตัวอักษรแบบ 7 บิต ใส่ไปได้โดยตรงจำเป็นต้องผ่านการแปลงให้เป็นรหัสข้อมูลแบบ 8 บิตก่อน โดยตัวอย่างต่อไปนี้เป็นการแปลงข้อความ hellohello ยาว 10 ตัวอักษร ซึ่งแต่ละตัวเป็นอักษรชนิด 7 บิต ให้เป็นข้อมูล 8 บิต สำหรับใช้ในการส่งข้อความสั้น

การแปลงเริ่มจากนำรหัส 7 บิต ด้วยตัวอักษรตัวแรก (h) มาเติมข้างหน้าด้วย 1 บิตท้ายสุดของรหัส 7 บิตของอักษรตัวที่ 2 (e) จะได้ผลลัพธ์ 8 บิต (1 ไบต์) เป็น E8

ขั้นตอนต่อมาให้เอา 6 บิต ที่เหลือของอักษรตัวที่ 2 มาเติมข้างหน้าด้วย 2 บิตท้ายของรหัส 7 บิตของอักษรตัวที่ 3 (l) จะได้ผลลัพธ์ 8 บิตเป็น 32 และทำเช่นนี้เรื่อยไปโดยจำนวนบิตที่นำมากระทำจะเพิ่มขึ้นเป็น 3 บิตเป็น 4 บิตจนกระทั่งหมดชุดตัวอักษรดังตัวอย่างการแปลงตัวอักษร

หลังจากการแปลงข้อความ hellohello จะได้ข้อมูลเป็นฐาน 16 จำนวน 9 ไบต์ E8 32 9B FD 46 97 D9 ดังแสดงในตารางที่ 2.15

Char	h	e	l	l	o	h	e	l	l	o
7bits(Dec)	104	101	108	108	111	104	101	108	108	111
7bits(Bin)	1101000	1100101	1101100	1101100	1101111	1101000	1100101	1101100	1101100	1101111
8bits(Bin)	11101000	00110010	10011011	11111101	01000110	10010111	11011001	11101100	110111	
8bits(Hex)	E8	32	9B	FD	46	97	D9	EC	37	

ตารางที่ 2.15 แสดงการแปลงตัวอักษร

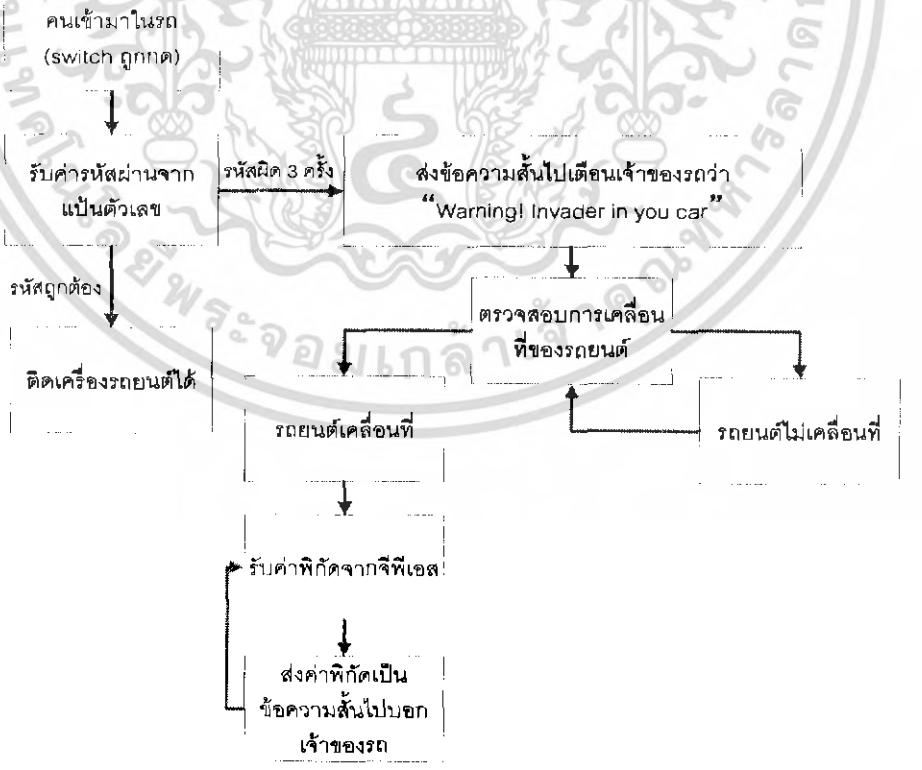
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 หลักการออกแบบ

โครงงานชิ้นนี้จะเป็นออกแบบและสร้างอุปกรณ์เพิ่มความปลอดภัยในการป้องกันการขโมยและระบุตำแหน่งรถยนต์ โดยอุปกรณ์ที่เราสร้างขึ้นมาจะเป็นตัวที่ติดอยู่กับรถยนต์

ในการออกแบบโครงงานชิ้นนี้ได้นำเอาเครื่องรับจีพีเอสมาใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 และโทรศัพท์มือถือ ซึ่งจะให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 เป็นส่วนป้องกันการขโมยในระดับแรกโดยเริ่มจากใช้สวิตซ์แทนเซนเซอร์ (Sensor) เพื่อใช้ในการตรวจว่ามีคนเข้ามาในรถหรือไม่ ถ้ามีคนเข้ามาในรถก็จะเสมือนว่าสวิตซ์ถูกกด ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 จะเริ่มรับรหัสผ่านเพื่อยอมให้เครื่องติดได้จากแป้นตัวเลข (Keypad แบบ 4x3) โดยระบบจะยอมให้ป้อนรหัสได้ 3 ครั้ง ถ้าผิดทั้ง 3 ครั้ง ไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 จะสั่งให้โทรศัพท์มือถือส่งข้อความสั้นไปเตือนเจ้าของรถว่ามีผู้บุกรุกอยู่ในรถของคุณเป็นข้อความว่า "Warning! Invader in your car" จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 จะรับค่าความเร็วของรถมาจากเรื่องรับจีพีเอส เพื่อตรวจสอบว่ารถของเราเคลื่อนที่อยู่หรือไม่ ถ้าเคลื่อนที่อยู่ไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 จะเปลี่ยนจากรับค่าความเร็วไปรับค่าพิกัดตำแหน่งแล้วบันทึกลงหน่วยความจำและส่งพิกัดตำแหน่งที่รับได้เป็นข้อความสั้นไปยังเจ้าของรถเพื่อให้เจ้าของรถทราบว่าตอนนี้รถของตนอยู่ที่ไหน

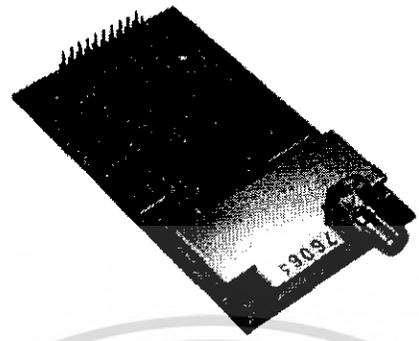


รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานโดยรวมของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนรับข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

โมดูลจีพีเอสที่เราใช้นั้น คือ MTI-1 GPS Receiver ดังรูป



รูปที่ 3.2 MTI-1 GPS Receiver

3.2.1 การจัดการกับข้อมูลที่รับมาจากโมดูลจีพีเอส

โครงงานนี้จะใช้การลดขนาดข้อมูลแบบไบนารี คือ การแทนข้อมูลด้วยตัวเลขโดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้หลักการในการแปลงจากรหัสแอสกีให้อยู่ในรูปเลขฐาน 2 โดยทำการนำข้อมูลมาทั้งประโยคมาเก็บไว้ในตัวแปรตัวหนึ่ง หลังจากนั้นจึงทำการดูว่าอักขระแต่ละตัวใช้แสดงเซตข้อมูลอะไร (โดยใช้ลูกน้ำเป็นตัวนับ) และเป็นอักขระที่เท่าไรในเซตข้อมูลนั้น จากนั้นจึงนำไปแปลงเป็นเลขฐานสอง โดยประโยคที่นำมาให้งานคือประโยคอาร์เอ็มซี ซึ่งมีลักษณะประโยคอาร์เอ็มซีเป็นดังนี้

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

ข้อมูลที่เราต้องการคือ เวลายูทีซี (UTC Time), ละติจูด, ลองติจูด, ความเร็ว และ วันที่ จะเห็นได้ว่า ในประโยคอาร์เอ็มซีข้างต้นนั้นมีข้อมูลทั้งหมดที่เราต้องการอยู่แล้ว (ข้อมูลที่ขีดเส้นใต้) เราจึงเลือกเอาประโยคอาร์เอ็มซีมาใช้งาน โดยมีความยาวของข้อมูลทั้งหมดเท่ากับ 68-77 ไบต์ (อักขระแอสกี 1 ตัวมีความยาว 1 ไบต์) แต่เนื่องจากการส่งข้อมูลของจีพีเอสนั้นจะส่งออกมาทุก ๆ วินาที และในแต่ละวินาทีจะส่งมาทุกประโยค ถ้ารับประโยคที่ต้องการมาทุกวินาที และเก็บลงในหน่วยความจำ จะเป็นข้อมูลที่มีปริมาณมาก เพราะต้องเก็บข้อมูลการเดินรถตลอดทั้งวัน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการลดขนาดข้อมูลก่อนที่จะเก็บเพื่อให้ข้อมูลอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม โดยในตารางที่ 3.1 จะเป็นจำนวนบิตที่ใช้ในการแทนข้อมูลอักขระแต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดข้อมูล	ช่วงข้อมูลที่เป็นไปได้	จำนวนบิตที่ใช้แทน (บิต)
ชั่วโมง1	0 – 2	2
ชั่วโมง2	0 – 9	4
นาที1	0 – 5	3
นาที2	0 – 9	4
วินาที1	0 – 5	3
วินาที2	0 – 9	4
องศา1	0 – 9	4
องศา2	0 – 9	4
ลิปดา1	0 – 9	4
ลิปดา2	0 – 9	4
ลิปดา3	0 – 9	4
ลิปดา4	0 – 9	4
ลิปดา5	0 – 9	4
ลิปดา6	0 – 9	4
เหนือ/ใต้	N / S	N คือ 1 , S คือ 0
องศา1	0 – 9	4
องศา2	0 – 9	4
องศา3	0 – 9	4
ลิปดา1	0 – 9	4
ลิปดา2	0 – 9	4
ลิปดา3	0 – 9	4
ลิปดา4	0 – 9	4
ลิปดา5	0 – 9	4
ลิปดา6	0 – 9	4
ตะวันออก/ตะวันตก	E / W	E คือ 1 , W คือ 0
ความเร็ว1	0 – 2	3
ความเร็ว2	0 – 9	4
ความเร็ว3	0 – 9	4
ความเร็ว4	0 – 9	4

ตารางที่ 3.1 ตารางการลดขนาดข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดข้อมูล	ช่วงข้อมูลที่เป็นไปได้	จำนวนบิตที่ใช้แทน (บิต)
ความเร็ว5	0 – 9	4
วันที่1	0 – 3	2
วันที่2	0 – 9	4
เดือน1	0 – 1	1
เดือน2	0 – 9	4
ปี1	0 – 9	4
ปี2	0 – 9	4

ตารางที่ 3.1 ตารางการลดขนาดข้อมูล (ต่อ)

ขนาดของข้อมูลหลังจากผ่านการลดขนาดข้อมูลแล้วจะมีขนาดรวม 128 บิต (16 ไบต์) ซึ่งจากเดิมขนาดของข้อมูลมีค่าประมาณ 68 ไบต์ จะเห็นได้ว่าจำนวนข้อมูลที่เรารับเข้ามา 1 บรรทัด จะลดลง 68-16 = 52 ไบต์ เนื่องจากใน 1 วันมี 60 x 60 x 24 = 86,400 วินาที เพราะฉะนั้น หน่วยความจำที่ใช้จะต้องมีขนาด 86,400 x 16 x 8 = 11,059,200 บิต หรือประมาณ 11 เมกกะบิต ซึ่งจะเห็นว่าต้องใช้หน่วยความจำมาก ดังนั้นจากความคิดที่ว่าเราไม่ต้องการข้อมูลในทุก ๆ วินาทีที่ใช้ในการเดินทาง ดังนั้นจึงทำการเว้นช่วงในการเก็บข้อมูลโดย ให้เก็บค่าทุก ๆ 3 นาทีเนื่องจากสมมติให้ความเร็วเฉลี่ยในการเดินรถเท่ากับ 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจึงได้ระยะทางในเวลา 3 นาทีเท่ากับ (70/60) x 3 = 3.5 กิโลเมตร ดังนั้นเราจึงทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 3.5 กิโลเมตร เพราะฉะนั้นหน่วยความจำจึงมีขนาดลดลงเหลือ 24 x 20 x 16 x 8 = 61,440 บิต ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถลดขนาดข้อมูลลงได้ประมาณ 180 เท่าเลยทีเดียว โดยรูปที่ 3.3 จะแสดงการเปลี่ยนแปลงจำนวนไบต์ของข้อมูลที่รับมาจากโมดูลจีพีเอสไปถึงหน่วยความจำอีสแควพรอม

ตัวอย่างของการลดขนาดข้อมูล

หากข้อมูลที่ได้รับเป็นดังนี้

$GPRMC,**161229**.999,A,**1343.6524,N,10046.5696,E,10.8**,309.62,**120704**,,*10<CF><LF>

เมื่อส่วนที่ขีดเส้นใต้คือข้อมูลที่จะใช้งาน จะเห็นว่าเซตข้อมูลที่ใช้งานในประโยค อาร์เอ็มซี ประกอบด้วย

เวลา = 16:12:29

ละติจูด = 13 องศา 43.6524 ลิปดา

N/S = N

ลองจิจูด = 100 องศา 46.5696 ลิปดา

E/W = E

ความเร็ว = 10.8 น็อต (20.00016 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

วันที่ = วันที่ 12 เดือน 7 ปี 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

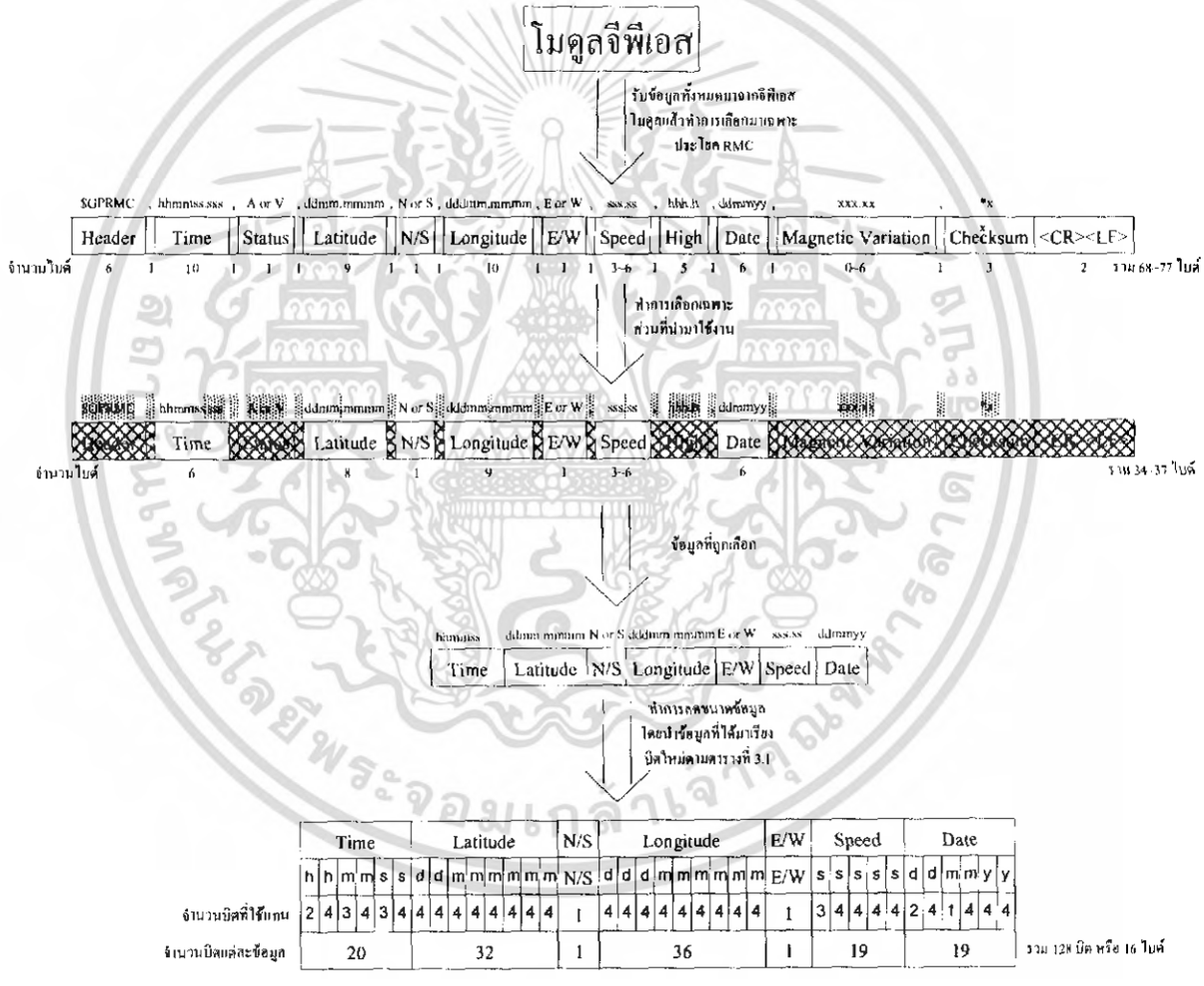
เมื่อนำข้อมูลที่ต้องการไปทำการลดขนาดแล้วจะได้ออกมาเป็นลักษณะ ดังนี้

0101100010010010100100010011010000011011001010010010010001000000000010001100101011010010110100000010000100000000010010001111000000100

หรือสามารถแสดงในรูปข้อมูลเลขฐาน 16 ซึ่งแต่ละตัวใช้เลขฐาน 2 จำนวน 4 บิตได้ดังนี้

589291343652488023 2B4B4084024704

จากนั้นนำข้อมูลที่ทำการลดขนาดแล้ว ส่งไปเก็บในหน่วยความจำต่อไป



รูปที่ 3.3 การเปลี่ยนแปลงจำนวนไบต์จากโมดูลจีพีเอสถึงหน่วยความจำอีสแควพรอม

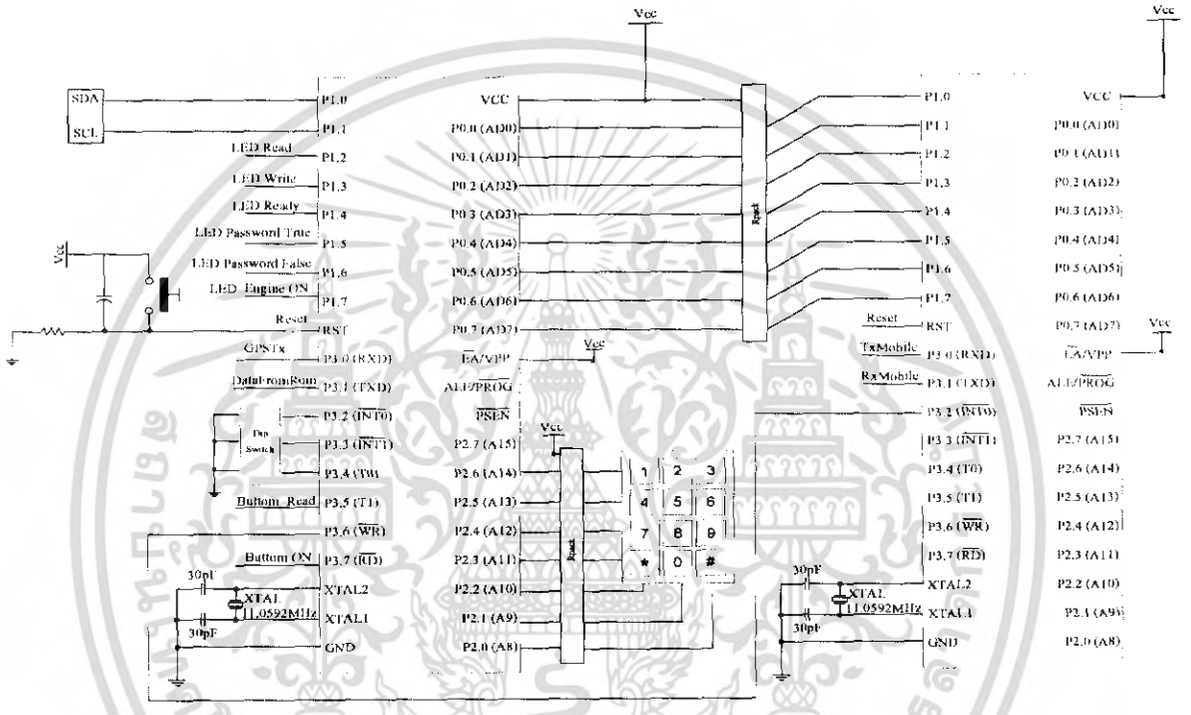
3.2.2 วงจรรวมที่ใช้ในโครงงาน

วงจรที่ใช้ในการรับข้อมูลจากโมดูลจีพีเอสจะใช้วงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรล-เลอร์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 (AT89C52) จะถูกใช้งานทั้งในส่วนของการรับรหัสผ่านจากแป้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

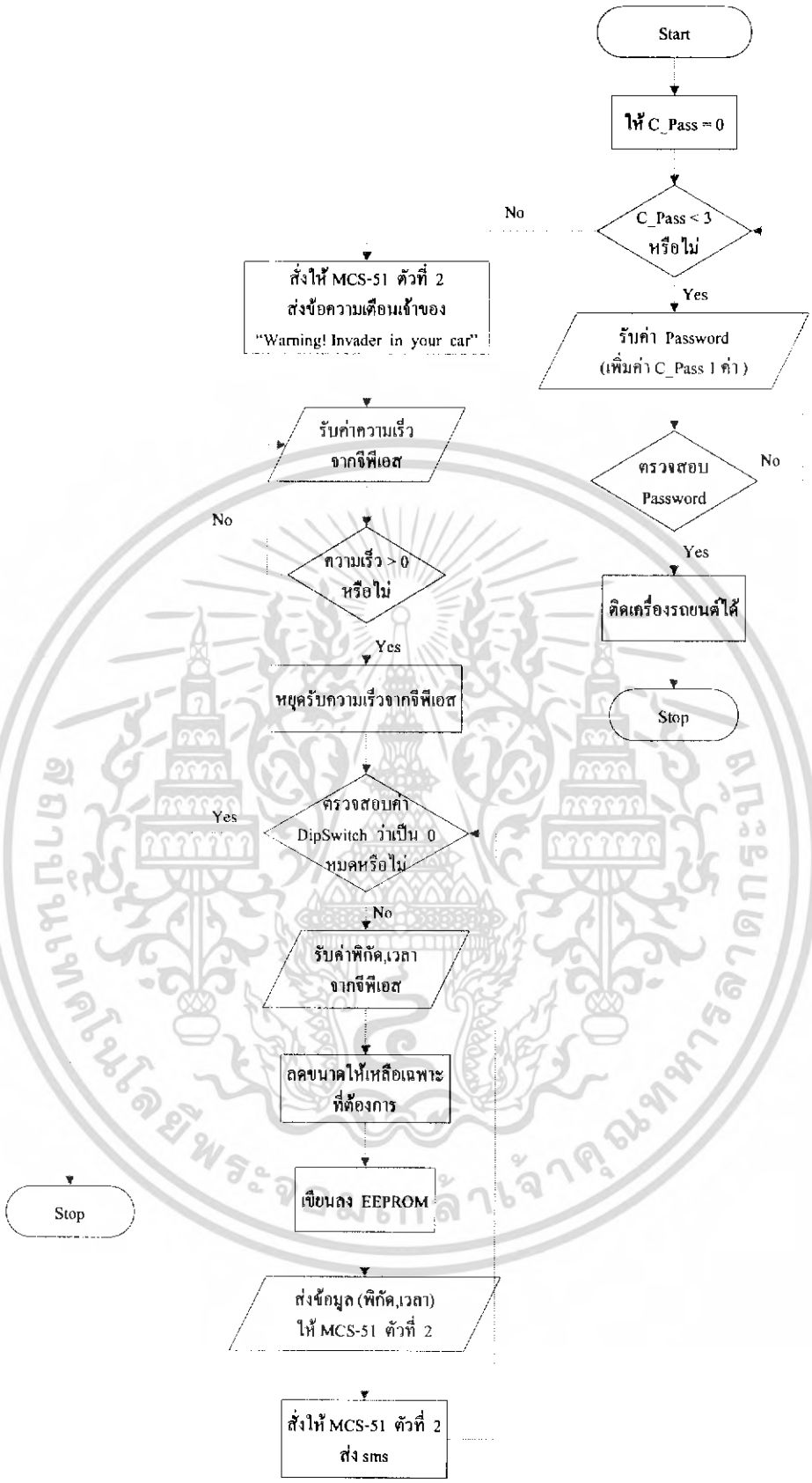
ตัวเลข, รับสัญญาณจากโมดูลจีพีเอส, การลดขนาดข้อมูล, เขียน – อ่าน ข้อมูลเข้า - ออกอีสแควพรอม โดย รูปที่ 3.4 จะเป็นการแสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และรูปที่ 3.5 จะเป็นผังการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1

ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวที่ 2 (AT89C52) จะใช้งานในส่วนของการรับค่าพิกัดและเวลาจากไมโครคอนโทรเลอร์ตัวที่ 1 ผ่านการอินเตอร์รัปต์ (Interrupt) แล้วส่งเข้าพอร์ต 1 เมื่อรับข้อมูลแล้วจะทำการแปลงตัวอักษรชนิด 7 บิต เป็นข้อมูล 8 บิต เพื่อทำการส่งข้อมูลเป็นข้อความสั้นผ่านโทรศัพท์มือถือไปแจ้งให้เจ้าของรถทราบว่าตอนนี้รถของเขาอยู่ที่ไหน



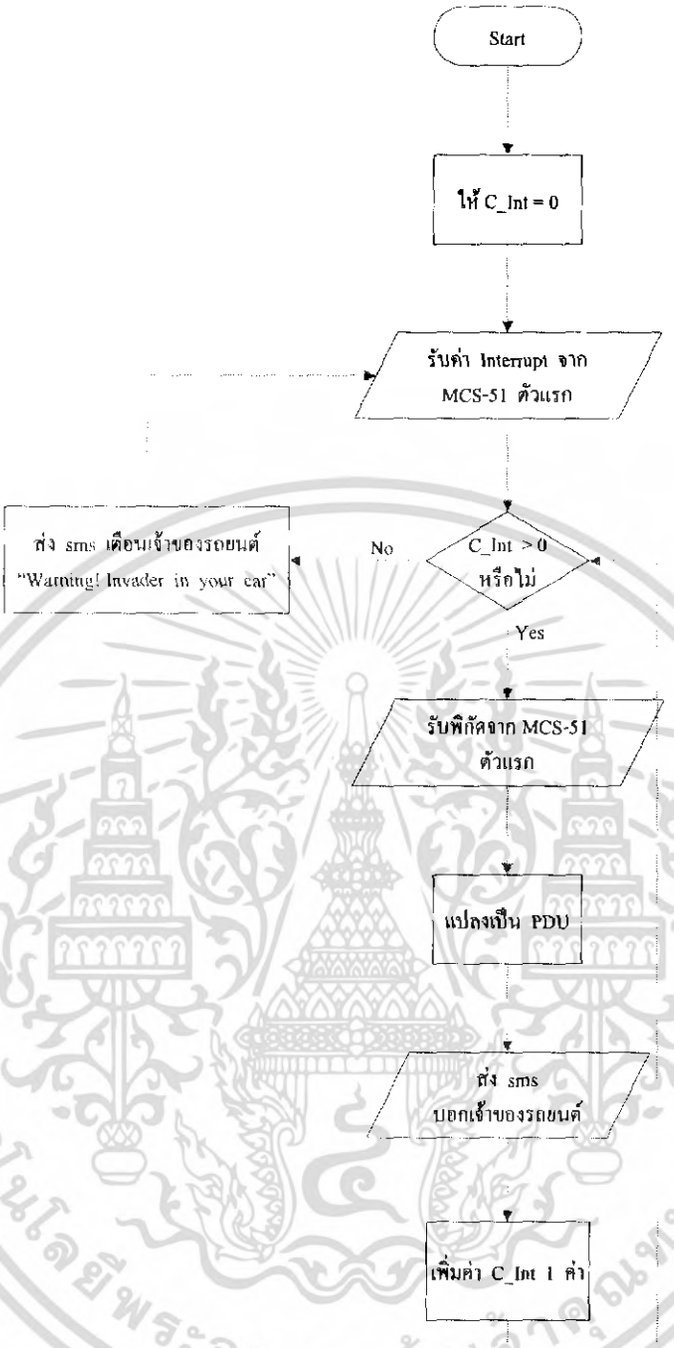
รูปที่ 3.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 โฟล์วชาร์ทของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 โฟล์วชาร์ทของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2

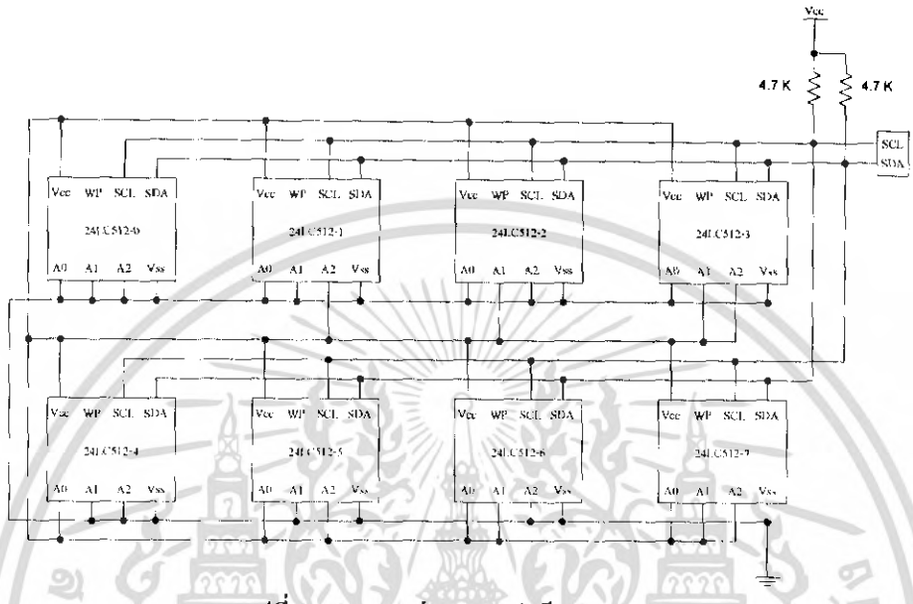
3.3 วงจรการรับส่งสัญญาณของหน่วยความจำอีสแควพรอม

หน่วยความจำที่เลือกมาใช้คือ 24LC512 เป็นไอซีอีสแควพรอมแบบอนุกรม โดยใช้บัสไอสแควซี ซึ่งสามารถต่อในบัสเดียวกันได้หลายตัวขึ้นอยู่กับเบอร์ไอซีที่ใช้ แต่ไอซีตัวนี้สามารถรองรับได้ถึง 8 ตัวในบัสเดียวกัน ซึ่งแต่ละตัวมีความจุ 64 กิโลไบต์ ทำให้หน่วยความจำมีความจุสูงสุดมากถึง 512 กิโลไบต์ (4 เมกกะบิต) โดยมีขาที่ใช้ดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เอสดีเอเป็นขาที่ใช้รับ-ส่งข้อมูล
- เอสซีแอลเป็นขาที่ใช้ควบคุมการรับส่งข้อมูล ซึ่งควบคุมโดยตัวแม่เท่านั้น
- A0,A1,A2 เป็นขาที่ใช้กำหนดแอดเดรสของไอซี

โดยที่ขาเอสดีเอและเอสซีแอลจะต้องต่อกับตัวต้านทานพูลอัพไว้ด้วย เพื่อให้สถานะของบัสในขณะไม่ถูกใช้งานจะมีสภาวะเป็นบัสว่างหรือ "1" ทั้งคู่ โดยจะมีลักษณะของวงจร ดังนี้



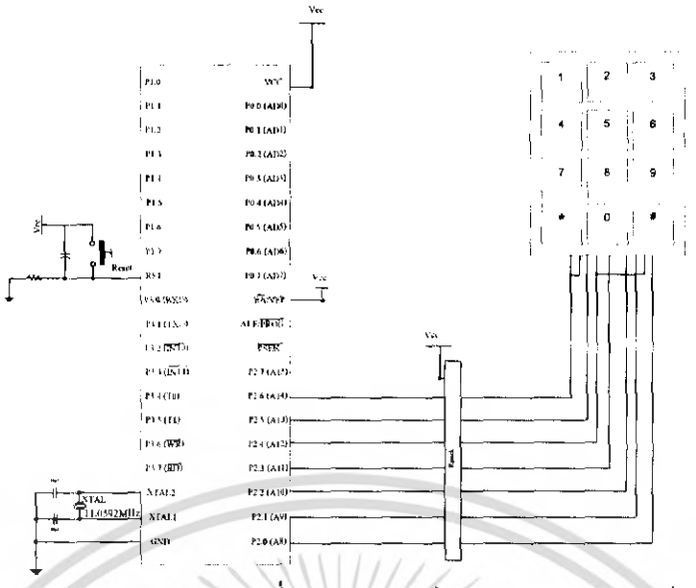
รูปที่ 3.7 วงจรหน่วยความจำอีสแควพรอม

แล้วนำขาเอสดีเอ และขาเอสซีแอลต่อเข้ากับพอร์ต 1.0 และ 1.1 ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูป 3.4 ด้านบน

3.4 การติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 กับแป้นตัวเลข

การทำงานของแป้นตัวเลขจะมีลักษณะคล้ายกับการทำงานของสวิตช์ โดยแป้นตัวเลขจะเป็นการนำเอาสวิตช์หลายๆ ตัวมาต่อเข้าด้วยกันแบบเมทริกซ์ เสมือนเป็นคีย์บอร์ด(Keyboard) ขนาดเล็กอันหนึ่ง โดยกลไกลการทำงานสวิตช์เมื่อถูกกดจะทำให้ลวดทองแดงสัมผัสกันเกิดการครบวงจรขึ้น ซึ่งสวิตช์แต่ละตัวจะมีลักษณะการทำงานคล้ายคลึงกันคือจะมีอาร์พูลอัพ (R-Pull Up) โดยเราจะทำการค่อยๆ เรียงปล่อยค่าลอจิก "0"ไปทีละแถว ถ้ามีการกดแป้นตัวเลข จะทำให้เกิดลอจิก "0" ตอบกลับมา แต่ถ้ามีการกดสวิตช์ (ไม่ต่อวงจร) ผลที่ตอบกลับมาจะมีสถานะทางลอจิกเป็น "1" ทั้งนี้เป็นผลมาจากอาร์พุลอัพที่ต่อไว้ โดยมีการต่อวงจร ดังรูปที่ 3.8

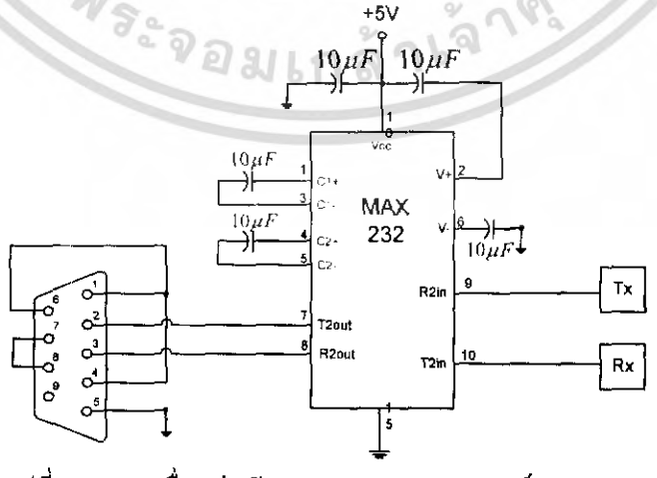
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงส่วนประกอบวงจรการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับแป้นตัวเลข

3.5 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232

การสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ภายหลังอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำอีสแควพรอมแล้ว วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ สำหรับโครงงานนี้ได้เลือกใช้ไอซีแม็กซ์-232 (MAX232) ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232 จากที่ได้กล่าวไว้ว่าการสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232 จะกำหนดให้ระดับแรงดัน +3 โวลต์ถึง +25 โวลต์ แทนสัญลักษณ์ลอจิก 0 และแรงดัน –25 โวลต์ถึง –3 โวลต์ แทนสัญลักษณ์ลอจิก 1 แต่แหล่งจ่ายแรงดันในวงจรมีแรงดันสูงสุดเพียง 5 โวลต์ ดังนั้นจึงเลือกใช้ไอซีแม็กซ์-232 เนื่องจากไอซีนี้ต้องการไฟเลี้ยงเพียง +5 โวลต์ เท่านั้นแต่สามารถให้สัญญาณเอาท์พุตออกมา +10 โวลต์ และ –10 โวลต์ได้ โดยใช้หลักการของวงจรทวีแรงดันขนาด 2 เท่า รูปที่ 3.9 จะเป็นการแสดงการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับไอซีแม็กซ์-232

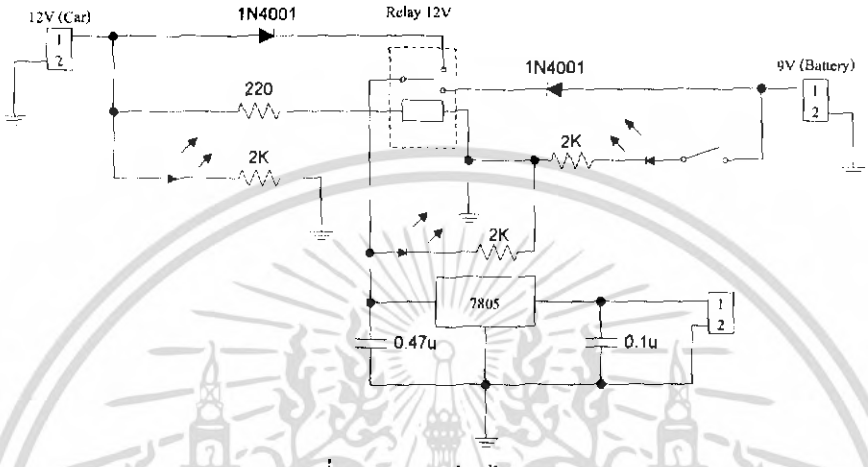


รูปที่ 3.9 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส – 232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วงจรจ่ายไฟสำรอง

เนื่องจากในการนำชิ้นงานไปใช้งานจริงในขณะที่รถจอดระหว่างทางแล้วดับเครื่องทำให้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมและไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกตัดการทำงานได้ ดังนั้นจึงมีวงจรจ่ายไฟสำรองเอาไว้ โดยวงจรนี้จะทำงานเมื่อตรวจพบว่าไฟที่จ่ายจากรถยนต์ขาดหายไป และให้ใช้ไฟจากแบตเตอรี่ของชิ้นงานแทน โดยรูปที่ 3.10 จะเป็นรายละเอียดของวงจรจ่ายไฟสำรอง



รูปที่ 3.10 วงจรจ่ายไฟสำรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

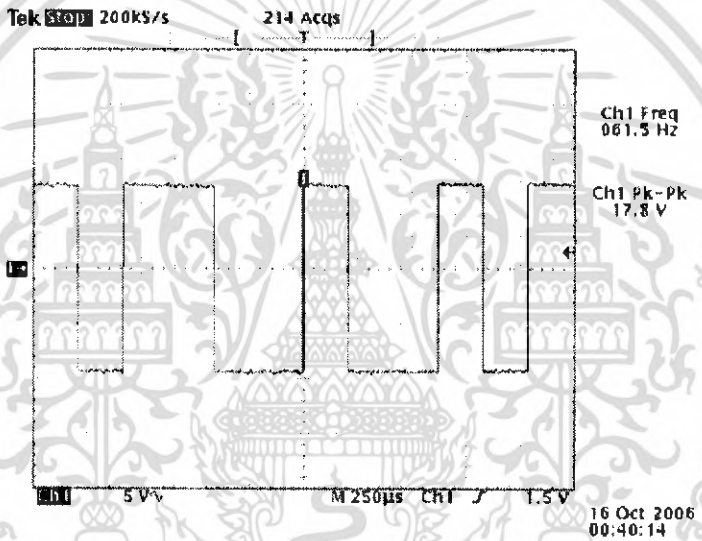
บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองในส่วนเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

ในการทดลองเครื่องรับจีพีเอสนี้ ได้นำโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอลจากคอมพิวเตอร์มาใช้ในการตรวจสอบข้อมูลที่เครื่องจีพีเอสรับได้จากดาวเทียม

4.1.1 ขั้นตอนการทดลอง

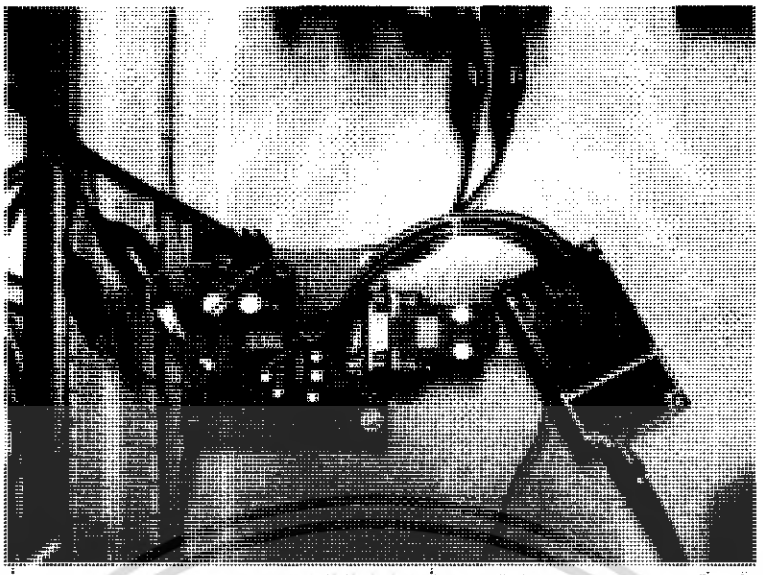
1. สร้างวงจรปรับระดับแรงดันหรือแม็กซ์-232 เพื่อเป็นการรับข้อมูลจากเครื่องรับจีพีเอสและแปลงระดับสัญญาณให้สามารถติดต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ และทำการตรวจสอบสัญญาณที่ออกมาจากแม็กซ์– 232 ได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณที่ออกจากแม็กซ์ – 232

2. ทำการต่อสายอากาศจีพีเอส เครื่องรับจีพีเอส และวงจรแม็กซ์ -232 เข้าด้วยกัน แล้วต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.2 และทำการตรวจสอบสัญญาณที่ส่งออกมาจากโมดูลจีพีเอส ดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงการต่อสายอนาล็อกเข้ากับโมดูลจีพีเอส และวงจรแปลงสัญญาณ RS-232

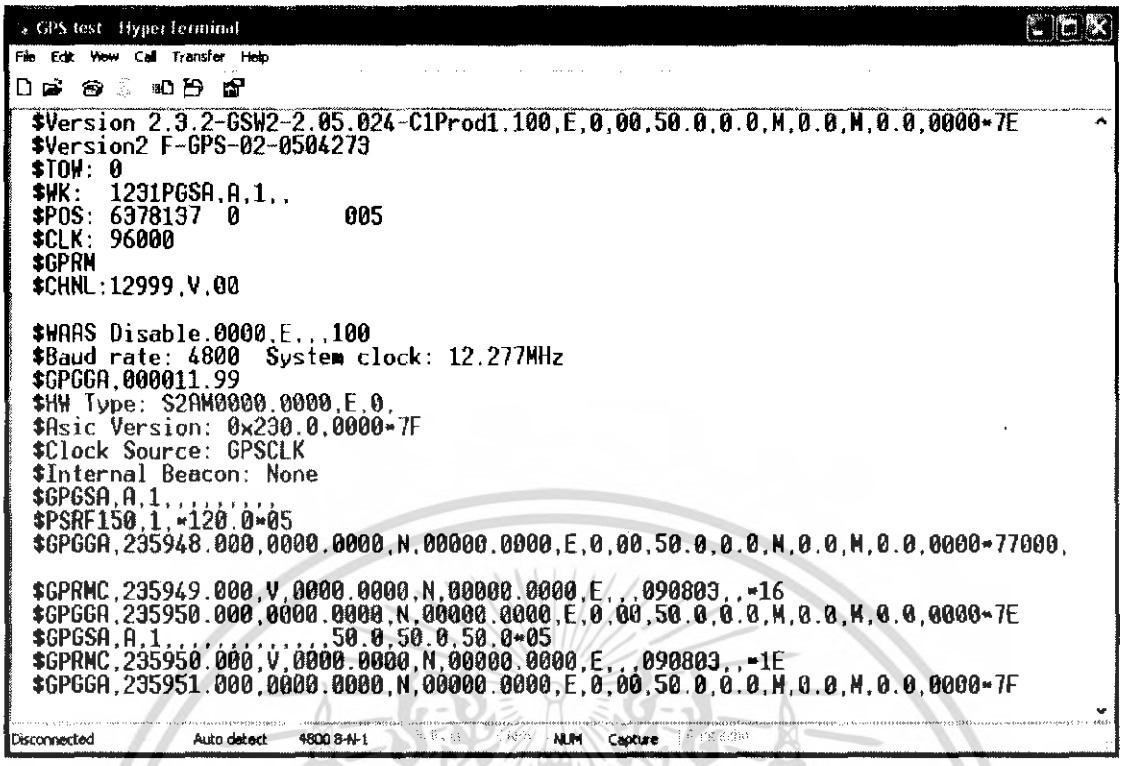
รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณที่ส่งออกมาจากโมดูลจีพีเอส

3. เปิดโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล แล้วตั้งค่าดังต่อไปนี้

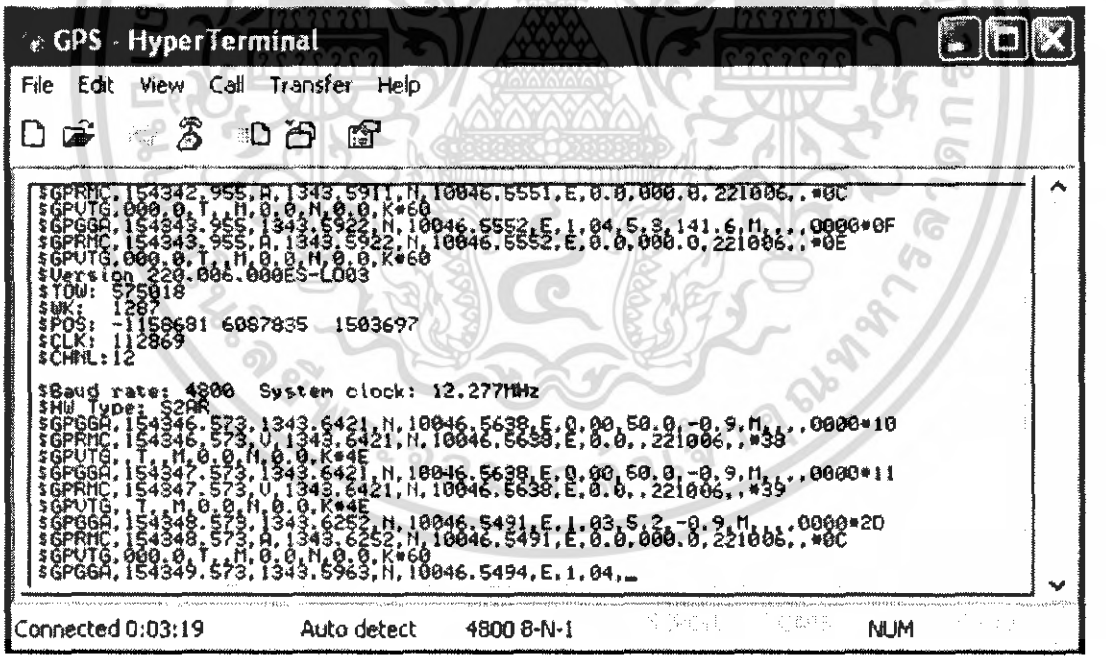
บิตเรท	=	4800
ดาต้าบิต	=	8
พาริตี้บิต	=	ไม่มี (none)
สต็อปบิต	=	1

เมื่อกำหนดค่าการติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรมเรียบร้อยแล้วจึงทำการรับข้อมูลจากเครื่องรับจีพีเอส เป็นเวลา 1 นาที จะได้ค่าเริ่มต้นที่รับได้จากเครื่องรับจีพีเอสแสดงผ่านทางไฮเปอร์เทอร์มินอล ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และค่าที่ได้รับจากเครื่องรับจีพีเอส ดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงค่าเริ่มต้นที่รับได้จากเครื่องรับจีพีเอส



รูปที่ 4.5 แสดงค่าที่ได้รับจากเครื่องรับจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการทดสอบโดยให้มีการเคลื่อนที่ในบริเวณที่โล่ง เพื่อที่จะสามารถรับสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำการบันทึกค่าข้อมูลที่ส่งมาได้ ดังนี้

$GPGGA,130703.469,1343.6329,N,10046.5973,E,1,06,1.5,-5.6,M,,,,0000*2E

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130703.469,A,1343.6329,N,10046.5973,E,5.56,86.81,221006,,*33

$GPGGA,130704.469,1343.6330,N,10046.5989,E,1,06,1.5,-6.2,M,,,,0000*23

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130704.469,A,1343.6330,N,10046.5989,E,5.69,86.20,221006,,*3E

$GPGGA,130705.469,1343.6332,N,10046.6005,E,1,06,1.5,-6.8,M,,,,0000*24

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130705.469,A,1343.6332,N,10046.6005,E,6.02,81.87,221006,,*37

$GPGGA,130706.469,1343.6333,N,10046.6023,E,1,06,1.5,-7.4,M,,,,0000*2F

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130706.469,A,1343.6333,N,10046.6023,E,6.30,82.68,221006,,*32

$GPGGA,130707.468,1343.6336,N,10046.6041,E,1,06,1.5,-7.9,M,,,,0000*23

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPGSV,3,1,12,08,72,299,48,27,72,195,47,04,67,178,,02,49,016,*76

$GPGSV,3,2,12,11,43,043,45,31,40,300,43,28,29,335,41,20,20,121,39,*71

$GPGSV,3,3,12,25,11,150,,13,11,180,,01,10,177,,29,09,177,*70

$GPRMC,130707.468,A,1343.6336,N,10046.6041,E,6.53,81.89,221006,,*3A

$GPGGA,130708.468,1343.6335,N,10046.6059,E,1,06,1.5,-8.4,M,,,,0000*24

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130708.468,A,1343.6335,N,10046.6059,E,6.24,89.06,221006,,*30

$GPGGA,130709.468,1343.6335,N,10046.6077,E,1,06,1.5,-8.9,M,,,,0000*24

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130709.468,A,1343.6335,N,10046.6077,E,6.26,89.51,221006,,*3D

$GPGGA,130710.468,1343.6334,N,10046.6094,E,1,06,1.5,-9.3,M,,,,0000*2B

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130710.468,A,1343.6334,N,10046.6094,E,6.09,94.55,221006,,*3C

$GPGGA,130711.468,1343.6330,N,10046.6111,E,1,06,1.5,-9.8,M,,,,0000*29

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130711.468,A,1343.6330,N,10046.6111,E,5.96,100.93,221006,,*06

$GPGGA,130712.468,1343.6324,N,10046.6127,E,1,06,1.5,-10.2,M,,,,0000*18

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$GPGSV,3,1,12,08,72,299,48,27,72,195,48,04,67,178,,02,49,016,*79

$GPGSV,3,2,12,11,43,043,48,31,40,300,46,28,29,335,41,20,20,121,42,*75

$GPGSV,3,3,12,25,11,150,,13,11,180,,01,10,177,,29,09,177,*70

$GPRMC,130712.468,A,1343.6324,N,10046.6127,E,6.04,111.01,221006,,*06

$GPGGA,130713.468,1343.6314,N,10046.6142,E,1,06,1.5,-10.6,M,,,,0000*1D

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130713.468,A,1343.6314,N,10046.6142,E,6.28,122.24,221006,,*0E

$GPGGA,130714.468,1343.6301,N,10046.6155,E,1,06,1.5,-11.0,M,,,,0000*1F

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130714.468,A,1343.6301,N,10046.6155,E,6.48,137.04,221006,,*0B

$GPGGA,130715.468,1343.6284,N,10046.6164,E,1,06,1.5,-11.4,M,,,,0000*14

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130715.468,A,1343.6284,N,10046.6164,E,6.80,151.68,221006,,*0A

$GPGGA,130716.468,1343.6265,N,10046.6169,E,1,06,1.5,-11.8,M,,,,0000*19

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130716.468,A,1343.6265,N,10046.6169,E,7.08,165.44,221006,,*03

$GPGGA,130717.468,1343.6245,N,10046.6172,E,1,06,1.5,-12.2,M,,,,0000*19

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPGSV,3,1,12,08,72,299,49,27,72,195,46,04,67,178,,02,49,016,*76

$GPGSV,3,2,12,11,43,043,48,31,40,300,49,28,29,335,45,20,20,121,42,*7E

$GPGSV,3,3,12,25,11,150,,13,11,180,,01,10,177,,29,09,177,*70

$GPRMC,130717.468,A,1343.6245,N,10046.6172,E,7.19,173.83,221006,,*06

$GPGGA,130718.468,1343.6225,N,10046.6172,E,1,06,1.5,-12.5,M,,,,0000*17

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130718.468,A,1343.6225,N,10046.6172,E,7.29,178.17,221006,,*0A

$GPGGA,130719.468,1343.6204,N,10046.6173,E,1,06,1.5,-12.8,M,,,,0000*19

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130719.468,A,1343.6204,N,10046.6173,E,7.47,177.97,221006,,*06

$GPGGA,130720.468,1343.6183,N,10046.6172,E,1,06,1.5,-13.2,M,,,,0000*15

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130720.468,A,1343.6183,N,10046.6172,E,7.59,177.88,221006,,*00

$GPGGA,130721.468,1343.6161,N,10046.6171,E,1,06,1.5,-13.6,M,,,,0000*1F

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130721.468,A,1343.6161,N,10046.6171,E,7.82,179.84,221006,,*0A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$GPGGA,130722.468,1343.6138,N,10046.6170,E,1,06,1.5,-14.0,M,,,,0000*10

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPGSV,3,1,11,08,72,299,49,27,72,195,46,04,67,178,,11,43,043,49,*70

$GPGSV,3,2,11,31,40,300,40,28,29,335,46,20,20,121,42,25,11,150,*78

$GPGSV,3,3,11,13,11,180,38,01,10,176,,29,09,177,*4A

$GPRMC,130722.468,A,1343.6138,N,10046.6170,E,7.87,180.28,221006,,*01

$GPGGA,130723.468,1343.6116,N,10046.6169,E,1,06,1.5,-14.4,M,,,,0000*11

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130723.468,A,1343.6116,N,10046.6169,E,7.88,179.60,221006,,*01

$GPGGA,130724.467,1343.6094,N,10046.6169,E,1,06,1.5,-14.8,M,,,,0000*1E

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130724.467,A,1343.6094,N,10046.6169,E,7.95,177.89,221006,,*07

$GPGGA,130725.467,1343.6072,N,10046.6168,E,1,06,1.5,-15.1,M,,,,0000*1E

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130725.467,A,1343.6072,N,10046.6168,E,7.93,177.94,221006,,*05

$GPGGA,130726.467,1343.6049,N,10046.6168,E,1,06,1.5,-15.4,M,,,,0000*10

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130726.467,A,1343.6049,N,10046.6168,E,8.06,177.42,221006,,*06

$GPGGA,130727.467,1343.6027,N,10046.6168,E,1,06,1.5,-15.8,M,,,,0000*15

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPGSV,3,1,11,08,72,299,48,27,72,195,45,04,67,178,,11,43,043,46,*7D

$GPGSV,3,2,11,31,40,300,49,28,29,335,45,20,20,121,42,25,11,150,*72

$GPGSV,3,3,11,13,11,180,38,01,10,176,,29,09,176,*4A

$GPRMC,130727.467,A,1343.6027,N,10046.6168,E,7.85,177.51,221006,,*09

$GPGGA,130728.467,1343.6005,N,10046.6168,E,1,06,1.5,-16.1,M,,,,0000*10

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130728.467,A,1343.6005,N,10046.6168,E,7.72,178.91,221006,,*0D

$GPGGA,130729.467,1343.5983,N,10046.6167,E,1,06,1.5,-16.3,M,,,,0000*18

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130729.467,A,1343.5983,N,10046.6167,E,7.73,178.38,221006,,*05

$GPGGA,130730.467,1343.5962,N,10046.6167,E,1,06,1.5,-16.6,M,,,,0000*1A

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130730.467,A,1343.5962,N,10046.6167,E,7.49,178.20,221006,,*02

$GPGGA,130731.467,1343.5942,N,10046.6167,E,1,06,1.5,-16.8,M,,,,0000*17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130731.467,A,1343.5942,N,10046.6167,E,6.97,179.06,221006,,*06

$GPGGA,130732.467,1343.5924,N,10046.6166,E,1,06,1.5,-17.0,M,,,,0000*1C

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPGSV,3,1,11,08,72,299,49,27,72,195,46,04,67,178,,11,43,043,48*71

$GPGSV,3,2,11,31,40,300,44,28,29,335,45,20,20,121,37,25,11,150*7D

$GPGSC,3,3,11,13,11,180,26,01,10,176,,29,09,177,*45

$GPRMC,130732.467,A,1343.5924,N,10046.6166,E,6.31,179.59,221006,,*02

$GPGGA,130733.467,1343.5908,N,10046.6166,E,1,06,1.5,-17.1,M,,,,0000*12

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130733.467,A,1343.5908,N,10046.6166,E,5.69,178.25,221006,,*09

$GPGGA,130734.467,1343.5893,N,10046.6168,E,1,06,1.5,-17.2,M,,,,0000*1B

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130734.467,A,1343.5893,N,10046.6168,E,5.31,169.02,221006,,*0B

$GPGGA,130735.467,1343.5881,N,10046.6174,E,1,06,1.5,-17.3,M,,,,0000*15

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130735.467,A,1343.5881,N,10046.6174,E,4.86,149.06,221006,,*0F

$GPGGA,130736.467,1343.5872,N,10046.6183,E,1,06,1.5,-17.4,M,,,,0000*15

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130736.467,A,1343.5872,N,10046.6183,E,4.84,130.01,221006,,*03

$GPGGA,130737.467,1343.5867,N,10046.6196,E,1,06,1.5,-17.5,M,,,,0000*15

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPGSV,3,1,11,08,72,299,47,27,72,195,47,04,67,178,,11,43,043,39*78

$GPGSV,3,2,11,31,40,300,47,28,29,335,44,20,20,121,41,25,11,150,*7E

$GPGSV,3,3,11,13,11,180,27,01,10,176,,29,09,177,*44

$GPRMC,130737.467,A,1343.5867,N,10046.6196,E,5.02,107.30,221006,,*0B

$GPGGA,130738.467,1343.5865,N,10046.6213,E,1,06,1.5,-17.7,M,,,,0000*14

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130738.467,A,1343.5865,N,10046.6213,E,6.09,94.87,221006,,*37

$GPGGA,130739.467,1343.5865,N,10046.6232,E,1,06,1.5,-17.9,M,,,,0000*18

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130739.467,A,1343.5865,N,10046.6232,E,7.05,88.12,221006,,*39

$GPGGA,130740.467,1343.5865,N,10046.6252,E,1,06,1.5,-18.0,M,,,,0000*16

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$GPRMC,130740.467,A,1343.5865,N,10046.6252,E,6.93,90.80,221006,,*3D

$GPGGA,130741.466,1343.5864,N,10046.6271,E,1,06,1.5,-18.1,M,,,,0000*17

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130741.466,A,1343.5864,N,10046.6271,E,6.86,89.73,221006,,*3D

$GPGGA,130742.466,1343.5863,N,10046.6289,E,1,06,1.5,-18.3,M,,,,0000*16

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPGSV,3,1,11,08,72,299,46,27,72,195,47,04,67,178,,11,43,043,44*73

$GPGSV,3,2,11,31,40,300,40,28,29,335,39,20,20,121,43,25,11,150,*71

$GPGSV,3,3,11,13,11,180,36,01,10,176,,29,09,177,*44

$GPRMC,130742.466,A,1343.5863,N,10046.6289,E,6.54,91.49,221006,,*31

$GPGGA,130743.466,1343.5863,N,10046.6308,E,1,06,1.5,-18.4,M,,,,0000*18

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130743.466,A,1343.5863,N,10046.6308,E,6.58,89.90,221006,,*39

$GPGGA,130744.466,1343.5863,N,10046.6327,E,1,06,1.5,-18.5,M,,,,0000*13

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130744.466,A,1343.5863,N,10046.6327,E,6.98,88.48,221006,,*3B

$GPGGA,130745.466,1343.5863,N,10046.6349,E,1,06,1.5,-18.6,M,,,,0000*19

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130745.466,A,1343.5863,N,10046.6349,E,7.52,90.47,221006,,*33

$GPGGA,130746.466,1343.5864,N,10046.6373,E,1,06,1.5,-18.8,M,,,,0000*1A

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130746.466,A,1343.5864,N,10046.6373,E,8.62,86.88,221006,,*36

$GPGGA,130747.466,1343.5866,N,10046.6398,E,1,06,1.5,-18.9,M,,,,0000*1D

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPGSV,3,1,11,08,72,299,47,27,72,195,47,04,67,178,,11,43,043,46*70

$GPGSV,3,2,11,31,40,300,42,28,29,335,40,20,20,121,42,25,11,150,*7C

$GPGSV,3,3,11,13,11,180,38,01,10,176,,29,09,177,*4A

$GPRMC,130747.466,A,1343.5866,N,10046.6398,E,8.92,86.03,221006,,*3C

$GPGGA,130748.466,1343.5867,N,10046.6425,E,1,06,1.5,-19.0,M,,,,0000*1A

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130748.466,A,1343.5867,N,10046.6425,E,9.38,87.20,221006,,*32

$GPGGA,130749.466,1343.5868,N,10046.6453,E,1,06,1.5,-19.1,M,,,,0000*14

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130749.466,A,1343.5868,N,10046.6453,E,9.67,87.51,221006,,*31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$GPGGA,130750.466,1343.5868,N,10046.6479,E,1,06,1.5,-19.2,M,,,,0000*17

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130750.466,A,1343.5868,N,10046.6479,E,9.31,89.63,221006,,*3D

$GPGGA,130751.466,1343.5869,N,10046.6506,E,1,06,1.5,-19.3,M,,,,0000*1F

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130751.466,A,1343.5869,N,10046.6506,E,9.29,87.69,221006,,*39

$GPGGA,130752.466,1343.5871,N,10046.6532,E,1,06,1.5,-19.4,M,,,,0000*15

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPGSV,3,1,11,08,73,298,48,27,72,195,47,04,67,178,,11,43,043,46*7F

$GPGSV,3,2,11,31,40,300,45,28,29,335,40,20,20,121,40,25,11,150,*79

$GPGSV,3,3,11,13,11,180,38,01,09,176,,29,09,177,*42

$GPRMC,130752.466,A,1343.5871,N,10046.6532,E,9.20,86.66,221006,,*33

$GPGGA,130753.466,1343.5872,N,10046.6558,E,1,06,1.5,-19.5,M,,,,0000*1A

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130753.466,A,1343.5872,N,10046.6558,E,9.10,86.73,221006,,*3A

$GPGGA,130754.466,1343.5873,N,10046.6584,E,1,06,1.5,-19.6,M,,,,0000*1E

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130754.466,A,1343.5873,N,10046.6584,E,8.93,88.08,221006,,*35

$GPGGA,130755.466,1343.5874,N,10046.6608,E,1,06,1.5,-19.6,M,,,,0000*1F

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130755.466,A,1343.5874,N,10046.6608,E,8.52,87.56,221006,,*3D

$GPGGA,130756.466,1343.5875,N,10046.6632,E,1,06,1.5,-19.7,M,,,,0000*15

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130756.466,A,1343.5875,N,10046.6632,E,8.43,87.58,221006,,*38

$GPGGA,130757.466,1343.5878,N,10046.6654,E,1,06,1.5,-19.7,M,,,,0000*19

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPGSV,3,1,11,08,73,298,45,27,72,195,47,04,67,178,,11,43,043,44*70

$GPGSV,3,2,11,31,40,300,43,28,29,335,39,20,20,121,34,25,11,150,*72

$GPGSV,3,3,11,13,11,180,30,01,09,176,,29,09,177,*4A

$GPRMC,130757.466,A,1343.5878,N,10046.6654,E,7.48,81.99,221006,,*3B

$GPGGA,130758.466,1343.5880,N,10046.6674,E,1,06,1.5,-19.7,M,,,,0000*10

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130758.465,A,1343.5880,N,10046.6674,E,6.90,83.73,221006,,*30

$GPGGA,130759.465,1343.5882,N,10046.6689,E,1,06,1.5,-19.6,M,,,,0000*10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130759.465,A,1343.5882,N,10046.6689,E,5.43,83.70,221006,,*3F

$GPGGA,130800.465,1343.5883,N,10046.6701,E,1,06,1.5,-19.6,M,,,,0000*13

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130800.465,A,1343.5883,N,10046.6701,E,3.71,84.69,221006,,*34

$GPGGA,130801.465,1343.5883,N,10046.6705,E,1,06,1.5,-19.6,M,,,,0000*16

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130801.465,A,1343.5883,N,10046.6705,E,1.38,86.08,221006,,*3B

$GPGGA,130802.465,1343.5884,N,10046.6707,E,1,06,1.5,-19.7,M,,,,0000*11

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPGSV,3,1,11,08,73,298,50,27,72,195,45,04,67,178,,11,43,043,49*7B

$GPGSV,3,2,11,31,40,300,47,28,29,335,44,20,20,121,42,25,11,150,*7D

$GPGSV,3,3,11,13,11,180,23,01,09,176,,29,09,177,*48

$GPRMC,130802.465,A,1343.5884,N,10046.6707,E,0.00,86.08,221006,,*37

$GPGGA,130803.465,1343.5884,N,10046.6707,E,1,06,1.5,-19.7,M,,,,0000*10

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130803.465,A,1343.5884,N,10046.6707,E,0.00,86.08,221006,,*36

$GPGGA,130804.465,1343.5884,N,10046.6708,E,1,06,1.5,-19.8,M,,,,0000*17

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130804.465,A,1343.5884,N,10046.6708,E,0.00,86.08,221006,,*3E

$GPRMC,130756.466,A,1343.5875,N,10046.6632,E,8.43,87.58,221006,,*38

$GPGGA,130757.466,1343.5878,N,10046.6654,E,1,06,1.5,-19.7,M,,,,0000*19

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPGSV,3,1,11,08,73,298,45,27,72,195,47,04,67,178,,11,43,043,44*70

$GPGSV,3,2,11,31,40,300,43,28,29,335,39,20,20,121,34,25,11,150,*72

$GPGSV,3,3,11,13,11,180,30,01,09,176,,29,09,177,*4A

$GPRMC,130757.466,A,1343.5878,N,10046.6654,E,7.48,81.99,221006,,*3B

$GPGGA,130758.465,1343.5880,N,10046.6674,E,1,06,1.5,-19.7,M,,,,0000*10

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130758.465,A,1343.5880,N,10046.6674,E,6.90,83.973,221006,,*30

$GPGGA,130759.465,1343.5882,N,10046.6689,E,1,06,1.5,-19.6,M,,,,0000*10

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130756.466,A,1343.5875,N,10046.6632,E,8.43,87.58,221006,,*38

$GPGGA,130757.466,1343.5878,N,10046.6654,E,1,06,1.5,-19.7,M,,,,0000*19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPGSV,3,1,11,08,73,298,45,27,72,195,47,04,67,178,,11,43,043,44*70

$GPGSV,3,2,11,31,40,300,43,28,29,335,39,20,20,121,34,25,11,150,*72

$GPGSV,3,3,11,13,11,180,30,01,09,176,,29,09,177,*4A

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130759.465,A,1343.5882,N,10046.6689,E,5.43,83.70,221006,,*3F

$GPGGA,130800.465,1343.5883,N,10046.6701,E,1,06,1.5,-19.6,M,,,,0000*13

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130800.465,A,1343.5883,N,10046.6701,E,3.71,84.69,221006,,*34

$GPGGA,130801.465,1343.5883,N,10046.6705,E,1,06,1.5,-19.6,M,,,,0000*16

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPRMC,130801.465,A,1343.5883,N,10046.6705,E,1.38,86.08,221006,,*3B

$GPGGA,130802.465,1343.5884,N,10046.6707,E,1,06,1.5,-19.7,M,,,,0000*11

$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1*36

$GPGSV,3,1,11,08,73,298,50,27,72,195,45,04,67,178,,11,43,043,49*7B

$GPGSV,3,2,11,31,40,300,47,28,29,335,44,20,20,121,42,25,11,150,*7D

$GPGSV,3,3,11,13,11,180,23,01,09,176,,29,09,177,*48

$GPRMC,130802.465,A,1343.5884,N,10046.6707,E,0.00,86.08,221006,,*37

$GPGSV,3,2,11,31,40,300,43,28,29,335,39,20,20,121,34,25,11,150,*72

$GPGGA,130801.465,1343.5883,N,10046.6705,E,1,06,1.5,-19.6,M,,,,0000*16

4.1.2 ข้อมูลที่รับมาจากเครื่องรับจีพีเอส

เป็นการบันทึกข้อมูลค่าพิกัดต่างๆ ของเครื่องรับจีพีเอสซึ่งทำการบันทึกทุก 1 วินาที ในขณะที่เคลื่อนที่เป็นเวลา 1 นาที ตั้งแต่เวลา 20.07.03 นาฬิกา ถึง 20.08.02 นาฬิกา

เวลา	ละติจูด	ลองติจูด	ความเร็ว (นอต)	จำนวนดาวเทียม
20.07.03	13°43.6329	100°46.5973	5.56	6
20.07.04	13°43.6330	100°46.5989	5.69	6
20.07.05	13°43.6332	100°46.6005	6.02	6
20.07.06	13°43.6333	100°46.6023	6.30	6
20.07.07	13°43.6336	100°46.6041	6.53	6
20.07.08	13°43.6335	100°46.6059	6.24	6
20.07.09	13°43.6335	100°46.6077	6.26	6

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลแสดงเรคคอร์ดต่างๆ ที่โมดูลจีพีเอสส่งออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา	ละติจูด	ลองติจูด	ความเร็ว (นอต)	จำนวนดาวเทียม
20.07.10	13°43.6334	100°46.6094	6.09	6
20.07.11	13°43.6330	100°46.6111	5.96	6
20.07.12	13°43.6324	100°46.6127	6.04	6
20.07.13	13°43.6314	100°46.6142	6.28	6
20.07.14	13°43.6301	100°46.6155	6.48	6
20.07.15	13°43.6284	100°46.6164	6.80	6
20.07.16	13°43.6265	100°46.6169	7.08	6
20.07.17	13°43.6245	100°46.6172	7.19	6
20.07.18	13°43.6225	100°46.6172	7.29	6
20.07.19	13°43.6204	100°46.6173	7.47	6
20.07.20	13°43.6183	100°46.6172	7.59	6
20.07.21	13°43.6161	100°46.6171	7.82	6
20.07.22	13°43.6138	100°46.6170	7.87	6
20.07.23	13°43.6116	100°46.6169	7.88	6
20.07.24	13°43.6094	100°46.6169	7.95	6
20.07.25	13°43.6072	100°46.6168	7.93	6
20.07.26	13°43.6049	100°46.6168	8.06	6
20.07.27	13°43.6027	100°46.6168	7.85	6
20.07.28	13°43.6005	100°46.6168	7.72	6
20.07.29	13°43.5983	100°46.6167	7.73	6
20.07.30	13°43.5962	100°46.6167	7.49	6
20.07.31	13°43.5942	100°46.6167	6.97	6
20.07.32	13°43.5929	100°46.6166	6.31	6
20.07.33	13°43.5908	100°46.6166	5.69	6
20.07.34	13°43.5893	100°46.6168	5.31	6
20.07.35	13°43.5881	100°46.6174	4.86	6
20.07.36	13°43.5872	100°46.6183	4.84	6
20.07.37	13°43.5867	100°46.6196	5.02	6
20.07.38	13°43.5865	100°46.6210	6.09	6
20.07.39	13°43.5865	100°46.6232	7.05	6
20.07.40	13°43.5865	100°46.6252	6.93	6
20.07.41	13°43.5864	100°46.6271	6.86	6

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลแสดงเรคคอร์ดต่างๆ ที่โมดูลจีพีเอสส่งออกมา (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

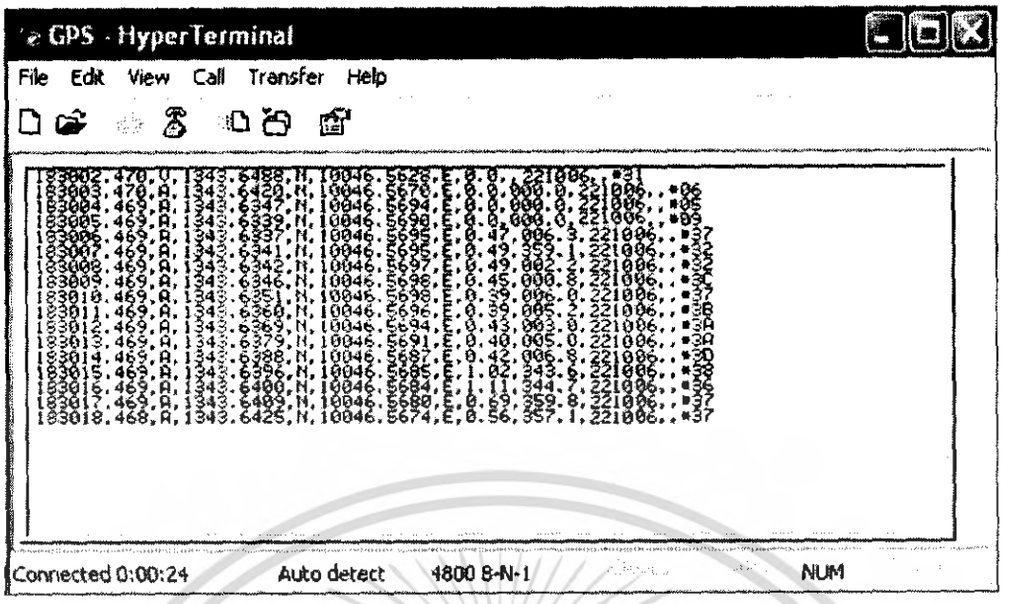
เวลา	ละติจูด	ลองติจูด	ความเร็ว (นอต)	จำนวนดาวเทียม
20.07.42	13°43.5863	100°46.6289	6.54	6
20.07.43	13°43.5863	100°46.6308	6.58	6
20.07.44	13°43.5863	100°46.6327	6.98	6
20.07.45	13°43.5863	100°46.6349	7.52	6
20.07.46	13°43.5864	100°46.6373	8.62	6
20.07.47	13°43.5866	100°46.6398	8.92	6
20.07.48	13°43.5867	100°46.6425	9.38	6
20.07.49	13°43.5868	100°46.6253	9.67	6
20.07.50	13°43.5868	100°46.6479	9.31	6
20.07.51	13°43.5869	100°46.6506	9.29	6
20.07.52	13°43.5871	100°46.6532	9.20	6
20.07.53	13°43.5872	100°46.6558	9.10	6
20.07.54	13°43.5873	100°46.6584	8.93	6
20.07.55	13°43.5874	100°46.6608	8.52	6
20.07.56	13°43.5875	100°46.6632	8.43	6
20.07.57	13°43.5878	100°46.6654	7.48	6
20.07.58	13°43.5880	100°46.6674	6.90	6
20.07.59	13°43.5882	100°46.6689	5.43	6
20.08.00	13°43.5883	100°46.6701	3.71	6
20.08.01	13°43.5883	100°46.6707	1.38	6
20.08.02	13°43.5884	100°46.6707	0.00	6

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลแสดงเรคคอร์ดต่างๆ ที่โมดูลจีพีเอสส่งออกมา (ต่อ)

4.1.3 การกรองข้อมูลที่รับมาจากเครื่องรับจีพีเอส

เขียนโปรแกรมที่ทำหน้าที่กรองเอาค่าข้อมูลจากเครื่องรับจีพีเอสเฉพาะที่ต้องการ ในที่นี้เราต้องการเฉพาะค่าละติจูดและค่าลองติจูด โดยใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวทำการกรองข้อมูลออกมา โดยแสดงผลผ่านโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล ดังรูปที่ 4.6

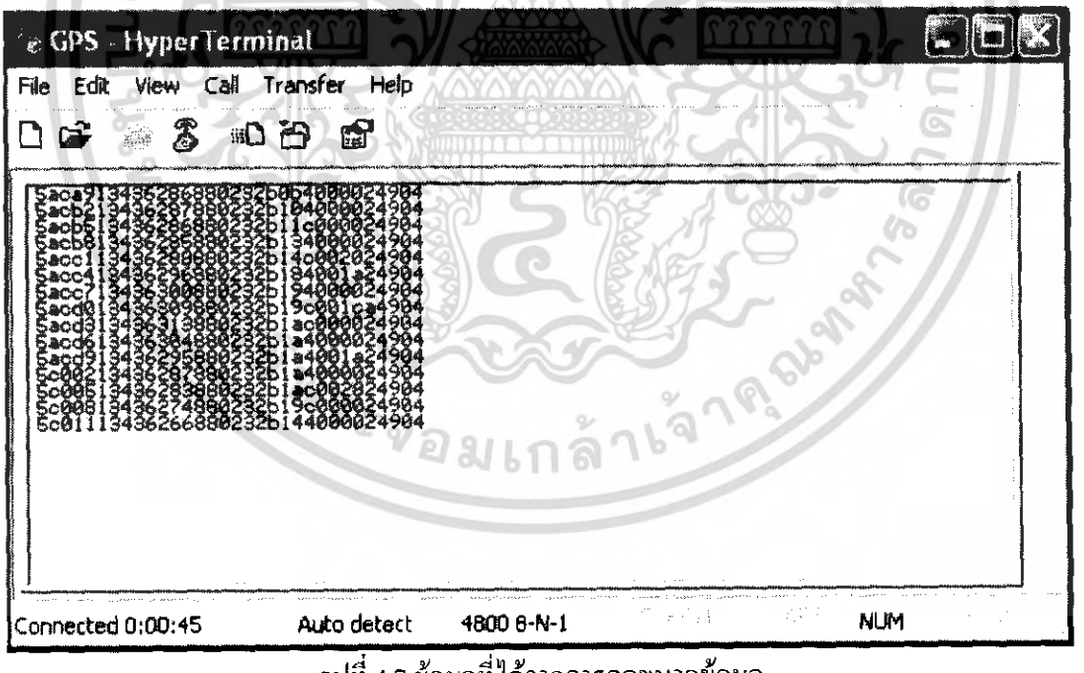
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงค่าละติจูดและค่าลองติจูดที่กรองได้

4.2 การทดลองการลดขนาดข้อมูล

เมื่อทำการลดขนาดของข้อมูลแล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปเลขฐาน 16 จะได้ดังรูปที่ 4.7

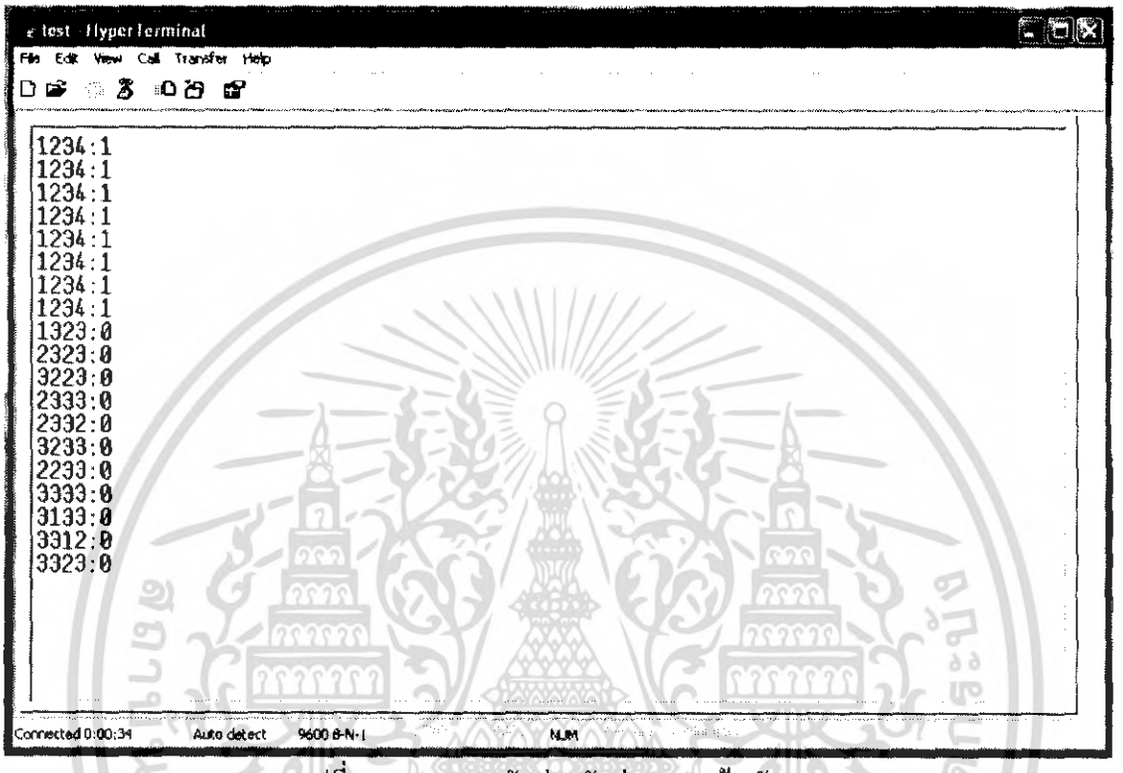


รูปที่ 4.7 ข้อมูลที่ได้จากการลดขนาดข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองรับค่ารหัสผ่านจากแป้นตัวเลข

ต่อแป้นตัวเลขเข้ากับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 และแสดงการรับค่ารหัสผ่านผ่านทางไฮเปอร์เทอร์มินอล โดยค่ารหัสผ่านที่ตั้งไว้คือ "1234" จากโปรแกรมจะทำการแสดงค่า ":1" ตามหลังรหัสผ่านที่ถูกต้อง และจะทำการแสดงค่า ":0 " ตามหลังรหัสผ่านที่ผิด ดังรูปที่ 4.8

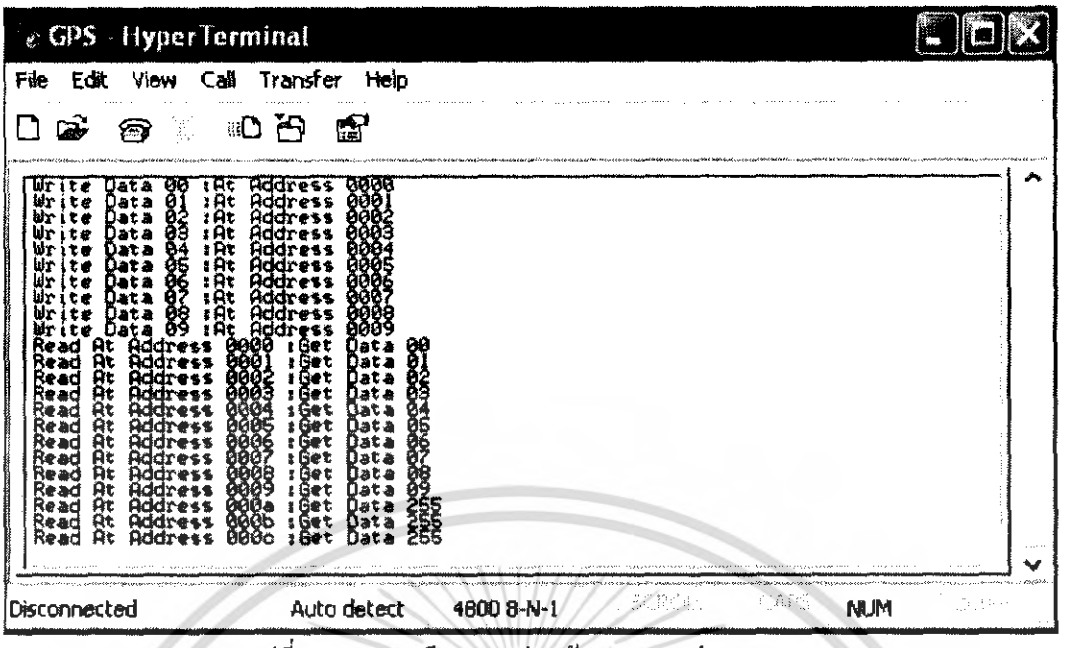


รูปที่ 4.8 แสดงการรับค่ารหัสผ่านจากแป้นตัวเลข

4.4 การทดลองเขียนและอ่านข้อมูลของหน่วยความจำ

ทำการเขียนและอ่านข้อมูลในอีสแควพรอม แล้วส่งข้อมูลการเขียนและอ่านเข้าคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอลแสดงผลข้อมูลที่เขียนและอ่าน ลักษณะของแอดเดรสในการเขียน และอ่านข้อมูลเป็นดังรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ผลการเขียนและอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ

4.5 การทดลองส่งข้อความสั้น

ต่อมือถือเข้ากับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 ที่ทำการโปรแกรมให้เอาข้อความที่เก็บไว้ในตัวแปรเท็กซ์มาทำการเปลี่ยนจากตัวอักษรแบบ 7 บิตให้เป็นแบบ 8 บิต เพื่อทำการส่งข้อความแบบพีดียู โหมด (PDU Mode) ได้ผลดังรูป 4.10

รูปที่ 4.10 ผลการส่งข้อความสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดลองใช้งานอุปกรณ์ทั้งหมด

เมื่อกดปุ่มสวิตซ์เสมือนมีการเข้ามาในรถยนต์ จะต้องกดรหัสแป้นตัวเลข ถ้ากดถูกต้อง ตัวแอลอีดีรหัสผ่านถูก (Password True) จะติด ถ้าหากกดรหัสผิด ตัวแอลอีดีรหัสผ่านผิด (Password False) จะติด แสดงว่ามีการบุกรุก ต่อจากนั้นตัวมือถือที่ติดตั้งภายในรถยนต์จะส่งข้อความสั้นเตือนไปยังเจ้าของรถก่อนว่ามีผู้บุกรุกเข้ามาในรถยนต์ ดังรูปที่ 4.11 และหากรถยนต์มีการเคลื่อนที่ มือถือจะส่งข้อความสั้นบอกเวลาและพิกัดไปยังเจ้าของรถ ดังรูปที่ 4.12

รูปที่ 4.11 ผลการส่งข้อความสั้นเตือน

รูปที่ 4.12 ผลการส่งข้อความสั้นบอกเวลาและพิกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและบทวิจารณ์

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถรับข้อมูลจากเครื่องรับจีพีเอสได้และแสดงผลออกทางโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล แล้วนำข้อมูลที่ได้รับจากเครื่องรับจีพีเอสนั้นมาศึกษา เช่น พิกัดละติจูด ลองติจูด วันที่ เวลา จำนวนดาวเทียมที่ใช้ในการคำนวณพิกัด ความเร็วรอบในการโคจร เมื่อศึกษาข้อมูลต่างๆ แล้ว จึงเลือกใช้เฉพาะข้อมูลที่ต้องการ โดยในที่นี้จะนำเอาประโยคที่ชื่อว่าอาร์เอ็มซีมาใช้ โดยใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำการโปรแกรมแล้วทำการกรองเอาเฉพาะวันที่, เวลา, ความเร็ว และพิกัดตำแหน่ง มาใช้เพื่อส่งเป็นข้อความสั้นผ่านโทรศัพท์มือถือ เพื่อนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งของรถยนต์ และเก็บไว้ในหน่วยความจำเพื่อไว้ใช้ตรวจสอบเส้นทางการเดินทางของรถได้

5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง

1. สายอากาศของเครื่องรับจีพีเอสจะต้องอยู่ในพื้นที่โล่งแจ้ง มองเห็นท้องฟ้า เพื่อให้ได้สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ จึงต้องทำการทดลองภายนอกตัวอาคาร เนื่องจากถ้าอยู่ภายในอาคาร ค่าที่รับได้จะเป็น 0 ทั้งหมด

2. ความสามารถในการรับสัญญาณจากดาวเทียมขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ความชื้น อุณหภูมิ ถ้าหากสภาพอากาศมืดครึ้ม หรือมีฝนตก ทำให้เป็นปัญหาในการรับสัญญาณ

3. มีสัญญาณรบกวนในเครื่องรับและการผิดพลาดเนื่องจากมัลติพาทหรือการรับสัญญาณสะท้อนจากหลายทิศทางอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมรอบๆ บริเวณ ทำให้เกิดความผิดพลาดเกิดขึ้นได้

4. ระบบส่งข้อความสั้นอาจมีการล่าช้าได้ เนื่องจากระบบล่มหรือในเวลา ณ ขณะนั้นมีการส่งข้อความสั้นกันมากจนระบบไม่สามารถส่งได้ทัน

5. ข้อมูลที่ได้หลังจากเปิดโมดูลจีพีเอสใหม่ๆ จะมีความคลาดเคลื่อนสูง เพราะยังจับจำนวนดาวเทียมที่ใช้บอกตำแหน่งได้น้อยอยู่ เมื่อเปิดไปสักพักจะจับสัญญาณได้มากขึ้น จึงมีความแม่นยำสูงขึ้น

6. เนื่องจากหน่วยความจำอีสแควพรอมที่นำมาใช้เป็นการเชื่อมต่อแบบอนุกรมจึงทำให้การทำงานไม่ว่าจะเป็นการอ่านหรือเขียนช้า

5.3 แนวทางพัฒนาต่อไป

1. ในอนาคตเมื่อระบบจีพีอาร์เอสมีความเสถียรมากกว่าปัจจุบัน และมีราคาถูกลงมากขึ้น เราสามารถปรับปรุงไปใช้ในการระบุตำแหน่งในแบบเรียลไทม์ได้

2. พัฒนาไปเป็นระบบกันขโมยแบบเต็มรูปแบบได้โดยการทำให้สามารถตัดการทำงานของรถยนต์ได้ เช่น อาจไปตัดระบบไฟ หรือระบบส่งน้ำมันของรถยนต์ ทำให้รถยนต์ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

3. ติดตั้งกล้องเพื่อใช้ภาพเป็นหลักฐานในการจับคนร้าย โดยส่งเป็นข้อความมัลติมีเดีย (MMS) ไปยังเจ้าของรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ใช้ระบบสแกน (scan) ลายนิ้วมือแทนระบบใส่รหัส

5. ตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ภายในรถยนต์นั้นต้องมิดชิด ไม่ควรเห็นได้อย่างชัดเจนเนื่องจากขโมยอาจจะเห็นและทำลายระบบนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. รศ.สมยศ จุณณปิยะ, "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51" คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546.
2. อุดม รานอก, "ภาษา C สำหรับควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51" บริษัทไอดี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด, กรุงเทพฯ, 2548.
3. อารัมภีย์ จันทร์ใยและโสรัตย์ อุนหะวรากร, "โครงงานอุปกรณ์นำร่อง GPS สำหรับติดตั้งรถยนต์: ตอนที่ 1 ทำความรู้จักกับระบบนำร่อง GPS", เซมิฯ 248 พฤษภาคม 2546, หน้า 161-170.
4. อารัมภีย์ จันทร์ใยและโสรัตย์ อุนหะวรากร, "โครงงานอุปกรณ์นำร่อง GPS สำหรับติดตั้งรถยนต์: ตอนที่ 2 โมดูลรับสัญญาณ GPS และมาตรฐาน NMEA", เซมิฯ 252 สิงหาคม 2546, หน้า 159-166.
5. อารัมภีย์ จันทร์ใยและโสรัตย์ อุนหะวรากร, "โครงงานอุปกรณ์นำร่อง GPS สำหรับติดตั้งรถยนต์: ตอนที่ 3 หลักการพื้นฐานของแผนที่ดิจิตอลและการอ้างพิกัดตำแหน่ง", เซมิฯ 255 ฉบับ EBG'2004, หน้า 135-140.
6. ธีรบูลย์ หล่อวิเชียรรุ่ง และคณะ,"ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยโปรแกรมภาษา C", บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนท์ จำกัด กรุงเทพฯ.
7. http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html
8. http://ferl.becta.org.uk/display.cfm?resID=5861
9. http://www.manifold.net/
10. http://www.lammertbies.nl/comm/cable/RS-232.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

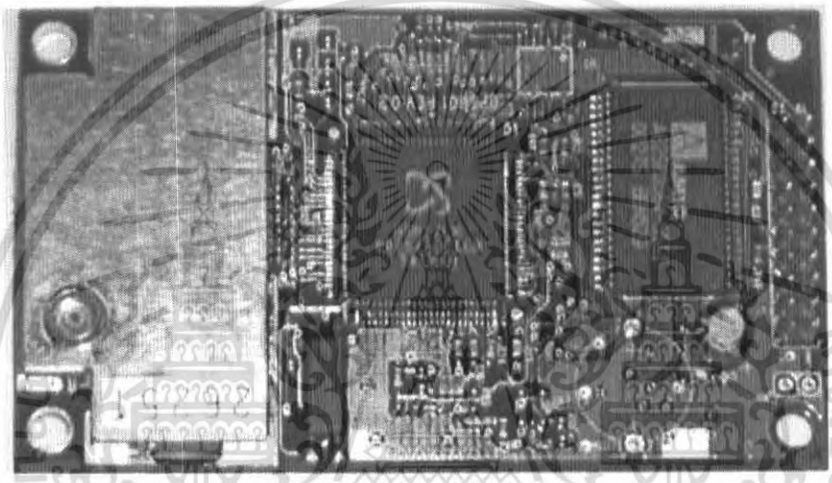
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

User Manual

GPS Receiver Engine Board

MTI-1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. <<Specification>>

Product Features

-- SiRF GPS Architecture

-- SiRF starII high performance and low power consumption chip set

-- Support standard NMEA 0183 protocol

-- All-in-view 12-channel parallel processing

-- SnapLock 100ms re-acquisition time

-- Cold start under 45 seconds, average

-- Superior urban canyon performance

-- FoliageLock for weak signal tracking

-- Optional build-in SuperCap to reserve system data for rapid satellite acquisition.

-- Full-duplex RS-232 port for navigation and control messages

-- Differential GPS capability through 2nd RS-232 port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

System Specification

* *Electrical Characteristics*

<Receiver>

-- Frequency	L1, 1575.42MHz
-- C/A code	1.023MHz chip rate
-- Channels	12
-- Sensitivity	-170dBW

<Accuracy>

-- Position Horizontal	15m 2d RMS (SA off)
	10m 2d RMS,WAAS enable(SA off)
	1 ~ 5 m, DGPS corrected
-- Velocity	0.1m/sec 95% (SA off),
-- Time	1 microsecond synchronized to GPS time

<Datum>

-- WGS-84

<Acquisition Rate>

-- Reacqusition	0.1 sec., average (recovery time for being interrupted)
-- Hot start	8 sec., average (with ephemeris and almanac valid)
-- Warm start	38 sec., average (with almanac but not ephemeris)
-- Cold start	48 sec., average (neither almanac nor ephemeris)

<Dynamic Condition>

-- Altitude	18,000 meters (60,000 feet) max.
– Velocity	515 meters/sec. (1000knots) max.

<Power>

-- Voltage supply	3.8Vdc ~ 6.5Vdc
-- Current supply	Continuous mode: 60mA typical
	Trickle power mode: 25mA typical
-- Backup Power	+2.5V to +3.6V
-- Backup Current	10uA typical

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<Serial Port>

-- Ports	one for GPS, one for DGPS
--Electrical level :	TTL level(ET-102), Output voltage level : 0 ~ 3.5v
	RS-232 level(ER-102)
-- Communication	Full duplex asynchronous
-- Code type	ASCII
-- GPS Protocol	SiRF binary/NMEA 0183 changeable(Default:NMEA)

-- GPS Output Message

SiRF binary >> position, velocity, altitude, status and control

NMEA 0183 >> GGA, GSA, GSV, RMC (VTG and GLL are optional)

-- GPS transfer rate	Software command setting
	(Default : 4800bps for NMEA)
-- DGPS protocol	RTCM SC-104, ver 2.00, type 1, 2, and 9

<Time Mark> (1 PPS Pulse)

-- Level	TTL
-- Pulse duration	100ms
-- Time reference	At the pulse positive edge
-- Measurement	Aligned to GPS sec., +/- 1us

<Active Antenna Connector>

--MCX ,SMA ,SMB or others OEM specified connector available

* *Environmental Characteristics*

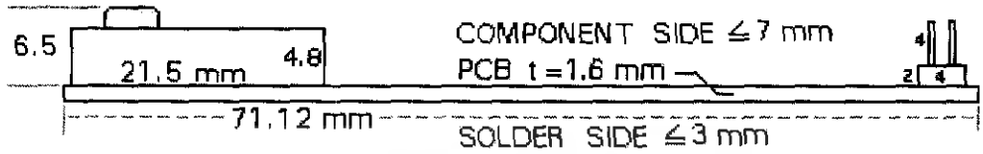
<Temperature>

-- Operating	-40 deg. C	to	+80 deg. C
-- Storage	-40 deg. C	to	+85 deg. C

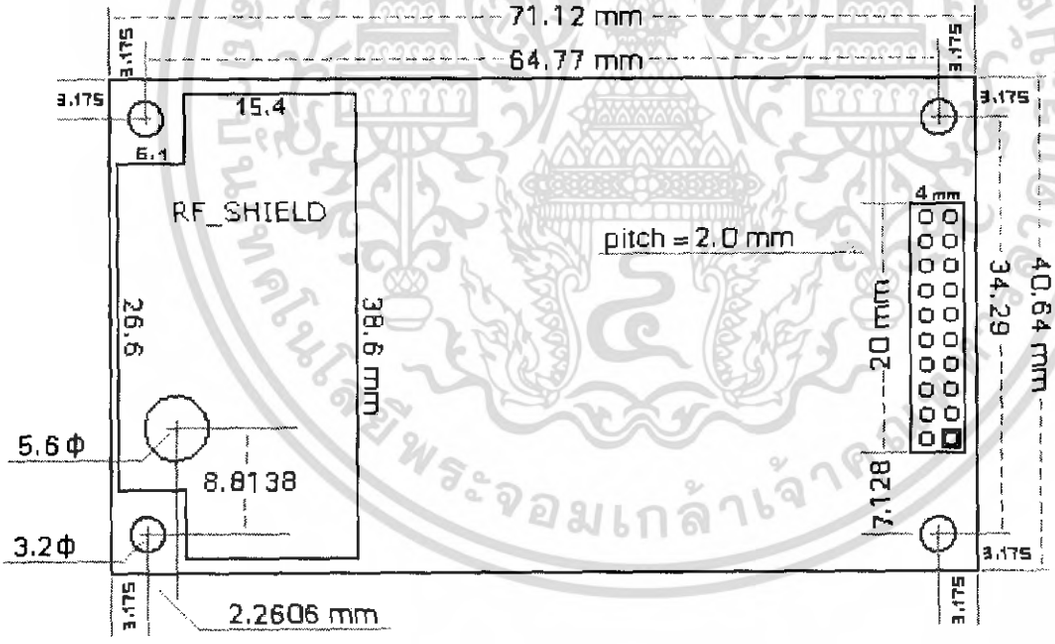
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* *Physical Characteristics*

<Dimension>



PCB SIDE VIEW



PCB TOP VIEW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Interface Connection

*** Pin-out of the 20-pin interface connector**

Pin Number	Name	Description	Type
1	VANT	Antenna DC Voltage	Input
2	VDC	3.8V~6.5V DC Power Input	Input
3	VBAT	Backup Battery	Input
4	VDC	(Shorted with pin 2)	Input
5	PBRES	Push Button Reset Input (Active Low)	Input
6	RESERVED	(Reserved)	
7	SELECT	Down-load data from RS232 to flash ROM (Reserved)	
8	RESERVED	(Reserved)	
9	RESERVED	(Reserved)	
10	GND	Ground	
11	TXA	Serial Data Output A (GPS Data)	Output
12	RXA	Serial Data Input A (Command)	Input
13	GND	Ground	
14	TXB	Serial Data Output B (No Used)	Output
15	RXB	Serial Data Input B (DGPS Data)	Input
16	GND	Ground	
17	RESERVED	(Reserved)	
18	GND	Ground	
19	TIMEMARK	1PPS Time Mark Output	Output
20	RESERVED	(Reserved)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Interface description

*** VANT (antenna DC power input):**

DC voltage is for active antenna.

*** VDC (DC power input):**

This is the main DC supply for a 3.8V ~ 6.5V power module board.

*** VBAT (Backup battery):**

This is the battery backup input that powers the SRAM and RTC when main power is removed .Typical current draw is 10uA. Without an external backup battery or Gold-capacitor, the module/engine board will execute a cold star after every turn on. To achieve the faster start-up offered by a hot or warm start, either a battery backup must be connected or a Gold-capacitor should be installed. To maximize battery lifetime, the battery voltage should not exceed the supply voltage and should be between 2.5v and 3.6v.

*** PBRES (Push button reset):**

This pin provides an active-low reset input to the engine board. It causes the engine board to reset and start searching for satellites.

*** SELECT :**

Do not connect.

*** TXA :**

This is the main transmits channel for outputting navigation and measurement data to user's navigation software or user written software.

ET-102: TTL level , 0V ~ 3.5V

ER-102: RS232 level

*** RXA :**

This is the main receive channel for receiving software commands to the engine board from SiRFdemo software or from user written software.

Normally this pin must be kept in high, and if you don't use this pin please connect a resistor to 3.5V to pull high.

*** TXB :**

No function as so far (Do not connect)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*** RXB :**

This is the auxiliary receive channel for inputting differential corrections to the engine board to enable DGPS navigation.

*** Time mark :**

This pin provides one pulse-per-second output from the engine board that is synchronized to GPS time.

*** GND :**

GND provides the ground for the engine board. Connect all grounds.

*** Others :**

Do not connect.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. SOFTWARE COMMAND

2.1 NMEA Output Command

GGA-Global Positioning System Fixed Data

Table B-2 contains the values for the following example:

$GPGGA,161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.0,9.0,M,,,,0000*18

Table B-2 GGA Data Format

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGGA		GGA protocol header
UTC Time	161229.487		hhmmss.sss
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E=east or W=west
Position Fix Indicator	1		See Table B-3
Satellites Used	07		Range 0 to 12
HDOP	1.0		Horizontal Dilution of Precision
MSL Altitude[1]	9.0	meters	
Units	M	meters	
Geoid Separation[1]		meters	
Units	M	meters	
Age of Diff. Corr.		second	Null fields when DGPS is not used
Diff. Ref. Station ID	0000		
Checksum	*18		
<CR><LF>			End of message termination

1. SiRF Technology Inc. does not support geoid corrections. Values are WGS84 ellipsoid heights.

Table B-3 Position Fix Indicator

Value	Description
0	Fix not available or invalid
1	GPS SPS Mode, fix valid
2	Differential GPS, SPS Mode , fix valid
3	GPS PPS Mode, fix valid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GLL-Geographic Position-Latitude/Longitude

Table B-4 contains the values for the following example:

$GPGLL,3723.2475,N,12158.3416,W,161229.487,A*2C

Table B-4 GLL Data Format

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGLL		GLL protocol header
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	n		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E=east or W=west
UTC Position	161229.487		hhmmss.sss
Status	A		A=data valid or V=data not valid
Checksum	*2C		
<CR><LF>			End of message termination

GSA-GNSS DOP and Active Satellites

Table B-5 contains the values for the following example:

$GPGSA,A,3,07,02,26,27,09,04,15,,,,,,1.8,1.0,1.5*33

Table B-5 GSA Data Format

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGSA		GSA protocol header
Mode1	A		See Table B-6
Mode2	3		See Table B-7
Satellite Used[1]	07		Sv on Channel 1
Satellite Used[1]	02		Sv on Channel 2
.....			
Satellite Used[1]			Sv on Channel 12
PDOP	1.8		Position dilution of Precision
HDOP	1.0		Horizontal dilution of Precision
VDOP	1.5		Vertical dilution of Precision
Checksum	*33		
<CR><LF>			End of message termination

1. Satellite used in solution.

Table B-6 Mode1

Value	Description
M	Manual-forced to operate in 2D or 3D mode
A	2Dautomatic-allowed to automatically switch 2D/3D

Table B-7 Mode 2

Value	Description

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	Fix Not Available
2	2D
3	3D

GSV-GNSS Satellites in View

Table B-8 contains the values for the following example:

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

$GPGSV,2,2,07,09,23,313,42,04,19,159,41,15,12,041,42*41

Table B-8 GSV Data Format

Name	Example		Description
Message ID	$GPGSV		GSV protocol header
Number of Messages	2		Range 1 to 3
Message Number	1		Range 1 to 3
Satellites in View	07		
Satellite ID	07		Channel 1(Range 1 to 32)
Elevation	79	degrees	Channel 1(Maximum90)
Azimuth	048	degrees	Channel 1(True, Range 0 to 359)
SNR(C/No)	42	dBHz	Range 0 to 99,null when not tracking
.....			.....
Satellite ID	27		Channel 4 (Range 1 to 32)
Elevation	27	Degrees	Channel 4(Maximum90)
Azimuth	138	Degrees	Channel 4(True, Range 0 to 359)
SNR(C/No)	42	dBHz	Range 0 to 99,null when not tracking
Checksum	*71		
<CR><LF>			End of message termination

1. Depending on the number of satellites tracked multiple messages of GSV data may be required.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RMC-Recommended Minimum Specific GNSS Data

Table B-10 contains the values for the following example:

$GPRMC,161229.487,A,3723.2475,N,12158.3416,W,0.13,309.62,120598,,*10

Table B-10 RMC Data Format

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPRMC		RMC protocol header
UTC Time	161229.487		hhmmss.sss
Status	A		A=data valid or V=data not valid
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E=east or W=west
Speed Over Ground	0.13	knots	
Course Over Ground	309.62	degrees	True
Date	120598		ddmmyy
Magnetic Variation[2]		degrees	E=east or W=west
Checksum	*10		
<CR><LF>			End of message termination

SiRF Technology Inc. does not support magnetic declination. All "course over ground" data are geodetic WGS48 directions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VTG-Course Over Ground and Ground Speed

$GPVTG,309.62,T,,M,0.13,N,0.2,K*6E

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPVTG		VTG protocol header
Course	309.62	degrees	Measured heading
Reference	T		True
Course		degrees	Measured heading
Reference	M		Magnetic
Speed	0.13	knots	Measured horizontal speed
Units	N		Knots
Speed	0.2	Km/hr	Measured horizontal speed
Units	K		Kilometers per hour
Checksum	*6E		
<CR><LF>			End of message termination

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 NMEA Input Command

A). Set Serial Port ID:100 Set PORTA parameters and protocol

This command message is used to set the protocol(SiRF Binary, NMEA, or USER1) and/or the communication parameters(baud, data bits, stop bits, parity). Generally,this command would be used to switch the module back to SiRF Binary protocol mode where a more extensive command message set is available. For example,to change navigation parameters. When a valid message is received,the parameters will be stored in battery backed SRAM and then the receiver will restart using the saved parameters.

Format:

$PSRF100,<protocol>,<baud>,<DataBits>,<StopBits>,<Parity>*CKSUM
<CR><LF>

<protocol>	0=SiRF Binary, 1=NMEA, 4=USER1
<baud>	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400
<DataBits>	8,7. Note that SiRF protocol is only valid f8 Data bits
<StopBits>	0,1
<Parity>	0=None, 1=Odd, 2=Even

Example 1: Switch to SiRF Binary protocol at 9600,8,N,1
$PSRF100,0,9600,8,1,0*0C<CR><LF>

Example 2: Switch to User1 protocol at 38400,8,N,1
$PSRF100,4,38400,8,1,0*38<CR><LF>

**Checksum Field: The absolute value calculated by exclusive-OR the 8 data bits of each character in the Sentence,between, but excluding "$" and "*". The hexadecimal value of the most significant and least significant 4 bits of the result are convertted to two ASCII characters (0-9,A-F) for transmission. The most
significant character is transmitted first.

**<CR><LF> : Hex 0D 0A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B). Navigation Initialization ID：101 Parameters required for start

This command is used to initialize the module for a warm start, by providing current position （in X, Y, Z coordinates）,clock offset, and time. This enables the receiver to search for the correct satellite signals at the correct signal parameters. Correct initialization parameters will enable the receiver to acquire signals more quickly, and thus, produce a faster navigational solution.

When a valid Navigation Initialization command is received, the receiver will restart using the input parameters as a basis for satellite selection and acquisition.

Format：

$PSRF101,<X>,<Y>,<Z>,<ClkOffset>,<TimeOfWeek>,<WeekNo>,<chnlCount>,<ResetCfg>
*CKSUM<CR><LF>

<X>	X coordinate position INT32
<Y>	Y coordinate position INT32
<Z>	Z coordinate position INT32
<ClkOffset>	Clock offset of the receiver in Hz, Use 0 for last saved value if available. If this is unavailable, a default value of 75000 for GSP1, 95000 for GSP 1/LX will be used. INT32
<TimeOf Week>	GPS Time Of Week UINT32
<WeekNo>	GPS Week Number UINT16 (Week No and Time Of Week calculation from UTC time)
<chnlCount>	Number of channels to use.1-12. If your CPU throughput is not high enough, you could decrease

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	needed throughput by reducing the number of active channels UBYTE
<ResetCfg>	bit mask 0×01=Data Valid warm/hotstarts=1 0×02=clear ephemeris warm start=1 0×04=clear memory. Cold start=1 UBYTE

Example: Start using known position and time.
$ PSRF101,-2686700,-4304200,3851624,96000,497260,921,12,3*7F

C). Set DGPS Port ID:102 Set PORT B parameters for DGPS input

This command is used to control Serial Port B that is an input only serial port used to receive RTCM differential corrections. Differential receivers may output corrections using different communication parameters. The default communication parameters for PORT B are 9600 Baud, 8data bits, 0 stop bits, and no parity. If a DGPS receiver is used which has different communication parameters, use this command to allow the receiver to correctly decode the data. When a valid message is received, the parameters will be stored in battery backed SRAM and then the receiver will restart using the saved parameters.

Format:
$ PSRF102,<Baud>,<DataBits>,<StopBits>,<Parity>*CKSUM<CR><LF>

<baud>	1200,2400,4800,9600,19200,38400
<DataBits>	8
<StopBits>	0,1
<Parity>	0=None,Odd=1,Even=2

Example: Set DGPS Port to be 9600,8,N,1
$ PSRF102,9600,8,1.0*12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D). Query/Rate Control ID:103 Query standard NMEA message and/or set output rate

This command is used to control the output of standard NMEA message GGA, GLL, GSA, GSV
RMC, VTG. Using this command message, standard NMEA message may be polled once, or setup for periodic output. Checksums may also be enabled or disabled depending on the needs of the receiving program. NMEA message settings are saved in battery backed memory for each entry when the message is accepted.

Format:

$ PSRF103,<msg>,<mode>,<rate>,<cksumEnable>*CKSUM<CR><LF>

<msg>	0=GGA,1=GLL,2=GSA,3=GSV,4=RMC,5=VTG
<mode>	0=SetRate,1=Query
<rate>	Output every <rate>seconds, off=0,max=255
<cksumEnable>	0=disable Checksum,1=Enable checksum for specified message

Example 1: Query the GGA message with checksum enabled
$ PSRF103,00,01,00,01*25

Example 2: Enable VTG message for a 1Hz constant output with checksum enabled
$ PSRF103,05,00,01,01*20

Example 3: Disable VTG message
$ PSRF103,05,00,00,01*21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E). LLA Navigation Initialization ID:104 Parameters required to start using Lat/Lon/Alt

This command is used to initialize the module for a warm start, by providing current position (in Latitude, Longitude, Altitude coordinates), clock offset, and time. This enables the receiver to search for the correct satellite signals at the correct signal parameters. Correct initialization parameters will enable the receiver to acquire signals more quickly, and thus, will produce a faster navigational soution.

When a valid LLANavigationInitialization command is received,the receiver will restart using the input parameters as a basis for satellite selection and acquisition.

Format:

$ PSRF104,<Lat>,<Lon>,<Alt>,<ClkOffset>,<TimeOfWeek>,<WeekNo>,<ChannelCount>, <ResetCfg>*CKSUM<CR><LF>

<Lat>	Latitude position, assumed positive north of equator and negative south of equator float, possibly signed
<Lon>	Longitude position, it is assumed positive east of Greenwich and negative west of Greenwich Float, possibly signed
<Alt>	Altitude position float, possibly signed
<ClkOffset>	Clock Offset of the receiver in Hz, use 0 for last saved value if available. If this is unavailable, a default value of 75000 for GSP1, 95000 for GSP1/LX will be used. INT32
<TimeOfWeek>	GPS Time Of Week UINT32
<WeekNo>	GPS Week Number UINT16
<ChannelCount>	Number of channels to use. 1-12 UBYTE
<ResetCfg>	bit mask 0×01=Data Valid warm/hot starts=1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0×02=clear ephemeris warm start=1

0×04=clear memory. Cold start=1

UBYTE

Example: Start using known position and time.

$ PSRF104,37.3875111,-121.97232,0,96000,237759,922,12,3*37

F). Development Data On/Off ID:105 Switch Development Data Messages On/Off

Use this command to enable development debug information if you are having trouble getting commands accepted. Invalid commands will generate debug information that should enable the user to determine the source of the command rejection. Common reasons for input command rejection are invalid checksum or parameter out of specified range. This setting is not preserved across a module reset.

Format: $ PSRF105,<debug>*CKSUM<CR><LF>

<debug> 0=Off,1=On

Example: Debug On $ PSRF105,1*3E

Example: Debug Off $ PSRF105,0*3F

Stars Navagation Tech Ltd.

7Fl.-1, No. 152, Sec. 1, Jungshan Rd., Shulin City, Taipei, Taiwan 238, R.O.C.

TEL: +886 2 2681547 FAX: +886 2 2681 5469 E-mail: sales@starsnav.com

URL: www.starsnav.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19-4323; Rev 13; 4/04

MAXIM

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

General Description

The MAX220–MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where ±12V is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5µW. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

Portable Computers

Low-Power Modems

Interface Translation

Battery-Powered RS-232 Systems

Multidrop RS-232 Networks

AutoShutdown and UCSP are trademarks of Maxim Integrated Products, Inc.

Next-Generation Device Features

- **For Low-Voltage, Integrated ESD Applications: MAX3222E/MAX3232E/MAX3237E/MAX3241E/ MAX3246E: +3.0V to +5.5V, Low-Power, Up to 1Mbps, True RS-232 Transceivers Using Four 0.1µF External Capacitors (MAX3246E Available in a UCSP™ Package)**
- **For Low-Cost Applications: MAX221E: ±15kV ESD-Protected, +5V, 1µA, Single RS-232 Transceiver with AutoShutdown™**

Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering Information continued at end of data sheet.

**Contact factory for dice specifications.*

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (µF)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	0.047/0.33	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✔	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✔	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✔	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✔	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✔	120	Available in quad flatpack package

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V_{CC}) ..... -0.3V to +6V
Input Voltages
T_{IN} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
R_{IN} (Except MAX220) ..... ±30V
R_{IN} (MAX220) ..... ±25V
T_{OUT} (Except MAX220) (Note 1) ..... ±15V
T_{OUT} (MAX220) ..... ±13.2V
Output Voltages
T_{OUT} ..... ±15V
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND ..... Continuous
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) 889mW
20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 440mW
16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) 696mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 640mW
16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
Operating Temperature Ranges
MAX2_ _AC_ _, MAX2_ _C_ _ ..... 0°C to +70°C
MAX2_ _AE_ _, MAX2_ _E_ _ ..... -40°C to +85°C
MAX2_ _AM_ _, MAX2_ _M_ _ ..... -55°C to +125°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10s) ..... +300°C

Note 1: Input voltage measured with T_{OUT} in high-impedance state, $\overline{SHDN}$ or V_{CC} = 0V.
Note 2: For the MAX220, V+ and V- can have a maximum magnitude of 7V, but their absolute difference cannot exceed 13V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, MAX220, C1 = 0.047µF, C2–C4 = 0.33µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTERS						
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±8		V
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High	All devices except MAX220		2	1.4		V
	MAX220; V_{CC} = 5.0V		2.4			
Logic Pull-Up/Input Current	All except MAX220, normal operation			5	40	µA
	$\overline{SHDN}$ = 0V, MAX222/242, shutdown, MAX220			±0.01	±1	
Output Leakage Current	V_{CC} = 5.5V, $\overline{SHDN}$ = 0V, V_{OUT} = ±15V, MAX222/242			±0.01	±10	µA
	V_{CC} = $\overline{SHDN}$ = 0V	V_{OUT} = ±15V		±0.01	±10	
		MAX220, V_{OUT} = ±12V			±25	
Data Rate				200	116	kbps
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V_{OUT} = 0V	V_{OUT} = 0V	±7	±22		mA
		MAX220			±60	
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±30	V
		MAX220			±25	
RS-232 Input Threshold Low	V_{CC} = 5V	All except MAX243 $R2_{IN}$	0.8	1.3		V
		MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V_{CC} = 5V	All except MAX243 $R2_{IN}$		1.8	2.4	V
		MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)		-0.5	-0.1	
RS-232 Input Hysteresis	All except MAX243, V_{CC} = 5V, no hysteresis in shdn.		0.2	0.5	1	V
	MAX243			1		
RS-232 Input Resistance			3	5	7	kΩ
	T_A = +25°C (MAX220)		3	5	7	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, MAX220, C1 = 0.047µF, C2–C4 = 0.33µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 3.2mA			0.2	0.4	V
	I_{OUT} = 1.6mA (MAX220)				0.4	
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1.0mA		3.5	V_{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V_{OUT} = GND		-2	-10		mA
	Shrinking V_{OUT} = V_{CC}		10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	$\overline{SHDN}$ = V_{CC} or $\overline{EN}$ = V_{CC} ($\overline{SHDN}$ = 0V for MAX222), 0V ≤ V_{OUT} ≤ V_{CC}			±0.05	±10	µA
$\overline{EN}$ Input Threshold Low	MAX242			1.4	0.8	V
$\overline{EN}$ Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
Operating Supply Voltage			4.5		5.5	V
V_{CC} Supply Current ($\overline{SHDN}$ = V_{CC}), Figures 5, 6, 11, 19	No load	MAX220		0.5	2	mA
		MAX222/232A/233A/242/243		4	10	
	3kΩ load both inputs	MAX220		12		
		MAX222/232A/233A/242/243		15		
Shutdown Supply Current	MAX222/242	T_A = +25°C		0.1	10	µA
		T_A = 0°C to +70°C		2	50	
		T_A = -40°C to +85°C		2	50	
		T_A = -55°C to +125°C		35	100	
$\overline{SHDN}$ Input Leakage Current	MAX222/242				±1	µA
$\overline{SHDN}$ Threshold Low	MAX222/242			1.4	0.8	V
$\overline{SHDN}$ Threshold High	MAX222/242		2.0	1.4		V
Transition Slew Rate	C_L = 50pF to 2500pF, R_L = 3kΩ to 7kΩ, V_{CC} = 5V, T_A = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V	MAX222/232A/233A/242/243	6	12	30	V/µs
		MAX220	1.5	3	30	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (Normal Operation), Figure 1	t_{PHLT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.3	3.5	µs
		MAX220		4	10	
	t_{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.5	3.5	
		MAX220		5	10	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Normal Operation), Figure 2	t_{PHLR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.5	1	µs
		MAX220		0.6	3	
	t_{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.6	1	
		MAX220		0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Shutdown), Figure 2	t_{PHLS}	MAX242		0.5	10	µs
	t_{PLHS}	MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t_{ER}	MAX242		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t_{DR}	MAX242		160	500	ns

Note 3: MAX243 $R2_{OUT}$ is guaranteed to be low when $R2_{IN}$ is ≥ 0V or is floating.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

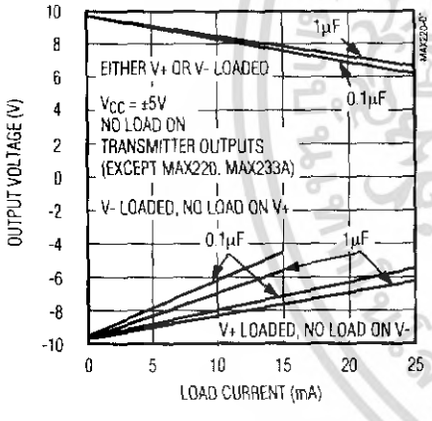
(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, MAX220, C1 = 0.047µF, C2–C4 = 0.33µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Transmitter-Output Enable Time ($\overline{SHDN}$ Goes High), Figure 4	t_{ET}	MAX222/242, 0.1µF caps (includes charge-pump start-up)		250		µs
Transmitter-Output Disable Time ($\overline{SHDN}$ Goes Low), Figure 4	t_{DT}	MAX222/242, 0.1µF caps		600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	t_{PHLT} - t_{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		300		ns
		MAX220		2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	t_{PHLR} - t_{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		100		ns
		MAX220		225		

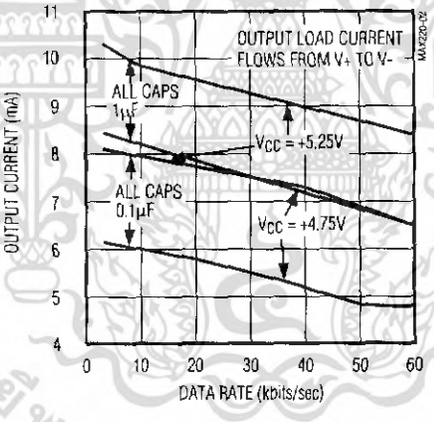
Typical Operating Characteristics

MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243

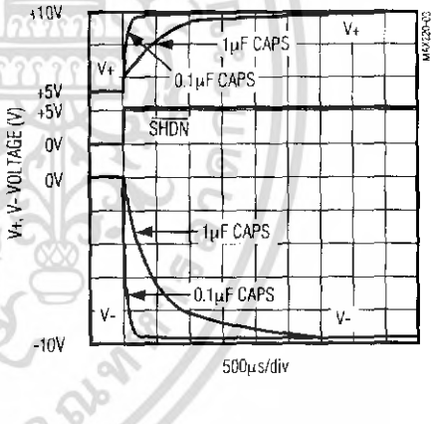
OUTPUT VOLTAGE vs. LOAD CURRENT



AVAILABLE OUTPUT CURRENT vs. DATA RATE



MAX222/MAX242 ON-TIME EXITING SHUTDOWN



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX223/MAX230–MAX241

V_{CC} ..... -0.3V to +6V
V+ ..... (V_{CC} - 0.3V) to +14V
V- ..... +0.3V to -14V
Input Voltages
T_{IN} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
R_{IN} ..... ±30V
Output Voltages
T_{OUT} ..... (V+ + 0.3V) to (V- - 0.3V)
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Short-Circuit Duration, T_{OUT} ..... Continuous
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
14-Pin Plastic DIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) 889mW
24-Pin Narrow Plastic DIP
(derate 13.33mW/°C above +70°C) 1.07W
24-Pin Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C) 500mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
24-Pin Wide SO (derate 11.76mW/°C above +70°C) 941mW
28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
44-Pin Plastic FP (derate 11.11mW/°C above +70°C) 889mW
14-Pin CERDIP (derate 9.09mW/°C above +70°C) 727mW
16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
20-Pin CERDIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) 889mW
24-Pin Narrow CERDIP
(derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
24-Pin Sidebraze (derate 20.0mW/°C above +70°C) 1.6W
28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
Operating Temperature Ranges
MAX2 _ _ C _ _ ..... 0°C to +70°C
MAX2 _ _ E _ _ ..... -40°C to +85°C
MAX2 _ _ M _ _ ..... -55°C to +125°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10s) ..... +300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230–MAX241

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241, V_{CC} = +5V ±10; MAX233/MAX235, V_{CC} = 5V ±5%, C1–C4 = 1.0µF; MAX231/MAX239, V_{CC} = 5V ±10%; V+ = 7.5V to 13.2V; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to ground		±5.0	±7.3		V
V_{CC} Power-Supply Current	No load, T_A = +25°C	MAX232/233		5	10	mA
		MAX223/230/234–238/240/241		7	15	
		MAX231/239		0.4	1	
V+ Power-Supply Current		MAX231		1.8	5	mA
		MAX239		5	15	
Shutdown Supply Current	T_A = +25°C	MAX223		15	50	µA
		MAX230/235/236/240/241		1	10	
Input Logic Threshold Low	T_{IN}; EN, $\overline{SHDN}$ (MAX233); $\overline{EN}$, SHDN (MAX230/235–241)				0.8	V
Input Logic Threshold High	T_{IN}		2.0			V
	EN, $\overline{SHDN}$ (MAX223); $\overline{EN}$, SHDN (MAX230/235/236/240/241)		2.4			
Logic Pull-Up Current	T_{IN} = 0V			1.5	200	µA
Receiver Input Voltage Operating Range			-30		30	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230–MAX241 (continued)

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241, V_{CC} = +5V ±10; MAX233/MAX235, V_{CC} = 5V ±5%, C1–C4 = 1.0µF; MAX231/MAX239, V_{CC} = 5V ±10%; V+ = 7.5V to 13.2V; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted.)

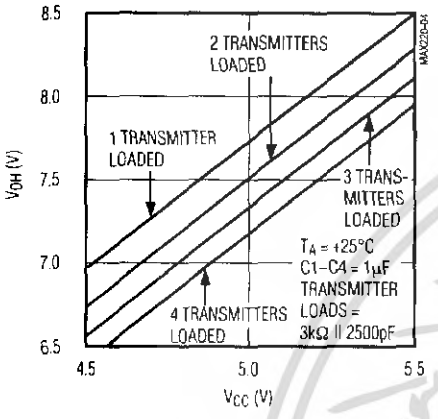
PARAMETER	CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 Input Threshold Low	T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	Normal operation $\overline{SHDN}$ = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)		0.8	1.2		V
		Shutdown (MAX223) $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = 5V ($R4_{IN}$, $R5_{IN}$)		0.6	1.5		
RS-232 Input Threshold High	T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	Normal operation $\overline{SHDN}$ = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)			1.7	2.4	V
		Shutdown (MAX223) $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = 5V ($R4_{IN}$, $R5_{IN}$)			1.5	2.4	
RS-232 Input Hysteresis	V_{CC} = 5V, no hysteresis in shutdown			0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance	T_A = +25°C, V_{CC} = 5V			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 1.6mA (MAX231/232/233, I_{OUT} = 3.2mA)					0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1mA			3.5	V_{CC} - 0.4		V
TTL/CMOS Output Leakage Current	0V ≤ R_{OUT} ≤ V_{CC}; EN = 0V (MAX223); $\overline{EN}$ = V_{CC} (MAX235–241)				0.05	±10	µA
Receiver Output Enable Time	Normal operation	MAX223			600		ns
		MAX235/236/239/240/241			400		
Receiver Output Disable Time	Normal operation	MAX223			900		ns
		MAX235/236/239/240/241			250		
Propagation Delay	RS-232 IN to TTL/CMOS OUT, C_L = 150pF	Normal operation			0.5	10	µs
		$\overline{SHDN}$ = 0V (MAX223)	t_{PHLS}		4	40	
			t_{PLHS}		6	40	
Transition Region Slew Rate	MAX223/MAX230/MAX234–241, T_A = +25°C, V_{CC} = 5V, R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V			3	5.1	30	V/µs
	MAX231/MAX232/MAX233, T_A = +25°C, V_{CC} = 5V, R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V				4	30	
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V			300			Ω
Transmitter Output Short-Circuit Current					±10		mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

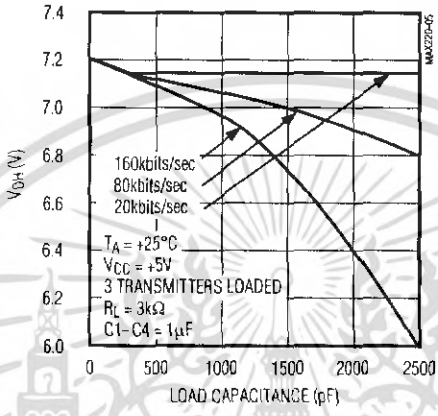
Typical Operating Characteristics

MAX223/MAX230–MAX241

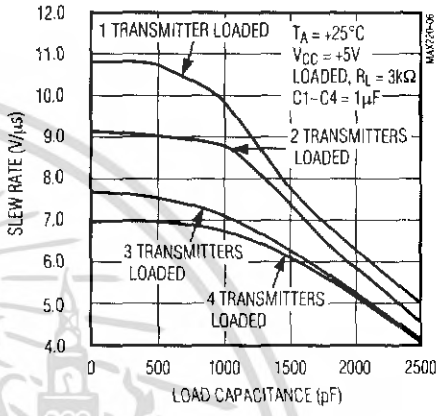
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OH}) vs. V_{CC}



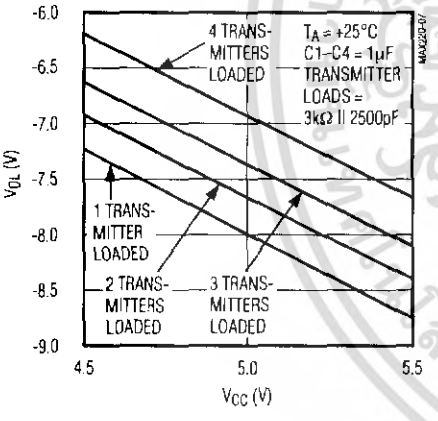
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OH}) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES



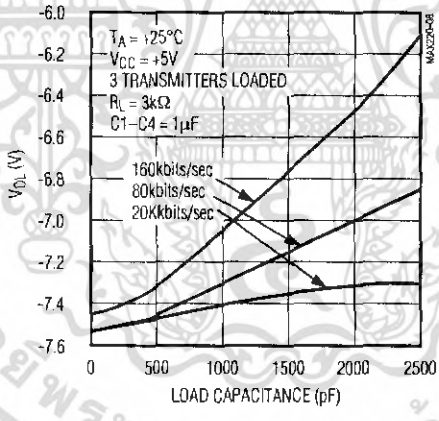
TRANSMITTER SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE



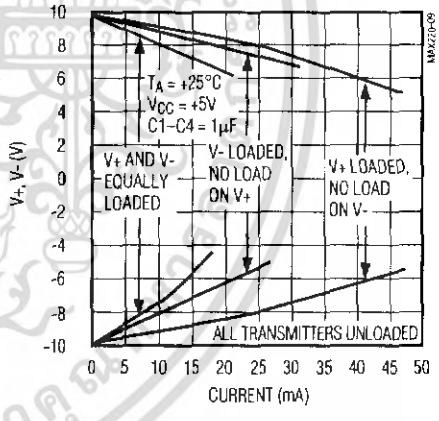
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OL}) vs. V_{CC}



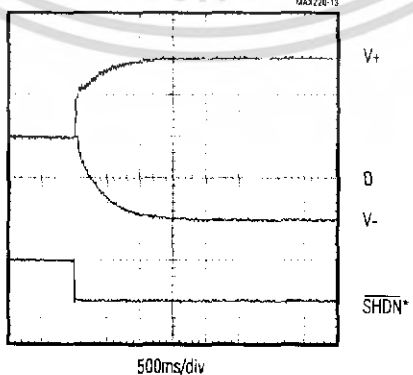
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OL}) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES



TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V+, V-) vs. LOAD CURRENT



V+, V- WHEN EXITING SHUTDOWN (1µF CAPACITORS)



*SHUTDOWN POLARITY IS REVERSED FOR NON MAX241 PARTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX225/MAX244–MAX249

Supply Voltage (V_{CC}) ..... -0.3V to +6V
Input Voltages
T_{IN}, $\overline{ENA}$, $\overline{ENB}$, $\overline{ENR}$, $\overline{ENT}$, $\overline{ENRA}$, $\overline{ENRB}$, $\overline{ENTA}$, $\overline{ENTB}$ ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
R_{IN} ..... ±25V
T_{OUT} (Note 3) ..... ±15V
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Short Circuit (one output at a time)
T_{OUT} to GND ..... Continuous
R_{OUT} to GND ..... Continuous

Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
40-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) ... 611mW
44-Pin PLCC (derate 13.33mW/°C above +70°C) 1.07W
Operating Temperature Ranges
MAX225C_ _, MAX24_C_ _ ..... 0°C to +70°C
MAX225E_ _, MAX24_E_ _ ..... -40°C to +85°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10s) ..... +300°C

Note 4: Input voltage measured with transmitter output in a high-impedance state, shutdown, or V_{CC} = 0V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244–MAX249

(MAX225, V_{CC} = 5.0V ±5%; MAX244–MAX249, V_{CC} = +5.0V ±10%, external capacitors C1–C4 = 1µF; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTERS						
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High			2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	Tables 1a–1d	Normal operation		10	50	µA
		Shutdown		±0.01	±1	
Data Rate	Tables 1a–1d, normal operation			120	64	kbps
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±7.5		V
Output Leakage Current (Shutdown)	Tables 1a–1d	$\overline{ENA}$, $\overline{ENB}$, $\overline{ENT}$, $\overline{ENTA}$, $\overline{ENTB}$ = V_{CC}, V_{OUT} = ±15V		±0.01	±25	µA
		V_{CC} = 0V, V_{OUT} = ±15V		±0.01	±25	
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V (Note 4)		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V_{OUT} = 0V		±7	±30		mA
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±25	V
RS-232 Input Threshold Low	V_{CC} = 5V		0.8	1.3		V
RS-232 Input Threshold High	V_{CC} = 5V			1.8	2.4	V
RS-232 Input Hysteresis	V_{CC} = 5V		0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 3.2mA			0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1.0mA		3.5	V_{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V_{OUT} = GND		-2	-10		mA
	Shrinking V_{OUT} = V_{CC}		10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	Normal operation, outputs disabled, Tables 1a–1d, 0V ≤ V_{OUT} ≤ V_{CC}, $\overline{ENR}$_ = V_{CC}			±0.05	±0.10	µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244–MAX249 (continued)

(MAX225, V_{CC} = 5.0V ±5%; MAX244–MAX249, V_{CC} = +5.0V ±10%, external capacitors C1–C4 = 1µF; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
POWER SUPPLY AND CONTROL LOGIC						
Operating Supply Voltage		MAX225	4.75		5.25	V
		MAX244–MAX249	4.5		5.5	
V_{CC} Supply Current (Normal Operation)	No load	MAX225		10	20	mA
		MAX244–MAX249		11	30	
	3kΩ loads on all outputs	MAX225		40		
		MAX244–MAX249		57		
Shutdown Supply Current	T_A = +25°C			8	25	µA
	T_A = T_{MIN} to T_{MAX}				50	
Control Input	Leakage current				±1	µA
	Threshold low			1.4	0.8	V
	Threshold high		2.4	1.4		
AC CHARACTERISTICS						
Transition Slew Rate	C_L = 50pF to 2500pF, R_L = 3kΩ to 7kΩ, V_{CC} = 5V, T_A = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V		5	10	30	V/µs
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (Normal Operation), Figure 1	t_{PHLT}			1.3	3.5	µs
	t_{PLHT}			1.5	3.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (Normal Operation), Figure 2	t_{PHLR}			0.6	1.5	µs
	t_{PLHR}			0.6	1.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (Low-Power Mode), Figure 2	t_{PHLS}			0.6	10	µs
	t_{PLHS}			3.0	10	
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	t_{PHLT} - t_{PLHT}			350		ns
Receiver + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	t_{PHLR} - t_{PLHR}			350		ns
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t_{ER}			100	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t_{DR}			100	500	ns
Transmitter Enable Time	t_{ET}	MAX246–MAX249 (excludes charge-pump startup)		5		µs
		MAX225/MAX245–MAX249 (includes charge-pump startup)		10		ms
Transmitter Disable Time, Figure 4	t_{DT}			100		ns

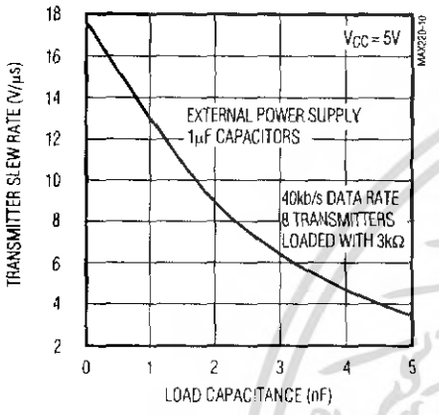
Note 5: The 300Ω minimum specification complies with EIA/TIA-232E, but the actual resistance when in shutdown mode or V_{CC} = 0V is 10MΩ as is implied by the leakage specification.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

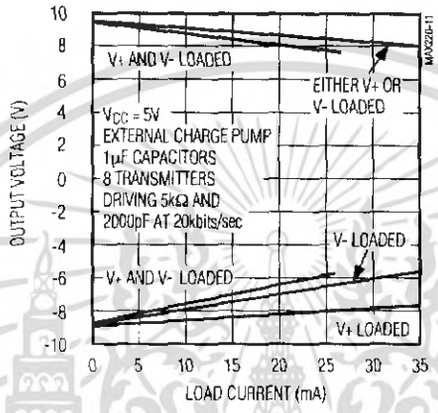
Typical Operating Characteristics

MAX225/MAX244–MAX249

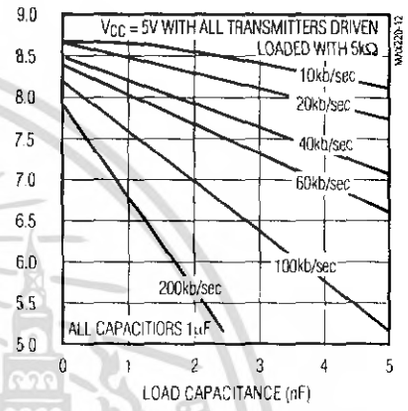
TRANSMITTER SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE



OUTPUT VOLTAGE vs. LOAD CURRENT FOR V+ AND V-



TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V+, V-) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

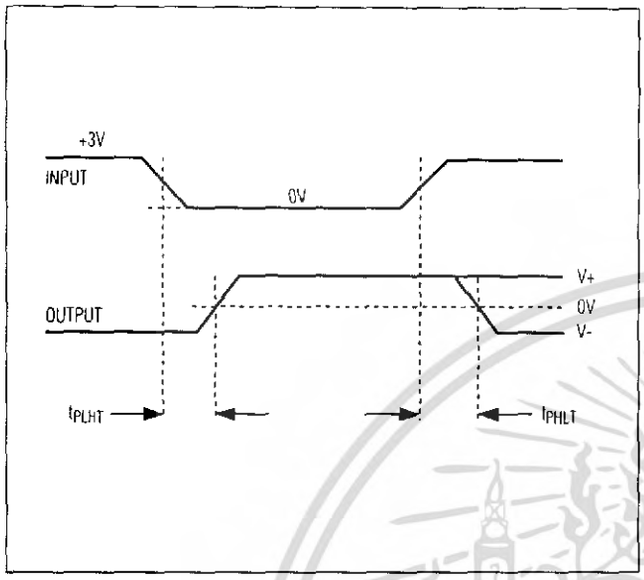


Figure 1. Transmitter Propagation-Delay Timing

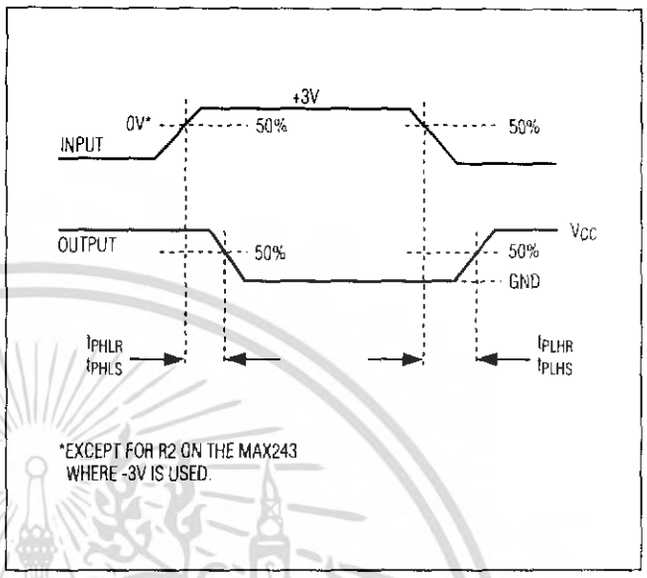


Figure 2. Receiver Propagation-Delay Timing

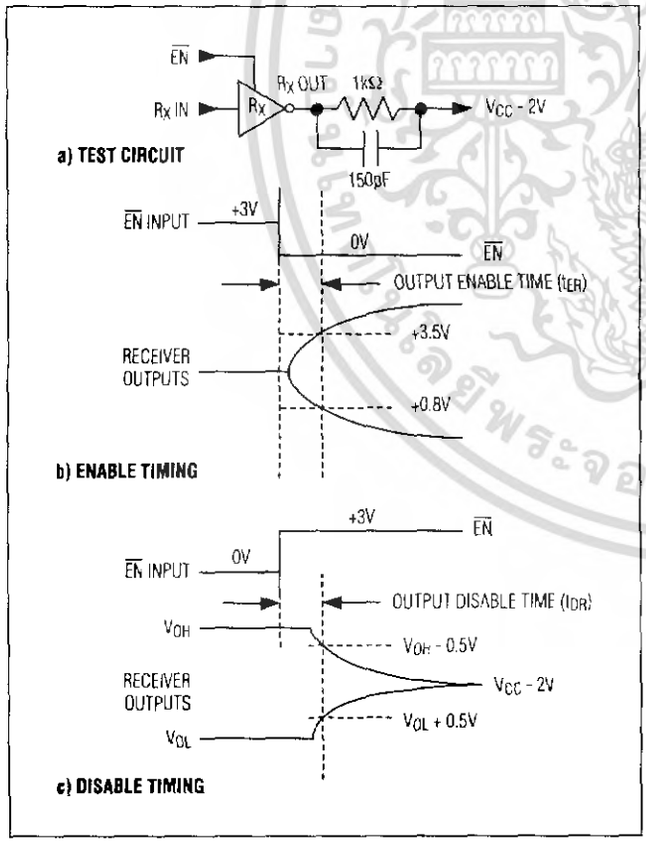


Figure 3. Receiver-Output Enable and Disable Timing

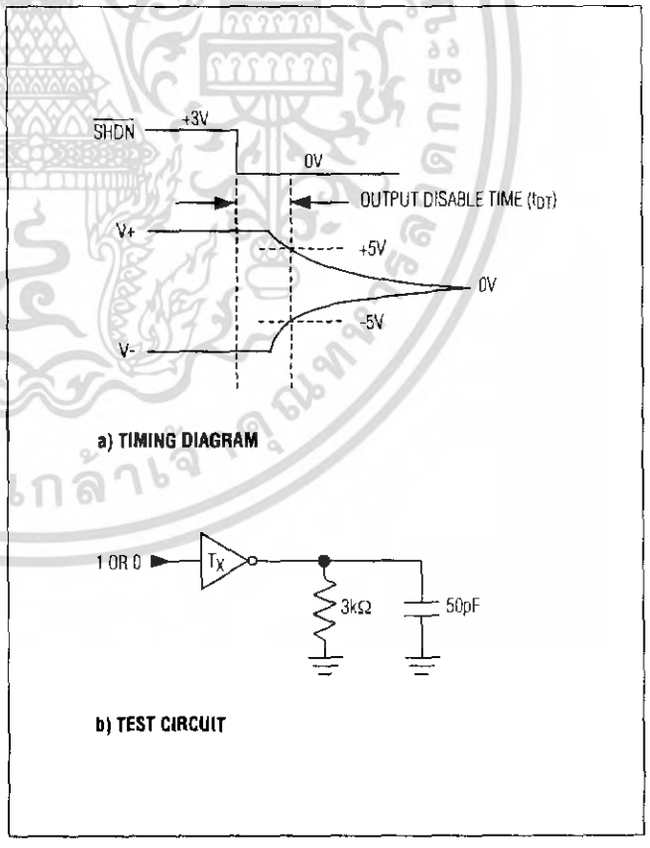


Figure 4. Transmitter-Output Disable Timing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1a. MAX245 Control Pin Configurations

$\overline{ENT}$	$\overline{ENR}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS	RECEIVERS
0	0	Normal Operation	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All 3-State
1	0	Shutdown	All 3-State	All Low-Power Receive Mode
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State

Table 1b. MAX245 Control Pin Configurations

$\overline{ENT}$	$\overline{ENR}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1–TA4	TB1–TB4	RA1–RA5	RB1–RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All Active	RA1–RA4 3-State, RA5 Active	RB1–RB4 3-State, RB5 Active
1	0	Shutdown	All 3-State	All 3-State	All Low-Power Receive Mode	All Low-Power Receive Mode
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	RA1–RA4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode	RB1–RB4 3-State, RB5 Low-Power Receive Mode

Table 1c. MAX246 Control Pin Configurations

$\overline{ENA}$	$\overline{ENB}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1–TA4	TB1–TB4	RA1–RA5	RB1–RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All 3-State	All Active	RB1–RB4 3-State, RB5 Active
1	0	Shutdown	All 3-State	All Active	RA1–RA4 3-State, RA5 Active	All Active
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	RA1–RA4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode	RB1–RB4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1d. MAX247/MAX248/MAX249 Control Pin Configurations

$\overline{ENTA}$	$\overline{ENTB}$	$\overline{ENRA}$	$\overline{ENRB}$	OPERATION STATUS		TRANSMITTERS		RECEIVERS	
					MAX247	TA1–TA4	TB1–TB4	RA1–RA4	RB1–RB5
					MAX248	TA1–TA4	TB1–TB4	RA1–RA4	RB1–RB4
					MAX249	TA1–TA3	TB1–TB3	RA1–RA5	RB1–RB5
0	0	0	0	Normal Operation		All Active	All Active	All Active	All Active
0	0	0	1	Normal Operation		All Active	All Active	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	0	1	0	Normal Operation		All Active	All Active	All 3-State	All Active
0	0	1	1	Normal Operation		All Active	All Active	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	1	0	0	Normal Operation		All Active	All 3-State	All Active	All Active
0	1	0	1	Normal Operation		All Active	All 3-State	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	1	1	0	Normal Operation		All Active	All 3-State	All 3-State	All Active
0	1	1	1	Normal Operation		All Active	All 3-State	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	0	0	0	Normal Operation		All 3-State	All Active	All Active	All Active
1	0	0	1	Normal Operation		All 3-State	All Active	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	0	1	0	Normal Operation		All 3-State	All Active	All 3-State	All Active
1	0	1	1	Normal Operation		All 3-State	All Active	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	1	0	0	Shutdown		All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode	Low-Power Receive Mode
1	1	0	1	Shutdown		All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	1	1	0	Shutdown		All 3-State	All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode
1	1	1	1	Shutdown		All 3-State	All 3-State	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Detailed Description

The MAX220–MAX249 contain four sections: dual charge-pump DC-DC voltage converters, RS-232 drivers, RS-232 receivers, and receiver and transmitter enable control inputs.

Dual Charge-Pump Voltage Converter

The MAX220–MAX249 have two internal charge-pumps that convert +5V to ±10V (unloaded) for RS-232 driver operation. The first converter uses capacitor C1 to double the +5V input to +10V on C3 at the V+ output. The second converter uses capacitor C2 to invert +10V to -10V on C4 at the V- output.

A small amount of power may be drawn from the +10V (V+) and -10V (V-) outputs to power external circuitry (see the *Typical Operating Characteristics* section), except on the MAX225 and MAX245–MAX247, where these pins are not available. V+ and V- are not regulated, so the output voltage drops with increasing load current. Do not load V+ and V- to a point that violates the minimum ±5V EIA/TIA-232E driver output voltage when sourcing current from V+ and V- to external circuitry.

When using the shutdown feature in the MAX222, MAX225, MAX230, MAX235, MAX236, MAX240, MAX241, and MAX245–MAX249, avoid using V+ and V- to power external circuitry. When these parts are shut down, V- falls to 0V, and V+ falls to +5V. For applications where a +10V external supply is applied to the V+ pin (instead of using the internal charge pump to generate +10V), the C1 capacitor must not be installed and the $\overline{SHDN}$ pin must be tied to V_{CC}. This is because V+ is internally connected to V_{CC} in shutdown mode.

RS-232 Drivers

The typical driver output voltage swing is ±8V when loaded with a nominal 5kΩ RS-232 receiver and V_{CC} = +5V. Output swing is guaranteed to meet the EIA/TIA-232E and V.28 specification, which calls for ±5V minimum driver output levels under worst-case conditions. These include a minimum 3kΩ load, V_{CC} = +4.5V, and maximum operating temperature. Unloaded driver output voltage ranges from (V+ -1.3V) to (V- +0.5V).

Input thresholds are both TTL and CMOS compatible. The inputs of unused drivers can be left unconnected since 400kΩ input pull-up resistors to V_{CC} are built in (except for the MAX220). The pull-up resistors force the outputs of unused drivers low because all drivers invert. The internal input pull-up resistors typically source 12µA, except in shutdown mode where the pull-ups are disabled. Driver outputs turn off and enter a high-impedance state—where leakage current is typically microamperes (maximum 25µA)—when in shutdown mode, in three-state mode, or when device power is removed. Outputs can be driven to ±15V. The power-supply current typically drops to 8µA in shutdown mode. The MAX220 does not have pull-up resistors to force the outputs of the unused drivers low. Connect unused inputs to GND or V_{CC}.

The MAX239 has a receiver three-state control line, and the MAX223, MAX225, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241 have both a receiver three-state control line and a low-power shutdown control. Table 2 shows the effects of the shutdown control and receiver three-state control on the receiver outputs.

The receiver TTL/CMOS outputs are in a high-impedance, three-state mode whenever the three-state enable line is high (for the MAX225/MAX235/MAX236/MAX239–MAX241), and are also high-impedance whenever the shutdown control line is high.

When in low-power shutdown mode, the driver outputs are turned off and their leakage current is less than 1µA with the driver output pulled to ground. The driver output leakage remains less than 1µA, even if the transmitter output is backdriven between 0V and (V_{CC} + 6V). Below -0.5V, the transmitter is diode clamped to ground with 1kΩ series impedance. The transmitter is also zener clamped to approximately V_{CC} + 6V, with a series impedance of 1kΩ.

The driver output slew rate is limited to less than 30V/µs as required by the EIA/TIA-232E and V.28 specifications. Typical slew rates are 24V/µs unloaded and 10V/µs loaded with 3Ω and 2500pF.

RS-232 Receivers

EIA/TIA-232E and V.28 specifications define a voltage level greater than 3V as a logic 0, so all receivers invert. Input thresholds are set at 0.8V and 2.4V, so receivers respond to TTL level inputs as well as EIA/TIA-232E and V.28 levels.

The receiver inputs withstand an input overvoltage up to ±25V and provide input terminating resistors with

Table 2. Three-State Control of Receivers

PART	SHDN	$\overline{SHDN}$	EN	$\overline{EN(R)}$	RECEIVERS
MAX223	—	Low High High	X Low High	—	High Impedance Active High Impedance
MAX225	—	—	—	Low High	High Impedance Active
MAX235 MAX236 MAX240	Low Low High	—	—	Low High X	High Impedance Active High Impedance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

nominal 5kΩ values. The receivers implement Type 1 interpretation of the fault conditions of V.28 and EIA/TIA-232E.

The receiver input hysteresis is typically 0.5V with a guaranteed minimum of 0.2V. This produces clear output transitions with slow-moving input signals, even with moderate amounts of noise and ringing. The receiver propagation delay is typically 600ns and is independent of input swing direction.

Low-Power Receive Mode

The low-power receive-mode feature of the MAX223, MAX242, and MAX245–MAX249 puts the IC into shutdown mode but still allows it to receive information. This is important for applications where systems are periodically awakened to look for activity. Using low-power receive mode, the system can still receive a signal that will activate it on command and prepare it for communication at faster data rates. This operation conserves system power.

Negative Threshold—MAX243

The MAX243 is pin compatible with the MAX232A, differing only in that RS-232 cable fault protection is removed on one of the two receiver inputs. This means that control lines such as CTS and RTS can either be driven or left floating without interrupting communication. Different cables are not needed to interface with different pieces of equipment.

The input threshold of the receiver without cable fault protection is -0.8V rather than +1.4V. Its output goes positive only if the input is connected to a control line that is actively driven negative. If not driven, it defaults to the 0 or "OK to send" state. Normally, the MAX243's other receiver (+1.4V threshold) is used for the data line (TD or RD), while the negative threshold receiver is connected to the control line (DTR, DTS, CTS, RTS, etc.).

Other members of the RS-232 family implement the optional cable fault protection as specified by EIA/TIA-232E specifications. This means a receiver output goes high whenever its input is driven negative, left floating, or shorted to ground. The high output tells the serial communications IC to stop sending data. To avoid this, the control lines must either be driven or connected with jumpers to an appropriate positive voltage level.

Shutdown—MAX222–MAX242

On the MAX222, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241, all receivers are disabled during shutdown. On the MAX223 and MAX242, two receivers continue to operate in a reduced power mode when the chip is in shutdown. Under these conditions, the propagation delay increases to about 2.5µs for a high-to-low input transition. When in shutdown, the receiver acts as a CMOS inverter with no hysteresis. The MAX223 and MAX242 also have a receiver output enable input ($\overline{EN}$ for the MAX242 and EN for the MAX223) that allows receiver output control independent of $\overline{SHDN}$ (SHDN for MAX241). With all other devices, $\overline{SHDN}$ (SHDN for MAX241) also disables the receiver outputs.

The MAX225 provides five transmitters and five receivers, while the MAX245 provides ten receivers and eight transmitters. Both devices have separate receiver and transmitter-enable controls. The charge pumps turn off and the devices shut down when a logic high is applied to the ENT input. In this state, the supply current drops to less than 25µA and the receivers continue to operate in a low-power receive mode. Driver outputs enter a high-impedance state (three-state mode). On the MAX225, all five receivers are controlled by the $\overline{ENR}$ input. On the MAX245, eight of the receiver outputs are controlled by the $\overline{ENR}$ input, while the remaining two receivers (RA5 and RB5) are always active. RA1–RA4 and RB1–RB4 are put in a three-state mode when $\overline{ENR}$ is a logic high.

Receiver and Transmitter Enable Control Inputs

The MAX225 and MAX245–MAX249 feature transmitter and receiver enable controls.

The receivers have three modes of operation: full-speed receive (normal active), three-state (disabled), and low-power receive (enabled receivers continue to function at lower data rates). The receiver enable inputs control the full-speed receive and three-state modes. The transmitters have two modes of operation: full-speed transmit (normal active) and three-state (disabled). The transmitter enable inputs also control the shutdown mode. The device enters shutdown mode when all transmitters are disabled. Enabled receivers function in the low-power receive mode when in shutdown.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tables 1a–1d define the control states. The MAX244 has no control pins and is not included in these tables.

The MAX246 has ten receivers and eight drivers with two control pins, each controlling one side of the device. A logic high at the A-side control input ($\overline{ENA}$) causes the four A-side receivers and drivers to go into a three-state mode. Similarly, the B-side control input ($\overline{ENB}$) causes the four B-side drivers and receivers to go into a three-state mode. As in the MAX245, one A-side and one B-side receiver (RA5 and RB5) remain active at all times. The entire device is put into shutdown mode when both the A and B sides are disabled ($\overline{ENA}$ = $\overline{ENB}$ = +5V).

The MAX247 provides nine receivers and eight drivers with four control pins. The $\overline{ENRA}$ and $\overline{ENRB}$ receiver enable inputs each control four receiver outputs. The $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$ transmitter enable inputs each control four drivers. The ninth receiver (RB5) is always active. The device enters shutdown mode with a logic high on both $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$.

The MAX248 provides eight receivers and eight drivers with four control pins. The $\overline{ENRA}$ and $\overline{ENRB}$ receiver enable inputs each control four receiver outputs. The $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$ transmitter enable inputs control four drivers each. This part does not have an always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$.

The MAX249 provides ten receivers and six drivers with four control pins. The $\overline{ENRA}$ and $\overline{ENRB}$ receiver enable inputs each control five receiver outputs. The $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$ transmitter enable inputs control three drivers each. There is no always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$. In shutdown mode, active receivers operate in a low-power receive mode at data rates up to 20kbits/sec.

Applications Information

Figures 5 through 25 show pin configurations and typical operating circuits. In applications that are sensitive to power-supply noise, V_{CC} should be decoupled to ground with a capacitor of the same value as C1 and C2 connected as close as possible to the device.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

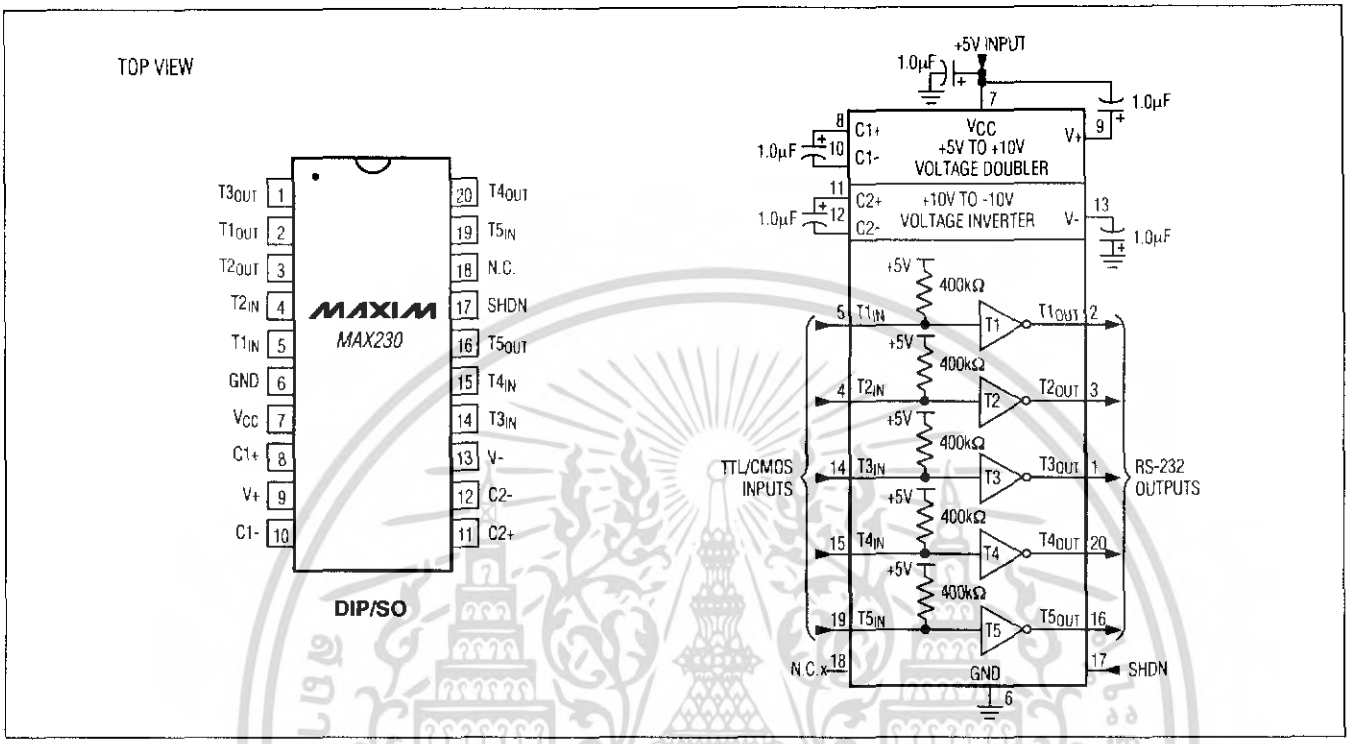


Figure 9. MAX230 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

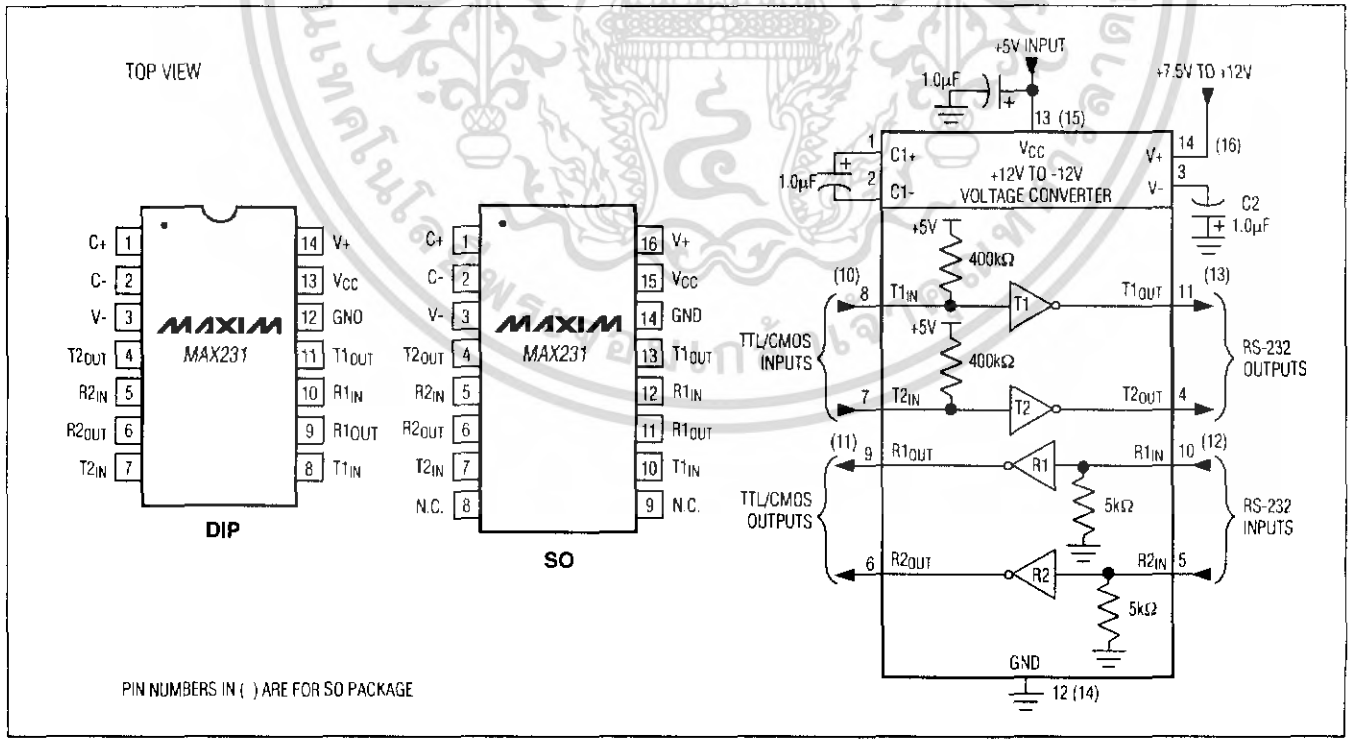


Figure 10. MAX231 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้