สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบติดตามยานพาหนะด้วย GPS ผ่านโทรศัพท์มือถือ

VEHICLE TRACKING SYSTEM BY GPS VIA MOBILE PHONE

โดย

นายจักรพงศ์ สุวรรณไตร

นายชิตวีร์ วงษ์จิต

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 62657

วัน,เดือน,ปี 21 ส.ค. 2549

b.....

i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบติดตามยานพาหนะด้วย GPS ผ่านโทรศัพท์มือถือ

VEHICLE TRACKING SYSTEM BY GPS VIA MOBILE PHONE

โดย

นายจักรพงศ์ สุวรรณไตร 45010099

นายชิตวีร์ วงษ์จิต 45010187

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. นิภา ลีลารุจิ

รศ. ณรงค์ เหมกรณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(ลงชื่อ).....

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(ลงชื่อ).....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **ระบบติดตามยานพาหนะด้วย GPS ผ่านโทรศัพท์มือถือ**

VEHICLE TRACKING SYSTEM BY GPS VIA MOBILE PHONE

ผู้จัดทำ

1. นายจักรพงศ์ สุวรรณไตร 45010099

2. นายชิตวีร์ วงษ์จิต 45010187

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. นิภา ฉีลารุจิ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ณรงค์ เหมกรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบติดตามยานพาหนะด้วย GPS ผ่านโทรศัพท์มือถือ

VEHICLE TRACKING SYSTEM BY GPS VIA MOBILE PHONE

โดย	นายจักรพงศ์	สุวรรณไตร	45010099
	นายชิตวีร์	วงษ์จิต	45010187

อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. นิภา	ลีลารุจิ
	รศ. ณรงค์	เหมกรณ์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการนำเอาโทรศัพท์มือถือ มาใช้เป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลถึงกันระหว่างเครื่องรับสัญญาณ GPS ทางฝั่งส่ง กับฝั่งรับซึ่งเป็นผู้ใช้งานที่ต้องการทราบพิกัดหรือตำแหน่งของยานพาหนะ โดยสามารถเลือกแสดงตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ในคอมพิวเตอร์ หรือฟังเสียงบอกพิกัดตำแหน่งและยังสามารถสั่งเปิด-ปิดรีเลย์เพื่อควบคุมระบบต่างๆในยานพาหนะ เพื่อช่วยติดตามยานพาหนะในกรณีที่ถูกโจรกรรมได้ง่ายขึ้นหรืออาจนำไปประยุกต์ใช้เป็นระบบวางแผนการเดินรถหรือระบบนำทางต่อไป

ABSTRACT

This project is the framework of Vehicle Tracking System via mobile phone, which uses GPS technology. With means of wireless communication, the data is transmitted via mobile phone from GPS sender to receiver at the user. The user can know the vehicle position by listening the sound via mobile phone or display the geographical coordinate on computer. In addition, the user can switch relay to control any systems in the vehicle, that accommodate the user to urgently navigate and follow up stolen cars or any users apply this as vehicle navigator.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	3
2.1 ระบบ GPS คืออะไร	3
2.2 องค์ประกอบที่สำคัญของระบบ GPS	3
2.2.1 ส่วนอวกาศ (Space Segment)	3
2.2.2 ส่วนควบคุม (Control Segment)	5
2.2.3 ส่วนผู้ใช้งาน (User Segment)	6
2.3 ส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS	7
2.4 หลักการคำนวณตำแหน่งของจุดบนพื้นโลก	8
2.5 การทำงานของ GPS	9
2.5.1 การรับสัญญาณจากดาวเทียมเพื่อให้ได้พิกัดตำแหน่ง	9
2.5.2 การวัดระยะจากดาวเทียม	9
2.5.3 การได้เวลาที่ถูกต้อง	10
2.5.4 ต้องรู้ตำแหน่งของดาวเทียม	13
2.5.5 การช้าของสัญญาณในการเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ	13
2.6 รหัสสุ่มเทียม (Pseudo Random Code)	15
2.7 การแก้ปัญหาความแม่นยำที่ถูกจำกัดไว้ของ GPS	17
2.7.1 Differential GPS (DGPS)	17
2.7.2 Wide Area Augmentation System (WAAS)	18
2.8 ประเภทเครื่องรับสัญญาณ GPS	19
2.8.1 เครื่องรับแบบเรียงลำดับสัญญาณดาวเทียม	19
2.8.2 Continuous Receivers	21
2.9 มาตรฐานและโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสาร ของ GPS	22
2.10 รูปแบบประโยคของ NMEA (NMEA Sentence)	23
2.11 ศัพท์ที่ควรทราบเกี่ยวกับแผนที่	26
2.11.1 ละติจูด (Latitude) และ ลองติจูด (Longitude)	26
2.11.2 ค่าเวลามาตรฐาน (Standard Time)	27
2.12 การอ้างพิกัดตำแหน่งในระบบ GPS (GPS Coordinate system)	27
2.12.1 แบบองศา/ลิปดา/พิลิปดาดา	27
2.12.2 องศา/ลิปดา แบบทศนิยม	28
2.12.3 Universal Transverse Mercator (UTM)	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.13 สัญญาณความถี่โทรศัพท์ (Dial Tone Multi Frequency: DTMF)	30
2.14 ฟังก์ชันการทำงานภายในของ MT8870	32
2.14.1 ส่วนที่ 1 ภาคกรองสัญญาณความถี่	32
2.14.2 ส่วนที่ 2 ภาคถอดรหัส	32
2.14.3 ส่วนที่ 3 ภาคตรวจสอบสัญญาณ	33
2.14.4 ส่วนที่ 4 ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง	34
2.14.5 ส่วนที่ 5 ภาคกำเนิดสัญญาณ	36
2.15 ไอซีบันทึกเสียง ISD2590	40
2.15.1 หลักการทำงานของ ISD 2590	40
2.15.2 โหมดการทำงาน (Operation Mode Description)	41
2.15.3 การบันทึกในโหมด push – bottom	43
2.15.4 การเล่นกลับในโหมด push – bottom	43
2.16 มาตรฐานคำสั่งโมเด็มของ Hayes	44
2.16.1 คำสั่งรับสาย (ATA)	44
2.16.2 คำสั่งวางสาย (ATH)	44
2.16.3 คำสั่งส่งสัญญาณ DTMF	44
2.16.4 คำสั่งกำหนดความยาวเสียง DTMF	45
2.16.5 คำสั่งตรวจเช็คสถานะของโทรศัพท์มือถือ	45
2.16.6 คำสั่งดูหมายเลขโทรเข้า	46
2.16.7 คำสั่งอ่านข้อมูลจากสมุดโทรศัพท์	47
บทที่ 3 การคำนวณและการออกแบบ	48
3.1 บล็อกไดอะแกรมและการทำงานโดยรวม	48
3.2 วงจรและการทำงาน	50
3.2.1 วงจร DTMF Detector	50
3.2.2 วงจร Voice P/R	51
3.2.3 วงจร ขับรีเลย์	54
3.2.4 GPS Module	55
3.2.5 วงจรไฟเลี้ยง	57
3.2.6 วงจรรวมภาคส่ง	58
3.2.7 วงจรรวมภาครับ	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.3 โฟลว์ชาร์ตและโปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทลเลอร์	60
3.3.1 ภาคส่ง	60
3.3.1.1 การตรวจสอบการโทรเข้าและรับสาย	60
3.3.1.2 ส่วนควบคุมและสั่งเล่นเสียง	61
3.3.1.3 ส่วนรับค่าพิกัดตำแหน่งจาก GPS Module มาเก็บไว้ในหน่วยความจำ Read_in();	62
3.3.1.4 ส่วนควบคุมรีเลย์	63
3.3.1.5 ส่วนส่งข้อความเสียงบอกพิกัดตำแหน่ง	65
3.3.1.5 ส่วนส่งสัญญาณ DTMF ของพิกัดตำแหน่ง	66
3.3.2 ภาครับ	67
3.4 การใช้งานและการตอบรับระบบทั้งหมด	68
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	70
การทดลองที่ 4.1 ส่วน GPS Module	70
การทดลองที่ 4.1.1	70
การทดลองที่ 4.1.2	71
การทดลองที่ 4.2 ส่วนวงจรบันทึกเสียง	77
การทดลองที่ 4.3 ส่วนวงจรถอดรหัส DTMF	83
การทดลองที่ 4.4 ทดสอบการใช้คำสั่ง GSM AT Command	87
การทดลองที่ 4.5 ทดสอบการทำงานส่วนควบคุมรีเลย์	91
การทดลองที่ 4.6 ทดสอบการทำงานของระบบติดตามยานพาหนะด้วย GPS ผ่านโทรศัพท์มือถือโดยการรับข้อมูลเป็นข้อความเสียงบอกพิกัดตำแหน่ง	94
การทดลองที่ 4.7 ทดสอบการทำงานของระบบติดตามยานพาหนะด้วย GPS ผ่านโทรศัพท์มือถือโดยการรับข้อมูลเป็นสัญญาณ DTMF ของพิกัดตำแหน่ง	95
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์	102
ภาคผนวก	103
หนังสืออ้างอิง	113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2 .1 แสดงรายละเอียด GAA (Global Positioning System Fixed Data) 23

ตารางที่ 2 .2 แสดงรายละเอียด GLL (Geographic Position-Latitude/Longitude) 23

ตารางที่ 2 .3 แสดงรายละเอียด GSA (GNSS DOP and Active Satellites) 24

ตารางที่ 2 .4 แสดงรายละเอียด GSV (GNSS satellites in view) 24

ตารางที่ 2 .5 แสดงรายละเอียด RMC (Recommended Minimum Specific GNSS Data) 25

ตารางที่ 2 .6 แสดงรายละเอียด VTG (Course over Ground and Ground Speed) 25

ตารางที่ 2 .7 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ 32

ตารางที่ 2 .8 แสดงโหมดการทำงานของไอซี ISD2590 41

ตารางที่ 2 .9 แสดงการทำงานของโหมด push – bottom 42

ตารางที่ 2 .10 แสดงการใช้งานคำสั่งส่งสัญญาณ DTMF 44

ตารางที่ 2 .11 แสดงการใช้งานคำสั่งกำหนดความยาวเสียง DTMF 45

ตารางที่ 2 .12 แสดงการใช้งานคำสั่งตรวจเช็คสถานะของโทรศัพท์มือถือ 45

ตารางที่ 2 .13 แสดงการใช้งานคำสั่งตรวจเช็คสถานะของโทรศัพท์มือถือ 46

ตารางที่ 2 .14 แสดงการใช้งานคำสั่งตรวจเช็คสถานะของโทรศัพท์มือถือ 47

ตารางที่ 3 .1 วิธีควบคุมการทำงานของ ISD2590 ในโหมดที่ 2 53

ตารางที่ 3 .2 แสดงรายละเอียดของ GPS Module 56

ตารางที่ 3 .3 แสดงการจัดขาของ GPS Module 57

ตารางที่ 3 .4 แสดงการจัดลำดับข้อความที่บันทึกในวงจรบันทึกเสียง 65

ตารางที่ 4 .1 แสดงผลจากการทดลองกดปุ่มโทรศัพท์ 85

ตารางที่ 4 .2 แสดงผลค่าพิกัดตำแหน่งที่ฟังได้จากโทรศัพท์มือถือ 94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 .1 แสดงดาวเทียม GPS 1

รูปที่ 2 .1 แสดงตำแหน่งและการโคจรของดาวเทียม GPS รอบโลก 4

รูปที่ 2 .2 แสดงระนาบวงโคจรของดาวเทียม GPS 4

รูปที่ 2 .3 แสดงสถานีควบคุมระบบดาวเทียม 6

รูปที่ 2 .4 แสดงการใช้งาน GPS 7

รูปที่ 2 .5 แสดงส่วนประกอบของระบบดาวเทียม GPS 7

รูปที่ 2 .6 แสดงการวัดตำแหน่งบนพื้นโลก 9

รูปที่ 2 .7 แสดงการระบุตำแหน่งของดาวเทียม GPS 2 ดวง 11

รูปที่ 2 .8 แสดงการระบุตำแหน่งของดาวเทียม GPS 3 ดวง 11

รูปที่ 2 .9 แสดงการนำร่องทางบก ทางน้ำ ทางอากาศ 17

รูปที่ 2 .10 แสดงองค์ประกอบอย่างคร่าวๆของระบบ DGPS 18

รูปที่ 2 .11 แสดงองค์ประกอบอย่างคร่าวๆ ของระบบ WAAS 19

รูปที่ 2 .12 แสดงความสามารถในการบอกพิกัดตำแหน่งของระบบ GPS, DGPS และ WAAS 19

รูปที่ 2 .13 แสดงเครื่อง GPS Receiver แบบต่างๆ 21

รูปที่ 2 .14 แสดงเส้นละติจูดและลองติจูด 26

รูปที่ 2 .15 แสดงเส้น International Date Line 27

รูปที่ 2 .16 แสดงการแบ่งโซนสำหรับพิกัด UTM 29

รูปที่ 2 .17 แสดงสัญญาณ DTMF 30

รูปที่ 2 .18 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870 31

รูปที่ 2 .19 แสดงรายละเอียดขาของ MT8870 31

รูปที่ 2 .20 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่ 32

รูปที่ 2 .21แสดงแผนภูมิเวลา (timing diagram) ของ MT8870 33

รูปที่ 2 .22 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุต 34

รูปที่ 2 .23 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณและการกำหนดเวลา Guard time 35

รูปที่ 2 .24 แสดงวงจรกำเนิดความถี่ 36

รูปที่ 2 .25 แสดงวงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT8870 36

รูปที่ 2 .26 บล็อกไดอะแกรมภายในไอซีบันทึกเสียง ISD2590 37

รูปที่ 2 .27 แสดงรายละเอียดของขา ISD2590 38

รูปที่ 3 .1 บล็อกไดอะแกรมรวม 48

รูปที่ 3 .2 บล็อกไดอะแกรมรวมภาครับ 48

รูปที่ 3 .3 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานโดยรวม 49

รูปที่ 3 .4 วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3 .5 วงจรบันทึกเสียงและเล่นกลับ 51

รูปที่ 3 .6 แผนภูมิเวลาการเขียนเรียงลำดับ 53

รูปที่ 3 .7 แผนภูมิเวลาการอ่านแบบเรียงลำดับ 53

รูปที่ 3 .8 แผนภูมิเวลาการอ่านแบบไม่เรียงลำดับ 54

รูปที่ 3 .9 วงจรขับรีเลย์ 54

รูปที่ 3 .10 โมดูลรับสัญญาณ จีพีเอส 55

รูปที่ 3 .11 วงจรไฟเลี้ยงและส่วนชาร์จแบตเตอร์รี่ให้แก่โทรศัพท์มือถือ 57

รูปที่ 3 .12 วงจรรวมภาคส่งของโครงงานระบบติดตามรถยนต์ผ่านโทรศัพท์มือถือ 58

รูปที่ 3 .13 วงจรรวมภาครับของโครงงานระบบติดตามยานพาหนะด้วย GPS ผ่านโทรศัพท์มือถือ 59

รูปที่ 3 .14 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานโปรแกรมในส่วนการตรวจสอบการโทรเข้าและรับสาย 60

รูปที่ 3 .15 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนควบคุมและสั่งเล่นเสียง 61

รูปที่ 3 .16 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนรับค่าพิกัดตำแหน่งจาก GPS Module มาเก็บไว้ในหน่วยความจำ 62

รูปที่ 3 .17 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนควบคุมรีเลย์ 64

รูปที่ 3 .18 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนบอกพิกัดตำแหน่ง 65

รูปที่ 3 .19 โฟลว์ชาร์ตส่วนส่งสัญญาณ DTMF ของพิกัดตำแหน่ง 66

รูปที่ 3 .20 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมภาคด้านรับ 67

รูปที่ 4 .1 ข้อมูลดิบที่ส่งออกมาจากเครื่องรับ GPS เมื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม 70

รูปที่ 4 .2 แสดงพิกัดตำแหน่ง จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้ และจำนวนที่มาคำนวณหาค่าพิกัด ณ. เวลา 18.16 น. 72

รูปที่ 4 .3 แสดงพิกัดตำแหน่งบนแผนที่ ณ. เวลา 18.16 น. 72

รูปที่ 4 .4 แสดงพิกัดตำแหน่ง จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้ และจำนวนที่มาคำนวณหาค่าพิกัด ณ. เวลา 18.17 น. 73

รูปที่ 4 .5 แสดงพิกัดตำแหน่งบนแผนที่ ณ.เวลา 18.17 น. 73

รูปที่ 4 .6 แสดงพิกัดตำแหน่ง จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้ และจำนวนที่มาคำนวณหาค่าพิกัด ณ. เวลา 18.18 น. 74

รูปที่ 4 .7 แสดงพิกัดตำแหน่งบนแผนที่ ณ.เวลา 18.18 น. 74

รูปที่ 4 .8 แสดงพิกัดตำแหน่ง จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้ และจำนวนที่มาคำนวณหาค่าพิกัด ณ. เวลา 18.19 น. 75

รูปที่ 4 .9 แสดงพิกัดตำแหน่งบนแผนที่ ณ.เวลา 18.19 น. 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4 .10 แสดงพิกัดตำแหน่ง จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้ และจำนวนที่มาคำนวณหาค่าพิกัด ณ. เวลา 18.20 น. 76

รูปที่ 4 .11 แสดงพิกัดตำแหน่งบนแผนที่ ณ.เวลา 18.20 น. 76

รูปที่ 4 .12 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุทเป็น Sin 100 Hz 77

รูปที่ 4 .13 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุทเป็น sin 340 Hz 78

รูปที่ 4 .14 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุทเป็น sin 500 Hz 78

รูปที่ 4 .15 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุทเป็น Sin 1kHz 79

รูปที่ 4 .16 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุทเป็น Sin 1.5kHz 79

รูปที่ 4 .17 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุทเป็น Sin 2 kHz 80

รูปที่ 4 .18 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุทเป็น Sin 2.5 kHz 80

รูปที่ 4 .19 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุทเป็น sin 3 kHz 81

รูปที่ 4 .20 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุทเป็นข้อความว่า: ศูนย์ 82

รูปที่ 4 .21 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุทเป็นข้อความว่า: หนึ่ง 82

รูปที่ 4 .22 แสดงสถานะ LED เมื่อกดปุ่ม 1 83

รูปที่ 4 .23 แสดงสถานะ LED เมื่อกดปุ่ม 2 83

รูปที่ 4 .24 แสดงสถานะ LED เมื่อกดปุ่ม 3 84

รูปที่ 4 .25 แสดงสถานะ LED เมื่อกดปุ่ม 4 84

รูปที่ 4 .26 แสดงสัญญาณเมื่อกดปุ่ม 1 86

รูปที่ 4 .27 แสดงสัญญาณเมื่อกดปุ่ม 2 86

รูปที่ 4 .28 แสดงการตอบสนองต่อคำสั่งGSM AT Command ของโมเด็มในโทรศัพท์มือถือ (1) 87

รูปที่ 4 .29 แสดงการตอบสนองต่อคำสั่งGSM AT Command ของโมเด็มในโทรศัพท์มือถือ (2) 88

รูปที่ 4 .30 แสดงการตอบสนองต่อคำสั่งGSM AT Command ของโมเด็มในโทรศัพท์มือถือ (3) 89

รูปที่ 4 .31 แสดงการตอบสนองต่อคำสั่งGSM AT Command ของโมเด็มในโทรศัพท์มือถือ (4) 90

รูปที่ 4 .32 แสดงสถานะเริ่มต้นส่วนควบคุมรีเลย์ 91

รูปที่ 4 .33 แสดงการเปิดรีเลย์ที่ 1, 2, 3 ตามลำดับ 92

รูปที่ 4 .34 แสดงการปิดรีเลย์ที่ 4, 3, 2 ตามลำดับ 93

รูปที่ 4 .35 Set ค่าในโปรแกรม Map King 96

รูปที่ 4 .36 การเชื่อมต่อโปรแกรมกับข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่รับเข้ามาทาง Com Port 96

รูปที่ 4 .37 แสดงพิกัดตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ ณ.เวลา 12.30 น. 00 วินาที 97

รูปที่ 4 .38 แสดงพิกัดตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ ณ.เวลา 12.30 น. 15 วินาที 97

รูปที่ 4 .39 แสดงพิกัดตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ ณ.เวลา 12.30 น. 30 วินาที 98

รูปที่ 4 .40 แสดงพิกัดตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ ณ.เวลา 12.30 น. 45 วินาที 98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4 .41 แสดงพิกัดตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ ณ.เวลา 12.31 น. 00 วินาที 99

รูปที่ 4 .42 แสดงพิกัดตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ ณ.เวลา 12.31 น. 15 วินาที 99

รูปที่ 4 .43 แสดงพิกัดตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ ณ.เวลา 12.31 น. 30 วินาที 100

รูปที่ 4 .44 แสดงพิกัดตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ ณ.เวลา 12.31 น. 45 วินาที 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

นับตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์มนุษย์เราพยายามคิดค้นวิธีที่เชื่อถือได้ในการบอกตำแหน่งที่อยู่เพื่อใช้นำทางไปยังสถานที่ที่พวกเขาประสงค์จะไปถึง มนุษย์ถ้ำเคยใช้ก้อนหินและกิ่งไม้ทำเครื่องหมายบนเส้นทางที่ใช้ล่าสัตว์ นักเดินเรือยุคแรกอาศัยการเดินเรือไปตามแนวชายฝั่ง เพื่อป้องกันการหลงทางในการแล่นเรือออกสู่มหาสมุทรครั้งแรก พวกเขาพบว่าสามารถจะเขียนเส้นทางการเดินเรือเพื่อนำทางด้วยการอ้างอิงจากตำแหน่งของดวงดาวบนท้องฟ้า และต้องเป็นตอนกลางคืนที่ท้องฟ้าโปร่งด้วย แต่ด้วยความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และความก้าวหน้าของเทคโนโลยีได้ทำให้เกิดระบบ GPS ขึ้น

รูปที่ 1.1 แสดงดาวเทียม GPS

โดยการวางระบบ GPS เพื่อใช้งานเริ่มต้นขึ้นเป็นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1978 โดยดาวเทียม GPS ใช้งานชุดแรกประกอบด้วยดาวเทียม 10 ดวง มีชื่อเรียกว่า Block I ผลิตขึ้นโดย Rockwell International Corporation ภายใต้การสนับสนุนของหน่วยงานด้านการทหารของสหรัฐอเมริกา โดยมุ่งเป้าไปที่การใช้ในการทหารและงานด้านความมั่นคงเป็นหลัก ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 1989 ถึง ค.ศ. 1993 ระบบดาวเทียม GPS ถูกขยายออกจนมีดาวเทียมประจำการเพิ่มเป็น 23 ดวง จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1994 ดาวเทียมดวงที่ 24 ได้ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรและทำให้ระบบดาวเทียม GPS พื้นฐานเต็มครบทั้งระบบได้ในที่สุด ปัจจุบันระบบ GPS ยังคงได้รับการพัฒนาอยู่อย่างต่อเนื่องเพื่อประโยชน์ในงานด้านอื่นๆที่นอกเหนือจากการใช้ในการทหารด้วย อาทิเช่น ระบบนำร่องของรถยนต์ เรือเดินสมุทร เครื่องบิน ,ใช้ในการสร้างแผนที่ใหม่, ใช้ในการนำทางในการเดินป่า และที่มุ่งเน้นพัฒนากันอยู่ในช่วงนี้ก็มีอย่างเช่น เครื่องรับสัญญาณ GPS จะมีขนาดเล็กลง จนสามารถติดตั้งในโทรศัพท์มือถือและเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน และตอบสนองความต้องการในด้านต่างๆ ฯลฯ ซึ่งจะเห็นว่า GPS มีประโยชน์ต่างๆมากมาย ดังนั้นกลุ่มโครงงานเราจึงคิดนำเอาเครื่องรับ GPS มาประยุกต์ใช้ในการติดตามยานพาหนะด้วยจีพีเอสผ่านโทรศัพท์มือถือ โดยผู้ใช้สามารถที่จะใช้โทรศัพท์โทรไปยังโทรศัพท์มือถือที่ติดตั้งไว้ทางด้านส่ง(ด้านยานพาหนะ) เพื่อสั่งให้ระบบด้านส่งส่งข้อมูลพิกัดกลับมายังด้านรับ(ด้านผู้ใช้) แล้วนำข้อมูลพิกัดที่ได้นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงบนแผนที่ในคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ทราบพิกัดตำแหน่งของยานพาหนะ และระบบยังสามารถโทรไปฟังเป็นเสียงพิกัดตำแหน่งของยานพาหนะได้ด้วย ซึ่งจะบอกเป็นละติจูด ลองติจูด องศาเหนือ องศาใต้ องศาตะวันออก องศาตะวันตก เผื่อเอาไว้ใช้บ้างโอกาสที่ผู้ใช้ไม่มีคอมพิวเตอร์หรือใช้คอมพิวเตอร์ไม่ได้ ก็สามารถเลือกใช้ฟังก์ชันนี้ได้ โดยรวมแล้วระบบติดตามยานพาหนะด้วยจีพีเอสผ่านโทรศัพท์มือถือสามารถนำไปใช้ได้หลายกรณี เช่น กรณีฉุกเฉินยานพาหนะโดนโจรกรรม หรืออาจนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงพานิช เพื่อใช้ในการบริหารจัดการตำแหน่งของรถพนักงานเวลาออกปฏิบัติงาน ให้เป็นไปตามกฎระเบียบที่ตั้งไว้ เป็นต้น แล้วในระบบยังมีอีกฟังชันก์การทำงานหนึ่งที่เพิ่มเติมเข้ามาคือสามารถสั่งปิด-เปิดรีเลย์ได้ด้วย ซึ่งอาจจะนำไปประยุกต์หรือพัฒนา ใช้ในการเป็น Switch ปิด-เปิดอุปกรณ์ต่างๆในรถยนต์ ไม่ว่าจะเป็นการตัดน้ำมัน เปิดอุปกรณ์กำเนิดเสียงให้เกิดเสียงดัง เพื่อเป็นจุดสนใจแก่ผู้คนรอบข้าง, สั่งตัดกระแสไฟเพื่อไม่สามารถสตาร์ทเครื่องได้ เป็นต้น ซึ่งแล้วแต่ว่าจะนำไปประยุกต์อย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ระบบ GPS คืออะไร

ระบบ GPS ย่อมาจาก Global Positioning System ถอดคำศัพท์ได้ว่าเป็นระบบที่ใช้ในการระบุตำแหน่งบนพื้นโลก โดยเป็นเทคโนโลยีที่สามารถระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลกได้อย่างแม่นยำไม่ว่าในเวลาหรือสภาพอากาศแบบใด การทำงานของระบบอาศัยการทำงานของดาวเทียมซึ่งโคจรอยู่เหนือพื้นโลก ระบบดาวเทียมที่ใช้ในการนำร่องเต็มระบบมีอยู่ทั้งหมด 24 ดวงหรือมากกว่านั้น (จากสถิติที่มีการบันทึกไว้มีอยู่ 28 ดวง บันทึกเมื่อเดือน มีนาคม ค.ศ. 2000) ดาวเทียมทั้งหมดถูกควบคุมเส้นทางการโคจรจากสถานีที่ภาคพื้นดิน ดาวเทียมเหล่านี้จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณความถี่สูงมายังพื้นโลก สัญญาณที่ว่านี้ไม่ว่าใครก็ตามที่มีเครื่องรับสัญญาณ GPS (GPS Receiver) ก็สามารถรับสัญญาณมาได้ทันที สัญญาณที่รับได้เมื่อนำมาผ่านการคำนวณ การถอดรหัส จะทำให้ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลกที่เครื่องรับตั้งอยู่ในเวลานั้นๆ ตามทฤษฎีการโคจรของดาวเทียม GPS ทั้งระบบทำให้ทุกที่ทุกจุดบนพื้นโลกไม่ว่าขณะเวลาใด เครื่องรับจะสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้อย่างน้อย 4 ดวง ซึ่งเป็นจำนวนที่มากพอที่จะคำนวณหาพิกัดบนพื้นโลกได้

2.2 องค์ประกอบที่สำคัญของระบบ GPS

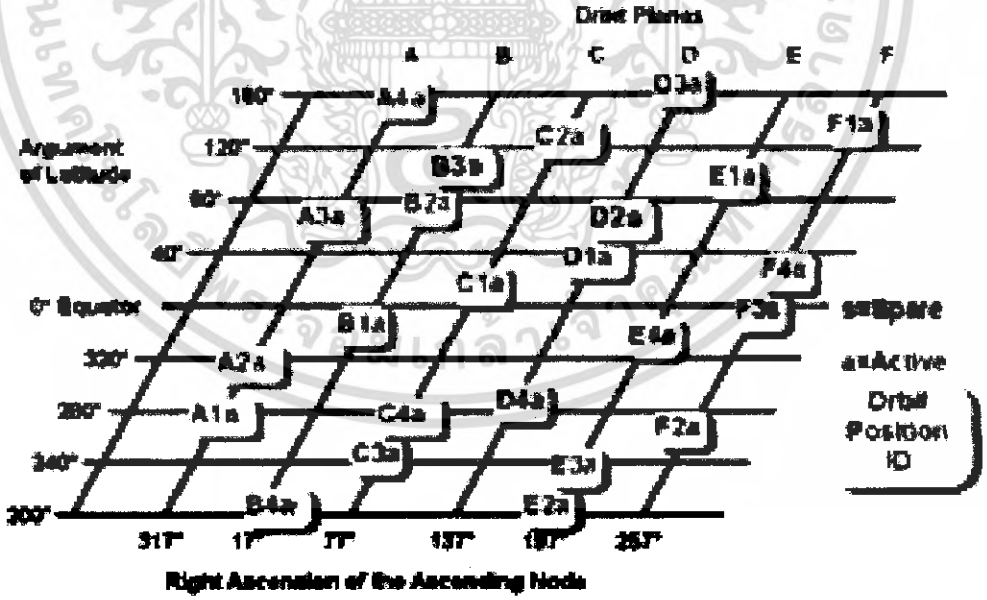
การนำร่องด้วยระบบ GPS มีส่วนที่เป็นองค์ประกอบสำคัญอยู่ 3 ภาค ได้แก่ ภาคอวกาศ (Space Segment), ภาคผู้ใช้หรือเครื่องรับสัญญาณ (User Segment) และภาคควบคุมการทำงาน (Control Segment) โดยแต่ละภาคมีบทบาทและหน้าที่ดังนี้

2.2.1 ส่วนอวกาศ (Space Segment)

การทำงานของระบบ GPS ในภาคอวกาศ ประกอบด้วยกลุ่มดาวเทียมทั้งหมด 24 ดวงโดยดาวเทียมจำนวน 21 ดวงจะใช้ในการบอกพิกัด ส่วนที่เหลืออีก 3 ดวง จะสำรองเอาไว้ ดาวเทียมทั้ง 24 ดวงจะมีวงโคจรรอบโลก โดยแบ่งระนาบการโคจร (Orbital plane) ออกเป็น 6 ระนาบ ทำมุม 60 องศาระหว่างกัน โดยแต่ละระนาบจะมีดาวเทียมระนาบละ 4 ดวง ส่วนแต่ละวงโคจรของดาวเทียมจะทำมุม 55 องศากับแนวเส้นศูนย์สูตร ในลักษณะประสานกันคล้ายลูกตะกร้อ โดยมีรัศมีวงโคจร 20,162.61 กม. การโคจรรอบโลก 1 รอบกินเวลา 11.967 ชม. (2.6 กม./วินาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 แสดงตำแหน่งและการโคจรของดาวเทียม GPS รอบโลก



รูปที่ 2.2 แสดงระนาบวงโคจรของดาวเทียม GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่โดยพื้นฐานของดาวเทียมเหล่านี้ก็คือ

- การรับและเก็บสำเนาข้อมูลที่ส่งมาจากส่วนควบคุมภาคพื้นดิน
- ควบคุมและรักษาความแม่นยำของเวลาโดยใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากนาฬิกาอะตอม (Atomic clock) ในดาวเทียมเอง
- ส่งข้อมูลและสัญญาณไปยังผู้ใช้ (เครื่องรับสัญญาณ GPS) ด้วยความถี่พาหะ 2 ค่าในย่าน L-Band
- โคจรรอบโลกเพื่อส่งสัญญาณครอบคลุมพื้นที่การใช้งานทั่วโลก

ดาวเทียมแต่ละดวงจะส่งความถี่พาหะในการบอกตำแหน่งค่าพิกัดของดาวเทียมด้วย 2 ความถี่ คือ ความถี่ Link1 (L1): 1,575.42 MHz และ ความถี่ Link2 (L2): 1,227.60 MHz ซึ่งเป็นย่าน L-Band เพื่อไม่ให้สัญญาณเกิดการกระจายตัวในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ ย่านความถี่นี้จะทำให้สัญญาณถูกส่งไปอย่างมีทิศทางและง่ายต่อการสะท้อนหรือปิดกั้นด้วยวัตถุที่เข้ามาขวาง ซึ่งชั้นของเมฆ, กระจก และพลาสติก สามารถจะถูกทะลุผ่านไปได้โดยง่าย แต่อาคาร, ภูเขา, หรือร่มไม้หนาทึบมากๆ ไม่สามารถทะลุผ่านได้ โดยสัญญาณจะต้องถูกส่งมาด้วยกำลังซึ่งมากพอจะทำให้ความแรงของสัญญาณที่ผิวโลกมีค่าอย่างน้อย -160 dBw

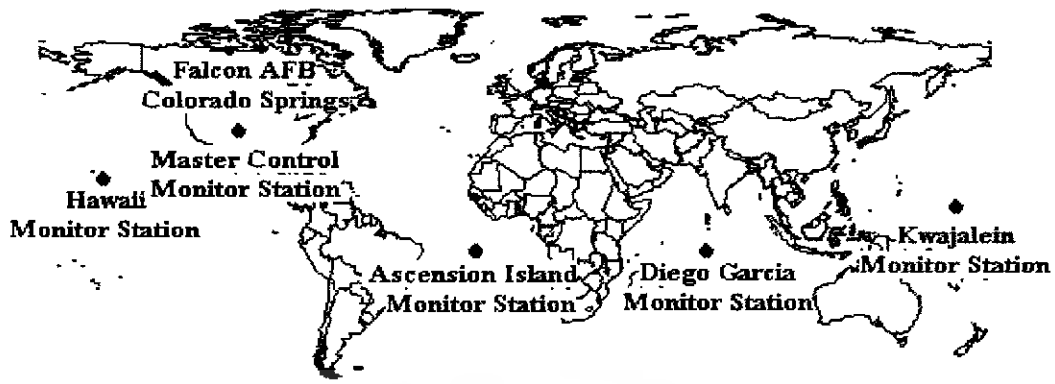
ในขั้นตอนการส่งสัญญาณ สัญญาณ L1 จะถูกนำไปมอดูเลตเข้ากับรหัสแบบสุ่ม (Pseudo Random Code) ที่เรียกว่า C/A code และ P-code ส่วนแชนแนล L2 จะถูกมอดูเลตด้วยการเข้ารหัสแบบ P-code เพียงอย่างเดียว ด้วยวิธีการ Binary phase-shift keying (BPSK) การมอดูเลตทั้งสองแบบต่างกันที่จุดประสงค์การนำไปใช้ ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

2.2.2 ส่วนควบคุม (Control Segment)

สถานีการควบคุมภาคพื้นดินของระบบ GPS ประกอบด้วยสถานีที่ตั้งกระจายอยู่บนภูมิภาคต่างๆ ของโลกหน้าที่ของสถานีควบคุมภาคพื้นดินก็คือการ ตรวจสอบการทำงาน ตำแหน่งที่อยู่ และวงโคจรของดาวเทียม GPS ว่าทั้งหมดถูกต้องอย่างที่ควรจะเป็นหรือไม่ สำหรับสถานีควบคุมภาคพื้นดินในปัจจุบันมีตั้งอยู่ 5 แห่งด้วยกัน ได้แก่ ที่เกาะฮาวาย(Hawaii) , กวาจาลิน (Kwajalein), ดิเอโกคาร์เซีย (Diego Carcia), เกาะแอสเซนชัน (Ascension Island) และ ที่โคโลราโด สหรัฐอเมริกา ทุกสถานีอยู่ภายใต้การควบคุมของ U.S Department of Defense (DoD) โดยทั้งหมดมีหน้าที่การดำเนินงานดังนี้

- ทั้ง 5 สถานีเป็นสถานีรับข้อมูล โดยข้อมูลที่ได้รับจะถูกส่งไปยังสถานีควบคุมหลัก ที่โคโลราโดสปริง
- สถานีควบคุมหลัก (Master Control) มีหน้าที่ประมวลผลข้อมูลเพื่อหาพิกัดตำแหน่ง ที่ถูกต้องบนเส้นทางโคจรและค่าเวลาดาวเทียม เพื่อควบคุมและแก้ไขการทำงานต่างๆ ของดาวเทียมให้มีความถูกต้องอยู่ตลอดเวลา
- สถานีควบคุม 3 แห่ง (ที่เกาะแอสเซนชัน, ดิเอโกคาร์เซีย และกวาจาลิน) ทำหน้าที่เป็นสถานีสำหรับการ Up link ข้อมูลต่างๆไปยังดาวเทียม ข้อมูลที่กล่าวถึงนี้ได้แก่ ข้อมูลเส้นทางการโคจรและค่าเวลาที่ต้องการปรับแก้ไปยังดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

รูปที่ 2.3 แสดงสถานีควบคุมระบบดาวเทียม

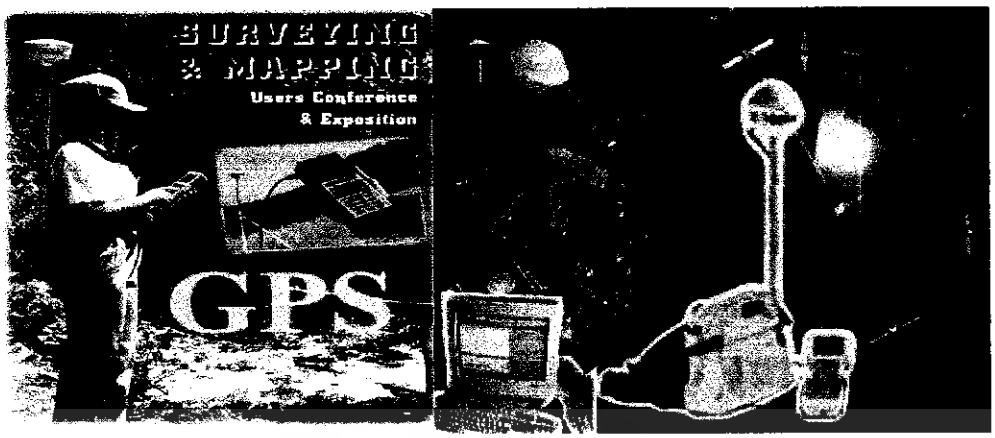
สถานี Up link ข้อมูลแต่ละแห่งจะสามารถเห็นดาวเทียมแต่ละดวงได้วันละ 1 ครั้ง นั่นหมายความว่าดาวเทียมแต่ละดวงจะติดต่อกับสถานีดังกล่าวได้เพียง 3 ครั้ง ดังนั้นคำสั่งควบคุมจากภาคพื้นดินจะสามารถถูกส่งไปยังดาวเทียมได้ทุกๆ 5 ชม. หากมีความจำเป็น สำหรับการคำนวณค่าเส้นทางการโคจรของดาวเทียม GPS หรือที่เรียกทางเทคนิคว่า อีฟีเมอร์ไรด์ (Ephemerides) และการคำนวณความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาบนดาวเทียม GPS เป็นสองหน้าที่ที่สำคัญมากที่สถานีควบคุมภาคพื้นดินรับผิดชอบจัดการ เนื่องจากดาวเทียม GPS เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมาก (ประมาณ 4 กม./ชม.) แต่เส้นทางดังกล่าวจะต้องถูกควบคุมให้แน่นอนตายตัวหลังจากดาวเทียมถูกปล่อยออกจากกระสวยอวกาศ หากไม่มีความผิดพลาดดาวเทียมก็จะเริ่มโคจรรอบโลกลักษณะเส้นทางรูปวงรี หรือทางเทคนิคเรียก Keplerian ellipse

สำหรับนาฬิกาที่ใช้เป็นฐานเวลาในดาวเทียม GPS เป็นนาฬิกาอะตอม ความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาบนดาวเทียม GPS จะถูกปรับแก้ลักษณะเดียวกับการปรับแก้เส้นทางโคจรของดาวเทียม โดยกำหนดให้มีความแม่นยำของเวลาไว้ที่ค่า $\pm$ 340 นาโนวินาที (ความคลาดเคลื่อนเพียง 1 วินาทีใน 7 หมื่นปี)

2.2.3 ส่วนผู้ใช้งาน (User Segment)

ผู้ใช้ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่เกี่ยวกับพลเรือน (Civilian) และส่วนที่เกี่ยวกับทางทหาร(Military) ซึ่งจะให้ความถูกต้องของจุดหมายแม่นยำกว่า ผู้ใช้งานจะต้องมีเครื่องรับสัญญาณ หรือเครื่อง GPS แบบมือถือที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปนั่นเอง โดยในเครื่อง GPS นั้นจะมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์อยู่ในตัวเครื่องเพื่อให้เครื่องทราบว่าดาวเทียมอยู่ในตำแหน่งใด ในเวลานั้น ๆ โดยเครื่อง GPS จะทำการคำนวณ ตรวจสอบ และถอดรหัสสัญญาณที่ได้จากดาวเทียม เพื่อให้ได้ข้อมูลมา ซึ่งข้อมูลที่ได้โดยปกติก็มักจะถูกประมวลผลโดยโปรแกรมและส่งข้อมูลออกมาทางหน้าจอของเครื่อง GPS นั้น ๆ เพื่อให้ผู้ใช้ได้ทราบข้อมูล โดยการแสดงผลก็จะต่างกันขึ้นกับโปรแกรมในเครื่อง GPS แต่ละรุ่นและแต่ละยี่ห้อ จะเห็นได้ว่าเบื้องหลังการใช้งานเครื่อง GPS นั้น มีส่วนประกอบที่สำคัญอื่น ๆ ที่ทำให้เราสามารถใช้งานเครื่อง GPS ได้ แต่ในส่วนผู้ใช้งานเองแค่มีเพียง GPS Receiver เครื่องเดียวก็เพียงพอแล้ว โดยในส่วนอื่น ๆ นั้นก็จะมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องคอยดูแล เพื่อให้ระบบนั้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

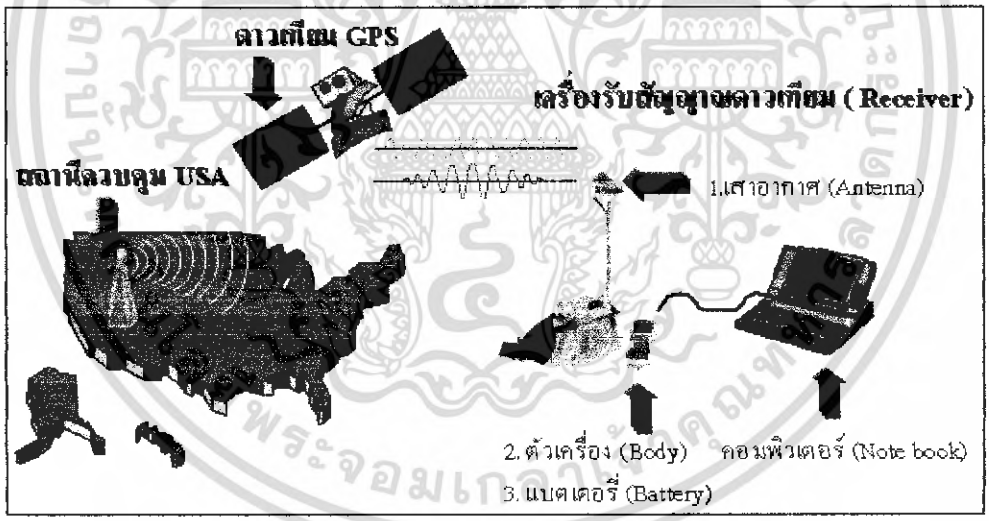


รูปที่ 2.4 แสดงการใช้งาน GPS

2.3 ส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS

โดยทั่วไปเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (Receiver) ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1. ตัวเครื่อง (Body)
2. ส่วนให้พลังงาน (Power Supply)
3. ส่วนเสาอากาศ (Antenna)



รูปที่ 2.5 แสดงส่วนประกอบของระบบดาวเทียม GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 หลักการคำนวณตำแหน่งของจุดบนพื้นโลก

กำหนดให้

CO-ORDINATE ของตำแหน่งที่ต้องการทราบเป็น X, Y, Z

CO-ORDINATE ของดาวเทียมดวงที่ 1 เป็น X1, Y1, Z1

CO-ORDINATE ของดาวเทียมดวงที่ 2 เป็น X2, Y2, Z2

CO-ORDINATE ของดาวเทียมดวงที่ 3 เป็น X3, Y3, Z3

CO-ORDINATE ของดาวเทียมดวงที่ 4 เป็น X4, Y4, Z4

ความผิดพลาดของเวลาบนดาวเทียมกับเวลาบนพื้นโลก เป็น t0

เวลาที่สัญญาณจากดาวเทียมดวงที่ 1 เดินทาง เป็น t1

เวลาที่สัญญาณจากดาวเทียมดวงที่ 1 เดินทาง เป็น t2

เวลาที่สัญญาณจากดาวเทียมดวงที่ 1 เดินทาง เป็น t3

เวลาที่สัญญาณจากดาวเทียมดวงที่ 1 เดินทาง เป็น t4

ความเร็วของคลื่นสัญญาณเป็น C

จะได้สมการ 4 สมการ ที่แสดงระยะทางระหว่างดาวเทียมทั้ง 4 กลับจุดที่ต้องการทราบตำแหน่ง คือ

$(X-X1)2 + (Y-Y1)2 + (Z-Z1)2 = (C \times (t1-t0))2$

$(X-X2)2 + (Y-Y2)2 + (Z-Z2)2 = (C \times (t2-t0))2$

$(X-X3)2 + (Y-Y3)2 + (Z-Z3)2 = (C \times (t3-t0))2$

$(X-X4)2 + (Y-Y4)2 + (Z-Z4)2 = (C \times (t4-t0))2$

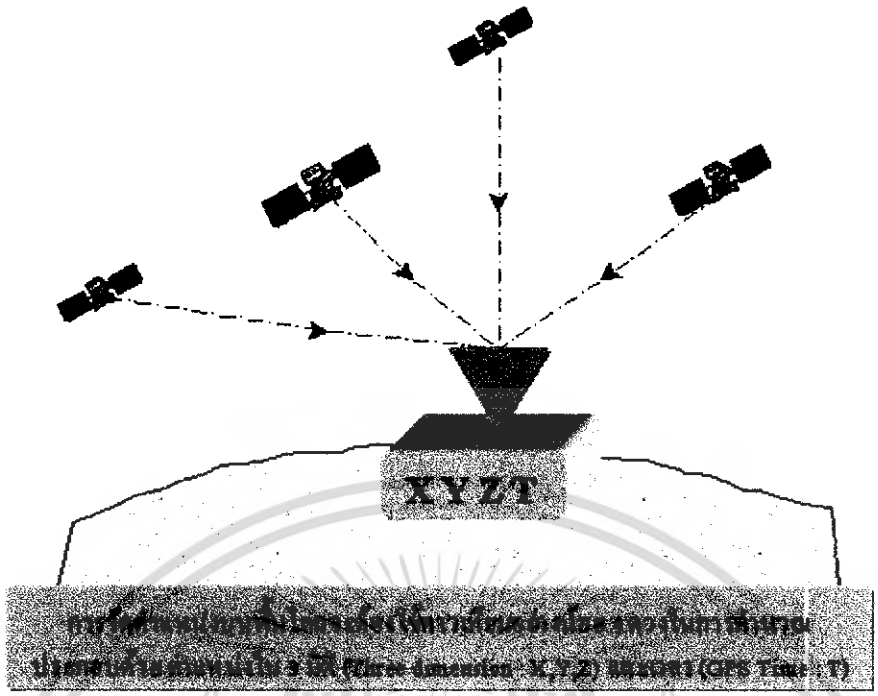
โดยที่ค่า (X1, Y1, Z1), (X2, Y2, Z2), (X3, Y3, Z3), (X4, Y4, Z4) เป็นค่าที่ถูกส่งลงมาจากดาวเทียม และค่า t1, t2, t3, t4 สามารถหาได้จากการ CORRELATE CODE ที่ส่งลงมากับ CODE ที่ถูกสร้างขึ้นในเครื่องรับ จะทำให้สามารถคำนวณค่าตัวแปร X, Y, Z และ t0 ได้

2.5 การทำงานของ GPS

หลักการพื้นฐานของ GPS เป็นเรื่องง่าย ๆ แต่อุปกรณ์ของเครื่องมือถูกสร้างขึ้นด้วยวิทยาการขั้นสูง โดยในการทำงานของ GPS นั้นจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆต่อไปนี้

1. การรับสัญญาณจากดาวเทียมเพื่อให้ได้พิกัดตำแหน่ง
2. การวัดระยะจากดาวเทียม
3. การได้เวลาที่ถูกต้อง
4. ต้องรู้ตำแหน่งของดาวเทียม
5. การช้าของสัญญาณในการเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงการวัดตำแหน่งบนพื้นโลก

2.5.1 การรับสัญญาณจากดาวเทียมเพื่อให้ได้พิกัดตำแหน่ง

GPS จะต้องหาระยะระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับ GPS ดาวเทียมจะเป็นเหมือนหมุดหลักฐานสำหรับการวัดระยะ สิ่งที่เราต้องรู้เพื่อใช้ในการคำนวณ คือ ตำแหน่งดาวเทียมดวงนั้นเพื่อให้ได้ระยะทางที่ถูกต้อง สมมุติว่าเราอยู่ห่างจากดาวเทียม A 11,000 ไมล์ ขณะเดียวกันเราหาได้ว่าระยะจากดาวเทียม B 12,000 ไมล์ ดังนั้นตำแหน่งเรา จึงอยู่ที่ทรงกลมที่มีศูนย์กลางที่ดาวเทียม A กับดาวเทียม B รัศมี 11,000 ไมล์ และ 12,000 ไมล์ ตัดกัน ดังนั้น ถ้าเราได้ระยะจากดาวเทียมดวงที่ 3 ก็บอกตำแหน่งได้แน่นอนยิ่งขึ้น เช่น เรารู้ว่าระยะจากดาวเทียม C 13,000 ไมล์ ก็จะบอกตำแหน่งที่ทรงกลมตัดกันอยู่เพียง 2 จุด แล้วก็วัดหาระยะดาวเทียมดวงที่สี่ หรือจากการวัดระยะดาวเทียม 3 ดวงก็สามารถบอกตำแหน่งได้เลย เพราะ 2 ค่าที่ได้จะมีอยู่หนึ่งค่าที่ไม่เป็นจริง เพราะอยู่ห่างจากโลกเรามาก ในกรณีที่รู้ค่าความสูงของตำแหน่งที่วัดแน่นอน เช่น ในทะเล ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องวัดดาวเทียมดวงที่ 4 เครื่องมือรังวัดบางเครื่องจะให้เลือกใช้วัดแบบ 2D คือ พิกัดราบอย่างเดียว แต่ถ้าต้องการได้ตำแหน่ง 3D ต้องวัดจากดาวเทียม 4 ดวง

2.5.2 การวัดระยะจากดาวเทียม

การที่จะรู้ระยะทางจากเครื่องรับถึงดาวเทียมจะต้องมีวิธีการหาระยะ โดยวิธีการหาระยะใช้สมการง่าย ๆ คืออัตราความเร็วคูณด้วยเวลา ตัวอย่างเช่น ถ้ารถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 60 กม./ชม. เวลา 2 ชม. รถยนต์จะเคลื่อนที่ได้เป็นระยะทางเท่าใด การคิดใช้ความเร็ว (60 กม./ชม.) จะได้ระยะทาง (120 กม.) ในระบบ GPS ทำงานเพื่อหาว่าสัญญาณวิทยุที่ส่งมาจากดาวเทียมจนถึงเครื่องรับใช้เวลาเดินทางนานเท่าใด แล้วนำเวลาที่หาได้มาคำนวณระยะทางคลื่นวิทยุเดินทางด้วยความเร็วแสงคือ 186,000 ไมล์ต่อวินาที ดังนั้น ถ้าเรารู้เวลาแน่นอนที่ดาวเทียมเริ่มปล่อยสัญญาณวิทยุ และเวลาที่เราเริ่มรับสัญญาณนั้นได้ ก็จะได้เวลาที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

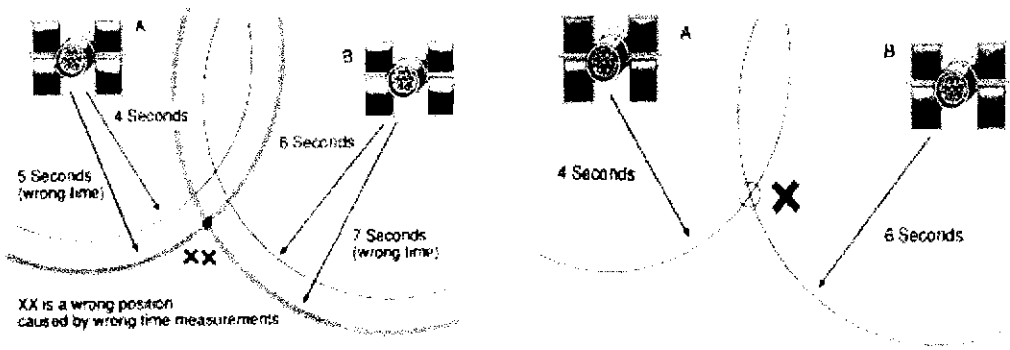
คลื่นวิทยุเดินทาง ทำเวลาเป็นวินาทีคูณกับ 186,000 ไมล์ ก็จะได้ระยะทางจากเครื่องรับถึงดาวเทียม ซึ่งต้องได้ระยะเช่นนี้ 3 ค่าจากดาวเทียมสามดวง จึงจะนำมาหาตำแหน่งได้ เมื่อเป็นเช่นนี้ แน่นอนนาฬิกาจะต้องเป็นนาฬิกาที่ดีมาก เพราะเวลาที่วัดได้จะต้องน้อยมากเพราะแสงเดินทางเร็วมาก โดยปกติถ้าดาวเทียมดวงที่ส่งสัญญาณอยู่เหนือศีรษะเราพอดีเวลาที่คลื่นวิทยุจะใช้เวลาเดินทางถึงเราเพียง 0.06 วินาทีเท่านั้น

ด้วยเหตุนี้ GPS จึงได้นำเอาวิวัฒนาการทางอิเลคทรอนิคส์มาใช้เพื่อให้ได้ความถูกต้องของเวลาที่ละเอียดถูกต้องสูง โดย GPS จำเป็นต้องรู้เวลาที่ละเอียดมากเป็นนาโนเซคกัน หรือ 0.000000001 วินาที เรารู้เวลาที่สัญญาณเริ่มส่งจากดาวเทียมได้อย่างไร เคล็ดลับที่สำคัญในการหาเวลาการเดินทางของคลื่นวิทยุก็คือ ต้องรู้ว่าเวลาที่แน่นอนที่สัญญาณเริ่มออกเดินทางจากดาวเทียม ผู้ออกแบบเครื่อง GPS ใช้หลักการจำลองแบบสัญญาณที่ส่งจากดาวเทียม และสัญญาณที่อยู่ในเครื่องรับให้เป็นแบบเดียวกัน ดังนั้นเครื่องทั้งสองจะต้องสร้างรหัสในเวลาที่ตรงกัน (Pseudo Random Code) ดังนั้นสิ่งที่เราต้องกระทำก็คือการรอรับรหัสที่ดาวเทียมปล่อยออกมาและมองย้อนกลับไปว่าเครื่องของเราได้เริ่มสร้างรหัสที่มีรูปเหมือนกันแล้วเป็นเวลานานเท่าใด เวลาที่แตกต่างก็คือเวลาที่คลื่นวิทยุใช้เดินทางมาถึงเครื่องรับ ข้อดีของการใช้รหัสที่ส่งเป็นชุดหรือตัวเลขหลายตัว เราสามารถเปรียบเทียบหาตรงเวลาใดก็ได้ตามต้องการ ไม่จำเป็นต้องใช้เลขหนึ่งอย่างเดียว ใช้ตัวเลขคู่ใดก็ได้ รหัส Pseudo Random Code ใน GPS ไม่ใช่ตัวเลขตามตัวอย่างที่กล่าวมา ทั้งในดาวเทียมและเครื่องรับจะสร้างชุดรหัสเชิงตัวเลขที่ซับซ้อน การที่ต้องสร้างให้ซับซ้อนก็เพื่อสามารถนำรหัสทั้งสองมาเปรียบเทียบกันได้ง่ายและไม่วุ่นวายและยังมีเหตุผลทางวิชาการประกอบด้วย รหัสซ้ำซ้อนนี้ทำให้มองเห็นเหมือนคลื่นวิทยุที่ต่อเนื่องกันยาว ๆ

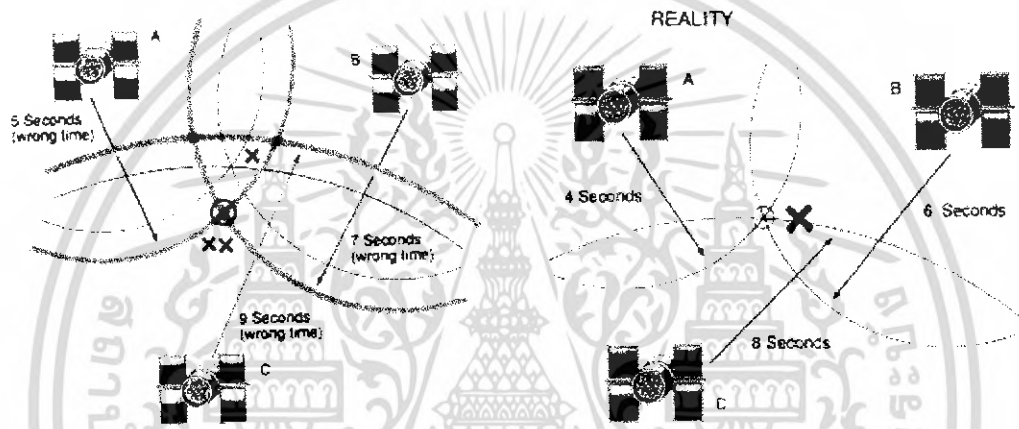
2.5.3 การได้เวลาที่ถูกต้อง

แสงเดินทางด้วยความเร็ว 186,000 ไมล์/วินาที จะเกิดอะไร ถ้าเครื่องรับนับเวลาคลาดไป 1/100 วินาที ผลคือการวัดจะผิดไปถึง 1,860 ไมล์ และจะรู้ได้อย่างไรว่าเครื่องรับและดาวเทียมได้สร้างรหัสตรงเวลาเดียวกันหรือไม่ ปัญหานี้สามารถอธิบายได้คือในดาวเทียมใช้นาฬิกาอะตอม ซึ่งจะให้เวลาที่ถูกต้อง โดยดาวเทียมแต่ละดวงจะมีนาฬิกาอะตอมนี้ติดตั้งอยู่ถึง 4 เครื่อง ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าจะต้องใช้เวลาจากนาฬิกาเครื่องใดเครื่องหนึ่งอย่างแน่นอน นาฬิกาอะตอมไม่ได้เดินด้วยพลังงานอะตอม ที่ให้ชื่ออะตอมเพราะว่าใช้การวัดจังหวะจากอนุภาคของสารเฉพาะ เหมือนเครื่องเคาะจังหวะ อะตอมนี้จะให้เวลาที่แน่นอนและถูกต้องที่สุดที่มนุษย์เราได้ประดิษฐ์มา ดังนั้นถ้านาฬิกาบอกเวลาเที่ยง 12.00 น. ก็หมายถึงเวลาเที่ยง 12.00 จริง แต่ดีที่มีวิธีให้หาเวลาได้ถูกต้องที่เครื่องรับ GPS โดยเพียงติดนาฬิกาที่มีความถูกต้องธรรมดาเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงการระบุตำแหน่งของดาวเทียม GPS 2 ดวง



รูปที่ 2.8 แสดงการระบุตำแหน่งของดาวเทียม GPS 3 ดวง

โดยสมมุติว่า นาฬิกาในเครื่องรับส่วนใหญ่เป็นควอทซ์ไม่เที่ยงตรงเท่ากับนาฬิกาอะตอม สมมุติ นาฬิกาเครื่องรับเดินช้า 1 วินาที ดังนั้นตัวเครื่องบอกเวลาเที่ยง เวลาจริงก็จะเป็น 12:00:01 น.ปกติเราใช้หน่วยวัดระยะไมล์หรือกิโลเมตร แต่เนื่องจากระยะทางคำนวณจากเวลา ดังนั้นจะใช้เวลาแทนระยะทาง ซึ่งจะช่วยให้เห็นความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาได้ชัดขึ้น สมมุติความจริงเราอยู่ห่างจากดาวเทียม A เป็นเวลา 4 วินาที และห่างจากดาวเทียม B เป็นเวลา 6 วินาที ในแบบรูปสองมิติ หาเส้นตัดกันได้ สมมุติตัดกันได้ X ดังนั้นที่ X คือตำแหน่งที่เราอยู่จริงซึ่งเราควรจะได้ ถ้านาฬิกาทำงานถูกต้อง แต่ถ้านาฬิกาเครื่องรับช้าไป 1 วินาที เครื่องรับก็จะบอกระยะจาก A 5 วินาที และระยะจากดาวเทียม B 7 วินาที และมีเส้นตัดกันที่จุด XX ดังนั้น ที่ XX ตำแหน่งที่เครื่องรับจะบอกเวลา และถ้าเราไม่มีวิธีที่จะรู้ว่าเครื่องรับเดินช้า ก็ต้องถือว่าตำแหน่งที่ได้ถูกต้องแล้ว แต่ระยะที่ได้อาจคลาดเคลื่อนเป็นกิโลเมตรก็ได้ และเราจะรู้ว่าไม่ถูกต้องก็เมื่อเราเดินตามที่เครื่องบอกแล้วจุดนั้นไม่ตรงกับความเป็นจริง เช่น เข้าไปในภูเขาหิน แต่ในการคำนวณจะไม่แสดงให้เรารู้ได้เลย ตามหลักวิชาตรีโกณเพื่อหาตำแหน่ง ต้องวัดระยะทางเพิ่มอีกหนึ่งเส้นตามรูปสองมิติที่แสดงเป็นระยะจากดาวเทียมเป็นดวงที่สาม สมมุติว่าถ้าระยะจริงจากดาวเทียม C 8 วินาที จะเห็นวงกลมทั้งสามวงตัดกันตามรูปที่ 2.8 ต่อไปขอให้เราเพิ่มระยะทางของรัศมีแต่ละวงอีกหนึ่งวินาทีตามค่าช้าของนาฬิกา แสดงในรูปด้วยเส้นประจะเป็นระยะเทียม (Pseudo Range) ที่เกิดจากการที่นาฬิกาเดินช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำว่า Pseudo Range ที่ใช้ในวงกลม GPS เพื่อบอกว่าระยะนั้นยังมีค่าผิดพลาดอยู่ (ปกติค่าความผิดพลาดเกิดจากเวลา) จากภาพจะสังเกตเห็นว่าวงกลมจากดาวเทียม A ดาวเทียม B ตัดกันที่จุด XX แต่วงกลมจากดาวเทียม C จะไม่ตัดตรงจุดเดียวกัน ดังนั้นจึงไม่มีจุดที่จะเกิดขึ้นได้จริง จากการที่ระยะห่างจากดาวเทียม A 5 วินาที ดาวเทียม B 7 วินาที และดาวเทียม C 9 วินาที ภายในเครื่องรับ GPS จะมีโปรแกรมที่จะนำเอาชุดของการวัดที่ไม่สมบูรณ์มาคำนวณ และหาค่าที่นาฬิกาเดินคลาดเคลื่อนมาปรับแก้ให้ถูกต้อง ดังนั้นคอมพิวเตอร์จะเริ่มทำการลบ (หรือบวก) เวลาให้กับทุก ๆ การวัดโดยเท่า ๆ กัน จนกว่าจะได้ค่าคำตอบที่ทุก ๆ ระยะมาตัดกันที่ตำแหน่งเดียวกัน ด้วยโปรแกรมก็จะพบว่าโดยการลบเวลาหนึ่งวินาทีออกจากระยะที่วัดได้ ก็จะทำให้วงกลมทั้งสามตัดกันที่จุดเดียวกัน จึงได้ว่านาฬิกาเดินช้าไป 1 วินาที ความจริงในการคำนวณหาคำตอบในคอมพิวเตอร์ใช้การหาจากสมการพีชคณิต 4 สมการ สำหรับหาค่าที่ต้องการรู้ 4 ค่านั่นเอง และก็จะได้ค่าที่ต้องแก้เวลาของนาฬิกาได้ แนวคิดก็เหมือนเดิมคือการที่รับสัญญาณจากดาวเทียมเพิ่มอีกหนึ่งดวงสามารถขจัดความคลาดเคลื่อนของเวลาที่เกิดจากนาฬิกาเดินไม่ถูกต้องได้ การวัดหาค่าแบบ 3 มิติ ต้องการใช้ดาวเทียม 4 ดวง แบบ 3 มิติ ได้ค่าการวัดถึง 4 ค่าเพื่อจะได้กำจัดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น เพราะว่าเวลาทำงานจะต้องตรวจดูเวลาในตารางดาวเทียมเพื่อสามารถวัดหาตำแหน่งได้ถูกเวลานั้นต้องมีดาวเทียมขึ้นอยู่อย่างน้อย 4 ดวง ระบบ GPS เมื่อการปล่อยดาวเทียมครบถ้วนก็จะมีดาวเทียมใช้งานได้ 24 ดวง ดังนั้น จะมีดาวเทียมมากกว่า 4 ดวง บนท้องฟ้าเสมอทุกตำแหน่ง ตอนที่ดาวเทียม GPS ยังไม่ปล่อยให้ครบ บางคนใช้ GPS ผสมกับระบบอื่น ๆ เช่น ระบบ LORAN ซึ่งจะให้ความถูกต้องใกล้เคียงกับ GPS การทำเช่นนี้โดยการใช้ดาวเทียม GPS เป็นจุดบังคับให้ระบบ LORAN การออกแบบเครื่องรับ GPS จะต้องทำให้สามารถรับสัญญาณดาวเทียมได้ 4 ดวงด้วย โดยมีหลักอยู่ว่า ถ้าต้องการให้เครื่องแสดงผลการวัดต่อเนื่องและเป็นแบบทันทีทันใด (Real Time) เครื่องรับต้องมีช่องรับสัญญาณ 4 ช่อง โดยช่องรับสัญญาณหนึ่งช่องจะรับสัญญาณจากดาวเทียมแยกแต่ละดวงจึงสามารถรับสัญญาณ 4 ดวง ในเวลาพร้อมกันได้ ในการใช้งานบางครั้งก็ไม่ต้องการความถูกต้องและแสดงผลรวดเร็วทันที กรณีนี้ เครื่องรับสัญญาณช่องเดียวอาจเป็นการเพียงพอ เครื่องรับที่มีช่องรับสัญญาณช่องเดียวจะทำการรับดาวเทียม 4 ดวงได้โดยการจัดลำดับเรียงการรับสัญญาณจากดาวเทียมจนครบ 4 ดวง แล้วจึงนำค่ามาคำนวณผล เวลาที่ใช้ในการรับและการคำนวณนี้ อาจใช้เวลาระหว่าง 2-30 วินาที ซึ่งในบางครั้งก็เร็วพอเพียงแล้ว แต่เครื่องรับประเภทนี้จะทำงานในการหาความเร็วได้ไม่ดี การใช้หาความเร็วเป็นการใช้ประโยชน์อย่างหนึ่งของเครื่อง GPS เครื่อง GPS สามารถแสดงความเร็วในการเดินทางได้ถูกต้องมาก และในขณะที่ทำการรับสัญญาณจากดาว เทียมอยู่นั้น ถ้าเครื่องรับมีการเคลื่อนไหว เครื่องรับประเภท 1 ช่องสัญญาณมีผลทำให้การวัดเกิดความผิดพลาดได้มาก ข้อเสียอีกประการหนึ่งของเครื่องรับสัญญาณช่องเดียวเกิดขึ้น เมื่อดาวเทียมส่งรายงานสภาพระบบ (System Condition Message) สำหรับการเปลี่ยนรับดาวเทียมดวงใหม่ ซึ่งต้องใช้เวลาติดต่อถึง 30 วินาที ขณะนั้นจะทำให้เครื่องไม่สามารถทำงานคำนวณบอกทิศทางได้ ที่นิยมใช้ก็คือเครื่องรับที่มี 2 ช่องรับสัญญาณ ช่องหนึ่งจะทำการวัดคำนวณหาเวลา ในขณะที่อีกช่องหนึ่งพยายามจับคลื่นวิทยุจากดาวเทียมดวงต่อไปที่จะทำการวัด เมื่อช่องแรกวัดเสร็จก็สามารถเปลี่ยนไปรับสัญญาณดาวเทียมดวงใหม่ได้ทันทีโดยไม่ต้องเสียเวลาในการค้นหาและรับสัญญาณดาวเทียมอีก ช่องที่สองจึงทำหน้าที่คล้ายกับผู้ดูแลทำความสะอาดบ้าน และค้นหาดาวเทียมดวงต่อไปที่จะรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณต่อและเมื่อไม่ใช้สำหรับการจับดาวเทียม ช่องที่สองก็สามารถทำงานในการวัดหาเวลาได้เช่นเดียวกัน วิธีการสองช่องรับสัญญาณนี้ช่วยให้การรับสัญญาณดาวเทียมได้เร็วขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และวิธีนี้เครื่องสามารถแสดงตำแหน่งที่คำนวณได้เร็ว ซึ่งเรียกว่าการ Updating Position ประโยชน์อีกประการหนึ่งก็คือเครื่องรับสองช่องสามารถให้โปรแกรมรับดาวเทียมมากกว่า 4 ดวงก็ได้ ดังนั้น ในขณะทำงานบอกทางอาจมีดาวเทียมดวงหนึ่งดวงใดรับสัญญาณขาดหายไป ก็จะสามารถใช้ดาวเทียมนี้สำรองใช้แทนโดยไม่ให้การนำทางขาดตอน

2.5.4 ต้องรู้ตำแหน่งของดาวเทียม

ตามที่กล่าวมาทั้งหมดเราสมมุติว่ารู้ตำแหน่งของดาวเทียมมาแล้ว จึงสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมขึ้นมาได้ แต่เราจะรู้ตำแหน่งของดาวเทียมที่อยู่สูงถึง 11,000 ไมล์ ได้อย่างไร ความสูงเช่นนี้จะไม่ทำให้มีคลื่นรหัสจากโลกไปรบกวนได้ วัตถุที่อยู่สูงขึ้นไปเช่นนี้ผ่านพ้นจากชั้นบรรยากาศของโลก หมายความว่าวงโคจรดาวเทียมรอบโลกแสดงได้ด้วยสมการคณิตศาสตร์ธรรมดา เหมือนกับดวงจันทร์ที่หมุนรอบโลกเป็นเวลาล้าน ๆ ปี โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดาวเทียม GPS เดินตามวงโคจรตามแนวที่กำหนดไว้แน่นอน กองทัพอากาศสหรัฐมีหน้าที่นำดาวเทียมเข้าสู่วงโคจรตามแผนที่กำหนดไว้ในโครงการ และเนื่องจากในอวกาศว่างเปล่าไม่มีแรงเสียดทาน ดาวเทียมก็จะโคจรอยู่ในวงที่แน่นอนตามกำหนด วงโคจรของดาวเทียมแต่ละดวงถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว และเครื่องรับ GPS สามารถรับตารางดาวเทียม (Almanac) ไว้ในหน่วยความจำคอมพิวเตอร์ได้ ตารางดาวเทียมจะบอกได้ว่าในท้องฟ้าจะมีดาวเทียมดวงไหนขึ้นลงเวลาใดบ้าง มีการติดตามการโคจรของดาวเทียมทุกดวงอย่างสม่ำเสมอแน่นอน สมการวงโคจรของดาวเทียมจะต้องถูกต้องตามตัวเลขของมันเองอยู่แล้ว แต่เพื่อให้ทุกอย่างถูกต้องสมบูรณ์ กระทรวงกลาโหมสหรัฐจึงต้องทำการติดตามการโคจรของดาวเทียมทุกดวงอย่างสม่ำเสมอ การที่ต้องติดตามดาวเทียมนี้เป็นเหตุผลหนึ่งที่ต้องสร้างดาวเทียม GPS ให้หมุนเร็วกว่าการหมุนของโลก ดาวเทียมหมุนรอบโลกทุก 12 ชม. และจะโคจรผ่านสถานีติดตามดาวเทียมของ DoD วันละ 2 ครั้ง ซึ่งทำให้สถานีติดตามนี้สามารถวัดความสูง ตำแหน่ง และความเร็วของดาวเทียมได้อย่างถูกต้อง ความแปรเปลี่ยนของวงโคจรที่สถานีติดตามค้นหาก็คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของอีฟีเมอริส (Ephemeris Error) ปกติจะมีขนาดน้อยมากโดยเกิดจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ และเกิดจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่มีต่อดาวเทียม เมื่อ DoD วัดหาตำแหน่งดาวเทียมได้ ค่าตำแหน่งใหม่นี้ก็จะถูกส่งกลับเข้าไปบันทึกไว้ในดาวเทียมอีก ดาวเทียมดวงนั้นก็จะส่งค่าแก้นี้พร้อมกับข่าวสารเวลาให้เครื่องรับ ข้อสำคัญคือ ดาวเทียม GPS ไม่เพียงแต่ส่งรหัส Pseudo Random สำหรับการหาเวลาเท่านั้น แต่ส่งข่าวสารข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของวงโคจรและค่าความสมบูรณ์ของระบบด้วย เครื่องรับ GPS ใช้ข่าวสารข้อมูลนี้ควบคู่กับข้อมูลตารางดาวเทียมในเครื่องรับ ในการคำนวณตำแหน่งที่ถูกต้องของดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 การช้าของสัญญาณในการเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ

เราทราบแล้วว่าในระบบ GPS ได้จัดทำทุกส่วนให้ได้ความถูกต้อง เช่น ใช้นาฬิกาอะตอมในดาวเทียม และมีการวัดระยะเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งระยะเพื่อใช้ขจัดความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาในเครื่องรับ และข้อความส่งจากดาวเทียมจะมีรายงานค่าปรับแก้วงโคจรทุกนาที แต่ก็ยังมีสาเหตุของความคลาดเคลื่อนอีกสองสามประการที่กำจัดได้ยาก ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดเห็นได้ชัดที่สุด เกิดจากบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ ซึ่งเป็นชั้นของอนุภาคประจุไฟฟ้า อยู่สูงจากโลกระหว่าง 80-120 ไมล์ อนุภาคเหล่านี้มีผลต่อความเร็วของแสง และความเร็วของสัญญาณวิทยุจากดาวเทียม GPS เช่นกัน บางคนอาจคิดว่าความเร็วของแสงเป็นค่าคงที่อยู่ตลอดเวลา แต่แสงเดินทางด้วยความเร็วคงที่เมื่ออยู่ในสูญญากาศ ซึ่งอยู่ในชั้นอวกาศที่สูงมาก แต่เมื่อแสงหรือสัญญาณวิทยุเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่น เช่น ชั้นที่มีอนุภาคประจุไฟฟ้าที่หนาหลายไมล์ย่อมทำให้ความเร็วลดลงบ้างและการที่คลื่นวิทยุเดินทางช้าลงนี้จะทำให้ระยะที่ได้ไม่ถูกต้อง ถ้าหากว่าใช้ความเร็วของแสงคงที่ มีสองวิธีที่จะใช้ลดความคลาดเคลื่อนของระยะทางจากการที่สัญญาณเดินทางช้า ทางที่หนึ่งเราต้องรู้ค่าความแปรเปลี่ยนเฉลี่ยรายวันตามสภาพบรรยากาศชั้นไอโอเฟียร์ ความหนาแน่นปานกลางจึงสามารถนำมาเป็นค่าแก้กับทุกค่าที่วัดได้ ซึ่งได้ความถูกต้องสูงขึ้น แต่สภาพอากาศตามความเป็นจริงจะไม่คงที่ปานกลางตลอดเวลา ดังนั้น การนำค่าเฉลี่ยมาใช้จะไม่ถูกต้องทั้งหมด อีกทางหนึ่งโดยการวัดหาค่าความแปรความเร็วของสัญญาณวิทยุ โดยการวัดความเร็วสัมพัทธ์ของสัญญาณสองแบบที่ส่งมาจากดาวเทียมพร้อมกัน วิธีการนี้เป็นแขนงวิชาฟิสิกส์ที่ผู้ศึกษาจำนวนน้อยมีแนวคิดพื้นฐานดังนี้ เมื่อแสงผ่านชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์จะเดินทางช้าลงเป็นอัตราส่วนกลับกับความถี่ของสัญญาณยกกำลังสอง ถ้าความถี่ยิ่งต่ำการเดินทางจะยิ่งช้าลง วิธีนี้ใช้การเปรียบเทียบเวลาที่สัญญาณจาก GPS ที่มีความถี่ต่างกันเดินทางถึงเครื่องรับก็จะได้ค่าเวลาที่คลื่นเดินทางช้าไป วิธีการแก้แบบนี้มักใช้กับเครื่อง GPS ที่มีความละเอียดถูกต้องสูง ที่เรียกว่าเครื่องรับความถี่คู่ (Dual Frequency) จะช่วยขจัดค่าความคลาดเคลื่อนจากไอโอโนสเฟียร์ได้ หลังจากเดินทางผ่านบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ซึ่งอยู่สูงกว่าก็ถึงชั้นบรรยากาศโลกที่มีละอองไอน้ำในอากาศซึ่งมีผลต่อความเร็วของสัญญาณเช่นกัน ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนจึงเกิดเช่นเดียวกับที่เกิดในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ แต่ค่าคลาดเคลื่อนดังกล่าวยังไม่มีการปรับแก้ได้ซึ่งรวมอยู่ในค่าความคลาดเคลื่อนรวมของการบอกตำแหน่งโดยเครื่อง GPS เป็นระยะประมาณ 25 เมตรเท่านั้น ยังมีสาเหตุอื่นที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้อีก ได้แก่ ความเที่ยงของนาฬิกา นาฬิกาอะตอมในดาวเทียมที่ว่าถูกต้องมากแล้ว ก็ยังมีความคลาดเคลื่อนได้เหมือนกับ DoD ติดตามความเที่ยงของนาฬิกาอะตอมและทำการปรับแก้แต่ก็ยังคงมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างเล็กน้อย ซึ่งอยู่ในความคลาดเคลื่อนรวมของเครื่อง GPS เช่นเดียวกัน เครื่องรับที่ตั้งอยู่บนพื้นดินก็มีส่วนทำให้ผิดพลาดได้เช่นกัน การคำนวณทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรมของเครื่องทำให้ต้องเลือกตัดค่าสังเกตบางค่าทิ้ง บางครั้งเมื่อถูกรบกวนด้วยคลื่นวิทยุอาจทำให้รหัส Pesudo Random มีลักษณะผิดเพี้ยนทำให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำงานไม่ถูกต้อง ความคลาดเคลื่อนอาจมีขนาดเล็กมากหรือขนาดใหญ่มากก็ได้ ค่าที่ใหญ่ก็สามารถรู้ได้ง่ายกว่าเพราะเห็นได้ชัด แต่ถ้ามีค่าเล็กน้อยก็เป็นการยากที่จะหาได้พบ ความคลาดเคลื่อนแบบนี้มีผลทำให้การบอกตำแหน่งผิดไปประมาณ 0.5 – 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความคลาดเคลื่อนอีกอย่างหนึ่งที่ได้เกิดจากดาวเทียมและเครื่องรับก็คือ Multipart Error ความคลาดเคลื่อนจากจำนวนเส้นทางที่มีมากกว่า 1 เส้นทาง เกิดจากการที่สัญญาณที่ส่งจากดาวเทียมตกกระทบไปยังวัตถุอื่นแล้วจึงสะท้อนเข้าเครื่องรับสัญญาณส่วนนี้ไม่เป็นสัญญาณจากดาวเทียมมีผลต่อการรับเหมือนกับที่เกิดกับการรับสัญญาณทีวีเช่นเดียวกัน คือทำให้เกิดภาพพร่าซ้อนให้เห็นบนจอ GPS รุ่นใหม่ใช้วิธีการประมวลผลที่ดีขึ้น และการใช้เสาอากาศที่ป้องกันสัญญาณซ้อนได้ แต่ในบางครั้งถ้าเกิดรุนแรงมาก ก็จะมีผลต่อการวัด GPS ได้เหมือนกัน สาเหตุของการเกิดการคลาดเคลื่อนทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นผลทำให้การวัด GPS ไม่แน่นอน ซึ่งความหมายว่า แทนที่จะกล่าวว่าของอยู่ห่างไป 10 ฟุต (3.5 เมตร) พอดี ต้องกล่าวว่าของอยู่ห่างไป 10 ฟุต บวกหรือลบเศษหนึ่งส่วนสิบนิ้ว เป็นต้นหรือเปรียบเทียบให้เห็นได้อีกอย่างเช่นเหมือนกับเรากำลังใช้ไม้บรรทัดที่ปลายข้างที่ใช้วัดหักหรือลบไป ทำให้ไม่สามารถบอกระยะที่แน่นอนทีเดียวได้ แต่ยังดีที่มีค่าความคลาดเคลื่อนทั้งหมดรวมกันแล้วก็จะมีไม่มาก ผลการใช้ GPS จะบอกตำแหน่งได้ถูกต้องอยู่ในระยะไม่เกิน 25 เมตร และจะถูกต้องยิ่งขึ้นถ้าเครื่องรับคุณภาพดีเพื่อให้ได้ค่าความถูกต้องที่ดีที่สุด เครื่องรับที่ดีจะใช้หลักการของวิชาเรขาคณิต ซึ่งเรียกว่า Geometric Dilution of Precision (GdoP)เป็นค่าที่ชี้ให้เห็นความถูกต้องของตำแหน่งที่เครื่องรับ GPS แสดงให้เห็นโดยค่าตำแหน่งที่คำนวณได้มาจากการหาระยะจากดาวเทียมหลายดวง ลักษณะการประกอบรวมกลุ่มของดาวเทียมรูปเรขาคณิตหรือขนาดของมุมของดาวเทียมแต่ละดวงภายในกลุ่ม จะมีส่วนทำให้ความคลาดเคลื่อนเพิ่มหรือน้อยลงได้ เหมือนกับคนเล่นสนุกเกอร์ที่ต้องเลือกลูกที่มีมุมแทงลูกให้ลงหลุมได้ง่าย ซึ่งบางลูกอยู่ในมุมที่ดีแทงได้เต็มลูกบางลูกต้องแทงบางมากอาจผิดได้ จะเห็นว่าผลที่เกิดจาก GdoP ระยะที่วัดได้อยู่บนเส้นวงกลมที่ดาวเทียมเป็นจุดศูนย์กลาง และเนื่องจากระยะที่วัดได้มีขนาดไม่แน่นอนเส้นรอบวงจึงเป็นเส้นหนา เช่น ระยะแทนที่จะเป็น 10,000 ไมล์ ก็จะเป็นรัศมีระยะ 10,000 +/- 0.001 ไมล์ (9,999.999-10,000.001 ไมล์) ดังนั้นเวลาวาดเส้นรอบวงจะมีความกว้างเป็นแถบ ขนาด 0.002 ไมล์ ดังนั้น ตำแหน่ง X ที่เราเคยใช้เป็นแถบสี่เหลี่ยม หรืออาจพูดได้ว่าเนื่องจากผลลัพธ์ไม่แน่นอนตำแหน่งจึงไม่อยู่เป็นจุด แต่จะอยู่ในที่หนึ่งที่ใดก็ได้ในแถบสี่เหลี่ยมนี้ดังนั้น GDoP จะได้ มาจากมุมระหว่างดาวเทียมที่จะทำให้เกิดรูปแถบสี่เหลี่ยมขึ้น รูปสี่เหลี่ยมที่เกิดขึ้นอาจสวยงามดีได้ฉาก หรือยืดยาวและโตก็ได้ สรุปได้ว่าถ้าจะให้ได้ผลดีควรจะเลือกวัดจากกลุ่มดาวเทียมที่มุมระหว่างดาวเทียมมีขนาดโต ด้วยเหตุนี้ในเครื่องรับ GPS จะมีโปรแกรมให้วิเคราะห์ตำแหน่งของดาวเทียมที่อยู่บนท้องฟ้า และเลือกวัดจากชุดดาวเทียม 4 ดวง ที่มีค่า GdoP ดีที่สุด ในเครื่องรับประเภทละเอียดก็จะเลือกวัดจากดาวเทียมที่เห็นในท้องฟ้าขณะนั้น โดยวิธีนี้จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนจาก GdoP เหลือน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

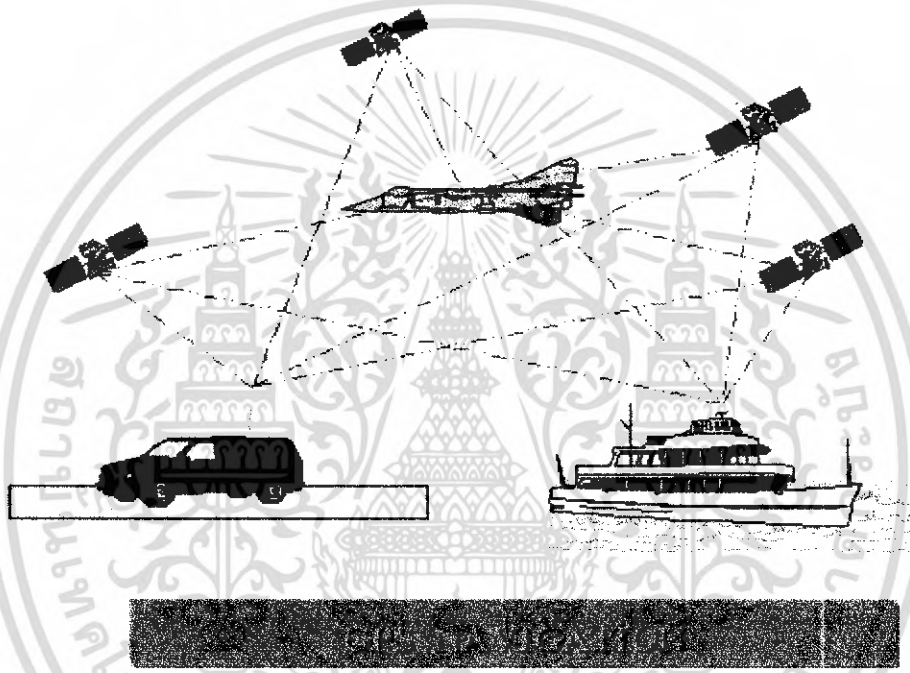
2.6 รหัสสุ่มเทียม (Pseudo Random Code)

ท่านอาจมีข้อสงสัยว่าทำไมต้องใช้รหัส Pseudo Random Code ทำไมไม่รับสัญญาณวิทยุธรรมดา เช่น ดาวเทียม TV เป็นความจริงที่แนวคิดการสร้างรหัส Pseudo Random Code เป็นเรื่องปกปิดรู้เฉพาะไม่กี่คน แต่ระบบนี้ก็ช่วยให้ระบบ GPS ทำงานได้ผล และราคาไม่แพง ซึ่งต่อไปท่านพูดได้ว่าการใช้รหัส Pseudo Random Code จะทำให้ GPS กลายเป็นเครื่องใช้ทั่วไปที่ทุกคนใช้ได้ ก่อนหน้านี้ได้กล่าวถึงการทำงานโดยการใช้รหัส Pseudo Random มาแล้ว เครื่อง GPS สามารถหาเวลาที่ต่างกันระหว่างเครื่องรับกับดาวเทียมได้อย่างไร แต่นั่นเป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นเหตุผลที่สร้าง Pseudo Random Code ก็คือการประหยัด จะเปรียบเทียบให้เห็นชัดต้องดูจากดาวเทียมทีวี ซึ่งกระจายเสียงด้วยสัญญาณกำลังแรงดีมาก แต่ส่วนเครื่องรับบนโลกยังต้องใช้จานรับดาวเทียมทรงโค้งกลมขนาดใหญ่ ลองนึกดูถ้า GPS ต้องใช้จานรับแบบเดียวกันจะต้องมีความใหญ่ขนาดไหน และยิ่งกว่านั้นดาวเทียมทีวีหยุดนิ่งบนท้องฟ้า แต่ดาวเทียม GPS โคจร ซึ่งต้องรับโดยหมุนไปหาตำแหน่งดาวเทียมทั้ง 4 ดวง จะต้องเป็นที่ยุ่งยากมากขึ้น การใช้ Pseudo Random Code ช่วยให้ลดความจำเป็นอื่นทั้งหมดในการส่งข้อมูล ดังนั้นการส่งสัญญาณ GPS จึงกินกำลังไฟน้อย และสัญญาณ GPS อ่อนมากที่ไม่รับเอาสัญญาณวิทยุรบกวนอื่น สัญญาณวิทยุรบกวนอื่นเกิดขึ้นเป็นคลื่นไม่เป็นรูปแบบรหัส Pseudo Random Code ดูก็คล้ายคลื่นวิทยุรบกวนนี้มาก แต่มีข้อแตกต่างที่สำคัญคือ เรารู้รูปร่างของคลื่นแล้ว ถ้าหากว่านำเอาคลื่น Pseudo Random Code ไปเปรียบเข้ากับคลื่นวิทยุรบกวน การเปรียบเทียบจะแบ่งคลื่นออกเป็นช่วงเวลา ถ้าเราให้ค่าคลื่นที่เหมือนกันเป็น 1 และที่ไม่เหมือนกันเป็น -1 จะพบว่าหลังจากเปรียบเทียบนาน ๆ จะได้ค่าสุดท้ายเป็น 0 แต่ถ้า GPS เริ่มส่งสัญญาณเข้าเครื่องรับที่มีรูปแบบเหมือนกับ Pseudo Random Code สัญญาณนี้ถึงแม้จะอ่อน จะถูกทำให้แรงขึ้นแล้วนำมาเปรียบเทียบกันได้และถ้าเราเลื่อนรหัสที่ส่งจากดาวเทียม เราก็จะได้คลื่นที่เข้ากันได้มากขึ้นและคะแนนก็จะมากขึ้นเรื่อยๆ ยิ่งเปรียบเทียบนานตัวเลขจะเพิ่มมากขึ้นและจากที่ผลการเปรียบเทียบให้ผลตรงกันข้ามคลื่นวิทยุรบกวนซึ่งจะมีค่าเกือบศูนย์ ช่วงเวลานี้จะส่งกำลังขยายให้แก่สัญญาณดาวเทียมมากขึ้นเป็นพันเท่ารหัส Pseudo Random Code ช่วยให้เราจับสัญญาณที่อ่อนมากได้ ซึ่งหมายถึงในเครื่อง GPS ไม่ต้องใช้ไฟมาก และมีวิธีการเพิ่มความแรงสัญญาณ เครื่องรับจึงใช้เสาอากาศขนาดเล็กได้ ทำไมดาวเทียมอื่นไม่ใช้วิธีการนี้ ดาวเทียมทั่วไปต้องมีจานรับขนาดใหญ่มากติดตามบ้านที่เห็นทั่วไป ทั้งนี้เพราะสัญญาณ GPS มีข้อมูลน้อย ต้องการเพียงให้หาเวลาได้เท่านั้น ตรงกันข้ามกับสัญญาณทีวีที่ข้อมูลมาก หรือถ้าพูดเชิงวิชาการก็เป็นสัญญาณที่มีแถบกว้างสูงมาก หลักการของ Pseudo Random Code มีการทำงานในการเปรียบเทียบสัญญาณเหมือนกันหลาย ๆ รอบ การเปรียบเทียบนี้จะทำให้ช้าเมื่อเทียบกับแบบที่ต้องใช้สัญญาณทีวี ดังนั้นวิธีการ GPS จึงนำมาใช้กับดาวเทียม TV ไม่ได้ยังมีเหตุผลอื่นอีกสองข้อของการใช้รหัส Pseudo Random Code ข้อหนึ่งคือในเวลาสงคราม DoD สามารถควบคุมไม่ให้ศัตรูใช้ระบบนี้ได้ ถึงแม้เวลาปกติ DoD ก็ยังคงเป็นผู้ควบคุมระบบอยู่ดี รหัส Pseudo Random Code มี 2 แบบ คือ C/A code (Coarse Acquisition) และ P-code (Precise) โดย P-code เป็นการเข้ารหัสที่เฉพาะผู้ใช้ที่ขึ้นกับรัฐบาลของสหรัฐเท่านั้นจึงจะสามารถใช้งานได้ อีกทั้งยังมีรหัสผ่าน เพื่อเข้าไปใช้งานระบบอีกด้วย ซึ่งความแม่นยำของการเข้ารหัสแบบ P-code จะอยู่ในระยะ 17.8 เมตร หรือน้อยว่า 50 ฟุต ภายใต้สภาวการณ์ปกติ ส่วนการเข้ารหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โดยให้ความแม่นยำภายใน 30 เมตร หรือประมาณ 100 ฟุต แต่เนื่องจากความเที่ยงตรงในการบอกตำแหน่งสำหรับพลเรือนมีความแม่นยำค่อนข้างมากเกือบเท่ากับของราชการ ทางกระทรวงกลาโหมสหรัฐจึงออกแบบระบบที่จะลดความเที่ยงตรงของการเข้ารหัสแบบ C/A-Code เรียกว่า Selective availability หรือ S/A เพื่อเพิ่มความผิดพลาดในการระบุตำแหน่งไปเป็น 100 เมตร หรือประมาณ 330 ฟุต อย่างไรก็ตามปัจจุบันทางกระทรวง กลาโหมสหรัฐยังถกเถียงเกี่ยวกับการที่จะเพิ่มรัศมีความผิดพลาดของ S/A ขึ้นไปอีกเป็น 300 เมตร หรือประมาณ 1000 ฟุต ประโยชน์อีกข้อของ Pseudo Random Code คือ ดาวเทียมทุกดวงสามารถใช้คลื่นความถี่เดียวกันได้ โดยไม่เกิดการรบกวนต่อกัน ดาวเทียมแต่ละดวงจะมี Pseudo Random Code เป็นของเฉพาะตัว ดังนั้นเวลาเครื่องรับนำรหัสมาใช้ต้องให้ถูกตามหมายเลขดาวเทียมนั้นด้วย



รูปที่ 2.9 แสดงการนำร่องทางบก ทางน้ำ ทางอากาศ

2.7 การแก้ปัญหาความแม่นยำที่ถูกจำกัดไว้ของ GPS

2.7.1 Differential GPS (DGPS)

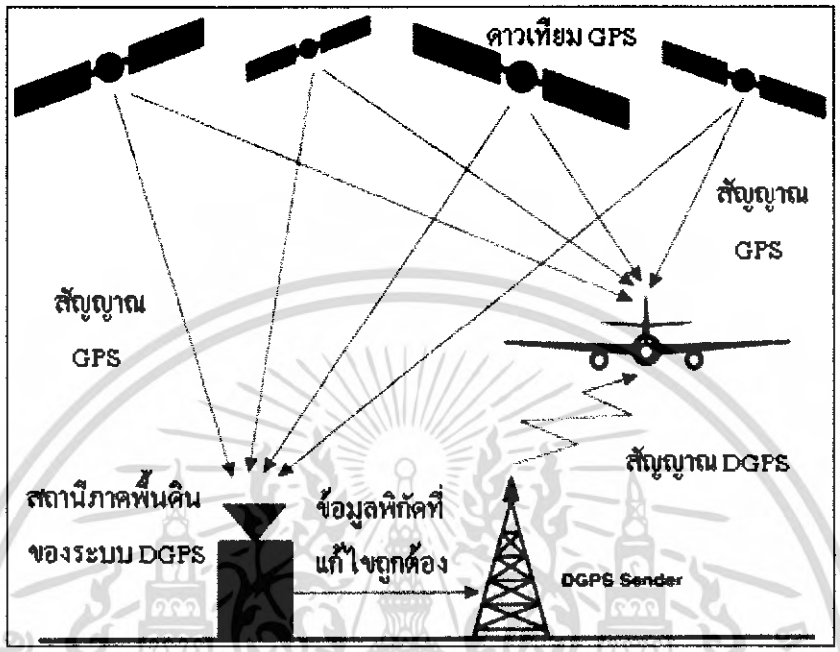
หลักการของระบบ DGPS ในการแก้ไขความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจาก S/A จะอาศัยการติดตั้งเครื่องรับสัญญาณ GPS บนสถานีภาคพื้นดินในจุดที่ทราบพิกัดที่แน่นอนเพื่อเป็นตำแหน่งอ้างอิง โดยที่สถานีภาคพื้นดินจะทำหน้าที่แก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลแล้วส่งข้อมูลที่แก้ไขแล้วกลับไปยังเครื่องรับสัญญาณที่อยู่ในรัศมีทำการของระบบ

ระบบ DGPS ใช้คลื่นวิทยุย่านต่าง เช่น MF, HF ,UHF/VHF เป็นต้น เพื่อสื่อสารกับเครื่องลูกข่ายในระบบโดยการเลือกใช้คลื่นวิทยุจะเป็นย่านใดขึ้นกับประเภทของงานที่จะนำไปประยุกต์ด้วย แต่อย่างไรก็ตามระบบ DGPS ก็ยังมีอุปสรรคหลายอย่างในการใช้งาน เช่น รัศมีทำการของระบบที่มีขอบเขตจำกัด ข้อมูลที่ส่งออกไปสถานีภาคพื้นดินสามารถถูกแทรกแซงจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ รวมทั้งการจะต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

62657

ที่ส่งออกไป สถานีภาคพื้นดินสามารถถูกแทรกแซงจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ รวมทั้งการจะต้องติดตั้งเสาอากาศและเครื่องรับสัญญาณเพิ่มขึ้นเพื่อใช้งานระบบ แต่ระบบนี้ก็สามารถลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นได้จากหลายร้อยฟุตเหลืออยู่ประมาณ 30 ฟุตเท่านั้น ซึ่งส่วนใหญ่ใช้กับการนำร่องเครื่องบิน



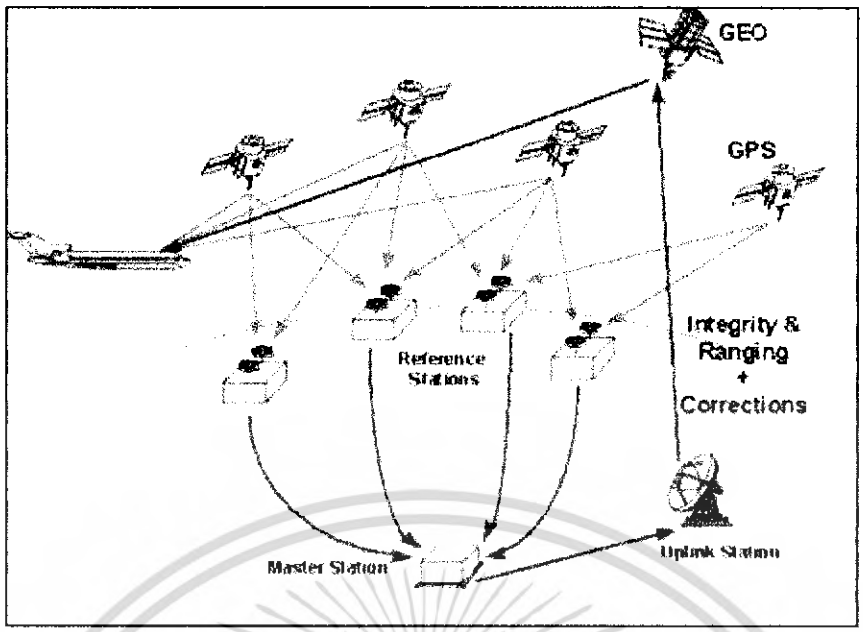
รูปที่ 2.10 แสดงองค์ประกอบอย่างคร่าวๆของระบบ DGPS

2.7.2 Wide Area Augmentation System (WAAS)

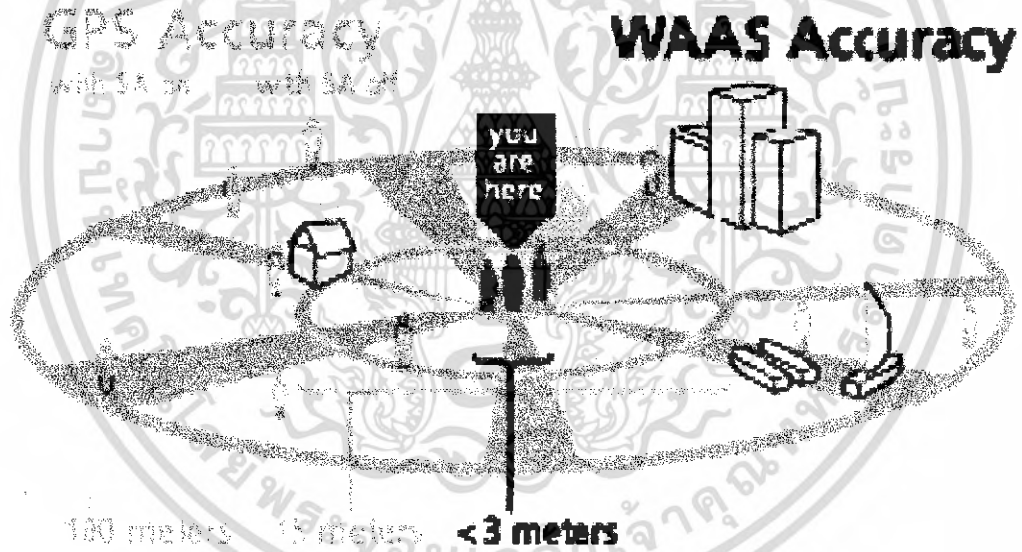
จากที่ระบบ DGPS ได้แก้ไขความผิดพลาดระดับหนึ่ง ก็ยังไม่เพียงพอต่อการใช้งานบางอย่างที่ต้องการความแม่นยำมากๆ รวมกับอุปสรรคในการใช้งานที่มีอยู่ ดังได้กล่าวมาแล้ว จึงได้มีการพัฒนาระบบ WAAS เพื่อแก้ปัญหาเดียวกันนี้ กุญแจสำคัญของระบบนี้อยู่ที่การนำดาวเทียมวงโคจรค้างหรือ GEO (Geosynchronous Earth Orbiting) ซึ่งเป็นดาวเทียมวงโคจรต่ำและมีตำแหน่งที่ตายตัวสัมพันธ์กับพื้นโลก ระบบ WAAS ใช้การส่งข้อมูลด้วยคลื่นความถี่ในย่าน VHF ทำให้สามารถป้องกันคลื่นรบกวนได้ระดับหนึ่ง นอกจากนั้นยังสามารถแก้ปัญหาการติดตั้งเสาที่เครื่องรับสัญญาณเพิ่มได้ด้วย โดยระบบ WAAS จะรับข้อมูลจากดาวเทียม GEO ส่งไปยังสถานีแม่ข่าย จากนั้นสถานีแม่ข่ายจะคำนวณเพื่อแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ข้อมูลที่ผ่านการแก้ไขเรียบร้อยแล้วจะส่งไปยังดาวเทียม GEO เพื่อส่งกลับไปยังเครื่องรับสัญญาณอีกทีหนึ่ง

ข้อดีของระบบ WAAS ก็คือความแม่นยำที่ทำได้มากกว่าระบบ DGPS และระบบสามารถครอบคลุมพื้นที่ได้ในวงกว้าง เมื่อเปรียบเทียบกับความคลาดเคลื่อนในระบบ GPS ที่ทำงานโดยลำพังมีค่าหลายร้อยฟุต ส่วนระบบที่นำเอา WAAS เข้ามาช่วยจะมีค่าความคลาดเคลื่อนเพียง 20 ฟุตเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงองค์ประกอบอย่างคร่าวๆ ของระบบ WAAS



รูปที่ 2.12 แสดงความสามารถในการบอกพิกัดตำแหน่งของระบบ GPS, DGPS และ WAAS

2.8 ประเภทเครื่องรับสัญญาณ GPS

เครื่องรับแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เครื่องประเภทที่สามารถรับดาวเทียมได้ 4 ดวง หรือมากกว่าได้พร้อมกันทีเดียว กับเครื่องที่มีการรับดาวเทียมโดยการเรียงลำดับ และแต่ละกลุ่มยังแบ่งย่อยได้อีกคือ

2.8.1 เครื่องรับแบบเรียงลำดับสัญญาณดาวเทียม ปกติเครื่องรับ GPS จะต้องมีข้อมูลจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง จึงสามารถคำนวณหาตำแหน่งที่ได้ เครื่องรับที่ใช้เรียงลำดับใช้ช่องรับสัญญาณเพียงช่องเดียวรับข้อมูลจากดาวเทียมดวงหนึ่งระยะหนึ่งแล้วเปลี่ยนไปยังอีกดวงหนึ่ง เครื่องประเภทนี้จะมีแผงวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล็ก ดังนั้นจึงมีราคาถูกกว่าและใช้กำลังน้อยกว่า ข้อเสียของการเรียงลำดับสัญญาณอาจเกิดขาดตอนและทำให้มีผลต่อความถูกต้องของผลที่ได้ ในกลุ่มนี้จะมี "Starved Power" Single-Channel Receivers, Two Channel Receivers, และเครื่องแบบเก่า Fast- Multiplexing Single Receivers

2.8.1.1 Starved-Power Single Receivers เครื่องแบบนี้ออกแบบให้พกพาได้และสามารถทำงานได้ด้วยถ่านไฟฉายขนาดเล็ก การจำกัดการใช้กระแสไฟโดยให้ปิดการทำงานตัวเองโดยอัตโนมัติ เมื่อแสดงตำแหน่งครั้งสองครั้งใน 1 นาที เหมาะสำหรับใช้งานบอกตำแหน่งส่วนตัว เช่น นักไต่เขาหรือแล่นเรือในเวลากลางวัน โดยไม่ต้องมีถ่านไฟฉายหลายก้อน นับว่าเป็นเครื่องที่ใช้การได้ สามารถให้ความถูกต้องที่ดีกว่าระบบ LORAN และทำงานได้ทุกที่บนโลก ข้อเสีย คือ ความถูกต้องของ GPS ไม่ดี และต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นไม่ได้ และไม่สามารถใช้วัดหาความเร็วได้ การที่หาความเร็วไม่ได้ เนื่องจากต้องปิดเครื่องเองในระหว่างการวัด เพราะว่าเครื่องใช้แผงวงจรนาฬิกาที่กินไฟน้อย (นาฬิกาจะต้องเดินอยู่ตลอดเวลา) นาฬิกาที่ใช้จึงไม่ให้ความถูกต้องเท่าที่ควร

2.8.1.2 Single Channel Receivers เหมือนกับแบบด่าข้างบนเป็นเครื่องรับสัญญาณช่องเดียวใช้ทำงานหาระยะจากดาวเทียมทุกดวง แต่ที่ไม่เหมือนคือเครื่องรับช่องเดียวแบบมาตรฐาน คือไม่จำกัดที่กำลังไฟ ดังนั้นจึงทำการรับต่อเนื่องได้ มีผลทำให้ความถูกต้องสูงกว่า และใช้วัดหาความเร็วได้จากที่มีเพียงช่องเดียวที่ต้องใช้ทั้งการรับข้อมูลดาวเทียมและคำนวณหาระยะ จึงไม่สามารถหาตำแหน่งต่อเนื่องได้ ยิ่งกว่านั้นตามเหตุผลของวิชาการ ความไม่เที่ยงตรงของนาฬิกามีผลโดยตรงต่อความถูกต้องของการวัดหาความเร็ว เครื่องราคาถูกบางชนิดใช้นาฬิการาคาถูกเพื่อให้ราคาเครื่องลดลง จึงทำให้ค่าความเร็วที่แสดงมาเชื่อถือไม่ได้

2.8.1.3 Fast-Multiplexing Single Receivers เครื่องประเภทนี้เหมือนกับเครื่องทั้งสองประเภทข้างต้นซึ่งรับช้า แต่เครื่องรับนี้สามารถเปลี่ยนดาวเทียมได้เร็วกว่ามาก ข้อดี คือ สามารถทำการวัดได้ในขณะที่กำลังรับข้อมูลจากดาวเทียม ดังนั้นเครื่องทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และการที่มีนาฬิกาไม่เที่ยงจึงมีผลต่อเครื่องประเภทนี้น้อย เครื่องแบบนี้ต้องการใช้แผงวงจรที่ค่อนข้างซับซ้อนและราคาพอ ๆ กับเครื่องแบบสองช่องรับสัญญาณ

2.8.1.4 Two-Channel Sequencing Receivers การเพิ่มช่องรับสัญญาณขึ้นอีกหนึ่งช่องช่วยให้เครื่องเพิ่มขีดความสามารถขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ข้อหนึ่งความแรงสัญญาณ Signal-to-Noise เป็นสองเท่าทันที หมายถึงสามารถจับสัญญาณภายใต้สภาวะที่ไม่ดีได้และสามารถรับดาวเทียมดวงที่อยู่ระดับต่ำใกล้เส้นขอบฟ้าได้ จากการที่ช่องหนึ่งสามารถรับข้อมูลตำแหน่งอย่างต่อเนื่องได้ในขณะที่อีกช่องหนึ่งค้นหาดาวเทียมดวงต่อไป เครื่องแบบสองช่องนี้จะทำงานแบบนำร่องได้โดยไม่ต้องมีการขาดตอน และความเร็วก็จะมีค่าที่ถูกต้องขึ้น ความจริงเครื่องรับสองช่องที่มีคุณภาพดีก็สามารถใช้คำนวณหาและตัดค่าที่เวลาของนาฬิกาเครื่องรับไม่ดีทิ้งเพื่อใช้ในการวัดหาความเร็ว ข้อเสียของเครื่องแบบสองช่องคือ มีราคาสูงกว่าและกินไฟมากกว่า ในเครื่องรับรุ่นใหม่บ้างก็มักใช้แบบ IC ที่สามารถเพิ่มช่องรับสัญญาณที่สองในราคาที่ไม่ต่างกับราคานาฬิกาดี ๆ หนึ่งเรือน แต่กระนั้นเครื่องแบบสองช่องยังมีราคาแพงกว่าเครื่องแบบช่องเดียวมาก ทั้งนี้เนื่องจากผู้ใช้สองช่องมักต้องการความถูกต้อง และต้องการเครื่องที่แข็งแรงและสามารถควบคุมสังเกตการณ์แสดงผลที่ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 Continuous Receivers ได้แก่ เครื่องรับที่สามารถรับสัญญาณดาวเทียมพร้อมกันได้ตั้งแต่ 4 ดวงขึ้นไป และสามารถแสดงผลค่าตำแหน่งและความเร็วได้ทันที การรับดาวเทียมได้ทั้ง 4 ดวง พร้อมกับที่มีค่าในการวัดหาในขณะที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งรวดเร็วหรือต้องการความถูกต้องสูง ดังนั้นเครื่องแบบนี้จึงนำมาใช้ในงานรังวัดและทางด้านวิทยุ ซึ่งจะพบว่าจะมีช่องรับสัญญาณทั้ง 4,5,8,10 และ 12 ช่อง นอกจากข้อดีที่ใช้วัดตำแหน่งอย่างต่อเนื่องได้แล้ว เครื่องรับ GPS แบบหลายช่องสามารถช่วยขจัดปัญหา GDoP ได้อีกด้วย คือ แทนที่จะรับดาวเทียม 4 ดวงใดก็ได้ จะคำนวณหาค่า GDoP ดาวเทียม 4 ดวงของกลุ่มดาวเทียมที่ขึ้นอยู่ และทำการวัดจากดาวเทียมกลุ่มที่มีค่า GDoP ต่ำสุด เครื่องรับ 4 ช่องสัญญาณสามารถให้ค่า Signal to Noise Ratio เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของเครื่อง 2 ช่อง และเป็นสี่เท่าของเครื่องรับแบบช่องเดียว และโดยการเปรียบเทียบค่าการรับของแต่ละช่อง เครื่องสามารถปรับตั้งค่าพิกัดเทียมระหว่างช่องรับสัญญาณ ซึ่งช่วยทำให้การวัดมีความถูกต้องดีขึ้น นอกเหนือจากข้อดี ข้อเสียที่กล่าวแล้ว ยังมีข้ออื่นที่นำมาพิจารณาอีกคือ มีเครื่องแบบใหม่สามารถได้ค่าความถูกต้องสูงมาก โดยการใช้ทั้งรหัส Pseudo Random Code ที่กล่าวมาแล้ว และใช้ความถี่ของคลื่นพาห์ (Carrier Frequency) ซึ่งทำให้เครื่องรับทำงานมีความเที่ยงสูง ที่รหัส Pseudo Random Code ไม่สามารถให้ได้ และใช้ในการวัดหาเวลาได้แม่นยำมากขึ้น ซึ่งช่วยในการบอกตำแหน่งได้ดีขึ้นด้วย และมีบางเครื่องที่ไม่ต้องใส่ค่าประมาณตำแหน่งและเวลาโดยประมาณให้เครื่องก่อนทำการวัด เครื่องรับแบบนี้ใช้ตัวเองใส่ค่าเริ่มตำแหน่งได้โดยตัวมันเอง ข้อที่ควรพิจารณา คือ การต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นและความสะดวกบางเครื่องแสดงได้เฉพาะพิกัดภูมิศาสตร์ บางเครื่องไม่สามารถต่อเข้ากับเครื่องมืออื่นหรือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก(PC) ได้ และข้อใหญ่ที่ต้องพิจารณาความแข็งแรงทนทาน ถ้าต้องใช้เครื่องทำงานในพื้นที่ทะเล หรือในพื้นที่ป่าเขา การใช้ไฟและความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นตัวชี้สำคัญที่จะต้องเอาใจใส่ ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าอัตราของค่าความผิดพลาดจะเพิ่มเป็นสองเท่าของความร้อนในเครื่องเพิ่มทุก 7 องศาฟาเรนไฮต์ เครื่องรับรุ่นใหม่ปัจจุบันได้เพิ่มประสิทธิภาพให้แก่เครื่องรับ GPS อีกหลายประการ เช่น ใช้การประมวลผลที่ซับซ้อน แสดงผลด้วยจอภาพรายละเอียดเครื่องรับ GPS อาจแสดงจุดตำแหน่งบนแผนที่ที่ได้วาดไว้แล้วให้เห็นได้ทันที

รูปที่ 2.13 แสดงเครื่อง GPS Receiver แบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 มาตรฐานและโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสาร ของ GPS

มาตรฐาน NMEA-0183 หรือ โปรโตคอล NMEA 183

NMEA (The National Marine Association) เป็นการอินเตอร์เฟสทางไฟฟ้าและโปรโตคอลการสร้างข้อมูล สำหรับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์

ในมาตรฐาน NMEA-0183 ตัวอักขระที่ใช้ส่งข้อมูลคือ ASCII Text Baud Rate 4800 bps ,data 8 bit , ไม่มี Parity bit และมี 1 Stop bit โดยอยู่ในรูปของประโยค แต่ละประโยค (Sentence) เริ่มต้นด้วยดอลล่าร์ซายน์ ($) ตัวอักษรที่ตามมาอีก 2 ตัวคือ Talker D หรือ Device ID เช่น " GP" ใช้เพื่อบ่งชี้ว่าเป็นข้อมูล GPS ตัวอักษรที่ตามมาอีก 3 ตัวคือ Sentence ID หรือตัวกำหนดรูปแบบประโยค (Sentence Formatter) หรือจะเรียกว่า ชื่อประโยค (Sentence Name) ตามมาด้วยฟิลด์ข้อมูลจำนวนหนึ่ง ซึ่งถูกแยกด้วยเครื่องหมายคอมม่า (,) และสิ้นสุดด้วยเช็คซัม (Checksum) ที่สามารถเลือกได้ว่าจะมีหรือไม่ และจบลงด้วย แคเรียเทริร์น (Carriage Return/Line Feed : CR/LF) ประโยคอาจมีตัวอักษรถึง 82 ตัว รวมกับ $ และ CR/LF แล้ว

ถ้าข้อมูลสำหรับฟิลด์ไม่สามารถหาค่าได้ ฟิลด์จะถูกเว้นข้ามไป แต่คอมม่าซึ่งทำหน้าที่แบ่งฟิลด์ยังคงถูกส่งไปโดยไม่เว้นช่องว่าง เพราะในแต่ละฟิลด์มีความยาวไม่คงที่หรือไม่มีข้อมูล เครื่องรับจะระบุตำแหน่งของฟิลด์ข้อมูลที่ต้องการโดยการนับเครื่องหมายคอมม่า เช็คซัมที่เลือกได้ว่าจะมีหรือไม่จะประกอบด้วย "*" และสองบิตของเลขฐานสิบหก (2 hex digits) แทนการ XOR ของตัวอักษรทั้งหมด แต่ไม่รวม "$" และ "*" ในการใช้งานจะต้องการใช้เช็คซัมในบางประโยค

ส่วนโปรโตคอล NMEA 183 คือ โปรโตคอลมาตรฐานถูกนำมาใช้โดยเครื่องรับ GPS เพื่อส่งข้อมูล NMEA เอาท์พุตจะเป็นโปรโตคอล EIA-422A แต่เราสามารถนำไปใช้งานร่วมกับ RS-232 ได้โดยใช้มาตรฐานของ NMEA-0183 นั้นเอง

หมายเหตุ : มาตรฐาน NMEA- 0183 เวอร์ชัน 1.5 หรือ 2.2 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้กัน อย่างไรก็ตามมาตรฐาน NMEA-0183 เวอร์ชัน 2.2 เป็นมาตรฐานถูกประกาศใช้ตั้งแต่วันที่ 1 ม.ค. ค.ศ. 1997 เป็นเวอร์ชันที่ใหม่กว่าและในปัจจุบันอุปกรณ์รับสัญญาณ GPS ส่วนใหญ่สามารถรอง รับได้ ซึ่งแต่ละเวอร์ชั่นก็มีรูปแบบ NMEA Sentence แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 รูปแบบประโยคของ NMEA (NMEA Sentence)

- **GGA (Global Positioning System Fixed Data)**

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

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียด GGA (Global Positioning System Fixed Data)

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		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 Sparation		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

- **GLL (Geographic Position-Latitude/Longitude)**

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

ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียด GLL (Geographic Position-Latitude/Longitude)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **GSA (GNSS DOP and Active Satellites)**

ตัวอย่าง $GPGSA,16229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.0,9.0,M, , , ,.0000*18

ตารางที่ 2.3 แสดงรายละเอียด GSA (GNSS DOP and Active Satellites)

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGSA		GSA protocol header
Mode1	A		Automatic-switch 2D/3D , M = Manual 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

- **GSV (GNSS satellites in view)**

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

ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียด GSV (GNSS satellites in view)

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RMC (Recommended Minimum Specific GNSS Data)

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

ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียด RMC (Recommended Minimum Specific GNSS Data)

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

VTG (Course Over Ground and Ground Speed)

ตัวอย่าง $GPVTG,309.62,T ,M,0,13,N,0,2,K*6E

ตารางที่ 2.6 แสดงรายละเอียด VTG (Course over Ground and Ground Speed)

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

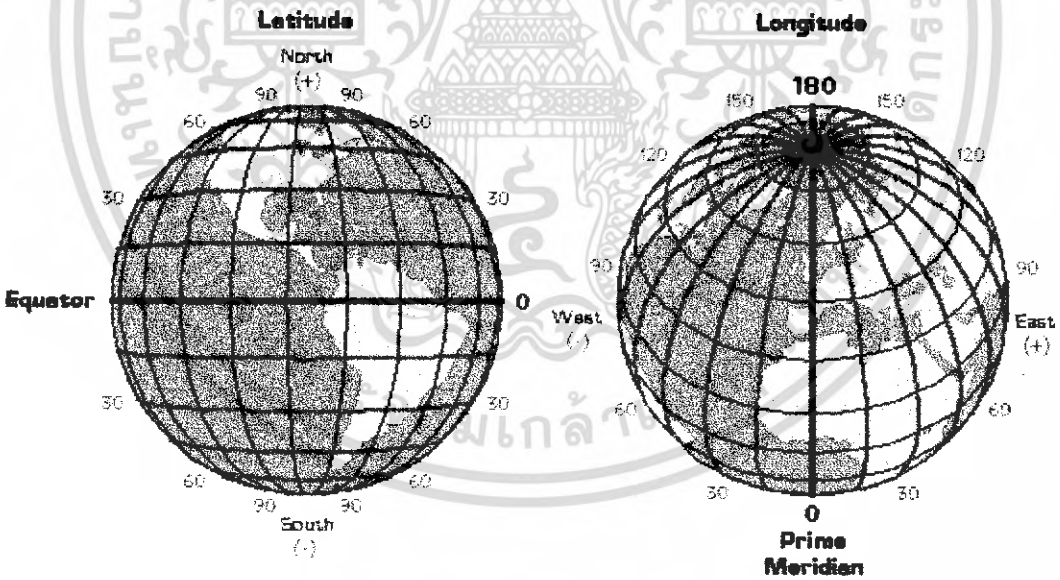
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 คำศัพท์ที่ควรทราบเกี่ยวกับแผนที่

2.11.1 ละติจูด (Latitude) และ ลองติจูด (Longitude)

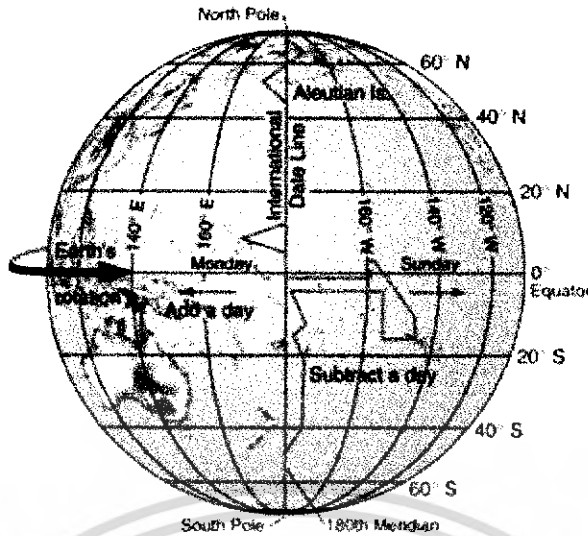
ละติจูด คือ เส้นเสมือนที่ลากจากแนวตะวันตก – ตะวันออก ไปบนพื้นผิวโลก ภาษาไทยเรียกเส้นรุ้ง ละติจูดเป็นส่วนที่บอกว่าตำแหน่งนั้นตั้งอยู่ทางซีกโลกด้านเหนือหรือใต้ เส้นรุ้งที่ 0° จะเรียกว่าเส้นศูนย์สูตร (The Equator), เส้นรุ้งที่ 90° เหนือ คือขั้วโลกเหนือ, เส้นรุ้งที่ 90° ใต้ คือขั้วโลกใต้ การอ้างถึงพิกัดของละติจูดมีรูปแบบเป็น องศา ลิปดา พิลิปดา ตามลำดับ

ลองติจูด คือ เส้นเสมือนที่ลากตามแนวเหนือ - ใต้ ภาษาไทยเรียกว่า เส้นแวง โดยเส้นแวงที่ 0° เรียก เส้นเมอริเดียนหลัก (Prime Meridian) เส้นแวงจะถูกนับเริ่มจากเส้นเมอริเดียนหลักไปทางตะวันตกและตะวันออกด้านละ 180° โดยจะไปบรรจบทับกันที่เส้นแวง 180° และอยู่ตรงข้ามกับเส้นเมอริเดียนหลัก พอดี โดยเรียกเส้นแวงที่ว่า เส้นแบ่งเขตวันสากล (International Date Line) ความสำคัญของเส้นแบ่งเขตวันสากล คือเป็นเส้นที่ใช้แบ่งเขตวันของซีกโลกตะวันออกกับตะวันตก โดยกำหนดให้ซีกโลกทางด้านตะวันตกของเส้นแวงที่ 180° (ทวีปเอเชีย) มีเวลา(วัน) ที่เร็วกว่า ซีกโลกด้านตะวันออก(ทวีปอเมริกา) อยู่ 1 วัน ดังนั้นเมื่อเดินทางข้ามเส้นแบ่งเขตเวลาสากลจากซีกโลกด้านตะวันตกไปยังด้านตะวันออก ก็ต้องลดตัวเลขวันที่ลง 1 วัน แต่ถ้าเดินทางจากด้านตะวันออกไปด้านตะวันตก ต้องเพิ่มวันอีก 1 วัน ส่วนการอ้างถึงค่าละติจูดก็มีรูปแบบเหมือนกัน



รูปที่ 2.14 แสดงเส้นละติจูดและลองติจูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงเส้น International Date Line

2.11.2 ค่าเวลามาตรฐาน (Standard Time)

เนื่องจากว่าเวลาแต่ละท้องถิ่นไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับลองติจูดของที่แห่งนั้นๆ เช่น เวลาจังหวัดตากกับเวลาที่จังหวัดร้อยเอ็ดไม่ตรงกันดังนั้นเพื่อไม่ให้เกิดความสับสน เมื่อมีการติดต่อสื่อสารกัน จึงได้มีการกำหนดค่าเวลามาตรฐานขึ้น โดยให้ถือเอาเวลาบริเวณใดบริเวณหนึ่งเป็นเวลามาตรฐานสำหรับใช้ร่วมกันทั้งหมดในท้องถิ่นนั้นๆ อย่างไรก็ตามในทางทฤษฎีแล้วระบบเวลามาตรฐานจะทำโดยการแบ่งโซนเวลาออกในแนวขั้วโลกเหนือถึงขั้วโลกใต้ แต่ละโซนจะมีลองติจูดที่ห่างกัน 15 องศา โดยถือเอาเส้นลองติจูดที่อยู่ตรงกลางโซนนั้นๆเป็นเส้นกำหนดเวลาท้องถิ่นของโซน (ระยะ 15 องศา ของเส้นลองติจูด เท่ากับเวลาที่ต่างกัน 1 ชม.)

2.12 การอ้างพิกัดตำแหน่งในระบบ GPS (GPS Coordinate system)

รูปแบบที่นิยมใช้กันมี 3 แบบ ได้แก่ การอ้างพิกัดแบบ องศา/ลิปดา/พิลิปดา, การอ้างพิกัดแบบองศา/ลิปดา แบบทศนิยม และการอ้างพิกัดแบบ UTM

2.12.1 แบบองศา/ลิปดา/พิลิปดา

เป็นระบบที่นิยมมากที่สุดในการอ้างพิกัด ยกตัวอย่างเช่น 7. RAPIDS N61 11' 05.5'' W130 30' 10.0'' ซึ่งมีความหมายเทียบเท่ากับ N 61° 11' 05.5'' W130° 30' 10.0''

ความหมายของชุดข้อมูลที่ยกมา คือ ตัวเลขตัวแรกเป็น Waypoint number ชุดตัวอักษรถัดมาเป็น Waypoint name และตามมาด้วยค่าพิกัด ความหมายของ N61 คือ ค่าเส้นละติจูดที่ 61°เหนือ ตัวเลข 11' หมายถึงค่าลิปดา อยู่เหนือขึ้นไปจากค่า 61°เหนืออยู่ 11/60 องศา ตัวเลข 05.5'' หมายถึงอยู่เหนือขึ้นไปอีกจากค่า 11 ลิปดา 05.5/60 ลิปดา ส่วนตัวเลขหลังตัวอักษร W ก็สื่อความหมายทำนองเดียวกันโดยจะเป็นค่าลองติจูด ซึ่งค่าทั้งหมดจะอ้างอิงกับเส้นศูนย์สูตรและเส้นเมอริเดียน เนื่องจากเส้นละติจูดจะวางตัวในแนวขนานกันจึงสามารถแทนค่าตัวเลขระยะทางเป็นหน่วยฟุตหรือเมตร จากค่ามุมแต่ละองศา หรือค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิปดาได้ แต่หลักการนี้ไม่สามารถใช้ได้ดีนักกับเส้นลองติจูดเพราะเส้นลองติจูดจะบีบเข้าใกล้กันมากขึ้นเมื่อใกล้บริเวณขั้วโลก

2.12.2 องศา/ลิปดา แบบทศนิยม

ลักษณะการอ้างอิงพิกัดระบบนี้ ยกตัวอย่างเช่น 7. W RAPIDS N61 11.0916 W130 30.1660 ซึ่งมีความหมายเท่ากับ N 61° 11.0916' W130° 30.1660'

ชุดข้อมูลข้างต้นมีที่มาจากการนำค่าในระบบ องศา/ลิปดา/พิลิปดา มาปรับเปลี่ยนด้วยการนำค่าพิลิปดาของพิกัดตำแหน่งมาหารด้วย 60 นำมาบวกกับค่าลิปดาก่อนหน้า เพื่อแปลงเป็นพิกัดลิปดาในรูปทศนิยม เช่น N 61° 11' 05.5" ส่วนของพิกัดพิลิปดาคือ 05.5 จะถูกหารด้วย 60 เท่ากับ 0.091666 นำมาบวกกับค่าลิปดาคือ 11 จะได้ผลลัพธ์ในหน่วย องศา/ลิปดา เท่ากับ N 61° 11.0916' (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ในทางกลับกันให้เอา 60 คูณ 0.0926 จะได้ 5.556 จะได้พิกัดแบบองศา/ลิปดา/พิลิปดา กลับมาเป็น N 61° 11' 05.55" ตามเดิม

* หมายเหตุ : 1 องศา = 60 ลิปดา, 1 ลิปดา = 60 พิลิปดา

2.12.3 Universal Transverse Mercator (UTM)

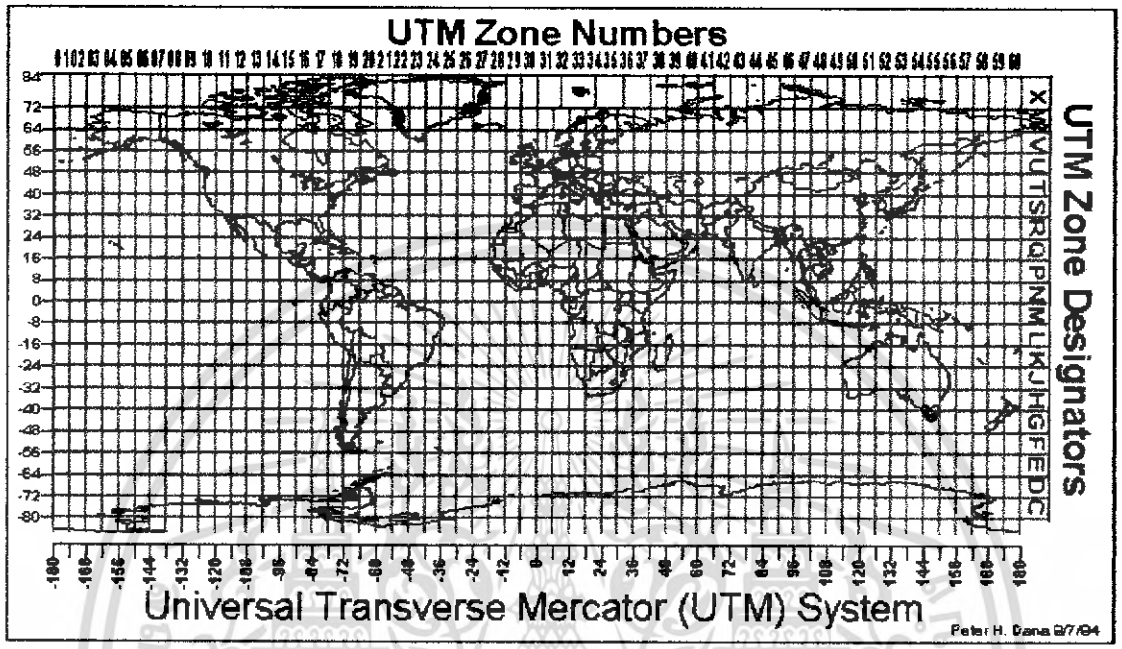
การอ้างพิกัดตำแหน่งแบบ UTMเป็นระบบกริดตาราง สำหรับชี้ตำแหน่งที่ตั้งบนโลกอย่างรวดเร็วและแม่นยำในการทหาร UTM ก็เป็นเสมือนภาพของพื้นผิวโลกที่ถูกนำมาฉายลงยังพื้นผิวทรงกระบอกซึ่งวางตัวในแนวขวาง การอ้างพิกัดตำแหน่งในระบบ UTM จะครอบคลุมในช่วงเส้นละติจูด 80° ใต้ ถึง 84° เหนือ แต่ในพื้นที่ที่นอกเหนือออกไปจะขาดความแม่นยำไปจากความผิดเพี้ยนของภาพฉาย หากแต่อยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ (การอ้างถึงพิกัด UTM จะมีความแม่นยำและเหมาะสำหรับพื้นที่ใกล้ศูนย์สูตร แต่บริเวณขั้วโลกจะขาดความแม่นยำจึงต้องอ้างอิงด้วยรูปแบบอื่นแทน)

ในการอ้างพิกัดแบบ UTM จะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 60 ส่วน โดยพื้นที่แต่ละส่วนจะกว้าง 6 องศา ทางลองติจูด แต่ละโซนมีการกำหนดหมายเลขกำกับเอาไว้เรียงจากซีกโลกทางด้านตะวันตกมายังด้านตะวันออกนับเริ่มจากเส้นละติจูด 180 องศา ซึ่งถึงแม้ว่ากริดของระบบ UTM จะมีลักษณะเป็นตารางสี่เหลี่ยม หากแต่มีขนาดไม่เท่ากันทั้งหมด เนื่องจากช่วงห่างระหว่างเส้นละติจูดจะมีการเปลี่ยนค่าในแนวซีกโลกด้านใต้และด้านเหนือ สำหรับพิกัดจุดต่างๆในระบบ UTM ทั้งหมดจะมีค่าเป็นตัวเลขบวก โดยหน่วยที่ใช้เป็นหน่วยเมตร (ประเทศไทยตั้งอยู่ในโซน 47 และ 48 มีเส้นลองติจูด 102 เป็นเส้นแบ่ง)

ระบบในการอ้างพิกัดแบบ UTM ใช้ตัวเลข 6 หลักในการอ้างพิกัดตำแหน่งทำให้การอ้างพิกัดทำได้ง่ายกว่าและสะดวกมากกว่าระบบ องศา/ลิปดา/พิลิปดา สำหรับตัวอย่างของพิกัด UTM ที่อ่านได้จากเครื่องรับสัญญาณ GPS ของ GARMIN เช่น 8.WATERC 09V 0425200 UTM 6774340 Waters Creek โดยความหมายของข้อมูลที่ได้อ่านนี้ 8. คือ Waypoint numbers, WATERC คือ Waypoint name ซึ่งเครื่องรับสัญญาณ GPS จะใช้ในการเรียกชื่อแทนเพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าใจได้ง่าย สำหรับส่วนที่เป็นพิกัดตำแหน่งในระบบ UTM จริงๆในตัวอย่างนี้ก็คือ 09V 0425200 UTM 6774340 ซึ่งประกอบด้วยหมายเลขโซน (Zone number) และค่าพิกัดทางทิศเหนือ (Northing portion number) ในตัวอย่างนี้ ค่าทั้งสองจะถูกแยกจากกันโดยข้อความ UTM ซึ่งเป็นฟอร์แมตข้อมูลที่ใช้ในเครื่องรับของ GARMIN GPS หรืออาจพูดรวมได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จริงๆแล้วค่าของพิกัดแบบ UTM ในตัวอย่างนี้คือ 09V 0425200 6774340 นั่นเอง ส่วนชุดอักษรท้ายข้อมูลเป็นคำอธิบายอย่างสั้นๆของ Waypoint นั้น โดยตัวเลข 0425200 และ 6774340 คือ ระยะทางในหน่วยเมตรซึ่งวัดจากเส้นลองติจูดของโซนนั้นมาทางตะวันออกและวัดจากเส้นละติจูดของโซนขึ้นมาทางเหนือ ตามลำดับ



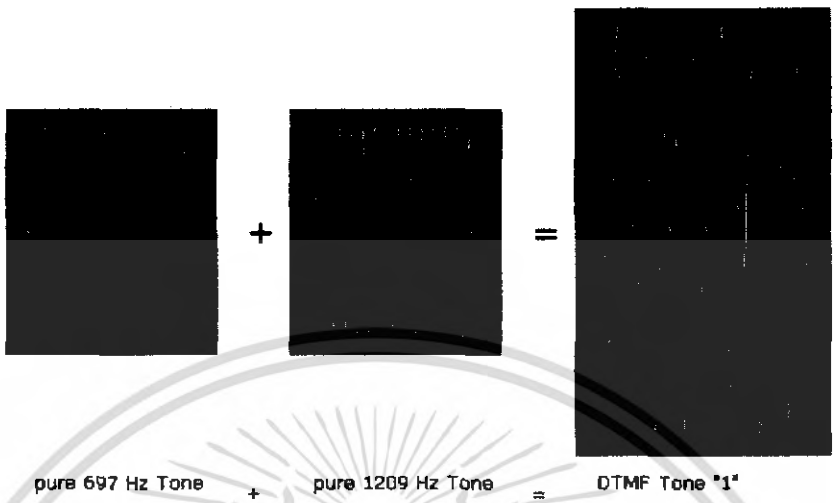
รูปที่ 2.16 แสดงการแบ่งโซนสำหรับพิกัด UTM

การนำพิกัดตำแหน่งมาใช้งานระบบ GPS สิ่งที่ต้องระบุด้วยเสมอ นอกเหนือจากค่าพิกัดตำแหน่งว่าใช้ระบบใดแล้ว ก็คือ แบบจำลองสัณฐานของลูกโลกและแบบจำลองแรงโน้มถ่วงของโลก ว่าเป็นการอ้างอิงกับมาตรฐาน WGS84 (World Geodetic System 1984) หรือ Indian 1975 แต่ส่วนใหญ่ในเครื่องรับ GPS เป็นมาตรฐาน WGS84 สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือ ความละเอียดของตำแหน่งที่ระบุ คือ ในระบบพิกัดแบบ UTM จะสามารถระบุพิกัดได้ถึงหลักเซนติเมตร แต่ความถูกต้องของตำแหน่งจะอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง 15-30 เมตร สำหรับเครื่องรับสัญญาณ GPS แบบพกพาหรือเครื่องรับสัญญาณที่ไม่ได้ปรับแต่ง ส่วนการบอกพิกัดระบบละติจูด/ลองติจูด หากต้องการความถูกต้องเป็นเมตร ก็ต้องระบุค่าในหน่วยพิลิปดาหรือต้องระบุค่าในหน่วยของศาถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 4 (โดยทั่วไประบบ UTM ใช้ในทางทหาร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 สัญญาณความถี่โทรศัพท์ (Dial Tone Multi Frequency: DTMF)

สัญญาณ DTMF เป็นสัญญาณ ที่เกิดจากคลื่น 2 ความถี่มารวมกันดังรูป

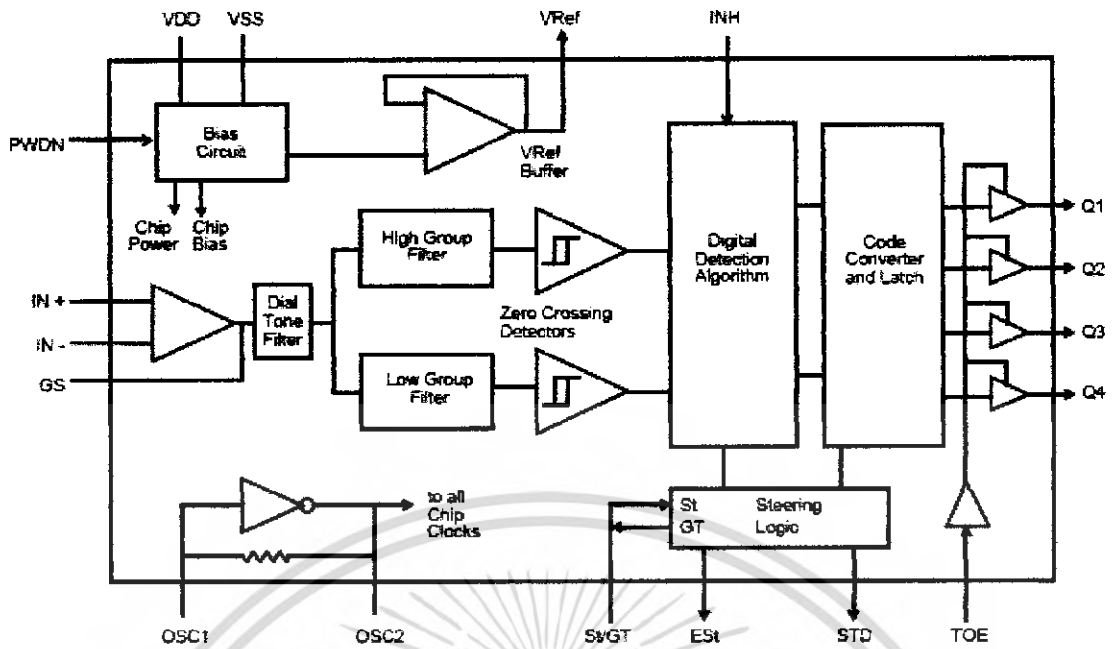


รูปที่ 2.17 แสดงสัญญาณ DTMF

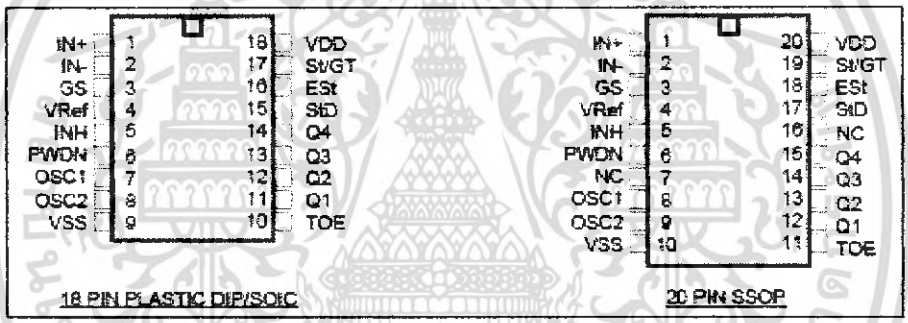
โดยปกติแล้ว วงจรถอดรหัส จะมีไอซีสำเร็จรูปขายตามท้องตลาด เช่น เบอร์ MT 8870 ที่ออกแบบมาเพื่อเป็นตัวถอดรหัสนี้โดยเฉพาะ โดยไอซี MT8870 จะทำหน้าที่แปลงความถี่โทรศัพท์ DTMF ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเลขฐานสองขนาด 4 บิต (รหัสBCD8421)

โครงสร้างของ MT 8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่ และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิตอล เป็นไอซีที่สามารถสร้างโดยใช้เทคนิค ISO^2 – CMOS ในส่วนของวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคของสวิทช์ทรานซิสเตอร์ฟิลเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ ออกเป็นเลขฐานสอง ขนาด 4 บิต และเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุตเป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอก เอาท์พุตเป็นวงจรแลตช์ 3 สถานะ โครงสร้างของ MT8870 แสดงดังรูปที่ 2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870



รูปที่ 2.19 แสดงรายละเอียดขาของ MT8870

2.14 ฟังก์ชันการทำงานภายในของ MT8870

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนคือ

2.12.1 ภาคกรองสัญญาณความถี่ (Filter section)

2.12.2 ภาคถอดรหัส (Decoder section)

2.12.3 ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering circuit)

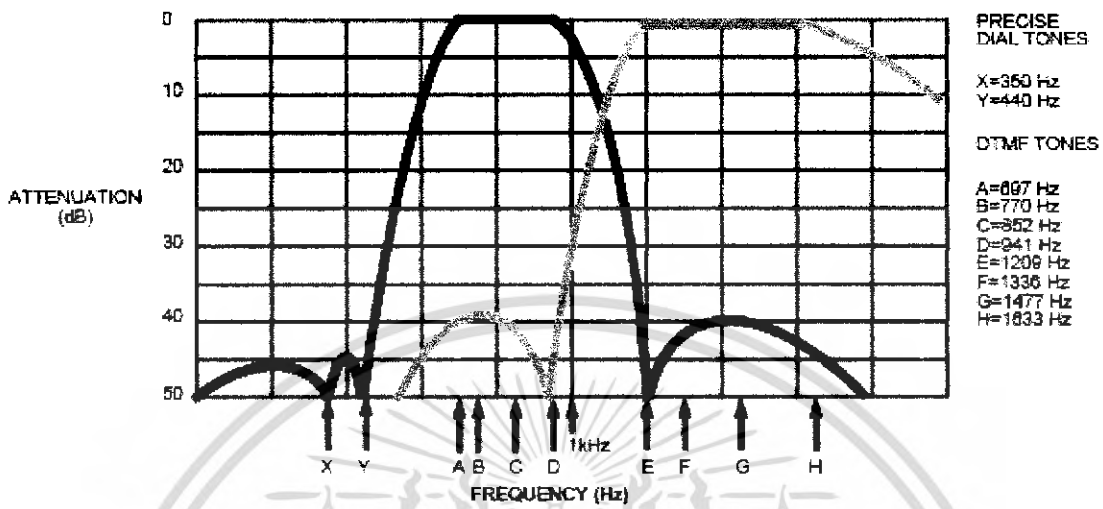
2.12.5 ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator)

2.12.6 ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (Differential input)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.1 ส่วนที่ 1 ภาคกรองสัญญาณความถี่

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิทช์คาปาซิเตอร์



รูปที่ 2.20 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

2.14.2 ส่วนที่ 2 ภาคถอดรหัส

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้ว จะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลขโดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นมาตรฐาน DTMF หรือไม่เพื่อป้องกันความถี่อื่นที่เข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ของ Est (Early Steering) ก็จะแอคทีฟ สำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆนั้นแสดงดังตารางที่ 2.7

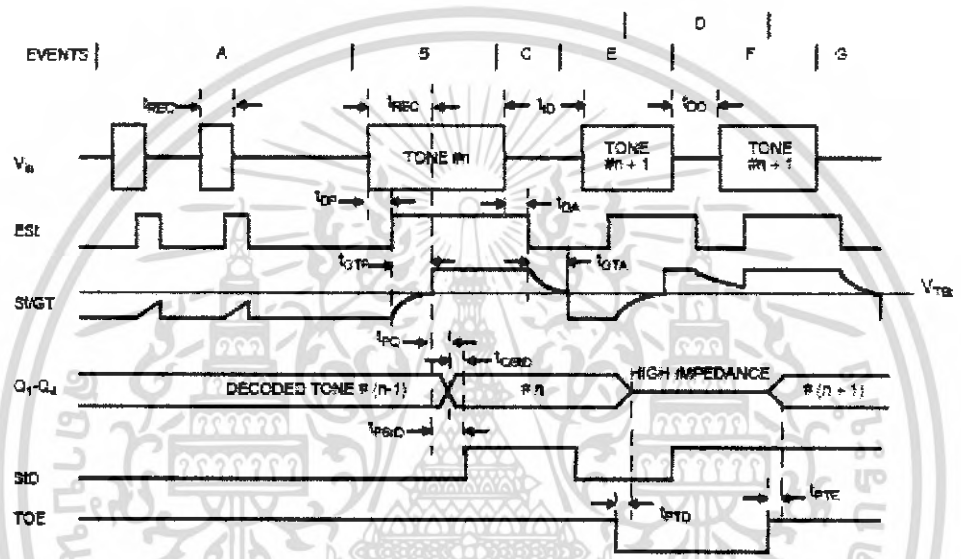
ตารางที่ 2.7 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

Keyboard Equivalent	BCD8421				TONE ENABLE	TONES OUT	
	D3	D2	D1	D0		f_L (Hz)	f_H(Hz)
X	X	X	X	X	0	0V	0V
1	0	0	0	1	_/‾	697	1209
2	0	0	1	0	_/‾	697	1336
3	0	0	1	1	_/‾	697	1477
4	0	1	0	0	_/‾	770	1209
5	0	1	0	1	_/‾	770	1336
6	0	1	1	0	_/‾	770	1477
7	0	1	1	1	_/‾	852	1209
8	1	0	0	0	_/‾	852	1336
9	1	0	0	1	_/‾	852	1477
0	1	0	1	0	_/‾	941	1336
*	1	0	1	1	_/‾	941	1209
#	1	1	0	0	_/‾	941	1477
A	1	1	0	1	_/‾	697	1633
B	1	1	1	0	_/‾	770	1633
C	1	1	1	1	_/‾	852	1633
D	0	0	0	0	_/‾	941	1633

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.3 ส่วนที่ 3 ภาคตรวจสอบสัญญาณ

ก่อนที่จะถอดรหัสสัญญาณความถี่ออกไปทางเอาท์พุท จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีช่วงความถี่ที่ออกมาเป็นช่วงเวลาที่พอเหมาะ มิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลาเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา Est จะเป็น High นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามาทำให้แรงดัน V_c สูงขึ้น ตัวเก็บประจุ C จะคายประจุทำให้แรงดัน V_c สูงขึ้นจนถึงเทรชโฮลด์ (Threshold) วงจรถอดรหัสจึงจะถอดรหัสออกมาเป็นตัวเลขฐานสอง ขนาด 4 บิต รายละเอียดการทำงานดูจากแผนเวลา หรือไทมิ่งไดอะแกรม (Timing Diagram) ในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 แสดงแผนภูมิเวลา (timing diagram) ของ MT8870

อธิบายขั้นตอนการทำงาน

A : ตรวจสอบความถี่ที่เข้ามา ถ้าคาบเวลาที่ไม่ถูกต้อง เอาต์พุตไม่เปลี่ยน

B : ความถี่ #n ถูกตรวจพบและมีคาบเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัส และแลตช์ไว้ที่เอาต์พุต

C : จบความถี่ #n ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตช์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

D : เอาต์พุตเปลี่ยนเป็น ไฮ – อิมพีแดนซ์

E : ความถี่ #(n+1) ถูกตรวจพบคาบเวลาถูกต้องความถี่ถูกถอดรหัสและแลตช์ไว้

F : ความถี่ #(n+1) หายไป ช่วงห่างไม่ถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตช์อยู่

G : จบความถี่ #(n+1) ช่วงห่างถูกต้องเอาต์พุตยังแลตช์อยู่ จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

อธิบายคำศัพท์

V_{in} - สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา

Est - Early Steering Output ใช้แสดงความถี่ถูกต้อง

St/GT - Steering input/Guard Time Output สำหรับต่อ RC ภายนอก

Q_1- Q_4 - เอาต์พุต BCD ขนาด 4 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

StD - Delayed Steering Output ใช้แสดงว่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไป มีคาบเวลาตามที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ

TOE - Tone Output Enable (input) ใช้ควบคุม Q_1- Q_4 ให้เป็นไฮ-อิมพีแดนซ์

$t_{\overline{REC}}$ - คาบเวลานานที่สุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง

t_{REC} - คาบเวลาสั้นที่สุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง

t_{ID} - เวลาสั้นที่สุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ

t_{DO} - เวลานานที่สุดที่ให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

t_{DP} - เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{DA} - เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{GTP} - การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF

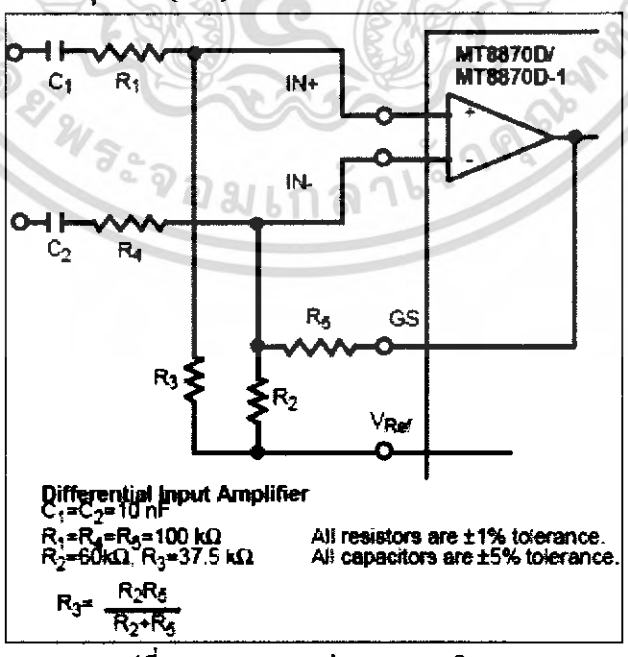
t_{GTA} - การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

2.14.4 ส่วนที่ 4 ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

ส่วนอินพุตของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายได้โดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไปดังรูปที่ 2.22 แสดงการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุตซึ่งสามารถคำนวณอัตราการขยายความแตกต่างของอินพุตและอิมพีแดนซ์ได้ดังนี้

อัตราขยายแรงดัน $\left(A_v diff\right)=\frac{R_5}{R_1}$

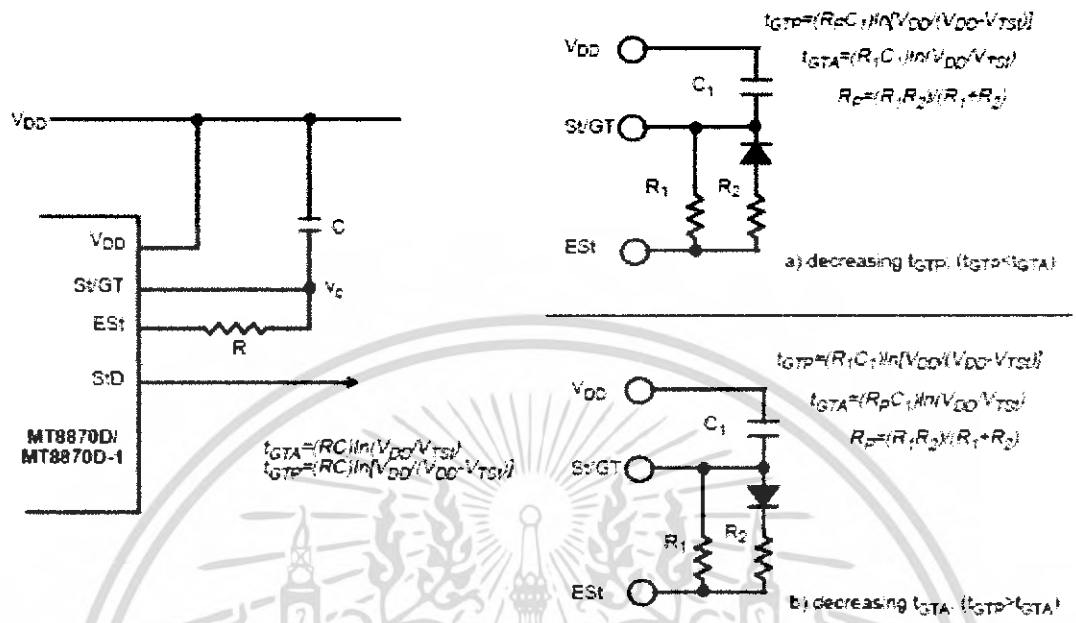
อินพุตอิมพีแดนซ์ $\left(Z_{INDIFF}\right)=2_1\sqrt{R^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$



รูปที่ 2.22 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ์ดไทม์นั่นเอง เมื่อสัญญาณความถี่ที่เข้ามานานเท่ากันหรือมากกว่าเวลาที่ตั้งไว้ จึงสามารถแปลงเป็นตัวเลขได้ ถ้าสัญญาณความถี่ที่เข้ามาสั้นกว่าเวลาที่ตั้งไว้ ก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป การตั้งเวลาและคำนวณเวลาได้จากรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณและการกำหนดเวลา Guard time

วิธีการคำนวณ

$$t_{GTA} = (RC)\ln(V_{DD}/V_{TSt})$$

$$t_{GTP} = (RC)\ln[V_{DD}/(V_{DD} - V_{TSt})]$$

การลดการ์ดไทม์ $t_{GTP}; (t_{GTP} < t_{GTA})$

$$t_{GTP} = (R_p C_1)\ln[V_{DD}/(V_{DD} - V_{TSt})]$$

$$t_{GTA} = (R_1 C_1)\ln(V_{DD}/V_{TSt})$$

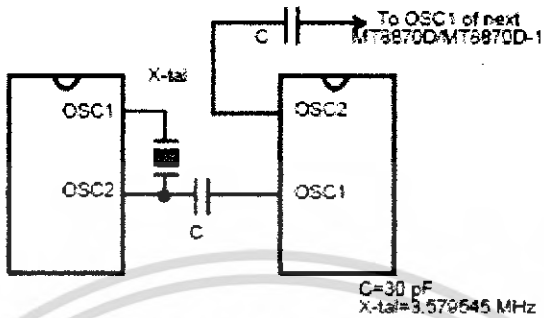
โดยที่

$$R_P = (R_1 R_2)/(R_1 + R_2)$$

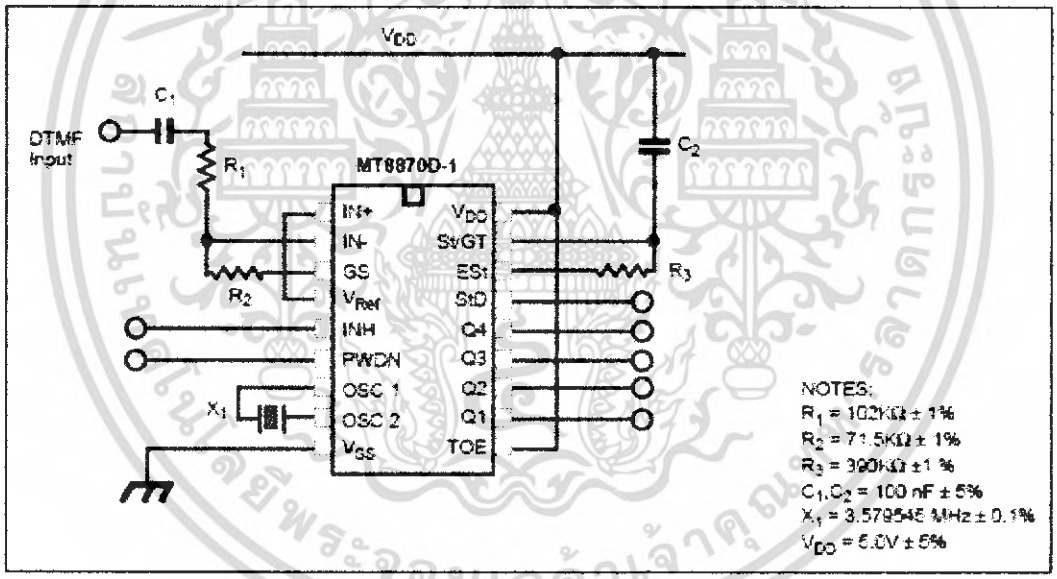
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.5 ส่วนที่ 5 ภาคกำเนิดสัญญาณ

ใน MT8870 จะมีวงจรออสซิเลเตอร์อยู่ภายใน เพียงแค่ต่อคริสตอลขนาด 3.579 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันที ดังแสดงในรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 แสดงวงจรกำเนิดความถี่



รูปที่ 2.25 แสดงวงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15 ไอซีบันทึกเสียงและเล่นเสียง ISD2590

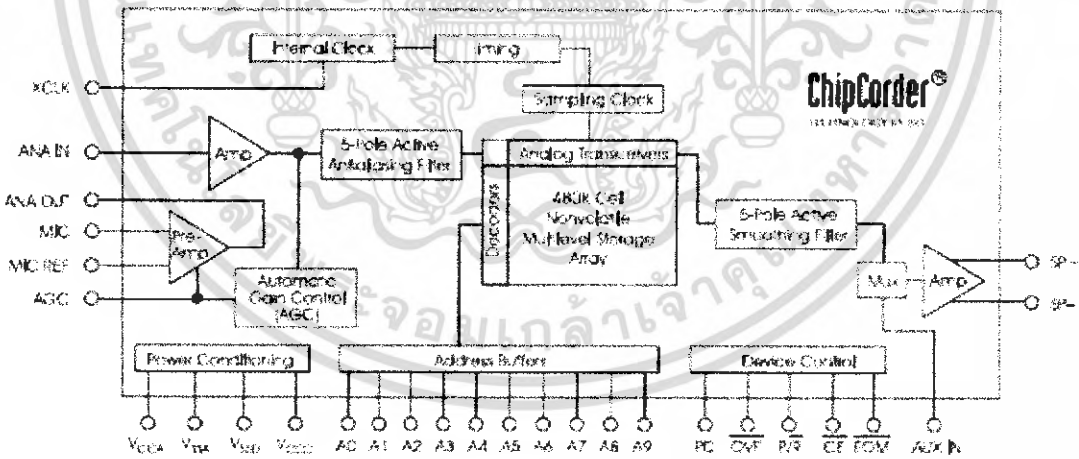
ไอซีบันทึกเสียง ISD2590 นั้นได้มีการพัฒนาความยาวในการบันทึกเสียงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เช่น 45, 60, 90 วินาที ซึ่งแตกต่างไปจากตระกูล ISD 12XX โครงสร้างการใช้งานง่ายกว่า

คุณสมบัติทั่วไปของ ISD25XX

1. ใช้ไอซีตัวเดียวก็สามารถบันทึกและเล่นกลับได้
2. ไม่มีอุปกรณ์ประเภทอื่นต่อร่วมภายนอก
3. ไม่ต้องพัฒนาระบบอื่นมาเสริมเพื่อให้ใช้งานได้
4. สามารถควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์และไมโครโปรเซสเซอร์
5. ให้เสียงตอบสนองที่เป็นธรรมชาติ
6. สามารถเล่นต่อ Cascade ได้โดยตรง
7. ปิดทำงานอัตโนมัติเมื่อไม่มีการบันทึกและเล่นกลับนานเกินไป
8. มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาในตัว
9. มีรอบการบันทึกถึง 100,000 ครั้ง

จากคุณสมบัติต่างๆที่รวบรวมอยู่ในไอซีเพียงตัวเดียวทำให้ง่ายแก่การใช้งาน ตั้งแต่วงจรขยายสัญญาณจากไมโครโฟน จนถึงหน่วยจัดเก็บข้อมูลที่บันทึกและขับลำโพง ก็ถูกรวมไว้ในตัวไอซีเพียงตัวเดียว ในโหมดการบันทึกจะจัดเก็บข้อมูลต่างๆไว้ในหน่วยความจำที่เป็นเซลแบบไม่ต้องการแรงดันสำรองเพื่อรักษาข้อมูลไม่ให้สูญหาย

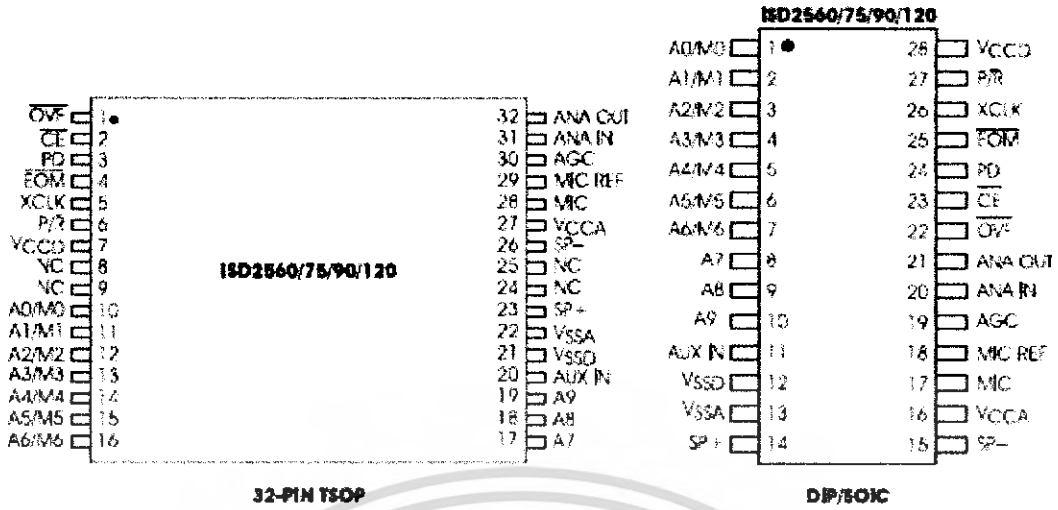
Figure 1: ISD2560/75/90/120 Device Pinouts



รูปที่ 2.26 บล็อกไดอะแกรมภายในไอซีบันทึกเสียง ISD2590

รูปแสดงบล็อกไดอะแกรมภายในของไอซี ISD25XX มีลักษณะคล้ายกันมากหากแต่มีความแตกต่างกันอยู่ในส่วนบล็อกมัลติเพล็กซ์สัญญาณอินพุทของเพาเวอร์แอมป์ภายในไอซี เพื่อทำการเลือกที่จะขยายสัญญาณที่ถูกบันทึกเก็บไว้ หรือขยายสัญญาณจากภายนอกที่ขา AUX IN ทั้งหมดนี้เป็นข้อแตกต่างของ ISD25XX ที่ไม่เหมือนกับ ISD12XX/14XX นอกจากนั้นอัตราการทำงานของไอซีตระกูล ISD25XX ก็แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 แสดงรายละเอียดของขา ISD2590

Microphone Input (MIC)

[ขา 17] จะรับสัญญาณอินพุตที่ผ่านเข้ามายังไมโครโฟนแล้วส่งผ่านสัญญาณเข้าสู่วงจรพรีแอมป์ที่ประกอบอยู่ภายในไอซี ภายในประกอบด้วยวงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติ (AGC) โดยวงจรนี้ทำหน้าที่ควบคุมอัตราขยายวงจรพรีแอมป์ให้มีการขยายอยู่ในช่วง -15 ถึง 24 เดซิเบล ไมโครโฟนจากภายนอกจะถูกคับปลิ้งผ่านตัวเก็บประจุในลักษณะอนุกรมกับขา 17 ค่าความจุของคาปาซิเตอร์ จะกำหนดโดยคำนึงถึงค่าความต้านทานภายในของไอซี (10k) เพื่อทำให้เกิดการคัตออฟที่ความถี่ต่ำ

Microphone Reference Input (MIC REF)

[ขา 18] จะต่อเข้ากับกราวด์อนาล็อก (Vssa) โดยต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุเพื่อทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนทางอินพุตขา 17 และเพื่อให้เกิดการชดเชยทางด้านสัญญาณรบกวนให้ดีกว่า 10 dB

Analog Output (ANA OUT)

[ขา 20] จะรับสัญญาณผ่านวงจร พรีแอมป์ออกมาทางขา 2I โดยผ่านตัวเก็บประจุคับปลิ้งภายนอก คับปลิ้งสัญญาณเข้าที่ขา 20 นี้ เพื่อผ่านสัญญาณเข้าไปทำการบันทึกไว้ภายในตัวไอซี ตัวเก็บประจุคับปลิ้งภายนอกนี้ต้องสัมพันธ์กับค่าความต้านทานภายใน 3 k ซึ่งเป็นอินพุตอิมพีแดนซ์เพื่อจะทำให้วงจรเป็นวงจรกรองความถี่แบบคัตออฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Automatic gain Control Input (AGC)

[ขา 19] เป็นอินพุตที่ควบคุมอัตราการขยายของพรีแอมป์ไมโครโฟนทางด้านไดนามิก เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับระดับสัญญาณที่มีย่านความถี่กว้างมากของสัญญาณทางด้านอินพุตจากไมโครโฟน และเพื่อให้ระดับสัญญาณที่ทำการบันทึกมีความผิดเพี้ยนน้อยที่สุด ขา AGC นี้ต่อร่วมกับอุปกรณ์ RC เพื่อกำหนดค่าคงที่โดยค่าความต้านทานภายใน 5k และจะต่อกับตัวเก็บประจุภายนอกอีกตัวหนึ่งเพื่อผ่านลงกราวด์อนาล็อค ค่าที่เหมาะสมบางครั้งกำหนดไว้ที่ R=470k, C=4.7uF

Speaker Output (SP+/SP-)

[ขา 14, 15] เป็นขาเอาท์พุตต่อออกลำโพง ในไอซีจะมีวงจรสัญญาณความแตกต่างออกสู่ลำโพง ซึ่งมีความสามารถในการขับลำโพงเอาท์พุตได้ 50 mW ที่โหลดลำโพง 18 โอห์ม ขาเอาท์พุตนี้ต่อขนานกันหลายตัวได้กรณีที่ต่อคาสเคสกันหลายตัว

Power Down Input (PD)

[ขา 24] ในขณะไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับ ที่ขา PD จะมีสภาวะเป็น "1" ก็จะเป็นการรักษาระดับการสิ้นเปลืองกำลังงานในระดับต่ำมากๆ แต่เมื่อขา ($\overline{OVF}$) มีสภาวะเป็น "0" ที่แสดงถึงการเล่นกลับสิ้นสุดลง ขา PD ปกติจะเป็น "1" อยู่ในขณะนั้นก็จะถูกรีเซตและเริ่มกระบวนการบันทึกหรือเล่นกลับใหม่อีกครั้ง

Chip Enable Input ($\overline{CE}$)

[ขา 23] จะต้องได้รับสัญญาณพัลส์ "0" เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเล่นกลับและการบันทึก ที่ขาแอดเดรสอินพุต และ $P/\overline{R}$ อินพุตจะถูกแลตช์จากพัลซ์ขอบขาลงของพัลซ์ที่ขา ($\overline{CE}$)

Playback/Record Input ($P/\overline{R}$)

[ขา 27] เมื่อขาอินพุตควบคุมการเล่นกลับและบันทึกได้รับพัลซ์ "1" จะเป็นวงรอบของการเล่นกลับ และถ้าเป็นพัลซ์ "0" จะเป็นการเลือกวงรอบการบันทึก ถ้าหากได้รับพัลซ์ที่ขอบขาลงของขา ($\overline{CE}$) จะเป็นการแลตช์อินพุตที่ขา ($P/\overline{R}$)

Address/Mode Input (A0-A9/M0-M6)

[ขา 1-10] ขาแอดเดรสและโหมดอินพุตจะมีอยู่สองฟังก์ชั่นที่อยู่กับระดับของ MSB ของแอดเดรส ถ้าแอดเดรสใดแอดเดรสหนึ่งของสอง MSBs เป็น "0" ก็จะมาปรากฏที่แอดเดรสบิตทั้งหมดและใช้เป็นแอดเดรสเริ่มต้นสำหรับวงรอบการบันทึกและเล่นกลับและขาแอดเดรสจะเกิดการแลตช์ โดยขอบขาลงของพัลซ์ที่ขา ($\overline{CE}$) และถ้า MSBS มีสถานะเป็น "1" ขาแอดเดรส/โหมดอินพุตจะขึ้นมาอยู่ที่โหมดบิตทั้งหมดและเกิดการแลตช์เมื่อพัลส์ขอบขาลงปรากฏที่ขา ($\overline{CE}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Clock Input (XCLK)

[ขา 26] เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาภายนอก เพื่อกำหนดค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาในการสุ่มสัญญาณ แต่โดยปกติได้ระบุว่าสัญญาณนาฬิกาการสุ่มสัญญาณถูกกำหนดไว้ภายในแล้วซึ่งจะไม่ขึ้นกับอุณหภูมิภายนอกหรือย่านแรงดันไฟเลี้ยงที่ไม่คงที่ การใช้งานปกติแล้วจะต่อขา 26 นี้เข้ากับกราวด์ของไฟเลี้ยง

Overflow Output ($\overline{\text{OVF}}$)

[ขา 22] สัญญาณพัลส์ "0" จะปรากฏออกทางขาออกเอาท์พุตนี้เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดการเล่นเสียงหรือหน่วยความทรงจำภายในไอซีได้ถูกอ่านออกมาหมดแล้วและจะแสดงเป็นภาวะหยุดการเล่นเสียง พัลส์เอาท์พุตจากขา ($\overline{\text{OVF}}$) นี้จ่ายให้กับขา ($\overline{\text{CE}}$) อินพุตจนกว่าขา ($\overline{\text{OVF}}$) จะได้รับพัลส์เพื่อทำการรีเซตและเริ่มวงรอบการเล่นกลับใหม่อีกครั้ง พัลส์ที่ขา ($\overline{\text{OVF}}$) นี้สามารถใช้เริ่มต้นการทำงานของ ISD25XX ในตัวถัดไปได้เมื่อถูกต่อคาสเคสกันหลายตัว

Auxiliary Input (AUX IN)

[ขา 11] จะเป็นขารับอินพุตจากภายนอก ซึ่งเป็นการมัลติเพล็กซ์สัญญาณผ่านออกไปทางเอาท์พุตของวงจรขยายภายในและขับออกสู่ขาเอาท์พุตลำโพง โดยขั้นตอนการทำงานนี้จะถูกต่อและปิดไว้ภายในตัวถังบรรจุของไอซี การใช้งานขากราวด์ทั้งสองจะเลือกต่อกับกราวด์ของเพาเวอร์ซัพพลายในส่วนที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ เพื่อไม่ต้องการให้เกิดค่าแรงดันที่แตกต่างกันระหว่างกราวด์ทั้งสอง

2.15.1 หลักการทำงานของ ISD 2590

ISD2590 ได้รับการออกแบบภายในบรรจุโหมดการทำงานหลายๆ โหมดเพื่อใช้งานร่วมกับส่วนประกอบอื่นๆ โหมดการทำงานเหล่านี้อธิบายได้ดังต่อไปนี้ ISD2590 จะใช้ขาแอดเดรสแทนโหมดการทำงาน โดยปกติมีบิตที่สำคัญที่สุด (MSBs) คือ high ส่วนสัญญาณแอดเดรสส่วนที่เหลือจะถูกแปลงเป็นโหมดบิต และ NOT จะถูกแปลงเป็นแอดเดรสบิต เพราะฉะนั้นโหมดการทำงานและแอดเดรสโดยตรงของ ISD2590 จะไม่สอดคล้องกันและไม่สามารถที่จะใช้งานพร้อมกันได้ สำหรับโหมดการทำงานจะต้องพิจารณาส่วนสำคัญ 2 อย่างด้วยกันคือ อย่างแรกการเริ่มต้นการทำงานจะเริ่มที่แอดเดรส 0 ก่อนซึ่งเป็นแอดเดรสว่างของ ISD2590 ต่อจากนั้นจึงสามารถเริ่มต้นที่แอดเดรสอื่นๆ ได้ ขึ้นอยู่กับการเลือกโหมดการทำงาน นอกจากนั้นตัวชี้แอดเดรสจะถูกรีเซต ไปที่ 0 เสมอ เมื่ออุปกรณ์ถูกเปลี่ยนจากการบันทึกไปเป็นการเล่นกลับและจากการเล่นกลับไปเป็นการบันทึก (ยกเว้นโหมด M6) หรือเมื่อ Power Down Cycle ถูกทำให้ทำงานอย่างที่สอง โหมดการทำงานจะทำงานเมื่อ ($\overline{\text{CE}}$) เป็น Low ที่แอดเดรสปัจจุบัน mode level ถูกสุ่มตัวอย่างและทำให้ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 แสดงโหมดการทำงานของไอซี ISD2590

โหมดควบคุม	หน้าที่	การใช้งาน	ต่อใช้รวมกับ
M0	Message cueing	ข้อความเคลื่อนที่ข้างหน้าอย่างรวดเร็ว	M4, M5, M6
M1	Delete EOM markers	ตำแหน่ง EOM maker ที่จุดปลายของข้อความที่แล้ว	M3, M4, M5, M6
M2	Nonaplicable	สำรอง	N/A
M3	Looping	การเล่นกลับแบบต่อเนื่องจากแอดเดรส 0	M1, M5, M6
M4	Consective addressing	บันทึก/เล่นติดต่อกันหลายข้อความ	M0, M1, M5
M5	CE level – activated	ยอมให้หยุดข้อความ	M0, M4\1, M3, M4
M6	Push-bottom control	อินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์	M0, M1, M3

2.15.2 โหมดการทำงาน (Operation Mode Description)

โหมดการทำงานสามารถต่อร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้หรือสามารถใช้เป็น Hard-Wire ให้กับการทำงานของระบบที่เราต้องการได้

[M0-Message cueing] ยอมให้ผู้ใช้งานสามารถข้ามผ่านข้อความโดยไม่ต้องรู้ถึง Physical address ที่แท้จริงของแต่ละข้อความได้ $(\overline{CE})$ low pulse แต่ละ pulse เป็นเหตุที่ทำให้ตัวชี้ตำแหน่งแอดเดรสภายในข้ามผ่านไปยังตัวข้อความถัดไป โหมดนี้ควรจะใช้สำหรับการเล่นกลับเท่านั้นและใช้ร่วมกับโหมดการทำงาน M4

[M1-Delete $(\overline{EOM})$ Markers] โหมดการทำงาน M1 จะยินยอมให้ข้อความที่ได้รับการบันทึกตามลำดับรวมกันให้กลายมาเป็นข้อความเดี่ยว ๆ ได้เพียงตั้ง $(\overline{EOM})$ Markers ที่ปลายข้อความที่นำมารวมกัน

[M2-Unused] เมื่อโหมดการทำงานโหมดนี้ถูกเลือกใช้ขา M2 จะต้องเป็น LOW

[M3-Message Looping] โหมดการทำงาน M3 ใช้สำหรับการเล่นกลับซ้ำอย่างต่อเนื่องอย่างอัตโนมัติของข้อความ ที่อยู่ตำแหน่งเริ่มต้นของแอดเดรสว่างเมื่อข้อความสามารถบรรจุลงใน ISD2590 อย่างสมบูรณ์แล้ว ISD2590 จะวนลูปจากจุดเริ่มต้นไปจุดสุดท้ายโดยที่ $(\overline{OVF})$ ไม่เป็น LOW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[M4-Conecutive Addressing] ระหว่างการทำงานในปกติ ตัวชี้แอดเดรสจะรีเซตเมื่อข้อความถูกเล่นผ่านไปที่ ($\overline{EOM}$) Markers โหมดการทำงาน M4 จะกีดกันการรีเซตของตัวชี้แอดเดรสบน ($\overline{EOM}$) และไม่ยอมให้ข้อความถูกเล่นกลับแบบเรียงลำดับ

[M5 -($\overline{CE}$) Level Activated] Default mode สำหรับ ISD2590 ใช้เพื่อทำให้ ($\overline{CE}$) กลายเป็น edge-activated บนการบันทึกโหมดการทำงาน M5 จะเป็นเหตุที่ทำให้ขา ($\overline{CE}$) ถูกแปลงเป็น Level-activated เพื่อจะไม่ให้กลายเป็น edge-activated ระหว่างการเล่นกลับในโหมดนี้ ($\overline{CE}$) Low อีกครั้งจะเริ่มการเล่นที่จุดที่ซึ่งข้อความถูกทำให้หยุดโดยที่ไม่ต้องทำการรีเซตแอดเดรส

[M6- Push-Bottom Mode] ชุดอุปกรณ์ ISD2590 บรรจุไปด้วยโหมดการทำงาน push-bottom โหมด push-bottom ขั้นต้นถูกประยุกต์ใช้กับต้นทุนต่ำและถูกออกแบบมาเพื่อที่จะจัดโครงสร้างของอุปกรณ์ในโหมดการทำงาน push-bottom บิตที่มีนัยสำคัญที่สุด 2 บิต (ขา 9 และ ขา 10) ต้องเป็น high และขาโหมด M6 (ขา7) ต้องเป็น high ด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในโหมดนี้ power จะลดลงที่จุดปลายของการเล่นกลับแต่ละครั้งหรือตอนบันทึกภายหลัง ($\overline{CE}$) เป็น high

ตารางที่ 2-9 แสดงการทำงานของโหมด push – bottom

Pin name	หน้าที่ในโหมดการทำงาน push – bottom
ขา 23 ($\overline{CE}$)	เริ่มต้นและหยุด push – bottom (low pulse activated)
ขา 24 , PD	หยุดรีเซต push – bottom (high pulse activated)
ขา 25 , ($\overline{EOM}$)	Active – high run indicator

[ขา 23]: ($\overline{CE}$) (start/pause)

ในโหมดการทำงานแบบ Push – bottom ขาจะทำงานเป็น LOW – going pulse activated start/pause signal ถ้าไม่ทำงาน LOW – going pulse บนสัญญาณนี้จะเริ่มการเล่นกลับหรือเริ่มการบันทึกตามระดับบนขา P/R พัลส์ต่อมาบนขา ($\overline{CE}$) ก่อนจะถึง End of message ในตอนเล่นกลับหรือเกิดการ overflow จะเป็นเหตุให้อุปกรณ์หยุดทำงาน address country จะไม่รีเซตและ CE pulse อื่นๆจะเป็นเหตุที่ทำให้อุปกรณ์ทำงานต่อไปจากจุดที่ซึ่งมันถูกทำให้หยุด

[ขา 24]: PD (stop/reset)

ในโหมดการทำงานแบบ Pulse – bottom ขา PD จะเป็นการทำงานแบบ high-going pulse activated start/reset signal ซึ่ง high-going pulse สามารถดูได้บน PD ในขณะที่ทำการเล่นกลับหรือบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[ขา 25]: $\overline{(EOM)}$ (run)

ในโหมดนี้ $\overline{(EOM)}$ จะกลายเป็น Active-High run signal ซึ่งสามารถนำไปใช้เพื่อขับ LED หรืออุปกรณ์ภายนอกอื่นๆมันจะเป็น High เมื่อมีการบันทึกหรือเล่นกลับ

2.15.3 การบันทึกในโหมด Push – bottom

1.) ขา PD ควรเป็น LOW โดยปกติใช้ Pull down resistor

2.) ขา $(P/\overline{R})$ เป็น High

3.) ขา $\overline{(CE)}$ เป็น Low เมื่อเริ่มการบันทึก $\overline{(EOM)}$ เป็น high เพื่อที่จะแสดงการทำงาน

4.) ขา $\overline{(CE)}$ เป็น Low เมื่อหยุดการบันทึก $\overline{(EOM)}$ กลับไปเป็น Low ตัวชี้แอดเดรสภายในจะไม่เคลียร์แต่ $\overline{(EOM)}$ markers จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำเพื่อที่จะสิ้นสุดของข้อความและขา $(P/\overline{R})$ อาจจะเป็น High เกิดขึ้นในขณะนั้น ต่อมาขา $\overline{(CE)}$ จะเริ่มเล่นกลับที่แอดเดรส 0

5.) ขา $\overline{(CE)}$ เป็น Low การบันทึกเริ่มต้นที่แอดเดรสต่อไป $\overline{(EOM)}$ กลับไปเป็น High (หมายเหตุ ถ้าขาโหมดการทำงาน M1 เป็น high บิต EOM ที่ได้เขียนขึ้นครั้งที่แล้วจะถูกลบ และการบันทึกจะเริ่มต้นที่แอดเดรสนั้น)

6.) เมื่อการบันทึกต่อๆมาเสร็จสิ้นลง Final $\overline{(CE)}$ pulse low จะสิ้นสุด record cycle ครั้งที่แล้ว

2.15.4 การเล่นกลับในโหมด Push – bottom

1.) ขา PD ควรจะเป็น LOW

2.) ขา $(P/\overline{R})$ เป็น high

3.) ขา $\overline{(CE)}$ เป็น LOW การเล่นกลับเริ่มต้นที่ $\overline{(EOM)}$ เป็น high เพื่อแสดงการทำงาน

4.) ถ้าขา $\overline{(CE)}$ เป็น LOW หรือ $\overline{(EOM)}$ markers กระทำอีกครั้งระหว่างการทำงาน เมื่อ $\overline{(EOM)}$ กลับไปเป็น LOW ขา P/R อาจจะถูกทำให้เปลี่ยนไป

5.) ขา $\overline{(CE)}$ เป็น LOW อีกครั้งการเล่นกลับจะเริ่มต้น

6.) การเล่นกลับจะกระทำจากข้อ 4 และข้อ 5 จนกว่า PD จะเป็น high หรือเกิดการ overflow เกิดขึ้น

7.) ถ้าเกิดการ overflow $\overline{(CE)}$ low จะรีเซตตัวชี้แอดเดรสและจะเริ่มต้นการเล่นกลับจากจุดเริ่มต้นหลังจาก PD pulse

หมายเหตุ : โหมด push – bottom สามารถต่อใช้ร่วมกับ M0, M1 และ M3 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 มาตรฐานคำสั่งโมเด็มของ Hayes

Hayes Command หรือ AT Command คือ คำสั่งการใช้งานโมเด็ม โดยคำสั่งทุกคำสั่งจะขึ้นต้นด้วย AT เมื่อจบคำสั่งปิดท้ายด้วยรหัส ASCII ตัวที่ 13 คือ Carriage Return หรือกด Enter โมเด็มจะรับคำสั่งไปทำงานทันที และตอบ OK บางคำสั่งมีรหัสหรือตัวเลขต่อท้ายเพื่อระบุวิธีการทำงาน เช่น ATB อาจตามด้วย 0 หรือ 1 คำสั่งจริงอาจเป็น ATBO หรือ ATB1 บางคำสั่งตามด้วยข้อมูลเช่น ATD2730037 คือ คำสั่ง ATD คำสั่งให้โมเด็มหมุนโทรศัพท์หมายเลข 2730037 เป็นต้น ในการติดต่อกับมือถือเราก็สามารถใช้ชุดคำสั่งที่กำหนดไว้ใน GSM AT Command ซึ่งมีชุดคำสั่งเป็นจำนวนมากในการติดต่อ ดังนั้นจะกล่าวถึงเฉพาะ คำสั่งที่จำเป็นกับโครงงานนี้เท่านั้น

สำหรับคำสั่ง GSM AT Command ที่จำเป็นต้องใช้ในโครงงานนี้ได้แก่

2.16.1 คำสั่งรับสาย (ATA)

2.16.2 คำสั่งวางสาย (ATH)

2.16.3 คำสั่งส่งสัญญาณ DTMF

ตารางที่ 2.10 แสดงการใช้งานคำสั่งส่งสัญญาณ DTMF

AT+VTS	Send a DTMF tone
Test command AT+VTS=?	Response (list of supported <dtmf>s), (list of supported <duration>s) OK/ERROR/+CME ERROR Parameter <dtmf> 0-9,#,*,A-D, exactly one character <duration> Duration of tone in (duration/10) seconds
Write command AT+VTS= <dtmf> [,<duration>] or AT+VTS= <dtmf-string>	Parameter <dtmf> One character from the list, see Test command<duration> See Test command <dtmf-string> max. 29 characters in quotation marks ("..."), then a duration cannot be specified Response OK/ERROR/+CME ERROR Important: There is a leading output prefix +VTS in models before the S25.

การส่งสัญญาณ DTMF จะใช้คำสั่ง AT+VTS=<DTMF-STRING> ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการส่งสัญญาณ DTMF 1, 2, 3, 4, 5 ให้ส่งคำสั่งดังนี้ AT+VTS=12345<CR> โดยในขณะที่โทรศัพท์มือถือกำลังดำเนินการส่งคำสั่งนี้อยู่ ถ้าเราส่งคำสั่งอื่นๆไปในระหว่างนั้นโทรศัพท์มือถือจะไม่ดำเนินการตามคำสั่งที่ส่งมาทีหลังจนกว่าจะทำคำสั่งที่มาก่อนเสร็จ และคำสั่งนี้จะใช้ได้ต่อเมื่ออยู่ระหว่างการสนทนาเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16.4 คำสั่งกำหนดความยาวเสียง DTMF

ตารางที่ 2.11 แสดงการใช้งานคำสั่งกำหนดความยาวเสียง DTMF

AT+VTD	Set duration of a DTMF tone
Test command AT+VTD=?	Response +VTD: (list of supported <duration>s) OK/ERROR/+CME ERROR Parameter <duration> 1-255 Duration of tone in (duration/10) seconds
Read command AT+VTD?	Response +VTD: <duration> OK/ERROR/+CME ERROR
Write command AT+VTD= <duration>	Parameter <duration> See Test command Response OK/ERROR Important: There is a leading output prefix +VTD in models before the S25.

การกำหนดความยาวเสียง DTMF จะใช้คำสั่ง AT+VTD=1-255 โดย 1-255 เป็นความยาวเสียง DTMF ในช่วงเวลา (ความยาวเสียง DTMF (1 ถึง 255) / 10) วินาทีตัวอย่างเช่น ต้องการเสียง DTMF ยาว 1 วินาที ให้ส่งคำสั่งดังนี้ AT+VTD=10<CR>

2.16.5 คำสั่งตรวจเช็คสถานะของโทรศัพท์มือถือ

ตารางที่ 2.12 แสดงการใช้งานคำสั่งตรวจเช็คสถานะของโทรศัพท์มือถือ

AT+CPAS	Query the telephone status
Test command AT+CPAS=?	Response +CPAS: (list of supported <pas>s) OK/ERROR/+CME ERROR Parameter <pas> 0 Ready 3 Incoming call (phone is ringing) 4 Call is active
Execute command AT+CPAS	Response +CPAS: <pas> OK/ERROR/+CME ERROR Parameter <pas> See Test command OK/ERROR/+CME ERROR

การตรวจเช็คสถานะของโทรศัพท์มือถือ จะใช้คำสั่ง AT+CPAS<CR> โดยจะได้รับคำตอบตามสถานะของโทรศัพท์ดังนี้

+CPAS: 0 หมายถึง อยู่ในสถานะเตรียมพร้อมทำงาน

+CPAS: 3 หมายถึง อยู่ระหว่างการเรียกเข้า

+CPAS: 4 หมายถึง การเรียกสำเร็จ (อยู่ระหว่างการสนทนา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16.6 คำสั่งดูหมายเลขโทรเข้า

ตารางที่ 2.13 แสดงการใช้งานคำสั่งดูหมายเลขโทรเข้า

AT+CLIP	Display telephone number of calling party
Test command AT+CLIP=?	Response +CLIP: (list of supported <n>s) OK/ERROR/+CME ERROR Parameter <n> 0 Suppresses the unexpected messages 1 Displays the unexpected messages
Read command AT+CLIP?	Response +CLIP: <n>, <m> OK/ERROR/+CME ERROR Parameter <n> See Test command <m> 0 CLIP not booked 1 CLIP booked 2 Unknown
Write command AT+CLIP=[<n>]	Parameter <n> See Read command Response OK/ERROR/+CME ERROR
	Unexpected message +CLIP: <num>,<type> Telephone number of caller

คำสั่งดูหมายเลขโทรเข้าจะใช้คำสั่ง AT+CLIP=[<n>] โดย

ใช้คำสั่ง AT+CLIP=0 เมื่อไม่ต้องการให้แสดงเบอร์โทรเข้า

ใช้คำสั่ง AT+CLIP=1 เมื่อต้องการให้แสดงเบอร์โทรเข้า

โดยปกติแล้วจะถูกเซตค่าไว้ให้เป็น 0 เมื่อมีการเรียกเข้าโมเด็มจะส่ง RING ออกมา แต่ถ้าเซตค่าเป็น 1 เมื่อมีการเรียกเข้าโมเด็มจะส่ง

RING

+CLIP: "เบอร์โทรเข้า", ประเภทของหมายเลขที่โทรเข้า

OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16.7 คำสั่งอ่านข้อมูลจากสมุดโทรศัพท์

ตารางที่ 2.14 แสดงการใช้งานคำสั่งอ่านข้อมูลจากสมุดโทรศัพท์

AT^SPBG	Read entry from the sorted telephone book via the sorted index
Test command AT^SPBG=?	Response ^SPBG: (list of supported <index>s), <nlength>, <tlength> OK/ERROR/+CME ERROR Parameter <index> Location number <nlength> Max. length of telephone number <tlength> Max. length of the text corresponding to the number
Write command AT^SPBG= <index1> [, <index2>]	Response ^SPBG: <index1>, <nummer>, <typ>, <text>[<CR><CL> ^SPBG .... ^SPBG: <index2>, <nummer>, <typ>, <text>] OK/ERROR/+CME ERROR Parameter <index1> Location number where the read of the entry starts <index2> Location number where the read of the entry ends <nummer> Telephone number <typ> Type of number <text> Text corresponding to the telephone number

การอ่านข้อมูลจากสมุดโทรศัพท์จะใช้คำสั่ง AT^SPBG=<index1>[,<index2>] โดย

Index1 หมายถึง ลำดับข้อมูลเริ่มต้นที่ต้องการอ่านจากสมุดโทรศัพท์

Index2 หมายถึง ลำดับข้อมูลสิ้นสุดที่ต้องการอ่านจากสมุดโทรศัพท์

ตัวอย่าง เช่น ต้องการอ่านข้อมูลจากสมุดโทรศัพท์ตั้งแต่ลำดับที่ 1 - 20 ต้องใช้คำสั่งดังนี้

AT^SPBG=1, 20<CR>

จะได้ข้อมูลจากสมุดโทรศัพท์ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

^SPBG: 1,เบอร์โทร,ประเภทของเบอร์โทร,ชื่อ

^SPBG: 2,เบอร์โทร,ประเภทของเบอร์โทร,ชื่อ

.

.

.

^SPBG: 20,เบอร์โทร,ประเภทของเบอร์โทร,ชื่อ

หมายเหตุ: ในการตรวจสอบการรับและตอบสนองต่อคำสั่งของโมเด็มโทรศัพท์มือถือนั้น สามารถทำได้โดยเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือเข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์และใช้โปรแกรม Hyper terminal หรือโปรแกรมอื่นๆที่สามารถรับส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม

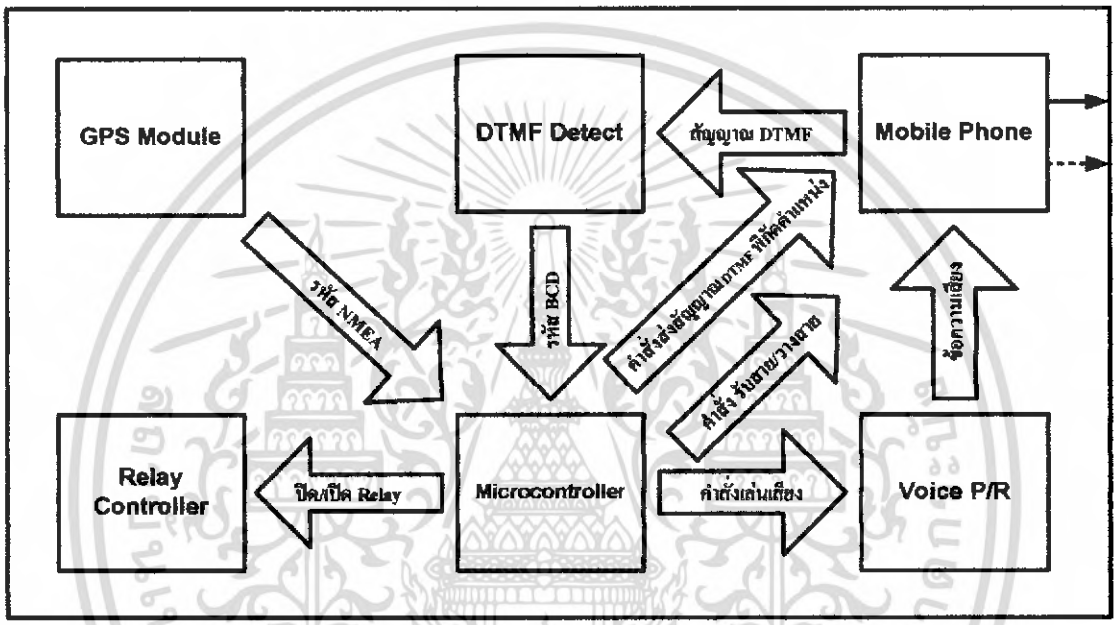
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

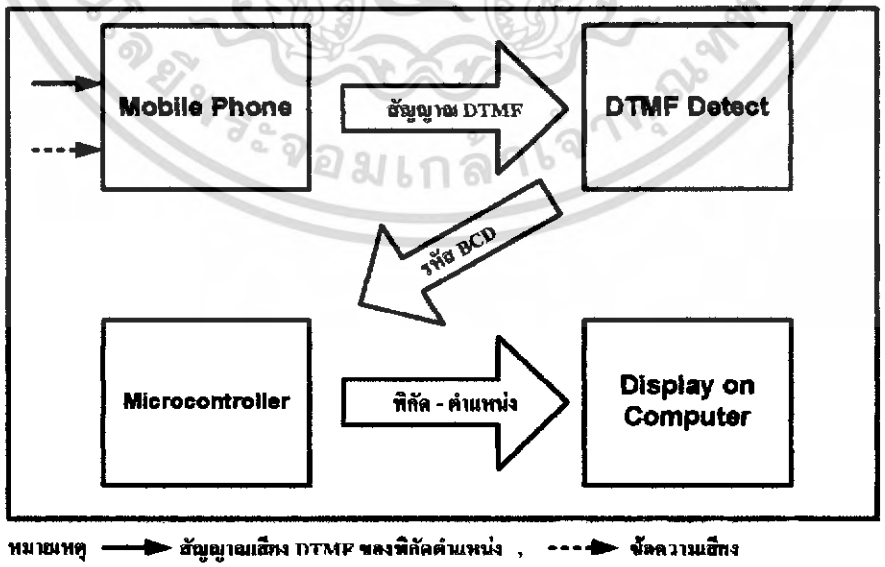
การคำนวณและการออกแบบ

สำหรับโครงงานระบบติดตามยานพาหนะด้วย GPS ผ่านโทรศัพท์มือถือนี้ ได้ออกแบบให้ผู้ใช้สามารถเลือกให้ระบบทำงาน ได้ 3 อย่างคือ 1.โทรเข้าไปสั่งให้ระบบส่งสัญญาณ DTMF ของพิกัดตำแหน่งเพื่อนำไปแสดงบนแผ่นที่ในคอมพิวเตอร์ 2.ฟังเป็นเสียงบอกพิกัดตำแหน่งยานพาหนะและ 3.สั่งควบคุม (เปิด-ปิด) รีเลย์ ด้วยการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงแนวความคิดและสิ่งที่ต้องการในการออกแบบ โดยเป็นการใช้วงจรพื้นฐานและวงจรประยุกต์ใช้งานของไอซีต่างๆ

3.1 บล็อกไดอะแกรมและการทำงานโดยรวม



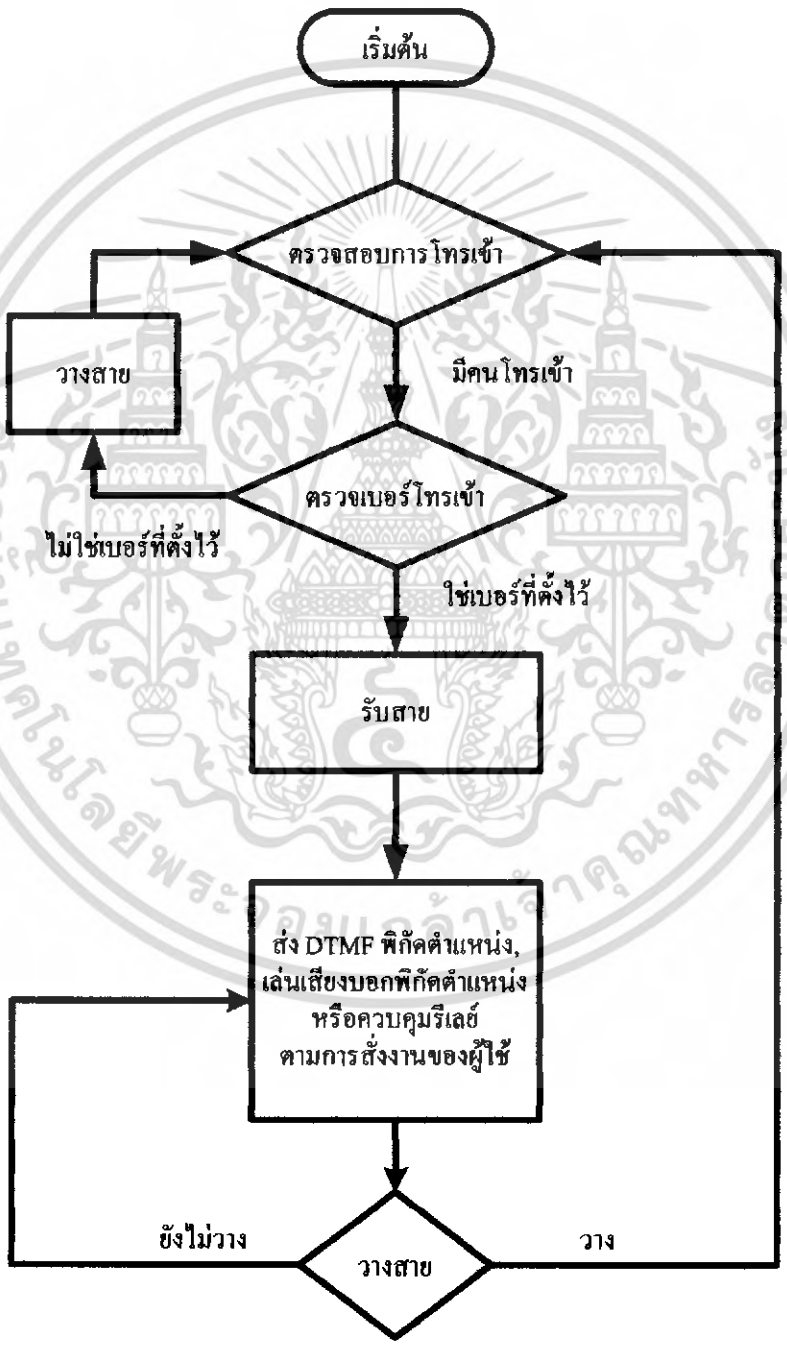
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมรวมภาคส่ง



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมรวมภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานระบบเริ่มจากผู้ใช้ใช้โทรศัพท์ทางภาครับ (A) โทรไปที่เบอร์ของโทรศัพท์มือถือทางภาคส่ง(B) เมื่อระบบภาคส่งตรวจพบว่ามีคนโทรเข้ามา ระบบก็จะทำการตรวจสอบเบอร์โทรเข้าว่าตรงกับที่ตั้งไว้หรือไม่ ถ้าเบอร์ไม่ตรงก็จะว่าสาย แต่ถ้าเบอร์ตรงก็จะรับสาย จากนั้นจึงจะเข้าสู่เมนูหลัก โดยสามารถเลือกให้ระบบทำงานได้ 3 อย่าง ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น หลังจากนั้นระบบจะทำการตรวจสอบต่ออีกว่าผู้ใช้วางสายหรือยัง ถ้ายังไม่วางสายก็สามารถสั่งงานได้ตามปกติ แต่ถ้าวางสายระบบก็จะกลับไปเริ่มตรวจสอบการโทรเข้าอีกครั้ง ซึ่งละเอียดทั้งหมดที่กล่าวมาสามารถแสดงเป็นโฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานโดยรวม ดังรูปที่ 3.3



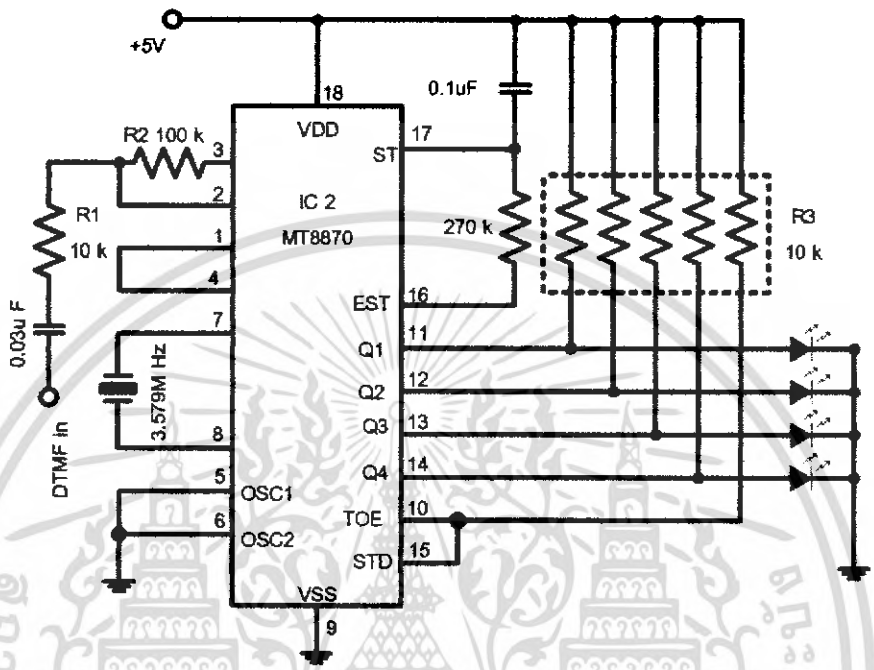
รูปที่ 3.3 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วงจรและการทำงาน

3.2.1 วงจร DTMF Detector

วงจรนี้ใช้ในการถอดรหัสจากสัญญาณ DTMF เป็นรหัส BCD8421 ซึ่งเป็นเลขฐานสองจำนวน 4 บิตดังที่แสดงในตารางที่ 2.7 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ



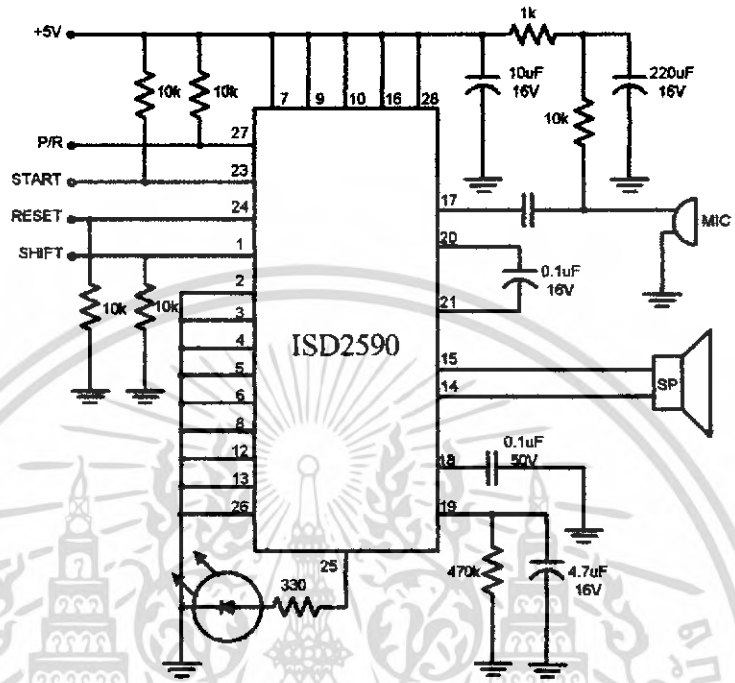
รูปที่ 3.4 วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

จากรูปที่ 3.4 DTMF อินพุตจะต่อออกมาจากขาลำโพงของโทรศัพท์ จะเห็นปกติถ้าไม่มีการกดแป้นคีย์โทรศัพท์หรือไม่มีสัญญาณโทน DTMF เข้ามา ที่เอาต์พุต Q1-Q4 จะให้เอาต์พุตเป็นค่า 1111 ตลอดเวลา เนื่องจากการต่อขา 10 กับขา 15 ของ IC2 เข้าด้วยกันนั่นเอง และสมมุติเมื่อมีการกดคีย์เลข 1 จะทำให้ได้รหัส 0001 ออกมา เมื่อปล่อยคีย์รหัสจะเปลี่ยนเป็น 1111 ตามเดิม ส่วนหนึ่งไฟเลี้ยง 5 โวลต์ จะไหลผ่าน R3 มาพูลอัพที่ขา Q1-Q4 ตลอดจึงทำให้เป็นลอจิก 1 ทั้งหมด อีกอย่างเป็นที่รู้จักกันอยู่แล้วว่าไอซี MT8870 นี้ จำเป็นต้องใช้คริสตอลค่า 3.579 MHz จึงจะทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 วงจรบันทึกเสียงและเล่นเสียง

เป็นวงจรที่ใช้บันทึกข้อความต่างๆไว้เพื่อให้ ไมโครคอนโทลเลอร์สั่งเพื่อเล่นข้อความเหล่านั้น โดยเราจะบันทึกข้อความต่างๆ



รูปที่ 3.5 วงจรบันทึกเสียงและเล่นเสียง

จากรูปเป็นการต่อไอซี ISD2590 แบบโหมดที่ 2 ซึ่งเป็นโหมดบันทึกหรือเล่นเสียงหลายข้อความ ซึ่งโดยปกติแล้วการใช้งานของไอซีตัวนี้จะมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบคือ

1. การบันทึกข้อความเรียงลำดับ คือการบันทึกทีละข้อความจากข้อความที่ 1 ไปจนถึงข้อความสุดท้าย วิธีการเขียนข้อความเป็นดังนี้

- ป้อนสัญญาณพัลส์บวกที่ขา RES เพื่อรีเซตการทำงาน
- ป้อนไฟลบ (ลอจิก "0") ให้ขา P/R เพื่อเข้าสู่การบันทึกข้อความ
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST เพื่อเป็นสัญญาณเริ่มต้นบันทึกข้อความที่ 1
- พูดข้อความที่ 1 ลงไปจนจบ
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST เพื่อเป็นสัญญาณสิ้นสุดการบันทึกข้อความที่ 1
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST เพื่อเป็นสัญญาณเริ่มต้นบันทึกข้อความที่ 2
- พูดข้อความที่ 2 ลงไปจนจบ
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST เพื่อเป็นสัญญาณสิ้นสุดการบันทึกข้อความที่ 2

เมื่อต้องการบันทึกข้อความที่ 3,4,5,....ก็ทำซ้ำแบบเดิมไปเรื่อยๆแต่อย่าลืมว่าข้อความทั้งหมดที่บันทึกไปนั้นจะต้องไม่ยาวเกินเวลาที่ไอซีกำหนดไว้เพราะถ้าบันทึกข้อความยาวเกินก็จะทำให้ข้อความแรกที่บันทึกไปโดนข้อความใหม่บันทึกทับลงไปนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การอ่านข้อความเรียงลำดับ คือการเล่นข้อความเรียงลำดับตั้งแต่ข้อความที่ 1 จนถึงข้อความสุดท้ายโดยวิธีการอ่านข้อความทำตามลำดับดังนี้

- ป้อนสัญญาณพัลส์บวกที่ขา RES เพื่อรีเซตการทำงาน
- ป้อนไฟบวก (ลอจิก "1") ให้ขา P/R เพื่อเข้าสู่การอ่านข้อความ
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST ข้อความที่ 1 ก็จะถูกเล่นออกมาจนจบ
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST ข้อความที่ 2 ก็จะถูกเล่นออกมาจนจบ

เมื่อต้องการเล่นข้อความที่ 3,4,5,.....ก็ให้ทำซ้ำแบบเดิมไปเรื่อยๆจนหมดทุกข้อความถ้าขณะที่ข้อความนั้นเล่นอยู่ยังไม่จบ ถ้ามีการป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST ข้อความที่กำลังเล่นอยู่ก็จะหยุดทันทีเหมือนกับการ PAUSE และเมื่อป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST อีกครั้งข้อความนั้นก็จะถูกเล่นต่อจากเดิมไปจนจบ

3. การเล่นเสียงแบบไม่เรียงลำดับ คือการเล่นข้อความข้ามไปมา หรือเล่นข้อความไหนก่อนก็ได้โดยไม่ต้องเรียงลำดับตามที่ได้บันทึกไว้ ซึ่งเราใช้หลักการนี้ในการในการทำ วงจร Voice P/R วิธีการอ่านข้อความแบบไม่เรียงลำดับให้ทำตามขั้นตอนดังนี้

- ป้อนสัญญาณพัลส์บวกที่ขา RES เพื่อรีเซตการทำงาน
- ป้อนไฟบวก (ลอจิก "1") ให้ขา P/R เพื่อเข้าสู่การอ่านข้อความ
- ป้อนไฟบวก (ลอจิก "1") ให้ขา SHIFT เพื่อเข้าสู่การเลื่อนข้อความ
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST 1 ครั้งเพื่อสั่งเลื่อนข้อความไป 1 ช่อง
- ป้อนไฟลบ (ลอจิก "0") ให้ขา SHIFT เพื่อเสร็จสิ้นการเลื่อนข้อความ
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST ข้อความที่ 2 ก็จะถูกเล่นออกมาจนจบ

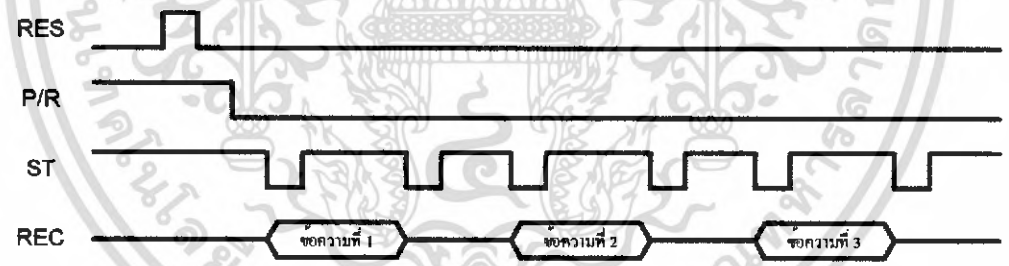
จากที่กล่าวมาเป็นการอ่านข้อความที่ 2 ก่อน ถ้าต้องการกระโดดไปอ่านข้อความที่ 5 ถัดไปจะต้องทำดังนี้

- ป้อนไฟบวก (ลอจิก "1") ให้ขา SHIFT เพื่อเข้าสู่การเลื่อนข้อความ
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST 2 ครั้งเพื่อสั่งเลื่อนข้อความไป 2 ช่อง
- ป้อนไฟลบ (ลอจิก "0") ให้ขา SHIFT เพื่อเสร็จสิ้นการเลื่อนข้อความ
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST ข้อความที่ 5 ก็จะถูกเล่นออกมาจนจบ

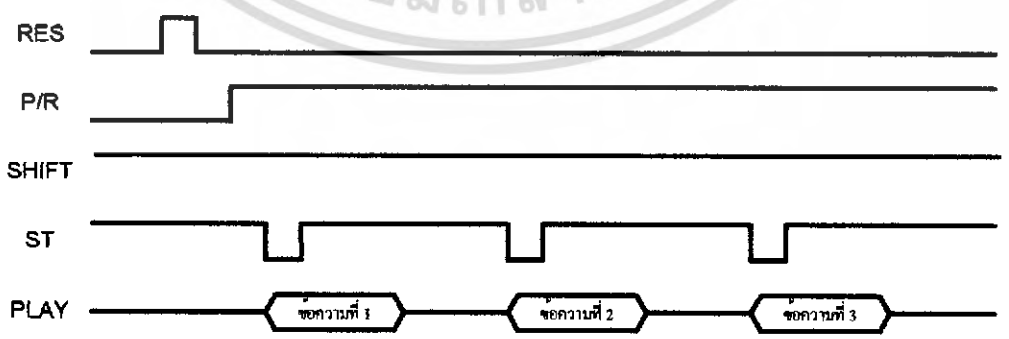
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 วิธีควบคุมการทำงานของ ISD2590 ในโหมดที่ 2

การเขียนเรียงลำดับ		การอ่านเรียงลำดับ		การอ่านไม่เรียงลำดับ	
ขาอินพุต	สภาวะ	ขาอินพุต	สภาวะ	ขาอินพุต	สภาวะ
ขา RES	พัลส์บวก	ขา RES	พัลส์บวก	ขา RES	พัลส์บวก
ขา P/R	0	ขา P/R	1	ขา P/R	1
ขา ST	พัลส์ลบ	ขา ST	พัลส์ลบ	ขา SHIFT	1
ใส่ข้อความที่ 1				ขา ST	พัลส์ลบ
ขา ST	พัลส์ลบ	ฟังข้อความที่ 1		ขา SHIFT	0
ขา ST	พัลส์ลบ	ขา ST	พัลส์ลบ	ขา ST	พัลส์ลบ
ใส่ข้อความที่ 1				ฟังข้อความที่ 2	
ขา ST	พัลส์ลบ	ฟังข้อความที่ 2		ขา SHIFT	1
				ขา ST	พัลส์ลบ
ขา ST	พัลส์ลบ	ขา ST	พัลส์ลบ	ขา ST	พัลส์ลบ
ใส่ข้อความที่ 3				ขา SHIFT	0
ขา ST	พัลส์ลบ	ฟังข้อความที่ 3		ฟังข้อความที่ 5	

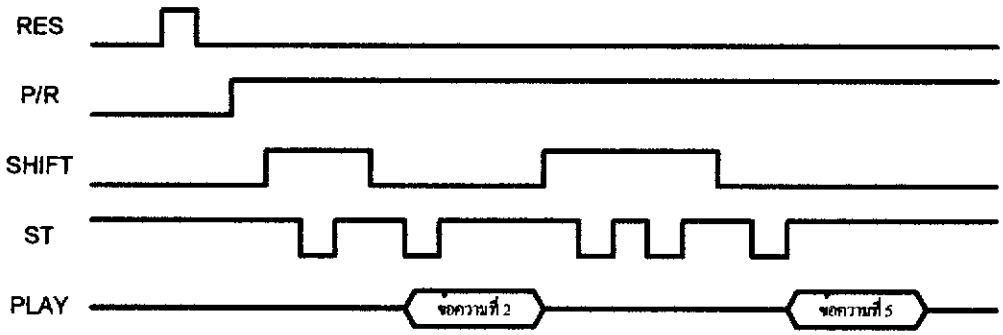


รูปที่ 3.6 แผนภูมิเวลาการเขียนเรียงลำดับ



รูปที่ 3.7 แผนภูมิเวลาการอ่านแบบเรียงลำดับ

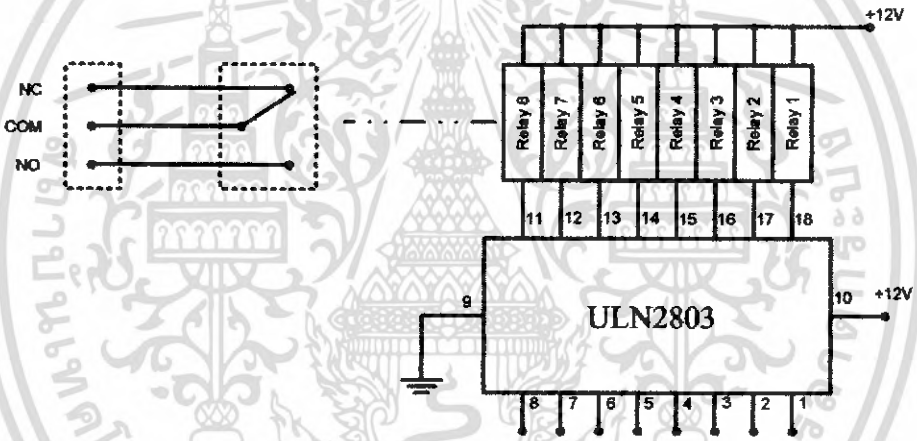
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แผนภูมิเวลาการอ่านแบบไม่เรียงลำดับ

3.2.3 วงจรขับรีเลย์

เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเปิดปิดอุปกรณ์ต่างๆภายในรถยนต์ เลือกใช้ไอซีเบอร์ ULN2803 เป็นวงจรขับกระแสให้แก่รีเลย์โดยจะรับแรงดันจากพอร์ต P0 จากไมโครคอนโทลเลอร์เป็นอินพุตในการควบคุมรีเลย์โดยมีรูปวงจรดังนี้



รูปที่ 3.9 วงจรขับรีเลย์

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานตามโปรแกรมมีเอาต์พุตออกมาที่ขาพอร์ต P0.0-P0.7 สัญญาณทั้ง 8 เส้นนี้จะถูกส่งไปที่อินพุตของไอซี ULN2803 ซึ่งเป็นไอซีขับแบบอินเวอร์เตอร์ที่สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 500 mA และมีไดโอดป้องกันการยุบตัวของสนามแม่เหล็กที่คอยล์ของรีเลย์อยู่ภายใน เราสามารถนำสัญญาณเอาต์พุตจาก ULN2803 ทั้ง 8 เส้นนี้ไปขับรีเลย์ 12 V ทั้ง 8 ตัว ได้เลย ส่วนอีกขั้วหนึ่งของรีเลย์ทั้ง 8 ตัวต้องต่อกับไฟ 12 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 GPS Module

ในโครงงานนี้เลือกใช้ของ HOLUX รุ่น GM-82 TOA-5 ซึ่งจะมีรูปแบบการอินเตอร์เฟสแบบอนุกรม จากรูปนั้นจะมีส่วนที่แปลงแรงดันจาก TTL เป็น RS-232 ดังนั้นในส่วนของไมโครคอนโทลเลอร์จำต้องมีวงจรแปลงแรงดันระหว่าง TTL, RS-232 ด้วย

รูปที่ 3.10 โมดูลรับสัญญาณ จีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของ จีพีเอสโมดูล

ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียดของ GPS Module

Snap Start	< 3 sec (at < 25 minutes off period).
Hot Start	8 sec(typ).
Warm Start	38 sec(typ).
Cold Start	45 sec(typ).
Satellite Reacquisition Time Accuracy	100 ms
Channels	12 satellites
Position Accuracy	25m CEP without SA
Receiver	L1, C/A code
Protocol	NMEA V2.2, 4800, 8, N, 1 or SiRF Binary
Maximum Altitude	< 18,000 M (60,000 feet)
Maximum Velocity	< 515 M
Max. Update Rate	1 Hz
RF Connector	MCX or SMA
Dimension	40mm(L)x50mm(w)x7.6mm(H)
Weight	18g
Firmware Upgrade	Flash EPROM field programming software available
Time Mark	Output 1 pulse/sec, aligned with GPS time +/ - 0.1 usec
Operating Temperature	-40 to +85
Storage Temperature	-45 to +100
Operating Humidity	5% to 95%, No Condensing

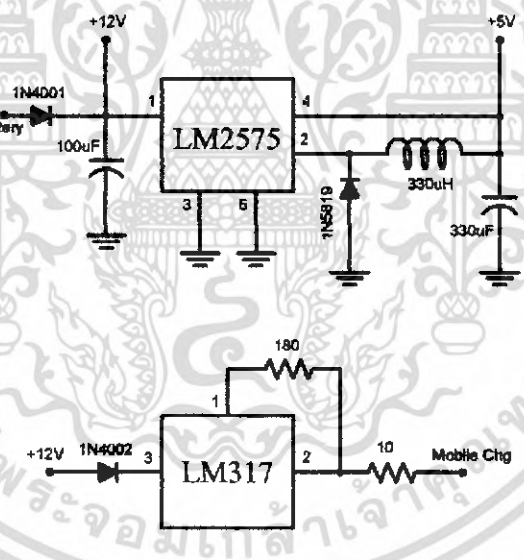
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงการจัดขาของ GPS Module

Pin	Pin Name	Function description	Pin	Pin Name	Function description
1	*NC*	No function	11	*TXA*	Serial Data output A
2	*VCC_5V*	+5V DC power input	12	*RXA*	Serial Data input A
3	*VBAT*	Backup Battery (2.5–3.3V)	13	*GND*	Ground
4	*NC*	No function	14	*TXB*	Serial Data output B
5	*PBRESEN*	Reset input, Active low	15	*RXB*	Serial Data input B
6	*GPIO1*	General purpose I/O pin	16	*GND*	Ground
7	*GPIO2*	General purpose I/O pin	17	*GPIO5*	General purpose I/O pin
8	*GPIO3*	General purpose I/O pin	18	*GND*	Ground
9	*GPIO4*	General purpose I/O pin	19	*TIMEMARK*	1PPS Time mark output
10	*GND*	Ground	20	*NC*	No function

3.2.5 วงจรไฟเลี้ยง

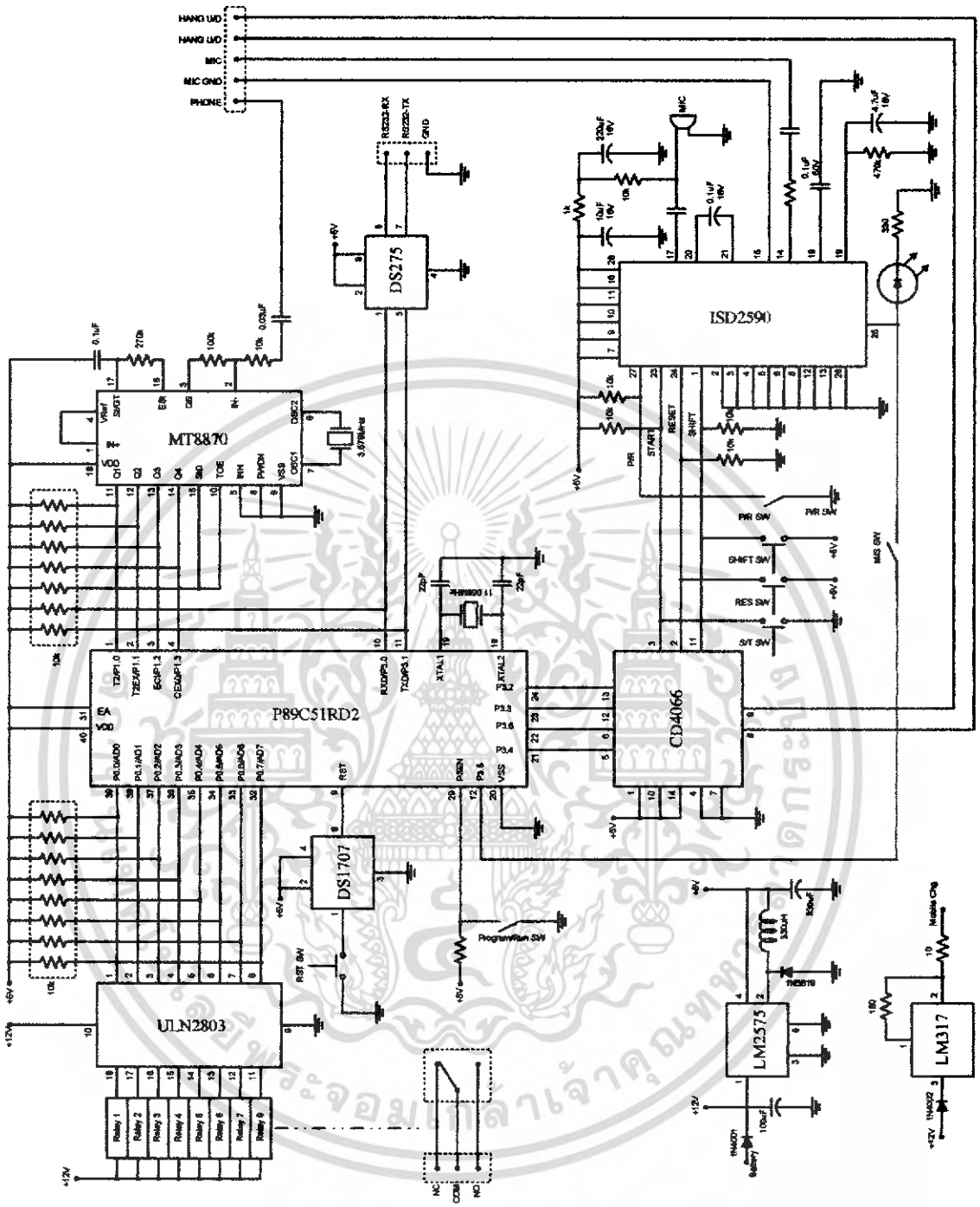
ออกแบบให้มีทั้งส่วนชาร์จแบตเตอร์รี่และส่วนจ่ายไฟเลี้ยง 5 ,12 โวลต์ให้วงจรต่างๆซึ่งมีวงจรดังนี้



รูปที่ 3.11 วงจรไฟเลี้ยงและส่วนชาร์จแบตเตอร์รี่ให้แก่โทรศัพท์มือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

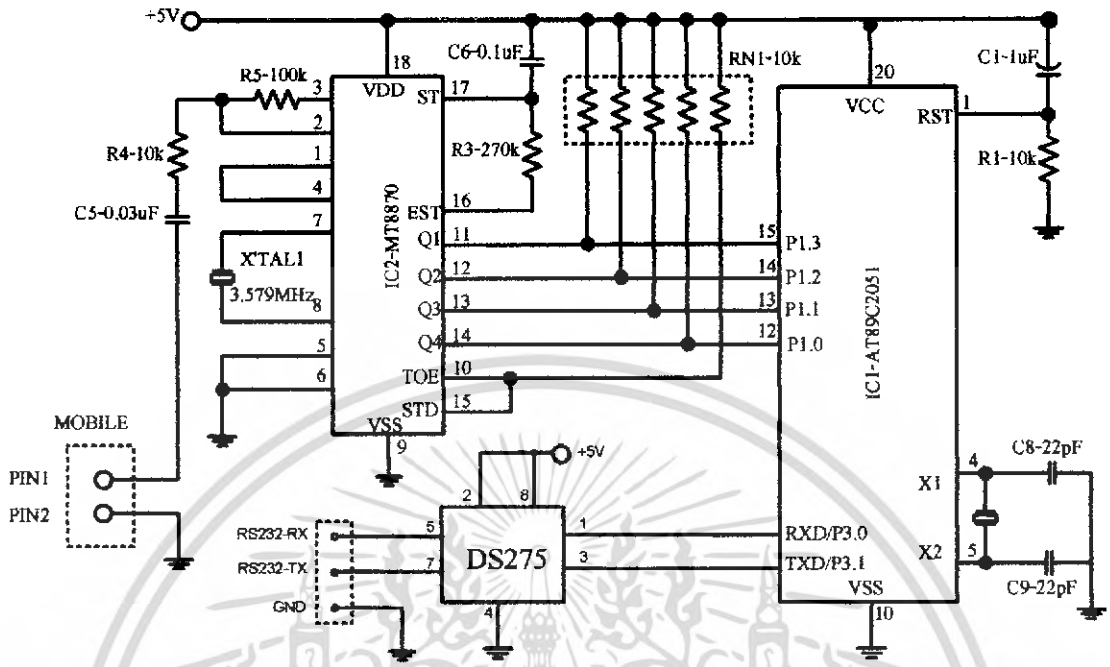
3.2.6 วงจรรวมภาคส่ง



รูปที่ 3.12 วงจรรวมภาคส่งของโครงงานระบบติดตามยานพาหนะด้วย GPS ผ่านโทรศัพท์มือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 วงจรรวมภาครับ



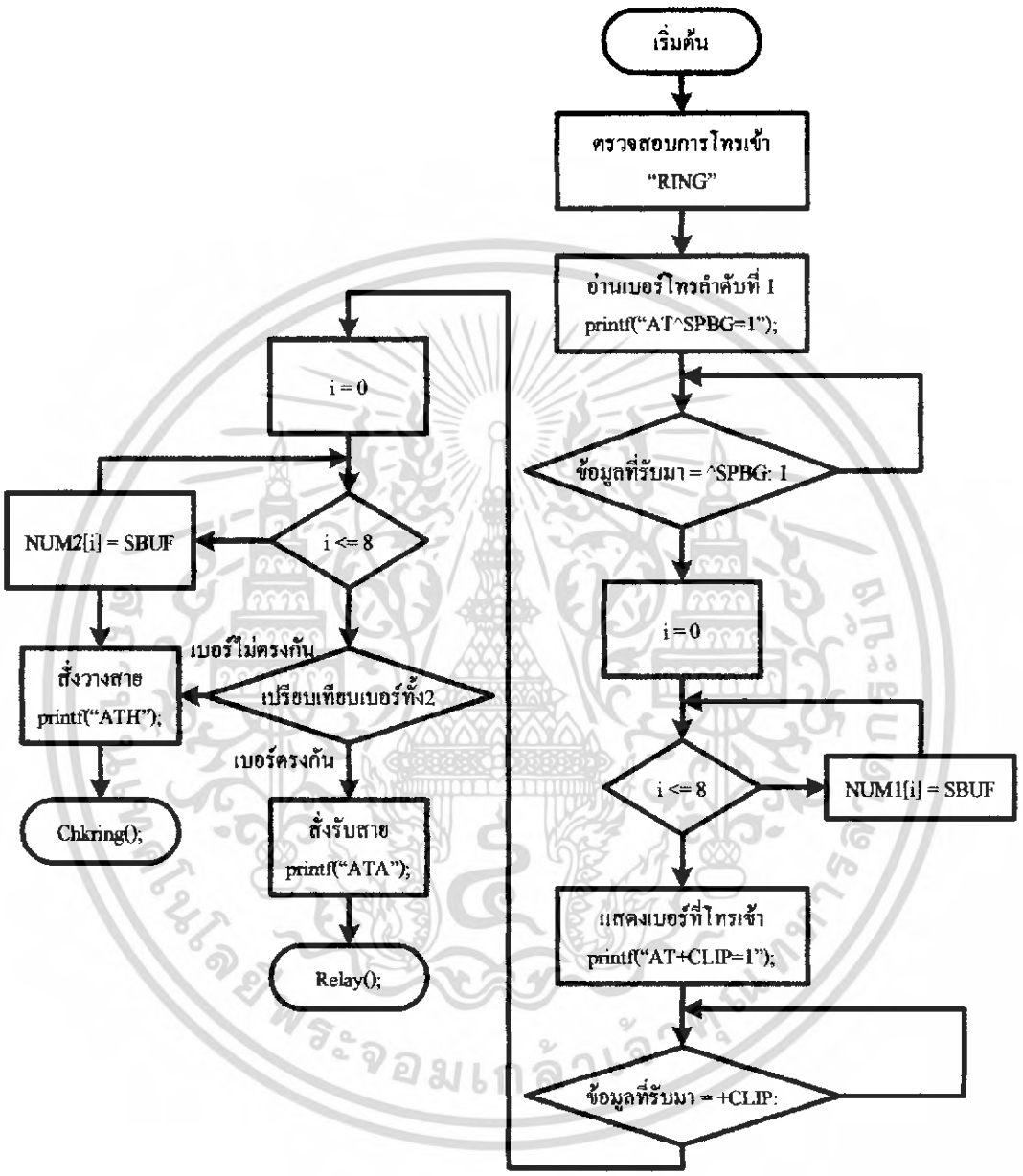
รูปที่ 3.13 วงจรรวมภาครับของโครงงานระบบติดตามยานพาหนะด้วย GPS ผ่านโทรศัพท์มือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 โฟลว์ชาร์ตและโปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทลเลอร์

3.3.1 ภาคส่ง

3.3.1.1 การตรวจสอบการโทรเข้าและรับสาย



รูปที่ 3.14 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานโปรแกรมในส่วนการตรวจสอบการโทรเข้าและรับสาย

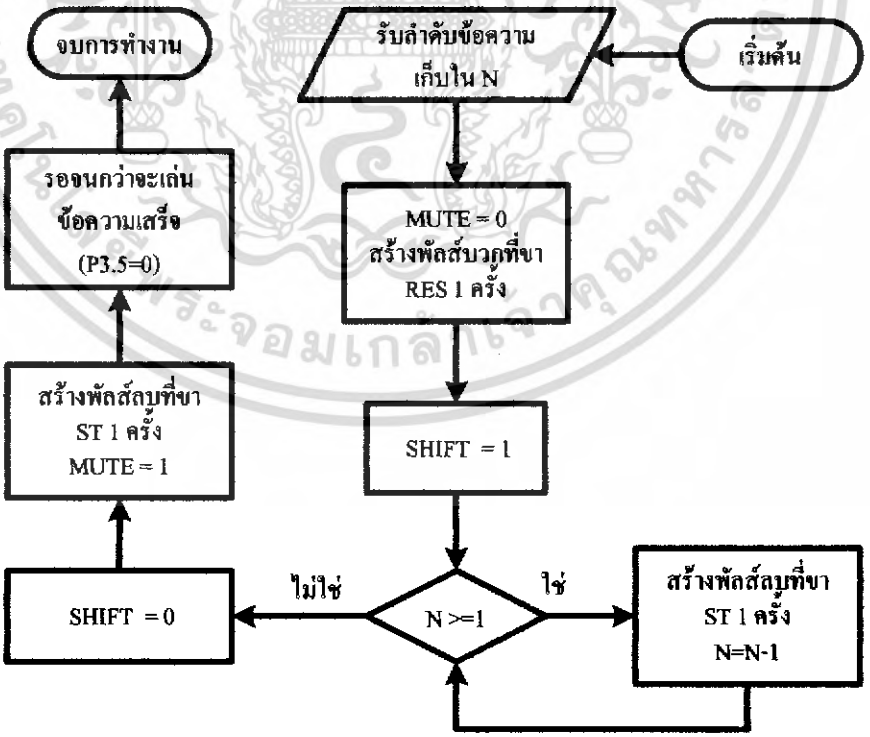
เริ่มต้นระบบจะทำการตรวจสอบการโทรเข้า โดยระบบจะทราบว่ามีคนโทรเข้า เมื่อไมโครคอนโทลเลอร์ตรวจพบคำว่า "RING" ที่โมเด็มของโทรศัพท์มือถือ (B) ส่งออกมาทางพอร์ตอนุกรม จากนั้นไมโครคอนโทลเลอร์จะสั่งให้อ่านเบอร์โทรลำดับที่ 1 ที่บันทึกไว้ในเครื่อง โดย printf("AT^SPBG=1\n"); โมเด็มโทรศัพท์มือถือก็จะตอบสนองคำสั่งโดยส่งข้อมูลเบอร์โทรลำดับที่ 1 ออกมาทางพอร์ตอนุกรม แล้วไมโครคอนโทลเลอร์จะกำหนดตัวแปร NUM1[i] มารับค่าหมายเลขโทรศัพท์จำนวน 9 ตัว เมื่อครบแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทลเลอร์จะสั่งให้โทรศัพท์ มือถือแสดงเบอร์โทรเข้าโดย printf("AT+CLIP=1\n"); โมเด็มโทรศัพท์มือถือก็จะตอบสนองคำสั่งโดยส่งข้อมูลเบอร์โทรเข้าออกมาทางพอร์ตอนุกรม ไมโครคอนโทลเลอร์จะกำหนดตัวแปร NUM2 [i] มารับค่าหมายเลขโทรศัพท์จำนวน 9 ตัวจนครบ จากนั้นนำหมายเลขทั้งสองมาเปรียบเทียบกันว่าตรงกันหรือไม่ (NUM1[i] = NUM2 [i]) ถ้าไม่ตรงก็จะสั่งวางสายโดย printf("ATH\n"); ถ้าตรงกันก็สั่งรับสายโดย printf("ATA\n");

3.3.1.2 ส่วนควบคุมและสั่งเล่นเสียง

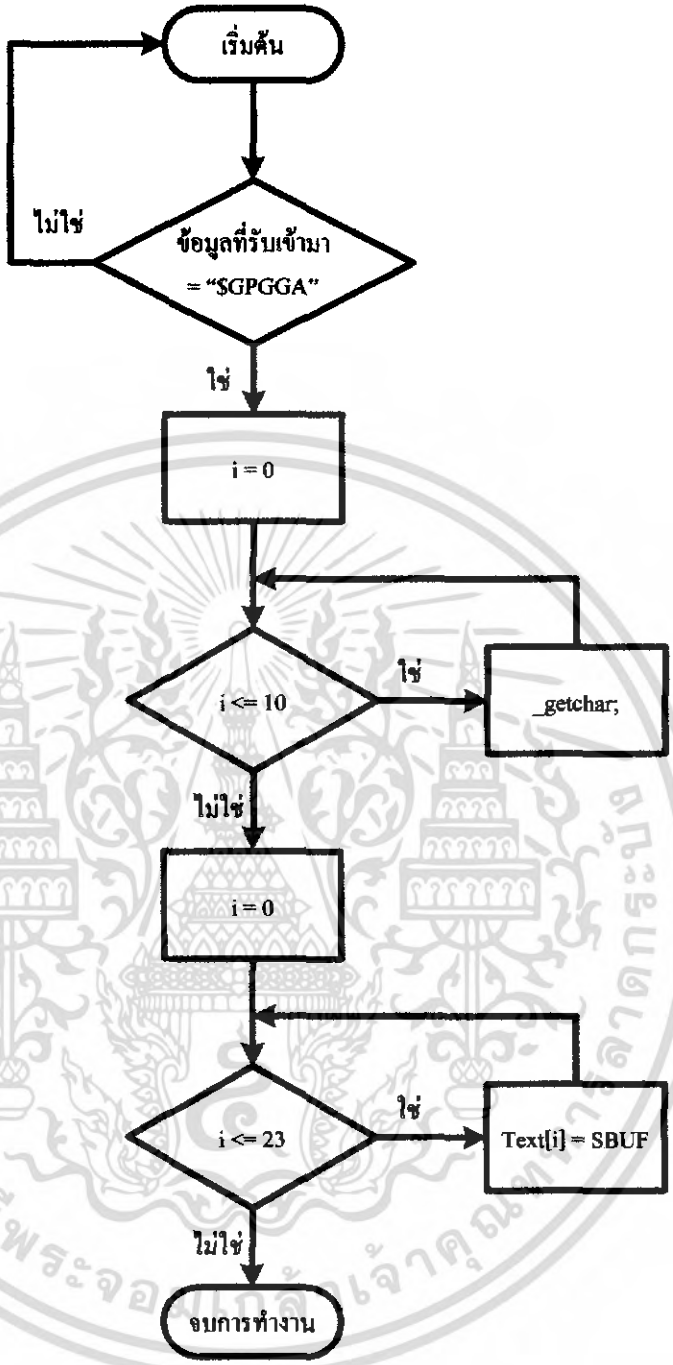
กำหนดเป็นฟังก์ชั่นหนึ่ง โดยจะมีตัวแปล N เป็นตัวแปลที่รับค่าของลำดับข้อความที่จะทำการเล่น เมื่อรับค่ามาก็จะส่ง 0 ไปที่ ขา MUTE เพื่อตัดเสียงรบกวนไม่ให้ออกไปที่ขาไมโครโฟนของโทรศัพท์มือถือแล้วก็ทำการสร้างพัลส์บวกที่ขา RES หนึ่งลูกเพื่อรีเซตการทำงานของวงจรอัดเสียงจากนั้นจะสั่งให้ขา SHIFT เป็น “1” เพื่อเข้าสู่การเลื่อนข้อความ และทำการสร้างพัลส์ลบที่ขา ST จำนวน N ลูก เพื่อเลื่อนข้อความ จากนั้นจะสั่งให้ขา SHIFT เป็น “0” เพื่อยกเลิกการเลื่อนข้อความและทำการสร้างพัลส์ลบที่ขา ST หนึ่งลูก แล้วส่ง1ไปที่ ขา MUTE เพื่อต่อขาไมโครโฟนของโทรศัพท์มือถือกับวงจรอัดเสียง วงจรอัดเสียงก็จะเล่นข้อความที่ N จนจบ ซึ่งในขณะที่เล่นข้อความอยู่นั้นที่ขา $\overline{EOM}$ ของวงจรอัดเสียงจะเป็น “1” เมื่อเล่นข้อความจบขา $\overline{EOM}$ ของวงจรอัดเสียงจะเป็น “0” ขา $\overline{EOM}$ นี้ จะต่อเข้าที่ขา P3.5 ของไมโครคอนโทลเลอร์ดังนั้นโปรแกรมจะทำการรอให้ขา P3.5 ของไมโครคอนโทลเลอร์เป็น“0” ก่อนถึงจะจบการทำงานของฟังก์ชั่นนี้



รูปที่ 3.15 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนควบคุมและสั่งเล่นเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.3 ส่วนรับค่าพิกัดตำแหน่งจาก GPS Module มาเก็บไว้ในหน่วยความจำ (Read_in();)



รูปที่ 3.16 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนรับค่าพิกัดตำแหน่งจาก GPS Module มาเก็บไว้ในหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มต้นโดยจะรับข้อมูลเข้ามาทางพอร์ตอนุกรมจนกว่าจะเจอฟิลด์ GGA จากนั้นจึงจะเริ่มนำข้อมูลพิกัดตำแหน่งมาเก็บไว้ในหน่วยความจำโดยจะเริ่มเก็บตั้งแต่ข้อมูลลำดับที่ 13 (ข้อมูลพิกัดตำแหน่ง) เป็นต้นไปจนครบค่าพิกัด 24 ตัว ตัวอย่างเช่น ฟิลด์ GGA ที่รับเข้ามาคือ

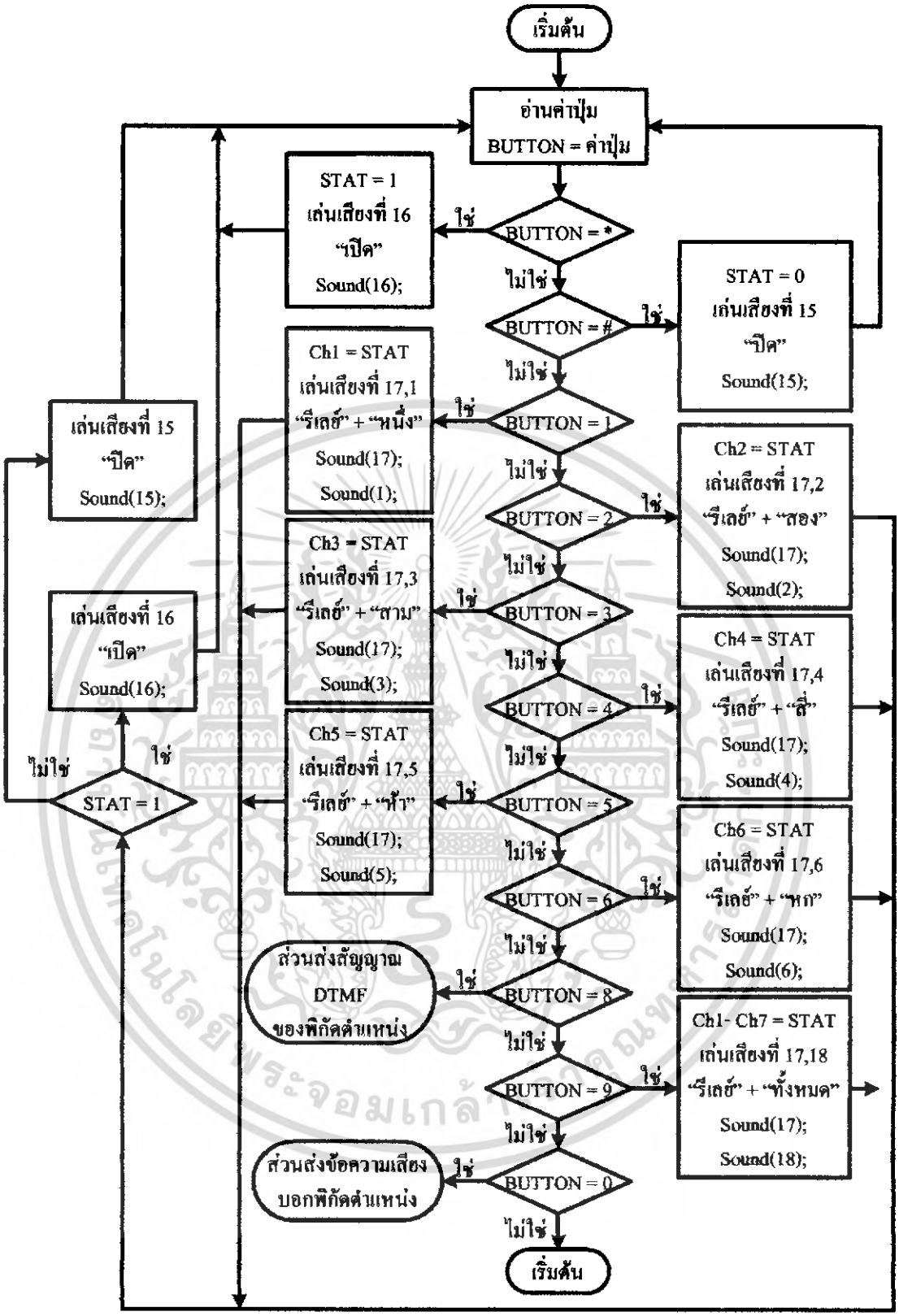
$GPGGA,161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.0,9.0,M, , , ,.0000*18

โปรแกรมก็จะเริ่มเก็บบันทึกข้อมูลตั้งแต่ 3 ถึง W คือ 3723.2475,N,12158.3416,W ทั้งหมด 24 ตัว

3.3.1.4 ส่วนควบคุมรีเลย์

ในการออกแบบกำหนดให้สามารถควบคุมการเปิด-ปิดรีเลย์ โดยเมื่อต้องการเปิดรีเลย์ให้กดปุ่ม "*" และตามด้วย Channel (Ch) ที่ต้องการเปิด แล้วถ้าตามด้วย "9" รีเลย์ทั้งหมดจะเปิด(Ch1-Ch7) และถ้ากรณีที่ต้องการปิดรีเลย์ก็ให้กด "# " และตามด้วย Ch ที่ต้องการปิด แล้วถ้าตามด้วย "9" รีเลย์ทั้งหมดก็จะปิด (Ch1-Ch7) และ เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่าที่สั่งงานไปนั้นมีการตอบสนองต่อคำสั่งหรือไม่ จึงได้ออกแบบให้มีเสียงแจ้งบอกการทำงานของรีเลย์ทุกการกดปุ่มสั่งงาน ตัวอย่างเช่น เมื่อเราต้องการเปิดรีเลย์ Ch1 ก็ต้องเริ่มจากกดปุ่ม "*" ซึ่งกดแล้วจะได้ยินเสียงข้อความว่า "เปิด" หลังจากนั้นเมื่อกดปุ่ม "1" ก็จะได้ยินเสียงข้อความว่า "รีเลย์หนึ่งเปิด" แสดงว่ามีการตอบสนองต่อคำสั่งแต่ถ้าไม่ได้ยินเสียง ก็แสดงว่ายังไม่มีการตอบสนองต่อคำสั่ง อาจเป็นเพราะการขาดหายของสัญญาณโทรศัพท์ทำให้วงจร DTMF detector ถอดรหัสไม่ได้ ให้กดปุ่มสั่งงานใหม่อีกครั้ง ซึ่งการทำงานทั้งหมดแสดงได้ดัง รูปที่ 3.17

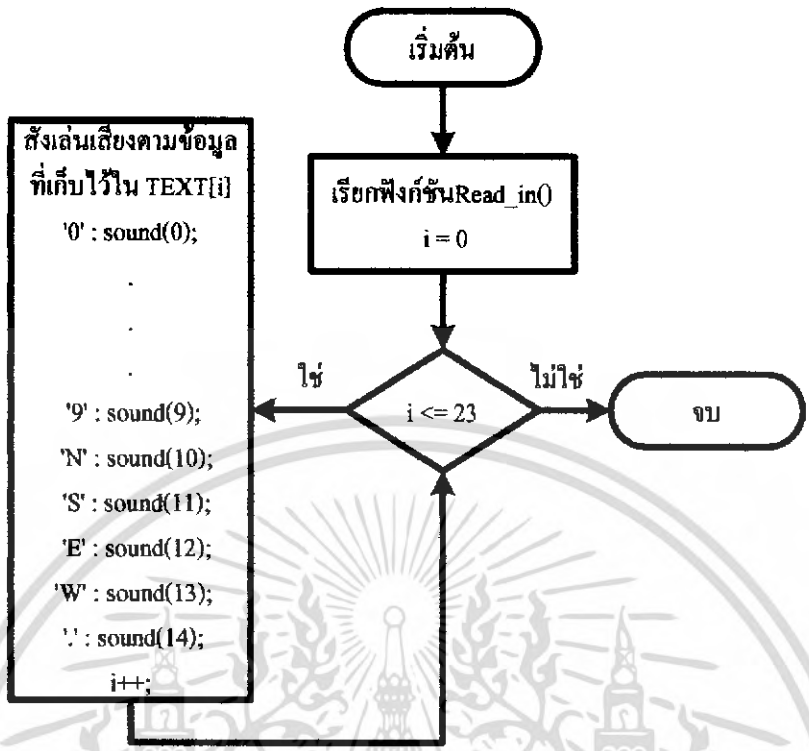
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนควบคุมรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.5 ส่วนส่งข้อความเสียงบอกพิกัดตำแหน่ง



รูปที่ 3.18 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนบอกพิกัดตำแหน่ง

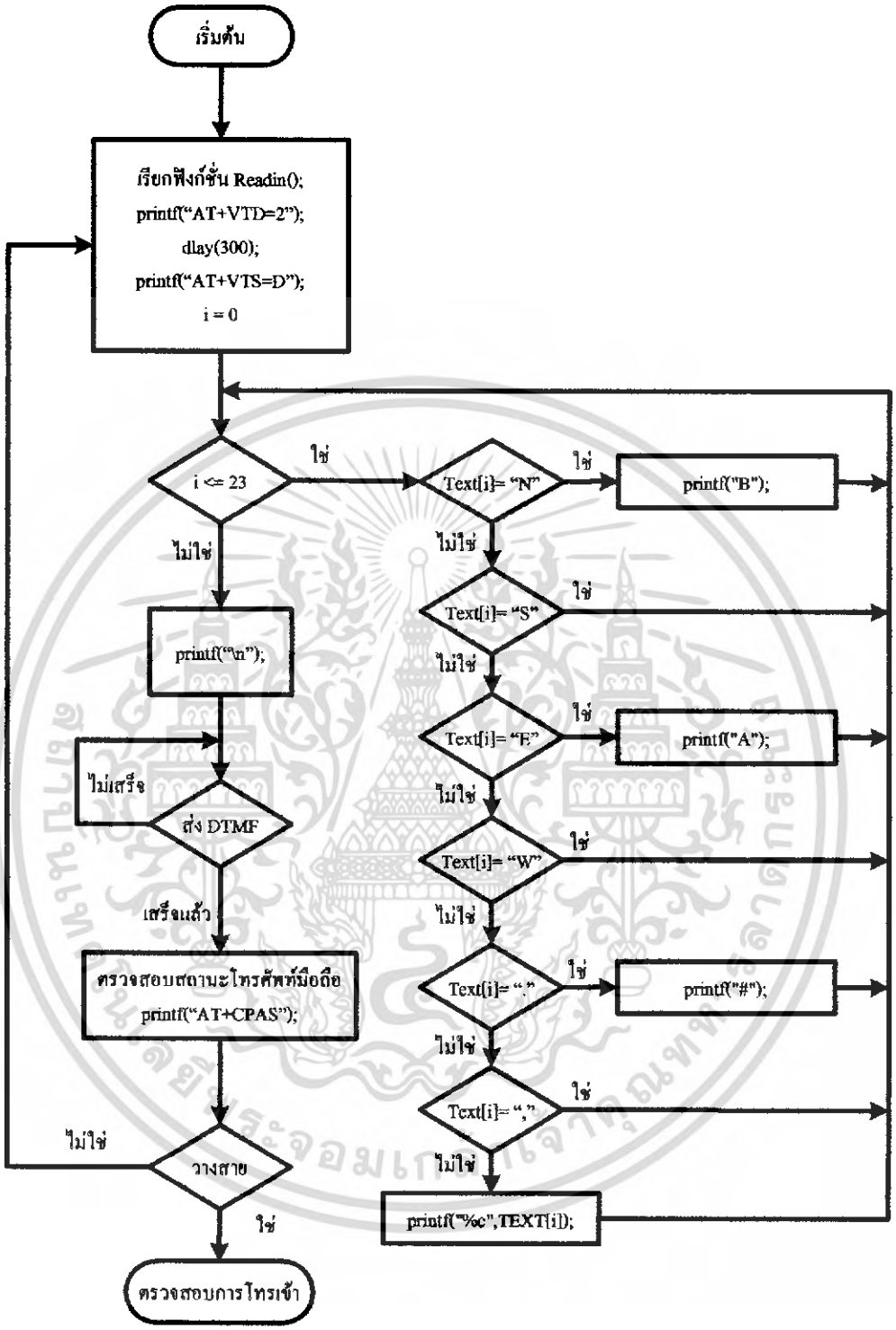
ในส่วนนี้จะเริ่มต้นจากการไปเรียกใช้ฟังก์ชัน Read_in( ) เพื่อรับค่าพิกัดตำแหน่งซึ่งมีทั้งหมด 24 ตัว มาทำการสั่งให้วงจรบันทึกและเล่นเสียง เล่นเสียงตามพิกัดที่รับค่ามาจากหน่วยความจำ (TEXT[i])

ตารางที่ 3.4 แสดงการจัดลำดับข้อความที่บันทึกในวงจรบันทึกเสียง

ลำดับ	ข้อความ	ลำดับ	ข้อความ
0	ศูนย์	11	องศาใต้
1	หนึ่ง	12	องศาตะวันออก
2	สอง	13	องศาตะวันตก
3	สาม	14	จุด
4	สี่	15	ปิด
5	ห้า	16	เปิด
6	หก	17	รีเลย์
7	เจ็ด	18	ทั้งหมด
8	แปด	19	
9	เก้า	20	
10	องศาเหนือ	21	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.5 ส่วนส่งสัญญาณ DTMF ของพิกัดตำแหน่ง



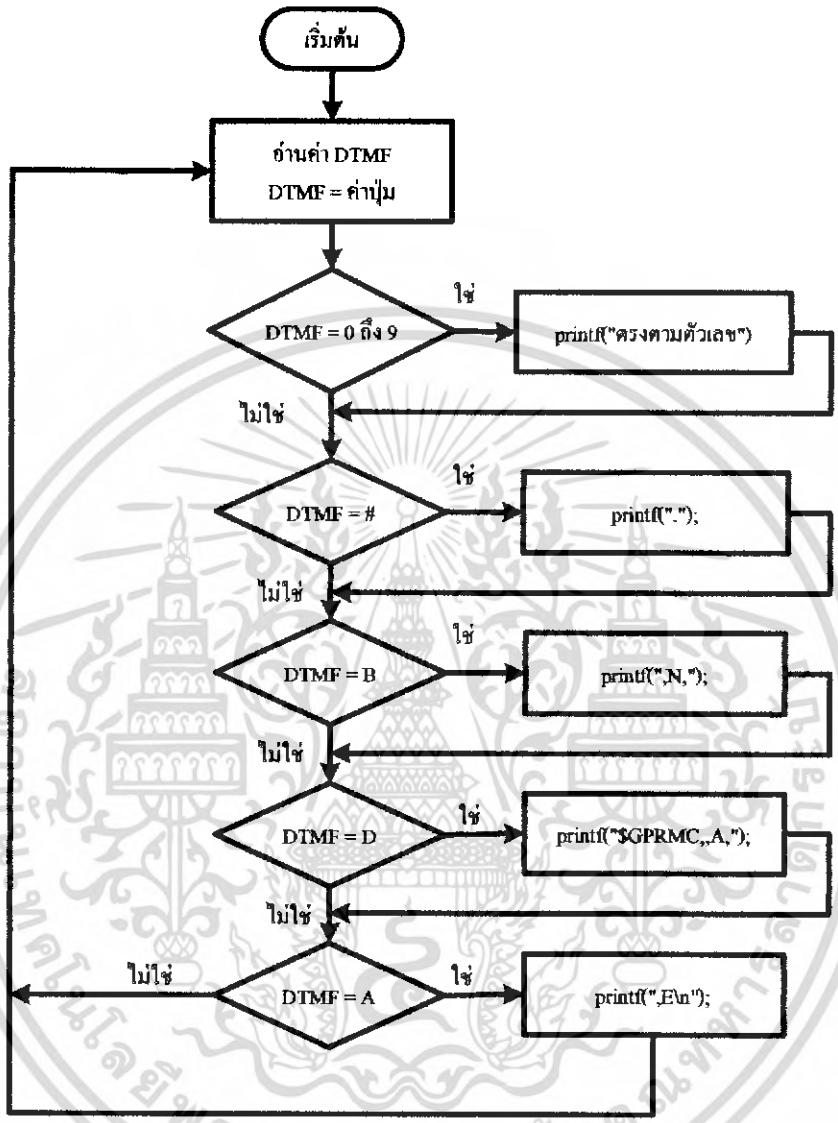
รูปที่ 3.19 โฟลว์ชาร์ตส่วนส่งสัญญาณ DTMF ของพิกัดตำแหน่ง

เริ่มต้นจากการเรียกใช้ฟังก์ชัน Read_in() เพื่อรับค่าพิกัดตำแหน่ง จากนั้นสั่งกำหนดความยาวของสัญญาณ DTMF โดย printf("AT+VTD=2\n"); แล้วจึงตอยสั่ง printf("AT+VTS=D"); และวนรับค่าพิกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งจนครบ 24 ตัวเมื่อครบแล้วจะ printf("\n"); จึงส่งสัญญาณ DTMF ออกไป ซึ่งจะได้ AT+VTS=DXXXX#XXXXBXXXXX#XXXXA <CR> (X คือ ค่าพิกัดตัวเลข 0-9)

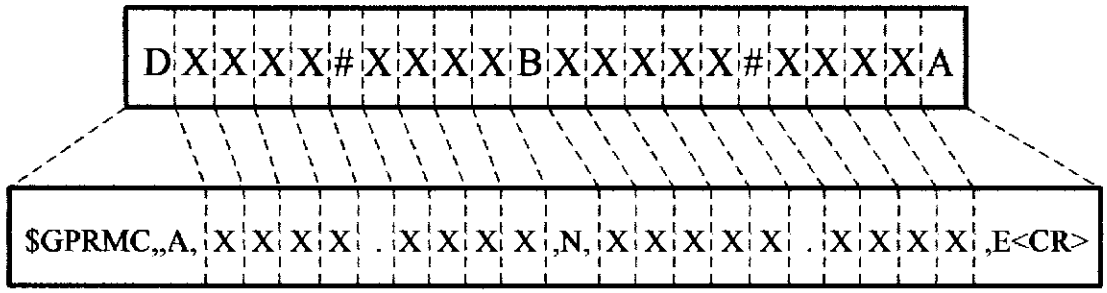
3.3.2 ภาครับ



รูปที่ 3.20 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมภาคด้านรับ

เริ่มต้นจากการรับค่าสัญญาณ DTMF ของพิกัดตำแหน่งจากภาคส่ง จากนั้นจึงนำค่าที่ได้มาสร้างฟิลด์ใหม่คือ ฟิลด์ RMC ซึ่งเป็นฟิลด์ที่โปรแกรมแผนที่ในโครงงานใช้ในการระบุพิกัด ในการสร้างฟิลด์ใหม่นั้น เมื่อภาคส่งส่งสัญญาณ DTMF มีค่าเป็น DXXXX#XXXXBXXXXX#XXXXA (X คือ ค่าพิกัดเป็นตัวเลข 0-9) ตามลำดับ จากรูปที่ 3.20 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมภาครับ จะเห็นว่าเมื่อข้อมูลเข้ามาถึงภาครับ จะได้ข้อมูลเป็นดังรูปที่ 3.21 โดยการจะมีการประมวลผลทีละตัวตามข้อมูลที่เข้ามาแล้วส่งข้อมูลที่ได้ใหม่ออกพอร์ตอนุกรมให้โปรแกรมแผนที่รับค่าทีละตัวเช่นกัน จนครบค่าพิกัดตำแหน่งทั้งหมดคือได้ $GPRMC,,A, XXXX.XXXX,N,XXXXXXXXX,E<CR> โปรแกรมแผนที่ก็จะระบุพิกัดหนึ่งครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 การสร้างฟิลด์ RMC จากสัญญาณ DTMF ที่ภาคส่งส่งมายังภาครับ

3.4 การใช้งานและการตอบรับระบบทั้งหมด

ในการการใช้งานของระบบทั้งหมดนั้น เริ่มจากผู้ต้องการใช้งานใช้โทรศัพท์ (เครื่อง A)โทรไปยังหมายเลขของโทรศัพท์มือที่ต่อกับโครงงานนี้ (เครื่อง B) ไมโครคอนโทลเลอร์ก็จะตรวจพบคำว่า "RING" ที่โมเด็มของโทรศัพท์มือถือ (B) ส่งออกมาทางพอร์ตอนุกรม จากนั้นไมโครคอนโทลเลอร์จะสั่งให้อ่านเบอร์โทรลำดับที่ 1 ที่บันทึกไว้ในเครื่อง โดย printf("AT^SPBG=1\n"); โมเด็มโทรศัพท์ก็จะตอบสนองคำสั่งโดยส่งข้อมูลเบอร์โทรลำดับที่ 1 ออกมาทางพอร์ตอนุกรม แล้วไมโครคอนโทลเลอร์จะให้ตัวแปร NUM1[i] มารับค่าหมายเลขโทรศัพท์จำนวน 9 ตัว เมื่อครบแล้วไมโครคอนโทลเลอร์จะสั่งให้โทรศัพท์มือถือแสดงเบอร์โทรเข้าโดย printf("AT+CLIP=1\n"); โมเด็มโทรศัพท์ก็จะตอบสนองคำสั่งโดยส่งข้อมูลเบอร์โทรเข้าออกมาทางพอร์ตอนุกรม ไมโครคอนโทลเลอร์ก็จะให้ตัวแปร NUM2 [i] มารับค่าหมายเลขโทรศัพท์จำนวน 9 ตัว จากนั้นนำหมายเลขทั้งสองมาเปรียบเทียบกันว่าตรงกันหรือไม่ (NUM1[i] = NUM2 [i]) ถ้าไม่ตรงก็จะสั่งวางสายโดย printf("ATH\n"); ถ้าตรงกันก็สั่งรับสายโดย printf("ATA\n"); จากนั้นผู้ใช้สามารถเลือกให้ระบบทำงานตามคำสั่งได้ 3 อย่างคือ 1.สั่งควบคุม (เปิด-ปิด) รีเลย์ ด้วยการกดปุ่มโทรศัพท์ 2.ฟังเป็นเสียงบอกพิกัดตำแหน่งยานพาหนะและ 3.โทรเข้าไปสั่งให้ระบบส่งสัญญาณ DTMF ของพิกัดตำแหน่งเพื่อนำไปแสดงบนแผ่นที่ในคอมพิวเตอร์

สำหรับการควบคุมการเปิด-ปิดรีเลย์ โดยเมื่อต้องการเปิดรีเลย์ให้กดปุ่ม "*" และตามด้วย Ch ที่ต้องการเปิด แล้วถ้าตามด้วย "9" รีเลย์ทั้งหมดจะเปิด (Ch1-Ch7) และถ้ากรณีที่ต้องการปิดรีเลย์ก็ให้กด "# " และตามด้วย Ch ที่ต้องการปิด แล้วถ้าตามด้วย "9" รีเลย์ทั้งหมดก็จะปิด(Ch1-Ch7) ยกตัวอย่างเช่น เมื่อเราต้องการเปิดรีเลย์ Ch1 ก็ต้องเริ่มจากกดปุ่ม " * " ซึ่งกดแล้วไมโครคอนโทลเลอร์ก็จะสั่งให้วงจรอัดเสียงเล่นเสียงที่ 16 (sound (16);) "เปิด" หลังจากนั้นเมื่อกดปุ่ม "1" ไมโครคอนโทลเลอร์ก็จะสั่งให้วงจรอัดเสียงเล่นเสียงที่ 17 (sound (17);) "รีเลย์", 1 (sound (1);) "หนึ่ง" , 16 (sound (16);) "เปิด" ตามลำดับ แสดงว่ามีการตอบสนองต่อคำสั่งแต่ถ้าไม่ได้ยินเสียง หมายความว่าไม่มีการตอบสนองต่อคำสั่ง อาจเป็นเพราะการขาดหายของสัญญาณโทรศัพท์ทำให้วงจร DTMF detector ถอดรหัสไม่ได้ ให้กดปุ่มสั่งงานใหม่อีกครั้ง 2. ฟังเป็นเสียงบอกพิกัดตำแหน่งยานพาหนะให้ผู้ใช้งานกด "0" แล้วไมโครคอนโทลเลอร์จะเริ่มรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมที่ต่ออยู่กับ GPS module มาเก็บไว้ในหน่วยความจำ จากนั้นจึงจะสั่งเล่นเสียงตามพิกัดที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ และ 3. โทรเข้าไปสั่งให้ระบบส่งสัญญาณ DTMF ของพิกัดตำแหน่งเพื่อนำไปแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนแผ่นที่ในคอมพิวเตอร์ เริ่มต้นจะเรียกใช้ฟังก์ชัน Read_in() เพื่อรับค่าพิกัดตำแหน่ง จากนั้นสั่งกำหนดความยาวของสัญญาณ DTMF โดย printf("AT+VTD=2\n"); แล้วจึงคอยสั่ง printf("AT+VTS=D"); และวนรับค่าพิกัดตำแหน่งจนครบ 24 ตัว เมื่อครบแล้วจะ printf("\n"); จึงส่งสัญญาณ DTMF ออกไป ซึ่งจะได้ AT+VTS=DXXXX#XXXXBXXXXX#XXXXA <CR> (X คือ ค่าพิกัดตัวเลข 0-9)

เมื่อภาครับค่าสัญญาณ DTMF ของพิกัดตำแหน่งจากภาคส่ง จากนั้นจะนำค่าที่ได้มาสร้างฟิลด์ใหม่คือ ฟิลด์ RMC เพื่อให้โปรแกรมแผนที่ในโครงงานใช้ระบุพิกัดได้

โดยข้อมูลจากภาคส่งเป็น DXXXX#XXXXBXXXXX#XXXXA จะสร้างเป็น ฟิลด์ RMC เท่ากับ $GPRMC,,A, XXXXXXXX,N, XXXXXXXX,E<CR>

ซึ่งในการทำงานของโปรแกรมจริงจะไม่ได้ส่งค่าพิกัดที่รับเข้ามาแล้วแปลงเสร็จทีเดียวออกทางพอร์ตอนุกรมพร้อมกันหมด แต่จะทำงานโดยเมื่อสัญญาณ DTMF รับเข้าหนึ่งเสียงตัวโปรแกรมก็จะทำการแปลงหนึ่งค่าแล้วก็ส่งออกพอร์ตอนุกรมไป เช่น ภาคส่งส่งสัญญาณ D มา ภาครับ Detect ได้ก็จะแปลงเป็น $GPRMC,,A, ทำอย่างนี้ไปจนครบค่าพิกัด ในส่วนตัวโปรแกรมแผนที่ก็เช่นกันจะรอรับค่าพิกัดทางพอร์ตอนุกรมที่แปลงแล้วทีละค่าจนครบค่าพิกัดจึงจะทำการระบุตำแหน่งในแผนที่หนึ่งครั้ง

หมายเหตุ ในการสั่งงานของระบบทั้งหมดนั่นต้องรอให้ไมโครคอนโทลเลอร์ทำรายการใดๆเสร็จสิ้นก่อน โดยฟังจากข้อความเสียง จะต้องให้เสียงสิ้นสุดแล้วจึงสามารถสั่งงานใดๆต่อไปได้ ซึ่งถ้าสั่งงานขณะที่กำลังเล่นเสียงตอบรับอยู่นั่น ระบบก็จะไม่ตอบสนองต่อคำสั่งนั่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลอง 4.1 ส่วน GPS Module

การทดลองที่ 4.1.1

จุดประสงค์การทดลอง

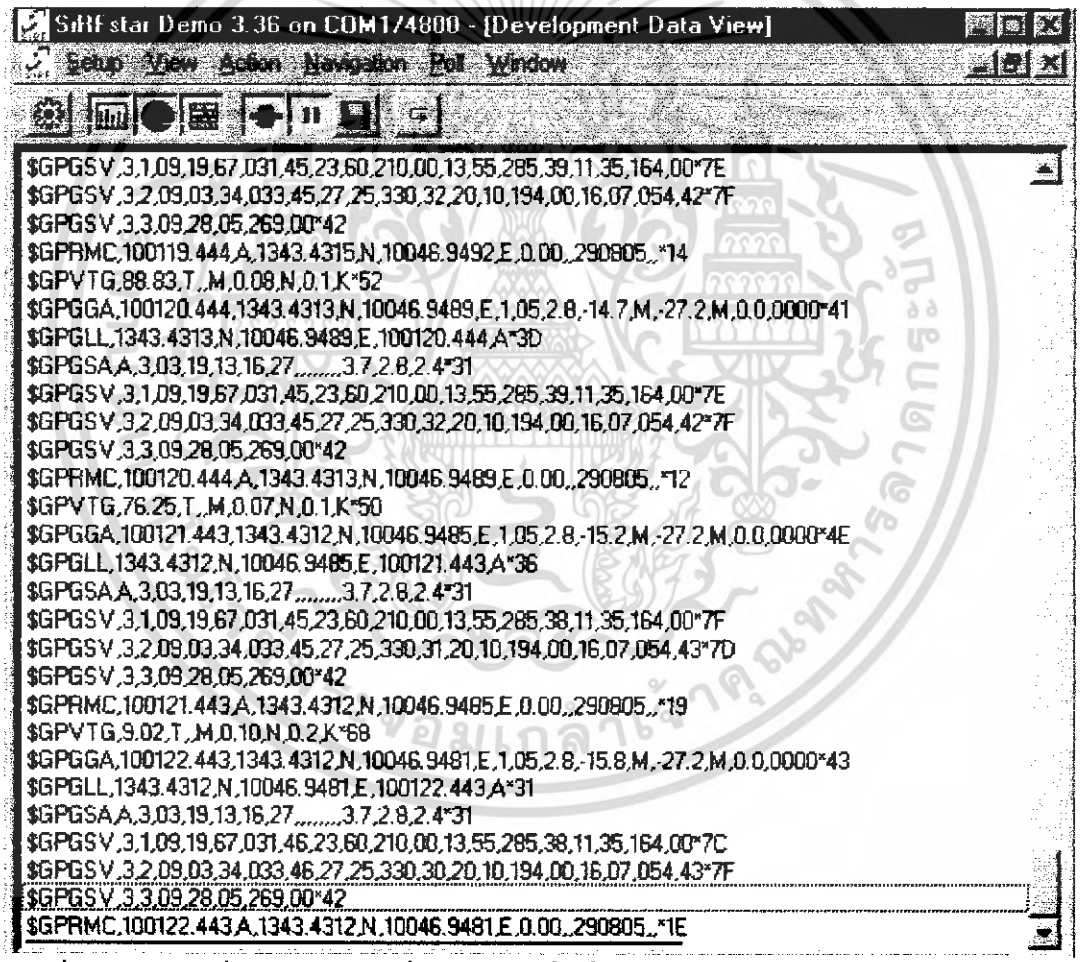
1. เพื่อดูว่าข้อมูลที่รับมาจากเครื่องรับ GPS Module มีรูปแบบเป็นอย่างไร

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อ GPS Module เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม

2. ใช้โปรแกรม HyperTerminal หรือ ตามที่โครงงานใช้คือ SIRFDEMO เพื่อดูข้อมูลว่าข้อมูลที่รับมาจะมีรูปแบบอย่างไร

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 ข้อมูลดิบที่ส่งออกมาจากเครื่องรับ GPS เมื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม

สรุปผล : จากผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าข้อมูลที่ส่งมาอยู่ในรูปประโยคของ NMEA ดังที่แสดงในรายละเอียดไปแล้วในบทที่ผ่านมา แต่ข้อมูลที่เราสนใจ และนำมาใช้ในโครงงานนี้คือค่าพิกัด ตำแหน่งละติจูด(X) และลองติจูด(Y) เท่านั้น จากการอ้างอิงกับมาตรฐาน NMEA183 จึงพิจารณาเพียงแค่ประโยค (Sentence ID) $GPRMC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างจากรูปที่ 4.1 $GPRMC,100122.443,A,1343.4312,N,10046.9481,E,0.00,,290805,,*1E ซึ่งจะมีความหมายว่า ค่าพิกัดตำแหน่งละติจูด(X) เท่ากับ 13 องศา 43.4312 ลิปดา หรือ 13 องศา 43 ลิปดา 25.872 พิลิปดา และลองติจูด(Y) เท่ากับ 100 องศา 46.9481 ลิปดา หรือ 100 องศา 46 ลิปดา 56.886 พิลิปดา

ส่วนกรณีที่เครื่องรับ GPS รับสัญญาณไม่ได้ หรือไม่มีสัญญาณนั้น ข้อมูลจะถูกส่งออกมาในรูปที่มีเครื่องหมายคอมม่า (,) ติดกันไปดังรูปที่ 4.1

การทดลองที่ 4.1.2

ใช้โปรแกรม SIRFDEMO ช่วยในการวัดผลการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลเป็นกราฟิกแสดงรูปดาวเทียม และค่าพิกัดเป็นค่าตำแหน่งทศนิยมซึ่งง่ายต่อการนำไปป้อนข้อมูลในโปรแกรม Map King ซึ่งเป็นโปรแกรมแผนที่ของกรุงเทพและปริมณฑล ที่สามารถป้อนข้อมูลเป็นตัวเลขละติจูด ลองติจูด ในการช่วยหาพิกัดตำแหน่ง

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทดสอบว่าเครื่องรับ GPS Module บอกพิกัดตำแหน่งได้ถูกต้องหรือไม่

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อ GPS Module เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม

2. ใช้โปรแกรม HyperTerminal หรือ ตามที่โครงงานใช้คือ SIRFDEMO ในการดูค่าพิกัด และดูจำนวนดาวเทียมที่รับ GPS Module ได้ และจำนวนดาวเทียมที่นำมาคำนวณค่าพิกัด บันทึกผลทุกๆ 1 นาที เป็นเวลา 5 นาที

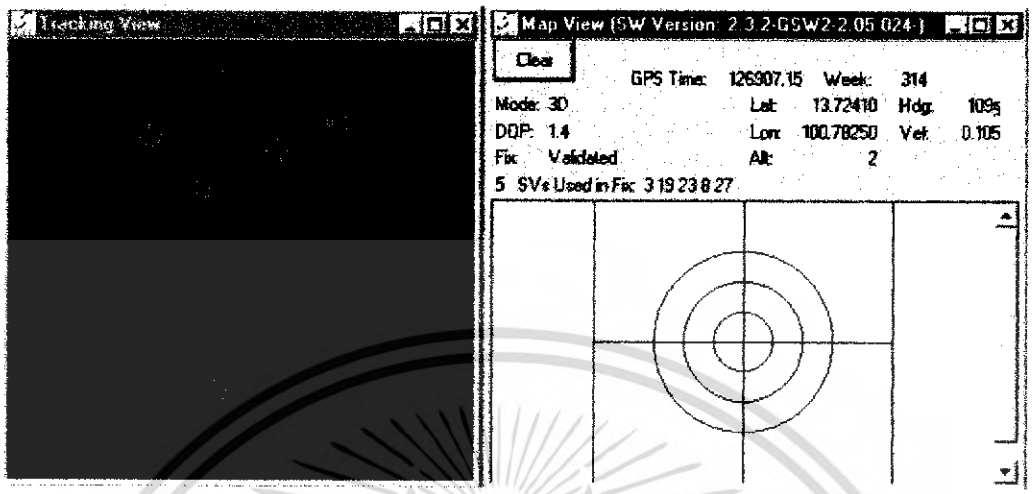
3. นำค่าพิกัดตำแหน่งทุกๆ 1 นาที ที่ได้มาป้อนค่าพิกัดในโปรแกรม Map King เพื่อหาตำแหน่งในแผนที่

หมายเหตุ : จุดที่ทำการวัดเป็นจุดหยุดนิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

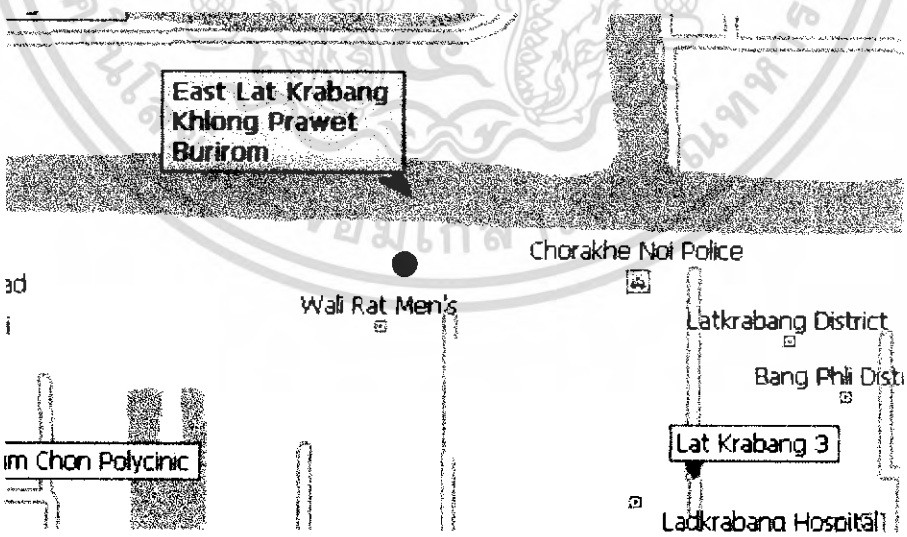
- บันทึกผลที่เวลา 18.16 น.



รูปที่ 4.2 แสดงพิกัดตำแหน่ง จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้ และจำนวนที่มาคำนวณหาค่าพิกัด ณ. เวลา 18.16 น.

- จากรูปที่ 4.2 จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้คือ 11 ดวง
จำนวนที่มาคำนวณหาค่าพิกัดคือ 5 ดวง
ค่าพิกัดตำแหน่งคือ ละติจูดที่ 13.72410 องศา, ลองติจูดที่ 100.78250

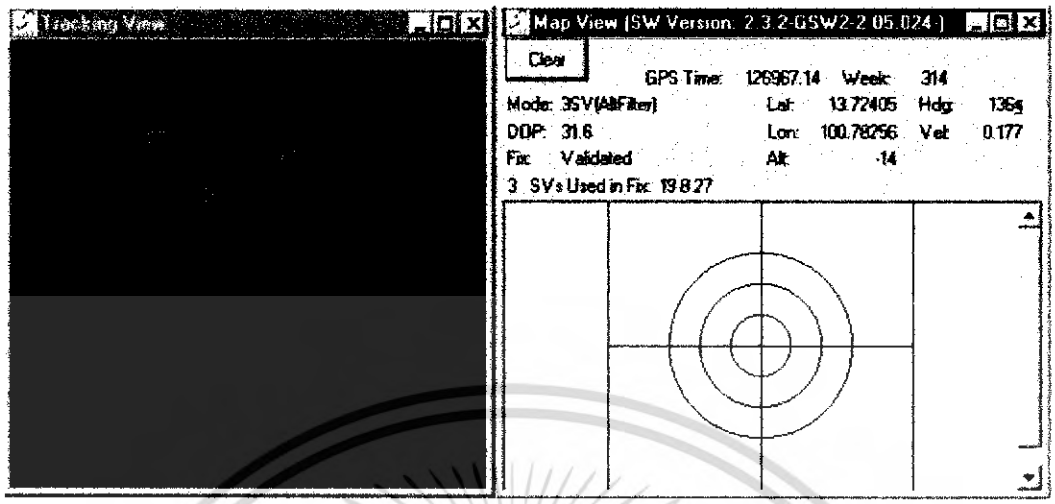
หมายเหตุ : จำนวนดาวเทียมที่นำมาคำนวณพิกัดตำแหน่งสามารถดูได้จากรูป ในส่วนที่บอกว่า 5 SVs Used in Fix ตัวเลข 5 จะเป็นตัวบอกจำนวน



รูปที่ 4.3 แสดงพิกัดตำแหน่งบนแผนที่ ณ.เวลา 18.16 น.

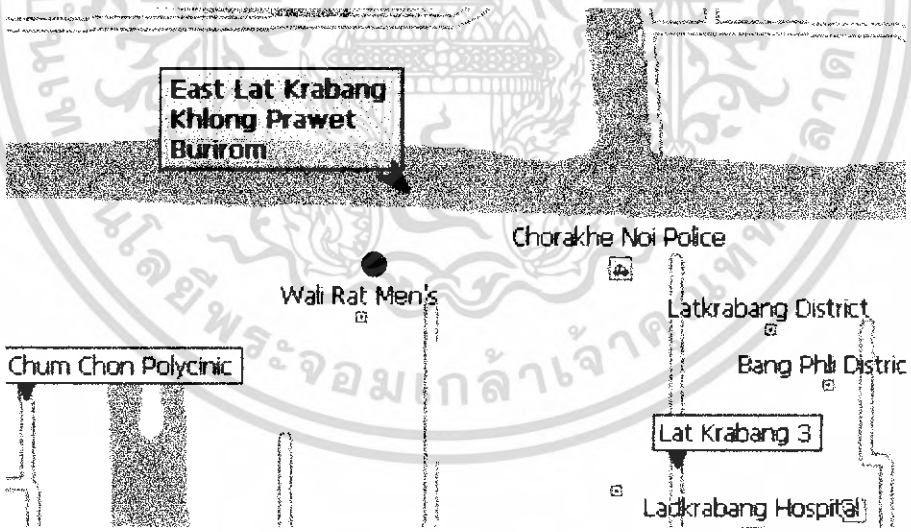
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บันทึกผลที่เวลา 18.17 น.



รูปที่ 4.4 แสดงพิกัดตำแหน่ง จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้ และจำนวนที่มาคำนวณหาค่าพิกัด เวลา 18.17 น.

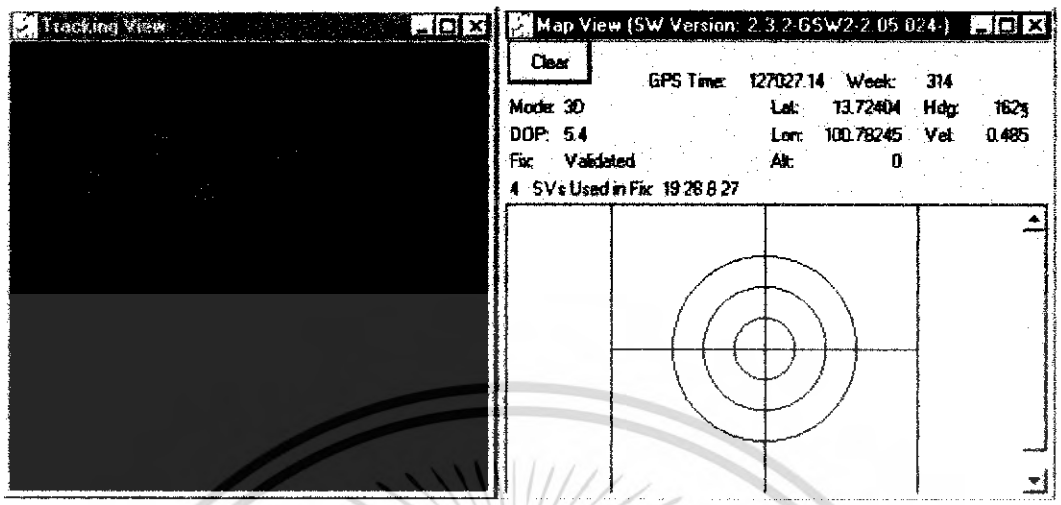
- จากรูปที่ 4.4 จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้คือ 11 ดวง
จำนวนที่มาคำนวณหาค่าพิกัดคือ 3 ดวง
ค่าพิกัดตำแหน่งคือ ละติจูดที่ 13.72405 องศา, ลองติจูดที่ 100.78256



รูปที่ 4.5 แสดงพิกัดตำแหน่งบนแผนที่ ณ.เวลา 18.17 น.

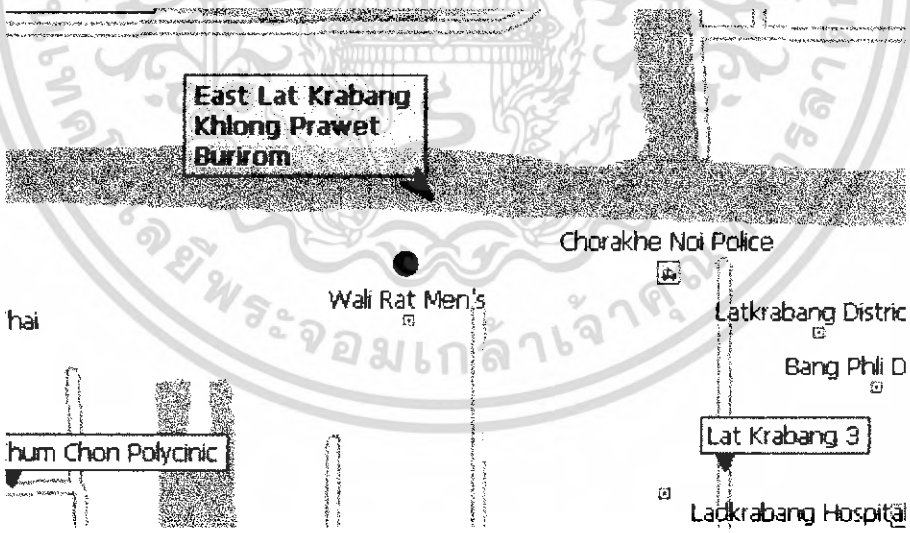
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บันทึกผลที่เวลา 18.18 น.



รูปที่ 4.6 แสดงพิกัดตำแหน่ง จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้ และจำนวนที่มาคำนวณหาค่าพิกัด ณ. เวลา 18.18น.

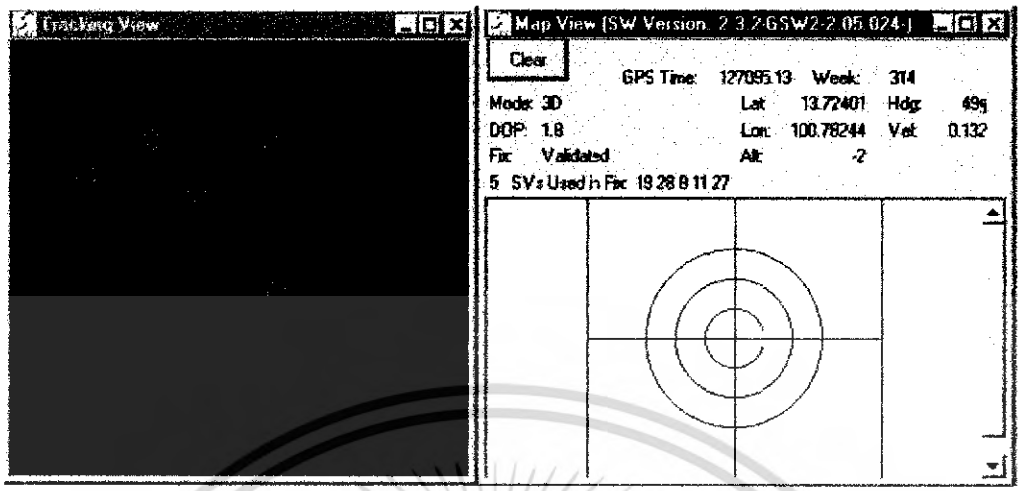
- จากรูปที่ 4.6 จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้คือ 11 ดวง
จำนวนที่มาคำนวณหาค่าพิกัดคือ 4 ดวง
ค่าพิกัดตำแหน่งคือ ละติจูดที่ 13.72404 องศา, ลองติจูดที่ 100.78245



รูปที่ 4.7 แสดงพิกัดตำแหน่งบนแผนที่ ณ.เวลา 18.18 น.

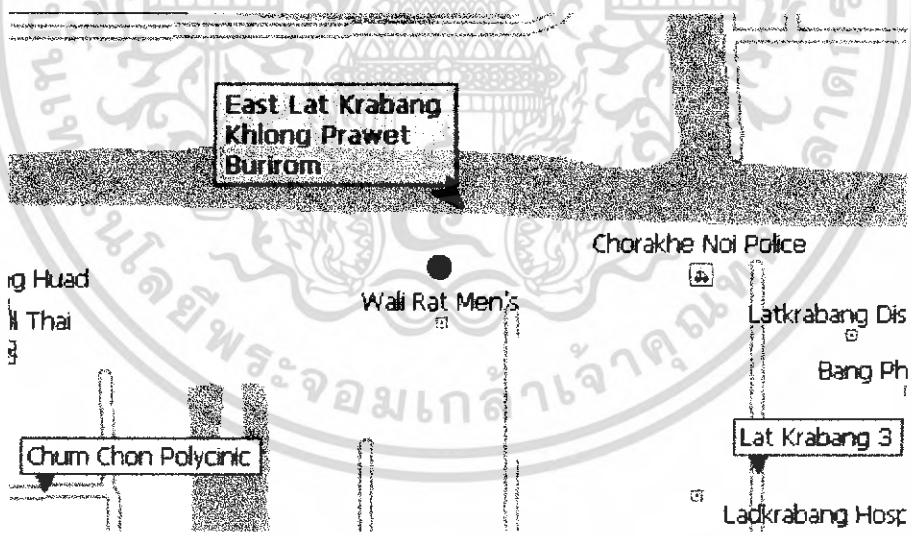
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บันทึกผลที่เวลา 18.19 น.



รูปที่ 4.8 แสดงพิกัดตำแหน่ง จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้ และจำนวนที่มาคำนวณหาค่าพิกัด ณ. เวลา 18.19 น.

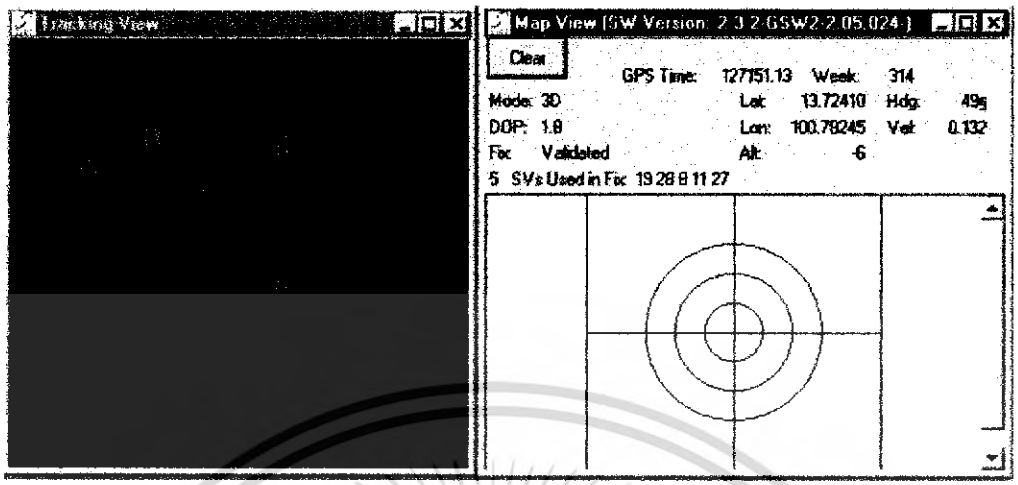
- จากรูปที่ 4.8 จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้คือ 11 ดวง
จำนวนที่มาคำนวณหาค่าพิกัดคือ 5 ดวง
ค่าพิกัดตำแหน่งคือ ละติจูดที่ 13.72401 องศา, ลองติจูดที่ 100.78244



รูปที่ 4.9 แสดงพิกัดตำแหน่งบนแผนที่ ณ.เวลา 18.19 น.

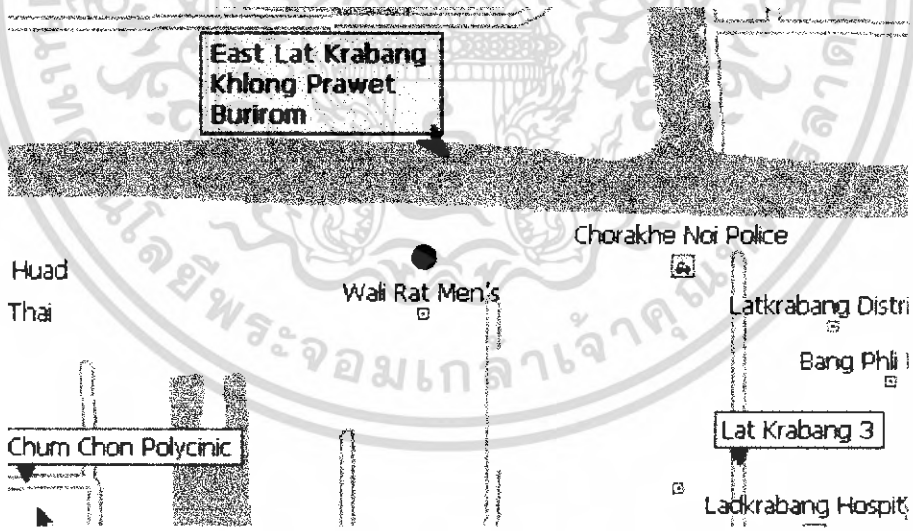
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บันทึกผลที่เวลา 18.20 น.



รูปที่ 4.10 แสดงพิกัดตำแหน่ง จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้ และจำนวนที่มาคำนวณหาค่าพิกัด ณ. เวลา 18.20 น.

- จากรูปที่ 4.10 จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้คือ 11 ดวง
จำนวนที่มาคำนวณหาค่าพิกัดคือ 5 ดวง
ค่าพิกัดตำแหน่งคือ ละติจูดที่ 13.72410 องศา, ลองติจูดที่ 100.78245



รูปที่ 4.11 แสดงพิกัดตำแหน่งบนแผนที่ ณ.เวลา 18.20 น.

สรุปผล: จากผลการทดลองที่ได้จะเห็นได้ว่า GPS Module สามารถที่จะระบุตำแหน่งได้จุดพิกัดที่ใกล้เคียงมากกับจุดที่ทำการวัดโดยประมาณ (จุดวงกลม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4.2

ส่วนวงจรบันทึกเสียง

จุดประสงค์การทดลอง

1.เพื่อทดสอบว่าวงจรบันทึกเสียงมีแบนด์วิดรับสัญญาณเสียงพูดในช่วงใด

ขั้นตอนการทดลอง

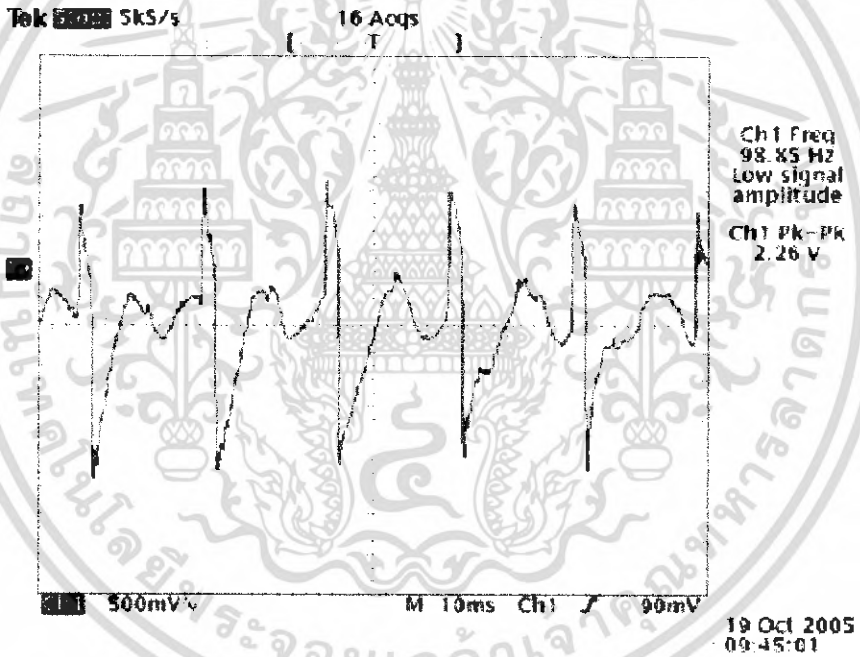
1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.5 วงจรบันทึกเสียงและเล่นกลับ

2. ทดลองอัดและเล่นเสียงตามที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 หัวข้อ 3.3 โดยทดลองป้อนอินพุตเป็นสัญญาณ Sin 100 Hz, Sin 340 Hz ,Sin 500 Hz ,Sin 1 kHz, Sin 1.5 kHz, Sin 2 kHz , Sin 2.5 kHz Sin 3 kHz

3. วัดสัญญาณเอาท์พุตและบันทึกผล

ผลการทดลอง

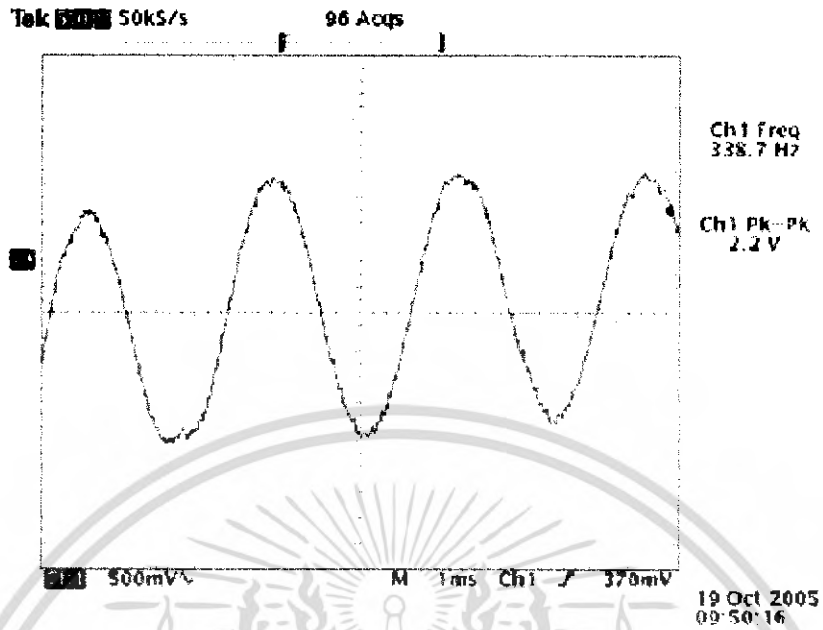
- สัญญาณเอาท์พุตที่ได้เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตเป็น sin 100 Hz



รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุตเป็น Sin 100 Hz

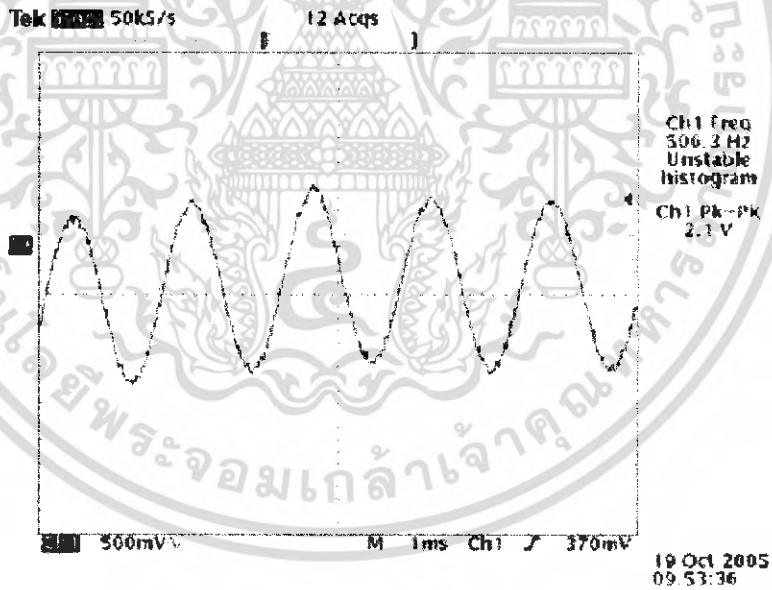
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญญาณเอาท์พุตที่ได้เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตเป็น sin 340 Hz



รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุตเป็น sin 340 Hz

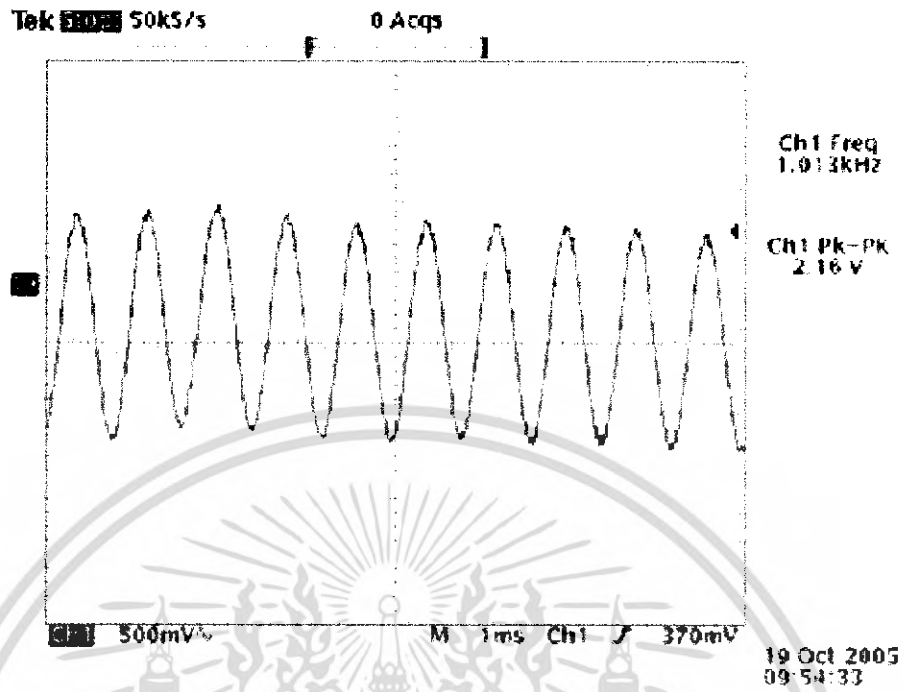
- สัญญาณเอาท์พุตที่ได้เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตเป็น sin 500 Hz



รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุตเป็น sin 500 Hz

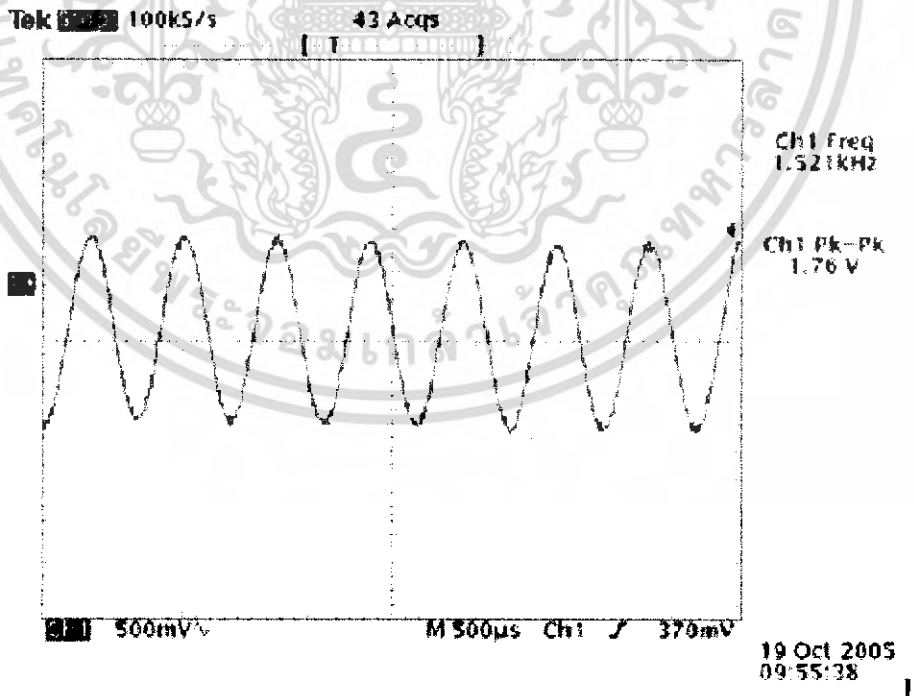
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเอาท์พุตที่ได้เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตเป็น sin 1 kHz



รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุตเป็น sin 1 kHz

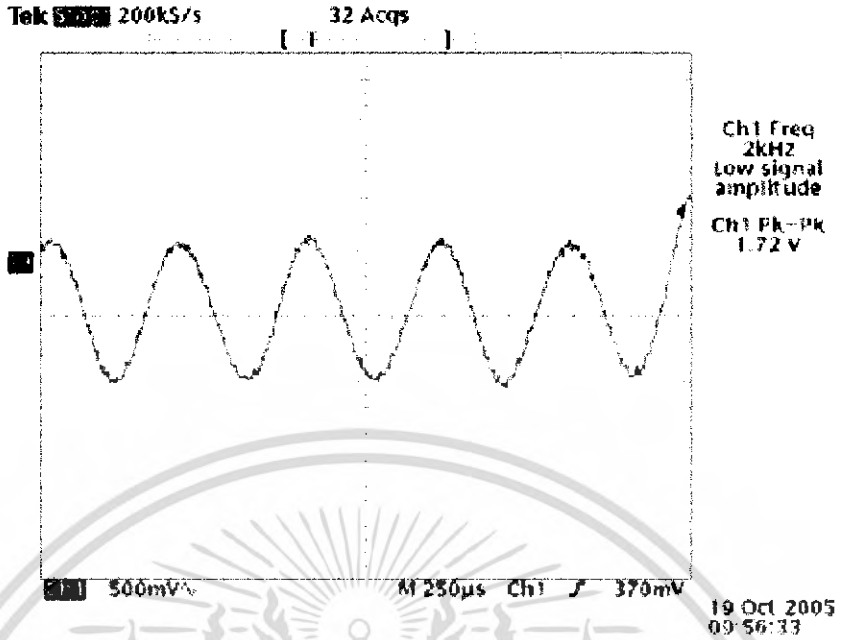
- สัญญาณเอาท์พุตที่ได้เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตเป็น sin 1.5 kHz



รูปที่ 4.16 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุตเป็น sin 1.5 kHz

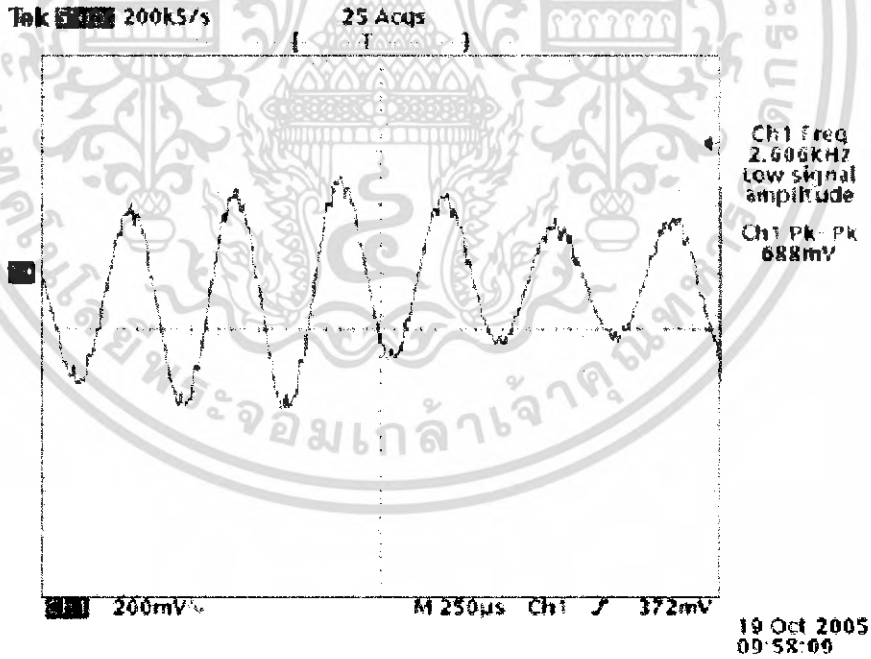
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญญาณเอาท์พุตที่ได้เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตเป็น sin 2 kHz



รูปที่ 4.17 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุตเป็น sin 2 kHz

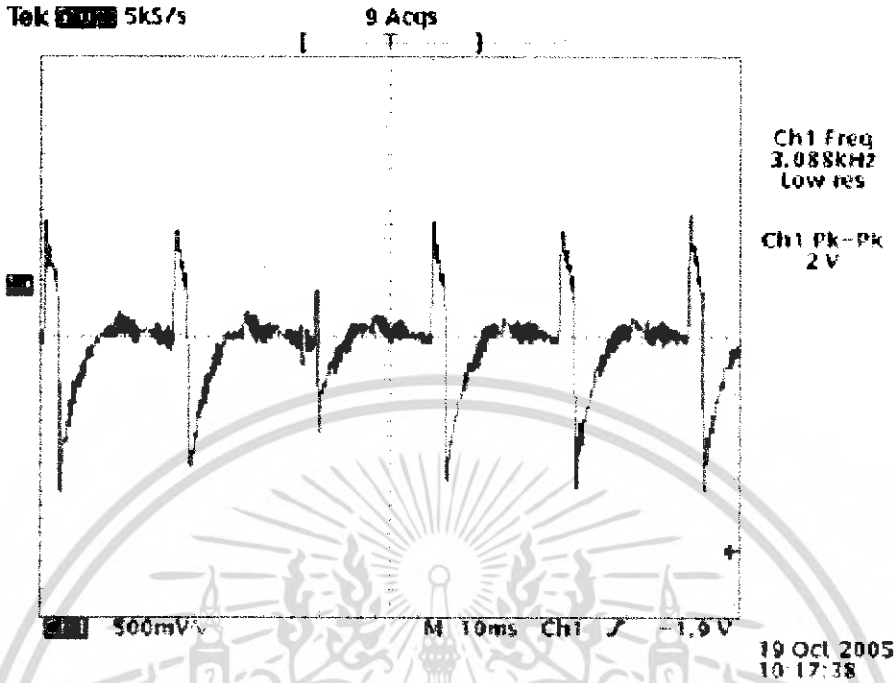
- สัญญาณเอาท์พุตที่ได้เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตเป็น sin 2.5 kHz



รูปที่ 4.18 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุตเป็น sin 2.5 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญญาณเอาท์พุตที่ได้เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตเป็น sin 3 kHz



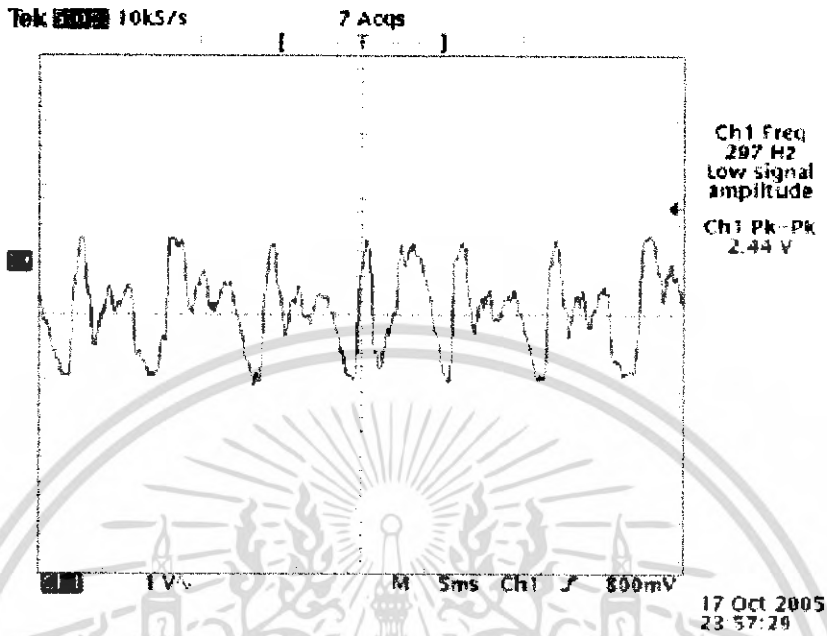
รูปที่ 4.19 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุตเป็น sin 3 kHz

สรุปผล: จากการทดลองจะเห็นว่าวงจรบันทึกเสียงมีแบนด์วิดสามารถรับสัญญาณเสียงพูด ได้ในช่วงประมาณ 300 -2500 Hz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ใกล้เคียงกับช่วงความถี่เสียงของมนุษย์คือ 300-3400 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

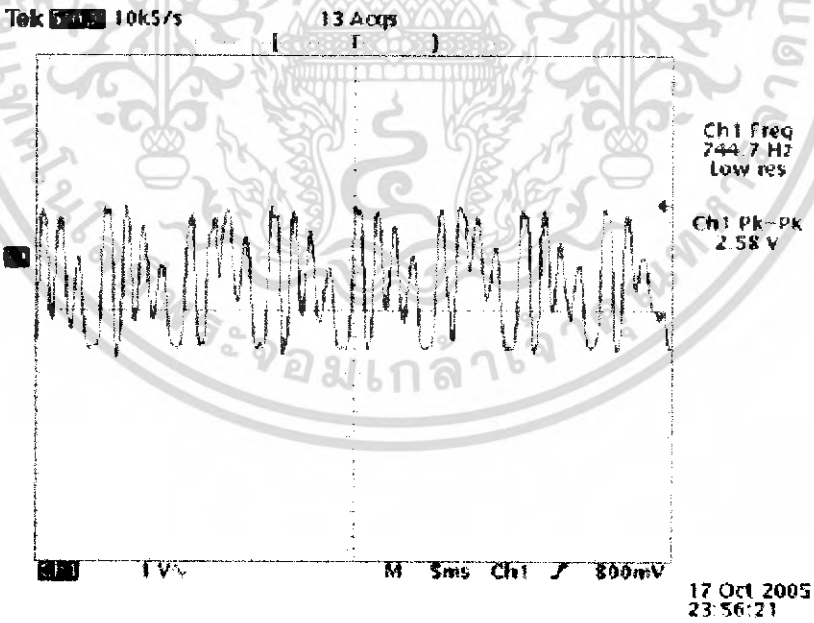
จากการทดลองวงจรบันทึกเสียง เมื่อเปลี่ยนเสียงที่บนทึกจากสัญญาณ sin เป็นเสียงพูดข้อความจริงจะได้เอาต์พุตดังรูปต่อไปนี้

- ข้อความว่า : ศูนย์



รูปที่ 4.20 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุตเป็นข้อความว่า: ศูนย์

- ข้อความว่า : หนึ่ง



รูปที่ 4.21 แสดงสัญญาณเอาท์พุต เมื่ออินพุตเป็นข้อความว่า: หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4.3

ส่วนวงจรถอดรหัส DTMF

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทดสอบว่าวงจรถอดรหัส DTMF สามารถถอดรหัสได้ถูกต้องหรือไม่

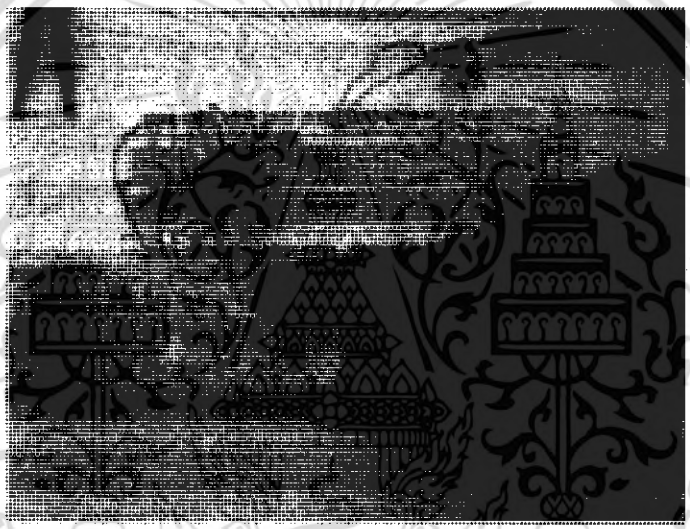
ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3 .4 วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF
2. กดปุ่ม 1,2,3…9,*,# ทีละปุ่ม
3. ดูผลเอาท์พุตที่ขา Q_1- Q_4 บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

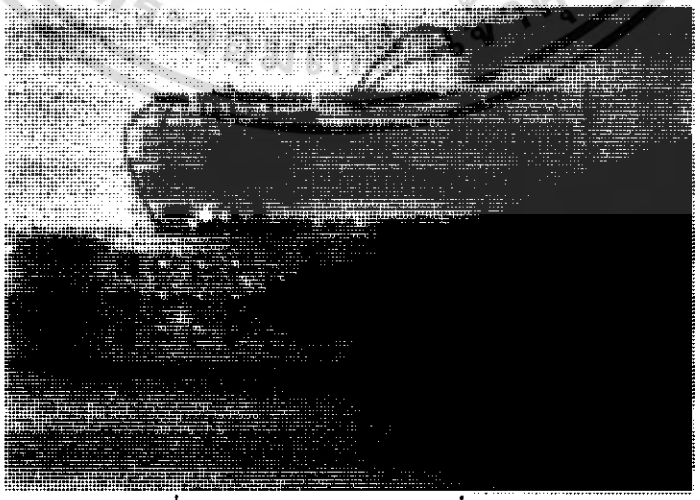
ตัวอย่างเช่น

- เมื่อทดลองกดปุ่ม 1



รูปที่ 4.22 แสดงสถานะ LED เมื่อกดปุ่ม 1

-เมื่อทดลองกดปุ่ม 2



รูปที่ 4.23 แสดงสถานะ LED เมื่อกดปุ่ม 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-เมื่อทดลองกดปุ่ม 3

รูปที่ 4.24 แสดงสถานะ LED เมื่อกดปุ่ม 3

-เมื่อทดลองกดปุ่ม 4

รูปที่ 4.25 แสดงสถานะ LED เมื่อกดปุ่ม 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งผลจากการกดปุ่มทั้งหมดจะได้ผลดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 4.1 แสดงผลจากการทดลองกดปุ่มโทรศัพท์

ปุ่มกด	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
0	1	0	1	0
*	1	0	1	1
#	1	1	0	0

หมายเหตุ * โดยกำหนดให้ไฟ ติด =1, ไม่ติด = 0 และ Q1 Q_2 Q_3 Q_4 เรียงจากซ้ายไปขวา ตามลำดับ

** สำหรับ ปุ่ม A, B, C, D ยังไม่ได้ทดลองเพราะหาโทรศัพท์ที่มีปุ่มกดเหล่านี้ไม่ได้

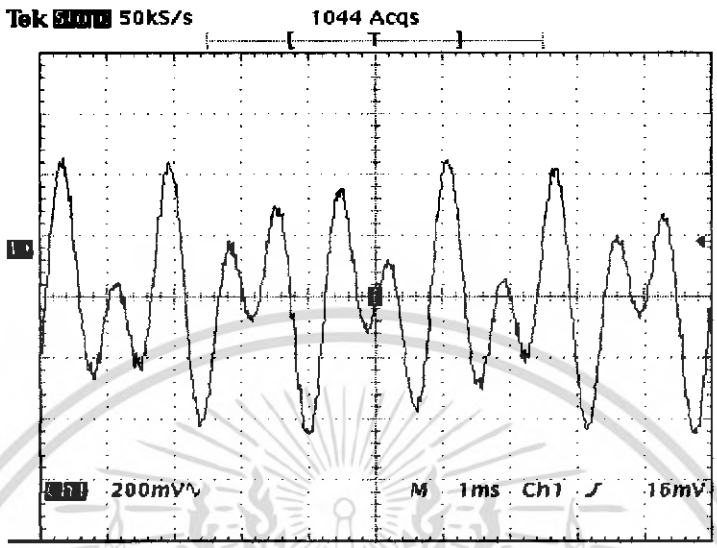
สรุปผล: จากการทดลองวงถอดรหัส DTMF สามารถถอดรหัสได้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองวัดสัญญาณเอาท์พุตเมื่อกดปุ่มต่างๆ

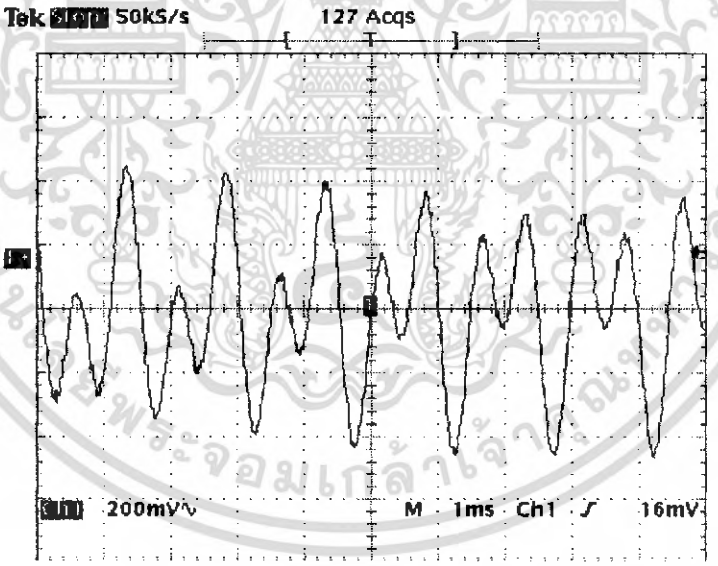
ตัวอย่างเช่น

- เมื่อกดปุ่ม 1



รูปที่ 4.26 แสดงสัญญาณเมื่อกดปุ่ม 1

- เมื่อกดปุ่ม 2



รูปที่ 4.27 แสดงสัญญาณเมื่อกดปุ่ม 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4.4

ทดสอบการใช้คำสั่ง GSM AT Command

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทดสอบดูว่าในแต่ละคำสั่งที่ส่งไปสั่งโมเด็มโทรศัพท์มือถือ โมเด็มมีการตอบสนองต่อคำสั่งอย่างไร

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อโทรศัพท์มือถือเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม
2. ใช้โปรแกรม Docklight (Serial Port Capture) และส่งคำสั่ง AT Command เพื่อดูการตอบสนองต่อคำสั่ง แล้วบันทึกผลที่ได้

ผลการทดลอง

```
3/19/2006 01:55:01.28 [TX] - AT+CPAS<CR><LF>

3/19/2006 01:55:01.31 [RX] - AT+CPAS<CR>
<CR><LF>
+CPAS: 0<CR><LF>
<CR><LF>
OK<CR><LF>
<CR><LF>
RING<CR><LF>

3/19/2006 01:55:28.18 [TX] - AT+CPAS<CR><LF>

3/19/2006 01:55:28.21 [RX] - AT+CPAS<CR>
<CR><LF>
+CPAS: 3<CR><LF>
<CR><LF>
OK<CR><LF>
<CR><LF>
RING<CR><LF>

3/19/2006 01:55:32.95 [TX] - ATA<CR><LF>

3/19/2006 01:55:32.98 [RX] - ATA<CR>
<CR><LF>
OK<CR><LF>

3/19/2006 01:55:37.50 [TX] - AT+CPAS<CR><LF>

3/19/2006 01:55:37.53 [RX] - AT+CPAS<CR>
<CR><LF>
+CPAS: 4<CR><LF>
<CR><LF>
OK<CR><LF>

3/19/2006 01:55:45.73 [TX] - ATH<CR><LF>

3/19/2006 01:55:45.75 [RX] - ATH<CR>
<CR><LF>
OK<CR><LF>
```

รูปที่ 4.28 แสดงการตอบสนองต่อคำสั่งGSM AT Command ของโมเด็มในโทรศัพท์มือถือ (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.28 เป็นการทดลองคำสั่ง AT+CPAS จากตารางที่ 2.12 ซึ่งเป็นคำสั่งตรวจเช็คสถานะของโทรศัพท์มือถือ จากผลการทดลองในสภาวะปกติคือไม่มีการโทรเข้าหรือโทรออกจะได้รับคำตอบคือ +CPAS: 0 หมายถึง อยู่ในสถานะเตรียมพร้อมทำงาน หลังจากนั้นทำการโทรเข้าในระหว่างที่มีการโทรเข้าก็ทดลองส่งคำสั่งอีกครั้งพบว่าได้รับคำตอบคือ +CPAS: 3 หมายถึง อยู่ระหว่างการเรียกเข้า หลังจากนั้นส่งคำสั่ง ATA เพื่อให้โทรศัพท์มือถือรับสายแล้วส่งคำสั่ง AT+CPAS อีกครั้งเพื่อตรวจสอบสถานะอีกครั้งพบว่าได้รับคำตอบคือ +CPAS: 4 หมายถึง การเรียกสำเร็จ (อยู่ระหว่างการสนทนา) หลังจากนั้นส่งคำสั่ง ATH เพื่อสั่งให้โทรศัพท์มือถือวางสายซึ่งก็สามารถสั่งงานได้อย่างถูกต้อง

```
3/19/2006 01:58:29.45 [TX] - AT^SPBG=1<CR>

3/19/2006 01:58:29.48 [RX] - AT^SPBG=1<CR>
<CR><LF>
^SPBG: 1,"066014515",129,"Aim.Chem"<CR><LF>
<CR><LF>
OK<CR><LF>

3/19/2006 01:58:53.56 [TX] - AT^SPBG=1,10<CR>

3/19/2006 01:58:53.59 [RX] - AT^SPBG=1,10<CR>
<CR><LF>
^SPBG: 1,"066014515",129,"Aim.Chem"<CR><LF>
^SPBG: 2,"094918396",129,"Amm@"<CR><LF>
^SPBG: 3,"092792196",129,"Amp.tele"<CR><LF>
^SPBG: 4,"090122023",129,"Aong Mecha"<CR><LF>
^SPBG: 5,"023267554",129,"Aon*112"<CR><LF>
^SPBG: 6,"065590962",129,"Aon.New"<CR><LF>
^SPBG: 7,"091577104",129,"Aon.Tele"<CR><LF>
^SPBG: 8,"067789794",129,"Arr@"<CR><LF>
^SPBG: 9,"1678",160,"Audio Text"<CR><LF>
^SPBG: 10,"028618814",129,"Aui.Tele*1"<CR><LF>
<CR><LF>
OK<CR><LF>
```

รูปที่ 4.29 แสดงการตอบสนองต่อคำสั่งGSM AT Command ของโมเด็มในโทรศัพท์มือถือ (2)

จากรูปที่ 4.29 เป็นการทดลองใช้คำสั่ง AT^SPBG จากตารางที่ 2.14 ซึ่งเป็นคำสั่งอ่านข้อมูลจากสมุดโทรศัพท์ ทดลองใช้คำสั่ง AT^SPBG=1 เพื่ออ่านข้อมูลเบอร์โทรลำดับที่1 และคำสั่ง AT^SPBG=1,10 เพื่ออ่านข้อมูลเบอร์โทรลำดับที่ 1 ถึง 10 พบว่าสามารถอ่านข้อมูลออกมาได้ถูกต้อง โดยข้อมูลจะเรียงลำดับตามตัวอักษรของชื่อที่บันทึก(ภาษาอังกฤษ) ได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<CR><LF>
RING<CR><LF>
<CR><LF>
RING<CR><LF>
<CR><LF>
RING<CR><LF>
<CR><LF>
RING<CR><LF>

3/19/2006 02:03:20.03 [TX] - AT+CLIP=1<CR><LF>

3/19/2006 02:03:20.04 [RX] - AT+CLIP=1<CR>
<CR><LF>
OK<CR><LF>
<CR><LF>
RING<CR><LF>
<CR><LF>
+CLIP: "094793990",129,,,,0<CR><LF>
<CR><LF>
RING<CR><LF>
<CR><LF>
+CLIP: "094793990",129,,,,0<CR><LF>
<CR><LF>
RING<CR><LF>
<CR><LF>
+CLIP: "094793990",129,,,,0<CR><LF>

3/19/2006 02:03:36.50 [TX] - AT+CLIP=0<CR><LF>

3/19/2006 02:03:36.51 [RX] - AT+CLIP=0<CR>
<CR><LF>
OK<CR><LF>
<CR><LF>
RING<CR><LF>
<CR><LF>
RING<CR><LF>
```

รูปที่ 4.30 แสดงการตอบสนองต่อคำสั่งGSM AT Command ของโมเด็มในโทรศัพท์มือถือ (3)

จากรูปที่ 4.30 เป็นการทดลองใช้คำสั่ง AT+CLIP จากตารางที่ 2.13 ซึ่งเป็นคำสั่งดูหมายเลขโทรเข้าจากผลการทดลองจะเห็นว่าเมื่อมีสายเรียกเข้าโมเด็มจะส่งเฉพาะ คำว่า RING ออกมาแต่เมื่อส่งคำสั่ง AT+CLIP=1 โมเด็มจะส่งหมายเลขของสายเรียกเข้าด้วย และเมื่อส่งคำสั่ง AT+CLIP=0 พบว่าโมเด็มจะส่งมาเฉพาะ RING เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
3/19/2006 02:08:22.01 [RX] - <CR><LF>
RING<CR><LF>

3/19/2006 02:08:22.92 [TX] - ATA<CR><LF>

3/19/2006 02:08:22.93 [RX] - ATA<CR>
<CR><LF>
OK<CR><LF>

3/19/2006 02:08:26.79 [TX] - AT+VTS=123456789<CR><LF>

3/19/2006 02:08:26.82 [RX] - AT+VTS=123456789<CR>
<CR><LF>
OK<CR><LF>

3/19/2006 02:08:33.17 [TX] - AT+VTD=10<CR><LF>

3/19/2006 02:08:33.18 [RX] - AT+VTD=10<CR>
<CR><LF>
OK<CR><LF>

3/19/2006 02:08:36.71 [TX] - AT+VTS=123456789<CR><LF>

3/19/2006 02:08:36.75 [RX] - AT+VTS=123456789<CR>
<CR><LF>
OK<CR><LF>

3/19/2006 02:08:51.75 [TX] - ATH<CR><LF>

3/19/2006 02:08:51.76 [RX] - ATH<CR>
<CR><LF>
OK<CR><LF>
```

รูปที่ 4.31 แสดงการตอบสนองต่อคำสั่งGSM AT Command ของโมเด็มในโทรศัพท์มือถือ (4)

จากรูปที่ 4.31 เป็นการทดลองเกี่ยวกับการส่งสัญญาณเสียง DTMF โดยคำสั่ง AT+VTD เป็นคำสั่งกำหนดความยาวเสียง DTMF (จากตาราง 2.11) และ คำสั่ง AT+VTS เป็นคำสั่งส่งสัญญาณ DTMF (จากตาราง 2.10) จากการทดลองพบว่าจะไม่สามารถใช้คำสั่ง AT+VTS ได้เนื่องจากการส่งต้องอยู่ในระหว่างการสนทนาเท่านั้น

ทดลองส่งสัญญาณเสียงDTMF "123456789" โดยใช้คำสั่ง AT+VTS=123456789 โมเด็มก็จะสั่งให้โทรศัพท์มือถือส่งสัญญาณเสียง DTMF "123456789" ออกมาแต่ระยะเวลาจะสั้นมากเนื่องจากค่าเริ่มต้นของความยาวเสียง DTMF 0.1 วินาทีต่อหนึ่งสัญญาณต่อมาทดลองเหมือนเดิมแต่ต้องการความยาวเสียงเพิ่มขึ้นเป็น 1วินาทีโดยส่งคำสั่ง AT+VTD=10 (ดูตาราง 2.11) หลังจากนั้นสั่งให้ส่งสัญญาณ DTMF "123456789" อีกครั้งพบว่าระยะเวลา ของสัญญาณแต่ละตัวมีความยาวขึ้นเป็นหนึ่งวินาที

สรุปผล: จากการทดลองการตอบรับคำสั่งของโมเด็มทำได้ถูกต้องรวดเร็วในทุกคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4.5

ทดสอบการทำงานส่วนควบคุมรีเลย์

จุดประสงค์การทดลอง

1.เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถสั่งปิดหรือเปิด Channel ของรีเลย์ ได้ถูกต้องตามต้องการหรือไม่

ขั้นตอนการทดลอง

1.ใช้โทรศัพท์ (A) โทรเข้าไปที่เบอร์โทรศัพท์มือถือ (B) ที่ติดตั้งไว้กับเครื่องระบบติดตามรถยนต์

2.โทรศัพท์มือถือ (B) รับสาย

3. ให้กดปุ่มที่โทรศัพท์(A) โดยเมื่อต้องการสั่งเปิดรีเลย์ให้เริ่มจากกด (“* ”) และหลังจากนั้นก็กดปุ่มหมายเลข Channel ที่จะเปิด โดยสามารถสั่งเปิดติด ต่อกันได้เรื่อยๆ หรือ สั่งปิดรีเลย์โดยเริ่มจากกด (“# ”) และหลังจากนั้นก็กดปุ่มหมายเลข Channel ที่จะปิด โดยสามารถสั่งปิดติดต่อกันได้เรื่อยๆเช่นกัน (ทุกการกดปุ่มจะมีข้อความเสียง ให้ฟังข้อความเสียงแล้วค่อยกดปุ่มหลังจากข้อความเสียงจบ)

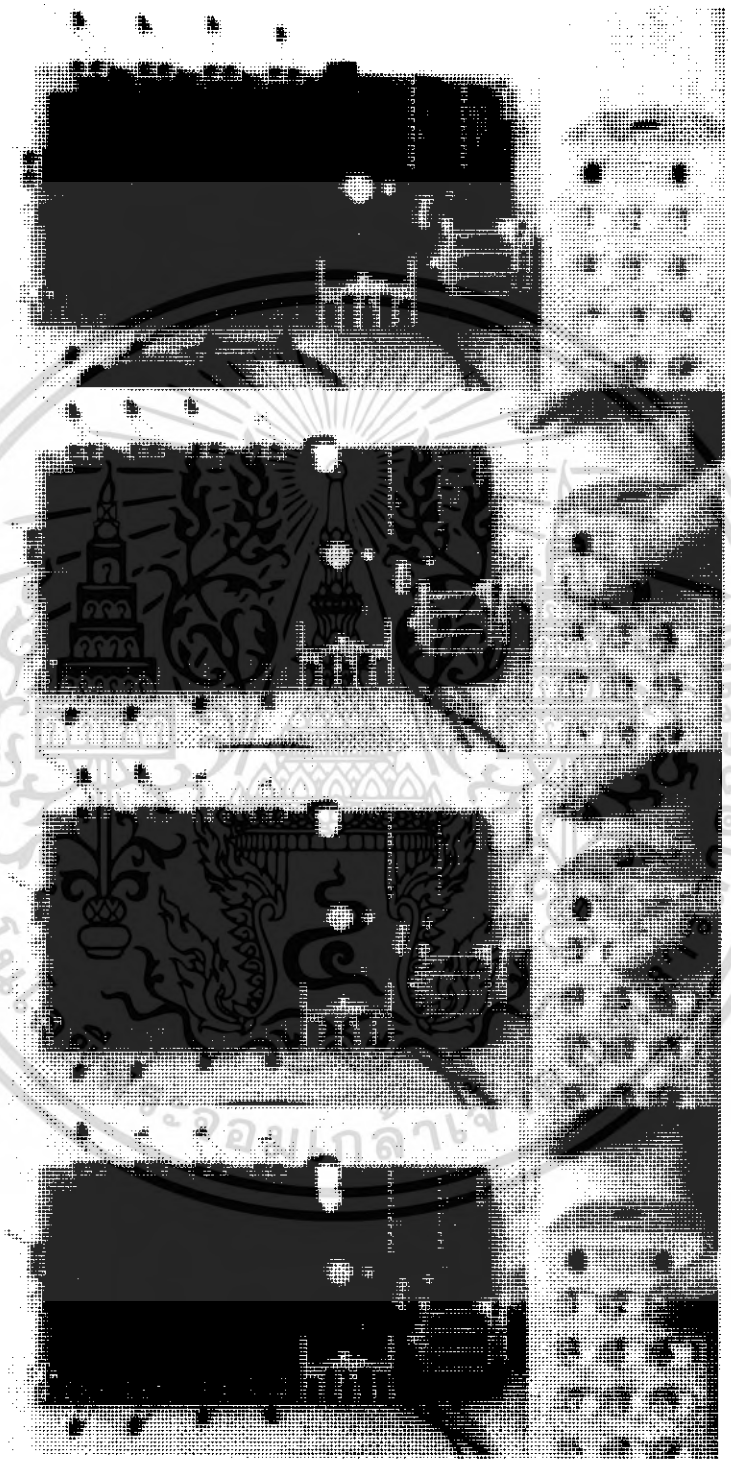
4. สังเกตผลที่เกิดขึ้น

รูปที่ 4.32 แสดงสถานะเริ่มต้นส่วนควบคุมรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

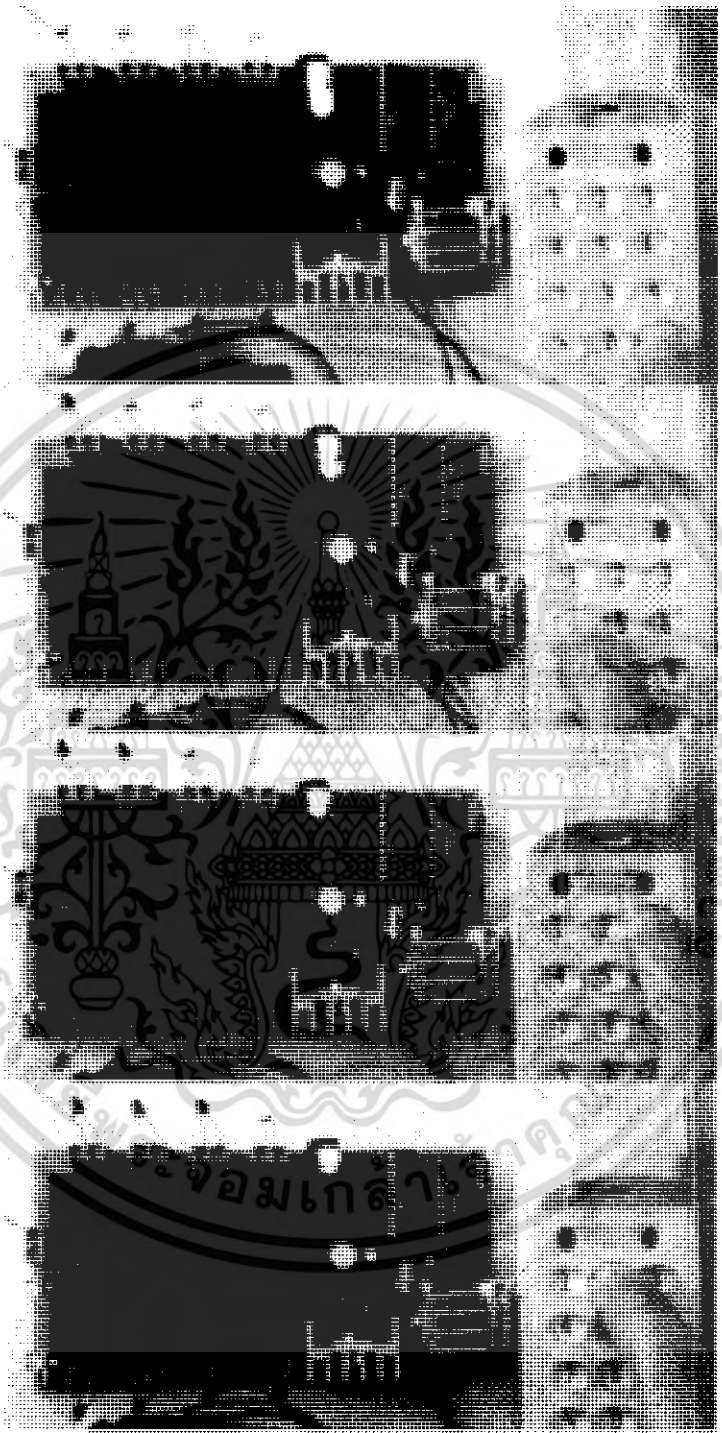
สั่งเปิดรีเลย์โดยเริ่มจากกด ("* ") และหลังจากนั้นก็กดปุ่มหมายเลขที่จะเปิด โดยสามารถสั่งเปิดติด ต่อกันได้เรื่อยๆ เช่น กด ("* ") + ("1 ") + ("2 ") + ("3 ") หมายถึง การสั่งเปิดช่องที่ 1 , 2 , 3 ตามลำดับดังรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.33 แสดงการเปิดรีเลย์ที่ 1 ,2 ,3 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สั่งเปิดรีเลย์โดยเริ่มจากกด (“# ”) และหลังจากนั้นก็กดปุ่มหมายเลขที่จะเปิด โดยสามารถสั่งเปิดติด ต่อกันได้เรื่อยๆ เช่น กด (“# ”) + (“4 ”) + (“3 ”) + (“2 ”) หมายถึง การสั่งเปิดช่องที่ 4 , 3 , 2 ตามลำดับดังรูปที่ 4.34



รูปที่ 4.34 แสดงการปิดรีเลย์ที่ 4, 3, 2 ตามลำดับ

สรุปผล: จากการทดลองส่วนควบคุมของรีเลย์ สามารถเปิดหรือปิด Channel ของรีเลย์ ได้ถูกต้องตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4.6

ทดสอบการทำงานของระบบติดตามยานพาหนะด้วย GPS ผ่านโทรศัพท์มือถือโดยการรับข้อมูลเป็นข้อความเสียงบอกพิกัดตำแหน่ง

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทดสอบว่าค่าพิกัดที่ฟังได้จากเครื่องระบบติดตามรถยนต์ผ่านโทรศัพท์มือถือบอกพิกัดถูกต้องหรือไม่

ขั้นตอนการทดลอง

1. ใช้โทรศัพท์ (A) โทรเข้าไปที่เบอร์โทรศัพท์มือถือ (B) ที่ติดตั้งไว้กับเครื่องระบบติดตามรถยนต์ขณะที่รถแล่นอยู่
2. โทรศัพท์มือถือ (B) รับสาย
3. กดปุ่ม 0 (ดังได้กล่าวแล้วในบทที่ 3) ที่โทรศัพท์ (A) เพื่อฟังพิกัดตำแหน่ง บันทึกผลตามเสียงที่ได้ยิน

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 แสดงผลค่าพิกัดตำแหน่งที่ฟังได้จากโทรศัพท์มือถือ

สถานที่	พิกัดตำแหน่งที่ฟังจากโทรศัพท์
ขณะรถแล่นผ่านหน้าธนาคารกรุงไทย	1343.3139N 10047.1668E
ขณะรถแล่นผ่านหน้าแยกฉลองกรุง	1343.3164N,10046.8168E
ขณะรถแล่นผ่านหน้า สน.ลาดกระบัง	1343.3014N,10045.8382 E
ขณะรถแล่นผ่านแยกเจ้าคุณทหาร	1345.0312 N,10047.6562 E
ขณะรถแล่นผ่านแยกหน้านิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง	1345.3468 N,10047.8806 E

จากข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่ฟังจากโทรศัพท์จะเป็นในรูปแบบ องศา/ลิปดา ทศนิยม

เช่น พิกัดตำแหน่งที่หน้าธนาคารกรุงไทย = 1343.3139N 10047.1668E

1343.3139 (dd.mm.mmmm) คือ ค่าละติจูด

10047.1668 (dd.mm.mmmm) คือ ค่าลองติจูด โดย d=องศา, m=ลิปดา

จะได้ 1343.3139 = 13 องศา 43.3139 ลิปดา

= 13 องศา + (43.3139/60) องศา

ฉะนั้น 1343.3139N = 13.721998 องศาเหนือ

และ 10047.1668 = 100 องศา 47.1668 ลิปดา

= 100 องศา + (47.1668/60) องศา

ฉะนั้น 10047.1668E = 100.786113 องศาตะวันออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผล: จากผลการทดลองเมื่อนำข้อมูลมาเช็คพิกัดตำแหน่งกับแผนที่สามารถบอกพิกัดได้ถูกต้อง ซึ่งใช้ช่วยในการติดตามยานพาหนะได้ว่ากำลังวิ่งอยู่บนเส้นทางใดและกำลังมุ่งหน้าไปทิศทางไหนในกรณีที่ผู้ใช้ไม่มีคอมพิวเตอร์ในขณะนั้น

การทดลองที่ 4.7

ทดสอบการทำงานของระบบติดตามยานพาหนะด้วย GPS ผ่านโทรศัพท์มือถือโดยการรับข้อมูลเป็นสัญญาณ DTMF ของพิกัดตำแหน่ง แล้วแสดงพิกัดตำแหน่งในแผนที่บนคอมพิวเตอร์

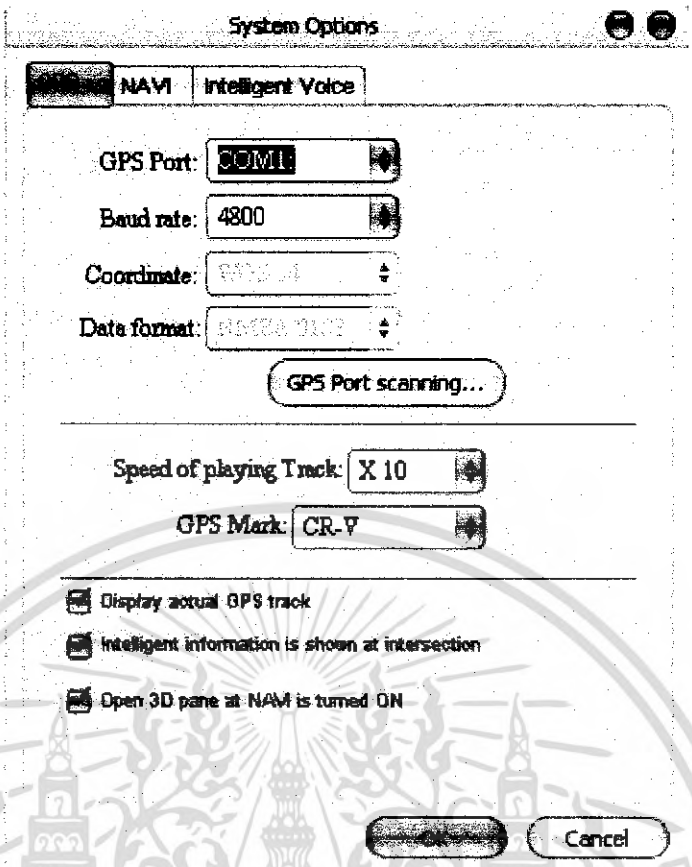
จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถบอกพิกัดตำแหน่งยานพาหนะตามเส้นทางที่แล่นได้ถูกต้องหรือไม่

ขั้นตอนการทดลอง

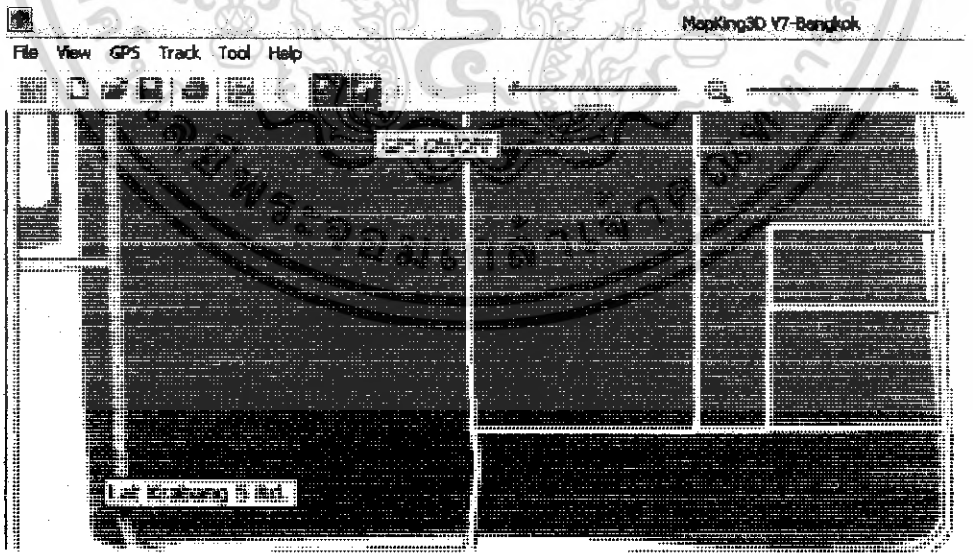
1. ใช้โทรศัพท์ที่ด้านรับ (ด้านผู้ใช้) โทรเข้าไปที่เบอร์โทรศัพท์มือถือที่ด้านส่ง (ด้านยานพาหนะ) ที่ติดตั้งไว้กับเครื่องระบบติดตามยานพาหนะขณะที่รถแล่นอยู่
2. โทรศัพท์มือถือด้านส่ง รับสาย
3. กดปุ่ม 8 (ดังได้กล่าวแล้วในบทที่ 3) ที่โทรศัพท์ด้านรับ เพื่อให้ระบบทำการส่งสัญญาณเสียง DTMF ของพิกัดตำแหน่งที่รับมาจาก GPS Module
4. เชื่อมต่อโทรศัพท์เข้ากับระบบทางด้านรับ
5. ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ให้เปิดโปรแกรม Map King
6. แล้วให้คลิกที่ Tool เลือกที่ Options ทำการ Set ค่าต่างๆดังรูปที่ 4.35 เสร็จแล้วคลิก OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.35 Set ค่าในโปรแกรม Map King

7. หลังจากนั้นให้คลิกที่ GPS ON/OFF เพื่อให้โปรแกรมเชื่อมต่อกับข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่รับเข้ามาทาง Com Port



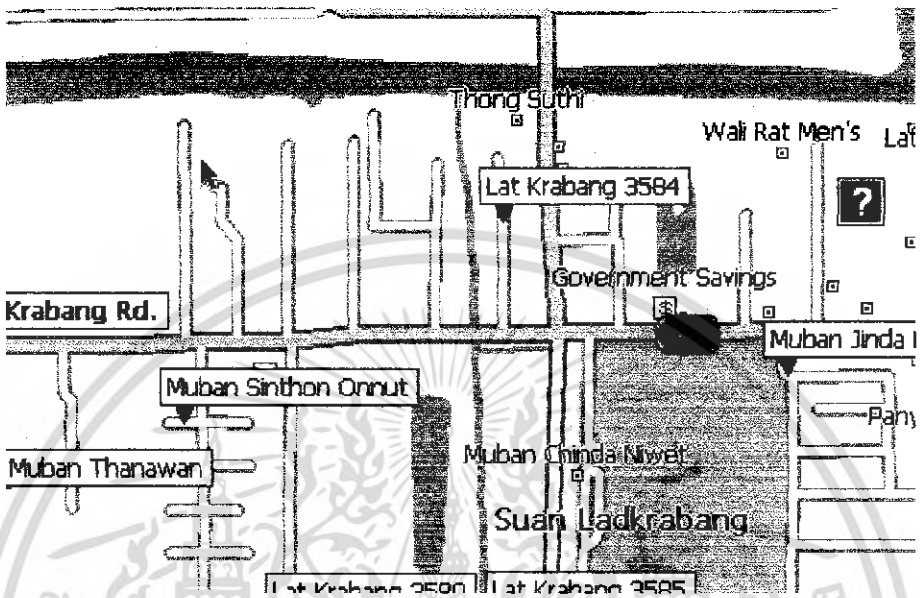
รูปที่ 4.36 การเชื่อมต่อโปรแกรมกับข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่รับเข้ามาทาง Com Port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ เส้นทางที่ทำการแล่นรถเพื่อทดสอบระบบคือ เริ่มจากหน้าสวนพระนครมุ่งหน้าไปทางแยกประเวศตามถนนอ่อนนุช

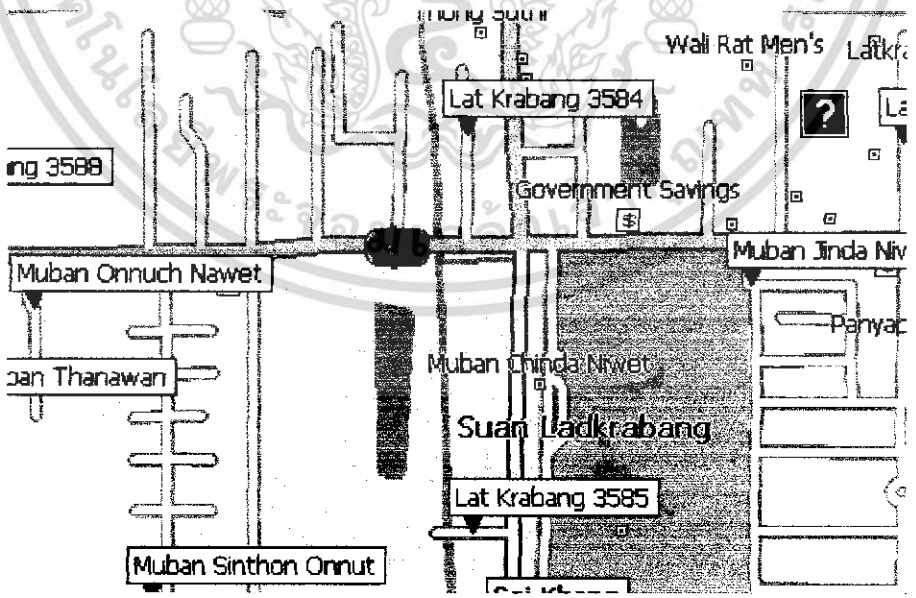
ผลการทดลอง

เวลา 12.30 น. 00 วินาที



รูปที่ 4.37 แสดงพิกัดตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ ณ.เวลา 12.30 น. 00 วินาที

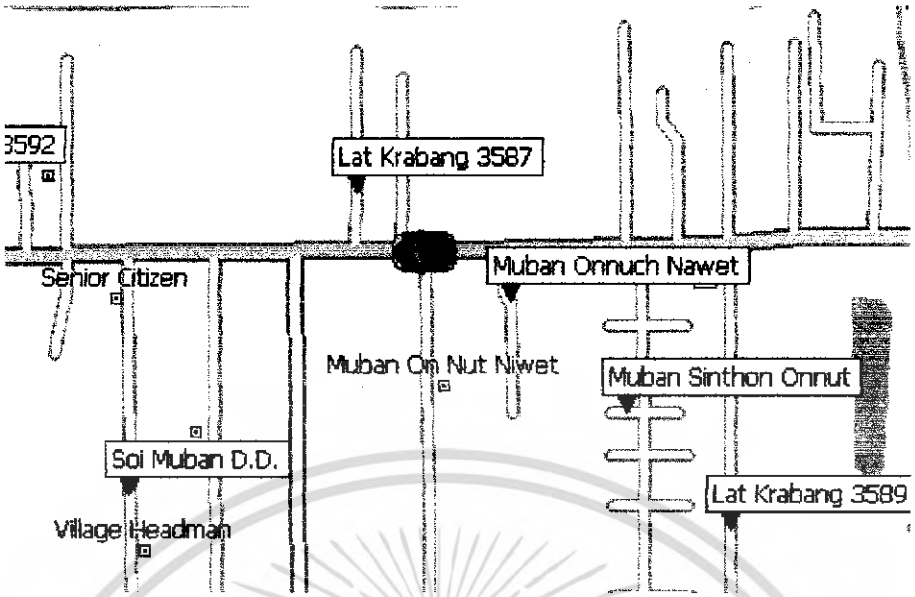
เวลา 12.30 น. 15 วินาที



รูปที่ 4.38 แสดงพิกัดตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ ณ.เวลา 12.30 น. 15 วินาที

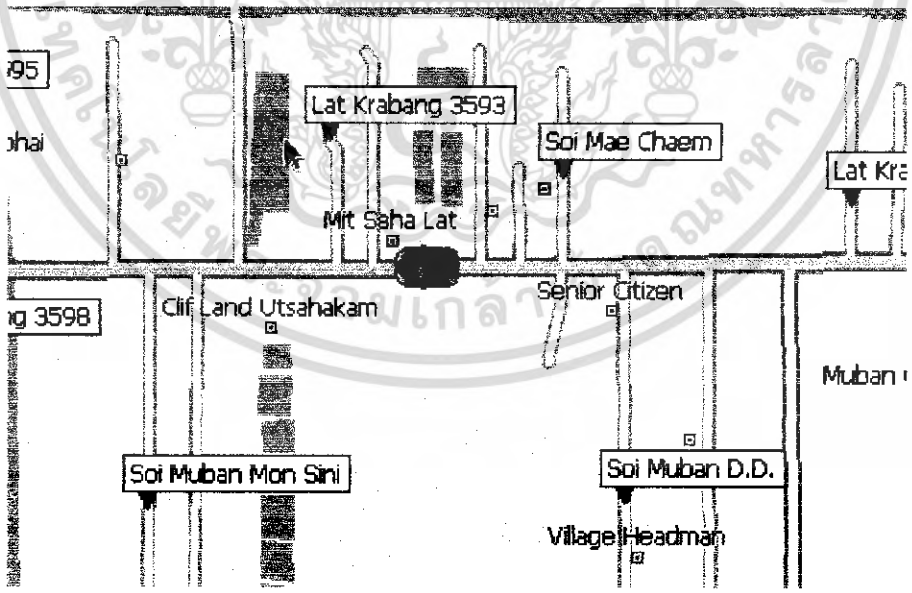
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา 12.30 น. 30 วินาที



รูปที่ 4.39 แสดงพิกัดตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ ณ.เวลา 12.30 น. 30 วินาที

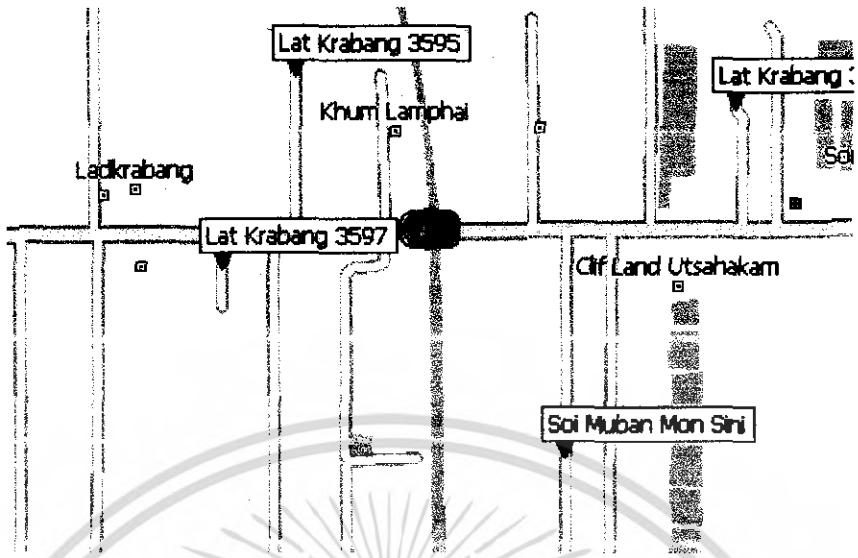
เวลา 12.30 น. 45 วินาที



รูปที่ 4.40 แสดงพิกัดตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ ณ.เวลา 12.30 น. 45 วินาที

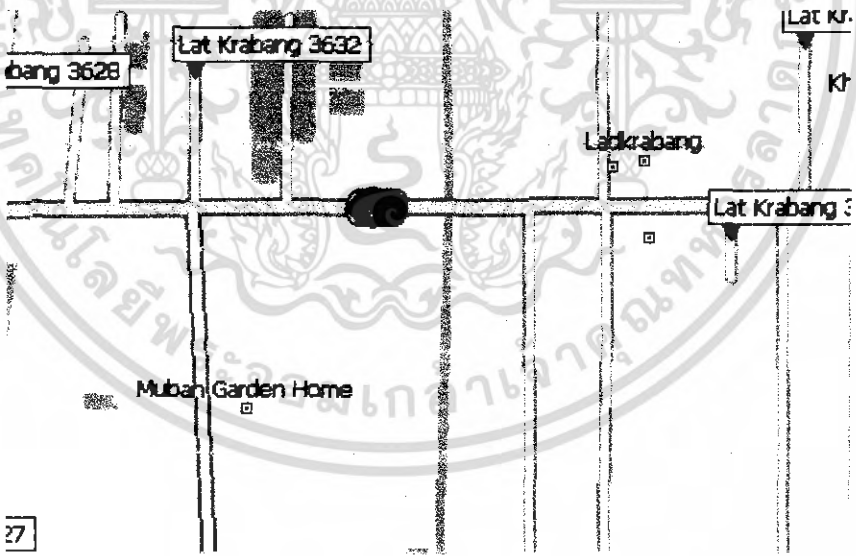
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา 12.31 น. 00 วินาที



รูปที่ 4.41 แสดงพิกัดตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ ณ.เวลา 12.31 น. 00 วินาที

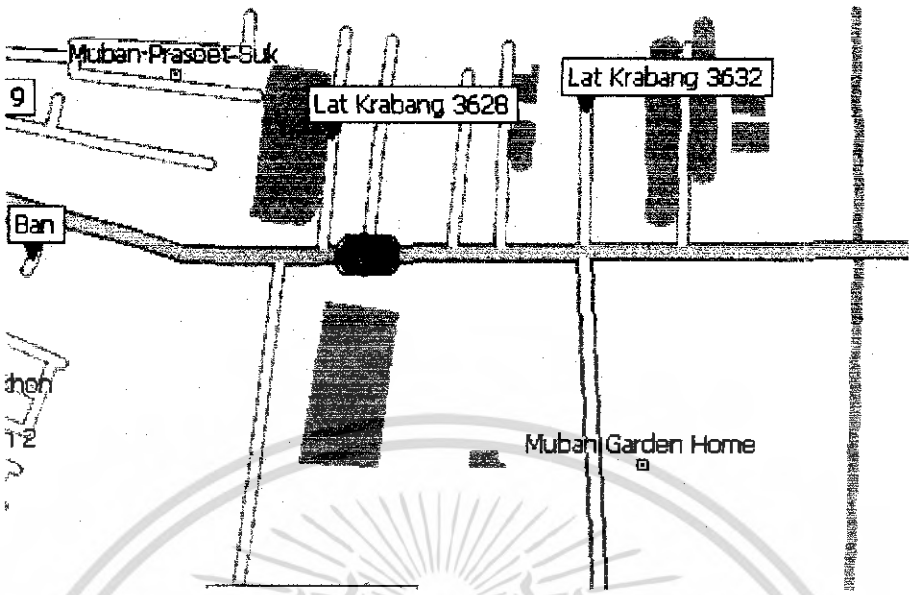
เวลา 12.31 น. 15 วินาที



รูปที่ 4.42 แสดงพิกัดตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ ณ.เวลา 12.31 น. 15 นาที

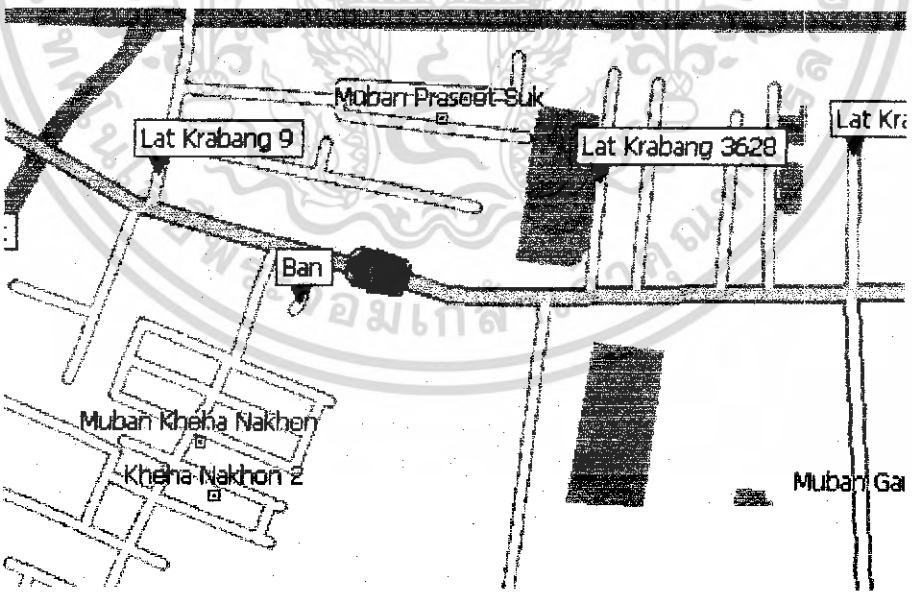
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา 12.31 น. 30 วินาที



รูปที่ 4.43 แสดงพิกัดตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ ณ.เวลา 12.31 น. 30 นาที

เวลา 12.31 น. 45 วินาที



รูปที่ 4.44 แสดงพิกัดตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ ณ.เวลา 12.31 น. 45 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผล : จากการทดลองจะเห็นได้ว่าสามารถแสดงพิกัดตำแหน่งยานพาหนะได้ถูกต้องว่ายานพาหนะนั้นกำลังแล่นอยู่บนเส้นทางและกำลังมุ่งหน้าไปในทางทิศใด แต่ระยะพิกัดตำแหน่งที่แสดงบนแผนที่กับพิกัดตำแหน่งของรถจริงๆนั้นจะมีความผิดพลาดอยู่บ้าง เพราะเนื่องจากว่า

1.ในส่วนการทำงานของโปรแกรมตั้งแต่เริ่มรับค่าพิกัดตำแหน่งมาจาก GPS Module จนกระทั่งส่งข้อมูลพิกัดจนครบทุกค่าไปถึงด้านรับแล้วแสดงพิกัดตำแหน่งบนแผนที่มี Delay ประมาณ 15 วินาที

ฉะนั้น จะทำให้ตำแหน่งของรถจริงกับตำแหน่งที่แสดงบนแผนที่ผิดพลาด ซึ่งระยะทางเท่าไรนั้นก็ต้องขึ้นอยู่กับความเร็วของยานพาหนะด้วย เช่น ยานพาหนะวิ่งที่ความเร็ว 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง

คำนวณหาระยะทางที่ผิดพลาด

60 กิโลเมตร = 60000 เมตร

1 ชั่วโมง = 3600 วินาที

จะได้ความเร็ว 60000/3600 = 16.6 เมตร/วินาที

เพราะฉะนั้น 15 วินาที ระยะทางผิดพลาด 16.6 x 15 = 250 เมตร

แต่ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนี้จะเกิดในแนวเดียวกันกับแนวเส้นทางยานพาหนะวิ่ง จึงทำให้ผู้ใช้พอจะรู้เส้นทางและทิศทางของยานพาหนะที่กำลังวิ่งอยู่ได้

2. เกิดจากการจำกัดความแม่นยำของพิกัดตำแหน่งในสัญญาณ GPS เอง ซึ่งผิดพลาดประมาณ 10 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์

โครงงานนี้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ภาคหลักๆ คือ ภาคส่งและภาครับ โดยในตัวภาคส่งเองจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนถอดรหัส DTMF เพื่อแปลงเป็นรหัส BCD ส่วนวงจรบันทึกเสียงและเล่นเสียงเพื่อใช้เล่นเสียงข้อความในการบอกพิกัดตำแหน่ง และส่วนของไมโครคอนโทลเลอร์เพื่อควบคุมและติดต่อส่วนต่างๆของระบบ ในการทดลองส่วนถอดรหัส DTMF นั้นสามารถถอดรหัส DTMF (สัญญาณอนาลอก) เป็นรหัส BCD (ดิจิตอล) ได้อย่างถูกต้อง ส่วนวงจรบันทึกเสียงก็สามารถบันทึกเสียงและเล่นเสียงข้อความที่เลือกได้ ส่วนของไมโครคอนโทลเลอร์ที่ใช้ในการสั่งงาน(GSM AT Command) โมเด็มก็สามารถทำงานได้เป็นอย่างดีทุกคำสั่ง สามารถควบคุมสั่งการวงจรบันทึกและเล่นเสียงให้เล่นเสียงข้อความที่ต้องการได้ โดยเฉพาะการเล่นเสียงบอกพิกัดตำแหน่งสามารถเล่นเสียงได้อย่างถูกต้องตามพิกัดที่รับมา และสั่งการควบคุมเปิด - ปิดรีเลย์ก็ทำได้ถูกต้องตามการสั่งของผู้ใช้งาน ด้านภาครับจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนถอดรหัส DTMF และส่วนของไมโครคอนโทลเลอร์ที่ติดต่อกับพอร์ตอนุกรมเพื่อส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งผ่านพอร์ตอนุกรม โดยทั้งสองส่วนนี้ก็ทำงานได้ถูกต้องตามต้องการ

โดยรวมแล้วตอนนี้โครงงานระบบติดตามยานพาหนะด้วย GPS ผ่านโทรศัพท์มือถือสามารถใช้แสดงพิกัดในแผนที่, บอกเป็นเสียงพิกัดตำแหน่งและสั่งเปิด – ปิดรีเลย์ได้แล้ว ถึงแม้ว่าพิกัดจริงของยานพาหนะกับพิกัดในแผนที่และเสียงบอกพิกัดตำแหน่งจะผิดพลาดไปบ้างเล็กน้อย โดยความผิดพลาดส่วนมากมาจาก Delay ในการรับ-ส่งข้อมูลพิกัด (ประมาณ 15 วินาที) ซึ่งถ้าสมมุติยานพาหนะวิ่งที่ความเร็ว 200 กม./ชม. จะมีความผิดพลาดประมาณ 833 เมตร จากพิกัดจริง ซึ่งความเป็นจริงแล้วเป็นไปได้น้อยมากที่ยานพาหนะจะวิ่งด้วยความเร็วคงที่ 200 กม./ชม. และวิ่งได้มากถึง 200 กม./ชม. แต่ถึงแม้จะเป็นเช่นนั้นโครงงานนี้ก็สามารถนำไปใช้ในการช่วยติดตามยานพาหนะได้ไม่ว่าจะเป็นในกรณีฉุกเฉินยานพาหนะโดนโจรกรรม นำไปประยุกต์ใช้ในเชิงพานิช จำพวกงานขนส่งต่างๆเพราะความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนี้จะเกิดในแนวเดียวกันกับแนวเส้นทางยานพาหนะวิ่ง จึงทำให้ผู้ใช้พอจะรู้เส้นทางและทิศทางของยานพาหนะที่กำลังวิ่งอยู่ได้ และสามารถประยุกต์หรือพัฒนาใช้รีเลย์ในการปิดเปิดอุปกรณ์ต่างๆในรถยนต์ ไม่ว่าจะเป็นการตัดน้ำมัน เปิดอุปกรณ์กำเนิดเสียงให้เกิดเสียงดัง เพื่อเป็นจุดสนใจแก่ผู้คนรอบข้าง, สั่งตัดกระแสไฟเพื่อไม่สามารถสตาร์ทเครื่องได้ เป็นต้น ซึ่งแล้วแต่ว่าจะนำไปประยุกต์อย่างไร

แนวทางในการพัฒนาโครงงานต่อคือต้องปรับปรุง Delay ในการรับ-ส่งข้อมูลพิกัดให้ลดลง และพัฒนาในส่วนแผนที่ ซึ่งในโครงงานนี้ยังมีจำกัดอยู่เฉพาะเขตกรุงเทพฯเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

[1] รศ.สมยศ อุณณะปิยะ, "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS 51", คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถานบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ 2546

[2] ผศ.ธีระวัฒน์ ประกอบผล, "การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี", สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ 2546

[3] ร.ท.เดชา ล้อเจริญกิจ, รน.ธนันท์ รังสีพรหม, พรเทพ เลิศบัวรักษ์, "เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโทรศัพมือถือ", วารสารเซมิคอนดักค์เตอร์อิเล็กโทรนิกส์, เล่มที่ 237, กรุงเทพฯ 2545

[4] ชวลิต ขุนราม, "เครื่องเรียกคิวอัตโนมัติ", วารสารเซมิคอนดักค์เตอร์อิเล็กโทรนิกส์, เล่มที่ 257, กรุงเทพฯ 2546

[5] ปรมาภรณ์ เนตรวิกรม, "เครื่องส่ง SMS อัตโนมัติผ่านมือถือ", วารสารเซมิคอนดักค์เตอร์อิเล็กโทรนิกส์, เล่มที่ 264, กรุงเทพฯ 2547

[6] อารัมภีย์ จันทร์ใย, โสรัตย์ อนุหะวรากร, "อุปกรณ์นำร่อง GPS สำหรับติดตั้งในรถยนต์", วารสารเซมิคอนดักค์เตอร์อิเล็กโทรนิกส์, เล่มที่ 248, กรุงเทพฯ 2546

[7] นคร ภักดีชาติ, ธีรบูลย์ หล่อวิเชียรรุ่ง, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, "ปฏิบัติการไมโครคอนโทลเลอร์ MCS-51 ด้วยโปรแกรมภาษาซี", บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

```
//-------------------------------------------------------------------//
//                                                                   //
//  Program  :  Vehicle Tracking System by GPS via Mobile Phone      //
//  Description  :   Demo vertion V1.00                              //
//                                                                   //
//-------------------------------------------------------------------//

#include <REG51.H>
#include <stdio.H>

sbit ch1 = P0^0;
sbit ch2 = P0^1;
sbit ch3 = P0^2;
sbit ch4 = P0^3;
sbit ch5 = P0^4;
sbit ch6 = P0^5;
sbit ch7 = P0^6;
sbit ch8 = P0^7;

sbit SHIFT = P3^2;
sbit RES   = P3^4;
sbit ST    = P3^3;
sbit GO    = P3^5;
sbit mute  = P3^6;

bit STAT;
bit SEQ(unsigned char TE[] );

unsigned set;
unsigned char TEXT[30];
unsigned char chkbutton();

void dlay(unsigned char count);
void Chkcaller();
void Chkring();
void Read_in();
void DTMF_TX();
void TRACE();
void sound(unsigned char N );
void Resound();
void Relay();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//+++++++++++++++ Use to compare string and serialport ++++++++++++++//

bit SEQ(unsigned char TE[])
{
     bit run,stat;
     unsigned char i,BUFF;
     stat = 0;
     run  = 1;
     i = 0;

     while(run)
     {

         BUFF=_getkey();

         if(TE[i]==BUFF)
         {
              i++;
         }//if(TE[i]==BUFF)

         else if (TE[i]=='#')
         {
              run=0;
              stat=1;
         }//else if (TE[i]=='#')

         else if(BUFF==13)
         {
              run=0;
              stat=0;
         }//else if(BUFF==13)

         else if(TE[i]!=BUFF)
         {
              i=0;
              if(TE[i]==BUFF)
              {
                   i++;
              }//if(TE[i]==BUFF)
         }//else if(TE[i]!=BUFF)


     }//while(run)

     return(stat);

}//bit SEQ(unsigned char TE[])

//-----------------------------------------------------------------//
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//++++++++++++++++++++++++++ Delay time ++++++++++++++++++++++++++//

void dlay(unsigned char count)
{
     unsigned char i,j;

     for(i=0;i<count;i++)
     {
         for(j=0;j<255;j++);
         for(j=0;j<255;j++);
         for(j=0;j<255;j++);
         for(j=0;j<255;j++);
     }
}//void dlay

//-------------------------------------------------------------------//


//++++++++++++++++++++++++++ Check ring ++++++++++++++++++++++++++++//

void Chkring()
{
     while(1)
     {
         if(SEQ("RING#"))
         {
              Chkcaller();
         }
     }
}//Chkring()

//-------------------------------------------------------------------//


//+++++++++++++++++ Read data from serial port to memory ++++++++++//

void Read_in()
{
     unsigned char i;
     bit out;
     out = 1;
     TR1  = 0;
     PCON = 0x00;
     TMOD = 0x21;
     SCON = 0x50;
     TH1  = 0xFa;
     RI   = 0;
     TI   = 1;
     TR1  = 1;
     ch1  = 1;

     while(out==1)
     {
         if(SEQ("$GPGGA#"))
         {
              for(i=0;i<=10;i++)
              {
                   _getkey();
              }//for(i=0;i<=10;i++)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                for(i=0;i<=23;i++)
                {
                     TEXT[i] = _getkey();
                }//for(i=0;i<=23;i++)
                out=0;
           }//if(SEQ("$GPGGA"))

     }//while(out)

     TR1  = 0;
     PCON = 0x80;
     TMOD = 0x21;
     SCON = 0x50;
     TH1  = 0xfd;
     RI   = 0;
     TI   = 1;
     TR1  = 1;
     ch1  = 0;
     dlay(10);
}//Read_in()

//-------------------------------------------------------------------//


//++++++++++++++++++++++++++ Send Dtmf tone ++++++++++++++++++++++++++//

void DTMF_TX()
{

     unsigned char i,GOES;

     while(1)
     {
          dlay(10);
          printf("AT+VTD=2\n");
          dlay(255);
          Read_in();
          dlay(255);
          printf("AT+VTS=");
          printf("D");
          for(i=0;i<=23;i++)//PLAY POSITION
          {
               switch(TEXT[i])
               {
                    case 'N' :       printf("B");
                                     break;
                    case 'S' :
                                     break;
                    case 'E' :       printf("A");
                                     break;
                    case 'W' :
                                     break;
                    case '.' :       printf("#");
                                     break;
                    case ',' :
                                     break;
                    default     :    printf("%c",TEXT[i]);
                                     break;
               }//switch(TEXT[i])
          }//for(i=0;i<=23;i++)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            printf("\n");
        dlay(255);
        dlay(255);
        dlay(255);
        dlay(255);
        dlay(255);
        dlay(255);
        dlay(255);
        dlay(255);
        dlay(255);
        dlay(255);
        dlay(255);
        dlay(255);
        dlay(255);
            printf("AT+CPAS\n");
            while(_getkey() != ' ');
            if(_getkey() == '0')
            {
                 Chkring();
            }
        }//while(getout)
}

//-------------------------------------------------------------------------//


//+++++++++++++++++++++++++ Voice control ++++++++++++++++++++++++++//

void sound(unsigned char N )// for control VOICE P/R
{
        mute = 0;
        RES = 1;
        dlay(10);
        RES = 0;
        dlay(10);

        SHIFT = 1;
        dlay(10);

        while( N >= 1)
        {
            ST=0;
            dlay(10);
            ST=1;
            dlay(10);
            N--;
        }

        SHIFT = 0;
        dlay(10);
        ST = 0;
        dlay(10);
        ST = 1;
        dlay(10);
        mute = 1;
        while( GO );
        mute = 0;

}//sound

//-------------------------------------------------------------------------//
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//++++++++++++++++++++++ Play relay status sound ++++++++++++++++++//

void Resound()
{
     if(STAT==0)
     {
         sound(18);
     }//if(STAT==0)
     if(STAT==1)
     {
         sound(19);
     }//if(STAT==0)
}//void Resound()

//-------------------------------------------------------------------//


//++++++++++++++++++++++++ Play position sound +++++++++++++++++++++//

void TRACE()
{
     unsigned char i;
     Read_in();
     for(i=0;i<=23;i++)//PLAY POSITION
          {
               switch(TEXT[i])
               {
                    case '0' : sound(0);
                               break;
                    case '1' : sound(1);
                               break;
                    case '2' : sound(2);
                               break;
                    case '3' : sound(3);
                               break;
                    case '4' : sound(4);
                               break;
                    case '5' : sound(5);
                               break;
                    case '6' : sound(6);
                               break;
                    case '7' : sound(7);
                               break;
                    case '8' : sound(8);
                               break;
                    case '9' : sound(9);
                               break;
                    case 'N' : sound(10);
                               break;
                    case 'S' : sound(11);
                               break;
                    case 'E' : sound(12);
                               break;
                    case 'W' : sound(13);
                               break;
                    case '.' : sound(14);
                               break;
               }//switch(TEXT[i])
          }//for(i=0;i<=23;i++)
}//TRACE
//-------------------------------------------------------------------//
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//++++++++++++++++++++++++ Caller check ++++++++++++++++++++++++++//

void Chkcaller()
{
     unsigned char i,CALL[9],CALL2[9];
     printf("AT^SPBG=1\n");
     while(~SEQ("^SPBG: 1,#"));
     for(i=0;i<=8;i++)
     {
         CALL[i] = getchar();
     }
     printf("AT+CLIP=1\n");
     while(~SEQ("+CLIP: #"));
     for(i=0;i<=8;i++)
     {
         CALL2[i] = getchar();
     }
     if( CALL[2]==CALL2[2] &&CALL[3]==CALL2[3] &&CALL[4]==CALL2[4]
&&CALL[5]==CALL2[5] &&CALL[6]==CALL2[6]
&&CALL[7]==CALL2[7]&&CALL[8]==CALL2[8])
     {
         printf("ATA\n");
         printf("AT+CLIP=0\n");
         Relay();
     }
     else
     {
         printf("ATH\n");
         printf("AT+CLIP=0\n");
         Chkring();
     }
}
//-------------------------------------------------------------------//


//++++++++++++++++++++++++ Relay control ++++++++++++++++++++++++//

void Relay()
{
     unsigned int i;
     i=0;
     while(1)
     {
         set = chkbutton();
         if   (set == 0x08)/*bt1*/
         {
              ch2=STAT;
              sound(20);
              sound(1);
              Resound();
              i=0;
         }//if bt1
         if   (set == 0x04)/*bt2*/
         {
              ch3=STAT;
              sound(20);
              sound(2);
              Resound();
              i=0;
         }//if bt2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if   (set == 0x0c)/*bt3*/
{
     ch4=STAT;
     sound(20);
     sound(3);
     Resound();
     i=0;
}//if bt3
if   (set == 0x02)/*bt4*/
{
     ch5=STAT;
     sound(20);
     sound(4);
     Resound();
     i=0;
}//if bt4
if   (set == 0x0a)/*bt5*/
{
     ch6=STAT;
     sound(20);
     sound(5);
     Resound();
     i=0;
}//if bt5
if   (set == 0x06)/*bt6*/
{
     ch7=STAT;
     sound(20);
     sound(6);
     Resound();
     i=0;
}//if bt6
if   (set == 0x0e)/*bt7*/
{
     ch8=STAT;
     sound(20);
     sound(7);
     Resound();
     i=0;
}//if bt7
if   (set == 0x09)/*bt9*/
{
     ch2=STAT;
     ch3=STAT;
     ch4=STAT;
     ch5=STAT;
     ch6=STAT;
     ch7=STAT;
     ch8=STAT;
     sound(20);
     sound(21);
     Resound();
     i=0;
}//if bt9
if   (set == 0x0d)/*bt**/
{
     STAT=1;
     sound(19);
     i=0;
}//if bt*
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if    (set == 0x03)/*bt#*/
            {
                  STAT=0;
                  sound(18);
                  i=0;
            }//if bt#
            if    (set == 0x05)/*bt0*/
            {
                  TRACE();
                  i=0;
            }//if bt#
            if    (set == 0x01)/*bt8*/
            {
                  DTMF_TX();
                  i=0;
            }//if bt#

            if(i == 1200)
            {
                  printf("AT+CPAS\n");
                  while(_getkey() != ' ');
                  if(_getkey() == '0')
                  {
                        Chkring();
                  }
                  i=0;
            }
            i++;
      }//while
}

//-------------------------------------------------------------------------//


//++++++++++++++++++++++++++++ Main fuction ++++++++++++++++++++++//

void main()
{
      P1=0xff;
      //P3=0xff;
      P0=0x00;
      P2=0xff;
      RES=0;
//    RXD=0;
//    TXD=1;
      PCON     = 0x80;
      TMOD      = 0x21;
      SCON      = 0x50;
      TH1 = 0xfd;
      RI  = 0;
      TI            = 1;
      TR1 = 1;
      Chkring();
}//main

//-------------------------------------------------------------------//
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//++++++++++++++++++++++++++ Read Dtmf tone ++++++++++++++++++++++++++//

unsigned char chkbutton()
{
     unsigned char b,b2;
     b = (P1 & 0x0f);
     dlay(5);
     b2= (P1 & 0x0f);
     if(b!=b2)
     {
         b=0x0f;
     }
     return b;
}

//----------------------------END-----------------------------------//
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้