สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมทิศทางรถด้วยเครื่องรับจีพีเอส

(GPS Control Car)

T 055789

โดย

นายปฏิวัติ ชาติดำรงค์

นายประสิทธิชัย รอนแรม

นายธนา นพพันธ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมู่
เลขทะเบียน 55789
วัน,เดือน,ปี 25 พ.ค. 2548

การควบคุมทิศทางรถด้วยเครื่องรับจีพีเอส

(GPS Control Car)

โดย

นายปฏิวัติ ชาติดำรงค์ รหัสประจำตัว 43010235

นายประสิทธิชัย รอนแรม รหัสประจำตัว 43010252

นายธนา นพพันธ์ รหัสประจำตัว 43010849

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงาน	การควบคุมทิศทางรถด้วยเครื่องรับ จีพีเอส
	GPS Control Car
ชื่อนักศึกษา	นาย ปฏิวัติ ชาติดำรงค์
	นาย ประสิทธิชัย รอนแรม
	นาย ธนา นพพันธ์

โครงงานนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมทิศทางรถด้วยเครื่องรับจีพีเอส

GPS Control Car

ผู้จัดทำ

1.นายปฏิวัติ ชาติดำรงค์

2.นายประสิทธิชัย รอนแรม

3.นายธนา นพพันธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมทิศทางรถด้วยเครื่องรับจีพีเอส
(GPS Control Car)

นาย ปฏิวัติ ชาติดำรงค์ รหัสประจำตัว 43010235
นาย ประสิทธิชัย รอนแรม รหัสประจำตัว 43010252
นาย ธนา นพพันธ์ รหัสประจำตัว 43010849
อาจารย์ พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการประยุกต์ใช้เครื่องรับจีพีเอส (GPS:Global Position System)ให้ทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเครื่องรับจีพีเอสจะควบคุมให้รถสามารถเดินทางไปยังพิกัดเป้าหมายที่กำหนดจากผู้ใช้งาน มีระบบจีพีเอสเป็นระบบนำร่องและใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลและควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ แต่เนื่องจากระบบจีพีเอสมีความคลาดเคลื่อนอยู่มาก โครงงานนี้จึงมุ่งหวังให้รถมีความสามารถเดินทางไปยังพิกัดเป้าหมายได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GPS Control Car

Mr. Patiwat Chaddumrong
Mr. Prasitthichai Ronream
Mr. Tana Noppan
Mr. Ponlasat Lertprasert Advisor
Educational Year 2003

Abstract

This project is an application of GPS (Global Position System) and microcontroller. GPS is used to control car in order go to a destination ordered from user . The car movement is controlled by a microcontroller and uses signal from GPS for navigation. However GPS has error so this project attempts to improve the car so that it can go to destination that nearest the real position.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานชิ้นนี้ดำเนินงานมาได้ด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลือและคำแนะนำในเรื่องต่างๆ จากบุคคลหลายๆท่าน เริ่มตั้งแต่การทำโครงงาน ตลอดจนแนะนำในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ โดยเฉพาะอาจารย์พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ ที่ช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์จีพีเอส และอุปกรณ์อื่นๆ

นอกจากนี้ยังมีเพื่อนๆที่คอยให้คำปรึกษาในเรื่องต่างๆ เสนอแนวความคิดในการเขียนโปรแกรม ผู้จัดทำจึงขอขอบคุณทุกท่านในความช่วยเหลือต่างๆจนลุล่วงมาได้ด้วยดี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ระบบนำร่อง (Navigation system)	1
บทที่ 2 ทฤษฎีของระบบจีพีเอสและหลักการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมของ MCS-51	5
2.1 ภาพรวมของระบบ (System Overview)	5
2.1.1 ส่วนของกลุ่มดาวเทียม (Space Segment)	5
2.1.2 ส่วนของสถานีควบคุม (Operation Control Segment)	7
2.1.3 ส่วนของผู้ใช้ (User Receiving Segment)	10
2.2 การให้บริการของระบบจีพีเอส (GPS Service)	11
2.2.1 การบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์ (Precise Positioning Service (PPS))	11
2.2.2 P-Code	12
2.2.3 ข่าวสารการนำร่อง (Navigation Message)	13
2.3 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณ GPS (GPS Receiver Operation)	15
2.3.1 การเลือกดาวเทียม (Satellite Tracking Selection)	15
2.3.2 การรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Signal Acquistion)	15
2.3.3 การถอดรหัสข้อมูล (Data Detection)	16
2.4 การคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ	17
2.5 การผิดพลาดในระบบ GPS	19
2.6 พื้นฐานของการกำหนดพิกัดโดยใช้ดาวเทียม	23
2.7 จีโอเดติกดาตัม	29
2.7.1 การอ้างอิงโดยเอลลิพซอยด์ (Ellipsoids Reference)	29
2.7.2 รูปแบบจำลองพื้นผิวโลก (Earth Surface Model)	30
2.7.3 ระบบพัดกัดอ้างอิงที่ใช้งานทั่วไป (Global Coordinate System)	31
2.8 มาตรฐานที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 รูปแบบประโยคตามมาตรฐานพอสังเขป 35
2.8.2 อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในการติดต่อสื่อสาร 39
2.9 พอร์ตอนุกรมของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 40
2.9.1 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอนุกรมใน MCS-51 41
2.9.2 โหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมใน MCS-51 43
2.9.3 อัตราบอดของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 47
2.9.4 การกำหนดค่าของไทเมอร์เพื่อเลือกอัตราบอด 51
2.9.5 การเขียนหรือส่งข้อมูลออกทางพอร์ตอนุกรม 53
2.9.6 การอ่านหรือรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม 53
2.9.7 การเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ 53
บทที่3 การสร้างและการออกแบบ 56
3.1 Block Diagram ของโครงงาน 56
3.2 วงจรรับค่าข้อมูลจากเครื่องรับจีพีเอสและคีย์บอร์ด 57
3.3 Flow Chart แสดงการทำงานของการรับ data จากเครื่องรับจีพีเอส 58
3.4 แนวทางในการคำนวณทิศทางรถ 60
3.5 ลำดับการทำงานของตัวรถ 61
3.6 Flow Chart แสดงการเคลื่อนที่ของรถ 62
3.7 การเทียบหาค่ามุม θ_1 และ θ_2 ต่างๆ เมื่อหาค่า Y/X ได้ 63
3.8 การเรียงกันของค่า X และ Y ที่เป็นไปได้ซึ่งแทนด้วย Code 64
3.9 สูตรของการเลี้ยวของรถในกรณีต่างๆ 65
3.10 สูตรที่แทนด้วยสัญลักษณ์ 66
3.11 การ set และข้อมูลสำคัญที่ควรทราบของเครื่องรับ GPS 67
บทที่ 4 การทดลองและทดสอบ 68
4.1 การทดลองนำ Data แสดงออกมาจากเครื่องรับ GPS 68
4.2 การทดสอบการเดินของรถ 70
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ 73
ภาคผนวก
บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

บทที่ 1 บทนำ

รูปที่ 1.1 แสดงการนำร่องโดยอาศัยคลื่นวิทยุแบบแอกทีฟ และแบบพาสซีฟ 2

รูปที่ 1.2 แสดงภาพการใช้งานระบบ GPS 3

บทที่ 2 ทฤษฎีของระบบจีพีเอส และหลักการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมของ MCS-51

รูปที่ 2.1 แสดงภาพรวมของระบบจีพีเอส 5

รูปที่ 2.2 แสดงกลุ่มดาวเทียมจีพีเอสโดยมีระนาบวงโคจร 6 ระนาบ 6

รูปที่ 2.3 แสดงภาพฉายของระนาบวงโคจรดาวเทียม ณ เวลาหนึ่ง 6

รูป ที่ 2.4 แสดงการทำงานในส่วนควบคุม 8

รูปที่ 2.5 แสดงสถานที่ตั้งของสถานีควบคุม 9

รูปที่ 2.6 แสดงการประยุกต์ใช้งานในส่วนของผู้ใช้ 10

รูปที่ 2.7 แสดงสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากดาวเทียม 12

รูปที่ 2.8 แสดงภาพ Spectrum ความถี่ของสัญญาณจากดาวเทียม 13

รูปที่ 2.9 แสดงภาพข่าวสารการนำร่อง 14

รูปที่ 2.10 แสดงภาพบล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับสัญญาณ GPS 15

รูปที่ 2.11 แสดงภาพการถอดรหัสข้อมูลข่าวสารการนำร่อง 16

รูปที่ 2.12 แสดงภาพการตัดกันของระยะห่างจากดาวเทียมอันเป็น ตำแหน่งของเครื่องรับ 18

รูปที่ 2.13 แสดงภาพ POOR GDOP 21

รูปที่ 2.14 ผลของ POOR GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันที่กว้างมาก 21

รูปที่ 2.15 แสดงถึง GOOD GDOP 22

รูปที่ 2.16 ผลของ GOOD GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันที่แคบลง 22

รูปที่ 2.17 แสดงการหาความยาวของ Y เมื่อทราบความยาว ของ X, Z และมุมต่าง ๆ 23

รูปที่ 2.18 การหาพิกัดในระบบจีพีเอส 23

รูปที่ 2.19 ทรงกลมจำลองที่สร้างล้อมรอบดาวเทียมมีรัศมี 22,000 กิโลเมตร 24

รูปที่ 2.20 แสดงการตัดกันของทรงกลมสองทรงกลม 24

รูปที่ 2.21 แสดงการตัดกันของทรงกลมสามทรงกลม 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.22 แสดงจุดตัดกันของดาวเทียม A และ B 26
รูปที่ 2.23 แสดงจุดตัดกันของดาวเทียม A และ B ในกรณีที่เวลาเกิดผิดพลาดไป 26
รูปที่ 2.24 แสดงจุดตัดกันของดาวเทียม A, B และ C ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป 27
รูปที่ 2.25 แสดงจุดตัดกันอย่างถูกต้องของดาวเทียม A, B และ C 28
รูปที่ 2.26 ตัวแปรของเอลลิพซอยด์ที่กำหนดตามมาตรฐานของ WGS-84 29
รูปที่ 2.27 แสดงรูปแบบจำลองของพื้นผิวโลก 30
รูปที่ 2.28 แสดงระดับของจีออยด์ 30
รูปที่ 2.29 แสดงถึงกำหนดเส้นไพรม์ เมอริเดียนและเส้นอีเควเตอร์ 31
รูปที่ 2.30 แสดงการกำหนดพิกัดแบบ ละติจูด ลองติจูด และความสูง 32
รูปที่ 2.31 แสดงการกำหนดพิกัดแบบ ละติจูด ลองติจูด และความสูง 33
รูปที่ 2.32 แสดงระบบ ECEF X, Y, Z 33
รูปที่ 2.33 รูปแบบข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 40
รูปที่ 2.34 ไดอะแกรมการทำงานในโหมด 0 ของพอร์ตอนุกรมภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ 46
รูปที่ 2.35 ไดอะแกรมการทำงานในโหมด 1 ของพอร์ตอนุกรมภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ 48
รูปที่ 2.36 ไดอะแกรมการทำงานในโหมด 2 ของพอร์ตอนุกรมภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ 49
รูปที่ 2.37 ไดอะแกรมการทำงานในโหมด 3 ของพอร์ตอนุกรมภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ 50
รูปที่ 2.38 รายละเอียดเบื้องต้นของไอซีแปลงสัญญาณเพื่อเชื่อม พอร์ตอนุกรมคอมพิวเตอร์(MAX232) 54
รูปที่ 2.39 วงจรเชื่อมต่อ MAX232 เข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์และ MCS-51 55

บทที่ 3 การสร้างและการออกแบบ

รูปที่ 3.1 แสดง Block Diagram ทั้งหมดของโครงงาน 56
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรรับค่าข้อมูลจากเครื่องรับจีพีเอสและคีย์บอร์ดออกผ่าน LCD 57
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการวิ่งของรถ 60
รูปที่ 3.4 ลักษณะขาสัญญาณของเครื่องรับ 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

รูปที่ 4.1 แสดงเส้นทางการเดินของรถ ครั้งที่ 1 (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ) 70

รูปที่ 4.2 แสดงเส้นทางการเดินของรถ ครั้งที่ 2 (ทิศใต้) 71

รูปที่ 4.3 แสดงเส้นทางการเดินของรถ ครั้งที่ 3 (ทิศตะวันออกเฉียงใต้) 71

รูปที่ 4.4 แสดงเส้นทางการเดินของรถ ครั้งที่ 4 (ทิศตะวันออก) 72

รูปที่ 4.5 แสดงเส้นทางการเดินของรถ ครั้งที่ 5 (ทิศตะวันตก) 72

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.8.1	แสดงรูปแบบประโยคของเครื่องรับแต่ละกลุ่ม	38
ตารางที่ 2.9.1	แสดงการเลือกอัตราบอดของวงจรพอร์ตอนุกรมภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	52
ตารางที่ 3.1	แสดงการเทียบหาค่ามุม θ_1 และ θ_2 ต่างๆ เมื่อหาค่า Y/X ได้	63
ตารางที่ 3.2	แสดงการเรียงลำดับของค่า X	64
ตารางที่ 3.3	แสดงการเรียงลำดับของค่า Y	64
ตารางที่ 3.4	แสดงสูตรของการเลี้ยวของรถในกรณีต่างๆ	66
ตารางที่ 3.5	แสดงสูตรที่แทนด้วยสัญลักษณ์	66

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ระบบนำร่อง(Navigation system)

ระบบนำร่อง(Navigation system) สามารถนิยามได้ว่า คือระบบที่สามารถนำยานพาหนะจากที่หนึ่งซึ่งรู้ตำแหน่งแน่นอนแล้ว ไปยังอีกที่หนึ่งโดยกำหนดเส้นทางการเดินให้ จากความหมายนี้เมื่อมีการนำทางหรือนำร่องเกิดขึ้น ระบบนำร่องนอกจากจะบอกเราว่าขณะนี้เราอยู่ที่ไหนแล้ว ยังจะต้องบอกเราด้วยว่าเราจะไปจากจุดที่เราอยู่ไปยังที่หมายได้อย่างไร ระบบนำร่องสามารถแบ่งอย่างกว้างๆออกได้ 5 วิธีการดังนี้

1.1.1Piloting เป็นระบบการนำทางที่มีมาแต่โบราณ การกำหนดเส้นทางต่างๆเป็นการอาศัยการสังเกตจากสภาพภูมิศาสตร์ทางกายภาพเป็นหลัก เช่น หมู่บ้าน ภูเขาแม่น้ำ ต้นไม้ใหญ่ๆ เป็นต้น ผู้เดินทางจะอาศัยสภาวะทางภูมิศาสตร์เหล่านี้มาเป็นตัวกำหนดว่าจะเดินทางไปในทิศทางไหน ดังนั้นถ้าภูมิศาสตร์เปลี่ยนแปลงไปปัญหาจะเกิดขึ้นกับการนำทางทันที

1.1.2Dead reckoning เป็นระบบการนำทางที่อาศัยการวัดความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม แต่ทำการวัดต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ แล้วนำผลที่ได้ แล้วนำผลที่ได้มาผนวกเข้ากับแผนการเดินทางที่ทราบอยู่แล้ว ระบบนี้เริ่มเป็นที่รู้จักในปี 1927

1.1.3Celestial navigation เป็นระบบการนำทางโดยอาศัยการหาตำแหน่งบนพื้นโลกเทียบกับเทหวัตถุบนฝากฟ้าอันได้แก่ กลุ่มดาวหรือดวงจันทร์ เป็นต้น

1.1.4เป็นระบบการนำทางโดยอาศัยการหาตำแหน่งบนพื้นโลก จากเครื่องมือหลายอย่างประกอบกัน เช่น มิเตอร์วัดความเร็ว เข็มทิศ ไจโรสโคป เป็นต้น ระบบนี้มักใช้ร่วมกลับระบบนำร่องโดยอาศัยคลื่นวิทยุเพื่อให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น

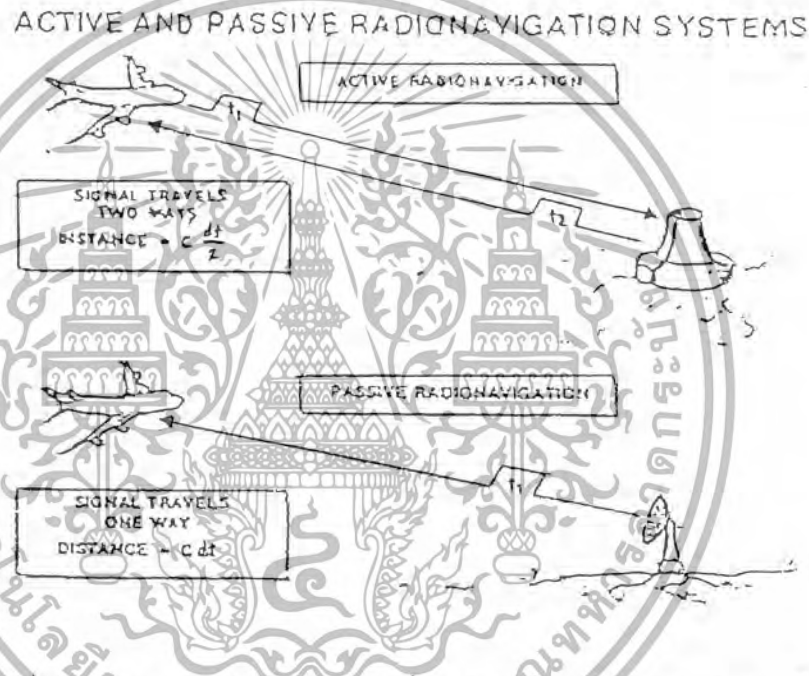
1.1.5Electronic or radionavigation เป็นระบบการนำทางโดยอาศัยการคำนวณหาระยะทางบนพื้นโลกจากเครื่องมือที่ใช้วัดเวลาที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางจากแหล่งกำเนิดมาถึงเครื่องรับ การนำร่องโดยอาศัยคลื่นวิทยุนี้ จะแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบแอกทีฟ (Active radionavigation) และแบบแพสซีฟ(Passive radionavigation)

- ระบบแอกทีฟ สามารถเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระบบ 2 ทิศทาง ตัวอย่างในรูปที่ 1.1 กระทำโดยเครื่องบินส่งสัญญาณในรูปของพัลส์ความถี่ f1 ไปยังสถานีส่งที่ไกลออกไป เมื่อสถานีส่งรับสัญญาณในรูปของพัลส์ที่ได้มันจะส่งกลับไปยังเครื่องบินในความถี่ที่ต่างจากเดิมในที่นี้คือ f2 ดังนั้น เมื่อเครื่องรับสัญญาณในเครื่องบินในสัญญาณ f2 ที่รับมาเปรียบเทียบกับเวลาจริงในปัจจุบันจะได้เวลาต่างกันออกไปเป็น dt ดังนั้นระยะห่างระหว่างเครื่องบินกับสถานีส่งจะมีค่าเท่ากับ (dt/2)*c เมื่อ c เป็นความเร็วของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบแพสซีฟ ถือเป็นระบบทิศทางเดียว ทำโดยเครื่องบินรับสัญญาณพัลส์ความถี่ f1 จากสถานีส่งที่ไกลออกไป เมื่อเครื่องบินนำสัญญาณ f1 ที่รับได้มาเปรียบเทียบกับเวลาจริงในปัจจุบันจะได้เวลาที่ต่างกับออกไปเป็น dt ดังนั้นระยะห่างระหว่างเครื่องบินกับสถานีส่งจะมีค่าเท่ากับ dt*c

ระบบนี้จะเป็นพื้นฐานการนำร่อง ระบบจีพีเอส(GPS:Global Positioning System)ที่จะได้กล่าวต่อไป

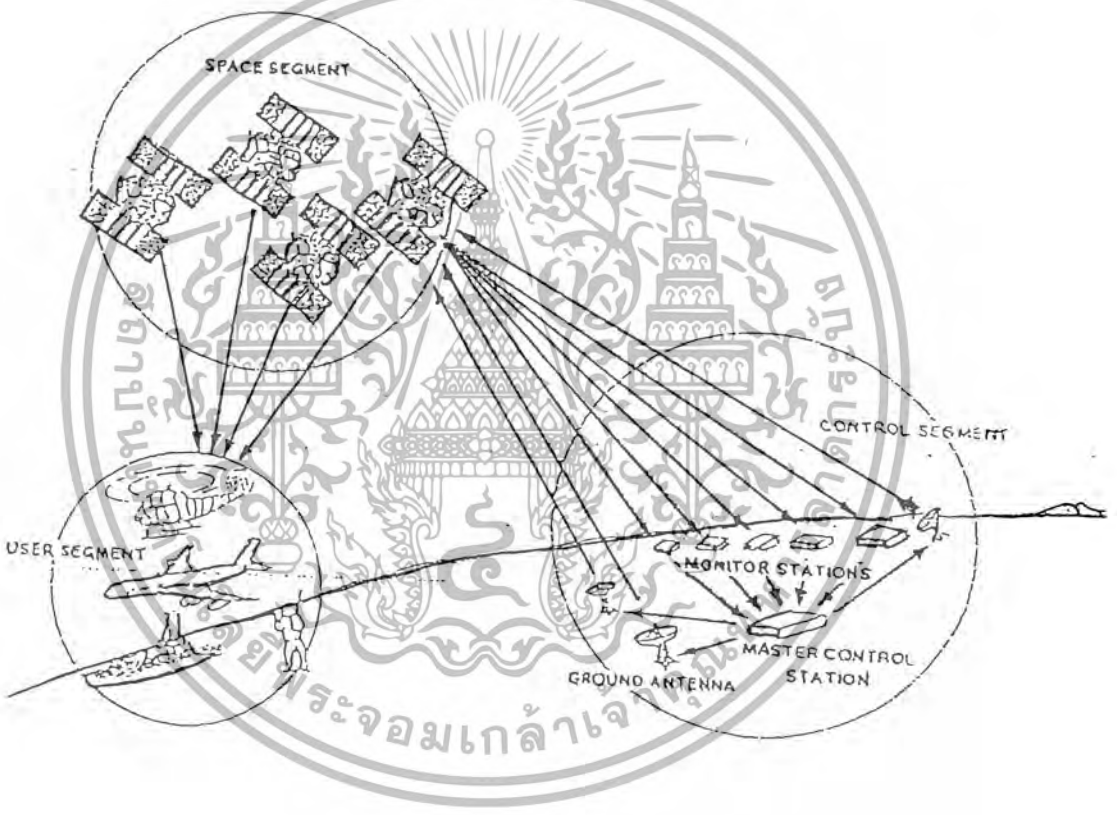


รูปที่ 1.1 แสดงการนำร่องโดยอาศัยคลื่นวิทยุแบบแอกทีฟ และแบบพาสซีฟ

ระบบการบอกตำแหน่งบนพื้นโลกโดยใช้ดาวเทียมนาฟตาร์หรือจีพีเอส (The Global Positioning System :GPS) เป็นระบบบอกตำแหน่งอ้างอิงกับพื้นโลก โดยการส่งคลื่นวิทยุจากดาวเทียมในอวกาศมายังมายังภาคพื้นดินและใช้ความต่างของเวลาในการรับ-ส่งสัญญาณระหว่างดาวเทียม(อย่างน้อย 4 ดวง)กับตัวรับสัญญาณ ในการคำนวณหาตำแหน่ง,ความเร็วและเวลา(Position,Velocity,Time) ให้กับผู้ใช้ทางบก,ทางอากาศ,ทางทะเลและทางอวกาศ ตามปกติระบบ จีพีเอส จะมีการใส่รหัสเพื่อให้เกิดความผิดพลาดเล็กน้อย เนื่องจากเดิมผู้คิดค้นคือกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา โดยมีวัตถุประสงค์มาใช้ในทางทหาร แต่เนื่องจากที่ระบบนี้เป็นระบบเปิดคือสัญญาณดาวเทียมจะถูกส่งออกมาโดยที่ผู้ใช้ทั่วไปสามารถรับและนำมาใช้ได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันการใช้งานในทางที่ผิด จึงมีการใส่รหัสเพื่อให้ผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้นที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้รับข้อมูลที่ถูกต้อง ระบบ GPS ประกอบไปด้วย 3 ระบบหลัก คือ ส่วนของกลุ่มดาวเทียม (Space Segment),ส่วนสถานีควบคุม(Control Segment) และส่วนของผู้ใช้งาน(User Segment)



รูปที่ 1.2 แสดงภาพการใช้งานระบบ GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของดาวเทียมประกอบด้วยหมู่ดาวเทียมนาฟตาร์ 24 ดวงครอบคลุมพื้นที่รอบโลก โดยแต่ละดวงจะทำหน้าที่กระจายสัญญาณรหัสย่าน RF และส่งข้อมูลข่าวสารการนำร่อง(Navigation Data Message) ส่วนของสถานีควบคุมจะประกอบด้วยเครือข่ายสำหรับการติดตามดาวเทียม (Network of Monitoring) และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการติดตามควบคุม ซึ่งใช้ในการจัดวงโคจรของดาวเทียม และอัพเดท(Update)ข้อมูลข่าวสารการนำร่องซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อรับ, ถอดรหัส,ประมวลผล และนำสัญญาณจากดาวเทียมไปประยุกต์ใช้งาน

เครื่องรับสัญญาณได้รับข้อมูลข่าวสารการนำร่องจากดาวเทียมทำให้ทราบถึงเวลาการใช้ในการรับ-ส่ง และการนำค่าเวลาที่ได้มาคำนวณระยะระหว่างดาวเทียมและเครื่องรับ โดยหลักการคือดาวเทียมจะส่งสัญญาณบอกค่าเวลา ณ เวลาเวลาที่ส่งสัญญาณออกมา เครื่องรับเมื่อได้รับสัญญาณจะได้ค่าเวลา ณ เวลาที่รับสัญญาณ โดยใช้สัญญาณเวลาจากตัวเครื่องรับเอง ดังนั้นจะได้ค่าเลาที่ใช้ในการรับ-ส่ง และนำค่านี้ไปคำนวณระยะทางโดยค่าความเร็วของสัญญาณความถี่ย่าน RF ที่ใช้รับ-ส่ง จะเป็นค่าคงที่ที่ทราบอยู่แล้ว ดังนั้นเมื่อนำค่าเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณและค่าความเร็วของสัญญาณมาคำนวณแล้ว จะได้ระยะห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับสัญญาณแนวระนาบพื้นผิวทรงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่ดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ในเวลาเดียวกัน เพื่อใช้ในการหาจุดตัดของสัญญาณจากดาวเทียม โดย ณ ตำแหน่งจุดตัดของสัญญาณดาวเทียมจำนวน 3 ดวงนั้นจะเป็นพิสัยในแกน 3 มิติ และค่าสัญญาณจากดาวเทียมอีกดวงหนึ่งจะเป็นค่าพารามิเตอร์ของค่าความผิดพลาดของสัญญาณนาฬิกาของเครื่องรับ เมื่อเครื่องรับได้ทำการประมวลผลข้อมูลจากสัญญาณที่ได้จากดาวเทียมแล้วจะได้ค่าพารามิเตอร์ออกมา 3 ค่าได้แก่ค่าตำแหน่ง (ละติจูดและลองติจูด ,ความเร็วและเวลา และจากข้อมูลที่เราสารมารถประยุกต์ค่าข้อมูล เพื่อใช้ในการออกแบบควบคุมการนำร่องในกับอุปกรณ์ยานยนต์ต่างๆเช่น ควบคุมเส้นทางการบิน,เส้นทางการเดินเรือและรถยนต์ ในปัจจุบันเทคโนโลยีสามารถพัฒนาจนเครื่องรับสัญญาณ GPS มีขนาดเล็กลงจนเป็นแบบพกพาได้

เครื่องรับสัญญาณแบบพกพามีฟังก์ชั่นในการส่งออกโดยพอร์ทแบบอนุกรม ข้อมูลที่ส่งออกมาจะส่งในรูปมาตรฐานโปรโตคอล NMEA183 ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลของ ละติจูด, ลองติจูด,ความสูง,ความเร็ว,เวลา และอื่นๆของเครื่องรับสัญญาณ จากค่าเหล่านี้เราสามารถออกแบบโปรแกรมในการกำหนดเส้นทางเดินที่ ถูกต้องและสั้นที่สุดล่วงหน้า เพื่อแนะนำเส้นทางเดินรถแก่ผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีของระบบจีพีเอส และหลักการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมของ MCS-51

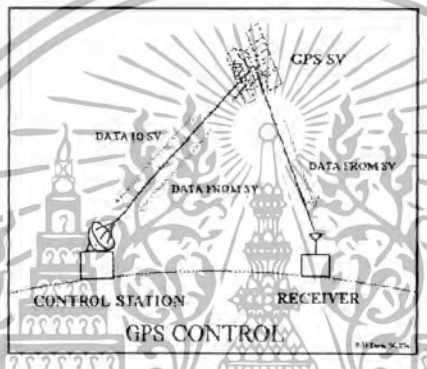
2.1 ภาพรวมของระบบ (System Overview)

ระบบจีพีเอส ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

2.1.1 ส่วนของกลุ่มดาวเทียม (Space Segment)

2.1.2 ส่วนของสถานีควบคุม (Operation Control Segment)

2.1.3 ส่วนของผู้ใช้ (User Receiving Segment)

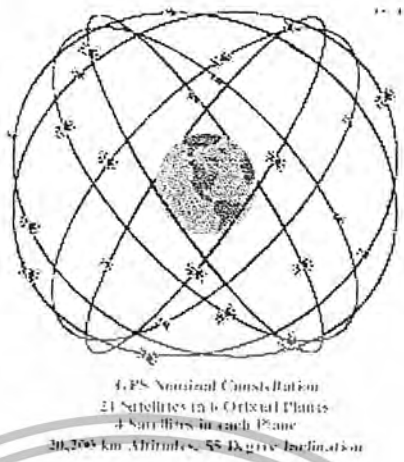


รูปที่ 2.1 แสดงภาพรวมของระบบจีพีเอส

2.1.1 ส่วนของกลุ่มดาวเทียม (Space Segment)

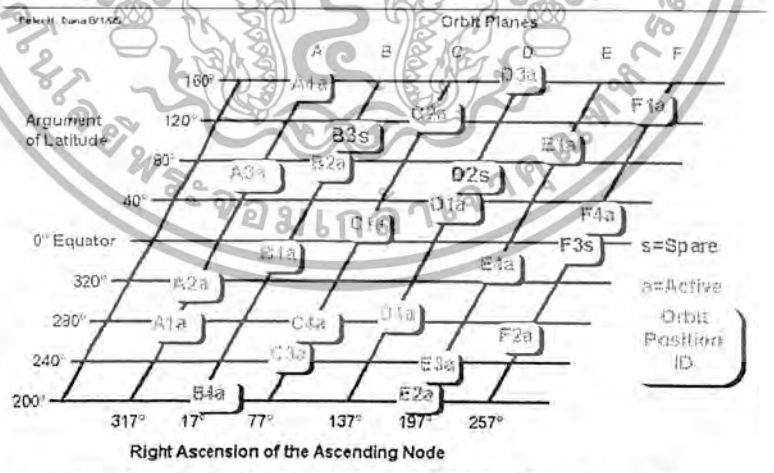
ส่วนของกลุ่มดาวเทียมจีพีเอส ประกอบด้วยกลุ่มดาวเทียมนาฬิกา 24 ดวงเป็นกลุ่มดาวเทียม 21 ดวงและดาวเทียมสำรองอีก 3 ดวง ในวงโคจรเซมิซิงโครนัส (Semi Synchronous Orbit) (ประมาณ 12 ชั่วโมง) ดาวเทียมจะถูกจัดใน 6 ระนาบวงโคจร ซึ่งจะมีดาวเทียม 4 ดวง ในแต่ละระนาบวงโคจรจะมีมุมเอียง (Inchination Angles) 55 องศาสัมพันธ์กับเส้นศูนย์สูตร (Equator) ของโลกและดาวเทียม โดยจะมีความสูงเฉลี่ยของการโคจรเท่ากับ 20,000 กิโลเมตร (10911 Nautical Miles) เหนือผิวโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงกลุ่มดาวเทียมจีพีเอสโดยมีระนาบวงโคจร 6 ระนาบ แต่ละระนาบจะมีดาวเทียมอยู่ 4 ดวง

ดาวเทียมจะโคจร 1 รอบ ใช้เวลาประมาณ 11 ชั่วโมง 58 นาที โดยจะวนตามเส้นทางเหนือผิวโลกซ้ำกันทุก ๆ 23 ชั่วโมง 56 นาที ผู้ใช้อยู่ ณ ตำแหน่งคงที่บนพื้นดิน จะเห็นดาวเทียมดวงเดิมในแต่ละวันผ่านเส้นทางเดินในท้องฟ้า แต่ดาวเทียมจะขึ้นและตกเร็วขึ้น 4 นาที ในแต่ละวันเนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง ดาวเทียมจะถูกวางตำแหน่งในระบบวงโคจรที่จะทำให้ดาวเทียม 4 ดวงในระนาบนั้นสามารถบอกตำแหน่ง ณ จุดสังเกตได้ในทุก ๆ ที่บนโลก



Simplified Representation of Nominal GPS Constellation

รูปที่ 2.3 แสดงภาพฉายของระนาบวงโคจรดาวเทียม ณ เวลาหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อความสะดวกในการอ้างถึงดาวเทียม จะมีวิธีการอ้างอิงถึง 3 วิธี คือ

- กำหนดตัวอักษร A-F ให้กับระนาบในแต่ละระนาบ และ 1-4 ให้กับดาวเทียมในระนาบ

- กำหนดโดยใช้หมายเลขดาวเทียมนาฟสตาร์ ที่ถูกกำหนดโดย U.S Air Force ในการบ่งชี้ดาวเทียม

- กำหนดโดยใช้รหัสยูโดแรนดอม (Pseudorandom Code) ดาวเทียมและดวงจะมีรหัสซูโดแรนดอมที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นจึงสามารถใช้ความต่างนี้ในการอ้างถึงดาวเทียมได้

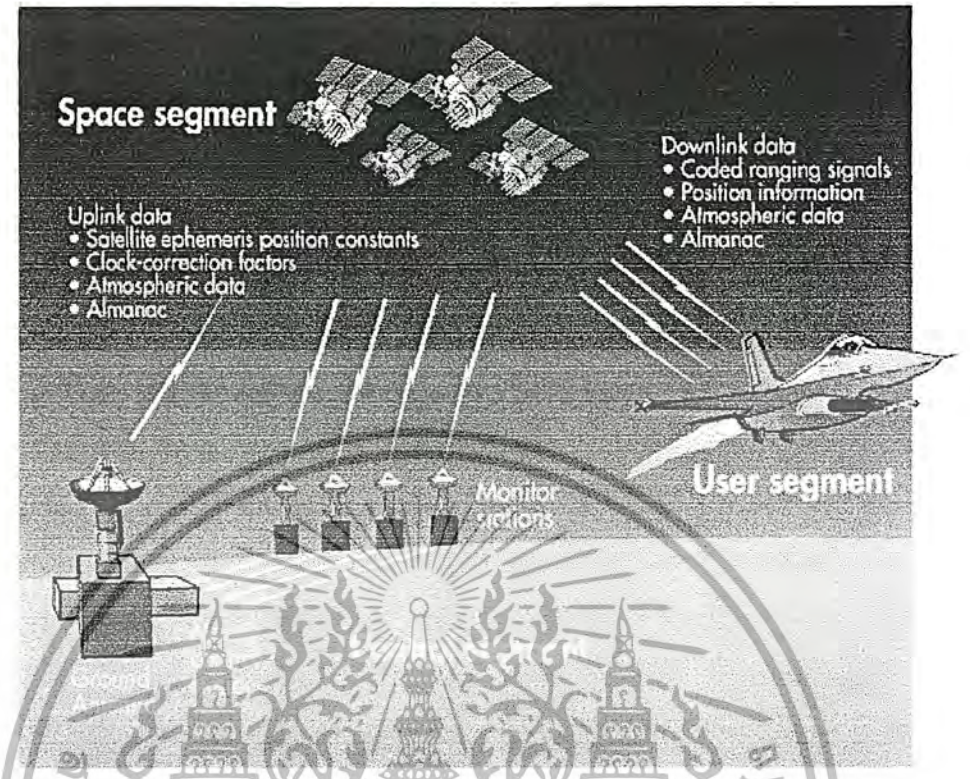
ดาวเทียมจะส่งสัญญาณเพื่อวัดระยะทางออกมาบนความถี่ D-Band 2 อ่าน คือ Link 1 (L1) ที่ 1575.42 MHz และ Link2 (L2) ที่ 1227.6 MHz สัญญาณดาวเทียมจะถูกส่งโดยใช้เทคนิคสเปรดสเปกตรัม (Spread Spectrum) โดยใช้รหัสที่แตกต่างกันอยู่ 2 รหัส คือ รหัส C/A (coarse/aquistion code) ที่มีความถี่ 10.23 MHz บน L1 และรหัส P (Precition code) ที่ความถี่ 10.23 MHz บนทั้ง L1 และ L2 รหัส C/A และรหัส P นี้ สามารถถูกใช้เพื่อบอกระยะทางระหว่างดาวเทียมกับผู้ใช้งานได้ แต่อย่างไรก็ตาม ปกติรหัส P จะถูกเข้ารหัสไว้ และสามารถที่จะใช้บอกระยะทาง ระหว่างทางการเท่านั้น รหัส P ที่ถูกเข้าสัญญาณอีกครั้งเรียกว่า รหัส Y ส่วนข่าวสารการนำร่อง (Navigation Message) คือ ข้อมูลไบอัสสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม (Satellite Clock Data) ข้อมูลอิฟีเมอริส (Satellite Ephenmeris Data) สำหรับดาวเทียมที่ส่งสัญญาณข้อมูลที่ใช้แก้ไขข้อผิดพลาด ที่เกิดจากการเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ ไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere Signal Propagation Correction Data) ข้อมูลอัลมาแนคของดาวเทียม (Satellite Almance Data) สำหรับดาวเทียมทุกดวงในกลุ่ม

2.1.2 ส่วนของสถานีควบคุม (Operation Control Segment)

ส่วนของสถานีควบคุมมีส่วนรับผิดชอบการทำงานของดาวเทียมจีพีเอส เช่นการรักษาตำแหน่งดาวเทียม (Station Keeping), ตรวจสภาพและระบบต่าง ๆ บนดาวเทียม, ตรวจแผงเซลแสงอาทิตย์ (Solar Cell), ระดับพลังงานของแบตเตอรี่, การเปิดดาวเทียมสำรอง, การปรับปรุงข้อมูลเวลา, ข้อมูลอิฟีเมอริส (Ephemeris), ข้อมูลอัลมาแนค (Almance) และตัวชี้ค่าอื่น ๆ ในข่าวสารการนำร่องวันละครั้ง หรือตามแต่ความจำเป็น

ส่วนควบคุมประกอบด้วย 3 ส่วน คือ สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station) สถานีควบคุมหลัก (Master Control Station) และจานสายอากาศภาคพื้นดิน (Ground Antenna)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานในส่วนควบคุม

2.1.2.1 สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station)

สถานีสังเกตการณ์จะมีเครื่องรับสัญญาณ จีพีเอส ทั้ง 2 ความถี่ (L1 และ L2) โดยจะทำการวัดค่าซูโดเรนจ์ และเดลตาเรนด์ ของแต่ละดาวเทียมที่ผ่านสถานี และมีนาฬิกา Cesium @ ตัวที่ตั้งเวลาเพื่อใช้ในการอ้างอิงกับเวลาของระบบจีพีเอส

สัญญาณจากดาวเทียมที่ส่งมาถึงสถานีสังเกตการณ์นั้นมีหักเหและล่าช้าในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ และโทรโปรเฟียร์ เรียกการล่าช้านี้ว่าไอโอโนสเฟรียริกดีเลย์ (Ionosphere Delay) และโทรโปสเฟียริกดีเลย์ (Tropospheric Delay) การล่าช้านี้จะทำให้เกิดการผิดพลพลาดของข้อมูลซึ่งการแก้ไขนั้นสถานีสังเกตการณ์จะรวบรวมข้อมูลจากสัญญาณที่ได้รับทั้ง 2 ความถี่ อุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และจะส่งไปยังสถานีควบคุมหลักโดยรวมอุตุนิยมวิทยาของสหรัฐอเมริกา เพื่อทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาดและหาข้อมูลที่ต้องใช้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 สถานควบคุมหลัก (Mater Control Station)

สถานีควบคุมหลักมีหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูล ที่ได้รับจากสถานีสังเกตการณ์ เพื่อตรวจสอบและกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม ข้อมูลอัลมาแนค ข้อมูลอิฟีเมอริสให้ถูกตรวจสอบและกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม ข้อมูลอัลมาแนค ข้อมูลอิฟีเมอริสให้ถูกต้อง โดยเริ่มจากแก้ไขค่าซูโดเรนต์ที่เกิดจากการล่าช้าเนื่องจากการผ่านชั้นบรรยากาศ ของทุก ๆ สถานีสังเกตการณ์ จากนั้นจึงนำไปผ่านคาลมานฟิลเตอร์(Kalman Filter)เพื่อให้ได้ค่าอิฟีเมอริสและค่าการเหลื่อมของสัญญาณนาฬิกาที่ถูกต้องโดยฟิลเตอร์จะถูกอัพเพททุก ๆ 15 นาทีด้วยค่าตำแหน่งของดาวเทียมที่ถูกคำนวณในระบบโคออดิเนตแบบเอิร์ธเซนเตอร์เอิร์ธฟิกซ์ (Earth Ceter Earth-Fixed (ECEF)) สถานควบคุมหลักจะเป็นศูนย์กลางในการทำงานของส่วนควบคุมตั้งอยู่ที่ฐานทัพอากาศ Falcon, Colorado Spring, CO. ส่วนสถานีสังเกตการณ์จะกระจายอยู่ตามที่ต่าง ๆ เพื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมในย่าน L-Band และจะส่งสัญญาณเตือนไปยังสถานีควบคุมหลักภายใน 60 วินาที หากตรวจพบความผิดพลาด

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

รูปที่ 2.5 แสดงสถานที่ตั้งของสถานีควบคุม

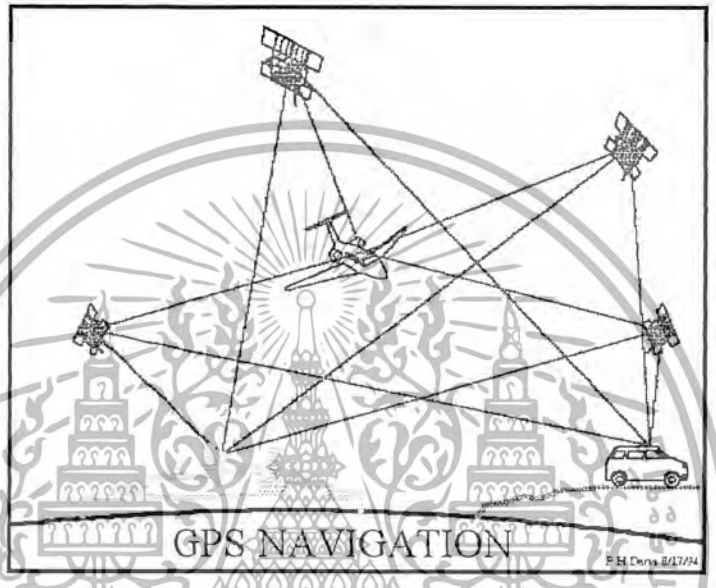
2.1.2.3 สายอากาศภาคพื้นดิน (Ground Uplink Antenna Facility)

ส่วนของสถานีสายอากาศภาคพื้นดินจะทำการส่งคำสั่ง ข้อมูลการนำร่อง และข้อมูลอื่น ๆ ที่เรียกว่า TT&C (Telemetry, Tracking and Command) ซึ่งเตรียมพร้อมโดยสถานีควบคุมหลักสำหรับดาวเทียมแต่ละดวง ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปยังสถานีสายอากาศภาคพื้นดิน และเก็บไว้จนกว่าดาวเทียมดวงที่ต้องการส่งข้อมูลจะผ่านมาโดยจะส่งคลื่นความถี่ S-Band โดยสถานีสายอากาศจะตั้งอยู่คู่กับสถานีสังเกตการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ส่วนของผู้ใช้ (User Receiving Segment)

ในส่วนของผู้ใช้นั้น ส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส โดยจะรับสัญญาณ L-Band ที่ถูกส่งมาจากดาวเทียมและนำมาคำนวณเพื่อหาค่าตำแหน่ง ความเร็วและเวลา (Position, Velocity, Time) ของเครื่องรับ จากนั้นจะนำค่าไปประยุกต์ใช้งานตามแต่ลักษณะการใช้งาน



รูปที่ 2.6 แสดงการประยุกต์ใช้งานในส่วนของผู้ใช้

ส่วนประกอบหลักของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส จะประกอบไปด้วย สายอากาศ, เครื่องรับ (Receiver), โปรเซสเซอร์, อุปกรณ์อินพุต-เอาท์พุต

2.1.3.1 สายอากาศ (Antenna)

สัญญาณดาวเทียมจะถูกรับเข้ามาผ่านสายอากาศที่มีโพลาไรซ์ของคลื่นแบบวงหมุนวนขวา (Right Hand Circular Polarized) และรับได้ในช่วงครึ่งวงกลม เนื่องด้วยสัญญาณจากดาวเทียมเป็นแบบหมุนวนขวาเสาอากาศแบบโคนิคอลเฮลิกซ์ (Conical Helix Antenna) จึงเหมาะสมกว่า เครื่องรับจีพีเอสที่แทรครหัส P(Y) ที่อยู่ทั้งใน L1 และ L2 สายอากาศและเครื่องรับต้องมีแบนด์วิดธ์ 20.46 MHz ถ้าเครื่องรับแทรคสัญญาณ C/A ที่อยู่ใน L1 สายอากาศและเครื่องรับต้องมีแบนด์วิดธ์ 2.046 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.2 เครื่องรับ (Receiver)

เครื่องรับจะรับสัญญาณอานาลอกจากสายอากาศ แล้วทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้ A/D คอนเวอร์เตอร์ โดยอัตราการสุ่มตัวอย่างทั่วไปจะเป็นแปด ถึงสิบสองเท่าของอัตราการชิพรหัส PRN (1.023 MHz) สำหรับรหัส C/A ใน L1 และ L2 ในอัตราการสุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดจะเป็น 2 เท่าของแบนด์วิตธ์สูงสุดของข่าวสาร สำหรับเครื่องรับที่แทรคเฉพาะรหัส C/A แบนด์วิตธ์สูงสุดของข่าวสารจะมากกว่า 2 MHz ในเครื่องรับที่ทำการแทรครหัส P(Y) แบนด์วิตธ์สูงสุดของข่าวสารจะมากกว่า 20 MHz ข้อมูลหลักการแซมปลิ้งจะถูกส่งต่อไปยังดิจิตอลซิกแนลโปรเซสเซอร์ (Digital Signal Processor) เพื่อทำการดึมอดดูเลทข้อมูลข่าวสารออกจากคลื่นพาหะ ค่าที่วัดได้และข่าวสารการนำร่องจะถูกส่งต่อไปยังโปรเซสเซอร์

2.1.3.3 โปรเซสเซอร์ (Processor)

โปรเซสเซอร์จะทำการควบคุมการทำงานของเครื่องรับ โดยเริ่มจากค้นหาสัญญาณ แทรคสัญญาณ และดึงข้อมูลออกจากสัญญาณ จากนั้นจะทำการประมวลผลเพื่อหาค่าตำแหน่ง ความเร็ว และเวลาของเครื่องรับ (PVT) ในเครื่องรับสัญญาณส่วนใหญ่จะได้ค่า PVT ด้วยความถี่ 1 MHz แต่ในเครื่องรับ ที่ใช้ในการควบคุมจะต้องการความถูกต้องและผลการตอบสนองที่เร็วกว่า ด้วยความถี่อย่างน้อย 5 MHz

2.1.3.4 อุปกรณ์อินพุต เอาท์พุต (Input-Output Element)

อุปกรณ์อินพุต เอาท์พุต เป็นอุปกรณ์อินเตอร์เฟสระหว่างชุดเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส กับผู้ใช้อุปกรณ์อินพุตเอาท์พุต จะทำการในส่วนของการควบคุมและแสดงผล แสดงสถานะและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามลักษณะที่ถูกออกแบบมา โดยส่วนใหญ่อุปกรณ์อินพุต เอาท์พุตจะถูกรวมไว้กับเครื่องรับสัญญาณเพื่อความสะดวกในการใช้งาน

2.2 การให้บริการของระบบจีพีเอส (GPS Service)

ในการให้บริการระบบจีพีเอสนี้แบ่งการให้บริการออกเป็นสองระดับ คือ การบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์ (Precise Positon Service (PPS)) และการบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน (Standard Positioning Service (SPS))

2.2.1 การบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์ (Precise Positioning Service (PPS))

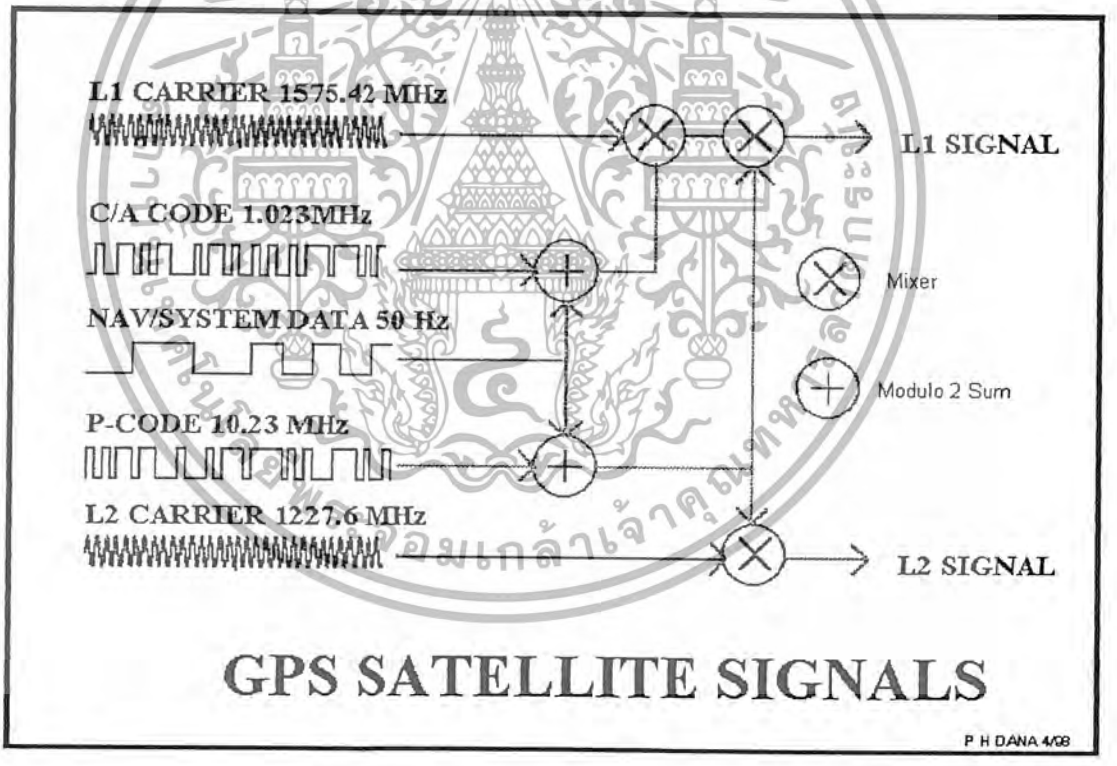
การให้บริการแบบ PPS จะเน้นไปในทางการทหาร โดยจะต้องได้รับการอนุมัติจาก U.S. Department of Defense (DOD) ผู้ที่ได้รับอนุญาต เช่น U.S. Military, NATO Military และกองทัพอื่น ๆ หรือพลเรือน เช่น Australian Defense Mapping Agency การบริการแบบ PPS จะให้ค่าคลาดเคลื่อนประมาณ 16 เมตร และผิดพลาดทางเวลาไม่เกิน 100 ns และเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณจีพีเอสสามารถให้ความถูกต้องของความเร็วคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.2 m/s (ขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องรับ) Ionoshere ได้อย่างละเอียดเพราะต้องใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แทนสัญญาณ L2 รหัส C/A จะถูกเข้ารหัสด้วยเทคนิค SA เพื่อให้เกิดความผิดพลาดขึ้นเล็กน้อย สาเหตุเนื่องมาจากปัญหาด้านความมั่นคง

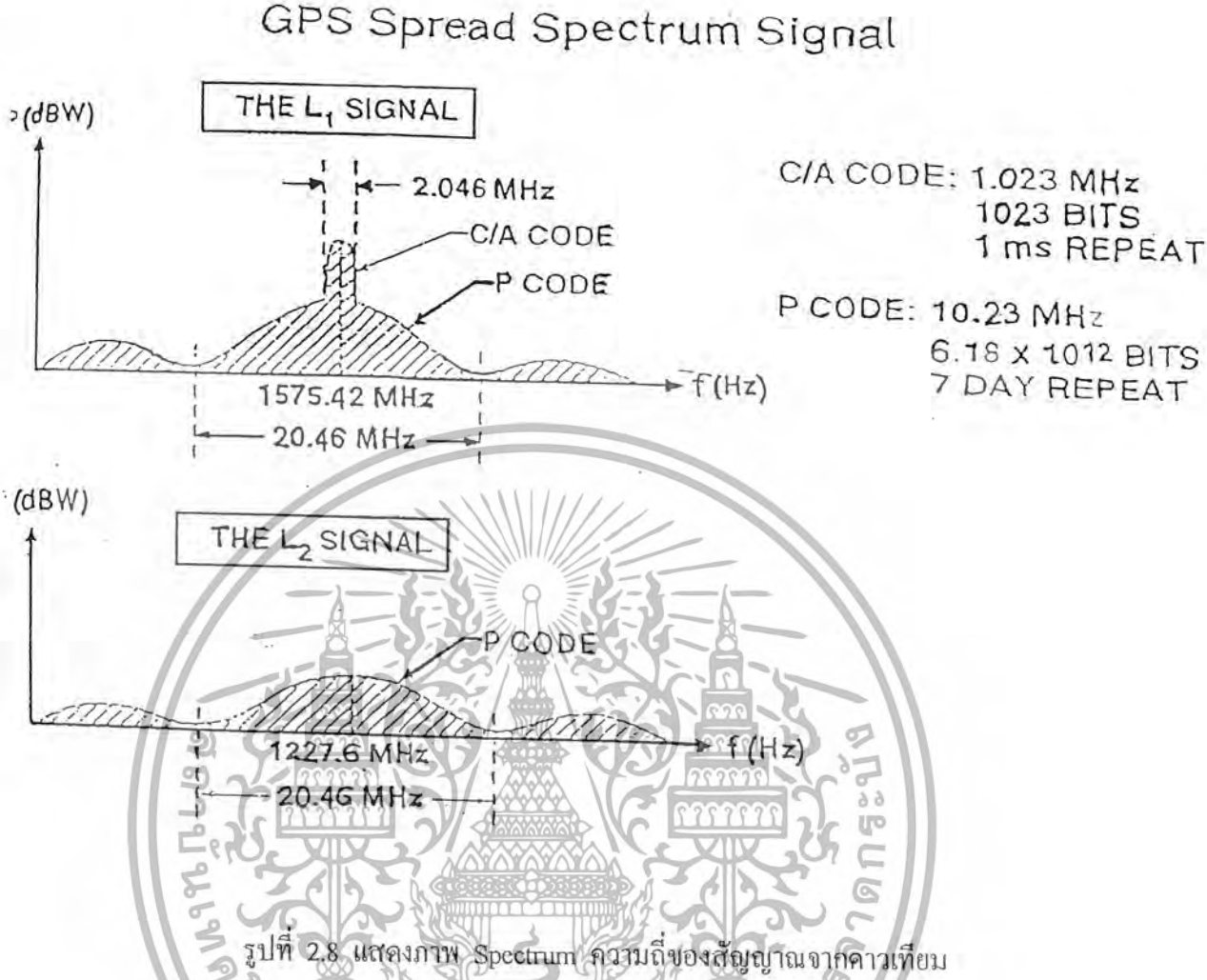
2.2.2 P-Code

เป็นข้อมูลรหัส PRN แบบไบนารี มีความถี่ 1.023 MHz ขนาดยาว 7 วัน โดยจะเริ่มใหม่ ๆ เที่ยวคืนวันเสาร์-อาทิตย์ รหัส P-Code จะเหมือนกับรหัส C/A คือถูก Exclusive-OR กับข้อมูลข่าวสารการนำร่องแต่จะถูกมอดดูเลตกับทั้งคลื่นพาหะ L1 และ L2 ทำให้ผู้ใช้บริหารแบบ PSP สามารถใช้คลื่นทั้งสอง คำนวณความล่าช้าอันเนื่องจากบรรยากาศได้อย่างละเอียด รหัส P-Code จะถูกเข้ารหัสเช่นเดียวกับรหัส C/A แต่รหัส P-Code จะถูกเข้ารหัสด้วยวิธี AS ด้วยและจะเรียกเปลี่ยนเป็นรหัส P(Y)-Code



รูปที่ 2.7 แสดงสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงภาพ Spectrum ความถี่ของสัญญาณจากดาวเทียม

2.2.3 ข่าวสารการนำร่อง (Navigation Message)

ข่าวสารการนำร่องมีความถี่ 50 MHz จะรวมอยู่ทั้งในรหัส P(Y) และ C/A ด้วยวิธี Exclusive-OR ข่าวสารการนำร่องมีข้อมูลเอกลักษณ์ของดาวเทียมดวงที่ส่งสัญญาณและข้อมูลทั่วไปของดาวเทียมดังนี้

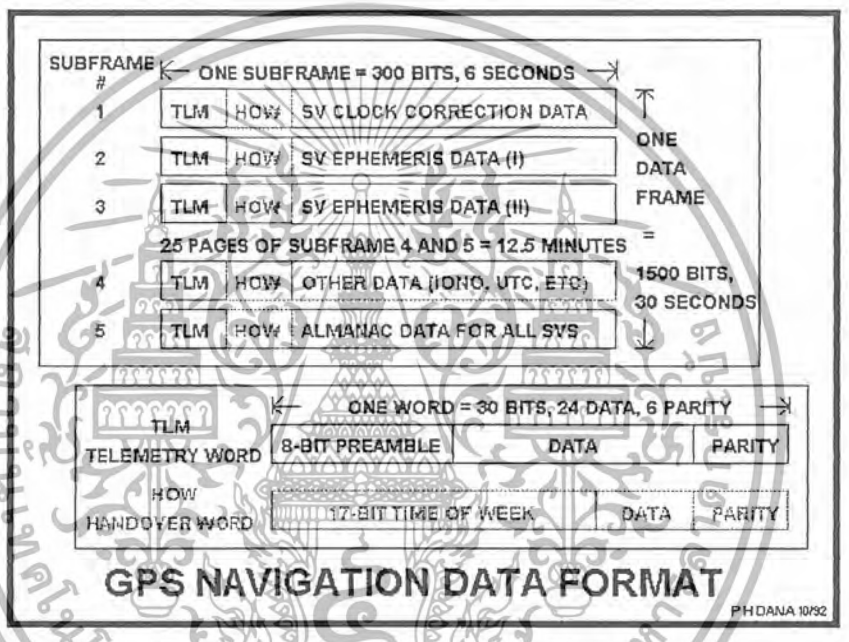
- เวลาขณะที่ส่งข้อมูลออกจากดาวเทียม (time of transmission of message)
- Hand-Over Word (HOX) for the transition from C/A-Code to P(Y)-Code trackin
- ข้อมูลการแก้ไขสัญญาณนาฬิกา (Clock Correction)
- ข้อมูลอิฟีเมอริส
- ข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมส่งสัญญาณ (Health data for the Transmitting Satellite)
- ข้อมูลอัลมาแนค (Almanace and Health data for all satellite)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าโคแอฟฟีเชียลสำหรับจำลองชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Coefficients for the Ionosphere delay model)

- ค่าโคแอฟฟีเชี่ยลเพื่อคำนวณเวลา UTX (Coeffients to calculate UTC)

ข่าวสารการนำร่องจะประกอบด้วย 25 เฟรมข้อมูล แต่ละเฟรมมี 1500 บิท โดยแต่ละเฟรม จะถูกแบ่งเป็น 5 เฟรมย่อย เฟรมย่อยละ 300 บิท ข้อมูลในเฟรมย่อยที่ 1-3 แต่ละเฟรมจะเหมือนกันใช้เวลาในการรับข้อมูลทั้งหมดของเฟรมย่อย 6 วินาที



รูปที่ 2.9 แสดงภาพข่าวสารการนำร่อง

เฟรมย่อยที่ 1 จะบรรจุข้อมูลการแก้ไขสัญญาณนาฬิกาสำหรับดาวเทียมที่ส่ง และมีพารามิเตอร์บ่งบอกถึงความแม่นยำและสภาพของสัญญาณ

เฟรมย่อยที่ 2, 3 จะบรรจุอิฟอเมอริสพารามิเตอร์ (Ephmeris Parameter) เพื่อที่จะใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของดาวเทียม สำหรับคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับต่อไป

เฟรมย่อยที่ 4, 5 จะเป็นข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตลอด 25 เฟรม โดยจะบรรจุข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมข้อมูลอัลมาแนค ข้อมูล UTC และข้อมูลจำลองสถานะของบรรยากาศ

HOW จะมีข้อมูลที่บอกถึงเวลาของดาวเทียมและเวลาของรหัส P(Y) ที่มีคาบเวลายาวถึง 7 วัน เพื่อให้เครื่องรับสามารถใช้ในการถอดรหัส P(Y)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TLM จะมีข้อมูลเริ่มต้นที่ช่วยให้เครื่องรับสามารถใช้ในการ detect ข้อมูลเริ่มต้นในแต่ละเฟรมย่อย

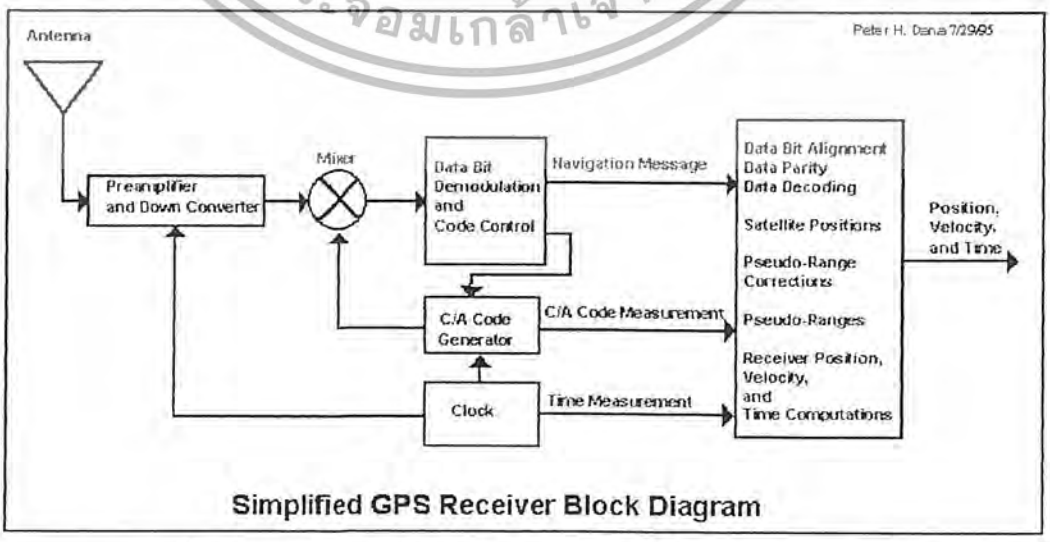
2.3 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณ GPS (GPS Receiver Operation)

2.3.1 การเลือกดาวเทียม (Satellite Tracking Selection)

กระบวนการแทรคสัญญาณจะเริ่มโดย เครื่องรับจะหาว่าดาวเทียมดวงไหนที่เป็นไปได้ในการแทรคสัญญาณ โดยจะทำการค้นหารหัส C/A ของดาวเทียมที่อยู่ในวิสัยและล็อคสัญญาณดาวเทียมดวงนั้น เมื่อดาวเทียมถูกแทรคเครื่องรับจะสามารถดึงมอดูเลทข้อมูลการนำร่อง, ค่าอัลมาเนต และข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมทั้งหมด ซึ่งการเลือกดาวเทียมของเครื่องรับจะต้องใช้ข้อมูลจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงในการคำนวณ เครื่องรับจะรับข้อมูลทุกดวงในพิสัยมาทำการคำนวณเลยก็ได้ แต่เครื่องรับส่วนใหญ่จะทำการเลือกดาวเทียมไม่มากเกินไป ในการคำนวณเนื่องจากปัญหาการยุ่งยากในการคำนวณ และต้นทุน ดังนั้น ในการเลือกดาวเทียมที่จะรับข้อมูลเครื่องรับอาจเลือกข้อมูลสถานะดาวเทียมที่ดีที่สุดที่ได้จากสัญญาณแทรคดาวเทียมดวงแรก หรืออาจเลือกจากดาวเทียมที่ได้สัญญาณก่อนเลยก็ได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบ

2.3.2 การรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Signal Acquistion)

สัญญาณของดาวเทียมที่ส่งออกมาเมื่อมาถึงเครื่องรับ สัญญาณที่ได้จะมีกำลังอ่อน และจะถูกรบกวนโดย noise เครื่องรับจึงจำเป็นต้องทำการจำลองสัญญาณที่ได้รับเข้ามา และนำมาเรียงให้ตรงกับสัญญาณดาวเทียม จากนั้นจึงทำการคอมเพรสกลับมาให้เป็นสัญญาณอีกครั้ง เรียกวิธีการนี้ว่าเทคนิค Cod Correlation

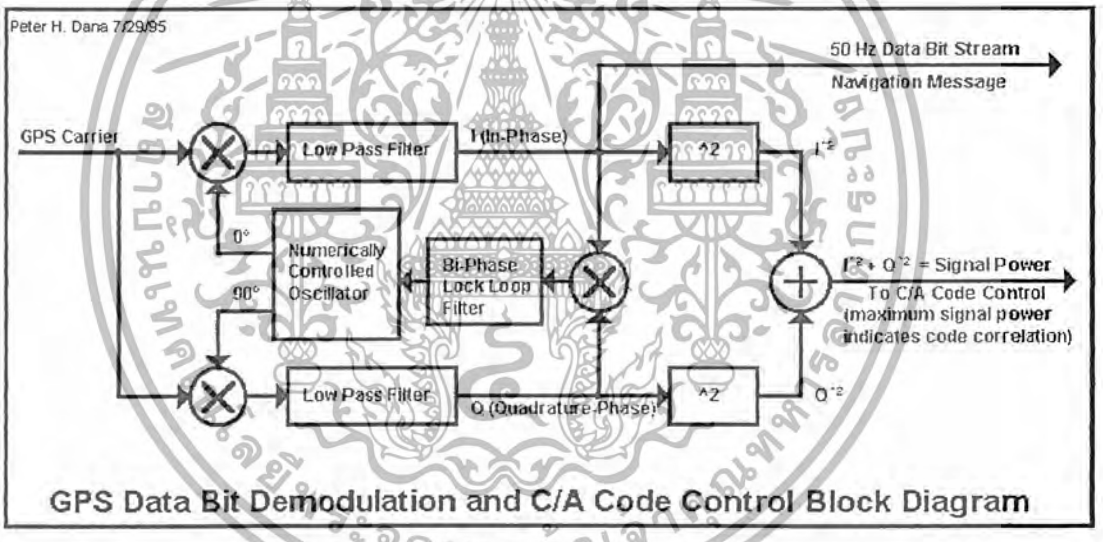


รูปที่ 2.10 แสดงภาพบล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับสัญญาณ GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การถอดรหัสข้อมูล (Data Detection)

ข้อมูลที่เครื่องรับสัญญาณได้จากดาวเทียม เป็นข้อมูลที่มีการมอดูเลทกันของคลื่นพาหะ รหัส C/A รหัส P(Y) และข้อมูลข่าวสาร ในการถอดคลื่นพาหะจะใช้ Low Pass Filter เพื่อแยกเอาคลื่นพาหะออก เครื่องรับจะใช้ตัวสังเคราะห์ความถี่สร้างเฟสที่คงที่ และใช้เทคนิคล็อกลูป (Phase Lock Loop) ในการล็อคลูปข้อมูล (เรียก Code Tracking Loop) ไว้เพื่อการ Detect สัญญาณส่วนการถอดรหัส C/A ออกจะทำการสร้างสัญญาณ C/A จำลองขึ้นจากคุณลักษณะของดาวเทียมแต่ละดวง เพื่อกำหนดและล็อคลูปข้อมูล รหัส C/A แล้วจึงทำการแยกรหัส C/A ออกมา ส่วนรหัส P(Y) นั้นเนื่องจากมีความยาวคาบสัญญาณถึง 7 วัน จึงใช้วิธี phase lock loop ไม่ได้ จึงใช้ข้อมูลที่อยู่ใน HOW ในการทราบเวลาที่แน่นอนในการทำงาน



รูปที่ 2.11 แสดงภาพการถอดรหัสข้อมูลข่าวสารการนำร่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.4 การคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ

GPS เป็นระบบการวัดพิสัยทางเดียวที่มีเครื่องส่งสัญญาณอยู่ในดาวเทียมที่หมุนรอบโลกอยู่ในอวกาศ ถึงแม้ว่าดาวเทียมจะเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง เครื่องรับจะติดตามดาวเทียมที่อยู่ในพิสัย และประมาณค่าพารามิเตอร์ วงโคจรดาวเทียม ซึ่งทำให้สามารถคำนวณหาตำแหน่งวงโคจรดาวเทียมในระบบอ้างอิงกับแกนโลก (Earth Center Earth Fixed Referance System ; ECEF) ข้อมูลนี้เรียกว่า Ephermeris หรือเวคเตอร์ตำแหน่งของดาวเทียมต่อเวลา ผู้ใช้ที่ต้องการหาตำแหน่งในสามมิติ คือ ละติจูด ลองติจูด และความสูง ต้องวัดสัญญาณ GPS จากดาวเทียมสามดวงและคำนวณเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ (Transil Time) จากแต่ละดาวเทียมมาถึงผู้ใช้จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างดาวเทียมสามดวง และเครื่องรับในแนวแกนสามแกน จึงสามารถหาค่าแกนทั้งสามได้ แต่กรณีนี้สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ เวลาของทั้งเครื่องรับสัญญาณ GPS และเวลาเครื่องส่งสัญญาณจะต้องมีความแม่นยำสูงและจะต้องตรงกันหมด (Synchronous) แต่ในความเป็นจริงสัญญาณจากเครื่องส่ง (ดาวเทียม) จะมีวิธีการแก้สัญญาณเวลาให้ถูกต้องจากสถานีควบคุมหลักแต่เครื่องรับสัญญาณในแต่ละเครื่องไม่สามารถควบคุมให้มีเวลาที่เที่ยงตรงได้ ดังนั้นจึงมีการเพิ่มความสัมพันธ์ในด้านความต่างของเวลาขึ้นมาอีกค่า จึงต้องรับสัญญาณจากดาวเทียมเพิ่มอีก 1 ดวง ดังนั้นระบบนำร่อง GPS จึงมีความจำเป็นต้องใช้สัญญาณจากดาวเทียมในการคำนวณอย่างน้อย 4 ดวง

2.4.1 การระบุตำแหน่งโดยสัญญาณดาวเทียม

สัญญาณที่ส่งออกมาจากดาวเทียมดวงหนึ่งจะมีข้อมูลของเวลาขณะส่งจากสัญญาณนาฬิกาแบบดาวเทียมรวมอยู่ด้วย เมื่อสัญญาณมาถึงเครื่องรับจะสามารถทราบเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณจากระบบนาฬิกาของเครื่องรับที่ Synchronous กับของระบบ ดังนั้นเมื่อเราทราบว่าความเร็วของสัญญาณดาวเทียมมีค่าประมาณเท่ากับความเร็วแสง จึงสามารถหาระยะห่างระหว่างดาวเทียมเครื่องรับสัญญาณได้ โดยสัญญาณดาวเทียม 1 ดวง จะทราบว่าเครื่องรับอยู่บนผิวทรงกลมที่มีรัศมีเป็นระยะห่างของดาวเทียมและเครื่องรับ

ถ้าทำการวัดระยะจากดาวเทียมดวงที่ 2 พร้อม ๆ กัน จะได้พื้นที่ตำแหน่งของเครื่องรับบนเส้นรอบวงกลมซึ่งเกิดจากการตัดกันของทรงกลมดังรูป และถ้าเพิ่มสัญญาณจากดาวเทียมดวงที่ 3 ก็จะได้ตำแหน่งของผู้ใช้ 2 ตำแหน่งที่เกิดจากการตัดกันของทรงกลมทั้ง 3 ตำแหน่งที่เหลือเพียง 2 ตำแหน่งโดยค่าตำแหน่งที่อยู่ด้านบนจะเป็นตำแหน่งที่ลอยอยู่ ดังนั้น ณ ตำแหน่งด้านล่างที่เกิดจากการตัดกันของทรงกลมทั้ง 3 จะเป็นตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องรับสัญญาณสำหรับผู้ใช้ที่อยู่บนผิวโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

55789

รูปที่ 2.12 แสดงภาพการตัดกันของระยะห่างจากดาวเทียมอันเป็นตำแหน่งของเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การผิดพลาดในระบบ GPS

แม้ว่าระบบ GPS จะถูกพัฒนาให้มีความถูกต้องในระบบการนำร่องทั่วโลกก็ตามนั้น แต่ระบบ GPS ยังคงมีค่าความผิดพลาดมากพอสมควร โดยความผิดพลาดนี้มีสาเหตุมาจาก

2.5.1 Ephemeris Data Error เป็นค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากตำแหน่งของดาวเทียม GPS เกิดจากการเฉไปของวงโคจรดาวเทียม เมื่อข้อมูล GPS ไม่ได้ส่งตำแหน่งที่ถูกต้องของดาวเทียมจะมีผล ความผิดพลาดไปถึงการคำนวณตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ ค่าความผิดพลาดนี้จะถูกแก้ไขโดยข้อมูลควบคุมจากสถานีควบคุมหลัก ดังนั้นถ้าไม่มีการแก้ไขจากสถานีควบคุมข้อมูลจะมีการผิดพลาดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แต่จากรายงานใน ค.ศ. 1984 แสดงว่าสำหรับการทำงานไม่เกิน 24 ชั่วโมงค่าความผิดพลาดอันเนื่องมาจาก Ephemeris มีความผิดพลาดไม่เกิน 2.1 เมตร

2.5.2 Satellite Clock Error ในเครื่องส่งสัญญาณ GPS ที่ดาวเทียมและเครื่องรับสัญญาณ จำเป็นต้องมีนาฬิกาอะตอมมิค (Cesium and Rubidium Oscillators) ซึ่งมีความแม่นสูง และจะต้อง synchronous กับนาฬิกาของระบบโดยตลอด แต่ในความเป็นจริงสัญญาณของดาวเทียมจะถูกแก้ไขโดยสถานีควบคุมหลักในซิงโครนัสกับระบบโดยตลอด แต่นาฬิกาของเครื่องรับนั้นยากที่จะทำการแก้ไข จึงต้องมีการชดเชยการคำนวณโดยใช้สัญญาณจากดาวเทียมเพิ่มในการคำนวณด้านเวลา

2.5.3 Security Signal ความผิดพลาดเป็นความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุด สาเหตุเนื่องจากทางสหรัฐอเมริกาได้ใส่รหัสข้อมูล SA ลงในสัญญาณดาวเทียมทุกดวง ค่าความคลาดเคลื่อนจาก SA นั้นจะมีความคลาดเคลื่อนทางเวลาประมาณ 10 นาที ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางระยะทางเฉลี่ยประมาณ 20 เมตร ผู้ใช้ทั่วไปที่ใช้ระบบ SPS จะมีสัญญาณ SA รวมอยู่ด้วยทำให้เกิดความผิดพลาดแต่ผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ระบบ PPS จะไม่มีความผิดพลาดจากรหัส SA

2.5.4 Ionosphere Errors เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่ผิดพลาดรองมาจากสาเหตุของ SA ทำให้เกิดความล่าช้าในการเดินทางของสัญญาณดาวเทียมเกิดเนื่องจากอิเลคตรอนอิสระในชั้นบรรยากาศ Ionosphere สัญญาณจากดาวเทียมเมื่อเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศนี้จะไม่สามารถเดินทางได้เท่ากับความเร็วแสง การเปลี่ยนแปลงสัญญาณจะมีความล่าช้าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนอิเลคตรอนที่อิสระที่อยู่ในชั้นนี้ และแปรผันตรงกับ 1/f ผู้ใช้ทั้งหมดจะมีค่าความคลาดเคลื่อนในความล่าช้าในชั้น Ionosphere

2.5.5 Troposhere Errors เป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้ความเร็วแสงเฉไป โดยที่ความแปรปรวนของอุณหภูมิของความดันและความชื้น ทั้งหมดนี้ทำให้ความเร็วแสงของสัญญาณแปรปรวนไปทั้งรหัสสำหรับผู้ใช้ทั่วไปค่าความผิดพลาดนี้จะอยู่ที่ประมาณ 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6 Multipath Errors เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่มีสาเหตุมาจากการส่งสัญญาณของดาวเทียม GPS ไปกระทบผิวสะท้อนก่อนที่จะไปถึงผู้รับ เช่น สะท้อนผิวของตึก หรือผิวของน้ำ โดยผลกระทบนี้มีแนวโน้มที่มากขึ้นในที่ ๆ เครื่องรับอยู่นิ่ง ๆ ใกล้กับผิวท้องที่ใหญ่มาก ๆ ความผิดพลาดที่พบมากที่สุดประมาณ 15 เมตร การแก้ไขความผิดพลาดนี้คือ การต่อสายอากาศ (Antenna) ให้กับเครื่องรับสัญญาณ

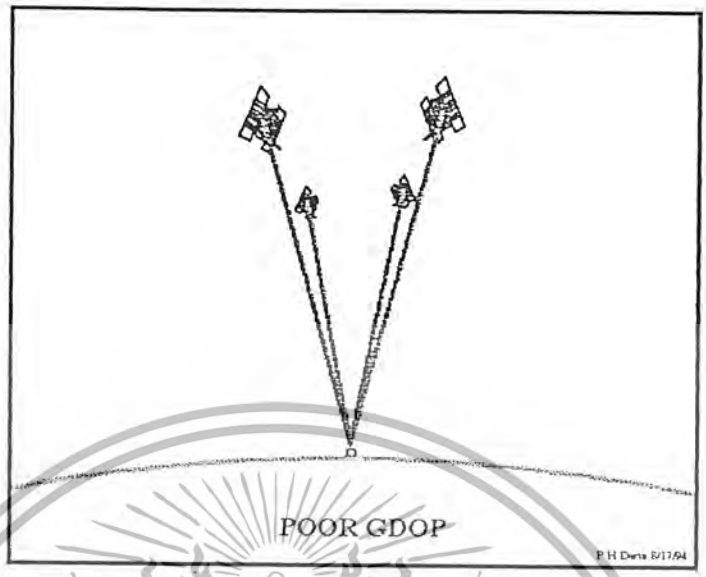
2.5.7 Receiver Errors เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดระยะของเครื่องรับสัญญาณ อันเนื่องมาจากความร้อนภายในเครื่องรับสัญญาณ ประสิทธิภาพ Software ของเครื่องรับ และจำนวนช่องรับสัญญาณเนื่องจาก ปัจจุบันเทคโนโลยีได้พัฒนาจนความผิดพลาดลักษณะนี้น้อยมาก

2.5.8 ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการจับกลุ่มของดาวเทียมที่ใช้ในการนำร่อง (Geometric Dillution of precision) ความผิดพลาดนี้เกิดจากการหาระยะทางซูโรเรนจ์ของเครื่องรับ การเลือกกลุ่มดาวเทียมจะเป็นองค์ประกอบหลัก มีการใช้ค่า ๆ หนึ่งเป็นตัวแสดงถึงคุณภาพของผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับจาก การกำหนดตำแหน่งของเครื่องรับ GPS ค่านี้คือ ไดลูชัน ออฟ พรีซิชัน (Dilution of Precision ; DOP) ค่าของ DOP มักถูกอธิบายในเทอมต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับสัญญาณที่ได้จากการจับกลุ่มดาวเทียมเพื่อกำหนดตำแหน่งของ เครื่องรับสัญญาณเทอมต่าง ๆ เหล่านี้ได้แก่

GEOP - Geometrical Dilution of Precision
PDOP - Position Dilution of Precision (3-D) บางทีเรียก Spere DOP
HDOP - Horizontrol Dilition of Precision (Latitude, Longtitude)
VDOP - Vertical Dilution of Precision (Height)
TDOP - Time Dilution of Precision (Time)

ตัวที่มักจะนำมาพิจารณาได้แก่ ค่าจีออเมตริก ไดลูชัน ออฟ พรีซิชัน (Geometric Dilution of Precision ; GDOP) จะแสดงถึงการจัดวางตัวของดาวเทียมสี่ดวงที่ทำกับเครื่องรับสัญญาณ ถ้าค่า GDOP มีค่ามาก พิกัดที่ได้จากเครื่องรับอาจผิดพลาดไปจากที่ควรจะเป็นมากเช่นเดียวกัน ตัวอย่างของการจัดกลุ่มดาวเทียมที่ทำให้ GDOP มีค่าดีและไม่ดีเป็นดังรูปที่ 2.13 ถึง 2.16

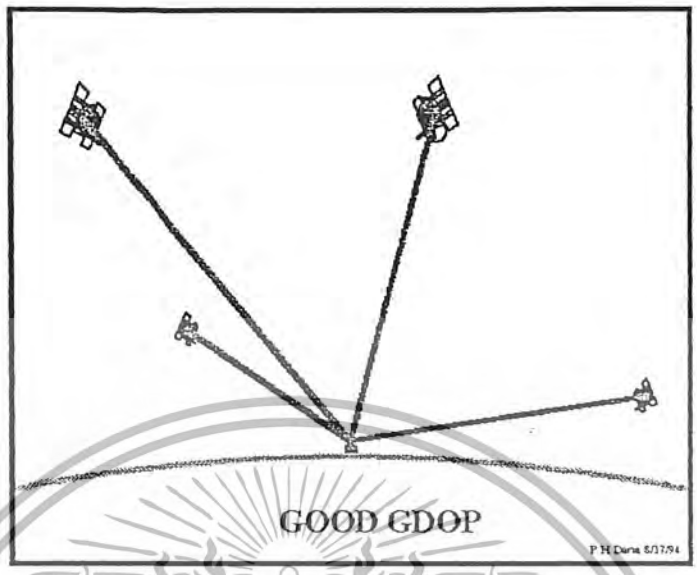
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



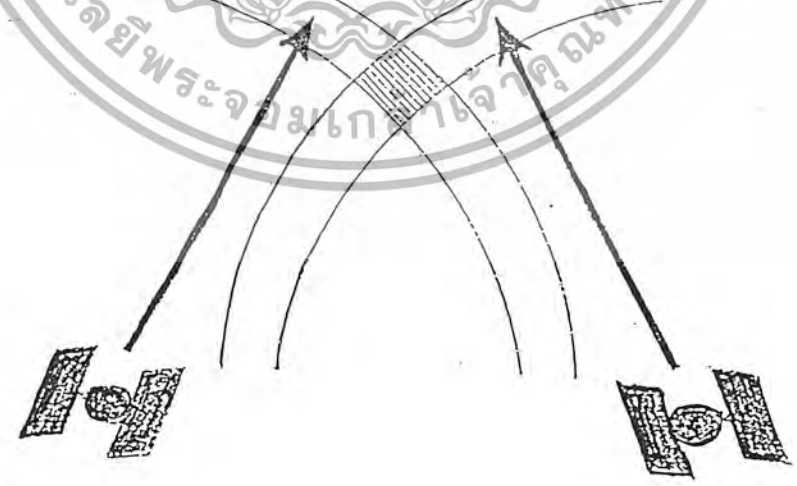
รูปที่ 2.13 แสดงภาพ POOR GDOP

รูปที่ 2.14 ผลของ POOR GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันที่กว้างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงถึง GOOD GDOP



รูปที่ 2.16 ผลของ GOOD GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันที่แคบลง

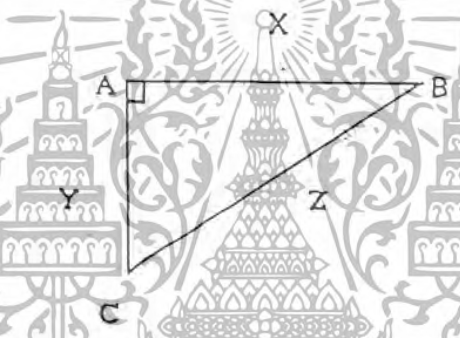
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 พื้นฐานของการกำหนดพิกัดโดยใช้ดาวเทียม

ในหัวข้อนี้เป็นการอธิบายถึงพื้นฐานการกำหนดพิกัดโดยการใช้ดาวเทียม เพื่อทำให้เข้าใจถึงระบบที่ใช้งานว่า มีขีดจำกัดอย่างไร และจำเป็นต้องรู้อะไรบ้าง เพื่อจะได้ทำความเข้าใจระบบจีพีเอสได้ดีขึ้น

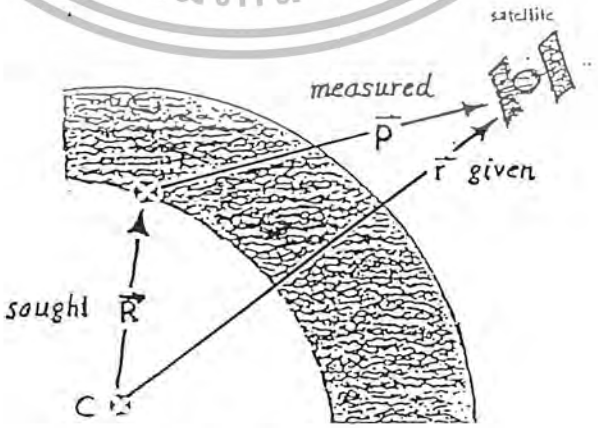
2.6.1 แนวความคิดเบื้องต้นในการระบุพิกัดของจีพีเอส

ในวิชาเลขาคณิตพื้นฐานที่เคยศึกษามาเกี่ยวกับรูปสามเหลี่ยมทำให้ทราบว่า ถ้ารู้เส้นรอบรูปสามเหลี่ยม จะสามารถหาเส้นที่สามได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างเช่น สมมติว่ามีรูปสามเหลี่ยมทางเลขาคณิตอย่างง่าย โดยอาศัยความรู้เบื้องต้นจะเขียนได้ว่า $Y^2 = Z^2 - X^2$ หรืออาจกล่าวได้ง่าย ๆ ว่า ถ้ารู้ความยาวของ Z และ X ก็จะสามารถหาค่าความยาวของ Y ได้



รูปที่ 2.17 แสดงการหาความยาวของ Y เมื่อทราบความยาวของ X, Z และมุมต่าง ๆ

ในทำนองเดียวกัน เราจะอาศัยแนวคิดนี้ในการกำหนดพิกัดบนพื้นผิวโลกของระบบจีพีเอสได้ ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 การหาพิกัดในระบบจีพีเอส

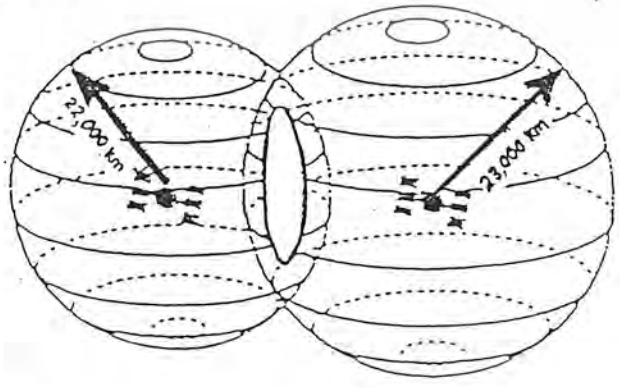
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.18 ถือว่าจุด C เป็นเส้นศูนย์กลางของโลก สายอากาศ (Antenna) อยู่ที่พื้นผิวโลกดาวเทียมลอยอยู่เหนือผิวโลก เครื่องรับที่ต่ออยู่กับสายอากาศสามารถวัดได้ว่าดาวเทียมอยู่ห่างจากสายอากาศเท่าใด (P) และดาวเทียมส่งข้อมูลมาบอกเครื่องรับว่า ตัวมันห่างจากจุด C เท่าใด ตัวเครื่องรับก็จะหาได้ว่าตำแหน่งของสายอากาศอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใด โดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์เข้าช่วยคือ $R = r - P$ (เป็นเวคเตอร์)

ประเด็นต่อมาคือ เครื่องรับมีหลักการในการวัดระยะห่างระหว่างตัวมันกับดาวเทียมอย่างไรในช่วงแรกขอสมมติว่า ดาวเทียมดวงแรกโคจรอยู่เหนือพื้นโลก 22,000 กิโลเมตร ดังรูปที่ 2.19

รูปที่ 2.19 ทรงกลมจำลองที่สร้างล้อมรอบดาวเทียมมีรัศมี 22,000 กิโลเมตร

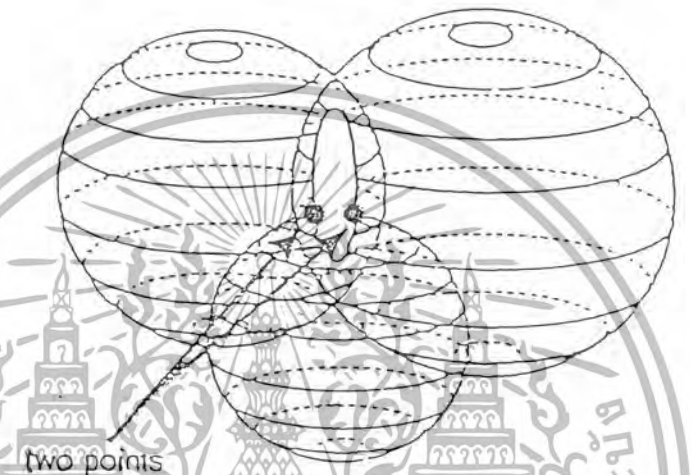
จากรูปที่ 2.19 จะเห็นว่าเครื่องรับที่อยู่บนพื้นผิวโลก อาจจะอยู่ที่บริเวณใดก็ได้บนพื้นผิวทรงกลมที่สร้างขึ้นมาล้อมรอบดาวเทียม เพราะเราไม่รู้ว่าที่จุดใดของทรงกลมแตะอยู่กับพื้นผิวโลก แต่รู้เพียงว่าจะมีอยู่จุดหนึ่งเท่านั้นที่สัมผัสกับพื้นผิวโลก ถ้ามีดาวเทียมอีกดวงหนึ่งโคจรอยู่เหนือพื้นดิน 23,000 กิโลเมตร เราก็จะสามารถสร้างทรงกลมได้อีกลูกหนึ่ง ถ้าทรงกลมทั้งสองมีการตัดกันผลที่ได้จะเป็นวงกลมเล็ก ๆ เกิดขึ้น เครื่องรับน่าจะอยู่ที่ใดที่หนึ่งวงกลมนี้ ซึ่งยังคงเป็นพื้นที่กว้างเกินไป



รูปที่ 2.20 แสดงการตัดกันของทรงกลมสองทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าดาวเทียมอีกดวงเป็นดวงที่สามโคจรอยู่เหนือพื้นผิวโลก 24,000 กิโลเมตร ก็สามารถสร้างทรงกลมได้อีกลูกหนึ่ง ถ้าทรงกลมทั้งสามมีการตัดกันผลที่ได้จะเป็นจุดสองจุดที่ขอบวงกลมเล็ก ๆ เครื่องรับน่าจะอยู่จุดใดจุดหนึ่งในสองจุดนี้ แต่จะมีจุดเดียวเท่านั้นที่เป็นไปได้ในทางทฤษฎี ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยอาศัยคณิตศาสตร์เข้าช่วย

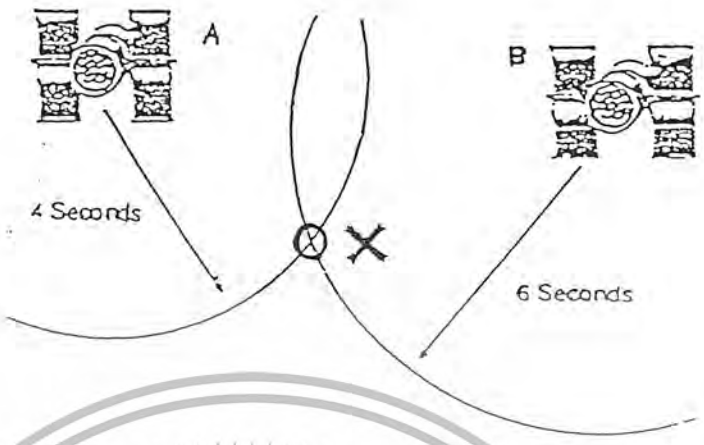


รูปที่ 2.21 แสดงการตัดกันของทรงกลมสามทรงกลม

ประเด็นถัดมาลองมาดูว่า ตัวเครื่องรับสัญญาณจะรู้ว่าดาวเทียมอยู่ห่างจากสายอากาศของเครื่องรับเป็นระยะทางเท่าใด อย่างไร โดยหลักการแล้ว ถือว่าคลื่นเดินทางจากดาวเทียมมายังเครื่องรับด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วแสง ดังนั้นถ้าสมมติว่า ดาวเทียมส่งข้อมูล ABC ออกมาจากดาวเทียมเมื่อเวลา 8.00 นาฬิกา แล้วเครื่องรับรับข้อมูล ABC ได้เวลา 8.01 นาฬิกา แสดงว่าข้อมูลใช้เวลาเดินทางจากดาวเทียมมายังสายอากาศใช้เวลา 1 นาที เมื่อนำค่านี้คูณด้วยความเร็วของแสงก็จะทำให้ได้ระยะทางออกมาเช่นเดียวกัน

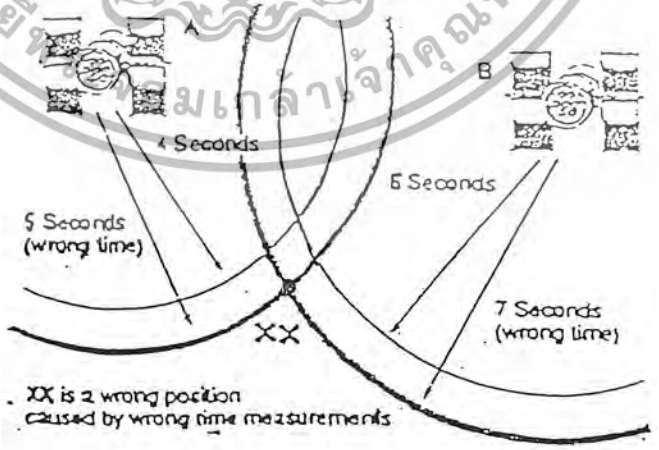
ดังนั้นแทนที่เราจะบอกเป็นระยะทางว่าดาวเทียมโคจรอยู่สูงจากผิวโลกเท่าไหร่เราอาจบอกเป็นเวลาแทนได้ เช่น ดาวเทียมสองดวงอยู่ห่างจากสายอากาศ 4 และ 6 วินาที เพื่อให้ง่ายขึ้นจะมองทรงกลมที่สมมติขึ้นมารอบดาวเทียมแค่สองมิติเป็นวงกลมล้อมรอบดาวเทียม A และ B และลองสมมติว่าเกิดจุดตัดกันออกมาที่จุด X ดังรูปที่ 2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 แสดงจุดตัดกันของดาวเทียม A และ B

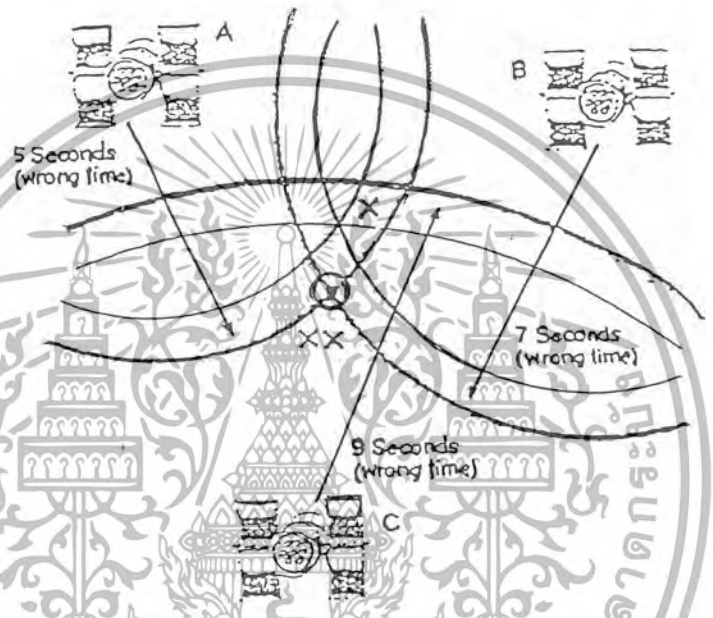
แต่ถ้าเวลาที่วัดได้เกิดการผิดพลาดไปจากที่ควรจะเป็น จะด้วยสาเหตุใดก็ตาม เช่น ดาวเทียม A จาก 4 วินาที เป็น 5 วินาที และดาวเทียม B จาก 6 วินาทีเป็น 7 วินาที ผลที่เกิดขึ้นคือ แทนที่จะเกิดจุดตัดกันขึ้นที่จุด X กลับเกิดขึ้นที่จุด XX ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 แสดงจุดตัดกันของดาวเทียม A และ B ในกรณีที่เวลาเกิดผิดพลาดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

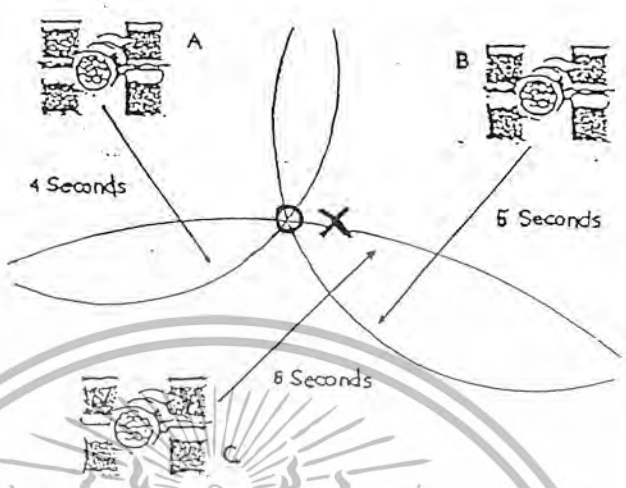
แม้ว่าจะใช้ดาวเทียมดวงที่สาม (ดาวเทียม C) เข้าช่วย เพื่อหาตำแหน่งที่แน่นอนดังที่กล่าวมาแล้ว ข้างต้นถ้าเวลาผิดพลาดไปก็จะเกิดจุดตัดที่ผิดพลาดขึ้นมาด้วยเช่นกัน ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 แสดงจุดตัดกันของดาวเทียม A, B และ C ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป

จากรูปที่ 2.24 จะเห็นว่าจุดที่ถูกต้องตามที่ต้องการในครั้งแรกก็คือจุด X ซึ่งจะเป็นจุดตัดจุดเดียวเท่านั้น ไมโครโปรเซสเซอร์ในเครื่องรับจะเริ่มทำการปรับค่าความผิดพลาดของเวลาของดาวเทียมแต่ละดวง การทำเช่นนี้จำต้องอาศัยดาวเทียมอีกดวงหนึ่งเข้าช่วยเพื่อทำการปรับตั้ง เวลาในเครื่องรับให้แม่นยำขึ้น จากนั้นจึงทำการขยับเวลาที่ทำการวัดได้จากดาวเทียมแต่ละดวงเพื่อทำการลดค่าผิดพลาดให้น้อยลง เมื่อทำการปรับได้อย่างถูกต้องแล้วก็จะทำให้ได้จุดตัดออกมาดังรูปที่ 2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 แสดงจุดตัดกันอย่างถูกต้องของดาวเทียม A, B และ C

จากที่อธิบายมาข้างต้นจะเห็นว่า ความแม่นยำของเวลาเป็นหัวใจของระบบทีเดียว ดังนั้น บนดาวเทียม จีพีเอส จึงมีนาฬิกาเชิงอะตอมที่มีความแม่นยำสูงบรรจุอยู่ถึงสี่เครื่อง นาฬิกาเหล่านี้จะถูกปรับตั้งให้มีความแม่นยำอยู่ตลอดเวลาโดยสถานีควบคุมภาคพื้นดิน

จากแนวความคิดที่กล่าวมานี้ ถ้าเครื่องรับสัญญาณอยู่บนพื้นโลกจะทำให้เครื่องรับทราบว่าตัวมันห่างจากดาวเทียมเท่าใด เสมือนกับได้ระยะทางด้านหนึ่งของสามเหลี่ยมแล้ว คือ ด้าน P ด้านที่สามของสามเหลี่ยมคือ r เครื่องรับจะทราบได้โดยดาวเทียมจะส่งข้อมูลมาบอกว่ามันอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใด ดังนั้น เครื่องรับจะคำนวณได้ว่า ตัวมันอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใด

ปัญหาต่อมาก็คือ ตำแหน่งที่บอกออกมานั้นเราจะรู้ได้อย่างไรว่ามันคือที่ไหนบนโลกนี้ **ดังนั้นเราจึงต้องกำหนดระบบอ้างอิงให้มัน การกำหนดใด ๆ ก็ตามให้เปรียบเทียบกับระบบอ้างอิงที่กำหนดขึ้นนี้** ในบทต่อไปจะกล่าวถึงระบบอ้างอิงที่ใช้ในระบบจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

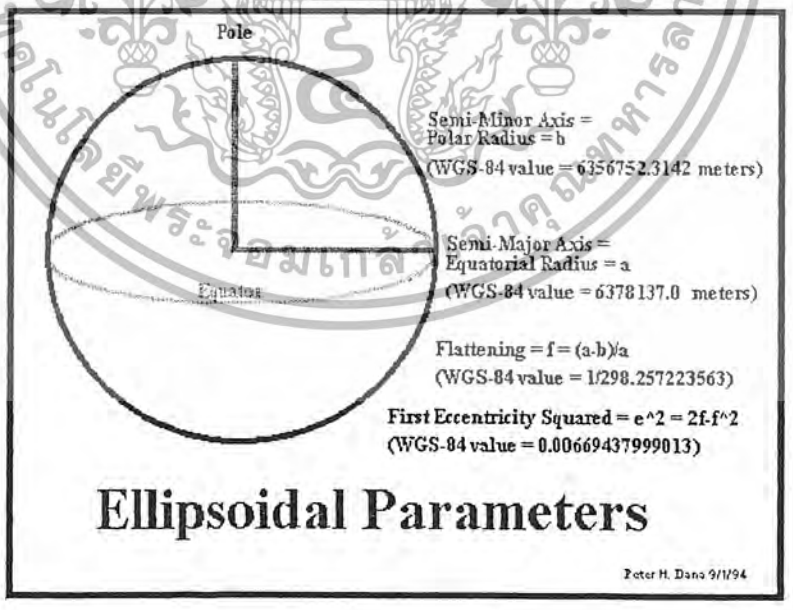
2.7 จีโอเดติค ดาตัม

จีโอเดติค ดาตัม คือ การกำหนดระบบอ้างอิงที่ใช้อธิบายขนาดและรูปร่างของโลก ว่าควรมีลักษณะอย่างไร ในสมัยโบราณถือว่าโลกแบนดังนั้นระราบอ้างอิงจึงเป็นเพลนระนาบต่อมาพบว่าโลกกลม ระบบอ้างอิงถูกเปลี่ยนเป็นทรงกลมตามไปด้วย จนภายหลังพบว่ารูปร่างของโลกที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดเป็นแบบ เอลลิพซอยด์ (Ellipsiod) และใช้มาจนถึงปัจจุบันนี้ เมื่อผนวกเข้ากับระบบการกำหนดพิกัดอ้างอิงก็จะทำให้สามารถกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกได้อย่างแม่นยำ

เนื่องจากพิกัดที่ได้จากเครื่อง จีพีเอส มักอยู่ในรูปของ ละติจูด ลองติจูด หรือค่าตัวแปร XYZ การกำหนดค่าดาตัมผิด จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นเป็นอย่างมาก

2.7.1 การอ้างอิงโดยเอลลิพซอยด์ (Ellipsoids Reference)

รูปแบบจำลองแบบเอลลิพซอยด์ ถือว่าพื้นผิวโลกราบเรียบและมีโครงสร้างเกือบเป็นทรงกลม การอ้างอิงใด ๆ บนพื้นผิวจะทำผ่านสองแกน คือ Semi-Major Axis คือ เส้นที่ลากจากจุดศูนย์กลางของโลกมายังเส้นอีเควเตอร์ และ Semi Minor Axis คือ เส้นที่ลากจากจุดศูนย์กลางของโลกมายังขั้ว

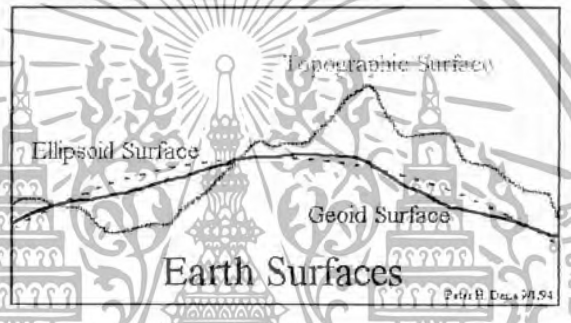


รูปที่ 2.26 ตัวแปรของเอลลิพซอยด์ที่กำหนดตามมาตรฐานของ WGS-84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

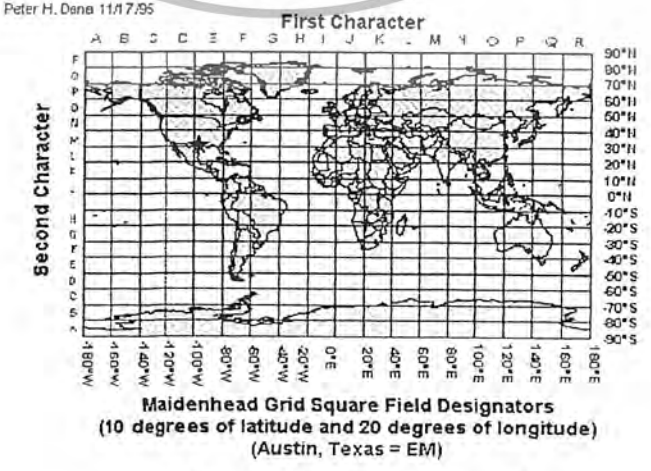
2.7.2 รูปแบบจำลองพื้นผิวโลก (Earth Surface Model)

รูปแบบจำลองผิวโลกที่ถูกต้องมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับ ระบบนำร่อง การสำรวจและการทำแผนที่ แต่เนื่องจากผิวโลกมีความสูงต่ำไม่เท่ากัน นอกจากนั้นยังมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมตลอดเวลา ดังนั้นรูปแบบจำลองจึงมีหลายแบบด้วยกัน รูปแบบจำลองสภาพทางภูมิประเทศและระดับน้ำทะเลมีไว้เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผิวโลก ในขณะที่รูปแบบจำลองทางด้านแรงโน้มถ่วง และจีออยด์ (Geoid) มีไว้เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงแรงโน้มถ่วงและระดับน้ำทะเลเฉพาะส่วนของพื้นโลก รูปแบบจำลองต่าง ๆ เหล่านี้ถูกสร้างเปรียบเทียบหรืออ้างอิงร่วมกับเอลลิพซอยด์



รูปที่ 2.27 แสดงรูปแบบจำลองของพื้นผิวโลก

การจำลองพื้นผิวแบบโทโพกราฟฟิค (Topographic Surface) ของโลกจะแสดงพื้นผิวจริงของแผ่นดินและทะเลในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ส่วนการจำลองพื้นผิวแบบจีออยด์นั้นจะเป็นการจำลองพื้นผิวที่แสดงค่าสนามแรงโน้มถ่วงของโลกที่ทัดเทียมระดับความสูงของน้ำทะเลเฉลี่ย (Mean sea level) จีออยด์จะเป็นพื้นผิวอ้างอิงหลักในการกำหนดความสูง ตัวอย่างดังรูป 2.28



รูปที่ 2.28 แสดงระดับของจีออยด์

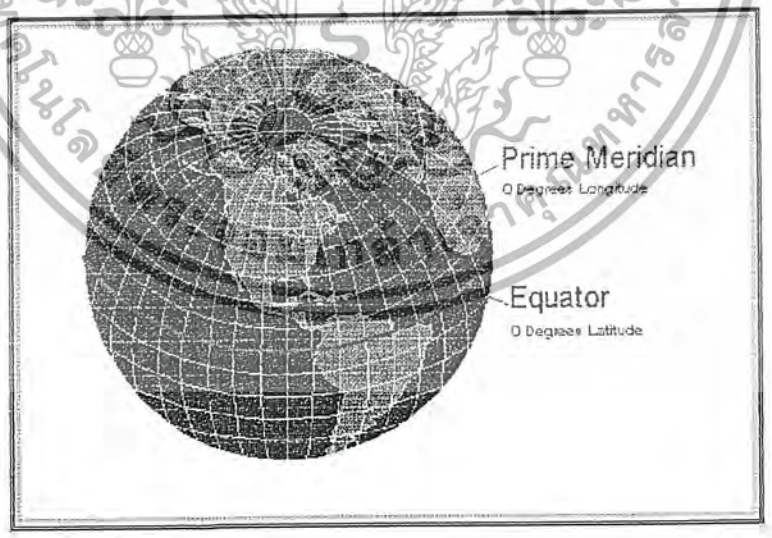
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 ระบบพัดกัดอ้างอิงที่ใช้งานทั่วไป (Global Coordinate System)

เมื่อเรามีรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโลกแล้ว ต่อไปจะต้องกำหนดพิกัดอ้างอิงขึ้นมาเพื่อกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก มิฉะนั้นเราจะไม่ทราบว่าเราอยู่ที่ใดบนโลก ทำนองเดียวกันถ้าระนาบอ้างอิงแตกต่างกันไป พิกัดที่ได้จะแตกต่างกันออกไปด้วย ระบบที่ใช้ในการอ้างอิงมีหลายแบบด้วยกัน แต่ละประเทศจะใช้แตกต่างกันออกไป ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะเกี่ยวข้องกับระบบจีพีเอสเท่านั้น

2.7.3.1 Latitude, Longtitude, Height

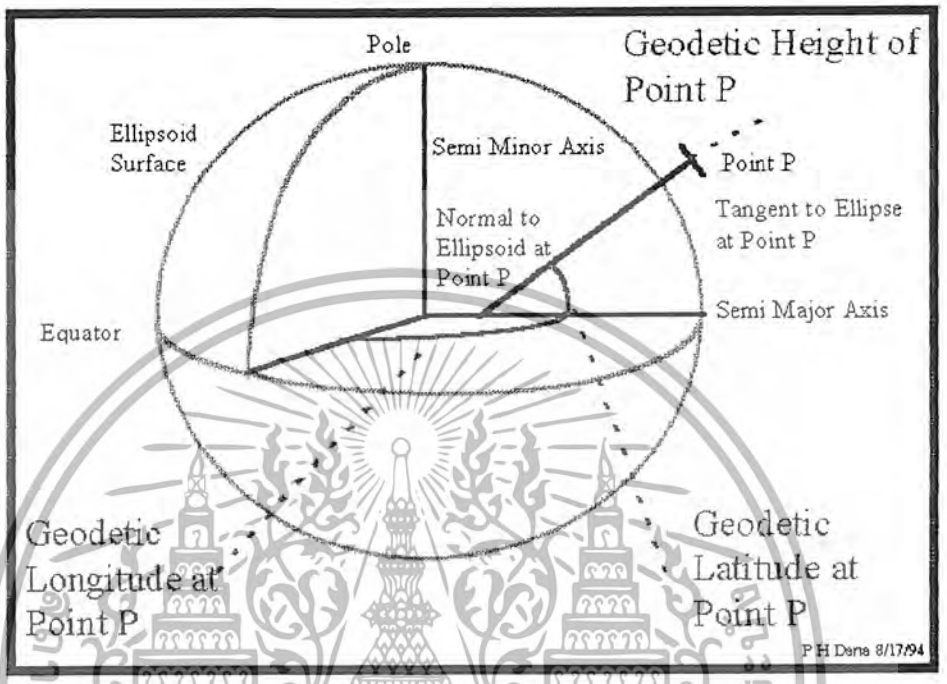
ถือเป็นระบบพิกัดที่ใช้ร่วมกันมากที่สุดในโลก โดยกำหนดให้ระนาบอ้างอิง (Reference Plane) ได้มาจาก ระนาบอีเควเตอร์ และไพรม์ เมอริเดียน (Prime Meridian) ที่วางตั้งฉากกันดังรูป 3.32 สามารถจินตนาการได้ว่าเสมือนผลแตงโมงที่วางอยู่ กับพื้นแล้วหันทางด้านขั้วของแตงโมขึ้นฟ้าจากนั้นให้นึกต่อว่า ที่กึ่งกลางลูกแตงโมมีเส้น ๆ หนึ่ง ลากยาวรอบรูปแตงโมโดยลากขนานกับพื้นที่แตงโมงวางอยู่ เส้นนี้คือ เส้นอีเควเตอร์ ถ้าใช้มีดผ่าแตงโมตามแนวเส้นนี้ แล้วยกแตกโมครึ่งบนออก สิ่งที่มองเห็นคือเนื้อแตงโมที่เป็นผิวงกลมแบนราบ นั่นก็คือระนาบของอีเควเตอร์ นั่นเอง ทำนองเดียวกันถ้าเราผ่าแตงโมในทิศทางตั้งฉากกับระนาบของอีเควเตอร์ ระนาบที่ได้เรียกเป็นระนาบของไพรม์ เมอริเดียน



รูปที่ 2.29 แสดงถึงกำหนดเส้นไพรม์ เมอริเดียนและเส้นอีเควเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

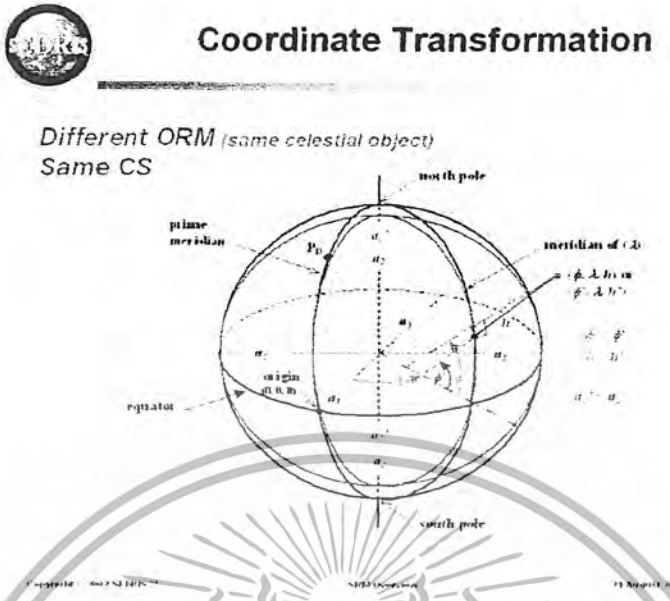
การกำหนดว่าจุด P มีค่าเป็นเท่าใดให้ดูจากตัวอย่างดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 แสดงการกำหนดพิกัดแบบ ละติจูด ลองติจูด และความสูง

จากรูปที่แสดงไว้ สมมติว่าเครื่องรับสัญญาณอยู่ที่จุด P เมื่อลากเส้นมาตั้งฉากกับเส้นสัมผัสกับพื้นผิวเอลลิพซอยด์ (sub-receiver point ในรูปที่ 2.30) แล้วต่อเส้นนี้ไปตัดระนาบอีเควเตอร์มุมที่เกิดจากเส้นที่ลากมากับระนาบอีเควเตอร์เรียกว่า Geodetic Latitude และ ถ้าถือว่าเส้นที่ลากมาจากจุด P เป็นระนาบ ๆ หนึ่งที่ตั้งฉากกับระนาบอีเควเตอร์ มุมที่ระนาบ ๆ นี้กระทำกับระนาบอ้างไพรม์เมอริเดียน เรียก Geodetic Longtitude ส่วนความยาวของเส้น h เรียก Geodetic Height

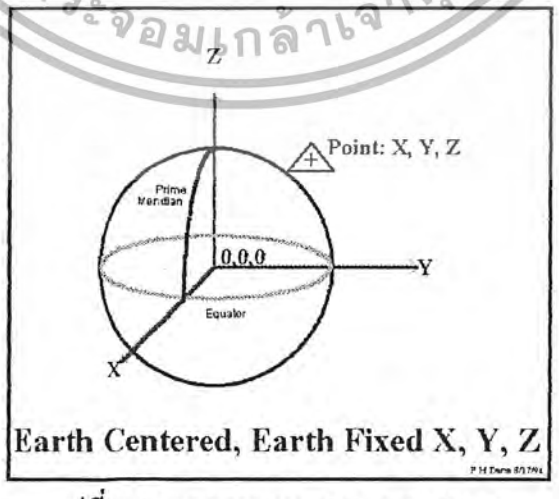
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 แสดงการกำหนดพิกัดแบบ ละติจูด ลองติจูด และความสูง

2.7.3.2 Earth Centered, Earth Fixed X, Y, Z

ระบบนี้เป็นการกำหนดพิกัดแบบสามมิติเช่นกัน โดยถือว่าจุดศูนย์กลางของโลกเป็นจุดศูนย์กลางของเอลลิพซอยด์ จากจุดนี้แกน Z จะชี้มายังขั้วโลกเหนือ (ตามแนวแกนหมุนของโลก) แกน X จะชี้มายังจุดตัดกันของเส้นไพรม์ เมอริเดียน กับเส้นอีเควเตอร์ และแกน Y จะตั้งฉากกับแกน X ดังนั้นแต่ละจุดที่กำหนดขึ้นมาจะต้องมีองค์ประกอบของค่า X, Y, Z อยู่ด้วยเสมอ ระบบนี้จะใช้อ้างอิงในระบบจีพีเอส เป็นหลัก แล้วจึงทำการคำนวณจากค่า X, Y, Z มาเป็นค่า Latitude, Logntitude, Height ในภายหลัง



รูปที่ 2.32 แสดงระบบ ECEF X, Y, Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 มาตรฐานที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร

จากที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นทำให้เราทราบว่า จีพีเอส มีหลักการอย่างไรบ้างในการกำหนดตำแหน่งของเครื่องรับ จีพีเอส ทราบว่าผลที่ได้จากการประมวลผลนั้นแสดงออกมาในรูป ละติจูด ลองติจูด ความสูง เวลา และอื่นๆ

โครงงานการประยุกต์ใช้งาน จีพีเอส นั้นจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการทำโครงงาน จากการพบว่าเครื่องรับ จีพีเอส บางรุ่นนั้นสามารถที่จะนำข้อมูลต่าง ๆ ติดต่อระหว่างเครื่องรับด้วยกันและยังสามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย ทำให้สามารถแสดงผลค่าละติจูด ลองติจูด ความสูง เพียงอย่างเดียวเช่น การทำ Xar Navigation, การหาความเร็วและความเร่งจากการใช้ข้อมูลของเครื่องรับจีพีเอส การทำแผนที่ เป็นต้น

แต่การที่จะติดต่อระหว่างเครื่องรับ จีพีเอส กับคอมพิวเตอร์ได้นั้น ทั้งเครื่องรับ จีพีเอส และคอมพิวเตอร์นั้นต้องใช้ Protocal เดียวกัน ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนา Protocal มาตรฐานสำหรับการติดต่อสื่อสารในระบบนำร่อง ผลที่วัดได้คือ NMEA 0180 โดย NMEA ย่อมาจาก National Marine Electronics Association เป็นหน่วยงานที่กำหนดมาตรฐานนี้ขึ้น โดยได้กำหนดรูปแบบการส่งข้อมูล ละติจูด ลองติจูด กำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูล และข้อมูลอื่น ๆ ในการนำร่อง ต่อมาได้มีการแก้ไข NMEA 0180 ใหม่ ให้มีประโยชน์และใช้ได้อย่างกว้างขวางขึ้น นั่นก็คือ มาตรฐาน NMEA 0183 ที่ได้ใช้กับอุปกรณ์ทั้งหมดในปัจจุบันนี้

มาตรฐาน NMEA 0183 เป็นชื่อเรียกสำหรับการติดต่อสื่อสารข้อมูลในรูปแบบ Statement ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบซึ่งจะกล่าวต่อไป

พารามิเตอร์ของ NMEA 0183

- ในการส่งข้อมูล 1 byte จะประกอบไปด้วย 7 บิท ASCII ใน 8 บิท โดย MSB จะเป็น 0
- มี start bit และ stop bit
- ไม่มี parity bit
- มี Baud rate = 4800 bps

ภาษาของ NMEA 0183 ถึงแม้จะมีมากแต่ก็ยากที่จะเข้าใจ โดยแต่ละประโยคจะเริ่มต้นด้วย S และสิ้นสุดด้วยการขึ้นบรรทัดใหม่ <CR> <LF> ในแต่ละประโยคมีความยาวได้มากที่สุด 80 ตัวอักษร ระหว่างเริ่มต้นและสิ้นสุดของประโยคเป็นข้อมูล (field of date) แต่ละข้อมูลจะถูกแยกจากกันด้วยเครื่องหมาย “,”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลชุดแรกของทุก ๆ ประโยค (field 0) เริ่มด้วย 2 ตัวอักษรที่แสดงถึงอุปกรณ์ที่ส่งข้อมูลมา (talker) ตามด้วย 3 ตัวอักษรที่แสดงว่าใช้รูปแบบประโยคและตามด้วยข้อมูลที่ต่างกันไปตามรูปแบบประโยค

ตัวอย่างของ 2 ตัวอักษรที่แสดงถึงอุปกรณ์ที่ส่งข้อมูลมา

LC	Loran-C
GP	GPS
TR	Transit SATNAV
AP	Autopilot
HC	Magnetic Heading Compass
RA	Rader

2.8.1 รูปแบบประโยคตามมาตรฐานพอสังเขป

GLL - Geographic Position, Latitude/Longtitude

แสดงตำแหน่งของละติจูด ลองติจูด และเวลา

$-GLL,lll.ll,a,yyy-yy,b,hhmmss.ss

lll.ll	=	ตำแหน่งละติจูด latitude of position
a	=	N or S
yyy.yy	=	ตำแหน่งลองติจูด Longtitude of position
b	=	E or W
hhmmss	=	ตำแหน่งของ UTC (UTC of position)

GGA - Global Position System Fix Data

แสดงเวลา ตำแหน่ง และข้อมูลคงที่ต่าง ๆ สำหรับเครื่องรับจีพีเอส

$-GGA,hhmmss.ss.lll.ll,a,yyy-yy,b,x,xx,x.x,x.x,x.x,M,x.x,M,x.x,xxxx

lll.ll	=	ตำแหน่งละติจูด Latitude of position
a	=	N or S
yyy.yy	=	ตำแหน่งลองติจูด Longtitude of position
b	=	E or W
hhmmss	=	ตำแหน่งของ UTC (UTC of position)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

x	=	ชี้บ่งบอกคุณภาพของ GPS (0 = no fix, 1 = GPS fix, 2 = Dif.GPS fix)
xx	=	จำนวนของดาวเทียมที่ใช้
x.x	=	ความเที่ยงตรงในแนวนอน
x.x	=	ระยะความสูงของสายอากาศเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง
M	=	หน่วยความสูงของสายอากาศ (เมตร)
x.x	=	Geoidal separation
M	=	หน่วยของ Geoidal separation
x.x	=	อายุของข้อมูลดิฟเฟอเรนเชียล จีพีเอส (วินาที)
xxxx	=	address ของดิฟเฟอเรนเชียล จีพีเอส

STN - Multiple Data ID

ประโยคจะถูกส่งก่อนประโยคอื่น ๆ ที่เครื่องรับต้องการเพื่อกำหนดแหล่งที่ถูกต้องของข้อมูลในระบบ

$-STN, xx

xx	=	address ของเครื่องที่ส่งข้อมูลมา

TRF - TRANSIT Fix Data

แสดงเวลา, วัน, ตำแหน่ง และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเดินทาง

$-TRF,hhmmss.ss, xxxxxx, lll.ll, a, yyy.yy, b, x.x, x.x, x.x, x.x, x.x

lll.ll	=	ตำแหน่งละติจูด latitude of position
a	=	No or S
yyy.yy	=	ตำแหน่งลองติจูด Longtitude of position
b	=	E or W
hhmmss.ss	=	ตำแหน่งของ UTC (UTC of position)
xxxxxx	=	Data : dd/mm/yy
x.x	=	มุมเงย
x.x	=	จำนวนของการย้ำ
x.x	=	Number of Doppler intervals
x.x	=	ระยะทางที่ทันสมัย (Update distance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

x.x = address ของดาวเทียม

VRW - Dual Ground / water speed

แสดงข้อมูลความเร็วของคลื่น และความเร็วพื้นฐาน

$-VBM, x.x, x.x, A, x.x, x.x, A

x.x = longitudianl water speed (knots)

x.x = Transvers water speed (knots)

A = Status : Water speed

x.x = Longitudinal ground speed (knots)

x.x = Transverse ground speed (knots)

A = Status : ground speed

ZDA - Time & Date

แสดงเวลา UTC, วัน, เดือน, ปี และเวลาท้องถิ่นในแต่ละเขต

$-ZDA, hhmmss.ss, xx, xx, xxxx, xx, xx

hhmmss.ss = ตำแหน่งของ TUC

xx = วัน, 01 ถึง 31

xx = เดือน, 01 ถึง 12

xxxx = ปี

xx = เวลาเขตท้องถิ่น, 00 ถึง +/- 13 ชั่วโมง

xx = เวลาเขตท้องถิ่น, นาที

VTG - Trac Made Good and Ground Speed

แสดงเส้นทางที่เป็นจริงและความเร็วที่สัมพันธ์กับพื้น

$-VTG, x.x, T, x.x, M, x.x, N, x.x, K

x.x, T = Track (degrees True)

x.x, M = Track (dgrees Magnetic)

x.x, N = speed (knots)

x.x, K = speed (Km/hr)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของประโยคที่ได้กล่าวมานี้เป็นเพียงตัวอย่างเท่านั้น แต่ส่วนใหญ่ที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้มีเพียง GGA, GLL, ZDA เป็นต้น ในเครื่องรับแต่ละยี่ห้อ แต่ละรุ่นก็มี output เป็นรูปแบบประโยคที่แตกต่างกันออกไปซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

ตัวอย่างรูปแบบประโยคของ NMEA 0183

field # : 0 1 2 3 4

sentence : $ GPGLL, 4001.74, N, 07409.43, W <CR> <LF>

ประโยคเริ่มต้นด้วย $ ตามด้วย 2 ตัวอักษรที่แสดงถึงเครื่องที่ส่งข้อมูลในที่นี้คือ จีพีเอส (GP) และตามด้วยรหัสรูปแบบของประโยค GLL ที่แสดงตำแหน่งละติจูด ลองติจูด ใน

Field 1 แสดงละติจูด

Field 2 แสดงว่าเหนือหรือใต้

Field 3 แสดงลองติจูด

Field 4 แสดงว่าตะวันออกหรือตะวันตก

จากตัวอย่างสามารถอ่านได้ว่า "จีพีเอสแสดงตำแหน่งในละติจูด/ลองติจูด : 40 องศา 1.74 ลิปดาเหนือ, 74 องศา 9.43 ลิปดาตะวันตก" และสิ้นสุดประโยคด้วยการขึ้นบรรทัดใหม่

เครื่องรับ	เอาท์พุท
Eagle Explorer Ver 1.1, 1.2, 1.3	APB, GLL, RMC, RMB
And Eagle AccuNav	
Eagle Explorer Ver 1.4	APB, GGA, GLL, GSA, GSV, RMC
Garmin-45 (XL) and Garmin GPS-II Plus	BOD, GGA, GLL, GSA, GSV, RMC, RMB, RTE, WKPL
Garmin-12 XL Ver 3.02	GGA, GSA, GSV, RMC, RMB, RTE, WPL
Lowrance Global Map sport	APB, GGA, GLL, GSA, GSV, RMC
Magelian 4000	APA, GLL, BWC, GGA, APB, VTG

ตารางที่ 2.8.1รูปแบบประโยคของเครื่องรับแต่ละกลุ่ม

จากข้อมูลข้างต้นทำให้สามารถทราบว่าเครื่องรับที่มีอยู่นั้นให้ output อะไรบ้าง ทำให้สามารถเลือกประโยคให้เหมาะสมกับที่ต้องการนำไปประยุกต์ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในการติดต่อสื่อสาร

เมื่อมีเครื่องรับ GPS อยู่แล้วต้องการติดต่อกับ computer ต้องใช้สายอนุกรม RS-232 ในเครื่องรับบางรุ่น บางยี่ห้อ จะต้องใช้สายเฉพาะของเครื่องรับนั้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการออกแบบเครื่องรับที่แตกต่างกันเรียกว่าสาย DB-9

ลักษณะของ DB-9

pin 1	nc	
pin 2	Rx	Receive data
pin 3	Tx	transmit data
pin 4	DTR	data terminal ready
pin 5	GND	signal ground
pin 6	nc	
pin 7	nc	
pin 8	nc	
pin 9	RI	ring indicator

การทำการติดต่อโดยรับข้อมูลจากเครื่องรับมายัง computer ทำได้โดย

- สายสัญญาณ NMEA ต่อกับ RS-232 สาย "receive data" (ขาที่ 2 ของ RS-232 แบบ 9 ขา หรือ ขาที่ 3 ของ RS-232 แบบ 25 ขา)

- สาย ground ของ NMEA ต่อกับสายกราวน์ของ RS-232 (ขาที่ 5 ของ RS-232 แบบ 9 ขา หรือขา ที่ 7 ของ RS-232 แบบ 25 ขา)

การทำการติดต่อโดยการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องรับ

- สายสัญญาณ NMEA ต่อกับ RS-232 สาย "transmit data" (ขาที่ 3 ของ RS-232 แบบ 9 ขา หรือ ขาที่ 2 ของ RS-232 แบบ 25 ขา)

- สาย ground NMEA ต่อกับสาย ground ของ RS-232 (ขาที่ 5 ของ RS-232 แบบ 9 ขา หรือ ขาที่ 7 ของ RS-232 แบบ 25 ขา)

- อาจนำสาย RS-232 "data set ready" (DSR ขาที่ 3 ของ RS-232 แบบ 9 ขา) เชื่อมกับ "data terminal ready" (DTR ขาที่ 4 ของ RS-232 แบบ 9 ขา หรือขาที่ 20 ของ RS-232 แบบ 25 ขา) เพื่อให้ DSR อยู่ในสถานะแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 พอร์ตอนุกรมของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟลูดูเพล็กซ์ 1 ชุด (วงจรสื่อสารแบบฟลูดูเพล็กหมายถึง วงจรสื่อสารที่สามารถทำการรับและส่งข้อมูลได้ในลักษณะ 2 ทิศทางได้ในเวลาเดียวกัน) โดยใช้สัญญาณของพอร์ต 3 คือ ขา P 3.0 เป็นขารับข้อมูลเข้าหรือ RxD และขา P3.1 เป็นขาส่งข้อมูลออกหรือ TxD โดยวงจรสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 จะใช้ในการติดต่อสื่อสารกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ โดยใช้มาตรฐาน RS-232 แต่ในปัจจุบันสามารถติดต่อกันในมาตรฐาน RS-422 หรือ RS-485 ได้แล้ว

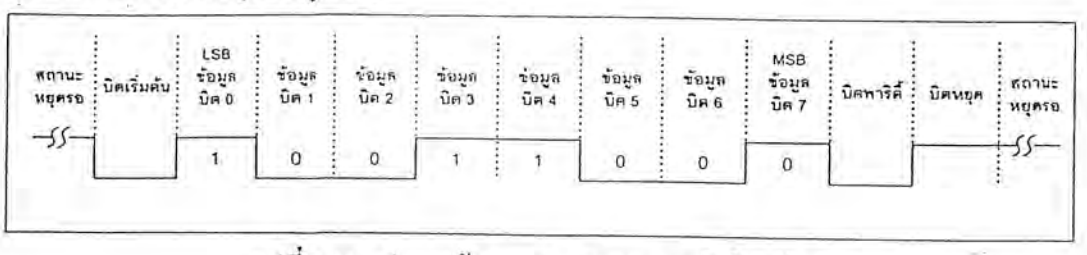
การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับและส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วยแต่จะใช้การกำหนดค่าอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากันซึ่งเรียกอัตราเร็วนี้ว่า อัตราบอด หรือ บอดเรต (baud rate) มีหน่วยเป็นบิทต่อวินาที (bit per second : bps)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (start bit) มีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรม มีขนาด 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (parity bit)มีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (stop bit)มีขนาด 1 บิต

รูปที่ 2.23 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัสเมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขา DATA จะมีสถานะลอจิก "1" เรียกสถานะนี้ว่า สถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขาDATA มีลอจิก"0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิตเรียกบิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น (start bit) จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดหรือบิต LSB ก่อนซึ่งข้อมูลที่ต้องการส่งมีจำนวน 8 บิต จากนั้นตามด้วยบิตพาริตี้ (parity bit) ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูลบิตสุดท้ายที่จะส่งคือ บิตปิดท้าย หรือ บิตหยุด(stop bit) โดยจะเป็นการทำให้ขา DATA มีสถานะลอจิก"1" อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต,1.5บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว



รูปที่ 2.33 รูปแบบข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสหรืออัตราบอดหรือบอดเรตที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 มีด้วยกันหลายค่า ตั้งแต่ 110 ถึง 19,200 บิตต่อวินาที โดยมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ เนื่องจากอัตราบอดคือค่าของจำนวนบิตที่สามารถส่งไปได้ใน 1 วินาที สมมติว่าข้อมูลอนุกรมมีขนาด 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้บิต มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูล 1 ไบต์จะมีความยาวเท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9,600 บิตต่อวินาที ก็จะสามรถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที

การตรวจสอบพาริตี้บิตสามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่(odd),แบบคู่(even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้ พาริตี้คี่หรือพาริตี้คู่แสดงถึงจำนวนลอจิก"1" ทั้งหมดภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์รวมพาริตี้ว่ามีจำนวนเป็นเลขคู่หรือเลขคี่ ยกตัวอย่าง ข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต มีค่าเท่ากับ 99H หรือ 10011001B จะเห็นได้ว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก"1" จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ดังนั้นถ้ากำหนดพาริตี้บิตเป็นคู่ค่าของพาริตี้จะต้องมีลอจิกเป็น "0" แต่ถ้ากำหนดพาริตี้เป็นคี่ค่าของพาริตี้จะต้องเป็น"1" เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งพาริตี้เป็นคี่

พาริตี้ถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter : เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูลอนุกรม) ซึ่งทางทางภาครับต้องกำหนดการตรวจสอบพาริตี้ที่ตรงกันเอาไว้ว่าจะตรวจสอบพาริตี้คี่หรือคู่ จากนั้นภาครับของUART จะทำการตรวจสอบค่าพาริตี้ที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือเป็นคี่โดยกรนับจำนวนลอจิก"1" ทั้งหมดรวมทั้งพาริตี้ด้วย ถ้ากำหนดพาริตี้ไว้เป็นคู่แต่อ่านค่าตัวเลขในการนับออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ใช้ทราบกระบวนการดังกล่าวเป็นวิธีการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการรับส่งข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่มันสามารถตรวจสอบได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการรับส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผลสำหรับการตั้งพาริตี้เป็น NONE นั้นทางภาครับและภาคส่งจะไม่มีการตรวจสอบพาริตี้

2.9.1 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอนุกรมใน MCS-51

ในการทำงานของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ตัวดังนี้

2.9.1.1 รีจีสเตอร์บัฟเฟอร์ของพอร์ตอนุกรมหรือ SBUF (Serial data buffer register)

มีแอดเดรสอยู่ที่ 99H ในพื้นที่ของรีจีสเตอร์ฟังชั่นพิเศษหรือ SFR มีขนาด 8 บิต แบ่งเป็น 2 ส่วนคือรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล (transmit buffer register) และรับข้อมูล (receiver buffer register) เมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจีเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งต่อไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล เพื่อส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา Txd หรือขา P 3.1 ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจีเตอร์ SBUFF ข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเพื่อส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป สำหรับการรับส่งข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านมาทางขา RxD หรือ P3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

2.9.1.2 รีจีสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมหรือSCON (Serial Control Register)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 98H ในพื้นที่ของรีจีสเตอร์SFR สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิตมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

SMO-SM1 (Serial port mode bit 0-1) : ใช้ในการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

SM2 : ใช้ในการเอ็นเอเบิลการสื่อสารแบบมัลติโปรเซสเซอร์ (multiprocessor)ในการทำงานของโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ถ้าบิตนี้เป็น "1" บิต RI จะไม่แอกตีฟถ้าบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาเป็น "0" (ข้อมูลบิตที่ 9 เก็บไว้ที่บิต RB8) ในการทำงานโหมด 1 ถ้าบิตนี้เซต บิต RI จะไม่แอกตีฟถ้ายังไม่ได้รับบิตหยุด ส่วนในโหมด 0 บิตนี้จะไม่มีการใช้งาน

REN (Enable serial reception) : ใช้ในการเอ็นเอเบิลการรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรม ทำการเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟแวร์ ถ้าต้องการให้มีการรับข้อมูลต้องเซตบิตนี้ให้เป็น "1"

TB8 : ใช้ในการเก็บข้อมูลบิตที่ 9 ที่ต้องการส่งออกไปในการทำงานโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟแวร์

RB8 : ใช้ในการรับข้อมูลบิตที่ 9 ที่เข้ามาในการทำงานโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แต่ถ้าหากพอร์ตอนุกรมทำงานอยู่ในโหมด 1 และบิต SM2 เป็น "0" ข้อมูลที่บิต RB8 คือข้อมูลของบิตหยุด(stop bit) สำหรับในการทำงานโหมด 0 บิตนี้จะไม่ใช้งาน บิต RB8 นี้สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟแวร์

TI (Transmit Interrupt flag) : ใช้ในการแสดงการเกิดอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการส่งข้อมูลออกจากพอร์ตอนุกรมของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51สามารถเซตได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์เมื่อทำการส่งข้อมูลบิตที่ 8 ไปเรียบร้อยแล้วในการทำงานโหมด 0 ส่วนในการทำงานโหมดอื่นบิตนี้จะเซตเมื่อมีการเริ่มต้นส่งบิตหยุดออกไปการเคลียร์บิตนี้ต้องใช้กระบวนการทางซอฟแวร์เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RI (Receive Interrupt flag) : ใช้แสดงการเกิดอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการรับข้อมูลเข้าสู่พอร์ตอนุกรม สามารถเซตได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์เมื่อทำการรับข้อมูลบิตที่ 8 เรียบร้อยแล้วในการทำงานโหมด 0 ส่วนในการทำงานโหมดอื่น บิตนี้จะเซตเมื่อสารมารถรับบิตหยุดของข้อมูลอนุกรมไปได้ครึ่งทางแล้วยกเว้นในกรณีที่บิต SM2 มีการเซต บิตนี้จะเซตได้ก็ต่อเมื่อการรับบิตหยุดหรือบิตที่ 9 เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้วการเคลียร์บิตนี้ต้องใช้กระบวนการทางซอฟแวร์เท่านั้น

2.9.2 โหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมใน MCS-51

พอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถเลือกการทำงานได้ถึง 4 โหมดคือ

1. โหมด 0 เป็นการกำหนดให้พอร์ตอนุกรมทำงานในลักษณะชิฟต์รีจิสเตอร์
2. โหมด 1 เป็นการกำหนดให้เป็น UART ขนาด 8 บิต สามารถเลือกอัตราบอดได้
3. โหมด 2 เป็นการกำหนดให้เป็น UARTขนาด 9 บิต โดยมีอัตราบอดคงที่
4. โหมด 3 เป็นการกำหนดให้เป็น UARTขนาด 9 บิตสามารถเลือกอัตราบอดได้

การเลือกโหมดทำได้ด้วยการกำหนดข้อมูลให้แก่บิต SM0 และ SM1 ในรีจิสเตอร์ SCON

2.9.2.1 การทำงานในโหมด 0 ของวงจรพอร์ตอนุกรม

มีไดอะแกรมการทำงานและไดอะแกรมเวลาแสดงในรูป 2.34 ข้อมูลอนุกรมจะผ่านเข้าและออกทางขา RxD ส่วนขาTxD ทำหน้าที่เป็นสัญญาณนาฬิกาของการเลื่อนข้อมูล (shift clock) ในโหมดนี้มีจำนวนข้อมูล 8 บิต โดยทำการรับและส่งข้อมูลในบิต LSB ก่อน อัตราในการรับส่งข้อมูลหรืออัตราบอดถูกกำหนดไว้คงที่ที่ 1/12 ของความถี่สัญญาณนาฬิกา

เริ่มต้นการส่งข้อมูลด้วยการเขียนข้อมูลที่ต้องการส่งมายังรีจิสเตอร์ SBUF สัญญาณเขียนข้อมูล SBUF แอกตีฟเป็น "1" ที่เสตต 6 เฟส 2 (S6P2) ของแมชีนไซเคิล ส่งมายังวงจรควบคุมการส่ง(TX control) ทำให้วงจรควบคุมเริ่มต้นส่งข้อมูล สัญญาณ SEND จะแอกตีฟเป็น "1 " ตลอดการส่งข้อมูล

ข้อมูลจากรีจิสเตอร์ SBUF จะถูกเลื่อนออกที่ขา P3.0หรือขาRxD ครั้งละบิตตามจังหวะของสัญญาณนาฬิกาที่ส่งออกมาทางขา P3.1หรือขาTxD โดยสัญญาณนาฬิกาของการเลื่อนข้อมูลจะมีขอบขาลงของสัญญาณที่สเตต 3 เฟส และมีขอบขาขึ้นของสัญญาณที่สเตต 6 เฟส 1 ของแต่ละแมชีนไซเคิลในกระบวนการส่งข้อมูลจนกระทั่งเมื่อส่งข้อมูลครบ 8 บิตแล้ว บิต TI ในรีจิสเตอร์ SCON จะเกิดการเซตเป็นการแจ้งให้ทราบว่าส่งข้อมูลครบแล้วหากทำการอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรมได้รับการเอ็นเอเบิลไว้ก็จะเกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้นในระบบเมื่อเสร็จสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการรับข้อมูล สัญญาณ SEND จะกลายเป็น "0" จนกว่าจะเริ่มต้นกระบวนการรับข้อมูลใหม่

ในกระบวนการรับข้อมูลเริ่มต้นด้วยการเซต REN ให้เป็น "1" และเคลียร์บิต RI ในรีจีสเตอร์ SCON ก่อนที่สเตต 6 เฟส 2 ของแมชีนไซเคิลถัดไป วงจรควบคุมการรับ (RX Control) จะทำการเขียนข้อมูล11111110ไปยังชิฟรีจีสเตอร์สำหรับรับข้อมูลและทำการแอกตีฟสัญญาณ RECEIVE ให้เป็น"1" ในสัญญาณนาฬิกาลูกถัดไป

เมื่อสัญญาณ RECRIVE แอกตีฟก็จะเกิดการส่งสัญญาณนาฬิกาของการเลื่อนข้อมูล(Shift Clock) ขึ้นผ่านทางขา P3.1 หรือ TxD เพื่อทำการกำหนดจังหวะการรับข้อมูลครั้งละบิต โดยสัญญาณนาฬิกานี้จะเกิดขึ้นในช่วงสเตต 3 เฟส 1 ถึงสเตต 6 เฟส 1 ของแต่ละแมชีนไซเคิล การรับข้อมูลเข้ามาทางขา P3.0 หรือRxD จะเกิดขึ้นที่สเตต 5 เฟส 2 ในแมชีนไซเคิลเดียวกับสัญญาณนาฬิกาของการเลื่อนข้อมูลจนกระทั่งรับข้อมูลครบทั้ง 8 บิต บิต RI จะได้รับการเซตเพื่อแจ้งการเสร็จสิ้นกระบวนการรับข้อมูล หากการอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรมได้รับการเอ็นเอเบิลไว้ก็จะเกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้นในระบบ เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการรับข้อมูลสัญญาณ RECEIVE จะกลายเป็น "0" จนกว่าจะเริ่มต้นกระบวนการรับข้อมูลใหม่

การทำงานในโหมดนี้ของพอร์ตอนุกรมพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะใช้ในการเชื่อมต่อกับไอซีรีจีสเตอร์ภายนอกเพื่อทำการขยายจำนวนพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุต แต่ไม่เป็นที่นิยมใช้งานมากนักเนื่องจากในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เองมีพอร์ตอยู่ค่อนข้างมาก และติดต่อกับพอร์ตเหล่านั้นได้ง่ายและเร็วมากกว่า

2.9.2.2 การทำงานในโหมด 1 ของวงจรพอร์ตอนุกรม

มีไดอะแกรมแสดงในรูปที่ 2.35 ในโหมดนี้ใช้ในการรับส่งข้อมูลรวม 10 บิต โดยส่งข้อมูลออกทางขา P3.1 หรือ TxD และรับข้อมูลเข้าทางขา P3.0 หรือ RxD ข้อมูลทั้ง 10 บิต ประกอบด้วย บิตเริ่มต้น (มีค่าเป็น "0") 1 บิต บิตข้อมูล 8 บิต โดยรับหรือส่งข้อมูลในบิต LSB ก่อน และบิตหยุดหรือบิตปิดท้าย (มีค่าเป็น"1") ในการรับข้อมูลบิตหยุดจะถูกเก็บไว้ในบิต RB8 ใน รีจีสเตอร์ SCON อัตราบอดในโหมดนี้ได้รับการกำหนดโดยอัตราการเกิดโอเวอร์โฟลวของบไทเมอร์ 1 ใน AT89C51 ส่วนในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx สามารถเลือกใช้อัตราการเกิดโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์ 1 หรือ ไทเมอร์ 2 ในการกำหนดอัตราบอดได้

กระบวนการส่งข้อมูลเริ่มต้นด้วยการแอกตีฟสัญญาณเขียนข้อมูลมายังรีจีสเตอร์ SBUF ส่งมายังวงจรควบคุมการส่ง (TX CONTROL) จากนั้นวงจรควบคุมจะทำการแอกตีฟสัญญาณ SEND ที่สเตต 1 เฟส 1 ของแมชีนไซเคิลต่อมา โดยสัญญาณ SEND จะเป็น "0" ตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

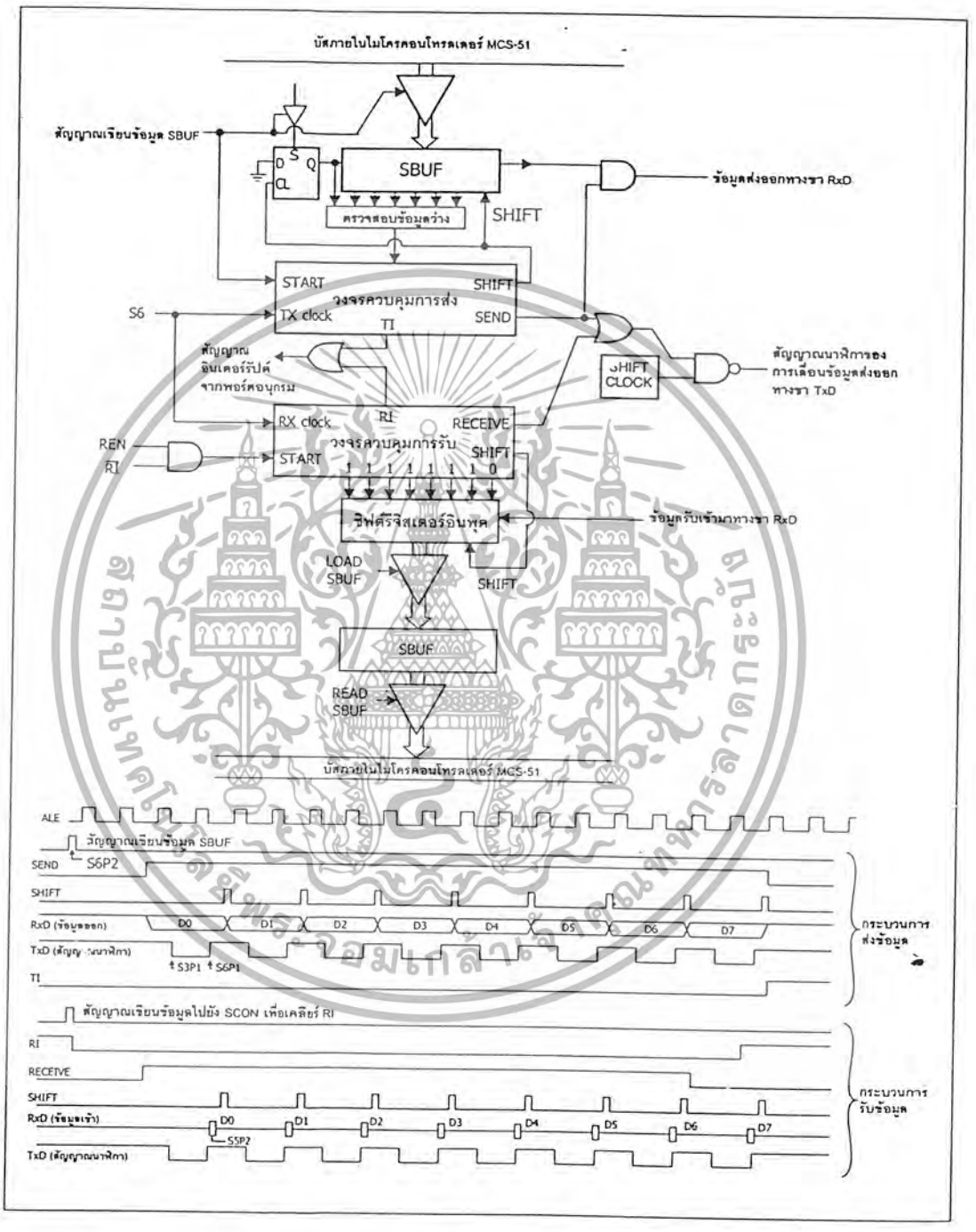
การส่งข้อมูล เมื่อสัญญาณ SEND แอกตีฟ จะทำการส่งบิตเริ่มต้นก่อนเป็นบิตแรก โดยมีคาบเวลาของบิตเริ่มต้นเท่ากับ 1 แมชีนไซเคิลจากนั้นตามด้วยการส่งบิตข้อมูล 8 บิต เรียงลำดับจากบิต LSB โดยข้อมูลที่ทำการส่งถูกเรียกออกมาจากรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับการส่งข้อมูลในทุกๆบิตข้อมูลที่ทำการส่งออกไปจะเกิดสัญญาณพัลส์ SHIFE ขึ้น เพื่อให้เรียกข้อมูลในแต่ละบิตจากรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์การกำหนดจังหวะการส่งข้อมูลใช้สัญญาณนาฬิกาการส่ง(TX clock) เป็นตัวกำหนด โดยสัญญาณนาฬิกาที่ได้มาจากการหารสัญญาณTCLK จากไทเมอร์ 1 ด้วย 16 หลังจากการส่งบิตข้อมูลก็จะทำการส่งบิตหยุดหรือบิตปิดท้าย 1 บิตดังนั้นการส่งข้อมูลจะใช้สัญญาณนาฬิกาทั้งหมด 10 ลูก เมื่อทำการส่งข้อมูลครบเรียบร้อยแล้ว จะทำการเซตบิต TI ในรีจีสเตอร์ SCON หากการอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรมได้รับการเอ็นเอเบิลไว้ก็จะเกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้นในระบบ หลังจากที่ทำการบริการอินเตอร์รัปต์หรือส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการเคลียร์บิต TI ก่อนเป็นอันดับแรก เพื่อให้การรับส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรมดำเนินต่อไปได้

ด้านการรับข้อมูลจะทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจาก "1" เป็น "0" ที่ขา RxD โดยใช้อัตราการสุ่มเท่ากับ 1/16 เท่าของอัตราบอด เมื่อตรวจจับพบ ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ที่ใช้ในการกำหนดอัตราบอดจะรีเซตและทำการเขียนข้อมูล 1FHH ไปยังชิฟรีจีสเตอร์ ข้อมูลจะเริ่มเดินทางเข้าสู่พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านทางขา RxD ในการตีความว่าบิตที่เข้ามาเป็น "0" หรือ "1" จะใช้ผลการสุ่มข้างมาก โดยบิตของข้อมูลที่เข้ามาได้รับการแบ่งออกเป็น 16 สเตต การสุ่มข้อมูลจะทำการสุ่มสเตตที่ 7,8 และ 9 หาก 2 ใน 3 ของการสุ่มพบว่าข้อมูลเป็นลอจิกใด จะตีความข้อมูลในบิตนั้นเป็นตามเสียงข้างมาก ยกตัวอย่าง สุ่มพบลอจิก "1" 2 ใน 3 ครั้ง จะตีความว่าบิตของข้อมูลที่ได้รับนั้นเป็น "1"

ลำดับของการรับข้อมูลมีลักษณะเดียวกับการส่งข้อมูลคือ เริ่มด้วยบิตเริ่มต้นก่อน ตามด้วยบิตข้อมูลและบิตปิดท้าย ในทุกๆการรับข้อมูลได้ 1 บิต จะมีพัลส์SHIFE เกิดขึ้น เพื่อทำการเลื่อนข้อมูลเข้าสู่รีจีสเตอร์บัฟเฟอร์การรับข้อมูล การกำหนดจังหวะการรับข้อมูลใช้สัญญาณนาฬิกาการรับข้อมูล (RX clock) หลังจากสัญญาณนาฬิกาลูกสุดท้าย อันหมายถึงการรับข้อมูลได้ครบแล้ว วงจรควบคุมการรับข้อมูลจะทำการส่งข้อมูล จากรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์ไปยังรีจีสเตอร์ SBUF และบิต RB8 ในรีจีสเตอร์SCON โดยข้อมูลในบิตRBก็คือข้อมูลของบิตหยุด นั่นเอง พร้อมกันนั้นยังทำการเซตบิต RIใน รีจีสเตอร์ SCON ด้วย หากการอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรมได้รับการเอ็นเอเบิลไว้ ก็จะเกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้นในระบบ หลังการบริการอินเตอร์รัปต์หรือรับข้อมูลเรียบร้อยแล้วต้องทำการเคลียร์บิต RI ก่อน เพื่อให้การรับส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรมดำเนินต่อไปได้

การทำงานโหมดนี้ได้รับความนิยมสูงสุดเนื่องจากมีกระบวนการที่ไม่ซับซ้อนและสามารถทำการรับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.34 ไดอะแกรมการทำงานในโหมด 0 ของพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2.3 การทำงานในโหมด 2 และ 3 ของวงจรพอร์ตอนุกรม

ในทั้งสองโหมดนี้จะใช้รูปแบบข้อมูลรวม 11 บิต ประกอบด้วยบิตเริ่มต้น มีค่าเป็น "0" จำนวน 1 บิต,บิตข้อมูล 8 บิต โดยทำการรับและส่งบิต LSB ก่อน , บิตข้อมูลที่ 9 และบิตปิดท้ายมีค่าเป็น "1" จำนวน 1 บิต ในการส่งข้อมูล ข้อมูลบิตที่ 9 จะได้รับการเก็บไว้ในบิต TB8 ในรีจีสเตอร์ SCON และในการรับข้อมูล ข้อมูลบิตที่ 9 จะนำไปเก็บไว้ในบิต RB8 ในรีจีสเตอร์ SCON สำหรับอัตราบอดในโหมด 2 จะคงที่โดยเลือกได้ 2 ค่าคือ 1/32 หรือ 1/64 ของความถี่สัญญาณนาฬิกา สำหรับในโหมด 3 อัตราบอดสามารถปรับได้เหมือนกับในโหมด 1

ในรูปที่ 2.36 และ 2.37 เป็นไดอะแกรมการทำงานและไดอะแกรมของการทำงานในโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมการทำงานโดยรวมจะคล้ายกับการทำงานในโหมด 1 ส่วนที่แตกต่างกันคือจำนวนบิตของข้อมูลที่อยู่ในโหมด 2 และ 3 จะมีเพิ่มมาอีก 1 บิต โดยส่วนใหญ่จะใช้เป็นบิตตรวจสอบพาริตี้

2.9.3 อัตราบอดของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โหมด 0 อัตราบอดของโหมดนี้มีค่าคงที่โดยสามารถคำนวณได้จากสูตร

อัตราบอดในโหมด 0 = ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา /12 หน่วยเป็นบิตต่อวินาที

โหมด 1 และ 3

เนื่องจากทั้งสองโหมดนี้สามารถเลือกแหล่งกำเนิดอัตราบอดได้ 2 แหล่งคือ จากอัตราโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์ 1 และ 2 สำหรับอัตราบอดเมื่อใช้การโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์ 1 จะต้องใช้ค่าของบิต SMOD ในรีจีสเตอร์ PCON มาพิจารณาประกอบด้วย สามารถคำนวณอัตราบอดได้จาก

$$\text{อัตราบอด} = (2^{\text{ค่าของบิต SMOD}}/32) \times \text{อัตราโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์ 1}$$

ถ้าหากในไทเมอร์ 1 ไม่ได้เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์ไว้ สามารถคำนวณอัตราบอดได้จาก

$$\text{อัตราบอด} = (2^{\text{ค่าในรีจีสเตอร์ SMOD}}/32) \times (\text{ความถี่สัญญาณนาฬิกา}/\{12 \times [256-(TH1)]\})$$

ในตารางที่ 2.38 แสดงการกำหนดอัตราบอดโดยใช้ไทเมอร์ 1

ในกรณีที่ใช้ไทเมอร์ 2 ในการกำหนดอัตราบอด โดยกำหนดให้ไทเมอร์ 2 ทำงานในโหมดกำเนิดอัตราบอด(baud rate generator)สามารถคำนวณหาอัตราบอดได้จาก

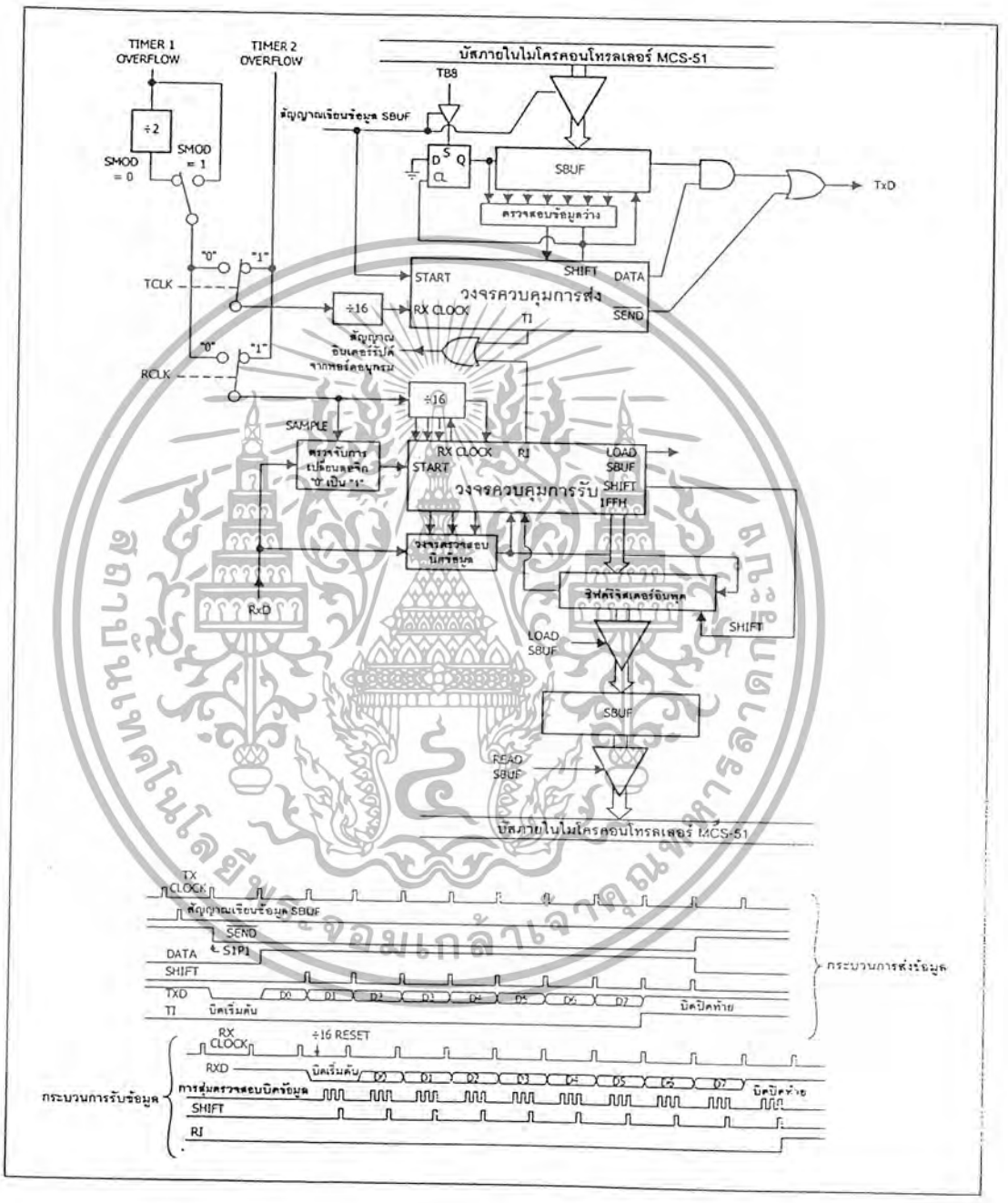
อัตราบอด = อัตราโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์ 2/16 หน่วยเป็นบิตต่อวินาที

ถ้ากำหนดให้ไทเมอร์2 ทำงานในโหมดปกติ สามารถคำนวณหาอัตราบอดได้จาก

อัตราบอด = ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา/(32 x (65536-(RCAP2H,RCAP2L)))

โดยที่ (RCAP2H,RCAP2L) เป็นค่าของรีจิสเตอร์ RCAP2HและRCAP2L มีขนาด 16 บิต ไม่คิดเครื่องหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

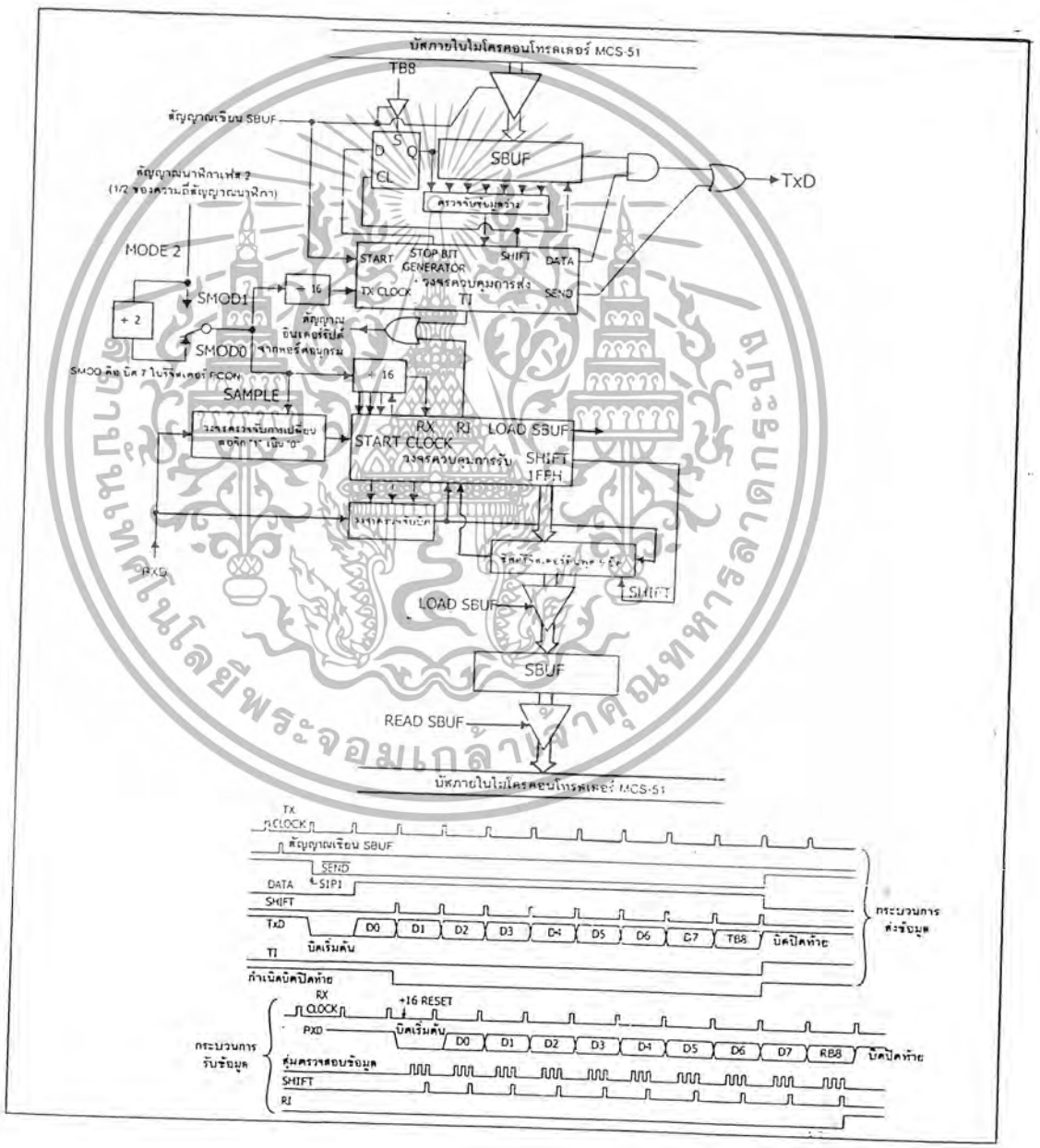


รูปที่ 2.35 ไดอะแกรมการทำงานในโหมด 1 ของพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

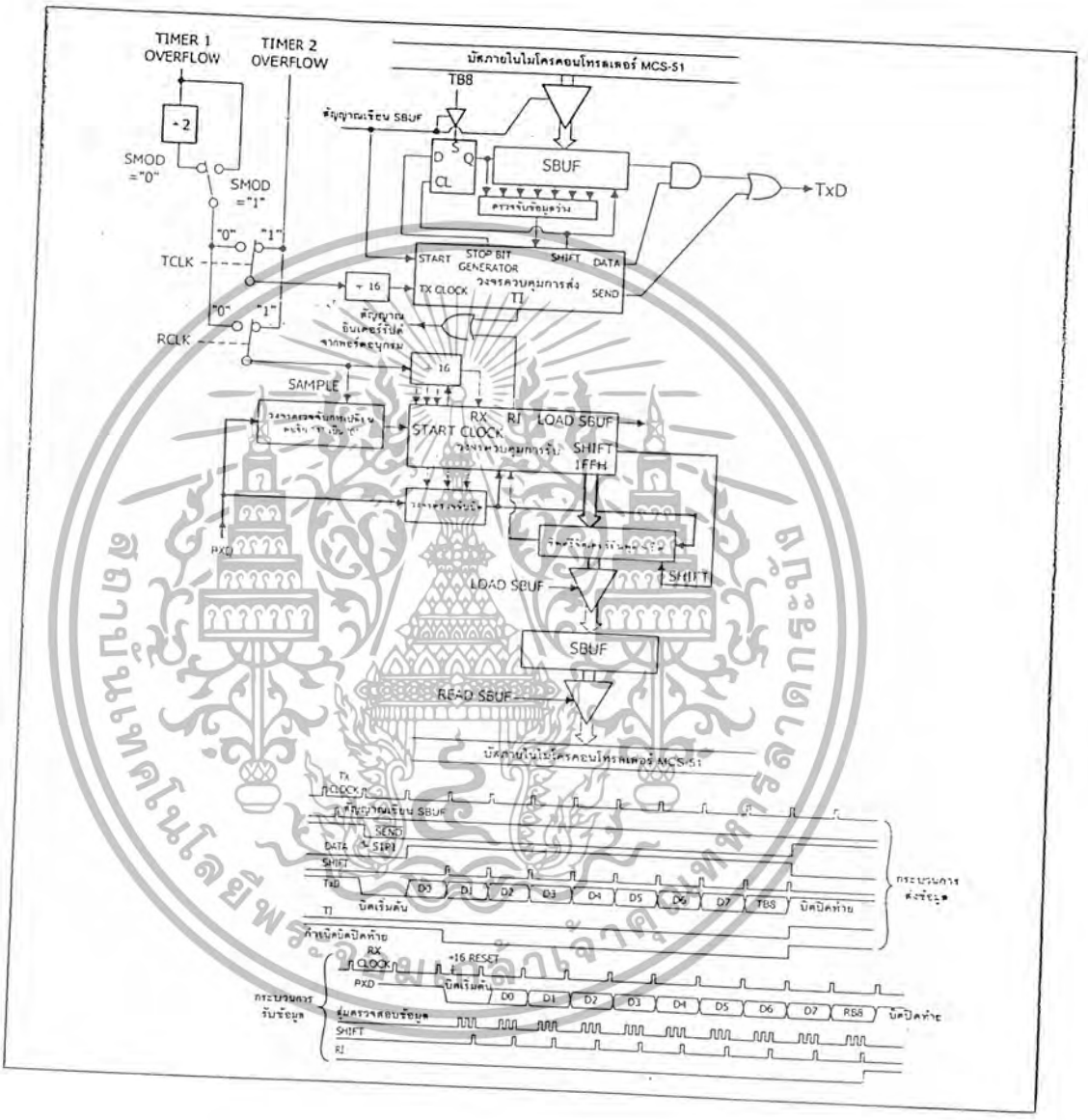
โหมด 2 ในโหมดนี้อัตราบอดจะขึ้นอยู่กับค่าของบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON ถ้า SMOD เป็น "0" อัตราบอดจะเท่ากับ 1-64 ของความถี่สัญญาณนาฬิกา ในกรณีที่ SMOD เป็น "1" อัตราบอดจะเท่ากับ 1-32 ของความถี่ของสัญญาณนาฬิกา สามารถแสดงเป็นสูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

$$\text{อัตราบอด} = (2^{\text{ค่าของบิต SMOD}}/64) \text{ X ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา}$$



รูปที่ 2.36 ไดอะแกรมการทำงานในโหมด 2 ของพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.37 ไดอะแกรมการทำงานในโหมด 3 ของพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.4 การกำหนดค่าของไทเมอร์เพื่อเลือกอัตราบอด

ในการใช้งานพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สิ่งที่ต้องให้ความสนใจมากที่สุดประการหนึ่งคือ อัตราการถ่ายทอดข้อมูลหรืออัตราบอด ซึ่งการกำหนดอัตราบอดนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเป็นหลัก สำหรับโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมที่สามารถเลือกอัตราบอดได้อย่างอิสระคือในโหมด 1 และโหมด 3 โดยกำหนดได้จากอัตราการเกิดโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์ 1 ถ้าหากไทเมอร์ 1 มีการเกิดโอเวอร์โฟลวในอัตราส่วนที่สูงมากเท่าใด อัตราบอดก็จะมีค่าสูงมากขึ้นตาม นั่นหมายความว่า อัตราในการถ่ายทอดข้อมูลจะสูงมาก สามารถถ่ายทอดข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว

ในการใช้ไทเมอร์ 1 เพื่อกำหนดอัตราบอดในโหมด 1 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมจะต้องกำหนดให้ไทเมอร์ 1 ทำงานในโหมด 2 หรือ 8 บิตแบบตั้งค่าการนับอัตโนมัติ และการกำหนดค่ารีดโหลดให้แก่รีจิสเตอร์ TH1 จึงเป็นตัวแปลหลักที่ใช้ในการกำหนดอัตราบอดให้แก่พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เริ่มต้นการเคลียร์บิต SMOD ซึ่งเป็นบิต 7 ของรีจิสเตอร์ PCON ให้เป็น “0” ค่าของการรีโหลดให้แก่ TH1 สามารถคำนวณได้จาก

TH1 = 256-(ค่าความถี่ของคริสตอล/384)/อัตราบอด)

แต่ถ้าบิต SMOD เกิดการเซต จะเป็นการเอ็นเอเบิลการทวีคูณของอัตราบอด ดังนั้นการกำหนดค่าให้แก่ TH1 จึงต้องคำนวณจาก

TH1 = 256-(ค่าความถี่ของคริสตอล/192)/อัตราบอด)

ยกตัวอย่าง ถ้าหากในไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ใช้คริสตอล 11.0592 MHz ต้องการกำหนดอัตราบอดของพอร์ตอนุกรมของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ไว้ที่ 19,200 บิตต่อวินาที ในกรณีที่ไม่เอ็นเอเบิลการทวีคูณของอัตราบอด ค่ารีโหลดของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเท่ากับ

TH1 = 256-(ค่าความถี่ของคริสตอล/384)/อัตราบอด)

= 256-((11052900/384)/19200

= 256-(28800/19200)

= 256-1.5 = 254.5

เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าที่ไม่ใช่จำนวนเต็ม ถ้าหากกำหนดค่าของ TH1 เป็น 254 เมื่อทำการแทนค่าเพื่อคำนวณหาอัตราบอดจะได้เท่ากับ 14,400 บิตต่อวินาที และถ้าหากกำหนดค่าของ TH1 เป็น 255 อัตราบอดจะได้เท่ากับ 28,800 บิตต่อวินาที ดังนั้นจะเห็นได้ค่าของ TH1 ที่ไม่เป็นจำนวนเต็มจะไม่สามารถเกิดอัตราบอดได้ตามที่ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางแก้ไขคือ ทำให้การเอ็นเอเบิลการทวีคูณอัตราบอด โดยการเซตบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON ให้เป็น"1" จากนั้นแทนค่าลงในสมการหาค่า TH1 เมื่อมีการเซตบิต SMODได้ผลดังนี้

TH1 = 256-(ค่าความถี่ของคริสตอล/192)/อัตราบอด)

= 256-(11059200/192)/19200)

= 256-(57600/19200)

= 256-3 = 253

นำค่าของ TH1 ที่ได้ทำการแทนค่าคำนวณหาค่าอัตราบอดจะได้เท่ากับ 19,200 บิตต่อวินาที สามารถสรุปขั้นตอนในการเลือกอัตราบอดโดยการกำหนดค่าไทเมอร์ 1 ได้ดังนี้

อัตราบอด (บิตต่อวินาที : bps)	ความถี่สัญญาณนาฬิกา	SMOD	ไทเมอร์ 1		
			C/T	โหมด	ค่ารีโหลด
โหมด 0 : สูงสุด 1 MHz	12 MHz	X	X	X	X
โหมด 2 : สูงสุด 375K	12 MHz	1	X	X	X
โหมด 1,3 : 62.5K	12 MHz	1	0	2	FFH
19.2K (19,200)	11.0592 MHz	1	0	2	FDH
9.6K (9,600)	11.0592 MHz	0	0	2	FDH
4.8K (4,800)	11.0592 MHz	0	0	2	FAH
2.4K (2,400)	11.0592 MHz	0	0	2	F4H
1.2K (1,200)	11.0592 MHz	0	0	2	E8H
137.5	11.0592 MHz	0	0	2	1DH
110	6 MHz	0	0	2	72H
110	12 MHz	0	0	1	FEEBH

ตารางที่ 2.9.1การเลือกอัตราบอดของวงจรพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.กำหนดให้พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำงานในโหมด 1 หรือ 3

2.กำหนดให้ไทเมอร์ 1 ทำงานในโหมด 2 หรือโหมด 8 บิตตั้งค่าอัตโนมัติ

3.กำหนดข้อมูลให้แก่ TH1 เท่ากับ 253 เพื่อให้สามารถกำหนดอัตราบอดได้ 19,200 บิตต่อวินาที

4.ทำการเซตบิต SMOD ซึ่งเป็นบิต 7 ของรีจิสเตอร์ PCON เพื่อเอ็นเอเบิลการทวีคูณอัตราบอด

2.9.5 การเขียนหรือส่งข้อมูลออกทางพอร์ตอนุกรม

ข้อมูลที่ต้องการส่งออกทุกค่าต้องนำไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ของอนุกรม ซึ่งก็คือรีจิสเตอร์ SBUF ดังตัวอย่าง

```
MOV SBUF,# 'A'
```

จากคำสั่งข้างต้นเป็นการส่งข้อมูลของตัวอักษร A ออกไปยังพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ อย่างไรก็ตามก่อนทำการส่งข้อมูลทุกครั้ง ต้องแน่ใจว่าบิต TI เคลียร์หรือมีค่าเป็น "0" และเมื่อทำการส่งข้อมูลเรียบร้อย ก็จะทำการเซตบิต TI เพื่อแจ้งให้ทราบ ดังตัวอย่างโปรแกรมต่อไปนี้

```
CLR   TI              ; เคลียร์บิต TI เพื่อเตรียมการส่งข้อมูลออก
MOV   SBUF, # 'A'     ; ส่งข้อมูลของอักษร A ไปยังพอร์ตอนุกรม
JNB   TI.$            ;รอการเซตของบิต TI เพื่อแจ้งการส่งข้อมูลที่เสร็จสมบูรณ์
```

2.9.6 การอ่านหรือรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม

การรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมสามารถกระทำได้ง่ายมาก เพียงทำการตรวจสอบว่าบิต RI เกิดการเซตเกิดขึ้นแล้ว ให้ทำการอ่านค่าจากรีจิสเตอร์ SBUF โดยต้องทำการโอนย้ายข้อมูลผ่านทางแอกคิวมูเลเตอร์หรือรีจิสเตอร์ A ดังตัวอย่าง

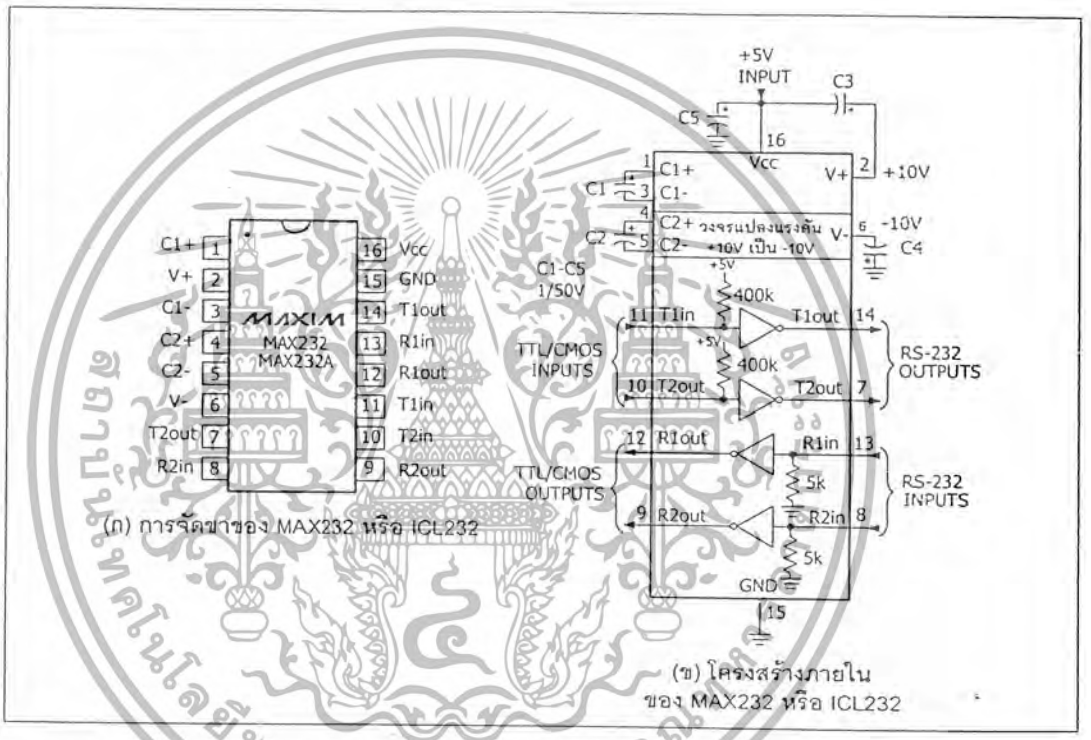
```
CLR   RI   ; เคลียร์บิต TI เพื่อเตรียมการส่งข้อมูลออก
JNB   RI.$ ; รอคอยการเซตบิต RI อันเป็นการแจ้งให้ทราบว่า การรับข้อมูลเสร็จสมบูรณ์และมีข้อมูลเกิดขึ้นที่รีจิสเตอร์ SBUF
MOV   A,SBUF; อ่านค่าจากรีจิสเตอร์ โดยการโอนย้ายข้อมูลผ่านทางรีจิสเตอร์ A
CLR   RI;หลังจากมีการอ่านค่าข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ต้องเคลียร์บิต RI เสมอ
```

2.9.7 การเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์

การใช้งานวงจรพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มักนิยมใช้ในการติดต่อเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมในมาตรฐาน RS-232 เป็นส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

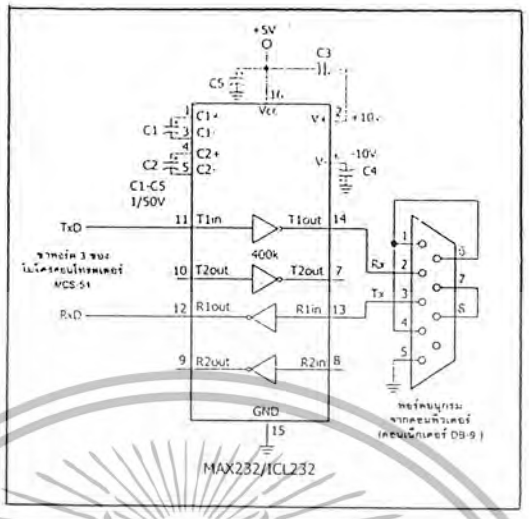
ใหญ่ แต่เนื่องจากระดับสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS-232 มีระดับตั้งแต่ +-3 ถึง +-12 v ในขณะที่ระดับสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 อยู่ในระดับ TTL ดังนั้นจึงไม่สามารถเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 เข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง จึงต้องอาศัยการเชื่อมต่อผ่านไอซีพิเศษที่ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณ



รูปที่ 2.38 รายละเอียดเบื้องต้นของไอซีแปลงสัญญาณเพื่อเชื่อมพอร์ตอนุกรมคอมพิวเตอร์

ไอซีที่ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณนี้ต้องทำการแปลงข้อมูลส่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จากระดับทีทีแอลไปเป็นระดับของ RS-232 และทำการแปลงข้อมูลรับจากคอมพิวเตอร์จากระดับของ RS-232 เป็นระดับทีทีแอลเพื่อให้สามารถถ่ายทอดไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้อย่างสมบูรณ์ ไอซีดังกล่าวมีด้วยกันหลายเบอร์จากหลายผู้ผลิต อาทิ MAX-232 จาก MAXIM หรือ ICL232 จาก HARRIS เป็นต้น ในรูป แสดงการจัดขาของไอซี ICL232 ซึ่งใช้ในการแปลงสัญญาณ RS-232 ส่วนวงจรของการต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แสดงในรูป 2.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



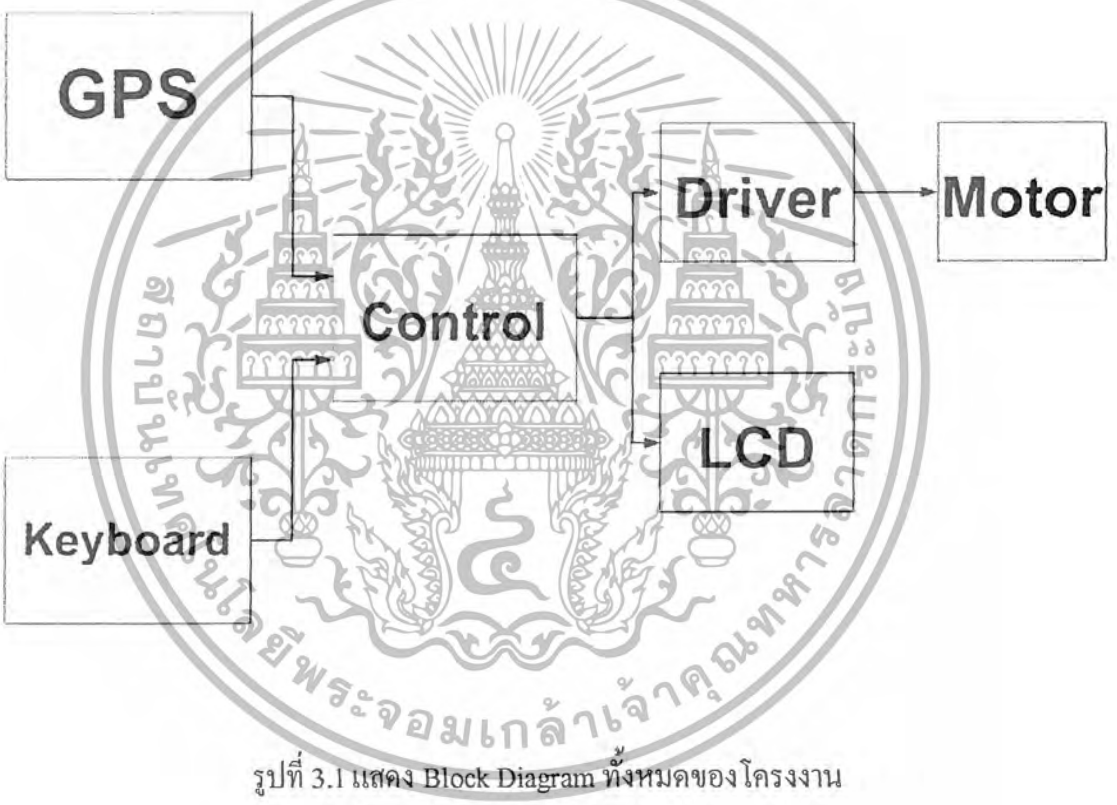
รูปที่ 2.39 วงจรเชื่อมต่อ MAX232 เข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์และ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การสร้างและการออกแบบ

การสร้างนั้นจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วน Hardware และ Software ส่วนของ Hardware จะประกอบด้วยรถและส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และส่วนของ Software จะประกอบด้วยโปรแกรมที่ควบคุมและกำหนดทิศทางของรถ และได้มีการออกแบบส่วนต่างๆดังนี้

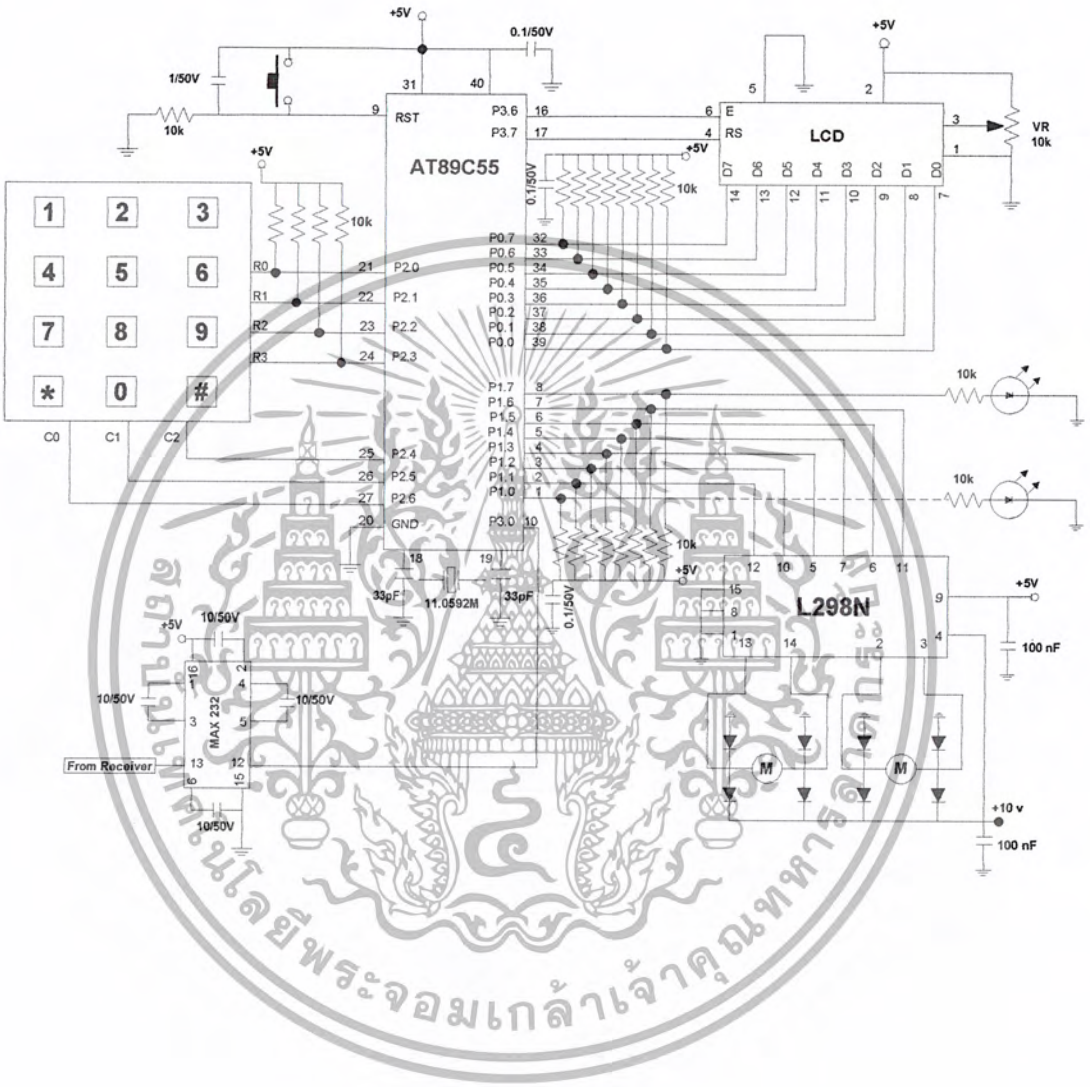
3.1 Block Diagram ของโครงงาน



รูปที่ 3.1 แสดง Block Diagram ทั้งหมดของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วงจรรับค่าข้อมูลจากเครื่องรับจีพีเอสและคีย์บอร์ดแสดงออกผ่าน LCD



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรรวม

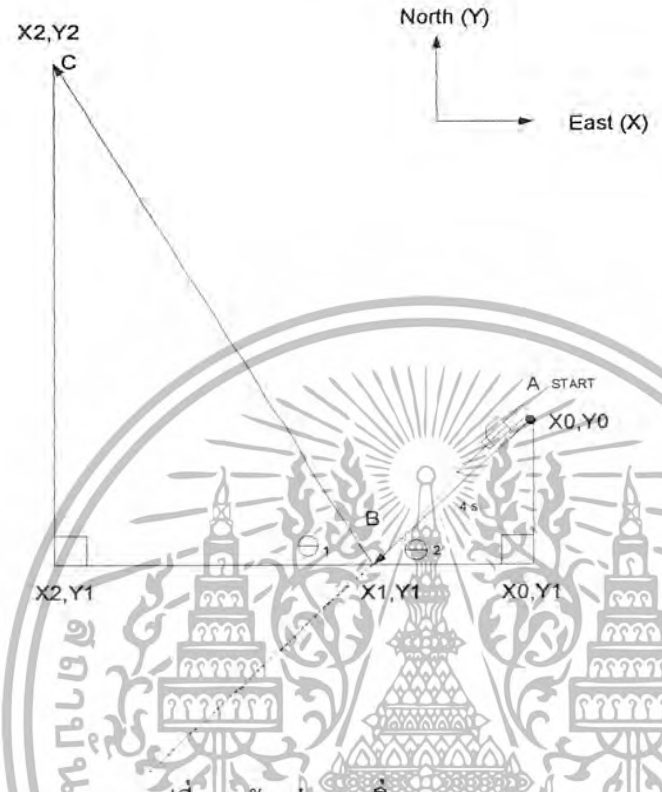
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 Flow Chart แสดงการทำงานของการรับ data จากเครื่องรับ GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 แนวทางในการคำนวณทิศทางรถ



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการวิ่งของรถ

กำหนดให้

X = ทิศ East , Y = ทิศ North

X0,Y0 = จุด start ของรถ

X1,Y1 = จุดที่รถวิ่งตรงไปเป็นระยะทาง 2 เมตร

X2,Y2 = จุดหมายปลายทางที่เรากำหนดให้รถไป

X2,Y1 และ X0,Y1 เป็นจุดสมมุติที่ถูกกำหนดขึ้นทุกครั้งเพื่อสร้างสามเหลี่ยมมุมฉาก

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{|Y_2 - Y_1|}{|X_2 - X_1|}$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{|Y_0 - Y_1|}{|X_0 - X_1|}$$

โดยจะเห็นได้ว่าเมื่อรถวิ่งไป 2 เมตรแล้วจะต้องเลี้ยวขวาเป็นมุม $\theta_1 + \theta_2$

จะได้ Code ของพิกัดตำแหน่งที่รับจากเครื่องรับGPSของกรณีนี้ที่จุด A,B และ C คือ

X2 ,X1, X0 เรียงจากน้อยไปมาก

Y2 ,Y0 ,Y1 เรียงจากมากไปน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำค่าไปเปิดตาราง

จะอ่านได้ว่า 5,4 = N R

N = $\theta_1 + \theta_2$

R = เลี้ยวขวา

<u>จะเห็นได้ว่าตรงกับค่าที่คำนวณ</u>

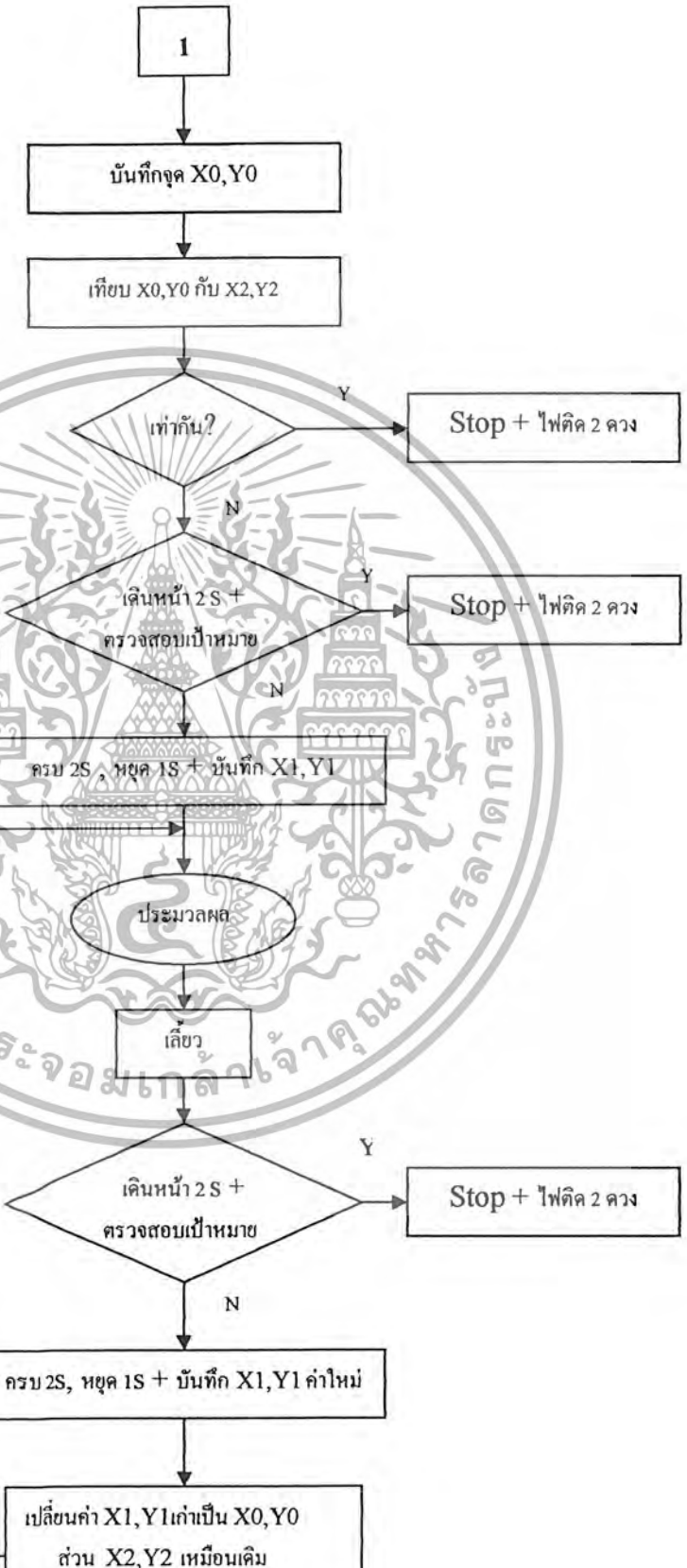
3.5 ลำดับการทำงานของตัวรถ

1. เก็บค่าพิกัดเริ่มต้นของรถไว้ในหน่วยความจำ X0,Y0
2. ป้อนค่าพิกัดเป้าหมายที่ต้องการให้รถไป X2,Y2
3. ให้รถวิ่งตรงไปข้างหน้าเป็นระยะเวลา 2 sec แล้วหยุดเป็นเวลา 1 sec
4. บันทึกค่าพิกัดตำแหน่งที่รถหยุดไว้ในหน่วยความจำ X1 , Y1
5. Microcontroller จะได้รับข้อมูลพิกัดครบทุกตำแหน่ง
6. โปรแกรมจะทำการจำลองจุด X2 ,Y1 และ X0,Y1 เพื่อสร้างสามเหลี่ยมมุมฉากเพื่อหาค่า θ_1 และ θ_2
7. โปรแกรมจะทำการคำนวณและตรวจสอบว่าจะเลี้ยวขวาหรือเลี้ยวซ้ายเป็นมุมเท่าไร
8. ให้รถหมุนหน้าไปยังทิศเป้าหมายและวิ่งตรงเป็นระยะเวลา 2 sec แล้วหยุด 1 sec ในระหว่างที่รถวิ่งโปรแกรมจะทำการตรวจสอบตลอดเวลาว่าถึงจุดพิกัดเป้าหมายหรือยัง
   - ถ้าถึงแล้วให้รถหยุดทันทีและส่งสัญญาณไฟกระพริบ
   - ถ้ายังไม่ถึงก็ให้รถวิ่งให้ครบ 2 sec แล้วจึงหยุด 1 sec แล้วทำการบันทึกค่าพิกัดที่รถหยุดเป็น X1,Y1 และเปลี่ยนจุด X1,Y1 ในครั้งแรกให้เป็น X0,Y0 ส่วน X2,Y2 ก็คงค่าเดิมไว้
10. โปรแกรมจะทำงานวนซ้ำตั้งแต่ข้อ 6 ถึง 8 จนกว่าจะถึงพิกัดเป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 Flow chart

แสดงการเคลื่อนที่ของรถ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การเทียบหาค่ามุม θ_1 และ θ_2 ต่างๆ เมื่อหาค่า Y/X ได้

	TanΘ			TanΘ			TanΘ
Θ	or Y/X		Θ	or Y/X		Θ	or Y/X
1	0.017		31	0.601		61	1.804
2	0.035		32	0.625		62	1.881
3	0.052		33	0.649		63	1.963
4	0.070		34	0.675		64	2.050
5	0.087		35	0.700		65	2.145
6	0.105		36	0.727		66	2.246
7	0.123		37	0.754		67	2.356
8	0.141		38	0.781		68	2.475
9	0.158		39	0.810		69	2.605
10	0.176		40	0.839		70	2.747
11	0.194		41	0.869		71	2.904
12	0.213		42	0.900		72	3.078
13	0.231		43	0.933		73	3.271
14	0.249		44	0.966		74	3.487
15	0.268		45	1.000		75	3.732
16	0.287		46	1.036		76	4.011
17	0.306		47	1.072		77	4.331
18	0.325		48	1.111		78	4.705
19	0.344		49	1.150		79	5.145
20	0.364		50	1.192		80	5.671
21	0.384		51	1.235		81	6.314
22	0.404		52	1.280		82	7.115
23	0.424		53	1.327		83	8.144
24	0.445		54	1.376		84	9.514
25	0.466		55	1.428		85	11.430
26	0.488		56	1.483		86	14.301
27	0.510		57	1.540		87	19.081
28	0.532		58	1.600		88	28.636
29	0.554		59	1.664		89	57.290
30	0.577		60	1.732		90	>57.29

ตารางที่ 3.1 แสดงการเทียบหาค่ามุม θ_1 และ θ_2 ต่างๆ เมื่อหาค่า Y/X ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การเรียงกันของค่า X และ Y ที่เป็นไปได้ซึ่งแทนด้วย Code

การเรียงตำแหน่งของค่า X และ Y มีได้อย่างละ 13 กรณี ดังนั้นกรณีที่สามารถเกิดได้ทั้งหมดมี 13X13 กรณี

3.8.1 การเรียงลำดับของค่า X

	X	X	X	
	min	medium	max	
code	point	point	point	note
0	0	1	2	
1	0	2	1	
2	1	0	2	
3	1	2	0	
4	2	0	1	
5	2	1	0	
6	0,1		2	X0 = X1
7	0		1,2	X1 = X2
8	0,2		1	X0 = X2
9	1		0,2	X0 = X2
10	1,2		0	X1 = X2
11	2		0,1	X0 = X1
12		0,1,2		X0=X1=X2

ตารางที่ 3.2 แสดงการเรียงลำดับของค่า X

3.8.2 การเรียงลำดับของค่า Y

	Y	Y	Y	
	max	medium	min	
code	point	point	point	note
0	0	1	2	
1	0	2	1	
2	1	0	2	
3	1	2	0	
4	2	0	1	
5	2	1	0	
6	0,1		2	Y0 = Y1
7	0		1,2	Y1 = Y2
8	0,2		1	Y0 = Y2
9	1		0,2	Y0 = Y2
10	1,2		0	Y1 = Y2
11	2		0,1	Y0 = Y1
12		0,1,2		Y0=Y1=Y2

ตารางที่ 3.3 แสดงการเรียงลำดับของค่า Y

ตัวอย่างในรูปที่ 3.3 จะเห็นได้ว่า

การเรียงตำแหน่งของ X จากน้อยไปมากคือ X2 , X1 , X0 ตามลำดับ คือ Code ที่ 5

การเรียงตำแหน่งของ Y จากมากไปน้อยคือ Y2 , Y0 , Y1 ตามลำดับ คือ Code ที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะใช้รหัส 5.4 เพื่อนำไปเปิดตารางจะเห็นได้ว่าค่าวิธีที่อ่านได้คือ N R มีความหมายดังที่กล่าวไว้แล้ว

3.9 ตารางที่แสดงสูตรของการเลี้ยวของรถในกรณีต่างๆ

รหัส	วิธี		รหัส	วิธี		รหัส	วิธี
0.0	A+		1.0	A R		2.0	A L
0.1	N L		1.1	F R		2.1	C L
0.2	N R		1.2	B R		2.2	C+
0.3	N R		1.3	F R		2.3	C R
0.4	N L		1.4	B L		2.4	D+
0.5	B+		1.5	A L		2.5	B R
0.6	P R		1.6	E R		2.6	E L
0.7	O L		1.7	D R		2.7	D L
0.8	N L		1.8	C L		2.8	C L
0.9	N R		1.9	B R		2.9	C R
0.10	O R		1.10	D L		2.10	D R
0.11	P L		1.11	E L		2.11	E R
0.12	Q S		1.12	F R		2.12	F R
3.0	B L		4.0	A R		5.0	G+
3.1	F R		4.1	C R		5.1	N R
3.2	B L		4.2	E+		5.2	N L
3.3	F R		4.3	C L		5.3	N L
3.4	B R		4.4	F+		5.4	N R
3.5	A R		4.5	A L		5.5	H+
3.6	E L		4.6	E R		5.6	P L
3.7	D L		4.7	D R		5.7	O R
3.8	B R		4.8	C R		5.8	N R
3.9	B L		4.9	C L		5.9	N L
3.10	D R		4.10	D L		5.10	O L
3.11	E R		4.11	E L		5.11	P R
3.12	F R		4.12	F R		5.12	Q S
6.0	I L		7.0	G R		8.0	A R
6.1	J L		7.1	H L		8.1	C R
6.2	J R		7.2	H R		8.2	B R
6.3	J R		7.3	J R		8.3	C L
6.4	J L		7.4	H L		8.4	B L
6.5	I R		7.5	G L		8.5	A L
6.6	Q S		7.6	K R		8.6	E R
6.7	K L		7.7	Stop		8.7	D R
6.8	J L		7.8	H L		8.8	F R
6.9	J R		7.9	H R		8.9	F R
6.10	K R		7.10	Stop		8.10	D L
6.11	Q S		7.11	K L		8.11	E L
6.12	Q S		7.12	Stop		8.12	F R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส	วิธี		รหัส	วิธี		รหัส	วิธี
9.0	B L		10.0	G L		11.0	I R
9.1	C L		10.1	H R		11.1	J R
9.2	B L		10.2	H L		11.2	J L
9.3	C R		10.3	H L		11.3	J L
9.4	B R		10.4	H R		11.4	J R
9.5	A R		10.5	G R		11.5	I L
9.6	E L		10.6	K L		11.6	Q S
9.7	D L		10.7	Stop		11.7	K R
9.8	F R		10.8	H R		11.8	J R
9.9	F R		10.9	H L		11.9	J L
9.10	D R		10.10	Stop		11.10	K L
9.11	E R		10.11	K R		11.11	Q S
9.12	F R		10.12	Stop		11.12	Q S
12.0	Q S						
12.1	F R						
12.2	F R				หมายเหตุ		
12.3	F R						
12.4	F R				**θ1 = θ2**	**θ1 > θ2**	**θ1 < θ2**
12.5	Q S			A+	Q S	M R	L L
12.6	Q S			B+	Q S	M L	L R
12.7	Stop			C+	F R	B L	C R
12.8	F R			D+	F R	B R	C L
12.9	F R			E+	F R	B R	C L
12.10	Stop			F+	F R	B L	C R
12.11	Q S			G+	Q S	M L	L R
12.12	Stop			H+	Q S	M R	L L

ตารางที่ 3.4 แสดงสูตรของการเลี้ยวของรถในกรณีต่างๆ

3.10 ตารางแสดงสูตรที่แทนด้วยสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	สูตรมุม		สัญลักษณ์	สูตรมุม
A	180-(θ1+θ2)		L	θ2-θ1
B	180-(θ1-θ2)		M	θ1-θ2
C	180-(θ2-θ1)		N	θ1+θ2
D	180-θ2		O	θ2
E	180-θ1		P	θ1
F	180		Q	0
G	90-θ2		S	Straight *
H	90+θ2		R	Turn right *
I	90-θ1		L	Turn Left *
J	90+θ1		Stop	Stop *
K	90			

ตารางที่ 3.5 แสดงสูตรที่แทนด้วยสัญลักษณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 การ set และข้อมูลสำคัญที่ควรทราบของเครื่องรับ GPS

ใช้เครื่องรับ GPS รุ่น GPS 12 , 12 Channel ,Personal Navigator ของ GAMIN

โดย set มาตรฐานที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารในเครื่องรับเป็น (NMEA 0183 Version 2.0)

Set baud rat ที่ เครื่องรับเป็น 9600

Set Position FRHT เป็น hddd°mm.mmm'

ลักษณะของdata ที่ใช้ในการสื่อสาร

Bit per secound : 9600

Databits : 8

Paritybits : None

Stopbits :1

รูปที่ 3.4 ลักษณะขาสัญญาณของเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

เพื่อที่จะดูว่าเครื่องรับ GPS มี Output ออกมามีอะไรบ้างจะต้องนำสายสัญญาณ RS-232 ของ GPS ต่อเข้ากับพอร์ต COM 1 ของคอมพิวเตอร์แล้วเปิดโปรแกรม HyperTerminal แล้วเซตค่าลักษณะ data ต่างๆ ตามข้อมูลข้างบน แล้ว Connect จึงได้ผลออกมาดังนี้

4.1 Data ที่แสดงออกมาจากเครื่องรับ GPS กรณี

- เมื่อเครื่องรับ GPS รับสัญญาณจากดาวเทียมได้

```
$PGRMM,Indian Thailand*5F
$GPBOD,,T,,M,,*47
$GPRTE,1,1,c,0*07
$GPRMC,140024,A,1343.506,N,10046.469,E,000.0,093.1,191003,000.3,W*6B
$GPRMB,A,,,,,,,,,,,,V*71
$GPGGA,140025,1343.506,N,10046.469,E,1,04,4.0,52.4,M,-26.0,M,,*54
$GPGSA,A,3,04,07,08,,,,20,,,,,,4.0,4.0,1.0*3A
$GPGSV,3,1,09,04,64,301,38,07,40,006,35,08,25,181,30,09,08,305,00*7D
$GPGSV,3,2,09,10,00,204,00,13,03,126,00,20,14,047,36,24,35,244,00*71
$GPGSV,3,3,09,27,03,160,00,,,,,,,,,,,,,,,,*41
$PGRME,15.8,M,16.6,M,15.8,M*1F
$GPGLL,1343.506,N,10046.469,E,140025,A*26
$PGRMZ,172,f,3*1F
$PGRMM,Indian Thailand*5F
.....
```

- เมื่อเครื่องรับ GPS รับสัญญาณจากดาวเทียมไม่ได้

```
$PGRMM,Indian Thailand*5F
$GPBOD,,T,,M,,*47
$GPRTE,1,1,c,0*07
$GPRMC,150906,V,,,,,,221003,,,*38
$GPRMB,V,,,,,,,,,,,,V*66
$GPGGA,150906,,,,,0,00,,,M,,M,,*6D
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPGSV,3,1,10,04,43,000,32,05,07,321,00,07,44,054,37,08,01,161,00*77
$GPGSV,3,2,10,09,13,270,00,10,32,202,00,13,10,091,00,17,12,249,00*76
$GPGSV,3,3,10,24,45,297,30,28,40,151,00,,,,,,,,*7B
$PGRME,,M,,M,,M*00
$GPGLL,,,,,150907,*5A
$PGRMZ,,,,*7E
$PGRMM,Indian Thailand*5F
.....
```

** หมายเหตุ ความหมายของ Protocal ดูได้ในภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองในกรณีที่เครื่องรับรับสัญญาณมาจากดาวเทียมได้ ซึ่งข้อมูลจากในหัวข้อ 4.1จะมีลักษณะของข้อมูลเป็น Protocal โดยมีมาตรฐาน NMEA 0183 เป็นรูปแบบมาตรฐาน โดยจะกำหนดรูปแบบการส่งข้อมูล ละติจูด ลองติจูด กำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูล โดยภาษาของ NMEA 0183 จะขึ้นต้นประโยคด้วย $GPxxx (ดูความหมายได้ในภาคผนวก) ในการทดลองนี้เป็นการทดลองของเครื่องรับ GPS รุ่น GPS 12 , 12 Channel ,Personal Navigator ของ GAMIN ซึ่งจะมีรูปแบบประโยคตามมาตรฐาน NMEA 0183 ที่แสดงตำแหน่งของละติจูด ลองติจูด โดยที่เราจะนำมาใช้ในการทดลองดังเช่น GLL,GGA,RMC เป็นต้น จากข้อมูลที่ทดลองได้จะสอดคล้องกับรูปแบบมาตรฐาน ดังนั้นความหมายของแต่ละรูปประโยคที่ทดลองได้จะเป็นดังเช่นต่อไปนี้

- $GPGLL : Geographic Position,Latitude/Longitude and Time
- $GPGLL,1343.506,N,10046.469,E,140025,A*26

หมายความว่า เครื่องรับ GPS รับสัญญาณที่ตำแหน่งละติจูด 13 องศา 43.506 ลิปดาเหนือ, ตำแหน่งลองติจูดที่ 100 องศา 46.469 ลิปดาตะวันออก และรับข้อมูลที่เวลา 14:00:25 น. ส่วนค่า *26 เป็นค่าผลรวมของ Transmisstion Errors. (A: autonomous)

และเมื่อเปรียบเทียบค่า $GPGLL จากกรณีที่เครื่องรับไม่สามารถรับค่ามาจากดาวเทียมได้ ก็คือ

- $GPGLL,,,,,150907,*5A

หมายความว่า เครื่องรับ GPS รับสัญญาณข้อมูลไม่ได้จึงไม่แสดงค่าละติจูด/ลองติจูด จึงแสดงเฉพาะค่าเวลาที่ใช้รับข้อมูลคือเวลา 15:09:07 น.

- $GPGGA : Global Position System Fix Data
- $GPGGA,140025,1343.506,N,10046.469,E,1,04,4.0,52.4,M,-26.0,M,,*54

หมายความว่า เครื่องรับ GPS รับสัญญาณข้อมูลที่เวลา 14:00:25 น.ที่ตำแหน่งละติจูด 13 องศา 43.506 ลิปดาเหนือ,ตำแหน่งลองติจูดที่ 100 องศา 46.469 ลิปดาตะวันออก,ค่า 1 เป็นค่าที่ชี้บ่งบอกว่าเป็นข้อมูลที่รับมาจาก GPS,ค่า 04 คือจำนวนดาวเทียมที่ใช้ในการรับข้อมูล,ค่า 4.0 คือค่าความเที่ยงตรงในแนวนอน,ค่า 52.4 คือระยะความสูงของสายอากาศเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ,M=เมตร,ค่า -26.0 คือค่า Geoidal separation;Mและค่า *54 คือค่าผลรวมของ Transmisstion Errors และเมื่อเปรียบเทียบค่า$GPGLL จากกรณีที่เครื่องรับไม่สามารถรับค่ามาจากดาวเทียมได้ ก็คือ

- $GPGGA,150906,,,,,0,00,,,M,,M,,*6D

หมายความว่า เครื่องรับ GPS รับสัญญาณข้อมูลไม่ได้ แสดงเฉพาะค่าเวลาที่ใช้รับข้อมูลออกมาคือเวลา 15:09:07 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

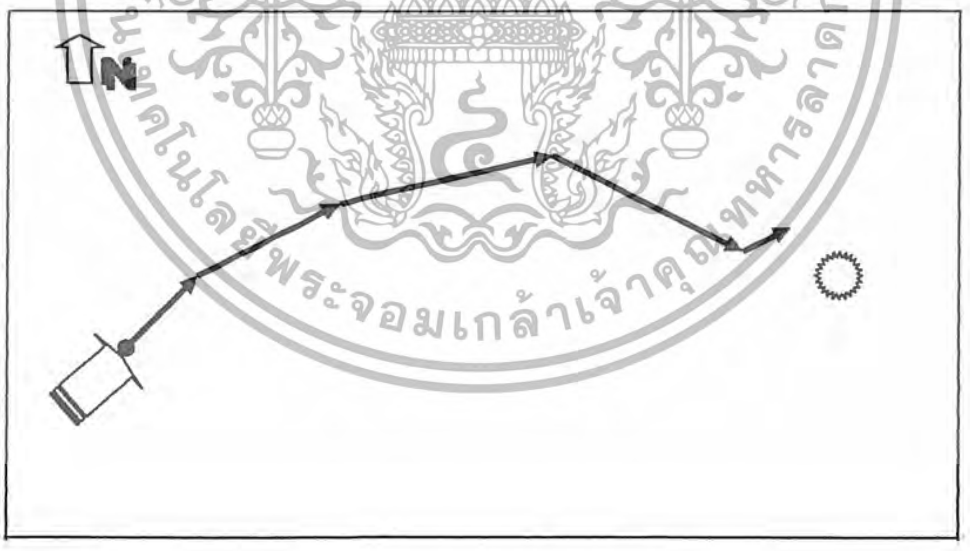
ส่วนรูปประโยคแบบอื่นๆที่ได้จากการทดลองนั้นจะเห็นว่ามีความสำคัญน้อยกว่ารูปแบบประโยคที่กล่าวมาเพราะว่าไม่มีข้อมูลที่แสดงผลเกี่ยวกับค่าของ ละติจูด/ลองติจูดที่จะต้องนำมาทดลอง ซึ่งจากตารางที่ 2.8.1 จะแสดงรูปแบบประโยคของเครื่องรับแต่ละกลุ่ม จะทำให้เราสามารถทราบว่าเครื่องรับที่เรานำมาใช้ในการทดลองนั้นในแต่ละชนิดจะทำให้ได้ Output อะไรบ้าง ทำให้สามารถเลือกประโยคให้เหมาะสมกับที่ต้องการนำไปประยุกต์ใช้ ดังนั้น จากการทดลองข้างต้นเราจะนำค่า ละติจูด/ลองติจูดจากสัญญาณข้อมูลที่เครื่องรับ GPS รับได้ไปใช้งาน โดยเขียนโปรแกรมนำค่าแสดงออกมาทาง LCD ดังเช่นจากผลการทดลองข้างต้นจะได้ค่าของละติจูด/ลองติจูด คือ134350610046469 (ละติจูดคือ 1343.506, ลองติจูดคือ 10046.469)

4.2 การทดสอบการเดินของรถ

โดยกำหนดจุดพิกัดเป้าหมาย ที่พิกัด N 13.43.729 , E 100.46.296 (สานจอดรถสนามกีฬาฯ) และทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง โดยมีผลการทดสอบเป็นดังนี้

1. เมื่อให้รถหันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ที่พิกัดเริ่มต้น N 13'43.723 , E 100'46.297 (ระยะทาง 15 ม.)

จะได้เส้นทางดังนี้



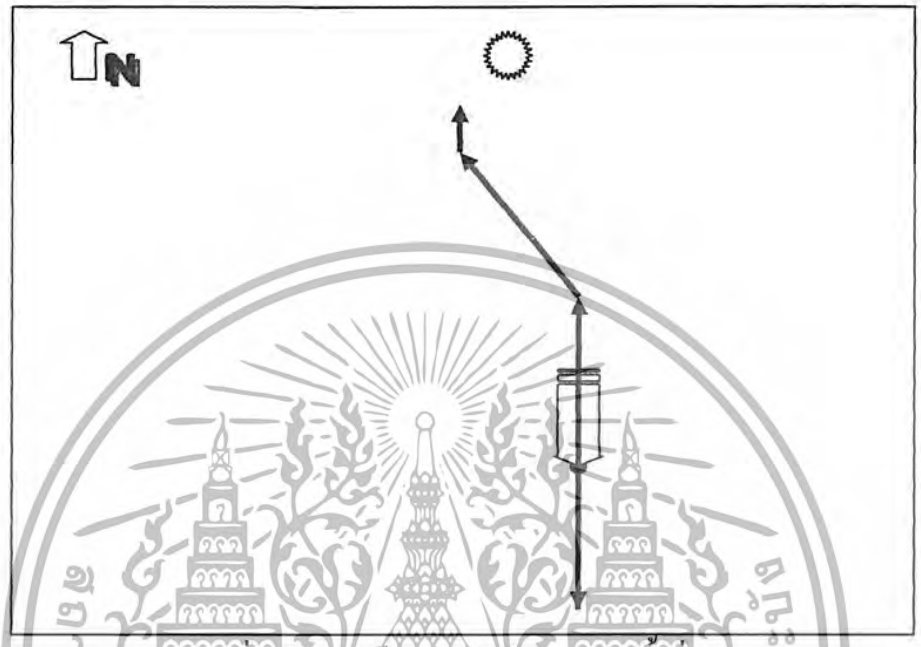
รูปที่ 4.1 แสดงเส้นทางการเดินของรถ ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อให้รถหันหน้าไปทางทิศใต้

ที่พิกัดเริ่มต้น N 13’43.731 , E 100’46.299 (ระยะทาง 10 ม.)

จะได้เส้นทางดังนี้

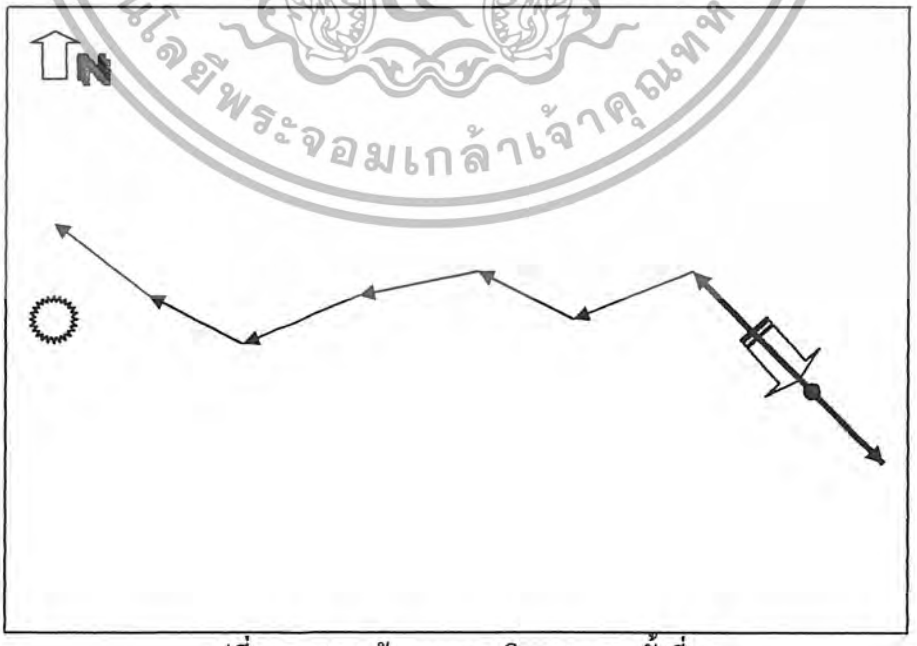


รูปที่ 4.2 แสดงเส้นทางการเดินของรถ ครั้งที่ 2

3. เมื่อให้รถหันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้

ที่พิกัดเริ่มต้น N 13’43.738 , E 100’46.297 (ระยะทาง 25 ม.)

จะได้เส้นทางดังนี้



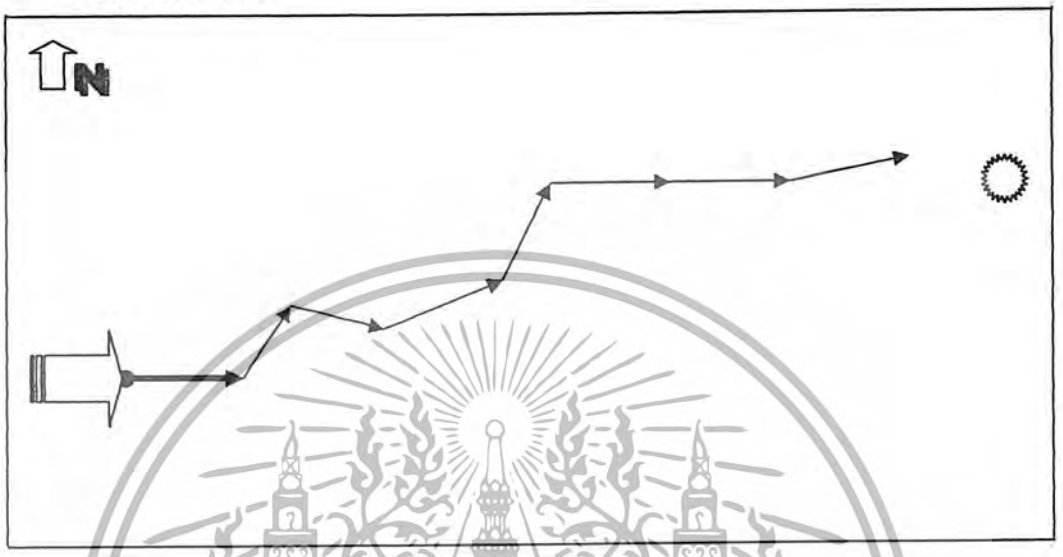
รูปที่ 4.3 แสดงเส้นทางการเดินของรถ ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อให้รถหันหน้าไปทางทิศตะวันออก

ที่พิกัดเริ่มต้น N 13'43.714 , E 100'46.298 (ระยะทาง 50 ม.)

จะได้เส้นทางดังนี้

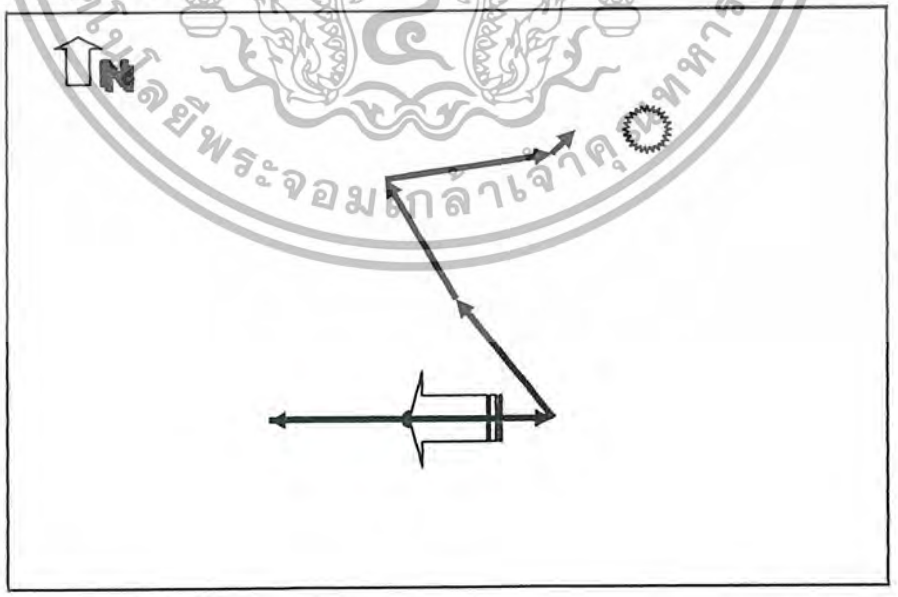


รูปที่ 4.4 แสดงเส้นทางการเดินของรถ ครั้งที่ 4

5. เมื่อให้รถหันหน้าไปทางทิศตะวันตก

ที่พิกัดเริ่มต้น N 13'43.726, E 100'46.299 (ระยะทาง 7 ม.)

จะได้เส้นทางดังนี้



รูปที่ 4.5 แสดงเส้นทางการเดินของรถ ครั้งที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์

จากในเทอมแรกเราสามารถติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องรับ GPS กับMicrocontroller ได้สำเร็จโดยสามารถนำค่าที่ป้อนจาก Keypad มาออกหน้าจอ LCD และสามารถรับค่าจากเครื่องรับ GPS ได้ 15 ค่านำมาออกจอ LCD โดยผ่านพอร์ต RS-232

ส่วนในเทอมที่สองเป็นการนำค่าพิกัดมาทำการคำนวณหาค่ามุมโดยมีวิธีการคิดดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าจะมีกรณีที่เป็นไปได้ที่รถสามารถวิ่งเท่ากับ $13 \times 13 = 196$ กรณี เมื่อโปรแกรมสามารถคำนวณค่ามุมและทิศทางที่จะไปได้แล้วก็จะนำค่ามุมไปใช้เป็นค่าอ้างอิงในการควบคุมมอเตอร์ DC โดยผ่าน IC DRIVE L298N ซึ่งสามารถทำความละเอียดได้เท่ากับ 1 องศา ได้โดยกำหนดเป็นปริมาณ Delay ที่ได้จากการทดลองอย่างละเอียด 0-180 องศา

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเราสามารถทำให้รถเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายที่เราต้องการได้ โดยส่วนใหญ่จะมีการผิดพลาดจากเป้าหมายไม่เกิน 2 เมตรอันเนื่องมาจากการแกว่งของพิกัดที่ไม่คงที่ เหตุที่มี ERROR ไม่มากนักเป็นเพราะเราได้กำหนดให้รถเคลื่อนที่ไปที่พื้นที่เป้าหมายที่เป็นพื้นที่ประมาณ 3×3 ตารางเมตร โดยจุดตรงกลางจะเป็นพิกัดที่เราบังคับให้หยุดไม่ใช่ให้เคลื่อนไปจุดจุดเดียวมิฉะนั้นรถจะวิ่งกลับไปกลับมานานมากจนกว่าจะเจอ

ปัญหาและข้อจำกัดที่เกิดจากการทดลอง

1. การแกว่งของค่าพิกัดที่ไม่คงที่
2. เมื่อแบตเตอรี่อ่อนลงจะทำให้การกำหนดองศามีการ Error และวิ่งได้ไม่ไกล
3. ลักษณะพื้นถนนมีลักษณะไม่เหมือนกันในแต่ละที่ทำให้การกำหนดองศามีการ Error
4. ระยะทางของละติจูดและลองติจูด 1 องศามีความยาวไม่เท่ากันและไม่คงที่(แต่ในโครงงานนี้ออกแบบให้ถือว่าระยะทางของละติจูดและลองติจูด 1 องศามีความยาวเท่ากันและคงที่โดยไม่ต้องสนใจว่ายาวเท่าไรเพราะการนำ $\frac{\Delta Y}{\Delta X}$ มาใช้นั้นค่า Factor จะตัดกันเอง)
5. โปรแกรมมีข้อจำกัดคือมีบางพื้นที่ของโลกที่โปรแกรมไม่ Support เช่นจุดรอยต่อของลิปดาที่หลักหน่วยเพราะโปรแกรมออกแบบให้ใช้เพียงค่าทศนิยม 3 ตำแหน่งของค่าลิปดาเท่านั้น เช่น $GPGLL,1343.506,N,10046.469,E,140025,A*26 ค่าที่นำมาคำนวณคือ 506 และ 469 แต่ถ้ารถวิ่งในบริเวณ $GPGLL,1343.995,N,10046.469,E,140025,A*26 ถึงบริเวณ $GPGLL,1344.009,N,10044.469,E,140025,A*26 จะต้องทำการพัฒนาโปรแกรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1 .กฤษดา ใจเย็น และคณะ,การเรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับพอร์ตอนุกรม, Inex ,2540.

2. เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทลเลอร์ MCS – 51,Inex ,2540.

3. ธีรวัฒน์ ประกอบผล,การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์,สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น),2544.

4. รองศาสตราจารย์ สมยศ จุณณะปิยะ,การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2543.

3. GPS 12 Owner's Manual,Garmin,2542.

4. www.cololado.org/gps

5. www.trimble.com/gps

6. www.chipcenter.com

7. www.garmin.com

8. www.aprs.gids.nl/nmea

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19-4323; Rev 10; 8/01

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

Features

Superior to Bipolar

- ♦ **Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231/MAX239)**
- ♦ **Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)**
- ♦ **Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications**
- ♦ **Multiple Drivers and Receivers**
- ♦ **3-State Driver and Receiver Outputs**
- ♦ **Open-Line Detection (MAX243)**

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.

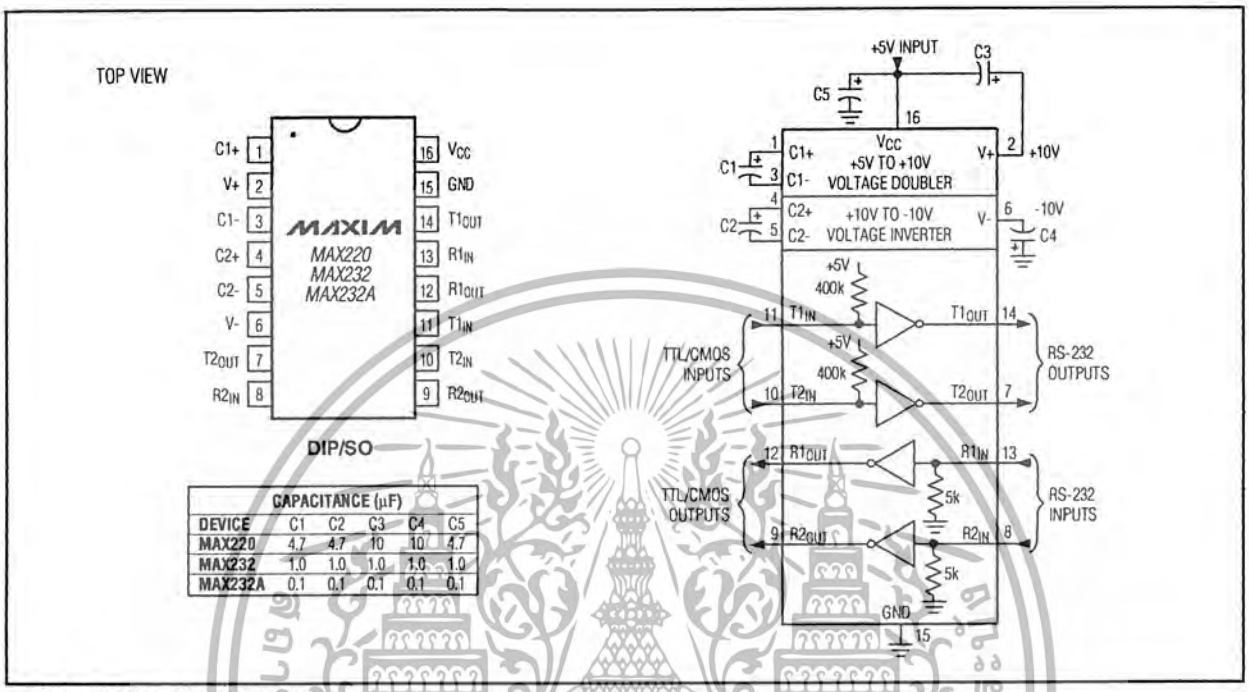
**Contact factory for dice specifications.*

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	0.1	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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CAPACITANCE (µF)					
DEVICE	C1	C2	C3	C4	C5
MAX220	4.7	4.7	10	10	4.7
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

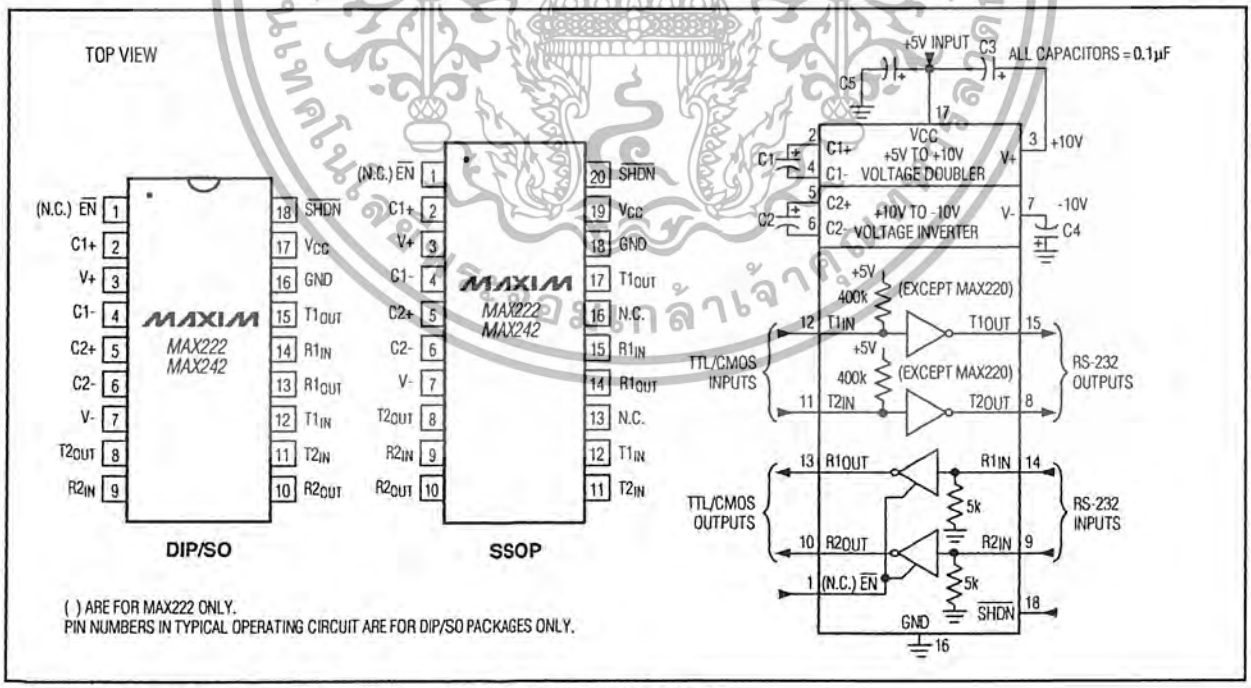


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

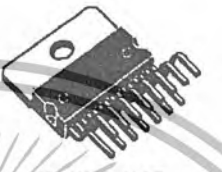
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

L298

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)



Multiwatt15

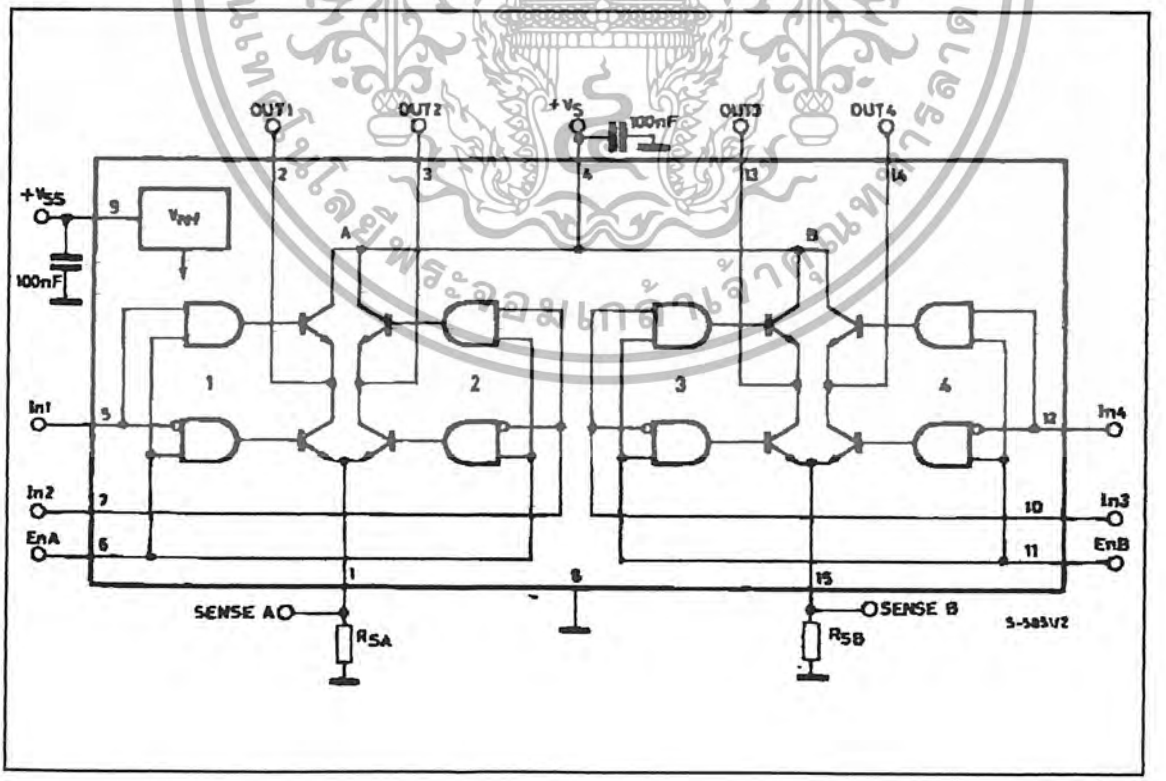
PowerSO20

ORDERING NUMBERS : L298N (Multiwatt Vert.)
L298HN (Multiwatt Horiz.)
L298P (PowerSO20)

DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the connection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

BLOCK DIAGRAM

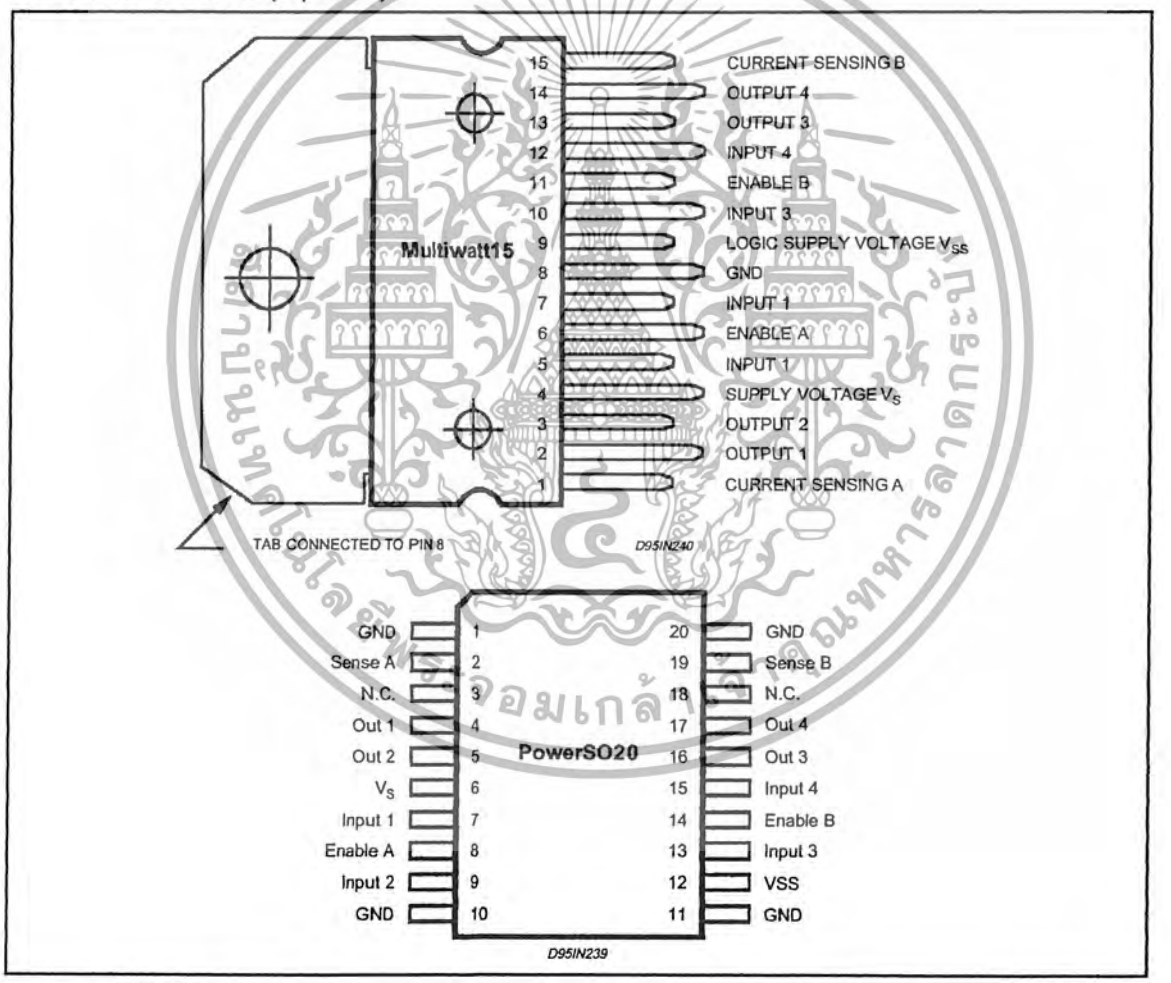


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Power Supply	50	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
V_i, V_{en}	Input and Enable Voltage	–0.3 to 7	V
I_O	Peak Output Current (each Channel) – Non Repetitive (t = 100µs) –Repetitive (80% on –20% off; t_{on} = 10ms) –DC Operation	 3 2.5 2	 A A A
V_{sens}	Sensing Voltage	–1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation (T_{case} = 75°C)	25	W
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	–40 to 150	°C

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

Symbol	Parameter		PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{th\ j\text{-}case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max.	–	3	°C/W
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	13 (*)	35	°C/W

(*) Mounted on aluminum substrate

SGS-THOMSON MICROELECTRONICS
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
T_1 (V_i)	Source Current Turn-off Delay	0.5 V_i to 0.9 I_L (2); (4)		1.5		µs
T_2 (V_i)	Source Current Fall Time	0.9 I_L to 0.1 I_L (2); (4)		0.2		µs
T_3 (V_i)	Source Current Turn-on Delay	0.5 V_i to 0.1 I_L (2); (4)		2		µs
T_4 (V_i)	Source Current Rise Time	0.1 I_L to 0.9 I_L (2); (4)		0.7		µs
T_5 (V_i)	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V_i to 0.9 I_L (3); (4)		0.7		µs
T_6 (V_i)	Sink Current Fall Time	0.9 I_L to 0.1 I_L (3); (4)		0.25		µs
T_7 (V_i)	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V_i to 0.9 I_L (3); (4)		1.6		µs
T_8 (V_i)	Sink Current Rise Time	0.1 I_L to 0.9 I_L (3); (4)		0.2		µs
fc (V_i)	Commutation Frequency	I_L = 2A		25	40	KHz
T_1 (V_{en})	Source Current Turn-off Delay	0.5 V_{en} to 0.9 I_L (2); (4)		3		µs
T_2 (V_{en})	Source Current Fall Time	0.9 I_L to 0.1 I_L (2); (4)		1		µs
T_3 (V_{en})	Source Current Turn-on Delay	0.5 V_{en} to 0.1 I_L (2); (4)		0.3		µs
T_4 (V_{en})	Source Current Rise Time	0.1 I_L to 0.9 I_L (2); (4)		0.4		µs
T_5 (V_{en})	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V_{en} to 0.9 I_L (3); (4)		2.2		µs
T_6 (V_{en})	Sink Current Fall Time	0.9 I_L to 0.1 I_L (3); (4)		0.35		µs
T_7 (V_{en})	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V_{en} to 0.9 I_L (3); (4)		0.25		µs
T_8 (V_{en})	Sink Current Rise Time	0.1 I_L to 0.9 I_L (3); (4)		0.1		µs
fc (V_{en})	Commutation Frequency	I_L = 2A		1		KHz

1) 1)Sensing voltage can be –1 V for $t \leq 50$ µsec; in steady state V_{sens} min ≥ –0.5 V.
2) See fig. 2.
3) See fig. 4.
4) The load must be a pure resistor.
5) PIN 1 and PIN 15 connected to GND.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

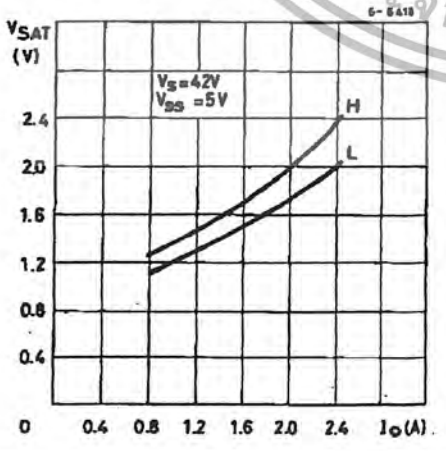
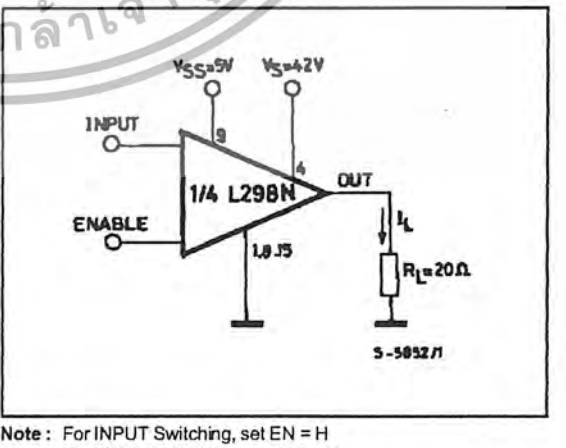


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H
For ENABLE Switching, set IN = H

SGS-THOMSON MICROELECTRONICS
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3 : Source Current Delay Times vs. Input or Enable Switching.

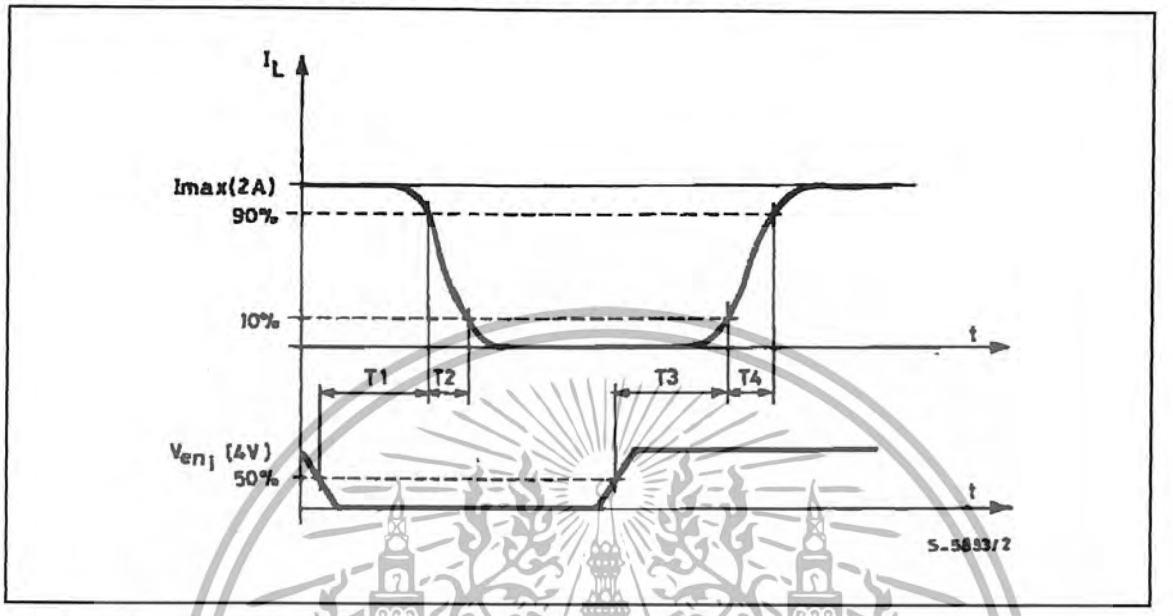
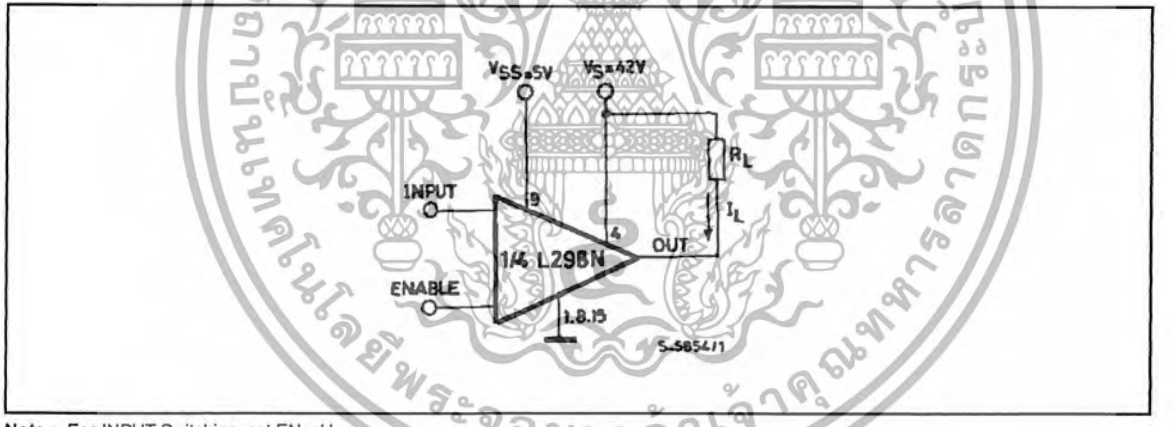


Figure 4 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H
For ENABLE Switching, set IN = L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 5 : Sink Current Delay Times vs. Input 0 V Enable Switching.

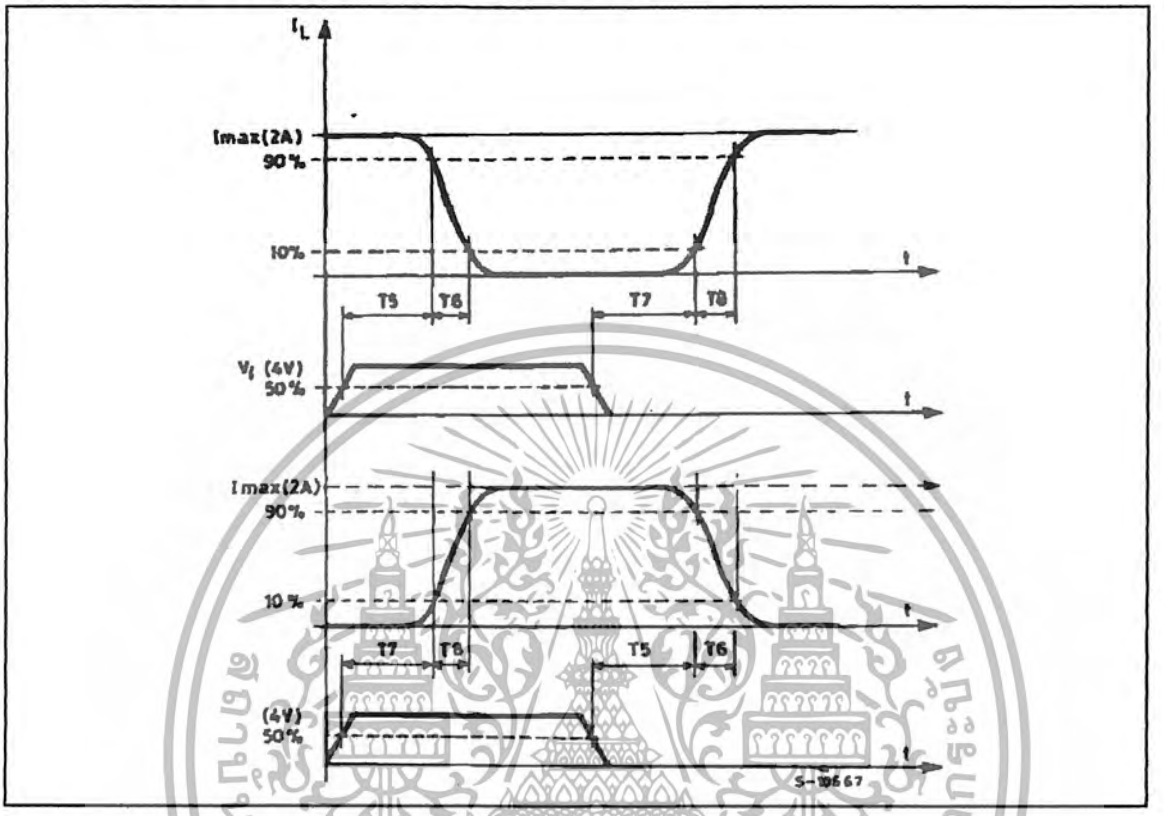
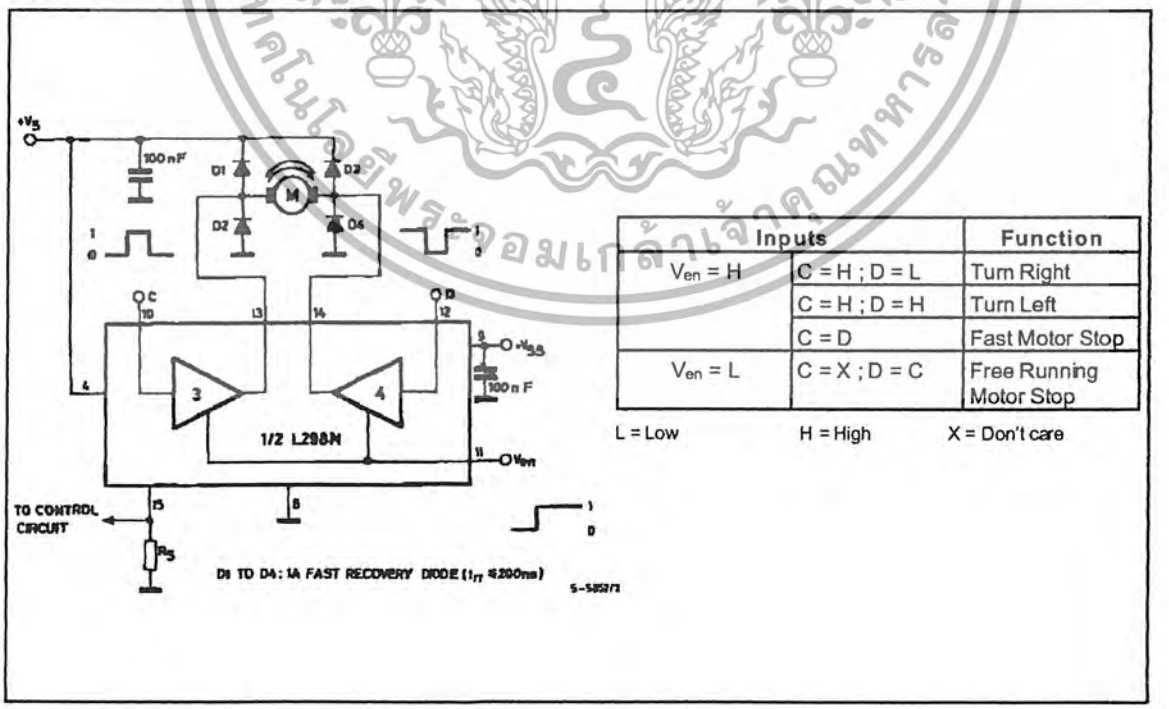


Figure 6 : Bidirectional DC Motor Control.

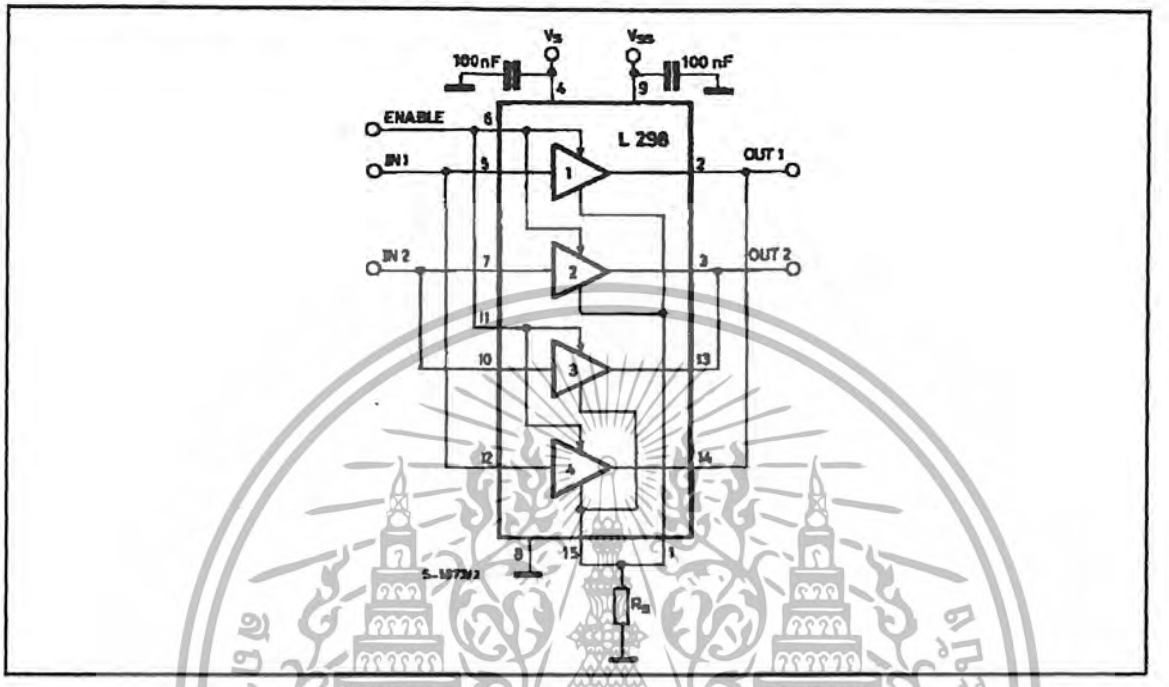


Inputs		Function
V_{en} = H	C = H ; D = L	Turn Right
	C = H ; D = H	Turn Left
	C = D	Fast Motor Stop
V_{en} = L	C = X ; D = C	Free Running Motor Stop

L = Low H = High X = Don't care

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 7 : For higher currents, outputs can be paralleled. Take care to parallel channel 1 with channel 4 and channel 2 with channel 3.



APPLICATION INFORMATION (Refer to the block diagram)

1.1. POWER OUTPUT STAGE

The L298 integrates two power output stages (A ; B). The power output stage is a bridge configuration and its outputs can drive an inductive load in common or differenzial mode, depending on the state of the inputs. The current that flows through the load comes out from the bridge at the sense output : an external resistor (R_{SA} ; R_{SB}.) allows to detect the intensity of this current.

1.2. INPUT STAGE

Each bridge is driven by means of four gates the input of which are In1 ; In2 ; EnA and In3 ; In4 ; EnB. The In inputs set the bridge state when The En input is high ; a low state of the En input inhibits the bridge. All the inputs are TTL compatible.

2. SUGGESTIONS

A non inductive capacitor, usually of 100 nF, must be foreseen between both Vs and Vss, to ground, as near as possible to GND pin. When the large capacitor of the power supply is too far from the IC, a second smaller one must be foreseen near the L298.

The sense resistor, not of a wire wound type, must be grounded near the negative pole of Vs that must be near the GND pin of the I.C.

Each input must be connected to the source of the driving signals by means of a very short path.

Turn-On and Turn-Off : Before to Turn-ON the Supply Voltage and before to Turn it OFF, the Enable input must be driven to the Low state.

3. APPLICATIONS

Fig 6 shows a bidirectional DC motor control Schematic Diagram for which only one bridge is needed. The external bridge of diodes D1 to D4 is made by four fast recovery elements (trr ≤ 200 nsec) that must be chosen of a VF as low as possible at the worst case of the load current.

The sense output voltage can be used to control the current amplitude by chopping the inputs, or to provide overcurrent protection by switching low the enable input.

The brake function (Fast motor stop) requires that the Absolute Maximum Rating of 2 Amps must never be overcome.

When the repetitive peak current needed from the load is higher than 2 Amps, a paralleled configuration can be chosen (See Fig.7).

An external bridge of diodes are required when inductive loads are driven and when the inputs of the IC are chopped ; Shottky diodes would be preferred.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This solution can drive until 3 Amps In DC operation and until 3.5 Amps of a repetitive peak current.

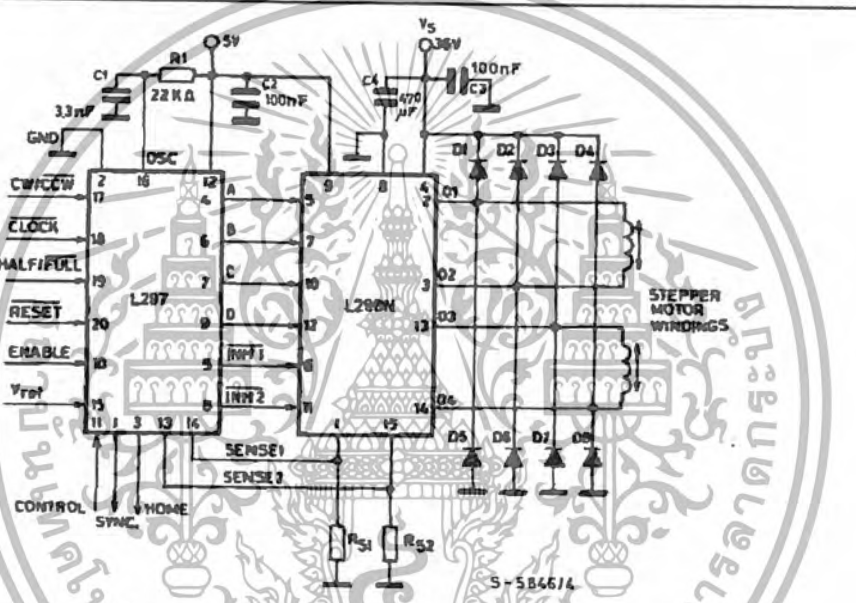
On Fig 8 it is shown the driving of a two phase bipolar stepper motor ; the needed signals to drive the inputs of the L298 are generated, in this example, from the IC L297.

Fig 9 shows an example of P.C.B. designed for the application of Fig 8.

Fig 10 shows a second two phase bipolar stepper motor control circuit where the current is controlled by the I.C. L6506.

Figure 8 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Circuit.

This circuit drives bipolar stepper motors with winding currents up to 2 A. The diodes are fast 2 A types.



$R_{S1} = R_{S2} = 0.5\ \Omega$

D1 to D8 = 2 A Fast diodes { $V_F \leq 1.2$ V @ I = 2 A ; $trr \leq 200$ ns

SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Glenn Baddeley - GPS - NMEA sentence information

Contents

- All $GPxxx sentence codes and short descriptions
- 26 interpreted sentences transmitted by GPS unit
- 12 interpreted Garmin proprietary sentences transmitted by GPS unit
- 8 interpreted Garmin proprietary sentences received by GPS unit
- Format of latitudes and longitudes
- References

[Top] [Glenn's GPS Contents Page]

All $GPxxx sentence codes and short descriptions

- $GPAAM - Waypoint Arrival Alarm
- $GPALM - GPS Almanac Data
- $GPAPA - Autopilot format "A"
- $GPAPB - Autopilot format "B"
- $GPASD - Autopilot System Data
- $GPBEC - Bearing & Distance to Waypoint, Dead Reckoning
- $GPBOD - Bearing, Origin to Destination
- $GPBWC - Bearing & Distance to Waypoint, Great Circle
- $GPBWR - Bearing & Distance to Waypoint, Rhumb Line
- $GPBWW - Bearing, Waypoint to Waypoint
- $GPDBT - Depth Below Transducer
- $GPDCN - Decca Position
- $GPDPT - Depth
- $GPFSI - Frequency Set Information
- $GPGGA - Global Positioning System Fix Data
- $GPGLC - Geographic Position, Loran-C
- $GPGLL - Geographic Position, Latitude/Longitude
- $GPGRS - GPS Range Residuals
- $GPGSA - GPS DOP and Active Satellites
- $GPGST - GPS Pseudorange Noise Statistics
- $GPGSV - GPS Satellites in View
- $GPGXA - TRANSIT Position
- $GPHDG - Heading, Deviation & Variation
- $GPHDT - Heading, True
- $GPHSC - Heading Steering Command
- $GPLCD - Loran-C Signal Data
- $GPMSK - Control for a Beacon Receiver
- $GPMSS - Beacon Receiver Status
- $GPMTA - Air Temperature (to be phased out)
- $GPMTW - Water Temperature

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- $GPMWD - Wind Direction
- $GPMWV - Wind Speed and Angle
- $GPOLN - Omega Lane Numbers
- $GPOSD - Own Ship Data
- $GPR00 - Waypoint active route (not standard)
- $GPRMA - Recommended Minimum Specific Loran-C Data
- $GPRMB - Recommended Minimum Navigation Information
- $GPRMC - Recommended Minimum Specific GPS/TRANSIT Data
- $GPROT - Rate of Turn
- $GPRPM - Revolutions
- $GPRSA - Rudder Sensor Angle
- $GPRSD - RADAR System Data
- $GPRTE - Routes
- $GPSFI - Scanning Frequency Information
- $GPSTN - Multiple Data ID
- $GPTRF - Transit Fix Data
- $GPTTM - Tracked Target Message
- $GPVBW - Dual Ground/Water Speed
- $GPVDR - Set and Drift
- $GPVHW - Water Speed and Heading
- $GPVLW - Distance Traveled through the Water
- $GPVPW - Speed, Measured Parallel to Wind
- $GPVTG - Track Made Good and Ground Speed
- $GPWCV - Waypoint Closure Velocity
- $GPWNC - Distance, Waypoint to Waypoint
- $GPWPL - Waypoint Location
- $GPXDR - Transducer Measurements
- $GPXTE - Cross-Track Error, Measured
- $GPXTR - Cross-Track Error, Dead Reckoning
- $GPZDA - UTC Date / Time and Local Time Zone Offset
- $GPZFO - UTC & Time from Origin Waypoint
- $GPZTG - UTC & Time to Destination Waypoint

[Top]

26 interpreted sentences transmitted by GPS unit

$GPAAM - Waypoint Arrival Alarm
$GPALM - GPS Almanac Data **(Can also be received by GPS unit)**
$GPAPB - Autopilot format "B"
$GPBOD - Bearing, origin to destination
$GPBWC - Bearing and distance to waypoint, great circle
$GPGGA - Global Positioning System Fix Data
$GPGLL - Geographic position, latitude / longitude
$GPGRS - GPS Range Residuals
$GPGSA - GPS DOP and active satellites
$GPGST - GPS Pseudorange Noise Statistics
$GPGSV - GPS Satellites in view
$GPHDT - Heading, True
$GPMSK - Control for a Beacon Receiver
$GPMSS - Beacon Receiver Status

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$GPR00 - List of waypoints in currently active route
$GPRMA - Recommended minimum specific Loran-C data
$GPRMB - Recommended minimum navigation info
$GPRMC - Recommended minimum specific GPS/Transit data
$GPRTE - Routes
$GPTRF - Transit Fix Data
$GPSTN - Multiple Data ID
$GPVBW - Dual Ground / Water Speed
$GPVTG - Track made good and ground speed
$GPWPL - Waypoint location
$GPXTE - Cross-track error, Measured
$GPZDA - UTC Date / Time and Local Time Zone Offset

There is a full list of $GPxxx sentence codes available, without links to format details.

[Top]

$GPAAM

Waypoint Arrival Alarm

This sentence is generated by some units to indicate the Status of arrival (entering the arrival circle, or passing the perpendicular of the course line) at the destination waypoint.

$GPAAM,A,A,0.10,N,WPTNME*43

Where:
AAM Arrival Alarm
A Arrival circle entered
A Perpendicular passed
0.10 Circle radius
N Nautical miles
WPTNME Waypoint name
*43 Checksum data

$GPALM

GPS Almanac Data

A set of sentences transmitted by some Garmin units in response to a received $PGRMO,GPALM,1 sentence. It can also be received by some GPS units (eg. Garmin GPS 16 and GPS 17) to initialize the stored almanac information in the unit.

Example 1: $GPALM,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,*CC

1 = Total number of sentences in set
2 = Sentence sequence number in set
3 = Satellite number
4 = GPS week number
5 = Bits 17 to 24 of almanac page indicating SV health
6 = Eccentricity
7 = Reference time of almanac

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 = Inclination angle
9 = Right ascension rate
10 = Semi major axis route
11 = Argument of perigee (omega)
12 = Ascension node longitude
13 = Mean anomaly
14 = af0 clock parameter
15 = af1 clock parameter

Example 2:
$GPALM,1,1,15,1159,00,441d,4e,16be,fd5e,a10c9f,4a2da4,686e81,58cbe1,0a4,001*5B

Field	Example	Comments
Sentence ID	$GPALM	
Number of messages	1	Total number of messages in sequence
Sequence number	1	This is first message in sequence
Satellite PRN	15	Unique ID (PRN) of satellite message relates to
GPS week number	1159	
SV health	00	Bits 17-24 of almanac page
Eccentricity	441d	
Reference time	4e	Almanac reference time
Inclination angle	16be	
Rate of right ascension	fd5e	
Roor of semi-major axis	a10c9f	
Argument of perigee	4a2da4	
Longitude of ascension node	686e81	
Mean anomoly	58cbe1	
F0 clock parameter	0a4	
F1 clock parameter	001	
Checksum	*5B	

$GPAPB

Autopilot format "B"

This sentence is sent by some GPS receivers to allow them to be used to control an autopilot unit. This sentence is commonly used by autopilots and contains navigation receiver warning flag status, cross-track-error, waypoint arrival status, initial bearing from origin waypoint to the destination, continuous bearing from present position to destination and recommended heading-to-steer to destination waypoint for the active navigation leg of the journey.

Note: Some autopilots, Robertson in particular, misinterpret "bearing from origin to destination" as "bearing from present position to destination". This is likely due to the

เอกสารนี้ถือเป็นทรัพย์สินของ ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

difference between the APB sentence and the APA sentence. for the APA sentence this would be the correct thing to do for the data in the same field. APA only differs from APB in this one field and APA leaves off the last two fields where this distinction is clearly spelled out. This will result in poor performance if the boat is sufficiently off-course that the two bearings are different.

$GPAPB,A,A,0.10,R,N,V,V,011,M,DEST,011,M,011,M*82

where:

APB	Autopilot format B
A	Loran-C blink/SNR warning, general warning
A	Loran-C cycle warning
0.10	cross-track error distance
R	steer Right to correct (or L for Left)
N	cross-track error units - nautical miles (K for kilometers)
V	arrival alarm - circle
V	arrival alarm - perpendicular
011,M	magnetic bearing, origin to destination
DEST	destination waypoint ID
011,M	magnetic bearing, present position to destination
011,M	magnetic heading to steer (bearings could True as 033,T)

$GPBOD

Bearing Origin to Destination

eg. BOD,045.,T,023.,M,DEST,START

045.,T	bearing 045 degrees True from "START" to "DEST"
023.,M	breaing 023 degrees Magnetic from "START" to "DEST"
DEST	destination waypoint ID
START	origin waypoint ID

Example 1: $GPBOD,099.3,T,105.6,M,POINTB,*01
Waypoint ID: "POINTB" Bearing 99.3 True, 105.6 Magnetic
This sentence is transmitted in the GOTO mode, without an active route on your GPS. WARNING: this is the bearing from the moment you press enter in the GOTO page to the destination waypoint and is NOT updated dynamically! To update the information, (current bearing to waypoint), you will have to press enter in the GOTO page again.

Example 2: $GPBOD,097.0,T,103.2,M,POINTB,POINTA*52
This sentence is transmitted when a route is active. It contains the active leg information: origin waypoint "POINTA" and destination waypoint "POINTB", bearing between the two points 97.0 True, 103.2 Magnetic. It does NOT display the bearing from current location to destination waypoint! WARNING Again this information does not change until you are on the next leg of the route. (The bearing from POINTA to POINTB does not change during the time you are on this leg.)

$GPBWC

Bearing and distance to waypoint, great circle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

eg1. $GPBWC,081837,,,,,,T,,M,,N,*13

BWC,225444,4917.24,N,12309.57,W,051.9,T,031.6,M,001.3,N,004*29
225444 UTC time of fix 22:54:44
4917.24,N Latitude of waypoint
12309.57,W Longitude of waypoint
051.9,T Bearing to waypoint, degrees true
031.6,M Bearing to waypoint, degrees magnetic
001.3,N Distance to waypoint, Nautical miles
004 Waypoint ID

eg2. $GPBWC,220516,5130.02,N,00046.34,W,213.8,T,218.0,M,0004.6,N,EGLM*11
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

1 220516 timestamp
2 5130.02 Latitude of next waypoint
3 N North/South
4 00046.34 Longitude of next waypoint
5 W East/West
6 213.0 True track to waypoint
7 T True Track
8 218.0 Magnetic track to waypoint
9 M Magnetic
10 0004.6 range to waypoint
11 N unit of range to waypoint, N = Nautical miles
12 EGLM Waypoint name
13 *11 checksum

$GPGGA

Global Positioning System Fix Data

eg1. $GPGGA,170834,4124.8963,N,08151.6838,W,1,05,1.5,280.2,M,-34.0,M,,,*75

Name	Example Data	Description
Sentence Identifier	$GPGGA	Global Positioning System Fix Data
Time	170834	17:08:34 UTC
Latitude	4124.8963, N	41d 24.8963' N or 41d 24' 54" N
Longitude	08151.6838, W	81d 51.6838' W or 81d 51' 41" W
Fix Quality: - 0 = Invalid - 1 = GPS fix - 2 = DGPS fix	1	Data is from a GPS fix
Number of Satellites	05	5 Satellites are in view
Horizontal Dilution of Precision (HDOP)	1.5	Relative accuracy of horizontal position
Altitude	280.2, M	280.2 meters above mean sea level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Height of geoid above WGS84 ellipsoid	-34.0, M	-34.0 meters
Time since last DGPS update	blank	No last update
DGPS reference station id	blank	No station id
Checksum	*75	Used by program to check for transmission errors

Courtesy of Brian McClure, N8PQI.

Global Positioning System Fix Data. Time, position and fix related data for a GPS receiver.

eg2. $GPGGA,hhmmss.ss,ddmm.mmm,a,dddmm.mmm,b,q,xx,p.p,a.b,M,c.d,M,x.x,nnnn

hhmmss.ss = UTC of position
ddmm.mmm = latitude of position
a = N or S, latitutde hemisphere
dddmm.mmm = longitude of position
b = E or W, longitude hemisphere
q = GPS Quality indicator (0=No fix, 1=Non-differential GPS fix, 2=Differential GPS fix, 6=Estimated fix)
xx = number of satellites in use
p.p = horizontal dilution of precision
a.b = Antenna altitude above mean-sea-level
M = units of antenna altitude, meters
c.d = Geoidal height
M = units of geoidal height, meters
x.x = Age of Differential GPS data (seconds since last valid RTCM transmission)
nnnn = Differential reference station ID, 0000 to 1023

$GPGLL

Geographic Position, Latitude / Longitude and time.

eg1. $GPGLL,3751.65,S,14507.36,E*77
eg2. $GPGLL,4916.45,N,12311.12,W,225444,A

4916.46,N Latitude 49 deg. 16.45 min. North
12311.12,W Longitude 123 deg. 11.12 min. West
225444 Fix taken at 22:54:44 UTC
A Data valid

eg3. $GPGLL,5133.81,N,00042.25,W*75
1 2 3 4 5

1 5133.81 Current latitude
2 N North/South
3 00042.25 Current longitude
4 W East/West
5 *75 checksum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$--GLL,lll.ll,a,yyyyy.yy,a,hhmmss.ss,A llll.ll = Latitude of position

a = N or S
yyyyy.yy = Longitude of position
a = E or W
hhmmss.ss = UTC of position
A = status: A = valid data

$GPGRS

GPS Range Residuals

Example: $GPGRS,024603.00,1,-1.8,-2.7,0.3,,,,,,,,*6C

Field	Example	Comments
Sentence ID	$GPGRS	
UTC Time	024603.00	UTC time of associated GGA fix
Mode	1	0 = Residuals used in GGA, 1 = residuals calculated after GGA
Sat 1 residual	-1.8	Residual (meters) of satellite 1 in solution
Sat 2 residual	-2.7	The order matches the PRN numbers in the GSA sentence
Sat 3 residual	0.3	
Sat 4 residual		Unused entries are blank
Sat 5 residual		
Sat 6 residual		
Sat 7 residual		
Sat 8 residual		
Sat 9 residual		
Sat 10 residual		
Sat 11 residual		
Sat 12 residual		
Checksum	*6C	

$GPGSA

GPS DOP and active satellites

eg1. $GPGSA,A,3,,,,,,16,18,,22,24,,,3.6,2.1,2.2*3C
eg2. $GPGSA,A,3,19,28,14,18,27,22,31,39,,,,,1.7,1.0,1.3*34

1 = Mode:
M=Manual, forced to operate in 2D or 3D
A=Automatic, 3D/2D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 = Mode:
1=Fix not available
2=2D
3=3D
3-14 = PRN's of Satellite Vechicles (SV's) used in position fix (null for unused fields)
15 = Position Dilution of Precision (PDOP)
16 = Horizontal Dilution of Precision (HDOP)
17 = Vertical Dilution of Precision (VDOP)

$GPGST

GPS Pseudorange Noise Statistics

Example: $GPGST,024603.00,3.2,6.6,4.7,47.3,5.8,5.6,22.0*58

Field	Example	Comments
Sentence ID	$GPGST	
UTC Time	024603.00	UTC time of associated GGA fix
RMS deviation	3.2	Total RMS standard deviation of ranges inputs to the navigation solution
Semi-major deviation	6.6	Standard deviation (meters) of semi-major axis of error ellipse
Semi-minor deviation	4.7	Standard deviation (meters) of semi-minor axis of error ellipse
Semi-major orientation	47.3	Orientation of semi-major axis of error ellipse (true north degrees)
Latitude error deviation	5.8	Standard deviation (meters) of latitude error
Longitude error deviation	5.6	Standard deviation (meters) of longitude error
Altitude error deviation	22.0	Standard deviation (meters) of latitude error
Checksum	*58	

$GPGSV

GPS Satellites in view

eg. $GPGSV,3,1,11,03,03,111,00,04,15,270,00,06,01,010,00,13,06,292,00*74
$GPGSV,3,2,11,14,25,170,00,16,57,208,39,18,67,296,40,19,40,246,00*74
$GPGSV,3,3,11,22,42,067,42,24,14,311,43,27,05,244,00,,,,*4D

$GPGSV,1,1,13,02,02,213,,03,-3,000,,11,00,121,,14,13,172,05*62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 = Total number of messages of this type in this cycle

2 = Message number
3 = Total number of SVs in view
4 = SV PRN number
5 = Elevation in degrees, 90 maximum
6 = Azimuth, degrees from true north, 000 to 359
7 = SNR, 00-99 dB (null when not tracking)
8-11 = Information about second SV, same as field 4-7
12-15= Information about third SV, same as field 4-7
16-19= Information about fourth SV, same as field 4-7

$GPHDT

Heading, True.

Actual vessel heading in degrees Ture produced by any device or system producing true heading.

$--HDT,x.x,T
x.x = Heading, degrees True

$GPMSK

Control for a Beacon Receiver

$GPMSK,318.0,A,100,M,2*45

where:

318.0	Frequency to use
A	Frequency mode, A=auto, M=manual
100	Beacon bit rate
M	Bitrate, A=auto, M=manual
2	frequency for MSS message status (null for no status)
*45	checksum

$GPMSS

Beacon Receiver Status

Example 1: $GPMSS,55,27,318.0,100,*66

where:

55	signal strength in dB
27	signal to noise ratio in dB
318.0	Beacon Frequency in KHz
100	Beacon bitrate in bps
*66	checksum

Example 2: $GPMSS,0.0,0.0,0.0,25,2*6D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Field	Example	Comments
Sentence ID	$GPMSS	
Signal strength	0.0	Signal strength (dB 1uV)
SNR	0.0	Signal to noise ratio (dB)
Frequency	0.0	Beacon frequency (kHz)
Data rate	25	Beacon data rate (BPS)
Unknown field	2	Unknown field sent by GPS receiver used for test
Checksum	*6D	

$GPR00

List of waypoint IDs in currently active route

eg1. $GPR00,EGLL,EGLM,EGTB,EGUB,EGTK,MBOT,EGTB,,,,,,,*58
eg2. $GPR00,MINST,CHATN,CHAT1,CHATW,CHATM,CHATE,003,004,005,006,007,,,*05

List of waypoints. This alternates with $GPWPL cycle
which itself cycles waypoints.

$GPRMA

Recommended minimum specific Loran-C data

eg. $GPRMA,A,lll,N,lll,W,x,y,ss.s,ccc,vv.v,W*hh
A = Data status
lll = Latitude
N = N/S
lll = longitude
S = W/E
x = not used
y = not used
ss.s = Speed over ground in knots
ccc = Course over ground
vv.v = Variation
W = Direction of variation E/W
hh = Checksum

$GPRMB

Recommended minimum navigation information (sent by nav. receiver when a destination waypoint is active)

eg1. $GPRMB,A,0.66,L,003,004,4917.24,N,12309.57,W,001.3,052.5,000.5,V*0B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Data status A = OK, V = warning
0.66,L Cross-track error (nautical miles, 9.9 max.),
steer Left to correct (or R = right)
003 Origin waypoint ID
004 Destination waypoint ID
4917.24,N Destination waypoint latitude 49 deg. 17.24 min. N
12309.57,W Destination waypoint longitude 123 deg. 09.57 min. W
001.3 Range to destination, nautical miles
052.5 True bearing to destination
000.5 Velocity towards destination, knots
V Arrival alarm A = arrived, V = not arrived
*0B mandatory checksum

eg2. $GPRMB,A,4.08,L,EGLL,EGLM,5130.02,N,00046.34,W,004.6,213.9,122.9,A*3D
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

1 A validity
2 4.08 off track
3 L Steer Left (L/R)
4 EGLL last waypoint
5 EGLM next waypoint
6 5130.02 Latitude of Next waypoint
7 N North/South
8 00046.34 Longitude of next waypoint
9 W East/West
10 004.6 Range
11 213.9 bearing to waypt.
12 122.9 closing velocity
13 A validity
14 *3D checksum

eg3. $GPRMB,A,x.x,a,c--c,d--d,llll.ll,e,yyyyy.yy,f,g.g,h.h,i.i,j*kk
1 = Data Status (V=navigation receiver warning)
2 = Crosstrack error in nautical miles
3 = Direction to steer (L or R) to correct error
4 = Origin waypoint ID#
5 = Destination waypoint ID#
6 = Destination waypoint latitude
7 = N or S
8 = Destination waypoint longitude
9 = E or W
10 = Range to destination in nautical miles
11 = Bearing to destination, degrees True
12 = Destination closing velocity in knots
13 = Arrival status; (A=entered or perpendicular passed)
14 = Checksum

$GPRMC

Recommended minimum specific GPS/Transit data

eg1. $GPRMC,081836,A,3751.65,S,14507.36,E,000.0,360.0,130998,011.3,E*62
eg2. $GPRMC,225446,A,4916.45,N,12311.12,W,000.5,054.7,191194,020.3,E*68

225446 Time of fix 22:54:46 UTC
A Navigation receiver warning A = Valid position, V = Warning
4916.45,N Latitude 49 deg. 16.45 min. North

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12311.12,W Longitude 123 deg. 11.12 min. West
000.5 Speed over ground, Knots
054.7 Course Made Good, degrees true
191194 UTC Date of fix, 19 November 1994
020.3,E Magnetic variation, 20.3 deg. East
*68 mandatory checksum

eg3. $GPRMC,220516,A,5133.82,N,00042.24,W,173.8,231.8,130694,004.2,W*70
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

1 220516 Time Stamp
2 A validity - A-ok, V-invalid
3 5133.82 current Latitude
4 N North/South
5 00042.24 current Longitude
6 W East/West
7 173.8 Speed in knots
8 231.8 True course
9 130694 Date Stamp
10 004.2 Variation
11 W East/West
12 *70 checksum

eg4. for NMEA 0183 version 3.00 active the Mode indicator field is added
$GPRMC,hhmmss.ss,A,llll.ll,a,yyyyy.yy,a,x.x,x.x,ddmmyy,x.x,a,m*hh
Field #
1 = UTC time of fix
2 = Data status (A=Valid position, V=navigation receiver warning)
3 = Latitude of fix
4 = N or S of longitude
5 = Longitude of fix
6 = E or W of longitude
7 = Speed over ground in knots
8 = Track made good in degrees True
9 = UTC date of fix
10 = Magnetic variation degrees (Easterly var. subtracts from true course)
11 = E or W of magnetic variation
12 = Mode indicator, (A=Autonomous, D=Differential, E=Estimated, N=Data not valid)
13 = Checksum

$GPRTE

Routes

eg. $GPRTE,2,1,c,0,PBRCPK,PBRTO,PTELGR,PPLAND,PYAMBU,PPFAIR,PWARRN,PMORTL,PLISMR*73
$GPRTE,2,2,c,0,PCRESY,GRYRIE,GCORIO,GWERR,GWESTG,7FED*34
1 2 3 4 5 ..

1. Number of sentences in sequence
2. Sentence number
3. 'c' = Current active route, 'w' = waypoint list starts with destination waypoint
4. Name or number of the active route
5. onwards, Names of waypoints in Route

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$GPTRF

Transit Fix Data

Time, date, position, and information related to a TRANSIT Fix.

$--TRF,hhmmss.ss,xxxxxx,llll.ll,a,yyyyy.yy,a,x.x,x.x,x.x,x.x,xxx
hhmmss.ss = UTC of position fix
xxxxxx = Date: dd/mm/yy
llll.ll,a = Latitude of position fix, N/S
yyyyy.yy,a = Longitude of position fix, E/W
x.x = Elevation angle
x.x = Number of iterations
x.x = Number of Doppler intervals
x.x = Update distance, nautical miles
x.x = Satellite ID

$GPSTN

Multiple Data ID.

This sentence is transmitted before each individual sentence where there is a need for the Listener to determine the exact source of data in the system. Examples might include dual-frequency depthsounding equipment or equipment that integrates data from a number of sources and produces a single output.

$--STN,xx
xx = Talker ID number, 00 to 99

$GPVBW

Dual Ground / Water Speed

Water referenced and ground referenced speed data.

$--VBW,x.x,x.x,A,x.x,x.x,A
x.x = Longitudinal water speed, knots
x.x = Transverse water speed, knots
A = Status: Water speed, A = Data valid
x.x = Longitudinal ground speed, knots
x.x = Transverse ground speed, knots
A = Status: Ground speed, A = Data valid

$GPVTG

Track Made Good and Ground Speed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

eg1. $GPVTG,360.0,T,348.7,M,000.0,N,000.0,K*43
eg2. $GPVTG,054.7,T,034.4,M,005.5,N,010.2,K*41

054.7,T	True course made good over ground, degrees
034.4,M	Magnetic course made good over ground, degrees
005.5,N	Ground speed, N=Knots
010.2,K	Ground speed, K=Kilometers per hour

eg3. for NMEA 0183 version 3.00 active the Mode indicator field is added at the end
$GPVTG,054.7,T,034.4,M,005.5,N,010.2,K,A*53

A	Mode indicator (A=Autonomous, D=Differential, E=Estimated, N=Data not valid)

$GPWPL

Waypoint location

eg1. $GPWPL,4917.16,N,12310.64,W,003*65

4917.16,N	Latitude of waypoint
12310.64,W	Longitude of waypoint
003	Waypoint ID

When a route is active, this sentence is sent once for each waypoint in the route, in sequence. When all waypoints have been reported, GPR00 is sent in the next data set. In any group of sentences, only one WPL sentence, or an R00 sentence, will be sent.

eg2. $GPWPL,5128.62,N,00027.58,W,EGLL*59
1 2 3 4 5 6

1	5128.62	Latitude of nth waypoint on list
2	N	North/South
3	00027.58	Longitude of nth waypoint
4	W	East/West
5	EGLL	Ident of nth waypoint
6	*59	checksum

$GPXTE

Cross Track Error, Measured

eg1. $GPXTE,A,A,0.67,L,N

A	General warning flag V = warning (Loran-C Blink or SNR warning)
A	Not used for GPS (Loran-C cycle lock flag)
0.67	cross track error distance
L	Steer left to correct error (or R for right)
N	Distance units - Nautical miles

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

eg2. $GPXTE,A,A,4.07,L,N*6D
1 2 3 4 5 6

1 A validity
2 A cycle lock
3 4.07 distance off track
4 L steer left (L/R)
5 N distance units
6 *6D checksum

$GPZDA

UTC Date / Time and Local Time Zone Offset

Example 1: $GPZDA,hhmmss.ss,xx,xx,xxxx,xx,xx

hhmmss.ss = UTC
xx = Day, 01 to 31
xx = Month, 01 to 12
xxxx = Year
xx = Local zone description, 00 to +/- 13 hours
xx = Local zone minutes description (same sign as hours)

Example 2: $GPZDA,024611.08,25,03,2002,00,00*6A

Field	Example	Comments
Sentence ID	$GPZDA	
UTC Time	024611.08	UTC time
UTC Day	25	UTC day (01 to 31)
UTC Month	03	UTC month (01 to 12)
UTC Year	2002	UTC year (4 digit format)
Local zone hours	00	Offset to local time zone in hours (+/- 00 to +/- 59)
Local zone minutes	00	Offset to local time zone in minutes (00 to 59)
Checksum	*6A	

[Top]

---

12 interpreted Garmin proprietary sentences transmitted by GPS unit

$HCHDG - Compass Heading
$PGRMB - DGPS Beacon Information
$PGRMC - Sensor Configuration Information
$PGRMC1 - Additional Sensor Configuration Information
$PGRME - Estimated Position Error
$PGRMF - GPS Position Fix Data
$PGRMI - Sensor Initialization Information

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$PGRMM - Map Datum
$PGRMT - Sensor Status Information
$PGRMV - 3D Velocity Information
$PGRMZ - Altitude Information
$PSLIB - Tune DPGS Beacon Receiver

[Top]

$HCHDG

Compass Heading

This sentence is used on Garmin eTrex summit, Vista and GPS76S receivers to output the value of the internal flux-gate compass. Only the magnetic heading and magnetic variation is shown in the message.

$HCHDG,101.1,,,7.1,W*3C

where:
HCHDG Magnetic heading, deviation, variation
101.1 heading
,, deviation (no data)
7.1,W variation

$PGRMB

DGPS Beacon Information

$PGRMB,1,2,3,4,5,6,7,8,9*HH
1 = Tune frequency, Kilohertz (283.5 - 325.0 in 0.5 steps)
2 = Bit rate, Bits / second (0, 25, 50, 100, 200)
3 = SNR (Signal to Noise Ratio), 0 - 31
4 = Data Quality, 0 - 100
5 = Distance to beacon reference station
6 = Distance unit (K=Kilometres)
7 = Receiver communication status (0=Check wiring, 1=No signal, 2=Tuning, 3=Receiving, 4=Scanning)
8 = Fix source (R=RTCM, W=WAAS, N=Non-DPGS fix)
9 = DGPS Mode (A=Automatic, W=WAAS only, R=RTCM Only, N=None; DGPS disabled)
HH = Checksum

$PGRME

Estimated Position Error

eg. $PGRME,15.0,M,45.0,M,25.0,M*22

15.0,M Estimated horizontal position error (HPE), M=metres

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45.0,M Estimated vertical position error (VPE), M=metres
25.0,M Overall spherical equivalent position error, M=metres

$PGRMF

GPS Position Fix Data

$PGRMF,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15*HH
1 = GPS week number
2 = GPS seconds in current week
3 = UTC date, ddmmyy format
4 = UTC time, hhmmss format
5 = GPS leap second count
6 = Latitude, dddmm.mmmm format
7 = Latitude hemisphere, N or S
8 = Longitude, dddmm.mmmm format
9 = Longitude hemisphere, E or W
10 = Mode (M=Manual, A=Automatic)
11 = Fix type (0=No fix, 1=2D fix, 2=3D fix)
12 = Speed over ground, kilometres / hour
13 = Course over ground, degrees true
14 = PDOP (Position dilution of precision), rounded to nearest integer
15 = TDOP (Time dilution of precision), rounded to nearest integer
HH = Checksum

$PGRMM

Map datum

Example 1: $PGRMM,Astrln Geod '66*51

'Astrln Geod 66' = Name of currently active datum

Example 2: $PGRMM,NAD27 Canada*2F

'NAD27 Canada' = Name of currently active datum

$PGRMT

Sensor Status Information

$PGRMT,1,2,3,4,5,6,7,8,9*HH
1 = Garmin product model and software version (eg. GPS 16 VER 2.10)
2 = ROM checksum test (P=Pass, F=Fail)
3 = Receiver failure discrete (P=Pass, F=Fail)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 = Stored data lost (R=Retained, L=Lost)
5 = Real time clock lost (R=Retained, L=Lost)
6 = Oscillator drift discrete (P=Pass, F=Excessive drift detected)
7 = Data collection discrtete (C=Collecting, Null=Not Collecting)
8 = GPS sensor temperature (Degrees C)
9 = GPS sensor configuration data (R=Retained, L=Lost)
HH = Checksum

$PGRMV

3D Velocity Information

$PGRMV,1,2,3*HH
1 = True east velocity, metres / sec
2 = True north velocity, metres / sec
3 = Upward velocity, metres / sec
HH = Checksum

$PGRMZ

Altitude Information

eg1. $PGRMZ,246,f,3*1B
eg2. $PGRMZ,93,f,3*21

93,f Altitude in feet
3 Position fix dimensions 2 = user altitude
3 = GPS altitude
This sentence shows in feet, regardless of units shown on the display.

eg3. $PGRMZ,201,f,3*18
1 2 3

1 201 Altitude
2 F Units - f-Feet
3 checksum

$PSLIB

Tune DPGS Beacon Receiver

Proprietary Differential Control sentences to control a Starlink differential beacon receiver, assuming Garmin's DBR is made by Starlink.

eg1. $PSLIB,290.5,100,J*22
eg2. $PSLIB,300.0,200,K*23

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

These two sentences are normally sent together in each group of sentences from the GPS.

The three fields are: Frequency, bit Rate, Request Type. The value in the third field may be: J = status request, K = configuration request, blank = tuning message.

When the GPS receiver is set to change the DBR frequency or baud rate, the "J" sentence is replaced (just once) by (for example): $PSLIB,320.0,200*59 to set the DBR to 320 KHz, 200 baud.

To tune a Garmin GBR 21, GBR 23 or equivalent beacon receiver.

$PSLIB,1,2*HH
1 = Beacon tune frequency, Kilohertz (283.5 - 325.0 in 0.5 steps)
2 = Beacon bit rate, Bits / second (0, 25, 50, 100, 200
HH = Checksum

[Top]

8 interpreted Garmin proprietary sentences received by GPS unit

$PGRMC - Sensor Configuration Information
$PGRMCE - Sensor Configuration Information Enquiry
$PGRMC1 - Additional Sensor Configuration Information
$PGRMC1E - Additional Sensor Configuration Information Enquiry
$PGRMI - Sensor Initialization Information
$PGRMIE - Sensor Initialization Information Enquiry
$PGRMO - Output Sentence Enable / Disable
$PSLIB - Tune DPGS Beacon Receiver

A few Garmin GPS receiver units are known to receive these sentences, including the GPS 16 and GPS 17 modules.

[Top]

$PGRMC

Sensor Configuration Information

Used to configure the GPS sensor's operation. The GPS will also transmit this sentence upon receiving this same sentence or the $PGRMCE sentence.

$PGRMC,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14*HH
1 = Fix mode (A=Automatic, 2=2D exclusively; host system must supply altitude, 3=3D exclusively)
2 = Altitude above/below mean sea level, metres
3 = Earth datum index. If the user datum index is specified (96), fields 4 to 8 must contain valid values, otherwise they must be blank.
4 = Semi-major axis, metres, 0.001 metre resolution

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 = Inverse flattening factor, 285 to 310, 10e-9 resolution
6 = Delta X earth centred coordinate, metres, -5000 to 5000, 1 metre resolution
7 = Delta Y earth centred coordinate, metres, -5000 to 5000, 1 metre resolution
8 = Delta Z earth centred coordinate, metres, -5000 to 5000, 1 metre resolution
9 = Differential mode (A=Automatic; output DGPS fixes when available otherwise non-DGPS, D=Only output differential fixes)
10 = NMEA 0183 baud rate (1=1200, 2=2400, 3=4800, 4=9600, 5=19200, 6=300, 7=600)
11 = Velocity filter (0=None, 1=Automatic, 2-255=Filter time constant; seconds)
12 = PPS mode (1=None, 2=1 Hertz)
13 = PPS pulse length, N = 0 to 48. Length (milliseconds) = (N+1)*20
14 = Dead reckoning valid time, 1 to 30, seconds
HH = Checksum

$PGRMCE

Sensor Configuration Information Enquiry

The unit will respond by transmitting a $PGRMC sentence containing the current default values.

$PGRMCE*HH
HH = Checksum

$PGRMC1

Additional Sensor Configuration Information

Used to configure additional aspects of the GPS sensor's operation. The GPS will also transmit this sentence upon receiving this same sentence or the $PGRMC1E sentence.

$PGRMC1,1,2,3,4,5,6,7,8,9*HH
1 = NMEA 0183 output time, 1-900, seconds (Not applicable to GPS16A)
2 = Binary phase output data (1=Off, 2=On)
3 = Position pinning (1=Off, 2=On)
4 = DGPS beacon frequency, Kilohertz, 283.5 to 325.0 in 0.5 steps
5 = DGPS beacon bit rate (0, 25, 50, 100, 200)
6 = DGPS beacon scanning (1=Off, 2=On)
7 = NMEA 0183 version 3.00 mode indicator (1=Off, 2=On)
8 = DGPS mode (A=Automatic, W=WAAS only, R=RTCM only, N=None; DGPS disabled)
9 = Power save mode (P=Activated, N=Normal)
HH = Checksum

$PGRMC1E

Additional Sensor Configuration Information Enquiry

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The unit will respond by transmitting a $PGRMC1 sentence containing the current default values.

$PGRMC1E*HH
HH = Checksum

$PGRMI

Sensor Initialization Information

Used to set the GPS sensor's set time and position and then commences satellite acquisition. The GPS will also transmit this sentence upon receiving this same sentence or the $PGRMIE sentence.

$PGRMI,1,2,3,4,5,6,7*HH
1 = Latitude, dddmm.mmm format
2 = Latitude hemisphere, N or S
3 = Longitude, dddmm.mmm format
4 = Longitude hemisphere, N or S
5 = Current UTC date, ddmmyy format
6 = Current UTC time, hhmmss format
7 = Receiver command (A=Auto locate, R=Unit reset)
HH = Checksum

$PGRMIE

Sensor Initialization Information Enquiry

The unit will respond by transmitting a $PGRMI sentence containing the current default values.

$PGRMIE*HH
HH = Checksum

$PGRMO

Output Sentence Enable / Disable

$PGRMO,xxxxx,n*HH
xxxxx = Target sentence name (eg. GPGGA, GPGSA)
n = Target mode (0=Disable specified sentence, 1=Enable specified sentence, 2=Disable all output sentences except PSLIB, 3=Enable all output sentences except GPALM, 4=Restore factory defaults)
HH = Checksum

[Top]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Format of latitudes and longitudes

Where a numeric latitude or longitude is given, the two digits immediately to the left of the decimal point are whole minutes, to the right are decimals of minutes, and the remaining digits to the left of the whole minutes are whole degrees.

eg. 4533.35 is 45 degrees and 33.35 minutes. ".35" of a minute is exactly 21 seconds.

eg. 16708.033 is 167 degrees and 8.033 minutes. ".033" of a minute is about 2 seconds.

[Top]

References

This information on NMEA sentences has been sourced from all over the 'net and I make no apologies for any inaccuracies or errors. Still, it's useful stuff. I wish to thank all the sources, which are listed on my GPS Links page. Please contact me if you know of freely available interpretations of sentences which are not on this page.

[Top]

Copyright © Glenn Baddeley 2003
http://home.pacific.net.au/~gnb/gps/nmea.html was last updated 29 Sep 2003.
Report problems and send comments to Glenn Baddeley.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้