

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบจำกัดพื้นที่ใช้งานรถเช่า

Limited area car rental usage system



โดย
นายฉัตรชัย นาคจันทร์
นายอมฤต เทพรัักษ์

ค.ศ. ๒๕๕๙
๑๗๔๙

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 71997
วัน,เดือน,ปี...๗...๕...๒๕๕๙

b. 117b1b35
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ผ่านการตรวจขึ้นเล่มแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ไม่รับรองใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร

ระบบจำกัดพื้นที่ใช้งานรถเช่า

Limited area car rental usage system



โดย
นายฉัตรชัย นาคจันทร์ 47015004
นายอมฤต เทพรัักษ์ 47015036

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน
ผศ.ดร.จิรสุดา โคนิยาภรณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบจำกัดพื้นที่ใช้งานรถเช่า

Limited area car rental usage system

ผู้จัดทำ

1. นายฉัตรชัย นาคจันทร์ 47015004

2. นายอมฤต เทพรักษ์ 47015036

.....*ปราโมทย์*.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน)

.....*จิรัฐดา*.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.จิรัฐดา โกษียาภรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบจำกัดพื้นที่ใช้งานรถเช่า

Limited area car rental usage system

โดย นายฉัตรชัย นาคจันทร์ 47015004

นายอมฤต เทพรักษ์ 47015036

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน

ผศ.ดร.จิรสุดา โกษิยาภรณ์

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอระบบจำกัดพื้นที่ใช้งานรถเช่า เพื่อช่วยลดปัญหาการโจรกรรมรถยนต์เช่าในปัจจุบัน โดยหลักการทำงานจะใช้ระบบจีพีเอส (Global Positioning System) เพื่อระบุตำแหน่งของตัวรถ โดยอ้างอิงกับระบบพิกัด ซึ่งหากตำแหน่งของตัวรถเคลื่อนที่ออกนอกพื้นที่ใช้งาน ระบบที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 จะทำการเตือนผู้ขับขี่ยานยนต์และจะทำการตัดการทำงานในเวลาต่อมา

ABSTRSCT

This project presents a system of limited area car rental usage which can be used to decrease the problem of the rental car robbery. The principle of this project is the usage of the global positioning system (GPS) to determine the position of the rental car. In case that the car position is outside the assigned area, the control system which is the microcontroller MCS 51 will alarm the driver and finally shut down the operation of the car.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริชญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี อันเนื่องมาจากการแนะนำให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทาง จาก รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน และ ผศ.ดร.จิรสุตา โกษิษาภรณ์ ซึ่งคอยให้คำปรึกษาและกำลังใจเป็นอย่างดี เชื่อม ตลอดจนบุคคลที่มีส่วนร่วมในปริชญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ ของทุกท่านไว้ ณ ที่นี้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ระบบระบุตำแหน่งบนผิวโลก	3
2.1.1 องค์ประกอบของระบบจีพีเอส	3
2.1.2 การหาตำแหน่งพิกัดของผู้ใช้	5
2.1.3 สัญญาณที่ใช้ในจีพีเอส	6
2.1.4 การวัดระยะห่างจากดาวเทียมถึงเครื่องรับสัญญาณ	7
2.1.5 โครงสร้างของข้อมูลที่ส่งมาจากดาวเทียมจีพีเอส	8
2.1.6 ปัญหาที่เกิดจากความแม่นยำที่ถูกต้องจำกัดไว้ของระบบจีพีเอส	9
2.1.7 มาตรฐาน NMEA 0183	11
2.2 การอ้างอิงพิกัดตำแหน่ง	16
2.2.1 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic coordinate)	16
2.2.2 การอ้างอิงพิกัดแบบ UTM	18
2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ I ² C	20
2.3.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I ² C	21
2.3.2 หลักการของบัส I ² C	22
2.3.3 สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัส I ² C	23
2.3.4 การทำงานบนบัส I ² C	24
2.3.5 การอ้างถึงแบบ 7 บิต (7-Bit Addressing)	24
2.3.6 การอ้างถึงแบบ 10 บิต (10-Bit Addressing)	25
2.3.7 การต่ออุปกรณ์ระบบบัส I ² C กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	26
2.3.8 การเขียนโปรแกรมติดต่อบัส I ² C	26
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์	27
2.4.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์	27
2.4.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบเฟลชจาก Phillips	28
2.5 มาตรฐาน RS-232C	29
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	31
3.1 วงจรในส่วนต่างๆของระบบ	31
3.1.1 ส่วนของการต่อวงจรการทำงานของเครื่องรับจีพีเอส	31
3.1.2 การต่อวงจรการใช้งานสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51RD2	33
3.1.3 การออกแบบวงจรแสดงการทำงาน	36
3.2 ไฟร์ชาร์ตแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	38
4.1 วัดและแสดงผลค่าที่จีพีเอสส่งออกมา	38
4.1.1 วัดและแสดงผลค่าของจีพีเอสที่ยังไม่ต่อ IC MAX-232	38
4.1.2 ผลการต่อโมดูลจีพีเอสเข้ากับ IC MAX-232	39
4.2 การเขียนโปรแกรมเพื่อแยกตัวที่ต้องการ แสดงผลทางโปรแกรม Hyper Terminal	40
4.3 การต่อหน่วยความจำเพื่อทำการเก็บและส่งข้อมูล	45
4.4 ลักษณะชิ้นงานของโครงงานนี้	47
4.5 การวัดค่าพิกัดตำแหน่งต่างๆภายในสถาบัน	49
4.6 การออกแบบการจำกัดพื้นที่	50
4.7 หน้าต่างที่ใช้รันโปรแกรม	51
4.8 แสดงผลการทำงาน	51
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป	54
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 โครงสร้างกับตัวรถเช่าของระบบจำกัดพื้นที่การใช้งานของรถเช่าที่คิดตั้งไป	2
รูปที่ 2.1 วงโคจรของดาวเทียมจีพีเอส	3
รูปที่ 2.2 สถานีควบคุมดาวเทียมจีพีเอส	4
รูปที่ 2.3 แสดงทรงกลมวงที่จำลองรัศมีของดาวเทียมจีพีเอส	5
รูปที่ 2.4 แสดงวงกลม 3 วงแสดงรัศมีของดาวเทียมจีพีเอส	6
รูปที่ 2.5 โครงสร้างของสัญญาณที่ใช้ในระบบจีพีเอส	7
รูปที่ 2.6 โครงสร้างข้อมูลที่ส่งมาจากดาวเทียมจีพีเอส	8
รูปที่ 2.7 แผนผังองค์ประกอบของ DGPS	9
รูปที่ 2.8 แผนผังองค์ประกอบของระบบ WAAS	10
รูปที่ 2.9 แสดงระบบพิกัดภูมิศาสตร์	17
รูปที่ 2.10 แสดงการแบ่งเลข UTM	18
รูปที่ 2.11 แสดงการแบ่งพื้นที่ออกเป็น โซน (Zone) สำหรับการอ้างอิงพิกัดแบบ UTM	19
รูปที่ 2.12 แสดงการแบ่งพื้นที่เป็นรหัส	19
รูปที่ 2.13 แสดงแผนผังการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ บนระบบบัส I ² C	21
รูปที่ 2.14 แสดงวงจรเอาต์พุตของอุปกรณ์ในระบบบัส I ² C	21
รูปที่ 2.15 การต่อตัวต้านทานพูลอัพบนสายสัญญาณระบบบัส I ² C	22
รูปที่ 2.16 แสดงการ start และ stop condition ของระบบบัส I ² C	23
รูปที่ 2.17 แสดงไคอะแกรมเวลาที่แสดงถึงการเกิดสถานะต่างๆบนบัสทั้ง 5 สถานะ	24
รูปที่ 2.18 แสดงรูปแบบของข้อมูลกำหนดแอดเดรสที่ใช้ในการอ้างอิงแบบ 7 บิต	25
รูปที่ 2.19 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I ² C เมื่อใช้การอ้างอิงแบบ 7 บิต	25
รูปที่ 2.20 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I ² C เมื่อใช้การอ้างอิงแบบ 10 บิต	26
รูปที่ 2.21 แสดงการใช้ RS-232 เชื่อมต่ออุปกรณ์	29
รูปที่ 3.1 การเชื่อมต่อเครื่องรับจีพีเอส เข้ากับวงจร IC MAX-232	31
รูปที่ 3.2 แสดงรายละเอียดของเครื่องรับจีพีเอส	32
รูปที่ 3.3 วงจรของ Supply	33
รูปที่ 3.4 ปลายทองแดงของวงจร Supply และ IC MAX-232	34
รูปที่ 3.5 รูปปลายทองแดงพร้อมลงอุปกรณ์	35
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรของการเขียนและรัน โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51RD2	36
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรสมบูร์นที่ใช้ใช้งาน	36
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรการทำงาน	37
รูปที่ 3.9 แสดงวงจรขยายแรงดันรีเลย์	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.1 แสดงการรับค่าจากดาวเทียมบนโปรแกรม Hyper Terminal	38
รูปที่ 4.2 ระดับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอส โดยวัดค่าจากออสซิลโลสโคป	39
รูปที่ 4.3 แสดงค่าโมดูลจีพีเอสต่อกับวงจร RS-232	39
รูปที่ 4.4 แสดงรูปสัญญาณ โมดูลจีพีเอส ต่อกับวงจร RS-232	40
รูปที่ 4.5 แสดงการแยกเสกเตอร์	41
รูปที่ 4.6 แสดงผลการเลือกเสกเตอร์	42
รูปที่ 4.7 แสดงผลค่าที่คัดจับไปใช้งาน	42
รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณที่คัดจับไปใช้งาน	43
รูปที่ 4.9 แผนที่ประเทศไทยที่แสดงพิกัดใช้อ้างอิง	44
รูปที่ 4.10 แสดงสภาวะบัสว่างของการรับส่งข้อมูลแบบ I ² C	45
รูปที่ 4.11 แสดงสภาวะเริ่มต้นการถ่ายข้อมูลแบบ I ² C	46
รูปที่ 4.12 แสดงสภาวะข้อมูลค้างอยู่บนบัสของการรับส่งข้อมูลแบบ I ² C	46
รูปที่ 4.13 แสดงรูปชิ้นงานภายใน	47
รูปที่ 4.14 แสดงชิ้นงานภายนอก	48
รูปที่ 4.15 ชุดต่อพ่วงเพื่อควบคุมรถยนต์	48
รูปที่ 4.16 แสดงอุปกรณ์ภายในชุดต่อพ่วง	49
รูปที่ 4.17 แสดงการออกแบบการจำกัดพื้นที่	50
รูปที่ 4.18 แสดงการต่อใช้งาน	51
รูปที่ 4.19 แสดงการทำงานอยู่ในพื้นที่	52
รูปที่ 4.20 แสดงการเตือนก่อนออกนอกพื้นที่	52
รูปที่ 4.21 แสดงการตัดการทำงานเมื่อออกนอกพื้นที่	53

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงความหมายในเรคอร์ด GGA	12
ตารางที่ 2.2 แสดงความหมายในเรคอร์ด GLL	13
ตารางที่ 2.3 แสดงความหมายในเรคอร์ด GSA	13
ตารางที่ 2.4 แสดงความหมายในเรคอร์ด GSA	14
ตารางที่ 2.5 แสดงความหมายในเรคอร์ด RMC	15
ตารางที่ 2.6 แสดงความหมายในเรคอร์ด VCT	15
ตารางที่ 2.7 ย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญา RS232C	30
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าพิกัดตำแหน่งต่างๆภายในสถาบัน	49



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบระบุตำแหน่งบนผิวโลก
2. เพื่อออกแบบระบบจำกัดพื้นที่การใช้งานของรถโดยใช้เครื่องระบุตำแหน่ง
3. เพื่อสร้างระบบจำกัดพื้นที่การใช้งานของรถโดยใช้เครื่องระบุตำแหน่ง
4. เพื่อทดลองระบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด
5. เพื่อให้ใช้งาน ได้จริงและเพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อไป

ขอบเขตของโครงการ

1. ระบบจำกัดพื้นที่การใช้งานรถเช่า สามารถกำหนดพื้นที่ใช้งานเทียบตำแหน่งกับจีพีเอส โดยใช้ MCS 51 ความคุม
2. สามารถแจ้งเตือนผู้ใช้งานหากผู้ใช้งานใกล้จะออกจากพื้นที่ให้บริการ
3. สามารถตัดการทำงานของรถยนต์หากออกนอกพื้นที่ให้บริการ

องค์ประกอบของระบบจำกัดพื้นที่ใช้งานรถเช่า

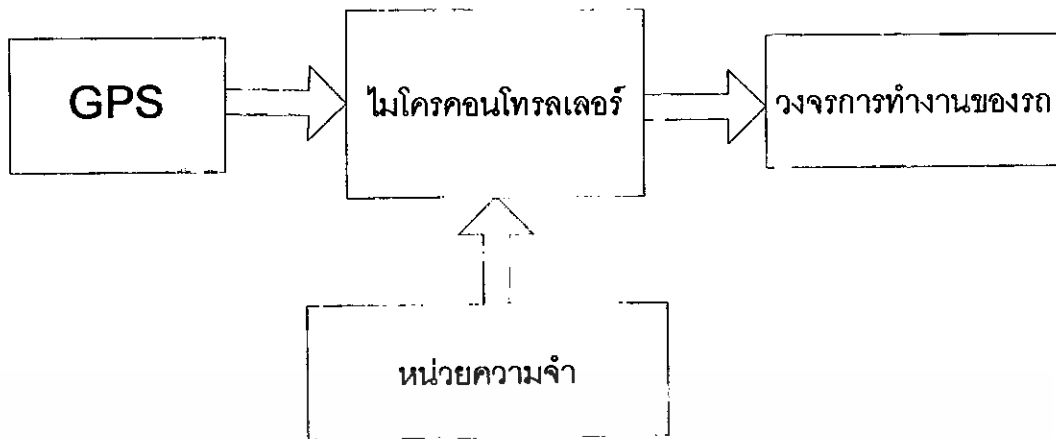
ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆคือ เครื่องระบุตำแหน่ง (GPS), หน่วยความจำ (EEPROM) และ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS 51)

- เครื่องรับจีพีเอส เป็นตัวระบุตำแหน่งปัจจุบันของรถว่าอยู่ที่ ละติจูด ลองจิจูด ไค
- หน่วยความจำ เป็นตัวเก็บค่าพิกัดที่เรากำหนดให้รถใช้งานได้
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวประมวลผลของระบบนี้กับเครื่องรับจีพีเอส ว่าค่าที่ได้รับมานั้น

อยู่ในขอบเขตที่หน่วยความจำเก็บค่าไว้หรือไม่ ถ้าไม่จะทำการตัดการทำงานของระบบรถยนต์โดยจะมีการเตือนก่อนหากใกล้จะออกจากพื้นที่ที่กำหนด

หลักการทำงานและโครงสร้างของระบบจำกัดพื้นที่การใช้งานของรถเช่า

ระบบจำกัดพื้นที่การใช้งานของรถเช่าจะมีส่วนของเครื่องระบุตำแหน่งเป็นส่วนที่จะต้องติดตั้งไปกับตัวรถเช่า โดยจะมีตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51RD2 เป็นตัวที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบ และมีหน่วยความจำไว้ใช้เรียกตำแหน่งมาให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เปรียบเทียบกับตำแหน่ง โดยจะมีโครงสร้างโดยรวมของระบบจำกัดพื้นที่การใช้งานของรถเช่าที่ติดตั้งไปกับตัวรถเช่าแสดงดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 โครงสร้างกับตัวรถเข้าของระบบจำกัดพื้นที่การใช้งานของรถเช่าที่ติดตั้งไป

หลักการการทำงานของระบบจำกัดพื้นที่การใช้งานของรถเช่า จะเป็นการนำเอาพิกัดตำแหน่งที่ได้จากเครื่องระบุตำแหน่งมาเปรียบเทียบกับค่าตำแหน่งที่เรากำหนดไว้ในหน่วยความจำ และจะมีตัวไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้ในการ ในการสั่งงานให้วงจรของรถยนต์เช่าทำงานหรือหยุดการทำงานตามเงื่อนไข การทำงานของแต่ละบล็อกจีพีเอส (Global Positioning System) เป็นตัวที่จะบอกถึงตำแหน่งของรถยนต์เช่า ณ ตำแหน่งนั้น โดยข้อมูลที่จีพีเอสบอกมาจะมีค่าเวลามาตรฐาน ค่าละติจูด และค่าลองจิจูด จำนวนดาวเทียมที่ใช้ในการคำนวณและอื่นๆ โดยข้อมูลที่ส่งออกมาจะเป็นระดับสัญญาณ TTL ซึ่งจะมีระดับสัญญาณเป็น +5 และ 0 โวลต์ หน่วยความจำจะเป็นตัวบอกรหัสเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รู้ว่า ขอบเขตการใช้งานของรถยนต์เช่ามีขอบเขตการใช้งานแค่ไหน

ในส่วนของบล็อกคอนโทรลเลอร์นี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51RD2 เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด โดยจะเริ่มจากการเรียกค่าของตำแหน่งภายในหน่วยความจำที่กำหนดมาไว้เพื่อเปรียบเทียบ จากนั้นเมื่อเครื่องระบุตำแหน่งส่งค่าพิกัดมาก็จะทำการเปรียบเทียบตำแหน่งว่าอยู่ในเงื่อนไขหรือไม่ หากอยู่นอกเหนือเงื่อนไขก็จะสั่งให้รถหยุดการทำงาน

ในส่วนของบล็อกวงจรการทำงานของรถใช้เป็นการจำลองโดยจะแสดงการทำงานของรถยนต์เช่าด้วยหลอดไฟ หากไฟติดก็หมายความว่ารถยนต์ยังทำงานได้ หากไฟดับก็จะหมายความว่ารถยนต์ไม่สามารถทำงานได้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

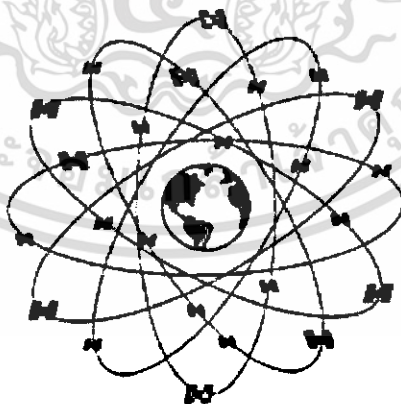
2.1 ระบบระบุตำแหน่งบนผิวโลก (GPS)

GPS ย่อมาจาก Global Positioning System เป็นระบบระบุตำแหน่งทุกแห่งบนโลก จากกลุ่มดาวเทียมอย่างน้อย 24 ดวงที่โคจรรอบๆ โลก ไม่ว่าผู้ใดที่มีเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (GPS Receiver) ก็สามารถรับสัญญาณมาจากดาวเทียมจีพีเอสได้ และด้วยความสามารถของจีพีเอส จะทำให้เราสามารถนำข้อมูลตำแหน่งมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมาก เช่น ระบบนำร่องจากดาวเทียม (Navigation System), ระบบติดตามยานพาหนะ (Automatic Vehicle Location), การสำรวจพื้นที่บนพื้นโลก (Survey), และการทำแผนที่บนพื้นโลก (Mapping) ซึ่งการทำงานจะอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของกระทรวงกลาโหมประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S. Department of Defense)

2.1.1 องค์ประกอบของระบบจีพีเอส

ระบบจีพีเอสมีส่วนที่เป็นองค์ประกอบใหญ่ๆ อยู่ 3 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนภาคอวกาศ (Space segment), สถานีควบคุม (Control segment), และส่วนผู้ใช้หรือเครื่องรับสัญญาณ (User segment)

ภาคอวกาศ (Space segment) จะประกอบด้วยดาวเทียมอย่างน้อย 24 ดวงมีอยู่ 6 วงโคจรด้วยกัน โดยแบ่งจำนวนดาวเทียมวงโคจรวงละ 4 ดวงด้วยกัน ซึ่งการโคจรจะโคจรรอบๆ โลก การโคจร 1 รอบใช้เวลา 11 ชั่วโมง 58 นาที แต่ละดวงโคจรทำมุมเอียงกับเส้นศูนย์สูตร (Equator) เป็นมุม 55 องศา ดังรูปที่ 2.1 และวงโคจรนี้อยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 20,200 กิโลเมตร (12,600 ไมล์) ดาวเทียมทั้งหมดจะถูกควบคุมเส้นทางโคจรด้วยสถานีภาคพื้นดิน

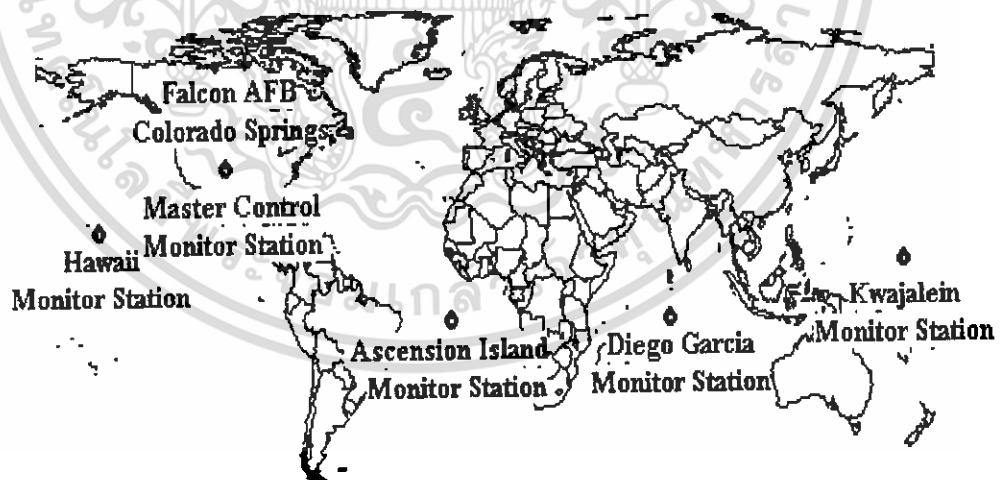


รูปที่ 2.1 วงโคจรของดาวเทียมจีพีเอส

โดยหน้าที่พื้นฐานของดาวเทียมเหล่านี้คือ การรับและเก็บสำเนาข้อมูลที่ส่งมาจากส่วนควบคุมภาคพื้นดิน ควบคุมและรักษาความถูกต้องของเวลาโดยใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากนาฬิกาอะตอม (Atomic clock) ใน ดาวเทียมส่งข้อมูลและสัญญาณไปยังเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสด้วยความถี่พาหะ 2 ค่าในย่าน L (L-Band) และการโคจรรอบโลกเพื่อส่งสัญญาณครอบคลุมพื้นที่ใช้งานทั่วโลก ซึ่งดาวเทียมจีพีเอสแต่ละดวงจะส่ง ข้อมูลของมันโดยใช้ความถี่พาหะในย่าน L-Band 2 ความถี่ เพื่อไม่ให้สัญญาณเกิดการกระจายตัวไปใน ชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ ย่านความถี่ของสัญญาณที่ถูกเลือกใช้นี้จะทำให้สัญญาณถูกส่งออกไปอย่าง มีทิศทางและง่ายต่อการสะท้อนและบดบังด้วยวัตถุที่เข้ามาขวาง และมีนาฬิกาที่ใช้เป็นฐานเวลาดาวเทียม GPS เป็นนาฬิกาอะตอมที่ถูกติดตั้งอยู่ในตัวดาวเทียม ความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาบนดาวเทียมจีพีเอส จะถูกปรับแก้ไขในลักษณะเดียวกันกับการแก้เส้นทางการโคจรดาวเทียม เนื่องจากเป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้ คำนวณหาพิกัดบนโลก ความแม่นยำของเวลาจีพีเอสได้ถูกกำหนดไว้ที่ค่า ± 340 นาโนวินาที

สถานีควบคุม (Control Segment) ประกอบด้วยสถานีภาคพื้นดินที่ตั้งกระจายอยู่บนภูมิภาค ต่างๆของโลก หน้าที่ของสถานีควบคุมคือ ทำการตรวจสอบการทำงานตำแหน่งที่อยู่และวงโคจรของดาว เทียม GPS ให้ทั้งหมดถูกต้องอย่างที่ควรเป็น

สำหรับสถานีควบคุมภาคพื้นดินในปัจจุบันมี 5 แห่ง ได้แก่ เกาะฮาวาย (Hawaii), เกาะกวาจาลิน (Kwajalein), ดิเอโกการ์เซีย (Diego Garcia), เกาะแอสเซนชัน (Ascension Island) และสถานี ควบคุมหลัก (Master control) คือที่โคโลราโดสปริง (Colorado Spring) รัฐโคโลราโด สหรัฐอเมริกา ทุก สถานีอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของกระทรวงกลาโหมของประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S. Department of Defense) ดังรูปที่ 2.2



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

รูปที่ 2.2 สถานีควบคุมดาวเทียมจีพีเอส

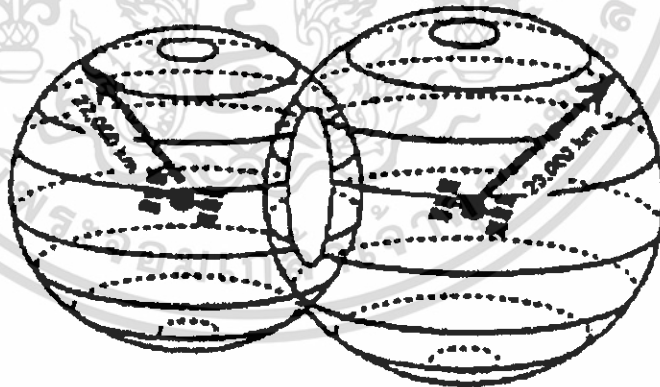
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้ง 5 สถานีเป็นสถานีรับข้อมูลโดยข้อมูลที่ได้รับจะถูกส่งไปยังสถานีควบคุมหลักที่ โคโลราโด สปริง, สถานีควบคุมหลักมีหน้าที่ประมวลผลข้อมูลเพื่อหาตำแหน่งพิกัดที่ถูกต้องบนเส้นทางโคจรและค่าเวลาของดาวเทียม เพื่อควบคุมและแก้ไขการทำงานต่างๆของดาวเทียมให้มีความถูกต้องตลอดเวลา และ สถานีควบคุม 3 แห่ง คือที่เกาะแอสเซนชัน, ดิเอโกการ์เซีย และกวาจาลิน ทำหน้าที่เป็นสถานีสำหรับการ อำนวยการข้อมูลต่างๆกันไปยังดาวเทียม โดยที่ข้อมูลที่กล่าวถึงนี้ได้แก่ ข้อมูลเส้นทางโคจรและค่าเวลา (ซึ่งถูกแทรกมากับข้อมูลที่ส่งมายังเครื่องรับสัญญาณ) ที่ต้องปรับแก้ไปยังดาวเทียม

ผู้ใช้หรือเครื่องรับสัญญาณ (User Segment) เครื่องรับสัญญาณจะทำหน้าที่ตรวจจับ, ถอดรหัส และประมวลผลสัญญาณที่ได้จากดาวเทียมจีทีเอส และนำผลลัพธ์ที่ได้นั้นซึ่งจะเป็นค่าพิกัดตำแหน่งเวลา มาตรฐาน ณ จุดที่รับอยู่ในขณะนั้นมาอยู่ในรูปข้อมูลที่ผู้ใช้เข้าใจได้

2.1.2 การหาตำแหน่งพิกัดของผู้ใช้

เครื่องรับจีทีเอสมีหลักการทำงาน โดยในการวัดระยะห่างระหว่างตัวเครื่องรับกับดาวเทียมจีทีเอส โดยที่สามารถพิจารณาได้โดยใช้รูปที่ 2.3-2.4 ประกอบ โดยที่จะสมมติว่าเราอยู่ห่างจากดาวเทียมดวงแรก 22,000 กิโลเมตร สามารถบอกได้เพียงว่าเราอยู่ในตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งบนรัศมีของวงกลมเท่านั้น ถ้ารับดาวเทียมได้อีกดวงหนึ่งซึ่งอยู่ห่างจากเครื่องรับเป็นระยะทาง 23,000 กิโลเมตร เราสามารถสร้างวงกลม ได้อีกดวงหนึ่งขึ้นซึ่งวงกลมทั้งสองมีการตัดกัน ผลที่ได้จะเป็นวงกลมเล็กๆเกิดขึ้นเครื่องรับจะอยู่ภายใน วงกลมนี้ แต่ยังเป็นพื้นที่กว้างอยู่เกินไป เราจึงต้องมีดาวเทียมอีกดวงหนึ่ง

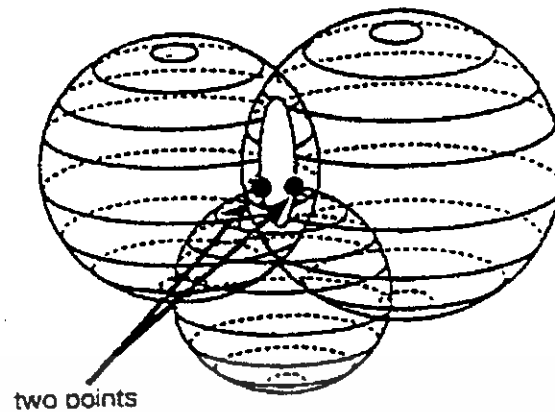


รูปที่ 2.3 แสดงทรงกลมวงที่จำลองรัศมีของดาวเทียมจีทีเอส

สมมติให้มีระยะห่างจากเครื่องรับเป็นระยะ 24,000 กิโลเมตร ก็จะมีทรงกลมอีกลูกหนึ่ง ทรงกลม ทั้งสามมีการตัดกันผลที่ได้จะเป็นจุดสองจุดและมีตำแหน่งเดียวเท่านั้นที่เป็นตำแหน่งจริง ซึ่งจะแสดงใน

รูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงวงกลม 3 วงแสดงรัศมีของดาวเทียมจีทีเอส

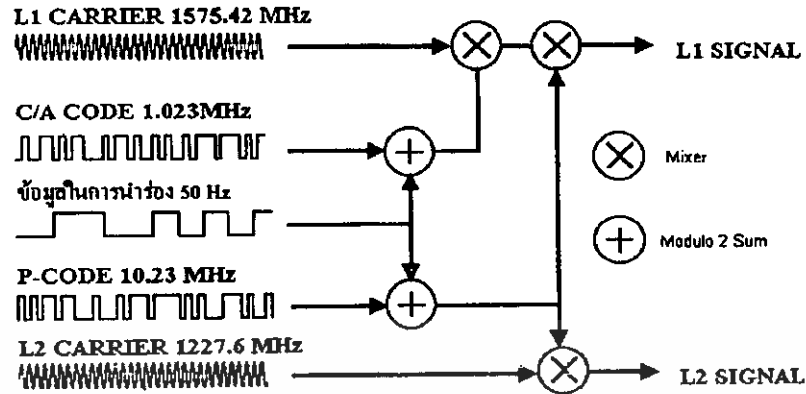
การใช้ดาวเทียมจีทีเอส อย่างน้อยจะใช้สามดวงเราจะได้ตำแหน่งจุดบนระนาบ 2 มิติเท่านั้น การที่จะทราบจุดบนระนาบที่เป็นแบบ 3 มิติ นั้นเราจะต้องมีค่าจากดาวเทียมจีทีเอสอย่างน้อย 4 ดวง เครื่องรับสัญญาณจีทีเอส จะต้องรับสัญญาณจากดาวเทียมจีทีเอส ได้ทั้งหมด 4 ดวงและคำนวณหาระยะทางระหว่างเครื่องรับดาวเทียมแต่ละดวงเพื่อนำข้อมูลที่ได้อ่านคำนวณและแสดงค่าพิกัดที่แท้จริงบนพื้น โลกออกมา

2.1.3 สัญญาณที่ใช้ในจีทีเอส

ดาวเทียมจีทีเอสทำงานโดยกระจายสัญญาณที่บรรจุข้อมูลในการนำร่องด้วยคลื่นพาหะ 2 ความถี่ คือ L1 (Link 1) และ L2 (Link 2) ในย่าน UHF ซึ่งทำให้สัญญาณสามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศ, เมฆ, กระจกและพลาสติกได้อย่างดี แต่จะไม่สามารถผ่านวัสดุที่เป็นของแข็งได้ เช่น อาคาร, ภูเขาหรือรั้วไม้ที่หนาที่บดบังได้ ความถี่พาหะทั้งสองความถี่นี้จะมอดูเลต (Modulate) เข้าด้วยกันกับข้อมูลเพื่อช่วยในการส่งข้อมูลดังกล่าวจากดาวเทียมมายังเครื่องรับสัญญาณ มีลักษณะสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียมมีคลื่นพาหะ 2 ความถี่ คือ

L1 เป็นสัญญาณคลื่นพาหะที่มีความถี่ 1575.42 เมกะเฮิร์ตซ์ ใช้ในการส่งข้อมูลทั่วไปซึ่งทำหน้าที่ในการบอกรายละเอียดต่างๆของดาวเทียม เช่นข้อมูลจำเพาะของดาวเทียม ตำแหน่งของดาวเทียม เป็นต้น

L2 เป็นสัญญาณคลื่นพาหะที่มีความถี่ 1227.60 เมกะเฮิร์ตซ์ สัญญาณที่ถูกเข้ารหัสไว้เพื่อความมั่นคงเนื่องจากเป็นสัญญาณที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูลต่างๆที่บอเกี่ยวกับลักษณะเดียวกับ ข้อมูลที่ส่งโดยคลื่นพาหะความถี่ L1 แต่จะมีความเที่ยงตรงมากกว่า เพื่อที่จะใช้ในทางการทหารและความมั่นคงของประเทศสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของสัญญาณที่ใช้ในระบบ GPS

ขั้นตอนของการส่งสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 2.5 ของสัญญาณ L1 นั้นจะถูกนำไปมอดูเลตเข้ากับรหัสข้อมูลแบบสุ่ม (Pseudorandom noise หรือ PRN) ที่เรียกว่า C/A-Code ส่วนของสัญญาณ L2 จะถูกมอดูเลตด้วยการเข้ารหัสแบบ P-Code เพียงอย่างเดียวเท่านั้นด้วยวิธีการที่เรียกว่า Binary Phase-Shift Keying (BPSK) การมอดูเลตเข้ากับรหัสข้อมูลทั้ง 2 แบบนี้ต่างถูกใช้เพื่อจุดประสงค์ที่ต่างกัน กล่าวคือ การที่เข้ารหัสแบบ P-Code เป็นการเข้ารหัสที่ใช้งานเฉพาะผู้ใช้ที่ขึ้นกับรัฐบาลสหรัฐอเมริกาเท่านั้น จึงจะสามารถใช้งานได้ อีกทั้งต้องมีรหัสผ่านเพื่อผ่านเข้าไปในระบบอีกด้วย ในการเข้ารหัสแบบ C/A-Code เป็นการเข้ารหัสเพื่อใช้งานสำหรับพลเรือน ใครก็ตามที่มีเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสก็สามารถใช้งานได้

2.1.4 การวัดระยะห่างจากดาวเทียมถึงเครื่องรับสัญญาณ

ในการทำงานของระบบจีพีเอส จะต้องมีข้อมูลระยะห่างของสัญญาณถึงดาวเทียมที่โคจรอยู่นอห้วงอวกาศ เพื่อที่จะใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ วิธีที่ใช้ในการคำนวณหาระยะห่างนี้สามารถทำได้โดยใช้สมการอย่างง่ายคือ ใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของสัญญาณคูณกับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของสัญญาณ เนื่องจากความเร็วในการเคลื่อนที่ของสัญญาณซึ่งจัดได้ว่าเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบหนึ่ง มีค่าเท่ากับ 186,000 ไมล์ต่อวินาที ดังนั้นถ้ารู้เวลาในการเคลื่อนที่ของสัญญาณก็จะได้ข้อมูลระยะที่เราต้องการ เมื่อทราบระยะห่างจากดาวเทียมอย่างน้อยที่สุด 3 ดวง ก็จะสามารถคำนวณหาตำแหน่งบนพื้นโลกได้

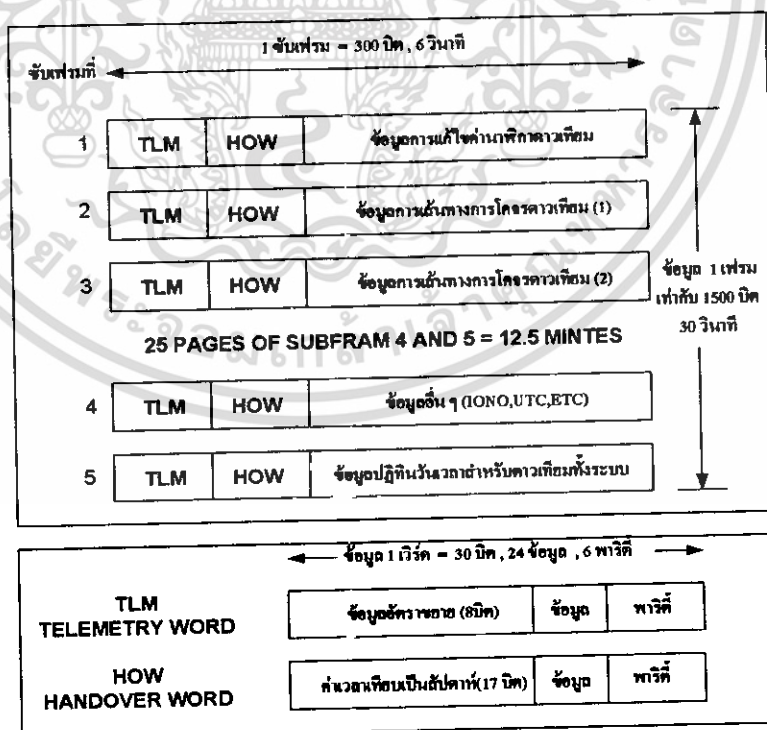
จะเห็นว่าหลักการวิธีนี้เรื่องของฐานเวลามีความละเอียดและแม่นยำเป็นสิ่งที่จำเป็นมากในการใช้คำนวณ ดังนั้นในดาวเทียมจีพีเอส จึงจะต้องมีการติดตั้งนาฬิกาอะตอมที่มีความแม่นยำสูง ไว้เพื่อเป็นฐานเวลา และเนื่องจากการเข้ารหัสแบบสุ่มหรือ PRN สามารถช่วยให้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส สามารถที่จะคำนวณกลับเพื่อหาว่าสัญญาณใช้เวลาในการเดินทางเท่าไร ดังนั้นการที่จะคำนวณหาระยะห่างที่ว่านี้จึงสามารถทำได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

2.1.5 โครงสร้างของข้อมูลที่ส่งมาจากดาวเทียมจีพีเอส

ข้อมูลที่ส่งมาจากดาวเทียมจีพีเอส ประกอบด้วยข้อมูลที่ส่งเป็นเฟรมย่อยๆเรียกว่าซับเฟรม (Sub frame) แต่ละซับเฟรมจะแทรกค่าเวลาที่ซับเฟรมนั้นๆถูกส่งมาจากดาวเทียมจีพีเอส ไว้เพื่อใช้ร่วมกับการคำนวณหาค่าพิกัดตำแหน่ง ข้อมูลแต่ละเฟรมมีขนาด 1,500 บิต ถูกแบ่งในรูปซับเฟรมขนาด 300 บิต จำนวน 5 ซับเฟรม ข้อมูลหนึ่งเฟรมจะถูกส่งมาจากดาวเทียม ทุกๆ 30 วินาที ซับเฟรมขนาด 6 วินาที (300บิต) จะบรรจุไว้ด้วยข้อมูลเส้นทางโคจรและข้อมูลนาฬิกาโดยข้อมูลในแต่ละเฟรม ดังแสดงในรูปที่ 2.6 จะประกอบด้วยส่วนปลีกย่อยดังนี้

- ซับเฟรมที่ 1 เป็นข้อมูลในการแก้ไขเวลาของดาวเทียมจีพีเอส
- ซับเฟรมที่ 2 และ 3 เป็นข้อมูลเส้นทางโคจรของดาวเทียมจีพีเอส
- ซับเฟรมที่ 4 และ 5 เป็นข้อมูลอื่นๆเกี่ยวกับระบบ

ข้อมูลจากดาวเทียมซึ่งบรรจุไว้ด้วยข้อมูลในการนำร่อง (Navigation Message) ที่ครบสมบูรณ์จะประกอบด้วยเฟรมข้อมูลจำนวน 25 เฟรม (125 ซับเฟรม) โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งมาจากดาวเทียม ทุกๆ 12.5 นาที เป็นอย่างน้อย โดยทั่วไปเครื่องรับสัญญาณนั้นจะได้รับข้อมูลที่บอกตำแหน่งล่าสุดของดาวเทียมจีพีเอสในทุกๆชั่วโมง เพื่อใช้ร่วมกับอัลกอริทึมในการคำนวณพิกัดตำแหน่งและข้อมูลการโคจรของดาวเทียมแต่ละดวงเพื่อให้เครื่องรับสัญญาณทราบตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวงรวมทั้งปรับชดเชยความผิดพลาดของสัญญาณหาจากการคอปเปอร์ของความถี่พาหะ (Carrier Doppler Frequency) ซึ่งเกิดจากการที่ความถี่พาหะเบนค่าไปจากค่าจริงเนื่องจากการเคลื่อนที่ของดาวเทียม ตัวอย่างรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 โครงสร้างข้อมูลที่ส่งมาจากดาวเทียมจีพีเอส

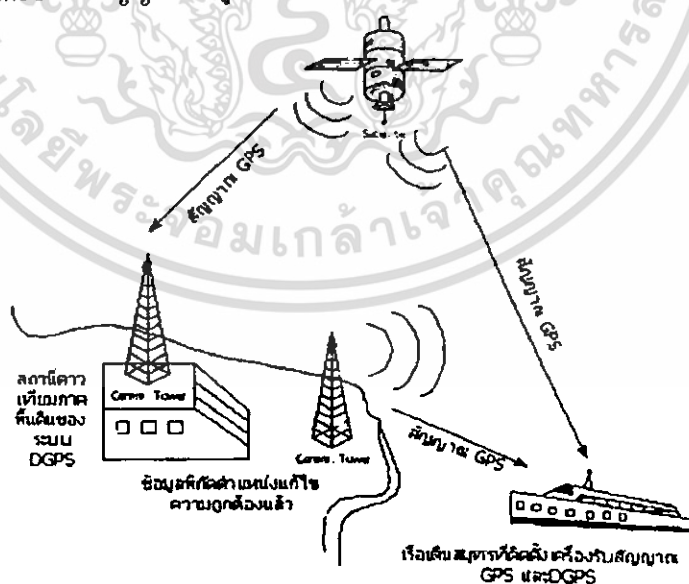
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้นชุดข้อมูลดาวเทียมจีพีเอสโดยสมบูรณ์ยังประกอบไปด้วย ข้อมูลแบบจำลองของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์อยู่ด้วย เพื่อให้เครื่องรับสัญญาณสามารถประเมินหาค่าหน่วงเฟสของสัญญาณ (Phase delay) ที่เกิดจากสภาพชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ จากเฟรมข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมด ส่วนที่เครื่องรับสัญญาณจำเป็นต้องใช้ก็คือข้อมูลใน 3 ชั้นเฟรมแรก หากสามารถที่ได้รับข้อมูลข้อมูลดังกล่าวจากดาวเทียมจีพีเอสตั้งแต่ 3 ดวงขึ้นไป ก็จะสามารถที่จะคำนวณหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องรับสัญญาณได้ ในทางทฤษฎีการรับข้อมูลจากดาวเทียม 4 ดวง ต้องใช้เวลาอย่างน้อยถึง 18 วินาที ก่อนที่จะสามารถนำข้อมูลทั้งหมดมาใช้คำนวณได้ แต่เนื่องจากชั้นเฟรมของดาวเทียมจีพีเอสแต่ละดวงนั้นจะมาถึงเครื่องรับไม่พร้อมกัน อีกทั้งเราไม่สามารถทราบล่วงหน้าว่าชั้นเฟรมที่ 1 จะได้รับมาเมื่อไร ดังนั้นการประกันว่าจะได้รับข้อมูล 3 ชั้นเฟรมแรกจากดาวเทียมจีพีเอส 4 ดวงอย่างแน่นอน ระยะเวลาที่ใช้ในการรับข้อมูลที่จำเป็นจึงอยู่ที่ 30 วินาที หรือสรุปได้ว่า การคำนวณพิกัดตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณจะใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 30 วินาที

2.1.6 ปัญหาที่เกิดจากความแม่นยำที่ถูกจำกัดไว้ของระบบจีพีเอส

ปัญหาที่เกิดกับระบบจีพีเอสก็คือระดับความแม่นยำในการบอกพิกัดตำแหน่งซึ่งถูกจำกัดไว้โดย Selective Availability หรือ S/A ทำให้เกิดอุปสรรคในการใช้งานบางอย่างที่จำเป็นต้องทราบตำแหน่งพิกัดที่แม่นยำ จึงทำให้เกิดแนวคิดของระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขความคลาดเคลื่อนที่เกิดในระบบ

จีพีเอสระบบที่กล่าวถึงนี้คือ DGPS (Differential GPS) ดังแสดงแผนผังในรูปที่ 2.7 หลักการของ DGPS ในการแก้ไขความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาศัยหลักการติดตั้งเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ที่สถานีกภาคพื้นดินในจุดที่ทราบพิกัดที่แน่นอนเพื่อเป็นตำแหน่งอ้างอิง โดยที่สถานีกภาคพื้นดินจะทำหน้าที่แก้ไขแล้วส่งกลับไปยังเครื่องรับสัญญาณที่อยู่ในรัศมีทำการของระบบ

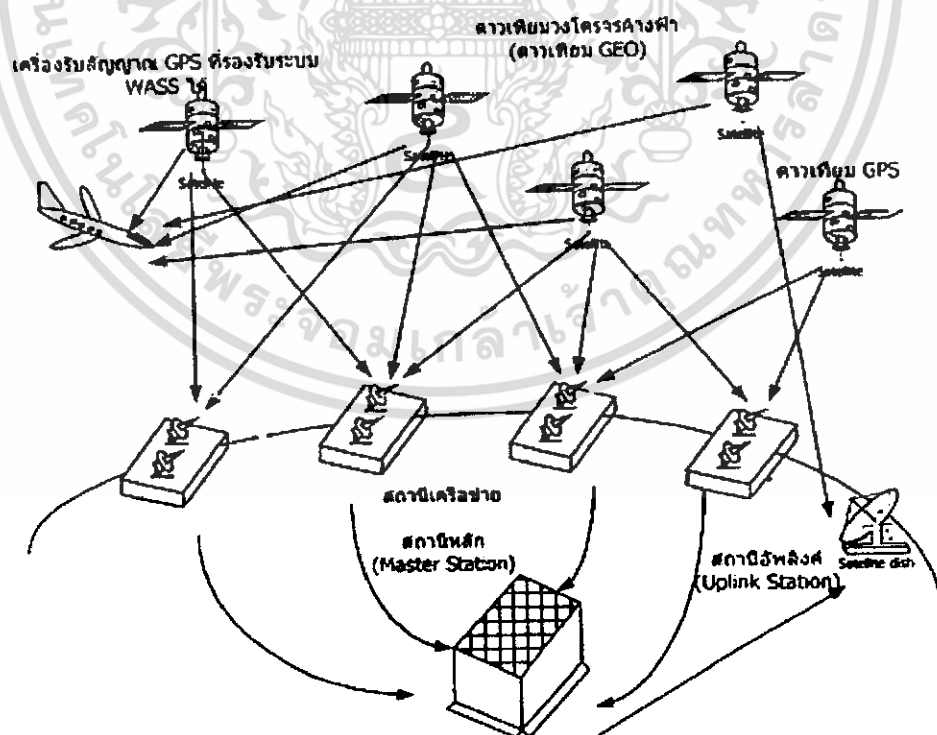


รูปที่ 2.7 แผนผังองค์ประกอบของ DGPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ DGPS ใช้คลื่นวิทยุในย่านต่างๆ เช่น MF, HF, UHF, VHF เป็นต้น เพื่อสื่อสารกับเครื่องลูกข่ายในระบบ โดยการเลือกใช้คลื่นวิทยุจะเป็นย่านใดขึ้นกับประเภทของงานที่จะนำระบบไปประยุกต์ด้วย อย่างไรก็ตามระบบ DGPS ก็ยังมีอุปสรรคหลายอย่างในการใช้งาน เช่น รัศมีทำการของระบบที่มีขอบเขตจำกัด ข้อมูลที่ส่งออกไปสถานีภาคพื้นดินสามารถถูกแทรกแซงจากความแปรปรวนของสภาพอากาศรวมทั้งจะต้องติดตั้งเสาอากาศ และเครื่องรับสัญญาณเพิ่มเพื่อใช้งานระบบ แม้ว่าการติดตั้งและการใช้งานระบบ DGPS จะมีอุปสรรคและความยุ่งยากอยู่บ้าง แต่ระบบก็สามารถลดความคลาดเคลื่อนได้หลายร้อยฟุต

เนื่องจากความผิดพลาดของระบบจีพีเอสที่ได้รับการแก้ไขได้ในระดับหนึ่งโดยระบบ DGPS ยังไม่เพียงพอต่อการใช้งานบางประเภทที่ต้องการความแม่นยำสูงมาก และบวกกับอุปสรรคในการใช้งานที่มีอยู่จริง จึงมีการพัฒนาระบบที่มีชื่อว่า WAAS (Wide Area Augmentation System) เพื่อใช้แก้ปัญหาเดียวกัน สิ่งสำคัญของระบบนี้คือการที่จะนำดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้า หรือ GEO (Geosynchronous Earth Orbiting) ซึ่งเป็นดาวเทียมวงโคจรต่ำและมีตำแหน่งที่ตายตัวสัมพันธ์กับพื้นโลก ระบบ WAAS ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ใช้การส่งข้อมูลด้วยคลื่นความถี่ในย่าน VHF จึงทำให้สามารถป้องกันคลื่นรบกวนได้ระดับหนึ่ง และนอกจากนี้ยังสามารถแก้ปัญหาการติดตั้งเสาอากาศที่เครื่องรับสัญญาณเพิ่มได้ด้วย โดยที่ระบบ WAAS จะรับข้อมูลมาจากดาวเทียม GEO และจะส่งไปยังสถานีแม่ข่าย (WMAAS หรือ Wide Area Master Station) ต่อจากนั้นสถานีแม่ข่ายจะทำการคำนวณหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเพื่อจะแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ข้อมูลที่ผ่านการแก้ไขเรียบร้อยแล้วจะถูกส่งไปยังดาวเทียม GEO เพื่อที่จะส่งกลับไปยังเครื่องรับสัญญาณอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.8 ผังองค์ประกอบของระบบ WAAS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของระบบ WAAS คือความแม่นยำที่ได้มากกว่าระบบ DGPS และสามารถครอบคลุมพื้นที่ใช้งานได้ในวงกว้างเมื่อเปรียบเทียบกับความคลาดเคลื่อนในระบบ GPS ที่ทำงานโดยลำพังจะมีค่าหลายร้อยฟุต ส่วนระบบที่นำเอา WAAS เข้ามาช่วยจะมีค่าความคลาดเคลื่อนภายใน 20 ฟุตเท่านั้น

2.1.7 มาตรฐาน NMEA 0183

มาตรฐาน NMEA 0183 เวอร์ชัน 1.5 หรือ 2.2 ซึ่งถูกกำหนดขึ้นโดยองค์กรกลางคือ National Electronic Association สำหรับมาตรฐาน NMEA 0183 เวอร์ชัน 2.2 นี้ได้ประกาศใช้มาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ.1997 เป็นเวอร์ชันซึ่งใหม่กว่าเวอร์ชัน 1.5 และในปัจจุบันอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอส ส่วนใหญ่สามารถรองรับได้

NMEA Message คือข้อมูลซึ่งส่งออกมาจากโมดูลรับสัญญาณจีพีเอส ข้อมูลใน NMEA Message สามารถแบ่งได้เป็นเรคอร์ด (Record) หรือฟิลด์ (Field) ย่อย โดยในแต่ละเรคอร์ดจะประกอบไปด้วยอักขระแอสกี (ASCII) ซึ่งมีความยาวรวมไม่เกิน 80 ตัวอักษร สามารถอ่านข้อมูล NMEA Message ได้โดยการใช้ซอฟต์แวร์สื่อสาร เช่น Hyper Terminal เรคอร์ดข้อมูลใน NMEA Message แต่ละเวอร์ชันมีอยู่เล็กน้อยแตกต่างกัน และแต่ละเรคอร์ดจะมีรายละเอียดที่ต่างกันเรคอร์ดที่ใช้กันเป็นหลักใน NMEA Message จะมีอยู่หลายเรคอร์ด รายละเอียดภายในเรคอร์ดต่าง ๆ ของ NMEA Message มีดังนี้

- GGA (Global Positioning System Fixed Data) เรคอร์ดนี้จะประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัด ละติจูด ลองจิจูด เวลา จำนวนดาวเทียมที่ใช้คำนวณพิกัด (Satellites Used) และความสูงจากระดับน้ำทะเล (MSL Altitude) โดยตัวอย่างของเรคอร์ด GGA ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอส ส่งออกมา มีโครงสร้างดังตัวอย่างในตารางที่ 2.1

\$GPGGA,161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.0,9.0,M,,,,,0000*18<CR><LF>

ตารางที่ 2.1 แสดงความหมายในเรคอร์ด GGA

ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
Message ID	\$GPGGA	ส่วนหัวโปรโตคอลของGGA
UTC Time	161229.487	hhmmss.ss เวลามาตรฐานกลาง
Latitude	3723.2547	ddmm.mmmm ตำแหน่งละติจูด
N/S Indicator	N	N = ทิศเหนือ, S = ทิศใต้
Longitude	12158.3416	ddmm.mmmm ตำแหน่งลองจิจูด
E/W Indicator	W	E = ทิศตะวันออก, W = ทิศตะวันตก
Position Fix Indicator	1	บอกลักษณะของ GPS (0 = Not fix , 1 = GPS fix , 2 = Diff. fix)
Satellites Used	07	จำนวนดาวเทียมที่ใช้คำนวณพิกัด
HDOP	1.0	Horizontal Dilution of Precision
MSL Altitude	9.0	ความสูงของสายอากาศเหนือระดับน้ำทะเล (เมตร)
Units	M	หน่วยความสูงของเสาอากาศ (เมตร)
Geoid Separation		ความแตกต่างระหว่างระบบ WGS-84 กับระดับน้ำทะเล (เมตร)
Unit	M	หน่วยความต่างของระดับน้ำทะเล (เมตร)
Age of Diff. Corr.		จะไม่มีเมื่อใช้ DGPS (วินาที)
Diff. Ref. Station ID	0000	หมายเลขประจำสถานี (DGPS)
Checksum	*18	เช็คซัม
<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

- GLL (Geographic Position Latitude /Longitude) เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัด ละติจูด ลองจิจูด ทิศทาง เวลา และสถานะในการรับสัญญาณ (Status) โดยรูปแบบตัวอย่างของเรคอร์ด GLL ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมามีโครงสร้างดังตารางที่ 2.2

\$GPGLL,3723.2475,N,12158.3416,W,161229.487,A*2C<CR><LF>

ตารางที่ 2.2 แสดงความหมายในเรคอร์ด GLL

ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
Message ID	\$GPGLL	ส่วนหัวโปรโตคอลของGLL
Latitude	3723.2475	ddmm.mmmmm ตำแหน่งละติจูด
N/S Indicator	N	N = ทิศเหนือ, S = ทิศใต้
Longitude	12158.3416	ddmm.mmmmm ตำแหน่งลองจิจูด
E/W Indicator	W	E=ทิศตะวันออก,W=ทิศตะวันตก
UTC Time	161229.487	hhmmss.ss เวลามาตรฐานกลาง
Status	A	A=Data valid,V= Data not valid
Checksum	*2C	เช็คซัม
<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

- GSA (GNSS DOP and Active Satellites) เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่ง พิกัดละติจูด ลองจิจูด ทิศทาง เวลา และสถานะในการรับสัญญาณ โดยตัวอย่างของเรคอร์ด GSA ที่โมดูล รับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมามีโครงสร้างดังตารางที่ 2.3

\$GPGSA,A,3,07,02,26,27,09,04,15,,,,,1.8,1.0,1.5*33<CR><LF>

ตารางที่ 2.3 แสดงความหมายในเรคอร์ด GSA

ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
Message ID	\$GPGSA	ส่วนหัวโปรโตคอลของGSA
Mode 1	A	M = Manual, A = Automatic
Mode 2	3	1 = ไม่ระบุค่า, 2 = 2มิติ, 3 = 3มิติ
Satellite Used	07,02,26,27,29,,,,	RPNs ของดาวเทียมใช้ในการแก้ปัญหา
PDOP	1.8	Position Dilution of Precision
HDOP	1.0	Horizontal Dilution of Precision
VDOP	1.5	Vertical Dilution of Precision
Checksum	*33	เช็คซัม
<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- GSV (GNSS Satellites In View) เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าทางเทคนิคต่างๆที่ได้รับจากดาวเทียม GPS ที่โมดูลรับสัญญาณได้ โดยตัวอย่างของเรคอร์ด GSV ที่โมดูลรับสัญญาณจีทีเอส ส่งออกมามีโครงสร้างดังตารางที่ 2.4

\$GPGSV,2,1,07,07,79,048,42,02,51,062,43,26,36,256,42,27,27,138,42*71<CR><LF>

\$GPGSV2,2,07,09,23,313,42,04,19,159,41,15,12,041,42*41<CR><LF>

ตารางที่ 2.4 แสดงความหมายในเรคอร์ด GSV

ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
Message ID	\$GPGSV	ส่วนหัวโปรโตคอลของGSV
Number of Messages	2	จำนวนรวมทั้งหมดของ Messages(1-3)
Messages Number	1	หมายเลข Message(1-3)
Satellites in View	07	จำนวนรวมทั้งหมดของดาวเทียมในการมองเห็น
Satellites ID	07	Ch.1(อยู่ในช่วง 1-32)
Elevation	79	Ch.1 (จำนวนสูงสุดคือ 90) หน่วยเป็น degrees
Azimuth	048	Ch.1(อยู่ในช่วง 0-359) หน่วยเป็น degrees
SNR(C/No)	42	Rang 0-99,null when not tracking (dBHz)
...	02,51,062,43	Ch.2 ของ Satellites ID
...	26,36,256,42	Ch.3 ของ Satellites ID
...	27,27,138,42	Ch.4 ของ Satellites ID
Checksum	*71	เช็คซัม
<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

- RMC (Recomend Minimum Specific GNSS Data) เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าวันที่และเวลา สถานะในการรับสัญญาณตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองจิจูด ทิศทางความเร็ว โดยตัวอย่างของเรคอร์ด RMC ที่โมดูลรับสัญญาณจีทีเอสส่งออกมาโครงสร้างเป็นดังตารางที่ 2.5

\$GPRMC,161229.487,A,3723.2475,N,12158.3416,W,0.13,309.62,120598,,*10<CR><LF>

- VTG (Course Over Ground and Ground Speed) เรคอร์ดนี้ประกอบไปด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงทิศทางและความเร็วโดยตัวอย่างเรคอร์ด VTG ที่โมดูลรับสัญญาณจีทีเอสส่งออกมามีโครงสร้างเป็นดังตารางที่ 2.6

\$GPVTG,309.62,T,,M,0.13,N,0.2,K*6E<CR><LF>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงความหมายในเรคอร์ด RMC

ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
Message ID	\$GPRMC	ส่วนหัวโปรโตคอลของ RMC
UTC Time	161229.487	Hhmmss.ss เวลามาตรฐานกลาง
Status	A	A=Data valid ,V= Data not valid
Latitude	3723.2475	ddmm.mmmm ตำแหน่งละติจูด
N/S Indicator	N	N=ทิศเหนือ, S= ทิศใต้
Longitude	12158.3416	ddmm.mmmm ตำแหน่งลองจิจูด
E/W Indicator	W	E=ทิศตะวันออก,W=ทิศตะวันตก
Speed Over Ground	0.13	ความเร็ว (Knots)
Course Over Ground	309.62	True (Degrees)
Date	120598	ddmmyy
Magnetic Variation		degrees
Magnetic Variation (Ref)		E=ทิศตะวันออก ,W= ทิศตะวันตก (Degrees)
Checksum	*10	checksum
<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

ตารางที่ 2.6 แสดงความหมายในเรคอร์ด VTG

ชื่อ	ตัวอย่าง	คำบรรยาย
Message ID	\$GPVTG	ส่วนหัวโปรโตคอลของ RMC
Course	309.62	Measured heading (Degrees)
Reference	T	True
Course		Measured heading (Degrees)
Reference	M	Magnetic
Speed	0.13	ได้จากการวัดความเร็วค่านวนอน (Knots)
Units	N	Knots
Speed	0.2	ได้จากการวัดความเร็วค่านวนอน (Km/hr)
Units	K	กิโลเมตรต่อชั่วโมง
Checksum	*6E	checksum
<CR><LF>		สิ้นสุดประโยค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การอ้างอิงพิกัดตำแหน่ง

ระบบพิกัด (Coordinate System) เป็นระบบที่สร้างขึ้นสำหรับใช้อ้างอิงในการกำหนดตำแหน่งหรือบอกตำแหน่งพื้นโลกจากแผนที่ที่มีลักษณะเป็นตารางโครงข่ายที่เกิดจากการตัดกันของเส้นตรง 2 ชุดที่ถูกกำหนดให้วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ และแนวตะวันออก-ตะวันตก ตามแนวจุดศูนย์สูตรที่กำหนดขึ้น ค่าพิกัดที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งต่างๆ จะใช้ค่าของหน่วยที่นับออกจากเส้นจากจุดศูนย์ก่าเนิดเป็นระยะเชิงมุม (Degree) หรือเป็นระยะทาง (Distance) ไปทางเหนือหรือใต้และตะวันออกหรือตะวันตก ตามตำแหน่งของตำบลที่ต้องการหาค่าพิกัดที่กำหนดในตำแหน่งต่างๆ โดยจะถูกเรียกอ้างอิงเป็นตัวเลขในแนวตั้งและแนวนอนตามหน่วยวัดระยะที่ใช้วัด สำหรับพิกัดที่ใช้อ้างอิงกำหนดบนแผนที่ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ระบบ คือ ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate) และระบบ UTM (Universal Transverse Mercator)

การอ้างอิงพิกัดตำแหน่งโดยพื้นฐานเริ่มมาจากระบบกริดบนแผนที่ คำอธิบายโดยเบื้องต้นของสิ่งที่เรียกว่าพิกัดตำแหน่งก็คือ การที่บอกแทนตำแหน่งที่เราสนใจด้วยค่าตัวเลขแทนเพื่อให้ทุกคนสามารถเข้าใจได้ตรงกัน แต่เนื่องมาจากโลกมีลักษณะที่ค่อนข้างเป็นทรงกลม ถึงแม้ว่าการอ้างอิงพิกัดตำแหน่งบนพื้นผิวโลกที่มีรูปร่างทรงกลมโดยตรงสามารถทำได้แต่ค่อนข้างจะยุ่งยาก วิธีที่ง่ายกว่าซึ่งถูกมาใช้แทนก็คือการแผ่รูปโลกออกเป็นระนาบแบบ 2 มิติแล้วใช้ค่าละติจูดและลองจิจูดบอกแทนจุดที่สนใจ

บนแผนที่ส่วนใหญ่จะมีตารางที่บอกรายละเอียดต่าง ๆ เป็นเครื่องหมายแทน มีตารางที่เกิดจากการตัดกันของเส้นละติจูดและลองจิจูดแสดงอยู่ มีเส้นละติจูดซึ่งวางตัวในแนวขนานกับเส้นศูนย์สูตรและเว้นระยะห่างไปอย่างเท่าๆ กันโดยมีเส้นละติจูดอยู่ที่ 0 หรือเส้นศูนย์สูตรของโลกเป็นแนวเขตแบ่งโลกออกเป็นซีกด้านเหนือและซีกทางใต้ ซึ่งถ้าจินตนาการ โดยตัดลูกโลกตามแนวเส้นละติจูดแต่ละเส้นก็จะได้แผ่นกลมที่วางเรียงซ้อนกันอยู่

2.2.1 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic coordinate)

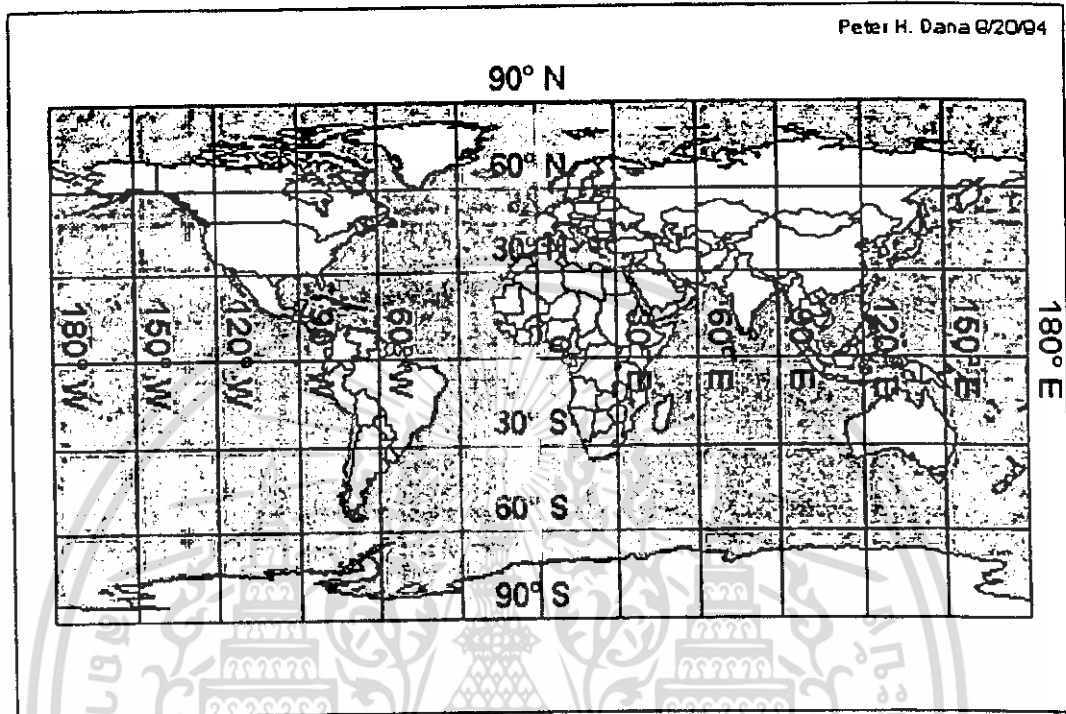
การอ้างอิงตำแหน่งในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ที่ได้รับความนิยมมีอยู่ 2 ลักษณะคือ การอ้างอิงตำแหน่งโดยใช้ องศา/ลิปดา/ฟิลิปดา และการอ้างอิงตำแหน่งโดยใช้ องศา/ลิปดา แบบทศนิยม

องศา/ลิปดา/ฟิลิปดา การอ้างอิงตำแหน่งโดยใช้ องศา/ลิปดา/ฟิลิปดา เป็นระบบที่ได้รับความนิยม ลักษณะโดยทั่วไปในการอ้างอิงพิกัดของระบบ ดังตัวอย่าง 7. RAPIDS N61° 11' 05.5" W130° 30' 10.0" มีความหมายเท่ากับ N61° 11' 05.5" W130° 30' 10.0" ความหมายของชุดข้อมูลนี้คือ ตัวเลขตัวแรกคือตัวเลขเวย์พอยต์ (Waypoint number) ชุดตัวอักษรที่อยู่ถัดมาคือชื่อเวย์พอยต์ (Waypoint name) และตามด้วยค่าพิกัดความหมายของ N61 ในที่นี้คือ ค่าเส้นละติจูด 61 เหนือ ส่วนตัวเลข 11' หมายถึงค่าลิปดา (' = ลิปดา) ความหมายของ 1 ลิปดาเหนือขึ้นไปจากค่า N61 ในการอ้างอิงพิกัดคือค่า 1/60 ของมุม 1° (หน่วยวัด : 60 ลิปดา = 1 องศา) ส่วนตัวเลข 05.5" หมายถึงค่าฟิลิปดา (" = ฟิลิปดา) ความหมายของฟิลิปดาคือ 1/60 ของ 1 ลิปดา (หน่วยวัด 60 ฟิลิปดา = 1) ลิปดา ตัวเลขหลังตัวอักษร W จะสื่อความหมายคล้ายกันโดยจะเป็นค่าของเส้นลองจิจูด และค่าทั้งหมดจะเปรียบเทียบกับอ้างอิงกับเส้นศูนย์และเส้นเมริเดียนหลัก ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

องศา/ลิปดา แบบทศนิยม การอ้างตำแหน่งโดยใช้องศาลิปดาแบบทศนิยมเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ลักษณะทั่วไปในการอ้างพิกัดของระบบนี้ ยกตัวอย่าง 7. RAPIDS W130 30.166 ซึ่งมีความหมายเทียบเท่ากับ $N61^{\circ}11.0916'W130^{\circ}30.1666'$



รูปที่ 2.9 แสดงระบบพิกัดภูมิศาสตร์

ข้อมูลที่ได้มาจากการนำค่าระบบ องศาลิปดาฟิลิปดา มาปรับเปลี่ยนด้วยการนำค่าฟิลิปดาของพิกัดมาหารด้วย 60 นำมาบวกกับค่าลิปดาที่อยู่ก่อนหน้า เพื่อเป็นการแปลงค่าฟิลิปดาในรูปแบบตัวเลขทศนิยม ยกตัวอย่างเช่น $N61^{\circ}11'05.5''$ ส่วนที่สองของข้อมูลพิกัดคือ 05.5 จะถูกนำมาหารด้วย 60 ได้ค่า 0.0916666 แล้วจึงนำมาบวกกับ 11 จะได้ผลลัพธ์ของพิกัดในหน่วย องศาลิปดา แบบทศนิยมเท่ากับ $N61^{\circ}11.0916'$ (โดยส่วนใหญ่จะแสดงทศนิยมเพียง 4 ตำแหน่ง) ในทางกลับกัน การจะเปลี่ยนพิกัดในหน่วย องศาลิปดา แบบทศนิยม กลับไปเป็นพิกัดแบบ องศาลิปดาฟิลิปดา ต้องนำเอาส่วนที่เป็นทศนิยมคูณด้วย 60 ได้เท่ากับ 5.496 และจะได้ค่าพิกัด องศาลิปดาฟิลิปดา กลับมาเป็น $N61^{\circ}11'05.49''$ ซึ่งใกล้เคียงกับค่า 05.5" ซึ่งเป็นค่าแรกเริ่มนั่นเอง โดยพิกัดต่างๆจะแสดงในรูปที่ 2.9

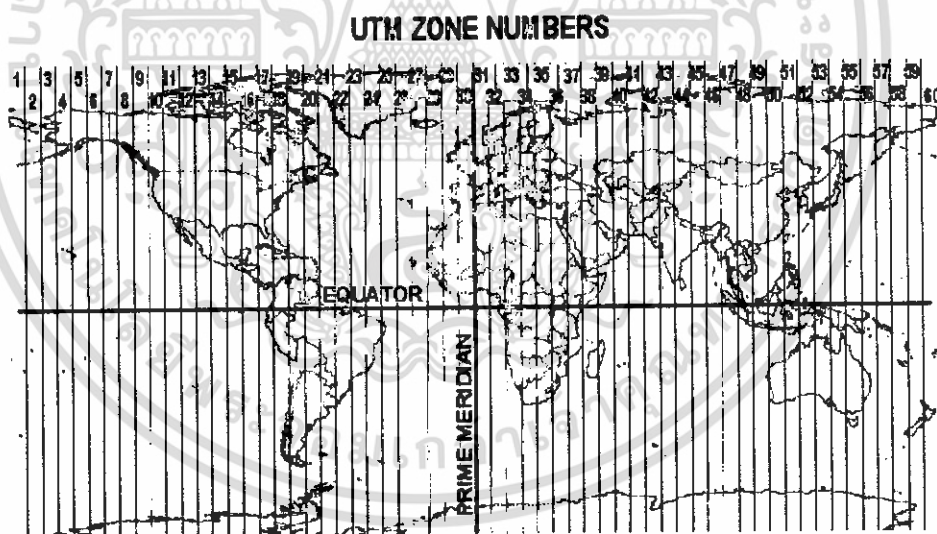
71997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การอ้างอิงพิกัดแบบ UTM

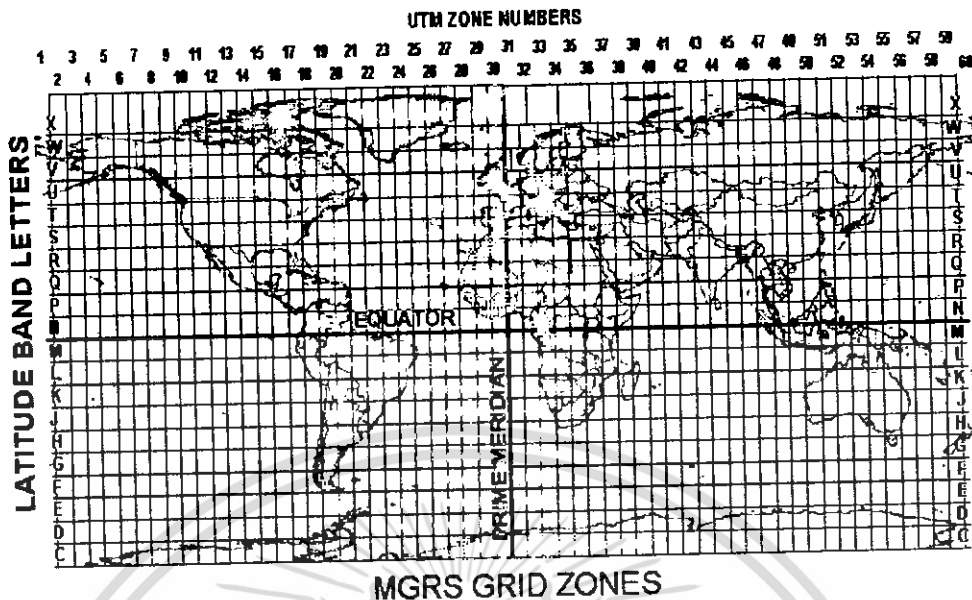
การอ้างอิงพิกัดแบบ UTM (Universal Transverse Mercator) เป็นระบบกริดแบบตาราง (Grid) ที่พัฒนาขึ้นโดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี ค.ศ.1974 เพื่อสำหรับใช้ชี้ตำแหน่งที่ตั้งบนโลกอย่างรวดเร็วและแม่นยำในการทหาร วิธีนี้สามารถทำได้ง่ายและได้ผลลัพธ์ที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการส่งข้อมูลจากแผนที่หนึ่งไปยังอีกแผนที่หนึ่ง ตัวอย่างคือ การส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งจากแผนที่ที่ส่งไปให้ผู้รับสามารถเอา ข้อมูลของพิกัดตำแหน่งดังกล่าวไปใช้ เพื่อจะได้ทราบที่ตั้งจริงบนแผนที่ได้

UTM เป็นระบบตารางกริดที่ใช้หน่วยในการกำหนดตำแหน่งและใช้อ้างอิง แสดงในรูปที่ 2.10-2.12 ในการบอกตำแหน่ง ที่ใช้ในการบอกพื้นที่ทางกิจการทหารของประเทศต่างๆเกือบทั่วโลกในปัจจุบัน เพราะเป็นระบบตารางกริดที่มีขนาดรูปร่าง กริดที่มีขนาดเท่ากันทุกตาราง และมีวิธีการกำหนดบอกค่าพิกัดที่ง่ายและถูกต้องเป็นระบบกริดที่นำเอาเส้น โคจรแผนที่แบบ Universal Transverse Mercator Projection ของ Gauss Krugger มาใช้ตัดแปลงในการถ่ายทอดรายละเอียดของบนพื้นผิวโลกให้อยู่ในรูปทรงระบอบ (แกนของรูปทรงระบอบจะทับกับแนวเส้นอิกเวเตอร์ และตั้งฉากกับแนวแกนของขั้วโลก) ประเทศไทยเราได้นำเอาเส้น โคจรแบบแผนที่แบบ UTM มาใช้กับการทำแผนที่กิจการทหารภายในประเทศจากรูปถ่ายทางอากาศในปี ค.ศ. 1953 ร่วมกับสหรัฐอเมริกา เป็นแผนที่มาตราส่วน 1: 50,000 ชุด 708 และปรับปรุงใหม่เป็นชุด L 7017 ที่ใช้ในปัจจุบัน



รูปที่ 2.10 แสดงการแบ่งเลข UTM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงการแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน (Zone) สำหรับการอ้างอิงพิกัดแบบ UTM

MN	NN	PN	QH	UH	VH	WH	XH	YH	CN	DN	EN	FN	GN	KN		
MM	NM	PM	QM	TG	UG	VG	WG	XG	YGBM	CM	DM	EM	FM	GM	KG	
ML	14T	PL	QL	TF	UF	15T	XF	YF	BL	CL	16T	EL	FL	17T	GL	KE
	NL					VF	WF				DL				GL	KE
MK	NK	PK	QK	TE	UE	VE	WE	XE	YE	BK	CK	DK	EK	FK	GK	KE
MK	NK	PK	QK	TE	UE	VE	WE	XE	YE	BK	CK	DK	EK	FK	GK	KE
MJ	NJ	PJ	QJ	TD	UD	VD	WD	XD	YD	BJ	CJ	DJ	EJ	FJ	GJ	
MH	NH	PH	QH	TC	UC	VC	WC	XC	YC	BH	CH	DH	EH	17S	GH	
MG	NG	PG	QG	TB	UB	VB	WB	XB	YB	BG	CG	DG	EG	FG	GG	
	14S					15S						16S				
MF	NF	PF	QF	TA	UA	VA	WA	XA	YA	BF	CF	DF	EF	FF	GF	
ME	NE	PE	QE	TV	UV	WV	WW	XV	YV	BE	CE	DE	EE	FE	GE	
MD	ND	PD	QD	TU	UU	VU	WU	XU	YU	BD	CD	DD	ED	FD	GD	
	NC	PC	QC							BC	CC	DC	EC	FC	GC	

รูปที่ 2.12 แสดงการแบ่งพื้นที่ที่เป็นรหัส

แผนที่ระบบกริดที่ใช้เส้นโครงแบบ UTM เป็นระบบเส้นโครงชนิดหนึ่งที่ใช้ผิวรูปทรงกระบอก เป็นผิวแสดงเส้นเมริเดียน (เส้นลองจิจูด) และเส้นละติจูดของโลก โดยทรงกระบอกตัดโลกระหว่าง ละติจูด 84 องศาเหนือ และ 80 องศาใต้ ในลักษณะแกนรูปทรงกระบอกทำมุมกับแกนโลก 90 องศา รอบ โลก แบ่งออกเป็น 60 โซน ๆ ละ 6 องศา โซนที่ 1 อยู่ระหว่าง 180 องศา กับ 174 องศาตะวันตก และจะมี ลองจิจูด 177 องศาตะวันตก เป็นเมริเดียนข่านกลาง (Central Meridian) มีเลขกำกับแต่ละโซนจาก 1 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 60 โดยนับจากซ้ายไปทางขวาระหว่างละติจูด 84 องศาเหนือ 80 องศาใต้ แบ่งออกเป็นช่องๆละ 8 องศา ขกเว้นช่องสุดท้ายเป็น 12 องศา โดยเริ่มนับตั้งแต่ละติจูด 80 องศาได้ขึ้นไปทางเหนือให้ช่องแรกเป็นอักษร C และช่องสุดท้ายเป็นอักษร X (ขกเว้น I และ O) จากการแบ่งดังกล่าวจะเห็นพื้นที่ จะเห็นพื้นที่ในเขต ลองจิจูด 180 องศาตะวันตกถึง 180 องศาตะวันออก และละติจูดที่ 80 องศาใต้ถึง 84 องศาเหนือ จะถูกแบ่ง ออกเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า 1,200 รูป แต่ละรูปมีขนาดกว้างยาว $6 \times 8'$ จำนวน 1,140 รูป และกว้าง $6' \times 12'$ จำนวน 60 รูปสี่เหลี่ยมนี้เรียกว่า Grid Zone Designation (GZD) ดังแสดงในรูปที่ 2.10-2.12 การ เรียกชื่อ Grid Zone Designation ประเทศไทยมีพื้นที่อยู่ระหว่างละติจูด 5 องศา 30 ลิปดาเหนือ ถึง 20 องศา 30 ลิปดาเหนือ และลองจิจูดประมาณ 97 องศา 30 ลิปดาตะวันออก ถึง 105 องศา 30 ลิปดาเหนือ และลองจิจูดประมาณ 97 องศา 30 ลิปดาตะวันออก ถึง 105 องศา 30 ลิปดาตะวันออก ดังนั้นประเทศไทย จึงตกอยู่ใน GZD 47N 47P 47Q 48N 48P และ 48Q การอ่านค่าพิกัดกริดเพื่อให้พิกัดค่ากริดในโซน หนึ่งๆ มีค่าบวกเสมอ จึงกำหนดให้มีเส้นศูนย์สูตรสมมุติขึ้น 2 แห่ง ดังนี้

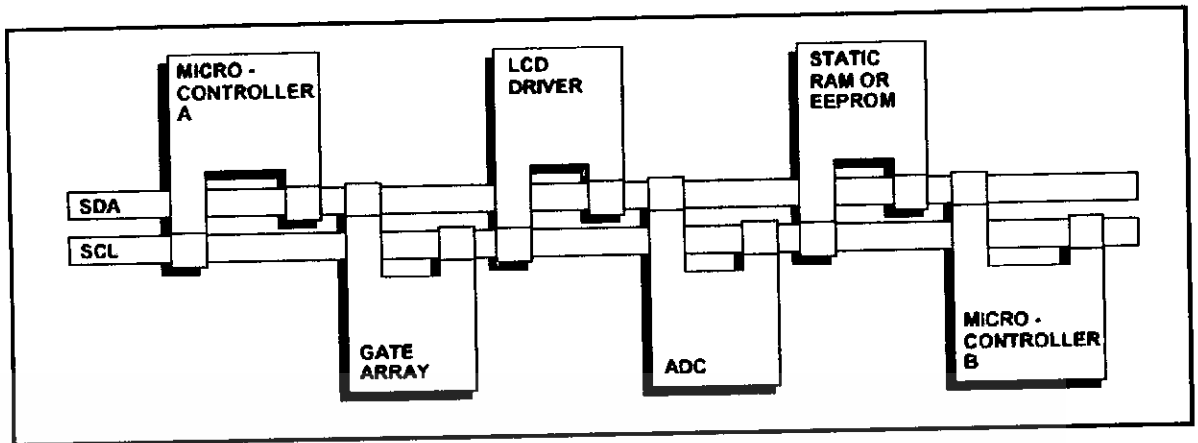
-ในบริเวณที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร : เส้นศูนย์สูตรมีระยะห่างจากศูนย์สมมุติเท่ากับ 0 เมตร และ เส้นเมริเดียนย่านกลางห่างจากเส้นสมมุติ 500,000 เมตร ทางตะวันออก

-ในบริเวณที่อยู่ใต้เส้นศูนย์สูตร : เส้นศูนย์สูตรจะมีระยะทางห่างจากศูนย์สมมุติออกไปทางด้าน เหนือ 10,000,000 เมตร และเมริเดียนย่านกลางห่างจากจุดสมมุติ 500,000 เมตร ทางตะวันออก

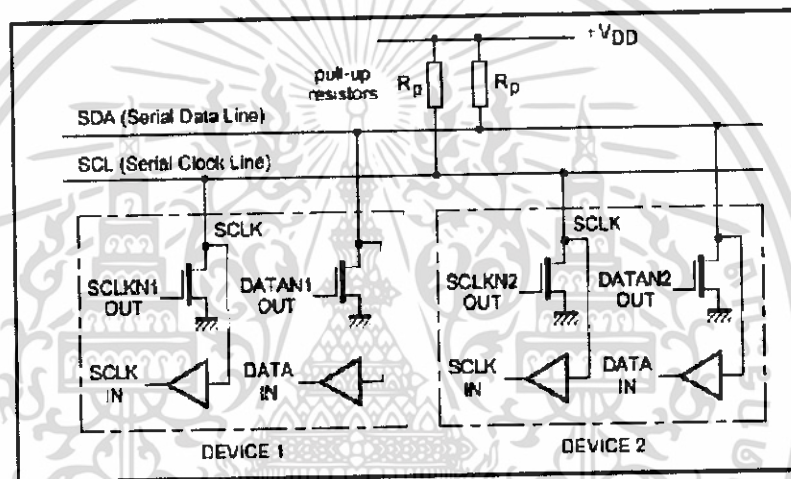
2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ I²C

I²C ย่อมาจาก Inter-IC Communication หมายถึง การติดต่อสื่อสารระหว่างไอซีกับบัส I²C ได้รับการ พัฒนาขึ้นโดยฟิลิปส์ (Philips) ด้วยจุดมุ่งหมายหลักคือ ต้องการให้ไอซีหรือไมโครสามารถติดต่อ สั่ง การ และควบคุมภายใต้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น เส้นหนึ่งคือ สายข้อมูล และอีกเส้นหนึ่งคือ สายสัญญาณ นาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดจังหวะการทำงาน การต่อร่วมกันของอุปกรณ์บนบัส I²C ทำได้ง่ายมาก เพียง ต่อสายข้อมูลและสายสัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์แต่ละตัวขนานหรือพ่วงกันต่อไป ส่วนของการกำหนด แอдресหรือตำแหน่งสำหรับติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวจะใช้รหัสข้อมูลและจะทำการกำหนดสภาวะลอจิก ที่ขาแอดเรสของอุปกรณ์แต่ละตัว

สายข้อมูลบนบัส I²C จะมีชื่อเรียกอย่างเป็นทางการว่า สายข้อมูลอนุกรมหรือ SDA (Serial Data Line) ส่วนสายสัญญาณนาฬิกามีชื่อว่า สายสัญญาณนาฬิกาแบบอนุกรมหรือ SCL (Serial Clockline) ในการอธิบายต่อไปนี้จะเรียกสายสัญญาณทั้งสองว่า สาย SDA และ SCL



รูปที่ 2.13 แสดงแผนผังการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ บนระบบบัส I²C



รูปที่ 2.14 แสดงวงจรเอาต์พุตของอุปกรณ์ในระบบบัส I²C

ในรูปที่ 2.13 – 2.14 แสดงผังของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆบนบัส I²C จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ที่ทำการเชื่อมต่อบนบัส I²C มีหลากหลายไม่ว่าจะเป็นไอซีขยายพอร์ตอินพุตเอาต์พุต (I/O Expander), ไอซีที่ทำการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC) และแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก (DAC), ไอซีรีลไทม์คัลเลอร์ (RTC), ไอซีขับโมดูล LCD, หน่วยความจำอีพรอม และไมโครคอนโทรลเลอร์

2.3.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I²C

สาย SDA และ SCL เป็นสายสัญญาณ 2 ทิศทาง (Bi-Directional Line) ต้องมีการต่อตัวต้านทานพูลอัพกับแรงดัน +5 โวลต์ ไว้ตลอดเวลาเพื่อให้สายมีสถานะลอจิกสูงในขณะที่ไม่มีการติดต่อใช้งานทั้งยังช่วยในการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจมีเข้ามาในสายสัญญาณทั้งสอง วงจรเอาต์พุตของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส I²C ต้องมีลักษณะเป็นวงจรทรานซิสเตอร์เปิด (Open-Drain) หรือคอลเล็กเตอร์เปิด (Open-Collector)

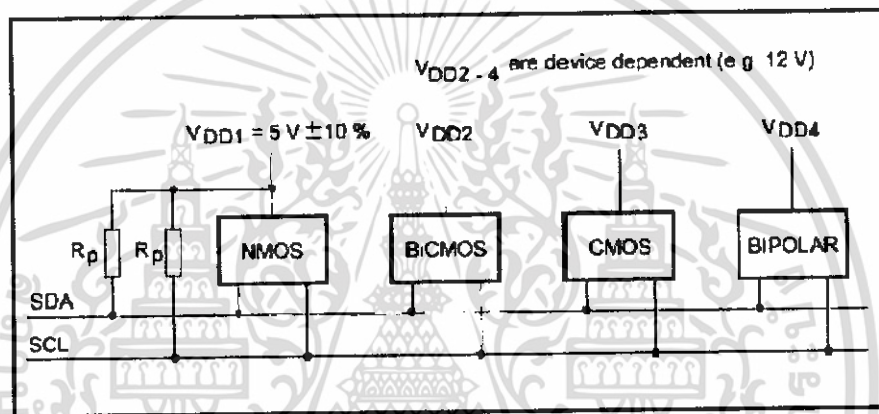
อัตราการถ่ายเทข้อมูลบนบัส I²C สูงถึง 100 กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดปกติ (Standard Mode) และสูงถึง 400 กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดความเร็วสูง (Fast Mode) อุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส I²C จะต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าความจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างสาย SDA และ SCL ไม่เกิน 400 pF การเข้าถึงอุปกรณ์บนบัส I²C ใช้ข้อมูลสำหรับการเข้าถึง 2 คำ คือ 7 บิต (7-Bit Addressing) หรือ 10 บิต (10-Bit Addressing)

ข้อเด่นอีกประการหนึ่งของบัส I²C คือ สามารถต่ออุปกรณ์ที่ใช้ไฟเลี้ยงไม่เท่ากันให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ โดยอุปกรณ์บนบัส I²C ตัวหนึ่งอาจใช้ไฟเลี้ยง +5 โวลต์ ในขณะที่อีกตัวหนึ่งใช้ไฟเลี้ยง +12 โวลต์ การต่อร่วมกันบนบัส I²C สามารถกระทำได้ในลักษณะเดียวกับกรณีที่อุปกรณ์ทั้งสองใช้ไฟเลี้ยงเท่ากัน กล่าวคือ ให้ต่อสาย SDA และ SCL ของอุปกรณ์แต่ละตัวเข้าด้วยกัน และต้องต่อตัวต้านทานพูลอัพ (R_p) เข้ากับแรงดัน +5 โวลต์ ไว้ด้วยเสมอ ดังรูปที่ 2.15

ในกรณีที่อาจมีแรงดันไฟฟ้ากระชากขนาดใหญ่ปะปนเข้ามาในบัส I²C ที่ขา SDA และ SCL ของอุปกรณ์แต่ละตัวต้องต่อตัวต้านทานอนุกรมกับขา SDA และ SCL เรียกว่า R_s ก่อนต่อเข้าสู่บัส I²C



รูปที่ 2.15 การต่อตัวต้านทานพูลอัพบนสายสัญญาณระบบบัส I²C

2.3.2 หลักการของบัส I²C

หลักการของบัส I²C ประกอบด้วยสัญญาณสองเส้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วคือ SDA และ SCL อุปกรณ์ที่ต่อพ่วงบนบัสสามารถมีได้มากมาย ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดรูปแบบการติดต่อบนบัส หรือเรียกว่า โปรโตคอล เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่า ขณะนี้อุปกรณ์ใดติดต่อกันอยู่และอุปกรณ์ตัวใดเป็นตัวรับหรือตัวส่ง ต่อไปนี้จะขออธิบายลักษณะหน้าที่ และนิยามของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส I²C เพื่อเป็นข้อตกลงพื้นฐานก่อนที่จะอธิบายการทำงานของบัส I²C ต่อไปอุปกรณ์ที่เป็นผู้สร้างข้อมูลหรือส่งข้อมูล เรียกว่า ตัวส่งอุปกรณ์ที่เป็นผู้รับข้อมูล เรียกว่า ตัวรับ ในอุปกรณ์บนบัส I²C สามารถเป็นได้ทั้งตัวรับและตัวส่ง บางอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นตัวรับเพียงอย่างเดียว จะไม่มีอุปกรณ์ใดบนบัส I²C ที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งเพียงอย่างเดียว อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะการติดต่อบนบัส I²C เรียกว่า มาตรฐานอุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรืออุปกรณ์ที่ต่อพ่วงเข้าไปบนบัส I²C เรียกว่า สเลฟ (Slave)

ข้อกำหนด 2 ประการสำคัญของการติดต่อบนบัส I²C คือ

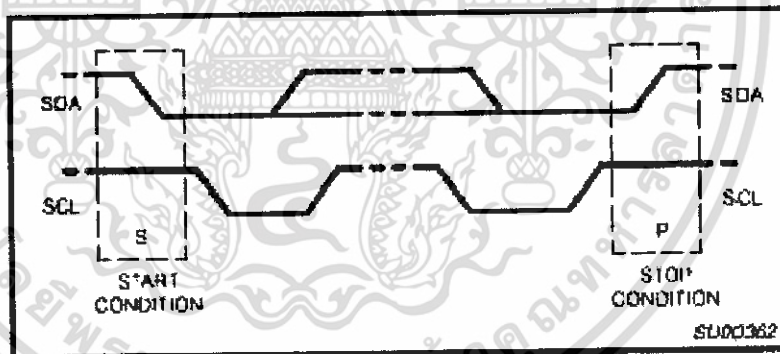
1. การถ่ายทอดข้อมูลเกิดขึ้นได้เมื่อบัสว่างเท่านั้น

2. ในระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล เมื่อใดก็ตามที่สาย SCL มีสถานะเป็นลอจิกสูง สายข้อมูลต้องรักษาข้อมูลไว้ อย่าให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นเด็ดขาด มิฉะนั้นจะทำให้สัญญาณที่เกิดขึ้นจะได้รับการแปลความหมายเป็นสัญญาณควบคุมแทน

2.3.3 สถานะที่เกิดขึ้นบนบัส I²C

สถานะต่างๆที่สามารถเกิดขึ้นได้บนบัส I²C นี้มีด้วยกัน 5 สถานะดังนี้

1. บัสว่าง (Bus Not Busy) สถานะนี้เกิดขึ้นเมื่อสถานะลอจิกบนสาย SDA และ SCL เป็นลอจิกสูงทั้งคู่ นั่นหมายความว่า การถ่ายทอดข้อมูลสามารถเริ่มต้นขึ้นได้
2. เริ่มต้นการถ่ายข้อมูล (Start Data Transfer) แสดงในรูปที่ 2.16 เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงจากระดับลอจิกสูงไปต่ำ ในขณะที่สายสัญญาณ SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกสถานะที่เกิดขึ้นนี้ว่า สถานะเริ่มต้น (Start)
3. หยุดการถ่ายข้อมูล (Stop Data Transfer) แสดงในรูปที่ 2.16 เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากต่ำไปสูง ในขณะที่สายสัญญาณ SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกสถานะที่เกิดขึ้นนี้ว่า สถานะหยุด (Stop)

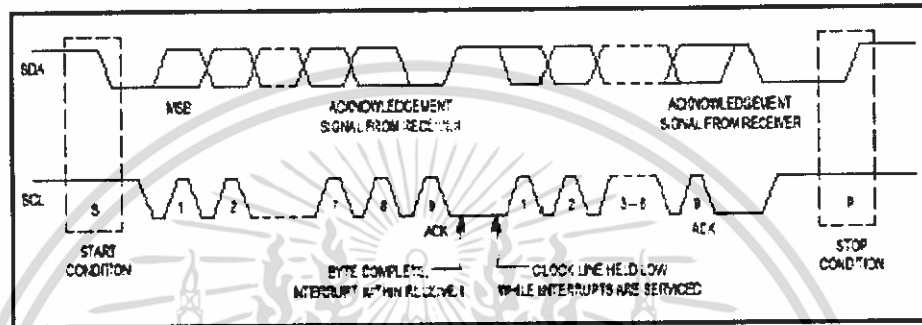


รูปที่ 2.16 แสดงการ Start และ Stop condition ของระบบบัส I²C

4. ข้อมูลค้างอยู่บนบัส (Data Valid) แสดงในรูปที่ 2.17 สถานะนี้เกิดขึ้นจากสถานะเริ่มต้น โดยสถานะลอจิกที่เกิดขึ้นบนสาย SDA ก็คือข้อมูลที่ทำการถ่ายทอด เมื่อสาย SCL เป็นลอจิกสูง สถานะที่สาย SDA ต้องคงที่ เพื่อให้อุปกรณ์รับรู้ข้อมูลในจังหวะนั้นเป็น 1 หรือ 0 ข้อมูลอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่สาย SCL เป็นลอจิกต่ำ แต่หากเมื่อใดก็ตามที่ต้องการให้เกิดการถ่ายทอดข้อมูลอย่างสมบูรณ์ สถานะลอจิกที่ขา SDA ต้องคงที่ตลอดเวลาที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง หากมีการเปลี่ยนแปลง สถานะลอจิกในขณะที่สาย SCL มีลอจิกสูงอยู่นั้น อุปกรณ์มาสเตอร์ที่ทำการควบคุมการถ่ายทอดข้อมูลจะแปลความหมายเป็นสถานะหยุดหรือสถานะเริ่มต้นก็ได้ ทำให้ข้อมูลที่ทำการถ่ายโอนนั้นเกิดผิดพลาดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การรับรู้ข้อมูล (Acknowledge) แสดงในรูปที่ 2.17 เกิดขึ้นหลังจากที่การถ่ายทอดข้อมูลจากตัวส่งมายังตัวรับเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ได้โดยตัวส่งจะต้องทำการส่งข้อมูลมาให้ 1 บิต จะเรียกบิตนี้ว่าบิตรับรู้ (Acknowledge) จะมีสถานะเป็นลอจิกสูง หลังจากส่งข้อมูลมาครบถ้วน ส่วนอุปกรณ์มาสเตอร์จะทำการส่งสัญญาณรับรู้พิเศษ ซึ่งสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกาเพื่อตอบสนองบิตรับรู้ที่ส่งมาจากตัวส่งทางด้านตัวรับจะส่งบิตรับรู้ที่มีสถานะลอจิกต่ำลงบนบัส อุปกรณ์สเลฟที่ถูกอ้างถึงในการติดต่อหรือกำลังคิดต่ออยู่ในขณะนั้นก็จะกำเนิดบิตรับรู้เพื่อตอบสนองให้ทราบว่าได้รับข้อมูลในแต่ละไบท์เรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 2.17 แสดง ไคอะแกรมเวลาที่แสดงถึงการเกิดสถานะต่างๆบนบัสทั้ง 5 สถานะ

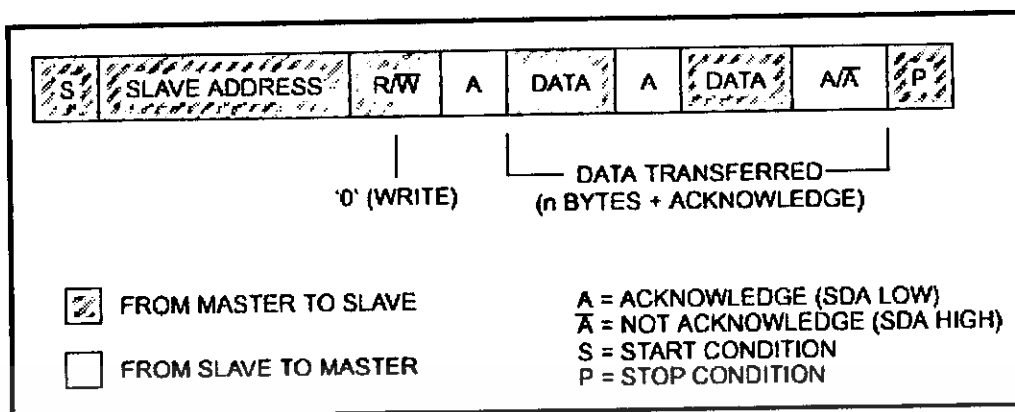
2.3.4 การทำงานบนบัส I²C

ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการถ่ายทอดข้อมูลการถ่ายทอดข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต่ออยู่บนบัส ต้องมีการอ้างถึงเสียก่อน โดยการอ้างถึงอุปกรณ์บนบัส I²C นั้นจะใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต หรือ แบบ 10 บิต ในกรณีที่มีอุปกรณ์ต่ออยู่บนบัสไม่มาก ใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต ก็เพียงพอ แต่ถ้ามีอุปกรณ์ต่ออยู่บนบัสมากกว่า 127 แอดเดรส จำเป็นต้องใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิตหลังจากที่ติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวเรียบร้อยแล้วก็จะเริ่มการถ่ายทอดข้อมูล ดังนั้นหัวใจสำคัญในอันดับแรกของการทำงานบนบัส I²C คือการอ้างถึงอุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งในที่นี้จะอธิบายรายละเอียดของการอ้างถึงทั้ง 2 รูปแบบ

2.3.5 การอ้างถึงแบบ 7 บิต (7-Bit Addressing)

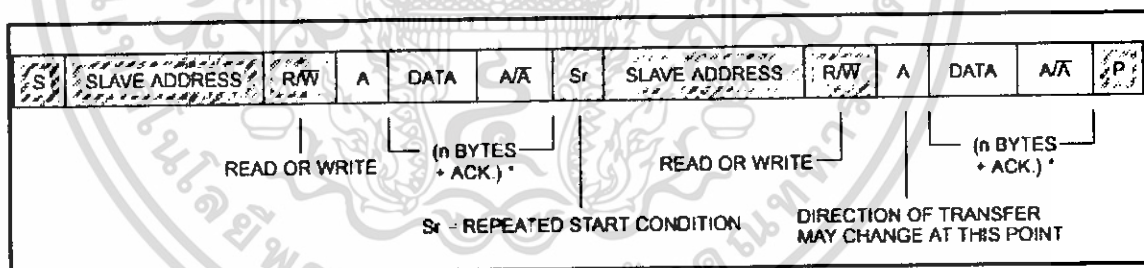
ข้อมูล ไบท์แรกที่เกิดขึ้นหลังจากเกิดสถานะเริ่มต้นก็คือข้อมูลที่ใช้ในการอ้างถึงอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อหรือข้อมูลกำหนดแอดเดรส โดยมีรูปแบบแสดงในรูปที่ 6 ใน 7 บิตบนรวมทั้งบิต MSB ด้วยจะเป็นข้อมูลในแอดเดรสของอุปกรณ์สเลฟที่ต้องการติดต่อโดยแบ่งเป็นบิตกำหนดแอดเดรสคงที่ จำนวน 4 บิต ซึ่งข้อมูลนี้อุปกรณ์แต่ละตัวจะถูกกำหนดมาจากผู้ผลิตแล้ว ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ถัดมาอีก 3 บิตเป็นแอดเดรสที่สามารถโปรแกรมได้โดยผู้ใช้งานต้องกำหนดสถานะลอจิกให้แก่ขา A0 - A2 ของอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อแบบบัส I²C ส่วนในบิต LSB เป็นบิตที่ใช้กำหนดการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์สเลฟตัวนั้นๆหากบิต LSB เป็น 0 หมายถึงต้องการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์นั้นถ้าเป็น 1 จะเป็นการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงรูปแบบของข้อมูลกำหนดแอดเดรสที่ใช้ในการอ้างถึงแบบ 7 บิต

ข้อมูลในไบต์ต่อมาคือ ข้อมูลควบคุม (Control byte) ในอุปกรณ์แต่ละตัวจะต้องมีการกำหนด ข้อมูลควบคุมที่แตกต่างกันไปยกตัวอย่าง ไอซีขยายพอร์ต มีข้อมูลควบคุมที่ใช้กำหนดว่า บิตใดเป็นอินพุต บิตใดเป็นเอาต์พุต ในขณะที่ไอซี ADC/DAC ต้องการสัญญาณควบคุม เพื่อกำหนดให้ทำงานเป็นวงจร ADC หรือ DAC เป็นต้นไป ข้อมูลในไบต์ต่อมาคือ ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดจริง (Data) หลังจากที่มีการ ถ่ายทอดข้อมูลในแต่ละไบต์อุปกรณ์แต่ละตัวที่ทำการติดต่อ ก็จะต้องส่งสัญญาณรับรู้ออกกลับมามีทุกครั้ง เพื่อให้กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลสามารถดำเนินการต่อไปได้ ในรูปที่ 2.19 แสดงรูปแบบข้อมูลอนุกรมที่ เกิดขึ้นบนการติดต่อบนบัส I²C ของการอ้างถึงแบบ 7 บิต



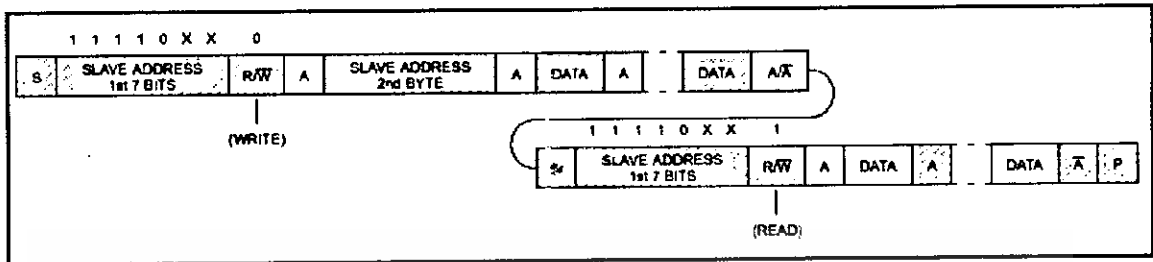
รูปที่ 2.19 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I²C เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต

2.3.6 การอ้างถึงแบบ 10 บิต (10 bit addressing)

ในการอ้างถึงแบบนี้ยังคงใช้รูปแบบข้อมูลอนุกรมที่เหมือนกับแบบ 7 บิต แต่จะมีข้อมูลเพิ่มเข้ามา เล็กน้อย โดยในข้อมูลไบต์แรกหลังจากเกิดสภาวะเริ่มต้น ต้องกำหนดให้ 5 บิตบนมีข้อมูลเป็น 11110 ส่วนอีก 2 บิตถัดมาเป็นบิตแอดเดรสของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อ ในบิต LSB ของข้อมูลไบต์แรกยังคง เป็นการกำหนดว่า ต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์เลขตัวที่ต้องการติดต่อกับ ข้อมูลไบต์ต่อมา เป็นข้อมูลแอดเดรสในไบต์ที่ 2 ของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อกับ ข้อมูลไบต์ถัดไปจึงเป็นข้อมูลควบคุม ข้อมูลหลังจากหลังจากนั้นก็จะเป็นข้อมูลจริงที่ใช้ในการติดต่อเช่นเดียวกับการอ้างถึงแบบ 7 บิต หลังจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การถ่ายทอข้อมูลครบทุกไบต์ ต้องมีสภาวะรับรู้เกิดขึ้นเพื่อให้กระบวนการถ่ายทอข้อมูลสามารถดำเนินต่อไปได้ในรูปที่ 2.20 เป็นรูปแสดงการถ่ายทอข้อมูลอนุกรมของการอ้างถึงแบบ 10 บิต



รูปที่ 2.20 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I²C เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิต

2.3.7 การต่ออุปกรณ์ระบบบัส I²C กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

สามารถทำได้ง่ายมาก เพียงใช้ขาพอร์ต 2 ขา โดยกำหนดให้ขาหนึ่งเป็น SDA อีกขาหนึ่งเป็น SCL และ ต่อตัวต้านทานค่าประมาณ 4.7 กิโลโห์ม พูลอับที่ขาพอร์ตทั้งสองขา เพียงเท่านี้ก็สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ระบบบัส I²C ได้แล้ว

2.3.8 การเขียนโปรแกรมติดต่อบัส I²C

เริ่มต้นด้วยการสร้างสภาวะมาตรฐานของบัส I²C อันประกอบด้วย สภาวะเริ่มต้น, สภาวะสิ้นสุดการส่งข้อมูล, สภาวะหยุด, สัญญาณนาฬิกาบนขา SCL ,การเขียนและอ่านข้อมูลกับอุปกรณ์บนระบบบัส I²C ต้องมีโปรแกรมและรายละเอียดของโปรแกรมย่อยที่ใช้สร้างสภาวะต่าง ๆ

การสร้างสภาวะเริ่มต้น

- 1 เมื่อใดต้องการที่จะติดต่อกับบัส I²C สิ่งแรกที่จะต้องทำสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งถือว่าเป็นอุปกรณ์มาสเตอร์คือ การทำให้บัสว่างด้วยการกำหนดให้ขา SCL และขา SDA มีลอจิกเป็น "1" ทั้งคู่
- 2 จากนั้นทำให้ขา SDA มีลอจิก "0" โดยที่ขา SCL ยังคงเป็นลอจิก "1" อยู่
- 3 กำหนดให้ขา SCL มีลอจิกเป็น "0" ถึงตอนนี้ทั้ง SCL และ SDA จะมีลอจิกเป็น "0" ทั้งคู่ พร้อมทั้งจะติดต่อก็ได้แล้ว

การสร้างสภาวะหยุด

- 1 เมื่อต้องการหยุดส่งข้อมูลจะต้องส่งสภาวะหยุดออกไป โดยในตอนแรกต้องกำหนดให้ขา SCL และ SDA เป็นลอจิก "0" ทั้งคู่ก่อน
- 2 กำหนดให้ขา SCL มีลอจิกเป็น "1" โดย SDA ยังคงมีลอจิกเป็น "0"

3 จากนั้นทำให้ขา SDA มีลอจิกเป็น “1” ซึ่งจะทำให้ระบบบัคกลับเข้าสู่สภาวะอีกครั้ง พร้อมทั้งจะรับหรือส่งข้อมูลต่อไป

การส่งข้อมูลลอจิก “0” และลอจิก “1”

หลังจากที่ทำการส่งบิตเริ่มต้นแล้ว ลำดับต่อไปคือ จะต้องส่งข้อมูลควบคุมซึ่งจะเป็นขบวนของลอจิก “0” และลอจิก “1”

สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก “0” ต้องดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- 1 ทำให้ขา SDA เป็น “0” สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก “0”
- 2 ทำให้ขา SCL เป็น “1” สำหรับการป้อนสัญญาณนาฬิกา ในขณะที่ขา SDA ยังคงเป็น “0” อยู่
- 3 จากนั้นทำให้ขา SCL กลับมามีสถานะเป็นลอจิก “0” เหมือนเดิม

ในขณะที่การส่งข้อมูลลอจิก “1” มีขั้นตอนดังนี้

- 1 ทำให้ขา SDA มีลอจิกเป็น “1” สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก “1”
- 2 ทำให้ขา SCL เป็น “1” สำหรับการส่งสัญญาณนาฬิกา ในขณะที่ขา SDA ยังคงเป็น “1” อยู่
- 3 จากนั้นทำให้ขา SCL กลับมามีสถานะเป็นลอจิก “0” เหมือนเดิม

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.4.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งซึ่งรวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณเอาต์พุต หน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ช่วยลดจำนวนอุปกรณ์และขนาดของระบบ ในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้น ภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม ไมโครคอนโทรลเลอร์มาจาก 2 คำรวมกันคือคำว่า “ไมโคร” (Micro) ซึ่งจะหมายถึงไมโคร โปรเซสเซอร์ (Microprocessor) ซึ่งจะหน่วยประมวลผลขนาดเล็ก ภายในจะประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง หรือ ซีพียู (CPU : Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU : Arithmetic Logic Unit) วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำ และวงจรสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือ “คอนโทรลเลอร์” (Controller) หมายถึงอุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมโดยที่สามารถเขียน โปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระ

2.4.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชจาก Phillips

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ข้างอิงเพื่อการเรียนรู้และใช้งานในโครงการนี้เป็น ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูลของ MCS-51 ซึ่งมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช (Flash Memory) ของบริษัทฟิลลิปส์เซมิคอนดักเตอร์ ในอนุกรม P89C51Rx2 โดยจะเน้นไปที่เบอร์ P89C51RD2 สำหรับคุณสมบัติทางเทคนิคที่โดดเด่นของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 อนุกรม มีดังต่อไปนี้

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิต ที่เข้ากันได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 พื้นฐานของอินเทล
- หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบแฟลช ทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้ถึงหมื่นครั้ง จึงสามารถทำให้รูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยวไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอกส่งผลให้สามารถใช้งานพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ขนาดของหน่วยความจำสูงถึง 64 กิโลไบต์
- หน่วยความจำข้อมูลรวมภายในมีขนาด 1 กิโลไบต์
- สามารถเขียนหรือโปรแกรมข้อมูลลงไปหน่วยความจำโปรแกรมโดยไม่ต้องถอดตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการโปรแกรมใหม่ หรือเรียกว่าการ โปรแกรมในวงจรร หรือ ในระบบ (ISP :In-System Programming) โดยภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีหน่วยความจำที่บรรจุโปรแกรมสำหรับเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมหรือเรียกว่า บูตโรม (BootROM) ทำหน้าที่ในส่วนนี้ แรงดันที่ใช้ในการ โปรแกรมแบบ ISP ขึ้นอยู่กับเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 ใช้แรงดันในการโปรแกรมได้ทั้ง +5 โวลต์ และ +12 โวลต์ โดยถ้าใช้แรงดัน +12 โวลต์ จะสามารถโปรแกรมได้ 1000 ครั้ง และถ้าใช้แรงดัน +5 โวลต์ สามารถโปรแกรมได้ 10,000 ครั้ง
- ความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 33 เมกะเฮิร์ตซ์ ในกรณีทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาภายใน 12 ลูกต่อเมทซินไซเคิล และ 20 เมกะเฮิร์ตซ์ ในกรณีทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาภายใน 6 ลูกต่อเมทซินไซเคิล P89C51RD2 ได้รับการกำหนดให้ ทำงานเบื้องต้นในโหมดสัญญาณนาฬิกา 6 ลูกต่อเมทซินไซเคิล สามารถเลือกเปลี่ยนเป็น 12 สัญญาณนาฬิกาต่อเมทซินไซเคิลได้
- ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมพื้นฐานเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของผู้ผลิตอื่นไม่ว่าจะเป็น Intel Siemens หรือ Dallas Semiconductor
- ขาพอร์ต 8 บิต จำนวน 4 พอร์ต เป็นแบบกึ่งสองทิศทาง (Quasi-Bidirectional) สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรรีเซ็ตอนุกรมแบบฟูลคูเพิลท์ซ์
- ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต 3 ตัว (ไทม์เมอร์ 0,1 และ 2)
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์ได้ 7 ประเภท
- กำหนดความสำคัญของการตอบสนองอินเทอร์รัปต์ได้ 4 ระดับ
- สามารถติดต่อหน่วยความจำภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวอตช์ด็อก ไทม์เมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีไมโครวงจรรับโปรแกรมได้ (PCA:Programmable Count Array) ซึ่งจะบรรจุด้วยตัวตรวจจับสัญญาณ (Capture), วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ (Compare), วงจรมอดูเลชันความกว้างของพัลส์ (PWM) 5 ไมครอลและวอตช์ด็อกไทมเมอร์ (Watchdog Timer)

2.5 มาตรฐาน RS-232C

พอร์ต RS-232 ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลในแบบอนุกรมเรียกว่า Universal Asynchronous Adapter เหตุที่มีชื่อว่า RS-232 ก็เนื่องจากสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกาหรือ EIA ได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์สื่อสารแบบอนุกรมเอาไว้ภายใต้ชื่อว่า RS-232 ความจริงมาตรฐานของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีหลายมาตรฐาน แต่ที่นิยมกันมากที่สุดสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์คือ RS-232C หน้าที่ของการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสคือ

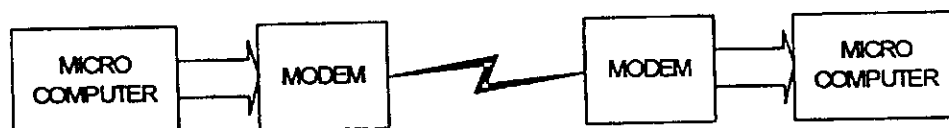
- รับสัญญาณ

- เปลี่ยนสัญญาณที่เข้ามาแบบอนุกรมให้เป็นแบบขนาน
- ตรวจสอบความผิดพลาดของสัญญาณที่ได้รับ
- ตัดบิตหยุดและบิตพาริตี้ออก
- ส่งสัญญาณให้ซีพียูว่ารับสัญญาณไว้แล้ว

- ส่งสัญญาณ

- เปลี่ยนสัญญาณแบบขนานจากซีพียูแล้วส่งออกไปแบบอนุกรม
- เพิ่มบิตหยุดและบิตพาริตี
- เพิ่มสัญญาณควบคุมโมเด็มต่อเนื่อง (ถ้ามี)

มาตรฐาน RS-232 ได้จัดพิมพ์ขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1969 โดยสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา RS ย่อมาจากคำว่า Recommend Standard ส่วน 232 เป็นหมายเลขมาตรฐานตัวนี้ C เป็นตัวอักษรที่แสดงให้ทราบถึงฉบับสุดท้ายของมาตรฐานตัวนี้ จุดประสงค์ของมาตรฐานตัวนี้ก็เพื่อบรรยายคุณลักษณะของการใช้เชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลหลายทาง (Data Terminal Equipment:DTE) กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล (Data Communication Equipment : DCE) สำหรับผู้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ DTE ก็หมายถึงตัวไมโครคอมพิวเตอร์และ DCE ก็หมายถึงโมเด็ม อุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องพิมพ์ที่ได้รับสัญญาณแบบอนุกรมอาจจะเป็นได้ทั้ง DTE และ DCE ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต จากรูปที่ 2.21 จะเห็นว่า RS232C มีส่วนสำคัญอย่างมาก สำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.21 แสดงการใช้ RS-232C เชื่อมต่ออุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วและระยะทางในการเชื่อมต่อพอร์ต RS-232 จะสามารถใช้เชื่อมต่อในการถ่ายโอนข้อมูลได้จาก 20,000 บิตต่อวินาที โดยสัญญาณมาตรฐานของ RS-232C กำหนดผ่านของแรงดันไฟฟ้าในสัญญาณเพื่อตอบสนองจุดประสงค์ข้างบน ดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS-232C

มาตรฐานของการใช้แรงดันไฟฟ้า			
แรงดันไฟฟ้า	สถานภาพลอจิก	สถานะภาพของสัญญาณ	ฟังก์ชันในการควบคุม
บวก	0	SPACE	ON
ลบ	1	MARK	OFF



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

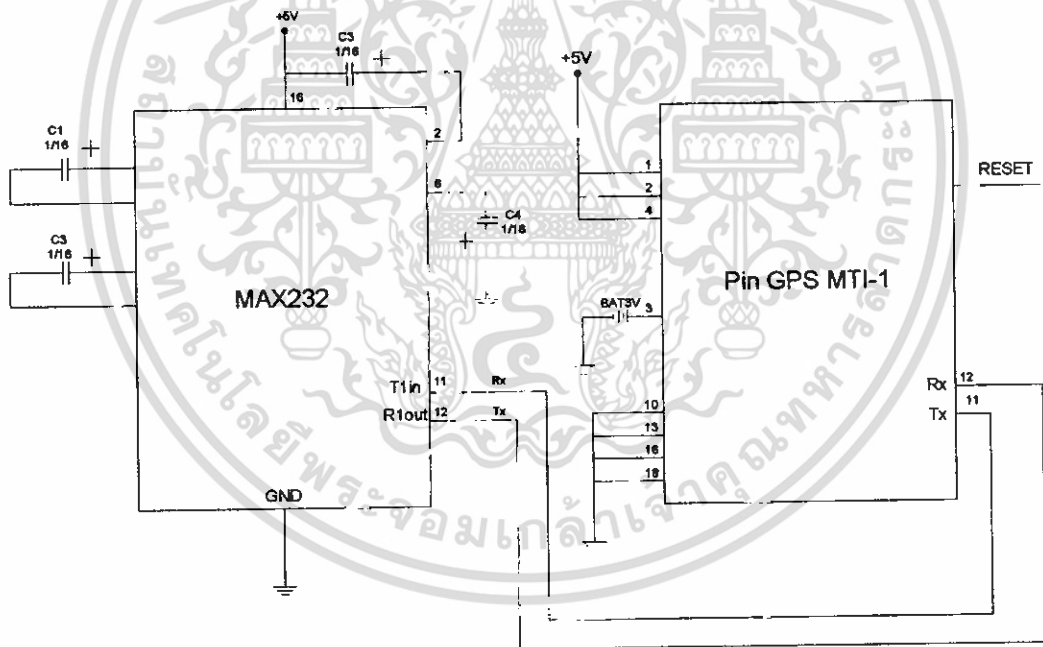
บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

3.1 วงจรในส่วนต่างๆของระบบ

3.1.1 ส่วนของการต่อวงจรการทำงานของเครื่องรับจีพีเอส

ในการเชื่อมต่อตัวเครื่องระบุตำแหน่งจีพีเอส เข้ากับตัวเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นจะใช้การเชื่อมต่อผ่านพอร์ตการสื่อสารอนุกรม ดังนั้นจำเป็นต้องต่อวงจรของไอซี MAX-232 เพื่อปรับระดับสัญญาณให้เหมาะสม ซึ่งขาสัญญาณที่จะใช้จากตัวเครื่องรับจีพีเอสใช้ขา RXA ในการส่งข้อมูลเข้ากับเครื่องรับจีพีเอส และใช้ขา TXA เพื่อรับข้อมูลจากเครื่องรับจีพีเอสและขา GND แต่ถ้าหากเราเชื่อมต่อตัวเครื่องรับจีพีเอสเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นไม่จำเป็นต้องต่อวงจรไอซี MAX-232 เพราะเนื่องจากสัญญาณที่ส่งออกมาจากตัวเครื่องรับจีพีเอสนั้นเป็นสัญญาณที่มีระดับสัญญาณเป็นแบบ TTL อยู่แล้วซึ่งตรงเท่ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้งาน ซึ่งวงจรของไอซี MAX-232 จะแสดงดังรูป 3.1



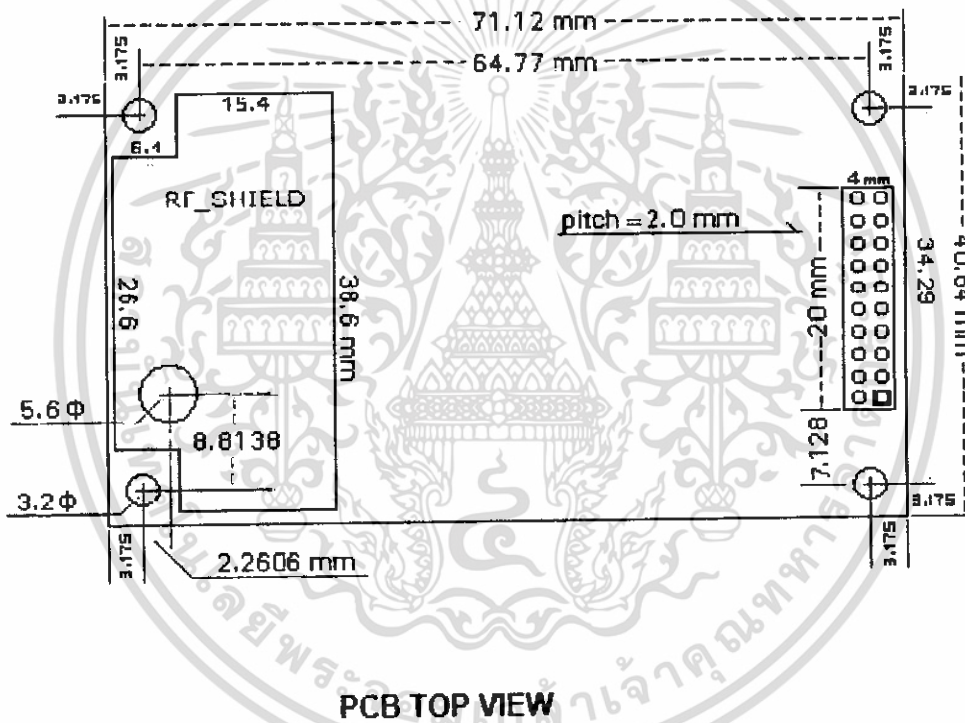
รูปที่ 3.1 การเชื่อมต่อเครื่องรับจีพีเอส เข้ากับวงจร ไอซี MAX-232

โดยรายละเอียดของเครื่องรับจีพีเอสจะแสดงดังรูปที่ 3.2 โดยจะแสดงถึงขนาดและตำแหน่งของขาที่ต่อใช้งานและอื่นๆโดยที่ตัวเครื่องรับจีพีเอสและตัววงจรของไอซี MAX-232 จะใช้วงจรแหล่งจ่ายตัวเดียวกันได้วงจรแหล่งจ่ายจะแสดงดังรูปที่ 3.3 เมื่อทำการออกแบบลายวงจรกับโปรแกรม Protel 99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

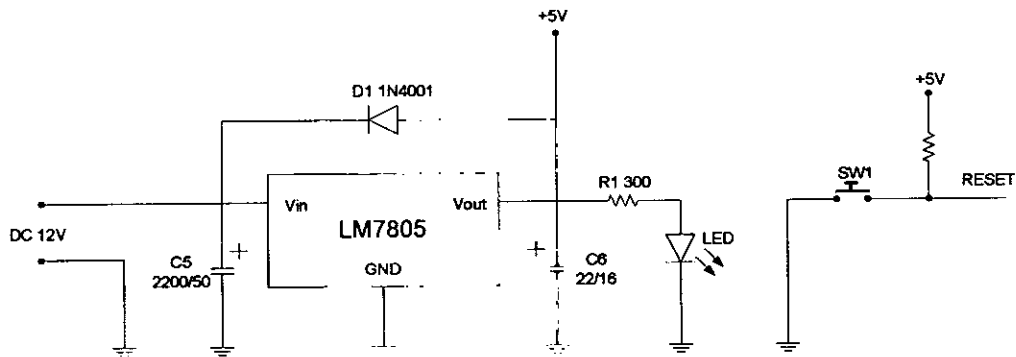


PCB SIDE VIEW



รูปที่ 3.2 แสดงรายละเอียดของเครื่องรับจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

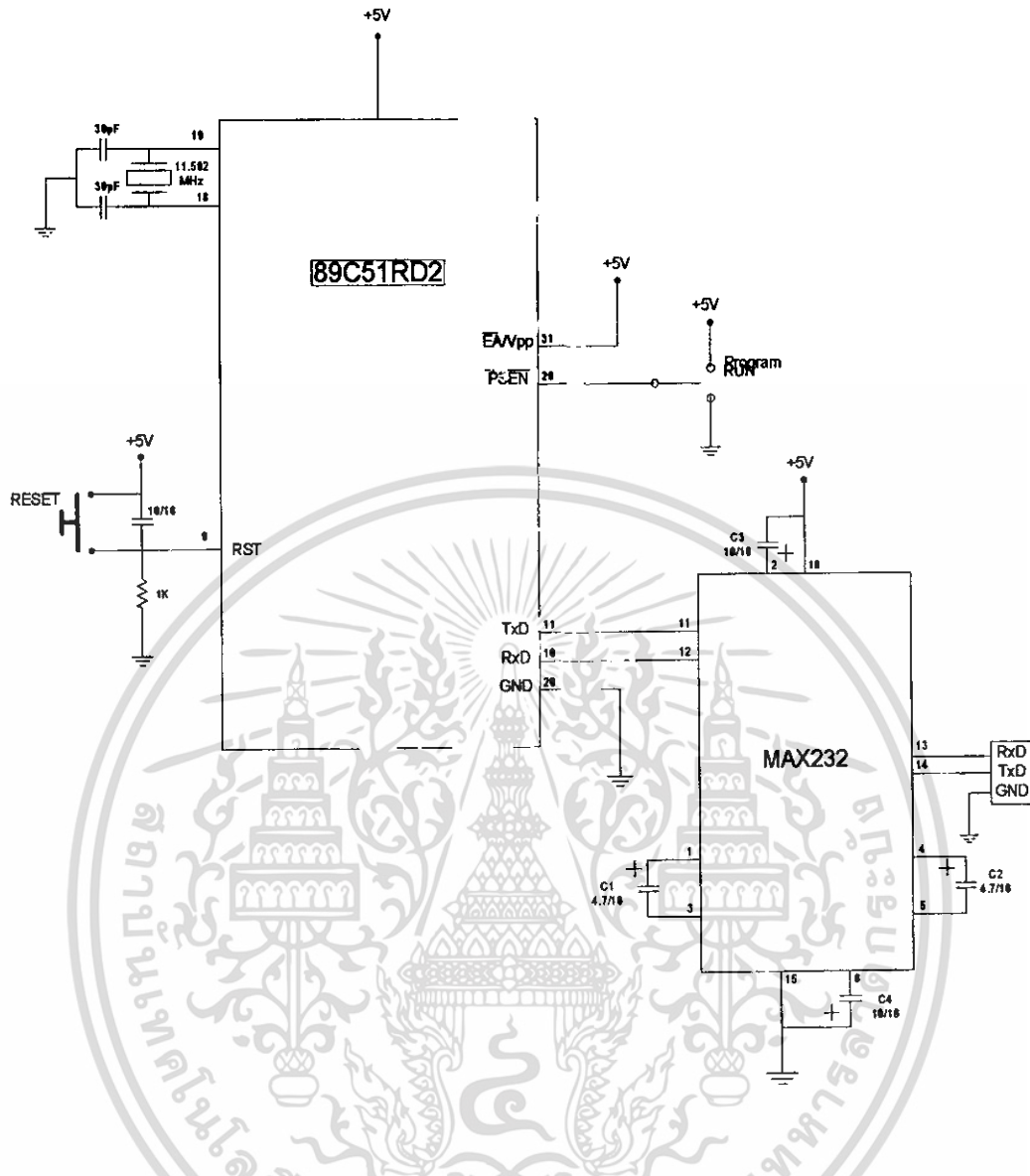


รูปที่ 3.3 วงจรของ Supply

3.1.2 การต่อวงจรการทำงานและเขียนโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51RD2

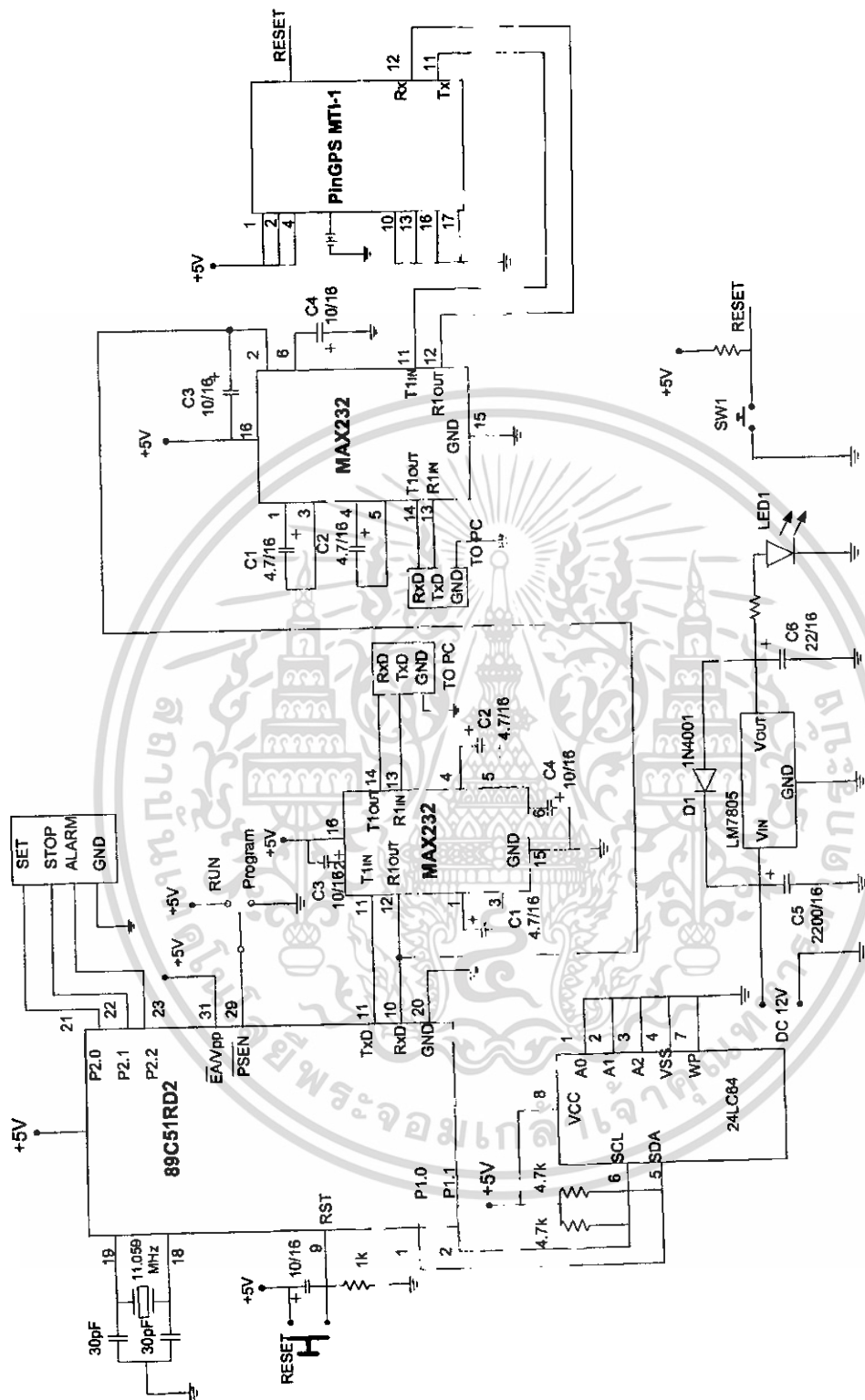
จากการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51RD2 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้ไม่ต้องใช้บอร์ดสำเร็จรูปในการเขียนโปรแกรมลงไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่จะใช้การเขียนและอ่านโปรแกรมผ่านทางโปรแกรมแฟลชเมมจิกของบริษัทฟิลิปส์ โดยพื้นฐานการทำงานของวงจรที่จะติดต่อกับคอมพิวเตอร์ จะมีพอร์ตสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอกหลายทางด้วยกัน แต่ทางที่นิยมใช้กันคือการสื่อสารผ่านทางพอร์ตอนุกรม หรือ RS-232 ซึ่งจะมีแรงดัน 2 ระดับคือ +12 โวลต์และ -12 โวลต์ โดย +12 โวลต์ จะแทนด้วยลอจิก 0 และ -12 โวลต์จะแทนด้วยลอจิก 1 ซึ่งต่างจากระดับสัญญาณ TTL ของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งจะประกอบด้วยแรงดัน +5 โวลต์และ 0 โวลต์ ซึ่ง +5 โวลต์จะแทนด้วยลอจิก 1 และ 0 โวลต์จะแทนด้วยลอจิก 0

ดังนั้นเราจึงไม่สามารถต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง โดยสัญญาณจากพอร์ต RS-232 ซึ่งเป็นสัญญาณส่งออก Tx จากคอมพิวเตอร์มีแรงดัน +12 โวลต์และ -12 โวลต์ ตามสภาวะลอจิก เมื่อมาเข้าไอซี MAX-232 ที่ขา 13 ก็จะทำการเปลี่ยนแรงดันให้เป็นระดับ TTL และส่งออกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทางขา 12 ในทางกลับกันหากเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณ TTL ออกเพื่อติดต่อกับคอมพิวเตอร์ก็จะส่งเข้าขา 11 ของไอซี MAX 232 และไอซี MAX 232 ก็จะทำการเปลี่ยนระดับสัญญาณให้เป็น RS-232 โดยส่งออกผ่านขา 14 เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์นำไปประมวลผลต่อไป โดยวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์และไอซี MAX-232 สามารถใช้แรงดันจากวงจรแหล่งจ่ายที่ต่อให้กับเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส โดยวงจรจะแสดงดังรูป 3.4 และแสดงวงจรสมบูรณ์ที่ใช้งานจะอยู่ในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรของการเขียนและรันโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51RD2

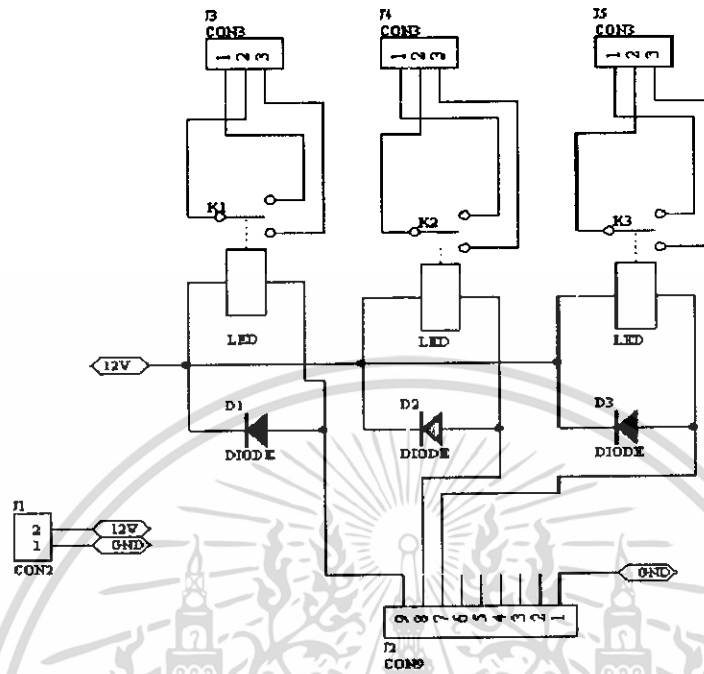
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรตามรูปที่ใช้งาน

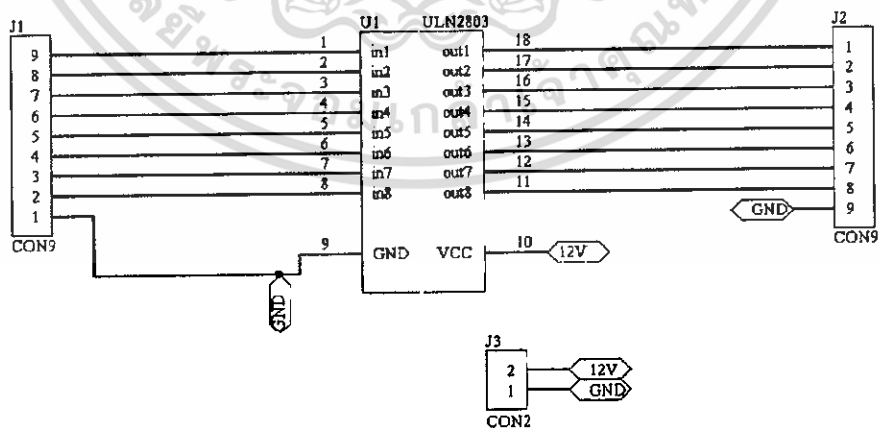
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การออกแบบวงจรแสดงการทำงาน



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรการทำงาน

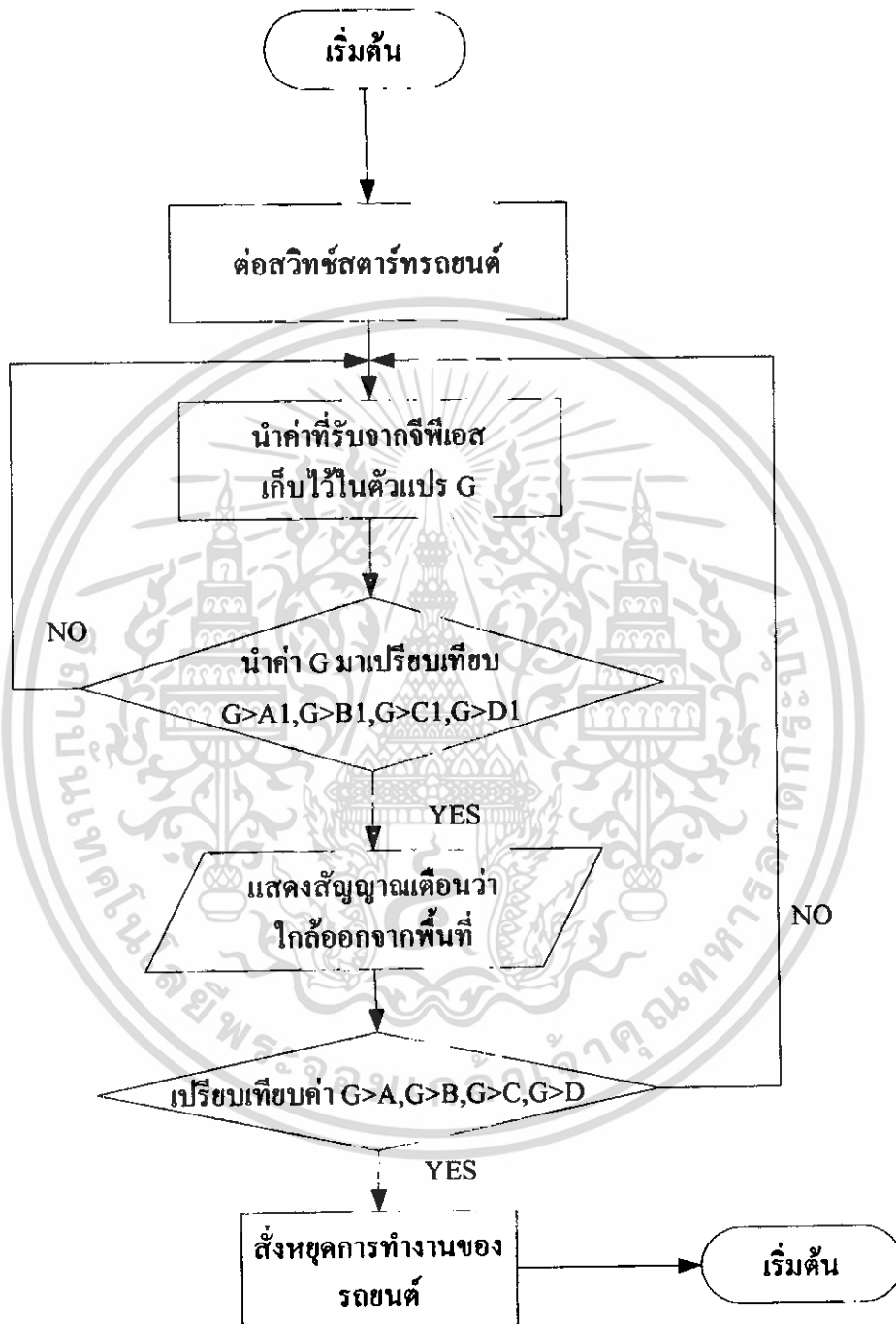
จากรูปที่ 3.6 แสดงการทำงาน การทำงานของโครงการนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งงานควมคุมรีเลย์โดยผ่านทางขา 21, 22, 23 ซึ่งเป็นพอร์ต P2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่เนื่องจากแรงดันของไมโครคอนโทรลเลอร์มีไม่พอที่จะสั่งงานให้รีเลย์ทำงานจึงต้องใช้วงจรเพื่อขยายดังรูปที่ 3.7



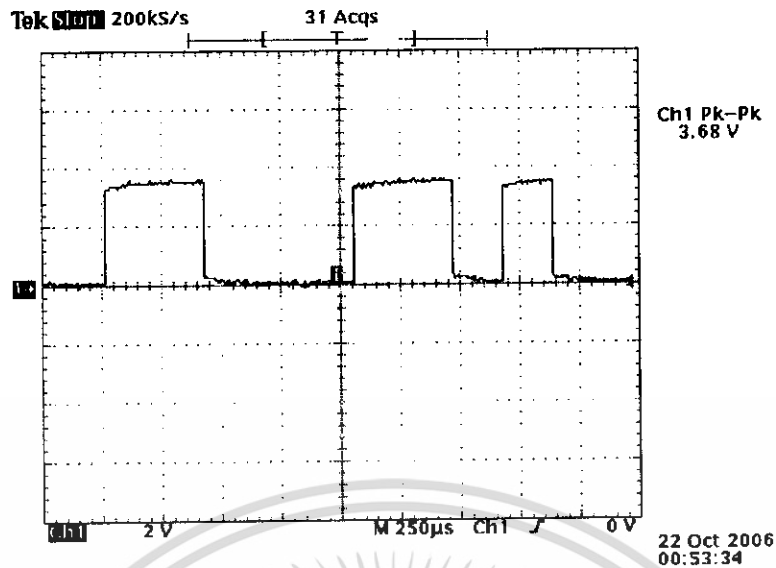
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรขยายแรงดันรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โฟร์ชาร์ตแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมรวม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ระดับสัญญาณจากควมเทียมจีทีเอส โดยวัดค่าจากออสซิลโลสโคป

จากรูปที่ 4.2 สัญญาณที่ออกมาจะมีแรงดัน 3.6 โวลต์ เป็นสัญญาณ TTL ที่ได้มาจากโมดูลจีทีเอส เนื่องจากโมดูลนี้ไม่สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงจึงต้องทำการต่อโมดูลเข้ากับวงจรของ RS-232 เมื่อต่อโมดูลเข้ากับวงจรของ RS-232 แล้วผลที่ได้จะแสดงในรูปที่ 4.3

4.1.2 ผลการต่อโมดูลจีทีเอสเข้ากับ IC MAX-232

```

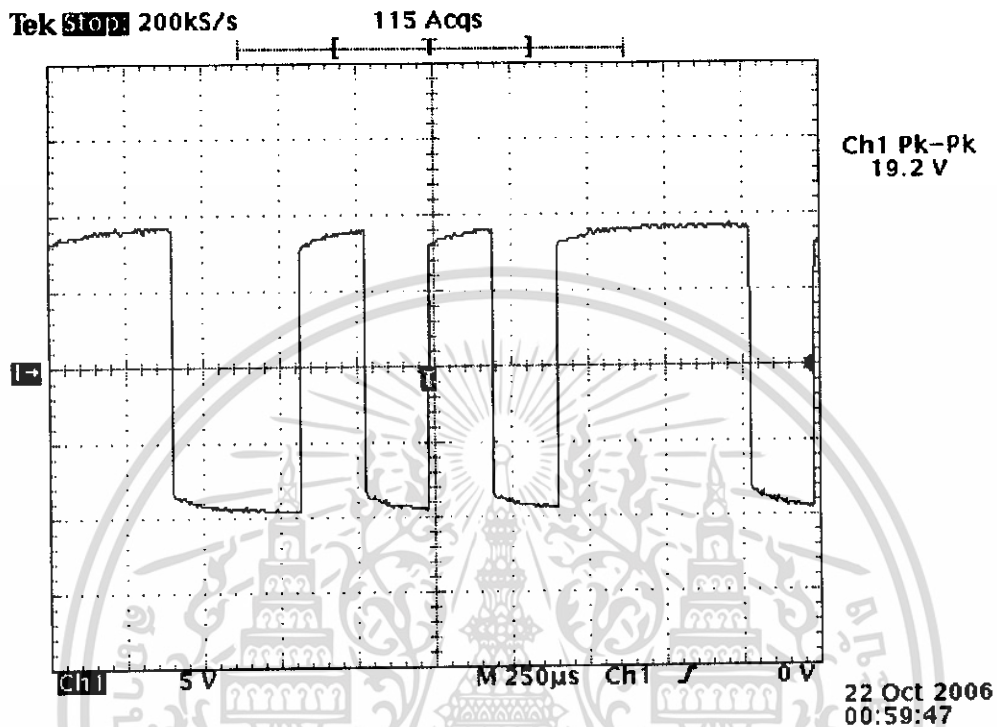
C:\Program Files\Max232\Terminal
File Edit View Call Transfer Help
[Icons]
$GPGSA,A,3,01.25,31.21,,,,,18.4,6.0,17.3,3B
$GPRMC,213114.683,A,1343.6548,N,10046.3099,E,0.21,87.06,211006,0.3E
$GPGGA,213115.683,1343.6548,N,10046.3099,E,1.04,6.0,74.1,M,-27.2,M,0.0,0000-6A
$GPGSA,A,3,01.25,31.21,,,,,18.3,6.0,17.3,3C
$GPRMC,213115.683,A,1343.6548,N,10046.3099,E,0.23,74.28,211006,0.3D
$GPGGA,213116.683,1343.6548,N,10046.3099,E,1.04,6.0,74.3,M,-27.2,M,0.0,0000-6B
$GPGSA,A,3,01.25,31.21,,,,,18.3,6.0,17.3,3C
$GPRMC,213116.683,A,1343.6548,N,10046.3099,E,0.21,82.55,211006,0.3F
$GPGGA,213117.683,1343.6549,N,10046.3099,E,1.04,6.0,74.6,M,-27.2,M,0.0,0000-6E
$GPGSA,A,3,01.25,31.21,,,,,18.3,6.0,17.3,3C
$GPRMC,213117.683,A,1343.6549,N,10046.3099,E,0.22,76.30,211006,0.34
$GPGGA,213118.683,1343.6549,N,10046.3099,E,1.04,6.0,74.8,M,-27.2,M,0.0,0000-6F
$GPGSA,A,3,01.25,31.21,,,,,18.3,6.0,17.3,3C
$GPGSV,3,1,11,18,53,066,00,22,49,359,03,21,41,174,45,30,38,122,00-7A
$GPGSV,3,2,11,14,36,324,00,31,34,224,39,25,28,228,42,05,27,078,00-7A
$GPGSV,3,3,11,01,15,288,35,07,09,218,03,09,07,035,00-4D
$GPRMC,213118.683,A,1343.6549,N,10046.3099,E,0.21,81.91,211006,0.3B
$GPGGA,213119.683,1343.6549,N,10046.3103,E,1.04,6.0,74.8,M,-27.2,M,0.0,0000-6F
$GPGSA,A,3,01.25,31.21,,,,,18.3,6.0,17.2,3D
$GPRMC,213119.683,A,1343.6549,N,10046.3100,E,0.24,80.16,211006,0.30
$GPGGA,213120.683,1343.6550,N,10046.3101,E,1.04,6.0,74.8,M,-27.2,M,0.0,0000-6C
$GPGSA,A,3,01.25,31.21,,,,,18.3,6.0,17.2,3D
$GPRMC,213120.683,A,1343.6550,N,10046.3101,E,0.23,75.95,211006,0.35

```

รูปที่ 4.3 แสดงค่าโมดูลจีทีเอส ต่อกับวงจร RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นว่าเมื่อทำการต่อโมดูลจีทีเอสเข้ากับวงจร RS-232 แล้วโมดูลจะแสดงค่าที่รับมาจากคววมัลติมิเตอร์หลายมาตรฐาน ซึ่งแต่ละมาตรฐานได้กล่าวไปแล้วข้างต้น ซึ่งทำการวัดระดับสัญญาณโดยใช้ออสซิลโลสโคปแล้วจะได้ผลดังรูปที่ 4.4

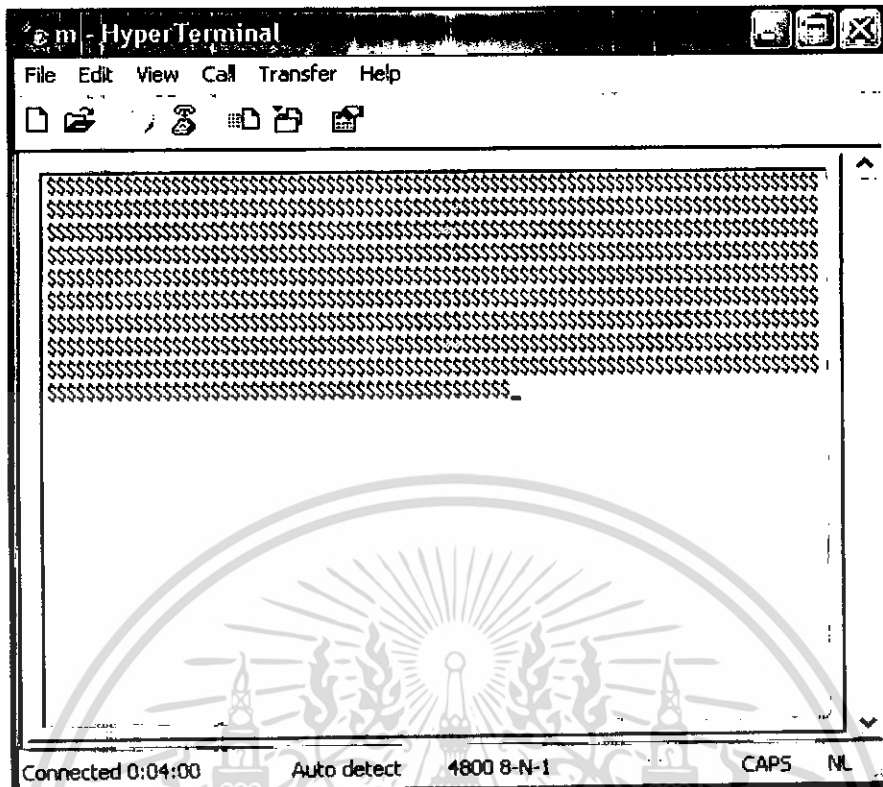


รูปที่ 4.4 แสดงรูปสัญญาณ โมดูลจีทีเอส ต่อกับวงจร RS-232

จากรูปที่ 4.4 สังเกตที่ระดับแรงดันของรูปจะมีค่ามากกว่าตอนที่ยังไม่ต่อโมดูลจีทีเอสเข้ากับวงจร RS-232 ทั้งนี้อาจเกิดจากการปรับระดับแรงดันซึ่งเกิดจากไอซี MAX-232 ปรับเพื่อให้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นเนื่องจากโมดูลรับค่าได้หลายมาตรฐานเราจึงต้องเลือกมาใช้เพียงมาตรฐานเดียวเพื่อนำมาใช้ในโครงการนี้จึงต้องทำการเลือกเสดเคอร์ของมาตรฐานที่รับได้ต่อไป

4.2 การเขียนโปรแกรมเพื่อแยกตัวที่ต้องการ แสดงผลทางโปรแกรม Hyper Terminal

โดยการต่อเข้ากับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ต่อจากนั้นทำการเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาแอสเซมบลี โดยทดลองเขียน โปรแกรมเพื่อลองเชื่อมต่อและ โปรแกรมสามารถแยกได้จริงหรือไม่ แล้วทำการทดสอบบน โปรแกรม Hyper Terminal ได้ผลดังรูปที่ 4.5

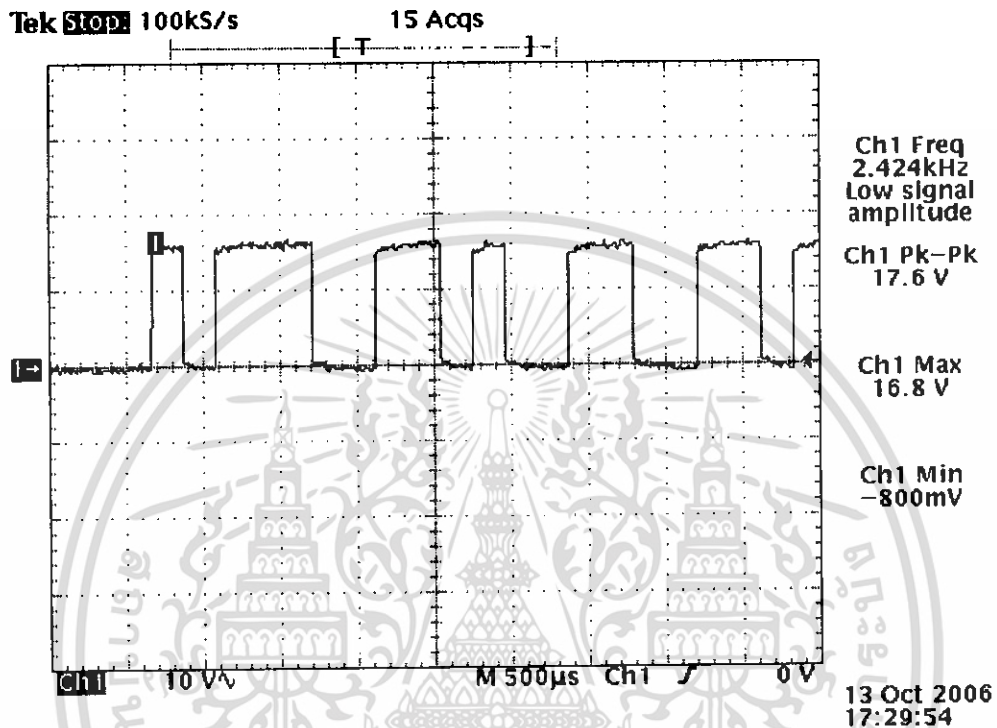


รูปที่ 4.5 แสดงการแยกเซคเตอร์

จากรูปที่ 4.5 เนื่องจากแต่ละมาตรฐานที่รับได้นั้นจะมีสัญลักษณ์ \$ โปรแกรมที่ทดสอบนี้จึงด้กจับแล้วสั่งให้แสดงผลไว้ เมื่อทดสอบแล้วว่าโปรแกรมสามารถเชื่อมต่อ ได้จริงแล้วจึงเขียนโปรแกรมที่เซคเตอร์จริงๆ ในที่นี้ใช้เซคเตอร์ที่มีชื่อว่า SGPRMC เพื่อนำไปทดลอง ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.6

สาเหตุที่เลือกเซคเตอร์นี้เนื่องจากมีค่าละติจูด, ลองจิจูดที่ง่ายต่อการนำไปใช้จำกัดพื้นที่ใช้งาน จากนั้นจึงลดเซคเตอร์ลง โดยนำมาใช้เฉพาะเพียงค่าละติจูดและลองจิจูดมาใช้งานจริง ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.7

จากรูปจะเห็นว่ามีเพียงค่าละติจูดและลองจิจูดเท่านั้น ซึ่งค่าที่ได้จากการทดลองจะมีค่าละติจูดเท่ากับ $N 13^{\circ} 43' 38''$ และลองจิจูดเท่ากับ $E 100^{\circ} 46' 18''$ จากนั้นทำการวัดสัญญาณดังกล่าวโดยใช้ ออสซิลโลสโคปซึ่งแสดงในรูปที่ 4.8 สาเหตุที่ลดเฮคเคอร์ลงเนื่องจากจะได้ง่ายต่อการนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรม



รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณที่คักจับไปใช้งาน

จากรูปที่ 4.8 เป็นสัญญาณที่ได้จากการวัดค่าจากขา 14 ของ IC MAX-232 ซึ่งต่ออยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะได้สัญญาณเป็นระดับ RS-232 ซึ่งจะส่งออกเป็นค่ารหัส ASCII เท่ากับ 1343.643, N, 10046.3109, E

ซึ่งสัญญาณที่แสดงจะประกอบด้วย ข้อมูล 8 บิต, 1 Start bit และ 1 Stop bit โดยที่ Start bit จะมีสถานะลอจิก 0 และ Stop bit จะมีสถานะลอจิก 1 จากรูปสัญญาณจะมีค่าเท่ากับ 0 1000 1100 1 0 1100 1100 1 ซึ่งจะสังเกตได้ว่าจะมีการส่งแบบ Bit LSB คือจะเป็นการส่งข้อมูลโดยที่จะส่งบิตขวามือก่อนแล้วไล่ขึ้นมาจนถึงบิตซ้ายมือ

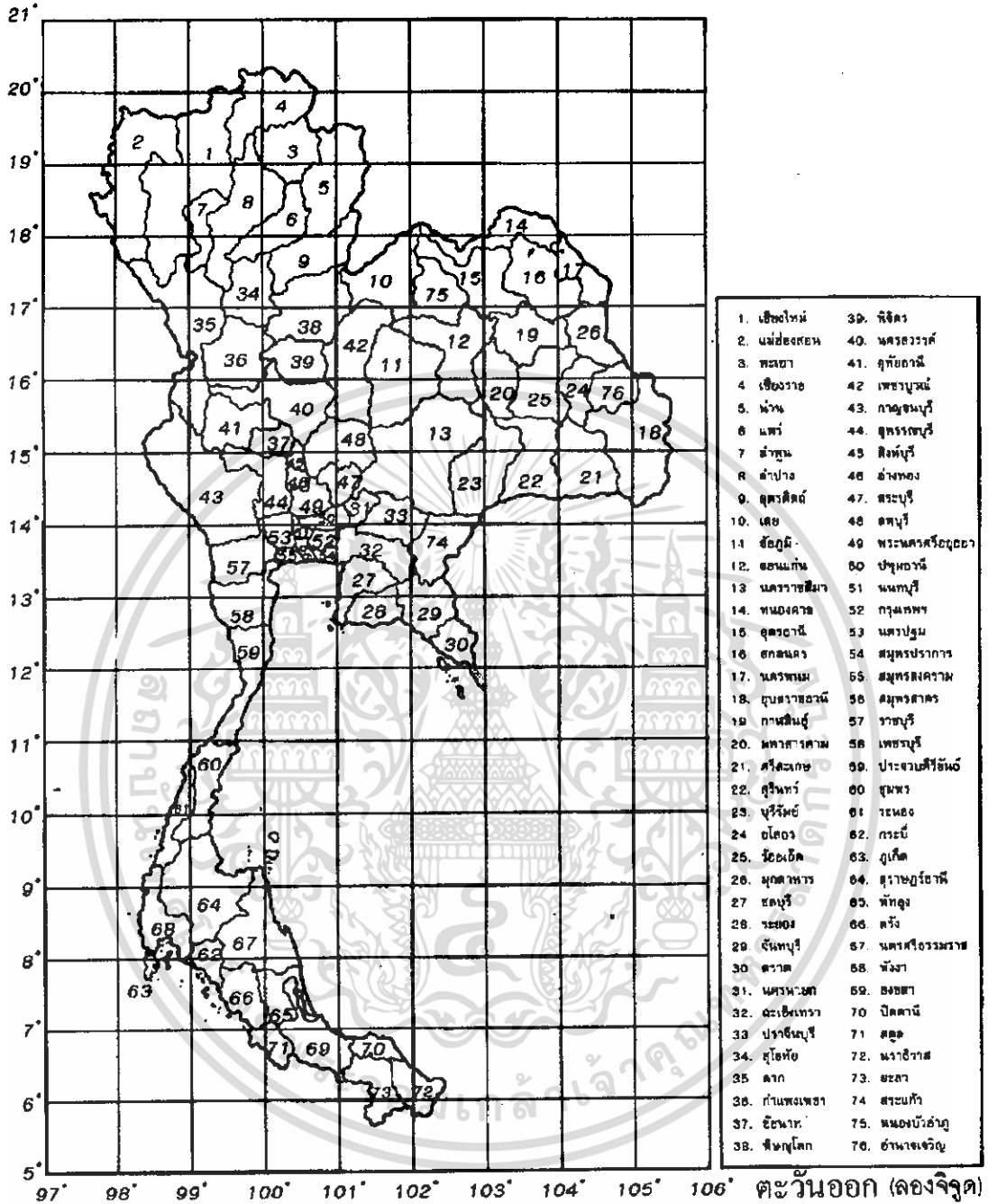
ผลที่ได้จะตรงกับค่า ASCII ที่ได้รับมาคือ เลข 1, 3 จะเท่ากับ 31H, 33H เมื่อเปลี่ยนเป็นลอจิก จะได้เท่ากับ 0011 0001 0011 0011 เมื่อนำมาใส่ Start bit และ Stop bit แล้วทำการสลับบิตใหม่จะได้เท่ากับ 0 1000 1100 1 0 1100 1100 1 ซึ่งจะมีค่าเท่ากับผลการทดลองที่วัดสัญญาณมาได้

โดยข้อมูลที่ได้รับมานั้น จะมีค่าละติจูดเท่ากับ $N 13^{\circ} 43' 38''$ และลองจิจูดเท่ากับ $E 100^{\circ} 46' 18''$ ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงค่าที่ระบุอยู่ในแผนที่ ดังรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหนือ (ละติจูด)

แผนที่ประเทศไทยแสดงพิกัดภูมิศาสตร์



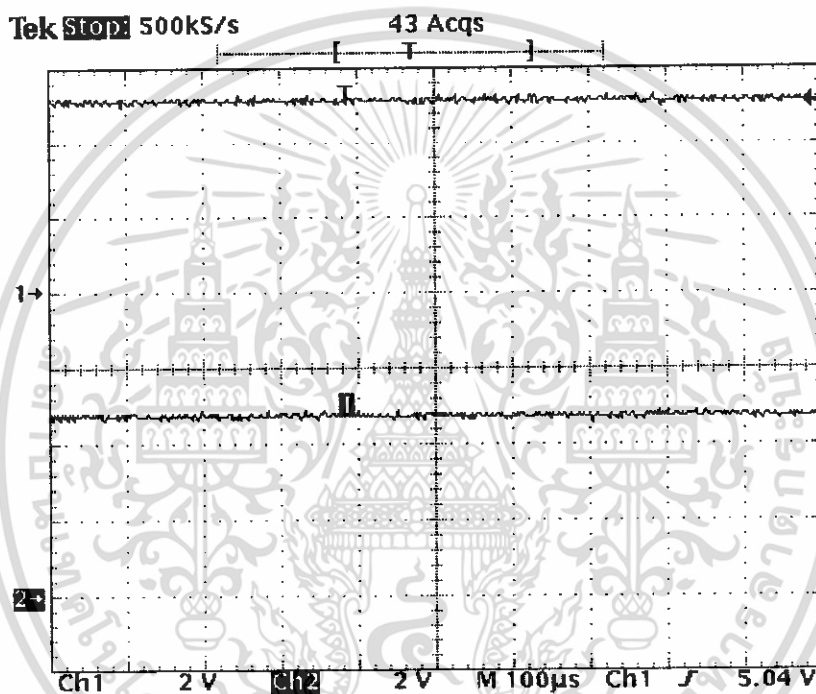
รูปที่ 4.9 แผนที่ประเทศไทยที่แสดงพิกัดใช้อ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การต่อหน่วยความจำเพื่อทำการเก็บและส่งข้อมูล

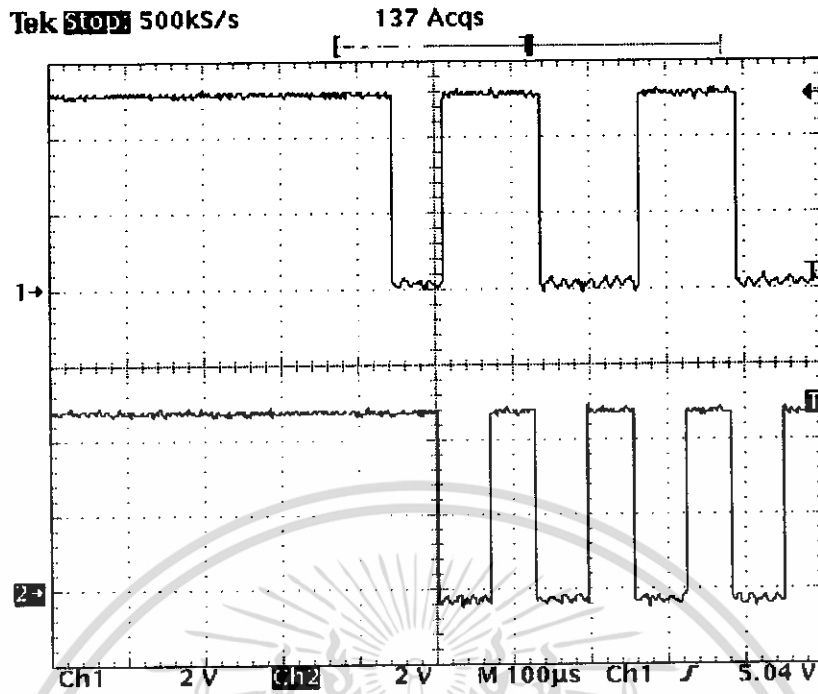
โครงการนี้เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าจากเครื่องระบุตำแหน่งกับพิกัดที่เราได้กำหนดไว้ภายในหน่วยความจำแล้ว จึงต้องมีการทดสอบว่าหน่วยความจำสามารถรับและนำข้อมูลไปใช้ได้หรือไม่ โดยสัญญาณช่องที่ 1 วัดจากขาที่ 5 (SDA) และช่องที่ 2 วัดจากขาที่ 6 (SCL) ของไอซีเบอร์ 24LC64 ซึ่งผลที่ทดสอบได้จะแสดงให้เห็นต่อจากนี้

เริ่มจากสถานะที่หน่วยความจำพร้อมที่จะรอรับข้อมูล ในที่นี้เรียกว่าสถานะบัสว่างของการรับและการส่งข้อมูลแบบ I²C



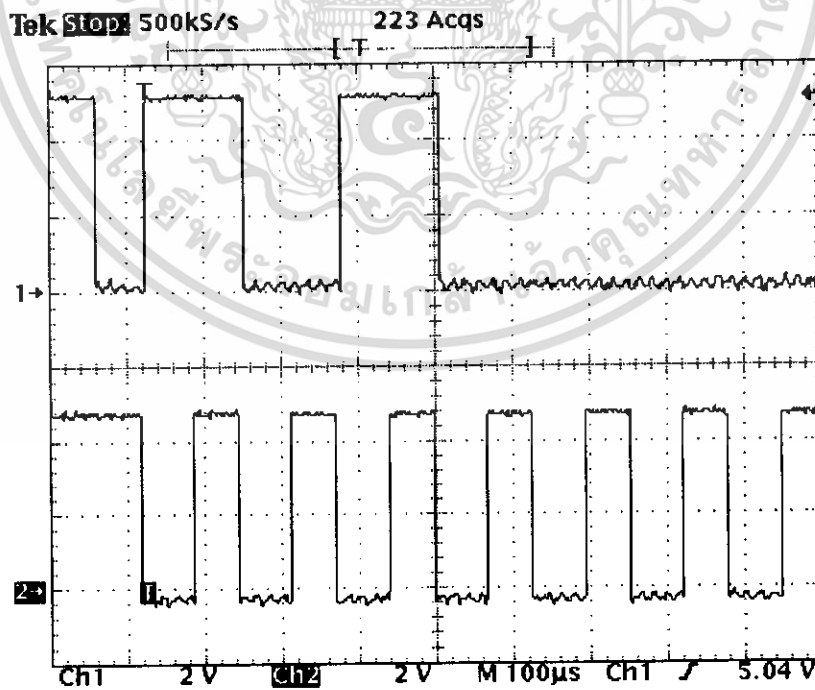
รูปที่ 4.10 แสดงสถานะบัสว่างของการรับส่งข้อมูลแบบ I²C

จากรูปที่ 4.10 รูปสัญญาณช่อง 1 แสดงสัญญาณของขา SDA ของหน่วยความจำ ซึ่งอยู่ในสถานะลอจิกสูง และสัญญาณช่อง 2 แสดงสัญญาณของขา SCL ซึ่งอยู่ในสถานะลอจิกสูงเช่นเดียวกัน เมื่อเทียบกับคุณสมบัติแล้วแสดงว่าการส่งข้อมูลแบบ I²C นี้อยู่ในสถานะบัสว่าง



รูปที่ 4.11 แสดงสถานะเริ่มต้นการถ่ายข้อมูลแบบ I²C

จากรูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าสัญญาณ SDA ช่องที่ 1 อยู่ในลอจิกสูงแล้วเปลี่ยนสถานะไปลอจิกต่ำ ส่วนสัญญาณที่ขา SCL ช่องที่ 2 ยังเป็นระดับลอจิกสูงอยู่ สถานะนี้ตรงกับสถานะเริ่มต้นการถ่ายข้อมูลแบบ I²C

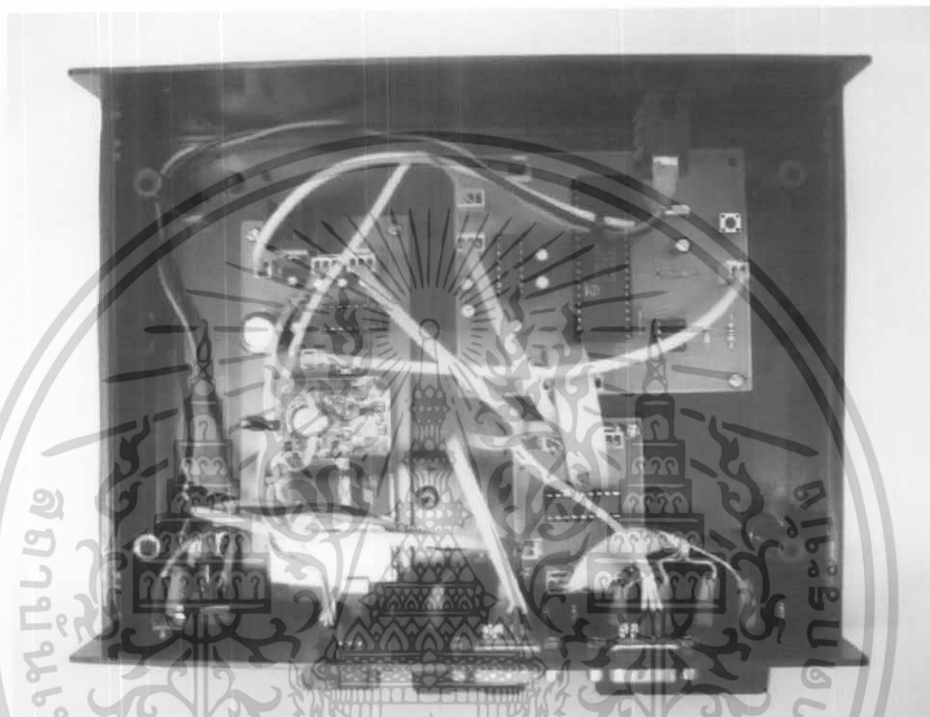


รูปที่ 4.12 แสดงสถานะข้อมูลค้างอยู่บนบัสของการรับส่งข้อมูลแบบ I²C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.12 แสดงสถานะข้อมูลค้างอยู่บนบัส ซึ่งข้อมูลจะถูกถ่ายเทเมื่อสัญญาณ SCL อยู่ในช่องสัญญาณที่ 2 เป็นลอจิกสูง และสัญญาณ SDA จะเป็นระดับสัญญาณที่รับเข้ามา ซึ่งในที่นี้ระดับสัญญาณเป็น 10100

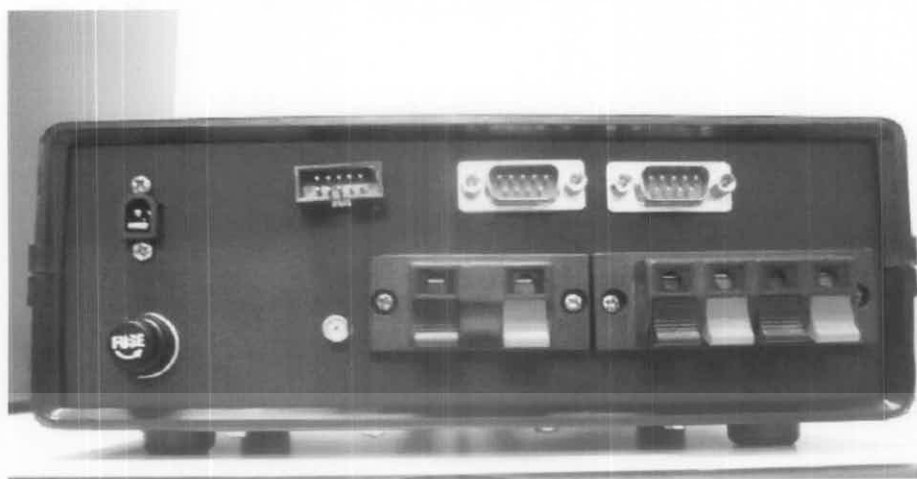
4.4 ลักษณะชิ้นงานของโครงการนี้



รูปที่ 4.13 แสดงรูปชิ้นงานภายใน

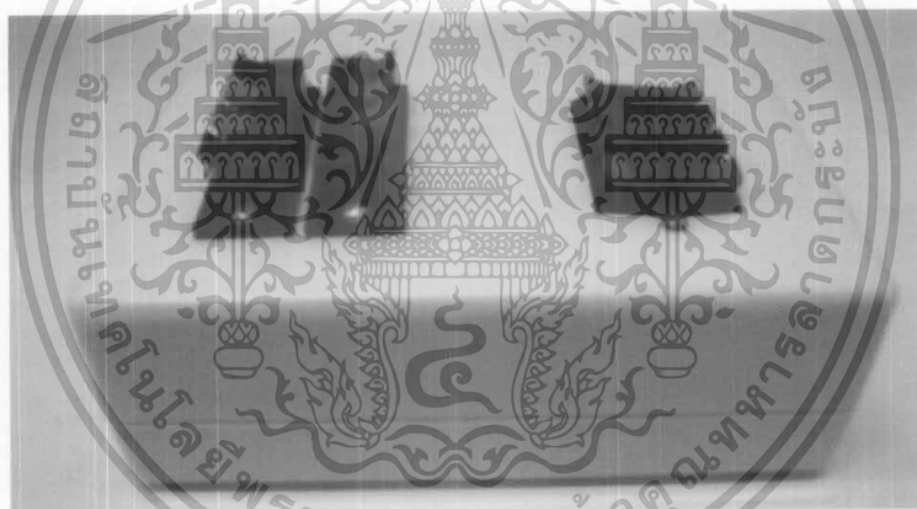
จากรูปที่ 4.13 เป็นรูปแสดงกล่องบรรจุชิ้นงานด้านบน ซึ่งภายในประกอบด้วย อุปกรณ์ระบุนตำแหน่งพิกัด และชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



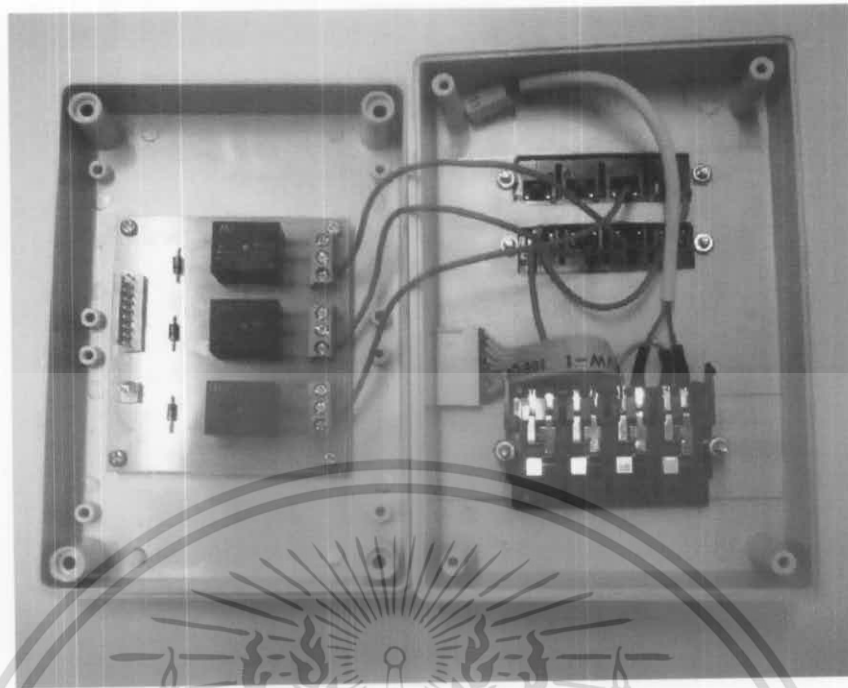
รูปที่ 4.14 แสดงชิ้นงานภายนอก

ชิ้นงานภายนอกจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอก รวมทั้งแหล่งจ่ายด้วย



รูปที่ 4.15 ชุดต่อพ่วงเพื่อความสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดงอุปกรณ์ภายในชุดต่อพ่วง

จากที่ 4.16 รูปแสดงถึงอุปกรณ์ภายในเพื่อใช้ควบคุมระบบรถยนต์จำนวนสามชุด โดยชุดควบคุมเหล่านี้สามารถประยุกต์ให้ควบคุมรถยนต์ได้หลายวิธี เช่น ตัดไฟของหัวเทียนรถ หรือ ตัดน้ำมันของรถยนต์แล้วแต่จะประยุกต์งาน

4.5 การวัดค่าพิกัดตำแหน่งต่างๆภายในสถาบัน

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าพิกัดตำแหน่งต่างๆภายในสถาบัน

สถานที่ทำการวัด	ค่าลองจิจูดวัดครั้งที่ 1	ค่าลองจิจูดวัดครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ยลองจิจูด
หน้าตึก A	13°43'6379" N	13°43'6410" N	13°43'6394" N
ภาคโยธา	13°43'6236" N	13°43'6289" N	13°43'6262" N
หน้าตึก 12 ชั้น	13°43'6175" N	13°43'6256" N	13°43'6215" N
หน้าคณะวิศวกรรม	13°43'5895" N	13°43'5880" N	13°43'5887" N
คณะเกษตร	13°43'4981" N	13°43'4965" N	13°43'4973" N
ตึกพระเทพฯ	13°43'8004" N	13°43'8092" N	13°43'8048" N
สนามกีฬา	13°43'8082" N	13°43'8165" N	13°43'8123" N
แฟลตอาจารย์	13°43'4770" N	13°43'4780" N	13°43'4775" N
คณะสถาปัตย์ฯ	13°43'4879" N	13°43'4865" N	13°43'4872" N
หน้าหอพักใน	13°43'7050" N	13°43'7054" N	13°43'7052" N
สมาคมศิษย์เก่า	13°43'8873" N	13°43'8870" N	13°43'8872" N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานที่ทำการวัด	ค่าละจิกวัดครั้งที่ 1	ค่าละจิกวัดครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ยละจิก
หน้าตึก A	100°46'5886" E	100°46'5890" E	100°46'5888" E
ภาคโยธา	100°46'4779" E	100°46'4771" E	100°46'4775" E
หน้าตึก 12 ชั้น	100°46'3490" E	100°46'3482" E	100°46'3486" E
หน้าคณะวิศวกรรม	100°46'6745" E	100°46'6751" E	100°46'6748" E
คณะเกษตร	100°46'8126" E	100°46'8134" E	100°46'8130" E
ตึกพระเทพฯ	100°46'6468" E	100°46'6470" E	100°46'6469" E
สนามกีฬา	100°46'2683" E	100°46'2689" E	100°46'2686" E
แฟลตอาจารย์	100°46'3208" E	100°46'3214" E	100°46'3211" E
คณะสถาปัตฯ	100°46'6704" E	100°46'6700" E	100°46'6702" E
หน้าหอโน	100°46'4354" E	100°46'4348" E	100°46'4351" E
สมาคมศิษย์เก่า	100°46'4782" E	100°46'4746" E	100°46'4749" E

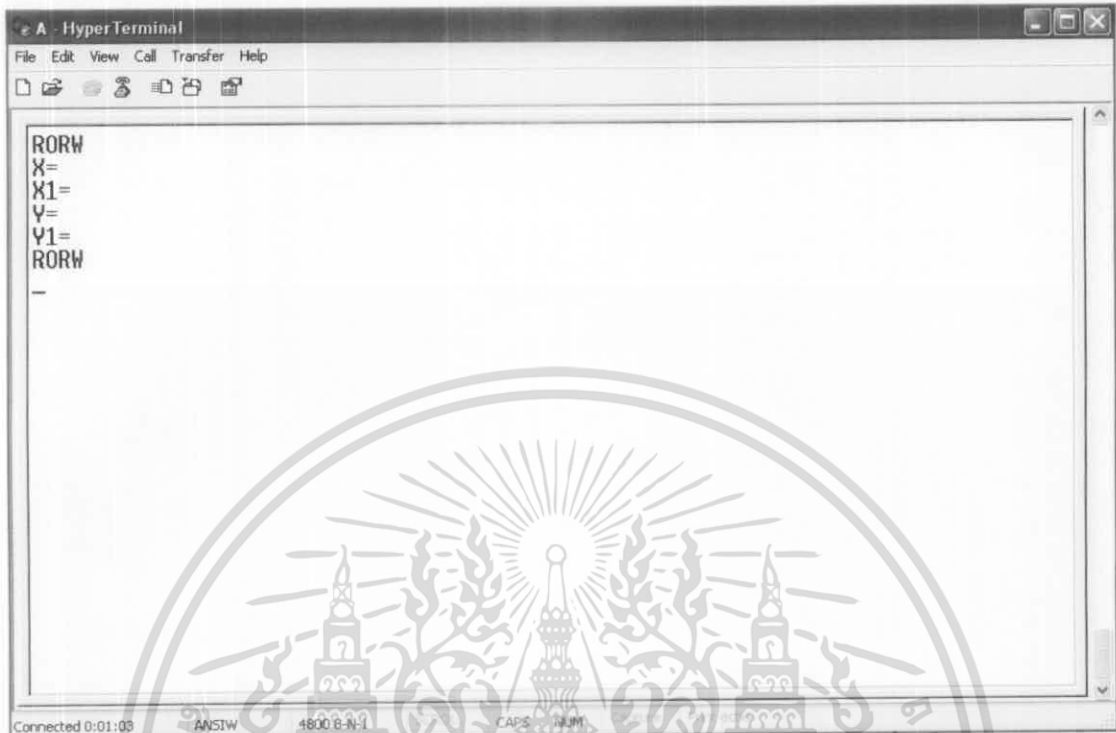
4.6 การออกแบบการจำกัดพื้นที่

มุมตึก 12 ชั้น 13°43'6625" N, 100°46'3135" E	หน้าหอสมุด 13°43'6389" N, 100°46'6636" E
หลังคณะสถาปัตฯ 13°43'4808" N, 100°46'3208" E	หน้าคณะสถาปัตฯ 13°43'4879" N, 100°46'6704" E

รูปที่ 4.17 แสดงการออกแบบการจำกัดพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 หน้าต่างที่ใช้รันโปรแกรม



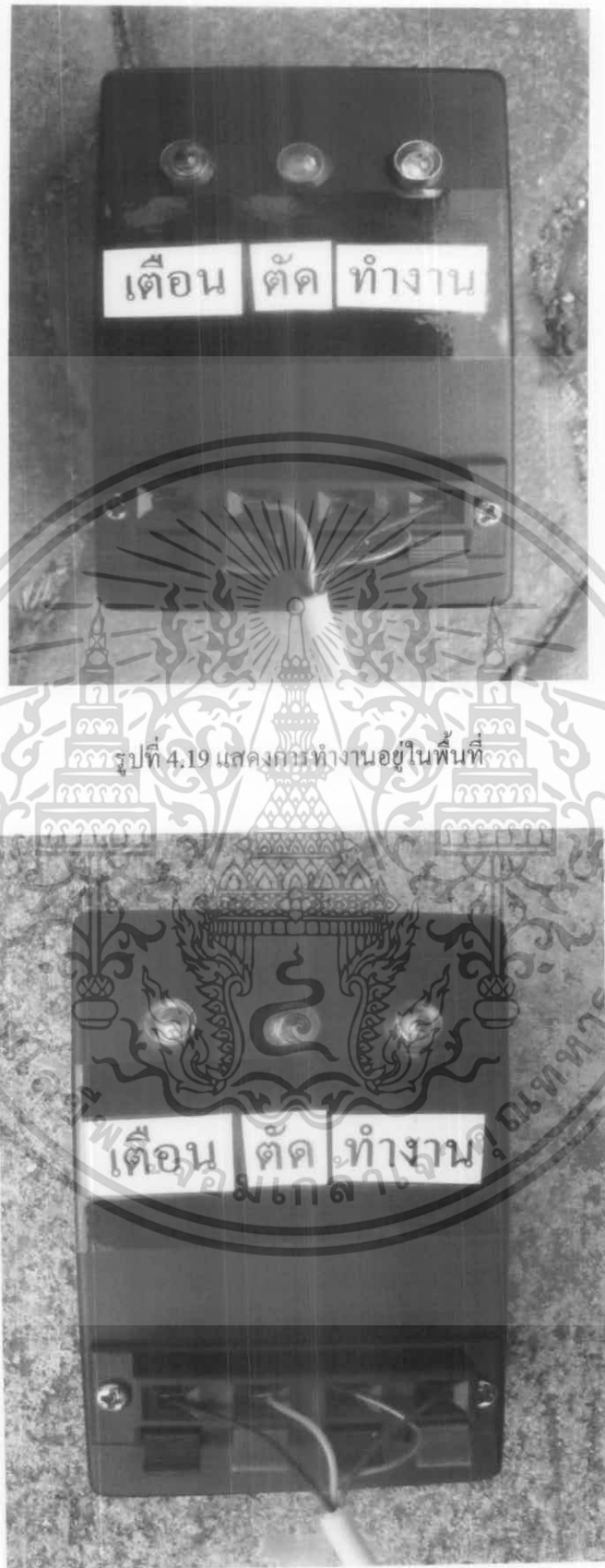
รูปที่ 4.17 แสดงหน้าต่างที่ใช้รันโปรแกรม

4.8 แสดงผลการทำงาน



รูปที่ 4.18 แสดงการต่อใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 แสดงการเตือนก่อนออกนอกพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 แสดงการตัดกระแสทำงานเมื่อออกนอกพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

ภาครับสัญญาณจากเครื่องระบุตำแหน่งพิกัด

ภาครับสัญญาณจากเครื่องระบุตำแหน่งพิกัดประกอบด้วย เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส วงจรเปลี่ยนระดับสัญญาณ TTL เป็นระดับ RS-232 และวงจรแหล่งจ่ายไฟที่ใช้ไอซีเรกูเลเตอร์เบอร์ LM7805

ภาคประมวลผล

ภาคประมวลผลประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ P89C51RD2 ที่ใช้ในการประมวลผล และหน่วยความจำเบอร์ 24LC64 ซึ่งจะส่งผ่านข้อมูลแบบ I²C ที่ใช้การส่งงานผ่านโปรแกรม Hyper Terminal

ภาคแสดงการทำงาน

ภาคนี้จะใช้รีเลย์ทำหน้าที่ตัดต่อการทำงานของระบบรถยนต์ ประกอบด้วย

- การตัดระบบจ่ายน้ำมัน
- การตัดระบบไฟจุดระเบิด
- การเตือนเมื่อใกล้ออกนอกพื้นที่

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ภาครับสัญญาณจากเครื่องระบุตำแหน่งพิกัด

เนื่องจากเครื่องระบุตำแหน่งที่ใช้ในโครงการนี้ไม่สามารถติดต่อโดยตรงกับคอมพิวเตอร์ได้ เพราะสัญญาณที่เครื่องระบุตำแหน่งส่งจีพีเอสมาเป็นระดับ TTL จึงไม่สามารถแสดงผลได้ทางคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องเปลี่ยนระดับสัญญาณ TTL เป็นระดับ RS-232 โดยใช้ไอซี MAX-232 และสาเหตุที่ใช้ไอซีเบอร์ LM7805 เนื่องจากต้องการรักษาระดับแรงดันให้คงที่ที่ระดับแรงดัน 5 โวลต์เพื่อจ่ายให้กับภาคนี้

ภาคประมวลผล

ภาคประมวลผลในโครงการนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ P89C51RD2 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบแฟลช สามารถเขียนหรือโปรแกรมข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมโดยไม่ต้องถอดไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการโปรแกรมใหม่ หรือเรียกว่าการโปรแกรมในวงจร จึงจำเป็นต้องใช้การติดต่อกับคอมพิวเตอร์โดยใช้การสื่อสารแบบอนุกรมโดยใช้ไอซี MAX-232

การใช้งานหน่วยความจำ 24LC64 จะเป็นการรับส่งข้อมูลแบบ I²C ซึ่งจะมีการรับส่งสัญญาณโดยใช้สายเพียง 2 เส้น ต้องมีการต่อตัวต้านทานพูลอัพกับแรงดัน +5 โวลต์ไว้ตลอดเวลาเพื่อให้สายมีสถานะลอจิกสูงในขณะที่ไม่มีการติดต่อใช้งานทั้งยังช่วยในการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจมีเข้ามาในสายสัญญาณทั้งสอง และต้องสร้างสถานะให้ตรงตามเงื่อนไขของ I²C จึงจะสามารถใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่พบในโครงการ

- เครื่องรับจีพีเอส ไม่สามารถรับค่าได้หากอยู่ภายในตึก
- การรับค่าของเครื่องรับจีพีเอส ในอาจเกิดความผิดพลาดอยู่บ้าง
- เครื่องระบุตำแหน่งใช้เวลานานในการแจ้งพิกัดครั้งแรก
- สภาพภูมิอากาศมีผลต่อการรับสัญญาณของเครื่องรับจีพีเอส
- การเขียนโปรแกรมหากไม่มีการหนดเวลาโปรแกรมจะทำงานไม่ถูกต้อง
- ไมโครคอนโทรลเลอร์เสียหายได้ง่ายหากระดับแรงดันไม่คงที่

การแก้ปัญหา

- ในการทดลองต้องทดลองในพื้นที่โล่งที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง
- ควรเปิดเครื่องระบุตำแหน่งพิกัดไว้สักครู่แล้วค่อยนำค่าไปใช้
- ในการเขียนโปรแกรมต้องเพิ่มฟังก์ชันหนดเวลาเข้าไปด้วย
- ควรใช้วงจรรักษาระดับแรงดันในการใช้งาน

ข้อควรระวัง

ไม่ควรให้สายอากาศตกหรือได้รับการกระแทกเพราะอาจทำให้เกิดการเสียหายได้

คำเตือน

หากระบบทำการเตือนว่าไกลออกจากพื้นที่แล้ว ควรหยุดรถและกลับเข้ามา หากไม่ทำตาม อาจเกิดอันตรายได้

หนังสืออ้างอิง

- [1]พนม เพชรจุดพร, พัลลภ ตั้งบวร, พิเชษฐ์ ช่อผกา “ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ GPS” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
- [2]สมยศ จุณปิยะ “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51” สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [3]Adventure GPS Products :Eagle Explorer , <http://www.gps4fun.com>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;;;;;;;;;;DEFINE PORT;;;;;;;;;;
```

```
SDA BIT P1.0  
SCL BIT P1.1
```

```
;;;;;;;;;;DEFINE USER REGISTER;;;;;;;;;;
```

```
FLAG EQU 02FH  
I2C_ACK BIT FLAG.0  
ADDRESS EQU 02EH
```

```
;;;;;;;;;;DEFINE USER REGISTER;;;;;;;;;;
```

```
I2C_ADDR EQU 030H  
I2C_DATA EQU 031H
```

```
;;;;;;;;;;DEFINE USER REGISTER MEMORY;;;;;;;;;;
```

```
M_0 EQU 032H  
M_1 EQU 033H  
M_2 EQU 034H  
M_3 EQU 035H  
M_4 EQU 036H  
M_5 EQU 037H  
M_6 EQU 038H  
M_7 EQU 039H  
M_8 EQU 04FH  
M_9 EQU 050H  
M_10 EQU 051H  
M_11 EQU 052H  
M_12 EQU 053H  
M_13 EQU 054H  
M_14 EQU 055H  
M_15 EQU 056H  
M_16 EQU 057H  
M_17 EQU 058H  
M_18 EQU 059H  
M_19 EQU 05AH  
M_20 EQU 05BH  
M_21 EQU 05CH  
M_22 EQU 05DH  
M_23 EQU 05EH  
M_24 EQU 05FH  
M_25 EQU 060H  
M_26 EQU 061H  
M_27 EQU 062H  
M_28 EQU 063H  
M_29 EQU 064H  
M_30 EQU 065H  
M_31 EQU 066H  
M_32 EQU 067H  
M_33 EQU 068H  
M_34 EQU 069H  
M_35 EQU 06AH  
M_36 EQU 06BH  
M_37 EQU 06CH  
M_38 EQU 06DH  
M_39 EQU 06EH  
M_40 EQU 06FH  
M_41 EQU 070H
```



```
;*****
```

```
; DEFINE USER REGISTER
```

```
;*****
```

```
G_0 EQU 03AH  
G_1 EQU 03BH  
G_2 EQU 03CH  
G_3 EQU 03DH  
G_4 EQU 03EH  
G_5 EQU 03FH  
G_6 EQU 040H  
G_7 EQU 041H  
G_8 EQU 042H  
G_9 EQU 043H  
G_10 EQU 044H  
G_11 EQU 045H  
G_12 EQU 046H  
G_13 EQU 047H  
G_14 EQU 048H  
G_15 EQU 049H  
G_16 EQU 04AH  
G_17 EQU 04BH  
G_18 EQU 04CH  
G_19 EQU 04DH  
G_20 EQU 04EH
```

```
;;;;;;;;;;DEFINE I2C CONTROL;;;;;;;;;;
```

```
EPROM_ID EQU 10100000B
```

```
;;;;;;;;;;MAIN PROGRAM;;;;;;;;;;
```

```
ORG 0000H
```

```
;;;;;;;;;;INITIAL;;;;;;;;;;
```

```
MOV PCON,#00H  
MOV SCON,#50H  
MOV TMOD,#20H  
MOV TH1,#0FAH  
SETB TR1
```

```
MOV P2,#00H  
SETB SDA  
SETB SCL  
ACALL DELAY_10ms
```

```
MAIN: MOV A,#52H  
ACALL SEND  
MOV A,#4FH  
ACALL SEND  
MOV A,#52H  
ACALL SEND  
MOV A,#57H  
ACALL SEND  
MOV A,#0DH  
ACALL SEND  
MOV A,#0AH  
ACALL SEND  
ACALL DELAY_100ms
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

CLR A

ACALL RECEIVE
MOV G_0,A
ACALL RECEIVE
MOV G_1,A
ACALL RECEIVE
MOV G_2,A
ACALL RECEIVE
MOV G_3,A
ACALL RECEIVE
MOV G_4,A
ACALL RECEIVE
MOV G_5,A
ACALL RECEIVE
MOV G_6,A
ACALL RECEIVE
MOV G_7,A
ACALL RECEIVE
MOV G_8,A
;
ACALL RECEIVE
CLR A ;
;
ACALL RECEIVE
MOV G_9,A ;N
;
ACALL RECEIVE
CLR A ;
ACALL RECEIVE
MOV G_10,A
ACALL RECEIVE
MOV G_11,A
ACALL RECEIVE
MOV G_12,A
ACALL RECEIVE
MOV G_13,A
ACALL RECEIVE
MOV G_14,A
ACALL RECEIVE
MOV G_15,A
ACALL RECEIVE
MOV G_16,A
ACALL RECEIVE
MOV G_17,A
ACALL RECEIVE
MOV G_18,A
ACALL RECEIVE
MOV G_19,A
;
ACALL RECEIVE
CLR A ;
ACALL RECEIVE
MOV G_20,A ;E

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****
;                               STAT
;*****

STAT: MOV   A,G_5
      SUBB  A,M_5
      JC    SP_0
      MOV   A,G_5
      CJNE  A,M_5,STAT_1
      LJMP  SP_1

STAT_1: MOV   A,G_5
      SUBB  A,M_15
      JC    STAT_2
      MOV   A,G_5
      CJNE  A,M_15,SP_0
      LJMP  SP_3

STAT_2: CLR   C
      MOV   A,G_16
      SUBB  A,M_26
      JC    SP_0
      MOV   A,G_16
      CJNE  A,M_26,STAT_3
      LJMP  SP_6

STAT_3: MOV   A,G_16
      SUBB  A,M_37
      JC    STAT_4
      MOV   A,G_16
      CJNE  A,M_37,SP_0
      LJMP  SP_8

STAT_4: LJMP  SET

;*****

SP_0: LJMP  STOP

SP_1: MOV   A,G_6
      SUBB  A,M_6
      JC    SP_0
      MOV   A,G_6
      CJNE  A,M_6,SP_2
      ACALL DJ
      LJMP  STAT_1

SP_2: MOV   A,G_6
      INC   M_6
      CJNE  A,M_6,RE
      ACALL DJ
      LJMP  RE

SP_3: MOV   A,G_6
      CJNE  A,M_16,SP_4
      ACALL DJ
      LJMP  STAT_2

SP_4: MOV   A,G_6
      SUBB  A,M_16
      JC    SP_5

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LJMP SP_0

SP_5: MOV A,G_6
      DEC M_16
      CJNE A,M_16,RE_1
      ACALL DJ
      LJMP RE_1

SP_6: MOV A,G_17
      SUBB A,M_27
      JC SP_0
      MOV A,G_17
      CJNE A,M_27,SP_7
      ACALL DJ
      LJMP STAT_3

SP_7: MOV A,G_17
      INC M_27
      CJNE A,M_27,RE_2
      ACALL DJ
      LJMP RE_2

SP_8: MOV A,G_17
      CJNE A,M_38,SP_9
      ACALL DJ
      LJMP CHEK_0

SP_9: MOV A,G_17
      SUBB A,M_38
      JC SP_10
      LJMP SP_0

SP_10: MOV A,G_17
      DEC M_38
      CJNE A,M_38,RE_3
      ACALL DJ
      LJMP RE_4

;;;;;;;;;;;;;

RE: DEC M_6
    LJMP STAT_1
RE_1: INC M_16
      LJMP STAT_2
RE_2: DEC M_27
      LJMP STAT_3
RE_3: INC M_38
      LJMP STAT_4
RE_4: INC M_38
      LJMP CHEK_0

SET: SETB P2.0
      ACALL YU
      LJMP CHEK_0

STOP: CLR P2.0
      CLR P2.2
      MOV A,G_5
      ACALL SEND
      MOV A,M_5
      ACALL SEND

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV  A,M_15
ACALL SEND
MOV  A,G_6
ACALL SEND
MOV  A,M_6
ACALL SEND
MOV  A,M_16
ACALL SEND
MOV  A,G_16
ACALL SEND
MOV  A,M_26
ACALL SEND
MOV  A,M_37
ACALL SEND
MOV  A,G_17
ACALL SEND
MOV  A,M_27
ACALL SEND
MOV  A,M_38
ACALL SEND
SETB P2.1
LJMP CHEK_0

DJ:  SETB P2.2
      SETB P2.0
      CLR  P2.1
      ACALL YU
      RET

YU:  MOV  A,G_5
      ACALL SEND
      MOV  A,M_5
      ACALL SEND
      MOV  A,M_15
      ACALL SEND
      MOV  A,G_6
      ACALL SEND
      MOV  A,M_6
      ACALL SEND
      MOV  A,M_16
      ACALL SEND
      MOV  A,G_16
      ACALL SEND
      MOV  A,M_26
      ACALL SEND
      MOV  A,M_37
      ACALL SEND
      MOV  A,G_17
      ACALL SEND
      MOV  A,M_27
      ACALL SEND
      MOV  A,M_38
      ACALL SEND
      RET

CHEK1:  CJNE  A,#57H,CC
         ACALL DELAY_10ms
         LJMP  WRITE_E

CC:     LJMP  MAIN

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;EEPROM READ;;;;;;;;;;;;;;;;;
```

```
READ_EE:  MOV     ADDRESS,#00H
          MOV     I2C_ADDR,#EPROM_ID      ;10100000B
          ACALL   I2C_SLAVE
          MOV     I2C_DATA,#00H           ;ADD HIGH
          ACALL   I2C_DATA_WR
          MOV     I2C_DATA,ADDRESS        ;ADD LOW
          ACALL   I2C_DATA_WR

          MOV     I2C_ADDR,#EPROM_ID+1    ;10100001B
          ACALL   I2C_SLAVE
          ACALL   DELAY_10ms

          ACALL   I2C_DATA_RD              ;READ DATA0
          MOV     M_5,I2C_DATA
          ACALL   I2C_ACK_BIT
          ACALL   DELAY_10ms

          ACALL   I2C_DATA_RD              ;READ DATA1
          MOV     M_6,I2C_DATA
          ACALL   I2C_ACK_BIT
          ACALL   DELAY_10ms

          ACALL   I2C_DATA_RD              ;READ DATA2
          MOV     M_15,I2C_DATA
          ACALL   I2C_ACK_BIT
          ACALL   DELAY_10ms

          ACALL   I2C_DATA_RD              ;READ DATA3
          MOV     M_16,I2C_DATA
          ACALL   I2C_ACK_BIT
          ACALL   DELAY_10ms

          ACALL   I2C_DATA_RD              ;READ DATA4
          MOV     M_26,I2C_DATA
          ACALL   I2C_ACK_BIT
          ACALL   DELAY_10ms

          ACALL   I2C_DATA_RD              ;READ DATA5
          MOV     M_27,I2C_DATA
          ACALL   I2C_ACK_BIT
          ACALL   DELAY_10ms

          ACALL   I2C_DATA_RD              ;READ DATA6
          MOV     M_37,I2C_DATA
          ACALL   I2C_ACK_BIT
          ACALL   DELAY_10ms

          ACALL   I2C_DATA_RD              ;READ DATA7
          MOV     M_38,I2C_DATA

          ACALL   I2C_NACK_BIT
          ACALL   DELAY_10ms
          ACALL   I2C_STOP
          LJMP    CHEK_0
```

```
RECEIVE:  JNB RI,RECEIVE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        CLR  RI
        MOV  A, SBUF
        RET

SEND:   MOV   SBUF, A
WAIT1:  JNB   TI, WAIT1
        CLR   TI
        RET

```

```

;*****
;
;      INFORMATION
;*****

```

```

WRITE_E:  ACALL  DELAY_10ms
          MOV   ADDRESS, #00H
          ACALL  DELAY_10ms

```

```

          MOV   A, #58H           ;X=
          ACALL  SEND
          MOV   A, #3DH
          ACALL  SEND
          MOV   A, #0DH
          ACALL  SEND
          MOV   A, #0AH
          ACALL  SEND
          ACALL  DELAY_10ms

```

```

IN_0:    ACALL  RECEIVE
          MOV   M_0, A
          ACALL  DELAY_10ms
IN_1:    ACALL  RECEIVE
          MOV   M_1, A
          ACALL  DELAY_10ms
IN_2:    ACALL  RECEIVE
          MOV   M_2, A
          ACALL  DELAY_10ms
IN_3:    ACALL  RECEIVE
          MOV   M_3, A
          ACALL  DELAY_10ms
IN_4:    ACALL  RECEIVE
          MOV   M_4, A
          ACALL  DELAY_10ms
IN_5:    ACALL  RECEIVE
          MOV   M_5, A
          ACALL  DELAY_10ms
IN_6:    ACALL  RECEIVE
          MOV   M_6, A
          ACALL  DELAY_10ms
IN_7:    ACALL  RECEIVE
          MOV   M_7, A
          ACALL  DELAY_10ms
IN_8:    ACALL  RECEIVE
          MOV   M_8, A
          ACALL  DELAY_10ms
IN_9:    ACALL  RECEIVE
          MOV   M_9, A
          ACALL  DELAY_10ms

```

```

          MOV   A, #58H           ;X1=
          ACALL  SEND
          MOV   A, #31H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL SEND
MOV A, #3DH
ACALL SEND
MOV A, #0DH
ACALL SEND
MOV A, #0AH
ACALL SEND
ACALL DELAY_10ms

IN_10: ACALL RECEIVE
MOV M_10,A
ACALL DELAY_10ms
IN_11: ACALL RECEIVE
MOV M_11,A
ACALL DELAY_10ms
IN_12: ACALL RECEIVE
MOV M_12,A
ACALL DELAY_10ms
IN_13: ACALL RECEIVE
MOV M_13,A
ACALL DELAY_10ms
IN_14: ACALL RECEIVE
MOV M_14,A
ACALL DELAY_10ms
IN_15: ACALL RECEIVE
MOV M_15,A
ACALL DELAY_10ms
IN_16: ACALL RECEIVE
MOV M_16,A
ACALL DELAY_10ms
IN_17: ACALL RECEIVE
MOV M_17,A
ACALL DELAY_10ms
IN_18: ACALL RECEIVE
MOV M_18,A
ACALL DELAY_10ms
IN_19: ACALL RECEIVE
MOV M_19,A
ACALL DELAY_10ms

MOV A, #59H ;Y=
ACALL SEND
MOV A, #3DH
ACALL SEND
MOV A, #0DH
ACALL SEND
MOV A, #0AH
ACALL SEND
ACALL DELAY_10ms

IN_20: ACALL RECEIVE
MOV M_20,A
ACALL DELAY_10ms
IN_21: ACALL RECEIVE
MOV M_21,A
ACALL DELAY_10ms
IN_22: ACALL RECEIVE
MOV M_22,A
ACALL DELAY_10ms
IN_23: ACALL RECEIVE
MOV M_23,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

IN_24:   ACALL  DELAY_10ms
         ACALL  RECEIVE
         MOV    M_24,A
         ACALL  DELAY_10ms
IN_25:   ACALL  RECEIVE
         MOV    M_25,A
         ACALL  DELAY_10ms
IN_26:   ACALL  RECEIVE
         MOV    M_26,A
         ACALL  DELAY_10ms
IN_27:   ACALL  RECEIVE
         MOV    M_27,A
         ACALL  DELAY_10ms
IN_28:   ACALL  RECEIVE
         MOV    M_28,A
         ACALL  DELAY_10ms
IN_29:   ACALL  RECEIVE
         MOV    M_29,A
         ACALL  DELAY_10ms
IN_30:   ACALL  RECEIVE
         MOV    M_30,A
         ACALL  DELAY_10ms

         MOV    A,#59H      ;Y1=
         ACALL  SEND
         MOV    A,#31H
         ACALL  SEND
         MOV    A,#3DH
         ACALL  SEND
         MOV    A,#0DH
         ACALL  SEND
         MOV    A,#0AH
         ACALL  SEND
         ACALL  DELAY_10ms

IN_31:   ACALL  RECEIVE
         MOV    M_31,A
         ACALL  DELAY_10ms
IN_32:   ACALL  RECEIVE
         MOV    M_32,A
         ACALL  DELAY_10ms
IN_33:   ACALL  RECEIVE
         MOV    M_33,A
         ACALL  DELAY_10ms
IN_34:   ACALL  RECEIVE
         MOV    M_34,A
         ACALL  DELAY_10ms
IN_35:   ACALL  RECEIVE
         MOV    M_35,A
         ACALL  DELAY_10ms
IN_36:   ACALL  RECEIVE
         MOV    M_36,A
         ACALL  DELAY_10ms
IN_37:   ACALL  RECEIVE
         MOV    M_37,A
         ACALL  DELAY_10ms
IN_38:   ACALL  RECEIVE
         MOV    M_38,A
         ACALL  DELAY_10ms
IN_39:   ACALL  RECEIVE
         MOV    M_39,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

IN_40:    ACALL    DELAY_10ms
          ACALL    RECEIVE
          MOV      M_40,A
          ACALL    DELAY_10ms
IN_41:    ACALL    RECEIVE
          MOV      M_41,A
          ACALL    DELAY_10ms

MEM_EE:   ACALL    DELAY_10ms
          ACALL    WRITE_EE
          ACALL    DELAY_1
          LJMP    MAIN

;*****
;      I2C Data Write
;*****

I2C_DATA_WR:    PUSH    ACC
                SETB   I2C_ACK
                MOV    A,I2C_DATA
                MOV    R5,#008
I2C_DATA_WR_1:  RLC    A
                MOV    SDA,C
                ACALL  I2C_CLK
                DJNZ  R5,I2C_DATA_WR_1
                SETB  SDA
                ACALL  I2C_DELAY
                SETB  SCL
                ACALL  I2C_DELAY
                JB    SDA,I2C_DATA_WR_2
                CLR   I2C_ACK
I2C_DATA_WR_2:  CLR   SCL
                POP   ACC
                RET

;*****
;      I2C Data Read
;*****

I2C_DATA_RD:    PUSH    ACC
                CLR    A
                MOV    R5,#008
I2C_DATA_RD_1:  ACALL  I2C_DELAY
                SETB  SCL
                ACALL  I2C_DELAY
                MOV   C,SDA
                RLC   A
                CLR   SCL
                DJNZ  R5,I2C_DATA_RD_1
                MOV   I2C_DATA,A
                POP   ACC
                RET

;*****
;      WRITE_EEPROM
;*****

WRITE_EE:    MOV      I2C_ADDR,#EPROM_ID
             ACALL    I2C_SLAVE
             MOV      I2C_DATA,#00H           ;ADDR HIGH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        ACALL    I2C_DATA_WR
        MOV     I2C_DATA,ADDRESS      ;ADDR LOW
        ACALL    I2C_DATA_WR

WRI_0:  MOV     I2C_DATA,M_5
        ACALL    I2C_DATA_WR
        ACALL    DELAY_10ms

WRI_1:  MOV     I2C_DATA,M_6
        ACALL    I2C_DATA_WR
        ACALL    DELAY_10ms

WRI_2:  MOV     I2C_DATA,M_15
        ACALL    I2C_DATA_WR
        ACALL    DELAY_10ms

WRI_3:  MOV     I2C_DATA,M_16
        ACALL    I2C_DATA_WR
        ACALL    DELAY_10ms

WRI_4:  MOV     I2C_DATA,M_26
        ACALL    I2C_DATA_WR
        ACALL    DELAY_10ms

WRI_5:  MOV     I2C_DATA,M_27
        ACALL    I2C_DATA_WR
        ACALL    DELAY_10ms

WRI_6:  MOV     I2C_DATA,M_37
        ACALL    I2C_DATA_WR
        ACALL    DELAY_10ms

WRI_7:  MOV     I2C_DATA,M_38
        ACALL    I2C_DATA_WR
        ACALL    DELAY_10ms
        ACALL    I2C_STOP
        RET

;*****
; I2C Slave Connect
;*****

I2C_SLAVE:  PUSH  ACC
            SETB  I2C_ACK
            MOV   A,I2C_ADDR
            ACALL I2C_START
            MOV   R5,#008

I2C_SLAVE_1:  RLC   A
            MOV   SDA,C
            ACALL I2C_CLK
            DJNZ  R5,I2C_SLAVE_1
            SETB  SDA
            ACALL I2C_DELAY
            SETB  SCL
            ACALL I2C_DELAY
            JB    SDA,I2C_SLAVE_2
            CLR   I2C_ACK

I2C_SLAVE_2:  CLR   SCL
            POP   ACC

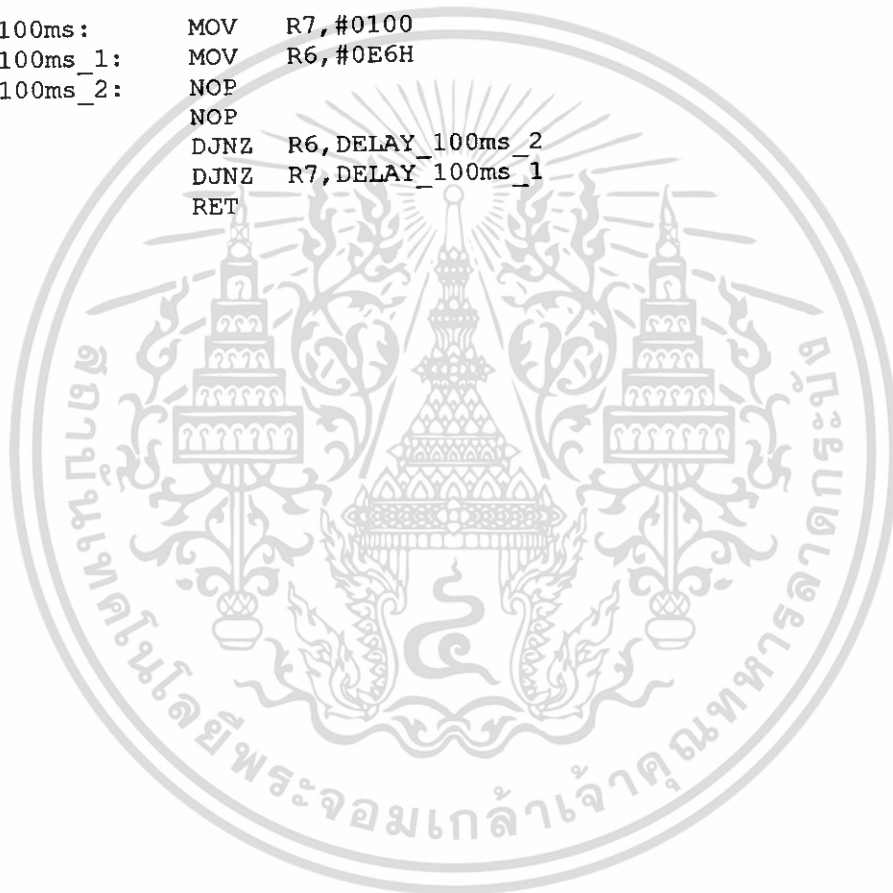
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
I2C_DELAY:      MOV    R6,#0CH
I2C_DELAY_1:    NOP
                 NOP
                 DJNZ  R6,I2C_DELAY_1
                 RET
```

```
DELAY_10ms:     MOV    R7,#010
DELAY_10ms_1:   MOV    R6,#0E6H
DELAY_10ms_2:   NOP
                 NOP
                 DJNZ  R6,DELAY_10ms_2
                 DJNZ  R7,DELAY_10ms_1
                 RET
```

```
DELAY_100ms:    MOV    R7,#0100
DELAY_100ms_1:  MOV    R6,#0E6H
DELAY_100ms_2:  NOP
                 NOP
                 DJNZ  R6,DELAY_100ms_2
                 DJNZ  R7,DELAY_100ms_1
                 RET
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MICROCHIP

24AA64/24LC64

64K I²C™ CMOS Serial EEPROM

DEVICE SELECTION TABLE

Part Number	Vcc Range	Max Clock Frequency	Temp Ranges
24AA64	1.8-5.5V	400 kHz [†]	I
24LC64	2.5-5.5V	400 kHz [‡]	I, E

[†]100 kHz for Vcc < 2.5V.
[‡]100 kHz for E temperature range.

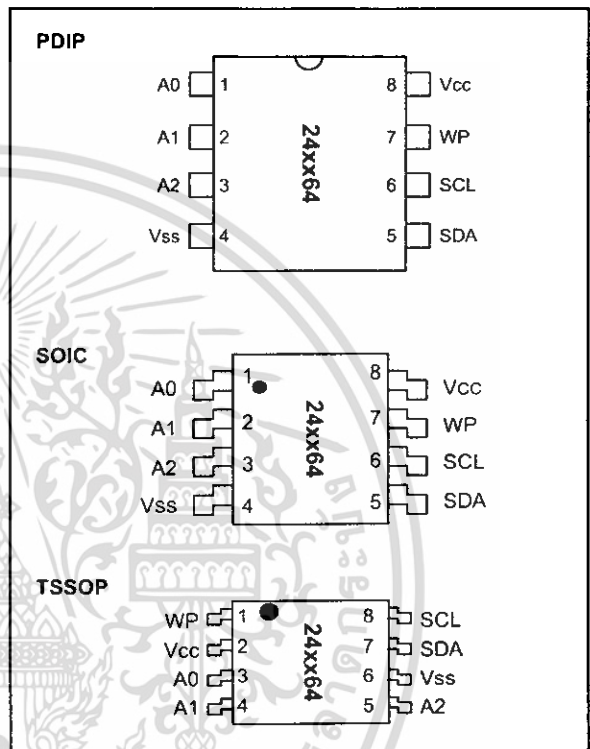
FEATURES

- Low power CMOS technology
 - Maximum write current 3 mA at 5.5V
 - Maximum read current 400 µA at 5.5V
 - Standby current 100 nA typical at 5.5V
- 2-wire serial interface bus, I²C compatible
- Cascadable for up to eight devices
- Self-timed ERASE/WRITE cycle
- 32-byte page or byte write modes available
- 5 ms max write cycle time
- Hardware write protect for entire array
- Output slope control to eliminate ground bounce
- Schmitt trigger inputs for noise suppression
- 1,000,000 erase/write cycles guaranteed
- Electrostatic discharge protection > 4000V
- Data retention > 200 years
- 8-pin PDIP, SOIC (150 and 208 mil) and TSSOP packages; 14-pin SOIC package
- Temperature ranges:
 - Industrial (I): -40°C to +85°C
 - Automotive (E) -40°C to +125°C

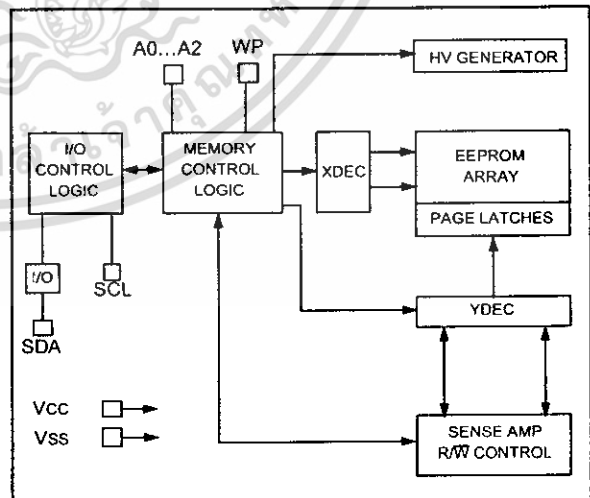
DESCRIPTION

The Microchip Technology Inc. 24AA64/24LC64 (24xx64*) is a 8K x 8 (64K bit) Serial Electrically Erasable PROM capable of operation across a broad voltage range (1.8V to 5.5V). It has been developed for advanced, low power applications such as personal communications or data acquisition. This device also has a page-write capability of up to 32 bytes of data. This device is capable of both random and sequential reads up to the 64K boundary. Functional address lines allow up to eight devices on the same bus, for up to 512 Kbits address space. This device is available in the standard 8-pin plastic DIP, 8-pin SOIC (150 and 208 mil), and 8-pin TSSOP.

PACKAGE TYPE



BLOCK DIAGRAM



I²C is a trademark of Philips Corporation.

*24xx64 is used in this document as a generic part number for the 24AA64/24LC64 devices.

24AA64/24LC64

1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

1.1 Maximum Ratings*

V_{CC} 7.0V
 All inputs and outputs w.r.t. V_{SS} -0.6V to V_{CC} +1.0V
 Storage temperature -65°C to +150°C
 Ambient temp. with power applied -65°C to +125°C
 Soldering temperature of leads (10 seconds) +300°C
 ESD protection on all pins ≥ 4 kV

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

TABLE 1-1 PIN FUNCTION TABLE

Name	Function
A0,A1,A2	User Configurable Chip Selects
V _{SS}	Ground
SDA	Serial Data
SCL	Serial Clock
WP	Write Protect Input
V _{CC}	+1.8 to 5.5V (24AA64) +2.5 to 5.5V (24LC64)

TABLE 1-2 DC CHARACTERISTICS

Parameter	Symbol	Industrial (I): V _{CC} = +1.8V to 5.5V		Units	Conditions
		Min	Max		
All parameters apply across the recommended operating ranges unless otherwise noted.					
		Automotive (E): V _{CC} = 4.5V to 5.5V		T _{amb} = -40°C to +85°C T _{amb} = -40°C to 125°C	
A0, A1, A2, SCL, SDA, and WP pins: High level input voltage	V _{IH}	0.7 V _{CC}	—	V	V _{CC} ≥ 2.5V V _{CC} < 2.5V
Low level input voltage	V _{IL}	—	0.3 V _{CC} 0.2 V _{CC}	V	
Hysteresis of Schmitt Trigger inputs (SDA, SCL pins)	V _{HYS}	0.05 V _{CC}	—	V	V _{CC} > 2.5V (Note)
Low level output voltage	V _{OL}	—	0.40	V	I _{OL} = 3.0 mA @ V _{CC} = 4.5V I _{OL} = 2.1 mA @ V _{CC} = 2.5V
Input leakage current	I _{LI}	-10	10	μA	V _{IN} = V _{SS} to V _{CC} , WP = V _{SS} V _{IN} = V _{SS} or V _{CC} , WP = V _{CC}
Output leakage current	I _{LO}	-10	10	μA	V _{OUT} = V _{SS} to V _{CC}
Pin capacitance (all inputs/outputs)	C _{IN} , C _{OUT}	—	10	pF	V _{CC} = 5.0V (Note) T _{amb} = 25°C, f _c = 1 MHz
Operating current	I _{CC} Write	—	3	mA	V _{CC} = 5.5V
	I _{CC} Read	—	400	μA	V _{CC} = 5.5V, SCL = 400 kHz
Standby current	I _{CCS}	—	1	μA	SCL = SDA = V _{CC} = 5.5V A0, A1, A2, WP = V _{SS}

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

FIGURE 1-1: BUS TIMING DATA

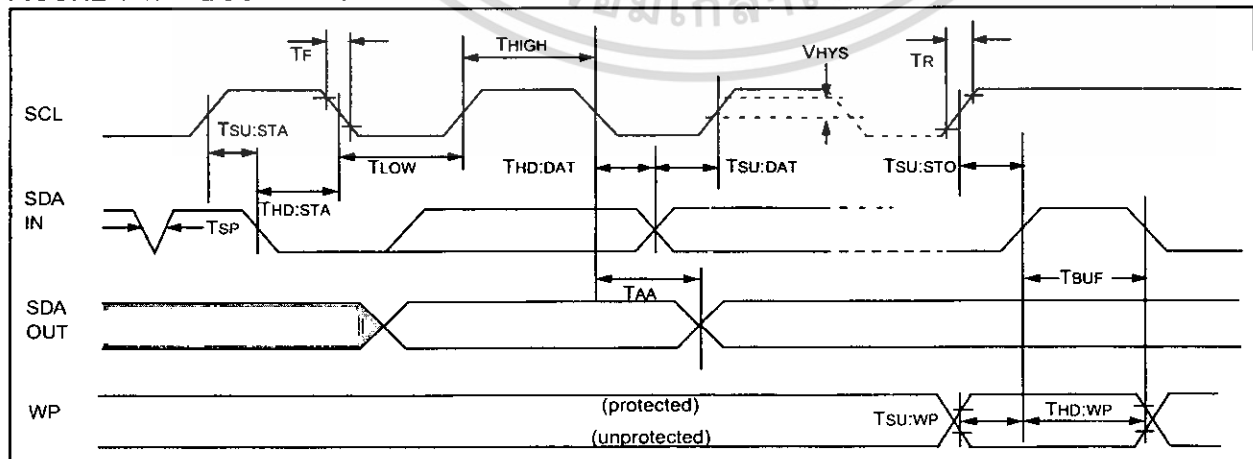


TABLE 1-3 AC CHARACTERISTICS

All parameters apply across the specified operating ranges unless otherwise noted.		Industrial (I): V _{CC} = +1.8V to 5.5V		T _{amb} = -40°C to +85°C	
		Automotive (E): V _{CC} = +4.5V to 5.5V		T _{amb} = -40°C to 125°C	
Parameter	Symbol	Min	Max	Units	Conditions
Clock frequency	F _{CLK}	--	100	kHz	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V (E Temp range)
		--	100		
		--	400		
Clock high time	T _{HIGH}	4000	-	ns	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V (E Temp range)
		4000	-		
		600	-		
Clock low time	T _{LOW}	4700	-	ns	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V (E Temp range)
		4700	-		
		1300	-		
SDA and SCL rise time (Note 1)	T _R	--	1000	ns	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V (E Temp range)
		--	1000		
		--	300		
SDA and SCL fall time	T _F	--	300	ns	(Note 1)
START condition hold time	T _{HD:STA}	4000	-	ns	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V (E Temp range)
		4000	-		
		600	-		
START condition setup time	T _{SU:STA}	4700	-	ns	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V (E Temp range)
		4700	-		
		600	-		
Data input hold time	T _{HD:DAT}	0	-	ns	(Note 2)
Data input setup time	T _{SU:DAT}	250	-	ns	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V (E Temp range)
		250	-		
		100	-		
STOP condition setup time	T _{SU:STO}	4000	-	ns	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V (E Temp range)
		4000	-		
		600	-		
WP setup time	T _{SU:WP}	4000	-	ns	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V (E Temp range)
		4000	-		
		600	-		
WP hold time	T _{HD:WP}	4700	-	ns	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V (E Temp range)
		4000	-		
		1300	-		
Output valid from clock (Note 2)	T _{AA}	--	3500	ns	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V (E Temp range)
		--	3500		
		--	900		
Bus free time: Time the bus must be free before a new transmission can start	T _{BUF}	4700	-	ns	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V (E Temp range)
		4700	-		
		1300	-		
Output fall time from V _{IH} minimum to V _{IL} maximum	T _{OF}	10	250	ns	C _B ≤ 100 pF (Note 1)
Input filter spike suppression (SDA and SCL pins)	T _{SP}	-	50	ns	(Notes 1 and 3)
Write cycle time (byte or page)	T _{WC}	--	5	ms	
Endurance		1M		cycles	25°C, V _{CC} = 5.0V, Block Mode (Note 4)

- Note 1:** Not 100% tested. C_B = total capacitance of one bus line in pF.
- 2:** As a transmitter, the device must provide an internal minimum delay time to bridge the undefined region (minimum 300 ns) of the falling edge of SCL to avoid unintended generation of START or STOP conditions.
- 3:** The combined T_{SP} and V_{HYS} specifications are due to new Schmitt trigger inputs which provide improved noise spike suppression. This eliminates the need for a T_I specification for standard operation.
- 4:** This parameter is not tested but guaranteed by characterization. For endurance estimates in a specific application, please consult the Total Endurance Model which can be obtained on Microchip's BBS or website.

24AA64/24LC64

2.0 PIN DESCRIPTIONS

2.1 A0, A1, A2 Chip Address Inputs

The A0,A1,A2 inputs are used by the 24xx64 for multiple device operation. The levels on these inputs are compared with the corresponding bits in the slave address. The chip is selected if the compare is true.

Up to eight devices may be connected to the same bus by using different chip select bit combinations. These inputs must be connected to either Vcc or Vss.

2.2 SDA Serial Data

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

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

2.3 SCL Serial Clock

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

2.4 WP

This pin can be connected to either Vss, Vcc or left floating. An internal pull-down resistor on this pin will keep the device in the unprotected state if left floating. If tied to Vss or left floating, normal memory operation is enabled (read/write the entire memory 0000-1FFF).

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

3.0 FUNCTIONAL DESCRIPTION

The 24xx64 supports a bi-directional two-wire bus and data transmission protocol. A device that sends data onto the bus is defined as a transmitter, and a device receiving data as a receiver. The bus must be controlled by a master device which generates the serial clock (SCL), controls the bus access, and generates the START and STOP conditions while the 24xx64 works as a slave. Both master and slave can operate as a transmitter or receiver but the master device determines which mode is activated.

4.0 BUS CHARACTERISTICS

The following bus protocol has been defined:

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

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

4.1 Bus not Busy (A)

Both data and clock lines remain HIGH.

4.2 Start Data Transfer (B)

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

4.3 Stop Data Transfer (C)

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

4.4 Data Valid (D)

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

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

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

4.5 Acknowledge

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

Note: The 24xx64 does not generate any acknowledge bits if an internal programming cycle is in progress.

A device that acknowledges must pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse in such a way that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge related clock pulse. Of course, setup and hold times must be taken into account. During reads, a master must signal an end of data to the slave by NOT generating an acknowledge bit on the last byte that has been clocked out of the slave. In this case, the slave (24xx64) will leave the data line HIGH to enable the master to generate the STOP condition.

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

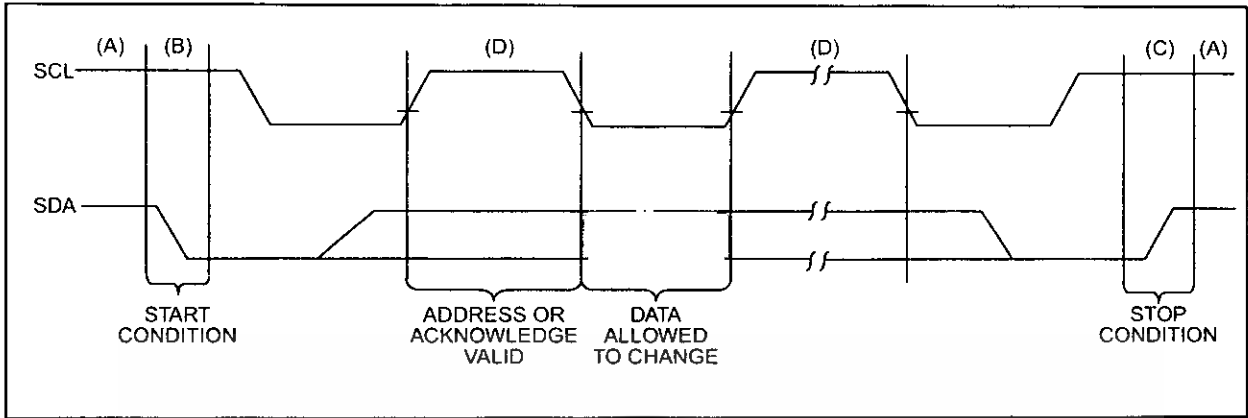
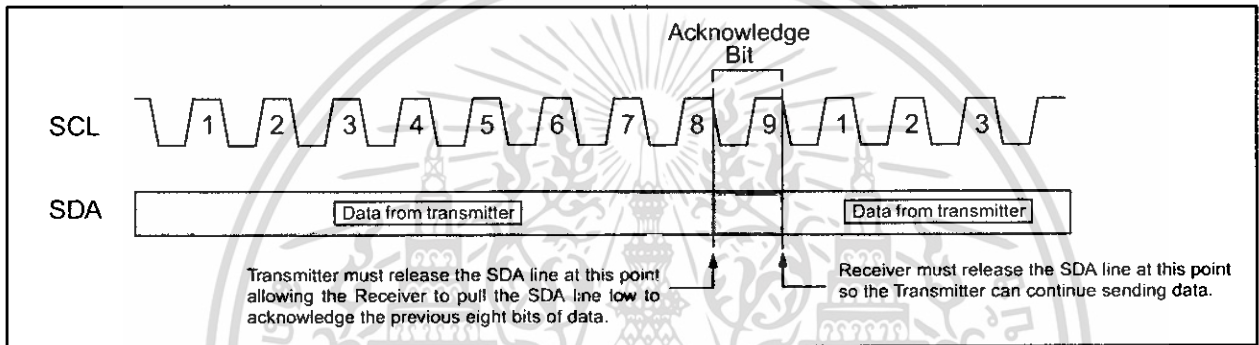


FIGURE 4-2: ACKNOWLEDGE TIMING



24AA64/24LC64

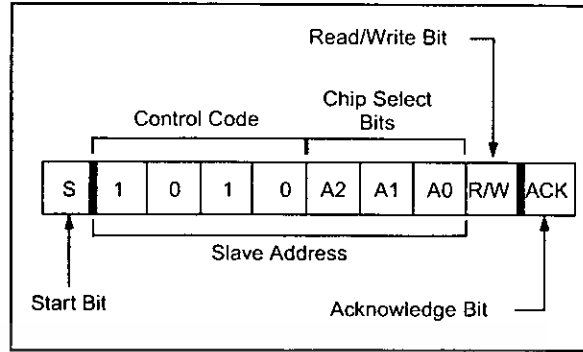
5.0 DEVICE ADDRESSING

A control byte is the first byte received following the start condition from the master device (Figure 5-1). The control byte consists of a four bit control code; for the 24xx64 this is set as 1010 binary for read and write operations. The next three bits of the control byte are the chip select bits (A2, A1, A0). The chip select bits allow the use of up to eight 24xx64 devices on the same bus and are used to select which device is accessed. The chip select bits in the control byte must correspond to the logic levels on the corresponding A2, A1, and A0 pins for the device to respond. These bits are in effect the three most significant bits of the word address.

The last bit of the control byte defines the operation to be performed. When set to a one a read operation is selected, and when set to a zero a write operation is selected. The next two bytes received define the address of the first data byte (Figure 5-2). Because only A12...A0 are used, the upper three address bits are don't care bits. The upper address bits are transferred first, followed by the less significant bits.

Following the start condition, the 24xx64 monitors the SDA bus checking the device type identifier being transmitted. Upon receiving a 1010 code and appropriate device select bits, the slave device outputs an acknowledge signal on the SDA line. Depending on the state of the R/W bit, the 24xx64 will select a read or write operation.

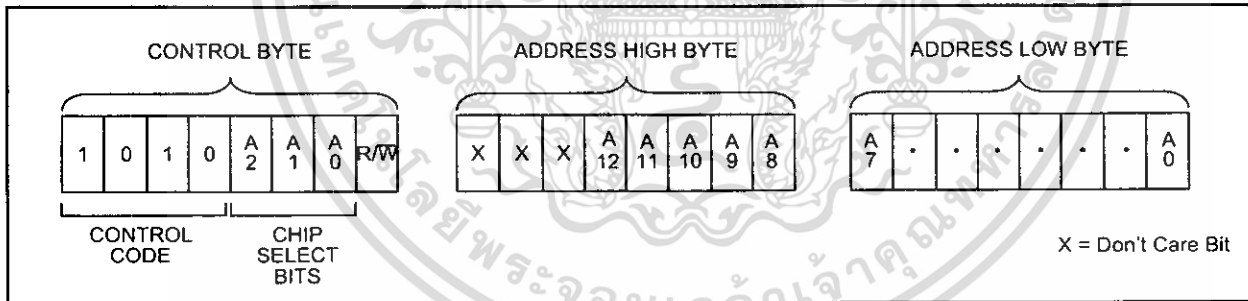
FIGURE 5-1: CONTROL BYTE FORMAT



5.1 Contiguous Addressing Across Multiple Devices

The chip select bits A2, A1, A0 can be used to expand the contiguous address space for up to 512K bits by adding up to eight 24xx64's on the same bus. In this case, software can use A0 of the control byte as address bit A13, A1 as address bit A14, and A2 as address bit A15. It is not possible to sequentially read across device boundaries.

FIGURE 5-2: ADDRESS SEQUENCE BIT ASSIGNMENTS



6.0 WRITE OPERATIONS

6.1 Byte Write

Following the start condition from the master, the control code (four bits), the chip select (three bits), and the R/W bit (which is a logic low) are clocked onto the bus by the master transmitter. This indicates to the addressed slave receiver that the address high byte will follow after it has generated an acknowledge bit during the ninth clock cycle. Therefore, the next byte transmitted by the master is the high-order byte of the word address and will be written into the address pointer of the 24xx64. The next byte is the least significant address byte. After receiving another acknowledge signal from the 24xx64 the master device will transmit the data word to be written into the addressed memory location. The 24xx64 acknowledges again and the master generates a stop condition. This initiates the internal write cycle, and during this time the 24xx64 will not generate acknowledge signals (Figure 6-1). If an attempt is made to write to the array with the WP pin held high, the device will acknowledge the command but no write cycle will occur, no data will be written and the device will immediately accept a new command. After a byte write command, the internal address counter will point to the address location following the one that was just written.

6.2 Page Write

The write control byte, word address and the first data byte are transmitted to the 24xx64 in the same way as in a byte write. But instead of generating a stop condition, the master transmits up to 31 additional bytes which are temporarily stored in the on-chip page buffer and will be written into memory after the master has transmitted a stop condition. After receipt of each word, the five lower address pointer bits are internally incremented by one. If the master should transmit more than 32 bytes prior to generating the stop condition, the address counter will roll over and the previously received data will be overwritten. As with the byte write operation, once the stop condition is received, an internal write cycle will begin (Figure 6-2). If an attempt is made to write to the array with the WP pin held high, the device will acknowledge the command but no write cycle will occur, no data will be written and the device will immediately accept a new command.

6.3 Write Protection

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

FIGURE 6-1: BYTE WRITE

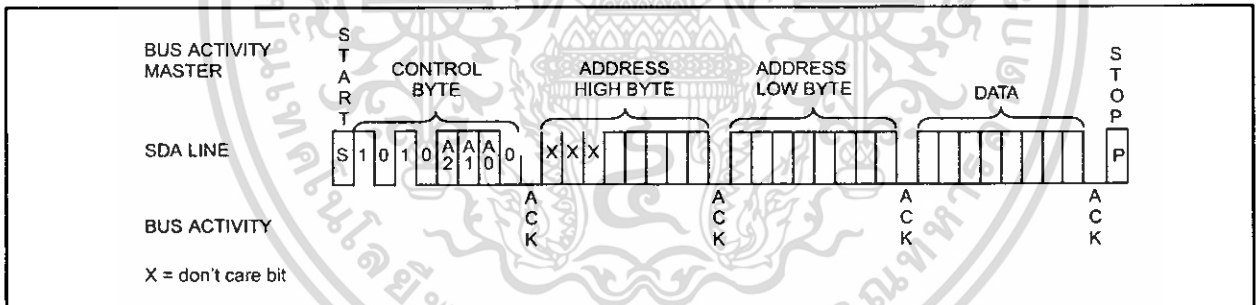
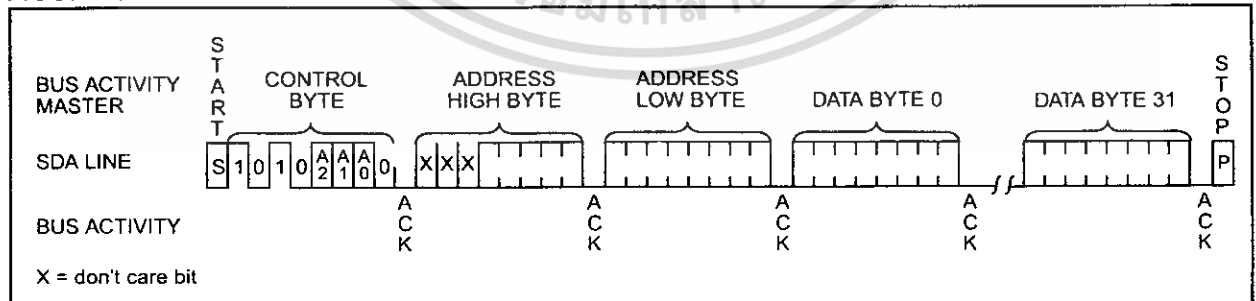


FIGURE 6-2: PAGE WRITE

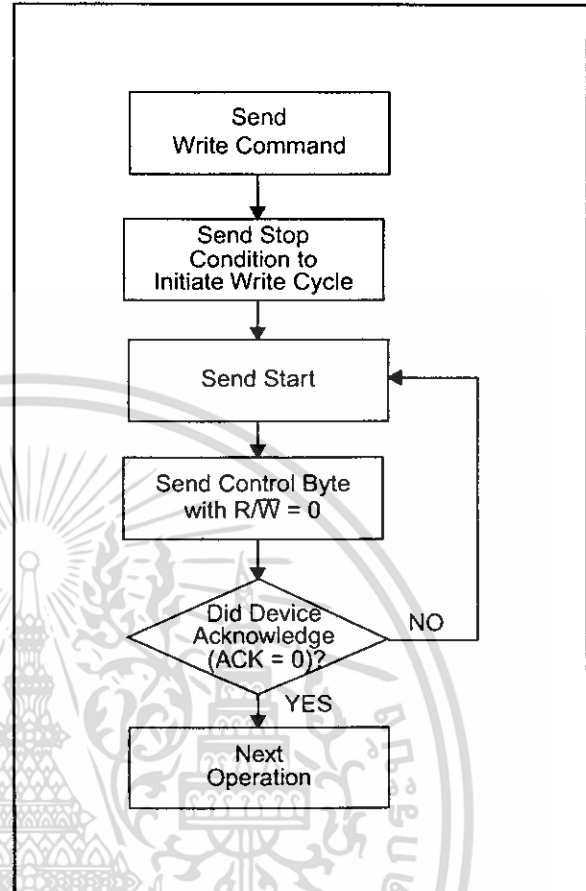


24AA64/24LC64

7.0 ACKNOWLEDGE POLLING

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

FIGURE 7-1: ACKNOWLEDGE POLLING FLOW



8.0 READ OPERATION

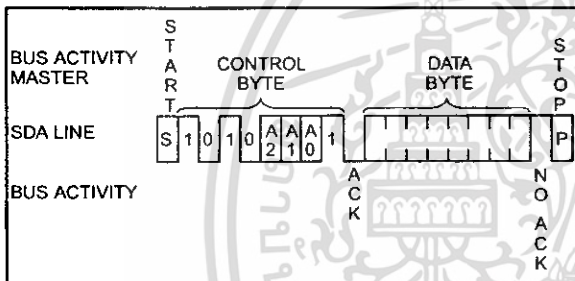
Read operations are initiated in the same way as write operations with the exception that the R/\bar{W} bit of the control byte is set to one. There are three basic types of read operations: current address read, random read, and sequential read.

8.1 Current Address Read

The 24xx64 contains an address counter that maintains the address of the last word accessed, internally incremented by one. Therefore, if the previous read access was to address n (n is any legal address), the next current address read operation would access data from address $n + 1$.

Upon receipt of the control byte with R/\bar{W} bit set to one, the 24xx64 issues an acknowledge and transmits the eight bit data word. The master will not acknowledge the transfer but does generate a stop condition and the 24xx64 discontinues transmission (Figure 8-1).

FIGURE 8-1: CURRENT ADDRESS READ



8.2 Random Read

Random read operations allow the master to access any memory location in a random manner. To perform this type of read operation, first the word address must be set. This is done by sending the word address to the 24xx64 as part of a write operation (R/\bar{W} bit set to 0). After the word address is sent, the master generates a start condition following the acknowledge. This terminates the write operation, but not before the internal address pointer is set. Then the master issues the control byte again but with the R/\bar{W} bit set to a one. The 24xx64 will then issue an acknowledge and transmit the 8-bit data word. The master will not acknowledge the transfer but does generate a stop condition which causes the 24xx64 to discontinue transmission (Figure 8-2). After a random read command, the internal address counter will point to the address location following the one that was just read.

8.3 Sequential Read

Sequential reads are initiated in the same way as a random read except that after the 24xx64 transmits the first data byte, the master issues an acknowledge as opposed to the stop condition used in a random read. This acknowledge directs the 24xx64 to transmit the next sequentially addressed 8-bit word (Figure 8-3). Following the final byte transmitted to the master, the master will NOT generate an acknowledge but will generate a stop condition. To provide sequential reads the 24xx64 contains an internal address pointer which is incremented by one at the completion of each operation. This address pointer allows the entire memory contents to be serially read during one operation. The internal address pointer will automatically roll over from address 1FFF to address 0000 if the master acknowledges the byte received from the array address 1FFF.

FIGURE 8-2: RANDOM READ

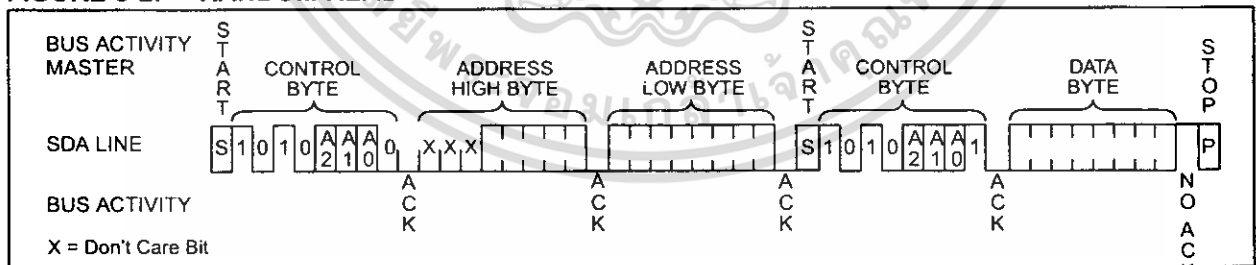
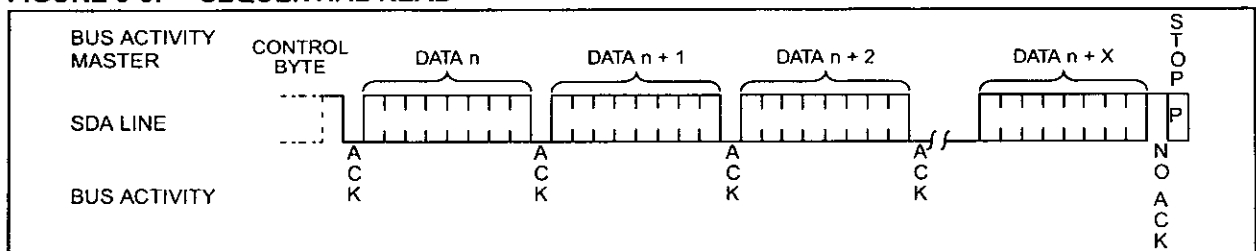


FIGURE 8-3: SEQUENTIAL READ



NOTES:



24xx64 PRODUCT IDENTIFICATION SYSTEM

To order or obtain information, e.g., on pricing or delivery, refer to the factory or the listed sales office.

24xx64 — /P 	Package:	P = Plastic DIP (300 mil Body), 8-lead SN = Plastic SOIC (150 mil Body, EIAJ standard), 8-lead SM = Plastic SOIC (208 mil Body, EIAJ standard), 8-lead ST = TSSOP, 8-lead
	Temperature Range:	I = -40°C to +85°C E = -40°C to -125°C
	Device:	24AA64 64K bit 1.8V I ² C Serial EEPROM 24AA64T 64K bit 1.8V I ² C Serial EEPROM (Tape and Reel) 24LC64 64K bit 2.5V I ² C Serial EEPROM 24LC64T 64K bit 2.5V I ² C Serial EEPROM (Tape and Reel)

Sales and Support

Data Sheets

Products supported by a preliminary Data Sheet may have an errata sheet describing minor operational differences and recommended workarounds. To determine if an errata sheet exists for a particular device, please contact one of the following:

1. Your local Microchip sales office (see last page).
2. The Microchip Corporate Literature Center U.S. FAX: (602) 786-7277.
3. The Microchip's Bulletin Board, via your local CompuServe number (CompuServe membership NOT required).

Please specify which device, revision of silicon and Data Sheet (include Literature #) you are using.



MICROCHIP

WORLDWIDE SALES AND SERVICE

AMERICAS

Corporate Office

Microchip Technology Inc.
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 602-786-7200 Fax: 602-786-7277
Technical Support: 602 786-7627
Web: <http://www.microchip.com>

Atlanta

Microchip Technology Inc.
500 Sugar Mill Road, Suite 200B
Atlanta, GA 30350
Tel: 770-640-0034 Fax: 770-640-0307

Boston

Microchip Technology Inc.
5 Mount Royal Avenue
Marlborough, MA 01752
Tel: 508-480-9990 Fax: 508-480-8575

Chicago

Microchip Technology Inc.
333 Pierce Road, Suite 180
Itasca, IL 60143
Tel: 630-285-0071 Fax: 630-285-0075

Dallas

Microchip Technology Inc.
14651 Dallas Parkway, Suite 816
Dallas, TX 75240-8809
Tel: 972-991-7177 Fax: 972-991-8588

Dayton

Microchip Technology Inc.
Two Prestige Place, Suite 150
Miamisburg, OH 45342
Tel: 937-291-1654 Fax: 937-291-9175

Los Angeles

Microchip Technology Inc.
18201 Von Karman, Suite 1090
Irvine, CA 92612
Tel: 714-263-1888 Fax: 714-263-1338

New York

Microchip Technology Inc.
150 Motor Parkway, Suite 202
Hauppauge, NY 11788
Tel: 516-273-5305 Fax: 516-273-5335

San Jose

Microchip Technology Inc.
2107 North First Street, Suite 590
San Jose, CA 95131
Tel: 408-436-7950 Fax: 408-436-7955

Toronto

Microchip Technology Inc.
5925 Airport Road, Suite 200
Mississauga, Ontario L4V 1W1, Canada
Tel: 905-405-6279 Fax: 905-405-6253

ASIA/PACIFIC

Hong Kong

Microchip Asia Pacific
RM 3801B, Tower Two
Metroplaza
223 Hing Fong Road
Kwai Fong, N.T., Hong Kong
Tel: 852-2-401-1200 Fax: 852-2-401-3431

India

Microchip Technology Inc.
India Liaison Office
No. 6, Legacy, Convent Road
Bangalore 560 025, India
Tel: 91-80-229-0061 Fax: 91-80-229-0062

Korea

Microchip Technology Korea
168-1, Youngbo Bldg. 3 Floor
Samsung-Dong, Kangnam-Ku
Seoul, Korea
Tel: 82-2-554-7200 Fax: 82-2-553-5934

Shanghai

Microchip Technology
RM 406 Shanghai Golden Bridge Bldg.
2077 Yan'an Road West, Hong Qiao District
Shanghai, PRC 200335
Tel: 86-21-6275-5700
Fax: 86 21-6275-5060

Singapore

Microchip Technology Taiwan
Singapore Branch
200 Middle Road
#07-02 Prime Centre
Singapore 188980
Tel: 65-334-8870 Fax: 65-334-8850

Taiwan, R.O.C

Microchip Technology Taiwan
10F-1C 207
Tung Hua North Road
Taipei, Taiwan, ROC
Tel: 886-2-2717-7175 Fax: 886-2-2545-0139

EUROPE

United Kingdom

Arizona Microchip Technology Ltd.
505 Eskdale Road
Winnersh Triangle
Wokingham
Berkshire, England RG41 5TU
Tel: 44-1189-21-5858 Fax: 44-1189-21-5835

France

Arizona Microchip Technology SARL
Zone Industrielle de la Bonde
2 Rue du Buisson aux Fraises
91300 Massy, France
Tel: 33-1-69-53-63-20 Fax: 33-1-69-30-90-79

Germany

Arizona Microchip Technology GmbH
Gustav-Heinemann-Ring 125
D-81739 München, Germany
Tel: 49-89-627-144 0 Fax: 49-89-627-144-44

Italy

Arizona Microchip Technology SRL
Centro Direzionale Colleoni
Palazzo Taurus 1 V. Le Colleoni 1
20041 Agrate Brianza
Milan, Italy
Tel: 39-39-6899939 Fax: 39-39-6899883

JAPAN

Microchip Technology Intl. Inc.
Benex S-1 6F
3-18-20, Shinyokohama
Kohoku-Ku, Yokohama-shi
Kanagawa 222 Japan
Tel: 81-45-471-6166 Fax: 81-45-471-6122

12/30/97

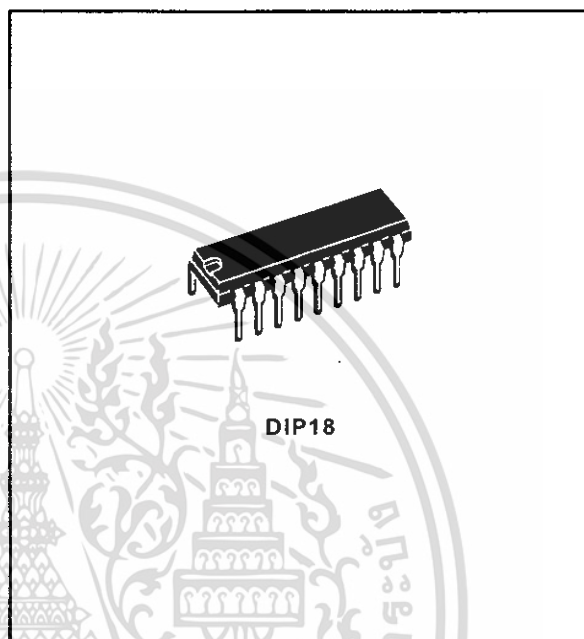


All rights reserved. © 1998, Microchip Technology Incorporated. USA. 1/98 Printed on recycled paper.

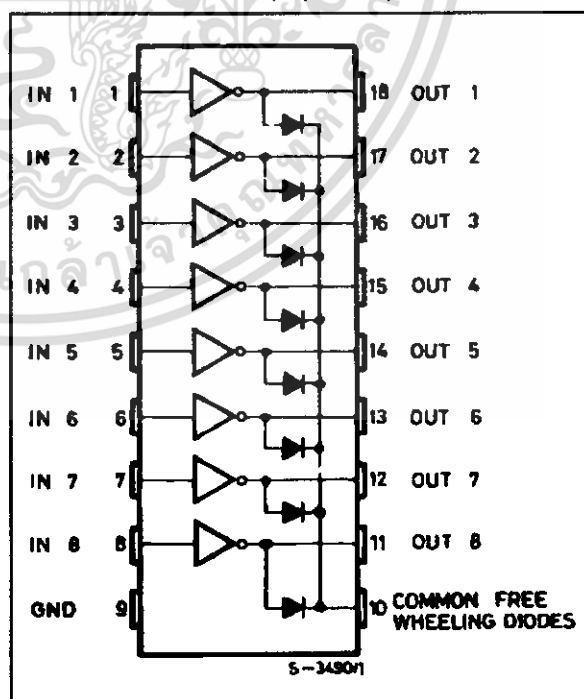
Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended for suggestion only and may be superseded by updates. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Microchip Technology Incorporated with respect to the accuracy or use of such information, or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights. The Microchip logo and name are registered trademarks of Microchip Technology Inc. in the U.S.A. and other countries. All rights reserved. All other trademarks mentioned herein are the property of their respective companies.

EIGHT DARLINGTON ARRAYS

- EIGHT DARLINGTONS WITH COMMON EMITTERS
- OUTPUT CURRENT TO 500 mA
- OUTPUT VOLTAGE TO 50 V
- INTEGRAL SUPPRESSION DIODES
- VERSIONS FOR ALL POPULAR LOGIC FAMILIES
- OUTPUT CAN BE PARALLELED
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY BOARD LAYOUT



PIN CONNECTION (top view)



DESCRIPTION

The ULN2801A-ULN2805A each contain eight darlington transistors with common emitters and integral suppression diodes for inductive loads. Each darlington features a peak load current rating of 600mA (500mA continuous) and can withstand at least 50V in the off state. Outputs may be paralleled for higher current capability.

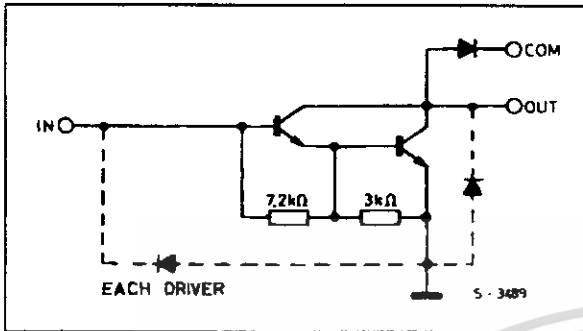
Five versions are available to simplify interfacing to standard logic families : the ULN2801A is designed for general purpose applications with a current limit resistor; the ULN2802A has a 10.5k Ω input resistor and zener for 14-25V PMOS; the ULN2803A has a 2.7k Ω input resistor for 5V TTL and CMOS; the ULN2804A has a 10.5k Ω input resistor for 6-15V CMOS and the ULN2805A is designed to sink a minimum of 350mA for standard and Schottky TTL where higher output current is required.

All types are supplied in a 18-lead plastic DIP with a copper lead from and feature the convenient input-opposite-output pinout to simplify board layout.

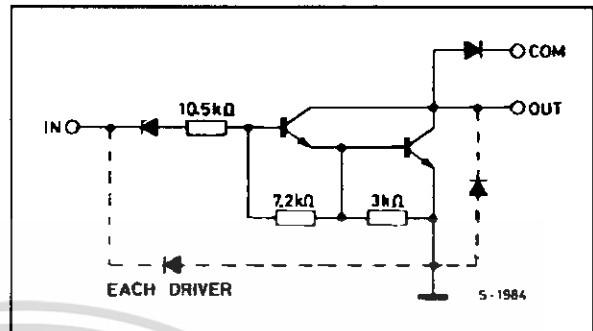
ULN2801A - ULN2802A - ULN2803A - ULN2804A - ULN2805A

SCHEMATIC DIAGRAM AND ORDER CODES

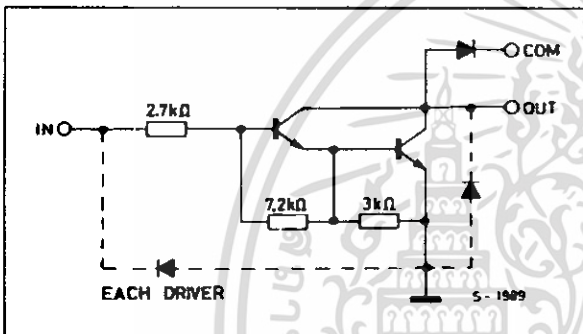
For ULN2801A (each driver for PMOS-CMOS)



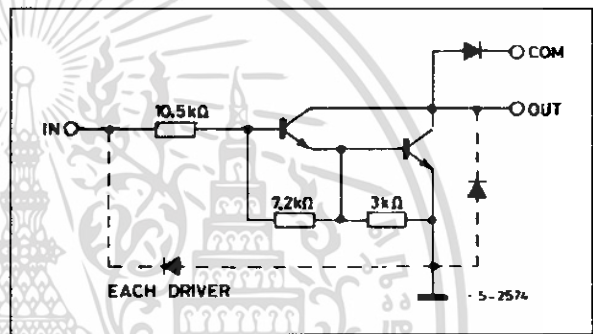
For ULN2802A (each driver for 14-15 V PMOS)



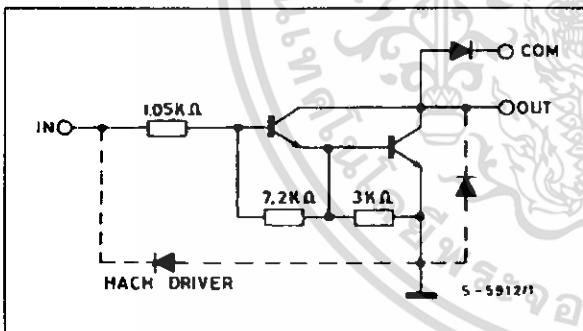
For ULN2803A (each driver for 5 V, TTL/CMOS)



For ULN2804A (each driver for 6-15 V CMOS/PMOS)



For ULN2805A (each driver for high out TTL)



ULN2801A - ULN2802A - ULN2803A - ULN2804A - ULN2805A

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_o	Output Voltage	50	V
V_i	Input Voltage for ULN2802A, UL2803A, ULN2804A for ULN2805A	30 15	V
I_C	Continuous Collector Current	500	mA
I_B	Continuous Base Current	25	mA
P_{tot}	Power Dissipation (one Darlington pair) (total package)	1.0 2.25	W
T_{amb}	Operating Ambient Temperature Range	- 20 to 85	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	- 55 to 150	°C
T_j	Junction Temperature Range	- 20 to 150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	Value	Unit
$R_{th j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient Max.	55	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^{\circ}C$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.
I_{CEX}	Output Leakage Current	$V_{CE} = 50V$ $T_{amb} = 70^{\circ}C, V_{CE} = 50V$ $T_{amb} = 70^{\circ}C$ for ULN2802A $V_{CE} = 50V, V_i = 6V$ for ULN2804A $V_{CE} = 50V, V_i = 1V$			50 100 500 500	μA μA μA μA	1a 1a 1b 1b
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter Saturation Voltage	$I_C = 100mA, I_B = 250\mu A$ $I_C = 200mA, I_B = 350\mu A$ $I_C = 350mA, I_B = 500\mu A$		0.9 1.1 1.3	1.1 1.3 1.6	V V V	2
$I_{i(on)}$	Input Current	for ULN2802A $V_i = 17V$ for ULN2803A $V_i = 3.85V$ for ULN2804A $V_i = 5V$ $V_i = 12V$ for ULN2805A $V_i = 3V$		0.82 0.93 0.35 1 1.5	1.25 1.35 0.5 1.45 2.4	mA mA mA mA mA	3
$I_{i(off)}$	Input Current	$T_{amb} = 70^{\circ}C, I_C = 500\mu A$	50	65		μA	4
$V_{i(on)}$	Input Voltage	$V_{CE} = 2V$ for ULN2802A $I_C = 300mA$ for ULN2803A $I_C = 200mA$ $I_C = 250mA$ $I_C = 300mA$ for ULN2804A $I_C = 125mA$ $I_C = 200mA$ $I_C = 275mA$ $I_C = 350mA$ for ULN2805A $I_C = 350mA$			13 2.4 2.7 3 5 6 7 8 2.4	V V V V V V V V V	5
h_{FE}	DC Forward Current Gain	for ULN2801A $V_{CE} = 2V, I_C = 350mA$	1000			-	2
C_i	Input Capacitance			15	25	pF	-
t_{PLH}	Turn-on Delay Time	$0.5 V_i$ to $0.5 V_o$		0.25	1	μs	-
t_{PHL}	Turn-off Delay Time	$0.5 V_i$ to $0.5 V_o$		0.25	1	μs	-
I_R	Clamp Diode Leakage Current	$V_R = 50V$ $T_{amb} = 70^{\circ}C, V_R = 50V$			50 100	μA μA	6 6
V_F	Clamp Diode Forward Voltage	$I_F = 350mA$		1.7	2	V	7

TEST CIRCUITS

Figure 1a.

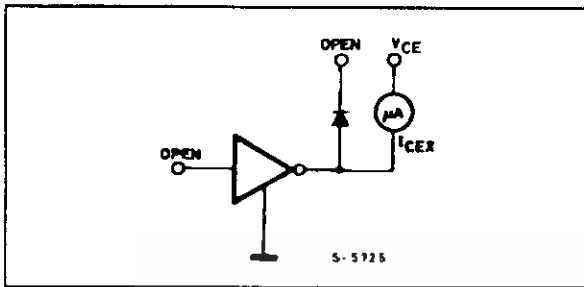


Figure 1b.

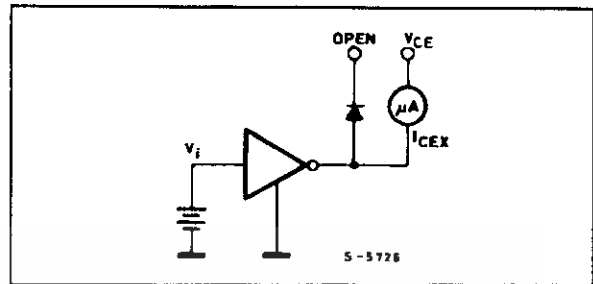


Figure 2.

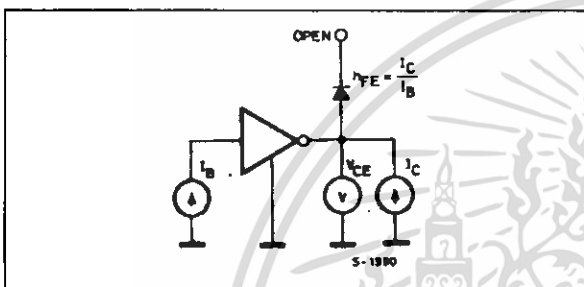


Figure 3.

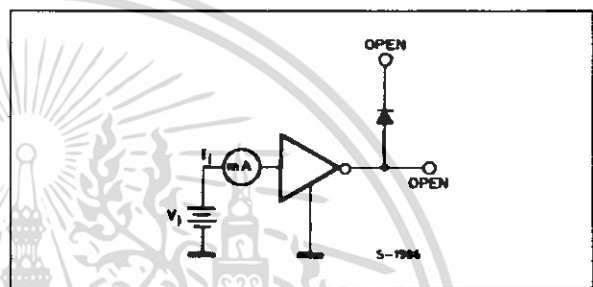


Figure 4.

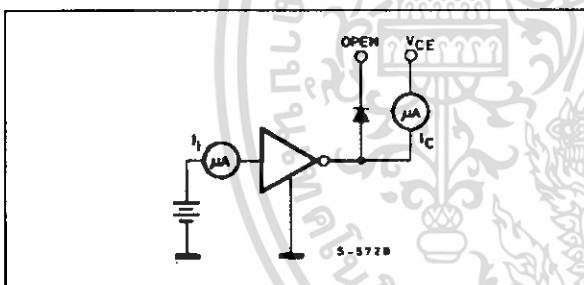


Figure 5.

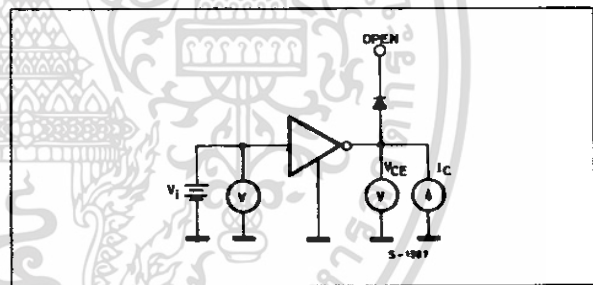


Figure 6.

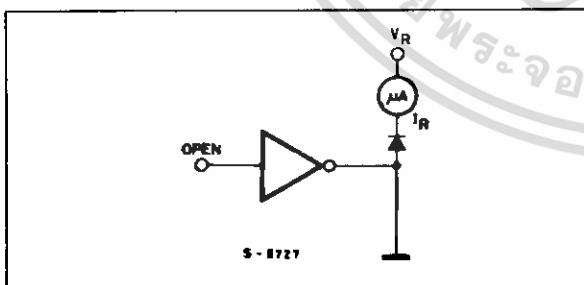


Figure 7.

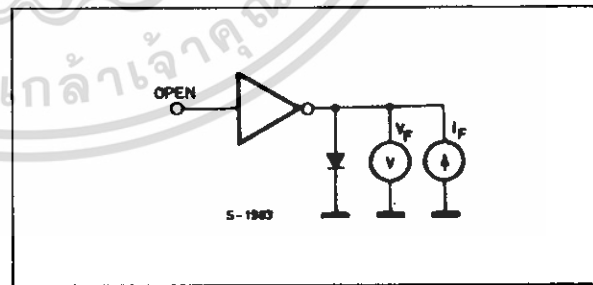


Figure 8 : Collector Current as a Function of Saturation Voltage.

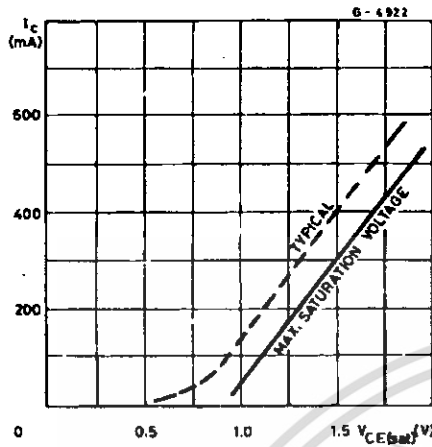


Figure 9 : Collector Current as a Function of Input Current.

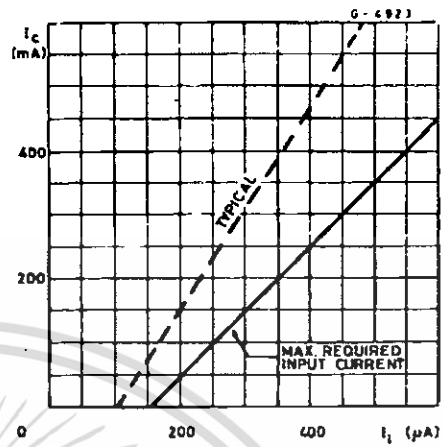


Figure 10 : Allowable Average Power Dissipation as a Function of Ambient Temperature.

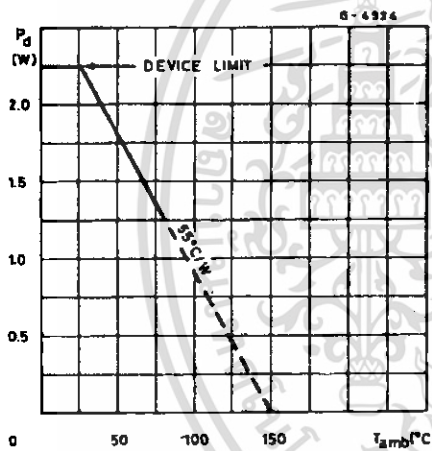


Figure 11 : Peak Collector Current as a Function of Duty Cycle.

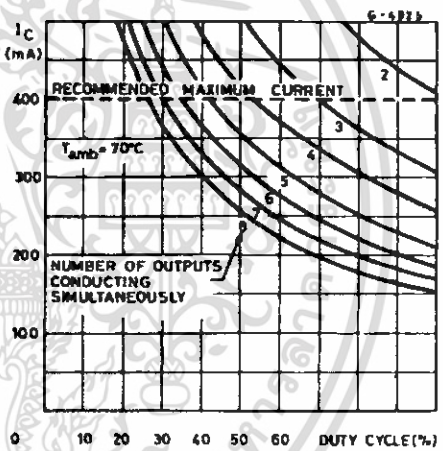


Figure 12 : Peak Collector Current as a Function of Duty.

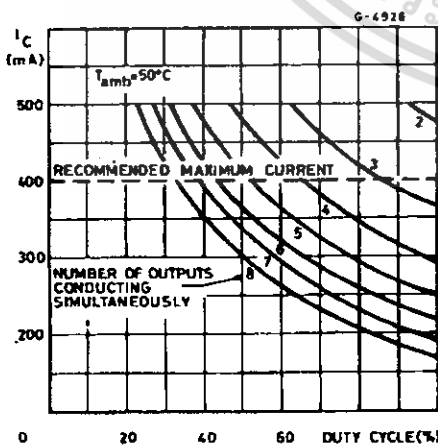


Figure 13 : Input Current as a Function of Input Voltage (for ULN2802A).

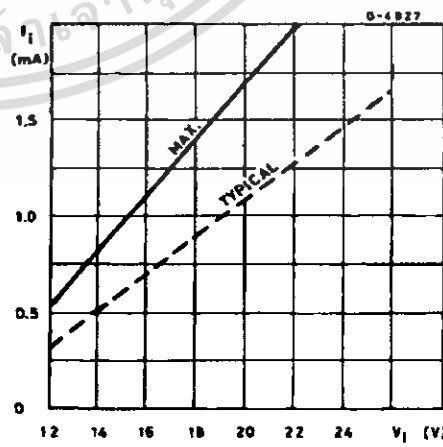


Figure 14 : Input Current as a Function of Input Voltage (for ULN2804A)

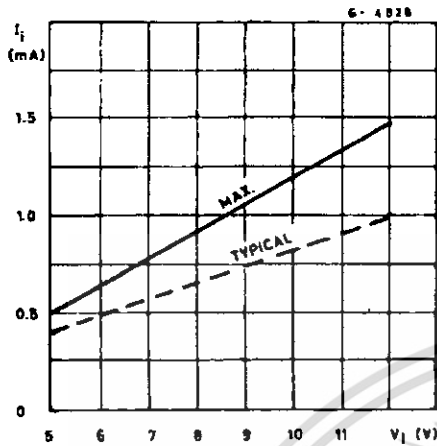


Figure 15 : Input Current as a Function of Input Voltage (for ULN2803A)

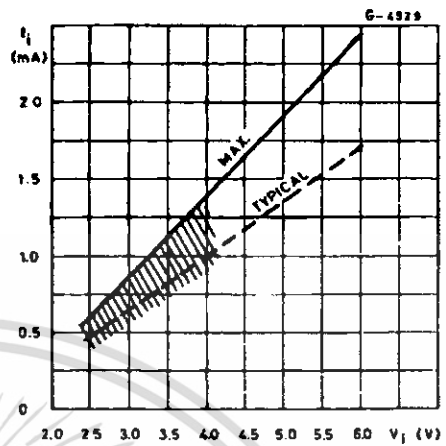
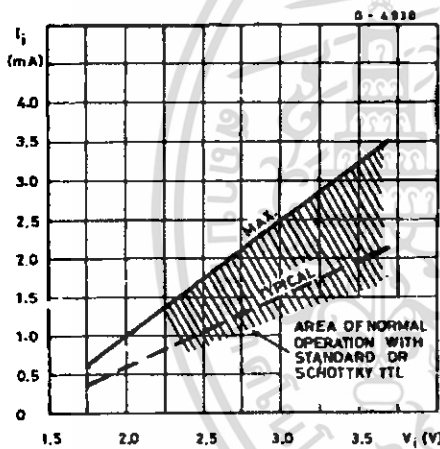


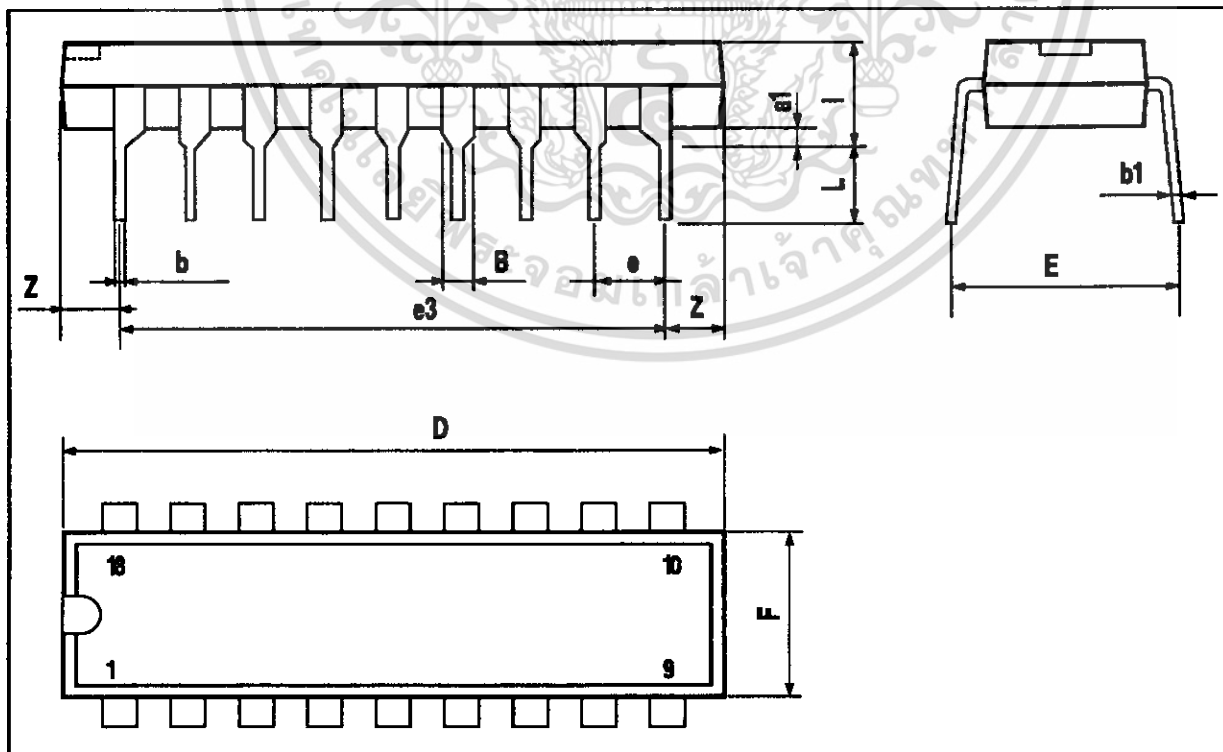
Figure 16 : Input Current as a Function of Input Voltage (for ULN2805A)



ULN2801A - ULN2802A - ULN2803A - ULN2804A - ULN2805A

DIP18 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.254			0.010		
B	1.39		1.65	0.055		0.065
b		0.46			0.018	
b1		0.25			0.010	
D			23.24			0.915
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		20.32			0.800	
F			7.1			0.280
I			3.93			0.155
L		3.3			0.130	
Z		1.27	1.59		0.050	0.063





Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, SGS-THOMSON Microelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of SGS-THOMSON Microelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. SGS-THOMSON Microelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of SGS-THOMSON Microelectronics.

© 1997 SGS-THOMSON Microelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved

SGS-THOMSON Microelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - France - Germany - Hong Kong - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Morocco -
The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.