

ระบบบันทึกเส้นทางการเดินทางโดยใช้จีพีเอส
GPS ROUTE RECORDING SYSTEM



จัดทำโดย

นาย ชัชชัย มีสง่า เลขประจำตัว 41013331
นาย ชาติชาย วงษ์ยะลา เลขประจำตัว 41013333

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42244
วัน, เดือน, ปี 15 พ.ค. 2545

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

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ บุญยชนะ ภูระหงษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การที่ปริญญาบัตรฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี คณะผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์บุญชันนะ ภูระหงษ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา และการช่วยเหลือต่างๆ ด้วยความเป็นกันเอง รวมถึงอาจารย์ทุกๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้มาจนถึงทุกวันนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ ในภาควิชาโทรคมนาคมทุกคนที่ช่วยเป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด โดยเฉพาะ กฤษ ที่เป็นแรงผลักดัน, เตล ที่ช่วยคลายเครียด, โอ้ ที่พึ่งทางเทคนิค ขอใจเพื่อนๆ ทุกคนที่เป็นห่วง ขอใจเพื่อนๆ ที่สโมฯ ต่อเนื่องที่ห่วงใย ขอขอบคุณ คุณพัชรภรณ์ (ตุ๊กตา) ที่ให้ยืมใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานสำเร็จและยังเป็นกำลังใจที่ดีมาก ขอขอบคุณ เคนห้อง V ที่ให้ความสนับสนุนเรื่องคอมพิวเตอร์ Note Book ขอใจน้องมาร์ค น้องโรจน์ที่ช่วยสอบถามการใช้ VBเบื้องต้นให้ ขอขอบคุณพี่ๆ ที่บริษัท วิชั่นดี คอร์ปอเรชั่น จำกัด ทั้งคุณก้องผู้จัดการ พี่ปิง พี่โอ๊ต พี่ฟ้า ที่ให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูลและการจัดซื้ออุปกรณ์ พร้อมทั้งความเอาใจใส่และให้ความรู้ขอใจเพื่อนๆ ทั่วเพื่อนอก ที่ชี้ทางสว่าง

สุดท้ายนี้พวกเราขอกราบขอบพระคุณผู้มีบุญคุณที่ยิ่งใหญ่ที่สุดของเรา คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การเลี้ยงดู ความรัก และเป็นห่วง ตลอดจนร่างกายที่ครบ 32 สติปัญญา และสภาพจิตใจที่ดี มาจนถึงทุกวันนี้ ขอขอบพระคุณครับที่ได้ให้โอกาสในการศึกษาที่ดีแก่กระผม และให้กระผมเป็นคนดีและจะสามารถช่วยพัฒนาสังคมและประเทศได้ในอนาคต ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่อย่างยิ่งครับ

ขอขอบคุณทุกๆ ท่าน โดยคณะผู้จัดทำ

นาย ชัชชัย มีสง่า

นาย ชาติชาย วงษ์ยะลา

2.8 มาตรฐาน NMEA และ โปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารของจีเอสพี	23
2.8.1 มาตรฐาน NMEA	23
2.8.2 มาตรฐาน NMEA –183	23
2.8.3 โปรโตคอล NMEA – 183	24
บทที่ 3 การนำระบบ GPS ไปใช้ในการบันทึกเส้นทางรถยนต์	28
3.1 บอร์ด GPS	28
3.2 วงจรอินเทอร์เฟซ MAX 232	30
3.3 การ Set บอร์ด GPS ด้วยโปรแกรม SiRF star DEMO 2.0.16	32
บทที่ 4 โปรแกรมบันทึกเส้นทางรถยนต์	36
4.1 โครงสร้างโปรแกรม	36
4.2 MAIN Program	36
4.3 Open Program	38
4.4 Save Program	38
4.5 การแสดงผลของโปรแกรม GPS Navigation System	39
4.6 โฟล์ชาร์ตโปรแกรมโดยรวม	40
บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบ	42
แนวทางการพัฒนาในอนาคต	43

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1-1 แสดงภาพการใช้งานระบบ GPS	1
2-1 แสดงภาพรวมของระบบ GPS	3
2-2 แสดงกลุ่มดาวเทียม GPS โดยมีระนาบวงโคจร 6 ระนาบจะมีดาวเทียมอยู่ 4 ดาว	3
2-3 แสดงภาพฉายของระนาบวงโคจรดาวเทียม ณ. เวลาหนึ่ง	4
2-4 แสดงการทำงานในส่วนควบคุม	5
2-5 แสดงสถานที่ตั้งของสถานีควบคุม	6
2-6 แสดงการประยุกต์ใช้งานในส่วนของผู้ใช้	7
2-7 แสดงสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากดาวเทียม	9
2-8 แสดงภาพ Spectrum ความถี่ของสัญญาณจากดาวเทียม	10
2-9 แสดงภาพข่าวสารการนำร่อง	11
2-10 แสดงภาพบล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับสัญญาณ GPS	12
2-11 แสดงภาพการถอดรหัสข้อมูลข่าวสารการนำร่อง	13
2-12 แสดงภาพการตัดกันของระนาบห่างจากดาวเทียมอันเป็นตำแหน่งของดาวเทียม	14
2-13 แสดงภาพจำลองระบบ ECEF	15
2-14 รูปแบบจำลองของโลกที่เป็นวงรีในแบบ WGS-84	16
2-15 แสดงภาพการกำหนดพิกัดแบบละติจูด, ลองจิจูดและความสูง	19
2-16 แสดงภาพ POOR GDOP	21
2-17 ผลของ POOR GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันที่กว้างมาก	22
2-18 แสดง GOOD GDOP	22
2-19 ผลของ GOOD GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันที่แคบลง	22
3-1 บอร์ด GPS (GPS Receiver Module)	28
3-2 ตำแหน่งของขาต่างๆ บนบอร์ด GPS	29
3-3 วงจร MAX 232 ที่ต่อใช้งาน	30
3-4 วงจร MAX 232 ที่ได้ทำการออกแบบ	30
3-5 ลายป्लื่นของวงจร MAX 232 ที่ออกแบบ	31
3-6 การต่อ Connector DB9	31
3-7 ตัวอย่างการ Set Serial port และ Baud Rate	32
3-8 โปรแกรม SiRFstar Demo	33
3-9 Tracking View	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

3-10 จอ 12-Channel Signal Level View

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

35

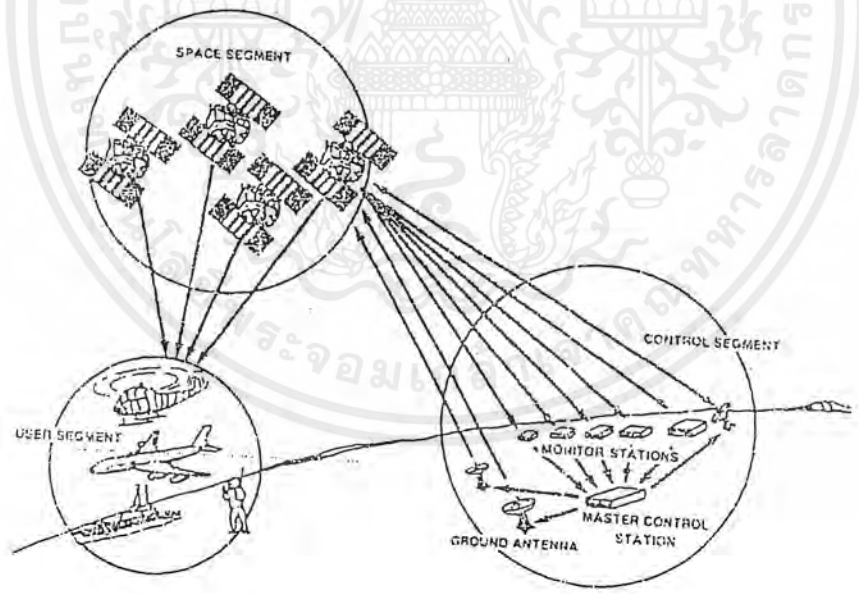
3-11 Measured Navigation Message View	35
4-1 หน้าจอโปรแกรมหลักของ GPS Navigation System	37
4-2 หน้าจอของโปรแกรม Open File เมื่อถูกเรียกใช้งาน	38
4-3 หน้าจอของโปรแกรม Save File เมื่อถูกเรียกใช้งาน	39
4-4 การแสดงผลของโปรแกรม GPS Navigation System	39
4-5 โฟลว์ชาร์ตของโครงสร้างโปรแกรมโดยรวม	41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

ระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกโดยใช้ดาวเทียมนาฬิกาดาราศาสตร์ หรือ จีพีเอส (The Global Positioning System (GPS)) เป็นระบบบอกพิกัดตำแหน่งอ้างอิงกับพื้นโลก โดยการส่งคลื่นวิทยุจากดาวเทียมในอวกาศมายังพื้นดินและใช้ความต่างของเวลาในการส่ง - รับสัญญาณระหว่างดาวเทียม (อย่างน้อย 4 ดวง) กับตัวรับสัญญาณ ในการคำนวณหาตำแหน่ง , ความเร็วและเวลา (Position , Velocity , Time) ให้กับผู้ใช้งานทั้งทางบก , ทางทะเล, ทางอากาศ และทางอวกาศ ตามปกติระบบจีพีเอส จะมีการใส่รหัสเพื่อให้เกิดความผิดพลาดเล็กน้อย เนื่องจากเดิมที่ผู้คิดค้นคือ ทางกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา นั้นต้องการนำระบบนี้มาใช้ในทางการทหาร แต่เนื่องจากที่ระบบนี้เป็นระบบเปิด คือ สัญญาณดาวเทียมจะถูกส่งออกมา โดยที่ผู้ใช้ทั่วไปสามารถรับและนำมาใช้ได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันการใช้งานในทางที่ผิด จึงมีการใส่รหัสเพื่อให้ผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้นที่จะได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ระบบจีพีเอส ประกอบด้วย 3 ระบบหลัก คือ ส่วนของกลุ่มดาวเทียม (Space Segment), ส่วนสถานีควบคุม (Control Segment) และส่วนของผู้ใช้งาน (User Segment)



รูปที่ 1-1 แสดงภาพการใช้งานระบบ GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของดาวเทียม ประกอบด้วยหมู่ดาวเทียมนำฟสตาร์ 24 ดวงครอบคลุมพื้นที่รอบโลก โดยแต่ละดวงจะทำหน้าที่ กระจายสัญญาณรหัสย่าน RF และส่งข้อมูลข่าวสารการนำร่อง (Navigation Data Message) ส่วนของสถานีควบคุมจะประกอบด้วยเครือข่ายสำหรับการติดตามดาวเทียม (Network of Monitoring) และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการติดตามควบคุม ซึ่งใช้ในการจัดการวงโคจรของดาวเทียม และอัปเดต (Update) ข้อมูลข่าวสารการนำร่องของดาวเทียม ในส่วนของผู้ใช้จะประกอบด้วยเครื่องรับสัญญาณข้อมูลข่าวสารการนำร่องซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อรับ ,ถอดรหัส ,ประมวลผล และนำสัญญาณจากดาวเทียม ไปประยุกต์ใช้งาน

เครื่องรับสัญญาณจะให้รับข้อมูลข่าวสารการนำร่องจากดาวเทียมทำให้ทราบถึงเวลาที่ใช้ในการส่ง - รับ และนำค่าเวลาที่ได้มาคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมและเครื่องรับ โดยหลักคือดาวเทียมจะส่งสัญญาณบอกค่าเวลา ณ เวลาที่ส่งสัญญาณออกมา เครื่องรับเมื่อได้รับสัญญาณจะได้ค่าเวลา ณ เวลาที่รับสัญญาณ โดยใช้สัญญาณของสัญญาณความถี่ย่าน RF ที่ใช้ส่ง-รับ และนำค่าเวลานี้ไปคำนวณระยะทางโดยค่าความเร็วของสัญญาณความถี่ย่าน RF ที่ใช้ส่ง-รับ จะเป็นค่าคงที่ที่ทราบอยู่แล้ว ดังนั้นเมื่อนำค่าเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณและค่าความเร็วของสัญญาณมาคำนวณแล้ว จะได้ค่าระยะห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับสัญญาณในแนวระนาบพื้นผิวทรงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่ดาวเทียมดวงนั้น ๆ แต่ไม่ทราบตำแหน่งที่แน่นอนได้ ดังนั้นในการหาตำแหน่งจึงมีความจำเป็นต้องใช้รหัสสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ในเวลาเดียวกัน เพื่อใช้ในการจุดตัดของสัญญาณจากดาวเทียม โดย ณ ตำแหน่งจุดตัดของสัญญาณดาวเทียมจำนวนสามดวงนั้นจะเป็นพิสัยในแถบสามมิติ (3D) และค่าสัญญาณจากดาวเทียมอีกหนึ่งดวงจะเป็นค่าพารามิเตอร์ของ ค่าความผิดพลาดของสัญญาณนาฬิกาของเครื่องรับ

เมื่อเครื่องรับได้ทำการประมวลผลข้อมูลจากสัญญาณที่ได้จากดาวเทียมแล้วจะได้ค่าพารามิเตอร์ออกมา 3 ค่า คือ ค่าตำแหน่ง (ละติจูดและลองจิจูด) ความเร็วและเวลา และจากข้อมูลที่ได้เราสามารถประยุกต์ค่าข้อมูล เพื่อใช้ในการออกแบบควบคุมการนำร่องให้กับอุปกรณ์ ยานยนต์ต่าง ๆ เช่น ควบคุมเส้นทางการบิน ,เส้นทางเดินเรือ และรถยนต์ ในปัจจุบันเทคโนโลยีสามารถพัฒนาจนเครื่องรับสัญญาณ GPS มีขนาดเล็กลงจนเป็นเครื่องแบบพกพาได้

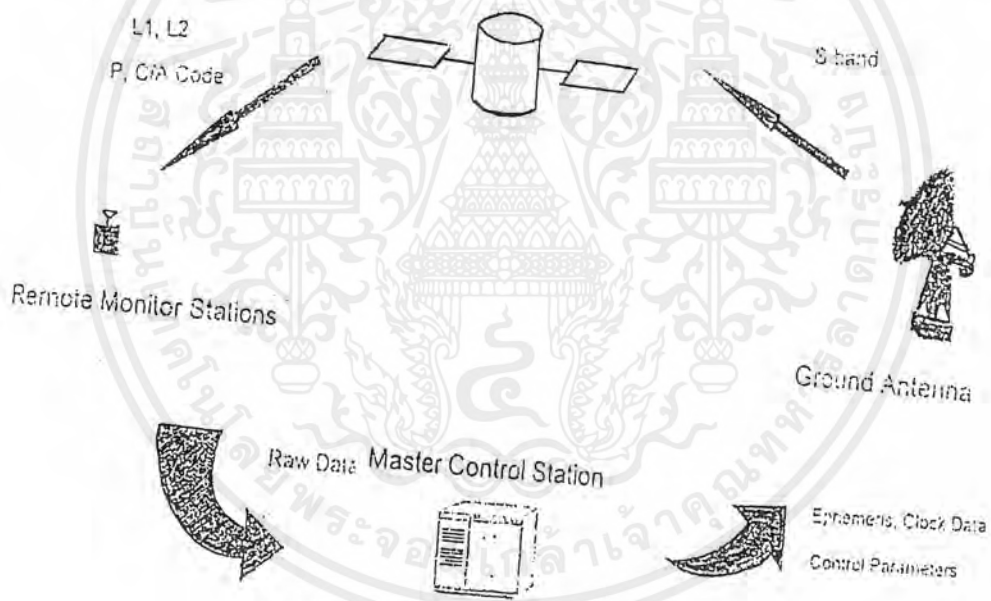
เครื่องรับสัญญาณแบบพกพามีฟังก์ชันในการส่งข้อมูลออกโดยพอร์ตแบบอนุกรม ข้อมูลที่ส่งออกมาจะส่งในรูปแบบมาตรฐานโปรโตคอล NMEA 183 ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลของ ละติจูด , ลองจิจูด, ความสูง, เวลาและอื่น ๆ ของเครื่องรับสัญญาณ จากค่าเหล่านี้เราสามารถออกแบบโปรแกรมในการกำหนดเส้นทางเดินที่ถูกต้องและสั้นที่สุดล่วงหน้า เพื่อนำเสนอเส้นทางเดินรถแก่ผู้ใช้งานได้

สำหรับดาวเทียมที่ส่งสัญญาณข้อมูลที่ใช้แก้ไขข้อผิดพลาด ที่เกิดจากการเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ ไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere Signal-Propagation Correction Data) ข้อมูลอัลมาแนคของดาวเทียม (Satellite Almanac Data) สำหรับดาวเทียมทุกดวงในกลุ่ม

2.1.2 ส่วนของสถานีควบคุม (Operation Control Segment)

ส่วนของสถานีควบคุมมีส่วนรับผิดชอบการทำงานของดาวเทียม จีพีเอส เช่นการรักษาดำแหน่งดาวเทียม (Station Keeping), ตรวจสอบและระบบต่างๆ บนดาวเทียม, ตรวจสอบแสงอาทิตย์ (Solar cell), ระดับพลังงานของแบตเตอรี่, การเปิดดาวเทียมสำรอง, ปรับปรุงข้อมูลเวลา, ข้อมูลอีพีมอริส (Ephemeris), ข้อมูลอัลมาแนค (Almanac) และตัวชี้ค่าอื่นๆ ในข่าวสารการนำร่องวันละครั้ง หรือตามแต่ความจำเป็น

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



รูปที่ 2-4 แสดงการทำงานในส่วนควบคุม

2.1.2.1 สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station)

สถานีสังเกตการณ์จะมีเครื่องรับสัญญาณ จีพีเอส ทั้ง 2 ความถี่ (L1 และ L2) โดยจะทำการวัดค่าชูโตเรนจ์และเคลตาเรนจ์ของแต่ละดาวเทียมที่ผ่านสถานีและมีนาฬิกา Cesium 2 ตัว ที่ตั้งเวลาเพื่อใช้ในการอ้างอิงกับเวลาของระบบจีพีเอส

สัญญาณจากดาวเทียมที่ส่งมาถึงสถานีสังเกตการณ์ นั้นมีการหักเหและล่าช้าในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ และ โทรโปสเฟียร์ เรียกการล่าช้านี้ว่าไอโอโนสเฟียร์ดีเลย์ (Ionosphere Delay) และ โทรโปสเฟียร์ดีเลย์ (Tropospheric Delay) การล่าช้านี้จะทำให้เกิดการผิดเพี้ยนในการคำนวณตำแหน่ง ซึ่งถ้าไม่มีการแก้ไข จะทำให้การคำนวณตำแหน่งผิดพลาดได้ การแก้ไขการล่าช้านี้ทำได้โดยการนำข้อมูลการล่าช้าไปใช้ในการคำนวณตำแหน่งใหม่ ซึ่งถ้ามีการแก้ไขการล่าช้าได้อย่างถูกต้อง จะทำให้การคำนวณตำแหน่งมีความแม่นยำมากขึ้น

พลาดของข้อมูล ซึ่งการแก้ไขนั้นสถานีสังเกตการณ์จะรวบรวมข้อมูลจากสัญญาณที่ได้รับทั้ง 2 ความถี่ อุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ ความชื้นสัมพัทธ์และจะส่งไปยังสถานีควบคุมหลักโดยกรมอู่ศุนิยมวิทยาของสหรัฐอเมริกา เพื่อทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาดและหาข้อมูลที่ต้องใช้ต่อไป

2.1.2.2 สถานีควบคุมหลัก (Master Control Station)

สถานีควบคุมหลักมีหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูล ที่ได้รับจากสถานีสังเกตการณ์เพื่อตรวจสอบและกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม ข้อมูลอัลมาแนค ข้อมูลอีพีเมอริสให้ถูกต้อง โดยเริ่มจากแก้ไขค่าซูโดเรนต์ที่เกิดจากการล่าช้าเนื่องจากการผ่านชั้นบรรยากาศ ของทุก ๆ สถานีสังเกตการณ์จากนั้น จึงนำไปผ่านคาลมานฟิลเตอร์ (Kalman Filter) เพื่อให้ได้ค่า อีพีเมอริสและค่าการเคลื่อนของสัญญาณนาฬิกาที่ถูกต้อง โดยฟิลเตอร์จะถูกอัปเดตทุก ๆ 15 นาทีด้วยค่าตำแหน่งของดาวเทียมที่ถูกคำนวณในระบบโคออดิเนตแบบเอิร์ธเซนเตอร์เอิร์ธฟิกซ์ (Earth-Center Earth-Fixed (ECEF)) สถานีควบคุมหลักจะเป็นศูนย์กลางในการทำงานของส่วนควบคุม ตั้งอยู่ที่ฐานทัพอากาศ Falcon, Colorado Spring, CO. ส่วนสถานีสังเกตการณ์จะกระจายอยู่ตามที่ต่าง ๆ เพื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมในย่าน L-Band และจะส่งสัญญาณเตือนไปยังสถานีควบคุมหลักภายใน 60 วินาทีหากตรวจพบความผิดพลาด



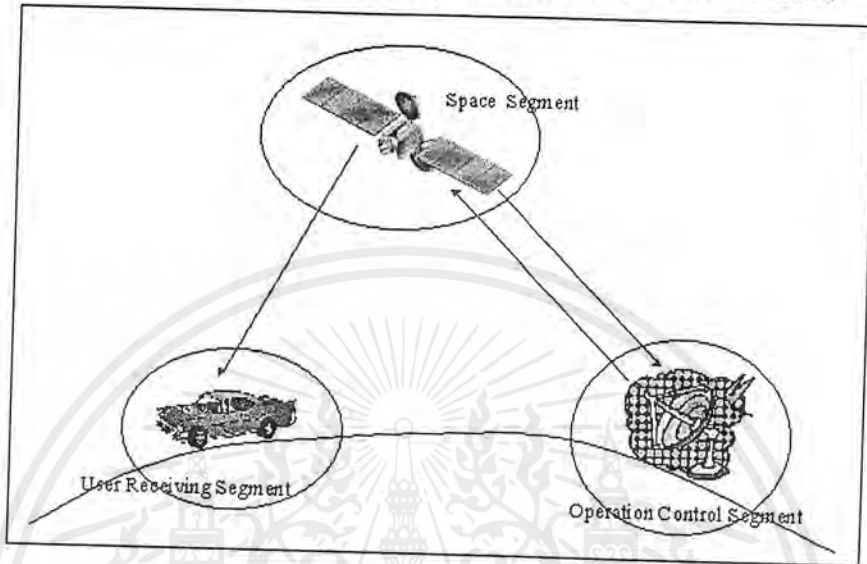
รูปที่ 2-5 แสดงสถานที่ตั้งของสถานีควบคุม

2.1.2.3 สายอากาศภาคพื้นดิน (Ground Uplink Antenna Facility)

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

2.1.3 ส่วนของผู้ใช้ (User Receiving Segment)

ในส่วนของผู้ใช้นั้น ส่วนประกอบที่สำคัญคือ เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส โดยจะรับสัญญาณ L-Band ที่ถูกส่งมาจากดาวเทียมและนำมาคำนวณเพื่อหาตำแหน่ง, ความเร็วและเวลา (Position, Velocity Time) ของเครื่องรับจากนั้นจะนำค่าไปประยุกต์ใช้งานตามแต่ลักษณะการใช้งาน



รูปที่ 2-6 แสดงการประยุกต์ใช้งานในส่วนของผู้ใช้

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

2.1.3.1 สายอากาศ (Antenna)

สัญญาณดาวเทียมจะถูกรับเข้ามาผ่านสายอากาศ ดังนั้นควรจะเป็นสายอากาศที่มีโพลาไรซ์ของคลื่นแบบวงกลมหมุนวนขวา (Right Hand Circular Polarized) และรับได้ในช่วงครึ่งวงกลม เนื้อด้วยสัญญาณจากดาวเทียมเป็นแบบหมุนวนขวาเสาอากาศแบบโคนิคอลเฮลิคซ์ (Conical Helix Antenna) จึงเหมาะสมเครื่องรับจีพีเอสที่แทรกครหัส P(Y) ที่อยู่ทั้งใน L1 และ L2 สายอากาศและเครื่องรับต้องมีแบนด์วิดท์ 20.46 MHz ถ้าเครื่องรับแทรกสัญญาณ C/A ที่อยู่ใน L1 สายอากาศและเครื่องรับต้องมีแบนด์วิดท์ MHz

2.1.3.2 เครื่องรับ (Receiver)

เครื่องรับจะรับสัญญาณเอนาลอกจากสายอากาศ แล้วทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยใช้ A/D คอนเวอร์เตอร์ โดยอัตราการสุ่มตัวอย่างทั่วไปจะเป็นแปดถึงสิบสองเท่าของอัตราการชีพของรหัส PRN (1.023 MHz สำหรับรหัส C/A ใน L1 และ 10.23 MHz สำหรับ P(Y) ใน L1 และ L2) โดยอัตราการสุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดจะเป็นสองเท่าของแบนด์วิดท์สูงสุดของข่าวสาร สำหรับเครื่องรับที่แทรกครหัส P(Y) แบนด์วิดท์สูงสุดของข่าวสารจะมากกว่า 20 MHz ข้อมูลทั้งการแชนป์ลิ่งจะถูกส่งต่อไปยังดิจิทัลซิกแนลโปรเซสเซอร์ (Digital Signal Processor (DSP)) เพื่อทำการตีโมดูเลตข้อมูลข่าวสารออกจากคลื่นพาหะ ค่าที่วัดได้และข่าวสารการนำร่องจะถูกส่งต่อไปยังโปรเซสเซอร์ที่ใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.3 โพรเซสเซอร์ (Processor)

โพรเซสเซอร์จะทำการควบคุมการทำงานของเครื่องรับ โดยเริ่มจากค้นหาสัญญาณ, แทรคสัญญาณและดึงข้อมูลออกจากสัญญาณ จากนั้นจะทำการประมวลผลเพื่อหาค่าตำแหน่ง ความเร็ว และเวลาของเครื่องรับ (PVT) ในเครื่องรับสัญญาณส่วนใหญ่จะได้ค่า PVT ด้วยความถี่ 1Hz แต่ในเครื่องรับ ที่ใช้ในด้านควบคุมบินจะต้องการความถูกต้องและผลตอบสนองที่เร็วกว่า ด้วยความถี่อย่างน้อย 5 Hz

2.1.3.4 อุปกรณ์อินพุต-เอาต์พุต (Input – Output Element)

อุปกรณ์อินพุต-เอาต์พุต เป็นอุปกรณ์อินเตอร์เฟซระหว่างจุดเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส กับผู้ใช้อุปกรณ์อินพุต จะทำการในส่วนของการควบคุมและแสดงผล แสดงสถานะและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามลักษณะที่ถูกออกแบบมา โดยส่วนใหญ่อุปกรณ์อินพุต-เอาต์พุตจะถูกรวมไว้กับแผงควบคุม แต่ในเครื่องรับขนาดพกพาอุปกรณ์อินพุต-เอาต์พุต จะถูกรวมเข้าไว้กับเครื่องรับสัญญาณเพื่อความสะดวก ในการใช้งาน

2.2 การให้บริการของระบบจีพีเอส (GPS Services)

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

2.2.1 การบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์ Precise Positioning Service (PPS)

การให้บริการแบบ PPS เป็นบริการที่ให้ตำแหน่ง , ความเร็ว, เวลาที่ถูกต้องเฉพาะผู้ใช้งานที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น การบริการ PPS จะเน้นไปในทางทหาร โดยจะต้องได้รับการอนุมัติจาก U.S. Department of Defense (DOD) ผู้ที่ได้รับอนุญาต เช่น U.S. Military , Nato Military และกองทัพอื่น ๆ หรือพลเรือน เช่น Australian Defense Forces, U.S. Defense Mapping Agency การบริการแบบ PPS จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 16 (3-D,50%) เมตร และผิดพลาดทางเวลาไม่เกิน 100 ns และเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสสามารถให้ความถูกต้องของความเร็วคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.2 m/s (ขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องรับ)

การแอคเซส (Access) ข้อมูล PPS จะใช้เทคนิคคริปโตกราฟฟิก (Cryptographic) 2 อย่าง คือ SA (Selective Availability) และ AS (Anti-Spoofing) เทคนิค SA จะทำการลดค่าความถูกต้องของข้อมูล PVT โดยจะใส่ค่าความผิดพลาดสุโดเรนด์คอม (Pseudorandom Error) ให้กับสัญญาณดาวเทียมส่วนเทคนิค AS จะเอนคริป (Encrypt) สัญญาณรหัส P ให้เป็นสัญญาณในรหัส Y

Encryption Key และเทคนิคเฉพาะอื่น ๆ จะถูกจัดให้เฉพาะผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาต ทำให้ SA และ AS ไม่เป็นผล เครื่องรับจะได้ประสิทธิภาพสูงสุดเนื่องจากระบบจีพีเอส จะได้ผลดีที่สุดถ้าใช้รหัส P(Y) บนทั้ง L1 และ L2 ในการคำนวณ

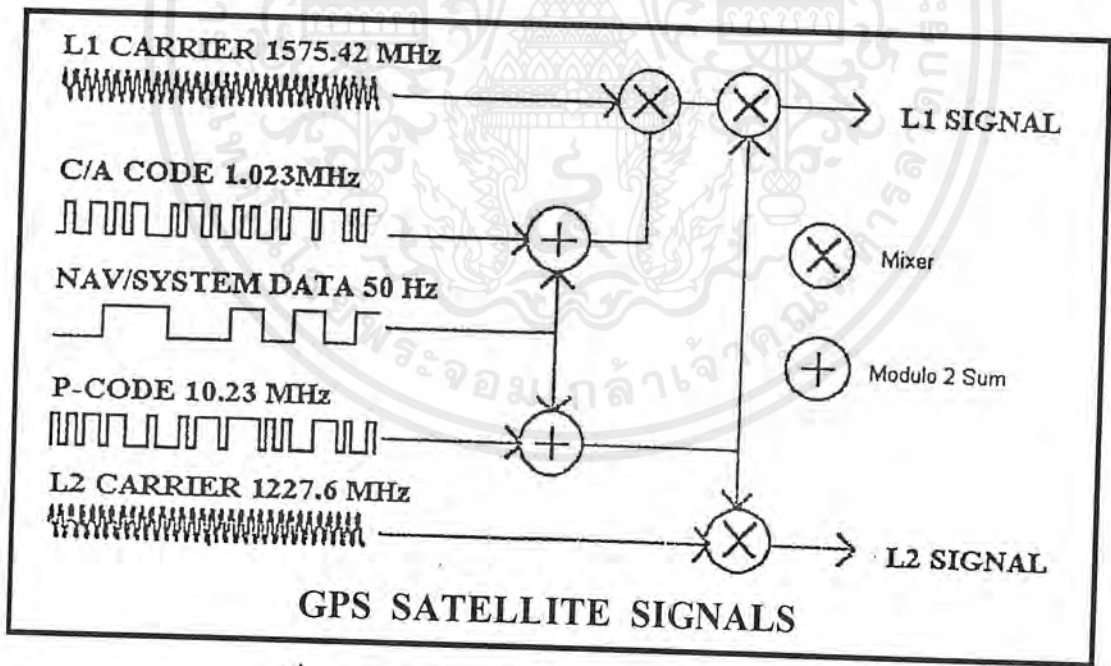
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน (Standard Positioning Service (SPS))

ระบบ GPS เป็นระบบที่ผู้ใช้บริการสามารถใช้สัญญาณ L1 ได้เพียงอย่างเดียวในการหาพิกัด GPS เป็นบริการที่ให้ความถูกต้องน้อยกว่า แต่จะใช้งานได้กับผู้ใช้ทั้งหมดในช่วงเวลาที่ไม่มีสงครามระดับของ SA จะถูกควบคุมเพื่อให้ค่าความถูกต้องในแนว 100 m (100m, 95%) และ 337 ns (337 ns, 95%) แต่ในช่วงเวลาสงครามอาจมีการลดค่าความถูกต้องลงเนื่องจากความมั่นคงได้โดยประธานาธิบดีสหรัฐเท่านั้น

2.3 ลักษณะของสัญญาณจากดาวเทียมในระบบจีพีเอส (GPS Satellite Signal)

ดาวเทียมจะส่งสัญญาณคลื่นไมโครเวฟสองความถี่ออกมา โดยความถี่ทั้งสองนี้จะทำหน้าที่เป็นคลื่นพาหะ คือ สัญญาณความถี่พาหะ L1 (1575.42 MHz และ L2 (1227.60 MHz) ความถี่พาหะ จะถูกมอดูเลตโดยสเปกตรัมรบกวนเทียม ประกอบด้วย ขบวนการรบกวน (Pseudorandom Noise) ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของดาวเทียมแต่ละดวง และข้อมูลข่าวสารการนำร่อง ดาวเทียมทุกดวงส่งคลื่นความถี่พาหะที่เหมือนกัน (L1,L2 Carrier Signal) แต่สัญญาณไม่รบกวนกันเป็นเพราะรหัส PRN ที่มอดูเลตเข้าไป ดังนั้นสัญญาณจากดาวเทียมดวงใด ๆ สามารถถูกแยกได้โดยใช้เทคนิคย้อนกลับ เรียกเทคนิคนี้ว่า Code Division Multiple Access (CDMA) โดยการที่เครื่องรับจะจำลองรหัส PRN ของดาวเทียมดวงที่ต้องการเพื่อทำการดีมอดูเลต

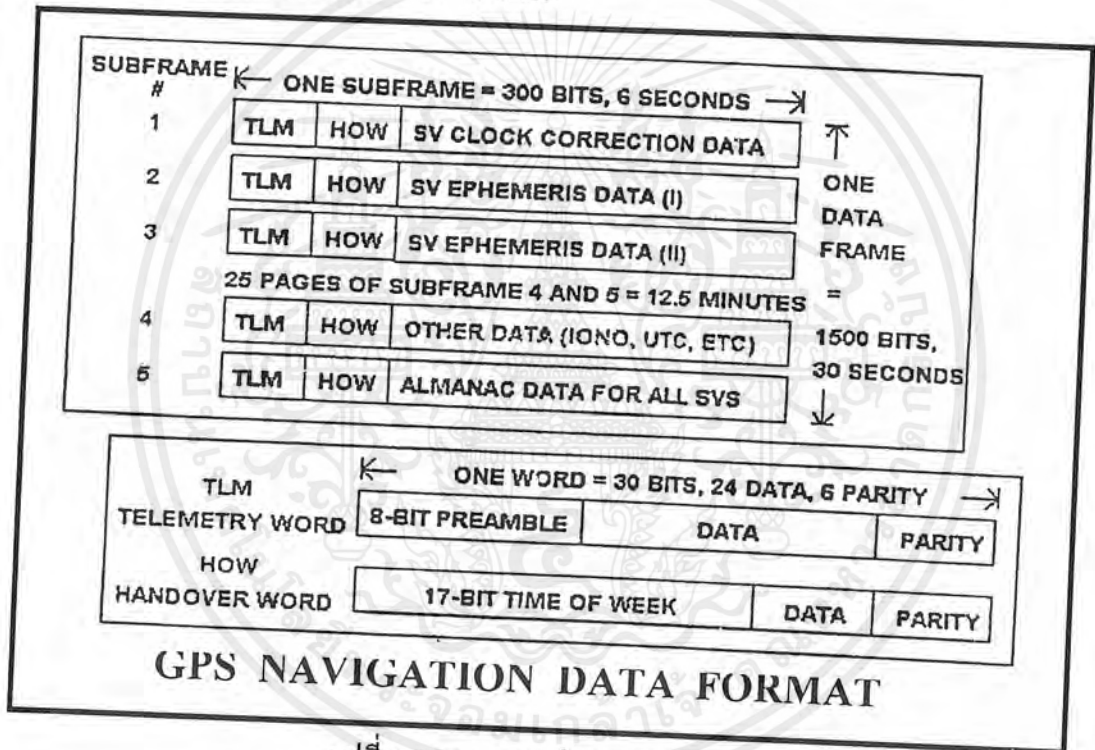


รูปที่ 2-7 แสดงสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากดาวเทียม

สัญญาณพาหะ L1 จะถูกมอดูเลตโดยรหัส PRN 2 อื่น และมอดูเลตกับรหัสข้อมูลข่าวสารแบบ Binary Phase Shift Key (BPSK) โดยข้อมูลจะอยู่ในรูปวิธีกระจายแถบความถี่ (Spread Spectrum) สัญญาณพาหะ L2 จะถูกมอดูเลตโดยรหัส PRN 1 อื่น และข้อมูลข่าวสาร โดยสรุปรหัสที่ถูกมอดูเลตกับคลื่นพาหะมีอยู่ 3 ชนิด คือ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข้อมูลอีพีเมอร์ริส
- ข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมส่งสัญญาณ (Health data for the Transmitting satellite)
- ข้อมูลอัลมาเนค (Almanac and Health data for all satellite)
- ค่าโคเอฟฟิเชียนต์สำหรับจำลองชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Coefficients for the Ionosphere delay model)
- ค่าโคเอฟฟิเชียนต์เพื่อคำนวณเวลา UTX (Coefficients to calculate UTC)

ข่าวสารการนำร่องจะประกอบด้วย 25 เฟรมข้อมูล แต่ละเฟรมมี 1500 บิต โดยแต่ละเฟรมจะถูกแบ่งเป็น 5 เฟรมย่อย เฟรมย่อยละ 300 บิต ข้อมูลในเฟรมย่อยที่ 1-3 ในแต่ละเฟรมจะเหมือนกัน ใช้เวลาในการรับข้อมูลทั้งหมดของเฟรมย่อย 6 วินาที



รูปที่ 2-9 แสดงภาพข่าวสารการนำร่อง

เฟรมย่อยที่ 1 จะบรรจุข้อมูลการแก้ไขสัญญาณนาฬิกาสำหรับดาวเทียมที่ส่ง และมีพารามิเตอร์บ่งบอกถึงความแม่นยำและสภาพของสัญญาณ

เฟรมย่อยที่ 2,3 จะบรรจุอีพีเมอร์ริสพารามิเตอร์ (Ephemeris parameter) เพื่อที่จะใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของดาวเทียม สำหรับคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับต่อไป

เฟรมย่อยที่ 4,5 จะเป็นข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตลอด 25 เฟรม โดยจะบรรจุข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมข้อมูลอัลมาเนค และข้อมูล UTC และข้อมูลจำลองสถานะของบรรยากาศ

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

TLM จะมีข้อมูลเริ่มต้นที่ช่วยให้เครื่องรับสามารถใช้ในการตรวจจับข้อมูลเริ่มต้นในแต่ละเฟรมย่อย แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

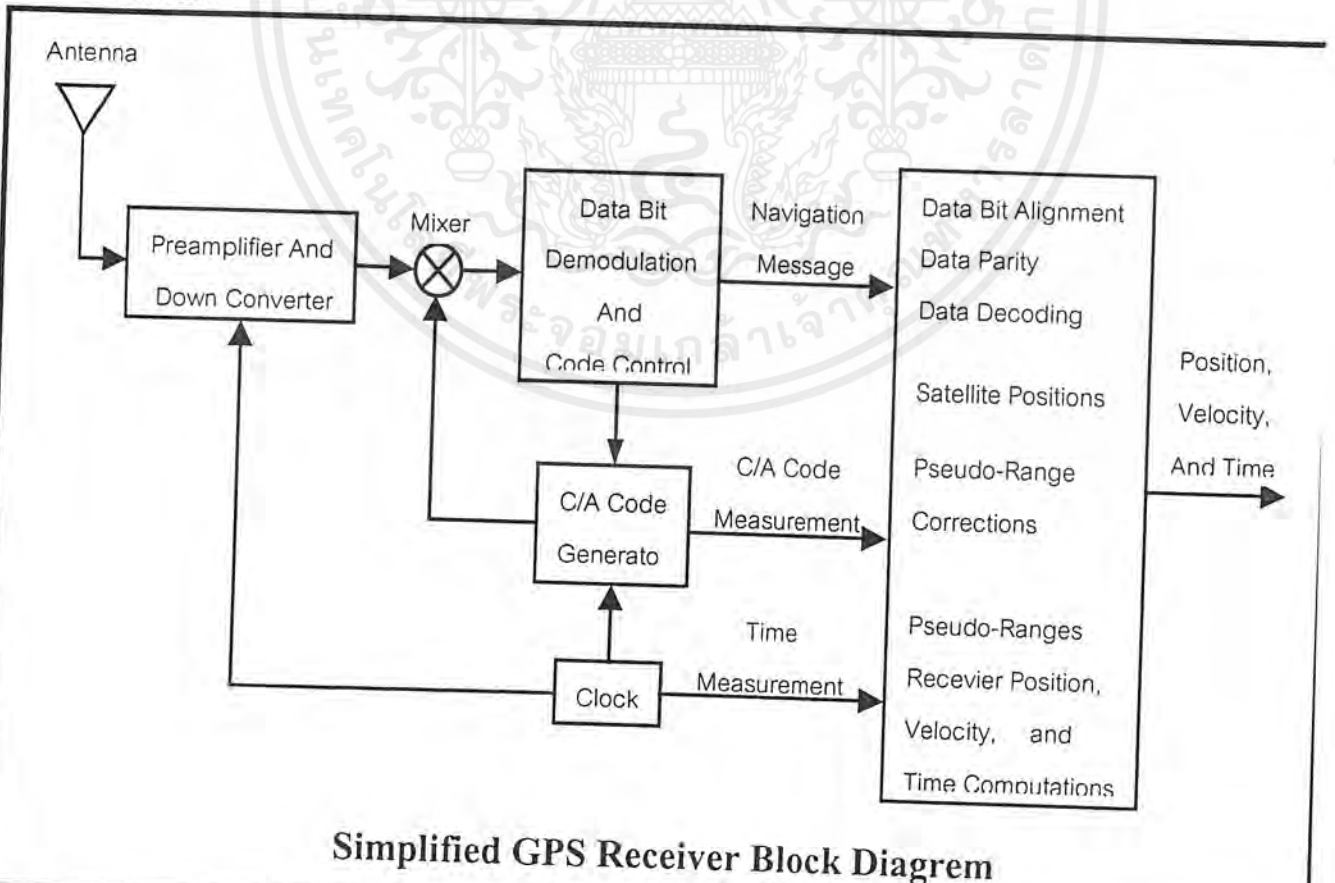
2.4 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณ GPS (GPS Receiver Operation)

2.4.1 การเลือกดาวเทียม (Satellite Tracking Selection)

กระบวนการแทรกสัญญาณจะเริ่มโดย เครื่องรับจะหาว่าดาวเทียมดวงไหนที่เป็นไปได้ในการแทรกสัญญาณ โดยจะทำการค้นหารหัส C/A ของดาวเทียมที่อยู่ในวิสัยและล๊อคสัญญาณดาวเทียมดวงนั้น เมื่อดาวเทียมถูกแทรกเครื่องรับจะสามารถตีโมดูลข้อมูลการนำร่อง, ค่าอัลมาเนคและข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมทั้งหมดซึ่งการเลือกดาวเทียมของเครื่องรับจะต้องใช้ข้อมูลจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงในการคำนวณ เครื่องรับอาจรับข้อมูลทุกดวงในพิสัยมาทำการคำนวณเลขก็ได้ แต่เครื่องรับส่วนใหญ่จะทำการเลือกดาวเทียมทขไม่มากเกินไป ในการคำนวณเนื่องจากปัญหาการยุ่งยากในการคำนวณและต้นทุน ดังนั้น ในการเลือกดาวเทียมที่จะรับข้อมูลเครื่องรับอาจเลือกจากข้อมูลสถานะดาวเทียมที่ดีที่สุดที่ได้จากสัญญาณแทรกดาวเทียมดวงแรก หรือ อาจเลือกจากดาวเทียมที่ได้สัญญาณก่อนเลขก็ได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบ

2.4.2 การรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Signal Acquisition)

สัญญาณของดาวเทียมที่ส่งออกมาเมื่อมาถึงเครื่องรับ สัญญาณที่ได้จะมีกำลังอ่อน และจะถูกบวกรบกวนโดย noise เครื่องรับจึงจำเป็นต้องทำการจำลองสัญญาณที่ได้รับเข้ามา และนำมาเรียงให้ตรงกับสัญญาณดาวเทียม จากนั้น จึงทำการ คอมเพรสกลับมาให้เป็นสัญญาณจริง เรียกวิธีนี้ว่า เทคนิค Code Correlation

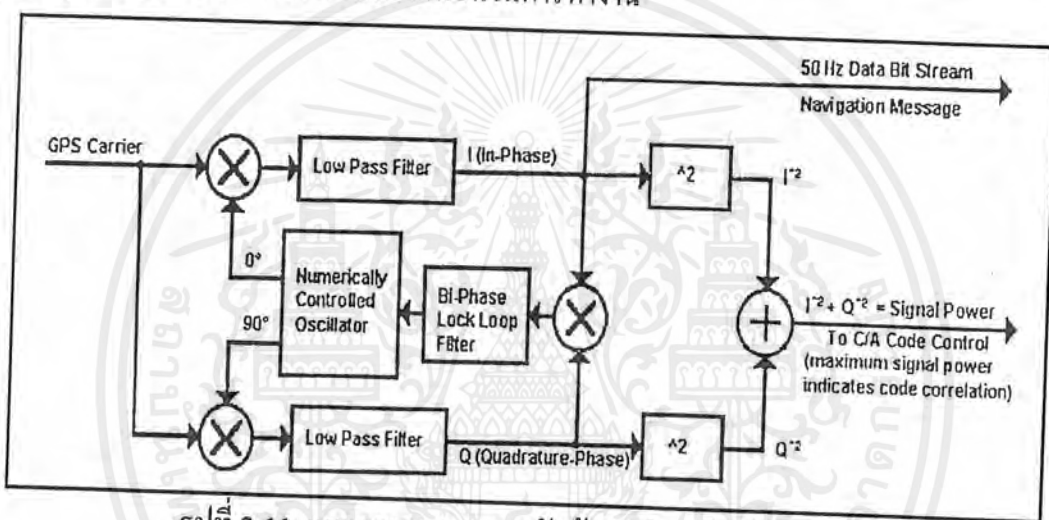


Simplified GPS Receiver Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 2-10 แสดงภาพล๊อคโคเดอแกรมของเครื่องรับสัญญาณ GPS
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การถอดรหัสข้อมูล (Data Detection)

ข้อมูลที่เครื่องรับสัญญาณได้รับจากดาวเทียม เป็นข้อมูลที่มีการมอดูเลตกันของคลื่นพาหะ รหัส C/A รหัส P(Y) ของข้อมูลข่าวสาร ในการถอดคลื่นพาหะจะใช้ Low Pass Filter เพื่อแยกเอาคลื่นพาหะออก เครื่องรับจะใช้ตัวสังเคราะห์ความถี่ สร้างเฟสที่คงที่ และใช้เทคนิคเฟสล็อกลูป (phase-locked-loop) ในการล็อกข้อมูล (เรียก Carrier Tracking Loop) ไว้เพื่อการ detect สัญญาณ ส่วนการถอดรหัส C/A ออกจะทำการสร้างสัญญาณ C/A จำลองขึ้นจากคุณลักษณะของดาวเทียมแต่ละดวง เพื่อกำหนดและล็อกข้อมูล รหัส C/A (เรียก Code Tracking Loop) จึงทำการแยกรหัส C/A ออกมา ส่วนรหัส P(Y) นั้น เนื่องจากมีความยาวคาบสัญญาณถึง 7 วัน จึงใช้วิธี phase Lock Loop ไม่ได้ จึงใช้ข้อมูลที่อยู่ใน HOW ในการทราบเวลาที่แน่นอนในการทำงาน



รูปที่ 2-11 แสดงภาพการถอดรหัสข้อมูลข่าวสารการนำร่อง

2.5 การคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ

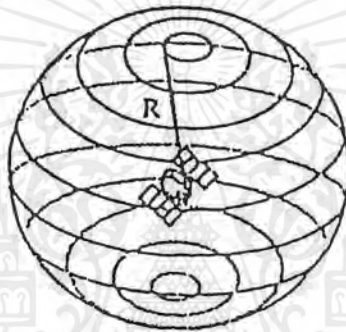
GPS เป็นระบบการวัดพิสัยทางเดียวที่มีเครื่องส่งสัญญาณอยู่ในดาวเทียมที่หมุนรอบโลกอยู่ในอวกาศ ถึงแม้ว่าดาวเทียมจะเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง เครื่องรับจะติดตามดาวเทียมที่อยู่ในพิสัยและประมาณค่าพารามิเตอร์ วงโคจรดาวเทียมซึ่งทำให้สามารถคำนวณหาตำแหน่งวงโคจรดาวเทียมในระบบอ้างอิงกับแกนโลก (Earth Center Earth Fixed Reference System)(ECEF) ข้อมูลนี้เรียกว่า Ephemeris หรือเวกเตอร์ตำแหน่งของดาวเทียมต่อเวลา ผู้ใช้ที่ต้องการหาตำแหน่งในสามมิติคือ ละติจูด ลองจิจูด และความสูงต้องวัดสัญญาณ GPS จากดาวเทียม 3 ดวง และคำนวณเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ (Transit Time) จากแต่ละดาวเทียมมาถึงผู้ใช้จะได้รับความสัมพันธ์ระหว่างดาวเทียม 3 ดวง และเครื่องรับในแนวแกนสามแกน จึงสามารถค้นหาแกนทั้งสามได้ แต่กรณีนี้สิ่งสำคัญที่สุดคือเวลาของเครื่องรับสัญญาณ GPS และเวลาเครื่องส่งสัญญาณจะต้องมีความแม่นยำสูงและต้องตรงกันหมด (ซิงโครไนส์กัน) แต่ในความเป็นจริงสัญญาณจากเครื่องส่ง (ดาวเทียม) จะมีวิธีการแก้สัญญาณเวลาให้ถูกต้องจากสถานีควบคุมหลักแต่เครื่องรับสัญญาณในแต่ละเครื่องไม่สามารถควบคุมให้มีความแม่นยำเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นเป็นเอกสารที่มีการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เที่ยงตรงได้ ดังนั้นจึงมีการเพิ่มความสัมพันธ์ในด้านความต่างของเวลา ขึ้นมาอีกค่าจึงต้องรับสัญญาณจากดาวเทียมเพิ่มขึ้นอีกดวงดังนั้นระบบนำร่อง GPS จึงมีความจำเป็นต้องใช้สัญญาณจากดาวเทียม ในการคำนวณอย่างน้อย 4 ดวง

2.5.1 การระบุตำแหน่งโดยสัญญาณดาวเทียม

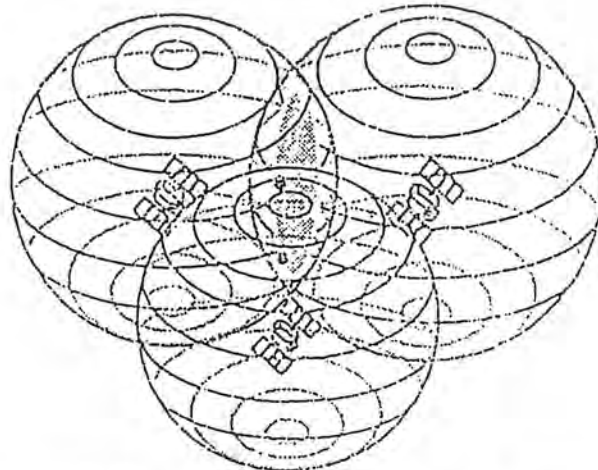
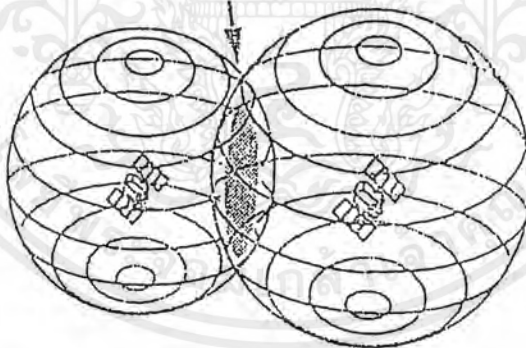
สัญญาณที่ส่งออกมาจากดาวเทียมดวงหนึ่ง จะมีข้อมูลของเวลาขณะส่งสัญญาณนาฬิกาแบบดาวเทียมรวมอยู่ด้วย เมื่อสัญญาณมาถึงเครื่องรับจะสามารถทราบเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณจากระบบนาฬิกาของเครื่องรับที่ซิงโครนัสกับของระบบ ดังนั้นเมื่อเราทราบว่าความเร็วของสัญญาณดาวเทียมมีค่าประมาณเท่ากับความเร็วแสง คือ 3×10^8 m/s จึงสามารถหารระยะห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับสัญญาณได้ โดยสัญญาณจากดาวเทียม 1 ดวงจะทราบว่าเครื่องรับอยู่บนผิวทรงกลมที่มีรัศมีเป็นระยะห่างของดาวเทียมและเครื่องรับ

(a)



(b)

Plane of intersection



เอกสารรูปที่ 2-12 แสดงภาพที่ส่วนตัดกันของระยะห่างจากดาวเทียมอันเป็นตำแหน่งของเครื่องรับ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าทำการวัดระยะจากดาวเทียมดวงที่ 2 พร้อม ๆ กัน จะได้พื้นที่ตำแหน่งของเครื่องรับบนเส้นขอบวงกลมซึ่งเกิดจากการตัดกันของทรงกลมดังกล่าว และถ้าเพิ่มสัญญาณจากดาวเทียมดวงที่ 3 ก็จะได้ตำแหน่งของผู้ใช้ 2 ตำแหน่ง ที่เกิดจากการตัดกัน ของทรงกลมทั้ง 3 ตำแหน่ง ที่เหลือเพียง 2 ตำแหน่ง โดยตำแหน่งที่อยู่ด้านบนจะเป็นตำแหน่งที่ลอยอยู่ดั่งนั้น ณ ตำแหน่งด้านล่าง ที่เกิดจากการตัดกันของทรงกลมทั้ง 3 จะเป็นตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องรับสัญญาณ สำหรับผู้ใช้ที่อยู่บนผิวโลก

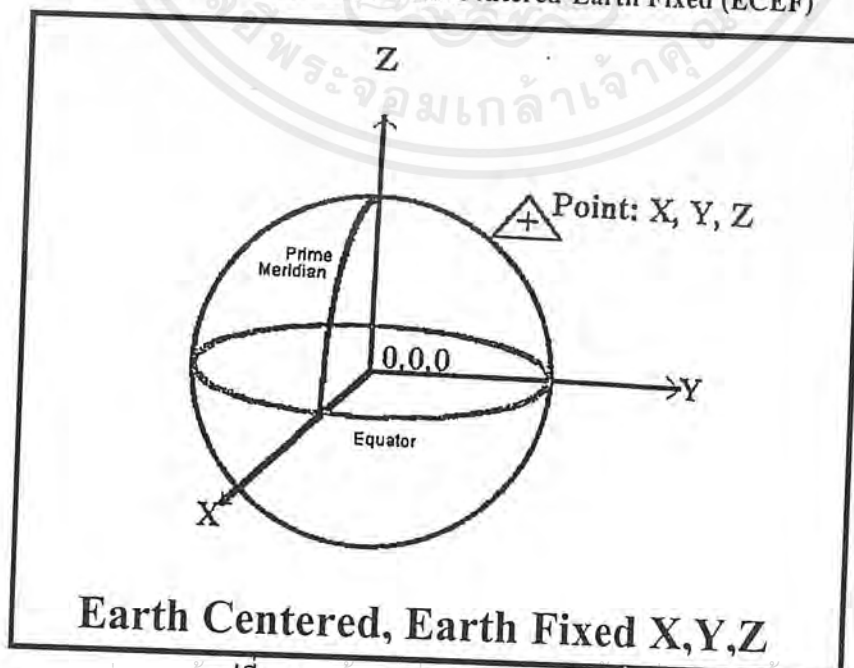
2.5.2 ระบบพิกัดอ้างอิง

ในการที่จะได้มาของค่าต่าง ๆ จากการนำร่องด้วยดาวเทียมจำเป็นต้องมีระบบพิกัดอ้างอิง เพื่อความเป็นหนึ่งเดียวของทั้งดาวเทียมและเครื่องรับ โดยทั่วไปจะบอกด้วยเวกเตอร์ของตำแหน่ง และความเร็วของเครื่องรับ ระบบพิกัดคาที่เขียน ซึ่งใช้กันมี 2 แบบ คือ inertial และ rotating

2.5.2.1 ระบบโคออดิเนตแบบ Earth Centered Inertial (ECI)

ในระบบนี้กำหนดให้จุดเริ่มต้นอยู่ที่จุดศูนย์กลางวงกลมของโลกและเป็นระบบเฉื่อย ดังนั้นสมการการเคลื่อนที่ของดาวเทียมที่โคจรรอบโลก จึงอยู่ในรูปแบบที่สมมติว่าระบบ ECI ไม่มี ความเร่งเป็นไปตามสมการของนิวตัน โดยทั่วไปจะกำหนดให้ระนาบ XY เป็นระนาบศูนย์สูตร (Equatorial plane) โดยทิศทาง + Y จะเลือกให้เป็นไปตามกฎมือขวา ของนิวตัน ปัญหาที่เกิดขึ้นกับ ระบบนี้เกิดจากการเคลื่อนที่ที่ผิดปกติของโลก แรงดึงดูดของดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ต่อการรบกวนออก ที่เส้นศูนย์สูตรของโลก ทำให้ระนาบศูนย์สูตรมีการเคลื่อนที่เทียบกับทรงกลมท้องฟ้า ส่งผลให้แกน - Z เคลื่อนที่ไปด้วย การแก้ปัญหานี้โดยการกำหนดทิศทางแกนที่ค่าเฉพาะต่าง ๆ กันตามเวลา (epoch) ระบบ ECI ของจีพีเอส กำหนดการหันของระนาบศูนย์สูตรที่ 1200 hr. UTC ในวันที่ 1 ม.ค. 2000 เป็นอ้างอิง

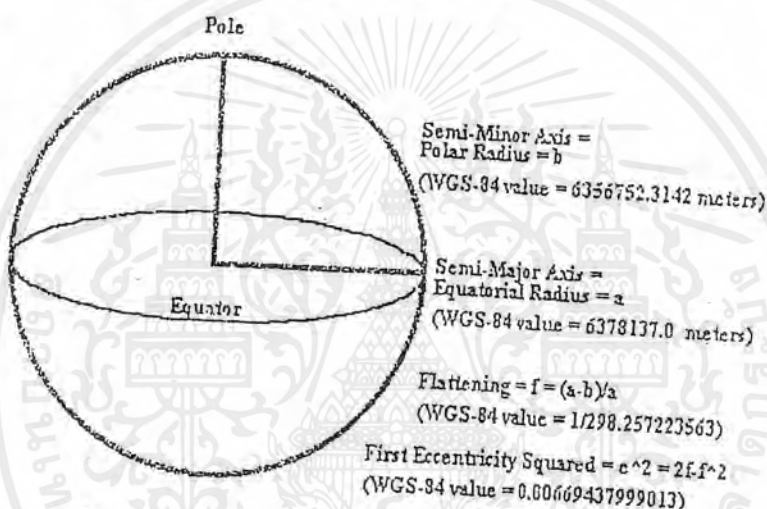
2.5.2.2 ระบบโคออดิเนตแบบ Earth Centered-Earth Fixed (ECEF)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 2-13 แสดงภาพจำลองระบบ ECEF ผู้อ่านสามารถดูข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่เว็บไซต์ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นระบบพิกัดซึ่งจะมีการหมุนไปพร้อมๆ กับโลก และสามารถแปลงเป็นค่าละติจูด และความสูงได้โดยง่าย โดยกำหนดเป็นระนาบศูนย์กลางสูตรเป็นระบบ XY เช่นเดียวกับระบบ ECI แต่ทิศทาง +X จะชี้ไปยังเส้นลองจิจูด 0 องศา และทิศทาง +Y ชี้ไปยังลองจิจูด 90 องศา ดังนั้นทั้งแกน X และ Y จะหมุนไปพร้อมๆ กับโลก ส่วนแกน Z จะเป็น + กับระนาบ XY (ขั้วโลกเหนือ) เป็นไปตามกฎมือขวา ด้วยวิธีนี้ก่อนการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับ จึงต้องทำการแปลงข้อมูลพิกัดของดาวเทียม จากแบบ ECI เป็น ECFE เมื่อได้ค่าโดยออคิเนตของเครื่องรับในระบบ ECFE แล้วจึงทำการแปลงพิกัด ให้อยู่ในรูป ละติจูด , ลองจิจูด และความสูง

2.5.2.3 ระบบ World Geodetic System (WGS-84)



รูปที่ 2-14 รูปแบบจำลองของโลกที่เป็นวงรีในแบบ WGS-84

ก่อนที่จะทำการแปล X,Y,Z ให้อยู่ในรูปละติจูด , ลองจิจูด และความสูงจำเป็นต้องกำหนดแบบจำลองโลกขึ้นมาก่อน ซึ่งแบบจำลองมาตรฐานของโลกที่ใช้ในระบบจีพีเอส คือ WGS-84 ของกระทรวงกลาโหมสหรัฐ ซึ่งกำหนดให้โลกเป็นรูปวงรี ดังแสดงในรูปที่ 2-13 โดยมีรัศมีที่ระนาบศูนย์กลางสูตร a=6378.137 km. เรียกว่า “semi-major axis” แกนที่ตั้งฉากกับระนาบศูนย์กลางสูตรเรียกว่า “semi-minor axis” b=6356.7523142 km. ดังนั้นค่าความรีของโลก (Eccentricity,e) และค่าความแบน (Flattening,f) จะกำหนดโดย

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \quad \text{:สมการที่ 2.1}$$

$$f = 1 - \frac{b}{a} \quad \text{:สมการที่ 2.2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบพิกัด ECFE ใช้แบบจำลองของโลกในแบบ WGS-84 ดังแสดงข้างต้น โดยมีจุด 0 เป็นจุดศูนย์กลางของโลก ทำให้สามารถหาค่าลองจิจูด, ลองจิจูด และความสูงเมื่อเทียบกับแบบจำลองนี้ได้ โดยค่าต่างๆ นี้เรียกว่า จีโอดีติก (Geodetic) เมื่อทราบเวกเตอร์ตำแหน่งของ receiver $U=(X_u, Y_u, Z_u)$ ในระบบ ECFE เราจะคำนวณค่าจีโอดีติก (X) เป็นมุมระหว่างผู้ใช้กับแกน X วัดตามระนาบ XY ได้ดังนี้

$$\lambda = \begin{cases} \arctan \left(\frac{y_u}{x_u} \right) & , x_u \geq 0 \\ 180^\circ + \arctan \left(\frac{y_u}{x_u} \right) & , x_u < 0, y_u \geq 0 \\ -180^\circ + \arctan \left(\frac{y_u}{x_u} \right) & , x_u < 0, y_u < 0 \end{cases} \quad \text{:สมการที่ 2.3}$$

ในสมการ 2.3 เครื่องหมายแสดงว่าเป็น ลองจิจูดตะวันตก ส่วนค่า ϕ และ h จะกำหนดด้วยเวกเตอร์ 1 หน่วย (\hat{n}) ดังรูป 2.13 สังเกตว่าค่า h จะคิดเทียบกับวงรี WGS-84 ไม่ใช่เทียบกับระดับน้ำทะเลดังแสดง ในแผนที่โดยทั่วไป

2.6 การหาระยะทางจากดาวเทียมมายังเครื่องรับ

โดยทางทฤษฎีนั้นการคำนวณหาระยะทางจากดาวเทียมมายังเครื่องรับนั้นจะสมมติว่าสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียมและขอเครื่องรับนั้น ซิงโครนัสกับเวลาของระบบการหาค่าตำแหน่งดาวเทียมจะใช้ระบบ ECFE ในการหาข้อมูล โดยเรียกข้อมูลตำแหน่งของดาวเทียมนี้ว่าข้อมูลอีฟิเมอร์ริส (Ephemeris) โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเวกเตอร์ตำแหน่งดาวเทียมต่อเวลา ผู้ใช้จะใช้ข้อมูลตำแหน่งดาวเทียมในการกำหนดตำแหน่งดาวเทียม เพื่อหาจุดตัดอันดาวเทียม 3 ดวง เพื่อหาตำแหน่งเครื่องส่งสัญญาณ (ตำแหน่งดาวเทียม) (X_i, Y_i, Z_i) รวมถึงเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ $(\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3)$ ดังนั้นจะได้สมการขึ้นมา 3 สมการและมีตัวแปรที่ต้องการ 3 ตัว คือ ตำแหน่งของผู้ใช้ (U_x, U_y, U_z) จะสามารถหาได้จากการแก้สมการทั้งสามสมการ

$$\begin{aligned} \sqrt{(x_1 - u_x)^2 + (y_1 - u_y)^2 + (z_1 - u_z)^2} &= R_1 = c\Delta t_1 \\ \sqrt{(x_2 - u_x)^2 + (y_2 - u_y)^2 + (z_2 - u_z)^2} &= R_2 = c\Delta t_2 \\ \sqrt{(x_3 - u_x)^2 + (y_3 - u_y)^2 + (z_3 - u_z)^2} &= R_3 = c\Delta t_3 \end{aligned} \quad \text{:สมการที่ 2.4}$$

โดย R คือระยะทางที่วัดได้ และ c คือค่าความเร็วสัญญาณมีค่าเท่ากับความเร็วแสง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่สมการนี้เกิดขึ้นได้ยากในความเป็นจริง เนื่องจากสัญญาณเวลาของเครื่องรับทั่วไปไม่จริง โครนัสกับระบบ ดังนั้นระหว่างเครื่องรับและดาวเทียมจึงมีการอ้างอิงเวลาที่ต่างกัน เวลาที่วัดได้จากเครื่องรับจึงประกอบด้วยสองส่วนคือเวลาที่ใช้ในการส่งสัญญาณ โดยเทียบจากระบบเวลาดาวเทียม เนื่องจากดาวเทียมมีการปรับเวลาให้จริง โครนัสกับระบบเสมอ Δt , เวลาที่เปลี่ยนไปของเครื่องรับ ΔT ดังนั้นระยะทางที่วัดได้เป็น $R=c(\Delta t + \Delta T)$

ระยะที่วัดได้นี้เรียกว่าระยะเทียม (Pseudorange) และเปลี่ยนใช้สัญลักษณ์ ρ แทนระยะจริง ความแตกต่างระยะจริงกับระยะซุโครนัส คือ ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากระยะทางที่เกิดขึ้น โดยความไม่ตรงกันของนาฬิกาของเครื่องส่งและเครื่องรับ แต่ยังคงกำหนดให้นาฬิกาของเครื่องส่งจากดาวเทียมซึ่งโครนัสกันหมดเวลาที่เท่ากันนี้เรียกว่า ไบแอส (Bias) ค่านี้เป็นพารามิเตอร์ไม่ทราบค่าที่เพิ่มเข้ามา จึงทำให้ต้องทำการรับค่าสัญญาณเพิ่มจากดาวเทียมอีกทีหนึ่ง คงเพื่อสร้างสมการเพิ่มในการแก้พารามิเตอร์เวลาไบแอส

$$\begin{aligned}\sqrt{(x_1-u_x)^2 + (y_1-u_y)^2 + (z_1-u_z)^2} &= R_1 = c(\Delta t_1 + \Delta T) \\ \sqrt{(x_2-u_x)^2 + (y_2-u_y)^2 + (z_2-u_z)^2} &= R_2 = c(\Delta t_2 + \Delta T) \\ \sqrt{(x_3-u_x)^2 + (y_3-u_y)^2 + (z_3-u_z)^2} &= R_3 = c(\Delta t_3 + \Delta T) \\ \sqrt{(x_4-u_x)^2 + (y_4-u_y)^2 + (z_4-u_z)^2} &= R_4 = c(\Delta t_4 + \Delta T)\end{aligned}$$

:สมการที่ 2.5

จากค่าที่หาได้นั้นจะต้องแปลงเพื่อให้อยู่ในรูปข้อมูล Latitude, Longitude และ height เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้งานต่อเนื่องจากเป็นระบบที่เป็นสากลว่า การแปลงจะอาศัยสูตร

$$\phi = a \tan \left(\frac{Z + e'^2 b \sin^3 \theta}{p - e'^2 a \cos^3 \theta} \right)$$

$$\lambda = a \tan 2(Y, X) \quad \text{:สมการที่ 2.6}$$

$$h = \frac{P}{\cos(\phi)} - N(\phi)$$

โดยที่ ϕ, λ, h คือค่า Latitude, Longitude และ height ตามลำดับ

ค่า X, Y, Z คือค่าของ U_x, U_y, U_z ตามลำดับโดยใช้ระบบ ECEF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

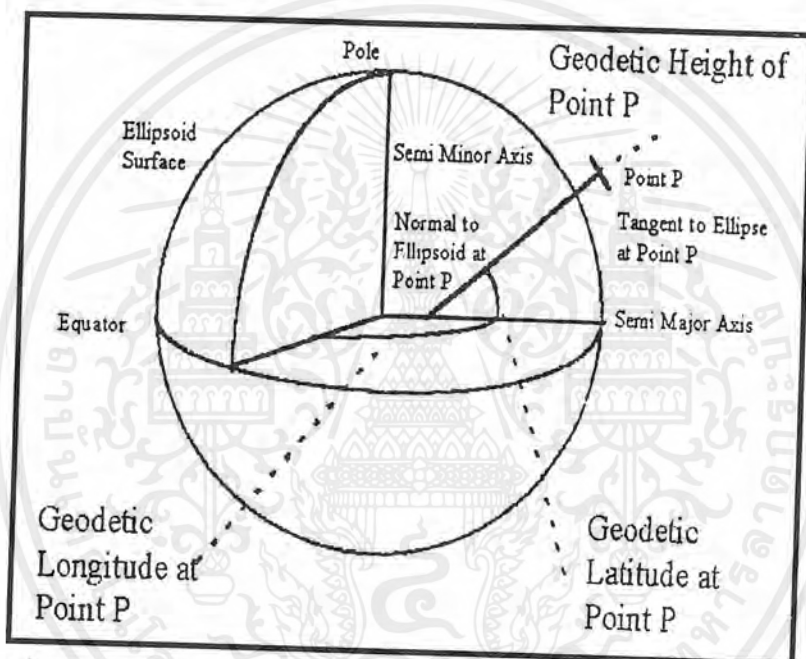
$$N(\phi) = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \phi}}, p = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

:สมการที่ 2.7

$$\theta = a \tan \left(\frac{Za}{pb} \right), e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}$$

โดยที่ a คือค่า semi-major earth axis

b คือค่า semi-minor earth axis



รูปที่ 2-15 แสดงภาพการกำหนดพิกัดแบบละติจูด, ลองจิจูด และความสูง

2.7 การผิดพลาดในระบบ GPS

แม้ว่าระบบ GPS จะถูกพัฒนาให้มีความถูกต้องในระบบการนำร่องทั่วโลกก็ตามนั้น แต่ระบบ GPS ยังคงมีค่าความผิดพลาดมากพอสมควร โดยความผิดพลาดนี้มีสาเหตุมาจาก

2.7.1 Ephemeris Data Error เป็นค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากตำแหน่งของดาวเทียม GPS เกิดจากการเฉไปของวงโคจรดาวเทียม เมื่อข้อมูล GPS ไม่ได้ส่งตำแหน่งที่ถูกต้องของดาวเทียม จะมีผลความผิดพลาดไปถึงการคำนวณตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ ค่าความผิดพลาดนี้จะถูกแก้ไขโดยข้อมูลควบคุมสถานีควบคุมหลักคั้งนั้น ถ้าไม่มีการแก้ไขจากสถานีควบคุม ข้อมูลมีการผิดพลาดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่จากรายงาน ใน ค.ศ. 1984 แสดงว่าสำหรับการทำงานไม่เกิน 24 ชั่วโมง ค่าความผิดพลาดอันเนื่องมาจากค่า อีฟิเมอร์สิมีค่าความผิดพลาด ไม่เกิน 2.1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 Statelite Clock Errors ในเครื่องส่งสัญญาณ GPS ที่ดาวเทียมและเครื่องรับสัญญาณ จำเป็นต้องมีนาฬิกาอะตอมมิก (Cesium and Rubidium Oscillators) ซึ่งมีความแม่นยำสูงและจะต้องซิงโครไนส์กับนาฬิกาของระบบ แต่ในความเป็นจริงสัญญาณของดาวเทียมจะถูกแก้ไข โดยสถานีควบคุมหลักในซิงโครไนส์กับระบบโดยตลอด แต่นาฬิกาของเครื่องรับนั้นยากที่จะทำการแก้ไข จึงต้องมีการชดเชยการคำนวณ โดยใช้สัญญาณจากดาวเทียมเพิ่มในการคำนวณด้านเวลา

2.7.3 Security Signal ความผิดพลาดเป็นความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุด สาเหตุเกิดจากการที่ทางสหรัฐอเมริกาได้ใส่รหัสข้อมูล SA ลงในสัญญาณดาวเทียมทุกดวง ค่าความคลาดเคลื่อนจาก SA นั้นจะมีค่าความคลาดเคลื่อนทางเวลาประมาณ 10 นาที ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางระยะทางเฉลี่ยประมาณ 20 เมตร ผู้ใช้ทั่วไปที่ใช้ระบบ SPS จะมีสัญญาณ SA รวมอยู่ด้วยทำให้เกิดความผิดพลาด แต่ผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ระบบ PPS จะไม่มีความผิดพลาดจากรหัส SA

2.7.4 Ionosphere Errors เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่ผิดพลาดตรงมาจากสาเหตุของ SA ทำให้เกิดความล่าช้าในการเดินทางของสัญญาณดาวเทียม เกิดเนื่องจากอิเล็กตรอนอิสระในชั้นบรรยากาศ Ionosphere สัญญาณจากดาวเทียมเมื่อเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศนี้ จะไม่สามารถเดินทางได้เท่ากับความเร็วแสง การเปลี่ยนแปลงสัญญาณจะมีความล่าช้าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนอิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ในชั้นนี้ และแปรผกผันตรงกับ $1/f$ ผู้ใช้ทั้งหมดจะมีค่าความคลาดเคลื่อนในความล่าช้าในชั้น Ionosphere

2.7.5 Troposphere Errors เป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้ความเร็วแสงเฉไป โดยที่ความแปรปรวนของอุณหภูมิของความดันและความชื้น ทั้งหมดนี้ทำให้ความเร็วของแสงของสัญญาณแปรปรวนไปทั้งหมด สำหรับผู้ใช้ทั่วไปค่าความผิดพลาดนี้จะอยู่ประมาณ 1 เมตร

2.7.6 Multipath Errors เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่มีสาเหตุมาจากการส่งสัญญาณของดาวเทียม GPS ไปกระทบผิวสะท้อนก่อนที่จะไปถึงผู้รับ เช่น สะท้อนผิวของตึกหรือผิวของน้ำ โดยผลกระทบนี้มีแนวโน้มที่มากขึ้น ในที่ที่เครื่องรับอยู่นิ่ง ๆ ใกล้กับผิวสะท้อนที่ใหญ่มาก ๆ ความผิดพลาดที่พบมากที่สุดประมาณ 15 เมตร การแก้ไขความผิดพลาดนี้คือ การต่อสายอากาศ (Antenna) ให้กับเครื่องรับสัญญาณ

2.7.7 Receiver Errors เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดระยะของเครื่องรับสัญญาณอันเนื่องมาจากความร้อนภายในเครื่องรับสัญญาณ , ประสิทธิภาพ Software ของเครื่องรับ และจำนวนช่องรับสัญญาณแต่เนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีได้พัฒนาจนความผิดพลาดลักษณะนี้มีค่าน้อยมาก

โอ๊กส เป็นเว็บไซต์ที่ให้บริการข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีและการค้าปลีก
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.8 ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการจับกลุ่มของดาวเทียมที่ใช้สำรอง (Geometric Dilution of Precision) ความผิดพลาดนี้เกิดจากการหาระยะทางซูโรเรนจ์ของเครื่องรับ การเลือกกลุ่มดาวเทียมจะเป็นองค์ประกอบหลัก มีการใช้ค่า ๆ หนึ่ง เป็นตัวแสดงถึงคุณภาพของผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับจากการกำหนดตำแหน่งของเครื่องรับ จีพีเอส ค่านี้คือ ใดลูชัน ออฟ พรีซีชัน (Dilution of Precision (DOP)) ค่าของ DOP มักถูกอธิบายในเทอมต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับสัญญาณที่ได้จากการจับกลุ่มดาวเทียมเพื่อกำหนดตำแหน่งของ เครื่องรับสัญญาณเทอมต่าง ๆ เหล่านี้ได้แก่

GDOP - Geometrical Dilution of Precision

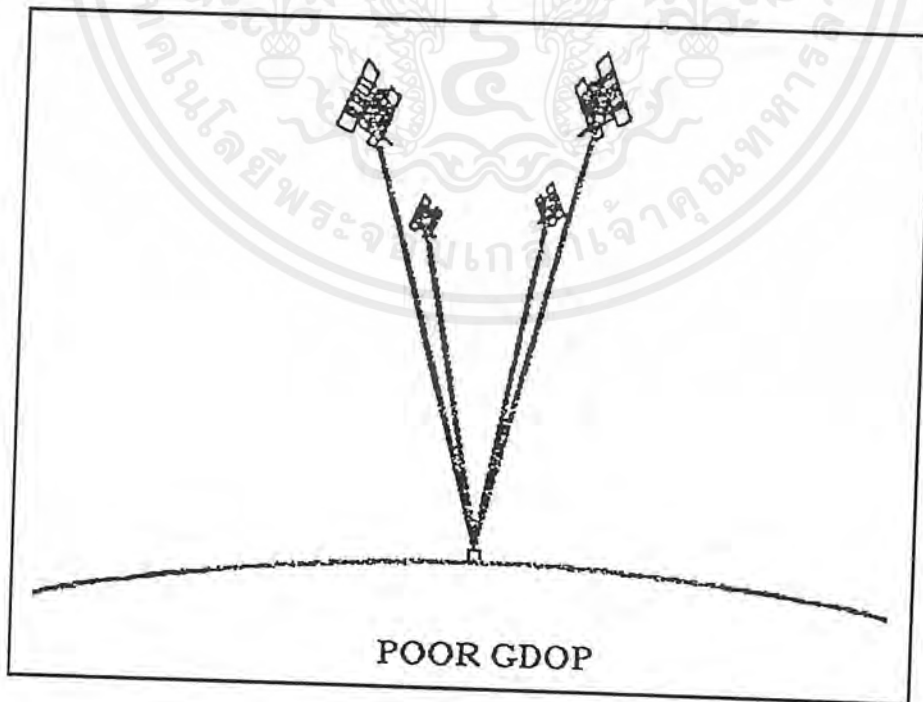
PDOP - Position Dilution of Precision (3-D) บางที่เรียก Sere DOP

HDOP - Horizontal Dilution of Precision (Latitude, longitude)

VDOP - Vertical Dilution of Precision (Height)

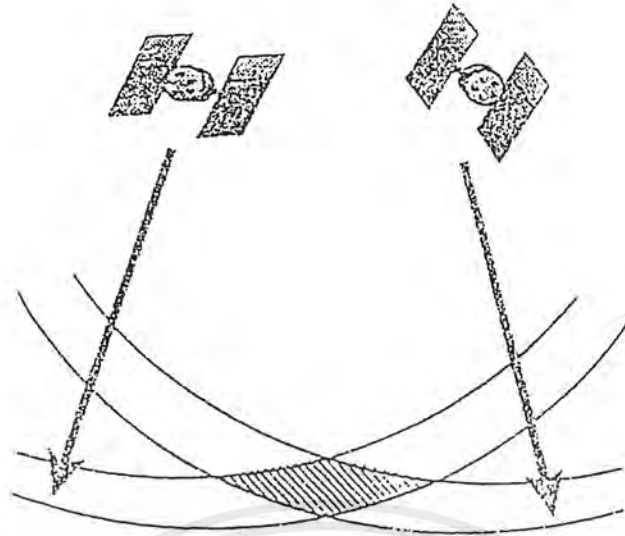
TDOP - Time Dilution of Precision (Time)

ตัวที่มักนำมาพิจารณาได้แก่ ค่าจีโอเมตริก ใดลูชัน ออฟ พรีซีชัน (Geometric Dilution of Precision (GDOP)) จะแสดงถึงการจัดวางตัวดาวเทียมสี่ดวงที่ทำกับเครื่องรับสัญญาณ ถ้าค่า GDOP มีค่ามาก พิกัดที่ได้จากเครื่องรับอาจผิดพลาดไปจากที่ควรจะเป็นมากเช่นเดียวกัน ตัวอย่างของการจัดกลุ่มดาวเทียมที่ทำให้ GDOP มีค่าดีและไม่ดีเป็นดังรูปที่ 2-16 ถึง 2-19

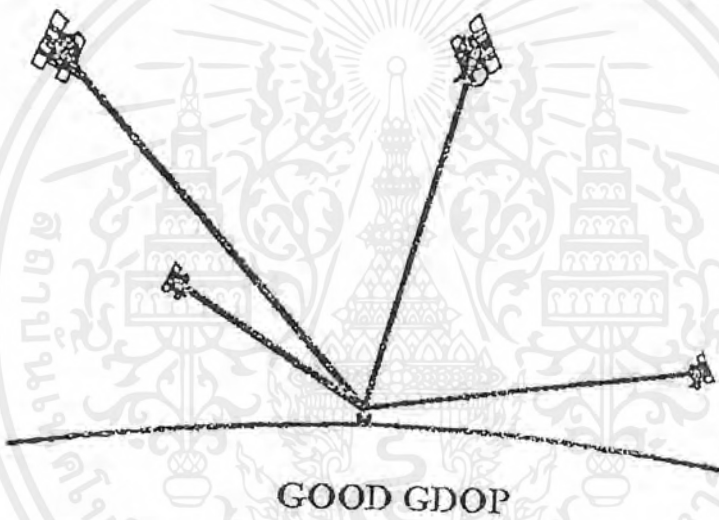


รูปที่ 2-16 แสดงภาพ POOR GDOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-17 ผลของ POOR GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันที่กว้างมาก



รูปที่ 2-18 แสดง GOOD GDOP



รูปที่ 2-19 ผลของ GOOD GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันที่แคบลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 มาตรฐาน NMEA และโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารของ จีพีเอส

2.8.1 มาตรฐาน NMEA (NMEA Standard)

มาตรฐาน NMEA คือการอินเทอร์เฟซทางไฟฟ้าและโปรโตคอลการส่งข้อมูล สำหรับใช้ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์การเดินเรือ (NMEA ยังมีมาตรฐานสำหรับการสื่อสารในแบบอื่น ๆ ด้วย) โดย NMEA ย่อมาจาก National Marine Electronics Association ซึ่งทำการศึกษาและพัฒนาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ทางน้ำ

2.8.2 มาตรฐาน NMEA -183

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

ในมาตรฐาน NMEA - 183 ตัวอักษรที่ใช้ คือ ASCII Text ซึ่งสามารถพิมพ์ได้ (รวมไปถึง Carriage Return and Line Feed) NMEA - 183 นั้น ข้อมูลจะถูกส่งด้วยอัตรา 4800 baud ข้อมูลจะถูกส่งในรูปของประโยค (Sentences) แต่ละประโยคเริ่มต้นด้วย S ตัวอักษรตัวที่ตามมาอีก 2 ตัว คือ talker ID หรือ Device ID เช่น GP ใช้เพื่อบ่งชี้ว่าเป็นข้อมูล GPS ตัวอักษรที่ตามมาอีก 3 ตัว คือ Sentence ID คือ ตัวกำหนดรูปแบบประโยค (Sentence Formatter) หรือจะเรียกว่า ชื่อประโยค (Sentence Name) ตามด้วยตัวฟิลด์ข้อมูลจำนวนหนึ่ง โดยถูกแบ่งแยกด้วยเครื่องหมายคอมมา (,) และสิ้นสุดด้วยเช็คซัม (checksum) ที่สามารถเลือกได้ว่ามีหรือไม่ และจบลงด้วยแคร์ริจรีเทิร์น (carriage return/line feed) ประโยคอาจจะมีตัวอักษรถึง 82 ตัวซึ่งรวมกับ S และ CRLF แล้ว

ถ้าข้อมูลสำหรับฟิลด์ไม่สามารถหาได้ ฟิลด์จะถูกเว้นข้ามไป แต่คอมมาซึ่งทำหน้าที่แบ่งฟิลด์ยังคงถูกส่งไปโดยไม่เว้นช่องว่าง เพราะในแต่ละฟิลด์มีความยาวไม่คงที่หรือไม่มีข้อมูล เครื่องรับจะระบุตำแหน่งของฟิลด์ข้อมูลที่ต้องการ โดยการนับเครื่องหมายคอมมาเช็คซัม ที่เลือกได้ว่ามีหรือไม่ ประกอบด้วย "*" และ 2 บิต ของเลขฐาน 16 (2 hex diits) แทนการ Exclusive-OR ของตัวอักษรทั้งหมด แต่ไม่รวม "S" และ "*" ในการใช้งานจะมีความต้องการใช้เช็คซัมในบางประโยค

ในมาตรฐานจะอนุญาตแต่ผู้ผลิตในการนิยามรูปแบบประโยค ประโยคเหล่านี้เริ่มต้นด้วย "SP" และตัวอักษรสามตัวที่ตามด้วยเป็น manufacturer ID ตามด้วยข้อมูลตามรูปแบบทั่วไปของประโยคมาตรฐาน สารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 โพรโทคอล NMEA – 183

NMEA คือ โพรโทคอลมาตรฐานถูกนำมาใช้เครื่อง GPS เพื่อส่งข้อมูล NMEA เอาท์พุทเป็น โพรโทคอล EIA-422A แต่เราสามารถนำไปใช้ร่วมงานกับ RS-232 ได้โดยใช้อัตราการส่งข้อมูล 4800 bps, 8 คาต่่าบิท , ไม่มีพาริตีบิทและมีหนึ่งสตอปบิท (stop bit (8N1)) ประโยคของ NMEA – 183 จะเป็น แอสกีทั้งหมด แต่ละประโยคจะเริ่มต้นด้วยคอลล่าชาชน์ (\$) และจบลงด้วย carriage return/line feed (<CR><LF>) ข้อมูลจะถูก ขึ้นด้วยคอมม่าเครื่องรับ GPS บางอันจะไม่ส่งบางฟิลด์ (Field) ข้อมูลเช็คซั่ม ถูกเพิ่มเข้าไป ส่วนที่ตามหลัง \$ คือ แอดเดรสฟิลด์ aacc โดย aa คือ device id GP ใช้บ่งเพื่อชี้ว่าข้อมูล GPS จะส่ง device id ตามปกติและเลือกได้ ccc คือรูปแบบประโยค (sentence formatter) เรียกว่า sentence name

รูปแบบประโยคของ NMEA

RMB

SGPRMB, A,x.x,a,c-c,d-d,IIII,e,yyyy.yy,f,g,g.h.h,i.i.j*kk

RMB =ข่าวสารที่น้อยที่สุดที่จำเป็นในการนำร่อง (Recommended Minimum Navigation Information)

- 1 = สถานะของข้อมูล V= การเตือนเครื่องรับในการนำร่อง (navigation receiver warning)
- 2 = ความคลาดเคลื่อนของครอสแทรค (Crosstrack error) ในหน่วย nautical miles
- 3 = ทิศทางที่ต้องเบนเข็มไป (Direction to Steer)(L or R) เพื่อแก้ไขความคลาด
- 4 = หมายเลขของเวย์พอยท์ (waypoint) เริ่มต้น
- 5 = หมายเลขของเวย์พอยท์ปลายทาง
- 6 = ละติจูดของเวย์พอยท์ปลายทาง
- 7 = N or S (เหนือหรือใต้)
- 8 = ลองจิจูดของเวย์พอยท์จุดหมาย
- 9 = E or R (ตะวันออกหรือตะวันตก)
- 10 = ระยะทางไปยังปลายทางในหน่วย nautical miles
- 11 = แบริ่ง (Bearing) (มุมที่ก่าตั้งทำกับปลายทาง) ในหน่วยองศา
- 12 = ความเร็วในการเข้าถึงจุดหมาย (Destination closing velocity) ในหน่วย knot
- 13 = สถานะเมื่อเข้าถึง (arrival status)(A = เข้าถึงหรือผ่าน ไปอย่างตั้งฉาก)
- 14 = เช็คซั่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RMC

SGPRMC,hhmmss.ss,A,III,II,a,yyyyy.yy,a,x.x,x.x,ddmmyy,x.x,a*hh

RMC = ข้อมูลเฉพาะของจีพีเอส/ทราซิทน้อยที่สุดที่จำเป็น (Recommended Minimum Specific GPS/TRANSIT Data)

- 1 = เวลาขณะปัจจุบันในระบบ UTC
- 2 = สถานะของข้อมูล (V=การเดินทางเครื่องรับในการนำร่อง (navigation receiver warning))
- 3 = ละติจูด
- 4 = N or S (เหนือหรือใต้)
- 5 = ลองจิจูด
- 6 = E or W (ตะวันออก หรือ ตะวันตก)
- 7 = ความเร็วหน่วยนอต
- 8 = มุมที่วัดจากทิศเหนือ
- 9 = มุมที่วัดจากทิศเหนือ
- 10 = ความแปรปรวนเนื่องจากสนามแม่เหล็ก
- 11 = E or W (ตะวันออก หรือ ตะวันตก)
- 12 = เช็คซั้ม

GGA

SGPGGA,hhmmss.ss,III,II,a,yyyyy.yy,a,x.x,x.x,x,M,x.x,xxxx*hh

GGA = ข้อมูลเฉพาะของระบบจีพีเอส Global Positioning System Fix Data

- 1 = UTC of position
- 2 = ละติจูด
- 3 = N or S (เหนือ หรือ ใต้)
- 4 = ลองจิจูด
- 5 = E or W (ตะวันออก หรือ ตะวันตก)
- 6 = ค่าซึ่งชี้ถึงคุณภาพของระบบจีพีเอส (O=invalid; 1=GPS fix; 2=Diff. GPS fix)
- 7 = จำนวนดาวเทียมที่ใช้
- 8 = HDOP (Horizontal dilution of position)
- 9 = ความสูงของสายอากาศเหนือกว่า/ต่ำกว่า ระดับน้ำทะเล
- 10 = เมตร (หน่วยความสูงของสายอากาศ)
- 11 = ค่าความแตกต่างระหว่างระบบ WGS-84 กับ ระบบจีออยด์
- 12 = เมตร (ความต่างของจีออยด์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 13 = ระยะเวลาตั้งแต่อัปเดตข้อมูลครั้งสุดท้ายจากสถานีอ้างอิง
 14 = หมายเลขประจำสถานีอ้างอิง
 15 = เช็คซั้ม

VIG

SGPVTG,t,T,,,s.ss,K*hh

- VTG = มุมที่ทำกับทิศเหนือจริง ๆ และความเร็ว (Actual Track made good and speed over ground)
 1 = มุมที่ทำกับทิศเหนือ
 2 = อักษร "T" แสดงว่ามุมที่ทำกับทิศเหนือ
 3 = ไม่ใช่
 4 = ไม่ใช่
 5 = ความเร็วหน่วยนอต
 6 = อักษร "T" แสดงความเร็วในหน่วยนอต
 7 = ความเร็วหน่วย km/h
 8 = อักษร "K" แสดงความเร็วในหน่วย km/h
 9 = เช็คซั้ม

RMA

SGPRMA,A<IIII.II,N,IIII.II,W,,,ss.s,ccc,vv.v,W*hh

- RMA = ข้อมูลการนำร่องจากตำแหน่งปัจจุบัน (Navigation data from present Position)
 1 = สถานะข้อมูล
 2 = ละติจูด
 3 = N/S (เหนือ/ใต้)
 4 = ลองจิจูด
 5 = W/E (ตะวันออก/ตะวันตก)
 6 = ไม่ใช่
 7 = ไม่ใช่
 8 = ความเร็วหน่วยนอต
 9 = Course over ground
 10 = ค่าความผันแปร
 11 = ค่าความผันแปร E/W
 12 = เช็คซั้ม
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GSA

SGPGSA,A,3,19,28,27,22,31,39,,,,,1.7,1.0,1.3*35

GSA = โหมดการทำงานของเครื่องรับจีพีเอส,ดาวเทียมที่ใช้ในการนำร่องและค่า DOP (GPS receiver operating mode, SVs used for navigation , and DOP values)

1 = โหมด

M = Manual, ให้อัปกับผู้ใช้เลือกกว่าจะใช้ 2 มิติหรือ 3 มิติ

A = Automatic , 3 มิติ/2 มิติ

2 = โหมด

1 = ไม่สามารถระบุตำแหน่งได้

2 = 2 มิติ

3 = 3 มิติ

3-14 = หมายเลขของดาวเทียมที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง (เป็น 0 สำหรับฟิลด์ที่ไม่ได้ใช้)

15 = PDOP

16 = HDOP

17 = VDOP

GSV

SGPGSV,4,1,13,02,213,,03-3,000,,11,00,121,14,13,172,05*67

GSV = จำนวนของดาวเทียมที่มองเห็น,หมายเลข PRN ,เอlevationชั้นอาซิมุส และค่า SNR (Number of SVs in View. PRN number . elevation. Azimuth & SNR value.)

1 = จำนวนหมายเลขของข่าวสารทั้งหมดของหมายเลขนี้ใน 1 รอบ

2 = หมายเลขข่าวสาร

3 = จำนวนทั้งหมดของดาวเทียมที่มีอยู่ในฟิลล์

4 = หมายเลข PRN ของดาวเทียม

5 = มุมเอlevationชั้น (Elevation) หรือมุมเงยมีค่าสูงสุด 90 องศา

6 = มุมอาซิมุส (Azimuth) ทำกับหัวเหนือมีค่า 000-359 องศา

7 = ค่า SNR มีค่า 00-99 dB (0 เมื่อไม่มีการแทรกคั้ง)

8-11 = ข่าวสารเกี่ยวกับดาวเทียมที่สอง , เหมือนกับฟิลด์ 4-7

12-15 = ข่าวสารเกี่ยวกับดาวเทียมดวงที่สอง , เหมือนกับฟิลด์ 4-7

16-19 = ข่าวสารเกี่ยวกับดาวเทียมดวงที่สี่ , เหมือนกับฟิลด์ 4-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การนำระบบ GPS ไปใช้ในการบันทึกเส้นทางรถยนต์

ในโลกปัจจุบันที่มีการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นมาเรื่อยๆ ทำให้ระบบ GPS ถูกนำมาใช้งานกันมากขึ้น เครื่องรับสัญญาณ GPS จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นจนมีขนาดเล็กจนสามารถพกพากันได้สะดวก มีทั้งแบบที่มีลักษณะคล้ายมือถือซึ่งเป็นเครื่อง GPS สำเร็จรูปใช้งานได้เลยแสดงผลโดยจอ LCD ส่วนใหญ่ใช้กันพวกนักเดินป่า หรือเป็นเครื่อง ปาร์ม ที (Pule 3) ที่ติดระบบ GPS และเสาอากาศ

เครื่องรับสัญญาณ GPS ที่เราจะใช้ในการบันทึกเส้นทางรถยนต์นี้ เป็นของบริษัท SANJOSE NAVIGATION, INC. ซึ่งเราใช้แบบ Module รุ่น FV-12 สาเหตุที่เราใช้แบบ Module เพราะสามารถเชื่อมต่อต่างๆ ได้ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้มากกว่า ซึ่งถ้าเป็นเครื่องรับ GPS สำเร็จรูปค่าต่างๆ จะถูกตั้งมาโดยบริษัทผู้ผลิต ซึ่งไม่ค่อยจะสะดวกในการนำมาใช้งานประยุกต์



รูปที่ 3-1 บอร์ด GPS (GPS Receiver Module)

3.1 บอร์ด GPS (GPS Receiver Module)

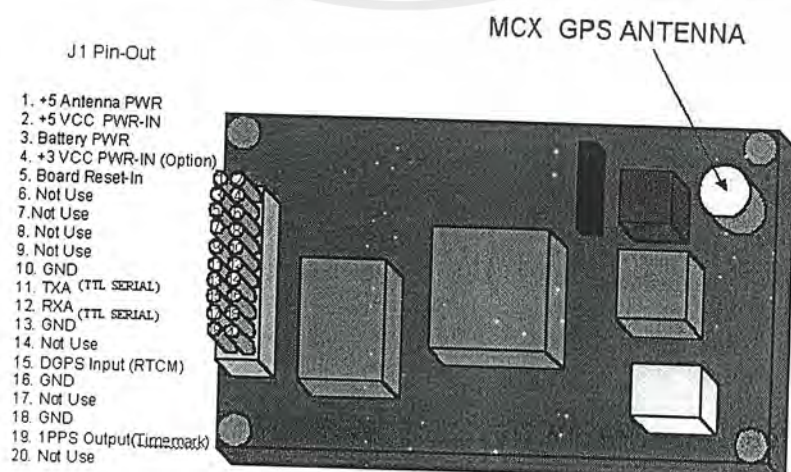
บอร์ด GPS จัดได้ว่าเป็นหัวใจของโปรเจกต์นี้เลย ซึ่งบอร์ดนี้มีขนาด 4.1x7.13 เซนติเมตรหนาเพียง 0.7 ซม. ซึ่งมีขนาดเล็กกระทัดรัด มีพอร์ตต่อออกไปยังอุปกรณ์ภายนอก 1 ชุด มีทั้งหมด 20 ขา เป็นทั้ง แหล่งจ่ายไฟ, ภาครับ-ภาคส่ง ฯลฯ

ซึ่งในการใช้งานของโครงการนี้เราจะใช้เพียง 6 ขา หลักๆเท่านั้นเอง อันได้แก่ ขาที่ 1,2,3,10,11 และ 12 โดยขา TX,RX จะต้องนำไปต่อกับวงจรอินเทอร์เฟส ซึ่งเป็นอุปกรณ์เชื่อมสัญญาณระหว่างบอร์ด GPS กับ คอมพิวเตอร์ โดยในโปรเจกต์วงจรอินเทอร์เฟสที่เราใช้เป็น MAX232 ซึ่งทำงานเหมือนกับ RS232 ส่วนเสาอากาศจะเป็นชนิด MCX ซึ่งเป็นเสาอากาศที่มีอัตราการขยายสูง ใช้ในที่โล่งแจ้งซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ติดหลังคารถยนต์ ส่วนขา 3 ที่ใช้ต่อแบตเตอรี่ไว้ นั่นก็เพื่อเป็นแบ็คอัพค่าต่างๆ ของ GPS ที่เราได้ทำการ set ด้วยโปรแกรมของบริษัทไว้ ซึ่งเมื่อ set ไว้แล้วจะได้ไม่ต้อง set อีก นอกจากจะตั้งค่าที่ set เป็นแบบอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอร์ด GPS มีขาเอาต์พุตที่ใช้ต่อกันอุปกรณ์ 20 ขาดังนี้

หมายเลขขา	ชื่อ	หน้าที่
1.	VANT	เป็นขาที่จ่ายไฟไปเลี้ยงสายอากาศ +5V
2.	VCC	เพาเวอร์ของบอร์ด GPS FV-12 ใช้ไฟ +5V ($\pm 5\%$) 250mA
3.	BAT	เป็นเบตเตอร์รีเซ็ตออฟให้วงจร
4.	VDD	เพาเวอร์ของบอร์ด GPS LHXA-3 ใช้ไฟ +3.3V
5.	PBRES	Push Button Reset Input, Active Low
6.	RESERVED	ไม่ได้ใช้งาน
7.	RESERVED	ไม่ได้ใช้งาน
8.	RESERVED	ไม่ได้ใช้งาน
9.	RESERVED	ไม่ได้ใช้งาน
10.	GND	กราวด์
11.	TXA	ด้านส่ง ซึ่งให้อาต์พุตเป็นข้อมูลและสัญญาณนำร่อง
12.	RXA	ด้านรับ จะรับสัญญาณจากซอร์ฟแวร์
13.	GND	กราวด์
14.	TXB	ใช้สำหรับประยุกต์
15.	RXB	ใช้รับสัญญาณจาก DGPS
16.	GND	กราวด์
17.	RESERVED	ไม่ได้ใช้งาน
18.	GND	กราวด์
19.	TIMEMARK	เป็นเอาต์พุตของ 1PPS(pulse-per-second)
20.	RESERVED	ไม่ได้ใช้งาน

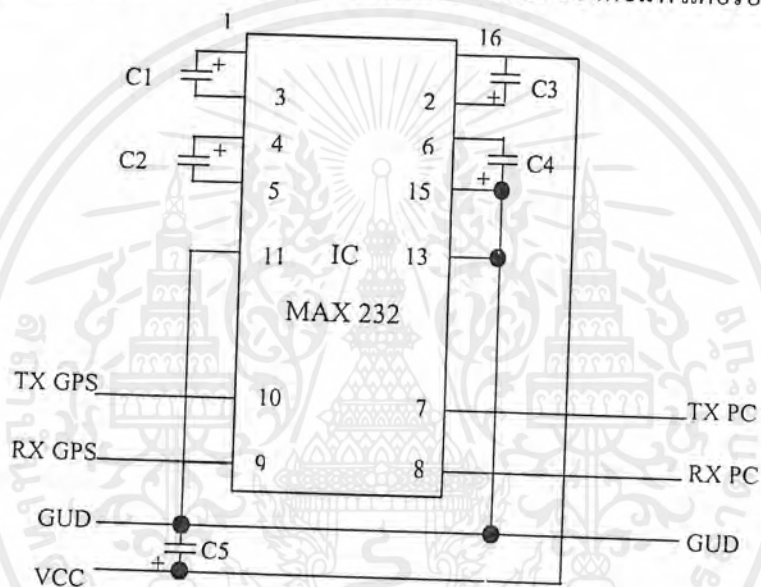


เอกสารนี้เป็นรูปที่ 3-2 ตำแหน่งของขาต่างๆ บนบอร์ด GPS (GPS Receiver Module) ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

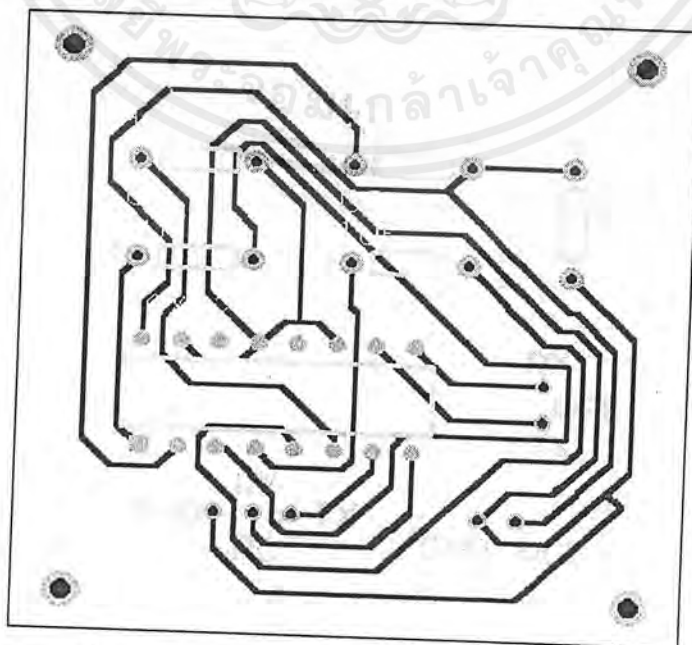
3.2 วงจรอินเทอร์เฟซ MAX 232

วงจร MAX 232 นี้ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากบอร์ด GPS ซึ่งเป็นสัญญาณ TTL/CMOS ให้เป็นสัญญาณ RS 232 เพื่อส่งไปยังคอมพิวเตอร์ ในขณะที่เดียวกันก็แปลงสัญญาณ RS 232 จากคอมพิวเตอร์ ให้เป็นสัญญาณ TTL/CMOS กลับมายังบอร์ด GPS

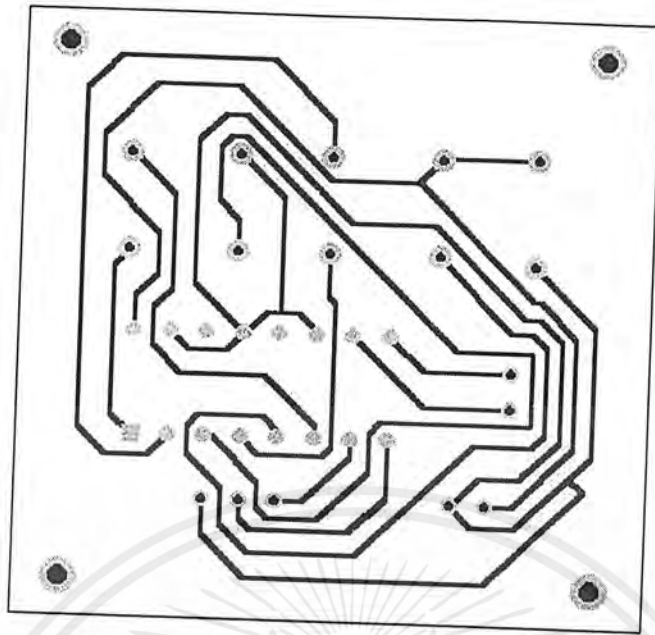
วงจร MAX 232 นี้ใช้ไฟ $VCC = +5V$, C1 ถึง C5 ใช้ค่า $1\mu F$ ขา 10 ของ MAX 232 ต่อกับขา 11 บอร์ด GPS ขา 9 ของ MAX 232 ต่อกับขา 12 บอร์ด GPS ส่วนขา 7 ของ MAX 232 ต่อกับขา 4 ของคอนเน็กเตอร์ DB9 ขา 8 ของ MAX 232 ต่อกับขา 5 ของคอนเน็กเตอร์ DB9 และขา GND ของ MAX 232 ต่อกับขา 1 ของคอนเน็กเตอร์ DB9 ซึ่งคอนเน็กเตอร์ DB9 นี้จะใช้สาย 6 COLE ที่มีขายกันในท้องตลาดต่อเข้ากับพอร์ต COM1 หรือ COM2 ของคอมพิวเตอร์อีกที



รูปที่ 3-3 วงจร MAX 232 ที่ต่อใช้งานใช้



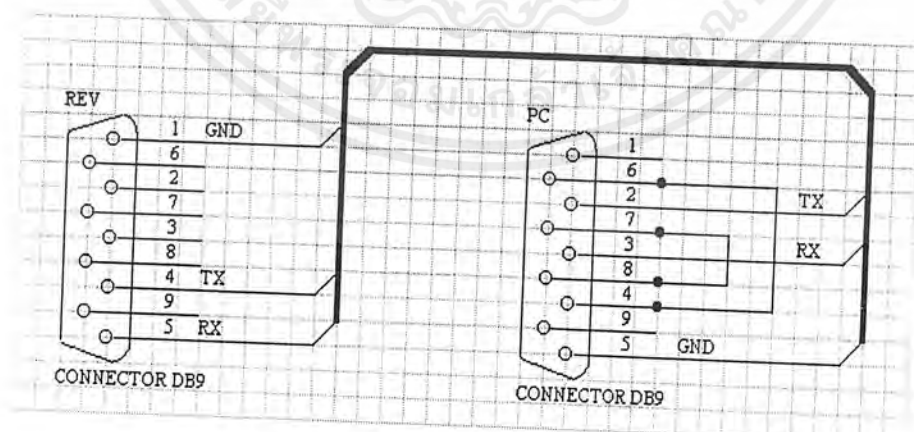
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 3-4 วงจร MAX 232 ที่ได้ทำการออกแบบไปอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-5 ลายป็นของวงจร MAX 232 ที่ออกแบบ

เมื่อต่อบอร์ด GPS กับ MAX 232 แล้วทำการจ่ายไฟให้แก่อุปกรณ์ทั้งสองและต่อสายอากาศเสร็จสิ้นแล้ว ก็ให้นำสาย 6 COLE มาต่อที่คอนเน็กเตอร์ DB9 ของวงจรถ่าย MAX 232 โดยปลายสายอีกด้านนำไปต่อกับพอร์ต COM1 หรือ COM2 เครื่องคอมพิวเตอร์ เท่านี้ก็เป็นอันเสร็จสิ้นการติดตั้งระบบฮาร์ดแวร์

รูปที่ 3-6 เป็นการต่อคอนเน็กเตอร์ DB 9 เข้ากับสาย 6 COLE จากเครื่องรับสัญญาณ GPS ผ่าน MAX 232 ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์



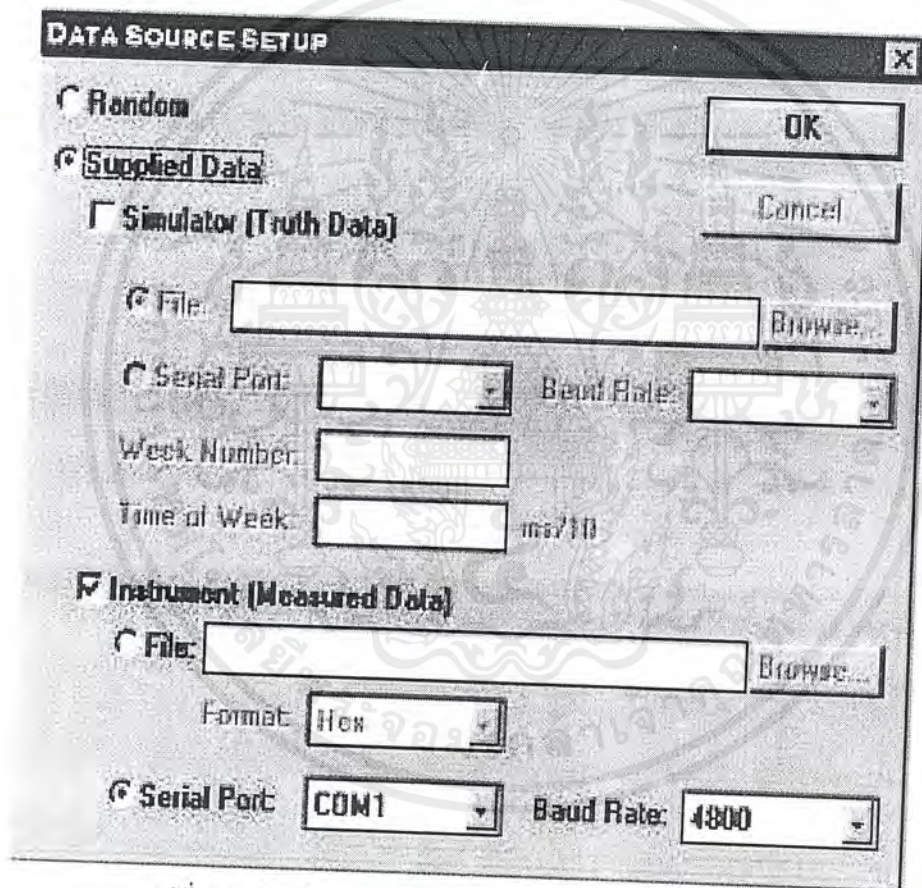
รูปที่ 3-6 การต่อ Connector DB9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอร์ด GPS นี้ เมื่อทำการต่อใหม่ๆ จะต้องทำการ set ค่า Baud Rate, ใช้ serial port 1 หรือ 2 ให้ GPS แสดงเอาต์พุต เป็นอะไรออกมาบ้าง ซึ่งเราจะต้องใช้โปรแกรมที่ทางบริษัทให้มาเป็นตัว set เพื่อให้เหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้งานตามความต้องการของเรา

3.3 การ Set บอร์ด GPS (GPS Receiver Module) ด้วยโปรแกรม SiRF star DEMO 2.0.16

เมื่อดับเบิลคลิกที่ SiRfdemo.exe ก็จะเข้าสู่หน้าจอ Data Source Setup ซึ่งเป็นการ set บอร์ดกับเครื่องคอมพิวเตอร์ให้ทำงานร่วมกันได้ ให้เราเลือกไปที่ Supplied Data แล้วจึงทำการเลือก serial port ให้ตรงกับพอร์ตที่เราจะใช้ จากนั้นก็ทำการเลือก Baud Rate ซึ่งในที่นี้เราจะใช้ 4800 Baud Rate แล้วจึงทำการตอบตกลง ดังตัวอย่างข้างล่างนี้



รูปที่ 3-7 ตัวอย่างการ Set Serial port และ Baud Rate

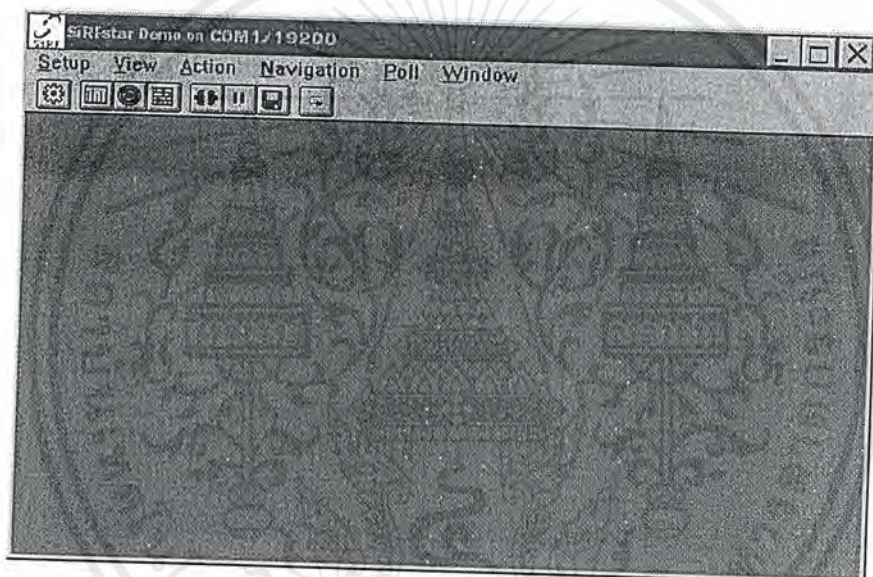
เมื่อ set เสร็จแล้วก็จะเข้ามาที่หน้าจอดังรูปที่ 3-8 ซึ่งเป็นตัวโปรแกรม SiRFstar Demo โดยโปรแกรมจะขึ้นค่า Baud Rate กับ พอร์ต ที่เรา set ไว้ จากนั้นเราจะต้องมาทำการเลือกว่าจะรับโปรโตคอลแบบไหน ซึ่งโปรแกรมนี้อจะมี 2 ชนิด คือ

1. NMEA Protocol
2. SiRF Protocol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 NMEA Protocol คือ โปรโตคอลมาตรฐานถูกนำมาใช้เครื่อง GPS เพื่อส่งข้อมูล NMEA เอาท์พุทเป็นโปรโตคอล EIA-422A แต่เราสามารถนำไปใช้ร่วมงานกับ RS-232 ได้โดยใช้ อัตราการส่งข้อมูล 4800 bps, 8 คาต่าบิท , ไม่มีพาริตีบิทและมีหนึ่งสตอปบิท (stop bit (8N1)) ประโยคของ NMEA - 183 จะเป็นแอสกีทั้งหมด แต่ละประโยคจะเริ่มต้นด้วยดอลลาร์ (\$) และจบลงด้วย carriage return/line feed (<CR><LF>) ข้อมูลจะถูก ขึ้นด้วยคอมม่าเครื่องรับ GPS บางอันจะไม่ส่งบางฟิลด์ (Field) ข้อมูลเช็คซั่มถูกเพิ่มเข้าไป ส่วนที่ตามหลัง \$ คือ แอดเดรสฟิลด์ aacc โดย aa คือ device id GP ใช้บ่งเพื่อชี้ว่าข้อมูล GPS จะส่ง device id ตามปกติและเลือกได้ ccc คือรูปแบบประโยค (sentence formatter) เรียกว่า sentence name

3.3.2 SiRF Protocol คือ โปรโตคอลที่ทางบริษัท SiRF เป็นผู้ตั้งขึ้นมาเอง เพื่อให้เหมาะสมกับ GPS ที่ทางบริษัทได้ทำขึ้น

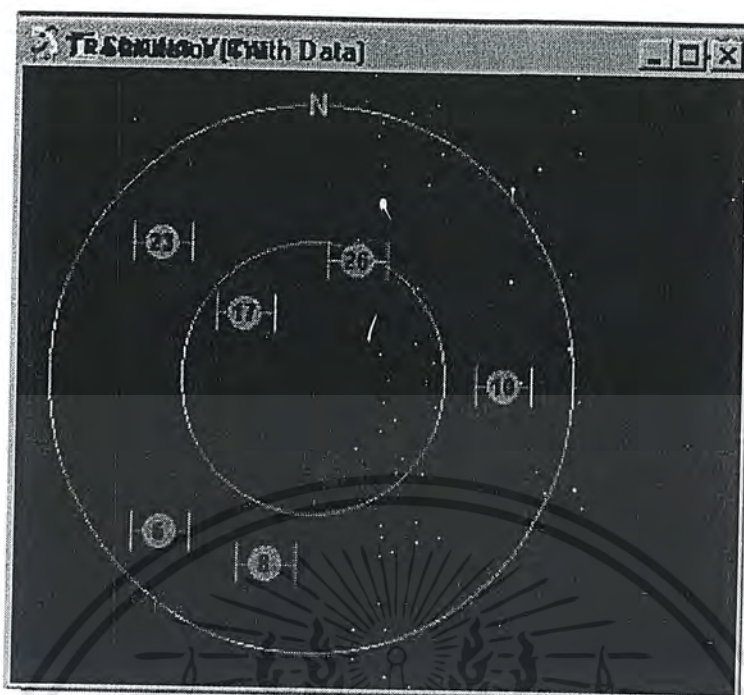


รูปที่ 3-8 โปรแกรม SiRFstar Demo

แต่การใช้งานเราต้องการความเป็นสากล เราจึงใช้ NMEA Protocol เป็นหลัก ให้เลือกที่ ACTION จากนั้นก็เลือกที่ Swich to NMEA Protocol แล้วโปรแกรมจะให้เราเลือกว่าจะรับรูปแบบประโยคอะไรบ้าง ประโยคละกี่วินาที ดังรูปที่ 3-9

NMEA Messages มีด้วยกัน 6 ชนิด ได้แก่ GGA, GLL, GSA, GSV, RMC, VTG ซึ่งรายละเอียดของแต่ละประโยคให้ไปดูที่บทที่ 2 ในที่นี้เราจะใช้เพียง RMC ซึ่งให้ทั้งค่า Latitude, Longitude, เวลา, วันที่ และกำหนดให้แสดงค่าทุกๆ 1 วินาที ด้วยความเร็ว 4800 Baud Rate

จากนั้นก็ทำการตรวจดูว่า GPS สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ไหม ถ้าได้รับดวงไหนได้บ้าง โดยดูจาก TRACKING VIEW ซึ่งจะบอกตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดาว ที่อยู่บริเวณนั้น ณ. เวลาดังกล่าว พร้อมทั้งบอกว่าเครื่องรับสัญญาณ GPS ของเราสามารถรับดาวเทียมดวงไหนได้ ดวงไหนไม่ได้ และถ้าเราเคลื่อนที่จะบอกด้วยว่าเราเคลื่อนที่ไปทางทิศใด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น มิใช่อยู่ให้คนอื่นใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



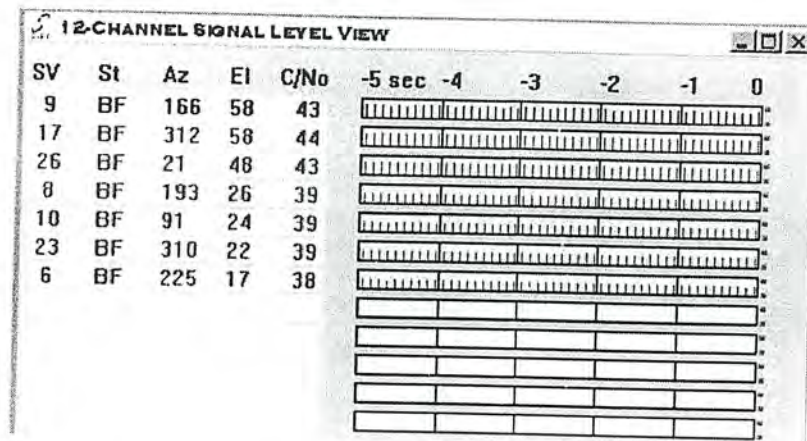
รูปที่ 3-9 TRACKING VIEW

จากรูปที่ 3-9 จะเห็นเส้นวงกลม 2 เส้น ตรงกลางของวงกลมทั้งสอง คือตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ GPS คือ 90° จากพื้นดิน ส่วนวงในจะเป็นเส้น 45° จากพื้นดิน ส่วนวงนอกสุด คือ เส้น 0° จากพื้นดิน หรือเรียกว่าขนานกับพื้นดิน เท่าดาวเทียมโคจรออกนอกเส้น 0° ก็ดาวเทียมได้เคลื่อนไปอีกซีกโลกแล้ว เราจะไม่สามารถรับสัญญาณได้เลยเนื่องจากถูกโลกบังสัญญาณไว้ ดาวเทียมที่เราสามารถรับสัญญาณได้จะเห็นเป็นรูปสี่เหลี่ยม หมายเลขที่ขึ้นบนดาวเทียม คือ หมายเลขของดาวเทียม GPS นั้นๆ ดาวเทียมดวงสีน้ำเงินแสดงว่ารับสัญญาณไม่ค่อยได้เนื่องจาก Error ต่างๆ ทำให้สัญญาณมีความผิดเพี้ยน รวมถึงความแรงของสัญญาณด้วย ส่วนกรณีที่ไม่สามารถรับสัญญาณได้เลย ดาวเทียมจะเป็นสีแดง

เราสามารถจะดูตำแหน่งของดาวเทียมเป็นค่า Azimuth และ Elevation พร้อมทั้งบอกหมายเลขของดาวเทียม และความแรงของสัญญาณของดาวเทียมดวงนั้นได้จากหน้าจอของ 12-Channel Signal Level View ดังรูปที่ 3-10 โดยจะแสดงค่าต่างๆ ดังนี้

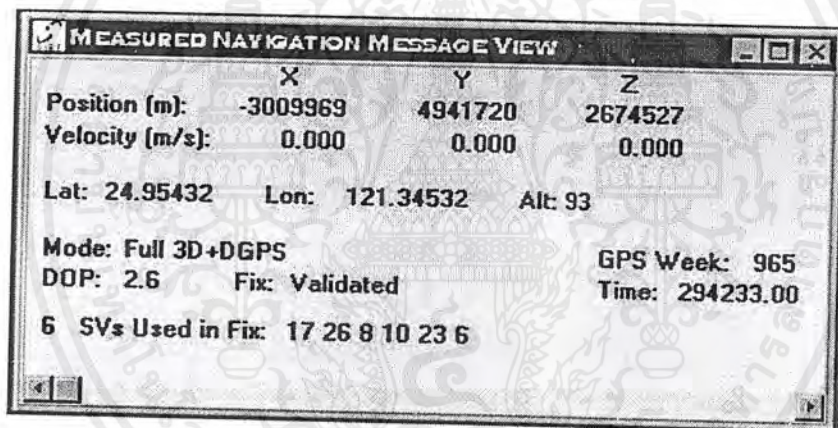
SV	หมายเลขดาวเทียม GPS
ST	สถานะของดาวเทียม
Az	มุมอาซิมุส
EI	อีเลเวชัน
C/No	ระดับความแรงของสัญญาณที่รับได้หน่วยเป็น dB-Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-10 จอ 12-Channel Signal Level View

นอกจากนี้เรายังสามารถดูตำแหน่งของเครื่องรับ GPS ว่าอยู่ตำแหน่งที่ ละติจูด ลองจิจูด สูงจากระดับน้ำทะเล เท่าไหร่ พร้อมทั้งแสดงเวลาซึ่งเป็นเวลาสากลอีกด้วย ซึ่งเราสามารถดูได้จากหน้าจอ Measured Navigation Message View ดังรูปที่ 3-11



รูปที่ 3-11 Measured Navigation Message View

X,Y,Z	ตำแหน่งพิกัดของเครื่องรับ GPS ใน ECEF (Meters)
Velocity	อัตราความเร็ว ใน ECEF
Latitude	ละติจูดใน(มุมทศนิยม)
Longitude	ลองจิจูดใน(มุมทศนิยม)
Mode	ชนิดของสัญญาณนำร่อง
GPS Week	หมายเลข GPS ในสัปดาห์
DOP	ความเพี้ยน
Fix	ยอมรับความเพี้ยนหรือไม่
Time	เวลาสากล GPS

เอกสารนี้ Svs used in fix ไว้สำหรับการรับดาวเทียมได้ก็ดวง ดวงที่เท่าไรบ้าง ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 โปรแกรมบันทึกเส้นทางรถยนต์

4.1 โครงสร้างโปรแกรม

โปรแกรมนี้เขียนขึ้นเพื่อช่วยในการบันทึกเส้นทางที่รถยนต์วิ่งผ่านมาแล้ว โดยจะสามารถแสดงพิกัดของผู้ใช้ด้วยเป็นค่า ละติจูด ลองจิจูด วัน เวลาที่ทำการบันทึก โดยเมื่อเราทำการติดตั้งและเซต GPS เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรมจะทำการรับประโยค โปรโตคอล NMEA จากเครื่องรับสัญญาณ GPS และทำการแยกข้อมูลออกมา จากนั้นจึงนำข้อมูลที่รับมาไปประมวลผลแล้วจึงแสดงผลพิกัดออกมาบนแผนที่ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ผู้ใช้ทราบตำแหน่งของตนเองได้อย่างชัดเจน และโปรแกรมยังสามารถที่จะบันทึกเส้นทางและจัดเก็บเป็นไฟล์ พร้อมทั้งสามารถเรียกไฟล์นั้นๆ กลับออกมาดูได้อีก

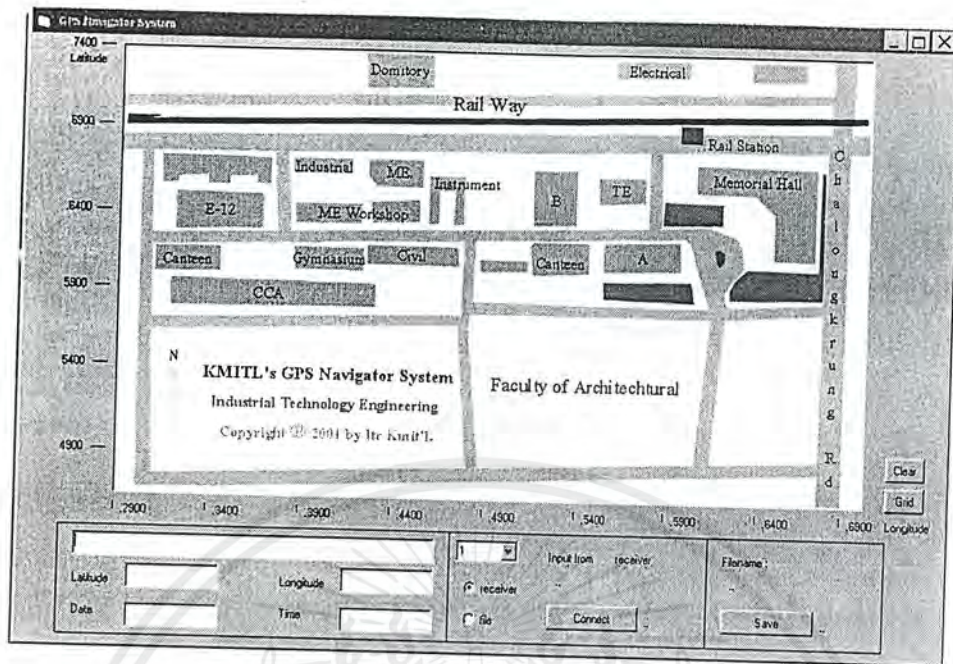
ซึ่งในการทดสอบแรกๆ เราใช้เครื่องรับ GPS ไปทำการจับพิกัดตามถนนต่างๆ โดยใช้โปรแกรมที่มากับเครื่องเป็นตัวบอกละติจูดและลองจิจูด เพื่อนำค่าละติจูดและลองจิจูดที่ได้มาทำการสร้างรูปแผนที่คล้ายๆ แล้วนำแผนที่นั้นมาทดสอบในโปรแกรมที่เราเขียน และได้มีการแก้ไขจนสเกลของแผนที่กับค่าละติจูดและลองจิจูดเหมาะสมกัน

ในการทำงานในส่วนของโปรแกรมการทำงานเราใช้โปรแกรม Visual Basic 6 ในการเขียน เพราะสามารถใช้งานด้านกราฟฟิกได้ดี มีความละเอียดต่อพิกเซลที่ดี สามารถใช้งานบนโปรแกรม Windows 98 ได้ การเขียนโปรแกรมมีการแบ่งโครงสร้างของโปรแกรมออกเป็น 3 Forms ได้แก่ ส่วน MAIN Program , Open Program และ Save Program แต่จะมีส่วนโปรแกรมย่อยของ Modules1 Global ซึ่งใช้ประกาศตัวแปร Global เพื่อทำการส่งค่าระหว่าง Forms ได้

4.2 MAIN Program หรือเรียกว่าโปรแกรมหลัก

โปรแกรมส่วนนี้จะเป็นตัวเซตค่าเริ่มต้น เซตคอมพอร์ตว่าจะรับอินพุตที่คอมพอร์ตใด 1 หรือ 2 เซตขนาดของรูปภาพแผนที่ เซตค่าตัวแปรต่างๆ เซตการกำหนดตัวอักษรบน combo box ต่างๆ เซตการลากเส้นกริด และค่าเริ่มต้นต่างๆ ฯลฯ หลังจากนั้นโปรแกรมจะมาดูว่าเราจะให้รับค่าจากไฟล์หรือรับจากเครื่องรับ GPS ถ้ารับจากไฟล์โปรแกรมหลักจะไปเรียก sub โปรแกรม Open ขึ้นมา ถ้าเรียกรับจากเครื่องรับสัญญาณ GPS โปรแกรมหลักก็จะไปเปิดคอมพอร์ตที่เราเซตไว้ จากนั้นก็จะทำการรับค่าทั้งจากไฟล์และเครื่องรับ GPS แล้วแต่ที่เราเรียกแบบไหน มาทำการแยกตัวแปรต่างๆ ออกจากข้อมูลที่รับมา แล้วทำการ Plot จุดลงบนรูปแผนที่ การ plot จุดนี้จะมีการเซตตลอดว่ามีการ Save หรือไม่ ถ้ามีโปรแกรมหลักจะไปเรียก sub โปรแกรม Save ขึ้นมาทำการเซฟ ถ้าไม่เซฟโปรแกรมหลักก็จะไปเซตว่าจะหยุดการรับค่าหรือไม่ ถ้าไม่หยุดโปรแกรมก็จะวนกลับไปทำการรับค่าและแยกตัวแปรต่อไป ถ้าหยุดโปรแกรมสิ้นสุดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์หรือทรัพย์สินทางปัญญา หากมีข้อสงสัยประการใด กรุณาแจ้งไปยังศูนย์บริการลูกค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-1 หน้าจอโปรแกรมหลักของ GPS Navigation System

จากรูปที่ 4-1 รูปและค่าเริ่มต้นต่างๆ ของหน้าจอจะถูกเซตโดยโปรแกรมหลัก โปรแกรมหลักจะถูกเซตให้เริ่มต้นที่คอมพิวเตอร์ 1 และเลือกรับเป็น Receiver เสมอ เมื่อเข้ามาสู่หน้าจอนี้ผู้ใช้จะต้องมาเลือกว่าจะรับค่าจาก Receiver หรือ File ถ้าเลือกเป็น Receiver จะต้องมาเลือกว่าจะรับจากคอมพิวเตอร์ 1 หรือ 2 เสร็จแล้วกดที่ปุ่ม Connect โปรแกรมก็จะทำการรับค่าจากเครื่องรับ GPS แล้วนำมาแสดงผล ซึ่งจะแสดงตำแหน่งบนแผนที่ แสดงค่าละติจูด ลองจิจูด วัน/เดือน/ปี เวลา โดยเวลานี้จะต้องบวก 7 จากเวลาที่รับเข้ามา เนื่องจากเวลาที่รับมาเป็นเวลาสากล และข้อมูลข่าวสารที่รับ ปุ่ม Save มีไว้สำหรับบันทึกเส้นทางและข้อมูลต่างๆ โดยจะต้องกดก่อนว่าจะทำการเริ่มบันทึกตอนไหน โปรแกรมจะขึ้นเมนูเซฟมาให้อาจจะเซฟชื่อไฟล์อะไร แล้วชื่อไฟล์จะไปแสดงตรง Fileman เมื่อกดปุ่ม Save แล้ว ปุ่มนี้จะกลายเป็น Stop และกดอีกทีจะเป็นการสิ้นสุดการบันทึก

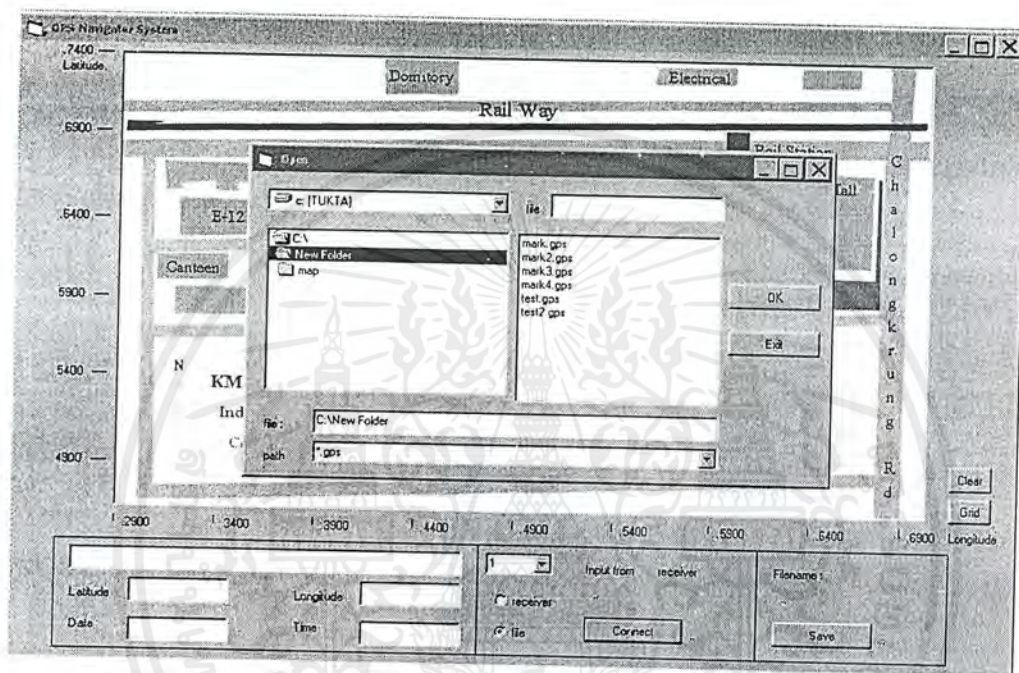
ถ้าเลือกเป็นรับค่าจาก File โปรแกรมก็จะขึ้นเมนูไฟล์มาให้อาจจะเลือกไฟล์ไหนมาแสดงผลแล้วกดที่ปุ่ม Connect โปรแกรมก็จะทำการรับค่าจากไฟล์ที่บันทึกไว้มาแสดง โดยการแสดงผลจะเหมือนกับรับจากเครื่องรับทุกอย่าง แต่ตรง Input Form จะขึ้นเป็น File และแสดงชื่อไฟล์ที่อ่านอยู่

เมื่อจะหยุดการทำงานก็ให้กดปุ่ม Disconnect ซึ่งเดิมปุ่มนี้จะเป็นปุ่ม Connect แต่เมื่อโปรแกรมทำงานจะกลายเป็น Disconnect เมื่อกดจะเป็นการสิ้นสุดการทำงาน ส่วนปุ่ม Clear มีไว้ใช้ล้างจุดที่โปรแกรมทำการ plot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 Open Program หรือเปิดไฟล์

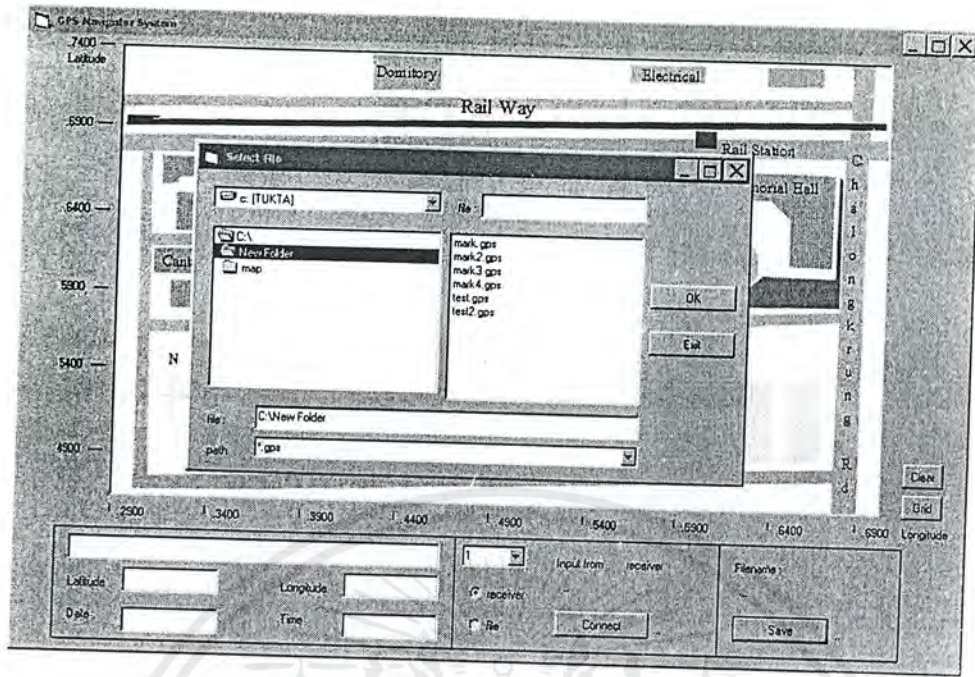
เป็นโปรแกรมที่จะทำงานเมื่อโปรแกรมหลักเลือกรับค่าจากไฟล์ โปรแกรมนี้จะหน้าจอขึ้นมาบนแผนที่ให้เราทำการเลือกใคร่ เลือกโคเรคตอรี และเลือกไฟล์ที่จะให้แสดงผล เมื่อได้ไฟล์ที่ต้องการแล้ว กดปุ่ม OK โปรแกรมเลือกไฟล์นี้ก็จะปิด เมื่อกดปุ่ม Connect ที่โปรแกรมหลักแล้วไฟล์ที่เลือกก็จะไปแสดงที่ Input Form ว่า File แล้วก็จะขึ้นใคร่และโคเรคตอรีแล้วก็ชื่อไฟล์ที่เรียกใช้งาน



รูปที่ 4-2 หน้าจอของโปรแกรม Open File เมื่อถูกเรียกใช้งาน

4.4 Save Program หรือ บันทึกไฟล์

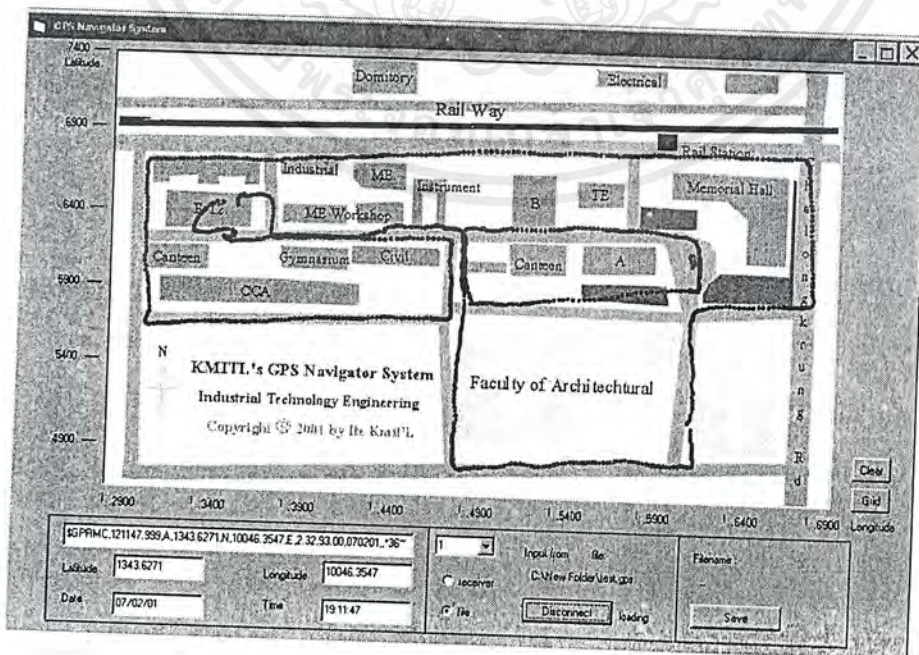
โปรแกรมนี้มีไว้สำหรับบันทึกเส้นทางและข้อมูลต่างๆ เป็นโปรแกรมที่จะทำงานเมื่อโปรแกรมหลักเลือกเซฟ โปรแกรมนี้จะหน้าจอขึ้นมาบนแผนที่ให้เราทำการเลือกใคร่ เลือกโคเรคตอรี และเลือกไฟล์ที่จะให้ทำการเซฟลงบนไฟล์นั้นๆ เมื่อได้ไฟล์ที่ต้องการแล้ว กดปุ่ม OK โปรแกรมเลือกไฟล์ที่จะทำการบันทึกนี้ก็จะปิด จากนั้นก็มาทำการเลือกว่าจะให้ทำการบันทึกค่าที่รับจาก Receiver หรือ File แล้วกด Connect คราวนี้ถ้าเราจะทำการบันทึกตอนไหน ก็ให้กดปุ่ม Save แล้วชื่อใคร่และโคเรคตอรีและไฟล์ที่จะทำการบันทึกจะไปแสดงตรง File name เมื่อกดปุ่ม Save แล้ว ปุ่มนี้จะกลายเป็น Stop และกดอีกทีจะเป็นการสิ้นสุดการบันทึก ข้อมูลและค่าต่างๆ ก็จะถูกเก็บไปไว้ในไฟล์นั้นๆ ซึ่งผู้ใช้สามารถเรียกขึ้นมาดูได้ตลอดเวลา



รูปที่ 4-3 หน้าจอของโปรแกรม Save File เมื่อถูกเรียกใช้งาน

4.5 การแสดงผลของโปรแกรม GPS Navigation System

โปรแกรมจะทำการรับประโยคโปรโตคอล จากเครื่องรับสัญญาณ GPS หรือ จาก File มา แยกข้อมูลแล้วทำการนำค่าละติจูดและลองจิจูด มาทำการ Plot จุดสีแดงหนึ่งจุดต่อค่าละติจูดและลองจิจูดชุดหนึ่ง เมื่อมีการรับค่าชุดใหม่เข้ามาก็จะทำการ Plot จุดขึ้นมาใหม่ก็จุด ซึ่งเมื่อเครื่องรับมีการเคลื่อนที่จุดที่แสดงก็จะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่มีการเคลื่อนที่นั้น



รูปที่ 4-4 การแสดงผลของโปรแกรม GPS Navigation System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานในเชิงวิชาการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Latitude

7400

6900

6400

5900

5400

4900

Dormitory

Electrical

Rail Way



N

KMITL's GPS Navigator System
Industrial Technology Engineering
 Copyright © 2001 by Ite Kmit'l.

Faculty of Architechtural

Clear

Grid

Longitude

2900

3400

3900

4400

4900

5400

5900

6400

6900

7400

receiver

file

Input from

receiver

Connect

Filename:

Save

Latitude

Longitude

Date

Time

7400

Latitude

6900

6400

5900

5400

4900

Domifory

Electrical

Rail Way

Rail Station

h a l l o n g k r u n g R d

Memorial Hall

TE

B

Canteen

A

Industrial

ME

Instrument

ME Workshop

Gymnasium

Civil

Canteen

CCA

N

KMITL's GPS Navigator System

Industrial Technology Engineering

Copyright © 2001 by Ite Kmitl.

Faculty of Architectural

Clear

Grid

Longitude

6900

6400

5900

5400

4900

4400

3900

3400

2900

Filename

Save

Input from file

C:\New Folder\test.gps

Disconnect

loading

receiver

file

\$GPRMC,121147.999,A,1343.6271,N,10046.3547,E,2.32,93.00,070201,36

Latitude 1343.6271

Longitude 10046.3547

Date 07/02/01

Time 19:11:47

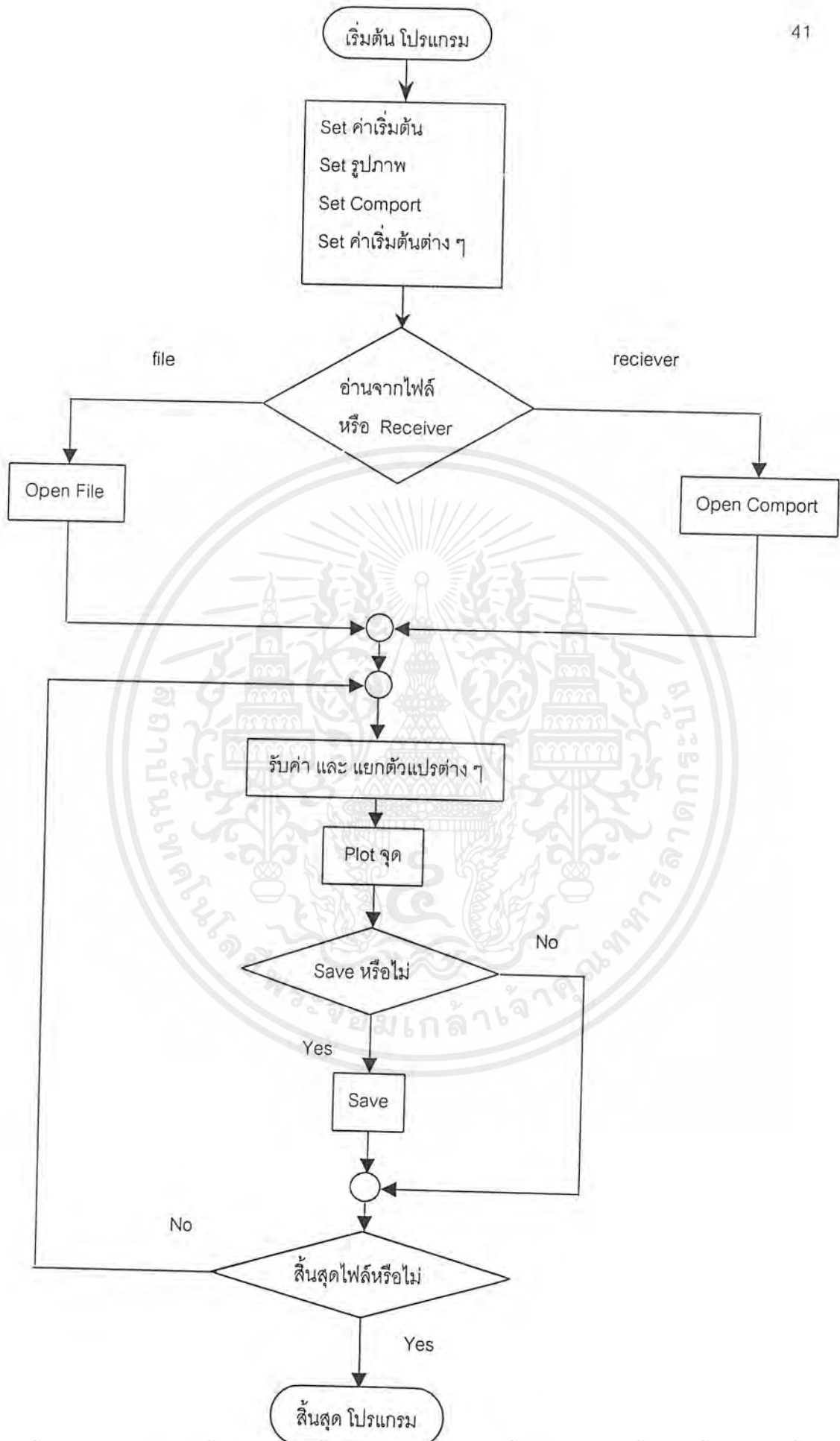
การแสดงผลจะครอบคลุมอยู่ในขอบเขตของแผนที่ ที่ได้สร้างขึ้นมา จากรูปที่ 4-4 เป็นการนำเครื่องรับสัญญาณ GPS ใส่ว่ายในรถยนต์แล้วทำการขับรถไปตามเส้นทางต่างๆ ในพื้นที่ดังรูป โดยแสดงผลนี้ จะแสดงเส้นทางที่รถยนต์วิ่งผ่าน แสดงวัน เวลา ที่ทำการขับรถยนต์ แสดงค่าพิกัดเป็นค่าละติจูด ลองจิจูด และยังแสดงประโยคโปรโตคอลซึ่งเป็นข้อมูลดิบให้ดูอีกด้วย

แต่เนื่องจากการผิดพลาดในระบบ GPS ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ทำให้การแสดงผลมีการผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริงบ้างบางส่วน และคุณสมบัติของสายอากาศที่ใช้ได้แต่บริเวณโล่งแจ้ง เมื่อทำการขับรถยนต์เข้ามาได้ตึก จะเกิดการขาดหายของสัญญาณบางส่วนหายไป และจะมาแสดงอีกครั้งเมื่อรถยนต์ขับผ่านตัวอาคารมาแล้ว แต่ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นก็ยังจัดว่ายอมรับได้

4.6 โฟล์ชาร์ดโปรแกรมโดยรวม

เป็นโฟล์ชาร์ดคร่าวๆ ของโปรแกรม GPS Navigation System ซึ่งแสดงระบบการทำงานโดยรวมของโปรแกรม ซึ่งจะมีทั้งส่วนของโปรแกรมหลัก โปรแกรมเปิดไฟล์ และ โปรแกรมเซฟไฟล์

อธิบายขั้นตอนการทำงานโดยเมื่อเริ่มต้นโปรแกรม โปรแกรมจะทำการ Set ค่าที่ให้เริ่มต้นต่างๆ Set ขนาดของภาพและรูปที่จะใช้แสดงผล Set คอมพอร์ต จากนั้นก็จะถามว่าจะรับสัญญาณจากเครื่องรับ GPS หรือ เปิดอ่านจากไฟล์ ถ้าอ่านจากเครื่องรับสัญญาณ GPS โปรแกรมจะไปทำการเปิดคอมพอร์ตเพื่อรับค่า แต่ถ้าเลือกอ่านจากไฟล์ โปรแกรมหลักจะกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมเปิดไฟล์ เมื่อเสร็จแล้วจะทำการรับค่าข้อมูลต่างๆ มาทำการแยกตัวแปรต่างๆ แล้วนำค่าพิกัดที่ได้มาทำการ Plot จุด เมื่อเริ่มมีการ Plot จุดแล้วโปรแกรมจะมาเช็คว่าการเซฟหรือไม่ ถ้าไม่มีการเซฟโปรแกรมจะข้ามขั้นตอนการเซฟ แต่ถ้ามีการเซฟโปรแกรมจะกระโดดไปยังโปรแกรมเซฟเพื่อทำการเซฟก่อน แล้วจึงมาที่ขั้นตอนการเช็คค่าสิ้นสุดไฟล์หรือยัง ถ้ายังก็จะวนกลับไปขั้นตอนการรับค่าและแยกตัวแปรอีก แล้วทำการ Plot จุดใหม่อีก แต่ถ้าเช็คได้ว่าสิ้นสุดไฟล์แล้ว โปรแกรมก็จะไปยังสิ้นสุดโปรแกรมเป็นการหยุดการทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4-5 โฟลว์ชาร์ตของโครงสร้างโปรแกรมโดยรวม
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบ

การทำงานของระบบ GPS Nivigater System ทั้งตัวบอร์ด GPS การติดต่อกันระหว่างเครื่องรับสัญญาณ GPS กับเครื่องคอมพิวเตอร์ และโปรแกรม GPS Nivigater System ทำงานเข้ากันได้อย่างมีประสิทธิภาพ การบันทึกเส้นทางรถยนต์เป็นผลสำเร็จ ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้ทำโครงการนี้ขึ้นมา และสามารถนำไปใช้งานได้จริง ซึ่งผู้จัดทำคิดว่าในอนาคตอันใกล้นี้จะมีการใช้งานกันมากขึ้น และคงจะมามีการพัฒนาเทคโนโลยี ทางด้านการใช้งานกับรถยนต์มากขึ้น เนื่องจากระบบดังกล่าวให้ความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้งานพาหนะได้เป็นจำนวนมาก

แต่อย่างไรก็ดีระบบนี้ก็ยังมีขีดจำกัดอยู่ที่แผนที่ ที่สร้างขึ้นยังมีขอบเขตไม่มาก จึงไม่สามารถแสดงเส้นทางที่ออกไปนอกแผนที่ในโปรแกรมนี้ได้ ซึ่งถ้ามีผู้สนใจจะพัฒนาเพิ่มขึ้นในภายหลังก็สามารถทำได้ โดยอาจจะต้องมีการสำรวจพื้นที่เพิ่มขึ้นก็ได้

ระบบ GPS ที่ทำขึ้นยังมีความผิดพลาดเกิดขึ้น เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากทางเทคนิค เช่น การเฉไปของดาวเทียม นาฬิกาอะตอมมิคบนดาวเทียมผิดพลาด การเข้า Coad เพื่อความปลอดภัยทางทหาร จากความร้อนภายในเครื่องรับ การจับกลุ่มของดาวเทียมที่ใช้นำร่อง และจากธรรมชาติ เช่น จากชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟีย อุณหภูมิ ความชื้น ซึ่งสามารถไปดูในบทที่ 2 ในเรื่องการผิดพลาดในระบบ GPS ได้

ระบบ GPS นี้ยังมีจุดที่ไม่สามารถรับสัญญาณได้ เช่นในตัวอาคาร หรือรับสัญญาณ GPS จากดาวเทียมได้อ่อนทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของสัญญาณ หรืออาจจะเป็นดาวเทียมตัวที่รับได้อยู่เคลื่อนออกไปนอกเขตที่เครื่องรับ GPS จะทำการรับสัญญาณได้ ทั้งนี้เนื่องจากเสาอากาศของเครื่องรับสัญญาณ GPS ยังมีประสิทธิภาพไม่มากพอ

การแสดงผลและการทำงานของโปรแกรมบันทึกเส้นทางรถยนต์ ยังต้องอาศัยเครื่องคอมพิวเตอร์อยู่ ถึงเราจะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ Note Book ซึ่งมาขนาดเล็กแล้ว แต่ก็ยังไม่สะดวกเมื่อนำไปติดตั้งในรถยนต์

แนวทางการพัฒนาในอนาคต

ถ้าสามารถทำการสำรวจเส้นทางและทำแผนที่ให้มีขอบเขตเพิ่มมากขึ้น การใช้งานและประโยชน์ที่จะได้รับก็จะเพิ่มขึ้น อุปกรณ์ทั้งเครื่องรับสัญญาณ GPS และโปรแกรมก็จะมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งอาจจะทำแผนที่ทั้งกรุงเทพฯ หรือทั้งประเทศ

ต้องมีการหาสายอากาศที่มีประสิทธิภาพมากกว่านี้มาใช้งาน เพื่อแก้ปัญหาเรื่องความไม่ต่อเนื่องของสัญญาณ และจุดอับสัญญาณ ภายในตัวอาคาร

ในอนาคตอาจจะมีการนำเครื่องปาร์มที่ มาใช้งานแทนเครื่องคอมพิวเตอร์ Note Book ซึ่งจะทำให้มีขนาดเล็กและเกิดความสะดวก คร่องตัวมากขึ้น แถมการนำไปติดตั้งก็จะสะดวกสบายกว่า ประหยัดเนื้อที่ภายในรถยนต์เพิ่มขึ้น

คาดว่าในอนาคตจะมีการนำไปประยุกต์ใช้งานกันในหลายๆ ด้านมากขึ้น เช่น นำไปเป็นอุปกรณ์นำทางภายในรถยนต์ ซึ่งจะบอกเส้นทางต่างๆ นำไปใช้แก้ปัญหาการจราจรติดขัด โดยการบอกว่าควรไปใช้เส้นทางใดในชั่วโมงเร่งด่วน หรืออาจมีการนำไปใช้ในการทำรถยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติก็ได้

ถ้าสามารถพัฒนาโปรแกรมให้สามารถแสดงเป็นภาพ 3 มิติได้ ก็จะทำให้การแสดงผลสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งจะสามารถเห็นว่ารถยนต์วิ่งอยู่ที่ตัวอาคารชั้นที่เท่าไร สำหรับในอาคารที่มีที่จอดรถยนต์บนอาคาร

คิดว่า Project นี้จะต้องมีประโยชน์ ในด้านการศึกษาด้วย เนื่องจากในต่างประเทศได้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และในไม่ช้าก็จะเข้ามาในประเทศไทยมากขึ้น ซึ่งจะต้องมีบริษัทที่ทำงานเกี่ยวกับ GPS เพิ่มขึ้น ถ้านักเรียนนักศึกษาเรียนรู้ไว้ก็จะเป็นประโยชน์ในการทำงานในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. GPS Standard & Signal Specification
<http://www.naveen.useg.mil/GPS/reports/reports.html>
2. Kaplan, Elliont D, ed. 1996, Understanding GPS: Principles and Application. Boston: Artech House Publisher
3. NMEA -0183
<http://sundae.friumf.ca/pub/peter/nmeafaq.txt>
4. GPS Overview
<http://www.utexas.students/depts/gcraft/notes/gps/gps.html>
5. GPS Map
www.mappointasia.com/mapstore/digitalmap.htm
6. GPS Receiver Module
<http://www.sanav.com>
7. GPS Navigation
<http://www.Thaimapguide.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V _{CC})	-0.3V to +6V	16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C)	695mW
Input Voltages		16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	762mW
T _{IN}	-0.3V to (V _{CC} - 0.3V)	18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	762mW
R _{IN}	±30V	20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C)	800mW
T _{OUT} (Note 1)	±15V	20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	640mW
Output Voltages		16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)	800mW
T _{OUT}	±15V	18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	842mW
R _{OUT}	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)		
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND	Continuous		
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)			
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	842mW		
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	889mW		
20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	440mW		
		Operating Temperature Ranges	
		MAX2_AC_ MAX2_C_	0°C to +70°C
		MAX2_AE_ MAX2_E_	-40°C to +85°C
		MAX2_AM_ MAX2_M_	-55°C to +125°C
		Storage Temperature Range	-65°C to +160°C
		Lead Temperature (soldering, 10sec)	+300°C

Note 1: Input voltage measured with T_{OUT} in high-impedance state, SHDN or V_{CC} = 0V
 Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V_{CC} = +5V ± 10%, C1-C4 = 0.1µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTERS						
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±8		V
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High			2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	Normal operation			5	40	µA
	SHDN = 0V, MAX222/242, shutdown					
Output Leakage Current	V _{CC} = 5.5V, SHDN = 0V, V _{OUT} = ±15V, MAX222/242		±0.01		±1	µA
	V _{CC} = SHDN = 0V, V _{OUT} = ±15V		±0.01		±10	µA
Data Rate	Except MAX220, normal operation			200	116	kbits/sec
	MAX220			22	20	
Transmitter Output Resistance	V _{CC} = V ₊ = V ₋ = 0V, V _{OUT} = ±2V		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V _{OUT} = 0V		±7	±22		mA
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±30	V
RS-232 Input Threshold Low	V _{CC} = 5V	Except MAX243 R _{2IN}	0.8	1.3		V
		MAX243 R _{2IN} (Note 2)	-3			V
RS-232 Input Threshold High	V _{CC} = 5V	Except MAX243 R _{2IN}		1.8	2.4	V
		MAX243 R _{2IN} (Note 2)		-0.5	-0.1	V
RS-232 Input Hysteresis	Except MAX243, V _{CC} = 5V, no hyst. in shdn.		0.2	0.5	1	V
	MAX243					V
RS-232 Input Resistance				1		Ω
TTL/CMOS Output Voltage Low	I _{OUT} = 3.2mA		3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage High	I _{OUT} = -1.0mA			0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V _{OUT} = GND		3.5	V _{CC} - 0.2		V
	Sinking V _{OUT} = V _{CC}		-2	-10		mA
TTL/CMOS Output Leakage Current	SHDN = V _{CC} or EN = V _{CC} (SHDN = 0V for MAX222), 0V ≤ V _{OUT} ≤ V _{CC}			10	30	µA
			±0.05	±10		µA

2

MAXIM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(V_{CC} = +5V ±10%, C₁-C₄ = 0.1μF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS	
EN Input Threshold Low	MAX242			1.4	0.8	V	
EN Input Threshold High	MAX242			2.0	1.4	V	
POWER SUPPLY							
Operating Supply Voltage			4.5		5.5	V	
V _{CC} Supply Current (SHDN = V _{CC}). Figures 5, 6, 9, 19	No load	MAX220		0.5	2	mA	
		MAX222/232A/233A/242/243		4	10		
	3kΩ load both inputs	MAX220		12			
		MAX222/232A/233A/242/243		15			
Shutdown Supply Current	MAX222/242	T _A = +25°C		0.1	10	μA	
		T _A = 0° to +70°C		2	50		
		T _A = -40° to +85°C		2	50		
		T _A = -55° to +125°C		35	100		
SHDN Input Leakage Current	MAX222/242					μA	
SHDN Threshold Low	MAX222/242				±1	μA	
SHDN Threshold High	MAX222/242			1.4	0.8	V	
AC CHARACTERISTICS							
Transition Slew Rate		C _L = 50pF to 2500pF, R _L = 3kΩ to 7kΩ, V _{CC} = 5V, T _A = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V	MAX222/232A/233A/242/243	6	12	30	V/μs
		MAX220	1.5	3	30		
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 1	I _{PHLT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.3	3.5	μs	
		MAX220		4	10		
	I _{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.5	3.5		
		MAX220		5	10		
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (normal operation), Figure 2	I _{PHLR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.5	1	μs	
		MAX220		0.6	3		
	I _{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.6	1		
		MAX220		0.8	3		
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (shutdown), Figure 2	I _{PHLS}	MAX242		0.5	10	μs	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	I _{ER}	MAX242		2.5	10	μs	
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	I _{DR}	MAX242		125	500	ns	
Transmitter-Output Enable Time (SHDN goes high), Figure 4	I _{ET}	MAX222/242, 0.1μF caps (includes charge-pump start-up)		160	500	ns	
Transmitter-Output Disable Time (SHDN goes low), Figure-4	I _{DT}	MAX222/242, 0.1μF caps		250		μs	
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	I _{PHLT} - I _{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		600		ns	
		MAX220		300			
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	I _{PHLR} - I _{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		2000		ns	
		MAX220		100			
		MAX220		225		ns	

Note 2: MAX243 R_{2OUT} is guaranteed to be low when R_{2IN} is ≥ 0V or is floating.

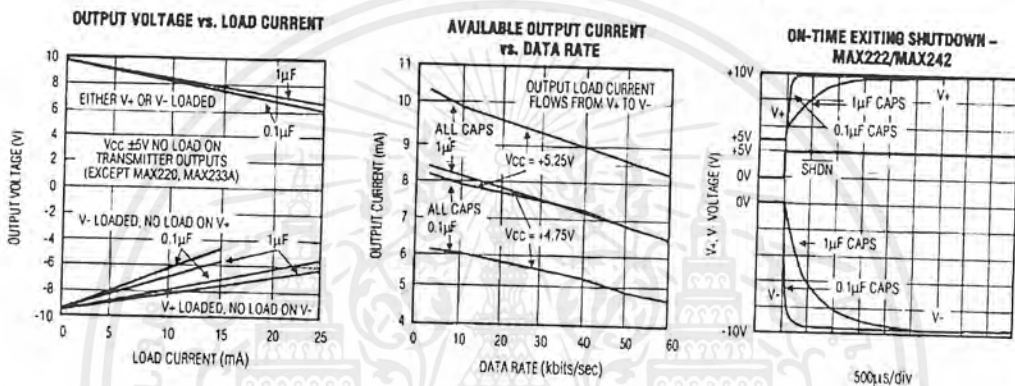
MAXIM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

Typical Operating Characteristics

MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX223/MAX230-MAX241

V _{CC}	-0.3V to +6V	20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C).....	800mW
V ₊	(V _{CC} - 0.3V) to +14V	24-Pin Wide SO (derate 11.76mW/°C above +70°C).....	941mW
V ₋	+0.3V to -14V	28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C).....	1W
Input Voltages		44-Pin Plastic FP (derate 11.11 mW/°C above +70°C).....	889mW
T _{IN}	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	14-Pin CERDIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....	727mW
R _{IN}	±30V	16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C).....	800mW
Output Voltages		20-Pin CERDIP (derate 11.11mW/°C above +70°C).....	889mW
T _{OUT}	(V ₊ + 0.3V) to (V ₋ - 0.3V)	24-Pin Narrow CERDIP	
R _{OUT}	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	(derate 12.50mW/°C above +70°C).....	1W
Short-Circuit Duration, T _{OUT}	Continuous	24-Pin Sidebrazed (derate 20.0mW/°C above +70°C).....	1.6W
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)		28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C).....	762mW
14-Pin Plastic DIP (derate 10.00mW/°C above +70°C).....		Operating Temperature Ranges	
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C).....		MAX2...C.....	0°C to +70°C
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11 mW/°C above +70°C).....		MAX2...E.....	-40°C to +85°C
24-Pin Narrow Plastic DIP		MAX2...M.....	-55°C to +125°C
(derate 13.33mW/°C above +70°C).....		Storage Temperature Range.....	65°C to +160°C
24-Pin Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....		Lead Temperature (soldering, 10sec).....	+300°C
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C).....			

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230-MAX241

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241 V_{CC} = +5V ±10%, MAX233/MAX235 V_{CC} = 5V ±5%, C1-C4 = 1.0µF MAX231/MAX239 V_{CC} = 5V ±10%, V₊ = 7.5V to 13.2V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to ground	±5.0	±7.3		V
V _{CC} Power-Supply Current	No load, T _A = +25°C	MAX232/233	5	10	mA
		MAX223/230/234-236/240/241	7	15	
		MAX231/239	4	1	
V ₊ Power-Supply Current	T _A = +25°C	MAX231	1.8	5	mA
		MAX239	5	15	
Shutdown Supply Current	T _A = +25°C		15	50	µA
			1	10	
Input Logic Threshold Low	T _{IN} ; EN, SHDN (MAX223), EN, SHDN (MAX230/235-241)			0.8	V
Input Logic Threshold High	T _{IN}		2.0		V
	EN, SHDN (MAX223), EN, SHDN (MAX230/235/236/240/241)		2.4		
Logic Pull-Up Current	T _{IN} = 0V		1.5	200	µA
Receiver Input Voltage Operating Range		-30		30	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230-MAX241 (continued)

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241 $V_{CC} = +5V \pm 10\%$, MAX233/MAX235 $V_{CC} = 5V \pm 5\%$, C1-C4 = 1.0 μ F MAX231/MAX239 $V_{CC} = 5V \pm 10\%$, $V_+ = 7.5V$ to 13.2V, $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 Input Threshold Low	$T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5V$	Normal operation SHDN = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)	0.8	1.2		V
		Shutdown (MAX223) SHDN = 0V, EN = 5V (R4 _{IN} , R5 _{IN})	0.6	1.5		
RS-232 Input Threshold High	$T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5V$	Normal operation SHDN = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)		1.7	2.4	V
		Shutdown (MAX223) SHDN = 0V, EN = 5V (R4 _{IN} , R5 _{IN})		1.5	2.4	
RS-232 Input Hysteresis	$V_{CC} = 5V$, no hysteresis in shutdown		0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance	$T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5V$		3	5	7	k Ω
TTL/CMOS Output Voltage Low	$I_{OUT} = 1.6\text{mA}$ (MAX231-233 $I_{OUT} = 3.2\text{mA}$)				0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	$I_{OUT} = -1\text{mA}$		3.5	$V_{CC} - 0.4$		V
TTL/CMOS Output Leakage Current	$0V \leq R_{OUT} \leq V_{CC}$; EN = 0V (MAX223), EN = V_{CC} (MAX235-241)			0.05	± 10	μA
Receiver Output Enable Time	Normal operation	MAX223		600		ns
		MAX235/236/239/240/241		400		
Receiver Output Disable Time	Normal operation	MAX223		900		ns
		MAX235/236/239/240/241		250		
Propagation Delay	RS-232 IN to TTL/CMOS OUT, $C_L = 150\text{pF}$	Normal operation		0.5	10	μs
		SHDN = 0V (MAX223)	I _{PHLS}	4	40	
			I _{PLHS}	6	40	
Transition Region Slew Rate	MAX223/MAX230/MAX234-241 $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5V$, $R_L = 3\text{k}\Omega$ to 7k Ω , $C_L = 50\text{pF}$ to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V		3	5	30	V/ μs
	MAX231/MAX232/MAX233 $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5V$, $R_L = 3\text{k}\Omega$ to 7k Ω , $C_L = 50\text{pF}$ to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V			4	30	
Transmitter Output Resistance	$V_{CC} = V_+ = V_- = 0V$, $V_{OUT} = \pm 2V$		300			Ω
Transmitter Out Short-Circuit Current				± 10		mA

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX225/MAX244-MAX249

Supply Voltage (V _{CC})	-0.3V to +6V	Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)	
Input Voltages		28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C)	1W
T _{IN} , ENA, ENB, ENR, ENT, ENRA,		40-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	611mW
ENRB, ENTA, ENTB	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	44-Pin PLCC (derate 13.33mW/°C above +70°C)	1.07W
R _{IN}	±25V	Operating Temperature Ranges	
T _{OUT} (Note 3)	±15V	MAX225C ₋ , MAX24C ₋	0°C to +70°C
R _{OUT}	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	MAX225E ₋ , MAX24E ₋	+40°C to +85°C
Short Circuit (one output at a time)		Storage Temperature Range	-65°C to +160°C
T _{OUT} to GND	Continuous	Lead Temperature (soldering, 10sec)	+300°C
R _{OUT} to GND	Continuous		

Note 3: Input voltage measured with transmitter output in a high-impedance state, shutdown, or V_{CC} = 0V. Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244-MAX249

(MAX225 V_{CC} = 5.0V ±5%; MAX244-MAX249 V_{CC} = +5.0V ±10%, external capacitors C1-C4 = 1μF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTER					
Input Logic Threshold Low			1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High		2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	Tables 1a-1d		10	50	μA
	Normal operation		±0.01	±1	
	Shutdown				
Data Rate	Tables 1a-1d, normal operation		120	64	kbits/sec
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND	±5	±7.5		V
Output Leakage Current (shutdown)	Tables 1a-1d		±0.01	±25	μA
	ENA, ENB, ENT, ENTA, ENTB = V _{CC} , V _{OUT} = ±15V				
	V _{CC} = 0V, V _{OUT} = ±15V		±0.01	±25	
Transmitter Output Resistance	V _{CC} = V ₊ = V ₋ = 0V, V _{OUT} = ±2V (Note 4)	300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V _{OUT} = 0V	±7	±30		mA
RS-232 RECEIVERS					
RS-232 Input Voltage Operating Range				±25	V
RS-232 Input Threshold Low	V _{CC} = 5V	0.8	1.3		V
RS-232 Input Threshold High	V _{CC} = 5V		1.8	2.4	V
RS-232 Input Hysteresis	V _{CC} = 5V	0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance		3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I _{OUT} = 3.2mA		0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I _{OUT} = -1.0mA	3.5	V _{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V _{OUT} = GND	-2	-10		mA
	Shrinking V _{OUT} = V _{CC}	10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	Normal operation, outputs disabled, Tables 1A-1D, 0V ≤ V _{OUT} ≤ V _{CC} , ENR ₋ = V _{CC}		±0.05	±0.10	μA

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244-MAX249 (continued)

(MAX225 $V_{CC} = 5.0V \pm 5\%$; MAX244-MAX249 $V_{CC} = +5.0V \pm 10\%$, external capacitors C1-C4 = $1\mu F$, $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
POWER SUPPLY AND CONTROL LOGIC						
Operating Supply Voltage		MAX225	4.75		5.25	V
		MAX244-MAX249	4.5		5.5	
V_{CC} Supply Current (normal operation)	No load	MAX225		10	20	mA
		MAX244-MAX249		11	30	
	3k Ω loads on all outputs	MAX225		40		
		MAX244-MAX249		57		
Shutdown Supply Current	$T_A = +25^\circ C$			8	25	μA
	$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}				50	
Control Input	Leakage current				± 1	μA
	Threshold low			1.4	0.8	V
	Threshold high		2.4	1.4		
AC CHARACTERISTICS						
Transition Slew Rate	$C_L = 50pF$ to $2500pF$, $R_L = 3k\Omega$ to $7k\Omega$, $V_{CC} = 5V$, $T_A = +25^\circ C$, measured from $+3V$ to $-3V$ or $-3V$ to $+3V$		5	10	30	V/ μs
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 1	t_{PHLT}			1.3	3.5	μs
	t_{PLHT}			1.5	3.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 2	t_{PHLR}			0.6	1.5	μs
	t_{PLHR}			0.6	1.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (low-power mode), Figure 2	t_{PHLS}			0.6	10	μs
	t_{PLHS}			3.0	10	
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	$t_{PHLT} - t_{PLHT}$			350		ns
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	$t_{PHLR} - t_{PLHR}$			350		ns
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t_{ER}			100	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t_{DR}			100	500	ns
Transmitter Enable Time	t_{ET}	MAX246-MAX249 (excludes charge-pump start-up)		5		μs
		MAX225/MAX245-MAX249 (includes charge-pump start-up)		10		ms
Transmitter Disable Time, Figure 4	t_{DT}			100		ns

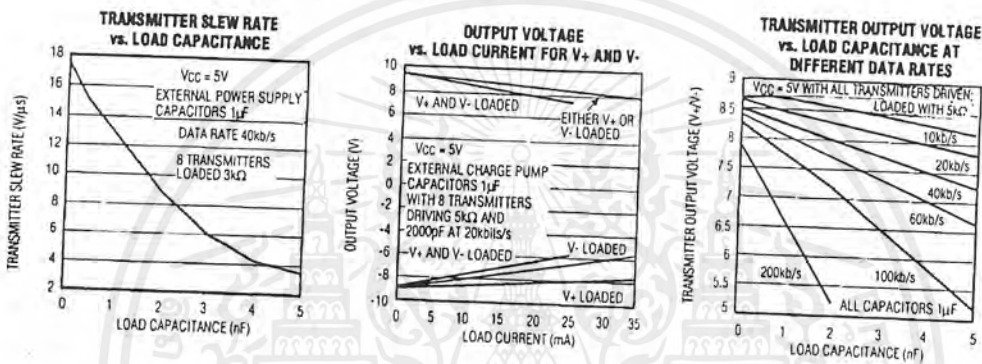
Note 4: The 300 Ω minimum specification complies with EIA/TIA-232E, but the actual resistance when in shutdown mode or $V_{CC} = 0$ is 10M Ω as is implied by the leakage specification.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

Typical Operating Characteristics

MAX225/MAX244-MAX249



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

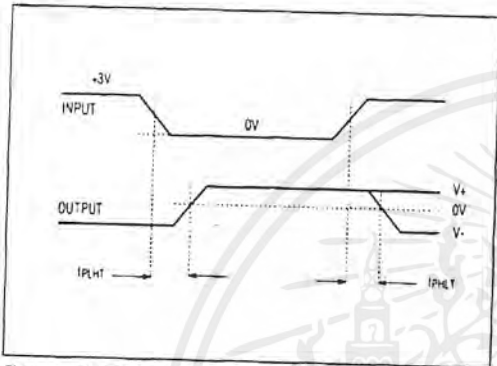


Figure 1. Transmitter Propagation Delay Timing

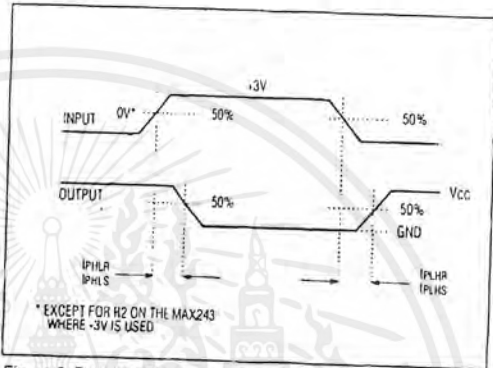


Figure 2. Receiver Propagation Delay Timing

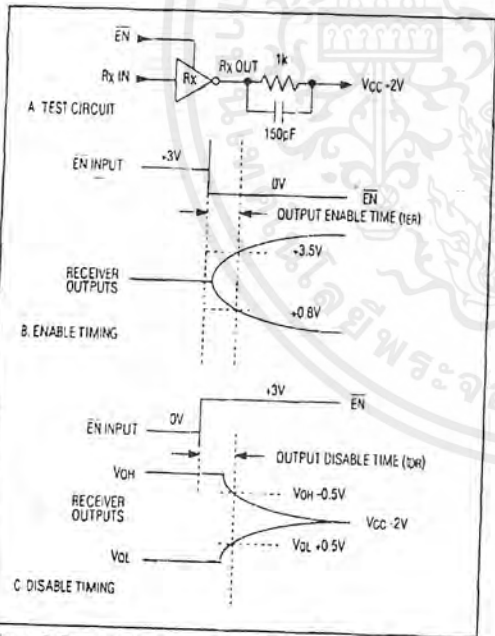


Figure 3. Receiver-Output Enable and Disable Timing

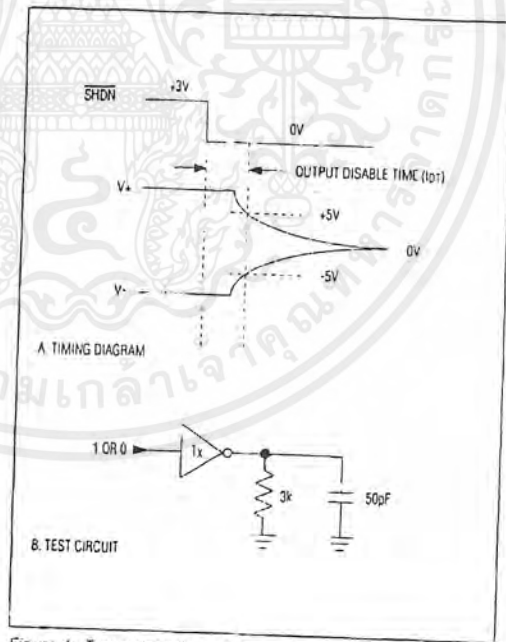


Figure 4. Transmitter-Output Disable Timing

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

Table 1a. MAX225 Control Pin Configurations

ENT	ENR	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS	RECEIVERS
0	0	Normal Operation	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All 3-State
1	0	Shutdown	All 3-State	All Low-Power Receive Mode
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State

Table 1b. MAX245 Control Pin Configurations

ENT	ENR	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA5	RB1-RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All Active	RA1-RA4 3-State RA5 Active	RB1-RB4 3-State RB5 Active
1	0	Shutdown	All 3-State	All 3-State	All Low Power Receiver Mode	All Low Power Receiver Mode
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	RA1-RA4 3-State RA5 Low-Power Receiver Mode	RB1-RB4 3-State RA5 Low-Power Receiver Mode

Table 1c. MAX246 Control Pin Configurations

ENA	ENB	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA5	RB1-RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All 3-State	All Active	RB1-RB4 3-State RB5 Active
1	0	Shutdown	All 3-State	All Active	RA1-RA4 3-State RA5 Active	All Active
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	RA1-RA4 3-State RA5 Low-Power Receiver Mode	RB1-RB4 3-State RA5 Low-Power Receiver Mode

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249
Table 1d. MAX247/248/249 Control Pin Configurations

ENT _A	ENT _B	ENR _A	ENR _B	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS		
					MAX247	TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA4	RB1-RB5
					MAX248	TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA4	RB1-RB4
					MAX249	TA1-TA3	TB1-TB3	RA1-RA5	RB1-RB5
0	0	0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active	
0	0	0	1	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247	
0	0	1	0	Normal Operation	All Active	All Active	All 3-State	All Active	
0	0	1	1	Normal Operation	All Active	All Active	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247	
0	1	0	0	Normal Operation	All Active	All 3-State	All Active	All Active	
0	1	0	1	Normal Operation	All Active	All 3-State	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247	
0	1	1	0	Normal Operation	All Active	All 3-State	All 3-State	All Active	
0	1	1	1	Normal Operation	All Active	All 3-State	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247	
1	0	0	0	Normal Operation	All 3-State	All Active	All Active	All Active	
1	0	0	1	Normal Operation	All 3-State	All Active	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247	
1	0	1	0	Normal Operation	All 3-State	All Active	All 3-State	All Active	
1	0	1	1	Normal Operation	All 3-State	All Active	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247	
1	1	0	0	Shutdown	All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode	Low-Power Receive Mode	
1	1	0	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247	
1	1	1	0	Shutdown	All 3-State	All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode	
1	1	1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

Detailed Description

The MAX220-MAX249 contain four sections: dual charge-pump DC-DC voltage converters, RS-232 drivers, RS-232 receivers, and receiver and transmitter enable control inputs.

Dual Charge-Pump Voltage Converter

The MAX220-MAX249 have two internal charge-pumps that convert +5V to $\pm 10V$ (unloaded) for RS-232 driver operation. The first converter uses capacitor C1 to double the +5V input to +10V on C3 at the V+ output. The second converter uses capacitor C2 to invert +10V to -10V on C4 at the V- output.

A small amount of power may be drawn from the +10V (V+) and -10V (V-) outputs to power external circuitry (see Typical Operating Characteristics), except on the MAX225 and MAX245-MAX247, where these pins are not available. V+ and V- are not regulated, so the output voltage drops with increasing load current. Do not load V+ and V- to a point that violates the minimum $\pm 5V$ EIA/TIA-232E driver output voltage when sourcing current from V+ and V- to external circuitry.

When using the shutdown feature in the MAX222, MAX225, MAX230, MAX235, MAX236, MAX240, MAX241, and MAX245-MAX249 avoid using V+ and V- to power external circuitry. When these parts are shut down, V- falls to 0V, and V+ falls to +5V. For applications where a +10V external supply is applied to the V+ pin (instead of using the internal charge pump to generate +10V), the C1 capacitor must not be installed and the SHDN pin must be tied to VCC. This is because V+ is internally connected to VCC in shutdown mode.

RS-232 Drivers

The typical driver output voltage swing is $\pm 8V$ when loaded with a nominal $5k\Omega$ RS-232 receiver and $V_{CC} = +5V$. Output swing is guaranteed to meet the EIA/TIA-232E and V.28 specification, which calls for $\pm 5V$ minimum driver output levels under worst-case conditions. These include a minimum $3k\Omega$ load, $V_{CC} = +4.5V$, and maximum operating temperature. Unloaded driver output voltage ranges from (V+ -1.3V) to (V- +0.5V).

Input thresholds are both TTL and CMOS compatible. The inputs of unused drivers can be left unconnected since $400k\Omega$ input pull-up resistors to VCC are built-in. The pull-up resistors force the outputs of unused drivers low because all drivers invert. The internal input pull-up resistors typically source $12\mu A$, except in shutdown mode where the pull-ups are disabled. Driver outputs turn off and enter a high-impedance state—where leakage current is typically microamperes (maximum $25\mu A$)—when in shutdown mode, in three-state mode, or when device power is removed. Outputs can be driven to $\pm 15V$. The power-supply current typically drops to $8\mu A$ in shutdown mode.

The MAX239 has a receiver 3-state control line, and the MAX223, MAX225, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241 have both a receiver 3-state control line and a low-power shutdown control. The receiver TTL/CMOS outputs are in a high-impedance, 3-state mode whenever the 3-state ENable line is high, and are also high-impedance whenever the shutdown control line is high.

When in low-power shutdown mode, the driver outputs are turned off and their leakage current is less than $1\mu A$ with the driver output pulled to ground. The driver output leakage remains less than $1\mu A$, even if the transmitter output is backdriven between 0V and ($V_{CC} + 6V$). Below -0.5V, the transmitter is diode clamped to ground with $1k\Omega$ series impedance. The transmitter is also zener clamped to approximately $V_{CC} + 6V$, with a series impedance of $1k\Omega$.

The driver output slew rate is limited to less than $30V/\mu s$ as required by the EIA/TIA-232E and V.28 specifications. Typical slew rates are $24V/\mu s$ unloaded and $10V/\mu s$ loaded with 3Ω and $2500pF$.

RS-232 Receivers

EIA/TIA-232E and V.28 specifications define a voltage level greater than 3V as a logic 0, so all receivers invert. Input thresholds are set at 0.8V and 2.4V, so receivers respond to TTL level inputs as well as EIA/TIA-232E and V.28 levels.

The receiver inputs withstand an input overvoltage up to $\pm 25V$ and provide input terminating resistors with nominal $5k\Omega$ values. The receivers implement Type 1 interpretation of the fault conditions of V.28 and EIA/TIA-232E.

The receiver input hysteresis is typically 0.5V with a guaranteed minimum of 0.2V. This produces clear output transitions with slow-moving input signals, even with moderate amounts of noise and ringing. The receiver propagation delay is typically 600ns and is independent of input swing direction.

Low-Power Receive Mode

The low-power receive-mode feature of the MAX223, MAX242, and MAX245-MAX249 puts the IC into shutdown mode, but still allows it to receive information. This is important for applications where systems are periodically awakened to look for activity. Using low-power receive mode, the system can still receive a signal that will activate it on command and prepare it for communication at faster data rates. This operation conserves system power.

Negative Threshold—MAX243

The MAX243 is pin compatible with the MAX232A, differing only in that RS-232 cable fault protection is removed on one of the two receiver inputs. This means that control lines such as CTS and RTS can either be driven or left floating without interrupting communication. Different cables are not needed to interface with different pieces of equipment.

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

The input threshold of the receiver without cable fault protection is -0.8V rather than +1.4V. Its output goes positive only if the input is connected to a control line that is actively driven negative. If not driven, it defaults to the 0 or "OK to send" state. Normally, the MAX243's other receiver (+1.4V threshold) is used for the data line (TD or RD), while the negative threshold receiver is connected to the control line (DTR, DTS, CTS, RTS, etc.).

Other members of the RS-232 family implement the optional cable fault protection as specified by EIA/TIA-232E specifications. This means a receiver output goes high whenever its input is driven negative, left floating, or shorted to ground. The high output tells the serial communications IC to stop sending data. To avoid this, the control lines must either be driven or connected with jumpers to an appropriate positive voltage level.

Shutdown—MAX222-MAX242

On the MAX222, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241, all receivers are disabled during shutdown. On the MAX223 and MAX242, two receivers continue to operate in a reduced power mode when the chip is in shutdown. Under these conditions, the propagation delay increases to about 2.5 μ s for a high-to-low input transition. When in shutdown the receiver acts as a CMOS inverter with no hysteresis. The MAX223 and MAX242 also have a receiver output enable input (EN) that allows receiver output control independent of SHDN. With all other devices, SHDN also disables the receiver outputs.

The MAX225 provides five transmitters and five receivers, while the MAX245 provides ten receivers and eight transmitters. Both devices have separate receiver and transmitter-enable controls. The charge pumps turn off and the devices shut down when a logic high is applied to the ENT input. In this state, the supply current drops to less than 25 μ A and the receivers continue to operate in a low-power receive mode. Driver outputs enter a high-impedance state (three-state mode). On the MAX225, all five receivers are controlled by the ENR input. On the MAX245, eight of the receiver outputs are controlled by the ENR input, while the remaining two receivers (RA5 and RB5) are always active. RA1-RA4 and RB1-RB4 are put in a three-state mode when ENR is a logic high.

Receiver and Transmitter Enable Control Inputs

The MAX225 and MAX245-MAX249 feature transmitter and receiver enable controls.

The receivers have three modes of operation: full-speed receive (normal active), three-state (disabled), and low-power receive (enabled receivers continue to function at lower data rates). The receiver enable inputs control the

full-speed receive and three-state modes. The transmitters have two modes of operation: full-speed transmit (normal active) and three-state (disabled). The transmitter enable inputs also control the shutdown mode. The device enters shutdown mode when all transmitters are disabled. Enabled receivers function in the low-power receive mode when in shutdown.

Tables 1a-1d define the control states. The MAX244 has no control pins and is not included in these tables.

The MAX246 has ten receivers and eight drivers with two control pins, each controlling one side of the device. A logic high at the A-side control input (ENA) causes the four A-side receivers and drivers to go into a three-state mode. Similarly, the B-side control input (ENB) causes the four B-side drivers and receivers to go into a three-state mode. As in the MAX245, one A-side and one B-side receiver (RA5 and RB5) remain active at all times. The entire device is put into shutdown mode when both the A and B sides are disabled (ENA = ENB = +5V).

The MAX247 provides nine receivers and eight drivers with four control pins. The ENRA and ENRB receiver enable inputs each control four receiver outputs. The ENTA and ENTB transmitter enable inputs each control four drivers. The ninth receiver (RB5) is always active. The device enters shutdown mode with a logic high on both ENTA and ENTB.

The MAX248 provides eight receivers and eight drivers with four control pins. The ENRA and ENRB receiver enable inputs each control four receiver outputs. The ENTA and ENTB transmitter enable inputs control four drivers each. This part does not have an always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both ENTA and ENTB.

The MAX249 provides ten receivers and six drivers with four control pins. The ENRA and ENRB receiver enable inputs each control five receiver outputs. The ENTA and ENTB transmitter enable inputs control three drivers each. There is no always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both ENTA and ENTB. In shutdown mode, active receivers operate in a low-power receive mode at data rates up to 20kbits/s.

Applications Information

Figures 5 through 25 show pin configurations and typical operating circuits. In applications that are sensitive to power-supply noise, VCC should be decoupled to ground with a capacitor of the same value as C1 and C2 connected as close as possible to the device.

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

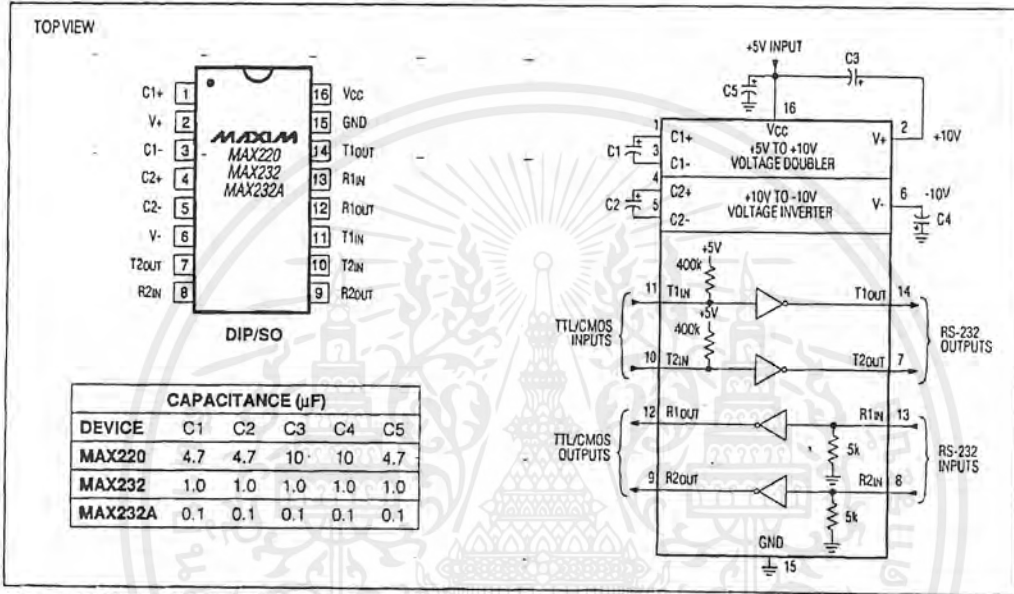


Figure 5. MAX220/232/232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

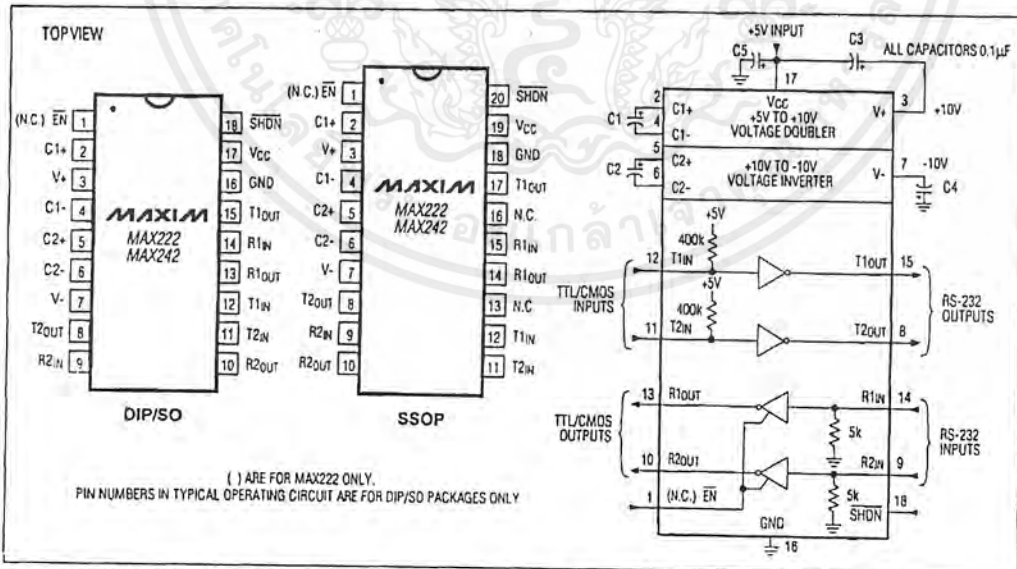


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

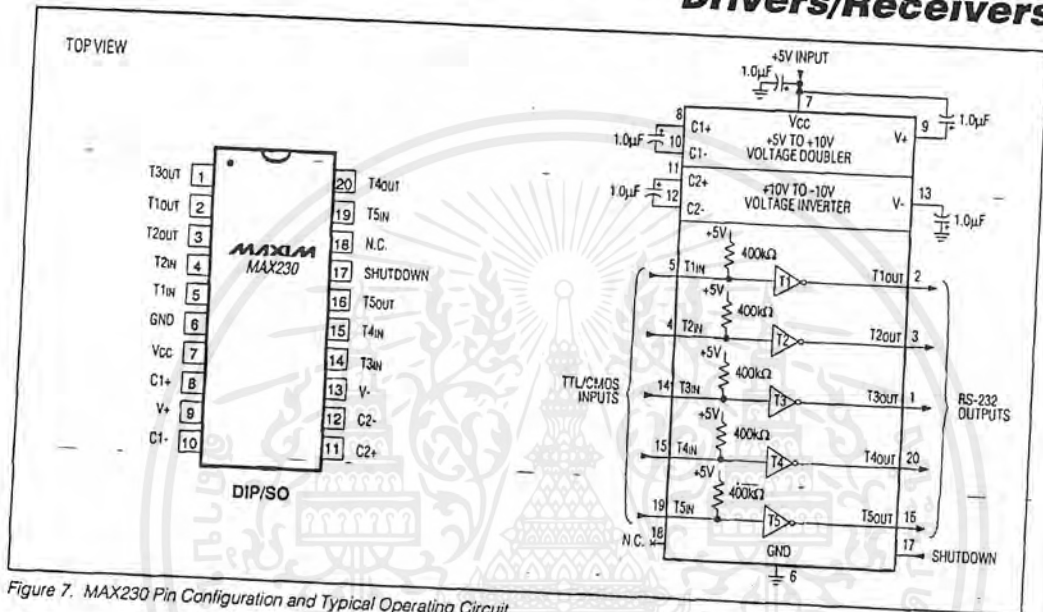


Figure 7. MAX230 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

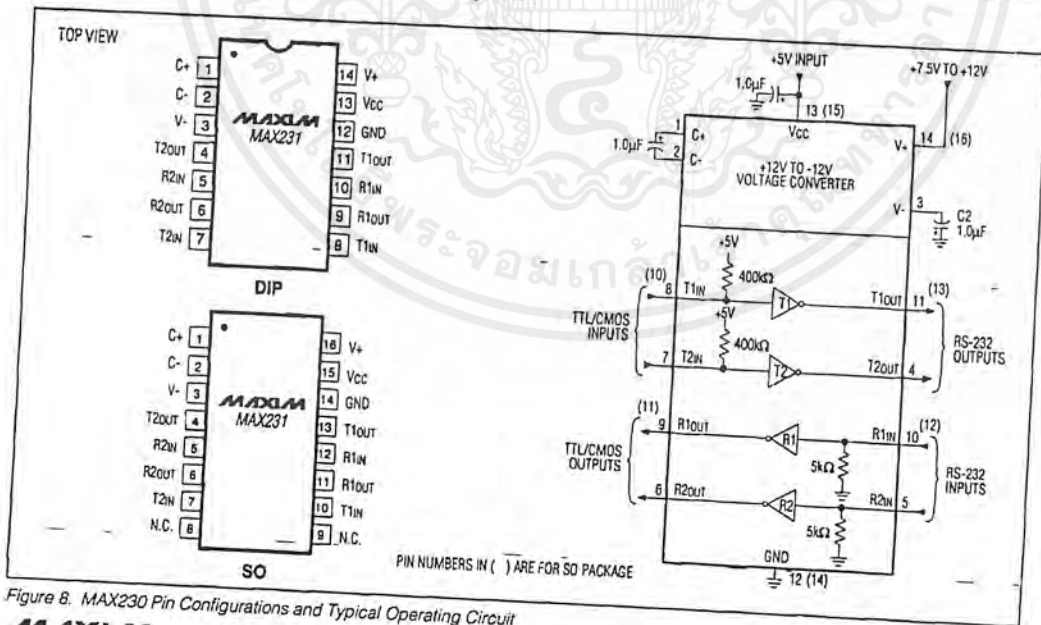


Figure 8. MAX230 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

MAXIM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

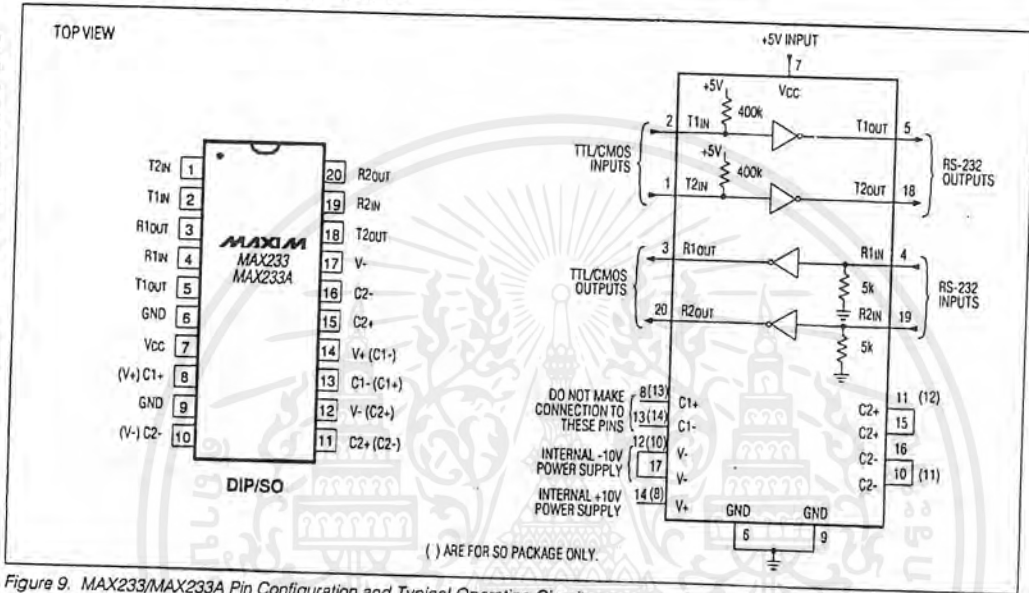


Figure 9. MAX233/MAX233A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

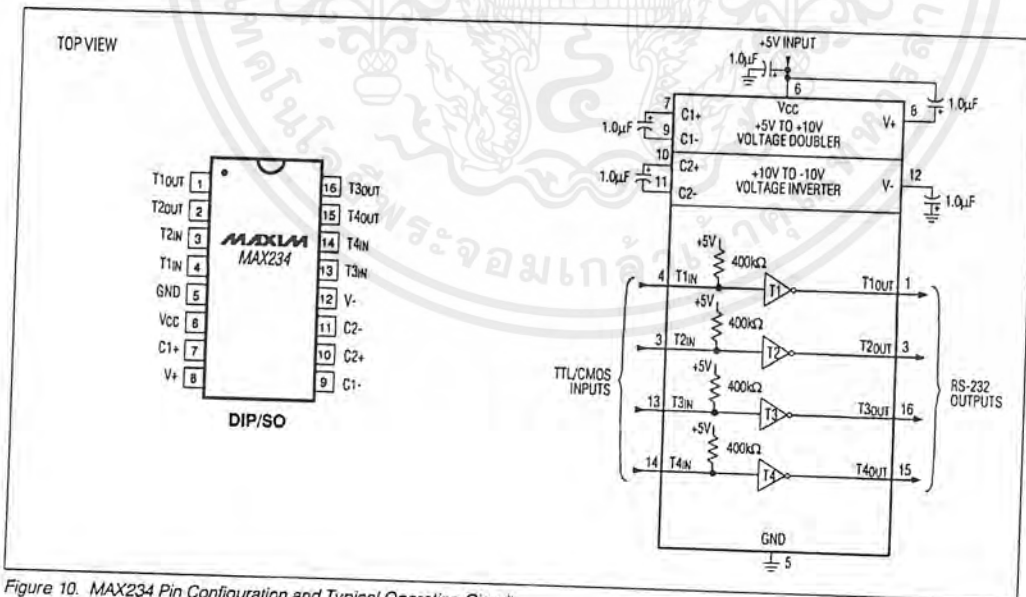


Figure 10. MAX234 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

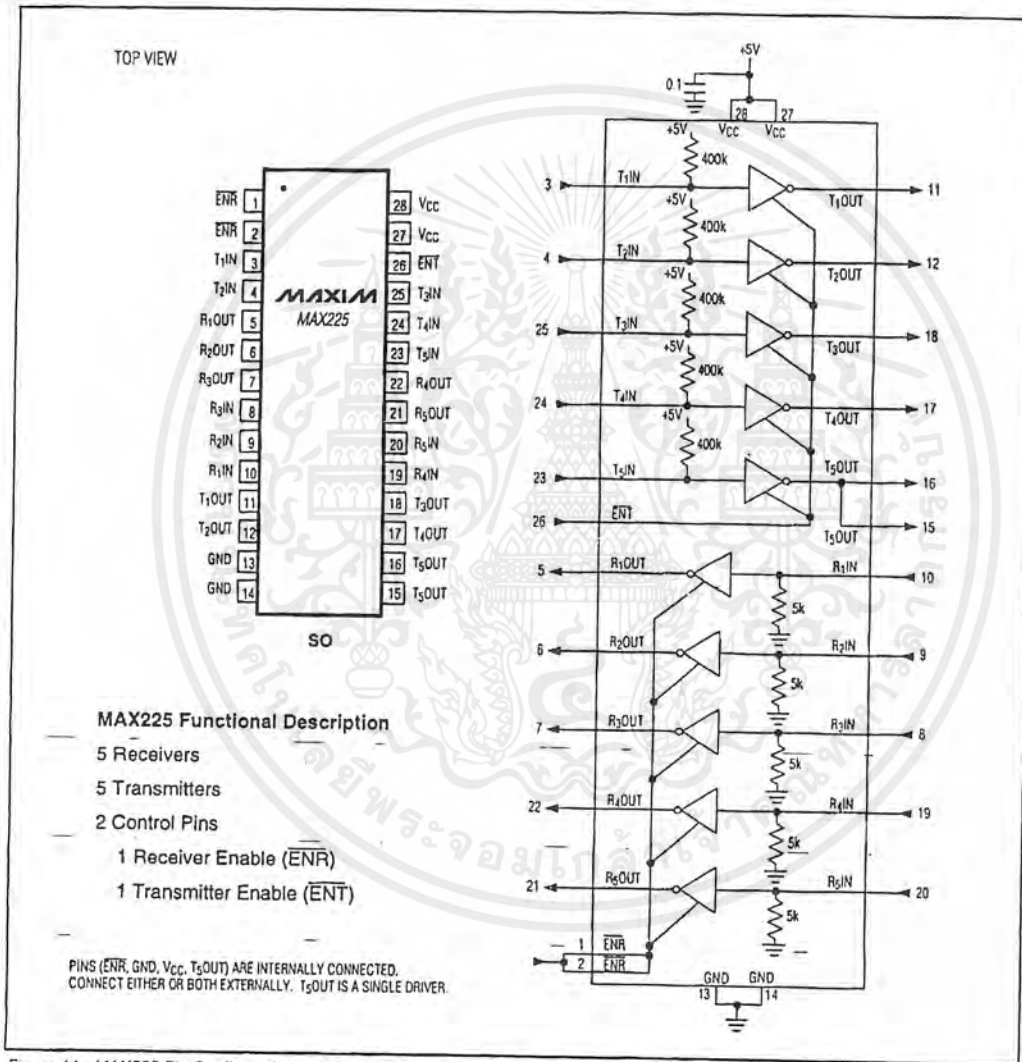


Figure 11. MAX225 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

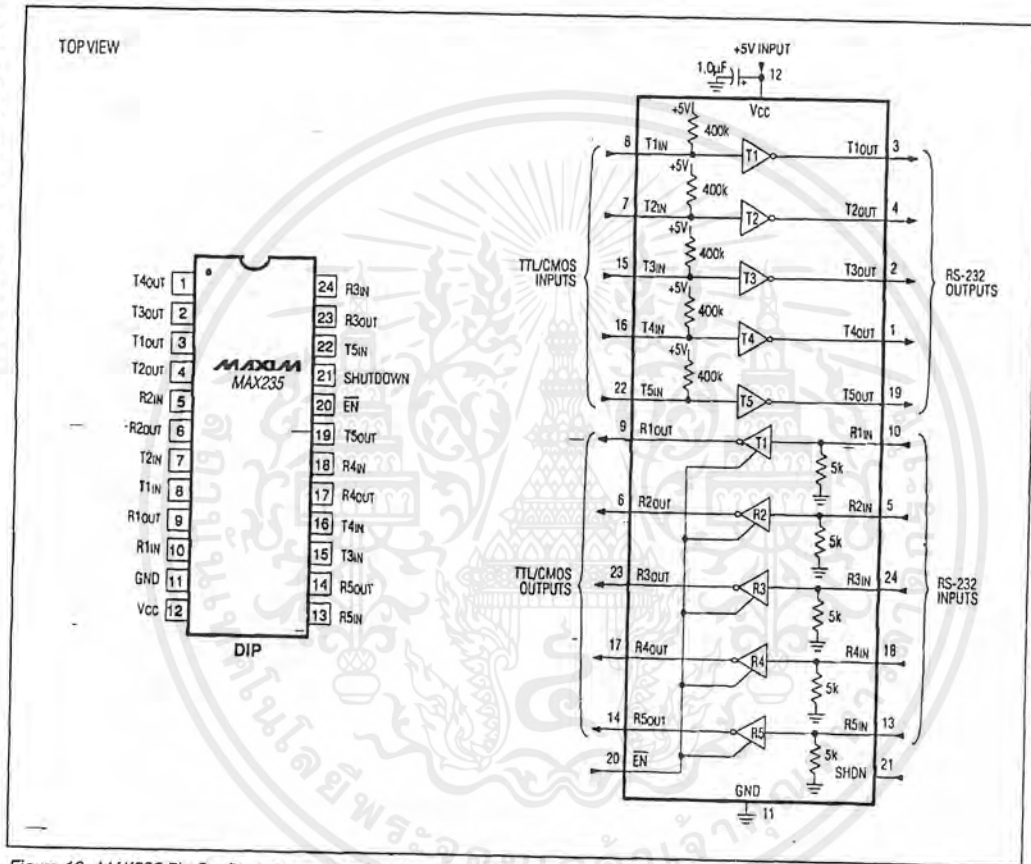


Figure 12. MAX235 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

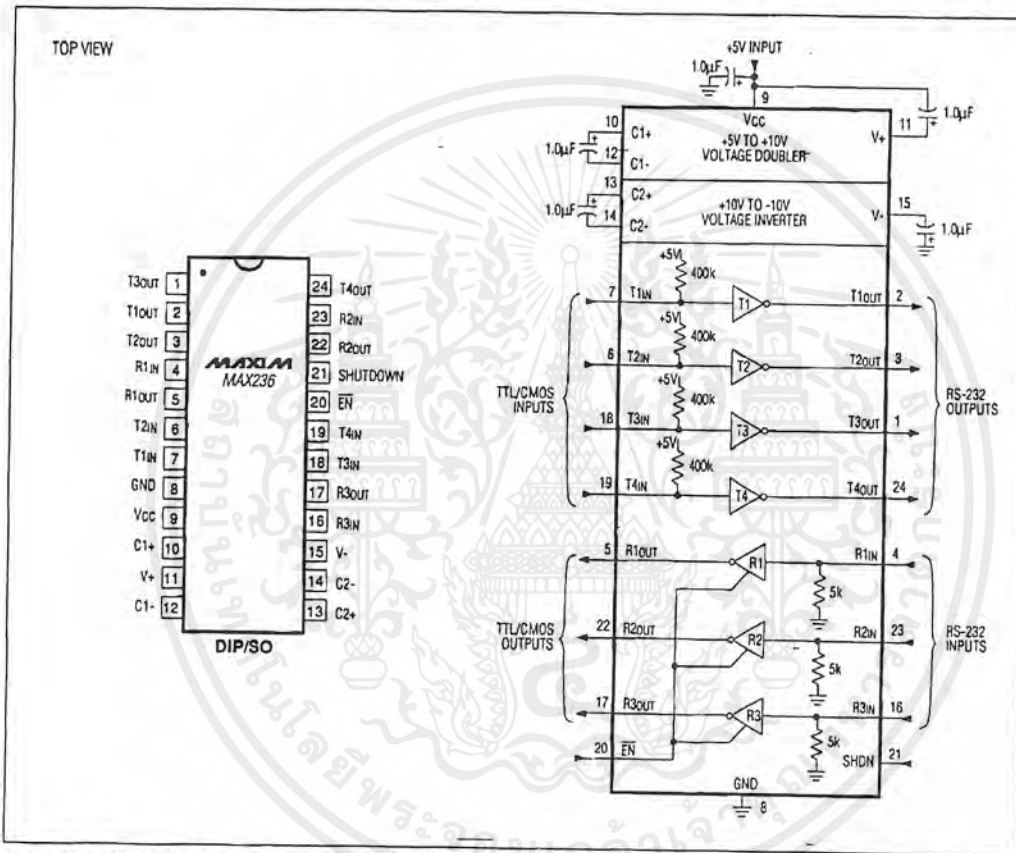


Figure 13. MAX236 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

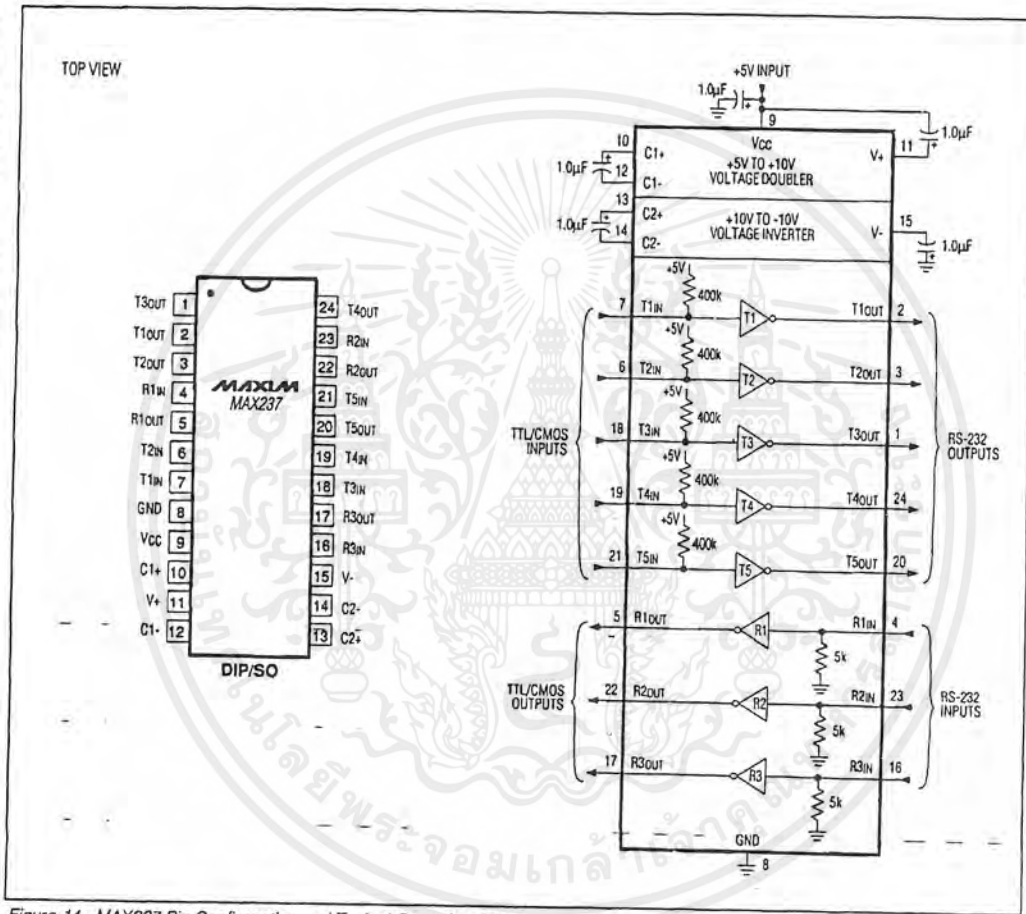


Figure 14. MAX237 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

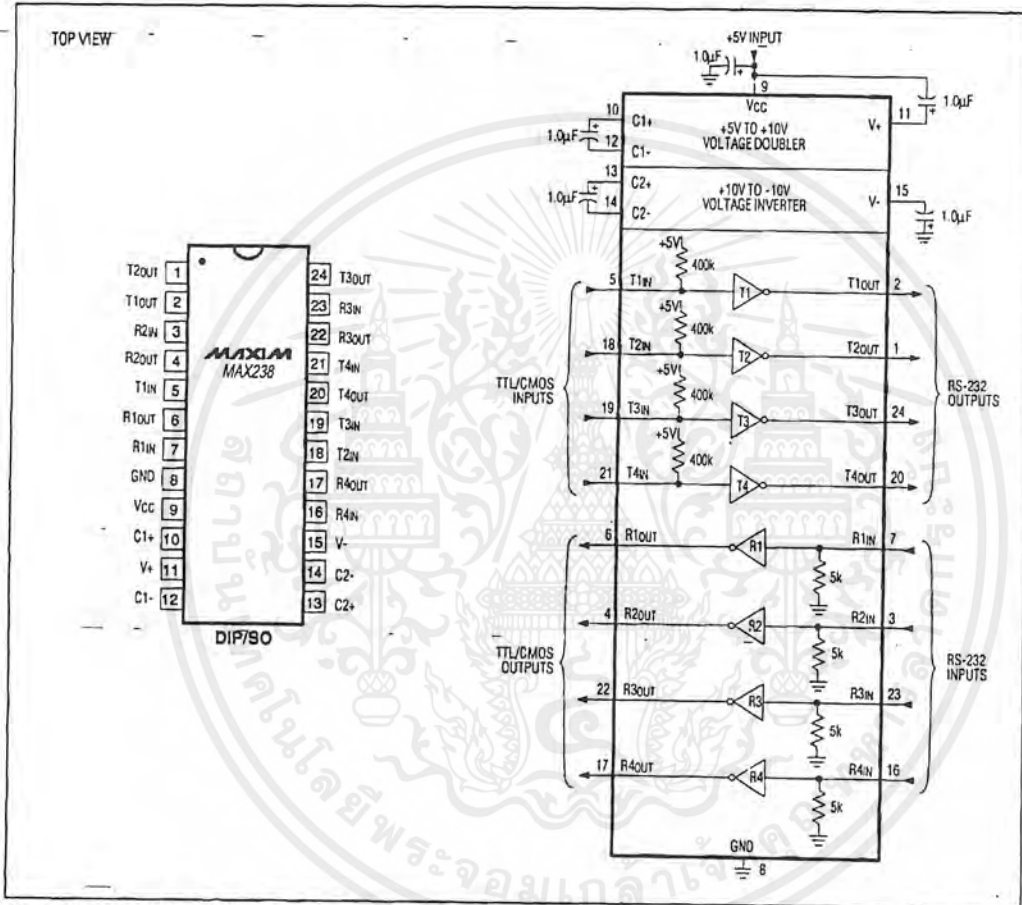


Figure 15. MAX238 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

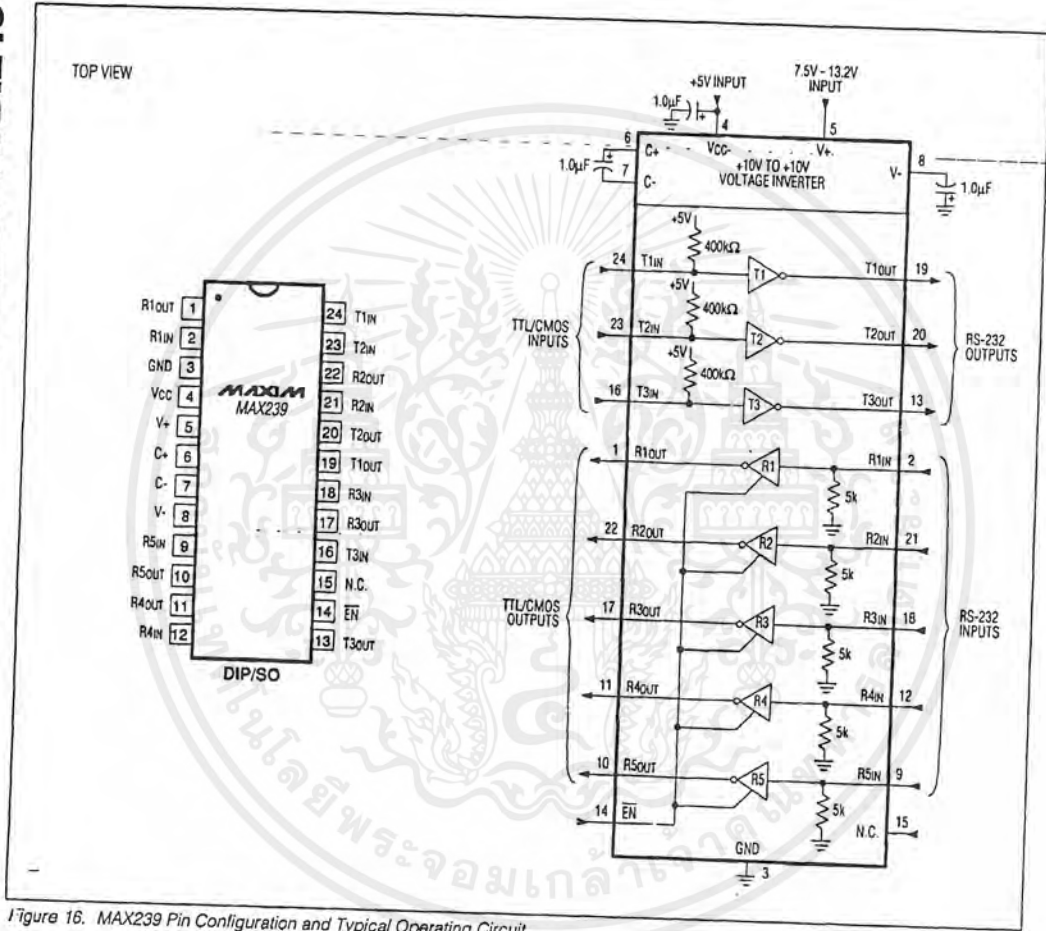
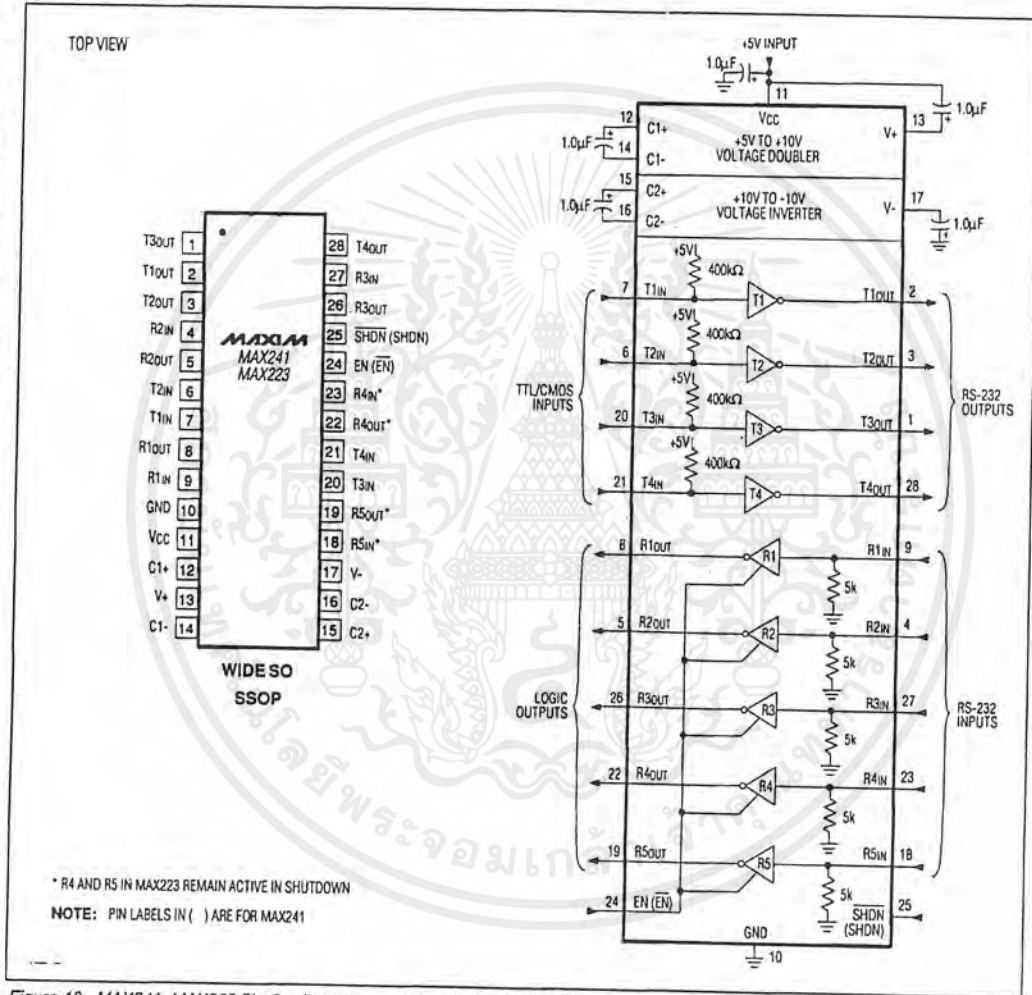


Figure 16. MAX239 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

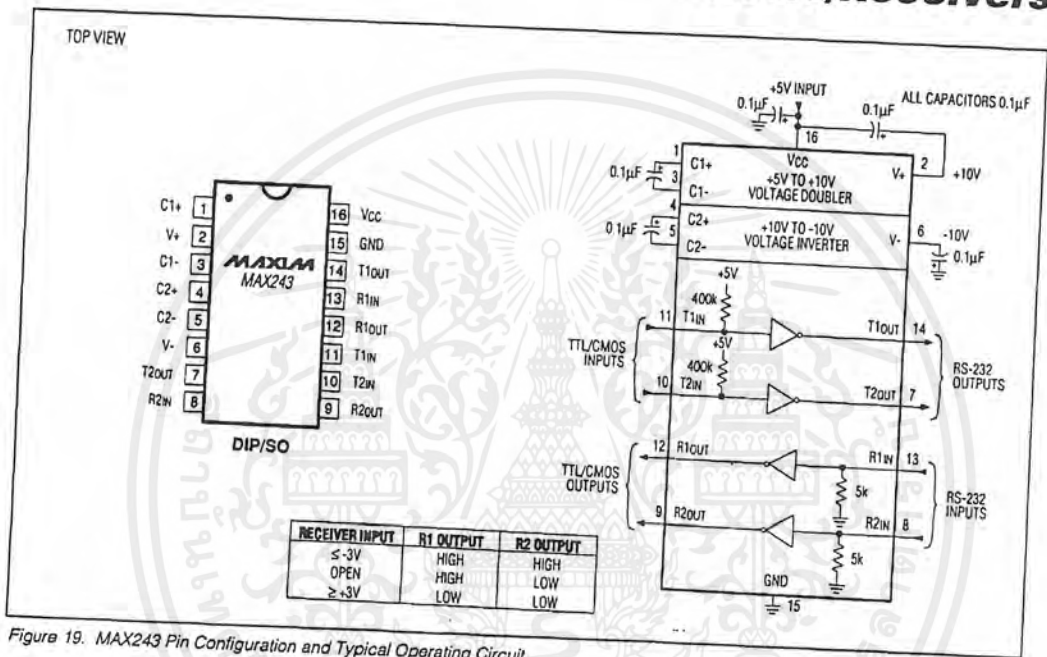


Figure 19. MAX243 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

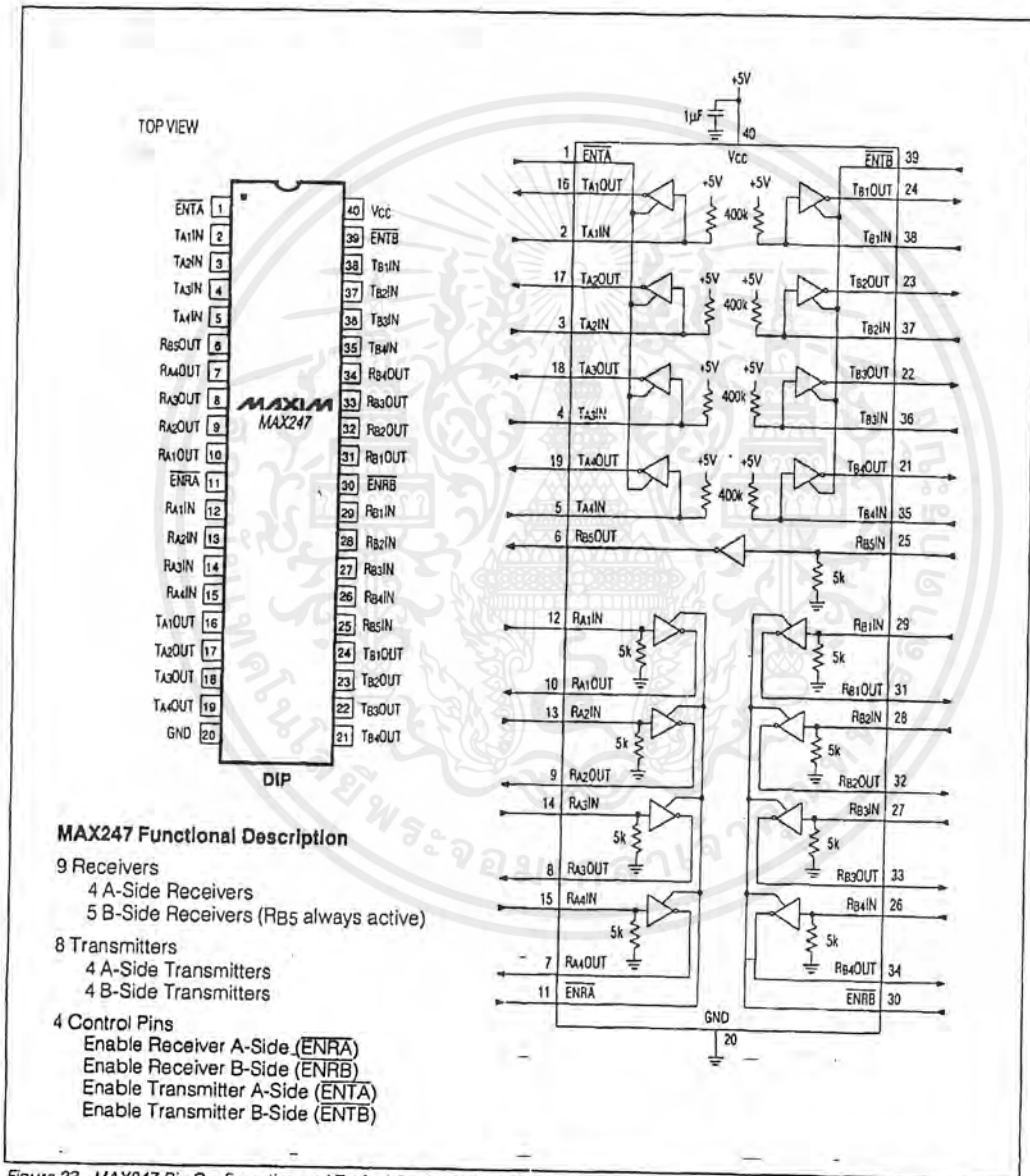


Figure 23. MAX247 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

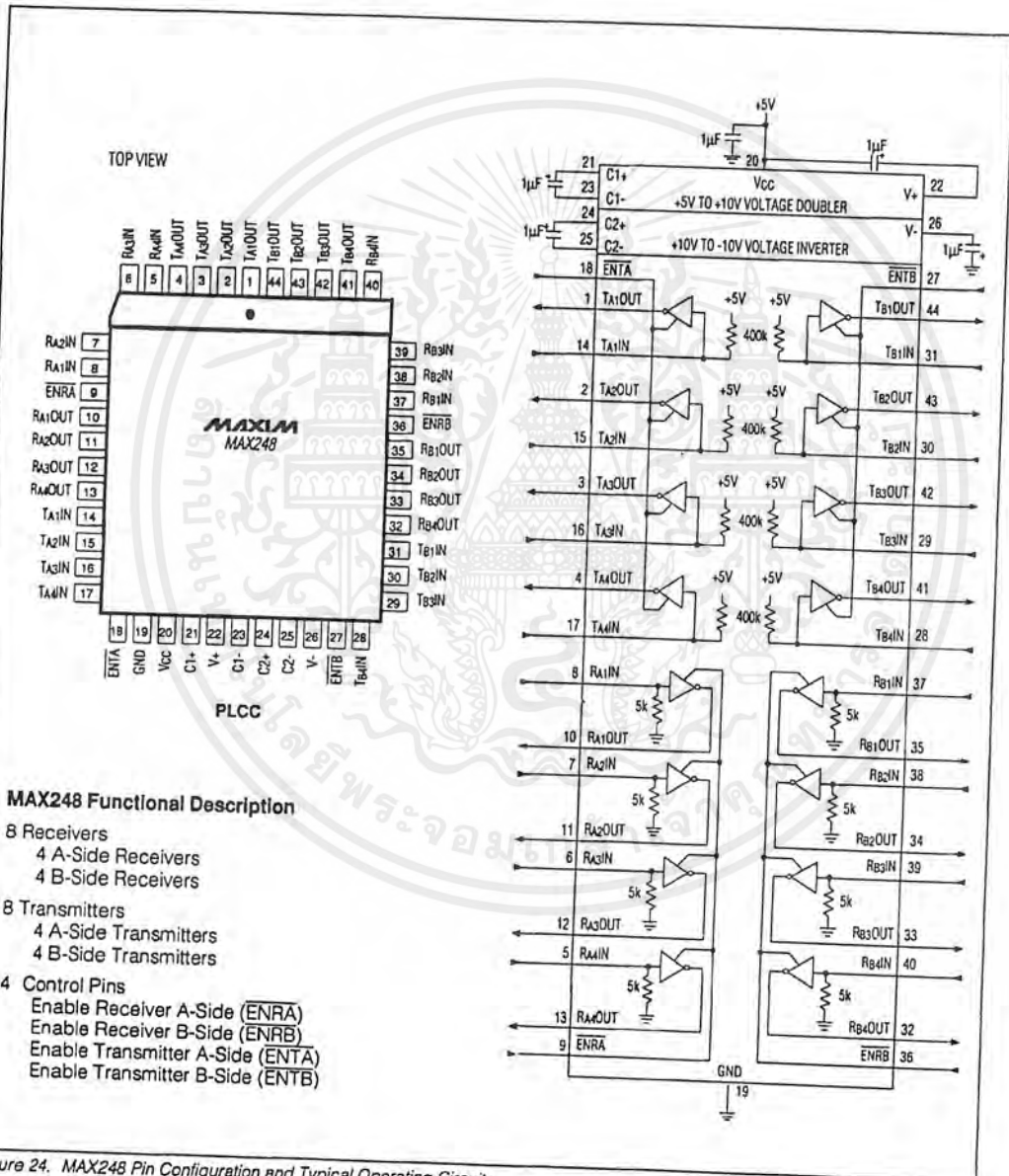


Figure 24. MAX248 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

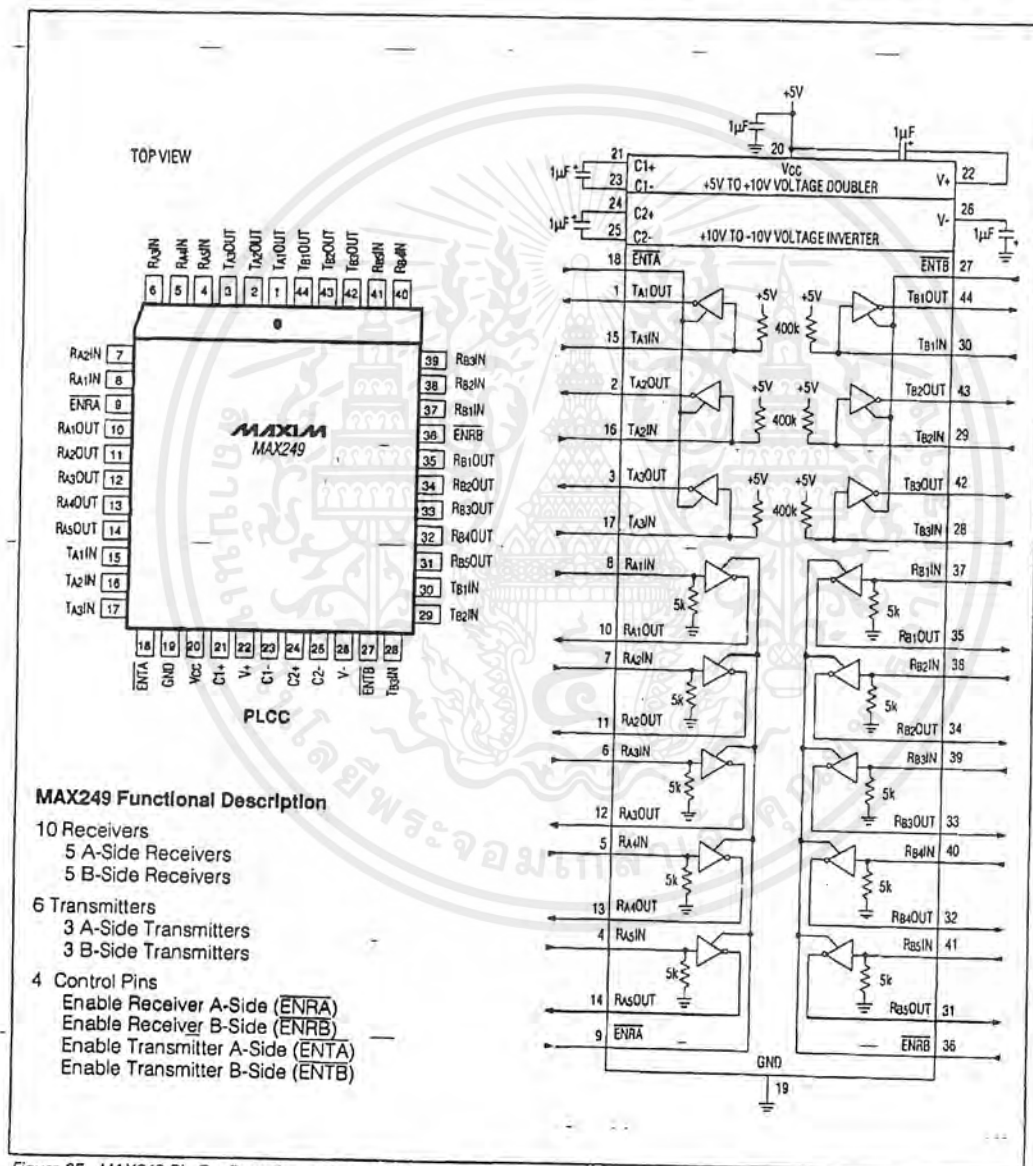


Figure 25. MAX249 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

Ordering Information (continued)

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX222CPN	0°C to +70°C	18 Plastic DIP
MAX222CWN	0°C to +70°C	18 Wide SO
MAX222C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX222EPN	-40°C to +85°C	18 Plastic DIP
MAX222EWN	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX222EJN	-40°C to +85°C	18 CERDIP
MAX222MJN	-55°C to +125°C	18 CERDIP
MAX223CAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX223CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX223C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX223EAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX223EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX225CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX225EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX230CPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX230CWP	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX230C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX230EPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX230EWP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX230EJP	-40°C to +85°C	20 CERDIP
MAX230MJP	-55°C to +125°C	20 CERDIP
MAX231CPD	0°C to +70°C	14 Plastic DIP
MAX231CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX231CJD	0°C to +70°C	14 CERDIP
MAX231C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX231EPD	-40°C to +85°C	14 Plastic DIP
MAX231EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX231EJD	-40°C to +85°C	14 CERDIP
MAX231MJD	-55°C to +125°C	14 CERDIP
MAX232CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX232C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX232EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX232MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX232MLP	-55°C to +125°C	20 LCC
MAX232ACPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232ACSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232ACWE	0°C to +70°C	16 Wide SO

MAX232AC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232AEPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232AESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232AEWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX232AEJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX232AMJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX232AML	-55°C to +125°C	20 LCC
MAX233CPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX233EPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX233ACPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX233ACWP	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX233AEPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX233AEWP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX234CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX234CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX234C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX234EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX234EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX234EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX234MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX235CPG	0°C to +70°C	24 Wide Plastic DIP
MAX235EPG	-40°C to +85°C	24 Wide Plastic DIP
MAX235EDG	-40°C to +85°C	24 Ceramic SB
MAX235MDG	-55°C to +125°C	24 Ceramic SB
MAX236CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX236CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX236C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX236ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX236EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX236ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX236MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX237CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX237CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX237C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX237ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX237EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX237ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX237MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX238CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX238CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX238C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX238ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP

* Contact factory for dice specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

Ordering Information (continued)

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX238EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX238ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX238MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX239CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX239CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX239C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX239ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX239EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX239ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX239MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX240CMH	0°C to +70°C	44 Plastic FP
MAX240C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX241CAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX241CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX241C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX241EAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX241EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX242CAP	0°C to +70°C	20 SSOP
MAX242CPN	0°C to +70°C	18 Plastic DIP
MAX242CWN	0°C to +70°C	18 Wide SO
MAX242C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX242EPN	-40°C to +85°C	18 Plastic DIP
MAX242EWN	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX242EJN	-40°C to +85°C	18 CERDIP
MAX242MJN	-55°C to +125°C	18 CERDIP

MAX243CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX243CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX243CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX243C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX243EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX243ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX243EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX243EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX243MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX244CQH	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX244C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX244EQH	-40°C to +85°C	44 PLCC
MAX245CPL	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX245C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX245EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
MAX246CPL	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX246C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX246EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
MAX247CPL	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX247C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX247EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
MAX248CQH	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX248C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX248EQH	-40°C to +85°C	44 PLCC
MAX249CQH	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX249EOH	-40°C to +85°C	44 PLCC

* Contact factory for dice specifications.

MAX220-MAX249



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้