

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบช่วยเหลือในการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา

Travel helping system for visually impaired users

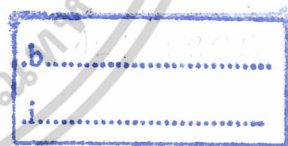


T104363

โดย

- 1.นางสาว มามวลี บุญรักษาต้ย รหัส 48010705
- 2.นางสาว วณิชชา คล้ายอ่อง รหัส 48010761
- 3.นางสาว วรารรรณ สุขสวัสดิ์ รหัส 48010782

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน **104363**  
วัน,เดือน,ปี - 2 พ.ย. 2552



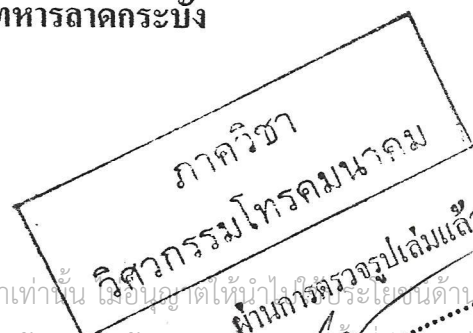
ปฏิญานិพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านผู้ตรวจ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านการตรวจไปแล้ว  
(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ระบบช่วยเหลือในการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา

Travel helping system for visually impaired users

โดย

- 1.นางสาว มาฆวดี บุญรักษาสัตย์ รหัส 48010705
- 2.นางสาว วณิชชา คล้ายอ่อง รหัส 48010761
- 3.นางสาว วรารวรรณ สุขสวัสดิ์ รหัส 48010782

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน

ผศ. ดร. จีรสุตา โกษิยาภรณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง


เรื่อง ระบบช่วยเหลือในการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา

TRAVEL HELPING SYSTEM FOR VISUALLY IMPAIRED USERS

ผู้จัดทำ

- 1.นางสาว มาฆวดี บุญรักษาสัตย์ รหัส 48010705
- 2.นางสาว วณิชชา คล้ายอ่อง รหัส 48010761
- 3.นางสาว วรารธรรม สุขสวัสดิ์ รหัส 48010782

  
\_\_\_\_\_  
(รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน) อาจารย์ที่ปรึกษา

  
\_\_\_\_\_  
(ผศ. ดร. จีรสุดา โกนียาภรณ์) อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบช่วยเหลือในการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา  
TRAVEL HELPING SYSTEM FOR VISUALLY IMPAIRED USERS

โดย นางสาวมาชวดี บุญรักษา สัตย์ 48010705  
นางสาวณิชา คล้ายอ่อง 48010761  
นางสาววราวรรณ สุขสวัสดิ์ 48010782

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.จิรสุดา โกษิยาภรณ์

รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน

**บทคัดย่อ**

โครงการนี้เป็นการสร้างระบบช่วยเหลือในการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา ซึ่งประกอบไปด้วยแว่นตาซึ่งสามารถส่งคลื่นอัลตราโซนิกที่ความถี่ 40 kHz เพื่อทำการตรวจจับสิ่งกีดขวาง โดยข้อมูลการตรวจจับจะถูกส่งไปยังหน่วยประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้แจ้งเตือนผู้ใช้ในรูปแบบของเสียงที่บันทึกไว้ อีกส่วนคือเครื่องระบุตำแหน่งของผู้ใช้ด้วยจีพีเอส ซึ่งจะช่วยนำทางผู้ใช้ไปยังสถานที่ที่ต้องการได้ โดยบริเวณที่ใช้งานนั้นต้องเป็นบริเวณที่จำกัด เช่น ในบริเวณของคณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นต้น โดยเมื่อผู้ใช้ทำการเลือกสถานที่ที่จะไปจากฐานข้อมูลเสียงที่ได้ทำการบันทึกไว้ ระบบจะทำการนำทางให้โดยอัตโนมัติ จากตำแหน่งเริ่มต้นของผู้ใช้ ไปยังตำแหน่งของสถานที่ที่ผู้ใช้ได้เลือกไว้

**ABSTRACT**

This project proposes a travel helping system for visually impaired user. It composes a pair of glasses which can send the ultrasonic wave at 40 kHz to detect obstacles. The detected information is then sent to the microcontroller to warn the user with the recorded voice. Also, another part is the global positioning system (GPS) which can give the direction to the desired destination, but within the confined area, for example in the Faculty of Engineering. When destination is selected by the user from the recorded voice data base the system will automatically navigate from the original position of the user to the destination.

## สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.2 แนวคิดของระบบช่วยเหลือในการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา	2
1.3 ขอบเขตและเป้าหมายของโครงการ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 คลื่นโซนาร์ (Sonar Wave)	4
2.1.1 ความถี่และความยาวคลื่น (Frequency and Wave Length)	5
2.1.2 ความเร็วของคลื่นโซนาร์	5
2.2 อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์	6
2.2.1 ทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Transducer)	6
2.2.2 ชนิดของเพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์	7
2.2.3 สัญลักษณ์ของเพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์	7
2.2.4 หน้าที่และการทำงานของเพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์	8
2.3 ความหมายของจีพีเอส	10
2.4 ส่วนประกอบของระบบจีพีเอส	10
2.4.1 ส่วนศูนย์กลางควบคุมกลาง (Control Station Segment)	10
2.4.2 ส่วนอวกาศ (Space Segment)	11
2.4.3 ส่วนผู้ใช้งาน (User Segment)	13
2.5 หลักการทำงานของระบบจีพีเอส	13
2.5.1 หลักพื้นฐานของจีพีเอส	14
2.5.2 วัฏจักรระหว่างเครื่องรับจีพีเอส กับดาวเทียมจีพีเอส	14
2.5.3 การวัดระยะเวลาที่คลื่นวิทยุใช้ในการเดินทางของจีพีเอส	14
2.5.4 รู้ตำแหน่งของดาวเทียมจีพีเอส ที่แน่นอนในอวกาศ	14
2.5.5 แก้ไขความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเดินทางของคลื่นวิทยุมาสู่โลก	15
2.6 ความคลาดเคลื่อนของจีพีเอส	16
2.6.1 ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากวงโคจร และความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาดาวเทียม	16
2.6.2 ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการแพร่กระจายของสัญญาณดาวเทียม	16
2.6.3 ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากเครื่องรับสัญญาณ	17
2.7 ข้อดีและข้อเสียของระบบจีพีเอส	17
2.7.1 ข้อดีของระบบจีพีเอส	17
2.7.2 ข้อเสียของระบบจีพีเอส	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
2.8 ประโยชน์ และการนำไปประยุกต์งานเชิงสร้างสรรค์	18
2.9 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2	18
2.10 การเชื่อมต่อจีพีเอส	19
2.11 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ในรูปแบบของเสียง และแสดงผลค่าระยะทางออกจอแอลซีดี	20
2.12 โมดูลอัลตราโซนิก SRF-05	22
2.12.1 คุณสมบัติโมดูล SRF-05	22
2.12.2 จุดต่อการใช้งาน SRF-05	22
2.12.3 วงจรโมดูลอัลตราโซนิก SRF-05	24
<b>บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง</b>	<b>25</b>
3.1 การเลือกใช้โปรโตคอลในการรับข้อมูลจากควมเทียม	26
3.2 ส่วนการคำนวณระยะทางระหว่างพิกัด 2 จุด	27
3.2.1 การแปลงหน่วยพิกัด	27
3.2.2 การคำนวณระยะทาง	27
3.3 ส่วนการหาเส้นทางการเดินทาง	28
3.3.1 เก็บค่าพิกัดหาช่วงของถนนแต่ละเส้น	29
3.3.2 การเก็บค่าพิกัดสถานที่ และพิกัดทางแยกของถนน A ถึง I ภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์	30
3.3.3 การวัดระยะทางจากแผนที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุด	30
3.3.4 การหาทิศทางการเดินทางของผู้ใช้จีพีเอส	33
3.4 ส่วนซอฟต์แวร์	35
3.4.1 ไฟล์ชาร์ทแสดงค่าพิกัดออกทางจอแอลซีดี	35
3.4.2 ไฟล์ชาร์ทแสดงการบันทึกเสียง	36
3.4.3 ไฟล์ชาร์ทแสดงการดูตำแหน่งเสียงออกทางจอแอลซีดี	37
3.4.4 ไฟล์ชาร์ทหาทางแยกของถนนปัจจุบันที่ใกล้จุดหมายมากที่สุด	38
3.4.5 ไฟล์ชาร์ทเปรียบเทียบทางแยกกับพิกัดเพื่อหาทิศทางตอนแรกที่เริ่มเดิน	39
3.4.6 ไฟล์ชาร์ทเปรียบเทียบทางแยกกับพิกัดเพื่อหาทิศการเลี้ยว	40
3.4.7 ไฟล์ชาร์ทเปรียบเทียบพิกัดปัจจุบันกับพิกัดสถานที่เพื่อหาทิศของสถานที่	42
3.4.8 ไฟล์ชาร์ทแสดงการหาระยะทางของโมดูล SRF-05	43
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง</b>	<b>44</b>
4.1 ผลการทดลองการวัดระยะทางโดยใช้โมดูลอัลตราโซนิก SRF-05	44
4.2 ผลการทดลองการบันทึกเสียง	51
4.3 ผลการทดลองการเก็บค่าพิกัดของช่วงถนน A ถึง I	53
4.4 เก็บค่าพิกัดสถานที่ และพิกัดทางแยกของถนน A ถึง I ภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์	54
4.5 ผลการทดลองการหาเส้นทางการเดินทางของผู้ใช้จีพีเอส	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก datasheet ของ ISD4004 SERIES

ภาคผนวก ข datasheet ของ LEA-4S Board

เอกสารอ้างอิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 ระบบช่วยเหลือในการเดินทางผู้พิการทางสายตา	1
รูปที่ 1.2 แนวคิดระบบช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา	3
รูปที่ 2.1 (ก.) โครงสร้างภายในอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริกที่ใช้สาร เซรามิก	6
(ข.) เมื่อป้อนแรงดันให้แก่ตัวมันจะทำให้ชิ้นสารเซรามิกโก่งงอไปมา ทำให้เกิด คลื่นเสียงอัลตราโซนิกกระจายไปในอากาศ	
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์ของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบต่างๆ	7
รูปที่ 2.3 อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ตัวส่ง และตัวรับ	8
รูปที่ 2.4 อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ และวงจรเวลาคงที่	9
รูปที่ 2.5 สถานีควบคุมระบบดาวเทียมจีพีเอส 5 แห่ง	11
รูปที่ 2.6 การโคจรของดาวเทียมจีพีเอสรอบโลก	12
รูปที่ 2.7 องค์ประกอบของระบบดาวเทียม GPS	13
รูปที่ 2.8 การวัดตำแหน่งแบบ 3 มิติ ด้วยดาวเทียม 4 ดวง	14
รูปที่ 2.9 ตำแหน่งวงโคจรของดาวเทียม ณ เวลาต่างๆ	15
รูปที่ 2.10 ความคลาดเคลื่อนจากการหักเหในชั้นบรรยากาศ ชั้นไอโอโนสเฟียร์ และชั้นโทรโพสเฟียร์	16
รูปที่ 2.11 วงจรประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2	19
รูปที่ 2.12 วงจรส่วนติดต่อเครื่องรับจีพีเอส	20
รูปที่ 2.13 วงจรใช้งานไอซีบันทึกเสียง	21
รูปที่ 2.14 วงจรแอลซีดี	22
รูปที่ 2.15 โมดูลอัลตราโซนิก SRF-05	22
รูปที่ 2.16 สัญญาของ SRF-05 และการกำหนดโหมดการทำงาน	23
รูปที่ 2.17 การตรวจจับวัตถุโดยใช้สัญญาณอัลตราโซนิก	24
รูปที่ 2.18 วงจรโมดูลอัลตราโซนิก SRF-05 เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์	24
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของระบบช่วยเหลือในการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา	25
รูปที่ 3.2 รูปแบบ รหัสแอสกี ของโปรโตคอลจีเอ	26
รูปที่ 3.3 รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก	27
รูปที่ 3.4 แผนที่ภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์	29
รูปที่ 3.5 รูปแผนที่ภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์	31
รูปที่ 3.6 ค่าการกำหนดคู่ลำดับ (X , Y) ภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์	34
รูปที่ 3.7 ทิศทางประกอบแผนที่คณะวิศวกรรมศาสตร์	34
รูปที่ 3.8 โพลีกราฟที่แสดงค่าพิกัดออกทางจอแอลซีดี	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 โฟลว์ชาร์ทแสดงการบันทึกเสียง	36
รูปที่ 3.10 โฟลว์ชาร์ทแสดงการดูตำแหน่งเสียง	37
รูปที่ 3.11 โฟลว์ชาร์ทหาทางแยกของถนนปัจจุบันที่ใกล้จุดหมายมากที่สุด	38
รูปที่ 3.12 โฟลว์ชาร์ทเปรียบเทียบทางแยกกับพิกัดเพื่อหาทิศทางตอนแรกที่เริ่มเดิน	39
รูปที่ 3.13 โฟลว์ชาร์ทเปรียบเทียบทางแยกกับพิกัดเพื่อหาทิศการเลี้ยว	40
รูปที่ 3.14 โฟลว์ชาร์ทเปรียบเทียบพิกัดปัจจุบันกับพิกัดสถานที่เพื่อหาทิศของสถานที่	42
รูปที่ 3.15 โฟลว์ชาร์ทแสดงการหาระยะทางของ โมดูลอัลตราโซนิก SRF-05	43
รูปที่ 4.1 การวัดระยะทางระหว่าง โมดูลอัลตราโซนิกกับสิ่งกีดขวาง	44
รูปที่ 4.2 การวัดระยะทางระหว่าง โมดูลอัลตราโซนิกกับสิ่งกีดขวางที่ระยะ 350 เซนติเมตร	45
รูปที่ 4.3 การวัดระยะทางระหว่าง โมดูลอัลตราโซนิกกับสิ่งกีดขวางที่ระยะ 170 เซนติเมตร	45
รูปที่ 4.4 การวัดระยะห่างระหว่าง โมดูลอัลตราโซนิกกับสิ่งกีดขวางที่ระยะ 4 เซนติ	46
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างระยะที่วัดได้จาก โมดูลอัลตราโซนิก เทียบกับค่าระยะทางจริงที่วัดได้จากตลับเมตร	47
รูปที่ 4.6 สัญญาณพัลส์ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ต จำนวน 8 ไชเกิล	48
รูปที่ 4.7 สัญญาณเมื่อมีสิ่งกีดขวางอยู่ที่ระยะ 60 เซนติเมตร	49
รูปที่ 4.8 สัญญาณเมื่อมีสิ่งกีดขวางอยู่ที่ระยะ 110 เซนติเมตร	50
รูปที่ 4.9 สัญญาณเมื่อมีสิ่งกีดขวางอยู่ที่ระยะ 150 เซนติเมตร	50
รูปที่ 4.10 สัญญาณเสียงที่อัดในวงจรรบันทึกเสียง	51
รูปที่ 4.11 สัญญาณเสียงที่อัดในวงจรรบันทึกเสียงและตำแหน่งของเสียงที่บันทึก	51
รูปที่ 4.12 การหาเส้นทาง และทางแยกของถนน ทิศทางการเดิน และทิศทางของจุดหมาย	59
รูปที่ 4.13 การหาเส้นทาง และทางแยกของถนน ทิศทางการเดิน และทิศทางของจุดหมาย	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ความเร็วของคลื่นในก๊าซต่างๆ	5
ตารางที่ 3.1 ค่าช่วงพิคค์ของถนนเส้น A ถึง I	29
ตารางที่ 3.2 ทางแยกถนนเส้น A	30
ตารางที่ 3.3 ระยะทางจากแผนที่ถนนเส้น A	31
ตารางที่ 3.4 ระยะทางจากแผนที่ถนนเส้น B	31
ตารางที่ 3.5 ระยะทางจากแผนที่ถนนเส้น C	32
ตารางที่ 3.6 ระยะทางจากแผนที่ถนนเส้น D	32
ตารางที่ 3.7 ระยะทางจากแผนที่ถนนเส้น E	32
ตารางที่ 3.8 ระยะทางจากแผนที่ถนนเส้น G	32
ตารางที่ 3.9 ระยะทางจากแผนที่ถนนเส้น I	33
ตารางที่ 4.1 ค่าระยะทางที่วัดได้จากโมดูลอัลตราโซนิก ค่าระยะทางจริง ที่วัดได้จากตลับเมตร และค่าความผิดพลาด	46
ตารางที่ 4.2 ตำแหน่งของเสียงที่บันทึกในวงจรบันทึกเสียง	52
ตารางที่ 4.3 ค่าช่วงพิคค์ของถนนเส้น A ถึง I	53
ตารางที่ 4.4 ค่าพิคค์อาคารภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์	54
ตารางที่ 4.5 ทางแยกถนนเส้น A	55
ตารางที่ 4.6 ทางแยกถนนเส้น B	55
ตารางที่ 4.7 ทางแยกถนนเส้น C	56
ตารางที่ 4.8 ทางแยกถนนเส้น D	56
ตารางที่ 4.9 ทางแยกถนนเส้น E	56
ตารางที่ 4.10 ทางแยกถนนเส้น G	56
ตารางที่ 4.11 ทางแยกถนนเส้น I	56
ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงการหาเส้นทาง ถนน	59
ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงการหาทางแยก และทิศทางเดียว	60
ตารางที่ 4.14 ตารางแสดงการหาทิศของจุดหมาย	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

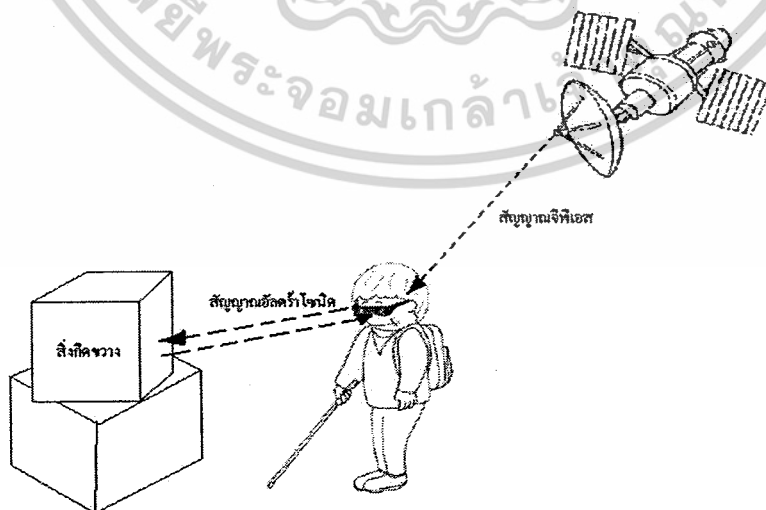
### 1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เนื่องจากในปัจจุบันมีประชากรที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น หรือพิการทางสายตาเป็นจำนวนมาก โดยปัญหาที่สำคัญของผู้พิการทางสายตาคือ

1. เมื่อผู้พิการทางสายตาเดินทางตามท้องถนนจะทราบได้อย่างไรว่า สถานที่ที่ผู้พิการยืนอยู่คือที่ใด
2. ผู้พิการทางสายตาสามารถไปยังสถานที่ที่ต้องการจะไปได้อย่างไร โดยที่ไม่มีคนคอยบอกทาง
3. ผู้พิการทางสายตาทราบได้อย่างไรว่า ตนได้ไปถึงจุดหมายปลายทางที่ต้องการไปแล้วหรือยัง
4. ผู้พิการทางสายตาจะทราบได้อย่างไรว่ามีสิ่งกีดขวางต่างๆวางทางอยู่ โดยเฉพาะถ้าสิ่งกีดขวางนั้นอยู่

สูงจากพื้นมาก

จะเห็นได้ว่า ในกรณีของผู้ที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นหรือผู้พิการทางสายตานั้น การเดินทางไปยังสถานที่ที่ไม่คุ้นเคย ไม่รู้จักเส้นทาง รวมทั้งการหลบหลีกสิ่งกีดขวางต่างๆ ทำได้อย่างยากลำบาก เสียเวลา และยังมีเสียงต่ออันตรายที่จะเกิดจากสิ่งกีดขวาง ถึงแม้ว่าในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้รับการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ทำให้มีอุปกรณ์ที่สามารถอำนวยความสะดวกสบายแก่ผู้พิการทางสายตาได้มากยิ่งขึ้น เช่น ไม่นำทางคนตาบอด อีซูบู่พื้นที่บอกตำแหน่งคนตาบอด จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น เทคโนโลยีการศึกษาโครงการเกี่ยวกับผู้พิการทางสายตาจากศูนย์รวมวิทยานิพนธ์ และอินเทอร์เน็ต ยังไม่มีโครงการใดที่สามารถทำได้ทั้ง บอกรายละเอียดทางด้านเส้นทาง นำทาง บอกตำแหน่งจุดหมายที่ผู้พิการทางสายตาจะไป รวมไปถึงการเตือนสิ่งกีดขวางที่อยู่เหนือระดับเอวขึ้นไปของผู้พิการทางสายตา จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เกิดแนวคิดในการทำโครงการที่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาดังกล่าวพร้อมกันได้ โดยโครงการชิ้นนี้เรียกว่าระบบช่วยเหลือในการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา มีลักษณะรูปแบบการทำงาน ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ระบบช่วยเหลือในการเดินทางผู้พิการทางสายตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยโครงการนี้จะนิยามความหมายของคำว่า ระบบช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา ว่าหมายถึง ระบบที่ช่วยในการเตือนสิ่งกีดขวาง บอกตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบัน และนำทางไปยังสถานที่ที่ต้องการจะไป ให้กับผู้พิการทางสายตา ส่งผลให้ผู้พิการทางสายตาเดินทางไปยังสถานที่ต่างๆที่ไม่คุ้นเคยได้อย่างสะดวก รวดเร็วมากยิ่งขึ้น

## 1.2 แนวคิดของระบบช่วยเหลือในการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา

โครงการนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนการเตือนสิ่งกีดขวาง และส่วนการนำทาง ดังนี้

1. ส่วนการเตือนสิ่งกีดขวาง จะใช้แว่นตาซึ่งติดตัวทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริก ที่ใช้ในการส่งคลื่นอัลตราโซนิก โดยใช้ความถี่รีโซแนนท์คงที่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ ไปตรวจจับสิ่งกีดขวางที่อยู่เหนือระดับเอวขึ้นไป โดยทรานสดิวเซอร์ตัวส่งแบบเปียโซอิเล็กทริกจะทำการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานเสียง เมื่อมีสิ่งกีดขวาง พลังงานเสียงที่ถูกส่งมาจะไปตกกระทบกับสิ่งกีดขวางและสะท้อนไปที่ทรานสดิวเซอร์ตัวรับ ทรานสดิวเซอร์ตัวรับจะทำการเปลี่ยนพลังงานเสียงมาเป็นพลังงานไฟฟ้า ข้อมูลการตรวจจับสิ่งกีดขวางที่ได้ก็จะถูกส่งไปยังหน่วยประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยให้แจ้งเตือนผู้ใช้ในรูปแบบของเสียงที่ได้ทำการบันทึกไว้

2. ส่วนการนำทางผู้ใช้ จะเป็นเครื่องระบุตำแหน่งของผู้ใช้ด้วย GPS ซึ่งจะช่วยนำทางผู้ใช้ไปยังสถานที่ที่ต้องการ โดยจะใช้โมดูลรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS ทำการรับข้อมูลตำแหน่งต่างๆ เพื่อแสดงค่าพิกัด และหาเส้นทางให้ผู้ใช้โดยอัตโนมัติ โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะสามารถพกติดตัวได้ ส่วนการติดต่อกับผู้ใช้ จะใช้เสียงในการเป็นสื่อกลางในการสื่อสารกับผู้ใช้ โดยใช้ในการบอกผลลัพธ์การทำงาน เช่น สถานที่ที่ผู้ใช้จะไป การบอกตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันของผู้ใช้ บอกทิศทางในตอนที่ทำการนำทาง ส่วนการรับคำสั่งจากผู้ใช้ จะทำงานโดยการกดปุ่มของอุปกรณ์พกพา เช่น การเลือกว่าผู้ใช้จะต้องการให้นำทางหรือบอกตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันของผู้ใช้ เป็นต้น ระบบจะสามารถบอกตำแหน่งของผู้ใช้ และทำการนำทางไปยังจุดจุดหมายปลายทางที่กำหนด

เมื่อผู้ใช้จะเดินทางไปยังสถานที่ที่ต้องการ จะทำการกดปุ่มเลือกสถานที่ที่จะไปจากฐานข้อมูลเสียงที่ได้ทำการบันทึกไว้ ระบบจะทำการหาเส้นทางที่จะไปสถานที่นั้นโดยอัตโนมัติ ซึ่งเริ่มต้นจากตำแหน่งเริ่มต้นของผู้ใช้ ไปยังตำแหน่งของสถานที่ที่ผู้ใช้ได้เลือกไว้ โดยโมดูลจะรับสัญญาณจากดาวเทียม และทำการประมวลผลส่งข้อมูลเป็นระบบพิกัดออกมา จากนั้นข้อมูลค่าพิกัดก็จะถูกส่งไปยังหน่วยประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเลือกข้อมูลเสียงที่จะใช้แสดงในตำแหน่งต่างๆออกมาทางลำโพง ดังรูปที่ 1.2

## 1.3 ขอบเขตและเป้าหมายของโครงการ

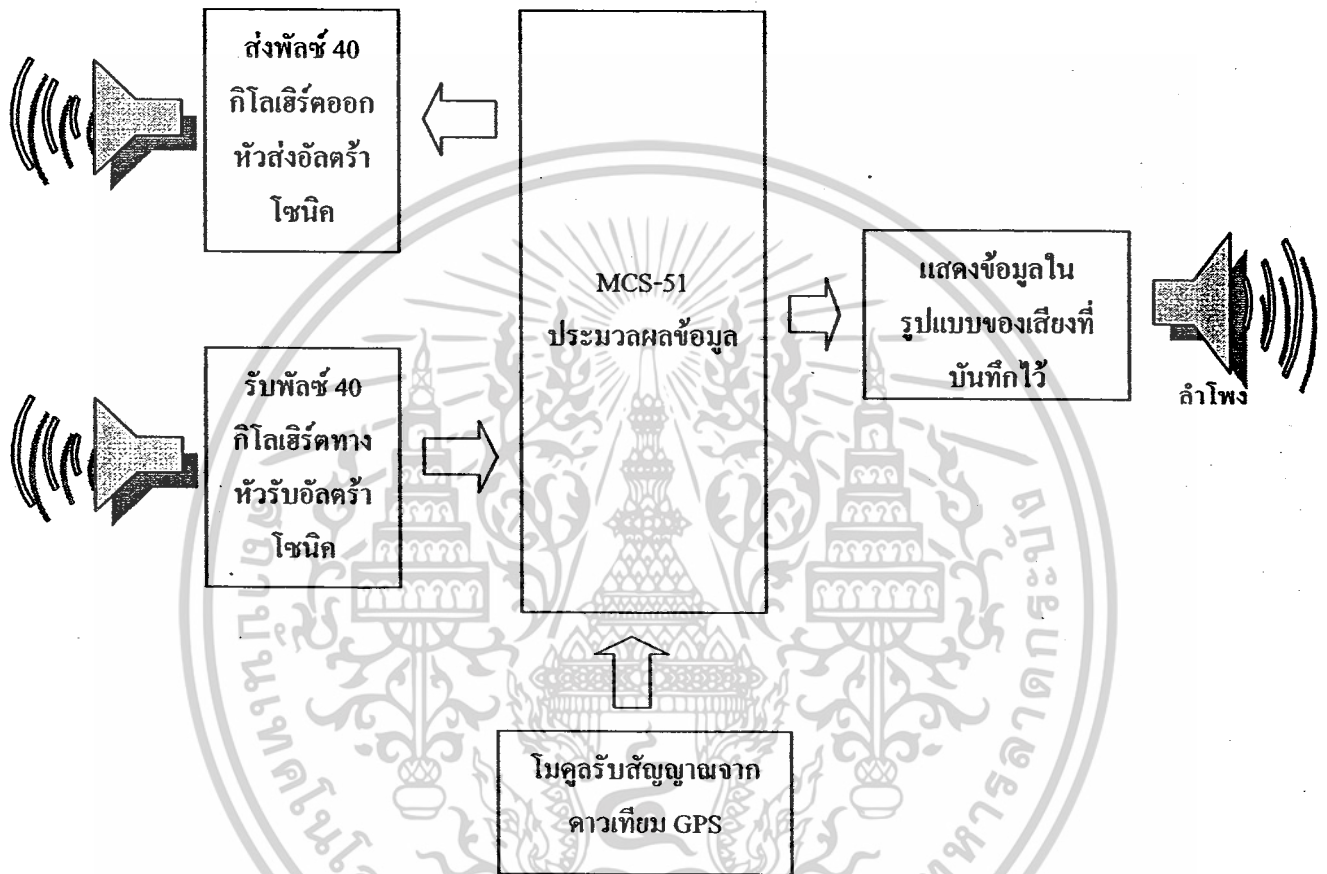
1.3.1 ศึกษา และออกแบบวงจรการรับ-ส่งคลื่นอัลตราโซนิก ความถี่รีโซแนนท์ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ เพื่อให้สามารถเตือนสิ่งกีดขวางได้ โดยจะแจ้งผู้ใช้ในรูปแบบของเสียงที่ได้ทำการบันทึกไว้

1.3.2 ออกแบบแว่นตา และอุปกรณ์การเตือนสิ่งกีดขวางที่ใช้ติดตัวผู้พิการทางสายตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 ศึกษา และออกแบบการใช้งาน โมดูล GPS เพื่อให้สามารถระบุตำแหน่ง ละติจูด กับ ลองจิจูด และสามารถนำทางผู้ใช้ไปยังสถานที่ที่ผู้ใช้ต้องการได้ โดยแจ้งผู้ใช้ในรูปแบบของเสียงที่ได้ทำการบันทึกไว้

1.3.4 ออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้บอกตำแหน่ง และนำทางผู้พิการทางสายตา



รูปที่ 1.2 แนวคิดระบบช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 คลื่นโซนาร์ (Sonar Wave)

คลื่นโซนาร์ (SONAR) ข้อมาจาก Sound Navigation and Ranging เป็นคลื่นที่มีความถี่อยู่ในช่วง 100 เฮิรต์ – 1000 กิโลเฮิรต์ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานกลโดยการสั่นไปมาหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกลทำให้เกิดคลื่นย่านโซนาร์กระจายออกไป ดังนั้นจึงถือได้ว่าคลื่นโซนาร์ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นคลื่นกล (Mechanical Wave)

โซนาร์แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการส่งคลื่นเสียง คือ

1. โซนาร์แบบส่อง (search-light type sonar) จะส่งคลื่นออกไปเป็นมุมจำกัด
2. โซนาร์แบบกราด (scanning type sonar) จะส่งคลื่นกระจายออกไปรอบตัวเป็นรูปวงแหวน

ด้วยกำลังเท่ากันทุกทิศทาง

คลื่นเสียงที่เครื่องโซนาร์ส่งออกไป เป็นคลื่นเสียงที่ได้มาจากการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้า และการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้ากลับเป็นคลื่นเสียง ต้องใช้อุปกรณ์ที่มีชื่อเรียกว่า ทรานสดิวเซอร์ (transducer) มี 2 แบบ คือ

1. ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้สมบัติในการเกิดอำนาจแม่เหล็กของโลหะบางชนิด โดยใช้หลอดนิกเกิลรูปทรงกระบอกจำนวนมากยึดติดไว้กับแผ่นไดอะแฟรมบางๆ หลอดนิกเกิลทุกหลอดนั้นจะมีขดลวดพันอยู่โดยรอบ เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก หลอดนิกเกิลจะเกิดการหดตัวได้ ทำให้ยืดหดๆ ได้ตามจังหวะสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งการยืดและการหดตัวสลับกันไปนี้ จะทำให้แผ่นไดอะแฟรมเคลื่อนไหวและจะทำให้เกิดเสียง แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้ามีเสียงสะท้อนเข้ามา ก็จะทำให้เกิดสัญญาณไฟฟ้าขึ้นที่ขดลวด ทรานสดิวเซอร์แบบนี้เหมาะสำหรับใช้ในงานวัดระยะ

2. ทรานสดิวเซอร์ที่อาศัยสมบัติของผลึกแร่บางชนิด ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเมื่อได้รับแรงดันใช้ผลึกของแร่ควอตซ์ หรือ โรเชลล์ซอลต์ เป็นเกลือทาเทรตของโซเดียมและโพแทสเซียมจำนวนมากติดกับแผ่นไดอะแฟรม เมื่อมีไฟฟ้าผ่านเข้าผลึก จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนเป็นเสียงขึ้น ในทางตรงข้ามถ้ามีเสียงเดินทางมาถูกแผ่นไดอะแฟรมจะทำให้เกิดไฟฟ้าขึ้นที่ผลึก ซึ่งทรานสดิวเซอร์แบบนี้เหมาะสำหรับการเฝ้าฟังเสียง แต่มีข้อเสียตรงที่ส่งคลื่น ได้ไม่แรง และผลึกอาจแตกได้ง่าย ถ้ามแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านผลึกแรงเกินไป คลื่นโซนาร์ส่วนใหญ่จะกำเนิดขึ้นจากการออสซิลเลชัน (Oscillation) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เป็นคลื่นไซน์ (Sinusoidal) ซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นโซนาร์ที่มีความถี่ต่างๆซึ่งความยาวคลื่นในแต่ละความถี่แตกต่างกันไปด้วย

โซนาร์ยังแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ

1. พาสซีฟโซนาร์ (Passive Sonar) เป็นโซนาร์สำหรับดักฟังเสียงใต้น้ำ โซนาร์ชนิดนี้จะมีเครื่องรับฟังเสียงเพื่อรับเสียงเพียงอย่างเดียว

2. แอกทีฟโซนาร์ (Active Sonar) เป็นโซนาร์สำหรับสัญญาณเสียงที่เกิดมาจากการสะท้อนของสัญญาณเสียงที่ส่งออกไป โซนาร์ชนิดนี้จะประกอบด้วย เครื่องส่งและเครื่องรับฟังเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1 ความถี่และความยาวคลื่น (Frequency and Wave Length)

ความถี่ (Frequency) คือ จำนวนของการออสซิลเลทที่สมบูรณ์จากแหล่งกำเนิดคลื่นภายในเวลา 1 มิลลิวินาที คลื่นที่ถูกส่งจากแหล่งกำเนิดจะเดินทางด้วยความถี่เดียวกัน

ความยาวคลื่น (Wave Length) คือ ระยะทางที่คลื่นเดินทางระหว่างการสั่นที่สมบูรณ์หรือการเดินทางครบ 1 รอบ (1 Cycle) สามารถกล่าวได้ว่า ความยาวคลื่นเป็นระยะทางระหว่างการอัดอย่างต่อเนื่อง (Successive Compression) หรือการเบาบางของอากาศ (Rare-Fractions)

การอัด คือ การที่บริเวณนั้นมีความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันบริเวณรอบๆ ส่วนการเบาบางเป็นบริเวณพาหะ ที่เกิดจากการลดความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันสัมพันธ์กับแรงดันของบรรยากาศปกติ

ความถี่และความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์เป็นดังสมการที่ 2.1 ดังนี้

$$C = f\lambda \quad (2.1)$$

C : ความเร็วของการเดินทางของคลื่น (เมตรต่อวินาที)

f : ความถี่คลื่น (เฮิร์ต)

$\lambda$  : ความยาวคลื่น (เมตร)

### 2.1.2 ความเร็วของคลื่นโซนาร์

ความเร็วของคลื่นโซนาร์ในอากาศที่อุณหภูมิปกติจะเป็นดังสมการที่ 2.2 ดังนี้

$$V = 331.45 + 0.607t \quad (2.2)$$

v : ความเร็วของคลื่นในตัวกลางอากาศ (เมตรต่อวินาที)

t : อุณหภูมิของคลื่นในอากาศ (องศาเซลเซียส)

จากสมการข้างต้น ได้ความสัมพันธ์ความเร็วคลื่นในก๊าซต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ความเร็วของคลื่น ในก๊าซต่างๆ

GAS	Velocity (m/s)
AIR (DRY 1 °C)	331.45
ARGON	319
CARBON MONOXIDE	338
CARBON DIOXIDE	259
HELIUM	965
HYDROGEN METHANE	1284

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์

อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic transducer) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานในรูปแบบอื่นเช่นแปลงพลังงานทางไฟฟ้า เป็นต้น ให้มาเป็นพลังงานทางกลโดยการสั่นไปมา ทำให้เกิดคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกกระจายไปในอากาศได้ และสามารถรับคลื่นเสียง หรือแปลงพลังงานทางกลให้มาเป็นพลังงานในรูปแบบอื่นได้

ในปัจจุบันอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์มีหลายแบบ ขึ้นอยู่กับหลักการที่จะนำไปใช้ในการสร้างคลื่นอัลตราโซนิก โดยแบบที่นิยมใช้กันมากได้แก่

1.แบบเปียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Transducer) ซึ่งเป็นตัวแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานทางกล โดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ค่าหนึ่ง

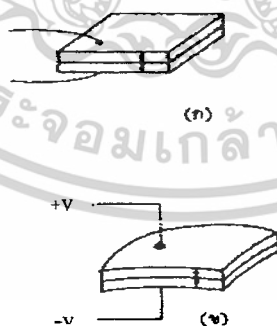
2.แบบแมกนีโตสตริกทีฟ (Magnetostrictive Transducer) ซึ่งเป็นตัวแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้นอยู่

3.แบบอิเล็กโตรสตริกทีฟ (Electrostrictive Transducer) ซึ่งเป็นตัวแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานทางกล

อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ที่นิยมจำหน่ายตามท้องตลาด โดยทั่วไปมักจะใช้อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริก เพราะหาซื้อได้ง่าย ราคาถูก

### 2.2.1 ทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Transducer)

ภายในตัวอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริก แบบที่มีใช้กันในปัจจุบัน จะประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เป็นสารเซรามิกสี่เหลี่ยมซึ่งมีผิวโลหะเงินฉาบอยู่ทั้ง 2 หน้าเพื่อให้ต่อสายไฟออกมาเป็นขา 2 ขา ชั้นสารเซรามิกนี้ประกอบขึ้นจากสารเซรามิก 2 ชั้น ประกบกันอยู่โดยวางให้ขั้วไดโพลทางไฟฟ้าภายในอะตอมของมันมีทิศทางตรงข้ามกันดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 (ก) โครงสร้างภายในอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริกที่ใช้สารเซรามิก

(ข) เมื่อป้อนแรงดันให้แก่ตัวมันจะทำให้ชั้นสารเซรามิกโค้งงอไปมา ทำให้เกิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิกกระจายไปในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.2 ชนิดของเปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์

ทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริกที่ใช้สารเซรามิก (หรือที่ผู้ผลิตบางรายเรียกว่าอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเซรามิก) จะมีอยู่ 2 ชนิด คือ

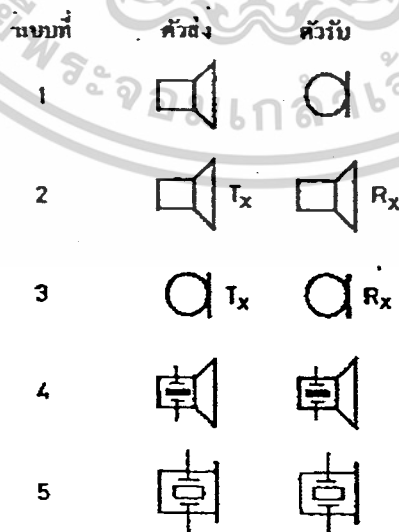
1. Motor action transducer คืออัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ที่ถูกออกแบบเจาะจงมาให้แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ให้แก่อำตรัง Motor action transducer ให้ออกมาเป็นคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิค ทำหน้าที่เป็นตัวส่งเสียง (Transmitter) หน้าที่ของตัวส่งจึงคล้ายกับเป็นลำโพง

2. Generation action transducer คืออัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ที่ถูกออกแบบเจาะจงมาให้แปลงคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิคที่มาตกกระทบตัว Generation action transducer ให้ออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า ทำหน้าที่เป็นตัวรับเสียง (Receiver) หน้าที่ของตัวรับจึงคล้ายกับเป็นไมโครโฟน

เนื่องจากเปียโซอิเล็กทริก เป็นตัวแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานทางกลในที่นี้คือเสียง โดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ที่ค่าหนึ่ง ดังนั้นในการทำงานรับส่งคลื่นอัลตราโซนิคจึงต้องมีทรานสดิวเซอร์ 2 ตัว ซึ่งตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่งเสียง ส่วนอีกตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับเสียง และอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเซรามิกที่มีจำหน่ายกันจะมีค่าความถี่เรโซแนนซ์ให้เลือกตั้งแต่ 23 กิโลเฮิร์ต ขึ้นไปจนถึง 40 กิโลเฮิร์ต แต่ที่พบเห็นกันบ่อยก็มี 23 กิโลเฮิร์ต, 25 กิโลเฮิร์ต, และ 40 กิโลเฮิร์ต โดยความถี่ที่ 40 กิโลเฮิร์ต เป็นค่าความถี่ที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะมีทิศทางการเดินทางของคลื่นอัลตราโซนิคที่ดีกว่าความถี่อื่นๆ ทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานได้ดีกว่า

### 2.2.3 สัญลักษณ์ของเปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์

เปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและเปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์ตัวรับ จะมีลักษณะรูปร่างที่คล้ายกันมาก โดยเปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์ตัวส่งจะเขียนอักษร T หรือ Tx (Transmitter) ที่ด้านหลังหัวส่ง ส่วนเปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์ตัวรับจะเขียนอักษร R หรือ Rx (Receiver) ที่ด้านหลังหัวรับ และสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงในวงจรจะมีหลายรูปแบบดังรูปที่ 2.2



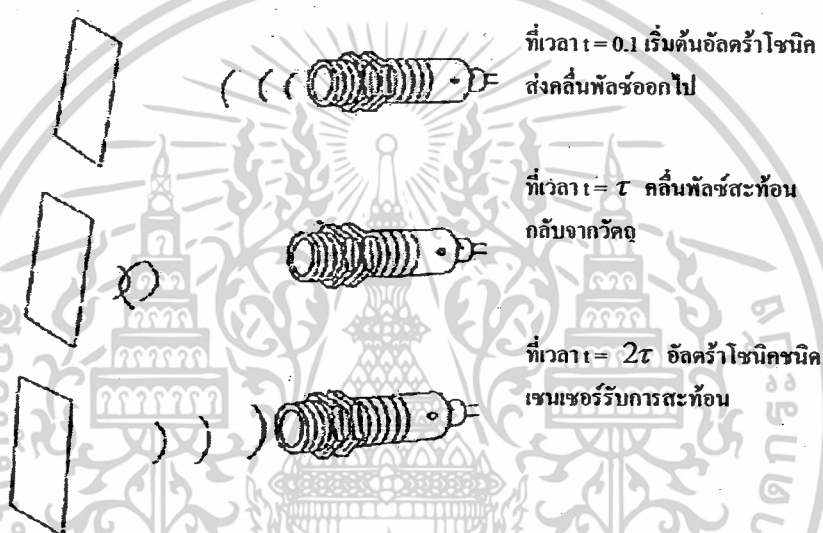
รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์ของอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.4 หน้าที่และการทำงานของเปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์

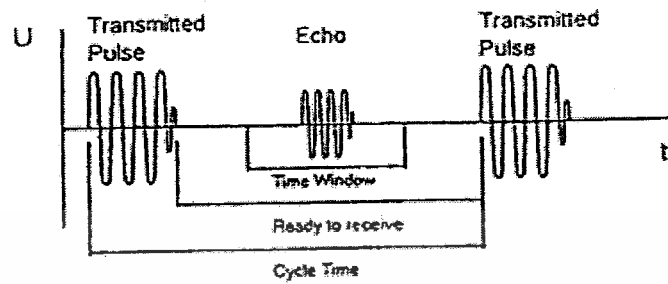
รูปแบบต่างๆของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ ประกอบด้วย ตัวตรวจจับด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ชุดส่งสัญญาณ ชุดประมวลผล และชุดเอาต์พุต โดยมักจะใช้เป็นภาครับ และ ภาคส่ง อาจมีระบบซึ่งประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ แยกกันอยู่ 2 ส่วน ในระหว่างการทำงาน เซ็นเซอร์จะทำการส่งสัญญาณเสียงซึ่งเรียกว่า “ซาวด์พาร์เซลส์” (Sound parcels) ให้ขบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ ของเวลาทำงานไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีการรับการสะท้อนครั้งแรกเกิดขึ้น อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ตัวส่ง จะส่งผ่านคลื่นพัลส์เสียงในช่วงเวลาสม่ำเสมอ หรือช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลง คลื่นเสียงที่ปล่อยออกไปจะถูกสะท้อนได้โดยวัตถุที่เหมาะสม โดยอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ตัวรับ และระบบการทำงานจะรับการสะท้อนของคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมา ดังรูปที่ 2.3 ความกว้างของคลื่นพัลส์ของเสียงอยู่ในช่วง 2-200 ไมโครวินาที



รูปที่ 2.3 อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ตัวส่ง และตัวรับ

เวลาในการเดินทางของคลื่นพัลส์ของคลื่นเสียงเป็นการวัดระยะห่างของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์กับวัตถุ ระยะห่างนี้นำไปแสดงในรูปของ สัญญาณอนาล็อก (Analogue Signal) เช่น 0-20 มิลลิแอมป์ สัญญาณลอจิก (Logic Signal) เช่น สัญญาณลอจิก 8 บิต ซีเรียลอินเตอร์เฟซ (Serial Interface , RS232) หรือการเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงในรูปของสวิตช์พัลส์ที่เรียกว่า ไทม์เฟรม (Time Frame) เนื่องจากขบวนการดำเนินไปตามเวลาที่คลื่นสะท้อนเดินทาง ไม่ใช่เป็นไปตามความเข้มของคลื่นสะท้อน จึงจัดได้ว่าอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ มีข้อดีเหนือกว่าเซ็นเซอร์แบบออปติคัล (Optical Sensor) เวลาที่คลื่นสะท้อนการเดินทางจะทำให้ขบวนการดำเนินไปโดยไม่ขึ้นกับความเข้มของคลื่นสะท้อน ตรวจจับที่วัตถุยังคงสะท้อนคลื่นที่สามารถตรวจจับได้ออกมา ดังนั้นคุณลักษณะของพัลส์ไม่เปลี่ยนแปลง แม้ในสถานะที่การสะท้อนเป็นไปอย่างไม่ดีคลื่นสะท้อนที่อ่อนจะมีผลต่อความถูกต้องในการตรวจจับวัตถุ ซึ่งอาจทำให้ไม่สามารถทำการตรวจจับวัตถุได้ ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงของคลื่นพัลส์ของเสียง มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพทำงานของพัลส์ (ระยะทาง) โดยอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์จะทำงานด้วยวงจรเวลาที่คงที่ (เช่น เวลา = เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20 มิลลิวินาที) จะส่งคลื่นเสียงออกมาอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นวงจรเวลาจะเป็นตัวกำหนดช่วงและวงจรการทำงานของสวิทช์ของอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 อัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ และวงจรเวลาคงที่

การหาระยะห่างระหว่างอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์กับวัตถุ จะเป็นดังสมการที่ 2.3

$$S = vt/2 \quad (2.3)$$

S : ระยะห่างระหว่างอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์กับวัตถุ (เมตร)

v : ความเร็วของคลื่นเสียง มีค่าประมาณ 330 เมตรต่อวินาที

t : ช่วงเวลาในการเดินทางของคลื่นเสียง (วินาที)

ยกตัวอย่างเช่น คลื่นเสียงที่มีความเร็ว ( $v$ ) = 330 เมตรต่อวินาที ในช่วงเวลา ( $t$ ) = 20 มิลลิวินาที (50 กิโลเฮิร์ต) จะมีระยะทาง = ความเร็ว x เวลา = 6.6 เมตร เนื่องจากระยะห่างระหว่างอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์และวัตถุ คิดทั้งไปและกลับจึงได้ระยะทางจริงเป็น  $6.6/2=3.3$  เมตร เพื่อให้การตรวจจับวัตถุเป็นไปอย่างถูกต้อง วัตถุต้องอยู่หนึ่งเป็นเวลาพอเพียงสำหรับสำหรับสะท้อนอย่างน้อย 1 ส่วน ของคลื่นเสียงภายในขอบเขตที่เซ็นเซอร์จะทำงานได้รอบมากที่สุดของการสวิทช์ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงกับอัตราส่วนของวัตถุต่อที่ว่าง และจะพิจารณาให้มีค่าน้อยกว่ารอบของความถี่ที่จุดนี้ เวลาที่ขยายจะสิ้นสุดระหว่างการส่งผ่านของพัลส์ และการรับคลื่นสะท้อนแรกจะถูกนำไปใช้วัดสำหรับวงจรเวลา เมื่อเวลาดำเนินไปเท่ากับเวลาที่คลื่นสะท้อนเดินทางไป และกลับสิ้นสุด ส่วนของคลื่นสะท้อนต่อไปจะถูกส่งออก การหยุดลงชั่วขณะของเวลาพิเศษที่คลื่นเดินทางทำขึ้นเพื่อลดสัญญาณรบกวน(Noise)ที่ดำเนินมาจากตรวจจับวัตถุมากกว่าหนึ่งระยะ โดยเซ็นเซอร์สามารถถูกปรับให้เหมาะสมตามสภาพแวดล้อมซึ่งหมายถึง สำหรับการตรวจจับวัตถุที่อยู่ไกลเวลาการเดินทางจะนานเป็นผลให้ต้องการความถี่ต่ำในทางตรงกันข้าม ความถี่ของวงจรจะเพิ่มขึ้นเมื่อวัตถุเข้าใกล้เซ็นเซอร์ ทำให้วงจรเวลาสั้นลง และพลังงานที่ส่งออกไปสามารถปรับในช่วงเวลาของคลื่นเสียงที่ปล่อยไป เวลาที่เพิ่มขึ้นของแอมพลิจูดเมื่อมีการสวิทช์ทรานสดิวเซอร์ จะถูกใช้สำหรับพลังงานที่ส่งออกไป ดังนั้นคลื่นสะท้อนเบื้องหลังสามารถควบคุมได้ด้วย การลดพลังงานในการส่งผ่านวัตถุที่อยู่ใกล้เซ็นเซอร์ ผลที่เกิดจากคลื่นรบกวน และการสอดแทรกในการประยุกต์ใช้อัลตราโซนิคเซ็นเซอร์คือการตรวจจับวัตถุได้แต่ระยะที่ใกล้กับเซ็นเซอร์ และไม่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีการสะท้อนได้ไม่ดี เนื่องจากความจริงที่ว่า คลื่นอัลตราโซนิคจะสะท้อนได้จากวัตถุเกือบทุกชนิด และง่ายต่อการเบี่ยงเบน วัตถุเหล่านั้นจะทำให้สวิทช์เปิด-ปิด เมื่อเข้าใกล้บริเวณที่เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุเป้าหมายต้องอยู่ภายในบริเวณพื้นที่ที่สามารถตรวจจับได้ทั้งขนาด รูปร่าง เพื่อป้องกันปัญหา การตรวจจับคลื่อนเสียง พื้นผิวของวัตถุควรมีขนาดใหญ่เท่าที่จะเป็นไปได้พื้นผิวราบเรียบ และมีมุมเอียงไม่เกิน 3 องศากับแกนของเซ็นเซอร์ จากข้อกำหนดดังกล่าว เมื่อทำการตรวจจับวัตถุทรงกลม หรือวัตถุผิวไม่เรียบ (ของเหลว, ของผสม) ก็จะเกิดปัญหาขึ้น

### 2.3 ความหมายของจีพีเอส

GPS ย่อมาจาก Global Positioning System ชื่อภาษาไทยบัญญัติโดยคณะกรรมการบัญญัติศัพท์ เทคโนโลยีสารสนเทศ ราชบัณฑิตยสถาน เมื่อเดือนพฤษภาคม 2541 ไว้ว่า "ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก" ชื่อเต็มของระบบนี้คือ NAVSTAR Global Positioning System คำว่า NAVSTAR เป็นอักษรย่อมาจาก Navigation Satellite Timing and Ranging ภาคของคำว่าดาวเทียมสำหรับนำร่อง คือ ระบบแสดงตำแหน่งพิกัดบนโลก จีพีเอสถูกพัฒนาขึ้นมาโดยหน่วยงานดีไอดี (The United States Department of Defence: DOD) ของสหรัฐอเมริกาใช้ในการหาพิกัดตำแหน่งในที่ต่างๆบนโลกด้วยดาวเทียม โดยการส่งคลื่นสัญญาณจีพีเอสไปคำนวณหาตำแหน่ง เพื่อประโยชน์ทางการทหาร และหน่วยงานราชการบางหน่วยของสหรัฐอเมริกา ได้มีการใช้งานอย่างจริงจังครั้งแรกในช่วงสงครามปี 1991 ในขณะที่ระบบยังไม่สมบูรณ์ในปี 1993 ต่อมาจึงเปิดโอกาสให้ภาคเอกชน และหน่วยงานต่างๆ นำระบบไปใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลก แต่ดีไอดียังเปิดสัญญาณเอสเอ (Selective Available : SA) เพื่อลดความถูกต้องของการบอกตำแหน่งเพื่อประโยชน์ทางการทหาร และปิดสัญญาณเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม ค.ศ. 2000 ด้วยเหตุผลทางการตลาดทำให้การบอกตำแหน่งมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น โดยระบบจีพีเอสมีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างมากมาย เช่น ใช้ในระบบการขนส่ง การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ การทำแผนที่ การสำรวจพื้นที่ และในปัจจุบันวงการท่องเที่ยวมีการนำจีพีเอสมาใช้ในการเดินป่าอีกด้วย

### 2.4 ส่วนประกอบของระบบจีพีเอส

ระบบที่ทำให้ระบบจีพีเอสทำงานได้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่

#### 2.4.1 ส่วนศูนย์ควบคุมกลาง (Control Station Segment)

ส่วนควบคุมจะประกอบไปด้วยสถานีซึ่งคอยตรวจสอบดูแลการทำงานของดาวเทียมโดยใช้เรดาร์ส่งสัญญาณไปยังดาวเทียม เพื่อให้ดาวเทียมอยู่ในวงโคจร ในความสูง ความเร็ว และตำแหน่งที่ถูกต้อง และในทางกลับกัน สถานีเหล่านี้ยังทำหน้าที่รับสัญญาณจากดาวเทียมและส่งข้อมูลไปยังเครื่องลูกข่ายจีพีเอสเพื่อบอกตำแหน่งและข้อมูลของเครื่องลูกข่ายนั้น ๆ อย่างถูกต้องด้วย

- สถานีควบคุมหลัก ตั้งอยู่ที่ฐานทัพอากาศในเมืองโคโลราโด สปริงส์ (Colorado Springs) มลรัฐโคโลราโดของสหรัฐอเมริกา

- สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station) จำนวน 5 แห่ง กระจายอยู่ตามจุดต่างๆ ของโลก ได้แก่ ฮาวาย (Hawaii), ควาจาไลน์ (Kwajalein), เกาะเอสเซนชัน (Ascension Island), ดีเอโก การ์เซีย (Diego Garcia) และ โคโลราโด สปริง (Colorado Spring) ดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- งานส่งสัญญาณภาคพื้นดิน (Ground Antennas) ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 จุด ได้แก่ เกาะเอสเซนชัน (Ascension Island), ดีเอโก การ์เซีย (Diego Garcia), ควาจาไลน์ (Kwajalein)
- ศูนย์บัญชาการ (Master Control Station) ตั้งอยู่ฐานทัพอากาศสหรัฐฯ ชรีฟเวอร์ เอเอฟบี (Schriever AFB) รัฐโคโลราโด (Colorado)

สถานีภาคพื้นดินที่ควบคุมระบบ จะเฝ้าระวังติดตามดาวเทียม และจากข้อมูลที่ได้จากการเฝ้าระวังติดตามดาวเทียม สามารถที่จะบอกวงโคจรล่วงหน้าได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และจะส่งสัญญาณข้อมูลวงโคจรจากสถานีสู่ดาวเทียมวันละ 3 ครั้ง และกระจายข้อมูลวงโคจรเหล่านั้น จากดาวเทียมสู่เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสได้ การรับสัญญาณนี้เรียกว่า บรอดแคสต์ เอพีเมอร์ซิส (broadcast ephemeris) ซึ่งจะทำให้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส คำนวณตำแหน่งในเวลาจริงได้ การติดตามเฝ้าระวังไม่เพียงแต่ใช้สถานีไอซีเอส (OCS) ทั้ง 5 สถานี แต่ใช้สถานีเครือข่ายอื่น ๆ เรียกว่า โคออปอเรทีฟ อินเตอร์เนชันแนล จีพีเอส เนทเวิร์ค (Cooperative International GPS Network: CIGNET) ซึ่งมีอยู่ทั้งสิ้น 29 สถานีกระจายทั่วโลก



รูปที่ 2.5 แสดงสถานีควบคุมระบบดาวเทียมจีพีเอส 5 แห่ง

#### 2.4.2 ส่วนอวกาศ (Space Segment)

ส่วนอวกาศจะประกอบไปด้วยดาวเทียมจำนวน 24 ดวงบินโคจรรอบโลก โดยมี 21 ดวง ทำหน้าที่ส่งสัญญาณคลื่นวิทยุจากอวกาศ (Space Vehicles, SVs) ส่วนอีก 3 ดวง สำหรับเป็นดาวเทียมปฏิบัติการเสริม ดังรูปที่ 2.6 ขนาดของดาวเทียมจะประมาณเท่ากับขนาดรถยนต์ มีน้ำหนักประมาณ 19,000 ปอนด์ วงโคจรของดาวเทียมจะอยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 12,660 ไมล์ ทำมุมกับพื้นโลก 55 องศา มีวงโคจรทั้งหมด 6 เส้นทาง ในแต่ละเส้นทางจะมีดาวเทียมโคจรอยู่ 4 ดวง โดยดาวเทียมหนึ่งดวงจะสามารถโคจรรอบโลกได้ 1 รอบใน 12 ชั่วโมง วงโคจรในลักษณะดังกล่าวทำให้มีดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง อยู่บนท้องฟ้าทุก ๆ จุดบนพื้นผิวโลกตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ดาวเทียมชุดแรกเรียกว่า จีพีเอส บล็อก 1 (GPS Block 1) มีทั้งหมด 10 ดวง ดาวเทียมนาฟคาร์ (NAVSTAR: Navigation Satellite Timing and Ranging) เป็นดวงแรกที่ส่งขึ้นใน พ.ศ. 2521 อีก 9 ดวงต่อมา ส่งใน พ.ศ. 2531 ดาวเทียมส่วนที่เหลือได้ถูกส่งขึ้นไปในช่วง พ.ศ. 2532 – 2536 จนครบ 24 ดวง ใน พ.ศ. 2537 และมีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการขับเคลื่อนอีกด้วย

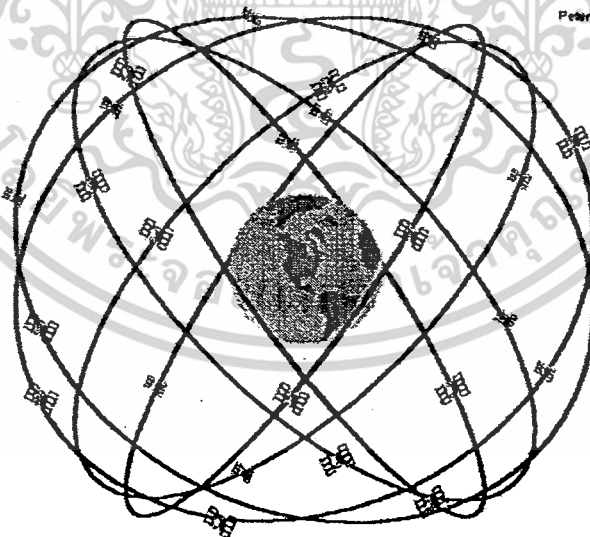
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีนาฬิกาที่มีความแม่นยำสูง ซึ่งจะช่วยในการคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับสัญญาณเพื่อที่จะคำนวณค่าพิกัดตำแหน่ง

การสื่อสารจากดาวเทียมใช้ความถี่ของคลื่นในการส่งข้อมูล และรหัส โดยส่งออกมาเป็นคลื่นในช่วงที่เรียกว่า แอล แบนด์ (L band) มี 2 ความถี่ คือ คลื่นแอล 1 (L1) ที่ความถี่ 1575.42 เมกกะเฮิร์ต (154 เท่าของความถี่พื้นฐาน) มีความยาวคลื่น 19 เซนติเมตร และคลื่นแอล 2 (L2) ที่ความถี่ 1227.60 เมกกะเฮิร์ต (120 เท่าของความถี่พื้นฐาน) มีความยาวคลื่น 24 เซนติเมตร

รหัสที่ใช้มี 2 ชนิด คือ รหัสซีเอ (C/A) และรหัสพี (P) โดยรหัสซีเอ (C/A Code : Coarse/Acquisition) มีความถี่เป็น 1/10 ของความถี่พื้นฐาน คือ 1.023 เมกกะเฮิร์ต ความยาวคลื่นเป็น 300 เมตร มีคาบเป็น 1 ใน 1,000 วินาที นั่นคือในช่วงเวลา 1 วินาที จะสร้างรหัสซีเอ ที่มีรูปแบบเหมือนกันซ้ำถึง 1,000 ครั้ง การตรวจสอบรูปแบบของรหัสซีเอ จึงทำได้ง่าย และรวดเร็วมาก รหัสซีเอ เปิดให้ทุกคนใช้ได้อย่างอิสระ และรหัสพี (P: Precision) มีความถี่เท่ากับความถี่พื้นฐานคือ 10.23 เมกกะเฮิร์ต ความยาวคลื่นเป็น 30 เมตร และมีคาบเป็น 267 วัน นั่นคือ ในช่วง 267 วัน รหัสพีที่ส่งออกมาจะมีรูปแบบที่ไม่ซ้ำกันจึงเป็นการยากที่จะตรวจสอบว่ารหัสพีที่ดาวเทียมใช้ในแต่ละวันเป็นส่วนไหนของรหัส ผู้ที่ไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างรหัสพีของดาวเทียม จึงไม่อาจใช้ประโยชน์จากรหัสพีเพื่อหาค่าตำแหน่งได้ รหัสพีจะถูกสงวนไว้ใช้เฉพาะวงการทหาร และบางหน่วยงานของรัฐบาลสหรัฐอเมริกา รวมทั้งพันธมิตรทางทหารของสหรัฐอเมริกาเท่านั้น

คลื่นแอล 1 จะถูกมอดูเลท (modulate) ด้วยรหัสทั้งสองชนิด ส่วนคลื่นแอล 2 มีเพียงรหัสพี รหัสพีจะถูกเปลี่ยนเป็นรหัสวาย (Y Code) ในกรณีที่ต้องการป้องกันการใช้ประโยชน์จากรหัสพี



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

### รูปที่ 2.6 แสดงการ โคจรของดาวเทียมจีพีเอสรอบโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.3 ส่วนผู้ใช้งาน (User Segment)

ส่วนผู้ใช้งานประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือส่วนที่เกี่ยวข้องกับทางทหาร (Military) และทางพลเรือน (Civilian) ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ซึ่งทางพลเรือนจะได้รับสัญญาณฟรี แต่ผู้ใช้ต้องรับผิดชอบหาซื้อจานรับ (Antenna) และเครื่องรับ (Receiver) ด้วยตนเอง นโยบายการให้บริการข้อมูลจีพีเอสของรัฐบาลสหรัฐฯ มีดังนี้

#### 2.4.3.1 พีพีเอส (PPS: Precise Positioning Services)

##### 2.4.3.1.1 ใช้ในการทางทหารเป็นหลัก

2.4.3.1.2 ข้อมูลจะมีการเข้ารหัส เฉพาะผู้ที่มีเครื่องถอดรหัสจึงจะสามารถใช้งานได้

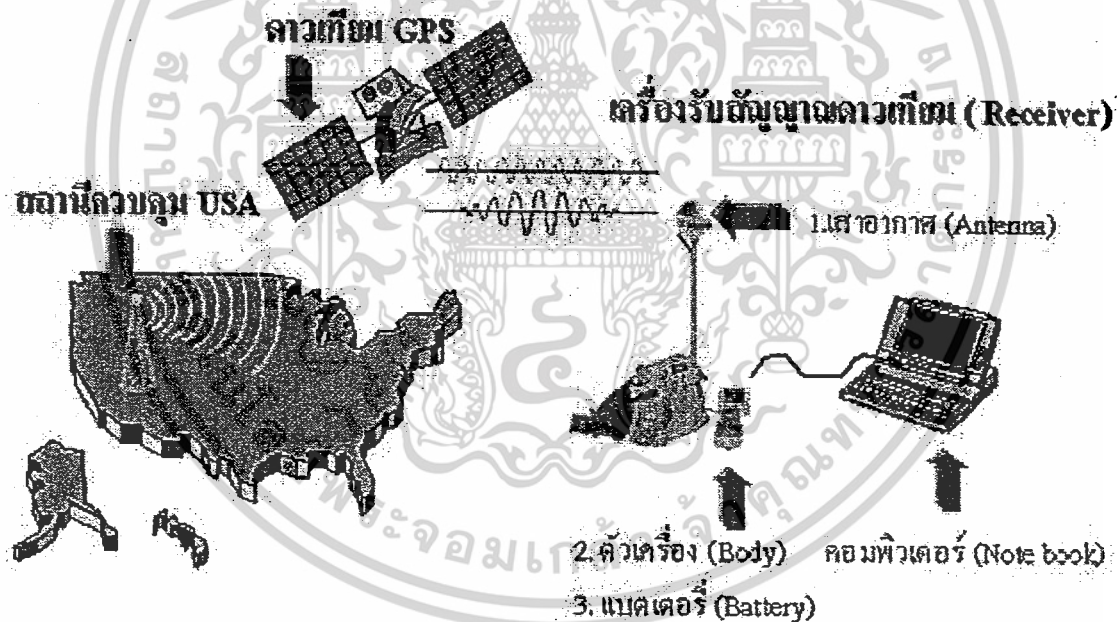
2.4.3.1.3 ความถูกต้องของพิกัด คือ 22 เมตร ในแนวราบ, 27.7 เมตร ในแนวตั้ง

#### 2.4.3.2 เอสพีเอส (SPS: Standard Positioning Services)

##### 2.4.3.2.1 ใช้ในกิจการพลเรือนเป็นหลัก

2.4.3.2.2 ความถูกต้องลดลงเนื่องจากใช้สัญญาณเอสเอ (SA: Selective Availability)

2.4.3.2.3 ความถูกต้องของพิกัด คือ 100 เมตร ในแนวราบ, 156 เมตร ในแนวตั้ง



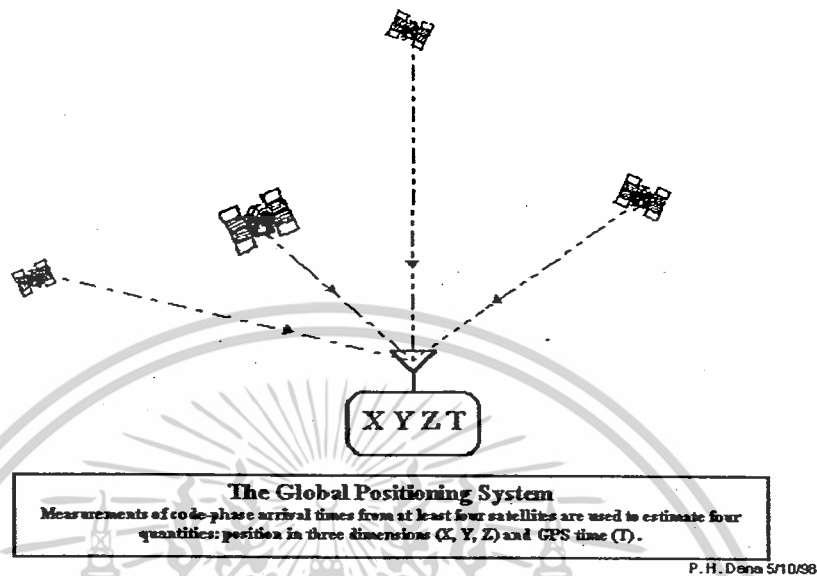
รูปที่ 2.7 แสดงองค์ประกอบของระบบดาวเทียม GPS

### 2.5 หลักการทำงานของระบบจีพีเอส

หลักการพื้นฐานของจีพีเอสเป็นเรื่องง่ายๆ แต่อุปกรณ์ของเครื่องมือถูกสร้างขึ้นด้วยวิทยาการขั้นสูง การทำงานจีพีเอส คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 หลักพื้นฐานของจีพีเอส คือ แซทเทลไลท์ ไตรแองกูเลชัน (Satellites Triangulation) โดยอาศัยตำแหน่งของดาวเทียมในอวกาศเป็นจุดอ้างอิง แล้ววัดระยะจากดาวเทียม 4 ดวง และใช้หลักการทางเรขาคณิตในการคำนวณหาตำแหน่งบนพื้นโลก ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงการวัดตำแหน่งแบบ 3 มิติ ด้วยดาวเทียม 4 ดวง

2.5.2 วัดระยะทางระหว่างเครื่องรับจีพีเอส กับดาวเทียมจีพีเอส โดยการวัดระยะเวลาที่คลื่นวิทยุใช้ในการเดินทางจากดาวเทียมสู่เครื่องรับ ใช้เวลาเดินทางของคลื่นวิทยุ ดังสมการที่ 2.3

$$\text{สูตร : ระยะทาง} = \text{ความเร็ว} \times \text{เวลาที่ใช้เดินทาง} \quad (2.3)$$

$$\text{คลื่นวิทยุ : ความเร็ว} = 186,000 \text{ ไมล์ต่อวินาที}$$

การวัดระยะเวลาในการเดินทาง คือ โดยการเทียบกันของคลื่นสัญญาณที่ดาวเทียมส่งมา กับคลื่นสัญญาณที่เครื่องรับจีพีเอสส่งมา ส่วนคลื่นที่ใช้ในการส่งจะเป็น รหัส ซุโด แรนดอม นอยส์ (Pseudo Random Noise Code)

2.5.3 การวัดระยะเวลาที่คลื่นวิทยุใช้ในการเดินทางของจีพีเอส จะต้องใช้นาฬิกาที่แม่นยำมาก ถ้ารหัสพีอาร์เอ็น (PRN CODE) จากดาวเทียมมีข้อมูลเวลาที่คลื่นเริ่มออกเดินทางจากดาวเทียมเมื่อคลื่นสัญญาณจากดาวเทียมและคลื่นสัญญาณจากเครื่องรับจีพีเอสสมวารกัน (Synchronize) และจะต้องใช้นาฬิกาอะตอม (Atomic Clock) ในการวัดเวลา ส่วนเวลาที่ใช้ในการเดินทางจะสั้นมาก ประมาณ 0.06 วินาที คือ เวลาของเครื่องรับจีพีเอส x เวลาของดาวเทียม ส่วนการบอกตำแหน่งจีพีเอสยังเป็นเวลาที่มีความแม่นยำจนถึง 10 นาโนวินาทีหรือดีกว่า

2.5.4 ต้องรู้ตำแหน่งของดาวเทียมจีพีเอส ที่แน่นอนในอวกาศ

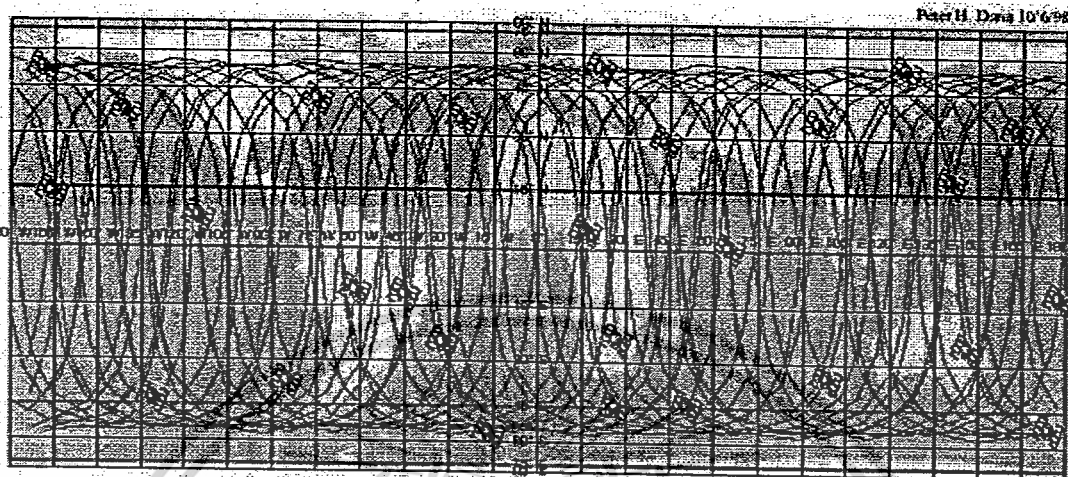
2.5.4.1 วงโคจรสูงมากประมาณ 11,000 ไมล์

2.5.4.2 วงโคจรอาจคลาดเคลื่อน (Ephemeris Errors) เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์

และดวงอาทิตย์ดังแสดงวงโคจรของดาวเทียมในรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4.3 สถานีควบคุมจะใช้เรดาร์ตรวจสอบการโคจรของดาวเทียมจีพีเอสตลอดเวลาแล้วส่งข้อมูลไปปรับแก้ข้อมูลวงโคจรและเวลาของดาวเทียม เมื่อข้อมูลได้รับการปรับแก้แล้วจะถูกส่งมายังเครื่องรับจีพีเอส



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

รูปที่ 2.9 แสดงตำแหน่งวงโคจรของดาวเทียม ณ เวลาต่างๆ

2.5.5 ต้องแก้ไขความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเดินทางของคลื่นวิทยุมาสู่โลก สาเหตุของความผิดพลาด (GPS Errors) ของค่าพิกัดที่คำนวณได้

2.5.5.1 เกิดจากการเดินทางสู่ชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) จะมีประจุไฟฟ้า และชั้นโทรโปสเฟียร์ (Troposphere) จะมีทั้งความชื้น อุณหภูมิ ความหนาแน่นที่แปรเปลี่ยนได้ตลอดเวลา

2.5.5.2 การสะท้อนของคลื่นสัญญาณไปในหลายทิศทาง (Multipath Error) ซึ่งที่ผิวโลก คลื่นสัญญาณต้องกระทบกับวัตถุ ก่อนถึงเครื่องรับจีพีเอส จะทำให้มีการหักเหและสัญญาณจะอ่อน

2.5.5.3 ปัญหาที่เกิดจากดาวเทียม (Check error, Ephemeris error) อาจเกิดจากวงโคจรคลาดเคลื่อนเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์หรืออาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาเพียงเล็กน้อยจะทำให้การคำนวณระยะทางผิดพลาดได้มากเนื่องจากดาวเทียมอยู่สูงมาก

2.5.5.4 ความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตระหว่างตำแหน่งของดาวเทียมและตำแหน่งของเครื่องรับจีพีเอส ซึ่งจะคำนวณเป็นค่าจีดีโอพี (GDOP: Geometric Dilution of Precision) ซึ่งเนื่องจากลักษณะการวางตัวของดาวเทียม และค่าจีดีโอพี มีส่วนประกอบคือ

2.5.5.4.1 พีดีโอพี (PDOP: Position Dilution of Precision (3-D))

2.5.5.4.2 เอชดีโอพี (HDOP: Horizontal Dilution of Precision (Latitude, Longitude))

2.5.5.4.3 วีดีโอพี (VDOP: Vertical Dilution of Precision (Height))

2.5.5.4.4 ทีดีโอพี (TDOP: Time Dilution of Precision (Time))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลระบบใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5.5 อาจเกิดจากความผิดพลาดอื่นๆ เช่น ความผิดพลาดของคอมพิวเตอร์ หรือ มนุษย์ที่ควบคุมสถานี 1 เมตร ถึง 100 เมตร ซึ่งผิดพลาดได้มาก หรือความผิดพลาดของเครื่องรับจีพีเอส, ซอฟต์แวร์ (Software), ฮาร์ดแวร์ (Hardware) และ ผู้ใช้ ซึ่งความผิดพลาดนี้ไม่แน่นอน

## 2.6 ความคลาดเคลื่อนของจีพีเอส

ระบบการบอกพิกัดโดยใช้ดาวเทียมอาจมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นได้จากสาเหตุสามประการ ดังนี้

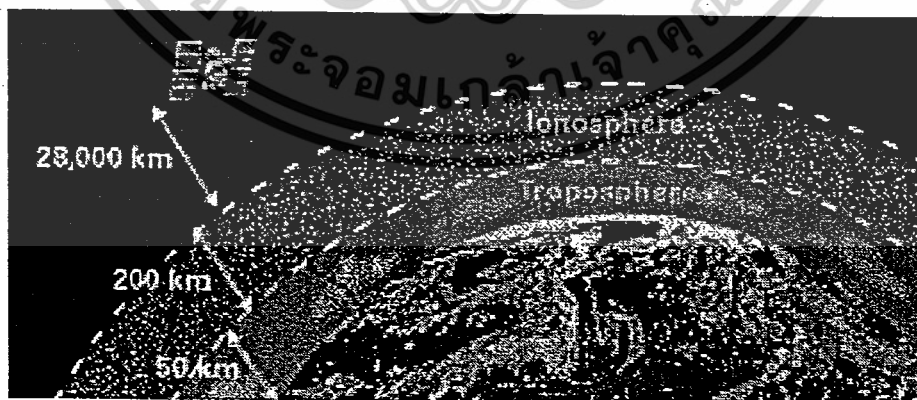
### 2.6.1 ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากวงโคจร และความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาดาวเทียม

ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากวงโคจรของดาวเทียมที่รับได้นั้นเป็นวงโคจรที่ได้จากการคำนวณล่วงหน้าโดยอาศัยรูปร่างของแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อดาวเทียม รูปร่างของที่ใช้จริงจะไม่ถูกต้อง หรือ ไม่ละเอียดเพียงพอเมื่อเทียบกับแรงจริง ๆ ที่กระทำต่อดาวเทียม ในขณะที่ทำการวัด ดังนั้นตำแหน่งดาวเทียมที่ส่งกระจายลงมาพร้อมสัญญาณดาวเทียมจึงไม่ถูกต้อง ซึ่งมีผลต่อการหาตำแหน่งบนโลก การหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์จะทำให้ความคลาดเคลื่อนวงโคจรลดลงได้

ความคลาดเคลื่อนนาฬิกาดาวเทียม เวลาที่อ่านได้จากนาฬิกาของดาวเทียมแต่ละดวง มีนาฬิกาที่มีมาตรฐานสูง 4 เครื่อง สถานีควบคุมหลักสามารถควบคุมเวลาดาวเทียมให้เวลาจีพีเอสต่างกันไม่เกินกว่า 1 ใน 1,000 วินาที (1 มิลลิวินาที) และควบคุมความถี่ให้มีความถูกต้องถึง  $10^9$  เฮิร์ต เวลาที่ถูกต้องของเครื่องรับ สามารถหาได้จากสัญญาณดาวเทียมที่มีเวลาจากนาฬิกาดาวเทียมอยู่ ดังนั้นการปรับเวลาของระบบดาวเทียมจะมีผลในการคำนวณตำแหน่งด้วย และเมื่อเครื่องรับถอดรหัสได้ก็จะรู้เวลาจีพีเอสเครื่องรับจึงไม่จำเป็นต้องมีนาฬิกาที่มีมาตรฐานสูง

### 2.6.2 ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการแพร่กระจายของสัญญาณดาวเทียม เช่นการหักเหในชั้นบรรยากาศ และการเกิดคลื่นสะท้อน

ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการหักเหในชั้นบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ และชั้นโทรโพสเฟียร์มีผลต่อการหักเหคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้เส้นทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเบี่ยงเบนไป ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงความคลาดเคลื่อนจากการหักเห ในชั้นบรรยากาศ  
ชั้นไอโอโนสเฟียร์ และชั้นโทรโพสเฟียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

คลื่นสะท้อน (multi path) หมายถึงการแพร่กระจายของคลื่นที่มีการสะท้อนตั้งแต่หนึ่งครั้งขึ้นไป พื้นผิวที่สะท้อนอาจจะอยู่ในแนวตั้ง ราบ หรือเอียงก็ได้ เช่น ผนังตึก ถนน ผิวหน้า หรือยานพาหนะ คลื่นสะท้อนมีผลกับทั้งรหัส และผลของคลื่นสะท้อนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดคลื่นหลุด (cycle slip) เพราะช่องรับสัญญาณไม่สามารถจับสัญญาณควาเทียมได้ การรบกวนเป็นเวลานานจะทำให้ผลของคลื่นสะท้อนลดลง แต่เทคนิคของการรบกวนบางวิธีไม่สามารถวางเสาอากาศทิ้งไว้เป็นเวลานาน ๆ ได้ ดังนั้นจึงต้องหลีกเลี่ยงการรับสัญญาณที่มีคลื่นสะท้อน โดยเลือกจุดวางเครื่องรับที่ไม่มีพื้นผิวสะท้อนอยู่ใกล้เคียง เลือกเสาอากาศที่ออกแบบเฉพาะ เช่น เสาอากาศที่มีแผ่นกราวด์ หรือใช้วัสดุที่ดูดซับคลื่นวางรอบเสาอากาศ

### 2.6.3 ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากเครื่องรับสัญญาณ

ความคลาดเคลื่อนของเครื่องรับ มีสาเหตุมาจากหลายส่วน เช่น สัญญาณรบกวน (Noise) ในการวัดของเครื่องรับไบอัส (bias) ระหว่างช่องรับสัญญาณ การเลื่อนของเฟส ความไม่เสถียรของออสซิลเลเตอร์ และจุดศูนย์กลางเฟสของเสาอากาศ เป็นต้น

## 2.7 ข้อดีและข้อเสียของระบบจีทีเอส

### 2.7.1 ข้อดีของระบบจีทีเอส

2.7.1.1 รู้ทุกเส้นทางที่รถไปมา รวมถึง วัน เวลา ความเร็ว ทิศทาง ระยะทางทั้งหมด

2.7.1.2 ใช้ได้ทั้งการคมนาคมทั้งทางบก ทางน้ำ หรือในอวกาศ

2.7.1.3 ประหยัดรายจ่ายและค่าน้ำมัน เพิ่มเที่ยวขนส่งงาน โดยไม่เพิ่มจำนวนรถ

2.7.1.4 ไม่มีค่าใช้จ่ายรายเดือน

2.7.1.5 ไม่มีค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในการใช้งาน และสามารถบันทึกข้อมูลได้สูงสุดถึง 13,000 ครั้งต่อวัน (ซึ่งระบบ Real-Time ทำไม่ได้)

2.7.1.6 เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจได้ดี ประโยชน์ที่ได้รับจากระบบติดตามยานพาหนะบีจี-เอฟแอลอีที (BG-FLEET Management)

### 2.7.2 ข้อเสียของระบบจีทีเอส

2.7.2.1 เครื่องรับสัญญาณบางประเภทราคาแพง

2.7.2.2 รางด้านบางประเภทอาจมีปัญหา ถ้านำไปจีทีกรยานอาจจะดับได้ง่ายๆ แต่สามารถแก้ไขได้โดยการคิดแปลงรางด้านนิคหน้อย

2.7.2.3 อาจเกิดปัญหาที่เกิดจากควาเทียม (Check error, Ephemeris error) อาจเกิดจากวงโคจรคลาดเคลื่อน เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์หรืออาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาเพียงเล็กน้อยจะทำให้การคำนวณระยะทางผิดพลาดได้มากเนื่องจากควาเทียมอยู่สูงมาก

2.7.2.4 การต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นและความสะดวก บางเครื่องแสดงได้เฉพาะพิกัดภูมิศาสตร์ บางเครื่องไม่สามารถต่อเข้ากับเครื่องมืออื่นหรือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (PC) ได้

## 2.8 ประโยชน์ และการนำไปประยุกต์งานเชิงสร้างสรรค์

ด้วยความสามารถของจีพีเอส ทำให้เราสามารถนำข้อมูลตำแหน่งมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย ตัวอย่างเช่น

2.8.1 การสื่อสารของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Telecommunications) เช่น บอกตำแหน่งของคู่สนทนา การหาตำแหน่งที่เราอยู่ (ในกรณีที่เราหลงทาง) เป็นต้น

2.8.2 การเดินเรือ เช่น บอกตำแหน่งของผู้บรรทุกน้ำมันของประเทศใดๆ เพื่อที่จะทำการสกัดจับได้ทันทั่วทั้งที่ บอกตำแหน่งของสัตว์ที่เราต้องการในบริเวณนั้นๆ ได้อย่างสะดวกและตรงตามที่ต้องการเพื่อประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย เป็นต้น

2.8.3 การเชื่อมโยงกับระบบการสื่อสาร (Position and Telecommunication) เช่น บอกตำแหน่งของสิ่งที่เราอยากรู้ทุกอย่างที่อยู่บน โลกนี้ โดยผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตหรือผ่านทางโทรศัพท์มือถือซึ่งสามารถใช้ได้ทุกที่ทุกเวลา เป็นต้น

2.8.4 การหาตำแหน่งหรือติดตามยานพาหนะที่เคลื่อนที่ (Automatic Vehicle Location) เช่น บอกตำแหน่งของขี้อื้อ รุน และสี่ขงรถที่วิ่งอยู่บนถนนได้ เพื่อช่วยในการตามหารถที่ถูกขโมยมาหรือจะตามรถที่มีการกระทำความผิดแล้วหลบหนีการจับกุม เป็นต้น

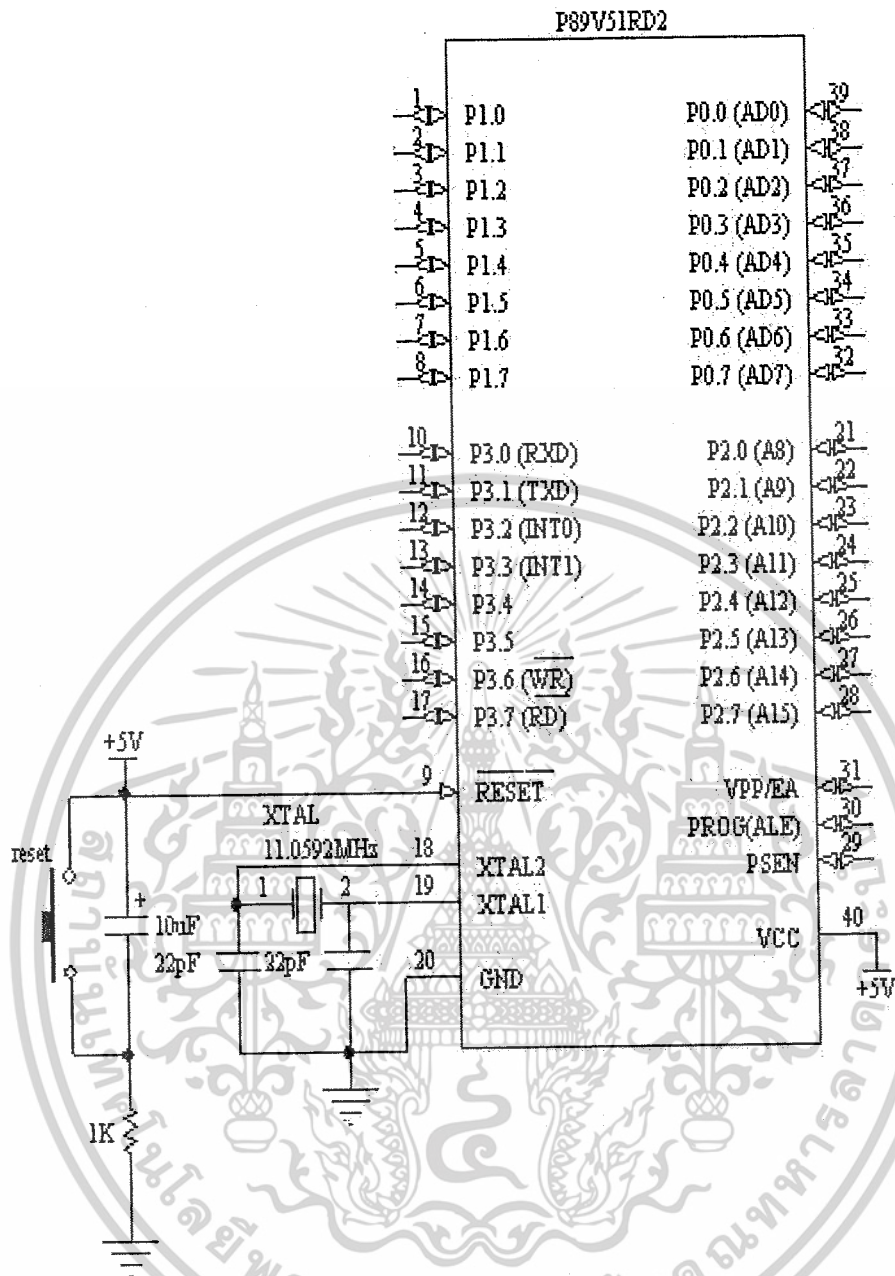
2.8.5 การสร้างแผนที่ (Mapping) เช่น บอกตำแหน่งของชุมชนทรัพย์ของโจรสลัด สร้างแผนที่การจราจรทางอากาศ การสร้างแผนที่การจราจรทางน้ำ สร้างแผนที่การวางไข่ของสัตว์น้ำ สร้างแผนที่การอพยพของนก เป็นต้น

2.8.6 การวางแผนในการสำรวจเบื้องต้น (Survey) เช่น การบอกตำแหน่งของสิ่งที่เราต้องการสำรวจ เช่น ทอง น้ำมันกลางอ่าวไทย ฯลฯ

2.8.7 สิ่งแวดล้อม (Environment) เช่น บอกตำแหน่งที่เกิดไฟไหม้ป่า ตำแหน่งที่มีการตัดไม้ทำลายป่า บอกตำแหน่งของสัตว์ป่าที่หายากและใกล้สูญพันธุ์ เป็นต้น

## 2.9 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2

เป็นส่วนของวงจรประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2 โดยจะนำข้อมูลที่ได้รับได้จากโมดูลจีพีเอสประมวลผล ทำการเขียนโปรแกรมเลือกรับค่าเฉพาะส่วน โปรโตคอลจีจีเอ (Protocol GGA) โดยเลือกรับค่าละติจูด, ลองจิจูด และจำนวนดาวเทียมแสดงผลออกมาบนจอภาพผลึกเหลวหรือจอแอลซีดี (liquid crystal display: LCD) เก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำ เพื่อนำค่าพิกัดมาหาระยะทางระหว่างคิก และนำข้อมูลที่ได้รับจากโมดูลอัลตราโซนิกมาประมวลผล เพื่อหาระยะทางและรอรับสัญญาณสะท้อนกลับมา เมื่อได้รับสัญญาณนั้นแล้วก็จะทำการหยุดนับ นำค่าที่ได้ไปออกจอแอลซีดี และส่งเสียงเตือนจากบี๊เซอร์ มีวงจรส่วนประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 2.11



## 2.10 การเชื่อมต่อจีพีเอส

การเชื่อมต่อจีพีเอส UBLOX LEA-4S มีอัตราบอร์คเรต 9600 บอร์ค, 8 บิต, no parity bit, 1 stop bit โดยมีขาโมดูลจีพีเอสที่สำคัญที่นำมาใช้ในทางฮาร์ดแวร์ คือ

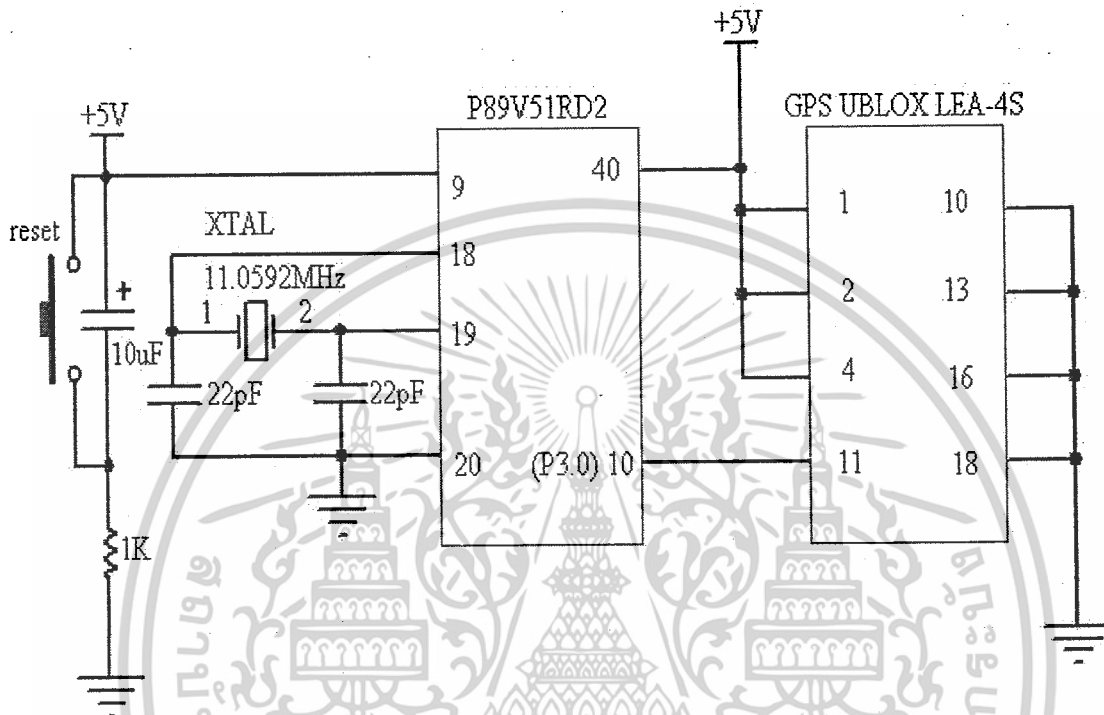
2.10.1 TxA (ขา 11) เป็นขาสัญญาณข้อมูลเอาต์พุตของจีพีเอส

2.10.2 VCC 5V (ขา 1, 2, 4) เป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจรมีขนาดแรงดัน 5 โวลต์

2.10.3 GND (ขา 10, 13, 16 และ 18) ซึ่งทุกขาจะต่อถึงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยขา TxA จะต่อผ่านไอซี 74HC125 ซึ่งในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีไฟเลี้ยง 5 โวลต์ จะต้องทำการเปลี่ยนระดับสัญญาณก่อนโดยใช้ไอซี TTL เบอร์ 74HC125 ซึ่งเป็นบัฟเฟอร์ ป้องกันสัญญาณรบกวน และจากไอซี 74HC125 จะไปต่อเชื่อมกับพอร์ต 3 ของวงจรถ่วงประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรถ่วงติดต่อเครื่องรับจีพีเอสแสดงได้ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 วงจรถ่วงติดต่อเครื่องรับจีพีเอส

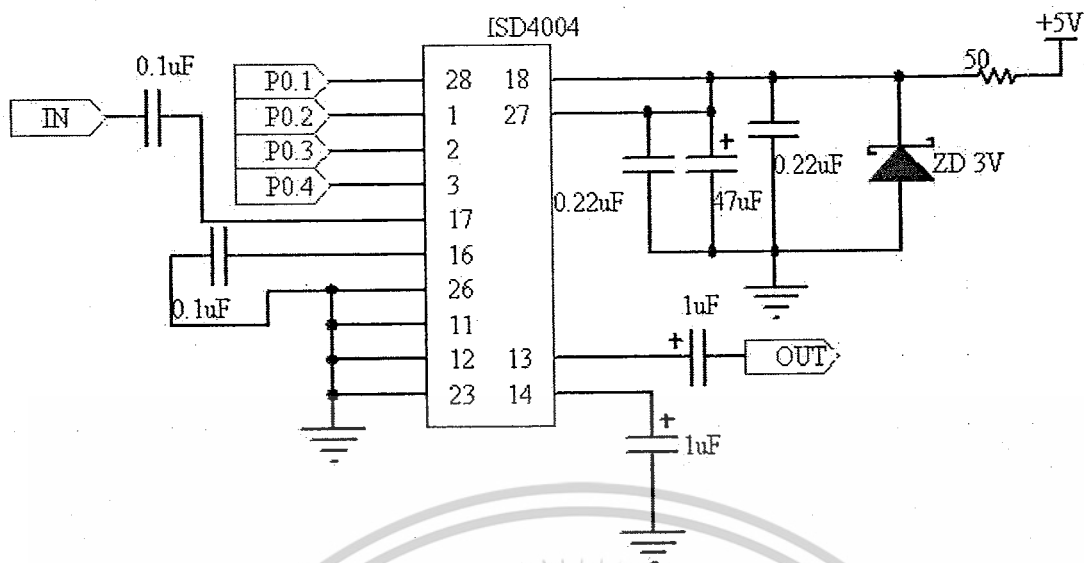
## 2.11 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ในรูปแบบของเสียง และแสดงผลค่าระยะทางออกจอแอลซีดี

ในการติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้ทางสายตานั้น จะใช้การสื่อสารในรูปแบบของเสียงออกทางลำโพง โดยใช้ไอซีบันทึกเสียงตระกูล ISD4004 ทำหน้าที่บันทึกเสียง (Record) และเล่นเสียง (Play) มีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้

- 2.11.1 สามารถเล่นและบันทึกเสียงได้ในตัวเดียวกัน
- 2.11.2 ทำงานที่แรงดัน 3 โวลต์
- 2.11.3 กินกระแส 15 มิลลิแอมป์ ขณะเล่น และกินกระแส 25 มิลลิแอมป์ ขณะบันทึก
- 2.11.4 บันทึกได้นาน 8,10,12,16 นาที ตามขนาดไอซี
- 2.11.5 จัดจำข้อมูลเสียงได้นาน 100 ปี
- 2.11.6 บันทึกซ้ำได้มากกว่า 100,000 ครั้ง
- 2.11.7 มีการติดต่อสื่อสารแบบ SPI (Serial Peripheral Interface)

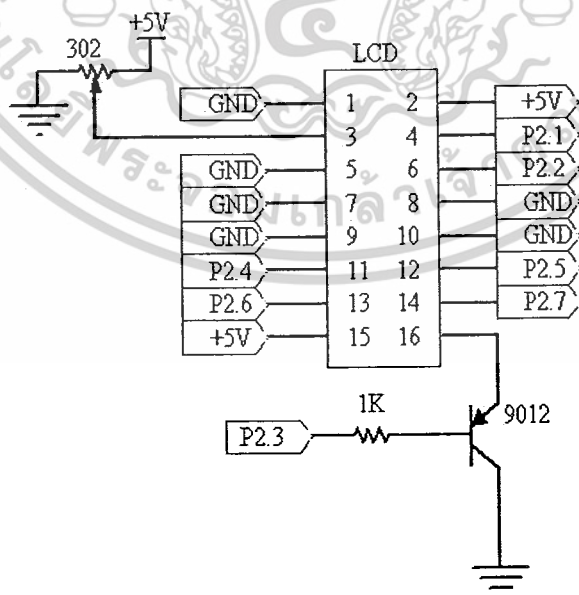
รูปวงจรถ่วงใช้งาน ไอซีบันทึกเสียงมีลักษณะเป็นดังรูปที่ 2.13 โดยต่อขาควบคุมไอซีบันทึกเสียงเข้า

กับพอร์ต 0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 วงจรใช้งานไอซีบันทึกเสียง

จากรูปที่ 2.13 ขาที่ 1 (SS) ขาที่ 2 (MOSI) ขาที่ 3 (MISO) ขาที่ 28 (SCLK) ทำหน้าที่เป็นขาควบคุมไอซีบันทึกเสียง ISD4004 ในการเขียนโปรแกรมต้องทำการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับไอซีบันทึกเสียง ISD4004 โดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1,0,1,0 ตามลำดับ ขาที่ 17 เป็นขาอินพุตทำหน้าที่รับสัญญาณเสียงจากภายนอกเพื่อบันทึกเสียง ขาที่ 13 เป็นขาเอาต์พุต สัญญาณเสียงจะออกจากขาเมื่ออยู่ในโหมดของการเล่นเสียง ส่วนการแสดงผลค่าพิกัด และค่าระยะทางออกทางจอแอลซีดี จะใช้วงจรดังรูปที่ 2.14 ต่อเข้ากับพอร์ต 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

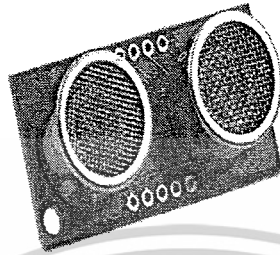


รูปที่ 2.14 วงจรแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.12 โมดูลอัลตราโซนิก SRF-05

ในการแจ้งเตือนสิ่งกีดขวาง จะใช้โมดูลอัลตราโซนิก SRF-05 ดังรูปที่ 2.15 ในการวัดระยะทางของสิ่งกีดขวาง และแจ้งเตือนว่ามีสิ่งกีดขวางที่ช่วงระยะทาง 1 เซนติเมตร ถึง 300 เซนติเมตร ให้ผู้ใช้ได้รับทราบ



รูปที่ 2.15 โมดูลอัลตราโซนิก SRF-05

### 2.12.1 คุณสมบัติโมดูล SRF-05

- 2.12.1 ใช้ไฟเลี้ยง +5 V ต้องการกระแสไฟฟ้า 30 มิลลิแอมป์
- 2.12.2 ใช้ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ต
- 2.12.3 วัดระยะทางตั้งแต่ 1 เซนติเมตร ถึง 4 เมตร
- 2.12.4 สัญญาณพัลส์สำหรับกระตุ้นการทำงาน ต้องมีความกว้าง อย่างน้อย 10 ไมโครวินาที
- 2.12.5 สื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทุกตระกูล
- 2.12.6 สามารถติดต่อได้ 2 แบบ คือ แบบ 2 สัญญาณ (Echo กับ Trigger) และแบบ

อนุกรมสัญญาณเส้นเดียว

### 2.12.2 จุดต่อการใช้งาน SRF-05

จุดต่อการใช้งาน SRF-05 เป็นดังรูปที่ 2.16

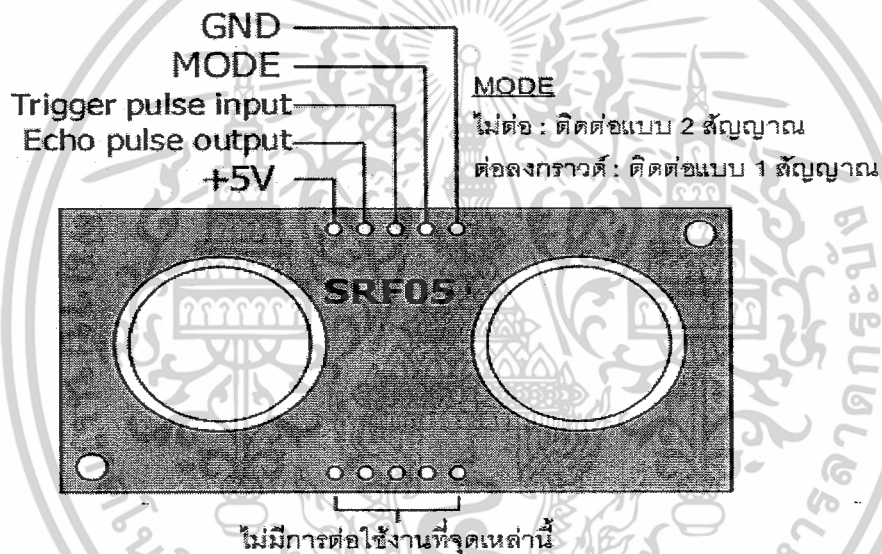
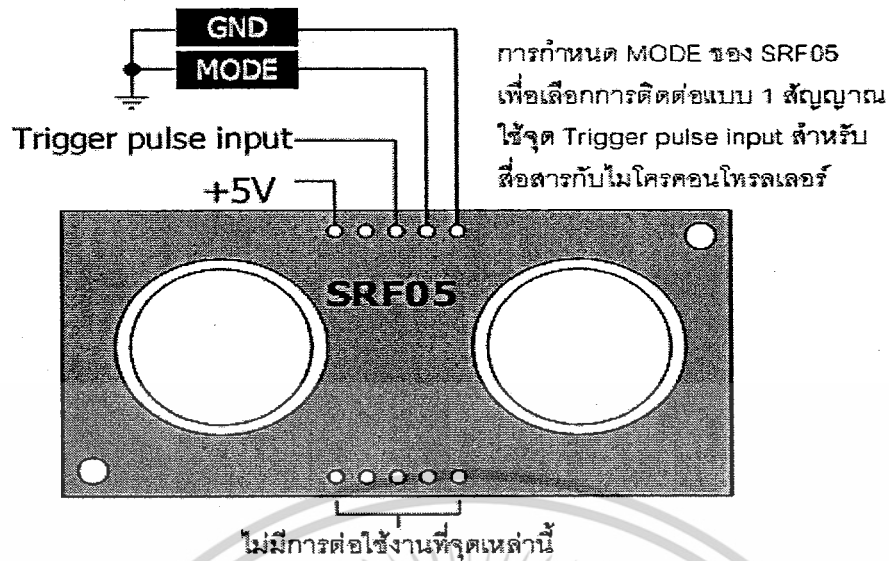
2.12.2.1 ขาไฟเลี้ยง +5 โวลต์ ต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์ และขา GND ต่อลงกราวด์

2.12.2.2 ขา Echo Pulse Output (ECHO) เป็นขาเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณพัลส์ออกจาก SRF-05 ซึ่งการใช้งาน จะนำขานี้ไปต่อเข้ากับพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อตรวจจับความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ส่งออกมาเพื่อแปลความหมายเป็นระยะทาง

2.12.2.3 ขา Trigger Pulse Input (TRIGGER) เป็นขาอินพุตรับสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างอย่างน้อย 10 ไมโครวินาที เพื่อกระตุ้นการสร้างคลื่นอัลตราโซนิกความถี่ 40 กิโลเฮิร์ต ออกสู่อากาศ จากตัวส่ง

2.12.2.4 ขา MODE สำหรับเลือกรูปแบบการติดต่อกับ SRF-05 โดยถ้าปล่อยลอยไว้ (NC) จะเป็นการเลือกติดต่อแบบ 2 สัญญาณ ผ่านจุดต่อ ECHO กับ TRIGGER แต่ถ้าต่อลงกราวด์ จะเป็นการเลือกให้ติดต่อแบบ 1 สัญญาณ ผ่านจุดต่อ TRIGGER

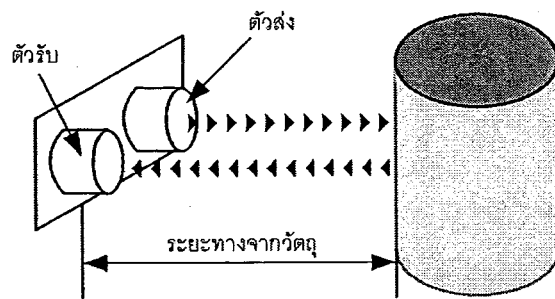
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 สัญญาณของ SRF-05 และการกำหนดโหมดการทำงาน

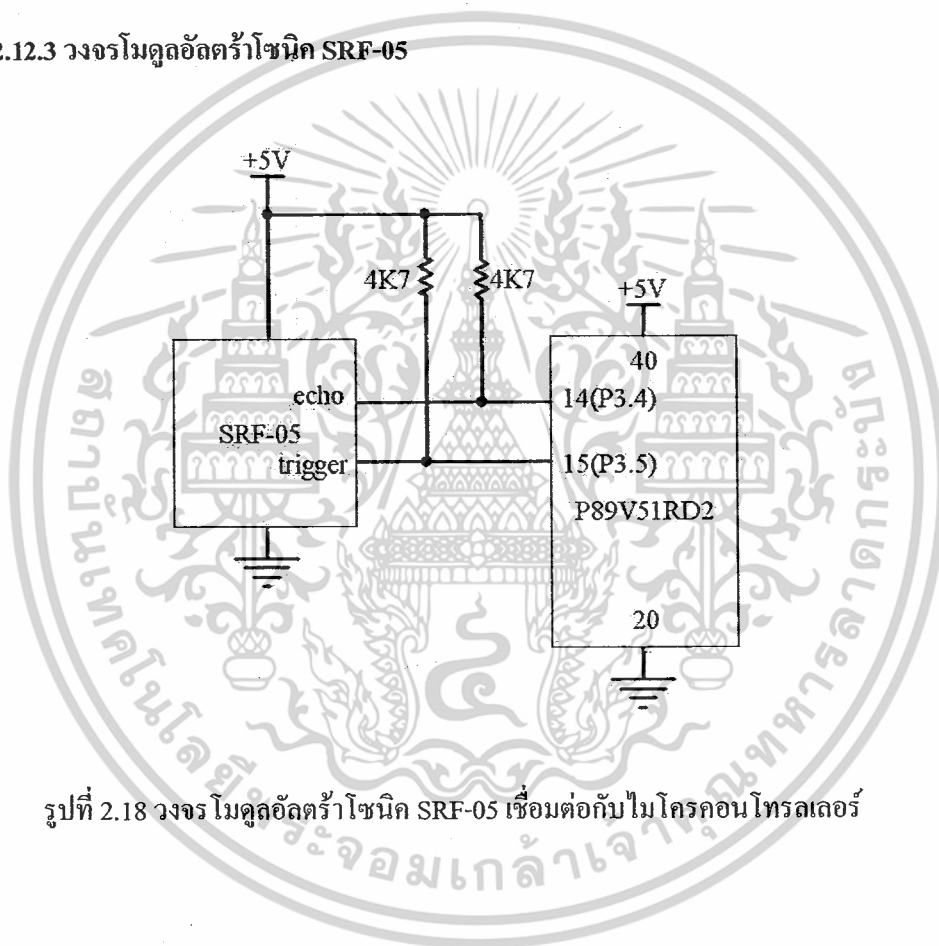
การทำงานของโมดูลตรวจจับ และวัดระยะทางด้วยอัลตราโซนิก จะเริ่มต้นจากการที่หน่วยประมวลผลส่งความถี่รีโซแนนท์คงที่ 40 กิโลเฮิร์ต ไปกระตุ้นตัวทรานสดิวเซอร์ที่เป็นตัวส่งให้ส่งขบวนพัลส์ 40 กิโลเฮิร์ต ออกสู่อากาศ พร้อมกันนั้นหน่วยประมวลผลจะเริ่มทำการนับพัลส์โดยใช้ไทเมอร์เป็นตัวนับเวลาความกว้างของพัลส์ไปด้วย ขบวนพัลส์จะเดินทางจนกระทั่งกระทบวัตถุที่ขวางอยู่เบื้องหน้า ทำให้พัลส์สะท้อนกลับมายังตัวรับของโมดูล ดังรูปที่ 2.17 ตัวรับจะทำการเปลี่ยนพลังงานเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้าก็จะทำการส่งให้หน่วยนับสัญญาณพัลส์ และนำค่าที่นับได้ซึ่งออกมาในรูปของความกว้างของพัลส์ที่เป็นสัดส่วน โดยตรงกับระยะทางที่ตรวจจับได้ ซึ่งเป็นค่าเวลาคำนวณเป็นระยะทางตามสูตร ระยะทาง = ความเร็ว x ระยะทาง โดยระยะทางที่ได้จะต้องนำมาหาร 2 เนื่องจากเป็นการเดินทางของคลื่นอัลตราโซนิกขาไป-กลับ และส่งไปยังหน่วยประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้แสดงค่าระยะทางออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 การตรวจจับวัตถุโดยใช้สัญญาณอัลตราโซนิก

### 2.12.3 วงจรโมดูลอัลตราโซนิก SRF-05



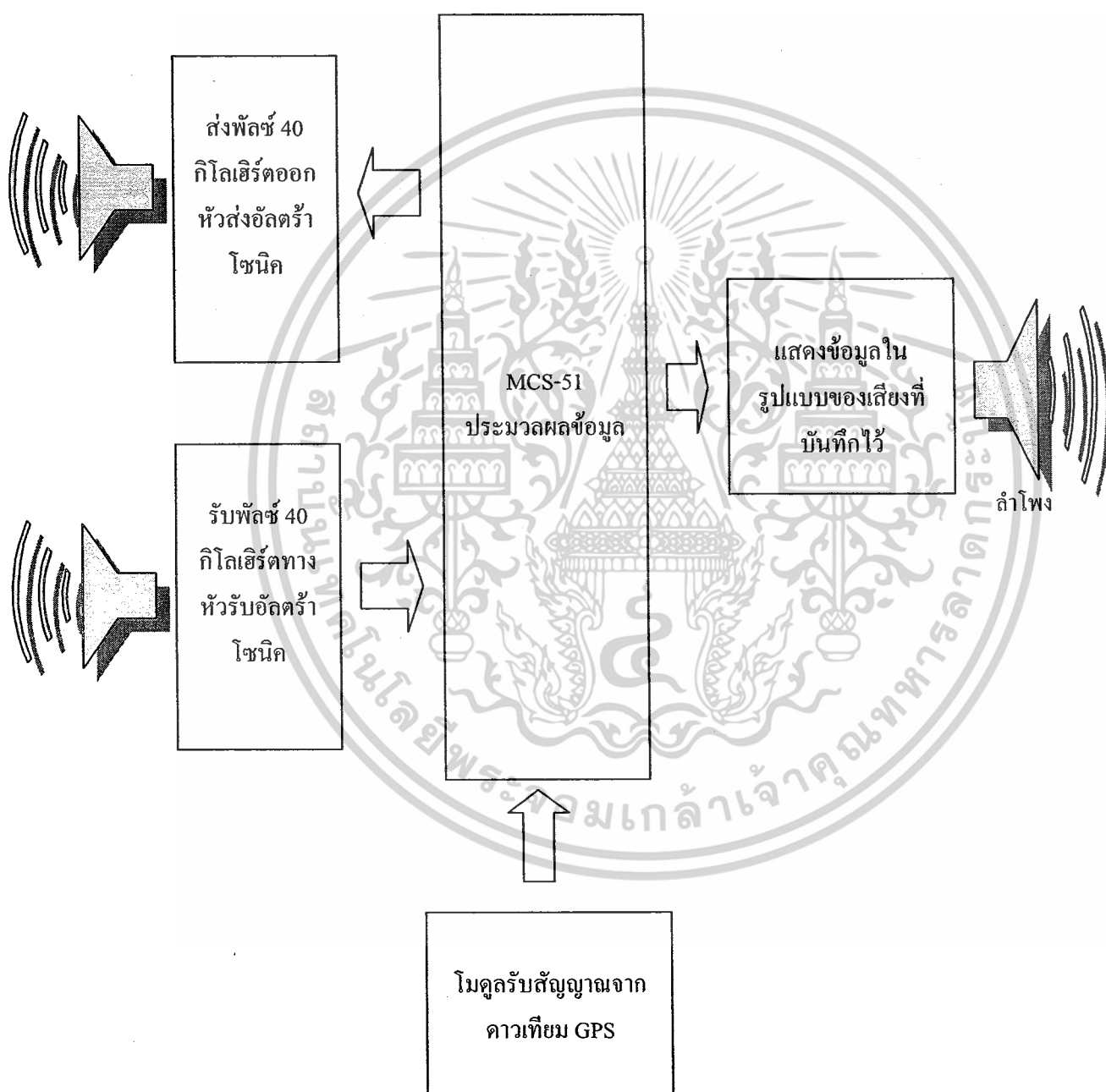
รูปที่ 2.18 วงจร โมดูลอัลตราโซนิก SRF-05 เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

#### การคำนวณและการสร้าง

ในระบบช่วยเหลือในการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ โมดูลตรวจจับ และวัฏระยะทางด้วยอัลตราโซนิก (SRF-05) เพื่อเตือนสิ่งกีดขวาง และเครื่องระบุตำแหน่งของผู้ใช้ด้วยจีพีเอส ซึ่งจะช่วยนำทางผู้ใช้ไปยังสถานที่ที่ต้องการได้ ดังบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของระบบช่วยเหลือในการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1 การเลือกใช้โปรโตคอลในการรับข้อมูลจากดาวเทียม

เครื่องจีพีเอส ทำหน้าที่รับสัญญาณจากดาวเทียมอย่างเดียว โดยจะทำงานที่ความถี่ย่านยูเอชเอฟ (UHF: ultrahigh frequency) รหัสที่ใช้ในระบบจีพีเอส นาฬิกาดาว มี 2 แบบคือ รหัสซีเอ และรหัสพี โดยที่รหัสซีเอ มีความเที่ยงตรงน้อยกว่ารหัสพี ที่ใช้ในกิจการทหารและการสำรวจ ข้อมูล "ดิบ" จากดาวเทียมจะถูกแปลงเป็นข้อมูลที่เข้าใจได้ในรูปตัวหนังสือแอสกี (TEXT ASCII) ที่มีรูปแบบมาตรฐาน เอ็นเอ็มอีเอ (NMEA: National Marine Electronics Association) ซึ่งมีข้อมูลอยู่หลายชุด ซึ่งแต่ละอันมีชื่อเป็นอักษร 3 ตัว ตัวอย่างเช่น

1. จีจีเอ (GGA: Global Positioning System Fixed Data) ให้ข้อมูล เวลา ตำแหน่ง และ ข้อมูลตายตัว
2. จีจีแอล (GLL: Geographic Position - Latitude/Longitude) ให้ข้อมูล พิกัดละติจูด และลองจิจูด, เวลายูทีซี (UTC) ของพิกัด และสถานะ
3. จีเอสเอ (GSA: GNSS DOP and Active Satellites) ให้ข้อมูลประเภทการปฏิบัติการ, จำนวนดาวเทียมที่ใช้ในการคำนวณตำแหน่ง ค่าดีโอพี (DOP)
4. จีเอสวี (GSV: GNSS Satellites in View) ให้ข้อมูล จำนวนดาวเทียมที่เห็นพร้อมหมายเลข (ID number), ความสูง (elevation), องศาในแนวขอบฟ้า (azimuth), และค่าเอสเอ็นอาร์ (SNR: Signal-to-Noise-Ratio หรือ อัตราส่วนสัญญาณจีพีเอส เมื่อเทียบกับสัญญาณรบกวน)
5. อาร์เอ็มซี (RMC: Recommended Minimum Specific GNSS) ให้ข้อมูล เวลา, วันที่, พิกัด, มุ่งหน้าไปทางทิศใด, ความเร็ว
6. วีทีจี (VTG: Course Over Ground and Ground Speed) ให้ข้อมูลทิศทางและความเร็วเมื่อเทียบกับพื้นดิน

โดยในโครงการนี้ได้เลือกรับโปรโตคอลจีจีเอ โดยเขียนโปรแกรมให้ทำการรับค่าเฉพาะค่าละติจูด, ลองจิจูด, จำนวนดาวเทียม ข้อมูลที่เครื่องรับจากจีพีเอสจะมีรูปแบบดังรูปที่ 3.2

```
$GPGGA,hhmmss.sss,ddmm.mmmmm,N,dddmm.mmmmm,W,1,xx,1.0,9.0,M,,.0000*18
```

รูปที่ 3.2 รูปแบบ รหัสแอสกี ของ โปรโตคอลจีจีเอ

\$GPGGA คือ Message ID

hhmmss.sss คือ เวลา โดย ชั่วโมง(hh), นาที(mm), วินาที(ss)

ddmm.mmmmm คือ ละติจูด โดย องศา(dd), ลิปดา(mm)

dddmm.mmmmm คือ ลองจิจูด โดย องศา(dd), ลิปดา(mm)

xx คือ จำนวนดาวเทียม 0 – 12 ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ส่วนการคำนวณระยะทางระหว่างพิกัด 2 จุด

เราต้องอ่านค่าละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude) ตัดกันทั้งสองแกน มีหน่วยวัดเป็น องศา (°), ลิปดา (′),ฟิลิปดา (″)

โดยหน่วยวัด : 60 ฟิลิปดา เท่ากับ 1 ลิปดา

60 ลิปดา เท่ากับ 1 องศา

#### 3.2.1 การแปลงหน่วยพิกัด

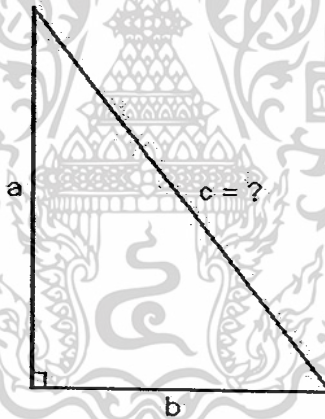
โดยหน่วยวัด : 1 ฟิลิปดา เท่ากับ 31 เมตร

60 ฟิลิปดา เท่ากับ 1 ลิปดา เท่ากับ 1,860 เมตร

60 ลิปดา เท่ากับ 1 องศา เท่ากับ 111,600 เมตร

#### 3.2.2 การคำนวณระยะทาง

เมื่อเรารู้จุดพิกัด 2 จุด ซึ่งเป็นจุดตั้งต้น และจุดปลายทางของเส้นทางที่เราต้องการจะไป การคำนวณระยะทางเป็นเส้นตรงระหว่างจุดสองจุดทำได้โดยใช้ทฤษฎีพีทาโกรัส (Pythagoras) คือใช้หลักสามเหลี่ยมมุมฉากที่มีด้าน 3 ด้าน คือ a, b และ c โดย c เป็นระยะทางระหว่างจุด (บนระนาบ x,y) สองจุด และเป็นด้านตรงกันข้ามมุมฉาก ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก

$$\text{สมการพีทาโกรัส : } c = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (3.1)$$

เราสามารถเอาหลักการดังกล่าวมาคำนวณระยะทางบนพื้นโลกได้ดังนี้ สมมุติว่าพิกัด (ละติจูดหรือลองจิจูด) สองจุดคือ (1) ตึกโทรคมนาคม ละติจูด 1343.63112 ลองจิจูด 10046.58122 และ (2) ตึก 12 ชั้น ละติจูด 1343.61903 ลองจิจูด 10046.36224 ในการคำนวณ ถ้าละติจูด และลองจิจูดอยู่ใน format อื่น เช่น มีทั้งองศาและลิปดา จะต้องแปลงเป็นรูปองศาให้หมดก่อน แล้วจึงแปลงเป็นค่าระยะทาง ยกตัวอย่างเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกัดปัจจุบัน : ละติจูด 1343.63112 , ลองจิจูด 10046.58122  
 จะได้ ละติจูด = 13 องศา 43.63112 ลิปดา  
 แปลงลิปดาเป็นองศาโดย 43.63112 / 60 องศา  
 เพราะฉะนั้น ละติจูด = 13 + (43.63112 / 60) องศา  
 จะได้ ลองจิจูด = 100 องศา 46.58122 ลิปดา  
 แปลงลิปดาเป็นองศาโดย 46.58122 / 60 องศา  
 เพราะฉะนั้น ลองจิจูด = 100 + (46.58122 / 60) องศา

พิกัดปลายทาง : ละติจูด 1343.61903 , ลองจิจูด 10046.36224  
 จะได้ ละติจูด = 13 องศา 43.61903 ลิปดา  
 แปลงลิปดาเป็นองศาโดย 43.61903 / 60 องศา  
 เพราะฉะนั้น ละติจูด = 13 + (43.61903 / 60) องศา  
 จะได้ ลองจิจูด = 100 องศา 46.36224 ลิปดา  
 แปลงลิปดาเป็นองศาโดย 46.36224 / 60 องศา  
 เพราะฉะนั้น ลองจิจูด = 100 + (43.36224 / 60) องศา

หาระยะระหว่างพิกัดปัจจุบัน กับพิกัดปลายทาง (C) จะได้

$$\begin{aligned} \text{ละติจูด} &= (13 + (43.63112 / 60)) - (13 + (43.61903 / 60)) \\ &= 0.0002015 \text{ องศา} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ลองจิจูด} &= (100 + (46.58122 / 60)) - (100 + (43.36224 / 60)) \\ &= 0.003649 \text{ องศา} \end{aligned}$$

แปลงเป็นหน่วยเมตร จะได้

$$\begin{aligned} \text{ละติจูด} &= 0.0002015 \times 111600 \\ &= 22.4874 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ลองจิจูด} &= 0.003649 \times 111600 \\ &= 407.2284 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

จากสูตรพีธาโกรัส สมการ (3.1)

จะได้ ระยะกระจัด C = 407 เมตร

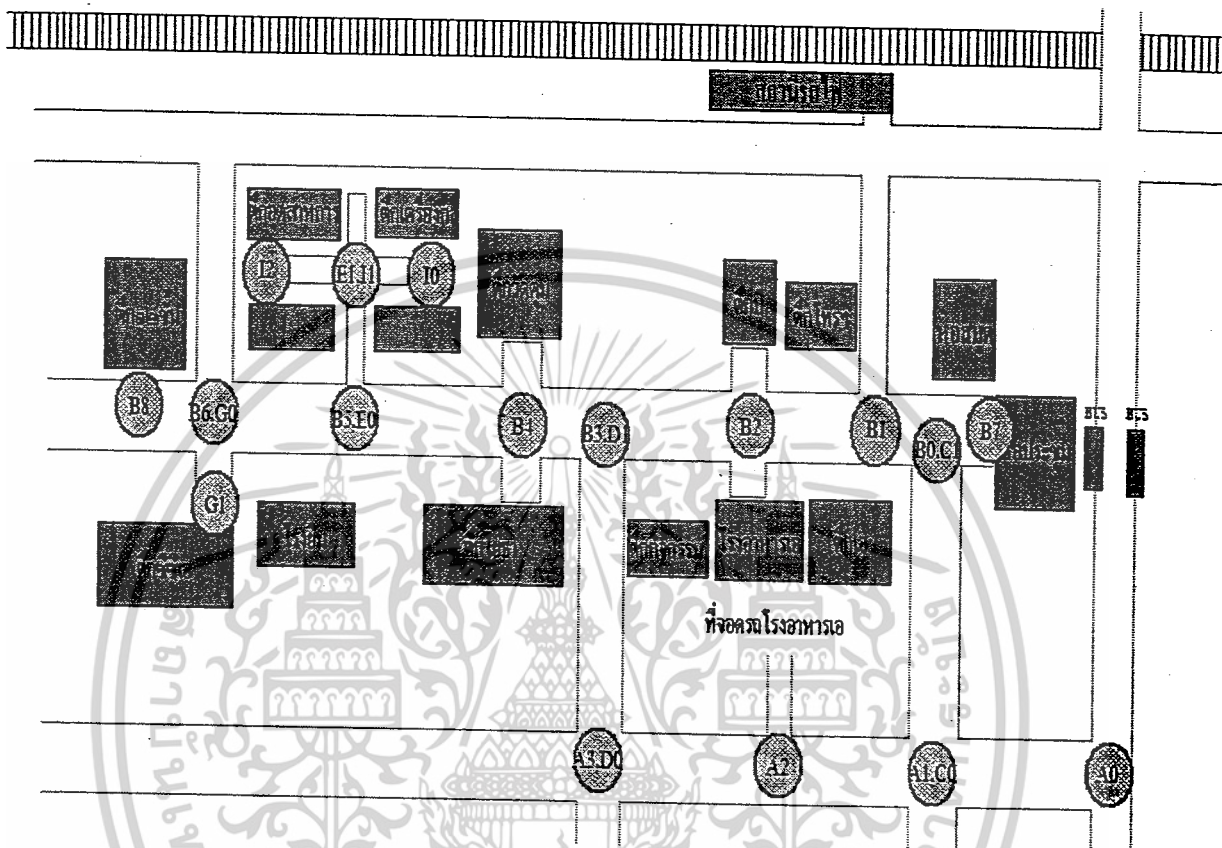
### 3.3 ส่วนการหาเส้นทางการเดินทาง

ทำการกำหนดเส้นทางการเดินทาง โดยวัดจากแผนที่ภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ และใช้วิธีลิงก์  
 ตารางทางแยก กับตารางระยะทางจากแผนที่ เพื่อที่จะนำทางผู้ใช้ไปยังสถานที่ปลายทางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 เก็บค่าพิทักหาช่วงของถนนแต่ละเส้น

โดยแบ่งถนนภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ออกเป็น ถนนเส้น A ถึง I พร้อมทั้งทำการหาช่วงค่าพิทักของถนนเส้น A ถึง I โดยกำหนดชื่อทางแยก และชื่อของช่วงถนนตามแผนที่ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนที่ภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์

ทำการเก็บช่วงของค่าพิทักของถนนแต่ละเส้น โดยสมมติตัวอย่างค่าพิทักตามตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ค่าช่วงพิทักของถนนเส้น A ถึง I

ถนน	ละติจูด(1343. xxxxx)		ลองจิจูด(10046. xxxxx)	
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
A	58300	59110	48200	67970
B	61969	63686	36223	61855
C	58335	62645	60895	61279
D	58300	62350	48200	48400
E	62777	65052	42065	42273

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) ค่าช่วงพิคคของถนนเส้น A ถึง I

ถนน	ละติจูด(1343. xxxxx)		ลองจิจูด(10046. xxxxx)	
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
G	60707	62943	36992	37635
I	64000	65500	40500	43500

ยกตัวอย่างเช่น ค่าพิคคในช่วง ละติจูด 1343. 58300 ถึง 1343.59110 และ ลองจิจูด 10046.48200 ถึง 10046.67970 เป็นช่วงค่าพิคคของถนนเส้น A ตั้งแต่ A0 ถึง A3 โดยอ้างอิงจากรูปที่ 3.4 เป็นต้น

### 3.3.2 การเก็บค่าพิคคสถานที่ และพิคคทางแยกของถนน A ถึง I ภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์

ทำการเก็บค่าพิคคสถานที่ อาคารบริเวณภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำหนดชื่อทางแยกของถนนแต่ละเส้น โดยถนนเส้น A จะมีทางแยก A0 ถึง A3 ถนนเส้น B จะมีทางแยก B0 ถึง B8 ถนนเส้น C จะมีทางแยก C0 ถึง C1 ถนนเส้น D จะมีทางแยก D0 ถึง D1 ถนนเส้น E จะมีทางแยก E0 ถึง E1 ถนนเส้น G จะมีทางแยก G0 ถึง G1 และถนนเส้น I จะมีทางแยก I0 ถึง I2 ดังแผนที่รูปที่ 3.4 และเก็บค่าพิคคทางแยกของถนนแต่ละเส้น โดยสมมติตัวอย่างตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงตารางทางแยกถนนเส้น A

ทางแยก	ละติจูด (1343. xxxxx)	ลองจิจูด (10046. xxxxx)	ลิงค์ถนน	หมายเลขลิงค์
A0	59110	67970	ไม่มี	0
A1	58335	61279	C	1
A2	58500	53400	ไม่มี	2
A3	58300	48200	D	3

ยกตัวอย่างเช่น ทางแยกที่ A0 ค่าพิคค ละติจูดเท่ากับ 1343.59110 และลองจิจูดเท่ากับ 10046.67970 ไม่เชื่อมต่อกับถนนเส้นใด โดยกำหนดเป็นลิงค์หมายเลข 0 ทางแยกที่ A1 จะลิงค์ไปยังถนนเส้น C โดยกำหนดเป็นลิงค์หมายเลข 1 เป็นต้น

### 3.3.3 การวิเคราะห์ทางจากแผนที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุด

โดยจะทำการวิเคราะห์ทางในแผนที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ ดังรูปที่ 3.5 เป็นหน่วยเซนติเมตร จากแต่ละจุดของทางแยก A0 ถึง I2 ไปยังสถานที่ต่างๆในคณะวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อที่จะกำหนดระยะเวลาที่สั้นที่สุด สมมติตารางระยะทางจากแผนที่ในรูปที่ 3.3 ตารางระยะทางจากแผนที่ในรูปที่ 3.4 ตารางเอกสารเป็นเอกสารที่ส่งงานไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เอาผิดเห็นใบแจ้งระเบียบข้อดำเนินการค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ 3.5 ระยะทางจากแผนที่ถนนเส้น C

ถนน C

สถานที่ ทางแยก	หอประชุม	A	T	โรงอาหารA	B	I	CV	ME	อุตสาหกรรม	E12	CCA
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C0	6	8	8	6	12	15	15	19	20	22	23
C1	0	2	2	3	6	9	9	13	14	15	16

ตารางที่ 3.6 ระยะทางจากแผนที่ถนนเส้น D

ถนน D

สถานที่ ทางแยก	หอประชุม	A	T	โรงอาหารA	B	I	CV	ME	อุตสาหกรรม	E12	CCA
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D0	14	12	12	6	8	7	7	11	12	14	15
D1	8	6	6	2	2	1	1	5	6	8	9

ตารางที่ 3.7 ระยะทางจากแผนที่ถนนเส้น E

ถนน E

สถานที่ ทางแยก	หอประชุม	A	T	โรงอาหารA	B	I	CV	ME	อุตสาหกรรม	E12	CCA
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E0	11	9	9	5	5	2	2	2	3	5	6
E1	12	10	10	6	6	3	3	1	2	6	7

ตารางที่ 3.8 ระยะทางจากแผนที่ถนนเส้น G

ถนน G

สถานที่ ทางแยก	หอประชุม	A	T	โรงอาหารA	B	I	CV	ME	อุตสาหกรรม	E12	CCA
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G0	10	10	10	7	7	4	4	2	2	1	1
G1	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9 ระยะทางจากแผนที่ถนนเส้น I

ถนน I

สถานที่ ทางแยก	หอประชุม	A	T	โรงอาหารA	B	I	CV	ME	อุตสาหกรรม	E12	CCA
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	14	14	14	14	14	14	14	0	14	14	14
11	12	10	10	6	6	3	3	1	2	6	7
12	15	15	15	15	15	15	15	15	0	15	15

### 3.3.4 การหาทิศทางการเดินทางของผู้ใช้จีพีเอส

การหาทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกของการเดินทางของผู้ใช้จีพีเอสเป็นการหาทิศของเส้นทางที่ผู้ใช้จีพีเอสยืนอยู่ ณ พิกัดปัจจุบันไปยังพิกัดเป้าหมายที่จะไป โดยเริ่มต้นจากการกำหนดคู่ลำดับ  $(X, Y)$  ตรงทางแยกต่างๆ โดยคู่ลำดับ  $(X, Y)$  คือ ค่าที่อยู่ในเครื่องหมายสี่เหลี่ยม จะเห็นได้ดังแผนที่ในรูปที่ 3.6 เพื่อที่จะนำไปใช้ในการเปรียบเทียบคู่ลำดับของทางแยกบริเวณต่างๆ โดยมีเงื่อนไขดังนี้

ถ้า กำหนดตัวแปรให้  $X_1$  เป็นค่าในคู่ลำดับแกน X ของทางแยกที่เราอยู่ปัจจุบัน

$Y_1$  เป็นค่าในคู่ลำดับแกน Y ของทางแยกที่เราอยู่ปัจจุบัน

$X_2$  เป็นค่าในคู่ลำดับแกน X ของทางแยกที่เราจะไป

$Y_2$  เป็นค่าในคู่ลำดับแกน Y ของทางแยกที่เราจะไป

เราสามารถหาทิศได้โดยกำหนดเงื่อนไขดังนี้

$X_2 > X_1$  ไปทิศตะวันตก

$X_2 < X_1$  ไปทิศตะวันออก

$Y_2 > Y_1$  ไปทิศเหนือ

$Y_2 < Y_1$  ไปทิศใต้

โดยแผนที่ในรูปที่ 3.6 จะมีทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก เป็นดังรูปที่ 3.7

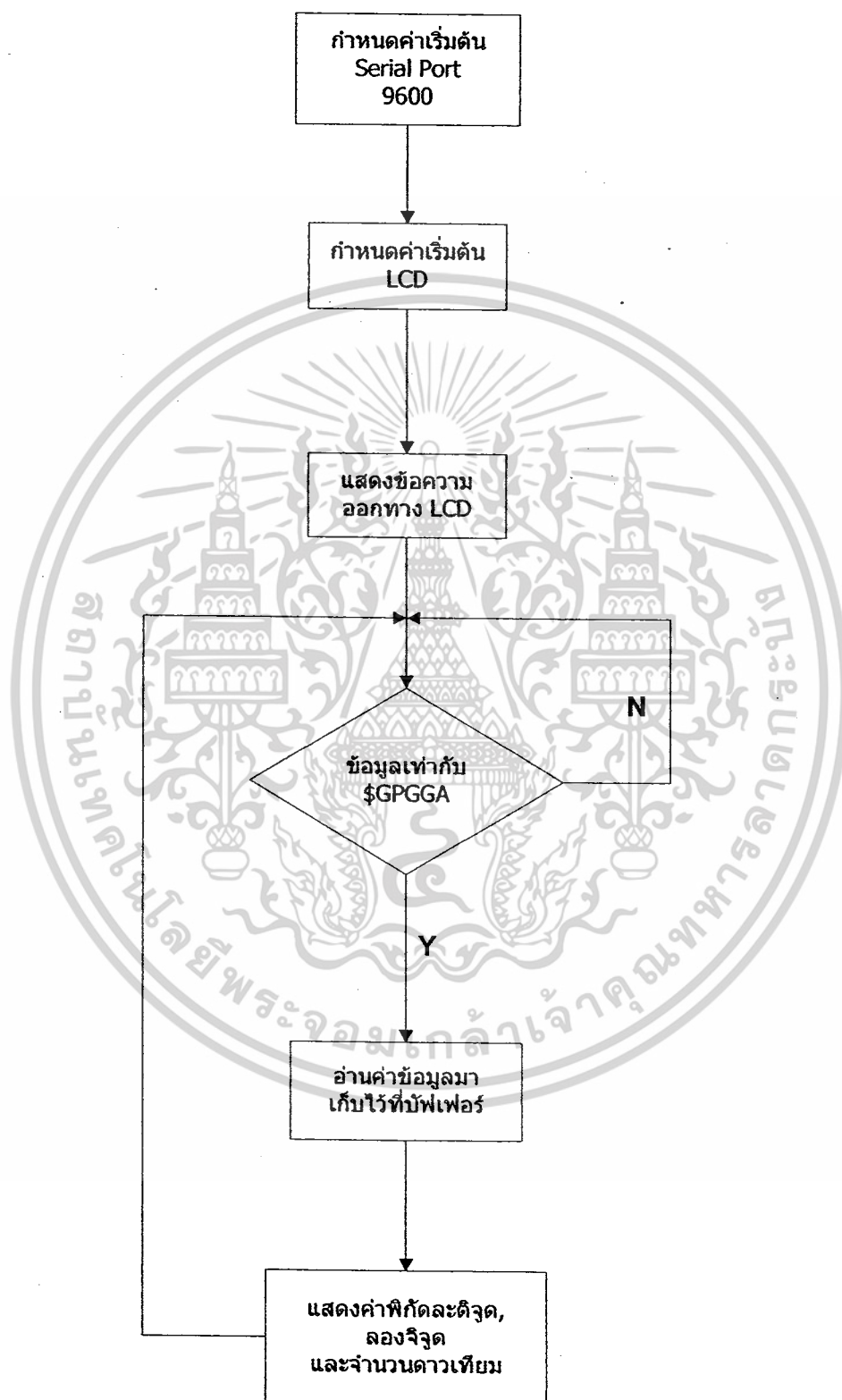
ยกตัวอย่างเช่น พิกัดปัจจุบันที่ผู้ใช้จีพีเอสยืนอยู่คือ ตึกอิเล็กทรอนิกส์ มีคู่ลำดับเท่ากับ  $(5, 1)$  ต้องการเดินทางไปยังพิกัดเป้าหมายคือ ตึก 12 ชั้น มีคู่ลำดับเท่ากับ  $(10, 1)$  จากคู่ลำดับจะเห็นได้ว่า ตัวแปร  $X_1$  เท่ากับ 5 และตัวแปร  $X_2$  เท่ากับ 10 ตัวแปร  $Y_1$  เท่ากับ 1 และตัวแปร  $Y_2$  เท่ากับ 1 จะเห็นได้ว่าตัวแปร  $X_2$  เท่ากับ 10 มีค่ามากกว่าตัวแปร  $X_1$  เท่ากับ 5 เพราะฉะนั้นผู้ใช้จีพีเอสจะเดินทางจากตึกอิเล็กทรอนิกส์ไปตึก 12 ชั้นต้องเดินทางไปทางทิศตะวันตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 3.4 ส่วนซอฟต์แวร์

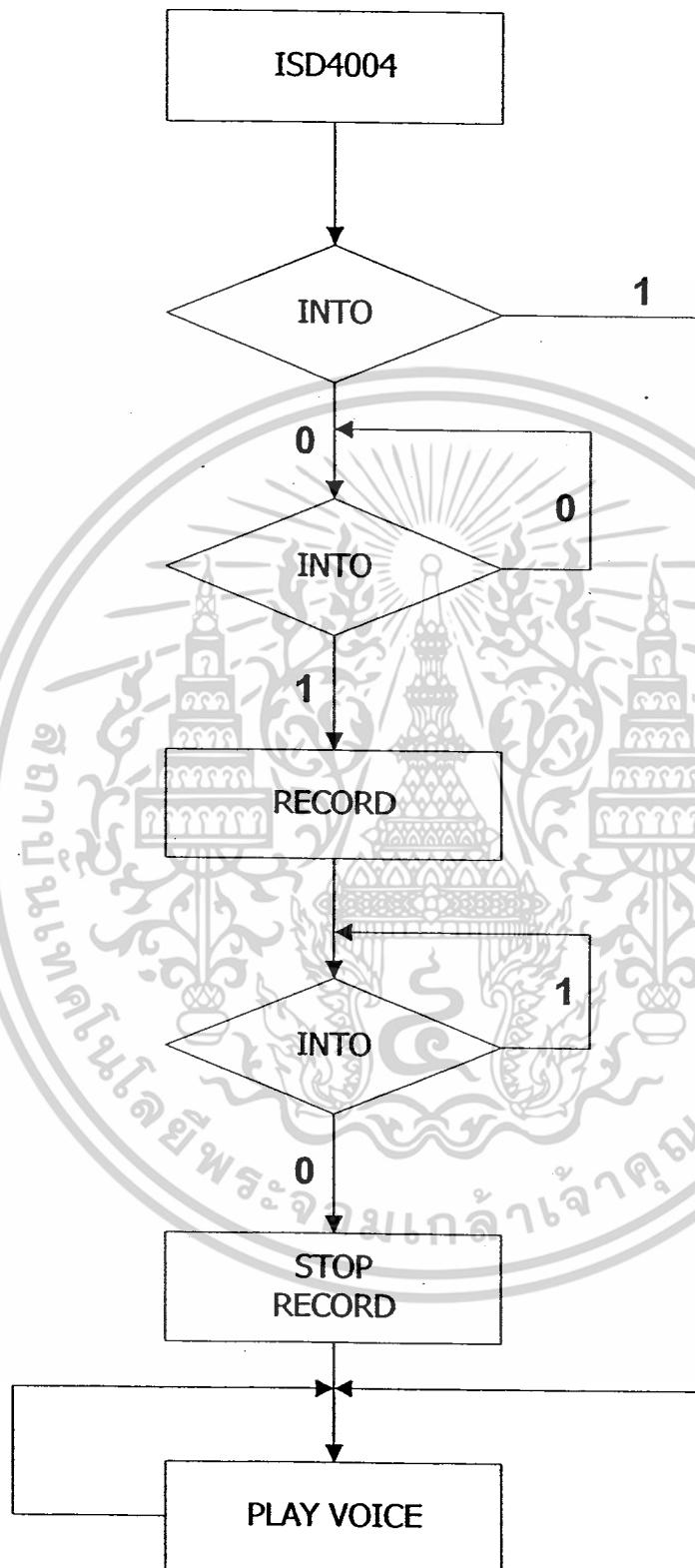
#### 3.4.1 ไฟล์ซอร์ซแสดงค่าพิกัดออกทางจอแอลซีดี



รูปที่ 3.8 ไฟล์ซอร์ซแสดงค่าพิกัดออกทางจอแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

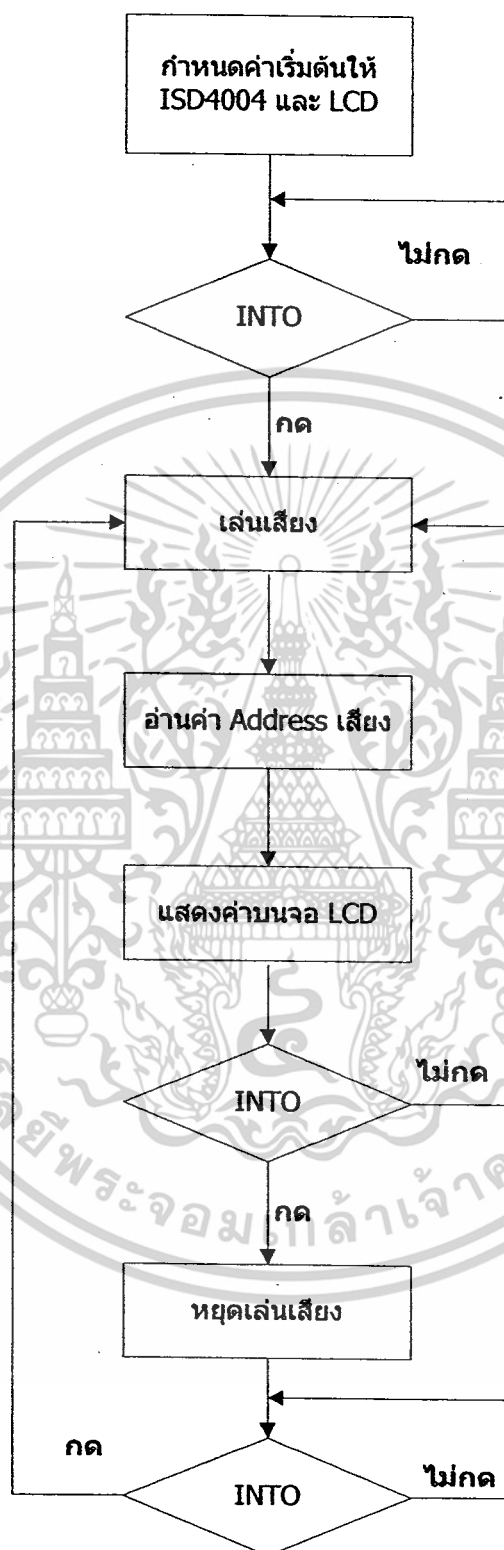
### 3.4.2 ไฟล์ชาร์ตแสดงการบันทึกเสียง โดยเลข 1 คือ ไม่กดสวิตช์ เลข 0 คือ กดสวิตช์



รูปที่ 3.9 ไฟล์ชาร์ตแสดงการบันทึกเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

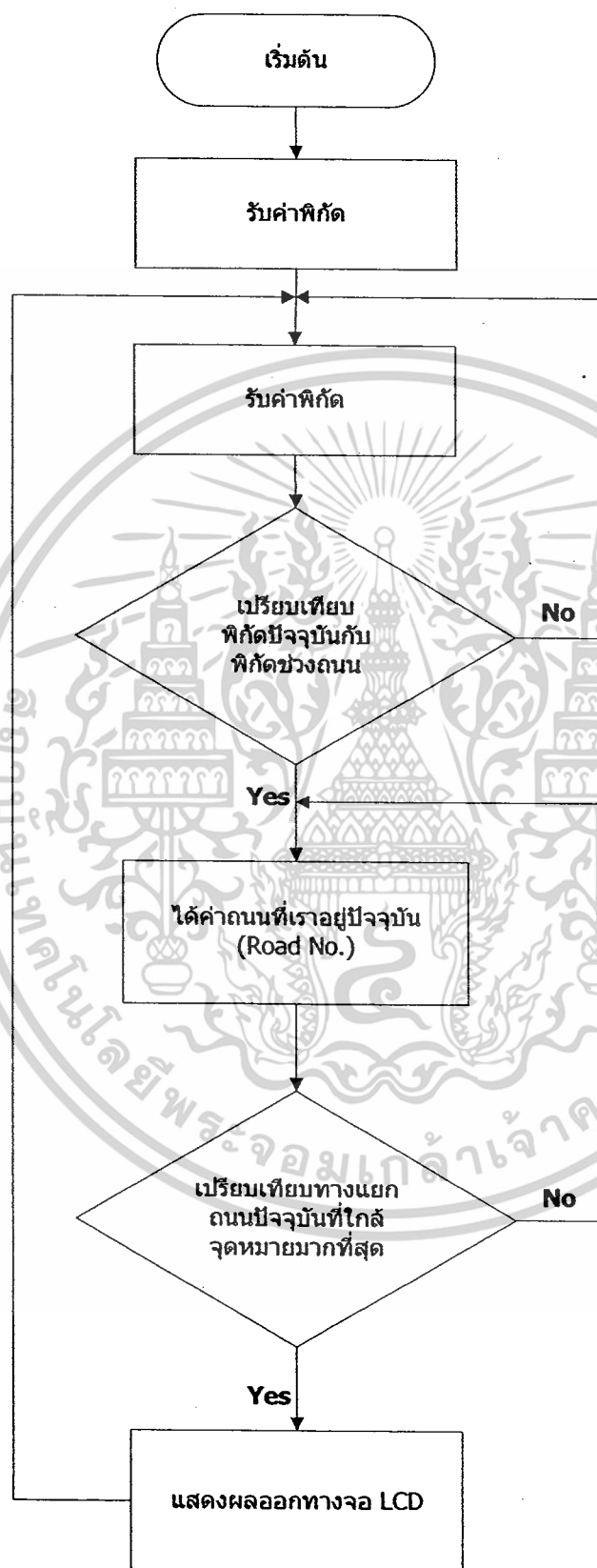
### 3.4.3 ไฟล์ตัวชี้ที่แสดงการดูตำแหน่งเสียงออกทางจอแอลซีดี



รูปที่ 3.10 ไฟล์ตัวชี้ที่แสดงการดูตำแหน่งเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

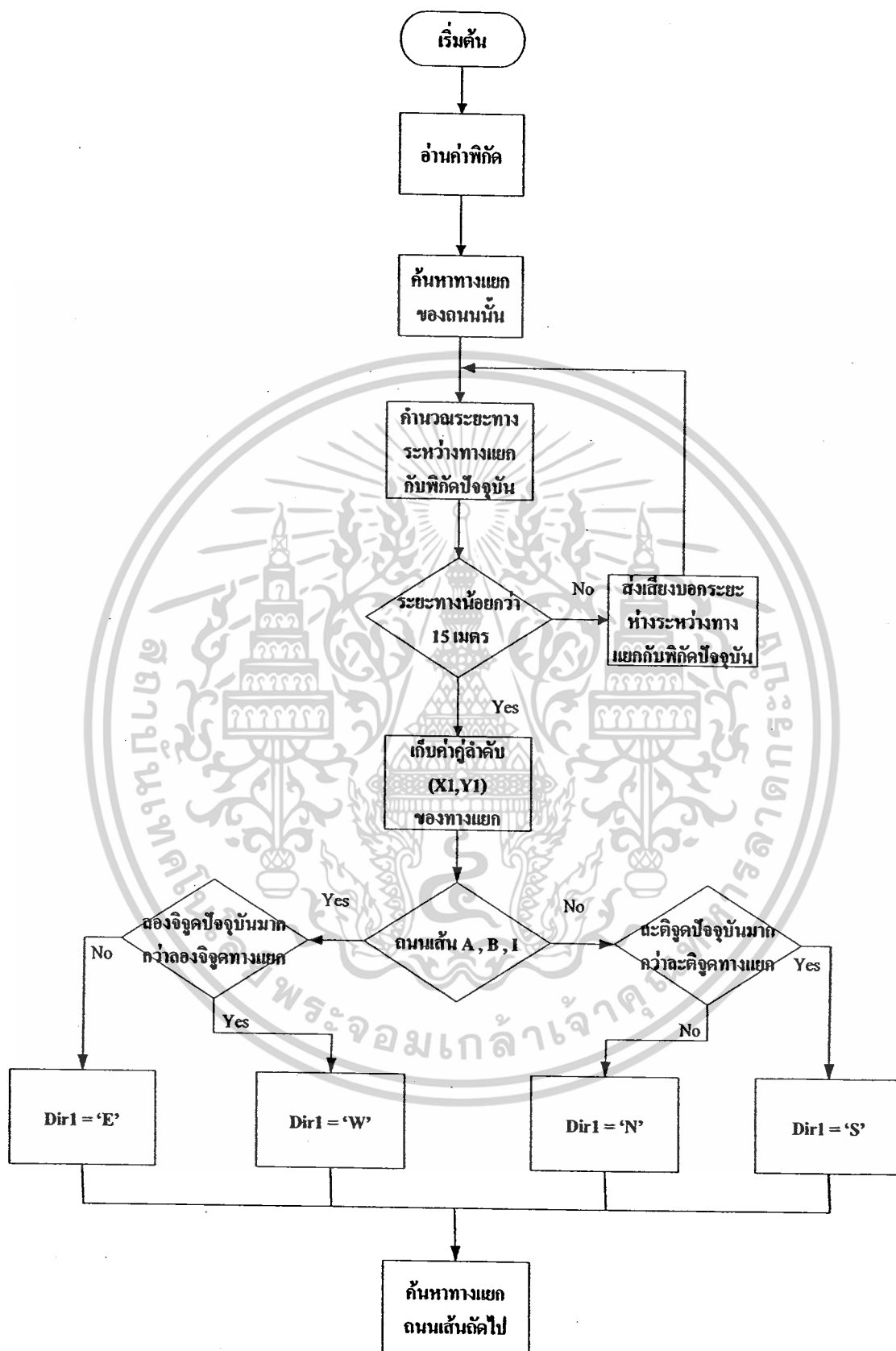
### 3.4.4 โฟล์วชาร์ทหาทางแยกของถนนปัจจุบันที่ใกล้จุดหมายมากที่สุด



รูปที่ 3.11 โฟล์วชาร์ทหาทางแยกของถนนปัจจุบันที่ใกล้จุดหมายมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในชื่อของ บริษัท ชัยชนะ จำกัด ผู้ประกอบการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

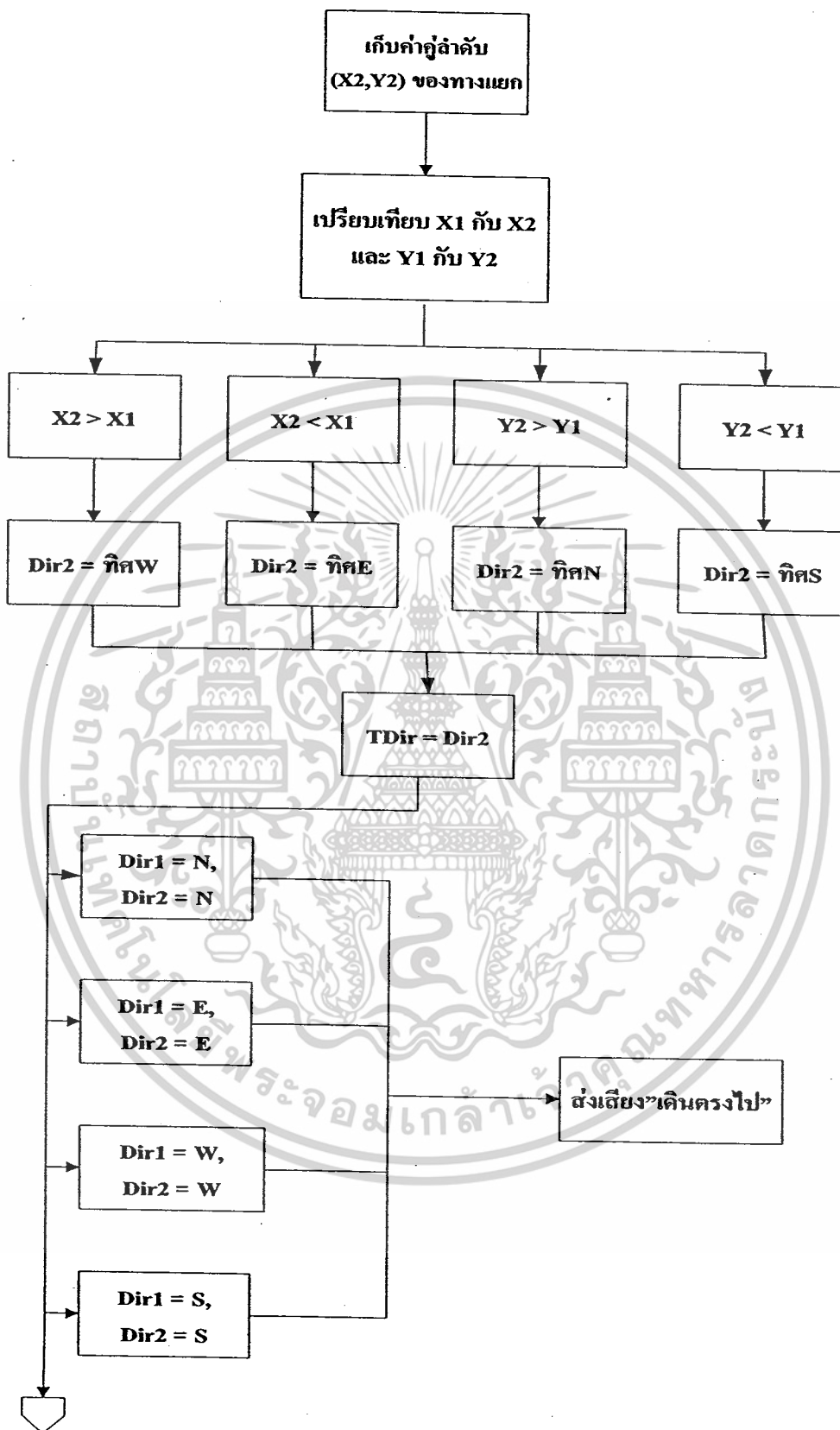
### 3.4.5 โฟลว์ชาร์ทเปรียบเทียบทางแยกกับพิกัดเพื่อหาทิศทางตอนแรกที่เริ่มเดิน



รูปที่ 3.12 โฟลว์ชาร์ทเปรียบเทียบทางแยกกับพิกัดเพื่อหาทิศ

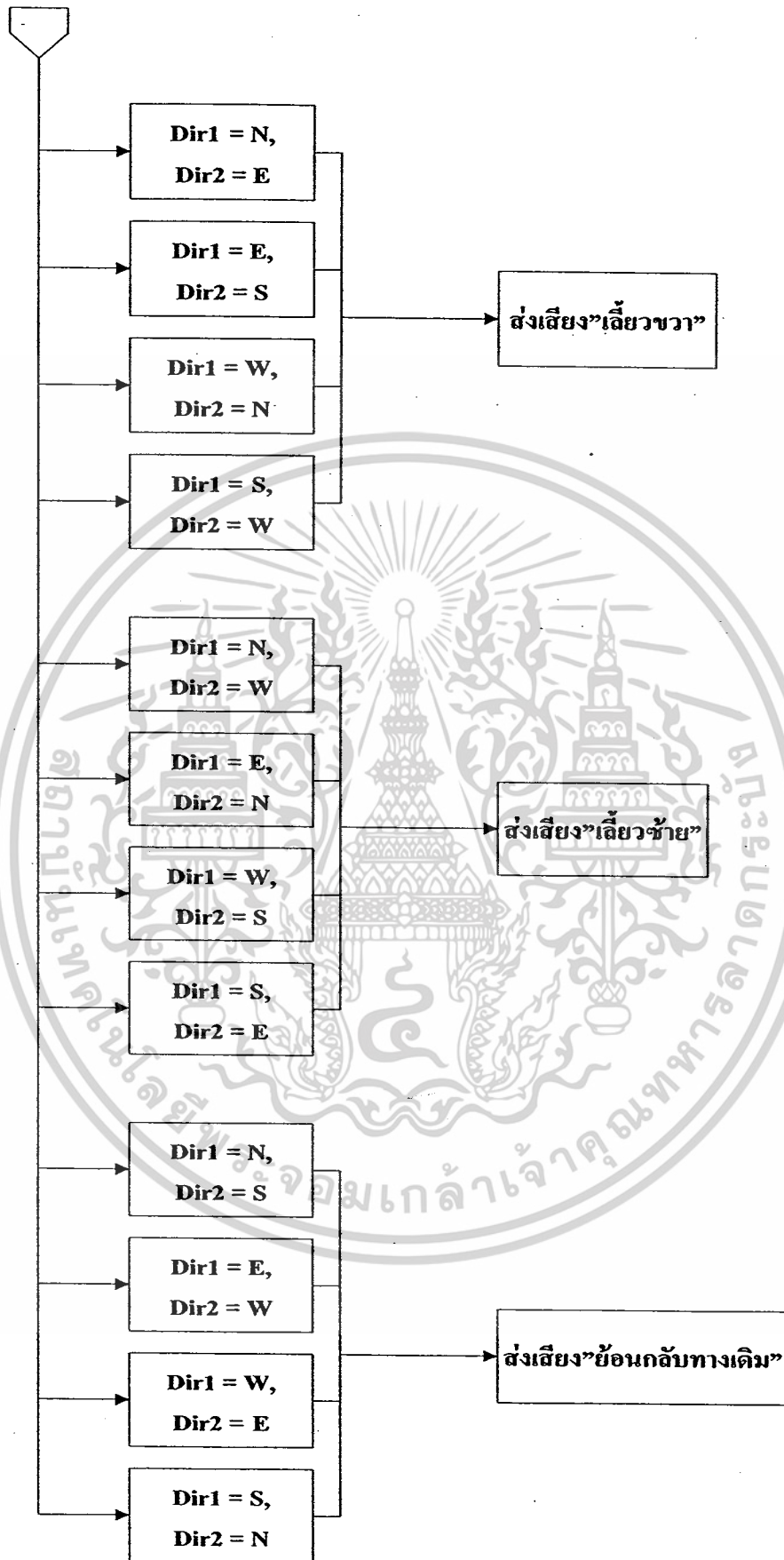
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.6 โฟลว์ชาร์ทเปรียบเทียบทางแยกกับทิศทางเพื่อหาทิศการเลี้ยว



รูปที่ 3.13 โฟลว์ชาร์ทเปรียบเทียบทางแยกกับทิศทางเพื่อหาทิศการเลี้ยว

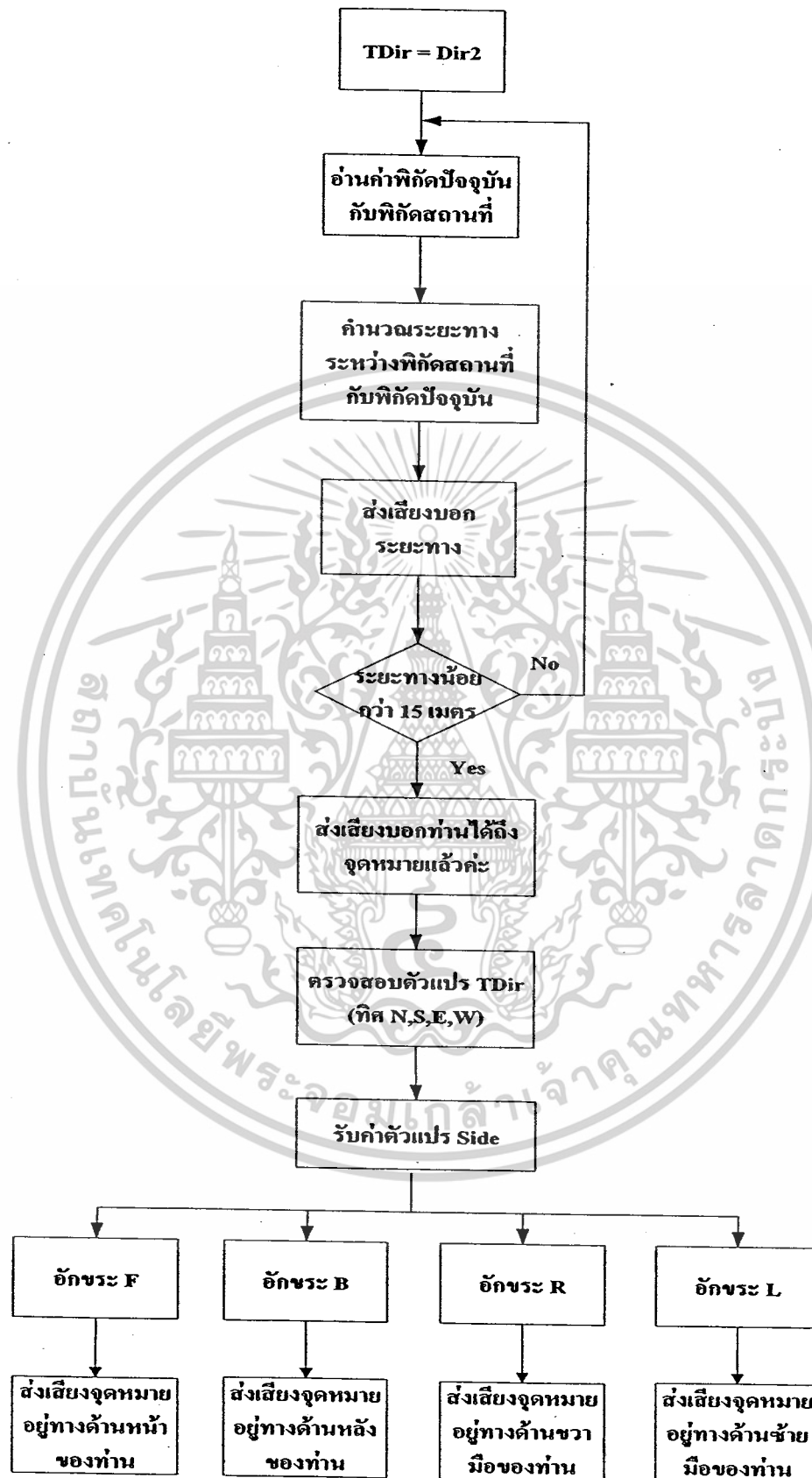
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 (ต่อ) ไฟล์ชาร์ทเปรียบเทียบทางแยกกับพิกัดเพื่อหาทิศการเดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.7 โฟล์วชาร์ทเปรียบเทียบพิกัดปัจจุบันกับพิกัดสถานที่เพื่อหาทิศของสถานที่

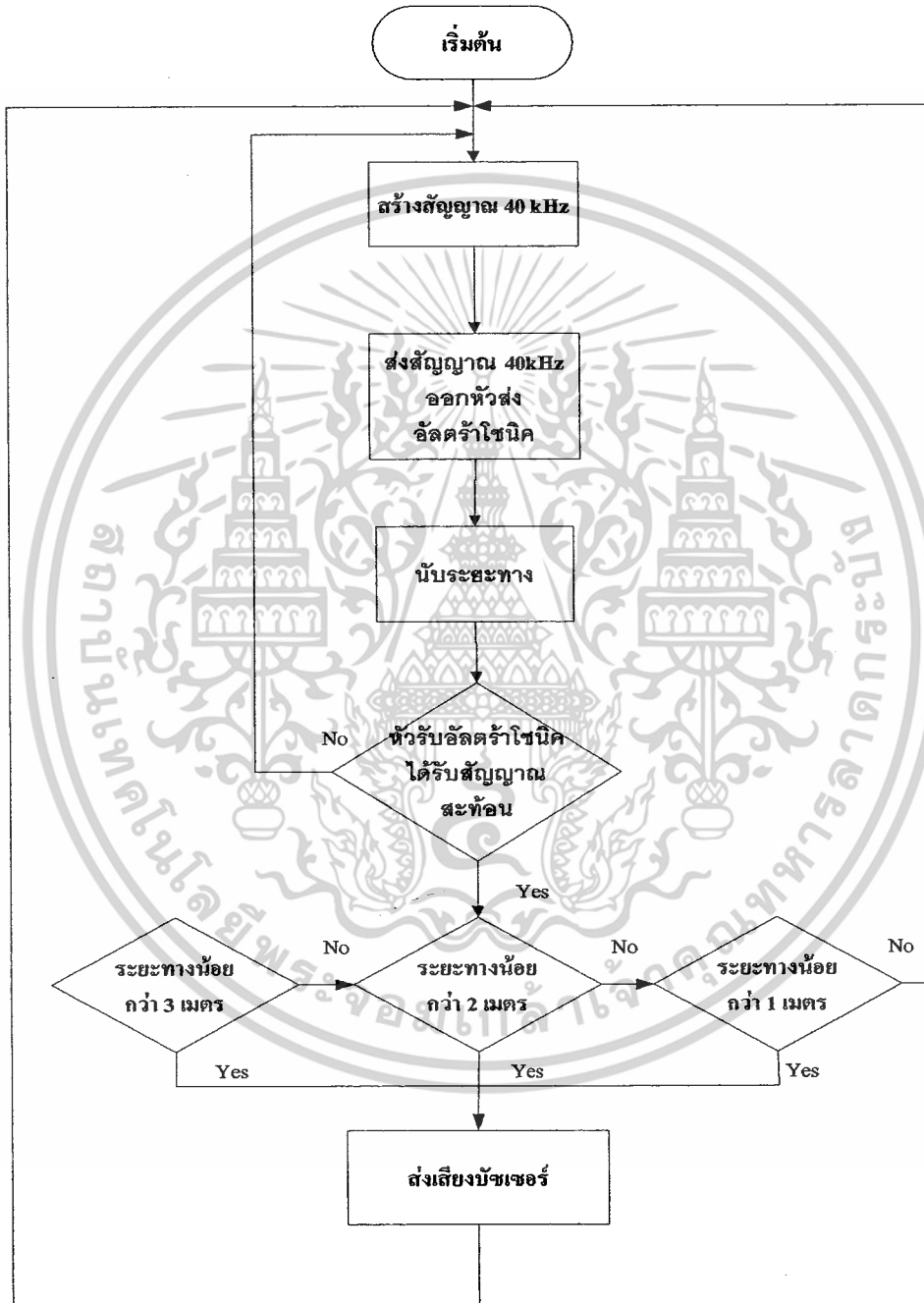


รูปที่ 3.14 โฟล์วชาร์ทเปรียบเทียบพิกัดปัจจุบันกับพิกัดสถานที่เพื่อหาทิศของสถานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลระบบหรือผู้เกี่ยวข้องดำเนินการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.8 โฟลว์ชาร์ทแสดงการหาระยะทางของโมดูล SRF-05

โปรแกรมที่ใช้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณพัลส์ 40 กิโลเฮิร์ต ให้กับหัวอัลตราโซนิกส่งออกไป ในขณะที่เดียวกันก็จะเริ่มนับคlicoเพื่อหาระยะทางและรอรับสัญญาณสะท้อนกลับมา เมื่อได้รับสัญญาณนั้นแล้วก็จะทำการหยุดนับ นำค่าที่ได้ไปออกจอแอลซีดี และส่งเสียงเตือนจากบัสเซอร์ ถ้าระยะที่นับได้น้อยกว่า 3 เมตร ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 โฟลว์ชาร์ทแสดงการหาระยะทางของโมดูลอัลตราโซนิก SRF-05

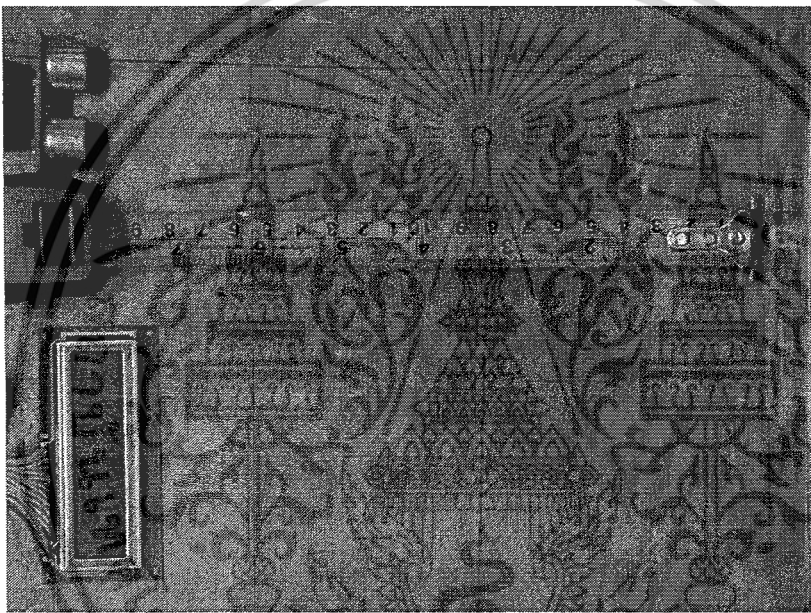
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการทดลองการวัดระยะทางโดยใช้โมดูลอัลตราโซนิก SRF-05

ทำการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2 เพื่อควบคุมโมดูลอัลตราโซนิกให้วัดระยะทางระหว่างโมดูลอัลตราโซนิกกับสิ่งกีดขวาง โดยวางโมดูลอัลตราโซนิกขนานกับพื้น แล้วทำการเคลื่อนสิ่งกีดขวาง ระยะทางที่วัดได้จากโมดูลอัลตราโซนิกวัดได้สามารถดูได้จากจอภาพผลึกเหลวหรือจอแอลซีดี (liquid crystal display: LCD) ซึ่งจะแสดงระยะทางในหน่วยเซนติเมตร โดยเทียบกับระยะทางจริงที่วัดจากตลับเมตร ดังผลการทดลองรูปที่ 4.1

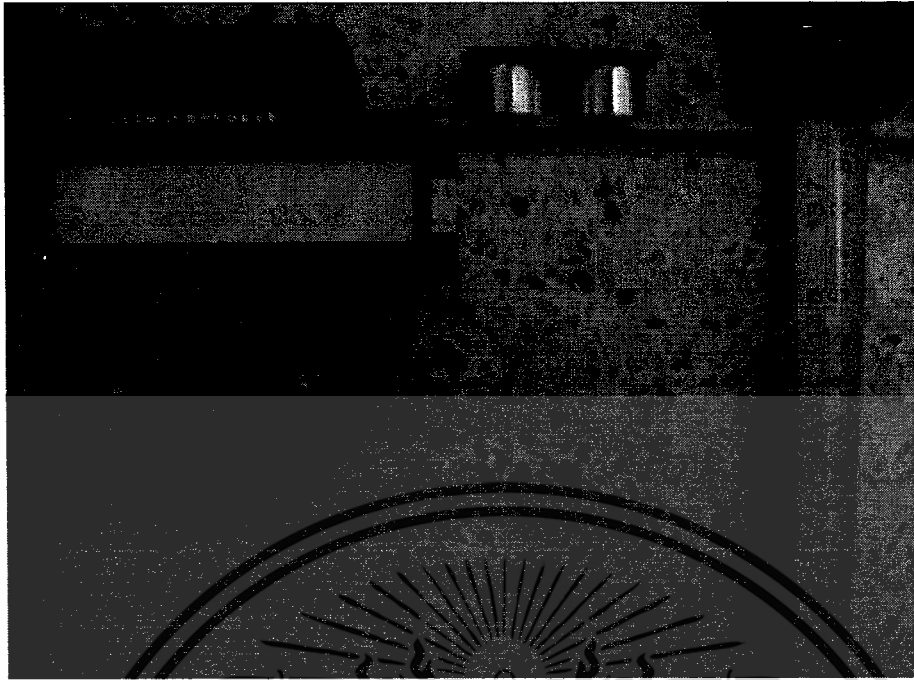


รูปที่ 4.1 การวัดระยะทางระหว่างโมดูลอัลตราโซนิกกับสิ่งกีดขวาง

เมื่อทำการเคลื่อนสิ่งกีดขวางออกไปเรื่อยๆ ระยะทางที่วัดได้จากโมดูลอัลตราโซนิกจะเพิ่มมากขึ้น โดยระยะทางที่วัดได้จากโมดูลอัลตราโซนิกเปรียบเทียบกับระยะทางที่วัดได้จากตลับเมตร จะได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.2 รูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4

เมื่อทำการวัดระยะทางโดยทำการเคลื่อนสิ่งกีดขวางออกไปเรื่อยๆ จะเห็นว่าค่าระยะทางที่วัดได้จากโมดูลอัลตราโซนิก เทียบกับค่าระยะทางจริงที่วัดได้จากตลับเมตรมีความผิดพลาดดังตารางที่ 4.1 นำค่าระยะทางที่วัดได้จากโมดูลอัลตราโซนิก เทียบกับค่าระยะทางจริงที่วัดได้จากตลับเมตรมาพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

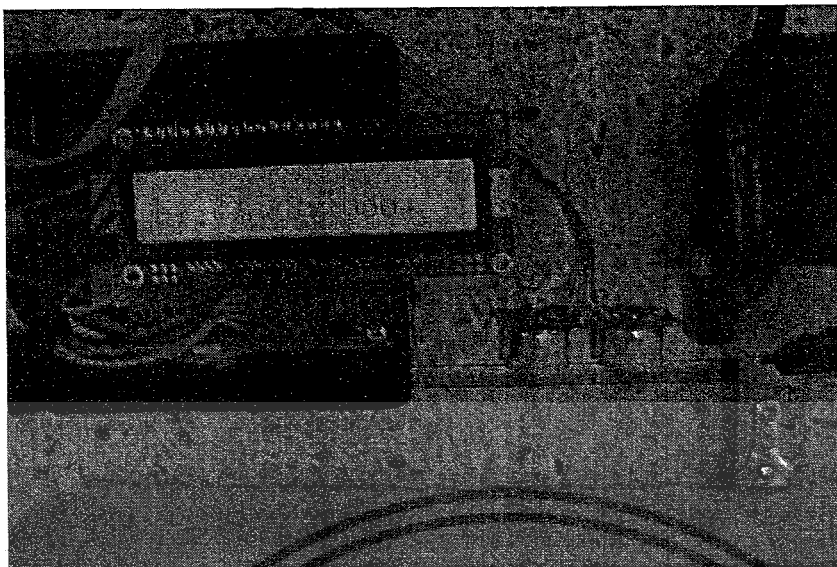


รูปที่ 4.2 แสดงการวัดระยะทางระหว่างโมดูลอัลตราโซนิคกับสิ่งกีดขวางที่ระยะ 350 เซนติเมตร



รูปที่ 4.3 แสดงการวัดระยะทางระหว่างโมดูลอัลตราโซนิคกับสิ่งกีดขวางที่ระยะ 170 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การวัดระยะห่างระหว่างโมดูลอัลตราโซนิกกับสิ่งกีดขวางที่ระยะ 4 เซนติเมตร

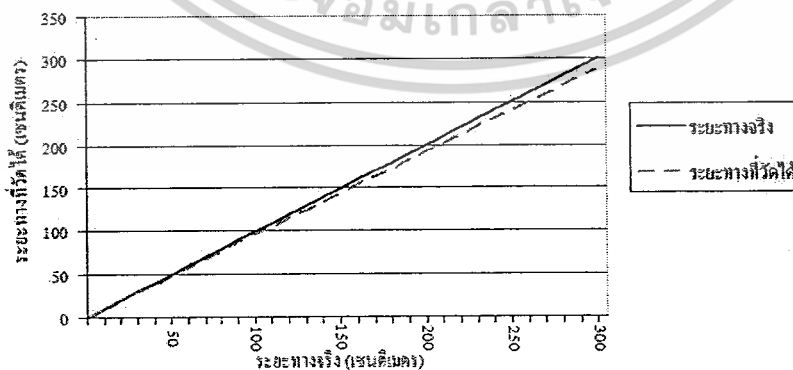
ตารางที่ 4.1 ค่าระยะทางที่วัดได้จากโมดูลอัลตราโซนิก ค่าระยะทางจริง  
ที่วัดได้จากคัลลิเบรเตอร์ และค่าความผิดพลาด

ระยะทางจริง (เซนติเมตร)	ระยะทางที่วัดได้ (เซนติเมตร)	ค่าความผิดพลาด (เซนติเมตร)
0	0	0
10	10	0
20	20	0
30	29	1
40	38	2
50	48	2
60	57	3
70	67	3
80	77	3
90	87	3
100	96	4
110	105	5
120	115	5
130	124	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่าระยะทางที่วัดได้จากโมดูลอัลตราโซนิก ค่าระยะทางจริง  
ที่วัดได้จากคัลลิเบรเตอร์ และค่าความผิดพลาด

ระยะทางจริง (เซนติเมตร)	ระยะทางที่วัดได้ (เซนติเมตร)	ค่าความผิดพลาด (เซนติเมตร)
140	134	6
150	145	5
160	155	5
170	163	7
180	172	8
190	182	8
200	192	8
210	201	9
220	210	10
230	221	9
240	231	9
250	239	11
260	249	11
270	258	12
280	268	12
290	278	12
300	288	12
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (เซนติเมตร)		6.16

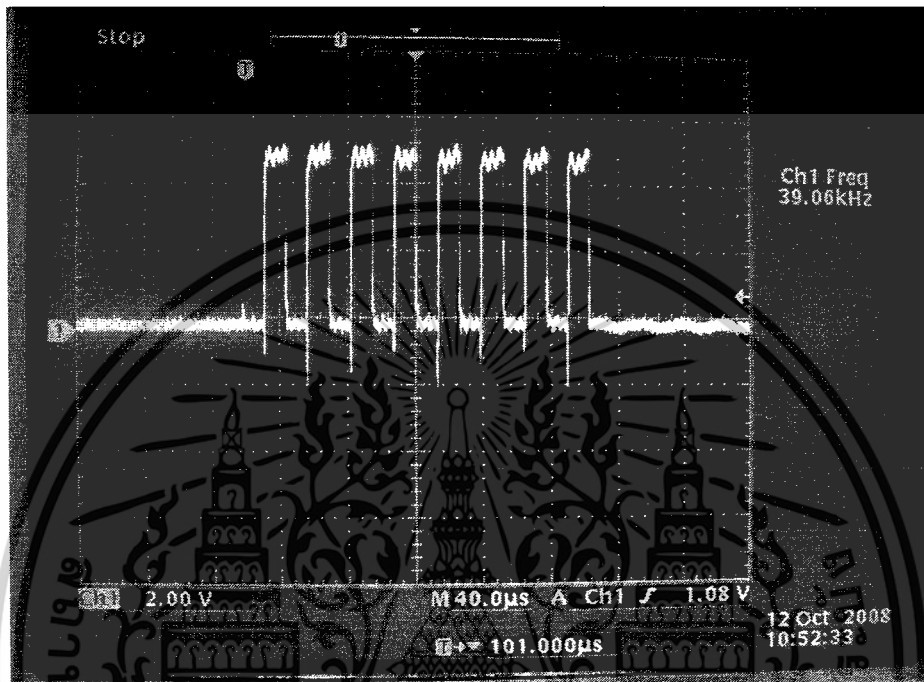


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างระยะที่วัดได้จากโมดูลอัลตราโซนิก

เทียบกับค่าระยะทางจริงที่วัดได้จากคัลลิเบรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจะสั่งการให้ตัวเปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์ทำงานส่งสัญญาณทริกเกอร์ไปกระตุ้นการ  
สร้างสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่เรโซแนนท์คงที่ 40 กิโลเฮิร์ต ออกสู่อากาศ และมีขนาดแรงดันประมาณ 5  
โวลต์ ดังผลการทดลองรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณพัลส์ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ต จำนวน 8 ไซเคิล

เมื่อทำการทดลองนำสิ่งกีดขวางมาบังสัญญาณคลื่นอัลตราโซนิกที่ระยะ 60 เซนติเมตร , 110  
เซนติเมตร และ 150 เซนติเมตร จะได้รูปสัญญาณที่มีความกว้างพัลส์แตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับการ  
คำนวณระยะทางของแต่ละรูปสัญญาณดังต่อไปนี้

เมื่อมีสิ่งกีดขวางอยู่ที่ระยะ 60 เซนติเมตร จอแอลซีดีจะแสดงค่าระยะทางเท่ากับ 59 เซนติเมตร  
ดังรูปที่ 4.7

$$\begin{aligned}
 \text{วิธีการคำนวณ ระยะทาง} &= \text{ความเร็ว} \times \text{เวลา} \\
 &= 330 \text{ เมตรต่อวินาที} \times 3.6 \text{ มิลลิวินาที} \\
 &= 1.188 \text{ เมตร (ซึ่งเป็นระยะทางไป-กลับ)} \\
 &= 1.188/2
 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น ระยะทางจริง = 0.594 เมตร หรือ 59 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีสิ่งกีดขวางอยู่ที่ระยะ 110 เซนติเมตร จอแอลซีดีจะแสดงค่าระยะทางเท่ากับ 106 เซนติเมตร

ผังรูปที่ 4.8

$$\begin{aligned} \text{วิธีการคำนวณ} \quad \text{ระยะทาง} &= \text{ความเร็ว} \times \text{เวลา} \\ &= 330 \text{ เมตรต่อวินาที} \times 6.4 \text{ มิลลิวินาที} \\ &= 2.112 \text{ เมตร (ซึ่งเป็นระยะทางไป-กลับ)} \\ &= 2.112/2 \end{aligned}$$

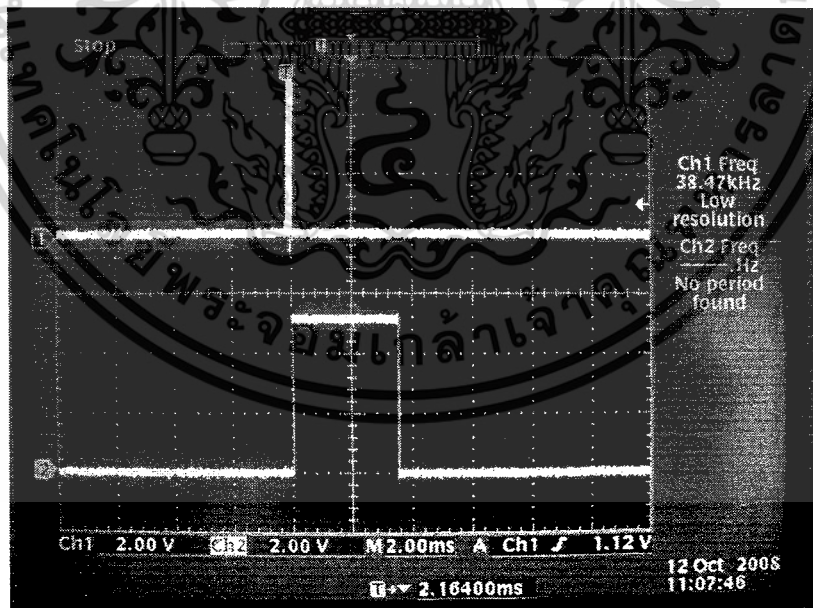
เพราะฉะนั้น ระยะทางจริง = 1.056 เมตร หรือ 106 เซนติเมตร

เมื่อมีสิ่งกีดขวางอยู่ที่ระยะ 150 เซนติเมตร จอแอลซีดีจะแสดงค่าระยะทางเท่ากับ 145 เซนติเมตร

ผังรูปที่ 4.9

$$\begin{aligned} \text{วิธีการคำนวณ} \quad \text{ระยะทาง} &= \text{ความเร็ว} \times \text{เวลา} \\ &= 330 \text{ เมตรต่อวินาที} \times 8.8 \text{ มิลลิวินาที} \\ &= 2.904 \text{ เมตร ซึ่งเป็นระยะทางไป-กลับ} \\ &= 2.904 / 2 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น ระยะทางจริง = 1.452 เมตร หรือ 145 เซนติเมตร

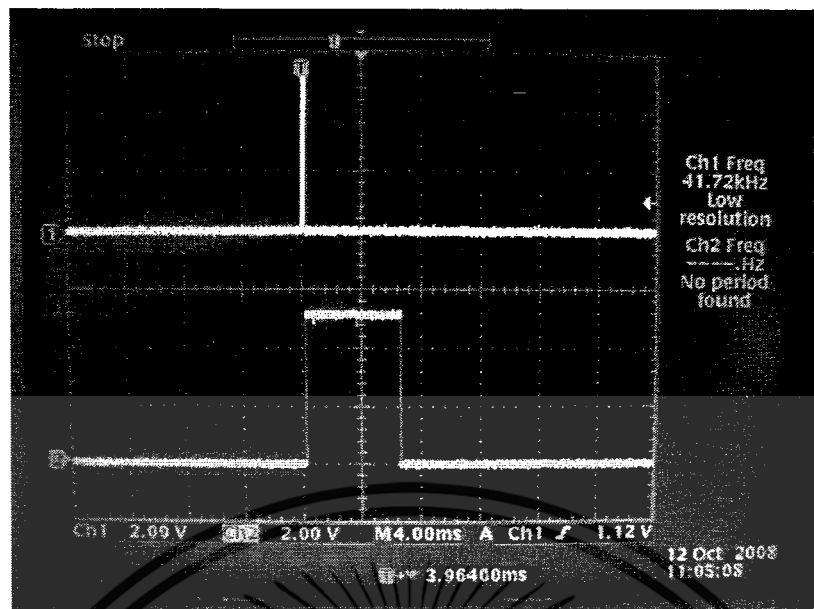


รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณเมื่อมีสิ่งกีดขวางอยู่ที่ระยะ 60 เซนติเมตร

CH 1 : สัญญาณพัลส์ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ต จำนวน 8 ไชเคิล

CH 2 : สัญญาณที่รับได้จากการสะท้อนจากสิ่งกีดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณเมื่อมีสิ่งกีดขวางอยู่ที่ระยะ 110 เซนติเมตร

CH 1 : สัญญาณพัลส์ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ต จำนวน 8 ไชเคิล

CH 2 : สัญญาณพัลส์สะท้อนจากสิ่งกีดขวาง



รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณเมื่อมีสิ่งกีดขวางอยู่ที่ระยะ 150 เซนติเมตร

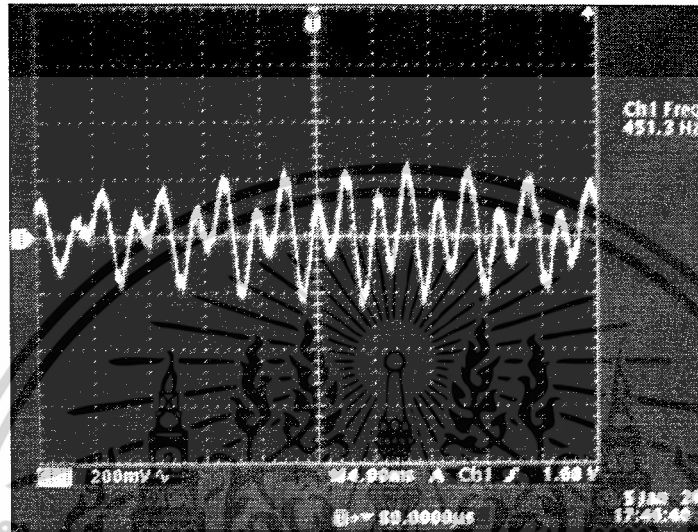
CH 1 : สัญญาณพัลส์ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ต จำนวน 8 ไชเคิล

CH 2 : สัญญาณพัลส์สะท้อนจากสิ่งกีดขวาง

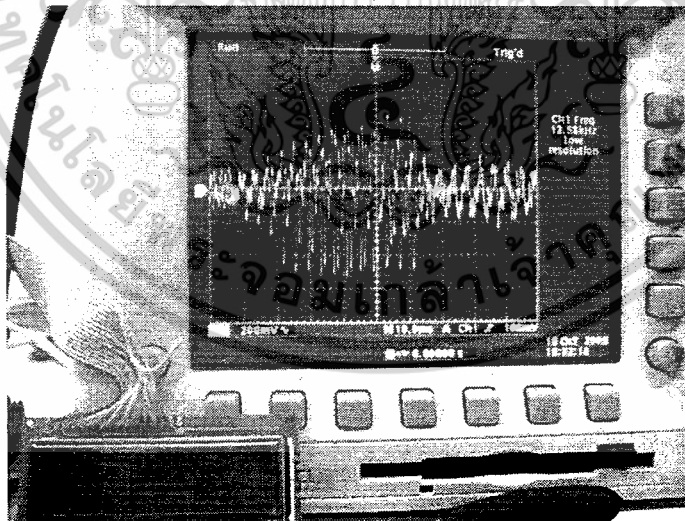
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2 ผลการทดลองการบันทึกเสียง

ทำการบันทึกเสียงที่ต้องการใช้ในระบบ โดยทำการอัดเสียงลงในโปรแกรม Nero WaveEditor แล้วอัดเสียงลงในวงจรบันทึกเสียง แล้วทำการโปรแกรมให้แสดงตำแหน่งของเสียงออกจอแอลซีดีดังตารางที่ 4.2 เพื่อนำเสียงไปใช้งานต่อไป ดังผลการทดลองรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.10 แสดงสัญญาณเสียงที่อัดในวงจรบันทึกเสียง



รูปที่ 4.11 แสดงสัญญาณเสียงที่อัดในวงจรบันทึกเสียงและตำแหน่งของเสียงที่บันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงตำแหน่งของเสียงที่บันทึกในวงจรมบันทึกเสียง

ข้อความ	ตำแหน่งเสียง
หอประชุมสถาบัน	006-011
ตึก 6 ชั้น	015-020
ตึกโทรคมนาคม	024-030
ตึกอิเล็กทรอนิกส์	034-039
โรงอาหารA	042-047
ตึกโยธา	050-055
ตึกวิศวกรรม	058-062
ตึกเครื่องกล	065-070
ตึกอุตสาหกรรม	074-079
ตึก 12 ชั้น	083-088
ตึก CCA	091-096
0	100-102
1	106-108
2	111-114
3	118-120
4	124-126
5	129-133
6	135-137
7	140-144
8	147-149
9	152-155
เมตร	160-162
ขณะนี้ท่านได้ถึงจุดหมายปลายทางแล้วค่ะ	165-176
ท่านได้ออกจากเส้นทางที่วางแผนไว้	182-192
เดินตรงไป	195-200
เลี้ยวซ้าย	205-209
เลี้ยวขวา	212-216
ถึงทางแยกให้ท่าน	221-227
จุดหมายอยู่ทางซ้ายมือของท่าน	232-239

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) แสดงตำแหน่งของเสียงที่บันทึกในวงจบบันทึกเสียง

ข้อความ	ตำแหน่งเสียง
จุดหมายอยู่ทางขวามือของท่าน	243-250
ท่านอยู่ห่างจากจุดหมายเป็นระยะทาง	255-264
กรุณาเลือกจุดหมายที่ท่านต้องการ	270-278
ขณะนี้ท่านอยู่ที่	285-291
ระวังสิ่งกีดขวางข้างหน้า	296-304
กรุณากลับหลังหัน	307-314
จุดหมายอยู่ทางด้านหน้าของท่าน	321-328
จุดหมายอยู่ทางด้านหลังของท่าน	329-336
กรุณารอสักครู่	337-343
ระบบพร้อมใช้งานแล้วค่ะ	344-349
อีก	350-353
เสียงบีบเซอร์	388-389
ยินดีต้อนรับเข้าสู่ระบบนำทางโดยปุ่ม 1 คือ เริ่มระบบ ปุ่ม 2 คือยืนยัน ปุ่ม 3 คือ ก่อนหน้า ปุ่ม 4 คือ ถัดไป	404-432

#### 4.3 ผลการทดลองการเก็บค่าพิคตของช่วงถนน A ถึง I

ทำการกำหนดเส้นทางที่มีระยะทางที่สั้นที่สุดโดยวัดจากแผนที่ภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์และใช้วิธีลิงค์ ตารางทางแยก เพื่อที่จะนำทางผู้ใช้ไปยังสถานที่ปลายทางได้ โดยแบ่งถนนภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ออกเป็นถนนเส้น A ถึง I ดังรูปที่ 3.6 พร้อมทั้งทำการหาช่วงค่าพิคตของถนนเส้น A ถึง I จะได้ช่วงค่าพิคตดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าช่วงพิคตของถนนเส้น A ถึง I

ถนน	ละติจูด(1343. xxxxx)		ลองจิจูด(10046. xxxxx)	
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
A	58300	59110	48200	67970

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ค่าช่วงพิกัดของถนนเส้น A ถึง I

ถนน	ละติจูด(1343. xxxxx)		ลองจิจูด(10046. xxxxx)	
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
B	61969	63686	36223	61855
C	58335	62645	60895	61279
D	58300	62350	48200	48400
E	62777	65052	42065	42273
G	60707	62943	36992	37635
I	64000	65500	40500	43500

#### 4.4 เก็บค่าพิกัดสถานที่ และพิกัดทางแยกของถนน A ถึง I ภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์

ทำการเก็บค่าพิกัดอาคารสถานที่ และบริเวณภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าพิกัดอาคารภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์

ชื่อสถานที่	ละติจูด	ลองจิจูด
หอประชุมสถาบัน	1343.63071	10046.61855
ตึกโทรคมนาคม และตึกเอ	1343.62699	10046.58133
โรงอาหารเอ และตึกบี	1343.63686	10046.53307
ตึกโยธา และตึกวัดคุม	1343.62598	10046.46360
ตึกเครื่องกล	1343.64200	10046.43200
ตึกอุตสาหกรรม	1343.64900	10046.40500
ตึก CCA	1343.60707	10046.36992
ตึก 12 ชั้น	1343.61969	10046.36223
ป้ายรถเมล์	1343.61040	10046.67960

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาร่วมกัน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการกำหนดชื่อทางแยกของถนนแต่ละเส้น โดยถนนเส้น A จะมีทางแยกตั้งแต่ A0 ถึง A3, ถนนเส้น B จะมีทางแยกตั้งแต่ B0 ถึง B8, ถนนเส้น C จะมีทางแยกตั้งแต่ C0 ถึง C1, ถนนเส้น D จะมีทางแยกตั้งแต่ D0 ถึง D1, ถนนเส้น E จะมีทางแยกตั้งแต่ E0 ถึง E1, ถนนเส้น G จะมีทางแยกตั้งแต่ G0 ถึง G1 และถนนเส้น I จะมีทางแยกตั้งแต่ I0 ถึง I2 ดังแผนผังที่รูปที่ 3.6 และเก็บค่าพิกัดที่ทางแยกต่างๆของถนนเส้น A ถึง I จะได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.5 ตารางที่ 4.6 ตารางที่ 4.7 ตารางที่ 4.8 ตารางที่ 4.9 ตารางที่ 4.10 ตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.5 ทางแยกถนนเส้น A

ทางแยก	ละติจูด	ลองจิจูด	ถึงคั่นถนน	หมายเลขลิงค์
A0	59110	67970	ไม่มี	0
A1	58335	61279	C	1
A2	58500	53400	ไม่มี	2
A3	58300	48200	D	3

ตารางที่ 4.6 ทางแยกถนนเส้น B

ทางแยก	ละติจูด	ลองจิจูด	ถึงคั่นถนน	หมายเลขลิงค์
B0	62645	60895	C	4
B1	62699	58133	ไม่มี	5
B2	63686	53307	ไม่มี	6
B3	62350	48400	D	7
B4	62598	46360	ไม่มี	8
B5	62777	42273	E	9
B6	62943	37635	G	10
B7	63071	61855	ไม่มี	11
B8	61969	36223	ไม่มี	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ตารางทางแยกถนนเส้น C

ทางแยก	ละติจูด	ลองจิจูด	ลิงค์ถนน	หมายเลขลิงค์
C0	58335	61279	A	13
C1	62645	60895	B	14

ตารางที่ 4.8 ตารางทางแยกถนนเส้น D

ทางแยก	ละติจูด	ลองจิจูด	ลิงค์ถนน	หมายเลขลิงค์
D0	58300	48200	A	15
D1	62350	48400	B	16

ตารางที่ 4.9 ตารางทางแยกถนนเส้น E

ทางแยก	ละติจูด	ลองจิจูด	ลิงค์ถนน	หมายเลขลิงค์
E0	62777	42273	B	17
E1	65052	42065	I	18

ตารางที่ 4.10 ตารางทางแยกถนนเส้น G

ทางแยก	ละติจูด	ลองจิจูด	ลิงค์ถนน	หมายเลขลิงค์
G0	62943	37635	B	21
G1	60707	36992	ไม่มี	22

ตารางที่ 4.11 ตารางทางแยกถนนเส้น I

ทางแยก	ละติจูด	ลองจิจูด	ลิงค์ถนน	หมายเลขลิงค์
I0	64200	43200	ไม่มี	23
I1	65052	42065	E	24
I2	64900	40500	ไม่มี	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 ผลการทดลองการหาเส้นทางการเดินทางของผู้ใช้จีพีเอส

เมื่อผู้ใช้จีพีเอสขึ้นอยู่ที่ถนนเส้น A (ป้อมยาม) ต้องการจะเดินทางไปยังตึกเครื่องกล โปรแกรมจะทำการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังจุดหมาย โดยเริ่มต้นโปรแกรมจะทำการหาว่าตำแหน่งที่ผู้ใช้เริ่มต้นอยู่ในช่วงพิคคของถนนเส้นใด จากรูปที่ 4.12 จะเห็นว่าผู้ใช้ยืนอยู่บนถนนเส้น A โดยอ้างอิงจากตารางที่ 4.3 และโปรแกรมจะทำการหาว่าทางแยก A0 ถึง A3 ของถนนเส้น A ทางแยกใดใกล้กับตึกเครื่องกลมากที่สุด โดยอ้างอิงจากตารางระยะทางจากแผนที่ของถนนเส้น A ตารางที่ 3.3 จะเห็นว่าการเดินทางไปตึกเครื่องกลระยะทางที่สั้นที่สุดคือ ระยะทางที่ทางแยก A3 มีหมายเลขลิงค์คือ 3 มีทิศทางการเดินคือ เลี้ยวขวา(R) จากทางแยก A3 จะลิงค์ไปยังถนนเส้น D โดยอ้างอิงจากตารางที่ 4.5 ทางแยกของถนนเส้น D ที่ใกล้ตึกเครื่องกลมากที่สุดคือ ทางแยก D1 มีหมายเลขลิงค์คือ 16 มีทิศทางการเดินคือ เลี้ยวซ้าย(L) จากทางแยก D1 จะลิงค์ไปยังถนนเส้น B โดยอ้างอิงจากตารางที่ 4.8 ทางแยกของถนนเส้น B ที่ใกล้ตึกเครื่องกลมากที่สุดคือ ทางแยก B5 มีหมายเลขลิงค์คือ 9 มีทิศทางการเดินคือ เลี้ยวขวา(R) จากทางแยก B5 จะลิงค์ไปยังถนนเส้น E โดยอ้างอิงจากตารางที่ 4.6 ทางแยกของถนนเส้น E ที่ใกล้ตึกเครื่องกลมากที่สุดคือ ทางแยก E1 มีหมายเลขลิงค์คือ 18 มีทิศทางการเดินคือ เลี้ยวขวา(R) จากทางแยก E1 จะลิงค์ไปยังถนนเส้น I โดยอ้างอิงจากตารางที่ 4.9 ทางแยกของถนนเส้น I ที่ใกล้ตึกเครื่องกลมากที่สุดคือ ทางแยก IO มีหมายเลขลิงค์คือ 23 ซึ่งเป็นจุดหมายซึ่งเดินไปทางทิศตะวันออก(E)



รูปที่ 4.12 แสดงการหาเส้นทาง และทางแยกของถนน ทิศทางการเดิน และทิศทางของจุดหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ **ADBEI** คือ ถนนเส้น **A,D,B,E** และ **I**  
**O3R16L09R18R23E** คือ เส้นทาง ทางแยก และทิศทางการเดิน  
**0017** คือ ระยะทางที่วัดได้จากอัลตราโซนิก  
**0267** คือ ระยะทางที่ห่างจากทางแยกที่ใกล้ที่สุดบนถนนเส้นที่ผู้ใช้ยืนอยู่

เมื่อผู้ใช้ได้เดินถึงบริเวณตึกเครื่องกล ซึ่งมีระยะทางน้อยกว่า 15 เมตร ระบบจะทำการแจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่า “ท่านได้ถึงจุดหมายปลายทางแล้วค่ะ” และระบบจะแจ้งทิศทางของจุดหมายว่า “จุดหมายอยู่ทางซ้ายมือของท่าน”



รูปที่ 4.13 แสดงการหาเส้นทาง และทางแยกของถนน ทิศทางการเดิน และทิศทางของจุดหมาย

หมายเหตุ **E** คือ ทิศทางการเดินไปยังจุดหมายเมื่อเดินทางแยกสุดท้ายแล้ว  
**L** คือ ทิศทางของจุดหมายเมื่อเดินถึงบริเวณของจุดหมาย  
**O3R16L09R18R23E** คือ เส้นทาง ทางแยก และทิศทางการเดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงการหาเส้นทาง ถนน

ถนน \ สถานะ	A (ป้อมยาม)	A (สถาปัตยกรรม)	B (เริ่มต้นจาก E)	B (เริ่มต้นจาก W)	C	D	E	G	I (ตึกอุตสาหกรรม)	I (ตึกเครื่องกล)
หอประชุม	ACB	ACB	B	B	CB	DB	EB	GB	IEB	IEB
ตึก 6 ชั้น	ACB	ACB	B	B	CB	DB	EB	GB	IEB	IEB
ตึกโทรคมนาคม	ACB	ACB	B	B	CB	DB	EB	GB	IEB	IEB
โรงอาหารเอ	ACB	ACB	B	B	CB	DB	EB	GB	IEB	IEB
ตึกอิเล็กทรอนิกส์	ACB	ACB	B	B	CB	DB	EB	GB	IEB	IEB
ตึกวัดคุม	ADB	ADB	B	B	CB	DB	EB	GB	IEB	IEB
ตึกโยธา	ADB	ADB	B	B	CB	DB	EB	GB	IEB	IEB
ตึกเครื่องกล	ADBEI	ADBEI	BEI	BEI	CBEI	DBEI	EI	GBEI	I	I
ตึกอุตสาหกรรม	ADBEI	ADBEI	BEI	BEI	CBEI	DBEI	EI	GBEI	I	I
ตึก 12 ชั้น	ADB	ADB	B	B	CB	DB	EB	GB	IEB	IEB
ตึก CCA	ADBG	ADBG	BG	BG	CBG	DBG	EBG	G	IEBG	IEBG

ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงการหาทางแยก และทิศทางเดียว

ถนน / สถานที่	A (เป็อมยาม)	A (สถาปัตยกรรม)	B (เริ่มต้นจาก E)	B (เริ่มต้นจาก W)	C	D	E	G	I (ตึกอุตสาหกรรม)	I (ตึกเครื่องกล)
หอประชุม	01R14R11E	01L14R11E	11E	11E	14R11E	16R11E	17L 11E	21R 11E	24R17L11E	24L17L11E
ตึก 6 ชั้น	01R14R05E	01L14R05W	05W	05E	14L05W	16R05E	17L05E	21R05E	24R17L05E	24L17L05E
ตึกโทรคมนาคม	01R14R05E	01L14R05W	05W	05E	14L05W	16R05E	17L05E	21R05E	24R17L05E	24L17L05E
โรงอาหารเอ	01R14R06E	01L14R06W	06W	06E	14L06W	16R06E	17L06E	21R06E	24R17L06E	24L17L06E
ตึกอิเล็กทรอนิกส์	01R14R06E	01L14R06W	06W	06E	14L06W	16R06E	17L06E	21R06E	24R17L06E	24L17L06E
ตึกวัดคุม	03R16L08W	03R16L08W	08W	08E	14L08W	16L08W	17L08E	21R08E	24R17L08E	24L17L08E
ตึกโยธา	03R16L08W	03R06L08W	08W	08E	14L08W	16L08W	17L08E	21R08E	24R17L08E	24L17L08E
ตึกเครื่องกล	03R16L09R 18R23E	03R16L09R 18R23E	09R18R23E	09L18L23E	14L09R 18R23E	16L09R 18R23E	18R23E	21R09L 18R21E	23E	23E
ตึกอุตสาหกรรม	03R16L09R 18L25W	03R16L09R 18L25E	09R18L25W	09L18L25W	14L09R 18L25W	16L9R18L 25W	18L25W	21R09L 18L25W	25W	25W
ตึก 12 ชั้น	03R16L12W	3R16L10L 22S	12W	12W	14L12W	16L12W	17R12W	21L12W	24R17R12W	24L17R12W
ตึก CCA	03R16L10L 22S	3R16L12W	10L22S	10R22S	14L10L 22S	16L10L 22S	17R10L 22S	22S	24R17R10L22S	24L17R10L22 S

ตารางที่ 4.14 ตารางแสดงการหาทิศทางของจุดหมาย

ถนน	สถานที่	A	A	B	B	C	D	E	G	I	I
	(ป้อมยาม)	(สถานีดับ)	(เริ่มต้นจาก E)	(เริ่มต้นจาก W)					(ตึกอุตสาหกรรม)	(ตึกเครื่องกล)	
หอประชุม	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
ตึก 6 ชั้น	L	L	L	R	L	R	R	R	R	R	R
ตึกโทรคมนาคม	R	R	R	L	R	L	L	L	L	L	L
โรงอาหารเอ	L	L	L	R	L	R	R	R	R	R	R
ตึกอิเล็กทรอนิกส์	R	R	R	L	R	L	L	L	L	L	L
ตึกวิศวกรรม	R	R	R	L	R	R	L	L	L	L	L
ตึกโยธา	L	L	L	R	L	L	R	R	R	R	R
ตึกเครื่องกล	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
ตึกอุตสาหกรรม	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
ตึก 12 ชั้น	R	R	R	L	R	R	R	R	R	R	R
ตึก CCA	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F

## บทที่ 5

### สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง

#### สรุป และวิจารณ์

การทำงานของ SRF-05 โมดูลตรวจจับและวัดระยะทางด้วยอัลตราโซนิกเพื่อเตือนสิ่งกีดขวาง ซึ่งประกอบไปด้วยการใช้คลื่นอัลตราโซนิกในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง ให้ส่งสัญญาณแจ้งเตือนออกมาในรูปแบบของสัญญาณเสียง ในการทดลองการทำงานนั้นได้พบข้อผิดพลาดเล็กน้อยในส่วนของกรวัดระยะทางของสิ่งกีดขวาง โดยทุกๆ 50 เซนติเมตร จะมีความผิดพลาด 1 ถึง 2 เซนติเมตร และไม่สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางที่มีขนาดเล็กๆ ที่อยู่บนพื้น จึงต้องใช้ไม้เท้าควบคู่ไปกับการใช้แว่นตา ซึ่งไม่มีผลต่อระบบเตือนสิ่งกีดขวางในระดับสายตาของผู้ใช้งาน ในส่วนของกรเตือนสิ่งกีดขวางในรูปแบบของเสียง จะเตือนในช่วงระยะทาง 0 ถึง 300 เซนติเมตร จากการทดลองแว่นตาจะสามารถใช้งานได้ดีเมื่อมีการเคลื่อนที่ที่ไม่เร็วมาก เนื่องจากส่วนประมวลผลไม่สามารถที่จะทำงานได้ทัน

ในส่วนของเครื่องระบุตำแหน่งของผู้ใช้งานด้วยจีพีเอส โดยจะใช้โมดูลรับสัญญาณจากดาวเทียม จีพีเอส ทำการรับข้อมูลตำแหน่งต่างๆ เพื่อแสดงพิกัด และคำนวณระยะทางเพื่อบอกเส้นทางที่จะไปสถานที่นั้นโดยอัตโนมัติ ส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งาน จะใช้เสียงในการเป็นสื่อกลางในการสื่อสารกับผู้ใช้งาน ซึ่งเริ่มต้นจากการหาจากตำแหน่งเริ่มต้นของผู้ใช้งาน ไปยังตำแหน่งของสถานที่ที่ผู้ใช้งานได้เลือกไว้ ในการทดลองนั้นได้พบข้อผิดพลาดในการคำนวณและบอกระยะทางที่มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง เนื่องมาจากข้อจำกัดในเรื่องของอุปกรณ์จีพีเอส ที่นำมาใช้มีความแม่นยำที่ไม่สูงมากนัก ข้อจำกัดที่ว่ามี เช่น การเฉยของดาวเทียม การจับกลุ่มของดาวเทียม และจากธรรมชาติ เช่น จากชั้นบรรยากาศ อุณหภูมิ และความชื้น ก็มีผลในการทำงานทำให้ไม่สามารถรับสัญญาณหรือรับสัญญาณได้อ่อน ทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของสัญญาณ ส่งผลในการทำงานรับค่าพิกัด โดยโครงการนี้จะจำกัดการทำงานอยู่ในที่แจ้งเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้งานภายในอาคารได้

#### แนวทางการพัฒนา

ในส่วนของ SRF-05 โมดูลตรวจจับและวัดระยะทางด้วยอัลตราโซนิกเพื่อเตือนสิ่งกีดขวาง ควรออกแบบให้มีประสิทธิภาพในการตรวจจับสิ่งกีดขวางเร็วขึ้น สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางขนาดเล็กที่วางอยู่ที่พื้นได้ และควรจะสามารถแจ้งเตือนได้เวลาเดินขึ้น ลงบันได หรือพื้นที่ต่างระดับ

ในส่วนของกรนำทางด้วยจีพีเอส การคำนวณ และบอกระยะทางคลาดเคลื่อนสามารถแก้ไขได้โดยเลือกใช้จีพีเอสที่มีประสิทธิภาพ มีความแม่นยำที่สูงมาใช้งานจะช่วยให้ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นมีจำนวนที่น้อยลง ในส่วนการประมวลผลการทำงาน ควรมีการปรับปรุงให้สามารถบอกระยะทางได้อย่างแม่นยำมากขึ้น ในส่วนของฮาร์ดแวร์อาจจะอาศัยโมดูลเข็มทิศมาช่วยในการบอกทิศทางให้แก่ผู้ใช้งาน ซึ่งจะช่วยให้มีความแม่นยำในการนำทางมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ISD4004 SERIES

SINGLE-CHIP, MULTIPLE-MESSAGES  
VOICE RECORD/PLAYBACK DEVICES  
8-, 10-, 12-, AND 16-MINUTE DURATION

*Publication Release Date: October 26, 2005*

*Revision 1.2*

- 1 -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ISD4004 SERIES



### 1. GENERAL DESCRIPTION

The ISD4004 ChipCorder® series provides high-quality, 3-volt, single-chip record/playback solutions for 8- to 16-minute messaging applications ideally for cellular phones and other portable products. The CMOS-based devices include an on-chip oscillator, anti-aliasing filter, smoothing filter, AutoMute® feature, audio amplifier, and high density multilevel Flash memory array. The ISD4004 series is designed to be used in a microprocessor- or microcontroller-based system. Address and control are accomplished through a Serial Peripheral Interface (SPI) or Microwire Serial Interface to minimize pin count.

Recordings are stored into the on-chip Flash memory cells, providing zero-power message storage. This unique single-chip solution utilizes Winbond's patented multilevel storage technology. Voice and audio signals are directly stored onto memory array in their natural form, providing high-quality voice reproduction.



## ISD4004 SERIES



### 2. FEATURES

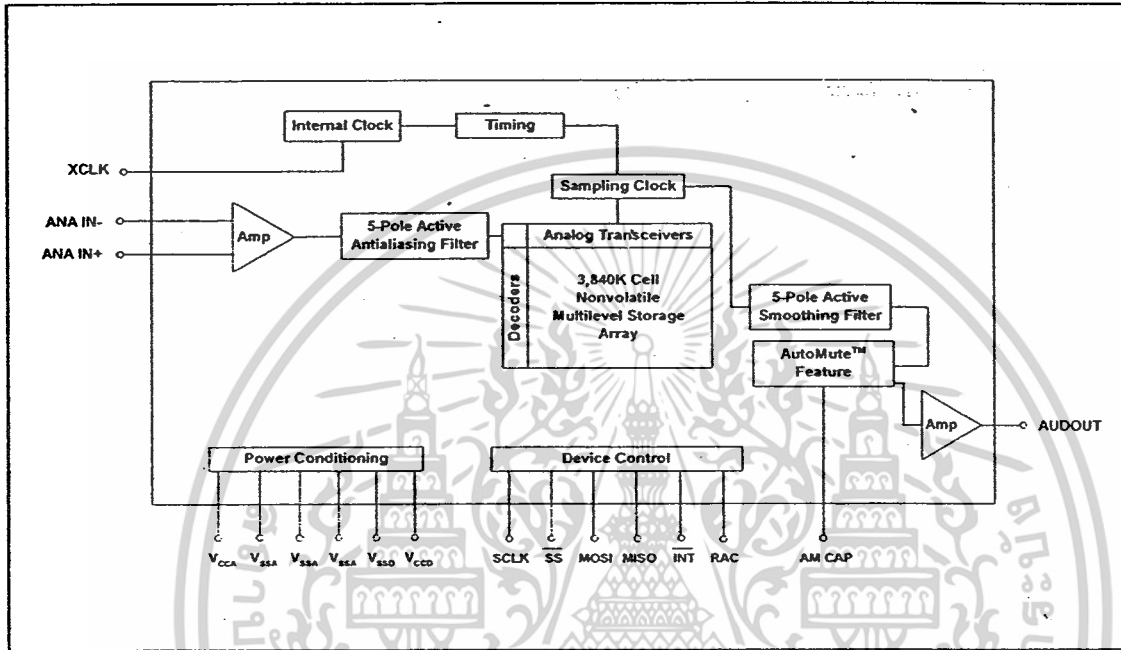
- Single-chip voice record/playback solution
- Single 3 volt supply
- Low-power consumption
  - Operating current:
    - $I_{CC\_Play} = 15 \text{ mA}$  (typical)
    - $I_{CC\_Rec} = 25 \text{ mA}$  (typical)
  - Standby current:
    - $I_{CC\_Standby} = 1 \mu\text{A}$  (typical)
- Duration: 8, 10, 12, and 16 minutes
- High-quality, natural voice/audio reproduction
- AutoMute feature provides background noise attenuation
- No algorithm development required
- Microcontroller SPI or Microwire™ Serial Interface
- Fully addressable to handle multiple messages
- Non-volatile message storage
- 100K record cycles (typical)
- 100-year message retention (typical)
- On-chip oscillator
- Power-down feature to reduce power consumption
- Available in die, PDIP, SOIC, and TSOP
- Packaged types: Lead and Lead-Free
- Temperature:
  - Commercial (die): 0°C to +50°C
  - Commercial (packaged units): 0°C to +70°C
  - Extended (packaged units): -20°C to +70°C
  - Industrial (packaged units): -40°C to +85°C

Publication Release Date: October 26, 2005  
Revision 1.2

# ISD4004 SERIES



## 3. BLOCK DIAGRAM

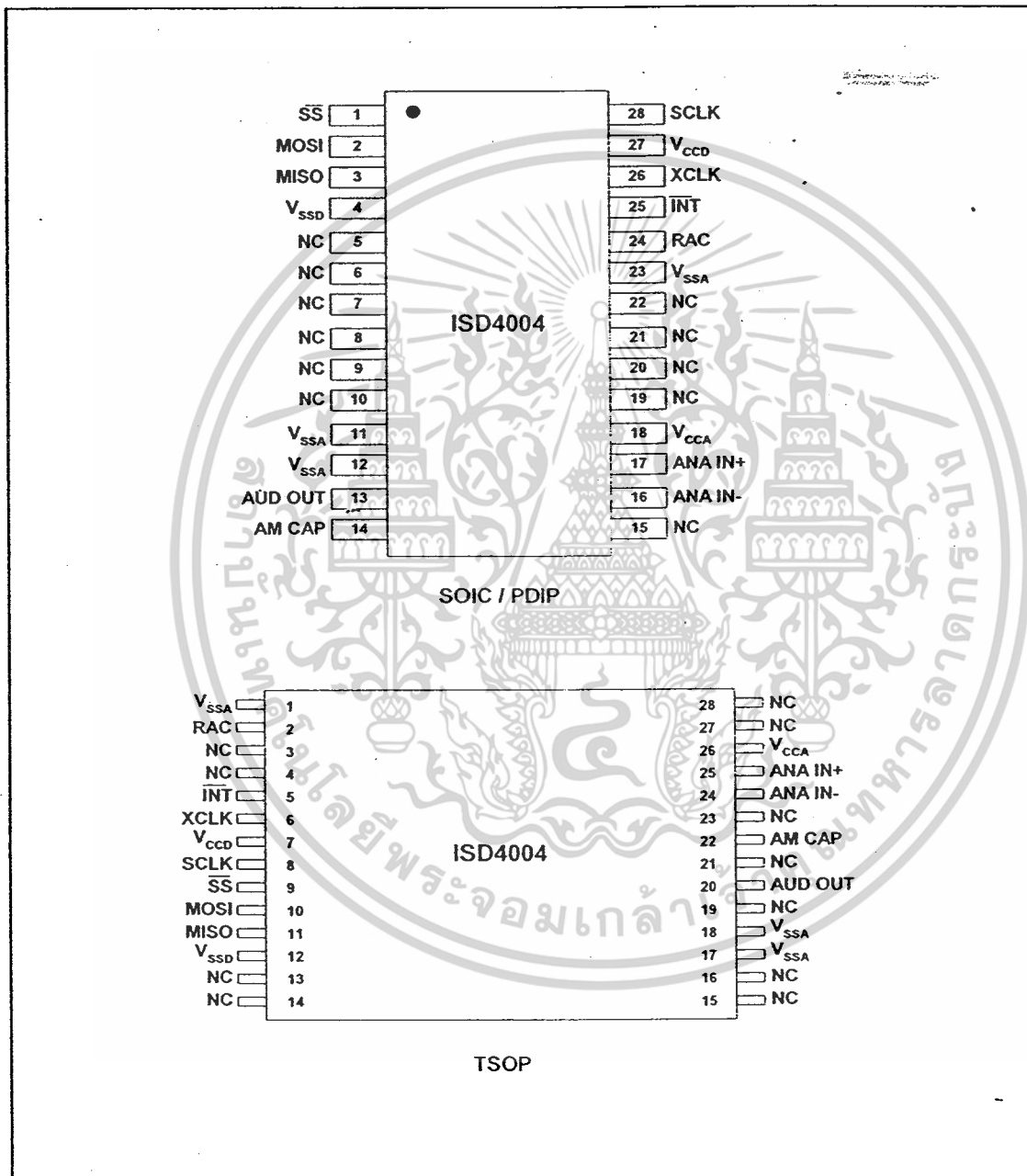


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ISD4004 SERIES



## 5. PIN CONFIGURATION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ISD4004 SERIES



## 6. PIN DESCRIPTION

PIN NAME	PIN NO		FUNCTION
	SOIC / PDIP	TSOP	
$\overline{SS}$	1	9	Slave Select: This input, when LOW, will select the ISD4004 device.
MOSI	2	10	Master Out Slave IN: This is the serial input to the ISD4004 device when it is configured as slave. The master microcontroller places data on the MOSI line one half-cycle before the rising edge of SCLK for clocking into the device.
MISO	3	11	Master In Slave Out: This is the serial output (open drain) of the ISD4004 device. This output goes into a high-impedance state if the device is not selected.
$V_{SSA} / V_{SSD}$	11, 12, 23 / 4	1, 17, 18 / 12	Ground: The ISD4004 series utilizes separate analog and digital ground busses. The analog ground ( $V_{SSA}$ ) pins should be tied together as close as possible and connected through a low-impedance path to power supply ground. The digital ground ( $V_{SSD}$ ) pin should be connected through a separate low-impedance path to power supply ground. These ground paths should be large enough to ensure that the impedance between the $V_{SSA}$ pins and the $V_{SSD}$ pin is less than $3 \Omega$ . The backside of the die is connected to $V_{SS}$ through the substrate. For chip-on-board design, the die attach area must be connected to $V_{SS}$ or left floating.
NC	5-10, 15, 19-22	3, 4, 13-16, 19, 21, 23, 27, 28	Not connected
AUD OUT <sup>[1]</sup>	13	20	Audio Output: This pin provides an audio output of the stored data and is recommended be AC coupled. It is capable of driving a $5 K\Omega$ impedance $R_{EXT}$ .

<sup>[1]</sup> The AUD OUT pin is always at 1.2 volts when the device is powered up. When in playback, the output buffer connected to this pin can drive a load as small as  $5 K\Omega$ . When in record, a built-in resistor connects AUD OUT to the internal 1.2-volt analog ground supply. This resistor is approximately  $850 K\Omega$ , but will vary somewhat according to the sample rate of the device. This relatively high impedance allows this pin to be connected to an audio bus without loading it down.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ISD4004 SERIES



PIN NAME	PIN NO		FUNCTION
	SOIC / PDIP	TSOP	
AM CAP	14	22	<p><b>AutoMute™ Feature:</b> The AutoMute feature only applies for playback operation and helps to minimize noise (with 6 dB of attenuation) when there is no signal (i.e. during periods of silence). A 1 <math>\mu</math>F capacitor to ground is recommended to connect to the AM CAP pin.</p> <p>This capacitor becomes a part of an internal peak detector which senses the signal amplitude. This peak level is compared to an internally set threshold to determine the AutoMute trip point. For large signals, the AutoMute attenuation is set to 0 dB automatically but 6 dB of attenuation occurs for silence. The 1 <math>\mu</math>F capacitor also affects the rate at which the AutoMute feature changes with the signal amplitude (or the attack time).</p> <p>The AutoMute feature can be disabled by connecting the AM CAP pin directly to <math>V_{CCA-}</math>.</p>
ANA IN-	16	24	<p><b>Inverting Analog Input:</b> This pin transfers the signal into the device during recording via differential-input mode.</p> <p>In this differential-input mode, a 16 mVp-p maximum input signal should be capacitively coupled to ANA IN- for optimal signal quality, as shown in Figure 1: ANA IN Modes. This capacitor value should be equal to that used on ANA IN+ pin. The input impedance at ANA IN- is normally 56 K<math>\Omega</math>.</p> <p>In the single-ended mode, ANA IN- should be capacitively coupled to <math>V_{SSA}</math> through a capacitor equal to that used on the ANA IN+ pin.</p>
ANA IN+	17	25	<p><b>Non-Inverting Analog Input:</b> This pin is the non-inverting analog input that transfers the signal to the device for recording. The analog input amplifier can be driven single ended or differentially.</p> <p>In the single-ended input mode, a 32 mVp-p (peak-to-peak) maximum signal should be capacitively connected to this pin for optimal signal quality. The external capacitor associated with ANA IN+ together with the 3 K<math>\Omega</math> input impedance are selected to give cutoff at the low frequency end of the voice passband.</p> <p>In the differential-input mode, the maximum input signal at ANA IN+ should be 16 mVp-p capacitively coupled for optimal signal quality. The circuit connections for the two modes are shown in Figure 1.</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ISD4004 SERIES



PIN NAME	PIN NO.		FUNCTION
	SOIC / PDIP	TSOP	
V <sub>CCA</sub> / V <sub>CCD</sub>	18 / 27	26 / 7	<p><b>Supply Voltage:</b> To minimize noises, the analog and digital circuits in the ISD4004 devices use separate power busses. These +3V busses are brought out to separate pins and should be tied together as close to the supply as possible. In addition, these supplies should be decoupled as close to the package as possible.</p>
RAC	24	2	<p><b>Row Address Clock:</b> This is an open drain output that provides the signal of a ROW with a 200 ms period for 8 KHz sampling frequency. (This represents a single row of memory.) This signal stays HIGH for 175 ms and stays LOW for 25 ms when it reaches the end of a row.</p> <p>The RAC pin stays HIGH for 109.37 μsec and stays LOW for 15.63 μsec in Message Cueing mode (see Message Cueing section for detailed description). Refer to the AC Parameters table for RAC timing information at other sample rates.</p> <p>When a record command is first initiated, the RAC pin remains HIGH for an extra T<sub>RACL</sub> period. This is due to the need of loading the internal sample and hold circuits in the device. This pin can be used for message management techniques.</p> <p>A pull-up resistor is required to connect this pin to other device.</p>
$\overline{\text{INT}}$	25	5	<p><b>Interrupt:</b> This is an open drain output pin. This pin goes LOW and stays LOW when an Overflow (OVF) or End of Message (EOM) marker is detected. Each operation that ends with an EOM or OVF will generate an interrupt. The interrupt will be cleared the next time an SPI cycle is initiated. The interrupt status can also be read by an R<sub>INT</sub> instruction.</p> <p>A pull-up resistor is required to connect this pin to other device.</p> <p><b>Overflow Flag (OVF)</b> – The Overflow flag indicates that the end of memory has been reached during a record or playback operation.</p> <p><b>End of Message (EOM)</b> – The End of Message flag is set only during playback operation when an EOM is found. There are eight EOM flag position options per row.</p>

Publication Release Date: October 26, 2005

- 9 -

Revision 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ISD4004 SERIES



PIN NAME	PIN NO		FUNCTION															
	SOIC/ PDIP	TSOP																
XCLK	26	6	<p><b>External Clock Input:</b> The pin has an internal pull-down device. The ISD4004 series is configured at the factory with an internal sampling clock frequency centered to <math>\pm 1</math> percent of specification. The frequency is then maintained to a variation of <math>\pm 2.25</math> percent over the entire commercial temperature and operating voltage ranges. The internal clock has a <math>-6/+4</math> percent tolerance over the extended temperature, industrial temperature and voltage ranges. A regulated power supply is recommended for industrial temperature range parts. If greater precision is required, the device can be clocked through the XCLK pin as follows:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part Number</th> <th>Sample Rate</th> <th>Required Clock</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ISD4004-08M</td> <td>8.0 kHz</td> <td>1024 kHz</td> </tr> <tr> <td>ISD4004-10M</td> <td>6.4 kHz</td> <td>819.2 kHz</td> </tr> <tr> <td>ISD4004-12M</td> <td>5.3 kHz</td> <td>682.7 kHz</td> </tr> <tr> <td>ISD4004-16M</td> <td>4.0 kHz</td> <td>512 kHz</td> </tr> </tbody> </table> <p>These recommended clock rates should not be varied because the anti-aliasing and smoothing filters are fixed. Otherwise, aliasing problems can occur if the sample rate differs from the one recommended. The duty cycle on the input clock is not critical, as the clock is immediately divided by two. If the XCLK is not used, this input must be connected to ground.</p>	Part Number	Sample Rate	Required Clock	ISD4004-08M	8.0 kHz	1024 kHz	ISD4004-10M	6.4 kHz	819.2 kHz	ISD4004-12M	5.3 kHz	682.7 kHz	ISD4004-16M	4.0 kHz	512 kHz
Part Number	Sample Rate	Required Clock																
ISD4004-08M	8.0 kHz	1024 kHz																
ISD4004-10M	6.4 kHz	819.2 kHz																
ISD4004-12M	5.3 kHz	682.7 kHz																
ISD4004-16M	4.0 kHz	512 kHz																
SCLK	28	8	<p><b>Serial Clock:</b> This is the input clock to the ISD4004 device. It is generated by the master device (typically microcontroller) and is used to synchronize the data transfer in and out of the device through the MOSI and MISO lines, respectively. Data is latched into the ISD4004 on the rising edge of SCLK and shifted out of the device on the falling edge of SCLK.</p>															



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

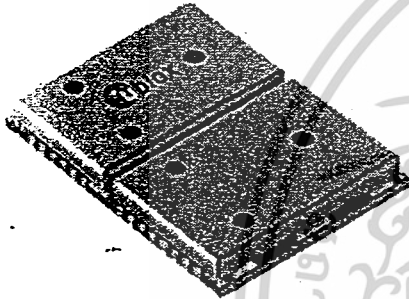


u-blox AG  
Zürcherstrasse 68  
8800 Thalwil  
Switzerland  
www.u-blox.com

Phone +41 1722 7444  
Fax +41 1722 7447  
info@u-blox.com

# LEA-4A, LEA-4H, LEA-4M, LEA-4P, LEA-4R, LEA-4S, LEA-4T

## ANTARIS® 4 GPS Modules Data Sheet



### Abstract

Technical Data Sheet describing the economical and flexible ANTARIS®4 based LEA-4x series (LEA-4A, LEA-4H, LEA-4M, LEA-4P, LEA-4R, LEA-4S, LEA-4T) of GPS Modules. The available features include USB and serial interface, SuperSense indoor GPS, Precision Timing, raw measurement data, and Dead Reckoning. The modules are integrated within a compact 17 x 22.4 mm housing, and support passive and active antennas.

*your position is our focus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

# Data Sheet





<b>Title</b>	LEA-4A, LEA-4H, LEA-4M, LEA-4P, LEA-4R, LEA-4S, LEA-4T		
<b>Subtitle</b>	ANTARIS® 4 GPS Modules		
<b>Doc Type</b>	Data Sheet		
<b>Doc Id</b>	GPS.G4-MS4-06143-1		
<b>Revision Index</b>	<b>Date</b>	<b>Name</b>	<b>Status / Comments</b>
	1. Dec. 2006	TG	Release
1	May 25, 2007	TG	Ordering Information

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

For most recent documents, please visit [www.u-blox.com](http://www.u-blox.com)

The current document replaces the following Data Sheets:		
Data Sheet Document Name	Identification of applicable hardware	Comments
GPS.G4-MS4-05017	LEA-4A	
GPS.G4-MS4-05019	LEA-4H	
GPS.G4-MS4-06108	LEA-4M	
GPS.G4-MS4-05021	LEA-4P	
GPS.G4-MS4-05072	LEA-4S	
GPS.G4-MS4-05070	LEA-4T	

	Products marked with this lead-free symbol on the product label comply with the "Directive 2002/95/EC of the European Parliament and the Council on the Restriction of Use of certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment" (RoHS).
	This is an Electrostatic Sensitive Device (ESD). Observe precautions for handling.

Performance characteristics shown in this document are estimates only and do not constitute a warranty or guarantee of product performance. u-blox does not support any applications in connection with weapon systems. Since u-blox' products are not designed for use in life-support and commercial aviation applications they shall not be used in such products. In devices or systems whereby malfunction of these products can be expected to result in personal injury and casualties, u-blox customers using or selling these products do so at their own risk and agree to keep u-blox harmless from any consequences. u-blox reserves the right to make changes to this product, including its circuits and software, in order to improve its design and/or performance, without prior notice.

u-blox makes no warranties, neither expressed nor implied, regarding the information and specifications contained in this document. u-blox assumes no responsibility for any claims or damages arising from information contained in this document, or from the use of products and services detailed therein. This includes, but is not limited to, claims or damages based on the infringement of patents, copyrights, mask work and/or other intellectual property rights.

u-blox integrated circuits, software and designs are protected by intellectual property laws in Switzerland and abroad. u-blox, the u-blox logo, the TIM-type GPS module, Antaris, SuperSense, "your position is our focus", NavLox, u-center, AssistNow, AlmanacPlus, FixNow and EKF are (registered) trademarks of u-blox AG. This product may in whole or in part be subject to intellectual property rights protection. Please contact u-blox for any additional information. Copyright © 2007, u-blox AG.

# 1 Functional Description

## 1.1 Overview

The LEA-4A, LEA-4H, LEA-4M, LEA-4P, LEA-4R, LEA-4S, LEA-4T are a series of GPS modules featuring u-blox's 16-channel ANTARIS<sup>®</sup>4 receiver technology. They provide high performance with low power consumption and feature a USB port for faster data transmission and more flexibility. The ANTARIS<sup>®</sup>4 GPS engine offers outstanding navigation performance even in the most challenging metropolitan areas.

As the successors to the LEA-LA module, the LEA-4x modules also share the 17 x 22.4 mm form factor. The small form factor and SMT pads allow for fully automatic assembly processes with standard pick-and-place equipment and reflow soldering, enabling cost-efficient, high-volume production. The combination of these features make these modules suitable for a broad spectrum of GPS products, for which high performance, low cost, low power consumption and small size are key requirements.

The LEA-4x modules are fully interchangeable, providing the flexibility to use the module with the optimal features for application specific requirements.

## 1.2 Highlights and Features

- Cost-optimized and flexible architecture
- Low power consumption
- A-GPS and autonomous operation, AssistNow<sup>®</sup> ready
- Up to 4Hz Position Update rate
- Support DGPS, WAAS, EGNOS and MSAS

For an overview of the various features available with the different LEA-4x models please see Table 1.

Module	16 Channel ANTARIS <sup>®</sup> 4 GPS Engine	SuperSense <sup>®</sup>	Nonvolatile Memory	Serial Ports	USB	AssistNow <sup>®</sup> Online	AssistNow <sup>®</sup> Offline	Configuration Pins	Antenna Supervisor	Antenna Bias Voltage	Dead Reckoning	Timing Mode	Raw Data	Temperature Range (°C)
LEA-4A	✓		ROM	2	✓	✓		✓	✓	✓				-40 ... +85
LEA-4H	✓	✓	Flash	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓				-40 ... +85
LEA-4M	✓		ROM	2	✓	✓		✓						-30 ... +70
LEA-4P	✓		Flash	1	✓	✓	✓		✓	✓				-40 ... +85
LEA-4R	✓		Flash	1	✓	✓			✓	✓	✓			-40 ... +85
LEA-4S	✓	✓	ROM	2	✓	✓		✓	✓	✓				-40 ... +85
LEA-4T	✓	✓	Flash	1	✓	✓			✓	✓		✓	✓	-40 ... +85

Table 1: Available features of the LEA-4x series

### 1.3 Block Diagram

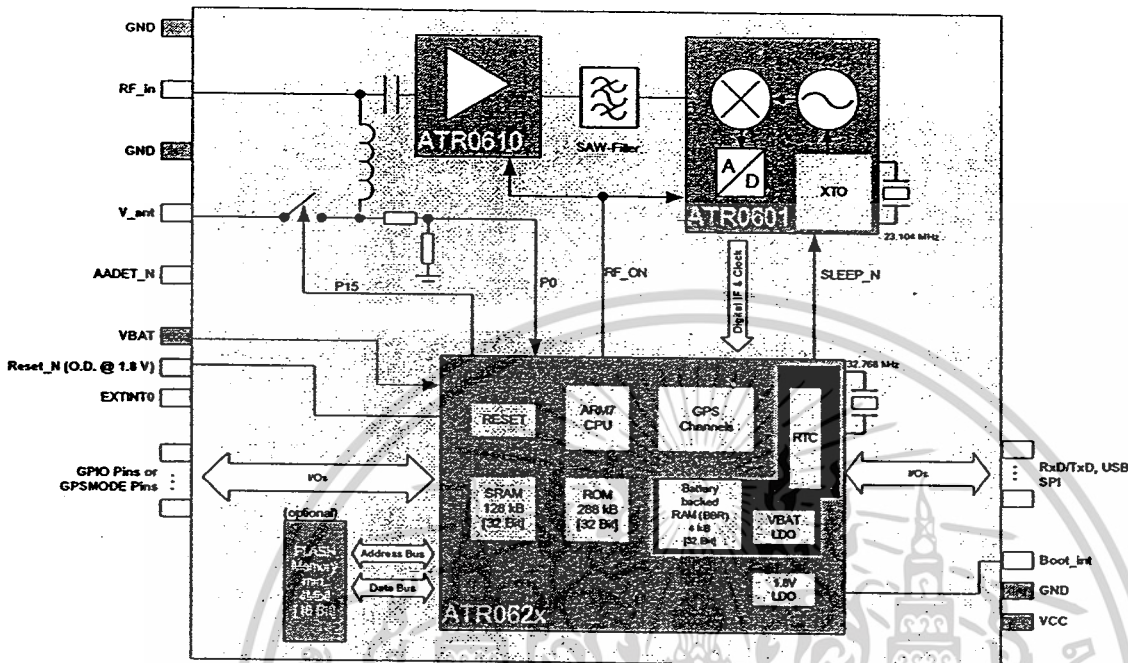


Figure 1: Hardware Block Schematic

### 1.4 Operating Modes

The ANTARIS<sup>®</sup>4 GPS Technology supports the following Operating Modes:

Operating Modes	Description
<b>Continuous Tracking Mode (CTM)</b>	In this mode, the Autonomous Power Management (APM) automatically optimizes power consumption. It powers off parts of the receiver when they are not used. Also, the CPU speed is reduced when the CPU workload is low.
<b>Power Saving Modes</b>	A configurable power saving mode is available where the GPS is put into sleep mode and activated up on a selectable time interval or upon external request (signal activity on serial port or EXTINT input). This mode is ideally suited in applications with stringent power budget requirements in mobile and battery operated end products.

Table 2: Operating Modes

For more information see the *ANTARIS<sup>®</sup>4 System Integration Manual* [1].

### 1.5 Assisted GPS (A-GPS)

The ANTARIS<sup>®</sup>4 GPS engine supports Mobile Station (MS) based A-GPS for accelerated acquisition and position computation in the GPS receiver. In addition, timing receivers (such as the LEA-4T) support MS assisted (output of raw tracking information for position computation by the service provider). Supply of aiding information like ephemeris, almanac, rough last position and time and satellite status and an optional time synchronization signal will reduce time to first fix significantly. All LEA-4x modules support the u-blox AssistNow Online<sup>®</sup> A-GPS service. The LEA-4H and LEA-4P are also AssistNow Offline<sup>®</sup> ready.

## 1.6 Antenna

The LEA-4x modules are designed for use with passive and active antennas. An antenna supervisor is provided on all modules except the LEA-4M. If activated, the GPS receiver is capable of detecting short circuits to the active antenna by checking the bias voltage level and can shut down the voltage bias immediately. A series resistor is needed in front of the **V\_ANT** input. UBX and NMEA messages are provided to report the condition of the antenna supply. Open circuit detection can also be supported with an additional external circuit. For details, please refer to the *ANTARIS<sup>®</sup>4 System Integration Manual* [1].

Parameter	Specification	
Antenna Type	Passive and active antenna	
Active Antenna Recommendations	Minimum gain	15 - 20 dB (to compensate signal loss in RF cable)
	Maximum noise figure	1.5 dB
	Maximum gain	50 dB

**Table 3: Antenna Specifications for all LEA-4 Modules**

Parameter	Specification	
Antenna Supply	Using <b>VCC_RF</b> or external voltage source	
Antenna Supervisor	Short circuit detection	Built-in
	Open circuit detection	Enabled with external circuit

**Table 4: Antenna Supervisor Specifications (feature not available with the LEA-4M)**

## 1.7 Configuration

### 1.7.1 Boot-Time GPSMODE Configuration

The LEA-4A, LEA-4M and LEA-4S provide four GPSMODE pins for boot-time configuration. They become effective immediately after start-up. Once the module has started, the configuration settings may be modified with UBX configuration messages. The modified settings remain effective until power-down or reset. If these settings have been stored in battery-backup RAM (with the CFG-CFG message), then the modified configuration will be retained, as long as the backup battery supply is not interrupted.

GPSMODE	GPS sensitivity settings
2	GPS sensitivity settings
0	Normal sensitivity mode
1	High sensitivity mode

Table 5: GPSMODE Configuration for LEA-4A, LEA-4M

GPSMODE	GPS sensitivity settings
23	GPS sensitivity settings
0	Auto mode
1	High sensitivity mode

Table 6: GPSMODE Configuration for LEA-4S

GPSMODE	USB power settings
7	USB power settings
0	Bus-Powered USB Interface
1	Self-Powered USB Interface

Table 7: USB Settings

GPSMODE		Activated Message Set	Serial Port 1		Serial Port 2	
6	5		Baud Rate	Protocol	Baud Rate	Protocol
0	0	High	19.2 Kbaud	NMEA	57.6 Kbaud	UBX
0	1	Low	4.8 Kbaud	NMEA	19.2 Kbaud	UBX
1	0	Medium (default)	9.6 Kbaud	NMEA	38.4 Kbaud	UBX
1	1	Reserved for factory use	115.2 Kbaud	UBX	19.2 Kbaud	NMEA

Table 8: Supported GPSMODE settings

### 1.7.2 Configuration (LEA-4H, LEA-4P, LEA-4R, LEA-4T)

With the LEA-4H, LEA-4P, LEA-4R and LEA-4T the configuration settings can be modified with UBX configuration messages. The modifications can be saved to the Flash memory.

For more information see the *ANTARIS<sup>®</sup>4 System Integration Manual* [1].

## 1.8 Dead Reckoning (LEA-4R)

Dead reckoning GPS receivers supplement the GPS information with an incoming signal from a gyroscope (turn rate sensor) and odometer pulses to do dead reckoning navigation through periods of poor GPS reception. Depending on the quality of the available GPS signals, the LEA-4R uses an algorithm specially developed by u-blox in order to compute the next positions accurately by using an automatically weighted average of the GPS and sensor inputs. This provides precise navigation in locations with no or impaired GPS reception, for example in tunnels, indoor car parks and deep urban canyons.

The LEA-4R is a low power dead reckoning GPS receiver module. It is the ideal solution for high-volume applications requiring a cost-effective and tightly integrated product that provides a continuous and reliable positioning fix 100% of the time.

### 1.8.1 Supported Peripheral Components (LEA-4R)

The LEA-4R supports the following peripheral components (Table 9):

A/D converters with SPI interface	digital temperature sensors with SPI interface
Linear Technology, LTC1860, 12-bit A/D converter	National Semiconductors, LM70, precision: 10 bits plus sign

Table 9: Supported peripheral components

Gyroscopes should at least meet the requirements listed below:

Parameter	Specification
Supply Voltage	5.0V $\pm$ 0.25V
Zero Point	2.5V $\pm$ 0.4V
Scale factor	25mV $^{\circ}$ /s $\pm$ 5mV $^{\circ}$ /s
Dynamic Range	$\pm$ 60 $^{\circ}$ /s to $\pm$ 125 $^{\circ}$ /s
Linearity	$\pm$ 0.5% (Full scale)
Recommended operating temperature range	-40 to +85 $^{\circ}$ C

Table 10: Required Specifications for Gyroscopes

Gyroscopes with a sensitivity (scale factor) of lower than 20mV $^{\circ}$ /s may work but the performance will be degraded. For this reason u-blox does not recommend using gyros with a lower sensitivity.

For implementation details as well as a list of supported gyroscopes that u-blox is currently aware of, or for more information about Dead Reckoning and other special features of the LEA-4R please refer to the *TIM/LEA-4R System Integration Manual* [3].

## 1.9 Protocols

The LEA-4x series supports different serial protocols.

Protocol	Type	Runs on
NMEA	Input/output, ASCII, 0183, 2.3 (compatible to 3.0)	All serial ports and USB
UBX	Input/output, binary, u-blox proprietary	All serial ports and USB
RTCM	Input, messages 1,2,3,9	All serial ports and USB

Table 11: Available Protocols

For specification of the various protocols see the *ANTARIS<sup>4</sup> Protocol Specification* [2].

## 1.10 LEA-4T

### 1.10.1 Time Mode

LEA-4T provides a special Time Mode to provide higher timing accuracy. The LEA-4T is designed for use with stationary antenna setups. The Time Mode features three different settings described in Table 12: Disabled, Survey-In and Fixed Mode.

Time Mode Settings	Description
Disabled	Standard PVT operation with SuperSense® enabled
Survey-In	The GPS receiver computes the average position over an extended time period until a predefined maximum standard deviation has been reached. Afterwards the receiver will be automatically set to Fixed Mode and the timing features will be activated.
Fixed Mode	In this mode, a fixed 3D position and known standard deviation is assumed and the timing features are activated. Fixed Mode can either be activated directly by feeding pre-defined position coordinates (ECEF - Earth Center Earth Fixed format) or by performing a Survey-In.  In Fixed mode, the timing errors in the TIMEPULSE signal which otherwise result from positioning errors are eliminated. Single-satellite operation is supported, but must be activated separately using the UBX-CFG-NAV2 message. For details, please refer to the <i>ANTARIS®4 System Integration Manual</i> [1].

Table 12: Time Mode Settings

In Fixed Mode, the accuracy of the TIMEPULSE signal is higher. Note that the TIMEPULSE signal has a granularity is 43 ns which results from the 23.104 MHz GPS clock. Using the available quantization error information (see UBX-TIM message) in external post-processing, a significantly higher timing accuracy can be achieved.

### 1.10.2 Time Mark

LEA-4T can be used for precise time measurements with a sub microseconds resolution using the external interrupt (EXTINT0 and EXTINT1). Rising and falling edges of these signals are time-stamped to the GPS or UTC time and counted. The Time Mark functionality can be enabled with the UBX-CFG-TM2 message

For details, please refer to the *ANTARIS®4 System Integration Manual* [1].

### 1.10.3 Raw Data Output

The LEA-4T supports raw data output at an uptake rate of 10 Hz. The UBX-RXM-RAW message includes carrier phase with half-cycle ambiguity resolved, code phase and Doppler measurements, which can be used in external applications that offer precision positioning, real-time kinematics (RTK) and attitude sensing.

## 2 GPS Performance

Parameter	Module	Specification
Receiver Type	All	L1 frequency, C/A Code, 16-Channels 8192 time / frequency search windows
Max Navigation Update Rate	All LEA-4T	4 Hz Raw Data 10 Hz
Accuracy	All	Position 2.5 m CEP <sup>2</sup> 5.0 m SEP <sup>3</sup> Position DGPS / SBAS <sup>1</sup> 2.0 m CEP 3.0 m SEP
Acquisition <sup>4,5</sup>	All	GPS Mode: Fast Acq. Normal High Sens. Auto Cold Start 34 s 36 s 41 s 34 s Warm Start 33 s Hot Start <3.5 s Reacquisition <1 s
Sensitivity <sup>6</sup>	LEA-4A LEA-M LEA-4P LEA-4R	Tracking -150 dBm Acquisition & Reacquisition -140 dBm Cold Starts -140 dBm
	LEA-4H LEA-4S LEA-4T	Tracking -158 dBm Acquisition & Reacquisition -148 dBm Cold Starts -142 dBm
Accuracy of Timepulse Signal	All	RMS 50 ns 99% <100 ns Granularity 43 ns Compensated <sup>7</sup> (LEA-4T) 15 ns Time Pulse Configurable: 0.1 ... 1000 Hz
Dynamics	All	≤ 4 g
Operational Limits	All	Maximum Speed 515 m/s

Table 13: Performance Specification

<sup>1</sup> Depends on accuracy of correction data of DGPS or SBAS service

<sup>2</sup> CEP = Circular Error Probability: The radius of a horizontal circle, centered at the antenna's true position, containing 50% of the fixes.

<sup>3</sup> SEP = Spherical Error Probability. The radius of the sphere, centered at the true position, contains 50% of the fixes.

<sup>4</sup> The different start-up modes like cold, warm and hot start are described in the *ANTARIS<sup>4</sup> System Integration Manual [1]*

<sup>5</sup> Measured with good visibility and -125 dBm signal strength

<sup>6</sup> Demonstrated with a good active antenna

<sup>7</sup> Quantization error information can be used to compensate the granularity related error of the time pulse signal

### 3 Mechanical Specifications

#### 3.1 Dimensional Specifications

Parameter	Specification
Length	22.4±.1mm [881 ±4mil]
Width	17.0±.1mm [669 ±4mil]
Thickness	3.0 ±0.3mm [118 ±12mil]
Pitch RF pins	1.1±0.1mm [43 ±4mil]
Pitch Digital pins	1.1±0.1mm [43 ±4mil]
Weight	2.1g

Table 14: Mechanical Specification

#### 3.2 Dimensional Diagrams

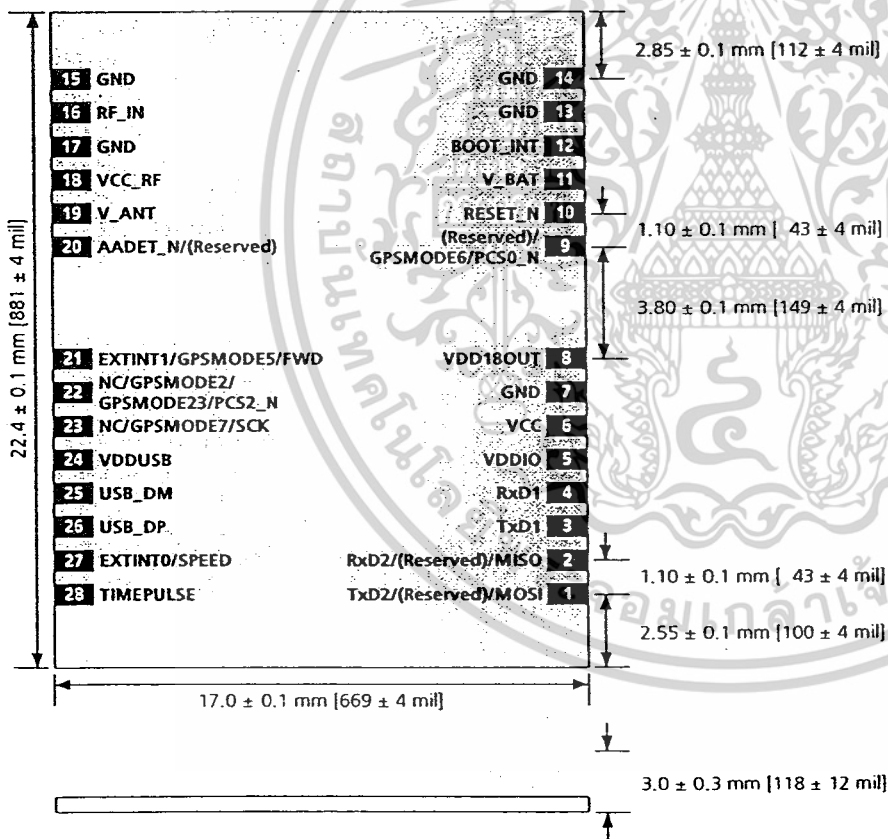


Figure 2: Dimensions

**Note** For detailed information for a design in, including detailed dimensional diagrams, footprints, paste mask recommendations, pinout tables and a recommended pad layout, please see the *ANTARIS<sup>®</sup>4 System Integration Manual* [1].

## Pinout

Standard Function				
No	Module	Name	I/O	Description
1	LEA-4A, LEA-4S, LEA-4M	TxD2	O	Serial Port 2
	LEA-4H, LEA-4P, LEA-4T	(Reserved)	I	
	LEA-4R	MOSI	O	SPI MOSI
2	LEA-4A, LEA-4S, LEA-4M	RxD2	I	Serial Port 2
	LEA-4H, LEA-4P, LEA-4T	(Reserved)		
	LEA-4R	MISO	I	SPI MISO
3	All	TxD1	O	Serial Port 1
4	All	RxD1	I	Serial Port 1
5	All	VDDIO	I	Pad voltage supply
6	All	VCC	I	Supply voltage
7	All	GND	I	Ground
8	All	VDD18OUT	O	1.8V output
9	LEA-4A, LEA-4S, LEA-4M	GPSMODE6	I	Boot-time config. pin
	LEA-4H, LEA-4P, LEA-4T	(Reserved)	I	
	LEA-4R	PCSO_N	O	SPI Chip Select 0 (Temperature Sensor)
10	All	RESET_N	I/O	Reset
11	All	V_BAT	I	Backup voltage supply
12	All	BOOT_INT	I	Boot mode
13	All	GND	I	Ground
14	All	GND	I	Ground
15	All	GND	I	Ground
16	All	RF_IN	I	GPS signal input
17	All	GND	I	Ground
18	All	VCC_RF	O	Output Voltage RF sect.
19	LEA-4A, LEA-4H, LEA-4P, LEA-4R, LEA-4S, LEA-4T	V_ANT	I	Antenna Bias voltage
	LEA-4M	NC	I/O	Not Connected
20	LEA-4A, LEA-4H, LEA-4P, LEA-4R, LEA-4S, LEA-4T	AADET_N	I	Active Antenna Detect
	LEA-4M	(Reserved)	I	
21	LEA-4A, LEA-4S, LEA-4M	GPSMODE5	I	Boot-time config. pin
	LEA-4H, LEA-4P, LEA-4T	EXTINT1	I	External Interrupt pin
	LEA-4R	FWD	I	Direction Indication (1=Forward)
22	LEA-4A, LEA-4M	GPSMODE2	I	Boot-time config. pin
	LEA-4S	GPSMODE23	I	Boot-time config. pin
	LEA-4H, LEA-4P, LEA-4T	NC	I	Not Connected
	LEA-4R	PCS2_N	O	SPI Chip Select 2 (A/D Converter)
23	LEA-4A, LEA-4S, LEA-4M	GPSMODE7	I	Boot-time config. pin
	LEA-4H, LEA-4P, LEA-4T	NC		Not Connected
	LEA-4R	SCK	O	SPI Clock
24	All	VDDUSB	I	USB Supply
25	All	USB_DM	I/O	USB Data
26	All	USB_DP	I/O	USB Data
27	LEA-4A, LEA-4H, LEA-4M, LEA-4P, LEA-4S, LEA-4T	EXTINT0	I	External Interrupt Pin
	LEA-4R	SPEED	I	Odometer Speedpulses
28	All	TIMEPULSE	O	Time pulse (1PPS)

Shaded pins have dead reckoning specific function. For implementation details see the *TIM/LEA-4R System Integration Manual* [3].

Table 15: Pinout

**Note** Pins designated Reserved should only be used with caution. For more information about Pinouts see the *ANTARIS 4 System Integration Manual* [1].

## 4 Electrical Specifications

### 4.1 Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Module	Min	Max	Units
<b>Power Supply</b>					
Power supply voltage (VCC)	Vcc	All	-0.3	3.6	V
I/O supply voltage (VDDIO)	Vddio	All	-0.3	3.6	V
Backup battery voltage (V_BAT)	Vbat	All	-0.3	3.6	V
<b>Input Pins</b>					
Digital input pin voltage (except RESET_N, VDDUSB, USB_DP, USB_DM)	Vin	All	-0.3	5	V
Input pin voltage of RESET_N	Vin_reset	All	-0.3	1.95	V
Input pin voltage VDDUSB	Vin_usb	All	-0.3	3.6	V
Input pin voltage USB_DP, USB_DM	Vin_usbio	All	-1	4.6	V
<b>Voltage Supply output for Active Antenna and RF Section</b>					
VCC_RF output current	Iccrf	All		50	mA
<b>RF Input</b>					
Antenna bias voltage (applied via V_ANT)	Vant	All	0	6	V
Antenna bias current (applied via V_ANT)	Iant	All		100	mA
Input power at RF_IN (source impedance 50Ω, continuous wave)	Prfin	All		-5	dBm
<b>Environment</b>					
Storage temperature	Tstg	LEA-4H, LEA-4S, LEA-4T	-40	85	°C
		LEA-4A, LEA-4M, LEA-4P, LEA-4R	-40	125	°C

Table 16: Absolute Maximum Ratings

**Warning** Stressing the device beyond the “Absolute Maximum Ratings” may cause permanent damage. These are stress ratings only. The product is not protected against overvoltage or reversed voltages. If necessary, voltage spikes exceeding the power supply voltage specification, given in table above, must be limited to values within the specified boundaries by using appropriate protection diodes.

## 4.2 Operating Conditions

Parameter <sup>8</sup>	Symbol	Module	Min	Typical	Max	Units	Condition
<b>Power Supply</b>							
Power supply voltage (VCC)	Vcc	All	2.7		3.3	V	
I/O supply voltage (VDDIO)	Vddio	All	1.65		3.6	V	
Power supply voltage ripple	Vcc_PP	All			50	mV	
Sustained supply current <sup>9</sup>	Icc	LEA-4A		35		mA	Vcc = 3.0 V
		LEA-4H		39			
		LEA-4M		35			
		LEA-4P		36			
		LEA-4R		48			
		LEA-4S		38			
LEA-4T		39					
Peak supply current <sup>10</sup>	Iccp	All			70	mA	Vcc = 3.3 V
Sleep mode current	Iccs	All		65		µA	Vcc = 3.0 V
Backup battery voltage	Vbat	All	1.5		3.6	V	
Backup battery current	Ibat	All		5		µA	Vbat = 3.3V
1.8V output voltage (VDD18OUT pin)	Vdd18out	All	1.65	1.8	1.95	V	
1.8V output current (VDD18OUT pin)	Idd18out	All			30	mA	
<b>UART and all I/O Signals<sup>11</sup></b>							
Input pin voltage range	Vin	All	0		5	V	
Input pin low voltage	Vin_low	All			0.41	V	
Input pin high voltage	Vin_high	All	1.46			V	
Output pin voltage range	Vout	All	0		VDDIO	V	
Output pin low voltage	Vout_low	All			0.4	V	Iout = 1.5mA
Output pin high voltage	Vout_high	All	VDDIO-0.5			V	Iout = -1.5mA
<b>USB</b>							
VDDUSB (Pin 24) for USB operation	Vddusb1	All	3.0		3.6	V	
VDDUSB (Pin 24) if USB not used (low)	Vddusb0	All	0		2	V	
USB_DM, USB_DP	VinU	All	Compatible with USB with 27 Ohms series resistance				
<b>RESET_N Input (Open-Drain I/O)</b>							
Input and output pin voltage range	VinR	All	0		VDD18OUT	V	
Input pin low voltage	Vin_lowR	All			0.46	V	
Input pin high voltage <sup>12</sup>	Vin_highR	All	1.3			V	
Output pin low voltage	Vout_lowR	All			0.1	V	Iout = 0.3 mA
Output pin high voltage	Vout_highR	All	VDD18OUT-0.2			V	Iout = 0.1 mA

<sup>8</sup> All specification are at an ambient temperature of 25°C.

<sup>9</sup> Average current drawn during Continuous Tracking Mode with 1 Hz update rate, using 9 channels for tracking and navigation and 3 channels for searching satellites (= acquisition). Use this figure to determine required battery capacity.

<sup>10</sup> Peak current drawn during initial acquisition phase. Use this figure to dimension maximum current capability of power supply

<sup>11</sup> RxD1, RxD2 and EXTINT0 provide internal pull-up to V\_BAT18 (Battery supply regulated to 1.8V) and not VCC.

<sup>12</sup> Do not drive high.

Parameter <sup>13</sup>	Symbol	Module	Min	Typical	Max	Units	Condition
<b>Dead Reckoning Signals</b>							
Input frequency (SPEED)	fspeed	LEA-4R	1 <sup>14</sup>		5000	Hz	
Odometer Scale Factor	Skf_t	LEA-4R	1100		40000	Pulse /km	Odometer Scale Factor
DR calculation rate		LEA-4R			40	Hz <sup>15</sup>	
<b>RF input</b>							
Antenna gain	Gant	All			50	dB	
V_ANT antenna bias voltage (must connect to ground if not used)	Vant	LEA-4A <sup>16</sup> LEA-4H LEA-4P LEA-4R LEA-4S LEA-4T	2		6	V	
Antenna bias voltage drop	Vant_drop	LEA-4A LEA-4H LEA-4P LEA-4R LEA-4S LEA-4T		20	50	mV	Iant=10mA
VCC_RF voltage	Vccrf	All		Vcc - 0.1		V	
VCC_RF output current	Iccrf	All		20	50	mA	
<b>Environment</b>							
Operating temperature	Topr	LEA-4A LEA-4H LEA-4P LEA-4R LEA-4S LEA-4T LEA-4M	-40 -40 -40 -40 -40 -40 -30		85 85 85 85 85 85 70	°C °C °C °C °C °C °C	

Table 17: Operating Conditions

Running this device beyond the "Operating Conditions" is not recommended and extended exposure beyond them may affect its reliability.

<sup>13</sup> All specification are at an ambient temperature of 25°C.

<sup>14</sup> Frequencies below this threshold will be recognized as standstill of the vehicle.

<sup>15</sup> Internal calculation rate for high accuracy in DR calculation. Not to be confused with Max Update Rate.

<sup>16</sup> Not supported by LEA-4M

## 5 Environmental Specifications

Detailed description of the test series:

Test	Standard	Samples	
Visual inspection	IPC-A-610 D, class 2 "Acceptability of electronic assemblies"	176	
Temperature step	-40°C...+85°C, steps of 5K, operating	ISO 16750-4, IEC68-2-1, IEC68-2-2	176
Metallographic investigations	IPC-A-600 F, Class 2 "Acceptability of printed boards"	6	
Dry heat	+60°C, 5% rH, 1000 hours, operating	IEC68-2-2	32
Damp heat	+60°C, 95% rH, 1000 hours, operating	IEC68-2-3	32
Thermal shock	-40°C...+125°C, 100 cycles	IEC 68-2-14	42
Lifespan test	+85°C/1000 hours, operating	IEC 68-2-2	50
Dry heat	+125°C, 1000 hours, non-operating	IEC68-2-2	16
Damp heat, cyclic	+25°C...+55°C; >90% rH, operating	IEC 68-2-30, Db variation 1	16
Vibration	5-500 Hz, 5g, 2.5 hours/axis at -40°C, +25° and 85°C, operating	IEC 68-2-6	8
Shock	30g/11ms (half sine), 3 shocks/axis; non-operating	IEC 68-2-27	8

Table 18: Environmental Specification

## 6 Settings

### 6.1 Default Settings

Following default settings apply if all GPSPIN pins are left open. Please refer to the *ANTARIS<sup>®</sup>4 System Integration Manual [1]* for information about further settings.

Interface	Module	Settings
Serial Port 1 Output USB Output	All	9600 Baud, 8 bits, no parity bit, 1 stop bit Configured to transmit both NMEA and UBX protocols, but only following NMEA and no UBX messages have been activated at start-up: <b>GGA, GLL, GSA, GSV, RMC, VTG, ZDA, TXT</b>
Serial Port 1 Input	All	9600 Baud, 8 bits, no parity bit, 1 stop bit, Autobauding disabled Automatically accepts following protocols without need of explicit configuration: <b>UBX, NMEA, RTCM</b> The GPS receiver supports interleaved UBX and NMEA messages.
USB Input	All	Automatically accepts following protocols without need of explicit configuration: <b>UBX, NMEA</b> The GPS receiver supports interleaved UBX and NMEA messages. USB Power Mode: Self Powered
TIMEPULSE	All	1 pulse per second, synchronized at rising edge, pulse length 100ms

Table 19: Available Protocols.

Module	Sensitivity Setting	Remark
LEA-4P, LEA-4R	Normal	The sensitivity mode can be changed with the CFG-RXM message.
LEA-4H, LEA-4T	Auto	
LEA-4A, LEA-4M, LEA-4S	High	

Table 20: sensitivity settings

## 7 Product Lineup

### 7.1 Ordering Information

Ordering No.	Product
LEA-4A-0-000-2	LEA-4A GPS Module
LEA-4H-0-000-1	LEA-4H GPS Module
LEA-4M-0-000-2	LEA-4M GPS Module
LEA-4P-0-000-1	LEA-4P GPS Module
LEA-4R-0-000-1	LEA-4R GPS Module
LEA-4S-0-000-2	LEA-4S GPS Module
LEA-4T-0-000-1	LEA-4T GPS Module
	<b>Delivery Packing</b>
	0 = Single samples
	1 = Tape on reel (100 pieces) LEA-4A, LEA-4H, LEA-4P, LEA-4R, LEA-4S, LEA-4T
	2 = Tape on reel (250 pieces) LEA-4M

Table 21: Ordering Information

## Related Documents

- [1] ANTARIS<sup>®</sup>4 System Integration Manual, Doc No GPS.G4-MS4-05007
- [2] ANTARIS<sup>®</sup>4 Protocol Specification, Doc No GPS.G3-X-03002
- [3] TIM/LEA-4R System Integration Manual, Doc No GPS.G4-MS4-05043

All these documents are available on our homepage (<http://www.u-blox.com>).

## Contact

For further info, please contact us:

### Headquarters

#### u-blox AG

Zuercherstrasse 68  
CH-8800 Thalwil  
Switzerland

Phone: +41 44 722 74 44  
Fax: +41 44 722 74 47  
E-mail: [info@u-blox.com](mailto:info@u-blox.com)

[www.u-blox.com](http://www.u-blox.com)

### Sales Offices

#### North, Central and South America

##### u-blox America, Inc.

1902 Campus Commons Drive  
Suite 310  
Reston, VA 20191  
USA

Phone: +1 (703) 483 3180  
Fax: +1 (703) 483 3179  
E-mail: [info\\_us@u-blox.com](mailto:info_us@u-blox.com)

##### Regional Office West Coast:

8600 Lemon Ave #1  
La Mesa, CA 91941  
USA

Phone: +1 (619) 741 3011  
Fax: +1 (619) 741 4334  
E-mail: [info\\_us@u-blox.com](mailto:info_us@u-blox.com)

##### Technical Support:

Phone: +1 (703) 483 3185  
E-mail: [support\\_us@u-blox.com](mailto:support_us@u-blox.com)

#### Europe, Middle East, Africa

##### u-blox AG

Zuercherstrasse 68  
CH-8800 Thalwil  
Switzerland

Phone: +41 44 722 74 77  
Fax: +41 44 722 74 47  
E-mail: [info@u-blox.com](mailto:info@u-blox.com)

##### Technical Support:

Phone: +41 44 722 74 74  
E-mail: [support@u-blox.com](mailto:support@u-blox.com)

#### Asia, Australia, Pacific

##### u-blox Singapore Pte. Ltd.

435 Orchard Road  
#19-02, Wisma Atria,  
Singapore 238877

Phone: +65 6734 3811  
Fax: +65 6736 1533  
E-mail: [info\\_ap@u-blox.com](mailto:info_ap@u-blox.com)  
Support: [support\\_ap@u-blox.com](mailto:support_ap@u-blox.com)

##### Regional Office China:

Room 716-718  
No. 65 Fuxing Road  
Beijing, 100036, China

Phone: +86 10 68 133 545  
Fax: +86 10 68 217 890  
E-mail: [info\\_cn@u-blox.com](mailto:info_cn@u-blox.com)  
Support: [support\\_cn@u-blox.com](mailto:support_cn@u-blox.com)

##### Regional Office Korea:

1258 Ho, Shinhan MetroKhan  
#1115, BisanDong  
DongAn-Ku  
Anyang-si  
KyungKi-do, Korea

Phone: +82 31 383 2584  
Fax: +82 31 386 2584  
E-mail: [info\\_kr@u-blox.com](mailto:info_kr@u-blox.com)  
Support: [support\\_kr@u-blox.com](mailto:support_kr@u-blox.com)

##### Regional Office Taiwan:

Room 305  
3F, #181, ZouTze Street  
Neihu Dis.  
Taipei, Taiwan

Phone: +886 2 2657 1090  
Fax: +886 2 2657 1097  
E-mail: [info\\_tw@u-blox.com](mailto:info_tw@u-blox.com)  
Support: [support\\_tw@u-blox.com](mailto:support_tw@u-blox.com)

## บรรณานุกรม

- [1] <http://student.nu.ac.th/electronic/Part01/Ultrasonic.doc>
- [2] [http://www.electhai.com/view.php?catalog=02&id=article\\_5.htm](http://www.electhai.com/view.php?catalog=02&id=article_5.htm)
- [3] <http://elec.chandra.ac.th/learn/tipntrick/monostable/default.htm>
- [4] [http://learning.chontech.ac.th/~son\\_sujin/e\\_PDF/unit8.pdf](http://learning.chontech.ac.th/~son_sujin/e_PDF/unit8.pdf)
- [5] <http://www.utm.edu/staff/leeb/3b3.htm>
- [6] <http://www.thaimicrotron.com/CCS-628/Reference/Speaker.htm>
- [7] <http://www.space.mict.go.th/knowledge/usage.php>
- [8] <http://www.bloggang.com/viewblog.php?id=bwon&group=5>
- [9] <http://www.tpw.ac.th/gps/gps.html>
- [10] [http://202.28.24.138/~tharadol/teach/ee442/442\\_50/442\\_50rp/4706297.doc](http://202.28.24.138/~tharadol/teach/ee442/442_50/442_50rp/4706297.doc)
- [11] <http://tang-mae.exteen.com/20061109/gps>
- [12] [http://wiki.nectec.or.th/ngiwiki/bin/viewfile/Main/UserForm?rev=1;filename=GPS\\_-\\_Global\\_Positioning\\_System.doc](http://wiki.nectec.or.th/ngiwiki/bin/viewfile/Main/UserForm?rev=1;filename=GPS_-_Global_Positioning_System.doc)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้