สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุดจำลองเครื่องควบคุมจานรับสัญญาณดาวเทียม

GEOSTATIONARY SATTELLITE ANTENNA POSITIONER

โดย

นาย จิระเดช พิเศษสุทธิกุล

นาย ธีรยุทธ ตุนภรณ์

นาย สายัณห์ ไพรัตนากร

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 86857
วัน,เดือน,ปี 16 ส.ค. 2552

b 10892874
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ชุดจำลองเครื่องควบคุมจานรับสัญญาณดาวเทียม Geostationary sattellite antenna positioner
จัดทำโดย	นาย จิระเดช พิเศษสุทธิกุล รหัส 39013269 นาย ธีรยุทธ ตุนภรณ์ รหัส 39013273 นาย สายัณห์ ไพรัตนากร รหัส 39013296
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์
ภาควิชา	เทตนิคอุตสาหกรรม
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2541

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
( )

---------- กรรมการ
( )

---------- กรรมการ
( )

---------- กรรมการ
( )

---------- กรรมการ
( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชุดจำลองเครื่องควบคุมจานรับสัญญาณดาวเทียม

โดย	นาย จิระเดช พิเศษสุทธิกุล รหัส 39013269
	นาย ธีรยุทธ ตุนภรณ์ รหัส 39013273
	นาย สายัณห์ ไพรัตนากร รหัส 39013296
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์. ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์
ปีการศึกษา	2541

บทคัดย่อ

ในโครงงานนี้ได้นำเอาสเต็ปปิ้งมอเตอร์มาใช้งานในด้านการเปลี่ยนทิศทางในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้ง หรือการเปลี่ยนแปลงในแนวมุมกวาดและในแนวมุมเงย เพื่อใช้สำหรับควบคุมทิศทางของจานรับสัญญาณดาวเทียมค้างฟ้า ให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการโดยในที่นี้ขนาดของมุมกวาดจะเป็นไปในลักษณะของการหมุนได้โดยรอบตัวซึ่งจะมีมุมขนาด 360 องศา ส่วนมุมที่อยู่ในลักษณะของมุมเงยนั้นจะมีขนาดเพียง 90 องศา โครงงานนี้จะสามารถแบ่งออกตามหน้าที่การ ทำงานได้เป็นสองส่วน คือ ส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์ (SOFT WARE) ซึ่งเป็นส่วนของโปรแกรมที่ใช้สำหรับสั่งงานหรือควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยในที่นี้เราจะใช้ภาษาแอสเซมบลี้ที่ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-89C52 และ ส่วนที่เป็น ฮาร์ดแวร์ (HARDWARE) ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นเมคคานิค ซึ่งได้แก่ระบบการหมุนของจานรับสัญญาณดาวเทียมโดยในส่วนนี้จะใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นตัวควบคุมในการเคลื่อนที่ วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (STEPPING DRIVER) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (CONTROLER BOARD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GEOSTATIONARY SATELLITE ANTENNA POSITIONER

BY MR. JIRADATE PHISASSUTTIGUL CODE 39013269

MR.TEERAYUTH TUNPORN CODE 39013273

MR. SAYAN PHAIRATTANAKORN CODE 39013296

ADVISER MR.PRADIT WATTCHARAPIBOOL

YEAR 1998

ABSTRACT

This project is used stepping motor for changes in direction horizontally and vertically as well as azimuth angle and elevation angle. This project 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 project consist of 2 parts ,software is designed for rotating of motor to desirable direction and the assembly language which 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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จากความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ของ อาจารย์ ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นกับโครงงานจนสำเร็จด้วยดีตลอดมา รวมทั้งเพื่อนร่วมสถาบันและพี่ๆที่ให้คำแนะนำและได้รับการช่วยเหลือในการทำโครงงาน

ท้ายนี้ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ บิดา - มารดา และคณะอาจารย์ทุกท่านที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

จิระเดช พิเศษสุทธิกุล

ธีรยุทธ ตุนภรณ์

สายัณห์ ไพรัตนากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	
กิตติกรรมประกาศ	
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 สเต็ปปิ้งมอเตอร์	4
2.1.1ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	4
2.1.2 โหมดการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	11
2.1.3 กราฟแสดงคุณลักษณะของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	13
2.1.4 วิธีการกระตุ้นเฟส	14
2.2 ความเป็นมาของดาวเทียมบนฟากฟ้า	16
2.2.1 ความถี่ขาขึ้นและขาลง	16
2.2.2 ช่องสัญญาณของดาวเทียม	16
2.2.3 ฟุตปริ้นท์	18
2.2.4 ดาวเทียมไทยคม 1 และ ดาวเทียมไทยคม 2	18
2.2.5 ดาวเทียมเอเชียแซท	21
2.2.6 ดาวเทียมปาลาปา	21
2.2.7 ดาวเทียมไชนาแซท	22
2.2.8 ดาวเทียมอินเทลแซท	22
2.2.9 ดาวเทียมสเตชันนาร์	23
2.3 ศึกษาวิธีการติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียม	24
2.3.1 ชนิดของดาวเทียม	24
2.3.2 ดาวเทียมค้างฟ้าส่วนใหญ่ใช้สำหรับ	25
2.3.3 ฟีดฮอร์น	27
2.3.4 อุปกรณ์ขยายสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ	27
2.3.5 TRANSPONDER	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 ชนิดขั้วคลื่นสัญญาณจากดาวเทียม 29
2.3.7 ตำแหน่งดาวเทียม 31
2.3.8 ความแรงของสัญญาณจากดาวเทียม 31
2.3.9 จานรับสัญญาณดาวเทียม 33
2.3.10 กำลังขยาย (Gain) ของสายอากาศ 35
2.3.11 วิธีการติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียม 37
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 52
2.4.1 คุณลักษณะพื้นฐานของ 8051 53
2.4.2 หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051 54
2.4.3 หน่วยความจำโปรแกรมภายใน 56
2.4.4 หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก 56
2.4.5 หน่วยความจำข้อมูลของ 8051 57
2.4.6 หน่วยความจำข้อมูลภายใน 58
2.4.7 หน่วยความจำข้อมูลภายนอก 63
2.4.8 พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตของ 8051 64
2.4.9 พอร์ตแบบขนานของ 8051 64
2.4.10 โครงสร้างการทำงานของพอร์ต 8051 65
2.4.11 การใช้งานพอร์ตเป็นการอินพุต 66
2.4.12 การใช้งานพอร์ตเป็นการเอาต์พุต 66
2.4.13 การอินเตอร์รัปต์ของ 8051 66
2.4.14 โครงสร้างการอินเตอร์รัปต์ 67
2.4.15 การควบคุมอินเตอร์รัปต์ 69
2.4.16 การจัดการอินเตอร์รัปต์ 69
2.4.17 การอินเตอร์รัปต์ภายนอก 71
2.4.18 วงจรนับ/จับเวลา 72
2.4.19 การอินเตอร์รัปต์ของวงจรนับ/จับเวลา 73
2.4.20 การทำงานเป็นตัวจับเวลา 74
2.4.21 การทำงานเป็นตัวนับสัญญาณ 77
2.4.22 การอินเตอร์รัปต์ของการสื่อสารอนุกรม 78
2.4.23 กระบวนการรับและส่งข้อมูลอนุกรมของ 8051 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง 79
3.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 79
3.2 วงจร แหล่งจ่ายไฟ 84
3.3 บอร์ดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ 85
3.4 บอร์ดควบคุม สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ชุดขับจานในแนว เงย 92
3.5 จอแสดงผล 94
3.6 ชุดเมคคานิค 106
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 108
4.1 การทดลอง 108
4.2 ผลการทดลอง 114
บทที่ 5 บทสรุป 117
เอกสารอ้างอิง 119
ภาคผนวก ก
ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

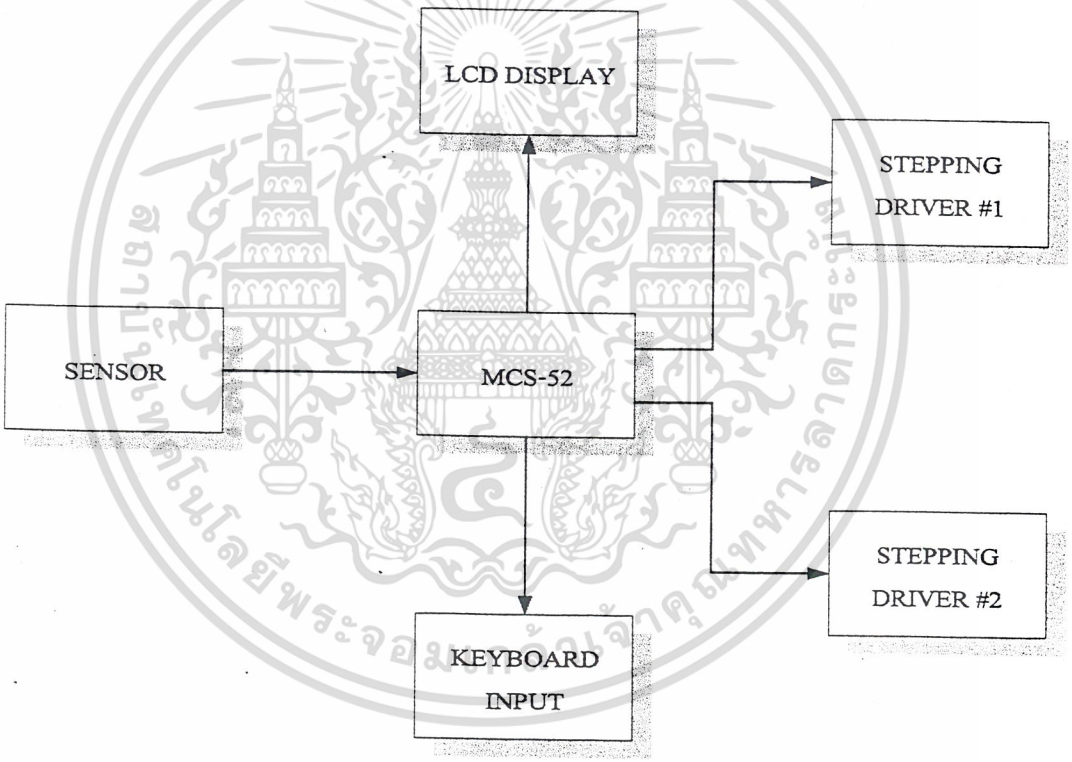
เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้น ในอดีตจะมีการใช้ประโยชน์กันในวงแคบๆ เช่น การสำรวจทรัพยากรธรณี การสำรวจภูมิอากาศ และเทคโนโลยีทางการทหารแต่หลังจากนั้นได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีดาวเทียมมาใช้ในการสื่อสารมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากการนำมาใช้ในงานทางด้านการสื่อสารโทรศัพท์ ระบบการรับ ส่งข้อมูล ภาพและเสียง ซึ่งเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง 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 โดนในที่นี้จะทำการกำหนดค่าตำแหน่งของดาวเทียมที่ต้องการ ทั้งสิ้น 9 ดวงด้วยกันหน่วยความจำนี้จะต้องเป็นหน่วยความจำที่สามารถโปรแกรมข้อมูลเข้าไปใหม่ได้ เพราะเมื่อเราต้องการย้ายชุดควบคุมนี้ไปติดตั้งในที่แห่งใหม่ จะทำให้ตำแหน่งดาวเทียมเปลี่ยนแปลงไป จะต้องกำหนดค่าใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



รูปที่ 1.1 BLOCKDIAGRAM แสดงระบบการทำงาน

หน้าที่การทำงานของแต่ละส่วนของ Block diagram มีดังต่อไปนี้

1. เมนบอร์ด (Main Board) เป็นชุดควบคุม ซึ่งประกอบด้วย MCS 89C52 ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบโดยเป็นตัวรับสัญญาณ จากคีย์บอร์ด และ เซ็นเซอร์ เพื่อส่งสัญญาณไปควบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุมชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ทั้งชุดขับมุมกวาด (AZIMUTH) และ ชุดขับมุม เงย (ELEVATION) ตลอดจนส่งสัญญาณไปควบคุมให้ จอแสดงผล (LCD MODULE) แสดงผลการทำงานที่ได้

2. คีย์บอร์ด (KEY BOARD) เป็นอุปกรณ์สำหรับป้อน INPUT คือดาวเทียมที่ต้องการ ตลอดจนการ SET ค่าเริ่มต้นต่างๆ เพื่อส่งสัญญาณให้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ชุดขับ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (STEPPING MOTER)

สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นมอเตอร์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลทางไฟฟ้าไปเป็นการเคลื่อนที่ทางกลดังนั้นการติดต่อกับอุปกรณ์ดิจิตอลเป็นไปโดยง่ายและวงจรขยายกำลังจากสัญญาณดิจิตอล (DIGITAL POWER AMPLIFIER) ที่ใช้ก็มีราคาถูกกว่าวงจรขยายกำลังเชิงเส้นอีกด้วย อีกทั้งการออกแบบวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถทำได้ง่ายกว่าวงจรควบคุมมอเตอร์แบบเซอร์โว และยังสามารถออกแบบวงจรสเต็ปปิ้งมอเตอร์หยุดการทำงานได้อย่างทันทีทันใดอีกด้วย

2.1.1ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

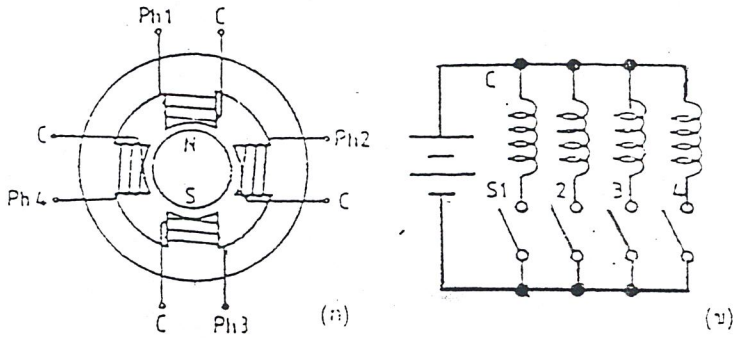
สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบ่งตามมาตรฐานได้ 3 แบบ คือ

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

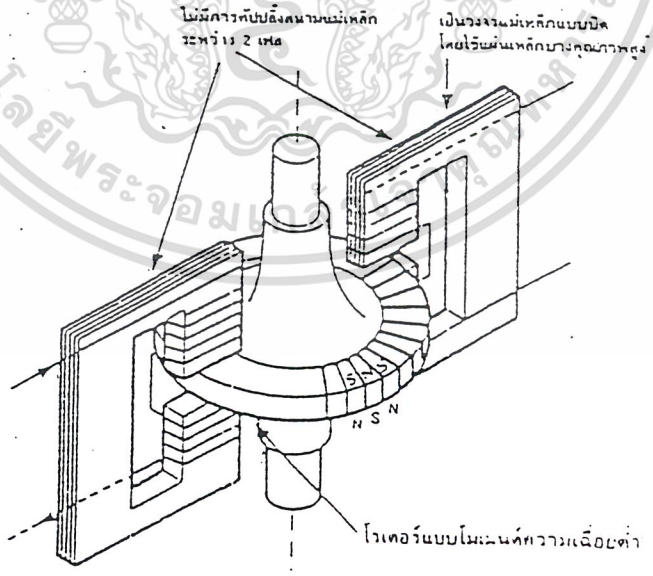
ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตมีโครงสร้างแบบเรียบไม่มีซี่ขั้วแม่เหล็กและบนโรเตอร์จะเป็นแบบแม่เหล็กถาวร การควบคุมทำได้โดยการป้อนกระแสกระตุ้นที่ขดลวดบนสเตเตอร์ แบบ 4 เฟสจะมีขั้วแม่เหล็กอยู่ 4 ขั้ว ซึ่งมีคอยล์พันอยู่แยกจากกัน ขั้วแม่เหล็กถาวรจะถูกแรงดึงดูดจากขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวด และโรเตอร์จะอยู่คงที่ที่ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์นั้นถึงแม้ว่าจะไม่ป้อนกระแสไฟฟ้าอีกต่อไป ทำให้เกิดแรงยึดหน่วงขึ้น สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้มีข้อดีในเรื่องของความถูกต้องของตำแหน่ง และความเร็วมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

ชนิดไฮบริดเป็นชนิดที่นิยมใช้งานมากที่สุด โดยเฉพาะนำมาใช้งานอย่างมากในอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ชนิดมีโครงสร้างภายในซึ่งได้จาก การรวมเอาโครงสร้างของสเตเตอร์ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ และโครงสร้างของโรเตอร์จากเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตมาประกอบเข้าด้วยกันจึงทำให้เป็นมอเตอร์ที่มีแรงยึดหน่วงสูง มีแรงบิดดึงและผลักได้ดีซึ่งมีความคงที่และทำงานได้ดีถึงแม้ว่าจะมีสเต็ปต่อรอบในการหมุนสูง

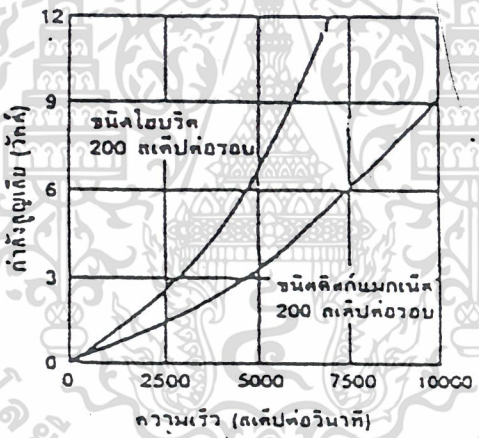


รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบใหม่อีกชนิดหนึ่งที่กล่าวถึงอีกเล็กน้อยคือ ชนิดที่ปรับปรุงมาจากชนิดเพอมาเนนต์แมกเน็ตนั่นคือ ชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แม็กเน็ตดังแสดงโครงสร้างในรูปที่ 2.2 หรือที่เรียกกันว่าชนิดดิสค์แมกเน็ตสเต็ปปิ้งมอเตอร์

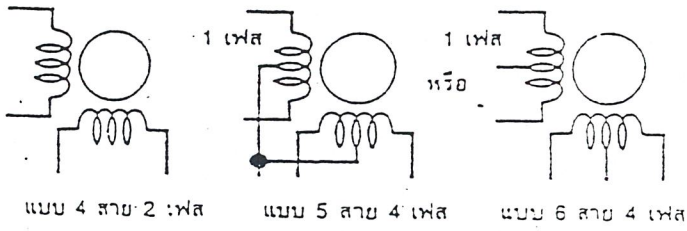
โครงสร้างของโรเตอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้มีลักษณะเป็นแผ่นซึ่งยึดติดกับเพลาของมอเตอร์การทำงานของมอเตอร์ยังคงเป็นเช่นเดิม แต่ด้วยโครงสร้างแบบใหม่นี้จะทำให้เกิดโมเมนต์ของความเฉื่อยต่ำมาก, มีอัตราเร่งสูง มอเตอร์ชนิดนี้จึงจัดเป็นอีกชนิดหนึ่ง และมันก็มีประสิทธิภาพสูงอีกหลายอย่างเช่น แรงบิดดึง, กำลังทางกลที่ได้ของมอเตอร์, ความถูกต้องของตำแหน่งสูงมาก และความเร็วในการเริ่มหมุนและหยุดสูง อีกทั้งยังมีความสูญเสียของกำลังต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงกราฟข้อมูลการสูญเสียกำลังงานไฟฟ้าและความเร็วในการหมุนโดยเปรียบเทียบระหว่างสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดไฮบริดและชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



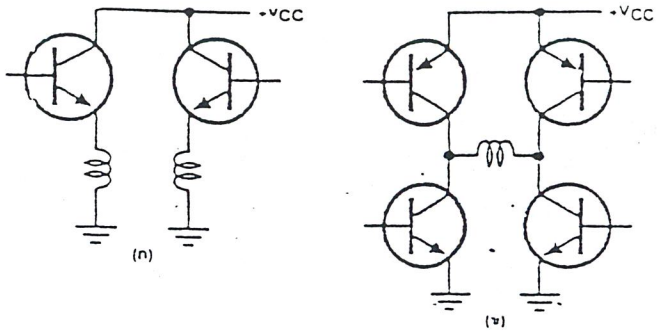
รูปที่ 2.4 แสดงการพันขดลวดของสเตเตอร์ด้านซ้ายเป็นแบบไบโพลาร์และที่เหลือเป็นแบบยูนิโพลาร์

สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบไบโพลาร์มีการพันขดลวด 1 ขดแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนสเตเตอร์ถูกกำหนดโดยทิศทางของกระแสไฟฟ้า และสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามได้โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งการกำหนดทิศทางไหลและกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้าทำได้โดยการใช้วงจรสวิตช์ชิ่งกลับขั้วไฟฟ้า

สำหรับยูนิโพลาร์จะมีการพันขดลวด 2 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ซึ่งแต่ละขดจะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามกัน

การกลับขั้วแม่เหล็กเปลี่ยนไปมาทำได้โดยการสวิตช์กระแสไฟฟ้าจากขดลวดขดหนึ่งไปยังอีกขดลวดหนึ่งแทนเท่านั้น โดยปกติขดลวดทั้งสองจะมีการเชื่อมต่อกันหรือมีจุดร่วมเพื่อลดจำนวนของสายไฟที่ต่อกับมอเตอร์ วงจรกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ทำได้ง่ายกว่าไบโพลาร์ เพราะมันต้องการเพียงสวิตช์ธรรมดาในการเปิดปิดกำลังไฟฟ้าขดลวดบนสเตเตอร์ในทิศทางที่ต้องการให้หมุนได้ทันที รูปที่ 2.5 แสดงวงจรการจ่ายไฟฟ้าซึ่งทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตชิ่งให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีการพันขดลวดทั้งสองแบบ จะเห็นว่าแบบยูนิโพลาร์เป็นวงจรที่ง่ายและไม่ซับซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

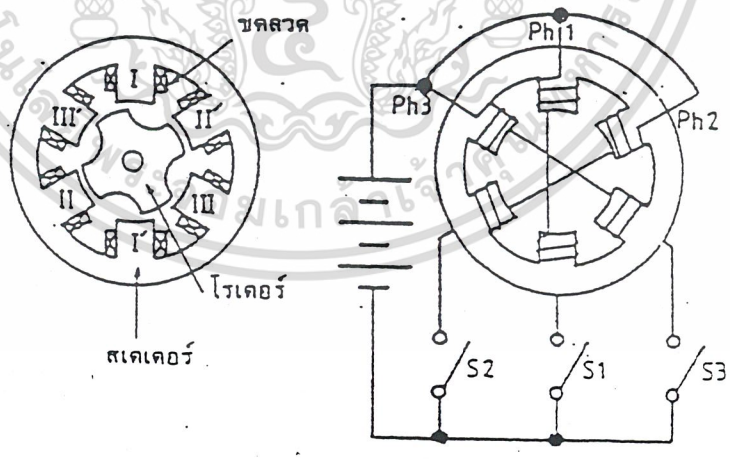


รูปที่ 2.5 แสดงการจ่ายไฟฟ้าให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

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



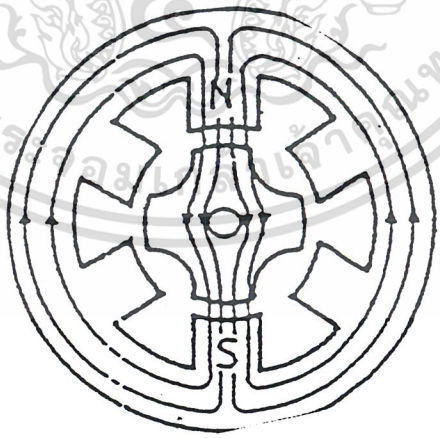
รูปที่ 2.6 ภาพหน้าตัดและการพันขดลวดของวาริเอเบิลรีลักแตนซ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 3 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 1

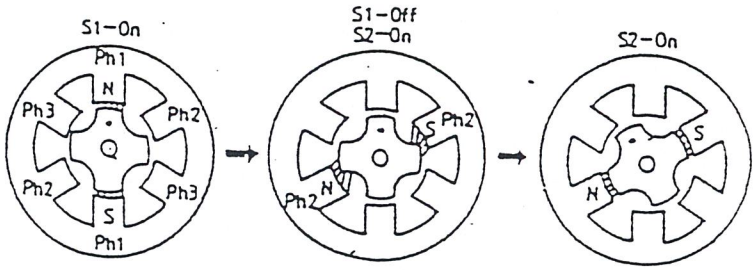
$S = 360/\theta_s = mNr$

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



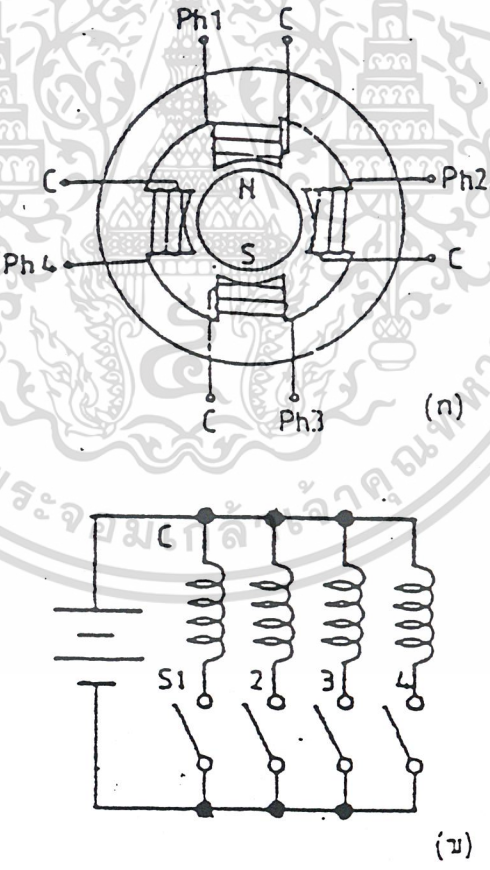
รูปที่ 2.7 แสดงเส้นแรงแม่เหล็กและกระตุ้นเฟส 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



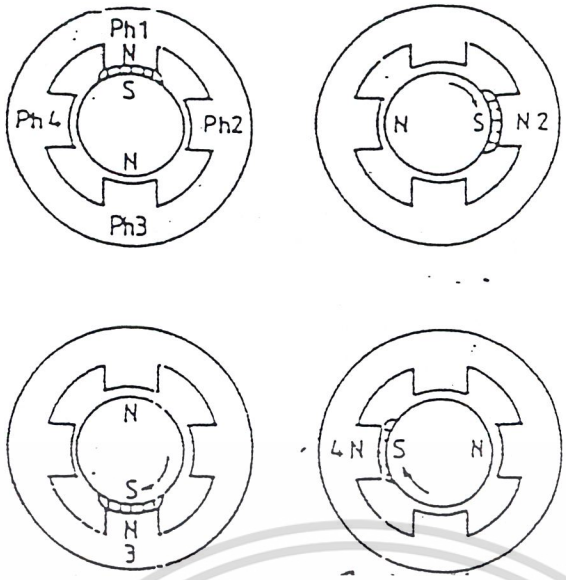
รูปที่ 2.8 แสดงขั้นตอนการหมุนของ VR สเต็ปปิ้งมอเตอร์เมื่อมีการกระตุ้นเฟส 1 ไปยังเฟส 2

สำหรับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดเพอร์มาเนนต์แนกเน็ต หรือ PM จะมีข้อแตกต่างสำคัญจาก VR สเต็ปปิ้งมอเตอร์ คือ โรเตอร์จะเป็นแบบแม่เหล็กถาวรการพันขดลวดจึงจะต้องมีความแตกต่างกันออกไปซึ่งแสดงดังรูป



รูปที่ 2.9 ก) ภาพหน้าตัดของ PM มอเตอร์แบบ 4 เฟส
ข) วงจรกระตุ้นเฟสพื้นฐานของ PM มอเตอร์ 4 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ลำดับขั้นตอนการหมุน 4 เฟส

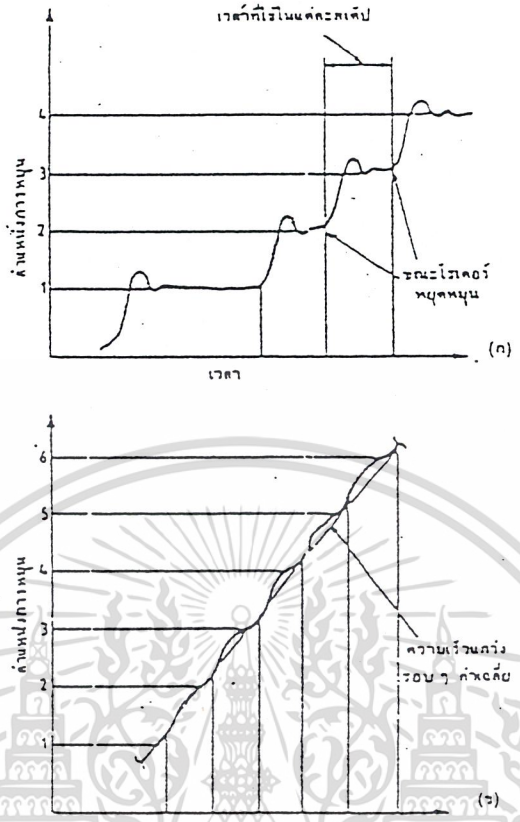
จากรูป ก) จะเห็นว่าสเตเตอร์ในแต่ละขั้วจะมีขดลวดพันอยู่ ซึ่งถือว่าแต่ละขั้วคือหนึ่ง ดังนั้นจากรูปจึงมีทั้งหมด 4 เฟส ด้วยกัน สำหรับการต่อวงจรกระตุ้นเฟสอย่างง่ายแสดงไว้ในรูป ข) จะเห็นว่าปลายขดลวด (c) จะต่อร่วมกันถึงขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟดังนั้นเมื่อเกิดการกระตุ้นที่เฟสใดแล้วขั้วสเตเตอร์ที่เฟสนั้นจะกลายเป็นขั้วเหนือ 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 การหมุนเป็นสเต็ป ดังแสดงที่รูป ก) ซึ่งเป็นตัวอย่างการนำไปใช้เป็นเครื่องตอกบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงการหมุนในโหมดการทำงาน

ก) หมุนเป็นสเต็ป

ข) หมุนต่อเนื่อง

การทำงานคร่าว ๆ ก็คือสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะเป็นตัวส่งแถบกระดาษเข้าไปในเครื่องปรุกระดาษซึ่งการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะเป็นการหมุนไปแล้วหยุดชั่วขณะ เพื่อปรุกระดาษให้เรียบร้อยก่อนแล้วค่อยหมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการจะเจาะใหม่

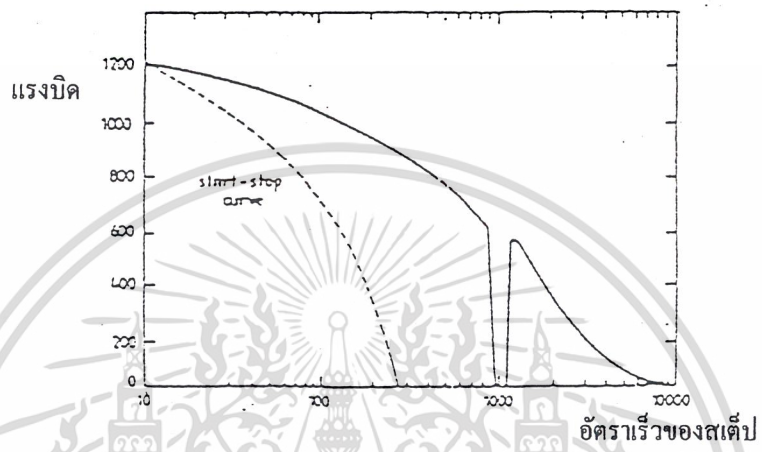
ถ้าเพิ่มความเร็วของการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้เร็วขึ้นและเป็นไปอย่างต่อเนื่องไม่มีการหยุดนิ่งจะเรียกการทำงานนี้ว่า การหมุนแบบต่อเนื่อง ดังแสดงในรูป ข) ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ ระหว่างความเร็วรอบของมอเตอร์ (n) กับอัตราเร็วของสเต็ป (f) และจำนวนสเต็ปทั้งหมด (S) ได้ดังสมการที่ 2

$$n = 60\ f / s$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 กราฟแสดงคุณลักษณะของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

กราฟแสดงคุณลักษณะของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของสเต็ปกับแรงบิดดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของสเต็ปกับแรงบิดของการทำงาน ทั้ง 2 โหมด

สำหรับกราฟเส้นประเรียกว่า Start Stop Curve หรือ Single Step Load Curve เป็นกราฟที่อยู่ในโหมดการหมุนแบบสเต็ป และเป็นกราฟที่แสดงถึงย่านของแรงบิดที่มอเตอร์สามารถเริ่มและหยุดหมุนได้ โดยปราศจากความผิดพลาดแม้ที่อัตราเร็วของสเต็ปต่าง ๆ กัน และกราฟอีกเส้นหนึ่งคือ Slew Curve ซึ่งทำงานอยู่ในโหมดการหมุนต่อเนื่องจะเป็นกราฟที่แสดงถึงแรงบิดสูงสุดที่สเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถทำได้ที่อัตราเร็วของสเต็ปต่าง ๆ กัน ถ้ามีการใช้งานสเต็ปปิ้งมอเตอร์เหนือกราฟอันนี้ก็อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้งานอยู่ภายใต้กราฟนี้แม้จะควบคุมแบบระบบเปิดก็มั่นใจได้ว่าทั้งตำแหน่งและความเร็วมีความเที่ยงตรงแน่นอน โดยตำแหน่งของมอเตอร์สามารถคำนวนได้จากสมการ

มุมที่เปลี่ยนไป = มุมใน 1 สเต็ป * จำนวนของพัลซ์ที่ป้อนให้

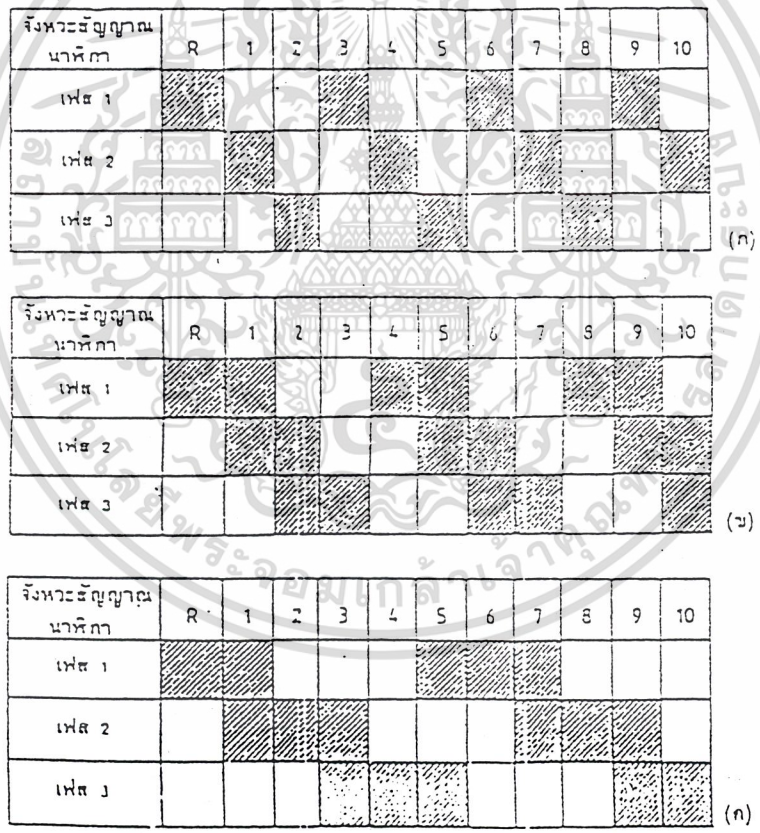
ส่วนความเร็วสามารถหาได้จากสมการที่ 2

สำหรับช่วงที่เส้นกราฟหายไปของ Slew Curve ซึ่งเป็นจุดอ่อนสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการพิจารณาเพื่อใช้งานเพราะช่วงนี้เป็นช่วงที่ไม่เสถียรและควบคุมไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 วิธีการกระตุ้นเฟส

การที่จะทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่องเหมือนการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นต้องมีการจ่ายกระแสพัลซ์เป็นลำดับอย่างต่อเนื่อง วิธีการที่จะกระตุ้นแบบเฟสมีด้วยกันหลายวิธีแต่จะอธิบายวิธีที่ใช้กันมากเริ่มจากแบบแรก คือ การกระตุ้นแบบเฟสเดียวSingle Phase Excitation เป็นการกระตุ้นเฟสเพียงเฟสเดียวเท่านั้นที่สัญญาณนาฬิกาหนึ่ง ๆ แบบที่ 2 เป็นการกระตุ้น แบบเฟสคู่ Two Phase Excitation ก็จะมีการกระตุ้นเฟส 2 เฟส พร้อมกันในจังหวะสัญญาณนาฬิกาหนึ่ง ๆ สำหรับแบบสุดท้ายเป็นการกระตุ้นแบบกึ่งสเต็ป Half StepExcitation จะเป็นการรวมเอาทั้งสองแบบเข้าด้วยกัน โดยจะทำการกระตุ้นเฟสทั้งสองแบบสลับกันไป ซึ่งลักษณะของการกระตุ้นเฟสทั้งสามแบบสามารถดูได้จากรูป



รูปที่ 2.13 ตารางการกระตุ้นเฟส

ก) แบบเฟสเดียว Single Phase

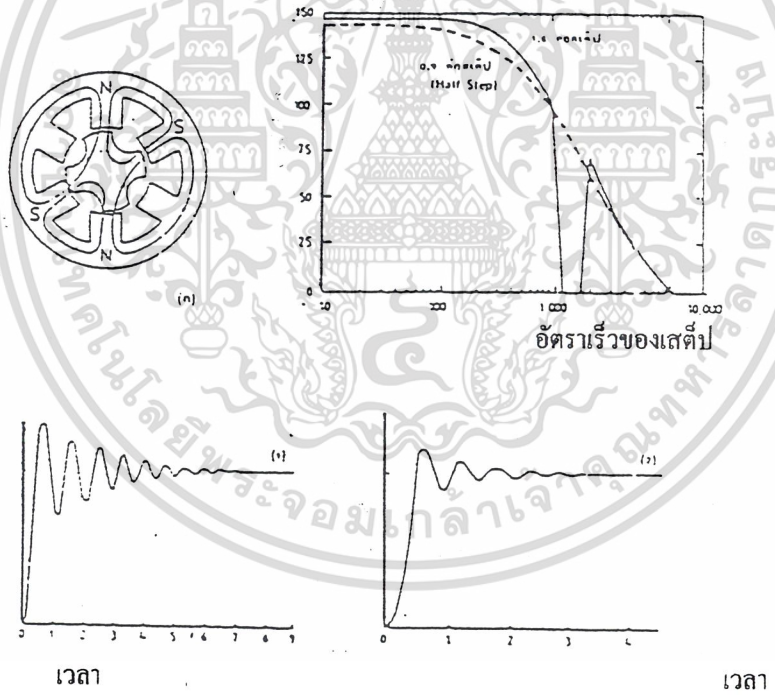
ข) แบบเฟสคู่ Two Phase

ค) แบบกึ่งสเต็ป Half Phase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการกระตุ้นเฟสแบบเฟสคู่จะมีทิศทางของเส้นและแรงแม่เหล็กไม่เป็นเส้นตรงเหมือนกับการกระตุ้นแบบเฟสเดียว ดังแสดงในรูป ก) แต่ถึงกระนั้นค่าของมุมที่เปลี่ยนไปในหนึ่งสเต็ปก็ยังคงมีค่าเท่าเดิมเหมือนกับการกระตุ้นแบบเฟสเดียว สำหรับการกระตุ้นแบบกึ่งสเต็ปค่ามุมที่เปลี่ยนไปในหนึ่งสเต็ปจะมีค่าลดลงครึ่งหนึ่ง การกระตุ้นแบบเฟสคู่จะมีแรงบิดที่มากกว่าการกระตุ้นแบบเฟสเดียว ขณะเดียวกันยังสามารถเข้าถึงตำแหน่งได้รวดเร็วกว่าดังแสดงไว้ในรูป ข)

ข้อดีอีกอย่างหนึ่งของการกระตุ้นเฟสแบบกึ่งสเต็ปก็คือสามารถลดผลกระทบจากความถี่ในย่านรีโซแนนซ์ได้ แต่ที่ความถี่ต่ำ ๆ จะมีแรงบิดลดลง ดังแสดงไว้ในรูป ค) และสำหรับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับทิศทางของลำดับเฟสที่ถูกกระตุ้นด้วย



รูปที่ 2.14 ก) แสดงเส้นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กในการกระตุ้นแบบเฟสคู่
ข) แสดงการเข้าตำแหน่งของโรเตอร์ที่สเต็ปหนึ่ง ๆ ของแบบ
(1) กระตุ้นแบบเฟสเดียว
(2) กระตุ้นแบบเฟสคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ความเป็นมาของดาวเทียมบนฟากฟ้า

Exploring the satellite Galaxy

" อาเธอร์ ซี. คลาค " (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

2.2.1 ความถี่ขาขึ้นและขาลง

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

2.2.2 ช่องสัญญาณของดาวเทียม

ดาวเทียมทุกดวงที่ใช้อยู่นี้จะมีช่องสัญญาณซึ่งเรียกว่าทรานสปอนเดอร์ (Transponder) ซึ่งมีหลายๆ รูปแบบเพื่อใช้ในการสื่อสารลักษณะต่างๆ กัน ดาวเทียมดวงหนึ่งๆ สามารถจะมีทรานสปอนเดอร์ได้มากถึง 24 ช่องสัญญาณ หรืออาจจะมากกว่าเพื่อใช้ในงานต่างๆได้อย่างครบถ้วน โดยที่แต่ละช่องสามารถใช้ถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์ได้หนึ่งสัญญาณหรือสามารถรับ ส่งสัญญาณ

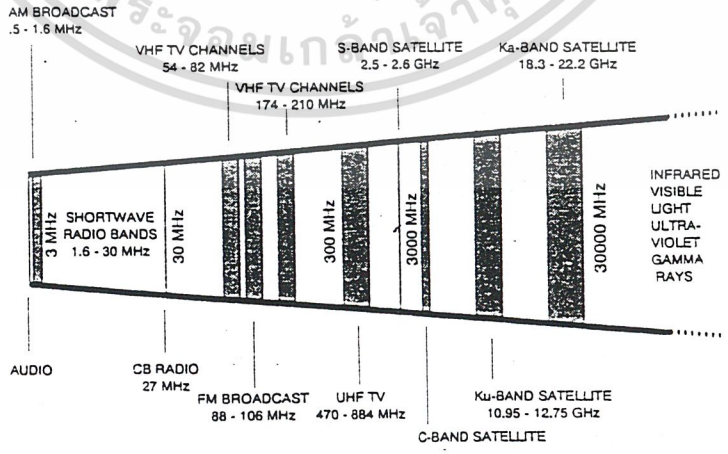
เอกสาร[illegible]ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โทรศัพท์พูดติดต่อพร้อมกันได้เป็นจำนวนหลายๆ 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 ภายในประเทศของเราซึ่งในระยะเวลาอันใกล้นี้ประเทศไทยและประเทศเกาหลีใต้ก็จะส่งของตนเองขึ้นสู่วงโคจรและใช้ความถี่ในย่านนี้เช่นกัน คือย่าน 10.95 - 12.75 GHz ในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ต่างๆ ลงมาสู่ที่พักอาศัยของประชาชนโดยตรงเช่นกัน ความถี่ดังกล่าวจะเรียกว่า “ความถี่ย่าน Ku-band”



รูปที่ 2.15 แถบความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

86857

2.2.3 ฟุตปริ้นท์ (Footprint)

ส่วนที่เป็นสายอากาศของดาวเทียม จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณโทรทัศน์ลงมายังพื้นโลกให้มีรูปร่างเฉพาะตัวได้ ตัวอย่างเช่น หากต้องการส่งสัญญาณโทรทัศน์มายังประเทศไทยโดยเฉพาะก็ออกแบบสายอากาศของดาวเทียมให้มีลำคลื่น (Beam) ครอบคลุมเฉพาะประเทศไทย โดยลำคลื่นจะออกมาครอบคลุมพื้นที่ของประเทศไทยให้มากที่สุด ลักษณะของลำคลื่นที่ออกแบบไว้ให้ครอบคลุมเฉพาะที่ที่ต้องการนี้เรียกว่า ฟุตปริ้นท์ โดยดาวเทียมแต่ละดวงจะมีฟุตปริ้นท์เป็นลักษณะเฉพาะตัวของตัวเอง ซึ่งพื้นที่ที่จะได้รับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดีหรือแรงที่สุดจะอยู่ในส่วนที่เรียกว่าศูนย์กลาง (Center) ของฟุตปริ้นท์ หากหลุดออกไปจากศูนย์กลางนี้ความแรงของสัญญาณก็จะลดน้อยลง ผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่เป็นศูนย์กลางของฟุตปริ้นท์นี้เช่น กรุงเทพฯ และจังหวัดใกล้เคียงสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมด้วยจานรับสัญญาณที่มีขนาดเล็กกว่าผู้ที่อาศัยอยู่ภายนอกศูนย์กลางออกไป เช่น ผู้ที่อาศัยอยู่ในประเทศกลุ่มอินโดจีนอาจจะต้องใช้จานรับสัญญาณดาวเทียมขนาด 10 ฟุต เพื่อรับสัญญาณที่มีคุณภาพ ของภาพชัดเจนเท่ากันกับผู้ทีอาศัยอยู่ในประเทศไทย 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 "

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(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
	C4-3.840 GHz
	C5-3.880 GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ค้แก่ ช่อง 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 ประเทศสหรัฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อเมริกาก็ได้เช่าทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียมปาลาปา B2P ในการถ่ายทอดรายการข่าวมายังทวีปเอเชีย ซึ่งแต่เดิมส่งสัญญาณภาพ เป็นระบบ NTSC แต่ในปัจจุบันนี้ได้เปลี่ยนมาเป็น ระบบ Pal แล้ว

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 และสามารถรับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ภายในทวีปเอเชีย 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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ศึกษาวิธีการติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียม

การติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียม

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ดาวเทียมค้างฟ้าส่วนใหญ่ใช้สำหรับ

1. เพื่อการสื่อสาร เรียกว่าดาวเทียมสื่อสาร (COMMUNICATION SATELLITE: CS)

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

ย่านความถี่ในการสื่อสารสัญญาณผ่านดาวเทียม

แต่เดิมสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศได้กำหนดเรียกชื่อย่านวิทยุ ในช่วงความถี่สูง ดังนี้

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

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

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

ปัจจุบันมีการกำหนดชื่อ ย่านความถี่วิทยุที่ใช้เพื่อการโทรคมนาคมกับดาวเทียมสื่อสาร สำหรับส่งสัญญาณกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ ข้อมูลการสำรวจ และอื่นๆ มาให้สถานีคมนาคมภาคพื้นดินดังนี้

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

ตารางที่ 2.1 แสดงแถบความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

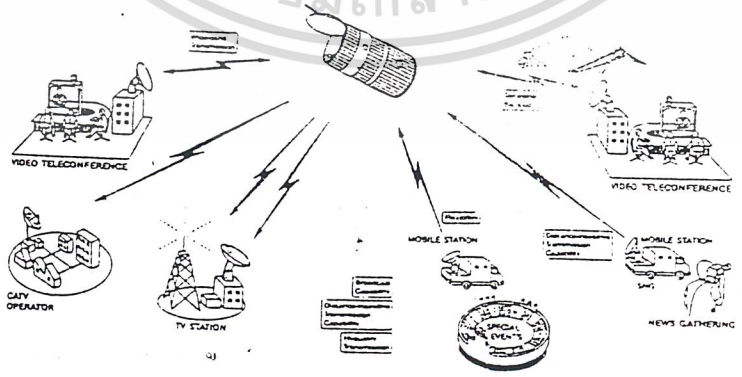
คลุมพื้นที่ได้หลายประเทศ จึงเหมาะสมกับประเทศที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ แต่ว่าก็ทำให้เกิดข้อเสียคือความเข้มของสัญญาณจะต่ำลง การรับสัญญาณจะต้องใช้จานขนาดใหญ่ เช่น 4-12 ฟุต สัญญาณจึงจะมีความชัดเจน

ย่าน KU -BAND

ความถี่สำหรับ ขาขึ้น 12.75-14.8GHz เฉลี่ย 13.0GHz

ความถี่สำหรับ ขาลง 10.7-12.3GHz เฉลี่ย 11GHz

แบบนี้สัญญาณครอบคลุมพื้นที่ได้น้อย จึงเหมาะสมสำหรับการส่งสัญญาณเฉพาะภายในประเทศและสัญญาณมีความเข้มสูง ใช้จานรับขนาดเล็กประมาณ 40-80cm.ก็รับสัญญาณได้ดี



รูปที่ 2.16 แสดงการถ่ายทอดสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ฟีดฮอร์น

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

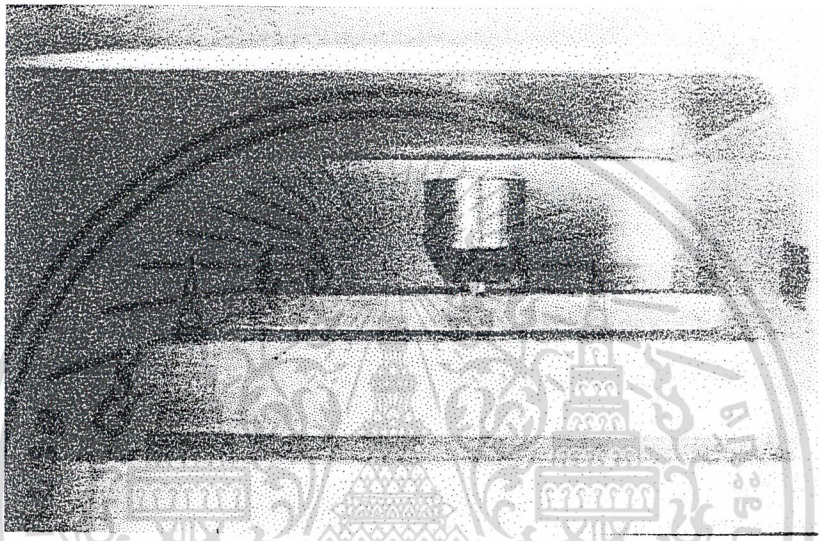
สำหรับวิธีการพิจารณาเลือกใช้งานให้ถูกต้องและได้ผลดีนั้น ในทางปฏิบัติคือ ตัวฟีดจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับชนิดของจานที่เราเลือกใช้ สำหรับจานรับสัญญาณที่มีห้องจานตื้นสามารถใช้งานได้ดีที่สุดกับฟีดมาตรฐานใดก็ได้ ขณะที่แบบที่มีห้องจานลึกอาจจะต้อง ใช้ฟีดแบบพิเศษ หรืออาจต้องมีอะแดปเตอร์ริงซึ่งมีลักษณะเป็นวงแหวนเข้ามาช่วย 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 โดยเราจะถือว่าเป็นขั้นตอนแรกที่มีการขยายสัญญาณเกิดขึ้นภายในเฮาท์ของ LNB จะมีโพรบเล็กๆชิ้นหนึ่ง ความยาวไม่ถึง 1 นิ้ว อยู่อันหนึ่ง ซึ่งจริงๆ แล้วเป็นสายอากาศที่เรโซแนนท์กับสัญญาณที่มีความถี่ที่ส่งมาจากดาวเทียมนั่นเอง เมื่อรับสัญญาณมาแล้ว จะทำการส่งต่อโดยการคับปลิ้งเข้าไปยังวงจรขยายทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งแน่นอนว่าสัญญาณรบกวนจะเกิดขึ้นภายในวงจรอิเล็กทรอนิกส์นี้ด้วย โดย LNB จะขยายสัญญาณรบกวนนี้พร้อมกับสัญญาณที่ต้องการ แล้วส่งผ่านไปยังขั้นตอนต่อไป ซึ่งในขั้นตอนนี้ LNB จะต้องสามารถควบคุมระดับของสัญญาณรบกวนนี้ให้มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



รูปที่ 2.17 แสดงโพรบซึ่งเป็นเสมือนสายอากาศเล็กๆ ภายในฟีดฮอร์น

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

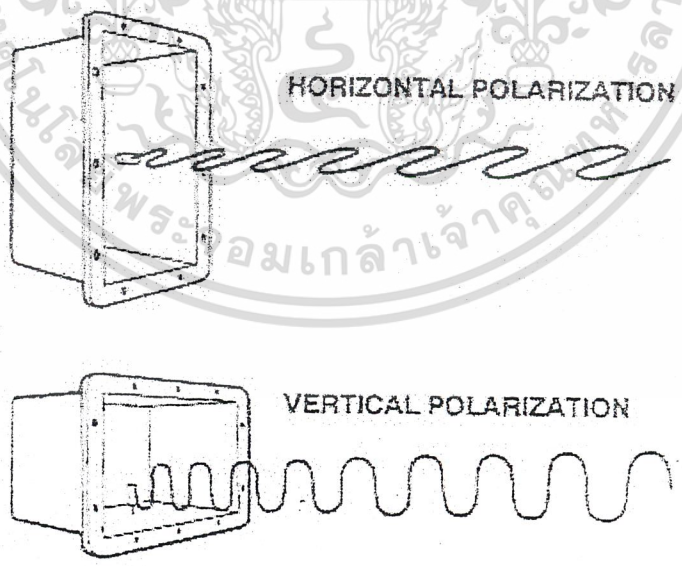
2.3.6 ชนิดขั้วคลื่นสัญญาณจากดาวเทียม

ที่ใช้กันจะมีอยู่ 2 แบบคือแบบ Linear Polarization ซึ่งประกอบด้วย สองแบบคือ แบบแนวแกนตั้งและ แบบแนวแกนนอน และ แบบที่สองคือ แบบวงกลม

2.3.6.1 Linear Polarization

แบ่งออกเป็นแบบแนวแกนตั้ง และ แบบแนวแกนนอน

สัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียมที่ใช้กันภายในประเทศ เช่น เอเชียแซท หรือ ปาลาปา ส่งโดยการใช้สายอากาศที่มีขั้วการเดินทางของคลื่นสัญญาณทั้งที่เป็นแนวตั้งและแบบแนวนอน ดังนั้น การที่เราจะรับสัญญาณให้ได้ดีที่สุด โพรบหรือแกนรับสัญญาณที่อยู่ภายใน LNB ต้องอยู่ในระนาบเดียวกันกับขั้วการเดินทางของคลื่นที่สายอากาศของดาวเทียมหรือทรานสปอนเดอร์ส่งลงมาด้วยถ้าหากโพรบดังกล่าวไม่แมทช์กับขั้วคลื่นของทรานสปอนเดอร์ดาวเทียมแล้ว สัญญาณก็จะเกิดการสูญเสียไปอย่างมาก หรือถ้าตรงกันข้ามกันเลย จะทำให้ไม่สามารถรับสัญญาณทั้งหมดได้ ซึ่งขั้วของโพรบใน LNB สามารถหมุนได้โดยใช้ Polarizer หรือถ้าหากไม่มี Polarizer ก็ต้องใช้การหมุนที่ตัว LNB โดยตรง



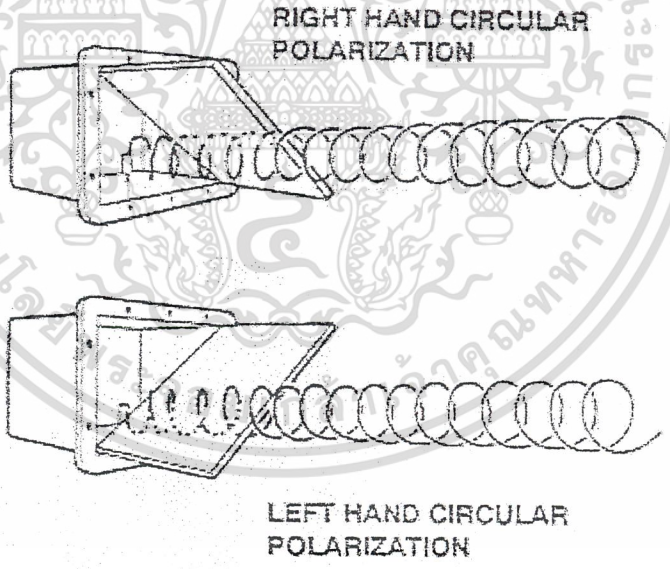
รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะของสัญญาณที่มีขั้วคลื่นแบบเชิงเส้น ทั้งแนวตั้งและแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 2.19 แสดงการรับคลื่นที่มีขั้วคลื่นวงกลม Circular Polarization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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)

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

ความแรงของสัญญาณ EIRP=10log (Effective Power)

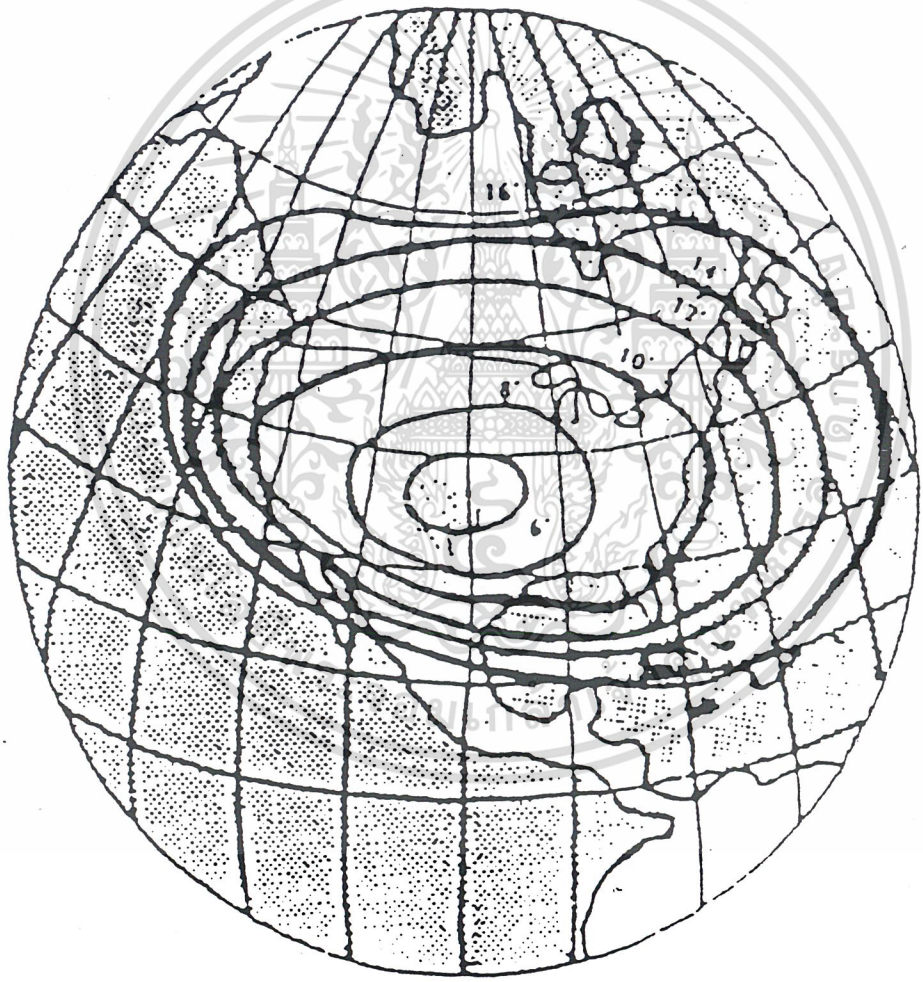
ดาวเทียมที่ใช้ความถี่ย่าน C-band มักมีกำลังส่งค่อนข้างต่ำประมาณ 8-16 วัตต์เท่านั้น จึงต้องใช้จานรับสัญญาณค่อนข้างใหญ่ แต่ว่ามีข้อดีคือสัญญาณจะแผ่ครอบคลุมพื้นดินที่ได้กว้างมากรวมทั้งสามารถตั้งมุมยิงของสายอากาศ ให้มีจุดศูนย์กลางของสัญญาณเน้นความเข้มไว้สองจุดก็ได้เช่นมีความแรงที่ศูนย์กลางของลำคลื่น 37 dBw เมื่อกำลังส่ง 11 วัตต์ (ดาวเทียมไทยคม)

ส่วนดาวเทียมในย่าน KU-BAND ส่งสัญญาณด้วยกำลังส่งปานกลางคือ 20-50 วัตต์ตัวอย่างเช่นของดาวเทียมไทยคมมีกำลังส่ง 47 วัตต์ ความแรงที่ศูนย์กลางลำคลื่น 51 dBw แต่ว่ามีเพียงบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศ เช่น ญี่ปุ่นใช้เครื่องส่งกำลังสูงมากๆ ประมาณ 80-100 วัตต์ และล่าสุดจะส่งถึง 200 วัตต์ จานสายอากาศจึงเล็กมาก เช่นเส้นผ่าศูนย์กลางเพียง 1.5 ฟุต ก็สามารถรับสัญญาณได้แล้ว

ฟุตปริ้นท์ของสัญญาณดาวเทียมทำให้ขนาดจานในแต่ละพื้นที่ไม่เท่ากัน ตรงศูนย์กลางของลำคลื่นสัญญาณแรงใช้จานขนาดเล็กก็พอ แต่พออยู่ในพื้นที่ไกลออกไปลำคลื่นจะจางลงก็ต้องใช้จานขนาดใหญ่ขึ้น การใช้แผนที่ ฟุตปริ้นท์ และตารางประกอบ ทำให้สามารถหาจานรับสัญญาณขนาดเหมาะสมกับการใช้งานในตำแหน่งที่เราอยู่



รูปที่ 2.20 แสดงฟุตปริ้นท์สัญญาณดาวเทียมทำให้ขนาดจานแต่ละพื้นที่ไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติจานรับสัญญาณดาวเทียม

2.3.9 จานรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Antenna Dish)

จานรับสัญญาณดาวเทียม มีรูปทรงโค้งพาราโบลาแบบกะทะทำด้วยโลหะ มีหน้าที่สะท้อนสัญญาณคลื่นความถี่ที่ส่งมาจากดาวเทียมไปรวมตัวกันที่ ฟีดฮอร์น (Feed Horn) หรือที่เรียกว่าตัวรวมสัญญาณ ดังนั้นจานใหญ่จึงรวมสัญญาณหรือมีอัตราการขยายมากกว่าจานขนาดเล็ก ตัวจานมีทั้งแบบทึบ (Solid) และแบบโปร่ง (Mesh) ในจานขนาดเท่ากันจานทึบจะสะท้อนสัญญาณได้ดีกว่า แต่ว่าจานโปร่งจะนิยมใช้กันมากกว่าเนื่องจากไม่ต้านลม และน้ำหนักเบากว่า การติดตั้งในที่สูงๆ ควรคำนึงถึงระบบป้องกันฟ้าผ่าด้วยการสะท้อนคลื่นจากจานไปยัง ฟีดฮอร์น

ตัวรวมสัญญาณ ฟีดฮอร์นจะต้องติดตั้งอยู่ตรง ที่คลื่นสะท้อนจากจานแล้วไปรวมกันที่จุด ซึ่งเรียกว่า จุด Focal Point จุดนี้จะอยู่ตรงไหน ขึ้นอยู่กับรูปร่างของจาน เช่น (ดูรูปประกอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.9.1 จานแบบ CENTER FOCUS หรือ PRIME FOCUS หรือ CENTER FEED

แบบนี้ ฟีดฮอร์นจะอยู่ที่ด้านหน้าและตรงจุดศูนย์กลางขนาดของจานแบบนี้จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 1-2 เมตร โดยมีประสิทธิภาพของจานสายอากาศประมาณ 60%

ฟีดฮอร์น และ LNB จะมีขายึดติดกับส่วนบนของผิวจานโดยขาทั้งหมดยึดติดเข้ากับวงแหวน (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)

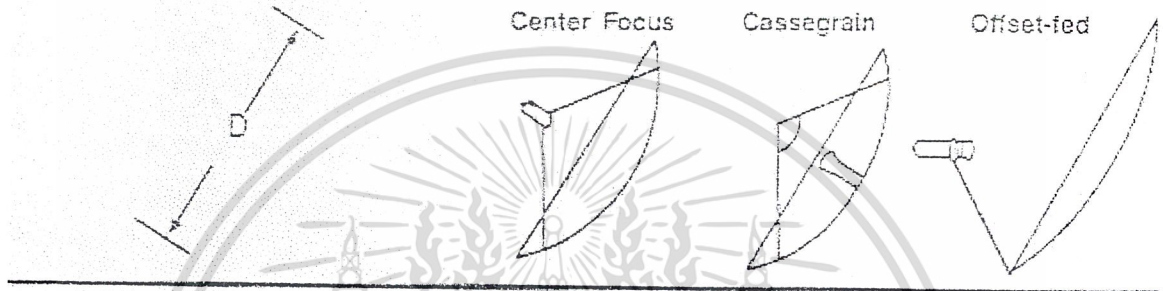
แบบนี้มักใช้ในเชิงพาณิชย์เพื่อการส่งสัญญาณขาขึ้นและขาลงที่จานจะมีตัวสะท้อนคลื่นย่อย (Sub Reflector) นอกเหนือจากการสะท้อนที่ตัวจานโดยการติดตั้งอยู่ที่จุด Focus หน้าที่ของตัวสะท้องคลื่นย่อยนี้ก็คือ ทำหน้าที่รวมเอาสัญญาณที่ได้รับจากตัวจานใหญ่ครั้งหนึ่งก่อน แล้วจึงส่งไปยังฟีดฮอร์น ที่ติดอยู่ตรงกลางของพื้นผิวจาน 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟีดฮอร์นที่ใช้กับจานรับสัญญาณแบบ Offset Fed นี้ จะมีปากหรือช่องแตกต่างจากฟีดฮอร์นที่ใช้กับจานแบบ Center Focus โดยช่องของ ฟีดฮอร์นค่อนข้างจะบานออกเพื่อลดความกว้างของลำคลื่น (Beam Width) ให้เล็กลง ซึ่งจำเป็นอย่างมากเนื่องจากจานมีขนาดเล็กลง เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ทั้งหมดของพาราโบลิก หากนำเอา ฟีดฮอร์นแบบธรรมดามาใช้จะมีการขยายสัญญาณรบกวนจากภาคพื้นดินเข้าไปด้วย



	Center Focus	Cassegrain	Offset-fed
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสม	$D > 20\lambda$	$D > 75\lambda$	$D > 10\lambda$
ประสิทธิภาพต่อพื้นที่ผิวของจาน	ดี	ดีมาก	ดี
การลดทอนสัญญาณด้านข้าง	ดี	ดี	ดีมาก
ลักษณะโครงสร้าง	ง่ายมาก	ซับซ้อน	ง่าย

รูปที่ 2.21 แสดงตารางการเปรียบเทียบคุณลักษณะของจานรับสัญญาณดาวเทียมทั้ง 3 แบบ

2.3.10 กำลังขยาย (Gain) ของสายอากาศ

กำลังขยายของจานสายอากาศ ขึ้นอยู่กับ ลักษณะทางกายภาพ ของตัวจานที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ จะมีกำลังขยายมากกว่าจานเล็ก รวมทั้งปัจจัยอื่นๆประกอบด้วย โดยพิจารณาจากสูตรข้างล่างนี้

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

เมื่อ D = เส้นผ่าศูนย์กลางของจาน (เมตร)

λ = ความยาวคลื่น (เมตร)

η = ค่าสัมประสิทธิ์ ของประสิทธิภาพของจาน (% / 100)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากสายอากาศเป็นรูปพาราโบลา ซึ่งมีประสิทธิภาพ ประมาณ 60-70% นั้นความลึกของจานยังมีผลต่อกำลังขยายและขจัดสัญญาณรบกวนด้วย จานส่วนใหญ่จะมีความลึกปานกลางปกติ จะแสดงด้วยอัตราส่วน f/D ≈0.25-0.6

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการรับสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียมที่กรุงเทพ

ชื่อดาวเทียม	ตำแหน่ง(องศา E)	มุมส่ายAZ	มุมเงยEL	90°EL
GORIZONT 140	140	106.07	42.13	47.87
PALAPA B4	118	126.98	64.11	25.89
CHINASAT- 5	115	131.60	66.30	23.70
PALAPA B2P	113	136.96	68.32	21.68
CHINASAT DF H2-A2	110.5	144.82	70.46	19.54
PALAPA B1 (B2R)	108	150.99	71.67	18.33
ASIASAT 1**	105.5	159.77	72.85	17.15
INDIA	93.5	207.35	71.94	18.06
GORIZONT 2	90	217.98	69.79	20.21
CHINASAT DF H2-A1	87.5	224.20	67.93	22.07
GORIZONT 3	80	237.59	61.34	28.66
THAICOM 1**	78.5	239.60	59.90	30.10
INTELSAT V-F7	66	250.94	47.31	42.69
INTELSAT VF11	63	252.81	44.21	45.79

ตารางที่ 2.3 แสดงตำแหน่งของดาวเทียมและมุมมองดาวเทียมที่รับได้ในกรุงเทพ

2.3.11 วิธีการติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite dish installation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการติดตั้งจารรับสัญญาณดาวเทียมควรคำนึงถึงหัวข้อใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้คือ

2.3.11.1 การสำรวจพื้นที่

เนื่องจากสัญญาณโทรทัศน์ที่ส่งมาจากดาวเทียมค้างฟ้าเป็นสัญญาณ ไมโครเวฟซึ่งเดินทางจากจุดหนึ่งไปสู่อีกจุดหนึ่งเป็นลักษณะเส้นตรง (Line of Side) และเนื่องจากดาวเทียมที่ใช้งานประเภทนี้จะถูกส่งไปลอยอยู่ในวงโคจรจีโอสเตชันนารี (Gestation Orbit) ซึ่งตำแหน่งของมันจะอยู่เหนือตลอดเส้นศูนย์สูตรของโลก (Earth's equator) ดังนั้นหากเราอยู่บนพื้นที่ที่เหนือเส้นศูนย์สูตร อย่างเช่นประเทศไทยเราก็จะต้องหันหน้าของจานลงไปในทางทิศใต้และถ้าเป็นประเทศที่อยู่ใต้เส้นศูนย์สูตรลงไป ก็จะต้องหันหน้าของจานขึ้นไปทางทิศเหนือ

การสำรวจพื้นที่ในขั้นต้นควรพิจารณาว่าพื้นที่ตรงส่วนที่เราจะติดตั้งมีสิ่งกีดขวางเช่นตึกสูงๆหรือต้นไม้บดบังทิศทางของสัญญาณที่จะรับสัญญาณหรือไม่หรือว่าพื้นที่บริเวณนั้นมีสายไฟแรงสูง หรือว่ามีวัตถุอื่นๆกั้นขวางทิศทางของสัญญาณที่จะลงมาสู่จานรับสัญญาณดาวเทียมของเราหรือไม่ และควรตรวจสอบดูว่าบริเวณนั้นหรือบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ที่จะติดตั้งจะมีโครงการก่อสร้างอาคารสูงๆที่จะมีผลกระทบต่อการรับสัญญาณดาวเทียมหรือไม่ ซึ่งหากว่าเป็นการติดตั้งในเมืองหรือว่าบริเวณชุมชนนิยมที่จะติดตั้งบนยอดอาคารหรือบนยอดตึกเพราะว่าเป็นบริเวณที่มีสิ่งที่อาจจะมาบดสัญญาณได้น้อยที่สุด

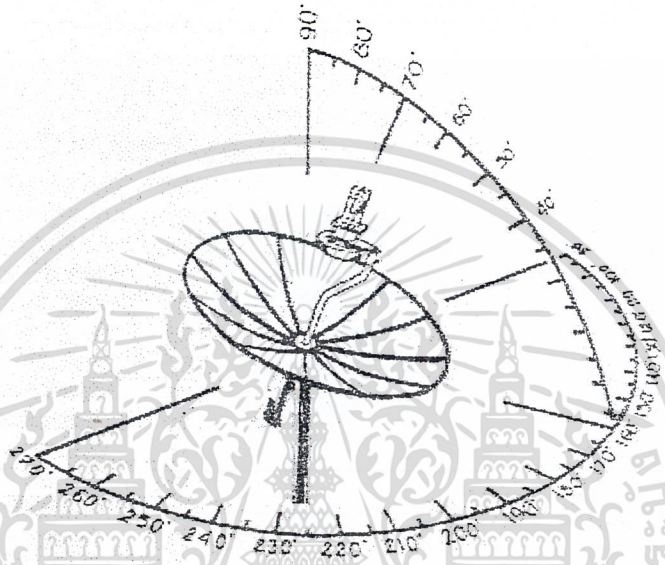
ซึ่งวิธีง่ายๆ ที่ควรเริ่มทำการสำรวจก็คือ ไปยืนอยู่ในพื้นที่ที่เราจะติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียมแล้วหันหน้ามองขึ้นไปบนท้องฟ้าไปทางทิศ ใต้ ตัวอย่างเช่นถ้าเราอยู่ในกรุงเทพ และต้องการรับสัญญาณจากดาวเทียม THAICOM 1 ก็ให้หันหน้าขึ้นไปบนฟ้าทางทิศใต้ แล้วเงยหน้าขึ้นทำมุมเงยกับแนวระนาบของพื้นดินขึ้นไปประมาณ 59.90° หรือประมาณ 60° เพื่อดูว่าปราศจากสิ่งกีดขวางหรือไม่ จากนั้นลองมองเอียงไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ดูด้วยว่ามีอะไรมาบดบังสัญญาณได้หรือไม่ ถ้าไม่มีสิ่งกีดขวางแสดงว่าเราสามารถที่จะติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียม ณ.ตำแหน่งนี้ได้

2.3.11.2 มุมกวาดและมุมเงย

มุมกวาดหรือว่ามุมอาซิมุธ และมุมเงยหรือว่ามุมเอลีเวชั่น คือองค์ประกอบพื้นฐานร่วมที่ใช้ในการพิจารณาตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวงที่อยู่บนท้องฟ้าโดยมีมุมกวาดเป็นตัวบอกทิศทางของดาวเทียมจากตำแหน่งที่เรายืนอยู่ ส่วนมุมเงยนั้นจะเป็นมุมซึ่งจานรับสัญญาณดาวเทียมแหงนหน้าขึ้นไปหาดาวเทียม โดยที่ดาวเทียมทุกดวงจะมีค่าของมุมกวาดและมุมเงยในแต่ละละพื้นที่ที่จะติดตั้งจานรับสัญญาณของมันโดยเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราทราบมุมเงยของดาวเทียมที่เราต้องการแล้ว เราก็สามารถที่จะใช้เข็มทิศในการหาทิศของดาวเทียม เพื่อปรับหน้าของจานให้ชี้ไปยังดาวเทียมได้อย่างถูกต้อง การใช้เข็มทิศนั้นควรจะกระทำในที่โล่ง ทางที่ดีควรให้ห่างจากสิ่งที่เป็นโลหะขนาดใหญ่ หรือว่าบริเวณที่มีสายไฟฟ้าแรงสูงพาดผ่านหรือมีหม้อแปลงไฟฟ้าอยู่เหนือบริเวณนั้น



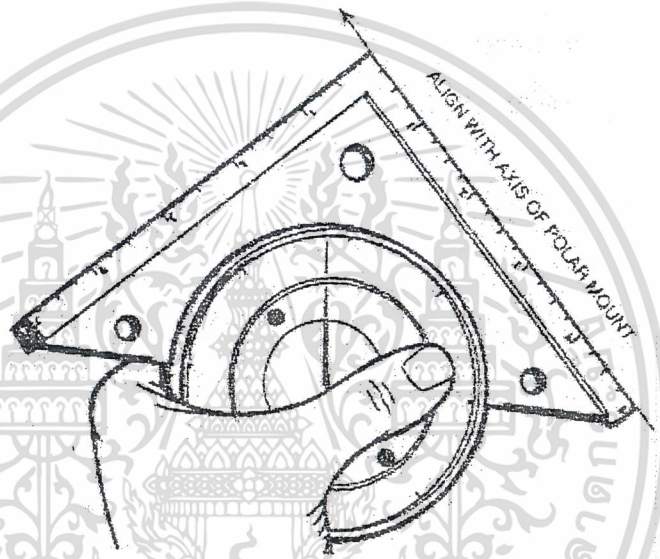
รูปที่ 2.22 พิกัดของมุมกวาดและมุมเงยของจานรับสัญญาณที่ติดตั้งอยู่ในกรุงเทพ

พื้นที่ที่จะติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียมบางพื้นที่นั้นหากอยู่บนพื้นที่ที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรก็จะทำให้มุมเงยที่แหงนหน้าขึ้นไปหาดาวเทียมมาก อย่างเช่นประเทศอินโดนีเซีย หรือปรูไน ซึ่งตรงกันข้ามกับพื้นที่ที่อยู่ค่อนไปทางทิศเหนือก็จะมีมุมเงยที่ต่ำกว่า และในบางจุดนั้นมุมเงยของดาวเทียมค่อนข้างจะอยู่ที่จะอยู่ที่ปลายสุดของทิศตะวันออกหรือทิศตะวันตกของพื้นที่ที่เราจะติดตั้งจานรับสัญญาณ ทำให้ทิศทางของดาวเทียมเมื่อมองจากพื้นที่ดังกล่าวต่ำลงไปหาพื้นโลก ทำให้ไม่สามารถที่จะรับสัญญาณดาวเทียมจากดาวเทียมดวงนั้นได้ ซึ่งเป็นเหตุผลของคำตอบที่ว่าทำไมสถานีรับสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียมในประเทศไทย ไม่สามารถรับสัญญาณภาพที่ส่งมาจากทวีปอเมริกาเหนือได้ ส่วนสถานีรับสัญญาณในทวีปอเมริกาเหนือก็ไม่สามารถที่จะรับสัญญาณภาพจากดาวเทียมในทวีปเอเชียได้เช่นกัน

เครื่องมือที่ใช้วัดมุมเอียง (Inclinometer) ซึ่งเรามักจะเห็นใช้งานของช่างไม้นั้นสามารถที่จะนำมาใช้วัดมุมเงยของจานรับสัญญาณได้ ซึ่งบางครั้งเราอาจจะเรียกเครื่องมือชนิดนี้ว่า Angle Finder เครื่องมือชนิดนี้เราสามารถนำไปใช้ในช่วงที่เรากำลังสำรวจพื้นที่ที่จะติดตั้งจานรับสัญญาณ เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาว่ามีสิ่งใดกีดขวางทิศทางของดาวเทียมที่ต้องการรับสัญญาณที่เราติดตั้งหรือไม่ วิธีใช้ก็คือ ยืนถือนี้ที่บริเวณศูนย์กลางของพื้นที่ที่จะติดตั้งจานรับสัญญาณ จากนั้นหันเครื่องมือไปยังทิศทางหรือมุมกวาดของดาวเทียมที่ต้องการจะรับแล้วเอียงเครื่องมือขึ้นหรือลงจนกระทั่งตรงกับค่ามุมที่เราต้องการ หรือว่ามุมที่เราหามาได้ ใช้สายตามองไปตามแนวของเครื่องมือ ตามรูป โดยดูด้านที่มีลูกศรบอกเอาไว้ ก็จะสามารถเห็นสิ่งกีดขวางซึ่งอาจจะมาบดบังสัญญาณระหว่างดาวเทียมและจานรับสัญญาณของเราได้ทันที



รูปที่ 2.23 อุปกรณ์วัดมุมเอียง(Angle Finder)

หากว่ามีสิ่งที่มาบดบังสัญญาณหน้าจานหากเราสามารถที่จะเคลื่อนย้ายได้เราก็ควรเคลื่อนย้ายออกไปเสีย แต่หากว่าเป็นสิ่งที่ไม่สามารถที่จะเคลื่อนย้ายได้เราก็ทำการย้ายจานรับสัญญาณดาวเทียมแทนโดยการย้ายขึ้นบนยอดอาคารหรือว่ายกเสาให้ขึ้นสูงจากพื้นดิน โดยให้มีระดับความสูงพอที่จะทำให้วิวระหว่างดาวเทียมบนท้องฟ้ากับจานรับสัญญาณดาวเทียมปราศจากสิ่งกีดขวาง

ยังมีอีกสาเหตุหนึ่งที่มีผลให้การรับสัญญาณดาวเทียมอาจจะไปอยู่ระหว่างทิศทางของสัญญาณไมโครเวฟ ที่ส่งจากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่ง เช่นสถานีเชื่อมโยงสัญญาณโทรศัพท์ด้วยสัญญาณไมโครเวฟ ขององค์การโทรศัพท์ด้วยสัญญาณไมโครเวฟ ขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ที่เรียกว่า Microwave Link เป็นต้น และยังมีบางพื้นที่ที่จัดในประเภทที่สามารถจะรบกวนการรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณจากดาวเทียมได้ เช่น บริเวณรอบสนามบิน อู่เรือ หน่วยที่ตั้งทหาร ซึ่งใช้สัญญาณไมโครเวฟในการติดต่อสื่อสาร

ซึ่งวิธีที่ดีที่สุดที่สามารถที่จะตรวจสอบว่า บริเวณนั้นมีการรบกวนสัญญาณไมโครเวฟหรือไม่ ก็คือใช้จานรับสัญญาณดาวเทียมและเครื่องรับแบบย้ายได้ไปทดสอบในสถานที่จริง เพื่อดูว่ามีสัญญาณอะไรมารบกวนบ้างซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุดและได้ผลถูกต้องที่สุด เพราะว่าได้การทดสอบ ที่จุดที่จะทำการติดตั้งจานรับสัญญาณจริงๆ

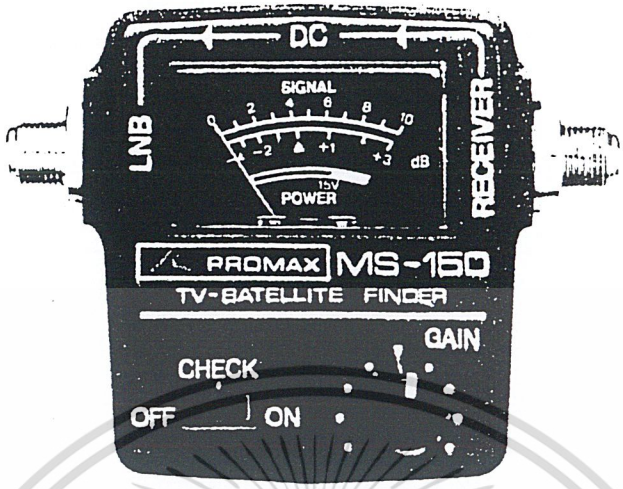
แต่ว่าบางสถานที่บางจุดที่ทำการทดสอบนั้น จะต้องไปทำการทดสอบกันในวันที่มีการทำงาน เนื่องจากว่าวันนั้นจะมีการใช้โทรศัพท์และใช้สัญญาณไมโครเวฟของเครื่องมืออื่นๆ กันอย่างเต็มที่ หากเป็นพื้นที่ธุรกิจก็จะต้องทำการทดสอบกันในวันเวลาที่มีการทำงานเช่นเดียวกัน

2.3.11.3 การปรับตั้งเมาท์

การตั้งเสาซึ่งใช้สำหรับเป็นแกนหมุนของเมาท์แบบโพลาร์นั้น จะต้องจัดให้แนวของตัวแกนวางอยู่ในทางทิศเหนือให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ถ้าหากมีการเคลื่อนย้ายไปเพียงเล็กน้อย ก็จะมีผลต่อการกวาดเพื่อหาตำแหน่งของดาวเทียมที่โคจรอยู่ในวงโคจรทำให้การรับสัญญาณดาวเทียมได้ไม่ดีนัก การตั้งตำแหน่งของการกวาดของแกนดังกล่าวนั้น สามารถที่จะใช้เข็มทิศที่นำมาใช้ในการสำรวจพื้นที่ที่จะติดตั้งจานรับสัญญาณ

เมื่อติดตั้งเสาหลักได้จนได้ตำแหน่งที่ถูกต้องแล้ว ให้นำจานรับสัญญาณติดตั้งลงบนเมาท์ที่อยู่บนยอดเสา ทำการยึดน็อตไม่ต้องให้แน่นมากเพียงเพื่อยึดจานไว้ให้อยู่ในขณะที่ทำการทดลองกวาดหาตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวงเท่านั้นก็พอ โดยในการทดลองหาตำแหน่งดาวเทียมจะใช้มิเตอร์ในการวัดความแรงของสัญญาณ เมื่อทดลองจนได้คุณภาพของการรับสัญญาณที่ดีที่สุดในแต่ละดวง แล้วให้ขันน็อตทุกตัวให้แน่นก็ถือว่าเสร็จสิ้นในกระบวนการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 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 จะต้องอยู่ที่ตำแหน่งของจุดโฟกัส

อย่างแท้จริงซึ่งระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของจานรับสัญญาณกับเมาท์ของฟีดฮอร์นนั้นจะมีระยะแตกต่างกันออกไปถ้าจานรับสัญญาณมีเส้นผ่านศูนย์กลางหรือความลึกของจานไม่เท่ากัน ระยะของจุดโฟกัสนี้ทางโรงงานผู้ผลิตจะกำหนดมาไว้ให้กับจานรับสัญญาณที่ผลิตมาแต่ละแบบ

สำหรับขาที่ใช้ยึดฟีดฮอร์นเข้ากับจานรับสัญญาณ จะมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ แบบแรกเรียกว่า Bottom Hook หรือบางครั้งเรียกว่า LNB Tube มีลักษณะเป็นท่อเหล็กเพียงท่อเดียวยื่นเข้ามาจากจุดศูนย์กลางของจานรับสัญญาณ โดยมีความยาวใกล้เคียงกับระยะโฟกัสของจานรับสัญญาณ ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถปรับได้ ที่ปลายของท่อเหล็กที่อยู่เหนือจานรับสัญญาณจะถูกดัดให้งอให้เป็นรูปตะขอเพื่อเอาไว้ยึดตัวฟีดฮอร์นให้ด้านหน้าของตัวฟีดฮอร์นหันเข้าไปหาด้านหน้าของจาน บางครั้งอาจจะต้องใช้สายยึดหรือ Guy wire มาช่วยยึดตัว Bottom Hook นั้ด้วยเพื่อเพิ่มความแข็งแรงหรือป้องกันไม่ให้ตำแหน่งของฟีดฮอร์นเกิดการเปลี่ยนแปลง ประโยชน์จากจุดนี้ก็คือในกรณีที่เราติดตั้ง LNB ทั้งแบบ C BAND และ KU BAND เข้ากับฟีดฮอร์นเพื่อให้สามารถรับสัญญาณได้ทั้ง 2 แบบได้นั้น ตำแหน่งของฟีดฮอร์นจะต้องอยู่กับที่ โดยไม่มีการเคลื่อนไหวหรือเปลี่ยนแปลง อันเนื่องมาจากน้ำหนักของ LNB เองหรือเกิดลมพายุซึ่งขาแบบ Bottom Hook นี้ค่อนข้างจะอ่อนไหวได้ง่ายต่อสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ และผลที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ลำคลื่นของสัญญาณ Ku BAND นี้มีขนาดเล็กกว่าลำคลื่นของ C BAND ดังนั้นส่วนโค้งของจานรับสัญญาณกับตำแหน่งของฟีดฮอร์นจะต้องรักษาให้อยู่ในตำแหน่งที่ปรับเอาไว้ครั้งแรกโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ในการที่จะตรวจสอบว่าตัวฟีดฮอร์นได้ถูกติดตั้งอยู่ตรงจุดศูนย์กลางของจานรับสัญญาณดาวเทียมหรือไม่นั้น สามารถกระทำได้โดยการวัดจากขอบของปากจานรับสัญญาณ ไปยังขอบของฟีดฮอร์นที่อยู่บริเวณปลายเปิดของมัน ให้มีระยะเท่ากันทั้ง 4 ด้านซึ่งตรงจุดนี้ถ้าหากว่าเราใช้ Guy wire มาช่วยยึด Bottom Hook แล้วก็จะทำให้การติดตั้งฟีดฮอร์นให้อยู่ตรงกับตำแหน่งจุดศูนย์กลางของจานรับสัญญาณทำได้ง่ายและถูกต้องยิ่งขึ้นโดยการปรับความตึงของ Guy wire

แกนยึดฟีดฮอร์นแบบที่ 2 จะเป็นแบบที่ใช้แกนยึดแบบหลายแกน Multi legged support มีทั้งแบบใช้สามแกนและสี่แกน โดยแต่ละแกนจะมีความยาวเท่ากัน แกนยึดฟีดฮอร์นแบบนี้จะมีคุณภาพดีกว่าแบบ Bottom Hook ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของความแข็งแรงที่มีมากกว่า ตำแหน่งของฟีดฮอร์นไม่คลาดเคลื่อนง่าย และระยะของจุดโฟกัสแน่นอน จึงเหมาะที่จะใช้กับระบบปรับสัญญาณย่าน Ku BAND เพราะว่ามีความเชื่อถือได้มากกว่า

ในการหาจุดโฟกัสของจานรับสัญญาณดาวเทียมนั้น สามารถทำได้โดยการปรับฟีดฮอร์นขึ้นหรือลงจนกระทั้งความแรงของสัญญาณที่อ่านได้ จากมิเตอร์ของเครื่องรับมีค่าสูงสุด การปรับตำแหน่งของจุดโฟกัสสามารถ ลักษณะนี้จะทำได้ง่ายก็ต่อเมื่อเราใช้แกนยึดฟีดฮอร์นแบบ Bottom Hook เพราะการปรับสามารถทำได้โดยยึดท่อฟีดฮอร์นเพียงตัวเดียว ซึ่งถ้าเป็นแบบแกนยึด Multi legged แล้วจะต้องปรับทุกๆแกนทำให้ไม่สะดวกเท่าใดนัก แต่ถ้าเราสามารถคำนวณหาระยะโฟกัสของจานรับสัญญาณได้ เราก็สามารถปรับแต่งระยะของจุดดังกล่าวได้ง่ายขึ้น ไม่ว่าจะเป็นแกนยึดฟีดฮอร์นแบบ Bottom Hook หรือ แบบ Multi legged

วิธีการคำนวณหาระยะจุดโฟกัสสามารถกระทำได้โดยวิธีนำขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของจานรับสัญญาณที่มีหน่วยเป็นฟุตไปคูณกับค่าอัตรา f/D ของจานรับสัญญาณซึ่งกำหนดมาจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงงาน ตัวอย่างเช่น จานรับสัญญาณมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ฟุต มีอัตรา f/D เท่ากับ 0.45 ดังนั้นจะมีระยะของจุดโฟกัสเท่ากับ 10 x 0.45= 4.5 ฟุต หรือ 54 นิ้ว

การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางจะต้องวัดที่ขอบของจานจากด้านหนึ่งผ่านจุดศูนย์กลางไปอีกด้านหนึ่ง และรัศมีได้จากครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางส่วนความลึกของจานนั้นจะวัดจากจะวัดจากจุดศูนย์กลางของจาน ที่บริเวณท้องของจานไปตั้งฉากกับแนวระนาบของขอบจานซึ่งอาจจะใช้วิธีวัดง่ายๆคือใช้เชือกขึงให้ตึงจากขอบด้านหนึ่งถึงขอบอีกด้านหนึ่งแล้ววัดจากจุดกึงกลางของเชือกไปที่จุดศูนย์กลางของจานก็จะทำให้ทราบความลึกของจาน

ฟีดฮอร์นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทุกวันนี้ มักจะมี Scalar ring ที่สามารถปรับได้มาให้ ซึ่งสามารถที่จะถอดออกแยกมาได้เป็น 2 ส่วนคือส่วนที่เป็น Scalar plate ซึ่งมีลักษณะเป็น แผ่นวงกลมมีรูตรงกลางสำหรับใส่ท่อนำคลื่นบริเวณรอบรูดังกล่าว จะเป็นลักษณะวงแหวนหลายวงซ้อนกันอยู่โดยเชื่อมติดอยู่กับ Scalar plate ดังกล่าว อีกส่วนหนึ่งก็คือ ท่อนำคลื่นแบบวงกลมซึ่งจะต้องนำไปติดตั้งเข้ากับ LNB และท่อนำคลื่นสามารถที่จะเลื่อนขึ้นหรือลงภายใน Scalar plate ได้

การติดตั้งฟีดฮอร์นแบบนี้ จะต้องให้ระยะของปากท่อนำคลื่นสัมพันธ์กับค่าอัตราของ f/D ของจานรับสัญญาณนั้น

สิ่งที่จะต้องตรวจเช็คเสมอในการติดตั้งฟีดฮอร์นข้อสุดท้ายคือ จะต้องใช้เครื่องมือวัดความเอียงมาวัดระนาบของปากฟีดฮอร์นรับระนาบของหน้าจานรับสัญญาณ และปรับให้อยู่ในตำแหน่งขนานให้มากที่สุด

2.3.11.5 การปรับแต่งโพลาไรเซชั่น

ขายึดฟีดฮอร์นที่ให้มากับจานรับสัญญาณดาวเทียมแบบคงที่มีไว้สำหรับยึดตัวฟีดฮอร์นกับ LNB ให้อยู่คงที่ที่บริเวณส่วนหน้าของจานโดยจะรักษาระยะห่างระหว่างฟีดฮอร์นกับพื้นผิวของจานให้คงที่และถูกต้องอยู่เสมอด้วย แต่ก็ยังคงสามารถปรับได้อีกเล็กน้อยเพื่อให้ได้สัญญาณที่ดีขึ้น

ดาวเทียมที่มีการส่งสัญญาณโทรทัศน์แบบ DBS จะใช้โพลาไรเซชั่นแบบ Circular เพียงอย่างเดียวในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ลงมา จึงไม่จำเป็นที่จะต้องปรับจูนโพลาไรเซชั่นของฟีดฮอร์นอีก เนื่องจากถูกปรับแต่งมาจากโรงงานแล้ว ส่วนดาวเทียมที่ส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบอื่นๆจะใช้โพลาไรเซชั่นแบบลิเนียร์ ซึ่งจะมีทั้งแบบแนวนอน และแนวตั้งการปรับแต่งโพลาไรเซชั่นของฟีดฮอร์นแบบนี้จะทำการปรับได้จากปุ่มปรับโพลาไรเซชั่นที่อยู่บนเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.11.6 การเดินสายเคเบิล

จากอุปกรณ์ LNB ที่อยู่ที่จานรับสัญญาณมายังเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมที่อยู่ภายในบ้าน และจากเครื่องรรับสัญญาณนี้ก็จะใช้สายโคแอกเชียลเส้นสั้นๆ ต่อจากเครื่องรับไปเข้ายังโทรทัศน์ สายเคเบิลที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างจานรับสัญญาณกับเครื่องรับสัญญาณ จะแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มได้แก่ สายโคแอกเชียลที่เดินจากตัว LNB มายังเครื่องรับ สายเคเบิลที่เดินมาจากเซอร์โวมอร์เตอร์ของฟีดฮอร์นมายังตำแหน่งของเซอร์โวมอร์เตอร์ที่อยู่ด้านหลังของเครื่องรับซึ่งมีสายอยู่ภายในเคเบิลนี้อยู่ 3 เส้น และสายเคเบิลกลุ่มที่ 3 จะมีสายสัญญาณอยู่ภายใน 4-5 เส้นซึ่งจะเดินทางจากมอร์เตอร์ของ Actuator ที่อยู่ด้านหลังของจานรับสัญญาณมายังขั้วสำหรับควบคุมที่อยู่ด้านหลังเครื่องรับ

ทางที่ดีเราควรจะใช้สายเคเบิลที่ใช้กับระบบการรับสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียมโดยเฉพาะซึ่งจะนำเอาสายเคเบิลทั้ง 3 กลุ่มที่กล่าวไปแล้วรวมติดเอาไว้ด้วยกัน ซึ่งในบ้านเรามักจะเรียกกันว่า สาย TVRO เป็นแถบเรียงกันทั้ง 3 เส้น

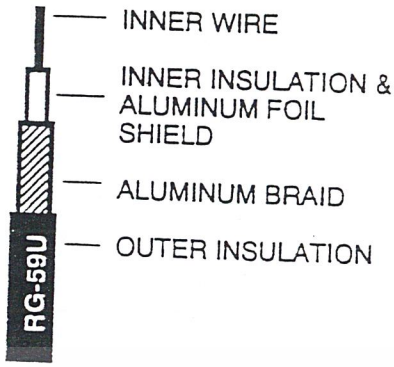
ก่อนที่จะต่อสายเคเบิลเข้ากับระบบเราควรที่จะใช้สายเคเบิลอีกชุดหนึ่งที่มีความยาวไม่มากนัก มาต่อเข้ากับเครื่องรับสัญญาณและเครื่องรับโทรทัศน์ไว้ชั่วคราวก่อน โดยนำเครื่องรับมาตั้งไว้ในบริเวณที่ใกล้กับจานรับสัญญาณ เพื่อที่จะทำการปรับแต่งส่วนต่างๆของจานรับสัญญาณ ตลอดจนการทดลองกวาดหาตำแหน่งดาวเทียม เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการสังเกตสัญญาณภาพบนจอเครื่องรับโทรทัศน์ และความแรงของสัญญาณบนมิเตอร์ให้สัมพันธ์กับการปรับแต่งตำแหน่งของจานรับสัญญาณ จากนั้นจึงทำการต่อสายเคเบิลที่ใช้งานจริงเข้ากับเครื่องรับโทรทัศน์ที่อยู่ภายในบ้าน ซึ่งในขั้นตอนสุดท้ายนี้ อาจจะใช้มิเตอร์วัดความแรงของสัญญาณไปต่อเอาไว้ที่จานรับสัญญาณแล้วให้อีกคนหนึ่งสังเกตเอาไว้ จากนั้นให้คนที่อยู่ภายในบ้านทำการปรับจากเครื่องรับสัญญาณ

ข้อพิจารณาอีกประการหนึ่งในการเลือกซื้อสาย TVRO มาใช้งานก็คือฟีดฮอร์นที่เราใช้นั้นเป็นแบบ Hybrid feed ซึ่งใช้ LNB แบบ C – BAND และ Ku BAND ได้พร้อมกันทั้ง 2 ตัว หรือเป็นแบบ Dual C – BAND feed ซึ่งใช้ LNB แบบ C- BAND ได้พร้อมกันทั้ง 2 ตัว ถ้าเกิดเป็นไปตามนี้สาย TVRO ที่ใช้จะต้องเป็นแบบที่มีสายโคแอกเชียล 2 เส้นหรือในกรณีขั้นต้นยังใช้ฟีดฮอร์นที่มี LNB เพียงตัวเดียวแต่ต่อไปในอนาคตอาจจะเปลี่ยนมาใช้แบบที่มี LNB 2 ตัว จะต้องใช้สายเคเบิลที่เป็นสายโคแอกเชียลที่แยกกันต่างหาก

2.3.11.7 สายต่อและขั้วต่อโคแอกเชียล

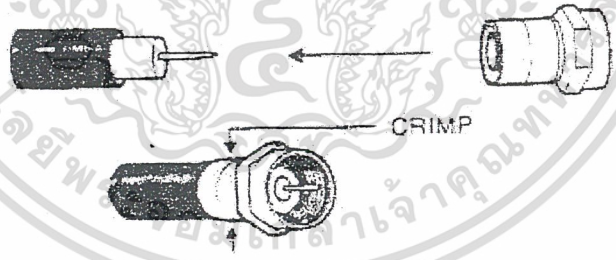
สายที่ใช้ในกาเดินสัญญาณจากจานรับสัญญาณมายังเครื่องรับโทรทัศน์เรียกว่าสายโคแอกเชียล ซึ่งสายโคแอกเชียล นี้จะทำหน้าที่นำสัญญาณไฟฟ้าจากอุปกรณ์ LNB มายังเครื่องรับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 สายเคเบิลแบบโคแอกเชียล

ขั้วต่อที่ใช้สำหรับสายโคแอกเชียลสำหรับโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมนั้น เราเรียกว่าขั้วต่อแบบเอฟ F Connector โดยจะต่อเข้ากับปลายสายทั้ง 2 ของโคแอกเชียลเพื่อนำไปต่อเข้ากับ LNB และเครื่องรับสัญญาณที่อยู่ภายในบ้าน การยึดขั้วต่อแบบ เอฟเข้ากับสายโคแอกเชียลจะต้องใช้เครื่องมือพิเศษเฉพาะ



รูปที่ 2.26 แสดงขั้วต่อแบบ F-Type

เมื่อเรานำสายโคแอกเชียลที่มีขั้วต่อแบบเอฟยึดติดกันแล้วไปต่อกับขั้วต่อด้านหลังของเครื่องรับสัญญาณจะต้องระมัดระวังไม่ให้สายทองแดงที่เป็นแกนของโคแอกเชียลหักหรืองอได้อันเนื่องมาจากการไปแตะเข้ากับส่วนที่อยู่ด้านนอกของขั้วต่อซึ่งมีสภาพเป็นกราวด์อาจจะทำให้เกิดการลัดวงจรได้ วิธีการใส่ที่ถูกต้องก็คือจะต้องใส่ส่วนที่เป็นสายทองแดงเสียบลงไปในช่องขั้วต่อตัวเมียตรงกลาง จากนั้นหมุนเกลียวไปทางด้านขวาก็จะทำให้สาเหตุที่กล่าวมาหมดไปได้ ข้อควรระมัดระวัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกประการหนึ่งก็คือ ระหว่างการต่อสายโคแอกเชียลให้ทำการปิดสวิตซ์ หรือดึงปลั๊กไฟออกจากตัวเครื่องรับดังได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้แล้ว

สายโคแอกเชียลที่ใช้ในการนำสัญญาณไมโครเวฟจาก LNB ลงมายังเครื่องรับที่อยู่ภายในบ้าน จะต้องใช้สายโคแอกเชียลที่มีค่าอิมพีแดนซ์ 75 โอห์ม เท่ากันกับที่ใช้ในเครื่องรับโทรทัศน์ ดังนั้นในการเลือกซื้อจะต้องพิจารณาให้ดี เพราะว่าจะมีสายโคแอกเชียลที่มีค่าอิมพีแดนซ์ 50 โอห์มขายอยู่

สายโคแอกเชียลที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดจะมีหลายชนิดเช่น สาย RG-59U ควรใช้ความยาวไม่เกิน 100 ฟุต เนื่องจากมีอัตราของการสูญเสียของสัญญาณสูงซึ่งหากต้องการที่จะเดินสายยาวกว่านี้จะต้องหันมาใช้สายแบบ RG-6 หรือ RG-11 เพราะว่ามีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่ใหญ่กว่าอัตราการสูญเสียภายในจึงมีค่าน้อยกว่า และจำเป็นจะต้องใช้ขั้วต่อแบบ เอฟที่มีขั้วต่อขนาดใหญ่กว่าด้วย ปัญหาที่เกิดจากการสูญเสียเมื่อใช้สายโคแอกเชียลที่มีความยาวหลายร้อยฟุตสามารถแก้ไขได้โดยการใช้อุปกรณ์ขยายสัญญาณย่านความถี่ UHF มาต่ออนุกรมกันกับสายเคเบิลที่ใช้ก็จะทำให้สามารถชดเชยสัญญาณที่สูญเสียไปได้

สายโคแอกเชียลที่ใช้ไปนั้น นอกจากจะทำหน้าที่นำสัญญาณไมโครเวฟ จาก LNB ลงมายังเครื่องรับสัญญาณแล้ว ยังทำหน้าที่ส่งแรงดันไฟเลี้ยงขึ้นไปเลี้ยงให้กับ LNB และ Line Amplifier ที่ต่ออนุกรมอยู่ระหว่างสายด้วย โดยส่งเป็นแรงดันไฟตรงผ่านไปทางสายทองแดงที่เป็นแกนกลางของสายโคแอกเชียล LNB และ Line Amplifier จะมีไฟเลี้ยงอยู่ตลอดเวลาตราบเท่าที่เครื่องรับถูกเปิดใช้งานอยู่ ดังนั้นในการติดตั้งอุปกรณ์เป็นครั้งแรกจะถอดปลั๊กไฟของเครื่องรับสัญญาณออกเสียก่อนและตรวจสอบดูสายโคแอกเชียลว่ามีการลัดวงจรหรือไม่ จากนั้นจึงต่อปลายสายด้านหนึ่งเข้า LNB และปลายสายอีกด้านหนึ่งเข้าขั้วต่อที่อยู่ด้านหลังเครื่องรับสัญญาณ

ข้อควรปฏิบัติอีกประการหนึ่งก็คือ ที่ขั้วต่อ LNB นั้น หลังจากที่ต่อสาย โคแอกเชียลเข้าไปแล้วควรใช้แถบเทปสำหรับพันเพื่อกันน้ำเอาไว้ด้วย หรืออาจจะใช้วิธีใช้ซิลิโคนซีลเลอร์ฉีดหุ้มเอาไว้ก็สามารถป้องกันน้ำได้ดีเช่นกัน หรือว่าอาจจะนำพลาสติกสำหรับครอบ LNB ซึ่งได้จากบริษัทผู้ผลิตจากโรงงานที่ให้มาซึ่งสามารถป้องกันน้ำได้ดีอีกประการหนึ่ง

2.3.11.1 การเดินสายสำหรับฟีดฮอร์น

สายที่ใช้สำหรับควบคุมฟีดฮอร์นจะเป็นส่วนหนึ่งของสาย TVRO ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ผ่านมา ภายในจะมีสายทองแดงมีฉนวนหุ้มอยู่ 3 เส้น สายทองแดงประมาณเบอร์ 22 หรือว่าอาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะใหญ่กว่าสำหรับบางยี่ห้อ สายทั้ง 3 เส้นจะมีสีที่แตกต่างกัน และแต่ละสีนั้นจะถูกกำหนดให้นำไปต่อเข้ากับขั้วต่อที่อยู่ด้านหลังของเครื่องรับโดยสีขาวจะต่อเข้ากับขั้วต่อของสัญญาณพัลซ์ (Pulse) สีแดงจะถูกต่อเข้ากับขั้วของแรงดันไฟ +V หรือ POWER และสีดำจะต่อเข้ากับ กราวด์เสมอ โดยที่ทั้งสามสายนี้จะถูกหุ้มด้วยอลูมิเนียมฟรอย์เพื่อป้องกันไม่ให้มีสัญญาณรบกวนเข้าไปรบกวนสัญญาณพัลซ์ที่ใช้สำหรับควบคุมฟีดฮอร์น โดยที่สัญญาณพัลซ์นี้จะถูกส่งมาจากเครื่องรับสัญญาณเพื่อใช้สำหรับควบคุมตำแหน่งของจานดาวเทียมให้โพรบที่อยู่ภายในฟีดฮอร์นมีโพลาไรซ์ตรงกันกับโพลาไรซ์ของทรานส์สปอร์นเดอร์ของดาวเทียมมากที่สุด และสามารถที่จะโปรแกรมได้

การควบคุมโพรบเพื่อปรับโพลาไรซ์นี้ ส่วนใหญ่จะใช้เซอร์โวมอร์เตอร์ในการหมุนตัวโพรบโดยที่โพรบนี้ จะหมุนได้ก็ต่อเมื่อมีสัญญาณพัลซ์ไปควบคุม สิ่งที่เราควรที่จะรับทราบไว้ก็คือการเคลื่อนที่หรือการหมุนของโพรบนั้นจะมีการจำกัดเอาไว้ทั้งที่ทวนเข็มและตามเข็มนาฬิกา และการติดตั้งฟีดฮอร์นบนจานรับสัญญาณจึงต้องปรับแต่งตำแหน่งของฟีดฮอร์นให้เหมาะสม เพื่อที่จะทำให้โพรบเคลื่อนที่จากแนวนอนไปสู่แนวตั้ง ในช่วง 90 องศาได้โดยไม่เคลื่อนไปถึงจุดที่ถูกจำกัดเอาไว้ มีผู้ผลิตหลายบริษัทได้ให้คู่มือในการติดตั้ง และปรับตำแหน่งของฟีดฮอร์นที่อยู่บนจานรับสัญญาณไว้ให้ด้วย ซึ่งจะเป็นแนวทางในการปรับแต่งได้ง่ายยิ่งขึ้นหากไม่มีมาก็อาจจะใช้วิธีการคลายน็อตยึดตัวฟีดฮอร์นกับขายึดให้หลวมแล้วใช้มือหมุนฟีดฮอร์นจากนั้นให้ทดลองปรับโพรบดูว่าสามารถหมุนหรือว่าเคลื่อนที่จากแนวนอน ไปยังแนวตั้งในช่วง 90 องศา ได้ครบหรือไม่ถ้าได้ก็แสดงว่าพร้อมที่จะใช้งานได้แล้ว

2.3.11.9 การเดินสายสำหรับมอร์เตอร์ขับจาน

สายควบคุมสายเส้นสุดท้ายที่อยู่ในสาย TVRO จะเป็นสายที่ใช้สำหรับควบคุมมอร์เตอร์ขับจานหรือที่เรียกว่าแอคทูเอเตอร์ (Actuator) ภายในจะประกอบด้วยสายสองชุด ทั้งหมด 5 เส้น ชุดแรกจะเป็นสายอ่อนขนาดเบอร์ 14 หรือ เบอร์ 16 จะใช้เป็นสายสำหรับจ่ายแรงดันไฟตรงให้กับมอร์เตอร์ ส่วนอีก 3 เส้น จะเป็นสายอ่อนขนาดเบอร์ 22 และมีซีลด์พันไว้อีกชั้นหนึ่ง สายชุดนี้จะถูกต่อระหว่างเซ็นเซอร์ของแอคทูเอเตอร์ กับขั้วต่อที่อยู่ทางด้านหลังเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

การต่อสายเซ็นเซอร์ทั้งสามเส้นเข้ากันกับแอคทูเอเตอร์นั้น จะเหมือนกันกับการต่อสายเข้ากับเซอร์โวมอร์เตอร์ของฟีดฮอร์น นั่นก็คือว่าจะมีสายสำหรับจ่ายแรงดัน สัญญาณพัลซ์ และกราวด์ แต่ว่าแอคทูเอเตอร์ที่ผลิตออกมาจำหน่ายอยู่ทุกวันนี้ ส่วนใหญ่จะไม่มีขั้วสำหรับต่อแรงดันในส่วนของตัวเซ็นเซอร์เลย จะใช้เฉพาะขั้วสำหรับสัญญาณพัลซ์และกราวด์เท่านั้น แต่ว่าในกรณีที่แอคทูเอเตอร์มีขั้วของเซ็นเซอร์มาไว้ให้ทั้ง 3 ขั้ว ให้นำไฟ 5 โวลท์ จากขั้วต่อทางด้านหลังของเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณต่อเข้ากับขั้วต่อของเซ็นเซอร์ที่มีสายสีแดงต่ออยู่ส่วนสายของสัญญาณพัลซ์และกราวด์ สามารถที่จะต่อสลับกันได้

ส่วนสายที่จ่ายแรงดันให้กับแอคทูเอเตอร์นั้นขนาดของสายทั้ง 2 เส้นจะใหญ่กว่าสายไฟที่ต่อเข้ากับเซ็นเซอร์โดยจะจ่ายไฟให้กับมอร์เตอร์เพื่อทำหน้าที่ขับจานให้เอียงไปทางทิศตะวันตกและทิศตะวันออกได้ การต่อสายไฟคู่นี้ เข้ากับขั้วต่อทางด้านหลังของเครื่องรับในขั้นแรก ไม่จำเป็นจะต้องดูว่าเป็นขั้วบวกหรือว่าลบก็ได้ เนื่องจากว่าเครื่องบางรุ่นไม่มีเครื่องหมายบวกลบ บอกเอาไว้ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการสังเกตดูเอาว่า ถ้าเรากดปุ่มควบคุมด้านหน้าเครื่องรับสัญญาณหรือบนรีโมทคอนโทรลให้จานรับสัญญาณเอียงไปทางด้านทิศตะวันออกแล้วจานรับสัญญาณดาวเทียมมีการตอบสนองในการเอียงไปทางด้านใดถ้าหากว่าหันไปคนละทางกันก็หมายความว่าเราต่อสายผิดขั้วนั้นเอง ซึ่งแก้ไขได้โดยการสลับสายที่ขั้วต่อของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมทางด้านหลังก็เป็นใช้ได้

เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมบางยี่ห้อต้องการที่จะลดขนาดของตัวเครื่องรับให้มีขนาดเล็กลงและลดอุณหภูมิภายในเครื่องให้น้อยลง จึงใช้วิธีการแยกแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้กับมอร์เตอร์ซึ่งจะมีหม้อแปลงเป็นส่วนประกอบออกมาภายนอกตัวเครื่องโดยที่หม้อแปลงชุดนี้ต้องมีแรงดันไฟสลับขาเข้า 220 โวลท์ แล้วเปลี่ยนให้เป็นแรงดันไฟตรง 24-36 โวลท์เพื่อจ่ายให้กับมอร์เตอร์กระแสตรงของแอคทูเอเตอร์ต่อไป

แหล่งจ่ายไฟภายนอกของเครื่องรับสัญญาณประเภทนี้สามารถที่จะวางไว้ด้านหลังของเครื่องรับหรือที่อื่นๆ ที่ห่างจากเครื่องรับสัญญาณก็ได้ ยิ่งกว่านั้นหากเราใช้เครื่องรับสัญญาณ 2 เครื่องเราก็ไม่จำเป็นที่จะต้องไปเสียเงินเพื่อซื้อชุดจ่ายไฟชุดที่ 2 มาเพิ่มให้กับระบบอีก เพราะว่าเราใช้เครื่องรับสัญญาณเพียงเครื่องเดียวที่ใช้ในการควบคุมตำแหน่งของจานรับสัญญาณ

ปัญหาของเครื่องแอคทูเอเตอร์ที่สำคัญมากก็คือ ปัญหาของน้ำที่จะเข้าไปในมอร์เตอร์ซึ่งจำเป็นผลทำให้ลัดวงจรได้ ดังนั้นหลังจากที่ต่อสายเข้ากับแอคทูเอเตอร์เรียบร้อยแล้วจะต้องตรวจดูว่าแผ่นกันน้ำที่ให้มาได้ใส่เอาไว้ดีแล้วหรือไม่ แล้วจึงค่อยยึดด้วยน็อตให้แน่น และควรที่จะปรับส่วนที่มอร์เตอร์ติดตั้งอยู่ ให้ตำแหน่งของรูระบายน้ำที่ผู้ผลิตได้เจาะเอาไว้ให้อยู่ทางด้านล่าง เพื่อให้น้ำสามารถระบายได้อย่างสะดวก ทำให้ไม่เกิดความชื้นตกค้างอยู่ภายในตัวมอร์เตอร์

2.3.11.10 การเดินสายดิน

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อนและมีฝนตกชุกทำให้เกิดปรากฏการณ์ตามธรรมชาติบางอย่างซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายจากการรับสัญญาณดาวเทียมของเราได้ ปรากฏการดังกล่าวเช่น ฟ้าผ่า ฟ้าแลบ เป็นต้น ดังนั้นควรจะมีระบบป้องกันภัยเอาไว้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าตำแหน่งที่ติดตั้งจานรับสัญญาณอยู่ใกล้กับระบบกราวด์ของไฟฟ้ากระแสสลับของบ้านให้ใช้สายทองแดงเบอร์ 10AWG หรือใหญ่กว่าระบบกราวด์ของบ้านเข้ากับโครงของท่อเหล็กซึ่งใช้เป็นเสาสำหรับตั้งจานรับสัญญาณได้โดยตรง แต่ถ้าตำแหน่งของจานรับสัญญาณห่างจากตัวบ้านเราจะต้องทำระบบกราวด์ขึ้นมาใหม่โดยแยกออกมาจากระบบกราวด์ของบ้าน วิธีการก็คือใช้กราวด์รอด (Ground rod) ฝังลงในดินบริเวณที่อยู่ใกล้กับจานรับสัญญาณแล้วใช้สายทองแดงเบอร์ 10AWG หรือใหญ่กว่าท่อทองแดงที่โคนเสาสำหรับตั้งจานรับสัญญาณ

2.3.11.11 การติดตั้งมอเตอร์ขับจานเข้ากับจาน

การบังคับให้จานรับสัญญาณกวาดไปยังตำแหน่งของดาวเทียมที่อยู่ในวงโคจรนั้น สามารถใช้เครื่องควบคุมซึ่งใช้มอเตอร์เป็นตัวขับได้ 2แบบ แบบแรกเป็นแบบ Horizon-to-Horizon drive ซึ่งจะใช้ชุดมอเตอร์สำหรับขับจานติดตั้งที่เมาท์ของจานรับสัญญาณได้โดยตรง ข้อดีของเครื่องควบคุมแบบนี้ก็คือ สามารถเคลื่อนตำแหน่งของจานให้กวาดในแนวของคลาคออบิทได้ตลอดแนวที่สามารถมองเป็น ณ ตำแหน่งที่จานรับสัญญาณตั้งอยู่ ส่วนแบบที่2 เป็นแบบ Single-stroke actuator drive จะใช้วิธีให้มอเตอร์หมุนและไปขับแขนที่ติดตั้งอยู่ในกระบอกคล้ายโช๊คอัพเลื่อนเข้าหรือออกเพื่อบังคับให้จานเคลื่อนไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้ เครื่องควบคุมแบบนี้มีข้อเสียก็คือ สามารถจะเคลื่อนจานรับสัญญาณให้เคลื่อนที่ไปตามแนวคลาคออบิทได้น้อยกว่าแบบแรก

ก่อนที่จะทำการติดตั้งแอคทูเอเตอร์เข้ากับตัวจานรับสัญญาณนั้นควรจะยกตัวจานให้เอียงขึ้นเล็กน้อย โดยอาจจะใช้ท่อนไม้หรืออะไรก็ได้ที่ไม่ทำให้ตัวจานเสียหายมารองรับเอาไว้จากนั้นให้ใส่แขนของแอคทูเอเตอร์เข้ากับตัวจานเสียก่อน โดยพยายามทำตามข้อแนะนำในคู่มือที่โรงงานให้มา เนื่องจากจุดที่ติดตั้งอยู่ใต้จานรับสัญญาณมีอยู่2จุดคือ ด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ของเสาที่ตั้งเอาไว้เพื่อยึดตัวจานรับสัญญาณ แล้วเราจะนำแขนดังกล่าวไปติดไว้ตรงจุดไหน วิธีการพิจารณาก็คือต้องพิจารณาว่าพื้นที่ติดตั้งจานรับสัญญาณนั้นอยู่ทางทิศตะวันออกของทิศตะวันตกของทวีปเอเชีย ถ้าอยู่ทางทิศตะวันออกก็ให้นำแขนของแอคทูเอเตอร์ไปติดเอาไว้ที่จุดที่อยู่ทางทิศตะวันตกของจานและถ้าอยู่ทางทิศตะวันตกก็นำไปติดเอาไว้ที่จุดที่อยู่ทางทิศตะวันออก แล้วถ้าจานรับสัญญาณแบบนี้นำมาติดตั้งในพื้นที่ของในประเทศไทย จะต้องนำแขนของแอคทูเอเตอร์ไปติดตรงไหนของจานรับสัญญาณ คำตอบก็คือต้องเป็นจุดที่อยู่ทางทิศตะวันตก

2.3.11.12 การปรับแต่งจานรับสัญญาณ

หลังจากที่มีการติดตั้งจานรับสัญญาณจะต้องมีการปรับแต่งตำแหน่งของจานเพื่อให้สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดีที่สุด ส่วนที่ต้องทำการปรับจะแบ่งเป็นส่วนต่างๆดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.11.13 การปรับจุดจำกัดมุมกวาด

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

ข้อแนะนำในการติดตั้งลิมิตของแอคทูเอเตอร์นั้นควรจะตั้งเอาไว้ตรงจุที่ผ่านของดาวเทียมดวงสุดท้ายที่เราสามารถรับได้ชัดเจน โดยไม่จำเป็นต้องไปตั้งไว้ที่จุดซึ่งอยู่ก่อนลิมิตสวิทช์ ของแอคทูเอเตอร์จะทำงานเสมอไป

2.3.11.14 การปรับตั้งมุมซีธ

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

2.3.11.15 การปรับแต่งมุมลาดเอียง

การปรับแต่งมุมลาดเอียงนี้จะใช้ในการปรับมุมระหว่าง Polar axis กับเมาท์ของจานรับสัญญาณ ทำให้จานรับสัญญาณสามารถที่จะทำการกวาดในคลาคออบิทได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น มุมDeclination ณ ที่ตำแหน่งใดๆของพื้นที่จะพิจารณา จากตำแหน่งเส้นรุ้งที่พาดผ่านพื้นที่นั้นในการปรับ Declination ทางผู้ผลิตจะทำการปรับมาให้ตรงกับพื้นที่ที่จะนำจานรับสัญญาณไปติดตั้ง

การที่เราสามารถปรับมุม Declination ที่Polar axis ของเมาท์ได้นั้น จะทำให้การกวาดหาตำแหน่งของดาวเทียมบนคลาคออบิทกระทำได้มากและถูกต้องยิ่งขึ้นเพียงแต่ปรับค่าของมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Declinationให้เหมาะสมถูกต้องก็พอ การปรับทำได้โดยนำเครื่องวัดมุมวางบนแผ่นเพลทที่ติดอยู่ด้านหลังของจานรับสัญญาณ (เพลทนี้จะขนานกับขอบของจาน) จากนั้นปรับมุมเงยของจานให้มีค่าเท่ากับมุมของ Polar axisบวกกับค่าของมุม Declination เมื่อสังเกตให้ดีจะเห็นว่าจานรับสัญญาณจะเอียงลงมาอีกเล็กน้อย

2.3.11.16 วิธีการกวาดหาสัญญาณดาวเทียม

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

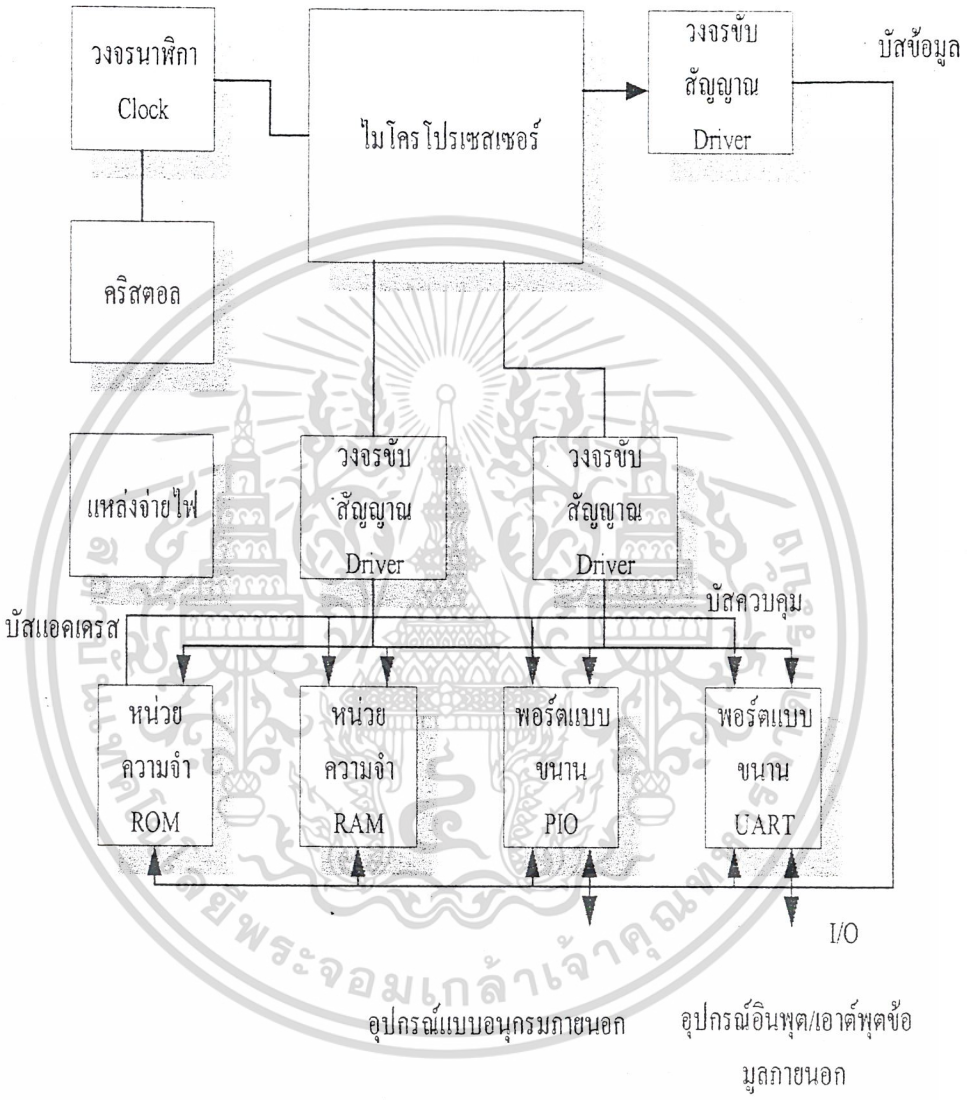
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 อธิบายเพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งานจริงเป็นเบอร์ 89C52 ซึ่งมีสถาบัตยกรรมโครงสร้างภายในที่คล้ายคลึงกันตลอดจนการต่อใช้งานก็เหมือนกันแตกต่างกันเพียงหน่วยความจำภายในที่เพิ่มขึ้นมาเท่านั้นเอง

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

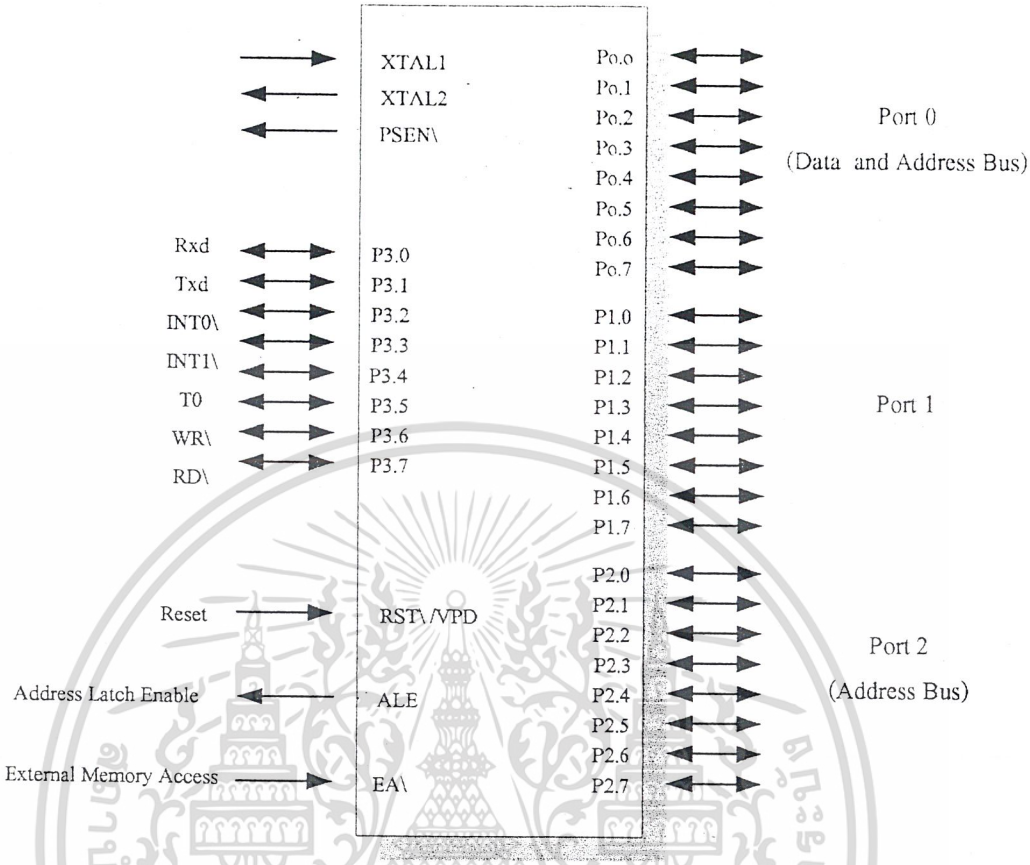
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 คุณลักษณะพื้นฐานของ 8051



รูปที่ 2.27 แสดงหน่วยการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆที่จัดอยู่ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 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

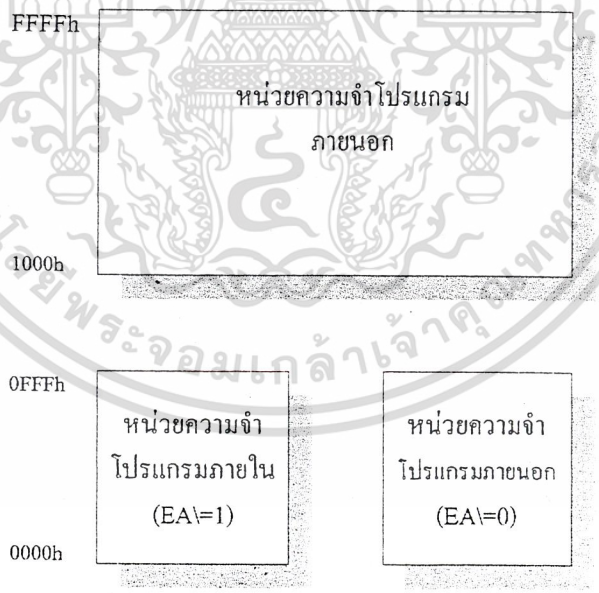
ในระบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จำเป็นต้องมีหน่วยความจำสำหรับบรรจุคำสั่งหรือโปรแกรมที่ผู้ใช้พัฒนาขึ้นจัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำ ที่เรียกว่า หน่วยความจำโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Program Memory) โดยอาจจะประกอบอยู่ภายในตัวไอซีของ 8051 เองหรือเป็นไอซีหน่วยความจำ EPROM หรือ ROM แยกออกต่างหากได้

หน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051 เป็นบริเวณหน่วยความจำ สำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งใช้งานต่างๆซึ่งแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ ข้อมูลเหล่านี้ก็ยังคงอยู่ไม่สูญหายโครงสร้างของหน่วยความจำโปรแกรม มีลักษณะเช่นเดียวกับหน่วยความจำที่บรรจุอยู่ในไอซี หน่วยความจำประเภทต่างๆ เช่น หน่วยความจำแบบ ROM หรือ EPROM สามารถอ่านขอ้มูลหน่วยความจำโปรแกรมนี้สูงสุดได้ไม่เกิน 64 กิโลไบ 8051 และ แยกประเภทของหน่วยความจำโปรแกรมเป็นสองลักษณะ ตามตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมนั้น คือ หน่วยความจำโปรแกรมภายใน(Imternal Program Memory)ซึ่งเป็นหน่วยความจำ ROM หรือ EPROM ที่อยู่ภายในตัวไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เอง และ หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก(External Program Memory) ซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำมาทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำ โปรแกรมของระบบ โดยการจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 สามารถแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 2.29 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมสำหรับ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 หน่วยความจำโปรแกรมภายใน

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ที่จัดอยู่ในตระกูล 8051 นี้มีขนาดของหน่วยความจำโปรแกรมภายในแตกต่างกันออกไป เพื่อความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานในลักษณะต่างๆกันดังนี้

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

8751 มีหน่วยความจำแบบ EPROM ขนาด 4 กิโลไบต์อยู่ภายในไอซี ข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ภายในนี้สามารถใช้แสงอัลตร้าไวโอเลตลบได้ และนำไปบรรจุโปรแกรมใหม่ได้อีกครั้งหนึ่งคล้ายครึ่งกับไอซีหน่วยความจำ EPROM ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นี้เหมาะสมกับงานด้านอุตสาหกรรมที่มีจำนวนการผลิตคราวละไม่มากนัก หรืออาจจะเป็นงานประเภทต้นแบบภายในห้องปฏิบัติการ

8031 และ 8032 ไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมอยู่ภายในตัวไอซีเลย ดังนั้นในการสำไปใช้งานจึงจำเป็นต้องอาศัยหน่วยความจนโปรแกรมภายนอก ซึ่งการใช้งานในลักษณะนี้จะมีผลทำให้ต้องเสียความสามารถบางประการ เกี่ยวกับพอร์ตอินพุต/เอาพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ไป เนื่องจากต้องนำไปใช้เป็นสัญญาณควบคุม เกี่ยวกับการจัดการติดต่อหน่วยความจำภายนอกแทน 8032

2.4.4 หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

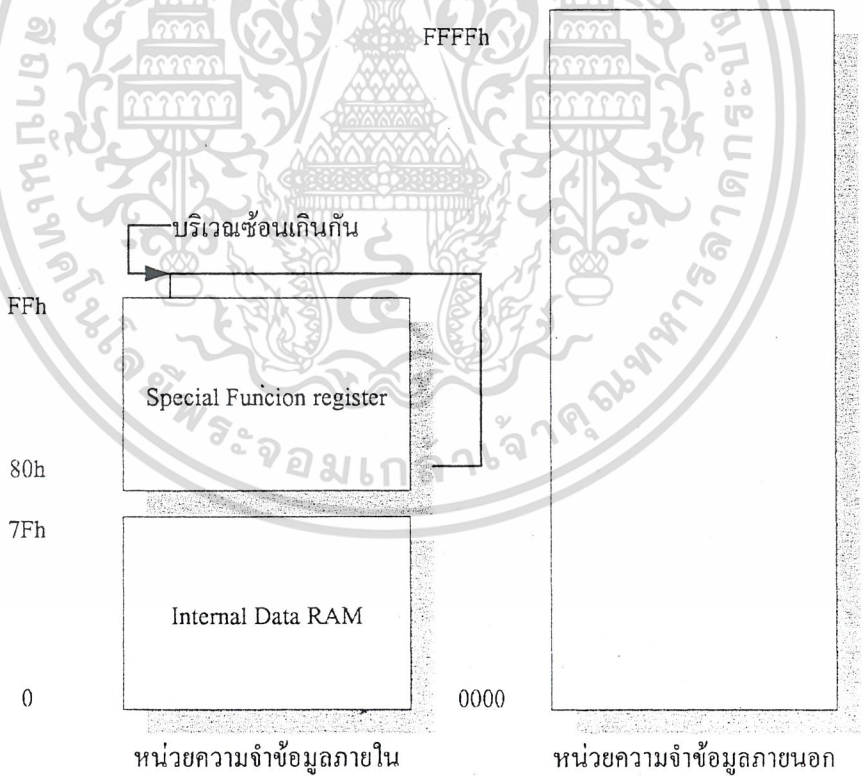
หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเป็นการใช้หน่วยความจำ EPROM (หรือ ROM) เชื่อมต่อเข้ากับระบบของ 8051 โดยอาจจะมีสาเหตุได้หลายประการ เช่น เป็นการทดลองทำระบบต้นแบบจำนวนน้อย หรืออาจลดต้นทุนการผลิต เพราะราคาของงไมโครคอนโทรลเลอร์แบบไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในราคาจะต่ำกว่าแบบที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในมาก เป็นต้น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

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ของตระกูล 8051 นี้ สามารถขยายให้ใช้งานหน่วยความจำภายนอกได้ทั้งสิ้น โดยในกรณีที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในอยู่แล้ว การอ้างตำแหน่งแอดเดรสที่มีทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอกนั้น จะต้องทำการพิจารณาระดับลอจิกของสัญญาณของสัญญาณ EA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 หน่วยความจำข้อมูลของ 8051

หน่วยความจำข้อมูลมีหน้าที่สำหรับเก็บข้อมูล หรือตัวแปรที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว โดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำ RAM แบบสเตติก ดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ ก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายนหน่วยความจำนี้สูญหายไป พื้นที่ของหน่วยความข้อมูลของ 8051 สามารถมีได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทออกเป็นสองลักษณะตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำนั้น ดังแสดงในแผนภาพในรูปที่ 2.30 คือ หน่วยความจำมูลภายใน (Internal Data Memory) ซึ่งเป็น RAM ที่อยู่ภายในตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์เอง และหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory) ซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำ RAM มาเพิ่มเติมเข้าในวงจร ลักษณะเดียวกับการนำไอซี EPROM มาใช้งานเป็นหน่วยความจำโปรแกรมนั้นเอง



รูปที่ 2.30 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 หน่วยความจำข้อมูลภายใน

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

จากรูปที่ 2.31 แสดงให้เห็นถึงการจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในของ 8051 ซึ่งจำแนกออกเป็นสองส่วนดังนี้

หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์แรก

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

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

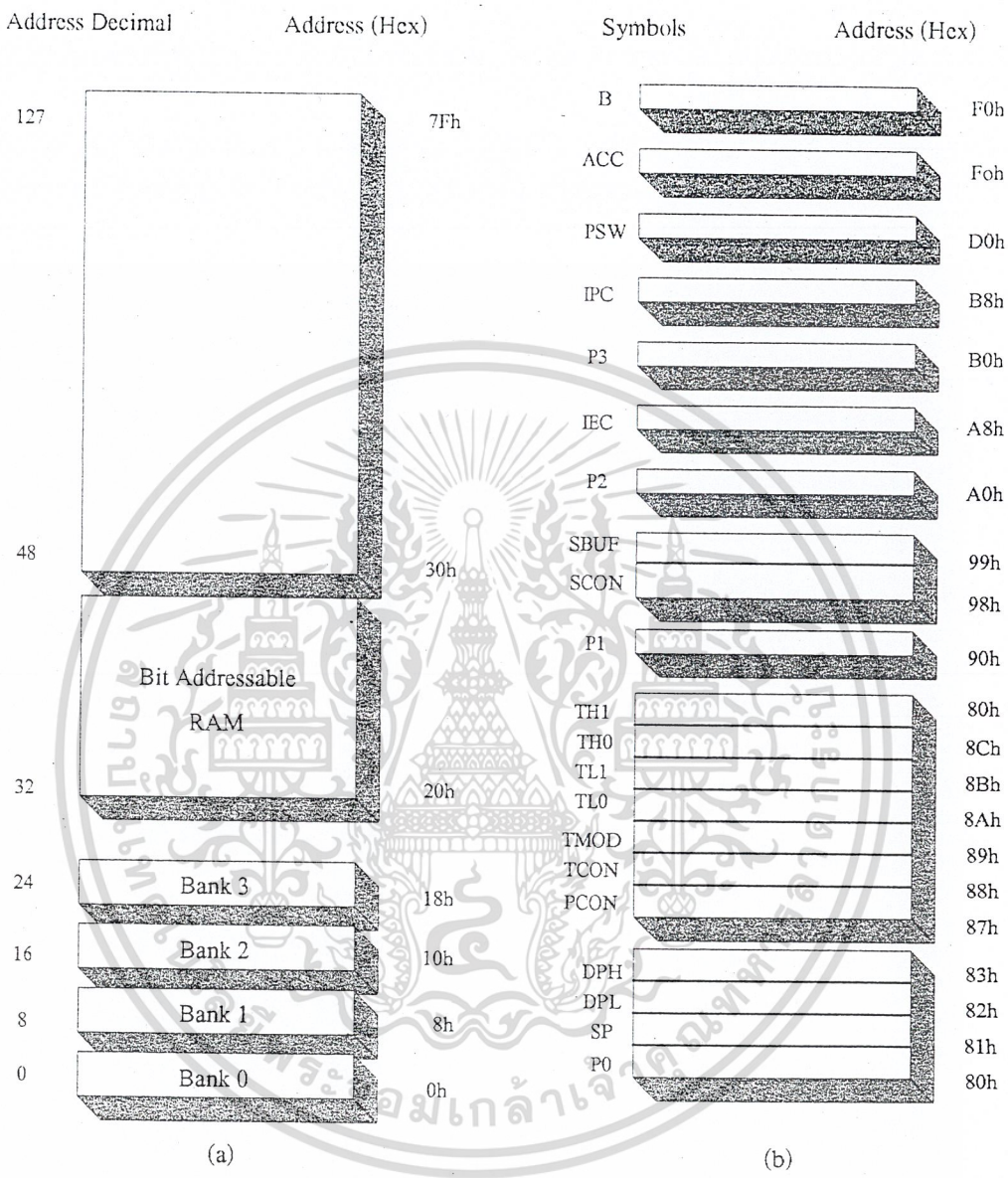
ตารางที่ 2.4 แสดงหน่วยความจำขนาด 128 ไบต์แรก

จะเห็นได้ว่าชื่อของรีจิสเตอร์ไม่ว่าจะอยู่ในรีจิสเตอร์แบงก์ใด ก็จะมีชื่อ R0-R7 เหมือนกันทั้งสิ้น (ดูรูปที่ 2.31) ดังนั้นในการใช้งานผู้ใช้จะต้องให้ความระมัดระวังว่าต้องการรีจิสเตอร์นั้นๆ จากแบงก์ใด การสวิตช์เลือกแต่ละกลุ่มของรีจิสเตอร์นี้ก็ทำได้ง่าย เพียงการกำหนดค่าของบิตที่อยู่ภายในรีจิสเตอร์ PSW เท่านั้นตามตารางต่อไปนี้

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

ตารางที่ 2.5



รูปที่ 2.31 การจัดพื้นที่หน่วยข้อมูลภายใน

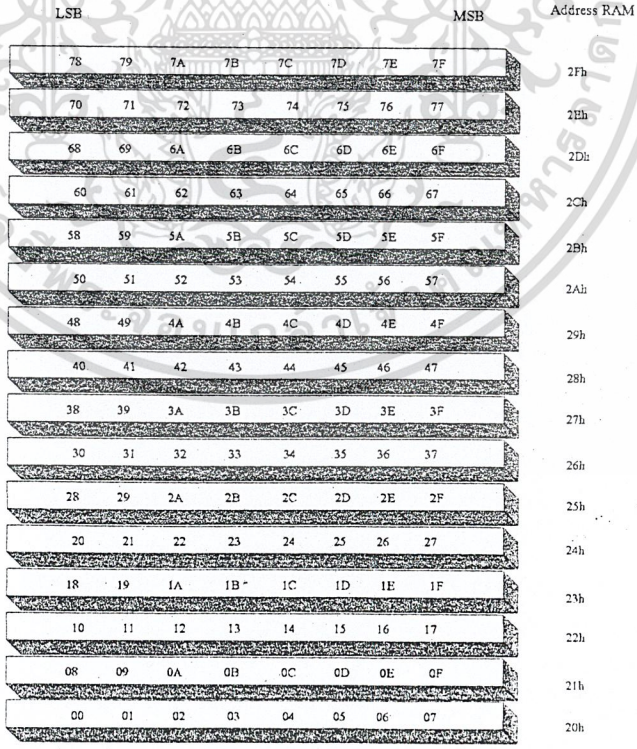
อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปก็มักจะมีการใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 เฉพาะในแบงก์ 0 เท่านั้น ดังนั้นพื้นที่ของแบงก์อื่นๆ ที่เหลือก็นำมาใช้ในลักษณะหน่วยความจำข้อมูลปกติด้วยการอ้างถึงหมายเลขภายในปกติด้วยการอ้างถึงหมายเลขของแอดเดรสนั้นๆ โดยตรง

บริเวณแอดเดรส 20H-2FH จำนวน จำนวน 16 ไบต์บริเวณพื้นที่เป็นส่วนสำคัญผู้ใช้ซึ่งจะมีความพิเศษต่างไปจากหน่วยความจำส่วนอื่นๆ เนื่องจากผู้ใช้อาจสามารถอ้างถึงหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณนี้ได้ทั้งในลักษณะของ ไบต์ข้อมูล เช่นปกติ หรืออาจเป็น บิตข้อมูล ได้โดยตรง ดังนั้น หากว่ามองในลักษณะบิตข้อมูลแล้ว ก็จะมีพื้นที่ที่ตัวแปรแบบบิตให้ใช้งานได้มากถึง 128 บิต โดยตำแหน่งแรกของบิตจะเป็นบิตซึ่งเริ่มต้นนับจากบิตนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ของแอดเดรส 2FH

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



รูปที่ 2.32 หน่วยความจำข้อมูลภายในบริเวณที่อ้างถึงได้แบบบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์ถัดไป

พื้นที่ตั้งแต่บริเวณตั้งแต่แอดเดรส 80H-FFH เป็นบริเวณของหน่วยความจำที่มีการใช้งานเฉพาะจาก 8051 เท่านั้น โดยจะนำมาใช้เป็นตำแหน่งของ รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (Special Function Register หรือ SFR) จำนวน 20 ตำแหน่ง ดังแสดงเป็นแผนภาพในรูปที่ 2.32

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 จะมีหน่วยความจำข้อมูลภายในสำหรับการใช้งานเพิ่มมากขึ้นกว่าเบอร์อื่นๆ เช่น 8031 หรือ 8751 อีก 128 ไบต์ โดยจะอยู่บริเวณช่วงแอดเดรส 80H ถึง FFH เช่นกัน ซึ่งแม้ว่าจะเป็นพื้นที่ที่มีหมายเลขแอดเดรสเดียวกับส่วนของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ แต่ในความเป็นจริงแล้วจะเป็นพื้นที่หน่วยความจำอีกบริเวณหนึ่ง ซึ่งมีการซ้อนเกย (Overlap) กันให้อยู่ในบริเวณแอดเดรสส่วนนี้ ซึ่งหากว่าผู้ใช้งานต้องการจะเก็บข้อมูลในพื้นที่บริเวณนี้ก็จะต้องใช้การอ้างถึงหน่วยความจำแบบโดยอ้อม (Indirect Addressing) เท่านั้น

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR) เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการควบคุมหน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอรต์ของ 8051 ทั้งหมด โดยมีตำแหน่งอยู่ในบริเวณแอดเดรส 80H-FFH (อ้างถึงรูปที่ 2.32) การใช้งานรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้สามารถทำได้ทั้งการระบุถึงชื่ อของรีจิสเตอร์หรือตำแหน่งแอดเดรสที่เป็นของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้

แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) หรือ ACC

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่จะส่งให้กับหน่วยทำงานภายในซีพียูและเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานนั้น การทำงานของรีจิสเตอร์นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับตัวแอกคิวมูเลเตอร์ของโปรเซสเซอร์ทั่วไป การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ A

รีจิสเตอร์ B

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับการทำคำสั่งการคูณและการหารตัวเลข ในกรณีที่ไม่ใช้ในการคำนวนทางด้านคณิตสตร์ ก็สามารถนำไปใช้งานเช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ทั่วไป

โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Counter)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการชี้ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรม ซึ่งจะต้องไปทำงานในลำดับต่อไป การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ PC

สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack Pointer)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เก็บตำแหน่งของตัวชี้หรือพอยน์เตอร์ (Pointer) ของบริเวณสแตก (Stack) สำหรับเก็บข้อมูลแอกคิวมูเลเตอร์ รีจิสเตอร์ต่างๆ รวมทั้งข้อมูลจากโปรแกรมโดยปกติแล้วเมื่อทำการเริ่มต้นระบบใหม่ภายหลังจากการเริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้า หรือมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรีเซต (Reset) เกิดขึ้นค่าภายในสแต็กพอยน์เตอร์จะมีค่า 07H ซึ่งเป็นตำแหน่งแอดเดรสภายในบริเวณพื้นที่ 128 ไบต์แรกของหน่วยความจำข้อมูลภายใน การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่ารีจิสเตอร์ SP

ตัวชี้ข้อมูล หรือ ดาต้าพอยน์เตอร์ (Data Pointer)

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

โปรแกรมสเตตัสเวิร์ด (PSW)

รีจิสเตอร์นี้ทำหน้าที่บอกถึงแฟล็กสภาวะการทำงานต่างๆ รวมทั้งบิตสำหรับการกำหนดเลือกแบงก์(Bank) ของรีจิสเตอร์ที่ใช้งานด้วย

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

รีจิสเตอร์ SBUF

เป็นบัฟเฟอร์ขนาด 8 บิต สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมทั้งการรับและส่งข้อมูล ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วบัฟเฟอร์นี้มีอยู่ด้วยกันสองชุดและแยกออกจากกันอย่างชัดเชน สำหับการส่งและการรับ โดยซีพียูจะทำการเลือกบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมให้โดยอัตโนมัติ

รีจิสเตอร์ PCON

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการกำหนดให้ลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับส่วนของโปรเซสเซอร์ภายในลง โดยยังคงมีกำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับหน่วยความจำข้อมูลภายในผ่านทางขาสัญญาณ RST วิธีการนี้มักนำมาใช้ในกรณีที่มีการตรวจสอบการไม่มีกำลังไฟฟ้า (Power failure) โดยวงจรตรวจสอบภายนอกจะต้องมีการอินเตอร์รัปต์เข้ามา เพื่อทำการเก็บข้อมูลที่กำลังประมวลผลอยู่ก่อนและเมื่อมีกระแสไฟฟ้านจ่ายให้เป็นปกติแล้ว จึงค่อยนำข้อมูลนั้นมาประมวลผลต่อไป

บิต ILD(Idle Mode)

เป็นการกำหนดให้โปรเซสเซอร์หยุดทำงานชั่วขณะ (Sleep) และจะกลับมาอยู่ในสภาพปกติอีกครั้งเมื่อทำการรีเซตทางฮาร์แวร์ หรือมีการอินเตอร์รัปต์อย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้น การทำงานในลักษณะนี้สามารถเกิดขึ้นได้ก็เนื่องจากว่าสภาวะการหยุดการทำงานชั่วขณะนั้น เป็นเพียงการห้ามไม่ให้มีสัญญาณนาฬิกาจ่ายให้ส่วนของโปรเซอร์เท่านั้น ส่วนของวงจรการอินเตอร์รัปต์ พอร์ตอนุกรมและวงจรนับ/จับเวลา ยังคงมีสัญญาณนาฬิกาอยู่เป็นปกติ

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 อย่างไรก็ตามไม่ว่าสาเหตุการนำไอซีหน่วยความจำภายนอกมาใช้จะเป็นอะไรจะมีผลทำให้พอร์พอินพุต/เอาต์พุตข้อมูลของ 8051 ถูกนำไปใช้เพื่อการติดต่อกับหน่วยความจำเหล่านี้แทน ดังนั้นจึงอาจจำเป็นต้องมีการใช้วงจรประกอบอื่นๆ เพื่อชดเชยความสามารถเหล่านั้นของ 8051 แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.8 พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตของ 8051

พอร์ต มีความหมายถึงแอดเดรสหนึ่งที่ได้รับการกำหนดไว้เพื่อการโอนย้ายข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก การกำหนดประเภทของการติดต่อขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของข้อมูลเมื่อพิจรณาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก (รูปที่ 2.33) ดังนั้นการนำเข้าข้อมูลจากวงจรภายนอกจึงเรียกว่า การอินพุต(Input) และในกรณีตรงกันข้ามเพื่อส่งออกข้อมูลก็จะเรียกว่า การเอ้าต์พุต(Output)

รูปที่ 2.33 แสดงการส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตเอาต์พุต

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

2.4.9 พอร์ตแบบขนานของ 8051

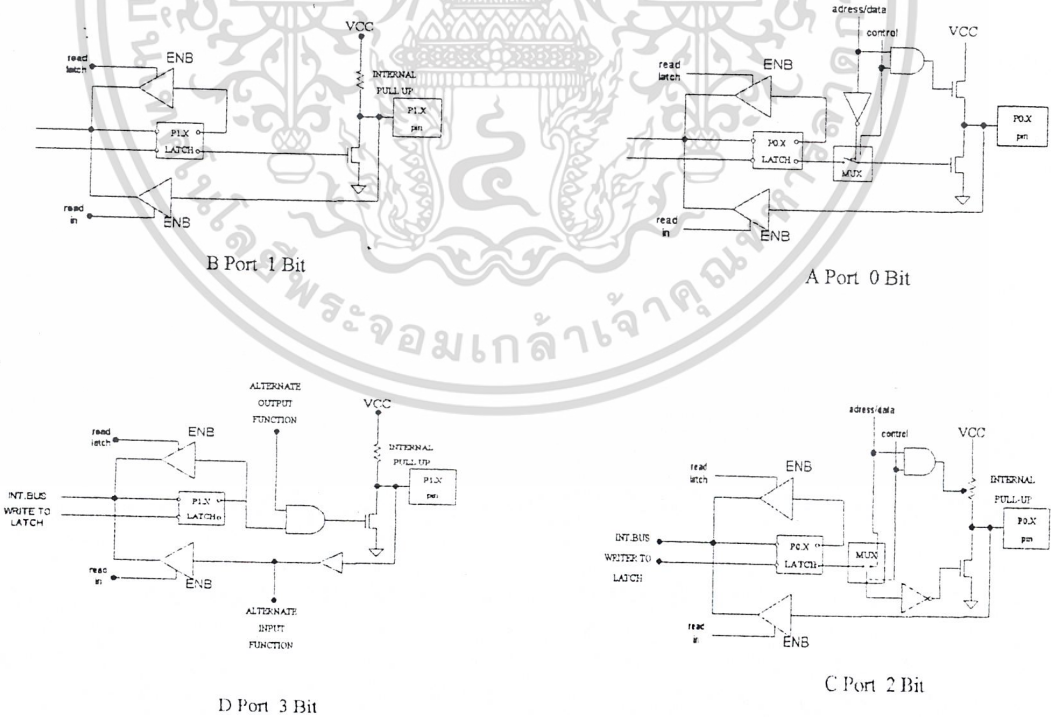
มีโครงสร้างของพอร์ตเรียกชื่อเรียงตามลำดับว่า พอร์ต 0,1,2 และ 3 และเป็นพอร์ตขนาด 8 บิตทั้งหมด การใช้งานพอร์ตสามารถทำได้ทั้งในลักษณะของสัญญาณเดี่ยวๆหรือกลุ่มของสัญญาณได้ นอกจากนี้พอร์ต 0,2 และ 3 ยังสามารถนำไปใช้งานอื่นๆที่ไม่ใช่เป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตได้ โดยพอร์ต 0 จะทำหน้าที่มัลติเพล็กซ์ ระหว่างบัสแอดเดรสไบต์ต่ำและบัสข้อมูลสำหรับการติดต่อกับวงจรประกอบร่วมกับข้อมูลบัสแอดเดรสไบต์สูงซึ่งจะส่งออกมาทางพอร์ต 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับพอร์ต 3 นั้น นอกเหนือไปจากความสามารถเช่นปกติแล้ว สามารถนำไปเป็นขาสัญญาณของการอินเตอร์รัปต์ต่างๆ ซึ่งรวมทั้งการสร้างสัญญาณควบคุม RD\ และ WR\ เพื่อทำหน้าที่อ่านหรือเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอกด้วย การใช้งานพอร์ตลักษณะอื่นๆ ที่ไม่ใช่เป็นพอร์ตแบบอินพุต/เอาต์พุตนี้จะดำเนินการโดย 8051 เองโดยอัตโนมัติ 8052

2.4.10 โครงสร้างการทำงานของพอร์ต 8051

จากลักษณะโครงสร้างของแต่ละบิตภายในพอร์ตทั้งหมดของ 8051 ซึ่งแสดงได้ในรูปที่ 2.34 นั้น จะเห็นว่ามีความคล้ายคลึงกันตามลักษณะโครงสร้างที่เรียกว่า Quasi-bidirectional port ยกเว้นพอร์ต 0 ซึ่งเพียงแต่ไม่มีตัวต้านทานทำหน้าที่ Pull-up สัญญาณไว้ภายในเท่านั้น วงจรประกอบอื่นภายในยังมีฟลิปฟลอปแบบ D ซึ่งมีผลทำให้พอร์ตสามารถแลตซ์หรือค้างสภาวะของสัญญาณได้ นอกจากนี้ในส่วนเอาต์พุตของฟลิปฟลอปเฉพาะของพอร์ต 0 และ พอร์ต 2 จะมีโครงสร้างที่ทำหน้าที่คล้ายคลึงกับสวิตช์เพิ่มเติมขึ้น เพื่อควบคุมให้เอาต์พุตนี้ต่อเข้ากับส่วนของทรานซิสเตอร์ในระหว่างที่ไม่มีการทำงานในลักษณะของบัสแอดเดรสหรือบัสข้อมูลด้วย สำหรับ



รูปที่ 2.34 โครงสร้างของแต่ละบิตภายในพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัฟเฟอร์จำนวนสองตัวของทุกบิตในพอร์ตนั้นมีการทำงานแยกกันอย่างอิสระ โดยตัวที่อยู่ทางด้านบนจะยอมให้สัญญาณผ่านได้ก็ต่อเมื่อได้มีการอ่านสถานะของขาสัญญาณเท่านั้น

2.4.11 การใช้งานพอร์ตเป็นการอินพุต

การใช้งานพอร์ตเป็นการอินพุตข้อมูลจะต้องเริ่มด้วยการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมาทางบิตของพอร์ตนั้นก่อนเป็นลำดับแรก เพื่อหยุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้น ทำให้ขาสัญญาณของบิตถูกต่อเข้ากับตัวต้านทานซึ่งทำหน้าที่ Pull-up ภายในซึ่งมีผลให้บิตนั้นๆ ของพอร์ต 1,2 และ 3 เป็นสภาวะของลอจิกสูง ตัวต้านทานซึ่งมีค่าประมาณ 50 $K\Omega$ ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก และทำให้อุปกรณ์ภายนอกสามารถขับสัญญาณของพอร์ตเหล่านี้เป็นลอจิกต่ำได้ง่าย สำหรับบิตของพอร์ต 0 นั้น แม้ว่าจะมีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกันกับบิตของพอร์ตอื่นๆ แต่เนื่องจากการที่ไม่มีตัวต้านทานทำหน้าที่ Pull-up ภายในไว้ ทำให้เมื่อทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอรต์พุตนั้นหยุดการทำงาน 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) แลการอ่านค่าลอจิกของการแลตซ์ที่พอร์ต (Port latch) ดังจะสังเกตุได้ดังรูปที่ 2.34 วิธีการอ่านค่าจากพอร์ตทั้งสองแบบนี้จะช่วยให้ระบบทำงานได้ด้วยความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

2.4.13 การอินเตอร์รัปต์ของ 8051

การติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก มักจะทำโดยการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะของสัญญาณติดต่อระหว่างกัน การอินเตอร์รัปต์เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมนำมาใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อสามารถทำการตรวจรับหรือบริการกับอุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นไปได้ อย่างรวดเร็ว ความสามารถในการดำเนินการจัดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ จากแหล่งกำเนิด สัญญาณหลายหลายประเภทของ 8051 ถือได้ว่าเป็นลักษณะเด่นประการหนึ่ง ซึ่งหากว่าได้นำมาใช้ในการออกแบบ ก็จะส่งผลให้ระบบตอบสนองต่อเหตุการภายนอกที่เกิดขึ้นได้ดียิ่งขึ้น

ลักษณะการอินเตอร์รัปต์เป็นการขัดจังหวะการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งกำลังดำเนินอยู่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 สามารถเกิดการอินเตอร์รัปต์ โดยจำแนกจากแหล่งที่มาของสัญญาณ (Signal Source) ของสัญญาณอินเตอร์รัปต์นั้นๆ ได้แก่

-สัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก(External Interrupt) การตรวจสอบสัญญาณที่เข้ามาอินเตอร์รัปต์นี้จะสามารถกำหนดให้มีการตรวจสอบในลักษณะเมื่อได้มีระดับการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ(Level sensitive) ไปแล้ว หรือในช่วงเวลาขณะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากลอจิกสูงไปลอจิกต่ำ(Edge sensitive)

-สัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายใน(Internal Interrupt) แหล่งกำเนิดของสัญญาณนี้จะเป็นวงจรภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เองเช่น วงจรนับ/จับเวลา วงจรเชื่อมต่อสัญญาณอนุกรม เป็นต้น

2.4.14 โครงสร้างการอินเตอร์รัปต์

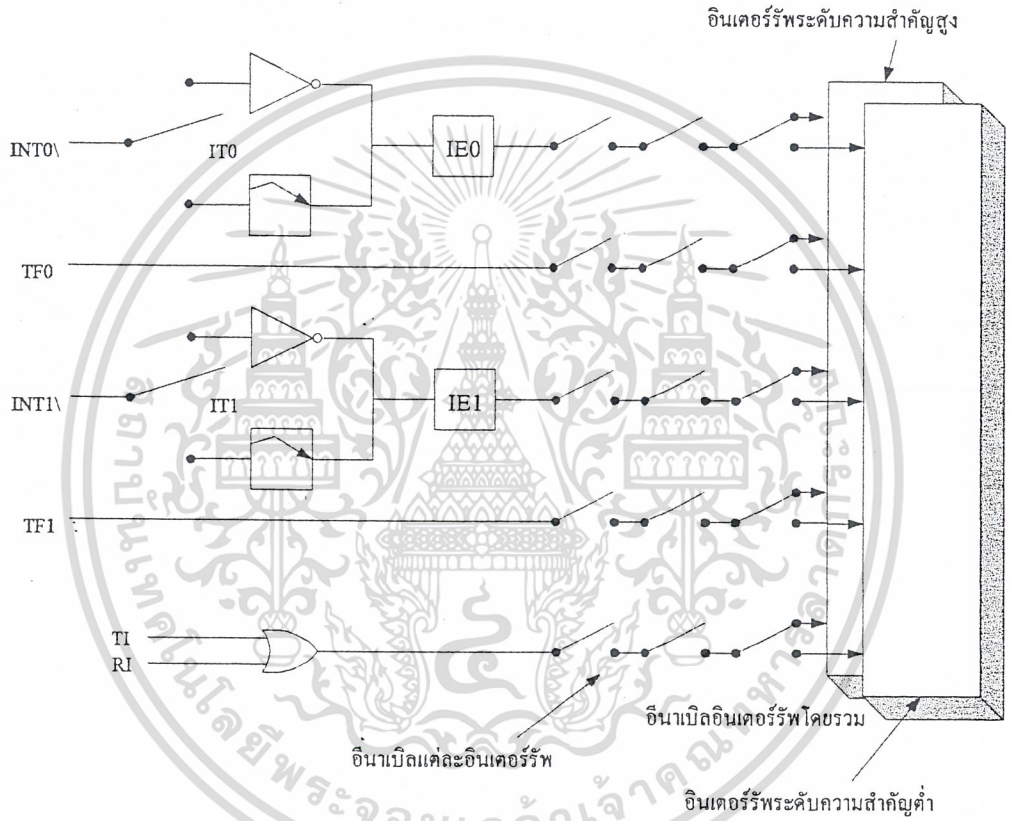
สัญญาณที่เข้ามาทำการอินเตอร์รัปต์ 8051 เกิดขึ้นได้ 5 ลักษณะคือ

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

ตารางที่ 2.6 แสดงสัญญาณที่เข้ามาทำการอินเตอร์รัปต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภาพโครงสร้างระบบอินเตอร์รัปต์ของ 8051 ในรูปที่ 2.35 จะเห็นว่าเมื่อเกิดการอินเตอร์รัปต์สัญญาณต่างๆ ขึ้น จะส่งผลให้มีการควบคุมเพื่อสั่งให้โปรเซสเซอร์กระโดดไปทำงานที่ตำแหน่งแอดเดรสต่างๆ ตามประเภทของแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้น ซึ่งปกติแล้วควรจะต้องมีการสร้างโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์



รูปที่ 2.35 แผนภาพแสดงโครงสร้างระบบการอินเตอร์รัปต์ของ MCS-51

การกำหนดให้ 8051 สามารถตอบรับการอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภท ทำได้โดยการกำหนดบิตข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมักจะอยู่ภายในรีจิสเตอร์ TCON และ SCON หากว่าได้มีการกำหนดค่าของบิตซึ่งอยู่ภายในรีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable Register) ด้วยแล้ว ก็จะสามารถตอบรับการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณนั้นๆ ได้ นอกจากนี้แล้วตามแผนภาพในรูปที่ 2.35 ยังแสดงให้เห็นว่าสัญญาณอินเตอร์แต่ละประเภท ยังสามารถกำหนดระดับความสำคัญ (Priority) ของการอินเตอร์รัปต์ได้สองลักษณะคือ ระดับความสำคัญสูงหรือต่ำ (Highor Low Priority) กล่าวคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะที่กำลังประมวลผลอยู่ภายในส่วนของโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณที่มีระดับความสำคัญต่ำอยู่ ก็อาจจะถูกขัดจังหวะให้ไปประมวลผลของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญสูงกว่าได้ แต่หากว่าระดับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญเช่นเดียวกันแล้วก็จะต้องรอให้เสร็จสิ้นการประมวลผลที่ดำเนินการอยู่ก่อน

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 2.36) ตำแหน่งนี้เรียกว่า แอดเดรสของอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์(Interrupt Vector Address) ซึ่งผู้ใช้จะต้องทำการเขียนโปรแกรมย่อย(Subroutine) ยังตำแหน่งแอดเดรสเหล่านี้ไว้ ซึ่งเรียกว่า โปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์(Interrupt Service Routine) ตำแหน่งของแอดเดรสเหล่านี้ ได้แก่

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

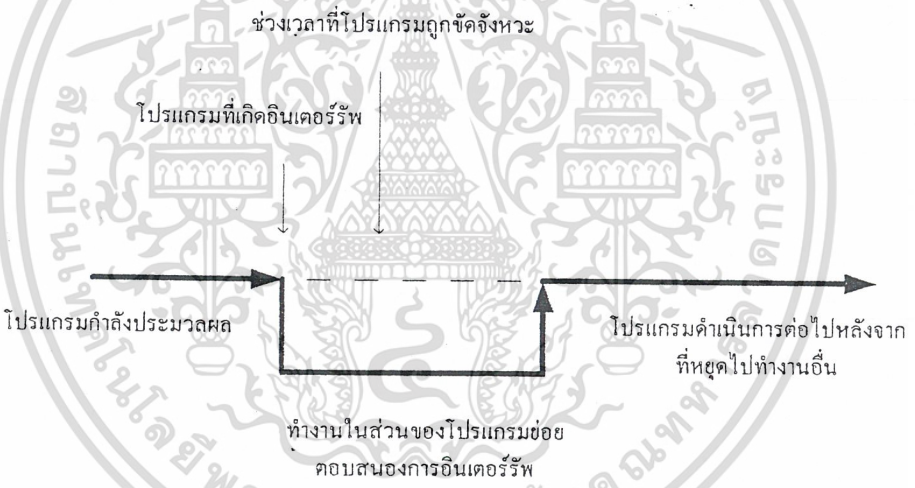
ตารางที่ 2.7 การจัดการอินเตอร์รัปต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่ควรให้ความสนใจในการเขียนโปรแกรมย่อยบริการการอินเตอร์รัปต์ คือ

1.ส่วนเริ่มต้นของโปรแกรมย่อย ควรจะมีการเก็บค่าของรีจิสเตอร์หรือแฟล็กสถานะต่างๆ ที่จะต้องนำไปใช้ภายในโปรแกรมย่อย มิฉะนั้นอาจจะมีผลทำให้โปรแกรมปกติที่ทำอยู่ก่อนหน้าการมาทำงานโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์ทำงานผิดพลาดไปได้

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



รูปที่ **2.36** แสดงให้เห็นถึงแผนภาพการทำงานของโปรแกรมซึ่งโดยปกติจะทำงานอย่างใดอย่หนึ่งอยู่

เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้นโปรแกรมส่วนนี้จะหยุดค้างอยู่ เนื่องจากโปรเซสเซอร์จะกระโดดไปทำงานในส่วนโปรแกรมย่อยอินเตอร์รัปต์ เมื่อเสร็จสิ้นงานในโปรแกรมย่อยนี้แล้วจึงจะได้กลับไปทำงานที่ค้างอยู่ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.17 การอินเตอร์รัปต์ภายนอก

การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์โดยการใช้เทคนิคการอินเตอร์รัปต์ จัดได้ว่าเป็นสิ่งที่ควรให้ความสนใจมากเป็นพิเศษ เพราะจะเป็นการช่วยให้การออกแบบระบบเป็นไปได้อย่างสะดวกยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าการอินเตอร์รัปต์จะได้รับการจำแนกตามแหล่งที่มาของสัญญาณอินเตอร์รัปต์นั้นๆ แต่โดยส่วนมากแล้วก็มักจะเป็นสัญญาณที่มาจากภายนอกระบบและผ่านเข้ามาทางขาสัญญาณของ 8051

ประเภทของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอก

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณกลับไปเป็นลอจิกสูงในเวลาก่อนที่ซีพียูจะทำงานในโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์เสร็จสิ้น มิฉะนั้นซีพียูจะมองเห็นว่ามีการอินเตอร์รัปต์ใหม่เข้ามาอีกครั้ง

การอินเตอร์รัปต์ของวงจรนับ/จับเวลาการออกแบบระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ มักจะต้องการวงจรที่มีหน้าที่การเป็นฐานเวลานำหรับการดำเนินงานหรือการนับบางอย่างว เช่น จำนวนพัลซ์ที่เข้ามายังระบบ การหน่วงเวลาภายในโปรแกรม เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วหากดำเนินการด้วยวิธีด้านซอฟต์แวร์ ก็มักจะเป็นการวนรอบนับหรือจับเวลาไปโดยตลอด โปรเซสเซอร์จะต้องเสียเวลามาดูแลงานเหล่านี้มาก 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 (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

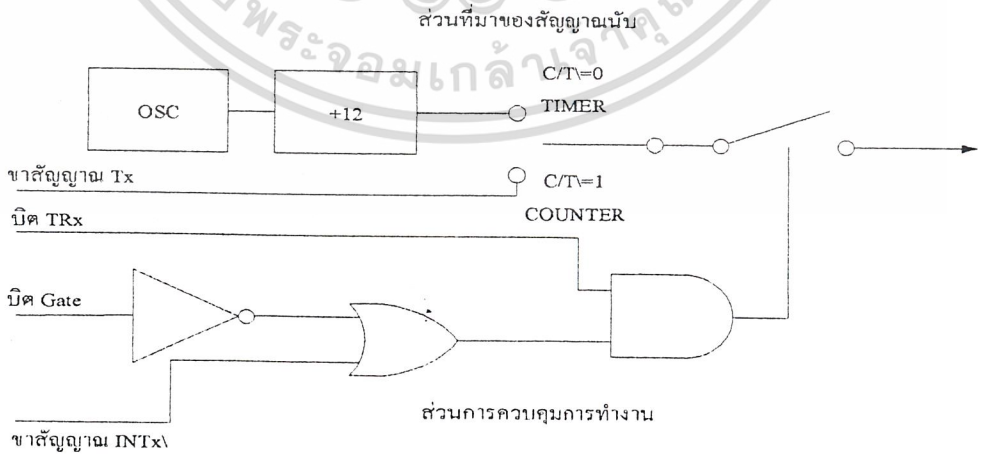
เมื่อกำหนดให้ทำงานเป็นตัวจับเวลา รีจิสเตอร์จะทำการเพิ่มค่าขึ้นทีละหนึ่งในทุกๆ แมชชีนไซเคิ้ลการทำงานของซีพียู ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ในอีกลักษณะว่าการทำงานเป็นตัวจับเวลาก็เป็นการนับหน่วยเวลาซึ่งสร้างมาจากวงจรออสซิลเลเตอร์ของซีพียูเอง การคำนวนค่าระยะเวลาของหนึ่งแมชชีนไซเคิ้ลนะใช้เวลานานเท่ากับคาบเวลาของออสซิลเลเตอร์จำนวน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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีกำหนดให้ทำงานเป็นการนับสัญญาณ รีจิสเตอร์จะเพิ่มค่าทีละหนึ่งตามการเปลี่ยนแปลงสภาวะของสัญญาณทางขา T0 หรือ T1 การเปลี่ยนแปลงนี้จะเป็นลักษณะของการเปลี่ยนแปลงจากระดับลอจิกสูงไปเป็นลอจิกต่ำซึ่งซีพียูจะทำการตรวจสอบสัญญาณนี้ทุกๆ แมชชีนไซเคิ้ล หากพบว่าแมชชีนไซเคิ้ลแรกเป็นระดับลอจิกสูงและแมชชีนไซเคิ้ลต่อไปเป็นระดับลอจิกต่ำ จึ่งจะทำการเพิ่มค่าในรีจิสเตอร์ 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 ทำให้เกิดการกำหนดค่าของแฟล็กเพื่อแจงให้ซีพียูได้รับทราบ ดังนั้นโปรแกรมทั่วไปจึงมักใช้สภาวะของแฟล็กนี้ (TF0 และTF1) ซึ่งเป็นบิตอยู่ภายในรีจิสเตอร์ TCON เพื่อตรวจสอบว่ากระบวนการนับได้เสร็จสิ้นลงแล้ว หรือใช้เพื่อทำการอินเตอร์รัปต์โปรแกรมต่อไป



รูปที่ 2.37 ส่วนควบคุมการทำงานของวงจรนับ/จับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.20 การทำงานเป็นตัวจับเวลา

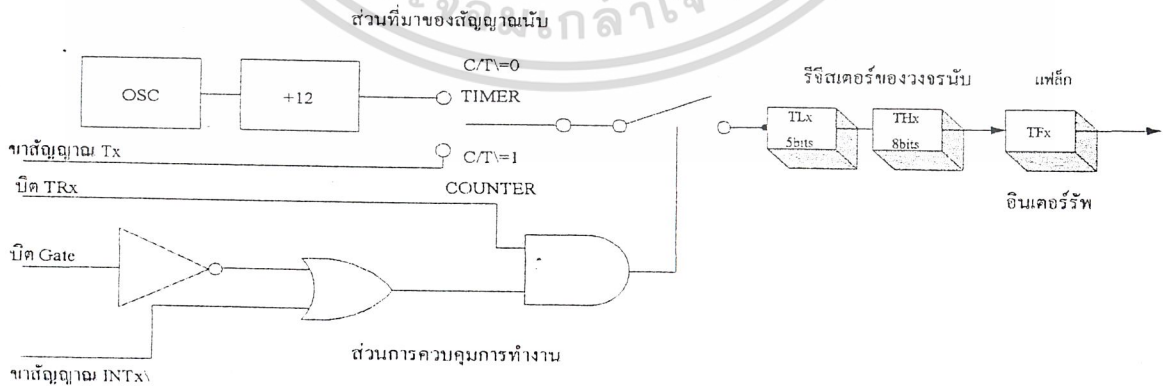
เมื่อกำหนดให้ทำงานจับเวลา รีจิสเตอร์จะมีการเพิ่มค่าขึ้นทุกๆ แมชชีนไซเคิ้ล ซึ่งอาจกล่าวในอีกลักษณะได้ว่าเป็นการนับหน่วยเวลาของพัลซ์ซึ่งสร้างมาจากวงจรออสซิลเลเตอร์ของซีพียูเอง จะพิจารณาได้ในรูปที่ 2.37 จะเห็นว่าการที่พัลซ์นี้จะมาถึงวงจรนับ/จับเวลาได้จะต้องทำการสวิตช์ให้อยู่ในลักษณะดังรูปเสียก่อน โดยการกำหนดค่าให้อยู่ในสภาวะเช่นในตารางต่อไปนี้

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

ตารางที่ 2.8 แสดงการทำงานเป็นตัวจับเวลา

การจับเวลาในโหมด 0

การทำงานในโหมด 0 นี้ วงจรนับ/จับเวลาจะทำหน้าที่เป็นตัวนับขนาด 13 บิต (โดยใช้รีจิสเตอร์ TH0 หรือ TH1 เป็นตัวนับขนาด 8 บิต และรีจิสเตอร์ TL0 หรือ TL1 มีขนาด 5 บิต) ตามลักษณะแผนภาพในรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.38 การทำงานของ Timer/Counter 0 หรือ 1 ในโหมด 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

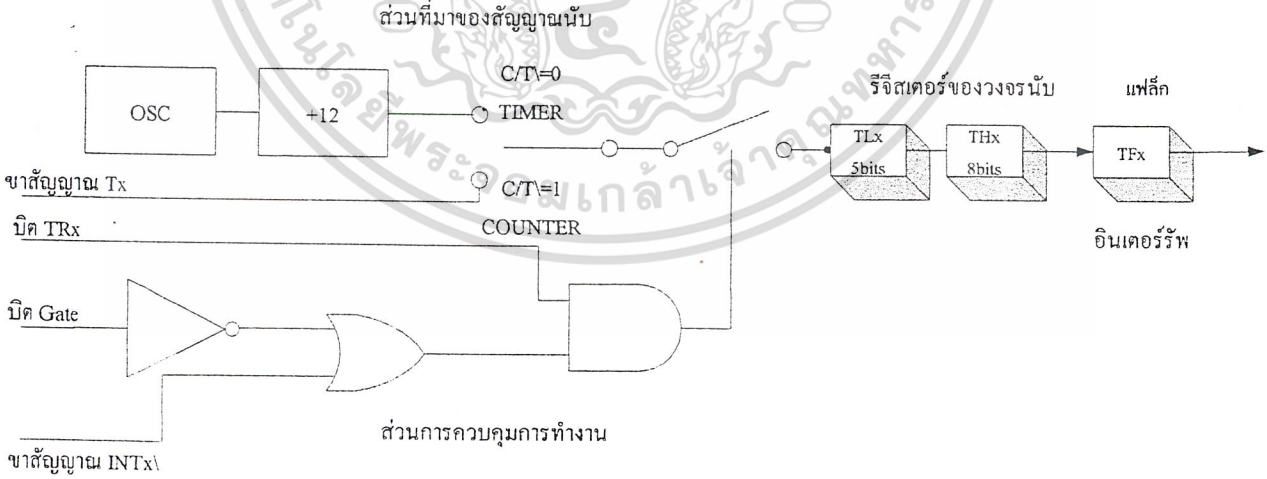
จะต้องนับจำนวนพัลซ์ 1000/1 = 1000 ครั้ง

= 03E8 เลขฐานสิบหก

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

การจับเวลาในโหมด 1

การทำงานในโหมด 1 มีความคล้ายคลึงกับโหมด 0 มาก เพียงแตกต่างกันเฉพาะจำนวนบิตของการนับเท่านั้น ซึ่งรีจิสเตอร์ของการนับ/จับเวลาจะถูกใช้เต็มทุกบิตของการนับแบบ 16 บิต ล้วน โดยค่าภายในรีจิสเตอร์ TH0 (หรือ TH1) จะเก็บค่าไบต์บน(High order byte) ของตัวเลข ตามแผนภาพการทำงานในรูปที่ 2.39

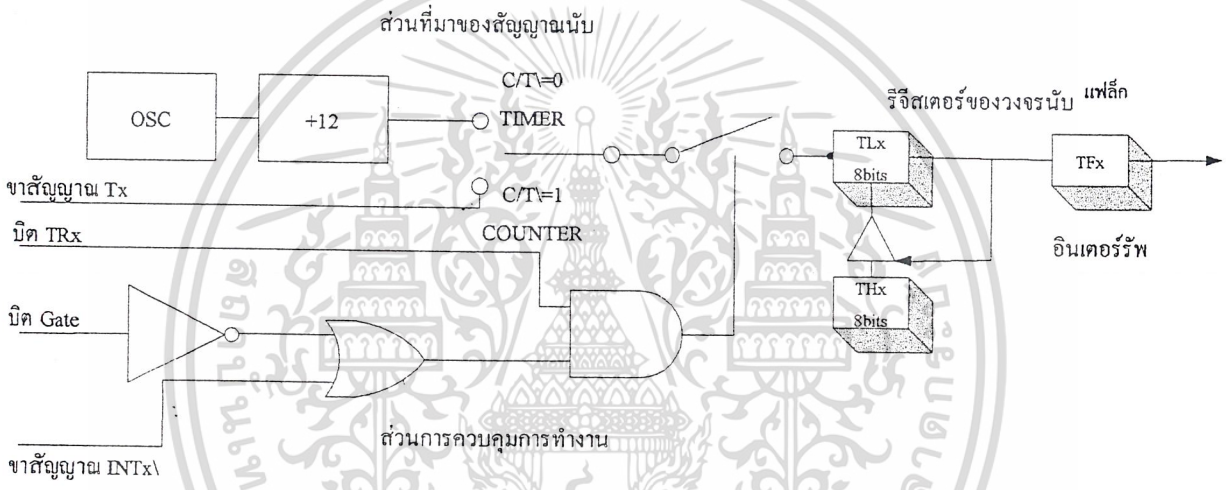


รูปที่ 2.39 การทำงานของ Timer/Counter 0 หรือ 1 ในโหมด 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 2.40

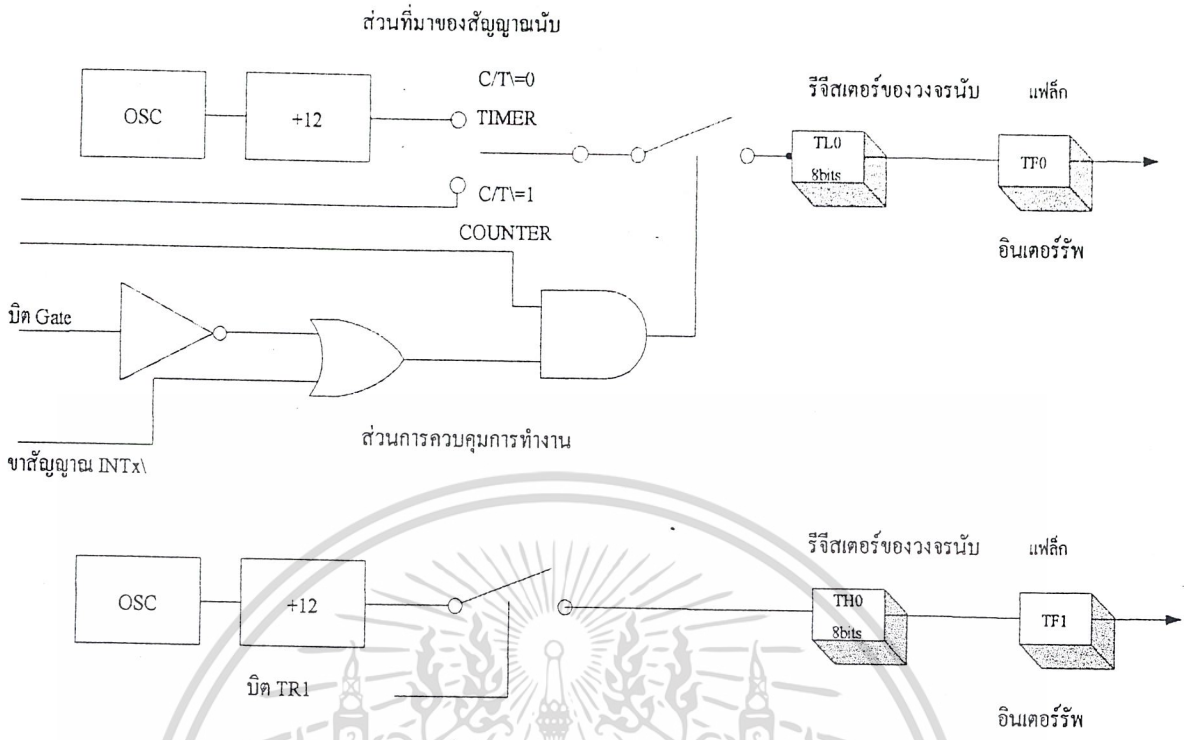


รูปที่ 2.40 การทำงานของ Timer/Counter 0 หรือ 1 ในโหมด 2

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 2.41 และเมื่อมีการโอเวอร์โฟลว์เกิดขึ้นจากค่า 0FFH เป็น 00H ก็จะมีผลให้แฟล็ก TF0 มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น สำหรับรีจิสเตอร์ TH0 จะถูกกำหนดให้งานในแบบของตัวจับเวลา ภายใต้การควบคุมของบิต TR1 ในรีจิสเตอร์ TCON เท่านั้น และหากเกิดโอเวอร์โฟลว์ขึ้นก็จะมีผลเฉพาะต่อแฟล็ก TF1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.41 วงจรนับจับเวลา 0 เมื่อทำงานในโหมด 3

ในส่วนของ Timer 1 ขณะเมื่อ Timer 0 ถูกกำหนดให้ทำงานในโหมด 3 ก็ยังสามารถทำงานในโหมดอื่นๆที่ไม่ใช่โหมด 3 ได้เช่นเดิม ยกเว้นจะไม่มีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้นเท่านั้น (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 O หรือทางขาสัญญาณ T1 (พอร์ต P3.5) ให้กับ Timer 1 เท่านั้น นอกจากนี้ก่อนการเริ่มต้นใช้งานจะต้องกำหนดค่าของบิต C/T ภายในรีจิสเตอร์ TCON ให้มีค่าเป็น 1 เสียก่อน เพื่อยอมให้สัญญาณภายนอกสามารถผ่านเข้ามายังวงจรนับ นอกจากนี้สัญญาณพัลส์ที่เข้ามานั้นควรจะมีระยะเวลายาวนานกว่าค่า 1 แมชชีนไซเคิลของระบบนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ให้กับแฟล็กสถานะที่เกี่ยวข้องโดยอัตโนมัติ 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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

การทำงานของ BOARD MICROCONTROLLER

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

PORT 1 ขา 0-7

ขา 1 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 7 ของชุดLCD Module เป็น DATA BIT 0

ขา 2 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 8 ของชุดLCD Module เป็น DATA BIT 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 3 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 9 ของชุดLCD Module เป็น DATA BIT 2

ขา 4 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 10 ของชุดLCD Module เป็น DATA BIT 3

ขา 5 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 11 ของชุดLCD Module เป็น DATA BIT 4

ขา 6 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 12 ของชุดLCD Module เป็น DATA BIT 5

ขา 7 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 13 ของชุดLCD Module เป็น DATA BIT 6

ขา 8 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 14 ของชุดLCD Module เป็น DATA BIT 7

โดยมี ความต้านทาน 10 KOHM ต่อคร่อมอยู่ทุกขาสำหรับเป็นตัวเพิ่มกระแส

ขา 9 เป็นขา RESET

PORT 3 ขา 10-17

ขา 10 ถึงขา 17 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา ของชุดคีย์บอร์ด

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 39 ของ AT89C52 ต่อกับ ขา 6 ของชุดจอแสดงผล

ขา 40 ของ AT89C52 VCC

จะเห็นได้ว่าการจัดการเกี่ยวกับพอร์ตต่างๆของ CPU AT89C52 สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 พอร์ตด้วยกัน โดยกำหนดให้

พอร์ต 0 เป็นพอร์ตแสดงผลทาง LED และใช้ควบคุมการหยุดหมุนของมอเตอร์ ด้วยไมโครสวิตซ์

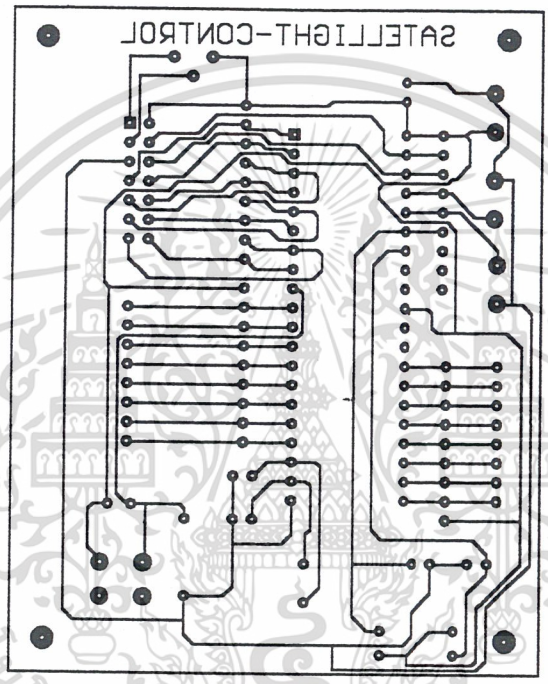
พอร์ต 1 เป็นพอร์ตที่ต่อร่วมกับ จอแสดงผลเป็นตัวแสดงผลการทำงานออกทางจอ

พอร์ต 2 เป็นพอร์ตที่ต่อร่วมกันกับชุดควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

พอร์ต 3 เป็นพอร์ต ที่ต่อร่วมกันกับชุดคีย์บอร์ดเอาไว้รับคำสั่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 แสดงวงจรอินเตอร์เฟสของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52



รูปที่ 3.2 แสดง ลายวงจรของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

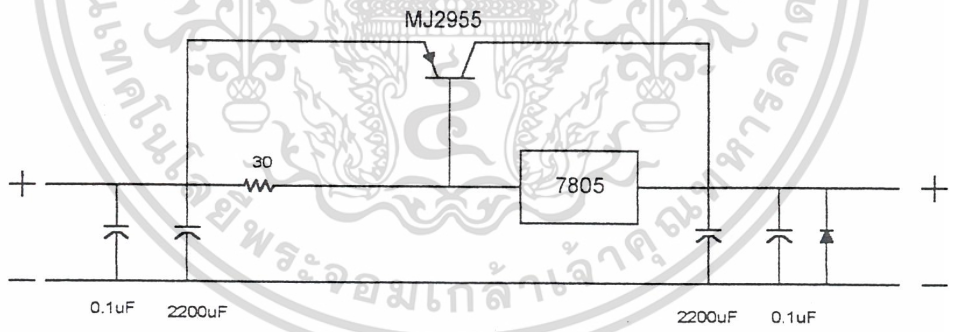
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



รูปที่ 3.1 แสดงวงจร แหล่งจ่ายไฟ

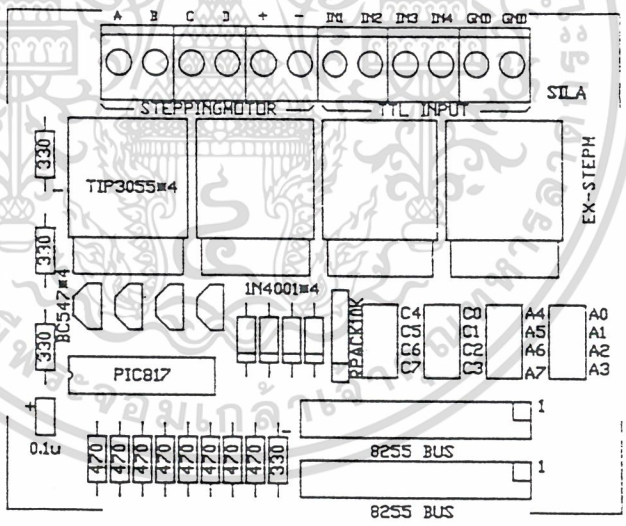
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

การนำไปใช้งาน

บอร์ดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ เป็นบอร์ดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ สามารถใช้งานกับมอร์เตอร์ที่ต้องการกระแสสูงสุดถึง 5AMPS ภายในบอร์ดมีขั้วต่อสำหรับขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ทั้ง 4 จุด (4 Phase) และขั้วไฟบวกลบของสเต็ปเปอร์มอร์เตอร์ นอกจากนี้ยังมีขั้วอินพุทอีก 4 จุดพร้อมทั้งไฟบวกลบของชุดอินพุท สำหรับชุดจ่ายไฟของสเต็ปเปอร์มอร์เตอร์ กับ ชุดจ่ายไฟของสวิตซ์อินพุท จะแยกอิสระออกจากกันจึงช่วยตัดปัญหาในเรื่องของสัญญาณรบกวน และ ปัญหาอื่นๆ ที่จะเข้ามากวนกับระบบควบคุมของบอร์ดไมโคร

การเลือกพอร์ทที่จะใช้งานของบอร์ด ขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ สามารถเลือกได้โดยการปรับขั้วต่อ (Jumper Select Port) ตามรูปแสดงตำแหน่งต่างๆบนบอร์ด



รูปที่ 3.2 แสดงบอร์ดควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์

สเต็ปเปอร์มอเตอร์ โดยทั่วไปมีอยู่ 3 ชนิด คือ

1. Variable Reluctance (VR)
2. Permanent Magnet (PM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Hybrid Stepper Motor (HSM)

3.3.1 Variable Reluctance (VR)

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

การหามุมสเต็ป

S=360/Os หน่วยเป็นองศา

เมื่อ ; Os=mNr; m=จำนวนเฟส

; Nr=จำนวนฟันของโรเตอร์

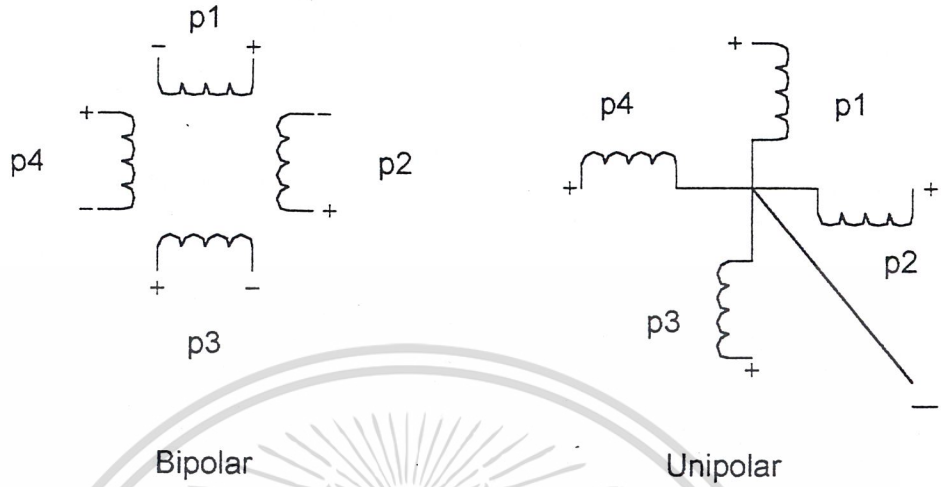
3.3.2 Permanent Magnet (PM)

จะเป็นสเต็ปเปอร์มอร์เตอร์แบบที่ตัวโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบนี้ จะใช้ลักษณะการหมุนแบบ Bipolar ซึ่งมีลักษณะการทำงานจะต้องจ่ายไฟบวกลบเข้าแต่ละเฟสของมอร์เตอร์โดยตรง

3.3.3 Hybrid Stepper Motor (HSM)

จะเป็นการผสมระหว่าง(PM)และ(VR) จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์จะไม่เท่ากันสเต็ปเปอร์มอร์เตอร์แบบนี้จะมีลักษณะการทำงานที่ซับซ้อน จึงเป็นแบบที่ไม่ค่อยจะนิยมใช้งานเท่าใดนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงการขับ เส็ปเปอร์มอเตอร์ แบบต่างๆ

โดยทั่วไปวงจรที่ใช้สเต็ปเปอร์มอร์เตอร์ จะนิยมใช้ทั้ง 2 แบบนี้คือ แบบ Bipolar หรือ Chopper จะใช้กับสเต็บเปอร์มอร์เตอร์ที่เป็นชนิด PM และแบบ Unipolar จะใช้กับชนิด VR ส่วนการขับของสเต็ปเปอร์มอร์เตอร์ชนิด HSM จะมีวงจรขับที่แตกต่างกันออกไป เนื่องมาจากคุณสมบัติของมอร์เตอร์ชนิดนี้สามารถทำงานตามกระแสได้ทั้งสองทิศทาง คือสลับขั้วไฟบวก ลบ ที่จ่ายให้กับมอร์เตอร์

ส่วนบอร์ด EX-STEPM จะมีวงจรขับเป็นแบบ UNIPOLAR

วิธีการกระตุ้นเฟส

- SINGLE PHASE EXITATION เป็นการกระตุ้นแบบเฟสเดี่ยว ตามจังหวะของสัญญาณพัลส์ที่ป้อนเข้าชุดขับสเต็ปเปอร์มอร์เตอร์ (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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 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

- 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
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
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
            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
            MOV   RO,#4
            MOV   R1,#1
DRVL2:            MOV   A,R1
            MOVX  @DPTR,A
            RL    A
            MOV   R1,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL DELAY
                DJNZ  RO,DRVL2
                MOV   DPTR,#USER+2
                MOVX  A,@DPTR
                ANL   A,#OFH
                CJNE  A,#OFH,DRVL3
                LJMP  DRVL1
DRVL3:          RET
DRVR:           LCALL UBEEP
DRVR1:          MOV   DPTR,#USER
                MOV   RO,#4
                MOV   R1,#8
DRVR2:          MOV   A,R1
                MOVX  @,DPTR,A
                RR    A
                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,$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 บอร์ดควบคุม สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ชุดขับจานในแนว เงย

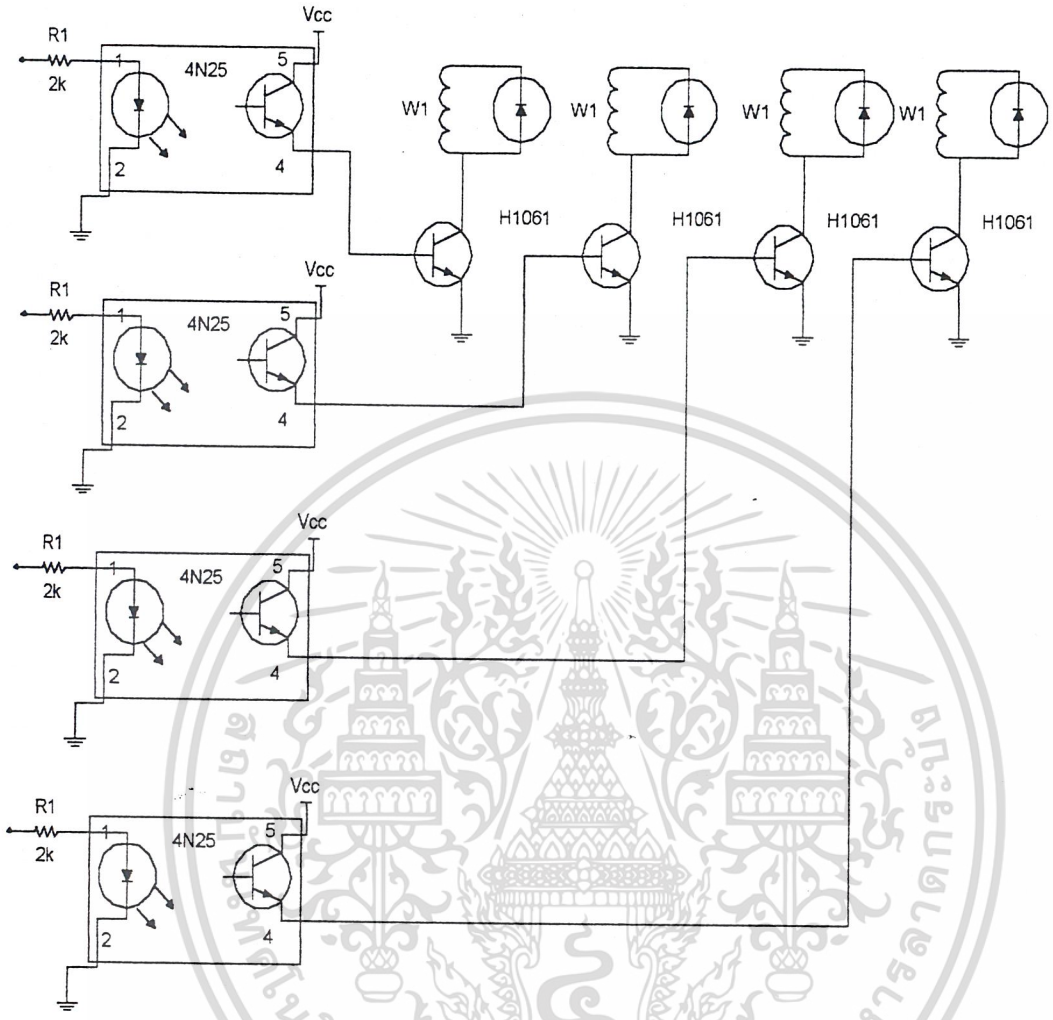
รายการอุปกรณ์

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

หลักการทำงานของ บอร์ดควบคุมบอร์ดควบคุม สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ชุดขับจานในแนว ก้มเงย (Elevation) จากวงจรเราจะเห็นว่าบอร์ดประกอบไปด้วยตัวต้านทาน 2 K โอห์ม ต่อเป็นตัวจำกัดกระแสที่ได้จากบอร์ดไมโครคอนโทรนเลอร์ที่สร้างมา ประมาณ 5 V หลังจากนั้นกระแสจะผ่านเข้าตัว ออปโตไอโซเลเตอร์ เบอร์ 4N25 ซึ่งหลักการทำงานของตัว ออปโตไอโซเลเตอร์ก็คือ เมื่อมีกระแสหรือว่าเมื่อมีพัลซ์ ที่เป็น LOGIC '1' เข้ามาจะทำให้ตัว LED มีแสงออกมาทำให้ตัวทรานส์ซิสเตอร์ภายในออปโตไอโซเลเตอร์นำกระแสนำแรงดัน +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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรของชุดควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ชุดขับจานในแนว มุมเงย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 การใช้งานโดยทั่งไปมักจะใช้แบบ จุดมากกว่าเนื่องจากว่าราคาถูกกว่า และเพียงพอต่อการใช้งานส่วนใหญ่ คุณสมบัติของ Dot Matrix LCD Module สามารถสรุปเป็นข้อๆได้ดังนี้

1. ตัวอักษรแสดงด้วย Dot Matrix ขนาด 5x8 Dot
2. สามารถต่อเข้ากับระบบไมโคร ฯ ได้2ลักษณะคือ แบบ Memory map และแบบผ่าน 8255 port ซึ่งจะใช้ขาสัญญาณทั้งหมด 14 PIN (ขั้วต่อ 16 PIN)
3. การใช้งานง่ายและสะดวก ระบบไมโคร ฯ เพียงส่งข้อมูลให้กับ 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 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

ตารางที่ **3.1 แสดง ขาสัญญาณ ของ** LCD MODULE

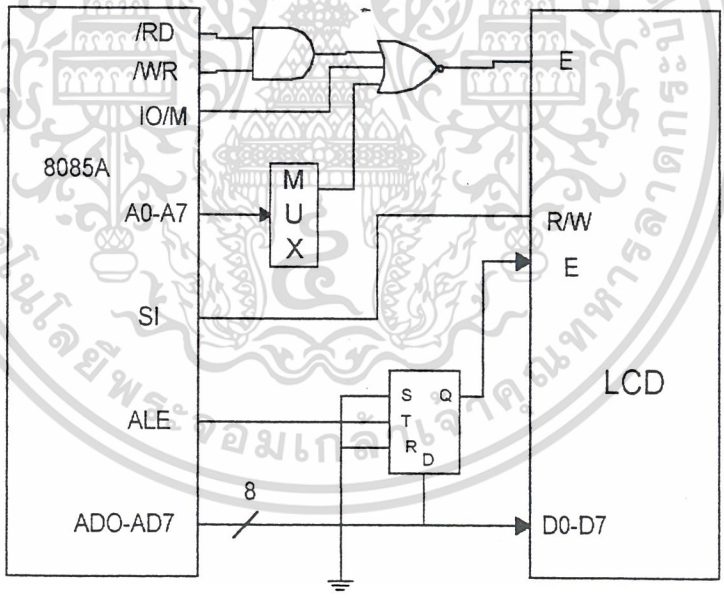
3.5.2 การต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

LCD Module จะต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ 2 ลักษณะดังได้กล่าวไปแล้ว ซึ่งทั้งสองแบบนี้จะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป โดยแต่ละแบบจะมีหลักการดังต่อไปนี้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

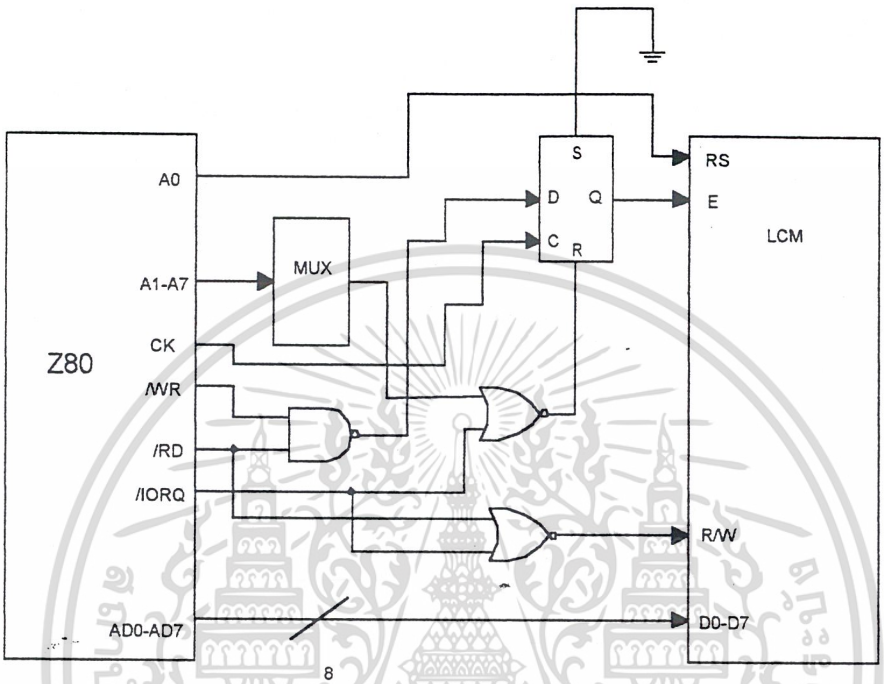
3.5.2.1 การต่อแบบ MEMORY MAP

1. สามารถต่อเข้ากับ Chip เบอร์ทั่วๆไปได้ เช่น 8051 หรือ Z80 โดยจะทำให้ระบบไมโครฯ มองเห็น 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 3.5 แสดงการต่อ LCD Module ร่วมกับ 8085A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

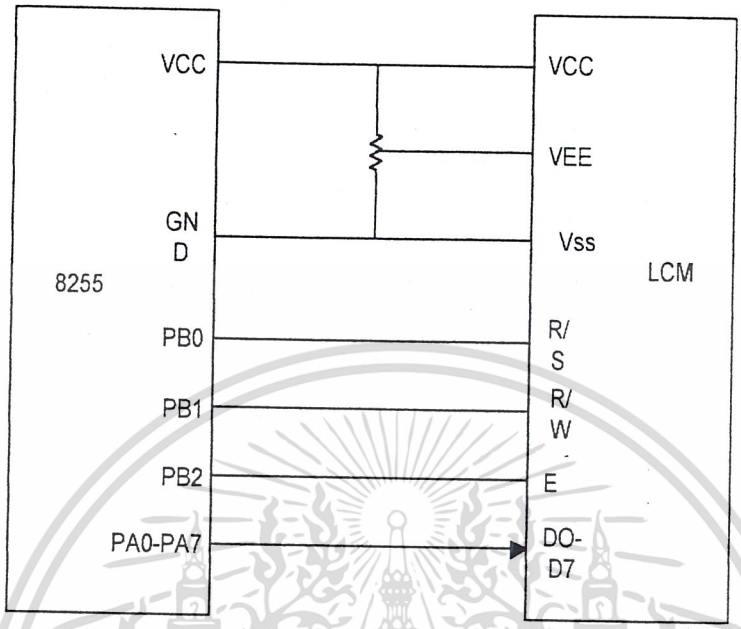


รูปที่ 3.6 แสดงการต่อ LCD Module ร่วมกับ Z80

3.5.3 การต่อแบบ I/O Port

1. สามาต่อเข้ากับ 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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงการต่อ จอแสดงผลร่วมกับ 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 แผงแสดงด้วย โดยมีรายละเอียดตามตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ตารางที่ 3.2 แสดงชุดคำสั่งควบคุมและการแสดงข้อความ

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 ซึ่งระบบไมโครฯสามารถตรวจสอบได้จาก Busy Flag (BF) และถ้าเรียบร้อยแล้ว จึงสามารถเขียนข้อมูลอันต่อไปได้ในกรณีการต่อวงจรเป็นแบบ I/O Port คือแบบที่ไม่สามารถอ่านข้อมูลย้อนกลับไปมาได้ ระบบไมโครฯ ก็จะต้องใช้วิธีการหน่วงเวลาแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การเขียนข้อมูลให้กับ LCD Module นี้สามารถทำได้ทั้งแบบ 8 bit และ 4 bit โดยถ้าเป็นแบบ 4 bit จะใช้สายสัญญาณ Data เพียง 4 เส้น คือ DB4-DB7 ใช้สำหรับระบบไมโครฯแบบ 4 bit หรือเพื่อเป็นการประหยัดสาย การเขียนข้อมูลจะกระทำเหมือนกับ 8bit เพียงแต่ให้เขียน 2 ครั้ง คือ DB4-DB7 ก่อนแล้วตามด้วย DB0-DB3 และจะต้องกำหนดคุณสมบัติค่า DL ในคำสั่ง Function set ด้วย
5. DDRAM (DISPLAY DATA RAM) คือหน่วยความจำภายในตัว จอแสดงผลที่เป็นแบบ Buffer ของข้อมูลโดยถ้าเขียนรหัส ASCII ใดๆลงไปในหน่วยความจำนี้ ก็จะปรากฏเป็นตัวอักษรที่แสดงทันที
6. CGRAM (Character Generator Ram) คือหน่วยความจำภายในตัว จอแสดงผลสำหรับเก็บภาพตัวอักษรที่ผู้ใช้สามารถสร้างได้เอง (8ตัว)โดยจะอ้าง Address ได้ทั้งหมด 64byte คือ8ตัวอักษรคูณกับ 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	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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)

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						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการกำหนด Address ของ DDRAM เมื่อได้ทำการกำหนด ไว้แล้วการอ่านและเขียน Data ที่ต่อจากนี้ จะเป็นไปตาม Address ที่กำหนดทันที ตำแหน่งของ Address ในแต่ละรุ่นจะมีความแตกต่างกันบ้าง เพราะว่าจำนวนตัวอักษร ต่อบรรทัด 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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 (ติดต่อกับระบบไมโคร ฯ 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. การใช้งาน จอแสดงผลจะต้องเกี่ยวข้องกับทางด้านโปรแกรมเป็นส่วยใหญ่ ชุดคำสั่งต่างๆ รวมทั้งการอ่านหรือการเขียนข้อมูลนั้น จะถูกกำหนดด้วยขาสัญญาณทั้งหมดที่มีอยู่ปกติ โปรแกรมจะต้องกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ที่ต้องการไว้ที่ส่วนต้น จากนั้นก็จะเป็นการอ่านและเขียนข้อมูลลงใน DDRAM ซึ่งก็คือข้อความที่จะให้แสดงผลนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.6 การโหลดอักษรที่ออกแบบเอง

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

1. กำหนด Address ของ CGRAM ด้วยคำสั่ง Set CGRAM ทั้งนี้ถ้าโหลดอักษรตัวแรกก็จะใช้ Address ที่ตำแหน่ง 0
2. เขียนข้อมูลที่เป็นรูปตัวอักษร ด้วยคำสั่ง WRITE DATA โดยที่รูปแบบนี้จะใช้ 8 byte ต่อตัวอักษรหนึ่งตัว คือเรียง row จากแถวบนลงล่างและใช้ bit ที่ 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ชุดเมคคานิค (MECHINC)

ชุดเมคคานิคหรือส่วนที่เป็นกลไกโดยที่จะทำงานในตามคำสั่งของชุดควบคุม ที่ได้โปรแกรมการทำงานต่างๆ ไว้แล้วซึ่งในการออกแบบและการสร้างสามารถแยกออกได้ 3 ส่วนดังนี้

ส่วนฐานรองรับ

ส่วนนี้เป็นส่วนที่ต้องรองรับการติดตั้งจากอุปกรณ์ที่เป็นชุดเมคคานิคทั้งหมด เพราะฉะนั้นจะต้องมีความมั่นคงแข็งแรง และสามารถที่จะเคลื่อนย้ายเพื่อไปติดตั้งในที่ใหม่ได้ด้วยตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน

วัสดุและอุปกรณ์

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

ขั้นตอนในการประกอบ

- นำโครงเหล็กมาประกอบเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าให้มั่นคง
- นำแผ่นไม้อัดหนาประมาณ 1 ซม. ซึ่งได้เจาะรูขนาดเท่าตลับลูกปืนจำนวน 2 แผ่น มาติดตั้งทั้งส่วนล่างและส่วนบนของโครงเหล็ก
- ติดตลับลูกปืนเข้ากับรูของไม้อัดที่เตรียมไว้

ชุดควบคุมทางด้านมุมกวาด

หลักการทำงาน

ในส่วนของชุดควบคุมในทางมุมกวาดนั้นจำเป็นจะต้องใช้มอเตอร์ขนาดใหญ่ เพราะว่าเป็นชุดที่ติดอยู่กับฐานรองรับทางด้านล่าง ในการหมุนจะต้องออกแรงหมุนส่วนประกอบทั้งหมดที่เป็นเมคคานิคที่อยู่ถัดขึ้นมา ตั้งแต่ เสา แกนกลาง ข้อต่อต่างๆ ชุดควบคุมการหมุนในแนวมุมเงยรวมทั้งจานรับสัญญาณ โดยจะสามารถหมุนได้รอบตัวเองหรือ 360 องศา โดยในการใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนจะใช้เฟืองซึ่งมีอัตราทด 2:1 เป็นการเชื่อมต่อระหว่างมอเตอร์กับเสาแกนกลางทั้งนี้เพื่อเป็นการทดอัตรากำลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการประกอบ

- ติดตั้งเฟืองไว้ที่ส่วนของเสาแกนกลางในบริเวณที่อยู่ในโครงเหล็ก
- ติดตั้งสเต็ปปิ้งมอเตอร์ไว้กับไม้อัดหนาแผ่นล่างโดยให้เฟืองของมอเตอร์ขบกับเฟืองของเสาแกนกลางจนสนิท
- ประกอบท่อ PVC เข้ากับเสาไม้แกนกลางให้แน่น

ชุดควบคุมด้านมุมเงย

หลักการทำงาน

ในส่วนของมุมเงยจะไม่ใช้การขับเคลื่อนจากมอเตอร์โดยตรงแต่จะออกแบบโดยการควบคุมการเคลื่อนที่จากทางด้านข้างซึ่งจะใช้แท่งเกลียวซึ่งมีขนาดร่องเกลียวที่คงที่ในการขับยันให้ฐานรองรับจาน เกิดการเอียงตั้งแต่มุม0 องศา ถึง มุม 90 องศา

ขั้นตอนการประกอบ

- ประกอบข้อต่อ PVC ให้มีความแข็งแรง และสามารถปรับระดับได้ตั้งแต่ 0-90 องศา
- ประกอบแผ่นเหล็กดัดยึดมอเตอร์ติดกับเสาแกนกลาง
- ประกอบสเต็ปปิ้งมอเตอร์เข้ากับแผ่นเหล็กดัด
- ประกอบชุดร่องเกลียวและบล็อกเข้ากับมอเตอร์
- ประกอบแผ่นไม้อัดรองรับจานกับบล็อกส่วนปลายของร่องเกลียว
- ติดตั้งจานรับจำลองลงบนแผ่นไม้อัดรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลอง

ขั้นตอนต่อไปเป็นการทดสอบการทำงานของโครงงานโดยรวม ซึ่งตามที่ได้ออกแบบโปรแกรมการทำงานกำหนดให้มี โหมดการทำงาน 3โหมด

4.1.1 เปิดสวิทซ์ เครื่องจะทำการรีเซ็ท (Reset) ตัวเองไปยังจุดเริ่มต้น (Origin Setting) เครื่องจะรอรับคำสั่งพร้อมทำงานให้เลือก MODE การทำงาน 0,1,2,3

4.1.2. กด 0 คือ MODE ที่ 0 ใช้สำหรับการ Set Origin ใช้เมื่อเราต้องการที่จะตั้งค่า เริ่มต้นใหม่ทั้งในการหมุนในแนวกวาด และการหมุนของจานรับสัญญาณดาวเทียมในแนวก้มเงย

4.1.3. กด 1 คือ MODE ที่ 1 AUTO SCAN SATT จะมีหน้าจอแสดง SELECT 1-9 คือตำแหน่งเทียมที่ต้องการเมื่อกดคีย์แล้วหน้าจอจะแสดงชื่อดาวเทียมและตำแหน่งดาวเทียม

กด 1 เป็นดาวเทียม Palapa B4 มีมุม กวาด 127 องศา มีมุมเงย 64 องศา

กด 2 เป็นดาวเทียม Palapa B2P มีมุม กวาด 137 องศา มีมุมเงย 68 องศา

กด 3 เป็นดาวเทียม Chinasat DFH2-A2 มีมุมกวาด 145 มีมุมเงย 70 องศา

กด 4 เป็นดาวเทียม Asiasat 1 มีมุมกวาด 160 องศา มีมุมเงย 73 องศา

กด 5 เป็นดาวเทียม India มีมุมกวาด 207 องศา มีมุมเงย 72 องศา

กด 6 เป็นดาวเทียม Gorizont 2 มีมุมกวาด 218 องศา มีมุมเงย 70 องศา

กด 7 เป็นดาวเทียม Chinasat DFH2-A2 มีมุมกวาด 224 องศา มีมุมเงย 68 องศา

กด 8 เป็นดาวเทียม Gorizont 3 มีมุมกวาด 237 องศา มีมุมเงย 61 องศา

กด 9 เป็นดาวเทียม Thaicom 1 มีมุมกวาด 240 องศา มีมุมเงย 60 องศา

4.1.4. กด 2 คือ MODE ที่ 2 Manual Position กด *1 ครั้งเครื่องจะแสดงตำแหน่งเดิมพร้อมทั้งให้ใส่ค่าตำแหน่งใหม่ของมุม AZ ที่ต้องการ กด * ใส่ค่ามุม EL กด * เครื่องจะหมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

4.1.5. กด 3 คือ MODE 3 Step Mode เครื่องจะหมุน 1° เมื่อกดคีย์ หนึ่งครั้งโดยที่

กด 2 มุม EL ลดค่าองศาลง 1°

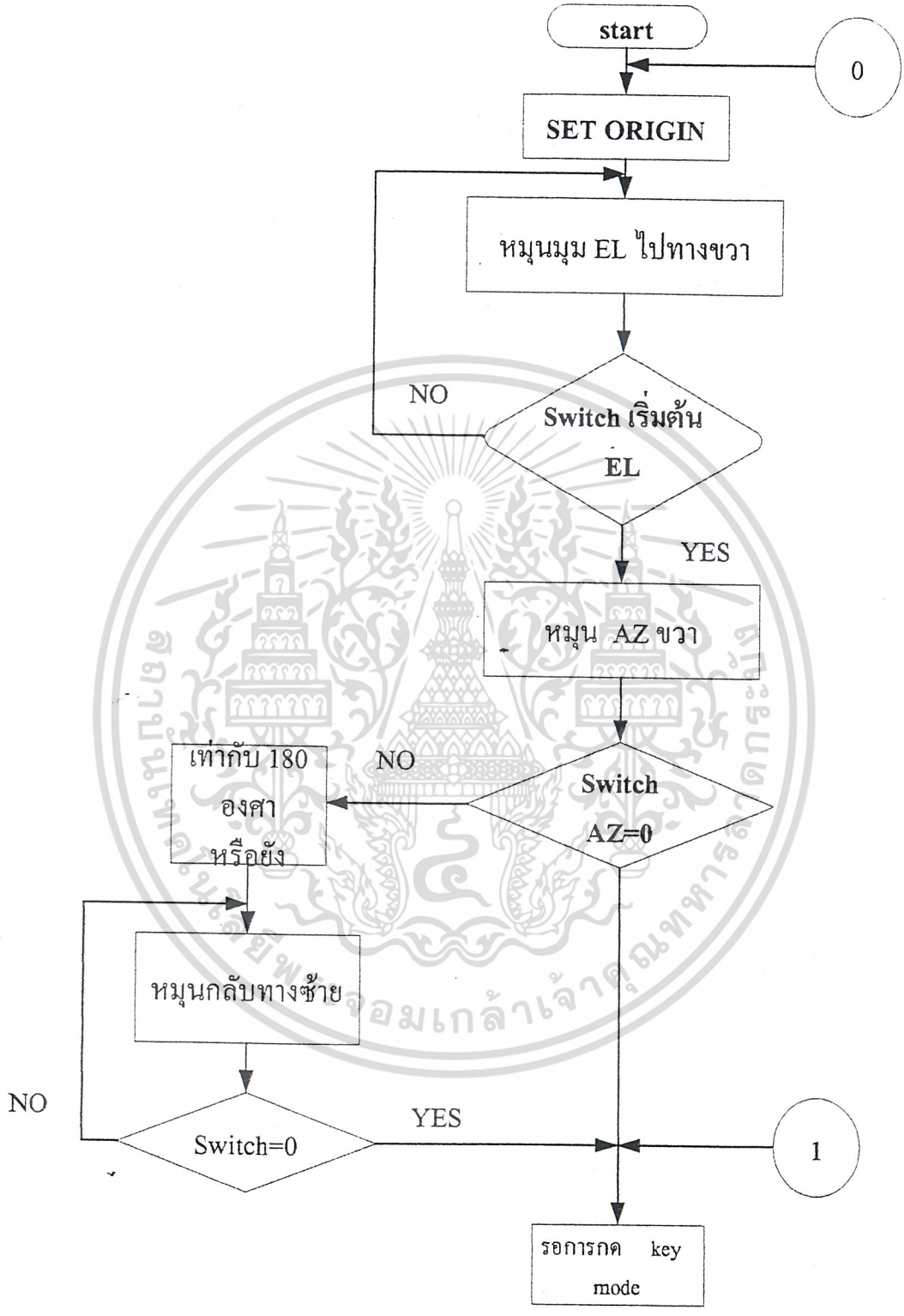
8 มุม EL เพิ่มค่าองศาขึ้น 1°

4 มุม AZ หมุนไปทางซ้าย 1°

6 มุม AZ หมุนไปทางขวา 1°

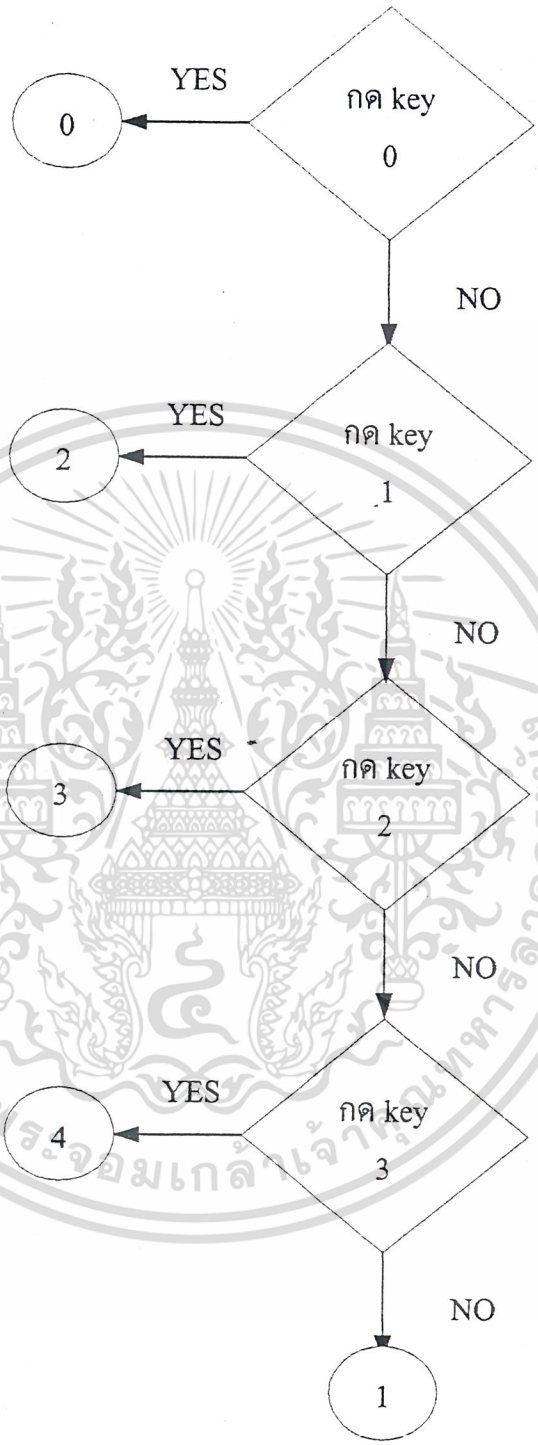
4.1. 6. เมื่อต้องการออกจาก MODE ใดๆ เพื่อกลับไปยัง หน้าจอ เริ่มต้นของ MODE กด คีย์ #

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



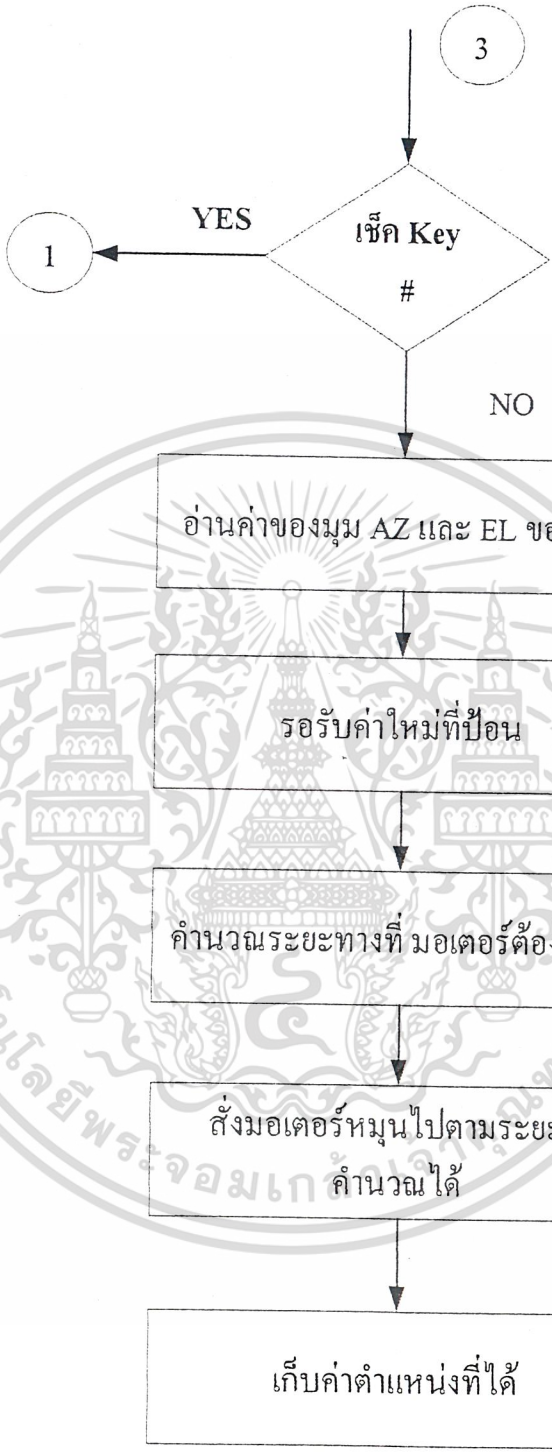
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1แสดงการทำงานของโปรแกรมเริ่มต้น



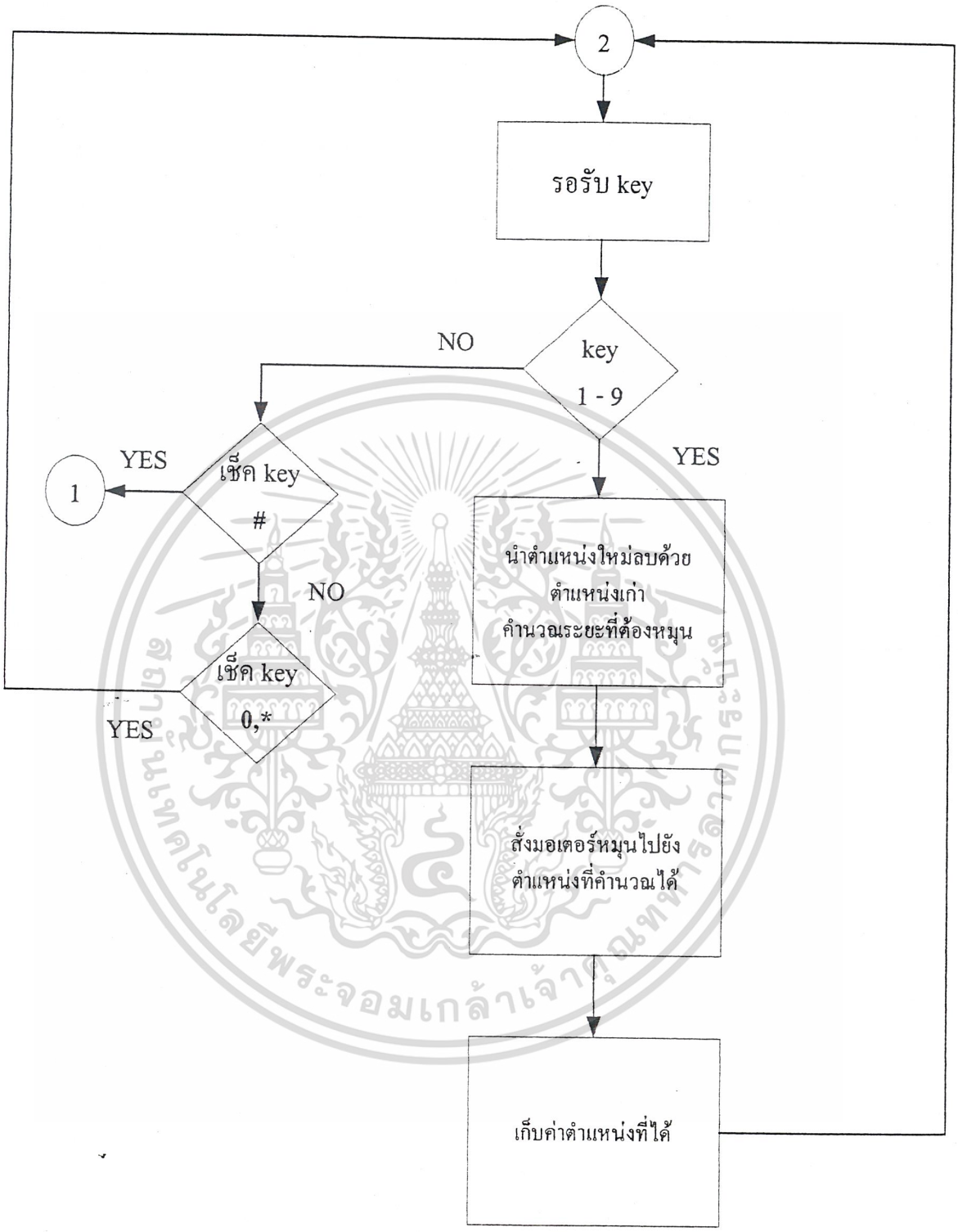
รูปที่ 4.2 แสดงการรอรับคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



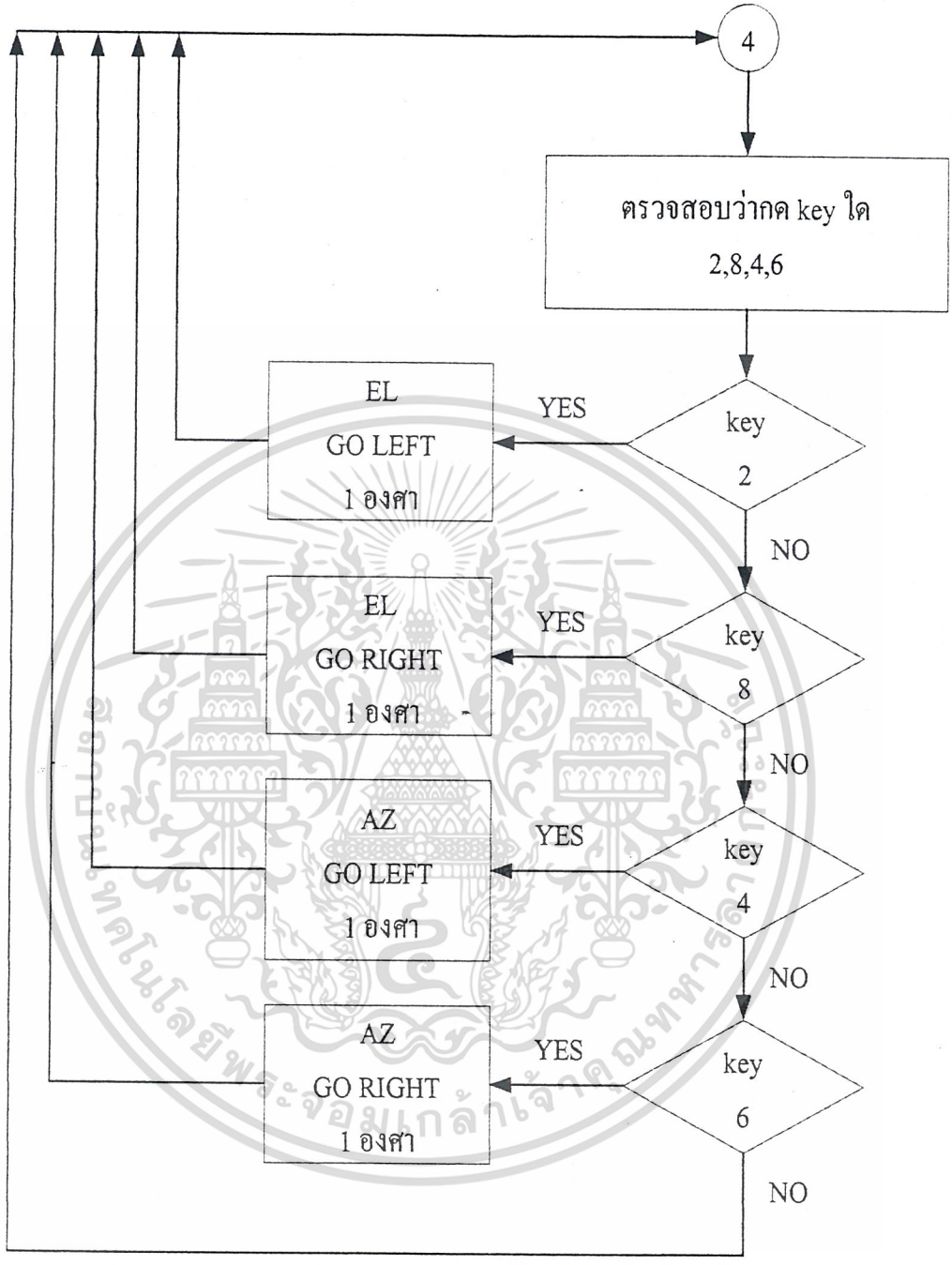
รูปที่ 4.3 แสดงการทำงานในโมทใส่ค่ามุมกวาดและมุมเงยเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงการทำงานในโมทอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงการทำงานในโมทเพิ่มมุมกวาดและมุมเงย 1 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลอง

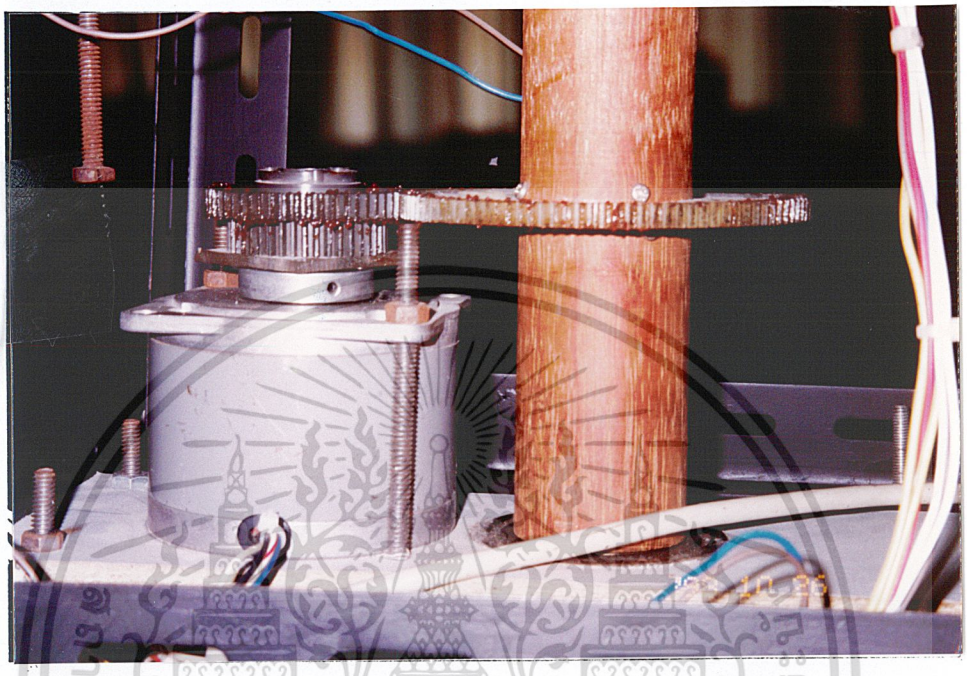
ผลการทดลองในการเริ่มต้นเปิดเครื่องจะเห็นว่ามอเตอร์ขับจานในแนวกวาดจะหมุนไปยังตำแหน่ง 180 องศาหรือทางทิศใต้ของประเทศไทย หลังจากนั้นแล้ว มอเตอร์ขับจานในแนวก้มเงยจะทำการตั้งค่าเริ่มต้นไปยังมุม 90 องศา โดยการทำงานของไมโครสวิตซ์สองตัวด้วยกัน

รูปที่ 4.6 แสดงการตั้งค่ามุมกวาด 180 องศาและมุมเงย 90 องศา

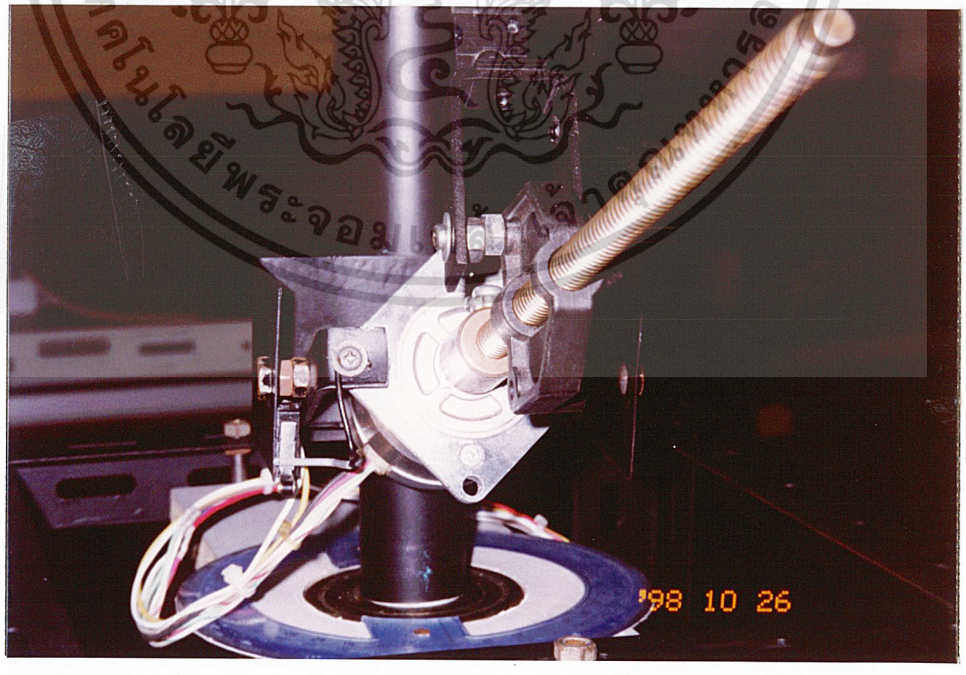
การทำงานของชุดเมคคานิค ร่วมกับวงจร แหล่งจ่ายไฟ วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จอแสดงผล บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และ โปรแกรมการทำงาน จะเห็นว่าการทำงานของชุดจานรับสัญญาณดาวเทียมสามารถทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ตลอดจนสามารถปรับตำแหน่งต่างๆ ได้ละเอียดขึ้น อย่างไรก็ตามการทำงานของชุดจานรับสัญญาณดาวเทียมอาจจะมีความผิดพลาดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การชี้ตำแหน่งที่ผิดไปได้อันเนื่องจากชุดเมคคานิคเพราะว่า ชุดเมคคานิคอาจจะมีส่วนของชุดเคลื่อนที่ซึ่งเกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย ตลอดจนชุดเพื่องทดอาจจะไม่แน่นพอ

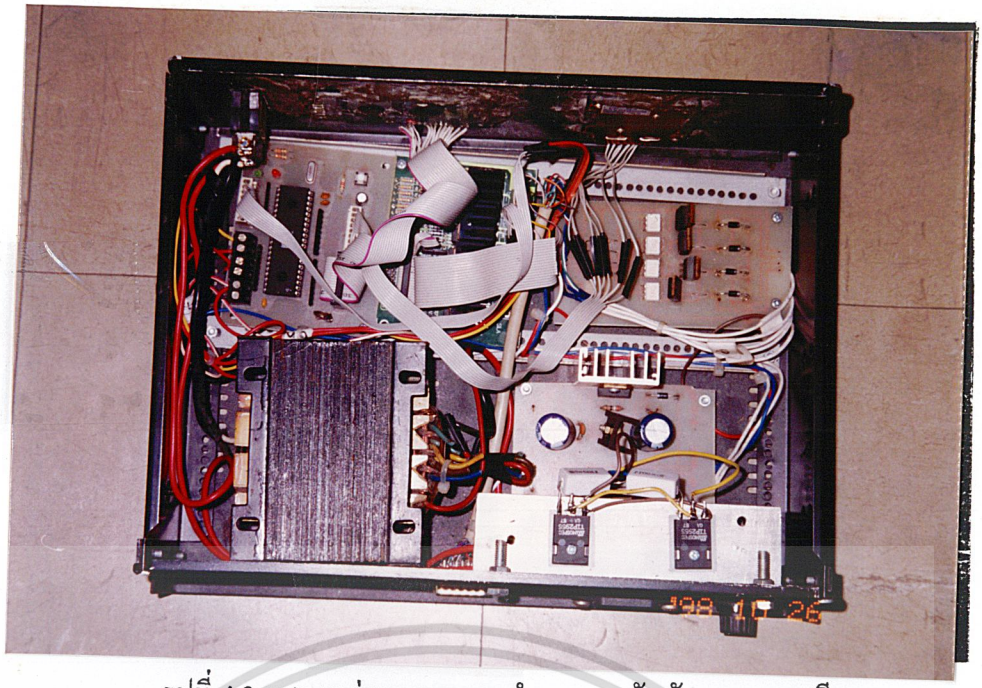


รูปที่ 4.7 แสดงเพื่องทดของจานรับสัญญาณดาวเทียมในแนวกวาด



รูปที่ 4.8 แสดงเพื่องทดของจานรับสัญญาณดาวเทียมในแนวก้มเงย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงกล่องควบคุมชุดจำลองจานรับสัญญาณดาวเทียม

กล่องควบคุมชุดจำลองจานรับสัญญาณดาวเทียมประกอบด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ บอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ทั้งแนวกวาดและแนวนอน บอร์ด แหล่งจ่ายไฟ และหม้อแปลงไฟฟ้า

รูปที่ 4.10 แสดงชุดจำลองเครื่องควบคุมจานรับสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอ ชุดจำลองจานรับสัญญาณดาวเทียม โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะนำความรู้เกี่ยวกับระบบรับส่งสัญญาณดาวเทียมตลอดจนการเขียนโปรแกรมควบคุมจานรับสัญญาณดาวเทียมเพื่ออำนวยความสะดวกในการปรับมุมกวาดและมุมเงยของจานรับสัญญาณดาวเทียมให้ตรงกับดาวเทียมค้างฟ้าที่ลอยอยู่บนท้องฟ้าเพื่อรับสัญญาณที่ส่งมาใช้งานต่อไป ซึ่งประสิทธิภาพของโครงงานที่ได้ตอนนี้สามารถทำงานได้เป็นที่น่าพอใจพอสมควร โดยการแนะนำรวมทั้งการสนับสนุนจากอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่เกี่ยวข้อง ที่มีส่วนเป็นอย่างมากในการช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดมา จนกระทั่งออกมาเป็นผลสำเร็จ ซึ่งจากการปฏิบัติงานในครั้งนี้สามารถที่จะสรุปในส่วนของปัญหาอุปสรรค์ แนวทางในการแก้ไขรวมทั้งข้อเสนอแนะในการนำโครงงานชิ้นนี้ไปใช้งานหรือพัฒนาต่อไป โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

ปัญหาอุปสรรค

ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงงานนี้พอที่จะสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ปัญหาของการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ จะต้องทำในส่วนของโครงสร้างที่เป็นฮาร์ดแวร์ให้เสร็จก่อนเพราะว่าในการชี้ตำแหน่งต่างๆ จะต้องมีความละเอียดพอสมควรเพราะฉะนั้นชุดเมคคานิคจะต้องมีความมั่นคงแข็งแรง
2. ปัญหาของความผิดพลาดในการชี้ตำแหน่ง พบว่าไม่สามารถชี้ตำแหน่งได้แม่นยำในบางครั้งอันเนื่องมาจากชุดเมคคานิค
3. ความเร็วในการหมุนหาตำแหน่งพบในการหามุมกวาดและมุมเงยหยุดไม่พร้อมกันเพราะว่า มุมการหมุนในแต่ละครั้งของดาวเทียมแต่ละดวงไม่เป็นอัตราส่วนที่คงที่ฉะนั้นการหยุดจะหยุดไม่พร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางแก้ไขปัญหา

1. ในการพัฒนาโปรแกรมจะต้องทำส่วนที่เป็นเมคคานิคให้เสร็จก่อนที่จะพัฒนาในส่วนของโปรแกรม
2. ควรจะเลือกใช้วัสดุที่มีโครงสร้างที่แข็งแรงจะได้ผลงานที่มีคุณภาพโดยเฉพาะโครงสร้างในส่วนของเมคคานิค
3. ใช้มอเตอร์ที่ความละเอียดสูงขึ้นจะทำให้มีความละเอียดในการชี้ตำแหน่งเพิ่มขึ้น หรืออาจจะใช้มอเตอร์ ดี.ซี. มาทำงานแทนสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งจะมีความแม่นยำมากขึ้น

การพัฒนา

โครงงานนี้เป็นชุดจำลองจานรับสัญญาณดาวเทียมมีจุดประสงค์เพื่อเป็นชุดต้นแบบ การพัฒนาในงานต่อไปเราสามารถที่จะทำให้ชุดจำลองจานรับสัญญาณดาวเทียมชุดนี้สามารถใช้งานได้จริงโดยการเพิ่มเติมในส่วนของจานรับสัญญาณให้มีคุณสมบัติถูกต้องตามหลักวิชาการและพัฒนาโครงสร้างให้มีความแข็งแรง โดยการใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น และอาจจะเพิ่มในส่วนของชุดควบคุมให้เป็นแบบ ควบคุมระยะไกลหรือที่เรียกว่ารีโมคอนโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. บริษัท อีทีที จำกัด EXSTEPM 4 STEPPER MOTOR DRIVER BOARD

2. รังสรรค์ วงศ์สรรค์, โลกของการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม, ศูนย์การพิมพ์พลชัย , นิตยาสาร ซีคิว,ชั้น 4 ,2536

3. สมยศ จุณณะปิยะ.การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์,พิมพ์ครั้งที่ 2 . กรุงเทพฯ ,2541.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

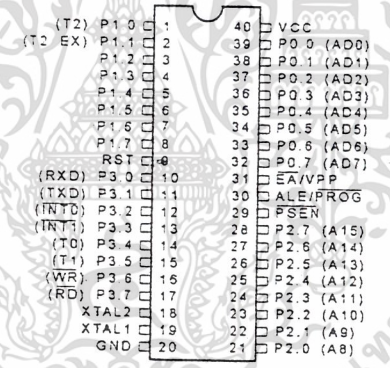
Description

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.

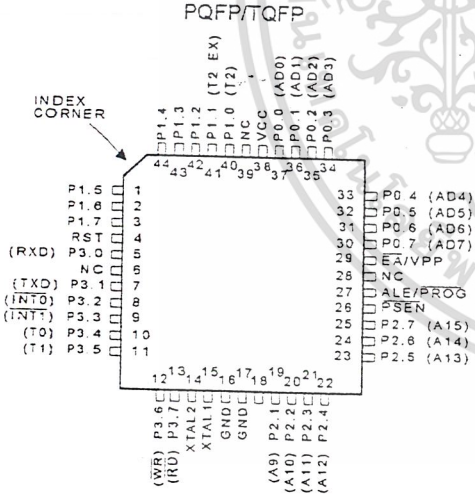
(continued)

Pin Configurations

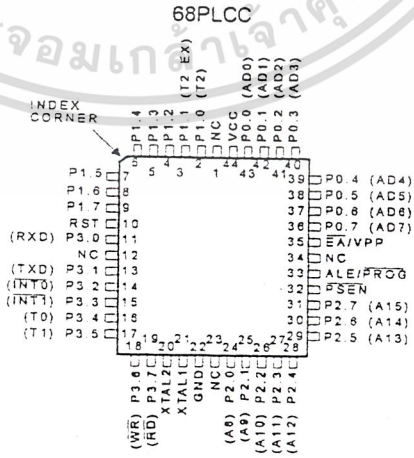
PDIP



PQFP/TQFP



68PLCC



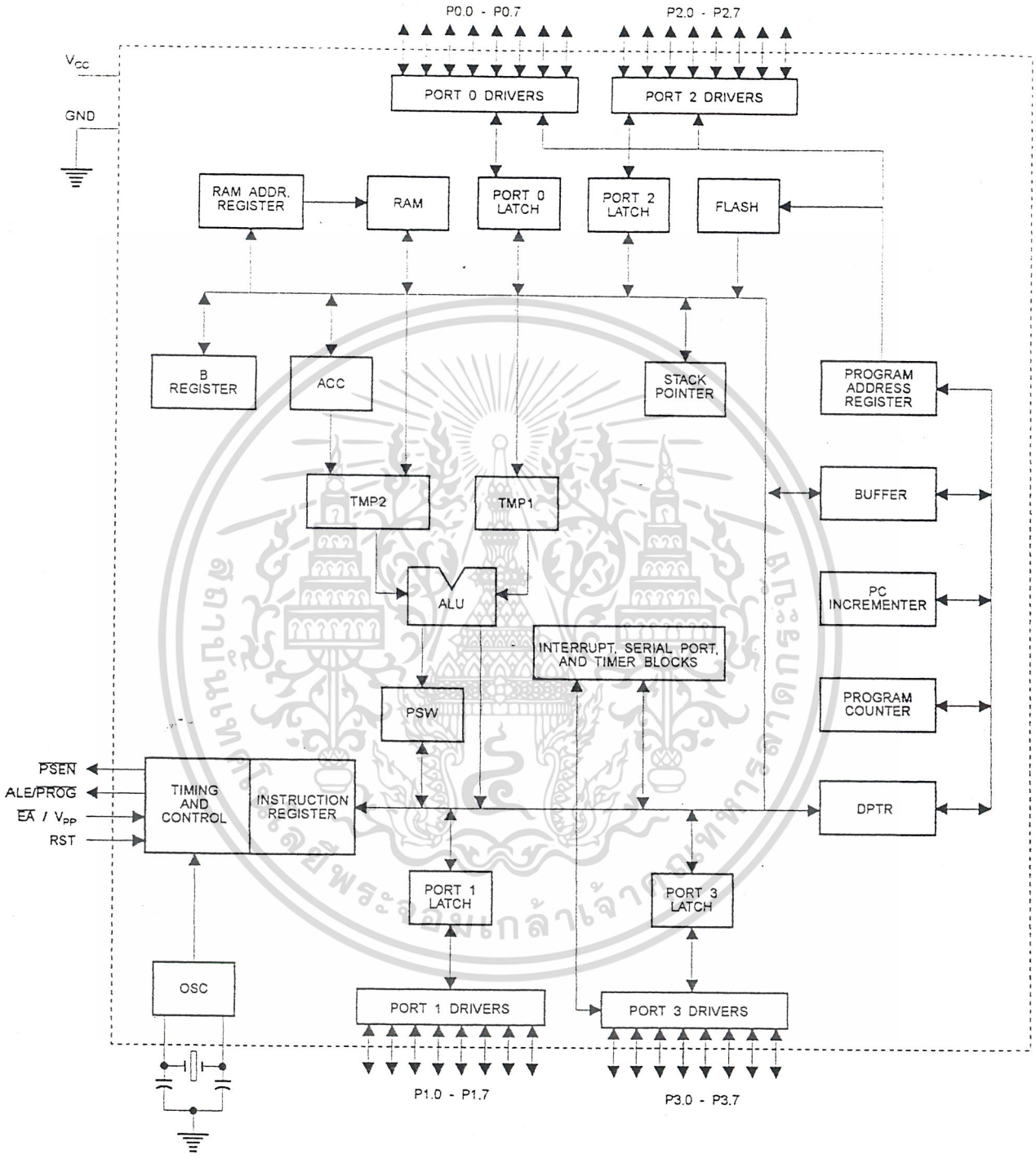
8-Bit Microcontroller with 8K Bytes Flash

AT89C52

0313F-A-12/97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Programmable Clock Out

A 50% duty cycle clock can be programmed to come out on P1.0, as shown in Figure 5. This pin, besides being a regular I/O pin, has two alternate functions. It can be programmed to input the external clock for Timer/Counter 2 or to output a 50% duty cycle clock ranging from 61 Hz to 4 MHz at a 16 MHz operating frequency.

To configure the Timer/Counter 2 as a clock generator, bit C/$\overline{T2}$ (T2CON.1) must be cleared and bit T2OE (T2MOD.1) must be set. Bit TR2 (T2CON.2) starts and stops the timer.

The clock-out frequency depends on the oscillator frequency and the reload value of Timer 2 capture registers (RCAP2H, RCAP2L), as shown in the following equation.

$$\text{Clock-Out Frequency} = \frac{\text{Oscillator Fequency}}{4 \times [65536 - (\text{RCAP2H,RCAP2L})]}$$

In the clock-out mode, Timer 2 roll-overs will not generate an interrupt. This behavior is similar to when Timer 2 is used as a baud-rate generator. It is possible to use Timer 2 as a baud-rate generator and a clock generator simultaneously. Note, however, that the baud-rate and clock-out frequencies cannot be determined independently from one another since they both use RCAP2H and RCAP2L.

UART

The UART in the AT89C52 operates the same way as the UART in the AT89C51.

Interrupts

The AT89C52 has a total of six interrupt vectors: two external interrupts ($\overline{INT0}$ and $\overline{INT1}$), three timer interrupts (Timers 0, 1, and 2), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 6.

Each of these interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting or clearing a bit in Special Function Register IE. IE also contains a global disable bit, EA, which disables all interrupts at once.

Note that Table 5 shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89C51, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

Timer 2 interrupt is generated by the logical OR of bits TF2 and EXF2 in register T2CON. Neither of these flags is cleared by hardware when the service routine is vectored to. In fact, the service routine may have to determine whether it was TF2 or EXF2 that generated the interrupt, and that bit will have to be cleared in software.

The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle. However, the Timer 2 flag, TF2, is set at S2P2 and is polled in the same cycle in which the timer overflows.

Table 5. Interrupt Enable (IE) Register

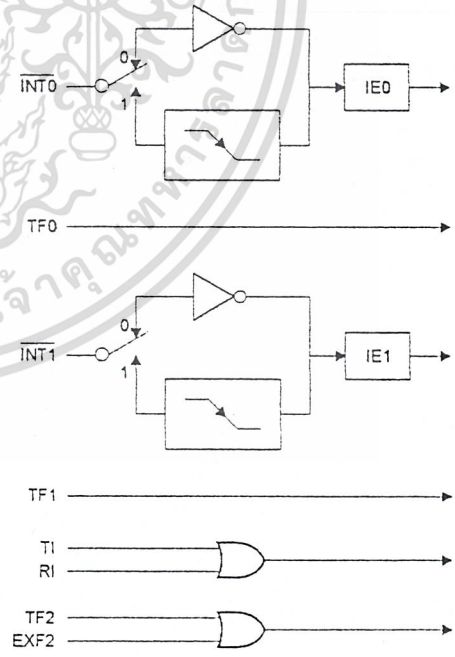
(MSB)							(LSB)
EA	—	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

Enable Bit = 1 enables the interrupt.

Enable Bit = 0 disables the interrupt.

Symbol	Position	Function
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
—	IE.6	Reserved.
ET2	IE.5	Timer 2 interrupt enable bit.
ES	IE.4	Serial Port interrupt enable bit.
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit.
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit.
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit.
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit.
User software should never write 1s to unimplemented bits, because they may be used in future AT89 products.		

Figure 6. Interrupt Sources



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 7. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 8. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

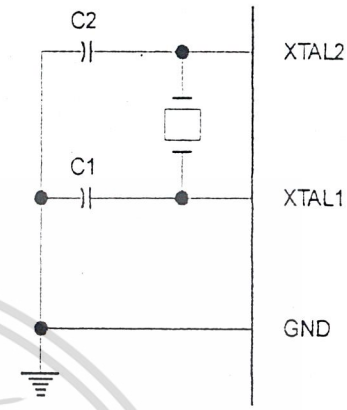
In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

Note that when idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when idle mode is terminated by a reset, the instruction following the one that invokes idle mode should not write to a port pin or to external memory.

Power Down Mode

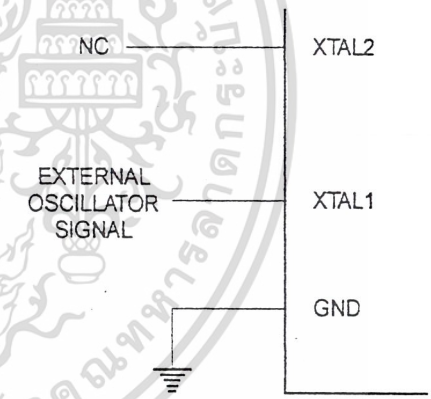
In the power down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power down mode is terminated. The only exit from power down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Figure 7. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 8. External Clock Drive Configuration



Status of External Pins During Idle and Power Down Modes

Mode	Program Memory	ALE	$\overline{PSEN}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power Down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power Down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage	6.6V
DC Output Current	15.0 mA

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

DC Characteristics

The values shown in this table are valid for T_A = -40°C to 85°C and V_{CC} = 5.0V ± 20%, unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage	(Except $\overline{EA}$)	-0.5	0.2 V_{CC}-0.1	V
V_{IL1}	Input Low Voltage ($\overline{EA}$)		-0.5	0.2 V_{CC}-0.3	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V_{CC}+0.9	V_{CC}+0.5	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V_{CC}	V_{CC}+0.5	V
V_{OL}	Output Low Voltage[1] (Ports 1,2,3)	I_{OL} = 1.6 mA		0.45	V
V_{OL1}	Output Low Voltage[1] (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OL} = 3.2 mA		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OH} = -60 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -25 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -10 µA	0.9 V_{CC}		V
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I_{OH} = -800 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -300 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -80 µA	0.9 V_{CC}		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 0.45V		-50	µA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 2V, V_{CC} = 5V ± 10%		-650	µA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$)	0.45 < V_{IN} < V_{CC}		±10	µA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power Down Mode[1]	V_{CC} = 6V		100	µA
		V_{CC} = 3V		40	µA

Notes:
1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
   Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
   Maximum I_{OL} per 8-bit port:
   Port 0: 26 mA Ports 1, 2, 3: 15 mA
   Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
   If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Characteristics

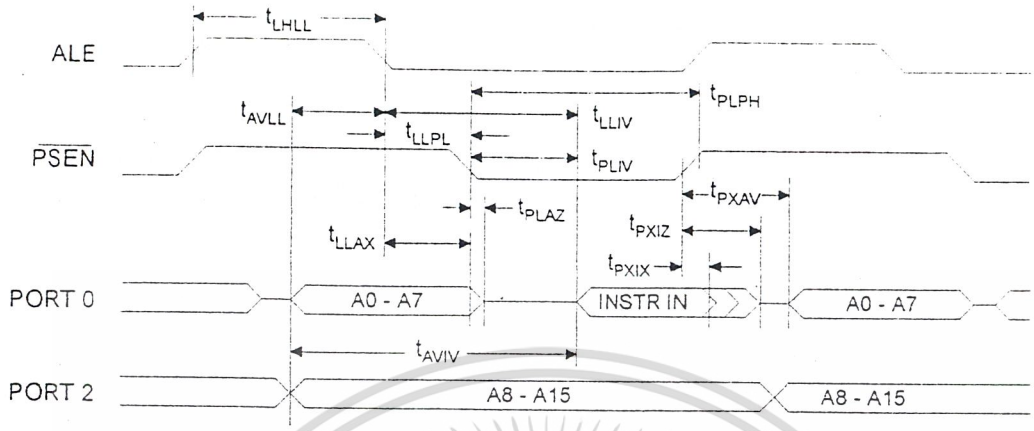
Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/$\overline{PROG}$, and $\overline{PSEN}$ = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

External Program and Data Memory Characteristics

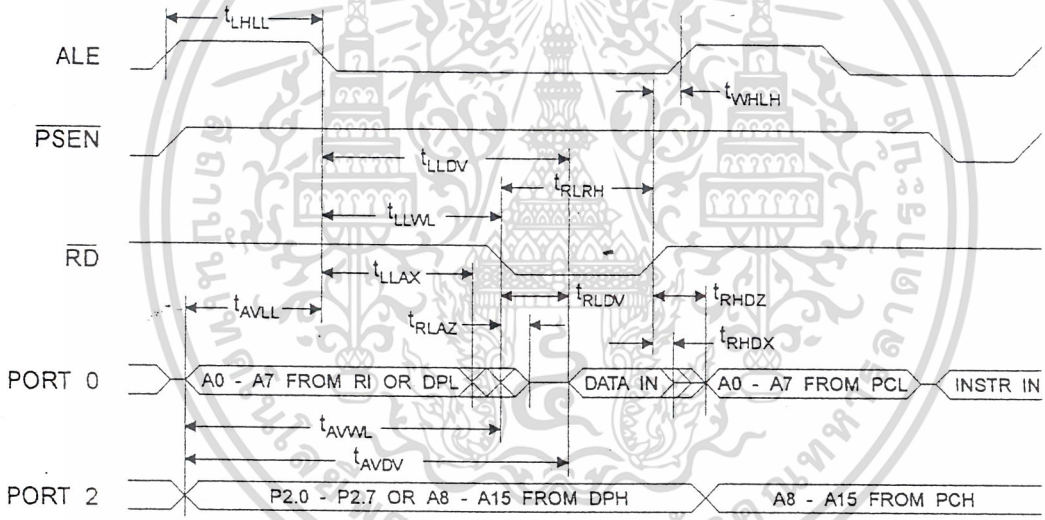
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{CLCL}-13$		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}-65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low	43		$t_{CLCL}-13$		ns
t_{PLPH}	$\overline{PSEN}$ Pulse Width	205		$3t_{CLCL}-20$		ns
t_{PLIV}	$\overline{PSEN}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}-45$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold After $\overline{PSEN}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float After $\overline{PSEN}$		59		$t_{CLCL}-10$	ns
t_{PXAV}	$\overline{PSEN}$ to Address Valid	75		$t_{CLCL}-8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}-55$	ns
t_{PLAZ}	$\overline{PSEN}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{RD}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{WLWH}	$\overline{WR}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{RLDV}	$\overline{RD}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}-90$	ns
t_{RHDX}	Data Hold After $\overline{RD}$	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After $\overline{RD}$		97		$2t_{CLCL}-28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}-150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}-165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	200	300	$3t_{CLCL}-50$	$3t_{CLCL}+50$	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	203		$4t_{CLCL}-75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{WR}$ Transition	23		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{WR}$ High	433		$7t_{CLCL}-120$		ns
t_{WHQX}	Data Hold After $\overline{WR}$	33		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{RLAZ}	$\overline{RD}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High	43	123	$t_{CLCL}-20$	$t_{CLCL}+25$	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Program Memory Read Cycle

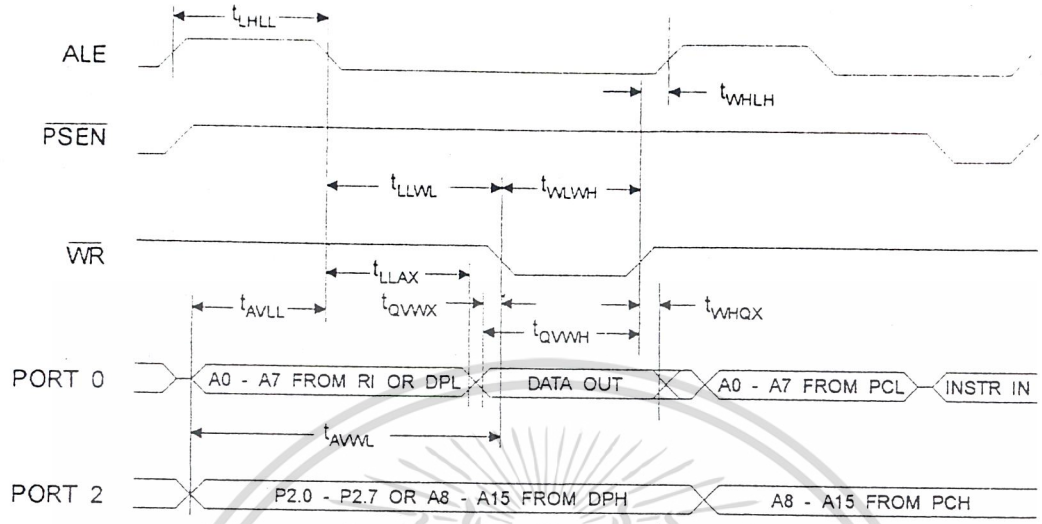


External Data Memory Read Cycle

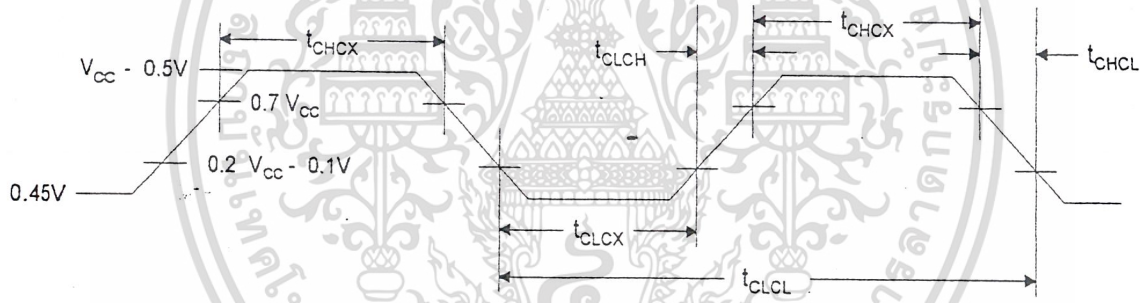


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	15		ns
t_{CLCX}	Low Time	15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20	ns

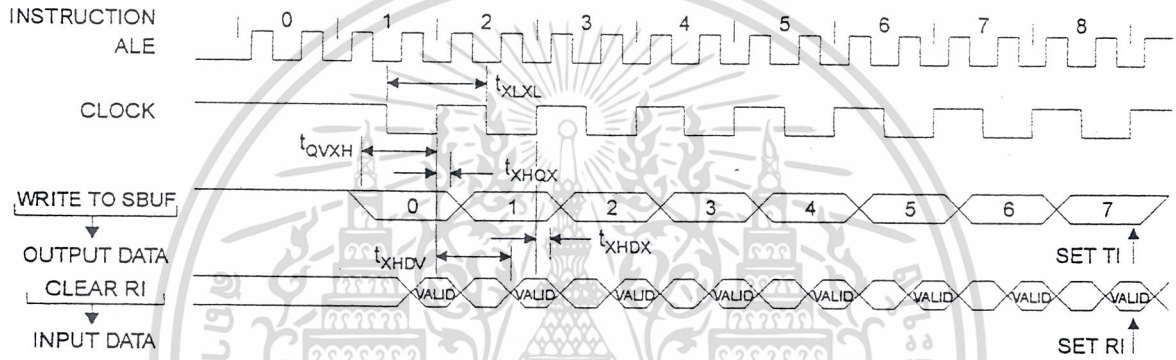
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

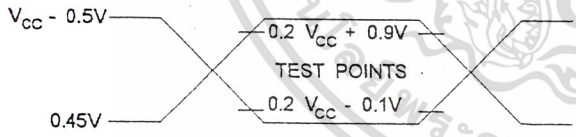
The values in this table are valid for V_{CC} = 5.0V ± 20% and Load Capacitance = 80 pF.

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		µs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}$-133		ns
t_{XHQX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}$-117		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}$-133	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

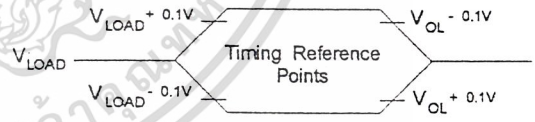


AC Testing Input/Output Waveforms[1]



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at V_{CC} - 0.5V for a logic 1 and 0.45V for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Float Waveforms[1]



Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5V ± 20%	AT89C52-12AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-12JC	44J	
		AT89C52-12PC	40P6	
		AT89C52-12QC	44Q	
		AT89C52-12AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C52-12JI	44J	
		AT89C52-12PI	40P6	
		AT89C52-12QI	44Q	
		AT89C52-12AA	44A	Automotive (-40°C to 105°C)
		AT89C52-12JA	44J	
		AT89C52-12PA	40P6	
		AT89C52-12QA	44Q	
16	5V ± 20%	AT89C52-16AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-16JC	44J	
		AT89C52-16PC	40P6	
		AT89C52-16QC	44Q	
		AT89C52-16AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C52-16JI	44J	
		AT89C52-16PI	40P6	
		AT89C52-16QI	44Q	
		AT89C52-16AA	44A	Automotive (-40°C to 105°C)
		AT89C52-16JA	44J	
		AT89C52-16PA	40P6	
		AT89C52-16QA	44Q	
20	5V ± 20%	AT89C52-20AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-20JC	44J	
		AT89C52-20PC	40P6	
		AT89C52-20QC	44Q	
		AT89C52-20AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C52-20JI	44J	
		AT89C52-20PI	40P6	
		AT89C52-20QI	44Q	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	5V ± 20%	AT89C52-24AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-24JC	44J	
		AT89C52-24PC	40P6	
		AT89C52-24QC	44Q	
		AT89C52-24AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C52-24JI	44J	
		AT89C52-24PI	40P6	
		AT89C52-24QI	44Q	

Package Type	
44A	44 Lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44 Lead, Plastic J-Leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40 Lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44 Lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-----------------------------------------;
;---------- SATT CONTROL VER 2.00 KMITL 3L -----;
;-----------------------------------------;

;---------- DATA EQU ----------
COMMANDS EQU 00H
RBD     EQU 01000000B
WRD     EQU 00100000B
LINE    EQU 03
SPEED   EQU 14        ;SPEED EL
SPEEDX  EQU 17        ;SPEED AZ
CIRA    EQU 126
CIRA2   EQU 2
CIRB    EQU 1
FR      EQU 1
FL      EQU 2
DELAY_SCAN EQU 07FH
;----------PORT EQU ----------
AZ_SW   EQU P0.3
EL_SW   EQU P0.2
;----------MEMORY EQU ----------
STEPM       EQU 30H
CIRCLEX     EQU 31H
CIRCLEX2    EQU 32H
FROMRL      EQU 33H
STEPN       EQU 34H
BUFFER      EQU 35H
COUNT_AZ    EQU 36H
ELSTATS     EQU 37H
AZSTATS_MSB EQU 38H
ELNEXT      EQU 39H
AZNEXT_MSB  EQU 3AH

POINTSATT   EQU 3BH
SEG_MSB     EQU 3CH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SEG_LSB     EQU 3DH
KBUFFER     EQU 3EH
CMODE2      EQU 3FH

DIG1        EQU 40H
DIG2        EQU 41H
DIG3        EQU 42H
DIG4        EQU 43H
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
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL INIT       ;INIT LCD
        CALL SET_ORG
;————————— INIT STATE ————————
START_MODE:
        MOV DPTR,#IN_MODEL1
        CALL INMEM
        MOV LINE,#1
        CALL SCAN
        MOV DPTR,#IN_MODEL2
        CALL INMEM
        MOV LINE,#2
        CALL SCAN

IN_MODEX:
        CALL INKEY
        JB ACC.4,IN_MODEX
        MOV B,#3
        MUL AB
        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 IN_MODEX ;4    ;
        LJMP IN_MODEX ;5    ;
        LJMP IN_MODEX ;6    ; FOR FUTURE
        LJMP IN_MODEX ;7    ;
        LJMP IN_MODEX ;8    ;
        LJMP IN_MODEX ;9    ;
        JMP $

;————————— SINGLE STEP MODE ————————————
EXMODE3:  JMP START_MODE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MODE3:
        MOV DPTR,#MODE3L1
        CALL INMEM
        MOV LINE,#1
        CALL SCAN

        MOV DPTR,#MODE3L2
        CALL INMEM

        MOV DPH,AZSTATS_MSB
        MOV DPL,AZSTATS_LSB
        CALL HTOD
        MOV A,R2
        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

MODE3X:
        MOV P3,#11111110B
        JNB P3.4,RXX
        MOV P3,#11111101B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        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
        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
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        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
        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,#45
        JC SUBXDF
        DEC ELSTATS
        MOV B,#1
        CALL STEP_RIGHT
        JMP MODE3

;————— MODE 2 GOTO LOCATION —————
M2SUB:    JMP START_MODE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MODE2:
        MOV DPTR,#MODE2L1
        CALL INMEM
        MOV LINE.#1
        CALL SCAN
        MOV DPTR,#MODE2L2
        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
INMX2:
        CALL INKEY
        JB ACC.7,M2SUB
        JNB ACC.4,INMX2
INMX4:
        MOV DPTR,#MODE2L11
        CALL INMEM
        MOV R0,#DIG8
INMX3:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        PUSH 00
        MOV LINE,#1
        CALL SCAN

ERRKM2:
        CALL INKEY
        JB ACC.7,ERRKM2
        JB ACC.4,CHECK2PASS
        MOV KBUFFER,A
        ADD A,#30H
        POP 00
        MOV @R0,A
        INC R0
        CJNE R0,#DIG12,INMX3
        JMP INMX4
CHECK2PASS:
        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
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SUBB A,#1
        JC PASSX
        JZ PASSA
        JMP INMX4

PASSA:  MOV A,DPL
        CLR CY
        SUBB A,#69H
        JNC INMX4
PASSX:
        MOV AZNEXT_MSB,DPH
        MOV AZNEXT_LSB,DPL

ELM21:
        MOV DIG15,#'0'
        MOV DIG16,#'0'
        MOV LINE,#1
        CALL SCAN
ELM2:
        CALL INKEY
        JB ACC.7,ELM2
        JB ACC.4,CPASSEL
        ADD A,#30H
        MOV DIG15,A
        MOV LINE,#1
        CALL SCAN
ELM22:  CALL INKEY
        JB ACC.7,ELM22
        JB ACC.4,CPASSEL
        ADD A,#30H
        MOV DIG16,A
        MOV LINE,#1
        CALL SCAN
ELM33:
        CALL INKEY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JB ACC.7,ELM21
        JNB ACC.4,ELM21

CPASSEL:
        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
        MOV R3,A
        CALL DTOH

        MOV A,DPL
        CLR CY
        SUBB A,#91
        JNC ELM21

        MOV A,DPL
        CLR CY
        SUBB A,#45
        JC ELM21
        MOV ELNEXT,DPL
        CALL GOSATT
        JMP MODE2
        RET

;————————MODE0 IS SET TO ORGIAN PRESS KEY 0————————
MODE0:
        CALL SET_ORG
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JMP START_MODE
;-------------------------------------------
;--------- MODE1 IS AUTOSCAN  SATT IN EPRROM MODE-----
EXIT_MODE1: JMP START_MODE
MODE1:
        MOV DPTR,#MODE1L1
        CALL INMEM
        MOV LINE,#1
        CALL SCAN
        MOV DPTR,#MODE1L2
        CALL INMEM
        MOV LINE,#2
        CALL SCAN
IN_SATT:
        CALL INKEY
        JB ACC.7,EXIT_MODE1
        JB ACC.4,IN_SATT  ;CHECK #*
        ORL A,#0
        JZ IN_SATT      ;CHECK ZERO

        DEC A
        MOV KBUFFER,A
        MOV DPTR,#AZMEM
        MOVC A,@A+DPTR
        MOV AZNEXT_LSB,A
        MOV AZNEXT_MSB,#0
        MOV DPTR,#ELMEM
        MOV A,KBUFFER
        MOVC A,@A+DPTR
        MOV ELNEXT,A

        MOV DPTR,#ANG_SATT
        CALL INMEM
        MOV DPH,#0
        MOV DPL,AZNEXT_LSB
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL HTOD
        MOV A,R2
        CALL BCDTOSEG
        MOV DIG5,SEG_LSB
        MOV A,R3
        CALL BCDTOSEG
        MOV DIG6,SEG_MSB
        MOV DIG7,SEG_LSB

        MOV DPH,#0
        MOV DPL,ELNEXT
        CALL HTOD
        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
;-TXT AT LINE1 NAME SATT
        MOV A,KBUFFER
        MOV B,#16
        MUL AB
        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
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL GOSATT
        JMP IN_SATT

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

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
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        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
; 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
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        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
        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 $

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
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

    MOV A,AZNEXT_MSB
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        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
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL STEP_RX

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
;------------ SET ORG ------------
SET_ORG:
SET_EL:
    MOV DPTR,#TEXT1L1
    CALL INMEM
    MOV LINE,#1
    CALL SCAN

    MOV DPTR,#TEXT1L2
    CALL INMEM
    MOV LINE,#2
    CALL SCAN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SET_ELX:
    SETB EL_SW
    JNB EL_SW.EL_SET
    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
    JMP SET_ELX

EL_SET:
   MOV COUNT_AZ.#0

SET_AZ:
    SETB AZ_SW
    JNB AZ_SW,AZ_SET
    MOV B.#1
    CALL STEP_RX
    INC COUNT_AZ
    MOV A.COUNT_AZ
    CJNE A.#178.SET_AZ
 SETAZX:
    SETB AZ_SW
    JNB AZ_SW.ORG2
    MOV B.#1
    CALL STEP_LX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JMP SETAZX
    ORG2:
        MOV B,#10
        CALL STEP_LX
        JMP SET_AZ
    AZ_SET:
        MOV ELSTATS,#90
        MOV AZSTATS_LSB,#180
        MOV AZSTATS_MSB,#0
        MOV DPTR,#TEXT2L1
        CALL INMEM
        MOV LINE,#1
        CALL SCAN
        MOV DPTR,#TEXT2L2
        CALL INMEM
        MOV LINE,#2
        CALL SCAN
        MOV A,#2
        CALL DELAY_SEC
        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
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        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
        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
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV A,STEPM
        ANL A,#0FH
        ORL A,BUFFER
        MOV P2,A
        MOV A,#SPEEDX
        CALL DELAY_MS
        MOV A,STEPM
        RR A
        MOV STEPM,A
        DJNZ  CIRCLEX,CIRCLELX1
        DJNZ B,LOPLX
        RET


STEP_RIGHT:
LOPX:
        MOV CIRCLEX2,#CIRA2
CIRCLEXX:
        MOV CIRCLEX,#CIRA
CIRCLEX1:
        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  CIRCLEX,CIRCLEX1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DJNZ  CIRCLEX2,CIRCLEXX
        DJNZ B,LOPX
        RET


STEP_LEFT:
LOPY:
        MOV CIRCLEX2,#CIRA2
CIRCLEYY:
        MOV CIRCLEX,#CIRA
CIRCLEY1:
        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  CIRCLEX,CIRCLEY1
        DJNZ  CIRCLEX2,CIRCLEYY
        DJNZ B,LOPY
        RET
NEXT_KEY:
        CALL INKEY
        MOV 40H,A
        MOV LINE,#2
        CALL SCAN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JMP NEXT_KEY


INKEY:
        MOV DPTR,#TABLE_KEY

        MOV P3,#11111110B
        CALL CPRESS
        MOV P3,#11111101B
        CALL CPRESS
        MOV P3,#11111011B
        CALL CPRESS
        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,S
        JNB P3.4,S
        JNB P3.5,S
        JNB P3.6,S
        MOV A,#0
        MOVC A,@A+DPTR
        DEC SP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        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


        MOV B,#16
        MOV R0,#40H
L1:
        MOV  A,@R0
        CALL WRITE
        INC R0
        DJNZ B,L1


        POP 00
        POP DPL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        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
        CALL DELAY_MS
        CLR  P0.1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    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
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;————————— 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

DD:
        DJNZ B,S        ;500 uS AT 11.0592 MHZ
        DJNZ B,S        ;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"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SATTN1:   DB "  PALAPA  B4  "
SATTN2:   DB "  PALAPA  B2P "
SATTN3:   DB "CHINASAT DFH2-A2"
SATTN4:   DB "  ASIASAT  1  "
SATTN5:   DB "    INDIA     "
SATTN6:   DB "  GORIZONT 2  "
SATTN7:   DB "CHINASAT DFH2-A1"
SATTN8:   DB "  GORIZONT 3  "
SATTN9:   DB "  THAICOM 1   "

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  1 TO 9  "
MODE2L1:  DB "MANUAL POSITION "
MODE2L2:  DB "NOW AZ=XXX EL=XX"
MODE2L11: DB "NEW AZ=000 EL=00"
MODE3L1:  DB "   STEP MODE    "
MODE3L2:  DB "AZ=XXX    EL=XX"
IN_MODEL1: DB "   SELECT MODE  "
IN_MODEL2: DB "   0  1  2  3   "

;---------- LOCATION SATT----------
AZMEM:    DB  127,137,145,160,207,218,224,237,240
ELMEM:    DB  064,068,070,073,072,070,068,061,060
;-----TABLE KEY ----------
TABLE_KEY: DB 1,4,7,7FH,2,5,8,0,3,6,9,0FFH
;-------------------------
END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้