

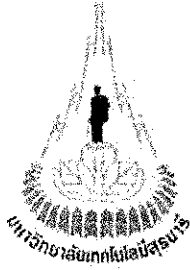


ชุดแบบทดลองด้านแหล่งรวม ไฟในการเข้าออกสถานี

นาย ศาสตร ชมรสกุลรัตน์
นาย ชรรษรัตน์ กลิ่นแจ่มดี

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2547

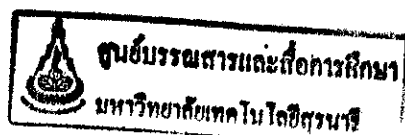
CONTRIBUTION



ชุดแสดงผลตำแหน่งรถไฟในการเข้าออกสถานี

นาย สาคร อมรสุภรัตน์
นาย ธรรมรัตน์ กลั่นเขตกิจ

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2547



โครงการ	ชุดแสดงผลตำแหน่งรถไฟในการเข้าออกสถานี
ผู้ดำเนินงาน	1. สาคร อมรศุภรัตน์ 2. ชรรมรัตน์ กลั่นเขตกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรค์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาคการศึกษา	2/2547

บทคัดย่อ

ชุดแสดงผลตำแหน่งรถไฟในการเข้าออกสถานี ประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ชุดตรวจวัดตำแหน่ง และบอร์ดแสดงผล ในการใช้งานชุดแสดงผลที่มีเครื่องรับสัญญาณ GPS เป็นตัวตรวจวัดตำแหน่ง โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ดึงข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ จากเครื่องรับสัญญาณ GPS มาแสดงผลที่จอ LCD แสดงค่าของตำแหน่งเป็นละติจูดและลองจิจูดซึ่งเราสามารถนำชุดตรวจวัดตำแหน่งนี้ไปติดตั้งไว้บนรถไฟได้ทันที แต่บอร์ดแสดงผลนั้นเราจะต้องนำชุดตรวจวัดตำแหน่งมาตรวจจับตำแหน่งของสถานีก่อน แล้วจึงทำการ โปรแกรมตำแหน่งของสถานีลงไปในไมโครคอนโทรลเลอร์ก่อนจึงจะสามารถนำไปใช้งานได้ หลักการทำงานของมันก็คือนำชุดตรวจวัดตำแหน่งจะทำการตรวจวัดตำแหน่งของรถไฟแล้วทำการมอดูเลตสัญญาณข้อมูลตำแหน่ง และหมายเลขขบวนรถไฟผ่านคลื่นวิทยุ ไปให้กับสถานีซึ่งมีตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ที่ได้รับมาว่าจุดที่รถไฟส่งสัญญาณกับสถานีนั้นอยู่ห่างกันเป็นระยะเท่าไร แล้วทำการแสดงตำแหน่งที่อยู่ห่างกันบนบอร์ดแสดงผลต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้จะไม่สำเร็จล่วงไปได้ด้วยดีถ้าหากว่าขอขอบคุณหลายท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลืออย่างดีเสมอมาทั้งในด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงาน

บุคคลเหล่านี้ประกอบไปด้วย

- ผศ.ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรค์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการผู้เปิด โอกาสให้ผู้จัดทำได้เรียนรู้การทำโครงการนี้ และยังคงดูแลอย่างใกล้ชิด ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา รวมทั้งข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์
- อ.ดร.ชาญชัย ทองโสภาก ซึ่งเป็นผู้ที่คอยสนับสนุน และให้คำปรึกษาในการทำโครงการ
- ผศ.ดร. ชารา เล็กอุทัย เป็นผู้ที่ให้คำปรึกษาทางด้านภูมิศาสตร์
- อ.วิชัย ศรีสุรักษ์, อ.สัมิ้ง เดิมพรมราช, อ.อำนาจ ทิจันทร์ก ซึ่งเป็นผู้ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาในการทำโครงการ
- บุคลากรสาขาวิชาวิศวกรรม โทecomนาคม สนับสนุนการดำเนินงาน
- พี่ๆ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์3 ให้ความช่วยเหลืออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ
- พี่น้องชาววิศวกรรม โทecomนาคม ซึ่งให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา และมารดาของผู้จัดทำ ที่อบรมเลี้ยงดู ให้โอกาสทางการศึกษา และคอยสนับสนุนด้วยดีตลอดมาอย่างหาที่เปรียบมิได้

สาคร อมรสุภรัตน์
ธรรมรัตน์ กลั่นเขตกิจ

สารบัญ

เรื่อง

หน้า

บทที่ 1 บทนำ

1.1	กล่าวนำ	1
1.2	วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3	ขอบเขตของโครงการ	2
1.4	ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3

บทที่ 2 ภูมิศาสตร์เบื้องต้น

2.1	รูปทรงสัณฐานของโลก	4
2.2	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับภูมิศาสตร์โลก	5
2.3	การแบ่งเส้นละติจูด (Latitude) และเส้นลองจิจูด (Longitude)	7
2.4	การคำนวณพิกัดขั้วอเดติครระหว่างจุดสองจุด	8

บทที่ 3 ระบบหาพิกัดบนพื้นโลก GPS (Global Positioning System)

3.1	GPS คืออะไร	10
3.2	ส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS	10
3.3	การทำงานของ GPS	12
3.4	คลื่นสัญญาณจากดาวเทียม GPS	13
3.5	การอ่านค่าข้อมูลจาก GPS โมดูล	14
3.6	การใช้ GPS ในระบบนำทางสำหรับยานพาหนะต่างๆ	18

บทที่ 4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller)

4.1	อะไรคือไมโครคอนโทรลเลอร์	20
4.2	โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	21
4.3	คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51อนุกรม AT89xx	21
4.4	การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	22
4.5	การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต	24

4.6 การใช้งานเป็นพอร์ตเอ้าท์พุต	25
4.7 การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ต	25

บทที่ 5 การออกแบบโครงงาน

5.1 การออกแบบทาง Hardware	26
5.2 การออกแบบทาง Software	28

บทที่ 6 การทดสอบความแม่นยำของชุดแสดงผลตำแหน่งรถไฟในการเข้าออกสถานี

6.1 การทดสอบการรับสัญญาณของGPS	35
6.2 การจำลองการทำงาน (Simulation)	36
6.3 การเก็บข้อมูลหาค่าความแม่นยำ	36
6.4 วิธีการหาค่าความผิดพลาด	37
6.5 การประมวลผลหาค่าความแม่นยำ	38
6.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง	43

บทที่ 7 บทสรุป

7.1 ข้อเสนอแนะที่สามารถพัฒนาขึ้นจากโครงงาน	45
7.2 ปัญหา วิธีแก้ไข และข้อเสนอแนะ	45

สารบัญภาพ

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1 ภาพตัดขวางแสดงพื้นผิวภูมิประเทศ เอลลิปซอยด์ และ ยีอออยด์ ของรูปโลก	5
รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการเอียงของแกนโลก	6
รูปที่ 2.3 แสดงเส้นศูนย์สูตร เส้นขนาน เส้นเมริเดียน และเส้นเมริเดียนเริ่มแรก	6
รูปที่ 2.4 แสดงระบบพิกัดภูมิศาสตร์	7
รูปที่ 2.5.1 การแบ่งเส้นลองจิจูด	8
รูปที่ 2.5.2 การแบ่งเส้นละติจูด	8
รูปที่ 2.6 ค่ากึ่งแกนโลกและระยะห่างระหว่างจุดสองจุด	8
รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของระบบดาวเทียม GPS	10
รูปที่ 3.2 ตัวเครื่องแบบสำเร็จรูป	11
รูปที่ 3.3 ลักษณะ GPS โมดูล	11
รูปที่ 3.4 สายอากาศของเครื่อง GPS	11
รูปที่ 3.5 GPS Satellite Signals	14
รูปที่ 3.6 ระบบ GPS NAVIGATION	18
รูปที่ 3.7 รถไฟ	19
รูปที่ 4.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์	20
รูปที่ 4.2 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	24
รูปที่ 5.1 Block Diagram ของชุดตรวจวัดตำแหน่ง	26
รูปที่ 5.2 Block Diagramของบอร์ดแสดงผล	27
รูปที่ 5.3 Flow Chartการทำงานของชุดตรวจวัดตำแหน่ง	28
รูปที่ 5.4 Flow Chart ของ Subroutine ส่งข้อมูล	29
รูปที่ 5.5 Flow Chart ของ subroutine แสดงผลที่LCD	30
รูปที่ 5.6 Flow Chart ของการทำงานของบอร์ดแสดงผลส่วนรับข้อมูล	31
รูปที่ 5.7 Flow Chart ของการทำงานของบอร์ดแสดงผลส่วนประมวลผล	32
รูปที่ 5.8 Flow Chart ของการทำงานของบอร์ดแสดงผลส่วนรับข้อมูล	33
รูปที่ 5.9 Flow Chart ของ subroutine InitialMax7219	34
รูปที่ 6.1 ลักษณะข้อมูลเมื่อเครื่องรับสัญญาณGPSรับสัญญาณได้	35
รูปที่ 6.2 ลักษณะข้อมูลเมื่อเครื่องรับสัญญาณGPSรับสัญญาณไม่ได้	36

รูปที่6.3วิธีการหาค่าความผิดพลาด	37
รูปที่6.4 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่วัดได้	39
รูปที่6.4 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่วัดได้ ณ.ตำแหน่งหลอดไฟสถานี	40
รูปที่6.5 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่วัดได้ ณ.ตำแหน่งหลอดไฟดวงที่ 1	40
รูปที่6.6 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่วัดได้ ณ.ตำแหน่งหลอดไฟดวงที่ 2	41
รูปที่6.7 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่วัดได้ ณ.ตำแหน่งหลอดไฟดวงที่ 3	41
รูปที่6.8 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่วัดได้ ณ.ตำแหน่งหลอดไฟดวงที่ 4	42
รูปที่6.9 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่วัดได้ ณ.ตำแหน่งหลอดไฟดวงที่ 5	42
รูปที่6.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดกับระยะทาง	43

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่าคงที่ทรงกลมโลก(Spheroid distance)	9
ตารางที่ 6.1 ตารางผลการทดลองการทดสอบความแม่นยำของชุดแสดงผลตำแหน่ง รถไฟในการเข้าออกสถานี	38

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ปัจจุบันนี้การเดินทางโดยสารด้วยรถไฟเป็นทางเลือกหนึ่งของประชาชน ในประเทศไทยมีประชาชนโดยสารรถไฟเป็นจำนวนมาก ประชาชนที่ต้องโดยสารรถไฟเหล่านั้นจึงมีความต้องการที่จะทราบว่ารรถไฟขบวนที่ตัวเองต้องการที่จะโดยสารไปนั้นใกล้จะมาถึงสถานแล้วหรือยัง เพราะว่าประชาชนเหล่านั้นจะได้จัดการวางแผนกับตัวเองได้อย่างดีขึ้น เช่น รับประทานอาหาร, เข้าสูขฯ หรือทำภารกิจส่วนตัวต่างๆ

ดังนั้นโครงการนี้จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประมวลผลข้อมูล การออกแบบชุดแสดงผล ซึ่งประกอบอุปกรณ์ห้าตำแหน่งคือ GPS (Global Positioning system), เครื่องรับส่งสัญญาณ, ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆบนรถไฟเพื่อหาตำแหน่งของมันคือ GPS module ซึ่งในปัจจุบันนี้มีการใช้ประโยชน์จาก GPS มากขึ้นเรื่อยๆเราจึงควรศึกษาเพื่อที่จะได้นำมาประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์ได้แบบสูงสุด เพื่อเป็นต้นแบบการพัฒนาไปสู่ระบบอัตโนมัติที่จะสับรางขบวนรถไฟในการเข้าออกภายในสถานี การพัฒนาระบบอัตโนมัติควบคุมไม้กั้นถนนกับรางรถไฟโดยไม่ต้องพึ่งพามนุษย์ซึ่งบางครั้งอาจมีความผลอเลอได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 ศึกษาหลักการทำงานของ GPS

1.2.2 ศึกษาการโปรแกรมควบคุมและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

1.2.3 ศึกษาถึงการทำงานของวงจรถอนิกส์ในภาครับและภาคส่งสัญญาณ

1.2.4 ศึกษาถึงการสื่อสารข้อมูล และการประมวลผลข้อมูล

1.2.5 ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตัวเองอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2.6 สามารถนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาจากภาคทฤษฎีของวิชาต่างๆ ที่ได้ศึกษามาปฏิบัติและประยุกต์ใช้เพื่อสร้างชิ้นงานขึ้นมาและสามารถนำไปใช้กับงานจริงได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้สามารถแสดงผลได้ในระยะที่ความสามารถของเครื่องรับ-ส่งสัญญาณเพียงพอ และชุดแสดงผลนี้จะสามารถแสดงผลได้เป็นช่วงที่กำหนดไว้ในบอร์ดแสดงผลเท่านั้น

1.3.1 ลักษณะงานตามขอบเขตของโครงการ

- 1) ติดตั้งอุปกรณ์ GPS (Global Position System)
- 2) ติดตั้งจอแสดงผล LCD เข้ากับ GPS module
- 3) ควบคุมการแสดงผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)
- 4) ติดตั้งบอร์ดแสดงผลซึ่งส่วนแสดงผลจะทำมาจากหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่สถานีรถไฟ
- 5) ติดตั้งเครื่องรับส่งสัญญาณที่รถไฟและสถานี

1.3.2 การเลือกใช้ซอฟต์แวร์

การเลือกใช้ซอฟต์แวร์ก็เป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งของโครงการ ซึ่งถ้าหากเราสามารถเลือกใช้ซอฟต์แวร์ที่มีประสิทธิภาพสูงก็จะทำให้เราสามารถพัฒนางานดี แต่ซอฟต์แวร์ที่มีคุณภาพสูงนั้นก็มักจะมีราคาที่สูงตามไปด้วย ภาษาแอสเซมบลี เหมาะสมที่จะนำไปใช้กับชุดตรวจวัดตำแหน่ง เนื่องจากภาษาแอสเซมบลีเป็นภาษาระดับต่ำที่มีความใกล้เคียงกับภาษาเครื่องจึงมีความไวในการทำงานมากและมีความแน่นอนทางด้านเวลา คอมไพเลอร์ที่ใช้ในโครงการคือ SXA51 เป็นฟรีแวร์ ภาษาซี เหมาะสมนำไปใช้กับบอร์ดแสดงผลเนื่องจากภาษา C มีฟังก์ชันคณิตศาสตร์ที่หลากหลายทำให้มีความสะดวกในการเขียนโปรแกรมที่เป็นสูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์เช่นสูตรของการแปลงพิกัดภูมิศาสตร์ของ GPS ไปเป็นพิกัดพิกัดภูมิศาสตร์ทั่วไป คอมไพเลอร์ที่ใช้ในโครงการคือ RC-51 เป็นฟรีแวร์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.4.1 ศึกษาตำราและค้นหาข้อมูล
- 1.4.2 ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการเพื่อวางแผนและจัดทำโครงการ
- 1.4.3 นำเสนอโครงการเพื่อพิจารณาอนุมัติ
- 1.4.4 ทำชุดแสดงผล LCD
- 1.4.5 ศึกษาการใช้งาน GPS
- 1.4.6 จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ

- 1.4.7 ทดสอบกับเครื่องรับส่งสัญญาณ
- 1.4.8 ทำ Hardware ของเครื่องควบคุมการแสดงผล
- 1.4.9 โปรแกรมควบคุม Hardware โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)
- 1.4.10 ทดสอบและแก้ไขการทำงาน
- 1.4.11 จัดทำรายงานของโครงการ
- 1.4.12 วิเคราะห์ผลการทดลอง
- 1.4.13 สรุปและประเมินผล

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้เรียนรู้หลักการการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่ง (GPS module) และจอ LCD
- 1.5.2 ได้เรียนรู้การ โปรแกรมควบคุมและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)
- 1.5.3 ได้เรียนรู้การทำงานของวงจรถออิเล็กทรอนิกส์ในภาครับและภาคส่งสัญญาณ
- 1.5.4 ได้เรียนรู้การสื่อสารข้อมูล และการประมวลผลข้อมูล
- 1.5.5 ได้เรียนรู้การทำงานเป็นทีม

บทที่ 2

ภูมิศาสตร์เบื้องต้น

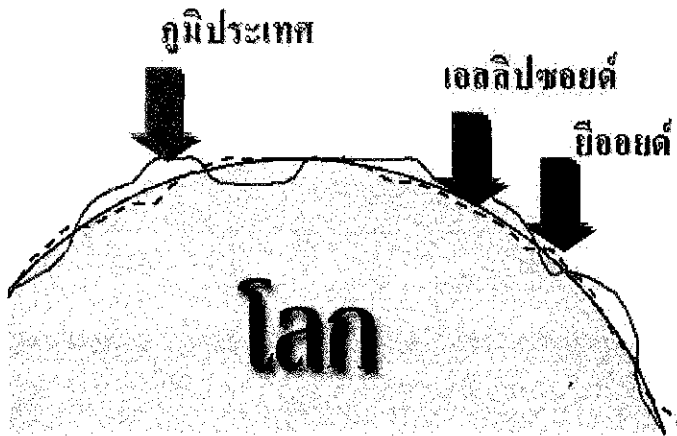
2.1 รูปทรงลักษณะของโลก[14]

โลก (Earth) โลกของเรามีรูปร่างลักษณะเป็นรูปทรงรี (Oblate Ellipsoid) คือมีลักษณะป่องตรงกลาง ขั้วเหนือ-ใต้ แบนเล็กน้อย แต่พื้นผิวโลกที่แท้จริงมีลักษณะขรุขระ สูง ต่ำ ไม่ราบเรียบ สมมติเสมอพื้นผิวโลกจะมีพื้นที่ประมาณ 509,450,00 ตารางกิโลเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่ศูนย์สูตรยาว 12,757 กิโลเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางจากขั้วโลกเหนือถึงขั้วโลกใต้ 12,714 กิโลเมตร จะเห็นว่าระยะทางระหว่างแนวนอน (เส้นศูนย์สูตร) ยาวกว่าแนวตั้ง (ขั้วโลกเหนือ - ใต้) จากลักษณะดังกล่าวนี้ ทำให้ไม่สามารถใช้รูปทรงเรขาคณิตอย่างง่ายแสดงขนาด และรูปร่างของโลกได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นเพื่อความสะดวกต่อการพิจารณารูปทรงลักษณะของโลก และในกิจการของแผนที่ จึงมีการใช้รูปทรงลักษณะของโลกอยู่ 3 แบบ คือทรงกลม (Spheroid), ทรงรี (Ellipsoid) และบิออยด์ (Geoid)

ทรงกลม หรือ สเฟียร์อยด์ เป็นรูปทรงที่ง่ายที่สุดจึงเหมาะสมเป็นลักษณะของโลกโดยประมาณ ใช้กับแผนที่มาตราส่วนเล็กที่มีขอบเขตกว้างขวาง เช่น แผนที่โลก แผนที่ทวีป หรือ แผนที่อื่นๆที่ไม่ต้องการความละเอียดถูกต้องสูง

ทรงรี หรือ อีลิปซอยด์ โดยทั่วไป คือ รูปที่แตกต่างกับรูปทรงกลมเพียงเล็กน้อย ซึ่งจะมีลักษณะใกล้เคียงกับลักษณะจริงของโลกมากที่สุดจึงเหมาะสำหรับใช้เป็นพื้นผิวการรังวัดและการแผนที่ที่ต้องการความละเอียดถูกต้องสูง เช่น แผนที่ระดับชุมชนเมือง แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วนใหญ่ทั่วไป แผนที่นำร่อง เป็นต้น

บิออยด์ เป็นรูปทรงที่เหมือนกับลักษณะจริงของโลกมากที่สุดเกิดจากการสมมุติระดับน้ำในมหาสมุทรขณะทรงตัวอยู่นิ่ง เชื่อมโยงให้ทะลุไปถึงกันทั่วโลก จะเกิดเป็นพื้นผิวซึ่งไม่ราบเรียบตลอด มีบางส่วนที่ยุบต่ำลง บางส่วนสูงขึ้นขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและแรงโน้มถ่วงของโลก ทุก ๆ แนวคิ่ง (Plumb Line) จะตั้งฉากกับบิออยด์ บิออยด์มีบทบาทสำคัญในงานรังวัดชั้นสูง (Geodesy) แต่กลับไม่มีบทบาทโดยตรงกับวิชาการแผนที่นอกจากจะใช้ในการคำนวณแผนที่ประกอบกับรูปทรงรี



รูปที่ 2.1 ภาพตัดขวางแสดงพื้นผิวภูมิประเทศ เขตร้อน และ ขั้วโลก ของรูปโลก

2.2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับภูมิศาสตร์โลก[14]

ลักษณะรูปร่างพื้นฐานของโลกมีลักษณะกลมแบบ Spheroid แต่ในทางปฏิบัติเราถือว่าโลกมีลักษณะทรงกลมทางเรขาคณิต ดังนั้นระบบพิกัดภูมิศาสตร์ของโลกจึงมีส่วนประกอบต่อไปนี้

2.2.1 เส้นวงกลมใหญ่ (Great Circle) คือ เส้นรอบวงที่เราลากผ่านไปรอบผิวโลกโดยผ่านที่ศูนย์กลางวงกลม แล้วบรรจบมาเป็นวงกลม เรียกว่า"วงกลมใหญ่" ตัวอย่าง เช่น เส้นศูนย์สูตร เส้นเมริเดียนที่อยู่ตรงข้ามกัน เส้นแบ่งเขตมืด-สว่าง

2.2.2 เส้นวงกลมเล็ก (Small Circle) คือ เส้นรอบวงที่เราลากผ่านไปรอบผิวโลกโดยไม่ผ่านที่ศูนย์กลางวงกลม แล้วบรรจบมาเป็นวงกลม ตัวอย่าง เช่น เส้นขนาน

2.2.3 เส้นศูนย์สูตร (Equator) คือ เส้นที่ลากผ่านศูนย์กลางวงกลมในแนวตะวันออกและตะวันตก โดยจุดเริ่มต้นของเส้นที่ 0 องศาทางตะวันออก ซึ่งเป็นวงกลมใหญ่วงหนึ่งเช่นกัน

2.2.4 เส้นเมริเดียน (Meridians) คือ เส้นที่ลากผ่านศูนย์กลางวงกลมในแนวเหนือและใต้ โดยลากเชื่อมระหว่างจุดขั้วโลกเหนือ และขั้วโลกใต้

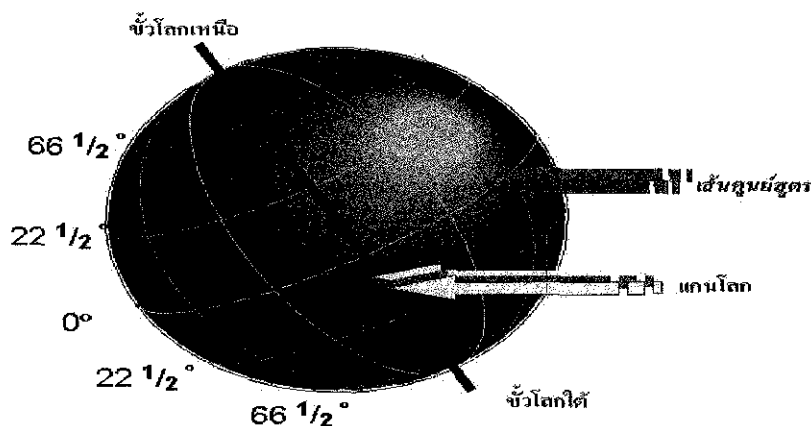
2.2.5 เส้นเมริเดียน ปฐม (Prime Meridian) คือ เส้นเมริเดียนที่ลากผ่านหอดูดาวที่ตำบลกรีนวิช (Greenwich) ประเทศอังกฤษ ใช้เป็นเส้นหลักในการกำหนดค่าลองจิจูด ซึ่งถูกกำหนดให้มีลองจิจูดเป็นศูนย์ ถ้าถือตามข้อตกลงนานาชาติ ค.ศ. 1884 จะเรียกว่า เส้นเมริเดียนกรีนวิช(Greenwich meridian) ก็ได้

2.2.6 เส้นขนาน (Parallels) คือ เส้นที่ลากขนานกับเส้นศูนย์สูตร หรือ วงกลมเล็ก

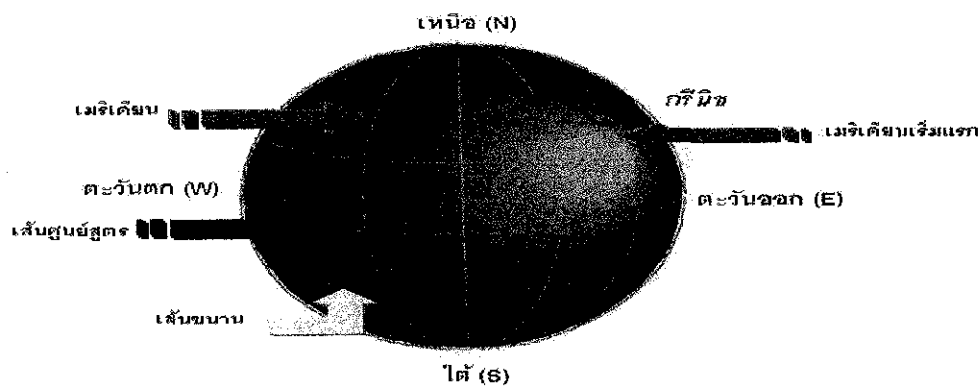
2.2.7 ละติจูด (Latitude) หรือ เส้นรุ้ง คือ ระยะทางเชิงมุมที่วัดไปทางเหนือและใต้ของเส้นศูนย์สูตร นับจาก 0 องศาไปทางเหนือและทางใต้ 90 องศา

2.2.8 ลองจิจูด (Longitude) หรือ เส้นแวง คือ ระยะทางเชิงมุมที่วัดจากเมริเดียนปฐมซึ่งถือที่ 0 องศา ตำบลกรีนิชเป็นหลัก วัดไปทางตะวันออก 180 องศาตะวันออก และทางตะวันตก 180 องศาตะวันตก

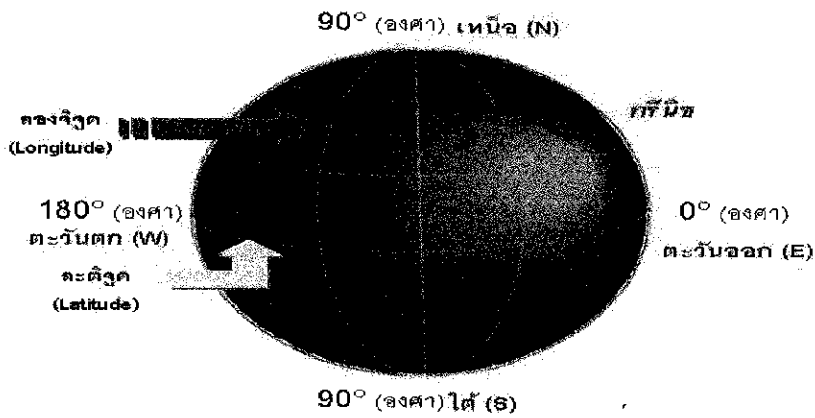
2.2.9 อะซิมุท (Azimuth) เป็นวิธีการที่คิดขึ้นมาเพื่อใช้ในการบอกทิศทาง คือวัดขนาดของมุมทางราบที่วัดจากแนวทิศเหนือหลักเวียนตามเข็มนาฬิกามาบรรจบกับแนวเป้าหมายที่ต้องการ มุมทิศอะซิมุทนี้จะมีค่าตั้งแต่ 0 - 360 องศา และเมื่อวัดมุมจากเส้นฐานทิศเหนือหลักชนิดใด ก็จะเรียกตามทิศเหนือหลักนั้น เช่น อะซิมุทจริง, อะซิมุทกริด, อะซิมุทแม่เหล็ก



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการเอียงของแกนโลก



รูปที่ 2.3 แสดงเส้นศูนย์สูตร เส้นขนาน เส้นเมริเดียน และเส้นเมริเดียนเริ่มแรก



รูปที่ 2.4 แสดงระบบพิกัดภูมิศาสตร์

2.3 การแบ่งเส้นละติจูด (Latitude) และเส้นลองจิจูด (Longitude) [3]

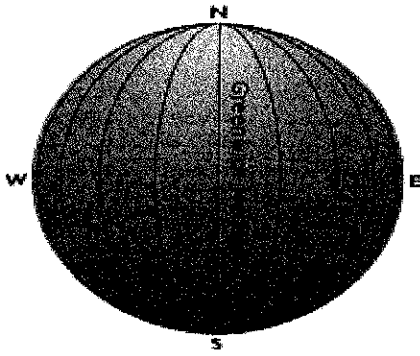
การแบ่งเส้นละติจูดกับเส้นลองจิจูดนั้นแบ่งได้ดังนี้

2.3.1 เส้นลองจิจูดที่ลากจากขั้วโลกเหนือผ่านเมืองกรีนิช (Greenwich) ประเทศอังกฤษ มาตามพื้นผิวพิภพไปยังขั้วโลกใต้ ทางสากลถือว่าเป็นเส้นสมมติศูนย์กำเนิด (เส้น 0)

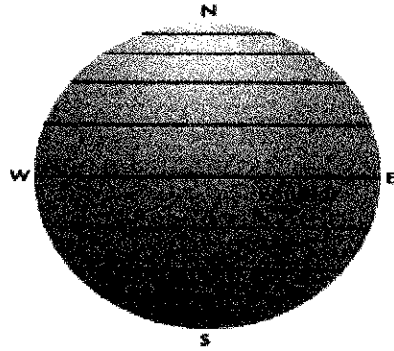
2.3.2 เส้นลองจิจูดจะถูกแบ่งไปทางทิศตะวันออก 180 เส้นและแบ่งไปทางทิศตะวันตก 180 เส้น เส้น 0 จะเริ่มจากเมืองกรีนิช (Greenwich) ประเทศอังกฤษ ห่างกันเส้นละ 1° เส้น 180° ตะวันออก กับเส้น 180° ตะวันตก คือเส้นเดียวกัน ดังรูปที่ 2.5.1

2.3.3 แบ่งเส้นละติจูดโดยการนับออกจากเส้นศูนย์สูตร (Equator) ซึ่งเป็นเส้นสมมติแบ่งกึ่งกลางโลกตามขวาง ไปทางเหนือ 90 เส้น และทางใต้ 90 เส้น ห่างกันเส้นละ 1° เรียกว่า เส้นละติจูดเหนือและเส้นละติจูดใต้ ดังรูปที่ 2.5.2

จุดพิกัดภูมิศาสตร์ยังบอกระยะเวลาที่แตกต่างกันของตำบลต่างๆ โดยอาศัยการคำนวณจากเส้นลองจิจูดที่ต่างกันตามพิกัดภูมิศาสตร์ดังนี้



รูปที่ 2.5.1 การแบ่งเส้นลองจิจูด

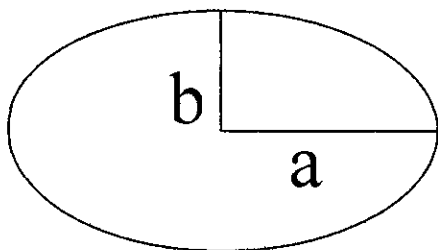


รูปที่ 2.5.2 การแบ่งเส้นละติจูด

2.4 การคำนวณพิกัดย้อเดติคระหว่างจุดสองจุด [9]

การคำนวณค่าพิกัดของผลต่าง ของการสามเหลี่ยมหรือวงรอบ ในที่นี้จะเป็นการคำนวณพิกัดย้อเดติค (Geodetic Coordinate) หรือพิกัดภูมิศาสตร์ (Geodetic Coordinate) บางทีเรียกว่า Spheroid Coordinate การคำนวณพิกัดนี้ ถ้าเป็นการสามเหลี่ยม มุมของสามเหลี่ยมจะต้องเป็น Spherical angle และระยะจะเป็นระยะย้อเดติคหรือระยะบนผิวทรงรี (Spheroidal Distance) ซึ่งอ้างอิง โดยใช้ระดับน้ำทะเลปานกลางแทน แต่ในทางปฏิบัติ การคำนวณระยะจะเป็น Plane Distance ซึ่งจะต้องคำนวณตามวิธีการจึงจะได้ค่าถูกต้อง

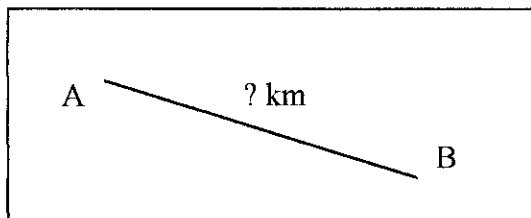
เมื่อเราทราบค่าพิกัดภูมิศาสตร์ของจุดสองจุด แล้วเมื่อเราต้องการจะทราบว่าจุดสองจุดนี้มีระยะทางห่างกันเท่าไร โดยที่ระยะทางที่ห่างกันนั้นมีค่าไม่เกิน 12 กิโลเมตร เราสามารถใช้สูตรของ Gauss Mid Latitude Formula for short line ได้คือ



a = กึ่งแกนสั้นของโลก

b = กึ่งแกนยาวของโลก

e = First eccentricity



รูปที่ 2.6 ค่ากึ่งแกนโลกและระยะห่างระหว่างจุดสองจุด

$$\begin{aligned}\phi_1 &= \text{ละติจูดของจุด A} \\ \phi_2 &= \text{ละติจูดของจุด B} \\ \lambda_1 &= \text{ลองจิจูดของจุด A} \\ \lambda_2 &= \text{ลองจิจูดของจุด B}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\phi &= |\phi_2 - \phi_1| \\ \Delta\lambda &= |\lambda_2 - \lambda_1| \\ \phi_m &= (\phi_1 + \phi_2) / 2 \\ M_m &= \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \sin^2 \phi_m)^{3/2}} \\ N_m &= \frac{a}{(1-e^2 \sin^2 \phi_m)^{1/2}} \\ \tan(z) &= \frac{N_m * \Delta\lambda * \cos \phi_m}{M_m * \Delta\phi} \\ S_1 &= \frac{M_m * \Delta\phi^\circ}{\cos(z)} \\ S_2 &= \frac{N_m * \Delta\lambda^\circ}{\sec(\phi_m) * \sin(z)} \\ S &= (S_1 + S_2) / 2\end{aligned}$$

ค่าคงที่ทรงกลมโลก(Spheroid distance)

ค่าคงที่	Everest Spheroid (ใช้ในประเทศไทย)	WGS84 (GRS1980) Spheroid (international)
a = กึ่งแกนยาวของโลก	6377276.345 เมตร	6378137 เมตร
b = กึ่งแกนสั้นของโลก	6356075.413 เมตร	6356752.3 เมตร
$e^2 = (a^2 - b^2) / a^2$	0.006637846630	0.006694384442

ตารางที่ 2.1 ค่าคงที่ทรงกลมโลก(Spheroid distance)

บทที่ 3

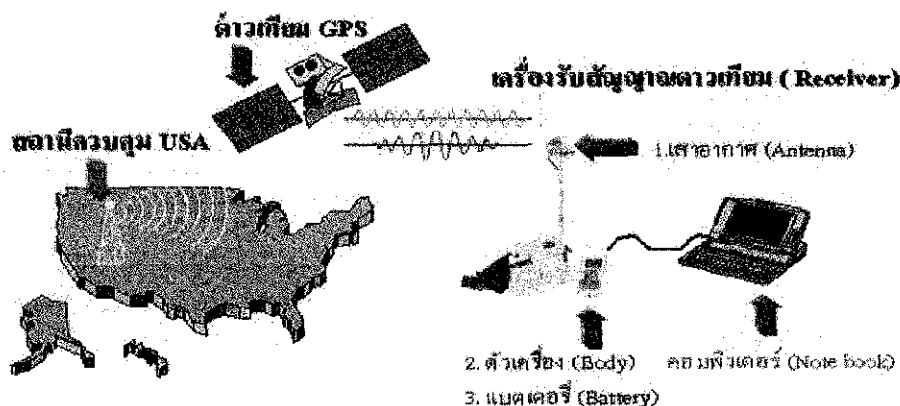
ระบบหาพิกัดบนพื้นโลก GPS (Global Positioning System)

3.1 GPS คืออะไร [20]

GPS ย่อมาจาก "Global Positioning System" คือระบบที่ระบุตำแหน่งทุกแห่งบนโลก จากกลุ่มดาวเทียม 24 ดวงที่โคจรรอบโลก ซึ่งถ้าเรามีอุปกรณ์รับข้อมูลติดตั้งอยู่ จะทำให้สามารถแสดงตำแหน่งนั้นอย่างแม่นยำ

3.2 ส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS [21]

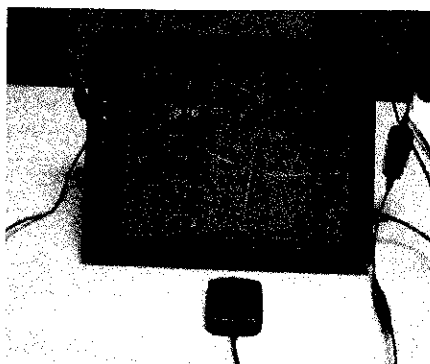
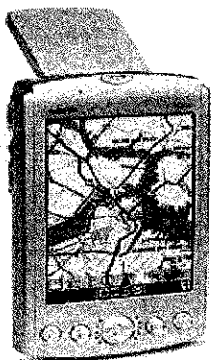
โดยทั่วไปเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (Receiver) ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ



รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของระบบดาวเทียม GPS

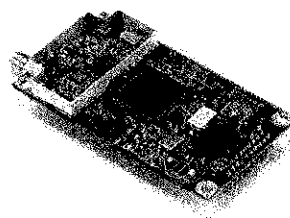
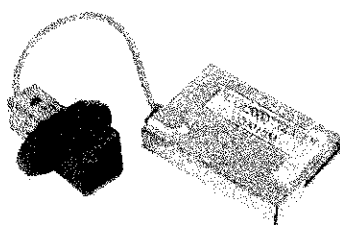
3.2.1 ตัวเครื่อง (Body) ลักษณะตัวเครื่องที่เราใช้งานมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ

1) ตัวเครื่องแบบสำเร็จรูป เป็นลักษณะของเครื่องที่พร้อมใช้งานแล้ว ก็จะมีจอแสดงผลในตัวเองเลย ค่าละติจูด ลองจิจูดที่ได้จะแสดงไว้บนจอภาพของมันเองเลย ซึ่งมีขายในท้องตลาดมากมายหลายรุ่น โดยบางรุ่นที่มีราคาแพงขึ้นก็จะมีโปรแกรมแสดงแผนที่ในตัวเองเลย ซึ่งยิ่งทำให้การใช้งานมีความสะดวกมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 3.2 ตัวเครื่องแบบสำเร็จรูป

2) GPS โมดูล เป็นลักษณะของGPS ที่มีเฉพาะตัวโมดูลเท่านั้น ซึ่งมันเป็นส่วนที่ประมวลค่าต่างๆที่รับมาจากดาวเทียม GPS ซึ่งในการจะนำข้อมูลที่ได้รับมาประมวลผลมาใช้ นั้นจำเป็นต้องต่อส่วนประมวลผลให้มันด้วย ซึ่งอาจจะเป็นคอมพิวเตอร์ PC หรือ Notebook ซึ่งมี โปรแกรมแผนที่อยู่ค่าที่ได้จาก โมดูลก็จะสามารถนำมาแสดงบนแผนที่ได้ เป็นGPSที่ใช้ในโครงการนี้



รูปที่3.3 ลักษณะ GPS โมดูล

3.2.2 ส่วนให้พลังงาน (Power Supply)

เป็นแบตเตอรี่แบบกระแสดตรง

3.2.3 ส่วนสายอากาศ (Antenna)



รูปที่3.4 สายอากาศของเครื่อง GPS

3.3 การทำงานของ GPS [16], [21]

หลักการพื้นฐานของ GPS เป็นเรื่องง่าย ๆ แต่อุปกรณ์ของเครื่องมือถูกสร้างขึ้นด้วยวิทยาการขั้นสูง การทำงาน GPS คือ

3.3.1 การอาศัยหลักพื้นฐานของ GPS : Satellites Triangulation

หลักการ : ดาวเทียม GPS ทุกดวงมีรหัสประจำตัว ทำให้เครื่องรับสัญญาณ GPS รู้ว่ากำลังรับสัญญาณจากดวงไหน เลขที่เห็นบน Satellite View ก็คือเลขประจำตัวของดาวเทียมนั่นเอง ดาวเทียม Navstar GPS ที่ DoD (Department of Defense – กระทรวงกลาโหมอเมริกัน) ปล่อยขึ้นไปนั้นมีทั้งหมดมีอย่างน้อย 24 ดวงที่กำลังใช้การอยู่ ในจำนวนนี้เป็นดาวเทียมสำรองสามดวง อย่าแปลกใจที่เห็นเลขประจำดาวเทียมเกิน 24 ทั้งนี้เพราะดวงแรกนั้นถูกยิงขึ้นไปตั้งแต่ปี '78 และแต่ละดวงมีอายุการใช้งาน 10 ปี ดวงหลังๆที่มีเลขหลายๆเป็นดวงที่ปล่อยขึ้นไปชดเชยดาวเทียมที่หมดอายุไปดาวเทียม GPS ไม่อยู่กับที่ แต่ละดวงโคจรรอบโลกครบหนึ่งรอบทุก 12 ชั่วโมง มีการกำหนดวงโคจรให้ดาวเทียมทั้งยี่สิบสี่นี้ปกคลุมกระจายอยู่ทั่วโลกไม่ว่าจะเป็นเวลาใด ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งบนผิวโลก จะมีดาวเทียมอยู่เหนือเส้นขอบฟ้าอย่างน้อยสี่ดวงคอยส่งสัญญาณนำทางแก่เครื่องรับ GPS โดยเราอาศัยตำแหน่งของดาวเทียมในอวกาศเป็นจุดอ้างอิง แล้ววัดระยะจากดาวเทียม 4 ดวง และใช้หลักการทางเรขาคณิตในการคำนวณหาตำแหน่งบนพื้นโลก

เครื่องรับ GPS จะสามารถบอกตำแหน่งได้นั้นจำเป็นต้องเห็นดาวเทียมอย่างน้อยสามดวง และจะสามารถบอกความสูงได้ก็ต่อเมื่อเห็นดวงที่สี่ โดยถ้ามีดาวเทียม 4 ดวงจะได้ข้อมูลใน 4 มิติคือ X,Y,Z,T ซึ่งจะทำให้แม่นยำมาก และถ้ายังเห็นดาวเทียมเยอะขึ้นก็ยิ่งทำให้สามารถบอกตำแหน่งได้แม่นยำขึ้น นอกจากนี้แล้วตำแหน่งของดาวเทียมที่รับได้ในขณะนั้นก็มีความสำคัญโดย ความแม่นยำจะมากขึ้นเมื่อเราได้รับสัญญาณจากดาวเทียมที่อยู่ในตำแหน่งกระจายไขว้กันมากๆ – ไม่กระจุกตัว ถ้าเครื่องรับ GPS มี Satellite View ดาวเทียมวงในที่เห็นจะเป็นดาวเทียมที่อยู่เหนือหัวเราเป็นมุมเงย 45 องศา วงนอกจะเป็นระดับเหนือเส้นขอบฟ้าเล็กน้อย ดาวเทียมที่อยู่บริเวณวงในจะให้ความเข้มของสัญญาณมากที่สุดเพราะอยู่เหนือหัวเราซึ่งมีระยะทางที่ใกล้กว่าและโอกาสที่จะโดนบังมีน้อย ส่วนดาวเทียมที่เห็นอยู่บริเวณวงนอกจะอยู่ห่างไกลกว่า สัญญาณที่ได้รับจะมีความเข้มน้อยกว่า แต่ดาวเทียมบริเวณวงนอกนี้แหละที่ทำให้ความแม่นยำมากกว่าด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว

3.3.2 การวัดระยะทางระหว่างเครื่องรับ GPS กับดาวเทียม GPS

โดยการวัดระยะเวลาที่คลื่นวิทยุใช้ในการเดินทางจาก ดาวเทียมสู่เครื่องรับใช้เวลาเดินทางของคลื่นวิทยุ

$$\text{สูตร : ระยะทาง} = \text{ความเร็ว} \times \text{เวลาที่ใช้เดินทาง}$$

คลื่นวิทยุ : ความเร็ว = 186,000 ไมล์ต่อวินาที

3.3.3 การวัดระยะเวลาที่คลื่นวิทยุใช้ในการเดินทางของ GPS

จะต้องใช้นาฬิกาที่แม่นยำมาก ถ้า PRN CODE จากดาวเทียมมีข้อมูลเวลาที่คลื่นเริ่มออกเดินทาง จากดาวเทียมเมื่อคลื่นสัญญาณจากดาวเทียมและคลื่นสัญญาณจากเครื่องรับ GPS มี Synchronize และจะต้องใช้ Atomic Clock ในการวัดเวลา ส่วนเวลาที่ใช้ในการเดินทางจะสั้นมากประมาณ 0.06 วินาที คือ เวลาของเครื่องรับ GPS \times เวลาของดาวเทียม ส่วนการบอกตำแหน่ง GPS ยังเป็นเวลาที่มีความแน่นอนถึง 10 นาโนวินาทีหรือดีกว่า

3.4 คลื่นสัญญาณจากดาวเทียม GPS

3.4.1. คลื่นพาหะ (Carrier Code) มีอยู่ 2 ความถี่ คือ

- L1 Code ซึ่งมีความถี่ 1575.42 MHz
- L2 Code ซึ่งมีความถี่ 1227.6 MHz

3.4.2 Pseudo Random Noise Code ประกอบด้วย

- C/A Code (Coarse / Acquisition Code) ซึ่งมีความถี่ 1.023 MHz

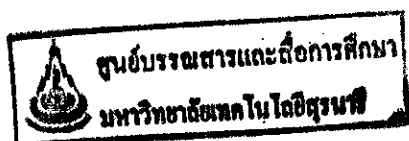
modulate กับคลื่นพาหะ L1 รูปแบบของคลื่น (Pattern ของ 0,1) มีการซ้ำทุก 1023 bits รูปแบบของคลื่นจากดาวเทียมแต่ละดวงมีลักษณะเฉพาะตัว ไม่ซ้ำกัน ใช้ในกิจการของพลเรือน (Standard Positioning Service)

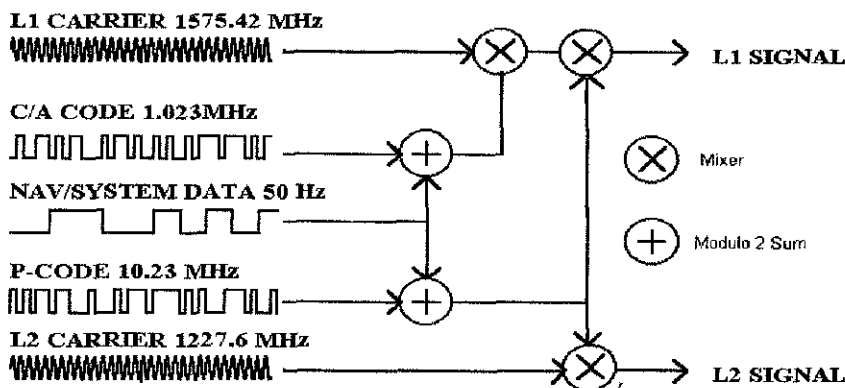
- P-Code (Precision Code) ซึ่งมีความถี่ 10.23 MHz

modulate กับคลื่นพาหะ L1 และ L2 มีการเข้ารหัส เป็น Y-code ใน Anti - Spoofing model เครื่องรับจะต้องมีอุปกรณ์ในการถอดรหัส Y-code จึงจะสามารถ เข้ารหัสได้จะใช้ในกิจการทางทหาร (Precision Positioning Service : PPS) ผู้ที่จะใช้จะต้องได้รับการอนุญาตจากรัฐบาลสหรัฐอเมริกา

- Navigation Code ซึ่งมีความถี่ 50 Hz

modulate กับคลื่นพาหะ P-Code และ C/A Code มีข้อมูลวงโคจรของดาวเทียม (Ephemeris) การปรับแก้เวลา (Clock Correction) และข้อมูลอื่นๆของระบบ





รูปที่ 3.5 GPS Satellite Signals

3.5 การอ่านค่าข้อมูลจาก GPS โมดูล [18], [19]

การอ่านค่าข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (GPS Module Receiver) ผ่านพอร์ทอนุกรม (Serial Port) เราจะใช้มาตรฐานของ NMEA (The National Marine Electronics Association) เป็นมาตรฐานในการอ่านข้อมูล ซึ่ง NMEA เป็นมาตรฐานที่ยอมรับในการส่งข้อมูล Marine electronic ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆ ข้อมูลที่เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสส่งมาจะประกอบด้วย PVT (position, velocity, time) ซึ่งข้อมูลที่ส่งมาจะมีลักษณะเป็นไลน์เรียกว่า Sentence มาตรฐานของแต่ละ Sentence จะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์แต่ละรุ่นหรือบริษัทแต่จะมีลักษณะที่เป็นมาตรฐานของ NMEA และทุกๆ ประโยค NMEA จะมีต้องมีอักษรขึ้นต้น (Prefix) เป็นการกำหนดชนิดของประโยค NMEA สำหรับเครื่องรับจีพีเอส จะมี อักษร ขึ้น ต้น ด้วย GP อื่น ๆ คือ LC=Loran-C receiver, OM=Omega Navigation receiver, II=Integrated Instrumentation (eg. AutoHelm Seatalk system)

ข้อกำหนดของประโยค NMEA โดยทั่วไปมีดังนี้

- ในแต่ละประโยค NMEA จะต้องขึ้นต้นด้วยเครื่องหมาย S ก่อน prefix
- แต่ละประโยค NMEA จะต้องมีความยาวไม่เกิน 80 อักขระ
- รายการของข้อมูลจะถูกแยกด้วยเครื่องหมายคอมมา(,)
- ข้อมูลจะมีลักษณะเป็นรหัส ascii
- ข้อมูลจะเปลี่ยนแปลงตามความเที่ยงตรงที่บรรจุอยู่ในข้อความ
- มีการ checksum ที่ท้าย Sentence ซึ่งอาจจะเช็คหรือไม่เช็ค โดยหน่วยการอ่านข้อมูล
- การ checksum ประกอบด้วยเครื่องหมาย * และ อีก 2 ตัวเลขฐาน 16 (HEX) แสดงการ exclusive

OR ของ อักขระทั้งหมด

การเชื่อมต่อhardwareของ GPS moduleจะเป็นแบบ serial communicationโดยใช้ RS-232 เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ทั่วไปเราต้องการสายนำสัญญาณเพียง2เส้นคือส่งเส้นที่ส่งข้อมูลออกจากGPS และ Ground มีเพียงบางกรณีเท่านั้นที่จะใช้สายเส้นที่3ในการรับข้อมูลจากอุปกรณ์อื่นๆเข้าตัวGPS module ความเร็วในการส่งข้อมูลจะมีการปรับได้ตามมาตรฐานโดยส่วนใหญ่ที่พบเห็นกันทั่วไปคือแบบ 0183[4800 baud rate,8 bits of data, no parity, และ 1 stop bit] ซึ่งจะทวนสัญญาณทุกๆ 1 วินาที เราสามารถใช้มาตรฐานอื่นๆก็ได้หากเราต้องการอัตราการส่งข้อมูลที่สูงหรือต่ำกว่านี้ เช่น แบบ0180 และ 0182[1200 baud rate,8 bits of data, no parity, และ 1 stop bit]

3.5.1 NMEA Sentence [18], [19]

คำขึ้นต้นของ ประโยคNMEA คือชนิดของข้อมูลเพื่อกำหนดส่วนอื่นของประโยคNMEA โดยแต่ละชนิดของข้อมูลจะถูกกำหนดโดย มาตรฐานของNMEA เช่นประโยค GGA จะใช้ในการเจาะจงข้อมูลที่สำคัญ เช่นพิกัดของGPS Module ในประโยคอื่นๆอาจจะมีการบอกข้อมูลในลักษณะคล้ายๆกันชนิดข้อมูลของประโยคNMEAใน GPS-module ที่สำคัญมีดังนี้

SGPGGA

SGPGGA,123519,4807.038,N,01131.000,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,,*47

GGA	Global Positioning System Fix Data(เจาะจงข้อมูลที่สำคัญ)
123519	Fix taken at 12:35:19 UTC
4807.038,N	ละติจูด(Latitude) 48 องศาเหนือ 07.038 ลิปดา
01131.000,E	ลองจิจูด(Longitude) 11 องศาตะวันออก 31.000' ลิปดา
1 = กำหนดคุณภาพ	: 0 = ผิดพลาด
	1 = GPS fix (SPS)
	2 = DGPS fix
	3 = PPS fix
	4 = เวลาจริงของ Kinematics
	5 = ทศนิยมRTK
	6 = ประมาณการ (คำนวณการสิ้นสุด)
	7 = ควบคุม input
	8 = Simulation

- 08 จำนวนของดาวเทียมที่มีการติดตาม
- 0.9 ความเที่ยงตรงของตำแหน่งในแนวตั้ง
- 545.4,M ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล(เมตร)
- 46.9,M ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล ทรงกลมของโลกแบบ WGS84(เมตร)
- *47 ตรวจสอบผลรวมของข้อมูล(checksum data), ขึ้นต้นด้วย*เสมอ

\$GPGSA

\$GPGSA,A,3,04,05,,09,12,,,24,,,,,2.5,1.3,2.1*39

- GSA ข้อมูลดาวเทียมทั้งหมด
- A เลือกโดยอัตโนมัติ 2D หรือ 3D fix (M = ควบคุมเอง)
- 3 3D fix – ค่าประกอบด้วย: 1 = no fix
2 = 2มิติ(2D fix)
3 = 3มิติ(3D fix)
- 04,05... รหัส PRNs ของดาวเทียมถูกใช้เพื่อกำหนด(fix) (ในอวกาศใช้ 12)
- 2.5 PDOP (ความเที่ยงตรง)
- 1.3 ความเที่ยงตรงในแนวราบ (HDOP)
- 2.1 ความเที่ยงตรงในแนวตั้ง (VDOP)
- *39 ตรวจสอบผลรวมของข้อมูล(checksum data), ขึ้นต้นด้วย*เสมอ

\$GPRMC

\$GPRMC,123519,A,4807.038,N,01131.000,E,022.4,084.4,230394,003.1,W*6A

- RMC บอกข้อมูลที่เล็กที่สุดของGPS
- 123519 กำหนดการกระทำที่เวลา 12:35:19 UTC
- A สถานะ A=ทำงาน หรือ V=เฉย
- 4807.038,N ละติจูด 48 องศาเหนือ 07.038 ลิปดา
- 01131.000,E ลองจิจูด 11 องศาตะวันออก31.000 ลิปดา
- 22.4 ความเร็วบนพื้น โลก(knots)
- 84.4 มุมของ ติดตามดาวเทียม ในหน่วยองศา
- 230394 วันที่ 23 เดือน3 (มีนาคม) ปี ค.ศ.1990

003.1,W การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก
 *6A ตรวจสอบผลรวมของข้อมูล(checksum data), ขึ้นต้นด้วย*เสมอ

\$GPGSV

\$GPGSV,2,1,08,01,40,083,46,02,17,308,41,12,07,344,39,14,22,228,45*75

GSV ข้อมูลดาวเทียมซึ่งมีรายละเอียดมาก
 2 จำนวนของประโยคสำหรับข้อมูลทั้งหมด,
 1 ประโยคที่ 1 ของ 2
 08 จำนวนของดาวเทียมที่รับได้
 01 จำนวนดาวเทียมPRN
 40 มุมเงย (evaluation), องศา
 083 มุมกวาด (azimuth), องศา
 46 ค่า SNR - ยิ่งสูงยิ่งดี
 สำหรับ 4 ดาวเทียมขึ้นไปต่อ 1 ประโยค
 *75 ตรวจสอบผลรวมของข้อมูล(checksum data), ขึ้นต้นด้วย*เสมอ

\$GPGLL

\$GPGLL,4916.45,N,12311.12,W,225444,A,*31

GLL ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์, ละติจูดและลองจิจูด
 4916.46,N ละติจูด49 องศาเหนือ. 16.45 ลิปดา
 12311.12,W ลองจิจูด123องศาตะวันตก. 11.12 ลิปดา
 225444 กำหนดค่าที่เวลา UTC 22:54:44
 A ข้อมูลทำงาน หรือ V (เฉยไม่ทำงาน)
 *31 ตรวจสอบผลรวมของข้อมูล(checksum data), ขึ้นต้นด้วย*เสมอ

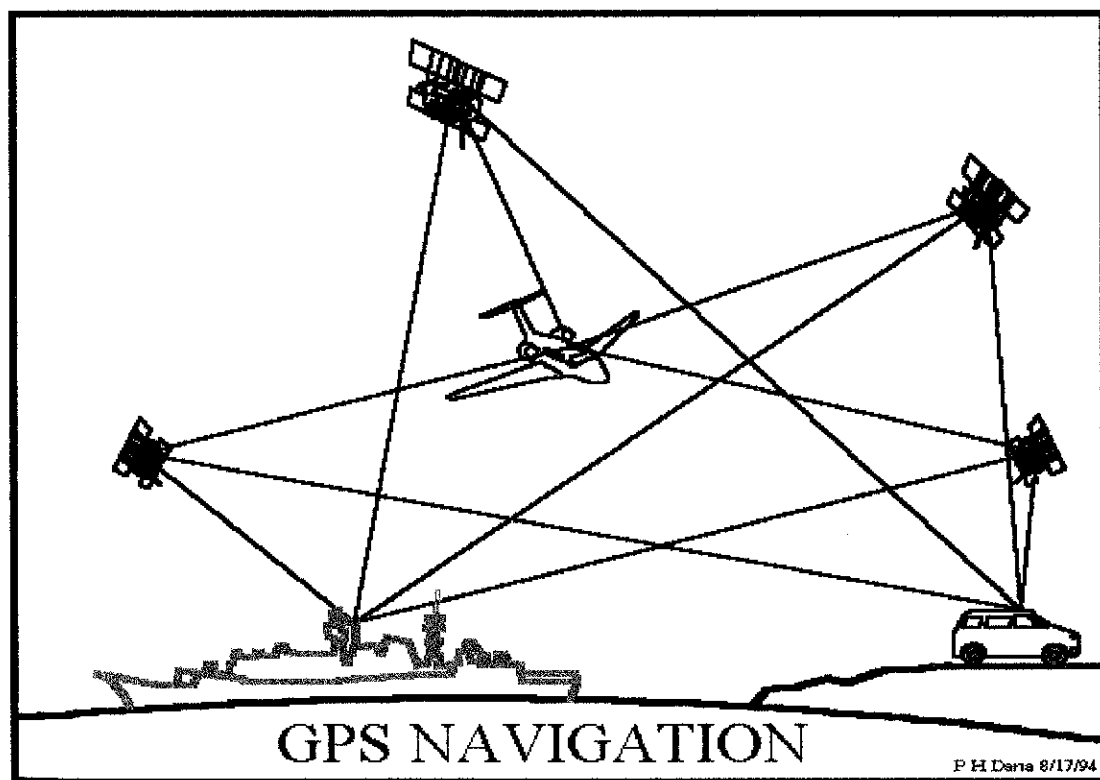
\$GPVTG

\$GPVTG,054.7,T,034.4,M,005.5,N,010.2,K

VTG	การติดตามวง โคจรดาวเทียม และ ความเร็วบนพื้นโลก
054.7,T	ผลการติดตามวง โคจรดาวเทียม
034.4,M	ผลการติดตามวง โคจรดาวเทียมแบบแม่เหล็ก
005.5,N	ความเร็วบนพื้นโลก, หน่วยนอต (knots)
010.2,K	ความเร็วบนพื้นโลก, กิโลเมตรต่อชั่วโมง

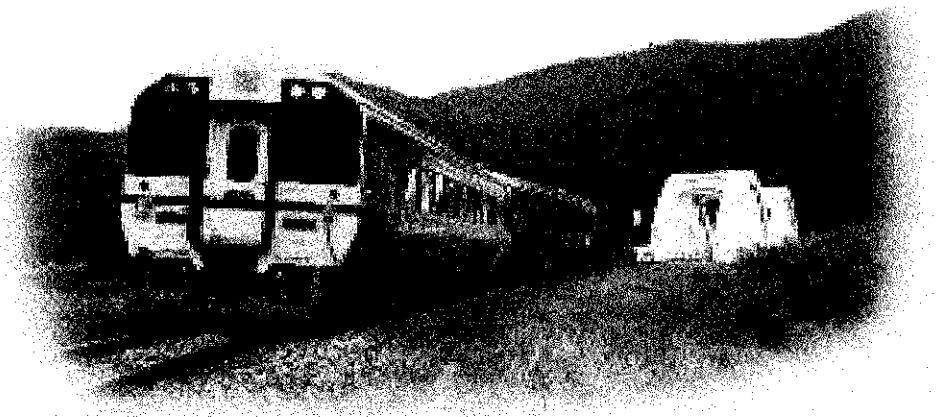
3.6 การใช้ GPS ในระบบนำทางสำหรับยานพาหนะต่างๆ

พื้นฐานของระบบนำร่อง (navigation system) ก็คือระบบที่ใช้สำหรับคาดการณ์การเคลื่อนที่ล่วงหน้า ตำแหน่งที่ได้จากการคาดการณ์นั้นจะต้องสามารถบอกทิศทางและความเร็วของการเดินทางได้ และยังคงบอกเวลาที่ไปถึงจุดหมายได้ด้วย ปริมาณต่างๆ จะถูกวัด โดยใช้เซนเซอร์เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาตำแหน่งร่วมกับเครื่องรับ GPS และแผนที่บน CD-ROM ดังนั้นคอมพิวเตอร์จะต้องสรุปข้อมูลที่ได้จากส่วนต่างๆ ให้มีความถูกต้องแม่นยำมากที่สุด



รูปที่ 3.6 ระบบ GPS NAVIGATION

รถไฟเป็นยานพาหนะที่สำคัญมากชนิดหนึ่งในระบบโดยสารและขนส่งในโครงการนี้ เป็นโครงการต้นแบบการนำเอา GPS มาจัดการระบบขนส่งทางรถไฟโดยเฉพาะในประเทศไทย การแสดงผลตำแหน่งรถไฟในการเข้าออกสถานีนี้จะทำให้เรารู้ว่ารถไฟกำลังวิ่งอยู่ที่ตำแหน่งใดแล้ว ถ้าหากเรารู้ตำแหน่งที่แน่นอนของมันเราก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อื่นในระบบรถไฟได้



รูปที่ 3.7 รถไฟ

บทที่ 4

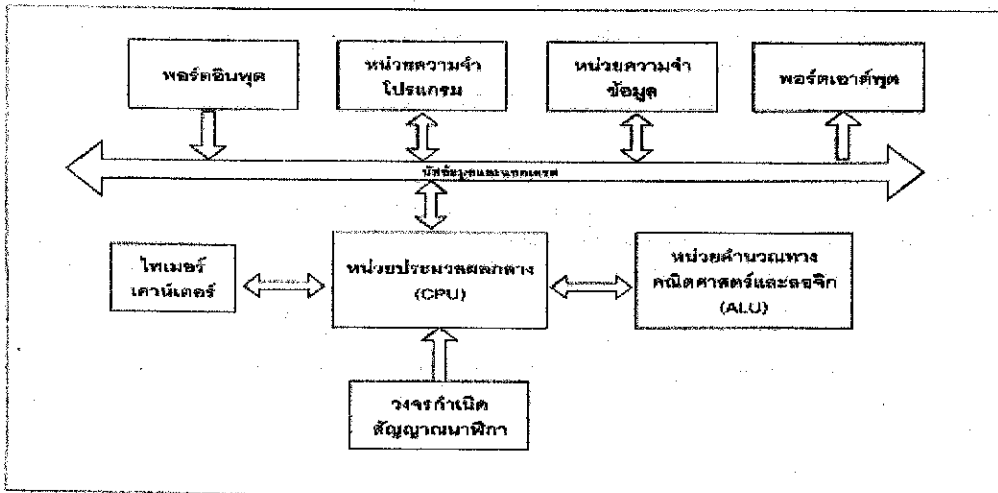
ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller)

4.1 อะไรคือไมโครคอนโทรลเลอร์[10]

4.1.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งซึ่งรวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณเอาต์พุต หน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ช่วยลดจำนวนอุปกรณ์และขนาดของระบบ ในขณะที่มีขีดความสามารถสูง ภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม

ไมโครคอนโทรลเลอร์มาจากคำ 2 คำรวมกันคือ “ไมโคร” (micro) ซึ่งหมายถึงไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลขนาดเล็ก ภายในประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ และลอจิก (ALU : Arithmetic Logic Unit) วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำ และวงจรสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือคำว่า “คอนโทรลเลอร์” (controller) หมายถึงอุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระ



รูปที่ 4.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

4.2 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช[10]

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช (flash memory) ของ Atmel Corporation มีเบอร์ขึ้นต้นด้วย AT89 เหตุผลที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบนี้ในการเรียนรู้เพื่อใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายประการดังนี้

4.2.1 หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบแฟลช ทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้นับพันครั้ง จึงสามารถใช้งานในรูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยวไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอก ส่งผลให้สามารถใช้งานพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

4.2.2 ต้นทุนและเวลาในการพัฒนาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ลดลงอย่างมาก เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือพัฒนาจำพวกอิมูเลเตอร์และเครื่องโปรแกรมอีพรอม

4.2.3 บริษัทผู้ผลิตได้ทำการผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ออกมาหลายเบอร์ และมีความสามารถแตกต่างกันไป ทำให้มีทางเลือกในการใช้งานสูง

4.2.4 ด้วยการใช้หน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้สามารถป้องกันการคัดลอกข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรมได้เป็นอย่างดี

4.2.5 ในบางเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ผลิตโดย Atmel สามารถทำการโปรแกรมข้อมูลในหน่วยความจำได้โดยไม่ต้องถอดตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการโปรแกรมใหม่ หรือเรียกว่า การโปรแกรมในวงจร หรือ ในระบบ (In-system programming) ทำให้การพัฒนาหรือการซ่อมบำรุง ตลอดจนการปรับปรุงหรืออัปเดตข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมทำได้สะดวก ภายใต้งบประมาณที่ไม่สูงนัก

4.2.6 ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมพื้นฐานเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ของผู้ผลิตอื่น ไม่ว่าจะเป็นอินเทล, ซิเมนส์ หรือ คัลลิส

4.3 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51อนุกรม AT89xx

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบอีพรอมเพิ่มเติม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว

- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ในชิป
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89Sxx
- มีวอตช์ดอกโทเมอร์ในตัว สำหรับในอนุกรม AT89Sxx

4.4 การจัดการของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยมีรายละเอียดขั้นต้นดังนี้

ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5V

ขา GND เป็นขาราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อกับแอดเดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.4-P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการ โปรแกรมข้อมูลในระบบ

ขาพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

ขาพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนี้มีสถานะปล่อยลอย (float) จึงอินพุตอิม

พีแชนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

- P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD
- P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD
- P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา INT0
- P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา INT1
- P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทมเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0
- P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทมเมอร์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1
- P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก
- P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

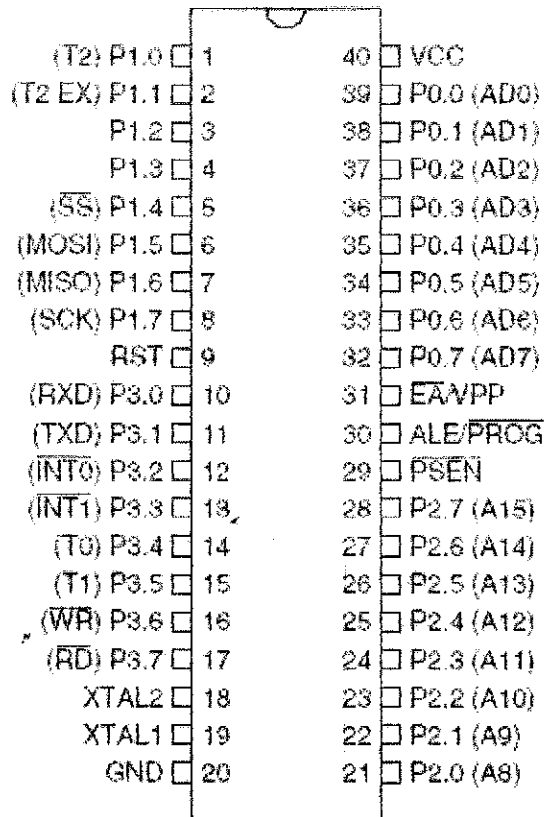
ขารีเซต(Reset) ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ซึ่งต้องอยู่ในกรตบรีเซตอย่างน้อย 2 แมกซ์ขึ้นไซเกิล โดยที่วงจรถ้าเนดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างป็นปกติ

ขา ALE/PROG (Address Latch Enable/Program pulse input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตซ์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพรอม (EPROM)

ขา PSEN (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อรื้อขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้งในแต่ละแมกซ์ขึ้นไซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณข้อมูลใดๆออกมา

ขา EA/Vpp (External Access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น"0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น"1"ซึ่งเป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม+12V

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.2 การจัดขามมาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

4.5 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต

เนื่องจากพอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชสามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำความเข้าใจถึงการกำหนดลักษณะการทำงานให้แก่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ในการกำหนดเป็นพอร์ตอินพุตต้องเริ่มต้นด้วยการเขียนข้อมูล “1” มาที่แต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการใช้งานเป็นอินพุต เพื่อหยุดการทำงานของเฟลทที่ใช้ในการขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้นๆ ทำให้สัญญาณของพอร์ตเชื่อมต่อเข้ากับวงจรพูลอัพภายในโดยตรง ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น “1” สามารถรับสัญญาณลอจิก “0” จากอุปกรณ์ภายนอกได้ง่าย สัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกจะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้ในวงจรบัฟเฟอร์แต่ละพอร์ตแล้วรอให้ CPU มาอ่านค่าเข้าไปเมื่อเป็นเช่นนี้ อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชควรกำหนดให้ทำงานในสถานะลอจิก “0” จะดีและสะดวกที่สุด (ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์อินพุตที่เชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์แทบทั้งหมดทำงานที่ลอจิก “0” แล้ว

4.6 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต

โดยปกติแล้ว ขาพอร์ตจะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาต์พุตอยู่แล้ว ดังนั้นจึงสามารถส่งข้อมูลออกไปได้ง่ายดายและตรงไปตรงมา กล่าวคือ เมื่อต้องการส่งข้อมูล “0” ออกไปทางเอาต์พุตก็ให้เขียนข้อมูล “0” ไปยังวงจรแลตซ์ ซึ่งก็จะส่งต่อไปขับเฟต ทำให้เฟตทำงานที่ขาพอร์ตที่กำหนดให้ทำงานก็จะเกิดลอจิก “0” ขึ้นในทางตรงกันข้ามหากต้องการส่งข้อมูล “1” ออกไป ก็ให้เขียนข้อมูล “1” ไปยังวงจรแลตซ์ วงจรขับก็จะหยุดทำงานทำให้ที่ขาพอร์ตเชื่อมต่อกับวงจรพูลอัปภายในเกิดเป็นลอจิก “1” ที่ขาพอร์ตนั่น ซึ่งจะคล้ายกับการกำหนดเป็นขาอินพุตมาก เพียงแต่แตกต่างกันที่กระบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าเป็นอินพุตจะมีสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ แต่ถ้าเป็นเอาต์พุตจะไม่มี การอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์แต่อย่างใด เว้นแต่ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งออกมาทางเอาต์พุต

4.7 การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ต

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชสามารถอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตได้ 2 ลักษณะคือ อ่านจากขาพอร์ตโดยตรงและอ่านจากวงจรแลตซ์ของแต่ละพอร์ต

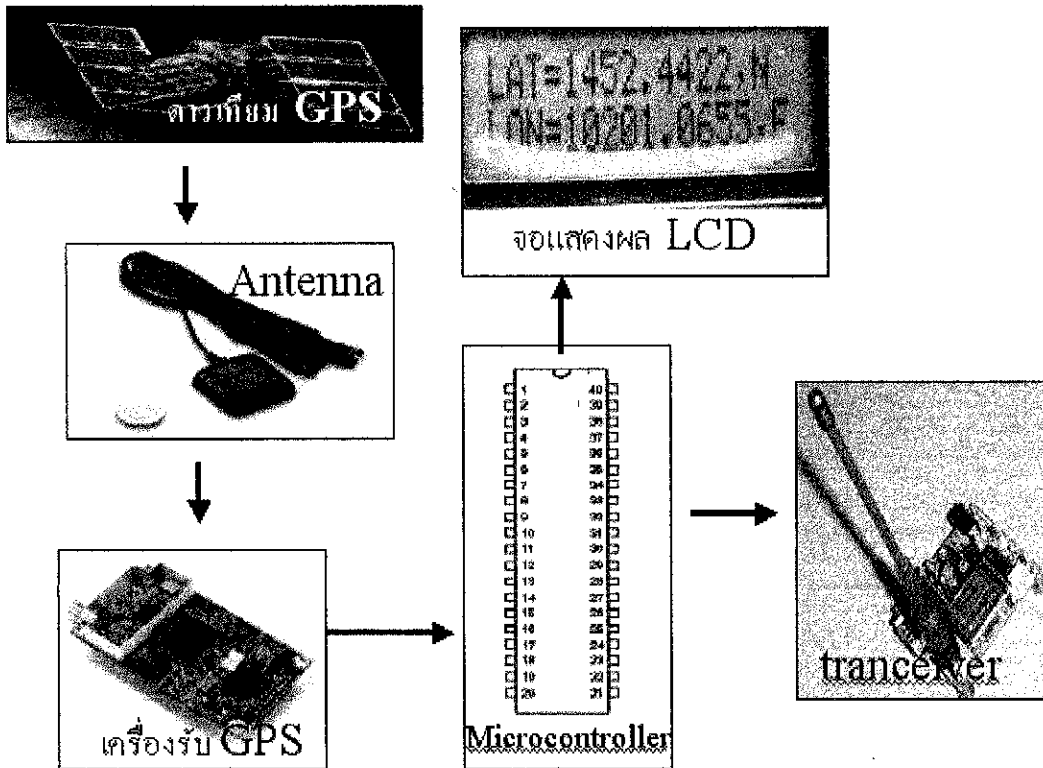
ในกรณีที่พอร์ตต่อกับขาเบสทรานซิสเตอร์ชนิดNPN และขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวนั้นต่อลงกราวด์ หากมีการส่งข้อมูล “1” ไปยังทรานซิสเตอร์ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานสถานะลอจิกที่ขาพอร์ตจะเป็น “0” เนื่องจากเมื่อทรานซิสเตอร์ทำงาน จะเสมือนว่าขาพอร์ตนั้นถูกต่อลงกราวด์ ทำให้หากอ่านค่าลอจิกที่ขาพอร์ตจะได้ผลตรงข้ามกับที่ส่งออกมา แต่ถ้าหากทำงานอ่านค่าลอจิกที่วงจรแลตซ์ จะได้ค่าที่ตรงกับค่าที่ต้องการส่งจริงดังนั้นในการอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตจึงต้องเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่นำมาต่อด้วย

บทที่ 5

การออกแบบโครงงาน

5.1 การออกแบบทาง Hardware

5.1.1 ชุดตรวจวัดตำแหน่ง

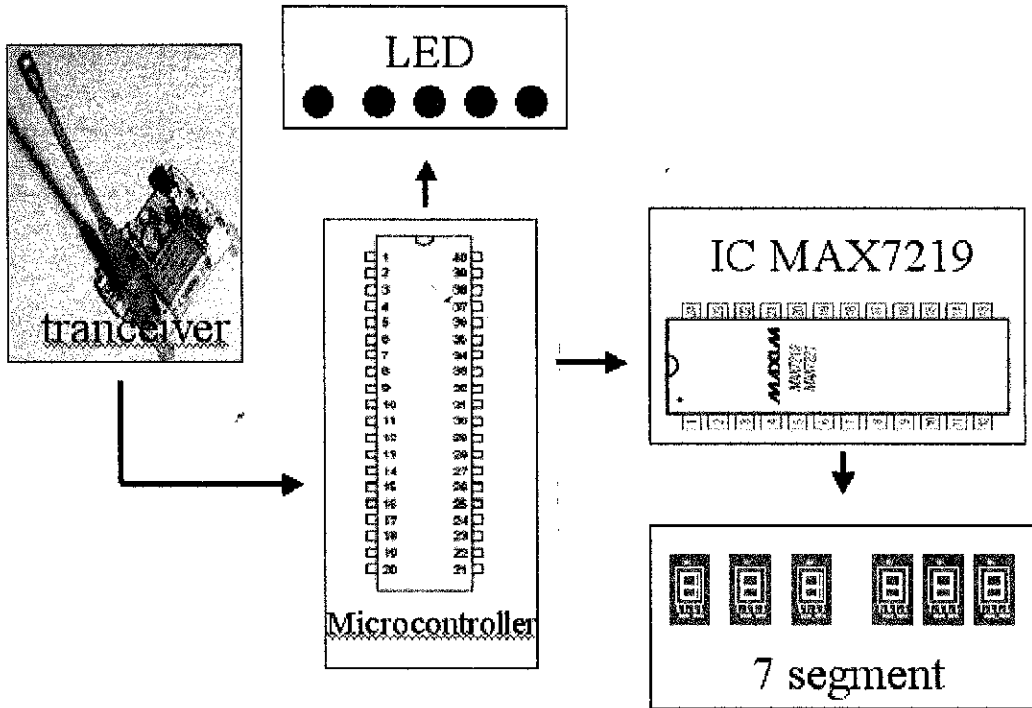


รูปที่ 5.1 Block Diagram ของชุดตรวจวัดตำแหน่ง

ชุดตรวจวัดตำแหน่งนี้จะถูกนำไปติดตั้งที่ตัวขบวนการไฟ ซึ่งอุปกรณ์ที่สำคัญภายในชุดนี้คือเครื่องรับ GPS และ Antenna อุปกรณ์ชุดนี้สามารถหาซื้อและนำมาใช้งานได้ทันที เนื่องจากทางบริษัทที่จำหน่ายนั้นจะขอลิขสิทธิ์แล้ว เราสามารถทดสอบอุปกรณ์นี้ได้ โดยนำไปต่อเข้ากับ MAX 232 แล้วต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ และสามารถเปิดดูค่าที่เรารับได้จาก โปรแกรม Hyper Terminal แต่ในการทดลองนี้จะทำการเชื่อมต่อเข้ากับ Microcontroller เพื่อทำการประมวลผล โดยสามารถเชื่อมต่อจาก ขา Rx ของ GPS เข้ากับขา Rx ของ Microcontroller ใช้สำหรับการดึงค่าที่รับได้จาก GPS และทำการใส่ Code ของตัวรถไฟเข้าไป แล้วทำการแสดงผลที่ได้จากทางจอแสดงผล LCD เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแสดงผลที่ได้

จากการดึงข้อมูลจากเครื่องรับ GPS เป็นส่วนที่ใช้สำหรับติดต่อผู้ใช้โดยตรงจากนั้นจะทำการส่งข้อมูลทั้งหมดออกไปที่ตัว Tranceiver ซึ่ง Microcontroller นี้เราใช้ภาษาแอสเซมบลีในการควบคุม

5.1.2 บอร์ดแสดงผล

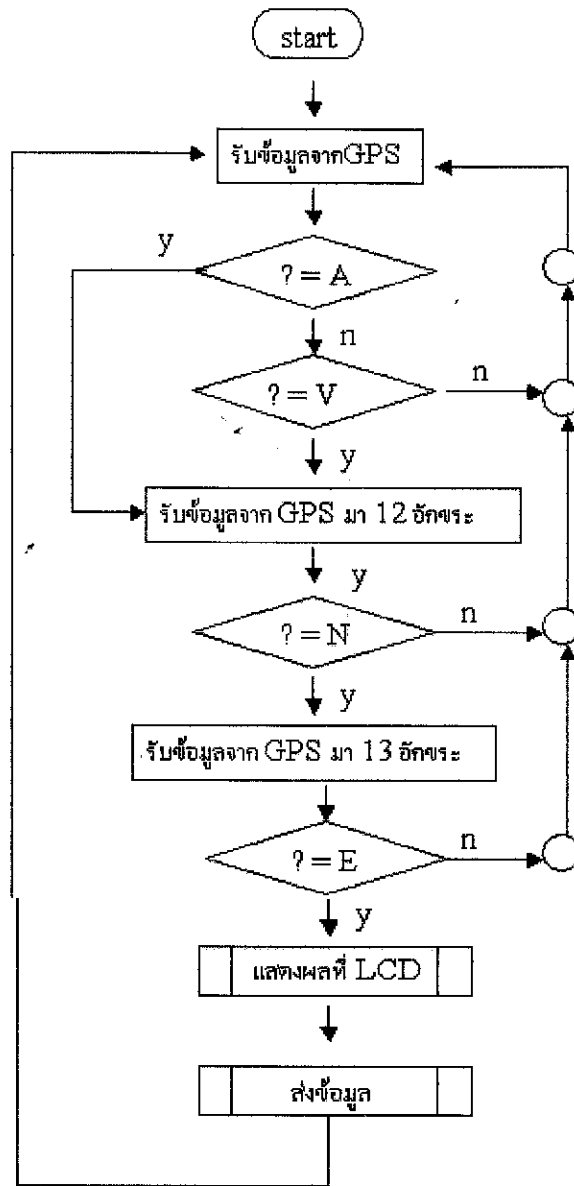


รูปที่ 5.2 Block Diagram ของบอร์ดแสดงผล

การทำงานของบอร์ดแสดงผลเริ่มจากการรับข้อมูลตำแหน่งจากชุดตรวจวัดแสดงผลผ่านเครื่องรับแล้วนำข้อมูลที่ส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะมีหน้าที่ประมวลผลว่าตำแหน่งของรถไฟนั้นอยู่ห่างจากสถานีเป็นระยะทางเท่าไร เมื่อประมวลผลเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะเข้าสู่ส่วนแสดงผลโดยแสดงผลหมายเลขขบวนรถไฟที่ได้รับเข้ามาด้วย 7 segment แต่เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีพอร์ตที่ใช้จำกัดดังนั้นจึงได้นำ IC เบอร์ MAX7219 เข้ามาใช้เพื่อใช้ขับ 7 segment ทั้ง 6 ตัวด้วยการใช้ขาไมโครคอนโทรลเลอร์เพียง 3 ขาเท่านั้น ซึ่ง IC เบอร์นี้สามารถขับ 7 segment ได้สูงสุด 8 ตัว การแสดงข้อมูลของตำแหน่งนี้ก็จะแสดงผลด้วยหลอดไฟ LED ดังนั้นจึงนำหลอดไฟ LED มาต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นำข้อมูลที่ประมวลผลเสร็จเรียบร้อยแล้วนั้นมาแสดงผลต่อไป

5.2 การออกแบบทาง Software

5.2.1 การทำงานของชุดตรวจวัดตำแหน่ง

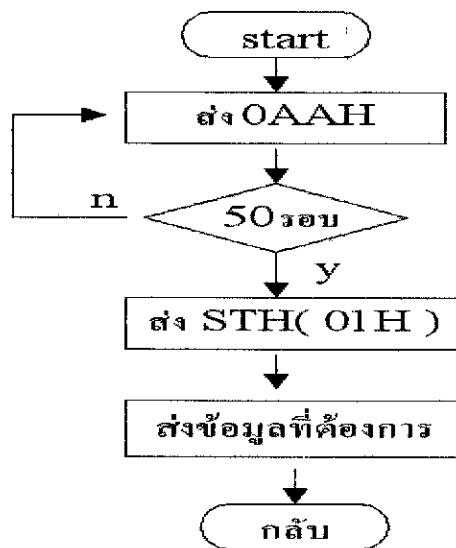


รูปที่ 5.3 Flow Chartการทำงานของชุดตรวจวัดตำแหน่ง

การทำงานของชุดตรวจวัดตำแหน่งเริ่มต้นจากการรับข้อมูลรหัสแอสกีจาก GPS ผ่านทางพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการตีข้อมูลละติจูดและลองจิจูดจาก\$GPRMC ตรวจสอบข้อมูลที่รับเข้ามาไปเรื่อยๆจนกระทั่งเจออักขระA ซึ่งมีค่าแอสกีเป็น65หมายความว่าเครื่องรับGPSทำงาน หรือ

เจออักขระV ซึ่งมีค่าแอสกีเป็น 86ซึ่งหมายความว่าGPSไม่ทำงาน ถ้าไม่เจอ2อักขระนี้ให้กลับไปรับข้อมูลรหัสแอสกีเข้ามาใหม่ เมื่อเจอAหรือVแล้วก็ให้รับข้อมูลเข้ามาต่อเนื่องกันเป็นจำนวน12อักขระ(ข้อมูลละติจูด)เก็บไว้ในหน่วยความจำข้อมูลแล้วตรวจสอบอักขระตัวที่รับเข้ามาตัวที่12ว่าเป็นอักขระNซึ่งมีค่าแอสกีเท่ากับ78หรือไม่ถ้าข้อมูลถูกส่งมาอย่างครบถ้วน ไม่มีข้อผิดพลาดจากกระบวนการใดๆเกิดขึ้นข้อมูลตัวนี้จะต้องเป็นตัวอักขระNถ้าไม่ใช่อักขระNให้กลับไปเริ่มต้นทำใหม่ทั้งหมด เมื่อเจอNแล้วก็ให้รับข้อมูลเข้ามาต่อเนื่องกันเป็นจำนวน13อักขระ(ข้อมูลลองจิจูด)เก็บไว้ในหน่วยความจำข้อมูลแล้วตรวจสอบอักขระตัวที่รับเข้ามาตัวที่13ว่าเป็นอักขระEซึ่งมีค่าแอสกีเท่ากับ69หรือไม่ถ้าข้อมูลถูกส่งมาอย่างครบถ้วน ไม่มีข้อผิดพลาดจากกระบวนการใดๆเกิดขึ้นข้อมูลตัวนี้จะต้องเป็นตัวอักขระEถ้าไม่ใช่อักขระEให้กลับไปเริ่มต้นทำใหม่ทั้งหมด เมื่อพบอักขระEแล้วก็นำข้อมูลที่ได้ออกไปแสดงผลที่จอแสดงผลLCDด้วยการเรียกใช้ subroutineแสดงผลที่LCD เมื่อแสดงผลที่LCDเรียบร้อยแล้วก็ทำการส่งข้อมูลผ่านเครื่องรับส่ง โดยการเรียกใช้Subroutineส่งข้อมูลต่อไป หลังจากนั้นก็วนกลับไปรับค่าข้อมูลจาก GPS ใหม่ทั้งหมด

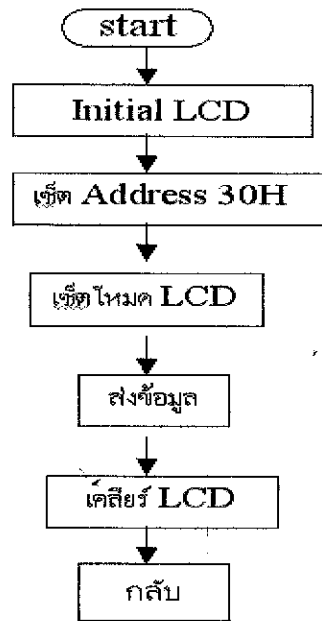
1) Subroutine ส่งข้อมูล



รูปที่5.4 Flow Chart ของ Subroutine ส่งข้อมูล

หลักการส่งข้อมูลด้วย RF-433MHz คือการส่งข้อมูลที่เป็นSync byte(0AAH=170)ซึ่งเป็นข้อมูลบิต “1” สลับกับบิต “0” ออกไปก่อนจำนวนหนึ่งในที่นี้ใช้จำนวน50จำนวน เมื่อเราต้องการที่จะส่งข้อมูลที่ต้องการก็จะต้องส่งSTH(start of header) มีค่าเท่ากับ01H=1 หลังจากนั้นตามด้วยข้อมูลที่เรากำลังจะส่งออกไปแล้วกลับไปทำในฟังก์ชันการทำงานหลักตามปกติ

2) subroutine แสดงผลที่LCD

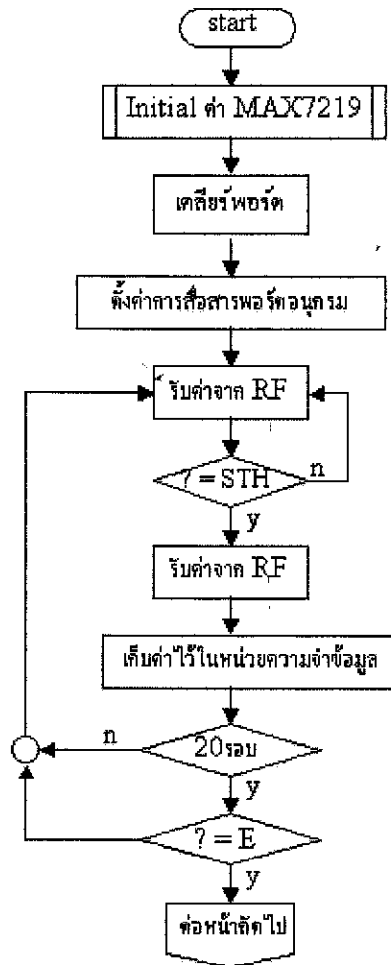


รูปที่5.5 Flow Chart ของ subroutine แสดงผลที่LCD

ทำการเซ็ตค่าเริ่มต้นของจอแสดงผล LCD ตามด้วยการเซ็ตแอดเดรส30Hหมายความว่าใช้LCD บรรทัดแรก แต่ถ้าหากว่าเซ็ตเป็น 40Hจะหมายความว่า เป็นการแสดงผลที่จอแสดงผลLCD บรรทัดที่2 ส่งข้อมูลไปแสดงผลที่จอแสดงผลLCD ข้อมูลที่ใช้จะต้องเป็นรหัสแอสกีเท่านั้นก่อนจะส่งข้อมูลได้จะต้อง เซ็ตโหมดLCDก่อนเพื่อให้ทราบว่าข้อมูลที่ส่งไปให้มันเป็นข้อมูลที่จะให้ปรากฏบนจอแสดงผลLCD หรือเป็นคำสั่งการทำงานของจอแสดงผลLCDและจะต้องมีการเคลียร์ค่าLCDด้วยเสมอ

5.2.2 การทำงานของบอร์ดแสดงผล

1) ส่วนรับข้อมูล

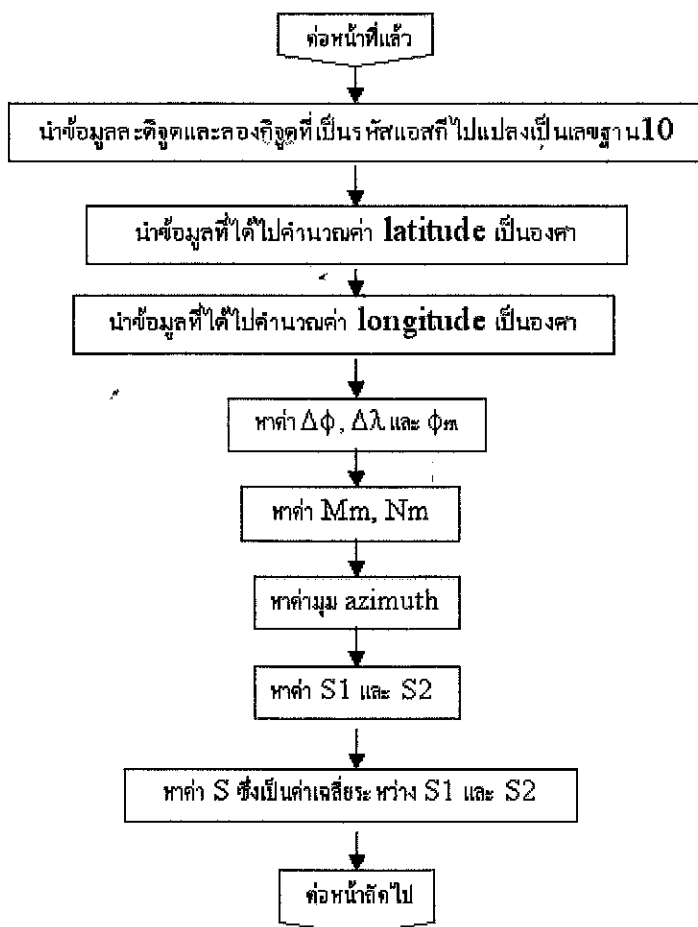


รูปที่ 5.6 Flow Chart ของการทำงานของบอร์ดแสดงผลส่วนรับข้อมูล

บอร์ดแสดงผลจะเริ่มทำงานที่ส่วนรับข้อมูลในลักษณะที่ยังไม่มีสัญญาณใดๆเข้ามาดังนั้นจึงต้องทำการเคลียร์พอร์ตทุกๆพอร์ตและทำการ Initial ค่า MAX7219 ด้วยการเรียก subroutine Initial ค่า MAX7219 หลังจากนั้นก็ทำการตั้งค่าการสื่อสารพอร์ตอนุกรมให้มีอัตราบอดเท่ากับฝั่งที่ส่งมาและทางด้านฝั่งส่งนั้นจะใช้อัตราบอดที่ส่งมาคือ 4800 ดังนั้นทางด้านฝั่งที่รับข้อมูลจะต้องเซตค่าให้เป็น 4800 ด้วย บอร์ดแสดงผลนี้จะรอรับค่าผ่านเครื่องรับเข้ามาแล้วตรวจหาค่า STH ถ้าหากว่าเจอค่า STH แล้วก็ให้รับข้อมูลรหัสแอสกีเข้ามาอีกหนึ่งตัวซึ่งเป็นข้อมูลที่ผู้ส่งต้องการส่งได้ส่งเข้ามาจะต้องได้ข้อมูลครบ 20 ตัว

ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลของละติจูด9ตัว ข้อมูลของลองจิจูด10ตัว ข้อมูลของหมายเลขขบวนรถไฟตัว
แล้วก็ทำการเก็บค่าข้อมูลทั้ง20ตัวนั้นลงในหน่วยความจำข้อมูล นำข้อมูลตัวที่20นั้นไปตรวจสอบดูว่า
เป็นอักขระEหรือไม่ถ้าใช่อักขระEแสดงว่าสามารถรับข้อมูลได้ถูกต้องสมบูรณ์และจะนำข้อมูลที่ได้ออกไป
ประมวลผลต่อไป แต่ถ้าหากไม่ได้ตัวอักขระEก็ให้กลับไปเริ่มต้นทำใหม่

2) ส่วนประมวลผล

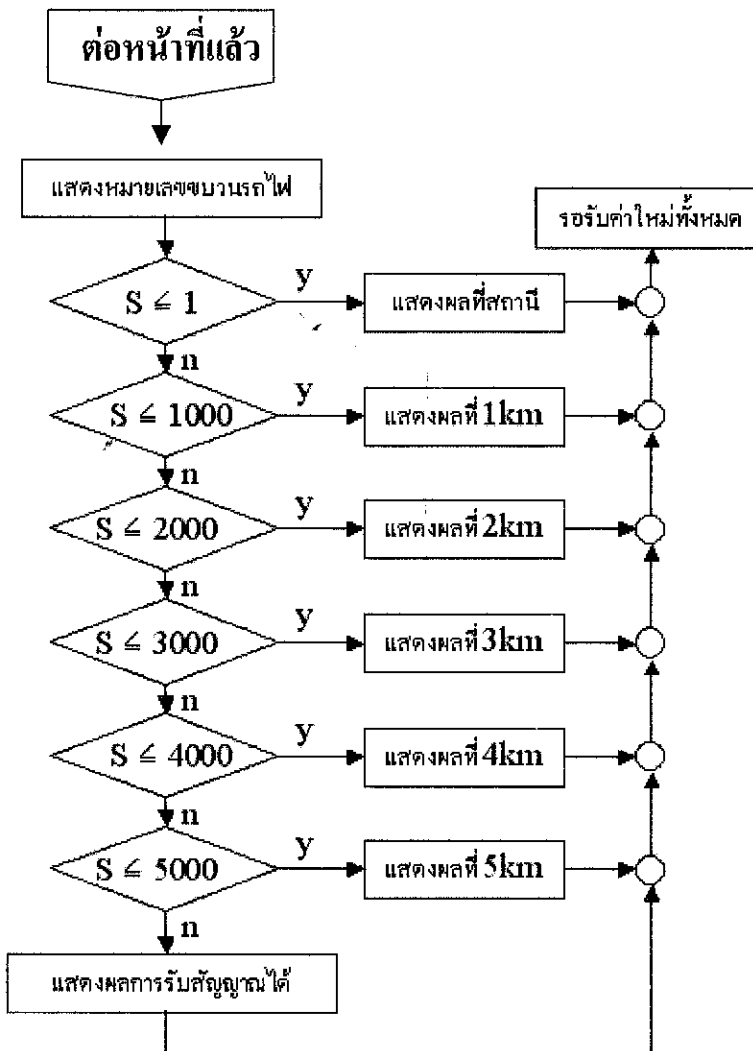


รูปที่5.7 Flow Chart ของการทำงานของบอร์ดแสดงผลส่วนประมวลผล

เมื่อเราได้ข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์แล้วก็นำข้อมูลที่ได้นั้นไปแปลงเป็นเลขฐานสิบเพื่อใช้ในการ
คำนวณค่าละติจูดและลองจิจูดเป็นองศาโดยใช้มาตราส่วนของภูมิศาสตร์โลก หลังจากนั้นก็ทำการหาค่า
พารามิเตอร์ต่างๆคือ $\Delta\phi, \Delta\lambda$ และ ϕ_m โดยการนำค่าสถานีที่เราทราบค่าแล้วมาคำนวณ เมื่อเราได้ค่า ϕ_m
แล้วเราก็นำไปหาค่า M_m และ N_m ต่อ หาค่ามุม azimuth นำไปหาค่า S_1 และ S_2 สุดท้ายก็หาค่าเฉลี่ยระหว่าง

S1 และ S2 จะได้ค่าของระยะทางที่ห่างกันระหว่างรถไฟและสถานีออกมาส่งข้อมูลที่ได้นี้ไปยังส่วนแสดงผลต่อไป

3) ส่วนแสดงผล

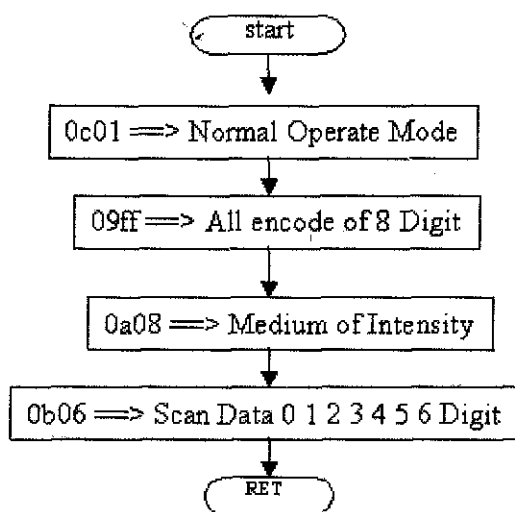


รูปที่ 5.8 Flow Chart ของการทำงานของบอร์ดแสดงผลส่วนรับข้อมูล

ส่วนแสดงผลจะมีหลักการทำงานดังรูปที่ 5.8 คือการเลือกช่วงของการแสดงผลถ้าค่าระยะทางที่ได้มีค่าต่ำกว่าเมตรเราจะถือว่าเป็นสถานีหลอดไฟแทนสถานีก็จะติดสว่างขึ้น เมื่อระยะทางที่ได้มีค่าต่ำกว่า 1 กิโลเมตรเราจะถือว่าเป็นช่วง 1 กิโลเมตรและหลอดไฟแทน 1 กิโลเมตรก็จะติดสว่างขึ้น เมื่อระยะทาง

ที่ได้มีค่าต่ำกว่า2กิโลเมตรเราจะถือว่าเป็นช่วง2กิโลเมตรและหลอดไฟแทน2กิโลเมตรก็จะติดสว่างขึ้น เมื่อระยะทางที่ได้มีค่าต่ำกว่า3กิโลเมตรเราจะถือว่าเป็นช่วง1กิโลเมตรและหลอดไฟแทน3กิโลเมตรก็จะติดสว่างขึ้น เมื่อระยะทางที่ได้มีค่าต่ำกว่า4กิโลเมตรเราจะถือว่าเป็นช่วง1กิโลเมตรและหลอดไฟแทน4กิโลเมตรก็จะติดสว่างขึ้น เมื่อระยะทางที่ได้มีค่าต่ำกว่า5กิโลเมตรเราจะถือว่าเป็นช่วง1กิโลเมตรและหลอดไฟแทน5กิโลเมตรก็จะติดสว่างขึ้น เมื่อระยะทางที่ได้มีค่ามากกว่า5กิโลเมตรเราจะถือว่ามันสามารถรับสัญญาณได้เพราะมีข้อมูลเข้ามาครบถ้วนแต่มีค่าเกินระยะที่กำหนดดังนั้นเราก็จะให้หลอดไฟที่แสดงผลการรับสัญญาณได้ติดสว่างขึ้น

subroutine InitialMax7219



รูปที่5.9 Flow Chart ของ subroutine InitialMax7219

การกำหนดค่าให้กับMAX7219 เป็นการกำหนดการทำงานให้กับ7segmentแบบเป็นชุด โดยกำหนดค่าแอดเดรสเป็นเลขฐาน16 การกำหนดแอดเดรส0c01จะเป็นNormal Operate Modeเป็นการกำหนดให้7segmentทำงาน ถ้าหากว่ากำหนดให้เป็น0c00คือ shut down mode เป็นการกำหนดให้7segmentไม่ทำงาน การกำหนดแอดเดรส09ffเป็นการเลือกการใช้รหัสของหลอดไฟใน7segmentในที่นี้ใช้การเข้ารหัสคือ09ff เมื่อเราต้องการให้แสดงหมายเลข2เราก็ใส่ข้อมูลลงไปเป็นเลข2 การกำหนดแอดเดรส 0a08 เป็นการเลือกความสว่างของ7segmentความสว่างขึ้นอยู่กับแอดเดรสตัวสุดท้ายในที่นี้ใช้เลข8 แสดงว่าให้สว่างครึ่งหนึ่งของค่าสูงสุดเนื่องจากค่าสูงสุดคือf การกำหนดแอดเดรส0b06 คือการกำหนดจำนวนของ7segmentในที่นี้ใช้ทั้งหมด6ตัว


```

it - HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help
$GPGGA,000323.985,0000.00
$GPVTG,.T,.M,0.0,N,0.0,K=4E0.0,M,...,0000*3D
$GPRMC
$GPGGA,001052.956,0000.0000,N,00000.0000,E,0.00,50.0,0.0,M,...,0000*3723.985,V,00
$GPRMC,001052.956,V,0000.0000,N,00000.0000,E,0.0,270102,.,*300.0,K=4E-----$!----
$GPGGA,000324.985,0000.00
$GPVTG,.T,.M,0.0,N,0.0,K=4E0.0,M,...,0000*3A$PRMC,001552
$GPGGA,001053.956,0000.0000,N,00000.00
$GPRMC,001054.956,V,0000.0000,N,00000.0000,E,0.0,270102,.,*36MMMMMMMMMMMMMM-----
$GPVTG,.T,.M,0.0,N,0
$GPVTG,.T,.M,0.0,N,0.0,K=4E
$GPGGA,0
-----00=
$GPGGA,001055.956,0000.0000,N,00000.0000,E,0.00,50.0,0.0,M,...,0000*30ZZZZZZZZZZZZ
$GPRMC,001055.956,V,0000.0000,N,00000.0000,E,0.0,270102,.,*375555555555555555555555
$GPGSV,1,1,01,09,00,000,*41,.T,.M,0.0,N,0
$GPVTG,.T,.M,0.0,N,0.0,K=4E985,V,0000.0000,N,00000.0000
$GPGGA,001056.956,0000.0000,N,00000.0000,E,0.00,50.0,0.0,M,...,0000*330---ZZZZZZZZ
$GPVTG,.T,.M,0.0,N,0.0,K=4E
$GPRMC,001658.932
$G
$GPGSA,A,1,.....,50.0,50.0,5
$GPVTG,.T,.M,0.0,N,0.0,K=4E
-----0
$GPGGA,001100.956,0000.0000,N,00000.0000,E,0.00,50.0,0.0,M,...,0000*31102,.,*37
$GPVTG,.T,.M,0.0,N,0.0,K=4E949,V,0000.0000
-----0
$GPGGA,001101.955,0000.0000,N,00000.0000,E,0.00,50.0,0.0,M,...,0000*33102,.,*3F
$G
$GPGSA,A,1,.....,50.0,50.0,50.0*05-----LL-----|
Connected 0:00:42 Auto detect: 4800 Baud
start 793 บันทึกลับแก้ไข... Project R - HyperTerminal EN 11:14 PM

```

รูปที่ 6.2 ลักษณะข้อมูลเมื่อเครื่องรับสัญญาณ GPS รับสัญญาณไม่ได้

ลักษณะข้อมูลของ GPS ที่ได้จากโปรแกรม Hyper Terminal โดยการต่อผ่านพอร์ตอนุกรม DB9 เมื่อเครื่องรับสัญญาณ GPS สามารถรับสัญญาณไม่ได้จะมีลักษณะดังรูปที่ 6.2 ซึ่งจะมีข้อมูลสำคัญๆ เช่น ละติจูด ลองจิจูด ระดับน้ำทะเลมาตรฐาน เป็นเลข 0

6.2 การจำลองการทำงาน (Simulation)

เนื่องจากข้อจำกัดการรับสัญญาณของเครื่องรับ GPS ที่ต้องทำงานในที่โล่ง จึงทำให้การทดสอบการทำงานของบอร์ดแสดงผลเป็นไปได้ยาก ดังนั้นจึงต้องทำการสมมติตำแหน่งขึ้นที่ตัววัดตำแหน่งแล้วทำการโปรแกรมเข้าไปที่ Microcontroller ซึ่งค่าที่สมมติขึ้นนี้มีลักษณะเช่นเดียวกับค่าที่ดึงมาจากเครื่องรับ GPS จากนั้นก็ทำการทดลองคอมพิวเตอร์

6.3 การเก็บข้อมูลหาค่าความแม่นยำ

- 1) กำหนดจุดที่เป็นสถานีขึ้นมาหนึ่งจุด จากนั้นกำหนดจุดที่เป็นระยะทาง 5 จุดโดยที่

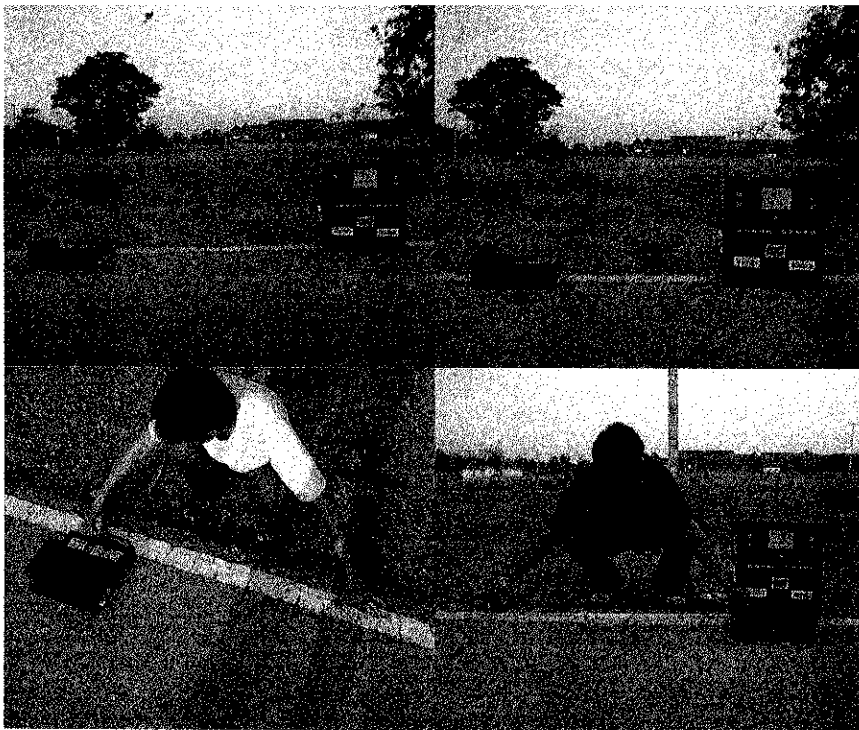
แต่ละจุดมีระยะห่างเท่ากัน ในการทดสอบนี้ กำหนดให้มีระยะทางห่างกันจุดละ 30 เมตร

- 2) บันทึกค่าสถิติจุด และลองคิจุดของจุดที่กำหนดให้เป็นสถานี
- 3) ทำการโปรแกรมค่าที่บันทึกได้ลงในไมโครคอนโทรลเลอร์
- 4) ทำการเดินในเส้นทางที่ได้กำหนดไว้
- 5) สังเกตจุดที่ทำให้หลอด LED เปลี่ยนแปลง แล้ววัดระยะทางเก็บไว้

ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลรวมทั้งสิ้น 4 วัน คือตั้งแต่วันที่ 9 ธ.ค.ถึง 12 ธ.ค. 2547 วันละ 2 ครั้ง
 อุปกรณ์วัดระยะทาง : ตลับเมตร STANLEY รุ่น DRAGON 34-233 ความยาว 30เมตร/100ฟุต
 สถานที่เก็บข้อมูล : ถนนเทคโนโลยี3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ต.สุรนารี อ.เมือง

จ.นครราชสีมา

6.4 วิธีการหาค่าความผิดพลาด



รูปที่ 6.3 วิธีการหาค่าความผิดพลาด

จากรูปที่ 6.3 เป็นตัวอย่างการหาค่าความผิดพลาด โดยในรูปจะเห็นว่าระยะที่หลอดไฟดวง 1 ติด นั้นเมื่อเราขยับจุดตรวจวัดตำแหน่งไปจะทำให้หลอดไฟดวง 2 ติดแทนแสดงให้เห็นว่าจุดๆนั้นเป็นจุดที่

เป็นจุดที่เปลี่ยนค่าแล้วเราก็ทำการวัดว่าจุดนั้นอยู่ห่างจากจุดที่เรากำหนดเป็นระยะทางเท่าไรซึ่งก็คือค่าความผิดพลาดนั่นเอง

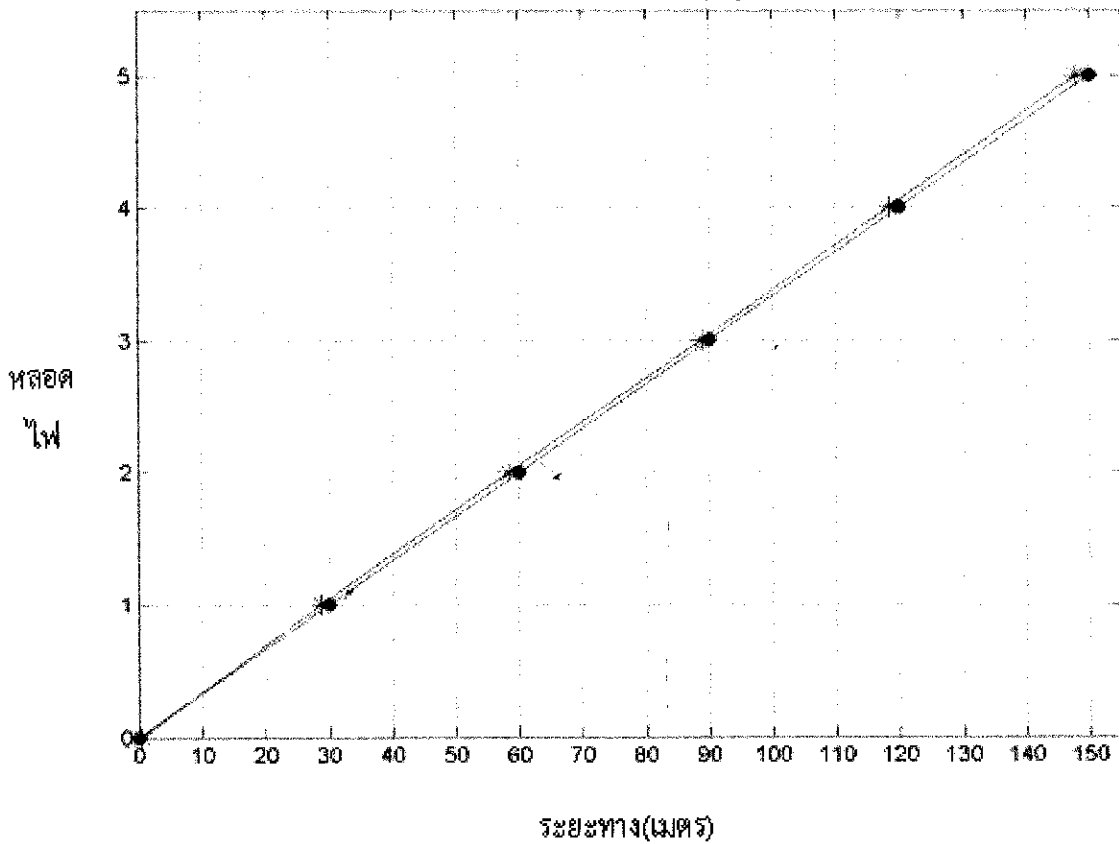
6.5 การประมวลผลหาค่าความแม่นยำ

- 1) นำผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ย
- 2) พล็อตกราฟผลการทดลองเทียบกับระยะทางจริง
- 3) พล็อตกราฟค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น
- 4) วิเคราะห์ผลการทดลอง

* หมายเหตุ เนื่องจากข้อจำกัดของอุปกรณ์รับส่งสัญญาณที่สามารถส่งสัญญาณได้ไม่ถึง 5 กิโลเมตร โดยมีค่าการรับส่งสัญญาณ ได้สูงที่สุดเพียง 200 เมตรเท่านั้น จึงได้ทำการจำลองค่าในอัตราส่วน 30 เมตร: 1 กิโลเมตร แทน

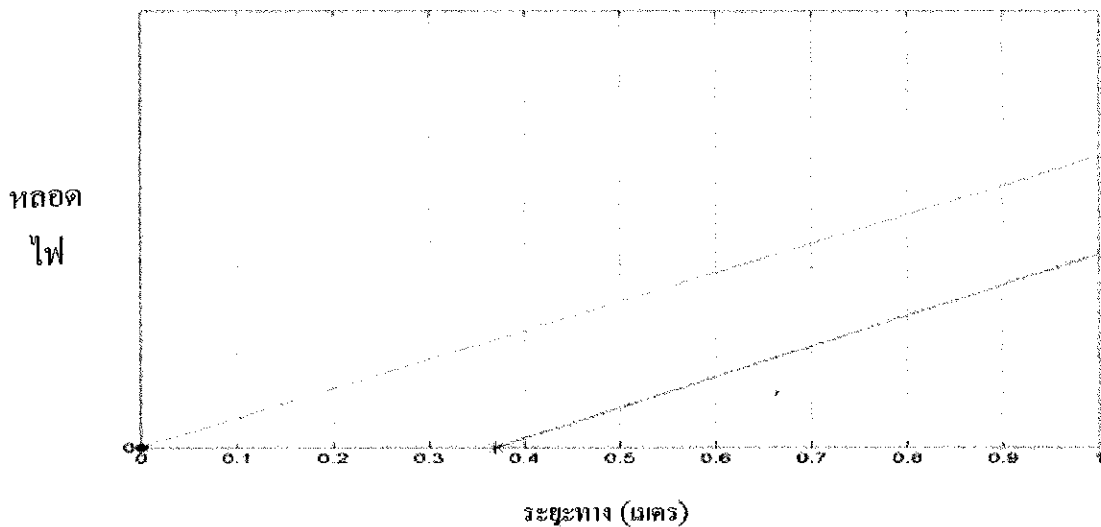
วันที่	ครั้งที่	LED ดวงที่ 5	LED ดวงที่ 4	LED ดวงที่ 3	LED ดวงที่ 2	LED ดวงที่ 1	LED สถานี
9 ธ.ค.47	1	150	118.6	87.6	56.6	26.5	0.33
	2	146.6	119.2	88.2	58.6	26.5	0.32
10 ธ.ค.47	1	149.1	119.1	89.6	58.45	29	0.36
	2	147.9	118.3	89.6	57.7	30.5	0.42
11 ธ.ค.47	1	146.8	118.3	90	59.3	29.1	0.41
	2	147.7	118.6	90	59.7	30	0.345
12 ธ.ค.47	1	148.7	118.5	88.8	59.25	30	0.38
	2	147.3	117.3	87.3	57.4	29.05	0.395
รวมเฉลี่ย		148.0125	118.4875	88.8875	58.375	28.83125	0.37

ตารางที่ 6.1 ตารางผลการทดลองการทดสอบความแม่นยำของชุดแสดงผลตำแหน่งรถไฟในการเข้าออกสถานี



รูปที่ 6.4 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่วัดได้

จุดวงกลมสีแดงแทนค่าจริง และจุดดอกจันทร์สีน้ำเงินแทนจุดค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ จะเห็นได้ว่าค่าจริงกับค่าที่เราวัดได้นั้นมีความใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นจึงได้ขยายกราฟนี้ไว้ในรูปที่ 6.5-รูปที่ 6.10



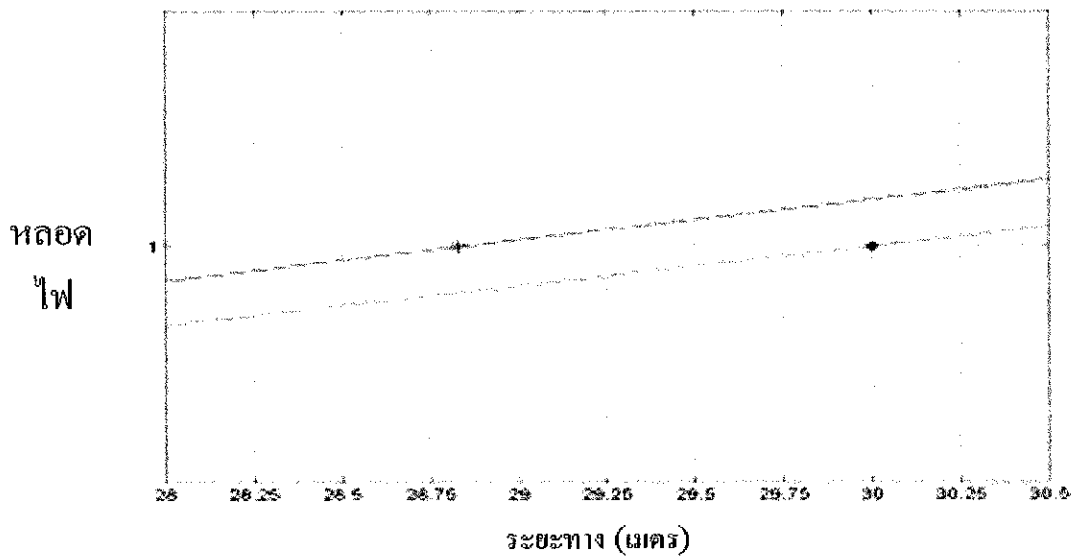
รูปที่ 6.4 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่วัดได้ ณ ตำแหน่งหลอดไฟสถานี

LED สถานี

ค่าจริง : 0 เมตร

ค่าที่วัดได้เฉลี่ย : 0.37 เมตร

ค่าความผิดพลาด : $0 - 0.37 = -0.37$ เมตร



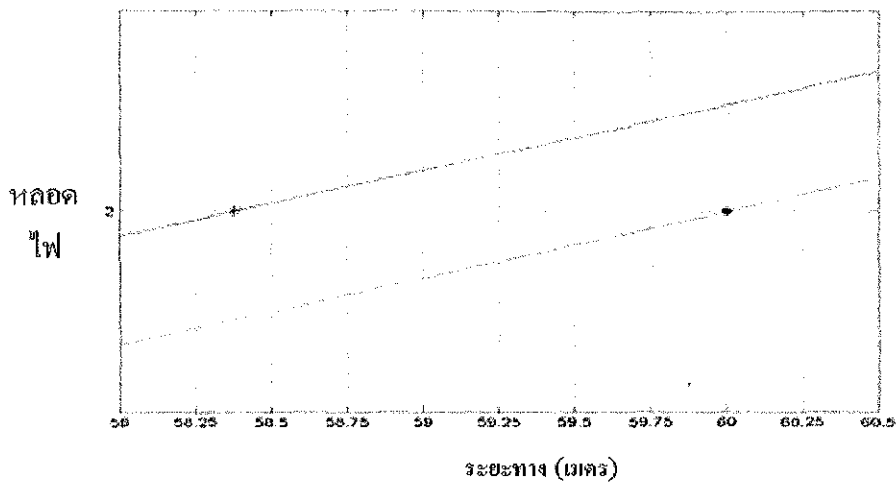
รูปที่ 6.5 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่วัดได้ ณ ตำแหน่งหลอดไฟดวงที่ 1

LED ดวงที่ 1 (30 เมตร)

ค่าจริง : 30 เมตร

ค่าที่วัดได้เฉลี่ย : 28.83125 เมตร

ค่าความผิดพลาด : $30 - 28.83125 = 1.16875$ เมตร

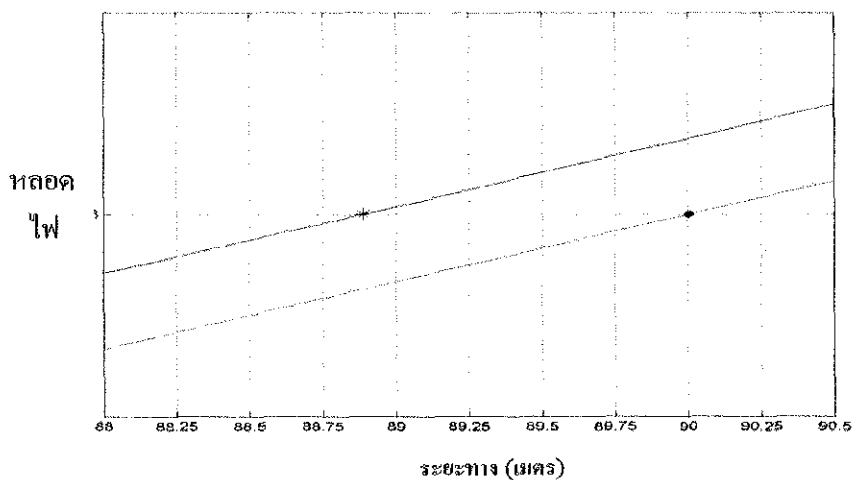


รูปที่ 6.6 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่วัดได้ ณ ตำแหน่งหลอดไฟดวงที่ 2

LED ดวงที่ 2 (60 เมตร)

ค่าจริง : 60 เมตร ค่าที่วัดได้เฉลี่ย : 58.375 เมตร

ค่าความผิดพลาด : $60 - 58.375 = 1.625$ เมตร

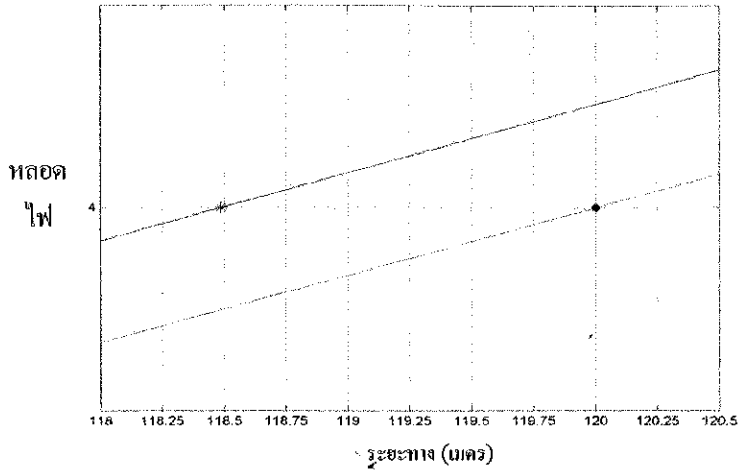


รูปที่ 6.7 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่วัดได้ ณ ตำแหน่งหลอดไฟดวงที่ 3

LED ดวงที่ 3 (90 เมตร)

ค่าจริง : 90 เมตร ค่าที่วัดได้เฉลี่ย : 88.8875 เมตร

ค่าความผิดพลาด : $90 - 88.8875 = 1.1125$ เมตร

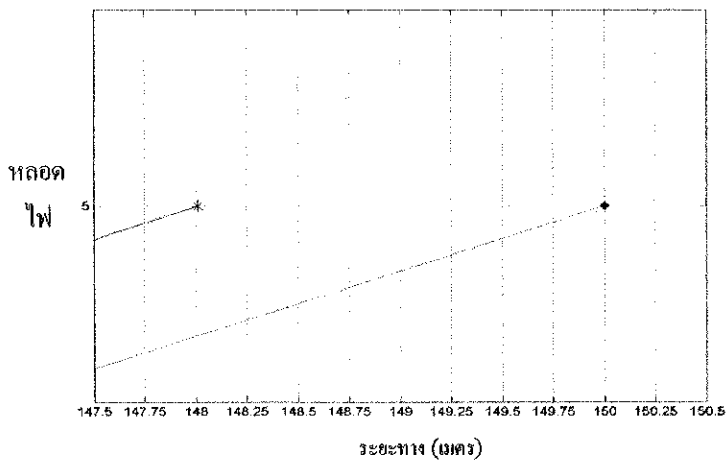


รูปที่ 6.8 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่วัดได้ ณ ตำแหน่งหลอดไฟดวงที่ 4

LED ดวงที่ 4 (120 เมตร)

ค่าจริง : 120 เมตร ค่าที่วัดได้เฉลี่ย : 118.4875 เมตร

ค่าความผิดพลาด : $120 - 118.4875 = 1.5125$ เมตร



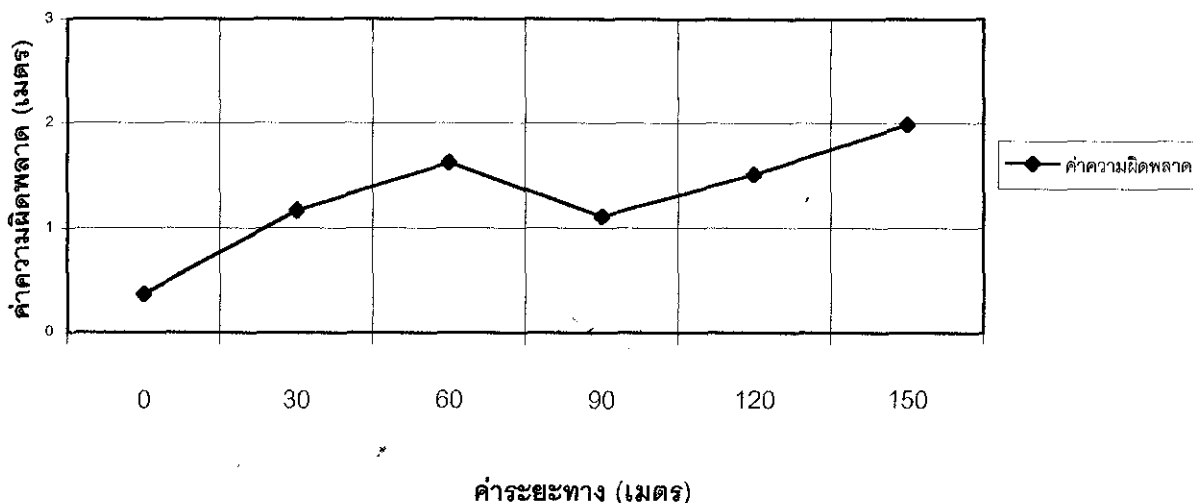
รูปที่ 6.9 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่วัดได้ ณ ตำแหน่งหลอดไฟดวงที่ 5

LED ดวงที่ 5 (150 เมตร)

ค่าจริง : 150 เมตร ค่าที่วัดได้เฉลี่ย : 148.0125 เมตร

ค่าความผิดพลาด : $150 - 148.0125 = 1.9875$ เมตร

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดกับระยะทาง



รูปที่ 6.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดกับระยะทาง

ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนี้มีแนวโน้มที่สูงขึ้นแต่จะมีค่าความผิดพลาดเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของ Gauss Mid Latitude for Short line แต่ข้อผิดพลาดที่เห็นนี้ยังเกิดขึ้นด้วยสาเหตุอื่นๆอีก ดังนั้นในบางครั้งก็อาจจะมีข้อผิดพลาดที่ลดลงได้เช่น ในช่วง 90 เมตรจะเห็นได้ว่ามีค่าความผิดพลาดที่น้อยกว่าช่วง 60 เมตร

6.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าที่วัดได้มีความใกล้เคียงกับค่าจริงมาก ซึ่งแสดงว่าสูตรของ Gauss Mid Latitude Formula for short line ที่นำมาใช้งานได้จริงคำนวณมีความถูกต้องและแม่นยำสูงซึ่งมีค่าความแม่นยำอยู่ในช่วงที่น่าพอใจ แต่ก็จะเห็นว่ายังมีความผิดพลาดเกิดขึ้นทั้งนี้เนื่องจากปัญหาหลักๆ คือ โปรแกรมที่คำนวณค่าทศนิยม (floating point) มีการรองรับจุดทศนิยมได้อย่างจำกัดเนื่องจากข้อมูลชนิด floating point มีขนาดใหญ่มากจึงเป็นผลทำให้การคำนวณไม่ได้เท่ากับค่าจริง และอีกปัญหาหนึ่งก็คือข้อมูลที่รับได้จาก GPS มีค่าไม่คงที่ตลอดเวลาถึงแม้ว่า GPS นั้นจะไม่เคลื่อนที่ ณ จุดที่เป็นสถานีก็ตาม สาเหตุที่ทำให้ข้อมูลของ GPS มีค่าไม่คงที่โดยมีค่าแกว่งที่ตำแหน่งวิถีปดาทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนจากค่า

จริงดังการทดลอง ก็คือค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเดินทางของคลื่นวิทยุมาสู่โลกซึ่งต้องเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศที่มีประจุไฟฟ้าอยู่อย่างหนาแน่นในชั้น Ionosphere อาจจะทำให้คลื่นจากดาวเทียมบางดวงเกิดการเปลี่ยนแปลงไปได้ การสะท้อนของคลื่นสัญญาณไปในหลายทิศทาง (Multipath) ซึ่งที่ผิวโลกคลื่นสัญญาณต้องกระทบกับวัตถุต่างๆ เช่น ดึกสูง เสาไฟฟ้า ก่อนถึงเครื่องรับ GPS จึงทำให้มีการหักเหหรือเกิดการล่าช้า(delay)ของสัญญาณได้ซึ่งเวลาที่สัญญาณใช้ในการเดินทางมีผลเป็นอย่างมากในการระบุตำแหน่งที่ถูกต้อง เที่ยงตรงและแม่นยำของเครื่องรับสัญญาณGPS

บทที่ 7

บทสรุป

7.1 ข้อสรุปงานที่สามารถพัฒนาขึ้นจากโครงการ

1. ทำการสร้างชุดแสดงผลพิกัดภูมิศาสตร์ด้วยจอแสดงผลLCD และเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อดึงข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณGPSมาแสดงผลบนจอแสดงผลLCD
2. ทำการเชื่อมต่อGPSกับพอร์ตอนุกรม(Serial Port) เพื่อให้ชุดตรวจวัดตำแหน่งสามารถแสดงผลข้อมูลของGPSที่รับได้บนคอมพิวเตอร์
3. ทำการออกแบบ สร้าง และทดสอบบอร์ดแสดงผลตำแหน่งรถไฟในการเข้าออกสถานีโดยหลอดไดโอดเปล่งแสง(LED)ใช้แสดงผลตำแหน่งของรถไฟ และหลอดไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน(7-segment) ใช้แสดงผลหมายเลขขบวนรถไฟ 3 หลัก
4. ทำการมอดูเลตสัญญาณวิทยุด้วยเครื่องส่งแบบFM โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการติดต่อสื่อสารระหว่างชุดตรวจวัดตำแหน่งและบอร์ดแสดงผล
5. ชุดตรวจวัดตำแหน่ง สามารถควบคุมการทำงาน โดยใช้การโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีลงในไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการดึงข้อมูลตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์จากGPSนำมาแสดงผลแล้วมอดูเลตสัญญาณข้อมูลของพิกัดตำแหน่งไปให้ยังบอร์ดแสดงผล
6. บอร์ดแสดงผล สามารถควบคุมการทำงาน โดยใช้การโปรแกรมภาษาซีลงในไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการรับข้อมูล ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยการตรวจสอบผลรวม(Check sum) ประมวลผลข้อมูลของพิกัดตำแหน่งที่ได้รับมาให้เป็นระยะทางที่ห่างกันเพื่อตัดสินใจ และแสดงผลตำแหน่งที่อยู่ห่างกันบนบอร์ดแสดงผล
7. ทำการทดลอง ทดสอบความแม่นยำและความผิดพลาดในการระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ ซึ่งจากการที่ได้ทำการทดลอง ทดสอบมาหลายครั้งแล้วปรากฏว่าระบบทั้งหมดสามารถนำไปใช้งานได้ดี ถึงแม้ว่าจะมีความผิดพลาดอยู่บ้างแต่ก็อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้

7.2 ปัญหา วิธีแก้ไข และข้อเสนอแนะ

ปัญหา1. ข้อจำกัดของ โปรแกรมภาษา C ที่นำมาใช้ สามารถรองรับการ โปรแกรมได้เพียง 4 กิโลไบต์ เนื่องจากซอฟต์แวร์ Rkit-51 เป็นเพียงรุ่นทดลองใช้

วิธีแก้ไข ควรที่จะ โปรแกรมให้มีความกระชับ ดังนั้นผู้เขียน โปรแกรมควรที่จะมีความชำนาญสูง โดยควรที่ใช้ตัวแปรที่จำเป็นเท่านั้น และควรนำตัวแปรที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่

ข้อเสนอแนะ ควรที่จะใช้ซอฟต์แวร์เวอร์ชันที่สมบูรณ์ ซึ่งไม่มีการจำกัดขนาด โปรแกรมที่เขียน
ปัญหา2. ปัญหาเนื่องจากเครื่องรับ GPS ที่ไม่สามารถรับค่าได้คงที่ถึงแม้ว่าจะไม่เคลื่อนที่ก็ตาม
 วิธีแก้ไข ควรหาเครื่องรับ GPS ที่มีความละเอียดในการรับข้อมูลตำแหน่งที่สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ ควรหาเครื่องรับ GPS ที่มีความละเอียดในการรับข้อมูลตำแหน่งที่สูงขึ้น

ปัญหา3. เครื่องรับส่งสัญญาณ ไม่สามารถรับส่งตามระยะทางจริงที่ต้องการได้

วิธีแก้ไข ควรคำนวณหาค่ากำลังงานที่เครื่องรับส่งสัญญาณสามารถทำงานได้ในระยะที่กำหนด
 แล้วนำค่าที่ได้มาเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสม

ข้อเสนอแนะ ควรที่จะใช้สายอากาศที่มีค่าสภาพเจาะจงทิศทางสูง ซึ่งจะทำให้การสูญเสียกำลัง
 งานลดลง

ภาคผนวก ก.
มาตราส่วนการวัด

1 ไมล์บก	=	1.0693 กิโลเมตร
1 ไมล์ทะเล	=	1.85 กิโลเมตร
1 ไมล์ทะเล	=	1.15 ไมล์บก
1 ไมล์บก	=	0.85 ไมล์ทะเล
1 กิโลเมตร	=	0.62 ไมล์บก
1 กิโลเมตร	=	0.5 ไมล์ทะเล

12 นิ้ว	=	1 ฟุต
3 ฟุต	=	1 หลา
1760 หลา	=	1 ไมล์

1 นิ้ว	=	0.025 เมตร
1 ฟุต	=	0.305 เมตร
1 หลา	=	0.914 เมตร
1 ไมล์	=	1.6093 กิโลเมตร

60 ฟลิปดา	=	1 ลิปดา
60 ลิปดา	=	1 องศา
360 องศา	=	1 วงรอบ

ตารางข้อมูลรหัสแอสกี (ascii)
ของตัวอักษร ตัวเลข และสัญลักษณ์พิเศษ

รหัสควบคุม

ฟังก์ชัน	รหัสอักษร	ความหมาย	รหัสแอสกี
Null	NUL	ไม่มีการทำงาน	0
Start of heading	SOH	เริ่มหัวข้อความ	1
Start of text	STX	เริ่มต้นข้อความ	2
End of text	ETX	สิ้นสุดข้อความ	3
End of xmit	EOT	สิ้นสุดการส่ง	4
Enquiry	ENQ	สอบถาม	5
Acknowledgement	ACK	รับรู้/ตอบสนอง	6
Bell	BEL	กระดิ่ง	7
Backspace	BS	ลบและถอยหลัง	8
Horizontal tab	HT	แท็บทางแนวนอน	9
Line feed	LF	เลื่อนบรรทัด	10
Vertical tab	VT	แท็บแนวตั้ง	11
Form feed	FF	เลื่อนหน้า	12
Carriage return	CR	ขึ้นบรรทัดใหม่	13
Shift out	SO	เลื่อนออก	14
Shift in	SI	เลื่อนเข้า	15
Data line escape	DLE	ออกจากบรรทัดข้อมูล	16
Devece control 1	DC1	รหัสควบคุมอุปกรณ์ 1	17
Devece control 2	DC2	รหัสควบคุมอุปกรณ์ 2	18
Devece control 3	DC3	รหัสควบคุมอุปกรณ์ 3	19
Devece control 4	DC4	รหัสควบคุมอุปกรณ์ 4	20
Non Acknowledgement	NAK	ไม่รับรู้/ไม่ตอบสนอง	21
Synchronous idle	SYN	รหัสซิงโครไนส์	22

End of xmit block	ETB	สิ้นสุดการบล็อกข้อมูล	23
Cancel	CAN	ยกเลิก	24
End of medium	EM	สิ้นสุดตำแหน่งกึ่งกลาง	25
Substitute	SUB	รหัสแทน	26
Escape	ESC	ออกจากการทำงาน	27
File separator	FS	แยกเพิ่มข้อมูล	28
Group separator	GS	แยกกลุ่มข้อมูล	29
Record separator	RS	แยกการบันทึกข้อมูล	30
Unit separator	US	แยกหน่วยของข้อมูล	31

ตัวอักษรและสัญลักษณ์

อักขระ	รหัสแอสกี
<space>	32
!	33
“	34
#	35
\$	36
%	37
&	38
‘	39
(40
)	41
*	42
+	43
,	44
-	45
.	46
/	47
0	48
1	49

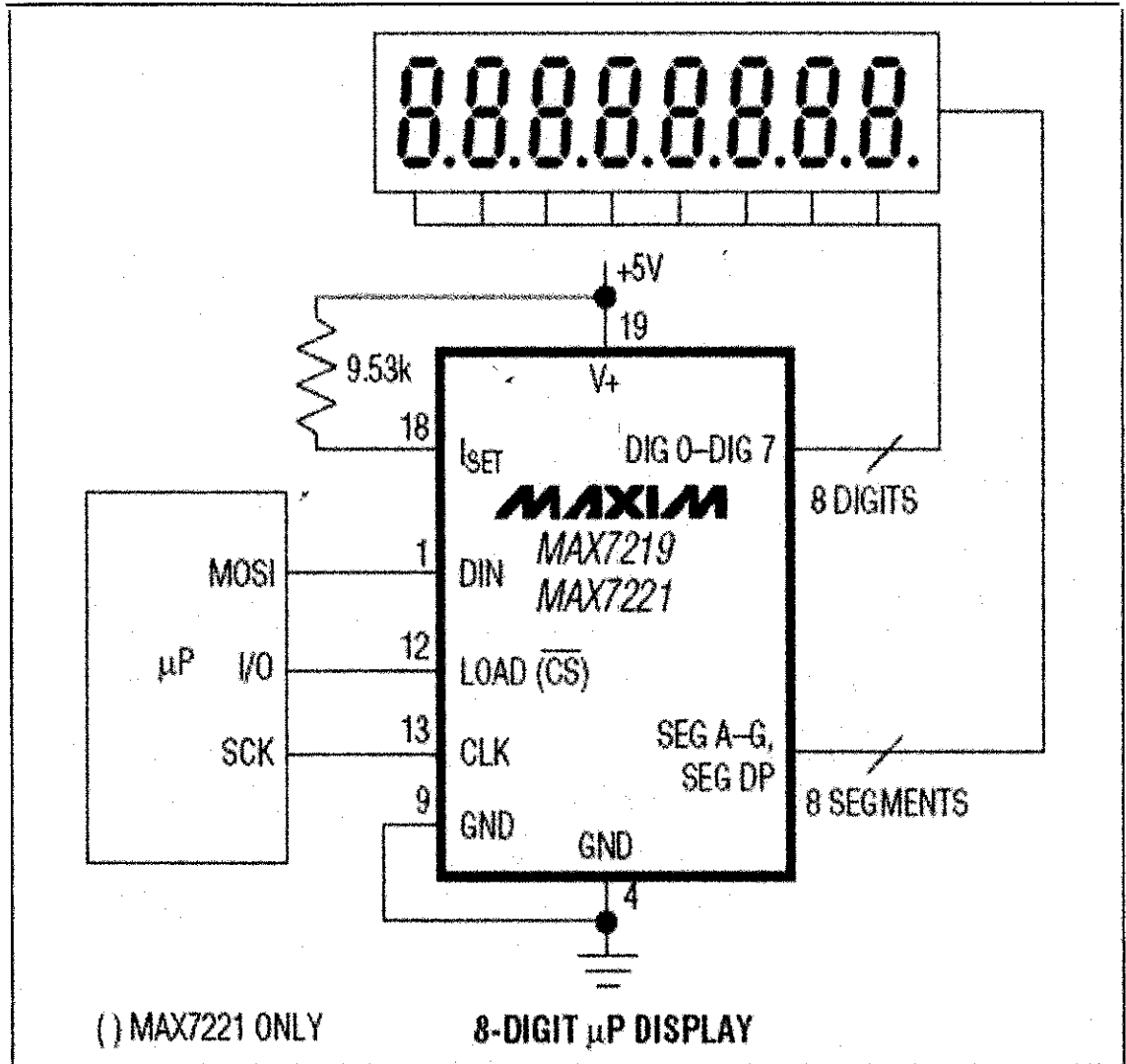
อักขระ	รหัสแอสกี
2	50
3	51
4	52
5	53
6	54
7	55
8	56
9	57
:	58
;	59
<	60
=	61
>	62
?	63
@	64
A	65
B	66
C	67

อักขระ	รหัสแอสกี
D	68
E	69
F	70
G	71
H	72
I	73
J	74
K	75
L	76
M	77
N	78
O	79
P	80
Q	81
R	82
S	83
T	84
U	85
V	86
W	87
X	88
Y	89
Z	90
[91
\	92
]	93
^	94
_	95
`	96
a	97

อักขระ	รหัสแอสกี
b	98
c	99
d	100
e	101
f	102
g	103
h	104
i	105
j	106
k	107
l	108
m	109
n	110
o	111
p	112
q	113
r	114
s	115
t	116
u	117
v	118
w	119
x	120
y	121
z	122
{	123
	124
}	125
~	126
<delete>	127

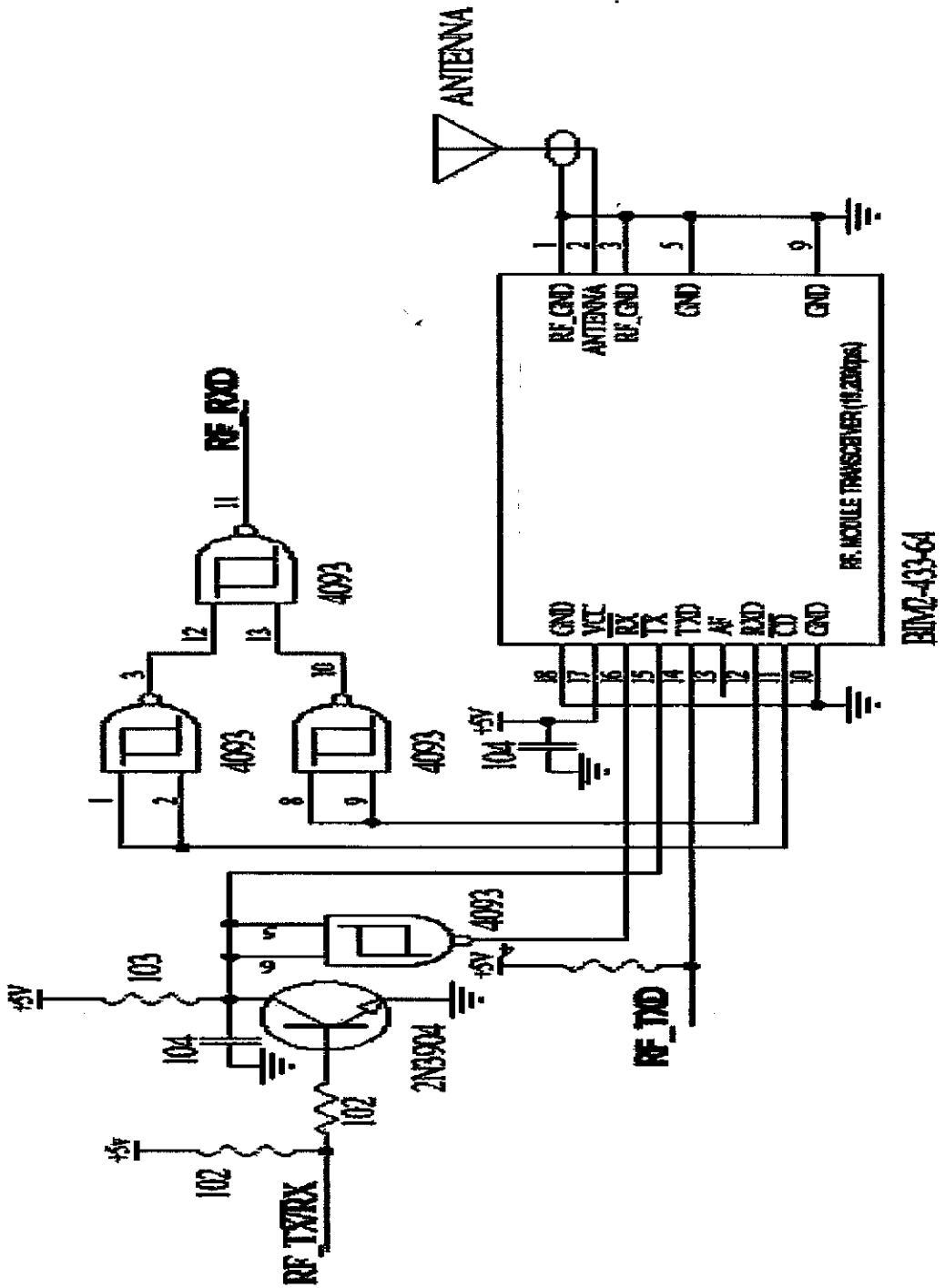
แผนผังวงจร

วงจรขับไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน



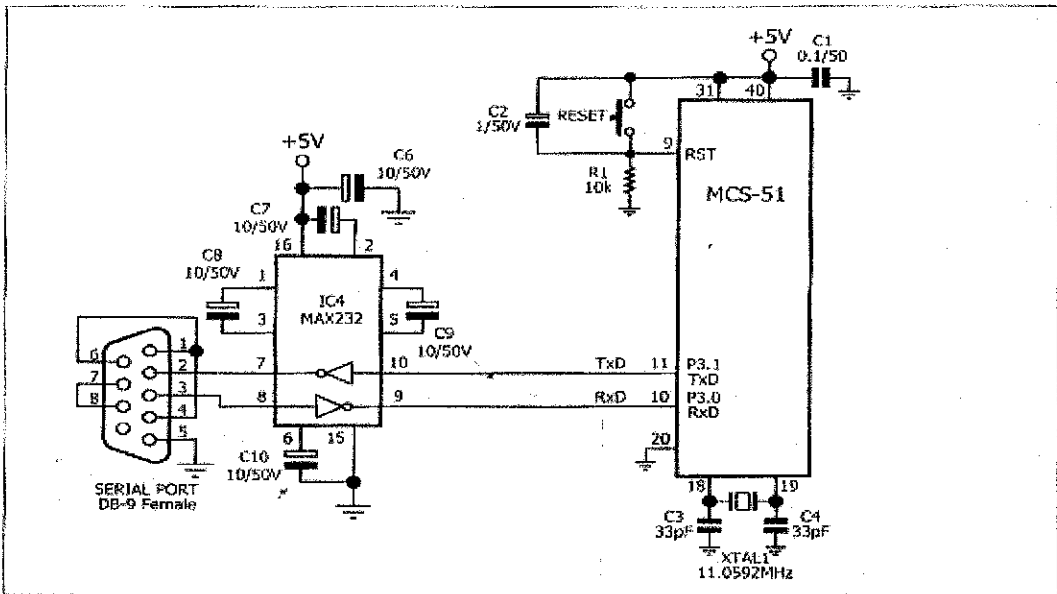
แผนผังวงจร

วงจรเครื่องรับ-ส่ง สัญญาณความถี่ 433 MHz



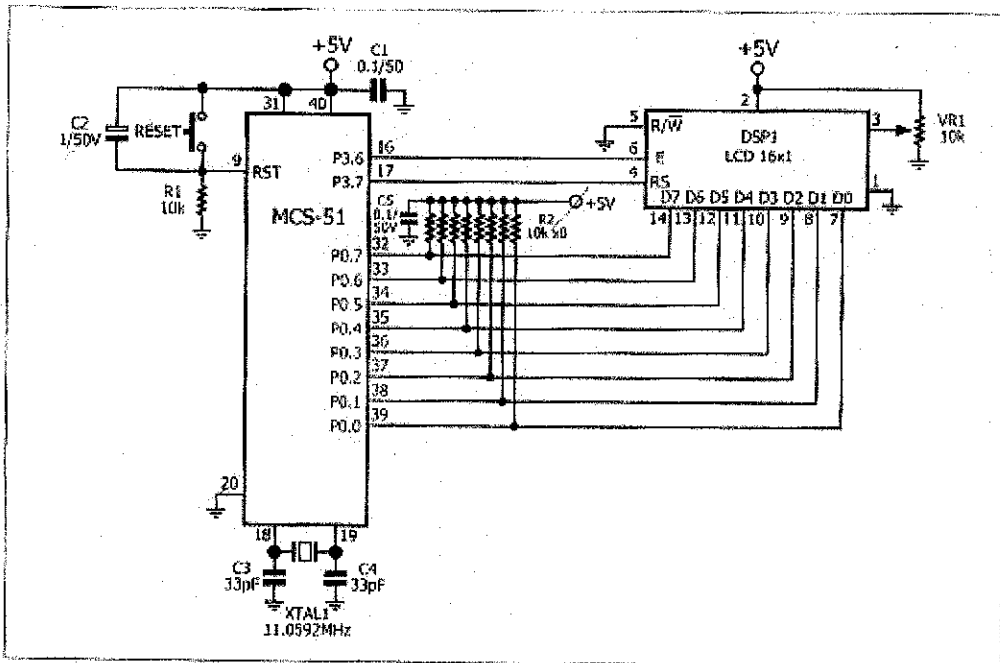
แผนผังวงจร

การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับพอร์ตอนุกรมด้วย DB9



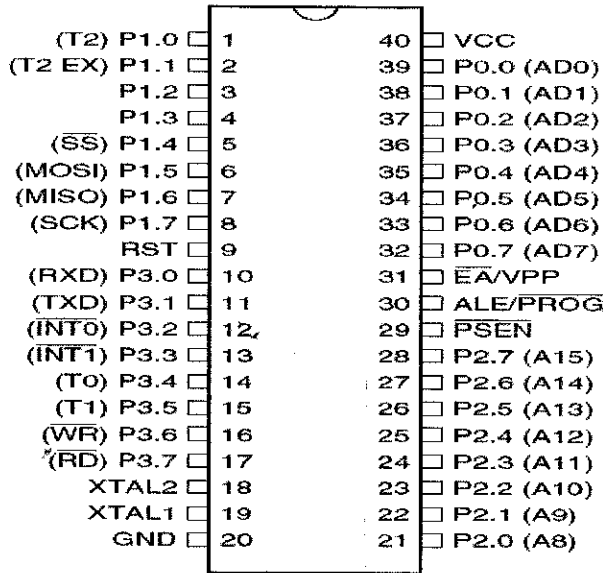
แผนผังวงจร

การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ LCD



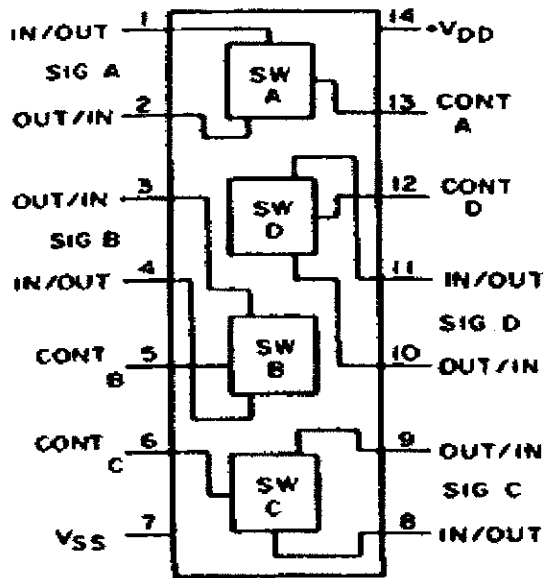
แผนผังวงจร

MCS-51



แผนผังวงจร

4066



Quad Bilateral Switch

CD4066B

MAX220-MAX249

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

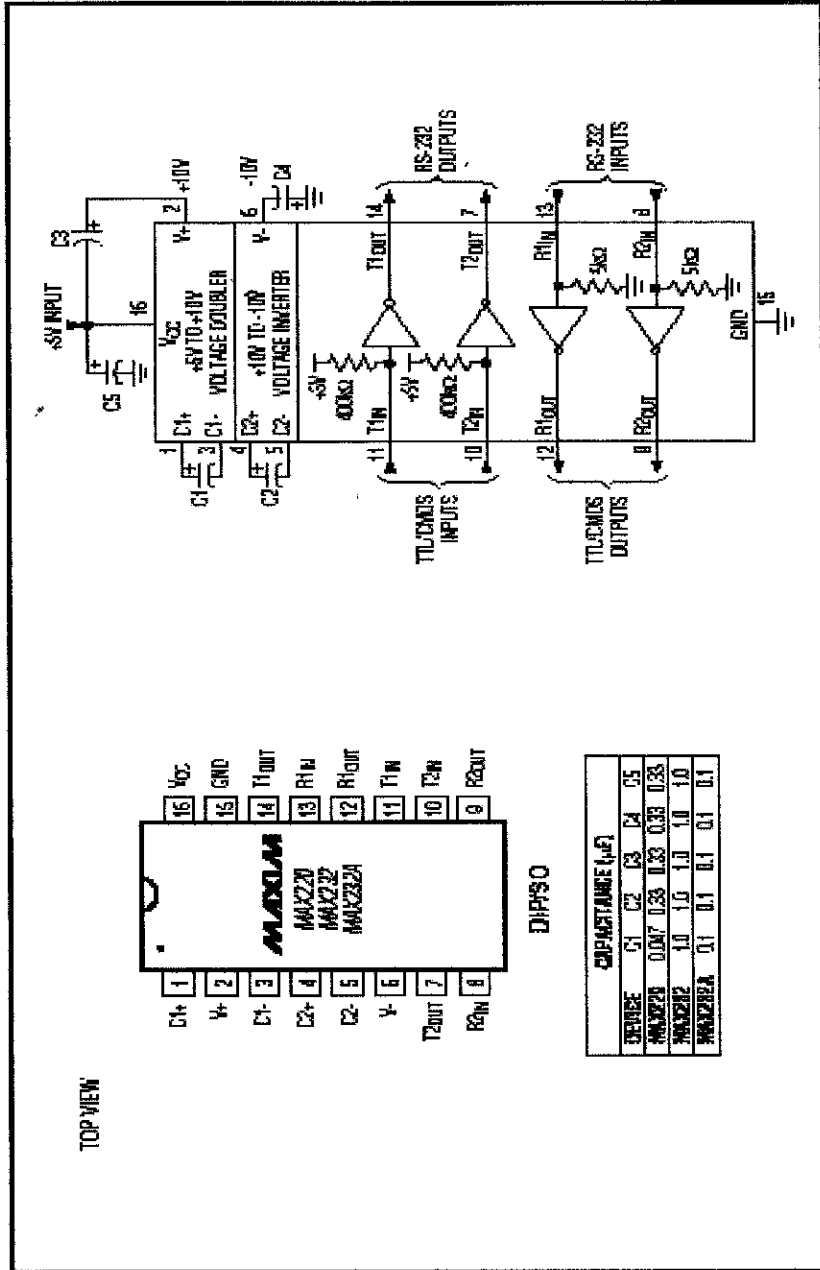
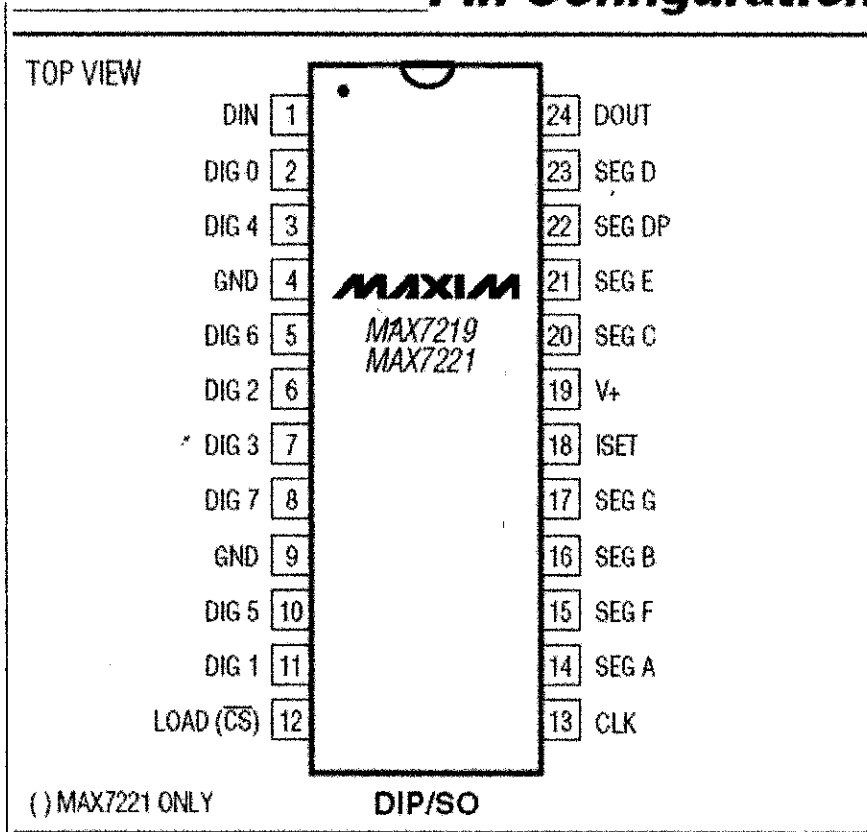


Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

แผนผังวงจรรวม

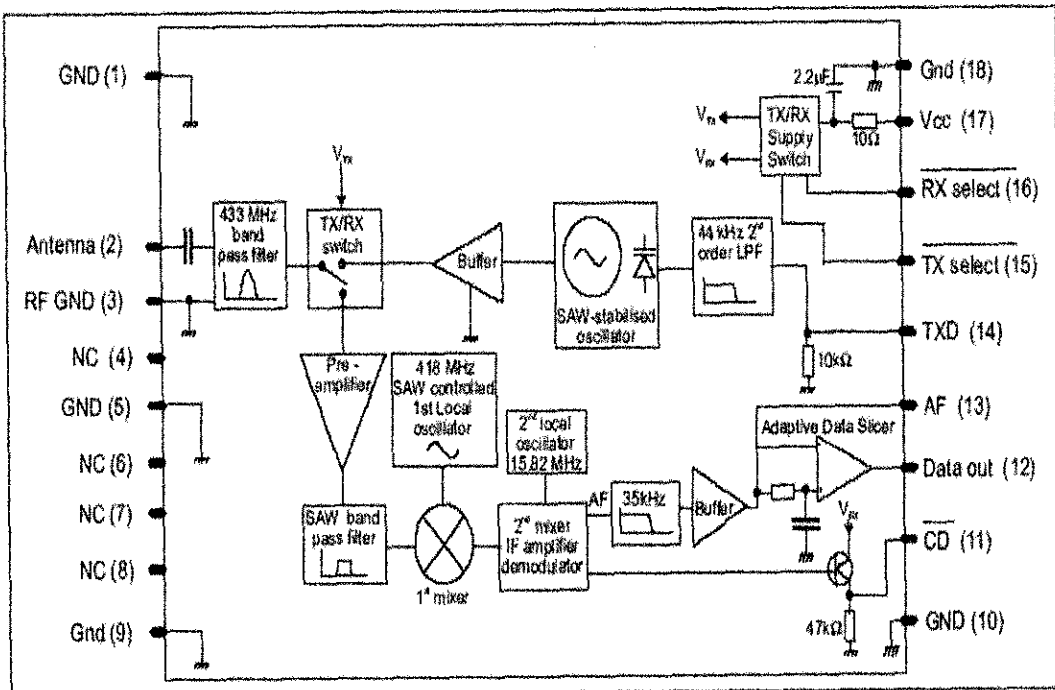
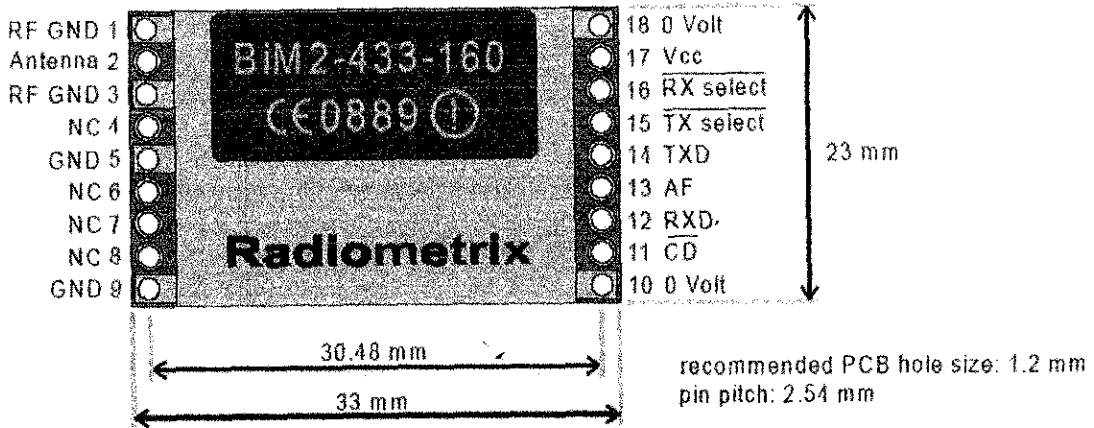
MAX7219

Pin Configuration

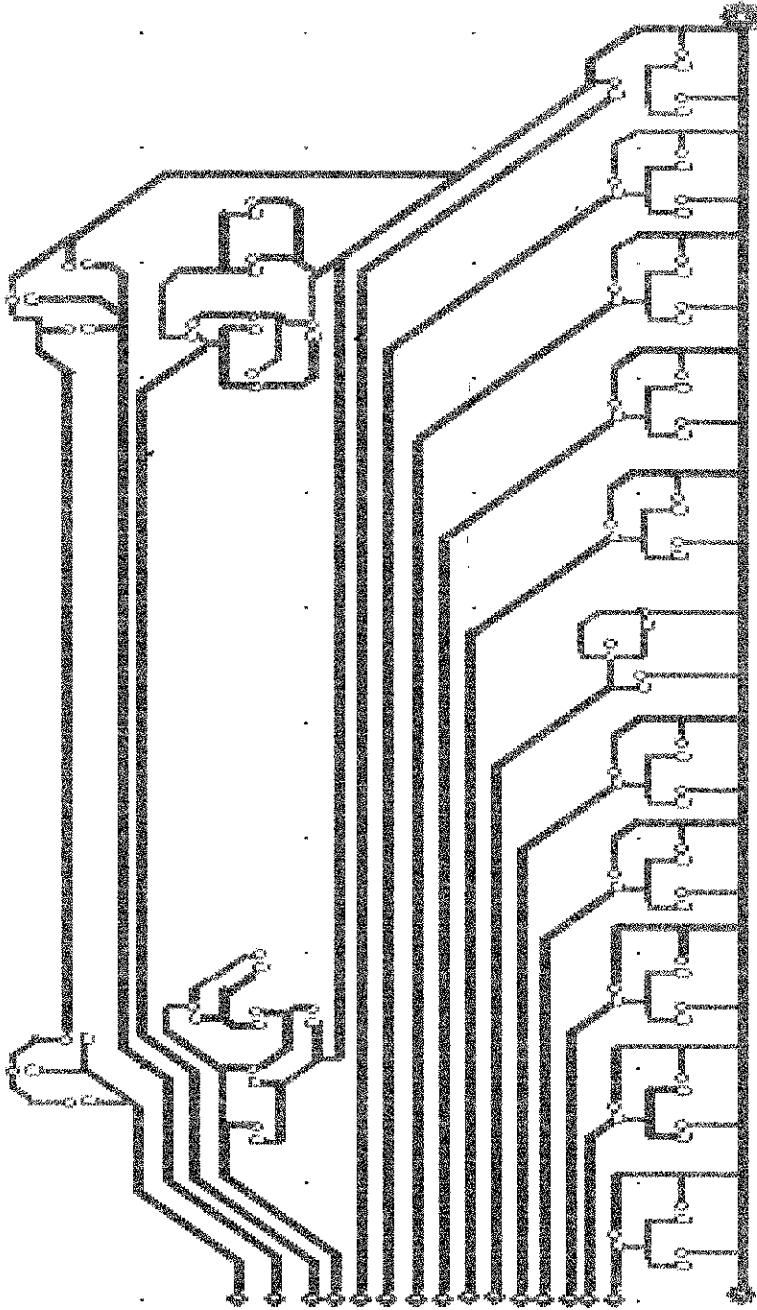


แผนผังวงจรรวม

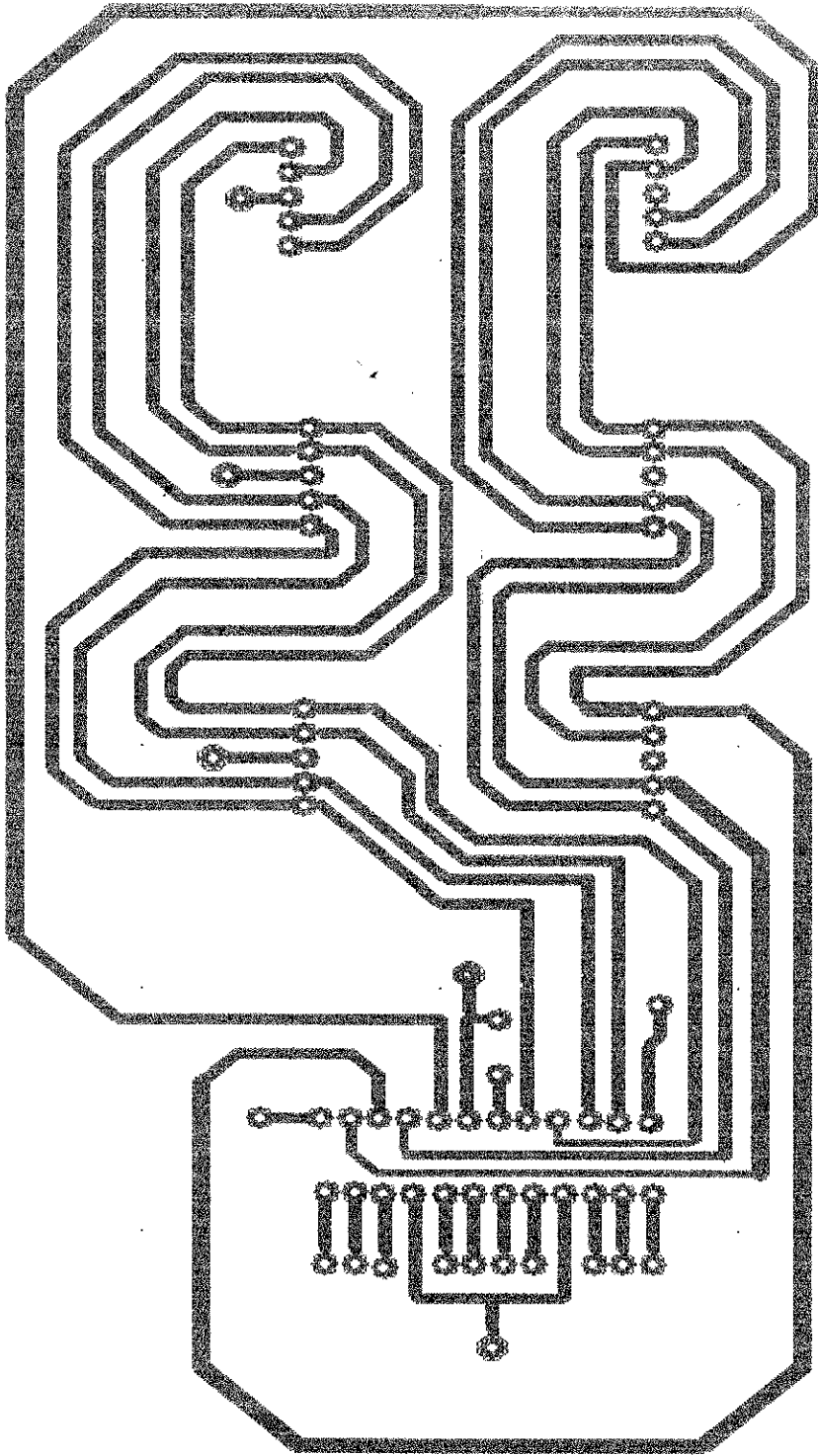
BiM2 transceiver



ลายวงจรพิมพ์
วงจรขับไดโอดเปล่งแสง



ลายวงจรพิมพ์
วงจรขับไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน



DATASHEET



Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

MAX7219/MAX7221

General Description

The MAX7219/MAX7221 are compact, serial input/output common-cathode display drivers that interface microprocessors (μ Ps) to 7-segment numeric LED displays of up to 8 digits, bar-graph displays, or 64 individual LEDs. Included on-chip are a BCD code-B decoder, multiplex scan circuitry, segment and digit drivers, and an 8x8 static RAM that stores each digit. Only one external resistor is required to set the segment current for all LEDs. The MAX7221 is compatible with SPI™, QSPI™, and MICROWIRE™, and has slew-rate-limited segment drivers to reduce EMI.

The convenient 4-wire serial interface connects to all common μ Ps. Individual digits may be addressed and updated without rewriting the entire display. The MAX7219/MAX7221 also allow the user to select code-decoding or no-decode for each digit.

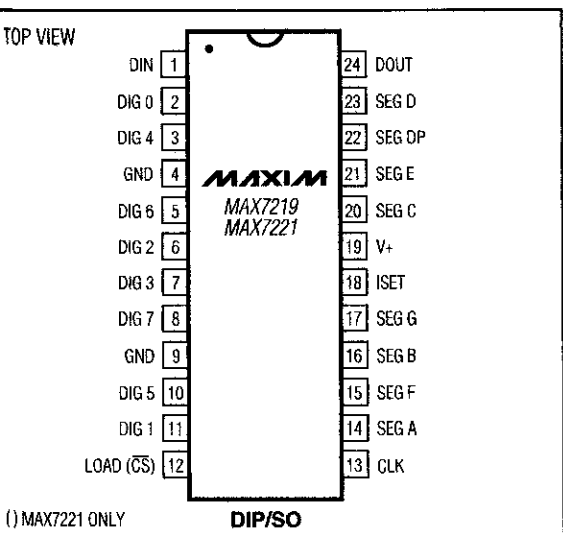
The devices include a 150 μ A low-power shutdown mode, analog and digital brightness control, a scan-register that allows the user to display from 1 to 8 digits, and a test mode that forces all LEDs on.

For applications requiring 3V operation or segment blanking, refer to the MAX6951 data sheet.

Applications

- Bar-Graph Displays
- Industrial Controllers
- Panel Meters
- LED Matrix Displays

Pin Configuration



Features

- ◆ 10MHz Serial Interface
- ◆ Individual LED Segment Control
- ◆ Decode/No-Decode Digit Selection
- ◆ 150 μ A Low-Power Shutdown (Data Retained)
- ◆ Digital and Analog Brightness Control
- ◆ Display Blanked on Power-Up
- ◆ Drive Common-Cathode LED Display
- ◆ Slew-Rate Limited Segment Drivers for Lower EMI (MAX7221)
- ◆ SPI, QSPI, MICROWIRE Serial Interface (MAX7221)
- ◆ 24-Pin DIP and SO Packages

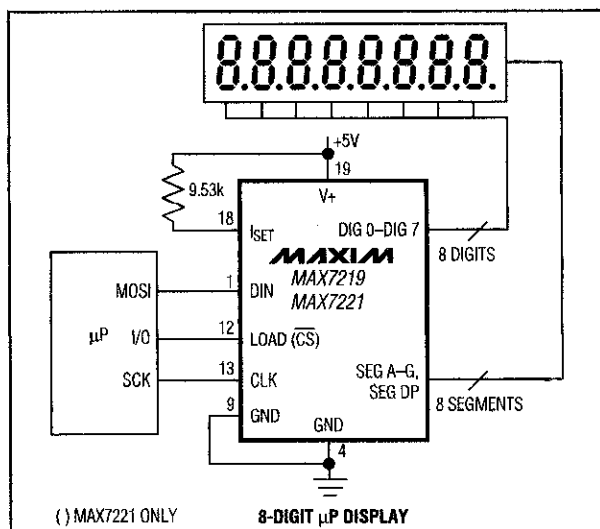
Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX7219CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX7219CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX7219C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX7219ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX7219EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX7219ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP

Ordering information continued at end of data sheet.

*Dice are specified at $T_A = +25^\circ\text{C}$.

Typical Application Circuit



SPI and QSPI are trademarks of Motorola Inc. MICROWIRE is a trademark of National Semiconductor Corp.



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

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage (with respect to GND)	-0.3V to 6V
V _{IN} , CLK, LOAD, \overline{CS}	-0.3V to 6V
All Other Pins	-0.3V to (V ₊ + 0.3V)
Operating Current	
IOG0-DIG7 Sink Current	500mA
IOGA-G, DP Source Current	100mA
Continuous Power Dissipation (T _A = +85°C)	
Narrow Plastic DIP (derate 13.3mW/°C above +70°C)	1066mW
Wide SO (derate 11.8mW/°C above +70°C)	941mW
Narrow CERDIP (derate 12.5mW/°C above +70°C)	1000mW

Operating Temperature Ranges (T _{MIN} to T _{MAX})	
MAX7219C_G/MAX7221C_G	0°C to +70°C
MAX7219E_G/MAX7221E_G	-40°C to +85°C
Storage Temperature Range	-65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C

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

Electrical Characteristics

(V₊ = 5V ±10%, R_{SET} = 9.53kΩ ±1%, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Operating Supply Voltage	V ₊		4.0		5.5	V
Shutdown Supply Current	I ₊	All digital inputs at V ₊ or GND, T _A = +25°C			150	μA
Operating Supply Current	I ₊	R _{SET} = open circuit			8	mA
		All segments and decimal point on, I _{SEG₋} = -40mA		330		
Display Scan Rate	f _{OSC}	8 digits scanned	500	800	1300	Hz
Digit Drive Sink Current	I _{DIGIT}	V ₊ = 5V, V _{OUT} = 0.65V	320			mA
Segment Drive Source Current	I _{SEG}	T _A = +25°C, V ₊ = 5V, V _{OUT} = (V ₊ - 1V)	-30	-40	-45	mA
Segment Current Slew Rate (MAX7221 only)	ΔI _{SEG} /Δt	T _A = +25°C, V ₊ = 5V, V _{OUT} = (V ₊ - 1V)	10	20	50	mA/μs
Segment Drive Current Matching	ΔI _{SEG}			3.0		%
Digit Drive Leakage (MAX7221 only)	I _{DIGIT}	Digit off, V _{DIGIT} = V ₊			-10	μA
Segment Drive Leakage (MAX7221 only)	I _{SEG}	Segment off, V _{SEG} = 0V			1	μA
Digit Drive Source Current (MAX7219 only)	I _{DIGIT}	Digit off, V _{DIGIT} = (V ₊ - 0.3V)	-2			mA
Segment Drive Sink Current (MAX7219 only)	I _{SEG}	Segment off, V _{SEG} = 0.3V	5			mA

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = 5V ± 10%, R_{SET} = 9.53kΩ ± 1%, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

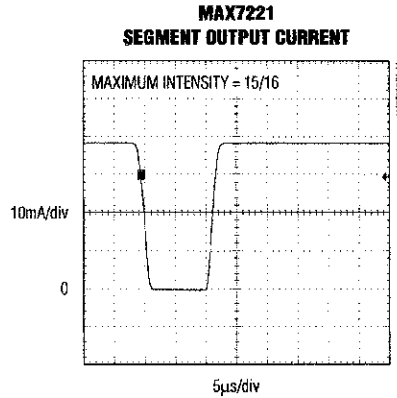
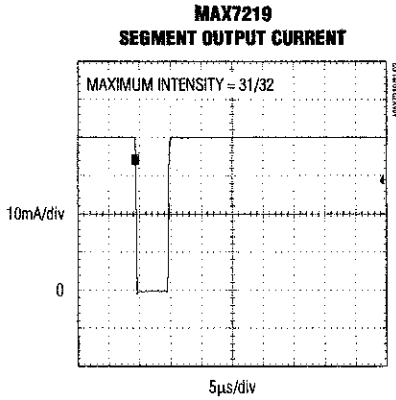
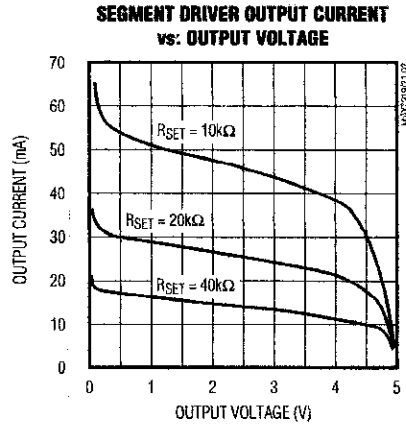
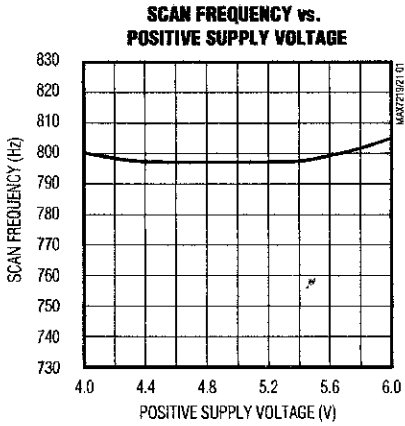
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
DC INPUTS						
Input Current DIN, CLK, D, \overline{CS}	I _{IH} , I _{IL}	V _{IN} = 0V or V ₊	-1		1	μA
Input High Voltage	V _{IH}		3.5			V
Input Low Voltage	V _{IL}				0.8	V
Output High Voltage	V _{OH}	DOUT, I _{SOURCE} = -1mA	V ₊ - 1			V
Output Low Voltage	V _{OL}	DOUT, I _{SINK} = 1.6mA			0.4	V
Input Threshold Voltage	ΔV _I	DIN, CLK, LOAD, \overline{CS}		1		V
DC CHARACTERISTICS						
Clock Period	t _{CP}		100			ns
Pulse Width High	t _{CH}		50			ns
Pulse Width Low	t _{CL}		50			ns
Fall to SCLK Rise Setup Time (MAX7221 only)	t _{CSS}		25			ns
Rise to \overline{CS} or LOAD Rise Time	t _{CSH}		0			ns
Setup Time	t _{DS}		25			ns
Hold Time	t _{DH}		0			ns
Output Data Propagation Delay	t _{DO}	C _{LOAD} = 50pF			25	ns
Output-Rising Edge to Next Clocking Edge (MAX7219 only)	t _{LDCK}		50			ns
Minimum \overline{CS} or LOAD Pulse Width	t _{CSW}		50			ns
Segment-to-Segment Delay	t _{DSPD}				2.25	ms

MAX7219/MAX7221

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

Typical Operating Characteristics

(V_{CC} = +5V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)



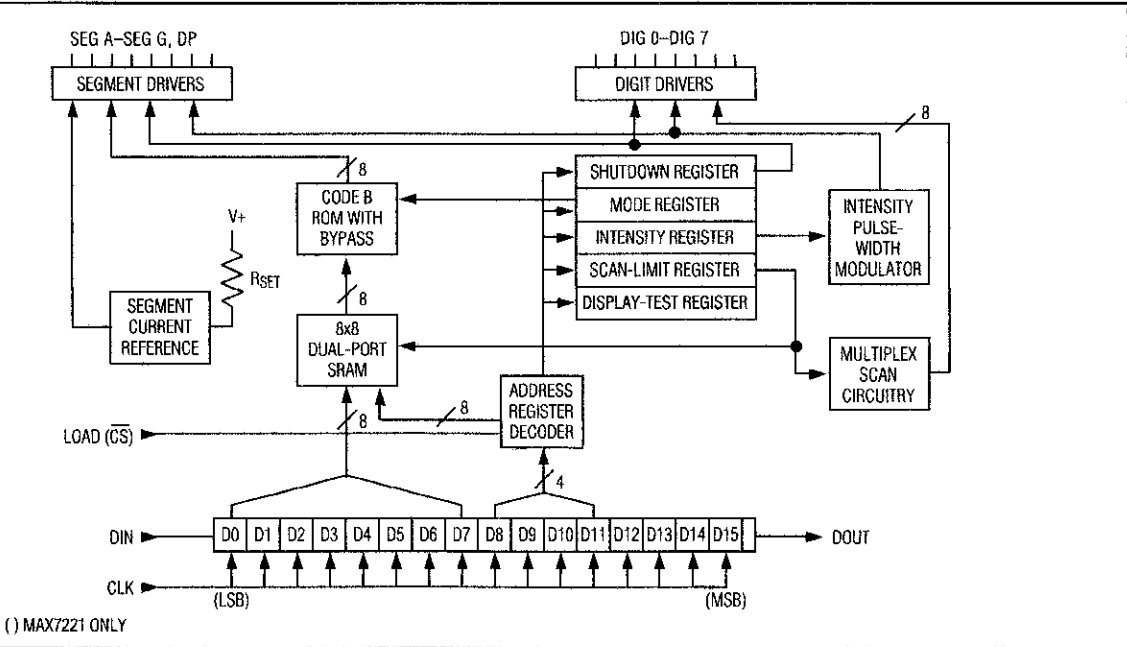
Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

Pin Description

MAX7219/MAX7221

PIN	NAME	FUNCTION
1	DIN	Serial-Data Input. Data is loaded into the internal 16-bit shift register on CLK's rising edge.
3, 5-8, 10, 11	DIG 0-DIG 7	Eight-Digit Drive Lines that sink current from the display common cathode. The MAX7219 pulls the digit outputs to V+ when turned off. The MAX7221's digit drivers are high-impedance when turned off.
4, 9	GND	Ground (both GND pins must be connected)
12	LOAD (MAX7219)	Load-Data Input. The last 16 bits of serial data are latched on LOAD's rising edge.
	\overline{CS} (MAX7221)	Chip-Select Input. Serial data is loaded into the shift register while \overline{CS} is low. The last 16 bits of serial data are latched on \overline{CS} 's rising edge.
13	CLK	Serial-Clock Input. 10MHz maximum rate. On CLK's rising edge, data is shifted into the internal shift register. On CLK's falling edge, data is clocked out of DOUT. On the MAX7221, the CLK input is active only while \overline{CS} is low.
14-17, 20-23	SEG A-SEG G, DP	Seven Segment Drives and Decimal Point Drive that source current to the display. On the MAX7219, when a segment driver is turned off it is pulled to GND. The MAX7221 segment drivers are high-impedance when turned off.
18	ISET	Connect to VDD through a resistor (RSET) to set the peak segment current (Refer to <i>Selecting RSET Resistor</i> section).
19	V+	Positive Supply Voltage. Connect to +5V.
24	DOUT	Serial-Data Output. The data into DIN is valid at DOUT 16.5 clock cycles later. This pin is used to daisy-chain several MAX7219/MAX7221's and is never high-impedance.

Functional Diagram



Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

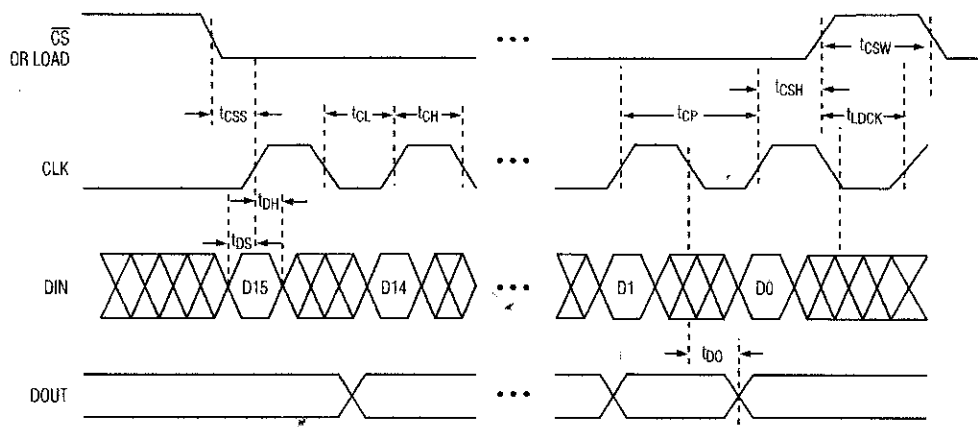


Figure 1. Timing Diagram

Table 1. Serial-Data Format (16 Bits)

D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
CLK	X	X	X	ADDRESS				MSB				DATA				LSB

Detailed Description

MAX7219/MAX7221 Differences

The MAX7219 and MAX7221 are identical except for a few parameters: the MAX7221 segment drivers are current-rate limited to reduce electromagnetic interference (EMI), and its serial interface is fully SPI compatible.

Serial-Addressing Modes

In the MAX7219, serial data at DIN, sent in 16-bit packets, is shifted into the internal 16-bit shift register on each rising edge of CLK regardless of the state of CS. For the MAX7221, CS must be low to clock data in or out. The data is then latched into either the digit or control registers on the rising edge of LOAD/CS. LOAD/CS must go high concurrently with or after the next rising clock edge, but before the next rising clock edge or data will be lost. Data at DIN is propagated through the shift register and appears at DOUT 16.5 clock cycles later. Data is clocked out on the falling edge of CLK. Data bits are labeled D0–D15 (Table 1). D12–D15 contain the register address. D0–D7 contain the data, and D12–D15 are "don't care" bits. The first received is D15, the most significant bit (MSB).

Digit and Control Registers

Table 2 lists the 14 addressable digit and control registers. The digit registers are realized with an on-chip, 8x8 dual-port SRAM. They are addressed directly so that individual digits can be updated and retain data as long as V+ typically exceeds 2V. The control registers consist of decode mode, display intensity, scan limit (number of scanned digits), shutdown, and display test (all LEDs on).

Shutdown Mode

When the MAX7219 is in shutdown mode, the scan oscillator is halted, all segment current sources are pulled to ground, and all digit drivers are pulled to V+, thereby blanking the display. The MAX7221 is identical, except the drivers are high-impedance. Data in the digit and control registers remains unaltered. Shutdown can be used to save power or as an alarm to flash the display by successively entering and leaving shutdown mode. For minimum supply current in shutdown mode, logic inputs should be at ground or V+ (CMOS-logic levels).

Typically, it takes less than 250µs for the MAX7219/MAX7221 to leave shutdown mode. The display driver can be programmed while in shutdown mode, and shutdown mode can be overridden by the display-test function.

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

MAX7219/MAX7221

Table 2. Register Address Map

REGISTER	ADDRESS					HEX CODE
	D15-D12	D11	D10	D9	D8	
Op	X	0	0	0	0	0x0
Digit 0	X	0	0	0	1	0x1
Digit 1	X	0	0	1	0	0x2
Digit 2	X	0	0	1	1	0x3
Digit 3	X	0	1	0	0	0x4
Digit 4	X	0	1	0	1	0x5
Digit 5	X	0	1	1	0	0x6
Digit 6	X	0	1	1	1	0x7
Digit 7	X	1	0	0	0	0x8
Decode mode	X	1	0	0	1	0x9
Intensity	X	1	0	1	0	0xA
Scan Limit	X	1	0	1	1	0xB
Shutdown	X	1	1	0	0	0xC
Display test	X	1	1	1	1	0xF

Initial Power-Up

On initial power-up, all control registers are reset, the display is blanked, and the MAX7219/MAX7221 enter shutdown mode. Program the display driver prior to display use. Otherwise, it will initially be set to scan one digit, it will not decode data in the data registers, and the intensity register will be set to its minimum value.

Decode-Mode Register

The decode-mode register sets BCD code B (0-9, E, H, L, P, and -) or no-decode operation for each digit. Each bit in the register corresponds to one digit. A logic high selects code B decoding while logic low bypasses the decoder. Examples of the decode mode control-register format are shown in Table 4.

When the code B decode mode is used, the decoder looks only at the lower nibble of the data in the digit registers (D3-D0), disregarding bits D4-D6. D7, which sets the decimal point (SEG DP), is independent of the decoder and is positive logic (D7 = 1 turns the decimal point on). Table 5 lists the code B font.

When no-decode is selected, data bits D7-D0 correspond to the segment lines of the MAX7219/MAX7221. Table 6 shows the one-to-one pairing of each data bit to the appropriate segment line.

Table 3. Shutdown Register Format (Address (Hex) = 0xXC)

MODE	ADDRESS CODE (HEX)	REGISTER DATA							
		D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Shutdown mode	0xXC	X	X	X	X	X	X	X	0
Normal operation	0xXC	X	X	X	X	X	X	X	1

Table 4. Decode-Mode Register Examples (Address (Hex) = 0xX9)

DECODE MODE	REGISTER DATA								HEX CODE
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
No decode for digits 7-0	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00
Code B decode for digit 0 No decode for digits 7-1	0	0	0	0	0	0	0	1	0x01
Code B decode for digits 3-0 No decode for digits 7-4	0	0	0	0	1	1	1	1	0x0F
Code B decode for digits 7-0	1	1	1	1	1	1	1	1	0xFF

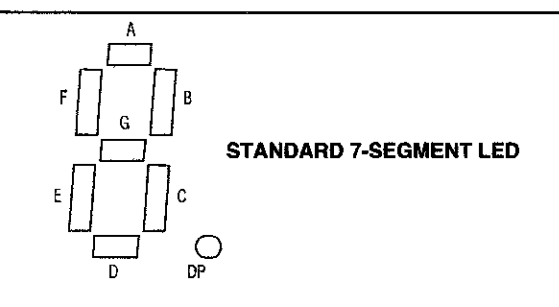
Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

Table 5. Code B Font

SEGMENT CHARACTER	REGISTER DATA						ON SEGMENTS = 1							
	D7*	D6-D4	D3	D2	D1	D0	DP*	A	B	C	D	E	F	G
0		X	0	0	0	0		1	1	1	1	1	1	0
1		X	0	0	0	1		0	1	1	0	0	0	0
2		X	0	0	1	0		1	1	0	1	1	0	1
3		X	0	0	1	1		1	1	1	1	0	0	1
4		X	0	1	0	0		0	1	1	0	0	1	1
5		X	0	1	0	1		1	0	1	1	0	1	1
6		X	0	1	1	0		1	0	1	1	1	1	1
7		X	0	1	1	1		1	1	1	0	0	0	0
8		X	1	0	0	0		1	1	1	1	1	1	1
9		X	1	0	0	1		1	1	1	1	0	1	1
—		X	1	0	1	0		0	0	0	0	0	0	1
E		X	1	0	1	1		1	0	0	1	1	1	1
H		X	1	1	0	0		0	1	1	0	1	1	1
L		X	1	1	0	1		0	0	0	1	1	1	0
P		X	1	1	1	0		1	1	0	0	1	1	1
blank		X	1	1	1	1		0	0	0	0	0	0	0

*a decimal point is set by bit D7 = 1

Table 6. No-Decode Mode Data Bits and Corresponding Segment Lines



	REGISTER DATA							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Corresponding Segment Line	DP	A	B	C	D	E	F	G

Intensity Control and Interdigit Blanking

The MAX7219/MAX7221 allow display brightness to be controlled with an external resistor (RSET) connected between V+ and ISET. The peak current sourced from the segment drivers is nominally 100 times the current entering ISET. This resistor can either be fixed or variable to allow brightness adjustment from the front panel. Its minimum value should be 9.53kΩ, which typically sets the segment current at 40mA. Display brightness can also be controlled digitally by using the intensity register.

Digital control of display brightness is provided by an internal pulse-width modulator, which is controlled by the lower nibble of the intensity register. The modulator scales the average segment current in 16 steps from a maximum of 31/32 down to 1/32 of the peak current set by RSET (15/16 to 1/16 on MAX7221). Table 7 lists the intensity register format. The minimum interdigit blanking time is set to 1/32 of a cycle.

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

MAX7219/MAX7221

Table 7. Intensity Register Format (Address (Hex) = 0xA)

DUTY CYCLE		D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	HEX CODE
MAX7219	MAX7221									
1/32 (min on)	1/16 (min on)	X	X	X	X	0	0	0	0	0x0
3/32	2/16	X	X	X	X	0	0	0	1	0x1
5/32	3/16	X	X	X	X	0	0	1	0	0x2
7/32	4/16	X	X	X	X	0	0	1	1	0x3
9/32	5/16	X	X	X	X	0	1	0	0	0x4
11/32	6/16	X	X	X	X	0	1	0	1	0x5
13/32	7/16	X	X	X	X	0	1	1	0	0x6
15/32	8/16	X	X	X	X	0	1	1	1	0x7
17/32	9/16	X	X	X	X	1	0	0	0	0x8
19/32	10/16	X	X	X	X	1	0	0	1	0x9
21/32	11/16	X	X	X	X	1	0	1	0	0xA
23/32	12/16	X	X	X	X	1	0	1	1	0xB
25/32	13/16	X	X	X	X	1	1	0	0	0xC
27/32	14/16	X	X	X	X	1	1	0	1	0xD
29/32	15/16	X	X	X	X	1	1	1	0	0xE
31/32	15/16 (max on)	X	X	X	X	1	1	1	1	0xF

Table 8. Scan-Limit Register Format (Address (Hex) = 0xB)

SCAN LIMIT	REGISTER DATA								HEX CODE
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
display digit 0 only*	X	X	X	X	X	0	0	0	0x0
display digits 0 & 1*	X	X	X	X	X	0	0	1	0x1
display digits 0 1 2*	X	X	X	X	X	0	1	0	0x2
display digits 0 1 2 3	X	X	X	X	X	0	1	1	0x3
display digits 0 1 2 3 4	X	X	X	X	X	1	0	0	0x4
display digits 0 1 2 3 4 5	X	X	X	X	X	1	0	1	0x5
display digits 0 1 2 3 4 5 6	X	X	X	X	X	1	1	0	0x6
display digits 0 1 2 3 4 5 6 7	X	X	X	X	X	1	1	1	0x7

Scan-Limit Register section for application.

Scan-Limit Register

The scan-limit register sets how many digits are displayed, from 1 to 8. They are displayed in a multiplexed manner with a typical display scan rate of 800Hz with 8 digits displayed. If fewer digits are displayed, the scan rate is $8f_{osc}/N$, where N is the number of digits

scanned. Since the number of scanned digits affects the display brightness, the scan-limit register should not be used to blank portions of the display (such as leading zero suppression). Table 8 lists the scan-limit register format.

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

scan-limit register is set for three digits or less, dual digit drivers will dissipate excessive amounts of power. Consequently, the value of the RSET resistor must be adjusted according to the number of digits displayed, to limit individual digit driver power dissipation. Table 9 lists the number of digits displayed and the corresponding maximum recommended segment current when the digit drivers are used.

Display-Test Register

The display-test register operates in two modes: normal display test. Display-test mode turns all LEDs on (including, but not altering, all controls and digit registers (including the shutdown register). In display-test mode, 8 digits are scanned and the duty cycle is 31/32 (31 for MAX7219 and 32 for MAX7221). Table 10 lists the display-test register format.

Table 9. Maximum Segment Current for 1-, 2-, or 3-Digit Displays

NUMBER OF DIGITS DISPLAYED	MAXIMUM SEGMENT CURRENT (mA)
1	10
2	20
3	30

Table 10. Display-Test Register Format (Address (Hex) = 0xXF)

MODE	REGISTER DATA							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Normal Operation	X	X	X	X	X	X	X	0
Display Test Mode	X	X	X	X	X	X	X	1

The MAX7219/MAX7221 remain in display-test mode (all LEDs on) until the display-test register is reconfigured for normal operation.

No-Op Register

The no-op register is used when cascading MAX7219s and MAX7221s. Connect all devices' LOAD/CS inputs to the same driver and connect DOUT to DIN on adjacent devices. DOUT is a CMOS logic-level output that easily drives the DIN of successively cascaded parts. (Refer to the Serial Addressing Modes section for detailed information on serial input/output timing.) For example, if three MAX7219s are cascaded, then to write to the

fourth chip, send the desired 16-bit word, followed by three no-op codes (hex 0xXX0X, see Table 2). When LOAD/CS goes high, data is latched in all devices. The first three chips receive no-op commands, and the fourth receives the intended data.

Applications Information

Supply Bypassing and Wiring

To minimize power-supply ripple due to the peak digit driver currents, connect a 10µF electrolytic and a 0.1µF ceramic capacitor between V+ and GND as close to the device as possible. The MAX7219/MAX7221 should be placed in close proximity to the LED display, and connections should be kept as short as possible to minimize the effects of wiring inductance and electromagnetic interference. Also, both GND pins must be connected to ground.

Selecting RSET Resistor and Using External Drivers

The current per segment is approximately 100 times the current in ISET. To select RSET, see Table 11. The MAX7219/MAX7221's maximum recommended segment current is 40mA. For segment current levels above these levels, external digit drivers will be needed. In this application, the MAX7219/MAX7221 serve only as controllers for other high-current drivers or transistors. Therefore, to conserve power, use RSET = 47kΩ when using external current sources as segment drivers.

The example in Figure 2 uses the MAX7219/MAX7221's segment drivers, a MAX394 single-pole double-throw analog switch, and external transistors to drive 2.3" AND2307SLC common-cathode displays. The 5.6V zener diode has been added in series with the decimal point LED because the decimal point LED forward voltage is typically 4.2V. For all other segments the LED forward voltage is typically 8V. Since external transistors are used to sink current (DIG 0 and DIG 1 are used as logic switches), peak segment currents of 45mA are allowed even though only two digits are displayed. In applications where the MAX7219/MAX7221's digit drivers are used to sink current and fewer than four digits are displayed, Table 9 specifies the maximum allowable segment current. RSET must be selected accordingly (Table 11).

Refer to the Power Dissipation section of the Absolute Maximum Ratings to calculate acceptable limits for ambient temperature, segment current, and the LED forward-voltage drop.

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

Table 11. RSET vs. Segment Current and Forward Voltage

I _{SEG} (mA)	V _{LED} (V)				
	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
40	12.2	11.8	11.0	10.6	9.69
30	17.8	17.1	15.8	15.0	14.0
20	29.8	28.0	25.9	24.5	22.6
10	66.7	63.7	59.3	55.4	51.2

Computing Power Dissipation

The upper limit for power dissipation, (PD) for the 7219/MAX7221 is determined from the following equation:

$$P_D = (V_+ \times I_{SEG}) + (V_+ - V_{LED})(DUTY \times I_{SEG} \times N)$$

- V₊ = supply voltage
- DUTY = duty cycle set by intensity register
- N = number of segments driven (worst case is 8)
- V_{LED} = LED forward voltage
- I_{SEG} = segment current set by RSET

Dissipation Example:

I_{SEG} = 40mA, N = 8, DUTY = 31/32, V_{LED} = 1.8V at 40mA, V₊ = 5.25V

$$P_D = 5.25V(8mA) + (5.25V - 1.8V)(31/32 \times 40mA \times 8) = 1.11W$$

Thus, for a CERDIP package (θ_{JA} = +80°C/W from Table 12), the maximum allowed ambient temperature is given by:

$$T_{J(MAX)} = T_A + P_D \times \theta_{JA} + 150^\circ C = T_A + 1.11W \times 80^\circ C/W$$

Therefore T_A = +61.2°C.

T_A limits for PDIP and SO Packages in the dissipation example above are +66.7°C and +55.6°C, respectively.

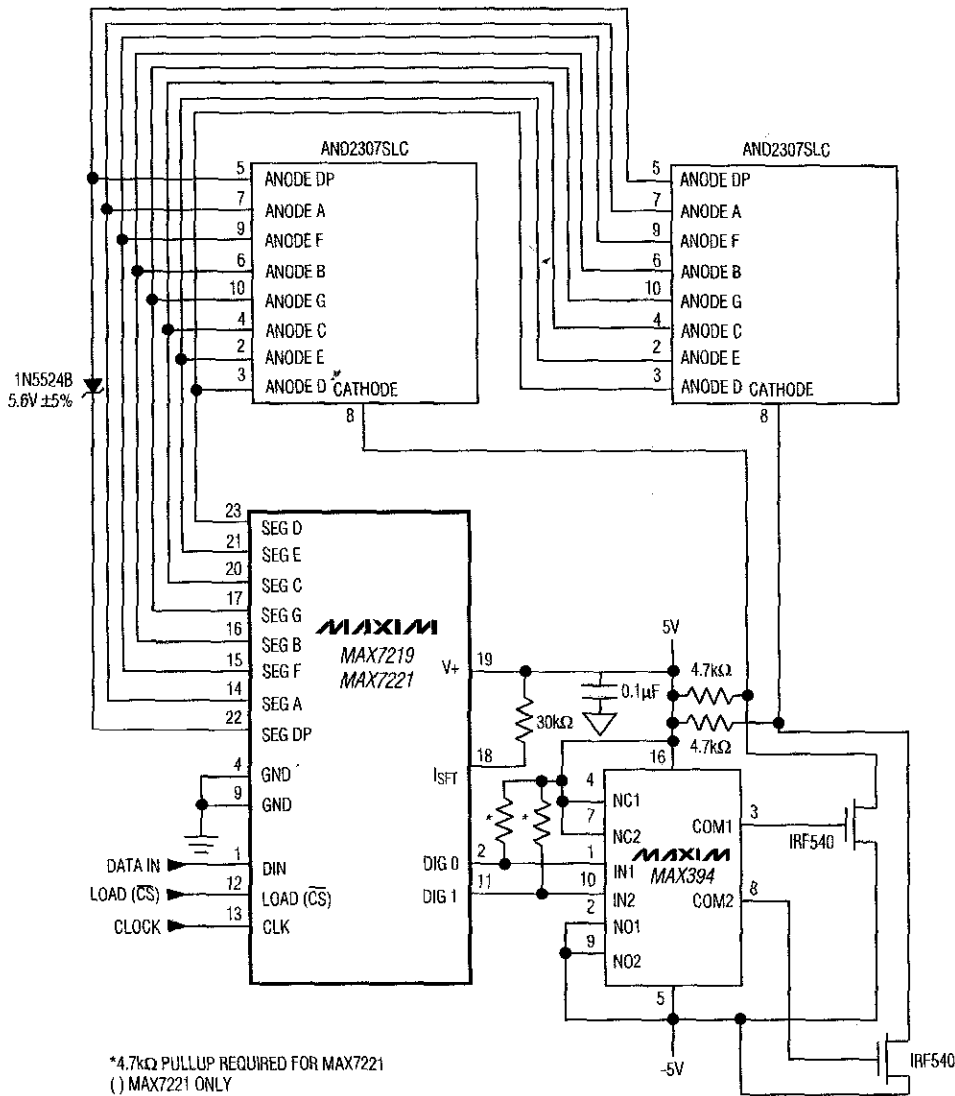
Table 12. Package Thermal Resistance Data

PACKAGE	THERMAL RESISTANCE (θ _{JA})
24 Narrow DIP	+75°C/W
24 Wide SO	+85°C/W
24 CERDIP	+80°C/W
Maximum Junction Temperature (T _J) = +150°C	
Maximum Ambient Temperature (T _A) = +85°C	

Cascading Drivers

The example in Figure 3 drives 16 digits using a 3-wire μP interface. If the number of digits is not a multiple of 8, set both drivers' scan limits registers to the same number so one display will not appear brighter than the other. For example, if 12 digits are needed, use 6 digits per display with both scan-limit registers set for 6 digits so that both displays have a 1/6 duty cycle per digit. If 11 digits are needed, set both scan-limit registers for 6 digits and leave one digit driver unconnected. If one display for 6 digits and the other for 5 digits, the second display will appear brighter because its duty cycle per digit will be 1/5 while the first display's will be 1/6. Refer to the *No-Op Register* section for additional information.

rially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers



re 2. MAX7219/MAX7221 Driving 2.3in Displays

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

MAX7219/MAX7221

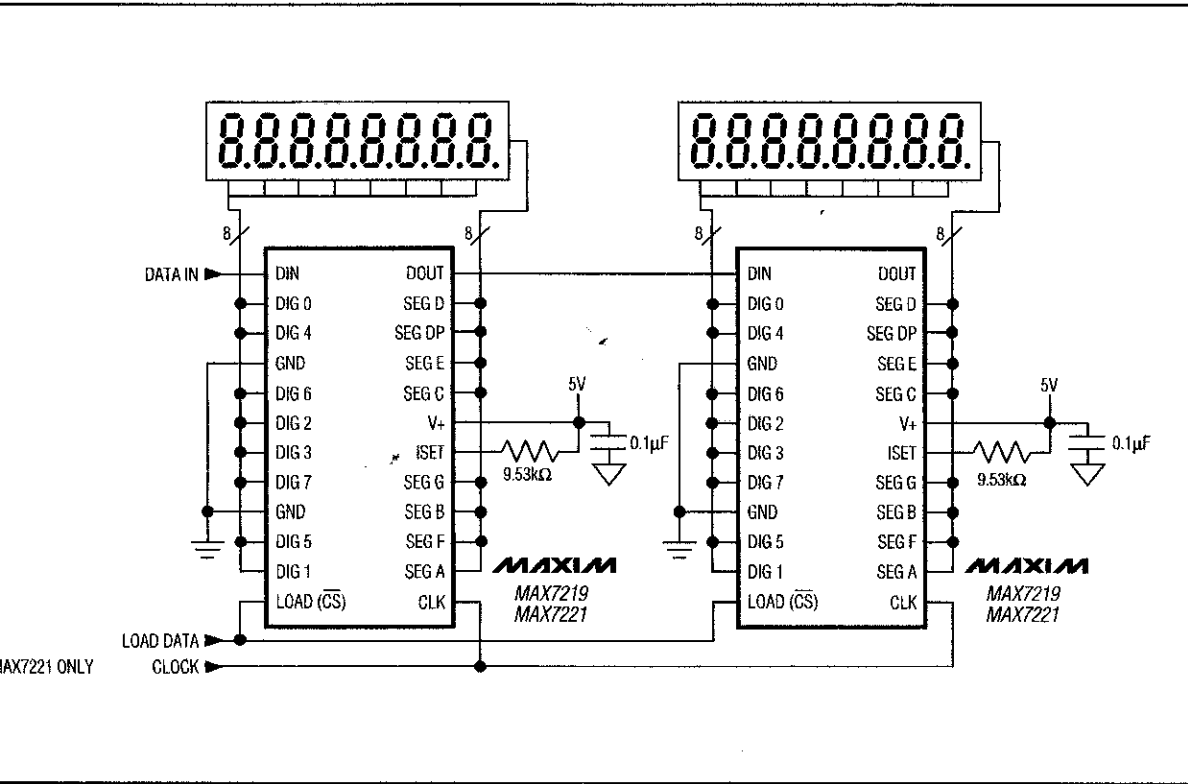


Figure 3. Cascading MAX7219/MAX7221s to Drive 16 Seven-Segment LED Digits

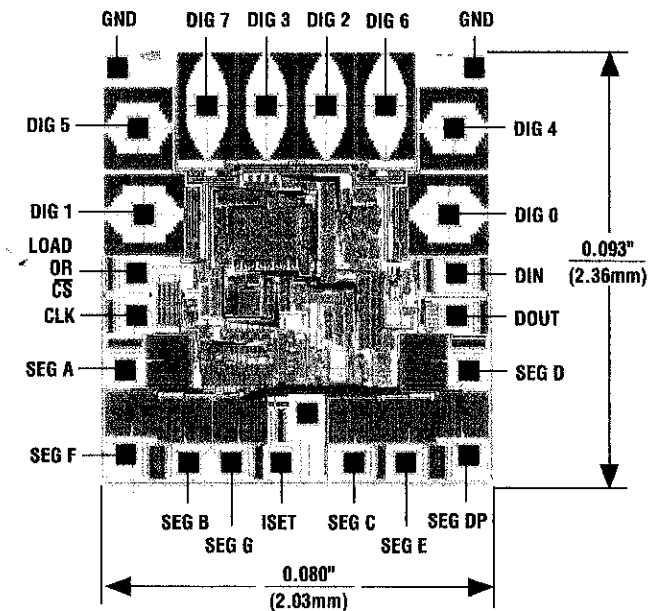
Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

Ordering Information (continued)

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
X7221CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
X7221CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
X7221C/D	0°C to +70°C	Dice*
X7221ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
X7221EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
X7221ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP

* are specified at $T_A = +25^\circ\text{C}$.

Chip Topography



TRANSISTOR COUNT: 5267

SUBSTRATE CONNECTED TO GND

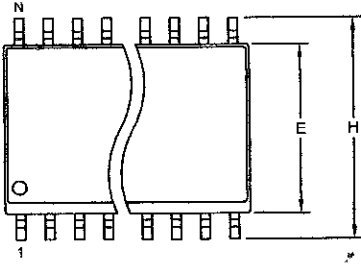
Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

Package Information

Package drawing(s) in this data sheet may not reflect the most current specifications. For the latest package outline information www.maxim-lc.com/packages.)

MAX7219/MAX7221

SOIC/EP

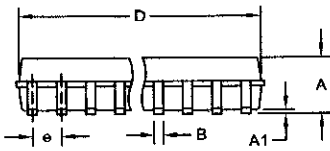


TOP VIEW

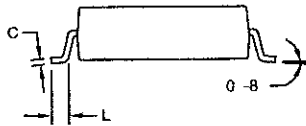
DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.093	0.104	2.35	2.65
A1	0.004	0.012	0.10	0.30
B	0.014	0.019	0.35	0.49
C	0.009	0.013	0.23	0.32
e	0.050		1.27	
E	0.291	0.299	7.40	7.60
H	0.394	0.419	10.00	10.65
L	0.016	0.050	0.40	1.27

VARIAIONS:

DIM	INCHES		MILLIMETERS		N	MS013
	MIN	MAX	MIN	MAX		
D	0.398	0.413	10.10	10.50	16	AA
D	0.447	0.463	11.35	11.75	18	AB
D	0.496	0.512	12.60	13.00	20	AC
D	0.598	0.614	15.20	15.60	24	AD
D	0.697	0.713	17.70	18.10	28	AE



FRONT VIEW



SIDE VIEW

NOTES:

1. D&E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH.
2. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS NOT TO EXCEED 0.15mm (.006").
3. LEADS TO BE COPLANAR WITHIN 0.10mm (.004").
4. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETERS.
5. MEETS JEDEC MS013.
6. N = NUMBER OF PINS.

<small>PROPRIETARY INFORMATION</small>	
TITLE: PACKAGE OUTLINE, .300" SOIC	
APPROVAL:	DOCUMENT CONTROL NO: 21-0042
REV: B	1/1

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

Package Information (continued)

MAX7219/MAX7221

(The package drawing(s) in this data sheet may not reflect the most current specifications. For the latest package outline information go to www.maxim-lc.com/packages.)

PDIP, EPSS

	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	---	0.180	---	4.572
A1	0.015	---	0.38	---
A2	0.125	0.175	3.18	4.45
A3	0.055	0.080	1.40	2.03
B	0.015	0.022	0.381	0.56
B1	0.045	0.065	1.14	1.65
C	0.008	0.014	0.2	0.355
D	0.005	0.080	0.13	2.03
E	0.300	0.325	7.62	8.26
E1	0.240	0.310	6.10	7.87
e	0.100 BSC.		2.54 BSC.	
eA	0.300 BSC.		7.62 BSC.	
eB	0.400 BSC.		10.16 BSC.	
L	0.115	0.150	2.921	3.81

	INCHES		MILLIMETERS		N	MS001
	MIN	MAX	MIN	MAX		
D	0.348	0.390	8.84	9.91	8	AB
D	0.735	0.765	18.67	19.43	14	AC
D	0.745	0.765	18.92	19.43	16	AA
D	0.885	0.915	22.48	23.24	18	AD
D	1.015	1.045	25.78	26.54	20	AE
D	1.14	1.265	28.96	32.13	24	AF
D	1.360	1.380	34.54	35.05	28	*5

NOTES:

1. D&E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH
2. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS NOT TO EXCEED .15mm (.006")
3. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER
4. MEETS JEDEC MS001-XX AS SHOWN IN ABOVE TABLE
5. SIMILAR TO JEDEC MO-058AB
6. N = NUMBER OF PINS

DO NOT CHANGE OR SUPPLEMENT THIS SYMBOL FOR ANY OTHER THAN THE ORIGINAL INTENTION.

PACKAGE FAMILY OUTLINE: PDIP .300'

1/1

21-0043 D

REVISION CONTROL NUMBER ONLY

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are applied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 (408) 737-7600

เอกสารอ้างอิง

- [1] เฉลิมชนม์ สติระพจน์, การสำรวจรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสเบื้องต้น. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- [2] ชูปนันทน์ นิลรัตน์, การกำหนดตำแหน่งบนพื้นพิภพ [homepage].[15 June 2002]. Available from :
URL: <http://www.rs.psu.ac.th/gps/gps.htm>
- [3] คำเนิน คงพาลา, ตำรวจ1(Surveying 1). สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2543
- [4] นคร ภักดีชาติ, ชีรบูลย์ หล่อวิเชียรรุ่ง, และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51ด้วยโปรแกรมภาษาซี, บริษัท อิน โนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, 2547
- [5] ธนัท ชัยยุทธ, โปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษา c และ c++, สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ, 2542
- [6] ชีรวัฒน์ ประกอบผล, การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2545
- [7] ชีรวัฒน์ ประกอบผล, การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น),
- [8] ชีรวัฒน์ ประกอบผล, ภาษาแอสเซมบลีสำหรับ MCS-51, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2546
- [9] ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย, วิชาการสำรวจขั้นสูง, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2534.

- [10] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, **เรียนรู้และปฏิบัติการมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51**, บริษัท อินโนเท็ฟ เอ็กเพอริเม้นต์ จำกัด
- [11] วรพล ติลาเกียรติสกุล, มารุต ตามศรี, และ พัฒนพล สายกลืน, **C51LAB C Language Laboratory**, บริษัท ศิลารี่เสิร์ช จำกัด
- [12] ศูนย์วิชาการสารสนเทศภูมิวิศวกรรม, **ระบบหาพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลก** [homepage]. [15 June 2002]. Available from : URL : <http://gierc.en.kku.ac.th/>
- [13] พ.อ.ศุภฤกษ์ ชัยชนะ , **GPS** [homepage]. [18 June 2002]. Available from : URL: <http://www.geocities.com/sup2822911/index.html>
- [14] พ.อ.ศุภฤกษ์ ชัยชนะ . **การหาตำแหน่งโดยเครื่องมือ GPS**[homepage]. [18 June 2002]. Available from : URL: <http://www.geocities.com/sup2822911/gps.html>
- [15] อนันต์ คำภีระ. **ความรู้เกี่ยวกับแผนที่เบื้องต้น**[homepage]. Available from : URL: <http://www.physics.sci.rit.ac.th/sciencefac/artic/map/map.htm>
- [16] Alfred Leick, **GPS satellite Surveying**, John wiley & Sons, 1990
- [17] Andrew S.Tanenbaum, **computer network**, Pearson Education Indochina Ltd., 2004
- [18] Glenn Baddeley, **GPS - NMEA sentence information**, [homepage]. [20 June 2001] Available from : URL: <http://aprs.gids.nl/nmea/>
- [19] Glenn Baddeley, **NMEA data**, [homepage] Available from : URL: <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>

[20] ThaiGPS. **what's gps?** [homepage]. [10 July 2002] Available from :

URL: http://www.thaigps.com/what_gps.html

[21] Trimble Navigation Limited. **All About GPS** [homepage]. [30 June 2002] Available from :

URL: <http://www.trimble.com/gps/>

ชุดแสดงผลตำแหน่งรถไฟในการเข้าออกสถานี



1.) ชุดตรวจวัดตำแหน่ง

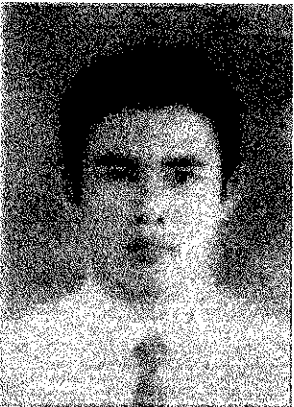


2.) บอร์ดแสดงผล

ประวัติผู้เขียน



ศาสตราจารย์ ดร. อมรศุภรัตน์ เกิดเมื่อวันที่ 16 ตุลาคม พ.ศ.2526
ภูมิลำเนาเดิม แขวงบางแค เขตบางแค จ.กรุงเทพฯ
สำเร็จชั้นประถมศึกษาจาก โรงเรียนกรพิทักษ์ศึกษา จ.กรุงเทพฯ
สำเร็จชั้นมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนมัธยมวัดสิงห์ จ.กรุงเทพฯ
เข้าเรียนระดับอุดมศึกษาในปี พ.ศ.2544 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
และเคยดำรงตำแหน่งประธานคณะกรรมการฝ่ายบำเพ็ญประโยชน์
องค์การบริหาร องค์การนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ธรรมรัตน์ กลั่นเขตกิจ เกิดเมื่อวันที่ 13 มีนาคม พ.ศ.2526
ภูมิลำเนาเดิม ต.สุขฤทัย อ.ห้วยคต จ.อุทัยธานี
สำเร็จชั้นประถมศึกษาจาก โรงเรียนชุมชนวัดสุวรรณบรรพต จ.อุทัยธานี
สำเร็จชั้นมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนหนองฉางวิทยา จ.อุทัยธานี
เข้าเรียนระดับอุดมศึกษาในปี พ.ศ.2544 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
และเคยดำรงตำแหน่งหัวหน้าฝ่ายสิทธิประโยชน์นักศึกษา
องค์การบริหาร องค์การนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี