

ระบบบอกตำแหน่งและป้องกันการโจรกรรมยานพาหนะผ่านโทรศัพท์มือถือ

Vehicle Tracking System and Anti thief via Mobile



โดย

นายพิเชฐ เกดัดแก้ว 45015020

นายชำนาญ พฤติพงษ์พิบูลย์ 45015049

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. สมยศ จุณณะปิยะ

อ. สรวัดน์ ชิวปรีชา

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 61487  
วัน,เดือน,ปี 18 ก.ค. 2549

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

ปฏิญานិพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบบอกตำแหน่งและป้องกันการโจรกรรมยานพาหนะผ่านโทรศัพท์มือถือ

Vehicle Tracking System and Anti thief via Mobile



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

๒๕๗

นางสาว...  
[Signature]

ภาควิชา  
วิศวกรรมโทรคมนาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบบอกตำแหน่งและควบคุมยานพาหนะผ่านโทรศัพท์มือถือ

**VEHICLE LOCATOR AND CONTROL SYSTEM VIA MOBILE**


ผู้จัดทำ

1. นายพิเชฐ เกล็ดแก้ว 45015020

2. นายชำนาญ พุดพิงศ์พิบูลย์ 45015049

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

( รศ. สมยศ ลุณณะปิยะ )

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. ศรวรัตน์ ชิวปรีชา)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบบอกตำแหน่งและป้องกันการโจรกรรมยานพาหนะผ่านโทรศัพท์มือถือ

Vehicle Tracking System and Anti thief via Mobile

โดย นายพิเชฐ เกียรติแก้ว 45015020

นายชำนาญ พงศ์พิบูลย์ 45015049

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. สมยศ จุณณะปิยะ

อ.ศรวิวัฒน์ จิวปรีชา

บทคัดย่อ

ปัจจุบันยานพาหนะมีความจำเป็นมากในการขนส่งและการเดินทาง ราคาต่อหน่วยก็ค่อนข้างสูง ถือได้ว่าเป็นทรัพย์สินมีค่าของผู้เป็นเจ้าของ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการป้องกันเมื่อยานพาหนะของเราถูกโจรกรรม โครงการนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ในการควบคุมการทำงานของยานพาหนะผ่านการส่งข้อความสั้น (SMS) ของโทรศัพท์มือถือ และได้นำระบบ GPS (Global Positioning System) มาช่วยในการค้นหาตำแหน่งของยานพาหนะหากมีการถูกโจรกรรม

ABSTRACT

In present, vehicle necessary to transfers and travels that have expensive price and income for belonging. Also, it needs to protect whenever risk to thief. This project is presents application of PIC microcontroller family devices, that control it's vehicle by send short message in mobile (SMS) and adapt GPS system for position search. They are increase quality and improve protection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แนวความคิดในการในการทำปริญญานิพนธ์	1
1.2 เนื้อหาโดยสังเขปของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ทำความรู้จักกับระบบหาพิกัดบนพื้น โลกจีพีเอส	3
2.2 ส่วนประกอบของระบบจีพีเอส	5
2.2.1 ส่วนอวกาศ	5
2.2.2 ส่วนสถานีควบคุม	8
2.2.3 ส่วนผู้ใช้	9
2.3 การบอกตำแหน่งของจีพีเอส	12
2.4 ความแม่นยำของตำแหน่งพิกัด ที่คำนวณได้	16
2.5 ความผิดพลาดในระบบจีพีเอส	18
2.5.1 ความผิดพลาดที่แก้ไขได้	18
2.5.2 ความผิดพลาดที่แก้ไขไม่ได้	19
2.6 โครงสร้างของข้อมูลที่ส่งจากดาวเทียม GPS	22
2.7 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส	24
2.7.1 การเลือกดาวเทียม	24
2.7.2 การรับสัญญาณดาวเทียม	24
2.7.3 ไลต์แทร็คกิ้ง	25
2.7.4 การถอดรหัสข้อมูล	25
2.8 ลักษณะของสัญญาณจากดาวเทียมในระบบจีพีเอส	26
2.8.1 รหัสซีไอ (Coarse/Acquisition Code : C/A)	26
2.8.2 รหัสพี (P-Code)	26
2.8.3 ข่าวสารการนำร่อง (Navigation)	26
2.9 การให้บริการของระบบจีพีเอส (GPS Service)	29
2.10 มาตรฐาน NMEA และ โปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารของจีพีเอส	29
2.10.1 การอินเตอร์เฟซทางไฟฟ้า (Electrical Interface)	29
2.10.2 มาตรฐาน เอ็นเอ็มอีเอ - 0183	30
2.10.3 โปรโตคอล NMEA - 183	30
2.10.4 ข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA message)	30
2.10.5 รายละเอียดภายในเรคคอร์ดต่างๆ ของ NMEA message	31
2.11 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	37
2.11.1 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หัวข้อ	หน้า
2.11.2 มาตรฐาน RS-232C	37
2.11.3 อุปกรณ์ DTE และ DCE	38
2.11.4 การกำหนดขา RS-232 สำหรับ DB-9	38
2.12 การรับส่งเอสเอ็มเอส (SMS)	41
2.12.1 โหมดการรับส่งข้อมูล	43
2.13 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC	43
2.14 GSM AT Command	51
2.14.1 หลักการรับส่ง SMS	51
2.14.2 โหมดของการรับส่งข้อมูล	51
2.14.3 การรับข้อความ SMS ในพีดียูโหมด	52
2.14.4 รหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต (7 bits default alphabet)	54
2.14.5 การแปลงตัวอักษรชนิด 7 บิตเป็น ข้อมูล 8 บิต (octet)	54
2.15 ไอซีถอดรหัสสัญญาณความถี่โทรศัพท์ (DTMF DECODER)	55
2.16 วงจรขับรีเลย์แบบไอซี	59
<b>บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง</b>	61
3.1 หลักการออกแบบ	61
3.2 หลักการอินเตอร์เฟสโทรศัพท์มือถือ	62
3.3 การทำงานของวงจรภาคส่ง	64
3.4 อธิบายการทำงานของวงจร	69
3.5 ภาครับและแสดงผล	71
3.5.1 การสร้างโปรแกรมแสดงตำแหน่งของยานพาหนะ	72
3.5.2ลำดับการสร้างโปรแกรมแสดงตำแหน่ง	72
3.5.3การทำงานของโปรแกรม	73
3.5.4 การใช้งานโปรแกรม	77
<b>บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง</b>	82
4.1 กล่าวนำ	82
4.2 การทดลองเครื่องรับจีพีเอส	82
4.3 ข้อมูลที่รับมาจากเครื่องรับจีพีเอส	90
4.4 ผลการทดลองในส่วนของภาคส่ง	93
<b>บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป</b>	109
5.1 สรุปผลการทดลอง	109
5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง	109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ

ภาคผนวก ก. โปรแกรมแสดงผล

ภาคผนวก ข. รายละเอียดอุปกรณ์

กิตติกรรมประกาศ

บรรณานุกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 ดาวเทียมจีพีเอสบล็อกวัน	3
รูปที่ 2.2 ดาวเทียมจีพีเอสบล็อกทู	4
รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบ 3 ส่วนของจีพีเอส	5
รูปที่ 2.4 แสดงกลุ่มดาวเทียมจีพีเอส โดยมีระนาบ โคจร 6 ระนาบ แต่ละระนาบจะมีดาวเทียมอยู่ 4 ดวง	6
รูปที่ 2.5 แสดงภาพถ่ายของระนาบ โคจรดาวเทียม ณ เวลาหนึ่ง	7
รูปที่ 2.6 แสดงวง โคจรของดาวเทียมจีพีเอส	7
รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะการมอดคูเลตสัญญาณของจีพีเอส	8
รูปที่ 2.8 แสดงที่ตั้งของสถานีควบคุมดาวเทียมจีพีเอส	10
รูปที่ 2.9 แสดงการประยุกต์ใช้งาน ในส่วนของผู้ใช้	11
รูปที่ 2.10 การคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับจีพีเอส	14
รูปที่ 2.11 ทรงกลมจำลองที่สร้างล้อมรอบดาวเทียมรัศมี 22,000 กิโลเมตร	14
รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะการตัดกันของระยะห่างจากดาวเทียม 2 ดวงอันเนื่องมาจากเครื่องรับ	14
รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะการตัดกันของระยะห่างจากดาวเทียม 3 ดวงอันเนื่องมาจากเครื่องรับ	15
รูปที่ 2.14 เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียล	17
รูปที่ 2.15 แสดงจีดี ไอพีที่ไม่ดี	20
รูปที่ 2.16 แสดงค่าจีดี ไอพีที่ดี	21
รูปที่ 2.17 แสดงภาพข่าวสารการนำร่อง	22
รูปที่ 2.18 แสดงบล็อก โคอะแรมของเครื่องรับจีพีเอส	23
รูปที่ 2.19 แสดงบล็อก โคอะแรมการดีมอดคูเลตสัญญาณ จีพีเอส และควบคุมการ รหัสซีเอ	25
รูปที่ 2.20 แสดงบล็อก โคอะแรมการสร้าง C/A โค้ด	26
รูปที่ 2.21 แสดงการกำหนดค่ารหัสซีเอของจีพีเอส	27
รูปที่ 2.22 การใช้มาตรฐาน อาร์เอส-232 เชื่อมต่ออุปกรณ์	36
รูปที่ 2.23 คำอธิบายการทำงานของแต่ละขาที่ใช้งานของ DB-9	37
รูปที่ 2.24 คำอธิบายการทำงานของแต่ละขาที่ใช้งานของ DB-25	37
รูปที่ 2.25 แสดงขาต่างๆ ของไอซี PIC18F452	44
รูปที่ 2.26 แสดงโครงสร้างภายในของ MT 8870	54
รูปที่ 2.27 แสดงตำแหน่งขาของ MT 8870	54
รูปที่ 2.28 แสดงโครงสร้างภายใน ไอซี ULN 2003	57
รูปที่ 3.1 บล็อก โคอะแรมภาคส่ง	59
รูปที่ 3.2 บล็อก โคอะแรมภาครับ	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.3 แสดงโพลชาร์ตของภาคส่ง	73
รูปที่ 3.4 แสดงโพลชาร์ตของภาคส่ง	74
รูปที่ 3.5 แสดงโพลชาร์ตของภาครับ	64
รูปที่ 3.6 แสดงโพลชาร์ตในส่วนของกรอินเตอร์รัปจากภายนอก (การใช้งาน DTMF)	65
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรรของภาคส่ง	67
รูปที่ 3.8 แสดงส่วนประกอบของภาคส่ง	68
รูปที่ 3.9 ภาพประกอบการคำนวณ	69
รูปที่ 3.10 แสดงหน้าต่างโปรแกรมที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้	74
รูปที่ 3.11 แสดงปุ่มต่างที่ใช้งานในโปรแกรม	74
รูปที่ 3.12 แสดงหน้าต่างเลือกการเชื่อมต่อ	75
รูปที่ 3.13 แสดงหน้าต่างการตั้งค่าคุณสมบัติการเชื่อมต่อ	75
รูปที่ 3.14(ก) การเลือก SMS	75
รูปที่ 3.14(ข) การเลือก SMS	76
รูปที่ 3.15 แสดงพิกัดหลังจากกดปุ่ม Plot	77
รูปที่ 3.16 แสดงเส้นทางที่พล็อตได้จากชอຍไปรษณีย๑เขตลาดกระบังไปตลอดจนถึงชอຍสุขุมวิท	77
รูปที่ 4.1 แสดงประโยคต่างๆที่รับมาจากเครื่องรับจีพีเอส	87
รูปที่ 4.2 แสดงคำสั่งที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์ส่งให้กับโทรศัพท์มือถือ	90
รูปที่ 4.3 แสดงข้อความที่ส่งออกจากโทรศัพท์มือถือของภาคส่งสู่โทรศัพท์มือถือของภาครับ	91
รูปที่ 4.4 แสดงข้อความที่รับได้ของโทรศัพท์มือถือของภาครับ	91
รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะของสัญญาณ RING TONE สายเข้า	92
รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะของสัญญาณเมื่อกด 1	92
รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะของสัญญาณเมื่อกด 2	93
รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะสัญญาณเมื่อกด 3	93
รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะสัญญาณเมื่อกด 4	94
รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะของสัญญาณเมื่อกด 5	94
รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะของสัญญาณเมื่อกด 6	95
รูปที่ 4.12 แสดงลักษณะของสัญญาณเมื่อกด 7	95
รูปที่ 4.13 แสดงลักษณะสัญญาณเมื่อกด 8	96
รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะสัญญาณเมื่อกด 9	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.15 แสดงลักษณะสัญญาณเมื่อกด 0	97
รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะสัญญาณเมื่อกด *	97
รูปที่ 4.17 แสดงลักษณะสัญญาณเมื่อกด #	98
รูปที่ 4.18 แสดงสภาวะของแอลอีดีขณะเปิดเครื่อง	98
รูปที่ 4.19 แสดงระดับแรงดันของสัญญาณเอาต์พุตของ ไอซี DTMF ก่อนจะป้อนเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อกด 1 (0001)	99
รูปที่ 4.20 แสดงสภาวะของแอลอีดีขณะกด 1	100
รูปที่ 4.21 แสดงระดับแรงดันของสัญญาณเอาต์พุตของ ไอซี DTMF ก่อนจะป้อนเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อกด 2 (0010)	101
รูปที่ 4.22 แสดงสภาวะของแอลอีดีขณะกด 2	102
รูปที่ 4.23 แสดงระดับแรงดันของสัญญาณเอาต์พุตของ ไอซี DTMF ก่อนจะป้อนเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อกด 3 (0011)	103
รูปที่ 4.24 แสดงสภาวะแอลอีดีขณะกด 3	104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 เรคคอร์ดหลักๆใน เอ็นเอ็มอีเอ ที่มีถูกนำมาใช้งาน	30
ตารางที่ 2.2 ความหมายของเรคคอร์ด จีเอลเอล	31
ตารางที่ 2.3 ความหมายของเรคคอร์ด จีจีเอ	32
ตารางที่ 2.4 ความหมายของเรคคอร์ด จีเอสเอ	33
ตารางที่ 2.5 ความหมายของเรคคอร์ด จีเอสวี	34
ตารางที่ 2.6 ความหมายของเรคคอร์ด อาร์เอ็มซี	35
ตารางที่ 2.7 การจัดขาของคอนเน็คเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน อาร์เอส-232	38
ตารางที่ 2.8 รหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต	40
ตารางที่ 2.9 แสดงหน้าที่ของขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์	45
ตารางที่ 2.10 ส่วนประกอบของสตริงการรับข้อความ SMS	50
ตารางที่ 2.11 ส่วนประกอบของข้อมูลที่ส่ง	51
ตารางที่ 2.12 แสดงการแปลงตัวอักษร	53
ตารางที่ 2.13 แสดงตารางความจริงการถอดรหัส ไอซี MT 8870	56
ตารางที่ 3.1 แสดงพอร์ตของโทรศัพท์มือถือ SIEMENS รุ่น C-35	60
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเรคคอร์ดต่างๆที่โมดูลจีพีเอสส่งออกมา	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 แนวความคิดในการในการทำปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันนี้ยานพาหนะนับได้ว่าเป็นสิ่งจำเป็นในการคมนาคมเพื่อการขนส่งและการเดินทาง ไม่ว่าจะเป็นการคมนาคมทางบก ทางเรือ หรือแม้แต่ทางอากาศ ซึ่งราคาต่อหน่วยของยานพาหนะแต่ละชนิดก็ค่อนข้างสูง ประกอบกับความเจริญทางวัตถุที่เพิ่มสูงขึ้น กลุ่มมิถิชาชีพหลากหลายรูปแบบก็ถือกำเนิดมาเป็นเงาตามตัวหนึ่งในรูปแบบของกลุ่มของมิถิชาชีพเหล่านั้นคือนักโจรกรรม ซึ่งเป็นปัญหาสังคมที่ควรได้รับการแก้ไขและป้องกัน

เทคโนโลยีของการสื่อสารในปัจจุบันนั้นได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว จนสามารถกล่าวได้ว่าเป็นยุคของการสื่อสารไร้พรมแดน โทรศัพท์มือถือได้เข้ามามีบทบาทในการดำเนินชีวิตของผู้คนมากขึ้น และด้วยเหตุผลทางด้านราคาต่อหน่วยของเครื่องโทรศัพท์มือถือที่ถูกลง ทำให้บุคคลทั่วไปสามารถเป็นเจ้าของเครื่องโทรศัพท์มือถือได้ง่ายขึ้น

ระบบการหาตำแหน่งโดยใช้ดาวเทียมจีพีเอส เป็นเทคโนโลยีที่สร้างขึ้นมาเพื่อประโยชน์ในการบอกตำแหน่ง ทิศทาง และความเร็ว ของวัตถุ และสามารถบอกข้อมูลต่างๆของดาวเทียมจีพีเอสแต่ละดาวได้ ซึ่งการประยุกต์ใช้งานในโครงการนี้ได้นำเทคโนโลยีการบอกตำแหน่งของดาวเทียมจีพีเอส และเทคโนโลยีการส่ง SMS บนมือถือมาประยุกต์เป็นอุปกรณ์ในการแจ้งเตือนหากยานพาหนะถูกโจรกรรม โดยอุปกรณ์เตือนภัยและบอกตำแหน่งที่ติดตั้งไว้ที่ยานพาหนะจะส่งสัญญาณแจ้งไปยังเจ้าของยานพาหนะในรูปของ SMS ซึ่งจะทำให้เจ้าของยานพาหนะรู้ตัวและดำเนินการค้นหาและติดตามนำกลับคืนมา สาเหตุที่ต้องเป็น SMS เพราะการส่งในลักษณะดังกล่าวสามารถแสดงข้อมูลตำแหน่งของยานพาหนะที่ได้จากดาวเทียมจีพีเอสในรูปของ SMS ที่ส่งเข้ามายังโทรศัพท์มือถือของผู้เป็นเจ้าของยานพาหนะ เพื่อใช้ในการหาตำแหน่งของยานพาหนะต่อไปได้

ส่วนประกอบของโครงการนี้มีดังนี้

1. เครื่องรับจีพีเอสและ ชุดควบคุมซึ่งใช้ Microcontroller ตระกูล PIC
2. โทรศัพท์มือถือทางด้านส่ง (ติดอยู่กับยานพาหนะ)
3. โทรศัพท์มือถือทางด้านรับ (อยู่ที่ตัวเจ้าของยานพาหนะ)
4. คอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการบอกตำแหน่งของยานพาหนะที่ถูกโจรกรรม

## 1.2 เนื้อหาโดยสังเขปของปฏิญญานิพนธ์

เนื้อหาภายในปฏิญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นนี้แบ่งออกเป็นบทต่าง เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงเหตุผลที่นำจีพีเอส และเทคโนโลยีการส่ง SMS บน โทรศัพท์มือถือมาประยุกต์ใช้ใน  
โครงการนี้

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการต่างๆที่ใช้ในการทำปฏิญญานิพนธ์ฉบับนี้

บทที่ 3 กล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบ รวมไปถึงการสร้างโครงการขึ้นนี้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป



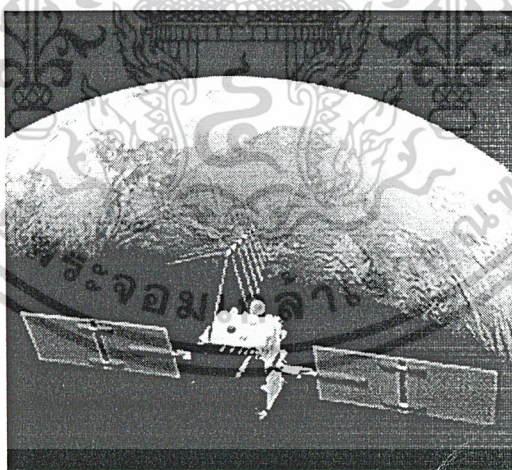
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการของจีพีเอส

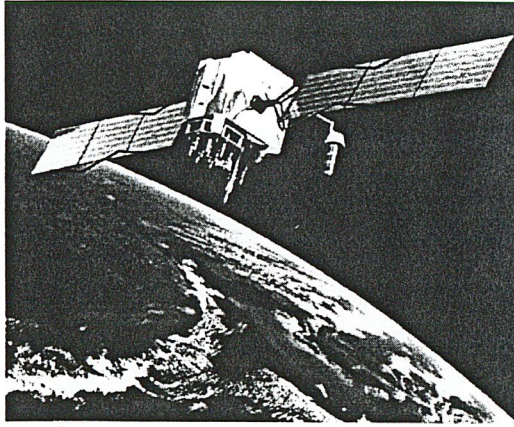
#### 2.1 ทำความรู้จักกับระบบหาพิกัดบนพื้นโลกจีพีเอส (Global Positioning System : GPS)

จีพีเอสเป็นระบบหาพิกัดบนพื้นโลกโดยการอ้างอิงจากดาวเทียมที่มีความแม่นยำสูงสามารถใช้หาพิกัดใดๆ บนพื้นโลกได้ตลอดเวลาทุกสภาพอากาศ ซึ่งในปัจจุบันเป็นเทคโนโลยีที่เริ่มเข้ามาบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น มีการนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ มากมาย เช่น การช่วยวางแผนเดินทางด้วยแผนที่ (โดยรถยนต์) ระบบติดตามตำแหน่งบนพื้นผิวโลก เป็นต้น จึงได้มีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพื้นฐานของจีพีเอส (Core technology) ซึ่งมุ่งเน้นในการพัฒนาออกแบบวงจรรวมพื้นฐานที่ใช้ในระบบจีพีเอส ทั้งในรูปแบบทรัพย์สินทางปัญญา (Intellectual Property) หรือ ไอพี คอร์ (IP core) และการทำเป็นชิปในขั้นสุดท้ายด้วยจีพีเอสถูกพัฒนาขึ้นมาโดยหน่วยงานต่อต้านการรุกรานของสหรัฐอเมริกาหรือ ดีโอดี (The United States Department of Defence :DOD) ใช้ในการหาพิกัดตำแหน่งในที่ต่างๆ บนโลกด้วยดาวเทียม โดยการใช้ส่งสัญญาณคลื่นวิทยุลงมายังโลก เมื่อเครื่องรับจีพีเอสรับสัญญาณได้ จึงเอาข้อมูลต่างๆ ที่มากับสัญญาณจีพีเอสไปคำนวณหาตำแหน่งเพื่อประโยชน์ทางการทหาร และหน่วยงานราชการบางหน่วยของสหรัฐอเมริกา และพัฒนาระบบจนสมบูรณ์ในปี 1993 ในขณะที่ระบบยังไม่สมบูรณ์ แต่ได้มีการใช้อย่างจริงจังครั้งแรกในช่วงสงครามอ่าว ในปี 1991 ต่อมาจึงเปิดโอกาสให้ภาคเอกชน และหน่วยงานต่าง ๆ นำระบบไปใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลก แต่ ดีโอดี (DOD) ยังเปิดสัญญาณการเลือกที่เหมาะสมหรือเอสเอ (Selective Available : SA) เพื่อลดความถูกต้องของการบอกตำแหน่งเพื่อประโยชน์ทางการทหาร และปิดสัญญาณเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม 2000 ด้วยเหตุผลทางการตลาดทำให้การบอกตำแหน่งมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น



รูปที่ 2.1 ดาวเทียมจีพีเอสสล็อตวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ดาวเทียมจีพีเอสบล็อกทู

จีพีเอสสามารถหาค่าแหน่งได้โดยใช้สัญญาณจากดาวเทียม จีพีเอส ที่ส่งไปโคจรรอบโลก ดาวเทียมจีพีเอสชุดแรกเป็นชุดสำหรับทดลองเรียกว่าบล็อกวัน (Block I) บล็อกวันมีทั้งหมด 10 ดวง ดวงแรกถูกส่งขึ้นในปี 1978 และทยอยส่งจนหมดในปี 1988 จากนั้นในปี 1989 – 1994 ดาวเทียมจีพีเอสที่จะใช้งานจริง (Block II) ก็ถูกส่งโคจรรอบโลกทั้งหมด 24 ดวง (ใช้งาน 21 ดวง สำรองในวงโคจร 3 ดวง) นอกจากนี้ยังมีอีก 4 ดวงเป็นตัวสำรองซึ่งพร้อมที่จะส่งเข้าวงโคจรหากจำเป็น อายุการใช้งานของดาวเทียมประมาณ 7.5 ปี ดาวเทียมทั้งหมดโคจรรอบโลกที่ความสูง 10900 ไมล์ทะเล (20200 km) มีคาบโคจรรอบโลกประมาณ 11 ชั่วโมง 58 นาที โดยเคลื่อนที่ในแนวระนาบ 6 ระนาบ ระนาบละ 4 ดวง มีมุมเอียง (Inclination angle) 55 องศา การจัดวางวงโคจรแบบนี้ทำให้ทุกๆ ที่บนพื้นโลกสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ 6 ดวงเกือบจะ 100% ดาวเทียมเหล่านี้จะเป็นจุดอ้างอิงที่ใช้ในการหาค่าแหน่ง มันก็เลยต้องเคลื่อนที่อยู่ในวงโคจรที่คงที่เสมอ บนพื้นโลกก็เลยมีสถานีตรวจวัด ปรับวงโคจรของดาวเทียมให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง และปรับตั้งนาฬิกาในดาวเทียมให้เดินตรงเสมอ สถานีตรวจสอบสำหรับดาวเทียมจีพีเอสมีทั้งหมด 5 แห่ง คือที่ ฮาวาย (Hawaii), แอสเซนชัน ไอส์แลนด์ (Ascension Island), ดีโก การ์เซีย (Diego Garcia), ควาจาเลน (Kwajalein) และฟอลคิน เอ เอฟ บี (Falcon AFB) ที่โคโลราโด สปริงส์ (Colorado Springs) ซึ่งเป็น สถานีควบคุมหลัก (master control) ของจีพีเอส

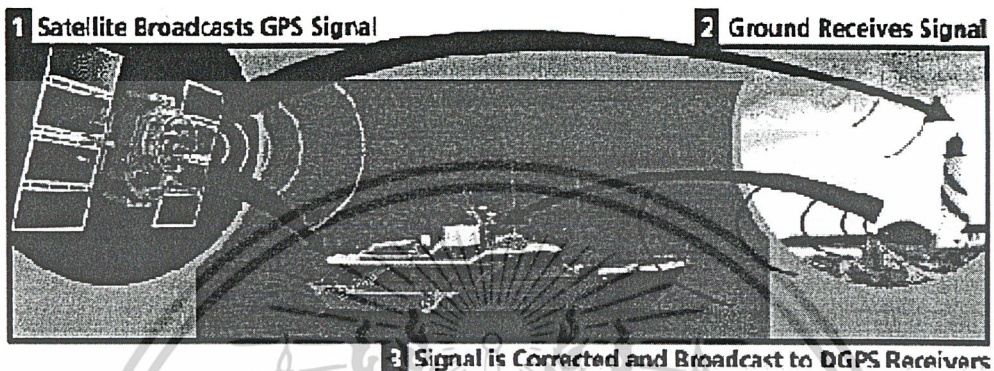
ดาวเทียมแต่ละดวงจะติดตั้งนาฬิกาอะตอมซึ่งตั้งเวลาไว้ให้ตรงกันทุกดวง ดาวเทียมจีพีเอสจะถ่ายทอดสัญญาณในรูปแบบของคลื่นวิทยุตลอดเวลา คลื่นวิทยุที่ว่าจะส่งออกมาสองความถี่ คือ  $L1 = 1.2276$  กิกะเฮิรท์ (GHz) และ  $L2 = 1.57542$  กิกะเฮิรท์ (ที่เรียก  $L1/L2$  เพราะเป็นความถี่ย่าน L-Band) ดาวเทียมทุกดวงจะมีวงจรสำหรับสร้างรหัส ซูด แรนดอม (pseudo random code) ออกมาด้วยบิตเรท (bit rate) 1.023 เมกกะบิตต่อวินาที (Mbps) แตรหัสจะแตกต่างกันไปตามอัลกอริทึม (algorithm) ที่เลือกใช้ รหัสนี้จะเอามาโมดูเลท (modulate) กับ คลื่นพาห้ (carrier)  $L1/L2$  แล้วก็ส่งมาพื้นโลก การมอดูเลทรหัส ซูด แรนดอม (modulate pseudo random code) กับ  $L1/L2$  ทำให้สัญญาณวิทยุอื่นๆ ไม่สามารถซิงโครไนซ์ (synchronize) กับ  $L1/L2$  ได้ ดาวเทียมจีพีเอสทุกดวงจึงสามารถใช้ความถี่ในการส่งสัญญาณเพียงชุดเดียวเพราะรหัส ซูด แรนดอม ที่ดาวเทียมแต่ละดวงสร้าง (generate) ขึ้นมาจะเป็นตัวบ่งชี้ได้ว่าสัญญาณที่เครื่องรับ (receiver) ได้รับมาจากดาวเทียมดวงไหน และสัญญาณที่ดาวเทียม จีพีเอสส่งมานี้เองที่เราจะเอาไปคำนวณหาค่าแหน่งบนพื้นโลกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ส่วนประกอบของระบบจีพีเอส

ระบบจีพีเอสประกอบไปด้วย 3 ส่วนดังนี้คือ

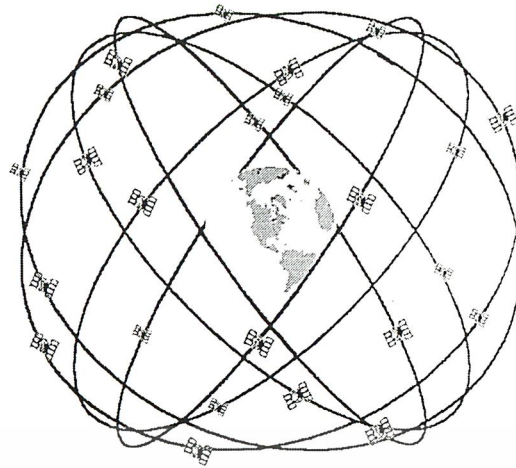
- ส่วนอวกาศ
- ส่วนสถานีควบคุม
- ส่วนผู้ใช้



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบ 3 ส่วนของจีพีเอส

2.2.1 ส่วนอวกาศ (Satellite Constellation) ของระบบจีพีเอส ประกอบไปด้วยดาวเทียม 24 ดวง โดยใช้ออกพิกต์ 21 ดวง ส่วนอีก 3 ดวงจะสำรองเอาไว้ (หมายเหตุ : ปัจจุบันดาวเทียมจีพีเอส มีอยู่ทั้งหมด 29 ดวง แต่อีก 5 ดวงจะเป็นดาวเทียมสำรอง เพื่อเตรียมใช้ทดแทนดาวเทียมที่กำลังจะหมดอายุ) ซึ่งดาวเทียมทั้ง 24 ดวงนี้จะโคจรรอบโลกโดยรัศมีวงโคจรจะสูงจากพื้นโลก 20,200 กม.โดยประมาณ ด้วยวงโคจร Non-Geostationary orbit 6 วงโคจร แต่ละวงประกอบด้วยดาวเทียม 4 ดวง แต่ละวงโคจรเอียงทำมุม 55 องศาการบอกตำแหน่งบนพื้นโลกจะรับสัญญาณดาวเทียมได้อย่างน้อย 4 ดวงถ้ามีมุมเงย 15 องศาขึ้นไป และสามารถรับสัญญาณได้ถึง 12 ดวงถ้ามีมุมเงย 5 องศา ความแม่นยำในการบอกตำแหน่งของจีพีเอส เกิดขึ้นจากการใช้สัญญาณนาฬิกาที่มีความเที่ยงตรงสูง และตรงกันระหว่างเครื่องรับจีพีเอสกับดาวเทียมจีพีเอส ซึ่งในจีพีเอสนี้จะใช้สัญญาณนาฬิกาจากอะตอม ในดาวเทียมจีพีเอสบล็อก ทุก ๆ จะมีนาฬิกาอะตอมแบบรูบิเดียม 2 เครื่อง และแบบซีเซียม 2 เครื่องซึ่งจะให้ความผิดพลาดต่อวันไม่เกิน  $10^{-14}$  วินาที (เนื่องจากความผิดพลาดของเวลาเพียง  $10^{-9}$  วินาทีจะทำให้เกิดความผิดพลาดของตำแหน่งถึง 30 เซนติเมตร) ดาวเทียมจะใช้สัญญาณจากนาฬิกาสร้างเป็นคล็อก (clock) สร้างความถี่พื้นฐาน 10.23 เมกกะเฮิร์ต แล้วสร้างความถี่พื้นฐานในแบนด์ L1 และ L2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

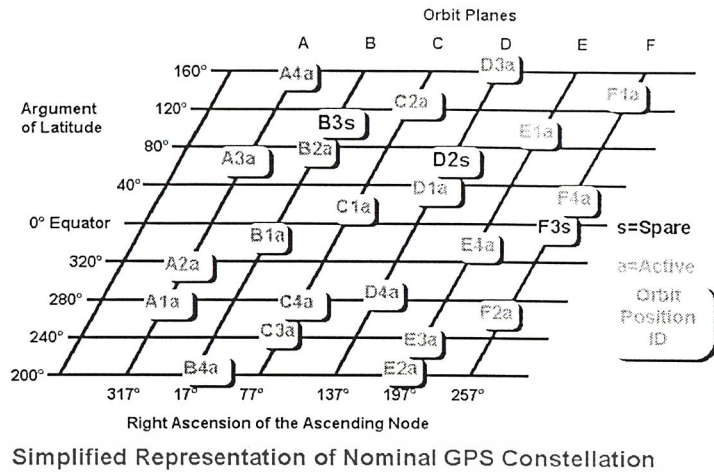


GPS Nominal Constellation  
24 Satellites in 6 Orbital Planes  
4 Satellites in each Plane  
20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

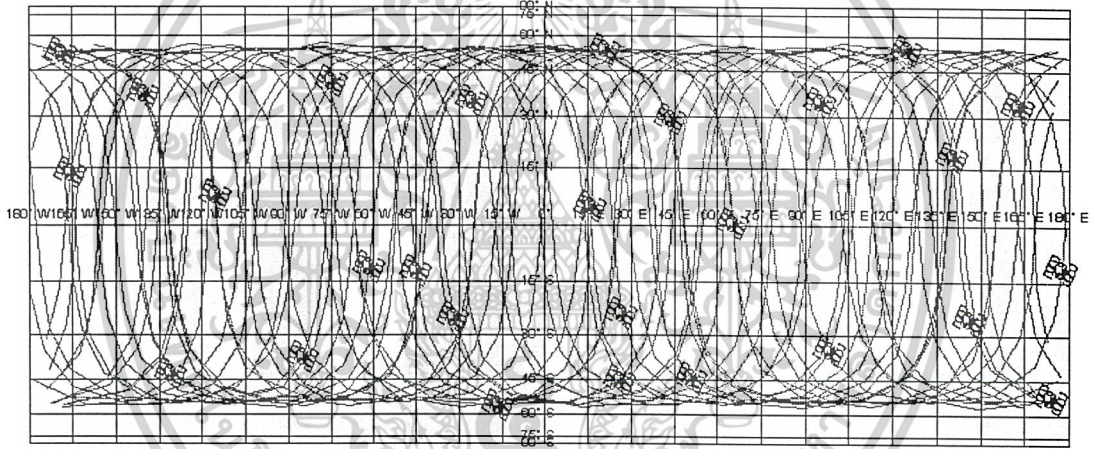
#### รูปที่ 2.4 แสดงกลุ่มดาวเทียมจีพีเอส โดยมีระนาบโคจร 6 ระนาบ แต่ละระนาบจะมีดาวเทียมอยู่ 4 ดวง

โดยการคูณความถี่พื้นฐานด้วย 154 และ 120 ตามลำดับ ดังนั้นความถี่ของคลื่นพาห้ในแบนด์ L1 จะเท่ากับ 1,575.42 เมกะเฮิรต์ และความถี่ของคลื่นพาห้ในแบนด์ L2 จะเท่ากับ 1,227.60 เมกะเฮิรต์ การคำนวณหาระยะทางจากดาวเทียมมาถึงเครื่องรับเรียกว่า ซูโด-เรนจ (Pseudo-Range) จะคำนวณจากระยะเวลาที่สัญญาณทั้งสองที่อยู่ในรูปรหัสพีอาร์เอ็น (Pseudorandom Noise : PRN) ที่ผสมเข้ากับคลื่นพาห้ทั้งสองแบนด์ เดินทางจากดาวเทียมถึงเครื่องรับสัญญาณรหัสแรกที่ส่งเรียกว่ารหัส ซีเอ (Coars/Acquis-Code : C/A code) เป็นสัญญาณที่อนุญาตให้บุคคลทั่วไปใช้งานสัญญาณจะผสมออกมาที่แบนด์ L1 เท่านั้น สัญญาณรหัสที่สองคือ พีโค้ด (Precision Code) เป็นสัญญาณที่ใช้ในทางทหารสหรัฐและบุคคลที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น สัญญาณที่ผสมจะออกมาทั้ง 2 แบนด์คือ L1 และ L2 ทำให้การระบุตำแหน่งมีความแม่นยำกว่า ซึ่งก็มีการเข้ารหัสไว้เพื่อรักษาความปลอดภัยของการทหารสหรัฐอเมริกา ในคลื่นพาห้ L1 นั้นใช้สำหรับการส่งสัญญาณทั้ง 2 แบบจึงต้องมีการชีพท์เฟสของแคเรียร์ เพื่อมิให้สัญญาณรบกวนกัน หลังจากนั้นรหัส พีอาร์เอ็น จะมีข้อมูลอื่นๆ ที่ผสมมาในสัญญาณด้วย ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับวงโคจรดาวเทียม สัมประสิทธิ์สภาพชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์สภาพการใช้งานของดาวเทียม เวลาของระบบและสัญญาณเวลาของดาวเทียม เป็นต้น รหัสพี และ รหัสซีเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงภาพฉายของระนาบโคจรดาวเทียม ณ เวลาหนึ่ง

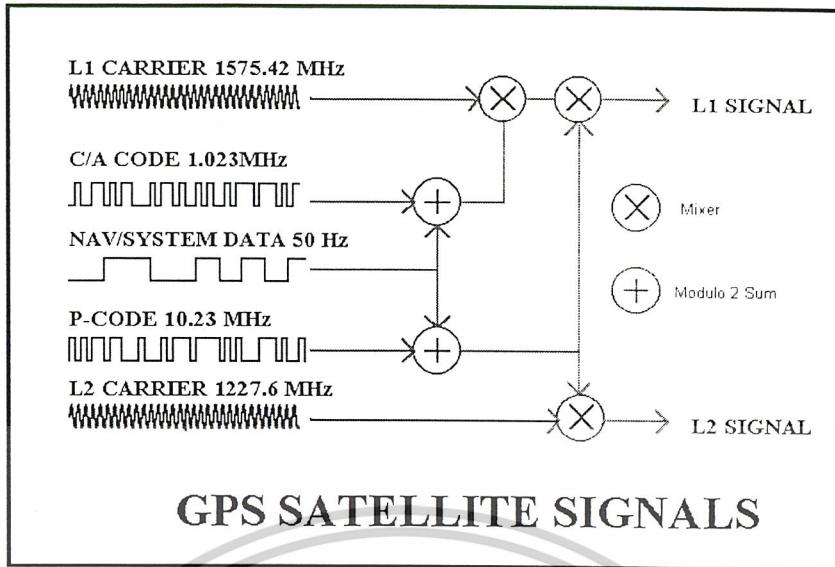


Global Positioning System Satellites and Orbits  
for 27 Operational Satellites on September 29, 1998  
Satellite Positions at 00:00:00 9/29/98 with 24 hours (2 orbits) of Ground Tracks to 00:00:00 9/30/98

รูปที่ 2.6 แสดงวงโคจรของดาวเทียมจีพีเอส

นั้น ได้ถูกออกแบบมาเพื่อไม่ให้มีการรบกวนกัน โดย พี-โค้ด จะถูกมอดูเลตกับคลื่นพาห์พร้อม ๆ กับ ซีเอโค้ดที่ถูกมอดูเลตกับสัญญาณของคลื่นพาห์ที่ถูกซิมพ์เพสไป 90 องศา โดยสัญญาณของคลื่นพาห์ที่ถูกมอดูเลตไปทั้งสองนี้จะรวมกันด้วยวิธี เฟส ควอดตราเจอร์ (Phase Quadrature) และข้อมูลที่ถูส่งมาจากดาวเทียม นั้นจะถูกมอดูโล-ทู (Modulo-2) ลงบน พี-โค้ดหรือ ลำดับของรหัสซีเอ (C/A Code State sequence) ของพีโค้ด, ซีเอโค้ดและ ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### GPS SATELLITE SIGNALS

รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะการมอดูเลตสัญญาณของจีพีเอส

นำร่อง(navigation message) คือ P(t), C/A(t) และ D(t) ตามลำดับ โดยการมอดูเลตคลื่นพาห้แสดงได้ดังต่อไปนี้

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

$$L_2(t) = a_2 P(t) D(t) \cos(f_2 t)$$

และการ ดีมอดูเลท(Demodulate) คลื่นพาห้โดย

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

2.2.2 ส่วนสถานีควบคุม (Ground Control Segment) มีส่วนรับผิดชอบการทำงานของดาวเทียมจีพีเอส เช่นการรักษาตำแหน่งการโคจรของดาวเทียม ตรวจสอบสภาพและระบบต่างๆบนดาวเทียม ตรวจสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ระดับพลังงานของแบตเตอรี่ การเปิดดาวเทียมสำรอง ปรับปรุงข้อมูลเวลา ข้อมูลอีพีมอริส (Ephemeris) ข้อมูลอัลมาแนค (Almanac) และตัวชี้ค่าอื่นๆในข่าวสารการนำร่องวันละครั้งหรือตามแต่ความจำเป็น สถานีควบคุมนี้จะมีนาฬิกาอะตอมแบบซีเซียมที่มีความแม่นยำสูงและเครื่องรับที่สามารถคำนวณ พีโค้ด ซูโดเรนจ์ (P-Code Pseudo-Range) ของดาวเทียมทุกดวงรับสัญญาณได้ ข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการจะถูกคำนวณแล้วส่งไปให้สถานีควบคุม ซึ่งสามารถที่จะนำข้อมูลมาหาตัวแปรต่างๆ จากนั้นส่งกลับไปยังดาวเทียมจีพีเอสเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ

2.2.2.1 สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station) สถานีสังเกตการณ์จะมีเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ทั้งสองความถี่ (L1 & L2) โดยจะทำการวัดค่าซูโดเรนจ์ และเคลตาเรนต์ ของแต่ละดาวเทียมที่ผ่านสถานีและมีนาฬิกาซีเซียม (Cesium) สองตัวที่ตั้งเวลาเพื่อใช้ในการอ้างอิงกับเวลาของระบบจีพีเอส สัญญาณจากดาวเทียมที่ส่งมาถึงสถานีสังเกตการณ์นั้นมีการหักเหและล่าช้าในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ และโทรโพสเฟียร์เรียกการล่าช้านี้ว่าไอโอโนสเฟียร์ดีเลย์ (Ionospheric Delay) และ โทรโพสเฟียร์ดีเลย์ (Tropospheric Delay) การล่าช้านี้จะทำให้เกิดการผิดพลาดของข้อมูล ซึ่งการแก้ไขนั้นสถานีสังเกตการณ์จะรวบรวมข้อมูลจากสัญญาณที่ได้รับทั้ง 2 ความถี่ อุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และจะส่งไปยังสถานีควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักโดยกรมอุตุนิยมวิทยาของสหรัฐอเมริกา เพื่อทำการคำนวณหาตำแหน่งความผิดพลาดและหาข้อมูลที่ต้องใช้ต่อไป

2.2.2.2 สถานีควบคุมหลัก (Master Control Station) สถานีควบคุมหลักมีหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูล ที่ได้รับจากสถานีสังเกตการณ์เพื่อตรวจสอบ และกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม ข้อมูลอัลมาแนค ข้อมูลอิพิเมอริสให้ถูกต้อง โดยเริ่มจากแก้ไขค่าชุกโคเรนจ์ที่เกิดจากการล่าช้าเนื่องจากการผ่านชั้นบรรยากาศของทุกๆสถานีสังเกตการณ์ จากนั้นจึงนำไปผ่านคาลมานฟิลเตอร์ (Kalman Filter) เพื่อให้ได้ค่าอิพิเมอริสและค่าการเลี้ยวของสัญญาณนาฬิกาที่ถูกต้อง โดยฟิลเตอร์จะถูกอัปเดตทุกๆ 15 นาที ด้วยค่าตำแหน่งของดาวเทียมที่ถูกคำนวณในระบบโคออดิเนตแบบเอิร์ธเซนเตอร์เอิร์ทฟิกซ์ (Earth-Center Earth-Fixed:ECEF) สถานีควบคุมหลักจะเป็นศูนย์กลางในการทำงานของส่วนควบคุม ตั้งอยู่ที่ฐานทัพอากาศ Falcon, Colorado, Spring, CO. ส่วนสถานีสังเกตการณ์จะกระจายอยู่ตามที่ต่างๆ เพื่อรับสัญญาณดาวเทียมในย่าน L-Band และจะส่งสัญญาณเตือนไปยังสถานีควบคุมหลักภายใน 60 วินาที หากตรวจพบความผิดพลาด

2.2.2.3 สายอากาศภาคพื้นดิน (Ground Uplink Antenna Facility) ส่วนสถานีสายอากาศภาคพื้นดินจะทำการส่งคำสั่ง ข้อมูลการนำร่อง และข้อมูลอื่นๆที่เรียกว่า ทีทีแอนด์ซี (Telemetry, Tracking and Command : TT&C) ซึ่งเตรียมพร้อมโดยสถานีควบคุมหลักสำหรับดาวเทียมแต่ละดวง ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปยังสถานีสายอากาศภาคพื้นดินและเก็บไว้จนกว่าดาวเทียมดวงที่ต้องการส่งข้อมูล จะผ่านมาโดยจะส่งคลื่นความถี่ S-Band โดยสถานีสายอากาศจะตั้งอยู่คู่กับสถานีสังเกตการณ์

2.2.3 ส่วนผู้ใช้ (User Segment) ในส่วนนี้นั้นส่วนประกอบที่สำคัญคือ เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสโดยจะรับสัญญาณ L-Band ที่ถูกส่งมาจากดาวเทียมและนำมาคำนวณเพื่อหาค่าตำแหน่ง ความเร็วและเวลาของเครื่องรับจากนั้นจะนำค่ามาประยุกต์ใช้งานตามลักษณะการใช้งาน ซึ่งเครื่องรับจีพีเอสสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เครื่องประเภทที่สามารถรับดาวเทียมได้ 4 ดวง หรือมากกว่าได้พร้อมกันทีเดียว กับเครื่องที่มีการรับดาวเทียมโดยการเรียงลำดับ และแต่ละกลุ่มยังแบ่งย่อยได้อีกคือ

2.2.3.1 เครื่องรับแบบเรียงลำดับสัญญาณดาวเทียม ปกติเครื่องรับจีพีเอสจะต้องมีข้อมูลจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง จึงสามารถคำนวณหาตำแหน่งที่ได้ เครื่องรับจีพีเอสที่ใช้เรียงลำดับใช้ช่องรับสัญญาณเพียงช่องเดียว รับข้อมูลจากดาวเทียมดวงหนึ่งระยะหนึ่งแล้วเปลี่ยน ไปยังอีกดวงหนึ่ง เครื่องประเภทนี้จะมีแผงวงจรเล็ก ดังนั้นจึงมีราคาถูกและใช้กำลังน้อย ข้อเสียของการเรียงลำดับสัญญาณอาจเกิดการขาดตอนและทำให้มีผลต่อความถูกต้องของผลที่ได้น้อย เครื่องรับในกลุ่มนี้ได้แก่



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

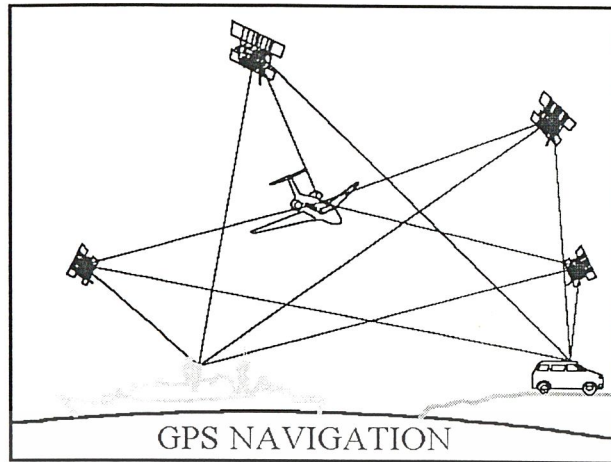
### รูปที่ 2.8 แสดงที่ตั้งของสถานีควบคุมดาวเทียมจีพีเอส

- เครื่องรับช่องเดียวแบบจำกัดพลังงาน (Starved-Power Single Receivers) เครื่องแบบนี้ ออกแบบให้พกพาได้และสามารถทำงานได้ด้วยอำนาจไฟฉายขนาดเล็ก การจำกัดการใช้กระแสไฟโดยให้ปิดการทำงานตัวเองโดยอัตโนมัติเมื่อแสดงตำแหน่งครั้งสองครั้งใน 1 นาที เหมาะสำหรับใช้งานบอกตำแหน่งส่วนตัว เช่น นักไต่เขาหรือเล่นเรือในเวลากลางวัน โดยไม่ต้องมีแบตเตอรี่ไฟฉายหลายก้อน และทำงานได้ทุกที่บนโลก ข้อเสีย คือ ความถูกต้องของสัญญาณจีพีเอสที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร ต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นไม่ได้ และไม่สามารถใช้วัดหาความเร็วได้ การที่หาความเร็วไม่ได้ เนื่องจากต้องปิดเครื่องเองในระหว่างการวัด เพราะเครื่องใช้แผงวงจรนาฬิกาที่ใช้ไฟน้อย (นาฬิกาจะต้องเดินอยู่ตลอดเวลา) นาฬิกาที่ใช้จึงไม่ให้ความถูกต้องเท่าที่ควร

- เครื่องรับช่องเดียว (Single Channel Receivers) เหมือนกับแบบเครื่องรับช่องเดียวแบบจำกัดพลังงาน เป็นเครื่องรับสัญญาณช่องเดียวใช้ทำการหาระยะจากดาวเทียมทุกดวง แต่ที่ไม่เหมือนกันคือ เครื่องรับช่องเดียวแบบมาตรฐานไม่จำกัดที่กำลัังไฟ ดังนั้นจึงทำการรับสัญญาณต่อเนื่องได้ มีผลทำให้ความถูกต้องสูงกว่า และใช้วัดหาความเร็วได้ จากที่มีเพียงช่องเดียวที่ต้องใช้ทั้งการรับข้อมูลดาวเทียมและคำนวณหาระยะ จึงไม่สามารถหาตำแหน่งต่อเนื่องได้ ยิ่งกว่านั้นตามเหตุผลของวิชาการ ความไม่เที่ยงตรงของนาฬิกามีผลโดยตรงต่อความถูกต้องของการวัดหาความเร็ว เครื่องราคาถูกบางชนิดใช้นาฬิการาคาถูกเพื่อให้ราคาเครื่องลดลงจึงทำให้ค่าความเร็วที่แสดงมาเชื่อถือไม่ได้

- เครื่องรับช่องเดียวแบบมัลติเพล็กซ์เร็ว (Fast-Multiplexing Single Receivers) เครื่องประเภทนี้เหมือนกับเครื่องทั้งสองประเภทข้างต้นที่กล่าวมาข้างต้นซึ่งรับซ้ำ แต่เครื่องรับนี้สามารถเปลี่ยนดาวเทียมได้เร็วกว่ามาก ข้อดี คือ สามารถทำการวัดได้ในขณะที่กำลังรับข้อมูลจากดาวเทียม ดังนั้นเครื่องทำงานได้อย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงการประยุกต์ใช้งานในส่วนของผู้ใช้

ต่อเนื่อง และการที่มีนาฬิกาไม่เที่ยงตรงจึงมีผลต่อเครื่องประเภทนี้ด้วย เครื่องแบบนี้ต้องการใช้แผงวงจรที่ค่อนข้างซับซ้อนและราคาพอ ๆ กับเครื่องแบบสองช่องรับสัญญาณที่ใช้เครื่องซึ่งให้ความถูกต้องสูงกว่าและมีลักษณะการยืดหยุ่นการใช้งาน ได้ดีกว่า

- เครื่องรับแบบรับสัญญาณสองช่องตามลำดับ (Two-Channel Sequencing Receivers) การเพิ่มช่องรับสัญญาณขึ้นอีกหนึ่งช่องช่วยให้เครื่องเพิ่มขีดความสามารถขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ข้อหนึ่งความแรงสัญญาณ สัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Signal-to-Noise) เป็นสองเท่าทันที หมายถึงสามารถจับสัญญาณภายใต้สถานะที่ไม่ดีได้และสามารถรับดาวเทียมดวงที่อยู่ระดับต่ำใกล้เส้นขอบฟ้าได้ จากการที่ช่องหนึ่งสามารถรับข้อมูลตำแหน่งอย่างต่อเนื่องได้ ในขณะที่อีกช่องหนึ่งค้นหาดาวเทียมดวงต่อไป เครื่องแบบสองช่องนี้จะทำงานแบบนำร่องได้โดยไม่ต้องมีการขาดตอน และความเร็วก็จะมีค่าที่ถูกต้องขึ้น ความจริงเครื่องรับสองช่องที่มีคุณภาพดีก็สามารถใช้คำนวณหาและตัดค่าที่เวลาของนาฬิกาเครื่องรับไม่ดีทิ้งเพื่อใช้ในการวัดหาความเร็วข้อเสียของเครื่องแบบสองช่องคือ มีราคาสูงกว่าและกินไฟมากกว่า ในเครื่องรับรุ่นใหม่บ้างก็มักใช้แบบวงจรรวม (IC) ที่สามารถเพิ่มช่องรับสัญญาณที่สอง และมีราคาสูง เครื่องแบบสองช่องยังมีราคาแพงกว่าเครื่องแบบช่องเดียวมาก ทั้งนี้ เนื่องจากผู้ใช้เครื่องรับจีพีเอสสองช่องมักต้องการความถูกต้อง ต้องการเครื่องที่แข็งแรง และสามารถควบคุมสังเกตการณ์แสดงผลที่ดีกว่า

2.2.3.2 เครื่องรับแบบต่อเนื่อง (Continuous Receivers) ได้แก่เครื่องรับที่สามารถรับสัญญาณดาวเทียมพร้อมกันได้ตั้งแต่ 4 ดวงขึ้นไป และสามารถแสดงผลค่าตำแหน่งและความเร็วได้ทันที การรับสัญญาณดาวเทียมได้ทั้ง 4 ดวง พร้อมกับที่มีค่าในการวัดหาในขณะที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งรวดเร็วหรือต้องการความถูกต้องสูง ดังนั้นเครื่องแบบนี้จึงนำมาใช้ในงานรังวัดและทางด้านวิทยุ ซึ่งจะพบว่าจะมีช่องรับสัญญาณทั้ง 4, 5, 8, 10 และ 12 ช่อง นอกจากข้อดีที่ใช้วัดตำแหน่งอย่างต่อเนื่องได้แล้ว เครื่องรับจีพีเอสแบบหลายช่องสามารถช่วยขจัดปัญหา จีดีโอพี (Geometrix Dilution of Precision: GDOP) ได้อีกด้วย คือ แทนที่จะรับดาวเทียม 4 ดวงใด ก็จะสามารถหาค่า จีดีโอพีดาวเทียม 4 ดวงของกลุ่มดาวเทียมที่ขึ้นอยู่ และทำการวัดจากดาวกลุ่มที่มีค่า จีดีโอพี ค่าสุด เครื่องรับ 4 ช่องสัญญาณ สามารถให้ค่าสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน เพิ่มขึ้นเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สองเท่าของเครื่อง 2 ช่อง และเป็นสี่เท่าของเครื่องรับแบบช่องเดียว และโดยการเปรียบเทียบค่าการรับสัญญาณของแต่ละช่อง เครื่องสามารถปรับตั้งค่าพิกัดเทียมระหว่างช่องรับสัญญาณซึ่งช่วยทำให้การวัดมีความถูกต้องดีขึ้นนอกเหนือจากข้อดี ข้อเสียที่กล่าวแล้ว ยังมีข้อดีอื่นมาพิจารณาอีกคือ มีเครื่องแบบใหม่สามารถได้ค่าความถูกต้องสูงมาก โดยการใช้ทั้งรหัสซูดเรนคอมที่กล่าวมาแล้ว และใช้ความถี่ของคลื่นพาห้ ซึ่งทำให้เครื่องรับทำงานมีความเที่ยงสูง ที่รหัสซูดเรนคอมไม่สามารถให้ได้ และใช้ในการวัดหาเวลาได้แม่นยำมากขึ้น ซึ่งช่วยในการบอกตำแหน่งได้ดีขึ้นด้วย และมีบางเครื่องที่ไม่ต้องใส่ค่าประมาณตำแหน่งและเวลาโดยประมาณให้เครื่องก่อนทำการวัด เครื่องรับแบบนี้ใช้ตัวเองใส่ค่าเริ่มตำแหน่งได้โดยตัวมันเองข้อที่ควรพิจารณา คือ การต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นและความสะดวก บางเครื่องแสดงได้เฉพาะพิกัดภูมิศาสตร์ บางเครื่องไม่สามารถต่อเข้ากับเครื่องมืออื่นหรือคอมพิวเตอร์ได้ และมีข้อใหญ่ที่ต้องพิจารณาอีกข้อคือ ความแข็งแรงทนทานถ้าต้องใช้เครื่องทำงานในพื้นที่ทะเล หรือในพื้นที่ป่าเขา การใช้ไฟและความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นตัวชี้สำคัญที่จะต้องเอาใจใส่ ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าอัตราของค่าความผิดพลาด จะเพิ่มเป็นสองเท่าของความร้อนในเครื่องเพิ่มทุก 7 องศาฟาเรนไฮต์ เครื่องรับจีพีเอสรุ่นใหม่นี้ปัจจุบันได้เพิ่มคุณค่าให้แก่เครื่องรับจีพีเอส อีกหลายประการ เช่น ใช้การประมวลผลที่ซับซ้อน แสดงผลด้วยจอภาพรายละเอียด เครื่องรับจีพีเอส อาจแสดงจุดตำแหน่งบนแผนที่ที่ได้วาดไว้แล้วให้เห็นทันที

### 2.3 การบอกตำแหน่งของจีพีเอส

ดาวเทียมจีพีเอส แต่ละดวงจะส่งกระจายสัญญาณ 2 ชนิดอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ สัญญาณการบอกตำแหน่งมาตรฐาน (Standard Positioning Service : SPS) ซึ่งใช้สำหรับบุคคลทั่วไป และ สัญญาณบอกตำแหน่งความเที่ยงตรงสูง (Precise Positioning Service : PPS) ซึ่งใช้สำหรับทางทหาร สัญญาณ เอสพีเอสเป็นสัญญาณแบบขยายสเปกตรัม (Spread-Spectrum) ที่กระจายสัญญาณด้วยความถี่ 1575.42 เมกกะเฮิร์ต สภาพแวดล้อม หรือสัญญาณรบกวนที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้า บนพื้นโลก ซึ่งมีผลกระทบค่อนข้างน้อย ต่อสัญญาณดังกล่าว สัญญาณเอสพีเอสประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับวงโคจร ของดาวเทียม 2 ชนิดคือ ข้อมูล อัลมานัค (Almanac) และข้อมูลอีเฟเมอริส (Ephemeris) ข้อมูลอัลมานัค เป็นข้อมูลที่บอกถึงสภาพของดาวเทียมและตำแหน่งวงโคจรของดาวเทียมทุกดวงในระบบอย่างคร่าวๆ เครื่องรับจีพีเอสจะรับข้อมูลอัลมานัค จากดาวเทียมดวงใดที่สามารถรับสัญญาณได้ แล้วใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อการเลือกรับดาวเทียมที่สามารถใช้ได้ ในการคำนวณตำแหน่งพิกัด ส่วนข้อมูลอีเฟเมอริส ประกอบด้วยข้อมูลที่แม่นยำโดยละเอียด ของวงโคจรของดาวเทียม แต่ละดวง ที่ทำการรับสัญญาณได้ สัญญาณ เอสพีเอสจะส่งรหัสลงมาด้วย โดยรหัสดังกล่าว จะทำให้ เครื่องรับจีพีเอสสามารถคำนวณ เวลาที่สัญญาณ เดินทางจากดาวเทียม มาถึงตัวเครื่องรับจีพีเอสได้ เมื่อเครื่องรับทราบเวลาที่เดินทาง และตำแหน่งดาวเทียม (Ephemeris) ก็จะสามารถคำนวณหา ระยะระหว่างดาวเทียม (Pseudo-range) แต่ละดวง กับ เครื่องรับจีพีเอสได้เครื่องรับจะทำการรับสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 3 ถึง 4 ดวงในเวลาเดียวกัน เครื่องจะใช้ดาวเทียม 3 ดวง ในการคำนวณหาตำแหน่งพิกัดเพียงอย่างเดียว โดยเมื่อทราบระยะทาง จาก เครื่องรับจีพีเอสถึงดาวเทียม 3 ดวง เครื่องจะสามารถ คำนวณจุดตำแหน่งพิกัด ของตนเองได้ เมื่อกำหนดให้ความสูงคงที่ (ผู้ใช้ต้องป้อนค่าความสูง ที่ทราบ ให้กับเครื่อง) และถ้ารับสัญญาณ จากดาวเทียมได้ 4 ดวง เครื่องจะใช้ดาวเทียม 4 ดวงในการคำนวณตำแหน่งพิกัด และความสูงได้ โดยไม่จำเป็นต้องป้อนค่าความสูง ให้กับเครื่องซึ่งสัญญาณที่รับมานี้จะทำให้

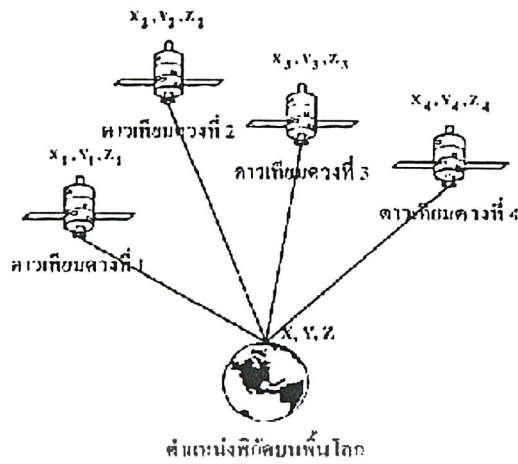
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการขงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นใจขอขงานขงานนี้ให้นำไปใช้  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทราบข้อมูลที่สำคัญต่อการคำนวณตำแหน่งสองอย่างคือ ตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง และ เวลาที่สัญญาณเดินทางมาถึง ซึ่งจะทำให้ทราบระยะทางจากดาวเทียมถึงเครื่องรับจีพีเอส โดยการนำเอาเวลาที่ได้หลังจากตัดความคลาดเคลื่อนของเวลา มาคูณกับความเร็วแสง ระยะทางที่ได้นี้คือ ซูโดเรน มาทำการแก้สมการเพื่อหาค่าที่ไม่ทราบค่า

การอ้างอิงตำแหน่งของจีพีเอส ใช้การอ้างอิงตามระบบธรณีวิทยาโลก-84หรือดับพลิวจีเอส-84 (World Geodetic System-84 :WGS-84) ซึ่งจำลองโลกว่าเป็นทรงรี (Ellipsoid) ทรงรีนี้มีรัศมีตามแนวเส้นศูนย์สูตร (Semi-major axis) = 6,378,137 เมตร และรัศมีตามแนวขั้วโลก (Semi-minor axis) = 6,356,752.3124 เมตร ระยะห่างของดาวเทียมที่จริงก็จะเป็นระยะห่างจากศูนย์กลางโลกตาม ดับพลิวจีเอส-84 การจำลองแบบนี้ทำให้สามารถคำนวณตำแหน่งได้ตามหลักของเรขาคณิต ซึ่งตำแหน่งที่เครื่องคำนวณได้จะเป็นจุดที่ระบุอยู่ในระบบพิกัดฉาก (coordinate) สามมิติ (X, Y, Z) เมื่อนำมาเทียบกับ รูปทรงรีของโลกตาม ดับพลิวจีเอส-84 ก็จะได้เป็นตำแหน่งและความสูงเทียบจากวงรี ค่าเหล่านี้จะเอามาแปลงเป็นพิกัดและความสูงจริงๆ อีกครั้ง ส่วนการคำนวณเรื่องของความสูงนั้นค่อนข้างยุ่งยากพอสมควร เพราะว่าโลกปกติไม่ได้ราบเรียบ เหมือนกับวงรีที่เป็นต้นแบบ (model) พื้นโลกมีทั้งภูเขา ทะเล หลุมลึก ซึ่งมีช่วงความต่างกว่า 20 กิโลเมตร ดังนั้นจึงต้องหาจุดอ้างอิงสำหรับความสูงขึ้นมา จุดที่ว่านั้นก็คือ "ระดับน้ำทะเลกลาง" (จุดอ้างอิงของพิกัดก็คือ prime meridian ที่ผ่านเมือง Greenwich กับเส้นศูนย์สูตร) ซึ่งระดับน้ำทะเลกลางเป็นตำแหน่งของพื้นผิวซึ่งคิดตามตามแรงโน้มถ่วงของโลกเรียกว่า "จีโออยด์" (Geoid) ใน ดับพลิวจีเอส-84 มีแผนที่จีโออยด์ของตำแหน่งต่างๆ ทั่วโลกระบุไว้ด้วยว่าต่างจากวงรีของ ดับพลิวจีเอส-84 มากน้อยแค่ไหน ดังนั้นจึงสามารถหาตำแหน่งความสูงเทียบกับระดับน้ำทะเลกลางได้

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเป็นการพูดถึงการบอกตำแหน่งของจีพีเอสซึ่งจะทำให้มองเห็นภาพได้แค่ลง โดยดูรูปที่ 2.11 ถึง 2.13 จะเห็นว่าเครื่องรับที่อยู่บนผิวโลก อาจจะอยู่ที่บริเวณใดก็ได้บนพื้นผิวทรงกลมที่สร้างขึ้นมัล้อมรอบดาวเทียม เพราะไม่รู้ว่ามีจุดใดของทรงกลมแต่ละอยู่กับพื้นผิวของโลก รู้แต่เพียงว่าจะมีอยู่จุดหนึ่งเท่านั้นที่สัมผัสกับพื้นผิวโลก ถ้ามีดาวเทียมดวงหนึ่ง โคจรอยู่เหนือพื้นดิน 23,000 กิโลเมตร เราก็สามารถสร้างทรงกลมได้อีกลูกหนึ่ง ถ้าทรงกลมทั้งสองมีการตัดกัน ผลที่ได้จะเป็นวงกลมเล็กๆเกิดขึ้น เครื่องรับน่าจะอยู่ที่ใดที่หนึ่งในวงกลมนี้ ซึ่งยังคงเป็นพื้นที่ที่กว้างเกินไปถ้ามีดาวเทียมอีกดวงเป็นดาวเทียมดวงที่สาม โคจรเหนือพื้นโลก 24,000 กิโลเมตร ก็จะสามารสร้างทรงกลมได้อีกลูกหนึ่ง ถ้าทรงกลมทั้งสามมีการตัดกันผลที่ได้จะเป็นจุดสองจุดที่ขอบของวงกลมเล็กๆ เครื่องรับน่าจะอยู่ในจุดใดจุดหนึ่งในสองจุดนี้ แต่จะมีจุดเดียวเท่านั้นที่เป็นไปได้ในทางทฤษฎี (ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยอาศัยคณิตศาสตร์เข้าช่วย) การหาพิกัดจุด (X, Y, Z) ในนั้นจีพีเอส สิ่งที่ต้องการในการหาตำแหน่งคือระยะทางระหว่างดาวเทียมกับ เครื่องรับแต่การ

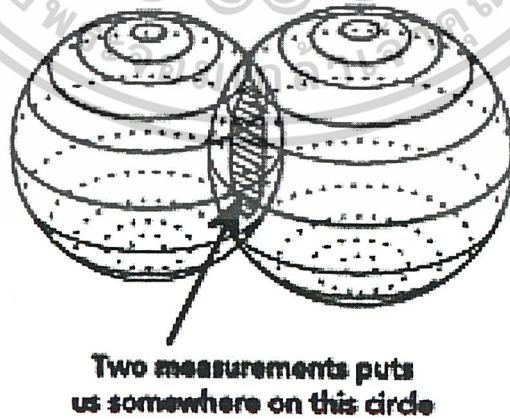
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับจีพีเอส



รูปที่ 2.11 ทรงกลมจำลองที่สร้างล้อมรอบดาวเทียมมี 22,000 กิโลเมตร

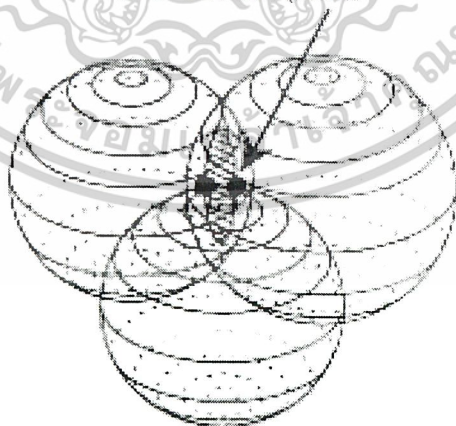


รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะการตัดกันของระยะห่างจากดาวเทียม 2 ดวงอันเนื่องมาจากเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดระยะ โดยตรงทำได้ยากมากและไม่ได้ค่าที่ละเอียดพอในบรรดาการวัดทั้งหมด "เวลา" เป็นสิ่งที่วัดได้แม่นยำที่สุดโดยใช้การสั้นของอะตอมซีเซียม (นาฬิกาอะตอม) ถ้าเครื่องสามารถวัดเวลาได้แม่นยำพอก็จะสามารถวัดระยะเวลาที่คลื่นเดินทางมาจากดาวเทียมมาถึง เครื่องรับได้ เมื่อได้ระยะเวลาที่คลื่นเดินทางก็จะสามารถหา ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับ เครื่องรับได้โดยคำนวณกับความเร็วของแสงกับเวลามากน้อยแค่ไหน ค่าความแตกต่างที่ได้ก็จะเป็นเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของสัญญาณจากดาวเทียมมาถึงเครื่องรับ เมื่อรู้ค่าการวัด ระยะเวลาของเครื่องรับ มีจุดสำคัญที่ รหัสชุดโคเรนดอมทั้งเครื่องรับ และดาวเทียมจีทีเอส จะ สร้างรหัสชุดโคเรนดอมที่เหมือนกันในขณะเวลาเดียวกันเมื่อเครื่องรับได้รับ ชุดโคเรนดอมจากดาวเทียมจีทีเอสก็จะทำการเปรียบเทียบว่า รหัสที่ได้รับความนิยมแตกต่างจากรหัสที่เครื่องรับสร้างในระยะเวลาที่แน่นอน ก็จะสามารถหา ระยะห่างจากเครื่องรับถึงดาวเทียมได้ เหตุผลว่าทำไมต้องเป็น 3 ดวงเพราะ เมื่อได้ระยะห่างจากดาวเทียม ดวงแรก เราจะได้ว่าตำแหน่งของเครื่องรับ จะอยู่บนพื้นผิวของทรงกลมเสมือนอันหนึ่งที่มีรัศมีเท่ากับ ระยะห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับเมื่อได้ระยะห่างจากดาวเทียมดวงที่สอง ก็จะได้ตำแหน่งของเครื่องรับ จะอยู่บนทรงกลมเสมือนอีกอันหนึ่งด้วย ดังนั้นจะได้ว่าตำแหน่งของเครื่องรับจะอยู่บนเส้นรอบวงกลมที่เกิด จากจุดตัดของทรงกลมเสมือนทั้งสองอัน เมื่อได้ระยะห่างจากดาวเทียมดวงที่สาม ก็จะได้ทรงกลมเสมือนสาม ลูกตัดกันซึ่งจะเกิดจุดตัด 2 จุดเครื่องรับ จะอยู่ที่จุดตัดจุดใดจุดหนึ่งในสองจุดนี้ โดยทั่วไปตำแหน่งของจุดตัดนี้ จะมีจุดหนึ่งที่ไม่น่าจะเป็นคำตอบที่ถูก(เช่น คำวณแล้ว ได้จุดที่อยู่นอกโลก ในผิวโลก ไม่ใช่บนผิวโลก) ซึ่งจะถูกตัดทิ้งไป และจุดที่เหลือก็คือผลลัพธ์ที่ถูกคือว่าเราอยู่ที่ตำแหน่งใดบนพื้น โลกวิธีการที่ใช้หาตำแหน่งนี้ เรียกว่า “ไตรแองกูเลตติง” (Triangulating) เมื่อเครื่องรับได้รับ ชุดโคเรนดอมจากดาวเทียมจีทีเอสก็จะทำการเปรียบเทียบว่า รหัสที่ได้รับความนิยมแตกต่างจากรหัสที่เครื่องรับสร้างในระยะเวลาที่แน่นอน ก็จะสามารถหา ระยะห่างจากเครื่องรับถึงดาวเทียมได้ เหตุผลว่าทำไมต้องเป็น 3 ดวงเพราะ เมื่อได้ระยะห่างจากดาวเทียม ดวงแรก เราจะได้ว่าตำแหน่งของเครื่องรับจะอยู่บนพื้นผิวของทรงกลมเสมือนอันหนึ่งที่มีรัศมีเท่ากับระยะห่าง

Three measurements puts us  
at one of two points.



รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะการตัดกันของระยะห่างจากดาวเทียม 3 ดวงอันเนื่องมาจากเครื่องรับ

ระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับเมื่อได้ระยะห่างจากดาวเทียมดวงที่สอง ก็จะได้ตำแหน่งของเครื่องรับจะอยู่บน ทรงกลมเสมือนอีกอันหนึ่งด้วย ดังนั้นจะได้ว่าตำแหน่งของเครื่องรับจะอยู่บนเส้นรอบวงกลมที่เกิดจากจุดตัด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของทรงกลมเสมือนทั้งสองอัน เมื่อได้ระยะห่างจากดาวเทียมดวงที่สาม ก็จะได้ทรงกลมเสมือนสามลูกตัดกัน ซึ่งจะเกิดจุดตัด 2 จุดเครื่องรับ จะอยู่ที่จุดตัดจุดใดจุดหนึ่งในสองจุดนี้ โดยทั่วไปตำแหน่งของจุดตัดนี้จะมีจุดหนึ่งที่ไม่น่าจะเป็นคำตอบที่ถูกต้อง (เช่น คำานวณแล้วได้จุดที่อยู่นอกโลก ในผิวโลก ไม่ใช่บนผิวโลก) ซึ่งจะถูกต้องทิ้งไป และจุดที่เหลือก็คือผลลัพธ์ที่ถูกต้องว่าเราอยู่ที่ตำแหน่งใดบนพื้นโลกวิธีการที่ใช้หาตำแหน่งนี้เรียกว่า “ไทรแองกูเลทคิง” (Triangulating)

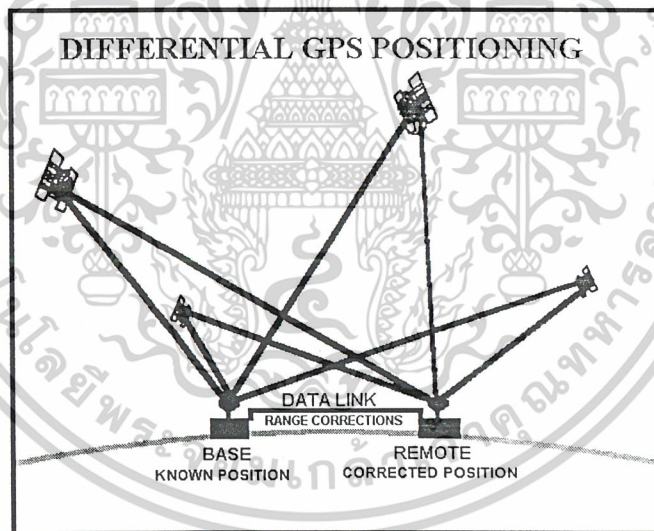
## 2.4 ความแม่นยำ (ACCURACY) ของตำแหน่งพิกัด ที่คำนวณได้

โดยทั่วไปแล้วเครื่องรับจีพีเอส ที่ทำงานโดยอาศัยสัญญาณเอสพีเอสสามารถคำนวณ ค่าตำแหน่งพิกัดที่มีความถูกต้อง อยู่ในระยะ 25 เมตร และค่าความถูกต้องของความเร็วอยู่ในระยะ 5 เมตรต่อ วินาที เนื่องจากค่าความถูกต้องที่ได้นี้ จะขึ้นอยู่กับนโยบาย ของรัฐบาลสหรัฐอเมริกา ที่เรียกว่า เอสเอ (Selective Availability : SA) เพื่อรักษาความมั่นคงทางทหาร สัญญาณ เอสเอ นี้จะทำให้เกิดค่าความผิดพลาดขึ้นกับข้อมูลอีพีเมอร์สที่ส่งกระจายมาจากดาวเทียม ส่งผลให้ค่าความผิดพลาดของค่าตำแหน่งพิกัดที่ได้ มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นระยะ 100 เมตร ในการใช้งานทั่วไปแล้ว ค่าความผิดพลาดในระยะ 100 เมตร ก็ดีเพียงพอสำหรับการใช้งานที่ต้องการความถูกต้องที่มากกว่านี้ สามารถทำได้โดยใช้เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียล (Differential) เพื่อกำจัดผลของเอสเอ ซึ่งทำให้ค่าที่ได้มีความถูกต้องมากขึ้น (ขณะนี้ รัฐบาลสหรัฐอเมริกา ปิด เอสเอ (S/A) แล้ว) นอกจากนี้ ความถูกต้องของตำแหน่งพิกัดยังขึ้นกับ ชุดของค่าคงที่ที่เรียกว่า แมป ดาตัม (Map Datum) ซึ่งค่าเหล่านี้ มีความแตกต่างกัน สำหรับพื้นที่ในแต่ละพื้นที่ โดยทั่วไปแต่ละประเทศจะใช้แมป ดาตัม ที่แตกต่างกัน ในการสร้างแผนที่ของพื้นที่ในประเทศ ค่าเหล่านี้ บนแผนที่ 2 ฉบับ ที่ใช้ Map Datum ต่างกันในการสร้างแผนที่ จะให้ตำแหน่งพิกัด ที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเทียบตำแหน่งพิกัด ที่ได้จากเครื่องรับจีพีเอสกับตำแหน่งพิกัดจริง ที่ได้จากแผนที่ จึงต้องใช้แมป ดาตัม เดียวกัน โดยที่ เครื่องรับจีพีเอสส่วนมาก จะสามารถ เปลี่ยนแมป ดาตัม ของเครื่องได้หลายแบบ เพื่อให้สามารถนำเครื่องไปใช้ บอกตำแหน่ง เทียบกับแผนที่ ในพื้นที่แต่ละประเทศได้ สำหรับ การใช้เครื่อง ในการเดินเรือ ในทะเล และ มหาสมุทรจะต้องเลือกใช้แมป ดาตัม ดับบลิวจีเอส-84 ซึ่งเป็นชุดของค่าคงที่ สำหรับบริเวณ ทะเล มหาสมุทร และชายฝั่ง ที่ใช้ได้เกือบทุกพื้นที่ทั่วโลก การตั้งแมป ดาตัมที่ไม่ถูกต้องให้กับเครื่องรับจีพีเอสอาจทำให้ตำแหน่งพิกัดที่อ่านได้จากเครื่องไม่ตรงกับตำแหน่งพิกัดที่ได้จากแผนที่ ความแตกต่างอาจเป็น ได้ตั้งแต่ไม่กี่เมตรจนมากถึงหลายร้อยเมตร โดยทั่วไปถ้าไม่ทราบว่ามีแผนที่ที่ใช้อ้างอิงโดยใช้แมป ดาตัมใด ให้เลือกตั้งแมป ดาตัม ของเครื่องเป็น ดับบลิวจีเอส-84 แต่ถ้าทราบแมป ดาตัมของแผนที่ที่ใช้เปรียบเทียบ ก็ให้ตั้งแมป ดาตัมของเครื่องจีพีเอสเป็นแบบเดียวกัน สำหรับประเทศไทย ถ้าตั้ง ดับบลิวจีเอส-84 ให้กับเครื่องจีพีเอส จะทำให้ตำแหน่งพิกัด ที่อ่านได้จากเครื่องรับ เทียบกับแผนที่ ประเทศไทย ที่อ้างอิงกับ แมป ดาตัมแบบไทย-เวียคนาม มีความแตกต่าง ในแนวราบ ที่ประมาณ 413 เมตร ซึ่งค่อนข้างสูงมาก ดังนั้น ก่อนการใช้เครื่องจีพีเอสควรตั้งค่าแมป ดาตัม ให้ตรงกับแผนที่ ที่จะใช้เปรียบเทียบ ทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียล (Differential)

วิธีความแตกต่างของตำแหน่ง (differential positioning) เป็นเทคนิคหนึ่ง ในการที่จะทำให้ผู้ใช้ หาค่า พิกัดจากดาวเทียม สามารถที่จะกำจัด ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น เนื่องจาก สภาวะแวดล้อม และผลจาก SA ทำให้สามารถที่จะใช้เครื่องหาค่าพิกัดในการคำนวณหาค่าตำแหน่งที่ให้ความแม่นยำสูง โดยมีหลักการในการใช้ ค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ ณ ตำแหน่งที่ทราบค่าพิกัดแน่นอนถูกต้อง และทำการป้อนค่าดังกล่าวเข้าไปเพื่อ ทำการแก้ไขค่าตำแหน่งที่คำนวณได้จากเครื่องรับจีพีเอสเครื่องอื่นๆ โดยทั่วๆ ไปแล้ว ค่าความแม่นยำใน แนวราบ ของตำแหน่งใดๆ ที่คำนวณได้จากเครื่องรับจีพีเอส จะมีค่าประมาณ 15 เมตร อาร์เอ็มเอส (root-mean square :RMS) หรือมากกว่า ความหมายของคำว่า 15 เมตร อาร์เอ็มเอสหมายถึง ถ้าทำการกระจายจุดต่างๆ รอบตำแหน่งที่ถูกต้องเป็น แบบวงกลมโดยมีค่ากลางข้อมูล (mean) เป็นศูนย์กลาง ค่าความแม่นยำ 15 เมตร อาร์เอ็ม เอสจะหมายถึง 63 % ของตำแหน่งที่วัดได้จะอยู่ในระยะ 15 เมตร จากตำแหน่งที่ถูกต้องค่าความผิดพลาดใน การหาตำแหน่งมีอยู่ 2 ประเภท คือแบบที่แก้ไขได้ และแบบที่แก้ไขไม่ได้ ค่าความผิดพลาด แบบที่แก้ไขได้ จะเป็นค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเหมือนกัน กับเครื่องรับจีพีเอสทุกเครื่อง ที่อยู่บริเวณเดียวกัน ส่วนค่า ความผิดพลาดที่แก้ไขไม่ได้ จะเป็นค่าความผิดพลาดแบบที่จะไม่มีความสัมพันธ์กันเลยในระหว่างเครื่องรับ ทุกเครื่องที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน



รูปที่ 2.14 เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียล

### 2.5 ความผิดพลาดในระบบจีพีเอส

แม้ว่าระบบจีพีเอสจะถูกพัฒนาให้มีความถูกต้องในระบบการนำร่องทั่วโลกก็ตาม แต่ระบบจีพีเอสก็ ยังคงมีความผิดพลาดมากพอควรซึ่งความผิดพลาดหลักๆ นั้นแบ่งเป็น ความผิดพลาดที่แก้ไขได้ (Correctable errors) และ ความผิดพลาดที่แก้ไขไม่ได้ (Non-Correctable Errors)

### 2.5.1 ความผิดพลาดที่แก้ไขได้ (Correctable errors)

ข้อมูลความผิดพลาดที่แก้ไขได้นี้ จะเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุได้แก่ ความผิดพลาดของสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม (Satellite clock error) ความผิดพลาดของตำแหน่งดาวเทียม (ephemeris data error) และความผิดพลาดจากการหน่วงสัญญาณของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (ionospheric) และโทรโปสเฟียร์ (tropospheric) รวมทั้งค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้จากผลของ เอสเอ ค่าความผิดพลาด ที่เกิดขึ้นจาก สัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม และ ตำแหน่งดาวเทียมเป็นค่าความผิดพลาด ที่เกิดขึ้นภายในดาวเทียมจีพีเอสค่าความผิดพลาดของสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม จะเป็นค่าความผิดพลาด เนื่องจากการเปลี่ยนแปลง อย่างช้าๆ ของเวลา ที่ได้จาก นาฬิกาอะตอมซีเซียม (Cesium Atomic Clock) ภายในดาวเทียมซึ่งจะทำให้เครื่องรับจีพีเอส เกิดการผิดพลาดในการวัดตำแหน่ง ในขณะที่ทำการวัดแบบซูโด เรน ส่วนค่าความผิดพลาดของตำแหน่งดาวเทียมนี้ เป็นค่าผิดพลาดที่อยู่ในข้อมูล ที่ถูกใช้โดยเครื่องรับ จีพีเอสในการกำหนด การหาตำแหน่งดาวเทียมในอวกาศ ค่าความผิดพลาดเนื่องจากชั้นบรรยากาศ ไอโอโนสเฟียร์ และ โทรโปสเฟียร์เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของชั้นบรรยากาศ ทำให้เกิดการหน่วงเวลาการเดินทางของสัญญาณที่ส่งจากดาวเทียม เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง ความหนาแน่นของ อิเล็กตรอน (electrons) ในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ซึ่งเป็นชั้นบรรยากาศ ที่สัญญาณสามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์นั้นเป็นชั้นบรรยากาศ ในส่วนบนสุดของชั้นบรรยากาศโลก ส่วนชั้นบรรยากาศโทรโปสเฟียร์ จะเกี่ยวข้องกับความชื้น, อุณหภูมิ และความสูง ซึ่งชั้นบรรยากาศนี้ จะมีผล ทำให้เกิดการหน่วงเวลา ได้้น้อยกว่าชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ ค่าความผิดพลาดที่แก้ไขได้ อีกแบบหนึ่ง ก็คือผลของเอสเอซึ่ง เอสเอเป็นมาตรการ ที่กระทรวงกลาโหมสหรัฐ ใช้ในการทำให้ค่าความแม่นยำ ของเครื่องรับ จีพีเอสเกิดความผิดพลาดสูงขึ้น โดยการใส่ค่าความผิดพลาด เข้าไปในสัญญาณจีพีเอสที่จะส่งออกจากดาวเทียม ซึ่งเป็น มาตรการ ที่ทำ เพื่อผลประโยชน์ทางทหาร สำหรับ สหรัฐอเมริกา และ กองกำลังพันธมิตร ค่าความผิดพลาดทั้งหมดที่กล่าวนี้จะมีความเหมือนกันอยู่อย่างหนึ่งคือ ปริมาณ และ ทิศทาง ของค่าความผิดพลาด ในเวลาใด เวลาหนึ่ง จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง อย่างกะทันหัน ดังนั้น เครื่องรับจีพีเอส 2 เครื่อง ซึ่งอยู่ในระยะห่างกันที่ไม่มากนัก จะได้รับผลกระทบจากค่า ความผิดพลาดในปริมาณและทิศทางที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกันดังนั้นเราสามารถที่จะทำการหาค่าความผิดพลาดดังกล่าวได้

### 2.5.2 ความผิดพลาดที่แก้ไขไม่ได้ (Non-Correctable Errors)

ค่าความผิดพลาดแบบที่แก้ไขไม่ได้ เป็นค่าความผิดพลาดที่เครื่องรับจีพีเอสสองเครื่อง ในบริเวณเดียวกัน จะเกิดค่าความผิดพลาดที่ไม่เท่ากัน และค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น จะไม่มีความสัมพันธ์ใดๆ ต่อกัน แหล่งที่มาของค่า ความผิดพลาดแบบนี้ ได้แก่ ค่าระดับสัญญาณรบกวน ในเครื่องรับจีพีเอส ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ไม่ว่าจะ เป็นแบบชนิดใด และค่าความผิดพลาดเนื่องจาก มัลติพาท (Multipath) หรือการรับสัญญาณสะท้อนจากหลายทิศทาง อันเนื่องจากสภาพแวดล้อมรอบๆ บริเวณ ค่าความผิดพลาดแบบนี้ เกิดขึ้นเนื่องจาก เครื่องรับ ได้รับสัญญาณทั้งจาก ดาวเทียมโดยตรง และสัญญาณที่สะท้อนจากสัญญาณดังกล่าว ซึ่งจะสะท้อน จากสิ่งที่มีอยู่รอบข้าง ไม่ว่าจะ เป็น ดึก หรือ ภูเขา ค่าความผิดพลาดแบบที่ไม่สามารถแก้ไขได้นี้ ไม่สามารถจะกำจัดได้จากการทำดิฟเฟอเรนเชียล แต่สามารถจะลดได้โดยการทำเฉลี่ยที่แน่นอน (position fix averaging) และสามารถแยกรายละเอียดปลีกย่อยของความผิดพลาดย่อยได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมการขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.1) ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากตำแหน่งของดาวเทียมจีพีเอส (Ephemeris Data Error) เกิดจากการเฉไปของวงโคจรดาวเทียม เมื่อข้อมูลจีพีเอสไม่ได้ส่งตำแหน่งที่ถูกต้องของดาวเทียม จะมีผลความผิดพลาดไปถึงการคำนวณตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ ค่าความผิดพลาดนี้จะถูกแก้ไขโดย ข้อมูลควบคุมจากสถานีหลัก ดังนั้นถ้าไม่มีการแก้ไขจากสถานีควบคุม ข้อมูลจะมีความผิดพลาดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่จากรายงานใน ค.ศ.1984 แสดงว่าสำหรับการทำงานไม่เกิน 24 ชั่วโมง ค่าความผิดพลาดอันเนื่องมาจากค่าอีพีมอริสมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 2.1 เมตร

2.5.2.2) ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียมจีพีเอส (Satellite clock error) ในเครื่องส่งสัญญาณจีพีเอสที่ดาวเทียมและเครื่องรับสัญญาณ จำเป็นต้องมีนาฬิกาอะตอมมิต (Cesium and Rubidium Oscillators) ซึ่งมีความแม่นยำสูงและจะต้องซิงโครไนส์กับระบบ แต่ในความเป็นจริงสัญญาณของดาวเทียมจะถูกแก้ไขโดยสถานีควบคุมหลักในการซิงโครไนส์กับระบบโดยตลอด แก่นาฬิกาของเครื่องรับนั้นยากที่จะทำการแก้ไข จึงต้องมีการชดเชยการคำนวณ โดยใช้สัญญาณจากดาวเทียมเพิ่มในการคำนวณด้านเวลา

2.5.2.3) ความคลาดเคลื่อนจากสัญญาณความปลอดภัย (Security Signal) ความผิดพลาดเป็นความคลาดเคลื่อนมากที่สุด สาเหตุเกิดมาจากการที่ทางสหรัฐอเมริกาได้ใส่รหัสข้อมูลเอสเอ ลงในสัญญาณดาวเทียมทุกดวง ค่าความคลาดเคลื่อนจากเอสเอ นั้นจะมีค่าประมาณ 10 นาฬิกาทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางระยะทางเฉลี่ยประมาณ 20 เมตร ผู้ใช้ทั่วไปที่ใช้ระบบเอสพีเอสจะมีสัญญาณเอสเอ รวมอยู่ด้วยทำให้เกิดความผิดพลาด แต่ผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ระบบ พีพีเอส จะไม่มีความผิดพลาดจากรหัสเอสเอ

2.5.2.4) ความผิดพลาดจากชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere Error) เป็นค่าความผิดพลาดรองลงมาจากสาเหตุของเอสเอ ทำให้เกิดล่าช้าในการเดินทางของสัญญาณดาวเทียม เกิดเนื่องจากอิเล็กตรอนอิสระในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ สัญญาณจากดาวเทียมเมื่อเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศนี้จะมาสามารถเดินทางได้เท่ากับความเร็วเริ่มต้น การเปลี่ยนแปลงสัญญาณจะมีความล่าช้าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนอิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ในชั้นนี้ และแปรผกผันตรงกับ  $1/f$  ผู้ใช้ทั้งหมดจะมีค่าความคลาดเคลื่อนในความล่าช้าในชั้น ไอโอโนสเฟียร์

2.5.2.5) ความผิดพลาดโทรโปสเฟียร์ (Troposphere Error) เป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้ความเร็วแสงเฉไป โดยที่ความแปรปรวนของอุณหภูมิของความดันและความชื้นทั้งหมดนี้ทำให้ความเร็วแสงของสัญญาณแปรปรวนทั้งรหัสสำหรับผู้ใช้ทั่วไปค่าความผิดพลาดนี้จะอยู่ประมาณ 1 เมตร

2.5.2.6) ความผิดพลาดจากการรับสัญญาณสะท้อนจากหลายทิศทาง (Multi path Error) เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่มีสาเหตุมาจากการส่งสัญญาณของดาวเทียมจีพีเอสไปกระทบผิวสะท้อนก่อนที่จะไปถึงผู้รับ เช่น สะท้อนผิวของตึกหรือผิวน้ำ โดยผลกระทบนี้มีแนวโน้มที่มากขึ้นในกรณีที่เครื่องรับอยู่นิ่งๆ ใกล้กับผิวสะท้อนที่ใหญ่มากๆ ความผิดพลาดที่พบมากที่สุดประมาณ 15 เมตร การแก้ไขความผิดพลาดนี้คือ การต่อสายอากาศ (Antenna) ให้กับเครื่องรับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.7) ความผิดพลาดจากเครื่องรับ (Receiver Errors) เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดระยะของเครื่องสัญญาณอื่นเนื่องมาจากความร้อนภายในเครื่องรับสัญญาณ ประสิทธิภาพซอฟต์แวร์ ของเครื่องรับ และจำนวนช่องรับสัญญาณแต่เนื่องจาก ปัจจุบันเทคโนโลยีได้พัฒนาจนความผิดพลาดลักษณะนี้มีค่าน้อยมาก

2.5.2.8) ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการจับกลุ่มของดาวเทียมที่ใช้ในร่อง (Geometric Dilution of Precision ) ความผิดพลาดนี้เกิดจากการหาระยะทางซูโรเรนจ์ของเครื่องรับ การเลือกกลุ่มดาวเทียมจะเป็นองค์ประกอบหลัก มีการใช้ค่าหนึ่งเป็นตัวแสดงถึงคุณภาพของผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับจากการกำหนดตำแหน่งของเครื่องรับจีพีเอสค่านี้คือ ค่าดีโอพี (Dilution of Precision:DOP) มักถูกอธิบายในเทอมต่างๆ ที่สัมพันธ์กับสัญญาณที่ได้จากการจับกลุ่มดาวเทียมเพื่อกำหนดตำแหน่งของ เครื่องรับสัญญาณเทอมต่างๆ เหล่านี้ได้แก่

GDOP – Geometrical Dilution of Precision

PDOP – Position Dilution of Precision (3-D) บางทีเรียก Sere DOP

HDOP – Horizontal Dilution of Precision (Latitude, Longitude )

VDOP- Vertical Dilution of Precision (Height)

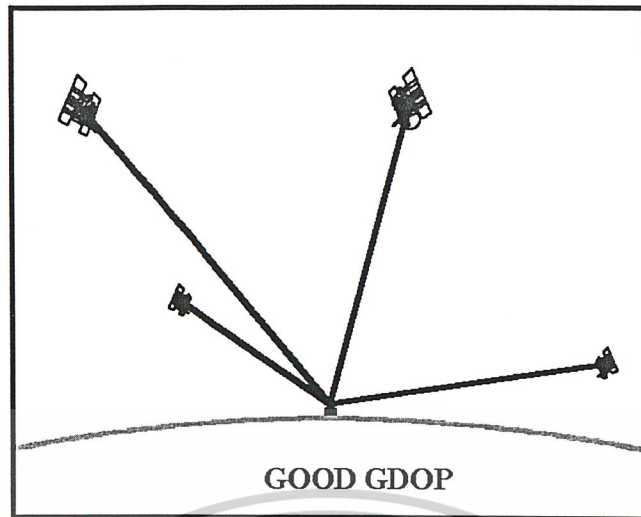
TDOP – Time Dilution of Precision (Time)

ตัวที่มักจะนำมาพิจารณาได้แก่ค่าจีดีโอพี จะแสดงถึงการจัดวางตัวของดาวเทียมสี่ดวงที่ทำกับเครื่องรับสัญญาณ ถ้าค่าจีดีโอพีมีค่ามาก พิกัดที่ได้จากเครื่องรับอาจผิดพลาดไปจากที่ควรจะเป็นมาก เช่นเดียวกัน ตัวอย่างของการจัดกลุ่มดาวเทียมที่ทำให้ จีดีโอพีมีค่าดีและไม่ดีเป็นดังรูปที่ 2.15 และ 2.16



รูปที่ 2.15 แสดงจีดีโอพีที่ไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



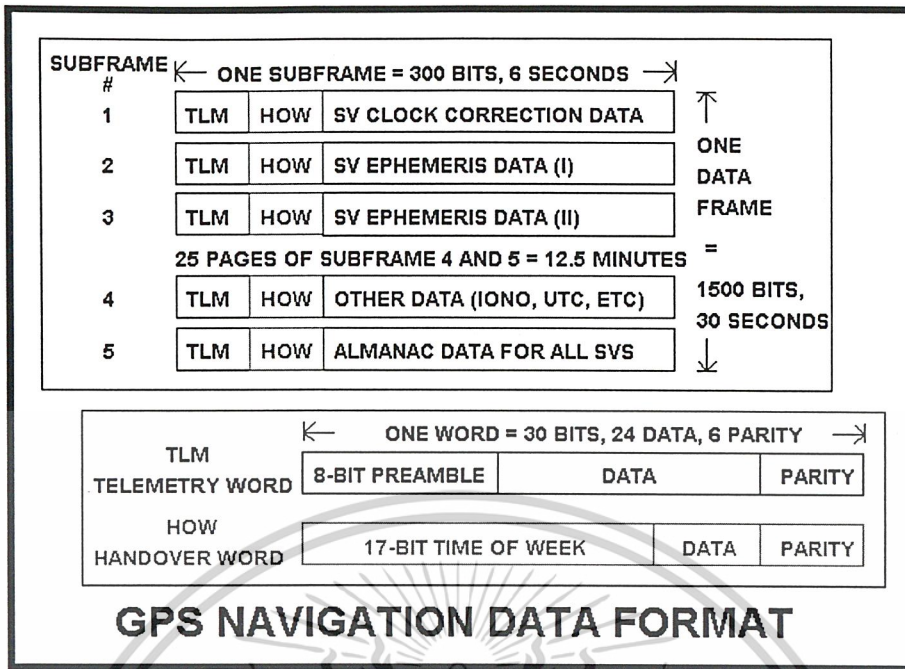
รูปที่ 2.16 แสดงค่าจีดีโอพีที่ดี

## 2.6 โครงสร้างของข้อมูลที่ส่งจากดาวเทียม GPS

ข้อมูลที่ส่งจากดาวเทียมจีพีเอสประกอบไปด้วยข้อมูลที่ถูกรวบรวมเป็นเฟรมย่อยๆ เรียกว่า ซับเฟรม (Subframe) แต่ละซับเฟรมจะแทรกค่าเวลาที่ซับเฟรมนั้นๆถูกส่งมาจากดาวเทียมจีพีเอส ไว้ด้วยเพื่อใช้ร่วมในการคำนวณหาตำแหน่งข้อมูลแต่ละเฟรมมีขนาด 1,500 บิต ถูกแบ่งให้อยู่ในรูปเฟรมขนาด 300 บิต จำนวน 5 ซับเฟรม ข้อมูลหนึ่งเฟรมจะถูกส่งมาจากดาวเทียมทุกๆ 30 วินาที ซับเฟรมขนาด 6 วินาที (300 บิต) จะบรรจุไว้ด้วยข้อมูลเส้นทางโคจรและของข้อมูลนาฬิกาโดยข้อมูลในแต่ละเฟรมประกอบด้วยส่วนประกอบย่อยๆดังรูปที่ 2.17

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

ข้อมูลจากดาวเทียมซึ่งบรรจุไว้ด้วยข้อมูลในการนำร่อง (Navigation Message) ที่ครบสมบูรณ์จะประกอบด้วยเฟรมข้อมูลจำนวน 25 เฟรม (125 ซับเฟรม) โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งจากดาวเทียมทุกๆ 12.5 นาทีเป็นอย่างน้อย โดยทั่วไปเครื่องรับสัญญาณจะได้รับข้อมูลของตำแหน่งล่าสุดของดาวเทียมทุกชั่วโมง เพื่อใช้ร่วมกับอัลกอริทึมในการคำนวณพิกัดตำแหน่ง และข้อมูลการโคจรของดาวเทียมแต่ละดวงอย่างคร่าวๆ เพื่อเครื่องรับสัญญาณทราบตำแหน่งคร่าวๆของดาวเทียมแต่ละดวง รวมทั้งปรับชดเชยความผิดพลาดของสัญญาณพาหะจากปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ของความถี่พาหะ (Carrier Doppler frequency) ซึ่งเกิดจากการที่ความถี่พาหะมีการเบนค่าเนื่องจากการเคลื่อนที่ของดาวเทียม



รูป 2.17 แสดงภาพข่าวสารการนำร่อง

นอกจากนั้นชุดข้อมูลจากดาวเทียม จีพีเอสโดยสมบูรณ์ยังประกอบด้วยข้อมูลแบบจำลองของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์อยู่ด้วย เพื่อให้เครื่องรับสัญญาณสามารถประเมินค่าในการหน่วงเฟสของสัญญาณ (Phase delay) ที่เกิดจากสภาพชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ จากเฟรมของข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมด ส่วนที่เครื่องรับสัญญาณจำเป็นต้องใช้คือข้อมูลใน 3 ซับเฟรมแรก หากสามารถที่รับข้อมูลดังกล่าวจากดาวเทียมตั้งแต่สี่ดวงขึ้นไปก็สามารถคำนวณพิกัดตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องรับสัญญาณได้ ในทางทฤษฎีการรับข้อมูลจากดาวเทียมสี่ดวงจะกินเวลาอย่างน้อย 18 วินาที ก่อนที่จะสามารถนำข้อมูลทั้งหมดมาใช้คำนวณได้แต่เนื่องจากซับเฟรมจากดาวเทียมแต่ละดวงจะมาถึงเครื่องรับไม่พร้อมกัน อีกทั้งไม่สามารถทราบล่วงหน้าว่าซับเฟรมที่ 1 จะได้รับมาเมื่อไร ดังนั้นเพื่อเป็นการประกันว่าจะได้รับข้อมูล 3 ซับเฟรมแรกจากดาวเทียม จีพีเอส 4 ดวงอย่างแน่นอน ระยะเวลาที่ใช้ในการรับข้อมูลเท่าที่จำเป็นจะอยู่ที่ 30 วินาที หรือสรุปอย่างง่าย ๆ ได้ว่าการคำนวณพิกัดตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณจะใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 30 วินาทีนั่นเอง

2.7 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (GPS Receiver Operation)

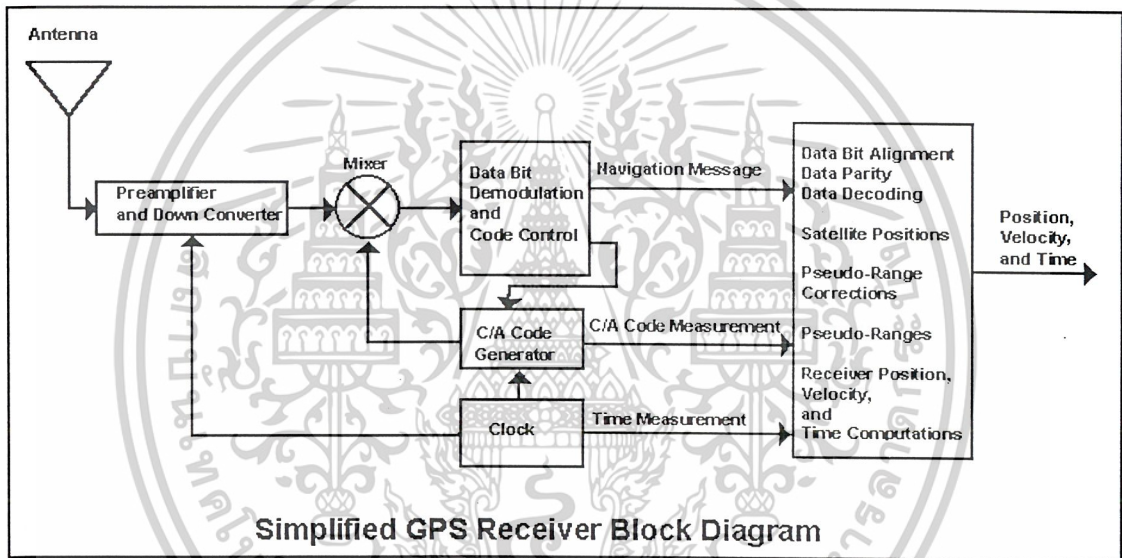
2.7.1) การเลือกดาวเทียม (Satellite Tracking Selection)

กระบวนการแทรกสัญญาณจะเริ่มโดย เครื่องรับจะหาว่าดาวเทียมดวงไหนที่ไหนที่เป็นไปได้ในการแทรกสัญญาณ โดยจะทำการค้นหาหารหัส ซีเอชของดาวเทียมที่อยู่ในวิสัยและล็อกสัญญาณดาวเทียมดวงนั้น เมื่อดาวเทียมถูกแทรกเครื่องรับจะสามารถตีความชุดข้อมูลนำร่อง ค่าอัลมาเนคและข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมทั้งหมดซึ่งการเลือกดาวเทียมของเครื่องรับจะต้องใช้ข้อมูลจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงในการคำนวณ เครื่องรับอาจรับข้อมูลทุกดวงในพิสัยมาทำการคำนวณเลขก็ได้ แต่เครื่องรับส่วนใหญ่จะทำการเลือกดาวเทียมไม่มากเกินไป ในการคำนวณเนื่องจากปัญหาการยุ่งยากในการคำนวณและต้นทุน ดังนั้นในการเลือกดาวเทียมที่จะรับข้อมูลสถานะดาวเทียมที่ดีที่สุดที่ได้จากสัญญาณแทรกดาวเทียมดวงแรก หรืออาจเลือกจากดาวเทียมที่ได้สัญญาณก่อนเลขก็ได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้นั้น เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2) การรับสัญญาณดาวเทียม

กำลังของสัญญาณของดาวเทียมที่ส่งออกมาเมื่อมาถึงเครื่องรับ สัญญาณที่ได้จะมีกำลังอ่อน และจะถูกบดบังโดย สัญญาณรบกวน (noise) เครื่องรับจึงจำเป็นต้องทำการจำลองสัญญาณที่ได้รับเข้ามา และนำมาเรียงให้ตรงกับสัญญาณดาวเทียม จากนั้นจึงทำการคอมเพรสกลับมาเป็นสัญญาณต้นแบบ เรียกว่าเทคนิค โค้ดคอร์เรลชัน (Code Correlation) แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือความล่าช้าของสัญญาณในรหัสของเครื่องรับคือเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับ ทำให้ได้ระยะทางออกมา(ระยะทางจากความล่าช้านี้เรียกว่า ซูโดเรนจ์ (Pseudorange) ซึ่งไม่ใช่ระยะทางที่แท้จริง เนื่องจากยังไม่ได้ลบค่าไบอัสของสัญญาณนาฬิกา (Clock Bias) ของเครื่องรับ โดยปกติออกไป) เครื่องรับรับ โดยปกติจะใช้เทคนิค เฟสล็อกคัลปู เพื่อซิงค์โครไนซ์สัญญาณที่เครื่องรับสร้างขึ้นภายในกับสัญญาณที่ได้รับจากดาวเทียมโค้ดแทรคคิงคัลปู จะใช้คลื่นพาห์แทรคคิงคัลปูทั้งสองจะช่วยกันและกัน เพื่อที่จะได้รับและแทรคสัญญาณดาวเทียม



รูปที่ 2.18 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับจีพีเอส

2.7.3) โค้ดแทรคคิง (Code Tracking)

โค้ดแทรคคิง (Code Tracking) จะใช้เพื่อกำหนดการวัดซูโดเรนจ์ระหว่างดาวเทียมจีพีเอส กับเครื่องรับ โดยมันจะสร้างสัญญาณเลียนแบบรหัสซีของดาวเทียมเป้าหมาย ค่าประมาณค่าคอปเปลอร์จะถูกนำออกไปโดยวงจรเฟส โรเตอร์ก่อนถึงคอร์เรเลเตอร์ เพื่อที่จะจัดสัญญาณที่ได้รับให้ตรงกับสัญญาณเลียนแบบที่สร้างขึ้น สัญญาณเลียนแบบจะถูกนำมาเทียบกับสัญญาณที่ได้รับมาอย่างเป็นระบบ ตามปกติผลลัพธ์ของคอร์เรเลเตอร์จะถูกรวม 1 ถึง 10 มิลลิวินาทีที่ไม่สามารถจับการคอร์เรเลตได้เฟสของรหัสที่สร้างขึ้นจะถูกส่งผ่านไป ชิฟ ถ้าไม่สามารถจับการคอร์เรเลตได้หลังจากรหัสทั้งหมดถูกค้นหา แล้วคอปเปลอร์จะถูกปรับและการประมวลผลจะกระทำซ้ำต่อไปเรื่อยๆจนกระทั่งทำการคอร์เรเลตสำเร็จ การซิงโครไนซ์รหัสจะถูกเริ่มรักษาไว้โดยจะคอร์เรเลตสัญญาณที่ได้รับกับรหัสที่เกิดขึ้นเร็วกว่าปกติ (With Chip and Code) ระบบป้อนกลับง่าย ๆ จะรักษารหัสให้ตรงไว้ที่ตำแหน่งที่ถูกต้องในการที่จะนำคลื่นพาห์ซึ่งยังคงมอดูเลตอยู่กับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลการนำร่องกลับมา (Prompt code) จะถูกหักออกไปจากสัญญาณที่เข้ามาความล่าช้าที่เครื่องรับต้องเพิ่มให้สัญญาณเลียนแบบเพื่อให้การซิงโครไนซ์สำเร็จคู่กับความเร็วของแสงคือ การวัดซูดอร์จ (Pseudorange measurement) เมื่อคลื่นพาห่ถูกสร้างขึ้นใหม่อีกครั้งหนึ่งความถี่ที่แม่นยำและล็อกกับสัญญาณที่รับเข้ามาซึ่งจะทำให้การวัดซูดอร์จที่แม่นยำมากกว่าแบนด์วิธของโค้ดแตรคกิงลูป โดยปกติมีค่า 0.1 เฮิรท์ ซึ่งแสดงว่าการวัดอย่างอิสระ จะสามารถทำได้ในช่วงเวลาประมาณ 10 วินาที

#### 2.7.4) การถอดรหัสข้อมูล (Data Detection)

ข้อมูลที่เครื่องรับสัญญาณได้รับจากดาวเทียม เป็นข้อมูลที่มีการมอดูเลตกันของคลื่นพาหะรหัส ซีเอรหัส P(Y) และข้อมูลข่าวสารในการถอดพาหะจะใช้ ตัวกรองความถี่ต่ำ (Low Pass Filter) เพื่อแยกเอาคลื่นพาหะออก เครื่องรับจะใช้ตัวสังเคราะห์ความถี่สร้างเฟสที่คงที่ และใช้เทคนิคเฟสล็อกลูป (phase-locked loop) ในการล็อกข้อมูล (เรียก Code Tracking Loop) ไว้เพื่อตรวจจับสัญญาณ ส่วนการถอดรหัสซีเอ ออกจะทำการสร้างสัญญาณซีเอ จำลองขึ้นจากคุณลักษณะของดาวเทียมแต่ละดวง เพื่อกำหนดและล็อกข้อมูลรหัส ซีเอแล้วจึงทำการแยกรหัสซีเอ ออกมา ส่วนรหัส P(Y) นั้น เนื่องจากมีความยาวคาบสัญญาณถึง 7 วัน จึงใช้วิธีเฟสล็อกลูป (phase lock loop) ไม่ได้จึงใช้ข้อมูลที่อยู่ในการทราบเวลาที่แน่นอนในการทำงาน

### 2.8 ลักษณะของสัญญาณจากดาวเทียมในระบบจีพีเอส (GPS Satellite Signal)

ดาวเทียมจะส่งสัญญาณคลื่นไมโครเวฟสองความถี่ออกมา โดยความถี่ทั้งสองนี้จะทำหน้าที่เป็นคลื่นพาหะ คือ สัญญาณความถี่พาหะ L1 (1575.42 เมกกะเฮิรท์) และ L2 (1227.60 เมกกะเฮิรท์) ความถี่พาหะจะถูกมอดูเลตโดยสเปกตรัมรหัสประกอบด้วย ขบวนการของรหัส ฟิอาร์เอิน ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของดาวเทียมแต่ละดวง และข้อมูลข่าวสารนำร่อง ดาวเทียมทุกดวงส่งคลื่นความถี่พาหะเหมือนกัน (L1, L2 Carrier Signal) แต่สัญญาณจากดาวเทียมดวงใดๆสามารถถูกแยกได้โดยใช้เทคนิคย้อนกลับ เรียกเทคนิคนี้ว่า ซีดีเอ็มเอ (Code Division Multiple Access : CDMA) โดยการที่เครื่องรับจะจำลองรหัส ฟิอาร์เอินของดาวเทียมดวงที่ต้องการเพื่อทำการดีมอดูเลต

สัญญาณพาหะ L1 จะถูกมอดูเลตโดยรหัส ฟิอาร์เอิน 2 อัน และมอดูเลตกับรหัสข้อมูลข่าวสารแบบไบนารีเฟส ชิฟท์ คีย์ (Binary phase shift key: BPSK) โดยข้อมูลจะอยู่ในรูปวิธีกระจายแถบความถี่ (Spread Spectrum) ส่วนสัญญาณพาหะ L2 จะถูกมอดูเลตโดยรหัส ฟิอาร์เอิน 1 อัน และข้อมูลข่าวสาร โดยสรุปรหัสที่ถูกมอดูเลตกับคลื่นพาหะมีอยู่ 3 ชนิด

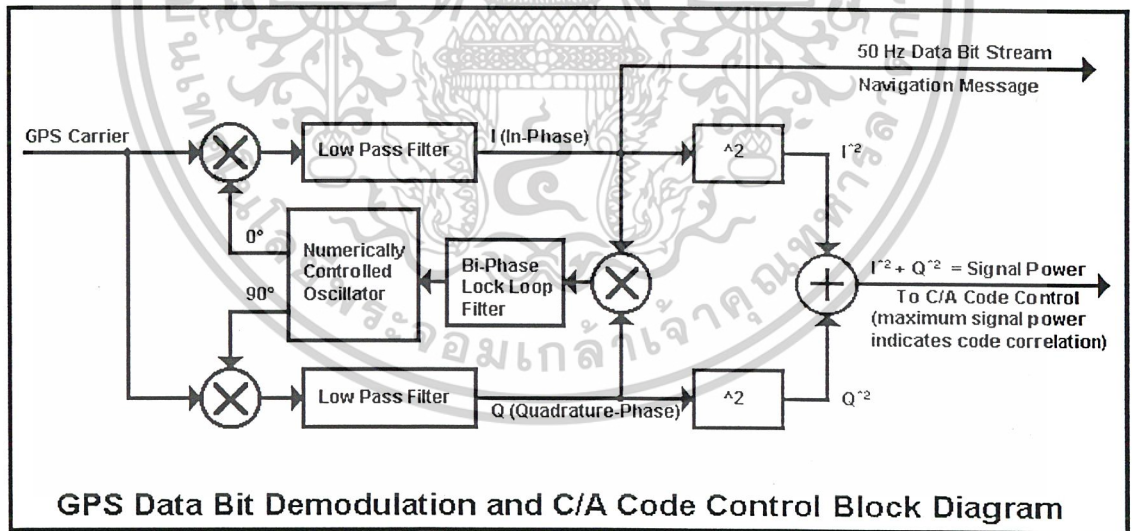
2.8.1) รหัสซีเอ (Coarse/Acquisition Code : C/A) เป็นข้อมูลรหัส ฟิอาร์เอิน มีลักษณะเป็นไบนารี (Binary Code) มีความถี่ 1.023 เมกกะเฮิรท์ ขนาดความยาว 1024 บิตมีคาบเวลา 1 มิลิวินาทีรหัสซีเอ จะถูกเอ็กคูซิฟ-ออร์ (Exclusive-OR) กับข้อมูลข่าวสารการนำร่องก่อนที่จะส่งออกจากดาวเทียมโดยมอดูเลตกับพาหะ L1 เพียงอย่างเดียว ทำให้ผู้ใช้บริการระบบเอสพีเอส ไม่สามารถคำนวณความล่าช้าของสัญญาณอันเนื่องมาจากบรรยากาศชั้น ไอโอโนสเฟียร์ ได้อย่างละเอียดเพราะต้องใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แทนสัญญาณ L2 รหัสซีเอ จะถูกเข้ารหัสด้วยเทคนิคเอสเอ เพื่อให้เกิดความผิดพลาดขึ้นเล็กน้อยสาเหตุเนื่องมาจากปัญหาความมั่นคง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2) รหัสพี (P-Code) เป็นข้อมูลรหัส พีอาร์เอ็นแบบไบนารี มีความถี่ 1.023 เมกกะเฮิร์ต ขนาดยาว 7 วัน โดยจะเริ่มใหม่ทุกๆเที่ยงคืนวันเสาร์- อาทิตย์ รหัส พี ใ้ค้ดจะเหมือนกับรหัสซีเอ คือถูกเอ็็กคูซีฟออร์ กับ ข้อมูลข่าวสารนำร่องแต่จะถูกมอดูเลตกับคลื่นพาหะ L1 และ L2 ทำให้ผู้ให้บริการแบบพีเอสพีสามารถใช้คลื่น ทั้งสองคำนวณความล่าช้าอันเนื่องมาจากบรรยากาศได้อย่างละเอียด รหัสพีจะถูกเข้ารหัสเช่นเดียวกับรหัส ซีเอ แต่รหัส พี จะถูกเข้ารหัสด้วยเทคนิค เอเอส ด้วยและจะเรียกเปลี่ยนเป็นรหัส P(Y)

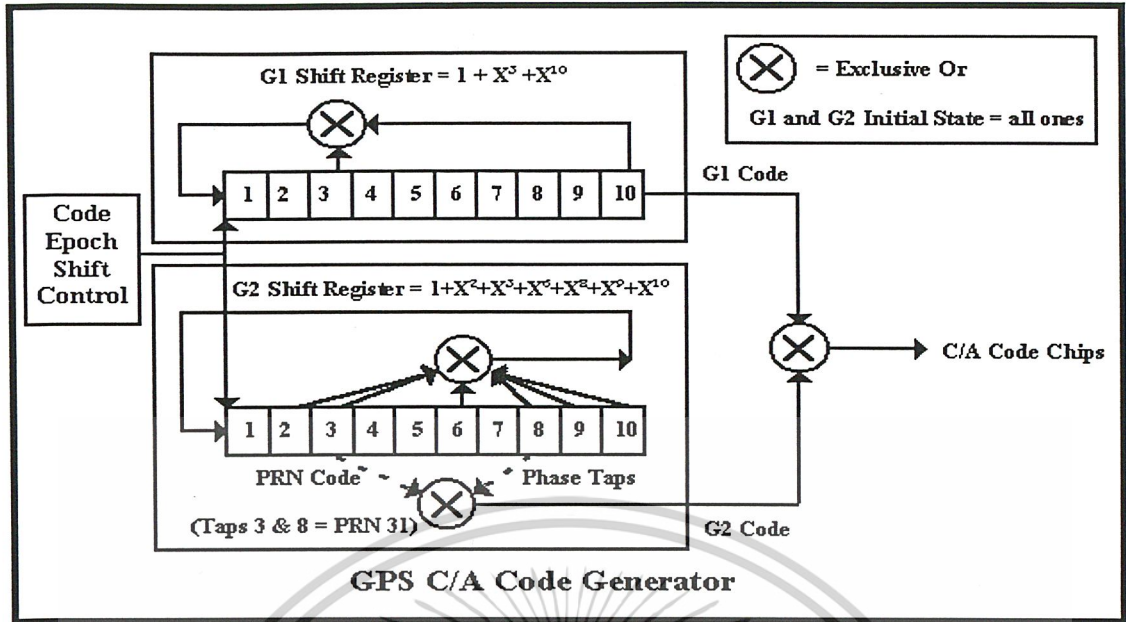
2.8.3) ข่าวสารการนำร่อง (Navigation) ข่าวสารการนำร่องมีความถี่ 50 เฮิร์ต จะรวมอยู่ที่ทั้งในรหัส P(Y) และ ซีเอ ด้วยวิธี เอ็็กคูซีฟ ข่าวสารการนำร่องมีข้อมูลเอกลักษณ์ของดาวเทียมดวงที่ส่งสัญญาณ และ ข้อมูลทั่วไปของดาวเทียม ดังนี้

- เวลาขณะที่ส่งข้อมูลออกจากดาวเทียม (time of transmission of the message)
- Hand- Over Word (HOX) for the transmission from C/A –Code to P(Y) – Code tracking
- ข้อมูลการแก้ไขสัญญาณนาฬิกา (Clock Correction)
- ข้อมูลอีพีเมอร์ส
- ข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมส่งสัญญาณ (Health data for the Transmitting Satellite)
- ค่าโคแอฟฟิเชียนต์สำหรับจำลองชั้นบรรยากาศไอโอ โนสเฟียร์ (Coefficients for the Ionosphere delay model)
- ค่าโคแอฟฟิเชียนต์เพื่อคำนวณเวลา UTX (Coefficients to calculate UTC)



รูปที่ 2.19 แสดงบล็อกไดอะแกรมการดีมอดูเลตสัญญาณจีพีเอส และควบคุมการ เข้ารหัสซีเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 แสดงบล็อกไดอะแกรมการสร้าง C/A โค้ด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## GPS C/A Code Assignments

SV PRN ID	G2 Phase Taps	First 10 Chips
1	2 & 6	1100100000
2	3 & 7	1110010000
3	4 & 8	1111001000
4	5 & 9	1111100100
5	1 & 9	1001011011
6	2 & 10	1100101101
7	1 & 8	1001011001
8	2 & 9	1100101100
9	3 & 10	1110010110
10	2 & 3	1101000100
11	3 & 4	1110100010
12	5 & 6	1111101000
13	6 & 7	1111110100
14	7 & 8	1111111010
15	8 & 9	1111111101
16	9 & 10	1111111110
17	1 & 4	1001101110
18	2 & 5	1100110111
19	3 & 6	1110011011
20	4 & 7	1111001101
21	5 & 8	1111100110
22	6 & 9	1111110011
23	1 & 3	1000110011
24	4 & 6	1111000110
25	5 & 7	1111100011
26	6 & 8	1111110001
27	7 & 9	1111111000
28	8 & 10	1111111100
29	1 & 6	1001010111
30	2 & 7	1100101011
31	3 & 8	1110010101
32	4 & 9	1111001010

รูปที่ 2.21 แสดงการกำหนดค่ารหัสซีเอของจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9 การให้บริการของระบบจีพีเอส (GPS Service)

ในการให้บริการระบบจีพีเอสนี้แบ่งการให้บริการออกเป็นสองระดับคือ การบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์ (Precise Position Service : PPS) และการบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน (Standard Position Service : PPS)

### 2.9.1.การบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์หรือพีพีเอส (Precise Positioning Service : PPS)

การให้บริการแบบ พีพีเอส จะเน้นไปในทางทหาร โดยจะต้องได้รับการอนุมัติจาก U.S. Department of Defense Mapping Agency ผู้ที่ได้รับอนุญาตเช่น U.S. Military, NATO Military และกองทัพอื่นๆหรือพลเรือนเช่น Australian Defense Mapping Agency การให้บริการแบบ พีพีเอส จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 16 เมตร ของความเร็วคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.2 เมตรต่อวินาที(ขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องรับ )

การแอคเซส (Access) ข้อมูล พีพีเอสจะใช้เทคนิคคริปโตกราฟฟิก (Cryptographic) 2 อย่าง คือ เอสเอ และ เอเอส (Anti-Spoofing: AS) เทคนิค เอสเอ จะทำการลดค่าความถูกต้องของข้อมูล พีวีที (PVT) โดยจะใส่ค่าความผิดพลาดสุโดเร็นดอม (Pseudorandom Error ) ให้กับสัญญาณความถี่ส่วนเทคนิคเอเอส จะเอนคริป (Encrypt) สัญญาณรหัส P ให้เป็นสัญญาณในรหัส Y

เอนคริปชัน คีย์(Encryption Key) และเทคนิคเฉพาะอื่นๆจะถูกจัดให้เฉพาะผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาต ทำให้ เอสเอ และ เอเอส ไม่เป็นผล เครื่องรับจะได้ประสิทธิภาพสูงสุดเนื่องจากระบบจีพีเอส จะได้ผลดีที่สุดถ้าใช้รหัส P(Y) บนทั้ง L1 และ L2 ในการคำนวณ

### 2.9.2.การบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน (Standard Positioning Service : SPS)

ระบบ GPS เป็นระบบที่ผู้ใช้บริการสามารถใช้สัญญาณ L1 ได้เพียงอย่างเดียวในการหาพิกัด จีพีเอส เป็นบริการที่ให้ความถูกต้องน้อยกว่า แต่จะใช้งาน ได้กับผู้ใช้ทั้งหมดในช่วงเวลาที่ไม่มีการลดค่าความถูกต้องลง เนื่องจากความมั่นคง ได้โดยประธานาธิบดีสหรัฐอเมริกา

## 2.10 มาตรฐาน NMEA และโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารของจีพีเอส

มาตรฐานเอ็นเอ็มเอ (NMEA Standard) คือ การอินเตอร์เฟสทางไฟฟ้าและโปรโตคอลการสร้างข้อมูลสำหรับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์การเดินเรือ (NMEA ยังมีมาตรฐานสำหรับการสื่อสารในรูปแบบอื่นๆอีกด้วย โดย NMEA ย่อมาจาก National Marine Electronic Association) ซึ่งการศึกษาและพัฒนาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ทางน้ำ

### 2.10.1 การอินเตอร์เฟสทางไฟฟ้า (Electrical Interface)

มาตรฐานนี้สามารถใช้เป็นระบบที่มีตัวส่ง (talker) เดียวและมีตัวรับ(listener) สายที่แนะนำให้ใช้เป็นแบบชิลด์ทวิสต์แพร์ โดยต่อกราวด์ที่ตัวส่งเท่านั้น มาตรฐานไม่ได้กำหนดชนิด คอนเนคเตอร์(connector) เจาะจง

### 2.10.2 มาตรฐาน เอ็นเอ็มเอ-0183

มาตรฐานที่เอาร์ทพุตจะเป็นแบบ อีไอเอ-4221 (EIA-4221) และมีสายสัญญาณ 2 เส้น, A และ B โวลเตจบนเส้น A จะเป็นเหมือนกับสาย ทีทีเอล เดียวแบบเดิมขณะที่ B โวลเตจจะกลับทางกันกับ A เช่น A เป็น +5 โวล B จะเป็นกราวด์ ในการใช้งาน, สายเพียงเส้นเดียว คือสาย A ใน อีไอเอ-422 อาจถูกใช้เชื่อมต่อกับ อาร์เอส-232 อินพุตของเครื่องคอมพิวเตอร์ในมาตรฐาน เอ็นเอ็มเอ-0183 ตัวอักษรที่ใช้คือแอสกี ซึ่งสามารถเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิมพ์ไอดีเอ็นเอ็มอีเอ-0183 นั้นข้อมูลจะถูกส่งด้วยอัตรา 4800 บอร์ด ข้อมูลจะส่งในรูปแบบของประโยค แต่ละประโยคเริ่มต้นด้วย S ตัวอักษรที่ตามมาอีกสองตัวคือ เซ็นเทน อดีหรือตัวกำหนดรูปแบบประโยคหรือจะเรียกว่าชื่อประโยค (sentence name) ตามด้วยฟิลด์ข้อมูลจำนวนหนึ่งซึ่งจะถูกแบ่งแยกโดยเครื่องหมายคอมม่า ( , ) และสิ้นสุดด้วยเครื่องหมายเช็คซัม (check sum) ที่สามารถเลือกได้ว่าจะมีหรือไม่มีและจบลงด้วยแคร่เรีย รีเทอร์นและไลน์ฟีด (carrier return/line feed) ซึ่งประโยคจะมีตัวอักษรถึง 82 ตัวรวมกับ \$ และแคร่เรีย รีเทอร์น และไลน์ฟีด

ถ้าข้อมูลสำหรับฟิลด์ไม่สามารถหาได้ ฟิลด์จะถูกเว้นข้ามไปแต่คอมม่าที่ทำหน้าที่ที่แบ่งฟิลด์ยังคงถูกส่งไปโดยไม่เว้นช่องว่าง เพราะว่าในแต่ละฟิลด์มีความยาวไม่คงที่หรือ ไม่มีข้อมูลเครื่องรับจะระบุตำแหน่งของฟิลด์ของข้อมูลที่ต้องการ โดยการนับเครื่องหมายคอมม่าเช็คซัมที่เลือกได้ว่าจะมีหรือไม่มีประกอบด้วย “ \* ” และ 2 บิตของเลขฐาน 16 แทนการเอ็กซ์คูซีฟของตัวอักษรทั้งหมดแต่ไม่รวม ” S ” และ “ \* ” ในการใช้งาน จะมีความต้องการใช้เช็คซัมในบางประโยคในมาตรฐานจะอนุญาตแต่ละผู้ผลิตในการนิยามรูปแบบประโยค ประโยคเหล่านี้เริ่มต้นด้วย “\$GP” และตัวอักษรสามตัวที่ตามเป็น อดีที่ถูกกำหนดมาจากโรงงานตามด้วยข้อมูลซึ่งเป็นไปตามรูปแบบทั่วไปของประโยคมาตรฐาน

### 2.10.3 โปรโตคอล NMEA-183

เอ็นเอ็มอีเอ คือ โปรโตคอลมาตรฐานที่ถูกนำมาใช้โดยเครื่องรับจีพีเอส เพื่อส่งข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ เอาท์พุทจะเป็น โปรโตคอล อีไอเอ-422เอ แต่เราสามารถนำไปใช้ร่วมงานกับ อาร์เอส-232 ได้โดยอัตราการส่งข้อมูลเป็น 4800 บิตต่อวินาที, 8 คำคำบิต, ไม่มีพาริตีบิต แต่มีหนึ่ง สต๊อป บิต (stop bit) และประโยคของเอ็นเอ็มอีเอ-0183 จะเป็นแอสกีทั้งหมดแต่ละประโยคจะเริ่มต้นด้วย “\$” และจบลงด้วย “<CR><LF>” และข้อมูลจะถูกแบ่งขึ้นด้วย “ , ” เครื่องรับจีพีเอสบางตัวไม่ส่งฟิลด์ข้อมูลเช็คซัมถูกเพิ่มเข้าไป (ในบางกรณี)

### 2.10.4 ข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA message)

ข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอคือข้อมูลซึ่งส่งออกมาจากโมดูลรับสัญญาณจีพีเอส ข้อมูลในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ สามารถแบ่งได้เป็นเรคคอร์ด (record) หรือฟิลด์ (field) ย่อย โดยในแต่ละเรคคอร์ดจะประกอบด้วยอักขระแอสกี (ASCII) ซึ่งมีความยาวรวมไม่เกิน 80 ตัวอักษร เราสามารถอ่านดูข้อมูลข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ ที่ว่าได้โดยการใช้ซอฟต์แวร์สื่อสารเช่น ไฮเปอร์เทอร์มินอล (Hyper Terminal) ซึ่งจากที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น แต่ละเรคคอร์ดที่มักใช้กันเป็นหลักในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ จะมีอยู่ 6 เรคคอร์ด ดังตารางที่ 2.1

#### 2.10.5 รายละเอียดภายในเรคคอร์ดต่างๆ ของข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ

##### - จีจีเอ (Global Positioning System Fixed Data : GGA)

เรคคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกตำแหน่งพิกัด ละติจูด ลองจิจูด เวลา จำนวนดาวเทียมที่ใช้คำนวณพิกัด (Satellite used) และความสูงจากระดับน้ำทะเล (MSL Altitude) โดยตั้งอย่างของเรคคอร์ด จีจีเอที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอส ส่งออกมา จะมีโครงสร้างดังตารางที่ 2.3

##### - จีเอลเอล (Geographic Position Latitude/Longitude : GLL)

เรคคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัด ละติจูด ลองจิจูด ทิศทาง เวลา และสถานะในการรับสัญญาณ (Status) โดยตัวอย่างของเรคคอร์ด จีเอลเอล ที่โมดูลรับสัญญาณ จีพีเอส ส่งออกมา จะมีโครงสร้างเป็นดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จีเอสเอ (GNSS DOP and Active Satellite : GSA)

เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้แสดงดาวเทียมดวงที่มีส่วนร่วมในคำนวณพิกัด ความแม่นยำของตำแหน่งที่ระบุ รวมไปถึงความแม่นยำของการระบุตำแหน่งทั้งแนวระนาบและ ในแนวตั้ง โดยตัวย่อเรคอร์ด จีเอสเอที่โมดูลรับส่งสัญญาณจีพีเอส ออกมาจะมีโครงสร้างดังตารางที่ 2.4

- จีเอสวี (GNSS Satellite in View : GSV)

เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าทางเทคนิคต่างๆ ที่ได้รับจากดาวเทียมจีพีเอส ที่โมดูลรับสัญญาณได้ โดยตัวย่อเรคอร์ด จีเอสวีที่โมดูลรับส่งสัญญาณจีพีเอส ออกมาจะมีโครงสร้างดังตารางที่ 2.5

- อาร์เอ็มซี (Recommended Minimum Specific GNSS Data : RMC)

เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าวันที่และเวลา สถานะในการรับสัญญาณ ตำแหน่งพิกัด ละติจูดและลองจิจูด ทิศทาง ความเร็ว โดยตัวอย่างของเรคอร์ดอาร์เอ็มซี ที่โมดูลรับส่งสัญญาณจีพีเอส ออกมาจะมีโครงสร้างดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.1 เรคอร์ดหลักๆใน เอ็นเอ็มอีเอ ที่มักถูกนำมาใช้งาน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ความหมายของเรคคอร์ด จีแอลแอล

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ความหมายของเรคคอร์ด จีจีเอ

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

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

Table position Fix Indicator

0=invalid	1=Fix valid GPS	2=DGPS Fix	3=GPS PPS Fix
-----------	-----------------	------------	---------------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ความหมายของเรคคอร์ด จีเอสเอ

\$GPGSA,16229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1,0,9,0,M, . . . 0000\*18

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPGSA		GSA protocol header
Mode1	A		Automatic-switch 2D/3D
Mode2	3		1=No Fix, 2=2D, 3=3D
Satellite Used	07		SV on Channel 1
Satellite Used	02		SV on Channel 2
.....	.		.....
Satellite Used			SV on Channel 12
PDOP	1.8		Position Dilution of Precision
HDOP	1.0		Horizontal Dilution of Precision
VDOP	1.5		Vertical Dilution of Precision
Checksum	*33	meters	
<CR><LF>		meters	End of message

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 2.5 ความหมายของเรกคอร์ด จีเอสวี

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

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPGSV		GSV protocol header
Number of Message	2		Range 1 to 3
Message Number	1		
Satellites in View	07		
Satellite ID	07		Channel 1 (1~32)
Elevation	79	degrees	Channel 1 (max.90)
Azimuth	048	degrees	Channel 1 (True,range 0~359)
SNR (C/No)	42	dBHz	0~99,null when not tracking
....			....
Satellite ID	27	degrees	Channel 4 (1~32)
Elevation	27	degrees	Channel 4 (max.90)
Azimuth	138	dBHz	Channel 4 (True,0~359)
SNR	42	second	Range 0~99, null not track
Ages of Diff. Corr.			
Checksum	*71		
<CR><LF>			End of message

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ความหมายของเรคคอร์ด อาร์เอ็มซี

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

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPRMC		RMC protocol header
UTD Position	161229.487		hhmmss.sss
Status	A		A= data valid or V= Not
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/s Indicator	N		N= north or S= south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E= east or W= west
Speed Over Ground	0.13	knots	
Course Over Ground	309.62	degrees	True
Data	120598		ddmmyy
MSL Altitude	9.0	meters	
Magnetic Variation		degrees	E= east or W= west
Checksum	*10		
<CR><LF>			End of message

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.11 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

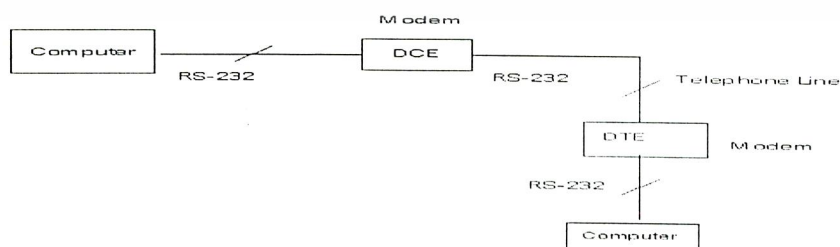
รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม ซึ่งมีข้อดีคือ ใช้สายสัญญาณน้อยและส่งได้เป็นระยะทางไกล สำหรับโครงการนี้ใช้การติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ รับส่งข้อมูลแบบอนุกรมกับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการเปลี่ยนระดับสัญญาณไฟฟ้าได้มาตรฐานในการรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม (Serial Port) ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งสัญญาณข่าวสารที่ได้จะถูกประมวลโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

### 2.11.1 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

โดยปกติเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ตที่เป็นอนุกรมชื่อว่า อาร์เอส-232 อยู่ในตัวมันเองอยู่แล้ว ซึ่งพอร์ต อาร์เอส-232 นี้ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลในแบบอนุกรม (Universal Asynchronous Adapter) เหตุที่มีชื่อเรียกว่า RS-232 ก็เนื่องมาจาก สมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ของอเมริกา หรือ อีไอเอ (RS-232 : Recommended Standard Number 232, EIA : Electronic Industry Association) ได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์สื่อสารแบบอนุกรมเอาไว้ภายใต้ชื่อว่า อาร์เอส-232 (ความจริงแล้วมาตรฐานของรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีหลายมาตรฐาน แต่ที่นิยมกันมากที่สุดสำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์)

### 2.11.2 มาตรฐาน RS-232C

มาตรฐาน RS-232C ได้จัดพิมพ์ขึ้นเมื่อ ค.ศ. 1969 อาร์เอส ย่อมาจาก Recommended Standard ส่วน 232 คือหมายเลขบ่งบอกมาตรฐานตัวนี้ และ C เป็นหมายเลขฉบับของมาตรฐานตัวนี้ จุดประสงค์ของมาตรฐาน อาร์เอส-232 ก็เพื่อบรรยายคุณลักษณะของการเชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูล (DCE : Data Communication Equipment) กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล (DCE : Data Communication Equipment) สำหรับผู้ใช้คอมพิวเตอร์ทั่วไป ดีทีอี ก็หมายถึง ตัวไมโครคอมพิวเตอร์ ส่วน ดีซีอี หมายถึง โมเด็ม (modem) และอุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องพิมพ์ที่รับสัญญาณแบบอนุกรม อาจจะเป็นไปได้ทั้ง ดีทีอีและ ดีซีอี ซึ่งจะขึ้นอยู่กับผู้ผลิต สำหรับข้อแตกต่างของ ดีทีอี และ ดีซีอี จะเห็นได้จากรูปที่ 2.24 ซึ่งจากรูปจะเห็นว่า อาร์เอส-232 ซี มีส่วนสำคัญอย่างมากสำคัญอย่างมากสำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.22 การใช้มาตรฐาน อาร์เอส-232 เชื่อมต่ออุปกรณ์

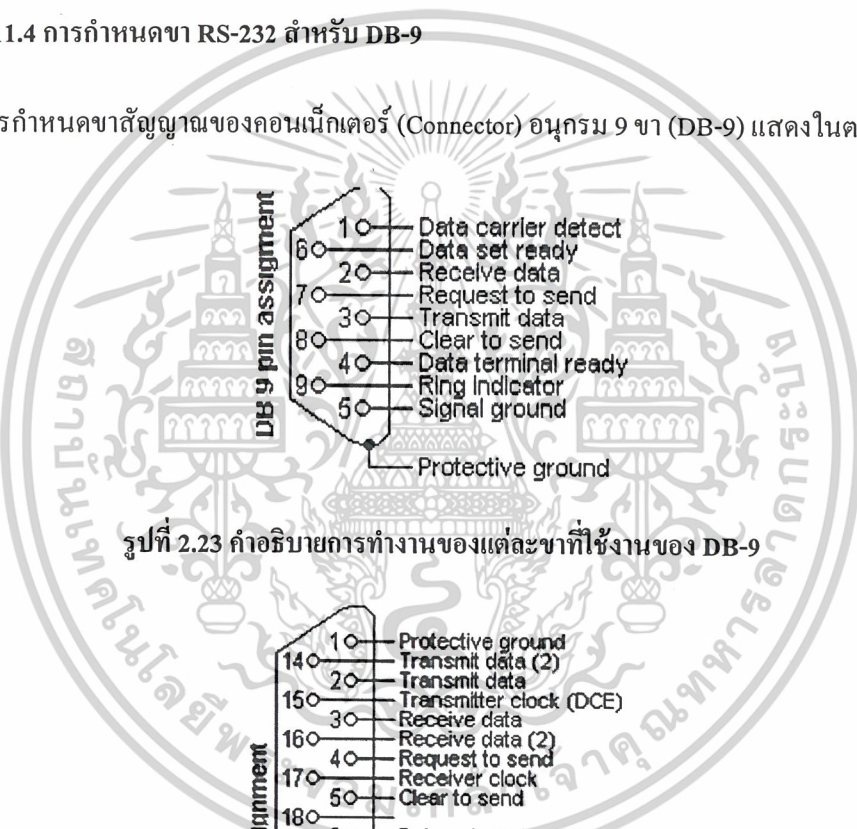
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.11.3 อุปกรณ์ ดีทีอี และ ดีซีอี

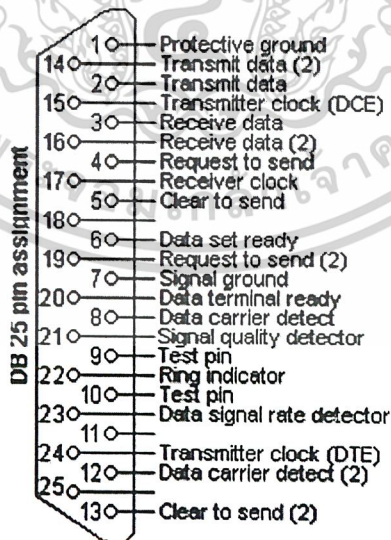
ตามมาตรฐาน อาร์เอส-232 ซี อุปกรณ์ ดีทีอีควรใช้หัวต่อตัวผู้และอุปกรณ์ ดีซีอี ควรใช้หัวต่อตัวเมีย อย่างไรก็ตามผู้ผลิตไม่ได้ปฏิบัติตามกฎนี้เสมอไปดังนั้นจึงไม่แยกแยะอุปกรณ์ดีทีอี และ ดีซีอี โดยการมองผ่านๆได้เสมอไป เมื่อทราบว่าอุปกรณ์หนึ่งเป็น ดีทีอี และอีกตัวหนึ่งเป็น ดีซีอี ในทางทฤษฎีแล้วสามารถเชื่อมต่อได้อย่างง่ายดาย โดยการเชื่อมต่อสายที่มีหมายเลขตรงกัน เช่น เส้นที่ 2 กับ 2, 3 กับ 3 เป็นต้น เรียกว่า การเชื่อมต่อแบบตรงไปตรงมาแต่มีผู้ผลิตบางรายไม่ได้ทำตามมาตรฐานและทำให้เกิดปัญหาหลายอย่าง เช่นเดียวกับวิธีการจัดการกับสถานการณ์ที่อุปกรณ์ทั้ง 2 เป็น ดีทีอี หรือ ดีซีอี เหมือนกัน ในตอนนี้ถือว่าอุปกรณ์หนึ่งเป็น ดีทีอีและอีกตัวหนึ่งเป็น ดีซีอี แต่ละฝ่ายจะส่งสัญญาณที่อีกฝ่ายต้องการบนสายที่ตรงกัน

### 2.11.4 การกำหนดขา RS-232 สำหรับ DB-9

การกำหนดขาสัญญาณของคอนเน็กเตอร์ (Connector) อนุกรม 9 ขา (DB-9) แสดงในตารางที่ 2.7



รูปที่ 2.23 คำอธิบายการทำงานของแต่ละขาที่ใช้งานของ DB-9



รูปที่ 2.24 คำอธิบายการทำงานของแต่ละขาที่ใช้งานของ DB-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 การจัดขาของคอนเน็คเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน อาร์เอส-232 ทั้งแบบ ดีบี-9 และ ดีบี-25

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

- ดีซีอี (Data Carrier Detect : DCD) หรืออาจเรียกว่าซีดี (Carrier Detect : CD) ขานี้จะแอกติฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห้จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลเช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก

- อาร์ดี (Received Data : RxD) เป็นทางสัญญาณเข้าไปยัง ดีทีอี หรือไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามาขานี้จะมีสถานะภาพลอคเป็น "1"

- ทีดี (Transmit Data : TD) เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก ดีทีอี (หรือตัวไมโครคอมพิวเตอร์พีวเตอร์) ไปยังโมเด็มหรือต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่น เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออกสถานะภาพของลอคจิกที่ขานี้มีค่าเท่ากับ "1" หรือเทียบเท่า สตอป บิต

- ดีทีอาร์ (Data Terminal Ready : DTR) เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าการติดต่อด้วย โดยขา ดีทีอาร์นี้ต้องเชื่อมต่อกับขา ดีเอสอาร์ของอุปกรณ์ปลายทางและขา ดีทีอาร์ของอุปกรณ์ปลายทางต้องเชื่อมต่อกับขา ดีเอสอาร์ ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อเป็นแบบ นัล โมเด็ม (Null modem) ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา ดีทีอาร์ และ ดีเอสอาร์ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อกับขา ดีเอสดีด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจสัญญาณพาห้

- จีเอ็นดี (Signal Ground : GND) กราวด์ระบบ

- ดีเอสอาร์ (Data Set Ready : DSR) ขานี้จะใช้คู่กับขา ดีทีอาร์ เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์ปลายทาง ซึ่งขา ดีเอสอาร์ นี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา ดีทีอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อคุณผู้ใดได้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อาร์ทีเอส (Request to Send : RTS) เป็นขาสำหรับสัญญาณรอกขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ อาร์ทีเอส ก็คือขา ซีทีเอสในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ โมเด็มเต็ม จะต้องเชื่อมต่อขา อาร์ทีเอส และ ซีทีเอส ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

- ซีทีเอส (Clear To Sent : CTS) ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา อาร์ทีเอส เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไปดังนั้น ขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมรับข้อมูลหรือไม่

- อาร์ไอ (Ring Indicator : RI) ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไป สายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้ก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อ โมเด็มและ โปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณเท่านั้น

## 2.12 การรับส่งเอสเอ็มเอส (SMS)

European Telecommunication Standards Institute (ETIS) เป็นองค์กรที่ไม่แสวงหาผลกำไรทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานทางด้านโทรคมนาคมได้กำหนดมาตรฐานการส่ง เอสเอ็มเอส ไว้ในกลุ่มมือ GSM 03.40 และ GSM 03.38 สามารถส่งได้สูงถึง 160 ตัวอักษร โดยแต่ละตัวอักษรใช้รหัสขนาด 7 บิต ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.8 นอกจากนั้นยังมีการใช้ตัวอักษรชนิดอื่นๆ เช่น ขนาด 8 บิต หรือ 16 บิต ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งในโครงการฉบับนี้จะพูดถึงเฉพาะแบบ 7 บิตเท่านั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 รหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต (7- Bit default alphabet )

Hex	Dec	Character name	Character	ISO-8859-1
0x00	0	COMMERCIAL AT	@	64
0x01	1	POUND SIGN	£	163
0x02	2	DOLLAR SIGN	\$	36
0x03	3	YEN SIGN	¥	165
0x04	4	LATIN SMALL LETTER E WITH GRAVE	è	232
0x05	5	LATIN SMALL LETTER E WITH ACUTE	é	233
0x06	6	LATIN SMALL LETTER U WITH GRAVE	ù	249
0x07	7	LATIN SMALL LETTER I WITH GRAVE	ì	236
0x08	8	LATIN SMALL LETTER O WITH GRAVE	ò	242
0x09	9	LATIN CAPITAL LETTER C WITH	ç	199
0x0A	10	LINE FEED		10
0x0B	11	LATIN CAPITAL LETTER O WITH	Ø	216
0x0C	12	LATIN SMALL LETTER O WITH	ø	248
0x0D	13	CARRIAGE RETURN		13
0x0E	14	LATIN CAPITAL LETTER A WITH RING	Å	197
0x0F	15	LATIN SMALL LETTER A WITH RING	å	229
0x10	16	GREEK CAPITAL LETTER DELTA	Δ	
0x11	17	LOW LINE		95
0x12	18	GREEK CAPITAL LETTER PHI	Φ	
0x13	19	GREEK CAPITAL LETTER GAMMA	Γ	
0x14	20	GREEK CAPITAL LETTER LAMBDA	Λ	
0x15	21	GREEK CAPITAL LETTER OMEGA	Ω	
0x16	22	GREEK CAPITAL LETTER PI	Π	
0x17	23	GREEK CAPITAL LETTER PSI	Ψ	
0x18	24	GREEK CAPITAL LETTER SIGMA	Σ	
0x19	25	GREEK CAPITAL LETTER THETA	Θ	
0x1A	26	GREEK CAPITAL LETTER XI	Ξ	
0x1B	27	ESCAPE TO EXTENSION TABLE		
0x1B0A	27 10	FORM FEED		12
0x1B14	27 20	CIRCUMLEX ACCENT	^	94
0x1B28	27 40	LEFT CURLY BRACKET	{	123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 รหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต (7- Bit default alphabet )(ต่อ)

0x1B29	27 41	RIGHT CURLY BRACKET	}	125
0x1B2F	27 47	REVERSE SOLIDUS (BACKSLASH)	\	92
0x1B3C	27 60	LEFT SQUARE BRACKET	[	91
0x1B3D	27 61	TILDE	~	126
0x1B3E	27 62	RIGHT SQUARE BRACKET	]	93
0x1B40	27 64	VERTICAL BAR		124
0x1B65	27 101	EURO SIGN	€	164(ISO-8859-
0x1C	28	LATIN CAPITAL LETTER AE	Æ	198
0x1D	29	LATIN SMALL LETTER AE	æ	230
0x1E	30	LATIN SMALL LETTER SHARP S	ß	223
0x1F	31	LATIN CAPITAL LETTER E WITH	É	201
0x20	32	SPACE		32
0x21	33	EXCLAMATION MARK	!	33
0x22	34	QUOTATION MARK	"	34
0x23	35	NUMBER SIGN	#	35
0x24	36	CURRENCY SIGN	¤	164(ISO-8859-1)
0x25	37	PERCENT SIGN	%	37
0x26	38	AMPERSAND	&	38
0x27	39	APOSTROPHE	'	39
0x28	40	LEFT PARENTHESIS	(	40
0x60	96	INVERTED QUESTION MARK	¿	191
0x61	97	LATIN SMALL LETTER A	a	97
0x62	98	LATIN SMALL LETTER B	b	98
0x63	99	LATIN SMALL LETTER C	c	99
0x64	100	LATIN SMALL LETTER D	d	100
0x65	101	LATIN SMALL LETTER E	e	101
0x66	102	LATIN SMALL LETTER F	f	102
0x67	103	LATIN SMALL LETTER G	g	103
0x68	104	LATIN SMALL LETTER H	h	104
0x69	105	LATIN SMALL LETTER I	i	105
0x6A	106	LATIN SMALL LETTER J	j	106
0x6B	107	LATIN SMALL LETTER K	k	107
0x6C	108	LATIN SMALL LETTER L	l	108
0x6D	109	LATIN SMALL LETTER M	m	109
0x6E	110	LATIN SMALL LETTER N	n	110
0x6F	111	LATIN SMALL LETTER O	o	111
0x70	112	LATIN SMALL LETTER P	p	112
0x71	113	LATIN SMALL LETTER Q	q	113
0x72	114	LATIN SMALL LETTER R	r	114
0x73	115	LATIN SMALL LETTER S	s	115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 2.8 รหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต (7- Bit default alphabet )(ต่อ)

0x74	116	LATIN SMALL LETTER T	t	116
0x75	117	LATIN SMALL LETTER U	u	117
0x76	118	LATIN SMALL LETTER V	v	118
0x77	119	LATIN SMALL LETTER W	w	119
0x78	120	LATIN SMALL LETTER W	x	120
0x79	121	LATIN SMALL LETTER Y	y	121
0x7A	122	LATIN SMALL LETTER Z	z	122
0x7B	123	LATIN SMALL LETTER A WITH	ä	228
0x7C	124	LATIN SMALL LETTER O WITH	ö	246
0x7D	125	LATIN SMALL LETTER N WITH TILDE	ñ	241
0x7E	126	LATIN SMALL LETTER U WITH	ü	252
0x7F	127	LATIN SMALL LETTER A WITH GRAVE	â	224

### 2.12.1 โหมดการรับส่งข้อมูล

การรับส่งข้อมูล เอสเอ็มเอส มีอยู่ด้วยกัน 2 โหมดคือเท็กซ์โหมด (Text Tode) และพีดียูโหมด (Protocala Description Unit Mode : PDU) การส่งข้อความในเท็กซ์โหมดนั้นจะเป็นการนำข้อความที่ต้องการส่งมาเข้ารหัสก่อน แล้วค่อยส่งข้อมูลในพีดียูโหมด อีกทั้งอย่างไรก็ตามในโทรศัพท์มือถือบางรุ่นอาจไม่สนับสนุนการใช้งานในเท็กซ์โหมด ซึ่งการเข้ารหัส (ส่ง) และถอดรหัส (รับ) สำหรับในเท็กซ์โหมดนี้มีหลายแบบด้วยกันเช่น “PCCP437”, “PCDN”, “8859-1”, “IRA” และ “GSM” เมื่อเราเชื่อมต่อกับมือถือเพื่อจะอ่านข้อความ เราสามารถตั้งค่าการเข้ารหัส/ถอดรหัสได้โดยใช้คำสั่ง AT-CSCS แต่ถ้าเราอ่านข้อความจากจอของมือถือจะเลือกการถอดรหัสที่เหมาะสมให้เองโดยอัตโนมัติ

การเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือเพื่อรับส่งข้อความสามารถเลือกใช้ได้ทั้ง 2 โหมดแต่จะเห็นได้ว่าการเลือกใช้เท็กซ์โหมดจะมีข้อจำกัดจากที่โทรศัพท์มือถือบางรุ่นอาจไม่สนับสนุนและยังถูกจำกัดด้วยวิธีการเข้าและถอดรหัส ซึ่งมีเพียงไม่กี่แบบตามที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งบางกรณีอาจไม่สะดวกนัก แต่ถ้าเลือกพีดียูโหมดจะสามารถเลือกหรือสร้างการเข้ารหัสและถอดรหัสได้ทุกรูปแบบตามต้องการ โดยไม่มีข้อจำกัดซึ่งในโครงการจะพูดถึงพีดียูโหมด และจะกล่าวถึงคำสั่งที่จำเป็นเบื้องต้นในขั้นของการออกแบบ

### 2.13 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC18F452

คุณสมบัติของ PIC 18F452 คุณสมบัติต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F452 สามารถสรุปได้คร่าวๆ ดังนี้

- 75 instruction คำสั่ง
- ในการปฏิบัติงานคำสั่งต่างๆ จะใช้ Cycle เดียวและ 2 Cycle ในคำสั่งที่เป็นการกระโดด
- ความถี่สูงสุดที่ทำงานได้คือ 40MHz (18F452-I/P)
- การทำงานจะเป็นลักษณะPipelineทำให้มีการทำงานที่เร็วขึ้น
- หน่วยความจำโปรแกรม FLASH Program Memory มีขนาด 32k (14-Bit Words)
- หน่วยความจำข้อมูล (RAM) 1536 Byte

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน่วยความจำข้อมูล (EEPROM) 256Byte
- สามารถตอบสนองการอินเทอร์รัพต์ได้ถึง 18 แหล่ง
- STACK 31ระดับ
- เพาเวอร์อนรีเซต (POR), เพาเวอร์อัฟไทมเมอร์ (PWRT) และ Oscillator Start-Up Timer
- Watchdog Timer
- สามารถเลือกการป้องกันข้อมูลได้ (Code Protection)
- โหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode)
- เลือกโหมด สัญญาณนาฬิกาได้หลายโหมด
- สามารถโปรแกรมโดยใช้แรงดัน +5V ได้
- ฟังก์ชันการโปรแกรมแบบ ICSP (In-Circuit Serial Programming)
- ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2.0V-5.5V
- กระแสทั้งซิงก์และซอร์สของพอร์ตคือ 25 mA
- Timer/Counter จำนวน 4 ตัวคือ Timer0, Timer1 Timer2 และ Timer3
- โมดูล Capture/Compare/PWM จำนวน 2 ชุด
- Analog to Digital Converter ความละเอียด 10 บิต 8 แชนแนลภายในตัว
- มีโมดูลการสื่อสาร USART
- มีโมดูลตรวจจับระดับแรงดันไฟเลี้ยง Brown- out reset (BOR)
- มีพอร์ต I/O 5พอร์ตประกอบด้วย A, B, C, D และE แต่ละพอร์ตจะมีจำนวนบิตไม่เท่ากันซึ่งรวมแล้ว จะมี I/O จำนวน 33 บิต
  - PORTA=RA0-RA5 จำนวน 6 บิต
  - PORTB=RB0-RB7 จำนวน 8 บิต
  - PORTC=RC0-RC7 จำนวน 8 บิต
  - PORTD=RD0-RD7 จำนวน 8 บิต
  - PORTE=RE0-RE2 จำนวน 3 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	VPP	RB7	40
2	RA0	RB6	39
3	RA1	RB5	38
4	RA2	RB4	37
5	RA3	RB3	36
6	RA4	RB2/INT2	35
7	RA5	RB1/INT1	34
8	RD0	RB0/INT0	33
9	RE1	VDD	32
10	RE2	VSS	31
11	VDD	RD7	30
12	VSS	RD6	29
13	QSC1/CLKI	RD5	28
14	QSC2/CLKO	RD4	27
15	RC0	RC7/RX	26
16	RC1	RC6/TX	25
17	RC2	RC5	24
18	RC3	RC4	23
19	RD0	RD3	22
20	RD1	RD2	21

18F452

รูปที่ 2.25 แสดงขาต่างๆ ของไอซี PIC18F452

ขาสัญญาณของ PIC เบอร์ 18F452 นี้จะมีทั้งหมด 40 ขาจะประกอบไปด้วยขาที่ทำหน้าที่ต่างๆ โดยจะมีขาสัญญาณ I/O Port ทั้งหมดจำนวน 33ขา โดยสามารถนำไปใช้ป็นอินพุต/เอาต์พุต ได้ทั้งหมดทุกขา ยกเว้นขา RA4 ซึ่งโครงสร้างภายในเป็นแบบ Open Drain ดังนั้นหากต้องการนำไปใช้ป็นขาสัญญาณเอาต์พุต จะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัพ (Pull-Up) ไว้ด้วย ส่วนขาที่เหลือสามารถใช้งานได้ปกติ นอกจากขาสัญญาณ I/O แล้วยังประกอบไปด้วยขาสัญญาณอื่นๆ อีกคือ ขาไฟเลี้ยง, กราวด์, ขาริเซตและขาออสซิลเลเตอร์ ซึ่งสามารถสรุปหน้าที่การทำงานของขาสัญญาณในแต่ละขาได้ดังนี้

ตารางที่ 2.9 แสดงหน้าที่ของขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์

ขาสัญญาณ	DIP PIN	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/ CLKIN	13	I	ST/CMOS	ขาสัญญาณอินพุตสัญญาณนาฬิกา ของ CPU
OSC2/ CLKOUT	14	O	-	เป็นขาเอาต์พุตของสัญญาณนาฬิกา (1/4ของCLKIN) ใช้ต่อ ร่วมกับขาสัญญาณ OSC1 เพื่อกำหนดสัญญาณนาฬิกาในกรณีที่ใช้ คริสตัลแบบเรโซเนเตอร์หรือ วงจร RC ภายนอก
MCLR/ VPP	1	I/P	ST	ขาสัญญาณรีเซ็ตแอกที่พี“0”, ขารับ แรงดันสำหรับการโปรแกรม
RA0/ AN0	2	I/O	TTL	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุตPORTA -ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณอินพุตสัญญาณอนาล็อก AN0
RA1/ AN1	3	I/O	TTL	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณอินพุตสัญญาณอนาล็อก AN1
RA2/ AN2/ VREF-	4	I/O	TTL	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณอินพุตสัญญาณอนาล็อก AN2 และขาสัญญาณแรงดันอ้างอิง ลบ(-)
RA3/ AN3/ VREF+	5	I/O	TTL	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณอินพุตสัญญาณอนาล็อก AN2 และขาสัญญาณแรงดันอ้างอิง ลบ(+)
RA4/ T0CKI	6	I/O	TTL	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณอินพุตสัญญาณอนาล็อก AN4 และขาสัญญาณ Slave Select

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RA5/ SS/AN4	7	I/O	TTL	ในโหมดการสื่อสารแบบ Synchronous Serial Port
RB0/ INT	33	I/O	TTL/ST	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุตPORTB -ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณอินพุตสัญญาณ อินเทอร์รัพท์ภายนอก
RB1	34	I/O	TTL	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RB2	35	I/O	TTL	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RB3/ PGM	36	I/O	TTL	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณอินพุตสัญญาณ อินเทอร์รัพท์จากการเปลี่ยนแปลง สถานะของขาสัญญาณ
RB4	37	I/O	TTL	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณอินพุตสัญญาณ อินเทอร์รัพท์จากการเปลี่ยนแปลง สถานะของขาสัญญาณ
RB5	38	I/O	TTL	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณอินพุตสัญญาณ อินเทอร์รัพท์จากการเปลี่ยนแปลง สถานะของขาสัญญาณ และเป็น ขาสัญญาณนาฬิกาในโหมดการ โปรแกรม
RB6/PGC	39	I/O	TTL/ST	โปรแกรม -ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณอินพุตสัญญาณ อินเทอร์รัพท์จากการเปลี่ยนแปลง สถานะของขาสัญญาณ และเป็น ขาสัญญาณนาฬิกาในโหมดการ โปรแกรม
RB7/PGD	40	I/O	TTL/ST	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุตPORTB -ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RC0/ TIO50/ TICKI	15	I/O	ST	ขาสัญญาณออสซิลเลเตอร์เอาท์พุท, ขาสัญญาณอินพุตสัญญาณนาฬิกา ของไมโครเมอร์1 -ขาสัญญาณอินพุต/เอาท์พุท, ขาสัญญาณออสซิลเลเตอร์ไมโครเมอร์ 1 และเป็นขาสัญญาณ Capture2input/ Compare2output/ PWM2output -ขาสัญญาณอินพุต/เอาท์พุท, ขาสัญญาณCapture1input/ Compare1output/ PWM1output
RC1/ TIO51/ CCP2	16	I/O	ST	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาท์พุท, ขาสัญญาณอินพุตสัญญาณนาฬิกา ในการสื่อสาร Synchronous, ขาสัญญาณ นาฬิกาในโหมด I square C และSPI -ขาสัญญาณอินพุต/เอาท์พุท,ขา อินพุตสัญญาณข้อมูลในโหมดSPI , ขาอินพุต/เอาท์พุทสัญญาณข้อมูลใน โหมด I square c
RC2/ CCP1	17	I/O	ST	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาท์พุท,ขา อินพุตสัญญาณข้อมูลในโหมดSPI , ขาอินพุต/เอาท์พุทสัญญาณข้อมูลใน โหมด I square c
RC3/ SCK/ SCL	18	I/O	ST	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาท์พุท,ขา อินพุตสัญญาณข้อมูลในโหมดSPI , ขาอินพุต/เอาท์พุทสัญญาณข้อมูลใน โหมด I square c
RC4/ SDI/ SDA	23	I/O	ST	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาท์พุท,ขา เอาท์พุทสัญญาณข้อมูลในโหมดSPI -ขาสัญญาณอินพุต/เอาท์พุท,ขา เอาท์พุทสัญญาณด้านส่งของการ สื่อสารUSART,ขาสัญญาณนาฬิกา ในโหมดการสื่อสารSynchronous -ขาสัญญาณอินพุต/เอาท์พุท,ขา เอาท์พุทสัญญาณด้านรับของการ สื่อสารUSART,ขาสัญญาณนาฬิกา ในโหมดการสื่อสารSynchronous
RC5/ SD0	24	I/O	ST	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาท์พุท,ขา เอาท์พุทสัญญาณด้านรับของการ สื่อสารUSART,ขาสัญญาณนาฬิกา ในโหมดการสื่อสารSynchronous
RC6/ TX/RX	25	I/O	ST	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาท์พุท,ขา เอาท์พุทสัญญาณด้านรับของการ สื่อสารUSART,ขาสัญญาณนาฬิกา ในโหมดการสื่อสารSynchronous

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RC7/ RX/DT	26	I/O	ST	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต PORTD สามารถใช้เป็นSlave Port กรณี ติดต่อกับระบบบัสของไมโคร โพรเซสเซอร์ -ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RD0/ PSP0	19	I/O	ST/TTL	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RD1/ PSP1	20	I/O	ST/TTL	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RD2/ PSP2	21	I/O	ST/TTL	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RD3/ PSP3	22	I/O	ST/TTL	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RD4/ PSP4	27	I/O	ST/TTL	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RD5/ PSP5	28	I/O	ST/TTL	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RD6/ PSP6	29	I/O	ST/TTL	-ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RD7/ PSP7	30	I/O	ST/TTL	ขาสัญญาณอินพุตเอาต์พุตPORTE -ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณควบคุมการอ่านในโหมด Parallel Slave Port และเป็น
RE0/ RD/AN5	8	I/O	ST/TTL	ขาสัญญาณอินพุตสัญญาณอนาล็อก AN5 -ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณควบคุมการเขียนในการ ติดต่อแบบParallel Slave Port และ เป็นขาสัญญาณอินพุตสัญญาณ
RE1/ WR/AN6	9	I/O	ST/TTL	อนาล็อกAN6 -ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณควบคุมControl Selectใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RE2/ CS/AN7	10	I/O	ST/TTL	การติดต่อแบบParallel Slave Port และเป็นขาสัญญาณอินพุตสัญญาณอนาล็อกAN7
Vss	12, 31	p	-	ขาสัญญาณกราวด์
VDD	11, 32	P	-	ขาแรงดันไฟเลี้ยง

I=อินพุต      O=เอาต์พุต      I/O=อินพุต/เอาต์พุต      P=Power  
 - =ไม่ใช้      TTL=ระดับสัญญาณTTL      ST=วงจรมิติทริกเกอร์อินพุต

**หมายเหตุ**

- 1) Buffer จะเป็นแบบขมิตทริกเกอร์เมื่อมีการใช้งานอินเตอร์์พภายนอก
- 2) Buffer จะเป็นแบบขมิตทริกเกอร์เมื่อทำงานในโหมดการโปรแกรม
- 3) Buffer จะเป็นแบบขมิตทริกเกอร์เมื่อใช้งานทั่วไปและจะเป็นแบบ TTL เมื่ออยู่ Slave Port ในการติดต่อกับระบบบัสของไมโครโปรเซสเซอร์
- 4) Bufferจะเป็นแบบขมิตทริกเกอร์เมื่อใช้งานในโหมด RC oscillator และจะเป็นแบบ CMOS เมื่อใช้งานอื่นๆ

**2.14 GSM AT Command**

การสื่อสารกับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น โมเด็มหรืออุปกรณ์ DTE (Data Terminal Equipment) นั้นสามารถใช้ชุดคำสั่งที่เป็นมาตรฐานที่เรียกว่า AT Command ในการติดต่อเพื่อโต้ตอบตั้งค่าหรือหรือสั่งงานอุปกรณ์เหล่านั้น ให้ทำงานตามที่ต้องการ โดยชุดคำสั่งพื้นฐานจะถูกกำหนดไว้ใน Haye AT Command ที่บริษัท Haye เป็นผู้คิดค้นชุดคำสั่งนี้เพื่อใช้กับ โมเด็มของตนและต่อมาได้กลายเป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตโมเด็มรายอื่นๆ โดยอาจจะมีชุดคำสั่งขยาย (Extended AT Command) เพื่อให้เป็นการเฉพาะสำหรับผู้ผลิตรายนั้นๆ ก็ได้

การติดต่อกับโทรศัพท์มือถือก็เช่นกันเราสามารถให้ชุดคำสั่งที่กำหนดไว้ใน GSM AT Command ซึ่งมีคำสั่งเพิ่มเติมที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานและควบคุมโทรศัพท์มือถือ

การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์มือถือนั้นจะผ่านสายData Linkซึ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบอนุกรม โดยใช้โปรแกรมเทอร์มินอลต่างๆ เช่น Hyper Terminal ของ Window ส่วนความเร็วในการสื่อสารมักจะใช้ 9600 bps

**2.14.1 หลักการรับส่ง SMS**

องค์การETSI (European Telecommunication Standards Institute) เป็นองค์การอิสระที่ไม่แสวงหาผลกำไรทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานทางด้าน โทรคมนาคมได้กำหนดมาตรฐานการส่งSMSไว้ในคู่มือ GSM 03.40 และ GSM 03.38 สามารถส่งได้สูงถึง 160 ตัวอักษร โดยแต่ละตัวอักษรใช้รหัสขนาด 7 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.14.2 โหมดของการรับส่งข้อมูล**

การรับส่งข้อมูลSMSมีอยู่ด้วยกัน 2 โหมดคือ เท็กซ์โหมด (Text Mode) และพีดียูโหมด (PDU : Protocol Description Unit Mode) การส่งข้อความในเท็กซ์โมนั้นจะเป็นการนำข้อความที่ต้องการมาเข้ารหัสก่อน แล้วค่อยส่งข้อมูลในพีดียูโหมดอีกที อย่างไรก็ตามในโทรศัพท์มือถือบางรุ่นไม่สนับสนุนการใช้งานในเท็กซ์โหมด ซึ่งการเข้ารหัส (ส่ง) และถอดรหัส (รับ) สำหรับในเท็กซ์โหมคนี้อาศัยหลายแบบด้วยกันเช่น “PCCP437”, “PCDN”, “8859-1”, “IRA” และ “GSM” เมื่อเราเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือเพื่อที่จะอ่านข้อความ เราสามารถตั้งค่าการเข้ารหัส/ถอดรหัสได้โดยใช้คำสั่ง AT+CSGS แต่ถ้าเราอ่านข้อความจากจอของโทรศัพท์มือถือจะเลือกการถอดรหัสที่เหมาะสมให้เองโดยอัตโนมัติ

การเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือเพื่อรับส่งข้อความสามารถเลือกใช้ได้ทั้ง 2 โหมดแต่จะเห็นได้ว่าการเลือกใช้เท็กซ์โหมดจะมีข้อจำกัดทั้งจากการที่มือถือบางรุ่นอาจไม่สนับสนุนและยังถูกจำกัดวิธีการเข้ารหัสและถอดรหัส ซึ่งมีเพียงไม่กี่แบบตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งในบางกรณีอาจไม่สะดวกนักแต่ถ้าเลือกพีดียูโหมดจะสามารถเลือกหรือสร้างการเข้ารหัสและถอดรหัสได้ทุกรูปแบบตามที่ต้องการ โดยไม่มีข้อจำกัด

**2.14.3 การรับข้อความSMS ในพีดียูโหมด**

ถ้าหากทำการเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือแล้วทำการอ่านข้อความSMSที่อยู่ใน Inbox โดยใช้คำสั่ง AT+CMGR ข้อมูลที่ได้รับจะอยู่ในรูปของสตริงที่ประกอบด้วยข้อมูลของผู้ส่ง, ข้อมูล SMS Service Center (SMSC), Time Stamp และอื่นๆ ที่เป็นและตามด้วยส่วนท้ายสุดของสตริงจะยกตัวอย่าง โดยใช้โทรศัพท์เครื่องที่ใช้ในปริณญาณิพนธ์ฉบับนี้ซึ่งได้ใช้โทรศัพท์ SIMENS รุ่น C-35 ซึ่งข้อความที่ส่งมาคือ hellohelloจากโทรศัพท์มือถืออีกเครื่องหนึ่ง ข้อมูลสตริงจะอยู่ในรูปของตัวเลขฐานสิบหกและฐานสิบ ในบางส่วนซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

06916681118088040A9166041104410000403021219434820AE8329BFD4697D9EC37

ตารางที่2.10 ส่วนประกอบของสตริงการรับข้อความ SMS

กลุ่มตัวเลข 8 บิต	รายละเอียด
06	ความยาวของ SMSC Information 6 Octets(bytes)
91	รูปแบบของเลขหมาย SMSC 91 หมายถึงเลขหมายแบบสากล (international format)
6681118088	เลขหมาย SMSC (แบบ decimal semi-octets)ซึ่งจะเป็นเลขฐาน 10 สลับ nibble ในกรณีนี้เลขหมายจริงของ Service Center คือ +6681118088
04	First octet of this SMS-DELIVER message
0A	ความยาวของเลขหมายผู้ส่ง (0A hex= 10 ตัวเลข)
91	รูปแบบของเลขหมายผู้ส่ง 91 หมายถึง เลขหมายแบบสากล (international format)
6604110441	เลขหมายผู้ส่ง (แบบ decimal semi-octets) เป็นเลขฐาน 10 สลับ nibble หมายถึงเลขผู้ส่งที่แท้จริงคือ+6640114044

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ภายนอก  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

00	TP-PID (Protocol identifier) ในกรณีนี้คือ 00
00	TP-DCS (Data coding scheme) 00 คือเข้ารหัสข้อความแบบ 7 bits Default Alphabet
40302121943482	TP-UDL User data length จำนวนตัวอักษรของข้อความที่ส่งในที่นี้คือ 10 ตัว
E8329BFD4697D9EC37	TP-UD ข้อความhelloworldที่เข้ารหัสแล้วจากตัวอักษรแบบ 7 bits เป็นข้อมูล byte ขนาด 8 bits

ข้อมูลทั้งหมดในตารางเป็นเลขฐานสิบหกขนาดแปดบิต ยกเว้นหมายเลข Service Center, เลขหมายผู้ส่ง, Time Stampจะเป็นเลขฐานสิบหกขนาดแปดบิต สลับหลักเป็นคู่ๆ (สลับ nibble) ในส่วนของข้อมูลที่เป็นข้อความนั้นเป็นเลขฐานสิบหก ขนาดแปดบิต เช่นกัน โดยข้อมูลนี้จะใช้แสดงข้อความที่ประกอบไปด้วยตัวอักษรขนาดเจ็ดบิต ซึ่งผ่านการแปลง (เข้ารหัส) ข้อมูลจากรหัสตัวอักษรขนาดเจ็ดบิต

ในส่วนของข้อมูลที่เป็นเลขฐานสิบ เช่น เลขหมายผู้ส่งตัวเลขในแต่ละคู่ (1byte) จะถูกสลับกันเช่น เลขหมายจริง +66 040114014 จะถูกสลับในแต่ละคู่เป็น 66 04 11 04 41 (66คือรหัสประเทศ ส่วนเลขหมวดของหมายเลขโทรศัพท์มือถือจะถูกตัดเลข 0 ออก เช่น 04 จะเหลือแค่4 เป็นต้น แล้วจึงนำตัวเลขทั้งหมดมาต่อกันแล้วสลับคู่) เช่นเดียวกันกับ Time Stamp ข้อมูล 40 30 21 21 94 34 82 ซึ่งมีรูปแบบเป็นYY/MM/DD (HH:MM:SS:ss) หมายถึง ข้อความนี้ส่งเมื่อ 04/03/12 12 :49 :43 : 28

การส่งข้อความ SMS ในพีดียูโหมด

ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างการใช้โทรศัพท์มือถือ SIEMENS รุ่น C-35 โดยใช้โหมดพีดียูไปให้ผู้รับหมายเลข+66066277916

AT+CMGF=0 // เลือกโหมดพีดียู

AT+CSMS=0 // เช็คว่าโทรศัพท์มือถือสนับสนุนการส่งSMSหรือไม่

AT+CMGS=22 // ต้องการส่งทั้งหมด22 byte (ไม่รวมตัวเลข 00 ที่อยู่ข้างหน้าสุด)

>0011000A9166667297610000AA0AE8329BFD4697D9EC37

//เมื่อพิมพ์ข้อความครบแล้วกด Ctrl+z ส่วนประกอบอธิบายในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.11 ส่วนประกอบของข้อมูลที่ส่ง

กลุ่มตัวเลข 8 บิต(Octet)	รายละเอียด
00	ความยาวของ SMSC Information 00 หมายถึง ให้ใช้ SMSC Information ที่เก็บอยู่ภายในเครื่อง (ปกติเครื่องที่สามารถส่ง SMS ได้มีข้อมูล SMSC ภายในเครื่องอยู่แล้ว)
11	First octet of the SMS-SUBMIT message
00	TP-Message-Reference 00 คือให้เครื่องหมายเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อสาธารณะ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0A	Address-Length ความยาวของเลขหมายผู้รับ (10ตัว)
91	Type-of-Address (91 indicates international format of the phone number)
6666729761	หมายเลขโทรศัพท์ของผู้รับ (แบบsemi octets) หมายเลขที่แท้จริงคือ +66066277916
00	TP-PID (Protocol identifier) เป็น 00
00	TP-DCS (Data coding scheme) เป็น 00
AA	TP-Validity-Period AA หมายถึง ช่วงเวลาหมดอายุของข้อความ 4 วัน ถ้าภายในช่วงเวลานี้ ยังส่งไม่ถึงปลายทางข้อความจะถูกยกเลิกโดยอัตโนมัติ
0A	TP-User-Data-Length จำนวนตัวอักษรของข้อความที่ส่ง (10ตัว)
E8329BFD4697D9EC37	TP-User-Data เป็นข้อมูลในส่วนของข้อความตัวอักษรแบบ 7 บิต hellohello ที่ผ่านการแปลง (เข้ารหัส) เป็นข้อมูลแบบ 8 บิตแล้ว โดยมีวิธีการตามหัวข้อการแปลงตัวอักษรชนิด 7 บิต เป็นข้อมูล 8 บิต

#### 2.14.4 รหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต (7 bits default alphabet)

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

#### 2.14.5 การแปลงตัวอักษรชนิด 7 บิตเป็น ข้อมูล 8 บิต (octet)

จากตารางที่ 2.10 ในส่วนของ TP-User-Data จะเป็นส่วนที่เราสามารถใส่รหัสของข้อความที่ต้องการส่ง แต่เนื่องจากเราไม่สามารถนำรหัสของตัวอักษรแบบ 7 บิต ไปใส่ได้โดยตรงจำเป็นต้องผ่านการแปลงให้เป็นรหัสข้อมูลแบบ 8 บิต ก่อนโดยตัวอย่างต่อไปนี้เป็นการแปลงข้อความ hellohello ยาว 10 ตัวอักษร ซึ่งแต่ละตัวเป็นอักษรชนิด 7 บิต ให้เป็นข้อมูล 8 บิต สำหรับใช้ในการส่ง SMS

การแปลงเริ่มจากรหัส 7 บิต ด้วยตัวอักษรตัวแรก (h) มาเติมข้างหน้าด้วย 1 บิต ท้ายสุดของรหัส 7 บิต ของอักษรตัวที่ 2 (e) จะได้ผลลัพธ์ 8 บิต (1 byte) เป็น E8

ขั้นตอนต่อมาให้เอา 6 บิต ที่เหลือของอักษรตัวที่ 2 มาเติมข้างหน้าด้วย 2 บิต ท้ายของรหัส 7 บิต ของอักษรตัวที่ 3 (l) จะได้ผลลัพธ์ 8 บิต เป็น 32 และทำเช่นนี้เรื่อยไปโดยจำนวนบิตที่นำมากระทำจะเพิ่มขึ้นเป็น 3 บิต เป็น 4 บิตจนกระทั่งหมดชุดตัวอักษรดังตัวอย่างการแปลงตัวอักษร

หลังจากแปลงข้อความ hellohello จะได้ข้อมูลเป็นฐาน 16 จำนวน 9 ไบต์ E8 32 9B FD 46 97 D9 EC 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 แสดงการแปลงตัวอักษร

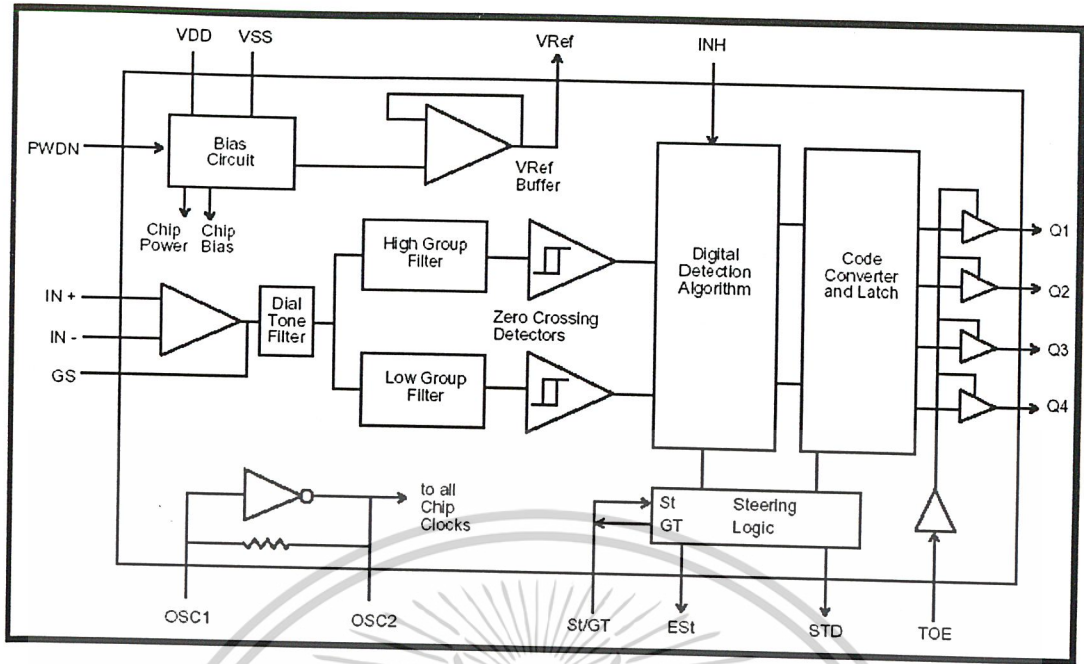
Char	h	e	l	l	o	h	e	l	l	o
7bits(Dec)	104	101	108	108	111	104	101	108	108	111
7bits(Bin)	1101000	1100101	1101100	1101100	1101111	1101000	1100101	1101100	1101100	1101111
8bits(Bin)	11101000	00110010	10011011	11111101	01000110	10010111	11011001	11101100	110111	
8bits(Hex)	E8	32	9B	FD	46	97	D9	EC	37	

### 2.15 ไอซีถอดรหัสสัญญาณความถี่โทรศัพท์ (DTMF DECODER)

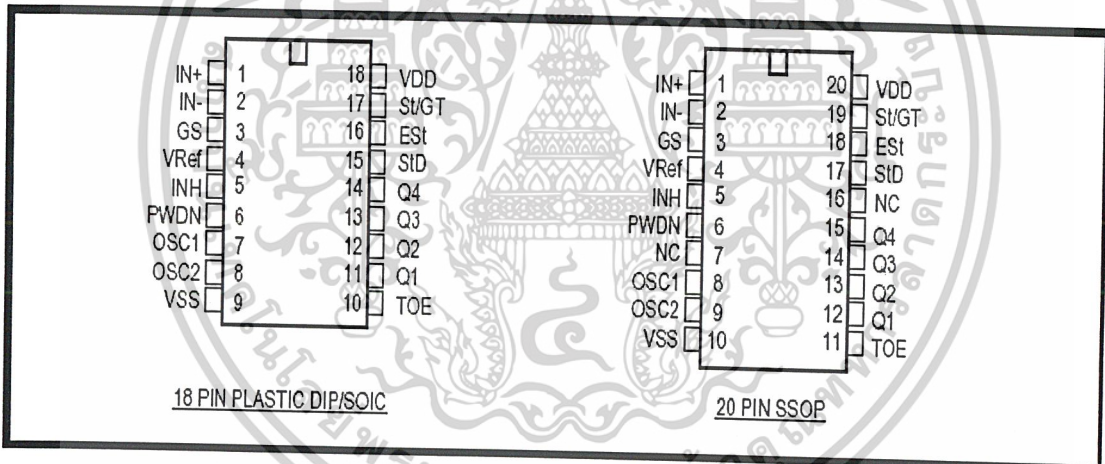
MT 8870 เป็นไอซีที่ใช้สำหรับถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขของโทรศัพท์ ชนิดกดปุ่ม (ชนิดToneหรือ DTMF) ให้เป็นสัญญาณดิจิทัลเลขฐานสองขนาด 4 บิต ซึ่งคุณสมบัติการทำงานมีดังต่อไปนี้

1. เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ (DTMF receiver)
2. ใช้กระแสไฟฟ้าน้อยและใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
3. สามารถตั้งอัตราการขยายภายในตัวไอซีได้
4. เป็นไอซีมีคุณภาพสูง

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่ และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิทัล เป็นไอซีที่สร้างโดยเทคโนโลยี ISO-CMOS ในส่วนของวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคของสวิทช์คาปาซิเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิทัลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ ออกเป็นฐานสองขนาด 4 บิต และเช็ควงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุตเป็นออปแอมป์ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอก เอาท์พุทเป็นวงจรแลตซ์ 3 สถานะ โครงสร้างของ MT8870 แสดงในรูปที่ 2.26 และ รูปที่ 2.27



รูปที่ 2.26 แสดงโครงสร้างภายในของ MT 8870



รูปที่ 2.27 แสดงตำแหน่งขาของ MT 8870

โครงสร้างภายในของ MT 8870 ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนคือ

1. ภาคกรองความถี่ (filter section)
2. ภาคถอดรหัส (decode section)
3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (steering circuit)
4. ภาคกำเนิดความถี่ (oscillator)
5. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (differential input)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ภาคกรองสัญญาณความถี่

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่คือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิทช์คาปาซิเตอร์ (Six-Order Switched Capacitor Band pass Filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วงคือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ

2. ภาคถอดรหัส

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้ว จะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกมาเป็นตัวเลขโดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้องสัญญาณที่ขา Est ( Early Steering ) ก็จะไปแอดทิฟ สำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปทางเอาต์พุท จะมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะที่กำหนดให้ โดยที่สังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มสวิทช์ความถี่ เพื่อให้มีช่วงความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควรมิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้องส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอกสัญญาณที่ขา Est จะเป็น "High" นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่ความถี่ DTMF เข้ามาทำให้แรงดันสูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ (TRESHOLD) วงจรถอดรหัสจึงจะถอดรหัสออกมาเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต

สัญญาณ DTMF ที่ถูกส่งมาจากภาคส่งสัญญาณจะถูกแยกองค์ประกอบของสัญญาณเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเข้าไบนารีอีกครั้ง ก่อนส่งไปควบคุมที่ภาคเอาต์พุทเกือบทั้งหมดนี้เราสามารถทำงานโดยใช้ไอซีเพียงตัวเดียว ในปริยญาณินพจนธ์ฉบับนี้ใช้ไอซี MT8870 ซึ่งบีนไอซีถอดรหัสที่ใช้กันก่อนข้างจะแพร่หลาย

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยภาคกรองความถี่ ภาคถอดรหัส ภาคตรวจสอบสัญญาณ ภาคขยายสัญญาณอินพุท และภาคกำเนิดความถี่

การทำงานเริ่มจากสัญญาณจากภาคส่งสัญญาณถูกป้อนเข้ามาทางอินพุท ซึ่งจะถูกลขยายโดยออปแอมป์ จากนั้นสัญญาณที่ถูกลขยายแล้วจะถูกส่งต่อไปยังภาคกรองสัญญาณซึ่งมีอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนที่กรองสัญญาณ DTMF เป็นแบนด์พาสฟิลเตอร์ ทำหน้าที่กรองเอาเฉพาะสัญญาณ DTMF ออกมา เนื่องจากสัญญาณที่ส่งมาจากภาคส่งสัญญาณอาจมีสัญญาณอื่นปะปนเข้ามาระหว่างทางได้จึงจำเป็นต้องกรองออกไปและส่วนกรองสัญญาณความถี่สูงกับความถี่ต่ำ

ที่ภาคกรองความถี่สูงจะกรองเอาเฉพาะกลุ่มความถี่สูงของ DTMF และภาคกรองความถี่ก็จะกรองต่ำก็จะกรองเอาเฉพาะกลุ่มความถี่ต่ำของ DTMF จากนั้นสัญญาณทั้งสองส่วนที่ผ่านวงจรแล้ว จะถูกส่งต่อไปยังภาคถอดรหัสเพื่อทำการแปลงความถี่ DTMF ที่ได้ให้เป็นรหัสไบนารี

ถึงแม้ว่าภาคกรองความถี่จะมีถึงสองส่วน แต่ก็ไม่น่าจะความถี่ที่ผ่านวงจรกรองมาได้จะเป็นความถี่ DTMF ที่ถูกต้องเสมอไปซึ่งอาจเป็นสัญญาณรบกวนที่มีความถี่ใกล้เคียงกันก็ได้ทั้งนั้น จึงต้องมีการตรวจสอบสัญญาณเพื่อตรวจสอบว่าช่วงเวลาที่ยสัญญาณปรากฏ ถูกต้องตามที่ตั้งค่าไว้หรือไม่ กล่าวคือถ้าเวลาที่สัญญาณปรากฏสั้นกว่าเวลาที่ตั้งไว้ก็จะถือว่าสัญญาณนั้นมีความผิดพลาดไม่ใช่สัญญาณที่ต้องการ ก็จะไปควบคุมสถานะเอาต์พุทบัพเฟอร์ของไอซีให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์นั่นคือจะไม่มีสัญญาณ ไบนารีปรากฏที่เอาต์พุทของไอซี

ตารางที่ 2.13 แสดงตารางความจริงการถอดรหัสไอซี MT 8870

Dgit	TOE	INH	Est	Q4	Q3	Q2	Q1
ANY	L	X	H	Z	Z	Z	Z
1	H	X	H	0	0	0	1
2	H	X	H	0	0	1	0
3	H	X	H	0	0	1	1
4	H	X	H	0	1	0	0
5	H	X	H	0	1	0	1
6	H	X	H	0	1	1	0
7	H	X	H	0	1	1	1
8	H	X	H	1	0	0	0
9	H	X	H	1	0	0	1
0	H	X	H	1	0	1	0
*	H	X	H	1	0	1	1
#	H	X	H	1	1	0	0
A	H	L	H	1	1	0	1
B	H	L	H	1	1	1	0
C	H	L	H	1	1	1	1
D	H	L	H	0	0	0	0
A	H	H	L				
B	H	H	L				
C	H	H	L				
D	H	H	L				

L=LOGIT LOW, H=LOGIT HIGH, Z=HIGH IMPEDANCE, X=DON'T CARE

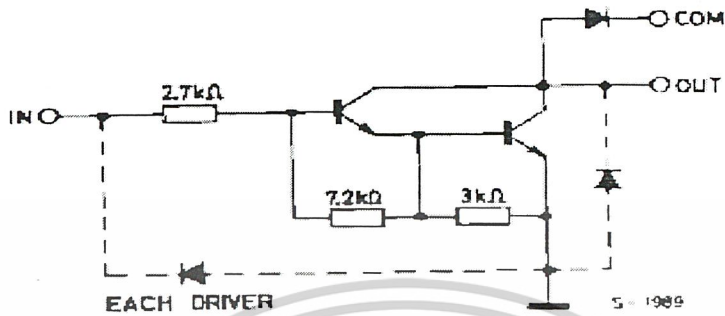
### 2.16 วงจรขับรีเลย์แบบไอซี

ในระบบที่ต้องการควบคุมรีเลย์หลายๆ ช่องพร้อมกัน สามารถใช้ไอซีวงจรถักมาทำหน้าที่แทน วงจรขับที่ใช้ทรานซิสเตอร์ ปัจจุบันมีให้เลือกหลายเบอร์ ในโครงการนี้ได้นำไอซีเบอร์ ULN2003 มาใช้ซึ่ง บริษัท Motorola ที่เป็นวงจรถักแบบ 8 ช่องชนิด Octal High, Voltage, High Current Darlington Arrays

หน้าที่หลักของไอซี ULN2003 คือทำหน้าที่เป็นไอซีอินเตอร์เฟสระหว่างวงจรถักที่ให้ค่าระดับ แรงดันแบบลอจิก (logic level) ที่ค่าต่ำ เช่นในวงจร TTL, CMOS และ PMOS/NMOS มาต่อควบคุมวงจรถักที่มี แรงดันหรือกระแสสูง เช่น รีเลย์ ภายในไอซีจะมีวงจรถักโยทรานซิสเตอร์ที่เชื่อมต่อแบบคาร์ริงตันจำนวน 8 ชุดอยู่ภายใน ด้านเอาต์พุตของวงจรถักแต่ละชุดจะเป็นแบบคอลเลคเตอร์เปิด (open collector outputs) และมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

outputs) และมีแคลมป์ไดโอด (clamp diode) สำหรับลดสัญญาณทรานเซียนต์ (transient suppression) ด้วย ULN2003 นั้นออกแบบมาให้ทำงานร่วมกับวงจรดิจิทัลแบบ TTL มาตรฐาน



รูปที่ 2.28 แสดงโครงสร้างภายในไอซี ULN 2003

จากรูปแสดงวงจรขับภายในไอซี ULN2003 ซึ่งจะมีวงจรแบบนี้อยู่ 8 วงจรภายในไอซีสำหรับการต่อใช้งานนั้นสามารถทำได้โดยนำขาเอาต์พุตแต่ละขาของไอซี ไปขับรีเลย์ได้โดยตรง ส่วนทางด้านขาอินพุตของไอซีก็นำไปต่อเข้ากับเอาต์พุตของวงจรดิจิทัลที่ทำหน้าที่ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

#### การคำนวณและการสร้าง

##### 3.1 หลักการออกแบบ

การออกแบบโครงงานชิ้นนี้จะนำเครื่องรับจีพีเอสพร้อมกับแอกตีฟแอนเทนนามาติดตั้งกับยานพาหนะโดยใช้ไฟเลี้ยงจากแบตเตอรี่ของยานพาหนะ ซึ่งจีพีเอสโมดูลจะทำการรับสัญญาณจากดาวเทียมแล้วทำการคำนวณและส่งข้อมูลออกมา ซึ่งข้อมูลที่ส่งออกมาได้แก่ ข้อมูลเวลา ละติจูด ลองจิจูด ความเร็ว วัน เดือน ปี เป็นต้น ซึ่งข้อมูลนี้จะถูกส่งออกมาเป็นข้อมูลดิจิทัล มีความเร็ว 4800 บิตต่อวินาที เราจะนำข้อมูลนี้มาทำการคัดแยกเอาเฉพาะเรคคอร์ดที่ต้องการ และตัดส่วนของข้อความที่เราต้องการซึ่งได้แก่ ลองจิจูดและละติจูดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC และนำข้อความเหล่านี้มาเข้ารหัสพีดียู (PDU code) และส่งออกโทรศัพท์มือถือซึ่ง โทรศัพท์มือถือที่ใช้ระดับแรงดันเป็นแบบทีทีเอล (TTL) เช่นเดียวกับไมโครคอนโทรลเลอร์แต่เนื่องจากในสายดาต้าลิงก์ (Data link) ของโทรศัพท์โดยทั่วไปนั้นจะมีแมกซ์-232 อยู่ภายใน เพื่อใช้สำหรับแปลงระดับสัญญาณเมื่อติดต่อกับคอมพิวเตอร์ดังนั้นเราจึงทำการดัดแปลงสายดาต้าลิงก์โดยตัดสายดาต้าลิงก์ส่วนที่มีวงจรแมกซ์-232 อยู่ภายในออกและทำการต่อตรงเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์เลยที่ทำเช่นนี้ก็เพื่อเป็นการประหยัดไม่ต้องทำในส่วนของวงจรพอร์ตอนุกรมเพิ่มเติม จากนั้นข้อมูลที่ถูกลบไปเป็นพีดียูโค้ดจะถูกส่งออกไปทางโทรศัพท์มือถือของภาคส่ง และเมื่อ โทรศัพท์ของภาครับรับข้อมูลได้เราจะเสียบสายดาต้าลิงก์เข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อให้ติดต่อกับซอฟต์แวร์และทำการแปลงรหัสพีดียูโค้ดกลับ และนำไปประมวลผลด้วยโปรแกรมเพื่อแสดงผล (Display) ที่จอคอมพิวเตอร์เพื่อให้ทราบตำแหน่งของยานพาหนะ ที่เครื่องส่งส่งข้อมูลมาเมื่อทราบตำแหน่งของยานพาหนะโดยประมาณแล้ว หากมีการตัดสินใจจากภาครับได้แล้วว่าต้องการที่จะตัดการทำงานบางอย่างของยานพาหนะซึ่งปริญญาบัตรฉบับชิ้นนี้ได้เสนอแนวคิดที่จะใช้สวิทช์รีเลย์มาตัดการทำงานซึ่งได้แสดงผลให้เห็นในรูปของการติดและดับของแอลอีดี (Light Emitting Diode:LED) ก็จะโทรเข้ามายังโทรศัพท์มือถือของเครื่องส่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับรู้ว่ามีสัญญาณโทรเข้าจะทำการรับสายและรอคำสั่งต่อไปจากไอซีถอดรหัสสัญญาณความถี่โทรศัพท์ (DTMF DECODER) จากนั้นจึง ไปสั่งให้ไอซีขับรีเลย์ ULN2003 ทำการขับรีเลย์ตัดการทำงานของแอลอีดี เสมือนกับการตัดการทำงานบางอย่างของยานพาหนะซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ต่อไป ในส่วนของการติดตามการเคลื่อนที่ของยานพาหนะได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ

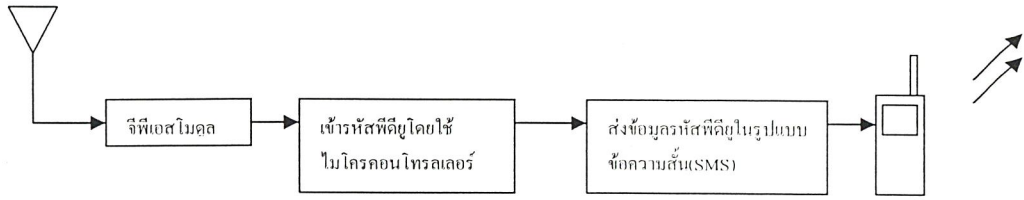
##### 1. ภาคส่ง

- จีพีเอสโมดูล
- ส่วนของการคัดแยกข้อมูลและเข้ารหัสพีดียูโค้ด โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
- โทรศัพท์มือถือในส่วนของภาคส่ง

##### 2. ภาครับ

- คอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับรับข้อมูลจากโทรศัพท์มือถือนำมาประมวลผลและ สำหรับการแสดงผล
- โทรศัพท์มือถือในส่วนของภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมภาคส่ง



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมภาครับ

### 3.2 หลักการอินเตอร์เฟสโทรศัพท์มือถือ

ในที่นี้จะขอกล่าวถึงโทรศัพท์มือถือที่ใช้ในปริญญาณิพนธ์ฉบับนี้คือ โทรศัพท์มือถือยี่ห้อ SIEMENS รุ่น C-35 ในส่วนของการติดต่อกันระหว่างโทรศัพท์มือถือกับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น เราใช้สายดาต้าลิงค์ (DATA LINK) ในการส่งข้อมูลระหว่างกันโดยส่วนของสัญญาณของโทรศัพท์มือถือและไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเป็นสัญญาณระดับ TTL ทั้งคู่ดังนั้นจึงไม่ต้องแปลงสัญญาณใดๆ และหากสายส่งข้อมูล (DATA LINK) ที่ชื่อว่ามีวงจรมะกซ์-232 อยู่ภายในก็ต้องตัดส่วนนั้นทิ้งไปหรือจะประดิษฐ์สายขึ้นมาเองโดยในการใช้งานนี้จะใช้ทั้งหมด 5 ขาคือขา 1, 5, 6, 11 และ 12 ของพอร์ตข้อมูลของโทรศัพท์มือถือ SIEMENS รุ่น C-35 ดังตารางที่ 3.1 รูปแบบข้อมูลของโทรศัพท์มือถือ SIEMENS รุ่น C-35 ส่งข้อมูลในลักษณะ 19200-N-8-1 คือมีอัตราการส่งข้อมูล 19200 บิตต่อวินาที, ไม่มีพาริตีบิต, ข้อมูลมีขนาด 8 บิตและมีบิตหยุด 1 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงพอร์ตของโทรศัพท์มือถือ SIEMENS รุ่น C-35

PIN	NAME	FUNCTION	IN/OUT
1	GND	Ground	
2	SELF-SERVICE	Recognition/control battery charger	in/out
3	LOAD	Charging voltage	in
4	BATTERY	Battery	out
5	DATA OUT	Data send	out
6	DATA IN	Data received	in
7	Z_CLK	Recognition/control accessories	
8	Z_DATA	Recognition/control accessories	
9	MICG	Ground for microphone	in
10	MIC	Microphone input	
11	AUD	Loudspeaker	out
12	AUDG	Ground for external speaker	

หมายเหตุ : ตัวหนาหมายถึงขาที่นำมาใช้งานในปริณิญาณิพนธ์ฉบับนี้

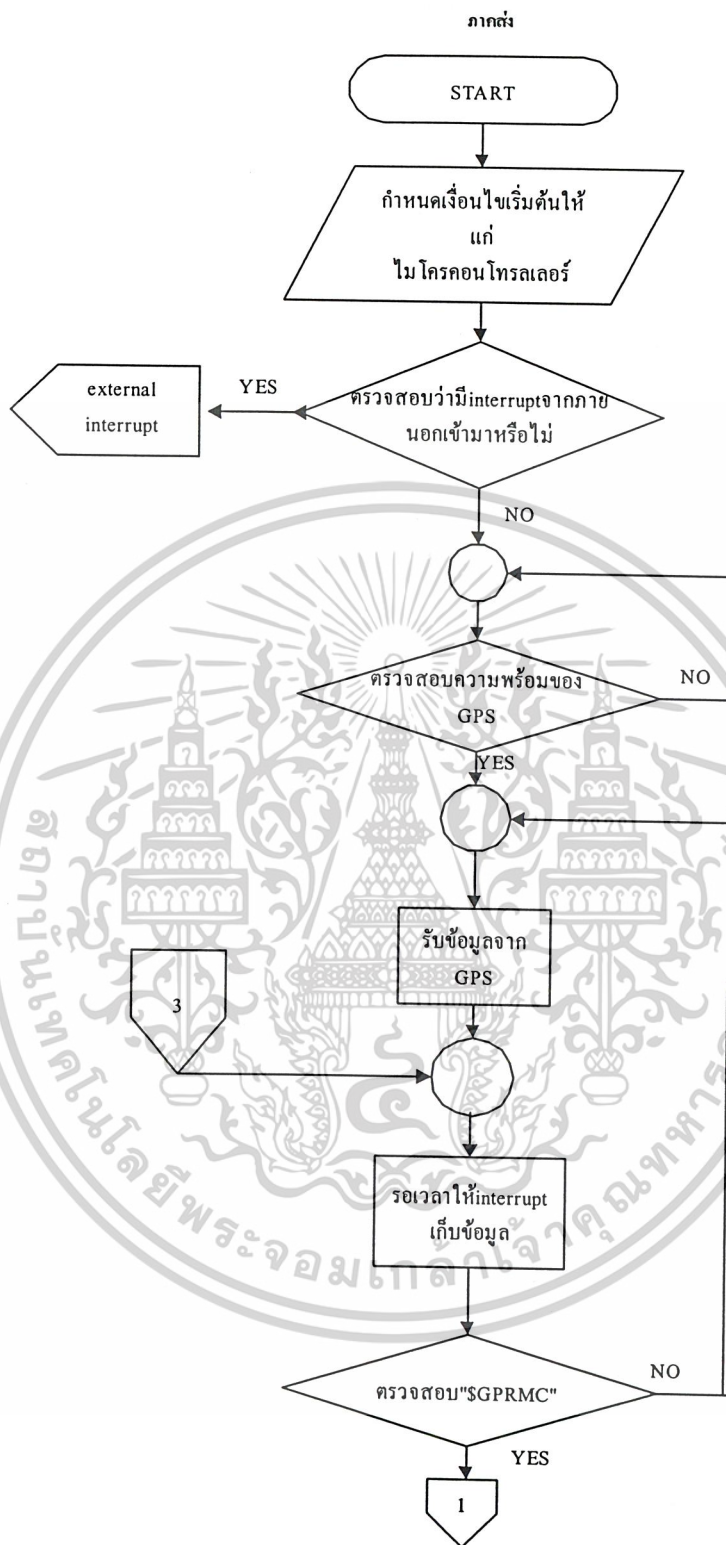
### 3.3 การทำงานของวงจรภาคส่ง

เมื่อจีพีเอสโมดูลและวงจรการทำงานของภาคส่งซึ่งติดตั้งอยู่กับยานพาหนะรับสัญญาณจากดาวเทียมได้และส่งมาให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการรับข้อมูลที่มากับสัญญาณและทำการคัดแยกเรคคอร์ด ในโครงการนี้ได้ใช้เรคคอร์ด GPRMC และทำการคัดในส่วนของแต่ละจุดและสองจุดนำไปเข้ารหัสที่คีย์ล็อกก่อนที่จะส่งออกไปให้กับภาคส่งโดยใช้โทรศัพท์มือถือ ในการรับข้อมูลมาจากจีพีเอสโมดูลจะนำมาเก็บในบัฟเฟอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยที่สามารถกำหนดได้ว่าจะให้ส่งข้อมูลแต่ละจุดและสองจุดไปยังภาครับทุกกี่นาทีหากเวลายังนานก็จะยังมีจำนวนชุดของข้อมูลที่ประกอบด้วยแต่ละจุดและสองจุดมากชุด แต่อย่างไรก็ตามเงื่อนไขของการส่งข้อความสั้นจะอยู่ที่ 160 ตัวอักษรต่อครั้ง ในโครงการนี้ได้กำหนดให้ส่งมายังภาครับทุก ๆ 1 นาทีโดยจะมีข้อมูลส่งมาประมาณ 6 ชุด เมื่อโทรศัพท์มือถือของภาครับรับข้อมูลข้อความสั้นได้แล้วและสามารถทราบตำแหน่งของเครื่องรับจีพีเอสจากซอฟต์แวร์ของภาครับ หากมีการตัดสินใจจากภาครับได้แล้วว่าต้องการที่จะตัดการทำงานบางอย่างของยานพาหนะซึ่งโครงการชิ้นนี้ได้เสนอแนวคิดที่จะใช้สวิตซ์รีเลย์มาตัดการทำงานซึ่งได้แสดงผลให้เห็นในรูปของการติดและดับของแอลอีดี (Light Emitting Diode : LED) ก็จะโทรเข้ามายังโทรศัพท์มือถือของเครื่องส่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับรู้ว่ามีสัญญาณโทรเข้าจะทำการรับสายและรอคำสั่งต่อไปจากไอซีถอดรหัสสัญญาณความถี่โทรศัพท์ (DTMF DECODER) จากนั้นจึงไปสั่งให้ไอซีขับรีเลย์ULN2003ทำการขับรีเลย์ตัดการทำงานของแอลอีดี ถ้าหากว่าเราต้องการที่ทราบว่าจะนิยามพาหนะของเราอยู่ตำแหน่งเดิมหรือไม่โครงการชิ้นนี้ได้ออกแบบมาให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ออกแบบมาให้สามารถตรวจสอบได้โดยการ โทรเข้ามายัง โทรศัพท์มือถือของภาคส่ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะรับสายและรอสัญญาณลจิกจากไอซีถอดรหัสสัญญาณความถี่โทรศัพท์ เมื่อเรากด หมายเลข 9 และวางหู (ในโครงการชิ้นนี้ได้กำหนดให้กด 0 คือวางหู) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่ง ข้อความสั้นไปจำนวน 1 ข้อความเพื่อบอกตำแหน่ง แต่หากมีการ โจรกรรมจริงขึ้นมาจริง โครงการชิ้นนี้ได้ ออกแบบมาให้มีการแยกแยะระหว่างผู้เป็นเจ้าของและผู้ที่ทำกร โจรกรรมโดยมีสวิทช์หลัก 1 ตัวในการปิด/ เปิด เครื่องซึ่งผู้เป็นเจ้าของเท่านั้นที่รู้ และมีสวิทช์อีก 1 ตัวติดกับประตูชนิดกดดับปล่อยติด ซึ่ง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับรู้เพียงว่ามีการเปิดสวิทช์(ประตูเปิด)แล้วก็จะทำการส่งข้อความสั้นไปทุกๆ 1 นาที โดยไม่สนใจว่าปิดสวิทช์แล้ว (ประตูปิด) โดยข้อความสั้นนี้จะไม่หยุดส่งจนกว่าจะมีการ โทรเข้ามายังภาคส่ง และกด 8 เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดส่ง

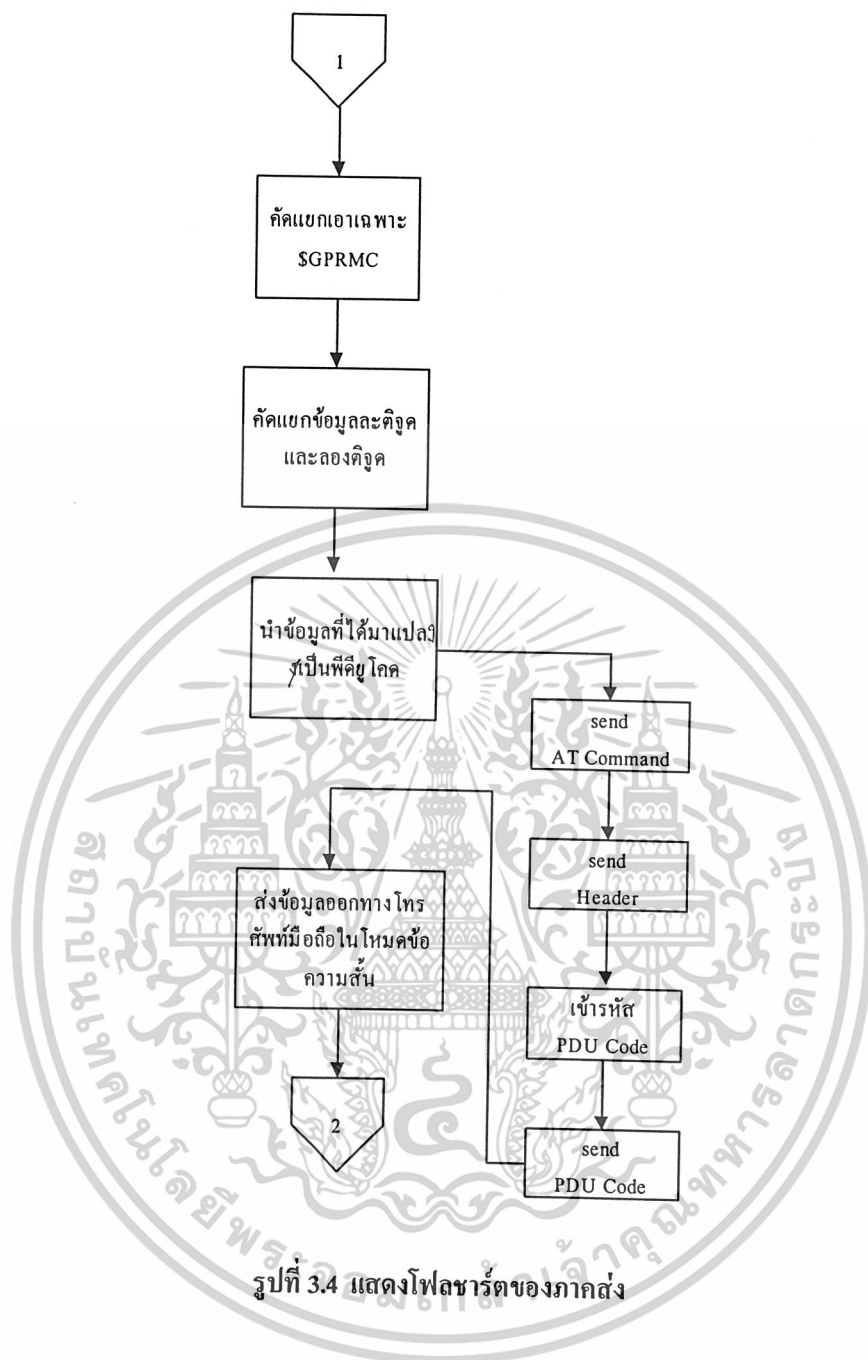


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

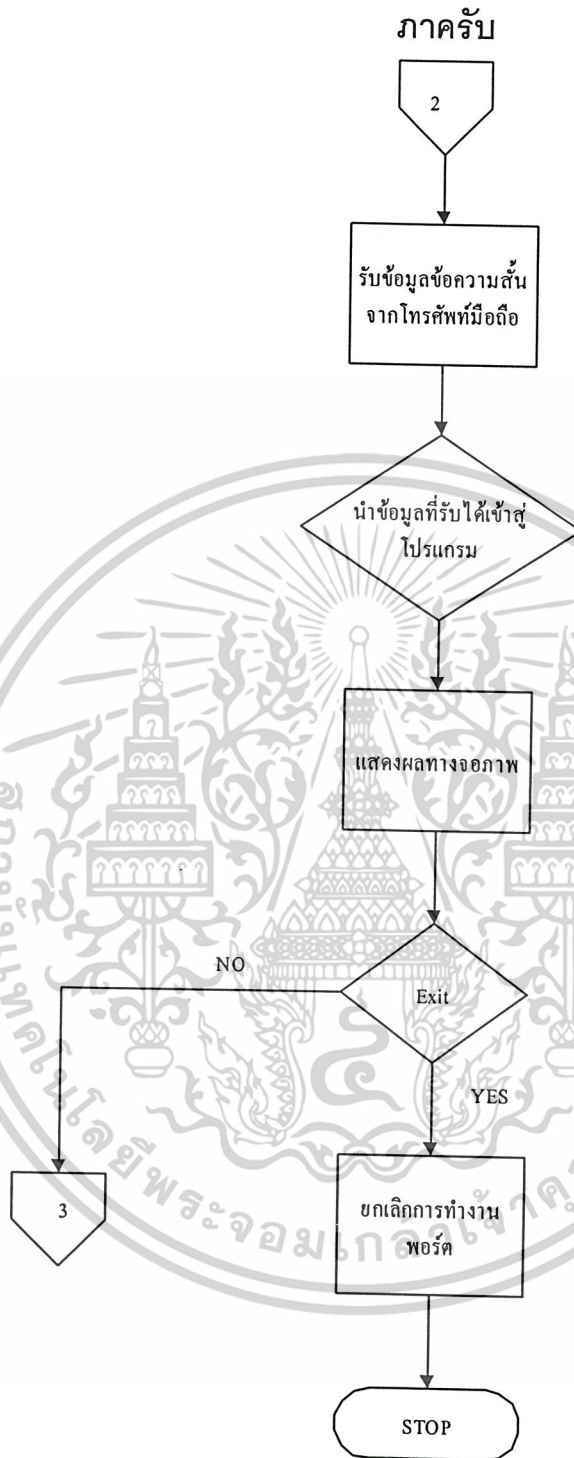


รูปที่ 3.3 แสดงโฟลชาร์ตของภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

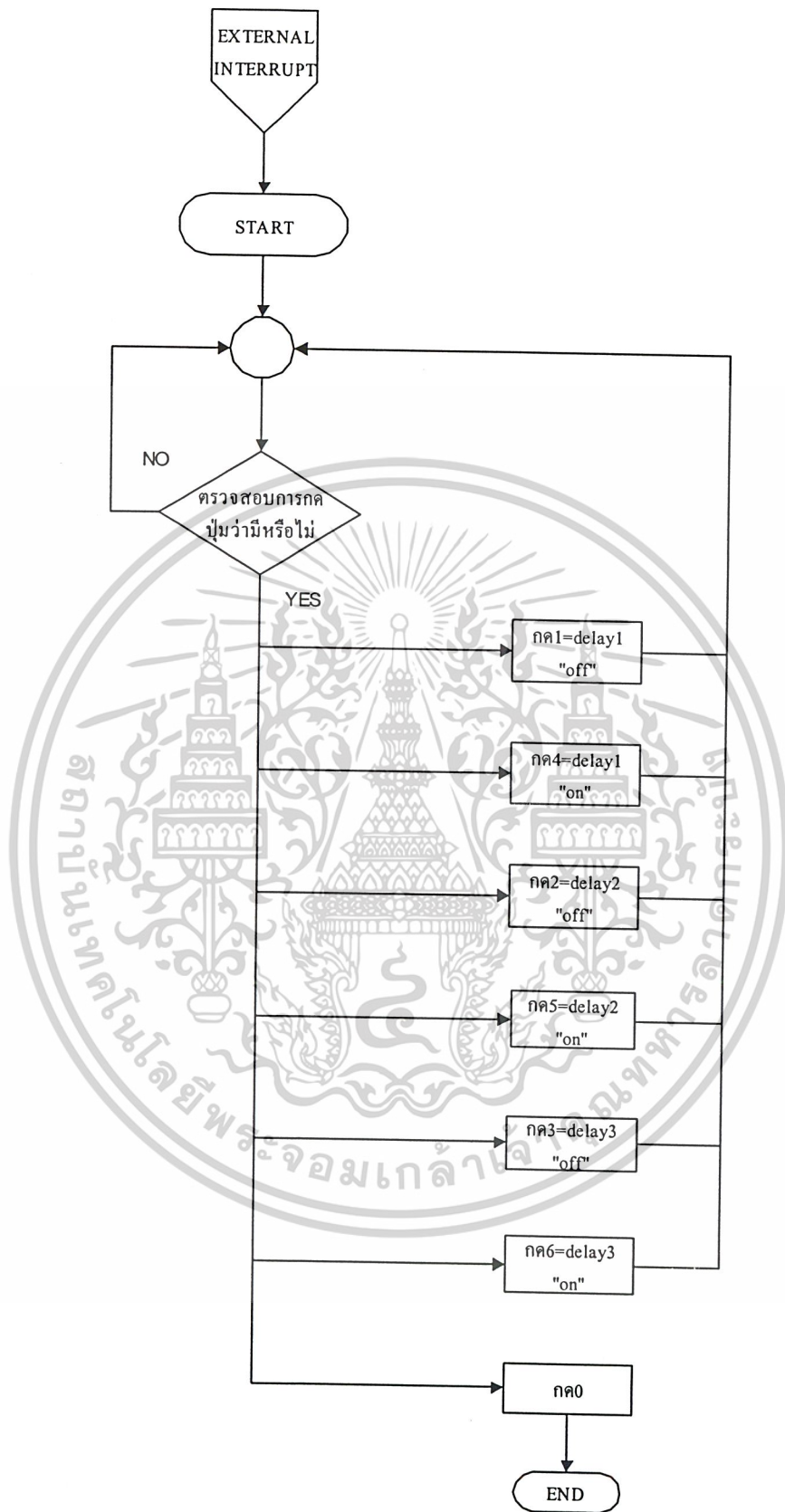


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงโฟลชาร์ตของภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



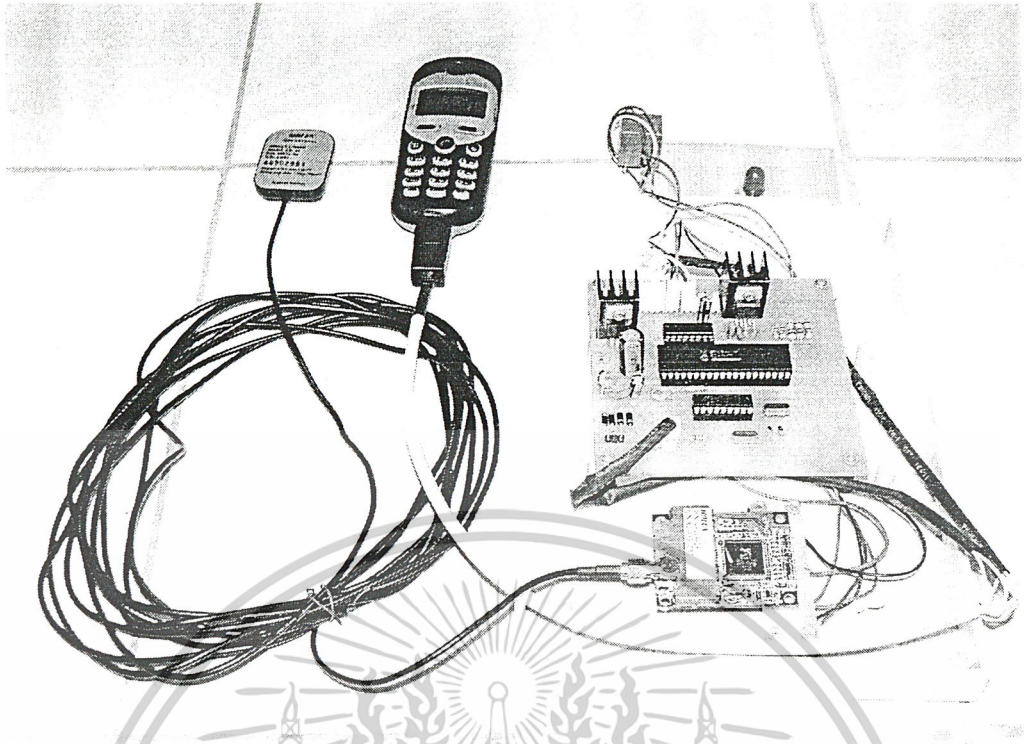
รูปที่ 3.6 แสดงโฟลชาร์ตในส่วนของการอินเตอร์รัปจากภายนอก (การใช้งาน DTMF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 อธิบายการทำงานของวงจร

เริ่มจากจีพีเอสโมดูล ( GPS Module ) ส่งสัญญาณข้อมูลออกมา ซึ่งมีความเร็วในการส่ง 4800 บิตต่อวินาที จำนวนข้อมูลที่จะเข้ามาเป็นจำนวน n บิต และข้อมูลจะมีขนาด 8 บิตต่อซิมไบต์ ขา 11 ของจีพีเอสโมดูลซึ่งเป็นที่ใช้ในการส่งข้อมูล (TX) จะต่อให้กับขาที่ 26 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC18F452 ( Microcontroller PIC 18F452 ) ซึ่งเป็นขารับข้อมูล (RX) และขา 25 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นขาส่งข้อมูล ( TX ) จะต่อกับสายคาต้าลิงค์ของโทรศัพท์มือถือเพื่อส่งข้อมูลออกไปสู่ภายนอก การติดต่อกันระหว่างจีพีเอสโมดูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ก็เพื่อรับสัญญาณข้อมูลที่ดาวเทียมส่งมาทำการประมวลผลก่อนที่จะส่งออกไปยังสายคาต้าลิงค์ของโทรศัพท์มือถือ ขา 2 ของจีพีเอสโมดูลจะต่อเข้ากับไฟบวก 5 โวลต์ ส่วนขา10, 13, 16 และ 18 จะต่อลงกราวด์ ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ขา11 และ 32 จะต่อเข้ากับไฟบวก 5 โวลต์ ขา1 จะต่อเข้ากับไฟบวก 5 โวลต์เช่นกันในลักษณะพูลอัพ (pull up) ขา 13 และ 14 จะมีคริสตัล (Crystal) ต่อคร่อมอยู่เพื่อสร้างสัญญาณคล็อก (Clock) ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ขา 12 และ 31 จะต่อลงกราวด์ สัญญาณก่อนที่จะส่งสัญญาณผ่าน โทรศัพท์มือถือในโหมดของข้อความสั้น (short message) ไปยังภายนอก ในส่วนของภาคจ่ายไฟนั้นได้ใช้ไอซี 7805 ทำการแปลงแรงดันจากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ให้ลดลงเหลือเป็นไฟบวก 5 โวลต์จ่ายให้กับวงจรภาคส่ง และเมื่อมีการโทรเข้ามาจากภายนอกไอซี MT8870 ซึ่งเป็นไอซีถอดรหัสสัญญาณความถี่โทรศัพท์ (DTMF DECODER) ก็จะเป็นตัวรับสัญญาณโทรเข้าขาที่ 15 ของไอซี MT8870 จะต่อเข้ากับขา36ของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทราบว่ามีการอินเตอร์รัปเข้ามาแล้วให้หยุดการทำงานเดิมก่อนแล้วรอคำสั่งที่จะส่งเข้ามาจากภายนอกและผ่านทางไอซี MT8870 โดยคำสั่งนั้นจะอยู่ในรูปของรหัสดิจิตอล ขา11, 12, 13 และ 14 ของไอซี MT8870 จะต่อเข้ากับขา 19, 20, 21 และ 22 ในโครงการนี้ได้เสนอให้เอาท์พุตขั้วรีเลย์เพียง 3 ตัว ดังนั้นทางภาครับจึงสั่งงานได้ 3 ตัวเลือก นั่นคือกด 1, 2 และ 3 เท่านั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับรู้ว่าจะกดอะไรเข้ามาก็จากลอจิกที่ออกมาจากไอซี MT8870 เช่น 0001 นั่นก็คือกด 1 เข้ามา (ได้อธิบายในเรื่องของลอจิกที่ออกมาจากไอซี MT8870 ไว้ในบทที่2) จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณเอาท์พุตออกทางขา 34, 35 และ38 ไปให้กับขา5, 6และ7ของไอซีขั้วรีเลย์ ULN2003 และเอาท์พุตของรีเลย์ ULN2003 จะออกไปขั้วรีเลย์ที่ขา 10, 11 และ 12





รูปที่ 3.8 แสดงส่วนประกอบของภาคส่ง

### 3.5 ภาครับและแสดงผล

ภาครับและแสดงผลประกอบด้วย

- โทรศัพท์มือถือ 1 เครื่อง
- คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง
- ซอฟต์แวร์ที่แปลงข้อมูล SMS ให้เป็นพิกัดตำแหน่ง

ในส่วนนี้นั้นจะกล่าวให้เห็นการทำงานโดยภาพรวมดังนี้ เมื่อภาคส่งส่งสัญญาณมาให้กับภาครับซึ่งอยู่ในรูปของ SMS (SMS ที่ส่งมาจะมีพิกัดตำแหน่งที่เครื่องส่งอยู่ ณ.เวลานั้น) ทางภาครับจะทำหน้าที่กำหนดพิกัดตำแหน่งลงบนแผนที่บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยการทำงานจะอาศัยซอฟต์แวร์ที่แปลงข้อมูล SMS ให้เป็นพิกัดตำแหน่ง โดยการทำงานของซอฟต์แวร์จะทำงานร่วมกับผู้ใช้โปรแกรม โดยผู้ใช้ต้องระบุ SMS ฉบับที่ต้องการใช้แสดงพิกัด จากนั้น โปรแกรมจะประมวลผลแล้วแสดงพิกัดตำแหน่งตาม SMS ที่รับได้ลงบนแผนที่แสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับการใช้งานซอฟต์แวร์จะกล่าวต่อไปในหัวข้อการใช้งานโปรแกรม

#### 3.5.1 การสร้างโปรแกรมแสดงตำแหน่งของยานพาหนะ

โครงการชิ้นนี้ได้เลือกใช้ Delphi เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างแอปพลิเคชันของการแสดงตำแหน่งของยานพาหนะ เนื่องจาก Delphi ประกอบด้วยเครื่องมือชนิดต่าง ๆ มากมายช่วยในการเขียนโปรแกรม อีกทั้ง Delphi เป็นเครื่องมือเขียนโปรแกรมชนิด Visual Programming เช่นเดียวกับ Visual เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Basic หรือ Visual C++ โดยมีข้อดีคือสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่าย และออกแบบได้รวดเร็ว ซึ่งจัดได้ว่า Delphi เป็นซอฟต์แวร์ประเภท RAD (Rapid Application Development) ก็ สามารถสร้างแอปพลิเคชันได้ อย่างรวดเร็ว

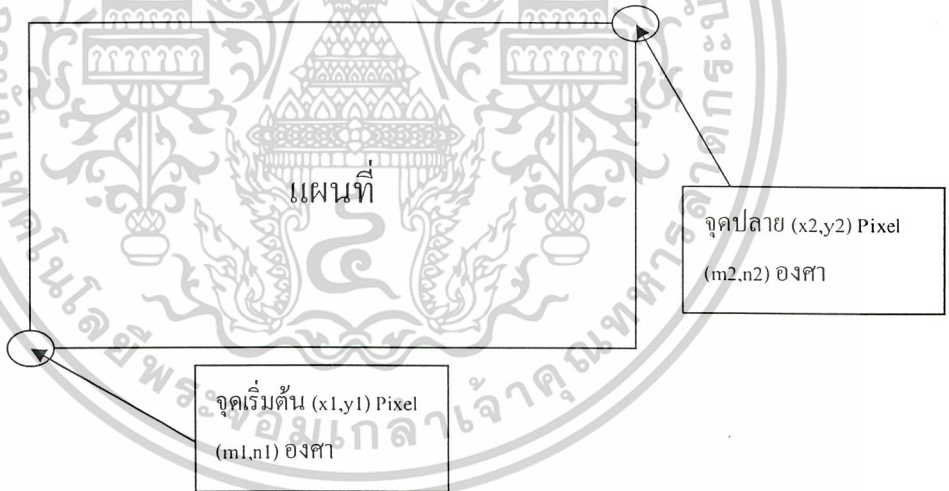
3.5.2 ลำดับการสร้างโปรแกรมแสดงตำแหน่ง

1.เตรียมแผนที่ ในขั้นตอนนี้จะต้องนำแผนที่มาสแกนโดยเครื่อง Scanner เนื่องจากแผนที่ที่มีขนาดใหญ่ แล้วใช้โปรแกรม Photoshop 7.0 ช่วยในการตัดต่อ ซึ่งในขั้นตอนนี้การตัดต่อนี้ต้องใช้ความระมัดระวังมากเป็นพิเศษ เพื่อการระบุตำแหน่งนั้นจะได้คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

2. ออกแบบซอฟต์แวร์โดยใช้โปรแกรม Delphi 7.0 เพื่อแสดงพิกัดของยานพาหนะ โดยความสามารถของโปรแกรมนี้อคือ

- สามารถป้อนพิกัดเพื่อค้นหาตำแหน่งได้
- เชื่อมต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อนำ Message ที่ต้องการมาใช้ในการระบุตำแหน่ง
- ระบุตำแหน่งโดยเชื่อมต่อกับเครื่องรับ GPS

ในส่วนของการคำนวณนั้นทำได้ดังนี้ หลังจากที่ได้แผนที่ซึ่งอยู่ในรูปแบบของไฟล์ภาพนามสกุล .BMP เรียบร้อยแล้วต้องทำการแปลงพิกัดจากองศาให้เป็นพิกเซลซึ่งสามารถทำได้ดังนี้ดูรูปที่ 3.9 ประกอบ โดยการคำนวณนั้นสามารถดูได้จากสมการที่ ด้านล่าง



รูปที่ 3.9 ภาพประกอบการคำนวณ

$$(x2 - x1) \text{ Pixel} = (m2 - m1) \text{ องศา} \text{ และ}$$

$$(y2 - y1) \text{ Pixel} = (n2 - n1) \text{ องศา}$$

จะได้ว่า

$$kx = 1 \text{ Pixel (x)} = (m2 - m1)/(x2 - x1) \text{ และ}$$

$$Ky = 1 \text{ Pixel (y)} = (n2 - n1)/(y2 - y1)$$

ดังนั้นพิกัดที่คำนวณได้จากการแปลงองศาให้เป็นพิกเซลคือ

$$\text{Latitude} = \text{Lat} + x*kx$$

$$\text{Longitude} = \text{Long} + y*ky$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

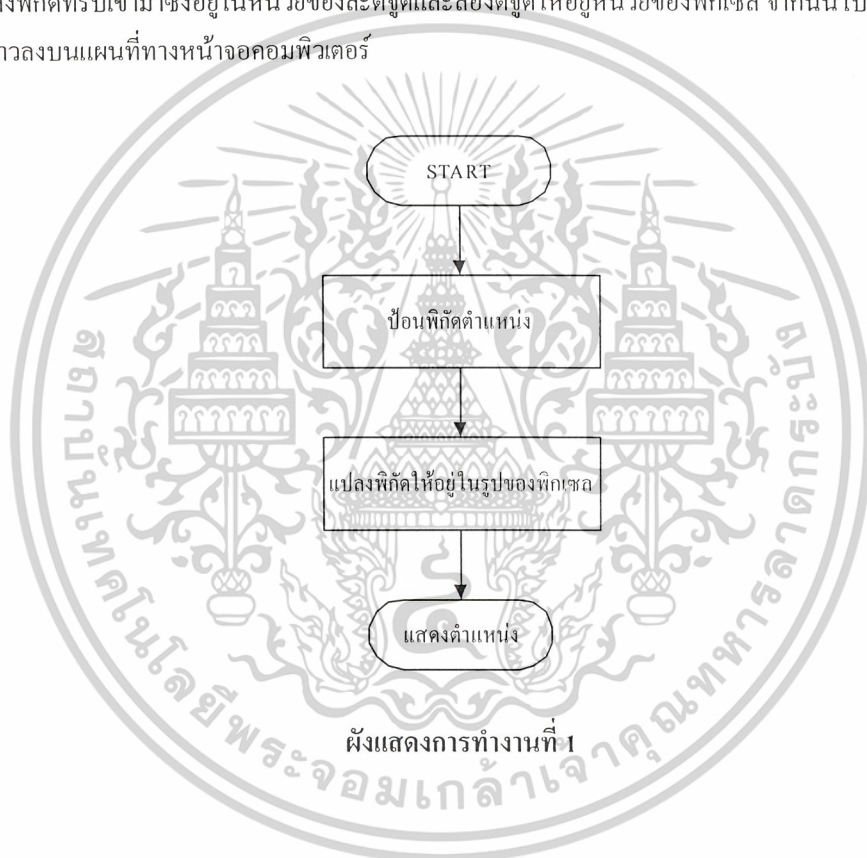
\*หมายเหตุ

Lat : ละติจูดเริ่มต้นของแผนที่  
 Long : ลองจิจูดเริ่มต้นของแผนที่  
 x : ตำแหน่งของเมาส์ตามแนวแกน x  
 y : ตำแหน่งของเมาส์ตามแนวแกน y

### 3.5.3 การทำงานของโปรแกรม

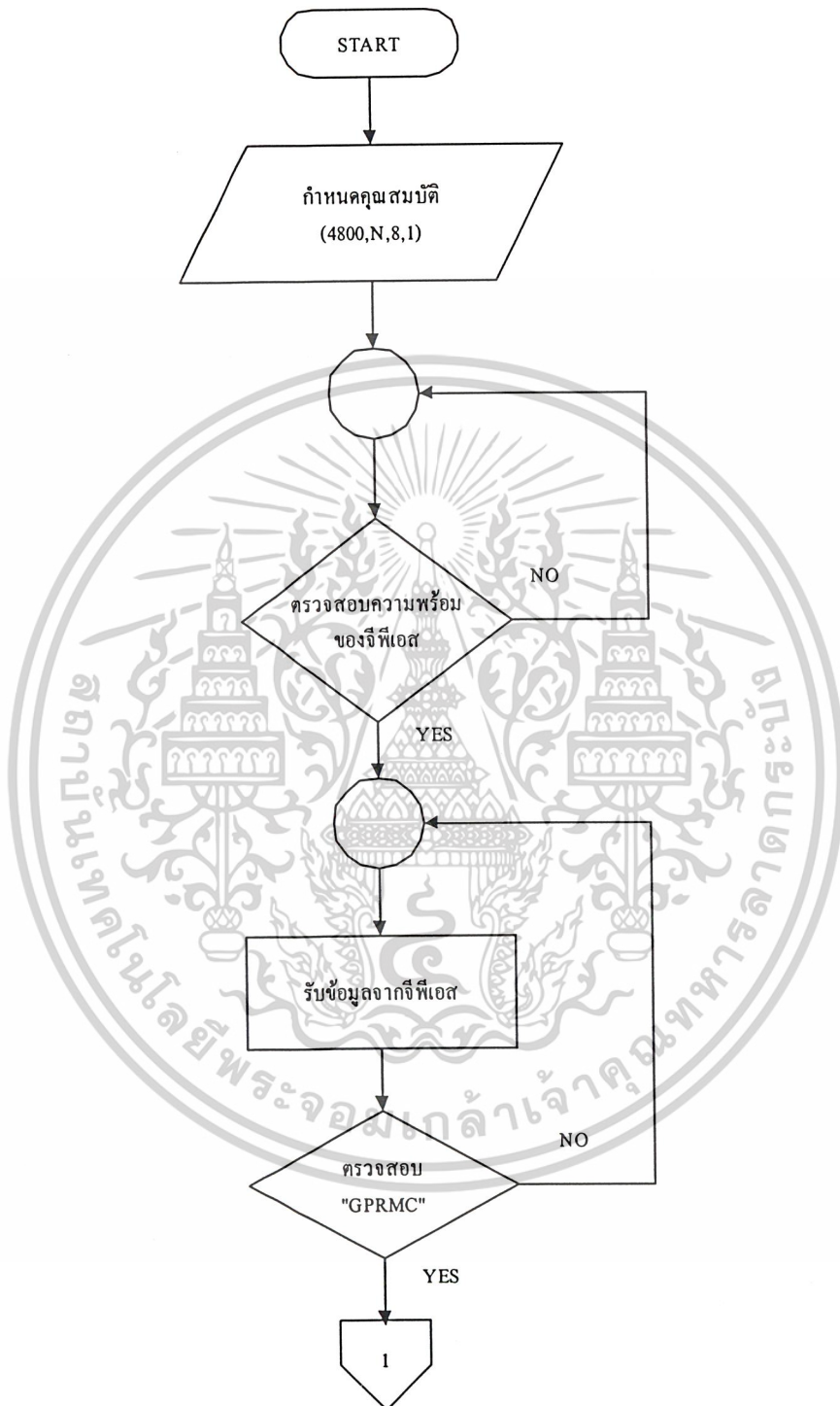
การทำงานของโปรแกรมนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆดังที่กล่าวไว้ข้างต้นคือ

- ส่วนที่ 1 เป็นส่วนที่รับพิกัดจากผู้ใช้ได้โดยตรงเพื่อแสดงพิกัดที่ผู้ใช้ต้องการทราบลงบนแผนที่ ดังแสดงให้เห็นในผังแสดงการทำงานที่ 1 โดยจะรับค่าพิกัดจากผู้ใช้เป็นละติจูดและลองจิจูด จากนั้นโปรแกรมจะทำการแปลงพิกัดที่รับเข้ามาซึ่งอยู่ในหน่วยของละติจูดและลองจิจูดให้อยู่หน่วยของพิกเซล จากนั้นโปรแกรมจะแสดงพิกัดดังกล่าวลงบนแผนที่ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

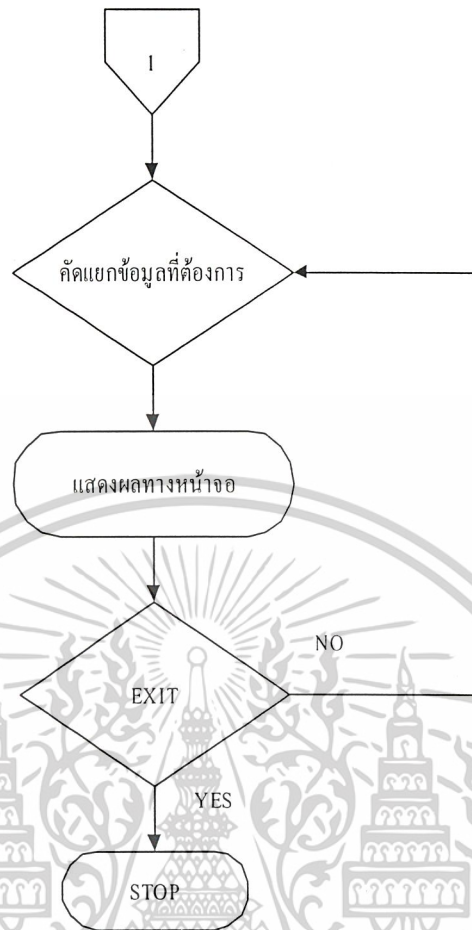


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนที่ 2 เป็นส่วนที่เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องรับ GPS ได้โดยตรงเพื่อแสดงตำแหน่งพิกัดที่เครื่องรับ GPS รับมาได้ ดังแสดงให้เห็นในผังแสดงการทำงานที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

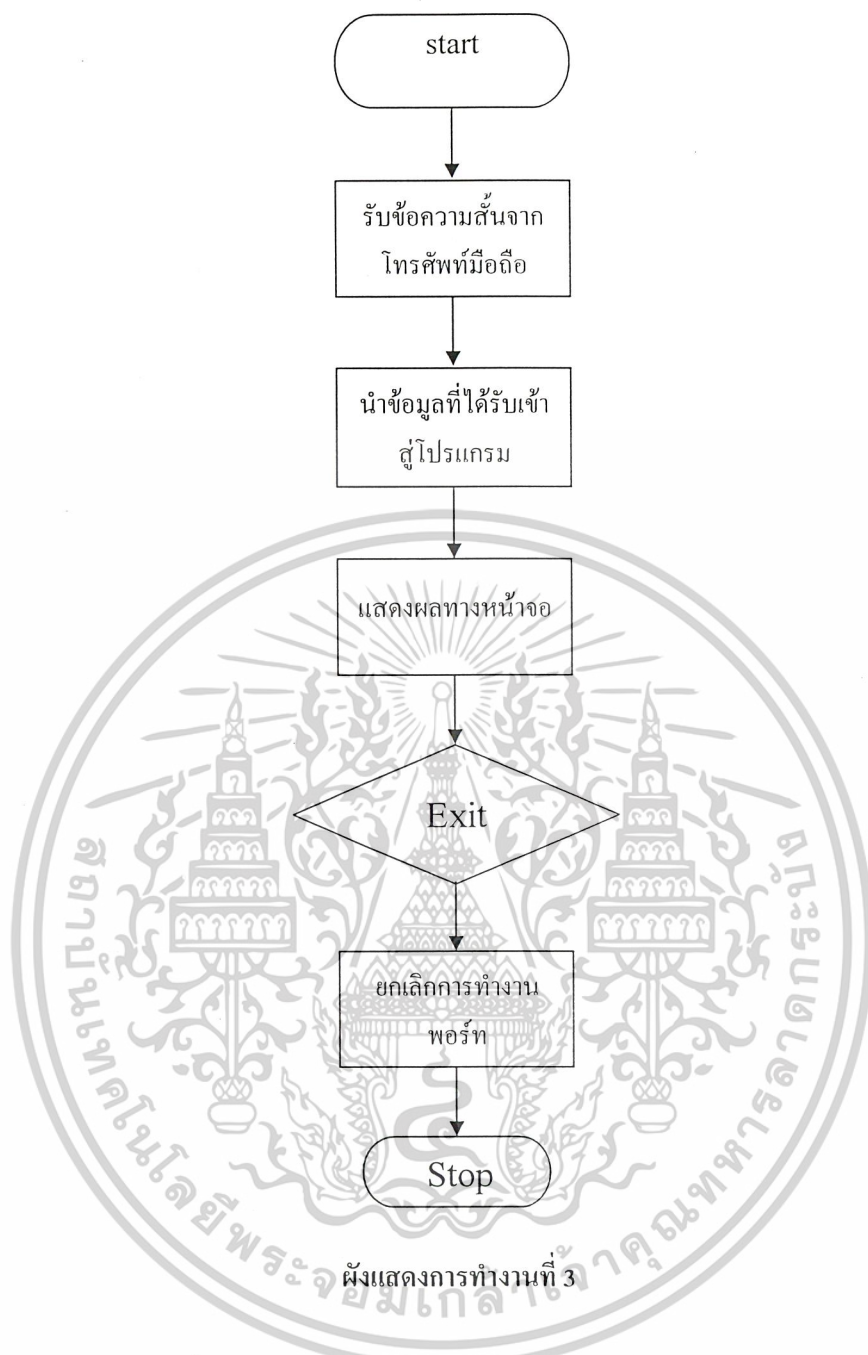


### ผังแสดงการทำงานที่ 2

โดยส่วนนี้จะทำงานเมื่อผู้ใช้นำเครื่องรับจีพีเอสมาเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์การทำงานของโปรแกรมคือ โปรแกรมจะให้ผู้ใช้ตั้งค่าคุณสมบัติของการเชื่อมต่อคือ ตั้งค่า Port ที่ใช้ในการเชื่อมต่อ (COM1 - COM2) Baud rate, Data bit(กำหนดให้เป็น 8 bits), Stop bits(กำหนดให้เป็น 1 bits), Parity bits (กำหนดให้เป็น Non), Flow control (กำหนดให้เป็น Non) จากนั้นเฟรมข้อมูลต่างๆจะถูกส่งเข้ามายังพอร์ตที่ใช้เชื่อมต่อกับเครื่องรับจีพีเอส โปรแกรมจะรับเฟรมต่างๆเข้ามาแล้วคัดเอาเฉพาะเฟรมข้อมูลที่ต้องการ เมื่อได้เฟรมที่ต้องการแล้วก็จะทำการนำข้อมูลที่อยู่ในเฟรมมาใช้โดยเลือกเฉพาะข้อมูลที่ต้องการใช้เท่านั้นคือละติจูดกับลองจิจูด เมื่อได้ตำแหน่งมาแล้ว โปรแกรมจะแสดงตำแหน่งนั้นลงบนแผนที่ที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

- ส่วนที่3 เป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อนำ SMS ภายในโทรศัพท์ ซึ่งผู้ใช้ต้องรู้ด้วยว่าเป็น SMS ฉบับที่เท่าไร มาประมวลผลในการแสดงตำแหน่งพิกัด ซึ่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้เชื่อมต่อนั้นต้องรองรับการเชื่อมต่อเข้ากับโปรแกรมด้วย ซึ่งในปฏิญญาพันธฉบับนี้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่น SEMENS โดยการทำงานของโปรแกรมสามารถดูได้จากแผนผังแสดงการทำงานที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

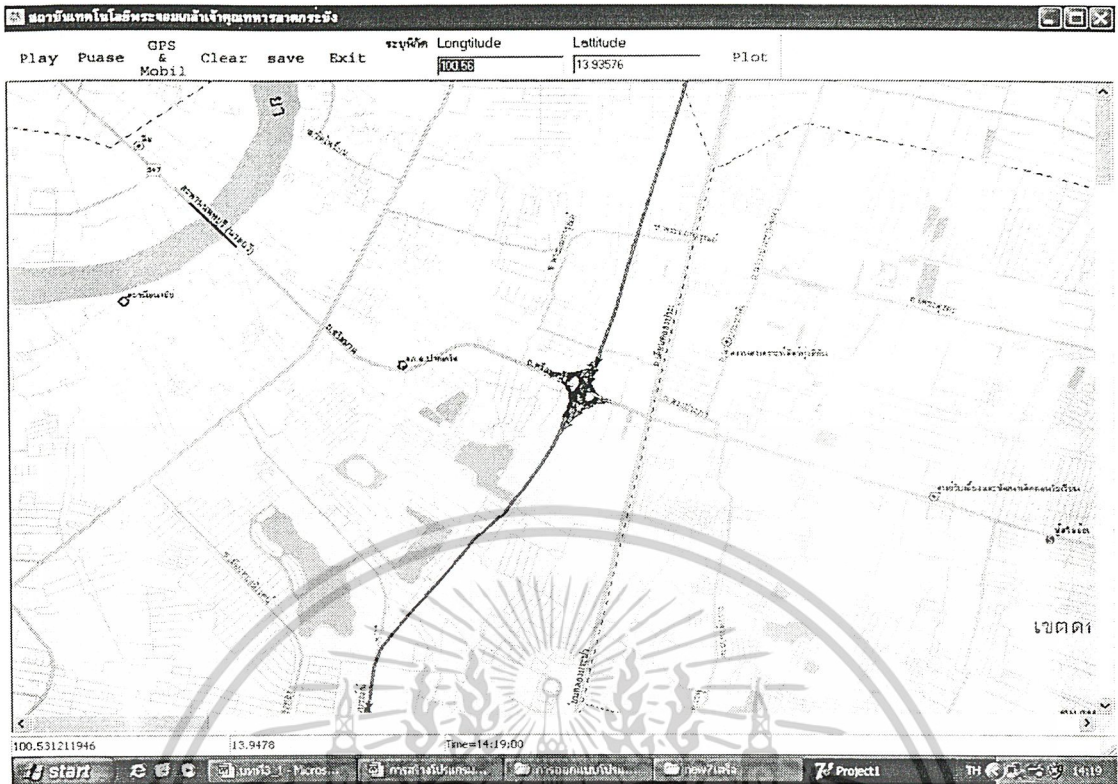


โดยส่วนนี้จะเชื่อมต่อ โทรศัพท์เคลื่อนที่เข้ากับคอมพิวเตอร์ ผู้ใช้ต้องรู้ว่า message ฉบับใดที่จะนำมาประมวลผลในการแสดงพิกัดตำแหน่งโดยกำหนดให้ โปรแกรมทราบ จากนั้น โปรแกรมจะส่งคำสั่งร้องขอ message ฉบับดังกล่าว ไปยัง โทรศัพท์ เมื่อ โทรศัพท์รับรู้จะส่ง message ฉบับดังกล่าวกลับมา

### 3.5.4 การใช้งานโปรแกรม

ในส่วนของการใช้งานโปรแกรมนั้น ดังที่กล่าวไปแล้วตอนต้นว่า โปรแกรมจะรับพิกัดมาจาก 3 แหล่ง คือ จากผู้ใช้โดยตรง จากโทรศัพท์มือถือ และจากเครื่องรับจีพีเอส จากนั้นจะทำการพล็อตพิกัดลงบนแผนที่ที่ได้เตรียมเอาไว้ ซึ่งจะอธิบายการใช้งานโปรแกรมโดยละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงหน้าต่างโปรแกรมที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้

ในส่วนที่ใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้นั้นมีปุ่มต่างๆแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนเพื่อไม่ให้สับสนในการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3.11

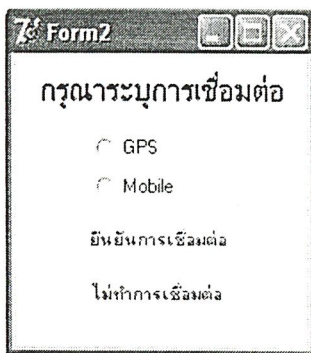


รูปที่ 3.11 แสดงปุ่มต่างๆที่ใช้งานในโปรแกรม

แต่ละปุ่มมีหน้าที่ดังนี้

- Play เป็นปุ่มที่ใช้ในการเริ่มต้นติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเมื่อกดปุ่ม Play แล้วจะปรากฏเป็นหน้าต่างขึ้นมาให้เลือกการติดต่อดังรูปที่ 3.12 และเมื่อกดปุ่มยืนยันการเชื่อมต่อ จะปรากฏหน้าต่างขึ้นมาให้ทำการตั้งค่าคุณสมบัติการเชื่อมต่อดังรูปที่ 3.13 ซึ่งการเซตจะเซตเฉพาะ Port และ Baud rate ให้ตรงกับที่ใช้งานเท่านั้นจากนั้นจึงกด OK เป็นการสิ้นสุดการเซตค่าการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

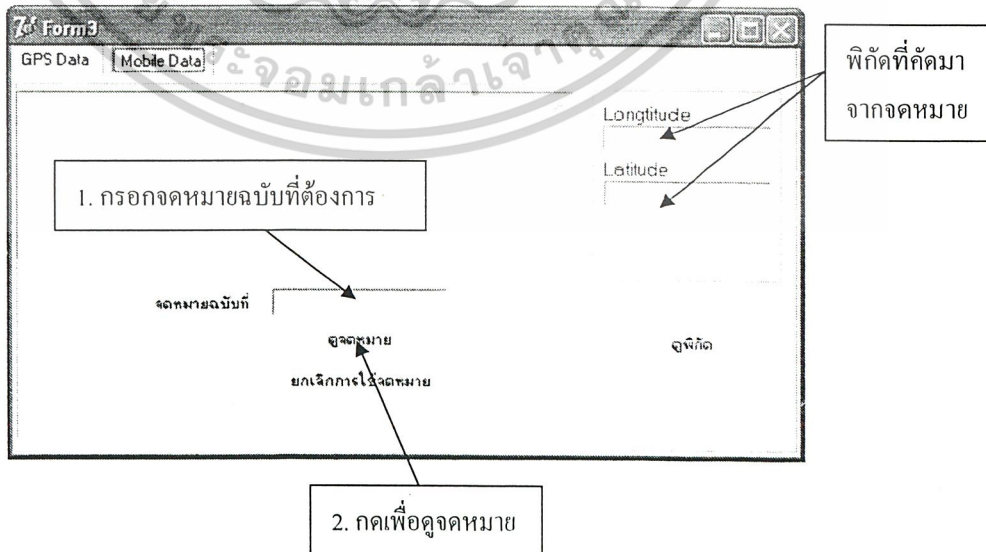


รูปที่ 3.12 แสดงหน้าต่างเลือกการเชื่อมต่อ



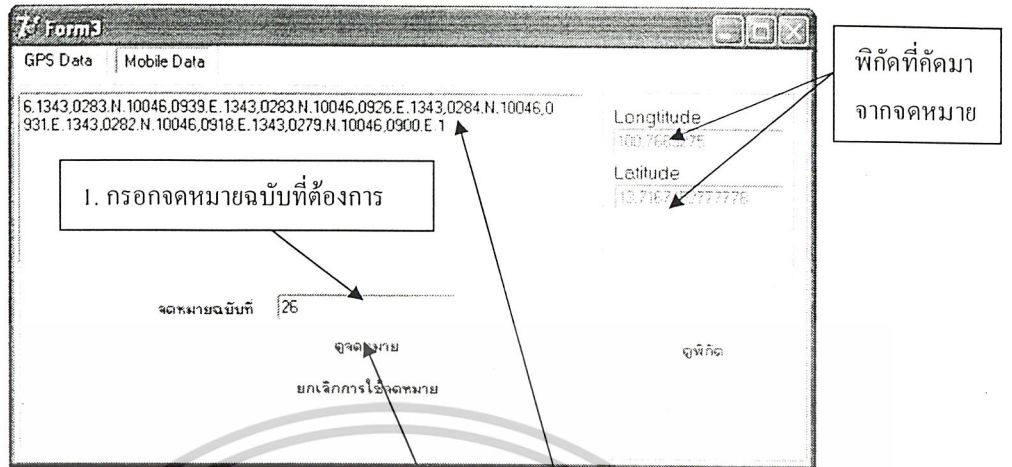
รูปที่ 3.13 แสดงหน้าต่างการตั้งค่าคุณสมบัติการเชื่อมต่อ

- Puase เป็นปุ่มที่ใช้ในการหยุดการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกชั่วคราว
- GPS & Mobile เป็นปุ่มที่ใช้ในการเรียกหน้าต่างดังรูปที่ 3.14 ขึ้นมา ซึ่งเป็นหน้าต่างที่ใช้เลือก SMS ฉบับที่ต้องการเพื่อใช้ในการแสดงพิกัด



รูปที่ 3.14(ก) การเลือก SMS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1. กรอกจกจดหมายฉบับที่ต้องการ

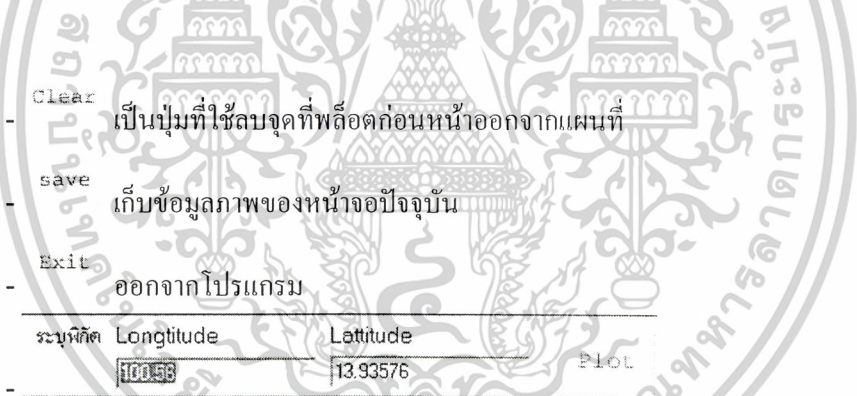
จุดหมายฉบับที่ 25

2. กดเพื่อดูจุดหมาย

พิกัดที่ถัดมา  
จากจดหมาย

เนื้อความภายในจดหมายที่รับมาจากภาคส่ง

รูปที่ 3.14(ข) การเลือก SMS



Clear

save

Exit

ระบุพิกัด

เป็นปุ่มที่ใช้ลบจุดที่พล็อตก่อนหน้าออกจากแผนที่

เก็บข้อมูลภาพของหน้าจอปัจจุบัน

ออกจากโปรแกรม

Longitude

Latitude

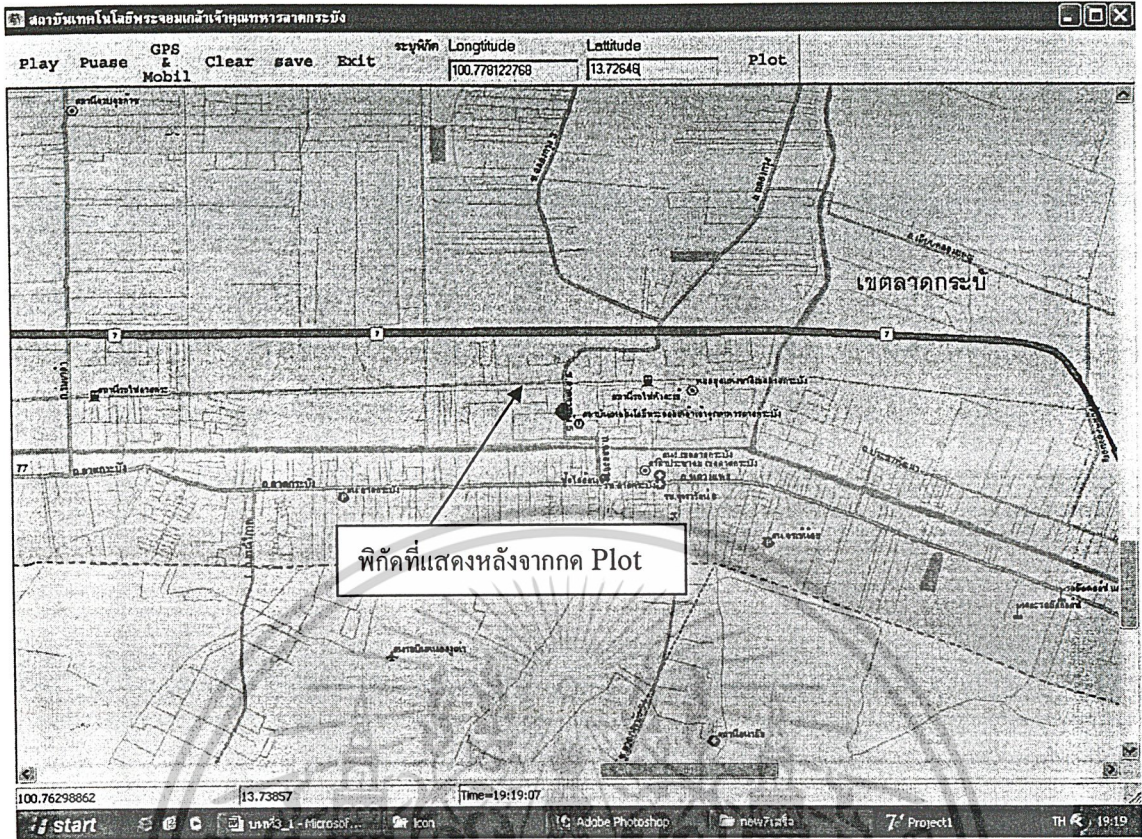
Plot

100.53

13.93576

เป็นกลุ่มของคอมพิวเตอร์ในใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้โดยตรง โดยสามารถกำหนดพิกัด Longitude , Latitude ลงไปได้ดังรูป จากนั้นกด Plot จะปรากฏพิกัดดังกล่าวแสดงให้เห็นในแผนที่ดังรูปที่ 3.15 ซึ่งพิกัดดังกล่าวเป็นพิกัดบริเวณ ทางเข้าคณะวิศวกรรมศาสตร์

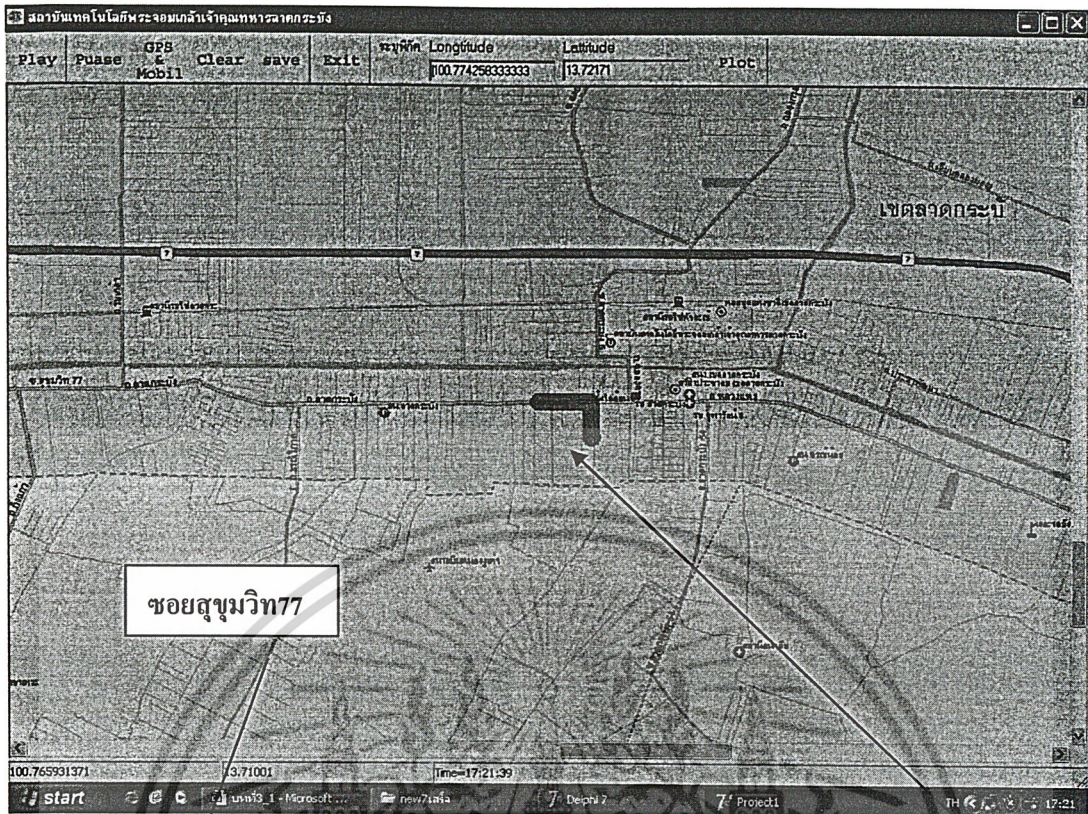
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แสดงพิกัดหลังจากกดปุ่ม Plot

หากในขั้นตอนเลือกการเชื่อมต่อ เลือกการเชื่อมต่อกับจีพีเอส โดยต้องแน่ใจว่าจีพีเอสได้เชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะแสดงพิกัดของจีพีเอสโดยอัตโนมัติดังรูปที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงเส้นทางที่พล็อตได้จากซอยไปรษณีย์เขตลาดกระบังไปตลอดจนถึงซอยสุขุมวิท 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

### 4.1 กล่าวนำ

รายละเอียดของการทดลอง ในขั้นแรกนั้นจะทำการทดลองคุณสมบัติของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมหรือจีพีเอสโมดูล (GPS Module) เบื้องต้น โดยจะนำจีพีเอสโมดูลมาต่อเข้ากับพอร์ตสื่อสารอนุกรมของคอมพิวเตอร์แล้วใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอลหรือจะเป็นโปรแกรมอื่นๆ ที่สามารถรับข้อมูลของจีพีเอสได้

### 4.2 การทดลองเครื่องรับจีพีเอส

ในการทดลองเครื่องรับจีพีเอส นี้ได้ใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล มาใช้ในการตรวจสอบข้อมูลที่เครื่องรับจีพีเอสสามารถรับได้จากดาวเทียม

#### ขั้นตอนการทดลอง

1. สร้างวงจรสื่อสารอนุกรมหรือแมกซ์-232 เพื่อรองรับสัญญาณข้อมูลจากเครื่องรับ จีพีเอสและทำการแปลงระดับสัญญาณเพื่อติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์
2. ทำการติดตั้งเครื่องรับจีพีเอสกับรถยนต์โดยนำสายอากาศซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กติดบนหลังการรถยนต์
3. เปิดโปรแกรมจีพีเอสสวิตชวลและทำการกำหนดค่าต่างๆ ดังนี้

Bit rate = 4800

Data bit = 8

Parity = None

Stop bit = 1

เมื่อกำหนดค่าการติดต่อสื่อสารพอร์ตอนุกรมเรียบร้อยแล้วก็จะทำการรับ สัญญาณข้อมูลจากเครื่องรับจีพีเอส

4. ทำการเคลื่อนที่รถยนต์ไปยังบริเวณสนามกีฬาของสถาบันซึ่งเป็นที่โล่งแจ้งสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้อย่างเต็มที่ และทำการบันทึกค่าข้อมูลที่ส่งมาซึ่งจะเป็นข้อความ ดังรูปที่ 4.1

43.6329,N,10046.5957,E,5.31,85.89,100904,,\*3E

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

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

\$GPRMC,130703.469,A,1343.6329,N,10046.5973,E,5.56,86.81,100904,,\*33

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

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

\$GPRMC,130704.469,A,1343.6330,N,10046.5989,E,5.69,86.20,100904,,\*3E

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

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

\$GPRMC,130705.469,A,1343.6332,N,10046.6005,E,6.02,81.87,100904,,\*37

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130706.469,A,1343.6333,N,10046.6023,E,6.30,82.68,100904,,\*32  
 \$GPGGA,130707.468,1343.6336,N,10046.6041,E,1,06,1.5,-7.9,M,,,,0000\*23  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPGSV,3,1,12,08,72,299,48,27,72,195,47,04,67,178,,02,49,016,\*76  
 \$GPGSV,3,2,12,11,43,043,45,31,40,300,43,28,29,335,41,20,20,121,39\*71  
 \$GPGSV,3,3,12,25,11,150,,13,11,180,,01,10,177,,29,09,177,\*70  
 \$GPRMC,130707.468,A,1343.6336,N,10046.6041,E,6.53,81.89,100904,,\*3A  
 \$GPGGA,130708.468,1343.6335,N,10046.6059,E,1,06,1.5,-8.4,M,,,,0000\*24  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130708.468,A,1343.6335,N,10046.6059,E,6.24,89.06,100904,,\*30  
 \$GPGGA,130709.468,1343.6335,N,10046.6077,E,1,06,1.5,-8.9,M,,,,0000\*24  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130709.468,A,1343.6335,N,10046.6077,E,6.26,89.51,100904,,\*3D  
 \$GPGGA,130710.468,1343.6334,N,10046.6094,E,1,06,1.5,-9.3,M,,,,0000\*2B  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130710.468,A,1343.6334,N,10046.6094,E,6.09,94.55,100904,,\*3C  
 \$GPGGA,130711.468,1343.6330,N,10046.6111,E,1,06,1.5,-9.8,M,,,,0000\*29  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130711.468,A,1343.6330,N,10046.6111,E,5.96,100.93,100904,,\*06  
 \$GPGGA,130712.468,1343.6324,N,10046.6127,E,1,06,1.5,-10.2,M,,,,0000\*18  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPGSV,3,1,12,08,72,299,48,27,72,195,48,04,67,178,,02,49,016,\*79  
 \$GPGSV,3,2,12,11,43,043,48,31,40,300,46,28,29,335,41,20,20,121,42\*75  
 \$GPGSV,3,3,12,25,11,150,,13,11,180,,01,10,177,,29,09,177,\*70  
 \$GPRMC,130712.468,A,1343.6324,N,10046.6127,E,6.04,111.01,100904,,\*06  
 \$GPGGA,130713.468,1343.6314,N,10046.6142,E,1,06,1.5,-10.6,M,,,,0000\*1D  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130713.468,A,1343.6314,N,10046.6142,E,6.28,122.24,100904,,\*0E  
 \$GPGGA,130714.468,1343.6301,N,10046.6155,E,1,06,1.5,-11.0,M,,,,0000\*1F  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130714.468,A,1343.6301,N,10046.6155,E,6.48,137.04,100904,,\*0B  
 \$GPGGA,130715.468,1343.6284,N,10046.6164,E,1,06,1.5,-11.4,M,,,,0000\*14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130715.468,A,1343.6284,N,10046.6164,E,6.80,151.68,100904,,\*0A  
 \$GPGGA,130716.468,1343.6265,N,10046.6169,E,1,06,1.5,-11.8,M,,,0000\*19  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130716.468,A,1343.6265,N,10046.6169,E,7.08,165.44,100904,,\*03  
 \$GPGGA,130717.468,1343.6245,N,10046.6172,E,1,06,1.5,-12.2,M,,,0000\*19  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPGSV,3,1,12,08,72,299,49,27,72,195,46,04,67,178,,02,49,016,\*76  
 \$GPGSV,3,2,12,11,43,043,48,31,40,300,49,28,29,335,45,20,20,121,42\*7E  
 \$GPGSV,3,3,12,25,11,150,,13,11,180,,01,10,177,,29,09,177,\*70  
 \$GPRMC,130717.468,A,1343.6245,N,10046.6172,E,7.19,173.83,100904,,\*06  
 \$GPGGA,130718.468,1343.6225,N,10046.6172,E,1,06,1.5,-12.5,M,,,0000\*17  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130718.468,A,1343.6225,N,10046.6172,E,7.29,178.17,100904,,\*0A  
 \$GPGGA,130719.468,1343.6204,N,10046.6173,E,1,06,1.5,-12.8,M,,,0000\*19  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130719.468,A,1343.6204,N,10046.6173,E,7.47,177.97,100904,,\*06  
 \$GPGGA,130720.468,1343.6183,N,10046.6172,E,1,06,1.5,-13.2,M,,,0000\*15  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130720.468,A,1343.6183,N,10046.6172,E,7.59,177.88,100904,,\*00  
 \$GPGGA,130721.468,1343.6161,N,10046.6171,E,1,06,1.5,-13.6,M,,,0000\*1F  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130721.468,A,1343.6161,N,10046.6171,E,7.82,179.84,100904,,\*0A  
 \$GPGGA,130722.468,1343.6138,N,10046.6170,E,1,06,1.5,-14.0,M,,,0000\*10  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPGSV,3,1,11,08,72,299,49,27,72,195,46,04,67,178,,11,43,043,49\*70  
 \$GPGSV,3,2,11,31,40,300,40,28,29,335,46,20,20,121,42,25,11,150,\*78  
 \$GPGSV,3,3,11,13,11,180,38,01,10,176,,29,09,177,\*4A  
 \$GPRMC,130722.468,A,1343.6138,N,10046.6170,E,7.87,180.28,100904,,\*01  
 \$GPGGA,130723.468,1343.6116,N,10046.6169,E,1,06,1.5,-14.4,M,,,0000\*11  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130723.468,A,1343.6116,N,10046.6169,E,7.88,179.60,100904,,\*01  
 \$GPGGA,130724.467,1343.6094,N,10046.6169,E,1,06,1.5,-14.8,M,,,0000\*1E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130724.467,A,1343.6094,N,10046.6169,E,7.95,177.89,100904,,\*07  
 \$GPGGA,130725.467,1343.6072,N,10046.6168,E,1,06,1.5,-15.1,M,,,0000\*1E  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130725.467,A,1343.6072,N,10046.6168,E,7.93,177.94,100904,,\*05  
 \$GPGGA,130726.467,1343.6049,N,10046.6168,E,1,06,1.5,-15.4,M,,,0000\*10  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130726.467,A,1343.6049,N,10046.6168,E,8.06,177.42,100904,,\*06  
 \$GPGGA,130727.467,1343.6027,N,10046.6168,E,1,06,1.5,-15.8,M,,,0000\*15  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPGSV,3,1,11,08,72,299,48,27,72,195,45,04,67,178,,11,43,043,46\*7D  
 \$GPGSV,3,2,11,31,40,300,49,28,29,335,45,20,20,121,42,25,11,150,\*72  
 \$GPGSV,3,3,11,13,11,180,38,01,10,176,,29,09,177,\*4A  
 \$GPRMC,130727.467,A,1343.6027,N,10046.6168,E,7.85,177.51,100904,,\*09  
 \$GPGGA,130728.467,1343.6005,N,10046.6168,E,1,06,1.5,-16.1,M,,,0000\*10  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130728.467,A,1343.6005,N,10046.6168,E,7.72,178.91,100904,,\*0D  
 \$GPGGA,130729.467,1343.5983,N,10046.6167,E,1,06,1.5,-16.3,M,,,0000\*18  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130729.467,A,1343.5983,N,10046.6167,E,7.73,178.38,100904,,\*05  
 \$GPGGA,130730.467,1343.5962,N,10046.6167,E,1,06,1.5,-16.6,M,,,0000\*1A  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130730.467,A,1343.5962,N,10046.6167,E,7.49,178.20,100904,,\*02  
 \$GPGGA,130731.467,1343.5942,N,10046.6167,E,1,06,1.5,-16.8,M,,,0000\*17  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130731.467,A,1343.5942,N,10046.6167,E,6.97,179.06,100904,,\*06  
 \$GPGGA,130732.467,1343.5924,N,10046.6166,E,1,06,1.5,-17.0,M,,,0000\*1C  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPGSV,3,1,11,08,72,299,49,27,72,195,46,04,67,178,,11,43,043,48\*71  
 \$GPGSV,3,2,11,31,40,300,44,28,29,335,45,20,20,121,37,25,11,150,\*7D  
 \$GPGSV,3,3,11,13,11,180,26,01,10,176,,29,09,177,\*45  
 \$GPRMC,130732.467,A,1343.5924,N,10046.6166,E,6.31,179.59,100904,,\*02  
 \$GPGGA,130733.467,1343.5908,N,10046.6166,E,1,06,1.5,-17.1,M,,,0000\*12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130733.467,A,1343.5908,N,10046.6166,E,5.69,178.25,100904,,\*09  
 \$GPGGA,130734.467,1343.5893,N,10046.6168,E,1,06,1.5,-17.2,M,,,,0000\*1B  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130734.467,A,1343.5893,N,10046.6168,E,5.31,169.02,100904,,\*0B  
 \$GPGGA,130735.467,1343.5881,N,10046.6174,E,1,06,1.5,-17.3,M,,,,0000\*15  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130735.467,A,1343.5881,N,10046.6174,E,4.86,149.06,100904,,\*0F  
 \$GPGGA,130736.467,1343.5872,N,10046.6183,E,1,06,1.5,-17.4,M,,,,0000\*15  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130736.467,A,1343.5872,N,10046.6183,E,4.84,130.01,100904,,\*03  
 \$GPGGA,130737.467,1343.5867,N,10046.6196,E,1,06,1.5,-17.5,M,,,,0000\*15  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPGSV,3,1,11,08,72,299,47,27,72,195,47,04,67,178,,11,43,043,39\*78  
 \$GPGSV,3,2,11,31,40,300,47,28,29,335,44,20,20,121,41,25,11,150,\*7E  
 \$GPGSV,3,3,11,13,11,180,27,01,10,176,,29,09,177,\*44  
 \$GPRMC,130737.467,A,1343.5867,N,10046.6196,E,5.02,107.30,100904,,\*0B  
 \$GPGGA,130738.467,1343.5865,N,10046.6213,E,1,06,1.5,-17.7,M,,,,0000\*14  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130738.467,A,1343.5865,N,10046.6213,E,6.09,94.87,100904,,\*37  
 \$GPGGA,130739.467,1343.5865,N,10046.6232,E,1,06,1.5,-17.9,M,,,,0000\*18  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130739.467,A,1343.5865,N,10046.6232,E,7.05,88.12,100904,,\*39  
 \$GPGGA,130740.467,1343.5865,N,10046.6252,E,1,06,1.5,-18.0,M,,,,0000\*16  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130740.467,A,1343.5865,N,10046.6252,E,6.93,90.80,100904,,\*3D  
 \$GPGGA,130741.466,1343.5864,N,10046.6271,E,1,06,1.5,-18.1,M,,,,0000\*17  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130741.466,A,1343.5864,N,10046.6271,E,6.86,89.73,100904,,\*3D  
 \$GPGGA,130742.466,1343.5863,N,10046.6289,E,1,06,1.5,-18.3,M,,,,0000\*16  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPGSV,3,1,11,08,72,299,46,27,72,195,47,04,67,178,,11,43,043,44\*73

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\$GPGSV,3,3,11,13,11,180,36,01,10,176,,29,09,177,\*44  
 \$GPRMC,130742.466,A,1343.5863,N,10046.6289,E,6.54,91.49,100904,,\*31  
 \$GPGGA,130743.466,1343.5863,N,10046.6308,E,1,06,1.5,-18.4,M,,,,0000\*18  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130743.466,A,1343.5863,N,10046.6308,E,6.58,89.90,100904,,\*39  
 \$GPGGA,130744.466,1343.5863,N,10046.6327,E,1,06,1.5,-18.5,M,,,,0000\*13  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130744.466,A,1343.5863,N,10046.6327,E,6.98,88.48,100904,,\*3B  
 \$GPGGA,130745.466,1343.5863,N,10046.6349,E,1,06,1.5,-18.6,M,,,,0000\*19  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130745.466,A,1343.5863,N,10046.6349,E,7.52,90.47,100904,,\*33  
 \$GPGGA,130746.466,1343.5864,N,10046.6373,E,1,06,1.5,-18.8,M,,,,0000\*1A  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130746.466,A,1343.5864,N,10046.6373,E,8.62,86.88,100904,,\*36  
 \$GPGGA,130747.466,1343.5866,N,10046.6398,E,1,06,1.5,-18.9,M,,,,0000\*1D  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPGSV,3,1,11,08,72,299,47,27,72,195,47,04,67,178,,11,43,043,46\*70  
 \$GPGSV,3,2,11,31,40,300,42,28,29,335,40,20,20,121,42,25,11,150,\*7C  
 \$GPGSV,3,3,11,13,11,180,38,01,10,176,,29,09,177,\*4A  
 \$GPRMC,130747.466,A,1343.5866,N,10046.6398,E,8.92,86.03,100904,,\*3C  
 \$GPGGA,130748.466,1343.5867,N,10046.6425,E,1,06,1.5,-19.0,M,,,,0000\*1A  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130748.466,A,1343.5867,N,10046.6425,E,9.38,87.20,100904,,\*32  
 \$GPGGA,130749.466,1343.5868,N,10046.6453,E,1,06,1.5,-19.1,M,,,,0000\*14  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130749.466,A,1343.5868,N,10046.6453,E,9.67,87.51,100904,,\*31  
 \$GPGGA,130750.466,1343.5868,N,10046.6479,E,1,06,1.5,-19.2,M,,,,0000\*17  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130750.466,A,1343.5868,N,10046.6479,E,9.31,89.63,100904,,\*3D  
 \$GPGGA,130751.466,1343.5869,N,10046.6506,E,1,06,1.5,-19.3,M,,,,0000\*1F  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130751.466,A,1343.5869,N,10046.6506,E,9.29,87.69,100904,,\*39  
 \$GPGGA,130752.466,1343.5871,N,10046.6532,E,1,06,1.5,-19.4,M,,,,0000\*15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPGSV,3,1,11,08,73,298,48,27,72,195,47,04,67,178,,11,43,043,46\*7F  
 \$GPGSV,3,2,11,31,40,300,45,28,29,335,40,20,20,121,40,25,11,150,\*79  
 \$GPGSV,3,3,11,13,11,180,38,01,09,176,,29,09,177,\*42  
 \$GPRMC,130752.466,A,1343.5871,N,10046.6532,E,9.20,86.66,100904,,\*33  
 \$GPGGA,130753.466,1343.5872,N,10046.6558,E,1,06,1.5,-19.5,M,,,,0000\*1A  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130753.466,A,1343.5872,N,10046.6558,E,9.10,86.73,100904,,\*3A  
 \$GPGGA,130754.466,1343.5873,N,10046.6584,E,1,06,1.5,-19.6,M,,,,0000\*1E  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130754.466,A,1343.5873,N,10046.6584,E,8.93,88.08,100904,,\*35  
 \$GPGGA,130755.466,1343.5874,N,10046.6608,E,1,06,1.5,-19.6,M,,,,0000\*1F  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130755.466,A,1343.5874,N,10046.6608,E,8.52,87.56,100904,,\*3D  
 \$GPGGA,130756.466,1343.5875,N,10046.6632,E,1,06,1.5,-19.7,M,,,,0000\*15  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130756.466,A,1343.5875,N,10046.6632,E,8.43,87.58,100904,,\*38  
 \$GPGGA,130757.466,1343.5878,N,10046.6654,E,1,06,1.5,-19.7,M,,,,0000\*19  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPGSV,3,1,11,08,73,298,45,27,72,195,47,04,67,178,,11,43,043,44\*70  
 \$GPGSV,3,2,11,31,40,300,43,28,29,335,39,20,20,121,34,25,11,150,\*72  
 \$GPGSV,3,3,11,13,11,180,30,01,09,176,,29,09,177,\*4A  
 \$GPRMC,130757.466,A,1343.5878,N,10046.6654,E,7.48,81.99,100904,,\*3B  
 \$GPGGA,130758.465,1343.5880,N,10046.6674,E,1,06,1.5,-19.7,M,,,,0000\*10  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130758.465,A,1343.5880,N,10046.6674,E,6.90,83.73,100904,,\*30  
 \$GPGGA,130759.465,1343.5882,N,10046.6689,E,1,06,1.5,-19.6,M,,,,0000\*10  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130759.465,A,1343.5882,N,10046.6689,E,5.43,83.70,100904,,\*3F  
 \$GPGGA,130800.465,1343.5883,N,10046.6701,E,1,06,1.5,-19.6,M,,,,0000\*13  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130800.465,A,1343.5883,N,10046.6701,E,3.71,84.69,100904,,\*34  
 \$GPGGA,130801.465,1343.5883,N,10046.6705,E,1,06,1.5,-19.6,M,,,,0000\*16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130801.465,A,1343.5883,N,10046.6705,E,1.38,86.08,100904,,\*3B  
 \$GPGGA,130802.465,1343.5884,N,10046.6707,E,1,06,1.5,-19.7,M,,,,0000\*11  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPGSV,3,1,11,08,73,298,50,27,72,195,45,04,67,178,,11,43,043,49\*7B  
 \$GPGSV,3,2,11,31,40,300,47,28,29,335,44,20,20,121,42,25,11,150,\*7D  
 \$GPGSV,3,3,11,13,11,180,23,01,09,176,,29,09,177,\*48  
 \$GPRMC,130802.465,A,1343.5884,N,10046.6707,E,0.00,86.08,100904,,\*37  
 \$GPGGA,130803.465,1343.5884,N,10046.6707,E,1,06,1.5,-19.7,M,,,,0000\*10  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130803.465,A,1343.5884,N,10046.6707,E,0.00,86.08,100904,,\*36  
 \$GPGGA,130804.465,1343.5884,N,10046.6708,E,1,06,1.5,-19.8,M,,,,0000\*17  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130804.465,A,1343.5884,N,10046.6708,E,0.00,86.08,100904,,\*3E  
 \$GPRMC,130756.466,A,1343.5875,N,10046.6632,E,8.43,87.58,100904,,\*38  
 \$GPGGA,130757.466,1343.5878,N,10046.6654,E,1,06,1.5,-19.7,M,,,,0000\*19  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPGSV,3,1,11,08,73,298,45,27,72,195,47,04,67,178,,11,43,043,44\*70  
 \$GPGSV,3,2,11,31,40,300,43,28,29,335,39,20,20,121,34,25,11,150,\*72  
 \$GPGSV,3,3,11,13,11,180,30,01,09,176,,29,09,177,\*4A  
 \$GPRMC,130757.466,A,1343.5878,N,10046.6654,E,7.48,81.99,100904,,\*3B  
 \$GPGGA,130758.465,1343.5880,N,10046.6674,E,1,06,1.5,-19.7,M,,,,0000\*10  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130758.465,A,1343.5880,N,10046.6674,E,6.90,83.73,100904,,\*30  
 \$GPGGA,130759.465,1343.5882,N,10046.6689,E,1,06,1.5,-19.6,M,,,,0000\*10  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130756.466,A,1343.5875,N,10046.6632,E,8.43,87.58,100904,,\*38  
 \$GPGGA,130757.466,1343.5878,N,10046.6654,E,1,06,1.5,-19.7,M,,,,0000\*19  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPGSV,3,1,11,08,73,298,45,27,72,195,47,04,67,178,,11,43,043,44\*70  
 \$GPGSV,3,2,11,31,40,300,43,28,29,335,39,20,20,121,34,25,11,150,\*72  
 \$GPGSV,3,3,11,13,11,180,30,01,09,176,,29,09,177,\*4A  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,,2.6,1.5,2.1\*36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\$GPRMC,130759.465,A,1343.5882,N,10046.6689,E,5.43,83.70,100904,,\*3F  
 \$GPGGA,130800.465,1343.5883,N,10046.6701,E,1,06,1.5,-19.6,M,,0000\*13  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130800.465,A,1343.5883,N,10046.6701,E,3.71,84.69,100904,,\*34  
 \$GPGGA,130801.465,1343.5883,N,10046.6705,E,1,06,1.5,-19.6,M,,0000\*16  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPRMC,130801.465,A,1343.5883,N,10046.6705,E,1.38,86.08,100904,,\*3B  
 \$GPGGA,130802.465,1343.5884,N,10046.6707,E,1,06,1.5,-19.7,M,,0000\*11  
 \$GPGSA,A,3,08,27,28,11,31,20,,,,,2.6,1.5,2.1\*36  
 \$GPGSV,3,1,11,08,73,298,50,27,72,195,45,04,67,178,,11,43,043,49\*7B  
 \$GPGSV,3,2,11,31,40,300,47,28,29,335,44,20,20,121,42,25,11,150,\*7D  
 \$GPGSV,3,3,11,13,11,180,23,01,09,176,,29,09,177,\*48  
 \$GPRMC,130802.465,A,1343.5884,N,10046.6707,E,0.00,86.08,100904,,\*37  
 \$GPGSV,3,2,11,31,40,300,43,28,29,335,39,20,20,121,34,25,11,150,\*72  
 \$GPGGA,130801.465,1343.5883,N,10046.6705,E,1,06,1.5,-19.6,M,,0000\*16

รูปที่ 4.1 แสดงประโยคต่างๆที่รับมาจากเครื่องรับจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3 ข้อมูลที่รับมาจากเครื่องรับจีพีเอส

เป็นการบันทึกข้อมูลค่าพิกัดต่างๆ ของเครื่องรับจีพีเอส ซึ่งทำการบันทึกทุกๆ 1 วินาทีในขณะที่เคลื่อนที่เป็นเวลา 1 นาที ตั้งแต่เวลา 20.07.03 นาฬิกา ถึง 20.08.02 นาฬิกา

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลแสดงรศกอร์คต่างๆ ที่โมดูลจีพีเอสส่งออกมา

เวลา	ละติจูด	ลองจิจูด	ความเร็ว(knots)	จำนวนดาวเทียม
20.07.03	13°43.6329	100°46.5973	5.56	6
20.07.04	13°43.6330	100°46.5989	5.69	6
20.07.05	13°43.6332	100°46.6005	6.02	6
20.07.06	13°43.6333	100°46.6023	6.30	6
20.07.07	13°43.6336	100°46.6041	6.53	6
20.07.08	13°43.6335	100°46.6059	6.24	6
20.07.09	13°43.6335	100°46.6077	6.26	6
20.07.10	13°43.6334	100°46.6094	6.09	6
20.07.11	13°43.6330	100°46.6111	5.96	6
20.07.12	13°43.6324	100°46.6127	6.04	6
20.07.13	13°43.6314	100°46.6142	6.28	6
20.07.14	13°43.6301	100°46.6155	6.48	6
20.07.15	13°43.6284	100°46.6164	6.80	6
20.07.16	13°43.6265	100°46.6169	7.08	6
20.07.17	13°43.6245	100°46.6172	7.19	6
20.07.18	13°43.6225	100°46.6172	7.29	6
20.07.19	13°43.6204	100°46.6173	7.47	6
20.07.20	13°43.6183	100°46.6172	7.59	6
20.07.21	13°43.6161	100°46.6171	7.82	6
20.07.22	13°43.6138	100°46.6170	7.87	6
20.07.23	13°43.6116	100°46.6169	7.88	6
20.07.24	13°43.6094	100°46.6169	7.95	6
20.07.25	13°43.6072	100°46.6168	7.93	6
20.07.26	13°43.6049	100°46.6168	8.06	6
20.07.27	13°43.6027	100°46.6168	7.85	6
20.07.28	13°43.6005	100°46.6168	7.72	6
20.07.29	13°43.5983	100°46.6167	7.73	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20.07.30	13°43.5962	100°46.6167	7.49	6
20.07.31	13°43.5942	100°46.6167	6.97	6
20.07.32	13°43.5929	100°46.6166	6.31	6
20.07.33	13°43.5908	100°46.6166	5.69	6
20.07.34	13°43.5893	100°46.6168	5.31	6
20.07.35	13°43.5881	100°46.6174	4.86	6
20.07.36	13°43.5872	100°46.6183	4.84	6
20.07.37	13°43.5867	100°46.6196	5.02	6
20.07.38	13°43.5865	100°46.6210	6.09	6
20.07.39	13°43.5865	100°46.6232	7.05	6
20.07.40	13°43.5865	100°46.6252	6.93	6
20.07.41	13°43.5864	100°46.6271	6.86	6
20.07.42	13°43.5863	100°46.6289	6.54	6
20.07.43	13°43.5863	100°46.6308	6.58	6
20.07.44	13°43.5863	100°46.6327	6.98	6
20.07.45	13°43.5863	100°46.6349	7.52	6
20.07.46	13°43.5864	100°46.6373	8.62	6
20.07.47	13°43.5866	100°46.6398	8.92	6
20.07.48	13°43.5867	100°46.6425	9.38	6
20.07.49	13°43.5868	100°46.6453	9.67	6
20.07.50	13°43.5868	100°46.6479	9.31	6
20.07.51	13°43.5869	100°46.6506	9.29	6
20.08.52	13°43.5871	100°46.6532	9.20	6
20.07.53	13°43.5872	100°46.6558	9.10	6
20.07.54	13°43.5873	100°46.6584	8.93	6
20.07.55	13°43.5874	100°46.6608	8.52	6
20.07.56	13°43.5875	100°46.6632	8.43	6
20.07.57	13°43.5878	100°46.6654	7.48	6
20.07.58	13°43.5880	100°46.6674	6.90	6
20.07.59	13°43.5882	100°46.6689	5.43	6
20.08.00	13°43.5883	100°46.6701	3.71	6
20.08.01	13°43.5883	100°46.6707	1.38	6
20.08.02	13°43.5884	100°46.6707	0.00	6

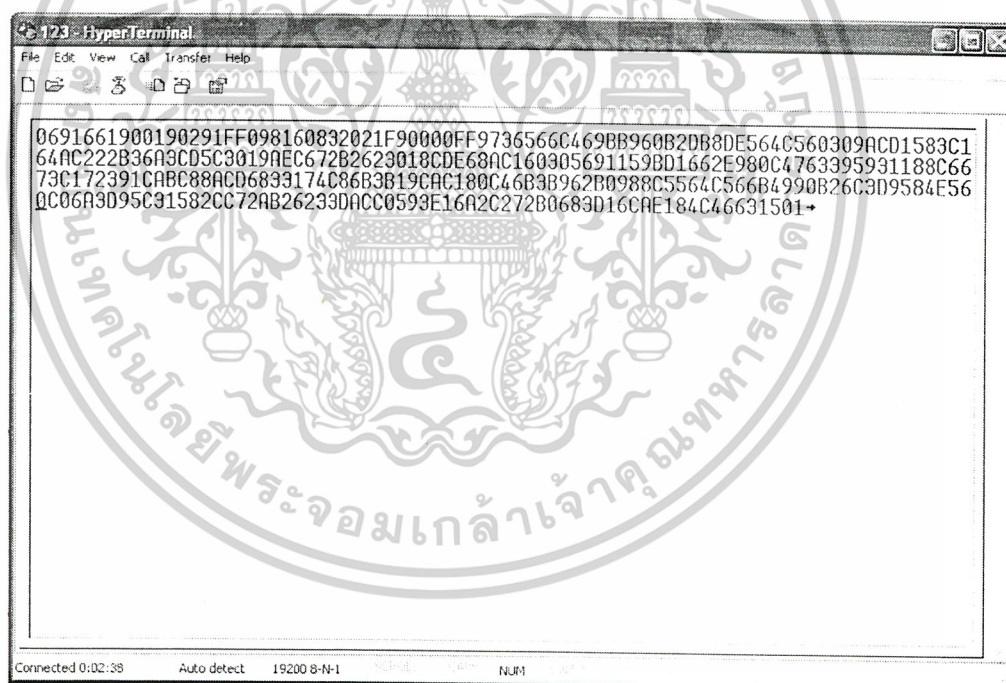
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ผลการทดลองในส่วนของภาคส่ง

เมื่อได้ทำการรับข้อมูลจากเครื่องรับจีทีเอสเข้ามายังไม่โครคอนโทรลเลอร์ ทำการคัดแยกเรคคอร์ดและคัดเอาเฉพาะละติจูดและลองจิจูด นำไปเข้ารหัสพีดียูโค้ดและส่งออกทางโทรศัพท์มือถือโดยได้กำหนดให้ส่งออกไปทุกๆ นาทีและสามารถเปลี่ยนเป็นเลขหมายของผู้รับได้แต่จะต้องทำการลงโปรแกรมใหม่โดยเปลี่ยนหมายเลขผู้รับให้กับไอซี

จากการทดลองเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์รับข้อมูลที่ส่งออกมาจากเครื่องรับจีทีเอสและทำการป้อนคำสั่งให้กับโทรศัพท์มือถือซึ่งข้อมูลคำสั่งที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งให้กับโทรศัพท์มือถือแสดงดังรูปที่ 4.2 ซึ่งอยู่รูปของพีดียูโค้ด เมื่อโทรศัพท์มือถือรับคำสั่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการส่งข้อความสั้น (short message) ไปยังโทรศัพท์มือถือของภาครับแสดงดังรูปที่ 4.3 เมื่อโทรศัพท์มือถือของภาครับสามารถรับข้อมูลและข้อมูลที่ได้รับนั้นคือละติจูดและลองจิจูดที่จะส่งออกมาทุก 1 นาทีแสดงดังรูปที่ 4.4 และเมื่อภาครับได้รับข้อมูลที่ส่งไปแล้วและทำการตัดสินใจว่าจะตัดการทำงานบางอย่างของยานพาหนะซึ่งในปฏิยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แสดงให้เห็นจากการติดและดับของแอลอีดีซึ่งได้แสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.2 แสดงคำสั่งที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งให้กับโทรศัพท์มือถือ

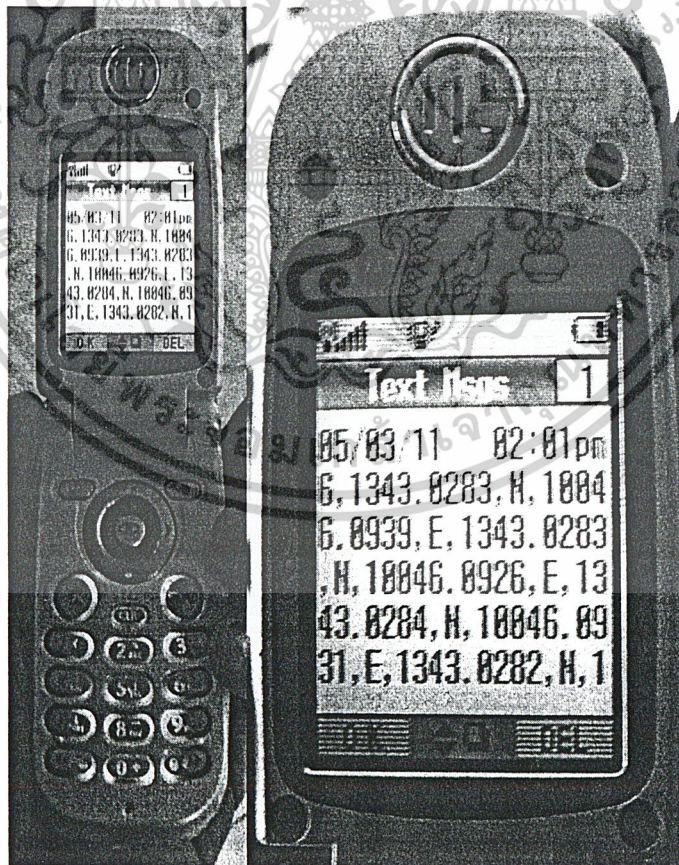
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

2231 - HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help
[Icons]
AT+CMGS=90
> 0691661900190291FF098160832021F90000FF9736566C469BB960B35B8DE564C560309ACD1583
C960AC222B36A3CD5CB0596DC672B2623018CDE68AC162335691159BD1662ED80C0763395931188C
6673C5603218ABC88ACD6833174C869BB19CAC180C46B3B960B9998C5564C566B4990B26BBE1584E
560C06A3D95CB0DC4CC62AB26233DACC0593E16A2C272B0683D16C2E586E86631501+
+CMGS: 235
OK
0691661900190291FF098160832021F90000FF9736566C469BB960B25C8DE564C560309ACD05CBD1
66AC222B36A3CD5C30598EC672B2623018CDE682E568355691159BD1662E980C8763395931188C66
73C172341AABC88ACD6833174C76B3B19CAC180C46B3B960399A8C5564C566B4990B26B3
> E5584E560C06A3D95CB0DCECC62AB26233DACC0593D96A2C272B0683D16C2E586E16631501+
+CMGS: 236
OK
AT+CMGS=90
> 0691661900190291FF098160832021F90000FF9736566C469BB960321B8DE564C560309ACD05CB
CD60AC222B36A3CD5C3059ADC672B2623018CDE682E566305691159BD1662E988C8663395931188C
6673C172B21CABC88ACD6833174C56B3B19CAC180C46B3B960B9998C5564C566B4990B26A3D9584E
560C06A3D95CB0DC4CC62AB26233DACC0593D5662C272B0683D16C2E586E46631501+
+CMGS: 237
OK
Connected 0:04:02 | Auto detect | 19200 8-N-1 | SCROLL CAPS NUM Capture Print echo

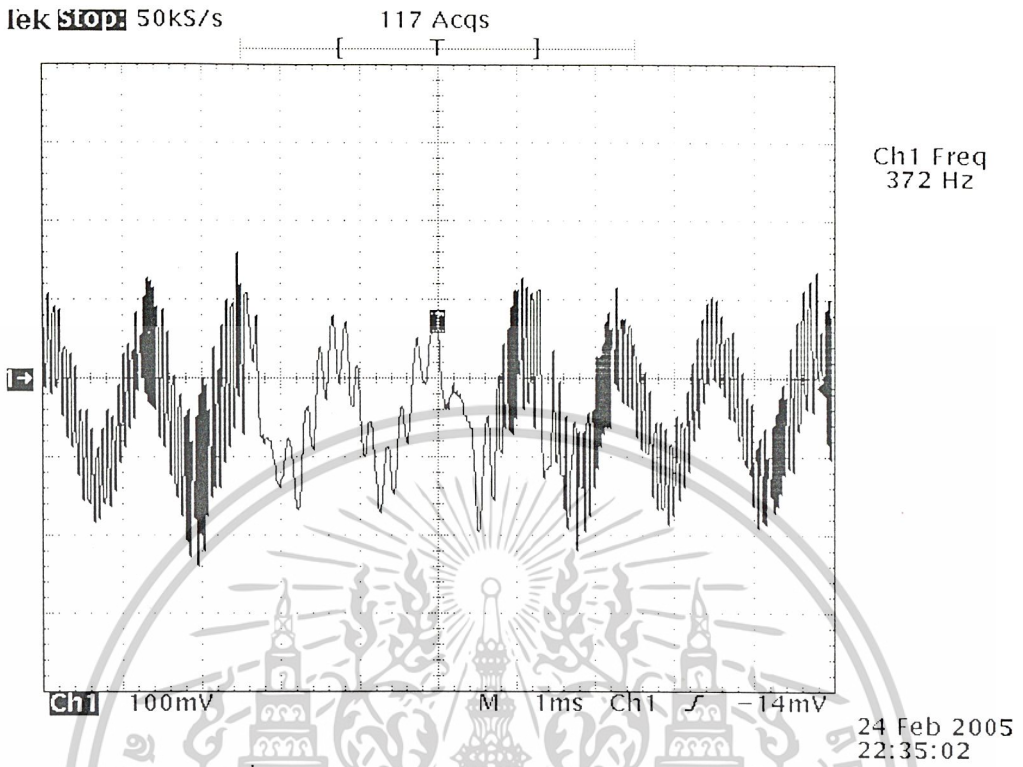
```

รูปที่ 4.3 แสดงข้อความที่ส่งออกจากโทรศัพท์มือถือของภาคส่งสู่โทรศัพท์มือถือของภาครับ

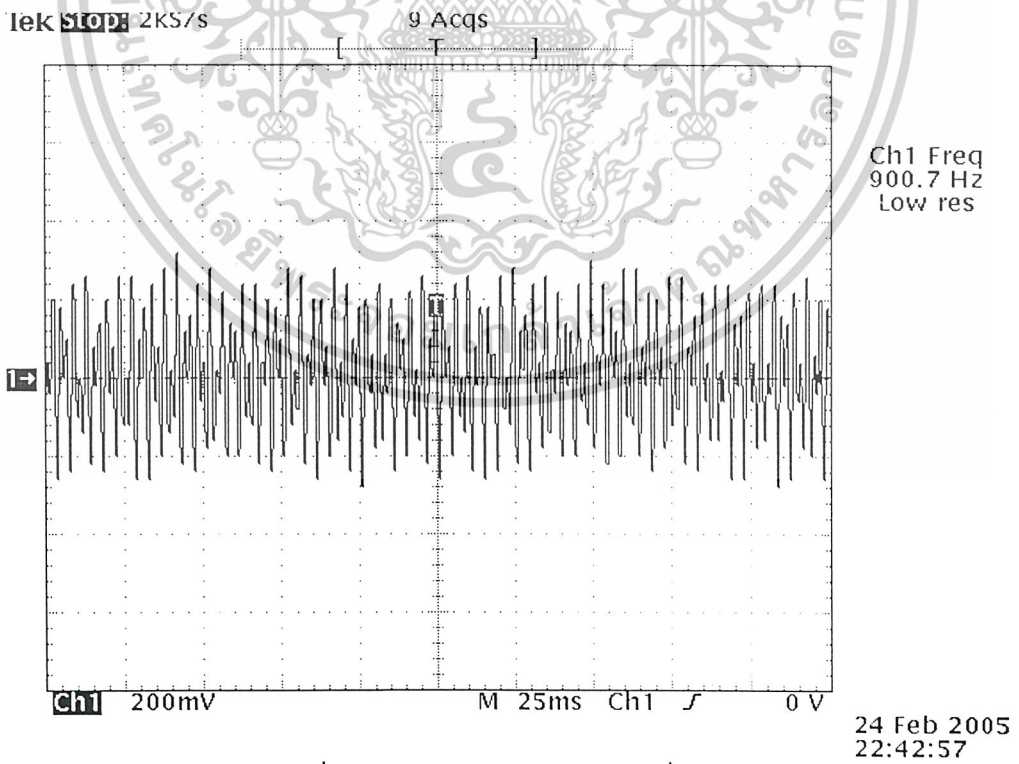


รูปที่ 4.4 แสดงข้อความที่รับได้ของโทรศัพท์มือถือของภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

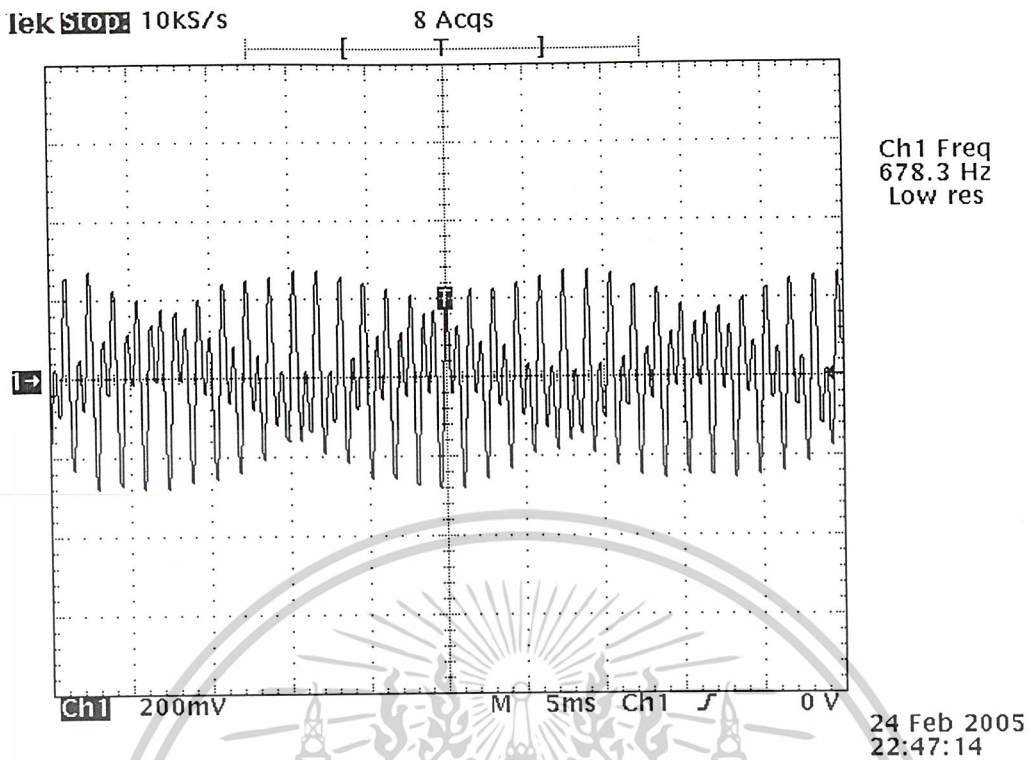


รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะของสัญญาณ RING TONE สายเข้า

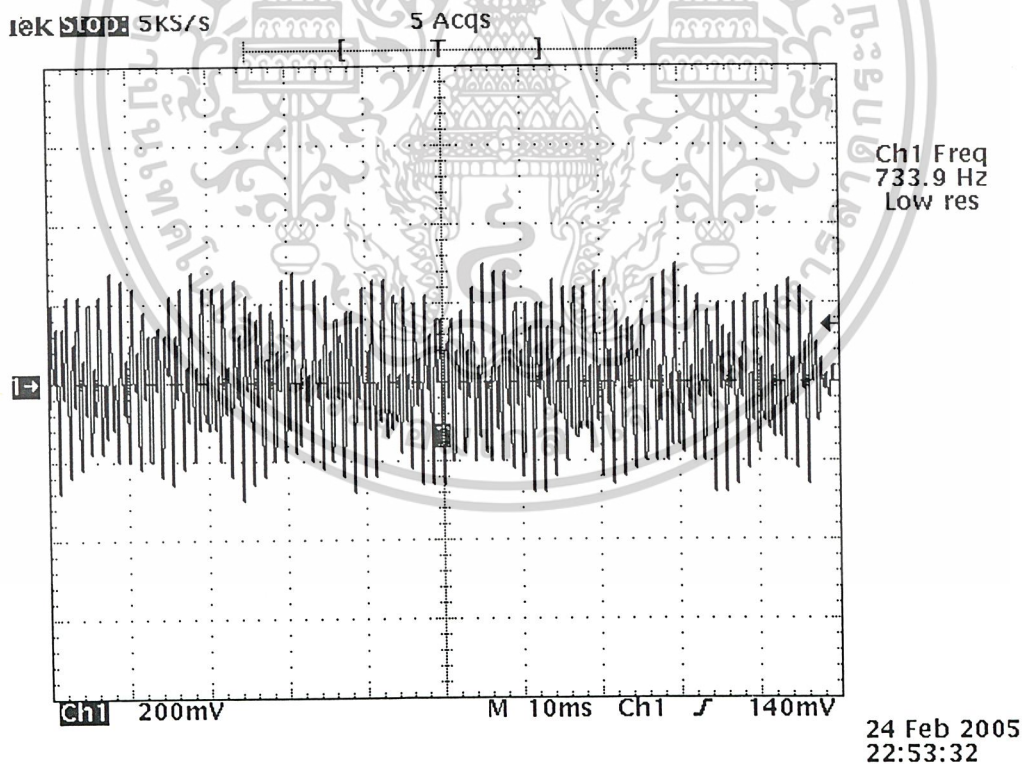


รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะของสัญญาณเมื่อกด 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

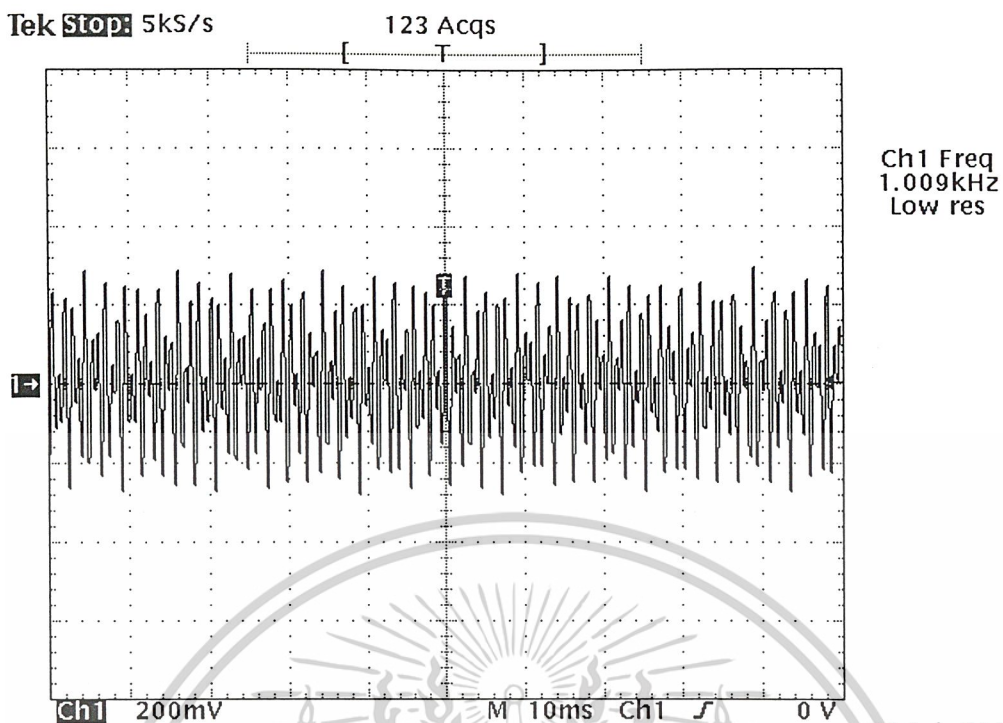


รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะของสัญญาณเมื่อกด 2



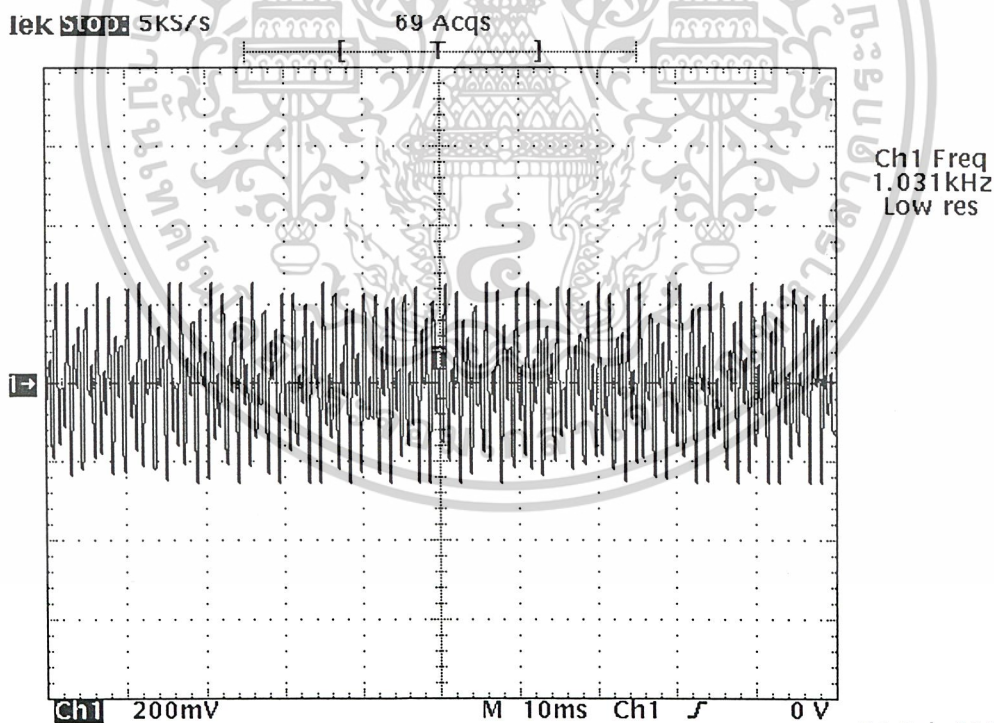
รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะสัญญาณเมื่อกด 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



24 Feb 2005 23:09:42

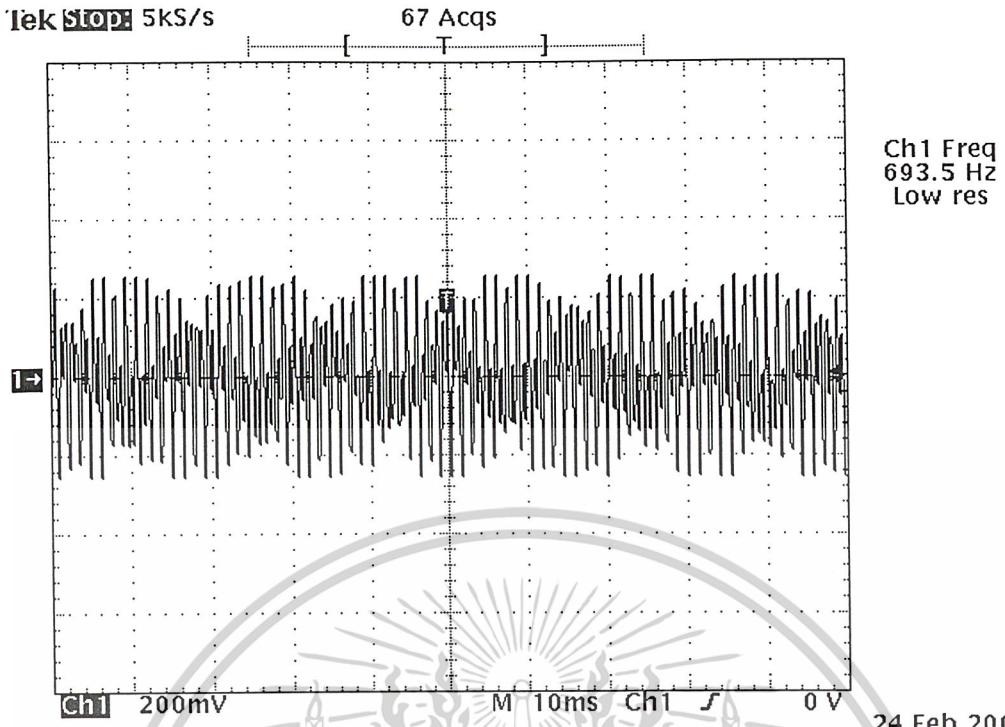
รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะสัญญาณเมื่อกด 4



24 Feb 2005 23:11:49

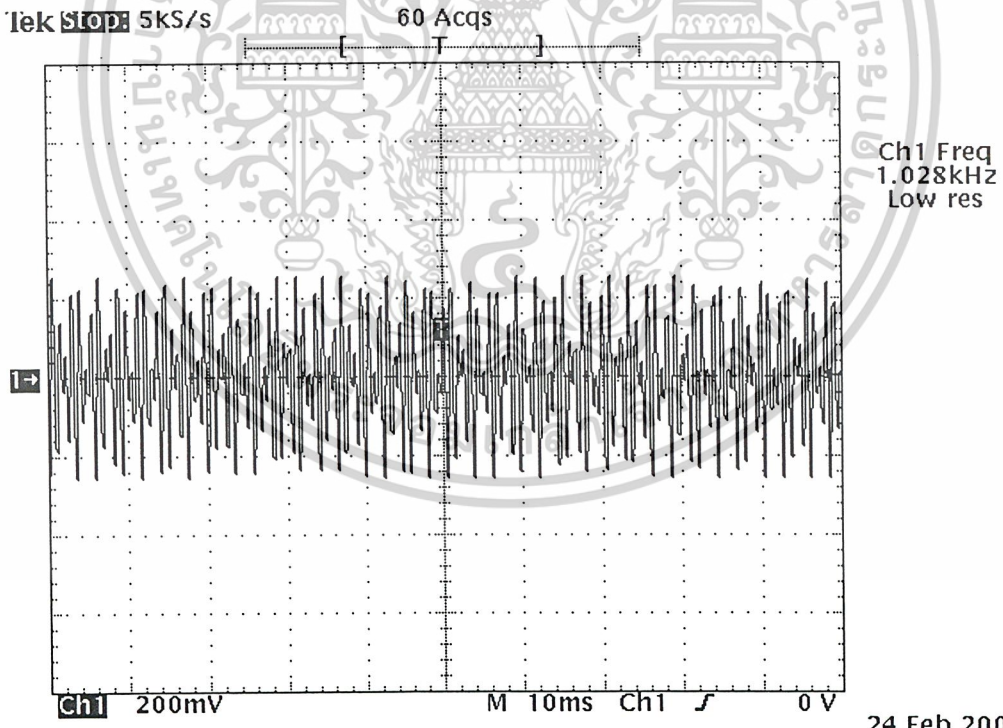
รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะของสัญญาณเมื่อกด 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



24 Feb 2005  
23:14:11

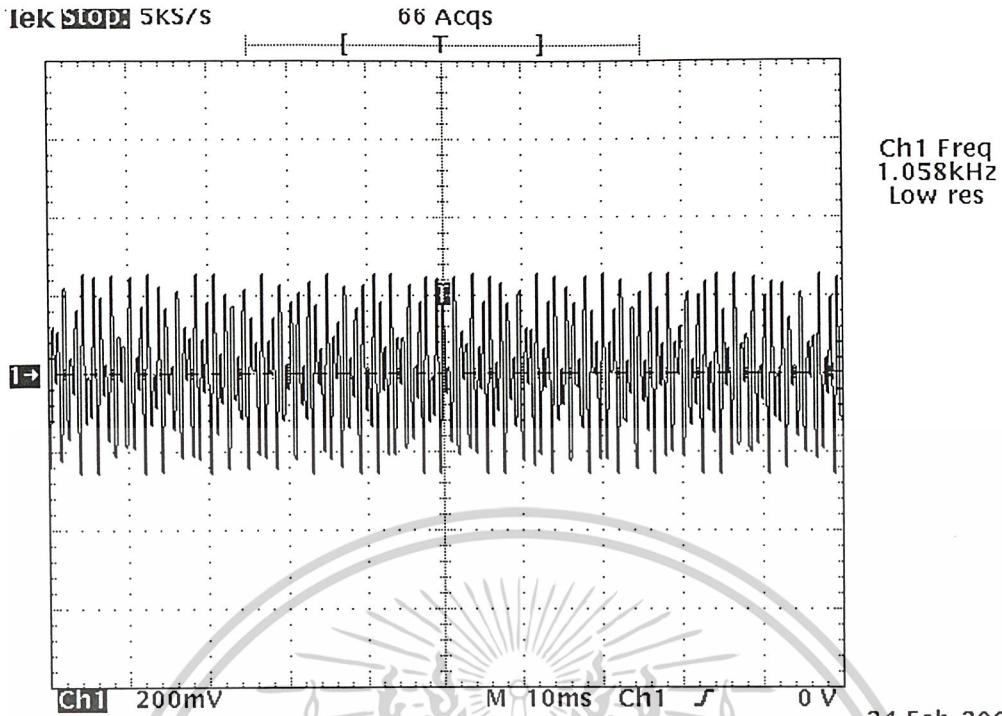
รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะของสัญญาณเมื่อกด 6



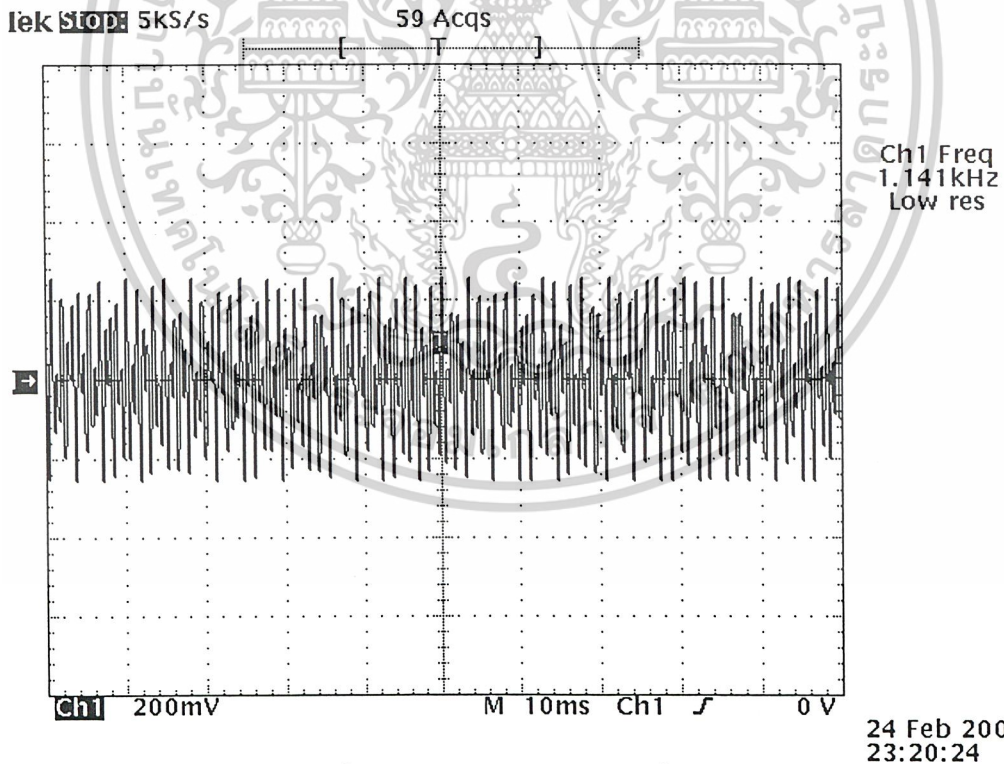
24 Feb 2005  
23:16:11

รูปที่ 4.12 แสดงลักษณะของสัญญาณเมื่อกด 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

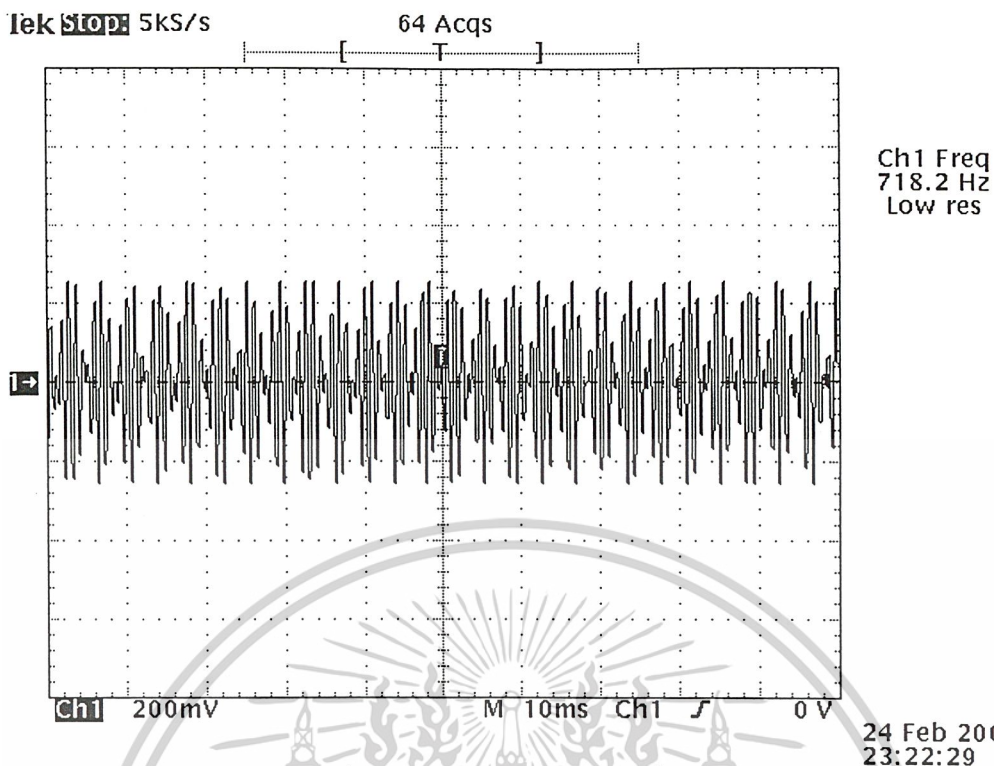


รูปที่ 4.13 แสดงลักษณะสัญญาณเมื่อกด 8

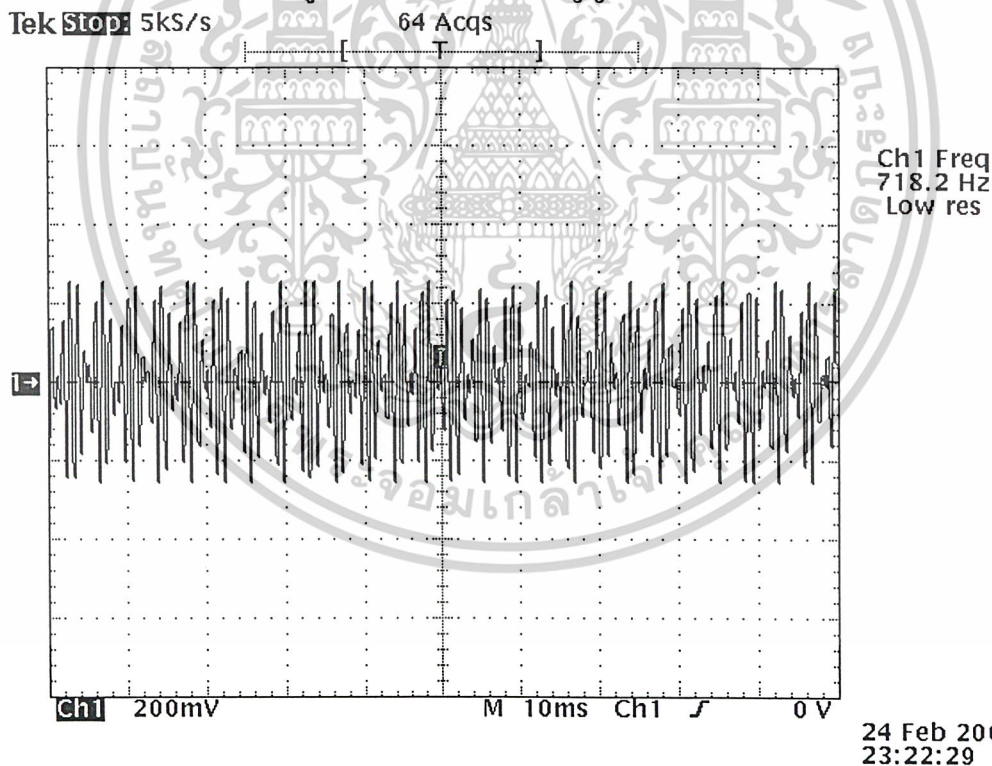


รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะสัญญาณเมื่อกด 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

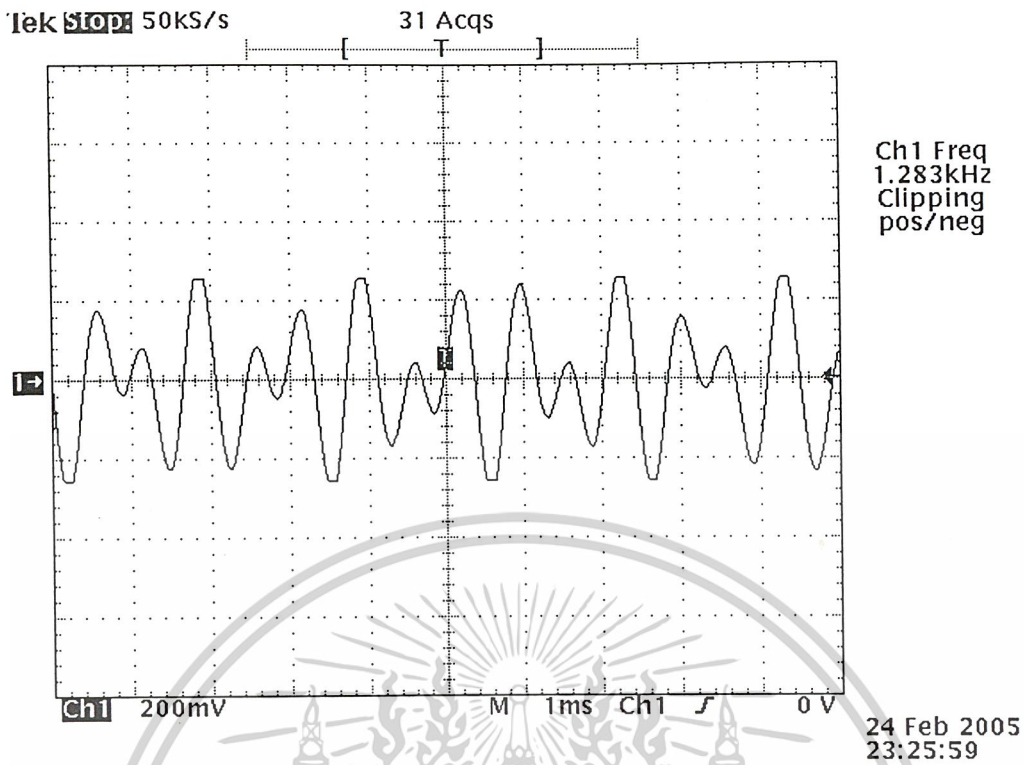


รูปที่ 4.15 แสดงลักษณะสัญญาณเมื่อกด 0



รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะสัญญาณเมื่อกด \*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

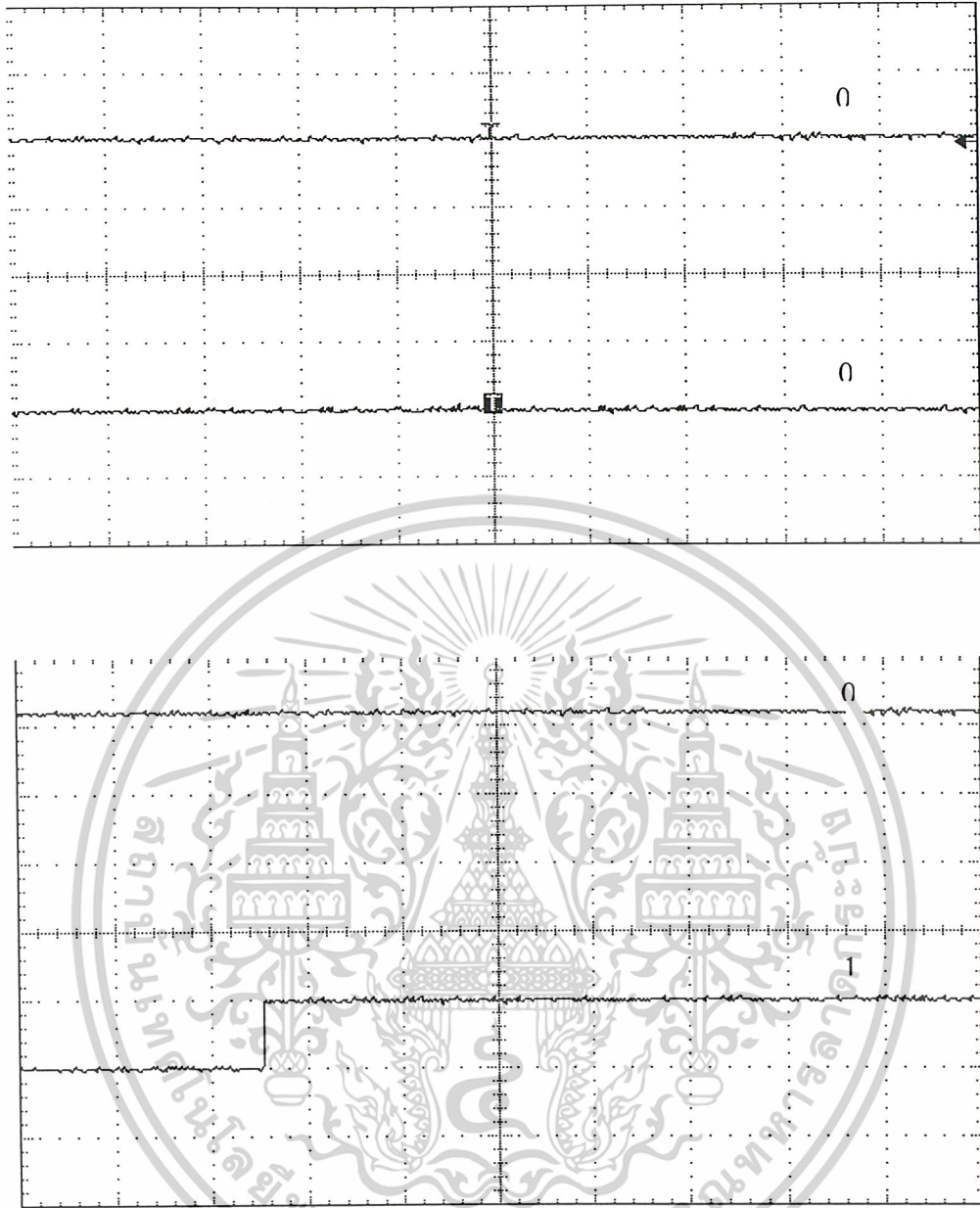


รูปที่ 4.17 แสดงลักษณะสัญญาณเมื่อกด #



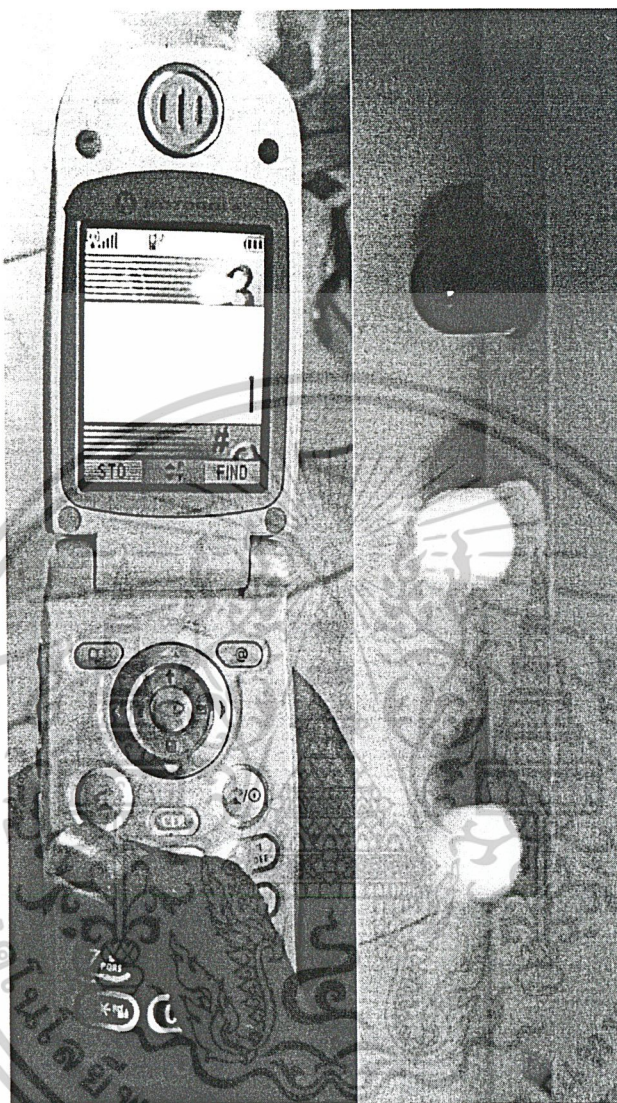
รูปที่ 4.18 แสดงสถานะของแอลอีดีขณะเปิดเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



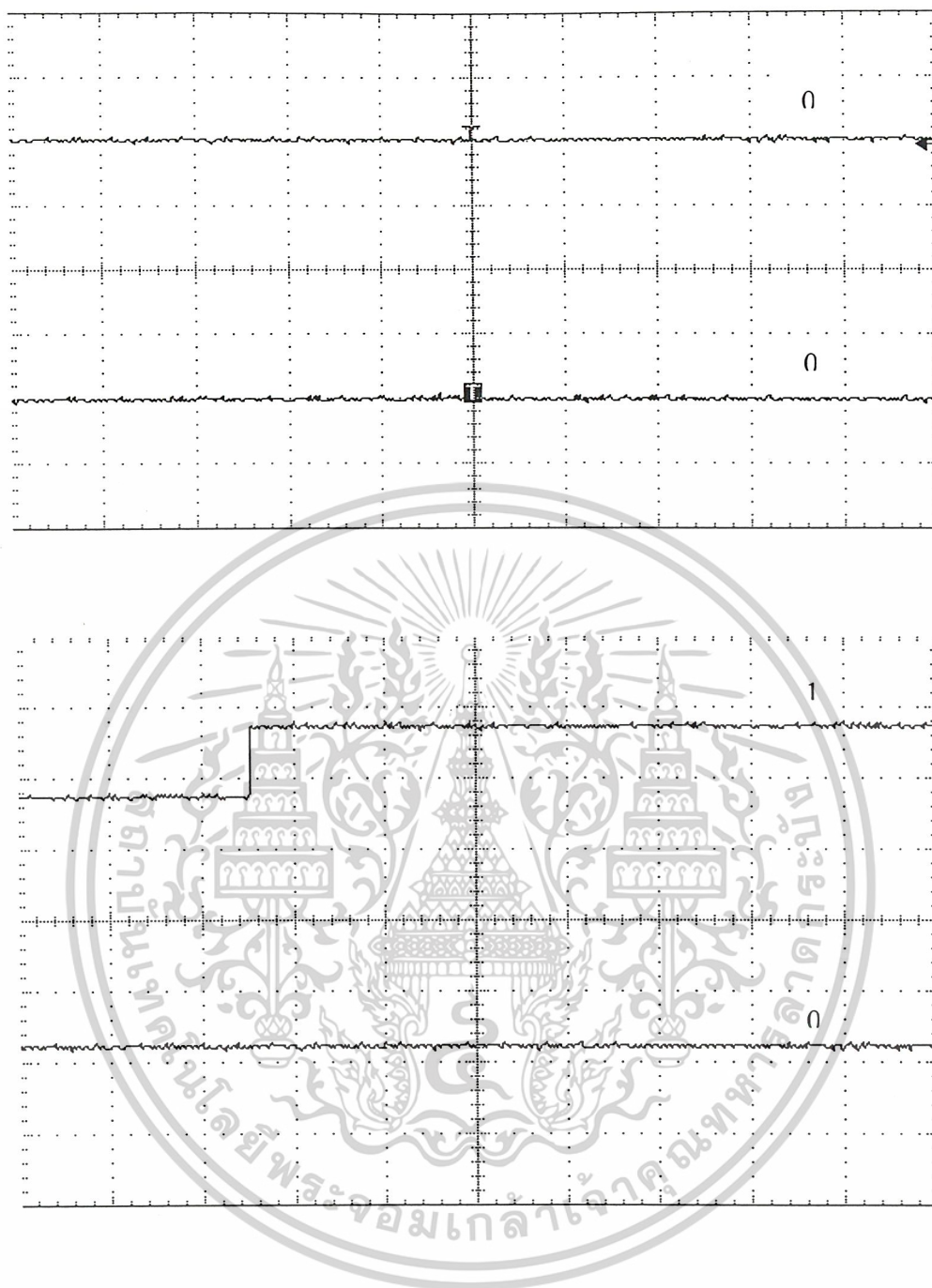
รูปที่ 4.19 แสดงระดับแรงดันของสัญญาณเอาต์พุตของไอซี DTMF  
ก่อนจะป้อนเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อกด 1 (0001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



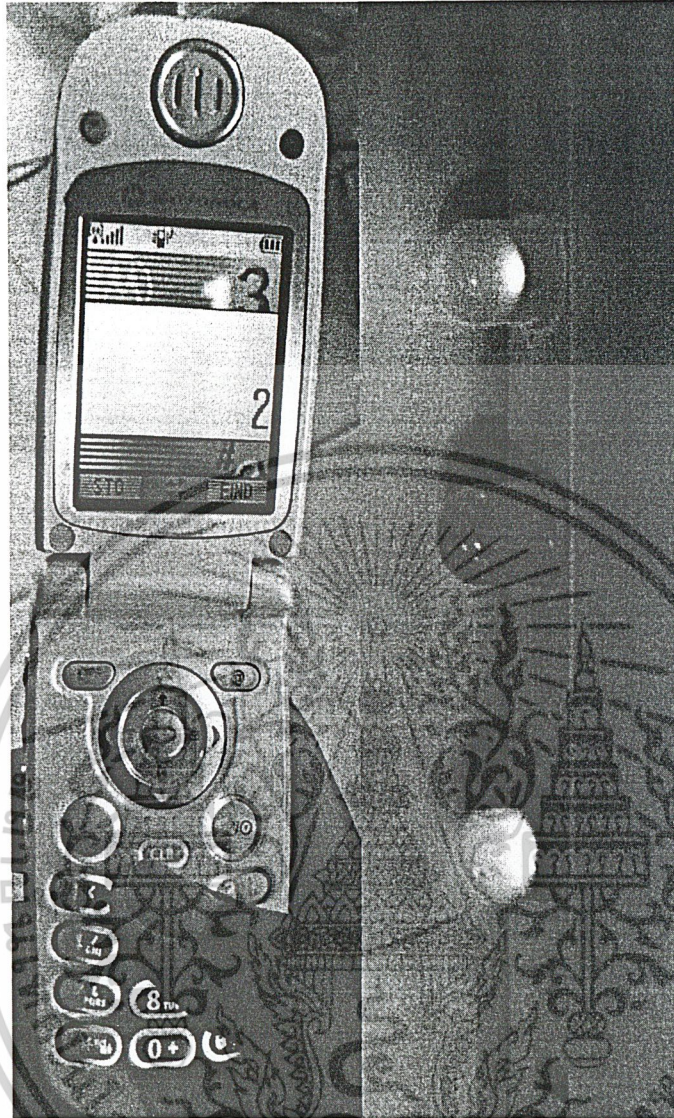
รูปที่ 4.20 แสดงสถานะของแอลอีดีขณะกด 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 แสดงระดับแรงดันของสัญญาณเอาต์พุตของไอซี DTMF  
ก่อนจะป้อนเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อกด 2 (0010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



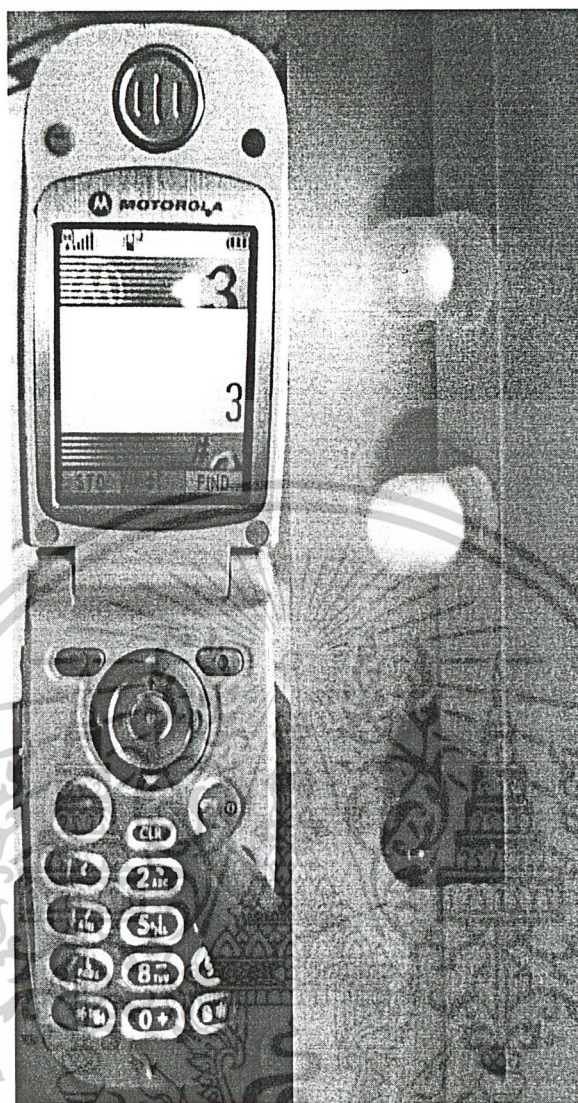
รูปที่ 4.22 แสดงสถานะของแอสดีทีขณะกด 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 แสดงระดับแรงดันของสัญญาณเอาต์พุตของไอซี DTMF  
ก่อนจะป้อนเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อกด 3 (0011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 แสดงสถานะแอลดีขณะกด 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และบทสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการบันทึกค่าของสัญญาณความถี่มที่เครื่องรับสัญญาณจีทีเอสสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ค่อนข้างแม่นยำและน่าเชื่อถือมีความเหมาะสมในการที่จะนำสัญญาณที่ได้รับนี้ไปประยุกต์ใช้กับปริณูณานิพนธ์ฉบับนี้ได้ในการทดลองใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC มาใช้ในการส่งข้อความสั้นผ่านโทรศัพท์มือถือพบว่า ทุกๆ 1 นาทีจะส่งข้อมูลออกมา 1 ครั้งจำนวน 6 ชุดซึ่งก็เป็นไปตามนั้นและในส่วนของการถอดรหัสสัญญาณความถี่โทรศัพท์ (DTMF) ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สามารถถอดได้และเป็นไปตามเงื่อนไขสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการป้องกันการขโมยยานพาหนะต่อไปได้

5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง

1. สายอากาศที่ใช้สามารถใช้อุ้ยู่แต่ในเฉพาะที่โล่งแจ้ง (outdoor) เท่านั้นจึงจะสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้อย่างสมบูรณ์ดังนั้นหากมีสายอากาศอีกชนิดที่ใช้ได้แม้ในที่ๆ มีสิ่งกีดขวาง (indoor) ซึ่งมีราคาแพงกว่าแบบแรกแต่จะทำให้การทดลองสะดวกและสามารถประยุกต์ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ของปริณูณานิพนธ์ฉบับนี้มากขึ้น
2. ถ้าโทรศัพท์อยู่ในสถานที่ที่อับสัญญาณการส่งข้อความจะมีปัญหา อาจจะส่งไม่ได้หรือส่งได้ช้าลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

โปรแกรมแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-----Form 1-----

เป็นหน้าต่างแรกที่ปรากฏขึ้นหลังจากที่ผู้ใช้เปิดโปรแกรม ฟอรัมนี้ทำหน้าที่ในการแสดงแผนที่ และ  
ตำแหน่งที่พอร์ทโดยรับค่ามาจาก ฟอรัมที่ 1 เอง และรับค่ามาจากฟอรัมที่ 3 ;

```
unit Unit1;  
interface  
uses  
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls,  
  Forms,  
  Dialogs, ExtCtrls, ComCtrls, StdCtrls, Buttons, ToolWin, ExtDlgs,  
  jpeg;  
type  
  TForm1 = class(TForm)  
    ToolBar1: TToolBar;  
    Play: TSpeedButton;  
    Puase: TSpeedButton;  
    SpeedButton4: TSpeedButton;  
    SpeedButton5: TSpeedButton;  
    SpeedButton1: TSpeedButton;  
    SpeedButton2: TSpeedButton;  
    Panell1: TPanel;  
    Label1: TLabel;  
    Label2: TLabel;  
    Label3: TLabel;  
    SpeedButton7: TSpeedButton;  
    Edit1: TEdit;  
    Edit2: TEdit;  
    stb1: TStatusBar;  
    scb: TScrollBar;  
    imgMap1: TImage;  
    Timer1: TTimer;  
    SavePictureDialog1: TSavePictureDialog;  
    procedure PlayClick(Sender: TObject);  
    procedure PuaseClick(Sender: TObject);  
    procedure SpeedButton4Click(Sender: TObject);  
    procedure SpeedButton1Click(Sender: TObject);  
    procedure SpeedButton7Click(Sender: TObject);  
    procedure imgMap1MouseMove(Sender: TObject; Shift: TShiftState;  
X,  
      Y: Integer);  
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);  
    procedure FormCreate(Sender: TObject);  
    procedure SpeedButton2Click(Sender: TObject);  
    procedure SpeedButton5Click(Sender: TObject);  
  private  
    { Private declarations }  
  public  
    { Public declarations }  
  end;  
var  
  Form1: TForm1;  
  zoom: real;  
  kx, ky: real;  
  imgMapw, imgMaph: integer;  
implementation
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

uses Unit3, Unit2;
{$R *.dfm}
procedure TForm1.PlayClick(Sender: TObject);
begin
    Form2.RadioButton1.Checked:=False;
    Form2.RadioButton2.Checked:=False;
    Form2.Edit1.Text:='';
    Timer1.Enabled:=false;
    Form3.Timer1.Enabled:=False;
    Form2.showmodal;
    imgMap1.AutoSize:=true;
    play.Enabled:=False;
    Puase.Enabled:=true;
end;

```

```

procedure TForm1.PuaseClick(Sender: TObject);
begin
    Form3.comport1.close;
    Timer1.Enabled:=False;
    Form3.Timer1.Enabled:=False;
    imgMap1.AutoSize:=False;
    play.Enabled:=true;
    Puase.Enabled:=False;
end;

```

```

procedure TForm1.SpeedButton4Click(Sender: TObject);
begin

```

```

    Form3.Visible:=True;
    Form3.SetFocus;
end;

```

```

procedure TForm1.SpeedButton1Click(Sender: TObject);
var resp:word;
begin

```

```

    Form3.comport1.Close;
    resp:=messageDlg('คุณต้องการลบการเรียงหรือ', mtConfirmation, [mbYes, mbNo], 0);
    if resp=idyes then
        close
    else
        showmessage('จบออกเลขนะ');
end;

```

```

procedure TForm1.SpeedButton7Click(Sender: TObject);

```

```

var xr, yr: real;
    xp, yp, code: integer;
begin

```

```

    val(Edit1.Text, xr, code);
    val(Edit2.Text, yr, code);
    imgMap1.Canvas.Ellipse((xp)-8, (yp)-8, (xp)+8, (yp)+8);
    scb.HorzScrollBar.Position:=xp-500;
    scb.VertScrollBar.Position:=yp-300;
end;

```

```

procedure TForm1.imgMap1MouseMove(Sender: TObject; Shift:
TShiftState; X,

```

```

    Y: Integer);

```

```

var xp, yp: integer;
begin

```

```

    Stb1.Panels[0].Text:=floattostr(100.5219633+(x*kx));

```

```

    Stb1.Panels[1].Text:=floattostr(13.65016+(imgMap1.Height-y)*ky);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        Stb1.Panels[2].Text:='Time='+TimeToStr(Time);
    end;
procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
var xp,yp,code:integer;
    xr,yr:real;
begin
    if (Form3.EdtLat.Text<>'0') and (Form3.EdtLong.Text<>'0') then
    begin
        val(Form3.EdtLong.Text,xr,code);
        val(Form3.EdtLat.Text,yr,code);
        Edit1.Text:=Floattostr(xr*zoom);
        Edit2.Text:=Floattostr(yr*zoom);
        xp:=trunc((xr-100.5219633)/kx);
        yp:=trunc(imgmap1.Height-(yr-13.65016)/ky);
        imgmap1.Canvas.Ellipse(xp-8,yp-8,xp+8,yp+8);
        if (xp-scb.HorzScrollBar.Position)<100 then
            scb.HorzScrollBar.Position:=xp-500;
        if (xp+scb.HorzScrollBar.Position)>1000 then
            scb.HorzScrollBar.Position:=xp-500;
        if (yp-scb.VertScrollBar.Position)<50 then
            scb.VertScrollBar.Position:=yp-300;
        if (yp+scb.VertScrollBar.Position)>500 then
            scb.VertScrollBar.Position:=yp-300;
    end;
end;

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
    imgMap1.canvas.Pen.Mode:=PmMask;
    imgMap1.canvas.Pen.Style:=pssolid;
    imgMap1.canvas.Pen.Color:={clred;//}cllime;
    imgMap1.canvas.Brush.Color:=cllime;
    imgMap1.canvas.Pen.Width:=1;
    imgMapw:=5964;
    kx:=0.0000700655;
    ky:=0.00007;
    imgMap1.Top:=0;
    imgMap1.Left:=0;
    imgMap1.Picture.Bitmap.LoadFromFile('111.bmp');
    imgmap1.AutoSize:=true;
    zoom:=imgMap1.Width/imgMapw;
    Timer1.Enabled:=False;
end;
procedure TForm1.SpeedButton2Click(Sender: TObject);
begin
    imgMap1.Picture.Bitmap.LoadFromFile('111.bmp');
end;
procedure TForm1.SpeedButton5Click(Sender: TObject);
begin
    if SavePictureDialog1.Execute=true then
        imgMap1.Picture.SaveToFile(SavePictureDialog1.FileName);
    end;
end.

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-----Form 2-----

{ หน่วยที่ 2 นี้เป็นหน่วยที่ใช้ดำเนินการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งก็คือ โมเด็มที่เชื่อมต่อ อินเทอร์เน็ต }

```
unit Unit2;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls,
  Forms,
  Dialogs, StdCtrls, Buttons;
type
  TForm2 = class(TForm)
    GroupBox1: TGroupBox;
    Label1: TLabel;
    RadioButton1: TRadioButton;
    RadioButton2: TRadioButton;
    Edit1: TEdit;
    SpeedButton1: TSpeedButton;
    SpeedButton2: TSpeedButton;
    procedure RadioButton1Click(Sender: TObject);
    procedure RadioButton2Click(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton1Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton2Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form2: TForm2;
implementation
uses Unit3;
{$R *.dfm}
procedure TForm2.RadioButton1Click(Sender: TObject);
begin
  Edit1.Text := '1';
end;
procedure TForm2.RadioButton2Click(Sender: TObject);
begin
  Edit1.Text := '2';
end;
procedure TForm2.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  Edit1.Text := '';
  Self.Close;
end;
procedure TForm2.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  Form3.ComPort1.ShowSetupDialog;
  Form3.ComPort1.Open;
  if Edit1.Text = '2' then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        Form3.showmodal;
        self.Close;
end;
procedure TForm2.SpeedButton1Click(Sender: TObject);
begin
    Form3.ComPort1.ShowSetupDialog;
    Form3.ComPort1.Open;
    if Edit1.Text='2' then
        Form3.showmodal;
        self.Close;

end;
procedure TForm2.SpeedButton2Click(Sender: TObject);
begin
    Edit1.Text:='';
    Self.Close;
end;
end.

```

-----Form 3-----

{ ฟอร์มที่ 3 เป็นฟอร์มที่ใช้สำหรับดูเรกคอร์ดของจีเน็ต และเลือกดูความหมายในไทม์ไลน์เบื้องต้น }

```

unit Unit3;
interface
uses
    Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls,
    Forms,
    Dialogs, ExtCtrls, CPort, StdCtrls, ComCtrls, Buttons;
type
    TForm3 = class(TForm)
        PageControl1: TPageControl;
        TabSheet1: TTabSheet;
        MemoG1: TMemo;
        TabSheet2: TTabSheet;
        Panel2: TPanel;
        Label1: TLabel;
        Memo8: TMemo;
        Panel3: TPanel;
        Memo2: TMemo;
        MemoSms: TMemo;
        Memo3: TMemo;
        Memo4: TMemo;
        Memo5: TMemo;
        Memo6: TMemo;
        Memo7: TMemo;
        ascii8bit: TMemo;
        word7: TMemo;
        word: TMemo;
        binaryDigit: TMemo;
        hexDigit: TMemo;
        Edit4: TEdit;
        Edit5: TEdit;
        Edit6: TEdit;
        Memo1: TMemo;
        Panel1: TPanel;
        GroupBox1: TGroupBox;
        Label4: TLabel;
        Label5: TLabel;
    end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Label6: TLabel;
Label7: TLabel;
EdtLat: TEdit;
EdtLong: TEdit;
Button2: TButton;
Button4: TButton;
ComPort1: TComPort;
Timer1: TTimer;
Edit7: TEdit;
Edit8: TEdit;
Edit9: TEdit;
Edit10: TEdit;
Edit11: TEdit;
Edit12: TEdit;
Memo9: TMemo;
SpeedButton1: TSpeedButton;
SpeedButton2: TSpeedButton;
SpeedButton3: TSpeedButton;
Edit1: TEdit;
procedure ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button4Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton1Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton2Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton3Click(Sender: TObject);
private
{ Private declarations }
public
{ Public declarations }
end;
var
Form3: TForm3;
implementation
uses Unit2, Unit1;
{$R *.dfm}
procedure TForm3.ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
var str:string;
i,j,k,l,y:integer;
A1,A2,B1,B2,C1,C2,D1,D2,E1,E2,F1,F2,G1,G2:string;

smsLong,smsLong1,smsLong2,smsLong3,smsLat,smsLat1,smsLat2,smsLat3:re
al ;
LatM,LongM,Lat,Long:real;
code:integer;
begin

if Form2.Edit1.Text='1' then
Begin
Form1.Timer1.Enabled:=true;
comport1.ReadStr(str,count);
MemoG1.Text:=MemoG1.Text+Str;
Memo9.Text:=Memo9.Text+str
Timer1.Enabled:=True;
End;
if Form2.Edit1.Text='2' then
Begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

comport1.ReadStr(str,count);
MemoSms.Text:=MemoSms.Text+str;
memo2.Text:='';
memo3.Text:='';
memo4.Text:='';
Memo5.Text:='';
Memo6.Text:='';
Memo7.Text:='';
Memo8.Text:='';
memo2.Text:=MemoSms.lines[2];
Memo2.Text:=copy(Memo2.Text,51{51,43},Length(Memo2.Text));
for i:=1 to (length(memo2.Text))do
begin
for j:=1 to 65 do
begin
if memo2.Text[i]=hexDigit.lines[j] then
begin
if (i/2) <> (i div 2) then
memo4.Text:=memo4.Text+binaryDigit.Lines[j]
else
memo4.Text:=memo4.Text+binaryDigit.Lines[j]+#13#10;
end;
end;
end;
end;
for i:=0 to 15 do
begin
A1:=copy(memo4.lines[0],1,1);
A2:=copy(memo4.lines[0],2,7);
B1:=copy(memo4.lines[1],1,2);
B2:=copy(memo4.lines[1],3,6);
C1:=copy(memo4.lines[2],1,3);
C2:=copy(memo4.lines[2],4,5);
D1:=copy(memo4.lines[3],1,4);
D2:=copy(memo4.lines[3],5,4);
E1:=copy(memo4.lines[4],1,5);
E2:=copy(memo4.lines[4],6,3);
F1:=copy(memo4.lines[5],1,6);
F2:=copy(memo4.lines[5],7,2);
G1:=copy(memo4.lines[6],1,7);
G2:=copy(memo4.lines[6],8,1);
for j:=0 to 6 do
begin
Memo4.Lines.Delete(0);
end;
end;
for k:=0 to 153 {Memo6.Lines.Count} do
begin
for l:=1 to 65 do
begin
if Memo6.Lines[k]=word7.Lines[l] then
Memo7.Text:=Memo7.Text+Word.Lines[l];
end;
end;
Memo8.Text:=Memo8.Text+Memo7.Text+#13#10;
end;
val(copy(Memo8.Text,3,2),smsLat,code);
val(copy(Memo8.Text,5,2),smsLat1,code);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

val (copy (Memo8.Text, 8, 4), smsLat2, code);
val (copy (Memo8.Text, 13, 1), smsLat3, code);
val (copy (Memo8.Text, 15, 3), smsLong, code);
val (copy (Memo8.Text, 18, 2), smsLong1, code);
val (copy (Memo8.Text, 21, 4), smsLong2, code);
val (copy (Memo8.Text, 26, 1), smsLong3, code);
EdtLat.Text := Floattostr (smsLat+smsLat1/60+smsLat2/3600000);
EdtLong.Text := Floattostr (smsLong+smsLong1/60+smsLong2/3600000);
end;
procedure TForm3.Timer1Timer(Sender: TObject);
var Lat1, Lat2, Long1, Long2: real;
    code: integer;
    xr, yr: real;
begin
if pos('$GPRMC', MemoG1.Lines[0]) <> 0 then
begin
    val (copy (MemoG1.Lines[0], 21, 2), Lat1, code);
    val (copy (MemoG1.Lines[0], 23, 7), Lat2, code);
    val (copy (MemoG1.Lines[0], 33, 3), Long1, code);
    val (copy (MemoG1.Lines[0], 36, 7), Long2, code);
    EdtLat.Text := Floattostr (Lat1+Lat2/60);
    EdtLong.Text := Floattostr (Long1+Long2/60);
    Form1.Edit1.Text := EdtLong.Text;
    Form1.Edit2.Text := EdtLat.Text;
    Form1.Timer1.Enabled := true;
end;
MemoG1.Lines.Delete(0);
end;
procedure TForm3.Button2Click(Sender: TObject);
begin
Timer1.Enabled := True;
end;
procedure TForm3.Button4Click(Sender: TObject);
begin
Timer1.Enabled := False;
end;
procedure TForm3.SpeedButton1Click(Sender: TObject);
begin
Form1.Edit1.Text := EdtLong.Text;
Form1.Edit2.Text := EdtLat.Text;
EdtLat.Text := '';
EdtLong.Text := '';
self.close;
end;
procedure TForm3.SpeedButton2Click(Sender: TObject);
var str: string;
begin
Memosms.Text := '';
str := 'at+cmgr=' + edit1.Text + #13;
comport1.Open;
comport1.WriteString(str);
end;
procedure TForm3.SpeedButton3Click(Sender: TObject);
begin
self.Close;
end;
end;
end.

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# PIC18FXX2

## 28/40-pin High Performance, Enhanced FLASH Microcontrollers with 10-Bit A/D

### High Performance RISC CPU:

- C compiler optimized architecture/instruction set
  - Source code compatible with the PIC16 and PIC17 instruction sets
- Linear program memory addressing to 32 Kbytes
- Linear data memory addressing to 1.5 Kbytes

Device	On-Chip Program Memory		On-Chip RAM (bytes)	Data EEPROM (bytes)
	FLASH (bytes)	# Single Word Instructions		
PIC18F242	16K	8192	768	256
PIC18F252	32K	16384	1536	256
PIC18F442	16K	8192	768	256
PIC18F452	32K	16384	1536	256

- Up to 10 MIPS operation:
  - DC - 40 MHz osc./clock input
  - 4 MHz - 10 MHz osc./clock input with PLL active
- 16-bit wide instructions, 8-bit wide data path
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single Cycle Hardware Multiplier

### Peripheral Features:

- High current sink/source 25 mA/25 mA
- Three external interrupt pins
- Timer0 module: 8-bit/16-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1 module: 16-bit timer/counter
- Timer2 module: 8-bit timer/counter with 8-bit period register (time-base for PWM)
- Timer3 module: 16-bit timer/counter
- Secondary oscillator clock option - Timer1/Timer3
- Two Capture/Compare/PWM (CCP) modules. CCP pins that can be configured as:
  - Capture input: capture is 16-bit, max. resolution 6.25 ns ( $T_{CY}/16$ )
  - Compare is 16-bit, max. resolution 100 ns ( $T_{CY}$ )
  - PWM output: PWM resolution is 1- to 10-bit, max. PWM freq. @: 8-bit resolution = 156 kHz  
10-bit resolution = 39 kHz
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module, Two modes of operation:
  - 3-wire SPI™ (supports all 4 SPI modes)
  - I<sup>2</sup>C™ Master and Slave mode

### Peripheral Features (Continued):

- Addressable USART module:
  - Supports RS-485 and RS-232
- Parallel Slave Port (PSP) module

### Analog Features:

- Compatible 10-bit Analog-to-Digital Converter module (A/D) with:
  - Fast sampling rate
  - Conversion available during SLEEP
  - Linearity  $\leq 1$  LSB
- Programmable Low Voltage Detection (PLVD)
  - Supports interrupt on-Low Voltage Detection
- Programmable Brown-out Reset (BOR)

### Special Microcontroller Features:

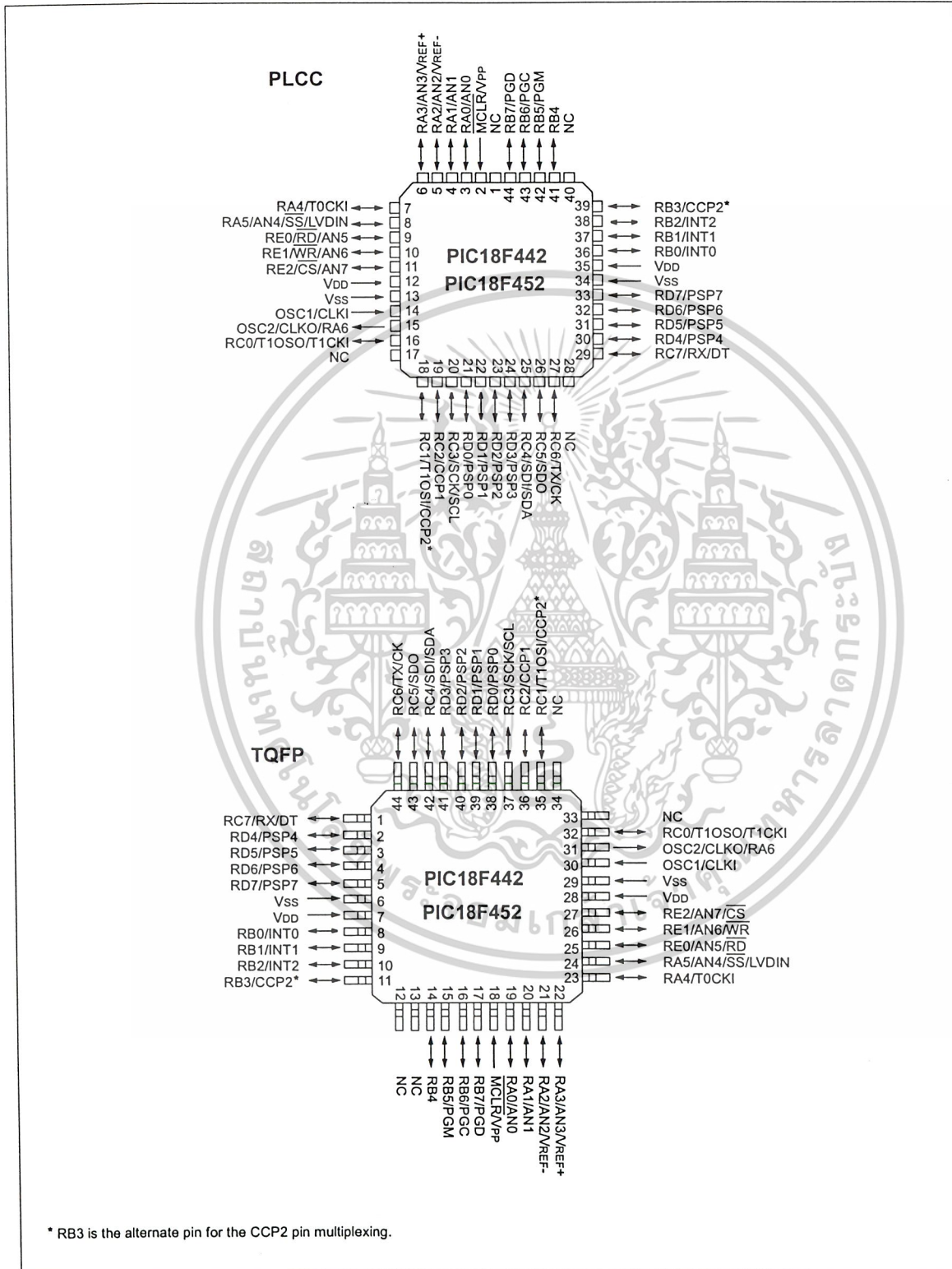
- 100,000 erase/write cycle Enhanced FLASH program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory
- FLASH/Data EEPROM Retention: > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own On-Chip RC Oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options including:
  - 4X Phase Lock Loop (of primary oscillator)
  - Secondary Oscillator (32 kHz) clock input
- Single supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

### CMOS Technology:

- Low power, high speed FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Industrial and Extended temperature ranges
- Low power consumption:
  - < 1.6 mA typical @ 5V, 4 MHz
  - 25  $\mu$ A typical @ 3V, 32 kHz
  - < 0.2  $\mu$ A typical standby current

# PIC18FXX2

## Pin Diagrams





# PIC18FXX2

## Table of Contents

1.0	Device Overview .....	7
2.0	Oscillator Configurations .....	17
3.0	Reset .....	25
4.0	Memory Organization .....	35
5.0	FLASH Program Memory .....	55
6.0	Data EEPROM Memory .....	65
7.0	8 X 8 Hardware Multiplier .....	71
8.0	Interrupts .....	73
9.0	I/O Ports .....	87
10.0	Timer0 Module .....	103
11.0	Timer1 Module .....	107
12.0	Timer2 Module .....	111
13.0	Timer3 Module .....	113
14.0	Capture/Compare/PWM (CCP) Modules .....	117
15.0	Master Synchronous Serial Port (MSSP) Module .....	125
16.0	Addressable Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART) .....	165
17.0	Compatible 10-bit Analog-to-Digital Converter (A/D) Module .....	181
18.0	Low Voltage Detect .....	189
19.0	Special Features of the CPU .....	195
20.0	Instruction Set Summary .....	211
21.0	Development Support .....	253
22.0	Electrical Characteristics .....	259
23.0	DC and AC Characteristics Graphs and Tables .....	289
24.0	Packaging Information .....	305
Appendix A:	Revision History .....	313
Appendix B:	Device Differences .....	313
Appendix C:	Conversion Considerations .....	314
Appendix D:	Migration from Baseline to Enhanced Devices .....	314
Appendix E:	Migration from Mid-range to Enhanced Devices .....	315
Appendix F:	Migration from High-end to Enhanced Devices .....	315
Index .....		317
On-Line Support .....		327
Reader Response .....		328
PIC18FXX2 Product Identification System .....		329

## TO OUR VALUED CUSTOMERS

It is our intention to provide our valued customers with the best documentation possible to ensure successful use of your Microchip products. To this end, we will continue to improve our publications to better suit your needs. Our publications will be refined and enhanced as new volumes and updates are introduced.

If you have any questions or comments regarding this publication, please contact the Marketing Communications Department via E-mail at [docerrors@mail.microchip.com](mailto:docerrors@mail.microchip.com) or fax the Reader Response Form in the back of this data sheet to (480) 792-4150. We welcome your feedback.

### Most Current Data Sheet

To obtain the most up-to-date version of this data sheet, please register at our Worldwide Web site at:

<http://www.microchip.com>

You can determine the version of a data sheet by examining its literature number found on the bottom outside corner of any page. The last character of the literature number is the version number, (e.g., DS30000A is version A of document DS30000).

### Errata

An errata sheet, describing minor operational differences from the data sheet and recommended workarounds, may exist for current devices. As device/documentation issues become known to us, we will publish an errata sheet. The errata will specify the revision of silicon and revision of document to which it applies.

To determine if an errata sheet exists for a particular device, please check with one of the following:

- Microchip's Worldwide Web site; <http://www.microchip.com>
- Your local Microchip sales office (see last page)
- The Microchip Corporate Literature Center; U.S. FAX: (480) 792-7277

When contacting a sales office or the literature center, please specify which device, revision of silicon and data sheet (include literature number) you are using.

### Customer Notification System

Register on our web site at [www.microchip.com/cn](http://www.microchip.com/cn) to receive the most current information on all of our products.

# PIC18FXX2

---

NOTES:



# PIC18FXX2

## 1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information for the following devices:

- PIC18F242
- PIC18F252
- PIC18F442
- PIC18F452

These devices come in 28-pin and 40/44-pin packages. The 28-pin devices do not have a Parallel Slave Port (PSP) implemented and the number of Analog-to-Digital (A/D) converter input channels is reduced to 5. An overview of features is shown in Table 1-1.

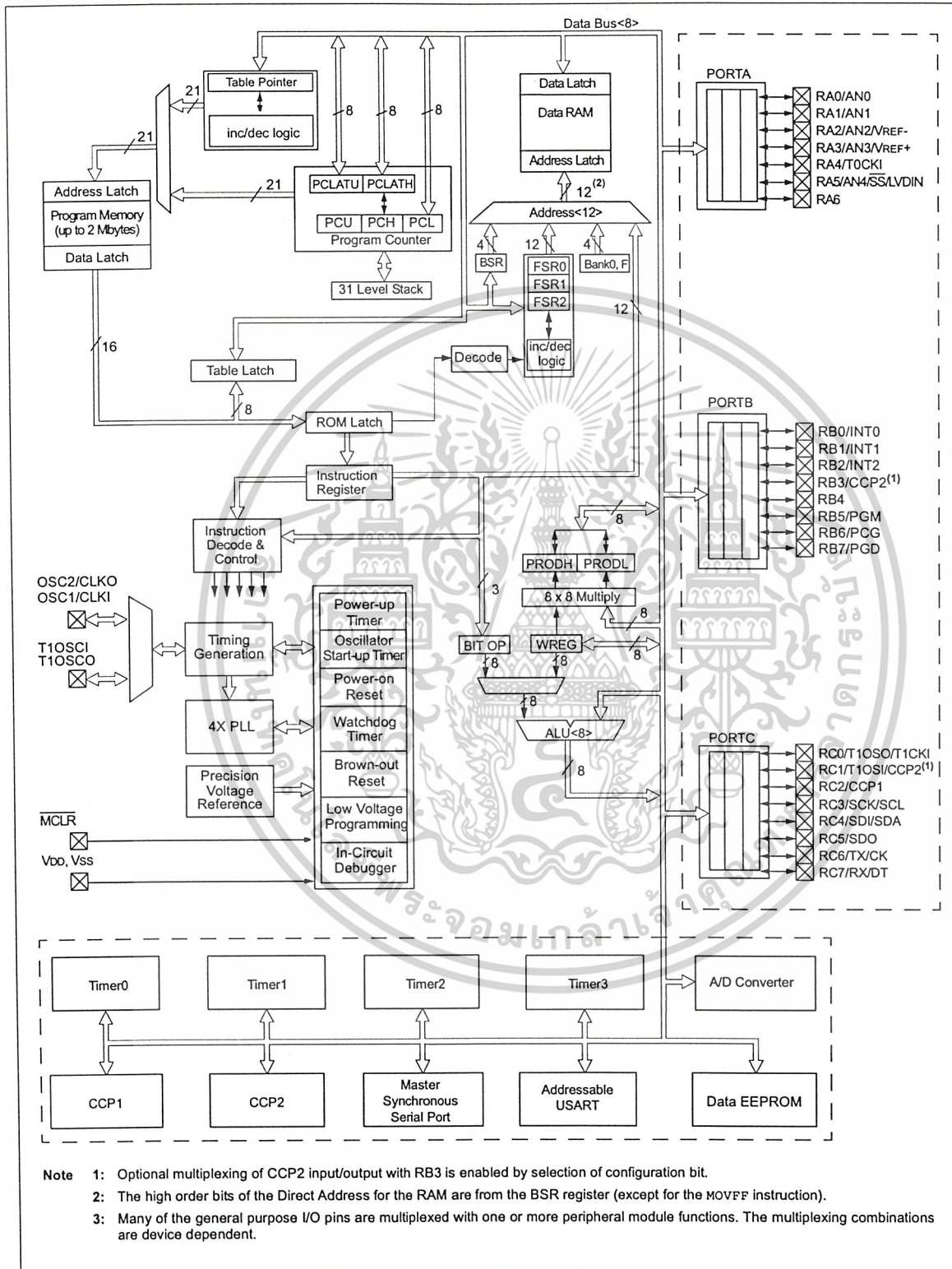
The following two figures are device block diagrams sorted by pin count: 28-pin for Figure 1-1 and 40/44-pin for Figure 1-2. The 28-pin and 40/44-pin pinouts are listed in Table 1-2 and Table 1-3, respectively.

**TABLE 1-1: DEVICE FEATURES**

Features	PIC18F242	PIC18F252	PIC18F442	PIC18F452
Operating Frequency	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz
Program Memory (Bytes)	16K	32K	16K	32K
Program Memory (Instructions)	8192	16384	8192	16384
Data Memory (Bytes)	768	1536	768	1536
Data EEPROM Memory (Bytes)	256	256	256	256
Interrupt Sources	17	17	18	18
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C, D, E
Timers	4	4	4	4
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART
Parallel Communications	—	—	PSP	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	5 input channels	8 input channels	8 input channels
RESETS (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)
Programmable Low Voltage Detect	Yes	Yes	Yes	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes
Instruction Set	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions
Packages	28-pin DIP 28-pin SOIC	28-pin DIP 28-pin SOIC	40-pin DIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP	40-pin DIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP

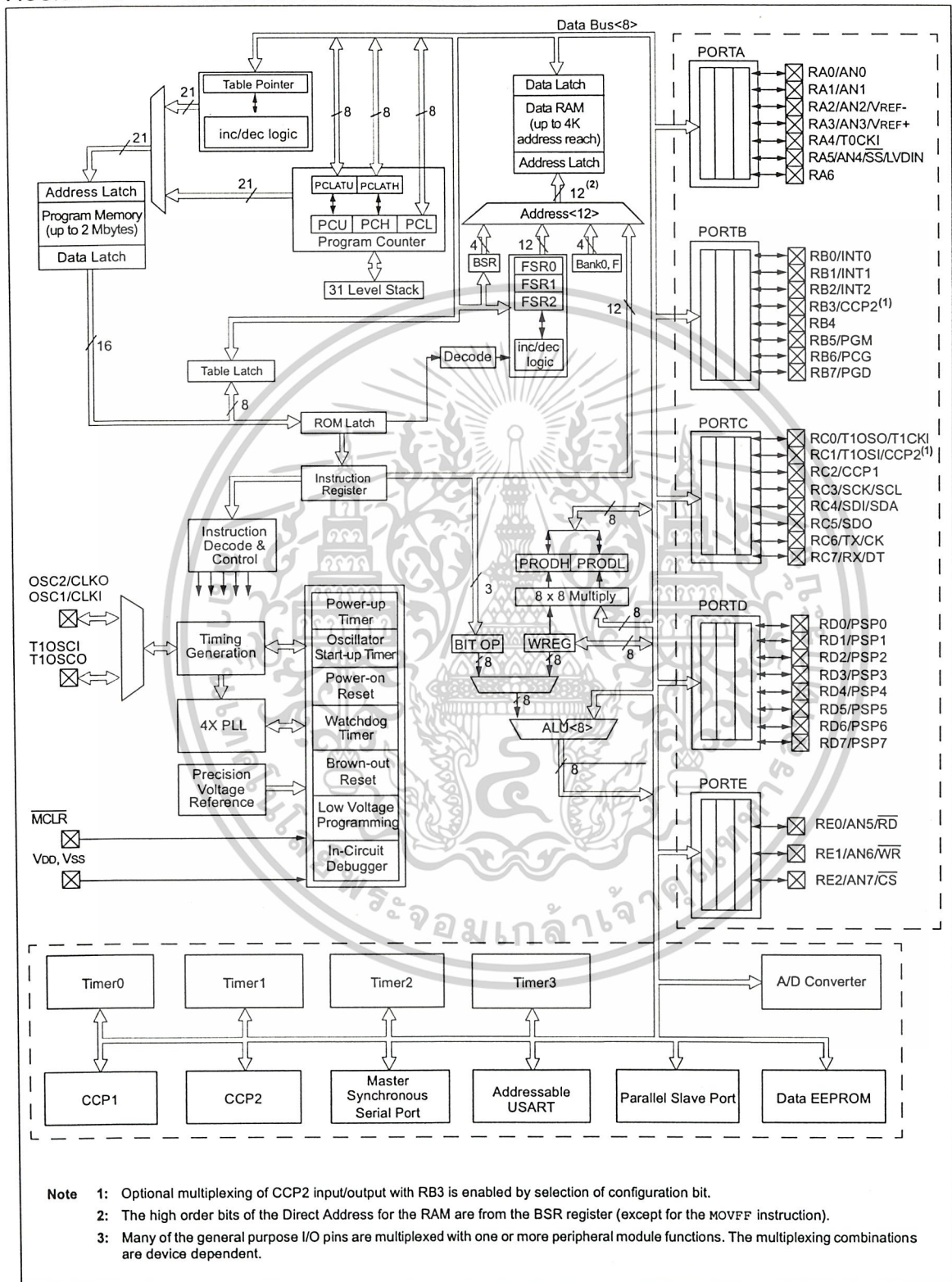
# PIC18FXX2

FIGURE 1-1: PIC18F2X2 BLOCK DIAGRAM



# PIC18FXX2

FIGURE 1-2: PIC18F4X2 BLOCK DIAGRAM



# PIC18FXX2

TABLE 1-2: PIC18F2X2 PINOUT I/O DESCRIPTIONS

Pin Name	Pin Number		Pin Type	Buffer Type	Description
	DIP	SOIC			
MCLR/VPP MCLR VPP	1	1	I I	ST ST	Master Clear (input) or high voltage ICSP programming enable pin. Master Clear (Reset) input. This pin is an active low RESET to the device. High voltage ICSP programming enable pin.
NC	—	—	—	—	These pins should be left unconnected.
OSC1/CLKI OSC1 CLKI	9	9	I I	ST CMOS	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode, CMOS otherwise. External clock source input. Always associated with pin function OSC1. (See related OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins.)
OSC2/CLKO/RA6 OSC2 CLKO RA6	10	10	O O I/O	— — TTL	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate. General Purpose I/O pin.
RA0/AN0 RA0 AN0 RA1/AN1 RA1 AN1 RA2/AN2/VREF- RA2 AN2 VREF- RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+ RA4/T0CKI RA4 T0CKI RA5/AN4/SS/LVDIN RA5 AN4 SS LVDIN RA6	2 3 4 5 6 7	2 3 4 5 6 7	I/O I I/O I I/O I I/O I I I/O I I I	TTL Analog TTL Analog TTL Analog Analog TTL Analog Analog ST/OD ST TTL Analog ST Analog	PORTA is a bi-directional I/O port. Digital I/O. Analog input 0. Digital I/O. Analog input 1. Digital I/O. Analog input 2. A/D Reference Voltage (Low) input. Digital I/O. Analog input 3. A/D Reference Voltage (High) input. Digital I/O. Open drain when configured as output. Timer0 external clock input. Digital I/O. Analog input 4. SPI Slave Select input. Low Voltage Detect Input. See the OSC2/CLKO/RA6 pin.

Legend: TTL = TTL compatible input  
ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels  
O = Output  
OD = Open Drain (no P diode to VDD)

CMOS = CMOS compatible input or output  
I = Input  
P = Power

# PIC18FXX2

TABLE 1-2: PIC18F2X2 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number		Pin Type	Buffer Type	Description
	DIP	SOIC			
RB0/INT0 RB0 INT0	21	21	I/O I	TTL ST	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-ups on all inputs.  Digital I/O. External Interrupt 0.
RB1/INT1 RB1 INT1	22	22	I/O I	TTL ST	External Interrupt 1.
RB2/INT2 RB2 INT2	23	23	I/O I	TTL ST	Digital I/O. External Interrupt 2.
RB3/CCP2 RB3 CCP2	24	24	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RB4	25	25	I/O	TTL	Digital I/O. Interrupt-on-change pin.
RB5/PGM RB5 PGM	26	26	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. Interrupt-on-change pin. Low Voltage ICSP programming enable pin.
RB6/PGC RB6 PGC	27	27	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. Interrupt-on-change pin. In-Circuit Debugger and ICSP programming clock pin.
RB7/PGD RB7 PGD	28	28	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. Interrupt-on-change pin. In-Circuit Debugger and ICSP programming data pin.

Legend: TTL = TTL compatible input  
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels  
 O = Output  
 OD = Open Drain (no P diode to VDD)  
 CMOS = CMOS compatible input or output  
 I = Input  
 P = Power

# PIC18FXX2

TABLE 1-2: PIC18F2X2 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number		Pin Type	Buffer Type	Description
	DIP	SOIC			
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	11	11	I/O O I	ST — ST	PORTC is a bi-directional I/O port. Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1/Timer3 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	12	12	I/O I I/O	ST CMOS ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	13	13	I/O I/O	ST ST	Digital I/O. Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK SCL	14	14	I/O I/O I/O	ST ST ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I <sup>2</sup> C mode
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	15	15	I/O I I/O	ST ST ST	Digital I/O. SPI Data In. I <sup>2</sup> C Data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	16	16	I/O O	ST —	Digital I/O. SPI Data Out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	17	17	I/O O I/O	ST — ST	Digital I/O. USART Asynchronous Transmit. USART Synchronous Clock (see related RX/DT).
RC7/RX/DT RC7 RX DT	18	18	I/O I I/O	ST ST ST	Digital I/O. USART Asynchronous Receive. USART Synchronous Data (see related TX/CK).
Vss	8, 19	8, 19	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
Vdd	20	20	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: TTL = TTL compatible input  
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels  
 O = Output  
 OD = Open Drain (no P diode to VDD)  
 CMOS = CMOS compatible input or output  
 I = Input  
 P = Power



# PIC18FXX2

TABLE 1-3: PIC18F4X2 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number			Pin Type	Buffer Type	Description
	DIP	PLCC	TQFP			
RB0/INT0 RB0 INT0	33	36	8	I/O I	TTL ST	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-ups on all inputs.  Digital I/O. External Interrupt 0.
RB1/INT1 RB1 INT1	34	37	9	I/O I	TTL ST	External Interrupt 1.
RB2/INT2 RB2 INT2	35	38	10	I/O I	TTL ST	Digital I/O. External Interrupt 2.
RB3/CCP2 RB3 CCP2	36	39	11	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RB4	37	41	14	I/O	TTL	Digital I/O. Interrupt-on-change pin.
RB5/PGM RB5 PGM	38	42	15	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. Interrupt-on-change pin. Low Voltage ICSP programming enable pin.
RB6/PGC RB6 PGC	39	43	16	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. Interrupt-on-change pin, In-Circuit Debugger and ICSP programming clock pin.
RB7/PGD RB7 PGD	40	44	17	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. Interrupt-on-change pin. In-Circuit Debugger and ICSP programming data pin.

Legend: TTL = TTL compatible input

ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels

O = Output

OD = Open Drain (no P diode to VDD)

CMOS = CMOS compatible input or output

I = Input

P = Power

# PIC18FXX2

TABLE 1-3: PIC18F4X2 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number			Pin Type	Buffer Type	Description
	DIP	PLCC	TQFP			
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	15	16	32	I/O O I	ST — ST	PORTC is a bi-directional I/O port.  Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1/Timer3 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	16	18	35	I/O I I/O	ST CMOS ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	17	19	36	I/O I/O	ST ST	Digital I/O. Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK  SCL	18	20	37	I/O I/O I/O	ST ST ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I <sup>2</sup> C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	23	25	42	I/O I I/O	ST ST ST	Digital I/O. SPI Data In. I <sup>2</sup> C Data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	24	26	43	I/O O	ST —	Digital I/O. SPI Data Out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	25	27	44	I/O O I/O	ST — ST	Digital I/O. USART Asynchronous Transmit. USART Synchronous Clock (see related RX/DT).
RC7/RX/DT RC7 RX DT	26	29	1	I/O I I/O	ST ST ST	Digital I/O. USART Asynchronous Receive. USART Synchronous Data (see related TX/CK).

Legend: TTL = TTL compatible input  
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels  
 O = Output  
 OD = Open Drain (no P diode to V<sub>DD</sub>)  
 CMOS = CMOS compatible input or output  
 I = Input  
 P = Power

# PIC18FXX2

TABLE 1-3: PIC18F4X2 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number			Pin Type	Buffer Type	Description				
	DIP	PLCC	TQFP							
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST TTL	PORTD is a bi-directional I/O port, or a Parallel Slave Port (PSP) for interfacing to a microprocessor port. These pins have TTL input buffers when PSP module is enabled.  Digital I/O. Parallel Slave Port Data.				
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST TTL					
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST TTL					
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST TTL					
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST TTL					
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST TTL					
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST TTL					
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST TTL					
RE0/ $\overline{\text{RD}}$ /AN5 RE0 RD	8	9	25	I/O	ST TTL	PORTE is a bi-directional I/O port.  Digital I/O. Read control for parallel slave port (see also WR and CS pins). Analog input 5.				
AN5 RE1/ $\overline{\text{WR}}$ /AN6 RE1 WR					9		10	26	I/O	Analog
AN6 RE2/ $\overline{\text{CS}}$ /AN7 RE2 CS					10		11	27	I/O	ST TTL
AN7					Analog	Analog input 6.  Digital I/O. Chip Select control for parallel slave port (see related $\overline{\text{RD}}$ and $\overline{\text{WR}}$ ). Analog input 7.				
Vss	12, 31	13, 34	6, 29	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.				
VDD	11, 32	12, 35	7, 28	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.				

Legend: TTL = TTL compatible input  
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels  
 O = Output  
 OD = Open Drain (no P diode to VDD)  
 CMOS = CMOS compatible input or output  
 I = Input  
 P = Power



# ISO<sup>2</sup>-CMOS MT8870D/MT8870D-1 Integrated DTMF Receiver

ISSUE 5

March 1997

## Features

- Complete DTMF Receiver
- Low power consumption
- Internal gain setting amplifier
- Adjustable guard time
- Central office quality
- Power-down mode
- Inhibit mode
- Backward compatible with MT8870C/MT8870C-1

## Ordering Information

MT8870DE/DE-1	18 Pin Plastic DIP
MT8870DS/DS-1	18 Pin SOIC
MT8870DN/DN-1	20 Pin SSOP
-40 °C to +85 °C	

## Description

The MT8870D/MT8870D-1 is a complete DTMF receiver integrating both the bandsplit filter and digital decoder functions. The filter section uses switched capacitor techniques for high and low group filters; the decoder uses digital counting techniques to detect and decode all 16 DTMF tone-pairs into a 4-bit code. External component count is minimized by on chip provision of a differential input amplifier, clock oscillator and latched three-state bus interface.

## Applications

- Receiver system for British Telecom (BT) or CEPT Spec (MT8870D-1)
- Paging systems
- Repeater systems/mobile radio
- Credit card systems
- Remote control
- Personal computers
- Telephone answering machine

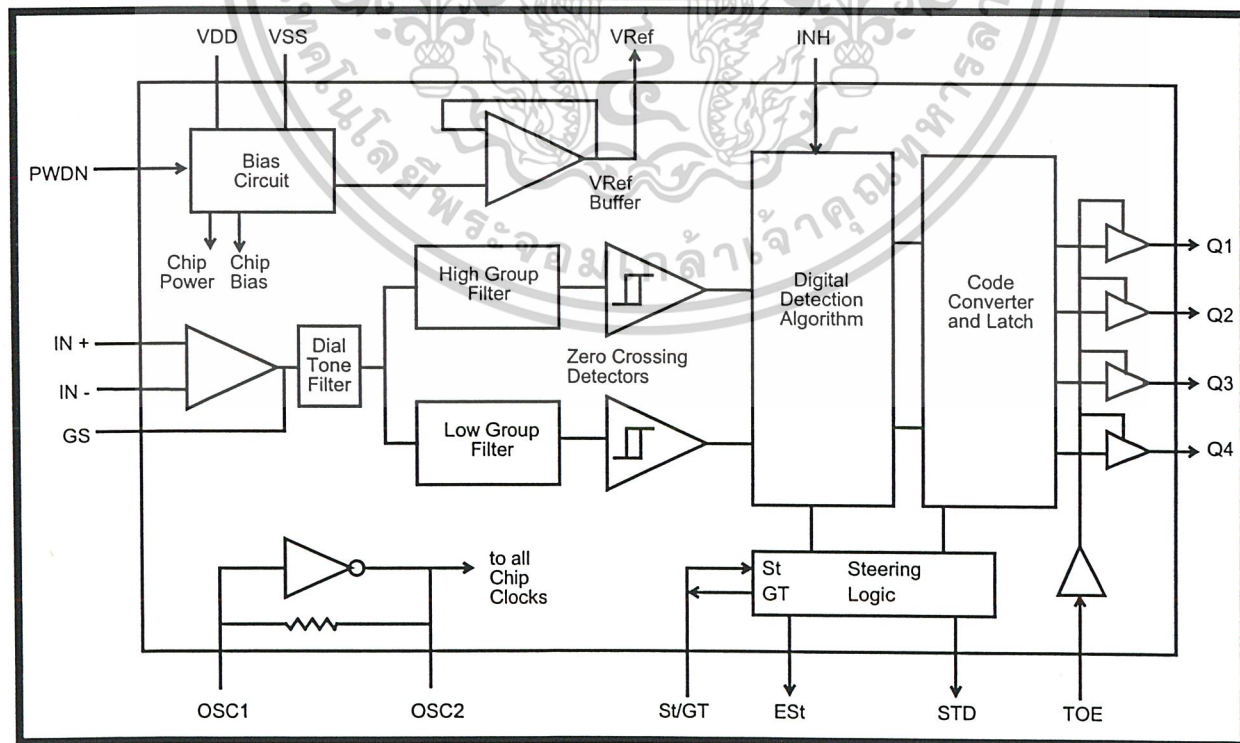


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# MT8870D/MT8870D-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

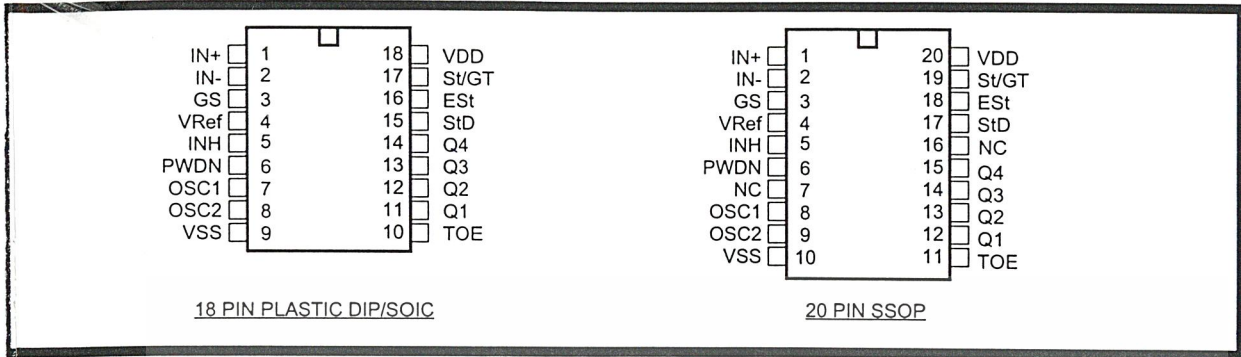


Figure 2 - Pin Connections

## Pin Description

Pin #		Name	Description
18	20		
1	1	IN+	<b>Non-Inverting Op-Amp (Input).</b>
2	2	IN-	<b>Inverting Op-Amp (Input).</b>
3	3	GS	<b>Gain Select.</b> Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor.
4	4	V <sub>Ref</sub>	<b>Reference Voltage (Output).</b> Nominally V <sub>DD</sub> /2 is used to bias inputs at mid-rail (see Fig. 6 and Fig. 10).
5	5	INH	<b>Inhibit (Input).</b> Logic high inhibits the detection of tones representing characters A, B, C and D. This pin input is internally pulled down.
6	6	PWDN	<b>Power Down (Input).</b> Active high. Powers down the device and inhibits the oscillator. This pin input is internally pulled down.
7	8	OSC1	<b>Clock (Input).</b>
8	9	OSC2	<b>Clock (Output).</b> A 3.579545 MHz crystal connected between pins OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit.
9	10	V <sub>SS</sub>	<b>Ground (Input).</b> 0V typical.
10	11	TOE	<b>Three State Output Enable (Input).</b> Logic high enables the outputs Q1-Q4. This pin is pulled up internally.
11-14	12-15	Q1-Q4	<b>Three State Data (Output).</b> When enabled by TOE, provide the code corresponding to the last valid tone-pair received (see Table 1). When TOE is logic low, the data outputs are high impedance.
15	17	StD	<b>Delayed Steering (Output).</b> Presents a logic high when a received tone-pair has been registered and the output latch updated; returns to logic low when the voltage on St/GT falls below V <sub>TS<sub>t</sub></sub> .
16	18	ESt	<b>Early Steering (Output).</b> Presents a logic high once the digital algorithm has detected a valid tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause ESt to return to a logic low.
17	19	St/GT	<b>Steering Input/Guard time (Output) Bidirectional.</b> A voltage greater than V <sub>TS<sub>t</sub></sub> detected at St causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than V <sub>TS<sub>t</sub></sub> frees the device to accept a new tone pair. The GT output acts to reset the external steering time-constant; its state is a function of ESt and the voltage on St.
18	20	V <sub>DD</sub>	<b>Positive power supply (Input).</b> +5V typical.
	7, 16	NC	No Connection.

### Functional Description

The MT8870D/MT8870D-1 monolithic DTMF receiver offers small size, low power consumption and high performance. Its architecture consists of a bandsplit filter section, which separates the high and low group tones, followed by a digital counting section which verifies the frequency and duration of the received tones before passing the corresponding code to the output bus.

### Filter Section

Separation of the low-group and high group tones is achieved by applying the DTMF signal to the inputs of two sixth-order switched capacitor bandpass filters, the bandwidths of which correspond to the low and high group frequencies. The filter section also incorporates notches at 350 and 440 Hz for exceptional dial tone rejection (see Figure 3). Each filter output is followed by a single order switched capacitor filter section which smooths the signals prior to limiting. Limiting is performed by high-gain comparators which are provided with hysteresis to prevent detection of unwanted low-level signals. The outputs of the comparators provide full rail logic swings at the frequencies of the incoming DTMF signals.

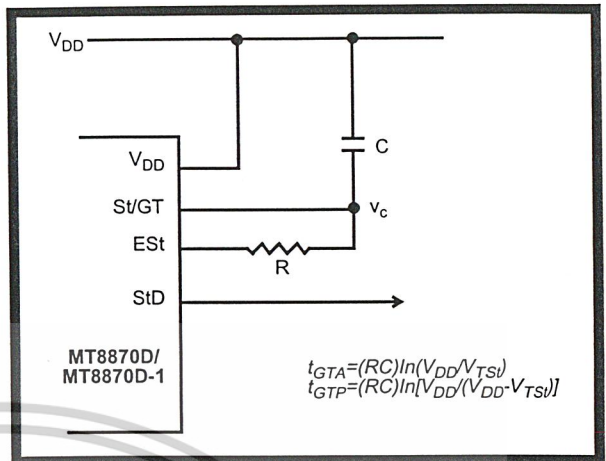


Figure 4 - Basic Steering Circuit

providing tolerance to small frequency deviations and variations. This averaging algorithm has been developed to ensure an optimum combination of immunity to talk-off and tolerance to the presence of interfering frequencies (third tones) and noise. When the detector recognizes the presence of two valid tones (this is referred to as the "signal condition" in some industry specifications) the "Early Steering" (EST) output will go to an active state. Any subsequent loss of signal condition will cause EST to assume an inactive state (see "Steering Circuit").

### Decoder Section

Following the filter section is a decoder employing digital counting techniques to determine the frequencies of the incoming tones and to verify that they correspond to standard DTMF frequencies. A complex averaging algorithm protects against tone simulation by extraneous signals such as voice while

### Steering Circuit

Before registration of a decoded tone pair, the receiver checks for a valid signal duration (referred to as character recognition condition). This check is performed by an external RC time constant driven by EST. A logic high on EST causes v<sub>c</sub> (see Figure 4) to rise as the capacitor discharges. Provided signal

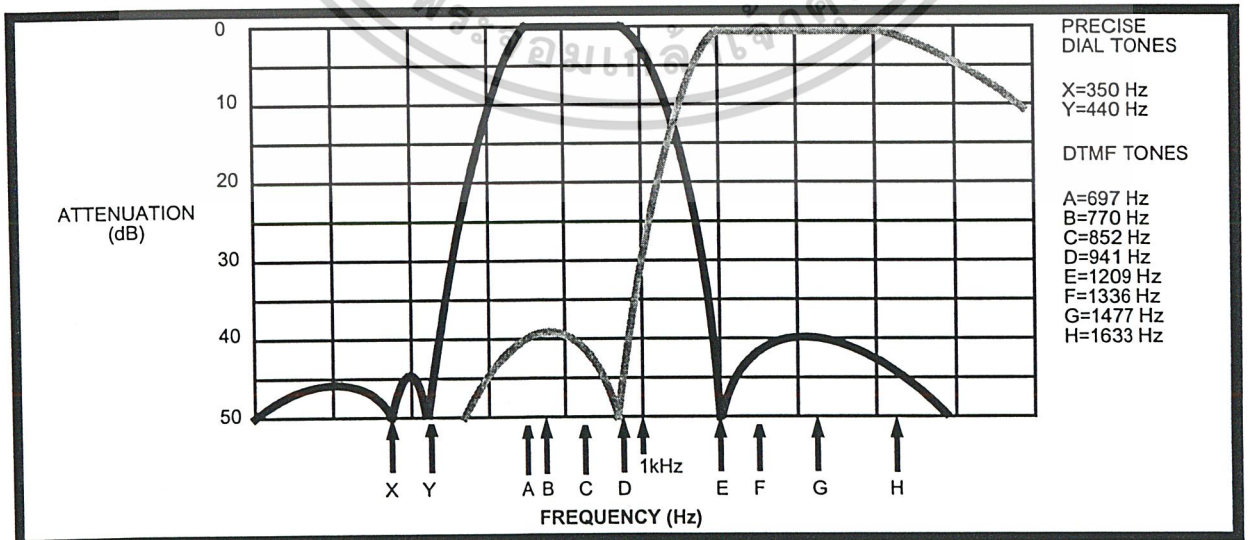


Figure 3 - Filter Response

condition is maintained (ESt remains high) for the validation period ( $t_{GTP}$ ),  $v_c$  reaches the threshold ( $V_{TSt}$ ) of the steering logic to register the tone pair, latching its corresponding 4-bit code (see Table 1) into the output latch. At this point the GT output is activated and drives  $v_c$  to  $V_{DD}$ . GT continues to drive high as long as ESt remains high. Finally, after a short delay to allow the output latch to settle, the delayed steering output flag (StD) goes high, signalling that a received tone pair has been registered. The contents of the output latch are made available on the 4-bit output bus by raising the three state control input (TOE) to a logic high. The steering circuit works in reverse to validate the interdigit pause between signals. Thus, as well as rejecting signals too short to be considered valid, the receiver will tolerate signal interruptions (dropout) too short to be considered a valid pause. This facility, together with the capability of selecting the steering time constants externally, allows the designer to tailor performance to meet a wide variety of system requirements.

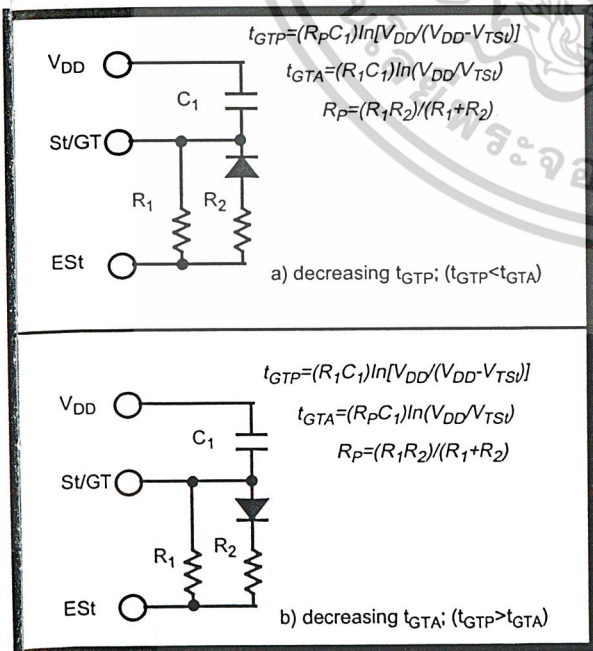
**Guard Time Adjustment**

In many situations not requiring selection of tone duration and interdigital pause, the simple steering circuit shown in Figure 4 is applicable. Component values are chosen according to the formula:

$$t_{REC} = t_{DP} + t_{GTP}$$

$$t_{ID} = t_{DA} + t_{GTA}$$

The value of  $t_{DP}$  is a device parameter (see Figure 11) and  $t_{REC}$  is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C of 0.1  $\mu$ F is



**Figure 5 - Guard Time Adjustment**

Digit	TOE	INH	ESt	Q <sub>4</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>
ANY	L	X	H	Z	Z	Z	Z
1	H	X	H	0	0	0	1
2	H	X	H	0	0	1	0
3	H	X	H	0	0	1	1
4	H	X	H	0	1	0	0
5	H	X	H	0	1	0	1
6	H	X	H	0	1	1	0
7	H	X	H	0	1	1	1
8	H	X	H	1	0	0	0
9	H	X	H	1	0	0	1
0	H	X	H	1	0	1	0
*	H	X	H	1	0	1	1
#	H	X	H	1	1	0	0
A	H	L	H	1	1	0	1
B	H	L	H	1	1	1	0
C	H	L	H	1	1	1	1
D	H	L	H	0	0	0	0
A	H	H	L	undetected, the output code will remain the same as the previous detected code			
B	H	H	L				
C	H	H	L				
D	H	H	L				

**Table 1. Functional Decode Table**

L=LOGIC LOW, H=LOGIC HIGH, Z=HIGH IMPEDANCE  
X = DON'T CARE

recommended for most applications, leaving R to be selected by the designer.

Different steering arrangements may be used to select independently the guard times for tone present ( $t_{GTP}$ ) and tone absent ( $t_{GTA}$ ). This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on both tone duration and interdigital pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk off and noise immunity. Increasing  $t_{REC}$  improves talk-off performance since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain signal condition long enough to be registered. Alternatively, a relatively short  $t_{REC}$  with a long  $t_{DO}$  would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to tone drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 5.

**Power-down and Inhibit Mode**

A logic high applied to pin 6 (PVDN) will power down the device to minimize the power consumption in a standby mode. It stops the oscillator and the functions of the filters.

Inhibit mode is enabled by a logic high input to the pin 5 (INH). It inhibits the detection of tones representing characters A, B, C, and D. The output code will remain the same as the previous detected code (see Table 1).

**Differential Input Configuration**

The input arrangement of the MT8870D/MT8870D-1 provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source ( $V_{Ref}$ ) which is used to bias the inputs at mid-rail. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 10 with the op-amp connected for unity gain and  $V_{Ref}$  biasing the input at  $1/2 V_{DD}$ . Figure 6 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor  $R_5$ .

**Crystal Oscillator**

The internal clock circuit is completed with the addition of an external 3.579545 MHz crystal and is normally connected as shown in Figure 10 (Single-Ended Input Configuration). However, it is possible to configure several MT8870D/MT8870D-1 devices employing only a single oscillator crystal. The oscillator output of the first device in the chain is coupled through a 30 pF capacitor to the oscillator input (OSC1) of the next device. Subsequent devices are connected in a similar fashion. Refer to Figure 7 for details. The problems associated with unbalanced loading are not a concern with the arrangement shown, i.e., precision balancing capacitors are not required.

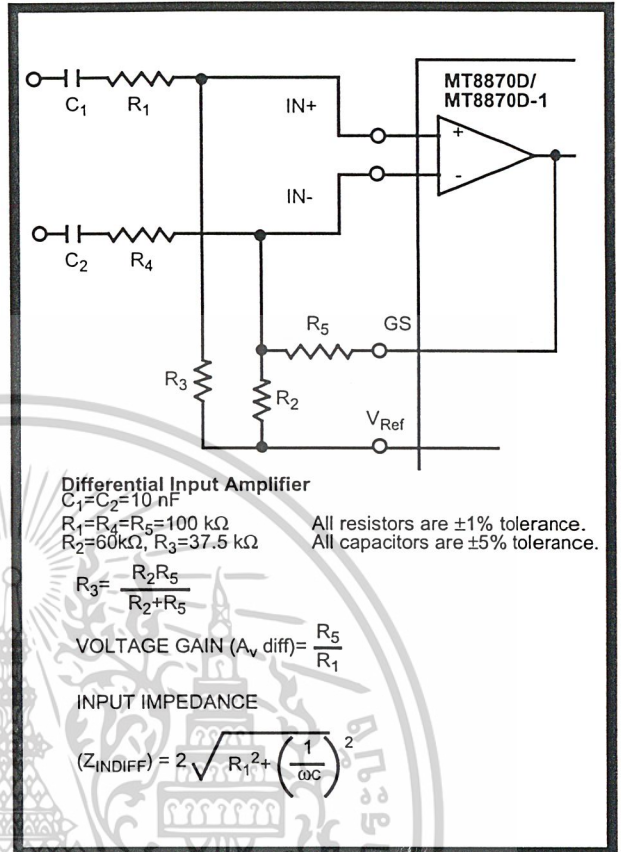


Figure 6 - Differential Input Configuration

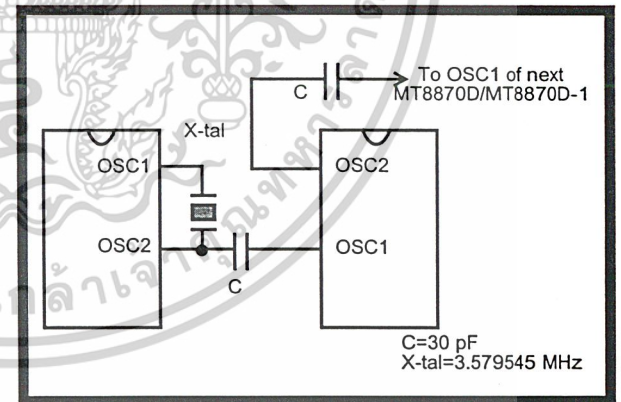


Figure 7 - Oscillator Connection

Parameter	Unit	Resonator
R1	Ohms	10.752
L1	mH	.432
C1	pF	4.984
C0	pF	37.915
Qm	-	896.37
Δf	%	±0.2%

Table 2. Recommended Resonator Specifications  
Note: Qm=quality factor of RLC model, i.e., 1/2ΠfR1C1.

# MT8870D/MT8870D-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

## Applications

### RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

The circuit shown in Fig. 9 illustrates the use of MT8870D-1 device in a typical receiver system. BT Spec defines the input signals less than -34 dBm as the non-operate level. This condition can be attained by choosing a suitable values of  $R_1$  and  $R_2$  to provide 3 dB attenuation, such that -34 dBm input signal will correspond to -37 dBm at the gain setting pin GS of MT8870D-1. As shown in the diagram, the component values of  $R_3$  and  $C_2$  are the guard time requirements when the total component tolerance is 6%. For better performance, it is recommended to use the non-symmetric guard time circuit in Fig. 8.

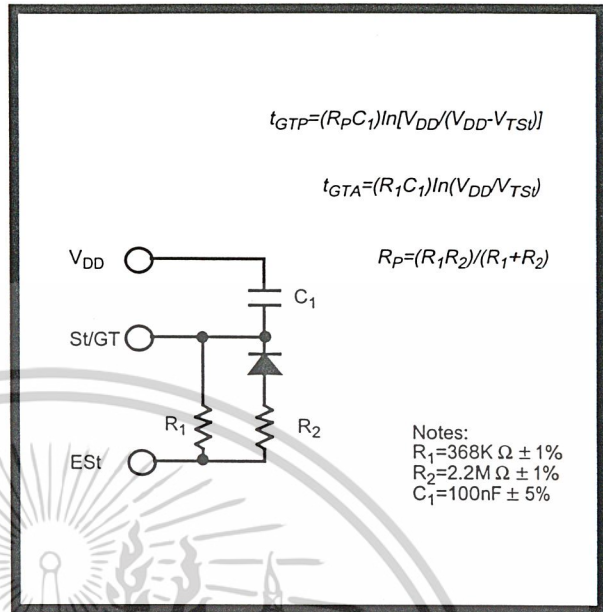


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

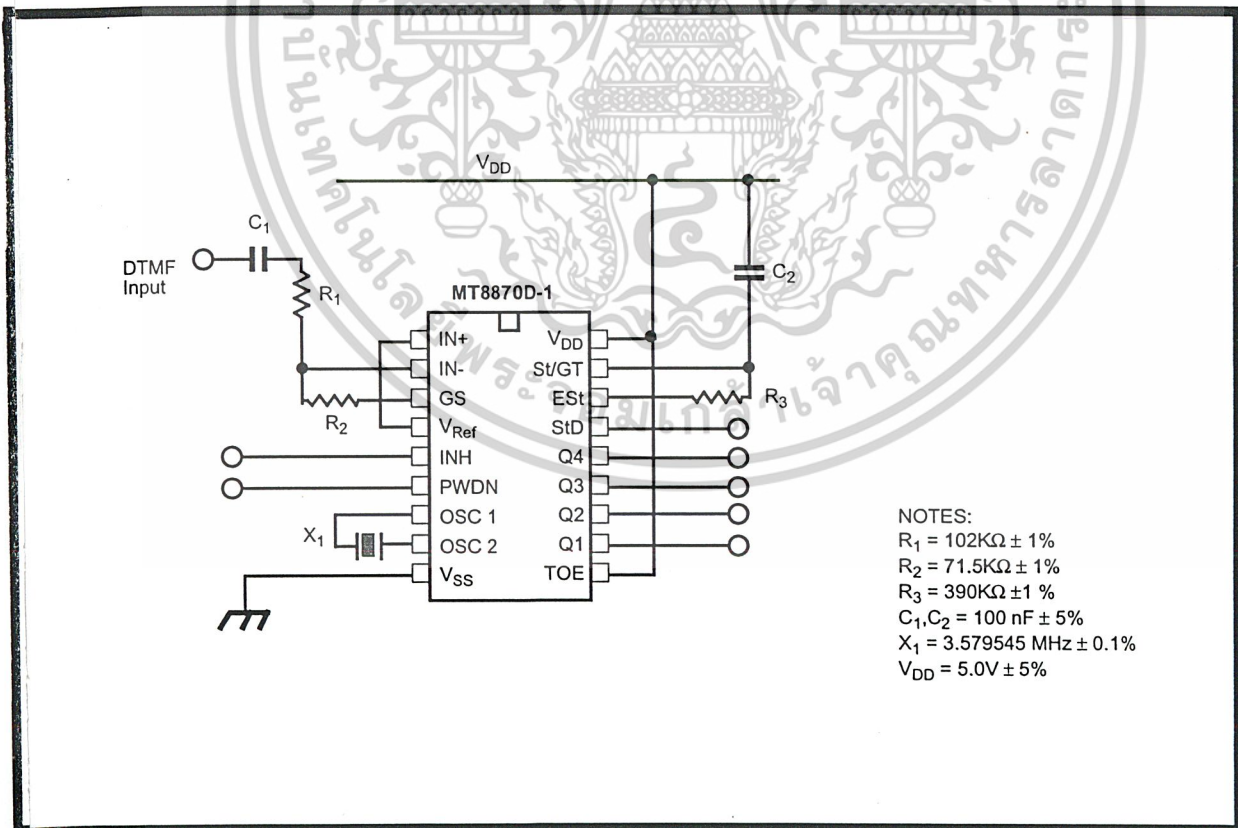


Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

**Absolute Maximum Ratings<sup>†</sup>**

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	DC Power Supply Voltage	V <sub>DD</sub>		7	V
2	Voltage on any pin	V <sub>I</sub>	V <sub>SS</sub> -0.3	V <sub>DD</sub> +0.3	V
3	Current at any pin (other than supply)	I <sub>I</sub>		10	mA
4	Storage temperature	T <sub>STG</sub>	-65	+150	°C
5	Package power dissipation	P <sub>D</sub>		500	mW

<sup>†</sup> Exceeding these values may cause permanent damage. Functional operation under these conditions is not implied. Derate above 75 °C at 16 mW / °C. All leads soldered to board.

**Recommended Operating Conditions** - Voltages are with respect to ground (V<sub>SS</sub>) unless otherwise stated.

	Parameter	Sym	Min	Typ <sup>‡</sup>	Max	Units	Test Conditions
1	DC Power Supply Voltage	V <sub>DD</sub>	4.75	5.0	5.25	V	
2	Operating Temperature	T <sub>O</sub>	-40		+85	°C	
3	Crystal/Clock Frequency	f <sub>c</sub>		3.579545		MHz	
4	Crystal/Clock Freq. Tolerance	Δf <sub>c</sub>		±0.1		%	

<sup>‡</sup> Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

**DC Electrical Characteristics** - V<sub>DD</sub>=5.0V±5%, V<sub>SS</sub>=0V, -40°C ≤ T<sub>O</sub> ≤ +85°C, unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>‡</sup>	Max	Units	Test Conditions
1 S U P P L Y	Standby supply current	I <sub>DDQ</sub>		10	25	μA	PWDN=V <sub>DD</sub>
	Operating supply current	I <sub>DD</sub>		3.0	9.0	mA	
	Power consumption	P <sub>O</sub>		15		mW	f <sub>c</sub> =3.579545 MHz
4 I N P U T S	High level input	V <sub>IH</sub>	3.5			V	V <sub>DD</sub> =5.0V
	Low level input voltage	V <sub>IL</sub>			1.5	V	V <sub>DD</sub> =5.0V
	Input leakage current	I <sub>IH</sub> /I <sub>IL</sub>		0.1		μA	V <sub>IN</sub> =V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub>
	Pull up (source) current	I <sub>SO</sub>		7.5	20	μA	TOE (pin 10)=0, V <sub>DD</sub> =5.0V
	Pull down (sink) current	I <sub>SI</sub>		15	45	μA	INH=5.0V, PWDN=5.0V, V <sub>DD</sub> =5.0V
	Input impedance (IN+, IN-)	R <sub>IN</sub>			10	MΩ	@ 1 kHz
10	Steering threshold voltage	V <sub>TSt</sub>	2.2	2.4	2.5	V	V <sub>DD</sub> = 5.0V
11 O U T P U T S	Low level output voltage	V <sub>OL</sub>			V <sub>SS</sub> +0.03	V	No load
	High level output voltage	V <sub>OH</sub>	V <sub>DD</sub> -0.03			V	No load
	Output low (sink) current	I <sub>OL</sub>	1.0	2.5		mA	V <sub>OUT</sub> =0.4 V
	Output high (source) current	I <sub>OH</sub>	0.4	0.8		mA	V <sub>OUT</sub> =4.6 V
	V <sub>Ref</sub> output voltage	V <sub>Ref</sub>	2.3	2.5	2.7	V	No load, V <sub>DD</sub> = 5.0V
	V <sub>Ref</sub> output resistance	R <sub>OR</sub>		1		kΩ	

<sup>‡</sup> Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

# MT8870D/MT8870D-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

**Operating Characteristics** -  $V_{DD}=5.0V\pm 5\%$ ,  $V_{SS}=0V$ ,  $-40^{\circ}C \leq T_O \leq +85^{\circ}C$ , unless otherwise stated.  
**Gain Setting Amplifier**

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>†</sup>	Max	Units	Test Conditions
1	Input leakage current	$I_{IN}$			100	nA	$V_{SS} \leq V_{IN} \leq V_{DD}$
2	Input resistance	$R_{IN}$	10			M $\Omega$	
3	Input offset voltage	$V_{OS}$			25	mV	
4	Power supply rejection	PSRR	50			dB	1 kHz
5	Common mode rejection	CMRR	40			dB	$0.75 V \leq V_{IN} \leq 4.25 V$ biased at $V_{Ref}=2.5 V$
6	DC open loop voltage gain	$A_{VOL}$	32			dB	
7	Unity gain bandwidth	$f_C$	0.30			MHz	
8	Output voltage swing	$V_O$	4.0			$V_{pp}$	Load $\geq 100 k\Omega$ to $V_{SS}$ @ GS
9	Maximum capacitive load (GS)	$C_L$			100	pF	
10	Resistive load (GS)	$R_L$			50	k $\Omega$	
11	Common mode range	$V_{CM}$	2.5			$V_{pp}$	No Load

**MT8870D AC Electrical Characteristics** -  $V_{DD}=5.0V \pm 5\%$ ,  $V_{SS}=0V$ ,  $-40^{\circ}C \leq T_O \leq +85^{\circ}C$ , using Test Circuit shown in Figure 10.

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>†</sup>	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-29		+1	dBm	1,2,3,5,6,9
			27.5		869	mV <sub>RMS</sub>	1,2,3,5,6,9
2	Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
3	Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
4	Frequency deviation accept		$\pm 1.5\% \pm 2 Hz$				2,3,5,9
5	Frequency deviation reject		$\pm 3.5\%$				2,3,5,9
6	Third tone tolerance				-16	dB	2,3,4,5,9,10
7	Noise tolerance				-12	dB	2,3,4,5,7,9,10
8	Dial tone tolerance				+22	dB	2,3,4,5,8,9,11

<sup>†</sup> Typical figures are at 25 °C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

**\* NOTES**

1. dBm= decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
2. Digit sequence consists of all DTMF tones.
3. Tone duration= 40 ms, tone pause= 40 ms.
4. Signal condition consists of nominal DTMF frequencies.
5. Both tones in composite signal have an equal amplitude.
6. Tone pair is deviated by  $\pm 1.5\% \pm 2 Hz$ .
7. Bandwidth limited (3 kHz ) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz)  $\pm 2\%$ .
9. For an error rate of better than 1 in 10,000.
10. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.
11. Referenced to the minimum valid accept level.
12. Guaranteed by design and characterization.

**MT8870D-1 AC Electrical Characteristics** -  $V_{DD}=5.0V\pm 5\%$ ,  $V_{SS}=0V$ ,  $-40^{\circ}C \leq T_O \leq +85^{\circ}C$ , using Test Circuit shown in Figure 10.

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>‡</sup>	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-31		+1	dBm	Tested at $V_{DD}=5.0V$ 1,2,3,5,6,9
			21.8		869	mV <sub>RMS</sub>	
2	Input Signal Level Reject		-37			dBm	Tested at $V_{DD}=5.0V$ 1,2,3,5,6,9
			10.9			mV <sub>RMS</sub>	
3	Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9,13
4	Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9,13
5	Frequency deviation accept		$\pm 1.5\% \pm 2$ Hz				2,3,5,9
6	Frequency deviation reject		$\pm 3.5\%$				2,3,5,9
7	Third zone tolerance			-18.5		dB	2,3,4,5,9,12
8	Noise tolerance			-12		dB	2,3,4,5,7,9,10
9	Dial tone tolerance			+22		dB	2,3,4,5,8,9,11

‡ Typical figures are at 25 °C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

**\*NOTES**

1. dBm= decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
2. Digit sequence consists of all DTMF tones.
3. Tone duration= 40 ms, tone pause= 40 ms.
4. Signal condition consists of nominal DTMF frequencies.
5. Both tones in composite signal have an equal amplitude.
6. Tone pair is deviated by  $\pm 1.5\% \pm 2$  Hz.
7. Bandwidth limited (3 kHz ) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz)  $\pm 2\%$ .
9. For an error rate of better than 1 in 10,000.
10. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.
11. Referenced to the minimum valid accept level.
12. Referenced to Fig. 10 input DTMF tone level at -25dBm (-28dBm at GS Pin) interference frequency range between 480-3400Hz.
13. Guaranteed by design and characterization.

# MT8870D/MT8870D-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

**AC Electrical Characteristics** -  $V_{DD}=5.0V\pm 5\%$ ,  $V_{SS}=0V$ ,  $-40^{\circ}C \leq T_o \leq +85^{\circ}C$ , using Test Circuit shown in Figure 10.

		Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>†</sup>	Max	Units	Conditions
1	T I M I N G	Tone present detect time	$t_{DP}$	5	11	14	ms	Note 1
2		Tone absent detect time	$t_{DA}$	0.5	4	8.5	ms	Note 1
3		Tone duration accept	$t_{REC}$			40	ms	Note 2
4		Tone duration reject	$t_{\overline{REC}}$	20			ms	Note 2
5		Interdigit pause accept	$t_{ID}$			40	ms	Note 2
6		Interdigit pause reject	$t_{DO}$	20			ms	Note 2
7	O U T P U T S	Propagation delay (St to Q)	$t_{PQ}$		8	11	$\mu s$	$TOE=V_{DD}$
8		Propagation delay (St to StD)	$t_{PStD}$		12	16	$\mu s$	$TOE=V_{DD}$
9		Output data set up (Q to StD)	$t_{QStD}$		3.4		$\mu s$	$TOE=V_{DD}$
10		Propagation delay (TOE to Q ENABLE)	$t_{PTE}$		50		ns	load of 10 k $\Omega$ , 50 pF
11		Propagation delay (TOE to Q DISABLE)	$t_{PTD}$		300		ns	load of 10 k $\Omega$ , 50 pF
12	P D W N	Power-up time	$t_{PU}$		30		ms	Note 3
13		Power-down time	$t_{PD}$		20		ms	
14	C L O C K	Crystal/clock frequency	$f_C$	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
15		Clock input rise time	$t_{LHCL}$			110	ns	Ext. clock
16		Clock input fall time	$t_{HLCL}$			110	ns	Ext. clock
17		Clock input duty cycle	DCCL	40	50	60	%	Ext. clock
18		Capacitive load (OSC2)	$C_{LO}$			30	pF	

<sup>†</sup> Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

**\*NOTES:**

- Used for guard-time calculation purposes only.
- These, user adjustable parameters, are not device specifications. The adjustable settings of these minimums and maximums are recommendations based upon network requirements.
- With valid tone present at input,  $t_{PU}$  equals time from PDWN going low until EST going high.

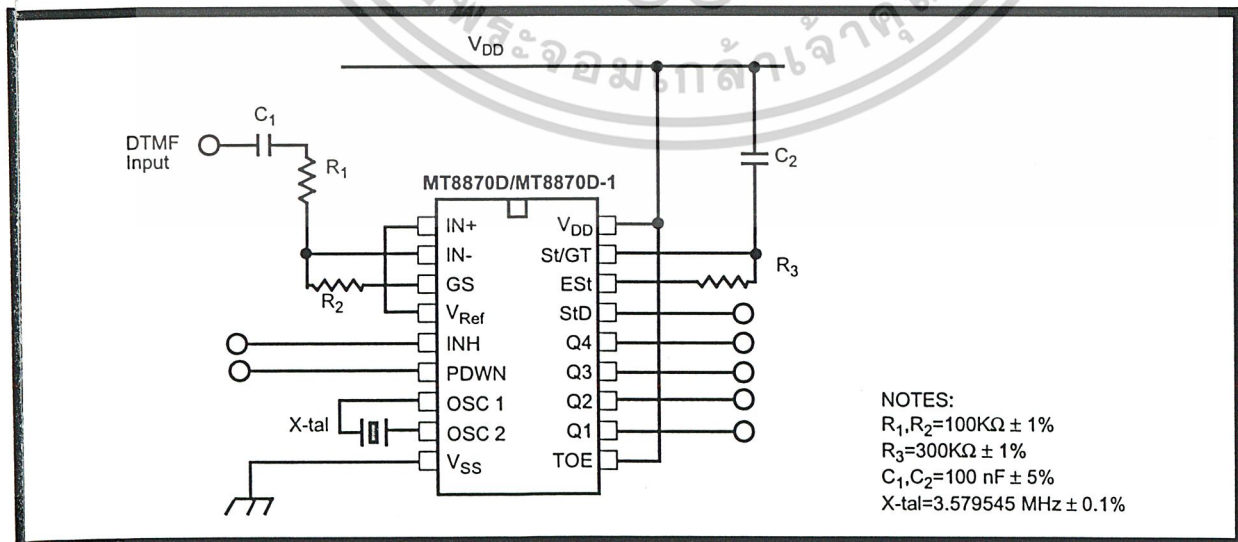
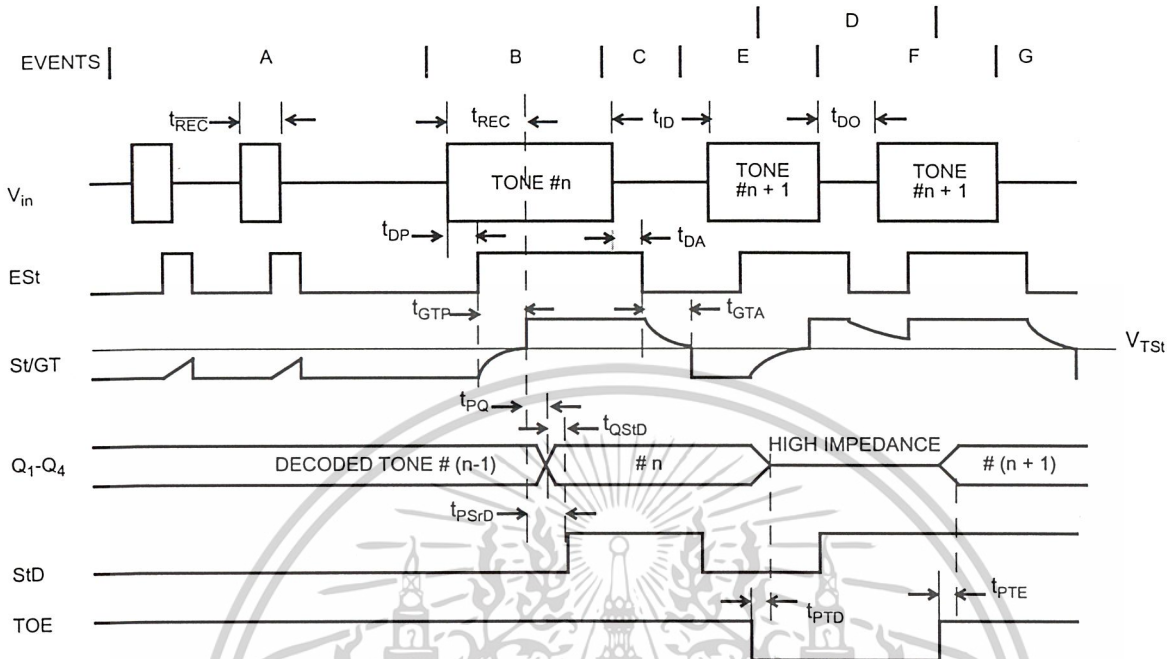


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**EXPLANATION OF EVENTS**

- A) TONE BURSTS DETECTED, TONE DURATION INVALID, OUTPUTS NOT UPDATED.
- B) TONE #n DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS
- C) END OF TONE #n DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMIAN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.
- D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.
- E) TONE #n + 1 DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS (CURRENTLY HIGH IMPEDANCE).
- F) ACCEPTABLE DROPOUT OF TONE #n + 1, TONE ABSENT DURATION INVALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED.
- G) END OF TONE #n + 1 DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

**EXPLANATION OF SYMBOLS**

- $V_{in}$  DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.
- $ESt$  EARLY STEERING OUTPUT. INDICATES DETECTION OF VALID TONE FREQUENCIES.
- $S/GT$  STEERING INPUT/GUARD TIME OUTPUT. DRIVES EXTERNAL RC TIMING CIRCUIT.
- $Q_1-Q_4$  4-BIT DECODED TONE OUTPUT.
- $SID$  DELAYED STEERING OUTPUT. INDICATES THAT VALID FREQUENCIES HAVE BEEN PRESENT/ABSENT FOR THE REQUIRED GUARD TIME THUS CONSTITUTING A VALID SIGNAL.
- $TOE$  TONE OUTPUT ENABLE (INPUT). A LOW LEVEL SHIFTS  $Q_1-Q_4$  TO ITS HIGH IMPEDANCE STATE.
- $t_{REC}$  MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECED AS VALID
- $t_{REC}$  MINIMUM DTMF SIGNAL DURATION REQUIRED FOR VALID RECOGNITION
- $t_{ID}$  MAXIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.
- $t_{DO}$  MAXIMUM ALLOWABLE DROP OUT DURING VALID DTMF SIGNAL.
- $t_{DP}$  TIME TO DETECT THE PRESENCE OF VALID DTMF SIGNALS.
- $t_{DA}$  TIME TO DETECT THE ABSENCE OF VALID DTMF SIGNALS.
- $t_{GTP}$  GUARD TIME, TONE PRESENT.
- $t_{GTA}$  GUARD TIME, TONE ABSENT.

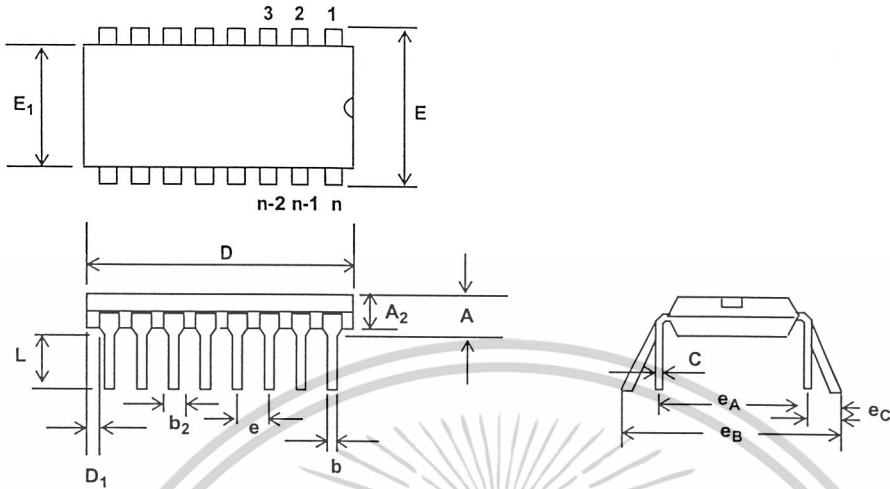
Figure 11 - Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Notes:



# Package Outlines



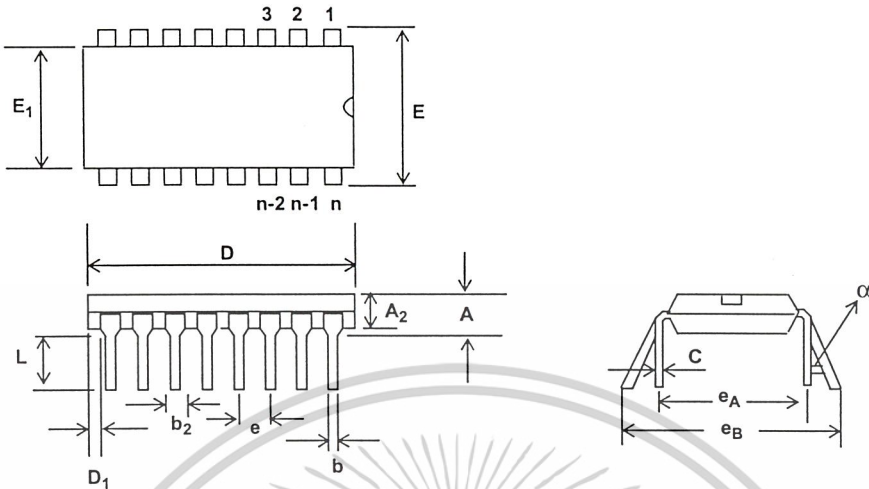
- Notes:
- 1) Not to scale
  - 2) Dimensions in inches
  - 3) (Dimensions in millimeters)

Plastic Dual-In-Line Packages (PDIP) - E Suffix

DIM	8-Pin		16-Pin		18-Pin		20-Pin	
	Plastic		Plastic		Plastic		Plastic	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)
A <sub>2</sub>	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)
b	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)
b <sub>2</sub>	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)
C	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)
D	0.355 (9.02)	0.400 (10.16)	0.780 (19.81)	0.800 (20.32)	0.880 (22.35)	0.920 (23.37)	0.980 (24.89)	1.060 (26.9)
D <sub>1</sub>	0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)	
E	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)
E <sub>1</sub>	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)
e	0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)	
e <sub>A</sub>	0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)	
L	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)
e <sub>B</sub>		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)
e <sub>C</sub>	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)

NOTE: Controlling dimensions in parenthesis ( ) are in millimeters.

# Package Outlines



- Notes:  
 1) Not to scale  
 2) Dimensions in inches  
 3) (Dimensions in millimeters)

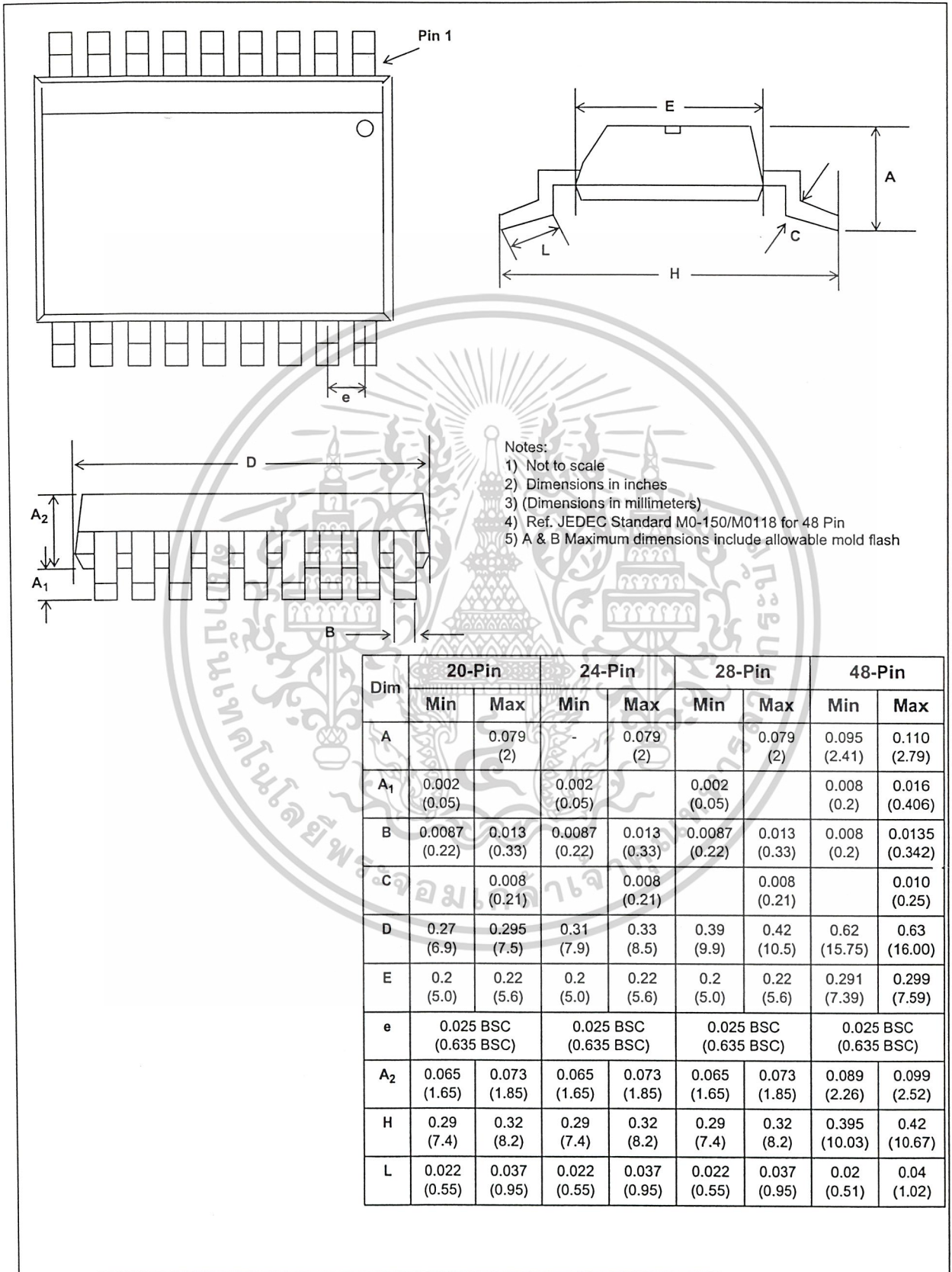
Plastic Dual-In-Line Packages (PDIP) - E Suffix

DIM	22-Pin		24-Pin		28-Pin		40-Pin	
	Plastic		Plastic		Plastic		Plastic	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.210 (5.33)		0.250 (6.35)		0.250 (6.35)		0.250 (6.35)
A <sub>2</sub>	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)
b	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)
b <sub>2</sub>	0.045 (1.15)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)
C	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)
D	1.050 (26.67)	1.120 (28.44)	1.150 (29.3)	1.290 (32.7)	1.380 (35.1)	1.565 (39.7)	1.980 (50.3)	2.095 (53.2)
D <sub>1</sub>	0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)	
E	0.390 (9.91)	0.430 (10.92)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)
E			0.290 (7.37)	0.330 (8.38)				
E <sub>1</sub>	0.330 (8.39)	0.380 (9.65)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)
E <sub>1</sub>			0.246 (6.25)	0.254 (6.45)				
e	0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)	
e <sub>A</sub>	0.400 BSC (10.16)		0.600 BSC (15.24)		0.600 BSC (15.24)		0.600 BSC (15.24)	
e <sub>A</sub>			0.300 BSC (7.62)					
e <sub>B</sub>				0.430 (10.92)				
L	0.115 (2.93)	0.160 (4.06)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)
$\alpha$		15°		15°		15°		15°

Shaded areas for 300 Mil Body Width 24 PDIP only

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

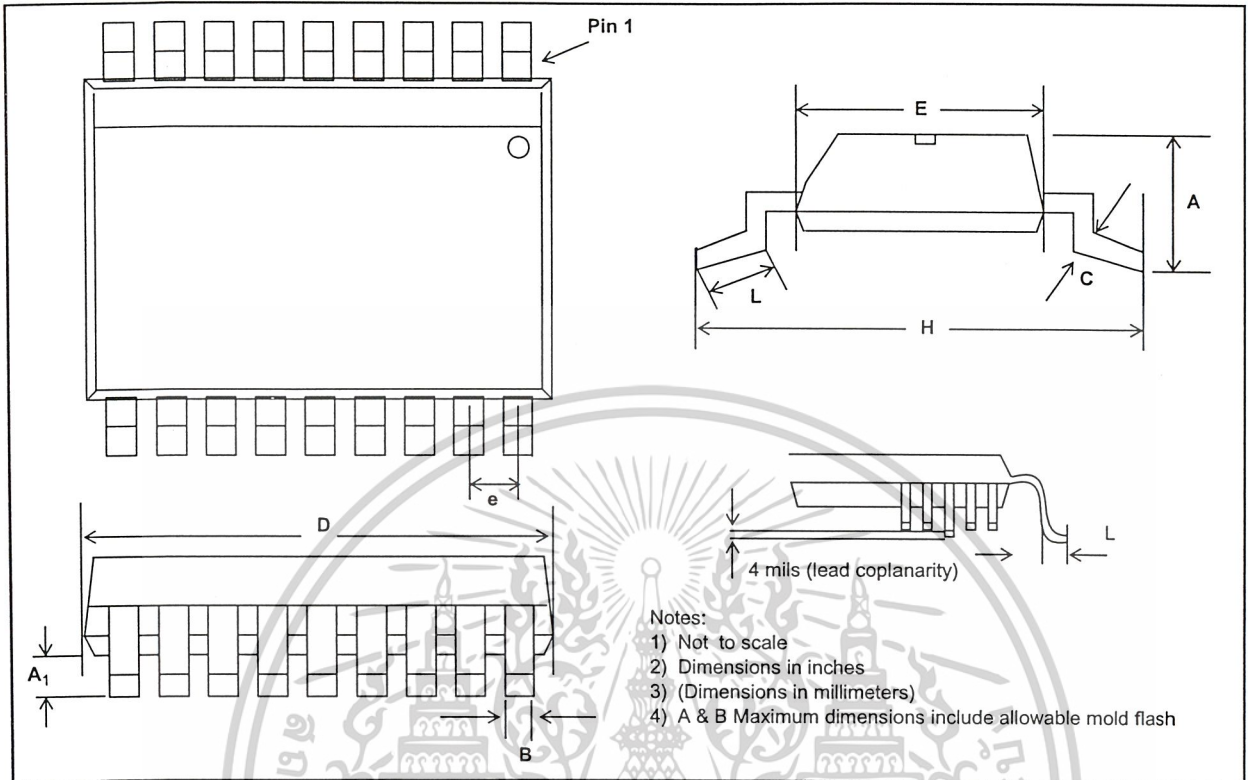
# Package Outlines



**Small Shrink Outline Package (SSOP) - N Suffix**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 General-11  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Package Outlines



DIM	16-Pin		18-Pin		20-Pin		24-Pin		28-Pin	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)
A <sub>1</sub>	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)
B	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.030 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)
C	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)
D	0.398 (10.1)	0.413 (10.5)	0.447 (11.35)	0.4625 (11.75)	0.496 (12.60)	0.512 (13.00)	0.5985 (15.2)	0.614 (15.6)	0.697 (17.7)	0.7125 (18.1)
E	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)
e	0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)	
H	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)
L	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)

Lead SOIC Package - S Suffix

NOTES: 1. Controlling dimensions in parenthesis ( ) are in millimeters.  
 2. Converted inch dimensions are not necessarily exact.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 General-7  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<http://www.mitelsemi.com>

**World Headquarters - Canada**

Tel: +1 (613) 592 2122

Fax: +1 (613) 592 6909

**North America**

Tel: +1 (770) 486 0194

Fax: +1 (770) 631 8213

**Asia/Pacific**

Tel: +65 333 6193

Fax: +65 333 6192

**Europe, Middle East,  
and Africa (EMEA)**

Tel: +44 (0) 1793 518528

Fax: +44 (0) 1793 518581

Information relating to products and services furnished herein by Mitel Corporation or its subsidiaries (collectively "Mitel") is believed to be reliable. However, Mitel assumes no liability for errors that may appear in this publication, or for liability otherwise arising from the application or use of any such information, product or service or for any infringement of patents or other intellectual property rights owned by third parties which may result from such application or use. Neither the supply of such information or purchase of product or service conveys any license, either express or implied, under patents or other intellectual property rights owned by Mitel or licensed from third parties by Mitel, whatsoever. Purchasers of products are also hereby notified that the use of product in certain ways or in combination with Mitel, or non-Mitel furnished goods or services may infringe patents or other intellectual property rights owned by Mitel.

This publication is issued to provide information only and (unless agreed by Mitel in writing) may not be used, applied or reproduced for any purpose nor form part of any order or contract nor to be regarded as a representation relating to the products or services concerned. The products, their specifications, services and other information appearing in this publication are subject to change by Mitel without notice. No warranty or guarantee express or implied is made regarding the capability, performance or suitability of any product or service. Information concerning possible methods of use is provided as a guide only and does not constitute any guarantee that such methods of use will be satisfactory in a specific piece of equipment. It is the user's responsibility to fully determine the performance and suitability of any equipment using such information and to ensure that any publication or data used is up to date and has not been superseded. Manufacturing does not necessarily include testing of all functions or parameters. These products are not suitable for use in any medical products whose failure to perform may result in significant injury or death to the user. All products and materials are sold and services provided subject to Mitel's conditions of sale which are available on request.

M Mitel (design) and ST-BUS are registered trademarks of MITEL Corporation

Mitel Semiconductor is an ISO 9001 Registered Company

Copyright 1999 MITEL Corporation

All Rights Reserved

Printed in CANADA

TECHNICAL DOCUMENTATION - NOT FOR RESALE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์สมยศ จุณณะปิยะ และอาจารย์ศรวัฒน์ ชิวปรีชา ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งคอยตลอดเวลาให้คำปรึกษาและแนะนำวิธีการปฏิบัติงานรวมถึงการดำเนินงานต่างๆ จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมและคณะกรรมการสอบโครงงาน ทุกท่านที่ได้คอยอบรมสั่งสอนให้ความรู้แก่ศิษย์ และกรุณาให้คำแนะนำในการตรวจทานแก้ไขด้วยความเมตตา กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้ซึ่งเป็นกำลังใจและบุญคุณอันหาที่สุดมิได้ที่ให้ลูกได้เกิดมา ขอขอบคุณเพื่อนๆ ราชมงคลพระนครเหนือและเพื่อนๆ 3Tทุกคนที่คอยให้คำปรึกษาและกำลังใจ

ท้ายสุดนี้ขอขอบคุณ บริษัท ไมโครชิพ เทคโนโลยี (ไทยแลนด์) จำกัด (Microchip Technology (Thailand) Co., Ltd.) สำหรับบอร์ดทดลองและไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ที่ได้บริจาคให้กับทางภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้อย่างมาก ทางผู้จัดทำได้ขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ เป็นอย่างสูง

ชำนาญ พงษ์พิบูลย์  
พิเชฐ เกตุดีแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- [1] ประจัน พลังสันติกุล, “เรียนรู้และใช้งาน CCS C คอมไพเลอร์เขียนโปรแกรมภาษา C ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC”, บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอร์ริเมนต์ จำกัด, 2002
- [2] สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร, “เริ่มต้นอย่างมืออาชีพด้วย Delphi 7”. Infopress Developer Book, 2003



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้