สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การหาตำแหน่งด้วย GPS

GLOBAL POSITION SYSTEM SEARCH

T062050

นายกิติศักดิ์ จงสถาวร
นายวรวิทย์ ม่วงช้าง
นายสำราญ คนานิตย์
นายสุวรรณ์ กาทอง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62050
วัน,เดือน,ปี 27 ก.ค. 2549

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GLOBAL SYSTEM POSITION SEARCH

KITTISAK JONGSATHAWRON

WORAWIT MHOVNGCHANG

SAMRAN KANANIT

SUWAN KATONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KINGMONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การหาตำแหน่งด้วย GPS

GLOBAL POSITION SYSTEM SEARCH

นักศึกษาผู้จัดทำ

นายกิติศักดิ์	จงสถาวร	**รหัสประจำตัว**	45015496
นายวรวิทย์	ม่วงช้าง	**รหัสประจำตัว**	45015523
นายสำราญ	คนานิตย์	**รหัสประจำตัว**	45015535
นายสุวรรณ์	กาทอง	**รหัสประจำตัว**	45015538

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2547

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์		สายมือชื่อ
ดร. พงษ์ชัย	นิลาศ	
ผศ. เชื้อ	นกอยู่	
ผศ. ทรงชัย	วีระทวีมาศ	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2548

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ. ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การหาตำแหน่งด้วย GPS	
	GLOBAL POSITION SYSTEM SEARCH	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายกิติศักดิ์	จงสถาวร
	นายวรวิทย์	ม่วงช้าง
	นายสำราญ	คนานิตย์
	นายสุวรรณ์	กาทอง
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. พงษ์ชัย	นิลาศ
	ผศ. เชื้อ	นกอยู่
	ผศ. ทรงชัย	วีระทวีมาศ
ปีการศึกษา	2547	

บทคัดย่อ

เนื่องมาจากการติดตามค้นหาวัตถุต่างๆในปัจจุบันนั้นมีความสำคัญมากในการทำงาน ซึ่งจะทำให้การทำงานในธุรกิจของเรามีประสิทธิภาพและประหยัดเวลาได้มากขึ้นและยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้หลายด้านเช่น ระบบบอกตำแหน่ง ระบบนำร่อง งานสำรวจ และด้านการทหาร เป็นต้น ซึ่งปริญญานิพนธ์นี้จะนำเอาอุปกรณ์ GPS มาใช้บอกเส้นทางและสามารถติดตามตำแหน่งของวัตถุที่ติดตามนั้นซึ่งจะสามารถนำไปใช้แบบใดก็ได้เพื่อให้สะดวกต่อผู้ใช้จึงมีการเก็บข้อมูลในการเดินทางของวัตถุของอุปกรณ์ตัวนั้นทั้งแบบเก็บค่าและแบบส่งค่าข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายเพื่อนำมาแสดงบนแผนที่ซึ่งมีประโยชน์ต่อธุรกิจต่างๆมากมาย ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Global System Position Search	
Authors	Mr. Kittisak	Jongsathawron
	Mr. Worawit	Mhovngchang
	Mr. Samran	Kananit
	Mr. Suwan	Katong
Thesis Advisor	Dr. Phongchai	Nilas
	Asst.Prof.Choae	Nokyoo
	Asst.Prof.Songchai	Wiratawimat
Year	2004	

ABSTRACT

In this present day the global positioning system has significantly increased its role in both business and engineering applications , especially in navigation are tracking system. And develops a real-time this thesis studies the Global Position System, and vehicle tracking are navigation system. The project implements a GPS tracking module and develops a real-time map-based central navigation system. The GPS tracking module receives the coordinate signal form the GPS satellite, and transfers the position into the map-based user control unit. The system is implemented and a number of experiments have been conducted. The implemented developed system and the experiential results are presented in this thesis.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี คณะผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. พงษ์ชัย นิลาศ ผศ. เชื้อ นกอยู่ และ ผศ. ทรงชัย วีระทวีมาศ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำและเอื้อเฟื้ออุปกรณ์เครื่องมือต่างๆในการทำปริญญานิพนธ์นี้ รวมถึงอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้มาจนถึงวันนี้ ขอขอบคุณ พี่กิตติ ที่คอยชี้แนวทางให้ ขอบคุณ บิ๊ก ที่ช่วยแนะนำการเขียนโปรแกรม และขอบคุณเพื่อนๆทุกคนในภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมที่ช่วยเป็นกำลังใจ โดยเฉพาะ เอก ที่ช่วยให้ผ่อนคลาย และให้ยืมคอมพิวเตอร์ใช้ จนงานสำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณผู้มีพระคุณยิ่งของพวกเรา คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การเลี้ยงดู ความรัก และความห่วงใย ตลอดจนร่างกายที่ครบ 32 สติปัญญา และสภาพจิตใจที่ดีมาจนถึงวันนี้ และให้โอกาสในการศึกษาที่ดี และทำให้เราเป็นคนดีที่จะสามารถพัฒนาสังคมและ ประเทศชาติได้ ในอนาคตคุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	**I**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**II**
กิตติกรรมประกาศ	**III**
สารบัญ	**IV**
สารบัญตาราง	**IX**
สารบัญภาพ	**X**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 จุดประสงค์ของปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตและเป้าหมายของปริญญานิพนธ์	1
1.4 หลักการทั่วไป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ GPS	**4**
2.1 ภาพรวมของระบบ (System Overview)	4
2.1.1 กลุ่มดาวเทียม (Space Segment)	4
2.1.2 สถานีควบคุม (Operation Control Segment)	6
2.1.2.1 สถานีสังเกตการณ์	7
2.1.2.2 สถานีควบคุมหลัก	7
2.1.2.3 สายอากาศภาคพื้นดิน	8
2.1.3 ส่วนของผู้ใช้	8
2.2 ส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณ GPS	8
2.2.1 สายอากาศ (Antenna)	8
2.2.2 เครื่องรับสัญญาณ(Receive)	9
2.2.3 โปรเซสเซอร์ของเครื่องรับสัญญาณ	9
2.2.4 อุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท	10
2.2.5 แหล่งจ่ายไฟ	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3 การให้บริการของระบบ GPS (GPS Services)	10
2.3.1 การบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์	10
2.3.2 มาตรฐานการบอกตำแหน่ง	11
2.4 สัญญาณ GPS จากดาวเทียม	11
2.4.1 Coarse/Acquisition Code (C/A)	12
2.4.2 P-Code	12
2.4.3 ข่าวสารการนำร่อง (Navigation Message)	13
2.5 เครื่องรับสัญญาณ GPS	15
2.5.1 การเลือกดาวเทียม	15
2.5.2 การรับสัญญาณดาวเทียม	15
2.5.3 การรับสัญญาณข้อมูล	15
2.6 การคำนวณหาพิกัดของเครื่องรับสัญญาณ	17
2.6.1 การระบุพิกัดโดยสัญญาณดาวเทียม	17
2.6.2 ระบบพิกัดอ้างอิง	17
2.6.2.1 ระบบโคออดิเนตแบบ ECI	18
2.6.2.2 ระบบโคออดิเนตแบบ ECEF	19
2.6.2.3 ระบบ World Geodetic System	19
2.7 การคำนวณหาระยะพิกัดของเครื่องรับสัญญาณ	21
2.8 ความคลาดเคลื่อนในระบบ GPS	22
2.8.1 Ephemeris Data Error	22
2.8.2 Satellite Clock Error	23
2.8.3 Security Signal	23
2.8.4 Ionosphere Error	23
2.8.5 Troposphere Errors	24
2.8.6 Multipart Error	24
2.8.7 Receiver Error	24
2.8.8 ความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากการจับกลุ่มของดาวเทียมที่ใช้นำร่อง	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.9 มาตรฐานของ NMEA-0183	26
2.9.1 โปรโตคอล ของ NMEA 183	27
2.9.2 รูปแบบประโยคของ NMEA:	27
บทที่ 3 อุปกรณ์การเชื่อมต่อ	**31**
3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	31
3.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์	31
3.3 การทำงานของส่วนประกอบต่างๆที่อยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51	32
3.3.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม	32
3.3.2 หน่วยความจำข้อมูลภายใน	33
3.3.3 อุปกรณ์ควบคุมการอินเตอร์รัพต์	33
3.3.4 ตัวตั้งเวลาและตัวนับ	33
3.3.5 พอร์ตอินพุตเอาต์พุต	33
3.4 สัญญาณต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	34
3.5 การจัดหน่วยความจำของ MCS-51	39
3.5.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม	40
3.5.2 การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก	41
3.5.3 การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหลายตัว	43
3.5.4 หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory)	44
3.6 การต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก	47
3.7 การเขียนข้อมูล	53
3.7.1 การเขียนข้อมูลแบบ Byte	53
3.7.2 การเขียนข้อมูลแบบ Page	54
3.8 การอ่านข้อมูล	54
3.8.1 การอ่านข้อมูลในตำแหน่งปัจจุบัน	54
3.8.2 การอ่านข้อมูลแบบสุ่ม (Random Read)	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.8.4 ไบต์ควบคุม (Control Byte)	56
3.8.5 16-Clock per Convert	56
3.9 UNIVERSAL SERIAL BUS (USB)	57
3.9.1 ความหมายของพอร์ตในระบบบัส USB	57
3.9.2 โมดูล Ezy USB-M02	57
3.9.2.1 จุดเด่นของ Ezy USB-M02	57
3.9.2.2 การทำงานของ Ezy USB-M02	58
3.10 GPRS (General Packet Radio Services)	60
3.10.1 คุณสมบัติของ GPRS	61
3.10.1.1 ความเร็วในการส่งข้อมูล	61
3.10.1.2 การสนองตอบที่รวดเร็ว	61
3.10.2 การใช้งาน GPRS	61
3.10.3 ปัจจัยในการใช้บริการ GPRS	62
3.10.4 Node ต่างๆ ใน GPRS	63
3.10.5 การใช้ช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพสูง	63
3.10.6 การใช้ GPRS กับ Internet	64
3.10.7 รองรับเครือข่าย TDMA และ GSM	64
บทที่ 4 การออกแบบวงจร	**65**
4.1 การเชื่อมต่อ GPS	65
4.2 การเชื่อมต่อทางด้านฮาร์ดแวร์	66
4.2.1 BOARD USB	67
4.2.2 GPRS Module	67
4.2.3 BOARD MICROTROLLER	72
4.3 แผนที่	73
บทที่ 5 ผลการทดลอง	**75**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.1 กล่าวนำ	75
5.2 การทดลองเก็บข้อมูลลง Memory Rom	75
5.3 การทดสอบการส่งข้อมูลผ่านระบบ SMS	78
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	**81**
บรรณานุกรมรม	**83**
ภาคผนวก	**84**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3-1 l สัญญาณต่างๆ ของพอร์ต P3	39
3-2 ตำแหน่งของ EPROM ต่างๆ	44
3-3 แสดงการควบคุมบิต	56
4-1 แสดงการเก็บข้อมูล	76
4-2 แสดงการเก็บข้อมูล	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 แสดงภาพการใช้งานของระบบ GPS	2
2-1 แสดงภาพของระบบ GPS	4
2-2 กลุ่มดาวเทียม GPSมีวงโคจร 6 ระนาบแต่ละระนาบจะมีดาวเทียมอยู่ 4 ดวง	5
2-3 ภาพรวมของส่วนสถานีควบคุม	6
2-4 แสดงสถานที่ตั้งของสถานีควบคุม	7
2-5 แสดงการใช้งานในส่วนของผู้ใช้	8
2-6 ส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณGPS	9
2-7 แสดงสัญญาณของ GPS จากดาวเทียม	12
2-8 แสดง Spectrum ของสัญญาณจากดาวเทียม	13
2-9 แสดงภาพข่าวสารการนำร่อง	14
2-10 แสดงภาพบล็อกไดอะแกรมของการรับสัญญาณข้อมูล	16
2-11 แสดงการถอดรหัสข้อมูลข่าวสารการนำร่อง	16
2-12 แสดงการตัดกันของระยะห่างจากดาวเทียม	18
2-13 แสดงภาพจำลองระบบ ECE	19
2-14 แสดงรูปแบบจำลองโลกที่เป็นวงรีในแบบ WGS-84	20
2-15 แสดงการกำหนดพิกัดแบบละติจูด, ลองจิจูด และความสูง	23
2-16 แสดงภาพ POOR GDOP	25
2-17 ผลของ POOR GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันที่กว้างมาก	25
2-18 แสดง GOOD GDOP	25
2-19 ผลของ GOOD GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันที่แคบลง	26
3-1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8052	32
3-2 สัญญาณต่างๆ ของ MCS-51 เบอร์ 8051	34
3-3 การต่อสัญญาณนาฬิกาที่ขา XTAL1 และ XTAL2	35
3-4 การใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก	35
3-5 การต่อสัญญาณรีเซต	36
3-6 การสร้างสัญญาณแอดเดรสและสัญญาณข้อมูล	37
3-7 การต่อวงจรแลทช์ตำแหน่ง A0-A7	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-7 การต่อวงจรแลทช์ตำแหน่ง A0-A7	38
3-8 การเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051	40
3-9 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051	41
3-10 ไดอะแกรมเวลาของการอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก	42
3-11 การต่อ EPROM เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051	42
3-12 การต่อ EPROM หลายตัวเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์	43
3-13 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลของ 8051	45
3-14 การจัดแบ่งหน่วยความจำข้อมูลภายใน	45
3-15 ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแบงค์ต่างๆ	46
3-15 ตำแหน่งหน่วยความจำที่อ้างตำแหน่งแบบบิตได้	47
3-16 ไดอะแกรมเวลาของการอ่านและบันทึกข้อมูลกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก	48
3-17 การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ RAM 6264	49
3-18 แสดง Timing Diagram ของ Bit Transfer	50
3-19 แสดง Timing Diagram ของ Start and Stop Conditions	50
3-20 แสดง Timing Diagram ของ Acknowledge	51
3-21 แสดงโครงสร้างขาใช้งานของ EEPROM 24C16	51
3-22 แสดงโครงสร้างภายในของ EEPROM 24C16	52
3-23 แสดงลักษณะการ Device Address	52
3-24 แสดง Timing Diagram ของการเขียนข้อมูลแบบ Byte	53
3-25 แสดง Timing Diagram ของการอ่านข้อมูลแบบ Page	54
3-26 การอ่านข้อมูลในตำแหน่งปัจจุบัน	55
3-27 แสดง Timing Diagram ของการอ่านข้อมูลแบบสุ่ม	55
3-28 แสดง Timing Diagram ของการอ่านข้อมูลแบบลำดับ	56
3-29 Timing Diagram ของ 16 Clock per Conversion	56
4-1 แสดงการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกของ GPS 9540	66
4-2 แสดงพอร์ต USB และตำแหน่งขา	67
4-3 GPRS Module	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-4 ตารางแสดงขาของ GPRS Module	67
4-5 วงจรบนบอร์ด RS-EB-S1	69
4-6 แสดงสายเชื่อมต่อระหว่าง BOARD RS-EB-S1 กับ COMPUTER	70
4-7 วงจรแสดงตำแหน่งขาที่ใช้งาน ของ JP1	71
4-8 วงจรแสดงตำแหน่งขาที่ใช้งาน ของ JP5	71
4-9 แสดงการต่อวงจร MICROCONTROLLER	72
4-10 แสดงลายวงจร Board Microcontroller (ปริ้น 2 หน้า)	72
4-11 แสดงภาพแผนที่	73
5-1 แสดงวงจรการทดลอง	75
5-2 แสดงภาคส่ง SMS	78
5-3 แสดงภาครับ SMS	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 วัตถุประสงค์

ปัจจุบันการค้นหาและติดตามวัตถุต่างๆ เป็นสิ่งที่จำเป็น เพราะไม่สามารถที่จะติดตามวัตถุได้ตลอดเวลา จึงได้มีการคิดค้นอุปกรณ์ขึ้นมาใช้งานแทนเพื่อให้สะดวกต่อการทำงาน ซึ่งสามารถประหยัดเวลาและลดค่าใช้จ่ายได้ เช่น การติดตามรถยนต์เพื่อป้องกันการสูญหาย การค้นหาตำแหน่งของรถเมื่อเกิดการหลงทาง และเป็นตัวบอกตำแหน่งในการเดินทาง ดังนั้นจึงเป็นวัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ขึ้นมา

1.2 จุดประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาและออกแบบ การใช้งาน GPS เพื่อให้สามารถระบุตำแหน่ง ละติจูดและลองจิจูด และสามารถระบุตำแหน่งบนแผนที่ได้

2. ศึกษาออกแบบวงจร และทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์แต่ละชุดเพื่อให้สามารถทำงานร่วมกันได้ และสะดวกต่อการใช้งาน

3. ศึกษาและออกแบบในการสร้างแผนที่รองรับกับการใช้งาน และแสดงผลตำแหน่งบนแผนที่ได้

1.3 ขอบเขตและเป้าหมายของปริญญานิพนธ์

HARD WARE

- ออกแบบวงจร BOARD MICROCONTROLLER เพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆได้
- ออกแบบวงจรและประกอบอุปกรณ์ลงกล่องเพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน
- สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์แต่ละโมดูลต่างให้สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

SOFT WARE

- สามารถเก็บค่าข้อมูลที่ได้จากการสำรวจลงใน MEMORY และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปแสดงค่าลงบนแผนที่เพื่อระบุตำแหน่งได้
- สร้างแผนที่ให้ละเอียดและครอบคลุมพื้นที่ และสามารถนำค่าโคออดิเนท มาแสดงค่าได้
- ส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย GPRS และสามารถนำข้อมูลมาแสดงค่าเพื่อระบุตำแหน่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 หลักการทั่วไป

ระบบบอกพิกัดบนพื้นโลกโดยใช้กลุ่มดาวเทียมนาฟสตาร์ หรือ GPS (The Global - Positioning System (GPS)) เป็นระบบบอกพิกัดโดยการส่งคลื่นวิทยุจากดาวเทียมในอวกาศ มายังภาคพื้นดิน และใช้เวลาในการรับสัญญาณมาช่วยในการคำนวณหาพิกัด GPS (Global Position-System) จะแสดงตำแหน่ง, ความเร็ว และเวลา (Position, Velocity, Time (PVT)) ให้กับผู้ใช้งานได้ทั้งทางบก, ทะเล, อากาศ และอวกาศ ตามปกติ GPS จะมีการบรรจุลักษณะพิเศษ ซึ่งจะจำกัดความถูกต้องแม่นยำของการใช้งาน อย่างเต็มที่ให้กับผู้ที่ได้รับอนุญาตของทางการเท่านั้น และมีการป้องกันจากการปลอมแปลงของศัตรูในการสู้รบกัน GPS ประกอบด้วย 3 ระบบหลัก คือ ส่วนของกลุ่มดาวเทียม (Space Segment) , ส่วนสถานีควบคุม (Control Segment) และส่วนของผู้ใช้ (User Segment) ดังภาพที่ 1.1

ภาพที่ 1.1 แสดงภาพการใช้งานของระบบ GPS

ส่วนของกลุ่มดาวเทียม ประกอบด้วยหมู่ดาวเทียมนาฟสตาร์ 24 ดวง แต่ละดวงจะกระจายสัญญาณรหัสในย่าน RF และข้อมูลข่าวสารการนำร่อง (Navigation Data Message) ในส่วนของสถานีควบคุม จะประกอบด้วย เครือข่ายสำหรับการติดตามดาวเทียม (Network of Monitoring) และอุปกรณ์ อำนวยความสะดวกในการควบคุม ซึ่งใช้ในการจัดการวงโคจรของดาวเทียม และ อัพเดต (Update) ข้อมูลข่าวสารการนำร่องของดาวเทียม ส่วนของผู้ใช้ประกอบด้วย เครื่องรับสัญญาณข้อมูลการนำร่องซึ่งถูกออกแบบเพื่อรับ, ถอดรหัส และประมวล และนำสัญญาณจากดาวเทียมไปประยุกต์ใช้งาน

เครื่องรับสัญญาณจะรับข้อมูลข่าวสารการนำร่องจากดาวเทียมทำให้ทราบถึงเวลาที่ใช้ในการส่ง-รับ และนำค่าที่ได้มาคำนวณหาระยะทางระหว่างดาวเทียมและเครื่องรับ โดยหลักคือดาวเทียมจะส่งสามารถบอกค่าเวลา ณ เวลาที่ส่งสัญญาณออกมา เครื่องรับเมื่อได้รับสัญญาณจะได้ค่าเวลา ณ เวลาที่รับสัญญาณ โดยใช้สัญญาณของสัญญาณความถี่ย่าน RF ที่ใช้ส่ง-รับ และนำค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลานี้ไปคำนวณระยะทางโดยค่าความเร็วของสัญญาณความถี่ย่าน RF ที่ใช้ส่ง-รับ จะเป็นค่าคงที่ เมื่อนำค่าเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณและค่าความเร็วของสัญญาณมาคำนวณจะได้ระยะห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับสัญญาณในแนวระนาบพื้นผิวทรงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่ดาวเทียมดวงนั้นๆ แต่ไม่ทราบตำแหน่งที่แน่นอนได้ ดังนั้นในการหาตำแหน่งมีความจำเป็นต้องใช้รหัสสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ในเวลาเดียวกันเพื่อใช้ในการหาจุดตัดของสัญญาณจากดาวเทียม โดย ณ ตำแหน่งจุดตัดของสัญญาณดาวเทียมจำนวนสามดวงนั้นจะเป็นพิสัยในแถบสามมิติ(3D) และค่าสัญญาณจากดาวเทียมอีกหนึ่งดวงจะเป็นค่าพารามิเตอร์ของค่าความผิดพลาดของสัญญาณนาฬิกาของเครื่องรับ

เมื่อเครื่องรับได้ทำการประมวลผลข้อมูลจากสัญญาณที่ได้จากดาวเทียมแล้วจะได้ค่าพารามิเตอร์ออกมา 3 ค่าคือ ค่าตำแหน่ง(ละติจูดและลองจิจูด) ความเร็วและเวลา และจากข้อมูลที่ได้เราสามารถประยุกต์ค่าข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบควบคุมการนำร่องให้กับอุปกรณ์ยานยนต์ต่างๆ เช่น ควบคุมเส้นทางการบิน, เส้นทางการเดินเรือ และรถยนต์ ในปัจจุบันเทคโนโลยีสามารถพัฒนาจนเครื่องรับสัญญาณGPS มีขนาดเล็กลงจนเป็นเครื่องแบบพกพาได้

เครื่องรับสัญญาณแบบพกพามีฟังก์ชั่นในการส่งข้อมูลออกโดยพอร์ทอนุกรม ข้อมูลที่ส่งออกมาจะส่งมาในรูปโปรโตคอล NMEA 183 ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลของ ละติจูด, ลองจิจูด, ความสูง, เวลาและอื่นๆ ของเครื่องรับสัญญาณ ค่าเหล่านี้เราสามารถที่ออกแบบโปรแกรมในการกำหนดเส้นทางเดินที่ถูกต้องได้

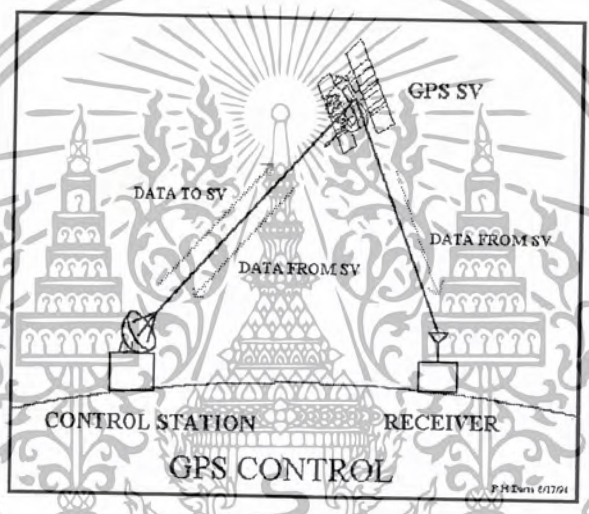
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีหลักการ GPS

2.1 ภาพรวมของระบบ (System Overview)

GPS ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. กลุ่มดาวเทียม (Space Segment)
2. สถานีควบคุม (Operation Control Segment)
3. ส่วนของผู้ใช้ (User Equipment Segment)



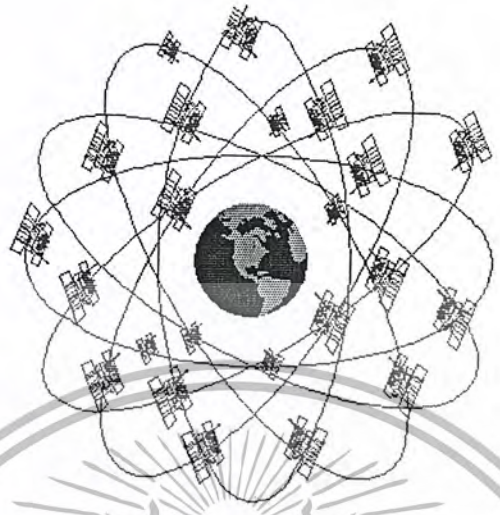
ภาพที่ 2-1 แสดงภาพของระบบ GPS

2.1.1 กลุ่มดาวเทียม (Space Segment)

กลุ่มดาวเทียมGPS ประกอบด้วยดาวเทียมนาฬิสตาร์ 24 ดวง ในวงโคจรเซมิซิงโครนัส (Semi-Synchronous Orbit) (ประมาณ 12 ชั่วโมง) ดาวเทียมจะถูกจัดใน 6 ระนาบวงโคจร ซึ่งจะมีดาวเทียม 4 ดวงในแต่ละระนาบ ระนาบวงโคจรจะมีมุมเอียง (Inclination angle) 55 องศา สัมพันธ์กับเส้นศูนย์สูตร (Equator) ของโลก และดาวเทียมจะมีความสูงเฉลี่ยของการโคจร 20,200 กิโลเมตร (10911 Nautical Miles) เหนือพื้นผิวโลก ดาวเทียมจะโคจรครบ 1 รอบ โดยใช้เวลาประมาณ 11 ชั่วโมง 58 นาที เนื่องจากโลกก็หมุนรอบตัวเอง ดาวเทียมจะวนตามเส้นทางเหนือพื้นผิวโลก ซ้ำกันทุกๆ 23 ชั่วโมง 56 นาที ผู้ใช้ที่อยู่ ณ ตำแหน่งคงที่บนพื้นดิน จะเห็นดาวเทียมดวงเดิมในแต่ละวันผ่านเส้นทางเดิมในท้องฟ้า แต่ดาวเทียมจะขึ้นและตกเร็วขึ้น 4 นาทีในแต่ละวัน เนื่องจากผลต่าง 4 นาทีของเวลาที่โลกหมุนรอบตัวเอง กับ 2 เท่าของเวลาที่ดาวเทียมโคจรครบ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบ ดาวเทียมถูกวางตำแหน่งในระนาบวงโคจรที่จะให้ดาวเทียม 4 ดวงขึ้นไป ซึ่งมีความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตที่ดีสำหรับการบอกตำแหน่ง จะถูกสังเกตได้ ณ ทุกๆ ที่บนโลก



ภาพที่ 2-2 กลุ่มดาวเทียม GPS มีวงโคจร 6 ระนาบแต่ละระนาบจะมีดาวเทียมอยู่ 4 ดวง

ดาวเทียมจะส่งสัญญาณเพื่อวัดระยะทาง (Ranging Signal) บน 2 ความถี่ D-band : Link 1 (L1) ที่ 1575.42 MHz และ Link 2 (L2) ที่ 27.6 MHz สัญญาณดาวเทียมจะถูกส่งโดยใช้เทคนิคสเปรดสเปกตรัม (Spread – Spectrum) โดยใช้รหัสที่แตกต่างกันอยู่ 2 อย่าง คือ รหัส C/A (coarse/acquisition code) ที่มีความถี่ 1.023 MHz บน L1 และ รหัส P (Precision Code) ความถี่ 10.23 MHz บนทั้ง L1 และ L2 ทั้ง รหัส C/A และ รหัส P สามารถถูกใช้เพื่อบอกระยะทางระหว่างดาวเทียมกับผู้ใช้งาน รหัส P จะถูกเข้ารหัสไว้ และสามารถใช้เพื่อบอกระยะทางระหว่างทางการเท่านั้น รหัส P ที่ถูกนำไปเข้ารหัสอีกครั้งจะเรียกว่า รหัส Y ส่วนข่าวสารการนำร่อง (Navigation-Message) คือ ข้อมูลไบอัสสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม (Satellite clock – bias data), ข้อมูลอิฟีเมอริส (Satellite Ephemeris Data) สำหรับดาวเทียมที่ส่งสัญญาณ, ข้อมูลเพื่อใช้ในการแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดจากการเดินทางผ่านบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionospheres signal Propagation-correction data) , ข้อมูลอัลมาแนคของดาวเทียม (Satellite almanac data) สำหรับดาวเทียมทุกดวงในกลุ่ม

เพื่อความสะดวกในการอ้างถึงดาวเทียม จะมีวิธีการอ้างถึง 3 วิธี คือ

- กำหนดตัวอักษร A-F ให้กับระนาบในแต่ละระนาบและ 1-4 ให้กับดาวเทียมในระนาบ
- กำหนดโดยใช้หมายเลขดาวเทียมนาฟตาร์ที่ถูกกำหนดโดย U.S. Air Force ในการบ่งชี้ดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กำหนดโดยใช้รหัสโดแรนดอม (Pseudorandom Code) ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีรหัสโดแรนดอมที่ไม่เหมือนกัน จึงไม่สามารถใช้ความต่างนี้ในการอ้างถึงดาวเทียมได้

2.1.2 สถานีควบคุม (Operation Control Segment)

สถานีควบคุมมีส่วนรับผิดชอบการทำงานของดาวเทียม GPS เช่น การรักษาตำแหน่งดาวเทียม (Station Keeping), ตรวจสภาพและระบบต่างๆบนดาวเทียม, ตรวจแผงเซลแสงอาทิตย์ (Solar cell), ระดับพลังงานของแบตเตอรี่, การเปิดดาวเทียมสำรอง, ปรับปรุงข้อมูลเวลา, ข้อมูลอิฟีเมอริส (Ephemeris), ข้อมูลอัลมาแนค (Alamance) และเป็นตัวชี้ค่าอื่นๆในข่าวสารการนำร่องวันละครั้งหรือตามแต่ความจำเป็น

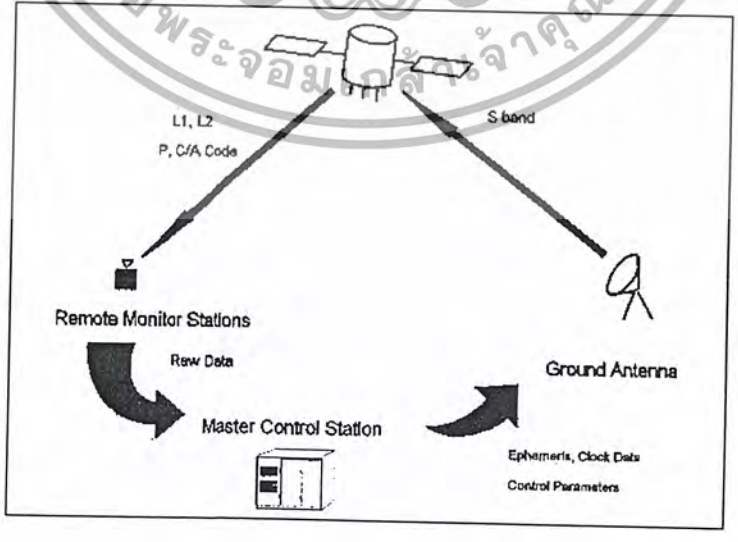
ค่า อิฟีเมอริส พารามิเตอร์ (Ephemeris Parameter) คือ ข้อมูลที่แม่นยำของวงโคจรดาวเทียม ซึ่งจะกระทำทุกๆ 4 ถึง 6 ชั่วโมง

ข้อมูลข่าวสารการนำร่อง (Navigation Message Data) สามารถเก็บไว้ได้อย่างน้อย 14 วัน ถึง 210 วัน ทุกๆ 4 ถึง 6 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับดาวเทียมแต่ละรุ่น

ข้อมูลอัลมาแนค เป็น ซับเซต (Subset) ของ อิฟีเมอริส พารามิเตอร์ ที่ไม่เที่ยงตรงมาก ซึ่งจะประกอบด้วย 7 พารามิเตอร์ จาก อิฟีเมอริสพารามิเตอร์ 15 ตัว ซึ่งใช้ในการทำนายตำแหน่งโดยประมาณของดาวเทียมและการรับสัญญาณ

นอกจากนี้ สถานีที่ควบคุม จะทำการวัด ซูโดเรนจ์ (Pseudo Range) และ เดลตาเรนจ์ (Delta range) เพื่อกำหนดตัวแปรแก้ไขเวลา, ข้อมูลอัลมาแนค และ ข้อมูลอิฟีเมอริส

ส่วนควบคุม ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ สถานีควบคุมหลัก (Master Control Station (MCS)), สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station), จานสายอากาศ ภาคพื้นดิน (Ground Antenna)



ภาพที่ 2-3 ภาพรวมของสถานีควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1 สถานีสังเกตการณ์

สถานีสังเกตการณ์ จะมีเครื่องรับGPS ทั้ง 2 ความถี่ (L1 และ L2) ซึ่งจะทำการวัดซูโดเรนจ์ และ เดลตาเรนจ์ ของแต่ละดาวเทียมที่สังเกตเห็นอย่างต่อเนื่อง และมีนาฬิกา ซีเซียม (Cesium) 2 ตัว อ้างอิงกับเวลาของระบบGPS ตำแหน่งศูนย์กลางเฟส (Phase Center) ของสายอากาศของเครื่องรับสามารถรู้ได้อย่างแม่นยำ

สัญญาณจากดาวเทียมที่ส่งมาถึงสถานีสังเกตการณ์นั้นมีการหักเห และ ล่าช้า (Delay) ในชั้น ไอโอโนสเฟียร์ และ โทรโปสเฟียร์ เรียกการล่าช้านี้ว่าไอโอโนสเฟียริกดีเลย์ (Ionosphere Delay) และโทรโปสเฟียริกดีเลย์ (Troposphere Delay) การล่าช้าทำให้เกิดการผิดพลาดของข้อมูล ซึ่งการแก้ไขนั้นสถานีสังเกตการณ์จะรวบรวมข้อมูลจากสัญญาณที่ได้รับทั้ง 2 ความถี่ อุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ ความชื้นสัมพันธ์และจะส่งไปยังสถานีควบคุมหลักโดยกรมอุตุนิยมวิทยาของสหรัฐอเมริกา เพื่อทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาดของข้อมูล

2.1.2.2 สถานีควบคุมหลัก (Master Control Station)

สถานีควบคุมหลักมีหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูล ที่ได้จากสถานีสังเกตการณ์ เพื่อตรวจสอบและกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม ข้อมูลอัลมาแนค ข้อมูลอิฟีเมอริสให้ถูกต้อง โดยเริ่มการแก้ไขค่าซูโตเรนต์ที่เกิดจากการล่าช้าเนื่องจากการผ่านชั้นบรรยากาศของทุกๆ สถานีสังเกตการณ์ จากนั้นจึงนำไปผ่านคาลมานฟิลเตอร์ (Kalman Filter) เพื่อให้ได้ค่าและค่าการเหลื่อมของสัญญาณนาฬิกาที่ถูกต้อง โดยฟิลเตอร์จะถูกอัพเดททุกๆ 15 นาทีด้วยค่าตำแหน่งของดาวเทียมที่ถูกคำนวณในระบบโคออดิเนตแบบเอิร์ธเซนเตอร์เอิร์ธฟิกซ์ (Earth-Center Earth-Fixed (ECEF))

ภาพที่ 2-4 แสดงที่ตั้งของสถานีควบคุม

สถานีควบคุมหลักจะเป็นศูนย์กลางในการทำงานของส่วนควบคุม ตั้งอยู่ที่ฐานทัพอากาศ Falcon, Colorado, Hawaii, ส่วนสถานีสังเกตการณ์จะกระจายอยู่ตามที่ต่างๆ เพื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมในย่าน L-Band และส่งสัญญาณเตือนไปสถานีควบคุมหลักภายใน 60 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 สายอากาศภาคพื้นดิน (Ground Uplink Antenna Facility)

สถานีสายอากาศภาคพื้นดิน จะทำการส่งคำสั่ง และข้อมูลการนำร่อง และข้อมูลอื่นๆ ที่เรียกว่า TT&C (Telemetry, Tracking and Command) Data ซึ่งเตรียมพร้อมโดย สถานีควบคุมหลักสำหรับดาวเทียมแต่ละดวง ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปยังสายอากาศภาคพื้นดิน และเก็บไว้จนกว่าดาวเทียมจะผ่านมา โดยส่งผ่านคลื่นความถี่ S-Band โดยจะตั้งอยู่คู่กับสถานีสังเกตการณ์

2.1.3 ส่วนของผู้ใช้ (User Receiving Equipment)

ส่วนของผู้ใช้นั้น ส่วนประกอบที่สำคัญคือ เครื่องรับสัญญาณ GPS โดยจะสามารถรับสัญญาณ L-Band ที่ถูกส่งมาจากดาวเทียมและนำมาคำนวณเพื่อหาพิกัดของตำแหน่ง, ความเร็วและเวลา (Position, Velocity Time) ของเครื่องรับจากนั้นจะนำค่าไปประยุกต์ใช้งานตามแต่ลักษณะการใช้งาน

ภาพที่ 2-5 แสดงการใช้งานในส่วนของผู้ใช้

2.2 ส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณ GPS

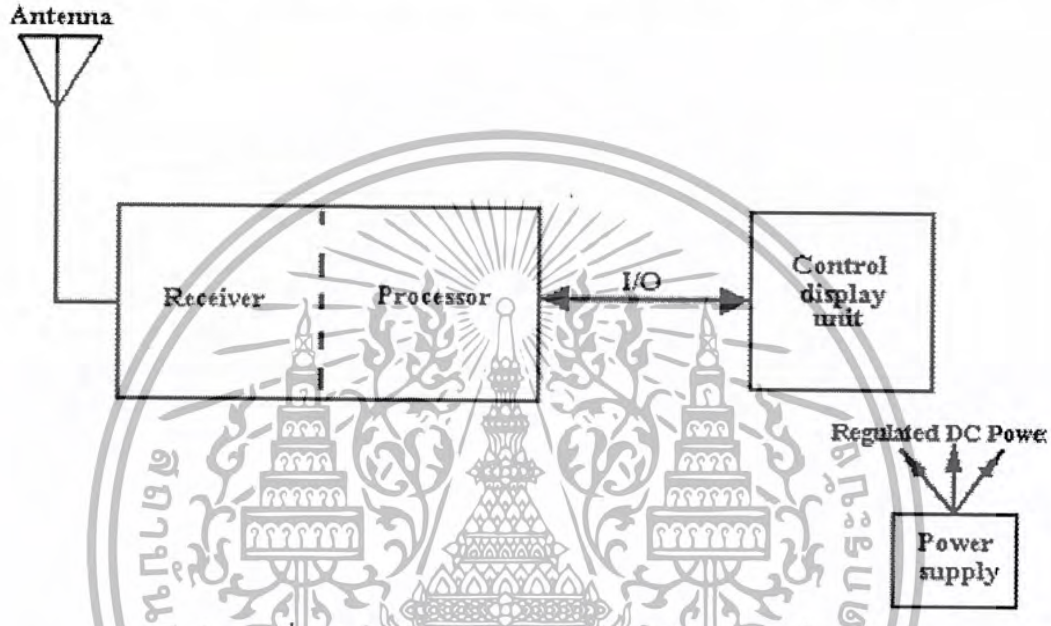
บล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับGPSจะเป็นไปตามภาพที่ 2-7 ชุดอุปกรณ์จะประกอบไปด้วย 5 ส่วนที่สำคัญ คือ สายอากาศ, เครื่องรับ (Receiver), โปรเซสเซอร์, อุปกรณ์อินพุท เอ้าท์พุท เช่น ส่วนควบคุมและแสดงผล (control Display Unit (CDU)) และส่วนของแหล่งจ่ายไฟ

2.2.1 สายอากาศ (Antenna)

สัญญาณจากดาวเทียมจะถูกรับเข้ามาผ่านสายอากาศ ซึ่งเป็นสายอากาศที่มีโพลาไรซ์ของคลื่นแบบวงกลมหมุนขวา (Right hand Circular Polarized) และรับได้ในช่วงเกือบครึ่งทรงกลม โดยทั่วไปจะครอบคลุม 160 องศา มีอัตราขยาย (Gain) ตั้งแต่ประมาณ 2.5 dBic ที่ จุดสูงสุดของกำลังขยายของสายอากาศไปจนใกล้ค่า 0 dBic ที่มุมเอเลเวชั่น 10 องศา ข้างใต้มุม องศานี้ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังขยายจะเป็นลบ เนื่องด้วยสัญญาณจากดาวเทียมเป็นแบบวงกลมหมุนวนขวา หรือรูปแบบอื่นๆ จึงเหมาะสม เครื่องรับ GPSที่แทรกรหัส P(Y) ที่อยู่ในทั้ง L1 และ L2 ต้องการแบนด์วิดธ์ 20.46 MHz สำหรับทั้งสองความถี่ ถ้าเครื่องรับแทรกเพียงแค่รหัส C/A ที่อยู่ใน L1 สายอากาศและเครื่องรับจะต้องมีแบนด์วิดธ์อย่างน้อย 2.046 MHz แบบของสายอากาศที่ใช้มีหลายรูปแบบ โดยการเลือกใช้สายอากาศนั้น รวมๆแล้วดูจากค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศ การเลือกใช้สายอากาศ ยังต้องคำนึงถึงความต้านทานเนื่องมาจากการรบกวนจากสัญญาณอื่นด้วย



ภาพที่ 2-6 ส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณGPS

2.2.2 เครื่องรับสัญญาณ (Receive)

เครื่องรับจะรับสัญญาณอนาลอกจากสายอากาศ แล้วทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลโดยใช้ A/D คอนเวอร์เตอร์ (Converter) โดยอัตราการสุ่มตัวอย่างทั่วไปจะเป็นแปดถึงสิบสองเท่าของอัตราการชิพของรหัส PRN (1.023 MHz สำหรับรหัส C/A ใน L1 และ10.23 MHz สำหรับ P(Y) ใน L1 และ L2) โดยอัตราการสุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดจะเป็นสองเท่าของข่าวสารจะมากกว่า20 MHz ข้อมูลหลังการแซมปลิ้ง (Sampling) จะถูกส่งต่อไปยังดิจิตอลซิกแนลโปรเซสเซอร์ (Digital Signal Processor (DSP)) เพื่อทำการดีมอดูเลตข้อมูลข่าวสารออกจากคลื่นพาหะ ค่าที่วัดได้และจะถูกส่งต่อไปยังโปรเซสเซอร์

2.2.3 โปรเซสเซอร์ของเครื่องรับสัญญาณ (Navigation/Receiver Processor)

โปรเซสเซอร์ของเครื่องรับสัญญาณจะทำการควบคุม และสั่งงานให้เครื่องรับทำงานตามลำดับการปฏิบัติงาน เริ่มจาก การค้นหาสัญญาณ ตามด้วยการแทรก และการดึงข้อมูลจากสัญญาณ นอกจากนี้โปรเซสเซอร์ จะให้ผลลัพธ์ของพิกัดของตำแหน่ง ความเร็ว และเวลาของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับ (ผลลัพธ์ PVT) จากค่าที่วัดได้จากเครื่องรับสัญญาณ ในการใช้งานบางอย่าง อาจมีโปรเซสเซอร์ แยกกันเพื่อใช้ในการคำนวณหาผลลัพธ์ PVT และใช้ทำงานในหน้าที่การนำร่องอื่นๆ ในเครื่องรับที่ถูกออกแบบสำหรับงานเกี่ยวกับการบินจะต้องการความถูกต้องแม่นยำและตอบสนองเร็วกว่า (High-dynamic) โดยทั่วไปแล้วจะต้องการ การคำนวณ ผลลัพธ์ PVT ที่อัตราอย่างน้อย 5 MHz ผลลัพธ์ที่ถูกคำนวณออกมาได้ และข้อมูลนำร่องที่เกี่ยวข้องจะถูกส่งต่อไปยังอุปกรณ์ อินพุท/เอาท์พุท

2.2.4 อุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท (Input-Output Element)

อุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท เป็นอุปกรณ์อินเทอร์เฟส ระหว่างเครื่องGPS กับผู้ใช้โดยจะมีอุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุทแบบพื้นฐานอยู่ 2 ชนิด คือ รวมอยู่ในตัวเครื่อง สำหรับงานในหลายๆ แบบ อุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท จะเป็นส่วนควบคุมแสดงผล (Control Display Unit (CDU)) CDU จะอนุญาตให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลเข้า และแสดงสถานะและพารามิเตอร์การนำร่องต่างๆ เครื่องรับสัญญาณขนาดมือถือหรือขนาดเล็กจะมี CDU รวมอยู่ในตัวเครื่อง เช่น ในงานยานอวกาศ หรือในเรือ อุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท จะถูกรวมไว้ในแผงควบคุม รวมไปกับอุปกรณ์อื่นๆ นอกจากนี้ งานบางอย่าง ที่ทำงานร่วมกับเซนเซอร์ อื่นๆ ต้องการ การอินเตอร์เฟส เพื่อป้อนข้อมูลอินพุท และส่งข้อมูลเอาท์พุทออก

2.2.5 แหล่งจ่ายไฟ (Supply)

แหล่งจ่ายไฟ มีทั้งแบบอยู่ในตัวชุดเครื่องรับเอง หรือแบบภายนอก หรือทั้งสองแบบรวมกัน อัลคาไลน์ (Alkaline) แบตเตอรี่ หรือลิเทียมแบตเตอรี่ ถูกใช้สำหรับแหล่งจ่ายไฟภายในตัวอย่างเช่น ในเครื่อง GPS แบบมือถือ แหล่งจ่ายไฟภายนอกใช้ในงานที่เครื่องรับGPS ถูกใช้ร่วมกับงานอื่นๆ อย่างเช่น เครื่องแบบที่เป็นการ์ดที่ติดตั้งอยู่ในตัวคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือที่ติดตั้งอยู่ในเรือ, เครื่องบิน นอกจากนี้ยังมีการใช้แบตเตอรี่ภายในเพื่อรักษาข้อมูลที่เก็บไว้ใน RAM

2.3 การให้บริการของระบบ GPS (GPS Services)

การให้บริการในระบบ GPS มีอยู่ 2 ระดับ คือ บริการการบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์ หรือ PPS (Precise Positioning Service (PPS)) และบริการการบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน หรือ SPS (Standard Positioning Service (SPS))

2.3.1 การบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์ (Precise Positioning Service (PPS))

การให้บริการบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์ (PPS) เป็นบริการที่บอกพิกัดตำแหน่ง, ความเร็ว และเวลาที่ถูกต้อง เฉพาะผู้ใช้งานที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น PPS จะเน้นไปในทางทหาร การได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุญาตให้ใช้ PPS นั้นจะพิจารณาจาก U.S. Department Of Defense (DOD) ผู้ใช้งานที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ PPS ประกอบด้วย U.S. Military user, NATO military user และกองทัพอื่นๆ หรือพลเรือน เช่น Australian Defense Forces , U.S. Defense Mapping Agency PPS จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 16 m (16 meters Spherical Error Probable (SEP) (3-D,50%) position accuracy) และ ความผิดพลาดทางด้านเวลาไม่เกิน 100 ns (100 ns (one sigma) Universal Coordinated time (UTC) time transfer accuracy) แก่ผู้ใช้งานที่ได้รับอนุญาตและจำให้ค่าประมาณ 37 เมตร (3-D,95%) และ 97 ns(95%) ภายใต้เงื่อนไขการทำงาน โดยปกติของระบบเครื่องบอกพิกัดตำแหน่งแบบ PPS สามารถให้ความถูกต้องของความเร็ว มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.2 m/s (0.2 m/s 3-D velocity accuracy) แต่ก็ขึ้นอยู่กับความสามารถและการออกแบบเครื่องรับสัญญาณ

การแอคเซส (Access) ข้อมูล PPS จะใช้เทคนิคคริบโตกราฟฟิก (cryptographic) 2 อย่าง คือ SA (Selection Availability (SA)) และ เอเอส (Anit-Spofing (S-A)) เทคนิค SA จะใช้ในการลดความถูกต้องของค่า PVT โดยจะใส่ค่าความผิดพลาดซูโตแรนดอม (Pseucorandom) ให้กับสัญญาณดาวเทียม เอเอส จะมีผลบนดาวเทียมทุกดวงเพื่อป้องกัน ไม่ให้ผู้ไม่ได้รับอนุญาต นำสัญญาณไปใช้วัดระยะได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ ซึ่งเทคนิคนี้จะเอนครีบ (Encrypt) สัญญาณรหัส Pให้เป็นสัญญาณในรหัส Y

Encryption keys และเทคนิคอื่นๆจะถูกใช้เฉพาะกับผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาต ทำให้ SA และ AS ไม่เป็นผล เครื่องรับจะได้ประสิทธิภาพสูงสุดเนื่องจากระบบ GPS จะให้ได้ผลดีที่สุดถ้าใช้ รหัส P(Y) บนทั้ง L1 และ L2 ในการคำนวณ

2.3.2 มาตรฐานของการบอกตำแหน่ง (Standard Positioning Service (SPS))

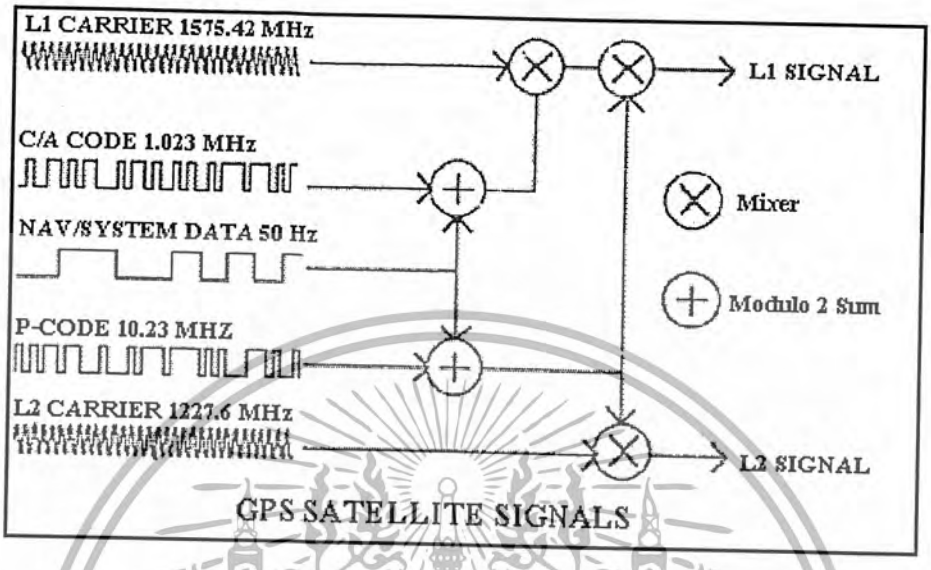
ระบบ GPS เป็นระบบที่ผู้ใช้บริการสามารถใช้สัญญาณ L1 ได้เพียงอย่างเดียวในการหาพิกัด GPS เป็นบริการที่ให้ความถูกต้องน้อยกว่า แต่จะใช้งานได้กับผู้ใช้ทั้งหมดในช่วงเวลาที่ไม่มีสงคราม ระดับ SA จะถูกควบคุมเพื่อให้ค่าความถูกต้องในแนว 100 เมตร (100m, 95%) และ 337 ns (337 ns, 95%) แต่ในช่วงเวลาสงครามอาจมีการลดค่าความถูกต้องลง

2.4 สัญญาณ GPS จากดาวเทียม (GPS Satellite Signal)

ดาวเทียมจะส่งสัญญาณคลื่นไมโครเวฟสองความถี่ออกมา โดยความถี่ทั้งสองนี้จะทำหน้าที่จะเป็นคลื่นพาหะ คือสัญญาณความถี่พาหะL1(1575.42 MHz)และL2 (1227.60 MHz)ความถี่พาหะจะถูกมอดูเลตโดยเสปรดสเปกตรัมรหัส ประกอบด้วยขบวนของรหัส (Pseudorandom Noise) ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของดาวเทียมแต่ละดวง ข้อมูลข่าวสารการนำร่อง ดาวเทียมทุกดวงส่งคลื่นความถี่พาหะที่เหมือนกัน (L1,L2 Carrier Signal) แต่สัญญาณไม่รบกวนกันเป็นเพราะรหัส PRN ที่มอดูเลตเข้าไป ดังนั้นสัญญาณจากดาวเทียมดวงใดๆ สามารถแยกดูได้โดยใช้เทคนิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย้อนกลับ เรียกเทคนิคนี้ว่า Code Division Multiple Access (CDMA) โดยการที่เครื่องรับจะจำลองรหัส PRN ของดาวเทียมดวงที่ต้องการเพื่อทำการมอดูเลตค่าสัญญาณ



ภาพที่ 2-7 แสดงสัญญาณของ GPS จากดาวเทียม

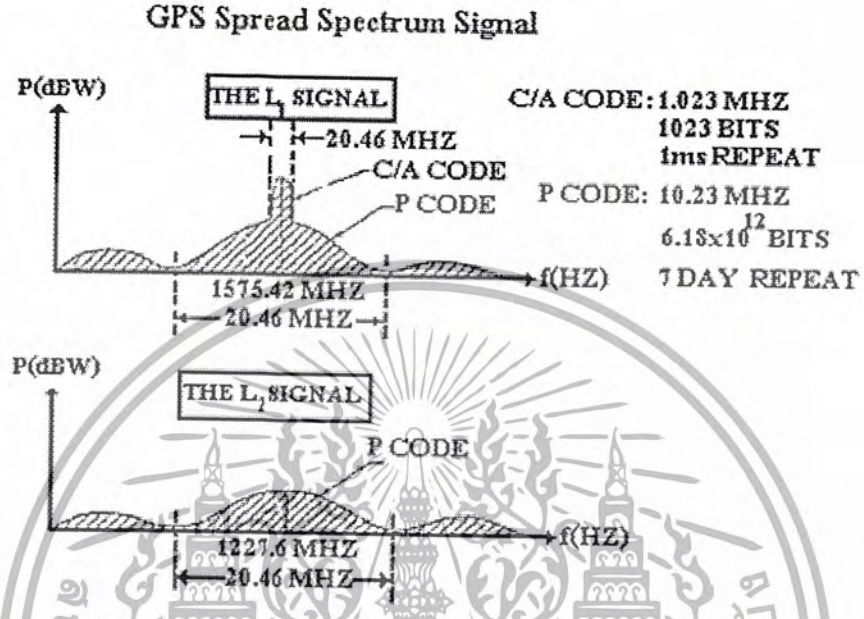
สัญญาณพาหะ L1 จะถูกมอดูเลตโดยรหัส PRN 2 อันและมอดูเลตกับรหัสข้อมูลข่าวสารแบบ Binary Phase Shift Key (BPSK) โดยข้อมูลจะอยู่ในรูปกระจายแถบความถี่ (Spread - Spectrum) สัญญาณพาหะ L2 จะถูกมอดูเลตโดยรหัส PRN 1 อัน และข้อมูลข่าวสาร โดยรหัสที่ถูกมอดูเลตกับคลื่นพาหะมีอยู่ 3 ชนิด คือ

2.4.1 Coarse/Acquisition Code (C/A) เป็นข้อมูลรหัส PRN มีลักษณะเป็นไบนารี่ (Binary Code) มีความถี่ 1.023 MHz ขนาดความยาว1024 บิต มีคาบเวลา 1ms รหัส C/A จะถูก Exclusive-OR กับข้อมูลข่าวสารการนำร่องก่อนที่จะส่งออกจากดาวเทียมโดยมอดูเลชั่น (Modulation) กับพาหะ L1 เพียงอย่างเดียวทำให้ผู้ใช้บริการระบบ SPS ไม่สามารถคำนวณความล่าช้าของสัญญาณอันเนื่องมาจากบรรยากาศชั้น Ionosphere ได้อย่างละเอียด เพราะต้องใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แทนสัญญาณ L2 รหัส C/A จะถูกเข้ารหัสด้วยเทคนิค SA เพื่อให้เกิดความผิดพลาดเกิดขึ้นเล็กน้อย สาเหตุเนื่องมาจากปัญหาทางความมั่นคง

2.4.2 P-Code เป็นข้อมูลรหัส PRN แบบไบนารี่มีความถี่ 1.023 MHz ขนาดยาว 7 วัน โดยจะเริ่มใหม่ทุกๆเที่ยงคืนวันเสาร์-อาทิตย์ รหัส P-Code จะเหมือนกับรหัส C/A คือ Exclusive-OR กับข้อมูลข่าวสารการนำร่องแต่จะถูกมอดูเลตกับทั้งคลื่นพาหะ L1 และL2 ทำให้ผู้ใช้บริการแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PSP สามารถใช้คลื่นทั้งสองคำนวณความล่าช้าอันเนื่องจากบรรยากาศได้อย่างละเอียด รหัส P-Code จะถูกเข้ารหัสเช่นเดียวกับรหัส C/A แต่รหัส P-Code จะถูกเข้ารหัสเช่นเดียวกับรหัส C/A แต่ P-Code จะถูกเข้ารหัสด้วยเทคนิค AS ด้วยและจะเรียกเปลี่ยนเป็นรหัส P(Y)-Code



ภาพที่ 2-8 แสดง Spectrum ของสัญญาณจากดาวเทียม

2.4.3 ข่าวสารการนำร่อง (Navigation Message)

ข่าวสารการนำร่องมีความถี่ 50 Hz จะรวมอยู่ทั้งในรหัส P(Y) และ C/A ด้วยวิธี Exclusive-OR ข่าวสารการนำร่องจะมีข้อมูลเอกลักษณ์ของดาวเทียมที่ส่งสัญญาณ และข้อมูลทั่วไปของดาวเทียมดังนี้

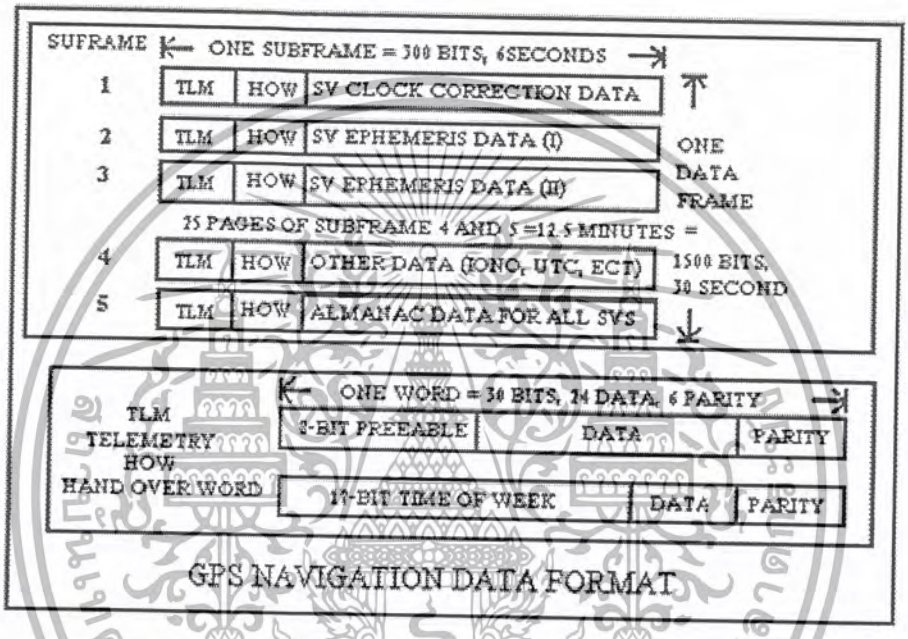
- เวลาขณะที่ส่งข้อมูลออกจากดาวเทียม (time of transmission of the message)
- Hand-Over Word(HOX) for the transition form C/A-Code to P(Y)-Code tracking
- ข้อมูลการแก้ไขสัญญาณนาฬิกา (Clock Correction)
- ข้อมูลอิฟิเมอริส
- ข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมส่งสัญญาณ (Health data for the Transmitting satellite)
- ข้อมูลอัลมาแนค (Almanac and Health data for all satellite)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าโคแอฟฟีเชียลสำหรับจำลองชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Coefficients for the Ionosphere delay mode)

- ค่าโคแอฟฟีเชียลเพื่อคำนวณเวลา UTX (Coefficients to calculate UTC)

ข่าวสารการนำร่องจะประกอบด้วย 25 เฟรมข้อมูล แต่ละเฟรมมี 1500 บิต โดยแต่ละเฟรมจะถูกแบ่งเป็น 5 เฟรมย่อย เฟรมย่อยละ 50 บิต ข้อมูลในเฟรมย่อยที่ 1-3 ในแต่ละเฟรมจะเหมือนกัน ใช้เวลาในการรับข้อมูลทั้งหมดของเฟรมย่อย 6 วินาที



ภาพที่ 2-9 แสดงภาพข่าวสารการนำร่อง

เฟรมย่อยที่ 1 จะบรรจุข้อมูลการแก้ไขสัญญาณนาฬิกาสำหรับดาวเทียมที่ส่ง และมีพารามิเตอร์บ่งบอกถึงความแม่นยำและสภาพของสัญญาณ

เฟรมย่อยที่ 2,3 จะบรรจุอิฟีเมอริสพารามิเตอร์ (Ephemeris parameter) เพื่อที่ใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของดาวเทียม สำหรับคำนวณหาตำแหน่งเครื่องรับต่อไป

เฟรมย่อยที่ 4,5 จะเป็นข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตลอด 25 เฟรม โดยจะบรรจุข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมข้อมูลอัลมาแนค และข้อมูล UTC และข้อมูลจำลองสถานะของบรรยากาศ

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

TLM จะมีข้อมูลเริ่มต้นที่ช่วยให้เครื่องรับสามารถใช้ในการ delete ข้อมูลเริ่มต้นในแต่ละเฟรมย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เครื่องรับสัญญาณ GPS (GPS Receiver)

2.5.1 การเลือกดาวเทียม (Satellite Selection)

กระบวนการแทรค (Tracking) จะเริ่มขึ้นโดย เครื่องรับจะหาว่าดาวเทียมดวงไหนที่เป็นไปได้ ในการแทรค (Tracking) ถ้าเครื่องรับสามารถตัดสินการมองเห็นดาวเทียมได้ทันที มันจะเล็งดาวเทียมเป้าหมายเพื่อจะทำการแทรค(Tracking) และเริ่มกระบวนการรับสัญญาณ การมองเห็นดาวเทียม (Satellite Visibility) จะตัดสินจากข้อมูลอัลมาแนค (GPS Satellite almanac) และ ค่าการประมาณ หรือ User input เริ่มต้นของเวลาและตำแหน่งของเครื่องรับ ซึ่งถ้าเครื่องรับไม่มีค่าเหล่านี้เก็บไว้ มันจะเริ่มทำการสำรวจท้องฟ้า (Search the sky) ซึ่งจะค้นหา ซูโดแรนดอมนอยส์ ซึ่งก็คือ รหัส C/A จนล็อค (Lock) ได้จากดาวเทียมหนึ่งที่อยู่ในวิสัย เมื่อดาวเทียมถูกแทรคเรียบร้อยแล้ว เครื่องรับจะสามารถดีมอดูเลต ข้อมูลการนำร่องและได้รับค่าปัจจุบันของข้อมูลอัลมาแนต เช่นเดียวกับสถานะสุขภาพ ของดาวเทียมที่เหลือทั้งหมดในกลุ่ม การเลือกดาวเทียมนั้น ขึ้นอยู่สถาปัตยกรรมของเครื่องรับ มันอาจจะเลือกกลุ่มที่ดีที่สุดในดาวเทียมที่มองเห็น หรือ ใช้ดาวเทียมที่มีสุขภาพดีทั้งหมดเพื่อใช้พิจารณาหาตำแหน่ง ความเร็ว และเวลาผลจากการคำนวณมักจะมีความถูกต้องมากกว่าการใช้ดาวเทียม 4 ดวง ถึงแม้ว่ามันจะต้องการความซับซ้อนของการประมวลผลและเครื่องรับมากกว่า

เครื่องรับสัญญาณส่วนใหญ่จะแทรค(Tracking) ดาวเทียมมากกว่า 4 ดวง แต่น้อยกว่าที่เห็น เนื่องจากการความซับซ้อน, ความถูกต้อง และความแข็งแรง (Robustness) เครื่องรับที่ใช้วิธีเลือกกลุ่มที่ดีที่สุดก็ทำเช่นเดียวกัน โดยขึ้นอยู่กับเรขาคณิต, การประมาณความถูกต้อง

2.5.2 การรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Signal Acquisition)

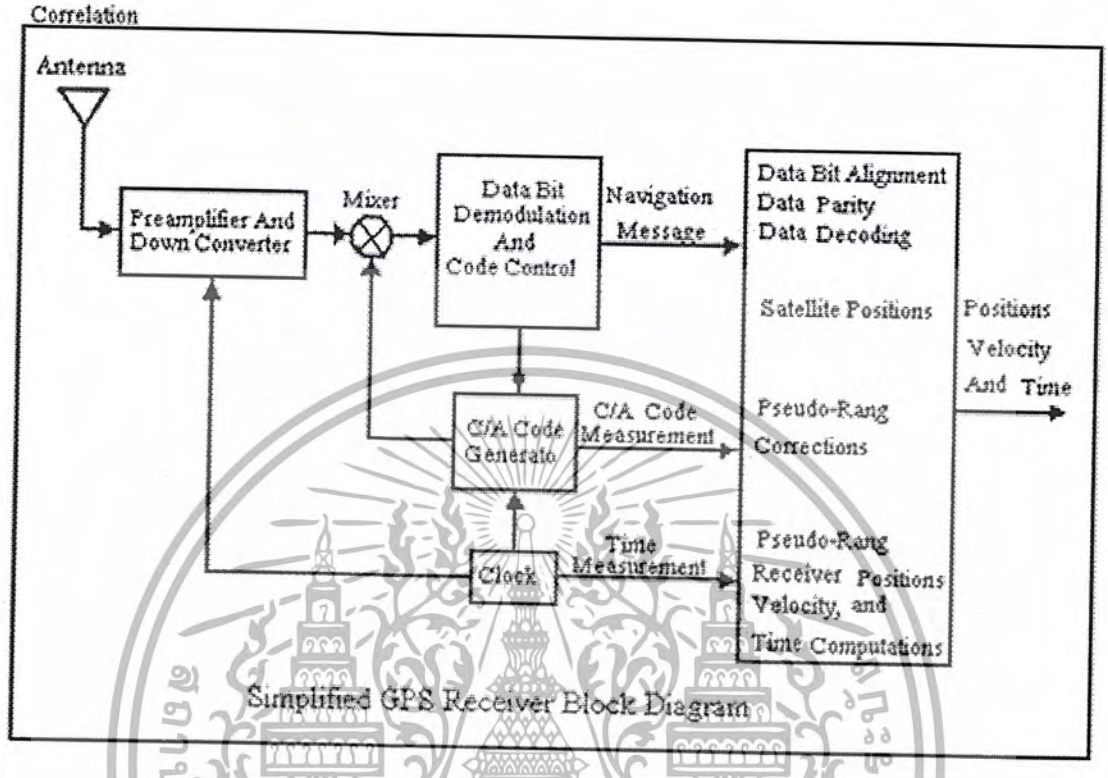
สัญญาณดาวเทียมที่ส่งออกมาเมื่อมาถึงเครื่องรับ สัญญาณที่ได้จะมีกำลังอ่อนและจะถูกรบกวนโดย Noise เครื่องรับจึงจำเป็นต้องทำการจำลองสัญญาณที่ได้รับเข้ามา และนำมาเรียงให้ตรงกับสัญญาณดาวเทียม จากนั้นจึงทำการคอมเพรสกลับมาให้เป็นสัญญาณจริง เรียกวิธีนี้ว่า เทคนิค Code Correlation

2.5.3 การรับสัญญาณข้อมูล (Data Detection)

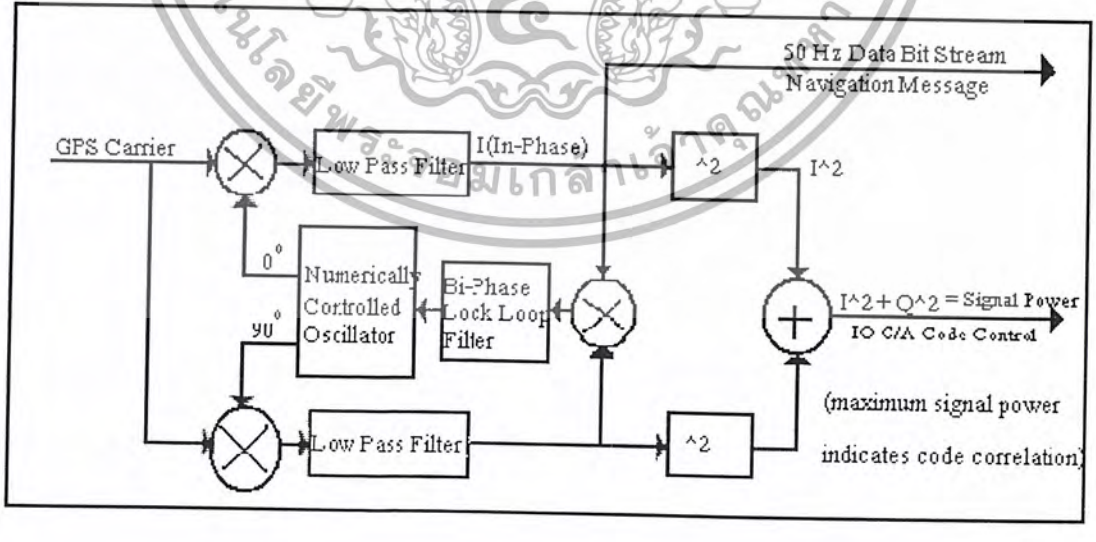
ข้อมูลที่เครื่องรับสัญญาณได้รับจากดาวเทียม เป็นข้อมูลที่มีการมอดูเลตกันของคลื่นพาหะ รหัส C/A รหัส P(Y) ของข้อมูลข่าวสาร ในการถอดคลื่นพาหะจะใช้ Low Pass Filter เพื่อแยกเอาคลื่นพาหะออก เครื่องรับจะใช้ตัวสังเคราะห์ความถี่ สร้างเฟสที่คงที่ และใช้เทคนิคเฟสล็อกลูป (Phase-locked-loop) ในการล็อคลูปข้อมูล (เรียก Carrier Tracking Loop) ไว้เพื่อการ detect สัญญาณส่วนการถอดรหัส C/A ออกจากจะทำการสร้างสัญญาณ C/A จำลองขึ้นจากคุณลักษณะของดาวเทียมแต่ละดวง เพื่อกำหนดและล็อคลูปข้อมูล รหัส C/A (เรียก Code Tracking Loop) จึงทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแยกรหัส C/A ออกมา ส่วนรหัส P(Y) เนื่องจากมีความยาวคาบสัญญาณถึง 7 วัน จึงใช้วิธี Phase Lock Loop ไม่ได้ จึงใช้ข้อมูลที่อยู่ใน HOW ในการทราบเวลาที่แน่นอนในการทำงาน



ภาพที่ 2-10 แสดงภาพบล็อกไดอะแกรมของการรับสัญญาณข้อมูล



ภาพที่ 2-11 แสดงการถอดรหัสข้อมูลข่าวสารการนำร่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การคำนวณหาพิกัดของเครื่องรับสัญญาณ

GPS เป็นระบบการวัด Rang ทางเดียวที่มีเครื่องส่งสัญญาณอยู่ในดาวเทียมที่หมุนรอบโลกอยู่ในอวกาศ ถึงแม้ว่าดาวเทียมจะเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง เครื่องรับจะติดตามดาวเทียมที่อยู่ในพิกัดและประมาณค่าพารามิเตอร์ในวงโคจรดาวเทียมทำให้สามารถคำนวณหาพิกัดของวงโคจรดาวเทียมในระบบอ้างอิงกับแกนโลก (Earth Center Earth Fixed Reference System (ECEF)) ข้อมูลนี้เรียกว่า Ephemeris หรือเวคเตอร์ตำแหน่งดาวเทียมต่อเวลา ผู้ใช้ที่ต้องการหาพิกัดในสามมิติคือ ละติจูด ลองจิจูด และความสูงต้องวัดสัญญาณ GPS จากดาวเทียม 3 ดวง และคำนวณเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ (Transit Time) แต่กรณีนี้สำคัญที่สุดคือ เวลาของเครื่องรับสัญญาณ GPS และเวลาเครื่องส่งสัญญาณจะต้องมีความแม่นยำสูงและต้องตรงกันหมด (ซิงโครนัส) ในความเป็นจริงสัญญาณจากเครื่องส่ง (ดาวเทียม) จะมีวิธีการแก้สัญญาณเวลาให้ถูกต้องจากสถานีควบคุม เครื่องรับสัญญาณในแต่ละเครื่องไม่สามารถควบคุมให้มีเวลาที่เที่ยงตรงได้ ดังนั้นจึงมีการเพิ่มความสัมพันธ์ในด้านความต่างของเวลา ขึ้นมาอีกค่าจึงต้องรับสัญญาณจากดาวเทียมเพิ่มขึ้นอีกดวงดังนั้นระบบการนำร่อง GPS จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ดาวเทียมในการคำนวณอย่างน้อย 4 ดวง

2.6.1 การระบุพิกัดโดยสัญญาณดาวเทียม

สัญญาณที่ส่งออกมาจากดาวเทียมดวงหนึ่ง จะมีข้อมูลของเวลาขณะส่งสัญญาณนาฬิกาแบบดาวเทียมรวมอยู่ด้วย เมื่อสัญญาณมาถึงเครื่องรับจะสามารถทราบเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณจากระบบนาฬิกาของเครื่องรับที่ซิงโครนัสกับระบบ เมื่อทราบว่าความเร็วของสัญญาณดาวเทียมมีค่าประมาณเท่ากับความเร็วแสง คือ $3x10^{8}$ m/s จึงสามารถหาระยะห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับสัญญาณได้ โดยสัญญาณจากดาวเทียม 1 ดวง จะทราบว่าเครื่องรับอยู่บนผิวทรงกลมที่มีรัศมีเป็นระยะห่างของดาวเทียมและเครื่องรับ ถ้าทำการวัดระยะจากดาวเทียมดวงที่ 2 พร้อมๆกันจะได้พื้นที่พิกัดของเครื่องรับบนเส้นขอบวงกลมซึ่งเกิดจากการตัดกันของทรงกลม และ ถ้าเพิ่มสัญญาณจากดาวเทียมดวงที่ 3 ก็จะได้พิกัดของผู้ใช้ 2 ตำแหน่งที่เกิดจากการตัดกันของทรงกลมทั้ง3 ตำแหน่ง ที่เหลือเพียง 2 ตำแหน่งโดยค่าพิกัดที่อยู่ด้านบนจะเป็นพิกัดที่ลอยอยู่ดังนั้น ณ พิกัดด้านล่างที่เกิดจากการตัดกันของทรงกลมทั้ง 3 จะเป็นพิกัดที่ตั้งของเครื่องรับสัญญาณสำหรับผู้ใช้ที่อยู่บนผิวโลก

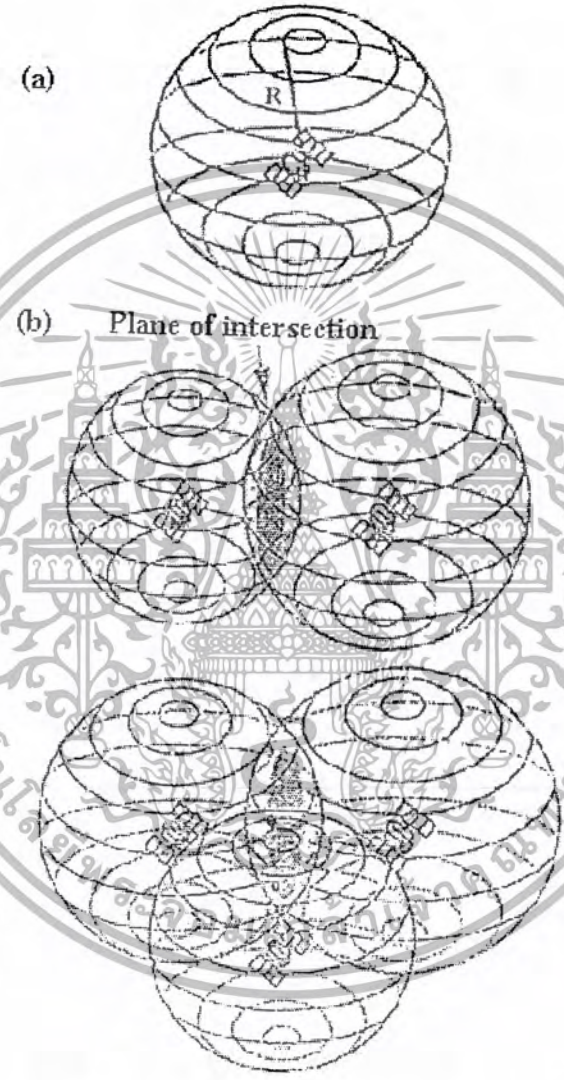
2.6.2 ระบบพิกัดอ้างอิง

การนำร่องด้วยดาวเทียมจำเป็นที่จะต้องมีระบบพิกัดอ้างอิงเพื่อความเป็นหนึ่งเดียวของทั้งดาวเทียมและเครื่องรับสัญญาณ ระบบพิกัดคาทีเซียนที่ใช้กันมี 2 แบบ คือ Inertial และ Rotating

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62050

2.6.2.1 ระบบโคอดิเนตแบบ Earth Center Inertial (ECI)

ระบบนี้จุดเริ่มต้นอยู่ที่จุดศูนย์กลางของวงกลมของโลกและเป็นระบบเฉลี่ย ดังนั้น สมการการเคลื่อนที่ของดาวเทียมที่โคจรรอบโลก จึงอยู่ในรูปแบบที่สมมติว่าระบบ ECI ไม่มีความเร่งเป็นไปตามสมการของนิวตัน (Newton) ทั่วไปจะกำหนดให้ระนาบ XY เป็นระนาบศูนย์สูตร (Equation plan) โดยทิศทาง +Y จะเลือกให้เป็นไปตามกฎมือขวาของนิวตัน (Newton)



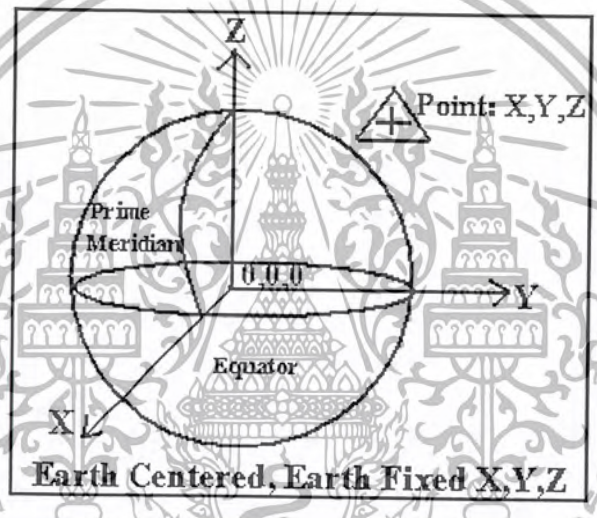
ภาพที่ 2-12 แสดงการตัดกันของระยะห่างจากดาวเทียม

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบเกิดจากการเคลื่อนที่ที่ผิดปกติของโลก แรงดึงดูดของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ต่อการนูนออกที่เส้นศูนย์สูตรของโลก ทำให้ระนาบศูนย์สูตรมีการเคลื่อนที่เทียบกับทรงกลมท้องฟ้า ส่งผลให้แกน Z เคลื่อนที่ไปด้วย การแก้ไขปัญหานี้คือ กำหนดทิศทางการหันของแกนที่ค่าเฉพาะต่างๆกันตามเวลา (Epoch) ระบบ ECI ของGPS กำหนดการหันของระนาบศูนย์สูตรที่ 1200 hr. UTC ในวันที่ 1 ม.ค. 2000 เป็นอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.2 ระบบโคอดิเนตแบบ Earth Center Earth fixed (ECEF)

เป็นระบบพิกัดซึ่งจะมีการหมุนไปพร้อมๆกับโลก และสามรถแปลงเป็นค่าละติจูดลองจิจูด และความสูงได้โดยง่าย โดยกำหนดเป็นระนาบศูนย์สูตรเป็นระบบ XY เช่นเดียวกับระบบ ECI แต่ทิศทาง +X จะชี้ไปยังเส้นลองจิจูด 0 องศา และทิศทาง +Y ชี้ไปยังลองจิจูด 90 องศา ดังนั้นทั้งแกน X และ Y จะหมุนไปพร้อมๆกับโลก ส่วนแกน Z จะเป็น + กับระนาบ XY (ขั้วโลกเหนือ) เป็นไปตามกฎมือขวา ด้วยวิธีนี้ก่อนการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับ จึงต้องทำการแปลงข้อมูลอิฟิเมอริสของดาวเทียมจากแบบ ECI เป็น ECEF เมื่อได้ค่าพิกัดโคออดิเนตของเครื่องรับในระบบ ECEF แล้วจึงทำกาแปลงพิกัดให้อยู่มนรูป ละติจูด, ลองจิจูด, และความสูง



ภาพที่ 2-13 แสดงภาพจำลองระบบ ECEF

2.6.2.3 ระบบ World Geodetic System (WGS-84)

ก่อนจะทำการแปลง X, Y, Z ให้อยู่ในรูปละติจูด, ลองจิจูด และความสูง จำเป็นต้องกำหนดแบบจำลองโลกขึ้นมาก่อน ซึ่งแบบจำลองมาตรฐานของโลกที่ใช้ในระบบ GPS คือ WGS-84 ของกระทรวงกลาโหมสหรัฐ ซึ่งกำหนดให้โลกเป็นรูปวงรี โดยมีรัศมีที่ระนาบศูนย์สูตร a=6378.137 km. เรียกว่า "Semi-Major Axis" แกนที่ตั้งฉากกับระนาบศูนย์สูตรเรียกว่า "Semi-Minor Axis" b=6356.7523142 km. ดังนั้นค่าความรีของโลก (Eccentricity, e) และค่าความแบน (Flattening, f) จะกำหนดโดย

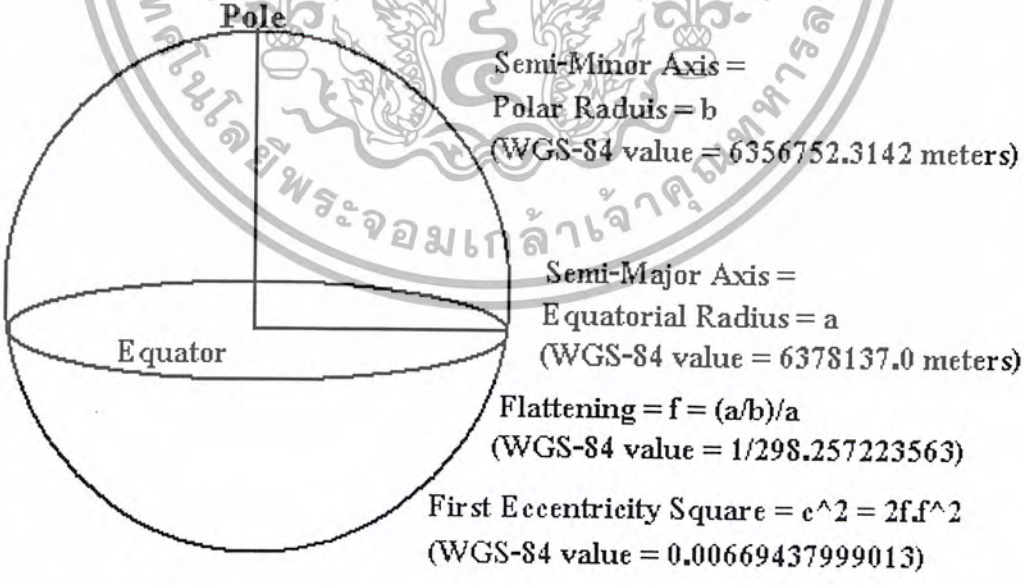
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

$$f = 1 - \frac{b}{a}$$

ระบบพิกัด ECEF ใช้แบบจำลองของโลกในแบบ WGS-84 ดังแสดงข้างต้นโดยมีจุด 0 เป็นจุดศูนย์กลางของโลก ทำให้สามารถหาค่าละติจูด, ลองจิจูด และความสูงเมื่อเทียบกับแบบจำลองนี้ได้ โดยค่าต่างๆ นี้เรียกว่า จีออดิติก (Geodetic) เมื่อทราบเวคเตอร์ตำแหน่งของ Receiver U = (X_u, Y_u, Z_u) ในระบบ ECEF เราจะคำนวณค่าจีออดิติก(Geodetic) และ (X) เป็นมุมระหว่างผู้ใช้กับแกน X วัดตามระนาบ XY

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



ภาพที่ 2-14 แสดงแบบจำลองโลกที่เป็นวงรีในแบบ WGS-84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสมการ 2.3 เครื่องหมายแสดงว่าเป็นลองจิจูดตะวันตก ส่วนค่า Φ และค่า h จะกำหนดด้วยเวคเตอร์ 1 หน่วย($\bar{n}$) ดังแสดงดังภาพ 2.14 สังเกตว่าค่า h จะคิดเทียบกับวงรี WGS-84 ไม่ใช้เทียบกับระดับน้ำทะเลดังแสดงในแผนที่ทั่วไป

2.7 การคำนวณหาระยะพิกัดของเครื่องรับสัญญาณ

การคำนวณหาพิกัดจากดาวเทียมมายังเครื่องรับ จะสมมติว่าสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียมและของเครื่องรับนั้น ซิงโครนัสกับเวลาของระบบการหาค่าตำแหน่งของดาวเทียมจะใช้ระบบ ECEF ในการหาข้อมูลโดยเรียกข้อมูลตำแหน่งของดาวเทียมนี้ว่าข้อมูลอิฟีเมอริส (Ephemeris) ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเวคเตอร์ตำแหน่งดาวเทียมต่อเวลา ผู้ใช้จะใช้ข้อมูลจากดาวเทียมในการกำหนดพิกัดของดาวเทียม เพื่อหาจุดตัดดาวเทียม 3 ดวง พิกัดเครื่องส่งสัญญาณ (พิกัดดาวเทียม) (X_i, Y_i, Z_i) รวมถึงเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ ($\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3$) ดังนั้นจะได้สมการขึ้นมา 3 สมการและมีตัวแปรที่ต้องการ 3 ตัว คือ พิกัดของผู้ใช้ (u_x, u_y, u_z) จะสามารถหาได้จากการแก้สมการทั้งสามสมการ

$$\begin{aligned}
\sqrt{(x_1-u_x)^2+(y_1-u_y)^2+(z_1-u_z)^2} &= R_1 = c(\Delta(_1+\Delta T)\\
\sqrt{(x_2-u_x)^2+(y_2-u_y)^2+(z_2-u_z)^2} &= R_2 = c(\Delta(_2+\Delta T)\\
\sqrt{(x_3-u_x)^2+(y_3-u_y)^2+(z_3-u_z)^2} &= R_3 = c(\Delta(_3+\Delta T)
\end{aligned} \quad \text{: สมการที่ 2.4}$$

R คือระยะทางที่วัดได้ และ c คือค่าความเร็วสัญญาณมีค่าเท่ากับความเร็วแสง

เนื่องจากสัญญาณเวลาของเครื่องรับสัญญาณทั่วไปไม่ซิงโครนัสกับระบบ ดังนั้นระหว่างเครื่องรับและดาวเทียมจึงมีการอ้างอิงเวลาที่ต่างกัน เวลาที่วัดได้จากเครื่องรับจึงประกอบด้วยสองส่วนคือ เวลาที่ใช้ในการส่งสัญญาณโดยเทียบจากระบบเวลาดาวเทียม เนื่องจากดาวเทียมมีการปรับเวลาให้ซิงโครนัสกับระบบเสมอ Δt_1, เวลาที่เปลี่ยนไปของเครื่องรับ ΔT ดังนั้นระยะทางที่วัดได้เป็น $R = c(\Delta(+ \Delta T)$

ระยะทางที่วัดได้นี้เรียกว่า ระยะเทียม (Pseudo rang) และเปลี่ยนใช้สัญลักษณ์ ρ แทนระยะจริง ความแตกต่างระยะจริงกับระยะชูโดเรนจ์ คือ ความคลาดเคลื่อนจากระยะทางที่เกิดขึ้นจากความไม่ตรงกันของนาฬิกาเครื่องส่งและเครื่องรับ แต่ยังกำหนดให้นาฬิกาของเครื่องส่งจากดาวเทียมซิงโครนัส หมวดเวลาที่ไม่เท่ากันนี้เรียกว่า ไบแอส (Bias) ค่านี้เป็นพารามิเตอร์ไม่ทราบค่าที่เพิ่มเข้ามาจึงทำให้ต้องการรับค่าสัญญาณเพิ่มจากดาวเทียมอีกทีหนึ่ง เพื่อสร้างสมการเพิ่มขึ้นในการแก้พารามิเตอร์เวลาไบแอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sqrt{(x_1-u_x)^2+(y_1-u_y)^2+(z_1-u_z)^2}=R_1=c(\Delta(_1+\Delta T)$$
$$\sqrt{(x_2-u_x)^2+(y_2-u_y)^2+(z_2-u_z)^2}=R_2=c(\Delta(_2+\Delta T)$$
$$\sqrt{(x_3-u_x)^2+(y_3-u_y)^2+(z_3-u_z)^2}=R_3=c(\Delta(_3+\Delta T)$$
$$\sqrt{(x_4-u_x)^2+(y_4-u_y)^2+(z_4-u_z)^2}=R_4=c(\Delta(_4+\Delta T)$$

; สมการที่ 2.5

ค่าที่หาได้นั้นจะต้องแปลงเพื่อให้อยู่ในรูปข้อมูล ละติจูด, ลองจิจูด และความสูงเพื่อนำค่าที่ได้มาใช้งานต่อเนื่องจากเป็นระบบที่เป็นสากลกว่า การแปลงอาศัยสูตร

$$\Phi=\operatorname{atan}\left(\frac{Z+e'^2\,b\sin^3\theta}{p-e^2a\cos^3\theta}\right)$$
$$\lambda=\operatorname{atan2}(Y,X)$$
$$h=\frac{p}{\cos(\Phi o}-N(\Phi($$

; สมการที่ 2.6

โดยที่ Φ,λ,h คือค่า ละติจูด, ลองจิจูด และความสูงตามลำดับ

ค่า X, Y, Z คือค่าของ u_x,u_y,u_z ตามลำดับโดยใช้ระบบ ECEF

$$N(\Phi(=\frac{a}{\sqrt{1-e^2\sin^2\Phi}},p=\sqrt{x^2+y^2}$$
$$\theta=\operatorname{atan}\frac{Za}{pb},e'^2=\frac{a^2-b^2}{b^2}$$

; สมการที่ 2.7

โดยที่ a คือค่า semi-major earth axis

b คือค่า semi-miner earth axis

2.8 ความคลาดเคลื่อนในระบบ GPS

แม้ว่าระบบ GPS จะถูกพัฒนาให้มีความถูกต้องในระบบการนำร่องทั่วโลกก็ตาม แต่ระบบGPS ยังคงมีค่าความคลาดเคลื่อนพอสมควร โดยความคลาดเคลื่อนมีสาเหตุมาจาก

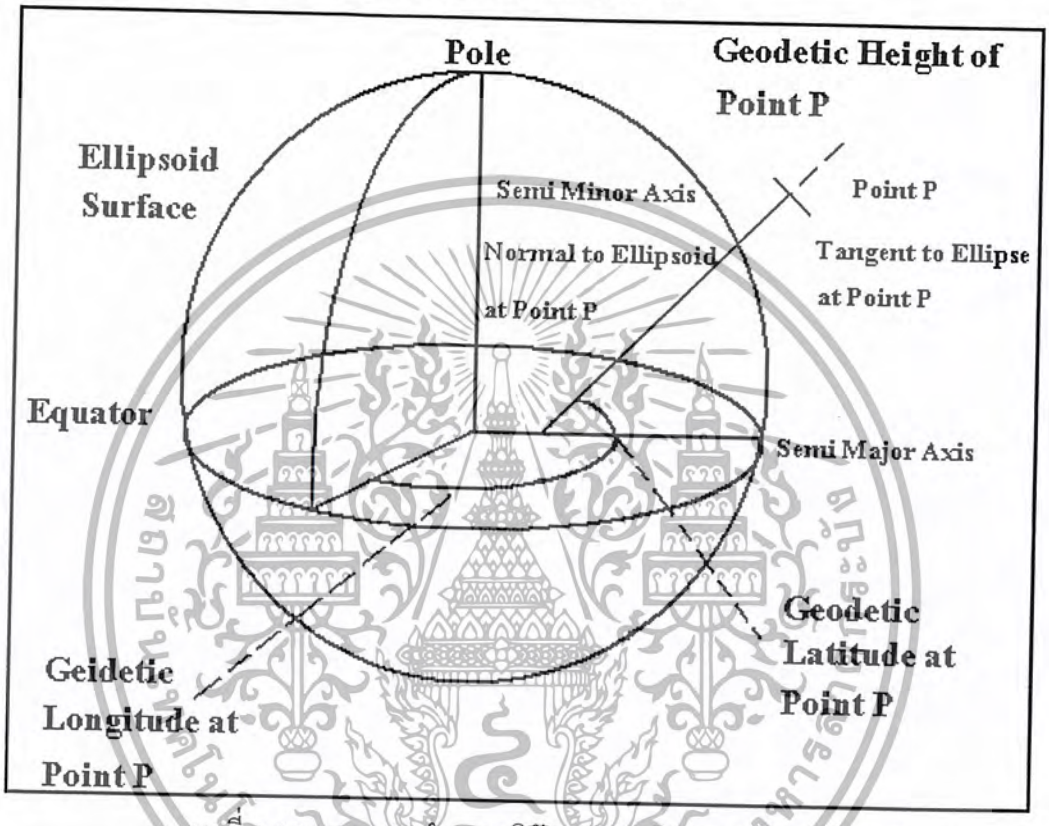
2.8.1 Ephemeris Data Error

เป็นค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากพิกัดของดาวเทียม GPS เกิดจากการเคลื่อนไปของวงโคจรดาวเทียม เมื่อข้อมูล GPS ไม่ได้ส่งพิกัดที่ถูกต้องของดาวเทียมจะมีผลความคลาดเคลื่อนไปถึงการคำนวณพิกัดของเครื่องรับสัญญาณ ค่าความคลาดเคลื่อนถูกแก้ไขโดยข้อมูลจากสถานีควบคุมหลัก ดังนั้นถ้าไม่มีการแก้ไขจากสถานีควบคุม ข้อมูลมีการคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆแต่จากรายงานปี ค.ศ. 1984 แสดงว่าการทำงานไม่เกิน 24 ชั่วโมง ค่าความคลาดเคลื่อนอันเนื่องจากค่าอิฟีเมอริสมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2.1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 Satellite Clock Error

เครื่องรับสัญญาณ GPS ที่ดาวเทียมและเครื่องรับสัญญาณจำเป็นต้องมีนาฬิกาอะตอมมิค (Cesium and Rubidium Oscillators) ซึ่งมีความแม่นยำสูงและจะต้องซิงโครนัสกับนาฬิกาของระบบ แต่ในความเป็นจริงสัญญาณของดาวเทียมจะถูกแก้ไข โดยสถานีควบคุมหลักในซิงโครนัสกับระบบโดยตลอด แต่นาฬิกาของเครื่องรับนั้นยากที่จะทำการแก้ไข จึงต้องมีการชดเชยการคำนวณโดยใช้สัญญาณจากดาวเทียมเพิ่มในการคำนวณด้านเวลา



ภาพที่ 2-15 แสดงการกำหนดพิกัดแบบละติจูด, ลองจิจูด และความสูง

2.8.3 Security Signal

ความคลาดเคลื่อนสาเหตุเกิดจาก การที่ทางสหรัฐอเมริกาได้ใส่รหัสข้อมูล SA ลงในสัญญาณดาวเทียมทุกดวง ค่าความคลาดเคลื่อนจาก SA นั้นจะมีค่าความคลาดเคลื่อนทางเวลาประมาณเวลา 10 นาทีทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางระยะทางเฉลี่ยประมาณ 20 เมตร ผู้ใช้ทั่วไปที่ใช้ระบบเอสพีเอส (SPS) จะมีสัญญาณ SA รวมอยู่ด้วยทำให้เกิดคลาดเคลื่อน แต่ผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ระบบPPS จะไม่มีความคลาดเคลื่อนจากรหัส SA

2.8.4 Ionosphere Error

เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่รองมาจากสาเหตุของ SA ทำให้เกิดความล่าช้าในการเดินทางของสัญญาณดาวเทียม เกิดเนื่องจากอิเล็กตรอนอิสระในชั้นบรรยากาศ Ionosphere สัญญาณจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดาวเทียมเมื่อเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ จะไม่สามารถเดินทางได้เท่ากับความเร็วแสง การเปลี่ยนแปลงสัญญาณจะมีความล่าช้าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนอิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ในชั้นนี้ และแปรผันตรงกับ 1/f ผู้ใช้ทั้งหมดจะมีค่าความคลาดเคลื่อนในความล่าช้าในชั้น Ionosphere

2.8.5 Troposphere Errors

เป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้ความเร็วแสงคลาดเคลื่อนไป โดยที่ความแปรปรวนของอุณหภูมิของความดันและความชื้น ทั้งหมดนี้ทำให้ความเร็วแสงของสัญญาณแปรปรวนไปทั้งรหัส สำหรับผู้ใช้ทั่วไปค่าความคลาดเคลื่อนจะอยู่ประมาณ 1 เมตร

2.8.6 Multipart Error

ค่าความคลาดเคลื่อนนี้มีสาเหตุมาจากการส่งสัญญาณของดาวเทียมGPS ไปกระทบผิวสะท้อนก่อนที่จะไปถึงผู้รับ เช่น สะท้อนผิวของตึกหรือผิวของน้ำ โดยผลกระทบนี้มีแนวโน้มที่มากขึ้นในที่เครื่องรับอยู่นิ่งๆใกล้กับผิวสะท้อนที่ใหญ่มากๆ ความคลาดเคลื่อนที่พบมากที่สุดประมาณ 15 เมตร การแก้ไขความคลาดเคลื่อนคือ การต่อสายอากาศ (Antenna) ให้กับเครื่องรับสัญญาณ

2.8.7 Receiver Error

ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดระยะของเครื่องรับสัญญาณอันเนื่องมาจากความร้อนภายในของเครื่องรับสัญญาณ, ประสิทธิภาพ software ของเครื่องรับและจำนวนช่องรับสัญญาณ แต่เนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีได้รับการพัฒนาจนความคลาดเคลื่อนลักษณะนี้มีค่าน้อยมาก

2.8.8 ความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากการจับกลุ่มของดาวเทียมที่ใช้นำร่อง (Geometric-Dilution of Precision)

ความผิดพลาดนี้เกิดจากการหาระยะทางซูโรเรนจ์ของเครื่องรับ การเลือกลุ่มดาวเทียมจะเป็นองค์ประกอบหลัก มีการใช้ค่าๆหนึ่งเป็นตัวแสดงถึงคุณภาพของผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับจากการกำหนดตำแหน่งของเครื่องรับ GPS ค่านี้คือไดลูชัน ออฟ พรีรีซิชัน (Dilution of Precision-(DOP)) ค่าของ DOP มักถูกอธิบายที่สัมพันธ์กับสัญญาณที่ได้จากการจับกลุ่มดาวเทียมเพื่อกำหนดตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ

GDOP – Geometric Dilution of Precision

PDOP – Position Dilution of Precision (3-D) บางทีเรียก Spere DOP

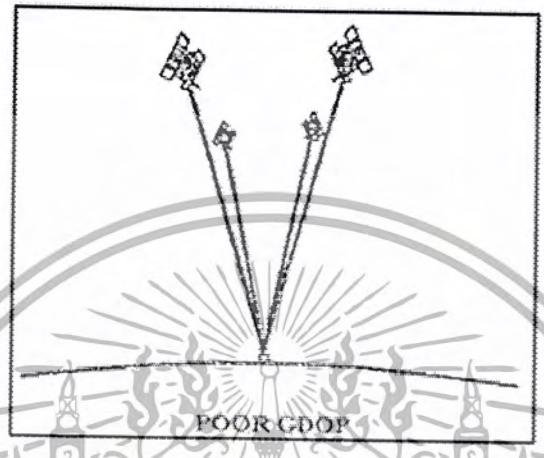
HDOP – Horizontal Dilution of Precision (Latitude, Longitude)

VDOP – Vertical Dilution of Precision (Height)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

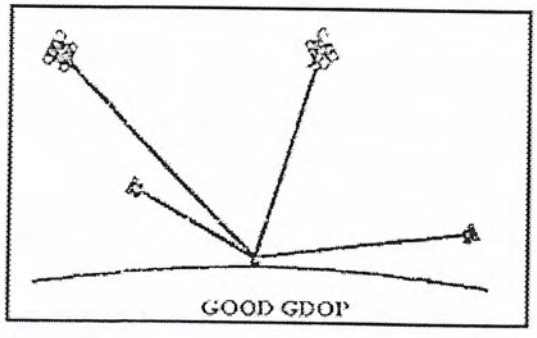
TDOP – Time Dilution of Precision (Time)

ตัวที่มักนำมาพิจารณาได้แก่ ค่าจีออเมตริก ไดลูวัน ออฟ ฟรีซิชัน (Geometric Dilution of-Precision (GDOP)) แสดงถึงการจัดวางตัวดาวเทียมสี่ดวง ที่ทำกับเครื่องรับสัญญาณ ถ้าค่า GDOP มีค่ามาก พิกัดที่ได้จากเครื่องรับอาจคลาดเคลื่อนไปจากที่ควรจะเป็น ตัวอย่างของการจัดกลุ่มดาวเทียมที่ทำให้ GDOP มีค่าดีและไม่ดีเป็นดังรูปที่ 2-16 ถึง 2-19



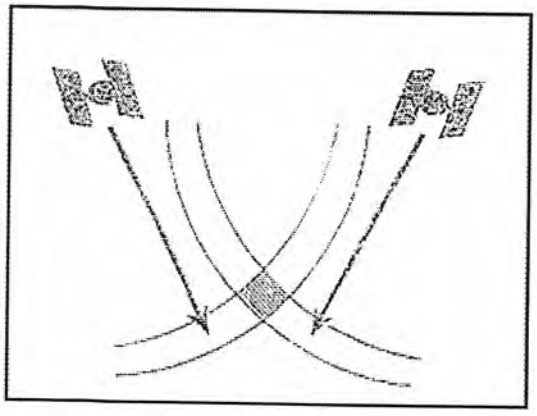
ภาพที่ 2-16 แสดงภาพ POOR GDOP

ภาพที่ 2-17 ผลของ POOR GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันที่กว้างมาก



ภาพที่ 2-18 แสดง GOOD GDOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2-19 ผลของ GOOD GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันที่แคบลง

2.9 มาตรฐานของ NMEA-0183

มาตรฐานของเอาท์พุทจะเป็นแบบ EIA – 422 และมีสายสัญญาณ 2 เส้น, A และ B โวลท์เตจบนเส้น A จะเป็นเหมือนกับสาย TTL เดี่ยวแบบเดิม ขณะที่ B โวลท์เตจจะกลับทางกันกับ A เช่น A เป็น +5V B จะเป็นกราวด์ ในการใช้งาน, สายเพียงสายเดียว คือสาย A ใน EIA – 422 อาจจะถูกใช้เชื่อมต่อกับ RS-232 อินพุทของเครื่องคอมพิวเตอร์

มาตรฐาน NMEA – 0183 , ตัวอักขระที่ใช้คือ ASCII Text ที่ซึ่งสามารถพิมพ์ได้ (รวมไปถึง Carriage return and line feed) NMEA – 0183 นั้น ข้อมูลจะถูกส่งด้วยอัตรา 4800 (baud Rate) ข้อมูลจะถูกส่งในรูปของประโยค (Sentences) แต่ละประโยคเริ่มต้นด้วย $ ตัวอักษรตัวที่ตามมาอีก 2 ตัวคือ talker ID หรือ Device ID เช่น GP เพื่อบ่งชี้ว่าเป็นข้อมูล GPS , ตัวอักษรที่ตามมาอีก 3 ตัว คือ Sentence ID หรือ ตัวกำหนดรูปแบบประโยค (Sentence formatter) หรือจะเรียกว่าชื่อประโยค (Sentence name) , ตามมาด้วยฟิลด์ข้อมูลจำนวนหนึ่ง ซึ่งถูกแบ่งแยกโดยเครื่องหมายคอมม่า (,) และสิ้นสุดด้วยเช็คซัม (checksum) ที่สามารถเลือกได้ว่าจะมีหรือไม่ และ จบลงด้วยแคเรี่ยรีเทิร์น (carriage return / line feed) ประโยคอาจจะมีตัวอักษรถึง 82 ตัวรวมกับ $ และ CR/LF แล้วถ้าข้อมูลสำหรับฟิลด์ไม่สามารถหาได้ ฟิลด์จะถูกเว้นข้ามไป แต่คอมม่าซึ่งทำหน้าที่แบ่งฟิลด์ยังคงถูกส่งไปโดยไม่เว้นช่องว่าง เพราะในแต่ละฟิลด์มีความยาวไม่คงที่หรือไม่มีข้อมูล เครื่องรับจะระบุตำแหน่งของฟิลด์ข้อมูลที่ต้องการ โดยการนับเครื่องหมายคอมม่า เช็คซัมที่เลือกได้ว่าจะมีหรือไม่ ประกอบด้วย "*" และ 2 บิตของเลขฐาน 16 (2 hex digits) แทนการ exclusive OR ของตัวอักษรทั้งหมด แต่ไม่รวม "$" และ "*" ในการใช้งานจะมีความต้องการใช้เช็คซัมในบางประโยค

ในมาตรฐานจะอนุญาตแต่ละผู้ผลิตในการนิยามรูปแบบประโยค ประโยคเหล่านี้เริ่มต้นด้วย "$" และตัวอักษรสามตัวที่ตามมาเป็น Manufacturer ID ตามด้วยข้อมูลซึ่งเป็นไปตามรูปแบบทั่วไปของประโยคมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1 โปรโตคอลของ NMEA 183

NMEA คือ โปรโตคอลมาตรฐาน ถูกนำมาใช้โดยเครื่องรับ GPS เพื่อส่งข้อมูล NMEA เอาท์พุทจะเป็นโปรโตคอล EIA – 422A แต่เราสามารถนำไปใช้งานร่วมกับ RS-232 ได้ โดยใช้อัตราการส่งข้อมูล 4800 bps, 8 ดาต้าบิต, ไม่มีพาริตี้บิต และมีหนึ่งสตอปบิต (stop bit (8 N 1)) ประโยคของ NMEA 0183 จะเป็นแอสกี้ (ASCII) ทั้งหมด แต่ละประโยคจะเริ่มต้นด้วย ดอลล่าซายน์ ($) และจบลงด้วย Carriage return linefeed (<CR><LF>) ข้อมูลจะถูกแบ่งขั้นด้วยคอมม่า (,) เครื่องรับGPS บางอันไม่ส่งบางฟิลด์ (field) ข้อมูลเช็คซัม ถูกเพิ่มเติมเข้าไป (ในบางกรณี) ส่วนที่ตามหลัง $ คือ แอดเดรสฟิลด์ aaccc aa คือ device id. GP ใช้เพื่อบ่งชี้ว่าเป็นข้อมูลGPS การส่ง device id. ตามปกติแล้วเลือกได้ ccc คือ รูปแบบประโยค (Sentence formatter) ซึ่งเรียกว่า Sentence name

2.9.2 รูปแบบประโยคของ NMEA:

RMB

$GPRMB,A,x.x,a,c--c,d--d,llll.ll,e,yyyyy.yy,f,g.g,h.h,i.i,j*kk

RMB = ข่าวสารน้อยที่สุดที่จำเป็นในการนำร่อง (Recommended Minimum Navigation Information)

1 = สถานะของข้อมูล (V= การเตือนเครื่องรับในการนำร่อง (navigation receiver warning))

2 = ความคลาดเคลื่อนของครอสแทรค (Cross track error) ในหน่วย nautical miles

3 = ทิศทางที่ต้องเบนเข็มไป (Direction to steer) (L or R) เพื่อแก้ไขความคลาดเคลื่อน

4 = หมายเลข ของเวย์พอยท์ (waypoint) เริ่มต้น

5 = หมายเลข ของเวย์พอยท์ปลายทาง

6 = ละติจูดของเวย์พอย์ปลายทาง

7 = N or S (เหนือหรือใต้)

8 = ลองจิจูดของเวย์พอยท์เป้าหมาย

9 = E or W (ตะวันออกหรือตะวันตก)

10 = ระยะทางไปยังปลายทางในหน่วย nautical miles

11 = แบริ่ง (Bearing) (มุมที่ทำกับปลายทาง) ในหน่วยองศา

12 = ความเร็วในการเข้าถึงเป้าหมาย (Destination closing velocity) ในหน่วย knots

13 = สถานะเมื่อเข้ามาถึง (Arrival status) (A = เข้าถึงหรือผ่านไปอย่างตั้งฉาก)

14 = เช็คซัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RMC

#GPRMC,hhmmss.ss,A,llll.ll,a,yyyyy.yy,a,x.x,x.x,ddmmyy,x.x,a*hh

RMC = ข้อมูลชี้เฉพาะของGPS/ทรานสิทน้อยที่สุดที่จำเป็น (Recommended Minimum Specific GPS/TRANSIT Data)

1 = เวลาของปัจจุบันในระบบ UTC

2 = สถานะของข้อมูล (V= การเตือนเครื่องรับในการนำร่อง (navigation receiver warning))

3 = ละติจูด

4 = N or S (เหนือหรือใต้)

5 = ลองจิจูด

6 = E or R (ตะวันออกหรือตะวันตก)

7 = ความเร็ว หน่วย นอต

8 = มุมที่วัดจากทิศเหนือ

9 = วันเดือนปี

10 = ความแปรปรวนเนื่องจากสนามแม่เหล็ก

11 = E or W (ตะวันออกหรือตะวันตก)

12 = เช็คซัม

GGA

$GPGGA,hhmmss.ss,llll.ll,a,yyyyy.yy,a,x,xx.x.x,x.x,M,x.x,M,x.x,xxxx*hh

GGA = ข้อมูลเฉพาะของระบบ GPS Global Positioning System Fix Data

1 = UTC of Position

2 = ละติจูด

3 = N or S (เหนือหรือใต้)

4 = ลองจิจูด

5 = E or W (ตะวันออกหรือตะวันตก)

6 = ค่าชี้ถึงคุณภาพของระบบGPS (0=invalid; 1=GPS fix; 2=Diff, GPS fix)

7 = จำนวนดาวเทียมที่ใช้

8 = HDOP (Horizontal dilution of position)

9 = ความสูงของสายอากาศ เหนือกว่า/ต่ำกว่า ระดับน้ำทะเล

10 = เมตร (หน่วยความสูงของสายอากาศ)

11 = ค่าความแตกต่างระหว่างระบบ WGS-84 กับระบบยีออยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12 = เมตร (ความต่างของจีออยด์)

13 = ระยะเวลาตั้งแต่อัพเดตข้อมูลครั้งสุดท้ายจากสถานีอ้างอิง

14 = หมายเลขประจำสถานีอ้างอิง

15 = เช็คซัม

VTG

$GPVTG, t, T,,, s.ss,N,s.ss,K*hh

VTG = มุมที่กำกับทิศเหนือจริงๆ และความเร็ว (Actual track made good and speed over ground)

1 = มุมที่ทำกับทิศเหนือ

2 = อักษร T แสดงว่ามุมที่วัดเทียบกับทิศเหนือ

3 = ไม่ใช้

4 = ไม่ใช้

5 = ความเร็ว หน่วยน็อต

6 = อักษร 'N' แสดงความเร็วในหน่วยน็อต

7 = ความเร็วหน่วย km/h

8 = อักษร 'K' แสดงความเร็วในหน่วย km/h

9 = เช็คซัม

RMA

$GPRMA,A,llll.ll,N,lllll.ll,W,,,,ss.s,ccc,vv.v,W*hh

RMA = ข้อมูลการนำร่องจากตำแหน่งปัจจุบัน (Navigation data fRom present position)

1 = สถานะของข้อมูล

2 = ละติจูด

3 = N/S (เหนือ/ใต้)

4 = ลองจิจูด

5 = W/E (ตะวันออก/ตะวันตก)

6 = ไม่ใช้

7 = ไม่ใช้

8 = ความเร็ว หน่วยน็อต

9 = Course over ground

10 = ค่าความผันแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11 = ทิศทางของความผันแปร E/W

12 = เช็คซัม

GSA

$GPGSA,A,3,19,28,14,18,27,22,31,39,,,,,1.7,1.0,1.3*35

GSA = โหมดการทำงานของเครื่องรับGPS, ดาวเทียมที่ใช้ในการนำร่อง และค่า DOP (GPS receiver operating mode, SVs used for navigation, and DOP values)

1 = โหมด:

M = Manual, ให้ผู้ใช้เลือกว่าจะใช้ 2 มิติ หรือ มิติ

A = Automatic, 3 มิติ/2มิติ

2 = โหมด:

1 = ไม่สามารถระบุตำแหน่งได้

2 = 2 มิติ

3 = 3 มิติ

3-14 = หมายเลขของดาวเทียมที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง (เป็น 0 สำหรับฟิลด์ที่ไม่ใช้)

15 = PDOP

16 = HDOP

17 = VDOP

GVS

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

GSV = จำนวนของดาวเทียมที่มองเห็น, หมายเลข PRN, เอเลเวชัน, อาซิมุธและค่า SNR (Number of SVs in view, PRN numbers, elevation, azimuth&SNR values)

1 = จำนวนหมายเลขของข่าวสารทั้งหมดของข้อมูลนี้ใน 1 รอบ

2 = หมายเลขข่าวสาร

3 = จำนวนทั้งหมดของดาวเทียมที่อยู่ในพิสัย

4 = หมายเลข PRN ของดาวเทียม

5 = มุมเอเลเวชั่น (Elevation) หรือมุมเงย มีค่าสูงสุด 90 องศา

6 = มุมอาซิมุธ (Azimuth) ทำกับขั้วเหนือ มีค่า 000-359 องศา

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

8-11 = ข่าวสารเกี่ยวกับดาวเทียมดวงที่สอง, เหมือนกับฟิลด์ 4-7

12-15 = ข่าวสารเกี่ยวกับดาวเทียมดวงที่สาม, เหมือนกับฟิลด์ 4-7

16-19 = ข่าวสารเกี่ยวกับดาวเทียมดวงที่สี่, เหมือนกับฟิลด์ 4-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์เชื่อมต่อ GPS

อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับ GPS 9540 ในการทำปริญญานิพนธ์นี้

3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่รวบรวมความสามารถมากมายไม่ว่าจะเป็นหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณออกทางเอาต์พุต หน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดีโดยช่วยลดจำนวนของอุปกรณ์และขนาดของระบบ

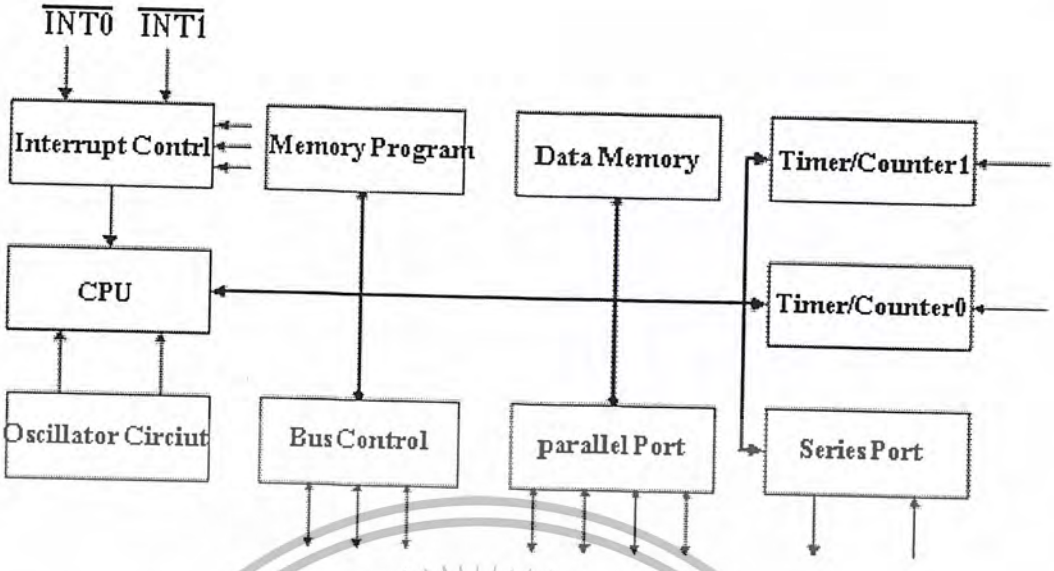
ไมโครคอนโทรลเลอร์มาจากคำ 2 คำรวมกันคือ "ไมโคร" (micro) ซึ่งหมายถึง ไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลขนาดเล็ก ซึ่งภายในประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU: Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU: Arithmetic Logic Unit) วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำและวงจรเชื่อมต่อสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือคำว่า "คอนโทรลเลอร์" (controller) หมายถึง อุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุม

3.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51เบอร์8051แสดงในภาพที่ 3-1 ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- หน่วยความจำภายในสำหรับเก็บข้อมูลขนาด 128 ไบต์ (Internal data memory 128 byte)
- หน่วยความจำภายในสำหรับเก็บโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์ (Internal program memory 4 Kbytes)
- อุปกรณ์ควบคุมการอินเตอร์รัพต์ (Interrupt Control Unit)
- ตัวตั้งเวลาและตัวนับขนาด 16 บิต 2ชุด (Timer/Counter0 and Timer/Counter1)
-พอร์ตควบคุมการสื่อสารอนุกรมแบบ Full Duplex ซึ่งจะสามารถที่จะการรับและส่งข้อมูลพร้อมกันได้
- พอร์ตขนานสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกจำนวน 4 พอร์ต ๆ ละ 8 บิต
- วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3-1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8052

3.3 การทำงานของส่วนประกอบต่างๆที่อยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51จะเป็นดังต่อไปนี้

3.3.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Internal Program Memory)

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมทำหน้าที่เก็บโปรแกรมที่ผู้เขียนขึ้นเพื่อควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์โดยหน่วยความจำจะเป็นแบบ ROM มีความจุ 4 Kbytes (ตำแหน่ง 0000H – 0FFFH) ในการใช้งาน เราสามารถกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เลือกใช้โปรแกรมที่เก็บอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือโปรแกรมที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำ (EPROM) ที่อยู่ภายนอกก็ได้ การเลือกการติดต่อทำได้โดยการป้อนสัญญาณควบคุมที่ขา EA (External Access) ถ้าต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะต่อขานี้ที่ลอจิก 1 หากต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับโปรแกรมที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำภายนอกจะต่อขานี้กับลอจิก 0 การติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกจะติดต่อได้ทั้งหมด 64 Kbytes (ตำแหน่ง 0000H-FFFFH)

ในกรณีที่กำหนดให้ไมโครคอนโทรเลอร์ติดต่อกับโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรเลอร์จะติดต่อได้ 4 Kbytes (สำหรับเบอร์ 8051) หากตำแหน่งของโปรแกรม มีค่าเกินกว่าตำแหน่งของหน่วยความจำภายใน (โปรแกรมยาวเกินกว่า 4Kbytes) ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการติดต่อกับโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำภายนอกอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 หน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal Data Memory)

หน่วยความจำข้อมูลภายในทำหน้าที่เก็บข้อมูลทั่วไป และทำหน้าที่เป็นสแตก (Stack) บางส่วน หน่วยความจำภายในของเบอร์ 8051 มีอยู่ 128 ไบต์ โดยอยู่ในตำแหน่ง 00H-7FH

3.3.3 อุปกรณ์ควบคุมการอินเตอร์รัพต์ (Interrupt Control Unit)

ทำหน้าที่ในการควบคุมการอินเตอร์รัพต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีการร้องขออินเตอร์รัพต์ได้จาก 6 แหล่งกำเนิด คือ สัญญาณจากภายนอก 5 สัญญาณจากตัว Timer0, Timer1 และ Timer2 (เบอร์ 8051มี Timer เพียง 2 ตัวดังนั้นจะมีแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพต์ 5 แหล่ง) และอุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม 1 สัญญาณ สัญญาณอินเตอร์รัพต์ที่เกิดขึ้นเราสามารถควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตอบรับหรือไม่ตอบรับก็ได้ นอกจากนี้เรายังสามารถจัดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพต์ (Interrupt priority) จากสัญญาณต่างๆ ได้ 2 ระดับแตกต่างกัน

3.3.4 ตัวตั้งเวลาและตัวนับ (Timer / Counter)

ตัวไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ 8051 ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ชุด คือ Timer0 และ Timer1 สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8052 จะมี Timer2 เพิ่มขึ้นอีก 1 ตัว โดย Timer ทั้งหมดสามารถกำหนดให้ทำงานในลักษณะของตัวนับหรือตัวจับเวลาก็ได้ การทำงานในโหมดของตัวตั้งเวลา ค่าในรีจิสเตอร์จะเพิ่มขึ้นทุกๆ แมชชีนไซเคิลโดย 1 แมชชีนไซเคิลประกอบด้วยสัญญาณนาฬิกา 12 ลูก อัตราการจับเวลาจะเป็น 1/12 เท่าของสัญญาณนาฬิกาของระบบ ค่าสูงสุดที่ตั้งได้คือ 2^{16} การทำงานในโหมดการนับ ค่าของการนับจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีสัญญาณเข้ามาที่ขา T0 หรือ T1 เปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ความเร็วในการนับสูงสุดคือ 1/24 เท่าของสัญญาณนาฬิกา โดยสัญญาณที่เข้ามาที่ขา T0 หรือ T1 จะมี Duty Cycle เท่าใดก็ได้

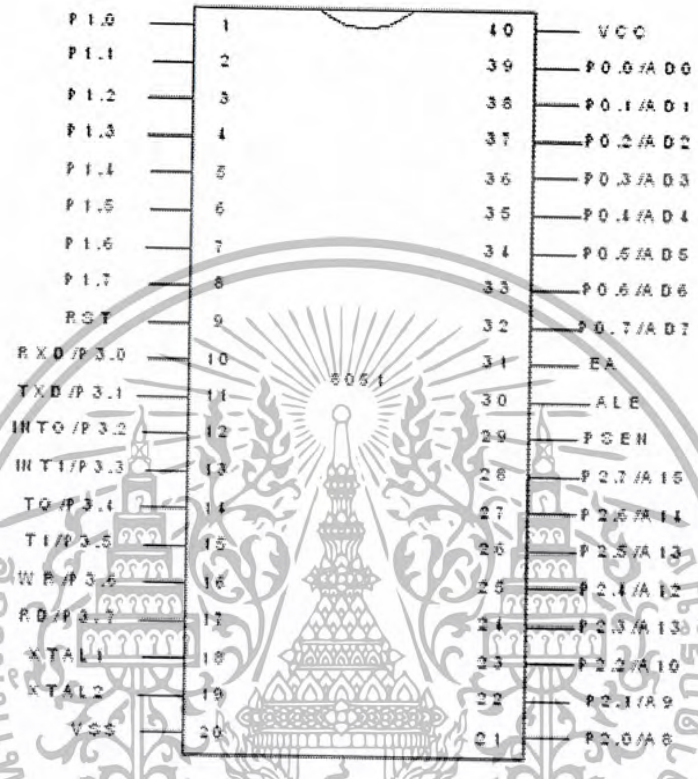
3.3.5 พอร์ตอินพุตเอาต์พุต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประกอบด้วยพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง (Bidirectional) จำนวน 4 พอร์ต แต่ละพอร์ตมีอุปกรณ์แลทช์ข้อมูลและเอาต์พุตไดรเวอร์(Driver) ประกอบอยู่ทางด้านเอาต์พุต และทางด้านอินพุตจะมีบัฟเฟอร์ (พอร์ตทั้ง 4 เป็นรีจีสเตอร์พิเศษชื่อ P0, P1, P2 และ P3) เราสามารถใช้งานแต่ละพอร์ตเป็นอินพุตได้ตามต้องการ แต่ละบิตของพอร์ตสามารถเชื่อมต่อสัญญาณ TTL ได้โดยตรง ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกพอร์ต P0 และ P2 จะใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำภายนอก โดยพอร์ต P0 จะทำงานในลักษณะของมัลติเพล็กซ์คือ เป็นทั้งพอร์ตตำแหน่งและพอร์ตข้อมูล โดย P0 จะเป็นตำแหน่งของหน่วยความจำด้านต่ำ (Low byte) และ P2 จะเป็นตำแหน่งของหน่วยความจำด้านสูง (High byte)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สัญญาณต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 เป็นไอซีขนาด 40 ขาซึ่งมีสัญญาณต่างๆ แสดงในรูป 3-2



ภาพที่ 3-2 สัญญาณต่างๆ ของ MCS-51 เบอร์ 8051

สัญญาณต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถ จำแนกการทำงานเป็น 3 กลุ่มคือ

- กลุ่มสัญญาณตำแหน่ง เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำ
- กลุ่มสัญญาณควบคุมเป็นสัญญาณควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
- กลุ่มสัญญาณข้อมูลเป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับหน่วยความจำ

หน้าที่และการใช้งานของสัญญาณต่างๆเป็นดังนี้

VCC สำหรับต่อกับไฟเลี้ยง 5 โวลต์

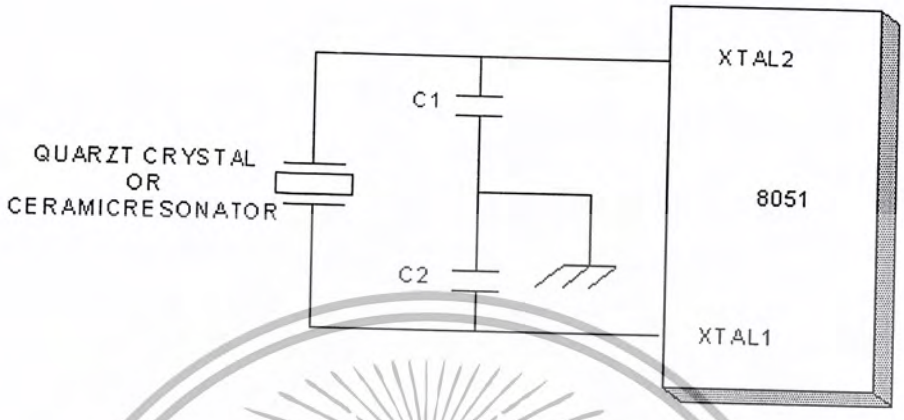
VSS สำหรับต่อกับกราวด์

XTAL1 เป็นอินพุตของภาคขยายสัญญาณแบบอินเวิร์สของวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา

XTAL2 เป็นเอาต์พุตของภาคขยายสัญญาณแบบอินเวิร์สของวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา

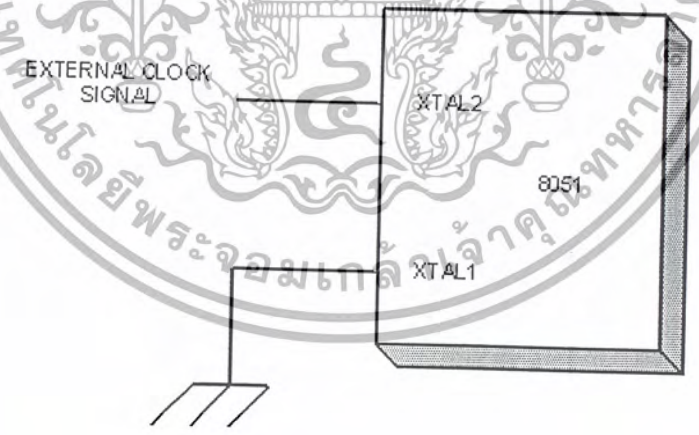
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อใช้งานของขา XTAL1 และ XTAL2 เพื่อสร้างวงจรผลิตสัญญาณให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้คริสตอลสามารถทำได้ดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 การต่อสัญญาณนาฬิกาที่ขา XTAL1 และ XTAL2

หากต้องการใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกจะต่อ XTAL1 ลงกราวด์และต่อสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกเข้าที่ขา XTAL2 ดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 การใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก

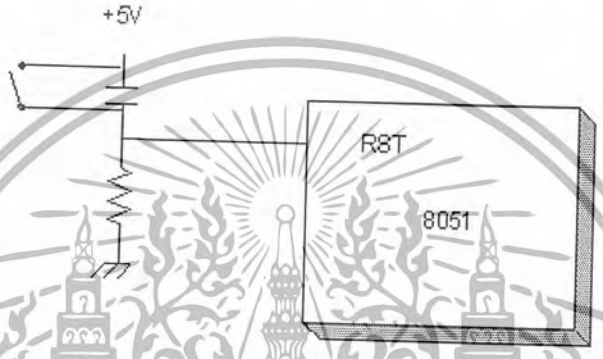
3.4.1 RST

สัญญาณรีเซต ไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกรีเซตเมื่อสัญญาณที่ขานี้มีค่าเป็นลอจิก 1 นานไม่ต่ำกว่า 2 แมชชีนไซเคิล (Machine Cycle) การต่อขารีเซตจะเป็นดังภาพที่ 3-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ALE/PROG: (Address Latch Enable)

เป็นสัญญาณเอาต์พุต ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งออกไปเป็นพัลส์เพื่อแลทช์ (Latch) ค่าตำแหน่งไบต์ต่ำที่อยู่พอร์ต P0 ในขณะติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก สัญญาณออกไปด้วยอัตราคงที่คือ 1/6 เท่าของความถี่สัญญาณนาฬิกา สามารถนำไปใช้เป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับอุปกรณ์ภายนอกได้ สัญญาณพัลส์นี้จะถูกข้ามไป 1 พัลส์เมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory) และสัญญาณนี้จะใช้เป็นอินพุตเพื่อควบคุมการโปรแกรม PROM ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพที่ 3-5 การต่อสัญญาณรีเซต

3.4.3 PSEN (Program Store Enable)

เป็นเอาต์พุต สำหรับส่งสัญญาณสโครป เพื่ออ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External Program Memory) เมื่อซีพียูอ่านรหัสคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก จะส่งสัญญาณสโครปออกมา 2 ครั้งใน 1 แมชชีนไซเกิลแต่สัญญาณสโครปทั้ง 2 ครั้งจะถูกข้ามไปหากเป็นช่วงที่ซีพียูติดต่อกับ External Data Memory

3.4.4 EA (External Access)

คือสัญญาณอินพุตใช้สำหรับควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เลือกติดต่อกับโปรแกรมที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำโปรแกรมภายใน หรือโปรแกรมที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ หากให้ค่าลอจิก 1 ที่ขานี้จะเป็นการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ หากต้องการให้ซีพียูติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกต้องต่อสัญญาณเข้ากับลอจิก 0 หรือ VSS ถึงแม้ว่าเบอร์ 8051 ไม่มี EPROM ภายในก็ต้องต่อขานี้ลงกราวด์ด้วย ในกรณีของการโปรแกรม ROM ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะต่อขานี้เข้ากับไฟ 21 V ถ้าเป็น 8751 AH แต่หากเป็น8751 BH ต้องต่อกับ 12.75 V

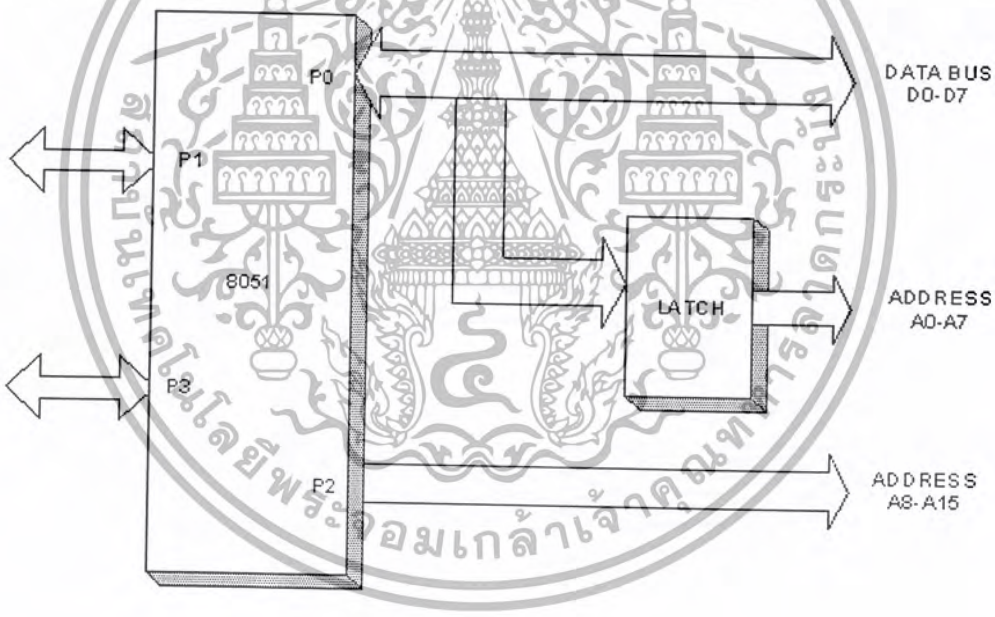
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 Port 0

เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุต 2 ทางแบบ Open drain ขนาด 8 บิต P0.1 –P0.7 เมื่อใช้เป็นเอาต์พุตสามารถต่อกับไอซี TTL ตระกูล LS ได้ 8 ตัว เมื่อต้องการใช้งานเป็นอินพุตต้องส่งค่าลอจิก 1 ออกไปที่พอร์ตก่อนเพื่อทำให้ลอยซึ่งจะเป็นอิมพีแดนซ์สูง

พอร์ต P0 จะทำงานอีกหน้าที่หนึ่งคือเป็นมัลติเพล็กซ์ของสัญญาณตำแหน่งด้านต่ำและสัญญาณข้อมูลในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก การทำงานในลักษณะนี้จะใช้การพูลอัพ (Pull up) จากภายในที่สามารถจ่ายกระแสให้กับอินพุตของ TTL ได้ 8 ตัว นอกจาก2 หน้าที่ดังกล่าวแล้ว พอร์ต P0 ยังใช้เป็นตัวรับข้อมูลในช่วงการโปรแกรม EPROM และเป็นตัวส่งข้อมูลออกมาในช่วงการตรวจสอบโปรแกรมภายใน ROM หรือ EPROM ซึ่งจะต้องใช้พูลอัพ (Pull up) จากภายนอกในขณะการตรวจสอบโปรแกรม

การสร้างสัญญาณตำแหน่ง A0-A7 และสัญญาณข้อมูล D0-D7 ทำโดยใช้อุปกรณ์แลทช์ข้อมูลดังแสดงในภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 การสร้างสัญญาณแอดเดรสและสัญญาณข้อมูล

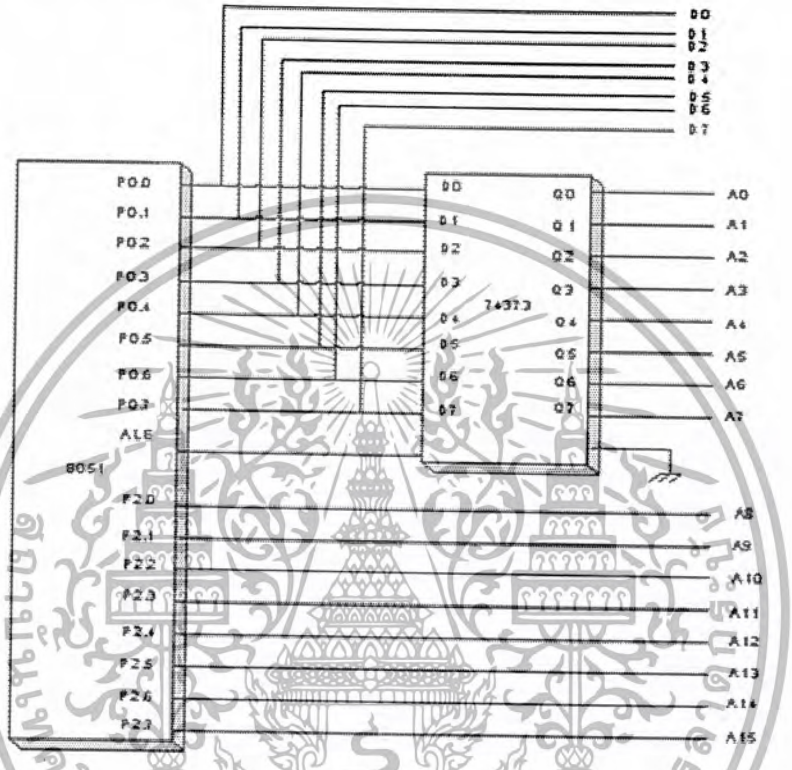
อุปกรณ์ที่นำมาใช้แลทช์ตำแหน่ง A0-A7 ที่ออกมาจากพอร์ต P0 คือ ไอซี 74LS373 ซึ่งเป็น 8 บิต แลทช์เราสามารถนำมาต่อใช้งานได้ดังแสดงในภาพที่ 3-7

3.4.6 Port 1

เป็นพอร์ตอินพุต / เอาต์พุตแบบ 2 ทางขนาด 8 บิตที่มีพูลอัพ(pull up)อยู่ภายใน กรณีเอาต์พุตจะต่อกับ อินพุตของ TTL ตระกูล LS ได้ 4 ตัว เมื่อต้องการใช้เป็นอินพุตต้องเริ่มต้นด้วยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งค่าลอจิก 1 ออกไปที่พอร์ตนี้ก่อน เพื่อทำให้เกิดพูลอัพ(pull up)ภายใน เมื่อมีสัญญาณอินพุต 0 เข้ามาจะทำให้พอร์ตจ่ายกระแสออกเนื่องจากมีการพูลอัพ(pull up)ภายใน นอกจากนี้พอร์ต P1 ยังทำหน้าที่รับตำแหน่งด้านต่ำในช่วงของการโปรแกรม EPROM และช่วงการตรวจสอบโปรแกรมใน ROM หรือ EPROM อีก ด้วยสำหรับเบอร์ 8032 AH และ 8052 AH ขา P1.0 และ P1.1 จะทำหน้าที่เป็น T2 และ T2EX อีกหนึ่งหน้าที่



ภาพที่ 3-7 การต่อวงจรแลทช์ตำแหน่ง A0-A7

3.4.7 Port 2

จะเป็นพอร์ตอินพุต/ เอาต์พุตแบบ 2 ทาง ขนาด 8 บิต ที่มีพูลอัพอยู่ภายในกรณีเอาต์พุตจะต่อกับอินพุตของ TTL ตระกูล LS ได้ 4 ตัว เมื่อต้องการทำเป็นอินพุต ต้องเริ่มต้นด้วยการส่งค่าลอจิก 1 ออกไปที่พอร์ตนี้ก่อน เพื่อทำให้เกิดการพูลอัพ(pull up)ภายใน เมื่อสัญญาณอินพุตเข้ามาเป็น 0 จะทำให้พอร์ต P2 จ่ายกระแสออกเนื่องจากการพูลอัพ(pull up)ภายใน ในระหว่างการติดต่อกับโปรแกรมภายนอกหรือการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกที่มีการอ้างตำแหน่งแบบ 16 บิต พอร์ต P2 จะส่งตำแหน่งไบท์สูงออกไป ซึ่งการทำงานในลักษณะนี้จะมีการพูลอัพ(pull up) ภายในอยู่ ในช่วงของการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกที่ใช้การอ้างตำแหน่งแบบ 8 บิต (คำสั่ง MOVX@RI) สัญญาณที่ขาของ พอร์ต P2 จะมีค่าเท่ากับรีจิสเตอร์ P2 ที่อยู่ในSFRนอกจากนี้ พอร์ต P2 ยังทำหน้าที่รับตำแหน่งไบต์สูงในช่วงของการโปรแกรม ROM และ EPROM อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.8 Port 3

เป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต2 ทาง ขนาด 8 บิต ที่มีพูลอัพ (pull up) อยู่ภายใน ในกรณีเอาต์พุต สามารถต่อกับอินพุตของ TTL ตระกูล LS ได้ 4 ตัว เมื่อต้องการทำเป็นอินพุตต้องเริ่มต้นด้วยการส่งค่าลอจิก 1ออกไปที่พอร์ตก่อนเพื่อทำให้เกิดการพูลอัพ (Pull up) ภายใน เมื่อสัญญาณอินพุตเข้ามาเป็น 0 จะทำให้พอร์ต P3 จ่ายกระแสออกมาเนื่องจากการพูลอัพ (Pull up) ภายใน นอกจากนี้ พอร์ต P3 ยังทำหน้าที่เป็นสัญญาณอื่นๆ อีกดังนี้

ตารางที่ 3-1 สัญญาณต่างๆ ของพอร์ต P3

พอร์ต	สัญญาณ	หน้าที่
P3.0	RXD	อินพุตของพอร์ตอนุกรม
P3.1	TXD	เอาท์พุตของพอร์ตอนุกรม
P3.2	INT0	สัญญาณอิเตอร์รัพจากภายนอกตัวที่ 0
P3.3	INT	สัญญาณอิเตอร์รัพจากภายนอกตัวที่ 1
P3.4	TO	อินพุตจากภายนอกของตัวตั้งเวลา 0
P3.5	T1	อินพุตจากภายนอกของตัวตั้งเวลา 1
P3.6	WR	สัญญาณการเขียนข้อมูลออกไปภายนอก
P3.7	RD	สัญญาณการอ่านข้อมูลจากภายนอกเข้ามา

เมื่อต้องการใช้งานพอร์ต P3 ให้ทำหน้าที่เป็นสัญญาณต่างๆ จะต้องเริ่มต้นด้วยการส่งค่าลอจิก 1 ออกไปแลทช์ที่พอร์ต P3 ก่อนเพื่อให้เกิดการพูลอัพ (Pull up) ภายใน หากกำหนดให้มีค่าลอจิก 0จะทำให้สัญญาณที่ขาต่างๆ มีค่าเป็น 0 ตลอดเวลา

3.5 การจัดหน่วยความจำของ MCS-51

การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะจัดแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1. หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)
2. หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)
3. รีจีสเตอร์ที่ทำหน้าที่เฉพาะ (Special Function Register)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

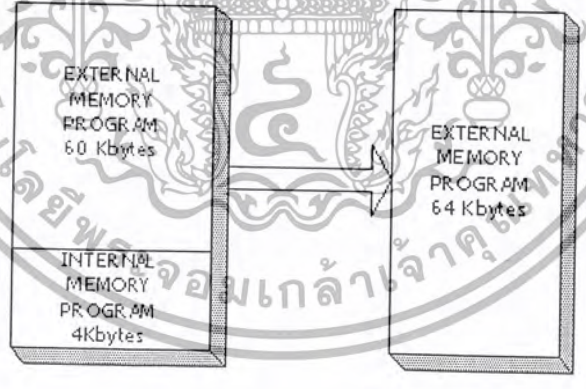
3.5.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมจะเป็นที่เก็บชุดคำสั่ง และข้อมูลที่โปรแกรมใช้งาน หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ

1. หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (Internal Program Memory)
2. หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External Program Memory)

ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 มีหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมได้ 4 Kbytes ซึ่งหน่วยความจำจะเป็นลักษณะของ ROM (ใน 8052 มี 8 Kbytes) ในการใช้งานเราสามารถเก็บโปรแกรมเข้าในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ทำให้ประหยัดการใช้หน่วยความจำภายนอก สำหรับเบอร์ 8031 และ 8032 จะไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมประกอบอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นการใช้งานเบอร์ 8031 และ 8032 ต้องใช้หน่วยความจำภายนอกเป็นตัวเก็บโปรแกรม

การติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมที่อยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์หรือโปรแกรมที่เก็บอยู่ภายนอกก็ได้โดยมีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 64 Kbytes การเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 สามารถเลือกใช้งานได้ 2 ลักษณะคือ เลือกใช้หน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีอยู่ 4 Kbytes รวมกับหน่วยความจำภายนอกอีก 60 Kbytes หรือเลือกใช้หน่วยความจำภายนอกทั้งหมด 64 Kbytes ก็ได้ดังแสดงในภาพที่3-8

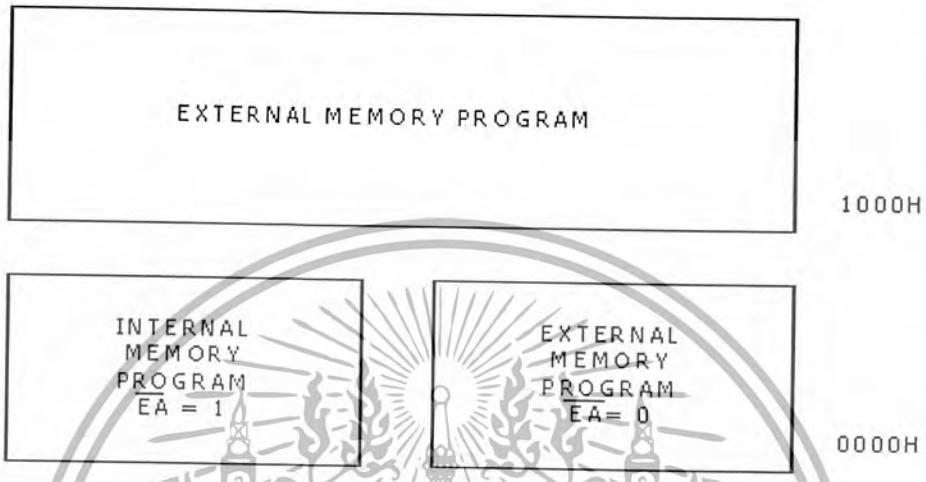


ภาพที่ 3-8 การเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051

จากภาพที่ 3-8 การจัดหน่วยความจำโปรแกรมได้จำนวนตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมทั้งหมด คือ 64 Kbytes(ตำแหน่ง 0000H ถึง FFFFH) หน่วยความจำโปรแกรมที่อยู่ในตัว 8051 มี 1Kbytes (ตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH) ในการใช้งานเรากำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือภายนอกก็ได้โดยการควบคุมสัญญาณที่ขา EA (External Access) หากทำให้ EA เป็น 0 เป็นการใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก การเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจะทำได้เฉพาะหน่วยความจำโปรแกรมจะทำได้เฉพาะหน่วยความจำใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่ง 0000H – 0FFFH ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ซ้อนกันระหว่างความจำภายในกับหน่วยความจำภายนอกเท่านั้น หากโปรแกรมอยู่ในตำแหน่งที่เกินกว่า 0FFFH ขึ้นไปไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกอัตโนมัติ ไม่ว่าสัญญาณที่ขา EA จะมีค่าเป็น 0 หรือ 1 ก็ตาม การจัดหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 จะเป็นดังภาพที่3-9



ภาพที่ 3-9 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051

3.5.2 การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External Program Memory)

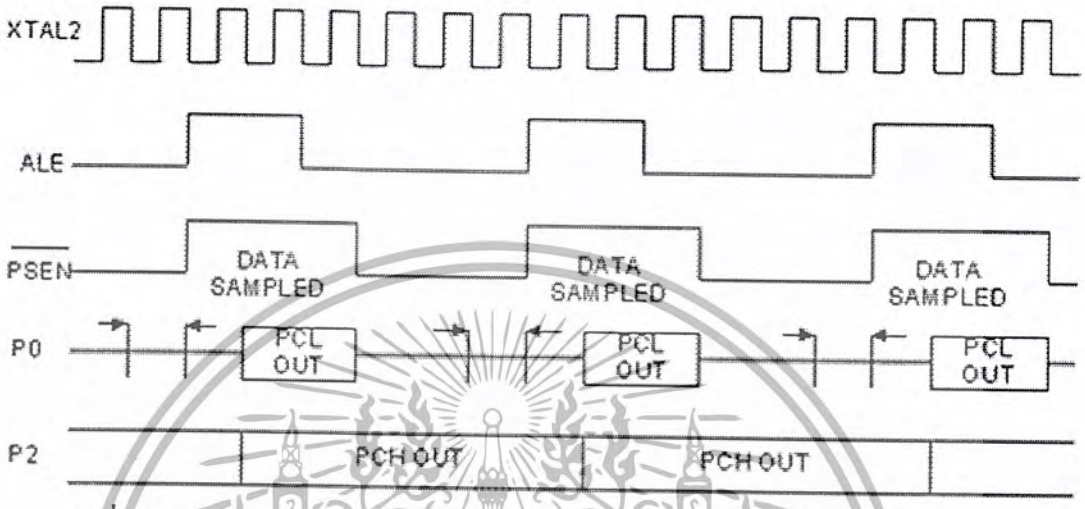
ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 สามารถเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้สูงสุด 64 Kbytes โดยใช้พอร์ต P0 ร่วมกับพอร์ต P2 เป็นสัญญาณตำแหน่ง และพอร์ต P0 เป็นสัญญาณข้อมูล ซึ่งพอร์ต P0 จะทำงานในลักษณะของการมัลติเพล็กซ์ระหว่างตำแหน่งและข้อมูล ส่วนพอร์ต P2 จะทำหน้าที่เป็นสัญญาณตำแหน่งเพียงอย่างเดียว โดยมีสัญญาณที่ใช้ควบคุมการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมดังนี้

3.5.2.1 EA, ALE, PSEN

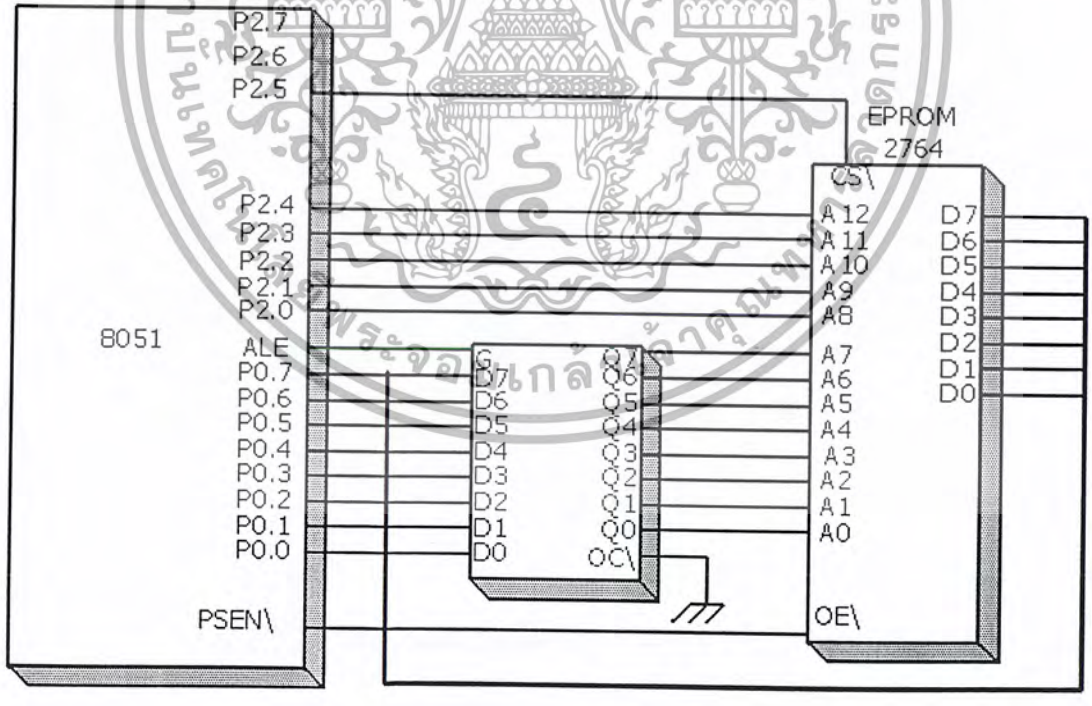
การติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมที่อยู่ภายนอก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณ PSEN (Program Store Enable) ออกมาเป็น 0 ซึ่งใช้เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก สัญญาณจะนำไปต่อควบคุมการทำงานของ EPROM ต่อไป การติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกสัญญาณ PSEN จะแอกทีฟ 2 ครั้งใน 1 แมชชีนไซเกิล(Machine cycle) หมายถึงว่าใน 1 แมชชีนไซเกิล(Machine Cycle)ไมโครคอนโทรลเลอร์มีการอ่านคำสั่งเข้ามา 2ไบต์ ยกเว้นในกรณีที่คำสั่งเป็นการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ไดอะแกรมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกแสดงดังภาพที่3-10 ซึ่ง 1 แมชชีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไซเกิลมี 6 State และแต่ละ State มี 2 เฟสหรือ 2 พัลส์ ดังนั้นการทำงานของคำสั่งที่มี 1 แมชชีนไซเกิลจะใช้สัญญาณนาฬิกา 12 ลูก ถ้าหากเราใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเป็น 12 MHz จะใช้เวลาในการทำคำสั่ง 1 คำสั่งเป็นเวลา 1 ไมโครวินาที



ภาพที่ 3-10 ไดอะแกรมเวลาของการอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก



ภาพที่ 3-11 การต่อ EPROM เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

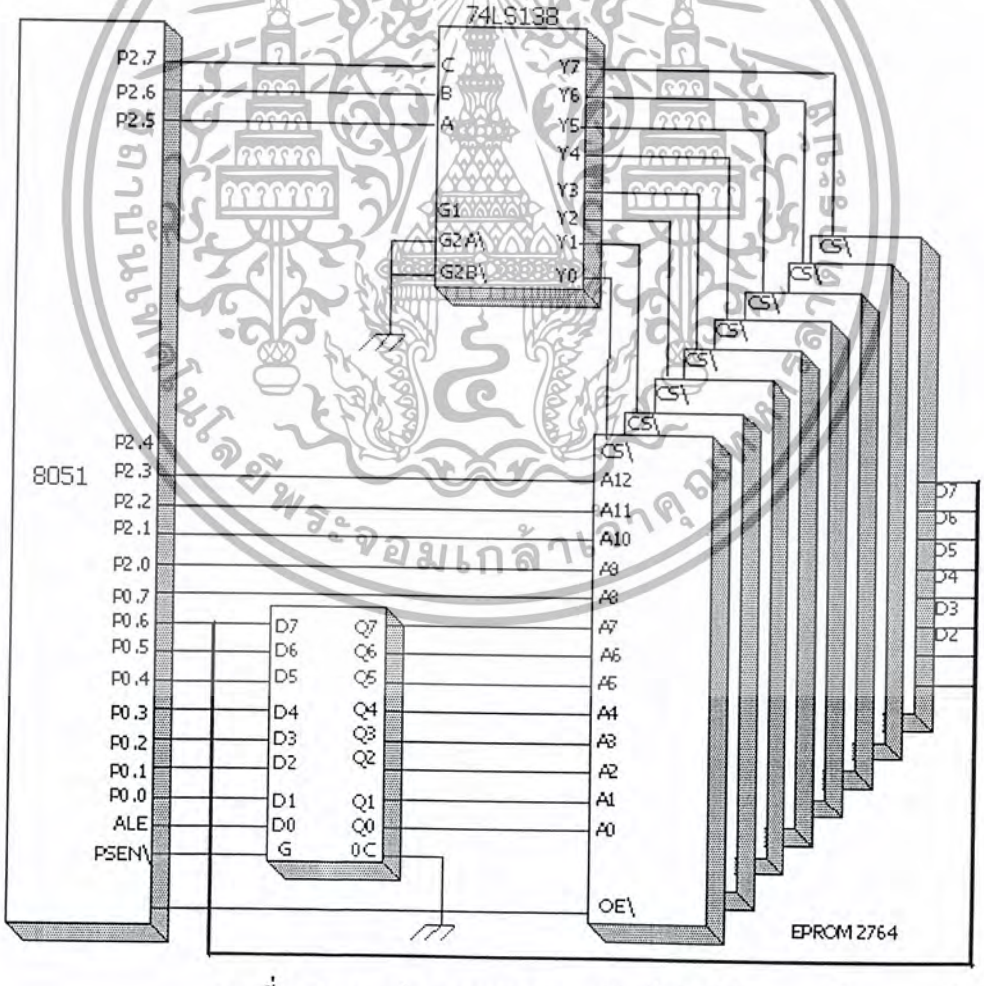
การติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม หรือหน่วยความจำข้อมูลจะใช้วงจรแลทช์ข้อมูลสำหรับการสร้างสัญญาณตำแหน่งด้านต่ำ A0-A7 ที่อยู่ในพอร์ต P0 วงจรก็จะเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 กับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกจะเป็นดังภาพที่3-11 ไอซี 74373 จะทำหน้าที่แลทช์สัญญาณตำแหน่ง 8 บิตด้านต่ำ (A0-A7) ที่ออกมาจากพอร์ต P0 โดยมีสัญญาณ ALE ที่ออกมาจากพอร์ต P2 สัญญาณตำแหน่งทั้ง 16 เส้นจะได้จากพอร์ต P2 รวมกับสัญญาณเอาต์พุตของไอซี 74373 เมื่อได้สัญญาณตำแหน่งครบ 16 เส้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณ PSEN ออกมาเป็น 0 เพื่ออ่านข้อมูลจาก EPROM การอ่านข้อมูลของโปรแกรมจะกระทำในช่วง P1 ของ STATE 4 ซึ่งเป็นช่วงที่ PSEN เป็น 0

3.5.3 การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหลายตัว

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้สูงสุด 64 Kbytes หากใช้ EPROM ขนาด 8 Kbytes มาเก็บโปรแกรมจำนวน 64 Kbytes จะต้องใช้ EPROM จำนวน 8 ตัวเพื่อรวมกันให้ได้ 64 Kbytes การต่อวงจรระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ EPROM จะใช้ไอซีที่ทำหน้าที่เป็นตัวถอดรหัสตำแหน่งคือไอซีเบอร์ 74LS138 เป็นตัวถอดรหัส



ภาพที่ 3-12 การต่อ EPROM หลายตัวเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

ในภาพที่3-12 มีไอซี 74LS138 เป็นตัวควบคุมการเลือกการทำงานของ EPROM แต่ละตัว อินพุตของไอซี 74LS138 มาจากสัญญาณตำแหน่ง A15, A14, A13 ส่วนทางด้านเอาต์พุตของไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

74LS138 จะนำไปต่อกับขา CS ของ EPROM ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ EPROM แต่ละตัว สัญญาณข้อมูล D0-D7 ของEPROMทุกตัวต่อขนานกันทั้งหมดแต่จะต่อเข้ากับบัสข้อมูล ของไมโครคอนโทรลเลอร์ สัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจาก EPROM จะใช้สัญญาณ PSEN ที่ออกมาจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งสัญญาณนี้จะแอคทีพเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านโปรแกรมโดยสัญญาณ PSEN จะต่อเข้ากับขา OE ของ EPROM ทุกตัว ตำแหน่งของ EPROM แต่ละตัวจะเป็นดังตาราง3-1

ตาราง ที่ 3-2 ตำแหน่งของ EPROM ต่างๆ

หน่วยความจำ	A15(P2.7)	A14(P2.6)	A13(P2.5)	ค่าตำแหน่ง
EPROM 0	0	0	0	0000H-1FFFH
EPROM 1	0	0	1	2000H-3FFFH
EPROM 2	0	1	0	4000H-5FFFH
EPROM 3	0	1	1	6000H-7FFFH
EPROM 4	1	0	0	8000H-9FFFH
EPROM 5	1	0	1	A000H-BFFFH
EPROM 6	1	1	0	C000H-DFFFH
EPROM 7	1	1	1	E000H-FFFFH

3.5.4 หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory)

หน่วยความจำข้อมูลทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่างๆในขณะที่โปรแกรมทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS –51 จัดแบ่งหน่วยความจำข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือ

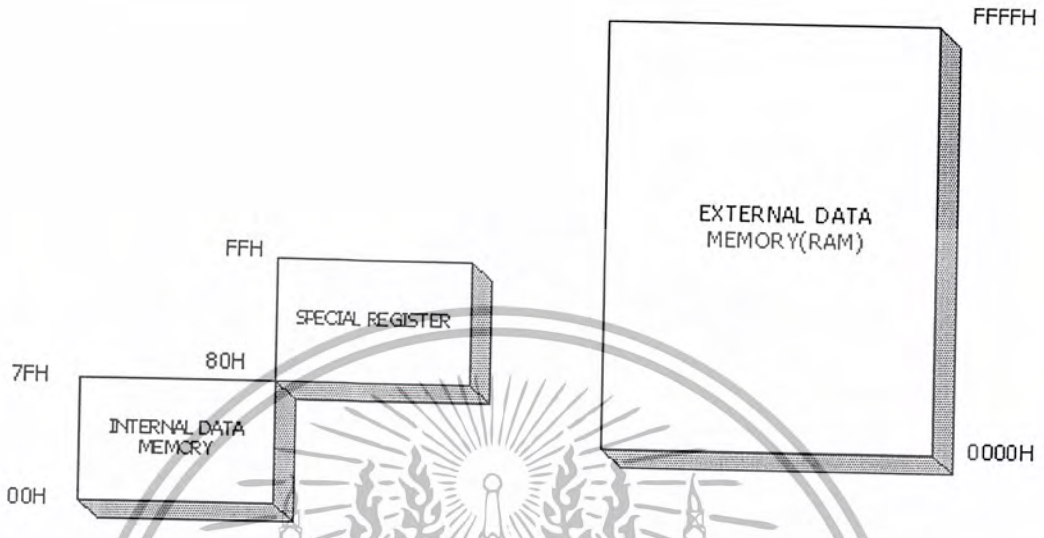
1. หน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal Data Memory)
2. หน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory)

3.5.4.1 หน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal Data Memory)

สำหรับเบอร์ 8051 มีหน่วยความจำข้อมูลภายใน 128 ไบต์ ส่วนหน่วยความจำข้อมูลในของเบอร์ 8052 มีจำนวนทั้งหมด 256 ไบต์ โดยหน่วยความจำ 128 ไบต์แรกเป็นหน่วยความจำที่ใช้ทั่วไปอยู่ที่ตำแหน่ง 00H-7FH หน่วยความจำในตำแหน่งที่อยู่สูงขึ้นไป (ตำแหน่ง 80H-FFH) จะมีส่วนที่ซ้อนทับกันอยู่ระหว่างหน่วยความจำกับรีจิสเตอร์เฉพาะ

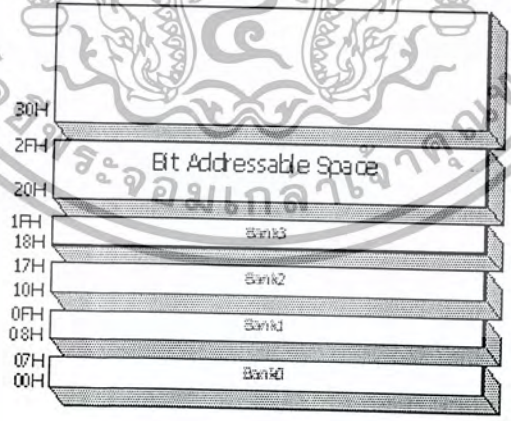
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบการจัดพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 8051 แสดงในภาพที่ 3-13



ภาพที่ 3-13 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลของ 8051

พื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่ตำแหน่ง 00H-7FH ยังสามารถแบ่งออกเป็นส่วนย่อยได้ดังแสดงในภาพที่ 3-14



ภาพที่ 3-14 การจัดแบ่งหน่วยความจำข้อมูลภายใน

1) พื้นที่ในตำแหน่ง 00H-1FH จำนวน 32 ไบต์จะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มเรียกว่า แบงค์ (Bank) ในแต่ละแบงค์ (Bank) มี 8 ตำแหน่งดังแสดงในรูป 2-7 พื้นที่ในแต่ละแบงค์ (Bank) ถูกใช้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป (รีจิสเตอร์ R0-R7) โดย R0 อยู่ในตำแหน่งแรกของแบงค์ (Bank) และ R7 อยู่ในตำแหน่งสุดท้ายของแบงค์ (Bank) ในการใช้งานจะมีรีจิสเตอร์ R0-R7 อยู่ชุดเดียว จะสามารถกำหนดการเลือกใช้พื้นที่ของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแบงค์ (Bank) ต่างๆ ได้ดังภาพที่ 3-15

รีจิสเตอร์ / แบงค์	รีจิสเตอร์	ตำแหน่ง
0	R0-R7	00-07
1	R0-R7	08-0F
2	R0-R7	10-17
3	R0-R7	18-1F

ภาพที่ 3-15 ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแบงค์ต่างๆ

การเลือกตำแหน่งที่ใช้งานของรีจิสเตอร์ R0-R7 จะกำหนดจากบิต RS0 และ RS1 ที่อยู่ในตัวรีจิสเตอร์ PSW

2) พื้นที่ในตำแหน่ง 20H-2FH เป็นส่วนที่สามารถใช้งานในลักษณะไบต์หรือบิตได้ คือ สามารถอ้างตำแหน่งแบบบิตได้โดยตรง ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 128 บิต ตำแหน่งของบิต คือ 7FH การใช้การอ้างาตำแหน่งแบบบิตจะทำให้การทำงานได้รวดเร็วขึ้นซึ่งเป็นคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่ถูกออกแบบมาเพื่องานควบคุมโดยเฉพาะ ตำแหน่งต่างๆ ของแสดงในภาพที่ 3-15

ตำแหน่ง RAM	MSB							LSB
2FH	7FH	7EH	7DH	7CH	7BH	7AH	79H	78H
2EH	77H	76H	75H	74H	73H	72H	71H	70H
2DH	6FH	6EH	6DH	6CH	6BH	6AH	69H	68H
2CH	67H	66H	56H	64H	63H	62H	61H	60H
2BH	5FH	5EH	5DH	5CH	5BH	5AH	59H	58H
2AH	57H	56H	55H	54H	53H	52H	51H	50H
29H	4FH	4EH	4DH	4CH	4BH	4AH	49H	48H
28H	47H	46H	45H	44H	43H	42H	41H	40H
27H	3FH	3EH	3DH	3CH	3BH	3AH	39H	38H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

26H	37H	36H	35H	34H	33H	32H	31H	30H
25H	2FH	2EH	2DH	2CH	2BH	2AH	29H	28H
24H	27H	26H	25H	24H	23H	22H	21H	20H
23H	1FH	1EH	1DH	1CH	1BH	1AH	19H	18H
22H	17H	16H	15H	14H	13H	12H	11H	10H
21H	0FH	0EH	0DH	0CH	0BH	0AH	09H	08H
20H	07H	06H	05H	04H	03H	02H	01H	00H

ภาพที่ 3-15 ตำแหน่งหน่วยความจำที่อ้างตำแหน่งแบบบิตได้

3) พื้นที่บริเวณตำแหน่ง 30H-7FH เป็นพื้นที่ที่ใช้งานทั่วไปการติดต่อกับข้อมูลในตำแหน่งต่างๆ ในส่วนนี้ สามารถอ้างตำแหน่งข้อมูลในลักษณะของไบต์เท่านั้น ในพื้นที่ส่วนนี้อาจใช้เป็นสแตกก็ได้

3.5.4.2 หน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory)

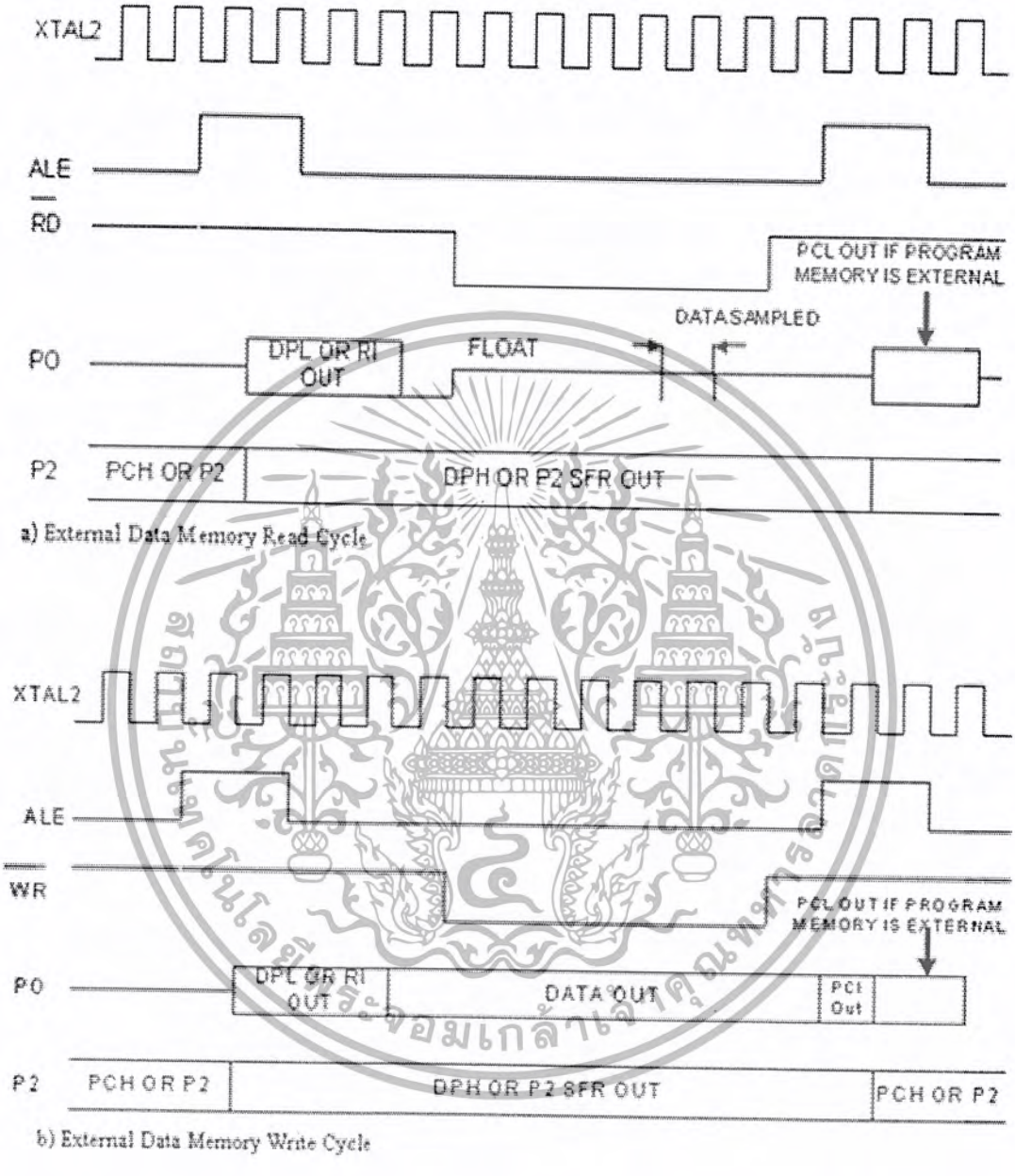
ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 สามารถต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 Kbytes เพิ่มเติมจากหน่วยความจำข้อมูลที่อยู่ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะต่อหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเมื่อต้องการใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลในขณะที่โปรแกรมงานจำนวนมาก ตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะอยู่ที่ 0000H-FFFFH ในการใช้งานเราสามารถแบ่งส่วนหนึ่งของพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายนอกมาใช้เป็นพอร์ตอินพุตหรือ พอร์ตเอาต์พุตก็ได้

3.6 การต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

การติดต่อรับส่งข้อมูลกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะใช้คำสั่ง MOVX สัญญาณต่างๆ ที่ใช้ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะมี P0, P2, RD, WR โดยพอร์ต P0 จะเป็นสัญญาณตำแหน่งไบต์ต่ำหรือข้อมูล ส่วนพอร์ต P2 เป็นสัญญาณตำแหน่งไบต์สูงสัญญาณ RD เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก จะแอคทีฟ(Active) เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก ที่เกิดจากการทำงานของคำสั่ง MOVX A,@DPTR ซึ่งเป็นการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลในตำแหน่งที่กำหนดโดยรีจิสเตอร์ DPTR มาเก็บไว้ที่รีจิสเตอร์ A สัญญาณ WR เป็นสัญญาณควบคุมการบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะแอคทีฟเมื่อ ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการบันทึกข้อมูลลงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำข้อมูลภายนอก ซึ่งเกิดจากการทำงานของคำสั่ง MOVX @ DPTR,A ไดอะแกรมเวลาของการอ่านข้อมูลและบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก แสดงภาพที่ 3-16

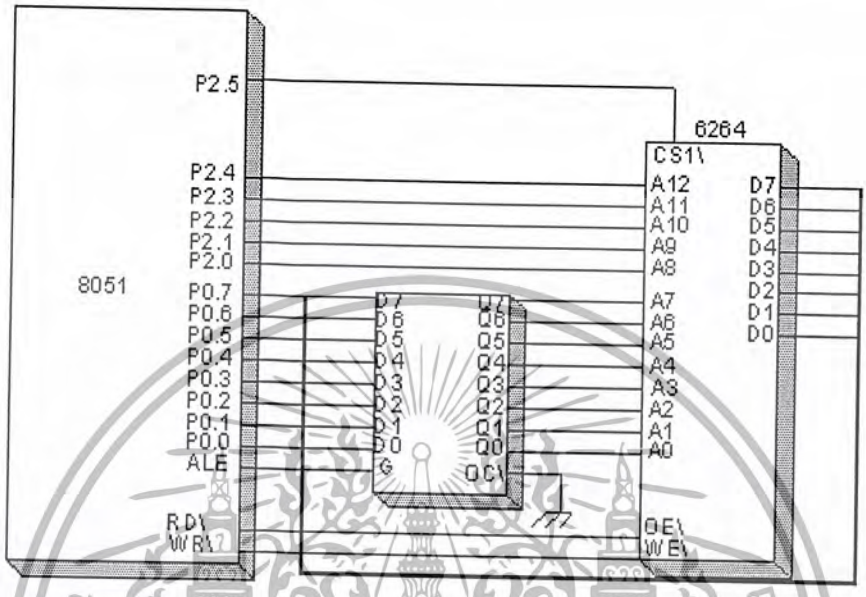


ภาพที่ 3-16 ไดอะแกรมเวลาของการอ่านและบันทึกข้อมูลกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

จากภาพที่3-17 สัญญาณ RD ของไมโครคอนโทรลเลอร์จะต่อกับขา OE ของ RAM และ WR จะต่อกับ WE ของ RAM สัญญาณกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำจะนำมาจากพอร์ต P0 และพอร์ต P2 สัญญาณข้อมูลจะนำมาจากพอร์ต P0 การต่อกับ RAM จะมีลักษณะคล้ายกับการต่อกับ EPROM หากต้องการต่อ RAM มากกว่า1 ตัวใช้ไอซี 74LS138 เป็นตัวถอดรหัสตำแหน่งของ RAM แต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่นเดียวกับการต่อกับ EPROM หน่วยความจำข้อมูลภายนอกที่นำมาใช้ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ส่วนใหญ่จะใช้ RAM แบบสแตติก (Static) เช่นเบอร์ 6264 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ กับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก RAM 6264 แสดงดังภาพที่ 3-17



ภาพที่ 3-17 การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ RAM 6264

จากภาพที่3-17 สัญญาณ RD ของไมโครคอนโทรลเลอร์จะต่อกับขา OE ของ RAM และ WR จะต่อกับ WE ของ RAM สัญญาณกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำจะนำมาจากพอร์ต P0 และพอร์ต P2 สัญญาณข้อมูลจะนำมาจากพอร์ต P0 การต่อกับ RAM จะมีลักษณะคล้ายกับการต่อกับ EPROM หากต้องการต่อ RAM มากกว่า1 ตัวใช้ไอซี 74LS138 เป็นตัวถอดรหัสตำแหน่งของ RAM แต่ละตัวเช่นเดียวกับการต่อกับ EPROM

3.6.1 I^2C

การสื่อสารข้อมูลด้วยระบบ I^2C บัสเป็นอีกมิติหนึ่งของการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ประกอบร่วม ระบบ I^2C เป็นระบบที่ถูกพัฒนาจากบริษัท PHILIPS ดังนั้นอุปกรณ์หลายๆตัวที่มีการสื่อสารแบบ I^2C จึงถูกผลิตออกมาจากบริษัท PHILIPS

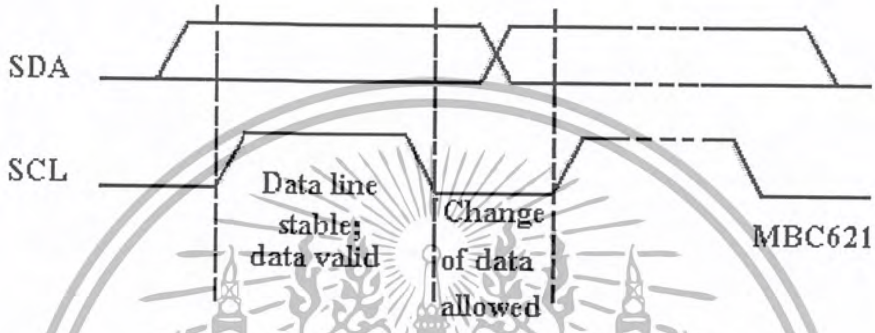
ระบบ I^2C บัสเป็นการสื่อสารแบบ 2 ทาง โดยใช้สายสัญญาณในการสื่อสารเพียง 2 เส้น โดยสายที่ใช้สื่อสารนี้ คือ SDA ซึ่งเป็นสายสัญญาณข้อมูล และ SCL ซึ่งเป็นสายสัญญาณ Clock โดยสัญญาณทั้ง 2 เส้นนี้สามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์ได้มากกว่า 1 ตัว ซึ่งทำให้การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์มีประสิทธิภาพมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางบริษัทผู้พัฒนาระบบ I^2C ได้ให้คำจำกัดความของการสื่อสารแบบ I^2C ไว้เพื่อให้การศึกษาเกิดความเข้าใจเดียวกัน โดยมีรายละเอียดต่างๆดังนี้

3.6.1.1 Bit Transfer

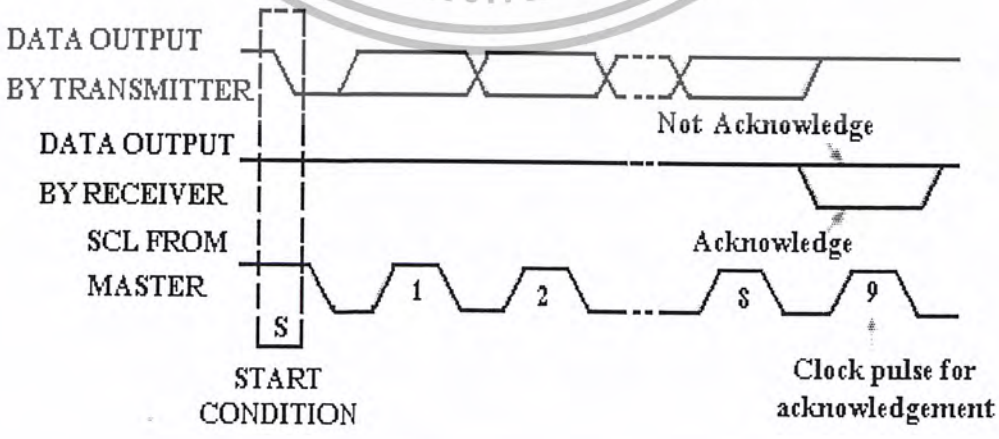
ข้อมูล 1 บิตจะถูกส่งออกไปด้วยช่วงเวลา 1 CLOCK โดยข้อมูลที่สาย SDA จะต้องคงที่ในขณะที่ CLOCK เป็นลอจิก 1



ภาพที่ 3-18 แสดง Timing Diagram ของ Bit Transfer

3.6.1.2 Start and Stop Conditions

ทั้งสายสัญญาณ SDA และสายสัญญาณ SCL ถ้าอยู่ในสถานะไม่ BUSY จะเป็นลอจิก 1 การเปลี่ยนแปลงจากลิจิก 1 เป็นลอจิก 0 ของสายสัญญาณ SDA ขณะที่สายสัญญาณ SCL เป็น 1 เรียกว่าการกำหนดเงื่อนไข START แต่การเปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น 1 ของสายสัญญาณ SDA ในขณะที่สายสัญญาณ SCL เป็น 1 เรียกว่าการกำหนดเงื่อนไข STOP



ภาพที่ 3-19 แสดง Timing Diagram ของ Start and Stop Conditions

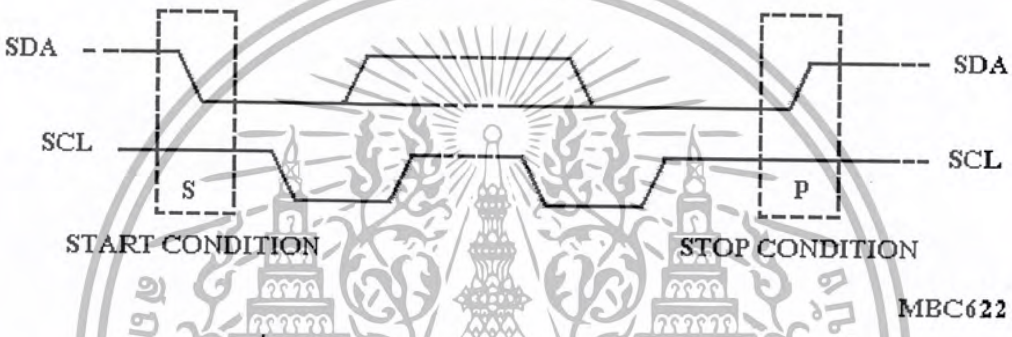
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.1.3 System configuration

อุปกรณ์ที่ส่งข้อมูลเรียกว่า TRANSMITTER ส่วนอุปกรณ์ที่รับข้อมูลเรียกว่า RECEIVER และ อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมทิศทางการสื่อสารข้อมูลเรียกว่า MASTERและอุปกรณ์ที่ถูกควบคุมจาก MASTER เรียกว่า SLAVE

3.6.1.4 Acknowledge

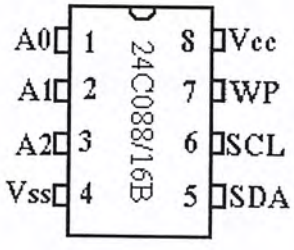
จำนวนไบต์ของข้อมูลที่ถูกส่งระหว่างตัวรับและตัวส่งมีได้ไม่จำกัด ซึ่งเมื่อส่งข้อมูลครบ 1 ไบต์จะต้องส่งบิต ACK ตามออกไป 1 บิต



ภาพที่ 3-20 แสดง Timing Diagram ของ Acknowledge

3.6.1.5 EEPROM Family

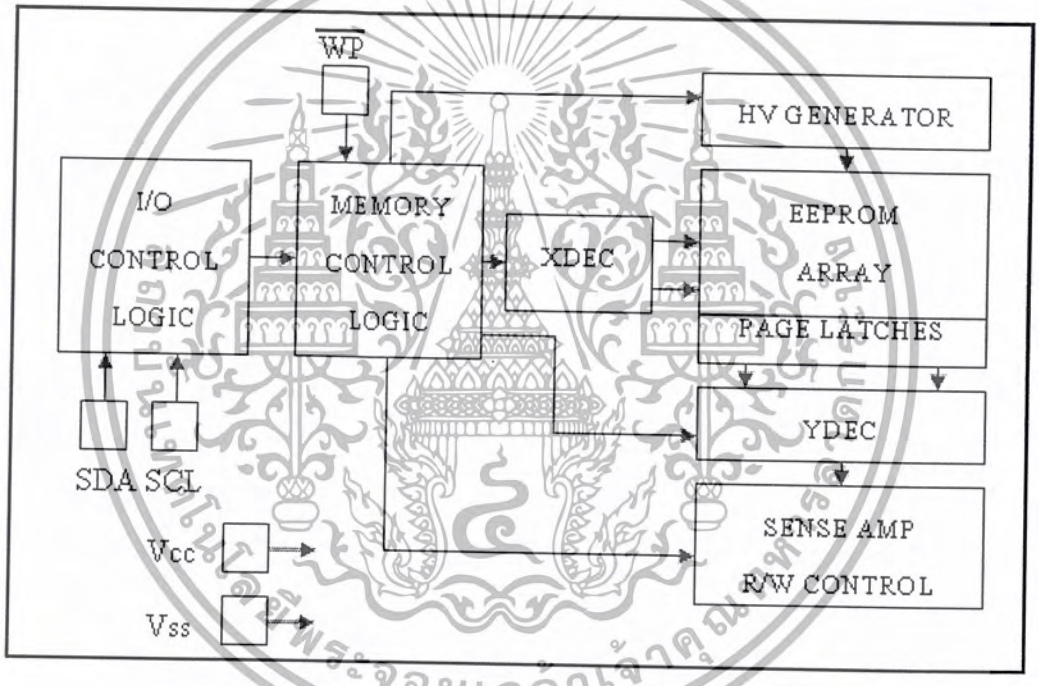
บอร์ด CP-S8252 V2.0&CP-SPI/RD2 V2.0 ออกแบบให้ใช้ IC EEPROM ในตระกูล 24XX ได้ เช่น 24C16, 24C128, 24C256 โดยจะยกตัวอย่างอธิบายการใช้งานเฉพาะ IC24C16 เท่านั้น IC24C16 เป็น EEPROM ที่มีขนาด 2 Kbytes ที่มีการสื่อสารแบบ I^2C สามารถต่อร่วมกับอุปกรณ์แบบ I^2C ตัวอื่นๆ ได้ในสายสัญญาณคู่เดียวกัน แต่ไม่สามารถต่อ 24C16 ในสายสัญญาณคู่เดียวกัน เพราะ 24C16 มีตำแหน่งที่คงที่เพียงตำแหน่งเดียว คือ ตำแหน่ง 00H โครงสร้างภายนอกและขาสัญญาณแสดงดังรูปด้านล่าง



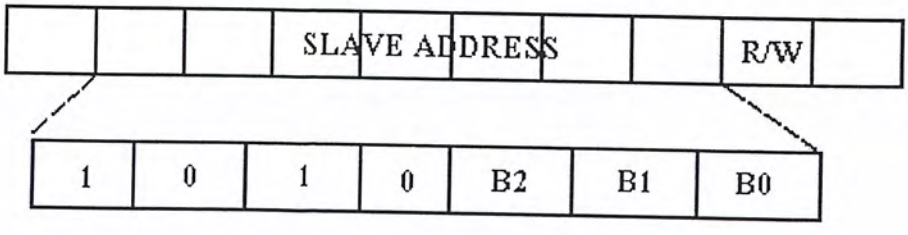
ภาพที่ 3-21 แสดงโครงสร้างขาใช้งานของ EEPROM 24C16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่ง	สัญลักษณ์	รายละเอียด
1	A0	ขากำหนดตำแหน่ง A0
2	A1	ขากำหนดตำแหน่ง A1
3	A2	ขากำหนดตำแหน่ง A2
4	Vss	กราวด์
5	SDA	สัญญาณข้อมูล I^2C
6	SCL	สัญญาณนาฬิกา
7	WP	ขาป้องกันการเขียน
8	Vcc	แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์



ภาพที่ 3-22 แสดงโครงสร้างภายในของ EEPROM 24C16



ภาพที่ 3-23 แสดงลักษณะการ Device Address

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.1.6 Device Addressing

Control byte จะเป็น Byte แรกต่อจากบิต Start Control Byte จะประกอบด้วย Control Code 4 bit จะอยู่ในบิตที่ 7-4 ใน 24C16 มีค่าเป็น1010 และต่อมาอีก 3 Bit จะเป็น (B1,B2,B3) เป็นบิตที่ใช้เลือก Bank ของหน่วยความจำ บิตที่ 0 เป็นบิต R/W มีหน้าที่กำหนดเงื่อนไข ว่าจะเขียนหรืออ่านข้อมูลจาก 24C16

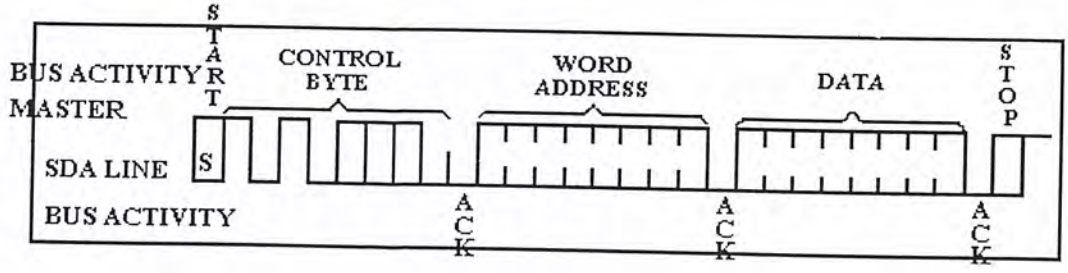
3.7 การเขียนข้อมูล

การเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำของ 24C16 สามารถทำได้โดยการเริ่มจากส่งเงื่อนไข Start และตามด้วย Control Byte บิต R/W ใน Control Byte จะต้องกำหนดค่าให้เป็น 0 ซึ่งการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำของ 24C16 สามารถแบ่งออกได้เป็นการเขียนข้อมูลครั้งละ 1 ไบต์ และการเขียนข้อมูลครั้งละ 1 Page

3.7.1 การเขียนข้อมูลแบบ Byte

การเขียนข้อมูลแบบไบต์ หรือการเขียนข้อมูลครั้งละ 1 ไบต์ลงในหน่วยความจำของ 24C16 สามารถทำได้โดยเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งเงื่อนไข Start ให้กับ 24C16 และตามด้วย Control Byte โดยกำหนดค่า B2,B1,B0 ใน Control Byte ตามค่าตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการเขียนข้อมูล ส่วนบิต R/W จะต้องถูกกำหนดให้เป็น 0 หลังจากส่ง Control Byte จะต้องรอรับค่าบิต ACK จาก 24C16 ตามกลับออกมา ซึ่งบิต ACK ที่ตอบกลับออกมาจะมีค่าเป็น 0 หลังจากได้รับบิต ACK ที่ตอบกลับออกมาแล้ว ให้ส่งไบต์ตำแหน่งของหน่วยความจำที่ต้องการเขียนข้อมูลออกไปอีก 1 ไบต์ หลังจากนั้นให้รอรับบิต ACK ที่จะตอบกลับออกมาเป็นลอจิก 0 จาก 24C16 เมื่อได้รับบิต ACK ตอบกลับออกมาแล้ว ให้ส่งค่าข้อมูลที่ต้องการเขียนลงในตำแหน่งหน่วยความจำออกไป และรอรับค่าบิต ACK จาก 24C16 หลังจากได้รับบิต ACK ตอบกลับออกมาแล้วให้ส่งเงื่อนไขการ Stop เพื่อยกเลิกการติดต่อ

ถ้าขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งไม่มีบิต ACK ตอบกลับออกมาให้เริ่มส่งเงื่อนไข Start ใหม่อีกครั้งและเริ่มทำกระบวนการตั้งแต่ต้นใหม่



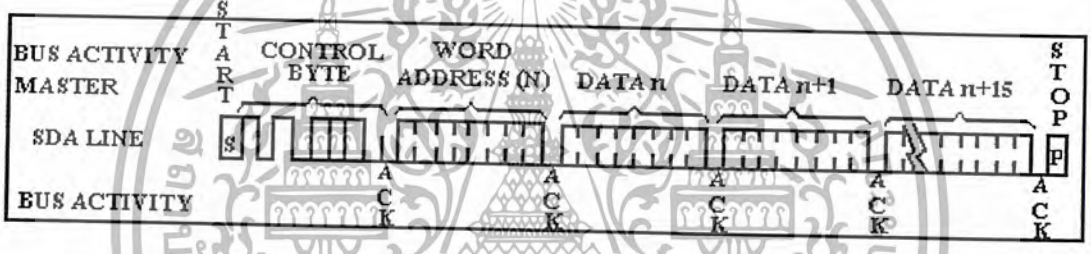
ภาพที่ 3-24 แสดง Timing Diagram ของการเขียนข้อมูลแบบ Byte

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2 การเขียนข้อมูลแบบ Page

การเขียนข้อมูลแบบ Page หรือการเขียนข้อมูลครั้งละ 1 Page แบ่งการเก็บข้อมูลไว้เป็น Page โดยแต่ละ Page สามารถเก็บข้อมูลได้ 16 ไบต์ ดังนั้นการเขียนข้อมูลครั้งละ Page ก็คือการเขียนข้อมูลครั้งละ 16 ไบต์นั่นเอง

การเขียนข้อมูลครั้งละ Page จะเหมือนกับการเขียนข้อมูลครั้งละ 1 ไบต์ จะต้องส่งเงื่อนไข Start ออกไปก่อน แล้วตามด้วย Control Byte หลังจากนั้นรอรับ ACK จาก 24C16 หลังจากได้ค่า ACK แล้วให้ส่งตำแหน่งหน่วยความจำออกไปและรอรับค่าบิต ACK ที่ตอบกลับออกมาแล้ว ให้ส่งค่าข้อมูลที่ต้องการเขียนลงในตำแหน่งหน่วยความจำออกไป และรอรับค่าบิต ACK จาก 24C16 จึงจะส่งข้อมูลไบต์ต่อไปจนครบ 16 ไบต์ โดยข้อมูลทั้ง 16 ไบต์ จะถูกเก็บเรียงกันไปในหน่วยความจำเริ่มตั้งแต่ที่ตำแหน่งที่ถูกส่งออกไปใน Byte Word Address หลังจากที่ได้รับบิต ACK หลังจากส่งข้อมูลออกไปครบทั้ง 16 ไบต์ ให้ส่งบิต Stop เพื่อยกเลิกการเขียนข้อมูล



ภาพที่ 3-25 แสดง Timing Diagram ของการอ่านข้อมูลแบบ Page

3.8 การอ่านข้อมูล

ขั้นตอนการอ่านข้อมูลจะเหมือนกับขั้นตอนการเขียนข้อมูลจะแตกต่างกันที่บิต R/W จะต้องถูกเซตเป็น 1 ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการอ่านข้อมูลได้ 3 แบบ

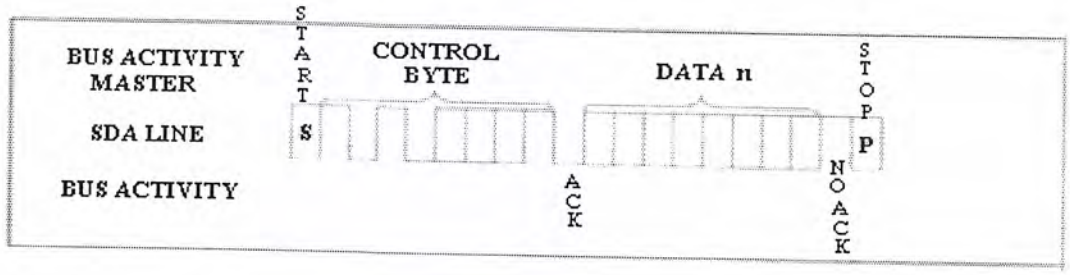
3.8.1 การอ่านข้อมูลในตำแหน่งปัจจุบัน (Current Address Read)

ภายใน 24C16 จะมีตัวชี้ตำแน่งของหน่วยความจำทุกครั้งที่เราส่งตำแหน่งให้กับ 24C16 นั้น ค่าของตัวชี้จะถูกเปลี่ยนตามค่าของตำแหน่งที่ถูกส่งเข้าไป และทุกครั้งที่มีการเขียนเข้าใน 24C16 หรืออ่านข้อมูลออกจาก 24C16 ในแต่ละไบต์ค่าของตัวชี้จะเพิ่มขึ้นเป็น 1 ค่าโดยอัตโนมัติ

การอ่านข้อมูลในตำแหน่งปัจจุบันคือการอ่านข้อมูลจาก 24C16 ณ.ตำแหน่งที่ตัวชี้อยู่ซึ่งสามารถทำได้โดยการส่งเงื่อนไข Start และตามด้วย Control Byte โดยกำหนดให้บิต R/W มีค่าเป็น 1 หลังจากนั้นให้รอรับบิต ACK หลังจากได้รับบิต ACK แล้วให้อ่านข้อมูลกลับออกมาจาก 24C16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวน 1 ไบต์ หลังจากนั้นให้ส่งบิต NO ACK ซึ่งก็คือส่งลอจิก 1 และส่งเงื่อนไข Stop ให้กับ 24C16

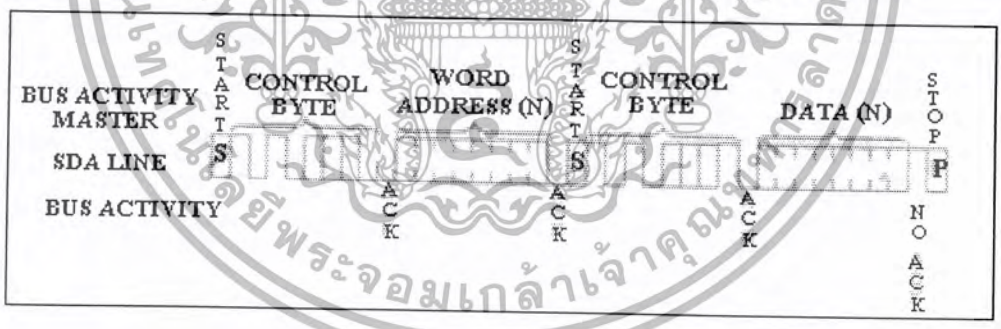


ภาพที่ 3-26 การอ่านข้อมูลในตำแหน่งปัจจุบัน

3.8.2 การอ่านข้อมูลแบบสุ่ม (Random Read)

การอ่านข้อมูลแบบสุ่มจะเป็นการอ่านค่าตาม Address ที่ระบุที่ตำแหน่งที่ต้องการอ่าน โดยมีขั้นตอนการอ่านค่าข้อมูลในหน่วยความจะดังนี้

ส่งเงื่อนไข Start และตามด้วย Control Byte โดยให้บิต R/W เป็น 0 และ Word Address ซึ่งเป็นตำแหน่งของหน่วยความจำที่ต้องการอ่านข้อมูล หลังจากนั้นให้รอรับบิต ACK เมื่อได้รับบิต ACK แล้วจึงอ่านข้อมูลออกมา 1 ไบต์ ซึ่งเป็นข้อมูลตำแหน่งเดียวกับที่ตัวชี้ ชี้อยู่ หลังจากได้ข้อมูลครบทั้ง 8 บิตแล้ว ให้ส่งบิต NO ACK และบิต Stop ให้กับ 24C16 เพื่อยกเลิกการติดต่อ



ภาพที่ 3-27 แสดง Timing Diagram ของการอ่านข้อมูลแบบสุ่ม

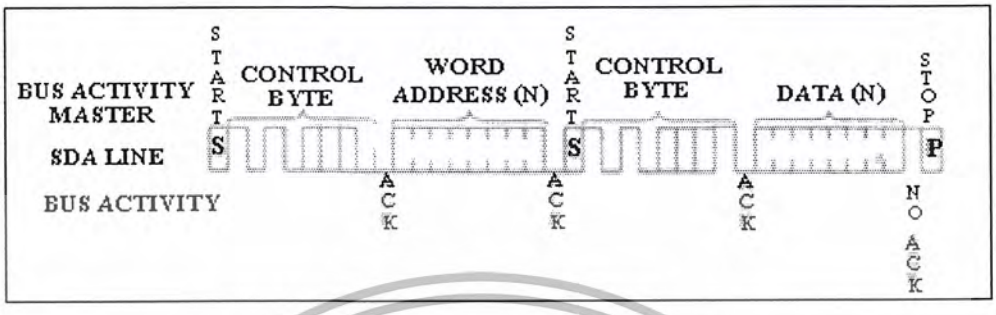
3.8.3 การอ่านข้อมูลเป็นลำดับ (Sequential Read)

การอ่านข้อมูลในหน่วยความจำแบบลำดับ มีขั้นตอนการอ่านข้อมูลในลำดับเดียวกันกับการอ่านข้อมูลแบบสุ่ม จะแตกต่างที่การอ่านข้อมูลแบบสุ่มจะอ่านออกมาเพียงไบต์เดียว แต่การอ่านข้อมูลแบบลำดับจะอ่านข้อมูลออกมา X จนกระทั่งส่งบิต NO ACK และบิต Stop ออกไป ซึ่งทุกครั้งที่มีการอ่านข้อมูลออกจาก 24C16 นั้น ค่าของตัวชี้ที่อยู่ใน 24C16 จะเพิ่มค่าขึ้น 1 ค่า เพราะฉะนั้นข้อมูลที่อ่านค่าออกมาได้จึงเป็นข้อมูลที่อยู่ต่อเป็นลำดับต่อๆกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.4 ไบต์ควบคุม (Control Byte)

ตารางด้านล่างแสดงการควบคุมบิต โดยบิตแรกคือบิต 'S' จะเป็นลอจิก 1 เพื่อแสดงถึงจุดเริ่มต้นของไบต์ควบคุม ซึ่ง ADS7841 จะไม่สนใจสัญญาณที่ขา DIN จนกระทั่งมันสามารถตรวจสอบบิตเริ่มต้นได้ และสามบิตต่อมา (A2, A1, A0) เป็นบิตที่ใช้เลือกช่องสัญญาณ



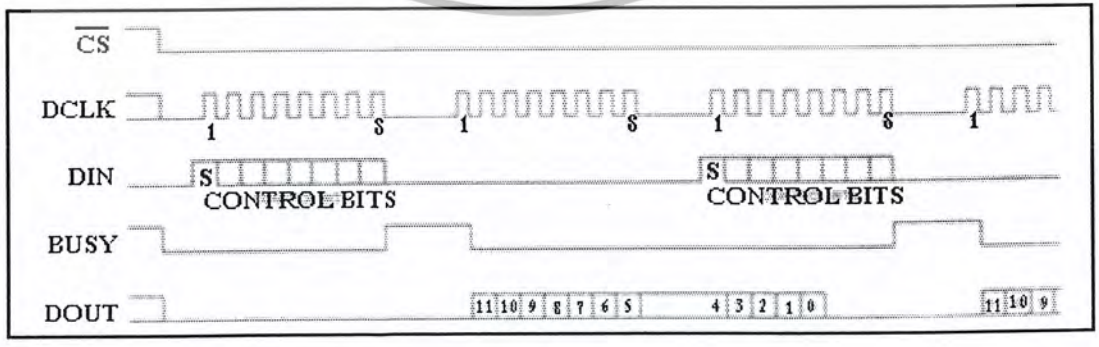
ภาพที่ 3-28 แสดง Timing Diagram ของการอ่านข้อมูลแบบลำดับ

ตารางที่ 3-3 แสดงการควบคุมบิต

Bit 7 (MSB)	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0 (LSB)
S	A2	A1	A0	MODE	SGL/$\overline{\text{DIF}}$	PD1	PD0

3.8.5 16-Clock per Convert

บิตควบคุมของการแปลงครั้งที่ n+1 จะซ้อนทับการแปลงครั้งที่ n เพื่อให้เกิดการแปลงสัญญาณทุกๆ 16 คาบ ดังที่แสดงในรูปที่ 29 ซึ่งจะแสดงถึงความเป็นไปได้ของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมระหว่างตัวประมวลผลกับ ADC สามารถแปลงสัญญาณได้ภายใน 1.6 ms



ภาพที่ 3-29 Timing Diagram ของ 16 Clock per Conversion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 UNIVERSAL SERIAL BUS (USB)

3.9.1 ความหมายของพอร์ตในระบบบัส USB

พอร์ต (Port) ในระบบบัส USB จะมีความหมายแตกต่างจากพอร์ตอนุกรมและขนานซึ่งมีอยู่ก่อนหน้านี้ ตามความเข้าใจโดยทั่วไปนั้นพอร์ตคอมพิวเตอร์จะเป็นตำแหน่งที่มีไว้สำหรับนำวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะมีจุดเชื่อมต่อเป็นคอนเน็คเตอร์(Connecter)สำหรับเสียบสายเคเบิลเข้ากับอุปกรณ์รอบข้างเช่น เมาส์ คีย์บอร์ด จอมอนิเตอร์ หรือ พริ้นเตอร์ ซอฟต์แวร์จะควบคุมพอร์ตได้จากการอ่านและเขียนข้อมูลไปยังแอดเดรสของพอร์ต สำหรับหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์เองก็จะมีแอดเดรสเช่นกัน แต่ CPU จะเข้าถึงข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำด้วยคำสั่งที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งส่วนมากแล้วแอดเดรสของหน่วยความจำจะถูกต่อเข้ากับบัสข้อมูลของระบบเพียงอย่างเดียว สำหรับการเชื่อมต่อแบบอนุกรมนั้น แต่ละพอร์ตจะเป็นอิสระต่อกัน เช่น ถ้าเรามีพอร์ตอนุกรม 2 พอร์ต แต่ละพอร์ตก็จะมีเส้นทางของตัวมันเอง และสายเคเบิลแต่ละเส้นจะมีเฉพาะข้อมูลที่ใช้กับพอร์ตของมันเองเท่านั้น ซึ่งการรับส่งข้อมูลของพอร์ตทั้งสองนี้จะสามารถทำได้อย่างอิสระต่อกัน ส่วนระบบบัส USB จะใช้วิธีการที่แตกต่างกันออกไป โดยโฮสคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการสื่อสารข้อมูลบนระบบทั้งหมด และโฮสคอนโทรลเลอร์นี้จะสนับสนุนบัสหรือเส้นทางข้อมูลเพียงหนึ่งเส้นทางเท่านั้น คอนเน็คเตอร์แต่ละตัวที่อยู่บนระบบบัสจะทำหน้าที่เป็นพอร์ต USB โดยอุปกรณ์ทุกตัวจะแบ่งการใช้เวลาบนบัสกัน ถึงแม้ว่าจะมีพอร์ตหลายพอร์ตอยู่ในระบบบัส และแต่ละพอร์ตก็มีคอนเน็คเตอร์(Connecter)และสายเคเบิลเป็นของมันเอง แต่ในระบบบัส USB จะมีเส้นทางข้อมูลที่แท้จริงเพียงเส้นเดียวเท่านั้น ซึ่งในเวลาหนึ่งๆ จะมีโฮสหรืออุปกรณ์เพียงตัวเดียวเท่านั้นที่เป็นตัวส่งข้อมูล ซึ่งโฮสหนึ่งตัวอาจจะสนับสนุนโฮสคอนโทรลเลอร์ได้หลายตัว อย่างไรก็ตามโฮสคอนโทรลเลอร์แต่ละตัวก็จะมีบัสของมันเอง

3.9.2 โมดูล Ezy USB-M02

3.9.2.1 จุดเด่นของ Ezy USB-M02

สามารถทำอัตราการส่งถ่ายข้อมูลได้ถึง 1 เมกะบอดสำหรับการเชื่อมต่อแบบ RS232 และ 3 เมกะบอดสำหรับการเชื่อมต่อแบบ RS422, RS485
ภายในโมดูลสามารถจัดการโพรโตคอล USB ได้อย่างสมบูรณ์ (ไม่ต้องมีการเฟิร์มแวร์สำหรับจัดการ USB เพิ่มเติม)

- มีบัฟเฟอร์ขนาด 384 ไบต์สำหรับด้านส่ง (Tx) และ 128 ไบต์สำหรับด้านรับ (Rx)
- มีฮาร์ดแวร์สำหรับช่วยในการทำแฮนด์เช็ก
- สนับสนุนโหมดซัวเพนด์และรีซูมโดยผ่านทางขา SLEEP# และ R#

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

. สนับสนุนการจ่ายกำลังงานให้ตัวอุปกรณ์เมื่อต้องการกำลังสูงโดยใช้แหล่งจ่ายไฟจากบัส USB ผ่านทางขา PWREN#

. มีวงจรเรกกูเลเตอร์ 3.3 V สำหรับจ่ายให้วงจรภายนอกที่ดึงกระแสไม่เกิน 5mA

. สามารถเชื่อมต่อวงจรลอจิกที่ใช้แรงดัน 5 โวลต์ และ 3.3 โวลต์ ได้อย่างสะดวก

. มีวงจรรีเซตขณะเริ่มทำการจ่ายไฟอยู่ภายใน

. สนับสนุนโหมดการส่งถ่ายข้อมูล USB แบบบัลก์และไอโซโครนัส

. ทำงานที่ย่านไฟเลี้ยงตั้งแต่ 4.4 โวลต์ ถึง 5025 โวลต์

. สนับสนุนโหมดการทำงานบิตแบงก์ (Bit-Bang) ซึ่งอนุญาตให้ใช้บัสข้อมูลเป็นพอร์ต IO ขนาด 8 บิตเพื่อใช้ในงานเท่าไปได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือวงจรลอจิกอื่นๆ เพิ่มเติม

. สนับสนุน USB 1.1 และ USB1.2

. มี EEPROM ภายนอกสำหรับเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของ USB เช่น สตริงดีสคริปเตอร์ ซีเรียลนัมเบอร์ เวนเดอร์ไอดี (PID) และ โพรดักซ์ไอดี (PID) ได้อย่างสะดวก

. สามารถโปรแกรม EEPROM ที่อยู่บนโมดูลผ่านสาย USB ได้โดยตรง

. มีจั๊มเปอร์ช่วยอำนวยความสะดวกในการตั้งค่าการทำงานให้แก่โมดูล

. เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์หรือ FPGA ได้ง่าย

3.9.2.2 การทำงานของ Ezy USB-M02

การส่งข้อมูลจากวงจรเชื่อมต่อกับโมดูล Ezy USB-M02 สามารถทำได้ในลักษณะเดียวกับการเชื่อมต่อแบบอนุกรม นั่นคือสามารถต่อขา RXD และ TXD ของโมดูลไปยังขา Tx และ Rx ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง ไม่จำเป็นต้องใช้วงจรแปลงระดับแต่อย่างใด นอกจากนี้ยังสามารถใช้ขาแฮนด์เช็กต่างๆ ของโมดูลต่อเข้ากับวงจรภายนอกได้

ขา	สัญญาณ	ชนิด	คำอธิบาย
1	NC	-	ไม่มีการต่อใช้งาน
2	NC	-	ไม่มีการต่อใช้งาน
3	NC	-	ไม่มีการต่อใช้งาน
4	NC	-	ไม่มีการต่อใช้งาน
5	NC	-	ไม่มีการต่อใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	VCC_EXT	แหล่งจ่ายไฟ	ใช้สำหรับต่อแหล่งจ่ายไฟจากภายนอกในกรณีที่ใช้งานแบบ Self Powered และเซ็ตจั๊มเปอร์ J1 ไปที่ VCCEXT
7	VCC	แหล่งจ่ายไฟ	ใช้สำหรับต่อแหล่งจ่ายไฟจากระบบบัสเพื่อจ่ายให้แก่วงจรภายนอกในกรณีที่ใช้งานแบบ Bus Powered และเซ็ตจั๊มเปอร์ J1ไปที่ VCCBUS
8	3V3_VCCIO	แหล่งจ่ายไฟ	ใช้ต่อแรงดัน +3.3v ในกรณีที่เชื่อมต่อกับวงจรภายนอกที่ใช้แรงดัน 3.3v และเซ็ตจั๊มเปอร์ J4 ไปที่ VIOEXT
9	3V3OUT	เอาท์พุท	จ่ายเอาท์พุท 3.3v ในกรณีที่เชื่อมต่อกับวงจรภายนอกที่ใช้แรงดัน 3.3v และดึงกระแสไม่มากนัก(น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5mA)
10	RESET#	อินพุท	ใช้สำหรับให้อุปกรณ์ภายนอกทำการรีเซตโมดูลในขณะเริ่มทำงาน หากไม่ต้องการใช้ให้เซ็ตจั๊มเปอร์ J2 ไปที่ RESNOR
11	RSTOUT#	เอาท์พุท	เป็นเอาท์พุทของวงจรกำเนิดสัญญาณรีเซ็ต ขานี้จะอยู่ในสภาพอิมพีแดนซ์สูงประมาณ 2 มิลลิวินาที ภายหลังจากที่ VCC มีค่ามากกว่า 3.5 โวลต์ และวงจรสัญญาณนาฬิกาภายในเริ่มทำงาน จากนั้นมันจะยกระดับเอาท์พุทของมันขึ้นไปที่ 3.3 โวลต์
12	SLEEP#		มีค่าเป็นลอจิกต่ำในระหว่างที่อยู่ในโหมดซัซเพนด์ ตามปกติจะใช้สำหรับตัดการจ่ายไฟให้แก่วงจรภายนอก
13	RXLED#	เอาท์พุท	เอาท์พุทแบบคอลเล็คเตอร์เปิดใช้สำหรับขับ LED แสดงผลการรับข้อมูลของโมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14	TXLED#	เอาท์พุท	เอาท์พุทแบบคอลเล็คเตอร์เปิดใช้สำหรับขับ LED แสดงผลการรับข้อมูลของโมดูล
15	PWRCTL	อินพุท	ใช้สำหรับกำหนดโหมดการใช้พลังงาน - ต่อกับระดับลอจิกต่ำในกรณีที่เป็นแบบ Bus Powered - ต่อกับระดับลอจิกสูงในกรณีที่เป็นแบบ Self Powered แต่ขานี้ไม่จำเป็นต้องต่อกับภายนอก เนื่องจากภายในโมดูลมีจั๊มเปอร์ J3 สำหรับกำหนดระดับแรงดันไว้แล้ว ซึ่งการเซต J3 สามารถทำได้ดังนี้ - เซต J3 ไปที่ PCSELF ในกรณีที่เป็นการใช้งานแบบ Self Powered - เซต J3 ไปที่ PCBUS ในกรณีที่เป็นการใช้งานแบบ Bus Powered
16	PWREN#	เอาท์พุท	-มีค่าเป็นลอจิกต่ำหลังจากที่ตัวอุปกรณ์ได้ทำการคอนฟิกผ่านสาย USB และจะมีค่าเป็นลอจิกสูงในขณะที่โฮสเข้าสู่โหมด Suspend -ใช้ควบคุมกำลังงานของอุปกรณ์ลอจิกภายนอกได้โดยใช้ MOSFET แบบ P-Channel
17	TXDEN	เอาท์พุท	ใช้สำหรับเปิดการส่งข้อมูล RS485
18	RI#	อินพุท	UART- ขาสัญญาณ Ring Indicator Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19	DCD#	อินพุท	UART- ขาสัญญาณ Data Carrier Detect
20	DSR#	อินพุท	UART- ขาสัญญาณ Data Set Ready Control
21	DTR#	เอาท์พุท	UART- ขาสัญญาณ Data Terminal Ready Control
22	CTS#	อินพุท	UART- ขาสัญญาณ Clear To Send Control
23	RTS#	เอาท์พุท	UART- ขาสัญญาณ Request To Send Control
24	RXD	อินพุท	UART- ขารับข้อมูล
25	TXD	เอาท์พุท	UART- ขาส่งข้อมูล
26	GND	แหล่งจ่ายไฟ	กราวด์

3.10 GPRS (General Packet Radio Services)

3.10.1 คุณสมบัติของ GPRS

GPRS ย่อมาจาก General Packet Radio Services เป็นบริการเสริมแบบใหม่ที่รองรับการรับส่งข้อมูลข่าวสาร บนเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS สามารถรองรับการให้บริการที่เพิ่มมากขึ้นกว่าระบบ CSD และ SMS เดิมได้ ซึ่งคุณสมบัติต่างๆ ที่สำคัญของ GPRS นั้นมีดังต่อไปนี้

** GPRS ไม่มีความหมายเกี่ยวข้องกับ GPS (ระบบค้นหาตำแหน่ง) แต่อย่างใด

3.10.1.1 ความเร็วในการส่งข้อมูล

GPRS สามารถให้บริการที่ความเร็วสูงสุดถึง171.2 kbpsโดยต้องอาศัยการใช้ช่วงเวลา (timeslot) ทั้งแปดช่วงของทั้งหมดที่มี นั้นหมายถึง ความเร็วสูงสุดที่สูงขึ้นถึงสามเท่าของการส่งข้อมูลผ่านสายบนเครือข่ายโทรศัพท์ปัจจุบัน และสูงขึ้นมากกว่าการเชื่อมต่อแบบ CSDในเครือข่าย GSM ถึงสิบเท่า

3.10.1.2 การสนองตอบที่รวดเร็ว

GPRS ทำให้การเชื่อมต่อมีความสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้นข้อมูลข่าวสารสามารถเข้าถึงผู้ใช้ได้อย่างทันทีทั้งการรับและ การส่งด้วยการตัดความยุ่งยากในการขั้นตอนตั้งค่าต่างๆของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเด็ม นั้นคือเหตุผลที่ผู้ใช้กล่าวกันว่า GPRS เป็นระบบที่มีการเชื่อมต่ออยู่ตลอดเวลา (always-connected) การสนองตอบได้อย่างรวดเร็วทันต่อความต้องการของผู้ใช้คืออีกหนึ่งคุณสมบัติที่เหนือกว่าการเชื่อมต่อแบบ CSD ในการใช้งานบางประเภทนั้นการ สนองตอบที่รวดเร็วเป็นคุณสมบัติที่มีความจำเป็นสูง เช่นการอนุมัติเครดิตออนไลน์ซึ่งก็คงเป็นเรื่องที่ยอมรับไม่ได้ถ้าจะปล่อยให้ลูกค้าต้องรอมากกว่าสามสิบวินาทีในการทำธุรกรรมแต่ละครั้ง

3.10.2 การใช้งาน GPRS

GPRS ยังรองรับการให้บริการในรูปแบบใหม่ที่ไม่สามารถให้บริการได้บนเครือข่าย GSM เดิมเพราะข้อจำกัดด้านความเร็วในการรับส่งข้อมูลในแบบ CSD (9.6 kbps) และข้อจำกัดของขนาดของข้อมูลที่สามารถรับส่งได้ในแบบ SMS (160 ตัวอักษร) GPRS ทำให้สามารถให้บริการในรูปแบบต่างๆที่ไม่เคยมีมาก่อนบนเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่อาทิเช่นการเข้าถึง WWW อย่างแท้จริง การรับส่งแฟ้มข้อมูลรวมไปถึงการควบคุมและตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน

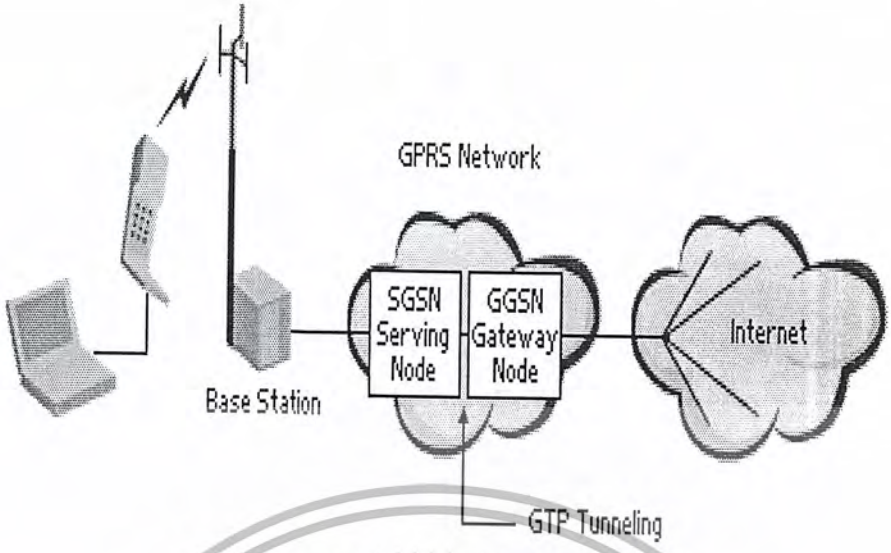
3.10.3 ปัจจัยในการใช้บริการ GPRS

การใช้งาน GPRS ผู้ใช้จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยสำคัญต่างๆ ดังต่อไปนี้

+ ต้องเป็นผู้ใช้บริการในเครือข่ายที่รองรับระบบ GPRS
+ เครื่องโทรศัพท์มือถือจะต้องรองรับระบบ GPRS ด้วย
+ จะต้องมีการตั้งค่าต่างๆ ในโทรศัพท์มือถือสำหรับการเชื่อมต่อ GPRS

GPRS คือวิวัฒนาการของการสื่อสารข้อมูลไร้สายแบบ packet switching เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของการสื่อสารข้อมูลแบบ CSD ของเครือข่าย GSM เดิมทำให้ผู้ใช้มีทางเลือกใหม่ในการสื่อสารในรูปแบบ Packet-based การขยายขีดความสามารถของเครือข่ายแบบ CSD เดิมให้เพิ่มความสามารถในการให้บริการแบบ Packet switching นั้นผู้ให้บริการจำเป็นต้องปรับปรุงเครือข่ายพอสมควรที่เดียว อย่างไรก็ตามโดยมาตรฐานของ GPRS นั้นได้ออกแบบมาให้มีรูปแบบที่สะดวกในการอัพเกรด โดยผู้ให้บริการทำแค่เพียงการอัพเกรดซอฟต์แวร์ที่ชุมสายและเพิ่ม Node ให้บริการพื้นฐานขึ้นอีกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังเห็นรายละเอียดต่อไปข้างล่าง ข้อมูลที่รับส่งผ่านเครือข่าย GPRS จะถูกตัดแบ่งเป็น Packet ย่อยๆ ก่อน ในแต่ละ Packet จะมีข้อมูลระบุถึงที่มาที่สัมพันธ์กัน เพื่อใช้ในการประกอบ กลับขึ้นมาเป็นข้อมูลเดิมอีกครั้ง เปรียบได้กับเกม Jigsaw ที่รูปภาพถูกตัดออกเป็นชิ้นเล็กๆ จากโรงงานแล้วบรรจุใส่ถุงขายให้ลูกค้า โดยในระหว่างทางขนส่งให้กับลูกค้านั้น ภาพชิ้นเล็กแต่ละชิ้นก็จะถูกคลุกคละกันไป เมื่อเรานำมันมาต่อเข้าด้วยกันก็ใช้วิธีดูจากความสัมพันธ์ของแต่ละชิ้น ซึ่งอาจจะมีวิธีการที่แตกต่างกันไป ใน internet เองก็เป็นอีกหนึ่งตัวอย่างของเครือข่ายข้อมูลแบบ packet ซึ่งถือเป็นรูปแบบที่นิยมสูงสุดในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3.10.4 Node ต่างๆ ใน GPRS

เพื่อรองรับการให้บริการ GPRS บนเครือข่าย GSM ผู้ให้บริการจำเป็นต้องเพิ่มโมดูลหลักใหม่อีกสองแบบคือ

1) GGSN (Gateway GPRS Service Node) ทำหน้าที่เป็น gateway เชื่อมต่อระหว่างเครือข่าย GPRS กับเครือข่ายข้อมูลทั่วไปเช่น IP และ X.25 ซึ่งรวมถึงการเชื่อมต่อกับเครือข่าย GPRS อื่นๆ เพื่อการ roaming ด้วย

2) SGSN (Serving GPRS Service Node) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเชื่อมต่อเส้นทาง (routing) ระหว่าง SGSNในแต่ละพื้นที่สำหรับผู้ใช้ทุกคนในพื้นที่ให้บริการ

3.10.5 การใช้ช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพสูง

การสื่อสารแบบ Packet switching นั้นทำให้การใช้งานทรัพยากรคลื่นวิทยุในเครือข่ายของ GPRS นั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยจะมีการใช้ช่องสัญญาณ ก็ต่อเมื่อมีความต้องการรับส่งข้อมูลจากผู้ใช้เท่านั้นซึ่งจะแตกต่างกับแบบ CSD เดิมที่จะต้องจองช่องสัญญาณตลอดเวลาที่มีการเชื่อมต่อ ทำให้ในเครือข่าย GPRSนั้นในขณะที่ไม่มีการรับส่งข้อมูลจากผู้ใช้คนอื่นแล้ว ผู้ใช้ก็สามารถเข้ามาร่วมใช้ช่วงสัญญาณที่ว่างอยู่นี้ได้ตลอดเวลาการใช้งานช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพสูงนี้ทำให้ผู้ใช้งานจำนวนมากของ GPRS สามารถใช้ขีดความสามารถของ Bandwidth ที่มีได้สูงสุดร่วมกันและยังใช้ได้จาก Cell Site เดียวกันอีกด้วย ในความเป็นจริงแล้วจำนวนผู้ใช้จริงที่สามารถรับได้บนเครือข่าย GPRS นั้นขึ้นอยู่กับว่าการใช้งานต่างๆ มีการรับส่งข้อมูลมากน้อยเพียงใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.6 การใช้ GPRS กับ Internet

GPRS ทำให้ Mobile Internet สามารถใช้งานได้อย่างเต็มความสามารถ บริการที่สามารถใช้งานได้บนเครือข่ายโทรศัพท์แบบมีสายในปัจจุบันอาทิเช่น FTP WWW chat email สามารถใช้งานบนเครือข่าย GPRS ได้ แล้วผู้ให้บริการเครือข่าย GPRS กำลังพิจารณาในถึงหนทางที่จะก้าวไปเป็นผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตแบบ ไร้สาย

3.10.7 รองรับเครือข่าย TDMA และ GSM

GPRS ไม่เพียงแต่จะเพิ่มความสามารถของเครือข่าย GSM เท่านั้น แต่ยังสามารถนำไปใช้กับเครือข่ายมาตรฐาน IS-136 TDMA ซึ่งเป็นเครือข่ายที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในทวีปอเมริกา และเป็นไปตามข้อกำหนดเพื่อการ วิวัฒนาการสู่เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่สามหรือ 3G กำหนดโดยกลุ่มอุตสาหกรรมที่ประกอบด้วยผู้ประกอบการเครือข่ายทั้งสองประเภทตั้งแต่ปี1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบวงจร

4.1 การเชื่อมต่อ GPS

เป็นการเชื่อมต่อแบบพอร์ตอนุกรมที่มีการใช้การติดต่อแบบ Full Duplex โดยผ่าน RS232 โดยมีอัตราบอร์ดเรด 4800, 8, n, โดยมีขนาดพอร์ต 20 ขาไว้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกโดยมีหน้าที่แต่ละขาตามตารางต่อไปนี้

Pin Number	*Name*	*Type*	*Description*
1	ANT_PWR	PWR	Antenna DC Voltage(note1)
2	VCC_5V	PWR	+5 DC Power Input(note2)
3	BAT	PWR	Backup Battery(note3)
4	VCC_3V	PWR	+3.3V DC Power Input(note4)
5	PBRES	I	Push Button Reset Input. Active Low
6	GPIO3	I/O	SW dependent functions (note5)
7	GPIO7	I/O	SW dependent functions (note5)
8	GPIO6	I/O	SW dependent functions (note5)
9	GPIO5	I/O	SW dependent functions (note5)
10	GND	PWR	Ground
11	TXA	O	Serial Data Output A
12	RXA	I	Serial Data Input A
13	GND	PWR	Ground
14	TXB	O	Serial Data Output B
15	RXB	I	Serial Data Input B
16	GND	PWR	Ground
17	BOOTSEL	I	Booting Mode Select
18	GND	PWR	Ground
19	TIMEMARK/GPIO9	I/O	1PPS Time Mark Output (note5)
20	ALT/GPIO15	I/O	Alternative output (note6)

4.1.1 ขาที่สำคัญที่นำมาใช้งาน

ANT_PWR (ขา 1) เป็นขาแหล่งจ่ายไฟ DCให้กับตัวATTENNA อินพุต 2.5-12 V

VCC _5V (ขา 2) แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจรมีขนาดแรงดัน 5

BAT (ขา 3) แบตเตอรี่ BACK UP มีขนาดแรงดัน 1.8V

TX (ขา1) ขาสัญญาณข้อมูลเอาต์พุตของ GPS 9540

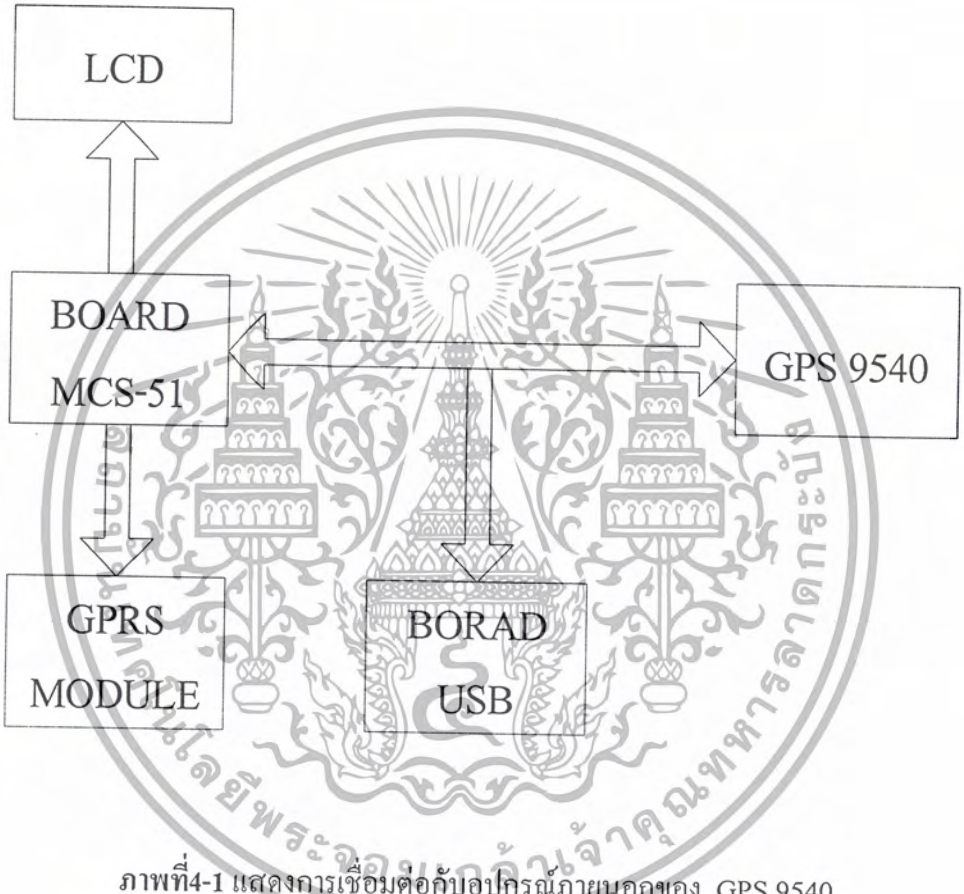
RX (ขา 12) ขาสัญญาณที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก

GND (ขา 10, 13, 16, 18) ซึ่งทุกขาจะต่อถึงกันหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การเชื่อมต่อทางด้านฮาร์ดแวร์

การเชื่อมต่อทางด้านฮาร์ดแวร์ในส่วนของโปรเจกต์จะเชื่อสต่อกับGPS เพียง 4ขา คือ 1. ขา VCC (ขา 2) , 2. ขา TX (ขา 11), 3. RX (ขา12), 4.GND (ขา 10, 13, 16, 18) โดยอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์ ได้แก่ Board usb, Board Microcontroller และ โดยจะมีรูปแบบการเชื่อมต่อดังนี้

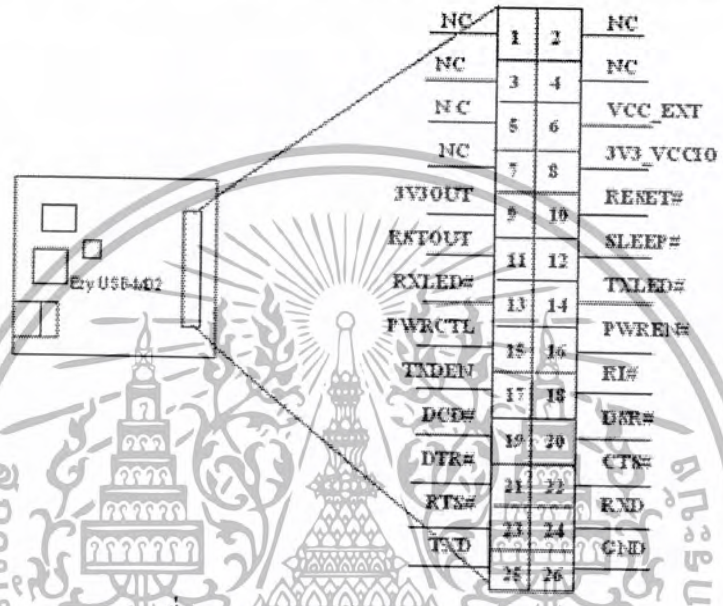


ภาพที่4-1 แสดงการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกของ GPS 9540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 BOARD USB

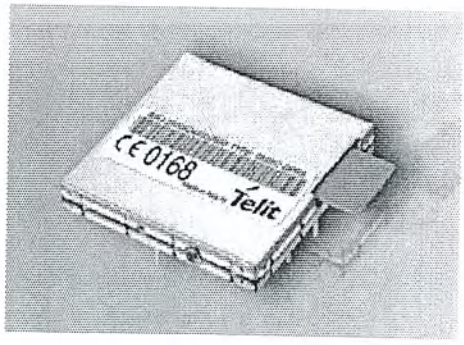
เป็นการแปลงสัญญาณจากสาย Serial Port RS 232 ที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เป็นการเชื่อมต่อผ่าน Port USB ซึ่งความสะดวกกว่าแบบพอร์ตอนุกรมแบบเก่าและรองรับกับเทคโนโลยีในอนาคตซึ่งGPSสามารถเสียบใช้กับMODULE USB โดยไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายภายนอกโดยการเชื่อมต่อจะใช้ขา VCC,RX , TX,GND ของ GPS ต่อเข้ากับMODULE USB ซึ่งMODOLE USB ที่เรานำมาใช้นี้เป็นของ บริษัท แอสทรอน ลอจิก รีเสิร์ชแอนด์ดิวิลอปเมนต์ จำกัด รุ่นEzy USB-M02



ภาพที่ 4-2 แสดงพอร์ต USB และตำแหน่งขา

4.2.2 GPRS Module

โครงงานนี้เราได้นำ GPRS Module มาทำการส่งข้อมูลจาก GPS ผ่านระบบเครือข่ายโดยนำเอามือถือเป็นตัวรับ Message โดยมือถือจะเชื่อมต่อกับ Computer ซึ่งทำการเขียนโปรแกรมเพื่อ โหลด Message บนมือถือนำไปประมวลผลแสดงตำแหน่งบน Map โดย GPRS จะมี Microcontroller เป็นตัวควบคุมในการส่ง Message ซึ่งการเชื่อมต่อ Hardware ส่วนต่างๆ ของ GPRS และการเชื่อมต่อที่นำไปใช้งาน



ภาพที่ 4-3 GPRS Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงขาของ GPRS Module

J1 30-pin Header

Pin#	Name	Pin Type	Pin#	Name	Pin Type
1	EAR_HF+	Analog Output	16	STAT_LED	Output
2	EAR_MT-	Analog Output	17	GND	Power
3	EAR_HF-	Analog Output	18	C103/TXD	Input
4	EAR_MT+	Analog Output	19	C106/CTS	Output
5	GND	Power	20	C125/RING	Output
6	MIC_HF-	Analog Input	21	C107/DSR	Output
7	MIC_MT+	Analog Input	22	C109/DCD	Output
8	MIC_HF+	Analog Input	23	C104/RXD	Output
9	MIC_MT-	Analog Input	24	C108/DTR	Input
10	ON/OFF	Input	25	C105/RTS	Input
11	PWRCTL	Output	26	GND	Power
12	RESET	Input / Output	27	GND	Power
13	GPIO2	Output	28	VBATT	Power
14	AXE	Input	29	GND	Power
15	GPIO1	Input	30	VBATT	Power

J3 8-pin Header GPIO's

Pin#	Name	Pin Type	Pin#	Name	Pin Type
1	GPIO1	Input	5	GPIO5	Input / Output
2	GPIO2	Output	6	GPIO6 / ALARM	Input / Output
3	GPIO3	Input / Output	7	GPIO7 / BUZZER	Input / Output
4	GPIO4	Input / Output	8	GND	Power

J4 10-pin RS232 Interface Connector

Pin#	Name	Pin#	Name
1	DCD	6	CTS
2	DSR	7	DTR
3	TXD	8	Ring
4	RTS	9	GROUND
5	RXD	10	NC

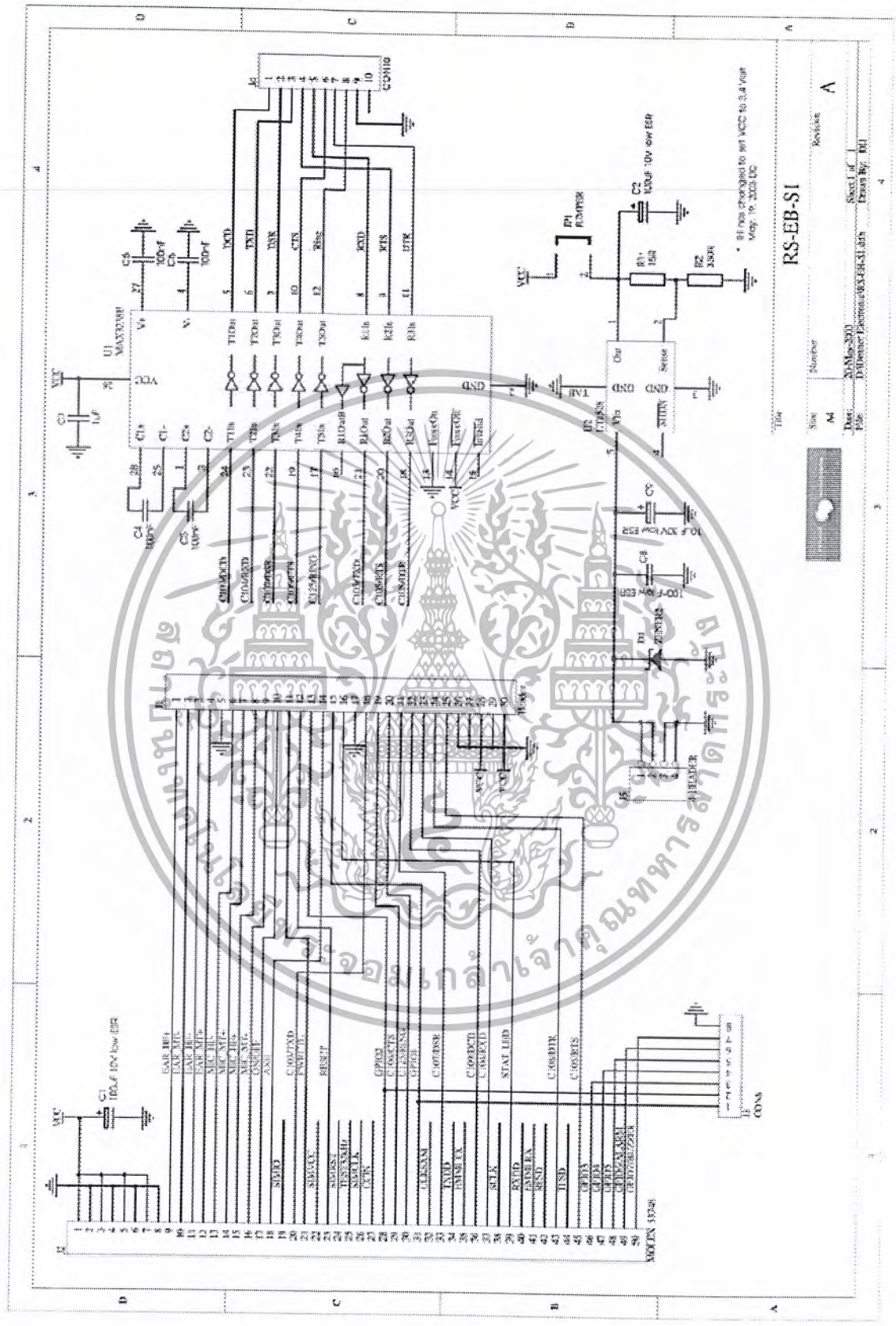
JP1 Power Select Jumper

Pin#	Name	Pin#	Name
1	VBATT	2	Power Regulator Out

ภาพที่ 4-4 ตารางแสดงขาของ GPRS Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงวงจรบนบอร์ด RS-EB-S1



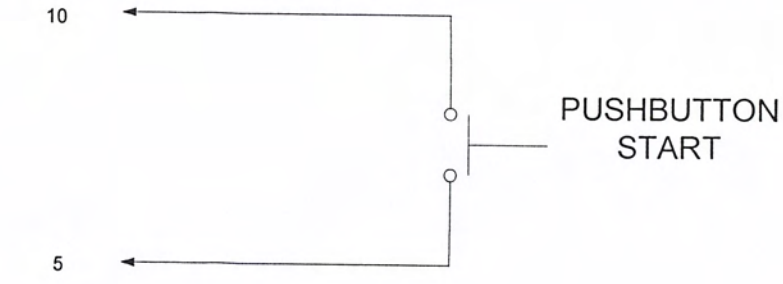
ภาพที่ 4-5 วงจรบนบอร์ด RS-EB-S1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายเชื่อมต่อระหว่าง BOARD RS-EB-S1 กับ COMPUTER

ภาพที่ 4-6 แสดงสายเชื่อมต่อระหว่าง BOARD RS-EB-S1 กับ COMPUTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



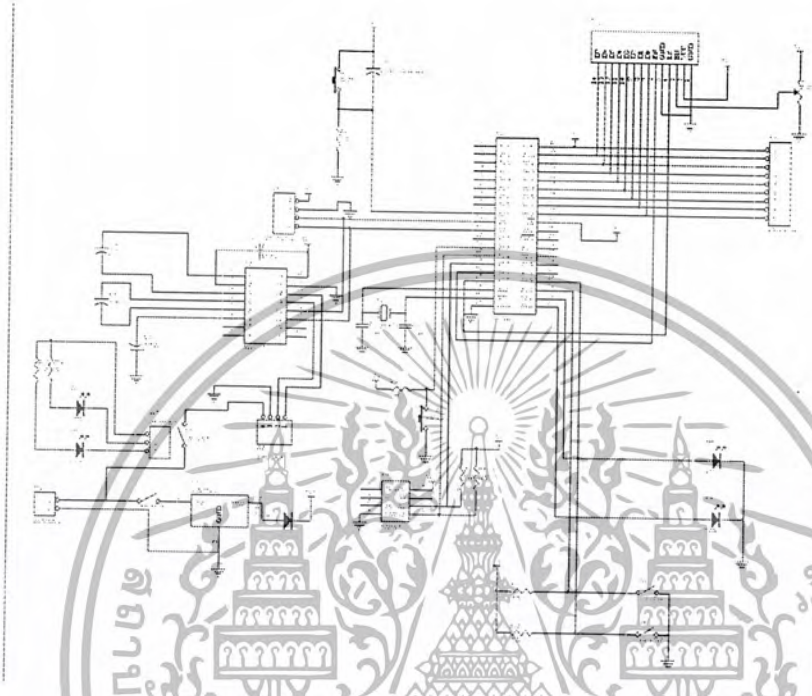
ภาพที่ 4-7 วงจรแสดงตำแหน่งขาที่ใช้งาน ของ JP1

ภาพที่ 4-8 วงจรแสดงตำแหน่งขาที่ใช้งาน ของ JP5

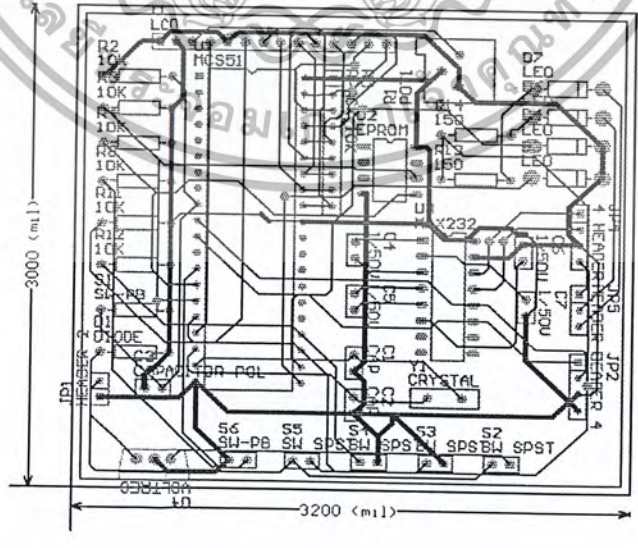
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 BOARD MICROTROLLER

เป็นBOARD MICROTROLLER รวมโดยจะนำค่าข้อมูลที่รับจาก GPS มาประมวลผลและตัดค่าละติจูดและลองจิจูดมาแสดงผลบนจอ LCD เก็บข้อมูลลง memory และการส่ง SMS



ภาพที่ 4-9 แสดงการต่อวงจร MICROCONTROLLER

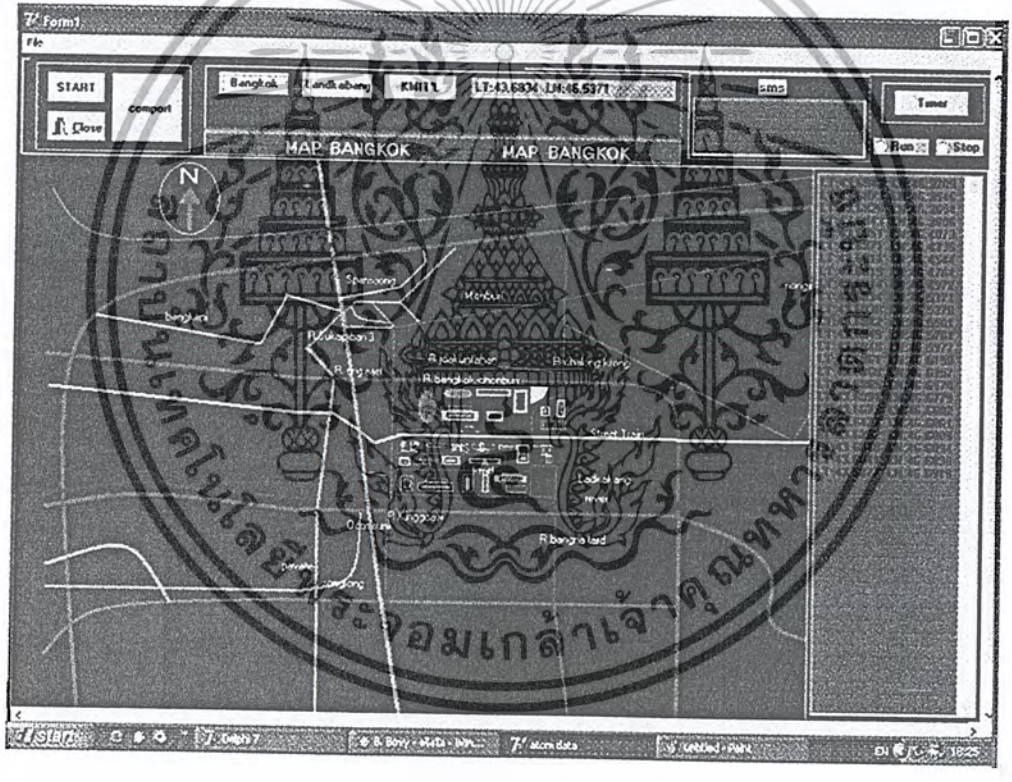


ภาพที่ 4-10 แสดงลายวงจร Board Microcontroller (ปริ้น 2 หน้า)

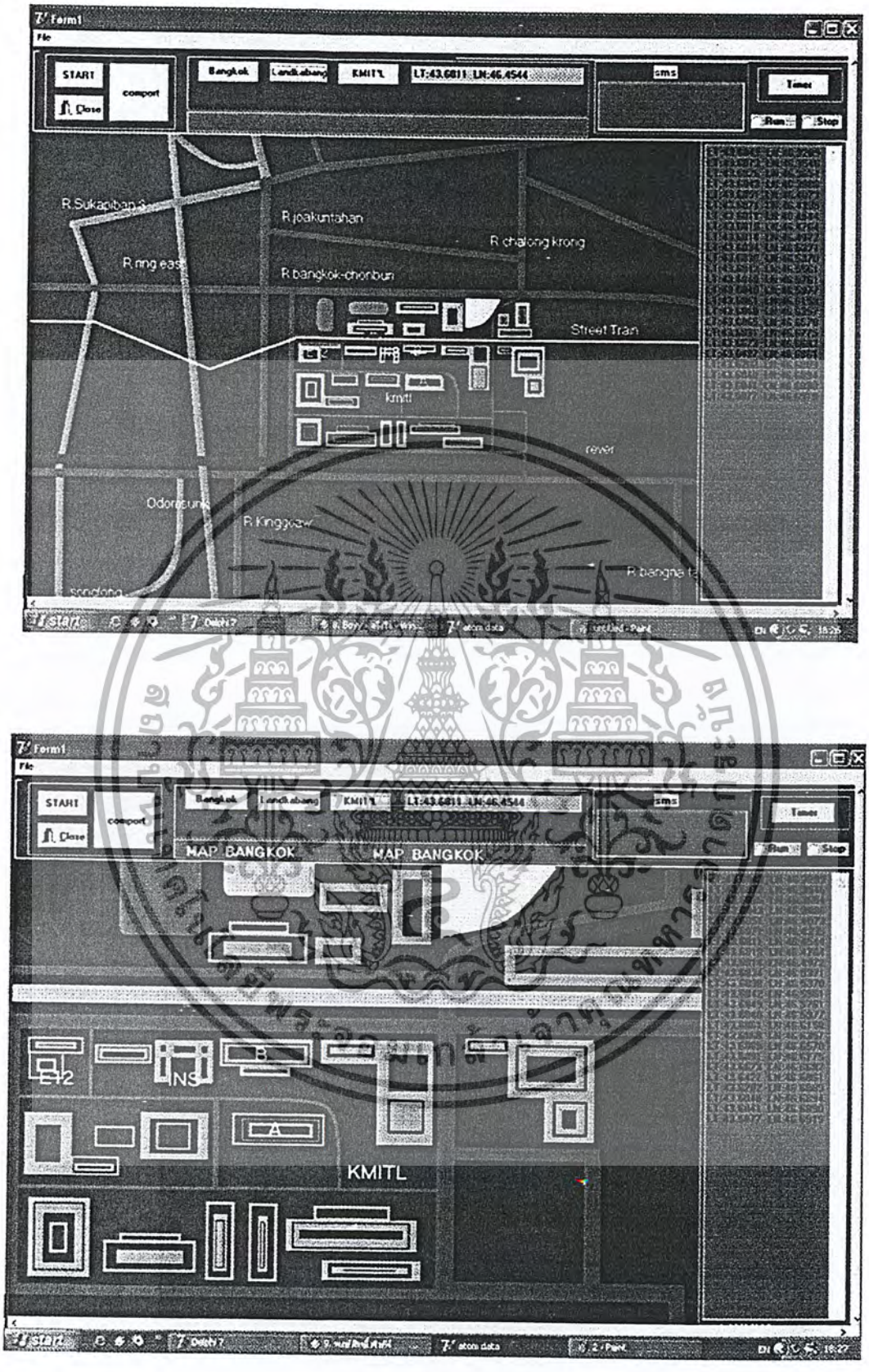
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 แผนที่

การออกแบบ Design แผนที่นั้นเราใช้โปรแกรม Delphi ในการวาดรูปแผนที่เพราะเป็นโปรแกรมที่มีการ Interface ในการใช้งานพอสมควรและยังมีการประยุกต์ใช้งานมากพอสมควร การทำแผนที่นั้นต้องนำเอาแผนที่ ที่เป็นสัดส่วนขนาดจริงมาทำการย่ออัตราส่วนให้ได้สัดส่วน ส่วนการวาดแผนที่แผนที่นั้นเราต้องกำหนดจุดหน้าจอคอมพิวเตอร์ให้มีขนาดเส้นความหนาและความถี่ตามที่ต้องการเพื่อทำการเก็บข้อมูลภายในโปรแกรม จากนั้นจะทำการใส่โปรแกรมการ ZOOM IN และ ZOOM OUT ของแผนที่ และทำการวาด แผนที่ให้ตามที่ออกแบบไว้เมื่อทำการวาดแผนที่ได้เชื่อมต่อกับข้อมูลที่ ละติจูด ลองจิจูด ที่รับเข้ามาทำการเทียบสัดส่วนระหว่างแผนที่หน้าจอค่าจริงที่รับเข้ามาเพื่อหาสัดส่วนให้ตรงกับแผนที่ให้มีความถูกต้องใกล้เคียงที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4-11 แสดงแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลอง

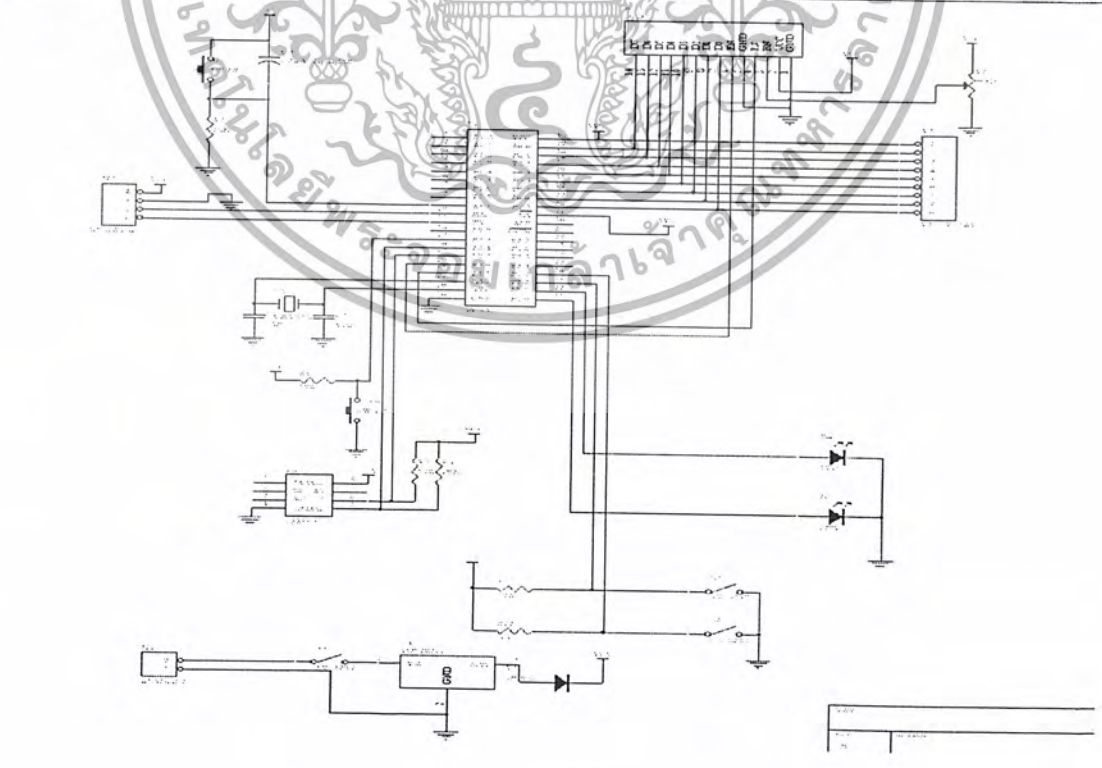
5.1 กล่าวนำ

การทดลองโครงงานนี้เราจะทำการแบ่งการทดลองออกเป็น2ส่วนโดย ส่วนแรกเราจะทำการทดลองเก็บข้อมูลลง Memory Rom แล้วจึงนำค่าที่safeไว้มาโหลดลงcomputerเพื่อแสดงตำแหน่งบนmapโดยทำการทดสอบตำแหน่งหลายๆครั้งเพื่อหาค่าข้อมูลที่ได้มีค่าแตกต่างกันมากเท่าไรและหาข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นเพื่อที่จะได้นำไปแก้ไขปรับปรุงให้มีค่าถูกต้องแม่นยำมากที่สุด

ส่วนที่2จะทำการทดลองการส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายโดยจะส่งข้อมูลเป็น Data ผ่านระบบมือถือโดยมี GPRS module เป็นตัวส่ง Data และใช้มือถือเป็นตัวรับ Data ซึ่งเชื่อมต่อกับ computer เพื่อดึงข้อมูลแสดงตำแหน่งบน map ซึ่งจะทำการทดลองซ้ำๆกันหลายๆครั้งเพื่อหาค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นและจะได้ไปทำการปรับปรุงต่อไป

5.2 การทดลองเก็บข้อมูลลง Memory Rom

วงจรการทดลอง



ภาพที่ 5-1 แสดงวงจรการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการต่อวงจรตามรูปให้เรียบร้อย

2. ทำการโปรแกรม Mcs51 ที่เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลลง Memory Rom

3. นำวงจรที่เสร็จสมบูรณ์แล้วไปทำการทดลองโดยกำหนดจุดการทดลองเป็นจุดเดียวกัน ทำการทดสอบหลายๆครั้งโดยทำการทดสอบเป็นชุดๆ

4. นำค่าที่ได้มาLoad ลง computer แล้วนำค่ามาแสดงตำแหน่งบน map บันทึกข้อมูลลงตารางดูค่าแตกต่างกันของแต่ละชุด

หลักการทำงานของวงจร

เมื่อทำการเปิดเครื่อง GPS จะค้นหาตำแหน่งและทำการส่งข้อมูลออกเป็นชุดๆโดยส่งเข้าขา RX ของ mcs51หลังจากนั้น mcs51 จะทำการตัดค่าละติจูดและลองจิจูดแสดงบนหน้าจอ LCD พร้อมกับค่าที่ทำการ memory ลงไปใน memory Rom Led ดวงที่ 1จะติดซึ่งแสดงว่าโปรแกรมได้ทำการเก็บข้อมูลลงไปใน memory Rom แล้วพร้อมกับแสดงจำนวนที่ทำการเก็บบนจอ LCD เมื่อทำการเก็บข้อมูลได้ตามต้องการแล้ว นำค่าที่เก็บมาโหลดลงคอมพิวเตอร์แล้วนำมาแสดงบน map

ตารางที่ 4-1 แสดงการเก็บข้อมูล

จุดที่	การทดลองครั้งที่							
	1		2		3		ค่าเฉลี่ย	
	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด
1	43.5793	46.4845	43.5792	46.4838	43.5789	46.4838	43.5791	46.4840
2	43.5741	46.4653	43.5741	46.4653	43.5724	46.4668	43.5735	46.4658
3	43.5742	46.4220	43.5735	46.4224	43.5729	46.4219	43.5735	46.4221
4	43.5723	46.3989	43.5726	46.3986	43.5724	46.3982	43.5724	46.3988
5	43.5718	46.3741	43.5721	46.3740	43.5722	46.3741	43.5720	46.3740
6	43.5765	46.3535	43.5742	46.3505	43.5741	46.3486	43.5949	46.3508
7	43.5706	46.3317	43.5704	46.3292	43.5700	46.3286	43.5703	46.3298
8	43.5693	46.3108	43.5710	46.3113	43.5710	46.3103	43.5704	46.3108
9	43.5817	46.3134	43.5825	46.3129	43.5830	46.3130	43.5827	46.3131
10	43.5922	46.3143	43.5923	46.3165	43.5910	46.3151	43.5918	46.3153

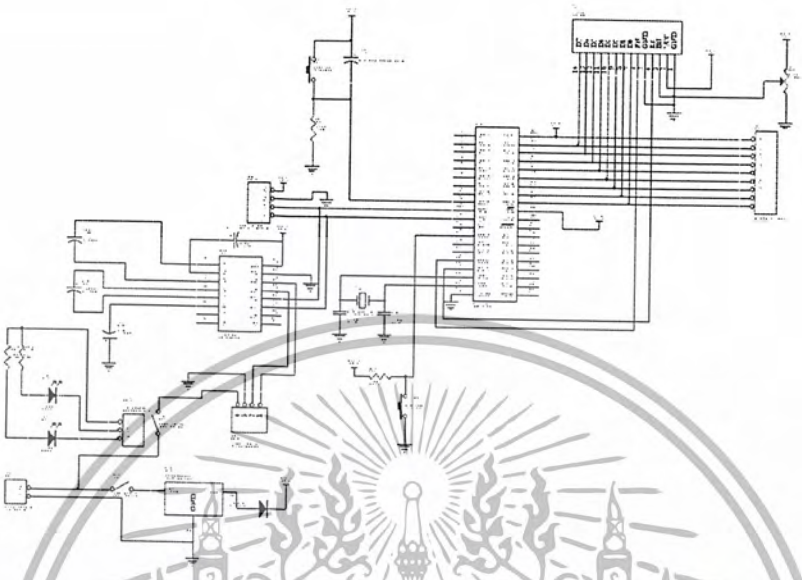
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11	43.6005	46.3123	43.6008	46.3115	43.6013	46.3160	43.6068	46.3132
12	43.6122	46.3102	43.6157	46.3101	43.6174	46.3099	43.6151	46.3100
13	43.6226	46.3129	43.6227	46.3127	43.6229	46.3126	43.6227	46.3127
14	43.6249	46.3201	43.6238	46.3228	43.6238	46.3230	43.6241	46.3219
15	43.6259	46.3337	43.6246	46.3340	43.6240	46.3335	43.6248	46.3354
16	43.6273	46.3412	43.6256	46.3416	43.6251	46.3316	43.6248	46.3381
17	43.6204	46.3490	43.6205	46.3401	43.6188	46.3492	43.6190	46.3492
18	43.6198	46.3571	43.6209	46.3562	43.6238	46.3554	43.6215	46.3562
19	43.6245	46.3652	43.6249	46.3665	43.6247	46.3668	43.6247	46.3661
20	43.6293	46.3665	43.6255	46.3929	43.6254	46.3932	43.6267	46.3842
21	43.6239	46.4004	43.6248	46.4042	43.6283	46.4040	43.6234	46.4028
22	43.6286	46.4155	43.6283	46.4169	43.6281	46.4168	43.6283	46.4164
23	43.6272	46.4338	43.6280	46.4334	43.6279	46.4331	43.6277	46.4334
24	43.6289	46.4393	43.6289	46.4410	43.6292	46.4421	43.6289	46.4408
25	43.6295	46.4511	43.6301	46.4505	43.6298	46.4509	43.6298	46.4508
26	43.6301	46.4576	43.6303	46.4582	43.6308	46.4594	43.6304	46.4884
27	43.6295	46.4677	43.6307	46.4676	43.6307	46.4682	43.6303	46.4678

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การทดสอบการส่งข้อมูลผ่านระบบ SMS

วงจรการทดลอง



ภาพที่5-2 แสดงภาคส่ง SMS

ภาพที่ 5-3 แสดงภาครับ SMS

ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการต่อวงจรตามรูปให้เรียบร้อย
2. ทำการโปรแกรม Mcs51 ใช้สำหรับส่ง SMS
3. นำวงจรที่เสร็จสมบูรณ์ไปทำการทดสอบ โดยการส่งทีละจุดทดสอบเป็นชุดๆ ทำการทดสอบตามตารางบันทึกผล
4. ดึงค่าข้อมูลจากภาครับในมือถือ แล้วแสดงตำแหน่งบนแผนที่ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน

เมื่อทำการเปิดเครื่อง GPS บอกตำแหน่งโดยแสดงค่าบนจอ LCD เมื่อถึงจุดตำแหน่งที่จะทำการทดสอบ ทำการกดปุ่ม SW. จน LED ติดแล้วจึงปล่อย ข้อมูลจะส่งผ่านระบบมายังเครื่องรับ แล้วภาครับจะทำการโหลดข้อมูลจากมือถือมาแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์บอกตำแหน่งบน MAP

ตารางที่4-2 แสดงการเก็บข้อมูล

จุดที่	การทดลองครั้งที่							
	1		2		3		ค่าเฉลี่ย	
	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด
1	43.6799	46.3057	43.6711	46.3073	43.6720	46.3092	43.6743	46.3074
2	43.6775	46.3294	43.6726	46.3273	43.6763	46.3299	43.6754	46.3288
3	43.6855	46.3664	43.6890	46.3739	43.6874	46.3834	43.6873	46.3746
4	43.6710	46.3653	43.6724	46.3655	43.6745	46.3653	43.6726	46.3654
5	43.992	46.3833	43.7023	46.3888	43.7113	46.33938	43.7043	46.3886
6	43.6764	46.4093	43.6761	46.4077	43.6769	46.4050	43.6751	46.4073
7	43.6669	46.4343	43.6670	46.4339	43.6675	46.4324	43.6071	46.4335
8	43.6811	46.4536	43.6812	46.4547	43.6810	46.4549	43.6811	46.4544
9	43.6823	46.761	43.6820	46.4704	43.6815	46.4768	43.6819	46.4764
10	43.6821	46.4958	43.6816	46.4976	43.6807	46.4981	43.6814	46.4972
11	43.6825	46.5147	43.6834	46.5147	43.6842	46.5818	43.6834	46.5371
12	43.6840	46.5369	43.6837	46.5368	43.5837	46.5373	43.6838	46.5370
13	43.6842	46.5553	43.6843	46.5563	43.6841	46.5567	43.6842	46.5561
14	43.6857	46.5745	43.6854	46.5761	43.6837	46.5779	43.6849	46.5761
15	43.6862	46.5973	43.6833	46.5977	43.6827	46.5983	43.6840	46.5977
16	43.6866	46.6150	43.6860	46.6158	43.6858	46.6176	43.6861	46.6158
17	43.6868	46.6360	43.6867	46.6357	43.6871	46.6354	43.6868	46.6357
18	43.6866	46.6562	43.6864	46.6572	43.6856	46.6577	43.6865	46.6570

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19	43.6886	46.6776	43.6890	46.6778	43.6899	46.6674	43.6891	46.6775
20	43.6673	46.6884	43.6672	46.6886	43.6075	46.6876	43.6673	46.6682
21	43.6428	46.6856	43.6428	46.6855	43.6426	46.6874	43.6427	46.6861
22	43.6196	46.6893	43.6204	46.6888	43.6208	46.6887	43.6202	46.6889
23	43.6092	46.6914	43.6019	46.6891	43.6009	46.6878	43.6040	46.6894
24	43.5881	46.6913	43.5876	46.6921	43.5873	46.6923	43.5876	46.6919

สรุปผลการทดลอง

ค่าที่ออกมาจะมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งจะมีค่าต่างกันบ้างเล็กน้อยแต่ไม่สามารถจะระบุได้ว่าค่าที่ได้ค่าใดเป็นค่าที่ถูกต้องที่สุดเพราะฉะนั้นค่าที่เกิดความผิดพลาดนั้นเราสามารถจะลดค่าความผิดพลาดได้โดยทำการทดสอบข้อมูลหลายๆครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อหาค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่มีความถูกต้องมากที่สุดซึ่งค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อม ณ เวลานั้นซึ่งอาจเกิดจากตึกสูงรับสัญญาณไม่ได้หรืออาจเกิดจากเกิดค่าผิดพลาดจากตัว GPS เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ปริญญานิพนธ์นี้ เป็นการทำงานของระบบ GPS กับอุปกรณ์ควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการทำงานร่วมกับส่วนแสดงค่า (แผนที่) ในการทำงานนั้นแบ่งออกเป็นสองแบบ คือการเก็บข้อมูลแบบ OFF LINE และการส่งข้อมูลแบบ ON LINE ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ และสามารถนำไปใช้งานได้จริง ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งานและความเหมาะสมของผู้ใช้ ซึ่งผู้จัดทำคิดว่าในอนาคตจะมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และคงจะมีการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน

แต่อย่างไรก็ดีระบบนี้ก็ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับแผนที่เนื่องจากแผนที่ ที่สร้างขึ้นมีขอบเขตไม่มากนักเป็นเพียงการจำลองการทำงานในพื้นที่เล็กๆเท่านั้น ไม่สามารถแสดงค่าเส้นทางที่นอกเหนือจากขอบเขตของแผนที่ได้ ซึ่งผู้สนใจที่จะพัฒนาเพิ่มขึ้นสามารถทำได้โดยการสำรวจแผนที่ให้ครอบคลุมและมีความละเอียดมากขึ้นได้

ในระบบการเก็บข้อมูลแบบ OFF LINE นั้นการเก็บข้อมูลยังเก็บได้น้อยเพราะ MEMORY ที่ใช้มีความจุน้อยเนื่องจากการทดลองนี้เป็นเพียงการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆเท่านั้น ซึ่งผู้สนใจสามารถพัฒนาโดยการเพิ่มความจุของ MEMORY

ในระบบการส่งข้อมูลแบบ ON LINE ซึ่งเป็นการส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย ในการทดลองนี้เป็นการส่งข้อมูลแบบ TEXT DATA (SMS) ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก ซึ่งสามารถพัฒนาเป็นการส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแบบ GPRS ที่ประหยัดค่าใช้จ่ายในการส่งข้อมูลได้และยังสะดวกในการรับค่าและแสดงค่าบนแผนที่ได้ดีกว่า

และส่วนตัวระบบ GPS ที่ใช้ยังมีความผิดเพี้ยนเกิดขึ้น เนื่องจากเป็นความผิดพลาดของตัว GPS เช่น การเฉของดาวเทียม ความร้อนของเครื่องรับ การจับกลุ่มของดาวเทียม และจากธรรมชาติ เช่นจากชั้นบรรยากาศ อุณหภูมิ และความชื้น เป็นผลทำให้ระบบนี้ไม่สามารถรับสัญญาณในตัวอาคารได้ หรือรับสัญญาณได้อ่อนทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของสัญญาณ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้โดยการเลือกใช้ตัว GPS ที่มีคุณสมบัติที่ดีสามารถทำงานตามที่กล่าวมาได้ดี

แนวทางการพัฒนาในอนาคต

ทำการสำรวจและสร้างแผนที่ให้ครอบคลุมและความละเอียดมากขึ้น หรือสามารถแสดงค่าเป็นสามมิติได้ซึ่งจะทำให้การทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นสามารถแสดงค่าความสูงต่ำได้ เช่น อาจสร้างแผนที่ทั่วทั้งกรุงเทพฯ หรือทั้งประเทศ เพื่อให้ระบบมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบการเก็บข้อมูลนั้นสามารถเปลี่ยนขนาด MEMORY ให้มีความจุมากขึ้นเพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้เป็นวันหรือหลายๆวัน

และในระบบการส่งข้อมูลแบบ ON LINE ควรเปลี่ยนรูปแบบการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายแบบ TEXT DATA (SMS) เป็นการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายแบบ GPRS ซึ่งระบบนี้มีความยืดหยุ่นในการใช้งานมากกว่าและประหยัดค่าใช้จ่ายในการส่งข้อมูล

และในระบบ GPS ต้องมีคุณสมบัติที่สามารถใช้งานได้ทั้งภายในและนอกตัวอาคาร และในจุดที่มีสัญญาณต่ำ เพื่อให้สามารถแสดงค่าได้อย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพที่ดี

ในอนาคตอาจจะมีการนำเครื่อง POCKET_PC ที่ มาใช้งานแทนคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีขนาดเล็ก สะดวกและคล่องตัวมากขึ้น ทำให้สามารถนำไปใช้งานติดภายในรถยนต์เพื่อประยุกต์ใช้งานในลักษณะต่างๆ เช่น เป็นอุปกรณ์นำทางภายในรถยนต์ บอกเส้นทางต่างๆ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาการจราจรได้อีกทางหนึ่ง หรืออาจเป็นอุปกรณ์บอกตำแหน่งและทิศทางในการเดินทางในป่า หรือใช้ในทางทหารได้

สรุป

จากการได้ศึกษาและทำโครงงานนี้ทำให้พัฒนาความรู้ทั้งทางด้าน Hardware และ software ที่เกี่ยวข้องกับ ปริญญานิพนธ์นี้อาทิเช่น

ระบบดาวเทียมบนโลกตำแหน่งของดาวเทียมที่ใช้ใน GPS ซึ่งสามารถนำเอามาประยุกต์ใช้กับงานได้อย่างลงตัวและยังเอาระบบอื่น ๆ เข้ามาเชื่อมต่อและนำเอามาประยุกต์ใช้งานได้อย่างลงตัวและอย่างเช่นการติดต่อสื่อสารไร้สายที่นำมาใช้เชื่อมต่อบอกตำแหน่งของ GPS และการใช้ Software ต่างๆ ในการออกแบบวงจรเช่น Delphi ให้สำหรับออกแบบ Design Map ในการออกบอกตำแหน่ง GPS และยัง ใช้ Microcontroller ควบคุมระบบการติดต่อทั้งแบบเก็บค่าและการส่งข้อมูลไร้สายทำให้มีทักษะในการใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องช่วยเพิ่มประสบการณ์ในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- Kaplan,Elliot D. ed.1996,Understanding GPS :Principles and Applications.Boston: Artech House Publisher

- GPS Overview , http://www.utexus.edu/depts/grg/gcraft/notes/gps/gps.html , March 2005

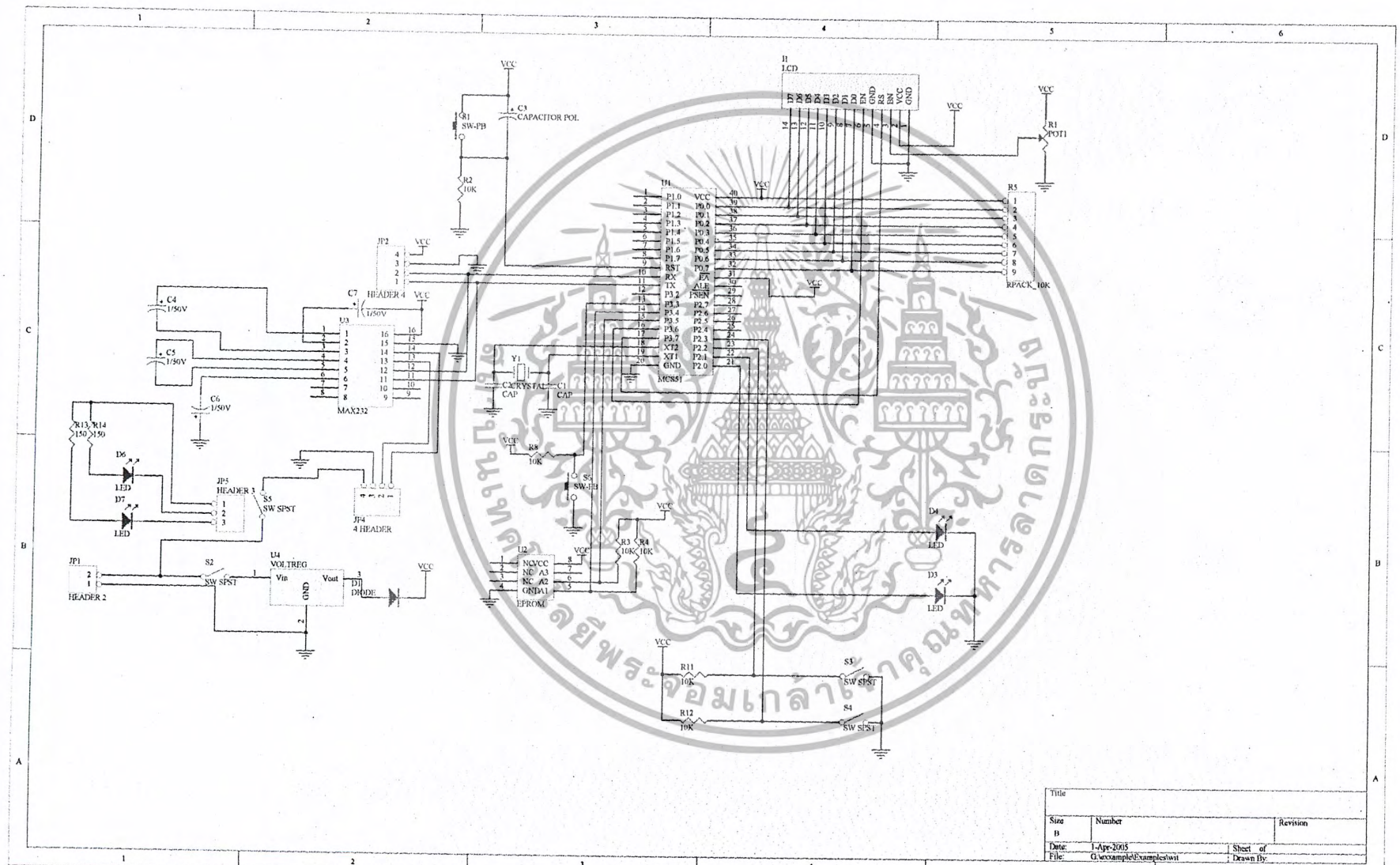
-GPS Standard & Signal Specification , http://www.navcen.uscg.mil/GPS//reports.html , March 2005

- GEC Pressy Semiconductor , http://www.qpsemi.com/products/cat_search.cgi , March 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


VCC
C3
CAPACITOR POL
S1
SW-PB
R2
10K
U1
LCD
R1
POT1
U5
RPACK_10K
U1
MCS51
P1.0
P1.1
P1.2
P1.3
P1.4
P1.5
P1.6
P1.7
RST
RX
TX
P3.2
P3.3
P3.4
P3.5
P3.6
P3.7
XT2
XT1
GND
VCC
P0.0
P0.1
P0.2
P0.3
P0.4
P0.5
P0.6
P0.7
EA
ALE
PSEN
P2.7
P2.6
P2.5
P2.4
P2.3
P2.2
P2.1
P2.0
JP2
HEADER 4
C7
1/50V
C4
1/50V
C5
1/50V
C6
1/50V
U3
MAX232
Y1
CRYSTAL
C2
CAP
C1
CAP
R13
150
R14
150
D6
LED
D7
LED
JP5
HEADER 3
S5
SW SPST
JP4
4 HEADER
R8
10K
S6
SW-PB
U2
EEPROM
R3
10K
R4
10K
D4
LED
D3
LED
JP1
HEADER 2
S2
SW SPST
U4
VOLTREG
Vin
Vout
GND
D1
DIODE
R11
10K
R12
10K
S3
SW SPST
S4
SW SPST
Title
Size
B
Number
Revision
Date:
1-Apr-2005
Sheet of
File:
G:\ex\example\Examples\wit
Drawn By:

IS24C16-2, IS24C16-3
IS24C08-2, IS24C08-3

ISSI®

16,384-bit/8,192-bit 2-WIRE SERIAL CMOS EEPROM

MARCH 2000

FEATURES

- Low Power CMOS Technology
  - -- Standby Current less than 2 µA (5.5V)
  - -- Read Current (typical) less than 1 mA (5.5V)
  - -- Write Current (typical) less than 3 mA (5.5V)
- Low Voltage Operation
  - -- IS24C16-2 & IS24C08-2: Vcc = 1.8V to 5.5V
  - -- IS24C16-3 & IS24C08-3: Vcc = 2.5V to 5.5V
- 100 KHz (1.8V) and 400 KHz (5V) Compatibility
- Hardware Data Protection
  - -- Write Protect Pin
- Sequential Read Feature
- Filtered Inputs for Noise Suppression
- 8-pin PDIP and 8-pin SOIC packages
- Self time write cycle with auto clear
  - -- 5 ms @ 2.5V
- Organization:
  - -- IS24C16-2 and IS24C16-3: 2048x8 (eight blocks of 256 bytes)
  - -- IS24C08-2 and IS24C08-3: 1024x8 (four blocks of 256 bytes)
- 16-Byte Page Write Buffer
- Two-Wire Serial Interface
  - -- Bi-directional data transfer protocol
- High Reliability
  - -- Endurance: 1,000,000 Cycles
  - -- Data Retention: 100 Years
- Commercial and Industrial temperature ranges

PRODUCT OFFERING OVERVIEW

Part No	Voltage	Speed	Standby ICC	Read ICC	Write ICC	Temperature
IS24C16-2	1.8V-5.5V	100 KHz	< 2 µA	1 mA	3 mA	C,I
IS24C16-3	2.5V-5.5V	400 KHz	< 2 µA	1 mA	3 mA	C,I
IS24C08-2	1.8V-5.5V	100 KHz	< 2 µA	1 mA	3 mA	C,I
IS24C08-3	2.5V-5.5V	400 KHz	< 2 µA	1 mA	3 mA	C,I

DESCRIPTION

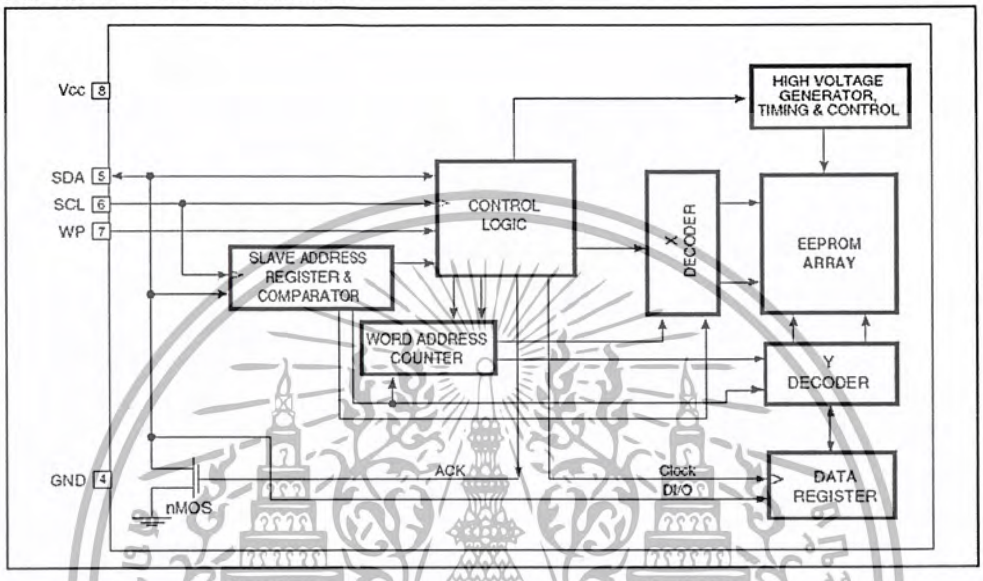
The IS24C16-2 is a 1.8V (1.8V-5.5V) 16K-bit (2048 x 8) Electrically Erasable PROM, IS24C16-3 is a 2.5V (2.5V-5.5V) 16K-bit (2048 x 8) Electrically Erasable PROM, IS24C08-2 is a 1.8V (1.8V-5.5V) 8K-bit (1024 x 8) Electrically Erasable PROM and the IS24C08-3 is a 2.5V (2.5V-5.5V) 8K-bit (1024 x 8) Electrically Erasable PROM.

The IS24CXX (IS24C16-2, IS24C16-3, IS24C08-2 and IS24C08-3) family is a low-cost and low voltage 2-wire Serial EEPROM. It is fabricated using ISSI's advanced CMOS EEPROM technology and provides a low power and low voltage operation. The IS24CXX family features a write protection feature, and is available in 8-pin DIP and 8-pin SOIC packages.

ISSI reserves the right to make changes to its products at any time without notice in order to improve design and supply the best possible product. We assume no responsibility for any errors which may appear in this publication. © Copyright 2000, Integrated Silicon Solution, Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

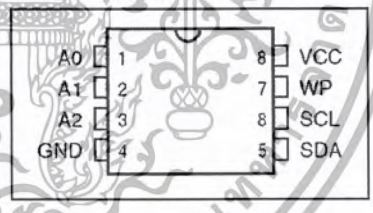
FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



PIN DESCRIPTIONS

A0-A2	Address Inputs
SDA	Serial Address/Data I/O
SCL	Serial Clock Input
WP	Write Protect Input
Vcc	Power Supply
GND	Ground

PIN CONFIGURATION
8-Pin DIP and SOIC



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

SDA
The SDA is a Bi-directional pin used to transfer addresses and data into and out of the device. The SDA pin is an open drain output and can be wire-Ored with other open drain or open collector outputs. The SDA bus *requires* a pullup resistor to Vcc.

A0, A1, A2
The A0, A1 and A2 are the device address inputs.

These pins are not used by IS24C16-2 and IS24C16-3. A0 and A1 may be left floating or tied to either GND or Vcc. A2 should be tied to either GND or Vcc.

The IS24C08-2 and IS24C08-3 only use A2 input for hardwire addressing and a total of two devices may be addressed on a single bus system. The A0 and A1 pins are not used by IS24C08-2 and IS24C08-3. They may be left floating or tied to either GND or Vcc.

WP
WP is the Write Protect pin. If the WP pin is tied to Vcc the upper half array becomes Write Protected (Read only). When WP is tied to GND or left floating normal read/write operations are allowed to the device.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVICE OPERATION

The IS24CXX family features a serial communication and supports a bi-directional 2-wire bus transmission protocol.

2-WIRE BUS

The two-wire bus is defined as a Serial Data line(SDA), and a Serial Clock Line (SCL). The protocol defines any device that sends data onto the SDA bus as a transmitter, and the receiving devices as a receiver. The bus is controlled by MASTER device which generates the SCL, controls the bus access and generates the STOP and START conditions. The IS24CXX is the SLAVE device on the bus.

The Bus Protocol:

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

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.

START Condition

The START condition precedes all commands to the devices and is defined as a HIGH to LOW transition of SDA when SCL is HIGH. The IS24CXX monitors the SDA and SCL lines and will not respond until the START condition is met.

STOP Condition

The STOP condition is defined as a LOW to HIGH transition of SDA when SCL is HIGH. All operations must end with a STOP condition.

ACKnowledge

After a successful data transfer, each receiving device is required to generate an acknowledge. The Acknowledging device pulls down the SDA line.

DEVICE ADDRESSING

The MASTER begins a transmission by sending a START condition. The MASTER then sends the address of the particular slave devices it is requesting. The SLAVE (Fig. 5) address is 8 bits.

The four most significant bits of the address are fixed as 1010 for the IS24CXX.

For the IS24C16-2 and IS24C16-3, the bits (B2, B1 and B0) are used for memory page addressing (the IS24C16-2 and IS24C16-3 are organized as eight blocks of 256 bits).

For the IS24C08-2 and IS24C08-3 out of the next three bits, B1 and B0 are for memory page addressing (the IS24C08-2 and IS24C08-3 are organized as four blocks of 256 bits) and the A2 bit is used as device address bit and must compare to its hard-wired input pin (A2). Up to two IS24C08 may be individually addressed by the system. The page addressing bits for IS24CXX should be considered the most significant bits of the data word address which follows.

The last bit of the slave address specifies whether a Read or Write operation is to be performed. When this bit is set to 1, a Read operation is selected, and when set to 0, a Write operation is selected.

After the MASTER sends a START condition and the SLAVE address byte, the IS24CXX monitors the bus and responds with an Acknowledge (on the SDA line) when its address matches the transmitted slave address. The IS24CXX pulls down the SDA line during the ninth clock cycle, signaling that it received the eight bits of data. The IS24CXX then performs a Read or Write operation depending on the state of the R/$\overline{W}$ bit.

WRITE OPERATION

Byte Write

In the Byte Write mode, the Master device sends the START condition and the slave address information(with the R/$\overline{W}$ set to Zero) to the Slave device. After the Slave generates an acknowledge, the Master sends the byte address that is to be written into the address pointer of the IS24CXX. After receiving another acknowledge from the Slave, the Master device transmits the data byte to be written into the address memory location. The IS24CXX acknowledges once more and the Master generates the STOP condition, at which time the device begins its internal programming cycle. While this internal cycle is in progress, the device will not respond to any request from the Master device.

Page Write

The IS24CXX is capable of 16-byte page-WRITE operation. A page-WRITE is initiated in the same manner as a byte write, but instead of terminating the internal write cycle after the first data word is transferred, the master device can transmit up to 15 more bytes. After the receipt of each data word, the IS24CXX responds immediately with an ACKnowledge on SDA line, and the four lower order data word address bits are internally incremented by one, while the four higher order bits of the data word address remain constant. If the master device should transmit more than 16 words, prior to issuing the STOP condition, the address

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

counter will "roll over," and the previously written data will be overwritten. Once all 16 bytes are received and the STOP condition has been sent by the Master, the internal programming cycle begins. At this point, all received data is written to the IS24CXX in a single write cycle. All inputs are disabled until completion of the internal WRITE cycle.

Acknowledge Polling

The disabling of the inputs can be used to take advantage of the typical write cycle time. Once the stop condition is issued to indicate the end of the host's write operation, the IS24CXX initiates the internal write cycle. ACK polling can be initiated immediately. This involves issuing the start condition followed by the slave address for a write operation. If the IS24CXX is still busy with the write operation, no ACK will be returned. If the IS24CXX has completed the write operation, an ACK will be returned and the host can then proceed with the next read or write operation.

READ OPERATION

READ operations are initiated in the same manner as WRITE operations, except that the read/write bit of the slave address is set to "1". There are three READ operation options: current address read, random address read and sequential read.

Current Address Read

The IS24CXX contains an internal address counter which maintains the address of the last byte accessed, incremented by one. For example, if the previous operation is either a read or write operation addressed to the address location n, the internal address counter would increment to address location n+1. When the IS24CXX receives the Device Addressing Byte with a READ operation (read/write bit set to "1"), it will respond an ACKnowledge and transmit the 8-bit data word stored at address location n+1. The master will not acknowledge the transfer but does generate a STOP condition and the IS24CXX discontinues transmission. If 'n' is the last byte of the memory, then the data from location '0' will be transmitted. (Refer to Figure 8. Current Address Read Diagram.)

Random Access Read

Selective READ operations allow the Master device to select at random any memory location for a READ operation. The Master device first performs a 'dummy' write operation by sending the START condition, slave address and word address of the location it wishes to read. After the IS24CXX acknowledge the word address, the Master device resends the START condition and the slave address, this time with the R/$\overline{W}$ bit set to one. The IS24CXX then responds with its acknowledge and sends the data requested. The master device does not send an acknowledge but will generate a STOP condition. (Refer to Figure 9. Random Address Read Diagram.)

Sequential Read

Sequential Reads can be initiated as either a Current Address Read or Random Address Read. After the IS24CXX sends initial byte sequence, the master device now responds with an ACKnowledge indicating it requires additional data from the IS24CXX. The IS24CXX continues to output data for each ACKnowledge received. The master device terminates the sequential READ operation by pulling SDA HIGH (no ACKnowledge) indicating the last data word to be read, followed by a STOP condition.

The data output is sequential, with the data from address n followed by the data from address n+1, ... etc. The address counter increments by one automatically, allowing the entire memory contents to be serially read during sequential read operation. When the memory address boundary (2047 for IS24C16-2 and IS24C16-3; 1023 for IS24C08-2 and IS24C08-3) is reached, the address counter "rolls over" to address 0, and the IS24CXX-2 continues to output data for each ACKnowledge received. (Refer to Figure 10. Sequential Read Operation Starting with a Random Address READ Diagram.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

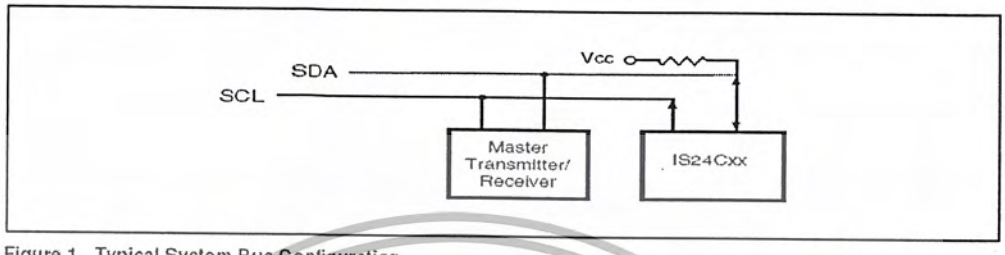


Figure 1. Typical System Bus Configuration

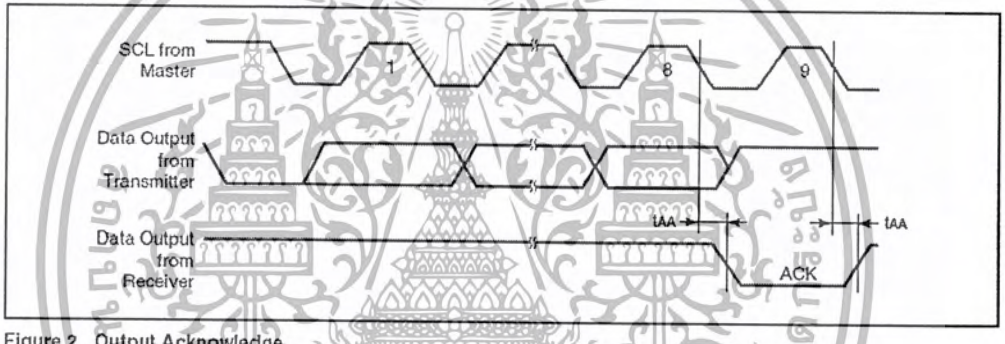


Figure 2. Output Acknowledge

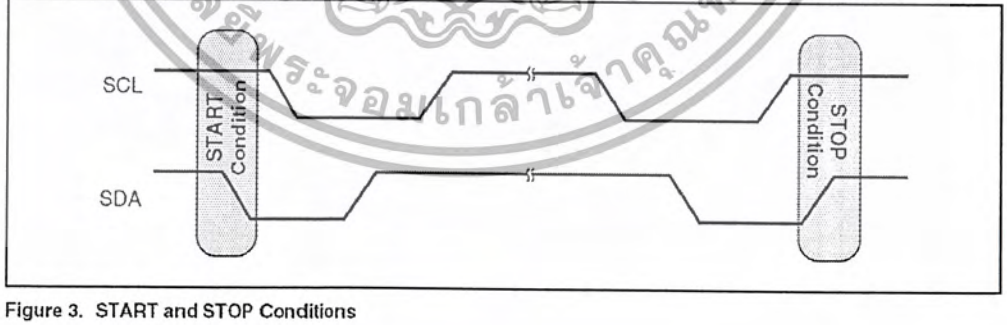


Figure 3. START and STOP Conditions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

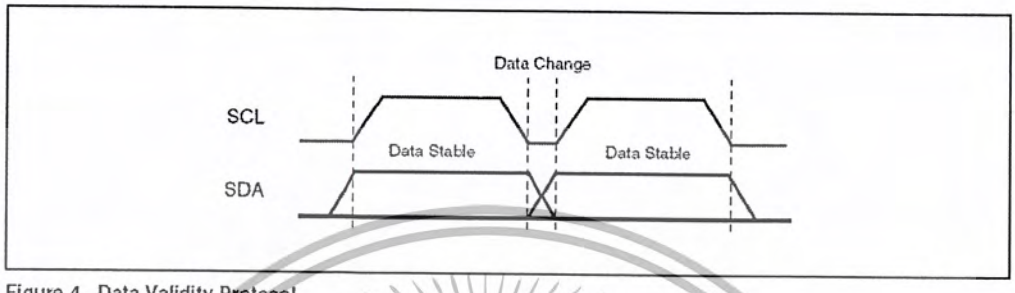


Figure 4. Data Validity Protocol

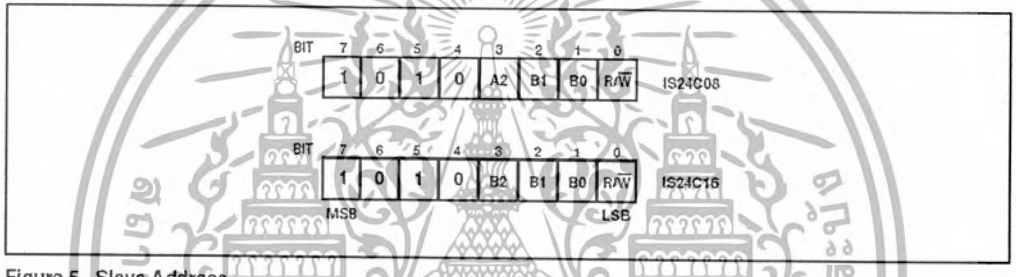


Figure 5. Slave Address

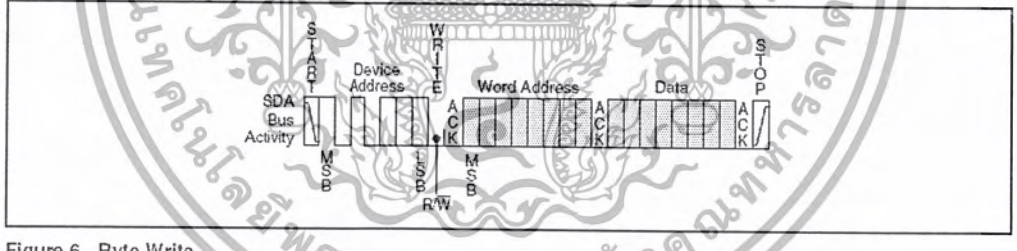


Figure 6. Byte Write

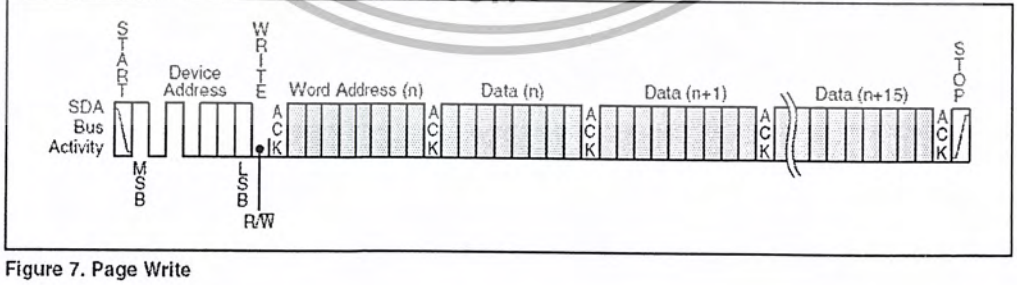


Figure 7. Page Write

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

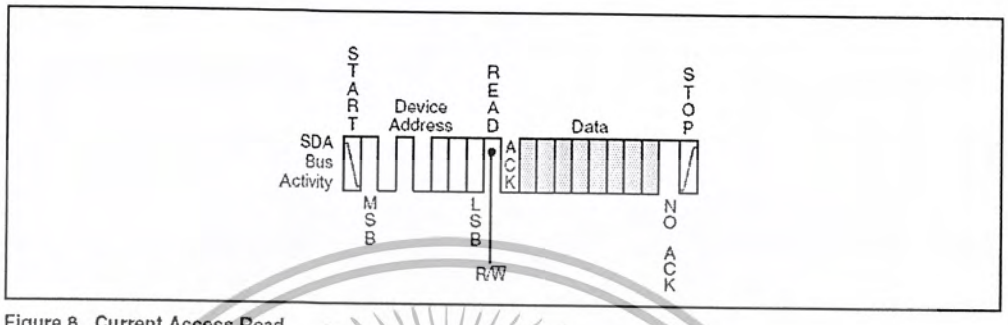


Figure 8. Current Access Read

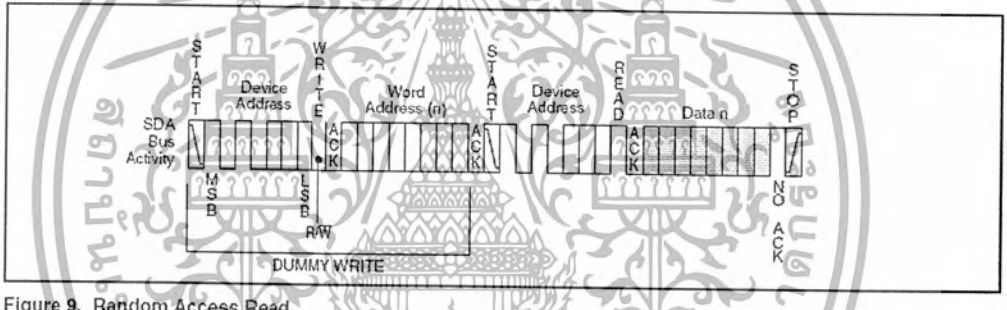


Figure 9. Random Access Read

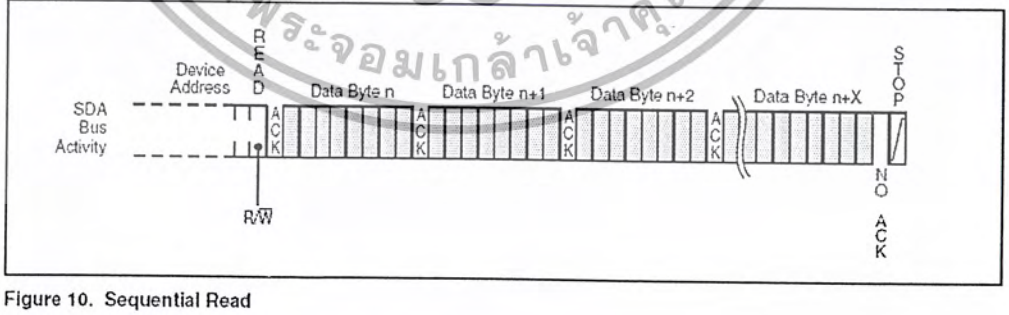


Figure 10. Sequential Read

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS[1]

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Supply Voltage	0.5 to +6.25	V
V_P	Voltage on Any Pin	–0.5 to Vcc + 0.5	V
T_{BIAS}	Temperature Under Bias	–40 to +85	°C
T_{STG}	Storage Temperature	–65 to +150	°C
I_{OUT}	Output Current	5	mA

Notes:
1. Stress greater than those listed under ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect reliability.

OPERATING RANGE (IS24C16-2 and IS24C08-2)

Range	Ambient Temperature	Vcc
Commercial	0°C to +70°C	1.8V to 5.5V
Industrial	–40°C to +85°C	1.8V to 5.5V

OPERATING RANGE (IS24C16-3 and IS24C08-3)

Range	Ambient Temperature	Vcc
Commercial	0°C to +70°C	2.5V to 5.5V
Industrial	–40°C to +85°C	2.5V to 5.5V

CAPACITANCE[1,2]

Symbol	Parameter	Conditions	Max.	Unit
C_{IN}	Input Capacitance	V_{IN} = 0V	6	pF
C_{OUT}	Output Capacitance	V_{OUT} = 0V	8	pF

Notes:
1. Tested initially and after any design or process changes that may affect these parameters.
2. Test conditions: T_A = 25°C, f = 1 MHz, Vcc = 5.0V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Max.	Unit
V_{OL1}	Output LOW Voltage	V_{CC} = 1.8V, I_{OL} = 0.15 mA	—	0.2	V
V_{OL2}	Output LOW Voltage	V_{CC} = 2.5V, I_{OL} = 1.0 mA	—	0.4	V
V_{IH}	Input HIGH Voltage		V_{CC} x 0.7	V_{CC} + 0.5	V
V_{IL}	Input LOW Voltage		–1.0	V_{CC} x 0.3	V
I_{LI}	Input Leakage Current	V_{IN} = V_{CC} max.	—	3	µA
I_{LO}	Output Leakage Current		—	3	µA

Notes: V_{IL} min and V_{IH} max are reference only and are not tested.

POWER SUPPLY CHARACTERISTICS

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Max.	Unit
I_{CC1}	Vcc Operating Current	READ at 100 KHz (Vcc = 5V)	—	1.0	mA
I_{CC2}	Vcc Operating Current	WRITE at 100 KHz (Vcc = 5V)	—	3.0	mA
I_{SB1}	Standby Current	Vcc = 1.8V	—	1.0	µA
I_{SB2}	Standby Current	Vcc = 5.5V	—	2.0	µA

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Symbol	Parameter	Test Conditions	1.8V-5.5V Min.	1.8V-5.5V Max.	2.5V-5.5V Min.	2.5V-5.5V Max.	Unit
f_{SCL}	SCL Clock Frequency		0	100	0	400	KHz
T	Noise Suppression Time(1)		—	100	—	50	ns
t_{LOW}	Clock LOW Period		4.7	—	1.2	—	µs
t_{HIGH}	Clock HIGH Period		4	—	0.6	—	µs
t_{BUF}	Bus Free Time Before New Transmission(1)		4.7	—	1.2	—	µs
$t_{SU:STA}$	Start Condition Setup Time		4.7	—	0.6	—	µs
$t_{SU:STO}$	Stop Condition Setup Time		4.7	—	0.6	—	µs
$t_{HD:STA}$	Start Condition Hold Time		4	—	0.6	—	µs
$t_{HD:STO}$	Stop Condition Hold Time		4	—	0.6	—	µs
$t_{SU:DAT}$	Data In Setup Time		200	—	100	—	ns
$t_{HD:DAT}$	Data In Hold Time		0	—	0	—	ns
t_{DH}	Data Out Hold Time	SCL LOW to SDA Data Out Change	100	—	50	—	ns
t_{AA}	Clock to Output	SCL LOW to SDA Data Out Valid	0.1	4.5	0.1	0.9	µs
t_R	SCL and SDA Rise Time(1)		—	1000	—	300	ns
t_F	SCL and SDA Fall Time(1)		—	300	—	300	ns
t_{WR}	Write Cycle Time		—	10	—	5	ms

Note:
1. This parameter is characterized but not 100% tested.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC WAVEFORMS

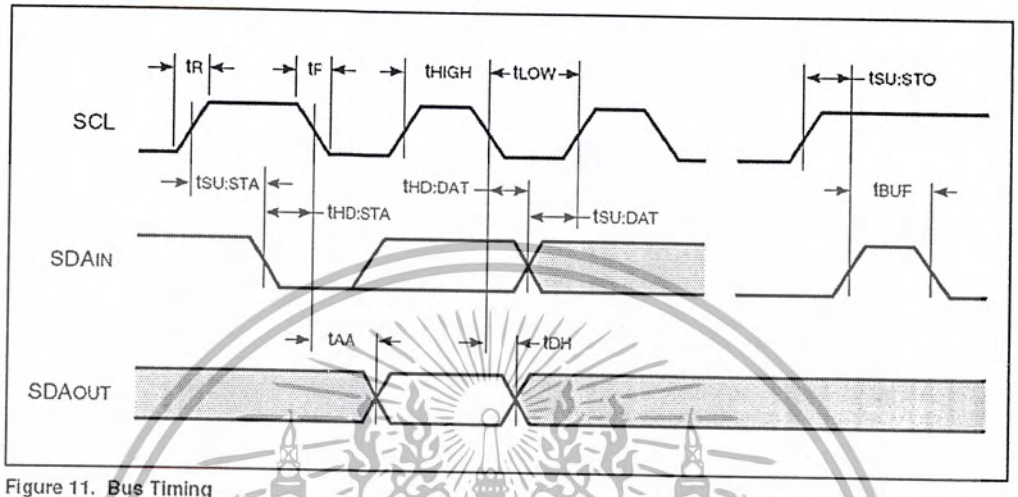


Figure 11. Bus Timing

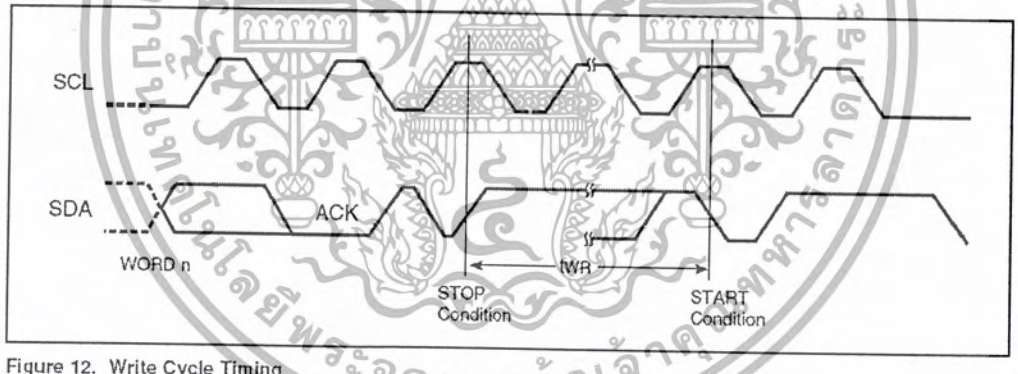


Figure 12. Write Cycle Timing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

Commercial Range: 0°C to +70°C

Frequency	Voltage Range	Part Number	Package
100 KHz	1.8V to 5.5V	IS24C08-2P	300-mil Plastic DIP
		IS24C08-2G	Small Outline (JEDEC STD)
100 KHz	1.8V to 5.5V	IS24C16-2P	300-mil Plastic DIP
		IS24C16-2G	Small Outline (JEDEC STD)
400 KHz	2.5V to 5.5V	IS24C08-3P	300-mil Plastic DIP
		IS24C08-3G	Small Outline (JEDEC STD)
400 KHz	2.5V to 5.5V	IS24C16-3P	300-mil Plastic DIP
		IS24C16-3G	Small Outline (JEDEC STD)

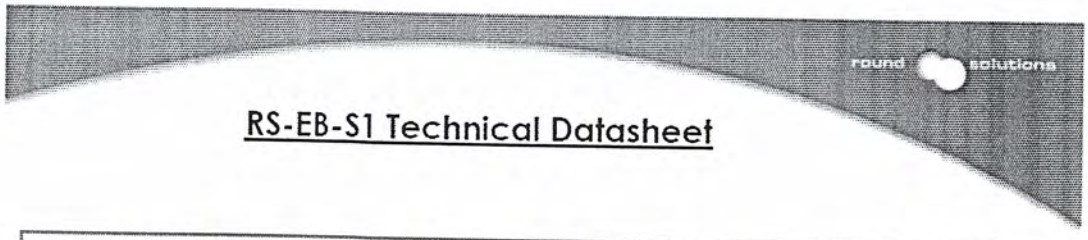
Industrial Range: –40°C to +85°C

Frequency	Voltage Range	Part Number	Package
100 KHz	1.8V to 5.5V	IS24C08-2PI	300-mil Plastic DIP
		IS24C08-2GI	Small Outline (JEDEC STD)
100 KHz	1.8V to 5.5V	IS24C16-2PI	300-mil Plastic DIP
		IS24C16-2GI	Small Outline (JEDEC STD)
400 KHz	2.5V to 5.5V	IS24C08-3PI	300-mil Plastic DIP
		IS24C08-3GI	Small Outline (JEDEC STD)
400 KHz	2.5V to 5.5V	IS24C16-3PI	300-mil Plastic DIP
		IS24C16-3GI	Small Outline (JEDEC STD)

ISSI®
Integrated Silicon Solution, Inc.
2231 Lawson Lane
Santa Clara, CA 95054
Tel: 1-800-379-4774
Fax: (408) 588-0806
E-mail: sales@issi.com
www.issi.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งขาสัญญาณ GPRS



RS-EB-S1 Technical Datasheet

Connector Pin outs

J1 30-pin Header

Pin#	Name	Pin Type	Pin#	Name	Pin Type
1	EAR_HF+	Analog Output	16	STAT_LED	Output
2	EAR_MT-	Analog Output	17	GND	Power
3	EAR_HF-	Analog Output	18	C103/TXD	Input
4	EAR_MT+	Analog Output	19	C106/CTS	Output
5	GND	Power	20	C125/RING	Output
6	MIC_HF-	Analog Input	21	C107/DSR	Output
7	MIC_MT+	Analog Input	22	C109/DCD	Output
8	MIC_HF+	Analog Input	23	C104/RXD	Output
9	MIC_MT-	Analog Input	24	C108/DTR	Input
10	ON/OFF	Input	25	C105/RTS	Input
11	PWRCTL	Output	26	GND	Power
12	RESET	Input / Output	27	GND	Power
13	GPIO2	Output	28	VBATT	Power
14	AXE	Input	29	GND	Power
15	GPIO1	Input	30	VBATT	Power

For detailed information use the Telit GM862 Product Description !

J3 8-pin Header GPIO's

Pin#	Name	Pin Type	Pin#	Name	Pin Type
1	GPIO1	Input	5	GPIO5	Input / Output
2	GPIO2	Output	6	GPIO6 / ALARM	Input / Output
3	GPIO3	Input / Output	7	GPIO7 / BUZZER	Input / Output
4	GPIO4	Input / Output	8	GND	Power

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS-EB-S1 Technical Datasheet

Connector Pin outs

J4 10-pin RS232 Interface Connector

Pin#	Name	Pin#	Name
1	DCD	6	CTS
2	DSR	7	DTR
3	TXD	8	Ring
4	RTS	9	GROUND
5	RXD	10	NC

SubD-9-pin-female RS232 Standard Interface Connector

Pin#	Name	Pin#	Name
1	DCD	6	DSR
2	TXD	7	RTS
3	RXD	8	CTS
4	DTR	9	Ring
5	GROUND		

You can connect a flat ribbon cable with a Sub-D-Crimp Connector directly to J4.
See also Schematic "SubD-Connection" on page# 8!

J5 4-pin External Power Connector

Pin#	Name	Pin#	Name
1	External Power	3	GND
2	External Power	4	GND

JP1 Power Select Jumper

Pin#	Name	Pin#	Name
1	VBATT	2	Power Regulator Out

Connect JP1 to use the on-board power supply.
Disconnect JP1 if an external power supply in use !

Issue D, May 2003

Designed by:
DENNER ELECTRONIC GmbH & Co. KG
www.denner-electronic.com

All rights reserved.
We reserves the right to make changes or improvements in the design, specification or manufacture of its subassembly products without notice.

Sales:
Round Solutions GmbH & Co. KG
Zaunweg 4, 63303 Dreieich, Germany
Tel.: +49 (0) 6103 960510
Fax: +49 (0) 6103 960509
Info@roundsolutions.com
www.roundsolutions.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้