สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประยุกต์ใช้งานจีพีเอสกับการกำหนดเส้นทางการเดินรถ

GPS APPLICATION FOR CAR ROUTING

T050332

จัดทำโดย

นาย กุลชาติ วงศ์วรรณ

นาย กฤษณ์ นิวัฒเจริญชัยกุล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50332
วัน,เดือน,ปี 29 เม.ย. 2547

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้งานจีพีเอสกับการกำหนดเส้นทางการเดินรถ

GPS APPLICATION FOR CAR ROUTING

จัดทำโดย

นาย กุลชาติ วงศ์วรรณ 41014036

นาย กฤษณ์ นิวัฒเจริญชัยกุล 42010005

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานเรื่อง (ภาษาไทย)	การประยุกต์ใช้งานจีพีเอสกับการกำหนดเส้นทางการเดินรถ
(ภาษาอังกฤษ)	GPS APPICATION FOR CAR ROUTING
จัดทำโดย	นาย กุลชาติ วงศ์วรรณ
	นาย กฤษณ์ นิวัฒเจริญชัยกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์

รายงานฉบับนี้ได้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงาน ปีการศึกษา 2545

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การประยุกต์ใช้งานจีพีเอสกับการกำหนดเส้นทางการเดินรถ

ผู้จัดทำ

1. นาย กุลชาติ วงศ์วรรณ
2. นาย กฤษณ์ นิวัฒเจริญชัยกุล

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้งาน GPS กับการกำหนดเส้นทางการเดินรถ

นาย กุลชาติ วงศ์วรรณ
นาย กฤษณ์ นิวัฒเจริญชัยกุล
รศ.ดร. มนัส สังวรศิลป์ (อาจารย์ที่ปรึกษา)
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

โครงงานการประยุกต์ใช้งานระบบ GPS นี้ เป็นโครงงานที่นำความรู้ทางด้านระบบนำร่อง ระบบพิกัดอ้างอิง ไมโครคอนโทรลเลอร์ การวาดแผนที่ และระบบฐานข้อมูล มาใช้ในการทำสถิติของการเดินทาง โดยมี เครื่องรับ GPS และ Data Locker เป็นตัวเก็บข้อมูลระหว่างเส้นทาง ซึ่ง ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาประมวลผลบนคอมพิวเตอร์ โดยการนำแผนที่และระบบฐานข้อมูลมาตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับมา ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงานเช่น ตรวจสอบเส้นทางการเดินทาง การแก้ปัญหาการขนส่งที่ล่าช้า การประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เป็นต้น

ในรายงานได้อธิบายถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบ GPS หลักการแสดงพิกัดตำแหน่ง การจัดเก็บ และการแสดงภาพแผนที่ การออกแบบฐานข้อมูล การออกแบบวงจร Data Locker สำหรับเก็บข้อมูลที่ได้จากเครื่อง GPS การทดสอบและผลการทดสอบ ในส่วนสุดท้ายจะเป็นการสรุปและวิจารณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GPS APPICATION FOR CAR ROUTING

Mr. Kulachat Wongwan

Mr. Krist Nivatchareonchaikul

Assoc. Prof. Dr. Manas Sangworasilp (Adviser)

Educational Year 2002

Abstract

This project is about how to apply GPS with knowledge of Navigation system, Microcontroller, Mapping, and Database system. Those will be used for determining statistics. Data will be accumulated from one location to some destinations by GPS receiver and Data Locker and then calculated and verified by map and database system in a computer. This would benefit for inspecting some routes, solving delayed transportation and saving some expenses.

The paper presents all about GPS including coordinate system, database design, storing and displaying a map, Data Locker designing for accumulating data from GPS receiver, testing, results of testing, criticism and conclusion.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้ ใช้เวลาในการรวบรวมข้อมูล รวมทั้งศึกษาเนื้อหาที่จำเป็นต่อการทำปริญญานิพนธ์ โดยใช้เวลาประมาณหนึ่งปี ซึ่งแต่ละขั้นตอนต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจ รวมทั้งแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน แต่ก็สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทั้งนี้เพราะมีอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ท่านอื่นๆ ในภาควิชาที่คอยให้ความรู้และความคำแนะนำต่างๆ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการทำงานครั้งต่อไป

ผู้จัดทำขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ท่านอื่นๆ ในภาควิชา และเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือต่อผู้จัดทำเป็นอย่างดี ตลอดจนบิดามารดาที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนผู้จัดทำมาตลอดจนงานนี้บรรลุจุดประสงค์ที่ได้ตั้งไว้

(กุลชาติ วงศ์วรรณ)
นาย กุลชาติ วงศ์วรรณ
(กฤษณ์ นิวัฒเจริญชัยกุล)
นาย กฤษณ์ นิวัฒเจริญชัยกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญรูป..... VI

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ระบบนำร่อง (Navigation System)..... 1

1.2 ระบบนำร่องโดยอาศัยคลื่นวิทยุ (Radionavigation System)..... 2

บทที่ 2 จีโอเดติค ดาตัม (Geodetic Datum)..... 4

2.1 ระบบพิกัดอ้างอิงที่ใช้งานทั่วไป (Global Coordinate System)..... 4

บทที่ 3 Global Positioning System (GPS)..... 7

3.1 การให้บริการการระบุตำแหน่งในระบบ GPS (GPS Positioning Services)..... 8

3.2 สัญญาณดาวเทียม GPS (GPS Satellite Signals)..... 9

3.3 ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบ GPS (GPS Error Sources)..... 10

3.4 มาตรฐานที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร..... 11

บทที่ 4 การจัดเก็บและแสดงภาพแผนที่..... 15

4.1 การจัดเก็บภาพแผนที่..... 15

บทที่ 5 การออกแบบฐานข้อมูล..... 19

5.1 ระบบข้อมูล..... 19

5.2 ความหมายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์..... 20

5.3 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์..... 20

บทที่ 6 การออกแบบและการประยุกต์ใช้งาน..... 22

6.1 การออกแบบวงจรประยุกต์..... 22

6.2 การออกแบบโปรแกรมแสดงภาพแผนที่..... 26

บทที่ 7 การทดลองและผลการทดลอง..... 30

บทที่ 8 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ..... 35

8.1 สรุปผลการทดลอง..... 35

8.2 อุปสรรค และปัญหาที่พบ..... 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รวมทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

8.3 ข้อเสนอแนะ..... 35

บรรณานุกรม..... 37

ภาคผนวก..... 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงดาวเทียมทั้ง 24 ดวงในระบบ GPS..... 1

รูปที่ 2.1 แสดงการกำหนดเส้นไพร์ม เมอริเดียน และเส้นอีเควเตอร์..... 5

รูปที่ 2.2 แสดงการกำหนดพิกัดแบบ ละติจูด ลองจิจูด และความสูง..... 5

รูปที่ 2.3 แสดงระนาบ Earth Centered, Earth Fixed X, Y, Z..... 6

รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบ ของ Space Segment..... 7

รูปที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ ของ GPS ในแต่ละ Segment..... 8

รูปที่ 3.3 แสดงสัญญาณที่ได้จากดาวเทียม GPS..... 10

รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างความผิดพลาดที่เกิดขึ้นใน ระบบ GPS..... 11

รูปที่ 4.1โครงสร้างข้อมูลแบบ Raster หรือ grid..... 15

รูปที่ 4.2 โครงสร้างข้อมูลแบบ Vector..... 16

รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ของชุดข้อมูล..... 17

รูปที่ 4.4 เลขรหัสแสดงความแตกต่างของข้อมูล..... 17

รูปที่ 4.5 แสดงการจัดเก็บในส่วนของคำอธิบายหรือ Attribute ในส่วนของฐานข้อมูลตัวอักษร.... 18

รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะของระบบข้อมูล (Information System Taxonomy)..... 19

รูปที่ 6.1 แสดงรูปแบบการติดต่อสื่อสารระหว่างวงจรประยุกต์ กับเครื่องคอมพิวเตอร์..... 23

รูปที่ 6.2 แสดงรูป Keypad..... 24

รูปที่ 6.3 แสดง Block Diagram ของวงจร Data Locker..... 25

รูปที่ 6.4 แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลแผนที่ใน Database..... 26

รูปที่ 6.5 แสดงตัวอย่างข้อมูลแผนที่ ใน Database..... 27

รูปที่ 6.6 แสดงตัวอย่างข้อมูลตำแหน่งสถานที่ ใน Database..... 27

รูปที่ 6.7 แสดงระบบพิกัดในระบบคอมพิวเตอร์..... 28

รูปที่ 6.8 แสดงพิกัดภูมิศาสตร์ของโลก..... 28

รูปที่ 7.1 แสดงแผนที่ที่ได้จากการเก็บตำแหน่งโดยวงจรประยุกต์ จากเครื่อง GPS..... 30

รูปที่ 7.2 แสดงเส้นทางการทดลองบริเวณถนนรอบคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง..... 31

รูปที่ 7.3 แสดงตำแหน่งที่ได้จากการเก็บตำแหน่งที่ความถี่ 2 วินาที ต่อ 1 จุด..... 32

รูปที่ 7.4 แสดงตำแหน่งที่ได้จากการเก็บตำแหน่งที่ความถี่ 8 วินาที ต่อ 1 จุด..... 33

รูปที่ 7.5 แสดงตำแหน่งที่ได้จากการเก็บตำแหน่งที่ความถี่ 16 วินาที ต่อ 1 จุด..... 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ระบบนำร่อง (Navigation System)

ระบบนำร่อง (Navigation System) เป็นระบบที่นำให้ผู้ที่ใช้ระบบ เคลื่อนย้ายจากสถานที่หนึ่งซึ่งรู้ตำแหน่งแน่นอนแล้ว ไปยังอีกสถานที่หนึ่งอย่างปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ ระบบนำร่องได้เกิดขึ้นมานาน ตั้งแต่สมัย 3500 ปีก่อนคริสต์ศักราช โดยการสังเกตจากดวงอาทิตย์ และดาวเหนือ ซึ่งเป็นระบบการนำร่องในยุคแรก ถ้าสมมุติว่าเราต้องการเดินกลับจากโรงเรียนมาที่บ้าน หรือต้องการหาสินค้าชนิดหนึ่ง ซึ่งวางขายอยู่ในห้างสรรพสินค้าที่เราไปเป็นประจำ แสดงว่าเรากำลังใช้ระบบนำร่องในยุคแรกๆ อยู่ แล้วถ้าเราไปอยู่ในที่ ที่เราไม่เคยไปมาก่อน เช่น กลางป่าหรือมหาสมุทร และเราต้องการจะหาทางกลับบ้าน เราจะทำอย่างไร

ในช่วงคริสต์ศักราชที่ 20 เป็นช่วงที่เกิดการพัฒนาระบบนำร่องอย่างสูงสุด เนื่องจากต้องนำมาใช้ในการทำสงครามได้มีการประดิษฐ์ "เข็มทิศ" ที่ชี้ไปยังตำแหน่ง ทิศเหนือที่แท้จริง แทนที่ขั้วแม่เหล็กทางเหนือ และได้มีการประดิษฐ์ Radar (Radio Detection And Ranging) ขึ้นมาใช้ครั้งแรก ในปี 1935

ในช่วงปี 1940 ระบบไฮเปอร์โบลิก (Hyperbolic Navigation System) ที่รู้จักกันในชื่อ Loran (Long Rang Navigation) ซึ่งใช้สัญญาณวิทยุจากสถานีหลัก และสถานีรอง ระยะทางระหว่างคลื่นขึ้นอยู่กับความแตกต่างของเวลาของสัญญาณที่มาจากทั้งสองสถานี ซึ่งความแตกต่างนี้แสดงโดยกราฟไฮเปอร์โบลา โดยการหาตำแหน่งจะต้องใช้ ระบบ Loran อีกหนึ่งชุด ทำงานซ้ำกับการทำงานข้างต้น ซึ่งตำแหน่งก็คือจุดตัดของไฮเปอร์โบลาของทั้งสองชุดนั่นเอง

รูปที่ 1.1 แสดงดาวเทียมทั้ง 24 ดวงในระบบ GPS

ในปี 1973 Global Positioning System (GPS) ได้ถูกสร้างและควบคุมโดย U.S. Department Of Defense (DOD) โดย GPS ประกอบด้วย ดาวเทียม ทั้งหมด 24 ดวง และให้ความถูกต้องของตำแหน่ง ในระยะต่ำกว่า 30 ฟุต ในทุกสภาพอากาศ GPS ทำงานในลักษณะเดียวกับ ระบบ Loran

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้เรื่องความต่างของเวลามาคำนวณหาตำแหน่ง แตกต่างกันที่ สัญญาณที่จากเดิมส่งออกมาจากสถานีวิทยุ เป็นการส่งออกมาจากดาวเทียม

1.2 ระบบนำร่องโดยอาศัยคลื่นวิทยุ (Radionavigation System)

ระบบนำร่องโดยอาศัยคลื่นวิทยุแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ระบบนำร่องโดยอาศัยคลื่นวิทยุที่มีสถานีส่งบนพื้นโลก
   ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

   1.1 ระบบหาทิศคลื่นวิทยุ (Radio Direciton Finding System (RDF))

   การใช้งานระบบหาทิศคลื่นวิทยุ เพียงแค่ผู้ใช้ปรับเครื่องรับให้ตรงกับสถานีส่งวิทยุที่รู้พิกัดอยู่ก่อนแล้ว จากนั้นใช้สายอากาศหาทิศทางของสถานีส่งจะทำให้ได้ค่า แบริ่ง (Bearing) ออกมา ทำกระบวนการนี้ซ้ำโดยใช้สถานีส่งอื่นๆ จากนั้นใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์เข้าช่วยจะทำให้ทราบตำแหน่งของผู้ใช้งาน

   1.2 ระบบไฮเปอร์โบลิก (Hyperbolic System)

   การใช้งานระบบไฮเปอร์โบลิก จะใช้พิกัดที่ถูกส่งออกมาจากสถานีวิทยุหลายๆ สถานี แต่ละจุดของทุกๆ จุด ที่แตกต่างกันระหว่างสัญญาณวิทยุจากสถานีที่ แตกต่างกัน จะวางตัดกันอยู่ในรูปของไฮเปอร์โบลาร์หลายๆเส้น และเส้นที่ประกอบมาจากจุดหลายๆ จุด เหล่านี้จะถูกสร้างไว้บนแผนที่ที่ผู้ใช้มีอยู่ ผู้ใช้จะต้องใช้เครื่องรับฟังสัญญาณวิทยุเพื่อหาว่าขณะนี้ตำแหน่งของตนเองอยู่ที่ เส้นไฮเปอร์โบลาร์เส้นใหม่ออกมาเมื่อเทียบกับสถานีใหม่ที่ตนเองรับฟังอยู่ ถ้าเส้นไฮเปอร์โบลาร์สองเส้นนี้ตัดกัน จุดนั้นคือพิกัดที่เราอยู่ ตัวอย่างของระบบไฮเปอร์โบลิก นี้ได้แก่ Consol Decca ,GEE,POPI ,Omega ,Radux ,Loran-a , Loran-b, Loran-d, Loran-f และ Lorand-c

2. ระบบนำร่องที่อาศัยคลื่นวิทยุที่มีสถานีส่งบนอวกาศ
   ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

   2.1 ระบบ Transit

   ระบบนี้เป็นระบบแรกที่ได้พัฒนาขึ้น โดยใช้หลักการ droppler ของสัญญาณวิทยุที่เลื่อนออกไป (Shift) สัญญาณวิทยุจะส่งออกมาจากดาวเทียม ความแม่นยำอยู่ในระดับความผิดพลาดประมาณ 200-300 เมตร เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น การให้บริการไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก ทำให้ระบบนี้ให้การนำร่องแบบสองมิติเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ระบบ Timation

ระบบนี้ถูกพัฒนาขึ้น โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทำหน้าที่รองรับการกำหนดพิกัดโดยการใช้เวลาและความถี่ ดาวเทียมดวงแรกถูกบรรจุไว้ด้วยตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ผลึกควอตซ์ ที่มีความแม่นยำมาก ส่วนดาวเทียมดวงที่สองใช้นาฬิกาเชิงอะตอมซึ่งมีความแม่นยำสูงมากกว่าแบบแรก ส่วนดาวเทียมดวงที่สามใช้จำลองการทำงานของเทคโนโลยีของระบบ GPS

2.3 ระบบ NAVSTAR GPS (Navigation-Satellite Timing And Ranging Global Position System)

ระบบนี้ถูกสร้างและควบคุมโดย U.S. Department of Defense (DoD) ระบบ NAVSTAR GPS ซึ่งมีวัตถุประสงค์แรกเริ่มเพื่อใช้ในทางทหาร เป็นระบบนำร่องที่อาศัยคลื่นวิทยุที่ส่งมาจากกลุ่มดาวเทียมที่โคจรอยู่เหนือพื้นโลก ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลกอย่างแท้จริงในปัจจุบันพลเรือนสามารถใช้ระบบนำร่องจากดาวเทียม NAVSTAR GPS ได้อย่างเสรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
จีโอเดติค ดาตัม
(Geodetic Datum)

จีโอเดติค ดาตัม (Geodetic Datum) คือ การกำหนดระบบอ้างอิงที่ใช้อธิบายขนาด และรูปร่างของโลกว่าควรมีลักษณะอย่างไร ได้มีการกำหนดลักษณะของดาตัมขึ้นมาหลายร้อยลักษณะตั้งแต่การประมาณขนาดของโลกครั้งแรกโดยอริสโตเติล ในสมัยโบราณถือว่าโลกแบน ดังนั้นระนาบอ้างอิงจึงเป็นระนาบแบน ต่อมาพบว่าโลกเป็นทรงกลม ระบบอ้างอิงจึงถูกเปลี่ยนเป็นทรงกลมตามไปด้วย จนภายหลังพบว่ารูปร่างของโลกที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดเป็นแบบ เอลลิพซอยด์ (Ellipsoid) และใช้มาจนถึงปัจจุบันนี้ เมื่อผนวกเข้ากับระบบการกำหนดพิกัดอ้างอิงก็จะทำให้สามารถกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกได้อย่างแม่นยำ

จีโอเดติค ดาตัม มีขอบเขตการใช้งานกว้างขวางตั้งแต่งานที่ไม่ซับซ้อนนัก เช่น การสำรวจโลก โดยสมมุติว่ามีลักษณะแบนราบ โดยเครื่องบิน จนถึงงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้น การหาขนาด รูปร่าง สนามแรงโน้มถ่วง และอัตราความเร็วของโลกที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม ขณะที่การทำแผนที่ การสำรวจ ระบบนำร่อง และดาราศาสตร์ ล้วนเกี่ยวข้องกับจีโอเดติค ดาตัม ทั้งสิ้น การคำนวณเกี่ยวกับจีโอเดติค ดาตัมจะเกี่ยวข้องกับวิชาทางด้านการคำนวณว่าด้วยรูปร่างและเนื้อที่ของโลก (Science of Geodesy)

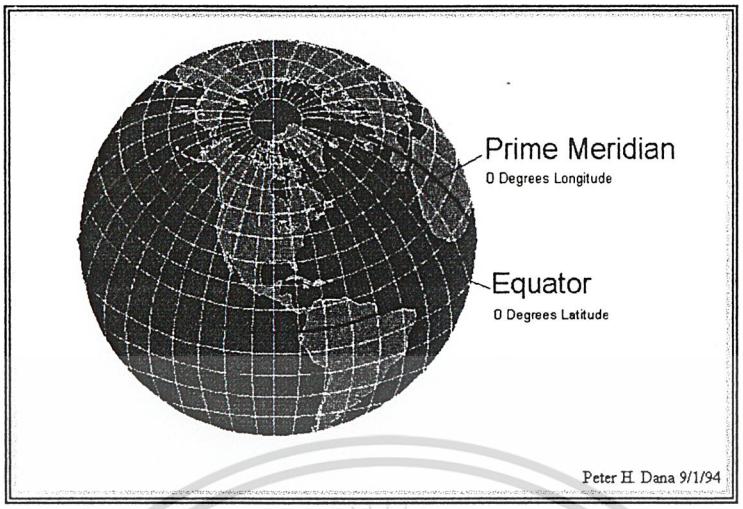
การกำหนดพิกัดอ้างอิงผิดจากดาตัม หมายถึง ค่าความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นกับการหาตำแหน่งได้ถึงหลายร้อยเมตร องค์กรและประเทศต่างๆ ประเทศและองค์กรต่างๆ ในโลกใช้ดาตัมที่มีค่าไม่เหมือนกัน ดังนั้นการวัดหาค่าตำแหน่งต้องทำด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากค่าดาตัมที่แตกต่างกัน

2.1 ระบบพิกัดอ้างอิงที่ใช้งานทั่วไป (Global Coordinate Systems)

ระบบพิกัดอ้างอิงที่ไว้สำหรับระบุตำแหน่งสถานที่ต่างๆ บนโลก ได้ถูกคิดขึ้นมานานนับศตวรรษ ในสาขาวิชาคำนวณที่ว่าด้วยรูปร่างและเนื้อที่ของโลก (Science of Geodesy) ในโลกตะวันตก เส้นศูนย์สูตร (Equator) เส้นทรอปปิค (Tropic) เส้นละติจูด (Latitude Line) เส้นลองติจูด (Longitude Line) ถูกใช้เพื่อระบุตำแหน่งต่างๆ บนโลก

ในหัวข้อที่แล้ว เมื่อเรามีรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโลกแล้ว การกำหนดพิกัด อ้างอิงจะต้องถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้กำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก มิฉะนั้นเราจะไม่ทราบว่า เราอยู่ที่ใดบนโลก ทำนองเดียวกัน ถ้าระนาบอ้างอิงแตกต่างกันออกไป พิกัดที่ได้จะแตกต่างกันออกไปด้วย ระบบที่ใช้ในการอ้างอิงมีหลายแบบด้วยกัน แต่ละประเทศจะใช้แตกต่างกันออกไป สำหรับในระบบ GPS ที่มีใช้ได้อยู่ได้แก่

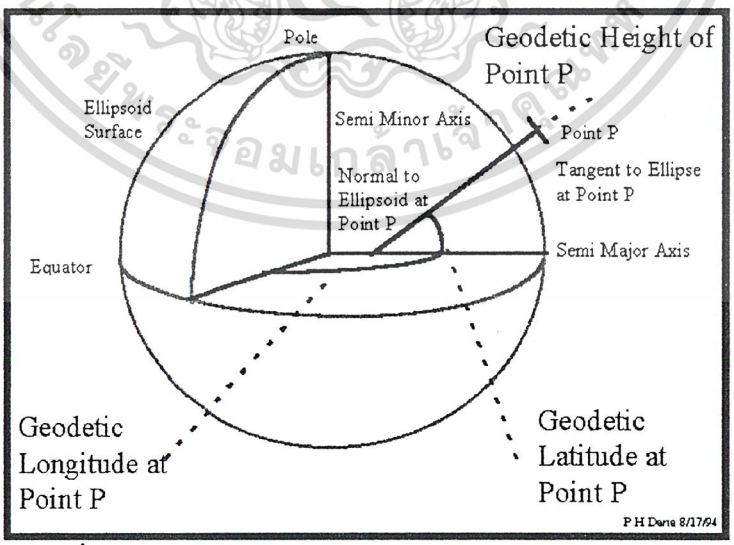
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงการกำหนดเส้นไพร์ม เมอริเดียน และเส้นอีเควเตอร์

1. Latitude , Longitude , Height

Latitude, Longitude และ Height เป็นระบบพิกัดที่ถูกใช้มากที่สุดในปัจจุบัน โดยกำหนดให้ระนาบอ้างอิง(Reference Plane) ระนาบอีเควเตอร์(Equator Plane) และเส้นไพร์มเมอริเดียน(Prime Meridian) ที่วางตั้งฉากกัน จากรูปที่ 2.5 การกำหนดจุด P ว่ามีค่าเป็นเท่าใด สามารถทราบได้จากการลากเส้นจากจุด P มาตั้งฉากกับพื้นผิวเอลลิพ-ซอยด์ (Sub-Reciever Point) แล้วต่อเส้นนี้ไปตัดกับระนาบอีเควเตอร์ มุมที่เกิดจากเส้นที่ลากมากับระนาบอีเควเตอร์เรียกว่า Geodetic Latitude



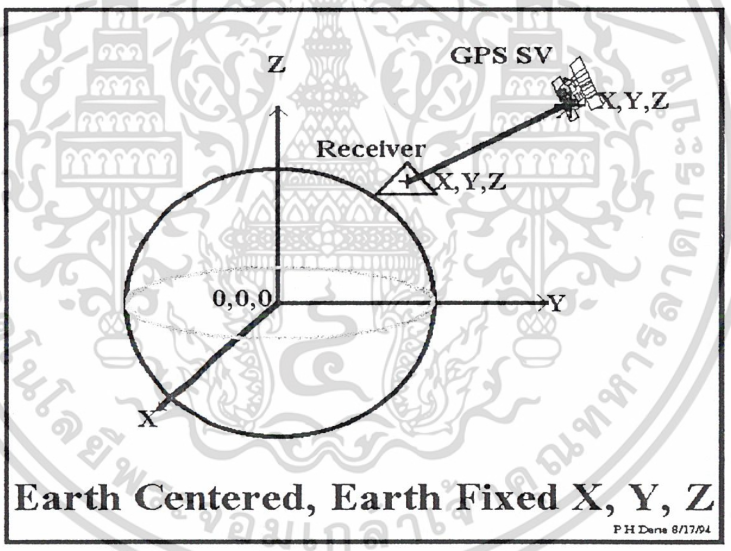
รูปที่ 2.2 แสดงการกำหนดพิกัดแบบ ละติจูด ลองจิจูด และความสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าให้เส้นที่ลากจากจุด P เป็นระนาบ ระนาบหนึ่งที่ตั้งฉากกับระนาบอีเควเตอร์ มุมที่ระนาบนี้ทำกับระนาบที่เกิดจากเส้นไพร์มเมอริเดียน (สมมุติเราผ่าโลกตามไพร์มเมอริเดียนจะได้ระนาบนี้) เรียกมุมนี้ว่า Geodetic Longitude ส่วนระยะทางจากจุด P มายังพื้นผิวเอลลิพซอยด์ เรียกว่า Geodetic Height

2. Earth Centered , Earth Fixed X, Y, Z

Earth Centered และ Earth Fixed X, Y, Z เป็นการกำหนดพิกัดแบบสามมิติเช่นกัน โดยถือว่าจุดศูนย์กลางของมวลโลกเป็นจุดศูนย์กลางของเอลลิพซอยด์ จากจุดนี้แกน Z จะชี้มายังขั้วโลกเหนือ แกน X จะชี้มายังจุดตัดกันของเส้นไพร์มเมอริเดียน กับเส้นอีเควเตอร์ ส่วนแกน Y จะตั้งฉากกับแกน X ดังนั้นแต่ละจุดที่กำหนดขึ้นมาจะต้องมีองค์ประกอบของค่า X, Y, Z อยู่ด้วยเสมอ ระบบนี้จะใช้อ้างอิงในระบบ GPS เป็นหลัก แล้วจึงทำการคำนวณจากค่า X, Y, Z มาเป็นค่า Latitude, Longitude และ Height ในภายหลัง



รูปที่ 2.3 แสดงระนาบ Earth Centered, Earth Fixed X, Y, Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

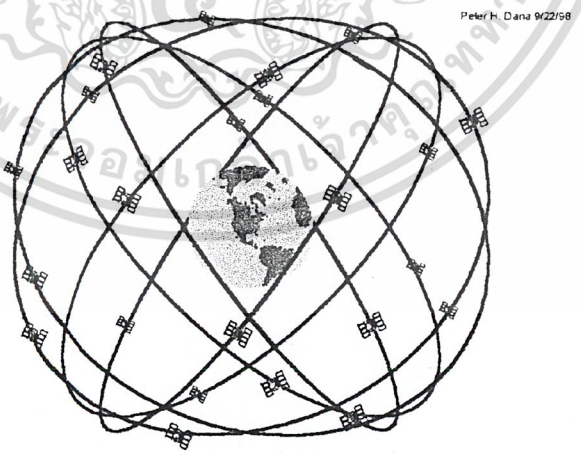
Global Position System (GPS)

GPS (Global Position System) ถูกสร้างและควบคุมโดย U.S. Department of Defense (DoD) ในปัจจุบันประชาชนทั่วไปสามารถนำระบบนี้มาใช้กันได้อย่างกว้างขวาง แต่ก็ยังอยู่ในการดูแลควบคุมของกองทัพสหรัฐ ระบบ GPS ใช้สัญญาณโค้ดจากดาวเทียม ซึ่งมีรูปแบบเฉพาะ ซึ่งจะถูกประมวลผลโดยเครื่องรับ (Receiver) ซึ่งสามารถคำนวณ ตำแหน่ง ความเร็ว และเวลาได้ โดยในปัจจุบัน ระบบ GPS ใช้ดาวเทียม 4 ดวง คำนวณตำแหน่งในระบบ 3 มิติ และเวลา Offset ในนาฬิกาของเครื่องรับ (Receiver Clock)

ระบบ GPS สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. Space Segment

   Space Segment ประกอบด้วยดาวเทียมทั้งหมด 24 ดวง โดยเป็นดาวเทียมสำรอง 3 ดวง อยู่ห่างจากโลกประมาณ 11,000 ไมล์ แต่ละดวงจะโคจรรอบโลกใช้เวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งดาวเทียมทั้ง 24 ดวงอาจถูกแทนที่ด้วยดาวเทียมดวงใหม่ ที่ถูกปล่อยขึ้นไปในกรณีที่ดาวเทียมดวงใดดวงหนึ่งใช้งานมานาน การวางตัวของดาวเทียมมีทั้งหมด 6 ระนาบ ระนาบ ละ 4 ดวง โดยแต่ละระนาบจะทำมุมกัน 60 องศา และวางมุมลาดเอียงประมาณ 55 องศา กับ ระนาบอีเควเตอร์ (Equatorial Plane) ซึ่งจะมีจำนวนดาวเทียม ประมาณ 5-8 ดวงที่สามารถ จัดหาให้ผู้ใช้ ใช้ได้จากทุกๆ มุมโลก



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

รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบ ของ Space Segment

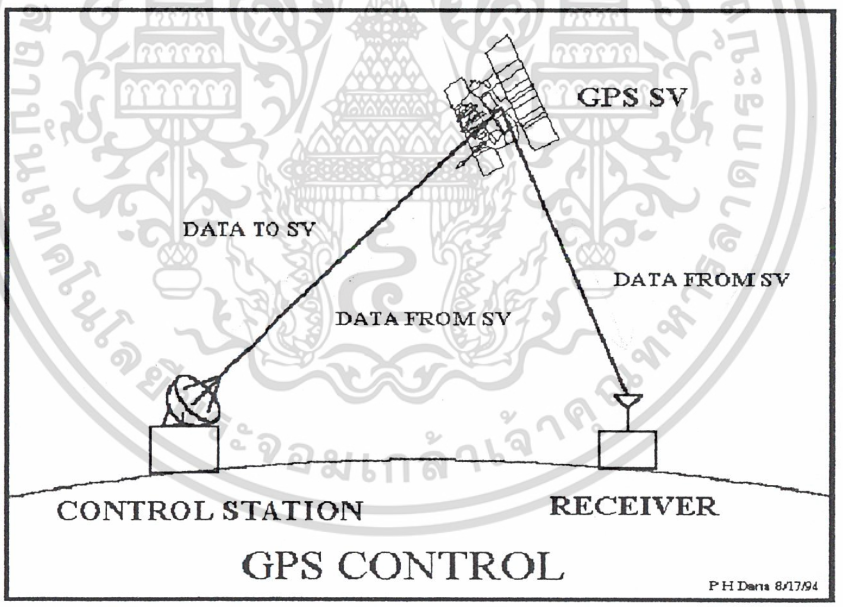
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Control Segment

Control Segment จะประกอบด้วยสถานีรับสัญญาณจากดาวเทียม ซึ่งอยู่บนพื้นโลก โดยสามารถแบ่งได้เป็น สถานีควบคุมหลัก (Mastercontrol Station) ซึ่งมีอยู่แห่งเดียวในโลก ที่ Shriever Air Force Base โคโรลาโด สหรัฐอเมริกา และสถานีแจ้งผล (Monitor Station) โดยสถานีแจ้งผลจะใช้เครื่องรับ GPS ในการติดตามดาวเทียมทั้งหมดที่สามารถมองเห็นได้ และรวบรวมข้อมูลที่ได้จากดวงเทียม ส่งมายังสถานีควบคุมหลัก สถานีควบคุมหลักจะคำนวณวงโคจรของดาวเทียมอย่างแม่นยำ ข้อมูลจะถูกจัดเป็นรูปแบบเข้ากับข้อมูลนำร่อง (Navigation Messages) ที่ถูกปรับเปลี่ยนไปสำหรับดาวเทียมแต่ละดวง และข้อมูลนี้จะถูกส่งกลับไปยังดาวเทียมแต่ละดวงโดยอาศัยเสาอากาศภาคพื้นดิน

3. User Segment

User Segment ประกอบด้วย เครื่องรับ (GPS Receiver) โดยเครื่องรับ จะแปลงสัญญาณจากดาวเทียม เพื่อให้ทราบถึงตำแหน่ง ความเร็วและเวลาได้



รูปที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ ของ GPS ในแต่ละ Segment

3.1 การให้บริการการระบุตำแหน่งในระบบ GPS (GPS Positioning Services)

ระบบการนำร่อง (Navigation System) ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์สำหรับการปฏิบัติงานที่เป็นความลับ เพื่อเป็นการป้องกันการใช้งาน GPS ในทางที่ไม่ถูกต้อง จึงต้องมีการแบ่งระดับการใช้งานเป็น 2 ระดับ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Precise Positioning Service (PPS)

   การให้บริการในระดับนี้ใช้แค่ในกองทัพสหรัฐ โดยให้ระดับความแม่นยำ

   - ความแม่นยำทางด้านแนวนอน 22 เมตร
   - ความแม่นยำด้านแนวตั้ง 27.7 เมตร
   - ความแม่นยำของเวลา 200 นาโนวินาที

2. Standard Positioning Service (SPS)

   การให้บริการในระดับนี้ บุคคลทั่วไปสามารถใช้ได้ โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และไม่มีข้อจำกัด เครื่องรับส่วนใหญ่สามารถที่จะรับและใช้สัญญาณจาก SPS ได้ ระดับความแม่นยำของ SPS ถูกลดระดับลงจาก PPS ภายใต้การควบคุมของ U.S. Department of Defense (DoD) โดยการใช้ ความสามารถเลือกหา (Selective Availability หรือ S/A) โดยให้ระดับความแม่นยำ

   - ความแม่นยำทางด้านแนวนอน 100 เมตร
   - ความแม่นยำทางด้านแนวตั้ง 156 เมตร
   - ความแม่นยำของเวลา 340 นาโนวินาที

3.2 สัญญาณดาวเทียม GPS (GPS Satellite Signals)

คลื่นพาห์ (Carrier Signal) ที่ส่งมาจากดาวเทียมในระบบ GPS มีอยู่ 2 ความถี่ด้วยกัน ได้แก่ ความถี่ L1 (1575.42 MHz) เป็นคลื่นพาห์ของ ข้อมูลนำร่อง (Navigation Message) และ SPS code และ ความถี่ L2 (1227.60 MHz) ใช้สำหรับวัด Ionospheric Delay โดย เครื่องรับ PPS

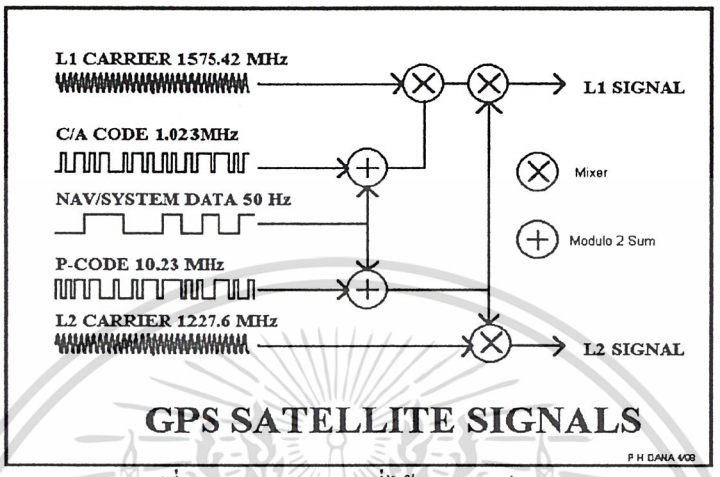
รหัสที่ผสมมากับคลื่นพาห์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1. C/A Code (Coarse Acquistion) คือ รหัส Pseudo Random Noise (PRN) ขนาด 1MHz ชุดหนึ่ง ซ้ำๆ กัน โดย Noise นี้ มอดดูเลท กับ สัญญาณพาห์ L1 ในลักษณะการกระจายสเปคตรัม (Spread Spectrum) ตลอดช่วงแบนด์วิดธ์ 1 เมกกะเฮิร์ต รหัส C/A จะซ้ำเดิม ทุกๆ 1023 บิต ทุกๆ 1 มิลลิวินาที โดยดาวเทียมแต่ละดวงจะมี C/A code ที่ไม่เหมือนกัน โดยดาวเทียม GPS ทั่วไปจะถูกระบุ ตามตัวเลข PRN รหัส C/A code ใช้กับระดับ SPS

2. P-Code (Precise) จะมอดดูเลทกับคลื่นพาห์ L1 และ L2 P-code เป็น PRN ชนิดหนึ่งที่มีความยาว code ที่ยาวมาก สัญญาณนี้จะทำให้เครื่องรับทั่วไปสับสนในการคำนวณค่าต่างๆ สำหรับผู้ที่ได้รับอนุมัติให้ใช้สัญญาณนี้จะต้องมีชิพพิเศษที่เรียกว่า AOC (Auxiliary Output Chip) ต่อใช้กับเครื่องรับจึงจะใช้งานได้อย่างถูกต้อง รหัส P-code ใช้กับระดับ PPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ข้อมูลนำร่อง (Navigation Message) ข้อมูลนำร่องเป็นสัญญาณที่มีความถี่ 50 Hz เป็นบิตของข้อมูลที่ใช้บอก วงโคจรของดาวเทียม ข้อมูลการแก้ไขเวลาและตัวแปรอื่นๆ ของระบบข้อมูลนำร่องจะถูกนำมาผสมกับ C/A code และมอดดูเลทกับคลื่นพาห์ L1



รูปที่ 3.3 แสดงสัญญาณที่ได้จากดาวเทียม GPS

3.3 ค่าความผิดพลาดที่เกิดในระบบ GPS (GPS Error Sources)

ค่าความผิดพลาดที่เกิดอาจจะมีสาเหตุมาจาก การไบอัส สัญญาณรบกวน (Noise) และความผิดพลาดจากมนุษย์และฮาร์ดแวร์

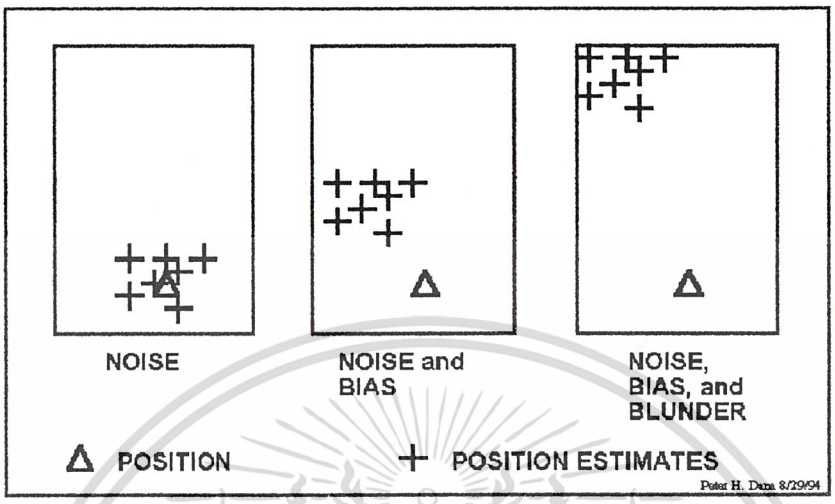
1. *ความผิดพลาดจากสัญญาณรบกวน (Noise Errors)* เกิดจากผลรวมของ PRN code Noise (ในระยะ 1 เมตร) และ Noise จากเครื่องรับ (ในระยะ 1 เมตร)

2. *ความผิดพลาดจากการไบอัส* เป็นผลมาจาก Selective Availability (S/A) และปัจจัยอื่นๆ S/A เป็นการลดระดับความแม่นยำของการระบุตำแหน่ง ซึ่งใช้ใน Standard Positioning Service ซึ่งการไบอัสใน S/A ของดาวเทียมแต่ละดวงมีค่าแตกต่างกัน ผลการระบุตำแหน่งจึงต้องใช้ผลจากการไบอัส S/A ของทุกดวงรวมกัน สำหรับความผิดพลาดจากปัจจัยอื่นๆ เช่น สัญญาณนาฬิกาของดาวเทียมเกิดความผิดพลาดเนื่องจาก Control Segment ความผิดพลาดจากข้อมูลวงโคจร ความผิดพลาดเนื่องจากการหน่วงเวลาในชั้นบรรยากาศ และ Multipath ซึ่งเกิดจากสัญญาณที่สะท้อนจากพื้นผิวโลกบริเวณใกล้เครื่องรับ ทำให้สัญญาณที่ส่งมาเป็นเส้นตรงจากดาวเทียมเกิดความผิดพลาดได้ Multipath ยากที่จะตรวจจับ และบางครั้งยากที่จะหลีกเลี่ยง ความผิดพลาดจากการไบอัส จะส่งผลในระยะเพียงไม่กี่เมตร

3. ความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์และฮาร์ดแวร์ (Blunders) เช่น ความผิดพลาดจาก Control Segment สามารถทำให้การระบุตำแหน่งคลาดเคลื่อนตั้งแต่ 1 เมตร ถึงหลายร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิโลเมตรได้ ความผิดพลาดจากการเลือก จีโอเดติค ดาตัม (Geodetic Datum) สามารถทำให้การระบุตำแหน่งคลาดเคลื่อนตั้งแต่ 1 เมตร จนถึงหลายร้อยเมตรได้



รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างความผิดพลาดที่เกิดขึ้นใน ระบบ GPS

ในปัจจุบันได้มีการยกเลิก Selective Availability ไปแล้วตั้งแต่วันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ. 2543 ทำให้การหาตำแหน่งของเครื่องรับมีความแม่นยำขึ้นมาก กอปรกับเทคโนโลยีที่ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็วเช่น การนำ Differential Global Positioning System (DGPS) และ Wide Area Augmentation System (WAAS) มาใช้ทำให้การหาตำแหน่ง ซึ่งมีความแม่นยำมาก ไม่เกินระยะ 5 เมตร นอกจากนั้นการเทคนิคการหลีกเลี่ยงความผิดพลาดที่เกิดในระบบ GPS ก็ได้ถูกพัฒนา เช่น เครื่องรับสามารถค้นหาดาวเทียม ได้รวดเร็วขึ้น ไม่ว่าจะอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่อำนวย เช่น อยู่ในอาคาร เป็นต้น

3.4 มาตรฐานที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร

จากที่กล่าวมาในตอนต้นนั้นทำให้เราทราบว่า GPS มีหลักการอย่างไรบ้างในการกำหนดตำแหน่งของเครื่องรับ GPS โดยผลที่ได้จากการประมวลผลนั้นแสดงอยู่ในรูป ละติจูด ลองจิจูด ความสูง เวลา ฯลฯ

การประยุกต์ใช้งาน GPS นั้นจำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลเหล่านี้ จากการศึกษาพบว่าเครื่องรับ GPS บางรุ่นนั้นสามารถที่จะส่งข้อมูลต่างๆ ระหว่างเครื่องรับด้วยกัน และยังสามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย ทำให้สามารถนำข้อมูลมาประมวลผลเองหรือประยุกต์เข้ากับโปรแกรมเฉพาะ เพื่อใช้งานในด้านอื่นๆ นอกจากการแสดงผลค่าละติจูด ลองจิจูด ความสูง เพียงอย่างเดียว เช่น Car Navigation, การหาความเร็ว และความเร่งจากการใช้ข้อมูลของเครื่องรับ GPS และการทำแผนที่ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่จะติดต่อระหว่างเครื่องรับ GPS กับคอมพิวเตอร์ได้นั้น ทั้งเครื่องรับ GPS และคอมพิวเตอร์จะต้องเชื่อมโยงด้วยภาษาเดียวกัน สามารถเข้าใจภาษาที่ใช้ติดต่อถึงกันได้ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาภาษามาตราฐานสำหรับการติดต่อสื่อสารในระบบนำร่อง ได้แก่ NMEA 0180 โดย NMEA ย่อมากจาก National Marine Electronics Association เป็นหน่วยงานที่กำหนดมาตรฐานนี้ขึ้น NMEA 0180 ได้กำหนดรูปแบบในการส่งข้อมูล ละติจูด ลองจิจูด กำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูล และข้อมูลอื่นๆ ในการนำร่อง ซึ่งต่อมาได้มีการแก้ไข NMEA 0180 ใหม่ ให้มีประโยชน์และใช้งานได้กว้างขวางมากขึ้น นั่นคือมาตรฐาน NMEA 0183 ที่ใช้ได้กับอุปกรณ์ทั้งหมดในปัจจุบันนี้

มาตรฐาน NMEA 0183 เป็นชื่อเรียกสำหรับการติดต่อสื่อสารข้อมูลในรูปแบบ ประโยค ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบด้วยกัน

พารามิเตอร์ของ NMEA 0183 มีดังนี้

- ในการส่งข้อมูล 1 ไบต์ จะประกอบด้วย 7 บิท ASCII ใน 8 บิท โดยบิทที่สำคัญมากที่สุด (บิทที่ 7) จะถูกกำหนดให้เป็น 0
- มีหนึ่งบิทเริ่ม (Start Bit) และหนึ่งบิทสิ้นสุด (Stop Bit)
- ไม่มีพาริตี้บิท (Parity Bit)

ภาษาของ NMEA 0183 ถึงแม้จะมีมากแต่ก็ไม่ยากที่จะเข้าใจ โดยแต่ละประโยคจะเริ่มต้นด้วย "$" และสิ้นสุดด้วยการขึ้นบรรทัดใหม่ ในแต่ละประโยคมีความยาวได้มากที่สุด 80 ตัวอักษร ระหว่างเริ่มต้นและสิ้นสุดของประโยคเป็นข้อมูล แต่ละข้อมูลจะถูกแยกจากกันด้วยเครื่องหมาย ","

ข้อมูลชุดแรกของทุกๆ ประโยค จะเริ่มต้นด้วย 2 ตัวอักษร ที่แสดงถึงระบบที่ส่งข้อมูลมา ตามด้วย 3 ตัวอักษรที่แสดงว่าใช้รูปแบบประโยคใดและตามด้วยข้อมูลที่ต่างกันไปตามรูปแบบประโยค

ตัวอย่างของ 2 ตัวอักษรที่แสดงถึง อุปกรณ์ที่ส่งข้อมูลมา

LC	Loran-C
GP	GPS
TR	Transit SATNAV
AP	Autopilot
HC	Magnetic Heading Compass
RA	Radar

รูปแบบประโยคมาตรฐานพอสังเขป

GLL - Geographic Position, Latitude and Longitude

แสดงตำแหน่งละติจูด ลองจิจูด และเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$--GLL, lll.ll , a , yyy.yy , b , hhmmss.ss

lll.ll = ตำแหน่งละติจูด (Latitude of Position)

a = ทิศเหนือหรือทิศใต้ (N or S)

yyy.yy = ตำแหน่งลองจิจูด (Longitude of Position)

b = ทิศตะวันออกหรือทิศตะวันตก (E or W)

hhmmss.ss = ตำแหน่งของ UTC (UTC of Position)

GGA - Global Positioning System Fix Data

แสดงเวลา ตำแหน่งและข้อมูลดงที่ต่างๆ สำหรับเครื่องรับ GPS

$--GGA, hhmmss.ss , lll.ll , a , yyy.yy , b , x , xx , x.x , x.x , M , x.x , xxxx

hhmmss.ss = ตำแหน่งของ UTC (UTC of Position)

a = ทิศเหนือหรือทิศใต้ (N or S)

yyy.yy = ตำแหน่งลองจิจูด (Longitude of Position)

b = ทิศตะวันออกหรือทิศตะวันตก (E or W)

x = ชี้บอกคุณภาพของ GPS (0 = no fix , 1 = GPS fix , 2 = Dif.GPS fix)

xx = จำนวนของดาวเทียมที่ใช้

x.x = ความเที่ยงตรงในแนวนอน (Horizontal Dilution of Precision)

x.x = ระยะความสูงของสายอากาศเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง

M = หน่วยของความสูงของสายอากาศ (เมตร)

x.x = Geoidal Separation

M = หน่วยของ Geoidal Separation

x.x = อายุของข้อมูล Differential GPS (วินาที)

xxxx = Differential GPS Address

ZDA – Time & Date

แสดงเวลา UTC, วัน, เดือน, ปี และเวลาท้องถิ่นในแต่ละเขต

$--ZDA, hhmmss.ss, xx, xx, xxxx, xx, xx

hhmmss.ss = ตำแหน่งของ UTC (UTC of Position)

xx = วัน (01 ถึง 31)

xx = เดือน (01 ถึง 12)

xxxx = ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

xx = เวลาเขตท้องถิ่น (ชั่วโมง)

xx = เวลาเขตท้องถิ่น (นาที)

นอกเหนือจากรูปแบบประโยคเหล่านี้ ยังมีรูปแบบอื่นๆ อีกเช่น STN (Multiple Data ID) , TRF (Transit Fix Data) , VRW (Dual Ground/water speed) , VTG (Track Made Good and Ground Speed) โดยในเครื่องรับแต่ละยี่ห้อ แต่ละรุ่น ก็จะมีเอาท์พุท เป็นรูปแบบประโยคที่แตกต่างกันออกไป

ชุดข้อมูล	ข้อมูลที่บอก
APA	Autopilot cross track error , direction to steer, status of GPS , route status ,destination waypoint name , and bearing from origin to destination (old format)
APB	Revised autopilot message contains all of the above plus : heading to steer toward destination, bearing from the present position to the destination
BWC	Range and bearing to a waypoint
GGA	GPS position , time , fix quality , number of satellites used , HDOP (Horizontal Dilution of the Precision) , differential reference information , and age
GLL	GPS – derived latitude , longitude , and time of fix
GSA	GPS receiver operating mode , satellites used in the navigation solution reported by the $--GGA sentence and DOP (Dilution of Precision) values
GSV	Number of satellites in view , satellites numbers , elevation , azimuth , and SNR value
RMB	Data status , cross track error , direction to steer, origin , destination landmark ,landmark location, bearing to destination , and velocity toward and the destination
RMC	Time , latitude , longitude , speed , heading , and date
VTG	Track (magnetic and true) and groundspeed (knots and KPH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การจัดเก็บและ
การแสดงภาพแผนที่

4.1 การจัดเก็บภาพแผนที่

เนื่องจากในปัจจุบัน เครื่องคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก หลายหน่วยงานจึงได้นำข้อมูลข่าวสารที่อยู่ในรูปแบบเอกสารกระดาษ มาอยู่ในรูปแบบของตัวเลข ซึ่งมีความสะดวก รวดเร็วในการจัดเก็บ และค้นหาเป็นอย่างมาก ในวงการทำแผนที่ก็เช่นกัน ได้มีการนำแผนที่ที่อยู่ในรูปแบบกระดาษ มาเก็บในลักษณะตัวเลข เพื่อสามารถเรียกใช้ผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ได้เช่นกัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วข้อมูลแผนที่ ที่จะนำมาจัดเก็บในลักษณะตัวเลขนี้จะประกอบด้วยข้อมูลสองลักษณะคือ

1. ข้อมูลแผนที่ในส่วนที่เป็นภาพ (Graphic)
2. ข้อมูลในส่วนที่เป็นคำอธิบาย (Attribute)

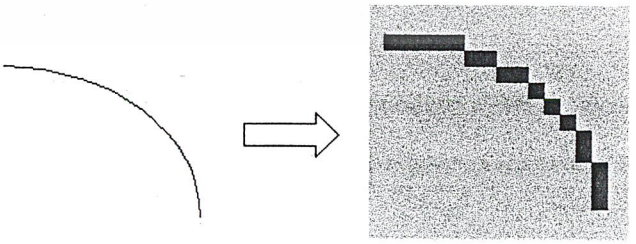
การจัดเก็บข้อมูลทั้งสองส่วนนี้ จะต้องผ่านการออกแบบฐานข้อมูลก่อน ซึ่งจะกล่าวต่อไปในส่วนของการออกแบบฐานข้อมูล

4.1.1 ข้อมูลแผนที่ในส่วนที่เป็นภาพ (Graphic)

การจัดเก็บข้อมูลในส่วนนี้สามารถจัดเก็บได้ 2 ลักษณะคือ

1. เก็บในลักษณะ Raster หรือ ข้อมูลที่เป็นจุดภาพ

การจัดเก็บข้อมูลในลักษณะนี้ จะนำแผนที่ในส่วนที่เป็นภาพมาเก็บในลักษณะจุดภาพ ซึ่งเรียกว่า “กริด” (Grid Cells or Pixels) โดยขนาดของกริดนั้นจะใช้คำว่า “Resolution” แทนขนาดของตารางกริด หรือ “Dot Per Inch” แทนจำนวนของตารางกริด เครื่องที่ใช้จัดเก็บข้อมูลในลักษณะนี้ เรารู้จักกันดีเช่น scanner



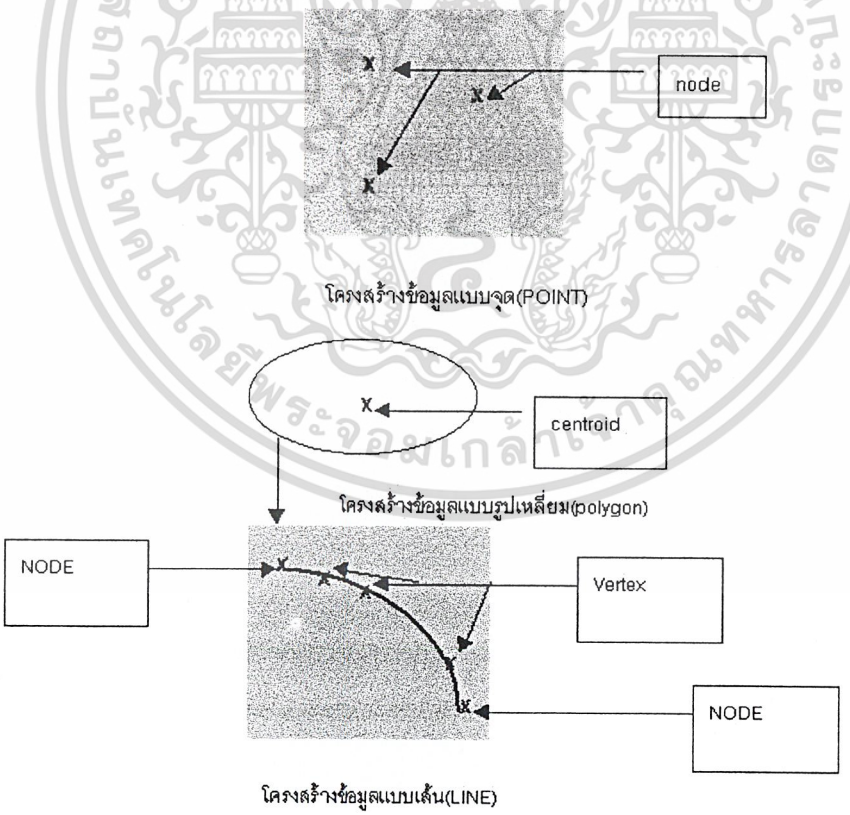
รูปที่ 4.1 โครงสร้างข้อมูลแบบ Raster หรือ grid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดเก็บข้อมูลในลักษณะนี้มีข้อดีคือ จัดเก็บง่าย โครงสร้างข้อมูลไม่ซับซ้อน แต่ข้อเสียคือ ต้องใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บมาก ยิ่ง Resolution สูงก็ยิ่งต้องใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บมาก

2. เก็บในลักษณะ Vector หรือข้อมูลที่เป็นพิกัดจุด

การจัดเก็บข้อมูลแผนที่ในส่วนที่เป็นภาพแบบ Vector คือการจัดเก็บในลักษณะเป็นเชิงพิกัดแบบ 2 แกน คือ X, Y หรือ 3 แกน X, Y, Z ในโครงสร้างข้อมูลแบบ จุด (POINT) เส้น (LINE) และ รูปเหลี่ยม (POLYGON) โดยที่การเก็บลักษณะแบบ จุด จะเป็นการจัดเก็บของจุดพิกัดในส่วนที่เรียกว่า NODE ส่วนการเก็บข้อมูลในโครงสร้างข้อมูลแบบ เส้น(LINE) คือการเก็บข้อมูลเชิงพิกัดในส่วนที่เรียกว่า NODE และ VERTEX โดยจะถือว่า NODE คือจุดพิกัดที่แสดงถึงส่วนที่เริ่มต้นและสิ้นสุดของเส้น ในขณะที่ VERTEX คือจุดพิกัดที่อยู่ระหว่าง NODE และสุดท้ายคือโครงสร้างการเก็บข้อมูลแบบรูปเหลี่ยม(POLYGON) ที่ประกอบด้วยโครงสร้างข้อมูลทั้งแบบจุด และเส้น โดยที่โครงสร้างข้อมูลแบบจุดจะแทนด้วยจุดศูนย์กลาง(CENTROID)ของรูปเหลี่ยม ในขณะที่โครงสร้างข้อมูลแบบเส้นแทนด้วยเส้นรอบรูปที่ล้อมรอบจุดศูนย์กลาง(CENTROID)ของรูปเหลี่ยม ดังแสดงในรูป 4.2 ที่แสดงโครงสร้างข้อมูลของจุด (POINT) เส้น(LINE) และ รูปเหลี่ยม(POLYGON)



รูปที่ 4.2 โครงสร้างข้อมูลแบบ Vector

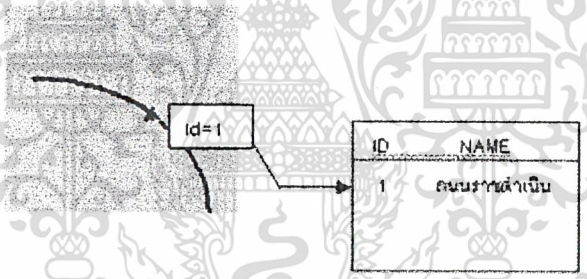
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อุปกรณ์ที่ใช้จัดเก็บข้อมูลแบบ Vector ที่เรารู้จักกันดีได้แก่ digitizer ข้อดีของการจัดเก็บข้อมูลแบบ Vector คือ ใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บค่อนข้างน้อยกว่าแบบ Raster แต่ข้อเสียคือการประมวลผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์จะใช้เวลาค่อนข้างมากกว่าแบบ Raster

4.1.2 ข้อมูลแผนที่ในส่วนที่เป็นคำอธิบาย (Attribute)

ในการจัดเก็บข้อมูลแผนที่ในส่วนที่เป็นคำอธิบายนี้ จะใช้ได้เฉพาะ การเก็บข้อมูลแผนที่ในลักษณะของ Vector เท่านั้น เพราะการเก็บข้อมูลแผนที่ในส่วนของภาพแบบ Vector สามารถที่จะเชื่อมข้อมูลในส่วนที่เป็นข้อมูลที่เป็นตัวอักษร ที่จัดเก็บในลักษณะของฐานข้อมูล(DATABASE) เพราะการจัดเก็บข้อมูลแผนที่ในส่วนของภาพแบบ Vector คือการจัดเก็บเชิงพิกัด หรือการจัดเก็บที่มีลักษณะเป็น ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์(Relational Database) นั้นคือ ทำให้สามารถที่จะเชื่อมต่อระหว่าง ข้อมูลที่เป็นพิกัดของจุดภาพกับฐานข้อมูลที่เป็นตัวอักษรที่จัดเก็บใน โปรแกรมฐานข้อมูลเช่น Dbase หรือ Oracle ได้โดยผ่านทาง ข้อมูลที่มีข้อมูลร่วมกันเช่น หมายเลขประจำตัว(ID) ของแต่ละชุดของข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ของชุดข้อมูล

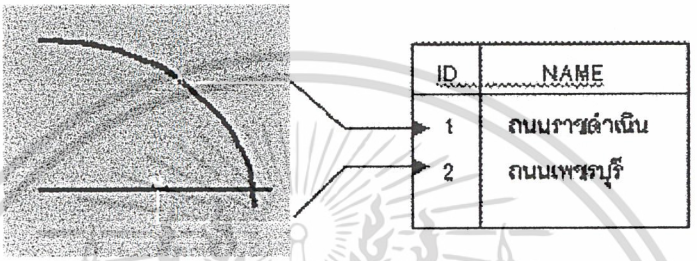
ในส่วนของการเก็บข้อมูลแผนที่ในส่วนของภาพแบบ Raster เนื่องจากไม่สามารถเชื่อมต่อข้อมูลในส่วนของภาพเข้ากับข้อมูลในส่วนที่เป็นตัวอักษร เนื่องจากข้อจำกัดในส่วนของโครงสร้างข้อมูลแบบ Raster แต่การเก็บข้อมูลแบบ Raster ก็สามารถจะใช้ข้อมูลเชิงรหัส เป็นตัวแทนอธิบายความแตกต่างระหว่างกลุ่มของข้อมูลในตัวมันเอง ฉะนั้นเราอาจเรียกการเก็บข้อมูลแผนที่ในส่วนของภาพแบบ Raster ว่า เป็น การเก็บข้อมูลแบบ one-field attribute เพราะใช้เลขรหัสแสดงความแตกต่างของข้อมูล ดังแสดงไว้ที่รูป 4.4

รูปที่ 4.4 เลขรหัสแสดงความแตกต่างของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50332

ในแผนที่ในรูปแบบกระดาษโดยทั่วไปวิธีที่จะแสดงความแตกต่างกันระหว่าง วัตถุที่มีรูปแบบ(Feature)เหมือนกันก็คือ สี และขนาด เช่น ถนนที่เป็นถนนสายหลัก ก็จะมีสี ที่มีลักษณะเด่นชัด เช่น สีแดง แตกต่างกับถนนที่เป็นถนนที่ไม่ใช่ถนนสายหลัก ก็คือ ถนนเหล่านั้นอาจเป็นสีแดงเช่นเดียวกันแต่ ขนาดอาจจะเล็กกว่า ถนนที่เป็นถนนสายหลัก แต่การจัดเก็บของแผนที่ตัวเลขถนนทั้งสอง จะไม่มีลักษณะแตกต่างกันในด้านของภาพในส่วนของ Vector แต่ข้อมูลทั้งสองมีความแตกต่างกันกันที่ ข้อมูลที่จัดเก็บในส่วนของ คำอธิบายหรือ Attribute ในส่วนของฐานข้อมูลตัวอักษร ดังแสดงไว้ที่รูป 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงการจัดเก็บในส่วนของคำอธิบายหรือ Attribute ในส่วนของฐานข้อมูลตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การออกแบบฐานข้อมูล

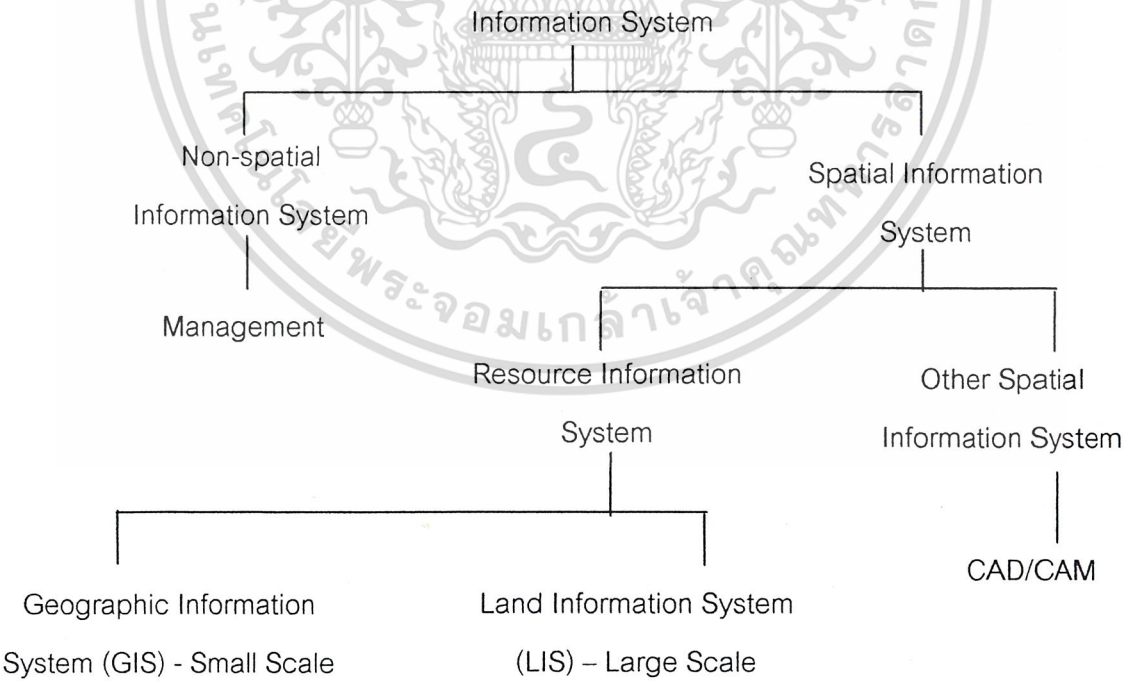
5.1 ระบบข้อมูล (Information System)

ระบบข้อมูล หมายถึงการนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรมนุษย์ (Human Resources) ผสมผสานกับข้อมูล ทรัพยากรเฉพาะด้านต่างๆ (Technical Resources) แล้วผ่านขบวนการจัดการข้อมูลโดยองค์กร ซึ่งรับผิดชอบในการผลิตข้อมูล เพื่อสนับสนุน และสนองต่อความต้องการ ของการจัดการ

ระบบข้อมูลสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ

1. Non-Spatial Information System ได้แก่ระบบข้อมูลในลักษณะของการจัดการในด้านต่างๆ
2. Spatial Information System ได้แก่ ระบบข้อมูลด้านทรัพยากร (Resource Information System) ประกอบด้วยระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์ (Geographic Information System หรือ GIS) และ ระบบข้อมูลทางกายภาพ (Land Information System หรือ LIS) และระบบข้อมูลอื่นๆ เช่น ระบบ CAD/CAM เป็นต้น

แสดงดังรูป



รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะของระบบข้อมูล (Information System Taxonomy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ความหมายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ GIS คือ ระบบเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ และเชื่อมโยงและผสมผสานข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยาย ที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล สามารถดัดแปลงแก้ไขและวิเคราะห์ และแสดงผลการวิเคราะห์ และการนำเสนอข้อมูล เพื่อให้เห็นมิติและความสัมพันธ์ด้านพื้นที่ของข้อมูล ซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดความเข้าใจปัญหา และประกอบการตัดสินใจในการปัญหาเกี่ยวกับการวางแผนการใช้ทรัพยากรเชิงพื้นที่

ขบวนการในการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบ GIS แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ

1. *Manual Approach* เป็นการนำข้อมูลในรูปของแผนที่ หรือลายเส้นต่างๆ ถ่ายลงบนแผ่นใสนำมาซ้อนทับกันเรียกว่า Overlay Technique

วิธีนี้ มีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนแผ่นใสที่จะนำมาซ้อนทับกัน เนื่องจากความสามารถในการวิเคราะห์ด้วยสายตา (Eyes Interpretation) ทำได้ในจำนวนของแผ่นใสที่จำกัด และจำเป็นต้องใช้เนื้อที่และวัสดุ ในการเก็บข้อมูลค่อนข้างมาก

2. *Computer Assisted Approach* เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปของตัวเลข หรือดิจิตอล (Digital) โดยการเปลี่ยนรูปแบบของแผนที่หรือลายเส้นให้อยู่ในรูปของตัวเลข แล้วทำการซ้อนทับกันโดยการนำหลักคณิตศาสตร์ และตรรกะศาสตร์เข้ามาช่วย วิธีการนี้จะช่วยลดเนื้อที่ในการเก็บข้อมูลลง และสามารถเรียกมาแสดงหรือทำการวิเคราะห์ได้โดยง่าย

5.3 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

เนื่องจากลักษณะข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีความซับซ้อนโดยตัวของตัวเอง การประมวลผลข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จึงมักนิยมใช้เครื่องสมองกลที่มีความสามารถสูง (High Speed Computer) มาใช้เป็นหลักทำให้สามารถจำแนกองค์ประกอบของระบบสารสนเทศออกได้เป็น 5 ระบบใหญ่ ๆ ดังนี้คือ

1. *ระบบฮาร์ดแวร์ (Hardwares)* ได้แก่ ระบบสมองกลและอุปกรณ์ช่วย (Computers & Peripherals) อาทิ หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยสำรองข้อมูล หน่วยป้อนข้อมูล และหน่วยแสดงผล เป็นต้น
2. *ระบบซอฟท์แวร์ (Software)* ได้แก่ กลุ่มโปรแกรมที่จำเป็นต้องได้รับการติดตั้งบนระบบฮาร์ดแวร์ เพื่อให้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถทำงานได้ตามที่ได้รับการออกแบบไว้ โปรแกรมหลักที่จำเป็น ได้แก่ โปรแกรมระบบ เช่น โปรแกรม WINDOW, UNIX เป็นต้น โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น โปรแกรม ARC/INFO, โปรแกรม PAMAP, โปรแกรม INTERGRAPH นอกจากนั้นยังอาจมีโปรแกรมช่วยงานต่าง ๆ (Utilities) เช่น โปรแกรมช่วยจัดการหน่วยความจำ โปรแกรมเอดิเตอร์ (Editor) อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. *ระบบข้อมูล (Data)* แหล่งข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่สำคัญได้แก่แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 รูปถ่ายทางอากาศ (Aerial Photographs) หรือ ภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite Imagery) นอกเหนือจากข้อมูลเชิงพื้นที่แล้ว ระบบสารสนเทศยังต้องการข้อมูลเชิงบรรยาย ซึ่งขยายความด้านรายละเอียดของข้อมูลเชิงพื้นที่ ตัวอย่างของข้อมูลเชิงบรรยายได้แก่ ชื่อของหมู่บ้าน จำนวนครัวเรือน จำนวนประชากรชาย-หญิง เป็นต้น แหล่งที่มาของข้อมูลเชิงบรรยายอาจได้มาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือได้มาจากการสำรวจข้อมูลภาคสนาม (Field Data Collection) ก็ได้ ข้อมูลเชิงบรรยายจะถูกบันทึกเก็บในลักษณะของบันทึก (Record) โดยแต่ละบันทึกจะถูกแบ่งย่อยออกเป็นช่องสนาม (Field) ช่องสนามแต่ละช่องอาจถูกกำหนดให้บันทึกข้อมูลที่เป็นตัวอักษร (Alphabetic) หรือข้อมูลที่เป็นตัวเลข (Numeric) ก็แล้วแต่ความเหมาะสม
4. *บุคลากร (Peopleware)* ได้แก่บุคคลที่มีความรู้พื้นฐานทางด้านคอมพิวเตอร์ และทางด้านภูมิศาสตร์มาอย่างดี สามารถวิเคราะห์ และออกแบบแผนที่และแผนภูมิที่เป็นผลลัพธ์ของการวิเคราะห์เพื่อแสดงผลได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐานว่าด้วยวิชาการออกแบบแผนที่ (Cartography) บุคลากรสำหรับงานสารสนเทศภูมิศาสตร์ ยังสามารถจำแนกตามภารกิจของการปฏิบัติงานและโดยลักษณะของงาน เช่น พนักงานภาคสนาม พนักงานเตรียมข้อมูลและต้นร่าง พนักงานป้อนข้อมูล พนักงานวิเคราะห์ข้อมูล และพนักงานออกแบบแผนที่ เป็นต้น
5. *วิธีการ* การใช้งาน GIS ที่ประสบความสำเร็จขึ้นอยู่กับแผนงานออกแบบ การกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อให้งานเป็นไปตามขั้นตอน มีความเชื่อถือได้ และกฎทางธุรกิจที่ดีซึ่งรูปแบบและการปฏิบัติจะแตกต่างไป ตามความเหมาะสมของงานแต่ละอย่าง

จากองค์ประกอบทั้ง 5 ที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้ เป็นการยากที่จะระบุว่าองค์ประกอบใดเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดเพราะระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ประสบความสำเร็จและมีประสิทธิภาพจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบทั้ง 5 จึงจะเป็นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่สมบูรณ์ ภารกิจที่นำเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้จึงจะประสบกับความสำเร็จสมตามเจตนารมณ์ที่ตั้งไว้

จากทฤษฎีดังกล่าวข้างต้นเราสามารถนำมาประยุกต์โดยใช้หลักการแบ่งภาพออกเป็นส่วน เพื่อเก็บรูปแผนที่โดยมีการเชื่อมต่อกันเป็นตารางโดยใช้รหัสเป็นตัวเชื่อมซึ่งทำให้สามารถต่อแผนที่ได้โดยตลอด ซึ่งแต่ละส่วนยังมีการแบ่งชั้นข้อมูลออกเป็นชั้นเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการวิเคราะห์หาตำแหน่ง และเส้นทางบนถนนสายต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การออกแบบและการประยุกต์ใช้งาน

สำหรับโครงงานนี้ได้ออกแบบการประยุกต์ใช้งานกับเครื่องรับ GPS คือ นำข้อมูลจากเครื่องรับ GPS มาเก็บไว้ในวงจรประยุกต์ แล้วนำไปแสดงผลบน เครื่องคอมพิวเตอร์ โดยผ่านโปรแกรมแสดงแผนที่ เพื่อนำข้อมูลมาทำสถิติการเดินทาง เปรียบเทียบการเดินทาง จากโปรแกรมแสดงแผนที่ ดังนั้นในโครงงานนี้ จึงได้แบ่งระบบออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนวงจรประยุกต์ และ ส่วนโปรแกรมแสดงแผนที่

6.1 การออกแบบวงจรประยุกต์

การออกแบบวงจรประยุกต์นั้น ได้ใช้ Microcontroller เบอร์ AT89C55WD เป็นหน่วยประมวลผลเนื่องจากมี Flash Memory ภายในสูงถึง 20 Kbytes มีพอร์ตสื่อสารอนุกรม 1 ชุด สามารถติดต่อกับหน่วยความจำชั่วคราวได้ 64 Kbytes และประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 5 ส่วนได้แก่

1. ส่วนติดต่อกับเครื่องรับสัญญาณ GPS
2. ส่วนติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์
3. ส่วนประมวลผลเก็บข้อมูลลงใน EEPROM
4. ส่วนรับคำสั่งจากผู้ใช้
5. ส่วนแสดงผลออกจอ LCD

6.1.1 ส่วนติดต่อกับเครื่องรับสัญญาณ GPS

ในส่วนนี้ได้เลือกใช้มาตรฐานในการสื่อสาร NMEA 0183 โดยเลือกใช้ข้อมูลชุด GPRMC ซึ่งชุดนี้จะประกอบด้วย Time, latitude, longitude, speed, heading, and date ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานในโครงงานนี้ซึ่งไม่ได้ พิจารณาในด้านความสูง สำหรับการติดต่อนั้นได้ติดต่อกันผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม โดยข้อมูลที่เครื่องรับจากสัญญาณ GPS นั้น เป็นข้อมูล TEXT ASCII ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

```
$GPRMC,HHMMSS,A,XXXXX.XXXX,N,YYYYY.YYYY,W,S.S,CC.C,DDMMYY,MMM.M,W*7A
```

HHMMSS คือ เวลา - ชั่วโมง(HH),นาที(MM), วินาที(SS)

A คือ A = Val, v = err

XXXXX.XXXX คือ Latitude N/S

YYYYY.YYYY คือ Longitude W/S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

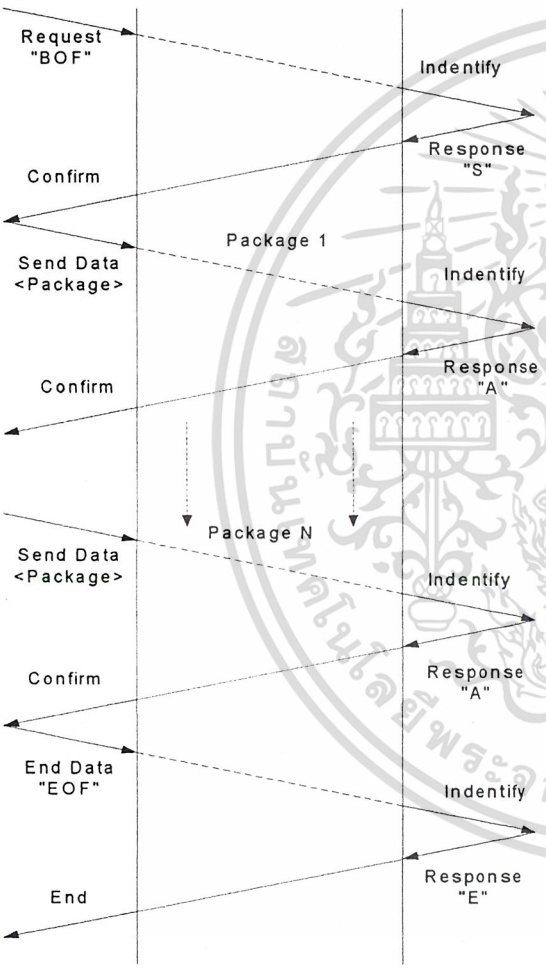
S.S คือ ความเร็ว (Knots)

CC.C คือ Course

DDMMYY คือ วันที่ – วันที่(DD), เดือน(MM), ปี(YY)

MMM.M คือ Mag var

6.1.2 ส่วนติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์



ในส่วนนี้ใช้การติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมพอร์ตเดียวกับที่ใช้ติดต่อกับเครื่องรับสัญญาณ GPS ดังนั้นการติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรมนี้ต้องเลือกการติดต่อเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยการส่งข้อมูลที่เก็บไว้ใน EEPROM บนวงจรประยุกต์ไปยังโปรแกรมแผนที่ ในการติดต่อสื่อสารของระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองนั้น ได้ออกแบบให้เป็นการสื่อสารกันแบบ Half Duplex มีการตรวจสอบความพร้อมในการรับส่งของอุปกรณ์ทั้ง (Hand checking) ในระดับ Session Layer คือ เมื่ออุปกรณ์ฝ่ายรับได้รับข้อมูลส่วนแรกจากฝ่ายส่ง ก็จะโต้ตอบกลับไปให้ฝ่ายส่งรู้ว่าได้รับข้อมูลส่วนแรกเรียบร้อยแล้ว และพร้อมที่จะรับข้อมูลส่วนที่สองต่อไป โดยมีรูปแบบของการสื่อสารดังรูปที่ 6.1

รูปที่ 6.1 แสดงรูปแบบการติดต่อสื่อสารระหว่างวงจรประยุกต์ กับเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.3 ส่วนประมวลผลเก็บข้อมูลลงใน EEPROM

ในส่วนนี้ ได้เลือกใช้ EEPROM 24AA512 ขนาด 64 Kbytes ซึ่งมี Interface แบบ I^2C สามารถต่อแบบ Cascade ได้ถึง 8 ตัวโดย สำหรับโครงงานนี้สามารถติดต่อได้ 7 ตัว โดยแต่ละตัวมี Address ตั้งแต่ 0x00 – 0x06 ดังนั้นเราจะได้ส่วนเก็บข้อมูลที่มี Address 0x000000 ถึง 0x06FFFF สำหรับการเก็บข้อมูลลง EEPROM นั้นแบ่งการเก็บออกเป็น 2 ส่วนคือ

- ส่วนที่เป็นข้อมูลสถานะ โดยจะใช้พื้นที่ 200 ไบต์แรกของ EEPROM ตัวแรก
- ส่วนที่สองจะเป็นข้อมูลของตำแหน่งที่บันทึกไว้แต่ละตำแหน่ง โดยจะมีขนาดข้อมูล ตำแหน่งละ 50 bytes ซึ่งจะทำให้สามารถรองรับข้อมูลได้ถึง 9171 ตำแหน่ง

สำหรับหลักการในการเลือกเก็บตำแหน่งนั้น โครงงานนี้ได้ออกแบบให้มีการตรวจสอบการเคลื่อนที่ โดยถ้ามีการไม่มีการเคลื่อนที่จะเก็บตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันเพียงครั้งเดียว หลังจากนั้นจะรอจนกว่าจะมีการเคลื่อนที่ จึงจะทำการบันทึกตำแหน่งต่อไปโดย สามารถเลือกความถี่ในการ Sampling ได้ตั้งแต่ 2 วินาที ต่อ 1 จุด จนถึง 16 วินาที ต่อ 1 จุด ซึ่ง จะเป็นการกำจัดความซ้ำซ้อนของข้อมูลลงได้

6.1.4 ส่วนรับคำสั่งจากผู้ใช้

ได้ใช้ Keypad 4*3 ดังรูป เป็นตัวรับคำสั่งการใช้งานโดยการรับข้อมูลจาก Keypad นั้นได้ใช้การทำงานในลักษณะของการสร้างสัญญาณ Interrupt เพื่อให้หน่วยประมวลรับรู้ว่ามีการกด Keypad เกิดขึ้น และมีการ Encoding จาก 7 ขา เหลือ 4 ขา โดยมีค่า ตั้งแต่ 1-12 โดยให้ปุ่ม “1” มีค่าเท่ากับ 1และนับเรียงจากซ้ายไปขวา บนลงล่าง โดยปุ่ม “#” จะมีค่าเท่ากับ 12 ซึ่งปกติแล้วการทำงานลักษณะนี้สามารถใช้ IC เบอร์ 7492 ได้ สำหรับวงจรประยุกต์นี้ได้ใช้ Microcontroller เบอร์ At89c2051 เป็นตัวตรวจสอบการกด Key แล้วสร้าง รหัส 1-12 พร้อมกับสัญญาณ Interrupt ไปให้ตัวประมวลผล

1	2	3
4	5	6
7	8	9
*	0	#

รูปที่ 6.2 แสดงรูป Keypad

- การทำงาน นั้นได้แบ่งการทำงานของแต่ละคีย์ดังนี้

“1” สำหรับเข้าหน้าจอเมนูหลัก

“2” เลื่อนเมนูขึ้น

“8” เลื่อนเมนูลง

“9” ปิดพอร์ตสื่อสารอนุกรมเมื่อพอร์ตถูกเปิดใช้งาน

“*” Enter

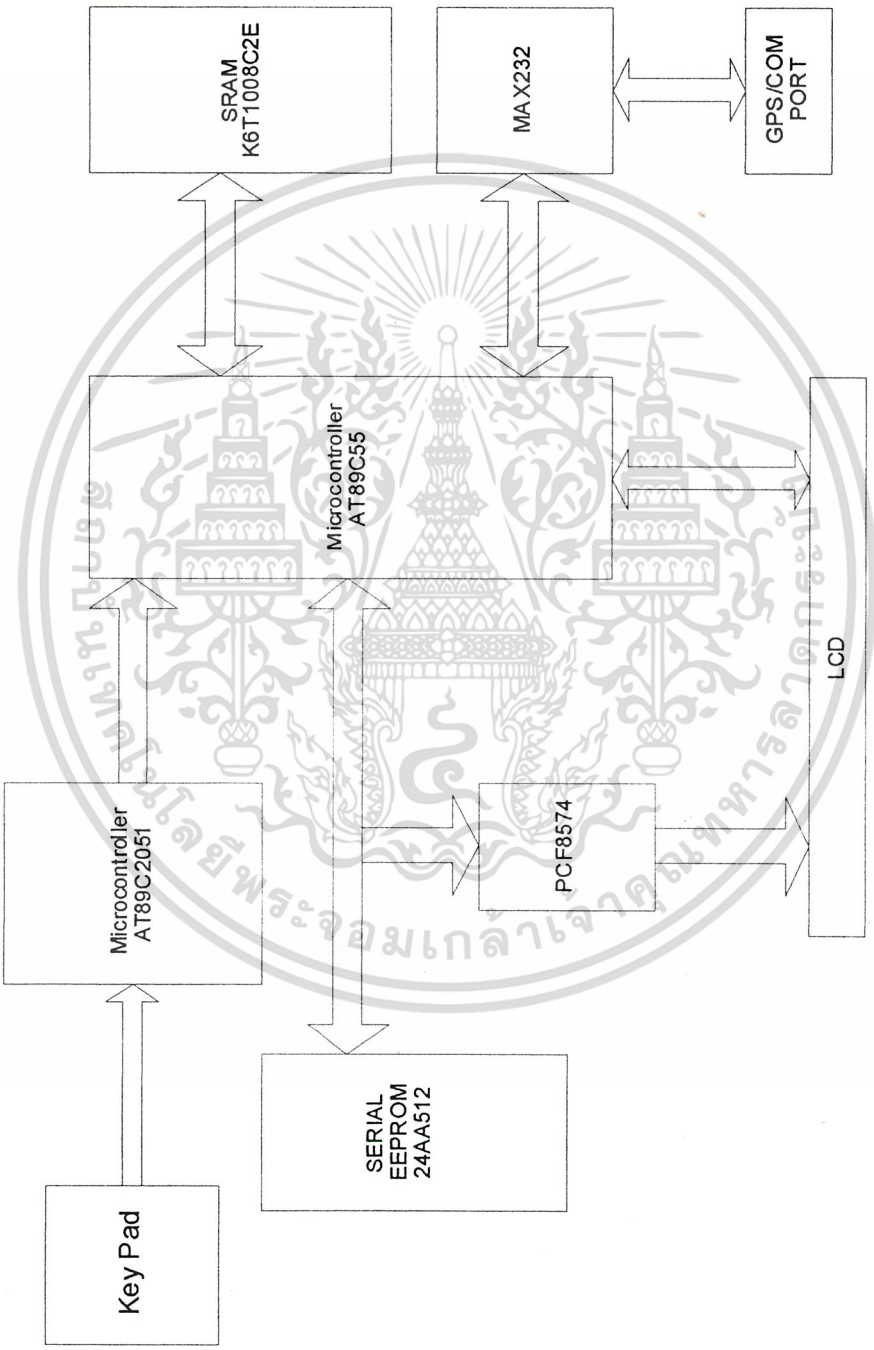
“0” ออกจากเมนูมา 1 ระดับ

“#” ออกจากเมนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.5 ส่วนแสดงผลออกจอ LCD

เนื่องจาก Microcontroller มี พอร์ตไม่เพียงพอทำให้ต้องใช้ IC ขยายพอร์ต โดย ในส่วนนี้ได้ใช้ IC เบอร์ PCF8574AP ซึ่งเป็น IC ขยายพอร์ตโดยใช้ BUS I^2C ซึ่ง ใช้ Address สุดท้ายที่เหลืออยู่ในLine I^2C คือ Address 0x07 สำหรับส่ง Data 0-7 ของ LCD



รูปที่ 6.3 แสดง Block Diagram ของวงจร Data Locker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

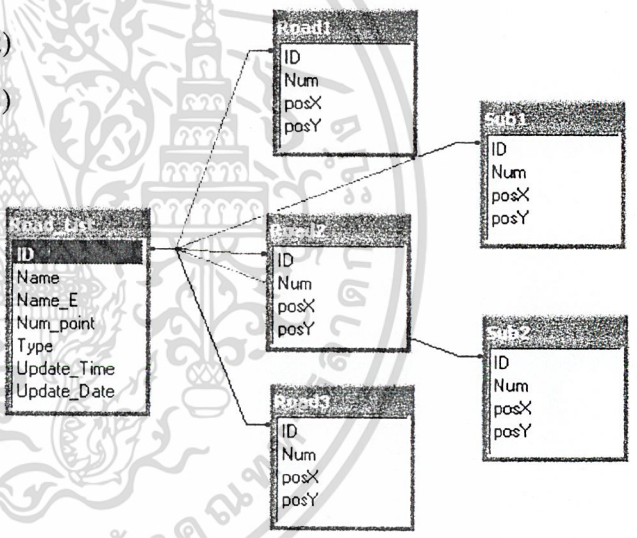
6.2 การออกแบบโปรแกรมแสดงภาพแผนที่

การออกแบบโปรแกรมแสดงภาพแผนที่ได้นำความรู้จากบทที่ 4และ 5 ในเรื่องของการจัดเก็บและการแสดงภาพแผนที่ และการออกแบบฐานข้อมูลมาประยุกต์ซึ่งได้ใช้โปรแกรม Visual Basic ในการพัฒนา โดยเป็นการแสดงภาพแผนที่ในลักษณะ Vector และใช้ระบบฐานข้อมูลแบบ Relational Database Management System เก็บข้อมูลโดยเลือกใช้ โปรแกรมฐานข้อมูล Microsoft Access ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

6.2.1 ส่วนการออกแบบฐานข้อมูลแผนที่

ในโปรแกรมแสดงภาพแผนที่นี้ได้ออกแบบไว้สำหรับแสดงเส้นทางที่เป็นถนนธรรมดาและสถานที่ โดยไม่รวมทางด่วนดังนั้นฐานข้อมูลแผนที่นั้นได้แบ่งข้อมูลถนน ออกเป็น 5 ระดับ ดังรูปที่ 6.4

- ระดับที่ 1 ถนนหลักขนาด 8 ช่องทาง (Road1)
- ระดับที่ 2 ถนนหลักขนาด 6 ช่องทาง (Road2)
- ระดับที่ 3 ถนนหลักขนาด 4 ช่องทาง (Road3)
- ระดับที่ 4 ถนนย่อยขนาด 2 ช่องทาง (Sub1)
- ระดับที่ 5 ถนนย่อยขนาด 1 ช่องทาง (Sub2)



รูปที่ 6.4 แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลแผนที่ใน Database

โดย ตาราง Road_List เป็นตารางที่เก็บรหัส, ชื่อของถนนภาษาไทยและอังกฤษ จำนวนจุดของถนน ชนิดของถนน และข้อมูลเวลา วันที่ ที่มีการแก้ไขล่าสุด โดยการเก็บข้อมูลของถนนแต่ละสายนั้นจะจำแนกออกเป็นชนิดๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยแต่ละชนิด จะเก็บอยู่ในตาราง ที่มีชื่อตารางตามชนิดของถนนสายนั้น โดยภายตารางของชนิดถนนแต่ละชนิดนั้น จะประกอบด้วยรหัสของถนน ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับรหัสของถนนใน Road_List และ Num เป็น Field ที่เก็บค่าลำดับของตำแหน่งที่จะประกอบขึ้นเป็นถนน โดยจะเรียงตั้งแต่ 1 ไปจนถึงตำแหน่ง สุดท้ายซึ่งเป็นปลายของถนนส่วน PosX และ PosY คือค่าตำแหน่งบนพิกัด X, Y ที่อ้างอิงซึ่งจะได้อธิบายในหัวข้อต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Road_List : ตาราง

ID	Name	Name_E	Num_point	Type	Update_Time	Update_Date
1	รามคำแหง	Ramkhamhang	4	Road1	17:00:00	19/3/2003
2	ลาดพร้าว	LadPlao	8	Road1	17:00:00	19/3/2003
3	สัมมากร	Sammakorn	10	Sub1	3:39:25	25/3/2003
4	ราษฎ์พัฒนา	Raspattana	30	Road3	4:44:45	25/3/2003
5	ลาดกระบัง	Ladkrabang	20	Road2	4:45:50	25/3/2003
6	ฉลองกรุง	Chalhongkrung	10	Road3	4:46:29	25/3/2003
7	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทห	King Mongkut's	20	Sub2	4:48:04	25/3/2003

ระเบียน: 1 จาก 9

Sub2 : ตาราง

ID	Num	posX	posY
7	1	16846683	9976416
7	2	16846679	9976416
7	3	16846673	9976416
7	4	16846632	9976417
7	5	16846625	9976417

ระเบียน: 1 จาก 109

รูปที่ 6.5 แสดงตัวอย่างข้อมูลแผนที่ ใน Database

นอกจากนี้ยังมีฐานข้อมูลตำแหน่งของสถานที่ซึ่งจะประกอบด้วย รหัสอ้างอิงของสถานที่, ชื่อสถานที่, ชนิด และตำแหน่งอ้างอิงดังรูปที่ 6.6

Place_List : ตาราง

ID	Name	Type	pos_X	pos_Y
10	ตึก B	มหาวิทยาลัย	16846527	9976366
11	โรงอาหาร A	มหาวิทยาลัย	16846532	9976376
12	ตึกโทรฯ	มหาวิทยาลัย	16846552	9976368
13	ตึก A	มหาวิทยาลัย	16846563	9976374
14	หอประชุมใหญ่ ส	มหาวิทยาลัย	16846603	9976381
*	1		0	0

ระเบียน: 1 จาก 13

รูปที่ 6.6 แสดงตัวอย่างข้อมูลตำแหน่งสถานที่ ใน Database

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

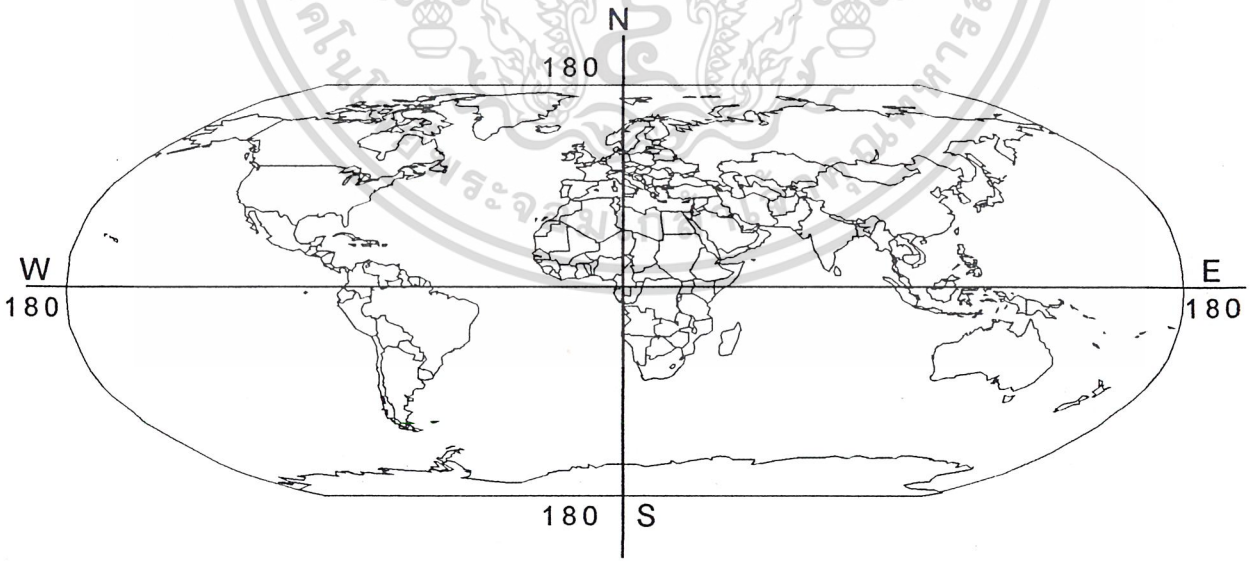
6.2.2 ส่วนการแสดงผลแผนที่

ในการแสดงผลภาพแผนที่นั้นจะต้องแปลงหน่วยพิกัดทางภูมิศาสตร์มาอยู่ในหน่วยพิกัดทางคอมพิวเตอร์ หรือที่เรียกว่า “Pixel” โดยสมมติว่าโลกเป็นทรงกลม มีความยาวรอบโลกตรงเส้นศูนย์สูตรเท่ากับ 40064 กิโลเมตร จะได้ว่า 1ลิปดาจะมีขนาดประมาณเท่ากับ 1855 เมตร

เนื่องจากว่า การแสดงผลของหน้าจอคอมพิวเตอร์นั้น มีการแสดงพิกัดดังรูปที่ 6.7

รูปที่ 6.7 แสดงระบบพิกัดในระบบคอมพิวเตอร์

แต่เนื่องจากพิกัดทางภูมิศาสตร์ได้แบ่งโลกออกเป็นดังรูปที่ 6.8



รูปที่ 6.8 แสดงพิกัดภูมิศาสตร์ของโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป หากกำหนดให้พิกัดที่ 180 องศาเหนือ 180 องศาตะวันตกแทนตำแหน่งที่ (0, 0) บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ และพิกัด 180 องศาตะวันออก 180 องศาใต้แทนตำแหน่งที่ (X, Y) บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ จะสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้อง เมื่อพิจารณาค่าที่ได้รับจากเครื่องรับสัญญาณ GPS จะมีค่า ของแต่ละตำแหน่งเป็น

hhhmm.mmm

โดย

hhh แทน องศา

mm.mmm แทน ลิปดา

เมื่อพิจารณาเป็นจำนวนเต็มจะได้ว่า

สมมติที่ตำแหน่ง 18000.000 จะเท่ากับ 180*60 = 10800 ลิปดา

ดังนั้นจะได้ว่าจาก 180 องศาตะวันตกไปยัง 180 องศาตะวันออก มีค่าเท่ากับ 21600 ลิปดา และเมื่อพิจารณาถึงทศนิยม 3 ตำแหน่งของลิปดา จะได้เท่ากับ 21600000 หน่วย (0-21599999) เพราะฉะนั้นสามารถแทนตำแหน่งที่

180 องศาตะวันตก, 180 องศาเหนือ คือ (0,0)

และที่ 179° 59.999' ตะวันออก, 179° 59.999' ใต้ คือ (21599999, 21599999)

ซึ่งการแสดงผลข้อมูลดังกล่าวนี้จะต้องมีการกำหนดอัตราส่วนต่อ 1 หน่วย Pixel อีกทีหนึ่งโดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

เนื่องจากว่า 1 ลิปดามีค่าเท่ากับ 1855 เมตร ดังนั้น 1 หน่วย จะมีค่าเท่ากับ 1.855 เมตร

หากกำหนดให้ 1 Pixel มีค่าเท่ากับ 5 เมตรเราจะได้ว่า 1 Pixel จะมีค่าเท่ากับ 5/1.855 = 2.695 หน่วย

หากต้องการทราบ อัตราส่วนตามมาตรฐานสากลนั้นจะต้องมีการกำหนด Resolution คือ Pixel/Inch เช่น

หากกำหนดให้ภาพแผนที่มี Resolution เท่ากับ 24.5 Pixels/Inch

เพราะว่า 1 Inch มีค่าเท่ากับ 24.5 มิลลิเมตร

จากหน่วยการแสดงผลที่ 5 เมตร ต่อ 1 Pixel

เพราะฉะนั้นจะได้อัตราส่วนตามมาตรฐานสากลคือ 1:5000 นั่นเอง

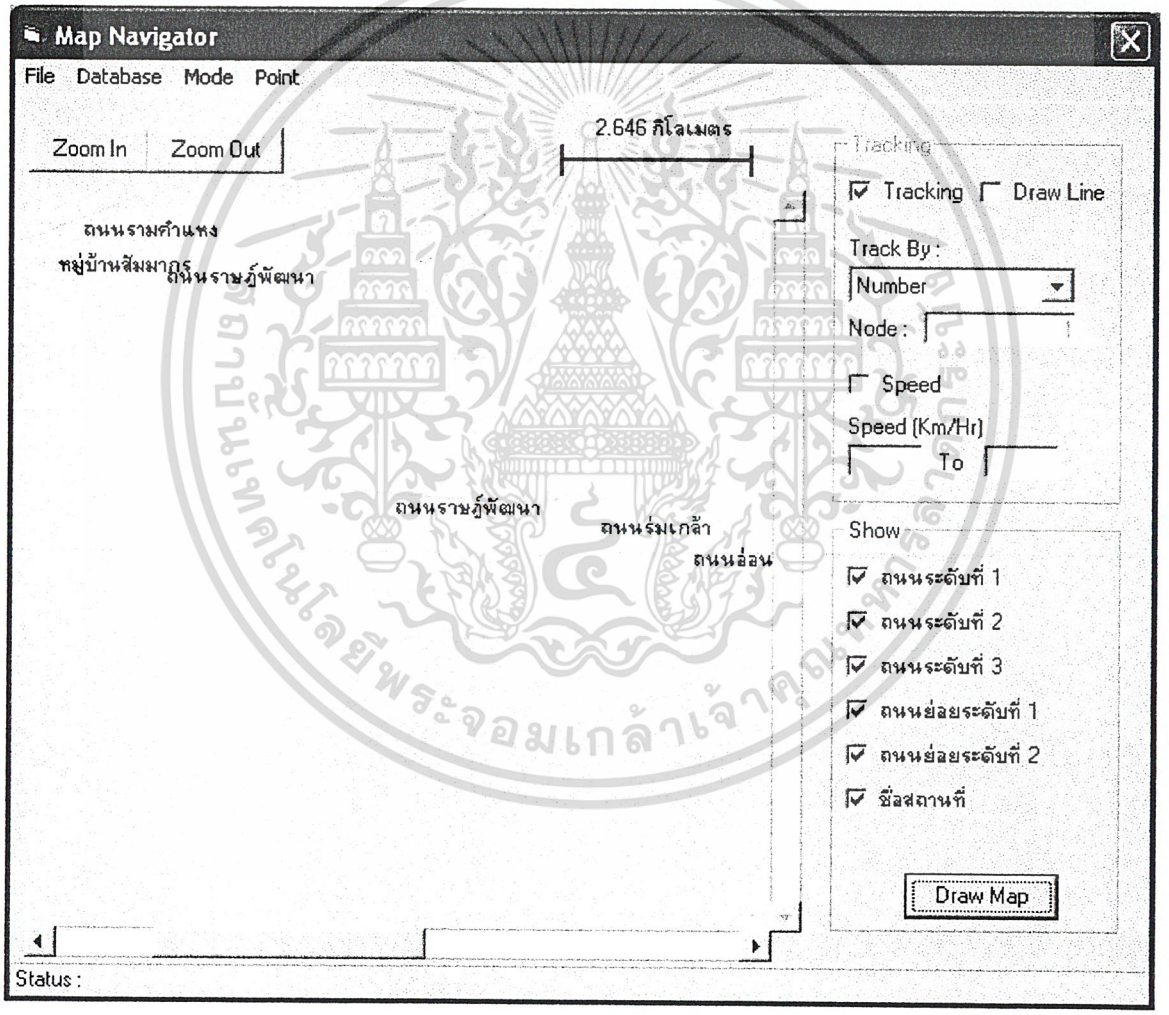
ดังนั้นเราเมื่อพิมพ์ภาพออกมาผ่านเครื่องพิมพ์เราจะได้ภาพแผนที่ ที่มีอัตราส่วนเท่ากับ 1:5000 นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

การทดลองและผลการทดลอง

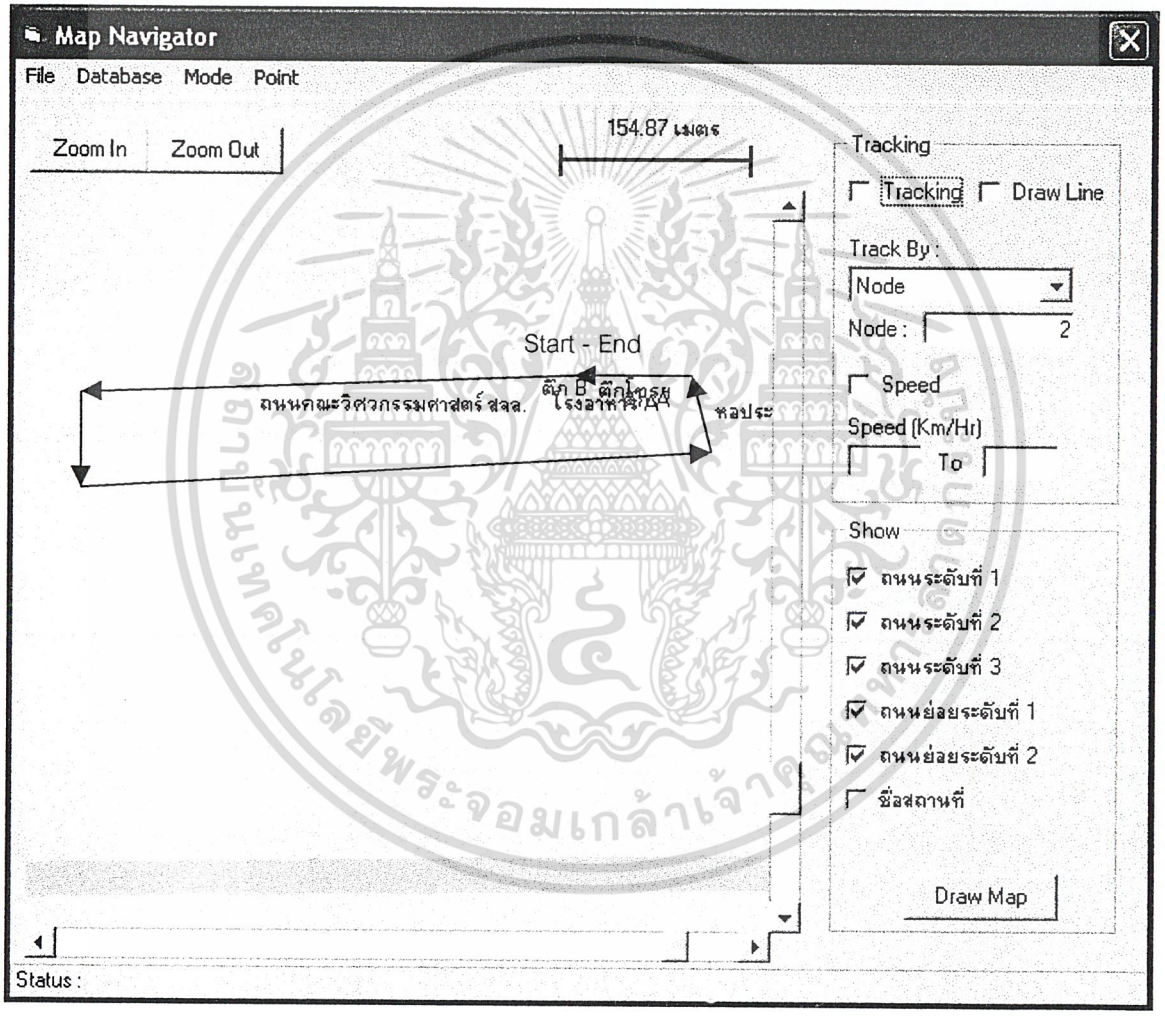
สำหรับการทดลองในโครงงานนี้ ได้เริ่มจากการเก็บข้อมูลเส้นทางจากหมู่บ้านสัมมากร ผ่านถนนรามคำแหง ถนนราษฎ์พัฒนา ถนนร่มเกล้า ถนนอ่อนนุช-ลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง และสุดท้ายที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และได้นำข้อมูลดังกล่าว มาสร้างเป็นแผนที่ได้ดังรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 แสดงแผนที่ที่ได้จากการเก็บตำแหน่งโดยวงจรประยุกต์ จากเครื่อง GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

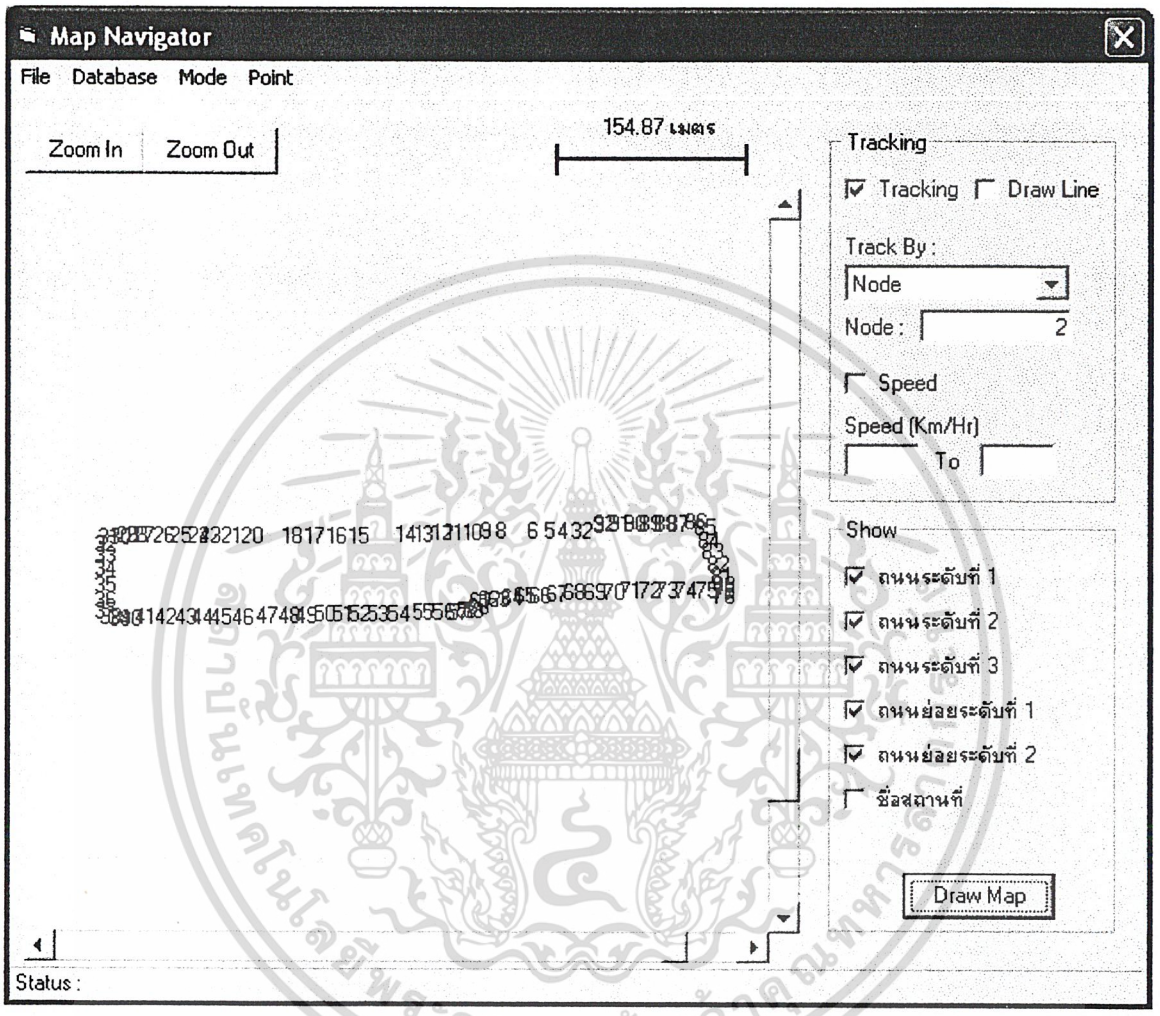
จากนั้นได้มีการทดลองเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลตำแหน่งที่ได้จากเครื่องรับ GPS ที่อัตราการ Sampling ที่ 2 วินาที ต่อ 1 จุด, 8 วินาที ต่อ 1 จุด และ 16 วินาที ต่อ 1 จุด โดยในการทดลองนี้ได้ทดลองเก็บตำแหน่งภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ตั้งแต่หน้าตึก B ผ่านตึกโยธาฯ ตึก E12 แล้วเลี้ยวซ้าย ผ่านตึกภาควิชาเคมี ผ่านลานจอดรถหลังตึกกิจกรรมนักศึกษา และเลี้ยวซ้ายผ่าน หอประชุมใหญ่ สถาบันฯ และกลับมาที่ตึก B โดยใช้ความเร็วเฉลี่ย 20-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมงดังรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 แสดงเส้นทางการทดลองบริเวณถนนรอบคณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 2 วินาที ต่อ 1 จุด จะได้ ตำแหน่ง ดังรูปที่ 7.3

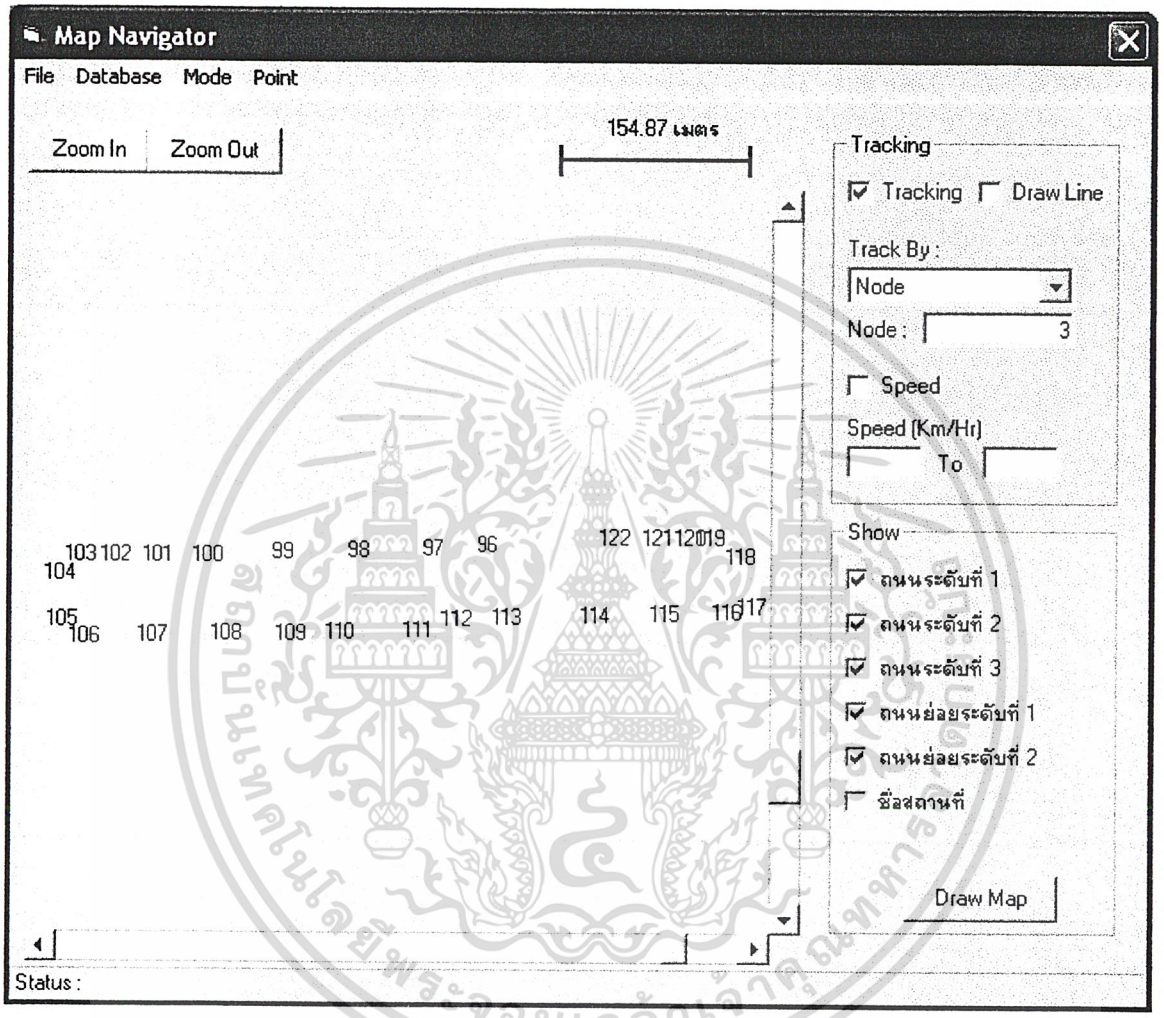


รูปที่ 7.3 แสดงตำแหน่งที่ได้จากการเก็บตำแหน่งที่ความถี่ 2 วินาที ต่อ 1 จุด

จากรูปที่ 7.3 จะเห็นว่า ความถี่ของจำนวนข้อมูลมีค่อนข้างมาก มีความละเอียดของข้อมูลมาก โดยจุดที่มีการเคลื่อนที่ช้า จะมีจำนวนจุดมาก เช่น ขณะที่ต้องมีการเลี้ยว ซึ่งจำเป็นต้องมีการชะลอรถ เหมาะสำหรับกรณีที่มีการเคลื่อนที่เร็วมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 8 วินาที ต่อ 1 จุด จะได้ ตำแหน่ง ดังรูปที่ 7.4

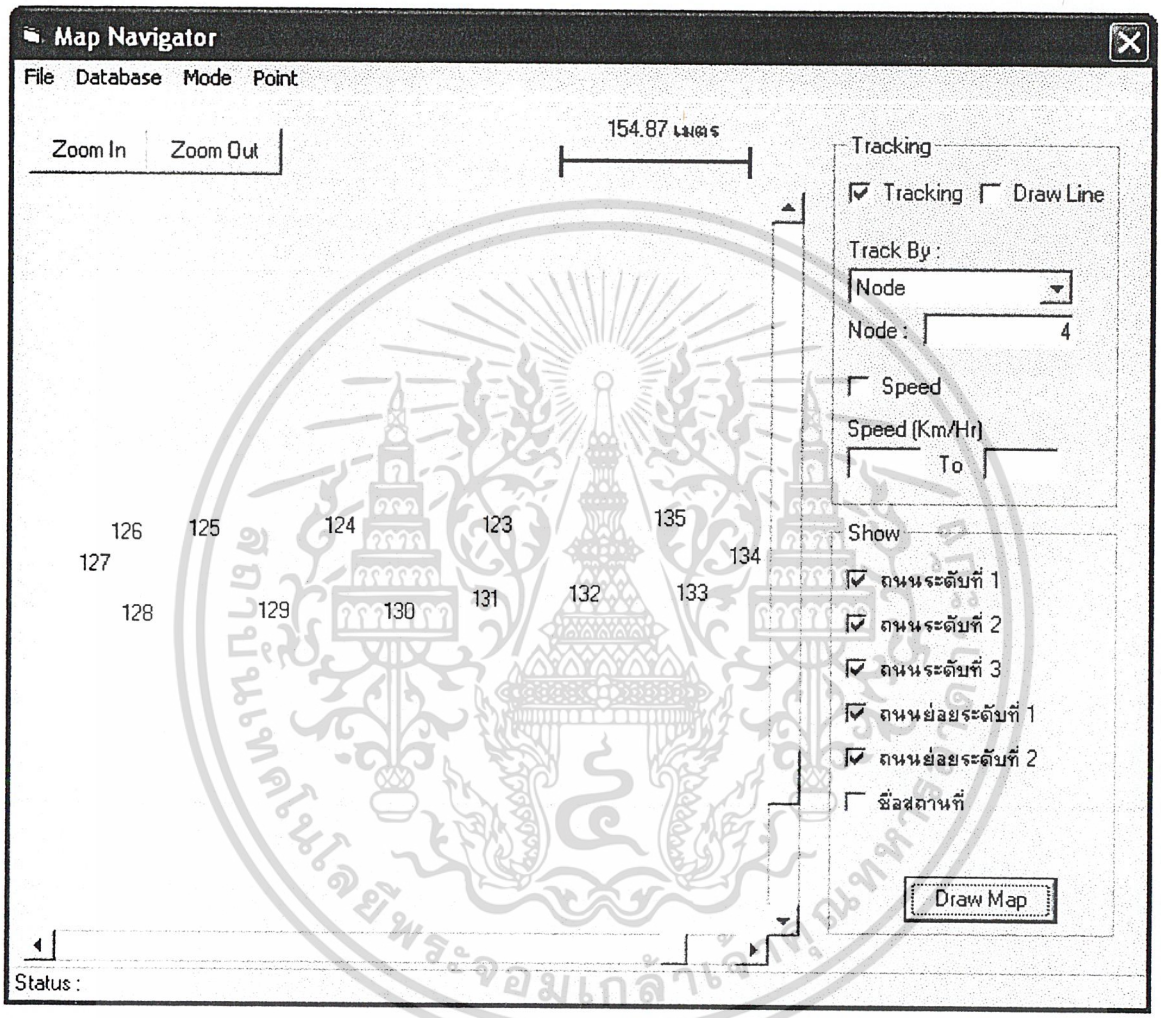


รูปที่ 7.4 แสดงตำแหน่งที่ได้จากการเก็บตำแหน่งที่ความถี่ 8 วินาที ต่อ 1 จุด

จากรูปที่ 7.4 จะเห็นว่า ความถี่ของจำนวนข้อมูลจะลดลงมาก มีความละเอียดของข้อมูลค่อนข้างต่ำใช้พื้นที่ในการเก็บน้อยกว่าแบบแรกพอสมควร เหมาะสำหรับกรณีที่มีการเคลื่อนที่เร็วปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 16 วินาที ต่อ 1 จุด จะได้ ตำแหน่ง ดังรูปที่ 7.5



รูปที่ 7.5 แสดงตำแหน่งที่ได้จากการเก็บตำแหน่งที่ความถี่ 16 วินาที ต่อ 1 จุด

จากรูปที่ 7.5 จะเห็นว่า ความถี่ของจำนวนข้อมูลมีน้อยมาก พื้นที่ในการเก็บน้อยมาก แต่มีความละเอียดของข้อมูลต่ำมากเหมาะสำหรับกรณีที่มีการเคลื่อนที่ช้ามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าในการเก็บข้อมูลที่ได้รับจากเครื่องรับ GPS เพื่อนำมาแสดงภาพแผนที่บนคอมพิวเตอร์นั้น ความละเอียด และความแม่นยำของข้อมูลที่ได้จะขึ้นอยู่กับการกำหนดอัตราการ Sampling ความเร็วในการเคลื่อนที่ และค่าความคลาดเคลื่อนจากเครื่องรับ GPS ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 3 การกำหนดอัตราการ Sampling ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสภาพเส้นทาง ความเร็ว และความละเอียดว่ามากน้อยเพียงไร

8.2 อุปสรรค และปัญหาที่พบ

1. กรณีที่สภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม อาจจะทำให้เครื่องรับ GPS ไม่สามารถติดต่อกับดาวเทียมได้ ซึ่งอาจจะทำให้การเก็บข้อมูลเกิดความผิดพลาดขึ้น จากการทดลองในข้อหนึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่ว่าจะทำการ Sampling ในอัตราเท่าใด ถ้าเครื่องรับ GPS อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ก็จะทำให้การเก็บข้อมูลเกิดความผิดพลาด
2. ความเร็วที่ไม่คงที่ขณะทำการบันทึกค่ามีผลทำให้อัตราการ Sampling เปลี่ยนแปลง

8.3 ข้อเสนอแนะ

1. สำหรับการป้องกันความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องรับ GPS และวงจรประยุกต์นั้นสามารถแก้ไขได้โดย

- วางตำแหน่งของเครื่องรับ GPS ให้อยู่ในที่ที่เครื่องรับสามารถขอการติดต่อกับดาวเทียมได้สะดวก
- ปรับปรุงวงจรประยุกต์ให้สามารถเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าในรถยนต์ได้ เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องในการเก็บข้อมูลกรณีที่พลังงานจากถ่านไฟฉายหมด
- EEPROM ที่ใช้ในวงจรประยุกต์สามารถเก็บได้ประมาณ 9000 ตำแหน่ง ซึ่งถ้าต้องการเก็บข้อมูลระยะทางไกลมาก จะต้องนำข้อมูลที่ได้มาในช่วงแรกไปเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ก่อน แล้วจึงทำการ Reset EEPROM เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้ต่อไป

2. วงจรประยุกต์ควรออกแบบให้ความสามารถในการเลือกเก็บข้อมูลตำแหน่ง โดยพิจารณาตามความเร็ว และทิศทางในการเคลื่อนที่ได้ เพื่อก่อให้เกิดการใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ตัวอย่างเช่น

- ตรวจสอบเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้าว่า อยู่ในเส้นทาง และระยะเวลาที่กำหนดหรือไม่ โดยสามารถตรวจสอบได้โดยการติดตั้งวงจรประยุกต์ไว้กับตัวรถ แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาวิเคราะห์ต่อไป
- สามารถเก็บค่าสถิติการจราจรได้ เนื่องจาก ข้อมูลที่สามารถเก็บได้ มีทั้งค่าตำแหน่ง เวลา และความเร็ว
- สามารถนำไปวาดแผนที่ ในบริเวณที่ต้องการได้ โดยเราสามารถระบุ ชื่อถนน สถานที่ได้ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. นางสาว นิลรัตน์ สุขสำราญ, นาย บรรพต ไชยกิจ, "การประยุกต์ใช้งานดาวเทียม จีพีเอส กับระบบนำร่องรถยนต์", ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ สจล. ปีการศึกษา 2541

2. นาย วิศิษฐ์ สุตันไชยานนท์, "การค้นหาภาพแผนที่แสดงเส้นทางจราจร", วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สจล. ปีการศึกษา 2541

3. อาจารย์ วรพล ลีลาเกียรติกุล, อาจารย์ มารุต ตามศรี, พัฒนพล สายกลิ่น, "C Language Laboratory", บริษัท ศิลารีเสิร์ช จำกัด

4. ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, "เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51", บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด

5. ดร. วิทยา เรืองพรวิสุทธิ์, "คู่มือโปรแกรมภาษา C สำหรับผู้เริ่มต้น", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2544

6. กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, จำลอง ครูอุตสาหะ, "Visual Basic 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์", บริษัท เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด

7. ธาริน สิทธิธรรมชารี, สุรสิทธิ์ คิวประสพศักดิ์, "Advanced Visual Basic Version 6.0", บริษัท ซัคเซส มีเดีย จำกัด

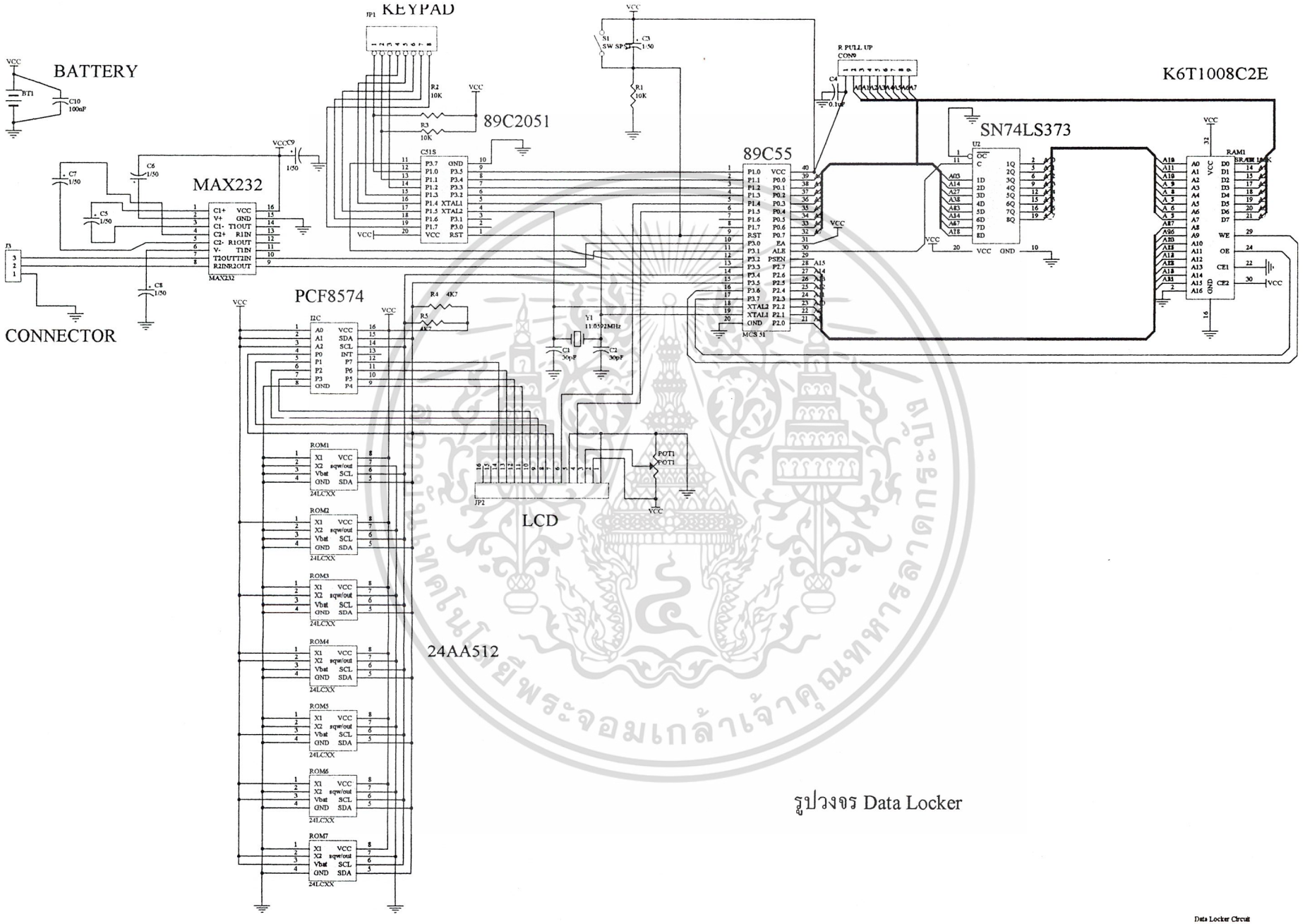
8. วิภา เพิ่มทรัพย์, วศิน เพิ่มทรัพย์, "เรียนลัด Access 97", บริษัท โปรวิชั่น จำกัด

9. ระบบสนเทศภูมิศาสตร์, http://www.rs.psu.ac.th/gis/gis_index.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปวงจร Data Locker

Data Locker Circuit

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 20K Bytes of Reprogrammable Flash Memory
- Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- 4V to 5.5V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 33 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Eight Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Hardware Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag

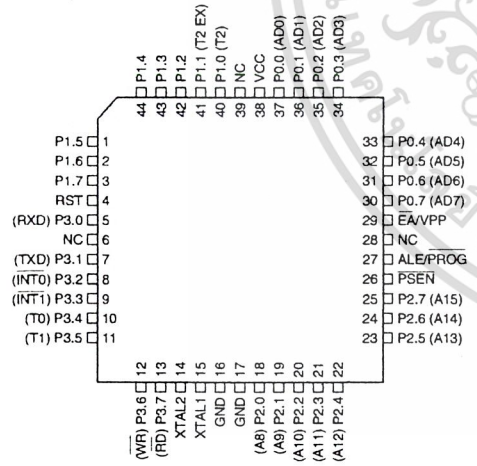
Description

The AT89C55WD is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 20K bytes of Flash programmable read only memory and 256 bytes of RAM. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard 80C51 and 80C52 instruction set and

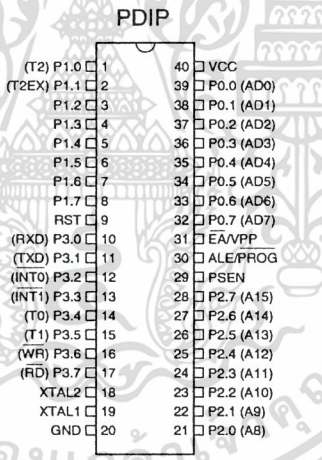
(continued)

Pin Configurations

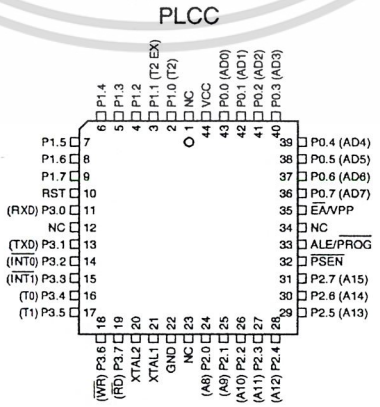
TQFP



PDIP



PLCC



8-bit Microcontroller with 20K Bytes Flash

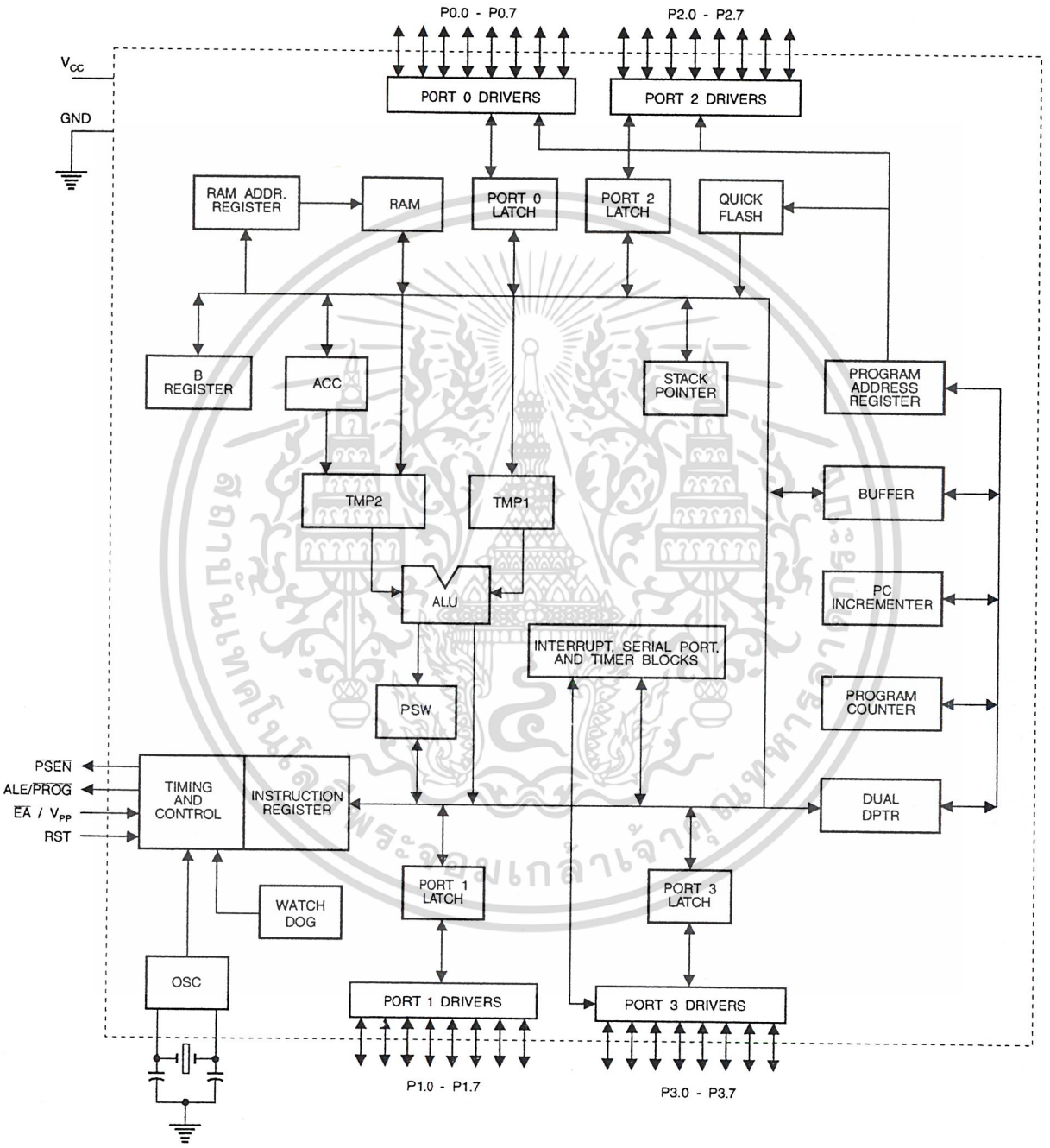
AT89C55WD

Rev. 1921A–08/00

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be user programmed by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C55WD is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

Block Diagram



The AT89C55WD provides the following standard features: 20K bytes of Flash, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, three

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

128Kx8 bit Low Power CMOS Static RAM

FEATURES

- Process Technology: TFT
- Organization: 128Kx8
- Power Supply Voltage: 4.5~5.5V
- Low Data Retention Voltage: 2V(Min)
- Three state output and TTL Compatible
- Package Type: 32-DIP-600, 32-SOP-525, 32-TSOP1-0820F/R

GENERAL DESCRIPTION

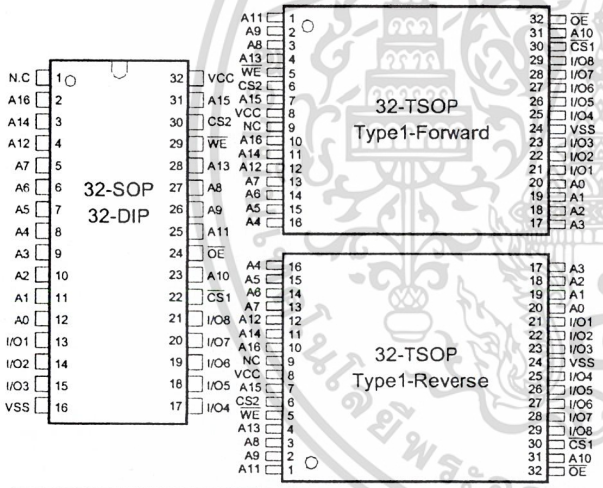
The K6T1008C2E families are fabricated by SAMSUNG′s advanced CMOS process technology. The families support various operating temperature ranges and have various package types for user flexibility of system design. The families also support low data retention voltage for battery back-up operation with low data retention current.

PRODUCT FAMILY

Product Family	Operating Temperature	Vcc Range	Speed	Power Dissipation		PKG Type
				Standby (I_{SB1}, Max)	Operating (I_{CC2}, Max)	
K6T1008C2E-L	Commercial(0~70°C)	4.5~5.5V	55[1]/70ns	50μA	50mA	32-DIP-600, 32-SOP-525 32-TSOP1-0820F/R
K6T1008C2E-B				10μA		
K6T1008C2E-P	Industrial(-40~85°C)			50μA		32-SOP -525 32-TSOP1-0820F/R
K6T1008C2E-F				15μA		

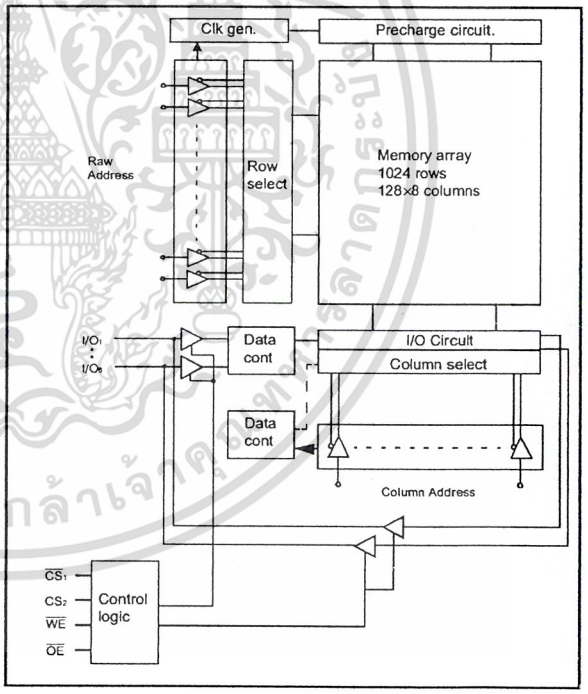
1. The parameters are tested with 50pF test load

PIN DESCRIPTION



Name	Function
$\overline{CS_1}$, CS_2	Chip Select Input
$\overline{OE}$	Output Enable Input
$\overline{WE}$	Write Enable Input
I/O1~I/O8	Data Inputs/Outputs
A0~A16	Address Inputs
Vcc	Power
Vss	Ground
N.C.	No Connection

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. reserves the right to change products and specifications without notice.

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRODUCT LIST

Commercial Temperature Products(0~70°C)		Industrial Temperature Products(-40~85°C)	
Part Name	**Function**	**Part Name**	**Function**
K6T1008C2E-DL55	32-DIP, 55ns, Low Power	K6T1008C2E-GP55	32-SOP, 55ns, Low Power
K6T1008C2E-DL70	32-DIP, 70ns, Low Power	K6T1008C2E-GP70	32-SOP, 70ns, Low Power
K6T1008C2E-DB55	32-DIP, 55ns, Low Low Power	K6T1008C2E-GF55	32-SOP, 55ns, Low Low Power
K6T1008C2E-DB70	32-DIP, 70ns, Low Low Power	K6T1008C2E-GF70	32-SOP, 70ns, Low Low Power
K6T1008C2E-GL55	32-SOP, 55ns, Low Power	K6T1008C2E-TF55	32-TSOP F, 55ns, Low Low Power
K6T1008C2E-GL70	32-SOP, 70ns, Low Power	K6T1008C2E-TF70	32-TSOP F, 70ns, Low Low Power
K6T1008C2E-GB55	32-SOP, 55ns, Low Low Power	K6T1008C2E-RF55	32-TSOP R, 55ns, Low Low Power
K6T1008C2E-GB70	32-SOP, 70ns, Low Low Power	K6T1008C2E-RF70	32-TSOP R, 70ns, Low Low Power
K6T1008C2E-TB55	32-TSOP F, 55ns, Low Low Power		
K6T1008C2E-TB70	32-TSOP F, 70ns, Low Low Power		
K6T1008C2E-RB55	32-TSOP R, 55ns, Low Low Power		
K6T1008C2E-RB70	32-TSOP R, 70ns, Low Low Power		

FUNCTIONAL DESCRIPTION

$\overline{CS_1}$	CS_2	$\overline{OE}$	$\overline{WE}$	I/O	Mode	Power
H	X[1]	X[1]	X[1]	High-Z	Deselected	Standby
X[1]	L	X[1]	X[1]	High-Z	Deselected	Standby
L	H	H	H	High-Z	Output Disabled	Active
L	H	L	H	Dout	Read	Active
L	H	X[1]	L	Din	Write	Active

1. X means don't care (Must be in high or low states)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS[1]

Item	Symbol	Ratings	Unit	Remark
Voltage on any pin relative to Vss	V_{IN},V_{OUT}	-0.5 to 7.0	V	-
Voltage on Vcc supply relative to Vss	V_{CC}	-0.5 to 7.0	V	-
Power Dissipation	P_D	1.0	W	-
Storage temperature	T_{STG}	-65 to 150	°C	-
Operating Temperature	T_A	0 to 70	°C	K6T1008C2E-L/-B
		-40 to 85	°C	K6T1008C2E-P/-F

1. Stresses greater than those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. Functional operation should be restricted to recommended operating condition. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect reliability.

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS[1)]

Item	Symbol	Product	Min	Typ	Max	Unit
Supply voltage	Vcc	K6T1008C2E Family	4.5	5.0	5.5	V
Ground	Vss	All Family	0	0	0	V
Input high voltage	V_{IH}	K6T1008C2E Family	2.2	-	Vcc+0.5[2)]	V
Input low voltage	V_{IL}	K6T1008C2E Family	-0.5[3)]	-	0.8	V

Note:
1. Commercial Product: T_A=0 to 70°C
   Industrial Product: T_A=-40 to 85°C, otherwise specified.
2. Overshoot: Vcc+3.0V in case of pulse width≤30ns.
3. Undershoot: -3.0V in case of pulse width≤30ns.
4. Overshoot and undershoot are sampled, not 100% tested.

CAPACITANCE[1)] (f=1MHz, TA=25°C)

Item	Symbol	Test Condition	Min	Max	Unit
Input capacitance	C_{IN}	V_{IN}=0V	-	6	pF
Input/Output capacitance	C_{IO}	V_{IO}=0V	-	8	pF

1. Capacitance is sampled, not 100% tested

DC AND OPERATING CHARACTERISTICS

Item	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Input leakage current	I_{LI}	V_{IN}=Vss to Vcc	-1	-	1	μA
Output leakage current	I_{LO}	$\overline{CS_1}$=V_{IH} or CS_2=V_{IL} or $\overline{OE}$=V_{IH} or $\overline{WE}$=V_{IL}, V_{IO}=Vss to Vcc	-1	-	1	μA
Operating power supply current	I_{CC}	I_{IO}=0mA, $\overline{CS_1}$=V_{IL}, CS_2=V_{IH}, V_{IN}=V_{IH} or V_{IL}, Read	-	-	10	mA
Average operating current	I_{CC1}	Cycle time=1μs, 100%duty, I_{IO}=0mA, $\overline{CS_1}$≤0.2V, CS_2≥Vcc-0.2V, V_{IN}≤0.2V or V_{IN}≥Vcc-0.2V	-	-	7	mA
	I_{CC2}	Cycle time=Min, 100% duty, I_{IO}=0mA, $\overline{CS_1}$=V_{IL}, CS_2=V_{IH}, V_{IN}=V_{IH} or V_{IL}	-	-	50	mA
Output low voltage	V_{OL}	I_{OL}=2.1mA	-	-	0.4	V
Output high voltage	V_{OH}	I_{OH}=-1.0mA	2.4	-	-	V
Standby Current(TTL)	I_{SB}	$\overline{CS_1}$=V_{IH}, CS2=V_{IL}, Other inputs=V_{IH} or V_{IL}	-	-	3	mA
Standby Current(CMOS)	I_{SB1}	$\overline{CS_1}$≥Vcc-0.2V, CS_2≥Vcc-0.2V or CS_2≤0.2V, Other inputs=0~Vcc	-	-	50[1)]	μA

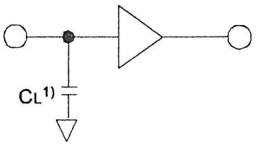
1. 50μA for Low power product, in case of Low Low power products are comercial=10μA, industrial=15μA.

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC OPERATING CONDITIONS

TEST CONDITIONS(Test Load and Input/Output Reference)

Input pulse level: 0.8 to 2.4V
Input rising and falling time: 5ns
Input and output reference voltage:1.5V
Output load(see right): C_L=100pF+1TTL
C_L=50pF+1TTL



1. Including scope and jig capacitance

AC CHARACTERISTICS (V_{CC}=4.5~5.5V, Commercial Product: T_A=0 to 70°C, Industrial Product: T_A=-40 to 85°C)

Parameter List		Symbol	Speed Bins				Units
			55ns		70ns		
			Min	Max	Min	Max	
Read	Read Cycle Time	t_{RC}	55	-	70	-	ns
	Address Access Time	t_{AA}	-	55	-	70	ns
	Chip Select to Output	t_{CO}	-	55	-	70	ns
	Output Enable to Valid Output	t_{OE}	-	25	-	35	ns
	Chip Select to Low-Z Output	t_{LZ}	10	-	10	-	ns
	Output Enable to Low-Z Output	t_{OLZ}	5	-	5	-	ns
	Chip Disable to High-Z Output	t_{HZ}	0	20	0	25	ns
	Output Disable to High-Z Output	t_{OHZ}	0	20	0	25	ns
	Output Hold from Address Change	t_{OH}	10	-	10	-	ns
Write	Write Cycle Time	t_{WC}	55	-	70	-	ns
	Chip Select to End of Write	t_{CW}	45	-	60	-	ns
	Address Set-up Time	t_{AS}	0	-	0	-	ns
	Address Valid to End of Write	t_{AW}	45	-	60	-	ns
	Write Pulse Width	t_{WP}	40	-	50	-	ns
	Write Recovery Time	t_{WR}	0	-	0	-	ns
	Write to Output High-Z	t_{WHZ}	0	20	0	25	ns
	Data to Write Time Overlap	t_{DW}	20	-	25	-	ns
	Data Hold from Write Time	t_{DH}	0	-	0	-	ns
	End Write to Output Low-Z	t_{OW}	5	-	5	-	ns

DATA RETENTION CHARACTERISTICS

Item	Symbol	Test Condition		Min	Typ	Max	Unit
Vcc for data retention	V_{DR}	$\overline{CS_1}$≥Vcc-0.2V1)		2.0	-	5.5	V
Data retention current	I_{DR}	Vcc=3.0V, $\overline{CS_1}$≥Vcc-0.2V1)	K6T1008C2E-L	-	-	20	µA
			K6T1008C2E-B	-	-	10	
			K6T1008C2E-P	-	-	25	
			K6T1008C2F-F	-	-	10	
Data retention set-up time	t_{SDR}	See data retention waveform		0	-	-	ms
Recovery time	t_{RDR}			5	-	-	

1. $\overline{CS_1}$≥Vcc-0.2V, CS_2≥Vcc-0.2V($\overline{CS_1}$ controlled) or CS_2≤0.2V(CS_2 controlled)

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19-4323; Rev 10; 8/01

MAXIM

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

General Description

The MAX220–MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where ±12V is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5µW. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

Portable Computers

Low-Power Modems

Interface Translation

Battery-Powered RS-232 Systems

Multidrop RS-232 Networks

Features

Superior to Bipolar

- ♦ **Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231/MAX239)**
- ♦ **Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)**
- ♦ **Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications**
- ♦ **Multiple Drivers and Receivers**
- ♦ **3-State Driver and Receiver Outputs**
- ♦ **Open-Line Detection (MAX243)**

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering Information continued at end of data sheet.

**Contact factory for dice specifications.*

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (µF)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	0.1	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✔	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✔	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✔	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✔	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✔	120	Available in quad flatpack package

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

ลิขสิทธิ์ของเอกสารเป็นของบริษัทเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

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

Supply Voltage (V_{CC}) ..... -0.3V to +6V
Input Voltages
T_{IN} ..... -0.3V to (V_{CC} - 0.3V)
R_{IN} (Except MAX220) ..... ±30V
R_{IN} (MAX220) ..... ±25V
T_{OUT} (Except MAX220) (Note 1) ..... ±15V
T_{OUT} (MAX220) ..... ±13.2V
Output Voltages
T_{OUT} ..... ±15V
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
16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) ... 696mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 640mW
16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
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, $\overline{SHDN}$ or V_{CC} = 0V.
Note 2: For the MAX220, V+ and V- can have a maximum magnitude of 7V, but their absolute difference cannot exceed 13V.

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, MAX220, C1 = 0.047µF, C2–C4 = 0.33µF, 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	All devices except MAX220		2	1.4		V
	MAX220: V_{CC} = 5.0V		2.4			
Logic Pull-Up/Input Current	All except MAX220, normal operation			5	40	µA
	$\overline{SHDN}$ = 0V, MAX222/242, shutdown, MAX220			±0.01	±1	
Output Leakage Current	V_{CC} = 5.5V, $\overline{SHDN}$ = 0V, V_{OUT} = ±15V, MAX222/242			±0.01	±10	µA
	V_{CC} = $\overline{SHDN}$ = 0V, V_{OUT} = ±15V			±0.01	±10	
Data Rate				200	116	kb/s
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	All except MAX243 $R2_{IN}$	0.8	1.3		V
		MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V_{CC} = 5V	All except MAX243 $R2_{IN}$		1.8	2.4	V
		MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)		-0.5	-0.1	
RS-232 Input Hysteresis	All except MAX243, V_{CC} = 5V, no hysteresis in shdn.		0.2	0.5	1	V
	MAX243			1		
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		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, MAX220, C1 = 0.047µF, C2–C4 = 0.33µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
TTL/CMOS Output Leakage Current	$\overline{SHDN}$ = V_{CC} or $\overline{EN}$ = V_{CC} ($\overline{SHDN}$ = 0V for MAX222), 0V ≤ V_{OUT} ≤ V_{CC}			±0.05	±10	µA
$\overline{EN}$ Input Threshold Low	MAX242			1.4	0.8	V
$\overline{EN}$ Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
Operating Supply Voltage			4.5		5.5	V
V_{CC} Supply Current ($\overline{SHDN}$ = V_{CC}), Figures 5, 6, 11, 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°C to +70°C		2	50	
		T_A = -40°C to +85°C		2	50	
		T_A = -55°C to +125°C		35	100	
$\overline{SHDN}$ Input Leakage Current	MAX222/242				±1	µA
$\overline{SHDN}$ Threshold Low	MAX222/242			1.4	0.8	V
$\overline{SHDN}$ Threshold High	MAX222/242		2.0	1.4		V
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	t_{PHLT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.3	3.5	µs
		MAX220		4	10	
	t_{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.5	3.5	
		MAX220		5	10	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (normal operation), Figure 2	t_{PHLR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.5	1	µs
		MAX220		0.6	3	
	t_{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.6	1	
		MAX220		0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (shutdown), Figure 2	t_{PHLS}	MAX242		0.5	10	µs
	t_{PLHS}	MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t_{ER}	MAX242		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t_{DR}	MAX242		160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time ($\overline{SHDN}$ goes high), Figure 4	t_{ET}	MAX222/242, 0.1µF caps (includes charge-pump start-up)		250		µs
Transmitter-Output Disable Time ($\overline{SHDN}$ goes low), Figure 4	t_{DT}	MAX222/242, 0.1µF caps		600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLT} - t_{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		300		ns
		MAX220		2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLR} - t_{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		100		ns
		MAX220		225		

Note 3: MAX243 $R2_{OUT}$ is guaranteed to be low when $R2_{IN}$ is ≥ 0V or is floating.

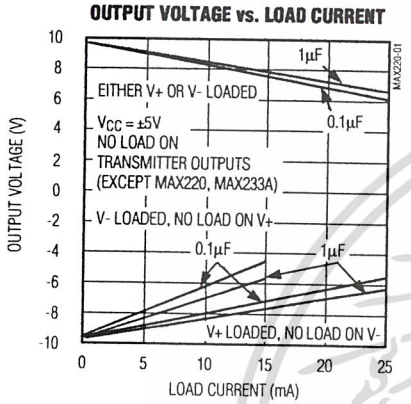
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

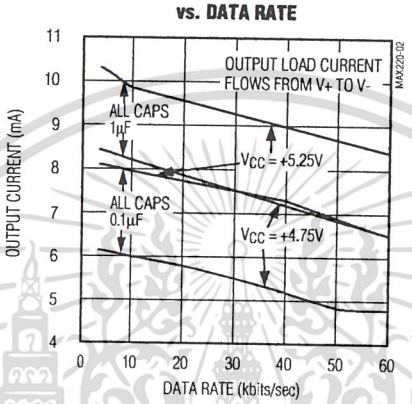
Typical Operating Characteristics

MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243

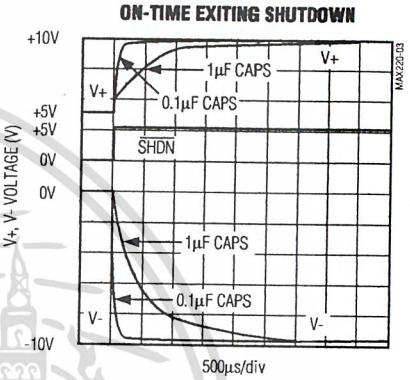
OUTPUT VOLTAGE vs. LOAD CURRENT



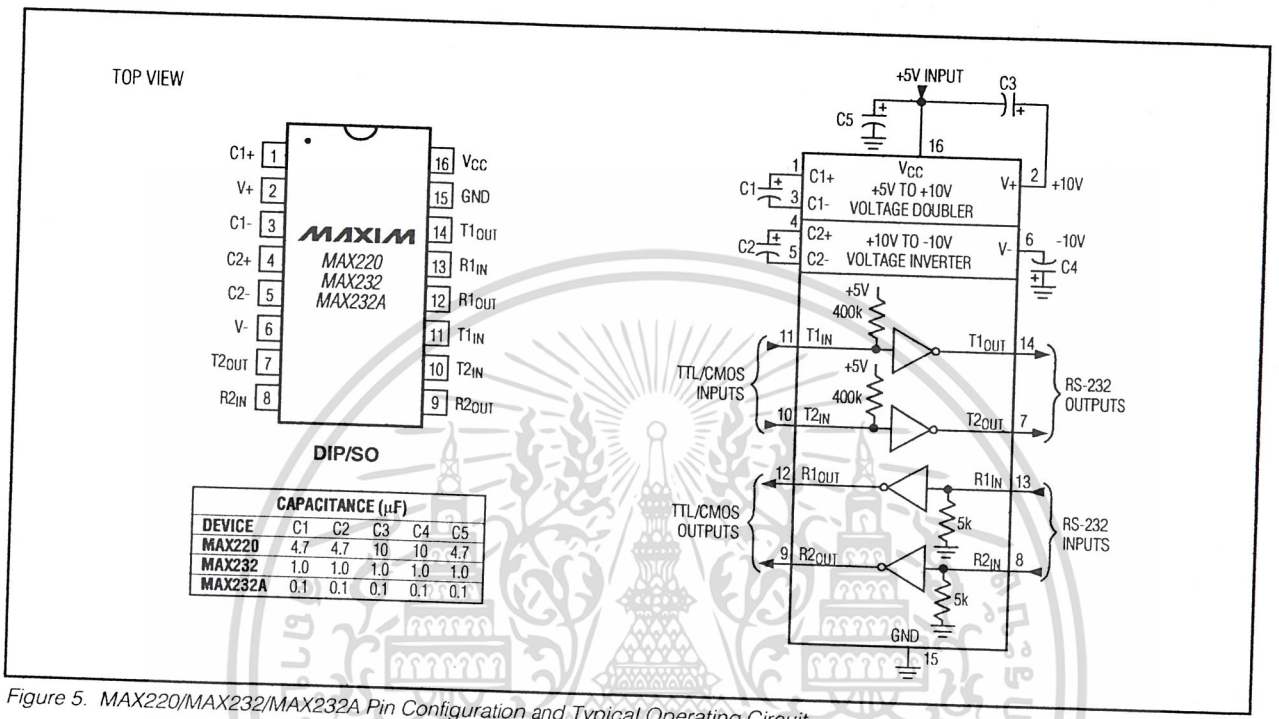
AVAILABLE OUTPUT CURRENT vs. DATA RATE



MAX222/MAX242 ON-TIME EXITING SHUTDOWN

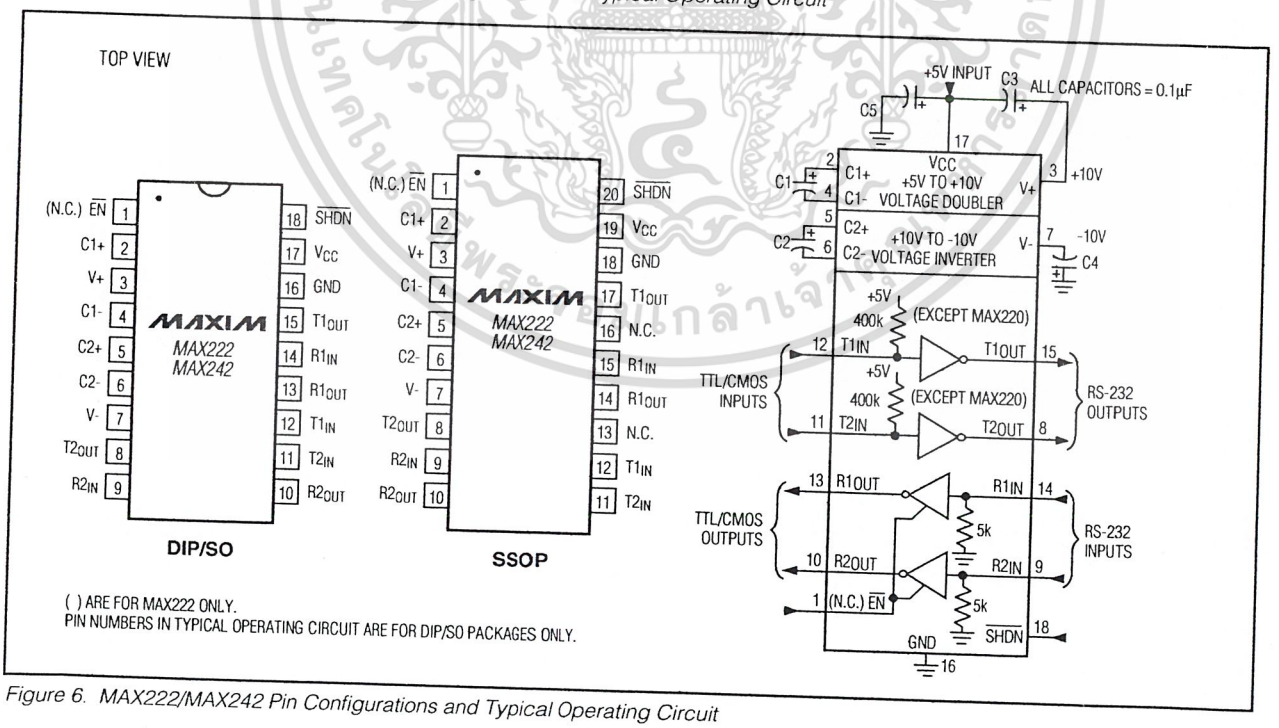


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CAPACITANCE (µF)					
DEVICE	C1	C2	C3	C4	C5
MAX220	4.7	4.7	10	10	4.7
MAX232	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
MAX232A	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit



( ) ARE FOR MAX222 ONLY.
PIN NUMBERS IN TYPICAL OPERATING CIRCUIT ARE FOR DIP/SO PACKAGES ONLY.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA SHEET

PCF8574
Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

Product specification
Supersedes data of September 1994
File under Integrated Circuits, IC12

1997 Apr 02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Philips Semiconductors

PHILIPS

1 FEATURES

- Operating supply voltage 2.5 to 6 V
- Low standby current consumption of 10 μA maximum
- I²C to parallel port expander
- Open-drain interrupt output
- 8-bit remote I/O port for the I²C-bus
- Compatible with most microcontrollers
- Latched outputs with high current drive capability for directly driving LEDs
- Address by 3 hardware address pins for use of up to 8 devices (up to 16 with PCF8574A)
- DIP16, or space-saving SO16 or SSOP20 packages.

2 GENERAL DESCRIPTION

The PCF8574 is a silicon CMOS circuit. It provides general purpose remote I/O expansion for most microcontroller families via the two-line bidirectional bus (I²C).

The device consists of an 8-bit quasi-bidirectional port and an I²C-bus interface. The PCF8574 has a low current consumption and includes latched outputs with high current drive capability for directly driving LEDs. It also possesses an interrupt line ($\overline{INT}$) which can be connected to the interrupt logic of the microcontroller. By sending an interrupt signal on this line, the remote I/O can inform the microcontroller if there is incoming data on its ports without having to communicate via the I²C-bus. This means that the PCF8574 can remain a simple slave device.

The PCF8574 and PCF8574A versions differ only in their slave address as shown in Fig.9.

3 ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
PCF8574P; PCF8574AP	DIP16	plastic dual in-line package; 16 leads (300 mil)	SOT38-1
PCF8574T; PCF8574AT	SO16	plastic small outline package; 16 leads; body width 7.5 mm	SOT162-1
PCF8574TS	SSOP20	plastic shrink small outline package; 20 leads; body width 4.4 mm	SOT266-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 BLOCK DIAGRAM

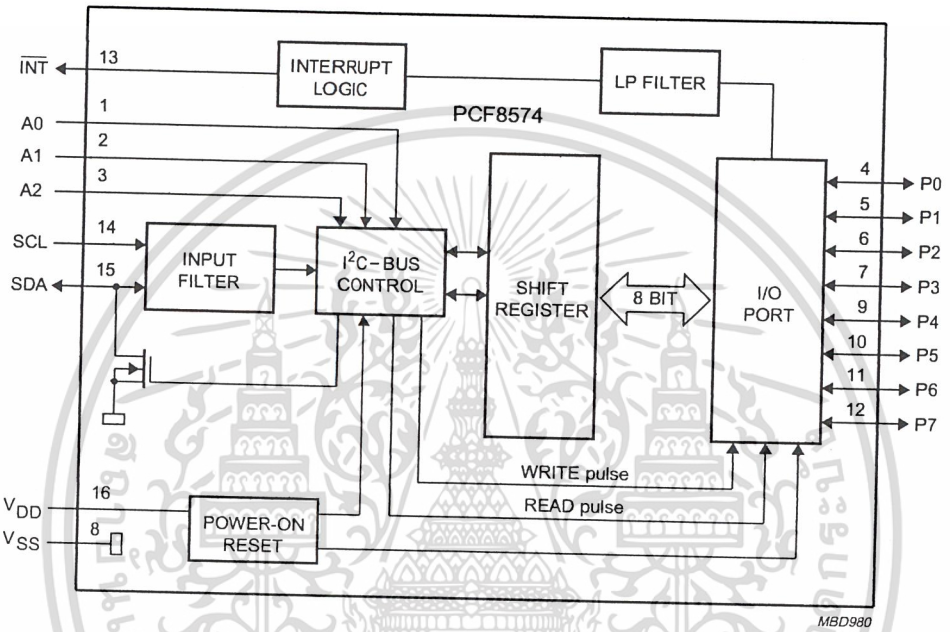


Fig.1 Block diagram (SOT38-1 and SOT162-1).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 PINNING

SYMBOL	PIN		DESCRIPTION
	DIP16; SO16	SSOP20	
A0	1	6	address input 0
A1	2	7	address input 1
A2	3	9	address input 2
P0	4	10	quasi-bidirectional I/O 0
P1	5	11	quasi-bidirectional I/O 1
P2	6	12	quasi-bidirectional I/O 2
P3	7	14	quasi-bidirectional I/O 3
V_{SS}	8	15	supply ground
P4	9	16	quasi-bidirectional I/O 4
P5	10	17	quasi-bidirectional I/O 5
P6	11	19	quasi-bidirectional I/O 6
P7	12	20	quasi-bidirectional I/O 7
$\overline{INT}$	13	1	interrupt output (active LOW)
SCL	14	2	serial clock line
SDA	15	4	serial data line
V_{DD}	16	5	supply voltage
n.c.	–	3	not connected
n.c.	–	8	not connected
n.c.	–	13	not connected
n.c.	–	18	not connected

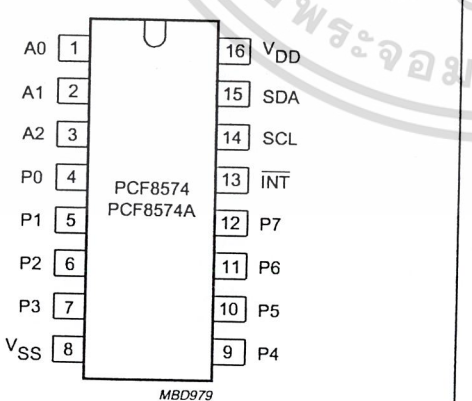


Fig.2 Pin configuration (DIP16; SO16).

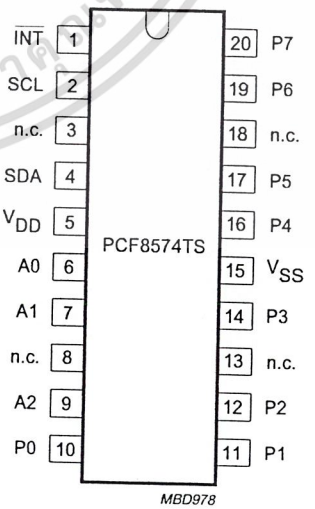


Fig.3 Pin configuration (SSOP20).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 CHARACTERISTICS OF THE I²C-BUS

The I²C-bus is for 2-way, 2-line communication between different ICs or modules. The two lines are a serial data line (SDA) and a serial clock line (SCL). Both lines must be connected to a positive supply via a pull-up resistor when connected to the output stages of a device. Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.

6.1 Bit transfer

One data bit is transferred during each clock pulse. The data on the SDA line must remain stable during the HIGH period of the clock pulse as changes in the data line at this time will be interpreted as control signals (see Fig.4).

6.2 Start and stop conditions

Both data and clock lines remain HIGH when the bus is not busy. A HIGH-to-LOW transition of the data line, while the clock is HIGH is defined as the start condition (S).
A LOW-to-HIGH transition of the data line while the clock is HIGH is defined as the stop condition (P) (see Fig.5).

6.3 System configuration

A device generating a message is a 'transmitter', a device receiving is the 'receiver'. The device that controls the message is the 'master' and the devices which are controlled by the master are the 'slaves' (see Fig.6).

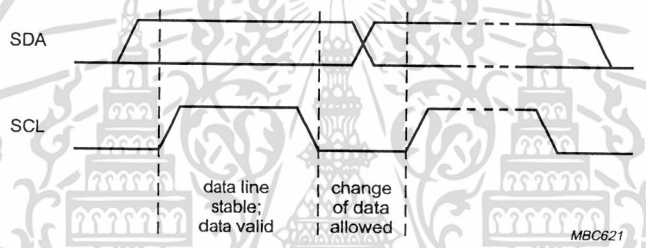


Fig.4 Bit transfer.

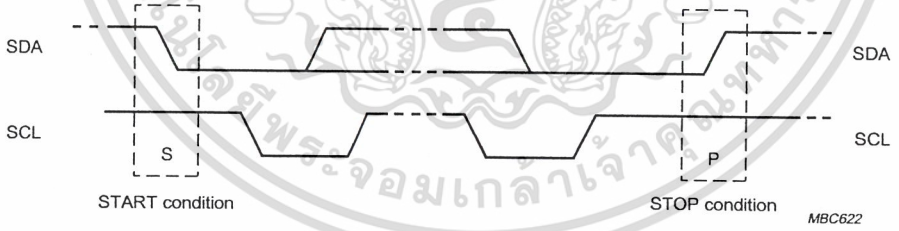


Fig.5 Definition of start and stop conditions.

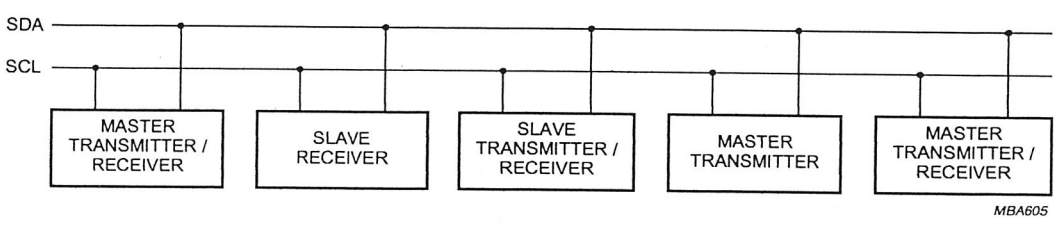


Fig.6 System configuration.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 Acknowledge

The number of data bytes transferred between the start and the stop conditions from transmitter to receiver is not limited. Each byte of eight bits is followed by one acknowledge bit. The acknowledge bit is a HIGH level put on the bus by the transmitter whereas the master generates an extra acknowledge related clock pulse.

A slave receiver which is addressed must generate an acknowledge after the reception of each byte. Also a master must generate an acknowledge after the reception of each byte that has been clocked out of the slave transmitter. The device that acknowledges has to pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse, so that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge related clock pulse, set-up and hold times must be taken into account.

A master receiver must signal an end of data to the transmitter by **not** generating an acknowledge on the last byte that has been clocked out of the slave. In this event the transmitter must leave the data line HIGH to enable the master to generate a stop condition.

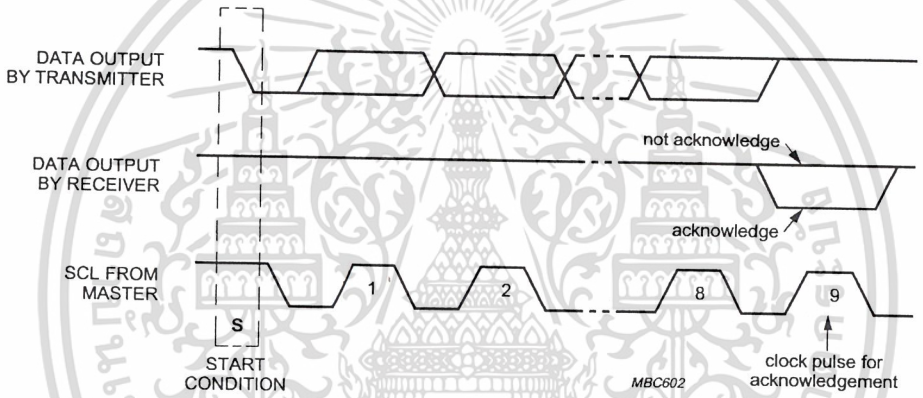


Fig.7 Acknowledgment on the I²C-bus.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7 FUNCTIONAL DESCRIPTION

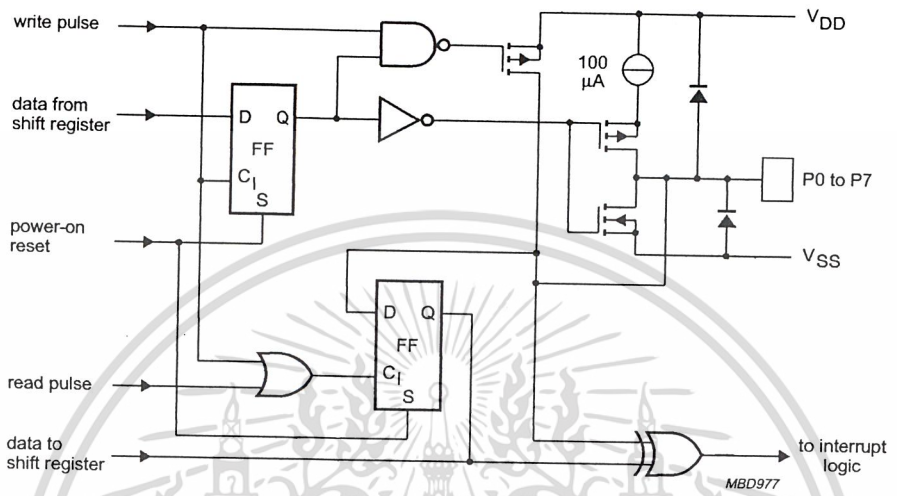
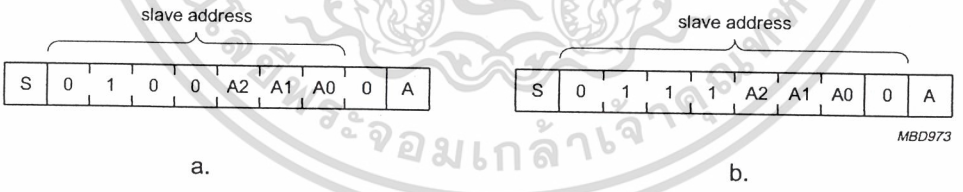


Fig.8 Simplified schematic diagram of each I/O.

7.1 Addressing

For addressing see Figs 9, 10 and 11.



(a) PCF8574.
(b) PCF8574A.

Fig.9 PCF8574 and PCF8574A slave addresses.

Each of the PCF8574's eight I/Os can be independently used as an input or output. Input data is transferred from the port to the microcontroller by the READ mode (see Fig.11). Output data is transmitted to the port by the WRITE mode (see Fig.10).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

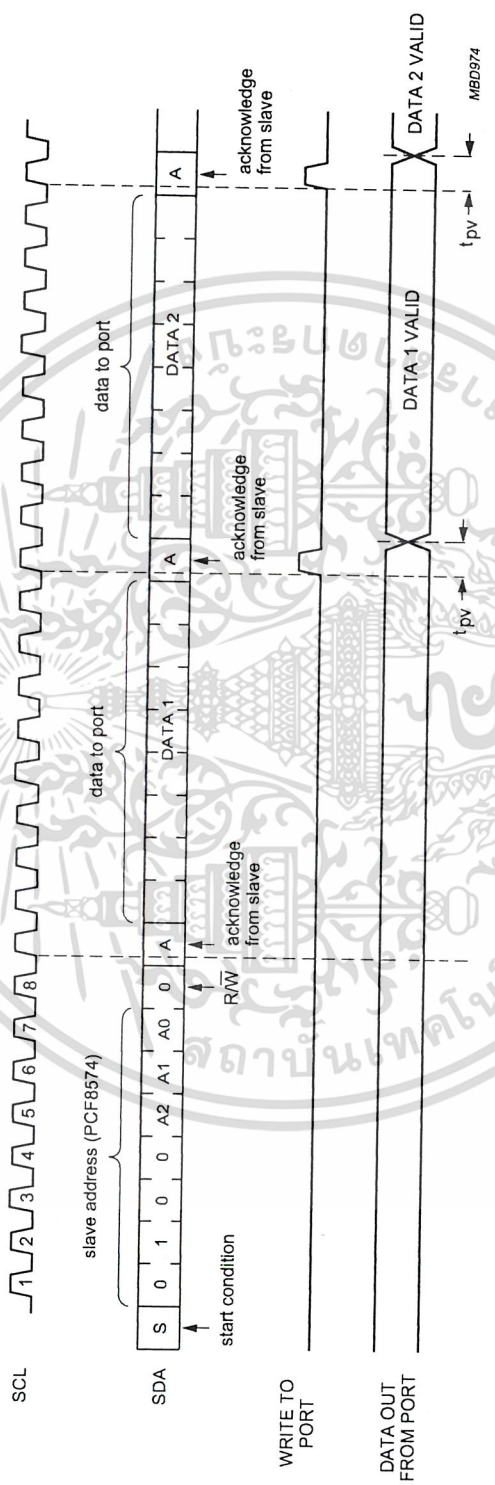
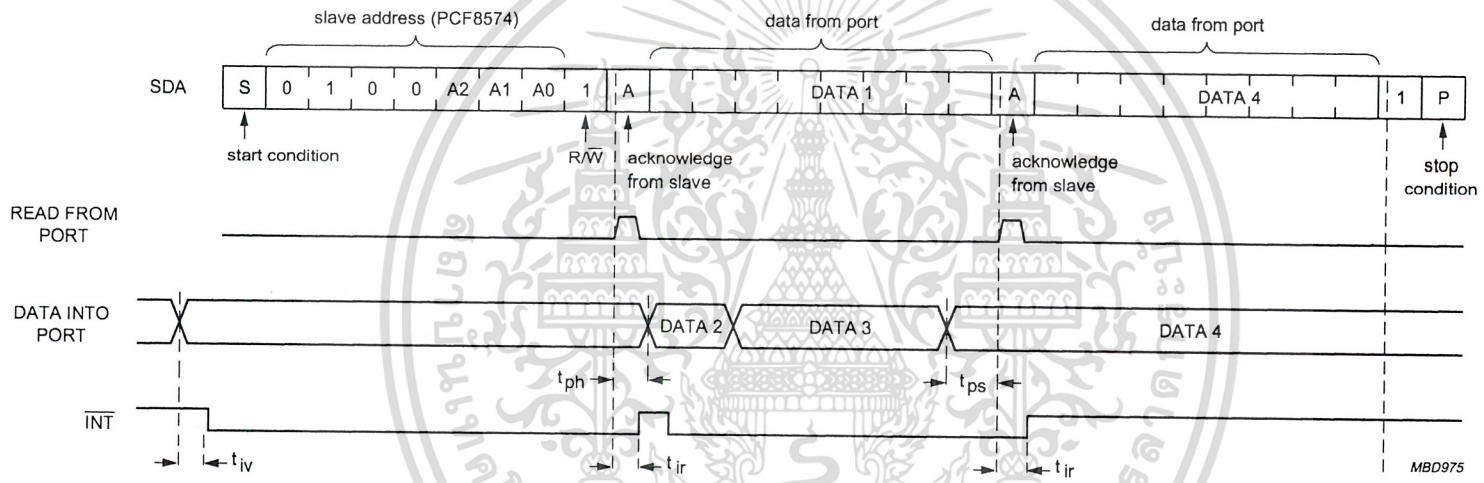


Fig.10 WRITE mode (output).



A LOW-to-HIGH transition of SDA, while SCL is HIGH is defined as the stop condition (P). Transfer of data can be stopped at any moment by a stop condition. When this occurs, data present at the last acknowledge phase is valid (output mode). Input data is lost.

Fig.11 READ mode (input).

7.2 **Interrupt** (see Figs 12 and 13)

The PCF8574 provides an open drain output ($\overline{INT}$) which can be fed to a corresponding input of the microcontroller. This gives these chips a type of master function which can initiate an action elsewhere in the system.

An interrupt is generated by any rising or falling edge of the port inputs in the input mode. After time t_{iv} the signal $\overline{INT}$ is valid.

Resetting and reactivating the interrupt circuit is achieved when data on the port is changed to the original setting or data is read from or written to the port which has generated the interrupt.

Resetting occurs as follows:

- In the READ mode at the acknowledge bit after the rising edge of the SCL signal
- In the WRITE mode at the acknowledge bit after the HIGH-to-LOW transition of the SCL signal
- Interrupts which occur during the acknowledge clock pulse may be lost (or very short) due to the resetting of the interrupt during this pulse.

Each change of the I/Os after resetting will be detected and, after the next rising clock edge, will be transmitted as $\overline{INT}$. Reading from or writing to another device does not affect the interrupt circuit.

7.3 **Quasi-bidirectional I/Os** (see Fig.14)

A quasi-bidirectional I/O can be used as an input or output without the use of a control signal for data direction. At power-on the I/Os are HIGH. In this mode only a current source to V_{DD} is active. An additional strong pull-up to V_{DD} allows fast rising edges into heavily loaded outputs. These devices turn on when an output is written HIGH, and are switched off by the negative edge of SCL. The I/Os should be HIGH before being used as inputs.

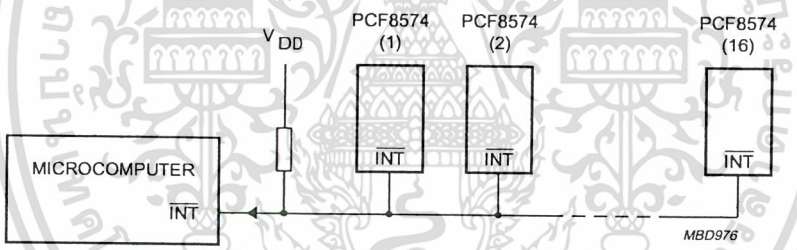


Fig.12 Application of multiple PCF8574s with interrupt.

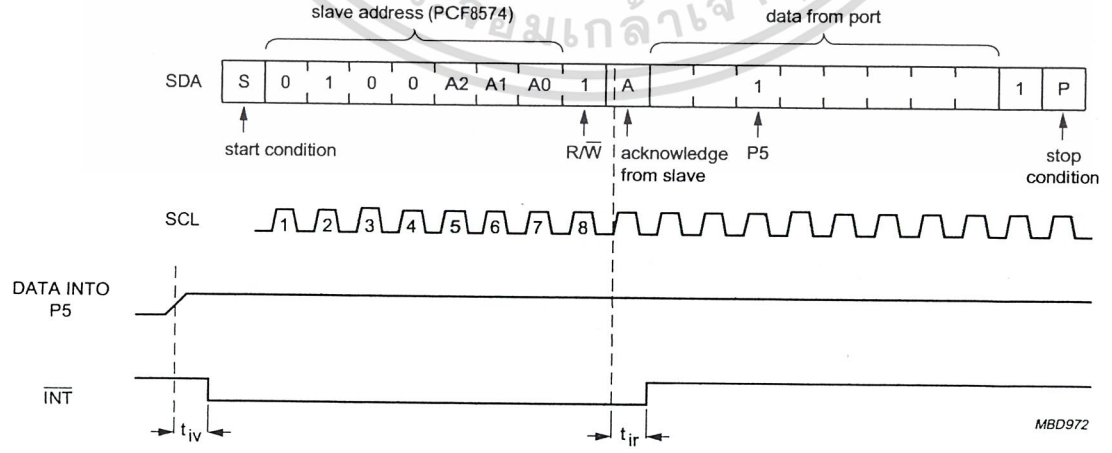


Fig.13 Interrupt generated by a change of input to I/O P5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

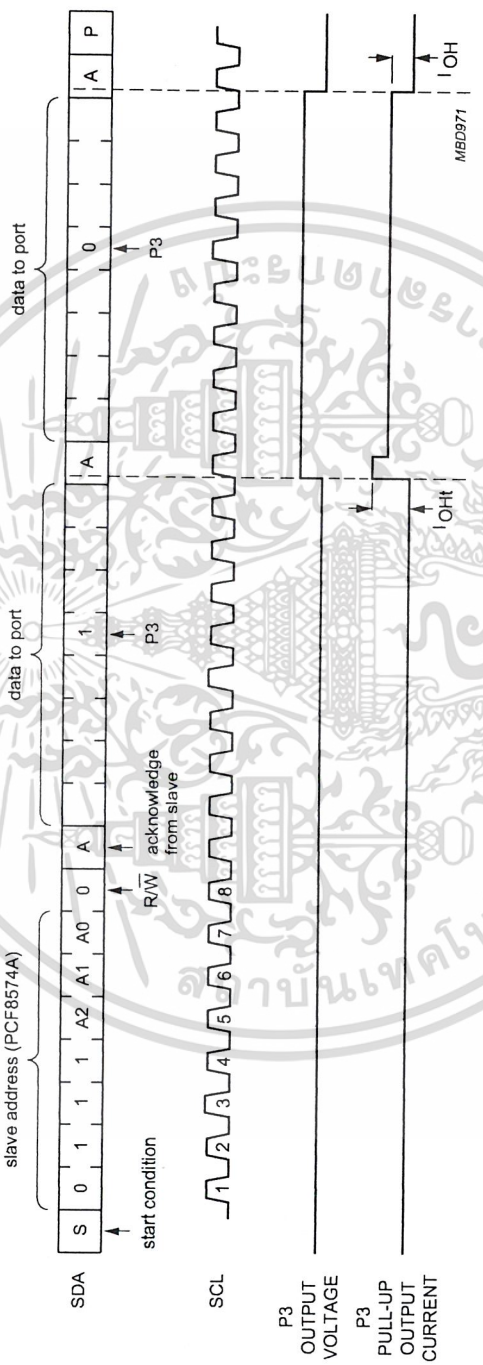


Fig.14 Transient pull-up current I_{OHt} while P3 changes from LOW-to-HIGH and back to LOW.

8 LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	MIN.	MAX.	UNIT
V_{DD}	supply voltage	−0.5	+7.0	V
V_I	input voltage	V_{SS} − 0.5	V_{DD} + 0.5	V
I_I	DC input current	−	±20	mA
I_O	DC output current	−	±25	mA
I_{DD}	supply current	−	±100	mA
I_{SS}	supply current	−	±100	mA
P_{tot}	total power dissipation	−	400	mW
P_O	power dissipation per output	−	100	mW
T_{stg}	storage temperature	−65	+150	°C
T_{amb}	operating ambient temperature	−40	+85	°C

9 HANDLING

Inputs and outputs are protected against electrostatic discharge in normal handling. However, to be totally safe, it is desirable to take precautions appropriate to handling MOS devices. Advice can be found in Data Handbook IC12 under *"Handling MOS Devices"*.

10 DC CHARACTERISTICS

V_{DD} = 2.5 to 6 V; V_{SS} = 0 V; T_{amb} = −40 to +85 °C; unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Supply						
V_{DD}	supply voltage		2.5	−	6.0	V
I_{DD}	supply current	operating mode; V_{DD} = 6 V; no load; V_I = V_{DD} or V_{SS}; f_{SCL} = 100 kHz	−	40	100	µA
I_{stb}	standby current	standby mode; V_{DD} = 6 V; no load; V_I = V_{DD} or V_{SS}	−	2.5	10	µA
V_{POR}	Power-on reset voltage	V_{DD} = 6 V; no load; V_I = V_{DD} or V_{SS}; note 1	−	1.3	2.4	V
Input SCL; input/output SDA						
V_{IL}	LOW level input voltage		−0.5	−	+0.3V_{DD}	V
V_{IH}	HIGH level input voltage		0.7V_{DD}	−	V_{DD} + 0.5	V
I_{OL}	LOW level output current	V_{OL} = 0.4 V	3	−	−	mA
I_L	leakage current	V_I = V_{DD} or V_{SS}	−1	−	+1	µA
C_i	input capacitance	V_I = V_{SS}	−	−	7	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I/Os						
V_{IL}	LOW level input voltage		−0.5	−	$+0.3V_{DD}$	V
V_{IH}	HIGH level input voltage		$0.7V_{DD}$	−	$V_{DD} + 0.5$	V
$I_{IHL(max)}$	maximum allowed input current through protection diode	$V_I \geq V_{DD}$ or $V_I \leq V_{SS}$	−	−	±400	μA
I_{OL}	LOW level output current	V_{OL} = 1 V; V_{DD} = 5 V	10	25	−	mA
I_{OH}	HIGH level output current	$V_{OH} = V_{SS}$	30	−	300	μA
I_{OHt}	transient pull-up current	HIGH during acknowledge (see Fig.14); $V_{OH} = V_{SS}$; V_{DD} = 2.5 V	−	−1	−	mA
C_i	input capacitance		−	−	10	pF
C_o	output capacitance		−	−	10	pF
Port timing; $C_L \leq 100$ pF (see Figs 10 and 11)						
t_{pv}	output data valid		−	−	4	μs
t_{su}	input data set-up time		0	−	−	μs
t_h	input data hold time		4	−	−	μs
Interrupt $\overline{INT}$ (see Fig.13)						
I_{OL}	LOW level output current	V_{OL} = 0.4 V	1.6	−	−	mA
I_L	leakage current	$V_I = V_{DD}$ or V_{SS}	−1	−	+1	μA
TIMING; $C_L \leq 100$ pF						
t_{iv}	input data valid time		−	−	4	μs
t_{ir}	reset delay time		−	−	4	μs
Select inputs A0 to A2						
V_{IL}	LOW level input voltage		−0.5	−	$+0.3V_{DD}$	V
V_{IH}	HIGH level input voltage		$0.7V_{DD}$	−	$V_{DD} + 0.5$	V
I_{LI}	input leakage current	pin at V_{DD} or V_{SS}	−250	−	+250	nA

Note

1. The Power-on reset circuit resets the I²C-bus logic with $V_{DD} < V_{POR}$ and sets all I/Os to logic 1 (with current source to V_{DD}).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11 I²C-BUS TIMING CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I²C-BUS TIMING (see Fig.15; note 1)					
f_{SCL}	SCL clock frequency	–	–	100	kHz
t_{SW}	tolerable spike width on bus	–	–	100	ns
t_{BUF}	bus free time	4.7	–	–	µs
$t_{SU;STA}$	START condition set-up time	4.7	–	–	µs
$t_{HD;STA}$	START condition hold time	4.0	–	–	µs
t_{LOW}	SCL LOW time	4.7	–	–	µs
t_{HIGH}	SCL HIGH time	4.0	–	–	µs
t_r	SCL and SDA rise time	–	–	1.0	µs
t_f	SCL and SDA fall time	–	–	0.3	µs
$t_{SU;DAT}$	data set-up time	250	–	–	ns
$t_{HD;DAT}$	data hold time	0	–	–	ns
$t_{VD;DAT}$	SCL LOW to data out valid	–	–	3.4	µs
$t_{SU;STO}$	STOP condition set-up time	4.0	–	–	µs

Note

1. All the timing values are valid within the operating supply voltage and ambient temperature range and refer to V_{IL} and V_{IH} with an input voltage swing of V_{SS} to V_{DD}.

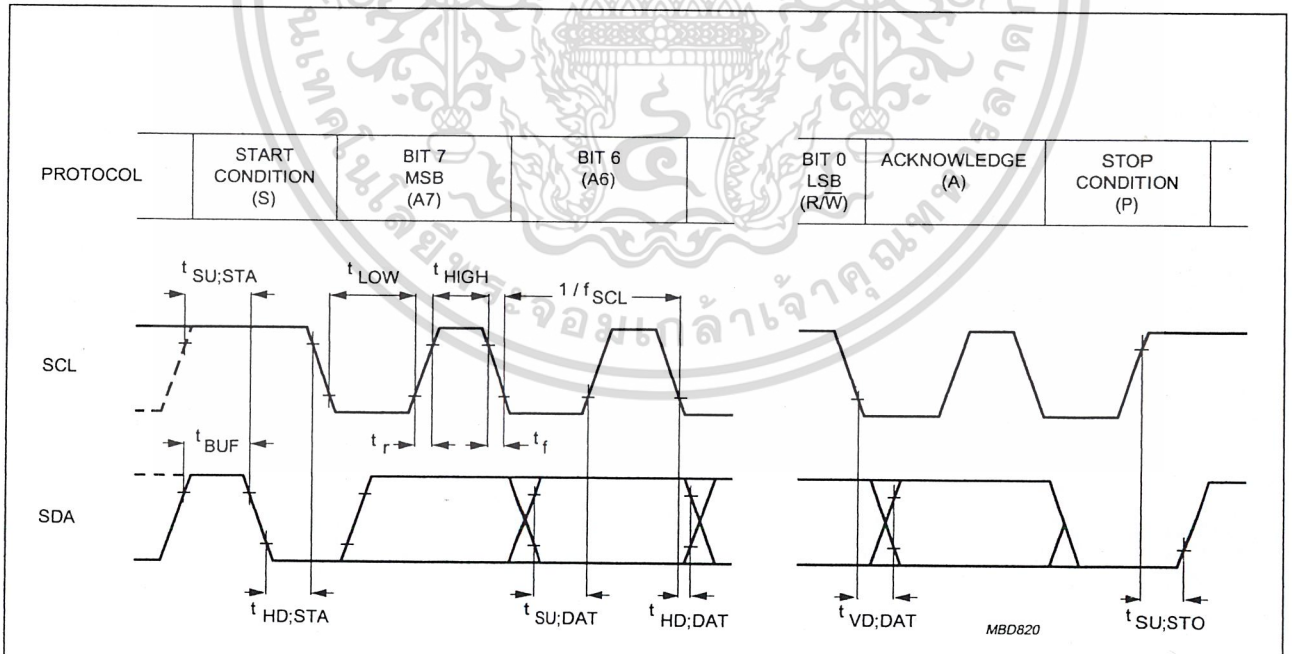


Fig.15 I²C-bus timing diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROCHIP 24AA512/24LC512/24FC512

512K I²C™ CMOS Serial EEPROM

Device Selection Table

Part Number	Vcc Range	Max. Clock Frequency	Temp. Ranges
24AA512	1.8-5.5V	400 kHz(1)	I
24LC512	2.5-5.5V	400 kHz	I, E
24FC512	2.5-5.5V	1 MHz	I

Note 1: 100 kHz for Vcc < 2.5V.

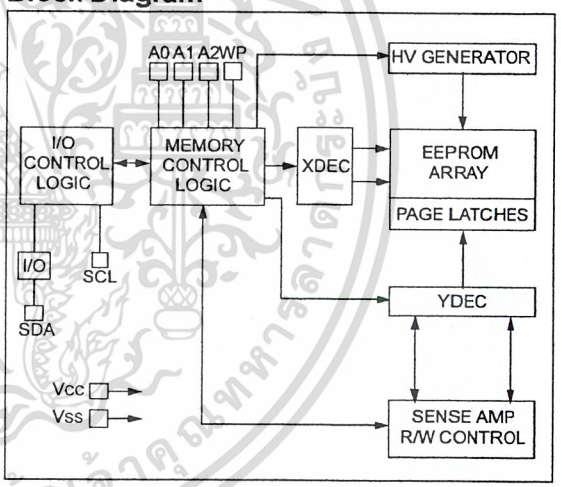
Features

- Low power CMOS technology
  - Maximum write current 3 mA at 5.5V
  - Maximum read current 400 µA at 5.5V
  - Standby current 100 nA typical at 5.5V
- 2-wire serial interface bus, I²C compatible
- Cascadable for up to eight devices
- Self-timed ERASE/WRITE cycle
- 128-byte Page-Write mode available
- 5 ms max write-cycle time
- Hardware write-protect for entire array
- Schmitt Trigger inputs for noise suppression
- 1,000,000 erase/write cycles
- Electrostatic discharge protection > 4000V
- Data retention > 200 years
- 8-pin PDIP, SOIC(208 mil), and DFN packages
- 14-lead TSSOP package
- Temperature ranges:
  - Industrial (I): -40°C to +85°C
  - Automotive (E): -40°C to +125°C

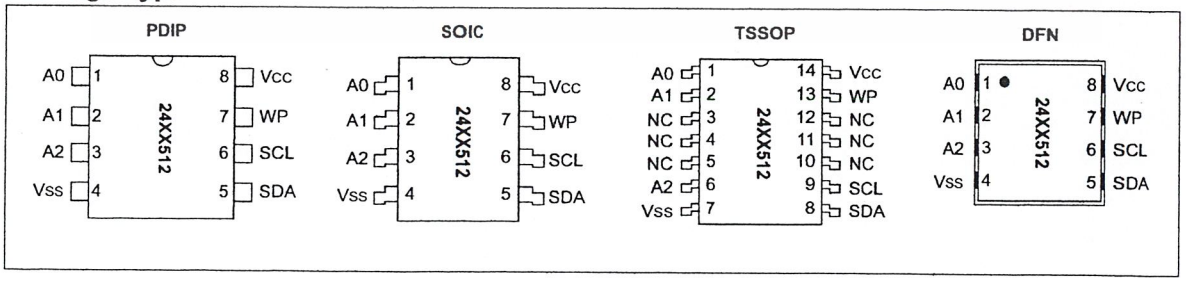
Description

The Microchip Technology Inc. 24AA512/24LC512/24FC512 (24XX512*) is a 64K x 8 (512 Kbit) Serial Electrically Erasable PROM, capable of operation across a broad voltage range (1.8V to 5.5V). It has been developed for advanced, low power applications such as personal communications and data acquisition. This device also has a page-write capability of up to 128 bytes of data. This device is capable of both random and sequential reads up to the 512K boundary. Functional address lines allow up to eight devices on the same bus, for up to 4 Mbit address space. This device is available in the standard 8-pin plastic DIP, SOIC, DFN and 14-lead TSSOP packages.

Block Diagram



Package Type



*24XX512 is used in this document as a generic part number for the 24AA512/24LC512/24FC512 devices.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings†

VCC.....6.5V

All inputs and outputs w.r.t. VSS ..... -0.6V to VCC +1.0V

Storage temperature .....-65°C to +150°C

Ambient temperature with power applied .....-65°C to +125°C

ESD protection on all pins .....≥ 4 kV

† NOTICE: Stresses above those listed under "Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operational listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

1.1 DC Electrical Specifications

DC Specifications			Industrial (I): VCC = +1.8V to 5.5V TAMB = -40°C to +85°C Automotive (E): VCC = +2.5V to 5.5V TAMB = -40°C to +125°C			
Param. No.	**Sym**	**Characteristic**	**Min**	**Max**	**Units**	**Conditions**
D1	—	A0, A1, A2, SCL, SDA and WP pins:	—	—	—	—
D2	VIH	High level input voltage	0.7 VCC	—	V	—
D3	VIL	Low level input voltage	—	0.3 VCC 0.2 VCC	V V	VCC ≥ 2.5V VCC < 2.5V
D4	VHYS	Hysteresis of Schmitt Trigger inputs (SDA, SCL pins)	0.05 VCC	—	V	VCC ≥ 2.5V **(Note)**
D5	VOL	Low level output voltage	—	0.40	V	IOL = 3.0 ma @ VCC = 4.5V IOL = 2.1 ma @ VCC = 2.5V
D6	ILI	Input leakage current	—	±10	µA	VIN = VSS or VCC, WP = VSS VIN = VSS or VCC, WP = VCC
D7	ILO	Output leakage current	—	±10	µA	VOUT = VSS or VCC
D8	CIN, COUT	Pin capacitance (all inputs/outputs)	—	10	pF	VCC = 5.0V **(Note)** TAMB = 25°C, fc = 1 MHz
D9	ICC Read	Operating current	—	400	µA	VCC = 5.5V, SCL = 400 kHz
	ICC Write		—	3	mA	VCC = 5.5V
D10	ICCS	Standby current	—	1	µA	TAMB = -40°C to +85°C SCL = SDA = VCC = 5.5V A0, A1, A2, WP = VSS
			—	5	µA	TAMB = -40°C to +125°C SCL = SDA = VCC = 5.5V A0, A1, A2, WP = VSS

Note: This parameter is periodically sampled and not 100% tested.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2002 Microchip Technology Inc.

1.2 AC Electrical Specifications

AC Specifications			Industrial (I): VCC = +1.8V to 5.5V TAMB = -40°C to +85°C Automotive (E): VCC = +2.5V to 5.5V TAMB = -40°C to +125°C			
Param. No.	Sym	Characteristic	Min	Max	Units	Conditions
1	FCLK	Clock frequency	— — —	100 400 1000	kHz	1.8V ≤ VCC < 2.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC512
2	THIGH	Clock high time	4000 600 500	— — —	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC512
3	TLOW	Clock low time	4700 1300 500	— — —	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC512
4	TR	SDA and SCL rise time **(Note 1)**	— — —	1000 300 300	ns	1.8V ≤ VCC< 2.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC512
5	TF	SDA and SCL fall time **(Note 1)**	— —	300 100	ns	All except, 24FC512 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC512
6	THD:STA	START condition hold time	4000 600 250	— — —	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC512
7	TSU:STA	START condition setup time	4700 600 250	— — —	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC512
8	THD:DAT	Data input hold time	0	—	ns	**(Note 2)**
9	TSU:DAT	Data input setup time	250 100 100	— — —	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC512
10	TSU:STO	STOP condition setup time	4000 600 250	— — —	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC512
11	TSU:WP	WP setup time	4000 600 600	— — —	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC512
12	THD:WP	WP hold time	4700 1300 1300	— — —	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC512
13	TAA	Output valid from clock **(Note 2)**	— — —	3500 900 400	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC512
14	TBUF	Bus free time: Time the bus must be free before a new transmission can start	4700 1300 500	— — —	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC512
16	TSP	Input filter spike suppression (SDA and SCL pins)	—	50	ns	All except, 24FC512 **(Notes 1 and 3)**
17	TWC	Write cycle time (byte or page)	—	5	ms	—
18	—	Endurance	1,000,000	—	cycles	25°C **(Note 4)**

Note 1: Not 100% tested. CB = total capacitance of one bus line in pF.

2: As a transmitter, the device must provide an internal minimum delay time to bridge the undefined region (minimum 300 ns) of the falling edge of SCL to avoid unintended generation of START or STOP conditions.

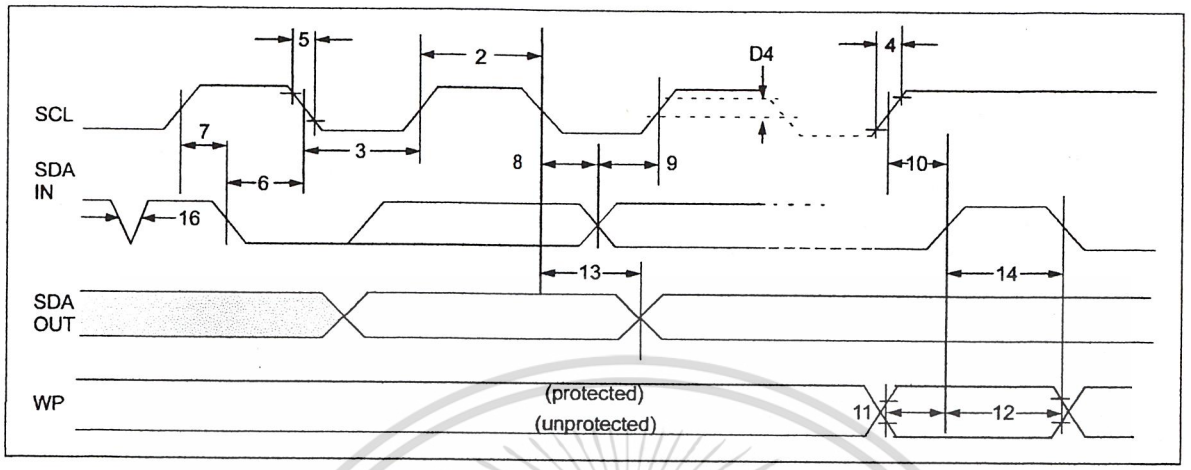
3: The combined TSP and VHYS specifications are due to new Schmitt Trigger inputs which provide improved noise spike suppression. This eliminates the need for a TI specification for standard operation.

4: This parameter is not tested but ensured by characterization. For endurance estimates in a specific application, please consult the Total Endurance Model which can be obtained on Microchip's website: www.microchip.com.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ขอสงวนสิทธิ์ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 1-1: BUS TIMING DATA



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2002 Microchip Technology Inc.

2.0 PIN DESCRIPTIONS

The descriptions of the pins are listed in Table 2-1.

TABLE 2-1: PIN FUNCTION TABLE

Name	PDIP	SOIC	14-lead TSSOP	DFN	Function
A0	1	1	1	1	User Configured Chip Select
A1	2	2	2	2	User Configured Chip Select
(NC)	—	—	3, 4, 5	—	Not Connected
A2	3	3	6	3	User Configured Chip Select
Vss	4	4	7	4	Ground
SDA	5	5	8	5	Serial Data
SCL	6	6	9	6	Serial Clock
(NC)	—	—	10, 11, 12	—	Not Connected
WP	7	7	13	7	Write Protect Input
Vcc	8	8	14	8	+1.8V to 5.5V (24AA512) +2.5V to 5.5V (24LC512) +2.5V to 5.5V (24FC512)

2.1 A0, A1, A2 Chip Address Inputs

The A0, A1, A2 inputs are used by the 24XX512 for multiple device operations. The logic levels on these inputs are compared with the corresponding bits in the slave address. The chip is selected if the compare is true.

Up to eight devices may be connected to the same bus by using different chip select bit combinations. If these pins are left unconnected, the inputs will be pulled down internally to Vss. If they are tied to Vcc or driven high the internal pull-down circuitry is disabled.

In most applications, the chip address inputs A0, A1, and A2 are hard-wired to logic '0' or logic '1'. For applications in which these pins are controlled by a microcontroller or other programmable logic device, the chip address pins must be driven to logic '0' or logic '1' before normal device operation can proceed.

2.2 Serial Data (SDA)

This is a bi-directional pin used to transfer addresses and data into and data out of the device. It is an open-drain terminal, therefore, the SDA bus requires a pull-up resistor to Vcc (typical 10 kΩ for 100 kHz, 2 kΩ for 400 kHz and 1 MHz).

For normal data transfer SDA is allowed to change only during SCL low. Changes during SCL high are reserved for indicating the START and STOP conditions.

2.3 Serial Clock (SCL)

This input is used to synchronize the data transfer from and to the device.

2.4 Write Protect (WP)

This pin can be connected to either Vss, Vcc or left floating. Internal pull-down circuitry on this pin will keep the device in the unprotected state if left floating. If tied to Vss or left floating, normal memory operation is enabled (read/write the entire memory 0000-FFFF).

If tied to Vcc, WRITE operations are inhibited. Read operations are not affected.

3.0 FUNCTIONAL DESCRIPTION

The 24XX512 supports a bi-directional 2-wire bus and data transmission protocol. A device that sends data onto the bus is defined as a transmitter, and a device receiving data as a receiver. The bus must be controlled by a master device which generates the serial clock (SCL), controls the bus access, and generates the START and STOP conditions while the 24XX512 works as a slave. Both master and slave can operate as a transmitter or receiver, but the master device determines which mode is activated.

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.0 BUS CHARACTERISTICS

The following **bus protocol** has been defined:

- Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.
- During data transfer, the data line must remain stable whenever the clock line is HIGH. Changes in the data line while the clock line is HIGH will be interpreted as a START or STOP condition.

Accordingly, the following bus conditions have been defined (Figure 4-1).

4.1 Bus not Busy (A)

Both data and clock lines remain HIGH.

4.2 Start Data Transfer (B)

A HIGH to LOW transition of the SDA line while the clock (SCL) is HIGH determines a START condition. All commands must be preceded by a START condition.

4.3 Stop Data Transfer (C)

A LOW to HIGH transition of the SDA line while the clock (SCL) is HIGH determines a STOP condition. All operations must end with a STOP condition.

4.4 Data Valid (D)

The state of the data line represents valid data when, after a START condition, the data line is stable for the duration of the HIGH period of the clock signal.

The data on the line must be changed during the LOW period of the clock signal. There is one bit of data per clock pulse.

Each data transfer is initiated with a START condition and terminated with a STOP condition. The number of the data bytes transferred between the START and STOP conditions is determined by the master device.

4.5 Acknowledge

Each receiving device, when addressed, is obliged to generate an Acknowledge signal after the reception of each byte. The master device must generate an extra clock pulse which is associated with this Acknowledge bit.

Note:	The 24XX512 does not generate any Acknowledge bits if an internal programming cycle is in progress.

A device that acknowledges must pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse in such a way that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge related clock pulse. Of course, setup and hold times must be taken into account. During reads, a master must signal an end of data to the slave by NOT generating an Acknowledge bit on the last byte that has been clocked out of the slave. In this case, the slave (24XX512) will leave the data line HIGH to enable the master to generate the STOP condition.

FIGURE 4-1: DATA TRANSFER SEQUENCE ON THE SERIAL BUS

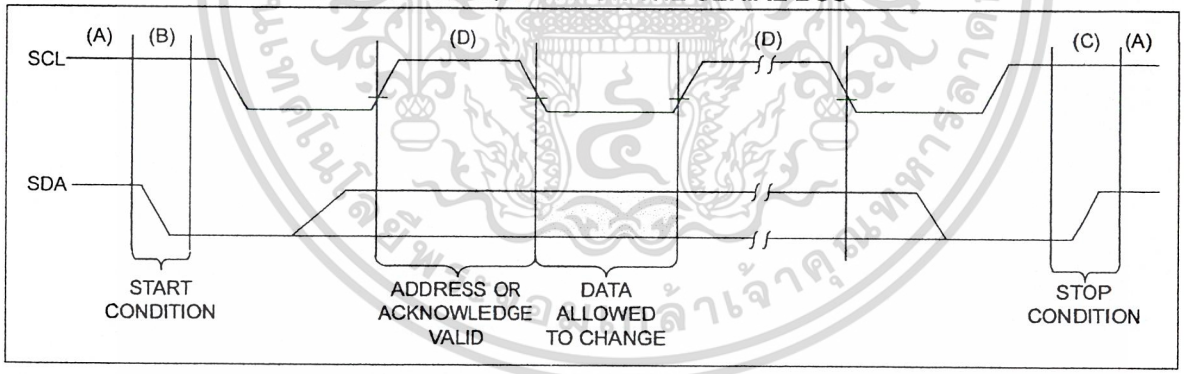
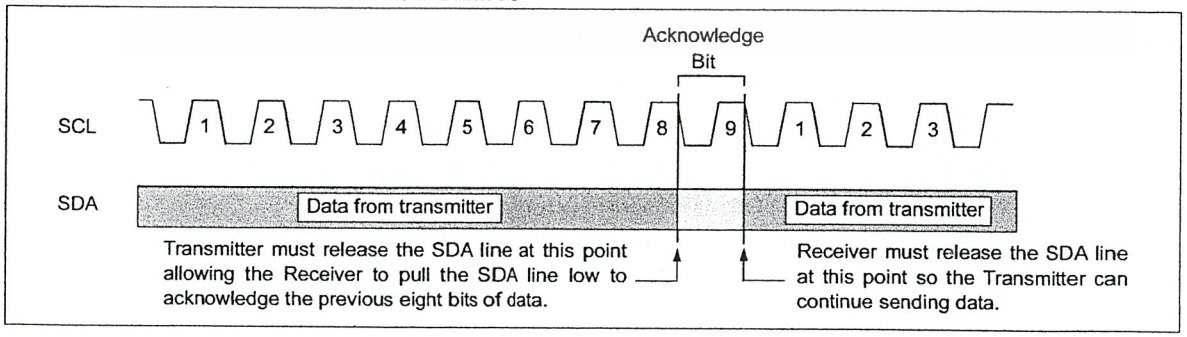


FIGURE 4-2: ACKNOWLEDGE TIMING



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2002 Microchip Technology Inc.

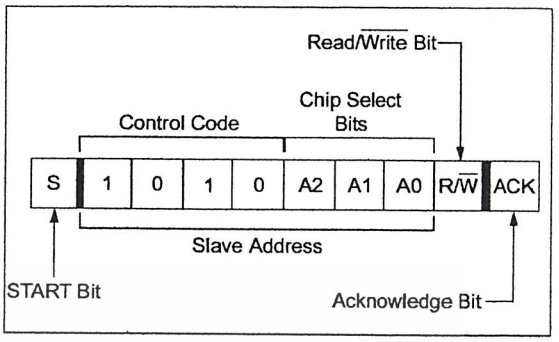
5.0 DEVICE ADDRESSING

A control byte is the first byte received following the START condition from the master device (Figure 5-1). The control byte consists of a 4-bit control code; for the 24XX512 this is set as 1010 binary for read and write operations. The next three bits of the control byte are the chip select bits (A2, A1, A0). The chip select bits allow the use of up to eight 24XX512 devices on the same bus and are used to select which device is accessed. The chip select bits in the control byte must correspond to the logic levels on the corresponding A2, A1 and A0 pins for the device to respond. These bits are in effect the three Most Significant bits of the word address.

The last bit of the control byte defines the operation to be performed. When set to a one a read operation is selected, and when set to a zero a write operation is selected. The next two bytes received define the address of the first data byte (Figure 5-2). Because all A15...A0 are used, there are no upper address bits that are don't care. The upper address bits are transferred first, followed by the less significant bits.

Following the START condition, the 24XX512 monitors the SDA bus checking the device type identifier being transmitted. Upon receiving a 1010 code and appropriate device select bits, the slave device outputs an Acknowledge signal on the SDA line. Depending on the state of the R/$\overline{W}$ bit, the 24XX512 will select a read or write operation.

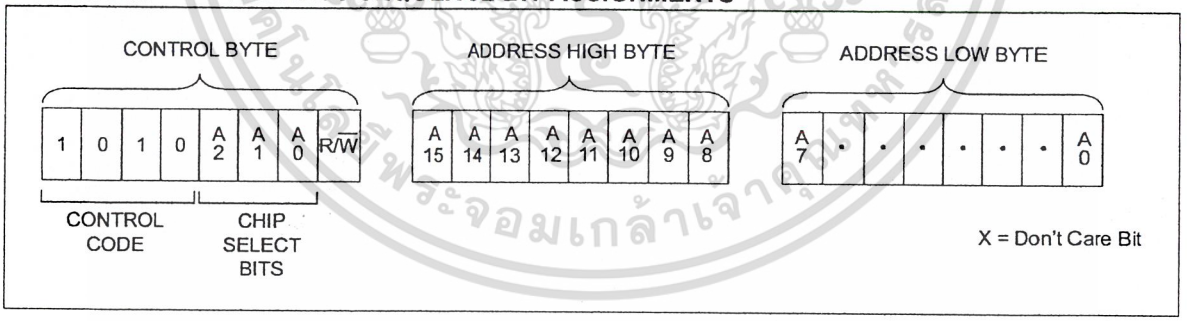
FIGURE 5-1: CONTROL BYTE FORMAT



5.1 Contiguous Addressing Across Multiple Devices

The chip select bits A2, A1, A0 can be used to expand the contiguous address space for up to 4 Mbit by adding up to eight 24XX512s on the same bus. In this case, software can use A0 of the **control byte** as address bit A16; A1, as address bit A17; and A2, as address bit A18. It is not possible to sequentially read across device boundaries.

FIGURE 5-2: ADDRESS SEQUENCE BIT ASSIGNMENTS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.0 WRITE OPERATIONS

6.1 Byte Write

Following the START condition from the master, the control code (four bits), the chip select (three bits), and the R/$\overline{W}$ bit (which is a logic low) are clocked onto the bus by the master transmitter. This indicates to the addressed slave receiver that the address high byte will follow after it has generated an Acknowledge bit during the ninth clock cycle. Therefore, the next byte transmitted by the master is the high-order byte of the word address and will be written into the address pointer of the 24XX512. The next byte is the Least Significant Address Byte. After receiving another Acknowledge signal from the 24XX512, the master device will transmit the data word to be written into the addressed memory location. The 24XX512 acknowledges again and the master generates a STOP condition. This initiates the internal write cycle, and, during this time, the 24XX512 will not generate Acknowledge signals (Figure 6-1). If an attempt is made to write to the array with the WP pin held high, the device will acknowledge the command but no write cycle will occur, no data will be written, and the device will immediately accept a new command. After a byte write command, the internal address counter will point to the address location following the one that was just written.

6.2 Page Write

The write control byte, word address, and the first data byte are transmitted to the 24XX512 in the same way as in a byte write. But instead of generating a STOP condition, the master transmits up to 127 additional bytes, which are temporarily stored in the on-chip page buffer and will be written into memory after the master has transmitted a STOP condition. After receipt of each word, the six lower address pointer bits are internally incremented by one. If the master should transmit more than 128 bytes prior to generating the STOP condition, the address counter will roll over and the previously received data will be overwritten. As with the byte write operation, once the STOP condition is received, an internal write cycle will begin (Figure 6-2). If an attempt is made to write to the array with the WP pin held high, the device will acknowledge the command but no write cycle will occur, no data will be written, and the device will immediately accept a new command.

6.3 Write Protection

The WP pin allows the user to write-protect the entire array (0000-FFFF) when the pin is tied to Vcc. If tied to Vss or left floating, the write protection is disabled. The WP pin is sampled at the STOP bit for every write command (Figure 1-1) Toggling the WP pin after the STOP bit will have no effect on the execution of the write cycle.

Note: Page write operations are limited to writing bytes within a single physical page, **regardless** of the number of bytes actually being written. Physical page boundaries start at addresses that are integer multiples of the page buffer size (or 'page size') and end at addresses that are integer multiples of [page size - 1]. If a page write command attempts to write across a physical page boundary, the result is that the data wraps around to the beginning of the current page (overwriting data previously stored there), instead of being written to the next page as might be expected. It is therefore necessary for the application software to prevent page write operations that would attempt to cross a page boundary.

FIGURE 6-1: BYTE WRITE

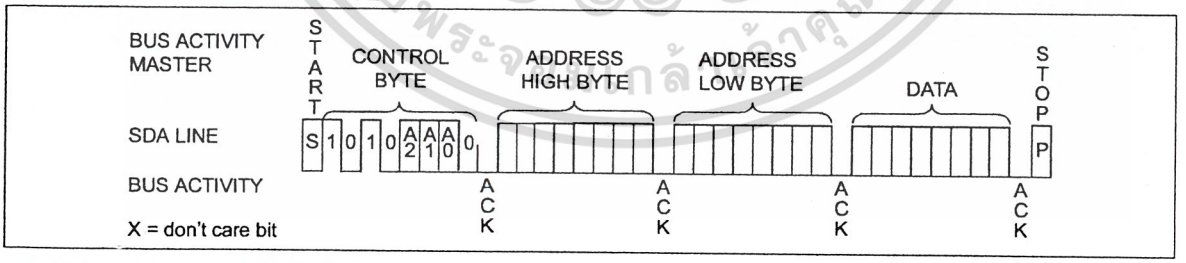
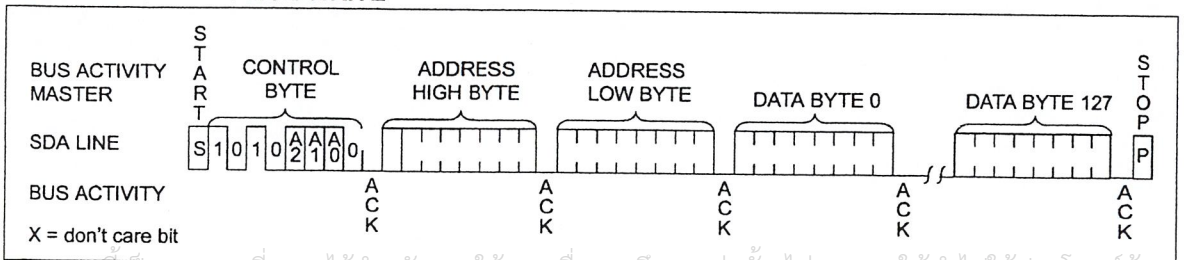


FIGURE 6-2: PAGE WRITE



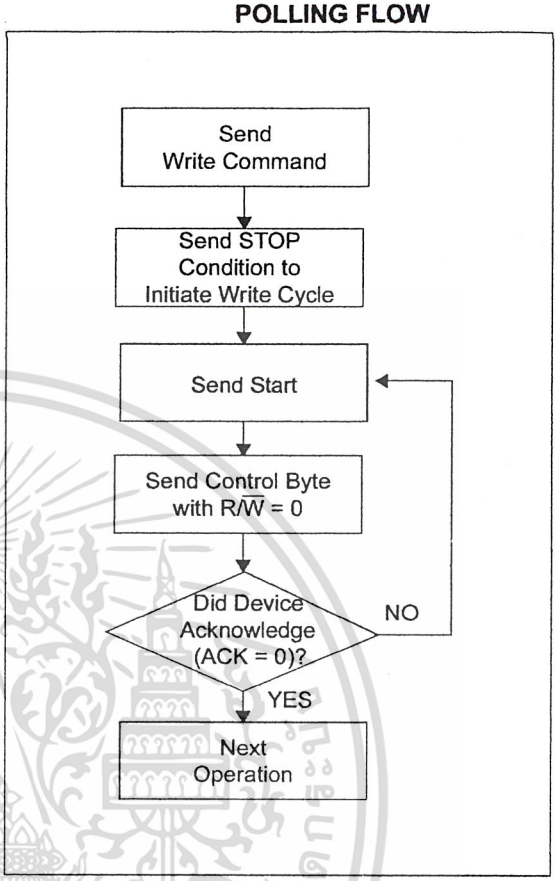
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2002 Microchip Technology Inc.

7.0 ACKNOWLEDGE POLLING

Since the device will not acknowledge during a write cycle, this can be used to determine when the cycle is complete (this feature can be used to maximize bus throughput). Once the STOP condition for a write command has been issued from the master, the device initiates the internally timed write cycle. ACK polling can be initiated immediately. This involves the master sending a START condition, followed by the control byte for a write command (R/$\overline{W}$ = 0). If the device is still busy with the write cycle, then no ACK will be returned. If no ACK is returned, then the START bit and control byte must be resent. If the cycle is complete, then the device will return the ACK, and the master can then proceed with the next read or write command. See Figure 7-1 for flow diagram.

FIGURE 7-1: ACKNOWLEDGE POLLING FLOW



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.0 READ OPERATION

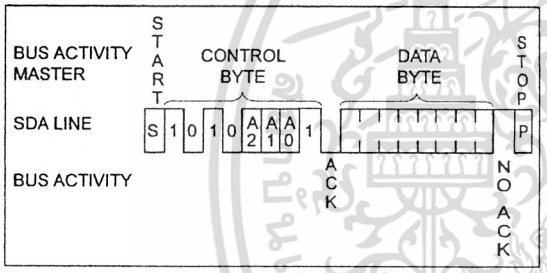
Read operations are initiated in the same way as write operations with the exception that the R/$\overline{W}$ bit of the control byte is set to '1'. There are three basic types of read operations: current address read, random read and sequential read.

8.1 Current Address Read

The 24XX512 contains an address counter that maintains the address of the last word accessed, internally incremented by '1'. Therefore, if the previous read access was to address n (n is any legal address), the next current address read operation would access data from address n + 1.

Upon receipt of the control byte with R/$\overline{W}$ bit set to '1', the 24XX512 issues an acknowledge and transmits the 8-bit data word. The master will not acknowledge the transfer but does generate a STOP condition and the 24XX512 discontinues transmission (Figure 8-1).

FIGURE 8-1: CURRENT ADDRESS READ



8.2 Random Read

Random read operations allow the master to access any memory location in a random manner. To perform this type of read operation, first the word address must be set. This is done by sending the word address to the 24XX512 as part of a write operation (R/$\overline{W}$ bit set to '0'). After the word address is sent, the master generates a START condition following the acknowledge. This terminates the write operation, but not before the internal address pointer is set. Then, the master issues the control byte again but with the R/$\overline{W}$ bit set to a one. The 24XX512 will then issue an acknowledge and transmit the 8-bit data word. The master will not acknowledge the transfer but does generate a STOP condition which causes the 24XX512 to discontinue transmission (Figure 8-2). After a random read command, the internal address counter will point to the address location following the one that was just read.

8.3 Sequential Read

Sequential reads are initiated in the same way as a random read except that after the 24XX512 transmits the first data byte, the master issues an acknowledge as opposed to the STOP condition used in a random read. This acknowledge directs the 24XX512 to transmit the next sequentially addressed 8-bit word (Figure 8-3). Following the final byte transmitted to the master, the master will NOT generate an acknowledge but will generate a STOP condition. To provide sequential reads, the 24XX512 contains an internal address pointer which is incremented by one at the completion of each operation. This address pointer allows the entire memory contents to be serially read during one operation. The internal address pointer will automatically roll over from address FFFF to address 0000 if the master acknowledges the byte received from the array address FFFF.

FIGURE 8-2: RANDOM READ

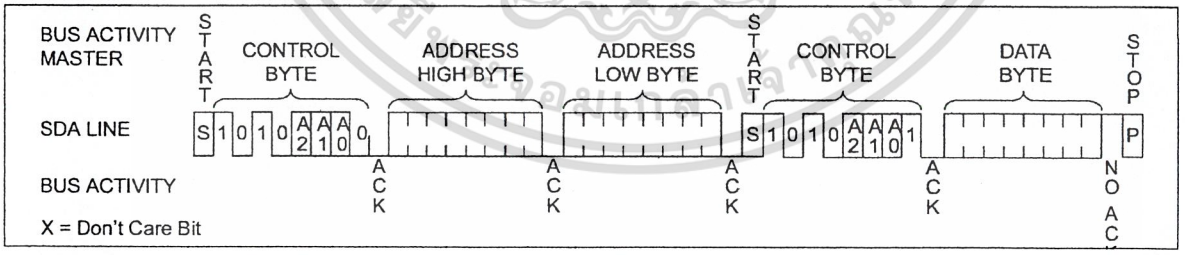
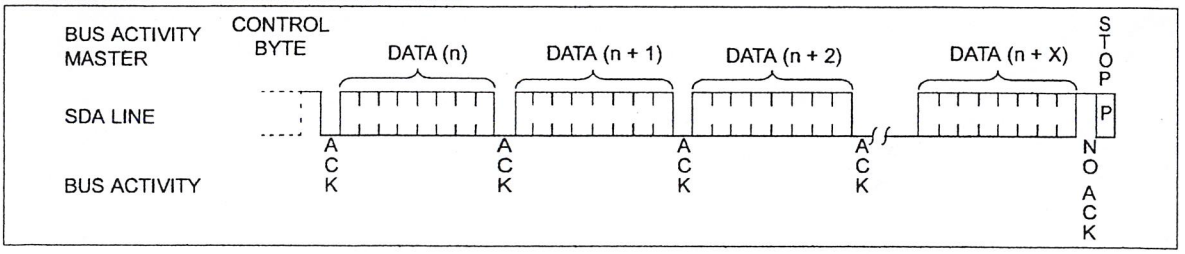


FIGURE 8-3: SEQUENTIAL READ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2002 Microchip Technology Inc.