

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบติดตามไร้สายโดยอาศัยจีพีเอส

Mobile Tracking System by using GPS



โดย

นายกมล ขุทรานนท์

นายสุภาวัฒน์ อันเพ็ง

ปฏิญานិพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

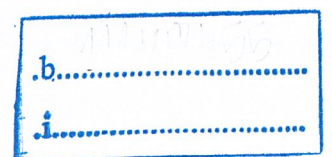
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 55742

วัน,เดือน,ปี 25 พ.ค. 2548



**Mobile Tracking System by using GPS**

**By**

**Mr. Kamon Khuttaranon**

**Mr. Supawatt Unpeng**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2003**

ชื่อโครงการภาษาไทย

ระบบติดตามไร้สายโดยอาศัย GPS

ชื่อโครงการภาษาอังกฤษ

Mobile Tracking System by using GPS

นาย กมล

ชุทรานนท์

43010005

นาย สุภาสุภาวัฒน์

อันเพ็ง

43010492

โครงการนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการสอบ



.....  
( อาจารย์ พิชญ์ สุพรรณกุล )

อาจารย์ที่ปรึกษา

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบติดตามไร้สายโดยอาศัยจีพีเอส	
ชื่อนักศึกษา	นายกมล ชูทรานนท์	รหัสประจำตัว 43010005
	นายสุภาวัฒน์ อันเพ็ง	รหัสประจำตัว 43010492
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์พิชญ สุพรรณกุล	
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
	สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ	
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2546	

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีจีพีเอส (GPS) กับโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการแสดงตำแหน่ง เพื่อตรวจสอบตำแหน่งของรถในกรณีที่ต้องการตรวจสอบว่ารถที่ถูกนำไปใช้งานอยู่ในเส้นทางที่กำหนดหรือไม่ โดยจีพีเอสทำหน้าที่ในการระบุตำแหน่งของรถแล้วส่งไปยังส่วนควบคุม (MCS-51) ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณควบคุมในการรับและการส่งตำแหน่งผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ (ฝั่งเดียวกับจีพีเอสที่ติดกับตัวรถ) ไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์อีกเครื่องหนึ่งทางฝั่งผู้รับ (ศูนย์ควบคุม) แล้วแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ระบบนี้จะทำให้การติดตามรถเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และการใช้งานในระยะยาวจะทำให้ประหยัดงบประมาณในการตรวจสอบ ไม่ต้องใช้คนในการติดตามมาก แต่ใช้การส่งข้อมูลมาที่ศูนย์ควบคุมแทนสามารถเรียกข้อมูลย้อนหลังมาตรวจสอบได้ เหมาะสำหรับการตรวจสอบการใช้งานในรถประเภทที่ต้องขนส่งของที่สำคัญมูลค่ามาก

<b>Thesis Title</b>	Mobile Tracking System by using GPS	
<b>Student</b>	Mr. Kamon Khuttaranon	ID. 43010005
	Mr. Supawatt Unpeng	ID. 43010492
<b>Advisor</b>	Mr. Pichaya Supanakoon	
<b>Graduate Level</b>	Bachelor Degree of Information Engineering	
<b>Department</b>	Information Engineering	
<b>Academic Year</b>	2003	

## **ABSTRACT**

This project proposes the mobile tracking system by using GPS to detect position of car keeping in the right route. When GPS can detect the position of car, it sends the car-position data to microcontroller (MCS-51), which transforms the control signal to receive and transmit the car position through the cellular mobile telephone to other Cellular mobile telephone at the receiver side (at the same side as GPS attached to the car). Then, the result will illustrate in the computer. This system is able to detect the car effectively and for the long use, it can save budget for the car detection and no need to employ the human power. This system is suitable to examine the car carrying the high value things.

## กิติกรรมประกาศ

การที่ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำ ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา  
อาจารย์พิชญ สุพรรณกุล อาจารย์มนต์ชัย แซ่มซ้อย และอาจารย์พนารัตน์ ระวีวรรณ ที่ได้ให้คำปรึกษา  
รวมถึงอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสาทวิชาความรู้ให้มาจนถึงทุกวันนี้ ขอบคุณเพื่อนๆและพี่ๆ โดยเฉพาะ  
พี่เอ็กซ์ และพี่ก้อย ที่ให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือมาตลอด

สุดท้ายนี้กราบขอบคุณผู้มีพระคุณอย่างสูงนั่นคือ คุณพ่อ คุณแม่มากรับ

ขอขอบคุณทุกท่านโดยคณะผู้จัดทำ

นาย กมล ชูทรานนท์

นาย สุภาสุภาวัฒน์ อันเพ็ง

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 ประวัติความเป็นมาของจีพีเอส	4
2.2 ภาพรวมของระบบจีพีเอส (System Overview)	6
2.2.1. ส่วนของกลุ่มดาวเทียม (Space Segment)	6
2.2.2. ส่วนสถานีควบคุม (Operation Control Segment)	8
2.2.3. ส่วนของผู้ใช้ (User Receiving Segment)	8
2.3 การเข้ารหัส	10
2.3.1 การเข้ารหัสแบบ P-Code (precise)	10
2.3.2. การเข้ารหัสแบบ C/A-Code (Coarse Acquisition)	11
2.4 ลักษณะของสัญญาณดาวเทียมในระบบจีพีเอส (GPS Satellite Signal)	11
2.4.1 การเข้ารหัสแบบ P-Code (precise)	12
2.4.2 การเข้ารหัสแบบ C/A-Code (Coarse Acquisition)	12
2.4.3 ข่าวสารการนำร่อง (Navigation Message)	12
2.5 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณ GPS (GPS Receiver Operation)	15

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.1 การเลือกดาวเทียม (Satellite Tracking Selection)	14
2.5.2 การรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Signal Acquisition)	14
2.5.3 การถอดรหัสข้อมูล (Data Detection)	15
2.6 ระบบการทำงานของจีพีเอส	18
2.7 มาตรฐานNMEAและ โปรโตคอลNMEA ที่ใช้ในการสื่อสารของจีพีเอส	20
2.7.1 มาตรฐาน NMEA (NMEA Standard)	20
2.7.2 มาตรฐาน NMEA0183	20
2.7.3 โปรโตคอล NMEA 0183	21
2.7.4 รูปแบบประโยคของ NMEA	21
2.8 ตัวควบคุม (Controller)	25
2.8.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro controller) DS89C420	25
2.8.2 หน่วยความจำโปรแกรม (Program) แบบแฟลช (flash)	26
2.8.3 หน่วยความจำข้อมูลภายใน	27
2.8.4 การโปรแกรมแบบอัปเดตโปรแกรมได้โดย ไม่ต้องถอดตัวไอซี	28
บทที่ 3 การนำจีพีเอสไปใช้งานบันทึกเส้นทาง	30
3.1 บอร์ดจีพีเอส (GPS Receiver Module)	30
3.2 การติดต่อกับจีพีเอสกับคอมพิวเตอร์	34
3.3 การเซตบอร์ดจีพีเอส (GPS Receiver Module) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป	35
3.4 การติดต่อระหว่างมือถือกับจีพีเอส	38
3.4.1 วงจรควบคุม (Controller)	38
3.4.2 แผนภาพ โปรแกรมการทำงานของวงจรถวลควบคุม	39

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4.3 อุปกรณ์เก็บตำแหน่งเส้นทาง	45
3.5 การแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์	47
3.5.1 การแสดงพิกัด	47
3.5.2 การทำงานของโปรแกรม	48
บทที่ 4 โปรแกรมรับค่าตำแหน่งจีพีเอส	52
4.1 โครงสร้างโปรแกรม	52
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	57
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	

## สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 ระบบจีพีเอส	2
รูปที่ 2.1 ดาวเทียมจีพีเอส	4
รูปที่ 2.2 กลุ่มของดาวเทียมจีพีเอส ที่โคจรรอบโลก	5
รูปที่ 2.3 การประยุกต์ใช้จีพีเอส ในเชิงธุรกิจ	5
รูปที่ 2.4 ภาพรวมของระบบจีพีเอส	6
รูปที่ 2.5 กลุ่มดาวเทียมจีพีเอส	7
รูปที่ 2.6 ภาพฉายของระนาบวงโคจรดาวเทียม ณ เวลาหนึ่ง (orbit planes)	7
รูปที่ 2.7 ระบบควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Tracks)	8
รูปที่ 2.8 การหาพิกัดในแนวแกน X,Y,Z ระหว่างดาวเทียม กับ เครื่องรับ	9
รูปที่ 2.9 การหาค่าตำแหน่งของระบบจีพีเอส	9
รูปที่ 2.10 การประยุกต์ใช้งานในส่วนของผู้ใช้	10
รูปที่ 2.11 สัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากดาวเทียม	12
รูปที่ 2.12 ภาพข่าวสารนาร่อง	13
รูปที่ 2.13 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส	15
รูปที่ 2.14 ภาพการถอดรหัสข้อมูลข่าวสารการนาร่อง	16
รูปที่ 2.15 การทำ Exclusive-OR	16
รูปที่ 2.16 PRN Code Sample	16
รูปที่ 2.17 สัญญาณที่ Receiver และ Satellite PRN codes	17
รูปที่ 2.18 การหาความต่างของสัญญาณ PRN Code	17
รูปที่ 2.19 GPS C/A Code Chips	17
รูปที่ 2.20 POOR GDOP	17
รูปที่ 2.21 GOOD GDOP	19
รูปที่ 2.22 ตัวอย่างการวาง GDOP (ไม่ดีเนื่องจากถูกบดบังสัญญาณ)	20
รูปที่ 2.23 การเปรียบเทียบจำนวนรอบสัญญาณนาฬิกาต่อคำสั่งใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro Controller) MCS-51 รุ่นต่างๆ	26

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.24 โครงสร้างภายในของ DS89C420	27
รูปที่ 2.25 แสดงโครงสร้างหน่วยความจำของ DS89C420	28
รูปที่ 2.26 วงจรที่ใช้สำหรับการทำงานในโหมด ROM Loader	29
รูปที่ 2.27 พอร์ตโทรศัพท์เคลื่อนที่ Siemens รุ่น C35i	29
รูปที่ 3.1 บอร์ดจีพีเอส รุ่น 9540 (GPS Receiver Module)	30
รูปที่ 3.2 บอร์ดจีพีเอส (GPS Receiver Module) เมื่อมองด้านบน	31
รูปที่ 3.3 บอร์ดจีพีเอส (GPS Receiver Module) เมื่อมองด้านข้าง	31
รูปที่ 3.4 ตำแหน่งของสายอากาศจีพีเอส	32
รูปที่ 3.5 วงจร Max232	34
รูปที่ 3.6 วงจรจีพีเอส	34
รูปที่ 3.7 หน้าหลักของโปรแกรม Leadtek GPS Monitor Rev 1.0.9.5	35
รูปที่ 3.8 การเซตค่าเริ่มต้น	36
รูปที่ 3.9 การแสดงตำแหน่งดาวเทียมที่รับได้โดย โปรแกรม Leadtek GPS Monitor Rev 1.0.9.5 ณ หอพักชายชัยพฤกษ์	36
รูปที่ 3.10 การบอกตำแหน่งที่รับได้	37
รูปที่ 3.11 การติดต่อระหว่างมือถือกับจีพีเอส	38
รูปที่ 3.12 วงจรควบคุม	38
รูปที่ 3.13 แผนภาพการทำงานของวงจรควบคุมหลัก	40
รูปที่ 3.14 แผนภาพโปรแกรมควบคุมรับข้อมูลจากจีพีเอสมาเก็บ	41
รูปที่ 3.15 แผนภาพโปรแกรมควบคุมการรับสาย	42
รูปที่ 3.16 แผนภาพโปรแกรมควบคุมส่งข้อมูลปัจจุบัน	43
รูปที่ 3.17 แผนภาพโปรแกรมควบคุมส่งข้อมูลย้อนหลัง	44
รูปที่ 3.18 ส่วนประกอบของอุปกรณ์เก็บตำแหน่งเส้นทาง	45
รูปที่ 3.19 ส่วนประกอบของตัวควบคุม	46
รูปที่ 3.20 อุปกรณ์เก็บเส้นทาง	46

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.21 การรับข้อมูลมาแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์	47
รูปที่ 3.22 การกำหนดจุดอ้างอิงบนแผนที่โลก รูปแบบลองติจูด และละติจูด	47
รูปที่ 3.23 การกำหนดจุดอ้างอิงบนแผนที่ในคอมพิวเตอร์ รูปแบบ Pixel	47
รูปที่ 3.24 การทำงานของโปรแกรมแสดงตำแหน่งบนจอคอมพิวเตอร์ขณะรับข้อมูลผ่าน โทรศัพท์เคลื่อนที่	47
รูปที่ 3.25 การทำงานของโปรแกรมแสดงตำแหน่งบนจอคอมพิวเตอร์โดยการเปิดไฟล์	51
รูปที่ 4.1 ข้อมูลที่ส่งมา	52
รูปที่ 4.2 การแสดงตำแหน่งจากข้อมูลที่ได้รับ	53
รูปที่ 4.3 การตรวจดูตำแหน่งเฉพาะจุด	54
รูปที่ 4.4 การเอาข้อมูลที่เก็บไว้มาแสดงตำแหน่งเส้นทาง	55
รูปที่ 4.5 การเอาข้อมูลที่เก็บไว้มาดูลักษณะเส้นทาง	56

## สารบัญตาราง

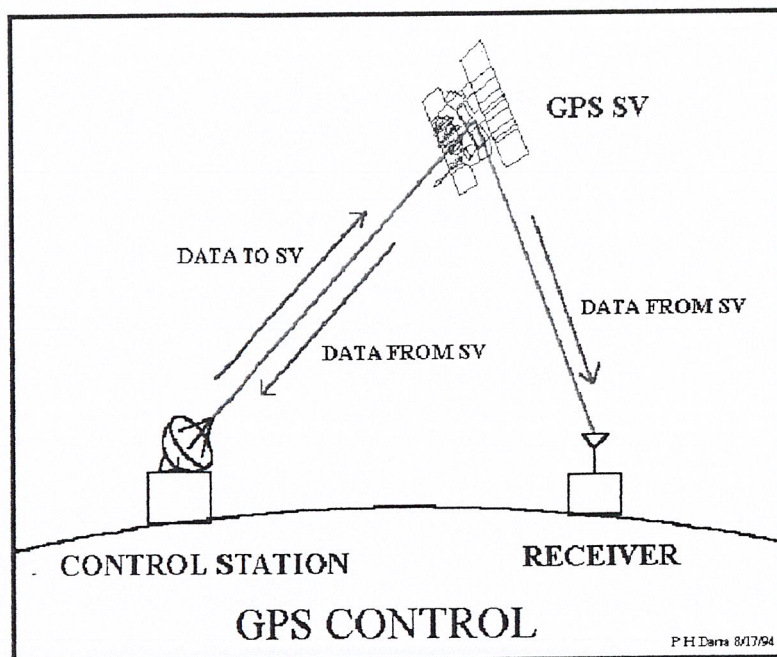
	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่า GLL	24
ตารางที่ 3.1 ขาเอาต์พุต 20 ขาของจีพีเอส	32
ตารางที่ 3.2 AT-Commands Set	49

# บทที่ 1

## บทนำ

ปัจจุบันหน่วยงานต่างๆ มีการใช้งานยานพาหนะเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะบริษัทที่เป็นธุรกิจขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้จำพวกรถในการติดต่อสื่อสารและขนส่งสินค้า จึงต้องมีการลงทะเบียนจำนวนรถ และตรวจเช็คอยู่เสมอถึงการใช้งานรถ ดังนั้นเพื่อให้การใช้งานเป็นไปอย่างที่ต้องการจริงๆ จึงได้มีการจัดการปัญหาเหล่านั้น โดยการนำระบบตรวจหาตำแหน่ง หรือ ที่เรียกว่า จีพีเอสเข้ามาช่วยในการตรวจสอบ โดยจะส่งตำแหน่งของรถที่ต้องการมายังศูนย์ควบคุม เพื่อตรวจสอบและตรวจเช็คการใช้งานรถได้ และเพื่อคู่วารรถของเราได้วิ่งไปในเส้นทางที่ถูกต้อง ซึ่งเช็คโดยการให้ส่งข้อมูลของตำแหน่งรถมายังศูนย์ควบคุม แล้วตรวจดูตำแหน่งของรถในแต่ละตำแหน่งที่เคลื่อนที่ผ่านบนจอมอร์นิเตอร์

ระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก ทำได้โดยใช้ดาวเทียมนาฟสตาร์ หรือ จีพีเอส (Global Positioning System (GPS)) เป็นระบบบอกตำแหน่งอ้างอิงกับพื้นโลก โดยการส่งสัญญาณวิทยุจากอากาศยานยังดาวเทียมภาคพื้นดิน ใช้ความต่างของเวลาในการส่ง-รับสัญญาณระหว่างดาวเทียม (อย่างน้อย 4 ดวง) กับตัวรับสัญญาณ เพื่อการคำนวณหาตำแหน่ง, ความเร็วและเวลา (Position, Velocity, Time) ให้กับผู้ใช้งานทั้งทางบก ทางทะเล ทางอากาศ และทางอวกาศ ตามปกติระบบจีพีเอสจะมีการใส่รหัสเพื่อให้เกิดความผิดพลาดเล็กน้อย เนื่องจากเดิมที่ผู้คิดค้นคือกระทรวงกลาโหมของสหรัฐ ต้องการนำระบบนี้มาใช้ทางการทหาร แต่เนื่องจากที่ระบบนี้เป็นระบบเปิดคือสัญญาณดาวเทียมจะถูกส่งออกมา โดยที่ผู้รับทั่วไปสามารถนำมาใช้ได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันการใช้งานในทางที่ผิด จึงมีการใส่รหัสเพื่อให้ผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้นที่จะได้ข้อมูลที่ถูกต้องระบบจีพีเอสประกอบด้วย 3 ระบบหลัก คือ ส่วนของกลุ่มดาวเทียม (Space Segment), ส่วนสถานีควบคุม (Control Segment) และส่วนของผู้ใช้งาน (User Segment)



รูปที่ 1.1 ระบบจีพีเอส

ส่วนของดาวเทียมประกอบด้วยหมู่ดาวเทียมนาฬิกาสตาร์ 24 ดวงครอบคลุมพื้นที่รอบโลก โดยแต่ละดวงจะทำหน้าที่ กระจายสัญญาณรหัสย่านอาเอฟ (RF) และส่งข้อมูลข่าวสารการนำร่อง (Navigation Data Message) ส่วนของสถานีควบคุมจะประกอบด้วยเครือข่ายสำหรับติดตามดาวเทียม (Network of Monitoring) และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการติดตามควบคุม ซึ่งใช้จัดการกับวงโคจรของดาวเทียม และอัปเดต (Update) ข้อมูลข่าวสารการนำร่องของดาวเทียม ในส่วนของผู้ใช้จะประกอบด้วยเครื่องรับสัญญาณข้อมูลข่าวสารการนำร่องซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อรับ, ถอดรหัส, ประมวลผล และนำสัญญาณดาวเทียมไปประยุกต์ใช้งาน

เครื่องรับสัญญาณจะได้รับข้อมูลข่าวสารการนำร่องจากดาวเทียมทำให้ทราบถึงเวลาที่ใช้ในการส่ง-รับ และนำค่าเวลาที่ได้อ่านตามระยะเวลาทางระหว่างดาวเทียมและเครื่องรับ โดยหลักการคือดาวเทียมจะส่งสัญญาณบอกค่าเวลา ณ เวลาที่ส่งสัญญาณเวลาออกมา เมื่อเครื่องรับได้รับสัญญาณจะได้ค่าเวลา ณ เวลาที่รับสัญญาณ โดยใช้สัญญาณจากตัวเครื่องรับเอง ดังนั้นจะได้ค่าเวลาที่ใช้ในการส่ง-รับ และนำค่าเวลานี้ไปคำนวณระยะเวลาโดยค่าความเร็วของสัญญาณความถี่ย่าน RF ที่ใช้ส่ง-รับ จะเป็นค่าคงที่ที่ทราบอยู่แล้ว ดังนั้นเมื่อนำค่าเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ และค่าความเร็วของสัญญาณมาคำนวณแล้ว จะได้ระยะเวลาห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับสัญญาณในแนวระนาบพื้นผิวทรงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่ดาวเทียมดวงนั้นๆ แต่ไม่ทราบตำแหน่งที่แน่นอนได้

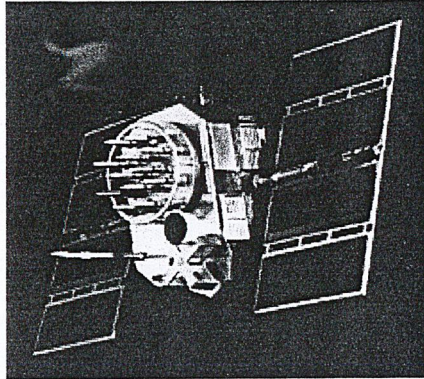
ดังนั้นในการหาตำแหน่งจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้รหัสสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ในเวลาเดียวกัน เพื่อใช้ในการหาจุดตัดของสัญญาณจากดาวเทียม โดย ณ ตำแหน่งจุดตัดของสัญญาณดาวเทียมจำนวน สามดวงนั้นจะเป็นพิสัยในแกนสามมิติ (3D) และค่าสัญญาณดาวเทียมอีกหนึ่งดวงจะเป็นค่าพารามิเตอร์ของ ค่าความผิดพลาดของสัญญาณนาฬิกาของเครื่องรับ

เมื่อเครื่องรับได้ทำการประมวลผลข้อมูลจากสัญญาณที่ได้จากดาวเทียม แล้วจะได้ค่าพารามิเตอร์ออกมา 3 ค่า คือ ค่าตำแหน่ง (ละติจูด และลองจิจูด), ความเร็วและเวลา และจากข้อมูลที่ได้ เราสามารถประยุกต์ค่าข้อมูล เพื่อใช้ในการออกแบบควบคุมการนำร่องให้กับอุปกรณ์ยานพาหนะต่างๆ เครื่องรับสัญญาณแบบพกพามีฟังก์ชันในการส่งข้อมูลออกโดยพอร์ตแบบอนุกรม ข้อมูลที่ส่งออกมาจะส่งในรูปแบบมาตรฐานโปรโตคอล NMEA 183 ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลของ ละติจูด, ลองจิจูด, ความสูง, เวลาและอื่นๆ ของเครื่องรับสัญญาณ จากค่าเหล่านี้เราสามารถออกแบบโปรแกรมในการกำหนดเส้นทางเดินที่ถูกต้อง และสั้นที่สุดไว้ล่วงหน้าได้ เพื่อนำไปกำหนดเส้นทางการเดินรถแก่ผู้ใช้งาน

## บทที่ 2

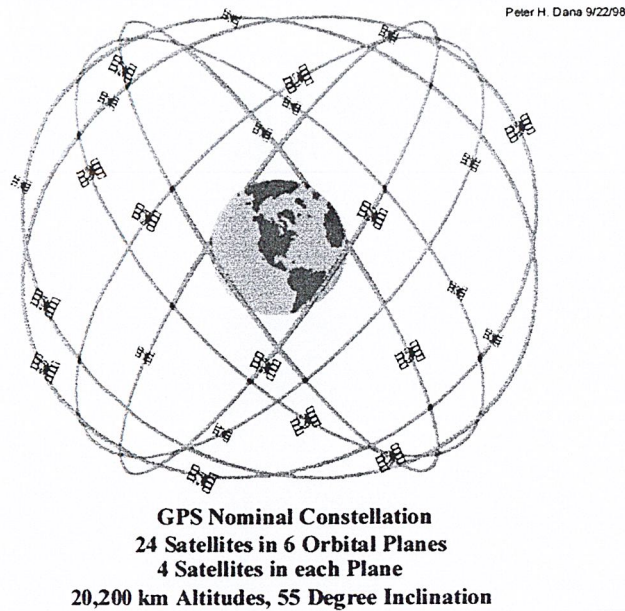
### การทำงานของระบบจีพีเอส

#### 2.1 ประวัติความเป็นมาของจีพีเอส



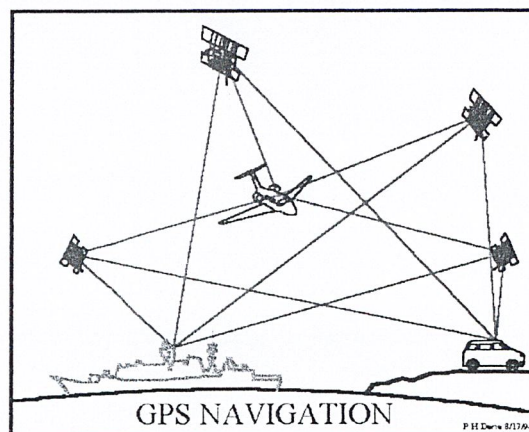
รูปที่ 2.1 ดาวเทียมจีพีเอส

ดาวเทียมด้านจีพีเอส ถูกปล่อยสู่อวกาศครั้งแรกในปี 1983 ใช้เป็นเพียงระบบนำร่อง ในขั้นต้นให้กับเครื่องบิน แต่เมื่อกลุ่มดาวเทียมจีพีเอส มีการขยายตัวมากขึ้น พื้นที่การครอบคลุมก็มากขึ้น และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สำหรับการตรวจสอบแบบ 2 มิติ (ละติจูดและลองจิจูด) และแบบ 3 มิติ (ละติจูด, ลองจิจูด และระดับความสูง) ซึ่งระบบที่สมบูรณ์จริงๆ จะต้องใช้กลุ่มของดาวเทียมปฏิบัติงานถึง 21 ดวง และดาวเทียมสำรองบนวงโคจรอีก 3 ดวง



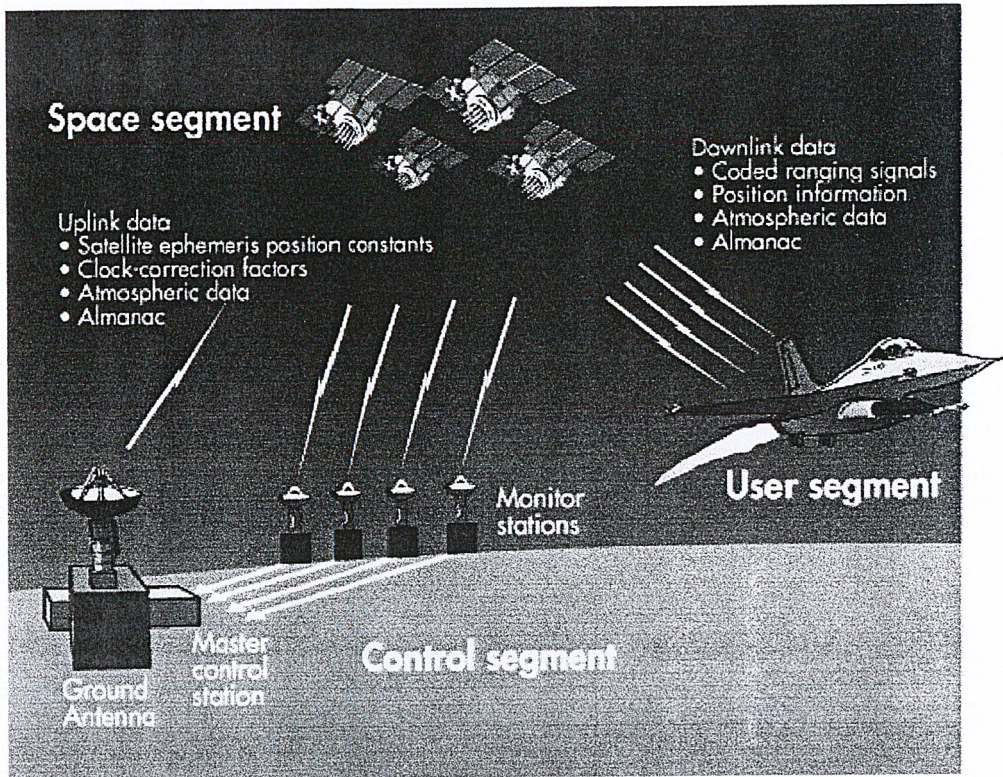
รูปที่ 2.2 กลุ่มของดาวเทียมจีพีเอส ที่โคจรรอบโลก

การประยุกต์ใช้งานที่ไม่ใช่ของรัฐบาลครั้งแรกของระบบจีพีเอส คือ การนำร่อง ให้เรือเดินสมุทรพาณิชย์ ในบริเวณที่ระบบการนำร่องภาคพื้นดิน ที่ใช้กันอยู่อย่างระบบโลแลนซี (Loran-C) ไม่สามารถใช้ได้ และเมื่อจำนวนของดาวเทียมจีพีเอส เพิ่มมากขึ้น ระบบจีพีเอส จึงถูกนำมาใช้งานได้กว้างขวางขึ้น ซึ่งก็ทำให้อุณหภูมิของเครื่องรับในระดับของพลเรือนทั่วไปเพิ่มสูงขึ้น และยังทำให้ราคาต่อเครื่องลดลงด้วย



รูปที่ 2.3 การประยุกต์ใช้จีพีเอส ในเชิงธุรกิจ

## 2.2 ภาพรวมของระบบจีพีเอส (System Overview)



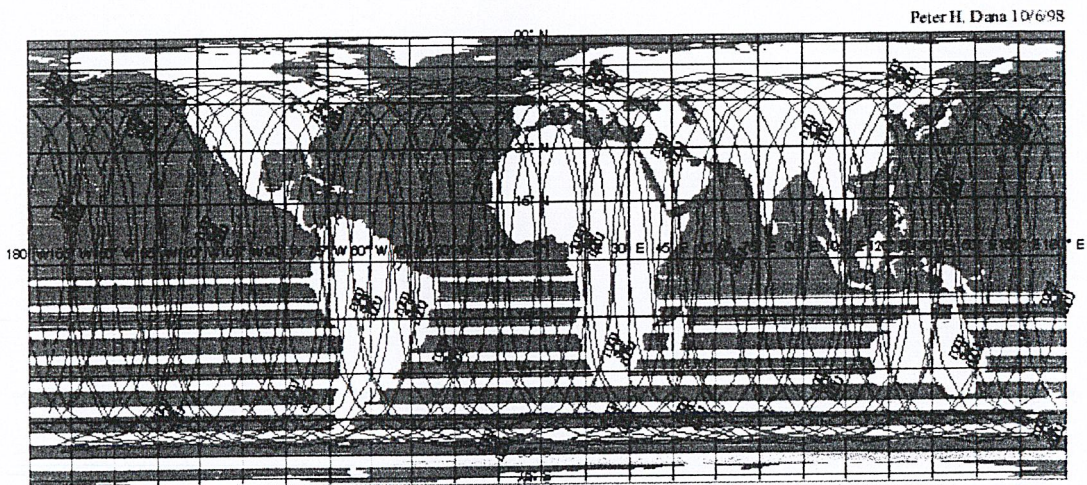
รูปที่ 2.4 ภาพรวมของระบบจีพีเอส

ระบบจีพีเอส อาศัยกลุ่มดาวเทียม 21 ดวง และดาวเทียมสำรองอีก 3 ดวง ในระนาบของการโคจรทั้งหมด 6 ระนาบ ซึ่งสามารถใช้ในการนำร่องทั้งทางภาคพื้นดิน ทางทะเลและทางอากาศ จีพีเอส จะทำการปรับค่าตัวเลขบอกตำแหน่งของวัตถุใน 3 มิติอย่างสม่ำเสมอ (ประกอบด้วย ค่าละติจูด ลองจิจูด และระดับความสูง) และทำการวัดอัตราเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ได้ในเวลาใดๆ จีพีเอส ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

### 2.2.1. ส่วนของกลุ่มดาวเทียม (Space Segment)

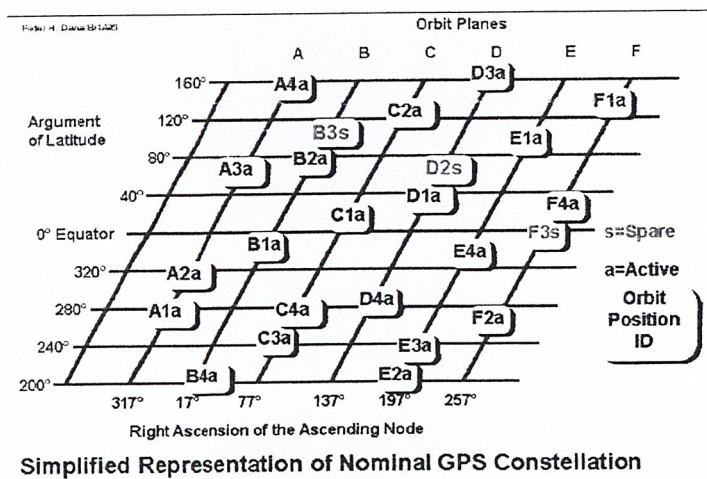
ประกอบไปด้วยดาวเทียมที่อยู่ห่างจากโลกประมาณ 11,000 ไมล์ สำหรับประสานงานกับดาวเทียม 4 ดวงหรือมากกว่าที่สามารถถูกเห็นได้ อย่างพร้อมกันจากบริเวณใด ๆ บนพื้นผิวโลก

บนพื้นผิวโลกหรือเหนือผิวโลกขึ้นไป ดาวเทียมจะต้องลอยตัวอยู่สูงเพียงพอที่สัญญาณจากระบบบนภาคพื้นดินไม่สามารถรบกวนได้ เช่น ระบบบนภาคพื้นดินโลแลนซี และโอเมกา (Omega) โดยส่งผ่านจากอวกาศ โดย ดาวเทียมจีพีเอส 24 ดวง โคจรรอบโลกใน 12 ชม บน 6 ระนาบวงโคจร โดยมีระยะห่างกัน 60 องศาในระนาบวงโคจร และ 55 องศา ในระนาบศูนย์สูตร



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

รูปที่ 2.5 กลุ่มดาวเทียมจีพีเอส



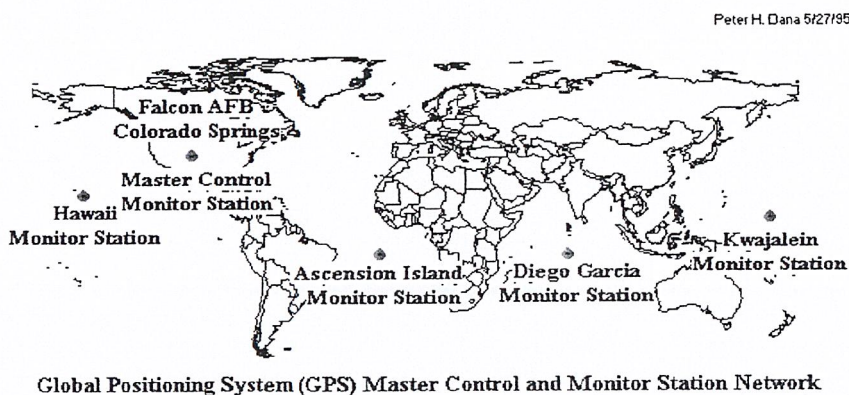
รูปที่ 2.6 ภาพฉายของระนาบวงโคจรดาวเทียม ณ เวลาหนึ่ง (Orbit planes)

## 2.2.2. ส่วนสถานีควบคุม (Operation Control Segment) ประกอบด้วย

2.2.2.1 สถานีควบคุมหลัก (Master control station)

2.2.2.2 สถานีแจ้งผล (Monitor stations)

2.2.2.3 เสาอากาศภาคพื้นดิน (Ground antennas)



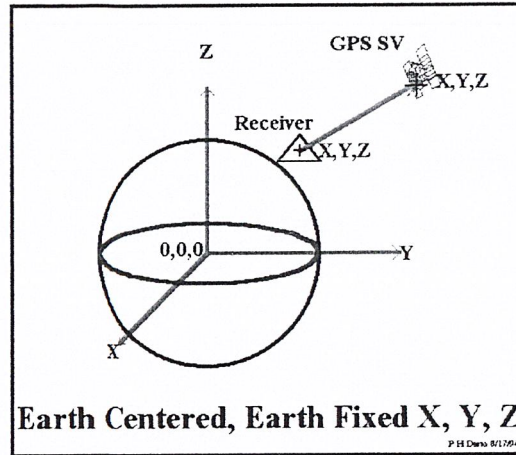
รูปที่ 2.7 ระบบควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Tracks)

สถานีควบคุมจะถูกจัดวางอยู่ทั่วโลก สถานีแจ้งผลจะใช้เครื่องรับจีพีเอส ในการติดตามดาวเทียมทั้งหมดที่สามารถมองเห็นได้ และรวบรวมข้อมูลของระยะทางจากการถ่ายทอดของดาวเทียม สถานีแจ้งผลจะส่งข้อมูลที่รวบรวมได้จากดาวเทียมไปยังสถานีควบคุมหลัก ซึ่งจะคำนวณวงโคจรของดาวเทียม อย่างแม่นยำ ข้อมูลจะถูกจัดเป็นรูปแบบเข้ากับ ข้อมูลนำร่อง (Navigation messages) ที่ถูกปรับเปลี่ยนไปสำหรับดาวเทียมแต่ละดวง ข้อมูลนี้จะถูกส่งไปยังดาวเทียมแต่ละดวง โดยผ่านเสาอากาศภาคพื้นดิน

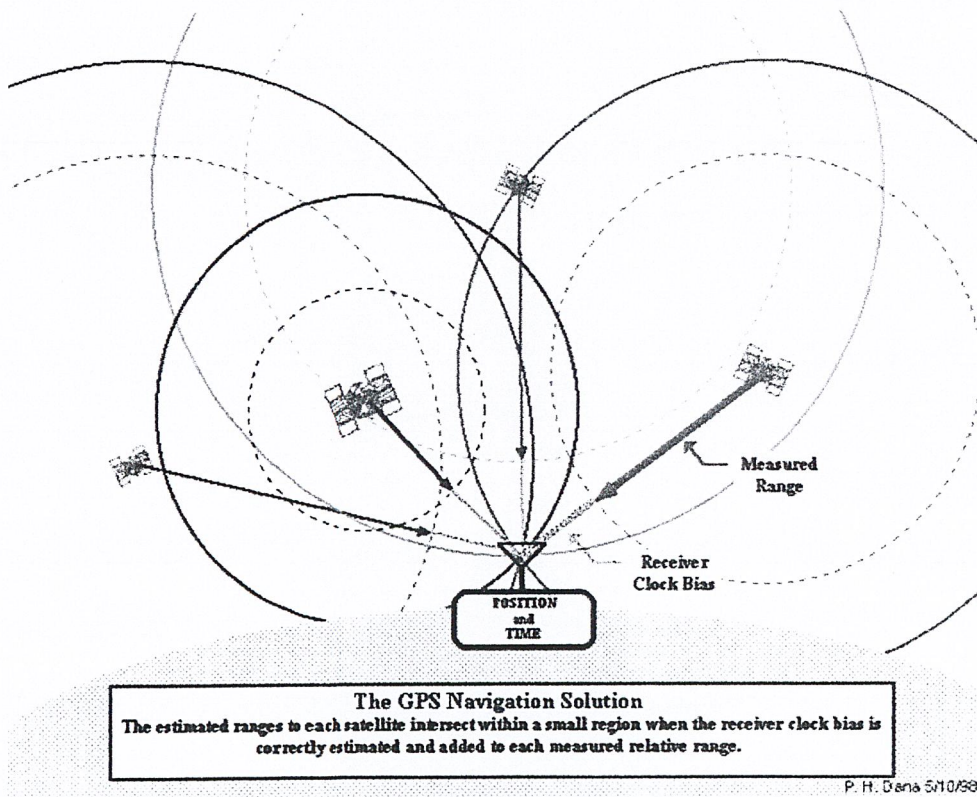
## 2.2.3. ส่วนของผู้ใช้ (User Receiving Segment)

ประกอบด้วย เครื่องรับ ส่วนประมวลผลและจากสายอากาศ ซึ่งจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ทางภาคพื้นดิน ในทะเลหรืออากาศ สามารถที่จะรับการถ่ายทอดของกลุ่มดาวเทียมจีพีเอส โดยเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส จะแปลงสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอส และคำนวณตำแหน่ง, ความเร็ว และเวลาได้อย่างแม่นยำ โดยดาวเทียม 3 ดวง จะคำนวณ มิตินในแนวแกน X, Y, Z ในเชิงพิกัด และ

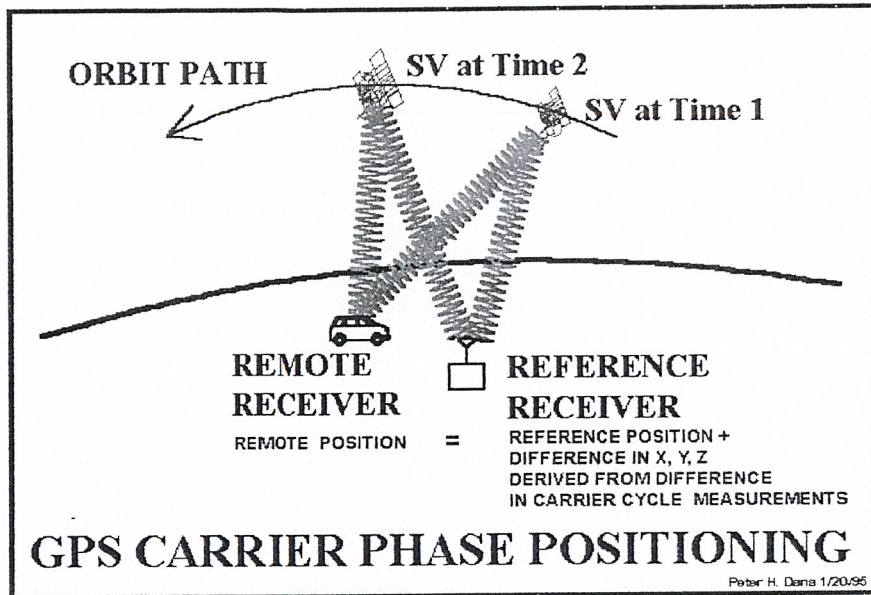
พิกัด และ อีกหนึ่งดวงคำนวณ เวลา โดยเวลาและความถี่ ได้จาก สัญญาณนาฬิกาบนบอร์ดของ ดาวเทียม และ ควบคุมโดยสถานีภาคพื้น



รูปที่ 2.8 การหาพิกัดในแนวแกน X, Y, Z ระหว่างดาวเทียม กับ เครื่องรับ



รูปที่ 2.9 การหาค่าแหน่งของระบบจีพีเอส



รูปที่ 2.10 การประยุกต์ใช้งานในส่วนของผู้ใช้

## 2.3 การเข้ารหัส

ระบบการนำร่อง (Navigation system) ซึ่งให้เครื่องรับอย่างเดียวที่เป็นแบบ passive จะถูกนำมาใช้ประโยชน์ สำหรับการปฏิบัติงานที่เป็นความลับ เช่น เครื่องบิน โจรกรรม, จรวด เป็นต้น ซึ่งเป็นไปได้ ที่ข้าศึกสามารถนำระบบการนำร่องที่ใช้ระบบจีพีเอสมาใช้งาน ระบบจีพีเอส จึงมีอยู่ 2 ลักษณะคือ P-Code และ C/A-Code

### 2.3.1. การเข้ารหัสแบบ P-Code (Precise)

การเข้ารหัสแบบ P-Code เป็นข้อมูลรหัส PRN แบบไบนารี มีความถี่ 1.023 MHz ขนาดยาว 7 วัน โดยจะเริ่มใหม่ทุกๆเที่ยงคืนวันเสาร์-อาทิตย์ รหัส P-Code จะเหมือนกับรหัส C/A คือถูก Exclusive-OR กับข้อมูลข่าวสารการนำร่องแต่จะถูกมอดูเลตกับทั้งคลื่นพาหะ L1 และ L2 ทำให้ผู้ใช้บริการแบบการบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์ (Precise Positioning Service(PPS)) สามารถใช้คลื่นทั้งสองคำนวณความล่าช้าอันเนื่องมาจากบรรยากาศได้อย่างละเอียด รหัส P-Code จะถูกเข้ารหัส

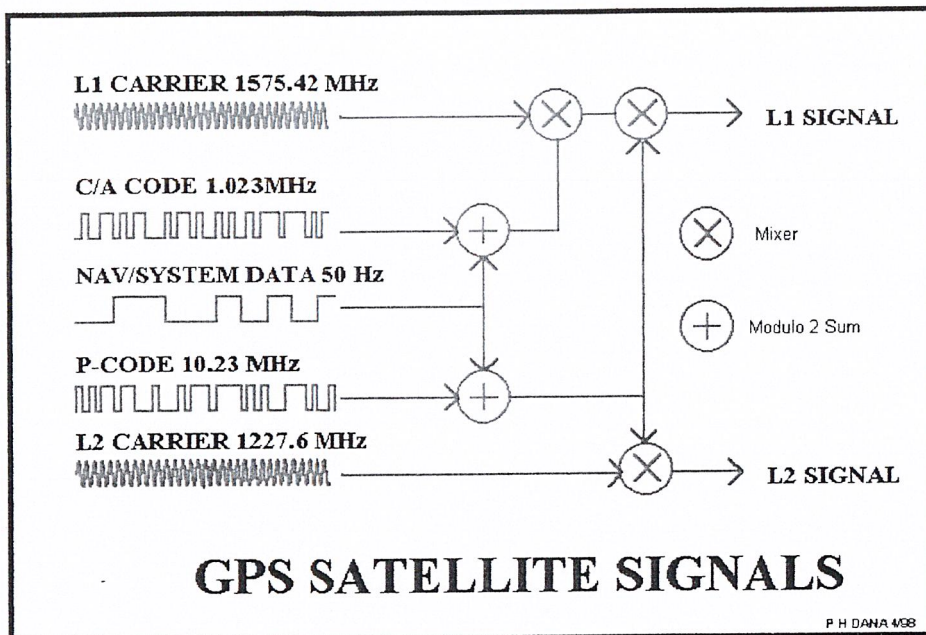
เช่นเดียวกับรหัส C/A แตรหัส P-Code จะถูกเข้ารหัสด้วยเทคนิค AS (Anti-Spoofing) ด้วยและจะเรียกเปลี่ยนเป็นรหัส P(Y)-Code การเข้ารหัสแบบนี้ใช้ได้เฉพาะผู้ใช้ที่เป็นรัฐบาลสหรัฐอเมริกาเท่านั้น

### 2.3.2. การเข้ารหัสแบบ C/A-Code (Coarse Acquisition)

การเข้ารหัสแบบ C/A-Code เป็นข้อมูลรหัส PRN มีลักษณะเป็นไบนารี (Binary Code) มีความถี่ 1.023MHz ขนาดความยาว 1024 bits มีคาบเวลา 1 ms รหัส C/A จะถูก Exclusive-OR กับข้อมูลข่าวสาร การนำร่องก่อนส่งออกจากความถี่ที่ทำโดยมอดูเลชันกับพาหะ L1 เพียงอย่างเดียว ทำให้ผู้ใช้บริการระบบการบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน (Standard Positioning Service (SPS)) ไม่สามารถคำนวณความล่าช้าของสัญญาณได้ละเอียดอ่อนเนื่องมาจากผ่านชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ และต้องใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แทนสัญญาณ L2 รหัส C/A จะถูกเข้ารหัสด้วยเทคนิค SA (Selective Availability) เพื่อให้เกิดความผิดพลาดเล็กน้อย สาเหตุเนื่องจากปัญหาความมั่นคง การเข้ารหัสแบบนี้พอหาได้ สามารถนำไปใช้งาน สำหรับใครก็ตามที่ต้องการสร้างหรือซื้อเครื่องรับ

## 2.4 ลักษณะของสัญญาณดาวเทียมในระบบจีพีเอส (GPS Satellite Signal)

ดาวเทียมจะส่งสัญญาณคลื่นไมโครเวฟสองความถี่ออกมา โดยความถี่ทั้งสองจะทำหน้าที่เป็นคลื่นพาหะคือ สัญญาณความถี่พาหะ L1 (1575.42 MHz) และ L2 (1227.60MHz) ความถี่คลื่นพาหะจะถูกมอดูเลตโดยสเปกตรัมรหัส ประกอบด้วย ขบวนการของรหัส (Pseudorandom Noise) เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของแต่ละดาวเทียม และข้อมูลข่าวสารการนำร่อง ความถี่ทุกดวงส่งคลื่นความถี่พาหะที่เหมือนกัน แต่สัญญาณไม่รบกวนกันเป็นเพราะรหัส PRN ที่มีมอดูเลตเข้าไป สัญญาณดาวเทียมถูกแยกได้โดยใช้เทคนิคย้อนกลับ หรือที่เรียกว่า Code Division Multiple Access (CDMA) โดยที่เครื่องรับจะจำลองรหัส PRN ของดาวเทียมดวงที่ต้องการเพื่อทำการดีมอดูเลต



รูปที่ 2.11 สัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากดาวเทียม

สัญญาณพาหะ L1 จะถูกมอดูเลตโดยรหัส PRN 2 อัน และมอดูเลตกับรหัสข้อมูลข่าวสารแบบ Binary Phase Shift Key (BPSK) รหัสที่ถูกมอดูเลตมี 3 ชนิด คือ

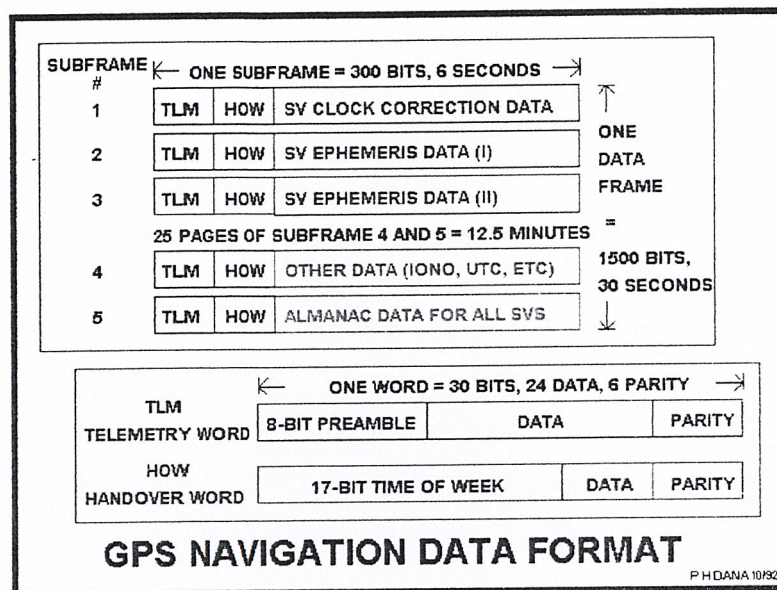
2.4.1. การเข้ารหัสแบบ P-Code (Precise) แสดงไว้ในหัวข้อ 2.3.1

2.4.2. การเข้ารหัสแบบ C/A-Code (Coarse/ Acquisition Code) แสดงไว้ในหัวข้อ 2.3.2

2.4.3. ข่าวสารการนำร่อง (Navigation Message) ข่าวสารการนำร่องมีความถี่ 50 MHz จะรวมอยู่ที่ในรหัส P(Y) และ C/A ด้วยวิธี Exclusive-OR ข่าวสารการนำร่องจะมีข้อมูลเอกลักษณ์ของดาวเทียมดวงที่ส่งสัญญาณ และข้อมูลทั่วไปของดาวเทียม ดังนี้

- เวลาขณะที่ส่งข้อมูลออกจากดาวเทียม (Time of transmission of the message)
- Hand-Over Word (HOW) สำหรับการส่งจาก C/A-Code ไปยัง P(Y)-Code tracking
- ข้อมูลการแก้ไขสัญญาณนาฬิกา (Clock Correction)
- ข้อมูลอิพิเมอร์ส
- ข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมส่งสัญญาณ (Health data for the Transmitting satellite)

- ข้อมูลอัลมาแนค (Almanac and Health data for all satellite)
- ค่าโคแอฟฟิเชียนต์สำหรับจำลองชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Coefficients for the Ionosphere delay model)
- ค่าโคแอฟฟิเชียนต์เพื่อคำนวณเวลา UTC (Coefficients to calculate UTC)
- ข่าวสารการนำร่องประกอบด้วย 25 เฟรมข้อมูล แต่ละเฟรมมี 1500 บิต โดยแต่ละเฟรมจะถูกแบ่งเป็น 5 เฟรมย่อย เฟรมย่อยละ 300 บิต ข้อมูลในเฟรมย่อยที่ 1-3 ในแต่ละเฟรมจะเหมือนกัน ใช้เวลาในการรับข้อมูลทั้งหมดของเฟรมย่อย 6 วินาที



รูปที่ 2.12 ภาพข่าวสารนำร่อง

เฟรมย่อยที่ 1 จะบรรจุข้อมูลการแก้ไขสัญญาณนาฬิกาสำหรับดาวเทียมที่ส่ง และมีพารามิเตอร์บ่งบอกถึงความแม่นยำและสภาพของสัญญาณ

เฟรมย่อยที่ 2,3 จะบรรจุอีพีมอริสพารามิเตอร์ (Ephemeris parameter) เพื่อใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของดาวเทียม สำหรับคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับต่อไป

เฟรมย่อยที่ 4,5 เป็นข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตลอด 25 เฟรม โดยจะบรรจุข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียม ข้อมูลอัลมาแนค และข้อมูล UTC และข้อมูลจำลองสถานะบรรยากาศ

HOW จะมีข้อมูลที่บอกถึงเวลาของดาวเทียม และเวลาของรหัส P(Y) ที่มีคาบเวลายาวถึง 7 วัน เพื่อให้เครื่องรับสามารถใช้ในการถอดรหัส P(Y)

TLM จะมีข้อมูลเริ่มต้นที่ช่วยให้เครื่องรับสามารถใช้ในการ detect ข้อมูลเริ่มต้นในแต่ละเฟรมย่อย

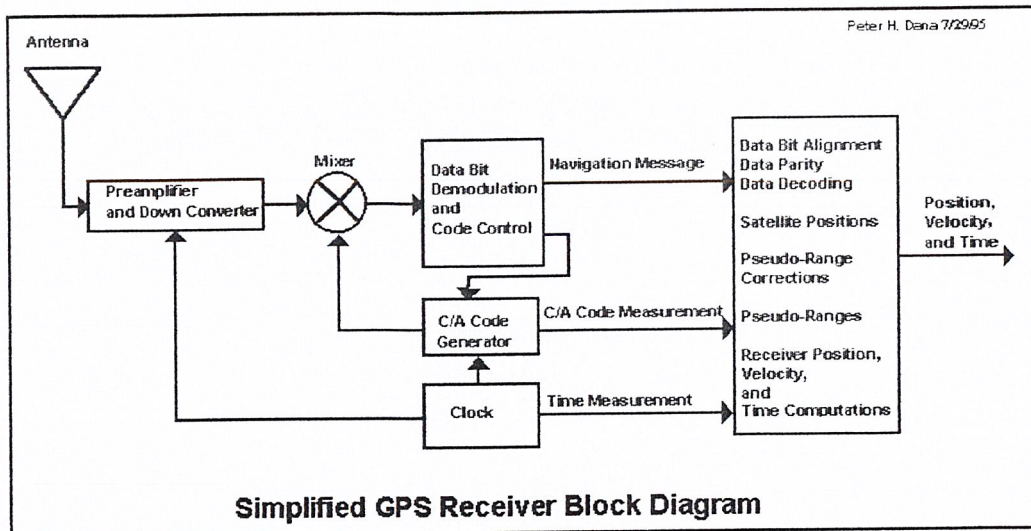
## 2.5 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณ GPS (GPS Receiver Operation)

### 2.5.1 การเลือกดาวเทียม (Satellite Tracking Selection)

กระบวนการแทรกสัญญาณจะเริ่มโดย เครื่องรับจะหาว่าดาวเทียมดวงไหนที่เป็นไปได้ในการแทรกสัญญาณ โดยจะทำการค้นหารหัส C/A ของดาวเทียมที่อยู่ในพิสัย และล็อกสัญญาณดาวเทียมดวงนั้น เมื่อดาวเทียมถูกแทรกเครื่องรับจะสามารถตีโมดูลข้อมูลการนำร่อง ค่าอัตราส่วนและข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมทั้งหมดซึ่งการเลือกดาวเทียมของเครื่องรับต้องใช้ข้อมูลจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ในการคำนวณ เครื่องรับอาจรับข้อมูลทุกดวงในพิสัยมาคำนวณเลยก็ได้ แต่เครื่องรับส่วนใหญ่จะทำการเลือกดาวเทียมที่ไม่มากเกินไปในการคำนวณ เนื่องจากปัญหายุ่งยากในการ คำนวณและต้นทุน ดังนั้น ในการเลือกดาวเทียมที่จะรับข้อมูล เครื่องรับอาจเลือกข้อมูลจากดาวเทียมที่มีสถานะดีที่สุดที่ได้จากสัญญาณแทรกดาวเทียมดวงแรก หรือ อาจเลือกจากดาวเทียมที่ได้สัญญาณก่อนเลยก็ได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบ

### 2.5.2 การรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Signal Acquisition)

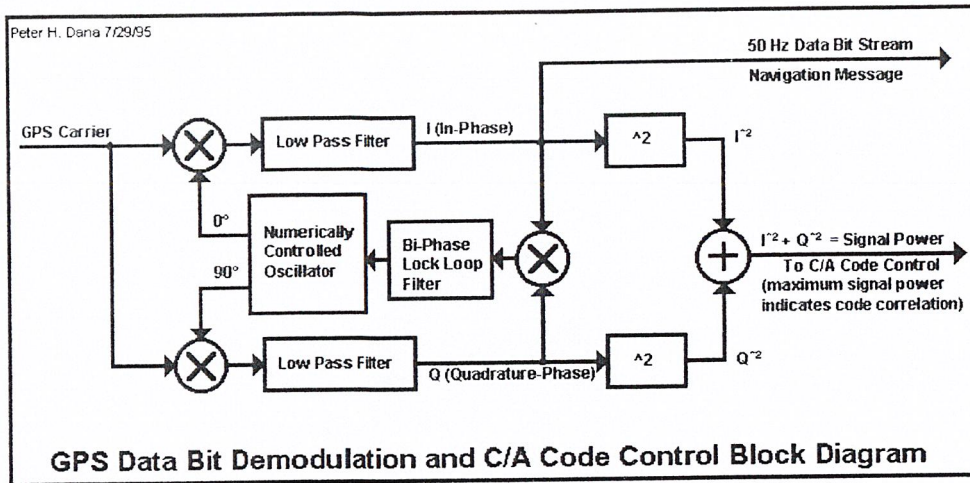
สัญญาณของดาวเทียมที่ส่งออกมาเมื่อมาถึงเครื่องรับ สัญญาณที่ได้จะมีกำลังอ่อน แลจะถูกรบกวนโดย noise เครื่องรับจึงจำเป็นต้องทำการจำลองสัญญาณที่ได้รับมา และนำมาเปรียบให้ตรงกับสัญญาณดาวเทียม จากนั้นจึงทำการคอมเพรสกลับมาให้เป็นสัญญาณจริง เรียกวิธีนี้ว่า เทคนิค Code Correction



รูปที่ 2.13 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

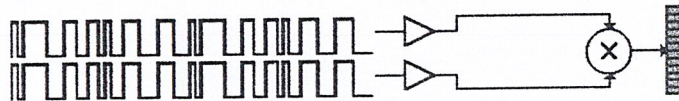
### 2.5.3 การถอดรหัสข้อมูล (Data Detection)

ข้อมูลที่เครื่องรับสัญญาณได้จากดาวเทียม เป็นข้อมูลที่มีการมอดูเลตกันของคลื่นพาหะรหัส C/A และ รหัส P(Y) ของข้อมูลข่าวสารในการถอดคลื่นพาหะจะใช้ Low Pass Filter เพื่อแยกเอาคลื่นพาหะออก เครื่องรับจะใช้ตัวตั้งความถี่ สร้างเฟสที่คงที่ และใช้เทคนิคเฟสล็อกกลูป (Phase Locked Loop) ไว้เพื่อ detect สัญญาณ ส่วนการถอดรหัส C/A ออก จะทำการสร้างสัญญาณ C/A จำลองขึ้นจากคุณลักษณะของดาวเทียมแต่ละดวง เพื่อกำหนดและล็อกข้อมูล รหัส C/A (เรียก Code Tracking Loop) จึงทำการแยกรหัส C/A ออกมาส่วนรหัส P(Y) นั้น เนื่องจากมีความยาวคาบถึง 7 วัน จึงใช้วิธี Phase Locked Loop ไม่ได้ จึงใช้ข้อมูลที่อยู่ใน HOW ในการทราบเวลาที่แน่นอนในการทำงาน



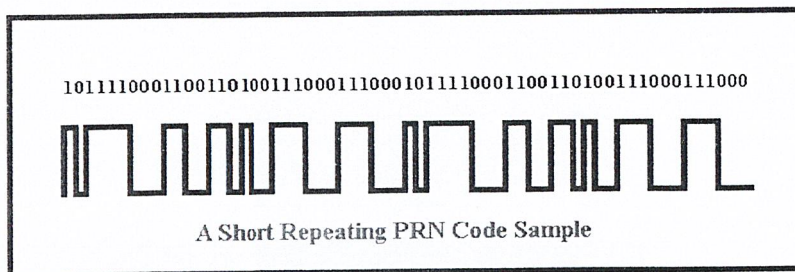
รูปที่ 2.14 ภาพการถอดรหัสข้อมูลข่าวสารการนำร่อง

ในรูปที่ 2.15 เป็นการจับคู่กันของรหัสที่เข้ามาจากดาวเทียมกับรหัสที่สร้างขึ้นจากจีพีเอส



รูปที่ 2.15 การทำ Exclusive-OR

เครื่องรับจีพีเอสจะเลื่อนรหัสที่สร้างไปเรื่อยๆจนสามารถจับคู่กับรหัสที่ได้จากดาวเทียม โดยรูปที่ 2.16 เป็นรหัสที่เข้ามา



รูปที่ 2.16 PRN Code Sample

ถ้ารหัสที่เข้ามาไม่สามารถจับคู่กับรหัสที่สร้างขึ้นจะเป็นดังรูปที่ 2.17

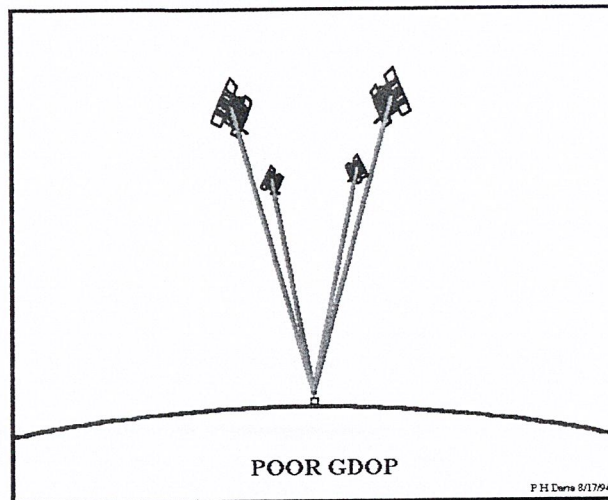


ปกติ ส่วนสัญญาณที่เข้ารหัสแบบ C/A-Code ซึ่งใช้งานได้สำหรับผู้ที่ใช้ที่เป็นพลเรือนทั่วไป จะให้ข้อมูลของตำแหน่งที่มีความแม่นยำภายใน 30 เมตร หรือประมาณ 100 ฟุต เนื่องจากความเที่ยงตรงของการบอกตำแหน่งสำหรับผู้ที่ใช้ที่เป็นพลเรือนค่อนข้างมากเกือบเท่าทางการ ทางกระทรวงกลาโหมสหรัฐจึงได้ออกแบบระบบที่จะลดความเที่ยงตรงของการเข้ารหัสแบบ C/A-Code ลง เพื่อป้องกันการนำมาใช้ในการต่อต้านกองทัพสหรัฐ เรียกว่าความสามารถเลือกหาได้ (selective availability หรือ S/A) ซึ่งได้เพิ่มโอกาสของการผิดพลาดไปเป็นที่ระยะ 100 เมตรหรือประมาณ 330 ฟุตแทนของเดิม ในปัจจุบันทางกระทรวงกลาโหมสหรัฐยังถกเถียงกัน ที่จะเพิ่มรัศมีของความผิดพลาดของ S/A ไปเป็น 300 เมตร หรือประมาณ 1,000 ฟุต ซึ่งจะทำให้ระบบจีพีเอส ในระดับพลเรือนไม่คุ้มค่าสำหรับในการนำไปใช้ในเชิงธุรกิจ

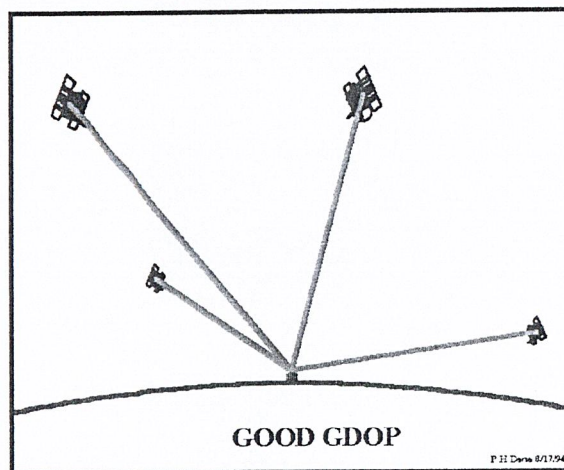
## 2.6 ระบบการทำงานของจีพีเอส

จีพีเอส อาศัยหลักการของ satellite triangulation ซึ่งหมายถึงการหาค่าตำแหน่งบนโลก โดยการวัดระยะทางจากกลุ่มดาวเทียม เช่น ถ้าวัดดูอยู่ห่างจากดาวเทียมดวงที่ 1 ที่ระยะทาง 11,000 ไมล์ วัดดูนั้นจะต้องอยู่ที่ใดที่หนึ่งบนทรงกลมจินตภาพที่มีศูนย์กลางเป็นดาวเทียมและมีรัศมี 11,000 ไมล์ ถ้าวัดดูอยู่ห่างจากดาวเทียมดวงที่ 2 ที่ระยะ 12,000 ไมล์ วัดดูนั้นจะต้องอยู่บนวงกลม ซึ่งเกิดจากการตัดกันของทรงกลม จากดาวเทียม 2 ดวงถ้าทำการวัดครั้งที่ 3 วัดดูอยู่ที่ระยะ 13,000 ไมล์ จากดาวเทียมดวงที่ 3 ก็จะมี 2 ตำแหน่งเท่านั้นใน space ซึ่งตรงตามความต้องการ ตำแหน่ง 2 ตำแหน่งมาจากการที่ทรงกลมรัศมี 13,000 ไมล์ ตัดกับวงกลมที่มาจากทรงกลมรัศมี 11,000 ไมล์ และทรงกลมรัศมี 12,000 ไมล์ โดยหลักการทางคณิตศาสตร์ ระยะการวัด 4 ระยะสำหรับดาวเทียมที่ต่างกัน 4 ดวง จะกำหนดตำแหน่งได้อย่างแน่นอน แต่อย่างไรก็ตามระยะการวัดเพียง 3 ระยะก็เป็นการเพียงพอ เพราะเครื่องรับจีพีเอส มีเทคนิคต่างๆ สำหรับการแยกความแตกต่างของตำแหน่งที่ถูกค้องจากตำแหน่งที่ไม่ถูกค้อง นอกจากนี้การวัดระยะจากดาวเทียมหนึ่งในสามก็สามารถที่จะยกเลิกได้ ถ้าระดับความสูงของวัดดูทราบค่าอยู่แล้ว อย่างเช่น ที่ระดับน้ำทะเลซึ่งก็จะกำหนดให้ ทรงกลมหนึ่งนั้นมีศูนย์กลางอยู่ที่จุดศูนย์กลางของโลกและมีรัศมีเท่ากับรัศมีของโลก รวมกับระยะความสูงของวัดดูที่กำลังถูกหาค่าตำแหน่ง เครื่องรับจีพีเอส บางรุ่นสามารถกำหนดให้ไปปฏิบัติงานในระนาบ 2 มิติอย่างตัวอย่างนี้ได้ ซึ่งจะทำให้การคำนวณตำแหน่งเป็นไปอย่างรวดเร็วและเที่ยงตรงมากกว่า

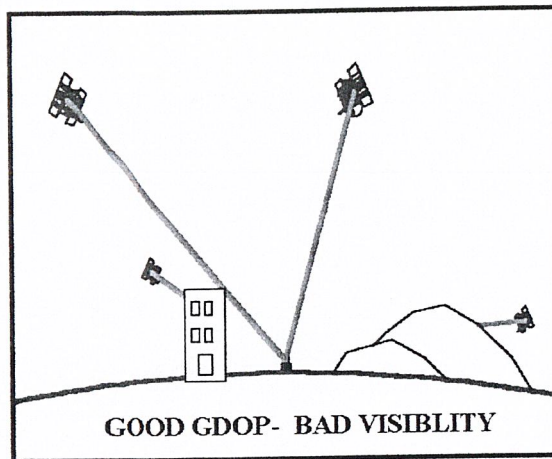
ค่าจีออเมตริก ไดลูชัน ออฟ พรีซิชั่น (Geometric Dilution of Precision (GDOP)) จะแสดงถึงการจัดวางดาวเทียมสี่ดวงที่ทำกับเครื่องรับสัญญาณ ถ้าค่า GDOP มีค่ามาก จะได้ค่าผิดพลาดจากเครื่องรับผิดพลาดไปจากที่ควรจะเป็นมากด้วย ตัวอย่างการจัดวางกลุ่มดาวเทียม



รูปที่ 2.20 POOR GDOP



รูปที่ 2.21 GOOD GDOP



รูปที่ 2.22 ตัวอย่างการวาง GDOP (ไม่ดีเนื่องจากถูกบดบังสัญญาณ)

## 2.7 มาตรฐาน NMEA และ โปรโตคอล NMEA ที่ใช้ในการสื่อสารของจีพีเอส

### 2.7.1 มาตรฐาน NMEA (NMEA Standard)

มาตรฐาน NMEA คือการอินเตอร์เฟซทางไฟฟ้าและ โปรโตคอลการสร้างข้อมูล สำหรับใช้ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์การเดินเรือ (NMEA ยังมีมาตรฐานสำหรับใช้ในการสื่อสารในแบบอื่นๆด้วย) โดย NMEA ย่อมาจาก National Marine Electronics Association ซึ่งทำการศึกษาและพัฒนาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ทางน้ำ

### 2.7.2 มาตรฐาน NMEA0183

มาตรฐานที่เอาท์พุทจะเป็นแบบที่มีตัว EIA-422 และมีสายสัญญาณ 2 เส้น, A และ B โวลเตจบนเส้น A จะเหมือนกับสาย TTL ขณะที่ B โวลเตจจะกลับทางกันกับ A เช่น A เป็น +5, B จะเป็นกราวด์ในการใช้งาน, สายเพียงสายเดียวคือสาย A ใน EIA-422 อาจจะถูกใช้เชื่อมต่อกับ RS-232 อินพุทของเครื่องคอมพิวเตอร์

ในมาตรฐาน NMEA 0183, ตัวอักษรที่ใช้คือ ASCII Text ซึ่งสามารถพิมพ์ได้ (รวมไปถึง Carriage Return and Line Feed ) NMEA 0183 นั้น ข้อมูลจะถูกส่งออกมาด้วยอัตรา 4800baud ข้อมูลจะส่งในรูปแบบของประโยค แต่ละประโยคเริ่มต้นด้วย \$ ตัวอักษรที่ตามมาอีก 2 ตัว คือ talker ID หรือ Device ID เช่น GP ใช้เพื่อบ่งชี้ว่าเป็นข้อมูลจีพีเอส ตัวอักษรที่ตามมาอีก 3 ตัว คือ Sentence ID

คือตัวกำหนดรูปแบบประโยค (Sentence Formatter) หรือจะเรียกว่า ชื่อประโยค (Sentence Name) ตามมาด้วยฟิลด์ข้อมูลจำนวนหนึ่ง โดยจะถูกแบ่งแยกด้วยเครื่องหมายคอมม่า ( , ) และสิ้นสุดด้วยเช็คซัม (checksum) ที่สามารถเลือกได้ว่าจะมีหรือไม่ และจะจบลงด้วยแคร์ริจรีเทิร์น (carriage return/line feed (<CR><LF>)) ประโยคอาจจะมีตัวอักษรถึง 82 ตัวซึ่งรวมกับ \$ และCR/LF แล้ว

ถ้าข้อมูลสำหรับฟิลด์ไม่สามารถหาได้ ฟิลด์จะถูกเว้นข้ามไป แต่คอมม่าที่แบ่งฟิลด์ยังคงถูกส่งออกไปโดยไม่เว้นช่องว่าง เครื่องรับจะระบุตำแหน่งของฟิลด์ข้อมูลที่ต้องการ โดยการนับเครื่องหมายคอมม่าเช็คซัม ที่เลือกได้ว่าจะมีหรือไม่ ประกอบด้วย "\*" และ 2บิตของเลขฐาน 16 (2 hex bits) แทนการ Exclusive-OR ของตัวอักษรทั้งหมด แต่ไม่รวม "\$ " และ "\*" " ในการใช้งานจะมีความต้องการใช้เช็คซัมในบางประโยค

ในมาตรฐานจะอนุญาตแต่ละผู้ผลิตในการนิยามรูปแบบประโยค ประโยคเหล่านี้เริ่มต้นด้วย "SP " และตัวอักษร 3 ตัวที่ตามด้วยเป็น manufacturer ID ตามด้วยข้อมูลตามรูปแบบทั่วไปของประโยคมาตรฐาน

### 2.7.3 โพรโตคอล NMEA 0183

NMEA คือโพรโตคอลมาตรฐานถูกนำมาใช้เครื่องจีพีเอส เพื่อส่งข้อมูล NMEA เอาท์พุทจะเป็นโพรโตคอล EIA-422A แต่เราสามารถนำไปใช้ร่วมงานกับ RS-232 ได้โดยใช้อัตราส่งข้อมูล 4800 bps, 8 คาต่อบิต, ไม่มีพาริตีบิตและมีหนึ่งสตอปบิต (stop bit (8N1)) ประโยคของ NMEAเป็นแอสกีทั้งหมด แต่ละประโยคจะเริ่มต้นด้วยคอลล่าชายน์ (\$) และจบลงด้วย carriage return/line feed (<CR><LF>) ข้อมูลจะถูกขึ้นด้วยคอมม่า เครื่องรับGPSบางอันจะไม่ส่งบางฟิลด์ ข้อมูลเช็คซัมถูกเพิ่มเข้าไป ส่วนที่ตามหลัง \$ คือแอดเดรสฟิลด์ aacc โดย aa คือ device id GP ใช้บ่งเพื่อชี้ว่าข้อมูล GPS จะส่ง device id ตามปกติและเลือกใช้ ccc คือรูปแบบประโยค (sentence formatter) เรียกว่า sentence name

### 2.7.4 รูปแบบประโยคของ NMEA (National Marine Electronics Association)

#### GGA

\$GPGGA, HHMMSS.SS, IIII.IIII, 'N' or 'S', yyyyy.yyyy, 'E' or 'W', '0' or '1' or '2', xx, xx.x, +/-xxxx.x, 'M', +/-xxxx.x, 'M', xxx, xxxx, \*hh<CR><LF>

\$GPGGA 1 เวลา (Time in GMT1) HHMMSS.SS

2	ละติจูด (Latitude)	llll.llll
3	Latitude Hemisphere	'N' or 'S'
4	ละติจูด (Longitude)	yyyyy.yyyy
5	Longitude Hemisphere	'E' or 'W'
6	ค่าที่ชี้ถึงคุณภาพของระบบจีพีเอส (Receiver Mode: 0=fix not available 1=non-differential 2=differential)	'0' or '1' or '2'
7	จำนวนดาวเทียมที่ใช้ (Number of satellites used in position fix)	xx
8	HDOP	xx.x
9	ความสูงของสายอากาศเหนือกว่า/ต่ำกว่า ระดับน้ำทะเล(Altitude)	+/-xxxxx.x
10	เมตร (หน่วยความสูงของสายอากาศ) (Altitude Units: Always meters)	'M'
11	ค่าความแตกต่างระหว่างระบบ WGS-84 กับระบบจีออยด์ (Geoidal Separation)	+/-xxxx.x
12	เมตร (Separation Units: Always meters)	'M'
13	ระยะเวลาตั้งแต่อัปเดตข้อมูลครั้งสุดท้าย Age of differential corrections in seconds	xxx
14	หมายเลขตามสถานีอ้างอิง (Differential reference station ID)	xxxx
15	เช็คซัมNMEA Checksum	*hh

### GSA

\$GPGSA,a,x,xx,xx,xx,xx,xx,xx,xx,xx,xx,xx,xx,x,x,x,x,x\*x\*hh<CR><LF>

\$GPGSA 1 Mode: a

M = Manual, forced to operate in 2D or

3D mode  
A = Automatic, allowed to automatically switch 2D/3D

2	Mode:	x
	1 = Fix not available	
	2 = 2D	
	3 = 3D	
3-14	PRN numbers of satellites used in solution (null for unused fields)	xx,xx,xx,xx,xx,xx, xx,xx,xx,xx,xx,xx
15	PDOP	x.x
16	HDOP	x.x
17	VDOP	x.x
18	NMEA Checksum	*hh
	Sentence terminator	<CR><LF>

**GSV**

\$GPGSV, x, x, xx, xx, xx, xxx, xx....., xx, xx, xxx, xx\*hh <CR><LF>

\$GPGSV	1	Total number of messages, 1 to 3	x
	2	Message number, 1 to 3	x
	3	Total number of satellites in view	xx
	4	Satellite PRN number	xx
	5	Elevation, degrees, 90o maximum	xx
	6	Azimuth, degrees True, 000 to 359	xxx
	7	SNR (C/No) 00-99 dB, null when not tracking	xx
	8, 9, 10, 11	Data for 2nd SV (may be absent)	xx ,xx, xxx, xx
	12,13,14,15	Data for 3rd SV (may be absent)	xx, xx, xxx, xx
	16,17,18,19	Data for 4th SV (may be absent)	xx, xx, xxx, xx
	20	NMEA Checksum	*hh

**RMC**

\$GPRMC,hhmmss.ss,A,1111.11,a,yyyy.yy,a,x.x,x.x,xxxxxx,x.x,a\*hh<CR><LF>

\$GPRMC	1	UTC of position fix	hhmmss.ss
	2	Status:	A
		A = Data valid	
		V = Navigation receiver warning	
	3	Latitude	11111.11
	4	N/S	a
	5	Longitude	yyyyy.yy
	6	E/W	a
	7	Speed over ground, knots	x.x
	8	Course over ground, degrees True	x.x
	9	Date: ddmmyy	xxxxxx
	10	Magnetic variation, degrees	x.x
	11	Magnetic variation, E/W	'E', or 'W'
	12	NMEA Checksum	*hh

**GLL**

\$GPGLL, 1343.5499, N, 10046.5585, E, 103218, A, A\*44

ตารางที่ 2.1 ค่า GLL

ชื่อ	ตัวอย่าง	หน่วย	หมายเหตุ
Message ID	\$GPGLL		GLL protocol header
Latitude	1343.5499		Ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N = north or S = south
Longitude	10046.5585		Dddmm.mmmm
E/W Indicator	E		E = east or W = west

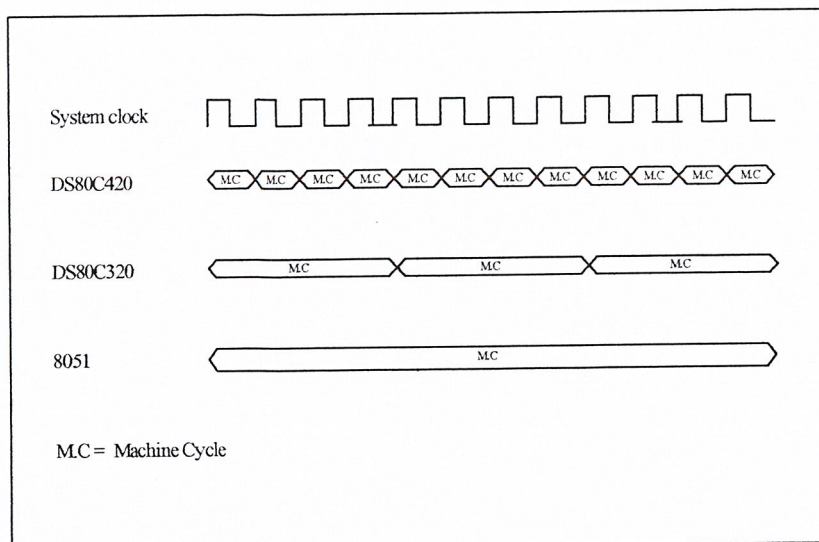
ตารางที่ 2.1 ค่า GLL (ต่อ)

UTC Time	103218		hhmmss.sss
Status	A		A = data valid or V = data not valid
Checksum	A*44		
CR LF			End of message termination

## 2.8 ตัวควบคุม (Controller)

### 2.8.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro controller) DS89C420

DS89C420 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ของค่าย ดัลลัสเซมิคอนดักเตอร์ (Dallas Semiconductor) ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ในตระกูล MCS-51 ตัวแรกที่สามารถประมวลผลคำสั่ง 1 คำสั่ง โดยใช้เวลาเพียง 1 รอบสัญญาณนาฬิกาเท่านั้น จากเดิมที่ต้องใช้เวลาในการประมวลผลคำสั่ง 1 คำสั่งถึง 12 รอบสัญญาณนาฬิกา ทำให้ทำงานได้เร็วขึ้นถึง 12 เท่าที่ความถี่สัญญาณนาฬิกาเดียวกัน นอกจากนี้ยังสามารถทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุดถึง 33 MHz หรือทำงานได้รวดเร็วถึง 33 ล้านคำสั่งต่อวินาที เทียบได้กับหนึ่งคำสั่งใช้เวลาในการประมวลผลเพียง 33 นาโนวินาทีเท่านั้น ถ้าเปรียบเทียบกับ 8051 เดิมแล้วจะต้องใช้สัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่สูงถึง  $33 \times 12 = 396$  MHz เลยทีเดียว ดังในรูปที่ 2.23 ซึ่งได้แสดงการเปรียบเทียบจำนวนรอบสัญญาณนาฬิกาต่อคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 รุ่นต่างๆ

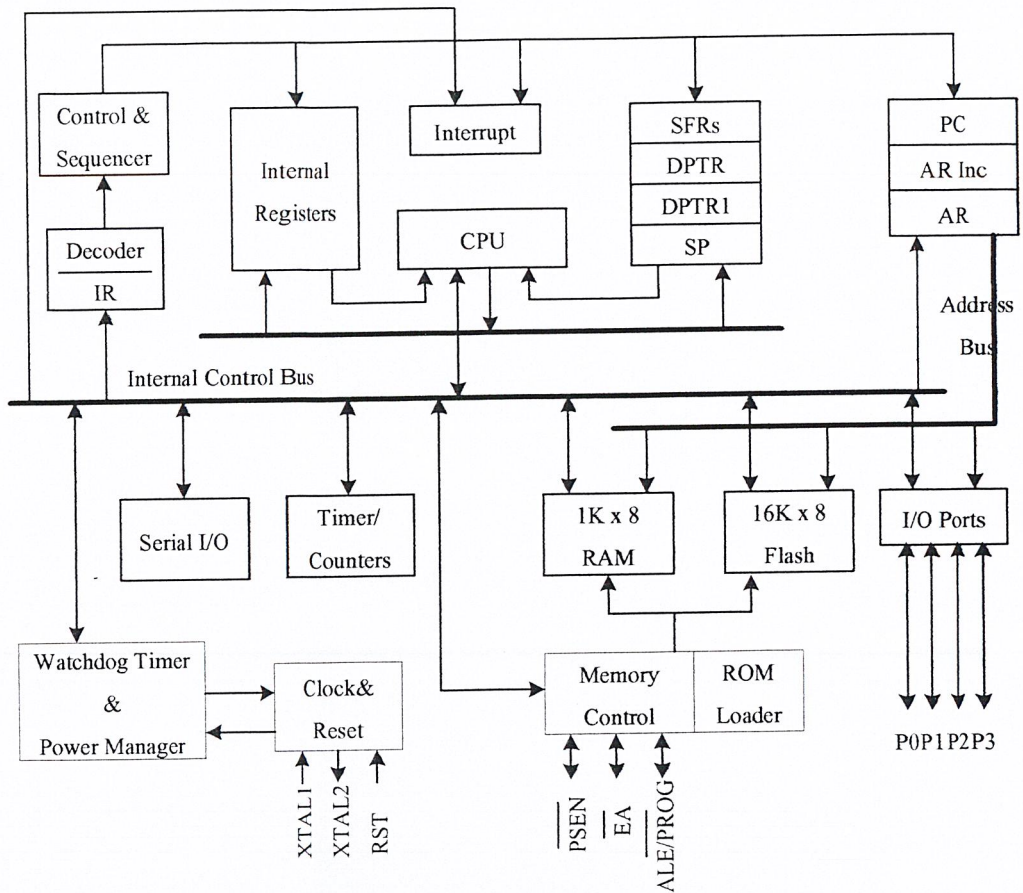


รูปที่ 2.23 การเปรียบเทียบจำนวนรอบสัญญาณนาฬิกาต่อคำสั่งใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro Controller) MCS-51 รุ่นต่างๆ

และนอกจากนั้น DS89C420 ยังมีความเข้ากันได้ (Compatible) กับชุดคำสั่งของ MCS -51 อีกด้วยและ DS89C420 ยังมีคุณสมบัติอื่นๆที่น่าสนใจ ที่แตกต่างจากไมโครคอนโทรลเลอร์อื่นๆในตระกูล MCS -51 อีกดังนี้

### 2.8.2 หน่วยความจำโปรแกรม (Program) แบบแฟลช (Flash)

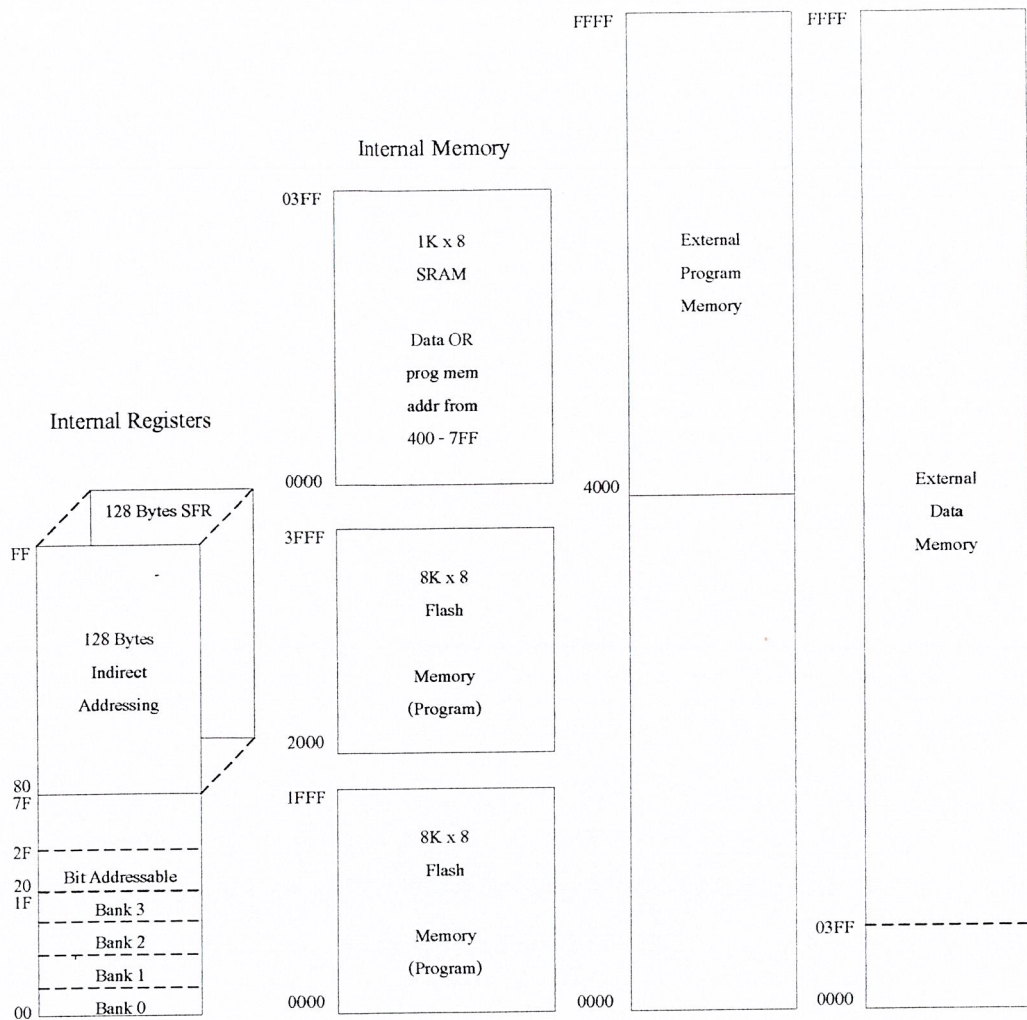
DS89C420 ถูกออกแบบให้มีโครงสร้างหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็นแบบแฟลช ขนาด 16 Kbytes ซึ่งมีข้อดีหลายอย่าง ได้แก่ การนำไปใช้งานโดยไม่ต้องมีการต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกอีก ทำให้ลดจำนวนอุปกรณ์ที่ต้องใช้ลงไปและทำให้สามารถใช้เวลาในการประมวลผลคำสั่งโดยใช้เวลาเพียง 1 รอบสัญญาณนาฬิกาได้ ในขณะที่ถ้าเก็บโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำภายนอก จะต้องใช้เวลาในการเข้าถึงข้อมูลจำนวน 4 รอบสัญญาณนาฬิกา ในรูปที่ 2.15 ได้แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างภายในของ DS89C420



รูปที่ 2.24 โครงสร้างภายในของ DS89C420

### 2.8.3 หน่วยความจำข้อมูลภายใน

ใน DS89C420 นอกเหนือจากหน่วยความจำข้อมูลภายใน (Scratchpad RAM) จำนวน 256 ไบต์ ตามมาตรฐานแล้ว ยังมีหน่วยความจำข้อมูลภายในเพิ่มเติมขนาด 1 กิโลไบต์ ที่ทำงานเหมือนเป็นหน่วยความจำข้อมูลภายนอก คือใช้คำสั่ง MOVX ในการเข้าถึงข้อมูลในหน่วยความจำส่วนนี้ โดยมีพื้นที่อยู่ในตำแหน่ง 0000h-03ffh

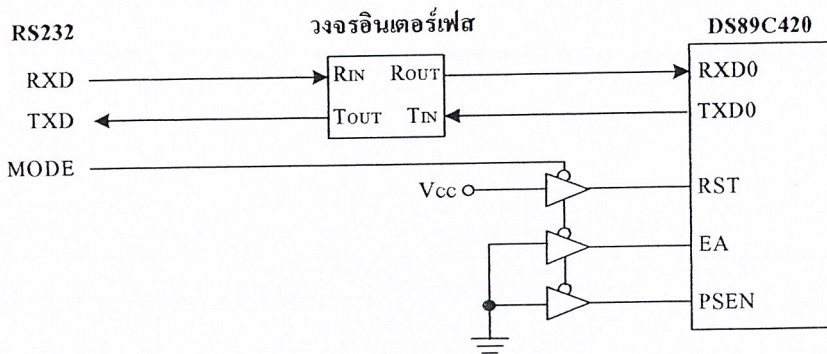


รูปที่ 2.25 แสดงโครงสร้างหน่วยความจำของ DS89C420

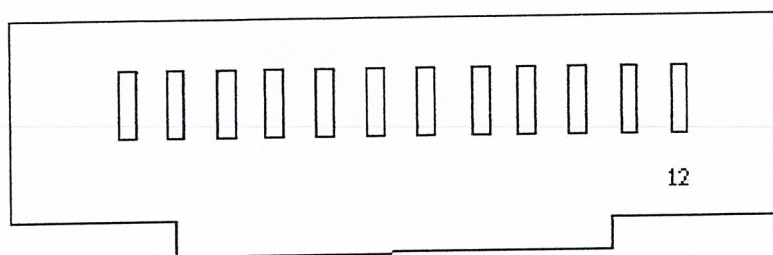
#### 2.8.4 การโปรแกรมแบบอัดโปรแกรมได้โดยไม่ต้องถอดตัวไอซี

นอกจากความเร็วที่เพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่นๆแล้ว DS89C420 ยังมีคุณสมบัติเด่นในเรื่องหน่วยความจำภายในแบบแฟลชที่สามารถอัดโปรแกรมได้โดยไม่ต้องถอดตัวไอซี (IC) ออกจากบอร์ด หรือที่เรียกว่าการโปรแกรมแบบ ISP (In-System Programming) โดยอาศัยการส่งข้อมูลโปรแกรมให้กับ DS89C420 ทางพอร์ตคอนนุกรมสำหรับการทำงานในโหมด ROM Loader ในการเข้าสู่การทำงานในโหมด ROM Loader ของ DS89C420 ทำได้โดยการกำหนดให้  $EA = PSEN = '0'$  และ  $RST = '1'$  เมื่ออยู่ในโหมดการทำงานนี้ DS89C420

จะทำงานตามโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำรอมพิเศษ โดยทำหน้าที่คอยรับคำสั่งที่ติดต่อกับทางพอร์ตอนุกรมและดำเนินการตามคำสั่งที่ได้รับ คำสั่งเหล่านี้จะเกี่ยวข้องกับการจัดการกับหน่วยความจำของ DS89C420 ทั้งภายในและภายนอก รวมถึงการดาวน์โหลด(download)โปรแกรมให้กับ DS89C420 ด้วยประกอบของวงจรที่ใช้ในการทำงานในโหมด ROM Loader สำหรับ DS89C420 จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ส่วน คือ วงจรอินเตอร์เฟซ (Interface) RS232 สำหรับรับ/ส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรมและวงจรสร้างสัญญาณควบคุมทั้ง 3 ขา คือ RST, EA, และ PSEN เพื่อเข้าสู่โหมด ROM Loader ตัวอย่างในรูปที่ 2.17 ใช้บัฟเฟอร์ (Buffer) แบบ 3 สถานะ (3-state buffer) ช่วยในการสร้างสัญญาณควบคุมทั้ง 3 นี้ เพื่อให้มันสามารถใช้งาน DS89C420 ได้ตามปกติเมื่อไม่ได้อยู่ในโหมด ROM Loader



รูปที่ 2.26 วงจรที่ใช้สำหรับการทำงานในโหมด ROM Loader



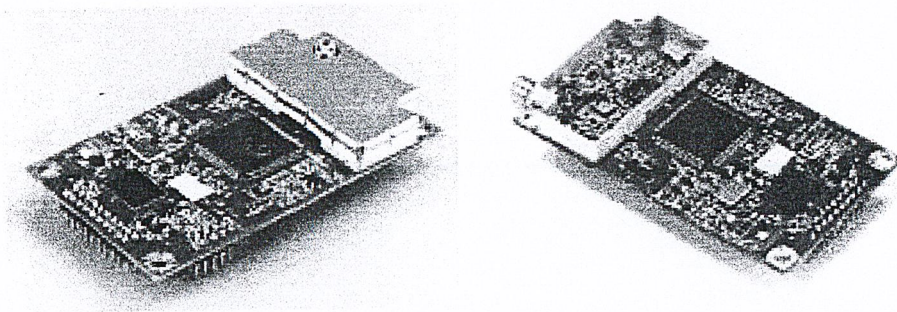
- PIN 1 GND
- PIN 5 Tx
- PIN 6 Rx

รูปที่ 2.27 พอร์ตโทรศัพท์เคลื่อนที่ Siemens รุ่น C35i

## บทที่ 3

### การนำจีพีเอสไปใช้งานบันทึกเส้นทาง

เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ที่ใช้ในการบันทึกเส้นทางรถนี้ เป็นของบริษัทชินเนอร์จี อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด เราใช้โมดูล (Module) รุ่น 9540 รุ่น 9540 สาเหตุที่ใช้แบบโมดูล เนื่องจากแบบนี้สามารถเสดค่าต่างๆได้ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแบบสำเร็จรูปซึ่งเครื่องรับจีพีเอสจะถูกเสดค่าต่างๆไว้เรียบร้อยแล้ว

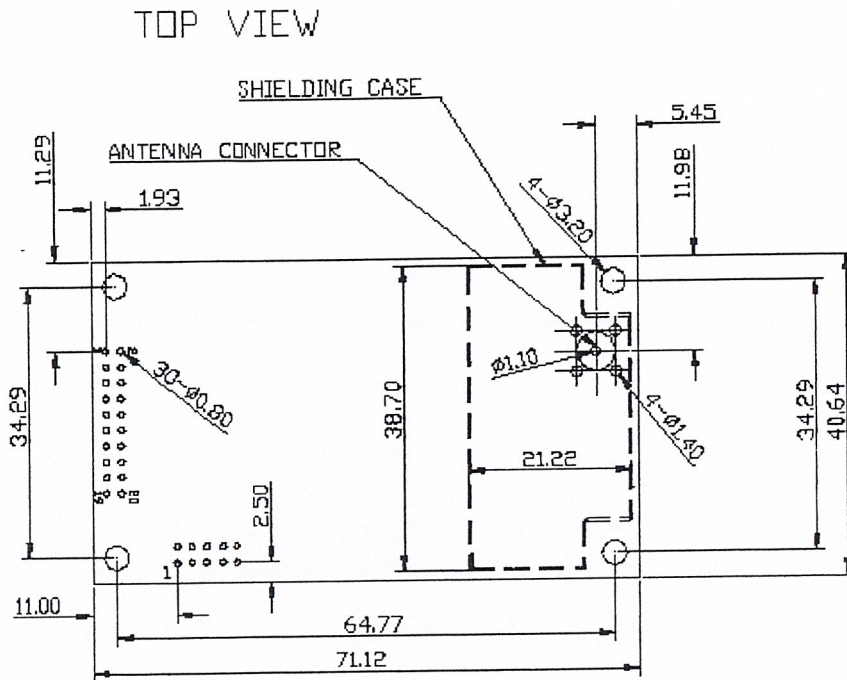


รูปที่ 3.1 บอร์ดจีพีเอส รุ่น 9540 (GPS Receiver Module)

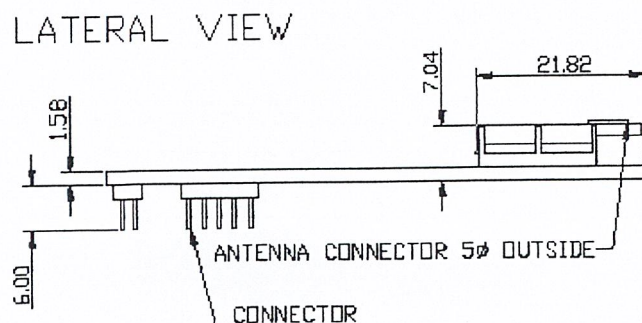
#### 3.1 บอร์ดจีพีเอส (GPS Receiver Module)

บอร์ดจีพีเอสเป็นโมดูลรับสัญญาณดาวเทียม บอกพิกัดตำแหน่งที่ตั้ง (ตำแหน่งพื้นราบ ความสูง วันที่ และเวลา) ใช้ชิปเซ็ต SIRF Star II ,ย่านความถี่ใช้งาน 1575.42 เมกะเฮิร์ต (L1 band, C/A code), รับสัญญาณได้ 12 ช่องสัญญาณ (All in View), ความแม่นยำของตำแหน่ง 15 เมตร, ความเร็วในการรับสัญญาณ (Cold /Warm / Hot) 45/38/8 วินาที, ทวนสัญญาณรับทุกๆ 0.1 วินาที, ส่งข้อมูลออกมาเป็น NMEA 0183/ SiRF Binary, เก็บข้อมูลลง 4 เมกะบิต SRAM (มีถาดใส่ แบตเตอรี่สำรอง), บอร์ดเรท 4,800-38,400 บิตต่อวินาที (ปรับค่าได้), สื่อสารผ่าน 2 ซีเรียลพอร์ท, มี 9 GPIO , กินไฟ 170 มิลลิแอมป์ 5 โวลท์ (กระแสตรง) , น้ำหนัก 25 กรัม, ขนาด (กว้างxยาวxสูง) 40x71x14 มม. (สายอากาศ ยาว 5 เมตร แบบ active) มีพอร์ตต่อออกไปยังอุปกรณ์ภายนอก 1 ชุด มีทั้งหมด 20 ขา

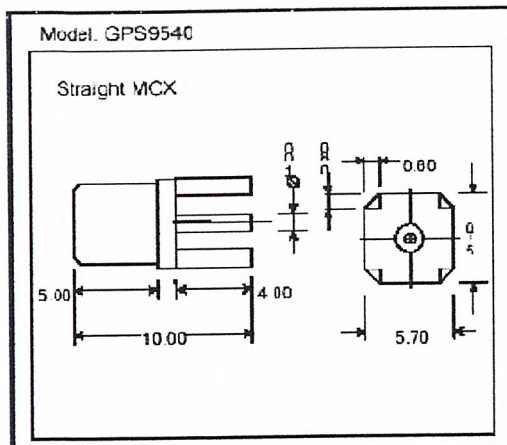
ในการใช้งานของโครงการนี้เราจะใช้เพียง 10 ขา อันได้แก่ขาที่ 1, 2, 3, 5, 10, 11, 12, 13, 16 และ 18 โดยขา Tx,Rxจะนำไปต่อกับวงจรอินเทอร์เฟส ซึ่งเป็นอุปกรณ์เชื่อมสัญญาณระหว่างบอร์ดจีพีเอส และคอมพิวเตอร์ ในวงจรอินเทอร์เฟสเราใช้ Max232 ซึ่งทำงานเหมือนกับ RS232 ส่วนขา 3 ใช้ต่อกับแบตเตอรี่เพื่อใช้แบ็คอัพค่าต่างๆของจีพีเอส ส่วนสายอากาศจะเป็นชนิด MCX ซึ่งเป็นสายอากาศที่มีอัตราการขยายสูง ใช้ในที่โล่งแจ้งซึ่งส่วนใหญ่จะติดไว้กับหลังคารถ



รูปที่ 3.2 บอร์ดจีพีเอส (GPS Receiver Module) เมื่อมองด้านบน



รูปที่ 3.3 บอร์ดจีพีเอส (GPS Receiver Module) เมื่อมองด้านข้าง



รูปที่ 3.4 ตำแหน่งของสายอากาศจีพีเอส

ตารางที่ 3.1 ขาเอาต์พุต 20 ขาของจีพีเอส

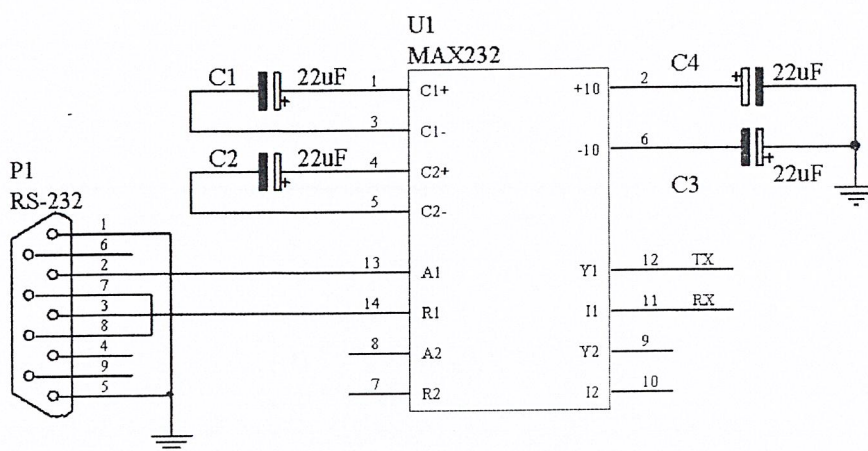
หมายเลขขา	ชื่อ	ประเภท	หน้าที่
1	ANT_PWR	PWR	ไฟเลี้ยงสายอากาศ (Antenna DC Voltage (note1))
2	VCC_5V	PWR	ไฟดีซี +5V (+5 DC Power Input (note2))
3	BAT	PWR	แบตเตอรี่สำรอง (Backup Battery (note3))
4	VCC_3V	PWR	ไฟดีซี +3 V (+3.3V DC Power Input (note4))
5	PBRES	I	ปุ่มรีเซ็ต (Push Button Reset Input. Active Low)
6	GPIO3	I/O	SW dependent functions (note5)
7	GPIO7	I/O	SW dependent functions (note5)
8	GPIO6	I/O	SW dependent functions (note5)

ตารางที่ 3.1 ขาเอาต์พุต 20 ขาของจีพีเอส (ต่อ)

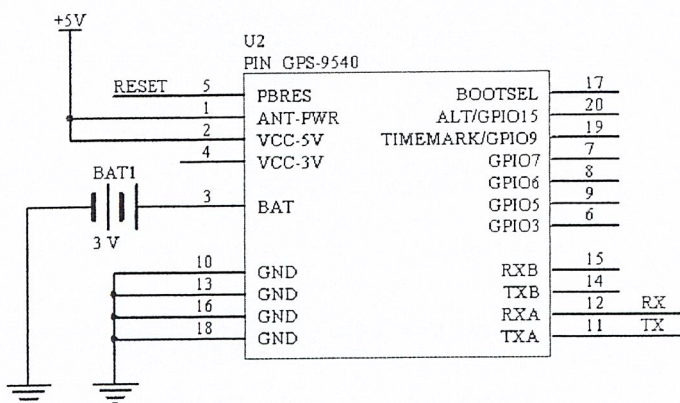
9	GPIO5	I/O	SW dependent functions (note5)
10	GND	PWR	กราวด์(Ground)
11	TXA	O	ด้านส่ง ให้เอาต์พุตเป็นข้อมูลและสัญญาณนำร่อง (Serial Data Output A)
12	RXA	I	ด้านรับ จะรับสัญญาณจากซอร์ฟแวร์ (Serial Data Input A)
13	GND	PWR	กราวด์ (Ground)
14	TXB	O	ใช้สำหรับประยุกต์ (Serial Data Output B)
15	RXB	I	ใช้รับสัญญาณจาก DGPS (Serial Data Input B)
16	GND	PWR	กราวด์ (Ground)
17	BOOTSEL	I	Booting Mode Select
18	GND	PWR	กราวด์ (Ground)
19	TIMEMARK /GPIO9	I/O	เป็นเอาต์พุตของ 1PPS (pulse-per-second) (1PPS Time Mark Output (note5))
20	ALT/GPIO15		Alternative output (note6)

### 3.2 การติดต่อจีพีเอสกับคอมพิวเตอร์

วงจร MAX232 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากบอร์ดจีพีเอส ซึ่งเป็นสัญญาณ TTL/CMOS ให้เป็นสัญญาณ RS232 เข้าคอมพิวเตอร์ และก็แปลงสัญญาณ RS232 จากคอมพิวเตอร์ ให้เป็นสัญญาณ TTL/CMOS กลับไปที่บอร์ดจีพีเอส เมื่อต่อบอร์ดจีพีเอส กับบอร์ด MAX232 แล้วต่อสายอากาศกับจีพีเอส จ่ายไฟให้กับบอร์ดทั้งสอง จากนั้นนำสาย RS232 (สาย connector DB9) ต่อระหว่างบอร์ด MAX232 กับคอมพิวเตอร์ โดยต่อเข้าคอมพิวเตอร์ผ่านคอมพอร์ต



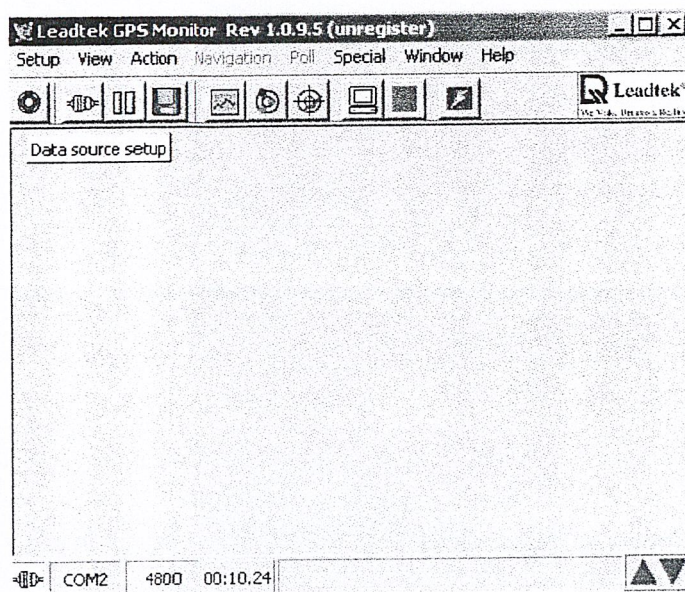
รูปที่ 3.5 วงจร Max232



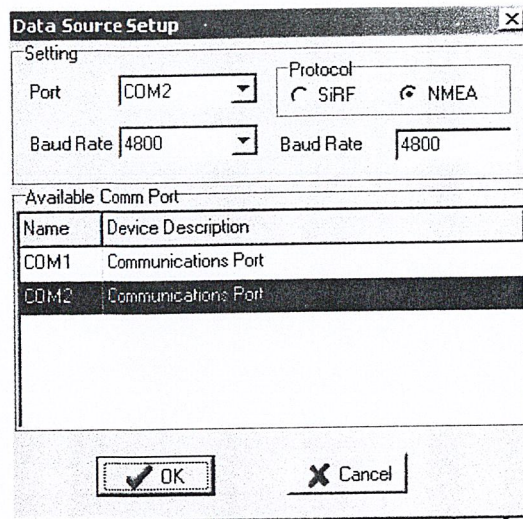
รูปที่ 3.6 วงจรจีพีเอส

### 3.3 การเซตบอร์ดจีพีเอส (GPS Receiver Module) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

เมื่อดับเบิลคลิกที่ Gmonitor.exe จะเข้าสู่หน้าจอของโปรแกรมจะมีปุ่มรูปวงกลมสีแดง  
คือปุ่มData Source Setup

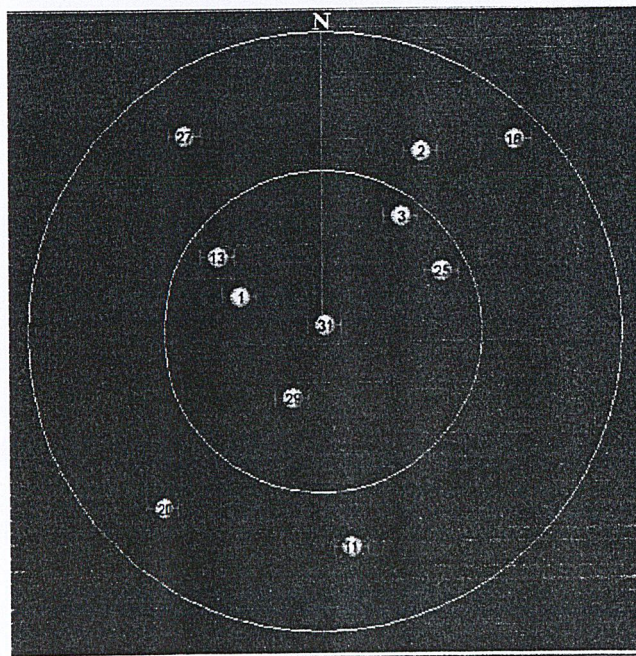


รูปที่ 3.7 หน้าหลักของโปรแกรม Leadtek GPS Monitor Rev 1.0.9.5  
เมื่อคลิกปุ่มData Source Setupจะปรากฏหน้าต่างให้เซต



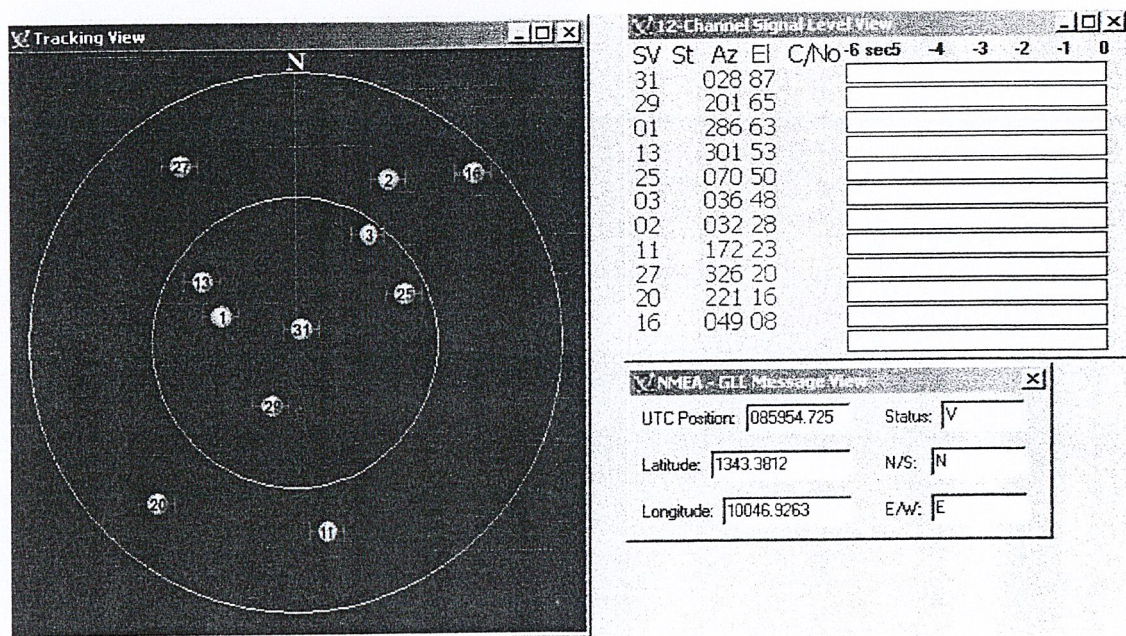
รูปที่ 3.8 การเซตค่าเริ่มต้น

จากรูปที่ 3.7 เป็นการเซตค่าโปรโตคอลมีให้ 2 โปรโตคอล ในที่นี้จะเซตเป็นโปรโตคอล NMEA มีการเซตพอร์ตที่ติดต่อผ่านสาย connector DB9 และมีการเซตค่า baud rate ให้เซตเป็น 4800 bps



รูปที่ 3.9 การแสดงตำแหน่งดาวเทียมที่รับได้โดยโปรแกรม Leadtek GPS Monitor Rev 1.0.9.5 ณ หอพักชายชัยพฤกษ์

จากรูปที่ 3.8 มีวงกลม 2 วงซึ่ง ตรงกลางของวงกลมทั้งสอง คือตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส คือตำแหน่งที่ทำมุม 90 องศา จากพื้นดิน ในวงกลมวงในจะเป็นเส้น 45 องศาจากพื้นดิน ส่วนวงนอกสุด คือทำมุม 0 องศาจากพื้นดิน (ขนานกับพื้นดิน) ถ้าดาวเทียมเคลื่อนที่ออกจากเส้น 0 องศา แสดงว่าดาวเทียม ได้เคลื่อนที่ไปยังอีกซีกโลกหนึ่งแล้ว จะไม่สามารถรับสัญญาณได้เนื่องจากถูกบดบังสัญญาณ หมายเลขที่เห็นบนดาวเทียม คือ หมายเลขดาวเทียมนั้น ถ้าดาวเทียมที่เห็นเป็นสีเขียว แสดงว่าสามารถรับสัญญาณได้ ดาวเทียมเห็นเป็นสีน้ำเงิน แสดงว่ารับสัญญาณไม่ค่อยได้ เนื่องจากความผิดพลาด (Error) ต่างๆทำให้สัญญาณผิดเพี้ยน รวมถึงความแรงของสัญญาณด้วย และถ้าเห็นดาวเทียมเป็นสีแดงแสดงว่าไม่สามารถรับสัญญาณได้เลย



รูปที่ 3.10 การบอกตำแหน่งที่รับได้

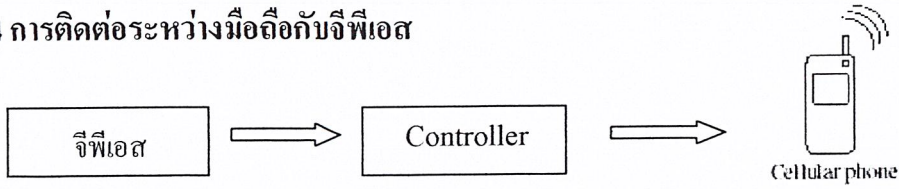
จากรูปที่ 3.9 บอกตำแหน่งของดาวเทียมเป็นค่า Azimuth และ Elevation พร้อมทั้งหมายเลขของดาวเทียม และความแรงของสัญญาณที่รับได้ จากหน้าจอ 12-Channel Signal Level View โดยแสดงค่าดังนี้

SV	คือ	หมายเลขดาวเทียมจีพีเอส
ST	คือ	สถานะของดาวเทียม
Az	คือ	มุมอาซิมุส

EI คือ อิเล็กทรอนิกส์

C/No คือ ระดับความแรงของสัญญาณที่รับได้หน่วยเป็น dB-Hz

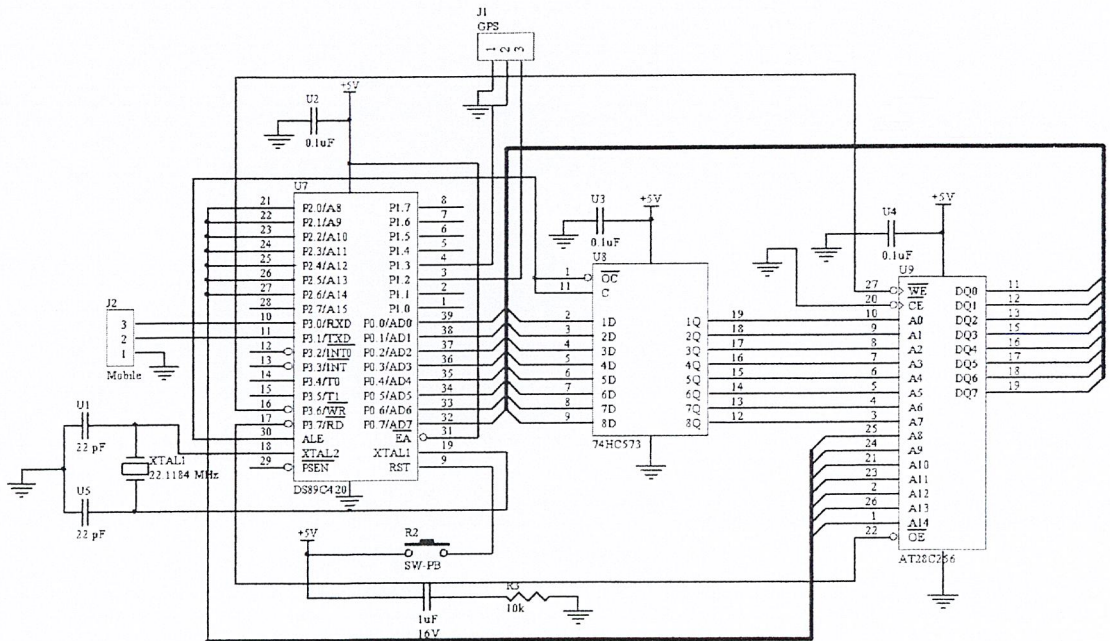
### 3.4 การติดต่อระหว่างมือถือกับจีพีเอส



รูปที่ 3.11 การติดต่อระหว่างมือถือกับจีพีเอส

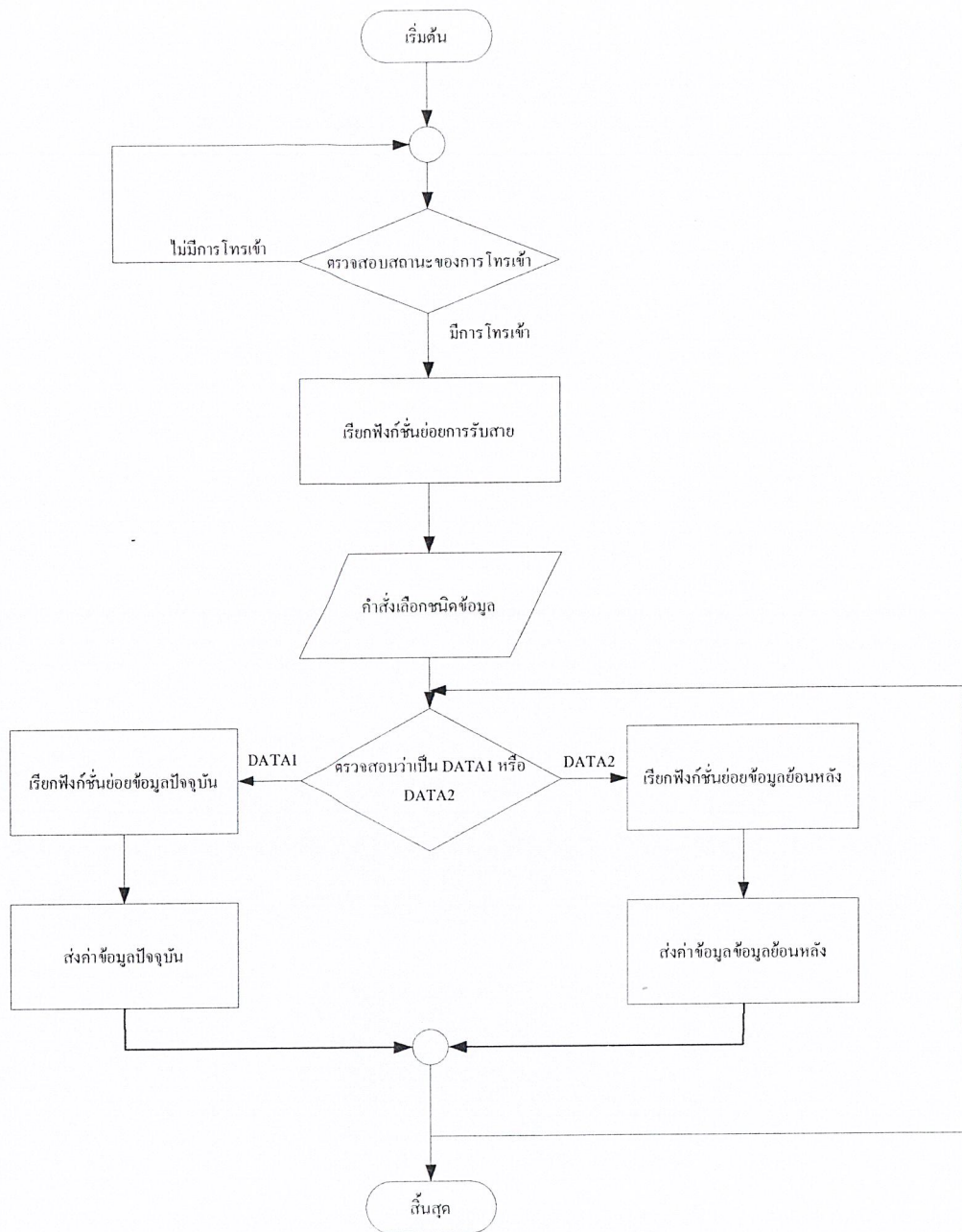
#### 3.4.1 วงจรควบคุม (Controller)

ทำการควบคุมข้อมูลที่ได้รับจากจีพีเอสนำมาเก็บไว้แล้วทำการส่งให้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในกรณีที่ได้รับสัญญาณการติดต่อจากฝั่งควบคุมการแสดงตำแหน่งบนจอคอมพิวเตอร์

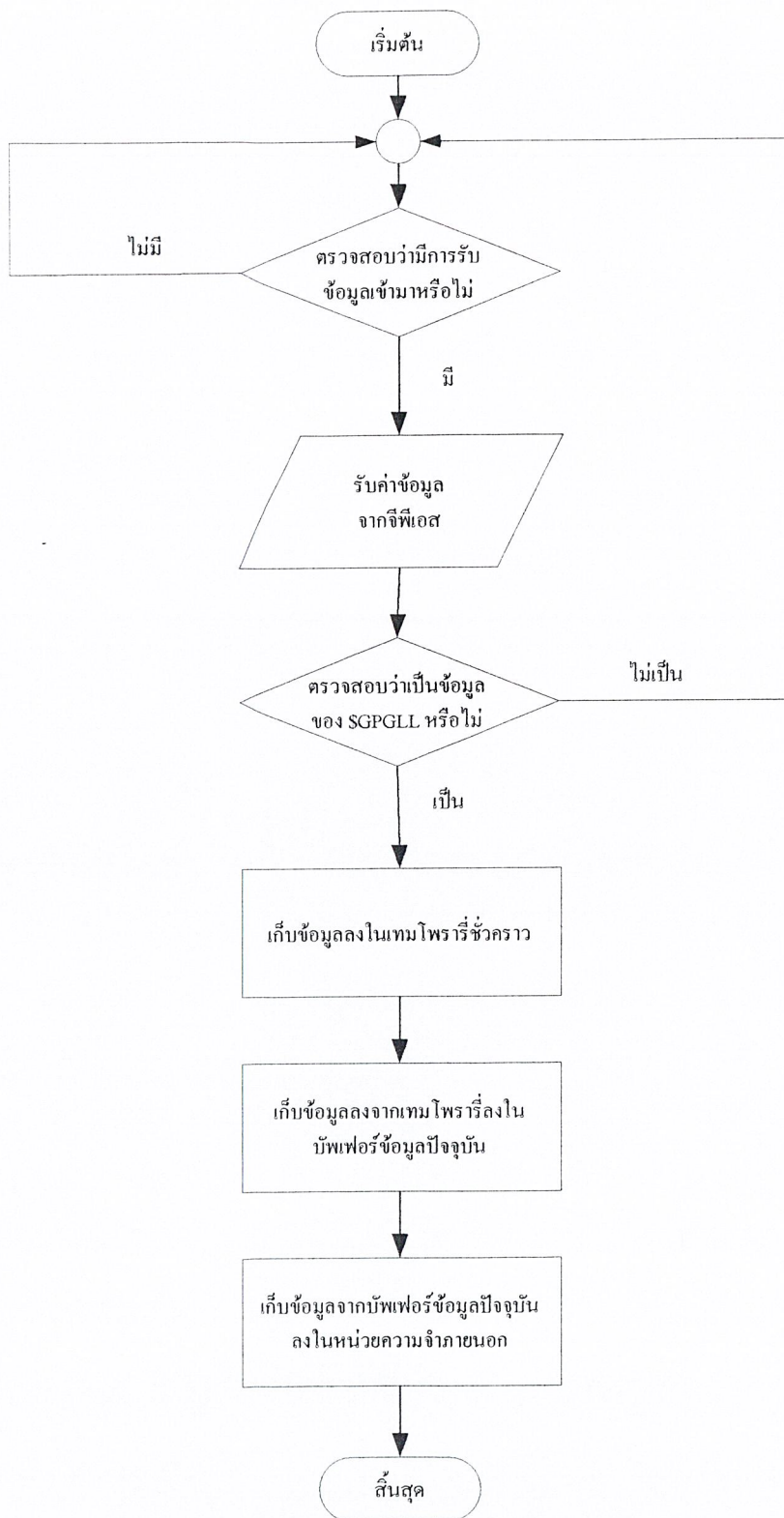


### 3.4.2 แผนภาพโปรแกรมการทำงานของวงจรควบคุม

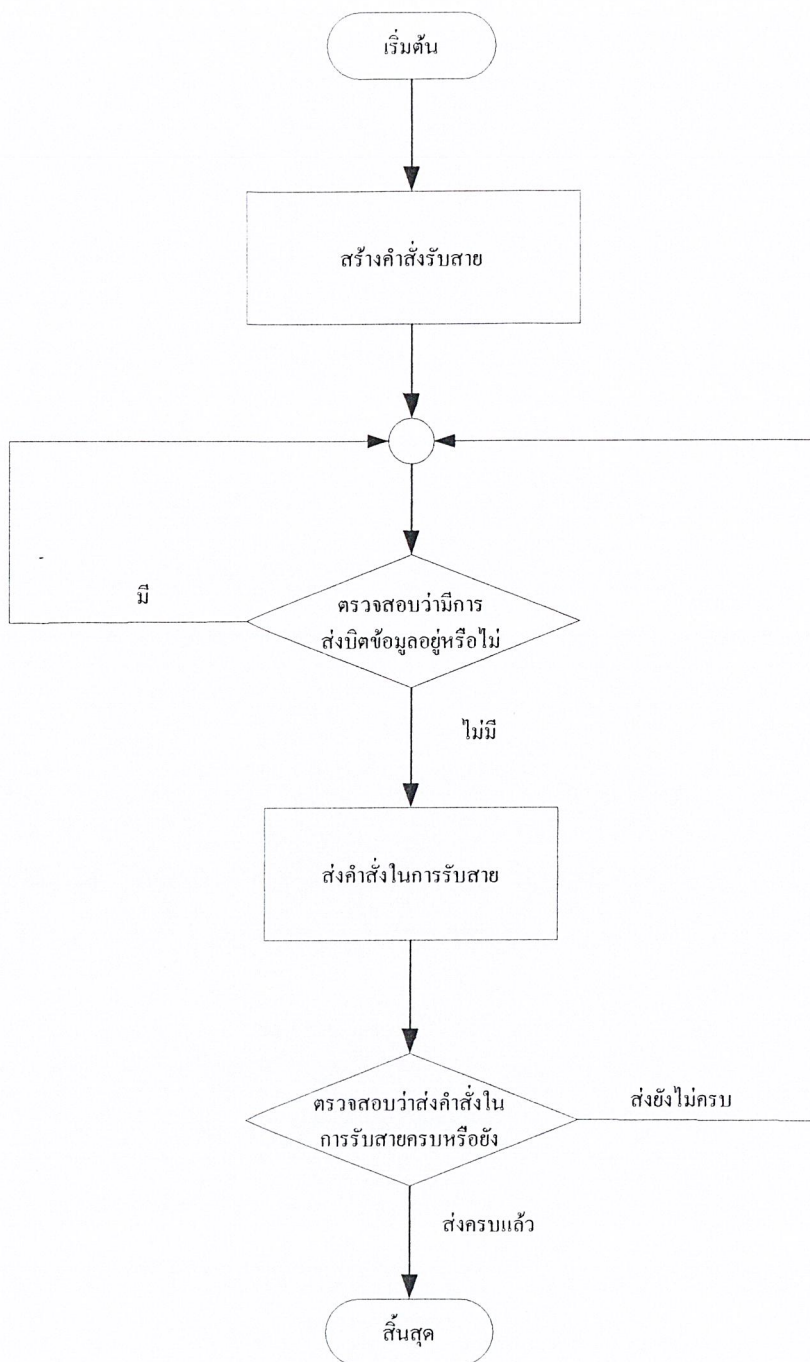
การเขียน โปรแกรมคิดต่อระหว่างส่วนควบคุมกับจีพีเอส ตัวควบคุมทำการดึงข้อมูลจีพีเอส มาเก็บไว้ และควบคุมส่งข้อมูลออกเมื่อมีการเชื่อมต่อสัญญาณของฝั่งที่แสดงผลตำแหน่งบน คอมพิวเตอร์ โดยตัวควบคุมจะส่งประโยค \$GPGLL ไปให้เพื่อฝ่ายแสดงผลสามารถนำข้อมูลนั้นมา วาดตำแหน่งเส้นทางที่เคลื่อนที่ และจะยุติเมื่อหยุดการเชื่อมต่อ



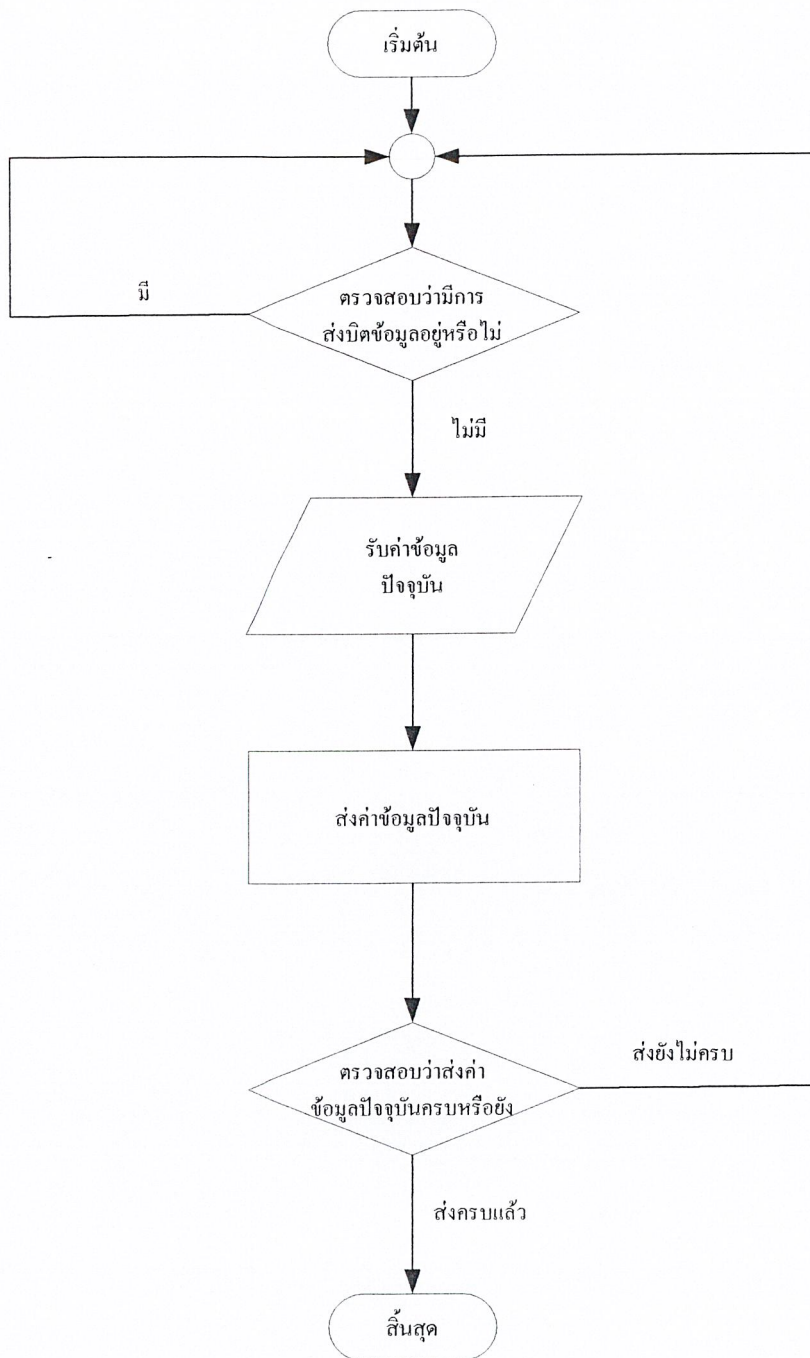
รูปที่ 3.13 แผนภาพการทำงานของวงจรควบคุมหลัก



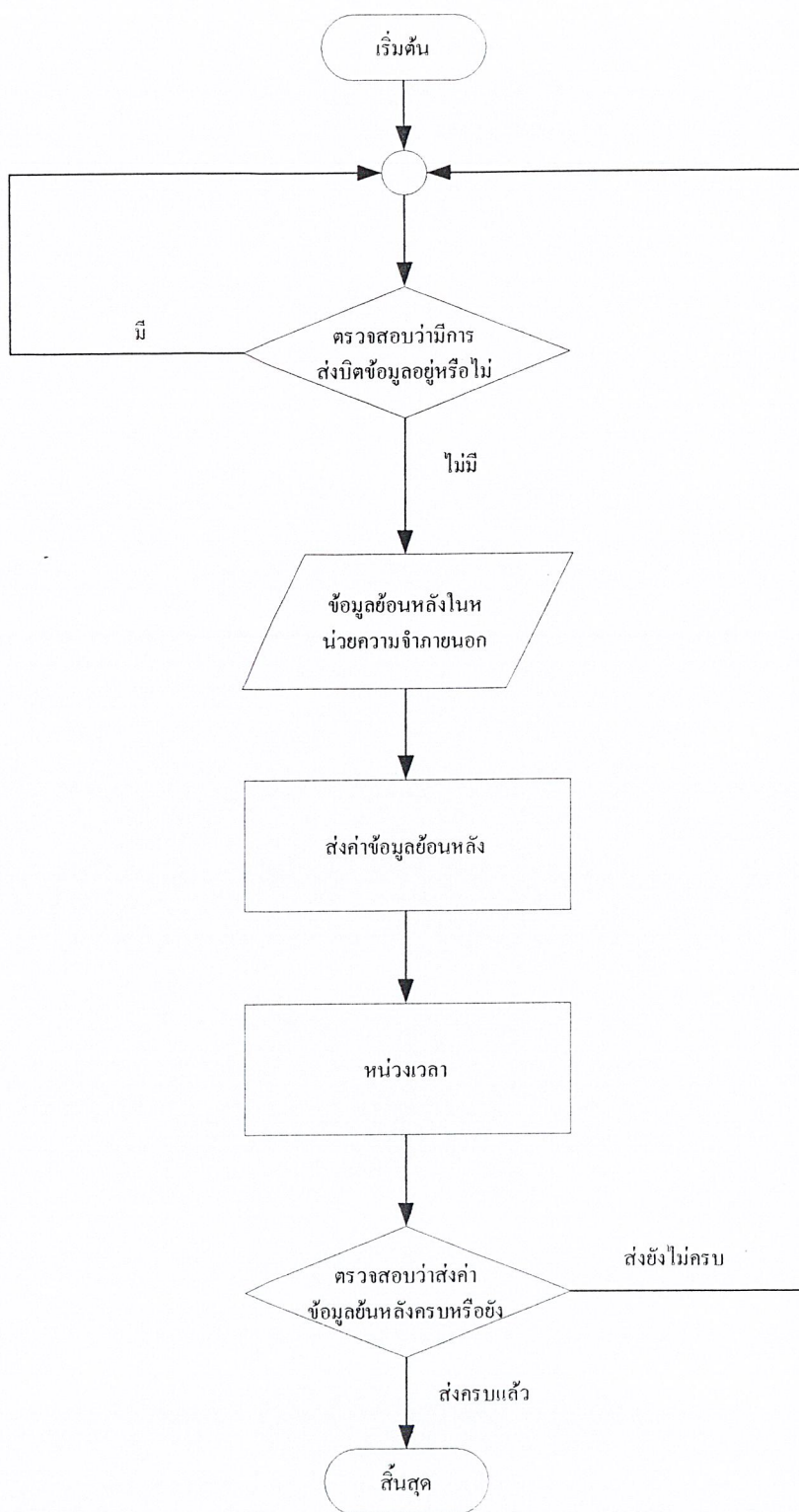
รูปที่ 3.14 แผนภาพ โปรแกรมควบคุมรับข้อมูลจากจีพีเอสมาเก็บ



รูปที่ 3.15 แผนภาพโปรแกรมควบคุมการรับสาย



รูปที่ 3.16 แผนภาพ โปรแกรมควบคุมส่งข้อมูลปัจจุบัน

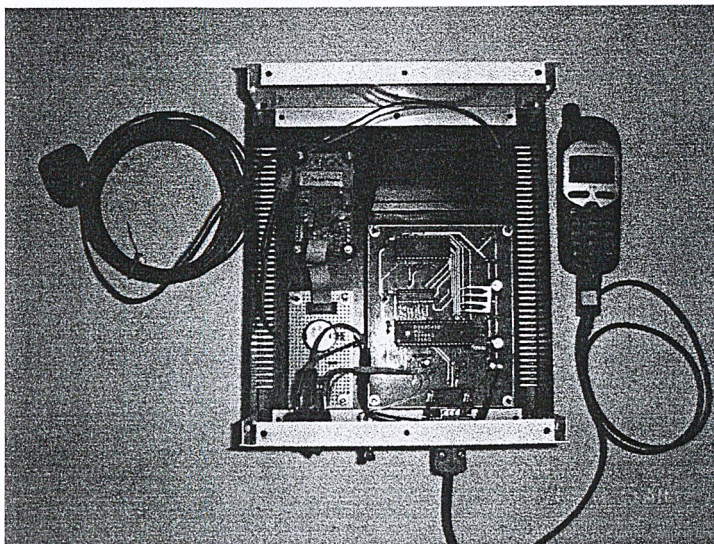


รูปที่ 3.17 แผนภาพ โปรแกรมควบคุมส่งข้อมูลย้อนหลัง

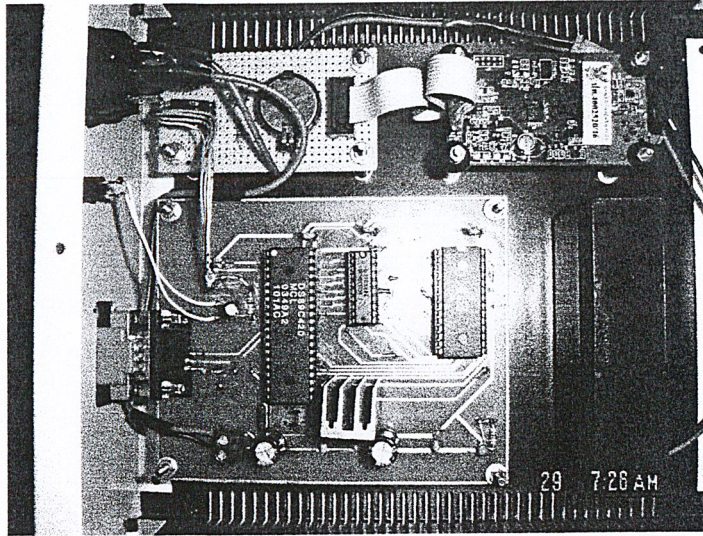
### 3.4.3 อุปกรณ์เก็บตำแหน่งเส้นทาง

ประกอบด้วย

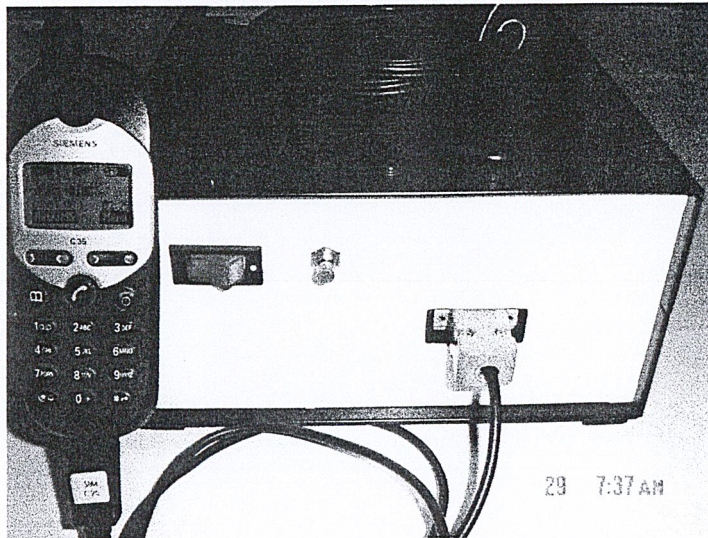
- จีพีเอส และสายรับสัญญาณดาวเทียม
- โทรศัพท์เคลื่อนที่ และสาย DATA Link
- บอร์ดควบคุมการรับสัญญาณจากจีพีเอส และควบคุมการส่งสัญญาณของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (รับสัญญาณมา แล้วทำการตัดค่า สามารถเก็บข้อมูลเส้นทางที่ผ่านไว้ใน EEPROM ขนาด 256Kbit)
- แบตเตอรี่ขนาด 12V 0.8A และแบตเตอรี่สำรองของจีพีเอส
- กล่องใส่อุปกรณ์



รูปที่ 3.18 ส่วนประกอบของอุปกรณ์เก็บตำแหน่งเส้นทาง

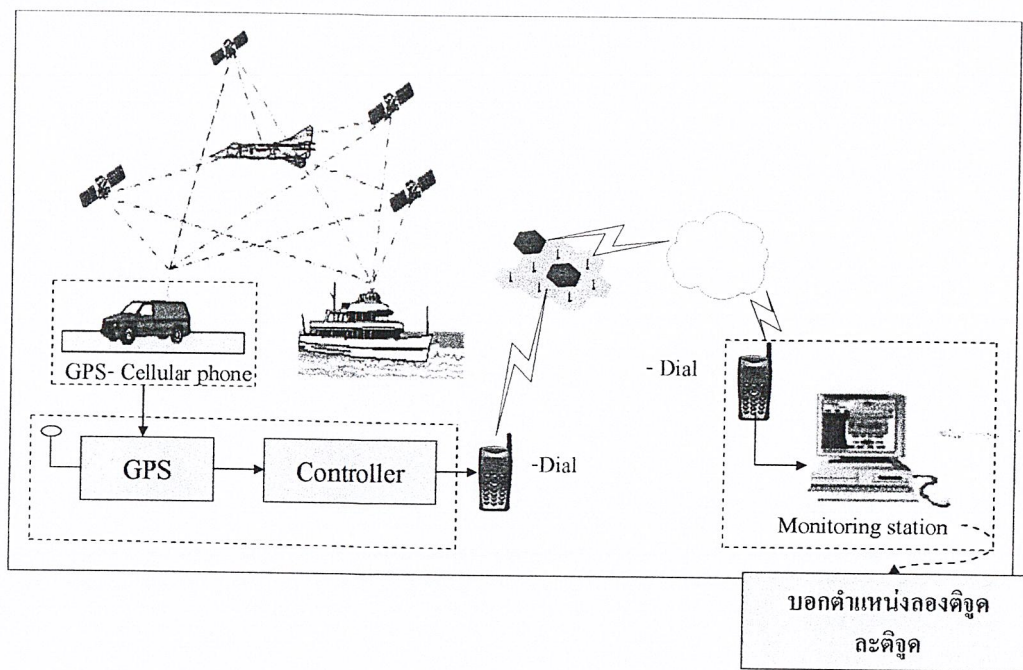


รูปที่ 3.19 ส่วนประกอบของตัวควบคุม



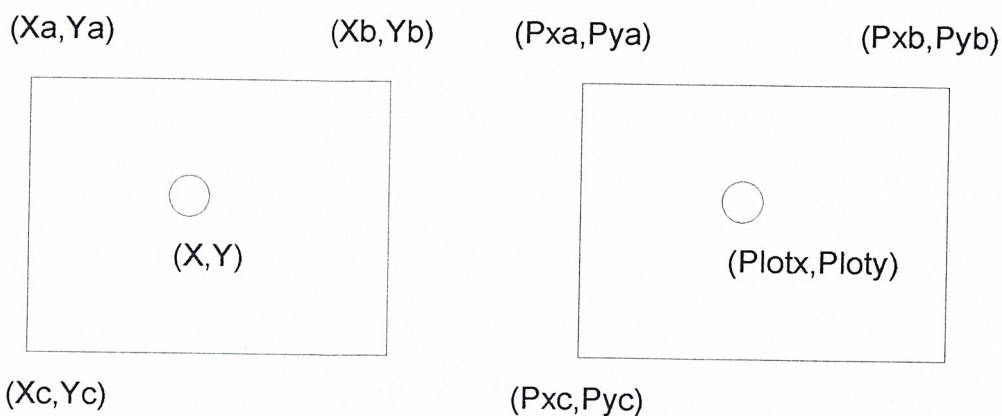
รูปที่ 3.20 อุปกรณ์เก็บเส้นทาง

### 3.5 การแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.21 การรับข้อมูลมาแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์

#### 3.5.1 การแสดงพิกัด



รูปที่ 3.22 การกำหนดจุดอ้างอิงบนแผนที่โลก รูปแบบลองจิจูด และละติจูด

รูปที่ 3.23 การกำหนดจุดอ้างอิงบนแผนที่ในคอมพิวเตอร์ รูปแบบ Pixel

กำหนดให้

Xa,Ya คือ ค่าลองจิจูด (Longitude) และ ละติจูด (Latitude) ที่จุดอ้างอิงเอ (A)

Xb,Yb คือ ค่าลองจิจูด และ ละติจูด ที่จุดอ้างอิงบี (B)

Xc,Yc คือ ค่าลองจิจูด และ ละติจูด ที่จุดอ้างอิงซี (C)

X,Y คือ ค่าลองจิจูด และ ละติจูด ณ ตำแหน่งปัจจุบันที่เครื่องรับอยู่

Pxa,Pya คือ ค่าพิกเซล (Pixel) ในแกนเอ็กซ์ (X) และ แกนวาย (Y) ที่จุดอ้างอิงเอ

Pxb,Pyb คือ ค่าพิกเซล ในแนวแกนเอ็กซ์ และ แนวแกนวาย ที่จุดอ้างอิงบี

Pxc,Pyc คือ ค่าพิกเซล ในแนวแกนเอ็กซ์ และ แนวแกนวาย ที่จุดอ้างอิงซี

PlotX, PlotY คือ ค่าพิกเซล ในแนวแกนเอ็กซ์ และแนวแกนวาย ณ ตำแหน่งปัจจุบันที่เครื่องรับอยู่วัดตำแหน่งบนแผนที่บนจอคอมพิวเตอร์

สมการในการแปลงหน่วยของพิกัดจากค่าองศา/ลิปดาไปเป็นค่าพิกเซล คือ

$$Px = |Pxb - Pxa|$$

$$Py = |Pxa - Pxc|$$

$$PlotX = Pxa + (X - Xa) * Px / |Xa - Xb|$$

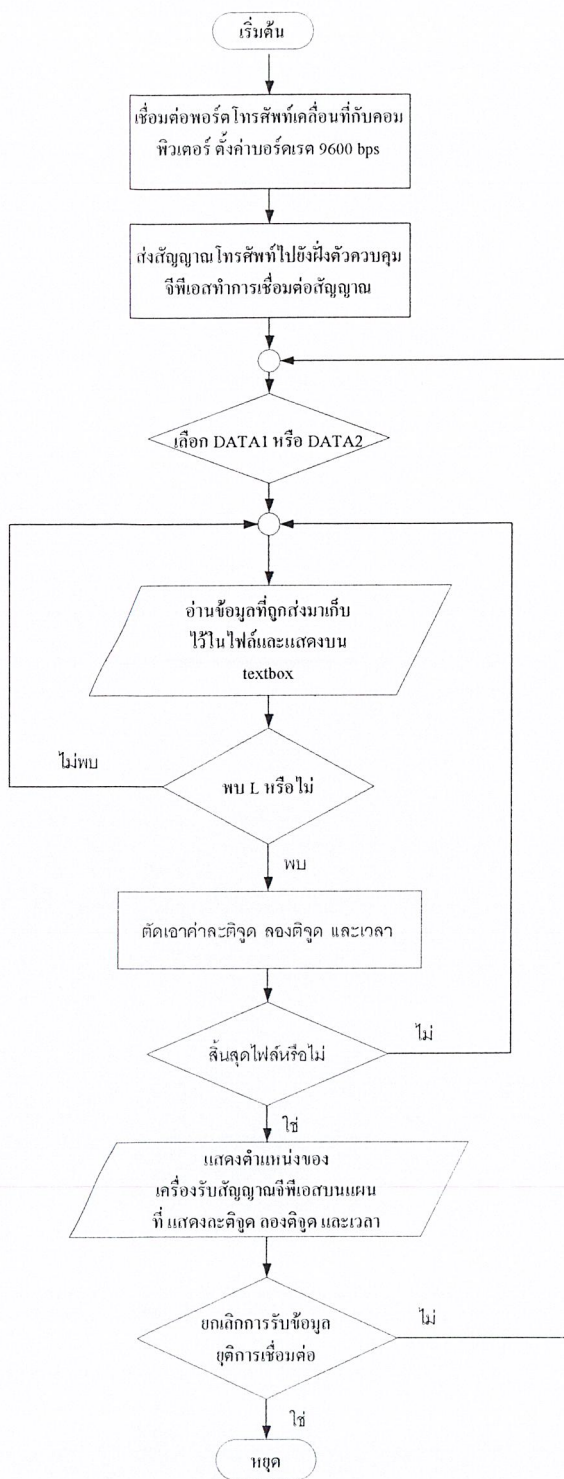
$$PlotY = Pya + (Ya - Y) * Py / |Ya - Yc|$$

### 3.5.2 การทำงานของโปรแกรม

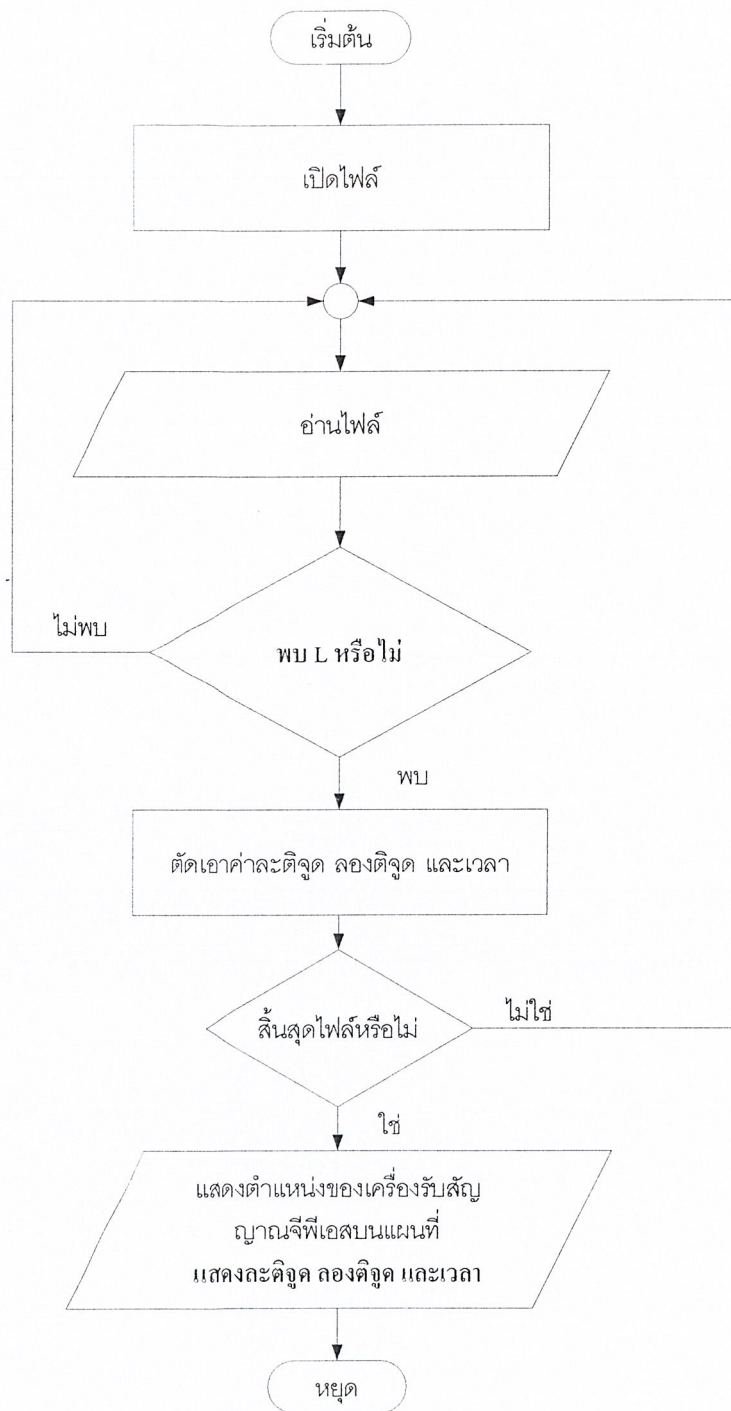
หลักการทำงานคือ โปรแกรมแสดงผลสั่งเปิดพอร์ตคอมพิวเตอร์แล้วทำการเชื่อมการติดต่อไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยใช้โมเด็มของโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการติดต่อ และใช้บอร์ดเรดที่ 9600 บิตต่อวินาที เลือกข้อมูลที่ต้องการ ถ้าต้องการข้อมูลปัจจุบันให้ส่ง DATA1 แต่ถ้าต้องการข้อมูลที่เคยไว้ให้เลือก DATA2 ทำการรับข้อมูลประโยค \$GPGLL (GPS Geographic Position, Latitude/Longitude) ที่อุปกรณ์เก็บตำแหน่งเส้นทางส่งมาให้มาแสดงตำแหน่งบนจอคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมวิซวลเบสิก (Visual basic) ดังแผนภาพการทำงาน (Flow chart) ข้างล่าง ในตัวโปรแกรมจะทำการเชื่อมต่อโทรศัพท์ผ่านพอร์ตอนุกรม

ตารางที่ 3.2 AT-Commands Set

AT-Commands Set	การทำงาน
ATA	ตอบการเรียกเข้า
ATDT & Phone number	ต่อโมเด็ม
ATH	หยุดการเชื่อมต่อ
ATZ	รีเซ็ตโมเด็ม



รูปที่ 3.24 การทำงานของ โปรแกรมแสดงตำแหน่งบนจอคอมพิวเตอร์รับข้อมูลผ่าน  
โทรศัพท์เคลื่อนที่



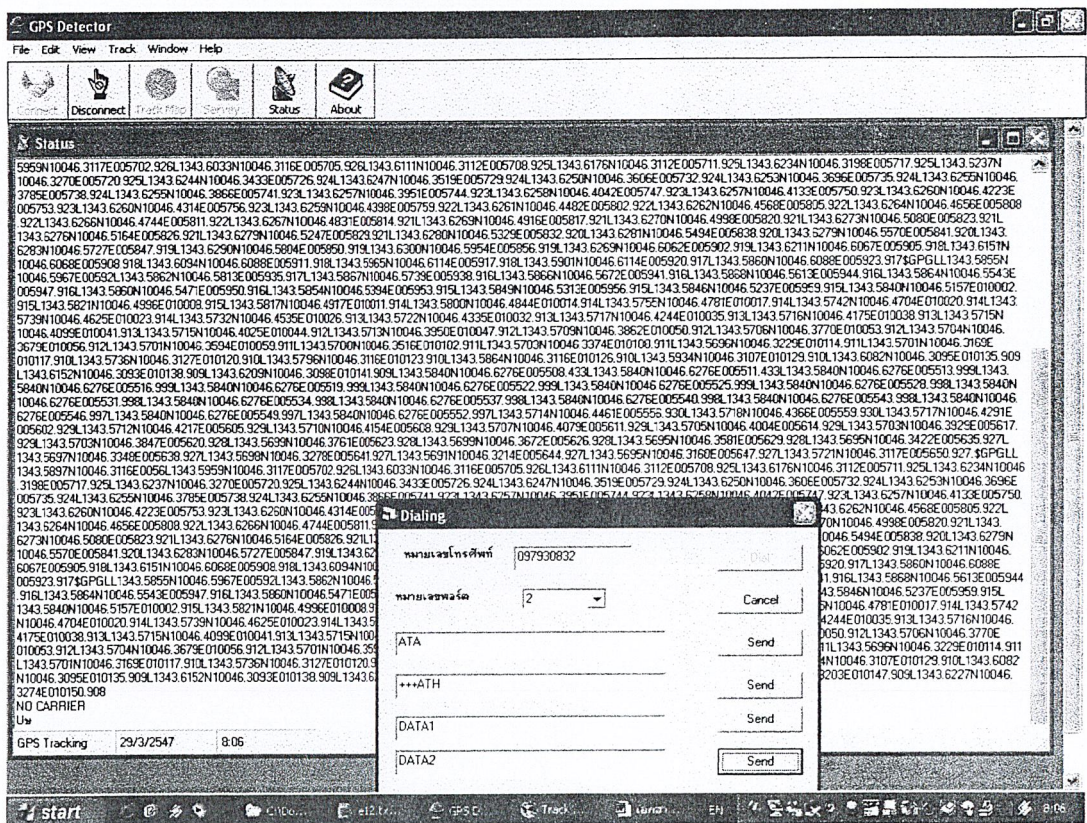
รูปที่ 3.25 การทำงานของโปรแกรมแสดงตำแหน่งบนจอคอมพิวเตอร์โดยการเปิดไฟล์

# บทที่ 4

## โปรแกรมรับค่าตำแหน่งจีพีเอส

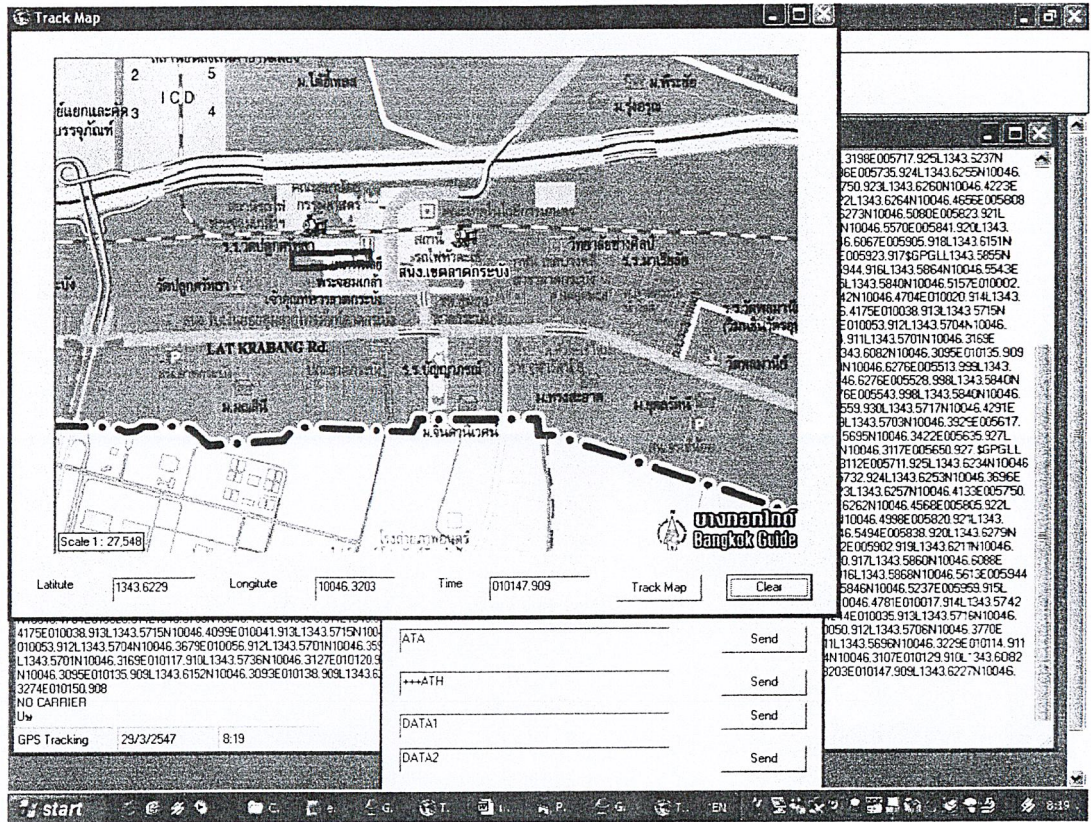
### 4.1 โครงสร้างโปรแกรม

โปรแกรมทำการเชื่อมต่อสัญญาณผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ ใช้โมเด็มในการติดต่อส่งข้อมูลที่บอรรถ 9600 บิตต่อวินาที การเชื่อมต่อใช้โปรแกรม Connect จะปรากฏหน้าต่าง Dialing ทำการใส่หมายเลขที่ต้องการติดต่อ และใส่พอร์ตที่ต้องการติดต่อ เมื่อติดต่อสำเร็จ แล้วให้เลือกข้อมูลที่ต้องการโดย DATA1 คือต้องการรับข้อมูลปัจจุบัน และ DATA2 คือต้องการรับข้อมูลที่เก็บไว้ รูปข้างล่างเป็นการติดต่อ และเป็นข้อมูลที่ได้รับเข้ามา

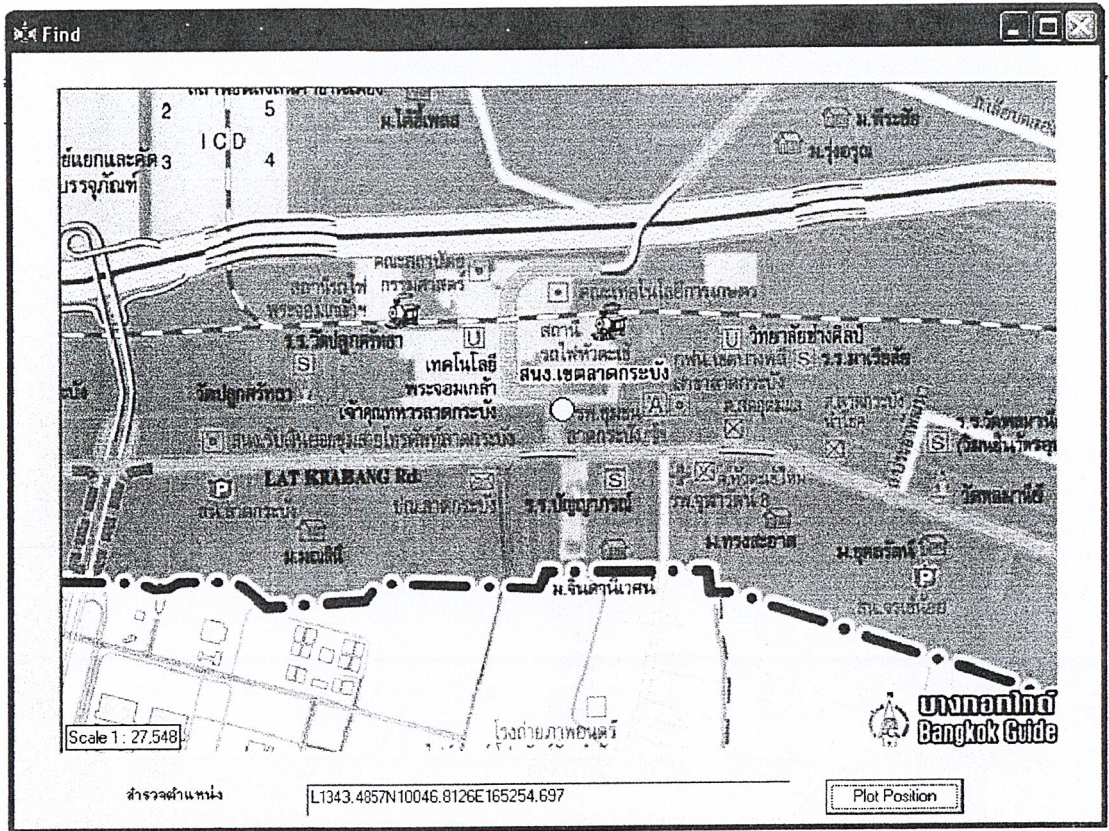


รูปที่ 4.1 ข้อมูลที่ส่งมา

รูปข้างล่างนี้ เป็นการวาดตำแหน่งเส้นทางบนแผนที่ซึ่งใช้แผนที่ของโปรแกรมบางกอกไกด์นำข้อมูลที่เก็บมาแบบต่อเนื่องมาวาดตำแหน่งเส้นทางที่เคลื่อนที่ โดยข้อมูลที่รับมาจะตัดเอาเฉพาะค่าละติจูด ลองจิจูด และเวลา นำค่าละติจูด และลองจิจูดมาวาดตำแหน่งเส้นทางที่รถเคลื่อนที่

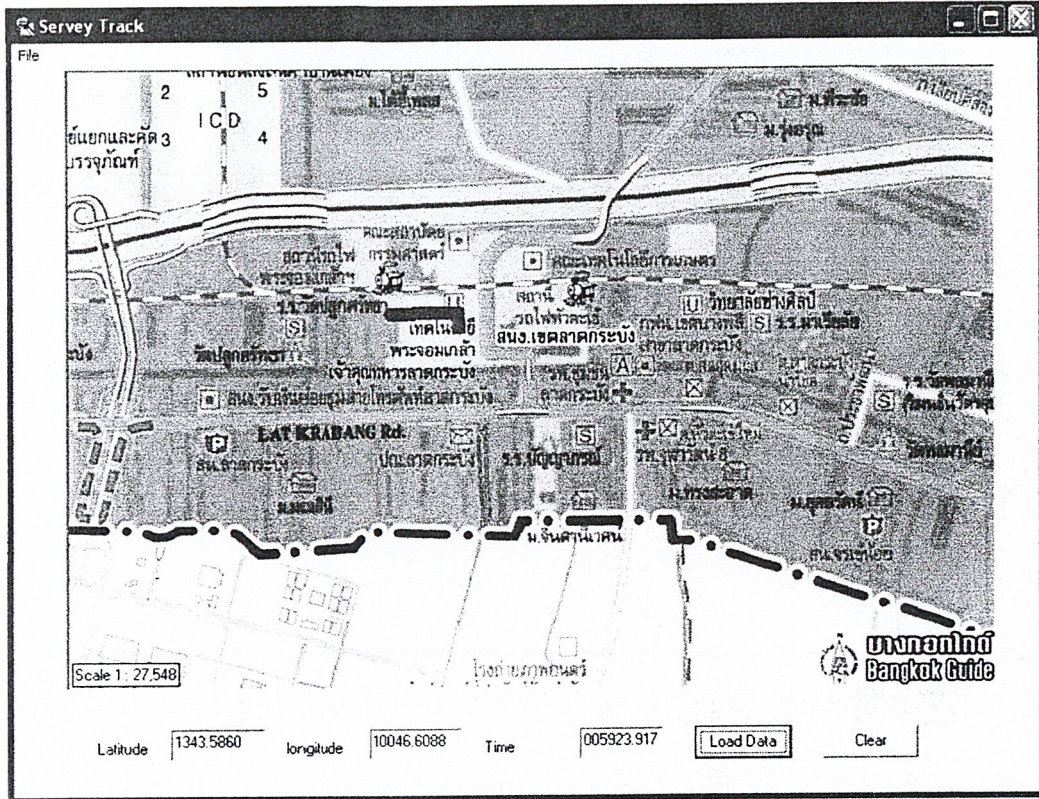


รูปที่ 4.2 การแสดงตำแหน่งจากข้อมูลที่ได้รับ

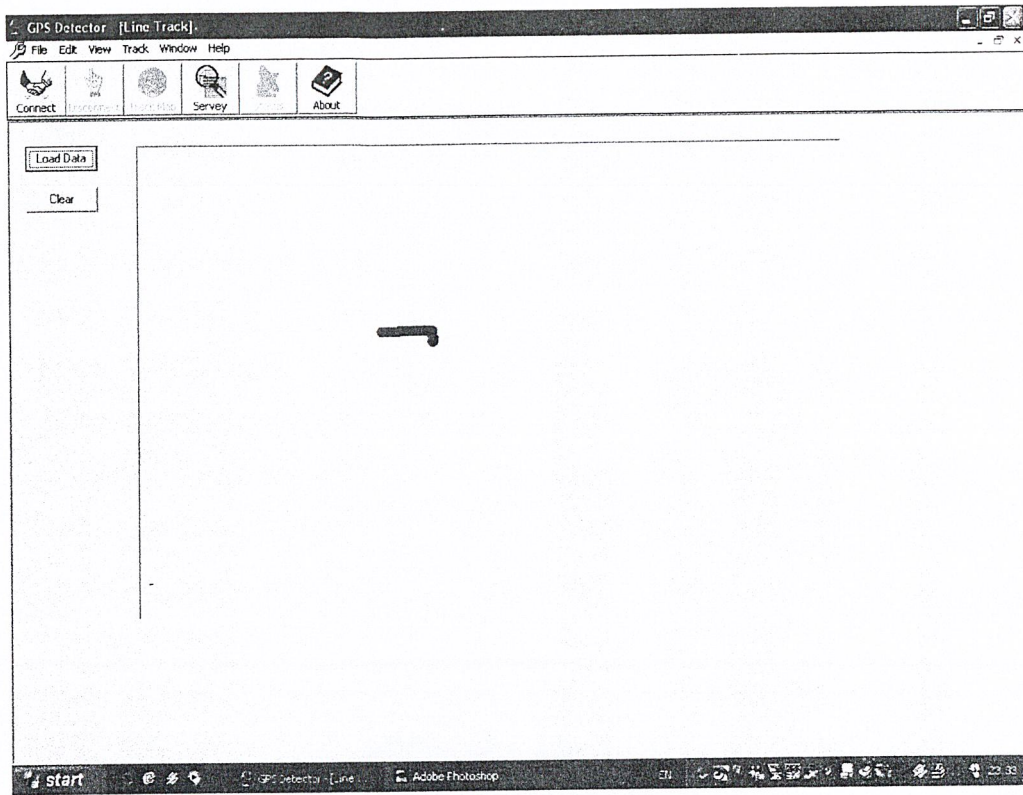


รูปที่ 4.3 การตรวจดูตำแหน่งเฉพาะจุด

รูปข้างล่างเป็นการเรียกข้อมูลที่เก็บไว้มาวาดตำแหน่งเส้นทางที่เคยผ่าน



รูปที่ 4.4 การเอาข้อมูลที่เก็บไว้มาแสดงตำแหน่งเส้นทาง



รูปที่ 4.5 การเอาข้อมูลที่เก็บไว้มาดูลักษณะเส้นทาง

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

การทำงานของระบบ GPS Navigator System ที่ติดต่อระหว่างตัวบอร์ดจีพีเอส กับ คอมพิวเตอร์ คิดค่อผ่าน Max232 สามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการดูการรับสัญญาณจาก ดาวเทียม อาทิเช่น โปรแกรม Leadtek GPS Monitor Rev 1.0.9.5 และโปรแกรม VisualGPS Version 3.33 สามารถดูผลออกมาได้ทั้งหมดที่ทำให้ทราบที่ตั้งจาก เมื่อเทียบกับตำแหน่งของจีเอส โดยใช้โปรโตคอล NMEA ทำให้รู้ได้ถึง NMEA message ที่ถูกส่งออกมาในรูปแบบของประโยคชนิด ต่างๆ อย่างเช่น GLL, GSA, GGA เป็นต้น ในที่นี้การนำไปใช้จริงจะใช้ GLL เนื่องจากต้องการรู้ เพียงค่า ละติจูด ลองจิจูด และค่าของเวลา เพื่อนำมาใช้หาค่าตำแหน่ง สำหรับโปรแกรมที่เขียนด้วย ภาษาวิซวลเบสิกมีชื่อว่า GPSCenter ทำหน้าที่นำเอาค่า Message มาแสดงตำแหน่งบนแผนที่ วาด เส้นทางเคลื่อนที่ โดยใช้แผนที่ของบางกอกไกด์

โครงการนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. ส่วนอุปกรณ์เก็บตำแหน่งเส้นทางซึ่งรับสัญญาณจากดาวเทียม เรียกว่า Global Positioning System (GPS) ทำการดึง Message มาเก็บไว้ และตัดค่า ส่งไปให้ โทรศัพท์เคลื่อนที่ส่งข้อมูลออกไป
2. ส่วนการแสดงผลทางจอคอมพิวเตอร์รับข้อมูลจากโทรศัพท์มาหาค่า และแสดง ตำแหน่ง สามารถเก็บข้อมูลไว้และสามารถดูตำแหน่งย้อนหลังได้ สามารถดู message ที่ส่งมาได้

โครงการนี้สามารถนำไปประยุกต์พัฒนาในส่วนที่ต้องการรักษาความปลอดภัยของทรัพย์สินในการขนส่ง เพื่อตรวจสอบเส้นทางขนส่ง การใช้งานที่ต้องการระบุตำแหน่ง เช่น การรถขนส่งเงิน รถขนส่งน้ำมัน

## บรรณานุกรม

1. Global Positioning System Overview

[http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps\\_f.html](http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html)

2. GPS PRIMER

<http://www.aero.org/publications/GPSPRIMER/>

3. NMEA -0183

<http://www.walterpicchulla.de/nmea0183.html>

4. GPS modules

<http://www.synes.co.th/productlist.php?line=6>

5. Leadtek GPS 9540 Module

[http://www.leadtek.com.tw/gps/gps\\_9540\\_1.shtml](http://www.leadtek.com.tw/gps/gps_9540_1.shtml)

6. Siemens AT- Command Set

[www.daniel-hertrich.de/mob\\_hplx/at35i.pdf](http://www.daniel-hertrich.de/mob_hplx/at35i.pdf)

7. Visual Basic เขียนโปรแกรมติดต่อ Modem โดยใช้ MSComm6

<http://www.thaiio.com/prog-cgi/programing.cgi?0014>

8. อรรถพล บุญยะโกคา, วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม, บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็ก เพอร์ซิเมนต์ จำกัด

9. กิตติ ภัคดีวัฒนกุล, จำลอง ครูอุตสาหะ, Visual Basic 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์, บริษัท เค ทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด

## บรรณานุกรม (ต่อ)

10. DS89C420 Ultra-High-Speed Microcontroller

[http://www.maxim-ic.com/quick\\_view2.cfm/qv\\_pk/2963/ln/en](http://www.maxim-ic.com/quick_view2.cfm/qv_pk/2963/ln/en)

11. AT28C256

<http://www.thought.net/jason/dev/rtvc/at28c256.pdf>

12. 74HC573

<http://www.philipslogic.com/products/hc/pdf/74hc573.pdf>

ภาคผนวก

# DATA SHEET

For a complete data sheet, please also download:

- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications
- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information
- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Outlines

## **74HC/HCT573**

**Octal D-type transparent latch;  
3-state**

Product specification  
File under Integrated Circuits, IC06

December 1990



## Octal D-type transparent latch; 3-state

## 74HC/HCT573

## FEATURES

- Inputs and outputs on opposite sides of package allowing easy interface with microprocessors
- Useful as input or output port for microprocessors/microcomputers
- 3-state non-inverting outputs for bus oriented applications
- Common 3-state output enable input
- Functionally identical to the "563" and "373"
- Output capability: bus driver
- I<sub>CC</sub> category: MSI

## GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT573 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

The 74HC/HCT573 are octal D-type transparent latches featuring separate D-type inputs for each latch and 3-state outputs for bus oriented applications.

A latch enable (LE) input and an output enable ( $\overline{OE}$ ) input are common to all latches.

The "573" consists of eight D-type transparent latches with 3-state true outputs. When LE is HIGH, data at

the D<sub>n</sub> inputs enter the latches. In this condition the latches are transparent, i.e. a latch output will change state each time its corresponding D-input changes.

When LE is LOW the latches store the information that was present at the D-inputs a set-up time preceding the HIGH-to-LOW transition of LE.

When  $\overline{OE}$  is LOW, the contents of the 8 latches are available at the outputs. When  $\overline{OE}$  is HIGH, the outputs go to the high impedance OFF-state.

Operation of the  $\overline{OE}$  input does not affect the state of the latches.

The "573" is functionally identical to the "563" and "373", but the "563" has inverted outputs and the "373" has a different pin arrangement.

## QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V; T<sub>amb</sub> = 25 °C; t<sub>r</sub> = t<sub>f</sub> = 6 ns

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
t <sub>PHL</sub> t <sub>PLH</sub>	propagation delay	C <sub>L</sub> = 15 pF; V <sub>CC</sub> = 5 V			
	D <sub>n</sub> to Q <sub>n</sub>		14	17	ns
	LE to Q <sub>n</sub>		15	15	ns
C <sub>I</sub>	input capacitance		3.5	3.5	pF
C <sub>PD</sub>	power dissipation capacitance per latch	notes 1 and 2	26	26	pF

## Notes

1. C<sub>PD</sub> is used to determine the dynamic power dissipation (P<sub>D</sub> in μW):

$$P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o) \text{ where:}$$

f<sub>i</sub> = input frequency in MHz; f<sub>o</sub> = output frequency in MHz

∑ (C<sub>L</sub> × V<sub>CC</sub><sup>2</sup> × f<sub>o</sub>) = sum of outputs

C<sub>L</sub> = output load capacitance in pF; V<sub>CC</sub> = supply voltage in V

2. For HC the condition is V<sub>I</sub> = GND to V<sub>CC</sub>; for HCT the condition is V<sub>I</sub> = GND to V<sub>CC</sub> - 1.5 V

## ORDERING INFORMATION

See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information".

Octal D-type transparent latch; 3-state

74HC/HCT573

PIN DESCRIPTION

PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	D <sub>0</sub> to D <sub>7</sub>	data inputs
11	LE	latch enable input (active HIGH)
1	$\overline{OE}$	3-state output enable input (active LOW)
10	GND	ground (0 V)
19, 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12	Q <sub>0</sub> to Q <sub>7</sub>	3-state latch outputs
20	V <sub>CC</sub>	positive supply voltage

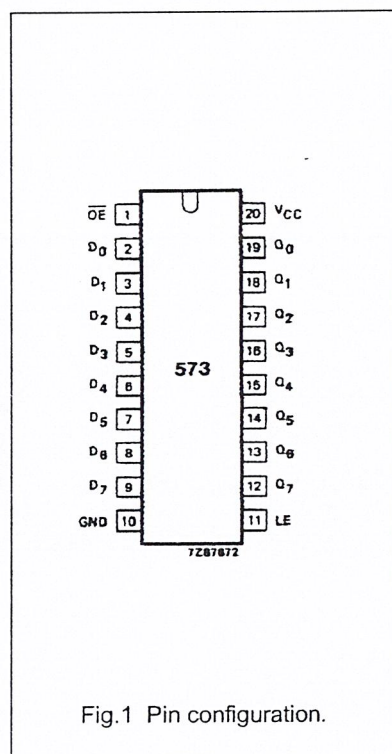


Fig.1 Pin configuration.

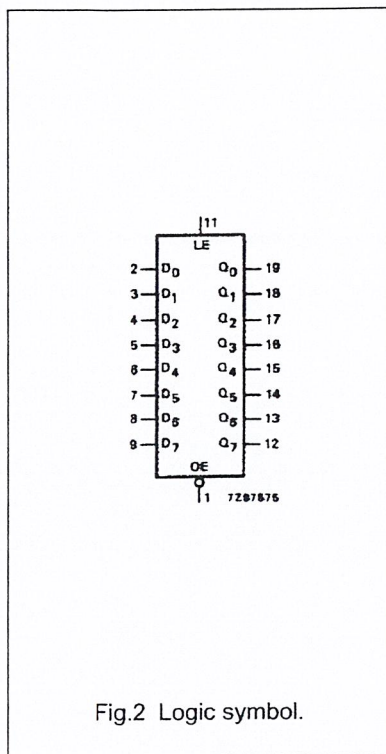


Fig.2 Logic symbol.

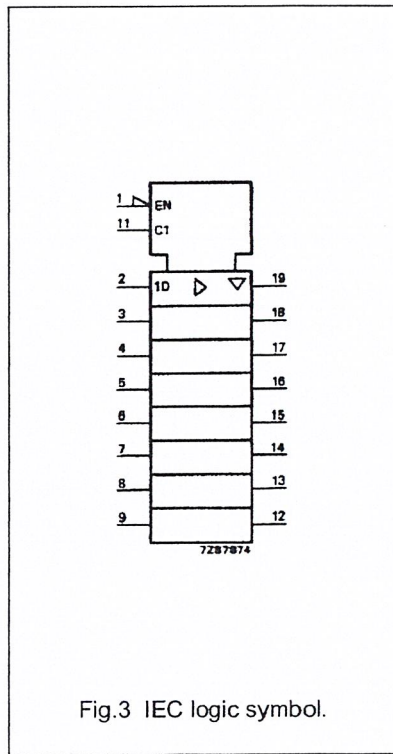


Fig.3 IEC logic symbol.

Octal D-type transparent latch; 3-state

74HC/HCT573

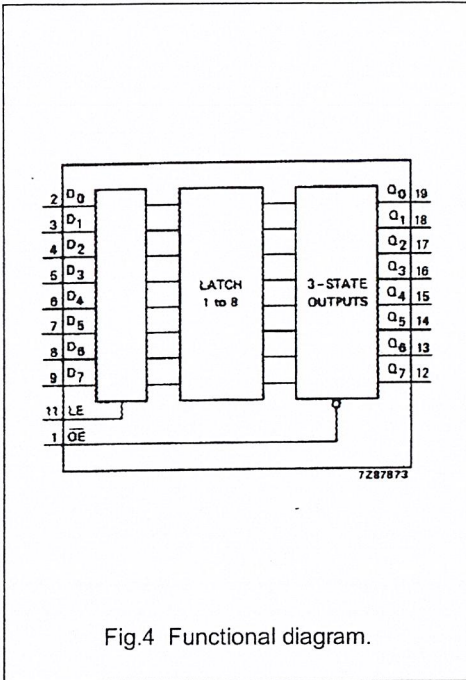


Fig.4 Functional diagram.

FUNCTION TABLE

OPERATING MODES	INPUTS			INTERNAL LATCHES	OUTPUTS
	$\overline{OE}$	LE	$D_N$		$Q_0$ to $Q_7$
enable and read register (transparent mode)	L	H	L	L	L
	L	H	H	H	H
latch and read register	L	L	l	L	L
	L	L	h	H	H
latch register and disable outputs	H	L	l	L	Z
	H	L	h	H	Z

Notes

- H = HIGH voltage level  
 h = HIGH voltage level one set-up time prior to the HIGH-to-LOW LE transition  
 L = LOW voltage level  
 l = LOW voltage level one set-up time prior to the HIGH-to-LOW LE transition  
 Z = high impedance OFF-state

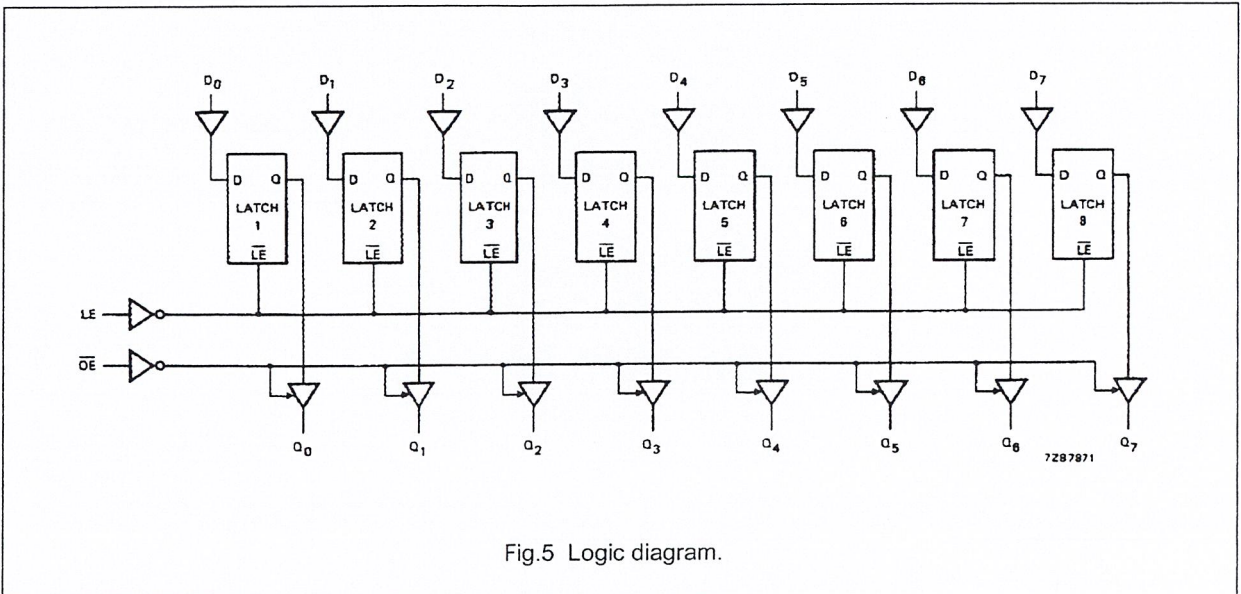


Fig.5 Logic diagram.

## Octal D-type transparent latch; 3-state

## 74HC/HCT573

## DC CHARACTERISTICS FOR 74HC

For the DC characteristics see "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications".

Output capability: bus driver

I<sub>CC</sub> category: MSI

## AC CHARACTERISTICS FOR 74HC

GND = 0 V; t<sub>r</sub> = t<sub>f</sub> = 6 ns; C<sub>L</sub> = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T <sub>amb</sub> (°C)							UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HC								V <sub>CC</sub> (V)	WAVEFORMS
		+25			-40 to +85		-40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.	max.			
t <sub>PHL</sub> /t <sub>PLH</sub>	propagation delay D <sub>n</sub> to Q <sub>n</sub>		47 17 14	150 30 26		190 38 33		225 45 38	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.6
t <sub>PHL</sub> /t <sub>PLH</sub>	propagation delay LE to Q <sub>n</sub>		50 18 14	150 30 26		190 38 33		225 45 38	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7
t <sub>PZH</sub> /t <sub>PZL</sub>	3-state output enable time $\overline{OE}$ to Q <sub>n</sub>		44 16 13	140 28 24		175 35 30		210 42 36	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.8
t <sub>PHZ</sub> /t <sub>PLZ</sub>	3-state output disable time $\overline{OE}$ to Q <sub>n</sub>		55 20 16	150 30 26		190 38 33		225 45 38	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.8
t <sub>THL</sub> /t <sub>TLH</sub>	output transition time		14 5 4	60 12 10		75 15 13		90 18 15	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.6
t <sub>w</sub>	enable pulse width HIGH	80 16 14	14 5 4		100 20 17		120 24 20		ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7
t <sub>su</sub>	set-up time D <sub>n</sub> to LE	50 10 9	11 4 3		65 13 11		75 15 13		ns	2.0 4.5 6.0	Fig.9
t <sub>h</sub>	hold time D <sub>n</sub> to LE	5 5 5	3 1 1		5 5 5		5 5 5		ns	2.0 4.5 6.0	Fig.9

## Octal D-type transparent latch; 3-state

## 74HC/HCT573

## DC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

For the DC characteristics see "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications".

Output capability: bus driver

I<sub>CC</sub> category: MSI

## Note to HCT types

The value of additional quiescent supply current ( $\Delta I_{CC}$ ) for a unit load of 1 is given in the family specifications. To determine  $\Delta I_{CC}$  per input, multiply this value by the unit load coefficient shown in the table below.

INPUT	UNIT LOAD COEFFICIENT
D <sub>n</sub>	0.35
LE	0.65
OE	1.25

## AC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

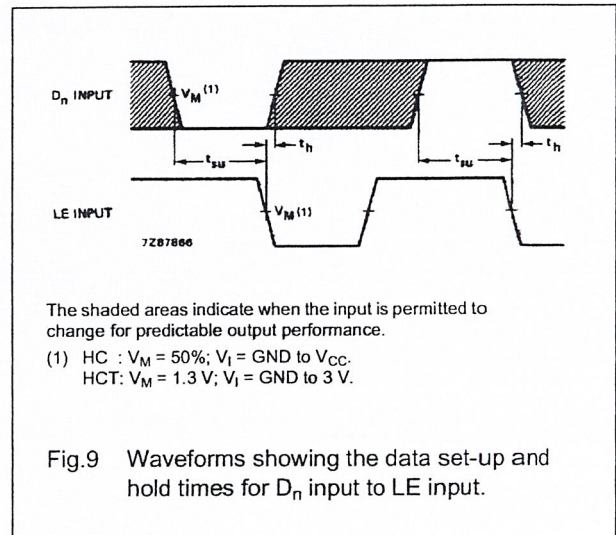
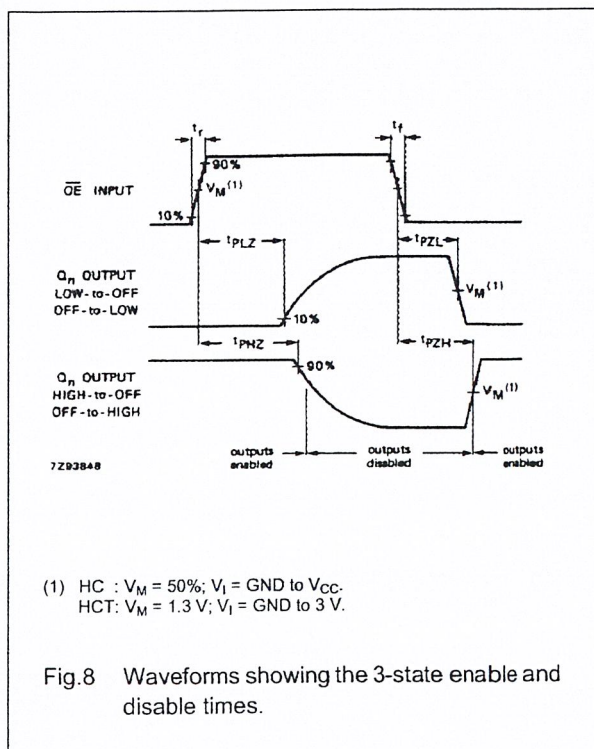
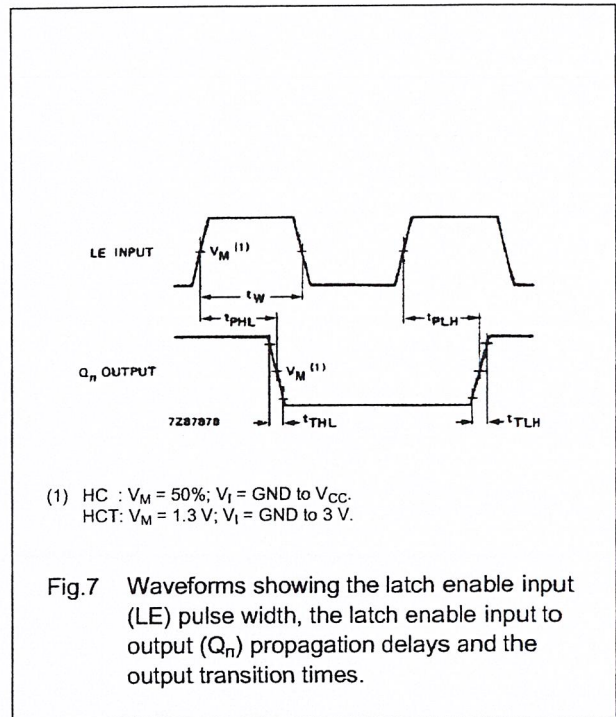
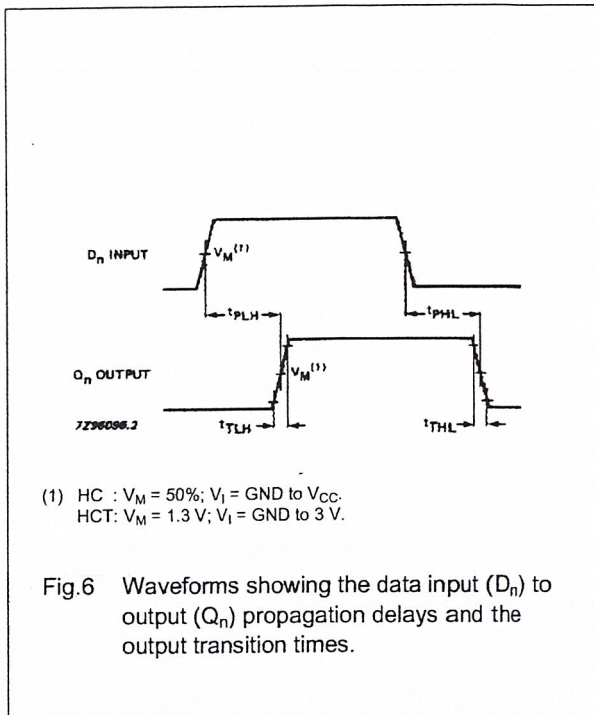
GND = 0 V; t<sub>r</sub> = t<sub>f</sub> = 6 ns; C<sub>L</sub> = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T <sub>amb</sub> (°C)						UNIT	TEST CONDITIONS		
		74HCT							V <sub>CC</sub> (V)	WAVEFORMS	
		+25			-40 to +85		-40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.				max.
t <sub>PHL</sub> / t <sub>PLH</sub>	propagation delay D <sub>n</sub> to Q <sub>n</sub>		20	35		44		53	ns	4.5	Fig.6
t <sub>PHL</sub> / t <sub>PLH</sub>	propagation delay LE to Q <sub>n</sub>		18	35		44		53	ns	4.5	Fig.7
t <sub>PZH</sub> / t <sub>PZL</sub>	3-state output enable time OE to Q <sub>n</sub>		17	30		38		45	ns	4.5	Fig.8
t <sub>PHZ</sub> / t <sub>PLZ</sub>	3-state output disable time OE to Q <sub>n</sub>		18	30		38		45	ns	4.5	Fig.8
t <sub>THL</sub> / t <sub>TLH</sub>	output transition time		5	12		15		18	ns	4.5	Fig.6
t <sub>W</sub>	enable pulse width HIGH	16	5		20		24		ns	4.5	Fig.7
t <sub>SU</sub>	set-up time D <sub>n</sub> to LE	13	7		16		20		ns	4.5	Fig.9
t <sub>H</sub>	hold time D <sub>n</sub> to LE	9	4		11		14		ns	4.5	Fig.9

Octal D-type transparent latch; 3-state

74HC/HCT573

AC WAVEFORMS



PACKAGE OUTLINES

See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Outlines".