สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบติดตามยานพาหนะผ่านระบบ GPS

VEHICLE TRACKING VIA GPS SYSTEM

โดย

นายนิธิ วิภูษิตวรกุล

นางสาวบัณฑิตา แก้วคำ

นายประวิทย์ เชี่ยวประสิทธิ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62656
วัน,เดือน,ปี 21 ส.ค. 2549

.b 19622241
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบติดตามยานพาหนะผ่านระบบ GPS

VEHICLE TRACKING VIA GPS SYSTEM

โดย

นายนิธิ วิภูษิตวรกุล 45010403

นางสาวบัณฑิตา แก้วคำ 45010423

นายประวิทย์ เชี่ยวประสิทธิ์ 45010441

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์

รศ.ดร.สุวิพล สิทธิชีวภาค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **ระบบติดตามยานพาหนะผ่านระบบ GPS**

VEHICLE TRACKING VIA GPS SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นายนิธิ วิภูษิตวรกุล 45010403

2. นางสาวบัณฑิตา แก้วคำ 45010423

3. นายประวิทย์ เขี่ยวประสิทธิ์ 45010441

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.สุวิพล สิทธิชีวภาค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบติดตามยานพาหนะผ่านระบบ GPS

VEHICLE TRACKING VIA GPS SYSTEM

โดย นายนิธิ วิฏยิตวรกุล 45010403
นางสาวบัณฑิตา แก้วคำ 45010423
นายประวิทย์ เชี่ยวประสิทธิ์ 45010441

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์
รศ.ดร.สุวิพล สิทธิชีวภาค

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาระบบ GPS (Global Position System) และนำคุณสมบัติของระบบ GPS มาประยุกต์ใช้งานกับยานพาหนะ ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของระบบ GPS คือ สามารถระบุพิกัดตำแหน่งของวัตถุที่เราต้องการทราบได้ โดยเราจะนำเครื่องรับ GPS มาติดไว้กับรถ เมื่อรถเคลื่อนที่ไป เครื่องรับ GPS จะทำการเก็บข้อมูล จากนั้นก็นำข้อมูลที่ได้ไปแสดงผลและใช้งานต่อไป

ABSTRACT

This project concerns about studying GPS system (Global Position System) and application of using GPS for the vehicle. The important property of GPS is able to identify coordinate and position of target. So we attach GPS receiver to the vehicle. When the vehicle moves, GPS receiver will accumulate data, then we take received data to display and apply anymore.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ 3

2.1 โครงสร้างของระบบจีพีเอส 5

2.1.1 ส่วนของกลุ่มดาวเทียม 5

2.1.2 ส่วนสถานีควบคุม 6

2.1.3 ส่วนของผู้ใช้ 8

2.2 การให้บริการจีพีเอส (GPS Service) 10

2.2.1 บริการบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์ (Precise Positioning Service : PPS) 10

2.2.2 บริการบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน (Standard Positioning Service : SPS) 11

2.3 Selective Availability (SA) 11

2.4 การทำงานของเครื่องรับ จีพีเอส 12

2.4.1การเลือกดาวเทียม (Satellite Selection) 12

2.4.2 การรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Signal Acquisition) 13

2.5 ระบบพิกัดอ้างอิงของ จีพีเอส 14

2.6 มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA) และโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารของจีพีเอส 19

2.6.1 มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA standard) 19

2.6.2 การอินเตอร์เฟสทางไฟฟ้า (Electrical Interface) 19

2.6.3 มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ- 0183 19

2.6.4 โปรโตคอลเอ็นเอ็มอีเอ- 0183 20

2.6.5 ข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA Message) 20

2.6.6 รายละเอียดภายในเรคอร์ดต่าง ๆ ของข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ 21

2.7 การสื่อสารข้อมูลอนุกรม 26

2.7.1 ความเร็วของการสื่อสารข้อมูลอนุกรม 26

2.7.2 รูปแบบของการส่งข้อมูลอนุกรม 26

2.8 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS – 232 27

2.9 โค้ด(code) 30

2.10 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 31

2.11 หน่วยความจำ อีสแควพรอม (EEPROM) แบบไอสแควซี (24XX) 34

2.11.1 คุณสมบัติของหน่วยความจำอีสแควพรอมแบบไอสแควซี 34

2.11.2 การจัดขาสัญญาณของหน่วยความจำ 24XX 35

2.11.3 การเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

2.11.4 การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ 37

2.12 มาตรฐานคำสั่งของโมเด็ม 40

บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง 46

3.1 ภาพรวมของโครงงาน 46

3.2 ส่วนรับสัญญาณจากโมดูล จีพีเอส 48

3.2.1 ส่วนโมดูลจีพีเอส 48

3.2.2 วงจรการเชื่อมต่อจีพีเอสโมดูล 48

3.3 วงจรที่ใช้ในการรับสัญญาณจากโมดูลจีพีเอสและแสดงไฟสถานะ 49

3.4 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232 51

3.5 วงจรการรับส่งสัญญาณของหน่วยความจำอีสแควพรอม 51

3.6 วงจรเรคกูเลเตอร์ (Regulator) 52

3.7 การทดสอบสัญญาณจากโมดูลจีพีเอส และการอ่านค่าจากหน่วยความจำอีสแควพรอม 53

3.8 การนำค่าพิกัดที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ EEPROM แสดงบนแผนที่ 55

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 57

4.1 การตรวจสอบการทำงานของโมดูลจีพีเอส 57

4.2 การตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 59

4.3 ส่วนประกอบของชิ้นงาน 61

4.4 การกำหนดกรอบเส้นทาง 63

4.5 การทดลองใช้งานอุปกรณ์ภายในรถ 63

บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป 68

ภาคผนวก

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1 Block diagram ส่วนแรก(ส่วนรับข้อมูลจีพีเอส)	1
รูปที่ 1.2 Block diagram ส่วนที่สอง (ส่วนเปรียบเทียบกรอบพื้นที่ และส่ง sms)	2
รูปที่ 2.1 การทำงานของระบบจีพีเอสอย่างง่าย	3
รูปที่ 2.2 แสดงจำนวนและวงโคจรของดาวเทียมจีพีเอส	5
รูปที่ 2.3 แสดงจำนวนและการโคจรของดาวเทียมจีพีเอสทั้ง 24 ดวง ใน Orbit Plane	6
รูปที่ 2.4 สัญญาณดาวเทียมจีพีเอส	6
รูปที่ 2.5 แสดงสถานีควบคุมภาคพื้นดินทั้ง 5 จุด	7
รูปที่ 2.6 แสดงภาพการแทรคดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง	12
รูปที่ 2.7 Block Diagram อย่างง่ายของเครื่องรับจีพีเอส	13
รูปที่ 2.8 ระยะทางจากดาวเทียมมาถึงเครื่องรับจีพีเอส และ Clock bias	14
รูปที่ 2.9 การหาความยาวของวายเมื่อทราบความยาวเอกซ์, แซด และค่ามุมต่าง ๆ	14
รูปที่ 2.10 การหาพิกัดในระบบจีพีเอส	15
รูปที่ 2.11 ทรงกลมจำลองที่สร้างล้อมรอบดาวเทียมมีรัศมี 22,000 กิโลเมตร	15
รูปที่ 2.12 การตัดกันของทรงกลมสองทรงกลม	16
รูปที่ 2.13 การตัดกันของทรงกลมสามทรงกลม	16
รูปที่ 2.14 จุดตัดกันของดาวเทียม เอ และบี	17
รูปที่ 2.15 จุดตัดกันของดาวเทียม เอ และบี ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป	17
รูปที่ 2.16 จุดตัดกันของดาวเทียม เอ, บี, ซี ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป	18
รูปที่ 2.17 จุดตัดกันอย่างถูกต้องของดาวเทียม เอ, บี, ซี	18
รูปที่ 2.18 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ Null Modem	29
รูปที่ 2.19 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ RS-232 โดยใช้สัญญาณเพียง3 เส้น	29
รูปที่ 2.20 ตารางรหัส ASCII แทนตัวอักษร	31
รูปที่ 2.21 บล็อกไดอะแกรมของหน่วยความจำอีสแควพรอมตระกูล 24XX	35
รูปที่ 2.22 ขาสัญญาณโดยทั่วไปของไอซี 24XX	35
รูปที่ 2.23 รหัสคอนโทรลไบต์ของ 24XX/32/64/128/256 ของไมโครชิพ	36
รูปที่ 2.24 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์	38
รูปที่ 2.25 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบระบุตำแหน่งครั้งละหลาย ๆ ไบต์	39
รูปที่ 2.26 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบไม่ระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์	39
รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของโครงงาน	47
รูปที่ 3.2 GPS GM-82 module	48
รูปที่ 3.3 วงจร Connect GPS Module	49
รูปที่ 3.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งาน	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 3.5 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232 51
รูปที่ 3.6 วงจรหน่วยความจำอีสแคว์พรอม 52
รูปที่ 3.7 วงจรหน่วยความจำอีสแคว์พรอมแบบหลายตัว 52
รูปที่ 3.8 วงจรเรคกูเลเตอร์ 52
รูปที่ 3.9 วิธีการเปิดใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอมินอล 53
รูปที่ 3.10 วินโดว์ New Connection 53
รูปที่ 3.11 วินโดว์ Connect To 54
รูปที่ 3.12 วินโดว์ Port Properics 54
รูปที่ 3.13 สัญญาณจีพีเอสที่ได้ออกมาโดยดูจากโปรแกรม ไฮเปอร์เทอมินอล 55
รูปที่ 3.14 วงจรรวม 56
รูปที่ 4.1 วัดสัญญาณที่ออกมาจากโมดูลจีพีเอส 57
รูปที่ 4.2 วัดสัญญาณที่ออกจาก MAX – 232 57
รูปที่ 4.3 สัญญาณที่จีพีเอสส่งออกมาโดยดูจากโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล 58
รูปที่ 4.4 เช็ควงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 59
รูปที่ 4.5 ทดสอบโปรแกรมการส่งผ่านข้อมูลทีละไบต์ 60
รูปที่ 4.6 คำสั่ง AT-Command ส่ง sms 60
รูปที่ 4.7 SMS ที่ส่งมาจากคำสั่งในรูปที่ 4.6 61
รูปที่ 4.8 ชิ้นงานภายใน (1) 61
รูปที่ 4.9 ชิ้นงานภายใน (2) 62
รูปที่ 4.10 ชิ้นงานภายนอก 62
รูปที่ 4.11 ไฟสถานะ 62
รูปที่ 4.12 ชิ้นงานด้านหลัง 63
รูปที่ 4.13 กำหนดกรอบเส้นทางก่อนนำชิ้นงานไปติดที่รถ 63
รูปที่ 4.14 ลักษณะสัญญาณไฟในขณะที่ชิ้นงานทำงาน 63
รูปที่ 4.15 ลักษณะสัญญาณไฟในขณะที่ชิ้นงานรับข้อมูล GPS ได้ 64
รูปที่ 4.16 ลักษณะไฟแสดงสถานะเมื่อออกนอกกรอบ 64
รูปที่ 4.17 ลักษณะไฟแสดงสถานะเมื่อออกนอกกรอบเกินเวลาที่กำหนด 64
รูปที่ 4.18 ลักษณะหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อมีการส่ง sms มายังโทรศัพท์เคลื่อนที่ปลายทาง 65
รูปที่ 4.19 ลักษณะหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อมีการเรียกเข้าเพื่อขอดูพิกัด ณ ขณะนั้น 65
รูปที่ 4.20 โทรศัพท์เคลื่อนที่จะทำการตัดสายเองตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.21 ลักษณะหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อได้รับ sms 66
รูปที่ 4.22 แสดงข้อมูลที่เก็บไว้ใน EEPROM 66
รูปที่ 4.23 โปรแกรมแผนที่แสดงเส้นทางการเดินรถเมื่อกดปุ่ม Read ที่ชิ้นงาน 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างระบบจีพีเอสและระบบกลอนนาส 4

ตารางที่ 2.2 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีจีเอ 21

ตารางที่ 2.3 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีแอลแอล 22

ตารางที่ 2.4 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีเอสเอ 22

ตารางที่ 2.5 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีเอสวี 23

ตารางที่ 2.6 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดอาร์เอ็มซี 24

ตารางที่ 2.7 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดวีทีจี 25

ตารางที่ 2.8 ตารางสรุปคุณสมบัติของ 6 เรคอร์ดหลักในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ 25

ตารางที่ 2.9 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-- 232 ทั้งแบบ DB-25 และ DB-9 28

ตารางที่ 2.10 โหมดการทำงานของพอร์ทสื่อสารอนุกรม 32

ตารางที่ 2.11 คอนโทรลไบต์ของหน่วยความจำแบบไอสแคว์ซีบัสของไมโครชิพ 37

ตารางที่ 2.12 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ 42

ตารางที่ 3.1 ค่าสถานะต่างๆของ LED ที่ใช้ในโครงงาน 50

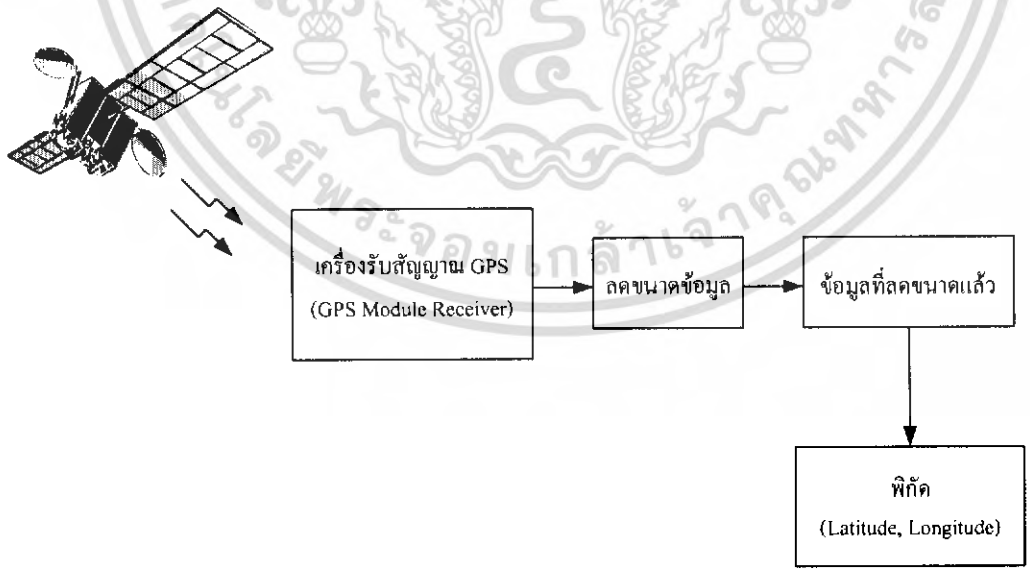
ตารางที่ 4.1 ตรวจสอบความแม่นยำของจีพีเอสเมื่อวางตำแหน่งเดิมเป็นเวลา 20 นาที 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการนำเอาระบบจีพีเอส (GPS : Global Positioning System) มาใช้งานอยู่ด้วยกันหลายด้าน เช่น งานที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจ เช่นภูมิศาสตร์, วิศวกรรมศาสตร์, สิ่งแวดล้อม งานด้านเกี่ยวกับขนส่ง ซึ่งระบบจีพีเอสนี้ ได้ถูกคิดค้นและพัฒนาโดย กระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา ซึ่งระบบจีพีเอสจะใช้ดาวเทียม 24 ดวง โคจรอยู่บนในระดับความสูงที่ไม่มีการรบกวนจากคลื่นวิทยุของโลก และวิธีการนี้สามารถให้ความถูกต้องได้อย่างเพียงพอในการบอกตำแหน่งบนโลก

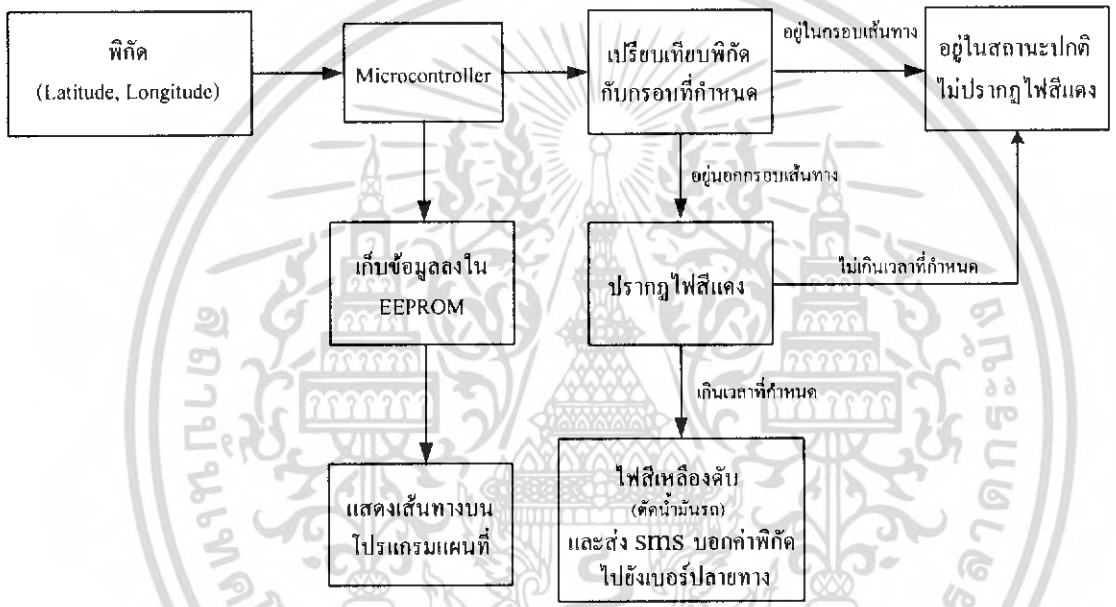
โครงงานนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้งานคุณสมบัติของจีพีเอส ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของระบบจีพีเอส คือ สามารถระบุพิกัด ตำแหน่งของวัตถุที่เราต้องการทราบได้ เพื่อใช้ในการตรวจสอบว่า รถยังอยู่ในกรอบเส้นทางหรือพื้นที่ที่เรากำหนดไว้(เช่น พื้นที่หรือเส้นทางการส่งของ)หรือไม่โดยจะมีหลักการคือนำอุปกรณ์(ชิ้นงานที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น)มาติดอยู่บนรถเพื่อที่จะเป็นตัวช่วยบอกว่าขณะนี้รถยังอยู่ในกรอบหรือพื้นที่ที่เรากำหนดหรือไม่ ถ้ารถยังอยู่ในพื้นที่ที่เรากำหนดก็จะไม่ปรากฏไฟสีแดงขึ้น แต่ถ้าเกิดรถได้เคลื่อนที่ไปนอกกรอบที่เรากำหนดก็จะปรากฏไฟสีแดงขึ้น ซึ่งก็สามารถทราบได้ว่ารถไม่อยู่ในกรอบที่เรากำหนดแล้วโดยภายในชิ้นงานนั้นจะมีวงจรอยู่ 2 ส่วนด้วยกัน ส่วนที่ 1 นั้นจะ ประกอบไปด้วยโมดูลรับสัญญาณ จีพีเอส และวงจรอินเตอร์เฟสซีเรียลพอร์ต(serial port interface) ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการรับพิกัดละติจูด,ลองติจูด, วันที่และ เวลาและค่าอื่นซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่นำไปใช้ว่าจะนำมาตรฐานใดไปใช้ จากนั้นก็จะไปทำการลดขนาดข้อมูลโดยจะเลือกนำไปใช้เฉพาะส่วนที่เป็นพิกัดละติจูดและลองติจูดออกมาแล้วนำพิกัดละติจูดและลองติจูดที่ได้นี้ไปให้ยังไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งอยู่ในส่วนที่2 ดังรูปที่1.1



รูปที่ 1.1 Block diagram ส่วนแรก(ส่วนรับข้อมูลจีพีเอส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่2 จะประกอบไปด้วยวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในส่วนนี้เมื่อได้รับพิกัดละติจูดและลองติจูดแล้วนั้นก็จะนำพิกัดนี้เข้าไปเปรียบเทียบกับกรอบเส้นทางที่เรากำหนด(เช่น พื้นที่การส่งของ) ว่าอยู่ในกรอบหรือนอกกรอบ ถ้าพิกัด(ละติจูดและลองดิจูด)อยู่ในกรอบก็จะไม่ปรากฏไฟสีแดง แต่ถ้าอยู่นอกกรอบก็จะปรากฏไฟสีแดงขึ้น และถ้ารถยังอยู่นอกกรอบเกินเวลาที่เรากำหนดไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสั่งตัดน้ำมันรถ ซึ่งเราจำลองด้วยการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัดไฟสถานะ (ไฟสีเหลือง) และทำการส่งข้อความ (sms) ซึ่งประกอบด้วยค่าพิกัด ณ ขณะนั้น และเวลา ผ่านโทรศัพท์มือถือไปยังเลขหมายปลายทางเพื่อแจ้งว่า ขณะนี้รถได้ออกนอกเส้นทางแล้ว และยังสามารถโทรเข้าเพื่อขอดูพิกัด ณ ขณะนั้นได้ ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 Block diagram ส่วนที่สอง (ส่วนเปรียบเทียบกรอบพื้นที่ และส่ง sms)

เมื่อเราต้องการดูว่า รถได้เดินทางไปที่ใดบ้าง ก็สามารถทำได้โดย นำชิ้นงานมาต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ กดปุ่ม Read ที่ตัวชิ้นงาน แล้วจึงทำการแสดงการเคลื่อนที่ของรถบนแผนที่

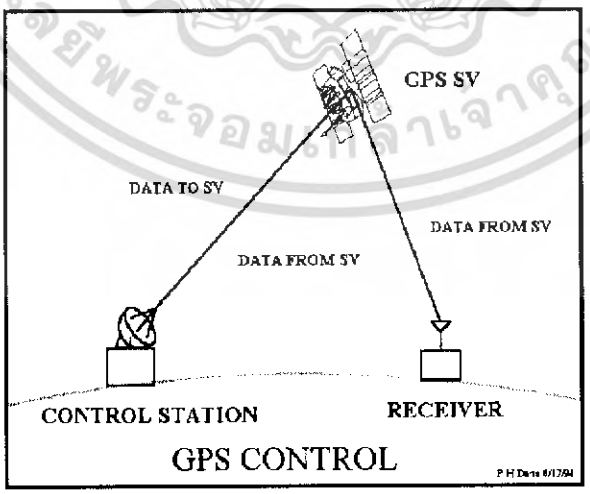
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

มนุษย์เรามีวิวัฒนาการการบอกทางมาตั้งแต่สมัยแรกๆด้วยวิธีการมองและสังเกตจากดวงดาว ซึ่งก็เป็นวิธีที่ใช้ได้ดี เพราะดวงดาวอยู่ห่างจากโลกเรามาก ทำให้เราสามารถมองเห็นกลุ่มดาวต่างๆในบริเวณกว้าง แต่ว่ามีข้อเสียคือ การสังเกตจากดวงดาวนั้นทำได้เฉพาะตอนกลางคืนและต้องเป็นกลางคืนที่ท้องฟ้าเปิดเท่านั้น

ต่อมามนุษย์ได้สร้างระบบขึ้นมาเรียกว่า ระบบโลว์ราน (LORAN) โดยหลักการแล้วจะใช้คลื่นวิทยุซึ่งติดตั้งตามพื้นที่ส่วนต่างๆ และอีกระบบต่อมาใช้ดาวเทียมเหมือนระบบจีพีเอส คือ ระบบที่เรียกว่า ทรานส์ซิต ซิสเตม (TRANSIT SYSTEM) หรือ แซทนาฟ (SATNAF) แต่ทั้งสองระบบนี้ก็ได้เลิกใช้งานไปแล้ว เนื่องจากในส่วนของระบบโลว์รานนั้นสามารถที่จะบอกตำแหน่งได้เพียงบริเวณหนึ่งๆเท่านั้น ไม่สามารถที่จะบอกตำแหน่งได้ครอบคลุมทั้งหมด ส่วนระบบทรานส์ซิต ซิสเตมนั้น สามารถที่จะบอกตำแหน่งครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่าแต่ก็มีข้อเสียคือ วงโคจรของระบบทรานส์ซิตนั้นอยู่ในระดับที่ต่ำและมีจำนวนน้อยเกินไป

กระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา จึงได้ดำเนินโครงการ โกลบอลโพสิชันนิ่ง ซิสเตม(Global Positioning System) หรือ จีพีเอส (GPS)ขึ้นมา โดยจีพีเอสจะใช้ดาวเทียมจำนวน 24 ดวง โคจรอยู่ในระดับสูงพ้นจากการรบกวนของคลื่นวิทยุ โดยให้ความถูกต้องและเพียงพอที่จะชี้ตำแหน่งได้ทุกแห่งบนโลกตลอดเวลา 24 ชั่วโมง และในปัจจุบันมีการนำจีพีเอสมาใช้ในงานหลากหลายสาขาที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจ เช่น ภูมิศาสตร์ วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และยังมีระบบการค้นหาที่มีลักษณะเดียวกันกับจีพีเอส แต่เป็นของประเทศรัสเซีย นั่นคือ ระบบกลอนนาส (Glonass)



รูปที่ 2.1 การทำงานของระบบจีพีเอสอย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลอนนาส (Glonass)

กลอนนาส(GLONASS : Global 'Naya Navigation Naya Sputnikovaya Sistema) เป็นระบบนำร่องของประเทศรัสเซียที่มีสถานีส่งสัญญาณโคจรอยู่เหนือพื้นโลกเช่นเดียวกับระบบจีพีเอส และการวางระบบโดยรวมก็มีความคล้ายกับจีพีเอส คือ มีทั้งส่วนที่โคจรในอวกาศ ส่วนที่เป็นสถานีควบคุมบนพื้นโลกและส่วนผู้ใช้ ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบจีพีเอสและระบบกลอนนาสแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างระบบจีพีเอสและระบบกลอนนาส

รูปแบบวงโคจร	จีพีเอส	กลอนนาส
จำนวนดาวเทียม	24	4
จำนวนระนาบของวงโคจร	6	3
มุมเอียงวงโคจร(องศา)	55	56.8
รัศมีวงโคจร(กิโลเมตร)	26,560	25,510
วงรอบ (ชั่วโมง : นาที)	11 : 58	11 : 16

คุณสมบัติของสัญญาณ	จีพีเอส	กลอนนาส
คลื่นพาห์ (MHz)	L1 : 1,575.42 L2 : 1,227.60	L1 : (1,602 + 0.5625n) L2 : (1,246 + 0.4375n)
รหัส	CDMA C/A Code on L1 P Code on L1,L2	FDMA C/A Code on L1 P Code on L1,L2
ความถี่ของรหัส	C/A Code : 1.023 P Code : 10.23	C/A Code : 0.511 P Code : 5.11

มาตรฐานที่ใช้อ้างอิง	จีพีเอส	กลอนนาส
ระบบพิกัดเวลา	WGS-84	SGS-85
ระบบเวลา	UTC (USNO)	UTC (SU)

ความแม่นยำตามที่ออกแบบไว้	จีพีเอส	กลอนนาส
ตามแนวตั้ง (m)	100	100
ตามแนวนอน (m)	140	150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นว่า ระบบจีพีเอสและระบบกลอนนาสนั้นจะคล้ายกันมาก แต่ข้อแตกต่างที่โดดเด่นคือ ในระบบจีพีเอสมีเอสเอ (S/A) เพื่อลดความแม่นยำลง แต่ระบบกลอนนาสจะไม่มีการใช้เอสเอ

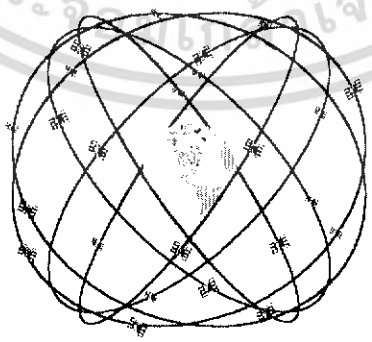
2.1 โครงสร้างของระบบจีพีเอส

ระบบจีพีเอสประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนของกลุ่มดาวเทียม (Space Segmant) ส่วนสถานีควบคุม(Operation Control Segment) และส่วนของผู้ใช้ (User Equipment Segment) โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วนดังนี้

2.1.1 ส่วนของกลุ่มดาวเทียม

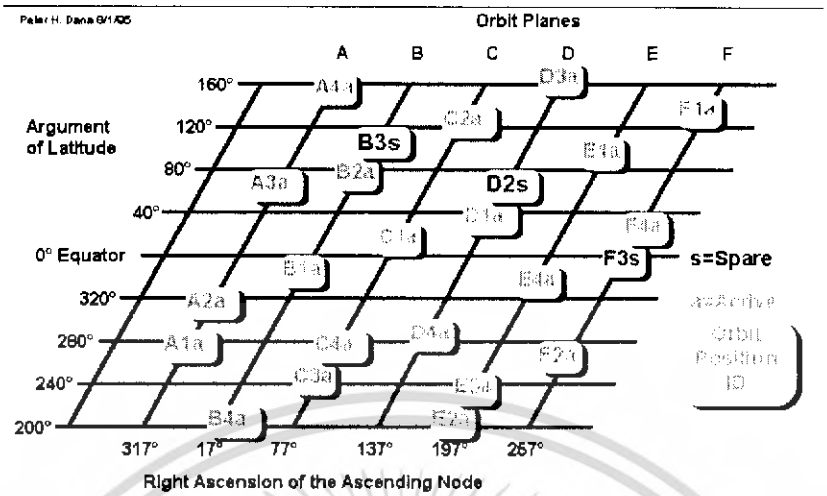
ในระบบดาวเทียมจีพีเอส จะประกอบด้วยดาวเทียมทั้งหมด 24 ดวง โดยดาวเทียมจำนวน 21 ดวง จะใช้ในการบอกพิกัด ส่วนที่เหลือ 3 ดวงจะสำรองเอาไว้ ดาวเทียมทั้ง 24 ดวงนี้จะมีวงโคจรอยู่ 6 วงโคจร ด้วยกัน โดยแบ่งจำนวนดาวเทียมวงโคจรละ 4 ดวง และมีรัศมีวงโคจรสูงจากพื้นโลกประมาณ 20,000 กิโลเมตร (12,600 ไมล์) ดังรูปที่ 2.2

ดาวเทียมจะโคจรครบ 1 รอบ โดยใช้เวลาประมาณ 11 ชั่วโมง 58 นาที ดาวเทียมจึงควรถูกวางในระนาบโคจร 4 ดวงขึ้นไป สำหรับการบอกตำแหน่งที่จะต้องสังเกตได้ ณ ทุก ๆ ที่บนโลกดาวเทียมจะส่งสัญญาณเพื่อการวัดระยะทาง (Ranging Signal) บน 2 ความถี่ แอลหนึ่ง (L1) ที่ 1575.42 เมกกะเฮิรตซ์และแอลสอง (L2) ที่ 1227.6 เมกกะเฮิรตซ์ สัญญาณดาวเทียมจะถูกส่งด้วยเทคนิค สเปรดสเปคตรัม (Spread Spectrum) โดยใช้รหัสที่แตกต่างกัน 2 แบบ คือ รหัสซีเอโค้ด (C/A: Coarse/Acquisition Code) ที่ความถี่ 1.023 เมกกะเฮริตซ์บนแอลหนึ่ง และรหัสพีวายโค้ด (Precision Code) ความถี่ 10.23 เมกกะเฮิรตซ์ บนแอลหนึ่ง และแอลสอง ทั้งรหัสซีเอโค้ด และรหัสพีวายโค้ดสามารถถูกใช้เพื่อบอกระยะทางระหว่างดาวเทียมกับผู้ใช้งานได้ แต่ตามปกติรหัสพีจะถูกเข้ารหัสไว้และสามารถถูกใช้บอกระยะทางระหว่างทางการเท่านั้น รหัสพีที่ถูกเข้ารหัสอีกครั้งจะเรียกว่ารหัสวาย ส่วนข่าวสารการนำร่อง (Navigation Message) คือข้อมูลไบอัสสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม (Satellite Clock Bias Data) ข้อมูลอีฟิเมอริส (Satellite Ephemeris Data) สำหรับดาวเทียมที่ส่งสัญญาณข้อมูลเพื่อใช้ในการแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดจากการเดินทางผ่านบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionospheric Signal Propagation Correction Data) นั้นมีข้อมูลอัลมาแนคของดาวเทียม (Satellite Almanac Data) และดาวเทียมทุกดวงในกลุ่มส่วนสถานีควบคุม



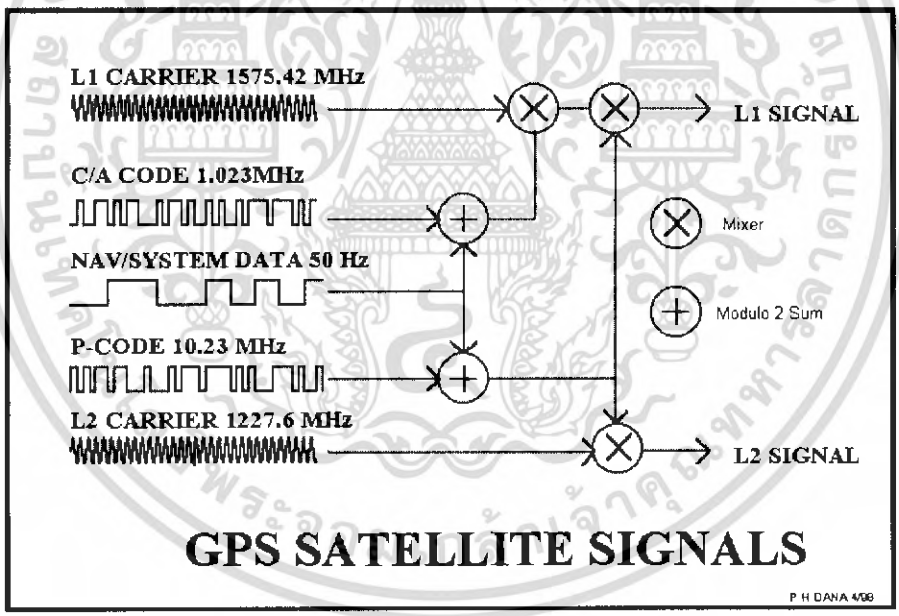
รูปที่ 2.2 แสดงจำนวนและวงโคจรของดาวเทียมจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Simplified Representation of Nominal GPS Constellation

รูปที่ 2.3 แสดงจำนวนและการโคจรของดาวเทียมจีพีเอสทั้ง 24 ดวง ใน Orbit Plane



รูปที่ 2.4 สัญญาณดาวเทียมจีพีเอส

2.1.2 ส่วนสถานีควบคุม

ในส่วนของสถานีควบคุมจะประกอบด้วย 5 สถานีย่อย (Monitor Station) ตั้งอยู่ที่เมือง Diego, Garcia Ascention Island, Kwajalein และHawaii ส่วนสถานีควบคุมหลัก (Master Control Station) 1 สถานี ซึ่งเป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของระบบดาวเทียมจีพีเอสตั้งอยู่ที่เมือง Colorado Springs รัฐ Colorado สหรัฐอเมริกา สถานีควบคุมต่าง ๆ เหล่านี้มีหน้าที่คอยติดต่อสื่อสาร (Tracking) กับดาวเทียมทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณผล (Computation) เพื่อบอกตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง และส่งข้อมูลที่ได้ไปยังดาวเทียมอยู่ตลอดเวลา ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่ทันสมัยอยู่เสมอ ดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 แสดงสถานีควบคุมภาคพื้นดินทั้ง 5 จุด

สถานีควบคุมมีหน้าที่รับผิดชอบการทำงานของดาวเทียมจีพีเอส เช่น การรักษาตำแหน่งของดาวเทียม (Station Keeping) ตรวจสภาพและสถานะของระบบต่าง ๆ บนดาวเทียม แผงเซลแสงอาทิตย์ระดับพลังงานของแบตเตอรี่ การเปิดดาวเทียมสำรอง ปรับปรุง ข้อมูลอีฟีเมอริส ข้อมูลอัลมาแนคและตัวชี้ค่าอื่น ๆ ในข่าวสารการนำร่อง วันละครั้งหรือตามแต่ความจำเป็นค่าอีฟีเมอริสพารามิเตอร์ คือ ข้อมูลที่แม่นยำของวงโคจรดาวเทียมที่จะปรับปรุงทุก ๆ 4 – 6 ชั่วโมง ซึ่งข้อมูลข่าวสารการนำร่องสามารถเก็บไว้ได้อย่างน้อย 14 – 20 วัน การปรับปรุงทุก ๆ 4 – 6 ชั่วโมงขึ้นอยู่กับดาวเทียมแต่ละรุ่น ข้อมูลอัลมาแนคเป็นสับเซตของอีฟีเมอริสพารามิเตอร์ที่ไม่เที่ยงตรงมาก จะประกอบไปด้วย 7 พารามิเตอร์จากอีฟีเมอริส 15 ตัว ซึ่งใช้ในการทำนายตำแหน่งโดยประมาณของดาวเทียมและการรับสัญญาณ นอกจากนี้ส่วนสถานีควบคุมจะทำการวัดซูโดเรนจ์ (Pseudo Range) และเดลต้าเรนจ์ (Delta Range) เพื่อกำหนดตัวแปรแก้ไขเวลา, ข้อมูลอัลมาแนค และข้อมูลอีฟีเมอริส ส่วนสถานีควบคุมประกอบด้วย 3 ส่วนคือ สถานีควบคุมหลัก (Master Control Station : MCS) สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station : MS) และจานสายอากาศภาคพื้นดิน (Ground Antenna : GA)

สถานีสังเกตการณ์

สถานีสังเกตการณ์จะมีเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสทั้ง 2 ความถี่ (L1 และL2) โดยจะทำการวัดค่าซูโดเรนจ์ และเดลต้าเรนจ์ของแต่ละดาวเทียมที่ผ่านสถานีและมีนาฬิกา Cesium 2 ตัวที่ตั้งเวลาเพื่อใช้ในการอ้างอิงกับเวลาของระบบจีพีเอส

สัญญาณจากดาวเทียมที่ส่งมาถึงสถานีสังเกตการณ์นั้นมีการหักเหและล่าช้าในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ และโทรโพสเฟียร์ เรียกการล่าช้านี้ว่า ไอโอโนสเฟียดีเลย์ (Ionosphere Delay) และโทรโพส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟียร์ดีเลย์ (Troposphere Delay) การล่าช้านี้จะทำให้เกิดการผิดพลาดของข้อมูล ซึ่งการแก้ไขนั้นสถานีสังเกตการณ์จะรวบรวมข้อมูลจากสัญญาณที่ได้รับทั้ง 2 ความถี่ อุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และจะส่งไปยังสถานีควบคุมหลักโดยกรมอุตุนิยมวิทยาของสหรัฐอเมริกา เพื่อทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาดและหาข้อมูลที่ต้องใช้ต่อไป

สถานีควบคุมหลัก

สถานีควบคุมหลักมีหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากสถานีสังเกตการณ์เพื่อตรวจสอบและกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม ข้อมูลอัลมาแนค ข้อมูลอีฟีเมอริสให้ถูกต้องโดยเริ่มจากแก้ไขค่าซูโดเรนจ์ที่เกิดจากการล่าช้าเนื่องจากการผ่านชั้นบรรยากาศของทุก ๆ สถานีสังเกตการณ์จากนั้นจึงนำไปผ่านคาลมานฟิลเตอร์ (Kalman Filter) เพื่อให้ได้ค่าอีฟีเมอริสและค่าการเหลื่อมของสัญญาณนาฬิกาที่ถูกต้องโดยฟิลเตอร์จะถูกอัพเดททุก ๆ 15 นาทีด้วยค่าตำแหน่งของดาวเทียมที่ถูกคำนวณในระบบโคออดิเนตแบบเอิร์ธเซนเตอร์เอิร์ธฟิกซ์ (Earth – Center Earth – Fixed (ECEF)) สถานีควบคุมหลักจะเป็นศูนย์กลางในการทำงานของส่วนควบคุม ตั้งอยู่ที่ฐานทัพอากาศ Falcon, Colorado Spring, CO. ส่วนสถานีสังเกตการณ์จะกระจายอยู่ตามที่ต่าง ๆ เพื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมในย่านแอลแบนด์ (L – Band) และจะส่งสัญญาณเตือนไปยังสถานีควบคุมหลักภายใน 60 วินาทีหากตรวจพบความผิดพลาด

สายอากาศภาคพื้นดิน(Ground Antenna)

จะทำหน้าที่ส่งคำสั่งและข้อมูลการนำร่องรวมทั้งข้อมูลอื่น ๆ ที่เรียกว่าทีทีแอนด์ซี (TT&C: Telemetry, Tracking and Command) ซึ่งเตรียมโดยสถานควบคุมหลัก สำหรับดาวเทียมแต่ละดวงข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปยังสายอากาศภาคพื้นดิน และเก็บไว้จนกว่าดาวเทียมจะผ่านมาโดยส่งผ่านคลื่นความถี่ย่านเอสแบนด์ (S – Band) สายอากาศจะตั้งอยู่คู่กับสถานีสังเกตการณ์

2.1.3 ส่วนของผู้ใช้

ผู้ใช้ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับพลเรือน (Civilian) และส่วนที่เกี่ยวกับทางทหาร (Military) ในส่วนของผู้ใช้จะมีหน้าที่พัฒนาเครื่องรับสัญญาณ (Receiver) ให้ทันสมัยและสะดวกแก่การใช้งาน สามารถที่จะใช้ได้ในทุกแห่งในโลก และให้ค่าที่มีความถูกต้องสูง ส่วนประกอบที่สำคัญคือเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส โดยจะรับสัญญาณแอลแบนด์ที่ถูกส่งมาจากดาวเทียม และนำมาคำนวณเพื่อหาค่าตำแหน่ง, ความเร็ว และเวลาของเครื่องรับจากนั้นจะนำค่าไปประยุกต์ใช้งานตามแต่ลักษณะการใช้งาน

1. สายอากาศ

สัญญาณจากดาวเทียมจะถูกรับเข้ามาทางสายอากาศ ซึ่งเป็นสายอากาศที่มีโพลาไรซ์ของคลื่นแบบวงกลมหมุนขวาและรับได้ในช่วงเกือบครึ่งวงกลมโดยทั่วไปครอบคลุม 160 องศา โดยมีกำลังขยายต่าง ๆ ตั้งแต่ประมาณ 2.5 dBic ที่จุดสูงสุดของกำลังขยายไปจนถึง 0 dBic ที่มุมเอเลเวชั่น 10 องศานี้กำลังขยายจะเป็นลบ เนื่องจากสัญญาณดาวเทียมเป็นแบบวงกลมหมุนขวา สายอากาศแบบโคนีคอลเฮลิกซ์ หรือรูปแบบอื่น ๆ ที่ใช้งานได้จึงเหมาะสม เครื่องรับจีพีเอสที่แทรครหัสพีวายโค้ด ที่อยู่ในแอลหนึ่งและแอลสอง ต้องการแบนด์วิดธ์ 20.46 เมกกะเฮิรตซ์สำหรับทั้งสองความถี่ ถ้าเครื่องรับแทรคเฉพาะรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีเอโค้ดที่อยู่บนแอลหนึ่ง สายอากาศเครื่องรับจะต้องมีแบนด์วิดธ์อย่างน้อย 2.046 เมกกะเฮิรตซ์ รูปแบบของสายอากาศที่ใช้มีหลาย ๆ รูปแบบ การเลือกใช้สายอากาศนั้นโดยรวม ๆ แล้วดูจากค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายอากาศ เช่น เกทแพทเทิร์น ขนาดของพื้นที่ที่ตั้ง คุณสมบัติทางแอโรไดนามิก ฯลฯ การเลือกใช้สายอากาศยังต้องคำนึงถึงความต้านทานเนื่องจากการรบกวนจากสัญญาณอื่น ๆ ด้วย

2. เครื่องรับ

ชนิดของเครื่องรับพื้นฐานในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ เครื่องรับที่แทรคทั้งรหัสพีวายโค้ดและรหัสซีเอโค้ด และเครื่องรับที่แทรคเฉพาะรหัสซีเอโค้ด ผู้ใช้แบบพีพีเอสโดยทั่วไปจะใช้เครื่องรับที่แทรครหัสพีวายโค้ดบนแอลหนึ่งและแอลสอง เครื่องรับแบบนี้จะเริ่มทำงานโดยการแทรครหัสซีเอโค้ดบนแอลหนึ่งเพียงอย่างเดียว แล้วสับเปลี่ยนมาทำการแทรครหัสพีวายโค้ดบนแอลหนึ่งและแอลสอง การแทรครหัสวายนี้จะทำกับเครื่องรับที่มีอุปกรณ์คริพโตกราฟฟิค (Cryptographic Equipment) เท่านั้นถ้าส่งมาจากดาวเทียมถูกเอนคริพ และเครื่องรับไม่มีอุปกรณ์คริพโตกราฟฟิคที่เหมาะสมเครื่องรับจะทำการแทรครหัสซีเอโค้ดบนแอลหนึ่งเป็นหลัก ผู้รับแบบเอสพีเอสจะใช้เครื่องรับที่แทรคโค้ดรหัสซีเอโค้ดบนแอลหนึ่งเพียงอย่างเดียว เนื่องจากแอลหนึ่งเป็นเพียงความถี่เดียวที่ส่งรหัสซีเอโค้ด

เครื่องรับส่วนใหญ่จะมีช่องสัญญาณหลายช่อง โดยที่แต่ละช่องสัญญาณจะแทรคสัญญาณจากดาวเทียมดวงเดียว สัญญาณย่านความถี่ต่อจากฟิลเตอร์นั้นจะตามด้วยปรีแอมปลิฟลายเออร์เพื่อขยายสัญญาณ สัญญาณอาร์เอฟจะถูกดาวน์คอนเวอร์เตอร์เป็นสัญญาณอินเตอร์มิเดียตฟรีเควนซี (Intermediate frequency) หรือ สัญญาณไอเอฟในเครื่องรับสมัยใหม่ สัญญาณไอเอฟจะถูกสุ่มตัวอย่างและทำการดิจิไตซ์โดยเอทูดีคอนเวอร์เตอร์อัตราการสุ่มตัวอย่างโดยทั่วไปจะเป็นแปดถึงสิบสองเท่าของอัตราชิพของรหัสพีอาร์เอ็น (1.023 เมกกะเฮิรตซ์สำหรับซีเอโค้ดในแอลหนึ่ง และ10.23 เมกกะเฮิรตซ์สำหรับพีวายในแอลหนึ่ง และแอลสอง) อัตราการสุ่มตัวอย่างอย่างน้อยที่สุดจะเป็นสองเท่าของแบนด์วิดธ์สูงสุดของข่าวสารเพื่อเป็นไปตามกฎของไนส์ควิดส์ สำหรับเครื่องรับที่แทรคเฉพาะรหัสซีเอโค้ดแบนด์วิดธ์สูงสุดของข่าวสารจะมากกว่า 2 เมกกะเฮิรตซ์ ในเครื่องรับที่แทรครหัสพีวายโค้ดแบนด์วิดธ์สูงสุดของข่าวสารจะมากกว่า 20 เมกกะเฮิรตซ์ แซมเปิลจะถูกส่งต่อไปยังดิจิตอลซิกแนลโปรเซสเซอร์ ดิจิตอลซิกแนลโปรเซสเซอร์จะมี เอ็นแชนแนลช่องสัญญาณที่ขนานกัน เพื่อการแทรคสัญญาณคลื่นพาห์และรหัสพร้อม ๆ กัน ได้จากตาวเทียมเอ็นดวง (ในเครื่องรับปัจจุบัน เอ็นมีค่าตั้งแต่ 5 - 12) แต่ละช่องสัญญาณจะบรรจุโค้ดแทรคกิ้งลูป และแคร์เรียแทรคกิ้งลูปเพื่อแทรครหัสและคลื่นพาห์ ซึ่งก็คือการดีมอดูเลตข่าวสารการนำร่องนั่นเองช่องสัญญาณจะคำนวณการวัดที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือซูโดเรนจ์, เดลต้าเรนจ์ และอินทิเกรตดอปเปอร์ขึ้นอยู่กับการทำงาน ค่าที่วัดได้ และข่าวสารการนำร่องที่ถูกดีมอดูเลตออกมาจะส่งต่อไปยังโปรเซสเซอร์

3.โพรเซสเซอร์

จะทำการควบคุมและสั่งงานให้เครื่องรับทำงานตามลำดับการปฏิบัติงานเริ่มจากการค้นหาสัญญาณตามด้วยการแทรคและการดึงข้อมูลออกมานอกจากนั้นโปรเซสเซอร์จะให้ผลลัพธ์ของตำแหน่ง, ความเร็ว และเวลา พีวีทีของเครื่องรับจากค่าที่วัดได้จากเครื่องรับในการใช้งานบางอย่างอาจมีโปรเซสเซอร์แยกกัน เพื่อคำนวณหาผลลัพธ์พีวีที และใช้งานในการนำร่องอื่น ๆ โปรเซสเซอร์ส่วนใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะให้ผลลัพธ์พีวีทีด้วยความถี่ 1 เฮิรตซ์ เป็นพื้นฐาน อย่างไรก็ตามเครื่องรับที่ถูกออกแบบสำหรับงานเกี่ยวกับการบินจะต้องการความถูกต้องแม่นยำ และการตอบสนองเร็วกว่า โดยทั่วไปแล้วต้องการการคำนวณผลลัพธ์พีวีทีที่อัตราอย่างน้อย 5 เฮิรตซ์ผลลัพธ์ที่คำนวณออกมาได้และข้อมูลการนำร่องที่เกี่ยวข้องจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท

4.อุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท

เป็นอุปกรณ์อินเตอร์เฟสระหว่างชุดเครื่องรับจีพีเอสและผู้ใช้ อุปกรณ์ไอโอแบบพื้นฐานมีอยู่ 2 ชนิด คือ รวมอยู่ในตัวเครื่องและภายนอกอุปกรณ์ไอโอ จะเป็นส่วนควบคุมและแสดงผล (CDU: Control Display Unit) ซีดียูจะให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลเข้าแสดงสถานะพารามิเตอร์การนำร่องต่าง ๆ เครื่องรับขนาดมือถือหรือขนาดเล็กจะมีซีดียู รวมอยู่ในตัวเครื่องในการติดตั้งแบบอื่น ๆ อุปกรณ์ไอโอจะถูกรวมไว้ในแผงควบคุมร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ นอกจากนั้นงานบางอย่างต้องทำงานร่วมกับเซนเซอร์อื่น ๆ ในการอินเตอร์เฟสเพื่อป้อนข้อมูลอินพุทเข้า และข้อมูลเอาท์พุทออก อินเตอร์เฟสที่มีอยู่ทั่วไป คือ ARINC 429, MIL – STD 1553V, อาร์เอส- 232 (RS-232) และRF422

5.แหล่งจ่ายไฟ

มีทั้งแบบที่อยู่ในตัวเครื่องรับเองหรือแบบภายนอก หรือทั้งสองแบบรวมกัน อัลคาไลน์แบตเตอรี่หรือลิเทียมแบตเตอรี่ใช้สำหรับแหล่งจ่ายภายใน เช่นในเครื่องรับจีพีเอสแบบมือถือ แหล่งจ่ายไฟภายนอกใช้สำหรับงานที่เครื่องรับจีพีเอสใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่นเครื่องรับแบบที่เป็นการ์ดที่ติดตั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือที่ติดตั้งในเรือ, เครื่องบิน นอกจากนี้การใช้แบตเตอรี่ภายในก็เพื่อรักษาข้อมูลที่เก็บไว้ในเมมโมรี่

2.2 การให้บริการจีพีเอส (GPS Service)

มีอยู่ 2 ระดับ คือ บริการบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์หรือพีพีเอส (PPS : Precise Positioning Service) และบริการบอกตำแหน่งแบบมาตรฐานหรือ เอสพีเอส (SPS : Standard Positioning Service)

2.2.1 บริการบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์ (Precise Positioning Service : PPS)

พีพีเอสเป็นบริการที่ให้ตำแหน่ง ความเร็ว และเวลาที่ถูกต้องเฉพาะผู้ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้งานเท่านั้น พีพีเอสจะเน้นไปในทางการทหาร การได้รับอนุญาตให้ใช้พีพีเอสนั้น จะพิจารณาโดย U.S. Military User , NATO Military User และกองทัพอื่นๆ หรือพลเรือน เช่น Australian Defense Forces , U.S. Defense Mapping Agency พีพีเอสจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 16 เมตรและความผิดพลาดทางด้านเวลาไม่เกิน 100 นาโนเซค แต่ผู้ใช้งานที่ไม่ได้รับอนุญาตจะให้ค่าออกมาที่แตกต่างคือประมาณ 37 เมตร และ 197 นาโนเซค ภายใต้เงื่อนไขการทำงานโดยปกติของระบบเครื่องรับแบบพีพีเอส สามารถให้ถูกต้องของความเร็วมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.2 เมตรต่อวินาที แต่ก็ขึ้นกับการออกแบบเครื่องรับด้วย

การแอคเซส พีพีเอส ถูกควบคุมโดยเทคนิคคริพโตกราฟฟิก 2 อย่างคือ เอสเอ (SA : Selective Availability) และ เอเอส (AS : Anti – Spoofing) เอสเอจะใช้ในการลดความถูกต้องของจีพีเอสทั้งการบอกตำแหน่ง ความเร็ว เวลาแก่ผู้ใช้ที่ไม่ได้รับอนุญาต เอสเอจะทำงานโดยใส่ค่าผิดพลาดซูโดแรนดอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้กับสัญญาณดาวเทียมเอเอส จะมีผลบนดาวเทียมทุกดวงเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตนำสัญญาณไปใช้วัดระยะได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ ซึ่งเทคนิคนี้จะนำเอาเอนคริพท์รหัสพีเป็นรหัสวาย ในรหัสซีเอโค้ดจะไม่มีการทำแบบนี้

เอนคริพท์ชั่นคีย์ และเทคนิคเฉพาะจะถูกจัดให้กับผู้ใช้พีพีเอส ซึ่งจะทำให้สามารถขจัดผลของเอสเอและเอเอสออกไป และทำให้ได้รับความแม่นยำสูงสุดของจีพีเอส พีพีเอสซึ่งไม่มีคริพโตกราฟฟิกคีย์ที่ถูกต้องจะมีประสิทธิภาพเหมือนเครื่องรับเอสพีเอส และเครื่องรับเอสพีเอสสามารถใช้ได้กับทั้งรหัสพีวาย หรือรหัสซีเอโค้ด หรือกับทั้งคู่ ความถูกต้องสูงสุดของจีพีเอสจะได้รับจากการใช้รหัสพีวายบนทั้งความถี่ แอลหนึ่งและแอลสอง เครื่องรับซึ่งสามารถใช้รหัสพี่วายได้นั้นมักจะใช้รหัสซีเอโค้ดเพื่อเริ่มต้นในการรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส

2.2.2 บริการบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน (Standard Positioning Service : SPS)

เอสพีเอส เป็นบริการที่ให้ความถูกต้องน้อยกว่า แต่จะใช้ได้กับผู้ใช้งานทั้งหมดในสภาวะปกติ ระดับของเอสเอจะถูกควบคุมเพื่อให้ค่าความถูกต้องในแนวเส้นขอบฟ้า 100 เมตร มีค่าประมาณ 156 เมตร เครื่องรับเอสพีเอสมีความสามารถด้านความถูกต้องของเวลาประมาณ 337 นาโนเซค การลดความถูกต้องของระบบสามารถเพิ่มขึ้นได้ถ้ามีความจำเป็น เช่น ในยามมีศึกสงครามโดยประธานาธิบดีสหรัฐอเมริกาเท่านั้นที่มีอำนาจสั่งการผ่าน U.S. National Command Authority เพื่อเปลี่ยนระดับของเอสเอเป็นระดับอื่นนอกเหนือจากในยามสงบ บริการเอสพีเอสนั้นมีไว้ให้พลเรือนทั่วไปใช้งานและให้กองทัพใช้ในยามสงบ

2.3 Selective Availability (SA)

ต้นกำเนิดความผิดพลาดที่ใหญ่ที่สุดสำหรับผู้ใช้งานจีพีเอสคือ เอสเอ โดยที่เอสเอจะถูกตั้งใจให้เกิดขึ้นโดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกาเพื่อลดความแม่นยำของผู้ใช้งาน เอสเอเริ่มใช้งานอย่างเป็นทางการในวันที่ 25 มีนาคม 2533 การลดความแม่นยำนั้นทำได้โดยการจัดการกับข้อมูลอิฟีเมอริสที่ส่งออกมา (ส่วนประกอบทางความคลาดเคลื่อนของวงโคจร) และการสั่นสะเทือนของนาฬิกาบนดาวเทียม (ส่วนประกอบทางความคลาดเคลื่อนของนาฬิกา) เราแทนส่วนประกอบทางความคลาดเคลื่อนของวงโคจรเป็น ε และแทนส่วนประกอบทางความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาเป็น δ ผลของ เอสเอ โดยการสั่นสะเทือนของนาฬิกาบนดาวเทียมจะเห็นได้ในการรบกวนที่แปรผันตามเวลาของซูโดเรนจ์ จะเห็นว่าความคลาดเคลื่อนแสดงแนวโน้มซึ่งประกอบด้วยการออสซิลเลตที่ไม่แน่นอน

ผลของเอสเอที่กระทำโดยการจัดการกับข้อมูลอิฟีเมอริส สามารถทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่งของดาวเทียมของผู้ใช้ ความคลาดเคลื่อนจะสามารถทำให้เกิดขึ้นได้หลายแบบเนื่องจากข้อมูลอิฟีเมอริสมีพารามิเตอร์อยู่ 15 ส่วนประกอบทางความคลาดเคลื่อนของวงโคจร ε จะเป็นผลรวมทางเวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อนของอิฟีเมอริสที่มีอยู่กับส่วนประกอบทางวงโคจร

ในปัจจุบันนี้ได้พยายามมีการผลักดันให้ยกเลิกการลดค่าความผิดพลาดลงจากเดิม โดยให้เหตุผลว่า ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นสามารถใช้เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลขจัดออกไปได้เกือบหมด นอกจากนั้นระบบกลอนนาส ซึ่งเป็นระบบนำร่องของรัสเซียให้ความผิดพลาดเพียง 50 เมตรเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การทำงานของเครื่องรับ จีพีเอส

2.4.1การเลือกดาวเทียม (Satellite Selection)

กระบวนการแทรคกิ้งจะเริ่มขึ้นโดยเครื่องรับจะหาว่าดาวเทียมดวงไหนที่เป็นไปได้ในการแทรค ถ้าเครื่องรับสามารถตัดสินการมองเห็นดาวเทียมได้ทันที มันจะเล็งดาวเทียมเป้าหมายเพื่อจะทำการแทรค และเริ่มกระบวนการรับสัญญาณการมองเห็นดาวเทียม (Satellite Visibility) จะตัดสินจากข้อมูลอัลมาแนค (GPS Satellite Almanac) และค่าการประมาณ (หรือ user point) เริ่มต้นของเวลาและตำแหน่งของเครื่องรับ ซึ่งถ้าเครื่องรับไม่มีค่าเหล่านี้เก็บไว้ มันจะเริ่มทำการสำรวจท้องฟ้า (Search the Sky) ซึ่งจะค้นหาซูโตแรนดอมน้อยส์ ซึ่งก็คือรหัสซีเอโค้ดจนล็อคได้จากดาวเทียมดวงหนึ่งที่อยู่ในวิสัย เมื่อดาวเทียมถูกแทรคเรียบร้อยแล้ว เครื่องรับจะสามารถดีมอดูเลตข้อมูลการนำร่องและได้รับค่าปัจจุบันของข้อมูลอัลมาแนคเช่นเดียวกับสถานะของสภาพของดาวเทียมที่เหลือทั้งหมดในกลุ่ม การเลือกดาวเทียมนั้นขึ้นอยู่กับสถาปัตยกรรมของเครื่องรับ มันอาจจะเลือกกลุ่มที่ดีที่สุดในดาวเทียมที่มองเห็น หรือใช้ดาวเทียมที่มีสภาพดีทั้งหมดเพื่อใช้พิจารณาหาตำแหน่ง ความเร็ว และเวลา ผลจากการคำนวณมักจะมีความถูกต้องมากกว่าการใช้ดาวเทียม 4 ดวง ถึงแม้ว่ามันจะต้องการความซับซ้อนของเครื่องรับและการประมวลผลมากกว่า

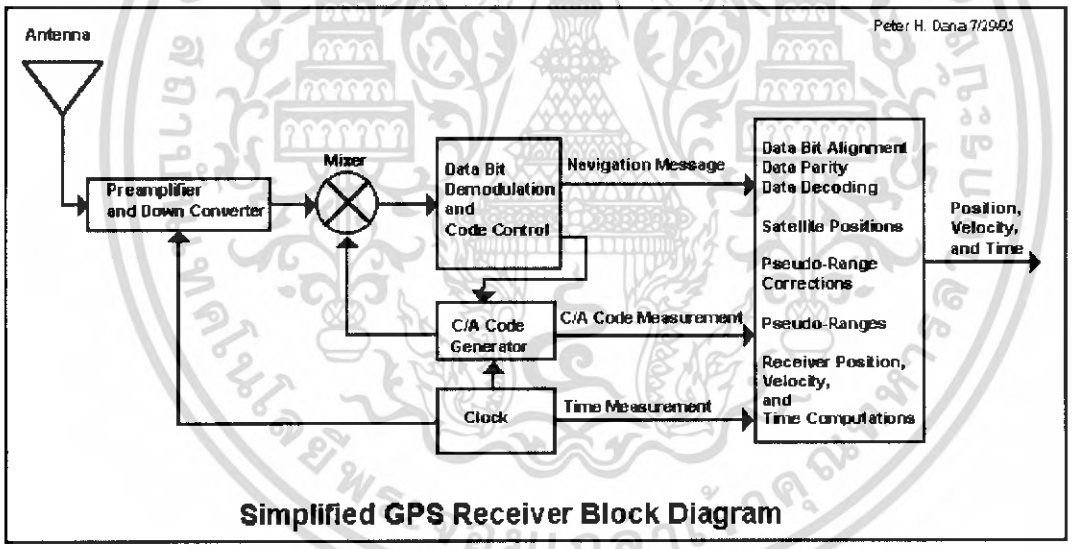
เครื่องรับส่วนใหญ่จะแทรคดาวเทียมได้มากกว่า 4 ดวง แต่น้อยกว่าที่เห็นในวิสัยทั้งหมด ซึ่งเนื่องจากการประนีประนอมระหว่างความซับซ้อน ความถูกต้อง และความแข็งแรงของเครื่องรับที่ใช้วิธีเลือกกลุ่มที่ดีที่สุดก็ทำเช่นเดียวกันโดยขึ้นอยู่กับการประมาณความถูกต้อง

รูปที่ 2.6 แสดงภาพการแทรคดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

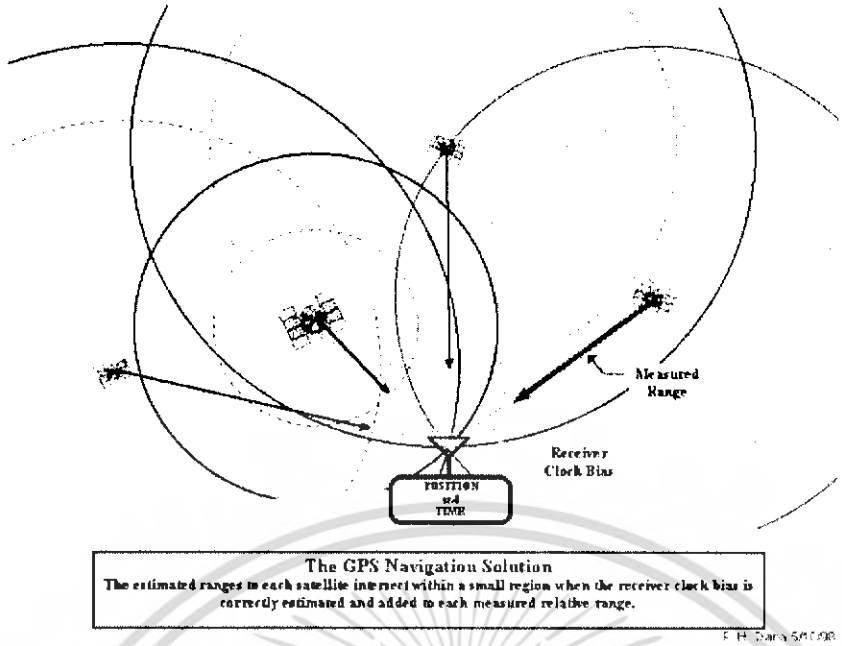
2.4.2 การรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Signal Acquisition)

กำลังของสัญญาณดาวเทียมที่พื้นผิวโลกจะมีค่าต่ำกว่าระดับของเสียงรบกวน เนื่องจากการมอดูเลตสัญญาณโดยวิธีสเปรดสเปกตรัมความสูงของวงโคจรและกำลังส่งของดาวเทียม เพื่อที่จะนำสัญญาณกลับคืนมา เครื่องรับจะใช้เทคนิคโค้ดคิรีเลชั่นโดยจะสร้างสัญญาณเลียนแบบสัญญาณที่รับเข้ามาและนำมาจัดให้ตรงกับสัญญาณที่ได้รับ โดยเครื่องรับก็จะเลื่อนสัญญาณเลียนแบบให้ตรงกับสัญญาณดาวเทียม เมื่อโค้ดเกิดการตรงกันสัญญาณก็จะถูกคอมเพรสสัญญาณกลับมาเป็นความถี่พาห์ต้นกำเนิด ความล่าช้าของสัญญาณในรหัสของเครื่องรับ คือ เวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับ ทำให้ได้ระยะทางออกมา (เรียกว่า Pseudorange) เพราะว่ามันยังไม่ใช่ระยะทางที่แท้จริง เนื่องจากยังไม่ได้ลบค่าไบอัสของสัญญาณนาฬิกา (Clock Bias) ของเครื่องรับออกไป ปกติเครื่องรับจะใช้วิธีการเฟสลอคลูปเพื่อซิงโครไนซ์สัญญาณที่เครื่องรับสร้างขึ้นภายในกับสัญญาณที่ได้รับจากดาวเทียม โค้ดแทรคกิ้งลูป จะใช้คลื่นพาห์แทรคกิ้งลูปทั้งสองจะช่วยกันและกันเพื่อที่จะได้รับและแทรคสัญญาณดาวเทียมดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 Block Diagram อย่างง่ายของเครื่องรับจีพีเอส

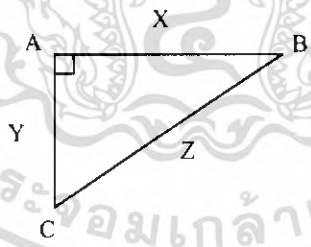
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ระยะทางจากดาวเทียมมาถึงเครื่องรับจีพีเอส และ Clock bias

2.5 ระบบพิกัดอ้างอิงของ จีพีเอส

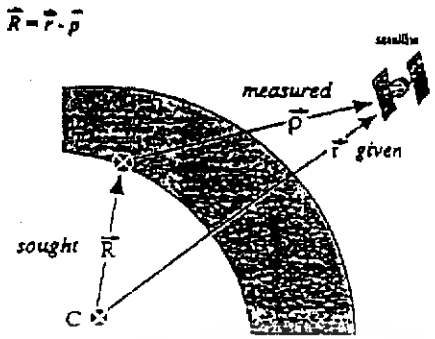
ในวิชาเรขาคณิตพื้นฐานที่เคยศึกษามาเกี่ยวกับรูปสามเหลี่ยม ทำให้ทราบว่าถ้ารู้เส้นรอบรูปสามเหลี่ยมและมุมภายในรูปสามเหลี่ยมจะสามารถหาเส้นที่สามได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างเช่น สมมุติว่ามีรูปสามเหลี่ยมทางเรขาคณิตอย่างง่ายดังรูปที่ 2.9 โดยอาศัยความรู้เบื้องต้นจะเขียนได้ว่า $y^2 = z^2 - x^2$ หรือกล่าวได้ง่าย ๆ ว่าถ้ารู้ความยาวของแซด และเอกซ์ และมุมต่าง ๆ แล้วจะหาค่าความยาวของวายได้



รูปที่ 2.9 การหาความยาวของวายเมื่อทราบความยาวเอกซ์, แซด และค่ามุมต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำนองเดียวกันจะอาศัยแนวคิดนี้ในการกำหนดพิกัดบนพื้นผิวโลกของระบบจีพีเอสได้ดังรูปที่ 2.10

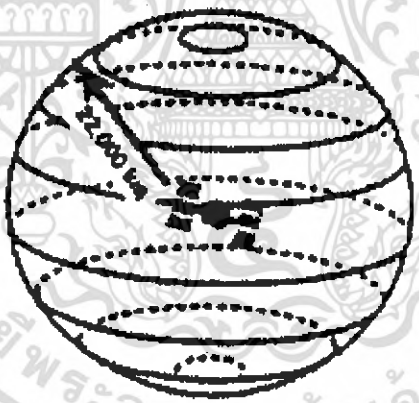


รูปที่ 2.10 การหาพิกัดในระบบจีพีเอส

จากรูปที่ 2.10 ถือว่าจุดซีเป็นศูนย์กลางของโลก สายอากาศอยู่ที่พื้นผิวโลก ดาวเทียมลอยอยู่เหนือพื้นผิวโลก เครื่องรับที่ต่ออยู่กับสายอากาศสามารถวัดได้ว่า ดาวเทียมอยู่ห่างจากสายอากาศเท่าใด (P) และดาวเทียมส่งข้อมูลมาบอกเครื่องรับว่าตัวมันห่างจากจุดซีเท่าใด (r) ตัวเครื่องรับก็จะหาได้ว่าตำแหน่งของสายอากาศอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใดโดยอาศัย สมการทางคณิตศาสตร์เข้าช่วย คือ

$$\vec{R} = \vec{r} - \vec{p}$$

ประเด็นต่อมาคือเครื่องรับมีหลักการในการวัดระยะห่างระหว่างตัวมันกับดาวเทียมอย่างไรในช่วงแรกขอสมมุติว่า ดาวเทียมดวงแรกโคจรอยู่เหนือพื้นโลก 22,000 กิโลเมตร ดังรูปที่ 2.11

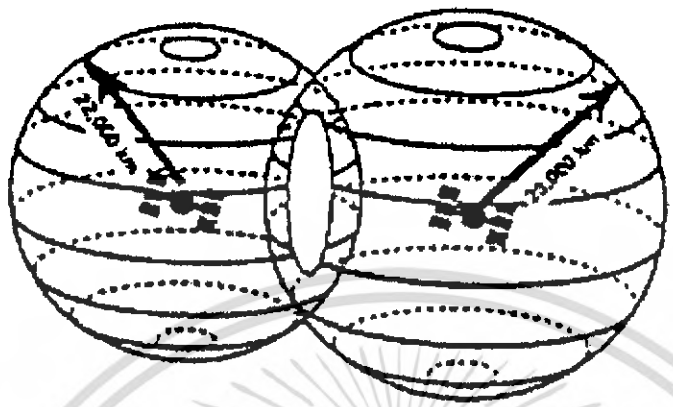


รูปที่ 2.11 ทรงกลมจำลองที่สร้างล้อมรอบดาวเทียมมีรัศมี 22,000 กิโลเมตร

จากรูปที่ 2.11 จะเห็นว่าเครื่องรับที่อยู่บนพื้นผิวโลกอาจจะอยู่บริเวณใดก็ได้บนพื้นผิวทรงกลมที่สร้างขึ้นมาล้อมรอบดาวเทียมเพราะเราไม่รู้ว่าที่จุดใดของทรงกลมแตะอยู่กับพื้นโลก รู้แต่เพียงว่าจะมีอยู่จุดหนึ่งเท่านั้นที่สัมพันธ์กับพื้นผิวโลก ถ้ามีดาวเทียมอีกดวงหนึ่งโคจรอยู่เหนือพื้นดิน 23,000 กิโลเมตร

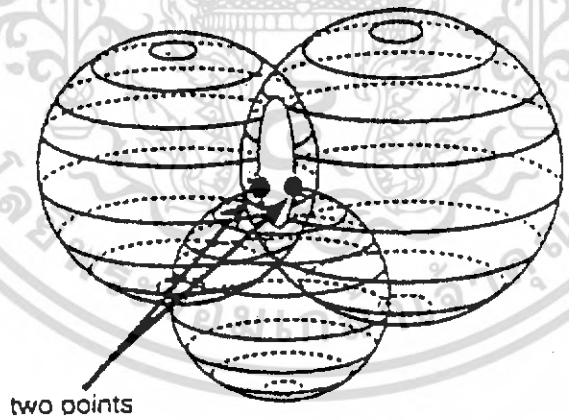
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราก็จะสร้างทรงกลมได้อีกลูกหนึ่งถ้าทรงกลมทั้งสองมีการตัดกันผลที่ได้จะเป็นวงกลมเล็ก ๆ เกิดขึ้น เครื่องรับน่าจะอยู่ที่ใดที่หนึ่งในวงกลมนี้ ซึ่งยังคงเป็นพื้นที่ที่กว้างเกินไป



รูปที่ 2.12 การตัดกันของทรงกลมสองทรงกลม

ถ้ามีดาวเทียมอีกดวงเป็นดวงที่สามโคจรอยู่เหนือพื้นโลก 24,000 กิโลเมตรก็สามารถสร้างทรงกลมได้อีกลูกหนึ่ง ถ้าทรงกลมทั้งสามมีการตัดกันผลที่ได้จะเป็นจุดสองจุดที่ขอบของวงกลมเล็ก ๆ เครื่องรับน่าจะอยู่จุดใดจุดหนึ่งในสองจุดนี้ แต่จะมีจุดเดียวเท่านั้นที่เป็นไปได้ในทางทฤษฎี (ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยอาศัยคณิตศาสตร์เข้าช่วย)



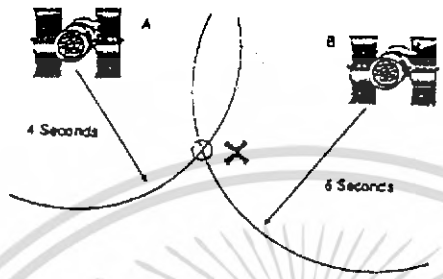
รูปที่ 2.13 การตัดกันของทรงกลมสามทรงกลม

ประเด็นถัดมาลองมาดูว่าตัวเครื่องรับสัญญาณจะรู้ว่าดาวเทียมอยู่ห่างจากสายอากาศของเครื่องรับเป็นระยะทางเท่าใดอย่างไร โดยหลักการแล้วถือว่าคลื่นเดินทางจากดาวเทียมมายังเครื่องรับด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วแสงดังนั้นถ้าสมมุติว่าดาวเทียมส่งข้อมูล เอบีซี ออกมาจากดาวเทียมเมื่อเวลา 8.00 นาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

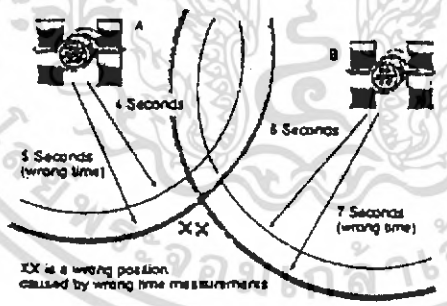
แล้วเครื่องรับรับข้อมูล เอบีซี ได้เวลา 8.01 นาฬิกาแสดงว่าข้อมูลใช้เวลาเดินทางจากดาวเทียมมายังสายอากาศใช้เวลา 1 นาที เมื่อนำค่านี้คูณด้วยความเร็วของแสงก็จะทำให้ได้ระยะทางออกมาเช่นเดียวกัน

ดังนั้นแทนที่เราจะบอกเป็นระยะทางว่าดาวเทียมโคจรอยู่สูงจากพื้นผิวโลกกี่กิโลเมตร เราอาจบอกเป็นเวลาก็ได้ เช่นดาวเทียมสองดวงอยู่ห่างจากสายอากาศ 4 และ6 วินาที เพื่อให้ง่ายขึ้นจะมองทรงกลมที่สมมุติขึ้นมาล้อมรอบดาวเทียมแค่สองมิติเป็นวงกลมล้อมรอบดาวเทียม เอ และบี และสมมุติว่าเกิดจุดตัดกันออกมาที่จุด เอกซ์ ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 จุดตัดกันของดาวเทียม เอ และบี

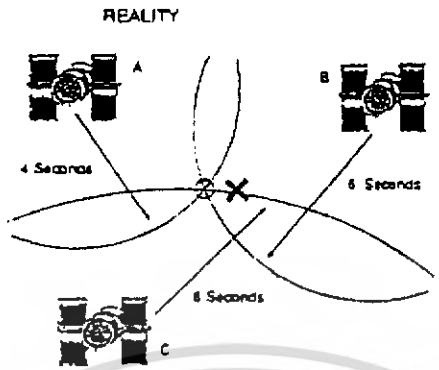
แต่ถ้าเวลาที่วัดได้เกิดการผิดพลาดไปจากที่ควรจะเป็นจะด้วยสาเหตุใดก็ตาม เช่นดาวเทียม เอ จาก 4 วินาทีเป็น 5 วินาที และดาวเทียม บี จาก 6 วินาทีเป็น 7 วินาที ผลที่เกิดขึ้นก็คือแทนที่จะเกิดจุดตัดขึ้นที่จุดเอกซ์ กลับเกิดที่จุดเอกซ์เอกซ์ ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 จุดตัดกันของดาวเทียม เอ และบี ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป

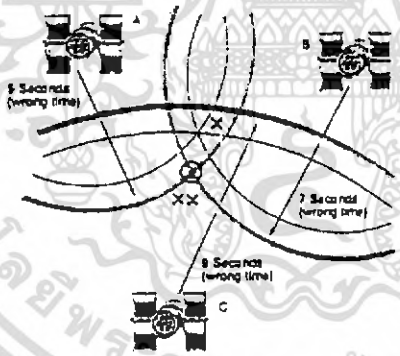
62656
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้ว่าจะใช้ดาวเทียมดวงที่สาม (ดาวเทียม ซี) เข้าช่วยเพื่อหาตำแหน่งที่แน่นอนดังกล่าวมาแล้วในตอนต้น ถ้าเวลาผิดพลาดไปก็จะเกิดจุดตัดที่ผิดพลาดขึ้นมาเช่นกัน ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 จุดตัดกันของดาวเทียม เอ, บี, ซี ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป

จากรูปที่ 2.16 จะเห็นว่าจุดที่ถูกต้องตามที่ต้องการในครั้งแรกก็คือจุดเอกซ์ ซึ่งจะเป็นจุดตัดจุดเดียวเท่านั้น ไมโครโปรเซสเซอร์ในเครื่องรับจะเริ่มทำการปรับค่าความผิดพลาดของเวลาของดาวเทียมแต่ละดวง การทำเช่นนี้จำต้องอาศัยดาวเทียมอีกดวงหนึ่งเข้าช่วยเพื่อทำการปรับตั้งเวลาในเครื่องรับให้แม่นยำขึ้น จากนั้นจึงทำการขยับเวลาที่ทำการวัดได้จากดาวเทียมแต่ละดวงเพื่อทำการลดค่าผิดพลาดให้น้อยลง เมื่อทำการปรับได้อย่างถูกต้องแล้วก็จะทำให้ได้จุดตัดออกมาอย่างถูกต้อง ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 จุดตัดกันอย่างถูกต้องของดาวเทียม เอ, บี, ซี

จากที่ได้อธิบายมาข้างต้นจะเห็นว่าความแม่นยำของเวลาเป็นหัวใจของระบบทีเดียว ดังนั้นบนดาวเทียม จีพีเอสจึงมีนาฬิกาอะตอมที่มีความแม่นยำสูงบรรจุอยู่ถึง 4 เครื่อง นาฬิกาเหล่านี้จะถูกปรับตั้งให้มีความแม่นยำอยู่ตลอดเวลาโดยสถานีควบคุมภาคพื้นดิน จากแนวความคิดที่กล่าวมานี้ถ้าเครื่องรับ รับสัญญาณอยู่บนพื้นโลกจะทำให้เครื่องรับทราบว่าตัวมันห่างจากดาวเทียมเท่าใด เสมือนกับได้ระยะทางด้านหนึ่งของสามเหลี่ยมแล้ว คือด้านพีด้านที่สองของสามเหลี่ยมคืออาร์ เครื่องรับจะทราบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยดาวเทียมจะส่งข้อมูลมาบอกว่ามันอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใด ดังนั้นเครื่องรับจะคำนวณได้ว่าตัวมันอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใด

เนื่องจากพิกัดที่ได้จากเครื่องจีพีเอสมักจะอยู่ในรูปของ ละติจูด, ลองจิจูด หรือค่าตัวแปรเอกซ์วาย แซด การกำหนดค่าดาตัมผิดจะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นอย่างมาก

จีโอเดติคดาตัม คือ การกำหนดระบบอ้างอิงที่ใช้อธิบายขนาดและรูปร่างของโลก ว่าควรมีลักษณะอย่างไรในสมัยโบราณถือว่าโลกแบน ดังนั้นระนาบอ้างอิงจึงเป็นแพลนระนาบต่อมาพบว่าโลกเป็นทรงกลม ระบบอ้างอิงจึงถูกเปลี่ยนเป็นทรงกลมตามไปด้วยจนภายหลังพบว่ารูปร่างของโลกที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดเป็นรูปไข่ และใช้มาจนกึงปัจจุบันนี้ เมื่อผนวกเข้ากับระบบการกำหนดพิกัดอ้างอิงก็จะทำให้สามารถกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกได้อย่างแม่นยำ

2.6 มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA) และโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารของจีพีเอส

2.6.1 มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA standard)

เอ็นเอ็มอีเอเป็นโปรโตคอลสำหรับการสื่อสารซึ่งกำหนดขึ้นโดยองค์กรกลางคือ National Marine Electronics Association ในแรกเริ่มนั้นเอ็นเอ็มอีเอถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเซ็นเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการเดินเรือเป็นหลัก ต่อมาเมื่อระบบจีพีเอสถูกนำมาใช้และมีบทบาทในการเดินเรือมากขึ้นตามวันเวลาที่ผ่านไป จึงทำให้เอ็นเอ็มอีเอถูกพัฒนามาเป็นมาตรฐานกลางสำหรับใช้สื่อสารระหว่างอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสและอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่น ๆ (Terminal equipment) แต่ถึงกระนั้นก็ยังคงมีอยู่ที่อุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสอยู่บ้างบางผู้ผลิตที่มีโปรโตคอลเฉพาะสำหรับใช้งานเอง แต่เนื่องจากเป็นเพียงส่วนน้อยเท่านั้นเราจึงจะไม่ขอกล่าวถึง

สำหรับมาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอที่หมายถึงในที่นี้คือมาตรฐานซึ่งมีชื่อเรียกเต็ม ๆ ว่าเอ็นเอ็มอีเอ- 0183 เวอร์ชัน 1.5 หรือ 2.2 ซึ่งเป็นสำหรับมาตรฐานที่ใช้กัน อย่างไรก็ตามมาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ- 0183 เวอร์ชัน 2.2 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ถูกประกาศใช้มาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1997 เป็นเวอร์ชันซึ่งใหม่กว่าและในปัจจุบันอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสส่วนใหญ่สามารถรองรับได้

2.6.2 การอินเตอร์เฟสทางไฟฟ้า (Electrical Interface)

มาตรฐานนี้สามารถใช้เป็นระบบที่มีตัวส่ง (Talker) เดียวและมีตัวรับ (Listener) สายที่แนะนำให้ใช้เป็นแบบชิลด์ทวิสท์แพร์โดยต่อกราวด์ที่ตัวส่งเท่านั้นมาตรฐานไม่ได้กำหนดชนิด คอนเนคเตอร์ (Connector) เจาะจง

2.6.3 มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ- 0183

มาตรฐานที่เอาท์พุทจะเป็นแบบอีไอเอ- 422 และมีสายสัญญาณ 2 เส้นคือเอ และบี โวลต์เตจบนเส้นเอจะเป็นเหมือนกับสายทีทีแอลเดี่ยวแบบเดิม ขณะที่บีโวลต์เตจจะกลับทางกันกับเอ เช่น เอเป็น +5 บีจะเป็นกราวด์ ในการใช้งานจะใช้สายเพียงสายเดียว คือสายเอในอีไอเอ– 422 อาจถูกใช้เชื่อมต่อกับอาร์เอส– 232 ซึ่งเป็นอินพุทของเครื่องคอมพิวเตอร์ในมาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ– 0183 ตัวอักขระที่ใช้คือแอสกีซึ่งสามารถพิมพ์ได้ เอ็นเอ็มอีเอ- 0183 นั้นข้อมูลจะถูกส่งด้วยอัตรา 4800 บิตต่อวินาที ข้อมูลจะถูกส่งในรูปของประโยค แต่ละประโยคเริ่มต้นด้วย $ และแคร์เรียรีเทอร์นและไลน์ฟีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าข้อมูลสำหรับฟิลด์ (Field) ไม่สามารถหาได้ ฟิลด์จะถูกเว้นข้ามไปแต่คอมม่าที่ทำหน้าที่แบ่งฟิลด์ยังคงถูกส่งไปโดยไม่เว้นช่องว่าง เพราะว่าในแต่ละฟิลด์มีความยาวไม่คงที่หรือไม่มีข้อมูลเครื่องรับจะระบุตำแหน่งของฟิลด์ของข้อมูลที่ต้องการ โดยการนับเครื่องหมายคอมม่าเช็คซัมที่เลือกได้ว่าจะมีหรือไม่ประกอบด้วย "*" และ 2 บิตของเลขฐาน 16 แทนการเอกซ์คูซีฟออร์ของตัวอักษรทั้งหมดแต่ไม่รวม "$" และ"*" ในการใช้งานจะมีความต้องการใช้เช็คซัมในบางประโยค ในมาตรฐานจะอนุญาตแต่ละผู้ผลิตในการนิยามรูปแบบประโยค ประโยคเหล่านี้เริ่มต้นด้วย "$GP" และตัวอักษรสามตัว ที่ตามมาเป็นไอดีที่ถูกกำหนดมาจากโรงงานตามด้วยข้อมูลซึ่งเป็นไปตามรูปแบบทั่วไปของประโยคมาตรฐาน

2.6.4 โปรโตคอลเอ็นเอ็มอีเอ- 0183

เอ็นเอ็มอีเอ คือโปรโตคอลมาตรฐานถูกนำมาใช้โดยเครื่องรับจีพีเอสเพื่อส่งข้อมูล เอ็นเอ็มอีเอ-0183 เอาท์พุทจะเป็นโปรโตคอล อีไอเอ- 422เอ แต่เราสามารถนำไปใช้ร่วมงานกับ อาร์เอส– 232 ได้โดยอัตราการส่งข้อมูลเป็น 4800 บิตต่อวินาที, 8 ดาต้าบิต, ไม่มีพาริตี้บิต แต่มีหนึ่งสตอบบิต และประโยคของเอ็นเอ็มอีเอ- 183 จะเป็นแอสกีทั้งหมด แต่ละประโยคจะเริ่มต้นด้วย "$" และจบลงด้วย "<CR><LF>" และข้อมูลจะถูกแบ่งขั้นด้วย "," เครื่องรับจีพีเอสบางตัวไม่ส่งฟิลด์ข้อมูลเช็คซัม (ถูกเพิ่มเข้าไปในบางกรณี)

2.6.5 ข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA Message)

ข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอคือข้อมูลที่ส่งออกมาจากโมดูลรับสัญญาณจีพีเอสข้อมูลในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอสามารถแบ่งได้เป็นเรคอร์ด (Record) หรือฟิลด์ย่อยโดยในแต่ละเรคอร์ดจะประกอบด้วยอักขระแอสกีซึ่งมีความยาวรวมไม่เกิน 80 ตัวอักษร เราสามารถอ่านดูข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอที่ว่านี้ได้โดยการใช้ซอฟต์แวร์สื่อสาร เช่น HyperTerminal เรคอร์ดข้อมูลในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอแต่ละเวอร์ชันอาจมีอยู่มากน้อยแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.6 รายละเอียดภายในเรคอร์ดต่าง ๆ ของข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ

- GGA (Global Positioning System Fixed Data)

เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัด ละติจูด, ลองจิจูด, เวลา, จำนวนดาวเทียมที่ใช้คำนวณพิกัด (Satellites used) และความสูงจากระดับน้ำทะเล (MSL Altitude) โดยตัวอย่างของเรคอร์ด จีจีเอ (GGA) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา จะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

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

ตารางที่ 2.2 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีจีเอ

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		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E=east or W=west
Position Fix Indicator	1		
Satellites 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	
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

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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- GLL (Geographic Position – Latitude/Longitude)

เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัด ละติจูด, ลองจิจูด, ทิศทาง, เวลา, และสถานะในการรับสัญญาณ (Status) โดยตัวอย่างของเรคอร์ดจีแอลแอล (GLL) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมาจะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

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

ตารางที่ 2.3 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีแอลแอล

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)

เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัดละติจูด, ลองจิจูด, ทิศทาง, เวลา, และสถานะในการรับสัญญาณ โดยตัวอย่างของเรคอร์ดจีเอสเอ (GSA) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมาจะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

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

ตารางที่ 2.4 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีเอสเอ

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGSA		GSA protocol header
Mode 1	A		
Mode 2	3		
Satellite Used	07		Sv on Channel 1
Satellite Used	02		Sv on Channel 2
…			…
Satellite Used			Sv on Channel 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Value	Description
1	Fix not available
2	2D
3	3D

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

- GSV (GNSS Satellites in View)

เรคอร์ดนี้ประกอบไปด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าทางเทคนิคต่างๆ ที่ได้รับจากดาวเทียมจีพีเอสที่โมดูลรับสัญญาณได้โดยตัวอย่างของเรคอร์ดจีเอสวี (GSV) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา จะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

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

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

ตารางที่ 2.5 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีเอสวี

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGSV		GSV protocol header
Number of Messages	2		Range 1 to 3
Messages Number	1		Range 1 to 3
Satellites in View	07		
Satellite ID	07		Channel 1(Range 1 to 32)
Elevation	79	Degrees	Channel 1(Maximum 90)
Azimuth	048	Degrees	Channel 1(True, Range 0 to 359)
SNR (C/No)	42	dBHz	Range 0 to 99, null when not tracking
…			…

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Satellite ID	27		Channel 4(Range 1 to 32)
Elevation	27	Degrees	Channel 4(Maximum 90)
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

- RMC (Recommended Minimum Specific GNSS Data)

เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าวันที่และเวลา, สถานะในการรับสัญญาณ, ตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองจิจูด, ทิศทาง, และความเร็ว โดยตัวอย่างของเรคอร์ดอาร์เอ็มซี (RMC) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา จะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

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

ตารางที่ 2.6 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดอาร์เอ็มซี

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		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		Degrees	E=east or W=west
Checksum	*10		
<CR><LF>			End of message termination

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- VTG (Course Over Ground and Ground Speed)

เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงทิศทางและความเร็ว โดยตัวอย่างของเรคอร์ดวีทีจี (VTG) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา จะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

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

ตารางที่ 2.7 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดวีทีจี

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		Kilometer per hour
Checksum	*6E		
<CR><LF>			End of message termination

จากรายละเอียดของแต่ละเรคอร์ดภายในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าแต่ละเรคอร์ดต่างก็มีประโยชน์ใช้สอยเฉพาะตัวที่แตกต่างกันซึ่งเราสามารถหยิบมาใช้งานได้ตามความเหมาะสม เมื่อต้องการนำข้อมูลใดมาใช้งานก็จะต้องเลือกเรคอร์ดที่เหมาะสมซึ่งมีข้อมูลนั้น ๆ อยู่ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่ต้องการทราบความเร็วในการเคลื่อนที่ก็จะต้องเลือกอ่านเรคอร์ดอาร์เอ็มซี หรือวีทีจี เป็นต้น ในที่นี้ได้ทำการสรุปและจัดหมวดหมู่คุณสมบัติของแต่ละเรคอร์ดไว้ดังตารางที่ 2.8 เพื่อเป็นการสรุปความและเพื่อให้สามารถหยิบมาใช้สอยได้โดยง่าย

ตารางที่ 2.8 ตารางสรุปคุณสมบัติของ 6 เรคอร์ดหลักในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการ	เรคอร์ดที่เก็บข้อมูลที่ต้องการไว้
การระบุพิกัดตำแหน่ง	$GPGGA, $GPGLL, $GPRMC
ความเร็ว	$GPRMC, $GPVTG
วัน, เวลา	$GPRMC, $GPGGA, $GPGLL
ระดับแนวระนาบ, ความสูง	$GPGSA, $GPGGA
ข้อมูลของดาวเทียม	$GPGSV
สถานะของตัวรับ	$GPGGA, $GPGSA
การแก้ไขในเรื่อง DGPS	$GPGGA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การสื่อสารข้อมูลอนุกรม

การสื่อสารข้อมูลอนุกรมเป็นการรับหรือส่งข้อมูลในลักษณะกลุ่มของบิตครั้งละ1บิตเรียงลำดับเรื่อยไปจนสิ้นสุดแต่ในบางกรณีก็สามารถรับส่งข้อมูลครั้งละหลายๆบิตได้หากแต่จะต้องมีการตกลงกันระหว่างตัวส่งกับตัวรับว่า จะรับส่งข้อมูลคราวละกี่บิต ตัวรับจะต้องรอข้อมูลมาให้ครบทุกบิตเสียก่อนจึงทำการประมวลผล ส่งผลให้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมอาจจะมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลต่ำกว่าแบบขนานในด้านจำนวนสายสัญญาณการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะใช้จำนวนสายที่น้อยกว่ามากเนื่องจากการสื่อสารข้อมูลแบบขนานมีการโอนย้ายมาพร้อมกันจึงมีความจำเป็นต้องใช้จำนวนเส้นสัญญาณมากขึ้นตามจำนวนบิตของข้อมูลด้วยในขณะที่การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นต้องการเส้นสัญญาณเพียงสองหรือสามเส้นเท่านั้นแต่อัตราในการรับส่งข้อมูลอาจต่ำกว่าแบบขนานทำให้ระยะทางในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมสามารถทำได้มากกว่าการสื่อสารแบบขนานดังนั้นการสื่อสารแบบขนานจึงไม่เหมาะในการสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกเป็นระยะทางไกล ๆ เพราะจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก

การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นจะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัสโดยการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสนั้นจะมีสัญญาณนาฬิการ่วมอยู่กับการรับและส่งด้วยตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส ได้แก่ คีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นของสัญญาณนาฬิกาส่วนอีกสายหนึ่งจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้นคือสัญญาณนาฬิกา, ข้อมูลและกราวด์
และสองคือ การสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัสนั้น คือการรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วยเหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสแต่จะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือบอดเรต (Baudrate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per second :bps)

2.7.1 ความเร็วของการสื่อสารข้อมูลอนุกรม

เนื่องจากการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมเป็นการรับ/ส่งข้อมูลในลักษณะกลุ่มของบิตข้อมูล (Bit Stream) ดังนั้น จึงต้องให้ความสนใจในการพิจารณาเรื่องอัตราเร็วในการรับ/ส่งบิตเหล่านี้เป็นอันดับแรก โดยทั่วไปมักจะระบุกันในหน่วยของจำนวนบิตข้อมูลภายในเวลาหนึ่งวินาที เรียกว่า อัตราบอด ตามค่ามาตรฐานเหล่านี้ ได้แก่ 110, 150, 300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 บอด ข้อมูลทั้งแปดบิตนี้หากว่าถูกส่งออกมาด้วยอัตรา 9600 บอด จะใช้เวลาในการส่งข้อมูลหนึ่งบิตมีค่าเท่ากับ 1/9600 หรือ 104 us และเวลาในการส่งข้อมูลทั้งแปดบิตมีค่าเท่ากับ 8*104 หรือ 832 us

2.7.2 รูปแบบของการส่งข้อมูลอนุกรม

การสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัสจะใช้การแปลงข้อมูลขนานให้เป็นอนุกรมแล้วเพิ่มเติมบิตบางอย่างร่วมไปกับการส่งข้อมูลจริงซึ่งรูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย4ส่วนด้วยกันได้แก่

1. บิตเริ่มต้น (Stat Bit)ซึ่งจะมีขนาด1บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิตเริ่มต้นมีหน้าที่สำหรับการบ่งบอกให้ทราบถึงตำแหน่งเริ่มต้นก่อนบิตข้อมูลตามปกติแล้วค่าของบิตเริ่มต้นจะเป็นระดับลอจิกต่ำ

2. บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5,6,7 หรือ 8 บิต

3. บิตแสดงภาวะความเป็นเลขคู่หรือเลขคี่ (Parity Bit)จะมีขนาด 1 บิต หรือไม่มี

บิตนี้มีหน้าที่เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโดยทั่วไปมักเรียกว่าบิตพาริตี้และจำนำไปต่อท้ายบิตของข้อมูล ค่าของบิตนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนค่าของบิตที่เป็น 1 ซึ่งจะเป็นได้สองลักษณะคือ พาริตี้คู่ (Even Parity) หรือพาริตี้คี่ (Odd Parity) ตัวอย่างเช่นระบบที่ติดต่อกันโดยระบุว่าจะใช้พาริตี้คู่ ทางด้านส่งจะนำค่าข้อมูลที่จะส่งมาพิจารณาหาจำนวนของบิตที่มีค่า 1 หากเป็นเลขจำนวนคู่อยู่แล้ว ค่าของพาริตี้จะมีค่าเป็นศูนย์ แต่หากว่าจำนวนของบิตที่มีค่าเป็น 1 เป็นเลขจำนวนคี่ ค่าของพาริตี้ก็จะมีค่า 1 การพิจารณาทางด้านรับเป็นการตรวจสอบจำนวนบิตที่มีค่าเป็น 1 ของข้อมูลที่ได้รับมาทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตี้ ถ้ามีค่าเป็นเลขจำนวนคู่ แสดงว่าข้อมูลที่ได้รับเข้ามานี้ถูกต้องแต่หากไม่เป็นเลขจำนวนคู่แสดงว่าเกิดการผิดพลาดของข้อมูลขึ้น เป็นต้น.

4. บิตสุดท้าย (Stop Bit)จะมีขนาด 1,1.5,หรือ 2 บิต

บิตสุดท้ายเป็นบิตที่เพิ่มขึ้นเพื่อระบุถึงของเขตการสิ้นสุดของกลุ่มบิตข้อมูล บิตสุดท้ายสามารถโปรแกรมได้คือ 1 บิต 1 ½ บิต และ2 บิต ดังนั้นกรณีของการส่งข้อมูล 8 บิต หากข้อมูลถูกส่งออกไปด้วยอัตราเร็ว 9600 บอด เวลาโดยรวมในการส่งข้อมูลหนึ่งไบต์ จะมีค่าเป็น 12*104 หรือ1.25 ms

2.8 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS – 232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS – 232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้กับการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียวเท่านั้นเพื่อที่จำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดหนึ่งที่อยู่ห่างไกลกัน โดยคณะกรรมวางมาตรฐานที่มีชื่อว่า EIA RS – 232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 ถึง -12 Vแสดงว่ามีข้อมูล(MASK) และ+3 ถึง +12 V แสดงเป็นช่องว่าง(Space)

มาตรฐาน RS – 232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment : DTE)กับวงจรข้อมูลปลายทาง(Data Circuit Terminating :DCE) ไว้ว่าอุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือ ไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่ง DTE มาจากเท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS – 232

ข้อแตกต่างระหว่างอุปกรณ์ DTE และ DCE อย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE เป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ในโมเด็มจะเป็นแบบ DCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS – 232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS – 232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้หรือ DB-9 ตัวผู้ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นที่เคยใช้งานในอดีต ปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนัก จึงถูกยกเลิกไป ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS– 232 ทั้งแบบ DB-25 และ DB-9

คอนเน็กเตอร์แบบ DB-9	คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect :DCD	อินพุต
2	3	Receive Data :RD	อินพุต
3	2	Transmitted Data : TD	เอาท์พุต
4	20	Data terminal Ready: DTR	เอาท์พุต
5	7	Signal Ground : GND	-
6	6	Data Set Ready :DSR	อินพุต
7	4	Request to send :RTS	เอาท์พุต
8	5	Clear to send :CTS	อินพุต
9	22	Ring Inticator : RI	อินพุต

สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกนั้นแสดงดังในรูป 2.18 ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูลในรูปที่ เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem หรือการเชื่อมต่อโดยตรงโดยไม่ต้องผ่านโมเด็ม โดยมีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็กเต็มรูปแบบ ส่วนในรูปที่ 2.19 เป็นการเชื่อมต่อแบบ ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์ สำหรับหน้าที่ในการทำงานแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS – 232 มีดังนี้

Data Carrier Detect :DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect :CD ขานี้จะแอกทีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลเช่น โมเด็มสำหรับการใช้งานปรกติ ขานี้จะไม่ถูกใช้งานมากนัก

Receive Data :RD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่อ่านได้ไว้ในรีจิสเตอร์ บัฟเฟอร์

Transmitted Data หรือ TD ใช้ส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป

Data terminal Ready: DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์ให้อุปกรณ์รับรู้ว่าต้องการติดต่อด้วยโดยขาDTR นี้ต้องเชื่อมกับDSR ของอุปกรณ์ปลายทางและขา DTRของอุปกรณ์ปลายทางต้องเชื่อมกับขาDSR ของคอมพิวเตอร์ถ้าใช้การเชื่อมต่อเป็นแบบ Null Modem ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียงสามเส้นจะต้องต่อขาDTR และDSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อกับขาด้วยในกรณีที่โปรแกรมที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห์

Signal Ground : GND กราวด์ของระบบ

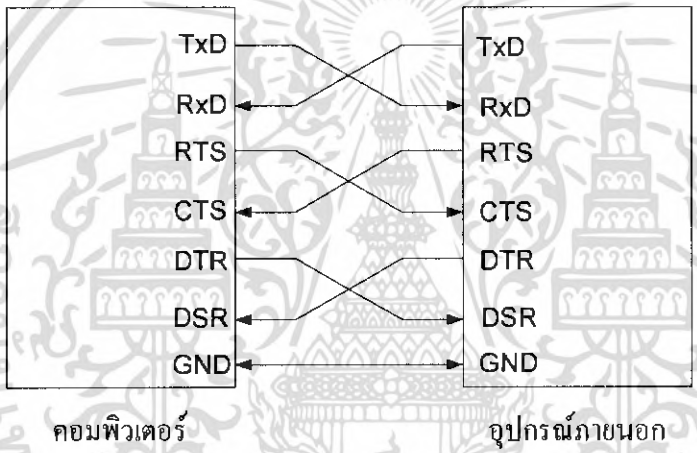
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Set Ready :DSR ขานี้จะใช้คู่กับขา เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทางซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DSR

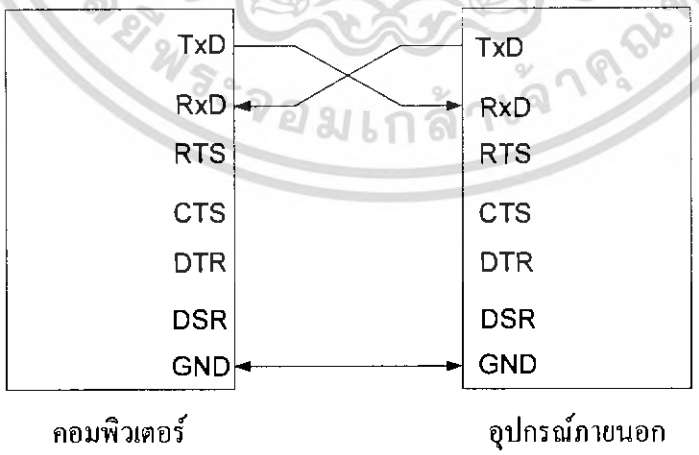
Request to send :RTS เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null Modem 3สาย จึงต้องเชื่อมต่อขา RTSและ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อที่จะให้การรับและส่งข้อมูลเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

Clear to send :CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อมูลที่ขาTDจะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่

Ring Indicator : RI ใช้ในการแสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสัญญาณโทรศัพท์ ปกติในการการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น



รูปที่ 2.18 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ Null Modem



รูปที่ 2.19 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ RS-232 โดยใช้สัญญาณเพียง3 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UART

UARTย่อมาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter หมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั้นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารอนุกรม

หน้าที่หลักของUART คือทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมซิงโครนัส แล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจากUART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังแจ้งข้อมูลอื่นๆ ให้คอมพิวเตอร์รับทราบด้วยเช่นอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล(บอดเรต),รูปแบบการส่งข้อมูล , ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูลเป็นต้น

ภายใน จะมีส่วนของวงจรสร้างบอดเรตแบบโปรแกรมได้(programmable buadrate generator)

โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิต ดังนั้นจึงสามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1-65,535 สามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์(half duplex) และฟูลดูเพล็กซ์(FULL duplex)โดยการส่งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์เป็นการส่งแบบทิศทางเดียวส่วนการส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์สามารถรับและส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์ นั้นสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในคราวเดียวกัน

ระดับแรงดันที่ใช้งานสำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232

มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลของพอร์ตอนุกรม ได้ระบุช่วงระดับแรงดันสำหรับการทำงานของพอร์ตอนุกรมไว้ว่า ที่ลอจิก "0 " จะมีระดับสัญญาณ +3 ถึง +15V ส่วนลอจิก "1"จะมีระดับสัญญาณ –3 ถึง -15 V ระดับสัญญาณนั้นทำให้ไม่สามารถที่จะนำขาเอาท์พุตใดๆต่อเข้ากับลอจิกเกตเพื่อใช้งานได้โดยตรง จะต้องผ่านวงจรเพื่อที่จะเปลี่ยนระดับแรงดันเสียก่อน โดยปกติจะใช้ไอซีพวก RS-232 transceiver ที่นิยมมากคือMAX 232หรือ ICL232 ไอซีกลุ่มนี้จะทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันของ RS-232 ให้อยู่ในระดับทีทีแอล โดยลอจิก ซึ่งเดิมมีระดับสัญญาณ +3ถึง+15V จะถูกแปลงเป็น 0V ส่วนลอจิก"1 " ซึ่งเดิมมีระดับสัญญาณ -3ถึง-15V จะถูกแปลงเป็น 5Vทั้งนี้เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ดิจิตอลอื่นๆ ที่ใช้ระดับแรงดันทีทีแอลได้

2.9 โค้ด(code)

รหัสหรือโค้ดคืออักษรหรือตัวเลขที่ใช้แทนการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งเช่น 76Hหรือ01110110b ถ้าเป็นรหัสคำสั่งของ Z-80 ก็จะมีความหมายว่า HALT มาตรฐานของรหัสมีอยู่หลายแบบเช่น Hex code ,Binary Code ,EBCDIC, ASCII ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะ ASCII Code รหัส ASCII (American Standard Code for Information Interchange)เป็นรหัสที่พัฒนาขึ้นโดยสถาบันมาตรฐานแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (American National Standard Institute) :ANSI สามารถใช้แทนข้อมูลอักขระและคำสั่งได้มากขึ้นจะเป็นโค้ดแบบ 7บิตเช่นอักษร A,B,C แทนด้วยค่าดังนี้ 41H,42H,43H และมีการขยายเป็นรหัสแบบ 8 บิท โดยเพิ่มบิตสูงสุด (หรือบิตซ้ายสุด) ที่เติมเข้ามาอาจจะเพียงแค่เติม 0 เข้าไป หรือไม่ก็นำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น parity bit การอ่านตารางให้นำตัวเลขแนวนอน และแนวตั้งมาเรียงต่อกัน เช่น ตัวอักขระ A ก็คือ 41h, ตัวเลข 1 คือ 31h เป็นต้น

สมมติว่าต้องการเก็บคำว่า BINGO ก็จะได้เป็น 42h 49h 4Eh 47h 4Fh ตามลำดับดังรูปที่ 2.20

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	DLE	SP	0	@	P		p	็	็		ฐ	ภ	ะ	เ	๐
1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q	ั	ั	ก	ฑ	ม	ั	แ	๑
2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r	ิ	ิ	ข	ฒ	ย	า	โ	๒
3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s	ี	ี	ฃ	ณ	ร	ำ	ใ	๓
4	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t	ึ	ึ	ค	ด	ฤ	ั	ไ	๔
5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u	ื	ื	ฅ	ต	ล	ั		๕
6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v	ุ	ุ	ฆ	ถ	ฦ	ั	ๆ	๖
7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w	ู	ู	ง	ท	ว	ั	็	๗
8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x	ั	ั	จ	ธ	ศ	ั	่	๘
9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y	ั	ั	ฉ	น	ษ	ั	้	๙
A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z	ั	ั	ช	บ	ส	ั	๊	
B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{	ั	ั	ซ	ป	ห	ั	๋	
C	FF	FS	,	<	L	¥	l	|	ั	ั	ฌ	ผ	ฬ	ั	์	
D	CR	GS	-	=	M	]	m	}	ั	ั	ญ	ฝ	อ	ั	๎	
E	SO	RS	.	>	N	^	n	~	ั	ั	ฎ	พ	ฮ	ั	๏	
F	SI	US	/	?	O	_	o	M'	ั	ั	ฏ	ฟ	ฯ	ั	ๆ	

รูปที่ 2.20 ตารางรหัส ASCII แทนตัวอักษร

2.10 ไมโครคอนโทรลเลอร์

การใช้งานพอร์ทสื่อสารอนุกรม

พอร์ทสื่อสารอนุกรมมีโครงสร้างการทำงานในแบบที่เรียกว่าฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) สามารถรับและส่งข้อมูลอนุกรมได้ในเวลาเดียวกัน โดยจะมี Serial Port Buffer (SBUF) ใช้เป็นบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลอนุกรม พอร์ทสื่อสารอนุกรมสามารถโปรแกรมการทำงานได้หลายโหมดด้วยกันโดยเลือกที่บิต SM1 และSM0 ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ควบคุม SCON การทำงานของทั้ง 4 โหมด ของพอร์ทสื่อสารอนุกรมมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 โหมดการทำงานของพอร์ทสื่อสารอนุกรม

SM0	SM1	โหมด	การทำงาน
0	0	0	Shift Register ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลเท่ากับ (1/12) ของ CPU OSC
0	1	1	8 Bit UART ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลกำหนดได้จาก Timer1,2
1	0	2	9 Bit UART ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูล = (1/32) หรือ (1/64) เท่าของ CPU OSCโดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON
1	1	3	9 BIT UART ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลกำหนดที่ Timer1, 2

โหมด 0: พอร์ทสื่อสารอนุกรม 8 บิต โดยการส่งข้อมูลจะเลื่อนออกทีละบิตโดยส่งบิต D0 ออกไปก่อนทางขา RxD เนื่องจากไม่มีการส่ง Start Bit แต่จะส่ง shift clock ทางขา TxD (ความเร็ว 1/12 เท่าของ CPU OSC)

โหมด 1: พอร์ทสื่อสารอนุกรม 10 บิต ข้อมูล 8 บิต 1 บิตเริ่มต้น และ1 บิตสุดท้าย และสามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วในการส่งข้อมูลได้ โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โฟลว์ของ Timer1, 2

บอดเรท โหมด 1, 3 = $\frac{2^{SMOD} \times CPUOsc}{32 \times 12 \times [256 - (TH1)]}$ โดยใช้ไทเมอร์ 1

บอดเรท โหมด 1, 3 = $\frac{CPUOsc}{32 \times [65536 - (RCAP2H, RCAP2L)]}$ โดยใช้ไทเมอร์ 2

โหมด 2: พอร์ทสื่อสารอนุกรม 11 บิต ข้อมูล 9 บิต 1 บิตเริ่มต้น และ1 บิตสุดท้าย (TB8 นิยมนำมาใช้ส่งพาริตีบิต) ความเร็วในการรับส่งข้อมูลเท่ากับ 1/32 หรือ 1/64 เท่าของ CPU OSCโดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON

$$\text{บอดเรท (โหมด 2)} = \frac{(2^{SMOD})CPUOsc}{64}$$

- บอดเรท (โหมด 2) = 1/32 CPU OSC เมื่อ SMOD = 1
- บอดเรท (โหมด 2) = 1/64 CPU OSC เมื่อ SMOD = 0

โหมด 3: พอร์ทสื่อสารอนุกรม 11 บิต ข้อมูล 8 บิต 1 บิตเริ่มต้น และ1 บิตสุดท้าย เหมือนโหมด 2 ยกเว้นอัตราความเร็วจะขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 หรือ อัตราโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 2

บอดเรท โหมด 1, 3 = $\frac{2^{SMOD} \times CPUOsc}{32 \times 12 \times [256 - (TH1)]}$ โดยใช้ Timer 1

บอดเรท โหมด 1, 3 = $\frac{CPUOsc}{32 \times [65536 - (RCAP2H, RCAP2L)]}$ โดยใช้ Timer 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการรับส่งข้อมูลอนุกรม SCON

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

SM0,SM1 : บิตเลือกโหมดการทำงาน

SM2 : บิตเลือกการทำงานแบบ Single Processors Environment หรือ Multiprocessor Environment

1 : เลือก Multiprocessor Environment ใช้ได้กับโหมด 2,3

0 : เลือก Single Processor Environment ใช้ได้กับทุกโหมด

REN (Receive Enable) : บิตควบคุมให้รับหรือไม่รับข้อมูล

1 : ให้รับข้อมูลได้

0 : ห้ามรับข้อมูล

หมายเหตุ(การรับข้อมูลสามารถห้ามได้แต่การส่งข้อมูลห้ามไม่ได้)

TB8 (Transmit bit D8) : ข้อมูลบิตที่ 9 ที่จะส่งออกไปในโหมด 2, 3 ให้ใส่ในบิตนี้ได้เลย

RB8 (Receive bit D8) : ข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาจะมาเก็บในบิตนี้

(ข้อมูลบิตที่9ก็คือค่าในTB8 ทางด้านส่งนั้นเอง)

TI : แฟลกซ์ TI จะเป็น 1 เมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล 1 ไบต์

RI : แฟลกซ์ RI จะเป็น 1 เมื่อรับข้อมูลเสร็จ 1 ไบต์

กระบวนการรับและส่งข้อมูลอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

การส่งข้อมูลออกทางพอร์ทอนุกรมของ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มต้นขึ้นภายหลังเมื่อมีการเขียนข้อมูลลงไปใน SBUF ข้อมูลนี้ จะถูกเลื่อนทีละบิต และส่งสัญญาณออกไปภายนอกโดยอัตโนมัติ เมื่อข้อมูลเหล่านี้ได้ส่งออกไปครบถ้วนแล้วจะทำให้ค่าของแฟล็ก TI เป็น 1 เพื่อแจ้งให้ทราบว่าขณะนี้ SBUF ว่างและพร้อมที่จะส่งข้อมูลไบต์ต่อไปแล้ว ในกรณีที่ใช้เขียนข้อมูลใหม่ลงในรีจิสเตอร์ SBUF โดยไม่รอให้แฟล็ก TI มีค่าเป็น 1 ก่อน จะมีผลทำให้ข้อมูลที่ส่งไปผิดพลาดได้

สำหรับการรับข้อมูลจากพอร์ทอนุกรมจะต้องเริ่มต้นโดยการกำหนดค่า REN (Receive Enable) ให้มีค่าเป็น 1 ก่อน หลังจากนั้นเมื่อมีข้อมูลภายนอกถูกส่งเข้ามายังไมโครคอนโทรลเลอร์ทีละบิตจนครบและเมื่อบิต

สุดท้ายถูกเลื่อนเข้ามาเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลนั้นจะถูกย้ายมาเก็บไว้ยังรีจิสเตอร์ SBUF และแฟล็ก RI ก็จะมีค่าเป็น 1 (ถูกเซ็ต)

พอร์ทอนุกรม (โหมด0)

การทำงานของพอร์ทอนุกรม (โหมด 0) เป็นการรับและส่งข้อมูลอนุกรมจำนวน 8 บิต โดยใช้เพียงขาสัญญาณ RxD เท่านั้น (ขานี้ใช้งาน 2 หน้าที่ใช้ส่งและรับข้อมูล) ส่วนขาสัญญาณ TxD จะนำไปใช้เพื่อเป็นขาสัญญาณนาฬิกาในการให้จังหวะ การเลื่อนข้อมูลกับวงจร เลื่อนบิตภายนอก สำหรับอัตราเร็วจะถูกกำหนดไว้คงที่ที่ค่า 1/12 เท่าของ CPU OSC เนื่องจากโหมดนี้ไม่มีการส่งบิตเริ่มต้นและบิตสุดท้าย ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องส่งสัญญาณ shift clock ออกไป เพื่อใช้ synchronize ระหว่างฝ่ายรับและฝ่ายส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะใช้ขา TxD ส่วนการรับข้อมูลจะรับข้อมูลเข้าทางขา RxD และรับ shift clock เข้าทางขา TxD ถ้า CPU OSC มีค่าเท่ากับ 12MHz ก็จะส่งได้ถึง 1 ล้านบอด ซึ่งโหมด 0 เป็นโหมดที่ส่งข้อมูลได้เร็วที่สุด

พอร์ทอนุกรม (โหมด1)

การทำงานในโหมด 1 เป็นการสื่อสารข้อมูลอนุกรมจำนวน 10 บิต ประกอบด้วยบิตเริ่มต้น 1 บิต ข้อมูลจำนวน 8 บิต และบิตสุดท้ายอีก 1 บิต โดยข้อมูลจะถูกส่งออกทาง TxD และรับเข้ามาทางขาสัญญาณ RxD ในส่วนของข้อมูล 8 บิต ที่ได้รับหรือทำการส่งออก จะเป็นบิดนัยสำคัญต่ำเป็นลำดับแรก ส่งทางฝ่ายรับค่าของบิตสุดท้าย จะส่งเข้ามาจัดเก็บไว้ในบิต RB8 ภายในรีจิสเตอร์ SCON สำหรับอัตราเร็วในการส่งข้อมูลในการส่งข้อมูลของโหมด 1 นั้น สามารถกำหนดเลือกได้จากไทเมอร์ 1

พอร์ทอนุกรม (โหมด2)

โหมดนี้ใช้ทั้งหมด 11 บิต โดยแบ่งเป็น บิตเริ่มต้น 9 บิตข้อมูล และบิตสุดท้าย โดยบิตที่ 9 ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าเองได้ว่าจะส่งค่าอะไรออกไป โดยจะต้องนำไปใส่ไว้ในบิต TB8 ในรีจิสเตอร์ SCON ส่วนมากผู้ใช้มักจะนำบิตนี้มาใช้เป็นพาริตี้บิต โดยหลักค่ามาจากพาริตี้แฟล็กใน PSW ส่วนทางด้านรับบิตที่ 9 จะถูกนำมาเก็บไว้ใน RB8 อัตราเร็วในการส่ง/รับข้อมูลขึ้นกับCPUและค่า SMOD ซึ่งอยู่ในบิต 7 ใน SCON

พอร์ทอนุกรม (โหมด3)

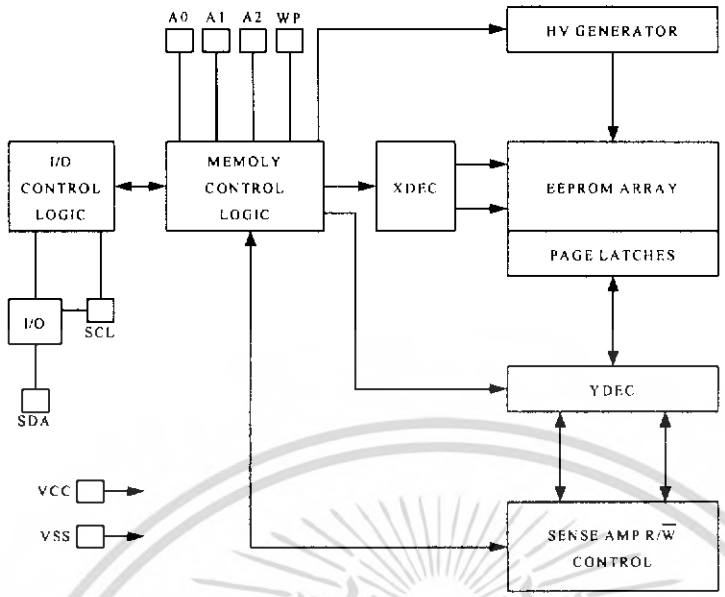
เหมือนกับโหมด 2 ทุกอย่าง ยกเว้นความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะขึ้นกับอัตราโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 หรือ ไทเมอร์ 2

2.11 หน่วยความจำ อีสแควพรอม (EEPROM) แบบไอสแควซี (24XX)

2.11.1 คุณสมบัติของหน่วยความจำอีสแควพรอมแบบไอสแควซี

หน่วยความจำแบบอีอีพรอม หรือที่นิยมเรียกสั้น ๆ ว่าอีสแควพรอมนั้น จัดเป็นหน่วยความจำประเภทหน่วยความจำถาวร เนื่องจากสามารถเก็บรักษาข้อมูลภายในตัวไว้ได้ถึงแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับตัวหน่วยความจำก็ตาม ซึ่งหน่วยความจำแบบนี้จะมีจุดเด่นประการหนึ่งคือสามารถทำการลบและเขียนซ้ำได้หลาย ๆ ครั้งด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งทำให้มีความสะดวกมากในการออกแบบวงจรและการนำไปประยุกต์ใช้งาน โดยหน่วยความจำแบบนี้จะมีรูปแบบในการเชื่อมต่อกับตัวแม่ได้หลายแบบ แต่สำหรับหน่วยความจำที่นิยมนำมาใช้เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้แก่ หน่วยความจำแบบที่ใช้วิธีการเชื่อมต่อแบบอนุกรม ซึ่งนิยมเรียกว่า ซีเรียลอีอีพรอม ซึ่งจะใช้สัญญาณในการเชื่อมต่อน้อยเส้น โดยหน่วยความจำซีเรียลอีอีพรอม แบบที่กำลังได้รับความนิยมในการใช้งานในปัจจุบันได้แก่หน่วยความจำที่ใช้การเชื่อมต่อแบบอนุกรมไอสแควซีบัสในตระกูล 24XX (มีรหัสเบอร์ขึ้นต้นด้วย 24) ซึ่งหน่วยความจำแบบนี้มีคุณสมบัติที่น่าสนใจหลายประการคือมีตัวถังขนาดเล็ก ใช้สัญญาณในการเชื่อมต่อน้อยเส้น และสามารถเก็บรักษาข้อมูลไว้ได้นานกว่า 200 ปี นอกจากนี้ยังสามารถลบและเขียนซ้ำได้ถึง 1 ล้านครั้ง (อ้างอิงจากไมโครชิพ) จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งาน ในด้านที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาข้อมูล ที่ต้องการพื้นที่ของหน่วยความจำ จำนวนมากแต่ไม่ต้องการความเร็วในการอ่านเขียน และไม่ได้เปลี่ยนแปลงค่าข้อมูลบ่อยมากนักได้เป็นอย่างดี

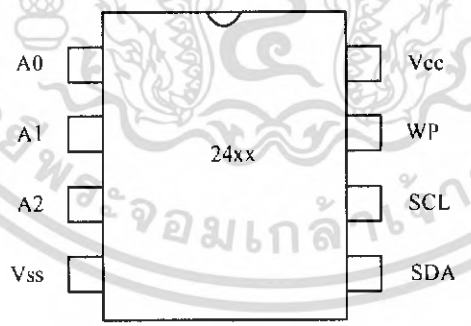
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 บล็อกไดอะแกรมของหน่วยความจำอีสแควพรอมตระกูล 24XX

2.11.2 การจัดขาสัญญาณของหน่วยความจำ 24XX

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



รูปที่ 2.22 ขาสัญญาณโดยทั่วไปของไอซี 24XX

- A0, A1, A2 เป็นขาสัญญาณแอดเดรสอินพุท ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งการทำงานของอีสแควพรอมแต่ละตัวที่จะเชื่อมต่อกันภายในบัส ซึ่งขาสัญญาณแอดเดรสนี้แต่ละตัวอาจมีไม่เท่ากันบางตัวอาจมี 3 ขา บางตัวอาจมีเพียง 1 หรือ 2 ขา บางตัวอาจไม่มีเลย โดยถ้าตัวใดไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบให้กำหนดค่าแอดเดรสจากทางฮาร์ดแวร์ได้ ขาสัญญาณเหล่านี้จะถูกปล่อยว่าง (NC) ไว้

- VSS เป็นขาสัญญาณอ้างอิง หรือ GND
- เอสดีเอเป็นขาข้อมูลแบบ 2 ทิศทางของไอสแควซี สำหรับรับส่งข้อมูลระหว่างอีสแควพรอมและไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะทำหน้าที่เป็นอินพุทในการรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จะส่งให้กับอีสแควพรอม และในทางกลับกันก็จะทำหน้าที่เป็นเอาท์พุท สำหรับส่งข้อมูลจากอีสแควพรอมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
- เอสซีแอลเป็นขาสัญญาณนาฬิกาอินพุทของไอสแควซี ใช้สำหรับควบคุมการรับส่งหรืออ่านเขียนข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ และอีสแควพรอม
- WP เป็นขาสัญญาณไรท์โพรเทค (Write Protect) โดยมีสภาวะเป็นอินพุท ทำหน้าที่ป้องกันการเขียนข้อมูลให้กับอีอีพรอม โดยถ้าขานี้มีสภาวะเป็น "0" จะสามารถสั่งเขียนข้อมูลให้กับอีสแควพรอมได้ ถ้าขานี้มีสภาวะเป็น "1" จะไม่สามารถเขียนข้อมูลให้กับอีสแควพรอมได้

ซึ่งปัจจุบันหน่วยความจำในกลุ่มนี้จะมีผลิตออกจำหน่ายเพื่อให้ผู้ใช้ได้เลือกใช้งานกันตามความเหมาะสมมากมายหลายเบอร์ โดยส่วนมากจะมีรหัสเบอร์เริ่มต้นด้วย 24 เช่น 2416, 2432, 2464, 24128, 24256 และ24512 เป็นต้น ซึ่งหน่วยความจำเหล่านี้จะเป็นแบบที่ใช้การเชื่อมต่อแบบไอสแควซีบัสเหมือนกันทั้งหมด และจะมีลักษณะของขาสัญญาณที่เข้ากันได้ทุกประการสามารถนำไปทดแทนกันได้ โดยแต่ละเบอร์จะมีความแตกต่างกันในบางเรื่อง เช่นขนาดของจำนวนความจุในการเก็บข้อมูล ความเร็วในการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำ และระดับแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงในการทำงาน เป็นต้น ซึ่งผู้ใช้เองสามารถออกแบบวงจรและเลือกติดตั้งหน่วยความจำเพื่อใช้งานกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้มากมายหลายเบอร์ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์และขนาดของหน่วยความจำที่ต้องการ โดยอีสแควพรอมในตระกูล 24XX (ไอสแควซีบัส) ในกลุ่มนี้บางเบอร์สามารถต่อร่วมกันภายในบัสเดียวกันได้มากกว่า 1 ตัว โดยแต่ละตัวจะมีขาแอดเดรสสำหรับกำหนดรหัสตำแหน่งของอุปกรณ์ภายในบัสจากฮาร์ดแวร์ (ขาสัญญาณ A2, A1 และA0) ได้เช่น เบอร์ 24XX32, 64 ,128 และ24XX256 ของไมโครชิพ เป็นต้น โดยหน่วยความจำแต่ละตัวจะมีรหัสในการติดต่อเรียกว่าคอนโทรลไบต์ซึ่งมีลักษณะดังนี้

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

รูปที่ 2.23 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 ซึ่งจากคุณสมบัติดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำให้สามารถทำการต่อหน่วยความจำดังกล่าวได้มากถึง 8 ตัวภายในบัสเดียวกัน โดยกำหนดสภาวะของขาสัญญาณลอจิกแอดเดรสที่แตกต่างกันออกไป โดยสามารถสรุปให้เห็นได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.11 คอนโทรลไบต์ของหน่วยความจำแบบไอสแควซีบัสของไมโครชิพ

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

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

2.11.3 การเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำ

สำหรับรูปแบบของวิธีการอ่านเขียนข้อมูลของหน่วยความจำแต่ละเบอร์นั้น โดยมากแล้วจะมีรูปแบบมาตรฐานที่คล้ายกัน แต่อาจมีความแตกต่างกันบ้างในบางเบอร์บางยี่ห้อ เช่น ความเร็วในการเขียนบางยี่ห้อใช้เวลา 4 ms บางยี่ห้ออาจใช้เวลาในการเขียนเพิ่มขึ้นเป็น 5 ms หรือ 10 ms เป็นต้น ดังนั้นเมื่อจะเลือกใช้หน่วยความจำเบอร์ใดยี่ห้อใด ควรศึกษารายละเอียดคาต้าชีตเพิ่มเติมถึงคุณสมบัติเหล่านี้ประกอบด้วย สามารถนำมาเรียบเรียงเป็นขั้นตอนให้เห็นได้ดังต่อไปนี้

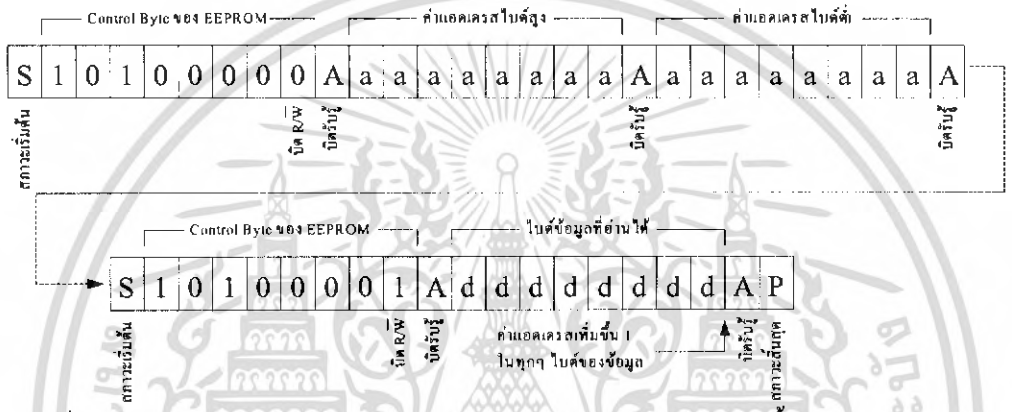
1. ส่งสภาวะเริ่มต้นไปยังบัสเพื่อเริ่มต้นการสื่อสาร
2. ส่งคอนโทรลไบต์ของอีสแควพรอมสำหรับการเขียน ซึ่งก็คือ "10100000"
3. ส่งค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูงที่ต้องการเขียนข้อมูลไปให้ อีสแควพรอม
4. ส่งค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำที่ต้องการเขียนข้อมูลไปให้ อีสแควพรอม
5. ส่งค่าข้อมูลที่ต้องการเขียนไปยังอีสแควพรอมในตำแหน่งแอดเดรสที่ระบุในข้อ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

2.11.4 การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ

ในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำอีสแควพรอมนั้นจะสามารถสั่งอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำได้ 3 แบบ คือการอ่านแบบระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์ (Random Read) การอ่านแบบระบุตำแหน่งครั้งละหลาย ๆ ไบต์ (Sequential Read) และการอ่านโดยไม่ระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์ (Current Address Read) ซึ่งวิธีการสั่งอ่านข้อมูลแต่ละแบบนั้นจะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป โดยสามารถอธิบายถึงวิธีการพอสังเขปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

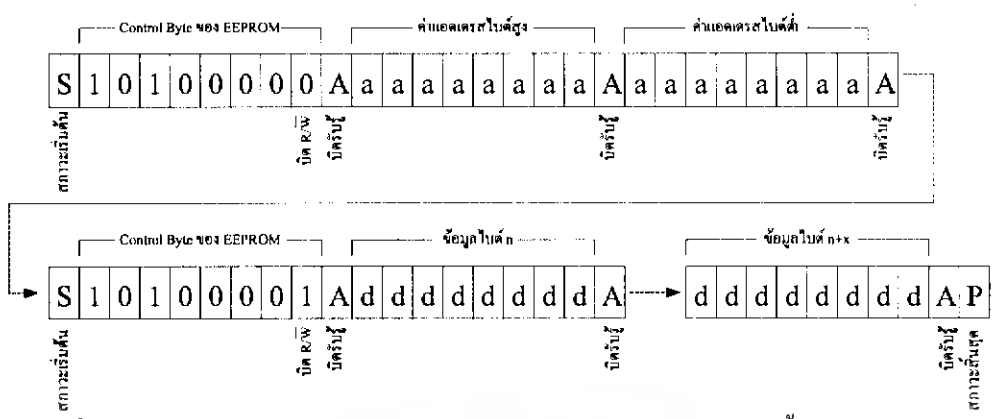
การอ่านแบบระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์ เป็นการสั่งอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำตำแหน่งแอดเดรสใด ๆ ภายในตัวหน่วยความจำก็ได้ โดยสามารถอ่านข้อมูลได้ครั้งละ 1 ไบต์ โดยกระบวนการอ่านข้อมูลวิธีนี้ จะเริ่มต้นด้วยการสร้างสภาวะเริ่มต้นจากนั้นจึงเริ่มส่งคอนโทรลไบต์ สำหรับบ่งบอกการเขียน (บิต LSB = "0") จำนวน 1 ไบต์ตามด้วยค่าของแอดเดรสไบต์ซึ่งอาจจะเป็น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



รูปที่ 2.24 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์

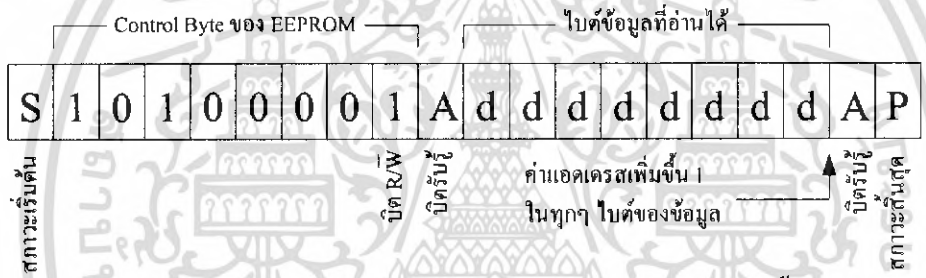
การอ่านแบบระบุตำแหน่งครั้งละหลาย ๆ ไบต์ เป็นการสั่งอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำตำแหน่งแอดเดรสใด ๆ ภายในตัวหน่วยความจำก็ได้ ตามปรกติแล้วคำสั่งนี้จะมีลักษณะคล้ายกับคำสั่งอ่านข้อมูลแบบระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์ โดยสามารถอ่านข้อมูลได้ครั้งละหลาย ๆ ไบต์ต่อเนื่องกันไป ซึ่งเมื่ออ่านข้อมูลแต่ละไบต์เสร็จแล้วค่าแอดเดรสจะเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 ตำแหน่งโดยอัตโนมัติ โดยไม่ต้องส่งค่าคอนโทรลไบต์ และแอดเดรสไบต์ ในการอ่านใหม่ให้เสียเวลาโดยหน่วยความจำจะส่งข้อมูลออกมาทางขาเอสดีเอครั้งละ 1 ไบต์ ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะพบสภาวะสิ้นสุดโดยกระบวนการอ่านข้อมูลวิธีนี้ จะเริ่มต้นด้วยการสร้างสภาวะเริ่มต้น จากนั้นจึงเริ่มส่งคอนโทรลไบต์สำหรับบ่งบอกการเขียน (บิต LSB= "0") จำนวน 1 ไบต์ตามด้วยค่าของแอดเดรสไบต์ซึ่งอาจมีขนาดเป็น 1 ไบต์หรือ 2 ไบต์ก็ได้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของหน่วยความจำแต่ละเบอร์ หลังจากเขียนแอดเดรสไบต์ครบแล้วให้สร้างสภาวะเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง พร้อมกับส่งค่ารหัสคอนโทรลไบต์สำหรับบ่งบอกการอ่าน (บิต LSB= "1") จำนวน 1 ไบต์ แล้วจึงรอรับไบต์ข้อมูลจากหน่วยความจำตามตำแหน่งแอดเดรสที่ระบุไว้ จากนั้นก็ยังสามารถอ่านข้อมูลตำแหน่งถัดไปในหน่วยความจำได้อีกเรื่อย ๆ ตามต้องการ เมื่ออ่านข้อมูลได้ครบตามต้องการแล้วจึงจบด้วยการส่งสภาวะหยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบระบุตำแหน่งครั้งละหลาย ๆ ไบต์

การอ่านโดยไม่ระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์ เป็นการสั่งอ่านข้อมูลตำแหน่งแอดเดรสต่อเนื่องจากครั้งสุดท้าย ซึ่งการสั่งอ่านข้อมูลแบบนี้จะมีความรวดเร็วกว่าแบบอื่นเนื่องจากไม่ต้องส่งแอดเดรสไบต์ไปให้กับหน่วยความจำ ซึ่งมีรูปแบบในการสั่งอ่านข้อมูลเป็นดังนี้



รูปที่ 2.26 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
2. การอ่านแบบระบุตำแหน่งครั้งละหลาย ๆ ไบต์
    2.1 ส่งสภาวะเริ่มต้นไปยังบัส เพื่อเริ่มต้นการสื่อสาร (เหมือนข้อ 1.1-1.4)
    2.2 ส่งคอนโทรลไบต์ของอีสแควพรอม สำหรับการอ่าน ซึ่งก็คือ “10100001”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

2.12 มาตรฐานคำสั่งของโมเด็ม

บริษัท Hayes Microcomputer Products Tnc. เป็นผู้คิดชุดคำสั่งชุดหนึ่งขึ้นมา เพื่อสั่งงานโมเด็มสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และได้รับความนิยมอย่างมากจนถือเป็นมาตรฐานอันหนึ่ง มาตรฐานคำสั่งนี้เรียกว่า ชุดคำสั่งของเฮย์ (Hayes Command Set) เป็นคำสั่งที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถกำหนดการทำงานต่าง ๆ ของโมเด็มได้ โดยใช้ซอฟต์แวร์ สั่งจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มโดยตรง ทำให้เราไม่ต้องปรับสวิทช์ เพื่อเลือกการทำงานแบบต่าง ๆ ของโมเด็มอีกต่อไป โมเด็มที่เราใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเกือบทั้งหมดจะรับคำสั่งตามมาตรฐานของเฮย์ (Hayes) นี้ซึ่งคำสั่งต่าง ๆ จะกล่าวถึงต่อไป

คำสั่งโมเด็มจะควบคุมการทำงานที่จำเป็นทั้งหมดของโมเด็ม เช่น ตอบรับสัญญาณโทรศัพท์ที่เรียกเข้ามา เลือกให้ทำงานในแบบ Echo on หรือ Echo off ต่อเข้าสายโทรศัพท์หรือวางสายโทรศัพท์ รีเซตโมเด็ม สั่งให้โมเด็มหมุนโทรศัพท์ตามเบอร์ที่กำหนด ปรับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของโมเด็ม ฯลฯ ซึ่งถ้าหากไม่ใช้คำสั่งโมเด็มแล้ว ผู้ใช้จะต้องกำหนดตัวแปรเหล่านั้น ด้วยวิธีการผลักสวิทช์บนโมเด็มตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น การใช้คำสั่งจึงสะดวกและง่ายต่อการใช้งานมาก ข้อดีอันหนึ่งของการใช้คอมพิวเตอร์ส่งคำสั่งโมเด็มก็คือ ซอฟต์แวร์ติดต่อสื่อสารสามารถปรับค่าต่าง ๆ ของโมเด็มให้เป็นไปอย่างที่ต้องการได้โดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องรู้รายละเอียดใด ๆ เลย โปรแกรมจะจัดการให้เสร็จและติดต่อส่งข้อมูลได้ทันที โปรแกรมคนละโปรแกรมอาจใช้งานโมเด็มไม่เหมือนกัน แต่ละโปรแกรมก็จะปรับโมเด็มให้ทำงานต่างกันได้โดยไม่ต้องแก้ไขส่วนฮาร์ดแวร์ของโมเด็มเลย การใช้งานโมเด็มจึงมีความคล่องตัวมากกว่าการใช้สวิทช์เลือกแบบเก่า ซึ่งถ้ามีการเปลี่ยนแปลงอะไรเราก็ต้องปรับสวิทช์กันทีหนึ่งทุกครั้งไป และอาจเกิดความผิดพลาดได้ง่ายกว่าการใช้คำสั่ง สั่งงานโมเด็ม

ภายในตัวโมเด็มจะมีหน่วยความจำพิเศษสำหรับเก็บตัวแปรในการทำงานแทนที่สวิทช์แบบเก่า หน่วยความจำนี้จะยังคงเก็บค่าต่าง ๆ เอาไว้ได้ แม้ว่าจะปิดโมเด็ม หรือดึงปลั๊กโมเด็มออกก็ตาม โมเด็มที่ใช้คำสั่งของเฮย์เรียกหน่วยความจำส่วนนี้ว่า S-Register เอาไว้ใช้เก็บพารามิเตอร์ในการทำงานของโมเด็ม เช่น จำนวนครั้งที่จะตอบรับสัญญาณเรียกเข้า ช่วงเวลาสำหรับรอสัญญาณก่อนหมุนโทรศัพท์ ฯลฯ

ซอฟต์แวร์ที่ใช้สื่อสารสามารถเปลี่ยนค่าตัวแปรเหล่านี้ชั่วคราว หรือเปลี่ยนค่าถาวรไปเลยก็ได้ โดยใช้คำสั่งเก็บค่าตัวแปรเอาไว้ หน่วยความจำพิเศษนี้ บางชนิดใช้แบตเตอรี่เล็ก ๆ คอยจ่ายไฟให้เวลาที่เราปิดโมเด็ม เพื่อป้องกันค่าต่าง ๆ หายไปจากหน่วยความจำ ดังนั้นเมื่อใช้โมเด็มไปนาน ๆ แบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังกล่าวจะหมดลง เราจำเป็นต้องเปลี่ยนอันใหม่ให้ ไม่เช่นนั้นการทำงานของโมเด็มอาจผิดพลาดได้ เนื่องจากค่าของตัวแปรในหน่วยความจำหายไป โมเด็มบางชนิดเก็บค่าตัวแปรในหน่วยความจำแบบที่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่จ่ายไฟสำรองให้โมเด็มแบบนี้เราก็ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่ภายในให้มัน และโมเด็มบางแบบก็ยอมให้เราเปลี่ยนค่าตัวแปรเหล่านี้อย่างถาวรโดยเก็บค่าต่าง ๆ เอาไว้ใน ROM การเปลี่ยนค่าตัวแปรจะเป็นไปชั่วคราวเท่านั้น เมื่อเปิดปิดโมเด็มใหม่ ค่าต่าง ๆ จะกลับเหมือนเดิมตามที่ผู้ผลิตกำหนดเอาไว้ใน ROM ของโมเด็มนั่นเอง

ต่อไปจะกล่าวถึงคำสั่งที่มีใช้งานของเฮย์ว่าแต่ละคำสั่งทำหน้าที่อะไรและใช้คำสั่งว่าอย่างไร เพื่อให้เข้าใจการทำงานของคำสั่งโมเด็มมากยิ่งขึ้นดังนี้

คำสั่งของเฮย์เป็นคำสั่งที่ใช้สั่งงานโมเด็ม มีอีกชื่อหนึ่งเรียกกันว่า เอทีคอมมานด์ (AT Command) เพราะคำสั่งทุกคำสั่งขึ้นต้นด้วยตัวอักษรเอที (AT) เสมอ เมื่อจบคำสั่งให้ปิดท้ายด้วย CR (Carriage Return: รหัสแอสกีเท่ากับ 13) หรือกดปุ่ม Enter โมเด็มจะรับคำสั่งนั้นไปทำงานทันที และตอบคำว่า โอเค (OK) กลับมา คำสั่งเรียงตามตัวอักษร เอ ถึง แซด มีดังนี้คือ

- การออนไลน์และออฟไลน์

สภาวะออฟไลน์จะเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่าสภาวะคำสั่ง (Command state) หมายถึงสภาวะที่ผู้ใช้สามารถจะส่งคำสั่งต่าง ๆไปยังโมเด็มได้ หรือ จะพูดอีกนัยหนึ่งก็คือ สภาวะที่โมเด็มจะแปลความหมายของข้อมูลที่ได้รับมาจาก พีซี (PC) ให้เป็นคำสั่งเท่านั้น ซึ่งสภาวะนี้โมเด็มจะไม่ได้รับส่งข้อมูลกับโมเด็มปลายทางแต่จะสื่อสารกันกับพีซีเท่านั้น ส่วนสภาวะออนไลน์ หมายถึง สภาวะที่โมเด็มได้เชื่อมต่อกับโมเด็มปลายทางเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ข้อมูลที่ส่งออกมาจากพีซีก็จะผ่านจากโมเด็มต้นทางไปยังโมเด็มปลายทางเสมอ ในกรณีนี้ถ้าหากผู้ใช้ต้องการที่จะส่งคำสั่งให้กับโมเด็มหรือต้องการให้โมเด็มกลับมาอยู่ในสภาวะออฟไลน์ เพื่อรับคำสั่งจากพีซีก็สามารถทำได้โดยมีวิธีการอยู่ 2 วิธีคือ หนึ่งให้โมเด็มวางสายแล้วกลับมาอยู่ในสภาวะออนไลน์ใหม่ และวิธีที่สองคือ ส่งชุดอักขระ เอสเขปซีเควน (Escape Sequence) เข้าไปยังโมเด็มในขณะที่ออนไลน์ ซึ่งวิธีหลังจะมาความเหมาะสมกว่า เพราะการเชื่อมต่อระหว่างโมเด็มจะยังคงดำเนินอยู่ และหลังจากที่ได้ส่งคำสั่งต่าง ๆ ให้กับโมเด็มเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็จะสามารถกลับเข้าไปอยู่ในสภาวะออนไลน์ได้เช่นเดิม วิธีการส่งชุดอักขระเอสเขปซีเควนสำหรับโมเด็มที่เข้ากันได้กับโมเด็มของเฮย์คือให้รอ 1 วินาที (เรียกว่า Guard Time) แล้วกดปุ่ม + ติดต่อกัน 3 ครั้ง (+++) การที่ต้องรอ 1 วินาทีก่อนที่จะกดปุ่มเครื่องหมาย + เป็นสิ่งที่จำเป็นเนื่องจากว่าโมเด็มจะได้รู้ว่าอักษร + นั้นเป็นส่วนของอักขระเอสเขปซีเควน ไม่ใช่ส่วนของข้อมูลที่จะต้องส่งไปยังโมเด็มปลายทาง

- ATA (รับโทรศัพท์)

คำสั่งนี้จะทำให้โมเด็มสามารถรับสายโทรเข้าได้ แต่มักจะใช้กรณีชั่วคราวที่จำเป็นเท่านั้น โดยปกติแล้วผู้ใช้จะสามารถกำหนดให้โมเด็มรับสายทุกครั้งที่มีเสียงริง (Ringing) ได้โดยตั้งค่ารีจิสเตอร์ S0 ให้มีค่าเป็น 1 ส่วนในกรณีที่ไม่ต้องการให้โมเด็มรับสายโทรเข้า ก็ให้ตั้งค่ารีจิสเตอร์ S0 เป็น 0 แต่ในบางครั้งผู้ใช้อาจจะต้องการให้โมเด็มสามารถรับสายได้ทันทีได้ ทั้ง ๆ ที่ตั้งค่ารีจิสเตอร์ S0 ไว้เป็น 0 โดยการใช้คำสั่ง ATA ซึ่งการทำงานของโมเด็มหลังจากที่ได้รับคำสั่งก็คือ โมเด็มจะยกหูโทรศัพท์ขึ้น (Off-hook) และจะส่งสัญญาณพาหะ (Carrier) ไปยังโมเด็มปลายทาง หลังจากนั้นโมเด็มก็จะรอเป็นเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X วินาทีตามที่ได้ตั้งไว้ในรีจิสเตอร์ S7 ถ้าไม่มีสัญญาณพาหะตอบกลับมาภายในระยะเวลาดังกล่าว โมเด็มก็จะวางหูโทรศัพท์และจะกลับมาอยู่ในสภาวะคำสั่ง (Off-line) อีกครั้ง

- ATD (หมุนหมายเลขโทรศัพท์)

คำสั่ง ATD จะทำให้โมเด็มยกหูโทรศัพท์ขึ้น และหมุนหมายเลขโทรศัพท์ออกด้วยหมายเลขที่คุณกำหนดเอาไว้ในพารามิเตอร์ของคำสั่ง โดยมีรูปแบบดังตัวอย่าง ATD3197707 ซึ่งคำสั่ง ATD นี้จะต้องการพารามิเตอร์บางอย่างทุกครั้งที่คุณใช้คำสั่งนี้เสมอ อย่างเช่น "T" (Tone), "P" (Pulse), "W" (Wait), หรือ "," ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการหมุนหมายเลขโทรศัพท์

พารามิเตอร์	ความหมาย
!	วางหูโทรศัพท์ชั่วคราว
,	หยุดรอเป็นเวลา 2 วินาทีขณะหมุนหมายเลข
;	หลังจากหมุนหมายเลขแล้วจะส่งไปที่สภาวะคำสั่ง
P	หมุนหมายเลขด้วยระบบพัลส์ (Pulse)
R	เรียกโหมดรีเวิร์ส
S=x	เก็บหมายเลขโทรศัพท์ไว้ที่พื้นที่ x
T	หมุนหมายเลขด้วยระบบโทน (Tone)
W	รอฟังเสียงสัญญาณ "สายว่าง"

พารามิเตอร์ "P" หมายถึงให้โมเด็มหมุนหมายเลขโทรศัพท์ด้วยระบบพัลส์ ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันในโทรศัพท์แบบหมุน ส่วนพารามิเตอร์ "T" หมายถึงให้โมเด็มหมุนหมายเลขโทรศัพท์ออกด้วยระบบแบบ โทน ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันในโทรศัพท์แบบกดปุ่มทั่วไป (บางครั้งอาจจะเรียกโทนว่า DTMF: Dual Tone Multi-Frequency) ดังตัวอย่าง ATDP3197707 (พัลส์) ATDT3197707 (โทน) โดยปกติแล้วถ้าใช้คำสั่งเพียง ATD และตามด้วยหมายเลข ก็หมายความว่า โมเด็มจะทำการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ด้วยวิธีล่าสุดที่เคยหมุนหมายเลขโทรศัพท์มา เพราะฉะนั้นก่อนที่จะสั่งให้โมเด็มหมุนหมายเลขโทรศัพท์ออกผู้ใช้ก็ควรจะทราบเสียก่อนว่าสายโทรศัพท์ที่ต่ออยู่กับโมเด็มนั้นใช้ระบบพัลส์ หรือโทน

พารามิเตอร์ "W" และ"," มักจะใช้ในกรณีที่โมเด็มต่ออยู่กับชุมสายโทรศัพท์ภายใน (Private Branch Exchange: PBX) โดยที่ "W" จะมีความหมายว่าให้โมเด็มรอฟังเสียงไดอัลโทน (เสียงที่บอกว่าสายว่าง) ครั้งที่สองก่อนที่จะหมุนหมายเลขโทรศัพท์ออกดังตัวอย่าง ATDT9W3197707 หมายถึงให้โมเด็มหมุนหมายเลขโทรศัพท์ออกด้วยระบบโทน โดยเริ่มหมุนหมายเลข 9 (เพื่อจะตัดสายออก) จากนั้นก็ให้รอฟังเสียงไดอัลโทนอีกครั้งหนึ่งแล้วจึงหมุนหมายเลข 3197707 ซึ่งเสียงไดอัลโทนที่โมเด็มได้ยินครั้งแรกก่อนที่จะหมุนหมายเลข 9 นั้นจะเป็นเสียงที่ส่งออกมาจากชุมสายโทรศัพท์ภายใน และเสียงไดอัลโทนครั้งที่สองหลังจากที่หมุนหมายเลข 9 นั้นจะเป็นเสียงที่ส่งออกมาโดยชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ถ้าหากโมเด็มไม่ได้ยินเสียง ครั้งที่สองในเวลา X วินาทีตามที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดไว้ในรีจิสเตอร์ S6 โมเด็มก็จะส่ง โค้ดผลลัพธ์ (Result Code) ออกมาว่า "NO DIALTONE" ส่วนพารามิเตอร์ "," (เครื่องหมายคอมม่า)หมายถึงให้โมเด็มหยุดรอเป็นเวลา X วินาทีก่อนที่จะหมุนหมายเลขโทรศัพท์ต่อไป ซึ่งเวลาดังกล่าวจะถูกกำหนดด้วยค่าที่อยู่ใน รีจิสเตอร์ S8 โดยจะมีค่าดีฟอลต์เป็น 2 วินาที ในบางครั้งผู้ใช้อาจสามารถใช้ "," แทน "W" ได้ ดังตัวอย่าง ATDT9,3197707 หมายความว่าให้โมเด็มหมุนหมายเลข 9 และหยุดรอ 2 วินาที จากนั้นก็หมุนหมายเลข 3197707

พารามิเตอร์ "R" (Reverse Mode) หมายถึงให้โมเด็มเปลี่ยนไปเป็นโหมดตอบรับ (Answer mode) หลังจากที่หมุนหมายเลขโทรศัพท์เรียบร้อยแล้ว ซึ่งโดยปกติแล้วโมเด็มตัวต้นทางที่เป็นผู้หมุนหมายเลขโทรศัพท์ออก จะเป็นโหมดกำเนิด (Originate mode) และปลายทางจะเป็นโหมดตอบรับ (สำหรับโหมดดังกล่าวทั้งคู่ หมายถึงย่านความถี่ที่โมเด็มใช้สื่อสารกัน) พารามิเตอร์ "R" นี้มักจะใช้อยู่หลังหมายเลขโทรศัพท์ดังตัวอย่าง ATDT3197707R

พารามิเตอร์ "!" หมายถึงให้โมเด็มวางหูโทรศัพท์ชั่วขณะเป็นเวลา 500-600 ไมโครวินาที และจากนั้นก็ยกหูโทรศัพท์ขึ้นมาอีกครั้ง ลักษณะการวางหูและยกหูโทรศัพท์เช่นนี้จะเรียกว่า Flash ใช้กันมากในระบบชุมสายโทรศัพท์ภายใน ซึ่งเครื่องโทรศัพท์รุ่นเก่าก็จะต้องใช้มือกดและปล่อยในขณะที่เครื่องโทรศัพท์รุ่นใหม่จะมีปุ่ม Flash สำหรับชุมสายโทรศัพท์ภายในบางชนิดมักจะใช้ลักษณะการ Flash เพื่อควบคุมและสั่งงานพิเศษเกี่ยวกับการโทรศัพท์เข้าและออก

พารามิเตอร์ S=x หมายถึงให้โมเด็มหมุนหมายเลขโทรศัพท์ที่เก็บเอาไว้ในเอ็นวีแรม (NVRAM) ตำแหน่งที่ x ดังตัวอย่าง ATDS=2 ก็คือให้โมเด็มหมุนหมายเลขโทรศัพท์ที่เก็บเอาไว้ในเอ็นวีแรม ตำแหน่งที่ 2 ซึ่งโมเด็มของเฮย์โดยทั่วไปแล้วสามารถเก็บหมายเลขโทรศัพท์เอาไว้ได้ 4 หมายเลข คือตำแหน่งที่ 0 จนถึงตำแหน่งที่ 3 สำหรับคำสั่งที่ใช้เก็บหมายเลขโทรศัพท์ให้ดูที่ AT&Z ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จากรีจิสเตอร์ S6, S7, S8 และคำสั่ง ATX, AT&Z

- ATH ยกหูและวางหูโทรศัพท์

  คำสั่งนี้ทำให้โมเด็มวางหูหรือยกหูโทรศัพท์ โดยมีรูปแบบดังนี้

  ATH0 หรือ ATH : ให้โมเด็มวางหูโทรศัพท์

  ATH1 : ให้โมเด็มยกหูโทรศัพท์

คำสั่ง ATH0 หรือ ATH มักจะใช้หลังจากที่ส่ง เอสเคปซีเควน (+++) ให้แก่โมเด็มเพื่อให้โมเด็มกลับเข้าสู่สภาวะคำสั่ง ซึ่งโปรแกรมสื่อสารทั่ว ๆ ไปมักจะใช้วิธีนี้ เพื่อทำการหยุดการสื่อสารหรือตัดสาย (Disconnect)

- ATO กลับสู่สภาวะออนไลน์

การใช้คำสั่งนี้ในสภาวะคำสั่ง (Command state) จะทำให้โมเด็มกลับเข้าไปสู่สภาวะออนไลน์อีกครั้งหนึ่ง มักจะใช้ในกรณีที่โมเด็มกำลังอยู่ในสภาวะออนไลน์ และผู้ใช้กดรหัสเอสเคปซีเควน (+++) ออกมาสู่สภาวะคำสั่งเพื่อออกคำสั่ง เอที ต่าง ๆ แก่โมเด็ม แล้วต้องการกลับเข้าไปอยู่สภาวะออนไลน์อีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ATS คำสั่งตั้งค่าให้แก่รีจิสเตอร์ S

ชุดคำสั่ง ATS จะช่วยให้คุณสามารถขอดูและเปลี่ยนแปลงค่าที่อยู่ในรีจิสเตอร์ S ต่าง ๆ ได้ สำหรับการตั้งค่ารีจิสเตอร์ S มีรูปแบบดังนี้ ATSx = y โดยที่ x เป็นหมายเลขรีจิสเตอร์ S และy หมายถึงค่าที่ต้องการบรรจุลงไปในรีจิสเตอร์ S ตัวนั้น ๆ ดังตัวอย่าง ถ้าหากต้องการกำหนดให้รีจิสเตอร์ S ตัวที่ 1 มีค่าเท่ากับ 10 ก็ให้ใช้คำสั่งดังนี้ ATS1 = 10 และสำหรับการขอดูค่าในรีจิสเตอร์ S ก็จะมีรูปแบบดังนี้ ATSx? หรืออาจจะใช้คำสั่ง AT&V เพื่อขอดูค่ารีจิสเตอร์ S ทั้งหมดรวมทั้งข้อมูลการเซตทั้งหมดที่เก็บเอาไว้ในเอ็นวีแรม สำหรับรีจิสเตอร์ S ที่สำคัญต่าง ๆ จะมีดังต่อไปนี้

- S0 : ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของเสียงกระดิ่งโทรศัพท์ ก่อนที่โมเด็มจะรับสายโทรศัพท์ สามารถตั้งค่าให้สูงได้ถึง 255 (หมายถึง ให้เสียงกระดิ่งดัง 255 ครั้งแล้ว โมเด็มจึงจะรับโทรศัพท์) หรือถ้าตั้งเป็น 0 ก็จะมีความหมายว่าไม่ให้โมเด็มรับสายโทรเข้า
- S2 : รีจิสเตอร์ตัวนี้ใช้เก็บค่ารหัส ASCII (ในลักษณะฐาน 10) ที่ต้องการใช้เป็นรหัส เอสเขปซีเควน โดยปกติแล้วจะมีดีฟอลต์เป็น 43 ซึ่งตรงกับตัวอักษร "+"
- S3 : รีจิสเตอร์ตัวนี้ใช้เก็บค่ารหัส ASCII (ในลักษณะฐาน 10) ที่ต้องการใช้เป็นรหัส Carriage Return (CR) โดยปกติแล้วจะมีดีฟอลต์เป็น 13 ซึ่งจะเหมือนกับการกดปุ่ม Enter
- S4 : รีจิสเตอร์ตัวนี้ใช้เก็บค่ารหัส ASCII (ในลักษณะฐาน 10) ที่ต้องการใช้เป็นรหัส Line Feed โดยปกติแล้วจะมีดีฟอลต์เป็น 10
- S5 : รีจิสเตอร์ตัวนี้ใช้เก็บค่ารหัส ASCII (ในลักษณะฐาน 10) ที่ต้องการใช้เป็นรหัส Backspace โดยปกติแล้วจะมีดีฟอลต์เป็น 8 ซึ่งจะเหมือนกับการกดปุ่ม Backspace
- S7 : ใช้เก็บค่าของเวลาในการรอฟังสัญญาณพาหะของโมเด็มปลายทางมีหน่วยเป็นวินาที หลังจากที่โมเด็มหมุนหมายเลขโทรศัพท์ออก หรือรับสายโทรศัพท์เข้า โมเด็มจะรอฟังสัญญาณพาหะเป็นเวลา S7 วินาที ซึ่งในกรณีที่ต้องการโทรศัพท์ระหว่างประเทศก็อาจจะต้องตั้งค่า S7 ให้มากกว่า 50 วินาที แล้วแต่ความเหมาะสม
- S8 : ใช้เก็บค่าของเวลาในการรอ มีหน่วยเป็นวินาที หลังจากที่โมเด็มได้รับพารามิเตอร์ "," ในคำสั่ง ATD โมเด็มก็จะหยุดรอเป็นเวลา S8 วินาที ก่อนที่จะทำคำสั่ง หรือพารามิเตอร์ตัวต่อไป S8 นี้จะสามารถมีค่าได้ตั้งแต่ 2 ไปจนถึง 255 วินาที แต่โดยปกติแล้วจะมีดีฟอลต์เป็น 2 วินาที

- ATZ รีเซตโมเด็ม

คำสั่งนี้จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถนำเอาข้อมูลการจัดตั้งที่เก็บเอาไว้ใน เอ็นวีแรม ที่ถูกเซตโดยผู้ผลิตมาเก็บไว้ใน Active Profile เพื่อใช้งานได้เช่นเดิม โดยมีรูปแบบดังต่อไปนี้

ATZ0 หรือ ATZ :โหลดข้อมูลการเซตจากโพรไฟล์ที่ 0 กลับมาเก็บไว้ในแอกทีฟโพรไฟล์

ATZ :โหลดข้อมูลการเซตจากโพรไฟล์ที่ 1 กลับมาเก็บไว้ในแอกทีฟโพรไฟล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดนี้เป็นตัวอย่างคำสั่งมาตรฐานของโมเด็มตามแบบเฮย์ซึ่งซอฟต์แวร์สื่อสารใช้ในการสั่งงานและควบคุมโมเด็ม ปัจจุบันโมเด็มบางแบบอาจมีคำสั่งเพิ่มเติมมากกว่านี้เพื่อให้การใช้งานสะดวกขึ้น เราเรียกคำสั่งที่เพิ่มมานี้ว่า Extended Command Set แต่ซอฟต์แวร์สื่อสารทั่ว ๆ ไป ยังคงใช้เพียงแค่คำสั่งมาตรฐานนี้เท่านั้น เนื่องจากถ้าใช้คำสั่งที่เพิ่มขึ้นมา โมเด็มบางแบบจะรับคำสั่งไม่ได้โดยเฉพาะโมเด็มราคาถูกทั่วไปจะรับแต่คำสั่งมาตรฐาน ดังนั้นคำสั่งที่เพิ่มขึ้นมาจึงยังไม่มีผู้นิยมใช้กันเท่าใดนัก

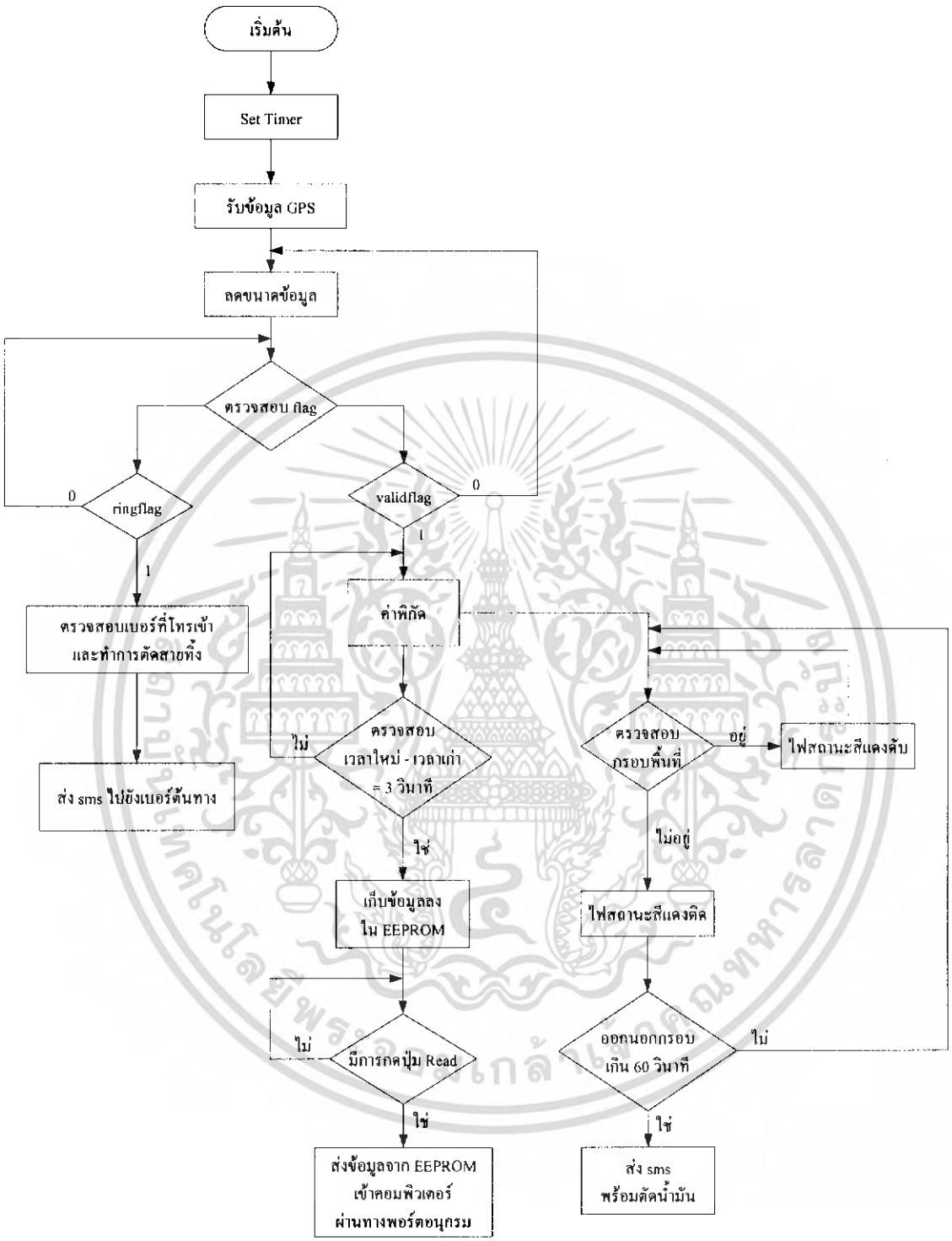
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 ภาพรวมของโครงงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดในการออกแบบทั้งหมดและขั้นตอนการทำงานของชิ้นงานอย่างละเอียดโดยการออกแบบนั้นเราจะประดิษฐ์อุปกรณ์ขึ้นมาไปติดแล้วบนรถจากนั้นอุปกรณ์ตัวนี้ทำการรับค่าพิกัดต่างๆจากโมดูลจีพีเอสนำข้อมูลที่ได้จากโมดูลจีพีเอสไปเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการลดขนาดข้อมูลและประมวลผล เนื่องจากข้อมูลที่ออกมาจากจีพีเอสจะมีค่อนข้างเยอะดังนั้นเมื่อทำการลดขนาดข้อมูลได้แล้วเราก็จะนำข้อมูลที่ถูกลดขนาดแล้วนั้นไปเปรียบเทียบกับกรอบเส้นทางที่เรากำหนดไว้ ถ้าพิกัดจีพีเอสที่เรารับได้อยู่นอกกรอบที่เราได้กำหนดไว้ หลอดไฟแสดงสถานะ LED สีแดงจะติดพร้อมทั้งมีเสียงเตือนเกิดขึ้นและจะดีเลย์เวลาไป 1 นาที (หรือตามเวลาที่เรากำหนด) ถ้ากลับเข้ามาอยู่ในกรอบอีกครั้งภายในเวลาที่กำหนดไฟสถานะ LED สีแดงและเสียงเตือนก็จะดับลงเหมือนเดิม แต่ถ้าออกนอกกรอบเกินเวลาที่กำหนดก็จะทำการตัดน้ำมันรถ(จำลองการทำงานโดยใช้ไฟ LED สีเหลือง) พร้อมทั้งส่ง SMS กลับมาบอกถึงพิกัด ณ ตำแหน่งนั้นให้แก่เจ้าของ และยังสามารถโทรเข้าเพื่อเรียกดูพิกัด ณ เวลานั้นได้ แสดงผังการทำงานได้ดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนรับสัญญาณจากโมดูล จีพีเอส

3.2.1 ส่วนโมดูลจีพีเอส

จากโมดูลจีพีเอส ที่เราเลือกใช้จะให้ข้อมูลออกมาหลายประโยค แต่เราเลือกใช้งานเพียงประโยคอาร์เอ็มซีเท่านั้นโดยในประโยคอาร์เอ็มซีจะมีข้อมูลที่เราต้องการครบถ้วนคือ เวลายูทีซี (UTC Time), ละติจูด, ลองติจูดซึ่งประโยค อาร์เอ็มซี มีรูปแบบดังนี้

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

ข้อมูลที่เราเลือกใช้มีเพียงค่าละติจูดกับลองติจูด และเวลาเท่านั้น ซึ่งถ้าเราไม่ทำการลดขนาดข้อมูลเราจะต้องเก็บข้อมูลใน 1 ประโยคของอาร์เอ็มซีถึง 77 ไบต์ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองดังนั้นจึงได้มีการทำการลดขนาด (รูปแบบของข้อมูลที่จีพีเอสรับได้จะเป็นอักขระแอสกี ซึ่ง อักขระ 1 ตัว จะมีขนาดเท่ากับ 1 ไบต์) แต่เราเลือกใช้เพียงละติจูดกับลองติจูดและเวลา เพราะฉะนั้นเราก็จะจัดการกับข้อมูลในขนาดที่เล็กลง

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

ข้อมูลที่ขีดเส้นใต้คือข้อมูลที่เรานำไปใช้งานจริง ซึ่งจะเห็นว่ามีขนาดเพียง 30 ไบต์ ซึ่งทำให้เราสามารถจัดการกับข้อมูลที่มีขนาดน้อยลง เพราะเราได้เลือกใช้เพียงข้อมูลที่เราต้องการใช้งานจริงเท่านั้น

ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลที่ออกจาก โมดูลจีพีเอสเป็น

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

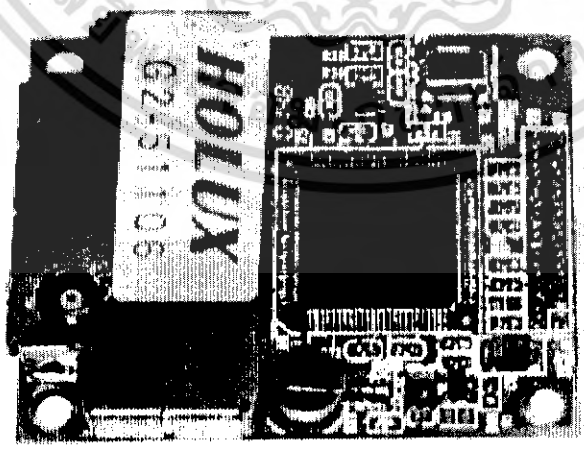
เมื่อทำการลดขนาดแล้วจะได้ข้อมูลดังนี้

hhmmss ddmm.mmmm n dddmm.mmmm e

แล้วเราจึงนำข้อมูลที่ถูกลดขนาดแล้วไปใช้เปรียบเทียบต่อไป

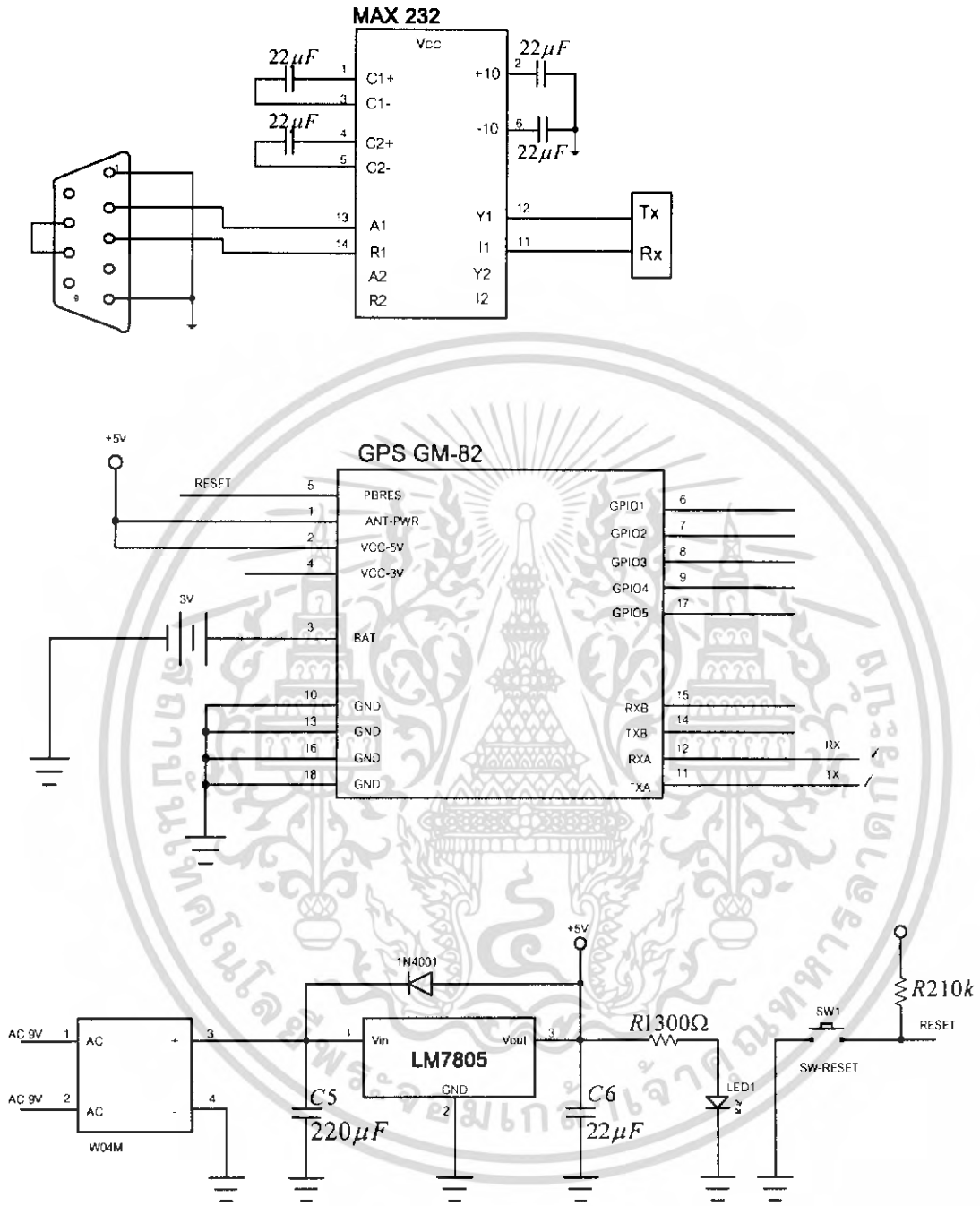
3.2.2 วงจรการเชื่อมต่อจีพีเอสโมดูล

โมดูลจีพีเอสที่เราใช้นั้น คือ GPS GM-82 ดังรูปที่ 3.2 และแสดงวงจร Connect GPS Module ได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 GPS GM-82 module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



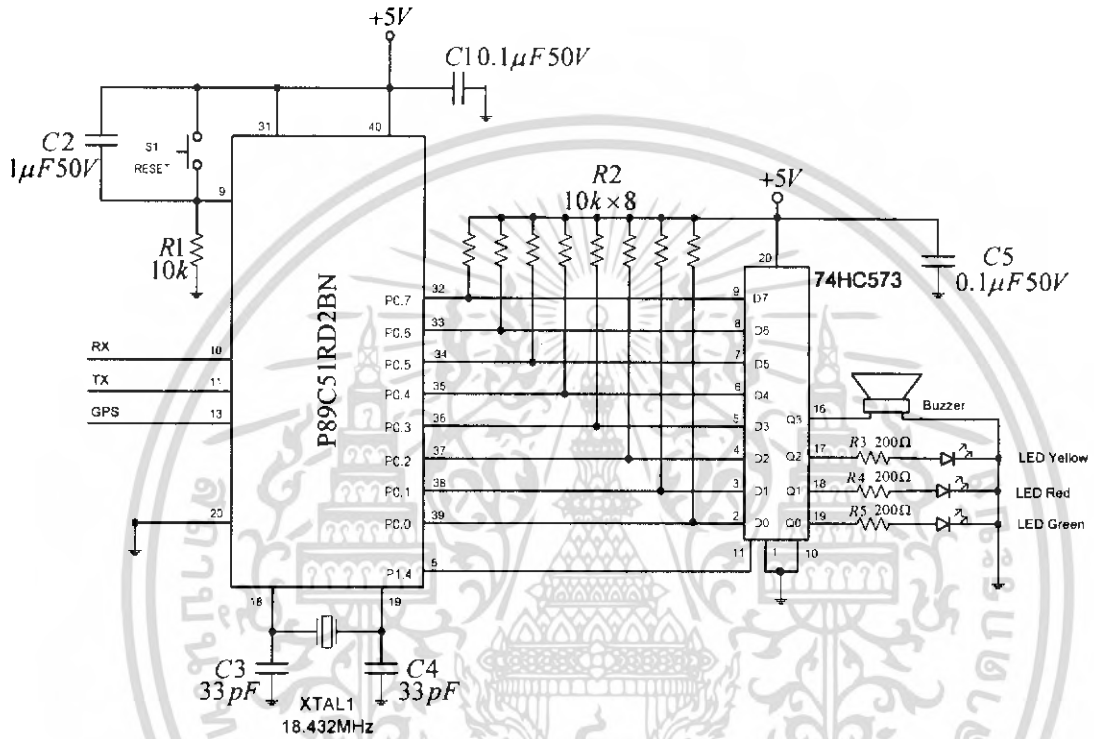
รูปที่ 3.3 วงจร Connect GPS Module

3.3 วงจรที่ใช้ในการรับสัญญาณจากโมดูลจีพีเอสและแสดงไฟสถานะ

เราใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (P89C51RD2BN)ในการประมวลผลจัดการเกี่ยวกับข้อมูล คือจะรับข้อมูลพิกัดจีพีเอสจากโมดูลจีพีเอสเข้ามาทางขาที่ 13 พอร์ต P 3.3ของไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นทำการลดขนาดข้อมูลเลือกเอาแต่ข้อมูลที่เราต้องการในที่นี้จะเลือกเอาเฉพาะ ละติจูดกับลองติจูดและเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ถูกลดขนาดแล้วกับกรอบที่เราได้กำหนดไว้ว่าพิกัด(ข้อมูลที่เราลดขนาดแล้ว) อยู่ในหรือนอกกรอบที่กำหนด ถ้าอยู่ในกรอบแสดงไฟสถานะ LED เป็นสีเขียว ถ้าอยู่นอกกรอบแสดงไฟสถานะ LED เป็นสีแดงพร้อมทั้งให้มีเสียงตื่นเกิดขึ้น จากนั้นก็จะทำการดีเลย์เวลาไป ถ้าออกนอกกรอบเกินเวลาที่กำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำการตัดน้ำมันในที่นี้ใช้ไฟแสดงสถานะ LED เป็นสีเหลืองพร้อมทั้งสั่งให้มือถือส่ง SMS มายังสถานีปลายทางเพื่อบอกตำแหน่งขณะนั้นว่าอยู่ ณ ตำแหน่งใด ดังรูปที่ 3.4 จะแสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์และหลอดไฟสถานะ (LED Green = อยู่ในกรอบ, LED Red = อยู่นอกกรอบ, LED Yellow= น้ำมัน)



รูปที่ 3.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งาน

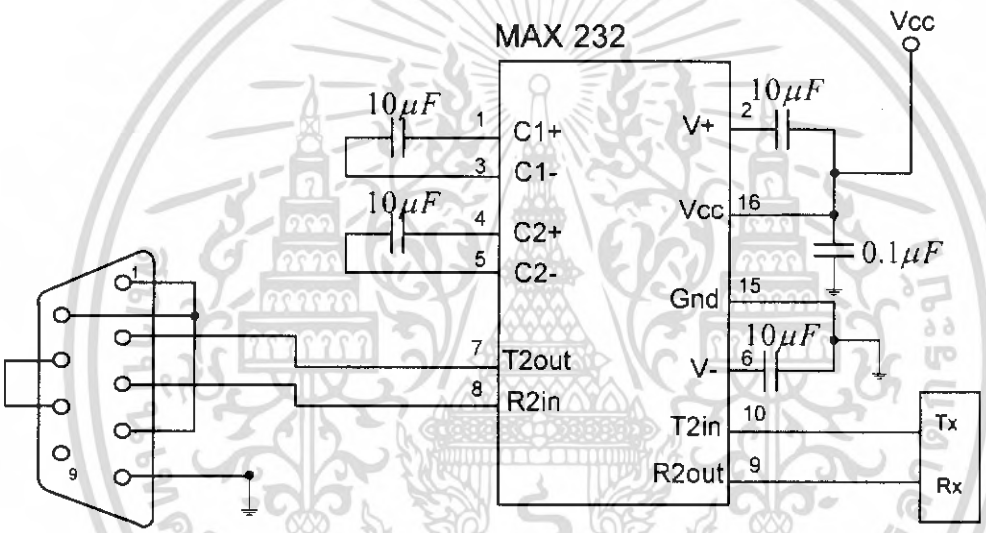
ตารางที่ 3.1 ค่าสถานะต่างๆของ LED ที่ใช้ในโครงงาน

สถานะ	LED สีเขียว	LED สีแดง	LED สีเหลือง	BUZZER
สามารถรับสัญญาณจีพีเอสได้	ติด	-	ติด	-
ไม่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสได้	ดับ	ดับ	ติด	ดับ
ในกรอบ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
นอกกรอบ	ติด	ติด	ติด	ติด
นอกกรอบเกินเวลาที่กำหนด , ส่ง SMS	ติด	ติด	ดับ	ติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232

การสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ภายหลังอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำอีสแควพรอมแล้ว วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ สำหรับโครงงานนี้ได้เลือกใช้ไอซี MAX232 ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232 จากที่ได้กล่าวไว้ว่าการสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232 จะกำหนดให้ระดับแรงดัน +3 โวลต์ถึง +25 โวลต์ แทนสัญลักษณ์ลอจิก 0 และแรงดัน –25 โวลต์ถึง –3 โวลต์ แทนสัญลักษณ์ลอจิก 1 แต่แหล่งจ่ายแรงดันในวงจรมีแรงดันสูงสุดเพียง 5 โวลต์ ดังนั้นจึงเลือกใช้ไอซี MAX232 เนื่องจากไอซีนี้ต้องการไฟเลี้ยงเพียง +5 โวลต์ เท่านั้นแต่สามารถให้สัญญาณเอาท์พุตออกมา +10 โวลต์ และ –10 โวลต์ได้ โดยใช้หลักการของวงจรทวีแรงดันขนาด 2 เท่า รูปที่ 3.5 จะเป็นการแสดงการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับไอซี MAX232



รูปที่ 3.5 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232

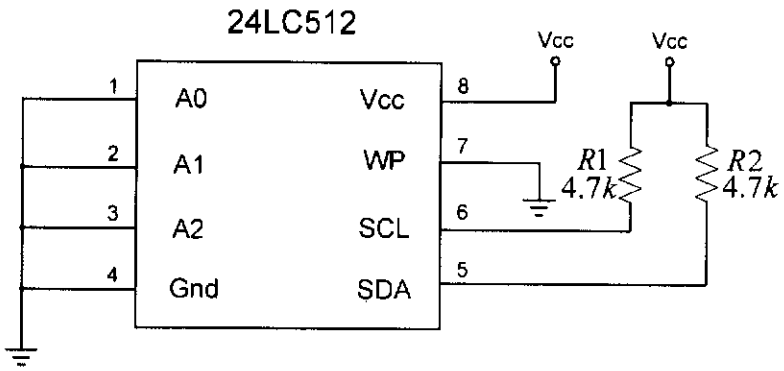
3.5 วงจรการรับส่งสัญญาณของหน่วยความจำอีสแควพรอม

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

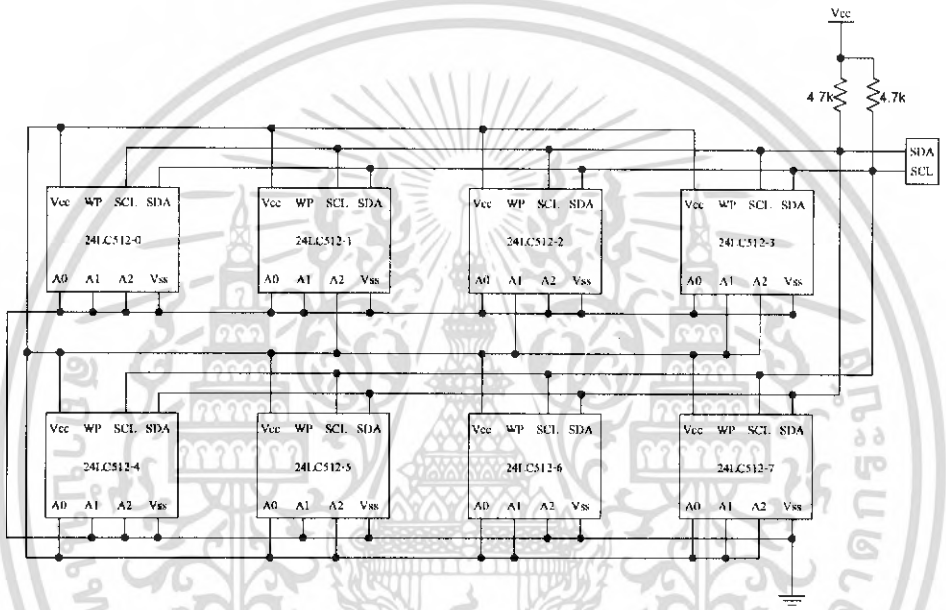
- เอสดีเอเป็นขาที่ใช้รับ-ส่งข้อมูล
- เอสซีแอลเป็นขาที่ใช้ควบคุมการรับส่งข้อมูล ซึ่งควบคุมโดยตัวแม่เท่านั้น
- A0,A1,A2 เป็นขาที่ใช้กำหนดแอดเดรสของไอซี

โดยที่ขาเอสดีเอ และเอสซีแอลจะต้องต่อกับตัวต้านทานพูลอัพไว้ด้วย เพื่อให้สถานะของบัสในขณะไม่ถูกใช้งานจะมีสภาวะเป็นบัสว่างหรือ “1” ทั้งคู่ โดยจะมีลักษณะของวงจรดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจรหน่วยความจำอีสแคว์พรอม

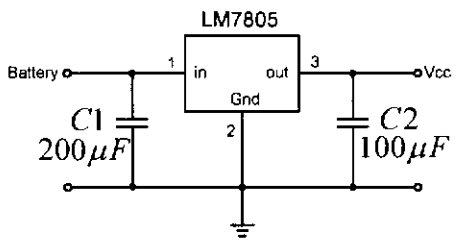


รูปที่ 3.7 วงจรหน่วยความจำอีสแคว์พรอมแบบหลายตัว

เมื่อได้ส่วนประกอบทั้งหมดของชิ้นงานทั้งหมดแล้ว ก็นำวงจรทั้งหมดมาประกอบเข้าด้วยกัน เป็นวงจรชุดรับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอส ลดขนาดข้อมูล เขียน-อ่าน ข้อมูล เข้า-ออกหน่วยความจำ อีสแคว์พรอม, เตือนเมื่อรถออกนอกพื้นที่ที่กำหนด และบอกตำแหน่งปัจจุบันเมื่อมีสายเรียกเข้า

3.6 วงจรเรกกูเลเตอร์ (Regulator)

แหล่งจ่ายไฟในชิ้นงานสามารถมาจากไฟบ้านที่ผ่านตัวแปลงไฟ(Adapter) และจากแบตเตอรี่ในรถยนต์กรณีที่เคลื่อนที่



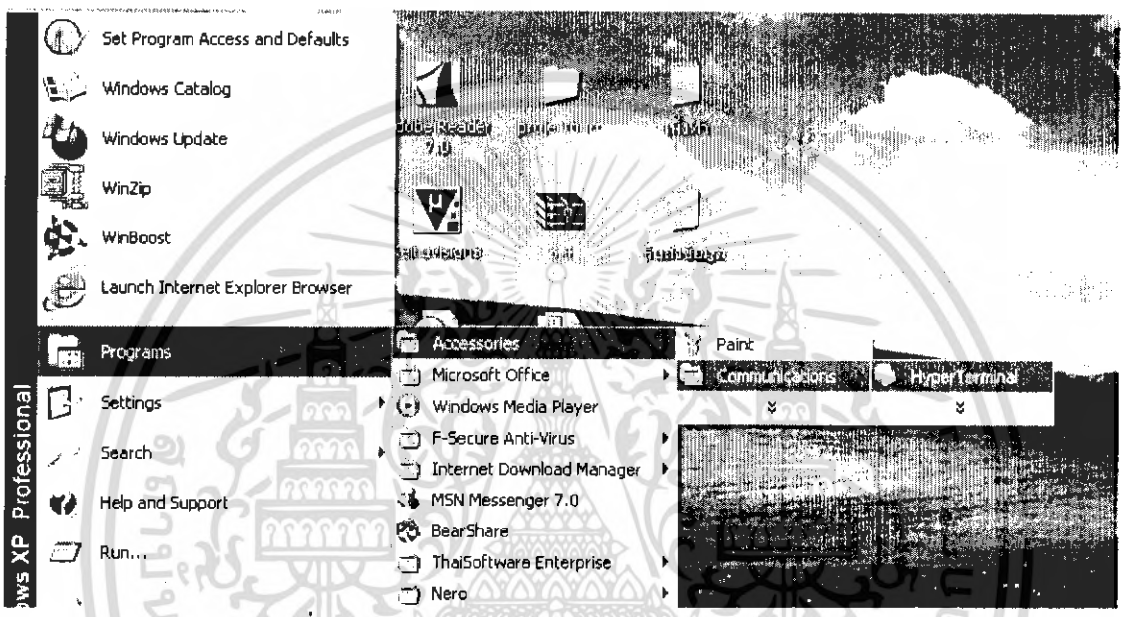
รูปที่ 3.8 วงจรเรกกูเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การทดสอบสัญญาณจากโมดูลจีพีเอส และการอ่านค่าจากหน่วยความจำอีสแควพรอม

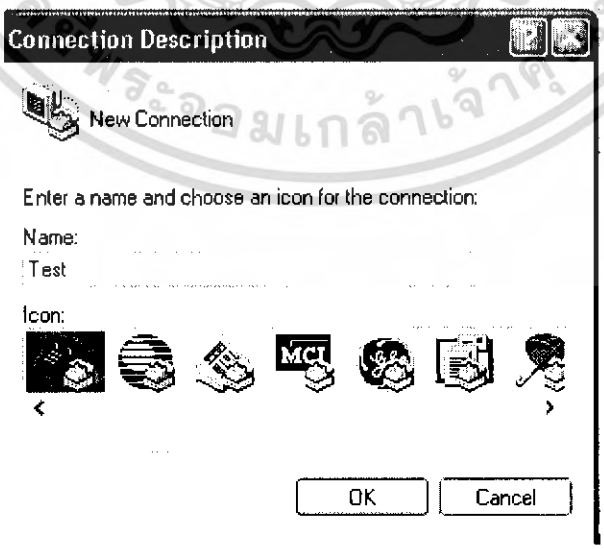
ในการทดสอบว่าเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส(จีพีเอสโมดูล)นั้นสามารถที่จะรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้หรือไม่นั้นจะการทำได้โดยนำจีพีเอสโมดูลมาต่อเข้ากับวงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส-232ซึ่งจะใช้ตัวไอซี MAX232 จากนั้นไปต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์โดยดูจากโปรแกรมไฮเปอร์เทอมินอลซึ่งมีขั้นตอนในการกำหนดค่าในไฮเปอร์เทอมินอลดังนี้

1.เปิดโปรแกรม ไฮเปอร์เทอมินอล โดยเข้าไปที่ PROGRAM แล้วไปที่ ACCESSSORIES จากนั้นไปที่Communication แล้วไปยัง Hyper Terminal ดังรูป ที่ 3.9



รูปที่ 3.9 วิธีการเปิดใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอมินอล

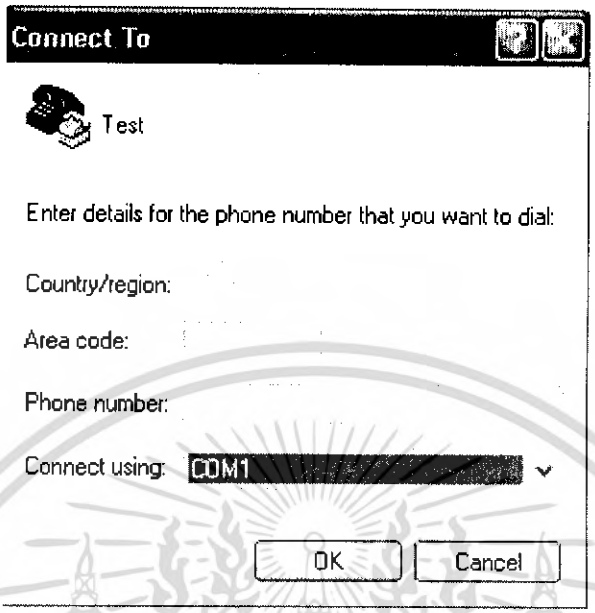
2.จากนั้นจะปรากฏหน้าจอNew Connection ให้ใส่ชื่อConnetion ของเราเช่น Test แล้วกดปุ่ม OK



รูปที่ 3.10 วินโดว์ New Connection

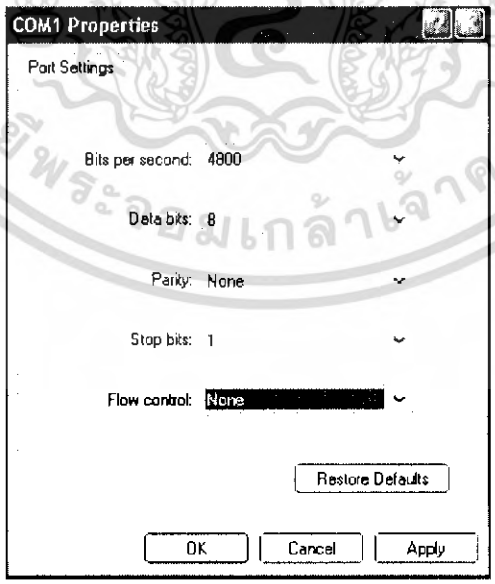
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.จากนั้นจะปรากฏหน้าจอ Connect To ให้เลือกพอร์ตคอมที่ต้องการติดต่อเช่นกรณีนี้จะใช้คอมพอร์ต 1 แล้วกดปุ่ม OK



รูปที่ 3.11 วินโดว์ Connect To

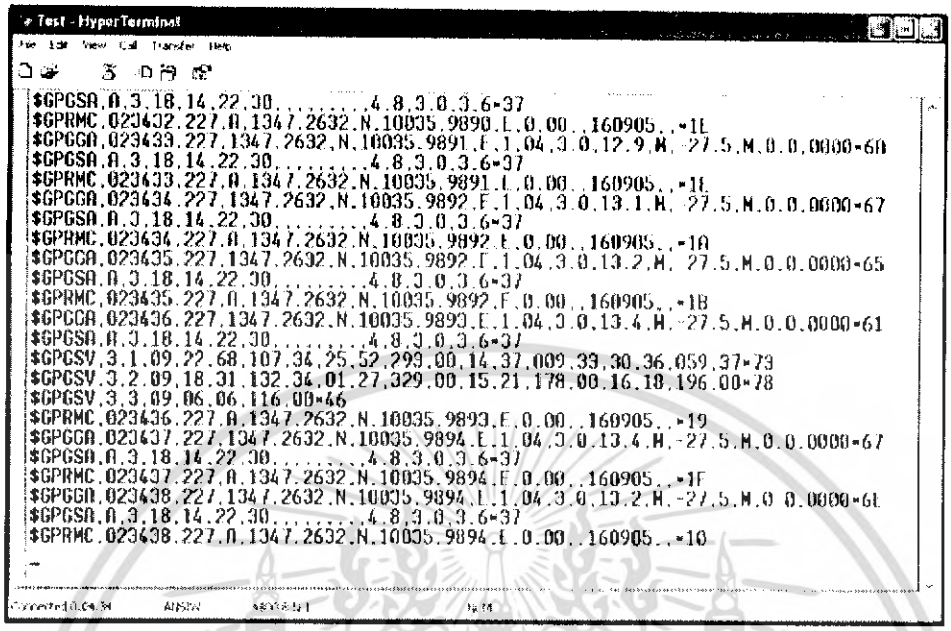
4.จากนั้นจะปรากฏหน้าจอ COM1 Properties ซึ่งจะเป็นการกำหนดคุณสมบัติในการติดต่อซึ่งให้เลือก Bit per second เป็น 4800 Data bit เป็น 8 Parity เป็น None Stop bits เป็น1 เป็น Flow Control เป็น None แล้วกดปุ่ม OK



รูปที่ 3.12 วินโดว์ Port Properies

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.จะได้สัญญาณจีพีเอสออกมาดังรูป



รูปที่ 3.13 สัญญาณจีพีเอสที่ได้ออกมาโดยดูจากโปรแกรม ไฮเปอร์เทอมินอล

ส่วนการทดสอบการอ่านค่าจากหน่วยความจำอีสแควพรอมนั้นก็จะทดสอบได้โดยใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอมินอลคล้ายกันกับการทดสอบสัญญาณจากโมดูลจีพีเอสแต่จะต่างกันตรงที่ บอร์ดเรต ในส่วนของการทดสอบการอ่านค่าจากหน่วยความจำ จะใช้บอร์ดเรตเป็น 9600 แต่ถ้าเป็น การทดสอบสัญญาณจากโมดูลจีพีเอสจะใช้เป็น 4800

3.8 การนำค่าพิกัดที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ EEPROM แสดงบนแผนที่

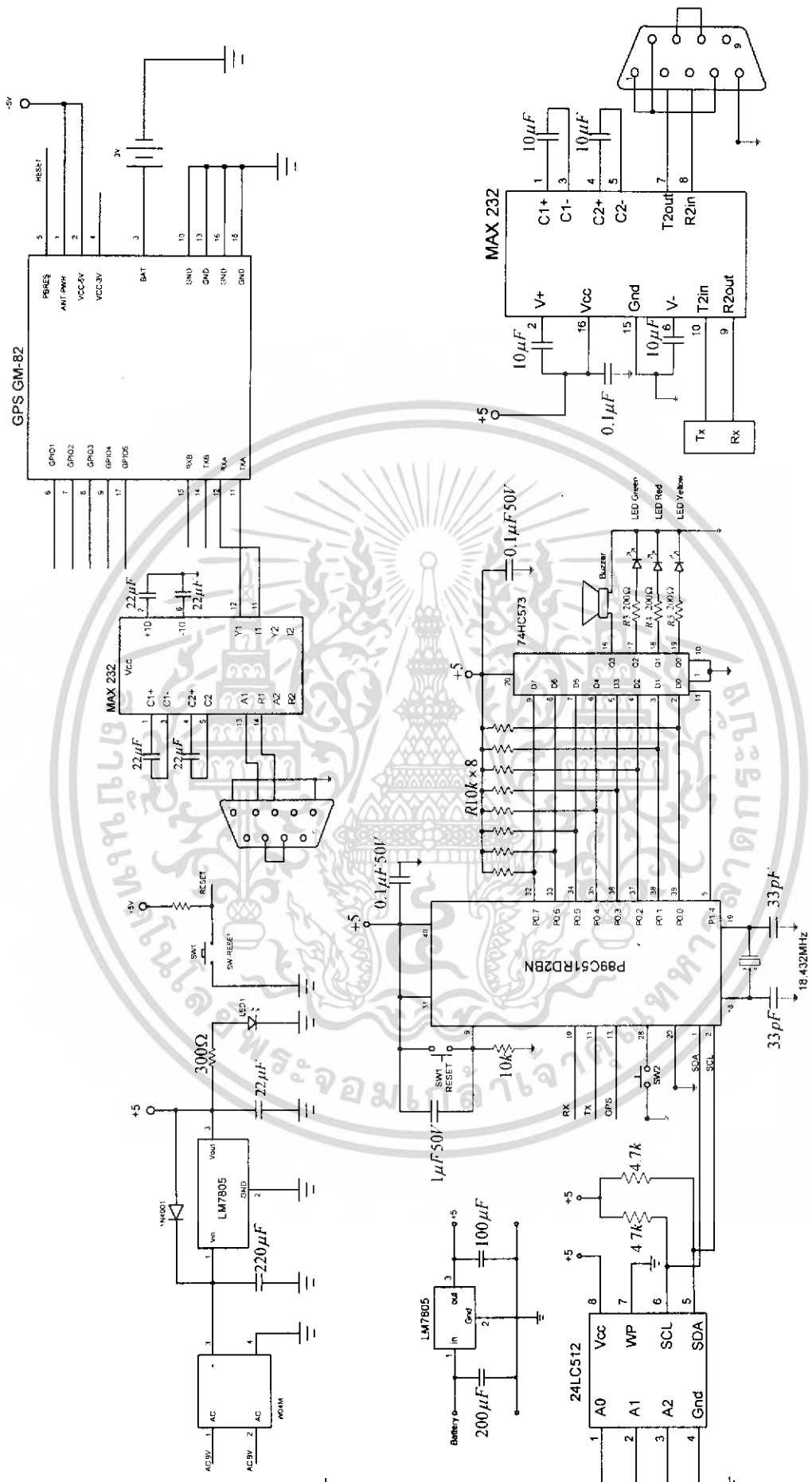
เราทำการจัดเก็บรูปแบบข้อมูลพิกัดในหน่วยความจำ EEPROM ให้อยู่ในรูป

$GPGGA,0806.55,1343.6835,N,10046.5863,E,1,05,2.0,-10.7,M,-27.8,M,,*5A

$GPRMC,020806.55,A,1343.6835,N,10046.5863,E,0.17,170.48,010100,-0.3,E,N*04

ซึ่งรูปแบบนี้จะใช้ในการแสดงเส้นทางบนโปรแกรมแผนที่ในโครงงาน โดยการต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อดูการแสดงผลนั้นจะต่อเข้ากับพอร์ตอนุกรม กำหนดบอดเรต 9600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 วงจรรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

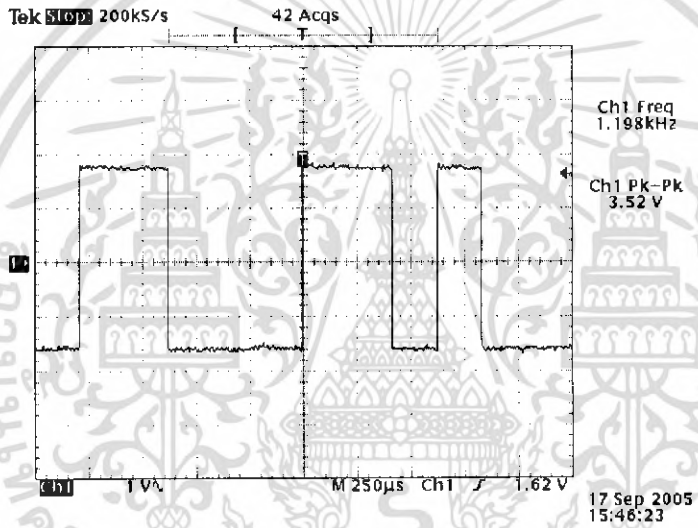
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

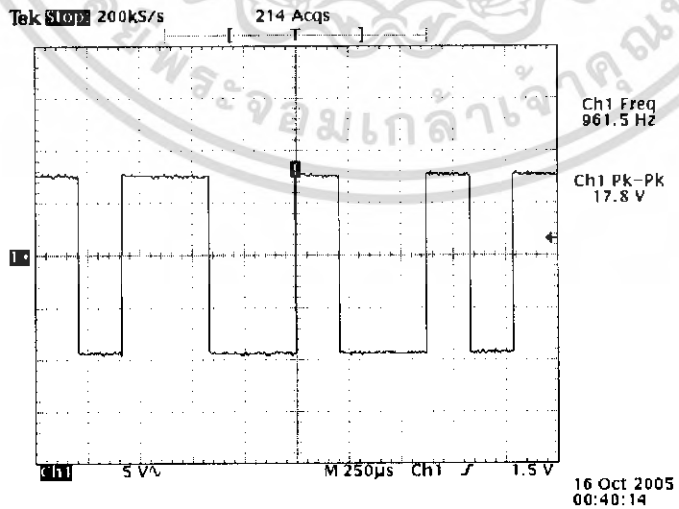
กล่าวถึงรายละเอียดผลการทำงานของชิ้นงานและโปรแกรม โดยขั้นแรกจะทำการต่อโมดูลจีพีเอสกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางไฮเปอร์เทอร์มินอล เพื่อตรวจสอบดูว่าโมดูลจีพีเอสนั้นส่งค่าอะไรออกมาบ้าง ขั้นต่อไป เราก็ทำการวัดสัญญาณจีพีเอสที่ออกมาจากโมดูล และวัดสัญญาณที่ออกจาก MAX - 232 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากโมดูลเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้เขียนโปรแกรมลดขนาดข้อมูลที่กรองได้แล้วตรวจสอบผลโดยใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล และผลการทำงานอย่างละเอียดของชิ้นงาน

4.1 การตรวจสอบการทำงานของโมดูลจีพีเอส

เราทำการตรวจสอบสัญญาณที่ส่งออกมาจากโมดูลจีพีเอสและ สัญญาณที่ออกมาจาก MAX – 232



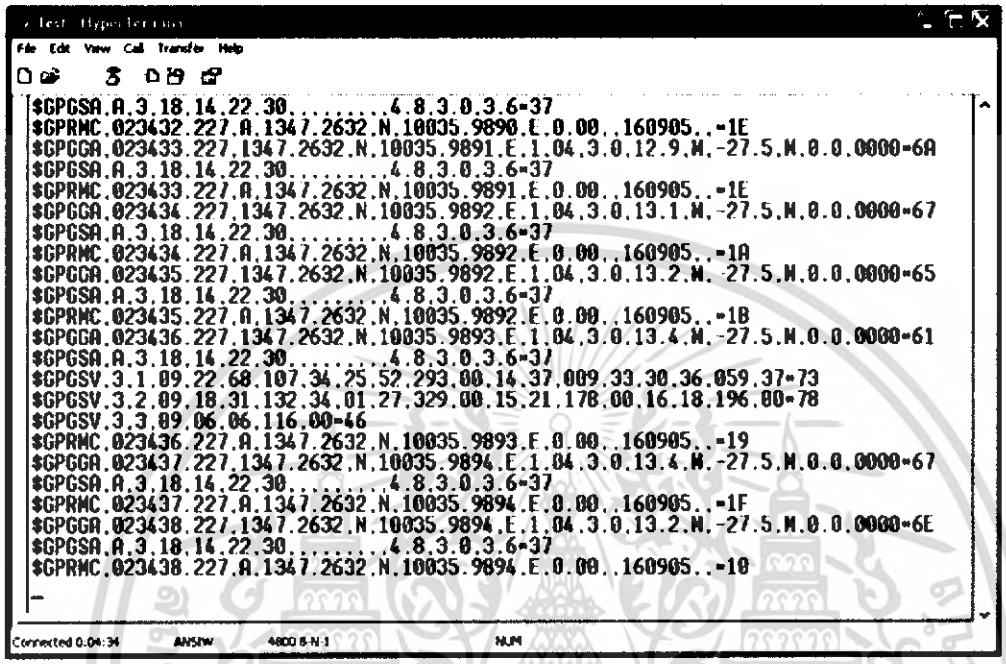
รูปที่ 4.1 วัดสัญญาณที่ออกมาจากโมดูลจีพีเอส



รูปที่ 4.2 วัดสัญญาณที่ออกจาก MAX – 232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาเราต่อโมดูลจีพีเอสเข้ากับคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอลเพื่อดูสัญญาณที่โมดูลจีพีเอสส่งออกมา



รูปที่ 4.3 สัญญาณที่จีพีเอสส่งออกมาโดยดูจากโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล

และเราจะตรวจสอบดูความแม่นยำของจีพีเอส โดยใช้วิธีการกำหนดให้จีพีเอสรับค่าพิกัดในตำแหน่งเดิมเป็นเวลา 20 นาที และดูว่าค่า Latitude กับ Longitude นั้นเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 4.1 ตรวจสอบความแม่นยำของจีพีเอสเมื่อวางตำแหน่งเดิมเป็นเวลา 20 นาที

เวลา	ละติจูด	ลองติจูด	จำนวนดาวเทียม
07.24.00	1343.5197N	10046.2065E	4
07.25.00	1343.5135N	10046.1849E	2
07.26.00	1343.5129N	10046.1843E	4
07.27.00	1343.5173N	10046.2031E	4
07.28.00	1343.5161N	10046.2029E	4
07.29.00	1343.5159N	10046.2011E	4
07.30.00	1343.5213N	10046.2015E	4
07.31.00	1343.5183N	10046.2003E	4
07.32.00	1343.5150N	10046.1951E	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

07.33.00	1343.5186N	10046.2005E	9
07.34.00	1343.5185N	10046.1995E	3
07.35.00	1343.5182N	10046.1973E	3
07.36.00	1343.5162N	10046.1974E	3
07.37.00	1343.5178N	10046.1965E	2
07.38.00	1343.5197N	10046.1924E	3
07.39.00	1343.5109N	10046.1934E	5
07.40.00	1343.5168N	10046.1969E	5
07.41.00	1343.5181N	10046.2003E	4
07.42.00	1343.5173N	10046.1996E	3
07.43.00	1343.5176N	10046.1997E	5
07.44.00	1343.5161N	10046.2009E	4

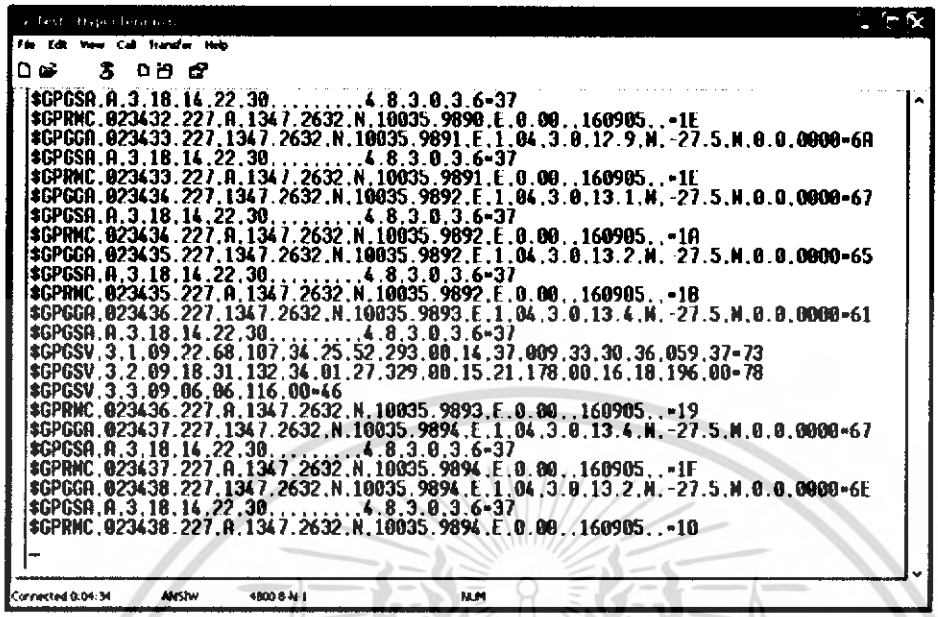
4.2 การตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เราลองต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วโปรแกรมการสลับการติดของ LED ลงไป เพื่อเช็คดูว่าวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เราต่อนั้นใช้งานได้

รูปที่ 4.4 เช็ควงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

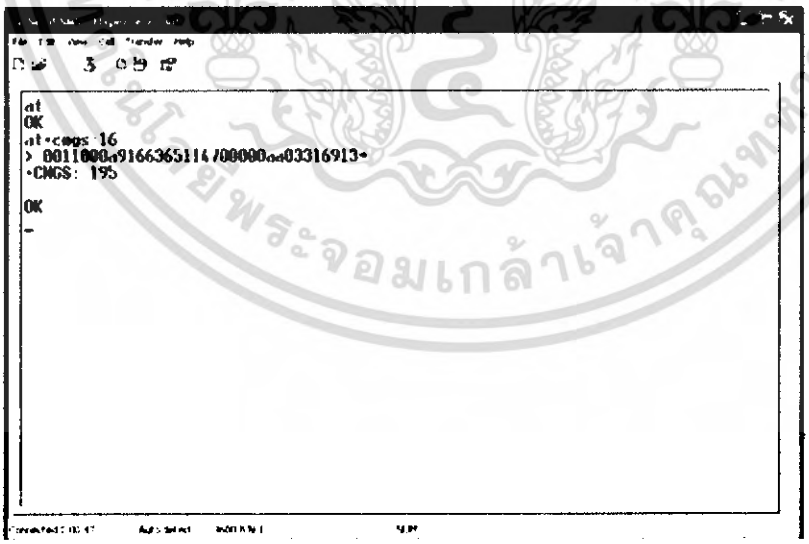
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาเราทดสอบโปรแกรมการส่งผ่านข้อมูลทีละไบต์



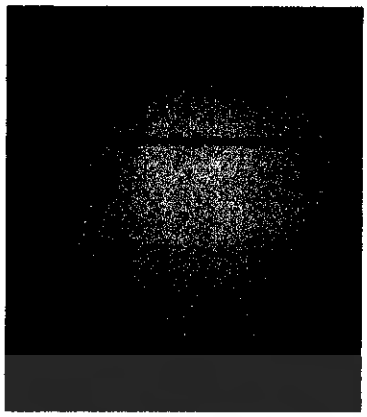
รูปที่ 4.5 ทดสอบโปรแกรมการส่งผ่านข้อมูลทีละไบต์

เราทำการทดลองให้โทรศัพท์ส่ง SMS โดยใช้คำสั่ง AT-Command ผ่านทางโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล เลขหมายปลายทางคือ 063154107 ข้อความที่จะส่งคือ "IRM" เราจะต้องแปลงเป็น PDU Code ก่อน ได้ดังนี้ "0011000A9166365114700000AA03316913"



รูปที่ 4.6 คำสั่ง AT-Command ส่ง sms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 SMS ที่ส่งมาจากคำสั่งในรูปที่ 4.6 โดยจะส่งค่าว่า 1RM ตามที่กำหนดไว้

ขั้นต่อไปจะเป็นการทดลองโดยใช้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ทุกส่วนแล้วมาทดลองโดยจะเก็บผลตามขั้นตอนที่จะนำไปใช้งานจริงโดยมีขั้นตอนดังนี้

- นำชิ้นงานไปติดในรถยนต์โดยส่งค่าทางพอร์ตอนุกรม
- ในกรณีที่รถที่ติดชิ้นงานไปนั้นขับออกนอกกรอบพื้นที่ตามเวลาที่กำหนด มือถือก็จะทำการส่ง sms ไปยังปลายทาง เพื่อเตือนว่ารถนี้ได้ทำการออกนอกพื้นที่ ณ ตำแหน่งที่ส่งไป
- ในกรณีที่มือถือต้นทางต้องการที่จะรู้ตำแหน่งที่รถที่ติดชิ้นงานอยู่ มือถือต้นทางก็จะทำการโทรออกไปยังมือถือปลายทางที่ติดอยู่กับชิ้นงานอยู่ แล้วมือถือปลายทางจะทำการวางสายเพื่อส่ง sms กลับมายังมือถือต้นทาง ซึ่งจะส่งตำแหน่ง ณ ปัจจุบันกลับมา

4.3 ส่วนประกอบของชิ้นงาน

รูปที่ 4.8 ชิ้นงานภายใน (1)

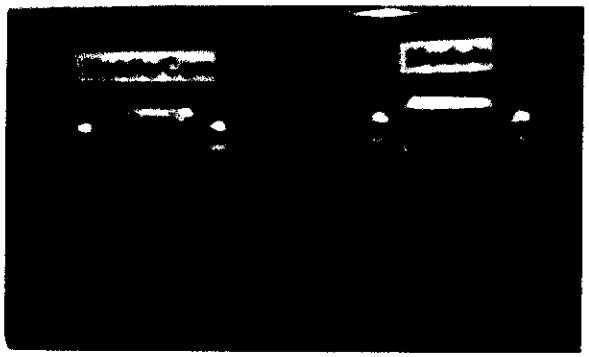
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 ชิ้นงานภายใน (2)

รูปที่ 4.10 ชิ้นงานด้านหน้า

รูปที่ 4.11 ไฟสถานะ

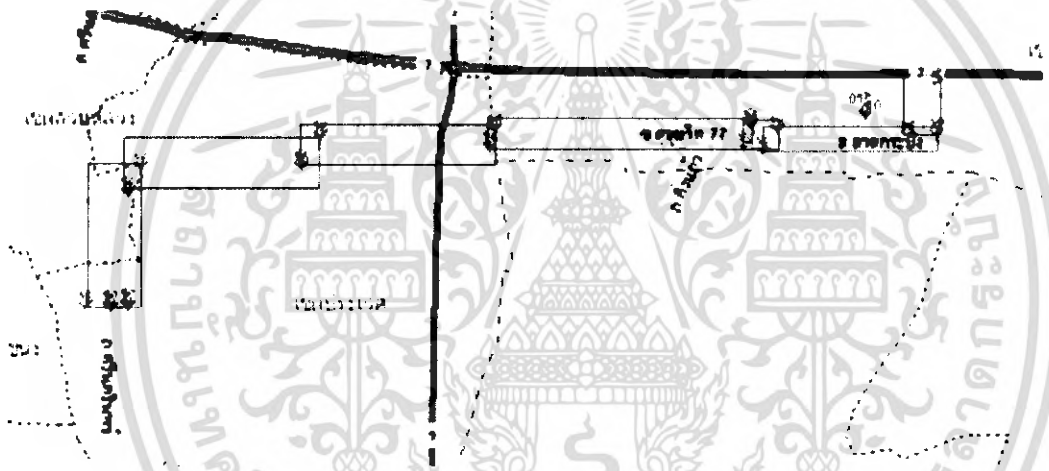
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ชิ้นงานด้านหลัง

4.4 การกำหนดกรอบเส้นทาง

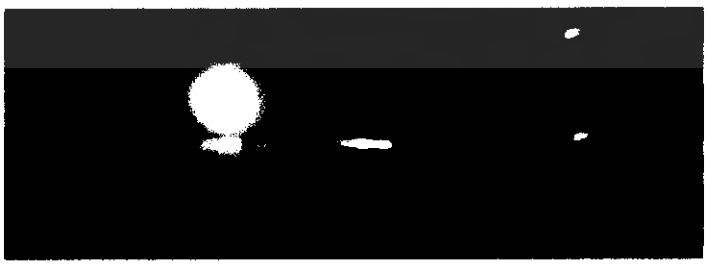
ก่อนที่เราจะนำชิ้นงานไปติดตั้งที่ตัวรถเราจะทำการกำหนดกรอบเส้นทางให้กับชิ้นงานก่อน



รูปที่ 4.13 กำหนดกรอบเส้นทางก่อนนำชิ้นงานไปติดที่รถ

4.5 การทดลองใช้งานอุปกรณ์ภายในรถ

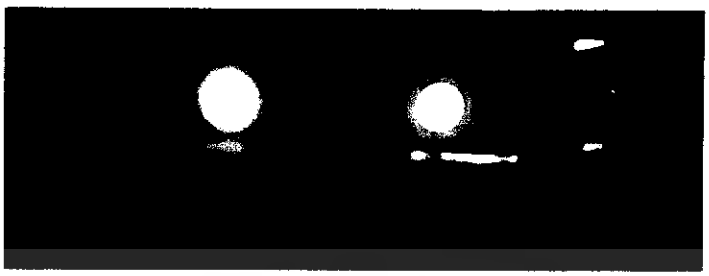
สัญญาณไฟขณะที่เครื่องทำงาน



รูปที่ 4.14 ลักษณะสัญญาณไฟในขณะที่ชิ้นงานทำงาน

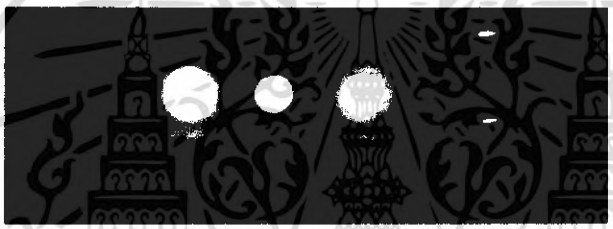
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.14 ขณะที่เครื่องทำงานไฟแสดงสถานะสีเหลืองจะติดซึ่งแสดงถึงไฟของน้ำมันและเมื่อรับสัญญาณ GPS ได้จะแสดงไฟสถานะเป็นสีเขียวซึ่งจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ลักษณะสัญญาณไฟในขณะที่ชิ้นงานรับข้อมูล GPS ได้

เมื่อชิ้นงานออกนอกกรอบไฟแสดงสถานะสีแดงจะติดพร้อมกับตัว Buzzer เพื่อคอยเตือนเจ้าของรถว่ารถได้ออกนอกกรอบแล้วดังรูปข้างล่างนี้

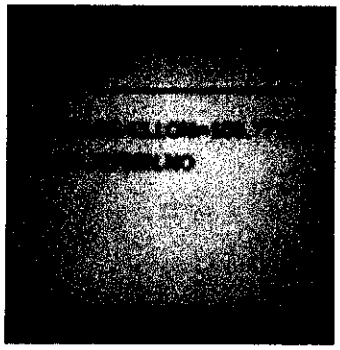


รูปที่ 4.16 ลักษณะไฟแสดงสถานะเมื่อออกนอกกรอบ

และเมื่อออกนอกกรอบเกินเวลาที่กำหนดไว้ก็จะทำการตัดไฟแสดงสถานะสีเหลืองพร้อมส่ง sms ดังรูปข้างล่างนี้

รูปที่ 4.17 ลักษณะไฟแสดงสถานะเมื่อออกนอกกรอบเกินเวลาที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



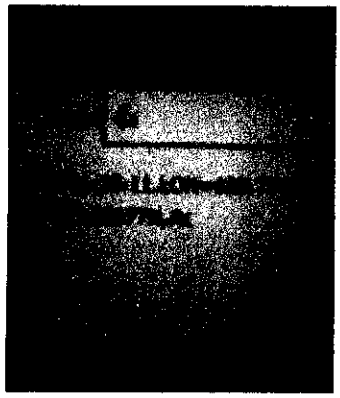
รูปที่ 4.18 ลักษณะหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อมีการส่ง sms มายังโทรศัพท์เคลื่อนที่ปลายทาง

ในกรณีที่มือถือต้นทางต้องการที่จะรู้ตำแหน่งที่รถที่ติดชิ้นงานอยู่ มือถือต้นทางก็จะทำการโทรออกไปยังมือถือปลายทางที่ติดอยู่กับชิ้นงานอยู่ แล้วมือถือปลายทางจะทำการวางสายเพื่อส่ง sms กลับมายังมือถือต้นทางโดยจะได้รับ sms ดังรูปข้างล่างนี้

รูปที่ 4.19 ลักษณะหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อมีการเรียกเข้าเพื่อขอดูพิกัด ณ ขณะนั้น

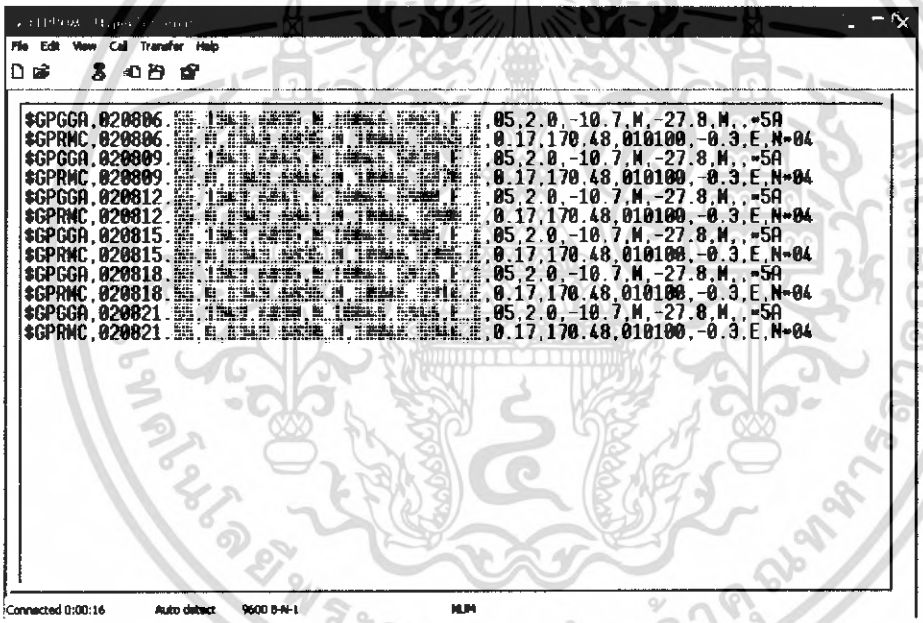
รูปที่ 4.20 โทรศัพท์เคลื่อนที่จะทำการตัดสายเองตามโปรแกรมที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 ลักษณะหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อได้รับ sms

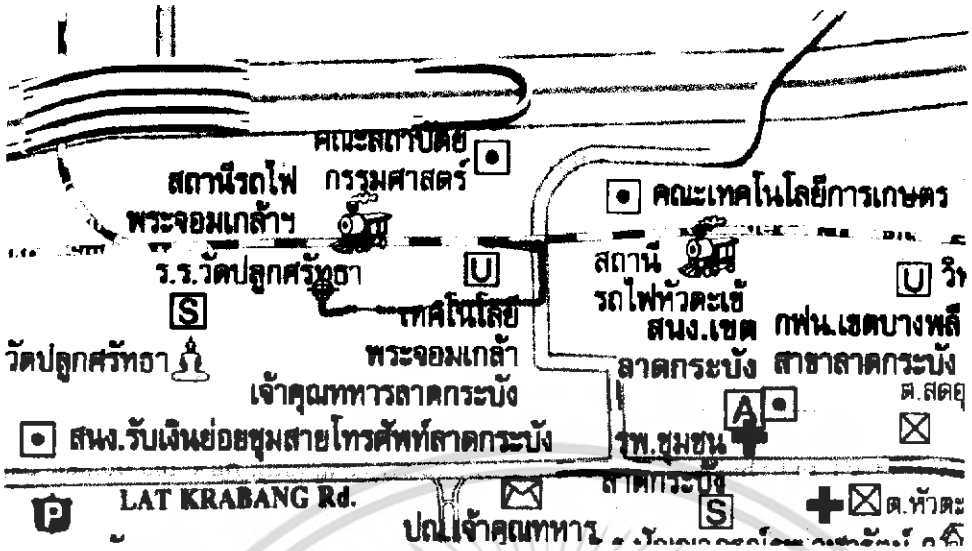
ทำการดูข้อมูลที่เก็บไว้ใน EEPROM โดยต่อชิ้นงานเข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ Baudrate เท่ากับ 9600 ได้ผลดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 แสดงข้อมูลที่เก็บไว้ใน EEPROM

เมื่อเราต้องการดูเส้นทางที่รถเดินทาง ที่เก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำอีสแควพรอม สามารถทำได้โดย นำชิ้นงานต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม กดปุ่ม Read ที่ตัวชิ้นงาน โปรแกรมจะทำการแสดงเส้นทางการเดินทางของรถที่ได้เก็บไว้ในหน่วยความจำ ทางโปรแกรมแผนที่ ดังรูปที่ 4.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 โปรแกรมแผนที่แสดงเส้นทางการเดินรถเมื่อกดปุ่ม Read ที่ชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และบทสรุป

จากการทดลองระบบบอกตำแหน่งด้วยอุปกรณ์จีพีเอสได้นำอุปกรณ์ (ชิ้นงานที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น) มาติดอยู่บนรถเพื่อที่จะเป็นตัวช่วยบอกว่าขณะนี้รถยังอยู่ในกรอบหรือไม่ โดยใช้ไฟสถานะและเสียงเตือนเมื่อรถออกนอกเส้นทาง อีกทั้งชิ้นงานก็จะทำการส่งข้อความที่ระบุพิกัดของรถ ณ ขณะที่ออกนอกเส้นทาง และเราสามารถระบุพิกัดของชิ้นงาน ณ เวลาใดๆก็ได้ ด้วยการโทรเข้าไปยังเลขหมายของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ชิ้นงาน แล้วจะส่งข้อความที่ประกอบด้วยพิกัดและเวลามายังเลขหมายที่โทรเข้า

โดยภายในอุปกรณ์(ชิ้นงานที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น)นั้นจะมีวงจรอยู่สองส่วนด้วยกันส่วนที่หนึ่งนั้นจะประกอบไปด้วยโมดูลรับสัญญาณ GPS และวงจรอินเตอร์เฟสซีเรียลพอร์ต (serial port interface) ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมเช่นพิกัดละติจูด,ลองติจูด,วันที่และ เวลาและค่าอื่น จากนั้นจะไปทำการลดขนาดข้อมูลโดยจะเลือกนำไปใช้เฉพาะส่วนที่เป็นพิกัดละติจูดลองติจูด และเวลาออกมา แล้วนำพิกัดละติจูดและลองติจูดที่ได้นี้ไปให้ยังไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งอยู่ในส่วนที่สองซึ่งส่วนนี้จะประกอบไปด้วยวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเมื่อได้รับพิกัดละติจูดและลองติจูดที่ส่งมาจากส่วนที่หนึ่งแล้วนั้นก็จะนำพิกัดนี้เข้าไปเปรียบเทียบกับกรอบเส้นทางว่ายังอยู่ในกรอบหรือนอกกรอบถ้าพิกัด(ละติจูดและลองติจูด)ถ้าอยู่นอกกรอบก็ให้ปรากฏไฟสีแดงและสัญญาณเตือน

ถ้ายังอยู่นอกกรอบเกินระยะเวลาที่กำหนดก็จะทำการตัดไฟสถานะสีเหลือง(ซึ่งจำลองแทนการตัดน้ำมันรถ) และส่งข้อความพิกัดและเวลาขณะที่ออกนอกกรอบนั้นไปยังหมายเลขปลายทาง และถ้าปลายทางอยากรู้พิกัดของรถขณะนั้นก็สามารถโทรเข้าเพื่อให้ชิ้นงานส่งข้อความระบุพิกัดและเวลาขณะนั้นมาได้

ปัญหาที่พบในการทดลอง

1.สายอากาศของโมดูลจีพีเอสจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่มองเห็นท้องฟ้าได้ คืออยู่ภายนอกตัวอาคารถึงจะรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้ถ้าอยู่ภายในตัวอาคารค่าละติจูด ลองติจูดต่างๆ ที่รับได้จะเป็น 0 หมด

2.ความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอส ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ เช่นถ้ามีท้องฟ้ามืดครึ้มหรือท้องฟ้าปิดก็จะไม่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้ ดังนั้นเครื่องรับจีพีเอสจะทำงานได้เมื่อท้องฟ้าเปิด

3.สัญญาณจีพีเอสที่รับมาได้ช่วงต้นนั้นอาจจะมีความคลาดเคลื่อนอยู่ดังนั้นจะต้องรอซักครู่หนึ่งจะได้สัญญาณจีพีเอสที่ความแม่นยำขึ้นเนื่องจากโมดูลจะค้นหาดาวเทียมเพิ่มขึ้นเพื่อทำการบอกตำแหน่ง

4.สายอากาศของโมดูลจีพีเอสนั้นค่อนข้างที่จะเสียได้ง่ายอันเนื่องมาจากการถอดเข้าถอดออกจากตัวโมดูลจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางพัฒนาต่อไป

1. นำระบบฐานข้อมูลมาจัดการข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ อีแสควพรอม ซึ่งจะสามารถนำข้อมูลที่ผ่านการจัดการข้อมูลแล้วไปใช้ประโยชน์ เช่น การวาดเส้นทางการเดินรถลงในแผนที่ เพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลต่อไป หรือประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. รศ.สมยศ จุณณปิยะ, "การประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51" คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546.
2. อรรพล บุญยะโภคา และ คณะ,"เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม", inex(innovative experiment),กรุงเทพฯ.
3. ธีรบูลย์ หล่อวิเชียรรุ่ง และคณะ,"ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยโปรแกรมภาษา C", inex(innovative experiment),กรุงเทพฯ.
4. ศุภชัย สมพาณิช,"คู่มือการเขียนโปรแกรมและใช้งาน Visual C#.NET ฉบับสมบูรณ์", อินโฟเพรส, กรงเทพฯ,2546.
5. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และคณะ , "เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51", inex(innovative experiment),กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Introduction

1.1 Overview

The *HOLUX* **GM-82 Engine Board** is a total solution GPS receiver, designed based on SiRF star II/LP Architecture. This positioning application meets strict needs such as car navigation, mapping, surveying, agriculture and so on. Only clear view of sky and certain power supply are necessary to the unit.

GM-82 communicates with other electronic utilities via compatible dual-channel through RS-232 or TTL and saves critical satellite data by built–in memory backup. With low power consumption, the GM-82 tracks up to 12 satellites at a time, re-acquires satellite signals in 100 ms and updates position data every second. Trickle-Power allows the unit operates a fraction of the time and Push-to-Fix permits user to have a quick position fix even though the receiver usually stays off.

1.2 Features

The GM-82 provides a host of features that make it easy for integration and use.

- SiRF Star II/LP chipset with embedded ARM7TDMI CPU available for customized applications in firmware
- 12 parallel satellite-tracking channels for fast acquisition and reacquisition
- High speed signal acquisition using 1920 time/frequency search channels
- Built-in WAAS/EGNOS Demodulator
- Low power consumption with Advanced Trickle-Power and Push-To-Fix mode
- Optional Rechargeable battery for memory and RTC backup and for fast Time To First Fix(TTFF)
- Support NMEA0183 v2.2 data protocol and SiRF binary code
- Enhanced algorithms -SnapLock and SnapStart provide superior navigation performance in urban, canyon and foliage environments
- For Car Navigation , Marine Navigation ,Fleet Management ,AVL and Location-Based Services , Auto Pilot ,Personal Navigation or touring devices, Tracking devices/systems and Mapping devices application

1.3 Technology Specifications

1.3.1 Physical Dimension

1) PCB Size: 40(W) x 50(D) x 12(H) (mm)
2) Weight: 18 g

1.3.2 Environmental Characteristics

1) Operating temperature: -40°C to +85°C (internal temperature)
2) Storage temperature: -45°C to +100°C

1.3.3 Electrical Characteristics

1) Input voltage: 5.0Vdc +/-10% or 3.3Vdc +/- 10%.
2) Input current: Less than 80mA (without antenna)
3) Backup power:(optional). 3V Rechargeable Lithium cell battery, up to 1000 hours discharge.
4) MCX antenna connector: Active .

1.3.4 Performance

1) Tracks up to 12 satellites.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Update rate: 1 second.
3) Acquisition time:

Reacquisition	0.1	sec, averaged
Hot start	8	sec. averaged
Warm start	38	sec. averaged
Cold start	45	sec. averaged

4) Position accuracy:

Non DGPS (Differential GPS)

Position	5~25	meter CEP
Velocity	0.1	meters/second.
Time	1	microsecond synchronized GPS time

DGPS (Differential GPS)

Position	1 to 5	meters, typical
Velocity	0.05	meters/second, typical

EGNOS/WAAS

Position	< 2.2	meters, horizontal 95% of time
	< 5	meters, vertical 95% of time

5) Dynamic Conditions:

Altitude	18,000	meters(60,000 feet) max
Velocity	515	meters/second (700 knots) max
Acceleration	4	G, max
Jerk	20	meters/second^3, max

1.3.5 Interfaces

1) Dual communication channel TTL or RS232 levels, with user selectable baud rate (4800-Default, 9600, 19200, 38400).
2) NMEA 0183 Version 2.2 ASCII output (GGA, GSA, GSV, RMC (VTG and GLL for optional)).
3) Real-time Differential Correction input (RTCM SC-104 message types 1, 2 and 9).

2. Operational characteristics

2.1 Initialization

As soon as the initial self-test is complete, the GM-82 begins the process of satellite acquisition and tracking automatically. Under normal circumstances, it takes approximately 45 seconds to achieve a position fix, 38 seconds if ephemeris data is known. After a position fix has been calculated, information about valid position, velocity and time is transmitted over the output channel.

The GM-82 utilizes initial data, such as last stored position, date, time and satellite orbital data, to achieve maximum acquisition performance. If significant inaccuracy exists in the initial data, or the orbital data is obsolete, it may take more time to achieve a navigation solution. The GM-82 Auto-locate feature is capable of automatically determining a navigation solution without intervention from the host system. However, acquisition performance can be improved as the host system initializes the GM-82 in the following situation:

- Moving further than 500 kilometers.
- Failure of Data storage due to the inactive internal memory battery.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 Navigation

After the acquisition process is complete, the GM-82 sends valid navigation information over output channels. These data include:

1) Latitude/longitude/altitude
2) Velocity
3) Date/time
4) Error estimates
5) Satellite and receiver status

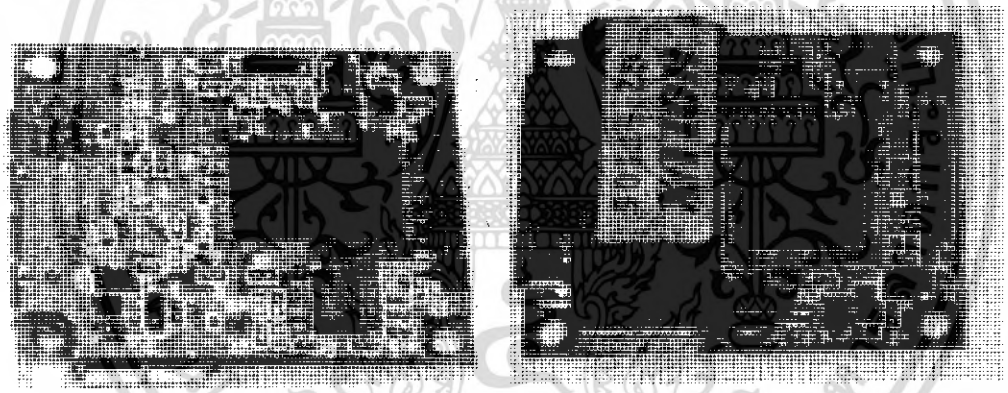
2.3 Manufacturing Default:

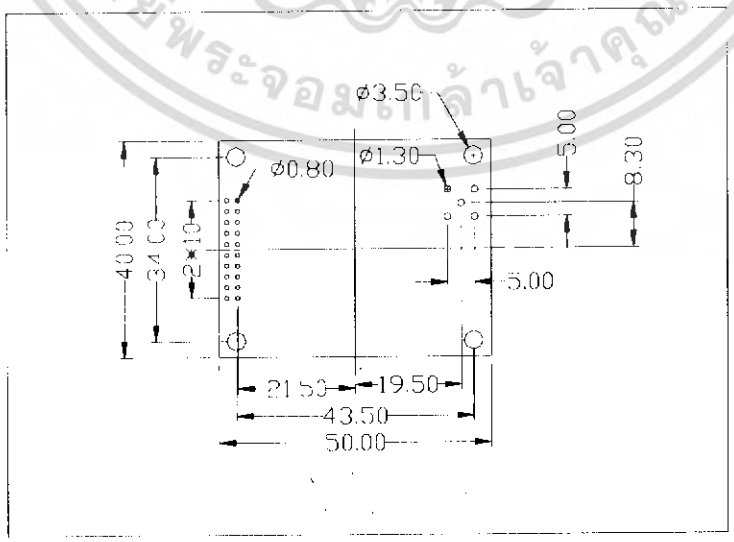
Datum: WGS84.
Baud Rate: 4800.
Output: GGA, GSA, GSV, RMC or by demand.
DGPS: RTCM SC-104(Type 1,2,9) or **WAAS** (in **USA area**) or **EGNOS** (in **European area**)

3. Hardware interface

3.1 Standard Model GM-82

GM-82-A W/ angle MCX connector and standard hole to hole dimension





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

J1 connector pin definition:

Pin #	Name	Description
1	NC	No function
2	***VCC_5V***	Regulated 5.0V +/-5% input power, 80mA typical.
3	***VBAT***	Battery backup input. 2.5V to 3.3V ,10uA typical.
4	***NC***	No function
5	***PBRESEN***	Manual reset input, ground to reset receiver. Leave floating for normal operation. The minimum plus width is 150 ms reset signal.
6	***GPIO1***	General purpose I/O pin 1
7	***GPIO2***	General purpose I/O pin 2
8	***GPIO3***	General purpose I/O pin 3
9	***GPIO4***	General purpose I/O pin 4
10	***GND***	Ground
11	***TXA***	Port A Serial Transmit Data GPS messages.
12	***RXA***	Port A Serial Receive Data GPS commands.
13	***GND***	Ground
14	***TXB***	Port B Serial Transmit Data.
15	***RXB***	Port B Serial Receive Data DGPS messages.
16	***GND***	Ground.
17	***GPIO5***	Reserved for re-programming flash.
18	***GND***	Ground
19	***TIMEMARK***	1PPS Time mark output
20	***NC***	No function

1. **VCC_5V**: + 5V DC voltage input.

2. Dual communication channel TTL levels (GM-82-T0/T1) or RS-232 levels (GM-82-A0/A1), with user selectable baud rates (4800-Default, 9600, 19200, 38400).

   RXA: Main Receive Channel. This input is used to receive software commands to the GM-82 from user written software.
   RXB: Auxiliary Receive Channel. This input is used to receive serial differential GPS data.
   TXA: Main Serial Output. This output provides navigation data to user written software.
   TXB: For user's application (not currently used).

3. ***PBRESEN:*** This pin provides an active-low reset input to the GM-82. Activation of this pin will reset and start acquisition process. It may be left open if not utilized.

4. ***TIMEMARK:*** This pin provides One-Pulse-Per-Second output from the GM-82 board, which is synchronized to GPS time. This is not available in Trickle-Power mode.

5. ***VBAT:*** Battery backup input for powering the RAM and RTC. Typical current is 10uA. Without an external backup battery the GM-82 will execute a cold start when turning on each time. To achieve the faster start-up offered by a hot or warm start, either a battery backup must be connected. A 2.5V and 3.6V power source is required in order to maximize battery lifetime. With a lithium cell battery, the data retention is 1,000 hours.

6. ***GPIO Functions:*** Several I/Os of CPU are connected to the digital interface connector for customer's applications and are labeled as GPIO1 to GPIO5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESCRIPTION

The P89C51RA2/RB2/RC2/RD2xx contains a non-volatile 8KB/16KB/32KB/64KB Flash program memory that is both parallel programmable and serial In-System and In-Application Programmable. In-System Programming (ISP) allows the user to download new code while the microcontroller sits in the application. In-Application Programming (IAP) means that the microcontroller fetches new program code and reprograms itself while in the system. This allows for remote programming over a modem link. A default serial loader (boot loader) program in ROM allows serial In-System programming of the Flash memory via the UART without the need for a loader in the Flash code. For In-Application Programming, the user program erases and reprograms the Flash memory by use of standard routines contained in ROM.

The device supports 6-clock/12-clock mode selection by programming a Flash bit using parallel programming or In-System Programming. In addition, an SFR bit (X2) in the clock control register (CKCON) also selects between 6-clock/12-clock mode.

Additionally, when in 6-clock mode, peripherals may use either 6 clocks per machine cycle or 12 clocks per machine cycle. This choice is available individually for each peripheral and is selected by bits in the CKCON register.

This device is a Single-Chip 8-Bit Microcontroller manufactured in an advanced CMOS process and is a derivative of the 80C51 microcontroller family. The instruction set is 100% compatible with the 80C51 instruction set.

The device also has four 8-bit I/O ports, three 16-bit timer/event counters, a multi-source, four-priority-level, nested interrupt structure, an enhanced UART and on-chip oscillator and timing circuits.

The added features of the P89C51RA2/RB2/RC2/RD2xx make it a powerful microcontroller for applications that require pulse width modulation, high-speed I/O and up/down counting capabilities such as motor control.

FEATURES

- 80C51 Central Processing Unit
- On-chip Flash Program Memory with In-System Programming (ISP) and In-Application Programming (IAP) capability
- Boot ROM contains low level Flash programming routines for downloading via the UART
- Can be programmed by the end-user application (IAP)
- Parallel programming with 87C51 compatible hardware interface to programmer
- Supports 6-clock/12-clock mode via parallel programmer (default clock mode after ChipErase is 12-clock)
- 6-clock/12-clock mode Flash bit erasable and programmable via ISP
- 6-clock/12-clock mode programmable "on-the-fly" by SFR bit
- Peripherals (PCA, timers, UART) may use either 6-clock or 12-clock mode while the CPU is in 6-clock mode
- Speed up to 20 MHz with 6-clock cycles per machine cycle (40 MHz equivalent performance); up to 33 MHz with 12 clocks per machine cycle
- Fully static operation
- RAM expandable externally to 64 kbytes
- Four interrupt priority levels
- Seven interrupt sources
- Four 8-bit I/O ports
- Full-duplex enhanced UART
  - Framing error detection
  - Automatic address recognition
- Power control modes
  - Clock can be stopped and resumed
  - Idle mode
  - Power down mode
- Programmable clock-out pin
- Second DPTR register
- Asynchronous port reset
- Low EMI (inhibit ALE)
- Programmable Counter Array (PCA)
  - PWM
  - Capture/compare

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SELECTION TABLE

Type	Memory				Timers				Serial Interfaces												
	RAM	ROM	OTP	Flash	# of Timers	PWM	PCA	WD	UART	I2C	CAN	SPI	ADC bits/ch.	I/O Pins	Interrupts (Ext.)/Levels	Program Security	Default Clock Rate [1]	Optional Clock Rate [1]	Reset active low/high?	Max. Freq. at 6-clk / 12-clk (MHz)	Freq. Range at 3V (MHz)	Freq. Range at 5V (MHz)
P89C51RD2xx	1K	–	–	64K	4	\	\	\	\	–	–	–	–	32	7(2)/4	\	12-clk	6-clk	H	20/33	–	0-20/33
P89C51RC2xx	512B	–	–	32K	4	\	\	\	\	–	–	–	–	32	7(2)/4	\	12-clk	6-clk	H	20/33	–	0-20/33
P89C51RB2xx	512B	–	–	16K	4	\	\	\	\	–	–	–	–	32	7(2)/4	\	12-clk	6-clk	H	20/33	–	0-20/33
P89C51RA2xx	512B	–	–	8K	4	\	\	\	\	–	–	–	–	32	7(2)/4	\	12-clk	6-clk	H	20/33	–	0-20/33

NOTE:
1. P89C51Rx2Hxx devices have a 6-clk default clock rate (12-clk optional). Please also see Device Comparison Table.

DEVICE COMPARISON TABLE

Item	1st generation of Rx2 devices	2nd generation of Rx2 devices (this data sheet)	Difference
Type description	P89C51Rx2Hxx(x)	P89C51Rx2xx(x)	No more letter 'H'
Programming algorithm	When using a parallel programmer, be sure to select P89C51Rx2Hxx(x) devices	When using a parallel programmer, be sure to select P89C51Rx2xx(x) devices (no more letter 'H')	Different programming algorithm due to process change
Clock mode (I)	**6-clk default, OTP** configuration bit to program to **12-clk** mode using parallel programmer (**cannot** be programmed back to 6-clk)	**12-clk default, Flash** configuration bit to program to **6-clk** mode using parallel programmer or ISP (**can** be reprogrammed)	More flexibility for the end user, more compatibility to older P89C51Rx+ parts
Clock mode (II)	N/A	6-clock/12-clock mode programmable "on the fly" by SFR bit X2 (CKCON.0)	Clock mode can be changed by software
Peripheral clock modes	N/A	Peripherals can be run in 12-clk mode while CPU runs in 6-clk mode	More flexibility, lower power consumption
Flash block structure	Two 8-Kbyte blocks 1–3 16-Kbyte blocks	2–16 4-Kbyte blocks	More flexibility

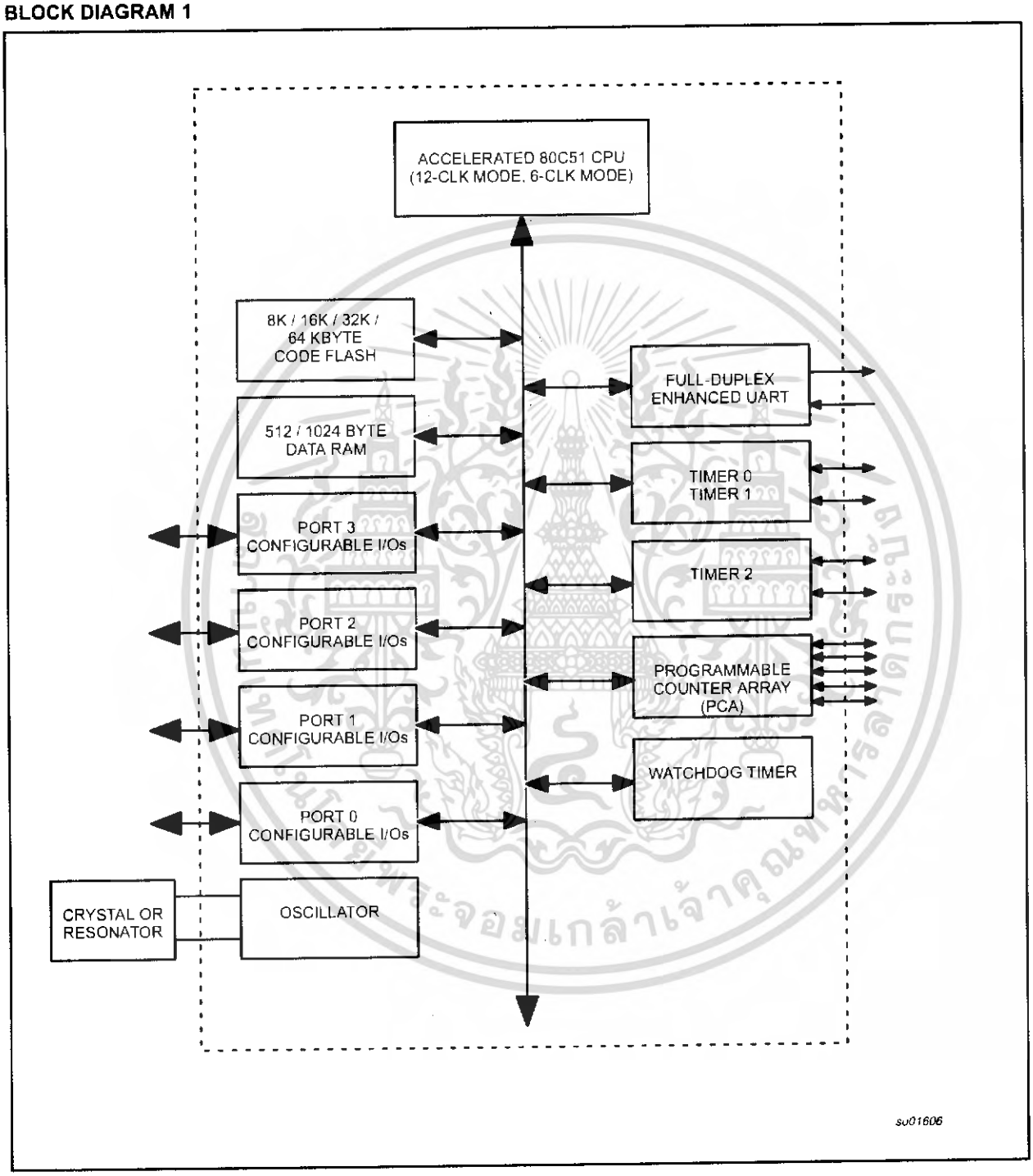
ORDERING INFORMATION

	PART ORDER NUMBER[1]	MEMORY		TEMPERATURE RANGE (°C) AND PACKAGE	VOLTAGE RANGE	FREQUENCY (MHz)		DWG #
		FLASH	RAM			6-CLOCK MODE	12-CLOCK MODE	
1.	P89C51RA2BA/01	8 KB	512 B	0 to +70, PLCC	4.5–5.5 V	0 to 20 MHz	0 to 33 MHz	SOT187-2
2.	P89C51RA2BBD/01	8 KB	512 B	0 to +70, LQFP	4.5–5.5 V	0 to 20 MHz	0 to 33 MHz	SOT389-1
3.	P89C51RB2BA/01	16 KB	512 B	0 to +70, PLCC	4.5–5.5 V	0 to 20 MHz	0 to 33 MHz	SOT187-2
4.	P89C51RB2BBD/01	16 KB	512 B	0 to +70, LQFP	4.5–5.5 V	0 to 20 MHz	0 to 33 MHz	SOT389-1
5.	P89C51RC2BN/01	32 KB	512 B	0 to +70, PDIP	4.5–5.5 V	0 to 20 MHz	0 to 33 MHz	SOT129-1
6.	P89C51RC2BA/01	32 KB	512 B	0 to +70, PLCC	4.5–5.5 V	0 to 20 MHz	0 to 33 MHz	SOT187-2
7.	P89C51RC2FA/01	32 KB	512 B	–40 to +85, PLCC	4.5–5.5 V	0 to 20 MHz	0 to 33 MHz	SOT187-2
8.	P89C51RC2BBD/01	32 KB	512 B	0 to +70, LQFP	4.5–5.5 V	0 to 20 MHz	0 to 33 MHz	SOT389-1
9.	P89C51RC2FBD/01	32 KB	512 B	–40 to +85, LQFP	4.5–5.5 V	0 to 20 MHz	0 to 33 MHz	SOT389-1
10.	P89C51RD2BN/01	64 KB	1024 B	0 to +70, PDIP	4.5–5.5 V	0 to 20 MHz	0 to 33 MHz	SOT129-1
11.	P89C51RD2BA/01	64 KB	1024 B	0 to +70, PLCC	4.5–5.5 V	0 to 20 MHz	0 to 33 MHz	SOT187-2
12.	P89C51RD2BBD/01	64 KB	1024 B	0 to +70, LQFP	4.5–5.5 V	0 to 20 MHz	0 to 33 MHz	SOT389-1
13.	P89C51RD2FA/01	64 KB	1024 B	–40 to +85, PLCC	4.5–5.5 V	0 to 20 MHz	0 to 33 MHz	SOT187-2

NOTE:
1. The Part Marking will not include the "/01".

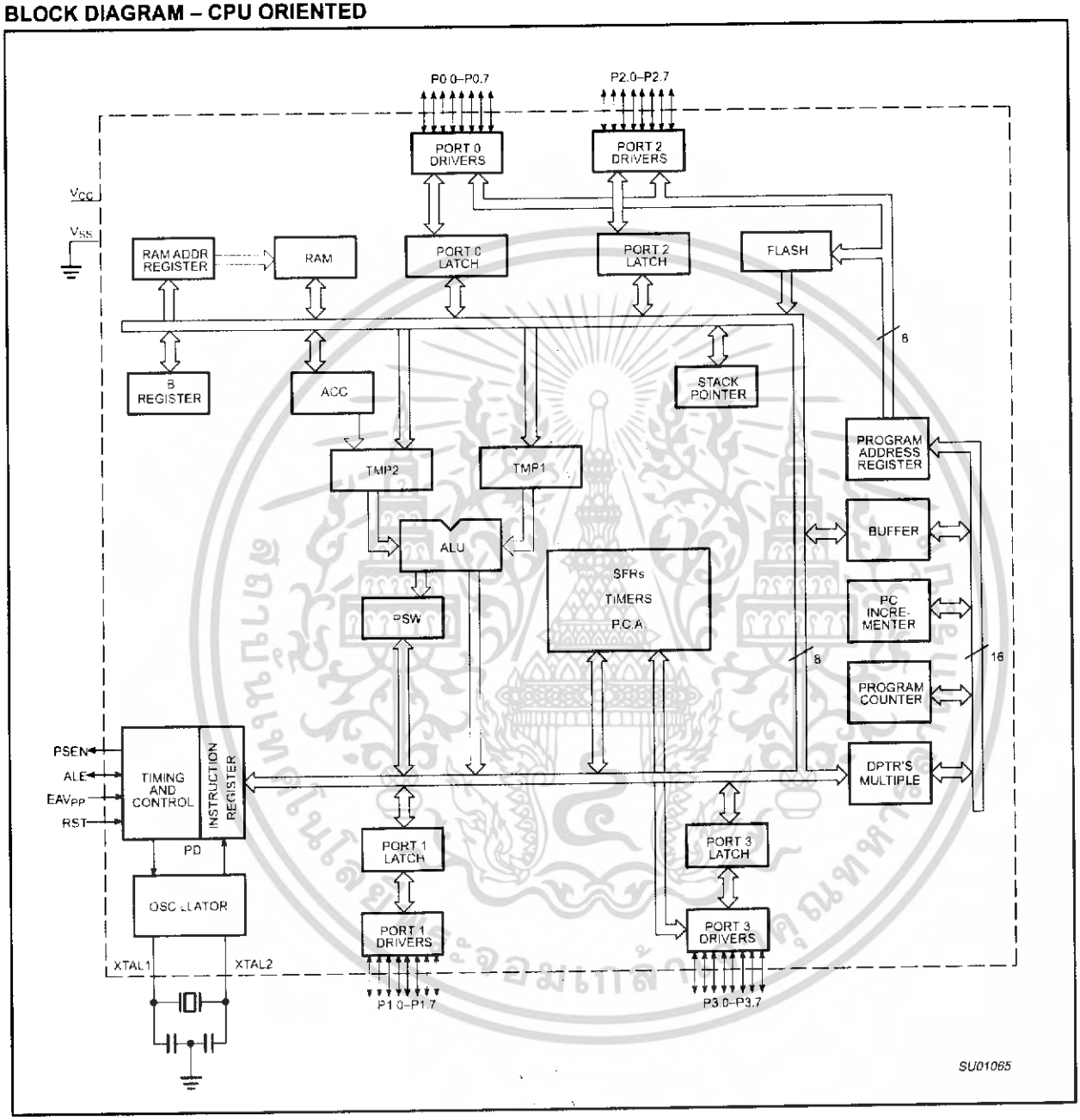
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BLOCK DIAGRAM 1



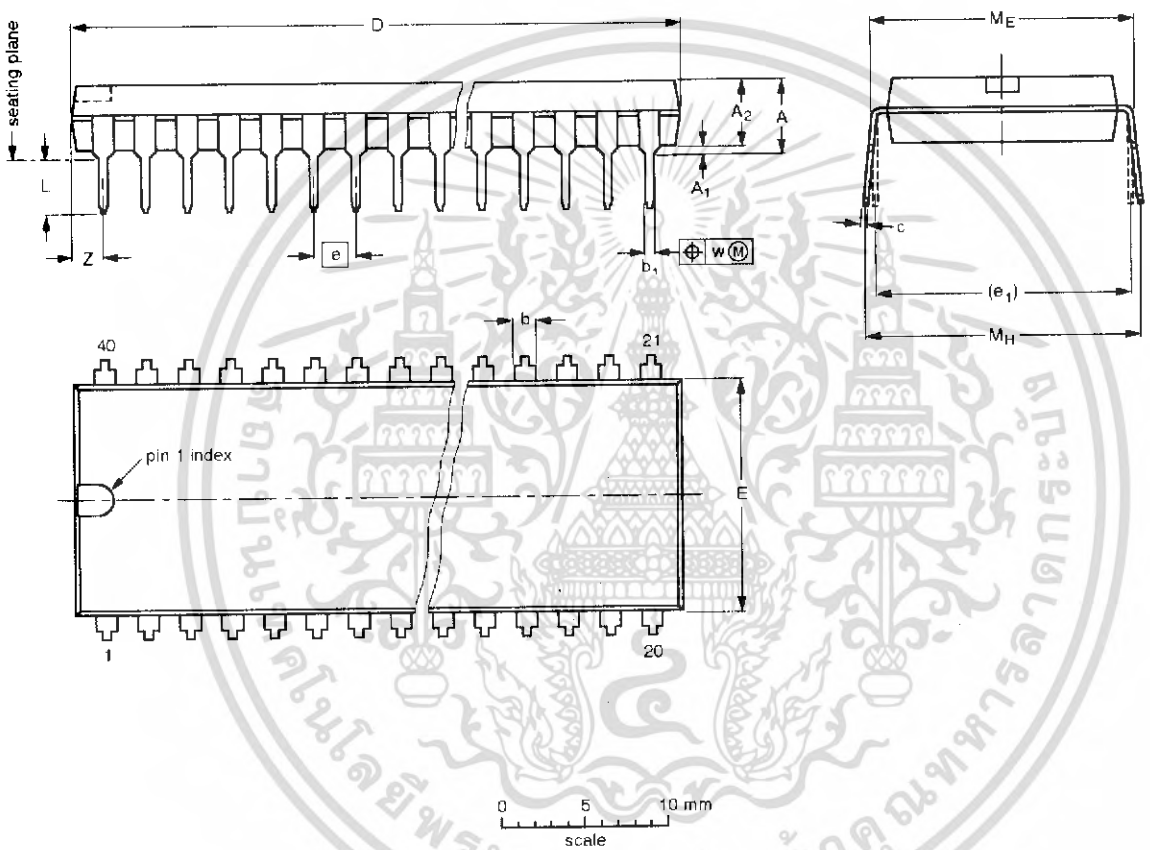
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BLOCK DIAGRAM – CPU ORIENTED



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIP40: plastic dual in-line package; 40 leads (600 mil) **SOT129-1**



DIMENSIONS (inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

UNIT	A max.	A_1 min.	A_2 max.	b	b_1	c	$D^{(1)}$	$E^{(1)}$	e	e_1	L	M_E	M_H	w	$Z^{(1)}$ max.
mm	4.7	0.51	4.0	1.70 1.14	0.53 0.38	0.36 0.23	52.50 51.50	14.1 13.7	2.54	15.24	3.60 3.05	15.80 15.24	17.42 15.90	0.254	2.25
inches	0.19	0.020	0.16	0.067 0.045	0.021 0.015	0.014 0.009	2.067 2.028	0.56 0.54	0.10	0.60	0.14 0.12	0.62 0.60	0.69 0.63	0.01	0.089

Note

1. Plastic or metal protrusions of 0.25 mm maximum per side are not included.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT129-1	051G08	MC-015	SC-511-40			~~95-01-14~~ 99-12-27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN DESCRIPTIONS

MNEMONIC	PIN NUMBER			TYPE	NAME AND FUNCTION
	PDIP	PLCC	LQFP		
V_{SS}	20	22	16	I	**Ground:** 0 V reference.
V_{CC}	40	44	38	I	**Power Supply:** This is the power supply voltage for normal, idle, and power-down operation.
P0.0–0.7	39–32	43–36	37–30	I/O	**Port 0**: Port 0 is an open-drain, bidirectional I/O port. Port 0 pins that have 1s written to them float and can be used as high-impedance inputs. Port 0 is also the multiplexed low-order address and data bus during accesses to external program and data memory. In this application, it uses strong internal pull-ups when emitting 1s.
P1.0–P1.7	1–8	2–9	40–44, 1–3	I/O	**Port 1:** Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups on all pins. Port 1 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, port 1 pins that are externally pulled low will source current because of the internal pull-ups. (See DC Electrical Characteristics: I_{IL}). Alternate functions for P89C51RA2/RB2/RC2/RD2xx Port 1 include:
	1	2	40	I/O	***T2 (P1.0)**: Timer/Counter 2 external count input/Clockout (see Programmable* Clock-Out)
	2	3	41	I	**T2EX (P1.1):** Timer/Counter 2 Reload/Capture/Direction Control
	3	4	42	I	**ECI (P1.2):** External Clock Input to the PCA
	4	5	43	I/O	***CEX0 (P1.3)**: Capture/Compare External I/O for PCA module 0*
	5	6	44	I/O	**CEX1 (P1.4):** Capture/Compare External I/O for PCA module 1
	6	7	1	I/O	**CEX2 (P1.5):** Capture/Compare External I/O for PCA module 2
	7	8	2	I/O	**CEX3 (P1.6):** Capture/Compare External I/O for PCA module 3
	8	9	3	I/O	**CEX4 (P1.7):** Capture/Compare External I/O for PCA module 4
P2.0–P2.7	21–28	24–31	18–25	I/O	**Port 2:** Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. Port 2 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, port 2 pins that are externally being pulled low will source current *because of the internal pull-ups.* (See DC Electrical Characteristics: I_{IL}). Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @DPTR). In this application, it uses strong internal pull-ups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOV @Ri), *port 2 emits the contents* of the P2 special function register.
P3.0–P3.7	10–17	11, 13–19	5, 7–13	I/O	**Port 3:** Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. Port 3 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, port 3 pins that are externally being pulled low will source current because of the pull-ups. (See DC Electrical Characteristics: I_{IL}). Port 3 also serves the special features of the P89C51RA2/RB2/RC2/RD2xx, as listed below:
	10	11	5	I	**RxD (P3.0):** Serial input port
	11	13	7	O	**TxD (P3.1):** Serial output port
	12	14	8	I	**INT0 (P3.2):** External interrupt
	13	15	9	I	**INT1 (P3.3):** External interrupt
	14	16	10	I	**T0 (P3.4):** Timer 0 external input
	15	17	11	I	**T1 (P3.5):** Timer 1 external input
	16	18	12	O	**WR (P3.6):** External data memory write strobe
	17	19	13	O	**RD (P3.7):** External data memory read strobe
RST	9	10	4	I	**Reset:** A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running, resets the device. An internal resistor to V_{SS} permits a power-on reset using only an external capacitor to V_{CC}.
ALE	30	33	27	O	**Address Latch Enable:** Output pulse for latching the low byte of the address during an access to external memory. In normal operation, ALE is emitted twice every machine cycle, and can be used for external timing or clocking. Note that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory. ALE can be *disabled by setting SFR auxiliary*.0. With this bit set, ALE will be active only during a MOVX instruction.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MNEMONIC	PIN NUMBER			TYPE	NAME AND FUNCTION
	PDIP	PLCC	LQFP		
PSEN	29	32	26	O	**Program Store Enable:** The read strobe to external program memory. When executing code from the external program memory, PSEN is activated twice each machine cycle, except that two PSEN activations are skipped during each access to external data memory. PSEN is not activated during fetches from internal program memory.
EA/V_{PP}	31	35	29	I	***External Access Enable/Programming Supply Voltage:*** EA must be externally held low to enable the device to fetch code from external program memory locations. If EA is held high, the device executes from internal program memory. The value on the EA pin is latched when RST is released and any subsequent changes have no effect. This pin also receives the programming supply voltage (V_{PP}) during Flash programming.
XTAL1	19	21	15	I	**Crystal 1:** Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock generator circuits.
XTAL2	18	20	14	O	**Crystal 2:** Output from the inverting oscillator amplifier.

NOTE:
To avoid "latch-up" effect at power-on, the voltage on any pin (other than V_{PP}) must not be higher than V_{CC} + 0.5 V or less than V_{SS} – 0.5 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

www.fairchildsemi.com

MC78XX/LM78XX/MC78XXA

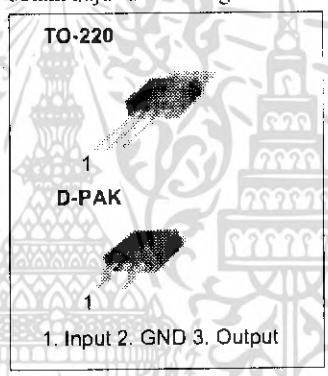
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

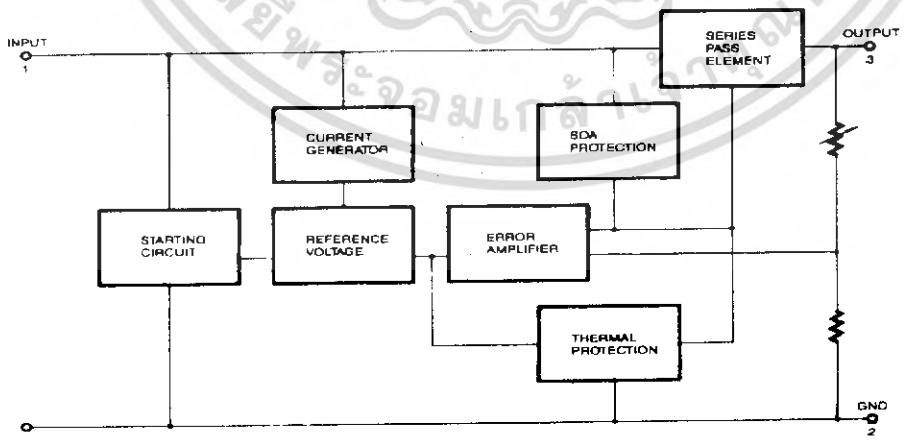
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

Description

The MC78XX/LM78XX/MC78XXA series of three terminal positive regulators are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



Internal Block Digram



Rev. 1.0.1

©2001 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for V_O = 5V to 18V) (for V_O = 24V)	V_I V_I	35 40	V V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	°C/W
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	°C/W
Operating Temperature Range	T_{OPR}	0 ~ +125	°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 ~ +150	°C

Electrical Characteristics (MC7805/LM7805)

(Refer to test circuit ,0°C < T_J < 125°C, I_O = 500mA, V_I = 10V, C_I= 0.33μF, C_O= 0.1μF, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions		MC7805/LM7805 Min.	Typ.	Max.	Unit
Output Voltage	V_O	T_J =+25 °C		4.8	5.0	5.2	V
		5.0mA ≤ Io ≤ 1.0A, P_O ≤ 15W V_I = 7V to 20V		4.75	5.0	5.25	
Line Regulation (Note1)	Regline	T_J=+25 °C	V_O = 7V to 25V	-	4.0	100	mV
			V_I = 8V to 12V	-	1.6	50	
Load Regulation (Note1)	Regload	T_J=+25 °C	I_O = 5.0mA to1.5A	-	9	100	mV
			I_O =250mA to 750mA	-	4	50	
Quiescent Current	I_Q	T_J =+25 °C		-	5.0	8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_Q	I_O = 5mA to 1.0A		-	0.03	0.5	mA
		V_I= 7V to 25V		-	0.3	1.3	
Output Voltage Drift	$\Delta V_O/\Delta T$	I_O= 5mA		-	-0.8	-	mV/ °C
Output Noise Voltage	V_N	f = 10Hz to 100KHz, T_A=+25 °C		-	42	-	μV/Vo
Ripple Rejection	RR	f = 120Hz V_O = 8V to 18V		62	73	-	dB
Dropout Voltage	V_{Drop}	I_O = 1A, T_J =+25 °C		-	2	-	V
Output Resistance	r_O	f = 1KHz		-	15	-	mΩ
Short Circuit Current	I_{SC}	V_I = 35V, T_A =+25 °C		-	230	-	mA
Peak Current	I_{PK}	T_J =+25 °C		-	2.2	-	A

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Perfomance Characteristics

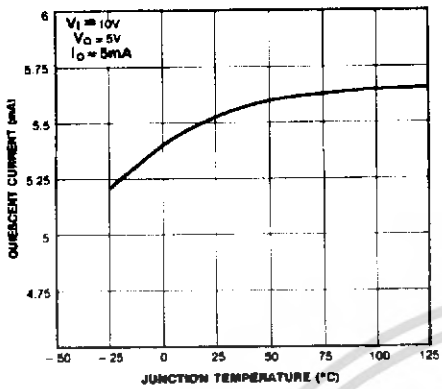


Figure 1. Quiescent Current

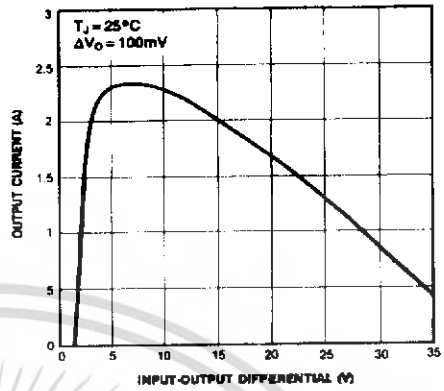


Figure 2. Peak Output Current

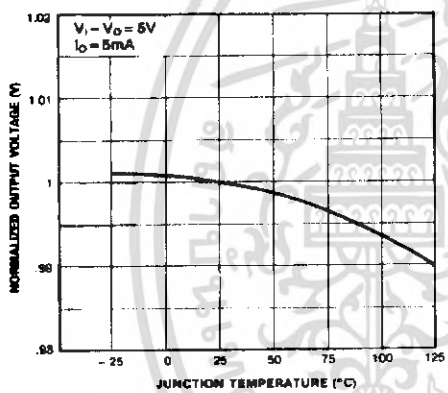


Figure 3. Output Voltage

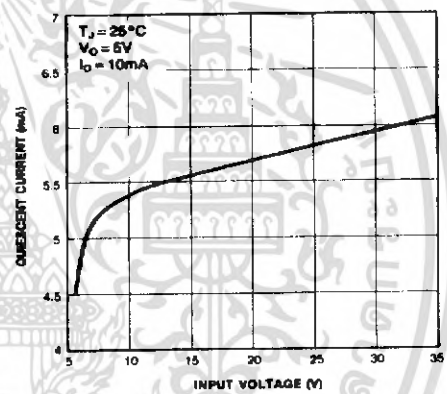


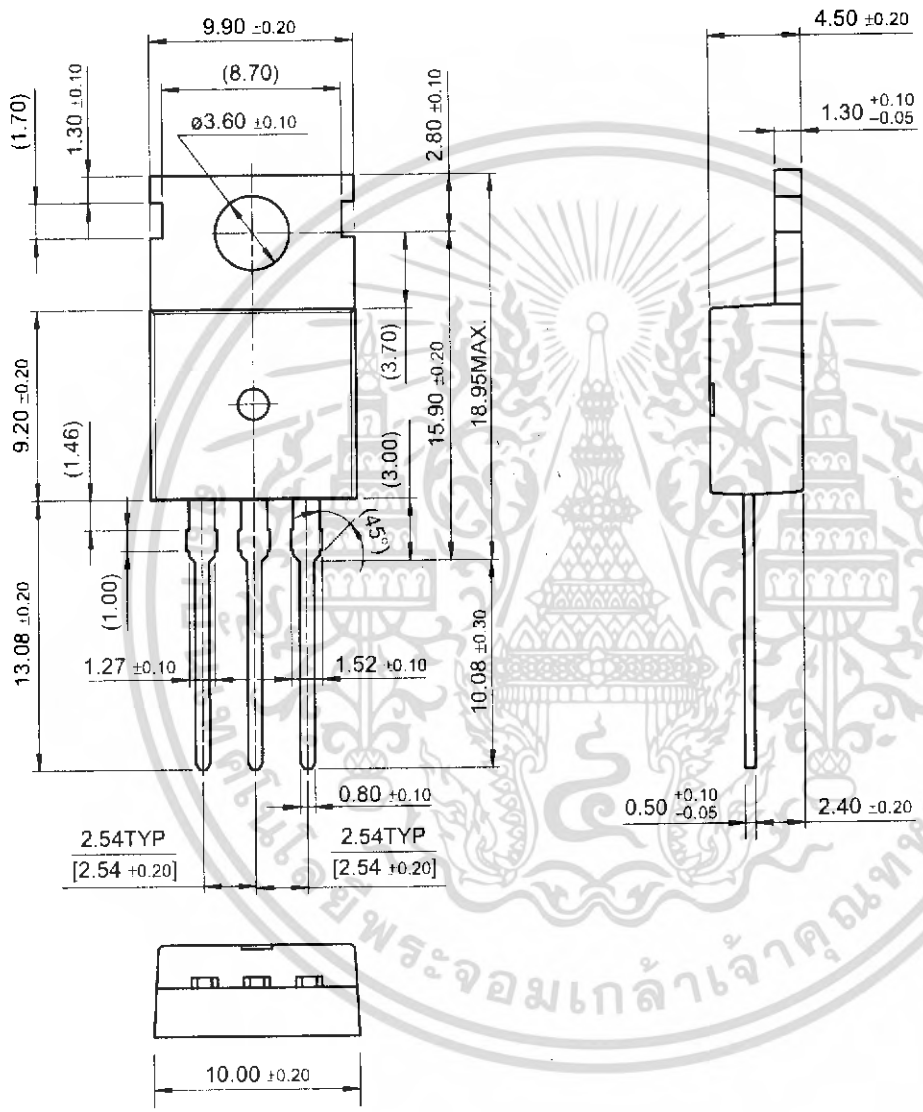
Figure 4. Quiescent Current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical Dimensions

Package

TO-220



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Product Number	Output Voltage Tolerance	Package	Operating Temperature
LM7805CT	±4%	TO-220	0 ~ + 125°C

Product Number	Output Voltage Tolerance	Package	Operating Temperature
MC7805CT	±4%	TO-220	0 ~ + 125°C
MC7806CT			
MC7808CT			
MC7809CT			
MC7810CT			
MC7812CT			
MC7815CT			
MC7818CT			
MC7824CT			
MC7805CDT		D-PAK	
MC7806CDT			
MC7808CDT			
MC7809CDT			
MC7810CDT			
MC7812CDT			
MC7805ACT	±2%	TO-220	
MC7806ACT			
MC7808ACT			
MC7809ACT			
MC7810ACT			
MC7812ACT			
MC7815ACT			
MC7818ACT			
MC7824ACT			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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 TTL 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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

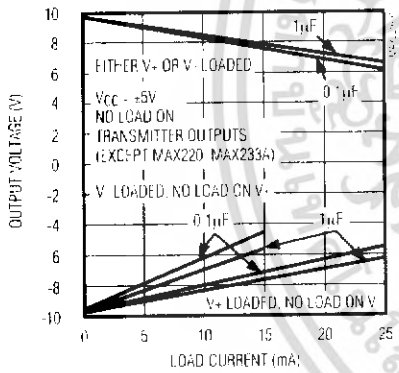
(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, MAX220, C1 = 0.047µF, C2–C4 = 0.33µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

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		

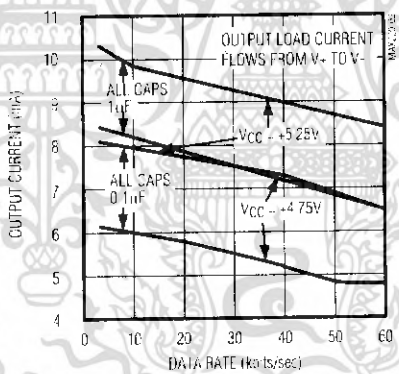
Typical Operating Characteristics

MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243

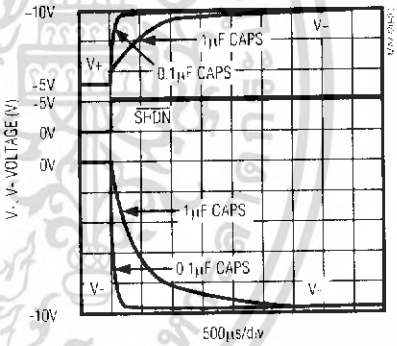
OUTPUT VOLTAGE vs. LOAD CURRENT



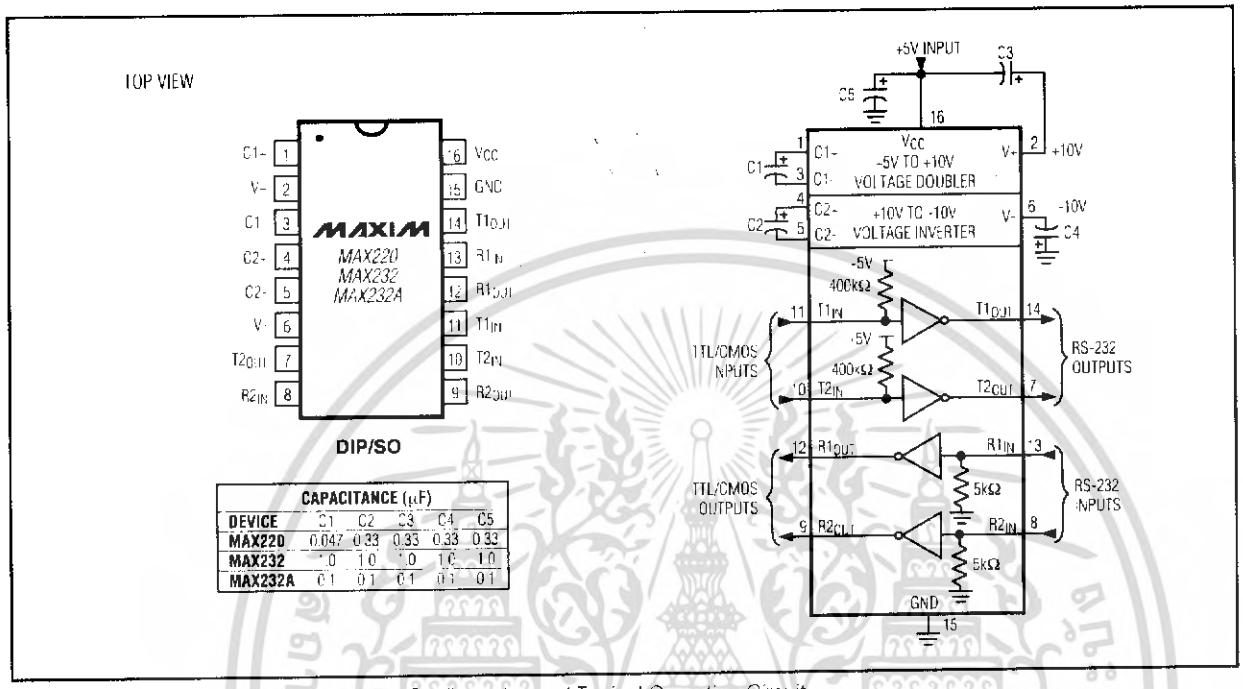
AVAILABLE OUTPUT CURRENT vs. DATA RATE



MAX222/MAX242 ON-TIME EXITING SHUTDOWN

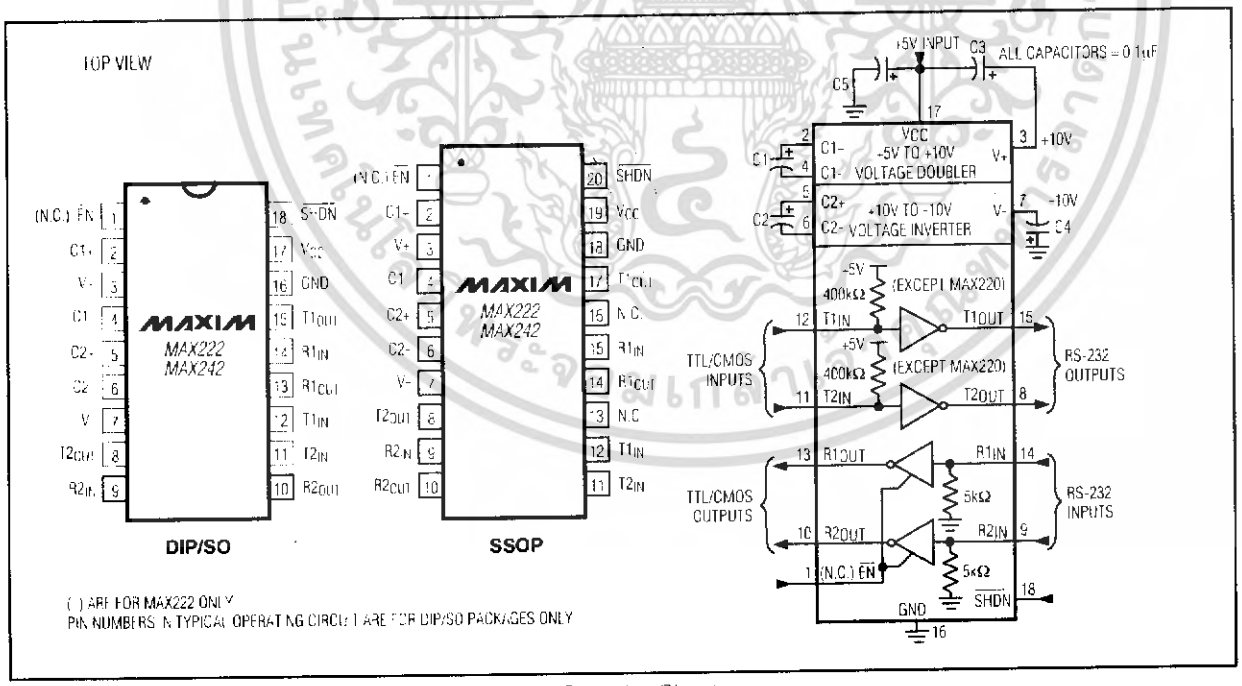


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CAPACITANCE (µF)					
DEVICE	C1	C2	C3	C4	C5
MAX220	0.047	0.33	0.33	0.33	0.33
MAX232	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
MAX232A	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit



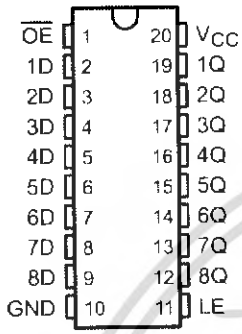
( ) ARE FOR MAX222 ONLY
PIN NUMBERS IN TYPICAL OPERATING CIRCUIT ARE FOR DIP/SO PACKAGES ONLY

Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

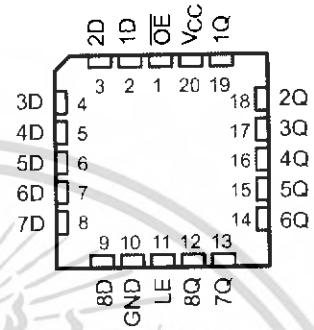
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Wide Operating Voltage Range of 2 V to 6 V
- High-Current 3-State Outputs Drive Bus Lines Directly or Up To 15 LSTTL Loads
- Low Power Consumption, 80-μA Max I_{CC}
- Typical t_{pd} = 21 ns
- ±6-mA Output Drive at 5 V
- Low Input Current of 1 μA Max
- Bus-Structured Pinout

SN54HC573A . . . J OR W PACKAGE
SN74HC573A . . . DB, DW, N, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



SN54HC573A . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

These octal transparent D-type latches feature 3-state outputs designed specifically for driving highly capacitive or relatively low-impedance loads. They are particularly suitable for implementing buffer registers, I/O ports, bidirectional bus drivers, and working registers.

While the latch-enable (LE) input is high, the Q outputs respond to the data (D) inputs. When LE is low, the outputs are latched to retain the data that was set up.

A buffered output-enable ($\overline{OE}$) input can be used to place the eight outputs in either a normal logic state (high or low logic levels) or the high-impedance state. In the high-impedance state, the outputs neither load nor drive the bus lines significantly. The high-impedance state and increased drive provide the capability to drive bus lines without interface or pullup components.

ORDERING INFORMATION

T_A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
−40°C to 85°C	PDIP – N	Tube of 25	SN74HC573AN	SN74HC573AN
	SOIC – DW	Tube of 40	SN74HC573ADW	HC573A
		Reel of 2500	SN74HC573ADWR	
	SSOP – DB	Reel of 2000	SN74HC573ADBR	HC573A
	TSSOP – PW	Reel of 2000	SN74HC573APWR	HC573A
		Reel of 250	SN74HC573APWT	
−55°C to 125°C	CDIP – J	Tube of 25	SNJ54HC573AJ	SNJ54HC573AJ
	CFP – W	Tube of 150	SNJ54HC573AW	SNJ54HC573AW
	LCCC – FK	Tube of 55	SNJ54HC573AFK	SNJ54HC573AFK

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2003, Texas Instruments Incorporated
On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

description/ordering information (continued)

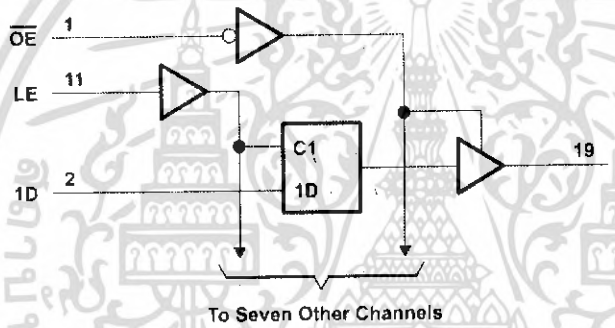
To ensure the high-impedance state during power up or power down, $\overline{OE}$ should be tied to V_{CC} through a pullup resistor; the minimum value of the resistor is determined by the current-sinking capability of the driver.

$\overline{OE}$ does not affect the internal operations of the latches. Old data can be retained or new data can be entered while the outputs are in the high-impedance state.

FUNCTION TABLE
(each latch)

INPUTS			OUTPUT
$\overline{OE}$	LE	D	Q
L	H	H	H
L	H	L	L
L	L	X	Q_0
H	X	X	Z

logic diagram (positive logic)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage range, V_{CC} . . . . . −0.5 V to 7 V
Input clamp current, I_{IK} ($V_I < 0$ or $V_I > V_{CC}$) (see Note 1) . . . . . ±20 mA
Output clamp current, I_{OK} ($V_O < 0$ or $V_O > V_{CC}$) (see Note 1) . . . . . ±20 mA
Continuous output current, I_O ($V_O = 0$ to V_{CC}) . . . . . ±35 mA
Continuous current through V_{CC} or GND . . . . . ±70 mA
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): DB package . . . . . 70°C/W
DW package . . . . . 58°C/W
N package . . . . . 69°C/W
PW package . . . . . 83°C/W
Storage temperature range, T_{stg} . . . . . −65°C to 150°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 under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTES: 1. The input and output voltage ratings may be exceeded if the input and output current ratings are observed.
2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include <reg51f.h>
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <intrins.h>
#include <string.h>
#include <absacc.h>
#include <ctype.h>
#include <stdlib.h>

sfr CKCON = 0x8F;

sbit rxd      = P3^3;
sbit gled     = P0^0;
sbit rled     = P0^1;
sbit yled     = P0^2;
sbit buzzer   = P0^3;
sbit push_but27    = P2^7;

sbit SCL2 = P1^1;
sbit SDA2 = P1^0;

unsigned char bdata Bbuff1=0;

 sbit outroute  = Bbuff1^0 ;
 sbit validflag = Bbuff1^1 ;
 sbit INF1      = Bbuff1^2 ;
 sbit INF2      = Bbuff1^3 ;
 sbit bfF       = Bbuff1^4 ;
 sbit ringflag  = Bbuff1^5 ;
 sbit lockflag  = Bbuff1^6 ;

unsigned char xdata INB[200];    //GPS recieve
unsigned char xdata INB1[50];    //RI recieve
unsigned char xdata TMB[50];     //GPS/com
unsigned char xdata OUTB[100];   //232out

unsigned char bus,buff,tmp=0,Job,bus1,buf2,datprv;
unsigned int  msec,cts,ctsU,poi=0,ctr,passrmc,passrmc1,datato;

unsigned int   xdata  SRTcnt2,ckmin,gpsflag;
unsigned char xdata
SRTcnt5,SRTcnt6,Delmt,Delmt2,lngth1,lngth2,lngth3,shifttmp;
unsigned long  xdata lath,lonh;

unsigned char xdata Hr,Mn,sec,dat11;

unsigned int  xdata epind;

code char  Info1[10]={"AT+CMGS=53"};
//if number =6629876543 in pdu change 0011000A916692785634000FF10
code char Info2[28]={"0011000A9166365114700000FF2D"};
code char Info4[12]={"0011000A9166"};
code char Info5[8]={"0000FF2D"};
unsigned char Info3[8];
unsigned char xdata PDUBuff[96],TBuff[48],BufEEP[45];
unsigned char S_Count;
unsigned int  S_Index;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void DLms1(unsigned int x);
unsigned char HexToAsc(unsigned char X)
{unsigned char  Temp;
      Temp = X;
      if(Temp > 9){Temp = Temp + 0x37;}
      else {Temp = Temp + 0x30;}
      return(Temp);
}

void delayee()
{
      _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
}

void FindPDU(unsigned char Index)
{unsigned char  i;
      for(i=0;i<Index;i++)
      {
            PDUBuff[i*2]     = HexToAsc(TBuff[i]>>4);
            PDUBuff[(i*2)+1] = HexToAsc(TBuff[i]&0x0F);
      }
      strncpy(OUTB,PDUBuff,(i*2)+1);
      cts=(i*2)+1,ctsU=0;TI=1;
      while(cts);
}
/*---------------------------------------------------------------------
-
function: send PDU
purpose: rotate number
input: d-num of number
return: RBuff[]
---------------------------------------------------------------------
*/

void SendPDU(unsigned char CountASC)
{
      unsigned char i,j,k,Temp,Temp2;
      float TCount;

                  TCount = (CountASC*7)/8.0;
                  S_Index = (unsigned int)(TCount*10);
                  if((S_Index%10)>0){S_Index= S_Index+10;}
                  S_Index = (S_Index/10)*2;


      i=0;
      for(j=0;j<S_Index;j++)
     {
            k = j % 7;
            if((j!= 0)&&(k==0)){i++;}
            Temp2  = BufEEP[i] >> k;
            if(i==(S_Count-1)){Temp=0x00;}
            else Temp=(BufEEP[i+1] << (7-k));
            TBuff[j] = Temp | Temp2;
            i++;
     }

      FindPDU(S_Index/2);

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void sendsms()
{
          strcpy(OUTB,"at\r");
          cts=3,ctsU=0;TI=1;
          while(cts);
            DLms1(5000);
            strcpy(OUTB,Info1);
            cts=10,ctsU=0;TI=1;
            while(cts);
            DLms1(30);
            strcpy(OUTB,"\r");
            cts=1,ctsU=0;TI=1;
            while(cts);
            DLms1(100);
            strcpy(OUTB,Info2);
            cts=28,ctsU=0;TI=1;
            while(cts);
            DLms1(100);
            SendPDU(45);
            OUTB[0]=0x1A;
            cts=1,ctsU=0;TI=1;
            while(cts);
            DLms1(500);
}

void sendsms1()
{
          strcpy(OUTB,"at\r");
          cts=3,ctsU=0;TI=1;
          while(cts);
            DLms1(5000);
            strcpy(OUTB,Info1);
            cts=10,ctsU=0;TI=1;
            while(cts);
            DLms1(10);
            strcpy(OUTB,"\r");
            cts=1,ctsU=0;TI=1;
            while(cts);
            DLms1(100);
            strcpy(OUTB,Info4);
            cts=12,ctsU=0;TI=1;
            while(cts);
            DLms1(5);
            strcpy(OUTB,Info3);
            cts=8,ctsU=0;TI=1;
            while(cts);
            DLms1(5);
            strcpy(OUTB,Info5);
            cts=8,ctsU=0;TI=1;
            while(cts);
            DLms1(5);
            SendPDU(45);
            OUTB[0]=0x1A;
            cts=1,ctsU=0;TI=1;
            while(cts);
            DLms1(500);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void DLms1(unsigned int x)
{
   ET2=0 ;  // prevent interrupt during check msec
   msec=x ;
   ET2=1;
   while(1) {
   ET2=0 ;if (msec==0) {break;} ET2=1; }
   ET2=1;

}

void Time2(void) interrupt 5 using 2  // jump to here every 1 ms****/
{
        if(msec>0) {msec--;}
        if(datato>0){datato--;}
        if(ckmin>0){ckmin--;}
        if(gpsflag>0){gpsflag--;}
        TF2=0;
}


// GPS interupt   and capture word todata

void INTRPT1(void) interrupt 2
{
        IE1=0 ;
        ET0=1;
        TL0=0x54;
        TH0=0xFC;
        TR0=1;
        EX1=0;
        bus=0;
        buff=0;
}

void timer0en(void)interrupt 1
{
      TL0=0xA0;
      TH0=0xFD;
      bus++;
      EX1=0;
      if(bus<9)
      {
            buff=buff>>1;
            tmp=0;
            if(rxd==1)tmp=0x80;
            buff=buff|tmp;
            TR0=1;
      }
      if(bus==9)
      {
            INB[poi]=buff;
            if(INB[poi]==','){Delmt++;}
            bus=0;
            TR0=0;
            IE1=0;
            ET0=0;
            poi++;
                  switch(Job)
                        {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            case 0 : if(INB[0]=='$') {Delmt=0;Job=1;}
                     else{Delmt=Job=0;poi=0;}
                     break ;
            case 1 : if(poi==3) {
                     if((INB[1]=='G')&&(INB[2]=='P'))
{Job=2;Delmt=0;}
                     else {poi=Delmt=Job=0;}
                           } break ;
            case 2 : if(poi==6) {
                     INB[0]=INB[1]=INB[2]=' ';
            if((INB[3]=='G')&&(INB[4]=='G')&&(INB[5]=='A')&&(!INF1))
{Job=3;poi=9;INB[3]=INB[4]=INB[5]=0;Delmt=0;}
            if((INB[3]=='R')&&(INB[4]=='M')&&(INB[5]=='C')&&(!INF2))
{Job=4;poi=69;INB[3]=INB[4]=INB[5]=0;Delmt=0;}
                     if(Job==2) {poi=Delmt=Job=0;}
                           } break ;
            case 3 : if(Delmt>9)   {passrmc=poi;poi=Job=Delmt=0 ;
INF1=1;} break ;
            case 4 : if(Delmt>10)  {passrmc1=poi;poi=Job=Delmt=0 ;
INF2=1;}  break ;
          }
          EX1=1;
      }
}
// end GPS interrupt and capture word todata

//serial interrupt torecieve mobile
void Serint(void) interrupt 4 using 1
{
      if(RI){
            RI=0;
            if( (SBUF!='\n')&&(SBUF!='\r')){INB1[ctr]=SBUF;ctr++;}
            else
            {
            ctr=0;
            }
            if((INB1[0]=='O')&&(INB1[1]=='K')){
            INB1[0]=0;INB1[1]=0;

            }
      if((INB1[0]=='R')&&(INB1[1]=='I')&&(INB1[2]=='N')&&(INB1[3]=='G
'))          {
            INB1[0]=0;INB1[1]=0;INB1[2]=0;INB1[3]=0;
            if(ringflag==0)   ringflag=1;
            }
}
      if(TI){
            TI=0;
            if(cts>0)  {
                        cts--   ;
                        SBUF=OUTB[ctsU] ;  //after stop bit TI=1
                        ctsU++  ;
                        }
            }
}

void findlngth(SRTcnt5)
{ lngth1=lngth2=lngth3=0 ; SRTcnt6=SRTcnt5;
  while((INB[SRTcnt5]!=',')&&(lngth1<13)) {SRTcnt5++;lngth1++;
if(SRTcnt5>349){break;}}
  SRTcnt5=SRTcnt6;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      while((INB[SRTcnt5]!='.')&&(INB[SRTcnt5]!=',')&&(lngth2<7))
{SRTcnt5++;lngth2++;if(SRTcnt5>349){break;} }
  if(INB[SRTcnt5]=='.')    { SRTcnt5++;
      while((INB[SRTcnt5]!=',')&&(lngth3<6))
SRTcnt5++;lngth3++;if(SRTcnt5>349){break;}}
}
  if((lngth1>12)||(lngth2>6)||(lngth3>4)) {lngth1=lngth2=lngth3=0;}
}

void FillNMEA(void)  /* got Hr,Mn,Lat,Lon,Sat,HDOP, */
{ unsigned char x,y;
  x=9; bfF=1; buf2=0; Delmt2=0;INB[9]=',' ;
  wnile(Delmt2<=9)
  {
     if(INB[x]==',') {Delmt2++; bfF=0 ;}
     x++ ;

     switch(Delmt2)
     {
      case(1) :   if(!bfF)
                  {     bfF=1 ;
                        SRTcnt5=x;
                        findlngth(SRTcnt5) ;
                        if(lngth2==6)
                        {
                        Hr=10*(INB[x]-0x30)  +INB[x+1]-0x30 ;
                        Mn=10*(INB[x+2]-0x30)+INB[x+3]-0x30 ;
                        sec=10*(INB[x+4]-0x30)+INB[x+5]-0x30 ;
                        Hr=Hr+7 ;
                        if(Hr>=24) {Hr=Hr-24;}
                        TMB[0]=0x30+(Hr/10);TMB[1]=0x30+(Hr%10);
                        TMB[2]=INB[x+2];  TMB[3]=INB[x+3];
                        TMB[4]=INB[x+4];  TMB[5]=INB[x+5];
                        buf2++;
                        }
                  } break ;
      case(2) :   if(!bfF)
                  {     bfF=1  ;
                        SRTcnt5=x; findlngth(SRTcnt5);
                        if(lngth1>8)
                        {
                        for(y=0;y<lngth1;y++){
                        TMB[y+6]=INB[x+y];
                        }
                        shifttmp=lngth1+6;
                        buf2++;
                  }
                  } break ;
      case(3) :   if(!bfF)
                  {     bfF=1  ;
                        SRTcnt5=x; findlngth(SRTcnt5);
                        if(lngth1==1)
                        {
                        TMB[shifttmp]=INB[x];
                        shifttmp=shifttmp+1;
                        buf2++;
                        }
                  } break ;
      case(4) :   if(!bfF)
                  {     bfF=1 ;
                        SRTcnt5=x; findlngth(SRTcnt5);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        if(lngth1>9)
                        {
                              for(y=0;y<lngth1;y++)
                              {
                              TMB[y+shifttmp]=INB[x+y];
                              }
                              shifttmp=shifttmp+lngth1;
                              buf2++;
                        }
                  } break ;
      case(5) :   if(!bfF)
                  {     bfF=1  ;
                        SRTcnt5=x; findlngth(SRTcnt5);
                        if(lngth1==1)
                        {
                        TMB[shifttmp]=INB[x];
                        shifttmp=shifttmp+1;
                        buf2++;
                        }
                  } break ;
      case(6) :   if(!bfF)
                  {     bfF=1 ;
                        SRTcnt5=x; findlngth(SRTcnt5);
                        if(lngth1==1)
                        {
                        TMB[shifttmp]=INB[x];
                        shifttmp=shifttmp+1;
                        buf2++;
                        }
                  } break ;

      }

   }
}

void EEPROM_Tx_Byte(unsigned char byte)
{
      unsigned char i ;
      for(i=0;i<8;i++)
      {
            SDA2=byte & 0x80 ;
            SCL2=1 ;delayee();
            SCL2=0 ;delayee();
            byte<<=1 ;
      }
}

void EPWR(unsigned int address, unsigned char byte)
{
      bit error=0 ;
      unsigned char high_address, low_address ;
      high_address = address >> 8 ;
      low_address = address & 0x00FF ;

      do
      {
            while(1)
            {
                  SDA2=0 ;
                  SCL2=0 ;delayee();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        EEPROM_Tx_Byte(0xA0) ;
                        SDA2=1 ;
                        SCL2=1 ;delayee();
                        if(SDA2!=0) { error=1 ; break ; }
                        SCL2=0 ;delayee();
                        EEPROM_Tx_Byte(high_address) ;
                        SDA2=1 ;
                        SCL2=1 ;delayee();
                        SCL2=0 ;delayee();
                        EEPROM_Tx_Byte(low_address) ;
                        SDA2=1 ;
                        SCL2=1 ;delayee();
                        if(SDA2!=0) { error=1 ; break ; }
                        SCL2=0 ;delayee();
                        EEPROM_Tx_Byte(byte) ;
                        SDA2=1 ;
                        SCL2=1 ;delayee();
                        if(SDA2!=0) { error=1 ; break ; }
                        error=0 ;
                        break ;
                }
        }
        while(error) ;
        SDA2=0 ;
        SCL2=0 ;delayee();
        SCL2=1 ;delayee();
        SDA2=1 ;
}

unsigned char EEPROM_Rx_Byte()
{
        unsigned i, byte=0x00 ;
        for(i=0;i<8;i++)
        {
                SCL2=1 ;delayee();
                byte= (byte<<1) | SDA2 ;
                SCL2=0 ;delayee();
        }
        return byte ;
}

unsigned char EPRD(unsigned int address)
{
        bit error=0 ;
        unsigned char byte, high_address, low_address ;
        high_address = address >> 8 ;
        low_address = address & 0x00FF ;

        do
        {
                while(1)
                {
                        SDA2=0 ;
                        SCL2=0 ;delayee();
                        EEPROM_Tx_Byte(0xA0) ;
                        SDA2=1 ;
                        SCL2=1 ;delayee();
                        if(SDA2!=0) { error=1 ; break ; }
                        SCL2=0 ;delayee();
                        EEPROM_Tx_Byte(high_address) ;
                        SDA2=1 ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SCL2=1 ;delayee();
                    SCL2=0 ;delayee();
                    EEPROM_Tx_Byte(low_address) ;
                    SDA2=1 ;
                    SCL2=1 ;delayee();
                    if(SDA2!=0) { error=1 ; break ; }
                    SCL2=0 ;delayee();
                    SCL2=1 ;delayee();
                    SDA2=1 ;
                    SDA2=0 ;
                    SCL2=0 ;delayee();
                    EEPROM_Tx_Byte(0xA1) ;
                    SDA2=1 ;
                    SCL2=1 ;delayee();
                    if(SDA2!=0) { error=1 ; break ; }
                    error=0 ;
                    break ;
              }
        }
        while(error) ;
        SCL2=0 ;delayee();
        byte=EEPROM_Rx_Byte() ;
        SDA2=1 ;
        SCL2=1 ;delayee();
        SCL2=0 ;delayee();
        SCL2=1 ;delayee();
        return byte ;
}

void EEPROM_Init()
{
        SCL2=1 ;
        SDA2=1 ;
}

void memtoeep()
{
        unsigned long lathh,lonhh;
        lathh=lath;
        lonhh=lonh;
        if(epind>0xFFF5){epind=0;}              //last recode if shif to 0
              datprv=Hr;
        EPWR(epind,datprv);dat11=EPRD(epind);if(dat11!=datprv){EPWR(epi
nd,datprv);dat11=EPRD(epind);}epind++;
              datprv=Mn;
        EPWR(epind,datprv);dat11=EPRD(epind);if(dat11!=datprv){EPWR(epi
nd,datprv);dat11=EPRD(epind);}epind++;
              datprv=sec;
        EPWR(epind,datprv);dat11=EPRD(epind);if(dat11!=datprv){EPWR(epi
nd,datprv);dat11=EPRD(epind);}epind++;
              if(lonhh>=65535)
              {
              datprv=1;
              lonhh=lonhh-65535;
              }
              else datprv=0;
        EPWR(epind,datprv);dat11=EPRD(epind);if(dat11!=datprv){EPWR(epi
nd,datprv);dat11=EPRD(epind);}epind++;
              datprv=lonhh>>8;
        EPWR(epind,datprv);dat11=EPRD(epind);if(dat11!=datprv){EPWR(epi
nd,datprv);dat11=EPRD(epind);}epind++;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            datprv=lonhh&0xff;
      EPWR(epind,datprv);dat11=EPRD(epind);if(dat11!=datprv){EPWR(epi
nd,datprv);dat11=EPRD(epind);}epind++;
            if(lathh>=65535)
            {
            datprv=1;
            lathh=lathh-65535;
            }
            else datprv=0;

      EPWR(epind,datprv);dat11=EPRD(epind);if(dat11!=datprv){EPWR(epi
nd,datprv);dat11=EPRD(epind);}epind++;
            datprv=lathh>>8;
      EPWR(epind,datprv);dat11=EPRD(epind);if(dat11!=datprv){EPWR(epi
nd,datprv);dat11=EPRD(epind);}epind++;
            datprv=lathh&0xff;
      EPWR(epind,datprv);dat11=EPRD(epind);if(dat11!=datprv){EPWR(epi
nd,datprv);dat11=EPRD(epind);}epind++;
            datato=3000;
}

void clearmem()
{
      unsigned int eepind;
      eepind=0;
      datato=10000;
      while(eepind<=epind)
      {
      EPWR(eepind,0xFF);
      eepind++;
      if(datato==0){break;}
      }
      epind=0;
}

unsigned int findloc()
{
      unsigned int addr;
      unsigned char dat12;
      dat12=EPRD(0); if(dat12>30) {return 0;}
      addr=0;
      while(addr<0xFFFF)
      {
        dat12=EPRD(addr);addr++;
        if(dat12==0xff)
        {
            addr--;
            break;
         }
       }
      return addr;
}

void eeprequest(unsigned int addr)
{
      unsigned long DLatL,DLonL,tmpDLon,tmpDLat;

      //GGA
       strcpy(OUTB,"$GPGGA,") ;
       cts=7;ctsU=0;TI=1;
       while(cts);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DLms1(5) ;
OUTB[0]=EPRD(addr)/10+'0';
OUTB[1]=EPRD(addr)%10+'0';
OUTB[2]=EPRD(addr+1)/10+'0';
OUTB[3]=EPRD(addr+1)%10+'0';
OUTB[4]=EPRD(addr+2)/10+'0';
OUTB[5]=EPRD(addr+2)%10+'0';
OUTB[6]='.';
OUTB[7]='5';
OUTB[8]='5';
OUTB[9]=',';
cts=10;ctsU=0;TI=1;
while(cts);
DLms1(5) ;
DLatL=EPRD(addr+7);
DLatL<<=8;
DLatL=DLatL|EPRD(addr+8);
if((EPRD(addr+6))==1){DLatL=DLatL+65535;}
tmpDLat=(DLatL*36)/60000;
DLatL=((((DLatL*36/10)-(tmpDLat*6000))*10)/6);
OUTB[0]='1';
OUTB[1]='3';
OUTB[2]=tmpDLat/10+'0';
OUTB[3]=tmpDLat%10+'0';
OUTB[4]='.';
OUTB[5]=((DLatL%10000)/1000)+'0';
OUTB[6]=((DLatL%1000)/100)+'0';
OUTB[7]=((DLatL%100)/10)+'0';
OUTB[8]=((DLatL%10))+'0';
OUTB[9]=',';
OUTB[10]='N';
OUTB[11]=',';
cts=12;ctsU=0;TI=1;
while(cts);
DLms1(5) ;
DLonL=EPRD(addr+4);
DLonL<<=8;
DLonL=DLonL|EPRD(addr+5);
if((EPRD(addr+3))==1){DLonL=DLonL+65535;}
tmpDLon=(DLonL*36)/60000;
DLonL=((((DLonL*36/10)-(tmpDLon*6000))*10)/6);
OUTB[0]='1';
OUTB[1]='0';
OUTB[2]='0';
OUTB[3]=tmpDLon/10+'0';
OUTB[4]=tmpDLon%10+'0';
OUTB[5]='.';
OUTB[6]=((DLonL%10000)/1000)+'0';
OUTB[7]=((DLonL%1000)/100)+'0';
OUTB[8]=((DLonL%100)/10)+'0';
OUTB[9]=((DLonL%10))+'0';
OUTB[10]=',';
OUTB[11]='E';
OUTB[12]=',';
cts=13;ctsU=0;TI=1;
while(cts);
DLms1(5) ;
strcpy(OUTB,"1,05,2.0,-10.7,M,-27.8,M,,*5A") ;
OUTB[29]='\r';
OUTB[30]='\n';
cts=31;ctsU=0;TI=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 while(cts);
 DLms1(5) ;

//RMC
 strcpy(OUTB,"$GPRMC,") ;
 cts=7;ctsU=0;TI=1;
 while(cts);
 DLms1(5) ;
 OUTB[0]=EPRD(addr)/10+'0';
 OUTB[1]=EPRD(addr)%10+'0';
 OUTB[2]=EPRD(addr+1)/10+'0';
 OUTB[3]=EPRD(addr+1)%10+'0';
 OUTB[4]=EPRD(addr+2)/10+'0';
 OUTB[5]=EPRD(addr+2)%10+'0';
 OUTB[6]='.';
 OUTB[7]='5';
 OUTB[8]='5';
 OUTB[9]=',';
 OUTB[10]='A';
 OUTB[11]=',';
 cts=12;ctsU=0;TI=1;
 while(cts);
 DLms1(5) ;
 DLatL=EPRD(addr+7);
 DLatL<<=8;
 DLatL=DLatL|EPRD(addr+8);
 if((EPRD(addr+6))==1){DLatL=DLatL+65535;}
 tmpDLat=(DLatL*36)/60000;
 DLatL=((((DLatL*36/10)-(tmpDLat*6000))*10)/6);
 OUTB[0]='1';
 OUTB[1]='3';
 OUTB[2]=tmpDLat/10+'0';
 OUTB[3]=tmpDLat%10+'0';
 OUTB[4]='.';
 OUTB[5]=((DLatL%10000)/1000)+'0';
 OUTB[6]=((DLatL%1000)/100)+'0';
 OUTB[7]=((DLatL%100)/10)+'0';
 OUTB[8]=((DLatL%10))+'0';
 OUTB[9]=',';
 OUTB[10]='N';
 OUTB[11]=',';
 cts=12;ctsU=0;TI=1;
 while(cts);
 DLms1(5) ;
 DLonL=EPRD(addr+4);
 DLonL<<=8;
 DLonL=DLonL|EPRD(addr+5);
 if((EPRD(addr+3))==1){DLonL=DLonL+65535;}
 tmpDLon=(DLonL*36)/60000;
 DLonL=((((DLonL*36/10)-(tmpDLon*6000))*10)/6);
 OUTB[0]='1';
 OUTB[1]='0';
 OUTB[2]='0';
 OUTB[3]=tmpDLon/10+'0';
 OUTB[4]=tmpDLon%10+'0';
 OUTB[5]='.';
 OUTB[6]=((DLonL%10000)/1000)+'0';
 OUTB[7]=((DLonL%1000)/100)+'0';
 OUTB[8]=((DLonL%100)/10)+'0';
 OUTB[9]=((DLonL%10))+'0';
 OUTB[10]=',';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        OUTB[11]='E';
        OUTB[12]=',';
        cts=13;ctsU=0;TI=1;
        while(cts);
        DLms1(5) ;
        strcpy(OUTB,"0.17,170.48,010100,-0.3,E,N*04") ;
        OUTB[30]='\r';
        OUTB[31]='\n';
        cts=32;ctsU=0;TI=1;
        while(cts);
        DLms1(1500) ;

}

void readtocom()
{
      unsigned int addr;
      addr=0;
      while(addr<(epind))
      {
      eeprequest(addr);
      addr=addr+9;
      }
}

void ckswitch()
{
      if(push_but27==0)
      {
      while(push_but27==0);
      readtocom();
      clearmem();
      }
}

void chkroadout()
{
      outroute=1;
      if((lonh>64614)&&(lonh<64915)&&(lath>69654)&&(lath<69663)){outr
oute=0;}
      if((lonh>64210)&&(lonh<65112)&&(lath>69654)&&(lath<71768)){outr
oute=0;}
      if((lonh>64925)&&(lonh<68055)&&(lath>71373)&&(lath<72247)){outr
oute=0;}
      if((lonh>67745)&&(lonh<70932)&&(lath>71787)&&(lath<72360)){outr
oute=0;}
      if((lonh>70857)&&(lonh<75116)&&(lath>72097)&&(lath<72435)){outr
oute=0;}
      if((lonh>75022)&&(lonh<75530)&&(lath>72097)&&(lath<72373)){outr
oute=0;}
      if((lonh>75332)&&(lonh<78181)&&(lath>72031)&&(lath<72313)){outr
oute=0;}
      if((lonh>77692)&&(lonh<78134)&&(lath>72228)&&(lath<73071)){outr
oute=0;}
      if((outroute==1)&&(ckmin==0)&&(lockflag==0))
      {
            sendsms();
            lockflag=1;
            yled=0;
            rled=1;
            gled=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            buzzer=1;
      }
      if((outroute==0)&&(lockflag==0))
      {
      ckmin=60000;
      rled=0;
      buzzer=0;
      }
      else if(lockflag==0)
      {
      rled=1;
      buzzer=1;
      }
}

void recnumtsend()
{
      DLms1(500);
      strcpy(OUTB,"AT+CLCC\r");
      cts=8;ctsU=0;TI=1;
      while(cts);
      ctr=0;
      while(1)
      {
      if(ctr==27)break;
      }
      Info3[0]=INB1[20];
      Info3[1]=INB1[19];
      Info3[2]=INB1[22];
      Info3[3]=INB1[21];
      Info3[4]=INB1[24];
      Info3[5]=INB1[23];
      Info3[6]=INB1[26];
      Info3[7]=INB1[25];
      DLms1(1500);
      strcpy(OUTB,"AT+CHUP\r");
      cts=8;ctsU=0;TI=1;
      while(cts);
      ctr=0;
      sendsms1();
      ringflag=0;
}

void callatlon()
{
      lath=(TMB[8]-0x30)*10+(TMB[9]-0x30);
      lath=lath*100000;
      lath=lath/60;
      lath=lath+((((TMB[11]-0x30)*1000)+((TMB[12]-
0x30)*100)+((TMB[13]-0x30)*10)+(TMB[14]-0x30))/6);
      lonh=(TMB[19]-0x30)*10+(TMB[20]-0x30);
      lonh=lonh*100000;
      lonh=lonh/60;
      lonh=lonh+((((TMB[22]-0x30)*1000)+((TMB[23]-
0x30)*100)+((TMB[24]-0x30)*10)+(TMB[25]-0x30))/6);
}

void filllatlon()
{
      BufEEP[0]='T';
      BufEEP[1]='i';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        BufEEP[2]='m';
        BufEEP[3]='e';
        BufEEP[4]='=';
        BufEEP[5]=TMB[0];
        BufEEP[6]=TMB[1];
        BufEEP[7]=':';
        BufEEP[8]=TMB[2];
        BufEEP[9]=TMB[3];
        BufEEP[10]=':';
        BufEEP[11]=TMB[4];
        BufEEP[12]=TMB[5];
        BufEEP[13]=',';
        BufEEP[14]='L';
        BufEEP[15]='O';
        BufEEP[16]='N';
        BufEEP[17]='=';
        BufEEP[18]=TMB[16];
        BufEEP[19]=TMB[17];
        BufEEP[20]=TMB[18];
        BufEEP[21]='.';
        BufEEP[22]=lonh/10000+'0';
        BufEEP[23]=((lonh%10000)/1000)+'0';
        BufEEP[24]=((lonh%1000)/100)+'0';
        BufEEP[25]=((lonh%100)/10)+'0';
        BufEEP[26]=(lonh%10)+'0';
        BufEEP[27]=TMB[26];
        BufEEP[28]=',';
        BufEEP[29]='L';
        BufEEP[30]='A';
        BufEEP[31]='T';
        BufEEP[32]='=';
        BufEEP[33]=TMB[6];
        BufEEP[34]=TMB[7];
        BufEEP[35]='.';
        BufEEP[36]=lath/10000+'0';
        BufEEP[37]=((lath%10000)/1000)+'0';
        BufEEP[38]=((lath%1000)/100)+'0';
        BufEEP[39]=((lath%100)/10)+'0';
        BufEEP[40]=(lath%10)+'0';
        BufEEP[41]=TMB[15];
        BufEEP[42]=',';
        if(TMB[27]=='1')
        {
        BufEEP[43]='A';
        BufEEP[44]='c';
        }
        else
        {
        BufEEP[43]='N';
        BufEEP[44]='O';
        }
}

void setintiliazetimer()
{
        CKCON=0x01;
        TMOD = 0x21;        // timer1 mode 2
        TH1 =  0xf6;        // GSM 9.6Kbaud 18.432 MHz
        SCON = 0x50;        // mode1 & rcv enb
        TR1 = 1;            // start baud clock
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            //Timer 0 for gps signal recieve
            TH0=0xFC;
            TL0=0x40;
            TR0=0;
            rxd=1;
            // Timer2 (1 ms) interrupt init
            T2CON  = 0x00;
            T2MOD  = 0x00;
            IE = 0xB4;
            RCAP2L = TL2=0x00;
            RCAP2H = TH2=0xf4;
            TR2=  1;
            TF2=0 ;
            IT0=1;
            IT1=1;
}

void filldatagps()
{
            if((INF2==1)&&(INF1==1))
            {
            FillNMEA() ;
            callatlon();
            filllatlon();
            if(TMB[27]=='1'){validflag=1;}
            else if(TMB[27]=='0'){validflag=0;}
                  Job=INF1=INF2=0;
                  gpsflag=5000;
            }
}

void main(void)
{
  setintiliazetimer();
  EEPROM_Init();
  validflag=0;
  datato=3000;
  ckmin=60000;
  gpsflag=5000;
  epind=findloc();
  gled=0;
  yled=1;
  rled=0;
  buzzer=0;
  DLms1(1000);
  strcpy(OUTB,"at\r");
  cts=3,ctsU=0;TI=1;
  while(cts);
  DLms1(100);
  while (1)
  {
      if(gpsflag==0){validflag=0;}//if no data of GPS
      filldatagps();//fill gps in ram
      if(validflag==1){chkroadout();gled=1;}
      else{gled=0;}//if no data valid of gps
      if((validflag==1)&&(datato==0)){memtoeep();}//if3sec memto eep
      if(ringflag==1){recnumtsend();}
      ckswitch();//232 to com
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้