สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุดจำลองเครื่องควบคุมจานรับสัญญาณดาวเทียม

Sattellite Antenna Controller

T042172

ธิปพล ถาวรวิสุทธิ์สกุล
ไพโรจน์ ธัญญฤทธิกร
รังสรรค์ ยมหา

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 42172
วัน, เดือน, ปี 14 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ชุดจำลองเครื่องควบคุมจานรับสัญญาณดาวเทียม Sattellite Antenna Controller
นักศึกษา	นาย ธิปพล ถาวรวิสุทธิ์สกุล เลขประจำตัว 41013369 นาย ไพโรจน์ ธัญญฤทธิกร เลขประจำตัว 41013376 นาย รังสรรค์ ยมหา เลขประจำตัว 41013382
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2543

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ. ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์)

_____ กรรมการ
( )

_____ กรรมการ
( )

_____ กรรมการ
( )

_____ กรรมการ
( )

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	**ชุดจำลองเครื่องควบคุมจานรับสัญญาณดาวเทียม**
	Sattellite Antenna Controller
นักศึกษา	นาย ธิปพล ถาวรวิสุทธิ์สกุล เลขประจำตัว 41013369
	นาย ไพโรจน์ ธัญญฤทธิกร เลขประจำตัว 41013376
	นาย รังสรรค์ ยมหา เลขประจำตัว 41013382
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2543

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเอาสเต็ปปิ้งมอเตอร์มาใช้งานในด้านการเปลี่ยนทิศทางในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้ง หรือการเปลี่ยนแปลงในแนวมุมกวาดและในแนวมุมเงย เพื่อใช้สำหรับควบคุมทิศทางของจานรับสัญญาณดาวเทียมค้างฟ้า ให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ โดยในที่นี้ขนาดของมุมกวาดจะเป็นไปในลักษณะของการหมุนได้โดยรอบตัวซึ่งจะมีมุมขนาด 360 องศา ส่วนมุมที่อยู่ในลักษณะของมุมเงยนั้นจะมีขนาดเพียง 90 องศา ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกตามหน้าที่ได้เป็นสองส่วน คือ ส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์ (SOFTWARE) ซึ่งเป็นส่วนของโปรแกรมที่ใช้สำหรับสั่งงานหรือควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยในที่นี้เราจะใช้ภาษาแอสเซมบลี้ที่ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-89C52 และ ส่วนที่เป็น ฮาร์ดแวร์ (HARDWARE) ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นกลไกซึ่งได้แก่ระบบการหมุนของจานรับสัญญาณดาวเทียม โดยในส่วนนี้จะใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นตัวควบคุมในการเคลื่อนที่ วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (STEPPING DRIVER) และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (CONTROLER BOARD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Sattellite Antenna Controller		
Student	Mr. Tippon	Thawornvisutsakul	ID 41013369
	Mr. Pairote	Tunyarittikorn	ID 41013376
	Mr. Rungsan	Yommaha	ID 41013382
Advisor	Asst.Prof.Pradit	Wattcharapibool	
Academic Year	2000		

ABSTRACT

This thesis is used stepping motor to change the direction horizontally and vertically as well as azimuth angle and elevation angle. This thesis is designed for controlling the directions of satellite antenna to desirable direction and azimuth angle can be rotated up to 360 degree in the other hand elevation angle can be merely rotated up to 90 degree.This thesis consists of 2 parts ,software is designed for rotating of motor to desirable direction and the assembly language is used for microcontroller mcs-89c52 , hardware consist of three different mechanics which are satellite rotating system controlled by stepping motor ,stepping driver ,and controller board .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาอย่างดียิ่งจาก ผศ. ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นกับโครงงานจนสำเร็จด้วยดีตลอดมา รวมทั้งเพื่อนและพี่ร่วมสถาบันที่ให้คำแนะนำและได้รับการช่วย เหลือในการทำโครงงาน

ท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ บิดา - มารดา และคณาอาจารย์ทุกท่านที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

นาย ธิปพล ถาวรวิสุทธิ์สกุล
นาย ไพโรจน์ ธัญญฤทธิกร
นาย รังสรรค์ ยมหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 สเต็ปปิ้งมอเตอร์	4
2.2 ความเป็นมาของดาวเทียมบนฟากฟ้า	13
2.3 ศึกษาวิธีการติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียม	20
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051	34
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	58
3.1 BOAD MICROCONTROLLER	58
3.2 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	61
3.3 บอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	62
3.4 บอร์ดควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ชุดขับมุมจานในแนวก้มเงย	68
3.5 จอแสดงผล DMC DOT MATRIX LCD MODULE	69
3.6 ชุดแมคคานิค	79
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	81
4.1 การทดลอง	81
4.2 ผลการทดลอง	92
บทที่ 5 บทสรุป	94
5.1 ปัญหาและอุปสรรค	94
5.2 การแก้ไขปัญหา	94
5.3 การพัฒนา	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	96
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แถบความถี่	22
2.2 คุณสมบัติจานรับสัญญาณดาวเทียม	27
2.3 หน่วยความจำขนาด128 ไบต์แรก	40
2.4 การสวิตซ์เลือกกลุ่มรีจีสเตอร์	40
2.5 สัญญาณที่เข้ามาอินเตอร์รัปต์	48
2.6 การจัดการอินเตอร์รัปต์	49
2.7 การทำงานเป็นตัวจับเวลา	53
3.1 ขาสัญญาณของ LCD MODULE	70
3.2 ชุดคำสั่งควบคุมและแสดงข้อความ	74
4.1 พิกัดของดาวเทียมในแต่ละจังหวัด	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ก) ภาพหน้าตัดของ PM มอเตอร์แบบ 4 เฟส	5
	ข) วงจรกระตุ้นเฟสพื้นฐานสำหรับ PM มอเตอร์ 4 เฟส	5
2.2	โครงสร้างพื้นฐานของชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต	5
2.3	กราฟข้อมูลการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าและความเร็วในการหมุนโดยเปรียบเทียบระหว่างสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต	6
2.4	แสดงการพันขดลวดของสเตเตอร์ด้านซ้ายเป็นแบบไบโพลาร์และที่เหลือเป็นยูนิโพลาร์	6
2.5	แสดงการจ่ายไฟฟ้าให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	7
2.6	ภาพหน้าตัดและการพันขดลวดของวาริเอเบิ้ลรีลักแตนซ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 3 เฟส	8
2.7	ลำดับขั้นตอนการหมุน 4 เฟส	9
2.8	การหมุนในโหมดการทำงาน	10
2.9	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของสเต็ปกับแรงบิดของการทำงานทั้ง 2 โหมด	11
2.10	ตารางการกระตุ้นเฟส	12
2.11	ก) แสดงเส้นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กในการกระตุ้นแบบเฟสคู่	13
	ข) แสดงการเข้าตำแหน่งของโรเตอร์ที่สเต็ปหนึ่งๆ	13
2.12	แถบความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	15
2.13	ลักษณะของสัญญาณที่มีคลื่นแบบเชิงเส้นทั้งแนวตั้งและแนวนอน	24
2.14	การรับคลื่นที่มีขั้วคลื่นวงกลม Circular Polarization	25
2.15	ฟุตปริ้นท์สัญญาณดาวเทียมทำให้ขนาดจานแต่ละพื้นที่ไม่เท่ากัน	27
2.16	พิกัดของมุมกวาดและมุมเงยของจานรับสัญญาณที่ติดตั้งอยู่ในกรุงเทพฯ	30
2.17	อุปกรณ์วัดมุมเอียง	31
2.18	มิเตอร์วัดความเข้มของสัญญาณดาวเทียมซึ่งสามารถแสดงผลด้วยเข็มและเสียง	32
2.19	หน่วยการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆที่จัดอยู่ภายใน	35
2.20	การกำหนดขาสัญญาณของไอซี 8051	36
2.21	การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมสำหรับ MCS-51	37
2.22	การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับ MCS-51	39
2.23	การจัดพื้นที่หน่วยข้อมูลภายใน	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.24 หน่วยความจำข้อมูลภายในบริเวณที่อ้างถึงได้แบบบิต	42
2.25 การส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตเอาต์พุต	45
2.26 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมซึ่งโดยปกติจะทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งอยู่	50
2.27 ส่วนควบคุมการทำงานของวงจรนับ/จับเวลา	53
2.28 การทำงานของ Timer/Counter 0 หรือ 1 ในโหมด 0	54
2.29 การทำงานของ Timer/Counter 0 หรือ 1 ในโหมด 1	55
2.30 การทำงานของ Timer/Counter 0 หรือ 1 ในโหมด 2	55
2.31 วงจรนับจับเวลา 0 เมื่อทำงานในโหมด 3	56
3.1 โครงสร้างภายในของบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์	60
3.2 ลายวงจรของบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์	61
3.3 วงจร แหล่งจ่ายไฟ	62
3.4 บอร์ดควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์	62
3.5 การขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ แบบต่างๆ	64
3.6 วงจรของชุดควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ชุดขับงานในแนว มุมเงย	69
3.7 การต่อ LCD Module ร่วมกับ 8085A	71
3.8 การต่อ LCD Module ร่วมกับ Z80	72
3.9 การต่อจอแสดงผลร่วมกับ 8255	73
4.1 การทำงานของโปรแกรมเริ่มต้น	82
4.2 การรอรับคำสั่ง	83
4.3 การทำงานในโหมดใส่ค่ามุมกวาดและมุมเงย	84
4.4 การทำงานในโหมดอัตโนมัติ	85
4.5 การทำงานในโหมดเพิ่มมุมกวาดและมุมเงย 1 องศา	86
4.6 การทำงานในโหมดต่างขังหวัด	87
4.7 การตั้งค่ามุมกวาด 180 องศาและมุมเงย 90 องศา	92
4.8 แสดงกล่องควบคุมชุดจำลองงานรับสัญญาณดาวเทียม	92
4.9 แสดงชุดจำลองเครื่องควบคุมงานรับสัญญาณดาวเทียม	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

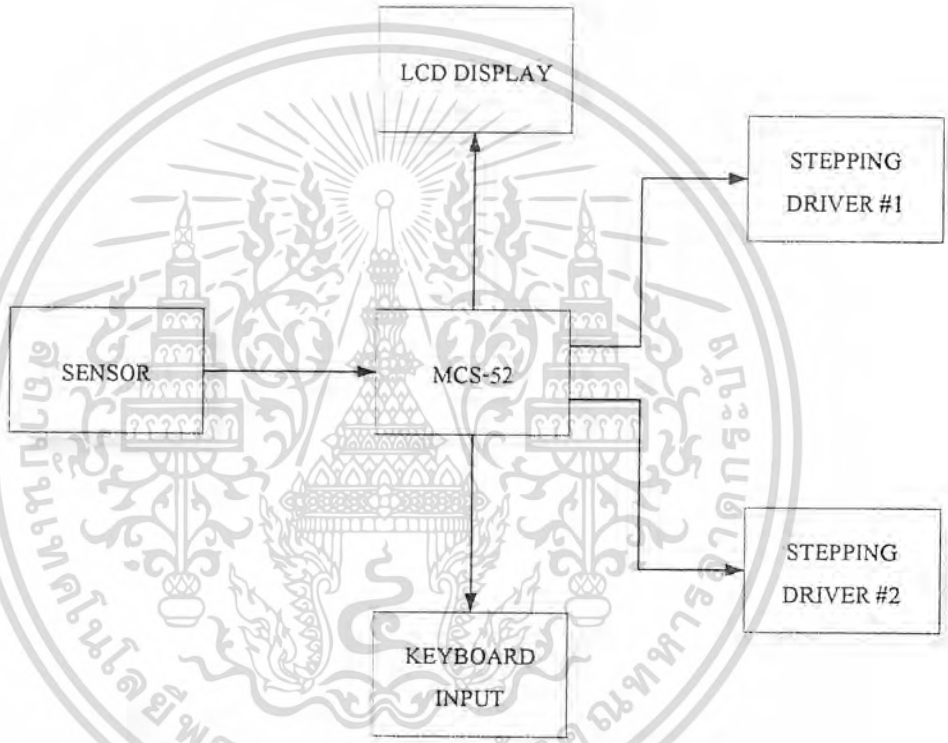
เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้น ในอดีตจะมีการใช้ประโยชน์กันในวงแคบๆ เช่น การสำรวจทรัพยากรธรณี การสำรวจภูมิอากาศ และเทคโนโลยีทางการทหารแต่หลังจากนั้นได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีดาวเทียมมาใช้ในการสื่อสารมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากการนำมาใช้ในงานทางด้านการสื่อสารโทรศัพท์ ระบบการรับ ส่งข้อมูล ภาพและเสียง ซึ่งเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง แต่ทั้งนี้ในระบบดังกล่าวจะมีปัญหาเกิดขึ้นอยู่หลายประการที่จะทำให้ประสิทธิภาพของการรับส่งสัญญาณลดน้อยลง ซึ่งปัญหาดังกล่าวนั้นจะประกอบไปด้วย กำลังส่งสัญญาณของสถานีภาคพื้นดินหรือของดาวเทียมมีขนาดต่ำเกินไป สถานที่ในการติดตั้งจานรับสัญญาณอยู่ในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับสถานีที่รับสัญญาณอยู่ห่างเกินไปเกิดการสูญเสีย เป็นต้น นอกจากนี้ปัญหาอาจจะเกิดจากตัวอุปกรณ์เองเช่นมุมของการรับส่งผิดพลาดอันเกิดจากการติดตั้งจานรับสัญญาณที่ไม่ดีพอ ในโครงงานนี้จะเป็นการนำเสนอการนำสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 2 ตัว มาควบคุมทิศทางการหมุนของจานรับสัญญาณดาวเทียม ซึ่งจะต้องหมุนใน 2 ลักษณะ คือหมุนในแนวกวาดรอบตัวเอง หรือมุมอะซิมุธ (AZIMUTH) และควบคุมทางด้านมุมเงย หรือ มุมเอลิเวชั่น (ELEVATION) ซึ่งจะทำให้จานรับสัญญาณดาวเทียมสามารถหันได้ทุกตำแหน่ง เหนือพื้นดินตามที่ต้องการ

การที่โครงงานได้ใช้มอเตอร์ 2 ตัว จะมีประโยชน์ที่สามารถควบคุมการหมุนตามต้องการได้เป็นอย่างดี การหมุนแต่ละแนวจะใช้พลังงานที่แตกต่างกัน ในส่วนของมุมเงยไม่ต้องการพลังงานในการหมุนมากนักจึงสามารถใช้มอเตอร์ขนาดเล็กได้ ซึ่งจะเป็นการประหยัดพลังงานในการขับเคลื่อน นอกจากนี้การสร้าง และการปรับปรุงแก้ไขก็สามารถทำได้ง่าย

ในส่วนของชุดควบคุมโครงงานนี้ได้ใช้ชุดควบคุมโดยเขียนเป็นภาษาแอสเซมบลี้ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-89C52 ซึ่งเป็นตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีชุดคำสั่งที่สั้นกระชับ ทำความเข้าใจง่าย รวมทั้งสะดวกในการปรับปรุงแก้ไข ตลอดจนอุปกรณ์ประกอบในส่วนของบอร์ดควบคุมก็สามารถหาได้ง่าย เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ จะมีส่วนของหน่วยความจำที่สามารถเก็บโปรแกรมที่เป็นข้อมูลแสดงตำแหน่งของดาวเทียมที่ได้กำหนดไว้ โดยในที่นี้จะทำการกำหนดค่าตำแหน่งของดาวเทียมที่ต้องการ ทั้งสิ้น 14 ดวงด้วยกันพร้อมทั้งสามารถทำงานได้ทุกจังหวัดในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของชุดควบคุมนี้จะเริ่มต้นโดยกำหนดให้มุมกวาดของจานรับสัญญาณดาวเทียมชี้ไปที่มุมเริ่มต้นคือมุม 180 องศา หรือทางทิศใต้ของประเทศไทย และมุมเงยอยู่ที่ตำแหน่ง 90 องศา หลังจากนั้นเมื่อผู้ใช้ต้องการจะรับสัญญาณจาน ดาวเทียมดวงใด ก็ให้กดตำแหน่งดาวเทียมนั้นได้ โดยการทำงานตามโปรแกรมที่เขียนไว้ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ทั้ง สองตัวจะหมุนและหยุดอยู่ที่ตำแหน่งที่ต้องการ และจะมีจอแสดงผลทำหน้าที่แสดงผลการทำงานบอกชื่อดาวเทียมและตำแหน่งของดาวเทียม หลังจากนั้นเมื่อต้องการเปลี่ยนตำแหน่งไปรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงใหม่ ให้กดตำแหน่งดาวเทียมดวงใหม่ได้ตามต้องการ



รูปที่1.1 BLOCKDIAGRAM แสดงระบบการทำงาน

หน้าที่การทำงานของแต่ละส่วนของ Block diagram มีดังต่อไปนี้

1. เมนบอร์ด (Main Board) เป็นชุดควบคุม ซึ่งประกอบด้วย MCS 89C52 ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบโดยเป็นตัวรับสัญญาณ จากคีย์บอร์ด และ เซ็นเซอร์ เพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ทั้งชุดขับมุมกวาด (AZIMUTH) และ ชุดขับมุม เงย (ELEVATION) ตลอดจนส่งสัญญาณไปควบคุมให้ จอแสดงผล (LCD MODULE) แสดงผลการทำงานที่ได้
2. คีย์บอร์ด (KEY BOARD) เป็นอุปกรณ์สำหรับป้อน INPUT คือดาวเทียมที่ต้องการและจังหวัดที่ใช้งาน ตลอดจนการ SET ค่าเริ่มต้นต่างๆ เพื่อส่งสัญญาณให้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (STEPPING DRIVER) เป็นชุดที่ทำหน้าที่สำหรับรับสัญญาณ INPUT จาก Main Board และขยายสัญญาณให้แรงขึ้นเพื่อส่งไปขับ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ โดยที่ชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ประกอบไปด้วย 2 ชุดด้วยกันคือชุดขับมุมกวาด และมุม เงย
4. เซ็นเซอร์ (SENSOR) เป็นอุปกรณ์สำหรับตรวจสอบตำแหน่งเริ่มต้นของจานรับสัญญาณทั้งมุมกวาดและมุมเงย ซึ่งจะเริ่ม SET ค่าเริ่มต้นของจานรับสัญญาณที่มุมกวาด 180° หรือตั้งค่าเริ่มต้นที่ทิศใต้ และ มุมเงยที่ 90°
5. จอแสงผล (LCD MODULE) เป็นอุปกรณ์แสดงผลการทำงานตลอดจนแสดงถึงชื่อของดาวเทียมที่จานรับสัญญาณชี้ตำแหน่งอยู่ในขณะนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (STEPPING MOTER)

สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นมอเตอร์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลทางไฟฟ้าไปเป็นการเคลื่อนที่ทางกลดังนั้นการติดต่อกับอุปกรณ์ดิจิตอลเป็นไปโดยง่ายและวงจรขยายกำลังจากสัญญาณดิจิตอล (DIGITAL POWER AMPLIFIER) ที่ใช้ก็มีราคาถูกกว่าวงจรขยายกำลังเชิงเส้นอีกด้วย อีกทั้งการออกแบบวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถทำได้ง่ายกว่าวงจรควบคุมมอเตอร์แบบเซอร์โว และยังสามารถออกแบบวงจรสเต็ปปิ้งมอเตอร์หยุดการทำงานได้อย่างทันทีทันใดอีกด้วย

2.1.1ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

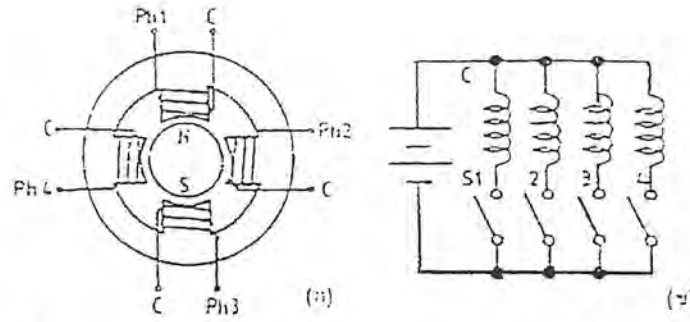
สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบ่งตามมาตรฐานได้ 3 แบบ คือ

1. วาริเอเบิลรีลักแตนซ์ (VARIABLE RELUCTANCE : VR)
2. เพอร์มาเนนต์แมกเน็ต (PERMANENT MAGNET : PM)
3. ไฮบริด (HYBRID)

ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์มีโครงสร้างของโรเตอร์แบบมัลติทูธ (MULTI TOOTH) ทำจากเหล็กอ่อนเราทราบได้ว่าเป็นมอเตอร์ชนิดนี้โดยการทดสอบได้ง่ายมากคือ ใช้นิ้วหมุนเพลาของมอเตอร์และสังเกตมอเตอร์ชนิดนี้ที่โรเตอร์ไม่เกิดปรากฏการณ์ทางแม่เหล็ก MAGMATISM มันจึงหมุนได้ตลอดโดยไม่ติดขัดแตกต่างจากชนิด PM และไฮบริดซึ่งมีสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์เมื่อหมุนจะรู้สึกขัด ๆ เหมือนเป็นฟันเฟือง สเต็ปในการหมุนสูง

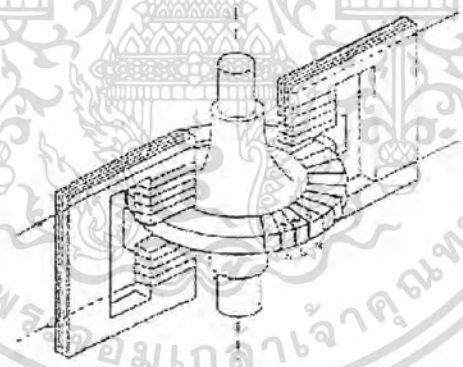
ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตมีโครงสร้างแบบเรียบไม่มีซี่ขั้วแม่เหล็กและบนโรเตอร์จะเป็นแบบแม่เหล็กถาวร การควบคุมทำได้โดยการป้อนกระแสกระตุ้นที่ขดลวดบนสเตเตอร์ แบบ 4 เฟส จะมีขั้วแม่เหล็กอยู่ 4 ขั้ว ซึ่งมีคอยล์พันอยู่แยกจากกัน ขั้วแม่เหล็กถาวรจะถูกแรงดึงดูดจากขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวด และโรเตอร์จะอยู่คงที่ที่ขั้วแม่เหล็กบน สเตเตอร์นั้นถึงแม้ว่าจะไม่ป้อนกระแสไฟฟ้าอีกต่อไป ทำให้เกิดแรงยึดหน่วงขึ้น สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้มีข้อดีในเรื่องของความถูกต้องของตำแหน่ง และความเร็วมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ก) ภาพหน้าตัดของ PM มอเตอร์แบบ 4 เฟส
ข) วงจรกระตุ้นเฟสพื้นฐานสำหรับ PM มอเตอร์ 4 เฟส

ชนิดไฮบริดเป็นชนิดที่นิยมใช้งานมากที่สุด โดยเฉพาะนำมาใช้งานอย่างมากในอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ชนิดมีโครงสร้างภายในซึ่งได้จาก การรวมเอาโครงสร้างของสเตเตอร์ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ และโครงสร้างของโรเตอร์จากเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตมาประกอบเข้าด้วยกันจึงทำให้เป็นมอเตอร์ที่มีแรงยึดหน่วงสูง มีแรงบิดดึงและผลักได้ดีซึ่งมีความคงที่และทำงานได้ดีถึงแม้ว่าจะมีสเต็ปต่อรอบในการหมุนสูง



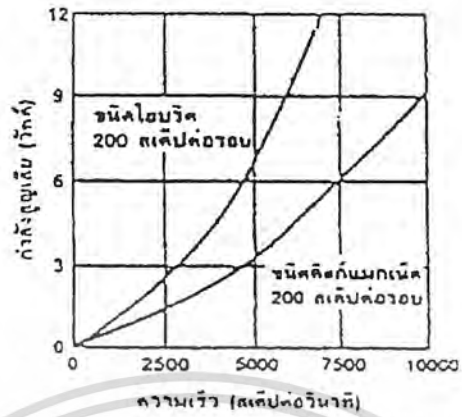
รูปที่ 2.2 โครงสร้างพื้นฐานของชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต

สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบใหม่อีกชนิดหนึ่งที่กล่าวถึงอีกเล็กน้อยคือ ชนิดที่ปรับปรุงมาจากชนิดเพอมาเนนต์แมกเน็ตนั่นคือ ชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แม็กเน็ตดังแสดงโครงสร้างในรูปที่ 2.2 หรือที่เรียกกันว่าชนิดดิสค์แมกเน็ตสเต็ปปิ้งมอเตอร์

โครงสร้างของโรเตอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้มีลักษณะเป็นแผ่นซึ่งยึดติดกับเพลาของมอเตอร์การทำงานของมอเตอร์ยังคงเป็นเช่นเดิม แต่ด้วยโครงสร้างแบบใหม่นี้จะทำให้เกิดโมเมนต์ของความเฉื่อยต่ำมาก, มีอัตราเร่งสูง มอเตอร์ชนิดนี้จึงจัดเป็นอีกชนิดหนึ่ง และมันก็มีประสิทธิภาพสูงอีกหลายอย่างเช่น แรงบิดดึง, กำลังทางกลที่ได้ของมอเตอร์, ความถูกต้องของตำแหน่งสูง

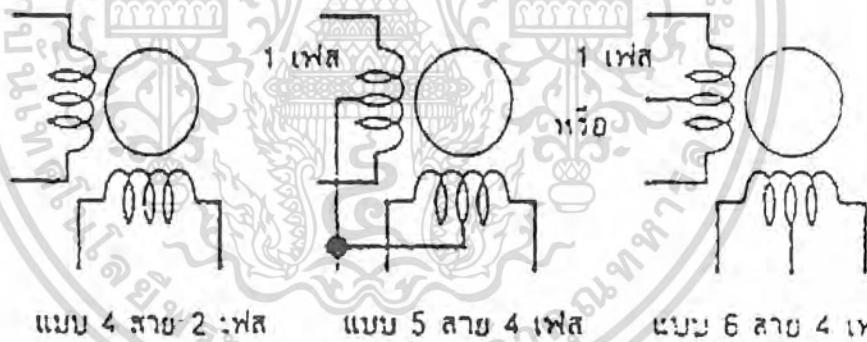
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาก และความเร็วในการเริ่มหมุนและหยุดสูง อีกทั้งยังมีความสูญเสียของกำลังต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กราฟข้อมูลการสูญเสียกำลังงานไฟฟ้าและความเร็วในการหมุนโดยเปรียบเทียบระหว่างสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดไฮบริดและชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต

การพันขดลวดหรือคอยล์บนสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีอยู่ 2 วิธีคือ แบบไบโพลาร์(BIPOLAR) และแบบยูนิโพลาร์ (UNIPOLAR) ดังแสดงในรูปที่ 2.4

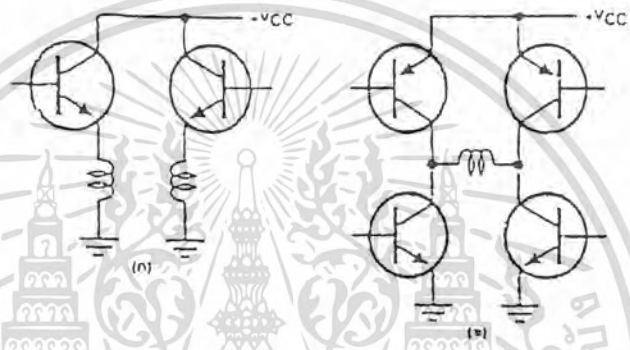


รูปที่ 2.4 การพันขดลวดของสเตเตอร์ด้านซ้ายเป็นแบบไบโพลาร์และที่เหลือเป็นแบบยูนิโพลาร์

สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบไบโพลาร์มีการพันขดลวด 1 ขดแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนสเตเตอร์ถูกกำหนดโดยทิศทางของกระแสไฟฟ้า และสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามได้โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งการกำหนดทิศทางไหลและกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้าทำได้โดยการใช้วงจรสวิตช์ชิ่งกลับขั้วไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับยูนิโพลาร์จะมีการพันขดลวด 2 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ซึ่งแต่ละขดจะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามกัน การกลับขั้วแม่เหล็กเปลี่ยนไปมาทำได้โดยการสวิตช์กระแสไฟฟ้าจากขดลวดขดหนึ่งไปยังอีกขดลวดหนึ่งแทนเท่านั้น โดยปกติขดลวดทั้งสองจะมีการเชื่อมต่อกันหรือมีจุดร่วมเพื่อลดจำนวนของสายไฟที่ต่อกับมอเตอร์ วงจรกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ทำได้ง่ายกว่าไบโพลาร์ เพราะมันต้องการเพียงสวิตช์ธรรมดาในการเปิดปิดกำลังไฟฟ้าขดลวดบนสเตเตอร์ในทิศทางที่ต้องการให้หมุนได้ทันที รูปที่ 2.5 แสดงวงจรการจ่ายไฟฟ้าซึ่งทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตชิ่งให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีการพันขดลวดทั้งสองแบบ จะเห็นว่าแบบยูนิโพลาร์เป็นวงจรที่ง่ายและไม่ซับซ้อน



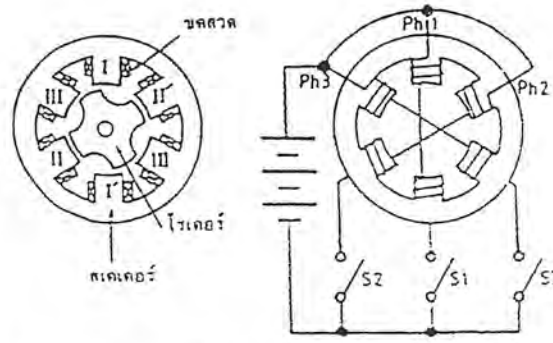
รูปที่ 2.5 การจ่ายไฟฟ้าให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ก) แบบยูนิโพลาร์ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์เพียงตัวเดียวต่อ 1 คอยล์

ข) แบบไบโพลาร์ ซึ่งต้องใช้ทรานซิสเตอร์ 4 ตัวต่อ 1 คอยล์

การทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ แบบ VR จะเป็นพื้นฐานสำคัญในการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดอื่น ๆ ได้ง่ายยิ่งขึ้น ดังในรูปจะเป็นภาพแสดงถึงการพันขดลวดแบบ VR มอเตอร์แบบ 3 เฟส มีขั้วเหนือและขั้วใต้อยู่ตรงข้ามกัน 3 คู่ โดยจะพันขดลวดแบบอนุกรมกันในแต่ละชุด ถ้ามีการกระตุ้นเฟสเกิดขึ้นขั้ว I' ,II, III' จะเป็นขั้วใต้ และ I, II, III จะเป็นขั้วเหนือ ทั้งโรเตอร์และสเตเตอร์จะทำจากเหล็กซิลิกอน ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความซึมซับสูง สามารถให้เส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



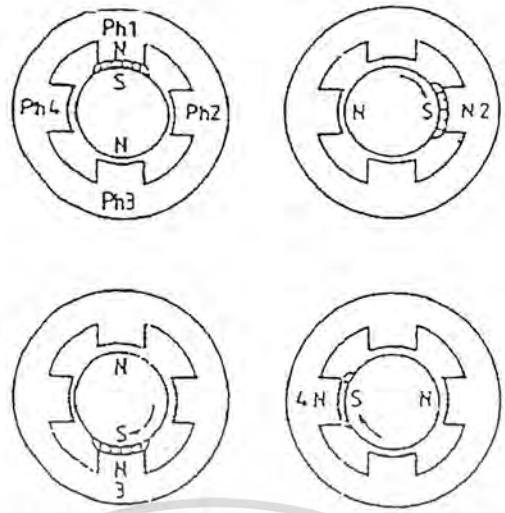
รูปที่ 2.6 ภาพหน้าตัดและการพันขดลวดของวาริเอเบิลรีลักแตนซ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 3 เฟส

การทำงานจะมีการกระตุ้นที่เฟส I ก่อน (S "ON") ซึ่งจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นดังรูป ตัวโรเตอร์จะพยายามวางตำแหน่งของตัวเองให้อยู่ในทิศทางที่ทำให้เกิดค่าความต้านทานแม่เหล็กน้อยที่สุด ในขณะที่เริ่มต้นที่กระตุ้นที่เฟส II (S1 "OFF" , S2 "ON") เส้นแรงจะไม่อยู่ในแนวทางเดินที่สะดวก จึงทำให้ค่าความต้านทานแม่เหล็กมีค่าสูง ตัวโรเตอร์ก็พยายามปรับตัวเองให้มีค่าความต้านทานแม่เหล็กน้อยที่สุดด้วยการหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาซึ่งแรงบิดที่ใช้หมุนเกิดจากแรงของเส้นแรงแม่เหล็ก แล้วจะไปหยุดในตำแหน่งที่ความต้านทานแม่เหล็กน้อยที่สุด นั่นคือจะหมุนไป 1 สเต็ป หรือ 30 องศานั่นเอง ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนสเต็ปของการหมุนของโรเตอร์ไป 1 รอบ (S) มุมที่เปลี่ยนไป 1 สเต็ป จำนวนเฟสของสเตเตอร์ (m) และจำนวนฟันของโรเตอร์ (Nr) ดังแสดงไว้ในสมการที่ (2.1)

$$S = 360/\theta_s = mNr \qquad (2.1)$$

ตัวอย่างเช่น สเต็ปปิ้งมอเตอร์ตัวหนึ่งมี m = 3 , Nr = 4 ก็จะได้ S= 3 * 4 = 12 สเต็ป และมุมในการหมุน θ_s = 360 / 12 = 30 องศา ซึ่งจากสมการที่ 1 ทำให้เราทราบอีกว่าถ้าจะลดค่าของ θ_s ให้น้อยลง อาจทำได้โดยการเพิ่มค่า m หรือค่า Nr ให้สูงขึ้น และลดช่องว่างระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์ให้มีค่าน้อย ๆ เพื่อให้เกิดแรงบิดสูงสุด และยังมีผลต่อความเที่ยงตรงของตำแหน่งมากยิ่งขึ้นด้วย สำหรับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดเพอร์มาเนนต์แกเน็ต หรือ PM จะมีข้อแตกต่างสำคัญจากVR สเต็ปปิ้งมอเตอร์ คือ โรเตอร์จะเป็นแบบแม่เหล็กถาวรการพันขดลวดจึงจะต้องมีความแตกต่างกันออกไปซึ่งแสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



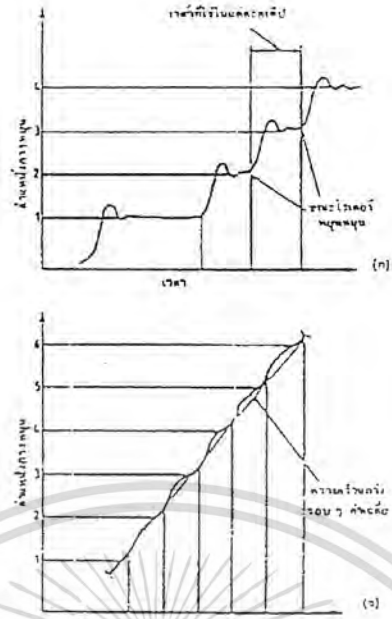
รูปที่ 2.7 ลำดับขั้นตอนการหมุน 4 เฟส

จากรูป ก) จะเห็นว่าสเตเตอร์ในแต่ละขั้วจะมีขดลวดพันอยู่ ซึ่งถือว่าแต่ละขั้วคือหนึ่งดังนั้นจากรูปจึงมีทั้งหมด 4 เฟส ด้วยกัน สำหรับการต่อวงจรกระตุ้นเฟสอย่างง่ายแสดงไว้ในรูป ข) จะเห็นว่าปลายขดลวด (c) จะต่อร่วมกันถึงขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟดังนั้นเมื่อเกิดการกระตุ้นที่เฟสใดแล้วขั้วสเตเตอร์ที่เฟสนั้นจะกลายเป็นขั้วเหนือ และจากรูปจะเห็นว่าเป็นการแสดงตำแหน่งของโรเตอร์แต่ละสเต็ป หลังจากถูกกระตุ้นที่เฟส 1 , 2 , 3 และ 4 ตามลำดับ และจะหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ทุก 90 องศา ต่อสเต็ป ถ้าต้องการให้หมุนองศาต่อสเต็ปมีค่าลดลงหรือมีความละเอียดในตำแหน่งมากขึ้น จะต้องเพิ่มจำนวนเฟสของสเตเตอร์และจำนวนขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์ให้มากขึ้น ข้อเสียของ PM มอเตอร์ คือ ราคาแพง และความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กจะถูกจำกัดที่เส้นแรงแม่เหล็กภายใน ทำให้ไม่สามารถผลิตแรงบิดได้มาก

2.1.2 โหมดการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ถ้าจะแบ่งโหมดการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตามอัตราเร็วของสเต็ปแต่ละสเต็ปจะแบ่งออกได้เป็น 2 โหมด คือหมุนเป็นสเต็ป และหมุนแบบต่อเนื่อง โดยถ้าหมุนแบบเป็นสเต็ปและมีเวลาหยุดนิ่งก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นสเต็ปถัดไป ก็เรียกการทำงานในโหมดนี้ว่า การหมุนเป็นสเต็ปดังแสดงที่รูป ก) ซึ่งเป็นตัวอย่างการนำไปใช้เป็นเครื่องตอกบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 การหมุนในโหมดการทำงาน

ก) หมุนเป็นสเต็ป

ข) หมุนต่อเนื่อง

การทำงานคร่าวๆ ก็คือสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะเป็นตัวส่งแถบกระดาษเข้าไปในเครื่องปรุระดาษ ซึ่งการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะเป็นการหมุนไปแล้วหยุดชั่วขณะ เพื่อปรุกระดาษให้เรียบร้อยก่อนแล้วค่อยหมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการจะเจาะใหม่

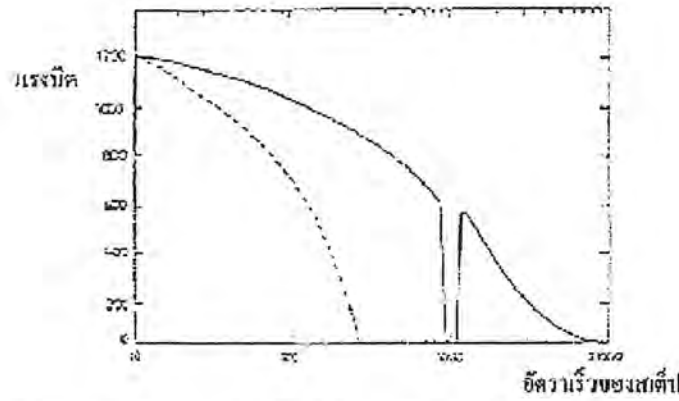
ถ้าเพิ่มความเร็วของการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้เร็วขึ้นและเป็นไปอย่างต่อเนื่องไม่มีการหยุดนิ่งจะเรียกการทำงานนี้ว่า การหมุนแบบต่อเนื่องดังแสดงในรูป ข) ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ ระหว่างความเร็วรอบของมอเตอร์ (n) กับอัตราเร็วของสเต็ป (f) และจำนวนสเต็ปทั้งหมด (S) ได้ดังสมการที่ (2.2)

$$n = 60\ f / s \qquad (2.2)$$

2.1.3 กราฟแสดงคุณลักษณะของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

กราฟแสดงคุณลักษณะของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของสเต็ปกับแรงบิดดังแสดงในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของสเต็ปกับแรงบิดของการทำงาน ทั้ง 2 โหมด

สำหรับกราฟเส้นประเรียกว่า Start Stop Curve หรือ Single Step Load Curve เป็นกราฟที่อยู่ในโหมดการหมุนแบบสเต็ป และเป็นกราฟที่แสดงถึงย่านของแรงบิดที่มอเตอร์สามารถเริ่มและหยุดหมุนได้ โดยปราศจากความผิดพลาดแม้ที่อัตราเร็วของสเต็ปต่าง ๆ กัน และกราฟอีกเส้นหนึ่งคือ Slew Curve ซึ่งทำงานอยู่ในโหมดการหมุนต่อเนื่องจะเป็นกราฟที่แสดงถึงแรงบิดสูงสุดที่สเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถทำได้ที่อัตราเร็วของสเต็ปต่างๆ กัน ถ้ามีการใช้งานสเต็ปปิ้งมอเตอร์เหนือกราฟอันนี้ก็อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้งานอยู่ภายใต้กราฟนี้แม้จะควบคุมแบบระบบเปิดก็มั่นใจได้ว่าทั้งตำแหน่งและความเร็วมีความเที่ยงตรงแน่นอน โดยตำแหน่งของมอเตอร์สามารถคำนวนได้จากสมการ (2.3)

มุมที่เปลี่ยนไป = มุมใน 1 สเต็ป * จำนวนของพัลซ์ที่ป้อนให้ (2.3)

ส่วนความเร็วสามารถหาได้จากสมการที่ (2.2)

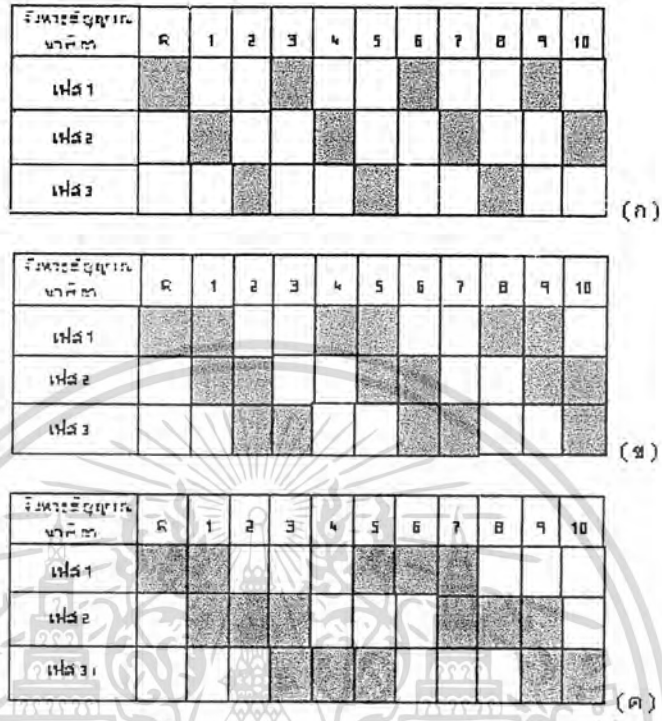
สำหรับช่วงที่เส้นกราฟหายไปของ Slew Curve ซึ่งเป็นจุดอ่อนสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการพิจารณาเพื่อใช้งานเพราะช่วงนี้เป็นช่วงที่ไม่เสถียรและควบคุมไม่ได้

2.1.4 วิธีการกระตุ้นเฟส

การที่จะทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่องเหมือนการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นต้องมีการจ่ายกระแสพัลซ์เป็นลำดับอย่างต่อเนื่อง วิธีการที่จะกระตุ้นแบบเฟสมีด้วยกันหลายวิธีแต่จะอธิบายวิธีที่ใช้กันมากเริ่มจากแบบแรก คือ การกระตุ้นแบบเฟสเดียว Single Phase Excitation เป็นการกระตุ้นเฟสเพียงเฟสเดียวเท่านั้นที่สัญญาณนาฬิกาหนึ่ง ๆ แบบที่ 2 เป็นการกระตุ้น แบบเฟสคู่ Two Phase Excitation ก็จะมีการกระตุ้นเฟส 2 เฟส พร้อมกันในจังหวะสัญญาณนาฬิกาหนึ่งๆ สำหรับแบบสุดท้ายเป็นการกระตุ้นแบบกึ่งสเต็ป Half Step

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Excitation จะเป็นการรวมเอาทั้งสองแบบเข้าด้วยกันโดยจะทำการกระตุ้นเฟสทั้งสองแบบสลับกันไป ซึ่งลักษณะของการกระตุ้นเฟสทั้งสามแบบสามารถดูได้จากรูป

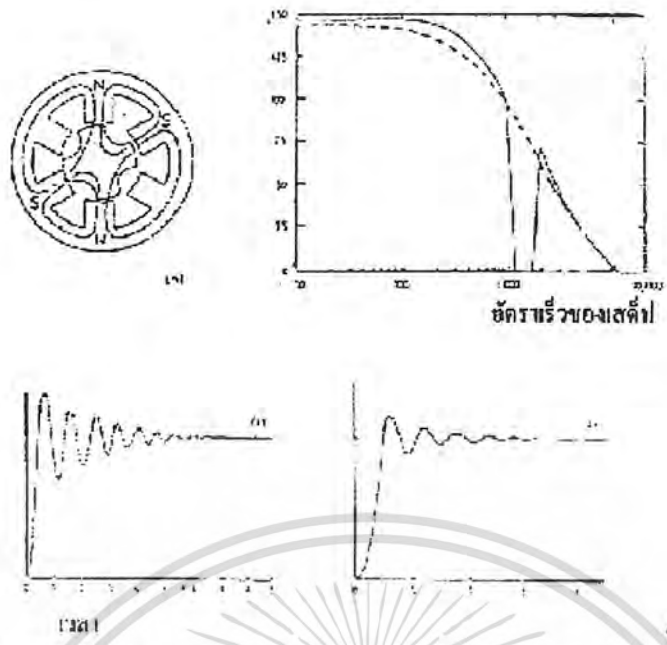


รูปที่ 2.10 ตารางการกระตุ้นเฟส
ก) แบบเฟสเดียว Single Phase
ข) แบบเฟสคู่ Two Phase
ค) แบบกึ่งสเต็ป Half Phase

ในการกระตุ้นเฟสแบบเฟสคู่จะมีทิศทางของเส้นและแรงแม่เหล็กไม่เป็นเส้นตรงเหมือนกับการกระตุ้นแบบเฟสเดียว ดังแสดงในรูป ก) แต่ถึงกระนั้นค่าของมุมที่เปลี่ยนไปในหนึ่งสเต็ปก็ยังคงมีค่าเท่าเดิมเหมือนกับการกระตุ้นแบบเฟสเดียว สำหรับการกระตุ้นแบบกึ่งสเต็ปค่ามุมที่เปลี่ยนไปในหนึ่งสเต็ปจะมีค่าลดลงครึ่งหนึ่ง การกระตุ้นแบบเฟสคู่จะมีแรงบิดที่มากกว่าการกระตุ้นแบบเฟสเดียว ขณะเดียวกันยังสามารถเข้าถึงตำแหน่งได้รวดเร็วกว่าดังแสดงไว้ในรูป ข)

ข้อดีอีกอย่างหนึ่งของการกระตุ้นเฟสแบบกึ่งสเต็ปก็คือสามารถลดผลกระทบจากความถี่ในย่านรีโซแนนซ์ได้ แต่ที่ความถี่ต่ำๆ จะมีแรงบิดลดลง ดังแสดงไว้ในรูป ค) และสำหรับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับทิศทางของลำดับเฟสที่ถูกกระตุ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ก) เส้นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กในการกระตุ้นแบบเฟสคู่
ข) การเข้าตำแหน่งของโรเตอร์ที่สเต็ปหนึ่ง ๆ ของแบบ
(1) กระตุ้นแบบเฟสเดียว
(2) กระตุ้นแบบเฟสคู่

2.2 ความเป็นมาของดาวเทียมบนฟากฟ้า

Exploring the satellite Galaxy

" อาเธอร์ ซี. คลาด " (Arthur C. Clarke) ได้เสนอ แนวความคิด ในการที่จะใช้สถานีดาวเทียมซึ่งลอยอยู่กับที่ในอวกาศเพื่อส่งสัญญาณโทรทัศน์ และสัญญาณที่ใช้ติดต่อสื่อสารต่างๆ ลงมาบนพื้นโลก โดยใช้ดาวเทียมโคจรอยู่ในวงโคจรรูปวงกลมที่เรียกว่า Geosynchronous Orbit หรือ Geostationary Orbit ดาวเทียมต้องลอยอยู่ในอวกาศเหนือเส้นศูนย์สูตร (Equator) ณ ความสูงระดับหนึ่งซึ่งจะทำให้การโคจรของดาวเทียมมีความเร็วพอดีกับการหมุนของโลก เมื่อโลกของเราใช้เวลาหมุนรอบตัวเองหนึ่งรอบ 24 ชั่วโมง จะเท่ากับกับดาวเทียมโคจรรอบโลกหนึ่งรอบพอดี และหากว่าเราสามารถควบคุมให้ดาวเทียมเดินทางไปในทิศทางเดียวกับการหมุนรอบตัวเองของโลก ก็จะมีผลทำให้เหมือนกันกับว่า ดาวเทียมนั้นลอยอยู่ที่ตำแหน่งเดิมตลอดเวลา เมื่อเทียบกับจุดสังเกตการณ์บนพื้นโลก และดาวเทียมจะต้องอยู่ที่ระดับ 35,786 กิโลเมตร เหนือพื้นโลก

หากใช้ดาวเทียมเพียงดวงเดียวลอยอยู่เหนืออเมริกา จะสามารถทำให้สะดวกแก่การส่งสัญญาณรายการโทรทัศน์และวิทยุเป็นอันมาก อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพสูง และการลงทุนค่อนข้างต่ำ เพราะว่าไม่ต้องสร้างสถานีทวนสัญญาณ (Repeater) ภาคพื้นดินให้มากมาย เพียงแต่ส่งสัญญาณดังกล่าวจากดาวเทียมลงมาที่บ้านของประชาชนโดยตรงได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ความถี่ขาขึ้นและขาลง

ดาวเทียมแต่ละดวงนั้นเป็นเสมือนกับสถานีทวนสัญญาณ หรือที่เรียกว่า รีพีทเตอร์ ซึ่งติดตั้งอยู่สูงมากถึง 35,786 กิโลเมตร จึงต้องทำหน้าที่เป็นทั้งเครื่องรับและเครื่องส่งสัญญาณเพื่อติดต่อกับสถานีภาคพื้นดินโดยสถานีภาคพื้นดินจะส่งสัญญาณในช่วง " ขาขึ้น " ที่ความถี่หนึ่งซึ่งเรียกว่า Uplink ไปให้กับดาวเทียมเมื่อดาวเทียมได้รับก็จะทำการเปลี่ยนความถี่ที่รับได้ให้เป็นอีกความถี่หนึ่ง และส่งกลับมาให้สถานีภาคพื้นดินอื่นๆ ซึ่งสัญญาณที่ส่งลงมาจากดาวเทียมจะเรียกว่า Downlink หรือความถี่ " ขาลง " โดยที่สัญญาณที่ส่งลงมานี้สามารถจะครอบคลุมพื้นผิวโลกได้ถึง 40% ของจำนวนพื้นที่โลกทั้งหมด

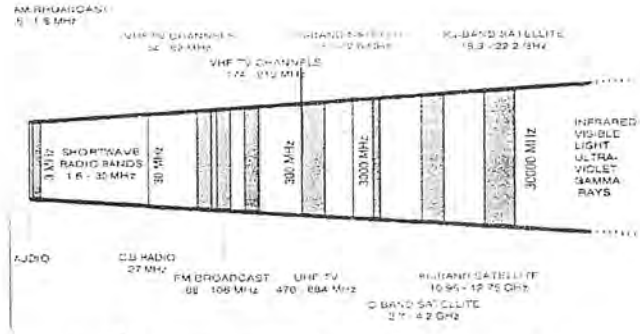
2.2.2 ช่องสัญญาณของดาวเทียม

ดาวเทียมทุกดวงที่ใช้อยู่นี้จะมีช่องสัญญาณซึ่งเรียกว่าทรานสปอนเดอร์ (Transponder) ซึ่งมีหลายๆ รูปแบบเพื่อใช้ในการสื่อสารลักษณะต่างๆ กัน ดาวเทียมดวงหนึ่งๆ สามารถจะมีทรานสปอนเดอร์ได้มากถึง 24 ช่องสัญญาณ หรืออาจจะมากกว่าเพื่อใช้ในงานต่างๆ ได้อย่างครบถ้วน โดยที่แต่ละช่องสามารถใช้ถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์ได้หนึ่งสัญญาณหรือสามารถรับ ส่งสัญญาณโทรศัพท์พูดติดต่อพร้อมกันได้เป็นจำนวนหลายๆ พันคู่สายส่วนทรานสปอนเดอร์อื่นๆ อาจจะใช้ในการส่งสัญญาณวิทยุให้กับเครือข่าย หรือข่าวสารที่เรียกว่า เทเลเท็กซ์ (Teletext) หรือข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ (Data Communication) ก็ย่อมกระทำได้

สัญญาณความถี่ในทุกๆ ทรานสปอนเดอร์จะมีการจัดขั้วของคลื่น (Polarization) เอาไว้ให้มีทั้งทางแนวตั้ง (Vertical) และขั้วทางแนวนอน (Horizontal) เพื่อให้เหมือนกับการขยายช่องสัญญาณจากย่านความถี่ที่มีจำนวนจำกัดให้ได้ช่องสัญญาณมากขึ้นในการรับสัญญาณที่สถานีภาคพื้นดินนั้นสามารถแยกรับได้ด้วยตนเองว่าจะรับทางแนวตั้งหรือแนวนอน ซึ่งดาวเทียมจำนวนมากจะมีทรานสปอนเดอร์ที่รับ - ส่งสัญญาณทางแนวตั้งและแนวนอนอย่างละ 12 ทรานสปอนเดอร์และมีความถี่ซ้อนกันอยู่ แต่จะไม่เกิดการรบกวนกันของสัญญาณ (Interference) กันเอง

ทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียมจะทำงานที่ความถี่สูงกว่าความถี่ที่ใช้ในสถานีโทรทัศน์ภาคพื้นดิน เนื่องจากความถี่ที่ใช้นี้อยู่ในย่าน SHF (Super Hight Frequency) จึงไม่มีผลกระทบจากสภาพของดาวเทียมนี้มีความเชื่อถือได้ตลอด 24 ชั่วโมง ความถี่ที่ใช้ในกิจการส่งสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมเพื่อส่งตรงไปยังที่พักอาศัยในเอเชียจะใช้ความถี่ตั้งแต่ย่าน 3.7 - 4.2 GHz หรือมักจะเรียกว่า " ความถี่ย่าน C " (C Band) ส่วนใหญ่ในประเทศญี่ปุ่นและออสเตรเลีย จะใช้ความถี่สูงกว่าคือ ตั้งแต่ 11.9-12.0 GHz และ 12.25-12.75 GHz ในการส่งกระจายสัญญาณโทรทัศน์ไปยังบ้านพักอาศัยของประชาชน ความถี่ดังกล่าวจะเรียกว่า " ความถี่ย่าน Ku-band"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แถบความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.2.3 ฟุตปริ้นท์ (Footprint)

ส่วนที่เป็นสายอากาศของดาวเทียม จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณโทรทัศน์ลงมายังพื้นโลกให้มีรูปร่างเฉพาะตัวได้ ตัวอย่างเช่น หากต้องการส่งสัญญาณโทรทัศน์มายังประเทศไทยโดยเฉพาะก็ออกแบบสายอากาศของดาวเทียมให้มีลำคลื่น (Beam) ครอบคลุมเฉพาะประเทศไทย โดยลำคลื่นจะออกมาครอบคลุมพื้นที่ของประเทศไทยให้มากที่สุด ลักษณะของลำคลื่นที่ออกแบบไว้ให้ครอบคลุมเฉพาะที่ที่ต้องการนี้เรียกว่า ฟุตปริ้นท์ โดยดาวเทียมแต่ละดวงจะมีฟุตปริ้นท์เป็นลักษณะเฉพาะตัวของตัวเอง ซึ่งพื้นที่ที่จะได้รับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดีหรือแรงที่สุดจะอยู่ในส่วนที่เรียกว่าศูนย์กลาง (Center) ของฟุตปริ้นท์ หากหลุดออกไปจากศูนย์กลางนี้ความแรงของสัญญาณก็จะลดน้อยลง ผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่เป็นศูนย์กลางของฟุตปริ้นท์นี้เช่น กรุงเทพฯ และจังหวัดใกล้เคียง สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมด้วยจานรับสัญญาณที่มีขนาดเล็กกว่าผู้ที่อาศัยอยู่ภายนอกศูนย์กลางออกไป เช่น ผู้ที่อาศัยอยู่ในประเทศกลุ่มอินโดจีนอาจจะต้องใช้จานรับสัญญาณดาวเทียมขนาด 10 ฟุต เพื่อรับสัญญาณที่มีคุณภาพ ของภาพชัดเจนเท่ากันกับผู้ที่อาศัยอยู่ในประเทศไทย ซึ่งใช้จานรับสัญญาณขนาดเพียง 4 ฟุต แต่ว่าโดยทั่วไปแล้ว จานที่ใช้รับสัญญาณดาวเทียมสำหรับพักอาศัยมักจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 6-12 ฟุต

ดาวเทียมที่ส่งสัญญาณในความถี่ย่าน C-band นั้นมักจะมีกำลังส่งค่อนข้างต่ำประมาณ 8-16 วัตต์เท่านั้น ดังนั้นเมื่อสัญญาณเดินทางมาถึงเราจึงมีขนาดของสัญญาณที่อ่อนมากเราจึงจำเป็นที่จะต้องใช้จานรับสัญญาณที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค่อนข้างใหญ่ แต่ก็มีข้อดีตรงที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างขวางมากรวมทั้งสามารถตั้งมุมยิงของสายอากาศให้มีจุดศูนย์กลางของสัญญาณเน้นความเข้มไว้สองจุดก็ได้

ทุกวันนี้ดาวเทียมที่ส่งสัญญาณในความถี่ย่าน Ku-band จะส่งสัญญาณด้วยกำลังส่งปานกลาง ประมาณ 20-50 วัตต์ แต่ในประเทศญี่ปุ่นใช้กำลังส่งสูงมากประมาณ 80-100 วัตต์ ในการส่งสัญญาณจากดาวเทียม Japanese DBS (Direct Broadcasing Satellie) ตรงไปยังจานรับสัญญาณ ซึ่งมีขนาดเล็กมากๆ เส้นผ่านศูนย์กลาง เพียง 1.5 ฟุต เท่านั้นก็สามารถรับสัญญาณได้แล้ว ทั้งนี้รวมทั้งดาวเทียม "ไทยคม"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ดาวเทียมไทยคม 1 และ ดาวเทียมไทยคม 2

เมื่อวันที่ 8 ตุลาคม พ.ศ.2534 บริษัท ชินวัตร คอมพิวเตอร์ แอนด์คอมมิวนิเคชั่น จำกัด ได้ลงนามในสัญญาว่าจ้างบริษัทฮิวส์ คอมมิวนิเคชั่น อินเตอร์เนชั่นแนล (Hughes Communication International) และบริษัทแอดวานซ์ อิเล็กทรอนิกส์ ซิสเต็มส์อินเตอร์เนชั่นแนล (Advanced Electronic Systems International) ซึ่งทั้งสองบริษัทนี้เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มบริษัท ฮิวส์ แอรคราฟท์ (Hughes Aircraft Company) ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยให้ทำการออกแบบสร้างระบบดาวเทียมสื่อสารแห่งชาติสองดวงให้แก่ประเทศไทย

คุณลักษณะของดาวเทียมไทยคมทั้งสองดาว

Operational History

Orbital Assignment :	Both satellites will be co - located at same slot of 78.5°E
Launch Data(s) :	December 1993 and mid-1994
Launch Vehicle :	Thaicom-1 : Ariane
	Thaicom-2 : Ariane
Status :	Under construction
Design Life :	13/15 years (minimum/maximum)

Communications Payload

Frequency Band(s) :	Receive : 14.3159~14.4951 GHz (All zones)
	Transmit : 12.5679~12.7471 GHz
	3.7~4.2GHz
Active Channels :	2 Ku-band Channels (27 or 54 MHz wide)
	K1 - 12.5949 GHz
	K2 - 12.6575 GHz
	K3 - 12.7201 GHz
	Plus 1 back-up channel
	10 C-band channels (36 MHz wide)
	Plus 2 back-up channels
Polarization :	Ku-band : Horizontal on downlink
	C-band : Vertical on downlink
	C1-3.720 GHz
	C2-3.760 GHz
	C3-3.800 GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

C4-3.840 GHz

C5-3.880 GHz

C6-3.920 GHz

C7-3.960 GHz

C8-4.000 GHz

C9-4.040 GHz

C10-4.080 GHz

C11-4.120 GHz

C12-4.160 GHz

Signal Power (EIRP) :	Ku-band: 51dBW at beam center
	C-band : 37dBW over Thailand
	35dBW over North Pacifi
Uplink G/T:	Ku-band : 8dB/K
	C-band : 5dB/K
Coverage Area:	Ku-band : Southeast Asia
	C-band : Thailand & neighboring countries including Malaysia, Singapore, Indonesia, Laos, Combodia, Vietnam, Burma, China, Taiwan, Korea, and Japan
TWTA Power :	Ku-band : 47 watts
SSPA Power :	C-band : 11 watts
Capacity :	14 TV Channels

Spacecraft

Satellite Type :	Lightweight version of Hughes HS-376
Manufacturer :	Hughes Space & Communications Group
Initial On-Station Weight :	629kg (1,386.8lbs) on station
Dimensions :	2.16m diameter ,6.6m height
Electrical Power :	700 watts at beginning of life

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42172

2.2.5 ดาวเทียมเอเชียแซท

ดาวเทียมเอเชียแซท (Asiasat) ที่ถูกยิงขึ้นไปในอวกาศ มีชื่อว่า เอเชียแซท 1 ถูกส่งขึ้นไปอยู่ในวงโคจรเมื่อวันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2533 เป็นดาวเทียมที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ดวงแรกที่ออกแบบให้ใช้งานครอบคลุมพื้นที่ในกลุ่มประเทศในทวีปเอเชีย ลอยอยู่ในอวกาศ ณ ตำแหน่งเส้นแวงที่ 105.5° ตะวันออก โดยใช้จรวดชื่อว่า Long March 3 ของบริษัท China Great Wall Industry Corporation ประเทศสาธารัฐประชาชนจีน สำหรับผู้ที่เป็นเจ้าของดาวเทียมดวงนี้ก็คือ บริษัท Asia Satellite Telecommunication Co., Ltd. ของฮ่องกง

ซึ่งแต่เดิมนั้นดาวเทียมเอเชียแซท 1 มีชื่อว่าเวสตาร์ VI (Wester VI) เป็นของบริษัท Amarican Western Union Corporation ซึ่งสร้างโดยบริษัท Hughes Aircraft ดาวเทียมเวสตาร์ VI ได้ถูกยิงขึ้นสู่อวกาศ ในปี พ.ศ. 2527 แต่เกิดการขัดข้องทางเทคนิคทำให้ไม่สามารถเข้าสู่ตำแหน่งของวงโคจรที่ต้องการได้ จึงต้องใช้กระสวยอวกาศขององค์การนาซ่าที่ส่งขึ้นไปในอวกาศ เพื่อเก็บเอาดาวเทียมเวสตาร์ VI กลับลงมายังพื้นโลก แล้วทำการซ่อมแซมปรับแต่งใหม่ จากนั้นจึงขายให้กับฮ่องกงกลายเป็นดาวเทียมเอเชียแซท 1

ดาวเทียมเอเชียแซท 1 ได้ถูกออกแบบให้มีสายอากาศที่สามารถยิงลำคลื่น (Spot beam) ให้ครอบคลุมเกือบทุกส่วนของทวีปเอเชีย โดยแบ่งเป็นลำคลื่นทางด้านทิศเหนือ (Northern beam) ให้ครอบคลุมประเทศจีน ฮ่องกง ไต้หวัน เกาหลีเหนือ-ใต้ เนปาล บังคลาเทศ และญี่ปุ่น อีกส่วนหนึ่งคือ ลำคลื่นทางด้านทิศใต้ (Southern beam) ครอบคลุมประเทศไทย ปากีสถาน มาเลเซีย พม่า สิงคโปร์ เวียดนาม ลาว กัมพูชา อัฟกานิสถาน อิหร่าน ซาอุดิอาระเบีย คูเวต อียิปต์ และอิสราเอล

2.2.6 ดาวเทียมปาลาปา

ผู้ที่อาศัยอยู่ในทวีปเอเชียและบางส่วนของขอบมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้ สามารถที่จะรับสัญญาณภาพรายการโทรทัศน์จากดาวเทียมปาลาปา (Palapa)B2P, ปาลาปา B2R และปาลาปา B4 ของประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งดาวเทียมทั้งสามถูกปล่อยเข้าไปอยู่ในวงโคจร ตำแหน่งที่เส้นแวงที่ 108° และ 113° และ 118°ตะวันออกตามลำดับ

ในปัจจุบันนี้ดาวเทียมปาลาปา B2P นั้น ประเทศไทยได้เช่าใช้ในการส่งสัญญาณรายการโทรทัศน์ช่อง 11 ไปยังสถานีเครือข่าย ทั่วประเทศ รวมทั้งสถานีโทรทัศน์ของประเทศมาเลเซีย ได้แก่ช่อง TV3 และ TV1 ของ System Televisyan Malaysia และช่อง RCTI, TVRI หรือ Televisi Republic Indovesia และ CPTI ซึ่งเป็นสถานีโทรทัศน์เพื่อการศึกษาของประเทศอินโดนีเซีย เอง รวมทั้งสถานีโทรทัศน์ของฟิลิปปินส์ ได้แก่ช่อง ABS และ CBN นอกจากนี้ยังมีรายการข่าวยอดนิยมที่คนในย่านเอเชียพากันติดตามกันเป็นอย่างมากก็คือ รายการข่าวของ CNN ประเทศสหรัฐอเมริกาก็ได้เช่าทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียมปาลาปา B2P ในการถ่ายทอดรายการข่าวมายังทวีปเอเชีย ซึ่งแต่เดิมส่งสัญญาณภาพ เป็นระบบ NTSC แต่ในปัจจุบันนี้ได้เปลี่ยนมาเป็น ระบบ Pal แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนสถานีโทรทัศน์ของประเทศไทย อีก 2 ช่อง ได้แก่ ช่อง 5 และช่อง 7 ได้เช่าใช้บริการของดาวเทียมปาลาปา B4 ในการถ่ายทอดสัญญาณ ไปยังสถานีเครือข่าย และปัจจุบันได้มาใช้ดาวเทียมไทยคม ของประเทศไทยแล้ว

2.2.7 ดาวเทียมไชนาแซท

ดาวเทียมไชนาแซท (Chinasat) ชุดนี้เป็นของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน มีจุดประสงค์ใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารภายในประเทศ มีอยู่ด้วยกัน 3 ดวง ลอยอยู่ในวงโคจรที่ตำแหน่งเส้นแวงที่ 87.5 ° 96° และ 110.5° ตะวันออก โดยแต่ละดวงจะใช้ชื่อว่า DFH-2 , DFH-3 และ DFH-1 ตามลำดับ (DFH : DONGFANGHONG) ใช้ทรานสปอนเดอร์ความถี่ ย่าน C-band ในการส่ง สัญญาณรายการโทรทัศน์ ได้แก่ CCTV-1, CCTV-2, CETV และ Xizang TV ของธิเบต

2.2.8 ดาวเทียมอินเทลแซท

ในปี พ.ศ. 2508 ดาวเทียมที่ใช้งานทางด้านโทรคมนาคม เชิงพาณิชย์ ดวงแรกของโลก ได้ถูกส่งขึ้นสู่อวกาศ โดยองค์การอินเทลแซท (INTELSAT : The International Telecommunications Satellite Organization) มีมวลสมาชิกทั้งหมด ในขณะก่อตั้งประมาณ 122 ประเทศ องค์การนี้ในปัจจุบันถือว่าประสบความสำเร็จเป็นอย่างมากในการดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับงานทางด้านระบบสื่อสารระดับนานาชาติสามารถทำหน้าที่ให้บริการส่งผ่านระบบสื่อสารได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารภายในประเทศ หรือ จากซีกโลกหนึ่งไปสู่อีกซีกโลกหนึ่ง

ระบบของดาวเทียมอินเทลแซทนี้ สามารถส่งผ่านสัญญาณการสนทนาทางโทรศัพท์ได้พร้อมๆ กันครั้งละหลายพันคู่สาย หรือส่งผ่านสัญญาณโทรเลข หรือจะเป็นสัญญาณเทเล็กซ์ได้เป็นจำนวนมากในเวลาเดียวกัน แม้กระทั่ง สัญญาณโทรทัศน์ก็สามารถทำการส่งได้พร้อมกันหลายรายการ

ปัจจุบันนี้ดาวเทียมอินเทลแซทมีอยู่ทั้งหมด 15 ดวง โดยมีชื่อว่าอินเทลแซททั้งหมด แต่มีรหัสตามหลังเป็นตัวอักษรอยู่ 3 กลุ่ม คือ อินเทลแซท V, V-A และ VI ซึ่งทั้งหมดนี้ยังให้บริการอยู่ตามปกติ ทำให้มีช่องของสัญญาณไม่ว่าจะเป็นของโทรทัพท์หรือข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ไว้บริการเพิ่มขึ้น และดาวเทียมที่เพิ่มขึ้นมาเหล่านี้ยังมีสำหรับให้บริการส่งสัญญาณโทรทัศน์ทั้งภายในประเทศและระหว่างประเทศอย่างพร้อมเพรียงเป็นจำนวนมากอีกด้วย ดาวเทียมอินแทลแซทในกลุ่มของอินเทลแซท V, V-A และ VI จำนวน 8 ดวง ที่ลอยอยู่ในวงโคจร และสามารถรับสัญญาณได้ภายในทวีปเอเชีย ดาวเทียมเหล่านี้จะถูกกำหนดให้อยู่ที่ตำแหน่งเหนือคาบสมุทรอินเดียที่ตำแหน่ง 57°60° 63° และ 66°ตะวันออก และอีกส่วนหนึ่งจะลอยอยู่เหนือคาบสมุทรแปซิฟิกที่ตำแหน่ง 174°177°180°และ 183° ตะวันออก ดาวเทียมอินเทลแซทที่ลอยอยู่เหนือคาบสมุทรอินเดียนั้นประเทศมาเลเซียได้อาศัยบริการในการส่งสัญญาณโทรทัศน์จากสถานีแม่ไปยังสถานีเครือข่ายภายในประเทศ ได้แก่ช่อง RTM 1 ส่วนสถานีโทรทัศน์ในประเทศไทย ได้แก่ ช่อง 3 และช่อง 9 อีกส่วนหนึ่งใช้ในการส่งรายการ Worldnet TV ของประเทศสหรัฐอเมริกา

เอกสารนี้ [illegible] ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการส่งสัญญาณโทรทัศน์ภายในประเทศสหรัฐอเมริกานั้น จะใช้ดาวดาวเทียมอินเทลแซทที่ลอยอยู่เหนือคาบมหาสมุทรแปซิฟิก โดยมีการเข้ารหัสของสัญญาณภาพ เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตรับสัญญาณภาพได้ สำหรับผู้ที่อยู่ในทวีปเอเชีย หากต้องการดูรายการโทรทัศน์จากดาวเทียมอินเทลแซทจะต้องใช้จานรับสัญญาณที่ใหญ่มากรัศมีตั้งแต่ 5 เมตรขึ้นไป จึงจะสามารถรับสัญญาณได้

2.2.9 ดาวเทียมสเตชันนาร์

สเตชันนาร์ (Stationar) เป็นตระกูลดาวเทียมของประเทศรัสเซีย อันได้แก่ ดาวเทียม กอริซอนท์ (Gorizont = Horizon) และดาวเทียมราดูกา (Raduga = Rainvbow)

ดาวเทียมในตระกูลสเตชันนาร์ ซึ่งรัสเซียใช้ในการส่งผ่านสัญญาณโทรทัศน์ โทรศัพท์ ข้อมูล และกระจายสัญญาณวิทยุ ภายในประเทศ อีกทั้งยังให้บริการกับประเทศสมาชิกในกลุ่มอินเตอร์สปุตนิก มีทั้งประเทศทางทวีปยุโรปตะวันออก อาฟริกา และบางประเทศในทวีปเอเชียที่เป็นสมาชิกอยู่ เหมือนกับการเป็นสมาชิกขององค์การอินเทลแซท

ผู้ที่อยู่ในทวีปเอเชียสามารถจะรับสัญญาณรายการโทรทัศน์ภาคภาษารัสเซียจาก ดาวเทียมตระกูลสเตชันนาร์ ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 80° 90°และ 140° ตะวันออก ในปี พ.ศ. 2535 ที่ผ่านมา ดาวเทียมสเตชันนาร์ 13 ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 80° 90° 95 ° และ 140° ตะวันออก ได้เริ่มทำการส่งรายการโทรทัศน์ใหม่อีกช่องหนึ่ง มีชื่อเรียกว่า "Asian Network" มีการส่งสัญญาณขึ้นไปจากประเทศอินเดีย โดยดาวเทียมดวงนี้จะส่งรายการข่าวประจำวันรายการกีฬาไปยังกลุ่มประเทศสมาชิกขององค์การอินเตอร์สปุตนิก เช่น เวียดนาม มองโกเลีย ลาว เกาหลีเหนือ เป็นต้น

2.3 ศึกษาวิธีการติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียม

การสื่อสารระบบไมโครเวฟภาคพื้นดิน มีข้อจำกัดในเรื่องระยะทางการรับ-ส่ง เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟจะเคลื่อนในแนวตรงได้ไกลสุดเพียงเส้นระดับสายตาเท่านั้น และในการรับส่งจะมีสิ่งกีดขวางไม่ได้ หากจะเพิ่มระยะการติดต่อกว้างไกลสักเท่าไรต้องมีสถานีทวนสัญญาณ หรือถ่ายทอดสัญญาณจำนวนมาก และตัวสายอากาศรูปจานทรงกลมจะติดตั้งอยู่บนที่สูง หรือบนยอดอาคาร

ถ้าสามารถนำเอาจานไมโครเวฟและอุปกรณ์ทวนสัญญาณขึ้นไปลอยอยู่บนท้องฟ้าสูงๆ ได้ก็สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสถานีทวนเครือข่ายภาคพื้นดินได้อย่างมหาศาล ด้วยเหตุนี้เองเป็นจุดเริ่มต้นในการส่งดาวเทียมขึ้นไปลอยนิ่งอยู่บนท้องฟ้า ภายในบรรจุด้วยอุปกรณ์ถ่ายทอดสัญญาณ ภายนอกติดตั้งจานรับสัญญาณ หันตรงมายังพื้นโลก ครอบคลุมพื้นที่กว้างใหญ่ไพศาล

2.3.1 ชนิดของดาวเทียม

ดาวเทียมมีอยู่ 2 ชนิด ซึ่งแบ่งตามลักษณะแนวโคจรของตัวดาวเทียม คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.1 ดาวเทียมโคจรเป็นรูปวงรี

การโคจรเป็นรูปวงรีรอบโลก มีระนาบไม่แน่นอน ตำแหน่งของตัวดาวเทียมเมื่อเทียบกับโลกก็ไม่แน่นอน เช่นดาวเทียมที่ใช้ในการตรวจสภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศ แหล่งทรัพยากรธรณี หรืองานจารกรรมทางทหาร

2.3.1.2 ดาวเทียมค้างฟ้า (GEOSTATIONARY SATELLITE)

เป็นดาวเทียมที่นิ่งอยู่กับที่เมื่อเทียบกับโลก มีวงโคจรเป็นรูปวงกลมอยู่ในระนาบเดียวกับเส้นศูนย์สูตร (EQUATOR) อยู่สูงจากผิวโลกประมาณ 35876 กิโลเมตร วงโคจรนี้เรียกว่า GEOSYNCHRONOUS ORBIT หรือ GEOSTATIONARY ORBIT และเพื่อเป็นเป็นเกียรติแก่ผู้ค้นพบวงโคจรนี้ อาจเรียกว่า CLARKE ORBIT ก็ได้ โดยกำหนดไว้ว่า เป็นวงโคจรในระนาบเส้นศูนย์สูตร ที่มีความสูงเป็นระยะที่ทำให้ดาวเทียมเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากับการหมุนของโลกในทิศทางเดียวกัน หรือก็คือ เมื่อโลกหมุนรอบตัวเอง 1 รอบในเวลา 24 ชั่วโมงดาวเทียมก็โคจรรอบโลกพอดีเช่นกัน แล้วทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง มีค่าเท่ากับแรงดึงดูดของโลกพอดี เป็นผลทำให้เหมือนกับว่า ดาวเทียมนั้นลอยอยู่ในตำแหน่งเดิมตลอดเวลา เมื่อเทียบกับจุดสังเกตการณ์บนภาคพื้นดิน ของโลก

2.3.2 ดาวเทียมค้างฟ้าส่วนใหญ่ใช้สำหรับ

1. เพื่อการสื่อสาร เรียกว่าดาวเทียมสื่อสาร (COMMUNICATION SATELLITE: CS)

2. เพื่อส่งวิทยุกระจายเสียงเรียกว่า ดาวเทียมกระจายเสียง (BROADCASTING SATELLITE: BS หรือ DBS) มีจุดประสงค์เพื่อส่งสัญญาณวิทยุหรือโทรทัศน์ ไปยังผู้ชมบนภาคพื้นดินโดยตรง

2.3.2.1 ย่านความถี่ในการสื่อสารสัญญาณผ่านดาวเทียม

แต่เดิมสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศได้กำหนดเรียกชื่อย่านวิทยุ ในช่วงความถี่สูงดังนี้

ความถี่สูงมาก (VHF: Very High Frequency) 30-300MHz

ความถี่สูงยิ่ง (UHF: Ultra High Frequency) 300-3000MHz

ความถี่สูงยิ่งยวด (SHF: Super High Frequency) 3-30GHz

ปัจจุบันมีการกำหนดชื่อ ย่านความถี่วิทยุที่ใช้เพื่อการโทรคมนาคมกับดาวเทียมสื่อสารสำหรับส่งสัญญาณกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ ข้อมูลการสำรวจ และอื่นๆ มาให้สถานีคมนาคมภาคพื้นดินดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แถบความถี่

ชื่อแถบความถี่	ความถี่
UHF	0.3-1.0 GHz
L	1-2 GHz
S	2-4 GHz
C	4-8 GHz
X	8-12 GHz
Ku	12-18 GHz
K	18-27 GHz
Ka	27-40 GHz
V	40-75 GHz
W	75-110 GHz
Mm	110-300 GHz

ดาวเทียมที่ใช้ในการสื่อสาร มีอุปกรณ์การรับ- ส่งคลื่นวิทยุภายใน ทำหน้าที่ถ่ายทอดสัญญาณไปยังสถานีภาคพื้นดิน หรือก็คือทำหน้าที่รับและส่งสัญญาณความถี่คลื่นไมโครเวฟ ถ้าเป็นการส่งสัญญาณขึ้นไปยังดาวเทียม เรียกว่า การเชื่อมโยงขาขึ้น เมื่อจานรับบนดาวเทียมรับคลื่นสัญญาณภาพเสียง ข้อมูล และอื่นๆ แล้วก็จะนำไปขยายให้แรงขึ้น จากนั้นก็จะส่งมายังสถานีภาคพื้นดินที่ต้องการ คลื่นที่ส่งลงมาเรียกว่าการเชื่อมโยงขาลง ความถี่ขาขึ้นและขาลงจะต้องแตกต่างกันเพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนกัน ความถี่ขาขึ้นจะสูงกว่าขาลงเสมอ ตัวอย่างเช่น

1) ย่าน C - BAND

ความถี่สำหรับ Up-link 5.72 - 7.045 GHz เฉลี่ย 6 GHz

ความถี่สำหรับ Down-link 3.4 - 4.8 GHz เฉลี่ย 4 GHz

แบบนี้สัญญาณที่ส่งมาจะมีฟุตปริ้นท์ (Foot Print) ครอบคลุมพื้นที่ได้กว้าง สามารถส่งสัญญาณ ครอบคลุมพื้นที่ได้หลายประเทศ จึงเหมาะสมกับประเทศที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ แต่ว่าก็ทำให้เกิดข้อเสียคือ ความเข้มของสัญญาณจะต่ำลง การรับสัญญาณจะต้องใช้จานขนาดใหญ่ เช่น 4-12 ฟุต สัญญาณจึงจะมีความชัดเจน

2) ย่าน KU -BAND

ความถี่สำหรับ ขาขึ้น 12.75-14.8GHz เฉลี่ย 13.0GHz

ความถี่สำหรับ ขาลง 10.7-12.3GHz เฉลี่ย 11GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบนี้สัญญาณครอบคลุมพื้นที่ได้น้อย จึงเหมาะสมสำหรับการส่งสัญญาณเฉพาะภายในประเทศและสัญญาณมีความเข้มสูง ใช้จานรับขนาดเล็กประมาณ 40-80cm.ก็รับสัญญาณได้ดี

2.3.3 ฟีดฮอร์น

ฟีดฮอร์นที่ใช้กันส่วนใหญ่ในปัจจุบันนี้ จะเป็นแบบปากกระบอก จะมีวงแหวนซ้อนกันอยู่หลายรอบ เพื่อป้องกันสัญญาณจากขอบภายนอกของจุดโพคัลสะท้อนลงไปยังพื้นผิวของจานอีกครั้ง สัญญาณทั้งหมดจะถูกขยายให้แรงขึ้นโดยการสะท้อนในอัตราประมาณ 70% ของผิวจานทั้งหมด พุ่งไปรวมกันที่ฟีดฮอร์นโดยสเกล่าร์ฟีดฮอร์นจะถูกออกแบบให้สามารถมองลงมายังพื้นผิวของจานให้ได้มากที่สุด ในขณะที่สัญญาณจะถูกลดทอน ลงที่บริเวณพื้นผิวที่อยู่ใกล้ขอบจานประมาณ 10-15 dB 4 GHz เป็นจำนวนมาก และมีความแรงมากกว่าสัญญาณที่ส่งลงมาจากดาวเทียมหลายเท่าซึ่งการลดทอนที่เกิดขึ้นบริเวณผิวขอบนอกของจานนี้ มีผลทำให้สามารถไปลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากพื้นผิวโลกซึ่งไปรวมกันอยู่บริเวณพื้นผิวที่อยู่ใกล้ขอบของจาน ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 30 % ของพื้นผิวของจานทั้งหมด พื้นผิวของจานที่บริเวณดังกล่าว จึงทำหน้าที่เสมือนกับชีลด์เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนที่จะเข้าไปยังฟีดฮอร์นไปในตัวนั่นเอง

สำหรับวิธีการพิจารณาเลือกใช้งานให้ถูกต้องและได้ผลดีนั้น ในทางปฏิบัติคือ ตัวฟีดจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับชนิดของจานที่เราเลือกใช้ สำหรับจานรับสัญญาณที่มีท้องจานตื้นสามารถใช้งานได้ดีที่สุดกับฟีดมาตรฐานใดก็ได้ ขณะที่แบบที่มีท้องจานลึกอาจจะต้อง ใช้ฟีดแบบพิเศษ หรืออาจต้องมีอะแดปเตอร์ริงซึ่งมีลักษณะเป็นวงแหวนเข้ามาช่วย จะมีผลทำให้บริเวณช่องเปิดของฟีดยาวขึ้นอีกเล็กน้อย ทำให้ความยาวที่แท้จริงของฟีดนั้นสัมพันธ์กับค่าอัตราส่วน F/D ของสายอากาศ หรือของจานรับสัญญาณได้ถูกต้องยิ่งขึ้น และอีกประการหนึ่ง ฟีดที่จะนำมาใช้งานให้ได้ผลดีขึ้น ควรที่จะสามารถปรับตำแหน่งของ Scalar Plate ได้ เพื่อให้สามารถทำการปรับแต่งผลของการรับสัญญาณให้ได้ประสิทธิภาพดีที่สุด

2.3.4 อุปกรณ์ขยายสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ

หลังจากที่สัญญาณถูกส่งเข้าไปในฟีดฮอร์นแล้ว จะถูกส่งต่อไปยังอุปกรณ์ขยายสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ LNB (Low Noise Block downconverter) หรือที่เรียกว่า Low Noise Amplifier โดยเราจะถือว่าเป็นขั้นตอนแรกที่มีการขยายสัญญาณเกิดขึ้นภายในเมาท์ของ LNB จะมีโพรบเล็กๆชิ้นหนึ่ง ความยาวไม่ถึง 1 นิ้ว อยู่อันหนึ่ง ซึ่งจริงๆ แล้วเป็นสายอากาศที่เรโซแนนท์กับสัญญาณที่มีความถี่ที่ส่งมาจากดาวเทียมนั่นเอง เมื่อรับสัญญาณมาแล้ว จะทำการส่งต่อโดยการคับปลิ้งเข้าไปยังวงจรขยายทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งแน่นอนว่าสัญญาณรบกวนจะเกิดขึ้นภายในวงจรอิเล็กทรอนิกส์นี้ด้วย โดย LNB จะขยายสัญญาณรบกวนนี้พร้อมกับสัญญาณที่ต้องการ แล้วส่งผ่านไปยังขั้นตอนต่อไป ซึ่งในขั้นตอนนี้ LNB จะต้องสามารถควบคุมระดับของสัญญาณรบกวนนี้ให้มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการนำตัวนำประเภทแกลเลี่ยมอาเซไนด์ (Gallium Arsenide : GaAs) และ High Electron Mobility Transistor มาใช้งาน จึงมีผลทำให้สามารถลดสัญญาณรบกวนที่เรียกว่า Noise Temperature ภายใน LNB ลงได้อย่างมาก

2.3.5 TRANSPONDER

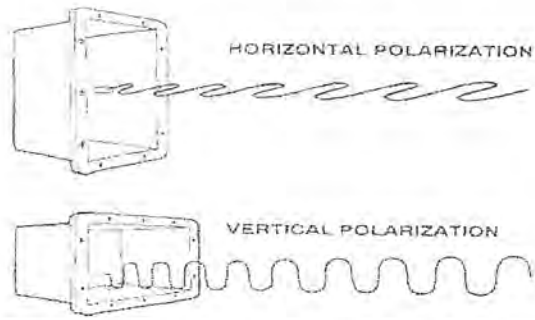
ทรานสพอนเดอร์ คือ ชุดอุปกรณ์รับและส่งสัญญาณดาวเทียม ในดาวเทียมแต่ละดวงมีจำนวนทรานสพอนเดอร์หลายชุดเช่น 12 ทรานสพอนเดอร์ แต่ละชุดจะมีย่านความถี่ต่างๆกัน แต่ละย่านกว้างประมาณ 40MHz เพื่อรับสัญญาณภาพได้ 1 ช่องสัญญาณ เนื่องจากความกว้างของช่องคลื่นนี้มากเกินไป ทำให้จำนวนช่องสัญญาณมีไม่มากเพียงพอ จึงนิยมใช้วิธีการส่งคลื่นที่มีขั้วสัญญาณ เป็นแบบแนวตั้ง และแบบแนวนอน ไปพร้อมๆกัน โดยความถี่พาห์เป็นคลื่นความถี่ที่เท่ากัน ทำให้ในหนึ่ง ทรานสพอนเดอร์ ส่งสัญญาณได้เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ทางด้านรับสามารถรับคลื่นที่มีขั้วคลื่นต่างกันได้โดยการปรับสายอากาศให้ตรงกับขั้วของคลื่นที่จะรับ

2.3.6 ชนิดขั้วคลื่นสัญญาณจากดาวเทียม

ที่ใช้กันจะมีอยู่ 2 แบบคือ แบบ Linear Polarization ซึ่งประกอบด้วยสองแบบคือแบบแนวแกนตั้งและ แบบแนวแกนนอน และแบบที่สองคือแบบวงกลม

2.3.6.1 Linear Polarization

สัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียมที่ใช้กันภายในประเทศ เช่น เอเชียแซท หรือ ปาลาปา ส่งโดยการใช้สายอากาศที่มีขั้วการเดินทางของคลื่นสัญญาณทั้งที่เป็นแนวตั้งและแบบแนวนอน ดังนั้นการที่เราจะรับสัญญาณให้ได้ดีที่สุด โพรบหรือแกนรับสัญญาณที่อยู่ภายใน LNB ต้องอยู่ในระนาบเดียวกันกับขั้วการเดินทางของคลื่นที่สายอากาศของดาวเทียมหรือทรานสปอนเดอร์ส่งลงมาด้วยถ้าหากโพรบดังกล่าวไม่แมทช์กับขั้วคลื่นของทรานสปอนเดอร์ดาวเทียมแล้วสัญญาณก็จะเกิดการสูญเสียไปอย่างมาก หรือถ้าตรงกันข้ามกันเลย จะทำให้ไม่สามารถรับสัญญาณทั้งหมดได้ ซึ่งขั้วของโพรบใน LNB สามารถหมุนได้โดยใช้ Polarizer หรือถ้าหากไม่มี Polarizer ก็ต้องใช้การหมุนที่ตัว LNB โดยตรง



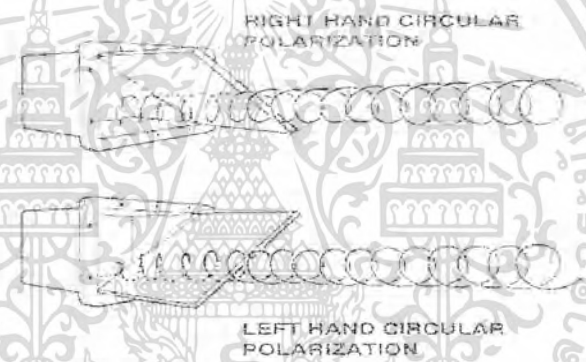
รูปที่ 2.13 ลักษณะของสัญญาณที่มีคลื่นแบบเชิงเส้นทั้งแนวตั้งและแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.2 Circular Polarization

ขั้วคลื่นแบบวงกลม ดาวเทียม ระบบ DBS ของประเทศญี่ปุ่น จะเหมือนกับดาวเทียมอินเทลแซท ของประเทศสหรัฐอเมริกา และดาวเทียมสเตชั่นนาร์ของประเทศรัสเซีย คือมีขั้วการเดินทางของคลื่นเป็นแบบวงกลมหรือที่เรียกว่า Circular Polarization ดังนั้นหากว่าเราต้องการรับสัญญาณจากดาวเทียมที่มีขั้วคลื่นแบบนี้ให้ได้ประสิทธิภาพดีที่สุดแล้ว เราจะต้องใช้ฟีดฮอร์นที่มีโครงสร้างของโพรบเป็นแบบ Circular เช่นกัน

โดยที่โพรบจะมีลักษณะเป็นวงกลม (Helical) และมีลักษณะของรูปคลื่น (Pattern) หมุนเป็นเกลียว ซึ่งยังสามารถแบ่งออกได้เป็นสองแบบอีกคือ แบบที่คลื่นหมุนขวา (Right Hand Circular Polarization) และแบบที่คลื่นหมุนซ้าย (Left Hand Circular Polarization) สัญญาณขั้วคลื่นวงกลมนี้ ขั้วคลื่นจะหมุนไปทางซ้ายหรือขวาก็ได้ การรับสัญญาณแบบนี้จะใช้แผ่น Teflon เป็นตัวควบคุมขั้วคลื่นให้ LNB ซึ่งเป็นแบบ Linear Polarization รับได้



รูปที่ 2.14 การรับคลื่นที่มีขั้วคลื่นวงกลม Circular Polarization

2.3.7 ตำแหน่งดาวเทียม

ตำแหน่งและความถี่ของดาวเทียมถูกกำหนดโดย ITU (International Telecommunication Union)และ IFRB (International Frequency Register Board) ดาวเทียมที่ใช้ส่งโทรทัศน์ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปนี้ อยู่ในวงโคจรเหนือเส้นศูนย์สูตรด้วยความสูง 35786 กม. ด้วยความเร็ว 3075 เมตร ต่อวินาทีเนื่องจากว่าแต่ละจุดที่กำหนดตำแหน่งต้องใช้เส้นแวงตัดกับเส้นรุ้ง เมื่อมองตำแหน่งดาวเทียมตั้งฉากกับพื้นโลก

ดังนั้นเมื่อดาวเทียมค้างฟ้าทุกดาววางอยู่ในตำแหน่งเหนือเส้นศูนย์สูตร จึงใช้เพียงค่าของเส้นแวง (Longitude)เท่านั้นเป็นตัวบอกตำแหน่ง เช่น ดาวเทียมไทยคม 1 อยู่ที่ตำแหน่ง 78.5องศา E คือเส้นแวงที่ 78.5องศาตะวันออก (เส้นรุ้งที่ ศูนย์องศา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดาวเทียมแต่ละดวงจะวางอยู่ห่างกันประมาณ 2 องศาขึ้นไป ซึ่งหนึ่งองศาประมาณ 50 กม. เพื่อหลีกเลี่ยงคลื่นรบกวนกัน ตำแหน่งที่วางห่างกันเป็นช่วงๆ รอบเส้นศูนย์สูตรนี้เรียกว่า Orbital Slot เมื่อมองจากดาวเทียมทำมุมตั้งฉากตรงไปยังพื้นโลกจุดนี้เรียกว่า SUBSA TELLITE POINT

2.3.8 ความแรงของสัญญาณจากดาวเทียม

ความแรงของสัญญาณจากดาวเทียมที่ส่งตรงมายังโลกค่อนข้างต่ำ เนื่องจากปัญหาของขนาดตัวจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้มีปริมาณจำกัด จานสายอากาศของดาวเทียมจึงออกแบบให้มีลำคลื่นส่งไปในพื้นที่ ที่กำหนดไว้บนพื้นโลกเท่านั้น บริเวณที่ลำคลื่นของสัญญาณแผ่ครอบคลุมถึงเรียกว่า Foot Print ของดาวเทียมนั้นๆ

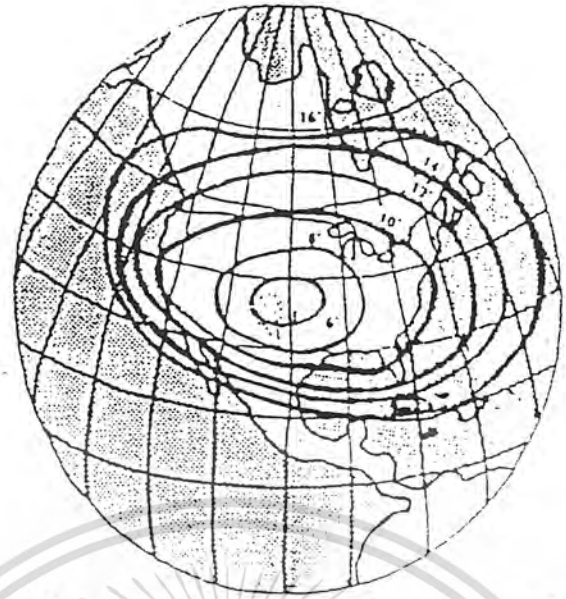
แผนที่ ฟุตปริ้นท์ (Foot Print) แสดงถึง ความแรงของสัญญาณ ณ จุดที่มีหน่วยเป็น "dBw" เมื่อเทียบกับกำลัง 1 วัตต์ โดยเป็น ค่าแสดงผลหรือค่าประสิทธิผลที่คลื่นกระจายออกมา (Effective Isotropic Radiated Power: EIRP)ค่านี้จะขึ้นอยู่กับค่า (Effective Power) ของเครื่องส่งที่ตัวดาวเทียมแสดงผลออกมา

ดาวเทียมที่ใช้ความถี่ย่าน C-band มักมีกำลังส่งค่อนข้างต่ำประมาณ 8-16 วัตต์เท่านั้น จึงต้องใช้จานรับสัญญาณค่อนข้างใหญ่ แต่ว่ามีข้อดีคือสัญญาณจะแผ่ครอบคลุมพื้นดินที่ได้กว้างมาก รวมทั้งสามารถตั้งมุมยิงของสายอากาศ ให้มีจุดศูนย์กลางของสัญญาณเน้นความเข้มไว้สองจุดก็ได้ เช่นมีความแรงที่ศูนย์กลางของลำคลื่น 37 dBw เมื่อกำลังส่ง 11 วัตต์ (ดาวเทียมไทยคม)

ส่วนดาวเทียมในย่าน KU-BAND ส่งสัญญาณด้วยกำลังส่งปานกลางคือ 20-50 วัตต์ตัวอย่าง เช่นของดาวเทียมไทยคมมีกำลังส่ง 47 วัตต์ ความแรงที่ศูนย์กลางลำคลื่น 51 dBw แต่ว่ามีเพียงบางประเทศ เช่น ญี่ปุ่นใช้เครื่องส่งกำลังสูงมากๆ ประมาณ 80-100 วัตต์ และล่าสุดจะส่งถึง 200 วัตต์ จานสายอากาศจึงเล็กมาก เช่นเส้นผ่าศูนย์กลางเพียง 1.5 ฟุต ก็สามารถรับสัญญาณได้แล้ว

ฟุตปริ้นท์ของสัญญาณดาวเทียมทำให้ขนาดจานในแต่ละพื้นที่ไม่เท่ากัน ตรงศูนย์กลางของลำคลื่นสัญญาณแรงใช้จานขนาดเล็กก็พอ แต่พออยู่ในพื้นที่ไกลออกไปลำคลื่นจะจางลงก็ต้องใช้จานขนาดใหญ่ขึ้น การใช้แผนที่ ฟุตปริ้นท์ และตารางประกอบ ทำให้สามารถหาจานรับสัญญาณขนาดเหมาะสมกับการใช้งานในตำแหน่งที่เราอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 ฟุตปริ้นท์สัญญาณดาวเทียมทำให้ขนาดจานแต่ละพื้นที่ไม่เท่ากัน

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติจานรับสัญญาณดาวเทียม

DIMETER	10-FT(3.0m)
F/D RATIO	0.38
FOCAL LENGTH	116.8cm
ACTUATOR	18" STROKE
BEAM WIDTH	1.7 DEGREES
DISH	ALUMINIUM REFLECTOR
MOUNT	STEEL
MOUNTING POLE	STEEL
WEIGHT WITH MOUNT	73 kg.
GAIN	:40.3 dBi FOR C-BAND 4.2 GHz :48.2 dBi FOR Ku-BAND 12.2GHz

2.3.9 จานรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Antenna Dish)

จานรับสัญญาณดาวเทียม มีรูปทรงโค้งพาราโบลาแบบกะทะทำด้วยโลหะ มีหน้าที่สะท้อนสัญญาณคลื่นความถี่ที่ส่งมาจากดาวเทียมไปรวมตัวกันที่ ฟีดฮอร์น (Feed Horn) หรือที่เรียกว่าตัวรวมสัญญาณ ดังนั้นจานใหญ่จึงรวมสัญญาณหรือมีอัตราการขยายมากกว่าจานขนาดเล็ก ตัวจานมีทั้งแบบทึบ (Solid) และแบบโปร่ง (Mesh) ในจานขนาดเท่ากันจานทึบจะสะท้อนสัญญาณได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ว่าจานโปร่งจะนิยมใช้กันมากกว่าเนื่องจากไม่ต้านลม และน้ำหนักเบากว่า การติดตั้งในที่สูงๆ ควรคำนึงถึงระบบป้องกันฟ้าผ่าด้วยการสะท้อนคลื่นจากจานไปยัง ฟีดฮอร์น

ตัวรวมสัญญาณ ฟีดฮอร์นจะต้องติดตั้งอยู่ตรง ที่คลื่นสะท้อนจากจานแล้วไปรวมกันที่จุด ซึ่งเรียกว่า จุด Focal Point จุดนี้จะอยู่ตรงไหน ขึ้นอยู่กับรูปร่างของจาน

2.3.9.1 จานแบบ CENTER FOCUS หรือ PRIME FOCUS หรือ CENTER FEED

แบบนี้ ฟีดฮอร์นจะอยู่ที่ด้านหน้าและตรงจุดศูนย์กลางขนาดของจานแบบนี้จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 1-2 เมตร โดยมีประสิทธิภาพของจานสายอากาศประมาณ 60%

ฟีดฮอร์น และ LNB จะมียึดติดกับส่วนบนของผิวจานโดยขาทั้งหมดยึดติดเข้ากับวงแหวน (support bracket) อยู่เหนือจุดศูนย์กลางของจาน ณ ตำแหน่งที่ได้ความแรงของสัญญาณสูงสุดนั่นก็คือตรงตำแหน่งโฟกัส จุดนี้สำคัญมากถ้าพลาดไปเพียงนิ้วเดียวหรือมากกว่า สัญญาณจะต่ำลงกว่าปกติขาที่ใช้ยึดมี 2 ชนิด คือ แบบหลายขา (Multi-Leg หรือ Multi- Arm) และแบบขาเดียวใช้ติดกลางจาน (Button Hook)

2.3.9.2 จานแบบเคสซีเกรน (CASSEGRAIN)

แบบนี้มักใช้ในเชิงพาณิชย์เพื่อการส่งสัญญาณขาขึ้นและขาลงที่จานจะมีตัวสะท้อนคลื่นย่อย (Sub Reflector) นอกเหนือจากการสะท้อนที่ตัวจานโดยการติดตั้งอยู่ที่จุด Focus หน้าที่ของตัวสะท้องคลื่นย่อยนี้ก็คือ ทำหน้าที่รวมเอาสัญญาณที่ได้รับจากตัวจานใหญ่ครั้งหนึ่งก่อน แล้วจึงส่งไปยังฟีดฮอร์น ที่ติดอยู่ตรงกลางของพื้นผิวจาน การป้อนสัญญาณ Feed แบบเคสซีเกรนนี้จะทำให้อัตราขยายเพิ่มขึ้นมาอีกเล็กน้อยประมาณ 0.5-1.0 dB หรือประสิทธิภาพของจานจะเป็นประมาณ 80% เมื่อเปรียบเทียบกับแบบแรกขนาดของจานแบบนี้มักมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เมตรขึ้นไป การติดตั้งตัวสะท้อนคลื่นย่อยทำได้ค่อนข้างยาก(โดยเฉพาะถ้าจานขนาดต่ำกว่า 2 เมตร) จะต้องปรับแต่งให้ตรงที่สุดมิฉะนั้นจะถูกรบกวนสัญญาณแทรกสอด (Interference)ของดาวเทียมดวงที่อยู่ใกล้ๆ

2.3.9.3 จานแบบ Offset Fed

ได้จากการนำเอาส่วนหนึ่งของจานแบบ Center Focus ขนาดใหญ่ซึ่งมีพื้นที่ผิวแบบพาราโบลิกมาใช้งาน Feed Horn ยังคงติดอยู่ที่ตำแหน่งโพกัสเดิม จานแบบนี้เมื่อมองดูจะเหมือนกันกับว่า ฟีดฮอร์นยื่นออกมาจากส่วนล่างของจานรับสัญญาณขนาดของจานมีเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า $D > 10\lambda$ ลงมาประมาณ 75cm. โดยมีอัตราการขยายดีที่สุดและมีลำคลื่นด้านข้าง (Side Lobes) ต่ำมาก หากจานรับแบบนี้มีขนาดใหญ่กว่า 1.5 เมตร จะทำให้ระยะของจุดโพกัสยาวเพิ่มขึ้น นั่นคือแขนที่ใช้ยึด ฟีดฮอร์นจะต้องยาวมากขึ้นทำให้ไม่ได้สัดส่วนและติดตั้งยากขึ้น

ฟีดฮอร์นที่ใช้กับจานรับสัญญาณแบบ Offset Fed นี้ จะมีปากหรือช่องแตกต่างจากฟีดฮอร์นที่ใช้กับจานแบบ Center Focus โดยช่องของ ฟีดฮอร์นค่อนข้างจะบานออกเพื่อลดความกว้างของลำคลื่น (Beam Width) ให้เล็กลง ซึ่งจำเป็นอย่างมากเนื่องจากจานมีขนาดเล็กลง เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบกับพื้นที่ทั้งหมดของพาราโบลิก หากนำเอา ฟีดฮอร์นแบบธรรมดามาใช้จะมีการขยายสัญญาณรบกวนจากภาคพื้นดินเข้าไปด้วย

2.3.10 กำลังขยาย (Gain) ของสายอากาศ

กำลังขยายของจานสายอากาศ ขึ้นอยู่กับ ลักษณะทางกายภาพ ของตัวจานที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ จะมีกำลังขยายมากกว่าจานเล็ก รวมทั้งปัจจัยอื่นๆประกอบด้วย โดยพิจารณาจากสูตร (2.4)

$$\text{กำลังขยายของจานสายอากาศ } (G) = 10 \text{ Log } [\pi^2 * \eta (D/\lambda)^2] \text{dB} \qquad (2.4)$$

เมื่อ D = เส้นผ่าศูนย์กลางของจาน (เมตร)

λ = ความยาวคลื่น (เมตร)

η = ค่าสัมประสิทธิ์ ของประสิทธิภาพของจาน (% / 100)

เนื่องจากสายอากาศเป็นรูปพาราโบลา ซึ่งมีประสิทธิภาพ ประมาณ 60-70% นั้นความลึกของจานยังมีผลต่อกำลังขยายและขจัดสัญญาณรบกวนด้วย จานส่วนใหญ่จะมีความลึกปานกลางปกติ จะแสดงด้วยสมการ (2.5)

$$f/D \approx 0.25\text{-}0.6 \qquad (2.5)$$

เมื่อ f = ความยาวโฟกัส

D = เส้นผ่าศูนย์กลาง ของจาน

ในทางปฏิบัติ สาเหตุที่อัตราการขยาย ของจานที่ได้ไม่เป็นไปตามสูตร มักจะเนื่องมาจากสาเหตุหลาย ประการเช่น ความเรียบของจาน ความโค้งของผิวจานที่ไม่เป็นไปตามลักษณะพาลาโบลิก การวางตำแหน่งของ LNB ไม่ตรงกับจุดโพกัส รวมทั้งการประกอบจานจากชิ้นส่วนเล็กๆ ให้เข้ารูปก็เป็นเรื่องสำคัญต่อการสะท้อนคลื่นให้ไปรวมที่จุดโพกัส การเลือกจานขนาดเล็กหรือใหญ่ต้องดูว่าการใช้งานอยู่ย่านความถี่ใดถ้าอยู่ในย่าน C - Band 4~6 GHz มีความถี่และกำลังส่งต่ำกว่าย่าน KU - Band 12~14 GHz

2.3.11 วิธีการติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite dish installation)

ในการติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียมควรคำนึงถึงหัวข้อใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้คือ

1.3.11.1 การสำรวจพื้นที่

เนื่องจากสัญญาณโทรทัศน์ที่ส่งมาจากดาวเทียมค้างฟ้าเป็นสัญญาณ ไมโครเวฟซึ่งเดินทางจากจุดหนึ่งไปสู่อีกจุดหนึ่งเป็นลักษณะเส้นตรง (Line of Side) และเนื่องจากดาวเทียมที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

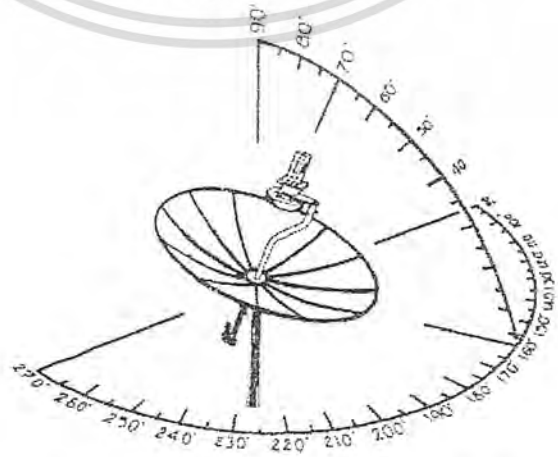
ประเภทนี้จะถูกส่งไปลอยอยู่ในวงโคจรจีโอสเตชันนารี (Gestation Orbit) ซึ่งตำแหน่งของมันจะอยู่เหนือตลอดเส้นศูนย์สูตรของโลก (Earth's equator) ดังนั้นหากเราอยู่บนพื้นที่ที่เหนือเส้นศูนย์สูตรอย่างเช่นประเทศไทยเราก็จะต้องหันหน้าของจานลงไปในทางทิศใต้และถ้าเป็นประเทศที่อยู่ใต้เส้นศูนย์สูตรลงไป ก็จะต้องหันหน้าของจานขึ้นไปทางทิศเหนือ

การสำรวจพื้นที่ในขั้นต้นควรพิจารณาว่าพื้นที่ตรงส่วนที่เราจะติดตั้งมีสิ่งกีดขวางเช่นตึกสูงๆหรือต้นไม้บดบังทิศทางของสัญญาณที่จะรับสัญญาณหรือไม่หรือว่าพื้นที่บริเวณนั้นมีสายไฟแรงสูง หรือว่ามีวัตถุอื่นๆกั้นขวางทิศทางของสัญญาณที่จะลงมาสู่จานรับสัญญาณดาวเทียมของเราหรือไม่ และควรตรวจสอบดูว่าบริเวณนั้นหรือบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ที่จะติดตั้งจะมีโครงการก่อสร้างอาคารสูงๆที่จะมีผลกระทบต่อการรับสัญญาณดาวเทียมหรือไม่ ซึ่งหากว่าเป็นการติดตั้งในเมืองหรือว่าบริเวณชุมชนนิยมที่จะติดตั้งบนยอดอาคารหรือบนยอดตึกเพราะว่าเป็นบริเวณที่มีสิ่งที่อาจจะมาบดบังสัญญาณได้น้อยที่สุด

2.3.11.2 มุมกวาดและมุมเงย

มุมกวาดหรือว่ามุมอาซิมุธ และมุมเงยหรือว่ามุมเอลีเวชั่น คือองค์ประกอบพื้นฐานร่วมที่ใช้ในการพิจารณาตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวงที่อยู่บนท้องฟ้าโดยมีมุมกวาดเป็นตัวบอกทิศทางของดาวเทียมจากตำแหน่งที่เรายืนอยู่ ส่วนมุมเงยนั้นจะเป็นมุมซึ่งจานรับสัญญาณดาวเทียมแหงนหน้าขึ้นไปหาดาวเทียม โดยที่ดาวเทียมทุกดวงจะมีค่าของมุมกวาดและมุมเงยในแต่ละพื้นที่ที่จะติดตั้งจานรับสัญญาณของมันโดยเฉพาะ

เมื่อเราทราบมุมเงยของดาวเทียมที่เราต้องการแล้ว เราก็สามารถที่จะใช้เข็มทิศในการหาทิศของดาวเทียม เพื่อปรับหน้าของจานให้ชี้ไปยังดาวเทียมได้อย่างถูกต้อง การใช้เข็มทิศนั้นควรจะกระทำในที่โล่ง ทางที่ดีควรให้ห่างจากสิ่งที่เป็นโลหะขนาดใหญ่ หรือว่าบริเวณที่มีสายไฟฟ้าแรงสูงพาดผ่านหรือมีหม้อแปลงไฟฟ้าอยู่เหนือบริเวณนั้น

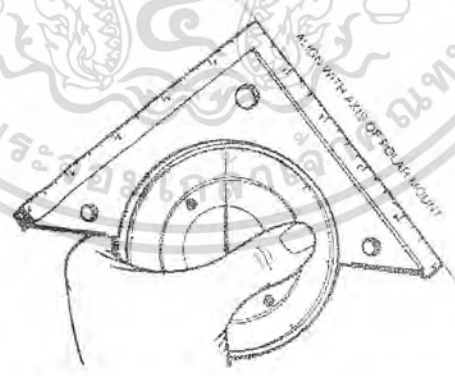


รูปที่ 2.16 พิกัดของมุมกวาดและมุมเงยของจานรับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ที่จะติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียมบางพื้นที่นั้นหากอยู่บนพื้นที่ที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรก็จะทำให้มุมเงยที่แหงนหน้าขึ้นไปหาดาวเทียมมาก อย่างเช่นประเทศอินโดนีเซีย หรือบรูไน ซึ่งตรงกันข้ามกับพื้นที่ที่อยู่ค่อนไปทางทิศเหนือก็จะมีมุมเงยที่ต่ำกว่า และในบางจุดนั้นมุมเงยของดาวเทียมค่อนข้างจะอยู่ที่จะอยู่ที่ปลายสุดของทิศตะวันออกหรือทิศตะวันตกของพื้นที่ที่เราจะติดตั้งจานรับสัญญาณ ทำให้ทิศทางของดาวเทียมเมื่อมองจากพื้นที่ดังกล่าวต่ำลงไปหาพื้นโลก ทำให้ไม่สามารถที่จะรับสัญญาณดาวเทียมจากดาวเทียมดวงนั้นได้ ซึ่งเป็นเหตุผลของคำตอบที่ว่าทำไมสถานีรับสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียมในประเทศไทย ไม่สามารถรับสัญญาณภาพที่ส่งมาจากทวีปอเมริกาเหนือได้ ส่วนสถานีรับสัญญาณในทวีปอเมริกาเหนือก็ไม่สามารถที่จะรับสัญญาณภาพจากดาวเทียมในทวีปเอเชียได้เช่นกัน

เครื่องมือที่ใช้วัดมุมเอียง (Inclinometer) ซึ่งเรามักจะเห็นใช้งานของช่างไม้นั้นสามารถที่จะนำมาใช้วัดมุมเงยของจานรับสัญญาณได้ ซึ่งบางครั้งเราอาจจะเรียกเครื่องมือชนิดนี้ว่า Angle Finder เครื่องมือชนิดนี้เราสามารถนำไปใช้ในช่วงที่เรากำลังสำรวจพื้นที่ที่จะติดตั้งจานรับสัญญาณ เพื่อพิจารณาว่ามีสิ่งใดกีดขวางทิศทางของดาวเทียมที่ต้องการรับสัญญาณที่เราติดตั้งหรือไม่ วิธีใช้ก็คือยืนถือที่บริเวณศูนย์กลางของพื้นที่ที่จะติดตั้งจานรับสัญญาณจากนั้นหันเครื่องมือไปยังทิศทางหรือมุมกวาดของดาวเทียมที่ต้องการจะรับแล้วเอียงเครื่องมือขึ้นหรือลงจนกระทั่งตรงกับค่ามุมที่เราต้องการ หรือว่ามุมที่เราหามาได้ ใช้สายตามองไปตามแนวของเครื่องมือ ตามรูป โดยดูด้านที่มีลูกศรบอกเอาไว้ ก็จะสามารถเห็นสิ่งกีดขวางซึ่งอาจจะมาบดบังสัญญาณระหว่างดาวเทียมและจานรับสัญญาณของเราได้ทันที



รูปที่ 2.17 อุปกรณ์วัดมุมเอียง(Angle Finder)

2.3.11.3 การปรับตั้งเมาท์

การตั้งเสาซึ่งใช้สำหรับเป็นแกนหมุนของเมาท์แบบโพลาร์นั้น จะต้องจัดให้แนวของตัวแกนวางอยู่ในทางทิศเหนือให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ถ้าหากมีการเคลื่อนย้ายไปเพียงเล็กน้อย ก็จะมีผลต่อการกวาดเพื่อหาตำแหน่งของดาวเทียมที่โคจรอยู่ในวงโคจรทำให้การรับสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ไม่ดีนัก การตั้งตำแหน่งของการกวาดของแกนดังกล่าวนั้น สามารถที่จะใช้เข็มทิศที่นำมาใช้ในการสำรวจพื้นที่ที่จะติดตั้งจานรับสัญญาณ

เมื่อติดตั้งเสาหลักได้จนได้ตำแหน่งที่ถูกต้องแล้ว ให้นำจานรับสัญญาณติดตั้งลงบนเมาท์ที่อยู่บนยอดเสา ทำการยึดน็อตไม่ต้องให้แน่นมากเพียงเพื่อยึดจานไว้ให้อยู่ในขณะที่ทำการทดลองกวาดหาตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวงเท่านั้นก็พอ โดยในการทดลองหาตำแหน่งดาวเทียมจะใช้มิเตอร์ในการวัดความแรงของสัญญาณ เมื่อทดลองจนได้คุณภาพของการรับสัญญาณที่ดีที่สุดในแต่ละดวง แล้วให้ขันน็อตทุกตัวให้แน่นก็ถือว่าเสร็จสิ้นในกระบวนการนี้

รูปที่ 2.18 มิเตอร์วัดความเข้มของสัญญาณดาวเทียม ซึ่งสามารถแสดงผลด้วยเข็มและเสียง

2.3.11.4 การติดตั้งอุปกรณ์ LNB และ Feed Horn

อุปกรณ์คู่นี้จะถูกติดอยู่ที่ด้านหน้าของจานตรงจุดโฟกัส โดยจะต้องนำ LNB ประกอบเข้ากับตัว Feed Horn ในขณะที่ทำการประกอบอุปกรณ์ห้ามใช้มือหรือสิ่งอื่นใด ไปสัมผัสกับโพรบซึ่งเป็นแกนโลหะเล็กๆ ที่อยู่ในเมาท์ของ LNB เพราะจะทำให้มีคราบไขมันหรือสิ่งสกปรกเกิดขึ้นที่โพรบนี้จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการรับสัญญาณดาวเทียมลดน้อยลงได้ อีกสิ่งหนึ่งที่จะต้องสนใจเป็นพิเศษก็คือช่วงบริเวณรอยต่อของ Feed Horn กับ LNB นั้นจะมีร่องสำหรับใส่ของยางเพื่อป้องกันน้ำ ฝุ่นละอองและคราบความชื้นเพื่อไม่ให้เข้าไปใน LNB ดังนั้นในการประกอบอุปกรณ์ทั้ง 2 ตัวเข้าด้วยกันจะต้องดูให้แน่ใจว่าใส่ขอบยางดังกล่าวไว้ถูกต้องหรือไม่

การติดตั้งฟีดฮอร์นเข้ากับจุดศูนย์กลางที่อยู่ด้านหน้าของจานนั้น จะต้องอยู่ที่ตำแหน่งของจุดโฟกัสอย่างแท้จริงซึ่งระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของจานรับสัญญาณกับเมาท์ของฟีดฮอร์นนั้นจะมีระยะแตกต่างกันออกไปถ้าจานรับสัญญาณมีเส้นผ่านศูนย์กลางหรือความลึกของจานไม่เท่ากันระยะของจุดโฟกัสนี้ทางโรงงานผู้ผลิตจะกำหนดมาไว้ให้กับจานรับสัญญาณที่ผลิตมาแต่ละแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.11.5 การปรับแต่งโพลาไรเซชั่น

ขายึดฟีดฮอร์นที่ให้มากับจานรับสัญญาณดาวเทียมแบบคงที่มีไว้สำหรับยึดตัวฟีดฮอร์นกับ LNB ให้อยู่คงที่ที่บริเวณส่วนหน้าของจานโดยจะรักษาระยะห่างระหว่างฟีดฮอร์นกับพื้นผิวของจานให้คงที่และถูกต้องอยู่เสมอด้วย แต่ก็ยังคงสามารถปรับได้อีกเล็กน้อยเพื่อให้ได้สัญญาณที่ดีขึ้น

ดาวเทียมที่มีการส่งสัญญาณโทรทัศน์แบบ DBS จะใช้โพลาไรเซชั่นแบบ Circular เพียงอย่างเดียวในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ลงมา จึงไม่จำเป็นที่จะต้องปรับจูนโพลาไรเซชั่นของฟีดฮอร์นอีก เนื่องจากถูกปรับแต่งมาจากโรงงานแล้ว ส่วนดาวเทียมที่ส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบอื่นๆจะใช้โพลาไรเซชั่นแบบลิเนียร์ ซึ่งจะมีทั้งแบบแนวนอน และแนวตั้งการปรับแต่งโพลาไรเซชั่นของฟีดฮอร์นแบบนี้จะทำการปรับได้จากปุ่มปรับโพลาไรเซชั่นที่อยู่บนเครื่องรับ

2.3.11.6 การปรับแต่งจานรับสัญญาณ

หลังจากที่มีการติดตั้งจานรับสัญญาณจะต้องมีการปรับแต่งตำแหน่งของจานเพื่อให้สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดีที่สุด ส่วนที่ต้องทำการปรับจะแบ่งเป็นส่วนต่างๆดังนี้

2.3.11.7 การปรับจุดจำกัดมุมกวาด

มีจุดประสงค์เพื่อให้การเลื่อนเข้าออกในกระบอกของแขนของแอคทูเอเตอร์สามารถหยุดการเคลื่อนที่ได้ก่อนที่จะถึงจุดที่เป็นลิมิตสวิตซ์ จะตัดวงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ หากปล่อยให้แขนของแอคทูเอเตอร์เคลื่อนไปถึงจุดที่ยืดออกไปหรือหดเข้ามาจนสุดแล้ว ตัวสลิปคลัทช์ของมอเตอร์จะทำงานโดยมีเสียงดังคลิก จากนั้นมอเตอร์ก็จะหยุดทำงานทันที และถ้าหากแขนของแอคทูเอเตอร์เกิดมีอาการฝืดจนไม่สามารถเคลื่อนอย่างเป็นปกติได้ดังเดิม เราสามารถจะแก้ไขได้โดยถอดตัวมอเตอร์ออกจากกระบอกของแอคทูเอเตอร์แล้วใช้ปลายไขควงสอดเข้าไปในช่องด้านล่างของตัวกระบอกที่ต่อเข้ากับมอเตอร์(ซึ่งมีแกนกลางที่หมุนได้และมีร่องสำหรับสวมข้ากับแกนรูปกากบาทที่ต่อมาจากมอเตอร์) ให้ปลายของไขควงอยู่ในร่องของแกนกลางแล้วหมุนไขควงจนกระทั่งแขนของแอคทูเอเตอร์เริ่มเคลื่อนที่ได้ จากนั้นให้ใส่มอเตอร์กลับเข้าไปที่เดิมก็จะใช้งานได้ต่อไป

ข้อแนะนำในการติดตั้งลิมิตของแอคทูเอเตอร์นั้นควรจะตั้งเอาไว้ตรงจุดที่ผ่านของดาวเทียมควงสุดท้ายที่เราสามารถรับได้ชัดเจน โดยไม่จำเป็นต้องไปตั้งไว้ที่จุดซึ่งอยู่ก่อนลิมิตสวิทซ์ของแอคทูเอเตอร์จะทำงานเสมอไป

2.3.11.8 การปรับตั้งมุมซีธ

การปรับตำแหน่งของ Polar axis สามารถกระทำได้โดยยกจานรับสัญญาณให้แหงนหน้าไปสู่จุดที่สูงสุดในท้องฟ้าหรือเรียกตำแหน่งนี้ว่ามุมซีนิธ(Zenith Arc)วิธีการก็คือหันด้านหน้าของจานลงไปทางทิศใต้ (เพราะประเทศไทย ตั้งอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร) ให้ใช้เครื่องวัดมุมวัดมุมว่างบนแกนโพลาร์ ของจานรับสัญญาณจากนั้นให้ปรับแกนโพลาร์ของเมาท์ขึ้นไปจนกระทั่งได้มุมเงยที่ถูกต้องของพื้นที่บริเวณนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.11.9 การปรับแต่งมุมลาดเอียง

การปรับแต่งมุมลาดเอียงนี้จะใช้ในการปรับมุมระหว่าง Polar axis กับเมาท์ของจานรับสัญญาณ ทำให้จานรับสัญญาณสามารถที่จะทำการกวาดในคลาคออบิทได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น มุมDeclination ณ ที่ตำแหน่งใดๆของพื้นที่จะพิจารณา จากตำแหน่งเส้นรุ้งที่พาดผ่านพื้นที่นั้นในการปรับ Declination ทางผู้ผลิตจะทำการปรับมาให้ตรงกับพื้นที่ที่จะนำจานรับสัญญาณไปติดตั้ง

การที่เราสามารถปรับมุม Declination ที่Polar axis ของเมาท์ได้นั้น จะทำให้การกวาดหาตำแหน่งของดาวเทียมบนคลาคออบิทกระทำได้มากและถูกต้องยิ่งขึ้นเพียงแต่ปรับค่าของมุม Declinationให้เหมาะสมถูกต้องก็พอ การปรับทำได้โดยนำเครื่องวัดมุมวางบนแผ่นเพลทที่ติดอยู่ด้านหลังของจานรับสัญญาณ (เพลทนี้จะขนานกับขอบของจาน) จากนั้นปรับมุมเงยของจานให้มีค่าเท่ากับมุมของ Polar axisบวกกับค่าของมุม Declination เมื่อสังเกตุให้ดีจะเห็นว่าจานรับสัญญาณจะเอียงลงมาอีกเล็กน้อย

2.3.11.10 วิธีการกวาดหาสัญญาณดาวเทียม

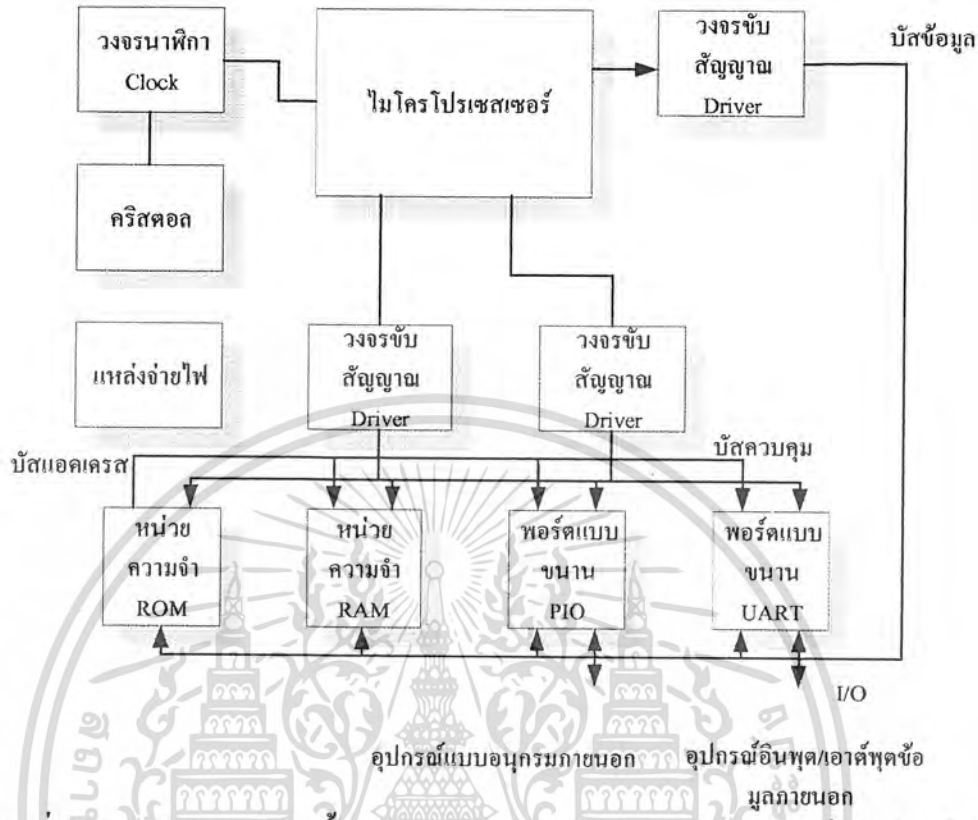
ในส่วนของเครื่องรับสัญญาณนั้น ปัจจุบันถูกผลิตออกมาหลายรูปแบบและหลายลักษณะการใช้งาน บางครั้งเครื่องได้ถูกออกแบบให้หาตำแหน่งของดาวเทียมและโปรแกรมโดยตัวผู้ใช้บางเครื่องก็มีความสามารถมาก เพียงแต่ให้เราหาตำแหน่งและกำหนดให้ดาวหนึ่งเป็น Upper และอีกดาวหนึ่งเป็นLowerให้กับเครื่องเท่านั้น จากนั้นจะมีระบบอัตโนมัติในการหาตำแหน่งที่ตรงที่สุดของจาน พร้อมทั้งปรับโพลาไรซ์ให้ตรงกับดาวเทียมให้มากที่สุดอีกด้วย เมื่อแน่ใจว่าสัญญาณภาพที่ได้รับดีที่สุดแล้ว ก็จะทำการโปรแกรมค่าต่างๆ ลงในเครื่องรับได้ทันที และเมื่อเราเปิดเครื่องรับอีกครั้ง ระบบอัตโนมัติต่างๆก็จะดำเนินงานให้เราทั้งหมด

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ประเภทหนึ่งที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้งานกับระบบควบคุมที่มีขนาดเล็ก โดยภายในไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์หนึ่งตัวจะประกอบด้วยหน่วยการทำงานหลักของระบบคอมพิวเตอร์ครบถ้วน เช่น หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU) หน่วยความจำ เป็นต้น ซึ่งหากว่าเป็นการใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไปก็จะต้องใช้ไอซีภายนอกมาประกอบเพื่อทำหน้าที่ เหล่านี้ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นระบบคอมพิวเตอร์เพื่องานควบคุมที่สมบูรณ์ โดยบรรจุอยู่ภายในไอซีเพียงหนึ่งตัวเท่านั่น ในบางครั้งจึงอาจพบว่ามีการเรียกไมโครคอนโทรลเลอร์ว่าเป็น ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ชิปเดี่ยว ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์หลายรุ่น (Version) ซึ่งมีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกัน เพียงแต่มีขนาดหรือจำนวนของหน่วยทำงานภายในที่ต่างกันออกไป โดยมีทั้งลักษณะที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตไอซีวงจรรวมความจุสูงมาก (LSI) แบบ HMOS หรือ CHMOS ซึ่งมีคุณลักษณะที่สูงมากขึ้น และสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าน้อยกว่ามาก

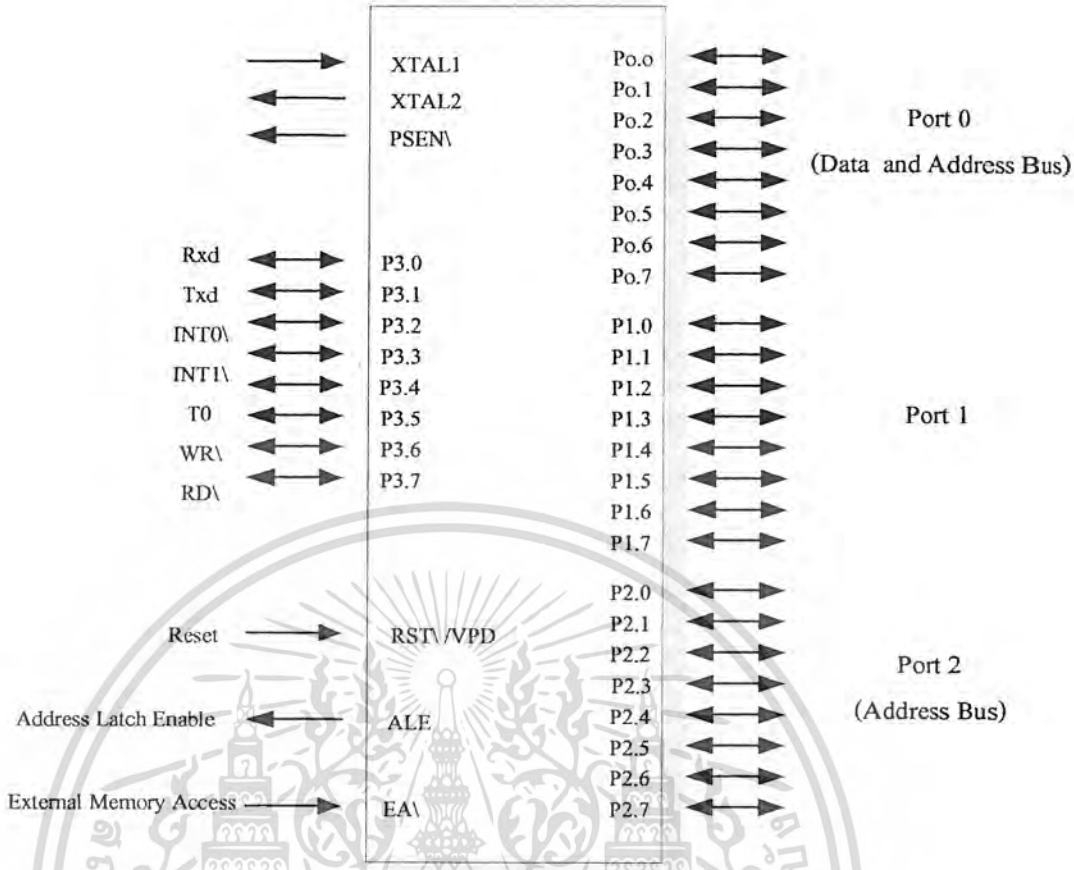
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 คุณลักษณะพื้นฐานของ 8051



รูปที่ 2.19 หน่วยการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆที่จัดอยู่ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 การกำหนดขาสัญญาณของไอซี 8051

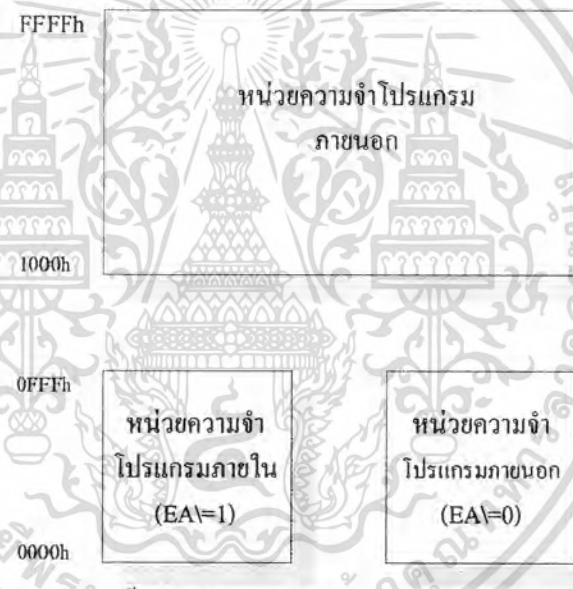
โดยมากแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ มักจะมีรูปร่างของไอซีเป็นแบบ DIP ขนาด 40 ขา ดังแสดงเป็นแผนภาพในรูปที่ 2.28 ซึ่งแต่ละขาสัญญาณจะมีหน้าที่ที่ระบุชัดเจนตามสัญลักษณ์ ชื่อย่อที่กำกับในแต่ละขา อย่างไรก็ตามจะมีบางขาสัญญาณที่อาจจะมีหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งอย่าง (ซึ่งเขียนกำกับไว้ว่า Alternate Function ซึ่งจะไม่สามารถใช้งานในเวลาเดียวกันได้ ตัวอย่างเช่น ขาสัญญาณบิต 0 ของพอร์ต 3 (ใช้ตัวย่อเป็น P3.0) อาจจะใช้เป็นขาสัญญาณเอาต์พุต หรืออินพุตตามปกติ หรืออาจทำหน้าที่เป็นขาสัญญาณอินพุตของข้อมูลสื่อสารแบบอนุกรม (RxD) ให้กับวงจรสื่อสารแบบอนุกรมของ 8051 ได้ ซึ่งการจะกำหนดว่าจะทำงานในลักษณะใดก็ขึ้นอยู่กับ การเชื่อมต่อวงจรเข้ากับขาสัญญาณและโปรแกรมควบคุมของระบบนั้น

2.4.2 หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051

ในระบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จำเป็นต้องมีหน่วยความจำสำหรับบรรจุคำสั่งหรือโปรแกรมที่ผู้ใช้พัฒนาขึ้นจัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำ ที่เรียกว่า หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) โดยอาจจะประกอบอยู่ภายในตัวไอซีของ 8051 เองหรือเป็นไอซีหน่วยความจำ EPROM หรือ ROM แยกออกต่างหากได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051 เป็นบริเวณหน่วยความจำ สำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งใช้งานต่างๆซึ่งแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ ข้อมูลเหล่านี้ก็ยังคงอยู่ไม่สูญหาย โครงสร้างของหน่วยความจำโปรแกรม มีลักษณะเช่นเดียวกับหน่วยความจำที่บรรจุอยู่ในไอซีหน่วยความจำประเภทต่างๆ เช่น หน่วยความจำแบบ ROM หรือ EPROM สามารถอ่านขอ้มูลหน่วยความจำโปรแกรมนี้สูงสุดได้ไม่เกิน 64 กิโลไบต์ 8051 และ แยกประเภทของหน่วยความจำโปรแกรมเป็นสองลักษณะ ตามตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมนั้น คือ หน่วยความจำโปรแกรมภายใน(Imternal Program Memory)ซึ่งเป็นหน่วยความจำ ROM หรือ EPROM ที่อยู่ภายในตัวไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เอง และ หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก(External Program Memory) ซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำมาทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำ โปรแกรมของระบบ โดยการจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 สามารถแสดงได้ดังรูป 2.20



รูปที่ 2.21 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมสำหรับ MCS-51

2.4.3 หน่วยความจำโปรแกรมภายใน

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ที่จัดอยู่ในตระกูล 8051 นี้มีขนาดของหน่วยความจำโปรแกรมภายในแตกต่างกันออกไป เพื่อความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานในลักษณะต่างๆกันดังนี้

8051 และ 8052 มีหน่วยความจำแบบ ROM ขนาด 4 และ 8 กิโลไบต์ ตามลำดับ ประกอบอยู่ภายในไอซี และมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ในวงจรทางอุตสาหกรรมที่มีจำนวนการผลิตมาก เนื่องจากจะมีผลทำให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายการผลิตต่อหน่วยลดลงได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8751 มีหน่วยความจำแบบ EPROM ขนาด 4 กิโลไบต์อยู่ภายในไอซี ข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ภายในนี้สามารถใช้แสงอัลตร้าไวโอเลตลบได้ และนำไปบรรจุโปรแกรมใหม่ได้อีกครั้งหนึ่งคล้ายครึ่งกับไอซีหน่วยความจำ EPROM ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นี้เหมาะสมกับงานด้านอุตสาหกรรมที่มีจำนวนการผลิตคราวละไม่มากนัก หรืออาจจะเป็นงานประเภทต้นแบบภายในห้องปฏิบัติการ

8051 และ 8052 ไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมอยู่ภายในตัวไอซีเลย ดังนั้นในการสำไปใช้งานจึงจำเป็นต้องอาศัยหน่วยความจนโปรแกรมภายนอก ซึ่งการใช้งานในลักษณะนี้จะมีผลทำให้ต้องเสียความสามารถบางประการ เกี่ยวกับพอร์ตอินพุต/เอาพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ไปเนื่องจากต้องนำไปใช้เป็นสัญญาณควบคุม เกี่ยวกับการจัดการติดต่อหน่วยความจำภายนอกแทน 8031

2.4.4 หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเป็นการใช้หน่วยความจำ EPROM (หรือ ROM) เชื่อมต่อเข้ากับระบบของ 8051 โดยอาจจะมีสาเหตุได้หลายประการ เช่น เป็นการทดลองทำระบบต้นแบบจำนวนน้อย หรืออาจลดต้นทุนการผลิต เพราะราคาของทำไมโครคอนโทรลเลอร์แบบไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในราคาจะต่ำกว่าแบบที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในมาก เป็นต้น ในบางครั้งอาจจะมีสาเหตุจากความจำเป็นอื่นๆ ที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ เช่น การที่หน่วยความจำภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์มีขนาดความจุที่ไม่เพียงพอกับโปรแกรม หรืออาจจะเป็นว่าการที่ใช้ไอซีหน่วยความจำจะทำให้สามารถจัดหาเครื่องมือ(Tools) ช่วยการพัฒนาระบบที่ใช้งานกันโดยแพร่หลายและราคาถูกได้ ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการพัฒนาระบบลงได้มากเป็นต้น

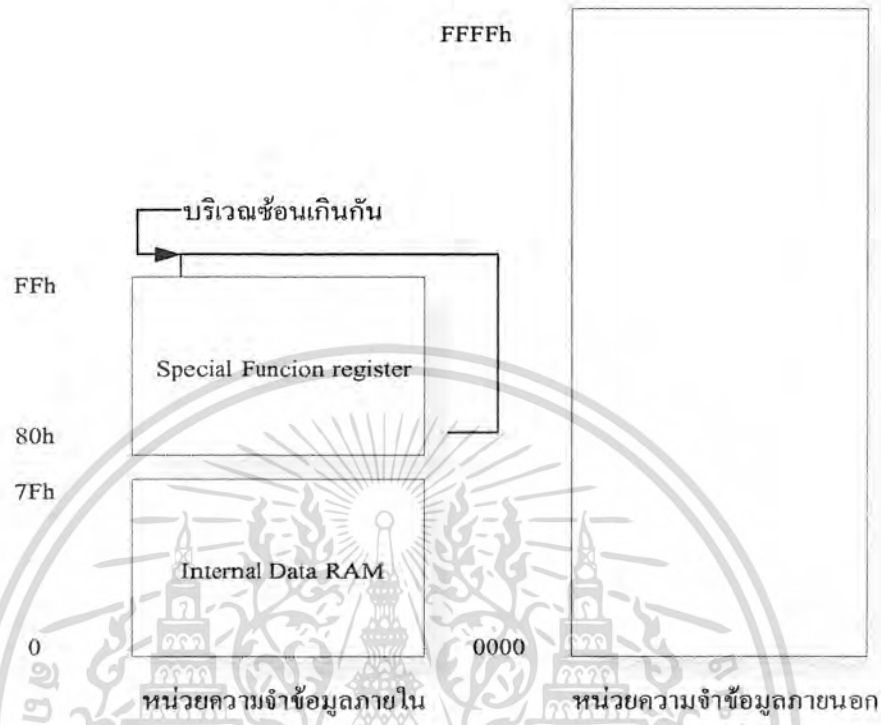
ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ของตระกูล 8051 นี้ สามารถขยายให้ใช้งานหน่วยความจำภายนอกได้ทั้งสิ้น โดยในกรณีที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในอยู่แล้ว การอ้างตำแหน่งแอดเดรสที่มีทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอกนั้น จะต้องทำการพิจารณาระดับลอจิกของสัญญาณของสัญญาณ EA

2.4.5 หน่วยความจำข้อมูลของ 8051

หน่วยความจำข้อมูลมีหน้าที่สำหรับเก็บข้อมูล หรือตัวแปรที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว โดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำ RAM แบบสเตติก ดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ ก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำนี้สูญหายไป พื้นที่ของหน่วยความข้อมูลของ 8051 สามารถมีได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทออกเป็นสองลักษณะตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำนั้น ดังแสดงในแผนภาพในรูปที่ 2.30 คือ หน่วยความจำมูลภายใน (Internal Data Memory) ซึ่งเป็น RAM ที่อยู่ภายในตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์เอง และหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(External Data Memory) ซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำ RAM มาเพิ่มเติมเข้าในวงจร ลักษณะเดียวกับการนำไอซี EPROM มาใช้งานเป็นหน่วยความจำโปรแกรมนั้นเอง



รูปที่ 2.22 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับ MCS-51

2.4.6 หน่วยความจำข้อมูลภายใน

หน่วยความจำข้อมูลภายในของ 8051 มีจำนวนทั้งหมด 256 ไบต์ โดยจำแนกออกได้เป็นสองลักษณะ คือ พื้นที่เฉพาะสำหรับตัวประมวลผลกลาง (หรือซีพียู) ใช้งานเท่านั้น ซึ่งเรามักจะเรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่า รีจิสเตอร์ และพื้นที่ใช้งานทั่วไปสำหรับโปรแกรมใช้งานที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมา

จากรูปที่ 2.22 แสดงให้เห็นถึงการจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในของ 8051 ซึ่งจำแนกออกเป็นสองส่วนดังนี้

2.4.6.1 หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์แรก

บริเวณนี้จะมีตำแหน่งแอดเดรสอยู่ในช่วง 00H-7FH ซึ่งยังได้มีการจำแนกย่อยไปอีกเป็นสามส่วนตามประเภทของการใช้งาน ดังนี้ บริเวณแอดเดรส 00H-1FH จำนวน 32 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์แรก

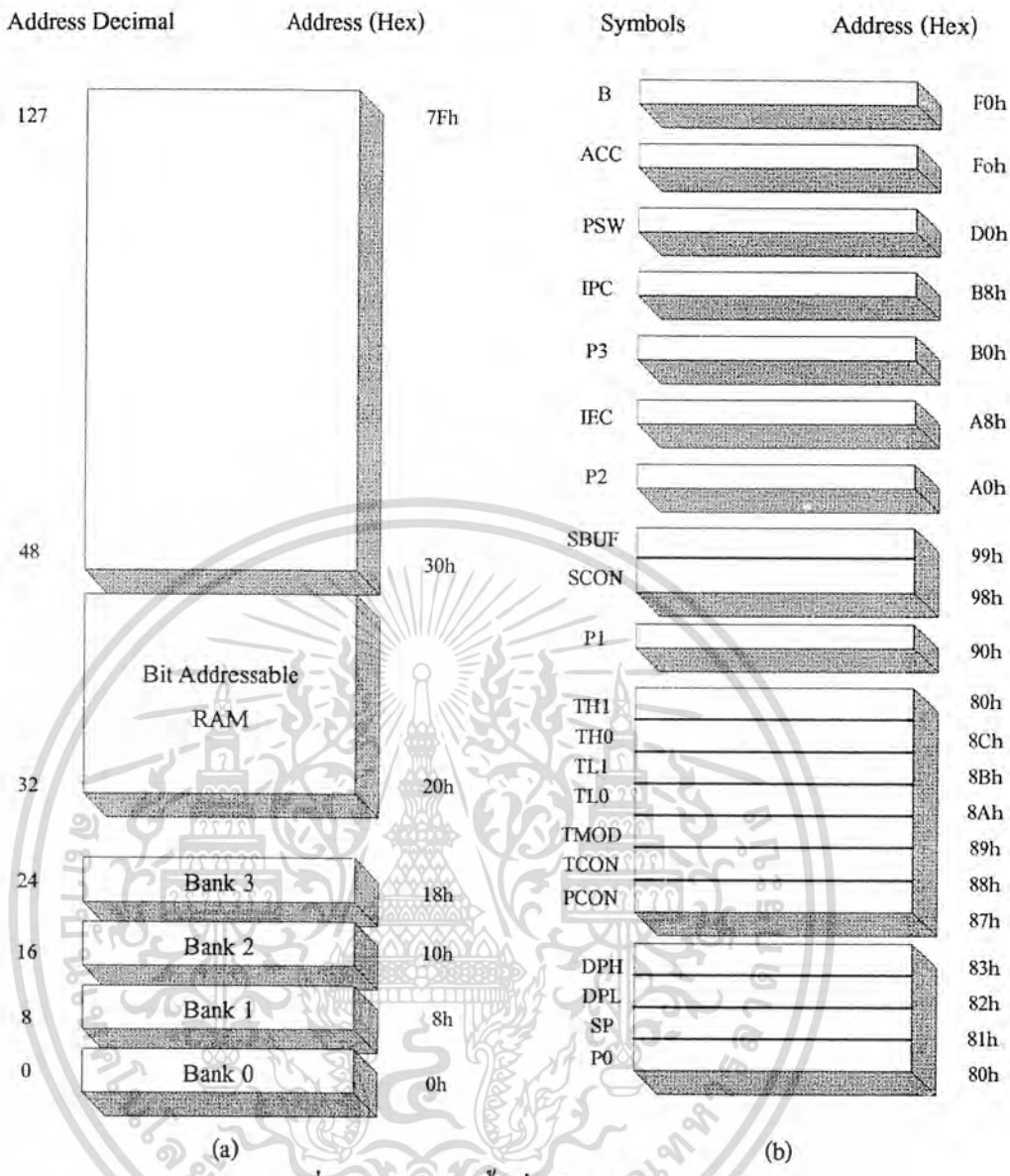
แอดเดรส	รีจิสเตอร์แบงก์	ชื่อรีจิสเตอร์ใช้งาน
00H-07H	0	R0-R7
08H-0FH	1	R0-R7
10H-17H	2	R0-R7
18H-1FH	3	R0-R7

จะเห็นได้ว่าชื่อของรีจิสเตอร์ไม่ว่าจะอยู่ในรีจิสเตอร์แบงก์ใด ก็จะมีชื่อ R0-R7 เหมือนกันทั้งสิ้น (ดูรูปที่ 2.22) ดังนั้นในการใช้งานผู้ใช้จะต้องให้ความระมัดระวังว่าต้องการรีจิสเตอร์นั้นๆ จากแบงก์ใด การสวิตช์เลือกแต่ละกลุ่มของรีจิสเตอร์นี้ก็ทำได้ง่าย เพียงการกำหนดค่าของบิตที่อยู่ภายในรีจิสเตอร์ PSW เท่านั้นตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.4 การสวิตช์เลือกกลุ่มของรีจีสเตอร์

รีจิสเตอร์	บิต RS0	บิต RS1	ตำแหน่งหน่วยความจำ
แบงก์ 0	0	0	0000H
แบงก์ 1	1	1	0008H
แบงก์ 2	2	0	0010H
แบงก์ 3	3	1	0018H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



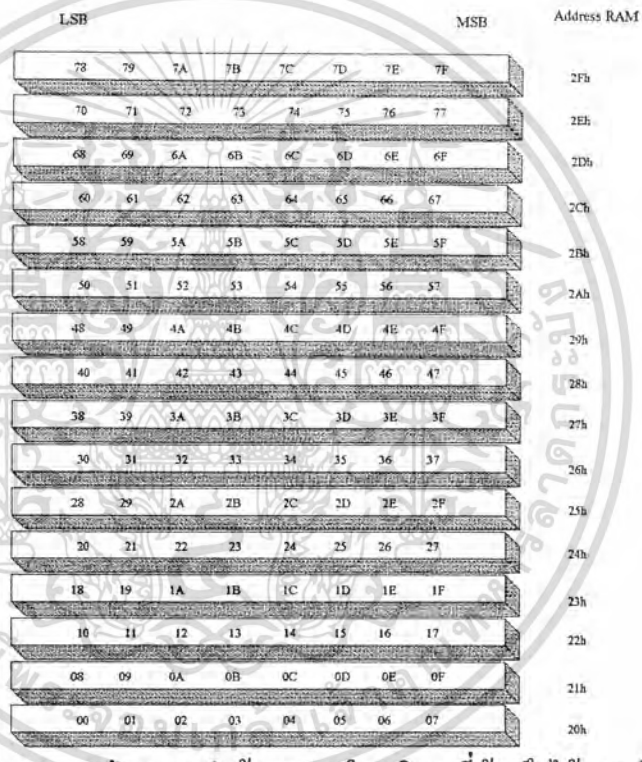
รูปที่ 2.23 การจัดพื้นที่หน่วยข้อมูลภายใน

อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปก็มักจะมีการใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 เฉพาะในแบงก์ 0 เท่านั้น ดังนั้นพื้นที่ของแบงก์อื่นๆ ที่เหลือก็นำมาใช้ในลักษณะหน่วยความจำข้อมูลปกติด้วยการอ้างถึงหมายเลขภายในปกติด้วยการอ้างถึงหมายเลขของแอดเดรสนั้นๆ โดยตรง

บริเวณแอดเดรส 20H-2FH จำนวน จำนวน 16 ไบต์บริเวณพื้นที่เป็นส่วนสำคัญผู้ใช้ซึ่งจะมีความพิเศษต่างไปจากหน่วยความจำส่วนอื่นๆ เนื่องจากผู้ใช้อาจสามารถอ้างถึงหน่วยความจำบริเวณนี้ได้ทั้งในลักษณะของไบต์ข้อมูล เช่น ปกติหรืออาจเป็นบิตข้อมูลได้โดยตรง ดังนั้นหากว่ามองในลักษณะบิตข้อมูลแล้ว ก็จะมีพื้นที่ที่ตัวแปรแบบบิตให้ใช้งานได้มากถึง 128 บิต โดยตำแหน่งแรกของบิตจะเป็นบิตซึ่งเริ่มต้นนับจากบิตนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ของแอดเดรส 2FH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการใช้งานพื้นที่ส่วนนี้แบบบิตข้อมูลโดยตรงนี้นับว่าน่าสนใจมาก และถือเป็นการใช้งาน 8051 อย่างเต็มประสิทธิภาพทีเดียว เนื่องจากว่า 8051 ได้รับการออกแบบมาสำหรับงานควบคุมเป็นพื้นฐานอยู่แล้ว ซึ่งส่วนมากงานลักษณะเช่นนี้หากเป็นการนำเข้าข้อมูลก็มักจะเป็นเพียงการอ่านค่าสถานะลอจิกของเส้นสัญญาณ หรือกรณีการส่งออกข้อมูลก็จะการกำหนดสภาวะลอจิกให้กับวงจรภายนอกผ่านทางบิตใดบิตหนึ่งอยู่แล้ว ดังนั้นหากว่ามีการกำหนดบิตหรืออ่านค่าของบิตมาโดยตรง แทนที่จะต้องทำลอจิกขั้นต้นกับข้อมูลทั้งไบต์เพื่อต้องการทราบผลเพียงหนึ่งบิตเช่นที่กระทำกันในโปรเซสเซอร์โดยทั่วไป ก็จะเพิ่มความสะดวกและรวดเร็วในการเขียนโปรแกรมควบคุมมาก รายละเอียดในส่วนนี้จะได้กล่าวถึงอีกครั้งหนึ่งเมื่อศึกษาถึงการใช้งานพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตต่อไป



รูปที่ 2.24 หน่วยความจำข้อมูลภายในบริเวณที่อ้างถึงได้แบบบิต

2.4.6.2 หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์ถัดไป

พื้นที่ตั้งแต่บริเวณตั้งแต่แอดเดรส 80H-FFH เป็นบริเวณของหน่วยความจำที่มีการใช้งานเฉพาะจาก 8051 เท่านั้น โดยจะนำมาใช้เป็นตำแหน่งของ รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (Special Function Register หรือ SFR) จำนวน 20 ตำแหน่ง ดังแสดงเป็นแผนภาพในรูปที่ 2.23

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 จะมีหน่วยความจำข้อมูลภายในสำหรับการใช้งานเพิ่มมากขึ้นกว่าเบอร์อื่นๆ เช่น 8031 หรือ 8751 อีก 128 ไบต์ โดยจะอยู่บริเวณช่วงแอดเดรส 80H ถึง FFH เช่นกัน ซึ่งแม้ว่าจะเป็นพื้นที่ที่มีหมายเลขแอดเดรสเดียวกับส่วนของรีจิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่พิเศษ แต่ในความเป็นจริงแล้วจะเป็นพื้นที่หน่วยความจำอีกบริเวณหนึ่ง ซึ่งมีการซ้อนเกย (Overlap) กันให้อยู่ในบริเวณแอดเดรสส่วนนี้ ซึ่งหากว่าผู้ใช้งานต้องการจะเก็บข้อมูลในพื้นที่บริเวณนี้ก็จะต้องใช้การอ้างถึงหน่วยความจำแบบโดยอ้อม (Indirect Addressing) เท่านั้น

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR) เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการควบคุมหน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอรต์ของ 8051 ทั้งหมด โดยมีตำแหน่งอยู่ในบริเวณแอดเดรส 80H-FFH (อ้างถึงรูปที่ 2.23) การใช้งานรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้สามารถทำได้ทั้งการระบุถึงชื่อของรีจิสเตอร์หรือตำแหน่งแอดเดรสที่เป็นของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้

2.4.6.3 แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) หรือ ACC

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่จะส่งให้กับหน่วยทำงานภายในซีพียูและเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานนั้น การทำงานของรีจิสเตอร์นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับตัวแอกคิวมูเลเตอร์ของโปรเซสเซอร์ทั่วไป การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ A

2.4.6.4 รีจิสเตอร์ B

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับการทำคำสั่งการคูณและการหารตัวเลข ในกรณีที่ไม่ใช้ในการคำนวนทางด้านคณิตสตร์ ก็สามารถนำไปใช้งานเช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ทั่วไป

2.4.6.5 โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Counter)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการชี้ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรม ซึ่งจะต้องไปทำงานในลำดับต่อไป การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ PC

2.4.6.6 สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack Pointer)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เก็บตำแหน่งของตัวชี้หรือพอยน์เตอร์ (Pointer) ของบริเวณสแต็ก (Stack) สำหรับเก็บข้อมูลแอกคิวมูเลเตอร์ รีจิสเตอร์ต่างๆ รวมทั้งข้อมูลจากโปรแกรมโดยปกติแล้วเมื่อทำการเริ่มต้นระบบใหม่ภายหลังจากการเริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้า หรือมีการรีเซต (Reset) เกิดขึ้นค่าภายในสแต็กพอยน์เตอร์จะมีค่า 07H ซึ่งเป็นตำแหน่งแอดเดรสภายในบริเวณพื้นที่ 128 ไบต์แรกของหน่วยความจำข้อมูลภายใน การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ SP

2.4.6.7 ตัวชี้ข้อมูล หรือ ดาต้าพอยน์เตอร์ (Data Pointer)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ซึ่งเรียกว่า รีจิสเตอร์ DPTR และสามารถใช้งานแยกออกเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตสองตัว คือ รีจิสเตอร์ DPH และ DPL เพื่อเก็บค่าแอดเดรสของหน่วยความจำที่จะต้องใช้งานภายในโปรแกรม หรืออาจจะเป็นแอดเดรสของอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งกำหนดให้ติดต่อกันโดยใช้ตำแหน่งของหน่วยความจำนั้นภายในโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6.8 โปรแกรมสเตตัสเวิร์ด (PSW)

รีจิสเตอร์นี้ทำหน้าที่บอกถึงแฟล็กสภาวะการทำงานต่างๆ รวมทั้งบิตสำหรับการกำหนดเลือกแบงก์(Bank) ของรีจิสเตอร์ที่ใช้งานด้วย

2.4.6.9 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ต(Port Register)

รีจิสเตอร์เหล่านี้มีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอินพุต/เอาร์พุตโดยตรง ซึ่งแต่ละตัวจะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถใช้งานได้ทั้งในลักษณะการอินพุต หรือการเอาต์พุตข้อมูลได้ การดำเนินการใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ตทั้งสี่นี้จะมีผลทำให้ข้อมูลที่ตำแหน่งของพอร์ตเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน นอกจากนี้พอร์ต P0 และ P2 ยังสามารถนำมาใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมหรือหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ โดยพอร์ต P2 จะเป็นค่าของแอดเดรส 8 บิตบนของหน่วยความจำ ช่วงเวลาต่อมาจึงจะนำพอร์ต P0 ไปใช้เป็นบัสสำหรับการรับหรือส่งข้อมูลกับหน่วยอุปกรณ์ภายนอก สำหรับพอร์ต P3 นั้นนอกเหนือจะใช้ในลักษณะของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตเช่นปกติแล้ว ยังนำมาใช้ในฐานะบัสควบคุมเกี่ยวกับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้อีกด้วย

2.4.6.10 รีจิสเตอร์ SBUF

เป็นบัฟเฟอร์ขนาด 8 บิต สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมทั้งการรับและส่งข้อมูล ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วบัฟเฟอร์นี้มีอยู่ด้วยกันสองชุดและแยกออกจากกันอย่างชัดเชน สำหรับการส่งและการรับ โดยซีพียูจะทำการเลือกบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมให้โดยอัตโนมัติ

2.4.6.11 รีจิสเตอร์ PCON

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมหน้าที่การทำงานในสามลักษณะ ซึ่งได้แก่ การควบคุมการทำงานของโปรเซสเซอร์ (บิต IDL และ PD) การกำหนดอัตราการทวีคูณของอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรม(บิต SMOD) และแฟล็กสภาวะสำหรับการใช้งานทั่วไป (บิต GR0 และ GR1)

2.4.6.12 บิต PD(Power down)

เป็นการกำหนดให้ลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับส่วนของโปรเซสเซอร์ภายในลง โดยยังคงมีกำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับหน่วยความจำข้อมูลภายในผ่านทางขาสัญญาณ RST วิธีการนี้มักนำมาใช้ในกรณีที่มีการตรวจสอบการไม่มีกำลังไฟฟ้า (Power failure) โดยวงจรตรวจสอบภายนอกจะต้องมีการอิเตอร์รัปต์เข้ามา เพื่อทำการเก็บข้อมูลที่กำลังประมวลผลอยู่ก่อนและเมื่อมีกระแสไฟฟ้าจ่ายให้เป็นปกติแล้ว จึงค่อยนำข้อมูลนั้นมาประมวลผลต่อไป

2.4.6.13 บิต ILD(Idle Mode)

เป็นการกำหนดให้โปรเซสเซอร์หยุดทำงานชั่วขณะ (Sleep) และจะกลับมาอยู่ในสภาพปกติอีกครั้งเมื่อทำการรีเซตทางฮาร์แวร์ หรือมีการอินเตอร์รัปต์อย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้น การทำงานในลักษณะนี้สามารถเกิดขึ้นได้ก็เนื่องจากว่าสภาวะการหยุดการทำงานชั่วขณะนั้น เป็นเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การห้ามไม่ให้มีสัญญาณนาฬิกาจ่ายให้ส่วนของโปรเซอร์เท่านั้น ส่วนของวงจรการอินเตอร์รัปต์ พอร์ตอนุกรมและวงจรนับ/จับเวลา ยังคงมีสัญญาณนาฬิกาอยู่เป็นปกติ

2.4.6.14 รีจิสเตอร์ IP,IE,TMOD,SMOD,SCON

เป็นกลุ่มของรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่กำหนดการควบคุม และการทำงานของการอินเตอร์รัปต์ต่างๆ ของ 8051

2.4.7 หน่วยความจำข้อมูลภายนอก

การใช้หน่วยความจำข้อมูลภายนอกเป็นวิธีการแก้ปัญหาอย่างหนึ่ง ในกรณีที่มีความต้องการหน่วยความจำสำหรับการเก็บข้อมูลชั่วคราว หรือหรือตัวแปรของโปรแกรมมากเกินกว่าขนาดความจำของหน่วยความจำข้อมูลภายใน ซึ่งมีขนาดเพียง 128 หรือ 256 ไบต์เท่านั้น บางครั้งการใช้หน่วยความจำข้อมูลภายนอกยังเหมาะกับงานประยุกต์บางอย่างที่จำเป็น ต้องมีการเก็บสำรองข้อมูลบางอย่างไว้ไม่ให้สูญหายแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายไฟให้กับระบบ ก็สามารถทำได้โดยการใช้ไอซีหน่วยความจำ RAM พร้อมแบตเตอร์รีสำรองประเภทลิเทียมหรือนิเกิล-แคดเมียมเป็นตัวเก็บข้อมูลเหล่านี้ไว้แทน อย่างไรก็ตามไม่ว่าสาเหตุการนำไอซีหน่วยความจำภายนอกมาใช้จะเป็นอะไรจะมีผลทำให้พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตข้อมูลของ 8051 ถูกนำไปใช้เพื่อการติดต่อกับหน่วยความจำเหล่านี้แทน ดังนั้นจึงอาจจำเป็นต้องมีการใช้วงจรประกอบอื่นๆ เพื่อชดเชยความสามารถเหล่านั้นของ 8051 แทน

2.4.8 พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตของ 8051

พอร์ต มีความหมายถึงแอดเดรสหนึ่งที่ได้รับการกำหนดไว้เพื่อการโอนย้ายข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก การกำหนดประเภทของการติดต่อขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของข้อมูลเมื่อพิจารณาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก (รูปที่ 2.24) ดังนั้นการนำเข้าข้อมูลจากวงจรภายนอกจึงเรียกว่า การอินพุต(Input) และในกรณีตรงกันข้ามเพื่อส่งออกข้อมูลก็จะเรียกว่า การเอ้าต์พุต(Output)

เส้นสัญญาณจำนวน 8 บิต

รูปที่ 2.25 การส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาถึงการส่งข้อมูลภายในพอร์ตจะสามารถแยกประเภทของพอร์ตออกได้เป็นสองลักษณะคือ พอร์ตแบบขนาน(Parallel port) ซึ่งทำการส่งบิต ข้ออมูลทั้งหมดออกมาหรือนำเข้าไปพร้อมกันทีเดียว และ พอร์ตแบบอนุกรม(Serial Port) ซึ่งทำการโอนย้ายข้อมูลคราวละบิตๆ จนครบจำนวน

2.4.9 พอร์ตแบบขนานของ 8051

มีโครงสร้างของพอร์ตเรียกชื่อเรียงตามลำดับว่า พอร์ต 0,1,2 และ 3 และเป็นพอร์ตขนาด 8 บิตทั้งหมด การใช้งานพอร์ตสามารถทำได้ทั้งในลักษณะของสัญญาณเดี่ยวๆหรือกลุ่มของสัญญาณได้ นอกจากนี้พอร์ต 0,2 และ 3 ยังสามารถนำไปใช้งานอื่นๆที่ไม่ใช่เป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตได้ โดยพอร์ต 0 จะทำหน้าที่มัลติเพล็กซ์ ระหว่างบัสแอดเดรสไบต์ต่ำและบัสข้อมูลสำหรับการติดต่อกับวงจรประกอบร่วมกับข้อมูลบัสแอดเดรสไบต์สูงซึ่งจะส่งออกมาทางพอร์ต 2 สำหรับพอร์ต 3 นั้น นอกเหนือไปจากความสามารถเช่นปกติแล้ว สามารถนำไปเป็นขาสัญญาณของการอินเตอร์รัปต์ต่างๆ ซึ่งรวมทั้งการสร้างสัญญาณควบคุม RD\ และ WR\ เพื่อทำหน้าที่อ่านหรือเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอกด้วย การใช้งานพอร์ตลักษณะอื่นๆ ที่ไม่ใช่เป็นพอร์ตแบบอินพุต/เอาต์พุตนี้จะดำเนินการโดย 8051 เองโดยอัตโนมัติ 8052

2.4.10 โครงสร้างการทำงานของพอร์ต 8051

จากลักษณะโครงสร้างของแต่ละบิตภายในพอร์ตทั้งหมดของ 8051 นั้น จะมีความคล้ายคลึงกันตามลักษณะโครงสร้างที่เรียกว่า Quasi-bidirectional port ยกเว้นพอร์ต 0 ซึ่งเพียงแต่ไม่มีตัวต้านทานทำหน้าที่ Pull-up สัญญาณไว้ภายในเท่านั้น วงจรประกอบอื่นภายในยังมีฟลิปฟลอปแบบ D ซึ่งมีผลทำให้พอร์ตสามารถแลตซ์หรือค้างสภาวะของสัญญาณได้ นอกจากนี้ในส่วนเอาต์พุตของฟลิปฟลอปเฉพาะของพอร์ต 0 และ พอร์ต 2 จะมีโครงสร้างที่ทำหน้าที่คล้ายคลึงกับสวิตช์เพิ่มเติมขึ้น เพื่อควมคุมให้เอาต์พุตนี้ต่อเข้ากับส่วนของทรานซิสเตอร์ในระหว่างที่ไม่มีการทำงานในลักษณะของบัสแอดเดรสหรือบัสข้อมูลด้วย สำหรับบัฟเฟอร์จำนวนสองตัวของทุกบิตในพอร์ตนั้นมีการทำงานแยกกันอย่างอิสระ โดยตัวที่อยู่ทางด้านบนจะยอมให้สัญญาณผ่านได้ก็ต่อเมื่อได้มีการอ่านสถานะของขาสัญญาณเท่านั้น

2.4.11 การใช้งานพอร์ตเป็นการอินพุต

การใช้งานพอร์ตเป็นการอินพุตข้อมูลจะต้องเริ่มด้วยการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมาทางบิตของพอร์ตนั้นก่อนเป็นลำดับแรก เพื่อหยุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้น ทำให้ขาสัญญาณของบิตถูกต่อเข้ากับตัวต้านทานซึ่งทำหน้าที่ Pull-up ภายในซึ่งมีผลให้บิตนั้นๆ ของพอร์ต 1,2 และ 3 เป็นสภาวะของลอจิกสูง ตัวต้านทานซึ่งมีค่าประมาณ 50 KΩ ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก และทำให้อุปกรณ์ภายนอกสามารถขับสัญญาณของพอร์ตเหล่านี้เป็นลอจิกต่ำได้ง่าย สำหรับบิตของพอร์ต 0 นั้น แม้ว่าจะมีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกันกับบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของพอร์ตอื่นๆ แต่เนื่องจากการที่ไม่มีตัวต้านทานทำหน้าที่ Pull-up ภายในไว้ ทำให้เมื่อทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตนั้นหยุดการทำงาน ก็จะเป็นผลให้ขาสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะอิมพีแดนซ์สูงแทน

2.4.12 การใช้งานพอร์ตเป็นการเอาต์พุต

เมื่อมีการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 ให้กับแต่ละบิตของพอร์ตทุกพอร์ต ข้อมูลนี้จะถูกส่งให้กับฟลิปฟลอปซึ่งจะค้างค่านี้ไว้ และมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตนั้นทำงานดังนั้นขาสัญญาณก็จะมีสภาวะลอจิกเป็นลอจิกต่ำด้วย

ส่วนการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็นหนึ่งออกมานั้น ในกรณีที่มีการทำงานในแต่ละบิตของพอร์ต 1,2 และ 3 จะทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตนั้นหยุดการทำงาน มีผลทำให้ขาของสัญญาณเป็นลอจิกสูงด้วยตัวต้านทานที่ Pull-up อยู่ภายในนั้น แต่สำหรับการทำงานในแต่ละบิตทางพอร์ต 0 เป็นการเอาต์พุตข้อมูล จึงจำเป็นต้องใช้ตัวต้านทานภายนอก Pull-up สัญญาณไว้กับลอจิกสูงแทน

ความสามารถอีกประการหนึ่งเกี่ยวกับพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตของ 8051 เป็นวิธีอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตซึ่งมีได้สองวิธีคือ การอ่านค่าลอจิกที่ขาสัญญาณ (Port pin) และการอ่านค่าลอจิกของการแลตช์ที่พอร์ต (Port latch) วิธีการอ่านค่าจากพอร์ตทั้งสองแบบนี้จะช่วยให้ระบบทำงานได้ด้วยความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

2.4.13 การอินเตอร์รัปต์ของ 8051

การติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก มักจะทำโดยการตรวจสอบสภาวะของสัญญาณติดต่อระหว่างกัน การอินเตอร์รัปต์เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมนำมาใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อสามารถทำการตรวจรับหรือบริการกับอุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นไปได้ อย่างรวดเร็ว ความสามารถในการดำเนินการจัดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ จากแหล่งกำเนิด สัญญาณหลายหลายประเภทของ 8051 ถือได้ว่าเป็นลักษณะเด่นประการหนึ่ง ซึ่งหากว่าได้นำมาใช้ในการออกแบบ ก็จะส่งผลให้ระบบตอบสนองต่อเหตุการภายนอกที่เกิดขึ้นได้ดียิ่งขึ้น

ลักษณะการอินเตอร์รัปต์เป็นการขัดจังหวะการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งกำลังดำเนินอยู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 สามารถเกิดการอินเตอร์รัปต์ โดยจำแนกจากแหล่งที่มาของสัญญาณ (Signal Source) ของสัญญาณอินเตอร์รัปต์นั้นๆ ได้แก่

1) สัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก(External Interrupt) การตรวจสอบสัญญาณที่เข้ามาอินเตอร์รัปต์นี้ จะสามารถกำหนดให้มีการตรวจสอบในลักษณะเมื่อได้มีระดับการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ(Level sensitive) ไปแล้ว หรือในช่วงเวลาขณะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากลอจิกสูงไปลอจิกต่ำ(Edge sensitive)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายใน(Internal Interrupt) แหล่งกำเนิดของสัญญาณนี้จะเป็นวงจรภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เอง เช่น วงจรนับ/จับเวลา วงจรเชื่อมต่อสัญญาณอนุกรม เป็นต้น

2.4.14 โครงสร้างการอินเตอร์รัปต์

สัญญาณที่เข้ามามีการอินเตอร์รัปต์ 8051 เกิดขึ้นได้ 5 ลักษณะคือ

ตารางที่ 2.5 สัญญาณที่เข้ามาทำการอินเตอรัปต์

สัญญาณ	ความหมาย
INTO	สัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอาทางขาสัญญาณ P3.2 โดย 8051 จะทำการสุ่มตัวอย่างเมื่อสิ้นสุดทุกแมชชีนไซเคิ้ล
INT1	สัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกทางขาสัญญาณ P3.3 โดย 8051 จะทำการสุ่มตัวอย่างเมื่อสิ้นสุดทุกแมชชีนไซเคิ้ล
Timer0	สัญญาณการเกิดโอเวอร์โฟลว์ Timer 0
Timer1	สัญญาณการเกิดโอเวอร์โฟลว์ Timer 0
พอร์ตอนุกรม	การเกิดอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นจากการรับ/ส่งข้อมูลอนุกรมทำให้มีผลต่อแฟล็กอินเตอร์รัปต์ R1 และ T1 ตามลำดับ

จากแผนภาพโครงสร้างระบบอินเตอร์รัปต์ของ 8051 ในรูปที่ 2.35 จะเห็นว่าเมื่อเกิดการอินเตอร์รัปต์สัญญาณต่างๆ ขึ้น จะส่งผลให้มีการควบคุมเพื่อสั่งให้โปรเซสเซอร์กระโดดไปทำงานที่ตำแหน่งแอดเดรสต่างๆ ตามประเภทของแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้น ซึ่งปกติแล้วควรจะต้องมีการสร้างโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์

การกำหนดให้ 8051 สามารถตอบรับการอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภท ทำได้โดยการกำหนดบิตข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมักจะอยู่ภายในรีจิสเตอร์ TCON และ SCON หากว่าได้มีการกำหนดค่าของบิตซึ่งอยู่ภายในรีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable Register) ด้วยแล้ว ก็จะสามารถตอบรับการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณนั้นๆ ได้ นอกจากนี้แล้วสัญญาณอินเตอร์แต่ละประเภท ยังสามารถกำหนดระดับความสำคัญ (Priority) ของการอินเตอร์รัปต์ได้สองลักษณะคือ ระดับความสำคัญสูงหรือต่ำ (Highor Low Priority) กล่าวคือ ขณะที่กำลังประมวลผลอยู่ภายในส่วนของโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณที่มีระดับความสำคัญต่ำอยู่ ก็อาจจะถูกขัดจังหวะให้ไปประมวลผลของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญสูงกว่าได้ แต่หากว่าระดับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญเช่นเดียวกันแล้วก็จะต้องรอให้เสร็จสิ้นการประมวลผลที่ดำเนินการอยู่ก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.15 การควบคุมอินเตอร์รัปต์

ตามโครงสร้างด้านการจัดการอินเตอร์รัปต์ของ 8051 สามารถกำหนดเลือกเพื่อยินยอมหรือไม่ยินยอม (Enable/Disable) ให้มีการอินเตอร์รัปต์ของแต่ละสัญญาณได้ โดยใช้วิธีการกำหนดค่าของภายในรีจิสเตอร์ IE ซึ่งจะมีทั้งแบบที่จะระบุถึงอินเตอร์รัปต์โดยรวมทั้งหมด (บิตที่ 7) และอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทได้ ในกรณีที่กำหนดค่าข้อมูลเป็นหนึ่ง ให้กับบิตจะมีความหมายถึงการยินยอมให้มีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้นได้ และจะเป็นกรณีตรงข้ามกันสำหรับการกำหนดค่าข้อมูลที่เป็น 0 หากลองย้อนกลับไปพิจารณาแผนภาพในรูปที่ 2.35 อีกครั้ง จะเห็นว่าจะต้องทำการกำหนดให้ยินยอมการอินเตอร์รัปต์ทั้งหมดให้เกิดขึ้นก่อน จึงจะมีผลทำให้การกำหนดบิตเพื่อยินยอมของแต่ละอินเตอร์รัปต์มีผลขึ้นได้

2.4.16 การจัดการอินเตอร์รัปต์

เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำคำสั่งที่กำลังดำเนินการอยู่ให้แล้วเสร็จ จากนั้นจึงจะทำการเก็บค่าตำแหน่งแอดเดรสของคำสั่งที่จะทำงานต่อไปไว้ยังบริเวณของหน่วยความจำที่ถูกกำหนดไว้ให้เป็นสแต็กและกระโดดไปยังตำแหน่งแอดเดรสที่ได้มีการกำหนดไว้แน่นอนตำแหน่งหนึ่งโดยอัตโนมัติ (ดูรูปที่ 2.25) ตำแหน่งนี้เรียกว่า **แอดเดรสของอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์(Interrupt Vector Address)** ซึ่งผู้ใช้จะต้องทำการเขียนโปรแกรมย่อย(Subroutine) ยังตำแหน่งแอดเดรสเหล่านี้ไว้ ซึ่งเรียกว่า โปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์(Interrupt Service Routine) ตำแหน่งของแอดเดรสเหล่านี้ ได้แก่

ตารางที่ 2.6 การจัดการอินเตอร์รัปต์

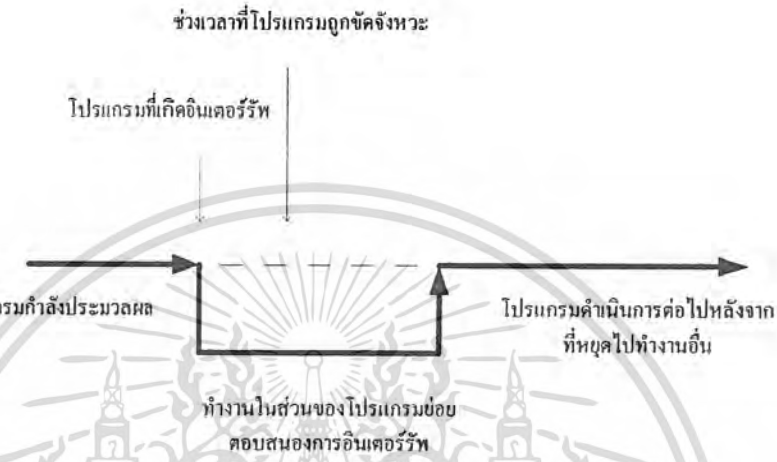
แหล่งกำเนิดสัญญาณ	สัญญาณ	ตำแหน่งแอดเดรส
IE0	อินเตอร์รัปต์ภายนอก 0	0003
TF0	วงจรนับ/จับเวลา 0	000B
IE1	อินเตอร์รัปต์ภายนอก 1	0013
TF1	วงจรนับ/จับเวลา 1	001B
RI หรือ TI	วงจรรับ/ส่งข้อมูลอนุกรม	0023

สิ่งที่ควรให้ความสนใจในการเขียนโปรแกรมย่อยบริการการอินเตอร์รัปต์ คือ

1.ส่วนเริ่มต้นของโปรแกรมย่อย ควรจะมีการเก็บค่าของรีจิสเตอร์หรือแฟล็กสถานะต่างๆ ที่จะต้องนำไปใช้ภายในโปรแกรมย่อย มิฉะนั้นอาจจะมีผลทำให้โปรแกรมปกติที่ทำอยู่ก่อนหน้าการมาทำงานโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์ทำงานผิดพลาดไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.บรรทัดสุดท้ายของโปรแกรมย่อยจะต้องสิ้นสุดด้วยคำสั่ง RETI (Return from interrupt) เพื่อสั่งให้มีการนำค่าที่ได้เก็บไว้ก่อนหน้าการกระโดดมายังโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์นี้ออกจากสแต็กและกลับไปทำงานเดิมต่อไป นอกจากนี้แล้วยังมีผลทำให้แฟล็กสถานะที่เกี่ยวข้องการอินเตอร์รัปต์นั้นๆ ถูกรีเซ็ตกลับเป็นค่าปกติเพื่อรอรับการอินเตอร์รัปต์การอินเตอร์รัปต์ครั้งใหม่ต่อไปด้วย



รูปที่ **2.26** แผนภาพการทำงานของโปรแกรมซึ่งโดยปกติจะทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งอยู่

เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้นโปรแกรมส่วนนี้จะหยุดค้างอยู่ เนื่องจากโปรเซสเซอร์จะกระโดดไปทำงานในส่วนโปรแกรมย่อยอินเตอร์รัปต์ เมื่อเสร็จสิ้นงานในโปรแกรมย่อยนี้แล้วจึงจะได้กลับไปทำงานที่ค้างอยู่ต่อไป

2.4.17 การอินเตอร์รัปต์ภายนอก

การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์โดยการใช้เทคนิคการอินเตอร์รัปต์ จัดได้ว่าเป็นสิ่งที่ควรให้ความสนใจมากเป็นพิเศษ เพราะจะเป็นการช่วยให้การออกแบบระบบเป็นไปได้อย่างสะดวกยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าการอินเตอร์รัปต์จะได้รับการจำแนกตามแหล่งที่มาของสัญญาณอินเตอร์รัปต์นั้นๆ แต่โดยส่วนมากแล้วก็มักจะเป็นสัญญาณที่มาจากภายนอกระบบและผ่านเข้ามาทางขาสัญญาณของ 8051

8051 สามารถตอบรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกได้สองสัญญาณ ทางขาสัญญาณ INT0 และ INT1 โดยการรับรู้ถึงสัญญาณที่อินเตอร์รัปต์สามารถโปรแกรมเลือกให้เกิดขึ้นที่บริเวณช่วงขอบของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงจากระดับลอจิกสูงไปเป็นลอจิกต่ำ (High-to-low-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

transition)หรือขณะที่ระดับของสัญญาณได้เปลี่ยนเปลี่ยนแปลงไปเป็นระดับลอจิกต่ำแล้ว(Low level Interrupt)

การเลือกประเภทของการสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอก INT1 ใช้การกำหนดค่าข้อมูลที่ตำแหน่งบิต 2 ภายในรีจิสเตอร์ TCON ซึ่งเป็นตำแหน่งบิต IT1 โดยทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดประเภทของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของ INT1 ถ้ามีค่าเป็น 0 จะเป็นลักษณะแบบทำงานที่ระดับสัญญาณในกรณีที่บิตนี้ได้รับการกำหนดใหม่ค่าเป็น 1 ซึ่งเป็นลักษณะของการทำงานที่ขอบขาลงของสัญญาณจะมีแฟล็กสถานะ IE1 ซึ่งเป็นบิตภายในรีจิสเตอร์ TCON เข้ามาเกี่ยวข้องด้วยกล่าวคือเมื่อไรก็ตามที่ขาสัญญาณ INT1 มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณจากลอจิกสูงเป็นลอจิกต่ำแล้ว แฟลีกสถานะ IE1 นี้ก็จะถูกกำหนดให้มีค่าเป็น 1 เช่นกัน

สำหรับการทำงานของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ INT0 ก็มีลักษณะเดียวกับสัญญาณของอินเตอร์รัปต์ INT1 ข้างต้นเช่นกัน โดยบิต 0 ภายในของรีจิสเตอร์ TCON เป็นตำแหน่งของบิต ITO และตำแหน่งของบิต ITO จะอยู่ที่ตำแหน่งบิต 1 ภายในรีจิสเตอร์ TCON

การตอบรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอก

ซีพียูของ 8051 จะทำการตรวจสอบสถานะของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกนี้เป็นระยะๆ ทุกแมชชีนไซเคิลของการทำงาน ดังนั้นสัญญาณที่จะเข้ามาอินเตอร์รัปต์นี้จะต้องค้างสถานะไว้เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 12 คาบออสซิลเลเตอร์ (Oscillator period) มิฉะนั้นซีพียูจะตรวจไม่พบการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณดังกล่าว และกรณีที่มีการกำหนดให้อินเตอร์รัปต์ภายนอกทำงานที่ขอบขาลงของสัญญาณ จะต้องทำให้สัญญาณอินเตอร์รัปต์นั้นมีระดับลอจิกต่ำเป็นเวลาอย่างน้อยหนึ่งแมชชีนไซเคิ้ลเช่นกัน และแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์นี้จะต้องทำให้สัญญาณกลับไปเป็นลอจิกสูงในเวลาก่อนที่ซีพียูจะทำงานในโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์เสร็จสิ้น มิฉะนั้นซีพียูจะมองเห็นว่ามีการอินเตอร์รัปต์ใหม่เข้ามาอีกครั้ง

การอินเตอร์รัปต์ของวงจรนับ/จับเวลาการออกแบบระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ มักจะต้องการวงจรที่มีหน้าที่การเป็นฐานเวลานำหรับการดำเนินงานหรือการนับบางอย่าง เช่น จำนวนพัลซ์ที่เข้ามายังระบบ การหน่วงเวลาภายในโปรแกรม เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วหากดำเนินการด้วยวิธีด้านซอฟต์แวร์ ก็มักจะเป็นการวนรอบนับหรือจับเวลาไปโดยตลอดโปรเซสเซอร์จะต้องเสียเวลามาดูแลงานเหล่านี้มาก ดั้งนั้นเพื่อเป็นการลดเวลาทางด้านนี้ หรือช่วยให้มีการทำงานที่เกี่ยวข้องกับจับเวลาได้แม่นยำมากขึ้น 8051 จึงได้มีวงจรนับ/จับเวลาอยู่ภายในตัวไอซีให้ใช้งานได้หลายชุด โดยที่สามารถกำหนดเลือกสักษณะการทำงานต่างๆ ได้โดยวิธีการซอฟต์แวร์ควบคุม

2.4.18 วงจรนับ/จับเวลา

8051 ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตจำนวนสองตัว คือ T0(TIMER 0) และ T1 (TIMER 1) ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้อย่างอิสระ โดยสามารถควบคุมให้ทำหน้าที่เป็นตัวจับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Timer) เพื่อนับจำนวนพัลซ์สัญญาณนาฬิกาภายใน หรือควบคุมให้ทำหน้าที่เป็นตัวนับ(Counter) เพื่อนับจำนวนพัลซ์ของระบบได้

ภายในรีจิสเตอร์แต่ละตัวยังสามารถแยกออกได้เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต คือ TH0 กับ TLO สำหรับรีจิสเตอร์ T0 และ TH1 กับ TL1 สำหรับรีจิสเตอร์ T1 โดยการทำงานของรีจิสเตอร์ทั้งสองตัวนี้มีผลมาจากการกำหนดค่าของบิตที่อยู่ภายในรีจิสเตอร์ TMOD (Timer mode control register) และรีจิสเตอร์ TCON (Timer/Counter control register)

ตามโครงสร้างของบิตภายในรีจิสเตอร์ TMOD มีการจัดแบ่งออกเป็นสองส่วนอย่างชัดเจน โดยบิตจำนวนสี่บิตทางด้านบนจะเป็นของรีจิสเตอร์ T1 และสี่บิตที่เหลือทางด้านล่างจะเป็นของรีจิสเตอร์ T0 การกำหนดประเภทของการทำงานทำได้โดยการกำหนดค่าภายในบิต C/T ที่ตำแหน่งบิต 6 และ 2 โดยหากเป็นข้อมูลที่มีค่า 0 จะทำหน้าที่เป็นตัวจับเวลาและหากมีค่าเป็น 1 จะทำหน้าที่เป็นตัวนับสัญญาณ

เมื่อกำหนดให้ทำงานเป็นตัวจับเวลา รีจิสเตอร์จะทำการเพิ่มค่าขึ้นทีละหนึ่งในทุกๆ แมชชีนไซเคิ้ลการทำงานของซีพียู ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ในอีกลักษณะว่าการทำงานเป็นตัวจับเวลาก็เป็นการนับหน่วยเวลาซึ่งสร้างมาจากวงจรออสซิลเลเตอร์ของซีพียูเอง การคำนวนค่าระยะเวลาของหนึ่งแมชชีนไซเคิ้ลจะใช้เวลานานเท่ากับคาบเวลาของออสซิลเลเตอร์จำนวน 12 คาบ หรือคิดเป็นค่าอัตราการนับในแต่ละครั้งจะใช้เวลาเท่ากับ 1/12 เท่าของความถี่ออสซิลเลเตอร์

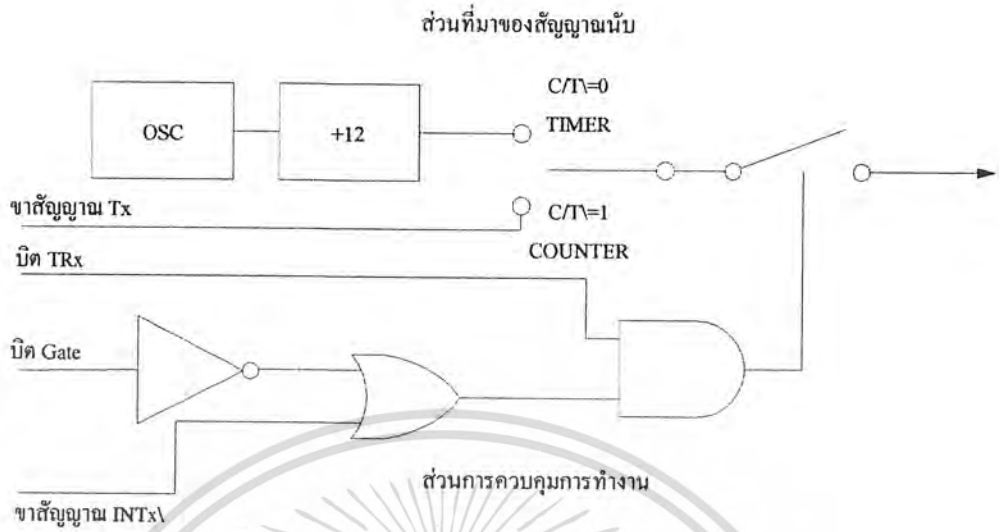
กรณีกำหนดให้ทำงานเป็นการนับสัญญาณ รีจิสเตอร์จะเพิ่มค่าทีละหนึ่งตามการเปลี่ยนแปลงสภาวะของสัญญาณทางขา T0 หรือ T1 การเปลี่ยนแปลงนี้จะเป็นลักษณะของการเปลี่ยนแปลงจากระดับลอจิกสูงไปเป็นลอจิกต่ำซึ่งซีพียูจะทำการตรวจสอบสัญญาณนี้ทุกๆ แมชชีนไซเคิ้ล หากพบว่าแมชชีนไซเคิ้ลแรกเป็นระดับลอจิกสูงและแมชชีนไซเคิ้ลต่อไปเป็นระดับลอจิกต่ำ จึงจะทำการเพิ่มค่าในรีจิสเตอร์ ดังนั้นซีพียูจะต้องใช้เวลาถึง 2 แมชชีนไซเคิ้ลในการตรวจสอบสัญญาณ ซึ่งเป็นผลทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุตภายนอกทางขา T0 หรือT1 มีได้สูงสุดไม่เกินค่า 1/24 เท่าของความถี่ออสซิลเลเตอร์

2.4.19 การอินเตอร์รัปต์ของวงจรนับ/จับเวลา

จากกระบวนการทำงานของวงจรนับ/จับเวลาของ 8051 จำเป็นต้องทำการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับค่ารีจิสเตอร์ T0 หรือ T1 ค่านี้จะเป็นจำนวนของพัลซ์ภายในที่ต้องการจะให้นับหรือค่าของจำนวนพัลซ์ภายนอกที่เข้ามาทางขาสัญญาณ T0 และ T1 ค่าตัวเลขภายในรีจิสเตอร์นี้จะต้องลดให้มีค่าน้อยกว่าค่าที่ต้องการอยู่ค่าหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากการทำงานของรีจิสเตอร์จะเพิ่มค่าจากที่กำหนดไปเรื่อยๆ จนถึงค่าสูงสุดของรีจิสเตอร์ และกลับไปเป็นค่าศูนย์เมื่อมีพัลซ์สุดท้ายเกิดขึ้นซึ่งเรียกว่ามี การโอเวอร์โฟลว์ เกิดขึ้น ทำให้เกิดการกำหนดค่าของแฟล็กเพื่อแจ้งให้ซีพียูได้รับทราบ ดังนั้นโปรแกรมทั่วไปจึงมักใช้สภาวะของแฟล็กนี้ (TF0 และTF1) ซึ่งเป็นบิตอยู่ภายในรีจิสเตอร์ TCON เพื่อตรวจสอบว่ากระบวนการนับได้เสร็จสิ้นลงแล้ว หรือใช้เพื่อทำการอินเตอร์รัปต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมต่อไป



รูปที่ 2.27 ส่วนควบคุมการทำงานของวงจรนับ/จับเวลา

2.4.20 การทำงานเป็นตัวจับเวลา

เมื่อกำหนดให้ทำงานจับเวลา รีจิสเตอร์จะมีการเพิ่มค่าขึ้นทุกๆ แมชชีนไซเคิ้ล ซึ่งอาจกล่าวในอีกลักษณะได้ว่าเป็นการนับหน่วยเวลาของพัลซ์ซึ่งสร้างมาจากวงจรออสซิลเลเตอร์ของซีพียูเอง จะพิจารณาได้ในรูปที่ 2.26 จะเห็นว่าการที่พัลซ์นี้จะมาถึงวงจรนับ/จับเวลาได้จะต้องทำการสวิตซ์ให้อยู่ในลักษณะดังรูปเสียก่อน โดยการกำหนดค่าให้อยู่ในสภาวะเช่นในตารางต่อไปนี้

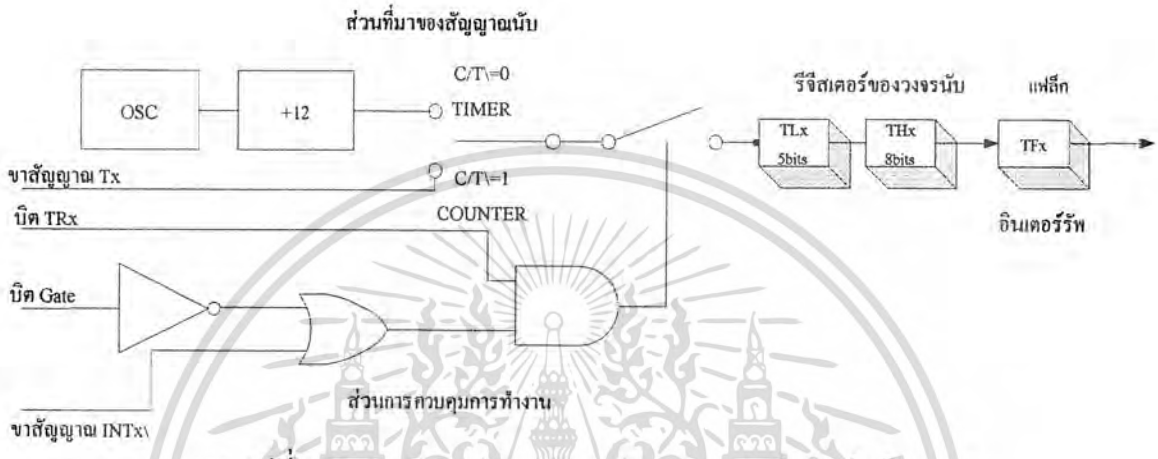
ตารางที่ 2.7 แสดงการทำงานเป็นตัวจับเวลา

การกำหนดค่าบิต	รีจิสเตอร์	ความหมาย
C/T	TMOD	กำหนดให้เป็นการจับเวลา
TR1 หรือ TR0 = 1	TCON	กำหนดสภาวะให้มีการทำงาน
GATE = 0	TMOD	กำหนดสภาวะการควบคุมการทำงาน
หรือระดับสัญญาณที่ขา INT0		
หรือ INT1 เป็นสภาวะลอจิกสูง		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.20.1 การจับเวลาในโหมด 0

การทำงานในโหมด 0 นี้ วงจรนับ/จับเวลาจะทำหน้าที่เป็นตัวนับขนาด 13 บิต (โดยใช้รีจิสเตอร์ TH0 หรือ TH1 เป็นตัวนับขนาด 8 บิต และรีจิสเตอร์ TL0 หรือ TL1 มีขนาด 5 บิต) ตามลักษณะแผนภาพในรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.28 การทำงานของ Timer/Counter 0 หรือ 1 ในโหมด 0

ข้อควรสังเกตุเกี่ยวกับการคำนวนหาค่าเริ่มต้นของการนับ ในกรณีที่ต้องการใช้วงจรนับ/จับเวลานี้ในลักษณะของการจับเวลา สมมุติว่าระบบ 8051 ทำงานด้วยคริสตอลความถี่ 12 MHz ดังนั้นความถี่ของสัญญาณพัลซ์ที่จะใช้เป็นฐานเวลาในการนับมีค่าเท่ากับความถี่ของคริสตอลนี้หารด้วยเลข 12 (เท่ากับค่า 1 แมชชีนไซเคิล) จะใช้เวลานาน 1/12*12*10 ยกกำลัง 6 = 1 ไมโครวินาที

เพราะฉนั้น หากต้องการจับเวลา 1 มิลลิวินาที
จะต้องนับจำนวนพัลซ์ 1000/1 = 1000 ครั้ง
= 03E8 เลขฐานสิบหก

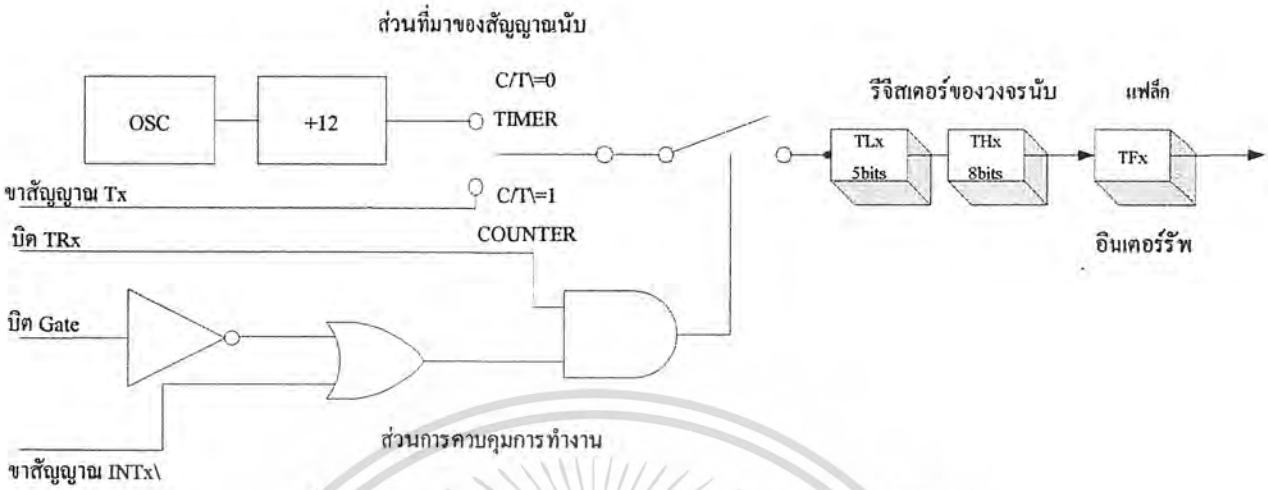
ค่าของการคำนวนนี้จะนำไปกำหนดให้กับรีจิสเตอร์ TH0 (หรือ TH1) และ TL0 (หรือ TL1) อย่างไรก็ตามเนื่องจากว่าการทำงานของวงจรนับ/จับเวลาเป็นการนับขึ้น จนกระทั่งเกิดโอเวอร์โฟลว์ดังนั้นจึงต้องใช้การทำทูคอมพลีเมนต์ของค่าดังกล่าว

2.4.20.2 การจับเวลาในโหมด 1

การทำงานในโหมด 1 มีความคล้ายคลึงกับโหมด 0 มาก เพียงแตกต่างกันเฉพาะจำนวนบิตของการนับเท่านั้น ซึ่งรีจิสเตอร์ของการนับ/จับเวลาจะถูกใช้เต็มทุกบิตของการนับแบบ 16 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

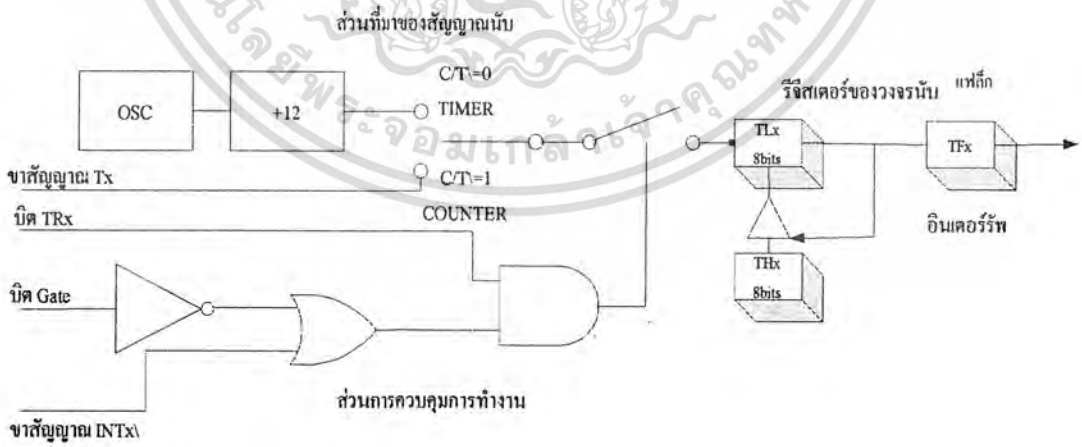
ล้วน โดยค่าภายในรีจิสเตอร์ TH0 (หรือ TH1) จะเก็บค่าไบต์บน(High order byte) ของตัวเลข ตามแผนภาพการทำงานในรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.29 การทำงานของ Timer/Counter 0 หรือ 1 ในโหมด 1

2.4.20.2 การจับเวลาในโหมด 2

การทำงานในโหมด 2 ของวงจรนับ/จับเวลาจะมีความพิเศษต่างออกไป กล่าวคือจะมีเพียงการใช้รีจิสเตอร์ TH0 (หรือ TH1) เป็นตัวนับเพียง 8 บิตเท่านั้น ส่วนรีจิสเตอร์ TH0 (หรือ TL1) ใช้สำหรับทำหน้าที่เก็บค่าเริ่มต้นของการนับไว้ เมื่อรีจิสเตอร์ TL0 (หรือ TL1) เกิดการโอเวอร์โฟลว์จากค่า 0FFH เป็น 00H ระบบจะทำการนำค่าจากรีจิสเตอร์ TH0(หรือ TH1) กลับมาใส่ให้โดยอัตโนมัติ (Automatic reload) ดังการแสดงในแผนภาพของรูปที่ 2.29

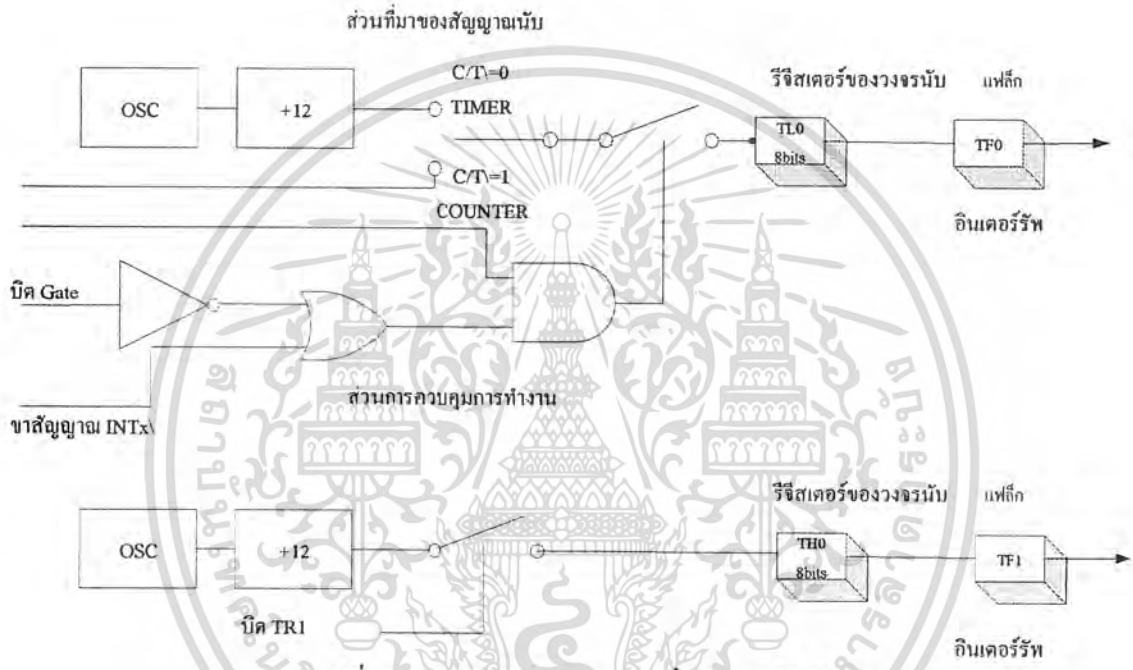


รูปที่ 2.30 การทำงานของ Timer/Counter 0 หรือ 1 ในโหมด 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.20.4 การจับเวลาในโหมด 3

การทำงานในโหมด 3 จะสามารถใช้ได้กับ Timer 0 เท่านั้น หากว่านำไปกำหนดให้ Timer 1 จะทำให้หยุดการทำงานไป เมื่อ Timer 0 ได้รับการกำหนดทำงานในโหมด 3 จะมีผลทำให้รีจิสเตอร์ของมันแยกกันทำงานอิสระ โดยรีจิสเตอร์ TL0 จะถูกควบคุมจากบิตภายในรีจิสเตอร์ TCON และขาสัญญาณ INT0 ดังแสดงในรูปที่ 2.30 และเมื่อมีการโอเวอร์โฟลว์เกิดขึ้นจากค่า 0FFH เป็น 00H ก็จะมีผลให้แฟล็ก TF0 มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น สำหรับรีจิสเตอร์ TH0 จะถูกกำหนดให้งานในแบบของตัวจับเวลา ภายใต้การควบคุมของบิต TR1 ในรีจิสเตอร์ TCON เท่านั้น และหากเกิดโอเวอร์โฟลว์ขึ้นก็จะมีผลเฉพาะต่อแฟล็ก TF1



รูปที่ 2.31 วงจรนับจับเวลา 0 เมื่อทำงานในโหมด 3

ในส่วนของ Timer 1 ขณะเมื่อ Timer 0 ถูกกำหนดให้ทำงานในโหมด 3 ก็ยังสามารถทำงานในโหมดอื่นๆที่ไม่ใช่โหมด 3 ได้เช่นเดิม ยกเว้นจะไม่มีการอินเตอร์ปต์เกิดขึ้นเท่านั้น (เนื่องจากแฟล็ก TF1 ถูกใช้งานโดย Timer 0 ไปแล้ว)

2.4.21 การทำงานเป็นตัวนับสัญญาณ

การใช้งานวงจรนับ/จับเวลาในลักษณะของตัวนับ(Counter) โดยหลักการแล้วจะเหมือนกับลักษณะของการทำงานเป็นตัวจับเวลา (Timer) ดังที่ได้กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมา มีข้อแตกต่างประการเดียวคือ แทนที่จะเป็นการนับสัญญาณพัลส์จากวงจรออสซิลเลเตอร์ภายในและผ่านวงจรหาร 12 มาเป็นการสับสัญญาณพัลส์ที่เกิดขึ้นทางขาสัญญาณ T0 (พอร์ต P3.4) ให้กับ Timer 0 หรือทางขาสัญญาณ T1 (พอร์ต P3.5) ให้กับ Timer 1 เท่านั้น นอกจากนี้ก่อนการเริ่มต้นใช้งานจะต้องกำหนดค่าของบิต C/T ภายในรีจิสเตอร์ TCON ให้มีค่าเป็น 1 เสียก่อน เพื่อยอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้สัญญาณภายนอกสามารถผ่านเข้ามายังวงจรนับ นอกจากนี้สัญญาณพัลส์ที่เข้ามานั้นควรจะมีระยะเวลายาวนานกว่าค่า 1 แมชชีนไซเคิลของระบบนั้นๆ

2.4.22 การอินเตอร์รัปต์ของการสื่อสารอนุกรม

เนื่องจากการส่งหรือรับข้อมูลอนุกรมในการส่งข้อมูลไบต์หนึ่งๆ ค่อนข้างจะใช้เวลานานหลายมิลลิวินาที ดังนั้นเพื่อให้การจัดการเกี่ยวกับการสื่อสารแบบนี้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ 8051 จึงได้กำหนดให้บิตหรือแฟล็กสถานะที่เกี่ยวข้องทั้งหมด จัดรวมอยู่ภายในรีจิสเตอร์ SCON เท่านั้น เช่น แฟล็ก TI ซึ่งจะมีค่าเป็นหนึ่งเมื่อข้อมูลได้ส่งออกไปภายนอกเสร็จสิ้นแล้ว และแฟล็ก RI ซึ่งจะมีค่าเป็น 1 เพื่อแจ้งให้ทราบว่าได้รับข้อมูลผ่านมาทางพอร์ตอนุกรม เมื่อแฟล็กตัวใดตัวหนึ่งมีค่าเป็น 1 จะมีผลทำให้เกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้น ดังนั้นภายในโปรแกรมจะต้องทำการตรวจสอบสภาวะของแฟล็กเหล่านี้เองว่ามีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้นเพราะสาเหตุใด จากนั้นจึงค่อยทำการกำหนดค่า 0 ให้กับแฟล็กนั้น ลักษณะดังกล่าวนี้จะมีความแตกต่างไปจากการอินเตอร์รัปต์จากสัญญาณอื่นๆ เช่น วงจรนับ/จับเวลา เป็นต้น ซึ่งจะมีการกำหนดค่า 0 ให้กับแฟล็กสถานะที่เกียวข้องโดยอัตโนมัติ ภายหลักจากที่ได้เข้าไปทำงานยังส่วนโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์

2.4.23 กระบวนการรับและส่งข้อมูลอนุกรมของ 8051

การส่งข้อมูลออกทางพอร์ตอนุกรมของ 8051 จะเริ่มต้นขึ้น ภายหลังเมื่อมีการเขียนข้อมูลลงในรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลนี้จะถูกจัดการด้วยวิธีการทางด้านฮาร์ดแวร์ในการเลื่อนบิตและส่งสัญญาณออกไปภายนอกโดยอัตโนมัติ เมื่อข้อมูลเหล่านี้ได้ส่งออกครบถ้วนแล้ว จึงทำการกำหนดค่าของแฟล็ก TI ให้เป็น 1 เพื่อแจ้งให้ทราบว่าขณะนี้รีจิสเตอร์ SUBF ว่างและพร้อมที่จะส่งข้อมูลไบต์ต่อไปแล้ว ในกรณีที่ผู้ใช้เขียนข้อมูลใหม่ลงในรีจิสเตอร์ SBUF โดยไม่รอให้แฟล็ก TI มีค่าเป็น 1 ก่อนจะมีผลทำให้ข้อมูลที่ส่งออกไปผิดพลาดได้

สำหรับการรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมจะเริ่มต้นโดยการกำหนดค่าบิต REN(Reciever Enable) ให้มีค่าเป็น 1 ก่อน หลังจากนั้นเมื่อมีบิตของข้อมูลถูกส่งเข้ามาจากภายนอกระบบฮาร์ดแวร์ของ 8051 จึงจะทำการเลื่อนบิตเหล่านี้เข้ามาโดยอัตโนมัติ และเมื่อบิตสุดท้ายถูกเลื่อนเข้ามาเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลนั้นจะถูกย้ายเข้ามาเก็บไว้ยังรีจิสเตอร์ SBUF และทำการกำหนดให้แฟล็ก RI ให้มีค่าเป็น 1 ซึ่งมีผลทำให้เกิดการอินเตอร์รัปต์โปรแกรมขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้าง

3.1 BOARD MICROCONTROLLER

BOARD MICROCONTROLLER เป็นบอร์ดที่สร้างขึ้นมาเองซึ่งมีความประหยัดกว่าบอร์ด V-3155 ซึ่งเป็นของเก่ามากเพราะว่าไม่ต้องใช้ Port 8255 และไม่ต้องใช้หน่วยความจำ EPROM

BOARD MICROCONTROLLER ที่สร้างมาใหม่จะมี CPU เบอร์ AT 89C52 เป็นหลักโดยมีรายการอุปกรณ์ต่างๆดังต่อไปนี้

3.1.1 รายการอุปกรณ์

1. AT 89C52	1 ตัว
2. ซ็อกเก็ตไอซี CPU 40 PIN	1 ตัว
3. Capacitor 30p	5 ตัว
4. คริสตอล X11.0592Mhz	1 ตัว
5. R pack 10Kohm	6 ตัว
6. Capacitor 0.1uF	10 ตัว
7. Capacitor 16p	1 ตัว
8. สายแพ 40 เส้น	1 เมตร
9. จุดต่อสาย	5 จุด
10. ซ็อกเก็ตพอร์ตต่างๆ	5 ตัว

3.1.2 การทำงานของ BOARD MICROCONTROLLER

BOARD MICROCONTROLLER ประกอบด้วย CPU AT89C52 เป็นของบริษัท ATMEL เป็น CPU 40 Pin หน้าที่ของขาต่างๆในบอร์ดมีดังต่อไปนี้

3.1.2.1 PORT 1 ขา 0-7

ขา 1 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 7 ของชุด LCD Module เป็น DATA BIT 0

ขา 2 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 8 ของชุด LCD Module เป็น DATA BIT 1

ขา 3 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 9 ของชุด LCD Module เป็น DATA BIT 2

ขา 4 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 10 ของชุด LCD Module เป็น DATA BIT 3

ขา 5 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 11 ของชุด LCD Module เป็น DATA BIT 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 6 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 12 ของชุด LCD Module เป็น DATA BIT 5

ขา 7 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 13 ของชุด LCD Module เป็น DATA BIT 6

ขา 8 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 14 ของชุด LCD Module เป็น DATA BIT 7

โดยมี ความต้านทาน 10 KOHM ต่อคร่อมอยู่ทุกขาสำหรับเป็นตัวเพิ่มกระแส

ขา 9 เป็นขา RESET

3.1.2.2 PORT 3 ขา 10-17

ขา 10 ถึงขา 17 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา ของชุดคีย์บอร์ด

3.1.2.3 PORT 2 ขา 21-28

Port 2 แบ่งออกเป็นสอง ส่วนส่วนแรกขา 21-24 ต่อกับชุดควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ควบคุมการหมุนของจานดาวเทียมในแนวกวาด ซึ่งต่อกับ Board EX-STEPM 4STEPPER MOTOR DRIVER ควบคุมมอเตอร์ตัวใหญ่

ส่วนที่สอง ขา 25-28 ต่อกับชุดควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ควบคุมการหมุนของจานรับสัญญาณดาวเทียมในแนวก้มเงย เป็นบอร์ดตัวเล็กที่ขับมอเตอร์ตัวเล็ก

3.1.2.4 PORT 0 ขา 32-39

ขา 32 ของ AT89C52 ไม่ใช้

ขา 33 ของ AT89C52 ไม่ใช้

ขา 34 ของ AT89C52 ต่อกับ LED แสดงผลของการหมุนมอเตอร์กวาดแนว กวาด

ขา 35 ของ AT89C52 ต่อกับ LED แสดงผลของการหมุนมอเตอร์ก้มเงย

ขา 36 ของ AT89C52 ต่อกับ ไมโครสวิตซ์ควบคุมการหยุดหมุนของมอเตอร์ แนว กวาด

ขา 37 ของ AT89C52 ต่อกับ ไมโครสวิตซ์ควบคุมการหยุดหมุนของมอเตอร์ แนวก้มเงย

ขา 38 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 7 ของชุดจอแสดงผล

ขา 39 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 6 ของชุดจอแสดงผล

ขา 40 ของ AT89C52 VCC

จะเห็นได้ว่าการจัดการเกี่ยวกับพอร์ตต่างๆของ CPU AT89C52 สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 พอร์ตด้วยกันโดยกำหนดให้

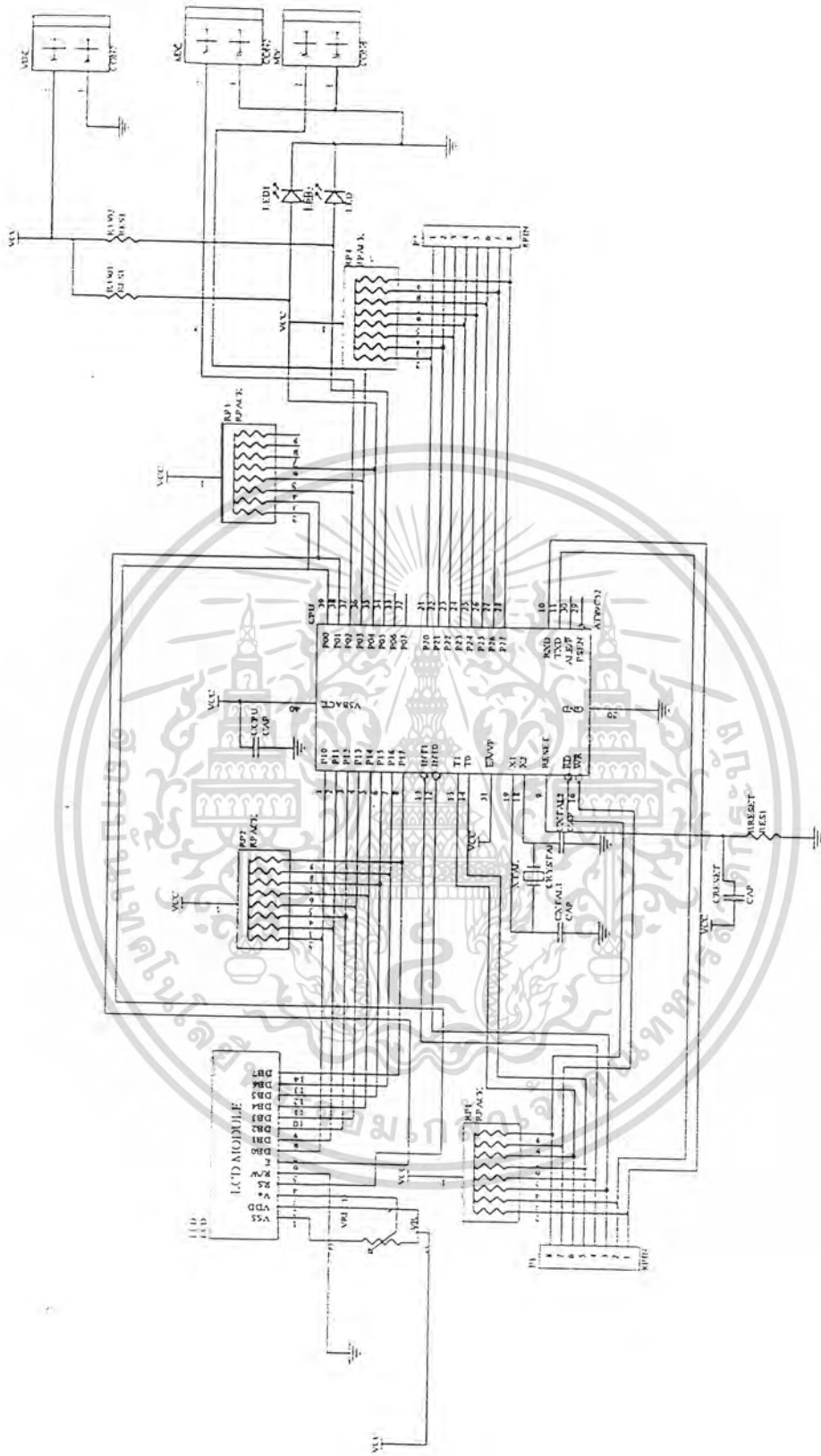
พอร์ต 0 เป็นพอร์ตแสดงผลทาง LED และใช้ควบคุมการหยุดหมุนของมอเตอร์ ด้วยไมโครสวิตซ์

พอร์ต 1 เป็นพอร์ตที่ต่อร่วมกับ จอแสดงผลเป็นตัวแสดงผลการทำงานออกทางจอ

พอร์ต 2 เป็นพอร์ตที่ต่อร่วมกันกับชุดควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

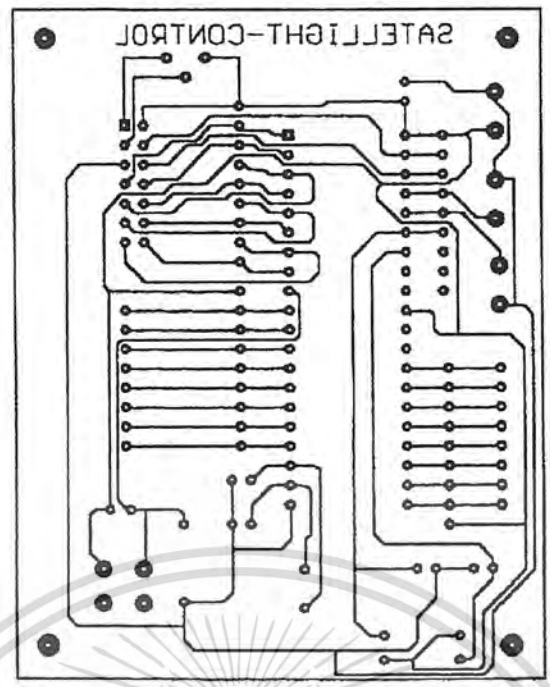
พอร์ต 3 เป็นพอร์ต ที่ต่อร่วมกันกับชุดคีย์บอร์ดเอาไว้รับคำสั่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 โครงสร้างภายในของบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ลายวงจรของบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์

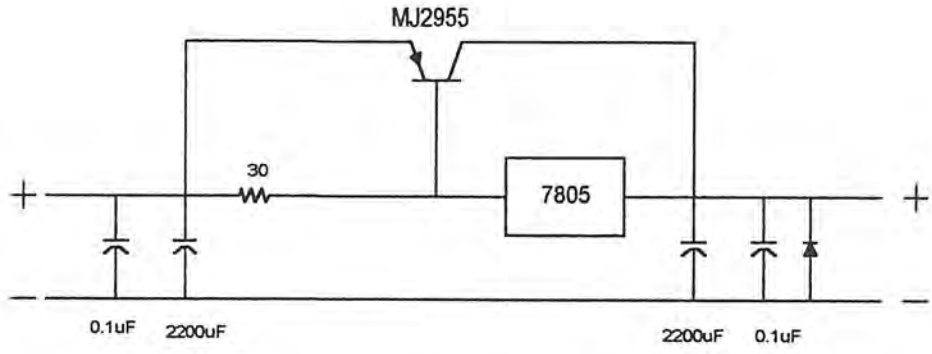
3.2 วงจร แหล่งจ่ายไฟ(POWER SUPPLY)

วงจร แหล่งจ่ายไฟใช้ไอซีเร็กกูเลต (REGULATE IC) เป็นตัวควบคุมระดับแรงดันไฟให้คงที่ ซึ่งไอซีเร็กกูเลตนี้ใช้เบอร์ 7805 จะให้แรงไฟออกทางด้าน เอาท์พุต 5โวลท์ เป็นแรงไฟบวก และเนื่องจากว่าจำเป็นจะต้องใช้กระแสค่อนข้างมากเพื่อขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ถึง 2 ตัวจึงจำเป็นจะต้องใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เบอร์ MJ2955 เป็นตัวเพิ่มกระแส นอกจากนั้นยังมีตัวเก็บประจุช่วยรักษาระดับแรงดันไฟให้คงที่

รายการอุปกรณ์

1. ไอซีเร็กกูเลต เบอร์ 7805 1 ตัว
2. ทรานซิสเตอร์ ชนิด PNP MJ2955 1 ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด 30 โอห์ม 1 ตัว
4. ตัวเก็บประจุขนาด 0.1ไมโครฟาราด และ 2200ไมโครฟาราด 2 ตัว
5. ไดโอด 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

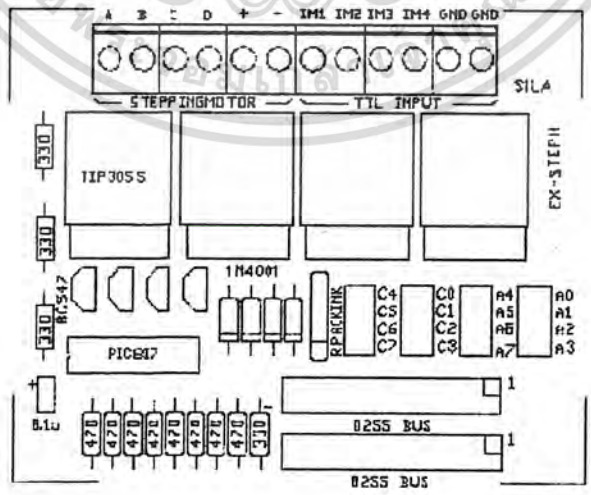


รูปที่ 3.3 วงจร แหล่งจ่ายไฟ

3.3 บอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (EX-STEPM 4 STEPPER MOTOR DRIVER BOARD)

บอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ เป็นบอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ สามารถใช้งานกับมอร์เตอร์ที่ต้องการกระแสสูงสุดถึง 5AMPS ภายในบอร์ดมีขั้วต่อสำหรับขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ทั้ง 4 จุด (4 Phase) และขั้วไฟบวกลบของสเต็ปปิ้งมอร์เตอร์ นอกจากนี้ยังมีขั้วอินพุทอีก 4 จุดพร้อมทั้งไฟบวกลบของชุดอินพุท สำหรับชุดจ่ายไฟของสเต็ปปิ้งมอร์เตอร์ กับ ชุดจ่ายไฟของสวิตซ์อินพุท จะแยกอิสระออกจากกันจึงช่วยตัดปัญหาในเรื่องของสัญญาณรบกวน และ ปัญหาอื่นๆ ที่จะเข้ามากวนกับระบบควบคุมของบอร์ดไมโคร

การเลือกพอร์ทที่จะใช้งานของบอร์ด ขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ สามารถเลือกได้โดยการปรับขั้วต่อ (Jumper Select Port) ตามรูปแสดงตำแหน่งต่างๆบนบอร์ด



รูปที่ 3.4 บอร์ดควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ โดยทั่วไปมีอยู่ 3 ชนิด คือ

1. Variable Reluctance (VR)

2. Permanent Magnet (PM)

3. Hybrid Stepper Motor (HSM)

3.3.1 Variable Reluctance (VR)

จะเป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ถูกกล่าวถึงและนำไปใช้งานมากที่สุด โดยเฉพาะแบบ 4 เฟส โรเตอร์และสเตเตอร์จะทำมาจากเหล็กผสมซิลิคอนเพลาของมอร์เตอร์จะหมุนไปเป็นมุมคงที่ หรือเรียกว่า มุมสเต็ป (Os=ซีตร้า เอส) มักจะมีมุมที่ต่างกันคือ 0.72, 0.9, 1.8, 2.0, 3.6, 7.5, 15 สำหรับสเต็ปปิ้งมอร์เตอร์ชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้วงจรขับแบบ Unipolar ซึ่งลักษณะการทำงานของวงจรจะต้องป้อนค่า Voltage เข้าไปในแต่ละขั้วตามลักษณะของ PULSE ที่ใช้ขับชุด Drive ค่า Voltage ที่จ่ายให้มอร์เตอร์จะใช้อ้างอิงกับกราวด์เสมอ

การหามุมสเต็ป

$$S=360/Os \quad \text{หน่วยเป็นองศา} \tag{3.1}$$

เมื่อ ; Os = mNr

m = จำนวนเฟส

Nr = จำนวนฟันของโรเตอร์

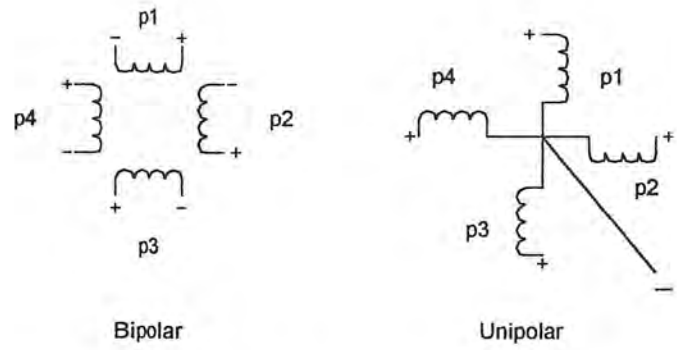
3.3.2 Permanent Magnet (PM)

จะเป็นสเต็ปปิ้งมอร์เตอร์แบบที่ตัวโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบนี้ จะใช้ลักษณะการหมุนแบบ Bipolar ซึ่งมีลักษณะการทำงานจะต้องจ่ายไฟบวกลบเข้าแต่ละเฟสของมอร์เตอร์โดยตรง

3.3.3 Hybrid Stepper Motor (HSM)

จะเป็นการผสมระหว่าง(PM)และ(VR) จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์จะไม่เท่ากันสเต็ปปิ้งมอร์เตอร์แบบนี้จะมีลักษณะการทำงานที่ซับซ้อน จึงเป็นแบบที่ไม่ค่อยจะนิยมใช้งานเท่าใดนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 การขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ แบบต่างๆ

โดยทั่วไปวงจรที่ใช้สเต็ปปิ้งมอร์เตอร์ จะนิยมใช้ทั้ง 2 แบบนี้คือ แบบ Bipolar หรือ Chopper จะใช้กับสเต็บปิ้งมอร์เตอร์ที่เป็นชนิด PM และแบบ Unipolar จะใช้กับชนิด VR ส่วนการขับของสเต็ปปิ้งมอร์เตอร์ชนิด HSM จะมีวงจรขับที่แตกต่างกันออกไป เนื่องมาจากคุณสมบัติของมอร์เตอร์ชนิดนี้สามารถทำงานตามกระแสได้ทั้งสองทิศทาง คือสลับขั้วไฟบวก ลบที่จ่ายให้กับมอร์เตอร์

ส่วนบอร์ด EX-STEPM จะมีวงจรขับเป็นแบบ UNIPOLAR

3.3.4 วิธีการกระตุ้นเฟส

SINGLE PHASE EXITATION เป็นการกระตุ้นแบบเฟสเดี่ยว ตามจังหวะของสัญญาณพัลส์ที่ป้อนเข้าชุดขับสเต็ปปิ้งมอร์เตอร์ (EX STEPM BOARD)

PHASE	PULSE							
A	1	0	0	0	1	0	0	0
B	0	1	0	0	0	1	0	0
C	0	0	1	0	0	0	1	0
D	0	0	0	1	0	0	0	1

TWO PHASE EXITATION การกระตุ้นเป็นแบบทีละสองเฟสคู่พร้อมกัน

PHASE	PULSE							
A	1	0	0	1	1	0	0	1
B	1	1	0	0	1	1	0	0
C	0	1	1	0	0	1	1	0
D	0	0	1	1	0	0	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HALF STEP EXITATION การกระตุ้นแบบกึ่งสเต็ป จะเป็นการรูปแบบการหมุนของทั้งสองแบบไว้ในแบบเดียวกัน

PHASE	PULSE							
A	1	1	0	0	0	0	0	1
B	0	1	1	1	0	0	0	0
C	0	0	0	1	1	1	0	0
D	0	0	0	0	0	1	1	1

ซึ่งวิธีการกระตุ้นเฟสทั้ง 3 แบบนี้จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกวิธีการกระตุ้นจึงจำเป็นจะต้องพิจารณาเพื่อให้เหมาะสมกับงานนั้นๆ การกระตุ้นแบบ Single Phase จะเป็นแบบที่มีความเที่ยงตรงของตำแหน่งงานสูง แต่ว่าจะมีแรงบิด (Torque) น้อยส่วนการกระตุ้นแบบ Two Phase มีความเที่ยงตรงของตำแหน่งน้อยกว่าแบบแรก แต่ว่ามีแรงบิดสูงกว่า และการกระตุ้นแบบ Half Step เป็นแบบที่มีความเที่ยงตรงของตำแหน่งน้อยมาก แต่ว่ามีแรงบิดสูงเช่นกัน

โปรแกรมตัวอย่างของบอร์ด EX-STEPM

```
; FILENAME        EXSTEPM.ASM
; DESCRIPTION     DEMO PROGRAM
; HARDWARE        JAZZ-31+EX-STEPM BOARD
USER      EQU   OFCOOH
UBEEP     EQU   OOA5H                ;UBEE SUB
; ############COMMENT############
; THIS EXAMPLE PROGRAM ROTATE TYPE SINGLE-STEP
; DEFAULT SETTING POINT:-
; PORT SELECT
;             INPUT=PCO-3
;             OUTPUT=PAO-3
            ORG   8000H
            MOV   DPTR#USER+3
            MOV   A,#89H                    ;A=I B=I C=I
            MOVX @DPTR,A
MAIN:       MOV   DPTR,#USER+2
            LCALL KEYP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE   A,#OEH,$+6
                LCALL DRVL
                CJNE   A,#ODH,$+6
                LCALL DRVR
                CJNE   A,#OBH,$+6
                LCALL DRVL
                CJNE   A,#O7H,$+6
                LCALL DRVR
                LJMP   MAIN
DRVL:           LCALL UBEEP
DRVL1:                MOV    DPTR,#USER
                M0V    RO,#4
                M0V    R1,#1
DRVL2:                MOV    A,R1
                M0VX @DPTR,A
                RL     A
                M0V    R1,A
                LCALL DELAY
                DJNZ   RO,DRVL2
                M0V    DPTR,#USER+2
                M0VX A,@DPTR
                ANL    A,#OFH
                CJNE   A,#OFH,DRVL3
                LJMP   DRVL1
DRVL3:                RET
DRVR:           LCALL UBEEP
DRVR1:          M0V    DPTR,#USER
                M0V    RO,#4
                M0V    R1,#8
 DRVR2:         M0V    A,R1
                M0VX @,DPTR,A
                RR     A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV   R1,A
                LCALL DELAY
                DJNZ  RO,DRVR2
                MOV   DPTR,#USER+2
                MOVX  A,@DPTR
                ANL   A,#OFH
                CJNE  A,#OFH,DRVR3
                LJMP  DRVR1
DRVR3:          RET
KEYP:           MOVX  A,@DPTR
                ANL   A,#OFH
                CJNE  A,#OFH,KEYP1
                SJMP  KEYP
KEYP 1:         MOV   R1,#O
                DJNZ  R1,$
                MOVX  A,@DPTR
                ANL   A,#OFH
                CJNE  A,#OFH,KEYP2
                SJMP  KEYP
KEYP2:          RET
;############## DELAY SUB ##############
DELAY:          MOV   R7,#O
                MOV   R6,#O
                DJNZ  R6,$
                DJNZ  R7,$-4
                RET
                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 บอร์ดควบคุม สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ชุดขับจานในแนวก้มเงย

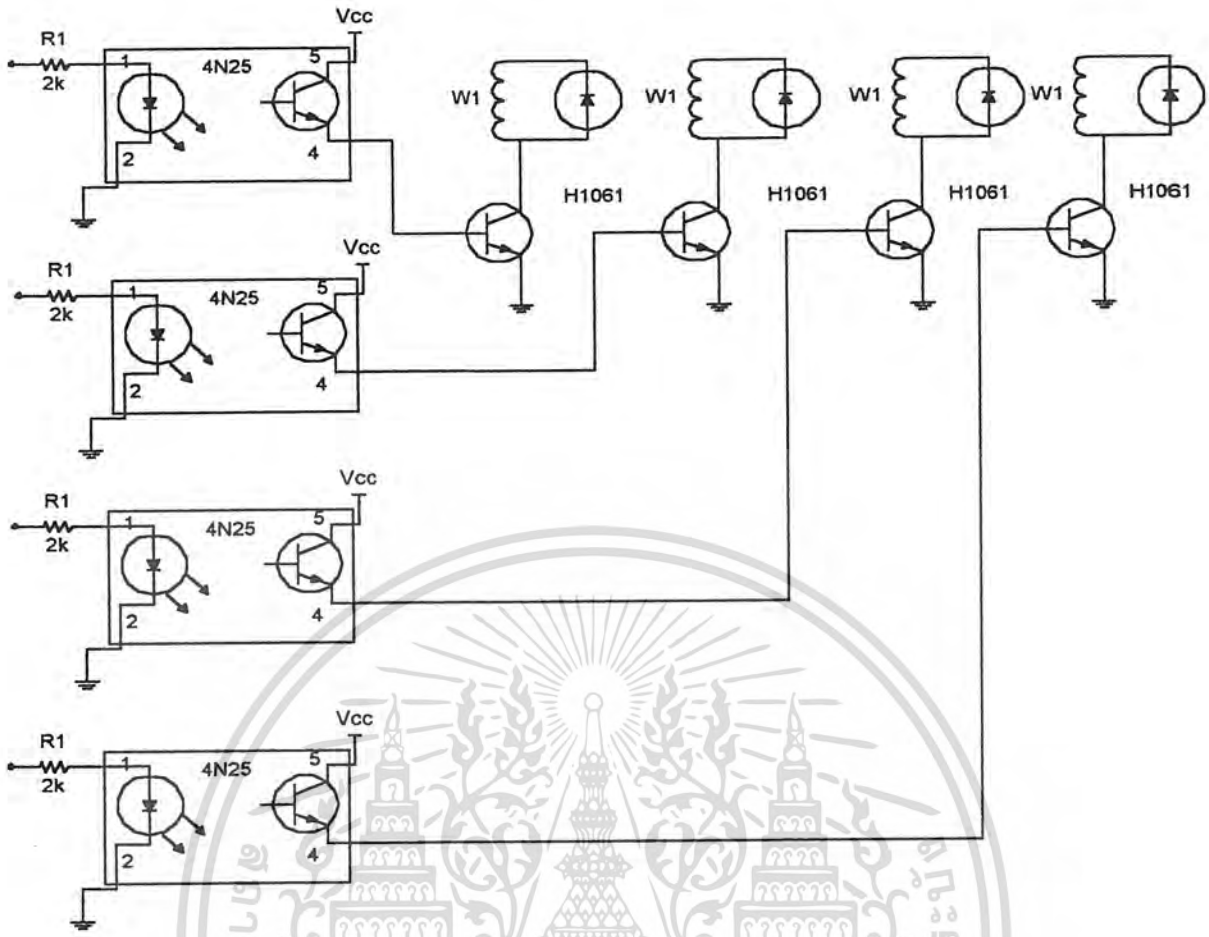
รายการอุปกรณ์

1. ตัวต้านทาน 2K 4 ตัว
2. ออปโตไอโซเลเตอร์ เบอร์ 4N25 4 ตัว
3. ทรานซิสเตอร์ เบอร์ H1061 4 ตัว
4. ไดโอด 4 ตัว

หลักการทำงานของ บอร์ดควบคุมบอร์ดควบคุม สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ชุดขับจานในแนวก้มเงย (Elevation) จากวงจรเราจะเห็นว่าบอร์ดประกอบไปด้วยตัวต้านทาน 2 K โอห์ม ต่อเป็นตัวจำกัดกระแสที่ได้จากบอร์ดไมโครคอนโทรนเลอร์ที่สร้างมา ประมาณ 5 V หลังจากนั้นกระแสจะผ่านเข้าตัว ออปโตไอโซเลเตอร์ เบอร์ 4N25 ซึ่งหลักการทำงานของตัว ออปโตไอโซเลเตอร์ก็คือ เมื่อมีกระแสหรือว่าเมื่อมีพัลซ์ ที่เป็น LOGIC '1' เข้ามาจะทำให้ตัว LED มีแสงออกมาทำให้ตัวทรานซิสเตอร์ภายในออปโตไอโซเลเตอร์นำกระแสนำแรงดัน +Vcc ไปให้กับตัวทรานซิสเตอร์เบอร์ H1061 นำกระแสทำให้ขดลวดของสเต็ปปิ้งมอร์เตอร์ทำงาน เหนี่ยวนำให้มีเส้นแรงแม่เหล็กออกมาเป็นผลให้มอเตอร์หมุน แต่ว่าหากตัว ออปโตไอโซเลเตอร์ได้รับ LOGIC '0' จะทำให้ตัว LED ไม่นำกระแสเป็นผลให้ไม่มีแสงออกมาทำให้ตัว ทรานซิสเตอร์ 4N25 ไม่นำกระแสเป็นผลให้ไม่มีกระแสไปทริกให้กับ H1061 ทำให้ ทรานซิสเตอร์ Off ขดลวดชุดนี้ก็เลยไม่นำกระแส

ไดโอดที่ต่อคร่อมอยู่กับขดลวดของมอเตอร์มีหน้าที่ในการป้องกันกระแสไหลย้อนกลับซึ่งเกิดจากขดลวดของมอเตอร์เมื่อตัวทรานซิสเตอร์หยุดทำงาน เป็นการป้องกันไม่ให้ทรานซิสเตอร์เกิดความเสียหายอันเนื่องจากกระแสไหลย้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจรของชุดควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ชุดขับจานในแนว มุมเงย

3.5 จอแสดงผล DMC DOT MATRIX LCD MODULE

จอแสดงผลมีอยู่หลายรุ่น และคุณสมบัติก็แตกต่างกันไป ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลักๆ คือ แบบ จุด (Dot Matrix) และ Graphic โดยแบบจุด จะสามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรขนาด 5X8 Dot และมีจำนวนอักษรและบรรทัดแตกต่างกันไปในแต่ละรุ่น ส่วนแบบ Graphic จะสามารถแสดงผลในแบบ Bit map คือว่าจะสามารถสร้างเป็นภาพใดๆ ก็ได้ตามที่ต้องการ แนวทางในการใช้งานของทั้ง 2 แบบ จะมีลักษณะใกล้เคียงกัน การใช้งานโดยทั่วไปมักจะใช้แบบ จุดมากกว่าเนื่องจากว่าราคาถูกกว่า และเพียงพอต่อการใช้งานส่วนใหญ่ คุณสมบัติของ Dot Matrix LCD Module สามารถสรุปเป็นข้อๆได้ดังนี้

1. ตัวอักษรแสดงด้วย Dot Matrix ขนาด 5x8 Dot
2. สามารถต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรเลอร์ได้2ลักษณะคือ แบบ Memory map และแบบผ่าน 8255 port ซึ่งจะใช้ขาสัญญาณทั้งหมด 14 PIN (ขั้วต่อ 16 PIN)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การใช้งานง่ายและสะดวกระบบไมโครคอนโทรเลอร์เพียงส่งข้อมูลให้กับ LCD module เท่านั้นข้อความก็จะปรากฏบนแผงแสดงผล และจะค้างไว้ตลอดทำให้ไม่ต้องเสียเวลาของระบบ

4. มีคำสั่งพิเศษสำหรับอำนวยความสะดวกมากมายเช่น CLEAR, DISPLAY, HOME, CURSOR,ON OFF CURSOR,BLANK CHARACTER และอื่นๆอีกมากมาย

5. สามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษและตัวเลขได้ 160 ตัว และสัญลักษณ์พิเศษอีก 32 ตัว รวมทั้งสามารถกำหนดอักษรที่ออกแบบเองได้อีก 8 ตัว

6. กินกระแสน้อยและมีน้ำหนักเบารวมทั้งทำงานได้ด้วยไฟเลี้ยงระดับ 5 โวลท์เท่านั้น

3.5.1 ขาสัญญาณของ LCD MODULE

ตารางที่ 3.1 ขาสัญญาณของ LCD MODULE

PIN	SYMBOL	LEVEL	FUNCTION
1	Vss	-	0 V GND
2	Vcc	-	+5V Power Supply
3	Vee	-	+V For Liquid Crystal Drive
4	Rs	H/L	Register Select H:Data Input L:Intruction Input
5	R/W	H/L	H:Data Input L:Intruction Input
6	E	H	Enable Signal (L->H)
7	DB 0	H/L	Data Bus Bit 0
8	DE 1	H/L	Data Bus Bit 1
9	DB 2	H/L	Data Bus Bit 2
10	DB 3	H/L	Data Bus Bit 3
11	DB 4	H/L	Data Bus Bit 4
12	DB 5	H/L	Data Bus Bit 5
13	DB 6	H/L	Data Bus Bit 6
14	DB 7	H/L	Data Bus Bit 7

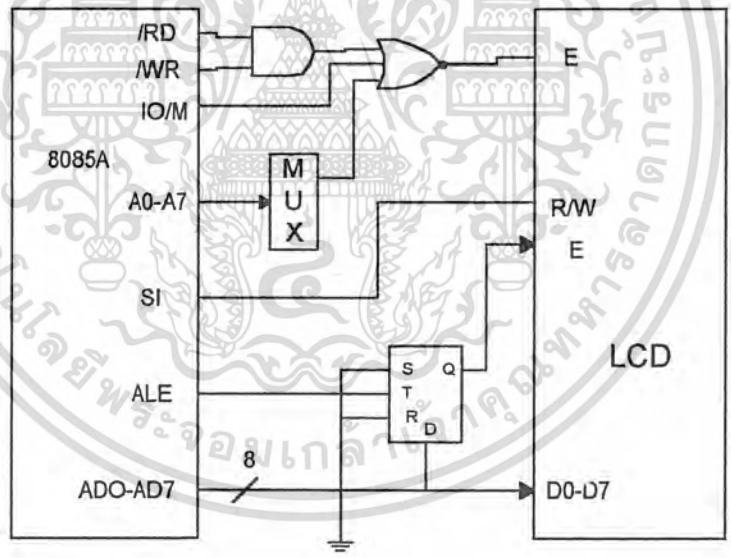
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

LCD Module จะต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ 2 ลักษณะดังได้กล่าวไปแล้ว ซึ่งทั้งสองแบบนี้จะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป โดยแต่ละแบบจะมีหลักการดังต่อไปนี้

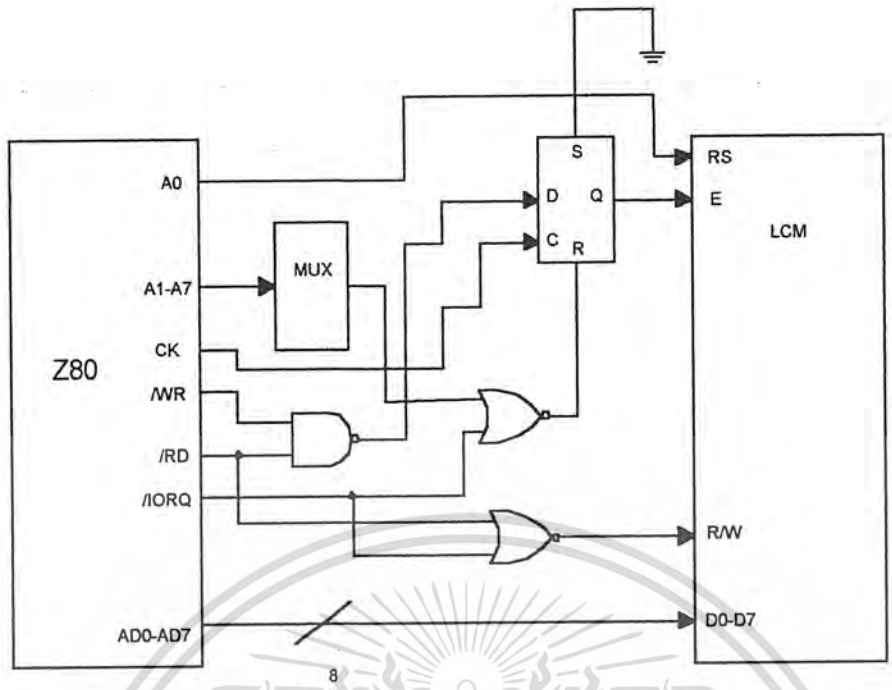
3.5.2.1 การต่อแบบ MEMORY MAP

1) สามารถต่อเข้ากับ Chip เบอร์ทั่วๆไปได้ เช่น 8051 หรือ Z80 โดยจะทำให้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์มองเห็น LCD Module ในลักษณะของ Memory ได้ทันที
2) ผู้ใช้สามารถเขียนและอ่านข้อมูลจาก LCD Module ได้ ทำให้มองเห็นเสมือนว่าเป็น Memory Buffer ไปในตัว
3) เนื่องจากว่าสามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงสามารถตรวจสอบ Flag ความพร้อมในขณะที่ LCD Module กำลังทำงานได้
4) ใช้ได้กับบอร์ดที่มี LCD BUS มาให้พร้อมเท่านั้น
5) ทำให้กินเนื้อที่ของหน่วยความจำไปส่วนหนึ่ง และต้องมีการ Decode ละเอียดพอสมควร
6) การจัดขาสัญญาณจะต้องเป็นไปตามแบบของ Chip



รูปที่ 3.7 การต่อ LCD Module ร่วมกับ 8085A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

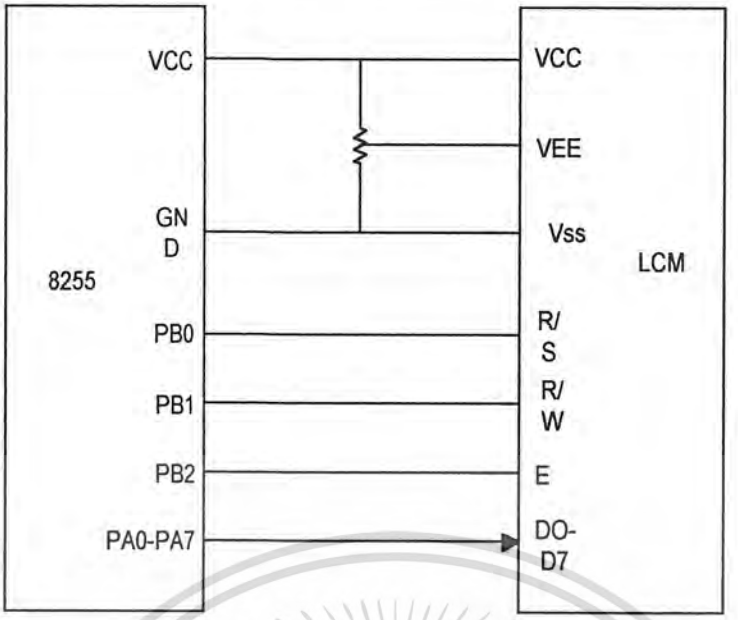


รูปที่ 3.8 การต่อ LCD Module ร่วมกับ Z80

3.5.3 การต่อแบบ I/O Port

1. สามารต่อเข้ากับ I/O Port ใดๆ ก็ได้ โดยใช้สายสัญญาณจำนวน 11 เส้น และใช้โปรแกรมเป็นตัวสร้างสัญญาณขึ้นมา ให้ตรงกับข้อกำหนดของ LCD Module
2. ผู้ใช้จะเขียนข้อมูลให้ จอแสดงผลได้อย่างเดียว ซึ่งผู้ใช้ควรกำหนด หน่วยความจำ (memory) ส่วนหนึ่งให้เสมือน Buffer ให้กับ จอแสดงผล
3. เนื่องจากไม่สามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงต้องใช้การหน่วงเวลาของระบบเอง เพื่อรอให้จอแสดงผลกระทำขบวนการต่างๆ
4. ใช้ได้กับบอร์ดทั่วๆไปที่มี Port
5. ไม่เปลืองส่วนของ หน่วยความจำ ในการใช้งาน
6. การจัดขาสัญญาณกระทำได้อย่างอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 การต่อจอแสดงผลร่วมกับ 8255

3.5.4 ชุดคำสั่งควบคุมและการแสดงข้อความ

ขาสัญญาณ VEE มีไว้สำหรับกำหนดความเข้มของตัวอักษร โดยถ้าต่อกับ GND จะมีความเข้มสูงสุด แต่ถ้าต่อกับ VCC จะมีความเข้มต่ำสุด ปกติ LCD รุ่นธรรมดา อาจจะต่อกับ GND ไว้เลยก็ได้ ไม่ต้องใส่ VR ให้สิ้นเปลือง แต่ว่าถ้าเป็นรุ่น STN (มีมุมมองกว้าง)ให้ใช้ R2K ต่อลง กราว์ดอีกที เพื่อปรับให้ได้ความเข้มที่หน้าจอมีความเหมาะสมต่อการมองเห็น การเขียนหรือการอ่านข้อมูลกับ จอแสดงผลก็คือการกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ในการใช้งานของ LCD ตามชุดคำสั่งควบคุม และรวมไปถึงการเขียนข้อมูลที่เป็นข้อความเพื่อปรากฏบน แผงแสดงผลด้วย โดยมีรายละเอียดตามตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ชุดคำสั่งควบคุมและการแสดงข้อความ

คำสั่ง	RS	R/W	DATA BIT								EXE
			7	6	5	4	3	2	1	0	Time
Clear display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1640
Cursor at home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	1640
Entry mode set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/d	S	40
Display on/off	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	40
Display shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	40
Function set	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	40
Set cgram add	0	0	0	1	CGRAM ADDRESS						40
Set ddram add	0	0	1	DDRAM ADDRESS							40
Busy,add.read	0	1	BF	ADDRESS							0
Cgram,ddram wr	0	0	WRITE DATA								40
Cgram,ddram rd	1	1	READ DATA								40

ความหมาย

1. การเขียนข้อมูลให้กับ LCD Module จะแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ Intrcution และ Data โดยจะกำหนดด้วยขาสัญญาณ RS คือถ้า RS=0 จะหมายถึงส่งสัญญาณควบคุม (Intruction) คืออ่านค่า Flag สภาพการทำงานของ LCD Module และถ้า RS=1 จะหมายถึงการเขียนหรืออ่าน Data กับ
2. LCD Module
3. หลักการในการเขียนข้อมูลให้ LCD Module นี้คือเมื่อมีการเขียนข้อมูลลงไปแล้วตัว LCD Module จะต้องใช้เวลาในการทำงานชั่วขณะหนึ่ง ตามตาราง execute time ในตาราง ซึ่งระบบไมโครคอนโทรเลอร์สามารถตรวจสอบได้จาก Busy Flag (BF) และถ้าเรียบร้อยแล้ว จึงสามารถเขียนข้อมูลอันต่อไปได้ในกรณีการต่อวงจรเป็นแบบ I/O Port คือแบบที่ไม่สามารถอ่านข้อมูลย้อนกลับไปมาได้ ระบบไมโครคอนโทรเลอร์ ก็จะต้องใช้วิธีการหน่วงเวลาแทน
4. การเขียนข้อมูลให้กับ LCD Module นี้สามารถทำได้ทั้งแบบ 8 bit และ 4 bit โดยถ้าเป็นแบบ 4 bit จะใช้สายสัญญาณ Data เพียง 4 เส้น คือ DB4-DB7 ใช้สำหรับระบบไมโครคอนโทรเลอร์แบบ 4 bit หรือเพื่อเป็นการประหยัดสาย การเขียนข้อมูลจะกระทำเหมือนกับ 8 bit เพียงแต่ให้เขียน 2 ครั้งคือ DB4-DB7 ก่อนแล้วตามด้วย DB0-DB3 และจะต้องกำหนดคุณสมบัติค่า DL ในคำสั่ง Function set ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. DDRAM (DISPLAY DATA RAM) คือหน่วยความจำภายในตัว จอแสดงผลที่เป็นแบบ Buffer ของข้อมูลโดยถ้าเขียนรหัส ASCII ใดๆลงไปในหน่วยความจำนี้ ก็จะปรากฏเป็นตัวอักษรที่แสดงทันที
6. CGRAM (Character Generator Ram) คือหน่วยความจำภายในตัว จอแสดงผลสำหรับเก็บภาพตัวอักษรที่ผู้ใช้สามารถสร้างได้เอง (8 ตัว)โดยจะอ้าง Address ได้ทั้งหมด 64 byte คือ 8 ตัวอักษร คูณกับ 8 row

รายละเอียดของคำสั่ง

1. CLEAR DISPLAY

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

สำหรับการ Clear Display โดยจะทำการเขียนตัวอักษร Space ลงไปใน DDRAM ทั้งหมด และทำการกำหนดค่า DDRAM Address ให้เป็น 0 พร้อมทั้ง Cursor จะกลับไปที่ตำแหน่งซ้ายบนสุดของจอภาพ

2. CURSOR AT HOME

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	*

สำหรับกำหนดค่า DDRAM Address ให้เป็น 0 พร้อมทั้ง Cursor จะไปอยู่ที่ตำแหน่งซ้ายบนสุดของจอภาพ โดยที่ข้อมูลใน DDRAM ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3. ENTRY MODE SET

RS	R/W	DB7	DB6	DB7	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S

I/D=0 กำหนดทิศทางของ Cursor และ DDRAM ให้เป็นแบบ Decrement
I/D=1 กำหนดทิศทางของ Cursor และ DDRAM ให้เป็นแบบ Increment
S= 0 เมื่อเขียนข้อมูลแล้ว ตัว Cursor จะถูกเลื่อนไปตามทิศทางของค่า I/D
S= 1 เมื่อเขียนข้อมูลแล้ว ตัว Cursor จะอยู่กับที่ และตัวอักษรจะถูกดันออกไปตามทิศทางของค่า I/Dการกำหนด I/D และ S นี้ให้กำหนดก่อนการเขียนข้อมูลใน DDRAM และเมื่อกำหนดแล้วจะต้องไม่ใช้คำสั่ง Clear Display อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. DISPLAY ON/OFF

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

D= 0 กำหนดให้ Off display

D=1 กำหนดให้ On display

C=0 กำหนดให้ Off Cursor

C=1 กำหนดให้ On Cursor โดย Cursor จะเป็นเส้นขีดใต้ตัวอักษร

B=0 กำหนดให้ไม่มีการกระพริบที่ตำแหน่ง Cursor

B=1 กำหนดให้มีการกระพริบที่ตำแหน่ง Cursor (กระพริบเป็นรูปสี่เหลี่ยม)

5. DISPLAY SHIFT

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*

S/C=0 กำหนดให้เลื่อน Cursor ตามทิศทางของ R/L ไปหนึ่งตำแหน่ง

S/C=1 กำหนดให้เลื่อนข้อความบนแผงแสดงตามทิศทาง R/L ไป หนึ่ง Column (เลื่อนทุกบรรทัด)

R/L=0 กำหนดให้มีทิศทางไปทางซ้าย

R/L=1 กำหนดให้มีทิศทางไปทางขวา

6. FUNCTION SET

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*

DL=0 กำหนดให้การติดต่อจอแสดงผล เป็นแบบ 4 บิต

DL=1 กำหนดให้การติดต่อจอแสดงผล เป็นแบบ 8 บิต จะสังเกตเห็นว่าการกำหนดค่า D/L นี้สามารถกระทำได้ที่ DB4-DB7 ซึ่งถ้ามีการกำหนดให้เป็นแบบ 4 บิต ตั้งแต่แรก หลังจากจ่ายไฟเลี้ยงก็จะทำให้ LCD Moduleมีการรับข้อมูลแบบ 4 บิตทันที

N=0 กำหนดให้จำนวนตัวของบรรทัดแบบ 1/8 Duty และ 1/11 Duty

N=1 กำหนดจำนวนบรรทัดแบบ 1/16 Duty

F=0 กำหนดให้ตัวอักษรเป็นแบบ 5*7 Dots

F=1 กำหนดให้ตัวอักษร เป็นแบบ 5*10 Dots (กรณีที่ จอแสดงผลเป็นแบบ 5*7 อยู่แล้ว ก็จะไม่มีผลอะไร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. SET CGRAM ADDRESS

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	CGRAM ADDRESS					

สำหรับการกำหนดค่า Address ของ CGRAM เมื่อได้ทำการกำหนด ไว้แล้วการอ่านและการเขียน Data ที่ต่อจากนี้ จะเป็นไปตาม Address ที่กำหนดทันที

8. SET DDRAM ADDRESS

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	DDRAM ADDRESS						

สำหรับการกำหนด Address ของ DDRAM เมื่อได้ทำการกำหนด ไว้แล้วการอ่านและเขียน Data ที่ต่อจากนี้ จะเป็นไปตาม Address ที่กำหนดทันที ตำแหน่งของ Address ในแต่ละรุ่นจะมีความแตกต่างกันบ้าง เพราะว่าจำนวนตัวอักษรต่อบรรทัด ไม่เท่ากัน ซึ่งแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

(ตารางนี้จะกำหนดให้บิตที่ 7 เท่ากับ 1 เสมอ เพื่อความสะดวกในการเรียกใช้)

รุ่น DMC 162

80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F
C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB	CC	CD	CE	CF

9. BUSY FLAG AND ADDRESS READ

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	BF	ADDRESS						

สำหรับการอ่านค่า BF (BUSY Flag) ซึ่งบอกถึงความพร้อม ของ จอแสดงผลในการรับส่งข้อมูลถ้า BF = 0 หมายความว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลต่อไปได้ แต่ว่าถ้า BF = 1 หมายความว่ายังไม่พร้อม นอกจากนี้ยังเป็นการอ่านค่า Address ของ CGRAM หรือ DDRAM ด้วย

การอ่านและเขียนข้อมูลกับ DDRAM /CGRAM

1. WRITE DATA TO DDRAM OR CGRAM

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	DATA							

สำหรับการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำ DDRAM หรือ CGRAM โดยเมื่อทำการเขียนแล้ว Address จะถูกเพิ่มหรือลงโดยอัตโนมัติตามที่กำหนดจากค่า I/D ในคำสั่ง Entry mode set และการเขียนจะเป็น DDRAM หรือ CGRAM ก็ขึ้นอยู่กับว่าก่อนหน้าคำสั่งนี้มีการกำหนด Address ที่ใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. READ DATA DDRAM OR CGRAM

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	1	DATA							

สำหรับการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ DRAM หรือ CGRAM โดยเมื่อทำการเขียนแล้ว Address จะถูกเพิ่มหรือลดลงอย่างอัตโนมัติ ตามที่กำหนดจากค่า I/D ในคำสั่ง Entry mode set และการอ่านจะเป็น DDRAM หรือ CGRAM ก็ขึ้นอยู่กับว่า ก่อนหน้าคำสั่งนี้มีการกำหนด Address ที่ใด

3.5.5 แนวทางการเขียนโปรแกรมควบคุม

1. เมื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ LCD Module ครั้งแรก ภายในจะมีการ Reset ระบบโดยอัตโนมัติซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 10 mS หลังจากระดับไฟแรงไฟขึ้นถึง 4.5 V แล้วทั้งนี้ระบบ Reset ดังกล่าวจะกระทำสิ่งต่างๆต่อไปนี้

- ทำการ Clear จอภาพทั้งหมด (Clear Display)
- กำหนดคุณสมบัติด้วยคำสั่ง Function set คือ DL=1 (ติดต่อกับระบบไมโครคอนโทรเลอร์ฯ ในแบบ 8 บิต),N=0 (แสดงข้อมูล 1 บรรทัด), F=0(กำหนดตัวอักษรแบบ 5*7 DOT)
- กำหนดคุณสมบัติด้วยคำสั่ง Display On /Off คือ D=0 1(ไม่แสดงข้อมูล), C=0(Cursor OFF),B=0(Blank OFF)
- กำหนดคุณสมบัติด้วยคำสั่ง Entry mode set คือ I/D=1 (Increment), S=0 (NO shift)

การใช้งานจอแสดงผล ต้องรอให้ขบวนการ Reset ภายในทำงานให้เรียบร้อยก่อน ซึ่งจะตรวจสอบได้ด้วย BF (Busy Flag). หรืออาจจะใช้การหน่วงเวลาก็ได้

2. การใช้งานจอแสดงผลจะต้องเกี่ยวข้องกับทางด้านโปรแกรมเป็นส่วนใหญ่ ชุดคำสั่งต่างๆ รวมทั้งการอ่านหรือการเขียนข้อมูลนั้น จะถูกกำหนดด้วยขาสัญญาณทั้งหมดที่มีอยู่ปกติ โปรแกรมจะต้องกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ที่ต้องการไว้ที่ส่วนต้น จากนั้นก็จะเป็นการอ่านและเขียนข้อมูลลงใน DDRAM ซึ่งก็คือข้อความที่จะให้แสดงผลนั่นเอง

3.5.6 การโหลดอักษรที่ออกแบบเอง

จอแสดงผลจะสามารถโหลดตัวอักษรที่ออกแบบเองได้ โดยกระทำได้ 8 ตัวอักษรซึ่งหลักการก็คือ ให้ทำการโหลดรูปแบบที่กำหนดไว้แล้วลงในหน่วยความจำ CGRAM นั่นเอง Address ที่อ้างถึง CGRAM จะใช้เพียง 6 บิต โดยอ้างได้ทั้งหมด 64 byte คือ 8 ตัวอักษร คูณกับ Row และการเรียกใช้ตัวอักษรที่ออกแบบไว้จะใช้รหัส 00-07 หรือ 08-0F ก็ได้ขั้นตอนในการโหลดอักษรจะเป็นดังนี้

1. กำหนด Address ของ CGRAM ด้วยคำสั่ง Set CGRAM ทั้งนี้ถ้าโหลดอักษรตัวแรกก็จะใช้ Address ที่ตำแหน่ง 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เขียนข้อมูลที่เป็นรูปตัวอักษร ด้วยคำสั่ง WRITE DATA โดยที่รูปแบบนี้จะใช้ 8 byte ต่อตัวอักษรหนึ่งตัว คือเรียง row จากแถวบนลงล่างและใช้ bit ที 0-4 เท่านั้น การโหลดนี้จะทำได้ต่อเนื่องไปเรื่อยๆ โดยไม่ต้องกำหนด Address ใหม่
3. ตัวอักษรที่โหลดลงไปแล้ว สามารถเรียกใช้ได้ตลอดไปในขณะที่ยังมีไฟเลี้ยงอยู่ ซึ่งการโหลดนี้ให้กระทำที่ส่วนต้นของโปรแกรมได้เลย รูปแบบของตัวอักษรมีตัวอย่างดังนี้

					Address	DATA
		*			00	04
	*	*	*		01	0E
*	*	*	*	*	02	1F
*	*	*	*	*	03	1F
	*	*	*		04	0E
		*			05	04
		*			06	04
*	*	*	*	*	07	1F

3.6 ชุดกลไก (MACHANIC)

ชุดกลไกจะทำงานตามคำสั่งของชุดควบคุมที่ได้โปรแกรมการทำงานต่างๆ ไว้แล้วซึ่งในการออกแบบและการสร้างสามารถแยกออกได้ 3 ส่วนดังนี้

3.6.1 ส่วนฐานรองรับ

ส่วนนี้เป็นส่วนที่ต้องรองรับการติดตั้งจากอุปกรณ์ที่เป็นชุดกลไกทั้งหมด เพราะฉะนั้นจะต้องมีความมั่นคงแข็งแรง และสามารถที่จะเคลื่อนย้ายเพื่อไปติดตั้งในที่ใหม่ได้ด้วยตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน

3.6.1.1 วัสดุและอุปกรณ์

- โครงเหล็ก
- ไม้อัดหนาประมาณ 1 ซม. ใช้รองรับเสาแกนกลาง
- ตลับลูกปืน (BEARING)
- น็อตและสกรูขนาดต่างๆ

3.6.1.2 ขั้นตอนในการประกอบ

- นำโครงเหล็กมาประกอบเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าให้มั่นคง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำแผ่นไม้อัดหนาประมาณ 1 ซม. ซึ่งได้เจาะรูขนาดเท่าตลับลูกปืนจำนวน 2 แผ่น มาติดตั้งทั้งส่วนล่างและส่วนบนของโครงเหล็ก

- ติดตลับลูกปืนเข้ากับรูของไม้อัดที่เตรียมไว้

3.6.2 ชุดควบคุมทางด้านมุมกวาด

3.6.2.1 หลักการทำงาน

ในส่วนของชุดควบคุมในทางมุมกวาดนั้นจำเป็นจะต้องใช้มอเตอร์ขนาดใหญ่ เพราะว่าเป็นชุดที่ติดอยู่กับฐานรองรับทางด้านล่าง ในการหมุนจะต้องออกแรงหมุนส่วนประกอบทั้งหมดที่เป็นกลไกที่อยู่ถัดขึ้นมา ตั้งแต่เสาแกนกลาง ข้อต่อต่างๆ ชุดควบคุมการหมุนในแนวมุมเงยรวมทั้งจานรับสัญญาณ โดยจะสามารถหมุนได้รอบตัวเองหรือ 360 องศา โดยในการใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนจะใช้เฟืองซึ่งมีอัตราทด 2:1 เป็นการเชื่อมต่อระหว่างมอเตอร์กับเสาแกนกลางทั้งนี้เพื่อเป็นการทดอัตรากำลังงาน

3.6.2.2 ขั้นตอนการประกอบ

- ติดตั้งเฟืองไว้ที่ส่วนของเสาแกนกลางในบริเวณที่อยู่ในโครงเหล็ก

- ติดตั้งสเต็ปปิ้งมอเตอร์ไว้กับไม้อัดหนาแผ่นล่างโดยให้เฟืองของมอเตอร์ขบกับเฟืองของเสาแกนกลางจนสนิท

- ประกอบท่อ PVC เข้ากับเสาไม้แกนกลางให้แน่น

3.6.3 ชุดควบคุมด้านมุมเงย

3.6.3.1 หลักการทำงาน

ในส่วนของมุมเงยจะไม่ใช้การขับเคลื่อนจากมอเตอร์โดยตรงแต่จะออกแบบโดยการควบคุมการเคลื่อนที่จากทางด้านข้างซึ่งจะใช้แท่งเกลียวซึ่งมีขนาดร่องเกลียวที่คงที่ในการขับยันให้ฐานรองรับจาน เกิดการเอียงตั้งแต่มุม0 องศา ถึง มุม 90 องศา

3.6.3.2 ขั้นตอนการประกอบ

- ประกอบข้อต่อ PVC ให้มีความแข็งแรง และสามารถปรับระดับได้ตั้งแต่ 0-90 องศา

- ประกอบแผ่นเหล็กดัดยึดมอเตอร์ติดกับเสาแกนกลาง

- ประกอบสเต็ปปิ้งมอเตอร์เข้ากับแผ่นเหล็กดัด

- ประกอบชุดร่องเกลียวและบล็อกเข้ากับมอเตอร์

- ประกอบแผ่นไม้อัดรองรับจานกับบล็อกส่วนปลายของร่องเกลียว

- ติดตั้งจานรับจำลองลงบนแผ่นไม้อัดรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลอง

ขั้นตอนต่อไปเป็นการทดสอบการทำงานของโครงงานโดยรวม ซึ่งตามที่ได้ออกแบบโปรแกรมการทำงานกำหนดให้มี โหมดการทำงาน 3 โหมด

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เปิดสวิทซ์ เครื่องจะทำการรีเซ็ท (Reset) ตัวเองไปยังจุดเริ่มต้น (Origin Setting) เครื่องจะรอรับคำสั่งพร้อมทำงานให้เลือก MODE การทำงาน 0,1,2,3
2. กด 0 คือ MODE ที่ 0 ใช้สำหรับการ Set Origin ใช้เมื่อเราต้องการที่จะตั้งค่า เริ่มต้นใหม่ทั้งในการหมุนในแนวกวาด และการหมุนของจานรับสัญญาณดาวเทียมในแนวก้มเงย
3. กด 1 คือ MODE ที่ 1 AUTO SCAN SATT จะมีหน้าจอแสดง SELECT 1-14 ที่แถวบนแถวล่างจะมีการให้ป้อนค่าของดาวเทียมที่กำหนดไว้ เมื่อกดคีย์แล้วหน้าจอจะแสดงชื่อดาวเทียมและตำแหน่งดาวเทียม
4. กด 2 คือ MODE ที่ 2 Manual Position กด *1 ครั้งเครื่องจะแสดงตำแหน่งเดิมพร้อมทั้งให้ใส่ค่าตำแหน่งใหม่ของมุม AZ ที่ต้องการ กด * ใส่ค่ามุม EL กด * เครื่องจะหมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ
5. กด 3 คือ MODE 3 Step Mode เครื่องจะหมุน 1° เมื่อกดคีย์ หนึ่งครั้งโดยที่

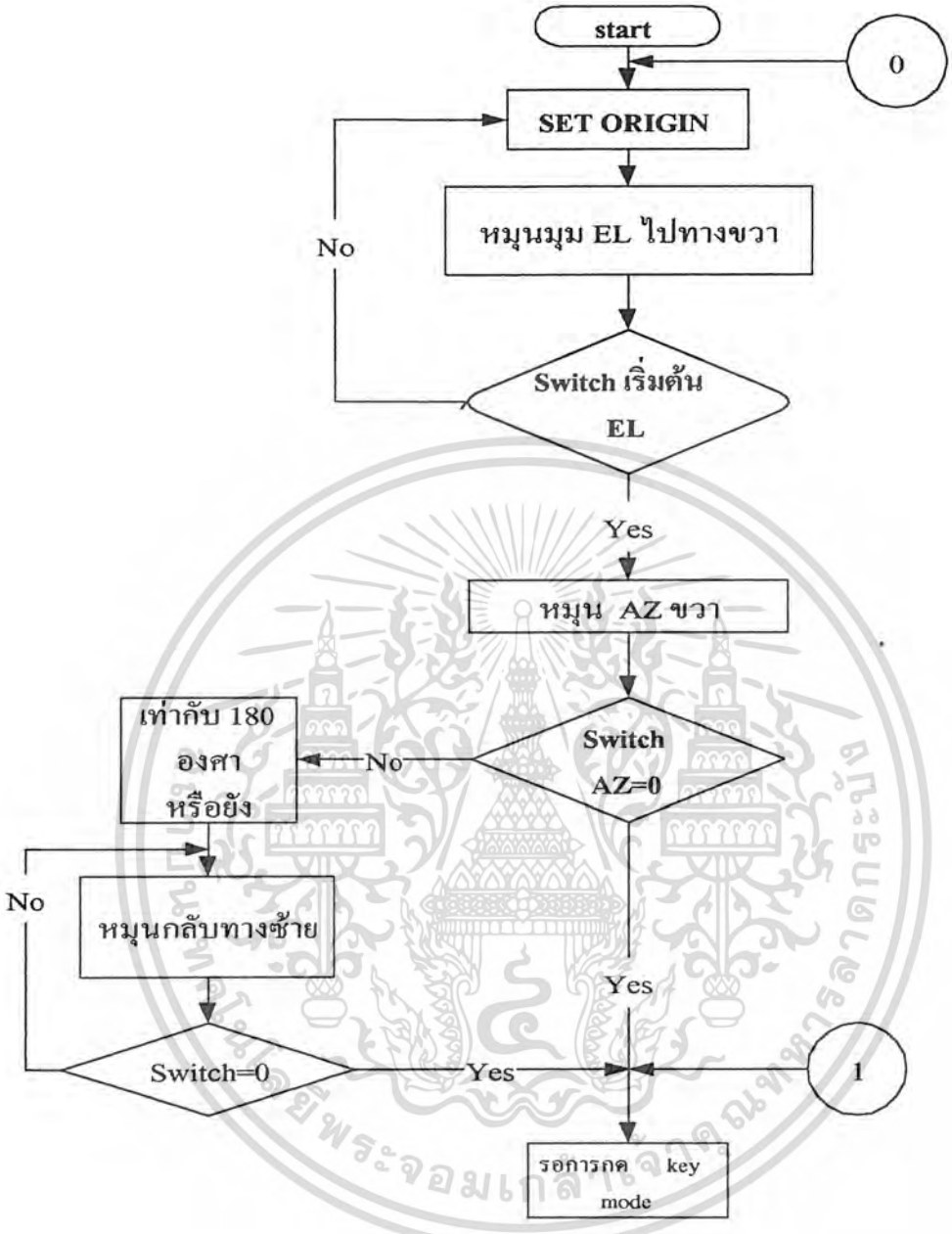
   กด 2 มุม EL ลดค่าองศาลง 1°

   8 มุม EL เพิ่มค่าองศาขึ้น 1°

   4 มุม AZ หมุนไปทางซ้าย 1°

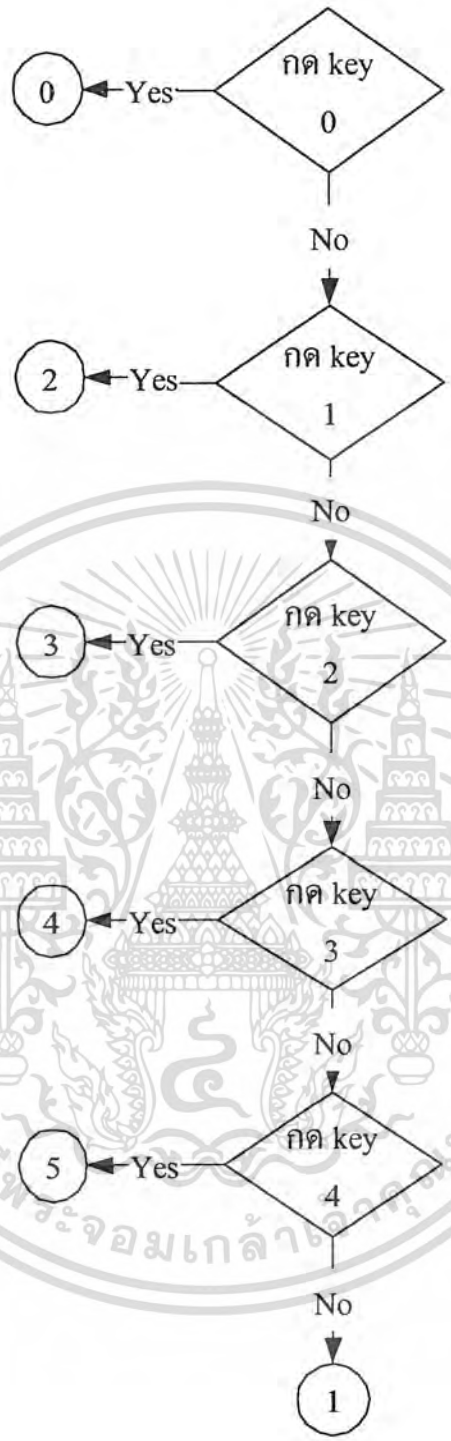
   6 มุม AZ หมุนไปทางขวา 1°
6. กด 4 คือ MODE Province หน้าจอจะแสดง SELECT ที่แถวบนและแถวล่างจะให้ป้อนค่าของจังหวัดและดาวเทียมที่กำหนดไว้ เมื่อคีย์แล้วเครื่องจะแสดงชื่อดาวเทียมและตำแหน่งดาวเทียม
7. เมื่อต้องการออกจาก MODE ใดๆ เพื่อกลับไปยัง หน้าจอ เริ่มต้นของ MODE กด คีย์ #
8. เมื่อทำงานใน MODE ใดๆเสร็จแล้ว ต้องการทำงานใน MODE นั้นต่อ กด *

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงการทำงานของโปรแกรมเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

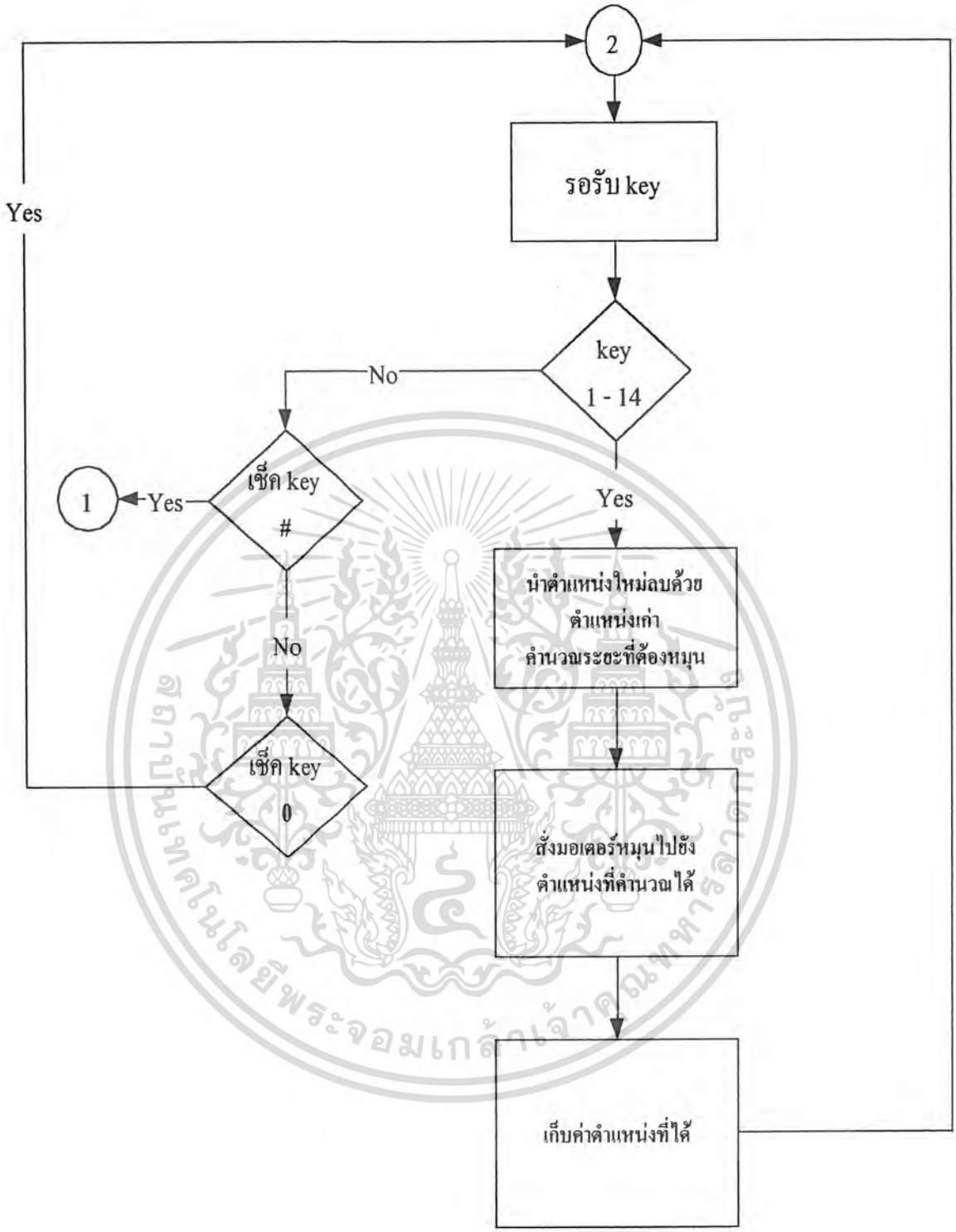


รูปที่ 4.2 แสดงการรอรับคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

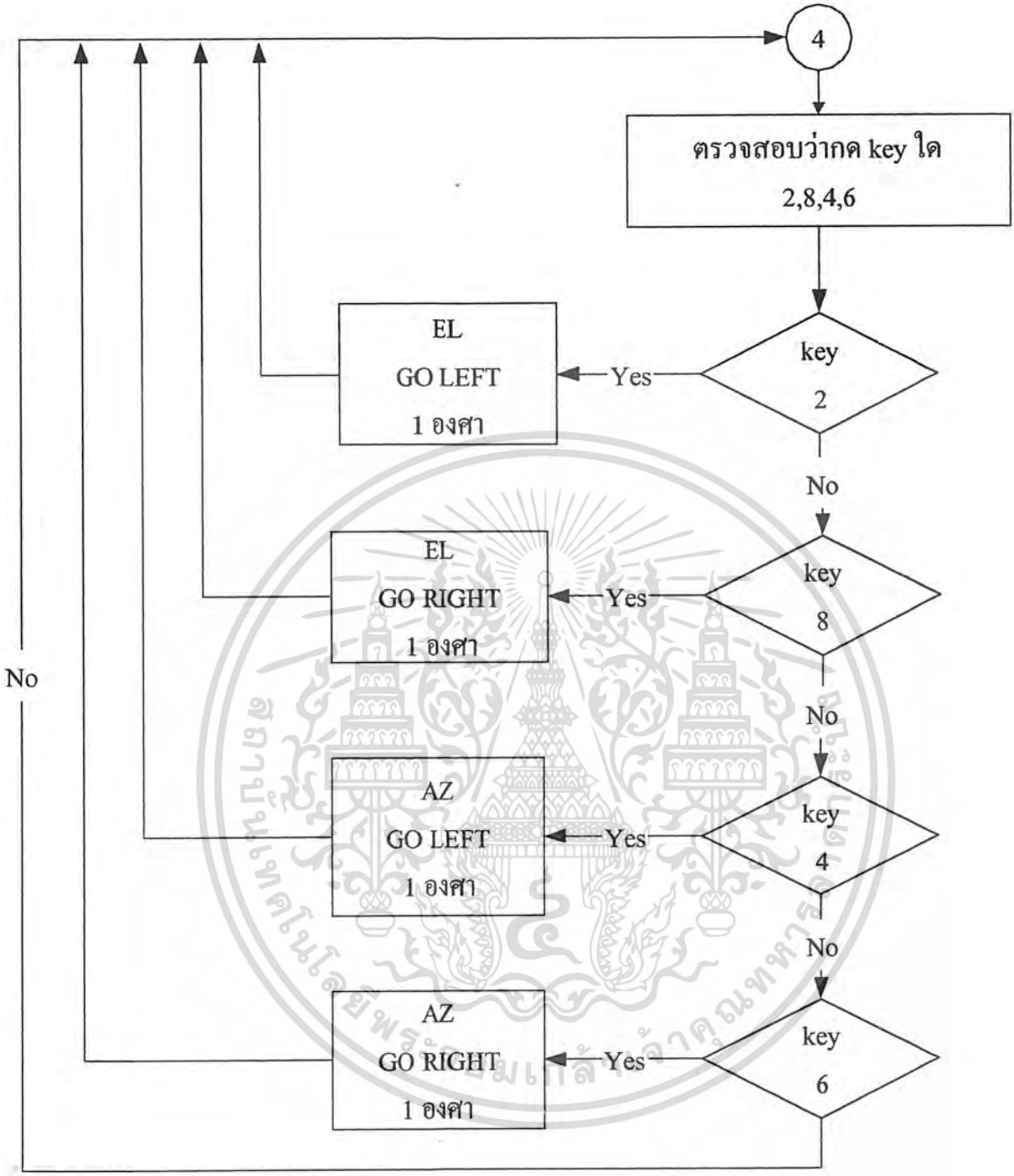
รูปที่ 4.3 แสดงการทำงานในโหมดใส่ค่ามุมกวาดและมุมเงย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



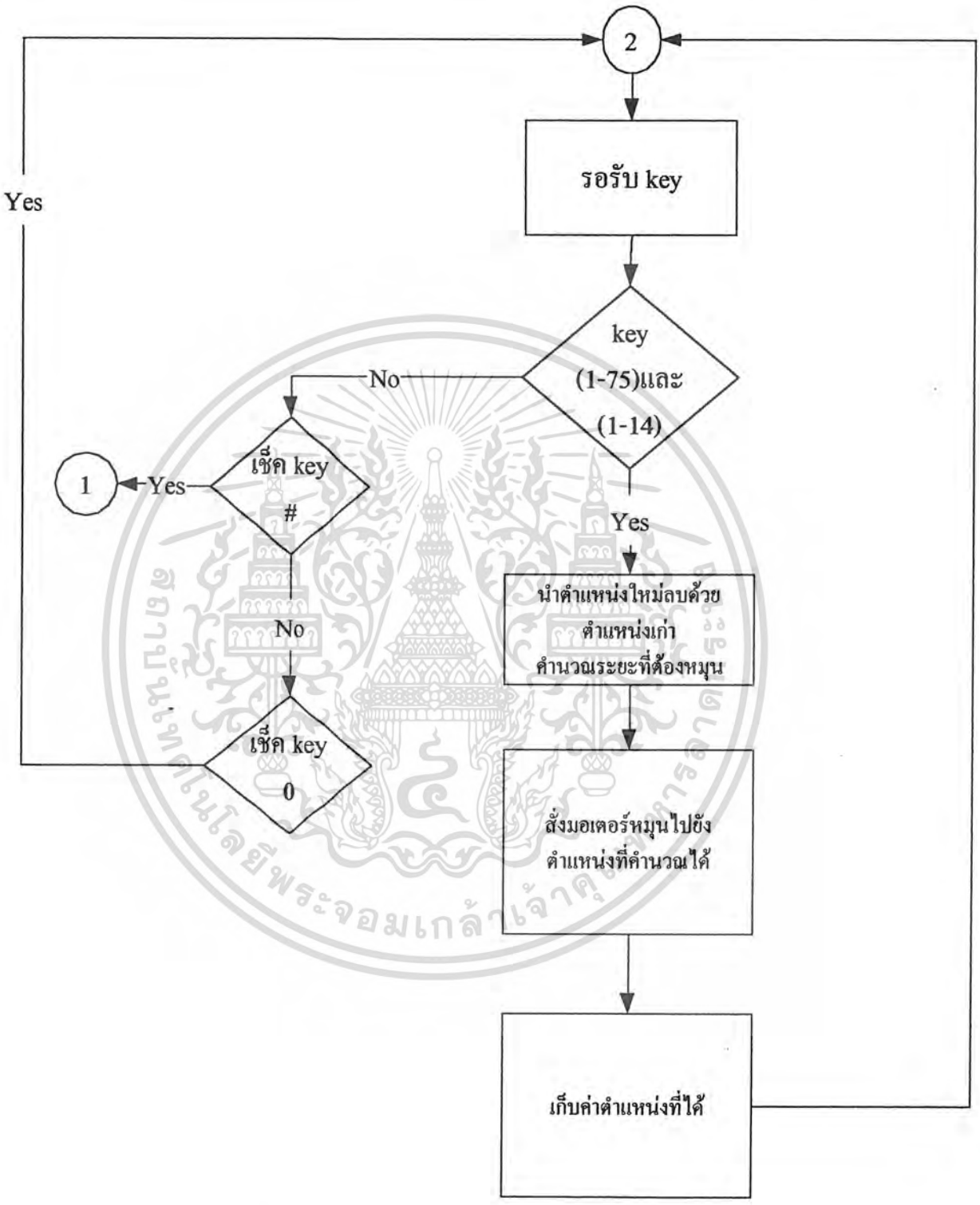
รูปที่ 4.4 แสดงการทำงานในโหมดอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงการทำงานในโหมดเพิ่มมุมกวาดและมุมเงย 1 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงการทำงานในโหมดต่างจังหวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.1 แสดงพิกัดของดาวเทียมในแต่ละจังหวัด

จังหวัด	PALAPA B-4 118° E		CHINASAT-5 115.5° E		PALAPA B-2P 113° E		CHINASAT-2 110.5 E		PALAPA B-2R 108° E		ASIASAT-1 105.5° E		STATSIONAR 21 103° E	
	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL
1. กรุงเทพฯ	127.0	64.1	131.6	66.3	137.0	68.3	143.5	70.1	151.1	71.6	159.9	72.8	169.7	73.6
2. กระบี่	112.1	65.8	115.2	68.4	119.2	71.0	124.4	73.5	131.3	75.7	140.6	77.8	153.0	79.4
3. กาญจนบุรี	126.0	63.1	130.3	65.3	135.3	67.3	141.4	69.2	148.5	70.8	156.7	72.1	166.0	73.1
4. กาฬสินธุ์	137.6	64.5	143.1	66.3	149.4	67.8	156.6	69.1	164.5	70.0	173.0	70.6	181.8	70.7
5. กำแพงเพชร	130.3	61.3	134.8	63.3	139.8	65.2	145.7	66.9	152.3	68.3	159.8	69.4	167.9	70.2
6. ขอนแก่น	136.2	64.0	141.6	65.8	147.6	67.4	154.6	68.8	162.3	69.8	170.7	70.4	179.4	70.7
7. จันทบุรี	127.5	66.3	132.5	68.5	138.6	70.5	146.0	72.2	154.7	73.7	164.8	74.7	176.0	75.1
8. ฉะเชิงเทรา	127.9	64.6	132.6	66.8	138.2	68.8	144.9	70.7	152.8	72.0	161.9	73.1	171.9	73.8
9. ชลบุรี	127.1	64.8	131.8	67.0	137.4	69.0	144.1	70.8	152.0	72.3	161.1	73.4	171.4	74.1
10. ชัยนาท	129.1	62.7	133.6	64.8	138.9	66.8	145.1	68.5	152.2	70.0	160.2	71.1	169.2	71.8
11. ชัยภูมิ	133.6	63.9	138.7	65.8	144.6	67.5	151.4	69.0	159.0	70.2	167.5	71.0	176.5	71.4
12. ชุมพร	118.1	64.9	121.9	67.3	126.5	69.7	132.3	71.9	139.6	73.9	148.7	75.6	159.9	76.9
13. เชียงราย	112.1	65.8	115.2	68.4	119.2	71.0	124.4	73.5	131.3	75.7	140.6	67.8	153.0	79.4
14. เชียงใหม่	133.1	59.0	137.4	61.0	142.2	62.7	147.7	64.3	153.8	65.6	160.5	66.7	167.7	67.5
15. ตรัง	111.6	66.7	114.8	69.4	118.9	72.0	124.4	74.4	131.7	76.7	141.9	78.7	155.8	80.3
16. ตราด	127.4	67.0	132.6	69.1	138.9	71.1	146.5	72.9	155.7	74.2	166.2	75.2	177.7	75.6
17. ตาก	130.3	60.6	134.7	62.7	139.6	64.5	145.3	66.2	151.7	67.7	159.0	68.9	166.9	69.7
18. นครนายก	129.1	64.4	133.9	66.5	139.6	68.4	146.3	70.1	154.1	71.5	163.0	72.6	172.7	73.2
19. นครปฐม	126.4	63.6	130.8	65.8	136.1	67.9	142.3	69.7	149.7	71.3	158.2	72.6	167.8	73.4
20. นครพนม	140.1	64.3	145.7	66.0	152.2	67.4	159.3	68.6	167.1	69.4	175.4	69.8	183.9	69.8
21. นครราชสีมา	132.2	64.6	137.3	66.6	143.3	68.4	150.3	69.9	158.2	71.1	167.1	72.0	176.5	72.4
22. นครศรีธรรมราช	114.2	66.7	117.8	69.3	122.3	71.8	128.2	74.2	136.1	76.3	146.5	78.2	160.1	79.5
23. นครสวรรค์	130.0	62.3	134.5	64.4	139.8	66.3	145.9	68.0	152.9	69.4	160.8	70.5	169.5	71.3
24. นนทบุรี	127.2	64.0	131.7	66.2	137.2	68.2	143.6	70.0	151.2	71.5	159.9	72.7	169.6	73.5
25. นราธิวาส	111.1	69.6	114.7	72.3	119.5	74.9	126.3	77.3	136.0	79.5	150.2	81.3	169.6	82.3
26. น่าน	136.1	60.5	140.8	62.3	146.1	63.9	152.0	65.3	158.5	66.5	165.6	67.3	173.1	67.8
27. หนองคาย	138.4	62.7	143.6	64.4	149.5	65.9	156.1	67.2	163.3	68.2	171.1	68.8	179.2	69.0
28. บุรีรัมย์	134.2	65.4	139.7	67.3	146.0	69.0	153.4	70.4	161.7	71.5	170.8	72.2	180.4	72.4
29. ปทุมธานี	127.6	63.9	132.1	66.1	137.6	68.1	144.0	69.9	151.5	71.4	160.2	72.5	169.9	73.3
30. ประจวบคีรีขันธ์	121.9	64.7	126.1	67.1	131.1	69.3	137.3	71.3	144.9	73.1	154.0	74.6	164.7	75.6
31. ปราจีนบุรี	129.1	64.6	134.0	66.8	139.7	68.7	146.5	70.4	154.4	71.8	163.5	72.8	173.3	73.4
32. ปัตตานี	111.7	68.8	115.2	71.5	119.9	74.0	126.3	76.5	135.3	78.7	148.1	80.5	165.7	81.7
33. พระนครศรีอยุธยา	130.0	64.6	135.0	66.7	140.8	68.5	147.6	70.2	155.5	71.6	164.5	72.5	174.2	73.1
34. พะเยา	135.1	59.5	139.6	61.3	144.7	63.0	150.3	64.4	156.6	65.7	163.4	66.6	170.7	67.2
35. พังงา	112.5	65.2	115.7	67.8	119.6	70.4	124.7	72.8	131.3	75.1	140.2	77.1	151.9	78.8
36. พัทลุง	112.3	67.2	115.7	69.8	120.0	72.4	125.8	74.8	133.6	77.1	144.4	79.0	158.9	80.4
37. พิจิตร	131.7	62.0	136.3	64.0	141.6	65.8	147.7	67.4	154.6	68.8	162.3	69.8	170.7	70.4
38. พิษณุโลก	132.1	61.6	136.7	63.6	142.0	65.4	148.0	67.0	154.9	68.3	162.4	69.3	170.6	70.0
39. เพชรบุรี	124.8	64.0	129.2	66.3	134.4	68.4	140.6	70.3	148.0	72.0	156.8	73.3	166.8	74.2
40. เพชรบูรณ์	133.0	62.7	137.9	64.6	143.4	66.4	149.8	67.9	157.0	69.2	165.0	70.1	173.5	70.6
41. แพร่	134.0	60.5	138.6	62.4	143.8	64.1	149.6	65.6	156.1	66.9	163.2	67.8	170.9	68.4
42. ภูเก็ต	111.1	65.3	114.0	68.0	117.8	70.6	122.6	73.1	129.1	75.4	137.8	77.5	149.6	79.3
43. มหาสารคาม	136.7	64.5	142.2	66.4	148.5	67.9	155.6	69.3	163.6	70.2	172.2	70.8	181.1	71.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STATSIONAR-14 96.5° E		INSAT 2 B 93.5° E		STATSIONAR-6 90° E		STATSIONAR 13 80° E		THAICOM 1, 2 78.5° E		INTELSAT 505 66° E		INTELSAT 507 57° E		จังหวัด
AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	
196.5	73.2	207.4	71.9	218.0	69.7	237.6	61.3	239.6	59.9	250.9	47.3	255.9	37.9	1. กรุงเทพฯ
196.8	80.1	214.1	78.6	228.2	75.9	247.8	66.0	249.4	64.3	257.8	50.7	261.1	40.9	2. กระบี่
192.4	73.2	203.7	72.1	214.8	70.2	235.7	62.0	237.8	60.6	250.0	48.2	255.2	38.8	3. กาญจนบุรี
203.5	69.1	212.0	67.5	220.3	65.2	237.0	56.8	238.8	55.4	249.8	43.2	255.0	34.1	4. กาฬสินธุ์
190.6	70.3	200.4	69.4	210.6	67.7	231.3	60.4	233.6	59.0	246.8	47.2	252.8	38.1	5. กำแพงเพชร
201.4	69.3	210.2	67.9	218.8	65.7	236.1	57.4	238.0	56.1	249.3	43.9	254.6	34.8	6. ขอนแก่น
204.2	73.8	214.8	72.1	224.5	69.5	241.7	60.4	243.5	58.9	253.3	46.0	257.7	36.5	7. จันทบุรี
198.7	73.1	209.3	71.7	219.6	69.4	236.4	60.8	240.4	59.4	251.4	46.7	256.3	37.4	8. ฉะเชิงเทรา
198.8	73.4	209.6	72.0	220.0	69.8	238.9	61.1	240.8	59.6	251.7	46.9	256.5	37.5	9. ชลบุรี
193.6	71.7	203.9	70.6	214.3	68.7	234.4	60.7	236.5	59.4	248.9	47.1	254.4	37.9	10. ชัยนาท
199.6	70.4	208.9	69.0	218.1	66.8	236.1	58.6	238.0	57.2	249.5	44.9	254.8	35.8	11. ชัยภูมิ
194.4	77.3	208.6	76.0	221.6	73.6	242.4	64.5	244.2	63.0	254.4	49.8	258.6	40.1	12. ชุมพร
196.8	80.1	214.1	78.6	228.2	75.9	247.8	66.0	249.4	64.3	257.8	50.7	261.1	40.9	13. เชียงราย
187.7	67.8	196.6	67.1	206.2	65.7	226.9	59.1	229.2	57.9	243.6	46.6	250.3	37.9	14. เชียงใหม่
202.5	80.4	219.2	78.6	232.2	75.6	249.7	65.4	251.2	63.8	258.8	50.1	261.9	40.2	15. ตรัง
206.4	74.0	216.8	72.2	226.3	69.5	242.9	60.2	244.6	58.7	254.0	45.7	258.2	36.2	16. ตราด
189.0	69.9	198.7	69.1	209.0	67.6	230.1	60.4	232.3	59.1	246.0	47.4	252.2	38.4	17. ตาก
198.5	72.4	208.8	71.1	218.9	68.8	237.7	60.4	239.6	58.9	250.8	46.4	255.8	37.1	18. นครนายก
194.5	73.2	205.7	72.1	216.6	70.0	236.8	61.7	238.8	60.3	250.5	47.7	255.7	38.4	19. นครปฐม
204.4	68.0	212.5	66.4	220.5	64.1	236.6	55.8	238.4	54.4	249.4	42.3	254.7	33.3	20. นครพนม
200.8	71.2	210.4	69.8	219.7	67.5	237.5	59.0	239.4	57.6	250.5	45.2	255.6	35.9	21. นครราชสีมา
202.5	79.3	217.8	77.5	230.2	74.7	248.1	64.7	249.6	63.1	257.7	49.5	261.1	39.7	22. นครศรีธรรมราช
193.2	71.1	203.2	70.0	213.4	68.2	233.6	60.4	235.7	59.0	248.2	46.9	253.9	37.8	23. นครสวรรค์
196.3	73.1	207.2	71.8	217.8	69.7	237.4	61.3	239.4	59.8	250.8	47.3	255.9	37.9	24. นนทบุรี
219.8	80.2	232.6	77.6	241.9	74.2	254.4	63.4	255.4	61.7	261.2	47.8	263.6	38.0	25. นราธิวาส
193.1	67.4	201.6	66.4	210.6	64.7	229.7	57.6	231.8	56.4	245.1	44.9	251.4	36.1	26. น่าน
199.6	67.8	207.9	66.5	216.4	64.4	233.8	56.6	235.7	55.2	247.6	43.4	253.3	34.4	27. หนองคาย
204.1	70.8	213.2	69.2	222.0	66.8	238.8	58.1	240.5	56.7	251.1	44.1	256.0	34.9	28. บุรีรัมย์
196.2	72.9	206.9	71.6	217.5	69.5	237.1	61.1	239.1	59.7	250.6	47.2	255.7	37.8	29. ปทุมธานี
195.7	75.6	208.3	74.3	220.2	72.0	240.4	63.1	242.3	61.7	253.0	48.7	257.5	39.2	30. ประจวบคีรีขันธ์
199.4	72.5	209.7	71.1	219.7	68.9	238.2	60.3	240.1	58.9	251.1	46.3	256.1	36.9	31. ปราจีนบุรี
214.8	80.2	228.7	77.8	239.0	74.5	252.9	63.9	254.1	62.2	260.4	48.4	263.0	38.5	32. ปัตตานี
199.7	72.1	209.7	70.7	219.5	68.5	237.9	59.9	239.8	58.5	250.9	46.0	255.9	36.7	33. พระนครศรีอยุธยา
190.3	67.2	198.9	66.3	208.0	64.8	227.8	58.0	230.1	56.8	244.0	45.5	250.5	36.8	34. พะเยา
193.5	79.8	210.9	78.4	225.6	75.9	246.3	66.2	248.1	64.6	257.0	51.1	260.6	41.2	35. พังงา
205.2	80.1	221.0	78.2	233.3	75.2	250.1	64.9	251.5	63.3	258.9	49.5	261.9	39.7	36. พัทลุง
193.4	70.2	203.0	69.1	212.8	67.3	232.7	59.7	234.8	58.3	247.5	46.4	253.3	37.3	37. พิจิตร
192.8	69.8	202.3	68.8	212.0	67.0	231.9	59.5	234.1	58.2	247.0	46.3	252.9	37.3	38. พิษณุโลก
194.9	74.1	206.5	72.9	217.7	70.7	238.0	62.2	240.0	60.8	251.4	48.1	256.3	38.7	39. เพชรบุรี
196.1	70.0	205.5	68.8	214.9	66.8	233.9	59.0	235.9	57.6	248.1	45.6	253.8	36.5	40. เพชรบูรณ์
191.6	68.3	200.5	67.4	209.9	65.7	229.7	58.6	231.9	57.4	245.3	45.8	251.6	36.9	41. แพร่
193.6	80.4	212.0	79.1	227.1	76.5	247.6	66.6	249.2	65.0	257.8	51.3	261.2	41.5	42. ภูเก็ต
203.2	69.4	211.8	67.9	220.3	65.6	237.1	57.2	238.9	55.8	249.9	43.5	255.1	34.4	43. มหาสารคาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวัด	PALAPA B-4 118° E		CHINASAT-5 115.5° E		PALAPA B-2P 113° E		CHINASAT 2 110.5° E		PALAPA B-2R 108° E		A SIASAT-1 105.5° E		STATSIONAR-21 103° E	
	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL
44. แม่ฮ่องสอน	132.2	57.8	136.3	59.8	140.9	61.6	146.3	63.4	151.8	64.6	158.2	65.8	165.1	66.6
45. มุกดาหาร	140.3	65.3	146.2	66.9	152.9	68.4	160.4	69.5	168.6	70.2	177.3	70.6	186.0	70.5
46. ยะลา	110.8	69.0	114.2	71.6	118.8	74.3	125.1	76.7	134.0	79.0	147.1	80.8	165.3	82.0
47. ยโสธร	137.8	65.5	143.6	67.3	150.2	68.8	157.7	70.0	166.1	70.9	175.0	71.4	184.2	71.4
48. ร้อยเอ็ด	137.2	64.9	142.8	66.7	149.2	68.3	156.5	69.6	164.6	70.5	173.4	71.0	182.4	71.1
49. ระนอง	116.2	64.6	119.7	67.1	124.1	69.5	129.5	71.8	136.4	74.0	145.2	75.8	156.2	77.2
50. ระยอง	126.1	65.5	130.9	67.8	136.6	69.8	143.5	71.6	151.8	73.2	161.4	74.3	172.2	75.0
51. ราชบุรี	125.5	63.6	129.8	65.8	135.0	67.9	141.1	69.8	148.4	71.5	157.0	72.8	166.6	73.7
52. ลพบุรี	131.1	64.3	136.0	66.4	141.8	68.2	148.6	69.8	156.5	71.1	165.3	72.0	174.7	72.5
53. ลำปาง	133.2	59.9	137.6	61.8	142.6	63.5	148.2	65.1	154.6	66.4	161.5	67.5	169.0	68.2
54. ลำพูน	132.8	59.2	137.1	61.2	142.0	62.9	147.5	64.5	153.6	65.9	160.3	67.0	167.6	67.7
55. เลย	135.8	62.2	140.8	64.1	146.4	65.7	152.8	67.1	159.9	68.2	167.6	69.0	175.8	69.4
56. ศรีสะเกษ	137.0	66.2	142.9	68.0	149.7	69.6	157.5	70.8	166.2	71.7	175.5	72.2	185.1	72.2
57. สกลนคร	140.1	64.3	145.7	66.0	152.1	67.4	159.3	68.6	167.1	69.4	175.4	69.8	183.9	69.8
58. สงขลา	111.8	68.0	115.2	70.6	119.7	73.2	125.7	75.6	134.0	77.9	145.6	79.8	161.5	81.1
59. สตูล	109.6	67.6	112.7	70.3	116.7	73.0	122.1	75.5	129.6	77.9	140.5	79.9	156.1	81.5
60. สมุทรปราการ	126.9	64.3	131.5	66.5	136.9	68.5	143.4	70.3	151.1	71.8	160.0	73.0	169.9	73.8
61. สมุทรสงคราม	125.5	63.9	129.9	66.1	135.1	68.2	141.4	70.1	148.8	71.7	157.5	73.0	167.3	73.9
62. สมุทรสาคร	126.2	64.0	130.7	66.2	136.0	68.3	142.4	70.1	149.9	71.7	158.7	73.0	168.5	73.8
63. สระแก้ว	129.9	65.5	135.0	67.5	141.0	69.4	148.2	71.1	156.5	72.4	165.9	73.3	176.2	73.8
64. สระบุรี	129.2	63.9	133.9	66.0	139.5	67.9	146.0	69.6	153.6	71.1	162.3	72.1	171.7	72.8
65. สิงห์บุรี	129.0	63.2	133.6	65.3	139.0	67.2	145.3	69.0	152.6	70.4	160.9	71.5	170.0	72.2
66. สุโขทัย	131.7	61.1	136.2	63.1	141.3	64.9	147.2	66.6	153.9	67.9	161.3	69.0	169.3	69.7
67. สุพรรณบุรี	127.8	63.2	132.3	65.4	137.5	67.4	143.8	69.2	151.0	70.7	159.4	71.9	168.6	72.7
68. สุราษฎร์ธานี	115.2	65.7	118.7	68.3	123.1	70.7	128.8	73.1	136.1	75.2	145.7	77.0	158.0	78.4
69. สุรินทร์	134.8	65.8	140.4	67.7	146.9	69.3	154.4	70.7	162.9	71.7	172.2	72.4	181.9	72.5
70. หนองบัวลำภู	136.7	63.1	141.8	64.9	147.7	66.5	154.4	67.8	161.8	68.9	169.8	69.6	178.1	69.9
71. อ่างทอง	128.5	63.4	133.1	65.6	138.5	67.5	144.9	69.3	152.3	70.8	160.7	71.9	170.0	72.6
72. อำนาจเจริญ	139.0	65.8	144.9	67.6	151.7	69.0	159.4	70.2	167.9	71.0	176.9	71.4	186.0	71.3
73. อุดรธานี	137.7	63.1	143.0	64.9	149.0	66.4	155.7	67.7	163.1	68.7	171.0	69.3	179.3	69.6
74. อุตรดิตถ์	133.2	60.8	137.7	62.8	142.9	64.5	148.8	66.1	155.4	67.4	162.7	68.4	170.5	69.0
75. อุทัยธานี	129.3	62.5	133.8	64.6	139.0	66.5	145.1	68.3	152.2	69.7	160.2	70.9	169.0	71.6
76. อุบลราชธานี	138.4	66.5	144.4	68.3	151.4	69.8	159.4	71.0	168.2	71.7	177.6	72.1	187.1	72.0

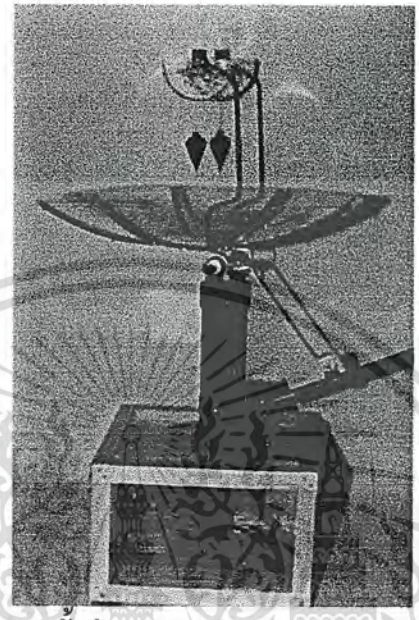
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STATSIONAR 14 96.5° E		INSAT 2 B 93.5° E		STATSIONAR 6 90° E		STATSIONAR 13 80° E		THAICOM 1, 2 78.5° E		INTELSAT 505 66° E		INTELSAT 507 57° E		จังหวัด
AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL	
184.4	67.3	193.3	66.8	203.0	65.6	224.5	59.5	226.9	58.3	242.1	47.3	249.2	38.7	44. แม่ฮ่องสอน
206.9	68.4	214.9	66.7	222.7	64.2	238.3	55.6	240.0	54.2	250.5	41.9	255.5	32.8	45. มุกดาหาร
216.3	80.5	230.2	78.1	240.3	74.7	253.7	64.0	254.8	62.3	260.9	48.4	263.3	38.5	46. ยะลา
206.3	69.4	214.6	67.7	222.8	65.3	238.7	56.6	240.5	55.2	250.9	42.8	255.8	33.6	47. ยโสธร
204.4	69.4	212.9	67.8	221.3	65.4	237.7	56.9	239.5	55.5	250.3	43.2	255.4	34.1	48. ร้อยเอ็ด
192.2	78.0	207.4	76.8	221.3	74.5	242.8	65.3	244.7	63.8	254.9	50.5	259.0	40.8	49. ระนอง
200.9	74.1	211.9	72.6	222.3	70.1	240.6	61.2	242.4	59.7	252.8	46.8	257.3	37.4	50. ระยอง
193.9	73.6	205.3	72.5	216.5	70.4	237.0	62.1	239.0	60.7	250.7	48.1	255.8	38.7	51. ราชบุรี
199.5	71.6	209.3	70.2	218.9	68.0	237.2	59.6	239.2	58.2	250.4	45.7	255.5	36.5	52. ลพบุรี
189.5	68.3	198.5	67.5	208.1	65.9	228.5	59.0	230.7	57.8	244.6	46.3	251.1	37.5	53. ลำปาง
187.8	68.0	196.8	67.3	206.5	65.9	227.2	59.2	229.6	58.0	243.9	46.7	250.5	37.9	54. ลำพูน
196.9	68.6	205.7	67.4	214.6	65.4	233.0	57.7	235.0	56.4	247.3	44.5	253.1	35.6	55. เลย
207.8	70.1	216.2	68.3	224.4	65.7	240.0	56.9	241.7	55.4	251.7	42.9	256.5	33.6	56. ศรีสะเกษ
204.5	68.0	212.5	66.4	220.5	64.1	236.7	55.8	238.4	54.4	249.4	42.3	254.7	33.3	57. สกลนคร
209.8	80.2	224.8	78.1	236.2	75.0	251.5	64.5	252.8	62.8	259.7	49.1	262.5	39.2	58. สงขลา
208.4	81.1	225.0	79.0	237.0	75.8	252.5	65.3	253.7	63.6	260.3	49.8	263.0	39.8	59. สตูล
196.9	73.3	207.9	72.0	218.5	69.8	238.0	61.3	239.9	59.9	251.2	47.2	256.1	37.9	60. สมุทรปราการ
194.8	73.7	206.2	72.5	217.3	70.4	237.5	62.0	239.5	60.6	251.0	47.9	256.0	38.5	61. สมุทรสงคราม
195.7	73.5	206.9	72.2	217.7	70.1	237.6	61.7	239.6	60.2	251.0	47.6	256.0	38.2	62. สมุทรสาคร
202.3	72.5	212.4	71.0	221.9	68.6	239.6	59.8	241.4	58.3	251.9	45.6	256.6	36.3	63. สระแก้ว
197.1	72.2	207.4	70.9	217.5	68.8	236.7	60.4	238.7	59.0	250.2	46.6	255.4	37.3	64. สระบุรี
194.9	71.9	205.2	70.8	215.6	68.8	235.4	60.7	237.4	59.3	249.4	46.9	254.8	37.7	65. สิงห์บุรี
191.3	69.7	200.8	68.7	210.7	67.0	231.0	59.7	233.2	58.4	246.4	46.6	252.5	37.6	66. สุโขทัย
194.2	72.5	204.9	71.3	215.5	69.3	235.7	61.2	237.8	59.8	249.8	47.4	255.1	38.1	67. สุพรรณบุรี
197.3	78.7	212.7	77.3	226.0	74.7	245.8	65.0	247.3	63.5	256.4	50.0	260.1	40.2	68. สุราษฎร์ธานี
205.5	70.7	214.5	69.0	223.1	66.6	239.4	57.8	241.2	56.3	251.5	43.8	256.3	34.5	69. สุรินทร์
199.5	68.7	208.1	67.4	216.8	65.3	234.5	57.3	236.4	56.0	248.2	44.0	253.8	35.0	70. หนองบัวลำภู
195.4	72.3	205.8	71.1	216.2	69.0	236.0	60.8	238.0	59.4	249.8	47.0	255.1	37.7	71. อ่างทอง
207.7	69.1	215.8	67.4	223.7	64.9	239.2	56.1	240.9	54.7	251.1	42.3	256.0	33.1	72. อำนาจเจริญ
200.2	68.3	208.7	66.9	217.2	64.8	234.5	56.9	236.5	55.5	248.2	43.5	253.8	34.5	73. อุดรธานี
191.7	68.9	200.9	68.0	210.5	66.3	230.4	59.0	232.6	57.8	245.9	46.1	252.1	37.2	74. อุตรดิตถ์
193.2	71.5	203.4	70.4	213.8	68.5	234.0	60.7	236.1	59.3	248.6	47.1	254.2	37.9	75. อุทัยธานี
209.2	69.7	217.4	67.8	225.3	65.2	240.5	56.3	242.1	54.8	251.9	42.3	256.6	33.0	76. อุบลราชธานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

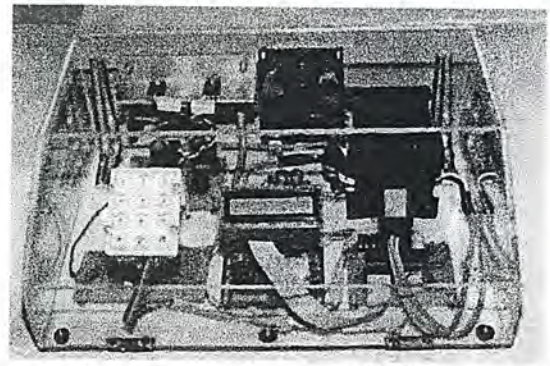
4.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองในการเริ่มต้นเปิดเครื่องจะเห็นว่ามอเตอร์ขับจานในแนวกวาดจะหมุนไปยังตำแหน่ง 180 องศาหรือทางทิศใต้ของประเทศไทย หลังจากนั้นแล้ว มอเตอร์ขับจานในแนวก้มเงยจะทำการตั้งค่าเริ่มต้นไปยังมุม 90 องศา โดยการทำงานของไมโครสวิตซ์สองตัวด้วยกัน



รูปที่ 4.7 แสดงการตั้งค่ามุมกวาด 180 องศาและมุมเงย 90 องศา

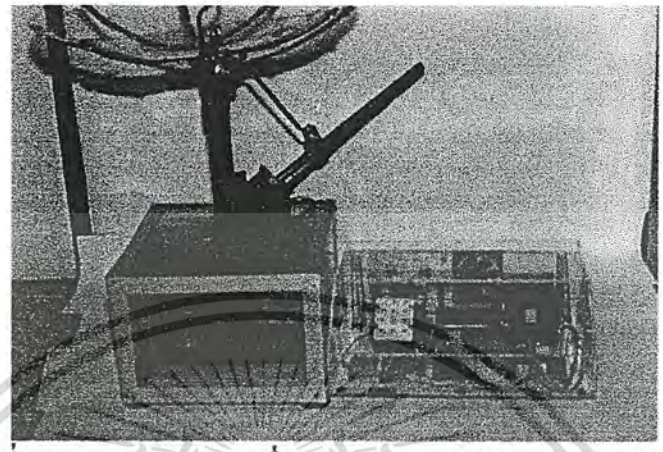
การทำงานของชุดกลไกร่วมกับวงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จอแสดงผล บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และโปรแกรมการทำงาน จะเห็นว่าการทำงานของชุดจานรับสัญญาณดาวเทียมสามารถทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ตลอดจนสามารถปรับตำแหน่งต่างๆ ได้ละเอียดขึ้น อย่างไรก็ตามการทำงานของชุดจานรับสัญญาณดาวเทียมอาจจะมีความผิดพลาดของการชี้ตำแหน่งที่ผิดไปได้อันเนื่องจากชุดกลไกเพราะว่า ชุดกลไกอาจจะมีส่วนของชุดเคลื่อนที่ซึ่งเกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย ตลอดจนชุดเฟืองทดอาจจะไม่แน่นพอ



รูปที่ 4.8 แสดงกล่องควบคุมชุดจำลองจานรับสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่องควบคุมชุดจำลองจานรับสัญญาณดาวเทียมประกอบด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ บอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ทั้งแนวกวาดและแนวนอน บอร์ด แหล่งจ่ายไฟ และหม้อแปลงไฟฟ้า



รูปที่ 4.9 แสดงชุดจำลองเครื่องควบคุมจานรับสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอ ชุดจำลองจานรับสัญญาณดาวเทียม โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะนำความรู้เกี่ยวกับระบบรับส่งสัญญาณดาวเทียมตลอดจนการเขียนโปรแกรมควบคุมจานรับสัญญาณดาวเทียมเพื่ออำนวยความสะดวกในการปรับมุมกวาดและมุมเงยของจานรับสัญญาณดาวเทียมให้ตรงกับดาวเทียมค้างฟ้าที่ลอยอยู่บนท้องฟ้าเพื่อรับสัญญาณที่ส่งมาใช้งานต่อไป ซึ่งประสิทธิภาพของโครงงานที่ได้ตอนนี้สามารถทำงานได้เป็นที่น่าพอใจพอสมควร โดยการแนะนำรวมทั้งการสนับสนุนจากอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่เกี่ยวข้อง ที่มีส่วนเป็นอย่างมากในการช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดมา จนกระทั่งออกมาเป็นผลสำเร็จ ซึ่งจากการปฏิบัติงานในครั้งนี้สามารถที่จะสรุปในส่วนของปัญหาอุปสรรค์ แนวทางในการแก้ไขรวมทั้งข้อเสนอแนะในการนำโครงงานชิ้นนี้ไปใช้งานหรือพัฒนาต่อไป โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 ปัญหาอุปสรรค

ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงงานนี้พอที่จะสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ปัญหาของการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ จะต้องทำในส่วนของโครงสร้างที่เป็นฮาร์ดแวร์ให้เสร็จก่อนเพราะว่าในการชี้ตำแหน่งต่างๆ จะต้องมีความละเอียดพอสมควรเพราะฉะนั้นชุดแมคคานิคจะต้องมีความมั่นคงแข็งแรง
2. การสร้างชุดแมคคานิคมีความยุ่งยากในด้านของชุดเฟืองทดของแนวก้มเงยโดยพบว่าเกลียวมีการหนีศูนย์
3. ปัญหาของความผิดพลาดในการชี้ตำแหน่ง พบว่าไม่สามารถชี้ตำแหน่งได้แม่นยำในบางครั้งอันเนื่องมาจากชุดแมคคานิค
4. ความเร็วในการหมุนหาตำแหน่งพบในการหามุมกวาดและมุมเงยหยุดไม่พร้อมกันเพราะว่า มุมการหมุนในแต่ละครั้งของดาวเทียมแต่ละดวงไม่เป็นอัตราส่วนที่คงที่ฉะนั้นการหยุดจะหยุดไม่พร้อมกัน

5.2 การแก้ไขปัญหา

แนวทางแก้ไขปัญหา

1. ในการพัฒนาโปรแกรมจะต้องทำส่วนที่เป็นแมคคานิคให้เสร็จก่อนที่จะพัฒนาในส่วนของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำให้ตัวต่อระหว่างแกนมอเตอร์กับเกลียวมีความพอดีกับแกนของมอเตอร์และแกนของเกลียว
3. ควรจะเลือกใช้วัสดุที่มีโครงสร้างที่แข็งแรงจะได้ผลงานที่มีคุณภาพโดยเฉพาะ โครงสร้างในส่วนของแมคคานิค
4. ใช้มอเตอร์ที่ความละเอียดสูงขึ้นจะทำให้มีความละเอียดในการชี้ตำแหน่งเพิ่มขึ้น หรืออาจจะใช้มอเตอร์ ดี.ซี. มาทำงานแทนสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งจะมีความแม่นยำมากขึ้น

5.3 การพัฒนา

โครงงานนี้เป็นชุดจำลองงานรับสัญญาณดาวเทียมมีจุดประสงค์เพื่อเป็นชุดต้นแบบ การพัฒนาในงานต่อไปเราสามารถที่จะทำให้ชุดจำลองงานรับสัญญาณดาวเทียมชุดนี้สามารถใช้งานได้จริงโดยการเพิ่มเติมในส่วนของงานรับสัญญาณให้มีคุณสมบัติถูกต้องตามหลักวิชาการ และพัฒนาโครงสร้างให้มีความแข็งแรง โดยการใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น และอาจจะเพิ่มในส่วนของชุดควบคุมให้เป็นแบบ ควบคุมระยะไกลหรือที่เรียกว่า รีโมตคอนโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. บริษัท อีทีที จำกัด EXSTEPM 4 STEPPER MOTOR DRIVER BORD
2. รังสรรค์ วงศ์สรรค์, โลกของการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม, ศูนย์การพิมพ์พลชัย, นิตยสาร ซีคิว, ชั้น4, 2536
3. สมยศ จุณณะปิยะ, การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์, พิมพ์ครั้งที่2, กรุงเทพฯ, 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------------------------------------------------------------------------------------------;
;----------------------------SATT CONTROL VER 3.00 KMITL 3U-------------------------;
;-------------------------------------------------------------------------------------------------;

;------------ DATA EQU ----------
LINE            EQU 03                  ;INDEX LINE ON LCD
SPEED           EQU 14                  ;SPEED EL
SPEEDX          EQU 17                  ;SPEED AZ
CIRA            EQU 2                   ;LOAD CIRCLEX CHK LOOP STEP AZ
CIRB            EQU 1                   ;LOAD CIRCLEX CHK LOOP STEP EL
DELAY_SCAN      EQU 07FH
;-----------------PORT EQU ----------
AZ_SW           EQU P0.3                ;SWITCH MOTOR AZ
EL_SW           EQU P0.2                ;SWITCH MOTOR EL
;-----------------MEMORY EQU -----
STEPM           EQU 30H                 ;LOAD BIT DRIVE STEPPING MOTOR
STEPN           EQU 31H                 ;LOAD BIT DRIVE STEPPING MOTOR
CIRCLEX         EQU 32H                 ;CHK LOOP  DRIVE MOTOR
CIRCLEX2        EQU 33H
FROMRL          EQU 34H
BUFFER          EQU 35H
COUNT_AZ        EQU 36H                 ;CHK AZ FOR SET TO ORIGIN
ELSTATS         EQU 37H
AZSTATS_MSB     EQU 38H
ELNEXT          EQU 39H
AZNEXT_MSB      EQU 3AH
POINTSATT       EQU 3BH
SEG_MSB         EQU 3CH
SEG_LSB         EQU 3DH
KBUFFER         EQU 3EH
CMODE2          EQU 3FH
DIG1            EQU 40H
DIG2            EQU 41H
DIG3            EQU 42H
DIG4            EQU 43H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DIG5            EQU 44H
DIG6            EQU 45H
DIG7            EQU 46H
DIG8            EQU 47H
DIG9            EQU 48H
DIG10           EQU 49H
DIG11           EQU 4AH
DIG12           EQU 4BH
DIG13           EQU 4CH
DIG14           EQU 4DH
DIG15           EQU 4EH
DIG16           EQU 4FH
AZSTATS_LSB     EQU 50H
AZNEXT_LSB      EQU 51H
AZCAP_MSB       EQU 52H
AZCAP_LSB       EQU 53H
;-------------------------------------------------------------------------
;---------START MAIN PROGRAM ---------------------------------------------
        ORG     0000H
        MOV     P2,#0FFH
        MOV     STEPM,#01100110B
        MOV     STEPN,#00110011B
        MOV     FROMRL,#0
        MOV     A,#1
        CALL    DELAY_SEC
        CALL    INIT                                    ;INIT LCD
        JMP     MODE0
;--------------- INIT STATE ------------
START_MODE:
        MOV     DPTR,#IN_
        CALL    INMEM
        MOV     LINE,#1
        CALL    SCAN
        MOV     DPTR,#IN_MODEL2
        CALL    INMEM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN
IN_MODEX:
        CALL    INKEY
        JB      ACC.4,IN_MODEX
        MOV     B,#3
        MUL     AB                          ;CHANGE  A USE TO INDEX MODE
        MOV     DPTR,#MODE
        JMP     @A+DPTR
MODE:
        LJMP    MODE0                       ;SET ORG
        LJMP    MODE1                       ;AUTO SCAN MODE
        LJMP    MODE2                       ;MANUAL POSITION
        LJMP    MODE3                       ;STEP MODE
        LJMP    MODE4                       ;SELECT  PROV&SAT
        LJMP    IN_MODEX ;5                 ;FOR FUTURE
        LJMP    IN_MODEX ;6                 ;FOR FUTURE
        LJMP    IN_MODEX ;7                 ;FOR FUTURE
        LJMP    IN_MODEX ;8                 ;FOR FUTURE
        LJMP    IN_MODEX ;9                 ;FOR FUTURE
        JMP $
;-------------------------------------------------------------------------------
;-----------MODE0 IS SET TO ORIGIN ---------------------------------
MODE0:
        MOV     DPTR,#TEXT1L1
        CALL    INMEM
        MOV     LINE,#1
        CALL    SCAN                        ;DISPLAY LINE1 " PLEASE WAIT   "
        MOV     DPTR,#TEXT1L2
        CALL    INMEM
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN                        ;DISPLAY LINE2 " SET TO ORIGIN  "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SET_ELX:
        SETB    EL_SW
        JNB     EL_SW,EL_SET            ;CHK EL_SW
        MOV     A,#SPEED                ;EL_SW=1 [EL<90]  TURN DOWN EL
        CALL    DELAY_MS                ;WAIT FOR MOTOR
        MOV     A,STEPM
        ANL     A,#0FH
        MOV     BUFFER,A
        MOV     A,STEPN
        ANL     A,#0F0H
        ORL     A,BUFFER
        MOV     P2,A                    ;SEND TO EL MOTOR
        MOV     A,STEPN
        RR      A                       ;ROTATE BIT FOR SHIFT STEP MOTOR
        MOV     STEPN,A
        JMP     SET_ELX
EL_SET:
        MOV     COUNT_AZ,#0
SET_AZ:
        SETB    AZ_SW
        JNB     AZ_SW,AZ_SET            ;CHK AZ_SW=0 TO AZ_SET [AZ=180]
        MOV     B,#1                    ;AZ_SW=1 [AZ NOT=180] TURN RIGT
        CALL    STEP_RX                 ; TURN RIGT
        INC     COUNT_AZ
        MOV     A,COUNT_AZ
        CJNE    A,#178,SET_AZ           ;UNTIL 178 DEGREE
 SETAZX:
        SETB    AZ_SW
        JNB     AZ_SW,ORG2              ;CHK AZ_SW=0 TO ORG2
        MOV     B,#1
        CALL    STEP_LX
        JMP     SETAZX
 ORG2:
        MOV     B,#10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL    STEP_LX                 ;RIGTH 1 DEGREE CAUSE STEP_RX
        JMP     SET_AZ
AZ_SET:
        MOV     ELSTATS,#90             ;NOW EL=90
        MOV     AZSTATS_LSB,#180        ;NOW AZ=180
        MOV     AZSTATS_MSB,#0          ;NOW AZ<256  IS AZ_M = 0
        MOV     DPTR,#TEXT2L1
        CALL    INMEM
        MOV     LINE,#1
        CALL    SCAN                    ;DISPLAY LINE1" NOW ORIGAN SET "
        MOV     DPTR,#TEXT2L2
        CALL    INMEM
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN                    ; DISPLAY LINE2" EL=90 AZ=180 "
        MOV     A,#2
        CALL    DELAY_SEC
        JMP     START_MODE
;-------------------------------------------------------------------------
;---------- MODE1 IS AUTOSCAN  SATT IN BANGKOK----------
MODE1:
        MOV     DPTR,#MODE1L1           ;DISPLAY LINE1 "AUTO SCAN SAT"
        CALL    INMEM
        MOV     LINE,#1
        CALL    SCAN
        MOV     DPTR,#MODE1L2           ;DISPLAY LINE2 "SELECT 1TO14  __"
        CALL    INMEM
        MOV     R0,#DIG8
        PUSH    00
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN
MODE1_INKEY:
        MOV     DIG15,#5FH
        MOV     DIG16,#5FH
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN                    ;CHANGE DISPLAY  XX ==> __
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JMP     MODE1_INKEY1
EXITMODE1_1:
        JMP START_MODE
MODE1_INKEY1:
        CALL    INKEY
        JB      ACC.7,EXITMODE1                 ;CHK # IS EXITMODE1
        JB      ACC.4,MODE1_INKEY1              ;CHK * IS INKEY
        ADD     A,#30H
        MOV     DIG15,A
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN                            ;DISPLAY "SELECT 1TO14 X__"
MODE1_INKEY2:
        CALL    INKEY
        JB      ACC.7,EXITMODE1                 ;CHK # IS EXITMODE1
        JB      ACC.4,MODE1_INKEY2              ;CHK * IS INKEY2
        ADD     A,#30H
        MOV     DIG16,A
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN                            ;DISPLAY "SELECT 1TO14 X X"
        CALL    INKEY
        JB      ACC.7,EXITMODE1                 ;CHK # IS EXITMODE1
        JB      ACC.4,CONVERT1_1                ;CHK * IS ENTER TO CONVERT
        JNB     MODE1_INKEY
CONVERT1_1:                                     ;CONVERT TO DECIMAL
        MOV     R1,#0
        MOV     R2,#0
        MOV     A,DIG15
        CLR     CY
        SUBB    A,#30H
        SWAP    A
        MOV     R3,A
        MOV     A,DIG16
        CLR     CY
        SUBB    A,#30H
        ORL     A,R3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R3,A
        CALL    DTOH                    ;CONVERT TO HEX
        MOV     A,DPL
        CLR     CY
        SUBB    A,#15                   ;NOT OVER 14 SAT
        JNC     MODE1_INKEY
        MOV     A,DPL
        CJNE    A,#00,NEXT1_1           ;CHK INKEY  NOT 00  TO NEXT
        JMP     MODE1_INKEY             ;CHK INKEY = 00 GO INKEY AGAIN
NEXT1_1:
        MOV     A,DPL
        DEC     A
        MOV     KBUFFER,A               ;MEM  INDEX POINT FOR LOAD DATA
        MOV     DPTR,#AZMEM
        MOVC    A,@A+DPTR               ;LOAD AZ_L FROM ROM
        MOV     AZNEXT_LSB,A
        MOV     AZNEXT_MSB,#0           ;AZ_M=0 [ALL BKK AZ_M NOT>255]
        MOV     DPTR,#ELMEM
        MOV     A,KBUFFER
        MOVC    A,@A+DPTR               ;LOAD EL FROM ROM
        MOV     ELNEXT,A
        MOV     DPTR,#ANG_SATT          ;LOAD DISPLAY " AZ=XXX EL=XX "
        CALL    INMEM
        MOV     DPH,#0
        MOV     DPL,AZNEXT_LSB
        CALL    HTOD                    ;CHANGE AZ TO DECIMAL
        MOV     A,R2
        CALL    BCDTOSEG
        MOV     DIG5,SEG_LSB            ;CHANGE DATA TO DIG 5,6,7
        MOV     A,R3
        CALL    BCDTOSEG
        MOV     DIG6,SEG_MSB
        MOV     DIG7,SEG_LSB
        MOV     DPH,#0
        MOV     DPL,ELNEXT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL    HTOD                    ;CHANGE EL TO DECIMAL
        MOV     A,R2
        CALL    BCDTOSEG
        MOV     DIG14,SEG_LSB
        MOV     A,R3
        CALL    BCDTOSEG
        MOV     DIG15,SEG_MSB
        MOV     DIG16,SEG_LSB
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN                    ;DISPLAY LINE 2 " AZ=XXX EL=XX "
        MOV     A,KBUFFER               ;LOAD INDEX DATA
        MOV     B,#16
        MUL     AB                      ;ADDRESS*16
        MOV     DPTR,#SATTN1            ; TEXT AT LINE1 NAME SATT
        CLR     CY
        ADD     A,DPL
        MOV     DPL,A
        MOV     A,DPH
        ADDC    A,#0
        MOV     DPH,A
        CALL    INMEM
        MOV     LINE,#1
        CALL    SCAN
        CALL    GOSATT
ENDKEY1:
        CALL    INKEY
        JB      ACC.7,RETURN1_1         ;CHK # GO TO START MODE
        JB      ACC.4,REMODE1           ;CHK * GO TO MODE1
        JNB     ACC.4,ENDKEY1
RETURN1_1:
        JMP     START_MODE
REMODE1:
        JMP     MODE1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------------------------------------------------------------------------
;---------------------- MODE 2 IS MANUAL MODE-----------------------------
MODE2:
        MOV     DPTR,#MODE2L1
        CALL    INMEM
        MOV     LINE,#1
        CALL    SCAN                            ;DISPLAY LINE1 "MANUAL POSITION "
        MOV     DPTR,#MODE2K2
        CALL    INMEM
        MOV     DPH,AZSTATS_MSB
        MOV     DPL,AZSTATS_LSB
        CALL    HTOD
        MOV     A,R2
        CALL    BCDTOSEG
        MOV     DIG8,SEG_LSB
        MOV     A,R3
        CALL    BCDTOSEG
        MOV     DIG9,SEG_MSB
        MOV     DIG10,SEG_LSB
        MOV     DPH,#0
        MOV     DPL,ELSTATS
        CALL    HTOD
        MOV     A,R3
        CALL    BCDTOSEG
        MOV     DIG15,SEG_MSB
        MOV     DIG16,SEG_LSB
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN                            ;DISPLAY LINE2 "NOW AZ=XXX EL=XX"
INMODE2:
        CALL    INKEY
        JB      ACC.7,RETURN2_1                 ;CHK # IS START MODE
        JNB     ACC.4,INMX2                     ;CHK * IS INMODE
MODE2K1:
        MOV     DPTR,#MODE2L11
        CALL    INMEM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     LINE,#1
        CALL    SCAN                    ;DISPLAY LINE2 "NEW AZ=___ EL=__"
MODE2KEY1:
        CALL    INKEY                   ;KEY No 0-9 FOR DIGIT 2
        JB      ACC.7,RETURN2_1
        JB      ACC.4,MODE2KEY1
        ADD     A,#30H
        MOV     DIG8,A
        MOV     LINE,#1
        CALL    SCAN                    ;DISPLAY LINE2 "NEW AZ=X__ EL=__"
        JMP     MODE2KEY2
RETURN2_1:
        JMP     START_MODE
MODE2KEY2:
        CALL    INKEY                   ;KEY No 0-9 FOR DIGIT 2
        JB      ACC.7,RETURN2_1
        JB      ACC.4,MODE2KEY2
        ADD     A,#30H
        MOV     DIG9,A
        MOV     LINE,#1
        CALL    SCAN                    ;DISPLAY LINE2 "NEW AZ=XX_ EL=__"
MODE2KEY3:
        CALL    INKEY                   ;KEY No 0-9 FOR DIGIT 3
        JB      ACC.7,RETURN2_1
        JB      ACC.4,MODE2KEY3
        ADD     A,#30H
        MOV     DIG10,A
        MOV     LINE,#1
        CALL    SCAN                    ;DISPLAY LINE2 "NEW AZ=XXX EL=__"
        CALL    INKEY
        JB      ACC.7,RETURN2_1
        JB      ACC.4,CONVERT2_1
        JMP     MODE2K1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CONVERT2_1:                                    ;CONVERT TO HEX
        MOV     R1,#0
        MOV     A,DIG8
        CLR     CY
        SUBB    A,#30H
        MOV     R2,A
        MOV     A,DIG9
        CLR     CY
        SUBB    A,#30H
        SWAP    A
        MOV     R3,A
        MOV     A,DIG10
        CLR     CY
        SUBB    A,#30H
        ORL     A,R3
        MOV     R3,A
        CALL    DTOH
        MOV     A,DPH
        CLR     CY
        SUBB    A,#1
        JC      PASSX                          ;CHK AZ_M <256
        JZ      PASSA                          ;CHK AZ_M >256
        JMP     MODE2K1                        ;START MODE 2
PASSA:
        MOV     A,DPL
        CLR     CY
        SUBB    A,#69H                         ;CHK AZ<361
        JNC     MODE2K1                        ;START MODE 2
PASSX:
        MOV     AZNEXT_MSB,DPH
        MOV     AZNEXT_LSB,DPL
MODE2K2:
        MOV     DIG15,#5FH
        MOV     DIG16,#5FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     LINE,#1
        CALL    SCAN
MODE2KEY4:
        CALL    INKEY                   ;KEY No 0-9 FOR EL DIGIT  1
        JB      ACC.7,RETURN2_1
        JB      ACC.4,MODE2KEY4
        ADD     A,#30H
        MOV     DIG15,A
        MOV     LINE,#1
        CALL    SCAN                    ;DISPLAY LINE2 "NEW AZ=XXX EL=X_"
ELM22:
        CALL    INKEY                   ;KEY No 0-9 FOR EL  DIGIT 2
        JB      ACC.7,RETURN2_1
        JB      ACC.4,ELM22
        ADD     A,#30H
        MOV     DIG16,A
        MOV     LINE,#1
        CALL    SCAN                    ;DISPLAY LINE2 "NEW AZ=XXXEL=XX"
        JMP     NEXT2
RETURN2_2:
        JMP     START_MODE
NEXT2:
        CALL    INKEY
        JB      ACC.7,RETURN2_2
        JNB     ACC.4,MODE2K2
        MOV     R1,#0                   ;CONVERT  NEW TO  HEX
        MOV     R2,#0
        MOV     A,DIG15
        CLR     CY
        SUBB    A,#30H
        SWAP    A
        MOV     R3,A
        MOV     A,DIG16
        CLR     CY
        SUBB    A,#30H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ORL     A,R3
        MOV     R3,A
        CALL    DTOH
        MOV     A,DPL
        CLR     CY
        SUBB    A,#91
        JNC     MODE2K2
        MOV     A,DPL
        CLR     CY
        SUBB    A,#33
        JC      MODE2K2
        MOV     ELNEXT,DPL                      ;LOAD DATA EL
        CALL    GOSATT                          ;SHIFT SAT
ENDMODE2:
        CALL INKEY
        JB ACC.7,RETURN2_3
        JB ACC.4,REMODE1_2
        JNB ACC.4,ENDMODE2
RETURN2_3:
        JMP START_MODE
REMODE1_2:
        JMP     MODE2
;-------------------------------------------------------------------------------
;-------------------- MODE3 IS SINGLE STEP MODE ------------------------
MODE3:
        MOV     DPTR,#MODE3L1
        CALL    INMEM
        MOV     LINE,#1
        CALL    SCAN                            ;DISPLAY LINE1 " STEP MODE "
        MOV     DPTR,#MODE3L2
        CALL    INMEM
        MOV     DPH,AZSTATS_MSB
        MOV     DPL,AZSTATS_LSB
        CALL    HTOD
        MOV     A,R2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL    BCDTOSEG
        MOV     DIG4,SEG_LSB
        MOV     A,R3
        CALL    BCDTOSEG
        MOV     DIG5,SEG_MSB
        MOV     DIG6,SEG_LSB
        MOV     DPH,#0
        MOV     DPL,ELSTATS
        CALL    HTOD
        MOV     A,R3
        CALL    BCDTOSEG
        MOV     DIG15,SEG_MSB
        MOV     DIG16,SEG_LSB
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN                    ;DISPLAY LINE2" AZ=XXX    EL=XX"
MODE3X:
        MOV     P3,#11111110B
        JNB     P3.4,RXX
        MOV     P3,#11111101B
        JNB     P3.3,LIXX
        JNB     P3.5,RIXX
        MOV     P3,#11111011B
        JNB     P3.4,LXX
        JB      P3.6,MODE3X
        JMP     START_MODE
RXX:
        MOV     A,AZSTATS_MSB
        CLR     CY
        SUBB    A,#1
        JC      PASSALLAZ
        JZ      PASSAZ
        JMP     MODE3
PASSAZ:
        MOV     A,AZSTATS_LSB
        CLR     CY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SUBB    A,#69H
        JNC     MODE3
PASSALLAZ:
        MOV     A,AZSTATS_LSB
        ADD     A,#1
        MOV     AZSTATS_LSB,A
        MOV     A,AZSTATS_MSB
        ADDC    A,#0
        MOV     AZSTATS_MSB,A
        MOV     B,#1
        CALL    STEP_LX
        JMP     MODE3
LXX:
        MOV     A,AZSTATS_MSB
        ORL     A,#0
        JNZ     LXXPASS
SLXX2:
        MOV     A,AZSTATS_LSB
        ORL     A,#0
        JNZ     LXXPASS
        JMP     MODE3
LXXPASS:
        MOV     A,AZSTATS_LSB
        CLR     CY
        SUBB    A,#1
        MOV     AZSTATS_LSB,A
        MOV     A,AZSTATS_MSB
        SUBB    A,#0
        MOV     AZNEXT_MSB,A
        MOV     B,#1
        CALL    STEP_RX
        JMP     MODE3
RIXX:
        MOV     A,ELSTATS
        CLR     CY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SUBB    A,#90
        JC      NOTO
SUBXDF:
        JMP     MODE3
NOTO:
        MOV     B,#1
        CALL    STEP_LEFT
        INC     ELSTATS
        JMP     MODE3
LIXX:
        MOV     A,ELSTATS
        CLR     CY
        SUBB    A,#30
        JC      SUBXDF
        DEC     ELSTATS
        MOV     B,#1
        CALL    STEP_RIGHT
        JMP     MODE3
BCDTOSEG:
;IN PUT ACC
        PUSH    ACC
        SWAP    A
        ANL     A,#0FH
        ADD     A,#30H
        MOV     SEG_MSB,A
POP     ACC
        ANL     A,#0FH
        ADD     A,#30H
        MOV     SEG_LSB,A
        RET
; ********** DTOH SUB **********
; DECIMAL TO HEX
; IN  = R1,R2,R3
; OUT = DPTR
; REG = A,R0,R1,R2,R3,R4,R5,DPTR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DTOH:
        MOV   R4,#16
DTOH1:
        MOV   R5,#3                     ;SHIFT & SUB
        MOV   R0,#1                     ;INDEX TO R1
        CLR   C
DTOH2:
        MOV   A,@R0
        RRC   A
        PUSH  PSW
        JNB   ACC.7,DTOH3
        CLR   C
        SUBB  A,#30H
DTOH3:
        JNB   ACC.3,DTOH4
        CLR   C
        SUBB  A,#03H
DTOH4:
        MOV   @R0,A
        INC   R0
        POP   PSW
        DJNZ  R5,DTOH2
        MOV   A,DPH
        RRC   A
        MOV   DPH,A
        MOV   A,DPL
        RRC   A
        MOV   DPL,A
        DJNZ  R4,DTOH1
        RET
; ********** HTOD SUB **********
; HEX TO DECIMAL
; IN  = DPTR
; OUT = R1,R2,R3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; REG = A,R0,R1,R2,R3,R4,R5,DPTR

HTOD:
        CLR     A                       ;CLEAR OUTPUT
        MOV     R1,A
        MOV     R2,A
        MOV     R3,A
        MOV     R4,#16                  ;SHIFT 16 BIT
HTOD1:
        MOV     A,DPL
        RLC     A
        MOV     DPL,A
        MOV     A,DPH
        RLC     A
        MOV     DPH,A
        MOV     R5,#3                   ;ADD DECIMAL
        MOV     R0,#3                   ;INDEX TO R3
HTOD2:
MOV     A,@R0
        ADDC    A,ACC
        DA      A
        MOV     @R0,A
        DEC     R0
        DJNZ    R5,HTOD2
        DJNZ    R4,HTOD1
        RET


        MOV     POINTSATT,#0
PNSATT:
        MOV     DPTR,#AZMEM
        MOV     A,POINTSATT
        MOVC    A,@A+DPTR
        MOV     AZNEXT_LSB,A
        MOV     DPTR,#ELMEM
        MOV     A,POINTSATT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOVC    A,@A+DPTR
        MOV     ELNEXT,A
        CALL    GOSATT
        MOV     A,#10
        CALL    DELAY_SEC
        INC     POINTSATT
        MOV     A,POINTSATT
        CJNE    A,#10,PNSATT
        JMP     0
;-------------------------------------------------------------------------
;---------- MODE 4 SELECT PROVINCE & N0. SAT ---------
MODE4:
        MOV     DPTR,#MODE4L1
        CALL    INMEM
        MOV     LINE,#1
        CALL    SCAN                    ;DISPLAY LINE1"   SELECT  "
MODE4K1:
        MOV     DPTR,#MODE4L2
        CALL    INMEM
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN                    ;DISPLAY LINE2 "NEW PRV=__ ST=__"
        JMP     MODE4KEY1
RETURN4_1:
        JMP     START_MODE
MODE4KEY1:
        CALL    INKEY                   ;KEY No 0-9 FOR PRV  DIGIT 1
        JB      ACC.7,RETURN4_1
        JB      ACC.4,MODE4KEY1
        ADD     A,#30H
        MOV     DIG9,A
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN                    ;DISPLAY LINE2 "NEW PRV=X_ ST=__"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MODE4KEY2:
        CALL    INKEY                           ;KEY No 0-9 FOR PRV  DIGIT 2
        JB      ACC.7,RETURN4_1
        JB      ACC.4,MODE4KEY2
        ADD     A,#30H
        MOV     DIG10,A
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN                            ;DISPLAY LINE2 "NEW PRV=XXST=__"
        CALL    INKEY
        JB      ACC.7,RETURN4_1
        JB      ACC.4,CONVERT4_1
        JMP     MODE4K1
CONVERT4_1:                                     ;CONVERT TO HEX
        MOV     R1,#0
        MOV     R2,#0
        MOV     A,DIG9
        CLR     CY
        SUBB    A,#30H
        SWAP    A
        MOV     R3,A
        MOV     A,DIG10
        CLR     CY
        SUBB    A,#30H
        ORL     A,R3
        MOV     R3,A
        CALL    DTOH
        JMP     CHECK75
RETURN4_8:
        JMP     MODE4
CHECK75:
        MOV     A,DPH                           ;CHECK OVER 75 & EQUAL ZERO-
        CLR     CY
        SUBB    A,#0
        JNZ     RETURN4_8
        MOV     A,DPL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CLR     CY
        SUBB    A,#76
        JNC     RETURN4_8
        MOV     A,DPL
        CJNE    A,#00,NEXT4_2
        JMP     MODE4K1
NEXT4_2:
        MOV     AZNEXT_MSB,#00
        MOV     AZNEXT_LSB,DPL
MODE4K2:
        MOV     DIG15,#5FH
        MOV     DIG16,#5FH
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN
        JMP     MODE4KEY3
RETURN4_3:
        JMP     START_MODE
MODE4KEY3:
        CALL    INKEY INKEY                     ;KEY No 0-9 FOR EL_DIGIT_1
        JB      ACC.7,RETURN4_3
        JB      ACC.4,MODE4KEY3
        ADD     A,#30H
        MOV     DIG15,A
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN                            ;DISPLAY LINE2 "NEW PRV=XXST=X_"
MODE4KEY4:
        CALL    INKEY                           ;KEY No 0-9 FOR EL_DIGIT_2
        JB      ACC.7,RETURN4_3
        JB      ACC.4,MODE4KEY4
        ADD     A,#30H
        MOV     DIG16,A
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN                            ;DISPLAY LINE2 "NEW PRV=XXST=XX"
        CALL    INKEY                           ;KEY # OR *
        JB      ACC.7,RETURN4_3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JNB     ACC.4,MODE4K2
        MOV     R1,#0                   ;CONVERT TO HEX
        MOV     R2,#0
        MOV     A,DIG15
        CLR     CY
        SUBB    A,#30H
        SWAP    A
        MOV     R3,A
        MOV     A,DIG16
        CLR     CY
        SUBB    A,#30H
        ORL     A,R3
        MOV     R3,A
        CALL    DTOH
        MOV     A,DPL
        CLR     CY
        SUBB    A,#15                   ;NOT OVER 14 SAT
        JNC     MODE4K2
        MOV     ELNEXT,DPL
MODE4_1:
        MOV     DPTR,#COUNTRY           ;LOAD INDEX COUNTRY
        CLR     CY
        MOV     A,AZNEXT_LSB
THIS2:                                  ;LOOP PROVINCE
        DEC     A
        JZ      THIS1
        MOV     R0,#00
PP:
        INC     R0
        INC     DPTR
        CJNE    R0,#42,PP
        JMP     THIS2


THIS1:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV     A,ELNEXT                        ;LOAD NUMBER IN PROVINCE
        MOV     KBUFFER,#00             ;INDEX  DATA
THIS4:
        DEC     A
        JZ      THIS3
        INC     KBUFFER
        INC     DPTR
        INC     DPTR
        INC     DPTR
        JMP     THIS4
THIS3:
        MOVC    A,@A+DPTR               LOAD AZ_L
        MOV     AZNEXT_MSB,A
        INC     DPTR
        MOV     A,#00
        MOVC    A,@A+DPTR               ;LOAD AZ_L
        MOV     AZNEXT_LSB,A
        INC     DPTR
        MOV     A,#00
        MOVC    A,@A+DPTR               ;LOAD EL
        MOV     ELNEXT,A
        MOV     DPTR,#MODE2L2
        CALL    INMEM
        MOV     DPH,AZNEXT_MSB
        MOV     DPL,AZNEXT_LSB
        CALL    HTOD
        MOV     A,R2
        CALL    BCDTOSEG
        MOV     DIG8,SEG_LSB
        MOV     A,R3
        CALL    BCDTOSEG
        MOV     DIG9,SEG_MSB
        MOV     DIG10,SEG_LSB
        MOV     DPH,#0
        MOV     DPL,ELNEXT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL    HTOD
        MOV     A,R3
        CALL    BCDTOSEG
        MOV     DIG15,SEG_MSB
        MOV     DIG16,SEG_LSB
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN                    ;DISPLAY ""NEW AZ=XXX EL=XX"
        MOV     A,KBUFFER               ;LOAD INDEX SAT No
        MOV     B,#16
        MUL     AB                      ;MUL 16 SHIFT NUMBER DATA
        MOV     DPTR,#SATTN1
        CLR     CY
        ADD     A,DPL
        MOV     DPL,A
        MOV     A,DPH
        ADDC    A,#0
        MOV     DPH,A
        CALL    INMEM
        MOV     LINE,#1
        CALL    SCAN                    ;DISPLAY " SAT NAME"
        MOV     A,ELNEXT
        CALL    GOSATT
ENDMODA4:
        CALL    INKEY
        JB      ACC.7,RETURN4_2
        JB      ACC.4,RETURN4_6
        JNB     ACC.4,ENDMODA4
RETURN4_2:
        JMP     START_MODE
RETURN4_6:
        JMP     MODE4
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------- GOTO NEXT SATT FROM XXXX----------
; GO TO SATTLELITE AROUND WORLD
;IN = NEXTEL,NEXTAZ
;OUT TO LOCATION
;-------------------------------------------------

GOSATT:
        MOV     A,AZSTATS_LSB
        CLR     CY
        SUBB    A,AZNEXT_LSB
        MOV     AZCAP_LSB,A
        MOV     A,AZSTATS_MSB
        SUBB    A,AZNEXT_MSB
        MOV     AZCAP_MSB,A
        MOV     A,AZCAP_LSB
        CJNE    A,#0,STAAQ
        MOV     A,AZCAP_MSB
        CJNE    A,#0,STAAQ
        JMP     EXAZ
 STAAQ:
        MOV     A,AZSTATS_MSB
        CLR     CY
        SUBB    A,AZNEXT_MSB
        JC      SUBX2
;JNC GOAZRIGHT
        MOV     A,AZSTATS_LSB
        CLR     CY
        SUBB    A,AZNEXT_LSB
        JC      SUBX2
        JMP     GOAZRIGHT
SUBX2:
        MOV     A,AZNEXT_LSB
        CLR     CY
        SUBB    A,AZSTATS_LSB
        MOV     AZCAP_LSB,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     A,AZNEXT_MSB
        SUBB    A,AZSTATS_MSB
        MOV     AZCAP_MSB,A
        MOV     A,AZCAP_MSB
        ORL     A,#0
        JNZ     GO16LX
        MOV     B,AZCAP_LSB
        CALL    STEP_LX
        JMP     EXAZ
GO16LX:
        MOV     A,AZCAP_LSB
        CLR     CY
        SUBB    A,#0FFH
        MOV     AZCAP_LSB,A
        MOV     B,#252
        CALL    STEP_LX
        MOV     B,AZCAP_LSB
        CALL    STEP_LX
        JMP     EXAZ
GOAZRIGHT:
        MOV     A,AZCAP_MSB
        ORL     A,#0
        JNZ     GO16BIT
        MOV     B,AZCAP_LSB
        CALL    STEP_RX
        JMP     EXAZ
GO16BIT:
        MOV     A,AZCAP_LSB
        CLR     CY
        SUBB    A,#0FFH
        MOV     AZCAP_LSB,A
        MOV     B,#252
        CALL    STEP_RX
        MOV     B,AZCAP_LSB
        CALL    STEP_RX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
EXAZ:
        MOV     AZSTATS_MSB,AZNEXT_MSB
        MOV     AZSTATS_LSB,AZNEXT_LSB
        MOV     A,ELSTATS
        CLR     CY
        SUBB    A,ELNEXT
        JZ      EXEL
        MOV     B,A
        JNC     GOELLEFT
        MOV     A,ELNEXT
        CLR     CY
        SUBB    A,ELSTATS
        MOV     B,A
        CALL    STEP_LEFT
        JMP     EXEL
GOELLEFT:
        CALL    STEP_RIGHT
EXEL:
        MOV     ELSTATS,ELNEXT
        RET
STEP_RX:
        MOV     A,FROMRL
        CJNE    A,#2,STARTR
        MOV     A,B
        ADD     A,#3
        MOV     B,A
STARTR:
        MOV     FROMRL,#1
LOPRX:
        MOV     CIRCLEX,#CIRB
CIRCLERX1:
        MOV     A,#SPEEDX
        CALL    DELAY_MS
        MOV     A,STEPN
        ANL     A,#0F0H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     BUFFER,A
        MOV     A,STEPM
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,BUFFER
        MOV     P2,A
        MOV     A,#SPEEDX
        CALL    DELAY_MS
        MOV     A,STEPM
        RL      A
        MOV     STEPM,A
        DJNZ    CIRCLEX,CIRCLERX1
        DJNZ    B,LOPRX
        RET
STEP_LX:
        MOV     A,FROMRL
        CJNE    A,#1,STARTL
        MOV     A,B
        ADD     A,#3
        MOV     B,A
STARTL:
        MOV     FROMRL,#2
LOPLX:
        MOV     CIRCLEX,#CIRB
CIRCLELX1:
        MOV     A,#SPEEDX
        CALL    DELAY_MS
        MOV     A,STEPN
        ANL     A,#0F0H
        MOV     BUFFER,A
        MOV     A,STEPM
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,BUFFER
        MOV     P2,A
        MOV     A,#SPEEDX
        CALL    DELAY_MS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     A,STEPM
        RR      A
        MOV     STEPM,A
        DJNZ    CIRCLEX,CIRCLELX1
        DJNZ    B,LOPLX
        RET
STEP_RIGHT:
LOPX:
        MOV     CIRCLEX2,#CIRA
CIRCLEXX:
        MOV     CIRCLEX,#3
CIRCLEX1:
        MOV     KBUFFER,#53
SS:
        MOV     A,#SPEED
        CALL    DELAY_MS
        MOV     A,STEPM
        ANL     A,#0FH
        MOV     BUFFER,A
        MOV     A,STEPN
        ANL     A,#0F0H
        ORL     A,BUFFER
        MOV     P2,A
        MOV     A,STEPN
        RL      A
        MOV     STEPN,A
        DJNZ    KBUFFER,SS
        DJNZ    CIRCLEX,CIRCLEX1
        DJNZ    CIRCLEX2,CIRCLEXX
        DJNZ    B,LOPX
        RET
STEP_LEFT:
LOPY:
        MOV     CIRCLEX2,#CIRA
CIRCLEYY:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     CIRCLEX,#3
CIRCLEY1:
        MOV     KBUFFER,#53
SS_2:
        MOV     A,#SPEED
        CALL    DELAY_MS
        MOV     A,STEPM
        ANL     A,#0FH
        MOV     BUFFER,A
        MOV     A,STEPN
        ANL     A,#0F0H
        ORL     A,BUFFER
        MOV     P2,A
        MOV     A,STEPN
        RR      A
        MOV     STEPN,A
        DJNZ    KBUFFER,SS_2
        DJNZ    CIRCLEX,CIRCLEY1
        DJNZ    CIRCLEX2,CIRCLEYY
        DJNZ    B,LOPY
        RET
NEXT_KEY:
        CALL    INKEY
        MOV     40H,A
        MOV     LINE,#2
        CALL    SCAN
        JMP     NEXT_KEY
INKEY:
        MOV     DPTR,#TABLE_KEY
        MOV     P3,#11111110B
        CALL    CPRESS
        MOV     P3,#11111101B
        CALL    CPRESS
        MOV     P3,#11111011B
        CALL    CPRESS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JMP     INKEY
CPRESS:
        JNB     P3.3,YPRESS
        INC     DPTR
        JNB     P3.4,YPRESS
        INC     DPTR
        JNB     P3.5,YPRESS
        INC     DPTR
        JNB     P3.6,YPRESS
        INC     DPTR
        RET
YPRESS:
        JNB     P3.3,$
        JNB     P3.4,$
        JNB     P3.5,$
        JNB     P3.6,$
        MOV     A,#0
        MOVC    A,@A+DPTR
        DEC     SP
        DEC     SP
        RET
SCAN:
        PUSH    DPH
        PUSH    DPL
        PUSH    00
        MOV     A,#80H
;SET LINE
        CLR     P0.0
        CJNE    R3,#1,LINE2
        MOV     P1,#80H
        JMP     XLINE
LINE2:
        MOV     P1,#0C0H
XLINE:
        CALL    EPLUSE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     B,#16
        MOV     R0,#40H
L1:
        MOV     A,@R0
        CALL    WRITE
        INC     R0
        DJNZ    B,L1
        POP     00
        POP     DPL
        POP     DPH
        RET
INMEM:
;DPTR IS OFFSET DATA TO 40 ==> 4FH
        MOV     R2,#16
        MOV     R0,#40H
IN1:
        MOV     A,#0
        MOVC    A,@A+DPTR
        MOV     @R0,A
        INC     DPTR
        INC     R0
        DJNZ    R2,IN1
        RET
WRITE:
        PUSH    ACC
        SETB    P0.0
        POP     ACC
        MOV     P1,A
        CALL    EPLUSE
        CALL    WAITBF
        RET
EPLUSE:
SETB    P0.1
        PUSH    ACC
        MOV     A,#01
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL    DELAY_MS
        CLR     P0.1
        POP     ACC
        RET
WAITBF:
        PUSH    ACC
        MOV     A,#4
        CALL    DELAY_MS
        POP     ACC
        RET
INIT:
        CLR     P0.0
        MOV     P1,#01
        MOV     P1,#38H             ;DISPLAY 5*7 DOT 1 LINE
        CALL    EPLUSE
        CALL    WAITBF
        MOV     P1,#0FH
        CALL    EPLUSE
        CALL    WAITBF
        MOV     P1,#6
        CALL    EPLUSE
        CALL    WAITBF
        MOV     P1,#1
        CALL    EPLUSE
        CALL    WAITBF
        MOV     P1,#80H
        CALL    EPLUSE
        CALL    WAITBF
        RET
;------------------ DELAY SEC AND MS ----------------
DELAY_MS:
;MOV ANC  CALL 1.085 X 3 uS
        PUSH    ACC             ;2.170138889 uS
        PUSH    B               ;2.170138889 uS
        MOV     B,#231          ;2.170138889 uS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SATTN12:    DB "  THAICOM 1,2 "
SATTN13:    DB "  INTELSAT 505 "
SATTN14:    DB "  INTELSAT 507 "

TEXT1L1:    DB "  PLEASE WAIT   "
TEXT1L2:    DB " SET TO ORIGIN  "
TEXT2L1:    DB " NOW ORIGAN SET "
TEXT2L2:    DB "  EL=90 AZ=180  "
TEXT3L1:    DB " GOTO NEXT SATT "
TEXT3L2:    DB "                "
MODE1L1:    DB "AUTO SCAN SATT  "
MODE1L2:    DB "SELECT 1TO14 __ "
MODE2L1:    DB "MANUAL POSITION "
MODE2L2:    DB "NOW AZ=XXX EL=XX"
MODE2L11:   DB "NEW AZ=___ EL=__"
MODE3L1:    DB "   STEP MODE    "
MODE3L2:    DB "AZ=XXX     EL=XX"
MODE4L1:    DB "    SELECT      "
MODE4L2:    DB "NEW PRV=__ ST=__"
MODE4L3:    DB "NEW PRV=00 ST=__"
IN_MODEL1: DB "   SELECT MODE   "
IN_MODEL2: DB " 0  1  2  3  4 "

;---------- LOCATION SATT----------
AZMEM:      DB 127,132,137,144,151,160,170,197,207,218,238,240,251,255
ELMEM:      DB 064,066,068,070,072,073,074,073,072,070,061,060,047,038

COUNTRY: DB
000,112,066,000,115,068,000,119,071,000,124,074,000,131,076,000,141,078,000,153,079
COUNTRY01B: DB
000,197,080,000,214,079,000,228,076,000,248,066,000,249,064,001,002,051,001,005,041

COUNTRY02A: DB
000,126,063,000,130,065,000,135,067,000,141,069,000,149,071,000,157,072,000,166,073
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COUNTRY02B: DB

000,192,073,000,204,072,000,215,070,000,236,062,000,238,061,000,250,048,000,255,039

COUNTRY03A: DB

000,138,065,000,143,066,000,149,068,000,157,069,000,165,070,000,173,071,000,182,071

COUNTRY03B: DB

000,204,069,000,212,068,000,220,065,000,237,057,000,240,055,000,250,043,000,255,034

COUNTRY04A: DB

000,130,061,000,135,063,000,140,065,000,146,067,000,152,068,000,160,069,000,168,070

COUNTRY04B: DB

000,191,070,000,200,069,000,211,068,000,231,060,000,234,059,000,247,047,000,253,038

COUNTRY05A: DB

000,136,064,000,142,066,000,148,067,000,155,069,000,162,070,000,171,070,000,179,071

COUNTRY05B: DB

000,201,069,000,210,068,000,219,066,000,236,057,000,238,056,000,250,044,000,255,035

COUNTRY06A: DB

000,128,066,000,133,069,000,139,071,000,146,072,000,155,074,000,165,075,000,176,075

COUNTRY06B: DB

000,204,074,000,215,072,000,225,070,000,242,060,000,244,059,000,253,046,001,002,037

COUNTRY07A: DB

000,128,065,000,133,067,000,138,069,000,145,071,000,153,072,000,162,073,000,172,074

COUNTRY07B: DB

000,199,073,000,209,072,000,220,069,000,238,061,000,240,059,000,251,047,001,000,037

COUNTRY08A: DB

000,127,065,000,132,067,000,137,069,000,144,071,000,152,072,000,161,073,000,171,074

COUNTRY08B: DB

000,199,073,000,210,072,000,220,070,000,239,061,000,241,060,000,252,047,001,001,038

COUNTRY09A: DB

000,129,063,000,134,065,000,139,067,000,145,069,000,152,070,000,160,071,000,169,072

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COUNTRY09B: DB

000,194,072,000,204,071,000,214,069,000,234,061,000,237,059,000,249,047,000,254,038

COUNTRY10A: DB

000,134,064,000,139,066,000,145,068,000,151,069,000,159,070,000,168,071,000,177,071

COUNTRY10B: DB

000,200,070,000,209,069,000,218,067,000,236,059,000,238,057,000,250,045,000,255,036

COUNTRY11A: DB

000,118,065,000,122,067,000,127,070,000,132,072,000,140,074,000,149,076,000,160,077

COUNTRY11B: DB

000,194,077,000,209,076,000,222,074,000,242,065,000,244,063,000,254,050,001,003,040

COUNTRY12A: DB

000,112,066,000,115,068,000,119,071,000,124,074,000,131,076,000,141,068,000,153,079

COUNTRY12B: DB

000,197,080,000,214,079,000,228,076,000,248,066,000,249,064,001,002,051,001,005,041

COUNTRY13A: DB

000,133,059,000,137,061,000,142,063,000,148,064,000,154,066,000,161,067,000,168,068

COUNTRY13B: DB

000,188,068,000,197,067,000,206,066,000,227,059,000,229,058,000,244,047,000,250,038

COUNTRY14A: DB

000,112,067,000,115,069,000,119,072,000,124,074,000,132,077,000,142,079,000,156,080

COUNTRY14B: DB

000,203,080,000,219,079,000,232,076,000,250,065,000,251,064,001,003,050,001,006,040

COUNTRY15A: DB

000,127,067,000,133,069,000,139,071,000,147,073,000,156,074,000,166,075,000,178,076

COUNTRY15B: DB

000,206,074,000,217,072,000,226,070,000,243,060,000,245,059,000,254,046,001,002,036

COUNTRY16A: DB

000,130,061,000,135,063,000,140,065,000,145,066,000,152,068,000,159,069,000,167,070

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COUNTRY16B: DB

000,189,070,000,199,069,000,209,068,000,230,060,000,232,059,000,246,047,000,252,038

COUNTRY17A: DB

000,129,064,000,134,067,000,140,068,000,146,070,000,154,072,000,163,073,000,173,073

COUNTRY17B: DB

000,199,072,000,209,071,000,219,069,000,238,060,000,240,059,000,251,046,001,000,037

COUNTRY18A: DB

000,126,064,000,131,066,000,136,068,000,142,070,000,150,071,000,158,073,000,168,073

COUNTRY18B: DB

000,195,073,000,206,072,000,217,070,000,237,062,000,239,060,000,251,048,001,000,038

COUNTRY19A: DB

000,140,064,000,146,066,000,152,067,000,159,069,000,167,069,000,175,070,000,184,070

COUNTRY19B: DB

000,204,068,000,213,066,000,221,064,000,237,056,000,238,054,000,249,042,000,255,033

COUNTRY20A: DB

000,132,065,000,137,067,000,143,068,000,150,070,000,158,071,000,167,072,000,177,072

COUNTRY20B: DB

000,201,071,000,210,070,000,220,068,000,238,059,000,239,058,000,251,045,001,000,036

COUNTRY21A: DB

000,114,067,000,118,069,000,122,072,000,128,074,000,136,076,000,147,078,000,160,080

COUNTRY21B: DB

000,203,079,000,218,078,000,230,075,000,248,065,000,250,063,001,002,050,001,005,040

COUNTRY22A: DB

000,130,062,000,135,064,000,140,066,000,146,068,000,153,069,000,161,071,000,170,071

COUNTRY22B: DB

000,193,071,000,203,070,000,213,068,000,234,060,000,236,059,000,248,047,000,254,038

COUNTRY23A: DB

000,127,064,000,132,066,000,137,068,000,144,070,000,151,072,000,160,073,000,170,074

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COUNTRY23B: DB

000,196,073,000,207,072,000,218,070,000,237,061,000,239,060,000,251,047,001,000,038

COUNTRY24A: DB

000,111,070,000,115,072,000,120,075,000,126,077,000,136,080,000,150,081,000,170,082

COUNTRY24B: DB

000,220,080,000,233,078,000,242,074,000,254,063,000,255,062,001,005,048,001,008,038

COUNTRY25A: DB

000,136,061,000,141,062,000,146,064,000,152,065,000,159,067,000,166,067,000,173,068

COUNTRY25B: DB

000,193,067,000,202,066,000,210,065,000,230,058,000,232,056,000,245,045,000,251,036

COUNTRY26A: DB

000,138,063,000,144,064,000,150,066,000,156,067,000,163,068,000,171,069,000,179,069

COUNTRY26B: DB

000,200,068,000,208,067,000,216,064,000,234,057,000,236,055,000,248,043,000,253,034

COUNTRY27A: DB

000,134,065,000,140,067,000,146,069,000,153,070,000,162,072,000,171,072,000,180,072

COUNTRY27B: DB

000,204,071,000,213,069,000,222,067,000,239,058,000,241,057,000,251,044,001,000,035

COUNTRY28A: DB

000,128,064,000,132,066,000,138,068,000,144,070,000,152,071,000,160,073,000,170,073

COUNTRY28B: DB

000,196,073,000,207,072,000,218,070,000,237,061,000,239,060,000,251,047,001,000,038

COUNTRY29A: DB

000,122,065,000,126,067,000,131,069,000,137,071,000,145,073,000,154,075,000,165,076

COUNTRY29B: DB

000,196,075,000,208,074,000,220,072,000,240,063,000,242,062,000,253,049,001,002,039

COUNTRY30A: DB

000,129,065,000,134,067,000,140,069,000,147,070,000,154,072,000,164,073,000,173,073

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DD:
        DJNZ    B,$             ;500 uS AT 11.0592 MHZ
        DJNZ    B,$             ;500 uS AT 11.0592 MHZ
        DJNZ    ACC,DD          ;2.170138889 uS
        POP     B               ;2.170138889 uS
        POP     ACC             ;2.170138889 uS
        RET                     ;2.170138889 uS
DELAY_SEC:
        PUSH    ACC
        PUSH    B
        MOV     B,A
DDD:
        MOV     A,#246
        CALL    DELAY_MS        ;250 mS
        CALL    DELAY_MS        ;500 mS
        CALL    DELAY_MS        ;750 mS
        CALL    DELAY_MS        ;1000 mS
        DJNZ    B,DDD
        POP     B
        POP     ACC
        RET
;-------------------------------------------------
;------------ ROM TXT ----------------------------
ANG_SATT:  DB "AZ =XXX  EL=XXX"
SATTN1:    DB "  PALAPA B4  "
SATTN2:    DB "  CHINASAT 5  "
SATTN3:    DB " PALAPA  B2P "
SATTN4:    DB "CHINASAT DFH2-A2"
SATTN5:    DB "  PALAPA B2R "
SATTN6:    DB "  ASIASAT  1  "
SATTN7:    DB " STATSIONAR 21 "
SATTN8:    DB " STATSIONAR 14 "
SATTN9:    DB "  INSAT 2B   "
SATTN10:   DB " STATSIONAR  6 "
SATTN11:   DB "STATSIONAR  13 "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COUNTRY30B: DB

000,199,073,000,210,071,000,220,069,000,238,060,000,240,059,000,251,046,001,000,037

COUNTRY31A: DB

000,112,069,000,115,072,000,120,074,000,126,077,000,135,079,000,148,081,000,166,082

COUNTRY31B: DB

000,215,080,000,229,078,000,239,075,000,253,064,000,254,062,001,004,048,001,007,039

COUNTRY32A: DB

000,130,065,000,135,067,000,141,069,000,148,070,000,156,072,000,165,073,000,174,073

COUNTRY32B: DB

000,200,072,000,210,071,000,220,069,000,238,060,000,240,059,000,251,046,001,000,037

COUNTRY33A: DB

000,135,060,000,140,061,000,145,063,000,150,064,000,157,066,000,163,067,000,171,067

COUNTRY33B: DB

000,190,067,000,199,066,000,208,065,000,228,058,000,230,057,000,244,046,000,251,037

COUNTRY34A: DB

000,113,065,000,116,068,000,120,070,000,125,073,000,131,075,000,140,077,000,152,079

COUNTRY34B: DB

000,194,080,000,211,078,000,226,076,000,246,066,000,248,065,001,001,051,001,005,041

COUNTRY35A: DB

000,112,067,000,116,070,000,120,072,000,126,075,000,134,077,000,144,079,000,159,080

COUNTRY35B: DB

000,205,080,000,221,078,000,233,075,000,250,065,000,252,063,001,003,050,001,006,040

COUNTRY36A: DB

000,132,062,000,136,064,000,142,066,000,148,067,000,155,069,000,162,070,000,171,070

COUNTRY36B: DB

000,193,070,000,203,069,000,213,067,000,233,060,000,235,058,000,248,046,000,253,037

COUNTRY37A: DB

000,132,062,000,137,064,000,142,065,000,148,067,000,155,068,000,162,069,000,171,070

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COUNTRY37B: DB

000,193,070,000,202,069,000,212,067,000,232,060,000,234,058,000,247,046,000,253,037

COUNTRY38A: DB

000,125,064,000,129,066,000,134,068,000,141,070,000,148,072,000,157,073,000,167,074

COUNTRY38B: DB

000,195,074,000,207,073,000,218,071,000,238,062,000,240,061,000,251,048,001,000,039

COUNTRY39A: DB

000,133,063,000,138,065,000,143,066,000,150,068,000,157,069,000,165,070,000,174,071

COUNTRY39B: DB

000,196,070,000,206,069,000,215,067,000,234,059,000,236,058,000,248,046,000,254,037

COUNTRY40A: DB

000,134,061,000,139,062,000,144,064,000,150,066,000,156,067,000,163,068,000,171,068

COUNTRY40B: DB

000,192,068,000,201,067,000,210,066,000,230,059,000,232,057,000,245,046,000,252,037

COUNTRY41A: DB

000,111,065,000,114,068,000,118,071,000,123,073,000,129,075,000,138,078,000,150,079

COUNTRY41B: DB

000,194,080,000,212,079,000,227,077,000,248,067,000,249,065,001,002,051,001,005,042

COUNTRY42A: DB

000,137,065,000,142,066,000,149,068,000,156,069,000,164,070,000,172,071,000,181,071

COUNTRY42B: DB

000,203,069,000,212,068,000,220,066,000,237,057,000,239,056,000,250,044,000,255,034

COUNTRY43A: DB

000,132,058,000,136,060,000,141,062,000,146,063,000,152,065,000,158,066,000,165,067

COUNTRY43B: DB

000,184,067,000,193,067,000,203,066,000,225,060,000,227,058,000,242,047,000,249,039

COUNTRY44A: DB

000,140,065,000,146,067,000,153,068,000,160,070,000,169,070,000,177,071,000,186,071

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COUNTRY44B: DB

000,207,068,000,215,067,000,223,064,000,238,056,000,240,054,000,251,042,001,000,033

COUNTRY45A: DB

000,111,069,000,114,072,000,119,074,000,125,077,000,134,079,000,147,081,000,165,082

COUNTRY45B: DB

000,216,081,000,230,078,000,240,075,000,254,064,000,255,062,001,005,048,001,007,039

COUNTRY46A: DB

000,138,066,000,144,067,000,150,069,000,158,070,000,166,071,000,175,071,000,184,071

COUNTRY46B: DB

000,206,069,000,215,068,000,223,065,000,239,057,000,241,055,000,251,043,001,000,034

COUNTRY47A: DB

000,137,065,000,143,067,000,149,068,000,157,070,000,165,071,000,173,071,000,182,071

COUNTRY47B: DB

000,204,069,000,213,068,000,221,065,000,238,057,000,240,056,000,250,043,000,255,034

COUNTRY48A: DB

000,116,065,000,120,067,000,124,070,000,130,072,000,136,074,000,145,076,000,156,077

COUNTRY48B: DB

000,192,078,000,207,077,000,221,075,000,243,065,000,245,064,000,255,051,001,003,041

COUNTRY49A: DB

000,126,066,000,131,068,000,137,070,000,144,072,000,152,073,000,161,074,000,172,075

COUNTRY49B: DB

000,201,074,000,212,073,000,222,070,000,241,061,000,242,060,000,253,047,001,001,037

COUNTRY50A: DB

000,126,064,000,130,066,000,135,068,000,141,070,000,148,072,000,157,073,000,167,074

COUNTRY50B: DB

000,194,074,000,205,073,000,217,070,000,237,062,000,239,061,000,251,048,001,000,039

COUNTRY51A: DB

000,131,064,000,136,066,000,142,068,000,149,070,000,157,071,000,165,072,000,175,073

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COUNTRY51B: DB

000,200,072,000,209,070,000,219,068,000,237,060,000,239,058,000,250,046,001,000,037

COUNTRY52A: DB

000,133,060,000,138,062,000,143,064,000,148,065,000,155,066,000,162,068,000,169,068

COUNTRY52B: DB

000,190,068,000,199,068,000,208,066,000,229,059,000,231,058,000,245,046,000,251,038

COUNTRY53A: DB

000,133,059,000,137,061,000,142,063,000,148,065,000,154,066,000,160,067,000,168,068

COUNTRY53B: DB

000,188,068,000,197,067,000,207,066,000,227,059,000,230,058,000,244,047,000,251,038

COUNTRY54A: DB

000,136,062,000,141,064,000,146,066,000,153,067,000,160,068,000,168,069,000,176,069

COUNTRY54B: DB

000,197,069,000,206,067,000,215,065,000,233,058,000,235,056,000,247,045,000,253,036

COUNTRY55A: DB

000,137,066,000,143,068,000,150,070,000,158,071,000,166,072,000,176,072,000,185,072

COUNTRY55B: DB

000,208,070,000,216,068,000,224,066,000,240,057,000,242,055,000,252,043,001,001,034

COUNTRY56A: DB

000,140,064,000,146,066,000,152,067,000,159,069,000,167,069,000,175,070,000,184,070

COUNTRY56B: DB

000,205,068,000,213,066,000,221,064,000,237,056,000,238,054,000,249,042,000,255,033

COUNTRY57A: DB

000,112,068,000,115,071,000,120,073,000,126,076,000,134,078,000,146,080,000,162,081

COUNTRY57B: DB

000,210,080,000,225,078,000,236,075,000,252,065,000,253,063,001,004,049,001,007,039

COUNTRY58A: DB

000,110,068,000,113,070,000,117,073,000,122,076,000,130,078,000,141,080,000,156,082

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COUNTRY58B: DB

000,208,081,000,225,079,000,237,076,000,253,065,000,254,064,001,004,050,001,007,040

COUNTRY59A: DB

000,127,064,000,132,067,000,137,069,000,143,070,000,151,072,000,160,073,000,170,074

COUNTRY59B: DB

000,197,073,000,208,072,000,219,070,000,238,061,000,240,060,000,251,047,001,000,038

COUNTRY60A: DB

000,126,064,000,130,066,000,135,068,000,141,070,000,149,072,000,158,073,000,167,074

COUNTRY60B: DB

000,195,074,000,206,073,000,217,070,000,238,062,000,240,061,000,251,048,001,000,039

COUNTRY61A: DB

000,126,064,000,131,066,000,136,068,000,142,070,000,150,072,000,159,073,000,169,074

COUNTRY61B: DB

000,196,074,000,207,072,000,218,070,000,238,062,000,240,060,000,251,048,001,000,038

COUNTRY62A: DB

000,130,066,000,135,068,000,141,069,000,148,071,000,157,072,000,166,073,000,176,074

COUNTRY62B: DB

000,202,073,000,212,071,000,222,069,000,240,060,000,241,058,000,252,046,001,001,036

COUNTRY63A: DB

000,129,064,000,134,066,000,140,068,000,146,070,000,154,071,000,162,072,000,172,073

COUNTRY63B: DB

000,197,072,000,207,071,000,218,069,000,237,060,000,239,059,000,250,047,000,255,037

COUNTRY64A: DB

000,129,063,000,134,065,000,139,067,000,145,069,000,153,070,000,161,072,000,170,072

COUNTRY64B: DB

000,195,072,000,205,071,000,216,069,000,235,061,000,237,059,000,249,047,000,255,038

COUNTRY65A: DB

000,132,061,000,136,063,000,141,065,000,147,067,000,154,068,000,161,069,000,169,070

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COUNTRY65B: DB

000,191,070,000,201,069,000,211,067,000,231,060,000,233,058,000,246,047,000,253,038

COUNTRY66A: DB

000,128,063,000,132,065,000,138,067,000,144,069,000,151,071,000,159,072,000,169,073

COUNTRY66B: DB

000,194,073,000,205,071,000,216,069,000,236,061,000,238,060,000,250,047,000,255,038

COUNTRY67A: DB

000,115,066,000,119,068,000,123,071,000,129,073,000,136,075,000,146,077,000,158,078

COUNTRY67B: DB

000,197,079,000,213,077,000,226,075,000,246,065,000,247,064,001,000,050,001,004,040

COUNTRY68A: DB

000,135,066,000,140,068,000,147,069,000,154,071,000,163,072,000,172,072,000,182,073

COUNTRY68B: DB

000,206,071,000,215,069,000,223,067,000,239,058,000,241,056,000,252,044,001,000,035

COUNTRY69A: DB

000,137,063,000,142,065,000,148,067,000,154,068,000,162,069,000,170,070,000,178,070

COUNTRY69B: DB

000,200,069,000,208,067,000,217,065,000,235,057,000,236,056,000,248,044,000,254,035

COUNTRY70A: DB

000,129,063,000,133,066,000,139,068,000,145,069,000,152,071,000,161,072,000,170,073

COUNTRY70B: DB

000,195,072,000,206,071,000,216,069,000,236,061,000,238,059,000,250,047,000,255,038

COUNTRY71A: DB

000,139,066,000,145,068,000,152,069,0001,59,070,000,168,071,000,177,071,000,186,071

COUNTRY71B: DB

000,208,069,000,216,067,000,224,065,000,239,056,000,241,055,000,251,042,001,000,033

COUNTRY72A: DB

000,138,063,000,143,065,000,149,066,000,156,068,000,163,069,000,171,069,000,179,070

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
COUNTRY72B: DB
000,200,068,000,209,067,000,217,065,000,235,057,000,237,056,000,248,044,000,254,035

COUNTRY73A: DB
000,133,061,000,138,063,000,143,065,000,149,066,000,155,067,000,163,068,000,171,069
COUNTRY73B: DB
000,192,069,000,201,068,000,211,066,000,230,059,000,233,058,000,246,046,000,252,037

COUNTRY74A: DB
000,129,063,000,134,065,000,139,067,000,145,068,000,152,070,000,160,071,000,169,072
COUNTRY74B: DB
000,193,072,000,203,070,000,214,069,000,234,061,000,236,059,000,249,047,000,254,038

COUNTRY75A: DB
000,138,067,000,144,068,000,151,070,000,159,071,000,168,072,000,178,072,000,187,072
COUNTRY75B: DB
000,209,070,000,217,068,000,225,065,000,241,056,000,242,055,000,252,042,001,001,033

;--------TABLE KEY ----------------------
TABLE_KEY:  DB 1,4,7,7FH,2,5,8,0,3,6,9,0FFH
;---------------------------------------
END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 256 x 8-Bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-Bit Timer/Counters
- Eight Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low Power Idle and Power Down Modes

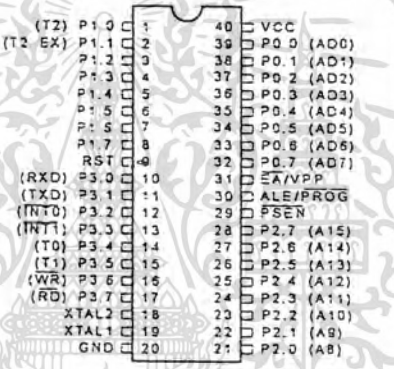
Description

The AT89C52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard 80C51 and 80C52 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C52 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

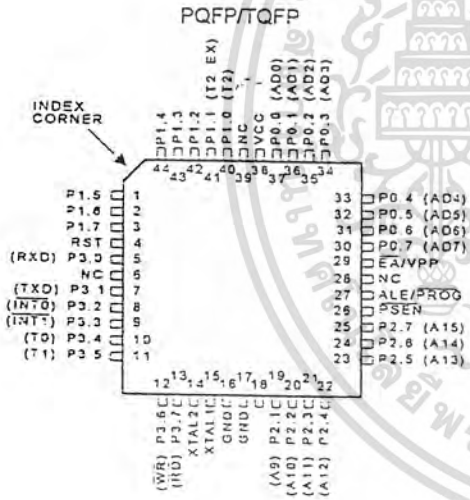
(continued)

Pin Configurations

PDIP



PQFP/TQFP



68PLCC

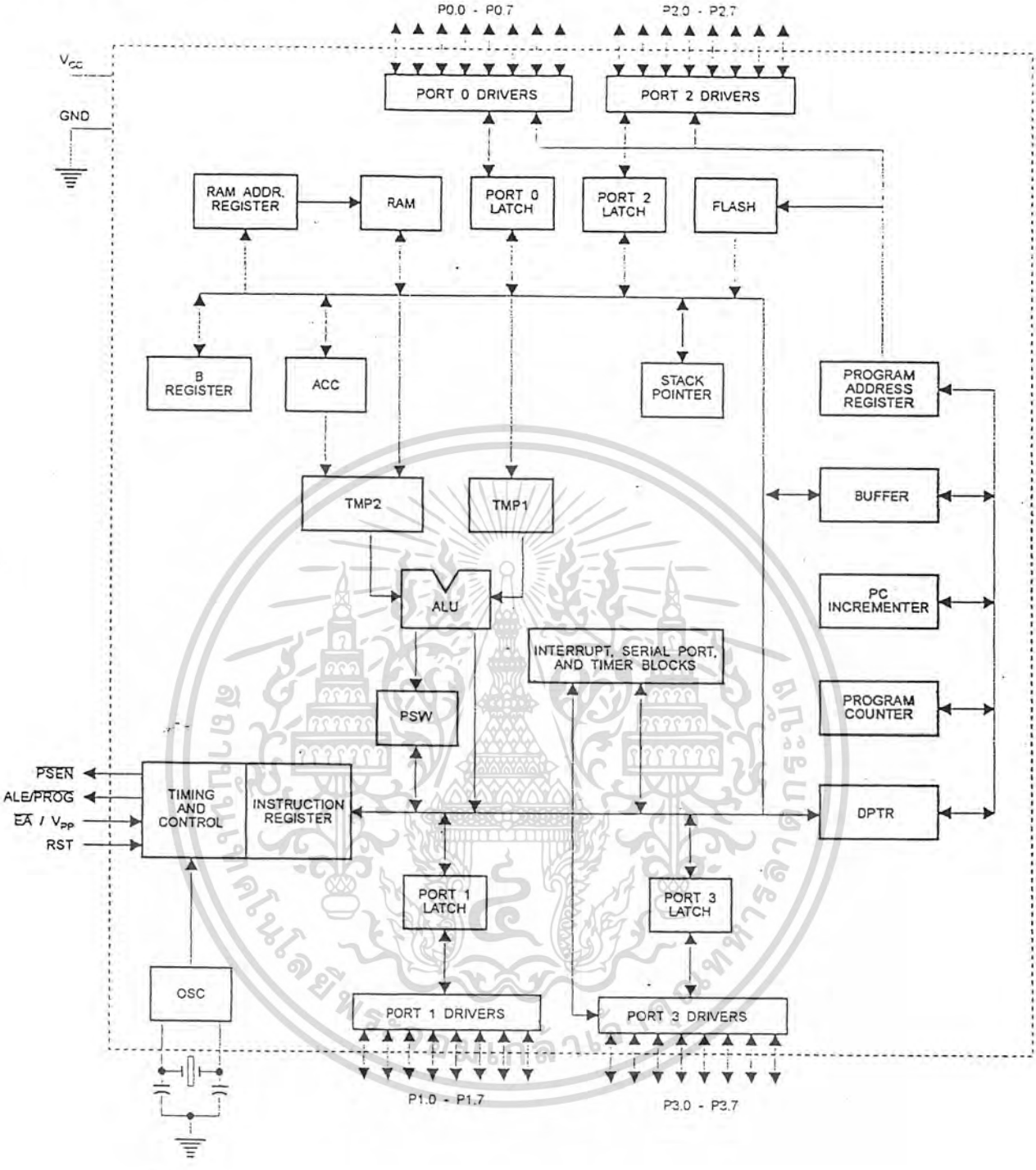
8-Bit Microcontroller with 8K Bytes Flash

AT89C52

0313F-A–12/97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89C52 provides the following standard features: 8K bytes of Flash, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89C52 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

V_{CC}
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 0
Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1
Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

In addition, P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively, as shown in the following table.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)

Port 2
Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3
Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51, as shown in the following table.

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

RST
Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/$\overline{PROG}$
Address Latch Enable is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

$\overline{PSEN}$

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89C52 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{EA}$/V_{PP}

External Access Enable. $\overline{EA}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{EA}$ will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming when 12-volt programming is selected.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89C52 SFR Map and Reset Values

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000								0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000			0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XX000000								0BFH
0B0H	P3 11111111								0B7H
0A8H	IE 0X000000								0AFH
0A0H	P2 11111111								0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111								97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000			8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DPL 00000000	DPH 00000000				PCON 0XXX0000	87H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

$\overline{PSEN}$

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89C52 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{EA}$/V_{PP}

External Access Enable. $\overline{EA}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{EA}$ will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming when 12-volt programming is selected.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89C52 SFR Map and Reset Values

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000							0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000		0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XX000000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0X000000							0AFH
0A0H	P2 11111111							0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000		8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DPL 00000000	DPH 00000000			PCON 0XXX0000	87H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 1.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

Timer 2 Registers: Control and status bits are contained in registers T2CON (shown in Table 2) and T2MOD (shown in Table 4) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16-bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

Interrupt Registers: The individual interrupt enable bits are in the IE register. Two priorities can be set for each of the six interrupt sources in the IP register.

Table 2. T2CON—Timer/Counter 2 Control Register

T2CON Address = 0C8H — Reset Value = 0000 0000B

Bit Addressable

Bit	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/$\overline{T2}$	CP/$\overline{RL2}$
	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
TF2	Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1.
EXF2	Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and EXEN2 = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (DCEN = 1).
RCLK	Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 3. RCLK = 0 causes Timer 1 overflow to be used for the receive clock.
TCLK	Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 3. TCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the transmit clock.
EXEN2	Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX.
TR2	Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer.
C/$\overline{T2}$	Timer or counter select for Timer 2. C/$\overline{T2}$ = 0 for timer function. C/$\overline{T2}$ = 1 for external event counter (falling edge triggered).
CP/$\overline{RL2}$	Capture/Reload select. CP/$\overline{RL2}$ = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/$\overline{RL2}$ = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow.

Data Memory

The AT89C52 implements 256 bytes of on-chip RAM. The upper 128 bytes occupy a parallel address space to the Special Function Registers. That means the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are physically separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions that use direct addressing access SFR space.

For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, #data
```

Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 1.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

Timer 2 Registers: Control and status bits are contained in registers T2CON (shown in Table 2) and T2MOD (shown in Table 4) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16-bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

Interrupt Registers: The individual interrupt enable bits are in the IE register. Two priorities can be set for each of the six interrupt sources in the IP register.

Table 2. T2CON—Timer/Counter 2 Control Register

T2CON Address = 0C8H — Reset Value = 0000 0000B

Bit Addressable

Bit	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/$\overline{T2}$	CP/$\overline{RL2}$
	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
TF2	Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1.
EXF2	Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and EXEN2 = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (DCEN = 1).
RCLK	Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 3. RCLK = 0 causes Timer 1 overflow to be used for the receive clock.
TCLK	Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 3. TCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the transmit clock.
EXEN2	Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX.
TR2	Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer.
C/$\overline{T2}$	Timer or counter select for Timer 2. C/$\overline{T2}$ = 0 for timer function. C/$\overline{T2}$ = 1 for external event counter (falling edge triggered).
CP/$\overline{RL2}$	Capture/Reload select. CP/$\overline{RL2}$ = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/$\overline{RL2}$ = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow.

Data Memory

The AT89C52 implements 256 bytes of on-chip RAM. The upper 128 bytes occupy a parallel address space to the Special Function Registers. That means the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are physically separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions that use direct addressing access SFR space.

For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, #data
```

Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้