สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี

C-BAND SATELLITE RECEIVER DEMONSTRATIVE SET

นายอมรชัย ชัยชนะ
นายอุเทน โชติเชื้อ
นายเอนก ทุยดอย
นายเกษตร พินิจการ

262

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2540

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 30136
วัน, เดือน, ปี 8 ส.ค. 2541

สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

ปริญญานิพนธ์ ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี

C-BAND SATELLITE RECEIVER DEMONSTRATIVE SET

นักศึกษา

1. นายอมรชัย ชัยชนะ รหัสประจำตัว 39031142
2. นายอุเทน โชติเชื้อ รหัสประจำตัว 39031144
3. นายเอนก ทุยดอย รหัสประจำตัว 39031145
4. นายเกษตร พินิจการ รหัสประจำตัว 39031146

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

1. อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ
2. ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
3. อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ	.....
2. ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม	.....
3. อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์	.....
4. อาจารย์โกศล ตราชู	.....
5. อาจารย์พงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุล	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2541 เวลา 16.00 น

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงชื่อ.....

(ศ.ดร.วีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี

C-BAND SATELLITE RECEIVER DEMONSTRATIVE SET

ผู้จัดทำ

1. นายอมรชัย ชัยชนะ
2. นายอุเทน โชติเชื้อ
3. นายเอนก ทุยดอย
4. นายเกษตร พินิจการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม.....

(อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ)

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

ลงนาม.....

(อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ลงนาม.....

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี

C-BAND SATELLITE RECEIVER DEMONSTRATIVE SET

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของระบบการรับสัญญาณดาวเทียมในย่านความถี่ซี
2. เพื่อออกแบบวงจร และโปรแกรมควบคุมการทำงาน ของชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุม
3. เพื่อจัดสร้างชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน
4. เพื่อแสดงถึงการทำงานของวงจร และสัญญาณต่างๆ ของวงจรแต่ละภาคของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม
5. เพื่อนำเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจ ทฤษฎี และหลักการทำงานในระบบการรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี
2. ได้วงจร และโปรแกรมควบคุมการทำงาน ของชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุม
3. ได้เครื่องต้นแบบชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุม
4. แสดงให้เห็นการทำงานของวงจรภาคต่างๆ ของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมได้ง่าย และชัดเจนขึ้น
5. นำไปใช้เป็นเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี

นายอมรชัย ชัยชนะ
นายอุเทน โชติเชื้อ
นายเอนก ทุยดอย
นายเกษตร พินิจการ

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ
ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์

ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี ซึ่งจะใช้ประโยชน์เป็นสื่อการเรียนการสอนในการรับสัญญาณดาวเทียมซึ่งจะมีจุดที่ใช้ในการวัดทดสอบสัญญาณของภาคต่างๆ ของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซีที่สำคัญๆ อีกทั้งยังแสดงผลของสัญญาณที่วัดได้บนจอแสดงผล ส่วนในกรณีที่ไม่มีจานสายอากาศของดาวเทียมก็จะมีชุดจ่ายสัญญาณสำรองขึ้นมาใช้งานแทน โดยระบบควบคุมการทำงานจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ สามารถควบคุมการทำงานได้ 2 โหมด คือ แบบอัตโนมัติ และแบบธรรมดา รวมทั้งการค้นหาตำแหน่งของดาวเทียม และการค้นหาช่องสัญญาณแบบอัตโนมัติ ส่วนการเลือกตำแหน่งของจุดทดสอบสัญญาณ สามารถควบคุมได้ทั้งทางแป้นพิมพ์หรือทางสวิตซ์เลือก และแสดงสถานะของจุดที่ทำการวัดทั้งบนจอแสดงผล และบนแผนผังภาคต่างๆ ของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมชุดนี้ยังมีความคล่องตัวสูง, มีขนาดเล็ก และน้ำหนักเบาสามารถพกพาได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C-BAND SATELLITE RECEIVER DEMONSTRATIVE SET

MR.AMORNCHAI CHAICHACHA
MR.AUTHANE CHOTECHEUA
MR.ANEK TUIDOI
MR.KASET PINITKARN

ADVISORS

MR.PRASERT KENPANKHO
Assist.Prof. WISUT ATIPORNTUM
MR.PIYA SUPPAWARASUWAT

1997

ABSTRACT

This thesis presents a C-band satellite receiver demonstrative set. It is used to study a satellite signal receiver. It has the test points that are important to measure the satellite signals and can show the signals on liquid crystal display, LCD. It uses a microprocessor to control in two modes that are automatic mode and manual mode. It can search satellite position and tune channels in automatic mode. The test points can be selected by useing keybord or selector switch and show status of test points on LCD and LED on block diagram of C-band satellite receiver. Although it is without an antenna or satellite signals, it can use a backup signal set to generate the satellite signals for replacing the real signals from the satellites.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดีเนื่องมาจากความอนุเคราะห์ช่วยเหลือและสนับสนุนของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ และอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านเป็นอย่างยิ่งที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะในการดำเนินงาน รวมทั้งข้อมูล และอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์สำหรับการทดลอง

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และบุคคลที่ให้การช่วยเหลือที่ไม่ได้กล่าวมา ณ ที่นี้ ทุกท่านที่คอยให้กำลังใจ และสละเวลาแก่คณะผู้จัดทำจนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ	4
2.1 กล่าวนำ	4
2.2 ระบบการสื่อสารดาวเทียม	4
2.2.1 ระบบดาวเทียม	4
2.2.2 ย่านความถี่ของดาวเทียม	5
2.3 การโคจรของดาวเทียม	7
2.3.1 วงโคจรแบบตามยถากรรม	7
2.3.2 วงโคจรแบบแนวขั้วโลก	8
2.3.3 วงโคจรแบบเอียง	8
2.3.4 วงโคจรแบบขนานเส้นศูนย์สูตร	10
2.4 ระบบเชื่อมโยงการสื่อสาร	10
2.4.1 การส่งสัญญาณโทรศัพท์แบบแอนะลอก	11
2.4.2 การส่งสัญญาณโทรทัศน์แบบแอนะลอก	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4.3 การส่งสัญญาณแบบดิจิตอล	17
2.5 ตัวแปรของระบบการสื่อสารดาวเทียม	18
2.5.1 อัตราทวีกำลังของจานสายอากาศ	18
2.5.2 กำลังส่งออกประสิทธิผล	18
2.5.3 อัตราการขยายของจานสายอากาศต่ออัตราการรบกวนทางอุณหภูมิ	19
2.5.4 การสูญเสียพลังงานในการส่งสัญญาณ	19
2.6 ทรานสปอนเดอร์	20
2.6.1 ความหมายของทรานสปอนเดอร์	21
2.6.2 การทำงานของทรานสปอนเดอร์	21
2.6.3 รูปแบบของทรานสปอนเดอร์	22
2.7 เทคนิคการส่งสัญญาณในทรานสปอนเดอร์	26
2.7.1 วิธีการใช้ความถี่ซ้ำ	26
2.7.2 วิธีการบีบย่านความถี่ให้แคบลง	27
2.8 อุปกรณ์จานสายอากาศ	28
2.8.1 คุณสมบัติพื้นฐานของจานสายอากาศ	28
2.8.2 ส่วนประกอบหลักของจานสายอากาศ	29
2.8.3 รูปแบบของจานสายอากาศ	30
2.8.4 ชนิดของจานสายอากาศ	31
2.8.5 อัตราการขยายของจานสายอากาศ	34
2.8.6 การสูญเสียที่เกิดจากตำแหน่งของจานสายอากาศ	38
2.8.7 อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับจานสายอากาศ	41
2.9 ภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ	43
2.10 ภาคขยายกำลังส่งสูง	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	48
3.1 ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมในความถี่ย่านซี	48
3.1.1 ภาคจูนเนอร์	52
3.1.2 วงจรบัฟเฟอร์	53
3.1.3 วงจรดีเอ็มฟาซิส	53
3.1.4 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน	54
3.1.5 วงจรขยายสัญญาณภาพ	55
3.1.6 วงจรกรองแบบแถบความถี่ผ่าน 5-8 เมกกะเฮิรตซ์	56
3.1.7 วงจรออสซิลเลเตอร์ชนิดควบคุมด้วยแรงดัน	56
3.1.8 วงจรผสมสัญญาณ	57
3.1.9 วงจรกรองแบบแถบความถี่ผ่าน 10.7 เมกกะเฮิรตซ์	58
3.1.10 วงจรเอฟเอ็มดีเทคเตอร์	58
3.1.11 วงจรขยายสัญญาณเสียง	59
3.2 ภาคควบคุมการตัดต่อจุดทดสอบสัญญาณ	60
3.3 วงจรนับ	61
3.4 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก	62
3.5 วงจรแยกสัญญาณซิงค์	62
3.6 วงจรออสซิลเลเตอร์	63
3.7 ภาคแหล่งจ่ายไฟฟ้า	64
3.8 ภาคควบคุมการทำงาน	64
3.9 ภาคแสดงผล	65
3.9.1 โครงสร้างของจอผลึกเหลว	66
3.9.2 คำสั่งควบคุมของจอผลึกเหลว	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	70
4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	70
4.2 ขั้นตอนการทดลอง	70
4.2.1 การทดลองการค้นหาตำแหน่งดาวเทียมแบบอัตโนมัติ	70
4.2.2 การทดลองการค้นหาช่องสัญญาณดาวเทียม	75
4.2.3 การทดลองชุดกำเนิดสัญญาณสำรองจากภาคแสดงผล	76
4.2.4 การทดลองการวัดสัญญาณจากจุดทดสอบ	78
4.3 ผลการทดลองวัดสัญญาณ	78
4.4 รายการเลือกแนะนำวิธีการใช้	86
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา	88
5.1 บทสรุป	88
5.2 ปัญหา และแนวทางการแก้ไข	88
5.3 แนวทางในการพัฒนาโครงงาน	89
ภาคผนวก ก. รูปแบบ และการติดตั้งใช้งาน	90
ภาคผนวก ข. ผังการทำงานของโปรแกรมควบคุม	93
ภาคผนวก ค. โปรแกรมควบคุมการทำงาน	106
ภาคผนวก ง. วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์	161
ภาคผนวก จ. รายการอุปกรณ์	169
ภาคผนวก ฉ. ใบงานการทดลอง	179
ภาคผนวก ช. คู่มือประกอบการใช้	204
ภาคผนวก ซ. รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	219
บรรณานุกรม	258
ประวัติผู้แต่ง	259

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 การแบ่งย่านความถี่ของการสื่อสารดาวเทียม	6
ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบอัตราการขยายของจานสายอากาศรับ ระหว่างจานสายอากาศที่ใช้รับสัญญาณในย่านความถี่ซี และเคยู	35
ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของจานสายอากาศคาสเซกเกรนที่ย่านความถี่เคยู ขนาดกว้าง 20 เมตร	38
ตารางที่ 2.4 ค่ามาตรฐานของลักษณะสัญญาณ	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 แบนด์วิดท์ในการรับส่งสัญญาณในย่านความถี่ซี	7
รูปที่ 2.2 (ก) วงโคจรแบบแนวขั้วโลก	9
รูปที่ 2.2 (ข) วงโคจรแบบเอียง	9
รูปที่ 2.2 (ค) วงโคจรแบบขนานเส้นศูนย์สูตร	10
รูปที่ 2.3 การส่ง และการรับสัญญาณในระบบการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งตามความถี่	11
รูปที่ 2.4 การมัลติเพล็กซ์ของ 12 ช่องสัญญาณโทรศัพท์จากกลุ่มพื้นฐาน	13
รูปที่ 2.5 การรวมตัวกันของกลุ่มพื้นฐาน	14
รูปที่ 2.6 แถบความถี่ของสัญญาณโทรทัศน์	16
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างระบบ 30/20 กิกะเฮิรตซ์	22
รูปที่ 2.8 การต่อระหว่างจานสายอากาศด้านส่ง และด้านรับของทรานสปอนเดอร์	22
รูปที่ 2.9 อัตราขยายที่ต้องการอยู่ในรูปของสัญลักษณ์	23
รูปที่ 2.10 รูปแบบง่ายของวงจรกรองความถี่ด้านขาเข้า	23
รูปที่ 2.11 การแปลงความถี่	24
รูปที่ 2.12 ทรานสปอนเดอร์ที่มีวงจรกรอง 2 ส่วน	24
รูปที่ 2.13 อัตราขยายในแต่ละข้างของวงจรผสมสัญญาณ	25
รูปที่ 2.14 ช่องขยายสัญญาณ และการแบ่งภาคขยายกำลังสูง	25
รูปที่ 2.15 วงจรกรองความถี่ของสัญญาณด้านขาลง	26
รูปที่ 2.16 ลักษณะของจานสายอากาศแบบพาราโบลอยด์ ที่มีตัวรับสัญญาณอยู่ตรงกลาง	32
รูปที่ 2.17 จานสายอากาศแบบคาสเซกเกรน	33
รูปที่ 2.18 การเคลื่อนที่ของตำแหน่งจานสายอากาศทำให้เกิดการผิดพลาด	39
รูปที่ 2.19 หลักการของระบบติดตามดาวเทียม	40
รูปที่ 2.20 แผนผังการทำงานของภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.21 แผนผังการทำงานของภาคป้องกันสัญญาณรบกวนต่ำของตัวแปลงสัญญาณลง	44
รูปที่ 2.22 แผนผังการทำงานของภาคแปลงสัญญาณรบกวนต่ำ	45
รูปที่ 2.23 ลักษณะความไม่เป็นเชิงเส้นของภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ	46
รูปที่ 2.24 ภาคขยายแบบคลื่นจร	47
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี	49
รูปที่ 3.2 วงจรบัฟเฟอร์	54
รูปที่ 3.3 วงจรดีเอ็มฟาซิส	54
รูปที่ 3.4 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน	55
รูปที่ 3.5 วงจรขยายสัญญาณภาพ	56
รูปที่ 3.6 วงจรกรองแถบความถี่ผ่านย่าน 5 - 8 เมกกะเฮิรตซ์	56
รูปที่ 3.7 วงจรออสซิเลเตอร์ชนิดควบคุมด้วยแรงดัน	57
รูปที่ 3.8 วงจรผสมสัญญาณ	58
รูปที่ 3.9 วงจรกรองแถบความถี่ย่าน 10.7 เมกกะเฮิรตซ์	58
รูปที่ 3.10 วงจรเอฟเอ็มดีเทคเตอร์	59
รูปที่ 3.11 วงจรขยายสัญญาณเสียง	59
รูปที่ 3.12 วงจรควบคุมการตัดต่อจุดทดสอบสัญญาณ	61
รูปที่ 3.14 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก	62
รูปที่ 3.15 วงจรแยกสัญญาณซิงค์	63
รูปที่ 3.16 วงจรออสซิลเลเตอร์	63
รูปที่ 3.17 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า	64
รูปที่ 3.18 แผนผังการทำงานของภาคควบคุมการทำงาน	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 3.19 โครงสร้างภายใน และขาควบคุมของจอผลึกเหลว	66
รูปที่ 3.20 รูปแบบคำสั่งควบคุมการแสดงผล	67
รูปที่ 3.21 รูปแบบคำสั่งกำหนดค่าหมายเลขบรรทัด	67
รูปที่ 3.22 รูปแบบคำสั่งการตั้งค่า X - Address	67
รูปที่ 3.23 รูปแบบคำสั่งการตั้งค่า Y - Address	68
รูปที่ 3.24 รูปแบบคำสั่งการอ่านค่าสถานะของจอผลึกเหลว	68
รูปที่ 3.25 รูปแบบคำสั่งควบคุมการเขียนข้อมูล	68
รูปที่ 3.26 รูปแบบคำสั่งควบคุมการอ่านข้อมูล	69
รูปที่ 4.1 ข้อความที่แสดงหลังการเปิดเครื่อง	70
รูปที่ 4.2 ข้อความที่หน้าจอของรายการเลือกหลัก	71
รูปที่ 4.3 รายการเลือกการตั้งค่าของจานสายอากาศ และช่องสัญญาณ	71
รูปที่ 4.4 รายการเลือกของการควบคุม และติดตั้งจานสายอากาศ	71
รูปที่ 4.5 ข้อความย้ำการค้นหาตำแหน่งอัตโนมัติ	72
รูปที่ 4.6 ข้อความให้รอเพื่อเริ่มตำแหน่งจานสายอากาศ	72
รูปที่ 4.7 ข้อความแจ้งการสิ้นสุดการค้นหาตำแหน่งเริ่มต้น	72
รูปที่ 4.8 ตำแหน่งของจานสายอากาศ และลำดับของดาวเทียมที่ค้นพบ	73
รูปที่ 4.9 ข้อความสิ้นสุดการค้นหา	73
รูปที่ 4.10 ตำแหน่งปัจจุบันของสายอากาศ	73
รูปที่ 4.11 ข้อความเพื่อรับค่าดาวเทียมดวงที่เลือก	74
รูปที่ 4.12 ตำแหน่งของจานสายอากาศปัจจุบัน	74
รูปที่ 4.13 การปรับตำแหน่งจานสายอากาศโดยละเอียด	74
รูปที่ 4.14 รายการเลือกการตั้งช่องสัญญาณ	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 4.15 จำนวนช่องที่ค้นพบ	75
รูปที่ 4.16 ข้อความสิ้นการค้นหา	76
รูปที่ 4.17 การปรับช่องสัญญาณโดยละเอียด	76
รูปที่ 4.18 หน้าจอของรายการเลือกจุดวัดทดสอบสัญญาณ	77
รูปที่ 4.19 สัญญาณที่ได้จากจุดทดสอบที่ 1 และ 2	77
รูปที่ 4.20 สัญญาณที่ได้จากจุดทดสอบที่ 3 และ 4	77
รูปที่ 4.21 สัญญาณที่ได้จากจุดทดสอบที่ 5 และ 6	77
รูปที่ 4.22 สัญญาณที่ได้จากจุดทดสอบที่ 7 และ 8	78
รูปที่ 4.23 สัญญาณเบสแบนด์ที่วัดสัญญาณด้วยแอนะลอกออสซิลโลสโคป	79
รูปที่ 4.24 สัญญาณเบสแบนด์ที่วัดสัญญาณด้วยดิจิตอลออสซิลโลสโคป	79
รูปที่ 4.25 สัญญาณเอาท์พุตของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่วัดด้วยออสซิลโลสโคป	80
รูปที่ 4.26 สัญญาณวิดีโอปกติที่วัดด้วยแอนะลอกออสซิลโลสโคป	80
รูปที่ 4.27 สัญญาณวิดีโอปกติที่วัดด้วยดิจิตอลออสซิลโลสโคป	81
รูปที่ 4.28 สัญญาณวิดีโอกลับสัญญาณที่วัดด้วยแอนะลอกออสซิลโลสโคป	81
รูปที่ 4.29 สัญญาณวิดีโอกลับสัญญาณที่วัดด้วยดิจิตอลออสซิลโลสโคป	82
รูปที่ 4.30 สัญญาณเอาท์พุตของวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน ที่วัดด้วยดิจิตอลออสซิลโลสโคป	82
รูปที่ 4.31 สัญญาณเอาท์พุตของวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน ที่วัดด้วยแอนะลอกออสซิลโลสโคป	83
รูปที่ 4.32 สัญญาณความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่วัดสัญญาณด้วยออสซิลโลสโคป	83
รูปที่ 4.33 สัญญาณเอาท์พุตของวงจรผสมสัญญาณ ที่วัดด้วยแอนะลอกออสซิลโลสโคป	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 4.34 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรผสมสัญญาณที่วัดด้วยดิจิตอลออสซิลโลสโคป	84
รูปที่ 4.35 สัญญาณไอเอฟความถี่ 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ ที่ด้วยแอนะลอกออสซิลโลสโคป	85
รูปที่ 4.36 สัญญาณความถี่เสียงที่วัดด้วยดิจิตอลออสซิลโลสโคป	85
รูปที่ 4.37 รายการเลือกแนะนำวิธีการใช้	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์

การสื่อสารดาวเทียมในปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เนื่องจากระบบการสื่อสารดาวเทียมมีข้อดีหลายอย่าง การทำงานมีพื้นที่ครอบคลุมส่วนต่างๆ ของผิวโลกได้กว้าง โดยขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบจานสายอากาศบนดาวเทียมให้เหมาะสมกับการใช้งาน ระบบสื่อสารดาวเทียมยังเหมาะที่จะใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างประเทศ และภายในประเทศ การติดต่อสื่อสารภายในประเทศนั้นจะใช้ในการถ่ายทอดสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ให้ครอบคลุมพื้นที่ต่างๆ ใช้ในการสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์ และการศึกษาทางไกล เป็นต้น สาเหตุที่การสื่อสารผ่านดาวเทียมได้รับความนิยมก็เนื่องมาจาก ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมมีข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับการสื่อสารในรูปแบบอื่นๆ อยู่หลายประการ แต่ทว่าความรู้ความเข้าใจในระบบการสื่อสารดาวเทียมทั้งระบบการรับ และการส่งสัญญาณยังมีผู้ที่เข้าใจระบบอยู่น้อยมาก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องรู้จัก และเข้าใจในระบบการทำงานของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใกล้ตัวที่สุด สำหรับผู้ใช้งาน และช่างเทคนิค ดังนั้นคณะผู้จัดเล็งเห็นถึงความสำคัญจึงได้ทำการสร้างชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมในย่านความถี่ซีขึ้น เพื่อใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอน ในวิชาการสื่อสารดาวเทียม ส่วนที่เกี่ยวกับการรับสัญญาณดาวเทียม ซึ่งชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี จะช่วยให้นักศึกษาที่กำลังทำการศึกษาในวิชาการสื่อสารดาวเทียม และผู้ที่สนใจ เข้าใจการทำงานของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมในย่านความถี่ซีง่ายยิ่งขึ้น

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังต่อไปนี้

1. สามารถรับสัญญาณดาวเทียมในย่านความถี่ซีได้
2. สามารถใช้ประกอบการเรียนการสอนในการรับสัญญาณดาวเทียมได้
3. สามารถควบคุมการปรับเลื่อนตำแหน่งจานสายอากาศที่ใช้กับชุดสาธิตนี้ได้ โดยการควบคุมการทำงานของ ตัวขับเคลื่อนจานสายอากาศ
4. มีระบบค้นหาตำแหน่ง และช่องสัญญาณดาวเทียมแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สามารถแสดงสัญญาณของภาคต่างๆ ที่สำคัญของเครื่องรับดาวเทียมโดยแสดงผลผ่านทางจอแสดงผล

6. สามารถใช้ประกอบการเรียนการสอนในกรณีที่ไม่มีจานสายอากาศหรือไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้

7. สามารถใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ ควบคุมการทำงานของระบบได้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้ คือ ระบบการสื่อสารดาวเทียม ระบบการเชื่อมโยงการสื่อสาร ตัวแปรของระบบ ทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียม เทคนิคการส่งในทรานสปอนเดอร์ อุปกรณ์จานสายอากาศ ภาคขย้ายสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ ภาคขยายกำลังสูง ย่านความถี่ของดาวเทียม และจะกล่าวถึงวิธีการในการแปลงความถี่

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน จะกล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับภาคต่างๆ ของวงจรรับสัญญาณดาวเทียม ได้แก่ ภาคจูนเนอร์ วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน วงจรผสมสัญญาณ วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน วงจรเอฟเอ็มดีเทคเตอร์ วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ วงจรขยายสัญญาณเสียง วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ วงจรออสซิลเลเตอร์ วงจรควบคุมตัด-ต่อจุดทดสอบสัญญาณ วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก ภาคจำลองสัญญาณสำรอง และภาคแสดงผล

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง ประกอบด้วย การค้นหาตำแหน่งของดาวเทียม การค้นหาช่องสัญญาณดาวเทียมแบบอัตโนมัติ และการวัดสัญญาณที่จุดทดสอบสัญญาณ ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะแสดงรูปภาพของสัญญาณของแต่ละจุดทดสอบอย่างละเอียดและชัดเจน

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไข การพัฒนา ขั้นการสรุปผลในการจัดทำโครงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และได้เสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหารวมทั้งแนวทางในการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. รูปต้นแบบ และการติดตั้งใช้งาน
ภาคผนวก ข. ผังการทำงานของโปรแกรมควบคุม
ภาคผนวก ค. โปรแกรมควบคุมการทำงาน
ภาคผนวก ง. วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์
ภาคผนวก จ. รายการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
ภาคผนวก ฉ. ใบงานการทดลอง
ภาคผนวก ช. คู่มือประกอบการใช้งาน
ภาคผนวก ซ. รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และหลักการ

2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้เป็นทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้องที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงาน ประกอบด้วย ระบบการสื่อสารดาวเทียม, ระบบการเชื่อมโยงการสื่อสาร, ตัวแปรของระบบ, ทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียม, เทคนิคการส่งสัญญาณในทรานสปอนเดอร์, อุปกรณ์จานสายอากาศ, ภาคขยายสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ, ภาคขยายกำลังสูง, ย่านความถี่ของดาวเทียม และจะกล่าวถึงวิธีการในการแปลงความถี่

2.2 ระบบการสื่อสารดาวเทียม

ในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้น ดาวเทียมจะทำหน้าที่เป็นสถานีทวนสัญญาณ (Repeater Station) หรือเป็นเพียงสถานีหน่วงสัญญาณ (Signaling Delay) จากสถานีภาคพื้นดินสถานีหนึ่ง เพื่อไปยังสถานีภาคพื้นดินอีกสถานีหนึ่ง (Point to Point) หรือหลายสถานีรับพร้อมกัน (Point to Multipoint) ดาวเทียมเพียงดวงเดียวจะถือว่าทำหน้าที่เป็นเพียงระบบย่อยเท่านั้น หากจะเป็นระบบที่สมบูรณ์ จะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบใหญ่ๆ คือ สถานีส่งสัญญาณดาวเทียม และสถานีรับสัญญาณ จึงจะมีการทำงานที่สมบูรณ์แบบ และหากศึกษาให้กว้างขึ้นในแต่ละระบบย่อยยังมีส่วนประกอบที่สำคัญอีกมากมาย

2.2.1 ระบบดาวเทียม

ตัวดาวเทียมจะมีการติดเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดแร่ซิลิคอน เพื่อใช้รับรังสีที่มีความเข้มของพลังงานที่แผ่จากดวงอาทิตย์เปลี่ยนเป็นพลังงาน โดยพลังงานที่ตัวดาวเทียมรับได้จะมีค่าประมาณ 1.39 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร แต่พลังงานที่รับได้นี้จะสามารถแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้เพียง 10 - 15 เปอร์เซนต์ ของพลังงานที่เข้ามาทั้งหมด ซึ่งดาวเทียมดวงใหม่ๆ จะมีกำลังไฟฟ้าประมาณ 700 วัตต์ และจะลดลงเหลือ 643 วัตต์ เมื่อหมดอายุการใช้งานซึ่งพลังงานที่ได้รับนี้จะเป็นส่วนสร้างพลังงาน และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในอุปกรณ์การสื่อสาร และระบบควบคุมบนดาวเทียม นอกจากนี้ยังรวมไปถึง ระบบควบคุมการทำงานของดาวเทียมภาคพื้นดิน และมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า ทรานสปอนเดอร์ (Transponder) ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณขาขึ้น เข้ามายังดาวเทียม เพื่อทำการแปลงสัญญาณ และขยายสัญญาณ แล้วจึงส่งสัญญาณขาลง สู่สถานีรับบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

พื้นโลก ทรานสปอนเดอร์จึงถูกติดตั้งบนห้องส่งในดาวเทียมที่เป็นเฮาส์คีปปิ้ง (House keeping) ซึ่งระบบนี้ต้องอาศัยระบบจ่ายไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่สำรองชนิดนิคเกิลแคดเมียม (Nickel Cadmium) ซึ่งจ่ายกำลังงานได้ 13.5 แอมป์แปร์ต่อชั่วโมงต่อแบตเตอรี่ 1 ลูกในตัวดาวเทียม นอกจากนี้ในตัวดาวเทียมยังมีระบบสายอากาศ ที่มีความสำคัญต่อการรับส่งข่าวสาร โดยจะเป็นตัวชี้นำการเดินทางของคลื่นสัญญาณ ซึ่งเป็นระบบที่แยกออกจากระบบทรานสปอนเดอร์ในตัวดาวเทียมสื่อสาร ในระบบจานสายอากาศนั้น จะทำการรับสัญญาณรวมที่ส่งมาจากสถานีส่งจากพื้นโลก เข้ามาทำการขยายขนาดของสัญญาณ และทำการสร้างลำคลื่น (Beam) เพื่อกำหนดขอบเขตระยะทางของพื้นที่การรับสัญญาณ ซึ่งระบบสายอากาศของตัวดาวเทียมสื่อสารมีเทคโนโลยีสูงมาก เพราะสามารถกำหนดขอบเขตการรับสัญญาณได้ชัดเจน โดยไม่เกิดการรบกวนพื้นที่อื่นที่ไม่ต้องการได้ และจะเป็นการรักษาความลับของข้อมูลที่ต้องการรับส่งเฉพาะกลุ่มเท่านั้น

2.1.2 ย่านความถี่การสื่อสารของดาวเทียม

ย่านความถี่การสื่อสารของดาวเทียม เป็นย่านการสื่อสารในย่านความถี่ไมโครเวฟในการใช้งานในกิจการบางชนิด เช่น ทางทหาร และวิทยุสมัคเล่น อาจมีการใช้ความถี่ในย่านอื่นที่ไม่ใช่ความถี่ในย่านไมโครเวฟก็ได้ ย่านความถี่ไมโครเวฟมีการแยกแบนด์ต่างๆ ออกเพื่อสะดวกในการให้บริการทางด้านเรดาร์ และดาวเทียม โดยย่านความถี่ของดาวเทียมมีการแบ่งออกเป็นย่านต่างๆ ดังตารางที่ 2.1

การสื่อสารดาวเทียมทั่วไปที่เรารับชมรายการบันเทิงต่างๆ ไม่ใช่จะมีเพียงย่านความถี่ซีเท่านั้น ในปี ค.ศ. 1989 ได้มีการใช้ความถี่สูงขึ้นเป็นย่านความถี่เคยู และได้ผลอย่างดี ด้วยความถี่ที่สูงขึ้นนี้เองที่ทำให้จานรับสัญญาณดาวเทียมมีขนาดลดลงตามขนาดของความยาวคลื่นความถี่สูง ความถี่ขาขึ้นของย่านความถี่เคยู จะอยู่ในช่วง 14 - 14.5 กิกะเฮิรตซ์ และเมื่อส่งไปยังดาวเทียม ทรานสปอนเดอร์จะทำหน้าที่เปลี่ยนความถี่ลดต่ำลงมาให้อยู่ในช่วง 11.7 - 12.2 กิกะเฮิรตซ์ จึงเรียกระบบนี้ว่า ระบบ 14/12 กิกะเฮิรตซ์ แม้ว่าดาวเทียมทั่วไปจะใช้ย่านความถี่ซีเมื่อมีการขยายย่านความถี่ให้สูงกว่าย่านความถี่ซี และมีดาวเทียมอยู่ในวงโคจรตอนนี้หลายดวงแล้ว อย่างไรก็ดีเมื่อเราเลื่อนความถี่ให้เป็นความถี่ที่สูงขึ้น ต้องมีการคำนึงถึงสัญญาณรบกวนที่จะเกิดขึ้นตามมา โดยทั่วไปแล้ว อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กับความถี่สูงๆ มักจะมีความสลับซับซ้อนมาก นั่นหมายความว่า ค่าใช้จ่ายในระบบย่านความถี่เคยู นี้แพงกว่าระบบย่านความถี่ซี ไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การแบ่งย่านความถี่ของการสื่อสารดาวเทียม

ความถี่	ชื่อย่านความถี่	ความถี่	ชื่อย่าน
225 - 390 MHz	P	10.95 - 14.5 GHz	Ku
350 - 530 MHz	J	17.7 - 21.2 GHz	Ka
1530 - 2700 MHz	L	27.5 - 31 GHz	K
2500 - 2700 MHz	S	36 - 46 GHz	Q
3400 - 6425 MHz	C	46 - 56 GHz	V
7250 - 8400 MHz	X	56 - 100 GHz	W

ปัจจุบันความถี่ที่สูงที่เรียกว่า "ย่านความถี่เคยู" เราสามารถใช้จานสายอากาศที่มีขนาดใหญ่เพื่อช่วยในการเพิ่มอัตราขยายได้ ซึ่งจะทำให้อัตราการขยายของย่านความถี่เคยูสูงกว่าย่านความถี่ซีได้ ซึ่งสามารถช่วยได้อีกกรณีหนึ่ง

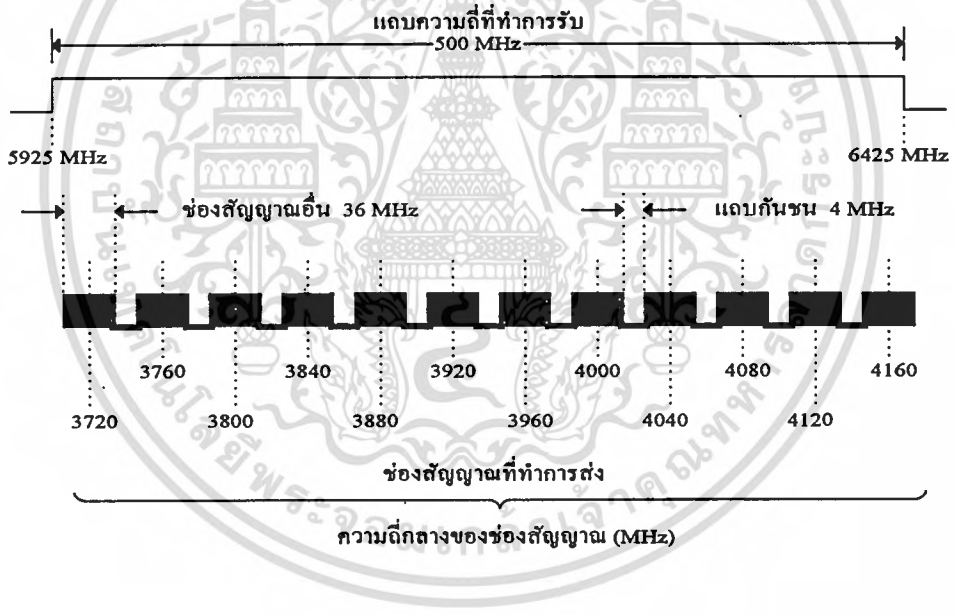
นอกจากนี้การส่งสัญญาณสื่อสารที่น่าสนใจอีกกรณีหนึ่ง คือในย่านความถี่เอ็กซ์ (X-Band) และย่านความถี่แอล (L-Band) ใช้สำหรับทางการทหารจะใช้ย่านความถี่เอ็กซ์สำหรับดาวเทียม และเรดาร์ ส่วนในย่านความถี่แอล ใช้สำหรับการสื่อสารระบบเรดาร์ในเรือดำน้ำ และอากาศโยธิน ซึ่งย่านความถี่ดังกล่าวเป็นย่านความถี่สั่งงานขีปนาวุธได้ด้วย

ความถี่ในย่านความถี่ซี ใช้ความถี่ขาขึ้นอยู่ในช่วง 5,925 - 6,425 เมกกะเฮิรตซ์ และขาลงอยู่ในช่วง 3,700 - 4,200 เมกกะเฮิรตซ์ ดังนั้นจะมีแบนด์วิดท์เท่ากับ 500 เมกกะเฮิรตซ์ โดยเป็นความถี่ที่คิดทั้งด้านสูง และด้านต่ำ ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่กว้างมาก สำหรับการบรรจุข้อมูลข่าวสารต่างๆ ในความเป็นจริงแล้วในย่านความถี่กว้างถึง 500 เมกกะเฮิรตซ์ สามารถครอบคลุมความถี่วิทยุได้ตั้งแต่ย่านความถี่ วีแอลเอฟ (Very Low Frequency ; VLF) ถึงวีเอชเอฟ (Very High Frequency ; VHF) การออกแบบระบบสื่อสารดาวเทียมทุกดวงจะออกแบบให้มีการใช้งานอย่างเต็มย่านความถี่ เรียกว่าใช้ช่องทรานสปอนเดอร์อย่างเต็มที่

เมื่อเครื่องรับของทรานสปอนเดอร์มีแบนด์วิดท์กว้างถึง 500 เมกกะเฮิรตซ์ จึงทำให้หน่วยอินพุตของทรานสปอนเดอร์สามารถเลือกความถี่ได้มากช่อง นับจำนวนได้ไม่ต่ำกว่า 12 ช่อง เพราะการส่งสัญญาณแต่ละช่องมีความกว้างของความถี่ 36 เมกกะเฮิรตซ์ โดยมีแถบความถี่กันชน (Guard Band) เว้นว่างสำหรับกันสัญญาณรบกวนไม่ต่ำกว่า 4 เมกกะเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงสามารถแบ่งช่องความถี่ได้ดังรูปที่ 2.1 โดยต้องไม่ลืมว่าความถี่ที่เป็นความถี่ขาขึ้นเมื่อไปถึงดาวเทียมแล้วจะถูกเปลี่ยนความถี่กลางด้วยทรานสปอนเดอร์ที่ระบบขาลง ย่านการแพร่ภาพหรือการส่งข้อมูลของดาวเทียมจึงประกอบด้วยช่องสัญญาณถึง 12 ช่อง แม้จะดูว่าความถี่กว้าง 36 เมกกะเฮิรตซ์ จะเป็นความถี่แคบๆ หากเทียบการบรรจุคู่สายโทรศัพท์จะบรรจุเลขหมายโทรศัพท์ได้ไม่ต่ำกว่า 1,000 หมายเลข หากเทียบกับการบรรจุข้อมูลโทรทัศน์สีเต็มช่องแบบยุโรป ที่แถบความถี่กว้างกว่าประเทศเราสามารถบรรจุได้ 1 ช่อง แต่ละทรานสปอนเดอร์สามารถส่งถ่ายทอดออกไปได้ด้วยข้อมูลสัญญาณดิจิตอลความเร็วสูง ความถี่มาตรฐาน 36 เมกกะเฮิรตซ์ ที่สามารถส่งออกไป เมื่อผสมคลื่นแล้วด้วยอัตราไม่ต่ำกว่า 60 เมกะบิตต่อวินาที



รูปที่ 2.1 แบนด์วิดท์ในการรับส่งสัญญาณในย่านความถี่ซี

2.3 การโคจรของดาวเทียม

การโคจรของเทียมที่ส่งขึ้นไปเหนือพื้นโลกแบ่งตามลักษณะการโคจรได้เป็น 3 ประเภท คือ

2.3.1 วงโคจรแบบตามยถากรรม (Random Orbit)

เป็นดาวเทียมรุ่นแรกๆ บังคับวงโคจร และระดับความสูงไม่ได้ เป็นยุคต้นของการพัฒนาการส่งดาวเทียมขึ้นสู่อวกาศ ซึ่งเป็นเพียงการทดลองเท่านั้นยังไม่มีการส่งข่าวสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างกัน แต่จะเป็นการส่งความถี่ที่ใช้ในการรับ และส่งเท่านั้น ซึ่งดาวเทียมในระยะแรกนี้ยังไม่สามารถควบคุมได้ ไม่ทราบความสูง และการโคจร โดยมันจะเหวี่ยงตัวมันเองตามสภาวะการดึงดูดในการหมุนตัวของโลก และดวงจันทร์ จึงไม่อยู่ในระดับที่คงที่ อีกทั้งพิกัดที่ลอยอยู่ก็ไม่แน่นอนเพราะไม่สามารถกำหนดตำแหน่งละติจูด และลองจิจูดของดาวเทียมได้ เมื่อพลังงานในการขับเคลื่อนหมด ตัวดาวเทียมก็จะล่องลอยหลุดจากวงโคจรรอบโลก ซึ่งจะกลายเป็นขยะอวกาศนั่นเอง

2.3.2 วงโคจรในแนวขั้วโลก (Polar Orbit)

วงโคจรจะมีลักษณะเป็นวงกลม โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในแนวขั้วโลก ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นวงโคจรลักษณะเดียวที่สามารถให้พื้นที่บริการครอบคลุมได้ทั่วโลกจริง แต่ไม่เป็นที่นิยมในการนำมาใช้ในระบบการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน เนื่องจากสาเหตุหลายประการดังนี้

1.บริเวณที่ดาวเทียมเคลื่อนที่ผ่านมีประชากรอาศัยอยู่น้อย เนื่องจากสภาพทางภูมิศาสตร์ของขั้วโลกเหนือ และขั้วโลกใต้เป็นบริเวณเขตหนาวจัด

2.เป็นเพราะลักษณะรูปร่างของโลกไม่ได้กลมจริง ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานขับเคลื่อนกว่าการโคจรที่ขนานกับโลก ซึ่งการโคจรแบบนี้เป็นการโคจรที่ตั้งฉากกับพื้นโลกซึ่งมีรัศมีการโคจรที่กว้างกว่า

3.แหล่งสะสมพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์มีจำนวนน้อย เพราะพื้นที่การรับแสงมีน้อยไม่เพียงพอต่อระบบการจ่ายกำลังงานในตัวดาวเทียม

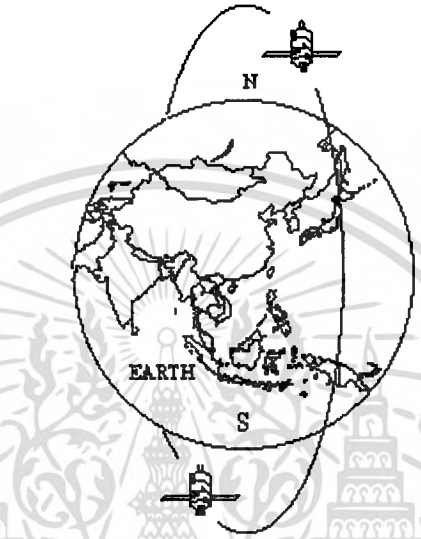
4.หากต้องการส่งให้ดาวเทียมโคจรในแนวนี้นั้น ตัวดาวเทียมจะต้องมีขนาดใหญ่กว่าตัวดาวเทียมรุ่นอื่นๆ เพราะต้องมีพื้นที่วางระบบพลังงานสำรองไว้มากกว่าเดิม
เพื่อให้ตัวดาวเทียมสามรถทำงานได้ตามปกติ ซึ่งถ้าพิจารณาแล้วไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนที่จะนำมาใช้เป็นดาวเทียมสื่อสาร

2.3.3 วงโคจรแบบเอียง (Incline Orbit)

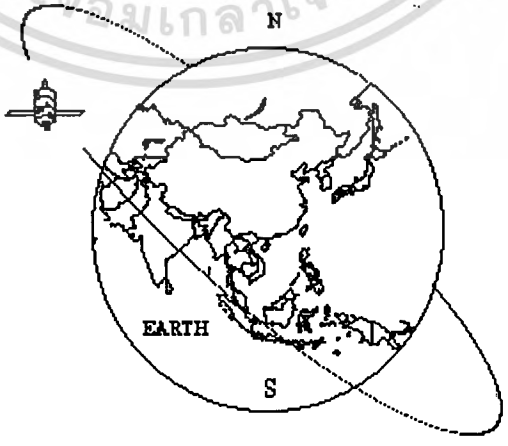
วงโคจรลักษณะนี้มีอยู่จำนวนมาก แตกต่างกันไปตามความเอียง (Incline) หรือมุมที่ทำกับระนาบเส้นศูนย์สูตร และความรีของวงโคจรมีมากน้อยเพียงใด เช่น วงโคจรมอล์นยา (Molnya), วงโคจรทุนดรา (Tundra) ซึ่งนิยมใช้งานในด้านของการนำร่อง และอุตุนิยมวิทยา ดาวเทียมแบบเฟส นั้นเป็นระบบดาวเทียมที่บังคับเส้นทางการโคจรได้ เช่น ดาวเทียมสำรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรัพยากร, ดาวเทียมโจรกรรม ซึ่งจะโคจรอยู่ในระดับความสูง 800 กิโลเมตร ในรูปที่ 2.2 (ข) แสดงวงโคจรของดาวเทียมแบบเอียง

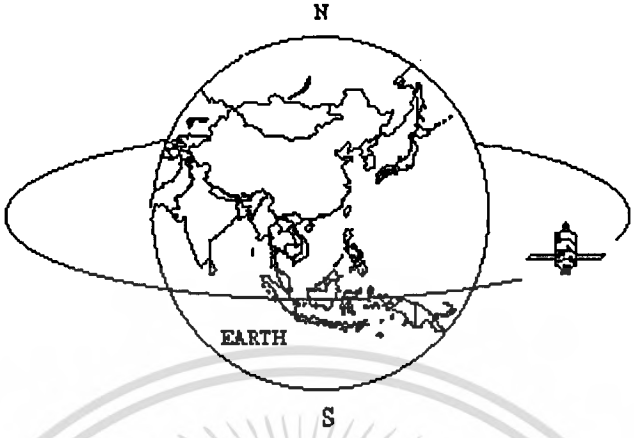


รูปที่ 2.2 (ก) วงโคจรแบบแนวขั้วโลก



รูปที่ 2.2 (ข) วงโคจรแบบเอียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 (ค) วงโคจรแบบขนานเส้นศูนย์สูตร

2.3.4 วงโคจรแบบขนานกับเส้นศูนย์สูตร (Equatorial Orbit or Geo-Station Satellite)

เป็นวงโคจรที่ขนานกับระนาบเส้นศูนย์สูตรของโลกจะมีลักษณะการโคจรเป็นรูปวงกลม และอยู่กับที่ ซึ่งเป็นดาวเทียมที่ใช้เพื่อการสื่อสาร โดยส่งขึ้นไปอยู่ในระดับความสูงประมาณ 35,860 กิโลเมตร โคจรตามแนวเส้นศูนย์สูตรไปทางทิศตะวันออก โดยใช้เวลา 24 ชั่วโมงในการโคจรรอบโลก ดาวเทียมสื่อสารในวงโคจรชนิดนี้จะเสมือนเป็นสถานีอวกาศ (Space Station) ซึ่งเวลามองจากพื้นโลกจึงเหมือนว่าลอยนิ่งอยู่กับที่ ในรูปที่ 2.2 (ค) แสดงลักษณะของวงโคจรแบบขนานกับเส้นศูนย์สูตร

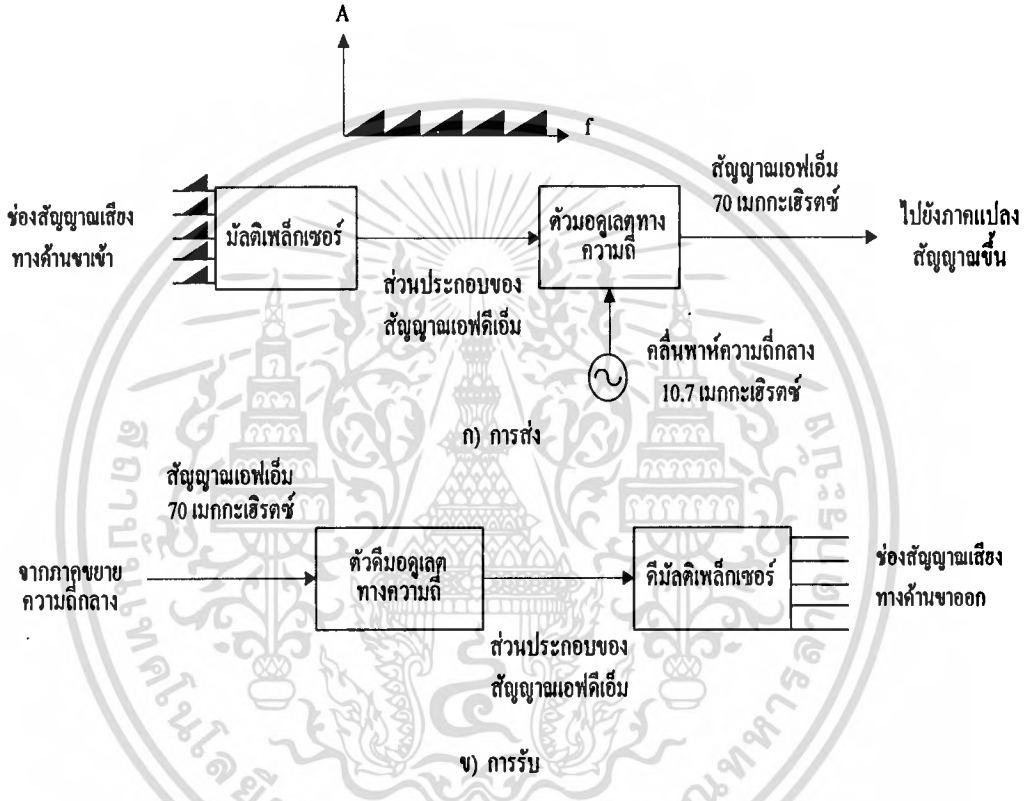
2.4 ระบบเชื่อมโยงการสื่อสาร

การสื่อสารผ่านดาวเทียมเป็นสื่อของโทรศัพท์ โทรทัศน์ และสัญญาณข้อมูล โดยเฉพาะการส่งผ่านข้อมูลระบบดิจิตอล การป้องกันการรบกวนกันของสัญญาณในการติดต่อระหว่างดาวเทียมกับสถานีภาคพื้นดินโดยใช้การมัลติเพล็กซ์ (Multiplexing) ซึ่งปกติมี 2 แบบ คือ การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งตามความถี่ (Frequency Division Multiplexing ; FDM) และการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งตามความเวลา (Time Division Multiplexing ; TDM) ในแบบการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งตามความถี่ สัญญาณจะส่งผ่านทรานสปอนเดอร์ในความถี่ที่แตกต่างกัน และการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งตามความเวลา สัญญาณจะส่งผ่านทรานสปอนเดอร์ในเวลาที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 การส่งสัญญาณโทรศัพท์แบบแอนะลอก

การใช้ดาวเทียมเชื่อมโยงกับระบบโทรศัพท์แบบแอนะลอก FDM/FM คล้ายกับระบบไมโครเวฟบนพื้นโลกแบบจุดต่อจุดที่ต่อกันในการให้บริการในด้านโทรศัพท์ทางไกล รูปที่ 2.3 แสดงการรับ และส่งสัญญาณในระบบ FDM



รูปที่ 2.3 การส่ง และการรับสัญญาณในระบบมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งตามความถี่

โดยตัวมัลติเพล็กซ์ จะรับสัญญาณเบสแบนด์ (Base Band) จากโทรศัพท์ต่างๆ แล้วเปลี่ยนสัญญาณไปตามช่องในช่วงสเปกตรัมความวิทยุ ผลของการใช้สัญญาณ FDM มอดูเลตกับคลื่นพาห์ที่มีความถี่ช่วง ความถี่กลาง (โดยปกติใช้ 70 เมกกะเฮิรตซ์) ความถี่กลางจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณความถี่ขาขึ้นในความถี่ที่เหมาะสม และขยายแล้วส่งไปยังดาวเทียม สัญญาณจากดาวเทียมจะถูกขยาย และเปลี่ยนเป็นความถี่ขาลงแล้วส่งกลับมายังสถานีภาคพื้นดิน สถานีภาคพื้นดินจะขยายสัญญาณแล้วเปลี่ยนกลับมาเป็นความถี่กลาง สัญญาณความถี่กลางที่ถูกมอดูเลตจะไปขับตัวดีมอดูเลตเอฟเอ็ม (FM Demodulator) ซึ่งจะแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณกลับมาเป็นสัญญาณมัลติเพล็กซ์กับสัญญาณเสียง จากนั้นตัวดีมัลติเพล็กซ์จะตรวจสอบ และเปลี่ยนสัญญาณแต่ละช่องกลับเป็นสัญญาณเบสแบนด์

1. สัญญาณเสียงเบสแบนด์

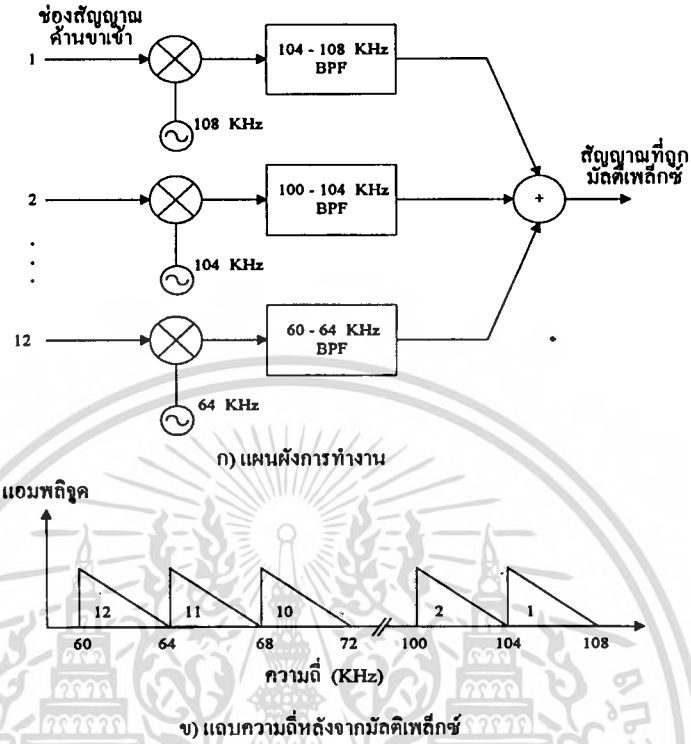
สัญญาณเสียงเบสแบนด์เป็นค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่สร้างขึ้นในเครื่องโทรศัพท์ โดยรายละเอียดจะขึ้นอยู่กับตัวผู้พูด ในระบบโทรศัพท์ใช้ช่วงความถี่ตั้งแต่ 300 - 3,400 เฮิรตซ์ การออกแบบจริงจะใช้ความถี่ในช่วง 0 - 4,000 เฮิรตซ์ ในทางปฏิบัติเราจะใช้ความถี่ตามที่อินเทลแซต และ CCITT (Consultative Committee Telegraph and Telephony) กำหนด คือ ช่วง 300-3,400 เฮิรตซ์ สเปกตรัมของสัญญาณเสียงเบสแบนด์โดยปกติจะแสดงเป็นสามเหลี่ยม กำลังของสัญญาณจะมีหน่วยเป็น dBm โดยที่จุดอ้างอิงกำลังของสัญญาณจะเป็น 0 dBm0 ซึ่งค่า 0 แสดงว่าจุดนั้นเป็นจุดทดสอบ ถ้าสัญญาณมีขนาด -2 dBm0 จะหมายถึงสัญญาณจะมีขนาดโดยเฉลี่ยเป็น -2 dBm ที่จุดอ้างอิง

2. การมัลติเพล็กซ์สัญญาณเสียง

กระบวนการเลื่อนช่องสัญญาณเสียงในช่วงความถี่ และการรวมสัญญาณต่างๆ เพื่อส่งออกไปเรียกว่าการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งตามความถี่ กระบวนการจะมีลำดับขั้นการทำงานต่างๆ ในแต่ละช่องสัญญาณจะถูกรวมเป็นกลุ่ม และในกลุ่มต่างๆ จะรวมเป็นกลุ่มที่ใหญ่ขึ้น และรวมกันไปเรื่อยๆ ชื่อของกลุ่ม และการเรียงกันของช่องสัญญาณภายในจะแปรตามประเทศ และระบบการให้บริการที่จัดไว้

ขั้นตอนแรกสำหรับการมัลติเพล็กซ์สัญญาณเสียงโดยการรวมช่องสัญญาณเบสแบนด์ 12 ช่อง เป็น 1 กลุ่มพื้นฐาน ขยายได้จาก 60 - 108 กิโลเฮิรตซ์ รูปที่ 2.4 แสดงการมัลติเพล็กซ์ของ 12 ช่องสัญญาณโทรศัพท์จากกลุ่มพื้นฐาน โดยในแต่ละช่วงสัญญาณจะมีแถบความถี่ 4 กิโลเฮิรตซ์ สำหรับใช้งาน 3.1 กิโลเฮิรตซ์ และใช้เป็นแถบกันชน เพื่อป้องกันการรบกวนกันระหว่างช่องสัญญาณ 0.9 กิโลเฮิรตซ์ วิธีนี้สามารถทำได้โดยการมอดูเลตขนาด (Amplitude Modulation) แต่ละช่องสัญญาณเสียงแบบกดสัญญาณทั้งสองแถบของคลื่นพาห์ (Double Side Band Suppressed Carrier ; DSBSC) และกรองส่วนที่เป็นแถบความถี่ด้านสูง (Upper Side Band ; USB) เหลือแถบความถี่ด้านต่ำ (Lower Side Band ; LSB) เพื่อสร้างสัญญาณเสียงแบบกดสัญญาณด้านหนึ่งของคลื่นพาห์ (Single Side Band Suppressed Carrier ; SSBSC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



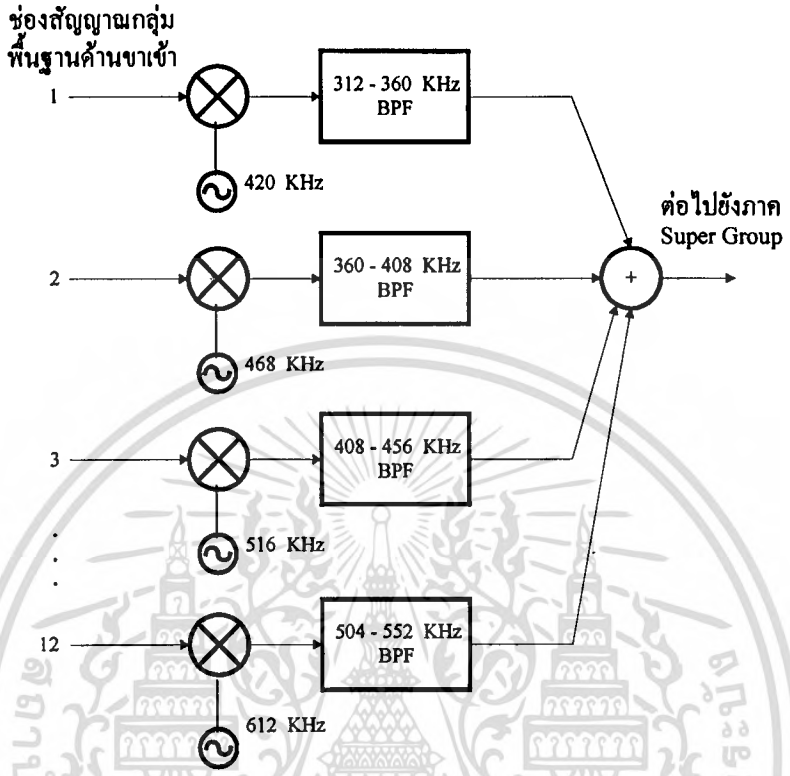
รูปที่ 2.4 การมัลติเพล็กซ์ของ 12 ช่องสัญญาณโทรศัพท์จากกลุ่มพื้นฐาน

การมัลติเพล็กซ์สัญญาณของดาวเทียม และสถานีไมโครเวฟภาคพื้นดินโดยมากจะเชื่อมโยงสัญญาณของอินเทลแซต นั้นจะมีการรวมกลุ่ม คือ การรวมช่องสัญญาณจาก 12 Channel Basic Group เป็น 5 Channel Basic Super Group โดยมีแบนวิดท์ 240 กิโลเฮิรตซ์ จากช่วงความถี่ 312 - 552 กิโลเฮิรตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 แต่ละคลื่นพาห์จะมีช่วงความถี่ 48 กิโลเฮิรตซ์ ตามปกติแต่ละ Basic Super Group จะมีแถบความถี่กันชน 12 กิโลเฮิรตซ์ เพื่อป้องกันการรบกวนกันระหว่างช่องสัญญาณ

2.4.2 การส่งสัญญาณโทรทัศน์แบบแอนะลอก

การส่งสัญญาณโทรศัพท์ผ่านดาวเทียม ในปัจจุบันมีการใช้อย่างแพร่หลาย แต่เทคโนโลยีดาวเทียมได้ส่งผลต่ออุตสาหกรรมโทรทัศน์มากกว่าระบบโทรศัพท์ สัญญาณผ่านดาวเทียมที่ทำให้เราสามารถรับชมการถ่ายทอดสด และยังส่งเสริมการสร้างเครือข่ายรายการผ่านดาวเทียม ปัจจุบันจะเห็นได้ชัดเจนว่าระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมเป็นส่วนสำคัญของระบบโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การรวมตัวกันของกลุ่มพื้นฐาน

ระบบสัญญาณโทรทัศน์ปัจจุบันมีหลายมาตรฐาน แต่ระบบที่นิยมใช้ คือ ระบบ NTSC 525 เส้น ที่ 60 เฮิรตซ์ ของทางสหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น และระบบ PAL 625 เส้น ที่ 50 เฮิรตซ์ ของยุโรป หลักการทำงานค่อนข้างจะคล้ายคลึงกัน สัญญาณภาพของการส่งสัญญาณโทรทัศน์แบบขาวดำ จะแสดงสัญญาณแอนะลอกที่บอกจำนวนของโครงสีขาว (Brightness) ในรูปลักษณะการกวาดทางขนานนอน สัญญาณนี้มีชื่อว่าสัญญาณลูมิแนนซ์ นอกจากสัญญาณลูมิแนนซ์แล้ว สัญญาณพัลส์ซิงโครไนซ์จะถูกส่งมาเพื่อให้เครื่องรับโทรทัศน์สามารถแสดงผลของขั้นตอนการกวาดของกล้องบันทึกภาพได้

การส่งสัญญาณโทรทัศน์สีสามารถส่งได้โดยการส่งสัญญาณสีแต่ละส่วนแยกกัน แต่ทำให้ต้องใช้แบนด์วิดท์เกินความจำเป็น ในทางกลับกันการรวมกันของสัญญาณสีทั้งสามสีจะถูกส่งไป และแต่ละส่วนของแต่ละสีจะถูกแยกแยะที่เครื่องรับ ซึ่งกล้องโทรทัศน์จะผลิตแรงดัน 3 ค่า สำหรับสีแดง เขียว และน้ำเงิน ในแต่ละจุดของภาพที่ส่งไป เราจะใช้สัญลักษณ์ R, G และ B เพื่อแสดงค่าแรงดันของสัญญาณทั้ง 3 สี สำหรับเครื่องรับแบบขาวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

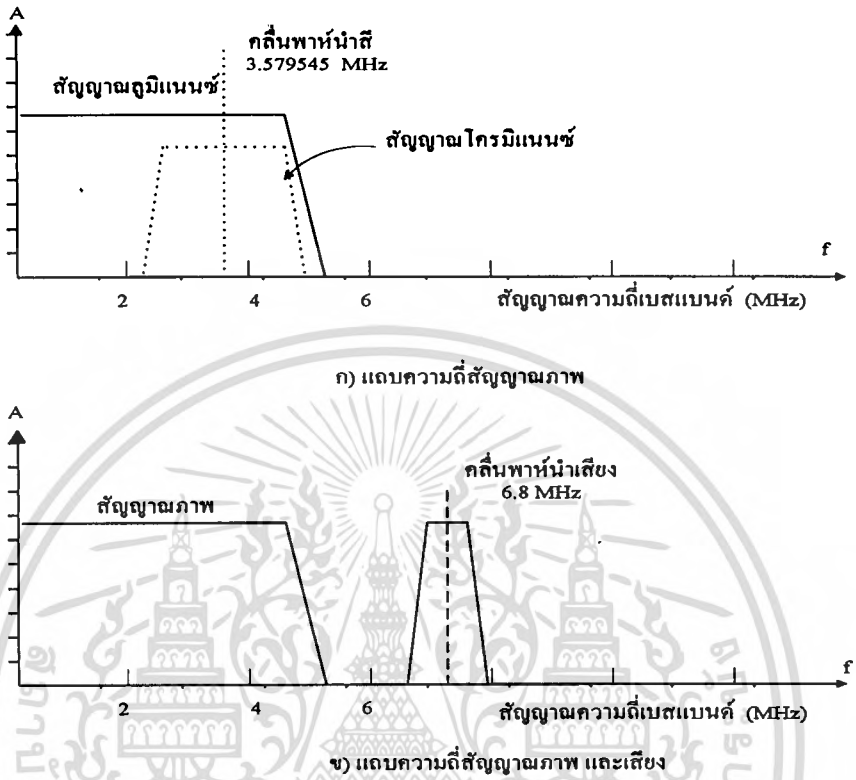
(Monochrome) นั้นจะแสดงผลตามระดับของแสงขาวในแต่ละจุดของภาพ หรือที่เรียกว่า ลูมิแนนซ์ (Y)

โดยที่สัญญาณลูมิแนนซ์ ถูกส่งไปเพื่อให้จอ Monochrome สามารถรับภาพสีในลักษณะขาว และดำ สำหรับการแสดงผลภาพสีที่รวมกันอย่างอิสระของ R, G และ B ต้องถูกส่งออกไปพร้อมกับสัญญาณ Y เพื่อให้เราสามารถแสดงผลของสีได้ สัญญาณนี้เรียกว่าสัญญาณ I และสัญญาณ Q โดยที่ I ย่อมาจาก In Phase และ Q ย่อมาจาก Quardrature ทั้งสัญญาณ I และ Q เมื่อถูกใส่รหัสพร้อมกับ Y จะนำข้อมูลโครมิแนนซ์ของสีในแต่ละจุดของภาพ สัญญาณ I และ Q ทำหน้าที่มอดูเลตสัญญาณคลื่นพาห์ของสีที่ทำให้ขนาดของสัญญาณโครมิแนนซ์ เป็นตัวกำหนดค่าอิ่มตัวหรือระดับความบริสุทธิ์ของสีในแต่ละจุด และมุมเฟสของสัญญาณโครมิแนนซ์ เป็นตัวกำหนดค่าความคมชัดของสีจากขนาด และมุมเฟส เครื่องรับโทรทัศน์จะกำหนด Shade ของสี และจำนวนแสงขาวที่จะเพิ่มจากสัญญาณลูมิแนนซ์ ซึ่งจะกำหนดความสว่างของสีว่าควรจะเป็นอย่างไร

ในการส่งสัญญาณภาคพื้นดิน สัญญาณลูมิแนนซ์ (Y) ยิ่งถูกกรองให้อยู่ในช่วง 0 - 4.2 เมกกะเฮิรตซ์ จะมอดูเลตคลื่นพาห์ของรูปด้วยตัวมอดูเลตแบบ Vestigial Side Band (VSB) ส่วนของ USB จะถูกส่งทั้งหมด แต่ในส่วนของ LSB จะถูกตัดไปบางส่วน สัญญาณ VSB ที่ได้ คือ ส่วนที่จำเป็นสำหรับการส่งภาพสำหรับโทรทัศน์ขาวดำ

โดยที่สัญญาณลูมิแนนซ์ ถูกส่งไปเพื่อให้จอ Monochrome สามารถรับภาพสีในลักษณะขาว และดำ สำหรับการแสดงผลภาพสีที่รวมกันอย่างอิสระของ R, G และ B ต้องถูกส่งออกไปพร้อมกับสัญญาณ Y เพื่อให้เราสามารถแสดงผลของสีได้ สัญญาณนี้เรียกว่าสัญญาณ I และสัญญาณ Q โดยที่ I ย่อมาจาก In Phase และ Q ย่อมาจาก Quardrature ทั้งสัญญาณ I และ Q เมื่อถูกใส่รหัสพร้อมกับ Y จะนำข้อมูลโครมิแนนซ์ของสีในแต่ละจุดของภาพ สัญญาณ I และ Q ทำหน้าที่มอดูเลตสัญญาณคลื่นพาห์ของสีที่ทำให้ขนาดของสัญญาณโครมิแนนซ์ เป็นตัวกำหนดค่าอิ่มตัวหรือระดับความบริสุทธิ์ของสีในแต่ละจุด และมุมเฟสของสัญญาณโครมิแนนซ์ เป็นตัวกำหนดค่าความคมชัดของสีจากขนาด และมุมเฟส เครื่องรับโทรทัศน์จะกำหนด Shade ของสี และจำนวนแสงขาวที่จะเพิ่มจากสัญญาณลูมิแนนซ์ ซึ่งจะกำหนดความสว่างของสีว่าควรจะเป็นอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แถบความถี่ของสัญญาณโทรทัศน์

ข้อมูลโครมิแนนซ์ จะถูกส่งโดยคลื่นพาห์นำสี (Color Subcarrier) ที่ 3.579545 เมกกะเฮิรตซ์ (ประมาณ 3.58 เมกกะเฮิรตซ์) ค่านี้ถูกเลือกเพราะเป็นค่าที่ค่อนข้างว่างของสเปกตรัมของลูมิแนนซ์ ทั้งยังลดการรบกวนกันระหว่างการรับสี และขาวดำ ทั้งสัญญาณ I และ Q มอดูเลตคลื่นพาห์นำสีด้วยวิธี Double-Balanced Mixes เพื่อสร้างสัญญาณ Double Side Band Suppressed Carrier (DSBSC) คลื่นพาห์นี้จะมีเลื่อนเฟสไป 90° ก่อนที่จะเข้าช่วง Q มอดูเลต ดังนั้น ทั้งส่วน I และ Q สามารถถูกแสดงผลใหม่ได้ที่เครื่องรับ รูปที่ 2.6 (ก) แสดงภาพของสเปกตรัมของสัญญาณภาพเบสแบนด์

สัญญาณเสียงของสัญญาณเบสแบนด์อยู่ในช่วง 50 เฮิรตซ์ ถึง 15 กิโลเฮิรตซ์ ความถี่นี้มอดูเลตคลื่นพาห์ของสัญญาณเสียง และผลที่ได้เป็นคลื่น FM จะถูกเพิ่มเข้าไปในสัญญาณภาพเบสแบนด์ รูปที่ 2.6 (ข) แสดงผลการผสมสัญญาณโทรทัศน์นี้จะเห็นว่าประกอบด้วยสัญญาณภาพเบสแบนด์ที่ต่ำกว่าคลื่นพาห์ของสัญญาณเสียงที่ถูกมอดูเลตเป็น FM แล้ว ในสหรัฐอเมริกาคลื่นพาห์ของสัญญาณเสียงจะมีความถี่ที่ 6.8 เมกกะเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การกระจายสัญญาณบนพื้นโลก สัญญาณเสียง และภาพจะถูกรวมเข้าด้วยกัน และถูกเลื่อนไปตามความถี่ที่เหมาะสมในช่วง VHF หรือ UHF เพื่อการส่งสัญญาณ ดังนั้นสัญญาณที่กระจายออกไปจะเป็นการรวมกันหลายชนิด สำหรับการส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมสัญญาณภาพเบสแบนด์ของสัญญาณภาพ (ลูมิแนนซ์ กับ โครมิแนนซ์) จะมอดูเลต 1 คลื่นพาห์ของสัญญาณภาพ และ 2 สัญญาณเสียงจะมอดูเลต 2 คลื่นพาห์สัญญาณเสียง เครือข่ายโทรทัศน์ทั่วๆ ไปจะมีค่าการเบี่ยงเบนสูงสุด (Peak Deviation) ที่ 10.75 เมกกะเฮิรตซ์ และความถี่สูงสุดของการมอดูเลตสัญญาณภาพ ที่ 4.2 เมกกะเฮิรตซ์

สัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมจะแตกต่างจากการกระจายสัญญาณโทรทัศน์ธรรมดา ตัวแปลงสัญญาณดาวเทียมที่ใช้โดยทั่วไปจะต้องดีมอดูเลตสัญญาณ FM ที่เข้ามา แล้วแสดงผลใหม่ของสัญญาณเบสแบนด์ทั้งช่องภาพ และช่องเสียง ทำการมอดูเลตใหม่ทั้งสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงเข้าสู่ระบบที่ผลิตคลื่นพาห์ธรรมดาโดยใช้ขั้นตอนการมอดูเลตเหมือนกับตัวสัญญาณออกอากาศของโทรทัศน์

2.4.3 การส่งสัญญาณแบบดิจิตอล

การมอดูเลตแบบดิจิตอลเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการสื่อสารดาวเทียมที่มีสัญญาณเป็นดิจิตอล และใช้กับเครื่องมือระบบดิจิตอล เช่น การส่งผ่านข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ถ้าเป็นสัญญาณแอนะลอก เช่น โทรศัพท์หรือโทรทัศน์ก็สามารถเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อการส่งสัญญาณ และเปลี่ยนกลับมาเป็นสัญญาณแอนะลอกเข้าสู่ผู้ใช้ปลายทาง แม้ว่าขั้นตอนการส่งสัญญาณดิจิตอลนี้จำเป็นต้องใช้แบนด์วิดท์ที่กว้างขึ้นแต่ก็ช่วยให้คุณภาพดีขึ้น กล่าวคือ สัญญาณรบกวนจะลดลง และช่วยกันการรบกวนจากสัญญาณภายนอก การส่งสัญญาณดิจิตอลจะใช้เทคนิคการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา และการเข้าถึงปลายทางแบบแบ่งเวลา (Time Division Multiple Access ; TDMA) ทั้งสองวิธีนี้จะอนุญาตให้ใช้ทรานสปอนเดอร์ 1 ครั้งต่อ 1 สัญญาณที่เข้า ซึ่งจะหลีกเลี่ยงปัญหาการมอดูเลตภายใน (Intermodulation) นอกจากนั้นสัญญาณแอนะลอกที่ถูกส่งสัญญาณแบบดิจิตอลสามารถใช้ช่องสัญญาณร่วมกัน ข้อมูลที่เป็นดิจิตอลนั่นคือ สัญญาณดิจิตอลจะถูกดำเนินการแบบเดียวกันโดยไม่คำนึงเนื้อหาว่าจะเป็นข้อมูลหรืออะไรก็ตาม ดังนั้น การเชื่อมโยงกับดาวเทียมแบบดิจิตอลสามารถรับได้ทั้งสัญญาณโทรศัพท์ และสัญญาณข้อมูลซึ่งจำนวนจะแตกต่างกันตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30136

ปัญหาการส่งสัญญาณดิจิตอลผ่านดาวเทียมมีอยู่ 2 ส่วน หลักๆ คือ จะทำอย่างไรให้สัญญาณแอนะลอกที่เข้ามาเปลี่ยนเป็นดิจิตอลแล้วเปลี่ยนกลับ และจะทำอย่างไรจึงจะส่ง และรับสัญญาณดิจิตอลอย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ขึ้นกับจุดต้นทางหรือจุดปลายทาง ซึ่งการส่งสัญญาณเบสแบนด์แบบดิจิตอล เสมือนการส่งอนุกรมของเลขศูนย์ และหนึ่งออกไป ในขณะที่วงจรในคอมพิวเตอร์เลขศูนย์อาจถูกแทนด้วยแรงดันต่ำ และแทนด้วยแรงดันสูง หรือกลับกัน แต่การใช้การแทนแบบดังกล่าวไม่เหมาะสมกับการส่งในระยะทางไกลๆ

ในระบบการสื่อสารของคลื่นความถี่วิทยุที่ส่งสัญญาณเป็นข้อมูลดิจิตอลนั้นค่าตัวแปรของคลื่นความถี่วิทยุจะต้องถูกเปลี่ยนแปลงหรือถูกมอดูเลตเพื่อที่จะใส่ข้อมูลเบสแบนด์ วิธีที่เป็นที่นิยมในการมอดูเลตของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมแบบดิจิตอล การส่งสัญญาณแบบ Band Pass หรือคลื่นความถี่วิทยุของข้อมูลดิจิตอลจะแตกต่างจากการส่งสัญญาณแบบเบสแบนด์ ตรงที่ต้องมีการมอดูเลตคลื่นความถี่วิทยุ นั่นคือ ตัวเครื่องรับจะดีมอดูเลตคลื่นความถี่วิทยุที่ถูกมอดูเลตมาก่อน เพื่อจะได้กลับมาซึ่งข้อมูลเบสแบนด์

การสื่อสารคลื่นวิทยุมักจะมีข้อจำกัดอีกอย่างหนึ่งคือ แบนด์วิดท์ที่ใช้ในการส่งสัญญาณจะถูกกำหนดเฉพาะเพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนจากการส่งที่ความถี่ใกล้เคียง ทำให้ด้านขาออกของการส่งจะต้องมีการควบคุมสเปกตรัมอย่างรอบคอบให้ลดปริมาณสัญญาณออกนอกแถบให้อยู่ในระดับต่ำ

2.5 ตัวแปรของระบบการสื่อสารดาวเทียม

2.5.1 อัตราทวีกำลังของจานสายอากาศ (Antenna Gain)

จานสายอากาศที่ใช้ในการสื่อสารดาวเทียมนั้น จะไม่แพร่สัญญาณออกทุกทิศทุกทาง แต่จะถูกออกแบบให้รวมสัญญาณ เป็นลำคลื่นเพื่อส่งขึ้นสู่ดาวเทียม ซึ่งจานสายอากาศที่มีพื้นที่ของจานสะท้อนขนาดใหญ่ จะสามารถรวมกำลังงานของสัญญาณไปยังเครื่องรับได้ดีกว่า

2.5.2 กำลังส่งออกประสิทธิผล (Effective Isotropic Radiated Power ; EIRP)

ส่วนประกอบที่สำคัญในระบบการส่งสัญญาณผ่านดาวเทียม คือ EIRP หมายถึงกำลังงานที่แพร่ออกจากจานสายอากาศ ซึ่งเกิดจากกำลังส่งจริงของเครื่องส่งสัญญาณ และอัตราทวีกำลังของจานสายอากาศ เพื่อจะแสดงกำลังที่ถูกส่งของสถานีภาคพื้นดินหรือดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติค่าผลของการแพร่กระจายกำลังงานที่แท้จริงจะถูกนำมาใช้ ซึ่งค่า EIRP ของสถานี คือ กำลังที่ได้จากภาคขยายกำลังสูงคูณกับอัตราขยายของจานสายอากาศที่สถานีนั้น โดยพิจารณาถึงการสูญเสียในสายส่ง ซึ่งต่อเอาต์พุตของภาคขยายกำลังสูงไปยังตัวรับคลื่นของจานสายอากาศ กำลังของคลื่นพาห์ขาขึ้น (Up Link Carrier) ซึ่งเป็นกำลังของคลื่นพาห์ที่จะถูกรับที่ดาวเทียมจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ EIRP ที่สถานีภาคพื้นดิน

2.5.3 อัตราการขยายของจานสายอากาศต่ออัตราการรบกวนทางอุณหภูมิ

(Antenna Gain to Noise Temperature Radio)

อัตราส่วน G/T นี้ถูกใช้ในการแสดงคุณสมบัติทางคุณภาพ ของจานสายอากาศของสถานีภาคพื้นดิน และภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ ซึ่งสัมพันธ์กับความไวในการรับคลื่นพาห์ขาลง (Down Link Carrier) จากดาวเทียม ค่าตัวแปร G (Gain) เป็นอัตราการขยายด้านรับของจานสายอากาศที่อินพุตของภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ ค่าตัวแปร T (Temperature) ถูกกำหนดเป็นระบบการรบกวนทางอุณหภูมิ ของสถานีที่ติดต่อกับอินพุตของภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ

สัญญาณรบกวนที่มักพบในระบบสื่อสารจะเป็นสัญญาณรบกวนสีขาว (White Noise) ซึ่งเป็นกำลังงานสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมาอย่างไม่แน่นอน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ และจะประกอบไปด้วยการรบกวนทางความร้อน (Thermal Noise) ที่มาจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในตัวกลางที่เป็นตัวนำ สัญญาณรบกวนจากแสงอาทิตย์ (Solar Noise) และการรบกวนจากสัญญาณคอสมิค (Cosmic Noise) ต่างๆ ในชั้นบรรยากาศ สัญญาณรบกวนสีขาวจะรบกวนสัญญาณในลักษณะเสริมขึ้น จึงถูกเรียกว่าการเพิ่มขึ้นของสัญญาณรบกวนกำลังงานสนามแม่เหล็ก (Additive White Gaussian Noise) ในการวิเคราะห์ระบบสื่อสาร

2.5.4 การสูญเสียพลังงานในการส่งสัญญาณ (Transmission Loss)

ค่า EIRP เปรียบเสมือนกำลังงานที่ป้อนให้แก่ระบบการส่งสัญญาณ ดังนั้นในการหาปริมาณพลังงานที่รับได้ที่ปลายทางนั้นจะต้องเข้าใจถึงการสูญเสียกำลังงานที่เกิดขึ้น ระหว่างการส่งสัญญาณดังกล่าว ซึ่งค่าความสูญเสียบางค่าจะคงที่ และบางส่วนจะได้มาจากข้อมูลทางสถิติหรือบางอย่างขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศด้วย เช่น ปริมาณของเมฆ, ฝน, ลม เป็นต้น ซึ่งการสูญเสียกำลังในการส่งสัญญาณมีดังต่อไปนี้

1. การสูญเสียกำลังงานเนื่องจากการส่งสัญญาณในอวกาศ (Free Space Transmission Loss) หมายถึง การส่งสัญญาณไปในอวกาศนั้นจะเกิดการสูญเสียกำลังงานเนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระจายของสัญญาณในอวกาศ ซึ่งเกิดขึ้นทั้งด้านขาขึ้น และด้านขาลง การสูญเสียกำลังงานนี้เรียกว่า Free Space Loss ซึ่งเป็นส่วนที่สูญเสียกำลังมากส่วนหนึ่ง

2. การสูญเสียกำลังเนื่องจากการเชื่อมต่อของสายนำสัญญาณ (Feeder Loss) หมายถึง การสูญเสียกำลังเนื่องจากการเชื่อมต่อของสายนำสัญญาณภายในสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน

3. การสูญเสียเนื่องจากการติดตั้ง และปรับแต่งสายอากาศ (Antenna Pointing Loss) หมายถึง การสูญเสียกำลังเนื่องมาจากการติดตั้งสายอากาศที่มีการปรับแต่งคลาดเคลื่อน ซึ่งในการติดตั้งจานสายอากาศ จะต้องมีการปรับแต่งให้ตรงกับตำแหน่งของดาวเทียมมากที่สุด เพื่อให้สามารถรับกำลังงานได้มากที่สุด

4.การสูญเสียเนื่องจากระยะห่างระหว่างดาวเทียม และสถานีภาคพื้นดินไม่เท่ากัน (Atmospheric Loss) หมายถึง สถานีดาวเทียมที่ติดตั้งในสถานที่ต่างๆ นั้นจะมีระยะห่างจากตัวดาวเทียมไม่เท่ากัน ซึ่งทำให้คลื่นต้องเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศที่ไม่เท่ากันด้วย เราอาจอธิบายการสูญเสียกำลังงานของแต่ละสถานีที่แตกต่างกันได้จากมุมเงยของจานสายอากาศ ซึ่งเราจะสามารถบ่งบอกระยะทางที่คลื่นต้องเดินทางไปในบรรยากาศ ซึ่งจะส่งผลถึงการสูญเสียกำลังงานที่ไม่กันด้วยเช่นกัน นอกจากนั้นแล้วความถี่ที่ใช้ในการส่งคลื่นจะมีผลต่อการสูญเสียกำลังงานในการส่งสัญญาณไปในชั้นบรรยากาศนั้นอีกด้วย ซึ่งข้อมูลของการสูญเสียกำลังงานจากชั้นบรรยากาศนั้น จะเป็นข้อมูลทางสถิติที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นระยะๆ การสูญเสียกำลังงานเนื่องมาจากการดูดซับกำลังงานของชั้นบรรยากาศนั้นมีสาเหตุเนื่องมาจาก โมเลกุลของออกซิเจนในชั้นบรรยากาศ ไอน้ำในชั้นบรรยากาศ, ฝน, ปริมาณเมฆหมอก, หิมะ และประจุอิเล็กตรอนอิสระในชั้นบรรยากาศ เป็นต้น

2.6 ทรานสปอนเดอร์

ทรานสปอนเดอร์เป็นระบบย่อยของการสื่อสารดาวเทียม ซึ่งทำการรับสัญญาณและแปลงให้อยู่ในอีกรูปแบบหนึ่งเพื่อทำการส่งกลับอีกครั้ง เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่วางเรียงต่อกันอยู่เป็นลูกโซ่เพื่อตอบสนองการทำงานอยู่บนบอร์ดของดาวเทียมซึ่งเป็นทางผ่านของสัญญาณระหว่างสถานีภาคพื้นดินทั้งสอง มีอุปกรณ์ต่อเข้าโดยตรงกับการทำงานของทรานสปอนเดอร์ โดยปกติแล้วเราจะพิจารณาบางส่วนของทรานสปอนเดอร์ เช่น แหล่งพลังงานที่มีไว้รองรับการทำงานของทรานสปอนเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 ความหมายของทรานสปอนเดอร์

ทรานสปอนเดอร์ หมายถึง อุปกรณ์ขยายสัญญาณ หรืออุปกรณ์เปลี่ยนความถี่ขาขึ้นเป็นความถี่ขาลง แต่ละทรานสปอนเดอร์มีแบนด์วิดท์กว้างมาก เช่น 36 เมกกะเฮิรตซ์, 72 เมกกะเฮิรตซ์ และ 77 เมกกะเฮิรตซ์ เป็นต้น ใช้หลอดคลื่นจร (Travelling Wave Tube ; TWT) หรือ SSPA (Solid State Power Amplifier) เป็นตัวขยายสัญญาณ

2.6.2 การทำงานของทรานสปอนเดอร์

ทรานสปอนเดอร์เป็นเสมือนส่วนหนึ่งของการติดต่อสื่อสารทางอากาศเส้นทางหนึ่งของระบบการสื่อสารดาวเทียม การทำงานที่สำคัญที่สุด คือ การขยายสัญญาณ และการแปลงความถี่ของสัญญาณความถี่วิทยุทั้งสองอย่าง หน้าที่พื้นฐานที่สำคัญของทรานสปอนเดอร์บนตัวดาวเทียมจะมีดาวเทียมบางดวงที่จะเพิ่มการทำงานอื่น

1. การขยาย พิจารณาเส้นทางเชื่อมต่อการสื่อสารสำหรับดาวเทียมแบบ End to End แสดงดังรูปที่ 2.7 แสดงถึงเส้นทางการเชื่อมต่อสากลในแนวตั้งซึ่งเป็นระดับกำลังของสัญญาณ ลักษณะของกราฟเป็นของระบบ Hypothetical 30/20 กิกะเฮิรตซ์ แต่รูปร่างจะเหมือนกันทั้งหมดสำหรับเส้นทางการเชื่อมต่อดาวเทียม

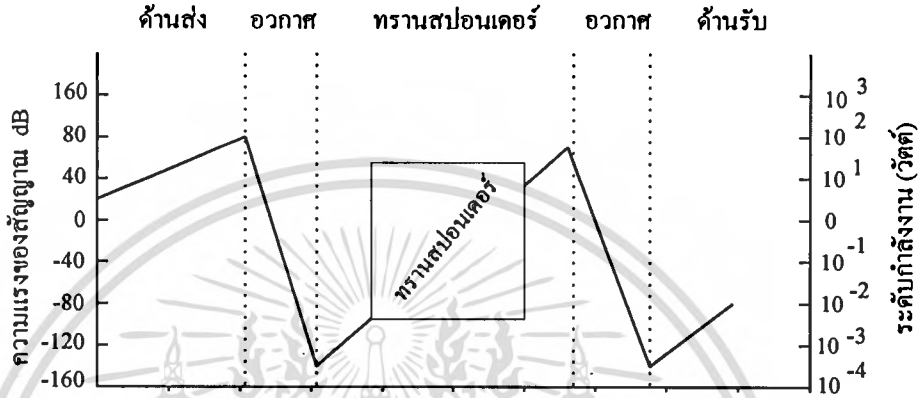
จะเห็นว่าการส่งกำลังของสถานีภาคพื้นดินที่มี EIRP สูง จะลดลงเนื่องจาการเดินทางในเส้นทางขาขึ้น อัตราขยายของสายอากาศที่รับได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น ขนาดของสัญญาณโดยประมาณอยู่ในระดับ -100 dBW จากอินพุตไปที่ตัวทวนสัญญาณ มีลักษณะคล้ายๆ กับ ระดับกำลังงานที่เอาต์พุตของทรานสปอนเดอร์ อาจจะมีค่าประมาณ +20 dBW

การสูญเสียในเส้นทางขาลงจะมีค่าขึ้นอยู่กับความถี่ และความสูงของวงโคจรของดาวเทียม ในขณะเดียวกันขนาดของสถานีภาคพื้นดิน และคุณสมบัติถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า

2. การแปลงความถี่ ข้อจำกัดในด้านขนาดของบัสดาวเทียม หมายถึง จานสายอากาศที่ทำการส่ง และรับอยู่ใกล้กันกับจานสายอากาศอื่น ในความเป็นจริงแล้วอุปกรณ์ของระบบดาวเทียมที่อยู่ท้ายระบบมีขนาดของฮาร์ดแวร์ที่เหมือนกัน ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการคัปปลิ้งของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างการส่ง และการรับสัญญาณ เมื่อเปรียบไอไซโทรปีคมีค่าประมาณ 100 dB เราสามารถกล่าวได้ว่าทรานสปอนเดอร์จำเป็นที่จะต้องมีอัตราการขยายอย่างน้อยเป็น 100 dB ดังนั้น การส่งด้วยกำลังงานที่มีการสูญเสียจะส่งสัญญาณขาขึ้นให้มีกำลังงานมากกว่าที่ต้องการได้ โดยใช้วงจรกรองความถี่ ขณะที่จะออกมาเป็นสัญญาณที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

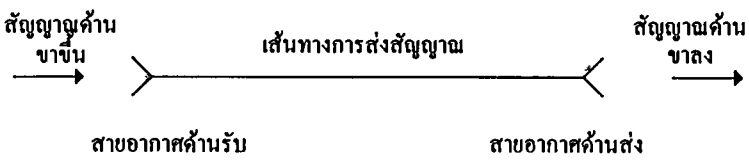
เพื่อส่งเป็นสัญญาณขาขึ้น ดังนั้น ทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียมจำต้องทำการแปลงความถี่โดยการทำการขยายกันเป็นลูกโซ่



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างระบบ 30/20 กิกะเฮิรตซ์

2.6.3 รูปแบบของทรานสปอนเดอร์

การทำงานของทรานสปอนเดอร์ และส่วนประกอบต่างๆ ในการออกแบบ เพื่อที่จะให้ทรานสปอนเดอร์นั้นสามารถทำงานได้ ในรูปที่ 2.8 แสดงกรณีเล็กๆ ซึ่งจะใช้การเริ่มต้นที่จุดโดยที่ทรานสปอนเดอร์จะเป็นการต่อถึงกันแบบง่ายๆ ระหว่างสายอากาศทางด้านส่ง และทางด้านรับ ตัวอย่างนี้จะไม่ได้อัตราการขยายที่ต้องการของทรานสปอนเดอร์เลย คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 110-130 dB

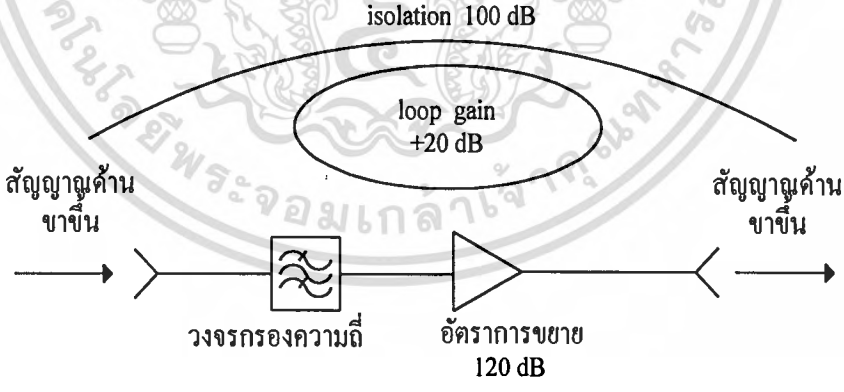


รูปที่ 2.8 การต่อระหว่างจานสายอากาศด้านส่ง และด้านรับของทรานสปอนเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำกัดอัตราการขยายที่ต้องการในการต่อ จะแสดงในรูปที่ 2.9 ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีสเปคตรัมแคบๆ ที่เข้ามาในวงจรขยายเพิ่มที่จะให้ได้แถบความถี่ที่ต้องการ เราจึงต้องพิจารณาถึงการแปลงความถี่ในรูปที่ 2.10 ด้วยว่าอัตราการขยาย (Forward Gain) ที่ต้องการ 120 dB และมี Feedback Isolation เพียง 100 dB นั่น คือ Loop Gain จะเป็น +20 dB รูปแบบนี้จะไม่มีปัญหาเรื่องการออสซิลเลต รูปที่ 2.11 แนะนำการแปลงความถี่ (Frequency Translation) อัตราการขยายที่ต้องการ 120 dB

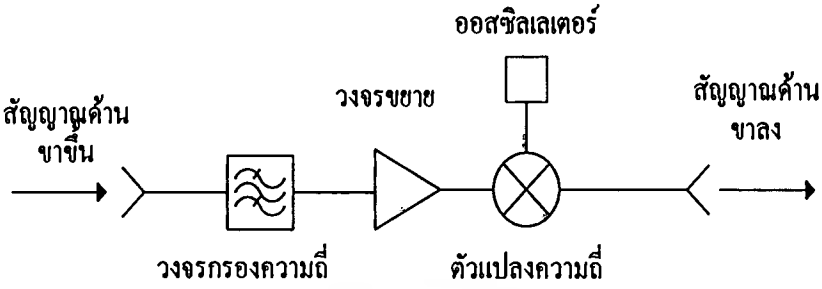
รูปที่ 2.9 อัตราการขยายที่ต้องการอยู่ในรูปสัญลักษณ์



รูปที่ 2.10 รูปแบบอย่างง่ายของตัวกรองความถี่ด้านขาเข้า

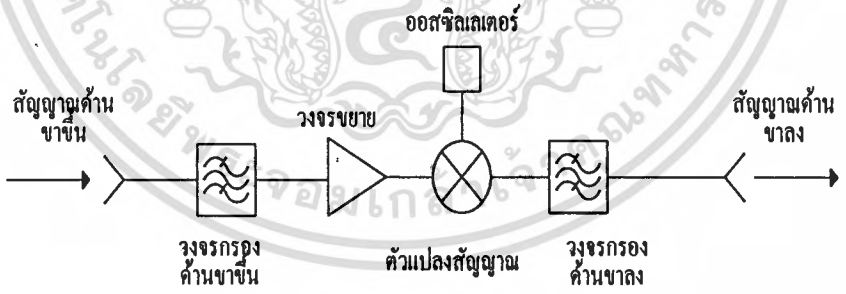
การแปลงความถี่จะมีผลต่อการทำงานเพื่อที่จะไม่ให้ได้ ความถี่ต้องการ สำหรับป้อนให้กับตัวผสมสัญญาณไมโครเวฟกับความถี่ขาขึ้น และที่แผงวงจรจะสร้างสัญญาณต่อเนื่อง ซึ่งถูกสร้างโดยวงจรสร้างสัญญาณ (Local Oscillator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การแปลงความถี่

ดังนั้นลักษณะของรูปที่ 2.11 จึงมีการขยายเบื้องต้นในทรานสปอนเดอร์ และการแปลงความถี่ เราจะพิจารณาความถี่ที่ทำการแปลง และผ่านการกรองความถี่แล้ว เอาต์พุตของวงจรผสมสัญญาณ จะประกอบด้วยสองความถี่หักล้างกันมีเพียงสัญญาณเดียวเท่านั้นที่ต้องการ โดยสัญญาณที่เอาไปใช้ คือ สัญญาณที่หักล้างกัน เหมือนกับที่นิยมใช้ในดาวเทียม โดยส่วนมากจะเลือกแปลงความถี่ลงมากกว่าการแปลงความถี่ขึ้น ส่วนความถี่อื่นๆ จะถูกกรองความถี่ออกหมด

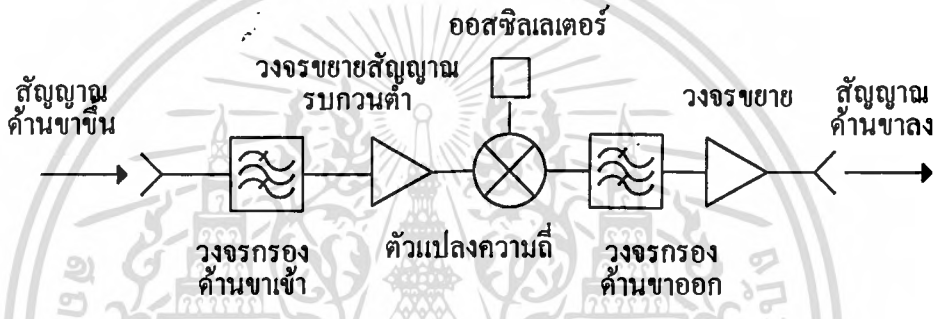


รูปที่ 2.12 ทรานสปอนเดอร์ที่มีวงจรกรอง 2 ส่วน

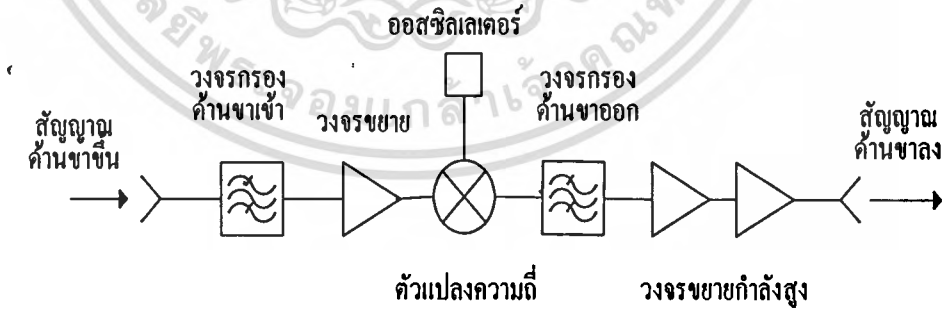
สำหรับรูปที่ 2.12 ทรานสปอนเดอร์ที่มีวงจรกรองสองส่วน อย่างแรกเป็นวงจรกรองด้านขาขึ้น นอกจากนี้ยังป้องกันอินพุตไม่ให้ขยายสัญญาณส่วนที่ไม่ต้องการ ส่วนที่สองที่เป็นวงจรกรองด้านขาลง มีแถบความถี่ประมาณสัญญาณด้านขาขึ้น และจะขัดขวางความถี่ผสมอื่นๆ นอกจากนี้ยังเป็นตัวปรับแต่งการหน่วงเวลาได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ที่เป็นแกนแบ่งเป็นสองส่วนในแต่ละด้านของวงจรผสมสัญญาณ รายละเอียดของการกระจายอัตราการขยายระหว่างสองส่วนจะมีค่ามากจากดาวเทียมถึงดาวเทียมโดยทั่วๆ ไปเป็นอัตราการขยายที่ความถี่สูงแตกต่างกับที่ได้รับที่ความถี่ต่ำ ค่าของการขยายหลังจากรวมสัญญาณจะมีเพียงประมาณ 30 - 40 dB ก่อนการผสมสัญญาณในวงจรขยายสัญญาณรบกวนต่ำ (Low Noise Amplifier ; LNA) จำเป็นต้องมีอัตราการขยายอย่างน้อยประมาณ 80 dB เพราะเป็นกำลังงานที่กว้างมาก



รูปที่ 2.13 อัตราการขยายในแต่ละข้างของวงจรผสมสัญญาณ



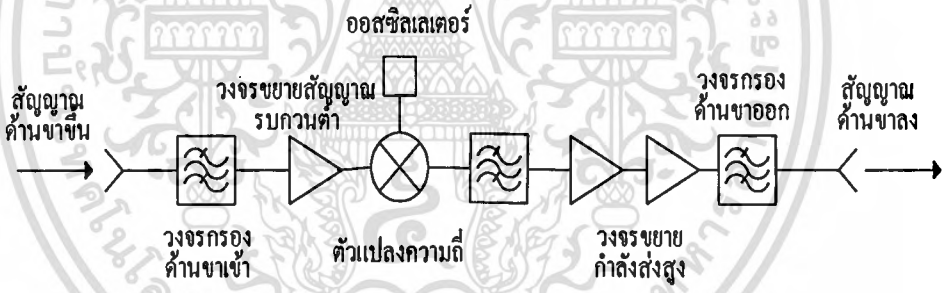
รูปที่ 2.14 ช่องขยายสัญญาณ และการแบ่งภาคขยายกำลังสูง

การแบ่งภาคขยายกำลังสูง (High Power Amplifier ; HPA) จะต้องเตรียมกำลังเอาต์พุตของทรานสปอนเดอร์เป็นไปตามที่ต้องการ โดยทั่วไปแล้วจะมีค่าอัตราการขยายประมาณ 40 dB และสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพต่ำ เหมือนกับสัญญาณรบกวนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานสปอนเดอร์ที่ถูกกำหนดโดยวงจรขยายสัญญาณรบกวนต่ำ ดังนั้นอุปกรณ์นี้จึงใช้เตรียมการทำงานอื่นเช่นใช้ในการควบคุมอัตราการขยาย (Gain Control)

ภาคขยายกำลังสูงจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดใกล้จุดอิ่มตัว โดยที่มีความเป็นเชิงเส้นที่แย่มาก สำหรับทรานสปอนเดอร์ทั้งหมดทำงานในโหมดไม่เป็นเชิงเส้น ทำให้มีประสิทธิภาพในการกระจายแถบสเปคตรัม (แถบความถี่เอาต์พุตมีค่าใหญ่กว่าแถบความถี่สัญญาณอินพุต) รูปที่ 2.15 การกรองสัญญาณเอาต์พุตของทรานสปอนเดอร์ ซึ่งลักษณะนี้เป็นรูปแบบหลักในการจัดเตรียมคลื่นพาห์ การต่อผ่านดาวเทียมในทางปฏิบัตินั้นทรานสปอนเดอร์จำเป็นจะต้องปฏิบัติงานบนคลื่นพาห์จำนวนมากการลดทอนเนื่องมาจาก Intermodulation บ่อยครั้งที่แสดงออกมาให้เห็นมากกว่าคลื่นพาห์เดียวที่ต้องขยายในอุปกรณ์กำลังงานสูง อย่างไรก็ตามอุปกรณ์กำลังต่ำ สามารถทำงานได้ในโหมดหลายคลื่นพาห์ ดังนั้นที่บางจุดของทรานสปอนเดอร์ช่วงของคลื่นพาห์จะถูกแบ่งโดยความถี่ที่แตกต่างกัน



รูปที่ 2.15 วงจรกรองความถี่ของสัญญาณด้านขาลง

2.7 เทคนิคการส่งสัญญาณในทรานสปอนเดอร์

ในกรณีที่ทรานสปอนเดอร์ไม่เพียงพอต่อความต้องการ เนื่องจากว่ามีการส่งข้อมูลในรูปแบบดิจิตอลความเร็วสูง (High Speed Data ; HSD) ย่อมทำให้การจราจรในทรานสปอนเดอร์ติดขัดได้จึงได้มีผู้คิดวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวขึ้นมา 2 วิธีการด้วยกัน คือ การใช้ความถี่ซ้ำ (Frequency Reuse) และวิธีการบีบย่านความถี่ให้แคบลง (Spatial- Isolation)

2.7.1 วิธีการใช้ความถี่ซ้ำ (Frequency Reuse)

เป็นวิธีการเพิ่มขนาดของแบนด์วิดท์เป็น 2 เท่า จากทรานสปอนเดอร์ที่มีอยู่ 12 ทรานสปอนเดอร์ ในช่องเดียวกันโดยแบ่งความถี่ที่ส่งออกเป็น 2 ชุด โดยที่ไม่มีการรบกวนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของความถี่ข้างเคียง ซึ่งการที่จะรับระบบนี้ได้ตัวเครื่องรับในภาคพื้นดินจะต้องใช้จานสายอากาศรับหรือระบบจานสายอากาศแบบพิเศษ จึงจะสามารถแยกสัญญาณออกจากกันได้

เนื่องจากความถี่ที่เป็นคลื่นวิทยุต้องมีองค์ประกอบ 2 อย่าง คือ ส่วนของสนามไฟฟ้าและส่วนของสนามแม่เหล็ก โดยทั้งสองชนิดจะตั้งฉากซึ่งกัน และกันสนามไฟฟ้า (Electric Field) ถูกเรียกว่าสัญญาณที่มีการเดินทางแบบมีทิศทางทะลวงหรือโพลาไรเซชั่น (Polarization) หากการเคลื่อนที่ของสนามไฟฟ้ามีทิศทางเป็นแนวตั้งเมื่อเทียบกับพื้นผิวโลก จะเรียกสัญญาณนั้นว่าเป็นสัญญาณที่มีทิศทางในแนวตั้ง (Vertically Polarized) หากการเคลื่อนที่ของสนามไฟฟ้ามีทิศทางเป็นแนวนอนเมื่อเทียบกับพื้นผิวโลก จะเรียกสัญญาณนั้นว่าเป็นสัญญาณที่มีทิศทางในแนวนอน (Horizontally Polarized) การจะส่งคลื่นสนามไฟฟ้าในแนวใดนั้นขึ้นอยู่กับการตั้งแนวของแผงสายอากาศ จะตั้งในแนวนอนหรือแนวตั้ง

ตามหลักทฤษฎีหากสัญญาณถูกส่งมาในแนวตั้ง แต่เครื่องรับจานสายอากาศรับในแนวนอนจะไม่สามารถรับสัญญาณได้ เช่นเดียวกันหากเครื่องส่งสัญญาณมาในแนวนอนเครื่องรับจะสามารถรับสัญญาณได้นั้นจะต้องตั้งจานรับสายอากาศให้มีมุมการรับให้ถูกต้องตรงตามทิศทางของคลื่นสนามไฟฟ้า การออกแบบระบบจานสายอากาศที่รับคลื่นแบบวงกลม (Circular) แต่การออกแบบสายอากาศดังกล่าวไม่สามารถใช้ร่วมกับระบบอื่นได้

การใช้การรับการส่งแบบโพลาไรซ์ในแนวตั้ง และแนวนอนนี้ ใช้วิธีการหันสายอากาศเพื่อเบี่ยงทิศทางไปทางซ้ายหรือทางขวามือ เพื่อรับสัญญาณในแนวตั้งหรือแนวนอนตามลำดับ เครื่องจะสามารถแยกช่องในทรานสปอนเดอร์ที่มีความถี่เดียวกันได้อย่างอัตโนมัติ ในเครื่องรับสัญญาณจากดาวเทียมเราจะพบว่าหากเราใช้ภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ ที่ปรับโพลาไรซ์ได้ หากปรับจากจุดกึ่งกลางไปทางซ้ายจะเป็นการรับโพลาไรซ์ในแนวตั้ง และถ้าปรับไปทางขวาจะเป็นการรับโพลาไรซ์ในแนวนอน โดยจะเลือกรับได้เฉพาะทางใดทางหนึ่งซึ่งเป็นความถี่เดียวกันทิ้งไปทันที จึงกล่าวได้ว่าในความถี่เดียวมีทรานสปอนเดอร์ 2 ทรานสปอนเดอร์ จากเดิมในย่านความถี่ซีที่มีแบนด์วิดท์ 500 เมกกะเฮิรตซ์ สามารถส่งได้รวม 12 ทรานสปอนเดอร์ เมื่อส่งแบบโพลาไรซ์สามารถส่งเพิ่มขึ้นได้อีกเท่าตัว

2.7.2 วิธีบีบย่านความถี่ให้แคบลง (Spatial Isolation)

เป็นกรรมวิธีที่บีบย่านความถี่ให้แคบลง ด้วยวิธีแยกสัญญาณอินพุต และเอาต์พุตออกจากกันโดยเด็ดขาด ก่อนจะส่งแบบบีบสัญญาณเป็นจุดโฟกัสในส่วนของสัญญาณขาลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อมุ่งหมายให้ไปยังพื้นที่เฉพาะ ดังนั้น ระบบสายอากาศที่นำมาใช้จึงเป็นแบบสปอร์ตบีม (Spot Beam Antenna) ซึ่งเป็นสายอากาศระบบเดียวกับสายอากาศของยานอวกาศ กรณีดังกล่าวนี้ทำให้สามารถตั้งสถานีภาคพื้นดิน เพื่อรับสัญญาณต่างกันในพื้นที่ต่างกัน แต่ในความถี่เดียวกันได้โดยที่ไม่มีการรบกวนกัน วิธีการดังกล่าวนี้สามารถบรรจุข้อมูลข่าวสารส่งไปได้อีกเท่าตัว หมายถึง ทรานสปอนเดอร์สามารถเพิ่มเป็น 4 เท่า จากขีดความสามารถในการส่งจาก 12 ทรานสปอนเดอร์ จะกลายเป็น 48 ทรานสปอนเดอร์ทันที เมื่อใช้เทคนิคสปอร์ตบีม

2.8 อุปกรณ์จานสายอากาศ

จานสายอากาศของสถานีภาคพื้นดิน (Earth Station Antenna) ซึ่งใช้สำหรับการสื่อสารผ่านดาวเทียม เป็นส่วนสำคัญสำหรับการรับส่งสัญญาณอย่างมาก เนื่องจากสัญญาณที่ส่งขึ้นดาวเทียมจะต้องถูกส่งขึ้นไปเป็นลำที่แคบตรงไปยังตำแหน่งตัวดาวเทียมได้อย่างถูกต้อง จานสายอากาศนี้จะต้องมีความสามารถ ในการรวมพลังงานส่งไปในทิศทางที่ตรงกับตัวดาวเทียมด้วยเช่นกัน และในทำนองเดียวกันจานสายอากาศจะต้องมีความสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้พลังงานที่สูงพอสำหรับการใช้งานในภาครับด้วย

จานสายอากาศของสถานีภาคพื้นดินเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของส่วนจุดต่ออาร์เอฟ (RF Terminal) ตัวแปลงขึ้น (Up converter), ตัวแปลงลง (Down converter), ภาคขยายกำลังสูง, ภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ และสายอากาศ (Antenna) เพราะเป็นส่วนที่ทำให้สัญญาณอาร์เอฟที่มอดูเลตกับคลื่นพาห์ (Modulate RF Carrier) สามารถถูกส่งไปยังดาวเทียมภายในแถบความถี่ขาขึ้น (Up link Frequency Spectrum) และทำให้สามารถรับคลื่นพาห์ความถี่วิทยุจากดาวเทียมภายในแถบความถี่ขาลง (Down Frequency Spectrum) ได้

ดังนั้น จานสายอากาศที่สถานีภาคพื้นดินจะต้องถูกออกแบบ ให้สอดคล้องกับคุณสมบัติพื้นฐานของจานสายอากาศที่สถานีภาคพื้นดิน เพื่อจานสายอากาศจะได้มีประสิทธิภาพในการรับส่งสัญญาณที่ดี

2.8.1 คุณสมบัติพื้นฐานของจานสายอากาศ

จานสายอากาศจะต้องมีค่าอัตราการขยายทางตรง (Directive Gain) ที่สูง คือ ต้องสามารถโฟกัสพลังงานที่ส่งให้เป็นลำที่แคบมุ่งไปยังจานสายอากาศของดาวเทียมทั้งการส่งและการรับเพื่อให้ได้กำลังของคลื่นพาห์ทั้งขาขึ้น และขาลงตามที่ต้องการ รูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแพร่กระจายคลื่น (Radiation Pattern) จะต้องมีระดับพื้นที่รอบข้าง (Side Lobe Level) ที่ต่ำ เพื่อลดการแทรกแซงจากสัญญาณที่ไม่ต้องการ และทำให้เกิดสัญญาณรบกวน ให้กับดาวเทียม และระบบภาคพื้นดินอื่นๆ มีค่าน้อยที่สุด

จานสายอากาศจะต้องมีการรบกวนทางอุณหภูมิ (Noise Temperature) ที่ต่ำกว่าผลของการรบกวนทางอุณหภูมิ (Effective Noise Temperature) ของด้านรับทางสถานี ซึ่งเป็นสัดส่วนของอุณหภูมิที่สายอากาศ (Antenna Temperature) มีค่าต่ำเพื่อที่จะลดกำลังของสัญญาณรบกวนภายในรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นช่วงกว้างของคลื่นพาห์ขาลง (Down Link Carrier Bandwidth Radiation Pattern) ของจานสายอากาศจะต้องถูกควบคุม ในลักษณะที่จะทำให้พลังงานที่ถูกส่งไปยังแหล่งอื่นนอกเหนือจากดาวเทียมมีค่าน้อยที่สุด นอกจากนี้การสูญเสียทางความต้านทาน (Ohmic Losses) ของจานสายอากาศที่มีผลโดยตรงต่อการรบกวนทางอุณหภูมิของจานสายอากาศ จะต้องถูกทำให้น้อยที่สุดซึ่งยังรวมถึงการสูญเสียทางความต้านทานของท่อนำคลื่น ที่ต่อผ่าน ภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำไปยังฟีดฮอร์น (Feed Horn) ซึ่งเป็นส่วนรับคลื่น

จานสายอากาศจะต้องถูกบังคับทิศทางได้โดยง่าย เพื่อว่าระบบติดตาม (Tracking) สามารถถูกใช้ในการกำหนดจุดตำแหน่งของจานสายอากาศได้อย่างแม่นยำ โดยพิจารณาถึงการเลื่อนตำแหน่งของดาวเทียม ทั้งนี้เพื่อให้การสูญเสียของจุดตำแหน่งสายอากาศ (Antenna Pointing Loss) มีค่าต่ำสุด

2.8.2 ส่วนประกอบหลักของจานสายอากาศ

1. แผ่นสะท้อนคลื่น (Reflector) มีลักษณะเป็นพาลาโบลาร์ (Parabola) ซึ่งจะทำหน้าที่สะท้อนคลื่นที่รับได้รวมเข้าไว้ที่จุดโฟกัส ในขณะที่ทำการรับสัญญาณที่ส่งมา และทำหน้าที่สะท้อนคลื่นที่ส่งออกจากจุดโฟกัสในขณะที่ทำการส่งสัญญาณ

2. อุปกรณ์รับ และป้อนสัญญาณ (Antenna Feed) เป็นอุปกรณ์ซึ่งติดตั้งที่ตำแหน่งจุดโฟกัสของจานสายอากาศ ซึ่งทำหน้าที่กระจายคลื่นที่มาจากเครื่องส่งไปยังแผ่นสะท้อนคลื่น และมาจากแผ่นสะท้อนคลื่นเข้าภายในตัวป้อน ซึ่งภายในจะมีอุปกรณ์แยกคลื่น (Orthogonal Mode Transducer ; OMT) ซึ่งจะทำหน้าที่แยกคลื่นทางด้านส่ง และทางด้านรับออกจากกัน เพื่อป้องกันมิให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณทางด้านส่งและสัญญาณทางด้านรับจะมีโพลาไรซ์ที่แตกต่างกัน เช่นในการส่งสัญญาณแบบโพลาไรซ์เชิงเส้น (Linear polarization) สัญญาณจะถูกส่งขึ้นไปยังดาวเทียม โดยใช้โพลาไรซ์แนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Horizontal Polarization) และสัญญาณจากดาวเทียมในลักษณะโพลาไรซ์แนวตั้ง (Vertical Polarization)

ตัวป้อนสัญญาณให้กับสายอากาศ จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ แบบเชิงเส้น (Linear Feed) และแบบวงกลม (Circular Feed) ซึ่งแบ่งตามวิธีการส่งสัญญาณตามชนิดของโพลาไรซ์ ชนิดของจานสายอากาศที่ใช้งานสำหรับสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน ในปัจจุบันมีหลายแบบด้วยกัน ตัวอย่างเช่น จานสายอากาศทรงพาลาโบลาร์แบบ Prime Focus มีลักษณะของตัวสะท้อนสัญญาณ (Reflector) รูปทรงพาลาโบลาร์ ซึ่งมีจุดศูนย์รวมสัญญาณที่ตำแหน่ง ที่ติดตั้งตัวป้อนสัญญาณ แล้วจะส่งสัญญาณไปยังเครื่องขยายสัญญาณภาครับที่มีคลื่นรบกวนต่ำ และเครื่องขยายกำลังสูงภาคส่ง โดยมีอุปกรณ์นำคลื่นความถี่สูงที่แยกระหว่างสัญญาณที่ส่งและสัญญาณที่รับ ตัว OMT นี้จะทำให้สัญญาณที่ภาคส่ง และภาครับไม่รบกวนซึ่งกัน และกัน จานสายอากาศชนิดที่ติดตั้งตัวป้อนสัญญาณ ที่จุดศูนย์กลางนี้นิยมนำมาใช้สำหรับจานสายอากาศ ชนิดรับสัญญาณด้านเดียว

2.8.3 รูปแบบของจานสายอากาศ

1. สายอากาศที่มีความสมมาตรทางแกน (Axisymmetic Antenna)

เป็นสายอากาศที่มีรูปร่างง่ายที่สุด ข้อดีของสายอากาศแบบนี้ คือ มีลักษณะทางกลที่ไม่ซับซ้อน สามารถรวมอุปกรณ์หลายๆ อย่างเข้าด้วยกันได้ง่าย มีราคาที่ไม่แพง และส่วนการสะท้อนคลื่นมีรูปร่างเป็นทรงกลมที่สมมาตร และมีความประหยัดค่าใช้จ่ายในเชิงอุตสาหกรรม ลักษณะรูปแบบแผ่นสะท้อนคลื่นเป็นพาลาโบลอยด์ ที่มีตำแหน่งตัวป้อนสัญญาณ เป็นจุดศูนย์กลางเฟส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจานสายอากาศใหญ่กว่า 3 เมตร สายอากาศแบบนี้มีลักษณะของแผ่นสะท้อนคลื่นย่อย 2 แบบด้วยกัน คือ แบบคาสเซกเกรน แผ่นสะท้อนคลื่นย่อยเป็นส่วนของพาลาโบลอยด์ ซึ่งตั้งอยู่ในตำแหน่งโฟกัสของแผ่นสะท้อนคลื่นพาลาโบลอยด์หลัก และแบบเกรโกเรียน ที่มีแผ่นสะท้อนคลื่นย่อยมีลักษณะเป็นบางส่วนของวงรี ซึ่งตั้งอยู่ด้านนอกจุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนคลื่นหลักแบบพาลาโบลอยด์ แบบแรกจะพบเห็นโดยทั่วไปตามสถานีภาคพื้นดิน

2 สายอากาศแบบไม่สมมาตร (Asymmetic or Offset Antenna)

ในอดีตที่ผ่านมาสถานีภาคพื้นดินใช้จานสายอากาศแบบสมมาตร เพราะว่ามีลักษณะทางกายภาพที่ตรง และทางกลที่มีรูปแบบง่าย อย่างไรก็ตามเมื่อการทำงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ประสิทธิภาพ และโลบข้างของการแพร่กระจายคลื่นของตัวสายอากาศก็ต้องการค่าที่ดีกว่าที่เป็นอยู่ จึงได้มีการใช้จานสายอากาศแบบไม่สมมาตร ลักษณะของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จานสายอากาศก็คล้ายๆ กับแบบสมมาตร คือ ตัวสะท้อนคลื่นจะเป็นแบบออฟเซต พาลาโบลอยด์ สามารถทำงานได้ทั้งที่เป็นแผ่นสะท้อนคลื่นเดี่ยว หรือแบบแผ่นสะท้อนคู่ สำหรับการติดตั้งจานสายอากาศภาคพื้นดินขนาดใหญ่ ในการติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีบนพื้นโลก กับตัวดาวเทียมสื่อสาร ซึ่งจะเป็นจานสายอากาศขนาด 52 ฟุต และ 64 ฟุต มีกำลังการรับส่งสัญญาณสูงมากซึ่งจานสายอากาศประเภทนี้สามารถรับ และส่งสัญญาณกับดาวเทียมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.8.4 ชนิดของจานสายอากาศ (Antenna Type)

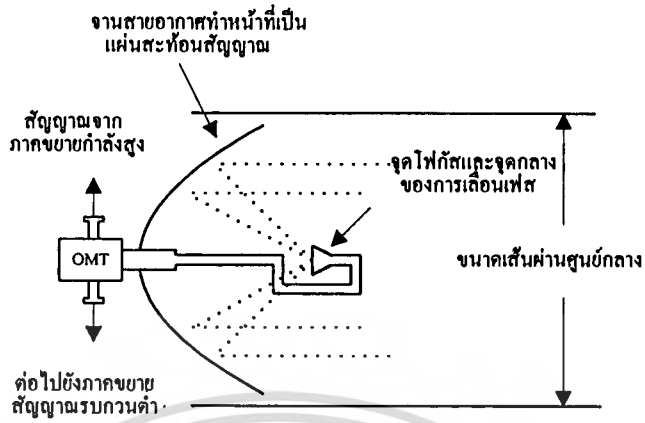
จานสายอากาศภาคพื้นดินที่นิยมที่สุด และสอดคล้องกับความต้องการที่จะกล่าวมาได้แก่ จานสายอากาศแบบพาราโบลอยด์ โดยมีตัวรับคลื่นที่จุดโฟกัส และจานสายอากาศแบบคาสเซกเกรน

1. จานสายอากาศแบบพาราโบลอยด์

จานสายอากาศแบบพาราโบลอยด์ ดังแสดงในรูปที่ 2.16 จะประกอบด้วยตัวสะท้อนคลื่นที่เป็นพื้นผิวที่ได้จากการหมุนพาราโบลาร์ รอบแกนของตัวเอง และตัวรับสัญญาณที่มีจุดศูนย์กลางของเฟสที่จุดโฟกัสของตัวสะท้อนคลื่นพาราโบลอยด์ ตัวสะท้อนคลื่นที่ตัวรับสัญญาณจะถูกต่อไปยังภาคขยายกำลังสูง และภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ โดยผ่านตัวแยกคลื่น ซึ่งเป็นโครงข่าย 3 ทาง โดยปกติการแยกของตัวแยกคลื่นจะดีกว่า 40 dB สำหรับด้านส่งพลังงานของสัญญาณจาก เอาต์พุตของภาคขยายกำลังสูงจะถูกส่งออกที่จุดโฟกัสโดยตัวรับสัญญาณไปยังตัวสะท้อนคลื่น ซึ่งจะสะท้อน และโฟกัสพลังงานของสัญญาณให้เป็นลำที่แคบ สำหรับด้านรับ พลังงานของสัญญาณที่ถูกรับได้โดยตัวสะท้อนคลื่นจะเข้าไปยังจุดโฟกัส และถูกรับโดยตัวรับสัญญาณที่จะถูกส่งต่อไปยังอินพุตของภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ

จานสายอากาศแบบนี้จะถูกบังคับทิศทางได้โดยง่าย และให้ประสิทธิภาพการขยายพอสมควรในช่วง 50-60% ข้อเสียของจานสายอากาศชนิดนี้ คือ เมื่อจานสายอากาศหันไปยังดาวเทียมที่มุมเงย (Elevation) ที่สูงจะทำให้การแพร่กระจายของตัวรับสัญญาณล้นหรือเกินออกไปจากขอบของตัวสะท้อนคลื่น (Spill Over Energy) แผ่ไปยังพื้นดินที่มีการรบกวนทางอุณหภูมิ และจะทำให้สัญญาณรบกวนของจานสายอากาศมีค่าสูง โดยปกติจานสายอากาศแบบนี้จะใช้ในงานที่ทำหน้าที่รับเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 ลักษณะของจานสายอากาศแบบพาราโบลอยด์ที่มีตัวรับสัญญาณอยู่ตรงกลาง

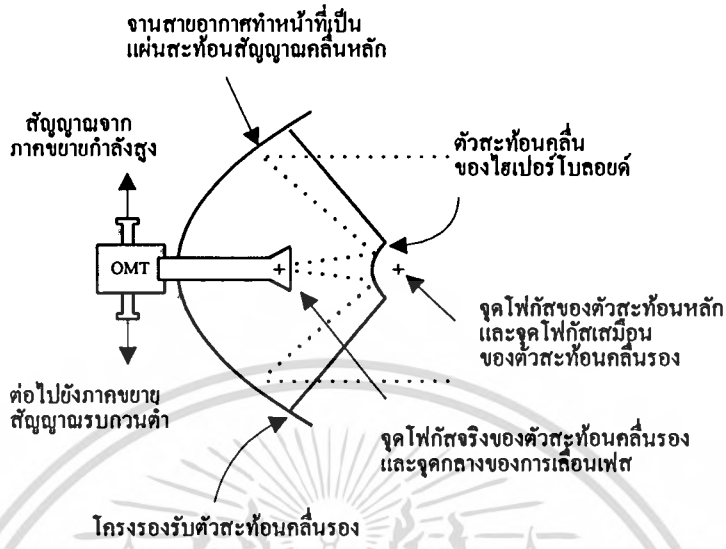
2.จานสายอากาศแบบคาสเซกเกรน

จานสายอากาศแบบคาสเซกเกรน เป็นจานสายอากาศแบบมีตัวสะท้อนคู่ (Dual Reflector) ซึ่งประกอบด้วย พาราโบลอยด์สะท้อนคลื่นหลักที่มีจุดโฟกัสร่วมกับจุดโฟกัสเสมือนของไฮเปอร์โบลอยด์สะท้อนคลื่นเสริม และตัวรับสัญญาณที่มีจุดศูนย์กลางของเฟสที่จุดโฟกัสจริงของตัวสะท้อนคลื่นเสริม ดังแสดงในรูปที่ 2.17

สำหรับด้านส่ง พลังงานของสัญญาณจากเอาต์พุต ของภาคขยายกำลังสูง จะถูกส่งออกที่จุดโฟกัสจริงโดยตัวรับสัญญาณ และส่องไปยังวัตถุผิวหน้าส่วนโค้ง (Convex Surface) ของตัวสะท้อนคลื่นเสริม ซึ่งจะสะท้อนพลังงานของสัญญาณกลับออกมา ราวกับว่ามาจากตัวรับสัญญาณที่มีจุดศูนย์กลางของเฟสที่จุดโฟกัสร่วมของตัวสะท้อนคลื่นหลัก และตัวสะท้อนคลื่นเสริมพลังงานที่ถูกสะท้อนจะถูกสะท้อนอีก โดยตัวสะท้อนคลื่นหลักเข้าเป็นลำออกมา สำหรับด้านรับ พลังงานของสัญญาณที่รับได้ โดยตัวสะท้อนคลื่นหลัก จะถูกสะท้อนไปยังจุดโฟกัสของตัวเอง

อย่างไรก็ตาม ตัวสะท้อนคลื่นเสริมจะสะท้อนพลังงานของสัญญาณ กลับไปยังจุดโฟกัสจริงของตัวเอง ตัวรับสัญญาณจะรับพลังงานที่เข้ามา และส่งต่อไปยังอินพุต ของภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ โดยผ่าน OMT จานสายอากาศแบบนี้จะแพงมากกว่าจานสายอากาศแบบพาราโบลอยด์ เนื่องจากการสะท้อนคลื่นเสริม และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ แต่มีข้อดีที่เหนือกว่า เช่น การรบกวนทางอุณหภูมิต่ำ, ความผิดพลาดของตำแหน่งสายอากาศต่ำ และความคล่องตัวในการออกแบบตัวรับสัญญาณ เพราะว่าพลังงานที่แพร่กระจายเกิดออกมาจากตัวสะท้อนจะถูกส่งไปยังท้องฟ้า (ที่มีการรบกวนทางอุณหภูมิน้อยกว่า 30°K) จึงทำให้การรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 จานสายอากาศแบบคาสเซกเกรน

ทางอุณหภูมิของจานสายอากาศ มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับจานสายอากาศพาราโบลอยด์ และเพราะว่าตัวรับสัญญาณจะอยู่ใกล้จุดสูงสุดของตัวสะท้อนคลื่นหลัก จึงทำให้มีความเที่ยงตรงทางกลที่ดีกว่า ซึ่งทำให้การหยุดตำแหน่งของจานสายอากาศตรงตำแหน่งที่มีอัตราการขยายสูง และเป็นลำแคบขึ้น

เพื่อที่จะลดความสูญเสียในสายส่งที่ต่อไปยังภาคขยายกำลังสูง และภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำไปยังตัวรับสัญญาณระบบท่อนำคลื่นแบบบีบลำคลื่น อาจถูกนำมาใช้จานสายอากาศแบบคาสเซกเกรน กับระบบของตัวรับสัญญาณแบบนี้ ส่วนประกอบของท่อนำคลื่นแบบบีบลำคลื่น จะประกอบด้วยกระจก 4 บานที่ถูกรองรับโดยมีแผ่นโลหะรองรับโดยรอบ และถูกวางให้สัมพันธ์กับตัวสะท้อนคลื่นเสริม, ตัวรับสัญญาณ, แกนเงยยกสูง และแกนปรับทิศทาง การจัดกระจกเพื่อการส่งผ่านพลังงานคลื่นวิทยุ ช่นนี้จะต้องถูกออกแบบให้มีความสูญเสียต่ำที่สุด โดยตัวรับสัญญาณจะถูกยึดกับฐานคอนกรีตที่ระดับพื้นดิน ส่วนประกอบของแผ่นเหล็กกั้น เพื่อป้องกันการรบกวนทางกราวด์ และเป็นโครงที่ใช้ยึดกระจก เมื่อจานสายอากาศได้รับลมแรงหรือโหลดภายนอกอื่นๆ ส่วนล่างของแผ่นโลหะรองรับถูกรองรับโดยแท่น และหมุนรอบแกนปรับทิศทาง และส่วนบนของแผ่นโลหะจะถูกยึดกับโครงสร้างที่รองรับตัวสะท้อนคลื่นหลัก และหมุนรอบแกนเงยยกมุมสูง ระบบท่อนำคลื่นแบบบีบคลื่นสะท้อนกระจกเงา นี้จะส่งผ่านพลังงานระหว่างตัวรับสัญญาณ และตัวสะท้อนคลื่น การจัดโครงสร้างนี้อาศัยพื้นฐานของการมองด้วยสายตา โดยการที่ใช้กระจกที่โค้งรีเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการเข้ารูป และวางตำแหน่งกระจกอย่างเหมาะสม พลังงานจากตัวรับสัญญาณที่อยู่ในห้องอุปกรณ์จะถูกโฟกัสอีกครั้ง เพื่อว่าจุดศูนย์กลางเฟสของตัวรับสัญญาณ ปรากฏอยู่ที่โฟกัสจริงของตัวสะท้อนคลื่นเสริม ในระหว่างปฏิบัติงาน กระจก A, B, C และ D จะเคลื่อนไปพร้อมกัน เมื่อฐานปรับทิศทางหมุน กระจก D อยู่บนแกนเงยยกสูง และหมุนตามด้วยเมื่อตัวสะท้อนคลื่นหลักถูกเปลี่ยนมุมให้เงยขึ้น ทำให้พลังงานถูกส่งผ่านช่องเปิดที่จุดสูงสุด ของตัวสะท้อนหลักได้โดยตลอด

2.8.5 อัตราขยายของจานสายอากาศ

อัตราการขยายของสายอากาศ คือ การวัดความสามารถของสายอากาศที่รับหรือส่งพลังงานออกไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง สิ่งที่มีผลกระทบต่ออัตราการขยายของการรับสัญญาณ ได้แก่

1. พื้นที่หน้าตัดของจานสายอากาศรับ
2. ช่องเปิดของภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ หรือขนาดของตัวสะท้อนย่อย
3. ผิวของจานสายอากาศรับ
4. ตัวสะท้อนย่อย ไม่อยู่ในตำแหน่งโฟกัสที่ดีที่สุด
5. ความโค้งของผิวจานสายอากาศที่ไม่เป็นไปตามลักษณะพาราโบลิก

โดยหากเกิดสิ่งผิดปกติหรือข้อผิดพลาดจากปัจจัยทั้ง 5 นี้จะเป็นสาเหตุทำให้อัตราการขยายของจานสายอากาศรับสัญญาณลดลง ซึ่งจานสายอากาศรับสัญญาณแบบพาราโบลิกจะมีค่าสัมประสิทธิ์ของประสิทธิภาพ กำหนดเอาไว้เช่นเดียวกับสายอากาศแบบอื่นเช่นกัน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของประสิทธิภาพ ของสายอากาศแบบพาราโบลิกจะมีประมาณ 60-70 % ส่วนโค้งของจานสายอากาศรับสัญญาณจะทำหน้าที่คล้ายกับเลนส์ คือ ทำการบีมสัญญาณให้แคบลงแล้วพุ่งตรงไปยังด้านหน้า และตรงกับจุดศูนย์กลางของสายอากาศ จะทำให้สัญญาณที่รับได้มีความแรงมากที่สุดขณะเดียวกันมีการจำกัดสัญญาณอื่นๆ สัญญาณรบกวนที่มาจากทิศทางอื่นออกไปด้วย ปริมาณของสัญญาณที่ถูกส่งออกจากจานสายอากาศออกไปนั้นจะเป็นจุดที่ภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำรับได้ดีที่สุด

อัตราขยายของจานสายอากาศรับสัญญาณที่มีขนาดต่างๆ กันซึ่งโรงงานผู้ผลิตบางแห่งอาจจะให้อัตราขยายสูงกว่าค่านี้เล็กน้อย โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพของจานสายอากาศให้ดีขึ้น และมีการตรวจสอบส่วนโค้งของจานสายอากาศให้มีความแน่นอนยิ่งขึ้นหรือปรับปรุงในเรื่องของเทคนิคการฟีดสัญญาณ และจากตารางที่ 2.2 เรายังสามารถเห็นว่าอัตราขยายของสายอากาศยังเปลี่ยนแปลงตามความถี่ที่รับได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบอัตราการขยายของจานสายอากาศรับ ระหว่างจานสายอากาศที่ใช้รับสัญญาณในย่านความถี่ซี และเคยู

ขนาดจานสายอากาศ (ฟุต)	C-Band (3.7-4.2 GHz) Efficiency (%)		Ku-Band (11.7-12.2 GHz) Efficiency (%)	
	55 %	70 %	55 %	70 %
1	19.4	20.5	29.0	30.1
2	25.4	26.5	35.1	36.1
3	29.0	30.0	38.6	39.6
4	31.5	32.5	40.7	42.1
5	33.4	34.4	43.0	44.1
7	35.0	36.0	44.6	45.6
8	37.5	38.5	47.1	48.1
9	38.5	39.5	48.1	49.2
10	39.4	40.5	49.0	5.01
11	40.2	41.3	49.9	50.9
12	41.0	42.0	50.6	51.7
13	41.7	42.7	51.3	52.4
16	43.5	44.5	53.1	54.1
20	45.4	46.5	55.1	56.1
25	47.4	48.4	57.0	58.0
33	49.8	50.8	59.4	60.4

อัตราการขยาย เป็นตัวแปรของการใช้งานที่สำคัญของจานสายอากาศเพราะว่าจะมีผลกระทบต่อพลังงานของคลื่นพาห์ ทั้งขาขึ้น และขาลงสำหรับอัตราการขยายของจานสายอากาศจะถูกกำหนดโดย พื้นที่ช่องรับสัญญาณของจานสายอากาศ, ความยาวคลื่นที่แพร่กระจาย, ความถี่ในการแพร่กระจาย, ความเร็วแสง และประสิทธิภาพของช่องรับสัญญาณของจานสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพของจานสายอากาศเป็นเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ช่องรับสัญญาณที่ถูกใช้เพื่อยังผลในการส่งหรือการรับ และเป็นผลคูณของแฟคเตอร์ประสิทธิภาพที่ใช้ทั่วไปสำหรับจานสายอากาศแบบคาสเซกเกรน คือ ประสิทธิภาพของจานสายอากาศจะได้จากผลคูณของประสิทธิภาพของการส่องแสงของตัวสะท้อนคลื่นหลัก, ประสิทธิภาพของสัญญาณที่เกินออกมา, ประสิทธิภาพของเฟส, ประสิทธิภาพในการป้องกันโครงสร้าง และตัวสะท้อนคลื่นเสริม, ประสิทธิภาพของระบบการกระจายของตัวรับสัญญาณ และประสิทธิภาพในการสะท้อนคลื่นของผิวหน้าตัวสะท้อนคลื่น

ประสิทธิภาพของการส่องแสง ถูกกำหนดโดยคุณสมบัติของการกระจายสนามตลอดช่องรับสัญญาณของตัวสะท้อนคลื่นหลัก ถ้าหากการกระจายสม่ำเสมอ ค่าจะเท่ากับ 1 ประสิทธิภาพของการแพร่กระจายคลื่นที่เกินออกมา ไม่เพียงแต่เป็นพลังงานที่ล้นออกจากขอบของตัวสะท้อนสัญญาณหลักเท่านั้น แต่ยังเป็นพลังงานที่ล้นออกจากขอบของตัวสะท้อนสัญญาณเสริมอีกด้วย เพื่อที่จะลดการสูญเสียของการแพร่กระจายคลื่นเกิน จะต้องมีระดับพื้นที่รอบข้างที่ต่ำ ในขณะที่มีการแพร่กระจายคลื่น เพื่อให้ได้รูปแบบที่ต้องการ

ยังมีอีกมากมายหลายอย่างถูกใช้ในการออกแบบส่วนแพร่กระจายของตัวสัญญาณ ซึ่งมีลักษณะเป็นปากแตร นอกจากนั้นมุมของตัวรับสัญญาณที่จะถูกรองรับโดยตัวสะท้อนคลื่นเสริม ต้องทำให้เหมาะสมเพื่อทำให้คลื่นหลักของการแพร่กระจายคลื่นของตัวรับสัญญาณตัดกับตัวสะท้อนคลื่นเสริมที่ระดับต่ำซึ่งจะทำให้การแพร่กระจายคลื่นเกินผ่านตัวสะท้อนคลื่นเสริมมีค่าต่ำสุด อย่างไรก็ตามการที่มุมของการส่องแสงตลอดช่องรับรับสัญญาณของตัวสะท้อนคลื่นหลัก มีค่าต่างกันอย่างเห็นได้ชัดจากขอบถึงส่วนกลาง ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพในการส่องแสงมีค่าต่ำ โดยการใช้จานสายอากาศแบบคาสเซกเกรน

ลักษณะเช่นนี้สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นกว่าเดิมได้ โดยการเปลี่ยนรูปร่างของตัวสะท้อนคลื่นเสริม เพื่อที่จะกระจายพลังงานให้มีความสม่ำเสมอมากขึ้นไปจนถึงขอบของตัวสะท้อนคลื่นหลัก และลดลงทันทีที่ถัดจากขอบจานสายอากาศ ประสิทธิภาพการส่องแสงในช่อง 0.94 ถึง 0.96 ในทางปฏิบัติแล้วสามารถใช้ได้ รวมทั้งประสิทธิภาพการแพร่กระจายคลื่นเกินของตัวสะท้อนคลื่นหลัก ซึ่งสูงเท่ากับ 0.99 ด้วยการออกแบบตัวรับสัญญาณอย่างดี ประสิทธิภาพการแพร่กระจายคลื่นเกินของตัวสะท้อนคลื่นเสริม ขนาด 0.98 ก็สามารถกระทำได้เช่นกัน ดังนั้น ประสิทธิภาพการแพร่กระจายคลื่นเกิน เท่ากับ 0.97

การบิดเบือนรูปร่างของตัวสะท้อนคลื่นเสริม เพื่อให้ได้รับการส่องแสงที่สม่ำเสมอตลอดช่องรับสัญญาณหลัก ก่อให้เกิดการเลื่อนของเฟสหรือเฟสเกิน ขึ้นกับสัญญาณที่ส่งไปยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวสะท้อนคลื่นหลัก เฟสเกินนี้จะทำให้พลังงานถูกแพร่กระจายออกไปทิศทางที่ไม่ต้องการ ซึ่งจะทำให้อัตราการขยายลดลง และจะเป็นการเพิ่มค่าระดับของพื้นที่รอบข้างของจานสายอากาศ ประสิทธิภาพของเฟส จะเป็นตัวบ่งบอกถึงการสูญเสียของอัตราการขยาย ความสูญเสียส่วนใหญ่นี้สามารถแก้ไขได้โดยการปรับรูปร่างของตัวสะท้อนคลื่นหลัก

เพื่อที่จะแก้ไขการเกิดเฟสเกิน ในจานสายอากาศแบบคาสเซกเกรนที่ถูกออกแบบมาอย่างดีแล้วประสิทธิภาพของเฟสจะมีขนาด 0.98 ถึง 0.99 ที่ความถี่ที่ใช้ในการออกแบบยังคงที่อยู่เสมอที่ขนาด 0.95 กว่า 70 เปอร์เซ็นต์ที่ค่าความถี่ของแถบความถี่ปฏิบัติใช้งานขณะนั้น คือ 500 เมกกะเฮิรตซ์ ปัญหาการบล็อกกิ้งของช่องรับสัญญาณ ในตัวสะท้อนคลื่นหลัก ซึ่งเกิดจากตัวสะท้อนคลื่นเสริม และโครงสร้างที่ยึดรองรับอยู่ จะทำให้ช่องรับสัญญาณมีประสิทธิภาพลดลง และทำให้เกิดการสูญเสียของอัตราการขยาย ประสิทธิภาพการบล็อกกิ้งอัตราการขยายของตัวสะท้อนคลื่นเสริมซึ่งมีค่าประมาณ 0.97 และโครงสร้างที่ยึดรองรับมีค่าประมาณ 0.95 สำหรับจานสายอากาศที่ถูกออกแบบมาอย่างดี ความสูญเสียที่กระจายออกของระบบตัวรับสัญญาณจะทำให้อัตราลดลงด้วย ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับระบบตัวรับสัญญาณ และประสิทธิภาพสามารถทำให้สูงขึ้นได้ถึง 0.94

แฟคเตอร์ประสิทธิภาพที่กล่าวมาทั้งหมด จะขึ้นอยู่กับทรงเรขาคณิตของตัวสะท้อนคลื่นหลักกับตัวสะท้อนคลื่นเสริม และโครงสร้างของระบบตัวรับสัญญาณ แต่ไม่ขึ้นกับความถี่ขณะปฏิบัติงาน ในทางปฏิบัตินั้น ตัวสะท้อนคลื่นหลัก และตัวสะท้อนคลื่นเสริมไม่สามารถให้มีรูปร่างที่เป็นไปตามอุดมคติโดยปราศจากความคลาดเคลื่อนของพื้นผิวได้ ซึ่งจะก่อให้เกิดการกระจายพลังงาน ไปในทิศทางที่ไม่ต้องการในลักษณะที่เกิดขึ้น คล้ายกับกรณีของการเลื่อนเฟสหรือมีเฟสเกิน

คุณสมบัติต่างๆ ของจานสายอากาศแบบคาสเซเกรนขนาด 20 เมตร ที่ใช้ในย่านความถี่เคยู กับระบบการไหลความถี่ย้อนกลับมา โดยบีบเป็นลำผ่านท่อนำคลื่น ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ความคลาดเคลื่อนของพื้นผิวอาจถูกพิจารณาให้เป็นกรณีหนึ่งของการเลื่อนเฟสหรือเฟสเกิน ซึ่งจำกัดที่อัตราการขยายที่สามารถรับได้สูงสุด สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนของพื้นผิว และเส้นผ่านศูนย์กลางของจานสายอากาศที่กำหนดให้ การเพิ่มความถี่ขณะปฏิบัติงานจะเพิ่มอัตราการขยายของจานสายอากาศจนเท่ากับอัตราการขยายที่สามารถรับได้สูงสุด และหากเพิ่มความถี่มากกว่านี้จะต้องลดอัตราการขยายลง ประสิทธิภาพการยอมให้สะท้อนคลื่นของผิวหน้าถูกกำหนดขอบเขตที่ความถี่ปฏิบัติงานสูงสุด หรืออัตราการขยายสูงสุด และถูกกำหนดโดย เทคโนโลยีการผลิตในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

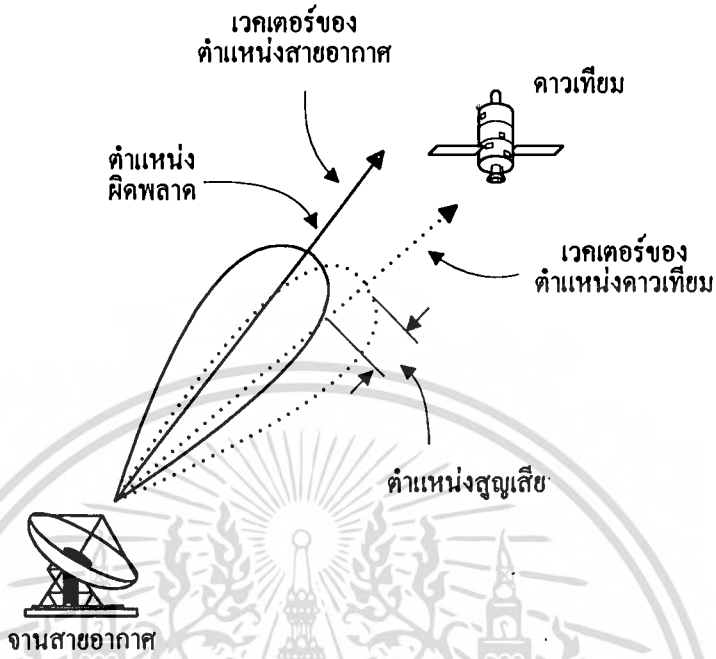
2.8.6 การสูญเสียที่เกิดจากตำแหน่งของจานสายอากาศ

อัตราการขยายของจานสายอากาศที่ผ่านมาเป็นการขยายสูงสุด หรือเป็นอัตราการขยายที่เกิดขึ้นบนแกน ซึ่งสามารถเพิ่มขึ้นได้ ถ้าหากลำคลื่นจากสายอากาศที่มีตำแหน่งถูกต้อง และส่งไปยังดาวเทียมได้อย่างแม่นยำ การสูญเสียของอัตราการขยายจะเกิดขึ้น ถ้าทิศทางของตำแหน่งของจานสายอากาศไม่อยู่ในแนวเดียวกับทิศทางตำแหน่งของดาวเทียม ดังแสดงในรูปที่ 2.18

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของจานสายอากาศคาสเซกเกรนที่ย่านความถี่เคยู ขนาดกว้าง 20 เมตร

ตัวแปร	11.95 GHz	14.25 GHz
ประสิทธิภาพการส่งสัญญาณ	0.96	0.94
ประสิทธิภาพการเกินของขอบสัญญาณ		
- ตัวสะท้อนคลื่นหลัก	0.99	0.99
- ตัวสะท้อนคลื่นเสริม	0.96	0.98
- ประสิทธิภาพของเฟส	0.98	0.98
ประสิทธิภาพการบล็อกกิ้ง		
- ตัวสะท้อนคลื่นเสริม	0.97	0.97
- โครงสร้าง	0.95	0.95
ประสิทธิภาพการกระจายคลื่นของตัวรับสัญญาณ		
- ตัวรับสัญญาณพื้นฐาน	0.94	0.93
- ไดเพล็กเซอร์	0.96	0.98
- สายส่งที่บีบคลื่นให้เป็นลำคลื่น	0.91	0.96
ประสิทธิภาพการสะท้อนคลื่นของของผิวหน้าตัวสะท้อนคลื่น		
- ตัวสะท้อนคลื่นหลัก	0.87	0.83
- ตัวสะท้อนคลื่นเสริม	0.97	0.97
ประสิทธิภาพโดยรวมของจานสายอากาศ	0.57	0.54
อัตราการขยายของจานสายอากาศ (dB)	65.53	66.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



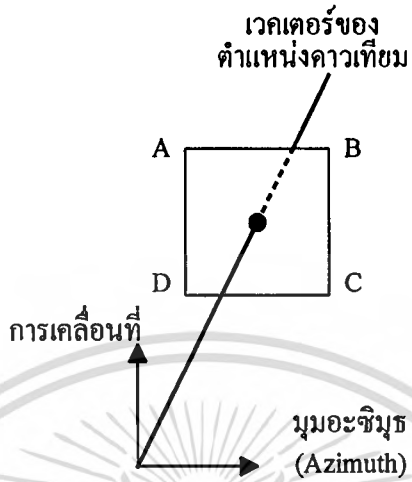
รูปที่ 2.18 การเคลื่อนที่ของตำแหน่งจานสายอากาศทำให้เกิดการผิดพลาด

การสูญเสียที่เกิดจากตำแหน่งของจานสายอากาศสามารถถูกหาได้จากรูปแบบของอัตราการขยายของสายอากาศ ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของมุมปิดของแกน สำหรับตัวสะท้อนคลื่นของพาราโบลอยด์กับเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องรับสัญญาณ

เนื่องจากจานสายอากาศของสถานีภาคพื้นดินได้รับผลกระทบจากแรงลม และการเลื่อนตำแหน่งในวงโคจรของดาวเทียม ระบบการติดตามของจานสายอากาศ จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับจานสายอากาศขนาดใหญ่เพื่อที่จะทำให้การเลื่อนตำแหน่งหรือการเกินของตำแหน่งต่ำสุด ระบบติดตามเป็นระบบติดตามตำแหน่งแบบปิดลูป นั่นคือ ทิศทางของตำแหน่งจานสายอากาศ ซึ่งเป็นหน้าที่ของมุมปรับทิศทาง และมุมเงย จะถูกหามาจากสัญญาณที่ได้รับ

ระบบติดตามชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางสำหรับสถานีภาคพื้นดิน คือ ระบบขั้นตอนการติดตาม ซึ่งทิศทางตำแหน่งของจานสายอากาศจะถูกหาจากความแรงของสัญญาณที่ถูกส่งมาจากดาวเทียม ระบบนี้จานสายอากาศจะถูกเคลื่อนไปโดยรอบขอบของพื้นที่สี่เหลี่ยมในระนาบ ที่ตั้งฉากกับแกนของลำคลื่นจากสายอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 หลักการของระบบติดตามดาวเทียม

จุดศูนย์กลางของสี่เหลี่ยม ABCD เป็นตำแหน่งดาวเทียมที่คาดไว้ ดังนั้นถ้าทิศทางของตำแหน่งดาวเทียมอยู่ในแนวเดียวกับทิศทางตำแหน่งของจานสายอากาศ ความแรงของสัญญาณดาวเทียมที่ได้รับที่แต่ละตำแหน่งของจานสายอากาศทั้งสี่จะเท่ากัน ความผิดพลาดของมุมเงย จะมีผลทำให้เกิดมุมเปิดของแกน ที่ตำแหน่ง A และ B ซึ่งจะต่างจากมุมปิดของแกนที่ตำแหน่ง C และ D เพราะว่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับ เป็นมุมปิดของแกน

ดังนั้น โดยการเปรียบเทียบความแรงสัญญาณสูงสุดที่ A และ D กับที่ B และ C ความผิดพลาดของมุมปรับทิศทางสามารถหาได้เช่นกัน ระบบนี้จะให้ความแม่นยำของการติดตามตำแหน่งจาก 1/5 - 1/3 ของความกว้างของลำคลื่นครึ่งหนึ่ง ซึ่งจะทำให้การสูญเสียที่ตำแหน่งจานสายอากาศ อยู่ระหว่าง 0.5 - 1.5 dB ในกรณีที่ต้องการความแม่นยำของการติดตามตำแหน่งที่ดีกว่า

ระบบติดตามตำแหน่งแบบโมโนพัลส์ (Monopulse Tracking) สามารถถูกนำมาใช้ ซึ่งจะให้ความแม่นยำได้ถึง 1/20 ของความกว้างของลำคลื่นครึ่งหนึ่ง สำหรับสถานีภาคพื้นดินที่อยู่กับที่ และใช้จานสายอากาศขนาดเล็กความกว้างลำคลื่นครึ่งหนึ่งขนาด 0.2 องศา ระบบติดตามตำแหน่งที่โปรแกรมได้ (Program Tracking) สามารถถูกนำมาใช้ ซึ่งเป็นระบบติดตามตำแหน่งของจุดสายอากาศแบบเปิดลูป โดยทิศทางตำแหน่งของจานสายอากาศ หามาจากตำแหน่งของสถานี และข้อมูลดาวเทียมที่ได้รับมาจากสถานีควบคุมและติดตามทางไกล (Telemetry Tracking and Command ; TT&C) ข้อมูลดาวเทียมนี้จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของระบบติดตามตำแหน่ง และถูกปรับเปลี่ยนตามคาบเวลา ค่าของคาบเวลานั้นจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสถานีหยุดของดาวเทียม

2.8.7 อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับจานสายอากาศ

1. อุปกรณ์ลดการรบกวนจากด้านส่ง (Transmit Reject Filter)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกรองแถบความถี่ผ่าน (Band Pass Filter) ซึ่งยอมให้สัญญาณคลื่นความถี่ด้านรับผ่านไปได้ และกันสัญญาณที่มีความถี่ด้านส่งไม่ให้ย้อนเข้าไปยังภาครับสัญญาณ เพื่อป้องกันอุปกรณ์ทางด้านรับที่ทำงานกับสัญญาณที่มีกำลังต่ำ เกิดความเสียหายจากกำลังส่งสัญญาณจากอุปกรณ์เครื่องส่ง

2.อุปกรณ์ตัวรับสัญญาณ (Feed Components)

อุปกรณ์ตัวรับสัญญาณนี้นอกจากจะผลิตขึ้นมาจากอุปกรณ์ที่มีราคาสูงแล้ว ยังต้องมีรูปแบบเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย รวมทั้งการติดตั้งกับจานสายอากาศรับสัญญาณ ซึ่งจะต้องมีมุมที่กระทำกับจานสายอากาศรับสัญญาณสะท้อนได้อย่างเหมาะสมด้วย

3. ตัวรับสัญญาณทรงกรวย (Corrugated Conical Horn)

ตัวรับสัญญาณทรงกรวยเป็นตัวรับสัญญาณที่นิยมที่สุด สำหรับจานสายอากาศแบบคาสเซกเกรน กรวยจะทำการบังคับลำคลื่นที่สมมาตรรอบแกน กับความกว้างของลำคลื่นที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปกับความถี่ และยังมีพื้นที่รอบข้างที่เอียงต่ำ อันจะทำให้ระบบสายอากาศมีประสิทธิภาพสูงสุด ในทางปฏิบัติตัวรับสัญญาณของสถานีตามมาตรฐาน A และ B ทั้งหมดจะถูกจำกัดมุมที่บานออก ซึ่งหมายความว่ามุมที่บานออก (Flare Angle) จะควบคุมความกว้างลำคลื่น แทนที่จะเป็นการควบคุมขนาดของช่องรับสัญญาณ ยังใช้เทคนิคของการทำให้ผนังของฮอร์นเป็นหยักโดยร่องลึกปกติเท่ากับ 0.25 ของความยาวคลื่น เพื่อให้เกิดความสมมาตรของรูปแบบของการแพร่กระจายคลื่นในรูปแบบที่เหมาะสม และปรับปรุงคุณสมบัติที่เป็นมุมปิดของทิศทางของฮอร์น ซึ่งฮอร์นแบบนี้จะถูกออกแบบโดยการทำให้ขนาดช่องรับสัญญาณใหญ่เพียงพอ เพื่อว่าการเบี่ยงเบนของเฟสสูงสุดตลอดช่องรับสัญญาณ ไม่เกิน 0.5 ของความยาวคลื่น ฮอร์นแบบนี้มีข้อดีที่ความกว้างลำคลื่นไม่ขึ้นกับความถี่ ส่วนข้อเสียคือ ต้องการขนาดช่องรับสัญญาณประมาณ 1.5 เท่าของขนาดที่ประมาณไว้ สำหรับฮอร์นแบบจำกัดขนาดของช่องรับสัญญาณ ขนาดของตัวรับคลื่นโดยทั่วไปสำหรับจานสายอากาศขนาด 11 เมตร จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องรับสัญญาณ 0.45 เมตร และมุมบานออกรวมของส่วนที่เป็นกรวยเท่ากับ 26 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อุปกรณ์ทำหน้าที่เลือกการทำงาน (Diplexer)

อุปกรณ์ไดเพล็กเซอร์นี้จะทำให้สัญญาณที่ส่ง และรับ สามารถใช้ท่อส่งสัญญาณเดียวกันพร้อมกันได้ โดยมีผลกระทบระหว่างกันน้อยที่สุด และทำให้การกำจัดพลังงานที่ความถี่ด้านรับไม่มีผลกระทบต่อความถี่ด้านส่ง

สัญญาณที่จะส่งมาโดยทางตัวนำส่งสัญญาณ จากท่อนำสัญญาณสี่เหลี่ยมผืนผ้าไปยังท่อนำสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งจะมีระนาบสนามไฟฟ้าทำมุมตั้งฉากกับสัญญาณที่ถูกรับ ดังนั้นสัญญาณจึงไม่กระทบกระเทือนจากแผ่นโลหะบาง หรือร่องของรอยต่อของท่อนำสัญญาณ และจะผ่านตลอดไปยังตัวบังคับคลื่นรูปวงกลมต่อไป

5. การบังคับขั้ว และทิศทางของสัญญาณ

การบังคับสัญญาณจะเป็นการเปลี่ยนการบังคับสัญญาณในลักษณะเชิงเส้นของสัญญาณด้านส่งไปเป็นการบังคับสัญญาณในลักษณะวงกลม และยังต้องเปลี่ยนสัญญาณทางด้านรับ ซึ่งเป็นแบบวงกลมเป็นสัญญาณที่มาจากดาวเทียม เปลี่ยนให้เป็นการบังคับแบบเชิงเส้น โดยจะตั้งฉากกับการบังคับทิศทางขั้วของสัญญาณด้านส่ง

การบังคับทิศทางในลักษณะวงกลมสามารถทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยการแยกสัญญาณที่เป็นแบบเชิงเส้นให้ไปเป็นลักษณะเวกเตอร์ที่ตั้งฉากกัน 2 เวกเตอร์ และจะมีการหน่วงในเวกเตอร์หนึ่งเพื่อเทียบกับอีกเวกเตอร์หนึ่ง เท่ากับ 0.25 ของความยาวคลื่น ภายในแนวทางเดียวกันเป็นวงกลม ในทางกลับกันเราก็จะสามารถได้รับสัญญาณแบบเชิงเส้นได้จากสัญญาณในแนววงกลมซึ่งก็อาศัยการทำงานที่กลับกัน

6. การแยกสัญญาณความถี่ทางด้านรับ และด้านส่ง

การนำเอาความถี่ย้อนกลับมาใช้ใหม่ เป็นเทคนิคหนึ่งที่จะให้แถบความถี่หนึ่งถูกใช้มากกว่า 1 ครั้งที่ดาวเทียมเพื่อที่จะเพิ่มความจุของแถบความถี่ที่มีอยู่ เพราะว่าสัญญาณที่จะส่งนั้นต่างกัน และต้องเกิดพร้อมกันที่ความถี่เดียวกัน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องแยกจากกันโดยใช้โครงข่ายวงจรเพื่อทำการแยกความถี่ของการรับ และส่งออกจากกันในแต่ละครั้งของการติดต่อการส่ง

จานสายอากาศของสถานีภาคพื้นดินส่วนใหญ่จะใช้ตัวรับสัญญาณแบบขั้วสัญญาณคู่ (Dual Polarized) โดยเป็นตัวรับสัญญาณที่สามารถรับ และส่งสัญญาณความถี่เดียวกัน แต่มีการบังคับสัญญาณแบบวงกลม ที่มีการแยกสัญญาณระหว่างขั้วคลื่นหมุนขวา (Right Hand Circular Polarization ; RHCP) กับขั้วคลื่นหมุนซ้าย (Left Hand Circular Polarization ; LHCP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อุปกรณ์ทำหน้าที่เลือกการทำงาน (Diplexer)

อุปกรณ์ไดเพล็กเซอร์นี้จะทำให้สัญญาณที่ส่ง และรับ สามารถใช้ท่อส่งสัญญาณเดียวกันพร้อมกันได้ โดยมีผลกระทบระหว่างกันน้อยที่สุด และทำให้การกำจัดพลังงานที่ความถี่ด้านรับไม่มีผลกระทบต่อความถี่ด้านส่ง

สัญญาณที่จะส่งมาโดยทางตัวนำส่งสัญญาณ จากท่อนำสัญญาณสี่เหลี่ยมผืนผ้าไปยังท่อนำสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งจะมีระนาบสนามไฟฟ้าทำมุมตั้งฉากกับสัญญาณที่ถูกรับ ดังนั้นสัญญาณจึงไม่กระทบกระเทือนจากแผ่นโลหะบาง หรือร่องของรอยต่อของท่อนำสัญญาณ และจะผ่านตลอดไปยังตัวบังคับคลื่นรูปวงกลมต่อไป

5. การบังคับขั้ว และทิศทางของสัญญาณ

การบังคับสัญญาณจะเป็นการเปลี่ยนการบังคับสัญญาณในลักษณะเชิงเส้นของสัญญาณด้านส่งไปเป็นการบังคับสัญญาณในลักษณะวงกลม และยังต้องเปลี่ยนสัญญาณทางด้านรับ ซึ่งเป็นแบบวงกลมเป็นสัญญาณที่มาจากดาวเทียม เปลี่ยนให้เป็นการบังคับแบบเชิงเส้น โดยจะตั้งฉากกับการบังคับทิศทางขั้วของสัญญาณด้านส่ง

การบังคับทิศทางในลักษณะวงกลมสามารถทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยการแยกสัญญาณที่เป็นแบบเชิงเส้นให้ไปเป็นลักษณะเวกเตอร์ที่ตั้งฉากกัน 2 เวกเตอร์ และจะมีการหน่วงในเวกเตอร์หนึ่งเพื่อเทียบกับอีกเวกเตอร์หนึ่ง เท่ากับ 0.25 ของความยาวคลื่น ภายในแนวทางเดียวกันเป็นวงกลม ในทางกลับกันเราก็จะสามารถได้รับสัญญาณแบบเชิงเส้นได้จากสัญญาณในแนววงกลมซึ่งก็อาศัยการทำงานที่กลับกัน

6. การแยกสัญญาณความถี่ทางด้านรับ และด้านส่ง

การนำเอาความถี่ย้อนกลับมาใช้ใหม่ เป็นเทคนิคหนึ่งที่จะให้แถบความถี่หนึ่งถูกใช้มากกว่า 1 ครั้งที่ดาวเทียมเพื่อที่จะเพิ่มความจุของแถบความถี่ที่มีอยู่ เพราะว่าสัญญาณที่จะส่งนั้นต่างกัน และต้องเกิดพร้อมกันที่ความถี่เดียวกัน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องแยกจากกันโดยใช้โครงข่ายวงจรเพื่อทำการแยกความถี่ของการรับ และส่งออกจากกันในแต่ละครั้งของการติดต่อการส่ง

จานสายอากาศของสถานีภาคพื้นดินส่วนใหญ่จะใช้ตัวรับสัญญาณแบบขั้วสัญญาณคู่ (Dual Polarized) โดยเป็นตัวรับสัญญาณที่สามารถรับ และส่งสัญญาณความถี่เดียวกัน แต่มีการบังคับสัญญาณแบบวงกลม ที่มีการแยกสัญญาณระหว่างขั้วคลื่นหมุนขวา (Right Hand Circular Polarization ; RHCP) กับขั้วคลื่นหมุนซ้าย (Left Hand Circular Polarization ; LHCP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ค่ามาตรฐานของลักษณะสัญญาณ

	อัตราส่วนสัญญาณ	ความถี่	ลักษณะของสัญญาณ
การป้อนกลับ	3.0 dB	3.7-4.2 GHz	RHCP & LHCP
สัญญาณ		5.9-6.4 GHz	LHCP & RHCP
ขณะป้อนกลับ	0.5 dB	3.7-4.2 GHz	RHCP & LHCP
สัญญาณ		5.9-6.4 GHz	LHCP & RHCP

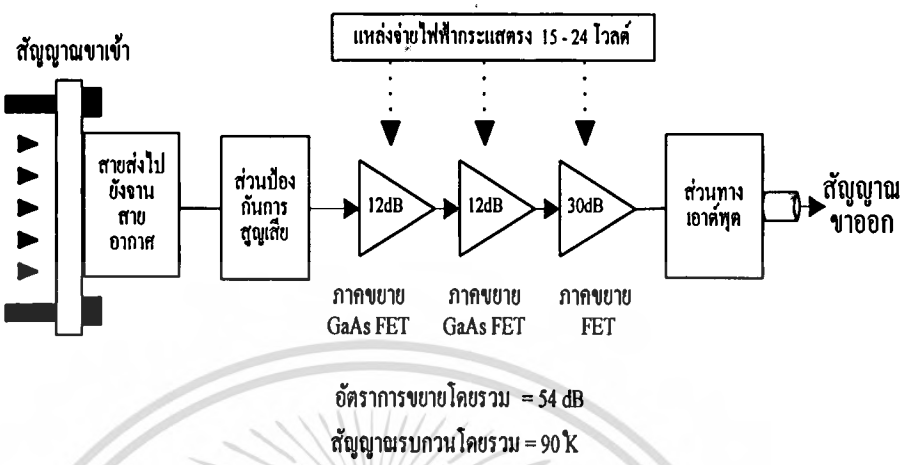
โดยรูปแบบการส่ง และรับดังกล่าวอัตราส่วนของสัญญาณ 2 สัญญาณของจานสายอากาศ หรือความสามารถที่จะขจัดสัญญาณที่มีขั้วของสัญญาณตรงกันข้าม จะต้องถูกเปลี่ยนจาก 3 dB เป็น 0.5 dB ดังในตารางที่ 2.4

2.9 ภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ (Low Noise Block Down Converter ; LNB)

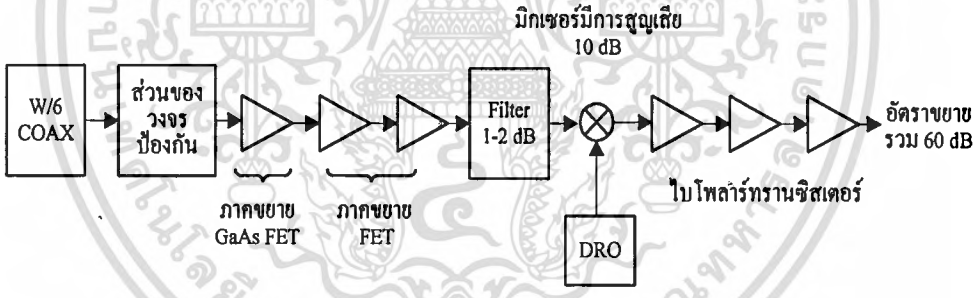
อุปกรณ์ภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ มีลักษณะเป็นกล่องโลหะ ด้านหน้าเป็นช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยม ภายในของช่องเปิดจะมีโพรบเล็กๆ ทำหน้าที่เป็นสายอากาศ สามารถขยายสัญญาณที่รับมาจากการสะท้อนของจานสายอากาศแล้วส่งไปให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ภายในภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ ภายในอุปกรณ์ภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นวงจรขยายสัญญาณไมโครเวฟให้มีความแรงของสัญญาณที่รับมาเพิ่มขึ้นกว่าเดิมหลายล้านเท่า จากนั้นจะส่งไปยังส่วนที่ 2 ซึ่งเรียกว่าตัวแปลงสัญญาณ เพื่อเปลี่ยนสัญญาณที่รับเข้ามาให้อยู่ในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่าที่เรียกว่า ความถี่กลาง (Intermediate Frequency ; IF)

ในระบบการรับสัญญาณจากดาวเทียมในย่านความถี่ซี โดยทั่วไปนั้น สัญญาณจะถูกขยายครั้งแรกโดยภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ และจะถูกลดทอนความถี่ลง โดยอุปกรณ์ที่เรียกว่า ตัวแปลงสัญญาณลง โดยแรงดันที่ถูกส่งมาจากเครื่องรับสัญญาณของดาวเทียม และจะทำการเลือกรับสัญญาณโดยอุปกรณ์ลดความถี่ ซึ่งจะรับเอาสัญญาณจากช่องสัญญาณมา 1 ช่อง จากช่องความถี่ในย่านความถี่ซี เพื่อที่จะลดความถี่ลงมา และส่งไปภาคอื่นต่อไป ซึ่งแผนผังการทำงานของระบบภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำนี้จะแสดงไว้ใน รูปที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 แผนผังการทำงานของภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ

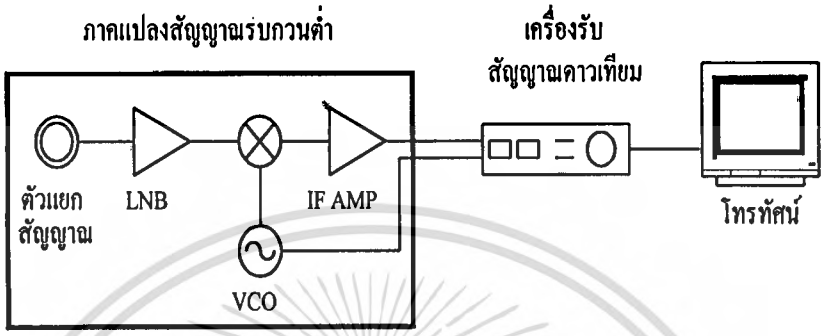


รูปที่ 2.21 แผนผังการทำงานของภาคป้องกันสัญญาณรบกวนต่ำของตัวแปลงสัญญาณลง

สำหรับการนำไปใช้งานระบบรับสัญญาณจากดาวเทียมในย่านความถี่เคยู นั้นจะถูกออกแบบ เพื่อที่จะทำใช้ย่านความถี่ใน ช่วง 3.7 - 4.2 กิกะเฮิรตซ์ ถูกลดความถี่ลงให้อยู่ในช่วงความถี่ปานกลาง ประมาณ 950 - 1,450 เมกกะเฮิรตซ์ ซึ่งจะมีความกว้างของย่านความถี่เท่ากับ 500 เมกกะเฮิรตซ์ เท่ากับความกว้างของย่านความถี่ช่วงความถี่เดิม ตัวที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณลง จะกำจัดความต้องการของการส่งแรงดันเลือกช่องสัญญาณ ที่จะส่งให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ภายนอกอาคาร (ที่ติดตั้งอยู่ที่จานสายอากาศ) และจะทำให้สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาของการเลื่อนหรือการไม่คงที่ของความถี่ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นมาได้จากอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะถูกใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และการรั่วซึมของความชื้นหรืออาจจะมีน้ำเข้าไปยังภายในอุปกรณ์ก็เป็นได้



รูปที่ 2.22 แผนผังการทำงานของภาคแปลงสัญญาณรบกวนต่ำ

ภาคแปลงสัญญาณรบกวนต่ำ ได้ถูกพัฒนาเพื่อการรวมเอาฟังก์ชั่นการทำงานของทั้งภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ และภาคแปลงสัญญาณขาลง นำมารวมเข้าเป็นอุปกรณ์อันเดียวกัน อุปกรณ์ที่เกิดขึ้นมาใหม่นี้จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ถูกเลือกโดยเครื่องรับ เพื่อที่จะส่งเข้าไปภายในอาคารต่อไป

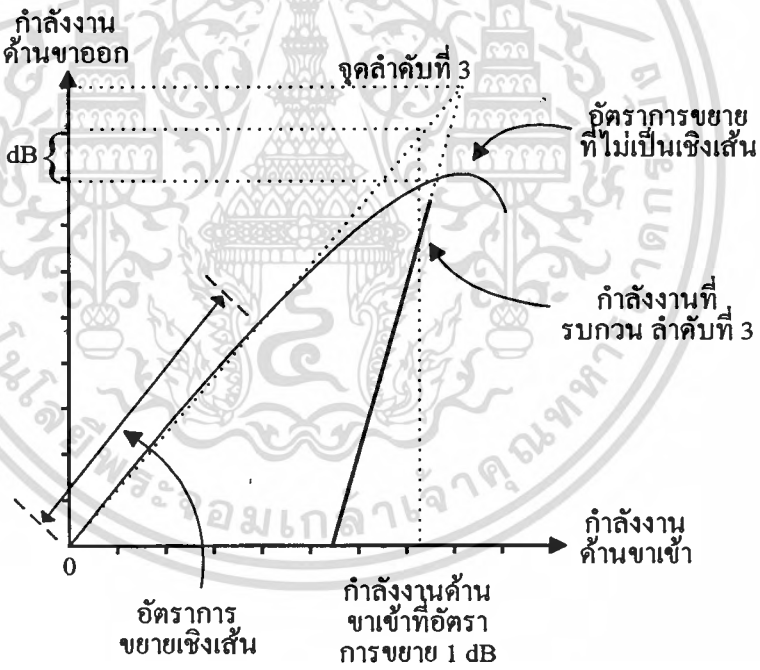
ภายในชุดแปลงสัญญาณขาลง จะมีการผสมสัญญาณกันระหว่างสัญญาณที่รับเข้ามากับสัญญาณที่สร้างขึ้นมาเองโดยวงจร Dielectric Resonant Oscillator (DRO) ของภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ วงจร DRO นี้ จะมีตัวไดอิเล็กตริก ที่มีลักษณะเหมือนกับเซรามิค และมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่ทำให้เกิดการผลิตความถี่ออกมาได้ วงจร DRO จะทำหน้าที่เหมือนกับวงจรกำเนิดสัญญาณ ในวงจรเครื่องรับวิทยุระบบ Heterodyne โดยจะเข้าไปทำการผสมกับสัญญาณคลื่นวิทยุความถี่สูงที่รับเข้ามาให้กลายเป็นสัญญาณความถี่กลาง ความถี่ต่ำอยู่ในช่วง 950-1,450 เมกกะเฮิรตซ์ จากนั้นจึงทำการกรองสัญญาณให้เหลือเฉพาะสัญญาณความถี่กลางผ่านออกไปเท่านั้น ก่อนที่จะส่งออกไปยังเครื่องรับทางสายเคเบิลแกนร่วม (Coaxial Cable)

2.10 ภาคขยายกำลังส่งสูง (High Power Amplifier ; HPA)

ภาคขยายกำลังส่งสูง นั้นมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบที่ใช้หลอดไคลสตรอน (Klystron Power Amplifier) กับแบบที่ใช้หลอดคลื่นจร แบบที่นิยมใช้ในปัจจุบันที่สถานีภาคพื้นดิน คือ แบบที่ใช้หลอดคลื่นจร จะทำการมอดูเลตในเชิงความเร็วของคลื่นจร สัญญาณความถี่วิทยุที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยายจะเดินทางไปในท่อรูปเกลียวที่มีช่วงระยะห่างของเกลียวเท่ากัน อิเล็กตรอนที่ส่งจากขั้วคาโทด (Cathode) ของหลอดจะถูกยิงเป็นลำคลื่นไปในทิศทางของแกนของเกลียวโดยการใช้แรงแม่เหล็ก และอิเล็กตรอนจะถูกเก็บที่ขั้วคอลเลคเตอร์ (Collector) หลังจากที่มันถ่ายเทพลังงานให้แก่คลื่นความถี่วิทยุ ในระหว่างการเดินทางแล้ว ท่อเกลียวจะทำการหน่วงความเร็วของคลื่นความถี่วิทยุ ซึ่งมีความเร็วเกือบเท่าความเร็วแสง ให้มีค่าใกล้เคียงกับความเร็วของอิเล็กตรอน เมื่อเทียบกับอิเล็กตรอนซึ่งถูกควบคุมโดยแรงดันไฟตรงที่ขั้วคาโทด กระบวนการนี้จะทำให้เกิดการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างอิเล็กตรอนกับสนามไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสัญญาณความถี่วิทยุ ซึ่งจะทำให้อิเล็กตรอนถ่ายเทพลังงานไปยังสัญญาณความถี่วิทยุ ทำให้สัญญาณความถี่วิทยุมีกำลังงานสูงขึ้น

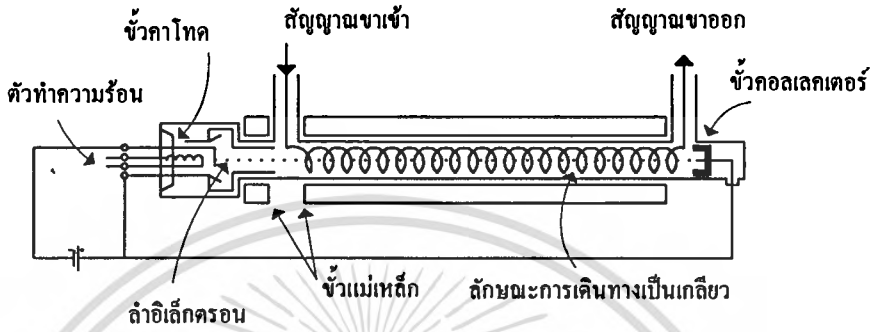


รูปที่ 2.23 ลักษณะความไม่เป็นเชิงเส้นของภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ

ภาคขยายแบบคลื่นจรสามารถมีค่าแบนด์วิดท์ของสัญญาณอยู่ในช่วง 10 เปอร์เซ็นต์ของความถี่กลาง ดังนั้นจึงสามารถครอบคลุมช่วงความถี่ 500 เมกกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ของการสื่อสารดาวเทียมได้ ภาคขยายกำลังสูงแบบไคลสตรอน ซึ่งมีค่าอัตราขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีประสิทธิภาพสูงกว่าภาคขยายแบบคลื่นจร แต่จะให้แบนด์วิดท์แคบกว่า จึงเหมาะสำหรับงานที่ต้องการกำลังงานที่ไม่สูงมากนัก



รูปที่ 2.24 ภาคขยายแบบคลื่นจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

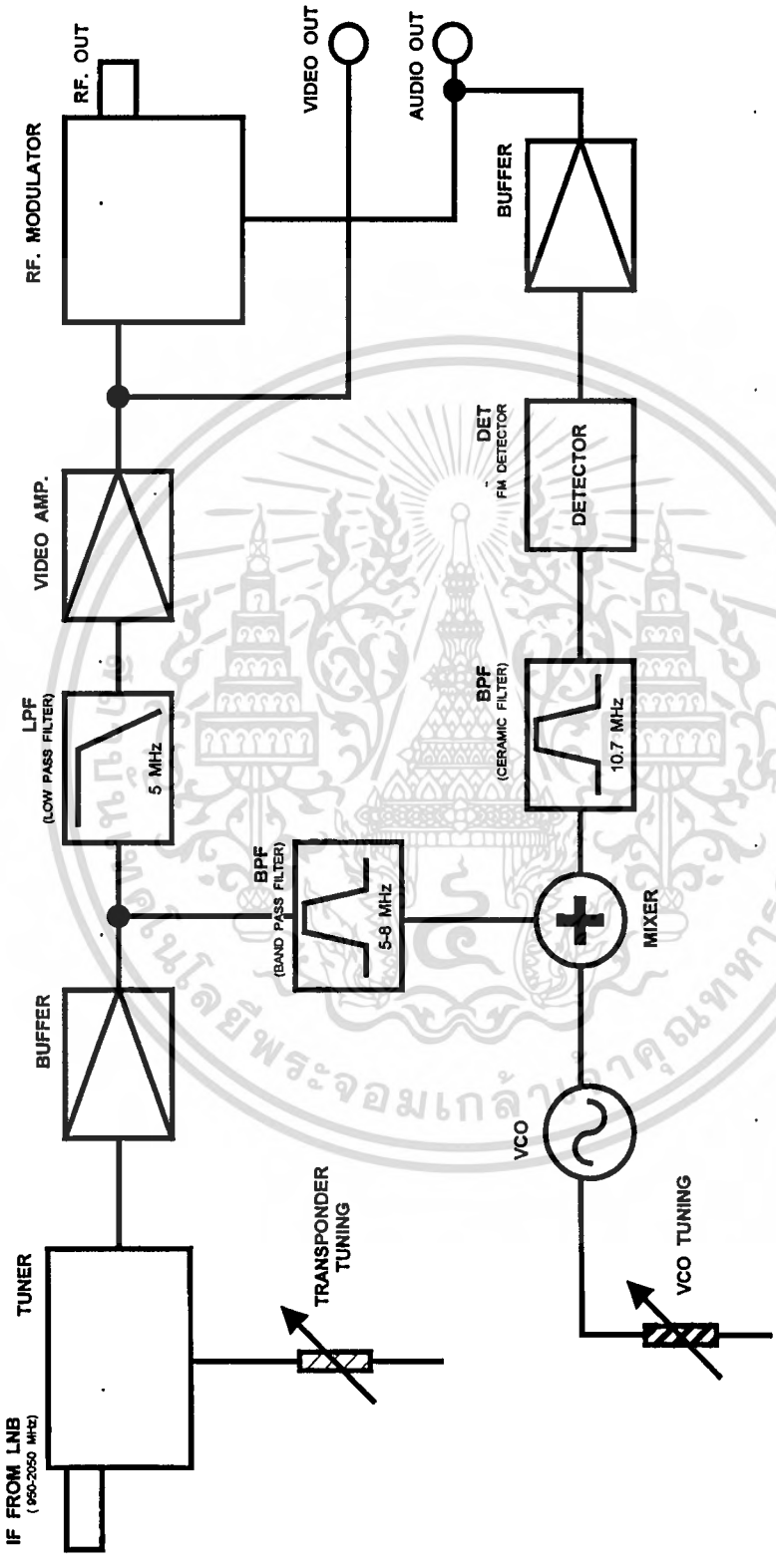
การออกแบบการสร้าง และการทำงาน

3.1 ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี

เริ่มจากจูนเนอร์ จะรับสัญญาณความถี่กลางมาจาก LNB โดยจูนเนอร์ ที่ใช้นี้จะรับได้ตั้งแต่ช่องความถี่กลาง 950 - 2,050 เมกกะเฮิรตซ์ ซึ่งหมายความว่าจูนเนอร์ ที่ใช้นี้จะรับสัญญาณได้จาก LNB ทั้งย่านความถี่ซี และเคยู (LNB ย่านความถี่ซี จะมีความถี่กลางเอาต์พุตที่ 950 - 1,450 เมกกะเฮิรตซ์ ส่วน LNB ย่านความถี่เคยู จะมีความถี่กลางเอาต์พุตที่ 1,450 - 2,050 เมกกะเฮิรตซ์) สัญญาณที่รับเข้ามาจะถูกขยายให้มีความแรงขึ้น จากนั้นจะถูกนำไปผสมกับสัญญาณที่ถูกสร้างขึ้นจากวงจร VCO ซึ่งอยู่ภายในจูนเนอร์ ซึ่งวงจร VCO นี้คือวงจรกำเนิดความถี่ที่ควบคุมได้ด้วยแรงดันนั่นเอง สัญญาณที่ได้จากวงจรผสมสัญญาณนี้จะถูกส่งไปยังตัวกรองสัญญาณ เพื่อกรองเอาเฉพาะความถี่กลางไปใช้งาน (479.5 เมกกะเฮิรตซ์) สัญญาณความถี่กลางที่ได้ จะถูกขยายให้มีความแรงสูงขึ้น จากนั้นถึงถูกส่งไปยังวงจร FM Demodulator เนื่องจากสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมนั้น ระบบการผสมสัญญาณภาพจะเป็นแบบเอฟเอ็ม ดังนั้น สัญญาณภาพที่ได้จึงมีความคมชัดสูงซึ่งแตกต่างจากการรับสัญญาณโทรทัศน์ตามปกติที่มีการผสมสัญญาณแบบเอเอ็ม จึงถูกรบกวนง่าย สัญญาณที่ได้จากวงจร FM Demodulator นั้น จะมีทั้งสัญญาณภาพ และเสียง ผสมกันอยู่ซึ่งเราเรียกสัญญาณนี้ว่าเบสแบนด์ (Baseband) จะถูกส่งออกจากตัวจูนเนอร์ เพื่อป้อนไปยังวงจรภาคต่างๆ

จากแผนผังการทำงาน สัญญาณเบสแบนด์เอาต์พุต (Baseband Output) ที่ออกจากจูนเนอร์ จะถูกส่งไปยังวงจรบัฟเฟอร์ เพื่อให้มีความแรงมากพอที่จะส่งไปยังวงจรอื่นๆ เริ่มต้นจากวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน จะถูกนำไปใช้เป็นสัญญาณภาพซึ่งคุณสมบัติของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน จะยอมให้ความถี่ตั้งแต่ 0 - 5 เมกกะเฮิรตซ์ ผ่านไปได้อย่างสะดวกแต่จะขจัดสัญญาณที่มีความถี่สูงกว่า 5 เมกกะเฮิรตซ์ ไม่ให้ผ่านไปได้ ซึ่งสัญญาณที่มีถี่ความสูงกว่า 5 เมกกะเฮิรตซ์ จะเป็นความถี่ของเสียงคลื่นพาห์ย่อย ถ้าวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ไม่สามารถขจัดสัญญาณที่มีความสูงกว่า 5 เมกกะเฮิรตซ์ ได้ดีพอ ควรขจัดสัญญาณที่มีความถี่สูงกว่า 5 เมกกะเฮิรตซ์ ได้มากกว่า 20 dB จะเกิดปัญหาคือภาพที่ได้จะดูหยาบมาก และหากออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านโดยใช้อุปกรณ์ไม่เหมาะสม เช่น ใช้ค่าตัวเก็บประจุ หรือตัวเหนี่ยวนำที่มีค่ามากเกินไป ถึงแม้จะขจัดสัญญาณที่มีความถี่สูงกว่า 5 เมกกะเฮิรตซ์ ได้ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ก็จะเกิดปัญหาแทรกซ้อนคือ ค่าหน่วงเวลา ของสัญญาณสูงเกินไป (ค่าหน่วงเวลาไม่ควรเกิน 20 nS) ภาพที่ได้จะมีลักษณะเป็นเงายาวหรือในบางครั้งจะมีลักษณะภาพไม่ใสคล้ายมีหมอกลง สัญญาณที่ออกมาจากวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน จะถูกป้อนไปยังวงจรขยายสัญญาณภาพ เพื่อทำการขยายสัญญาณให้แรงขึ้น

ในส่วนของวงจรสัญญาณเสียง เริ่มจากสัญญาณเบสแบนด์ ที่ออกมาจากตัวจูนเนอร์ ถูกส่งไปยังวงจรบัฟเฟอร์ เพื่อทำการขยายสัญญาณให้มีความแรงเพียงพอที่จะส่งไปยังวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ในส่วนของวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน ในส่วนของภาคสัญญาณเสียง ซึ่งวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน นี้ จะทำหน้าที่กรองสัญญาณที่มีความถี่ในช่วง 5 - 8 เมกกะเฮิรตซ์ ให้ผ่านไปได้โดยสะดวก แต่จะขจัดปัญหาที่มีความถี่ต่ำกว่า 5 เมกกะเฮิรตซ์ และสูงกว่า 8 เมกกะเฮิรตซ์ ไม่ให้ผ่านไปได้ เนื่องจากความถี่ย่อยของเสียงหรือคลื่นพาห์ย่อยของช่องเสียงนั้น มีความถี่อยู่ในช่วง 5 - 8 เมกกะเฮิรตซ์ และหากวงจรกรองแถบความถี่ผ่านไม่มีประสิทธิภาพพอแล้ว ก็จะเกิดปัญหาคือสัญญาณภาพจะเข้ามารบกวนสัญญาณเสียงได้ ซึ่งมีอาการคือจะมีเสียงรบกวนดังฮัมขณะที่ภาพมีความสว่างมากหรือมีสีจัดๆ

สัญญาณที่ออกจากวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน จะถูกส่งไปยังวงจรผสมสัญญาณเพื่อทำการผสมกับสัญญาณที่ออกมาจากวงจรออสซิลเลเตอร์ควบคุมด้วยแรงดัน ทั้งนี้เนื่องจากช่องสัญญาณความถี่เสียงของระบบโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมนั้น จะสามารถส่งได้มากกว่า 1 ช่อง และมีระบบการผสมสัญญาณแบบเอฟเอ็ม ดังนั้น ในส่วนของวงจรภาคเสียงก็จะมีหลักการทำงานคล้ายกับเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มทั่วๆ ไป จะรับสัญญาณได้ในช่วง 88 - 108 เมกกะเฮิรตซ์ แต่สำหรับวงจรภาคเสียงของเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมนั้นจะสามารถรับสัญญาณได้ในช่วง 5-8 เมกกะเฮิรตซ์ เท่านั้น สำหรับการปรับหาช่องเสียงนั้นเราสามารถทำได้โดยการปรับค่าแรงดันที่ป้อนให้กับวงจร VCO ซึ่งจะมีผลทำให้ความถี่ออกจากวงจร VCO มีความถี่เปลี่ยนไปด้วย หลังจากที่สัญญาณที่รับเข้ามาจากวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน ถูกผสมกับความถี่จากวงจร VCO แล้วก็จะถูกส่งไปยังตัว Ceramic Filter เพื่อทำหน้าที่กรองสัญญาณให้สัญญาณความถี่กลางที่มีความถี่ 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ ผ่านไปได้ และสัญญาณความถี่กลาง 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ นี้จะถูกป้อนให้กับวงจร FM Demodulator หรือ FM Detector เพื่อแปลงสัญญาณ ความถี่กลาง ให้เป็นสัญญาณเสียงพอที่จะส่งไปยังวงจร RF Modulator ต่อออกไป จากแผนผังการทำงาน วงจรที่มีทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 จะทำหน้าที่เป็นวงจรบัฟเฟอร์เพื่อขยายสัญญาณให้มีความแรงมากพอที่ส่งไปยังวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านซึ่งประกอบด้วย C4-C6 และ L12 สัญญาณที่ผ่านการการกรอง แล้วจะถูกป้อนไปยังขา 1 ของ ไอซี เบอร์ NE592

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อทำการขยายสัญญาณให้แรงขึ้น โดยมีเอาต์พุต ที่ขา 7 และ 8 ซึ่งจุดนี้เราสามารถเลือกลักษณะสัญญาณภาพได้ คือ แบบปกติ หรือแบบกลับสัญญาณ เนื่องจากลักษณะสัญญาณภาพของการส่งในย่านความถี่ซี และเคยู จะมีขั้วสัญญาณที่ได้จาก ไอซี เบอร์ NE592 จะถูกส่งไปยังทรานซิสเตอร์ Q3 และ Q4 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรบัฟเฟอร์ ขยายสัญญาณเพื่อป้อนให้กับวงจร RF Modulator และเพื่อส่งไปยังขั้ว Video Output ที่ทรานซิสเตอร์ Q2 สัญญาณส่วนหนึ่งจะถูกส่งมายัง Q5 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรบัฟเฟอร์ ของสัญญาณก่อนจะป้อนให้กับกรองแถบความถี่ผ่าน ซึ่งประกอบด้วย L2-L5, C17-C19 และ R20-R21 สัญญาณที่ผ่านวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน ในส่วนนั้นจะถูกลดทอนความแรงลงไปมา จึงจำเป็นต้องผ่านวงจรขยายสัญญาณที่ทรานซิสเตอร์ Q6 ก่อนที่จะส่งไปยังวงจรผสมสัญญาณ และสำหรับวงจรผสมสัญญาณ จะใช้เฟท เบอร์ 3SK74 ซึ่งมี ขาเกท 2 ขา จึงง่ายในการออกแบบ และปรับแต่งสัญญาณอีกส่วนหนึ่งที่ป้อนให้กับวงจรผสมสัญญาณนั้นมาจากวงจร VCO โดยที่ความถี่ของวงจร VCO จะถูกควบคุมด้วยแรงดันที่ตกคร่อมตัวความต้านทานปรับค่าได้ 10 KΩ (แบบ B) เอาต์พุตจากวงจรผสมสัญญาณ จะถูกส่งไปยังเซรามิคฟิลเตอร์ ซึ่งจะกรองให้ความถี่ความถี่กลาง 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ ออกไป ส่วน ไอซี เบอร์ LM358 จะทำหน้าที่ชดเชยความถี่เสียง และขจัดสัญญาณรบกวนที่ติดออกมากับสัญญาณเสียงเพื่อให้คุณภาพของเสียงที่ได้มีความคมชัดสมบูรณ์

ในส่วนของแหล่งจ่ายไฟตรงที่ใช้ได้แก่ 18 V/ 200 mA , 12 V/1A และ 5 V/700mA การปรับแต่งวงจร และของการรับสัญญาณโทรทัศน์สามารถรับสัญญาณช่องยูเอชเอฟ (UHF) ที่ 36 และใช้โวลต์มิเตอร์ ต่อกับขั้ว AGC ที่อยู่บนแผ่นวงจรพิมพ์กับขากราวด์ เพื่อวัดความแรงของสัญญาณให้ได้แรงที่สุด ส่วนตัวต้านทานปรับค่าได้ ตัวที่ 2 ใช้สำหรับปรับเปลี่ยนช่องความถี่ ส่วนตัวต้านทานปรับค่าได้ ตัวที่ 3 ใช้สำหรับปรับเปลี่ยนช่องสัญญาณเสียง

ในขั้นตอนของกระบวนการส่งสัญญาณย่านความถี่ซี นั้นได้มีการผสมสัญญาณความถี่ประมาณ 25 - 30 เฮิรตซ์ เป็นลักษณะของสัญญาณสามเหลี่ยม คือถ้าเป็นมาตรฐานของอเมริกาจะใช้ความถี่ 30 เฮิรตซ์ มาตรฐานทางยุโรปจะใช้ความถี่ 25 เฮิรตซ์ ในขณะที่ทางรัสเซียใช้ความถี่เพียง 2.5 เฮิรตซ์ โดยผนวกเข้ากับสัญญาณภาพเพื่อป้องกันการรบกวนแทรกสอดอันเกิดจากระบบการสื่อสารบนพื้นโลก สัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยมนี้เรียกว่า สัญญาณการแพร่กระจายพลังงาน ดังนั้น สัญญาณภาพที่ได้ในตอนนี้จึงมีสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยมปนอยู่ และในทางด้านเครื่องรับนั้น จำเป็นที่จะต้องทำการกำจัดสัญญาณการแพร่กระจายพลังงานนี้ออกไปโดยใช้วงจรแคลมป์ แต่จะมีผลทำให้ค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลงเล็กน้อย แต่ถ้าหากไม่มีการกำจัดสัญญาณการแพร่การกระจายพลังงานนี้ออกไปแล้วจะทำให้สัญญาณภาพที่ได้จะปรากฏสัญญาณรบกวนเป็นจังหวะ หรือเกิดการกระตุกของสัญญาณภาพอย่างชัดเจน ค่าระดับสัญญาณที่ผ่านวงจรยกระดับสัญญาณแล้ว ควรมีระดับแรงดันจากยอดถึงยอดประมาณ 1 โวลต์ ซึ่งเป็นค่ามาตรฐาน

สัญญาณเบสแบนด์ ซึ่งประกอบไปด้วยสัญญาณวิดีโอคอมโพสิต และสัญญาณพาห์ย่อยของเสียง ถูกส่งมายังบัฟเฟอร์ ซึ่งทำหน้าที่รักษาขนาดของสัญญาณให้คงที่ จากนั้นก็ส่งสัญญาณผ่านไปยัง วงจรกรองแถบความถี่ผ่านซึ่งยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ในช่วง 5.00 - 8.50 เมกกะเฮิรตซ์ ผ่านไปได้เท่านั้น ซึ่งความถี่ในช่วง 5.00 -8.50 เมกกะเฮิรตซ์ เป็นสัญญาณพาห์ย่อยของเสียง สัญญาณพาห์ย่อยของเสียงเมื่อผ่านการฟิลเตอร์แล้วขนาดของสัญญาณจะถูกลดทอนลง จึงจำเป็นต้องขยายกำลังของสัญญาณให้แรงขึ้น จากนั้นสัญญาณพาห์ย่อยของเสียงจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนเพราะเป็นระบบสเตอริโอ สำหรับช่องสัญญาณทางด้านซ้าย และขวาซึ่งการทำงานของช่องสัญญาณทางด้านซ้าย และขวามีลักษณะเหมือนกัน สัญญาณพาห์ย่อยของเสียงจะถูกส่งไปยังวงจรผสมสัญญาณ ซึ่งทำหน้าที่รวมหรือหักล้างสัญญาณระหว่างสัญญาณพาห์ย่อยของเสียงย่านความถี่ 5 - 8.50 เมกกะเฮิรตซ์ กับความถี่ย่าน 15.7 - 19.2 เมกกะเฮิรตซ์ ที่ได้จากออสซิลเลเตอร์ชนิดควบคุมด้วยแรงดัน ได้เอาต์พุทเป็นความถี่ไอเอฟ 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ออสซิลเลเตอร์นี้จะถูกควบคุมโดยเฟสล็อคลูป ความถี่ไอเอฟ 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ ผ่านได้เท่านั้น จากนั้นความถี่ไอเอฟ 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ จะถูกส่งมายังภาคเอฟเอ็มดีเทคเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่แยกสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณพาห์ สัญญาณของภาคเอฟเอ็มดีเทคเตอร์ ส่วนหนึ่งจะป้อนกลับไปยัง ภาคออสซิลเลเตอร์ เพื่อควบคุมเสถียรภาพของออสซิลเลเตอร์ เอาต์พุตของเอฟเอ็มดีเทคเตอร์จะเป็นสัญญาณเสียง และถูกส่งมายังภาคดีเอ็มฟาซิส เพื่อลดทอนสัญญาณเสียงในช่วงความถี่สูงให้มีลักษณะเหมือนเดิมก่อนการปรีเอ็มฟาซิส จากนั้นก็ขยายสัญญาณเสียงให้มีกำลังมากขึ้นจากแผนผังการทำงานสามารถสร้างเป็นวงจรได้ดังนี้

3.1.1 ภาคจูนเนอร์ (Tuner)

ภาคจูนเนอร์ทำหน้าที่รับสัญญาณความถี่วิทยุ มาจากวงจรภาคแปลงสัญญาณลง ซึ่งตอนนี้วงจรดังกล่าวได้ทำการแปลงความถี่จากย่านความถี่ดาวเทียม ให้เป็นความถี่ต่ำลงด้วยวัตถุประสงค์เพื่อลดการรบกวนประการหนึ่ง ต่อมาการแปลงความถี่ต่ำลงมานั้นสามารถที่จะใช้กับสายโคแอ็กเชียลยาวๆ ได้ตอนนี้ความถี่ที่ส่งมาจะอยู่ในช่วง 950 - 2,025 เมกกะเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีเอาต์พุตเป็นสัญญาณเบสแบนด์ คือประกอบด้วยสัญญาณคอมโพสิตวิดีโอของภาพ และคลื่นพาห์ย่อยของเสียงอีกทั้งยังให้เอาต์พุตที่สามารถต่อระบบควบคุมได้อีกหลายๆ อย่าง

จูนเนอร์จะทำการเลือกรับแต่ละทรานสปอนเดอร์ด้วยวงจรจูนความถี่ที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์จูนเนอร์ หน่วยสังเคราะห์แรงดันไฟ จะทำการสังเคราะห์แรงดันไฟออกไปยังจูนเนอร์อย่างอัตโนมัติ หรือถ้าเป็นระบบธรรมดา ก็สามารถทำได้โดยการปรับแต่งแรงดันไฟฟ้าให้กับจูนเนอร์ ดังแสดงไว้ในทรานสปอนเดอร์จูนนิ่ง เมื่อได้ความถี่สถานีต่างๆ แล้ว ความถี่ในส่วนนี้จะถูกแปลงความถี่ใหม่อีกครั้งหนึ่ง ด้วยระบบการแปลงความถี่ไอเอฟของโทรทัศน์ เพื่อให้เกิดสัญญาณไอเอฟของภาพ และเพื่อเปลี่ยนสัญญาณพาห์เสียงเสียใหม่ เอาความถี่ไอเอฟภาพไปทำการดีเทคด้วยระบบซิงโครนัสดีเทคเตอร์ได้สัญญาณภาพออกมาเหมือนระบบโทรทัศน์ทั่วไป โดยความถี่โทรทัศน์จะอยู่ในช่วง 0 - 5 เมกกะเฮิรตซ์ ผลของระบบวิดีโอดีเทคเตอร์ก่อให้เกิดการตัดความถี่ไอเอฟออกมาเป็นออสซิลเลเตอร์ เอาความถี่วิดีโอไอเอฟ ที่ตัดยอดด้วยลิมิเนเตอร์ภายใต้ระบบซิงโครนัสดีเทคเตอร์ กับบีตเข้ากับสัญญาณพาห์เสียงเกิดเป็นไอเอฟของเสียงขึ้น เนื่องจากเสียงที่ส่งมาเป็นระบบเสียงสเตอริโอหรือระบบเสียง 2 ภาษา ดังนั้น เมื่อมีการบีตแล้วจะทำให้เกิดความถี่กลางของเสียงขึ้นเท่ากับ 5.5 เมกกะเฮิรตซ์ และ 5.74 เมกกะเฮิรตซ์ เป็นสัญญาณพาห์หลัก และสัญญาณพาห์ย่อย โดยสัญญาณชี้นำของระบบสเตอริโอความถี่ 117.5 เฮิรตซ์ และระบบ 2 ภาษาความถี่ 274.1 เฮิรตซ์

3.1.2 วงจรบัฟเฟอร์ (Buffer)

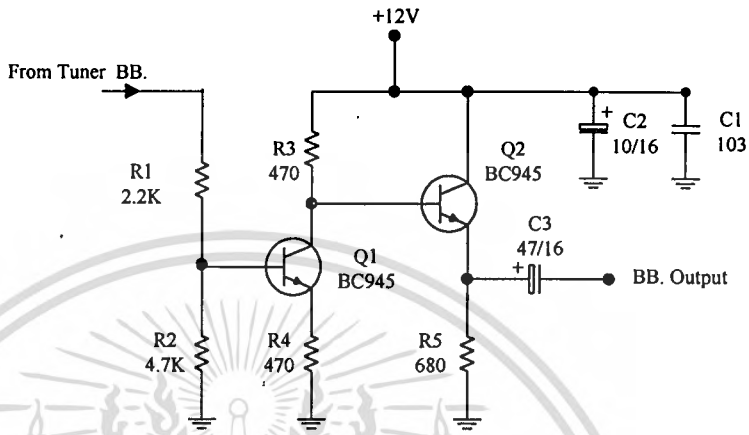
วงจรบัฟเฟอร์ ทำหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณจากจูนเนอร์ไปยังวงจรทางด้านระบบภาพและเสียง แต่มีช่วงความถี่ต่างกัน ถ้าหากไม่มีวงจรส่วนนี้เมื่อมีการแยกสัญญาณออกไปหลายๆ ทางมีผลต่อความแรงสัญญาณโดยตรง ซึ่งจะแยกสัญญาณนี้ออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกส่งไปยังระบบภาพ โดยที่ช่วงของสัญญาณภาพจะอยู่ในช่วง 0 - 5 เมกกะเฮิรตซ์ ส่วนต่อมาส่งไประบบเสียง ซึ่งจะอยู่ในช่วง 5 - 8 เมกกะเฮิรตซ์ และความถี่เสียงในการขยายสัญญาณภาพในภาคขยายสัญญาณภาพ ถ้าปราศจากภาควงจรกรองแถบความถี่ผ่านช่วง 0 - 5 เมกกะเฮิรตซ์ มีโอกาสที่สัญญาณเสียงจะเข้ามารบกวนสัญญาณภาพเพราะมีความถี่ใกล้เคียงกัน

3.1.3 วงจรดีเอ็มฟาซิส (De-emphasis Circuit)

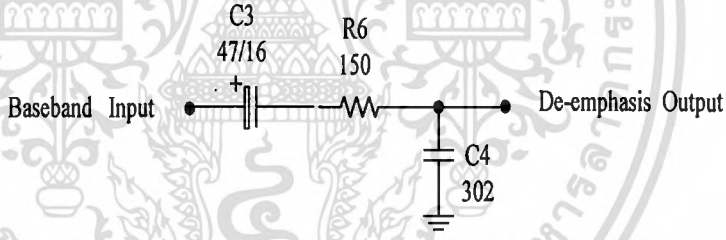
วิธีของการปรีเอ็มฟาซิส คือ การทำให้อัตราส่วนของสัญญาณเสียงต่อสัญญาณรบกวน (S/N) มีค่ามากขึ้น โดยปกติสัญญาณเสียงที่มีความถี่ต่ำจะมีแอมพลิจูดสูงกว่าความถี่สูง ดังนั้น จึงต้องลดระดับสัญญาณของสัญญาณเสียงที่ความถี่ต่ำก่อนทำการส่งทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอมพลิจูดของความถี่สูง จึงต้องลดระดับสัญญาณของสัญญาณเสียงที่ความถี่ต่ำก่อนทำการส่ง ทำให้แอมพลิจูดของความถี่สูง และความถี่ต่ำมีขนาดใกล้เคียงกัน



รูปที่ 3.2 วงจรบัฟเฟอร์



รูปที่ 3.3 วงจรดีเอ็มฟาซิส

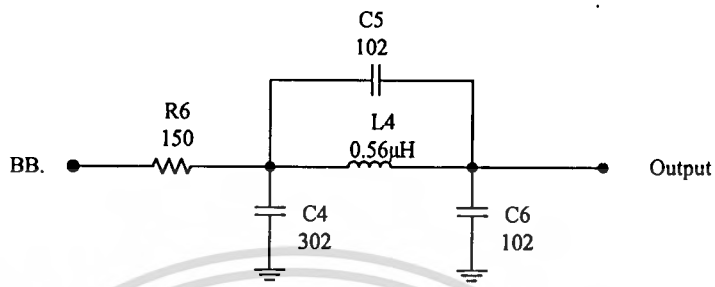
ดังนั้น สัญญาณรบกวนที่ถูกรวมเข้าไปในช่วงเวลาส่งจะมีแอมพลิจูดเล็กกว่าสัญญาณเสียง ในส่วนของดีเอ็มฟาซิสจะทำหน้าที่ตรงกันข้ามกับปรีเอ็มฟาซิส คือ ลดแอมพลิจูดของสัญญาณเสียงที่ความถี่สูง ทำให้ได้สัญญาณกลับคืนเหมือนเดิม ดังแสดงในรูปที่ 3.3

3.1.4 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter)

เมื่อทราบแล้วว่าเป็นสัญญาณภาพที่อยู่ในช่วงความถี่ 0 - 5 เมกกะเฮิรตซ์ และสัญญาณเสียงในระบบเอฟเอ็มความถี่ 5.5 เมกกะเฮิรตซ์ ต้องนำไปแยกสัญญาณระบบเอฟเอ็ม เพื่อให้ได้เป็นสัญญาณสัญญาณเสียงดังเดิม การแยกภาพ และเสียงออกจากกันทำได้โดยการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมบ์ฟิลเตอร์หรือปรับความถี่โดยใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน 5 เมกกะเฮิรตซ์ ทำหน้าที่เป็นวงจรแยกสัญญาณภาพ ซึ่งจะประกอบด้วย R6, C4, C5, C6 และ L4



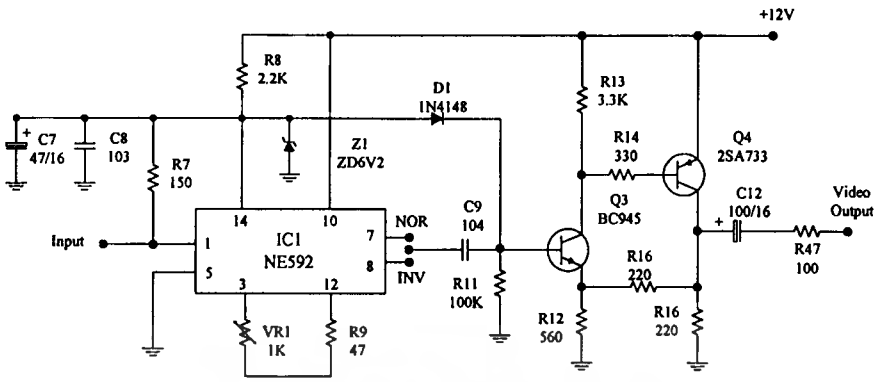
รูปที่ 3.4 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

3.1.5 วงจรขยายสัญญาณภาพ (Video Amplifier)

วงจรขยายสัญญาณภาพ ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณภาพให้มีความแรงเพียงพอสำหรับการใช้งาน ทั้งยังทำหน้าที่ในการชดเชยสัญญาณที่หล่นหายอีกกรณีหนึ่ง ซึ่งสัญญาณคอมโพสิตวิดีโอ ช่วงความถี่ 0 - 5 เมกกะเฮิรตซ์ จะถูกป้อนเข้ามายังวงจรขยายสัญญาณภาพเพื่อขยายให้มีกำลังสูงขึ้นพอที่จะป้อนให้เครื่องรับโทรทัศน์ และป้อนให้กับ RF Modulator ในที่นี้จะใช้ ไอซีสำเร็จรูปที่หาได้ง่าย การลดการรบกวนจากสัญญาณภาพจึงเลือกใช้วงจรกรองแถบความถี่ผ่านเข้าช่วยเพื่อเลือกเฉพาะช่วงที่เป็นสัญญาณเสียง

วงจรนี้เหมือนกับวงจรโทรทัศน์ขาวดำทั่วไป เพราะระบบนี้ไม่มุ่งหวังการแยกลูมิแนนซ์ และโครมิแนนซ์ออกจากกัน เพราะหากแยกออกจากกันแล้ว จำเป็นต้องมีวงจรยกระดับสัญญาณ ทำการยกระดับสัญญาณทันที ซึ่งหากมีการส่งในย่านความถี่เคยู กว้างขวางขึ้น ระบบที่เป็นดิจิตอลจำเป็นต้องแยกข้อมูลภาพ เพื่อสำรวจเส้นภาพว่าเป็นระบบเอชดีทีวี หรือระบบธรรมดา ส่งข้อมูลดังกล่าวออกไปทางจุดเอาต์พุตที่เป็นวีดิโอเอาต์พุต ซึ่งจุดต่อดังกล่าวต้องเสียบเข้ากับเครื่องรับโทรทัศน์ที่มีระบบเอวี โดยเสียบเข้าจุดที่เขียนว่า Video In ของโทรทัศน์ หากเป็นระบบธรรมดาจะต้องส่งเข้าวงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ หรืออาร์เอฟคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งทำหน้าที่เอาภาพ และเสียงมอดเป็นความถี่สถานีโทรทัศน์ ส่งออกเป็นสัญญาณอาร์เอฟ เพื่อเข้าไปจุดต่อของสายอากาศของเครื่องรับโทรทัศน์ต่อไป

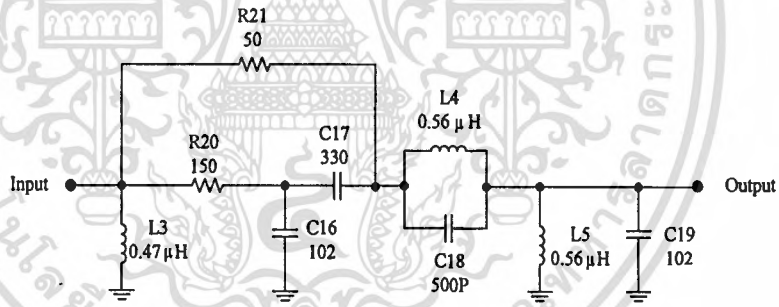
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรขยายสัญญาณภาพ

3.1.6 วงจรกรองแถบความถี่ผ่านย่าน 5 - 8 เมกกะเฮิรตซ์ (Band Pass Filter)

ใช้ฟิลเตอร์ชนิดพาสซีฟ ซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรกรองแถบความถี่ผ่านย่าน 5 - 8 เมกกะเฮิรตซ์

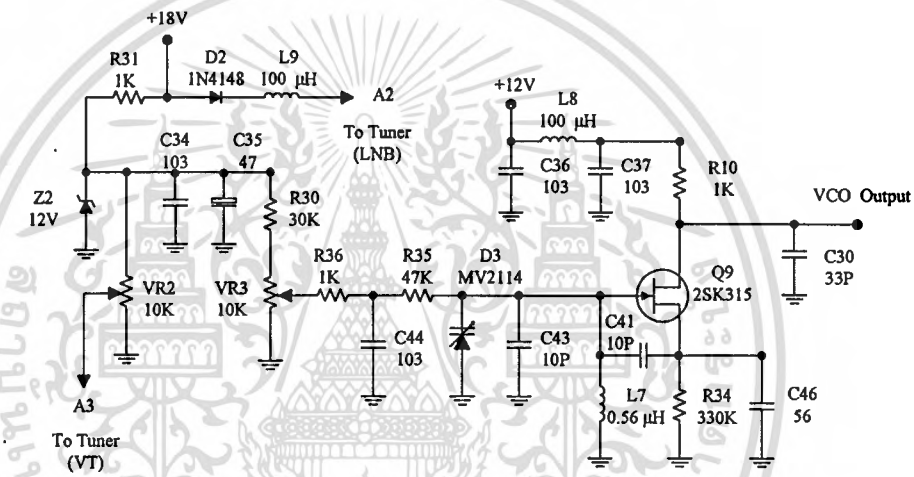
3.1.7 วงจรออสซิลเลเตอร์ชนิดควบคุมด้วยแรงดัน (Voltage Controlled Oscillator)

ใช้มอสเฟทชนิดเกทคู่ โดยเกทอันที่หนึ่งจะต่อเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ผลิตความถี่ช่วง 15.7 - 19.2 เมกกะเฮิรตซ์ ในการเปลี่ยนความถี่ของออสซิลเลเตอร์สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแรงดันไบอัสที่วาริแคปไดโอดทำให้ค่าความจุของไดโอดเปลี่ยนแปลงเป็นผลทำให้ความถี่เรโซแนนซ์เปลี่ยนแปลงตามด้วย และเกทอันที่สองจะเป็นการป้อนกลับจากภาคเอ็มเอฟดีเทกเตอร์ทำหน้าที่ควบคุมให้วงจรออสซิลเลเตอร์ผลิตความถี่ได้ถูกต้อง ชดเชยการเลื่อนความถี่ และลดความไม่เที่ยงตรงในการจูนความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.8 วงจรผสมสัญญาณ (Mixer)

ทำหน้าที่รวมหรือหักล้างสัญญาณความถี่ที่ได้จากวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน 5-8 เมกกะเฮิรตซ์ กับความถี่จาก VCO เพื่อให้ได้เอาต์พุตเป็นความถี่ 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นระบบเอฟเอ็มโดยทั่วไป การที่จะบีตความถี่ให้เป็นความถี่กลาง นั้นต้องมีหน่วยออสซิลเลเตอร์ผลิตความถี่สูงกว่าสัญญาณพาห์เสียงอยู่ 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ เพื่อบีตให้เกิดความถี่ผลต่าง 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ ส่งความถี่ดังกล่าวไปยังเซรามิคฟิลเตอร์ 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ เลือกเฟ้นความถี่ออกไปใช้งานต่อไป

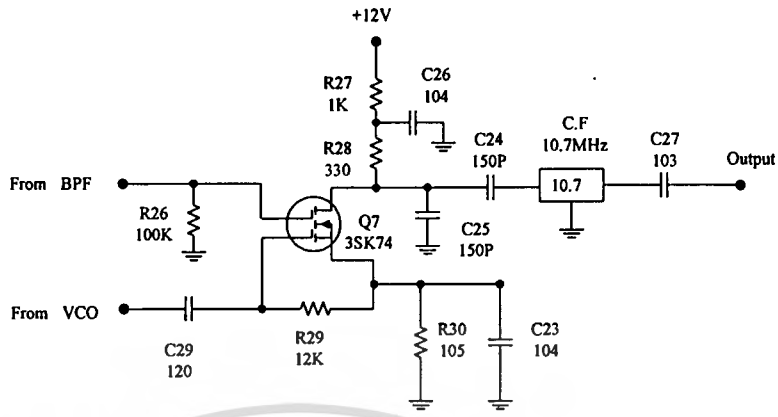


รูปที่ 3.7 วงจรออสซิลเลเตอร์ชนิดควบคุมด้วยแรงดัน

การที่ต้องใช้เซรามิคฟิลเตอร์กรองความถี่ 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ ก็คือวิธีการเดียวกับวิทยุ เนื่องจากเมื่อมีการบีตเกิดขึ้นนอกจากจะมีความถี่ผลต่างเกิดขึ้นแล้วยังมีความถี่ผลรวมเกิดขึ้นอีก รวมความถี่ในระบบนี้ตามหลักของการบีตแล้วเกิดความถี่รวมทั้งหมดถึง 4 ความถี่ด้วยกัน การจะเลือกความถี่ออกไปใช้งานจึงต้องมีวงจรกรองความถี่แยกไปใช้งาน

อย่างไรก็ตามหลักของการบีตที่ดีความถี่ออสซิลเลเตอร์จะต้องสูงกว่าความถี่สัญญาณพาห์ย่อยของเสียงเพื่อป้องกันการรบกวนของความถี่ฮาร์โมนิคส์ และความถี่ออสซิลเลเตอร์ต้องมีแอมเลิจูดสูงกว่าสัญญาณพาห์ย่อยของเสียง โดยตัวที่เป็นตัวกรองความถี่ต้องมีการตอบสนองความถี่ในแถบความถี่ให้ครบทุกๆ ความถี่ ซึ่งตอนนี้ได้มีการผลิตเซรามิคฟิลเตอร์ของเอฟเอ็มออกมาใช้ เนื่องจากระบบเสียงของเอฟเอ็มมีค่าแบนด์วิดท์กว้างกว่าระบบเสียงของโทรทัศน์อยู่แล้วจึงสามารถใช้ทดแทนกันได้เลย

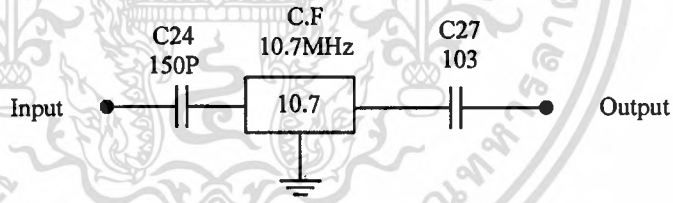
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วงจรมิกเซอร์

3.1.9 วงจรกรองแถบความถี่ย่าน 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ (Band Pass Filter Circuit)

ใช้เซรามิกฟิลเตอร์เป็นตัวทำหน้าที่ให้สัญญาณที่มีความถี่ 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ ผ่านไปได้เท่านั้น เซรามิกฟิลเตอร์นี้ มีให้เลือกใช้ทั้งแบนด์กว้าง และแบนด์แคบ



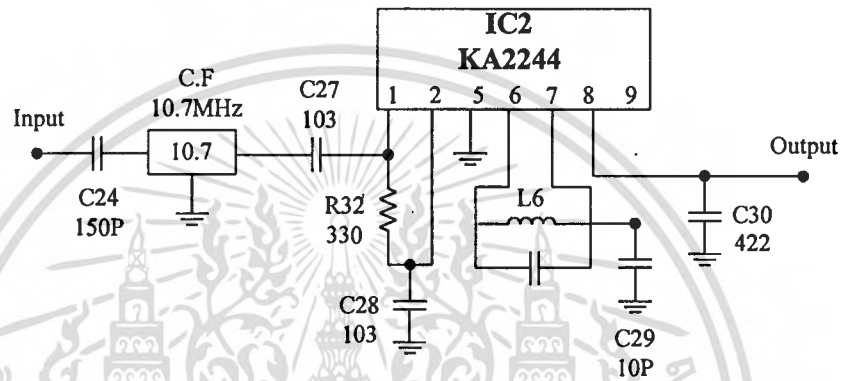
รูปที่ 3.9 วงจรวงจรกรองแถบความถี่ย่าน 10.7 เมกกะเฮิรตซ์

3.1.10 วงจรเอฟเอ็มดีเทคเตอร์ (FM Detector Circuit)

วงจรเอฟเอ็มดีเทคเตอร์ ใช้ ไอซี เบอร์ KA2244 ทำหน้าที่ดีเทคสัญญาณเสียงในระบบเอฟเอ็ม ให้เป็นสัญญาณเสียงตัวเดิมหรืออาจเรียกว่าวงจรแยกสัญญาณพาห์กับสัญญาณเสียงออกจากกัน เอาสัญญาณพาห์ทิ้งไป เอาสัญญาณเสียงไปใช้งาน เป็นวงจรที่เรียกว่าควอดเรเจอร์ดีเทคเตอร์ และเอาสัญญาณเสียงส่งออกไปยังเอาต์พุตที่เป็น ออดิโอเอาต์พุต เพื่อต่อเข้ากับจุดออดิโออินพุตของเครื่องรับโทรทัศน์ระบบเอวี หรือหากโทรทัศน์เครื่องนั้นเป็นระบบธรรมดาไม่มีจุดต่อเอวี ต้องทำให้ความถี่เสียงออกไปในรูปของอาร์เอฟโดยการส่งเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

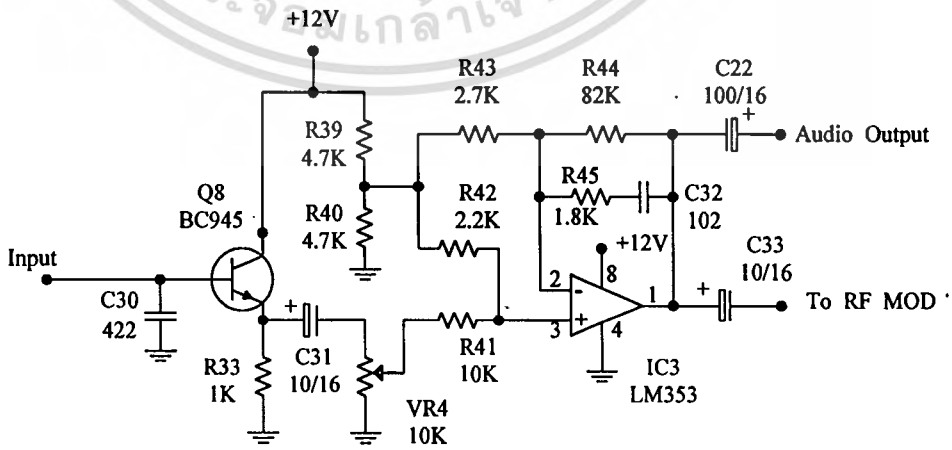
ยังหน่วยอาร์เอฟคอนเวอร์เตอร์ เพราะอาร์เอฟคอนเวอร์เตอร์ก็คือเครื่องส่งขนาดเล็กที่สามารถผสมสัญญาณเหมือนกับสถานีส่งเพียงแต่ว่าอาร์เอฟคอนเวอร์เตอร์ชุดนั้นจะเป็นความถี่ในระบบวีเอชเอฟ (VHF) หรืออาจจะเป็น อาร์เอฟคอนเวอร์เตอร์ระบบยูเอชเอฟ (UHF) แต่โดยทั่วไปจะส่งออกในแบนด์ของยูเอชเอฟ (UHF) เพื่อให้สัญญาณรบกวนระบบภาพมีน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้



รูปที่ 3.10 วงจรเอฟเอ็มดีเทกเตอร์

3.1.11 วงจรขยายสัญญาณเสียง (Audio Amplifier Circuit)

ใช้ไอซีออปแอมป์เบอร์ LM358 ต่อเป็นวงจรขยายดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 วงจรขยายสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

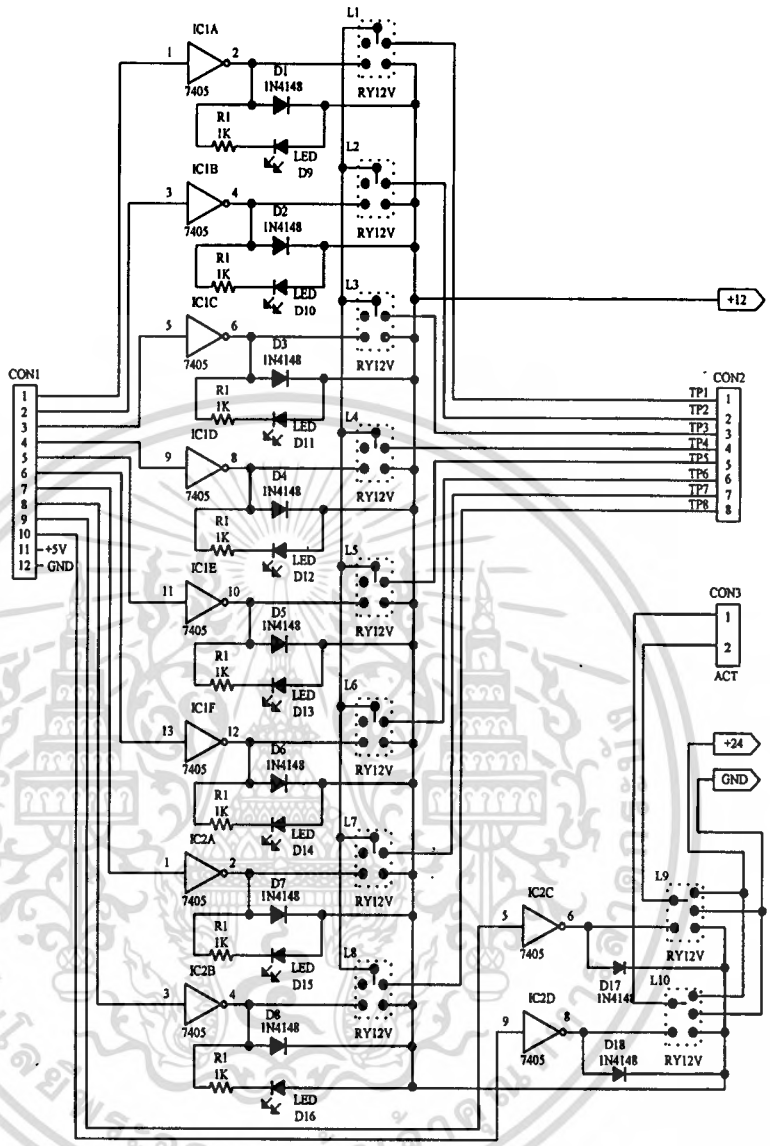
3.2 ภาคควบคุมการตัดต่อจุดทดสอบสัญญาณ

ภาคควบคุมการตัดต่อจุดทดสอบสัญญาณ สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนใหญ่คือ ส่วนที่ควบคุมการตัดต่อกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ตัวขับเคลื่อนจานสายอากาศ เพื่อไปทำการขับเคลื่อนจานสายอากาศให้ทำการปรับเปลี่ยนตำแหน่งมุมกวาดของจานสายอากาศ และอีกส่วนหนึ่งคือส่วนที่จะทำการควบคุมการเลือกนำเอาสัญญาณจากจุดทดสอบซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 8 จุดทดสอบ เพื่อนำมาแสดงผลที่จอแสดงผลของเครื่อง และที่จอภาพของออสซิลโลสโคป ในกรณีที่มีการเชื่อมต่ออยู่กับออสซิลโลสโคป การเลือกสัญญาณมาแสดงผลนี้สามารถกระทำได้ครั้งละเพียง 1 จุดเท่านั้น ลักษณะการทำงานของแต่ละส่วนสามารถอธิบายได้ดังนี้

ส่วนควบคุมการตัดต่อกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ตัวขับเคลื่อนจานสายอากาศ นั้นประกอบด้วยอินพุตสำหรับป้อนกระแสไฟฟ้าอยู่ 2 อินพุต อินพุตหนึ่งใช้สำหรับป้อนกระแสไฟฟ้าให้แก่ตัวขับเคลื่อนจานสายอากาศเพื่อควบคุมให้จานสายอากาศเปลี่ยนแปลงตำแหน่งมุมกวาดของจานสายอากาศไปในทิศทางตะวันออก และอีกอินพุตหนึ่งใช้สำหรับป้อนกระแสไฟฟ้าให้แก่เครื่องขับเคลื่อนจานสายอากาศ เพื่อทำการควบคุมให้จานสายอากาศเปลี่ยนแปลงตำแหน่งมุมกวาดของจานสายอากาศไปในทิศทางตะวันตก ส่วนประกอบที่สำคัญของส่วนนี้คือ รีเลย์ ขนาด 12V/ 3A จำนวน 2 ตัว

ส่วนควบคุมการเลือกนำสัญญาณจากจุดทดสอบจุดใดจุดหนึ่งมาแสดงผลนี้ จะทำการตัดต่อเลือกที่จะนำเอาสัญญาณจากจุดทดสอบซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 8 จุด มาแสดงผล ในการเลือกสัญญาณมาแสดงผลนี้สามารถจะทำได้เพียงจุดเดียวเท่านั้น ส่วนประกอบที่สำคัญของส่วนนี้คือ รีเลย์ ขนาด 12V/1A จำนวน 8 ตัว รีเลย์ ทั้งหมดนี้จะถูกต่อขา Common เข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นขา Common นี้เป็น 1 ในจำนวน 5 ขา ของ รีเลย์ ส่วนอีก 2 ขา คือขา Nc ซึ่งไม่ถูกต่อใช้งาน และอีก 2 ขาที่เหลือคือขา No จะถูกต่อเข้ากับจุดทดสอบแต่ละจุด รีเลย์ ทั้ง 8 ตัวจะถูกควบคุมการทำงานโดยชุดควบคุมร่วมกับ ไอซี เบอร์ 7405 ซึ่งเป็น ไอซี Not Gate Open Collector ทำหน้าที่ขับ รีเลย์ ทั้งหมดของภาคนี้ และที่ รีเลย์ ทุกตัวจะถูกต่อไว้ด้วยไดโอดเปล่งแสง เพื่อแสดงสภาวะการทำงานของ รีเลย์ แต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 วงจรควบคุมการตัดต่อจุดทดสอบสัญญาณ

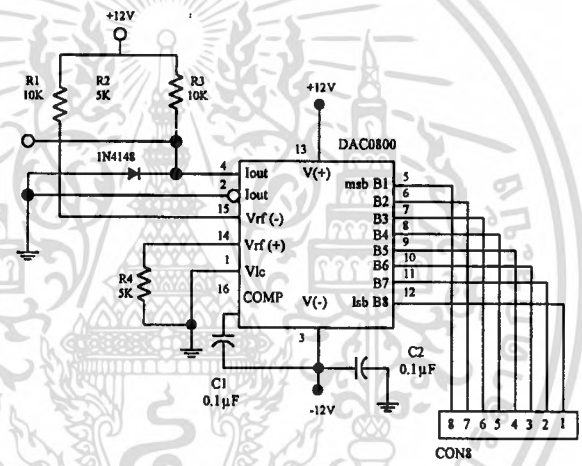
3.3 วงจรนับ (Counter Circuit)

วงจรนับ ใช้สำหรับนับจำนวนครั้งการตัดต่อสวิตช์แม่เหล็ก เมื่อจานสายอากาศได้เคลื่อนที่ไป ซึ่งใช้เป็นตัวบอกตำแหน่งของจานสายอากาศที่เคลื่อนที่ไป โดยใช้ ไอซี ทีทีแอลเบอร์ 74LS168 จำนวน 4 ตัว ใช้เป็นตัวนับจำนวนสัญญาณที่ได้จากการตัดต่อสวิตช์แม่เหล็ก ไอซี แต่ตัวจะทำการนับ 1- 10 จากคุณสมบัติของ ไอซีเบอร์ 74LS168 ที่สามารถเลือกลักษณะการนับได้ทั้งแบบนับขึ้น และนับลง โดยการสั่งจากโปรแกรม และสามารถตั้งค่าเริ่มต้นการนับได้หลังจากที่หยุดการเคลื่อนที่ของจานสายอากาศไปช่วงเวลาหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก (Digital to Analog Converter)

วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก ใช้อุปกรณ์หลักคือ ไอซี เบอร์ DAC0800 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แปลงสัญญาณจากสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก โดยจะทำการรับข้อมูลที่เป็นเลขฐานสองเข้ามาจากพอร์ตของ ไอซี เบอร์ 8255 ในพอร์ต A โดยที่แรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตของ ไอซี เบอร์ DAC0800 จะสามารถเปลี่ยนแปลงได้ทั้งซีกบวก และลบ โดยระดับของแรงดันไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับค่าของเลขฐานสองที่ส่งจากพอร์ต A ของ ไอซี เบอร์ 8255 ดั้งนั้นที่เอาต์พุตของของ ไอซี เบอร์ DAC0800 จะมีการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณทั้งหมด 256 ระดับ การต่อใช้งานจะแสดงให้เห็นดังรูปต่อไปนี้



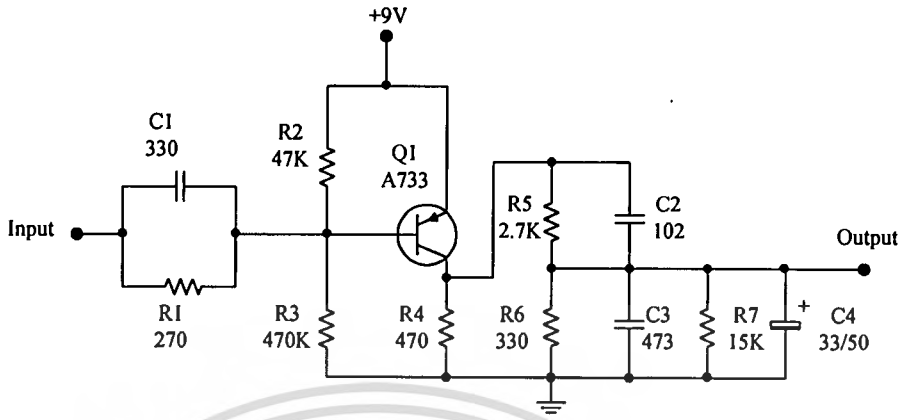
รูปที่ 3.14 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก

จากรูปที่ 3.14 แสดงให้เห็นการต่อวงจรเพื่อสร้างสัญญาณไฟบวกเพียงอย่างเดียวเท่านั้น การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตจาก 0 - 12 โวลต์ ซึ่งจะนำเอาไปใช้ในการจูนความถี่ที่ตัววาริแคปไดโอด ในการเลือกช่องสัญญาณของภาคจูนเนอร์

3.5 วงจรแยกสัญญาณซิงค์ (Synchronize Separator)

วงจรแยกสัญญาณซิงค์ จะอาศัยหลักการแยกสัญญาณซิงค์จากเครื่องรับโทรทัศน์มาใช้เพื่อนำเอาหลักการนี้มาใช้ในการค้นหาตำแหน่งของดาวเทียม และการปรับช่องสัญญาณแบบอัตโนมัติ ซึ่งมีวงจรแสดงในรูปที่ 3.15

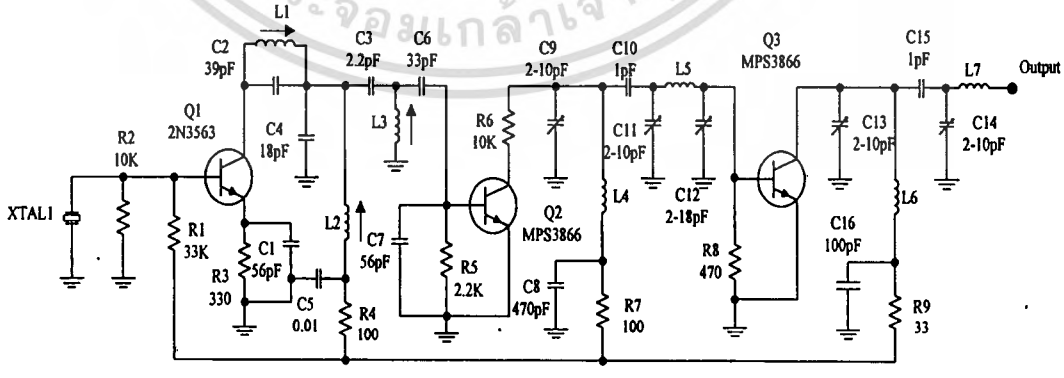
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 วงจรแยกสัญญาณซิงค์

3.6 วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator)

วงจรออสซิลเลเตอร์ จะอาศัยหลักการสร้างสัญญาณจากคริสตอล และผ่านวงจรขยายชนิดทวีความถี่เป็นสองเท่า คือ เริ่มจากความถี่จากคริสตอล 54.90625 เมกกะเฮิรตซ์ ซึ่งเพิ่มเป็น 110 เมกกะเฮิรตซ์, 220 เมกกะเฮิรตซ์ และ 440 เมกกะเฮิรตซ์ ตามลำดับ ซึ่งสามารถปรับจูนความถี่โดยตัวเก็บประจุปรับค่าได้ทางเอาต์พุตของวงจร สัญญาณที่ออกมาจะเป็นสัญญาณความถี่กลาง อย่างเดียว โดยไม่มีการมอดูเลตสัญญาณข่าวสารแต่อย่างใด



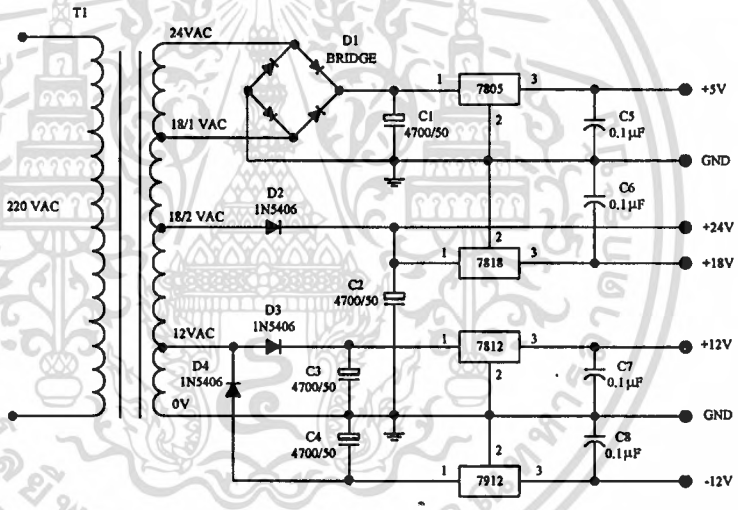
รูปที่ 3.16 วงจรออสซิลเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ภาคแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

ในส่วนของแหล่งจ่ายไฟตรงที่ใช้จ่ายให้แก่ชุดเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม มีดังนี้คือ ขนาดแรงดันไฟฟ้า 18 โวลท์ กระแส 200 มิลลิแอมป์ จะจ่ายให้กับตัวจูนเนอร์ ขนาดแรงดันไฟฟ้า 12 โวลท์ กระแส 1 แอมป์ จะจ่ายให้กับภาคต่างๆ ของเครื่องรับสัญญาณ และแรงดันไฟฟ้า 5 โวลท์ กระแส 700 มิลลิแอมป์

ส่วนตัวขับเคลื่อนจานสายอากาศ จะใช้แรงดันไฟฟ้าได้ระหว่าง 24 - 36 โวลต์ ซึ่งในวงจรจะใช้แรงดันไฟขนาด 24 โวลต์ เพราะจะทำให้ ตัวขับเคลื่อนจานสายอากาศ ทำงานในระดับความเร็วที่ต่ำ ทำให้ช่วงการกวาดหาคลื่นสัญญาณดาวเทียมของจานสายอากาศมีความละเอียดยิ่งขึ้น

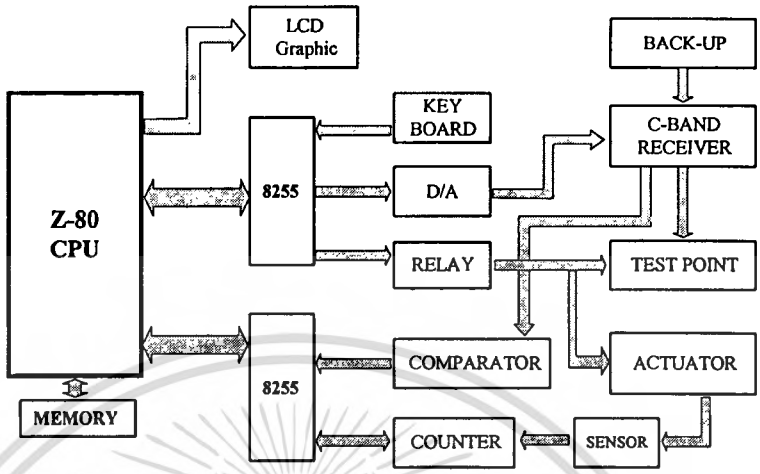


รูปที่ 3.17 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

3.8 ภาคควบคุมการทำงาน

ส่วนของภาคควบคุมนี้จะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 ในการควบคุม และประมวลผล โดยจะต่อกับหน่วยความจำถาวร (EPROM) และหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) ที่มีขนาดความจุ 32 กิโลไบต์ เพื่อเก็บโปรแกรม และข้อมูลการทำงาน และต่อกับจอแสดงผลผลึกเหลว ที่ใช้เป็นตัวแสดงผล ในส่านควบคุมกับภาคต่างๆ โดยต่อผ่านพอร์ตซึ่งใช้ ไอซี เบอร์ 8255 จำนวน 2 ตัวในการเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้ คือ แป้นพิมพ์ตัวเลข, ภาคแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก, ภาคควบคุมการตัดต่อจุดทดสอบ, วงจรนับ และวงจรแยกสัญญาณซิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 แผนผังการทำงานของภาคควบคุมการทำงาน

3.9 ภาคแสดงผล

ส่วนของภาคแสดงผลจะใช้จอ LCD DV 12864 ซึ่งเป็นจอ LCD Graphic ขนาด 128 x 64 Dot ซึ่งมีภาค Controller อยู่ภายใน (เบอร์ HD61202 และ HD61203) โดยการทำงานของ Controller จะมีลักษณะการแบ่งการควบคุมไว้ดังนี้

1. Line คือการอ้างอิงบรรทัดของข้อมูล ภายในจะแบ่งเป็น 64 แถว (com1-com 64)

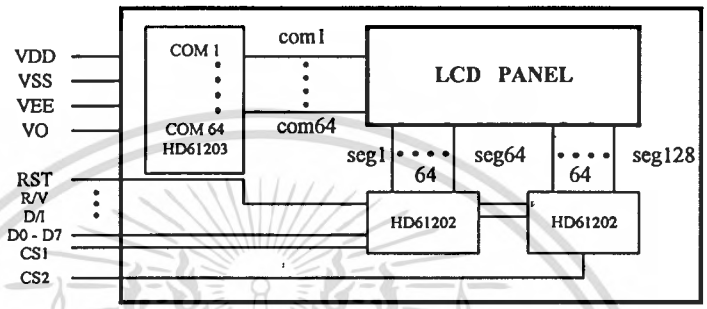
2. Page คือ X - Address เป็นการอ้างอิงถึงหน้าต่างของการแสดงผล ภายในหนึ่ง Page จะประกอบไปด้วย 8 Line ซึ่งจะเป็นการอ้างอิงข้อมูลด้วย Data Bus โดยตรง ภายในของ LCD จะประกอบด้วย 8 Page ซึ่งถูกชี้โดย X - Register โดยเมื่อต้องการให้ LCD แสดงผลที่หน้าต่างใดของจอ จะต้องตั้งค่า X ให้กับ LCD แล้ว ค่า X นั้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง จนกระทั่งจะมีการตั้งค่าใหม่ให้กับ LCD

3. เซกเมนต์ คือ Y - Address เป็นค่าพอยท์เตอร์ ในการชี้ที่อยู่ของข้อมูล ซึ่งภายใน LCD จะถูกควบคุมการชี้ของข้อมูล โดย HD61202 โดยในตัว HD61202 จะสามารถชี้ที่อยู่ของข้อมูลได้ 64 เซกเมนต์ ซึ่ง HD61202 ทั้งสองตัวก็จะสามารถทำการอ้าง เซกเมนต์ ได้ถึง 128 เซกเมนต์ โดยการใช้งาน เมื่อทำการตั้งค่า Y แล้ว ค่าจะถูกเพิ่มค่าขึ้นเสมอ เมื่อมีการอ่านหรือเขียนข้อมูลบน LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.1 โครงสร้างของ LCD

โครงสร้างภายในของ LCD จะประกอบด้วย ส่วนของตัวควบคุม โดยมี HD61203 จะควบคุมการอ้างอิง Page ของข้อมูล และ D61202 จะควบคุมในการอ้างของ เซกเมนต์ ซึ่งในการใช้งาน เราจะต้องควบคุมส่วนเหล่านี้ โดยการส่งรหัสควบคุมไปที่ขา LCD ดังนี้



รูปที่ 3.19 โครงสร้างภายใน และขาควบคุมของจอ LCD

-ขา RST เป็นขาที่ใช้ รีเซต การทำงานของ LCD

-ขา E เป็นขา Enable การรับส่งข้อมูลจะทำงานที่ Logic High และขอบขาลง

-ขา R/W เป็นขาที่ใช้กำหนดการอ่านหรือเขียนข้อมูล

-ขา D/I ใช้บอกถึงข้อมูลใน Data Bus ว่าเป็นรหัสควบคุมหรือเป็นส่วนของข้อมูล

-ขา CS1 Chip Select ของ HD61202 ตัวแรก

-ขา CS2 Chip Select ของ HD61202 ตัวที่สอง

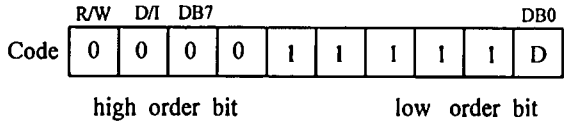
-ขา Data เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูล หรือรหัสควบคุม

3.9.2 คำสั่งควบคุมของ LCD

1. Display ON/OFF

เป็นคำสั่งควบคุมการแสดงผล โดยการแสดงผลจะขึ้นอยู่กับค่า D (DB0) เมื่อค่า D เป็นลอจิก 1 LCD จะทำการแสดงผล และเมื่อค่า D เป็น ลอจิก 0 LCD จะไม่ทำการแสดงผล ข้อมูลภายใน LCD จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากคำสั่งนี้

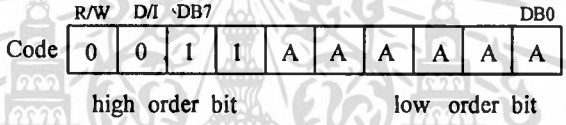
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 รูปแบบคำสั่งควบคุมการแสดงผล

2. Display Start Line

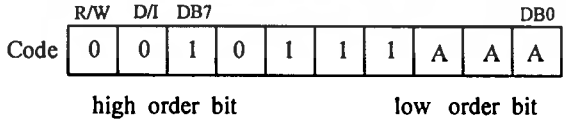
ค่า A จะเป็นค่าหมายเลขบรรทัด ที่จะให้ LCD แสดงผลเป็นบรรทัดแรกของจอภาพ ซึ่งในรูปที่ 3.20 จะเป็นตัวอย่างของการเลือกค่า Line จาก 0-3 ซึ่งจะทำให้การแสดงผลแตกต่างกันออกไป



รูปที่ 3.21 รูปแบบคำสั่งกำหนดค่าหมายเลขบรรทัด

3. Set Page (X - Address)

ค่า AAA ของคำสั่งจะเป็นการตั้งค่า X - Address ซึ่งหลังจากการทำคำสั่งนี้แล้ว ข้อมูลจาก DB0 - DB7 จะเป็นการติดต่อกับ RAM ที่ Page นี้ตลอด จนกว่าจะมีการตั้งค่าใหม่ให้กับ LCD

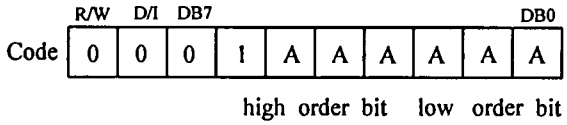


รูปที่ 3.22 รูปแบบคำสั่งการตั้งค่า X - Address

4. Set Page (Y - Address)

ค่า A ของคำสั่งจะเป็นการตั้งค่า Y - Address (ค่า Y จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-63) และค่า Y จะเพิ่มขึ้นทีละ 1 เมื่อมีการอ่านหรือเขียนข้อมูล จาก CPU

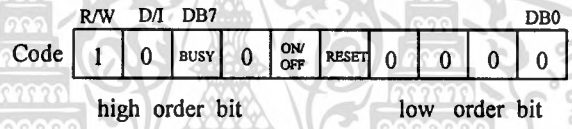
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 รูปแบบคำสั่งการตั้งค่า Y - Address

5. Status Read

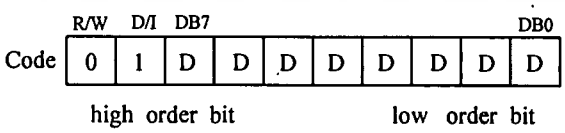
เป็นการอ่านค่าสถานะของ LCD โดยถ้าค่า Busy เป็น ลอจิก 1 LCD จะทำงานในส่วนภายใน ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถทำการควบคุม LCD ในขณะนี้ได้ เพราะฉะนั้นเพื่อให้แน่ใจในการควบคุมครั้งต่อไป จะต้องตรวจค่า Busy ให้ได้ค่าเป็น ลอจิก 0 เสียก่อน



รูปที่ 3.24 รูปแบบคำสั่งการอ่านค่าสถานะของ LCD

6. Write Display Data

การเขียนข้อมูลเข้าไปใน LCD ซึ่งข้อมูล DDDDDDDD จะถูกเก็บใน LCD RAM และค่า Y จะถูกเพิ่มขึ้นอีกค่าหนึ่ง



รูปที่ 3.25 รูปแบบคำสั่งควบคุมการเขียนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Read Display Data

เป็นการอ่านข้อมูลที่แสดงผล โดย LCD จะให้ค่าของข้อมูลออกมาที่ Data Bus ค่า Y จะถูกเพิ่มค่าขึ้นอีกหนึ่งค่า เช่นเดียวกับการเขียนข้อมูล

	R/W	D/I	DB7							DB0
Code	1	1	D	D	D	D	D	D	D	D
	high order bit							low order bit		

รูปที่ 3.26 รูปแบบคำสั่งควบคุมการอ่านข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี	1	ชุด
2. ออสซิลโลสโคป	1	เครื่อง
3. มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
4. เครื่องรับโทรทัศน์	1	เครื่อง
5. จานสายอากาศดาวเทียมแบบเคลื่อนที่	1	ชุด

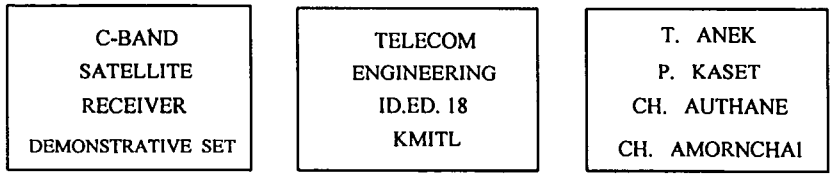
4.2 ขั้นตอนการทดลอง

เมื่อทำการประกอบวงจรของภาคต่างๆ เป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์ แล้วทำการทดลอง โดยแบ่งขั้นตอนของการทดลองออกเป็นดังนี้

4.2.1 การทดลองการค้นหาตำแหน่งดาวเทียมแบบอัตโนมัติ

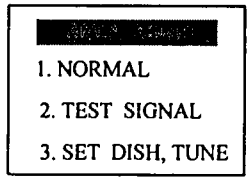
การค้นหาตำแหน่งของดาวเทียมแบบอัตโนมัติจะทำการควบคุมโดยตรงจากแป้นพิมพ์ การทำงานจะทำในโหมด SET DISH, TUNE ในโหมดนี้จะใช้สำหรับควบคุมตำแหน่งการรับสัญญาณของจานสายอากาศ และการปรับรับสัญญาณในการรับชมให้ตรงช่องรายการ ซึ่งยังแบ่งออกเป็นโหมด DISH และโหมด TUNE โดยมีลำดับขั้นการทดลองดังต่อไปนี้

1. จากรายการเลือกหลัก เลือกกดหมายเลข 3 จะเข้าสู่โหมด SET DISH, TUNE
2. กดหมายเลข 1 เพื่อทำการควบคุมจานสายอากาศ

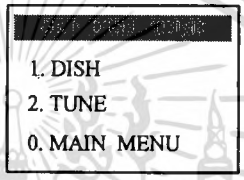


รูปที่ 4.1 ข้อความที่แสดงหลังการเปิดเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

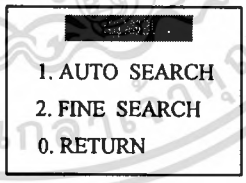


รูปที่ 4.2 ข้อความที่หน้าจอของรายการเลือกหลัก



รูปที่ 4.3 รายการเลือกการตั้งค่าจานสายอากาศ และช่องสัญญาณ

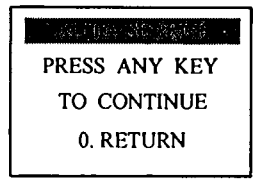
1. DISH เป็นโหมดการตั้งจานสายอากาศแบ่งออกได้เป็นรายการเลือกย่อยๆ ได้ 2 ส่วน ดังรูปที่ 4.4 คือ



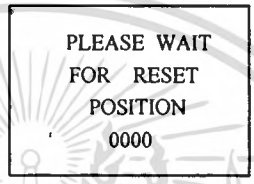
รูปที่ 4.4 รายการเลือกของการควบคุม และติดตั้งจานสายอากาศ

1.1 AUTO SEARCH เป็นโหมดการค้นหาตำแหน่งดาวเทียมอัตโนมัติจะมีการทำงานเป็นลำดับขั้นตามที่แสดงการทำงานที่หน้าจอ คือแสดงข้อความทบทวนเพื่อให้ตัดสินใจที่จะเข้าสู่การทำงานในหารค้นหาตำแหน่งดาวเทียมอัตโนมัติ และเริ่มต้นตำแหน่งจานสายอากาศที่ตำแหน่งเริ่มต้นเพื่อเริ่มทำการค้นหา

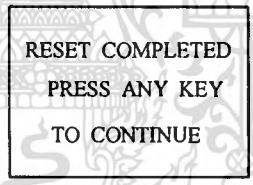
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ข้อความ ย้ำการค้นหาตำแหน่งอัตโนมัติ



รูปที่ 4.6 ข้อความให้รอ เพื่อเริ่มต้นตำแหน่งจานสายอากาศ



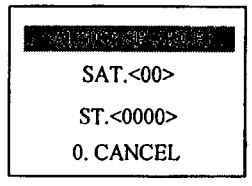
รูปที่ 4.7 ข้อความแจ้งการสิ้นสุดการหาตำแหน่งเริ่มต้น

การเริ่มต้นการค้นหาตำแหน่งดาวเทียมดวงที่รับได้ชัดเจนภายในพื้นที่โดยจะแจ้งจำนวนที่ค้นพบในขณะนั้น และเมื่อสิ้นสุดการค้นหาเครื่องก็แจ้งข่าวสารยืนยันให้ทราบ และจะทำการเลือกตำแหน่งดาวเทียมตำแหน่งรองสุดท้ายให้เป็นตำแหน่งปัจจุบันของเครื่อง

เมื่อเข้าสู่โหมด AUTO SEARCH กดปุ่มใดๆ ก็ได้เพื่อทำการยกเลิกตำแหน่งของจานสายอากาศให้มาอยู่ที่ตำแหน่ง (0000) โดยจานสายอากาศจะอยู่ในจุดเริ่มต้น ทางด้านทิศตะวันตก หน้าจอจะแสดงรูปที่ 4.6

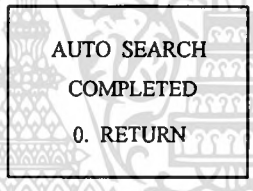
เมื่อทำคำสั่งยกเลิกตำแหน่งจานสายอากาศเสร็จสิ้น จะมีการแสดงข้อความบอกว่าทำการยกเลิกตำแหน่งจานสายอากาศเป็นที่เรียบร้อยจะแสดงหน้าจอรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

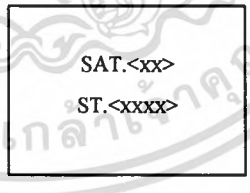


รูปที่ 4.8 ตำแหน่งของจานสายอากาศ และลำดับของดาวเทียมที่ค้นพบ

โดยจะบอกลำดับของดาวเทียมที่ทำการค้นหา โดยเริ่มจากดวงแรกจะทำการบันทึกตำแหน่งไว้ จากนั้นจะทำเช่นนี้ไปจน เครื่องขับเคลื่อนจานสายอากาศจะทำงานไปสุดทางด้านทิศตะวันออก (อีกด้านหนึ่ง) จะแสดงข้อความเสร็จสิ้น การค้นหาอัตโนมัติดังรูป



รูปที่ 4.9 ข้อความสิ้นสุดการค้นหา



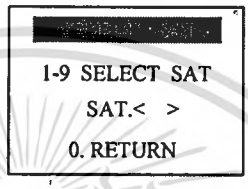
รูปที่ 4.10 ตำแหน่งปัจจุบันของจานสายอากาศ

เมื่อทำการค้นหาอัตโนมัติเสร็จสิ้น ก็จะแสดงตำแหน่งของดาวเทียมดวงสุดท้ายที่ค้นพบได้ เพื่อทำการตรวจสอบว่าตรงกับดาวเทียมหรือไม่ ก็โดยการเลื่อนสวิตซ์โหมดไปที่ Manual จากนั้นหมุน ตัวปรับภาพ เพื่อการรับช่องสัญญาณรายการต่างๆ เมื่อต้องการรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงอื่นๆ ทำได้โดยการกดหมายเลข 1 - 9 ได้ เครื่องก็จะทำการขับเคลื่อนจานสายอากาศไปยังตำแหน่งของดาวเทียมที่บันทึกไว้ตามหมายเลขช่อง 1 - 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2. FINE SEARCH แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนย่อย ดังนี้คือ

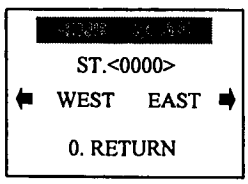
1.2.1 SELECT SAT ใช้สำหรับการเลือกตำแหน่งของดาวเทียม ที่ได้ค่าจากการค้นหาตำแหน่งดาวเทียมอัตโนมัติ (AUTO SEARCH) แล้วได้ทำการบันทึกค่าเอาไว้ การเลือกตำแหน่งดาวเทียมที่ต้องการโดยการกดหมายเลข 1 - 9 ชุดสาธิตจะทำการควบคุมเครื่องขับจานสายอากาศ ไปยังตำแหน่งของดาวเทียมดังกล่าวดังรูปที่ 4.11 และ ตำแหน่งของจานสายอากาศในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.11 ข้อความเพื่อรับค่าดาวเทียมดวงที่เลือก

รูปที่ 4.12 ตำแหน่งของจานสายอากาศปัจจุบัน

1.2.2 FINE SCAN ใช้สำหรับปรับตำแหน่งของจานสายอากาศโดยละเอียด การควบคุมให้จานสายอากาศเคลื่อนที่ได้โดยการกดคีย์ลูกศร ในทิศทางตะวันออกและตะวันตก ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 การปรับตำแหน่งจานสายอากาศโดยละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดลองการค้นหาช่องสัญญาณดาวเทียม

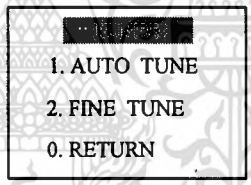
TUNER โหมดนี้แยกออกได้เป็นรายการเลือกสำหรับการค้นหาช่องสัญญาณอัตโนมัติ และปรับช่องสัญญาณโดยละเอียดดังรูปที่ 4.14

ขั้นตอน การเข้าสู่ โหมด TUNE สามารถทำได้โดย

- จาก MAIN MENU กดหมายเลข 3 จะเข้าสู่โหมด SET DISH, TUNE
- กดหมายเลข 2 เข้าสู่โหมด TUNER โดย โหมดนี้จะแบ่งออกเป็น 2 โหมดย่อยดังนี้

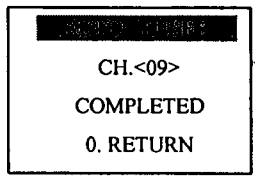
1. AUTO TUNER คือการค้นหาช่องสัญญาณอัตโนมัติ

การใช้คำสั่ง AUTO TUNE ก่อนทำการค้นหาช่องสัญญาณอัตโนมัติ ต้องตรวจสอบก่อนว่า ได้ทำการค้นกาตำแหน่งของดาวเทียมตรงดาวเทียมหรือไม่ ถ้ายังไม่ตรงให้ใช้โหมดการทำงาน FINE DISH ช่วยในการปรับหาตำแหน่งของจานสายอากาศ



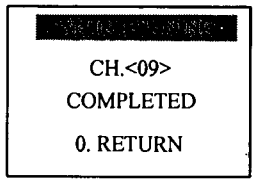
รูปที่ 4.14 รายการเลือกการตั้งช่องสัญญาณ

3. กดหมายเลข 1 เพื่อทำการ AUTO TUNE โดยเครื่องจะทำการค้นหาช่องสัญญาณ เมื่อค้นพบช่องที่มีสัญญาณภาพ ก็จะทำการบันทึกตำแหน่งเอาไว้ จนครบ 9 ช่อง จะสิ้นสุดการค้นหาช่องสัญญาณ



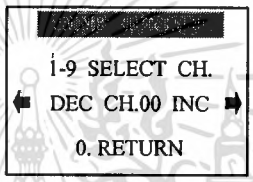
รูปที่ 4.15 จำนวนช่องที่ค้นพบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ข้อความสิ้นสุดการค้นหา

2. FINE TUNER ใช้สำหรับการปรับช่องการรับช่องญาณโดยละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 4.17 การปรับช่องสัญญาณโดยละเอียด

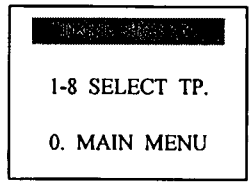
เมื่อทำการค้นหาช่องสัญญาณอัตโนมัติเสร็จสิ้นแล้ว ก็กดหมายเลข 1-9 เพื่อรับชมรายการอาจต้องปรับแต่งช่องสัญญาณโดยละเอียด ในโหมดของ FINE TUNE โดยการกดหมายเลขช่อง แล้วกดคีย์ลูกศร เพื่อเพิ่ม และลดค่าในการปรับละเอียด

4.2.3 การทดลองชุดกำเนิดสัญญาณสำรองจากภาคแสดงผล

รายการเลือกสำหรับการใช้เครื่องสาธิตการรับสัญญาณผ่านดาวเทียมย่านความถี่ซีในการวัดทดสอบสัญญาณ โดยการกดคีย์หมายเลข 2 ในรายการเลือกหลักสำหรับการวัด และทดสอบสัญญาณซึ่งมีด้วยกัน 8 จุดหลักๆ เมื่อทำการเลือกโดยการกดคีย์ใด เครื่องก็จะต่อจุดทดสอบ ในจุดที่ได้เลือก และส่งสัญญาณที่เลือกนั้นไปยังเอาต์พุตเพียงจุดเดียวเท่านั้น ในโหมดของการวัดสัญญาณ ที่ใช้สำหรับการวัด และการทดสอบโดยจะมีรายละเอียดดังนี้

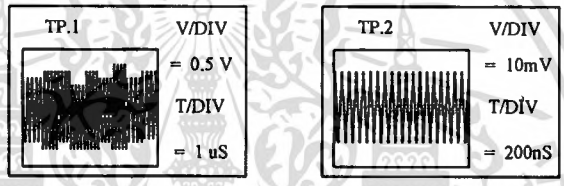
1. จุดทดสอบสัญญาณจะมีทั้งหมด 8 จุด ซึ่งเลือกมาเฉพาะภาคที่มีการทำงานสำคัญๆ โดยเมื่อทำการวัดสัญญาณที่จุดทดสอบใดก็จะมีการแสดงผลบนจอผลึกเหลว และยังตัดต่อสัญญาณนั้นออกทางจุด TP Output เพื่อทำการวัดสัญญาณจริงโดยใช้ออสซิลโลสโคป อีกทั้งยังมีไฟแสดงจุด และสถานะการวัดสัญญาณขึ้นที่แผนผังการทำงานของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม จะช่วยให้เข้าใจง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

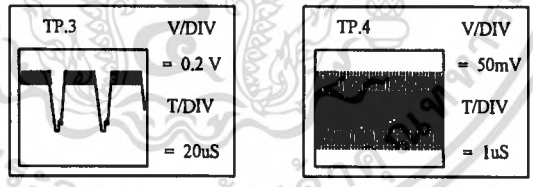


รูปที่ 4.18 หน้าจอของรายการเลือกจุดวัดทดสอบสัญญาณ

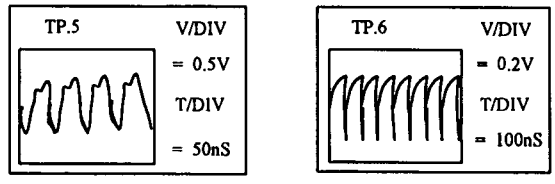
2. ในส่วนของการแสดงผลสัญญาณบนจอแสดงผล จะแสดงค่า Time/Div, Volt/Div และตำแหน่งจุดทดสอบที่ทำการวัดอยู่



รูปที่ 4.19 สัญญาณที่ได้จากจุดทดสอบที่ 1 และ 2

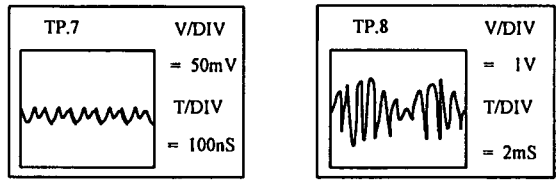


รูปที่ 4.20 สัญญาณที่ได้จากจุดทดสอบที่ 3 และ 4



รูปที่ 4.21 สัญญาณที่ได้จากจุดทดสอบที่ 5 และ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 สัญญาณที่ได้จากจุดทดสอบที่ 7 และ 8

4.2.4 การทดลองการวัดสัญญาณจากจุดทดสอบ

การทดลองวัดสัญญาณจากจุดทดสอบการทำงานของวงจรเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม จะมีจุดที่ใช้ทำการวัดทดสอบสัญญาณอยู่ 8 จุด ตามสัญญาณที่ได้จากภาคต่างๆ ของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ซึ่งมีดังนี้

จุดทดสอบที่ 1 สัญญาณเบสแบนด์

จุดทดสอบที่ 2 สัญญาณที่ได้จากวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน 0 - 5 เมกกะเฮิรตซ์

จุดทดสอบที่ 3 สัญญาณที่ได้จากวงจรวิดีโอ ดีเทคเตอร์

จุดทดสอบที่ 4 สัญญาณที่ได้จากวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน 5 - 8 เมกกะเฮิรตซ์

จุดทดสอบที่ 5 สัญญาณที่ได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์ควบคุมด้วยแรงดัน

จุดทดสอบที่ 6 สัญญาณที่ได้จากวงจรผสมสัญญาณ

จุดทดสอบที่ 7 สัญญาณที่ได้จากวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน 10.7 เมกกะเฮิรตซ์

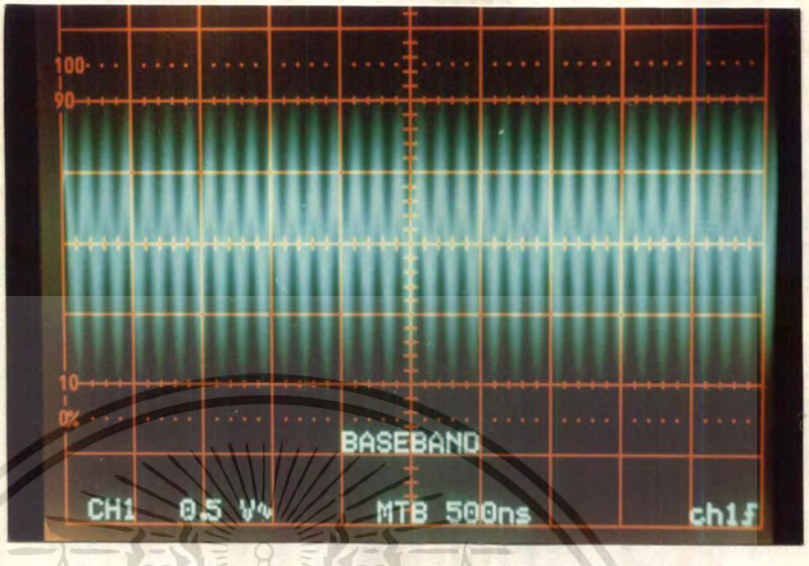
จุดทดสอบที่ 8 สัญญาณที่ได้จากวงจรเอฟเอ็ม ดีเทคเตอร์

4.3 ผลการทดลองวัดสัญญาณ

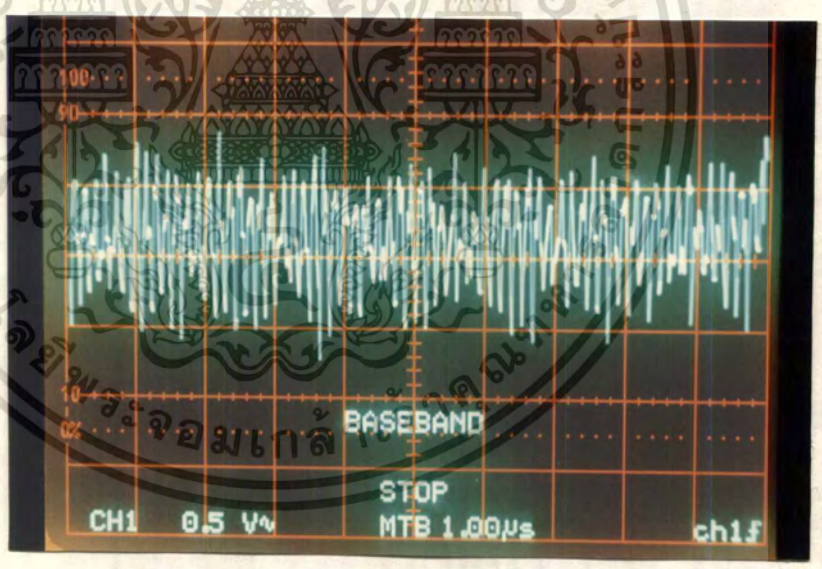
จุดทดสอบที่ 1

สัญญาณเบสแบนด์จะประกอบด้วยสัญญาณวิดีโอคอมโพสิต และคลื่นพาห์ย่อยของเสียง ซึ่งมีความถี่อยู่ในช่วง 0 - 10 เมกกะเฮิรตซ์ เมื่อวัดสัญญาณด้วยออสซิลโลสโคปจะได้สัญญาณดังในรูปที่ 4.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 สัญญาณเบสแบนด์ที่วัดสัญญาณด้วยแอนะลอกออสซิลโลสโคป

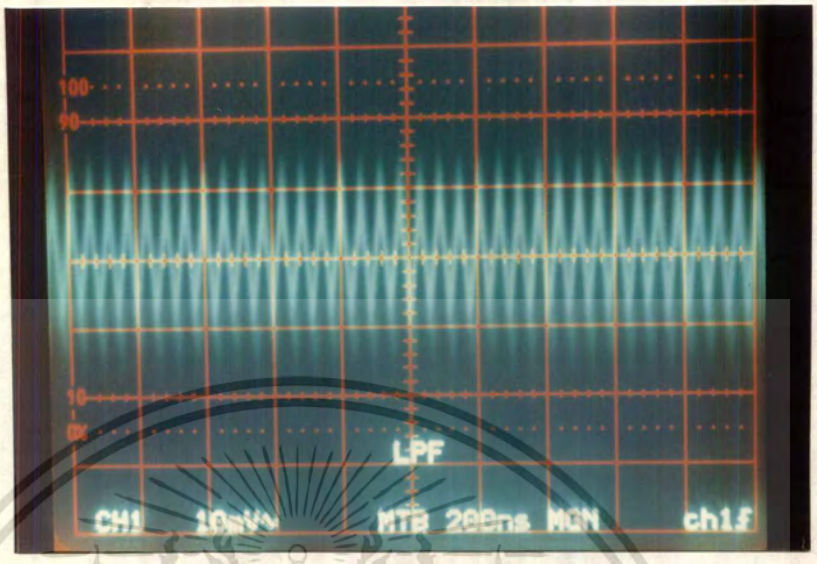


รูปที่ 4.24 สัญญาณเบสแบนด์ที่วัดสัญญาณด้วยดิจิตอลออสซิลโลสโคป

จุดทดสอบที่ 2

เป็นสัญญาณที่ได้จากวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ซึ่งเป็นสัญญาณภาพที่ยังไม่ได้ทำการแยก สัญญาณ โดยอยู่ในช่วงความถี่ 0 - 5 เมกกะเฮิรตซ์ เมื่อวัดสัญญาณด้วยออสซิลโลสโคปจะได้สัญญาณดังในรูปที่ 4.25

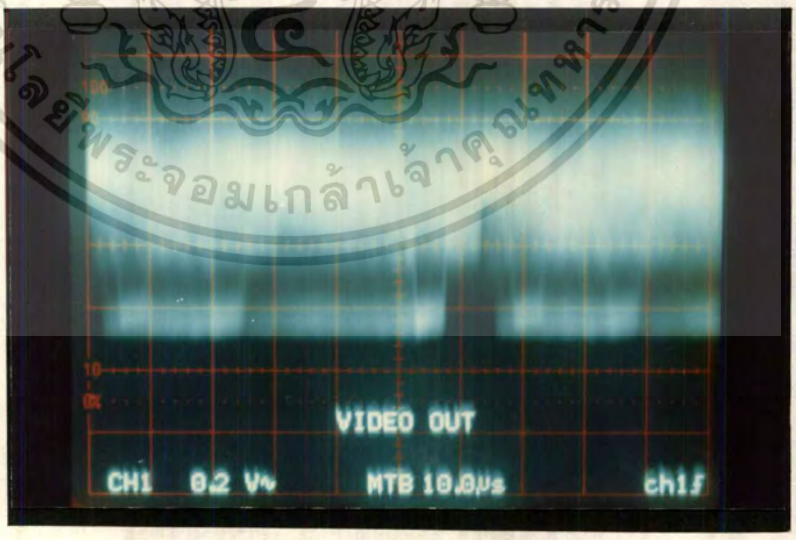
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่วัดด้วยออสซิลโลสโคป

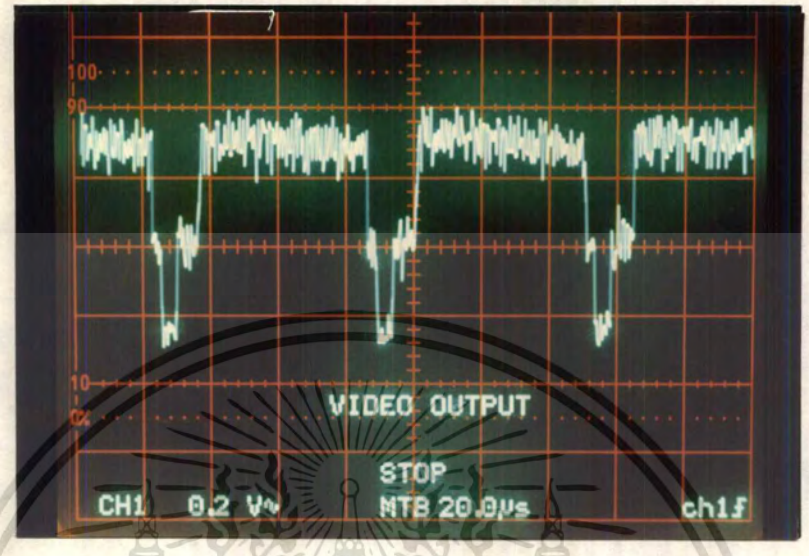
จุดทดสอบที่ 3

เป็นสัญญาณภาพ ซึ่งได้จากวงจรวิดีโอดีเทคเตอร์ ก่อนที่จะต้องส่งเข้าวงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ หรืออาร์เอฟคอนเวอร์เตอร์ (RF Converter)

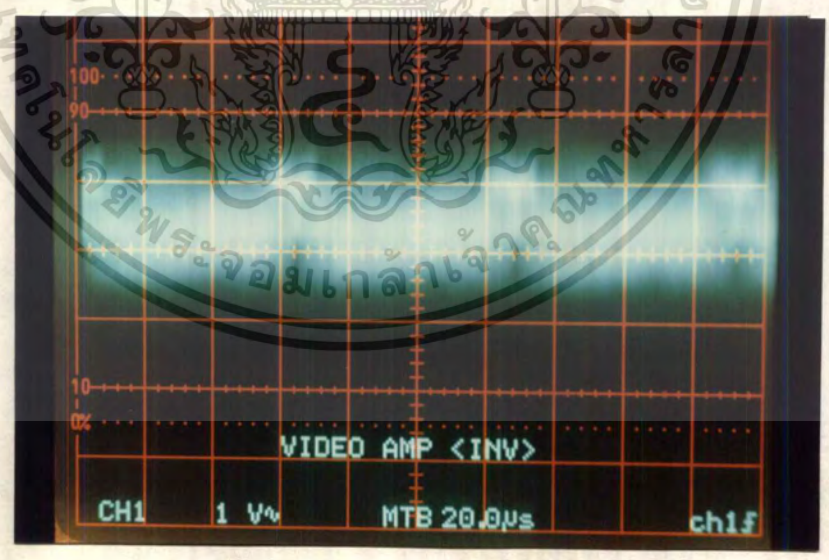


รูปที่ 4.26 สัญญาณวิดีโอแบบปกติ ที่วัดสัญญาณด้วยแอนะลอกออสซิลโลสโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

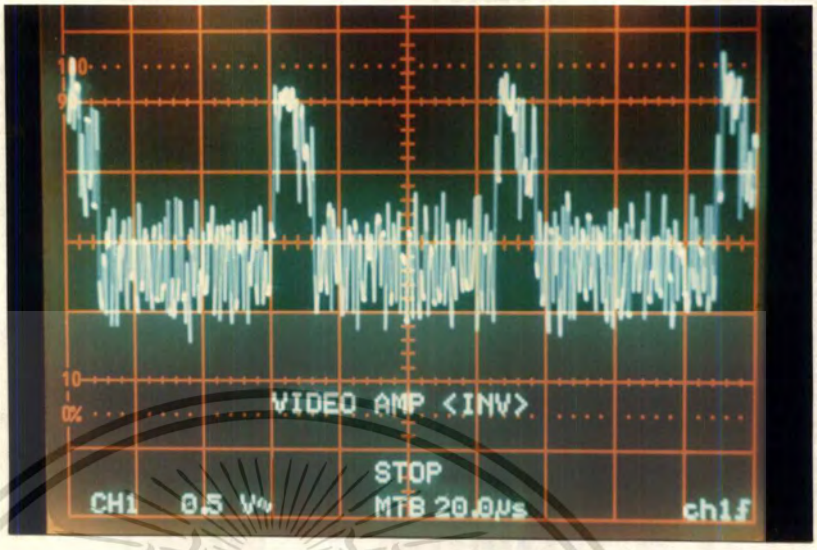


รูปที่ 4.27 สัญญาณวิดีโอแบบปกติที่วัดด้วยดิจิตอลออสซิลโลสโคป



รูปที่ 4.28 สัญญาณวิดีโอแบบกลับสัญญาณที่วัดด้วยแอนะลอกออสซิลโลสโคป

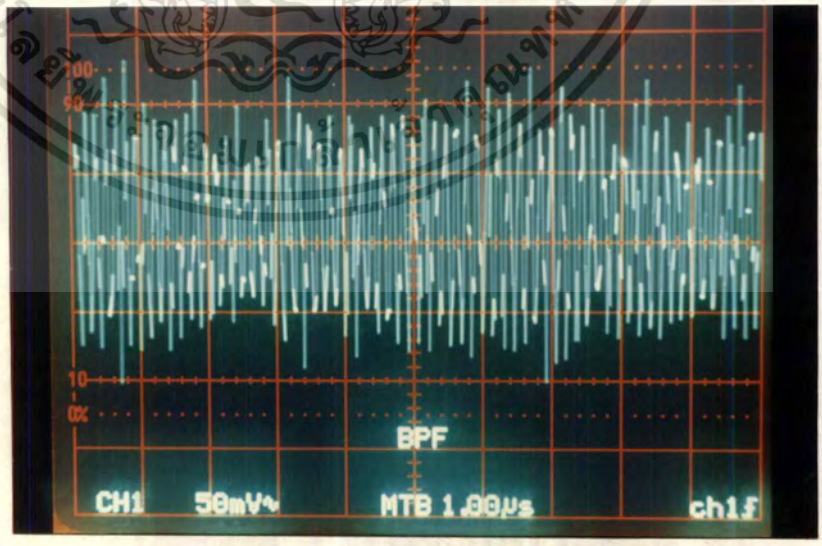
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 สัญญาณวิดีโอ (INV) ที่วัดสัญญาณด้วยดิจิตอลออสซิลโลสโคป

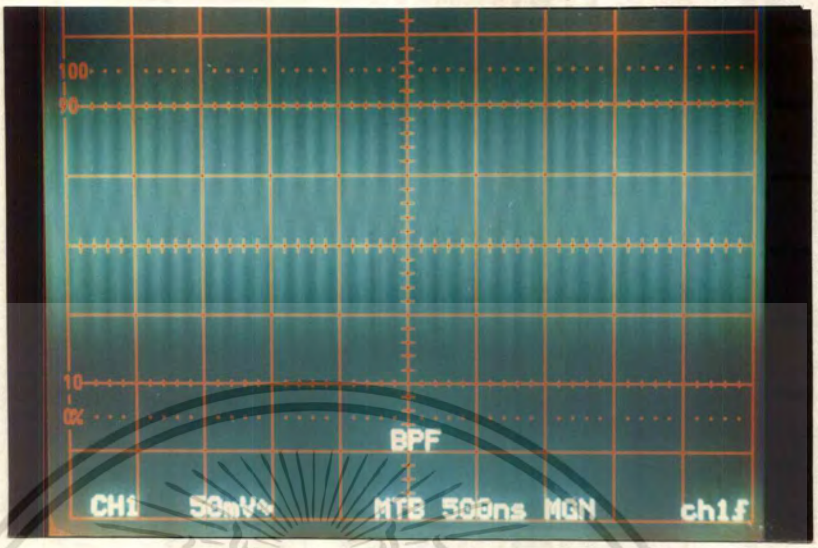
จุดทดสอบที่ 4

เป็นสัญญาณที่ได้จากวงจรกรองแถบความถี่ผ่านย่าน 5 - 8 เมกกะเฮิรตซ์ ซึ่งจะเป็นส่วนของสัญญาณเสียงที่จะต้องนำไปรวมกับสัญญาณจากวงจร VCO ที่ภาคผสมสัญญาณ และนำไปดีเทคสัญญาณในระบบเอฟเอ็มเพื่อให้ได้เป็นสัญญาณเสียงดังเดิม



รูปที่ 4.30 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรกรองแถบความถี่ผ่านที่วัดด้วยดิจิตอลออสซิลโลสโคป

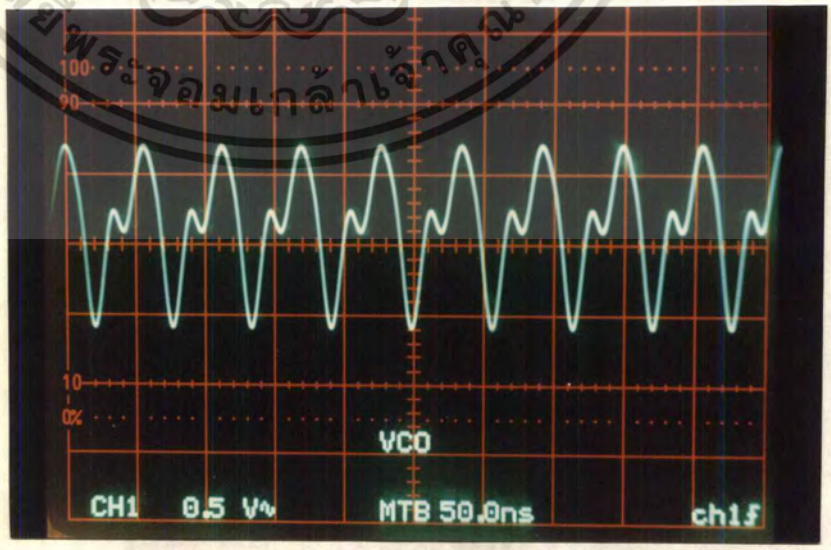
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรกรองแถบความถี่ผ่านที่วัดสัญญาณด้วยแอนะลอกออสซิลโลสโคป

จุดทดสอบที่ 5

สัญญาณที่ได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์ควบคุมด้วยแรงดัน วงจรออสซิเลเตอร์จะผลิตความถี่ช่วง 15.7 - 19.2 เมกกะเฮิรตซ์ เพื่อนำไปผสมกับสัญญาณจากวงจรกรองแถบความถี่ผ่านที่วงจรผสมสัญญาณต่อไป เมื่อทำการวัดสัญญาณด้วยออสซิลโลสโคปจะได้ดังรูปที่ 4.32

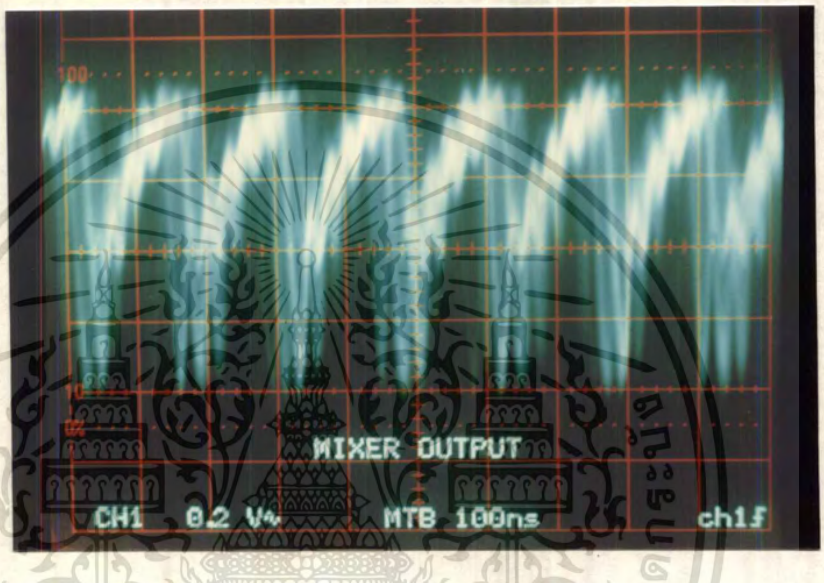


รูปที่ 4.32 สัญญาณความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่วัดสัญญาณด้วยออสซิลโลสโคป

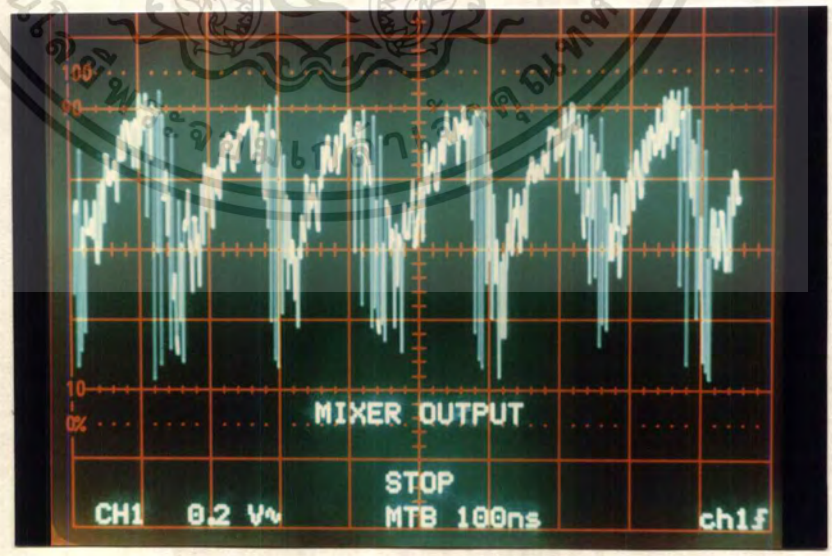
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดทดสอบที่ 6

เป็นสัญญาณที่ได้จากวงจรผสมสัญญาณ ซึ่งเป็นการผสมสัญญาณระหว่างวงจรกรองแถบความถี่ผ่านช่วง 5 - 8 เมกกะเฮิรตซ์ กับสัญญาณที่ได้จากวงจร VCO เพื่อที่จะนำสัญญาณนี้ไปแยกให้เป็นสัญญาณเสียงดังเดิม



รูปที่ 4.33 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรผสมสัญญาณ ที่วัดด้วยแอนะลอกออสซิลโลสโคป

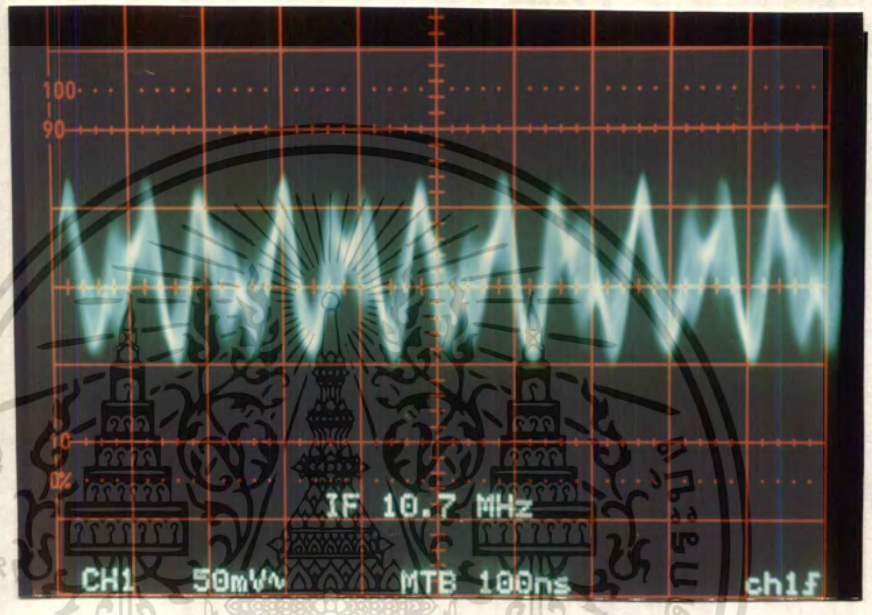


รูปที่ 4.34 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรผสมสัญญาณ ที่วัดด้วยดิจิตอลออสซิลโลสโคป

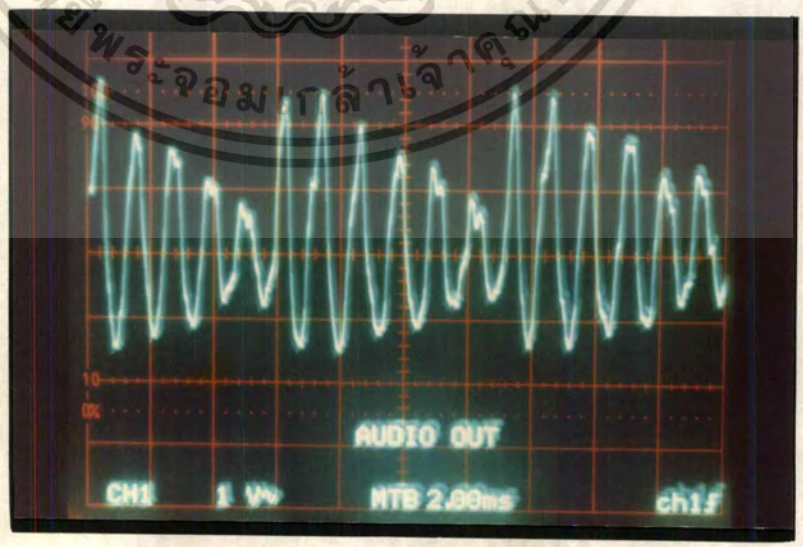
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดทดสอบที่ 7

เป็นสัญญาณที่ได้จากวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ ตัว Ceramic Filter เพื่อทำหน้าที่กรองสัญญาณให้สัญญาณ IF ที่มีความถี่ 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ ผ่านไปได้ และสัญญาณความถี่กลาง 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ นี้จะถูกป้อนให้กับวงจร FM Demodulator ต่อไป



รูปที่ 4.35 สัญญาณไอเอฟความถี่ 10.7 เมกกะเฮิรตซ์ ที่ด้วยออสซิลโลสโคป



รูปที่ 4.36 สัญญาณความถี่เสียง ที่วัดด้วยดิจิตอลออสซิลโลสโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดทดสอบที่ 8

เป็นสัญญาณที่ได้จากวงจรเอฟเอ็ม ดีเทคเตอร์ ที่ออกจากขา 8 ของ ไอซี เบอร์ KA2244 ที่ทำหน้าที่แยกสัญญาณเสียงในระบบเอฟเอ็ม ให้เป็นสัญญาณเสียงตัวเดิมหรืออาจเรียกว่าวงจรแยกคลื่นพาห์กับสัญญาณเสียงออกจากกัน เพื่อเอาสัญญาณคลื่นพาห์ทิ้งไป เหลือเพียงแต่สัญญาณเสียงไปใช้งาน ซึ่งสัญญาณที่วัดได้แสดงในรูปที่ 4.36

4.4 รายการเลือกแนะนำวิธีการใช้

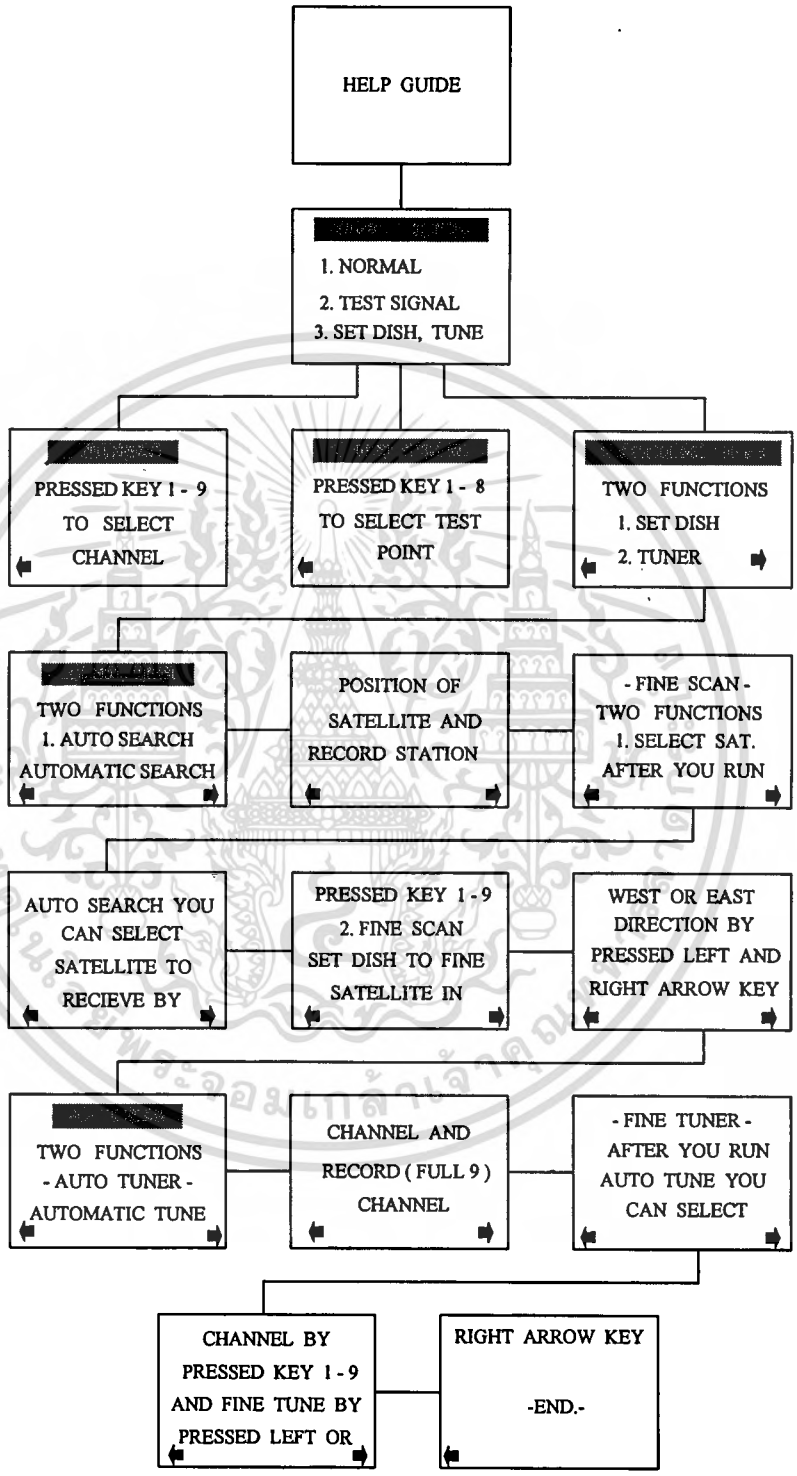
ส่วนนี้เป็นส่วนที่จะให้คำแนะนำในการใช้ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซีแก่ผู้ใช้ในส่วนที่ไม่เข้าใจการใช้งานของเครื่อง โดยผู้ใช้ต้องทำการกดแป้นพิมพ์หมายเลข 4 และ 5 พร้อมกัน หน้าจอก็จะปรากฏหัวข้อของโหมดการใช้งาน ซึ่งจะมีข้อความอธิบายเกี่ยวกับการใช้เครื่องซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อใหญ่ๆ ให้เลือกดังแสดงตามลำดับต่อไปนี้

1. Normal ในโหมดนี้จะอธิบายการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับการรับชมรายการตามปกติ โดยสามารถทำการกดแป้นพิมพ์ 1 - 9 เลือกช่องสัญญาณที่ได้ทำการบันทึกเอาไว้ ตั้งแต่ขั้นตอนของการค้นหาช่องสัญญาณอัตโนมัติ

2. Test Signal เป็นโหมดที่อธิบายถึงการเลือกหมายเลขจากแป้นพิมพ์ หรือจากสวิตซ์เลือก เพื่อทำการวัดสัญญาณที่จุดทดสอบสัญญาณ

3. Set Dish, Tune ในโหมดนี้จะอธิบายถึงขั้นตอนในการควบการค้นหาตำแหน่งของดาวเทียม การค้นหาช่องสัญญาณดาวเทียมทั้งแบบธรรมดา และแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.37 รายการเลือกแนะนำวิธีการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทสรุป

การจัดทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี ซึ่งจะมีจุดที่ใช้ในการวัดทดสอบสัญญาณของภาคต่างๆ ที่สำคัญของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม และสามารถแสดงผลสัญญาณที่วัดได้บนจอแสดงผล โดยเน้นให้เกิดความรู้ความเข้าใจถึงระบบการทำงานของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ซึ่งจะเป็นประโยชน์กับนักเรียนนักศึกษา และผู้ที่สนใจได้เข้าใจการทำงานของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมในย่านความถี่ซียิ่งขึ้น.

สำหรับการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้เป็นการนำเสนอแนวทางอย่างหนึ่งที่นำเอาหลักการแยกสัญญาณซิงค์ออกจากสัญญาณภาพของเครื่องรับโทรทัศน์มาใช้ในการแยกสัญญาณซิงค์เพื่อนำมาใช้สำหรับการควบคุมการค้นหาตำแหน่งของดาวเทียม และการปรับช่องสัญญาณดาวเทียมแบบอัตโนมัติ

5.2 ปัญหา และแนวทางการแก้ไข

จากการสร้าง และทดลองชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี ได้พบปัญหา และอุปสรรคต่างๆ มากมาย ซึ่งได้สรุปปัญหา และแนวทางการแก้ไขได้ดังนี้

1.วงจรที่ทำหน้าที่ในการเปรียบเทียบสัญญาณ ช่วงมีสัญญาณภาพเพื่อที่จะไปใช้กับระบบค้นหาช่องสัญญาณแบบอัตโนมัติ ซึ่งจะใช้หลักการแยกสัญญาณซิงค์ที่ส่งมาพร้อมกับสัญญาณภาพ โดยใช้หลักการเดียวกับการแยกสัญญาณซิงค์ของเครื่องรับโทรทัศน์ ไม่สามารถแยกสัญญาณได้ดีเท่าที่ควร จึงทำประสิทธิภาพการค้นหาช่องสัญญาณแบบอัตโนมัติได้ไม่ตรงช่องสัญญาณ

2.จุดทดสอบสัญญาณของภาคกำเนิดสัญญาณที่ควบคุมด้วยแรงดัน เมื่อนำมาต่อเข้ากับวงจรควบคุมการตัดต่อจุดทดสอบ จะมีการรบกวนของสัญญาณเสียง ทำให้รับสัญญาณเสียงได้ไม่ชัดเจน จึงได้ทำการชีลด์สัญญาณส่วนนี้เป็นกรณีพิเศษ หลังจากการทดลองแล้ว ผลที่ได้ คือ คุณภาพของเสียงชัดเจนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.วงจรนับที่ใช้ในการตรวจสอบการขับเคลื่อนของตัวขับจานสายอากาศ เพื่อนำมาควบคุมการค้นหาช่องสัญญาณดาวเทียม ในขณะทำงานบางช่วงอาจได้รับการรบกวนจากรีเลย์ จึงทำให้จำนวนครั้งที่ทำการนับพัลส์ จากจุดตรวจจับสัญญาณคลาดเคลื่อนไป

5.3 แนวทางการพัฒนาโครงงาน

1. ออกแบบ และพัฒนาส่วนแสดงผลให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อที่จะได้เห็นสัญญาณของจุดทดสอบสัญญาณที่ชัดเจนขึ้น

2. ระบบการจูนภาพอัตโนมัติยังมีความละเอียดไม่มากเท่าที่ควร ซึ่งสามารถที่จะพัฒนาวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อกให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

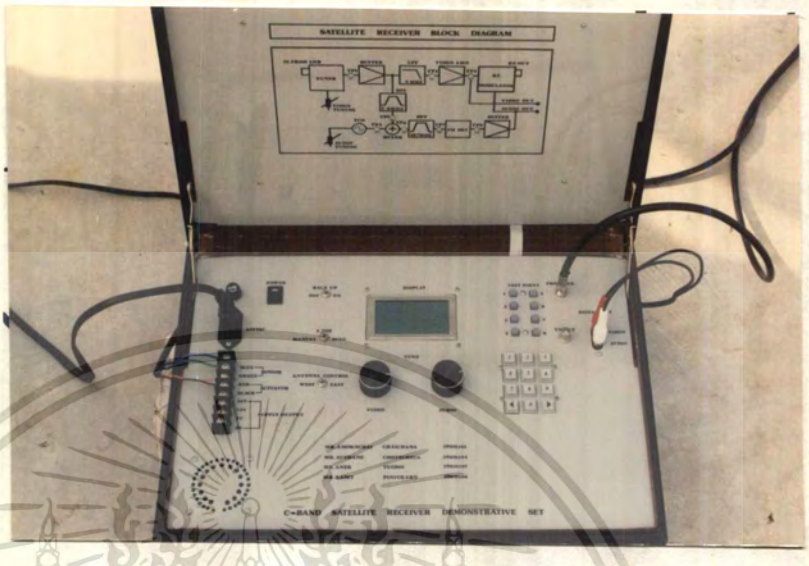
3. พัฒนาในส่วนของการบันทึกช่องสัญญาณ และตำแหน่งของดาวเทียมให้เพิ่มมากขึ้น

4. จุดที่ใช้ในการวัด และทดสอบสัญญาณยังมีน้อยเกินไป สามารถที่จะพัฒนาให้มีจุดทดสอบสัญญาณในแต่ละภาคย่อยๆ มากขึ้น

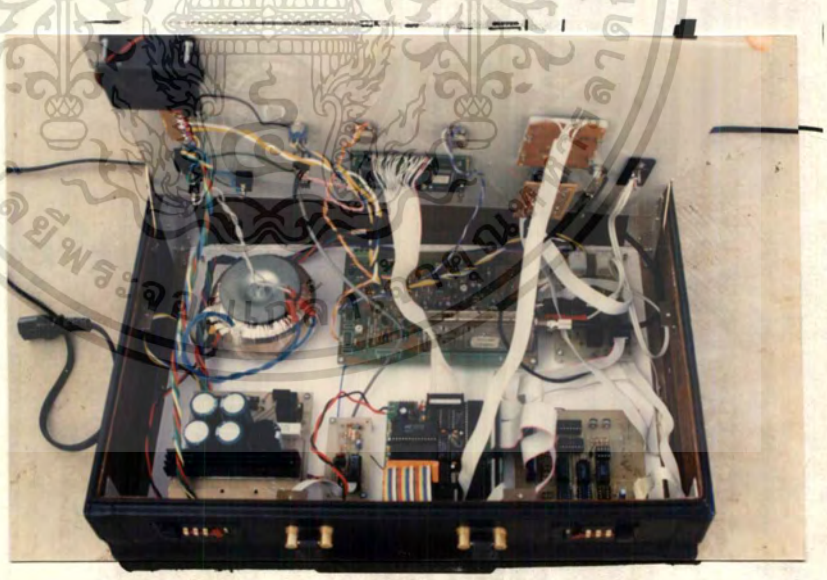
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
รูปต้นแบบ และการติดตั้งใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

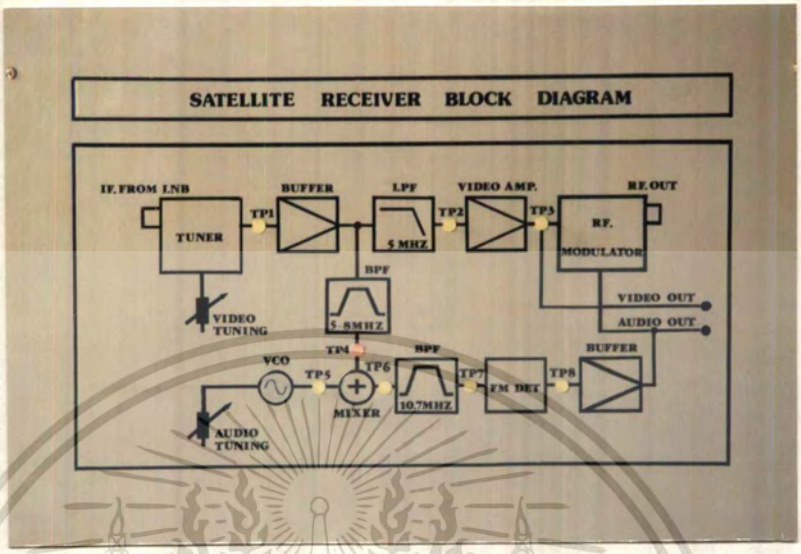


รูปที่ 1. รูปต้นแบบของชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี



รูปที่ 2. การวางอุปกรณ์ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



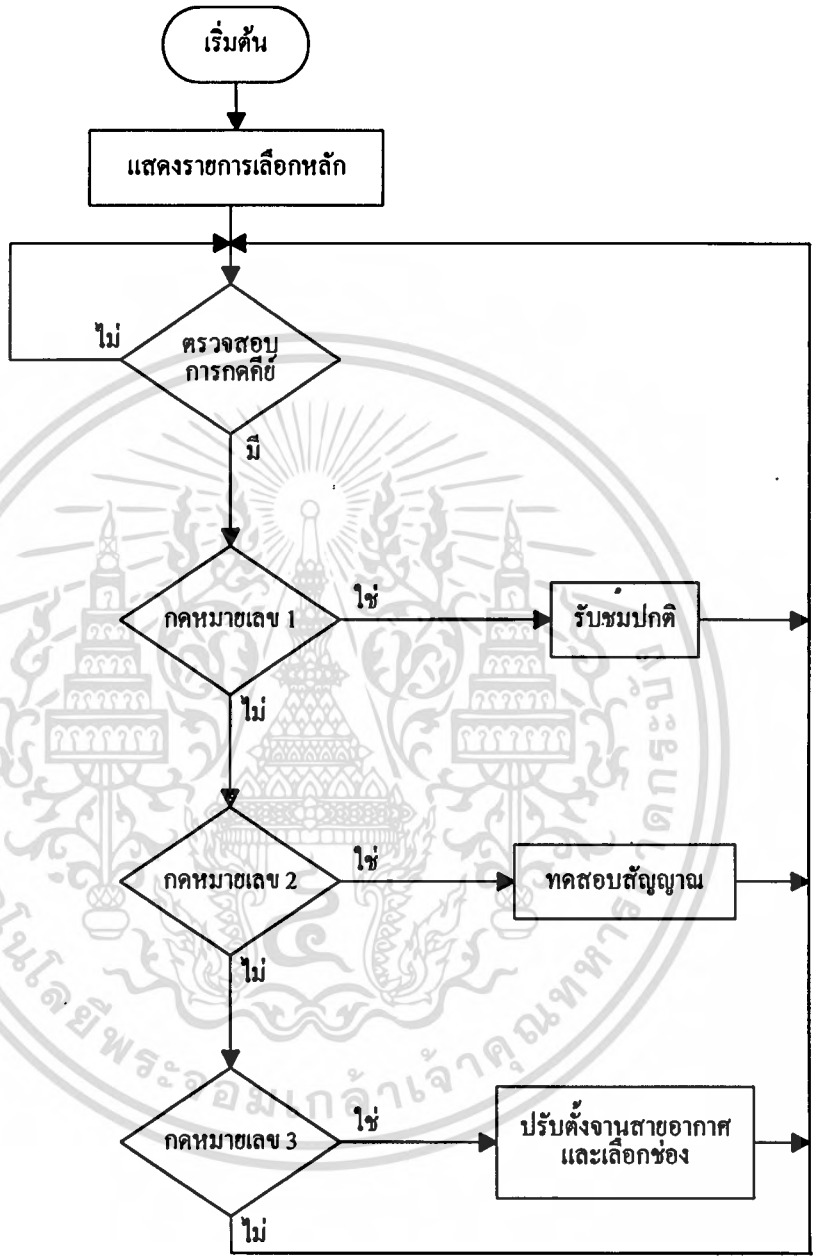
รูปที่ 3. ส่วนแสดงผลตำแหน่งการวัดสัญญาณ

รูปที่ 4. การติดตั้งใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

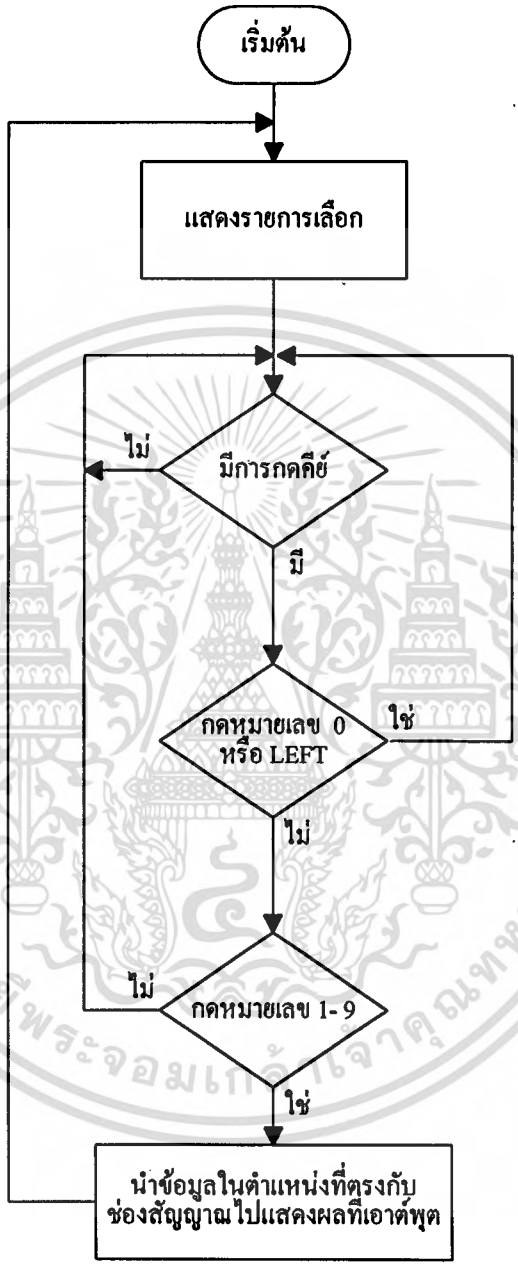
ภาคผนวก ข
ผังการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



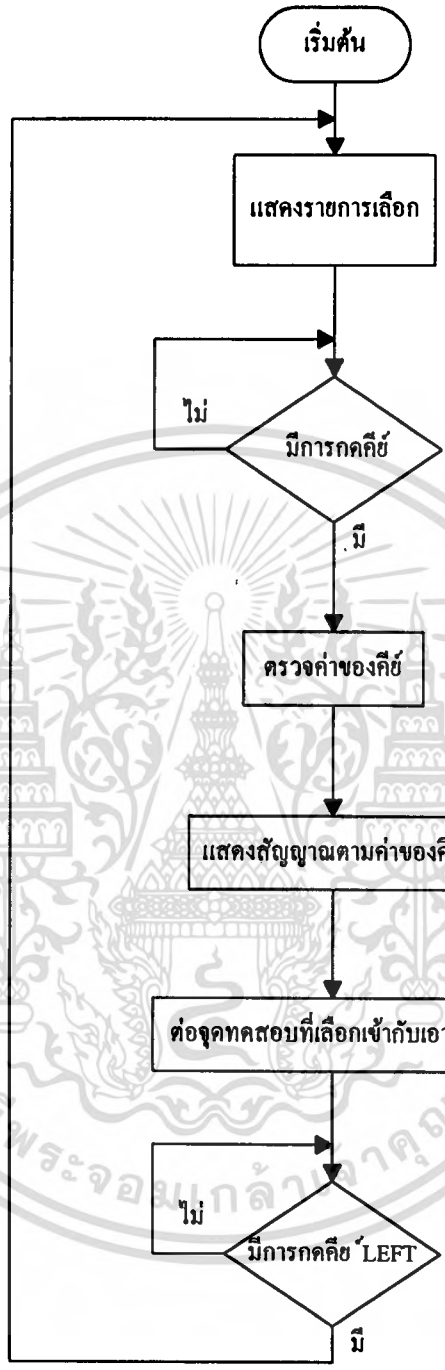
รูปที่ 1 ผังการทำงานของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



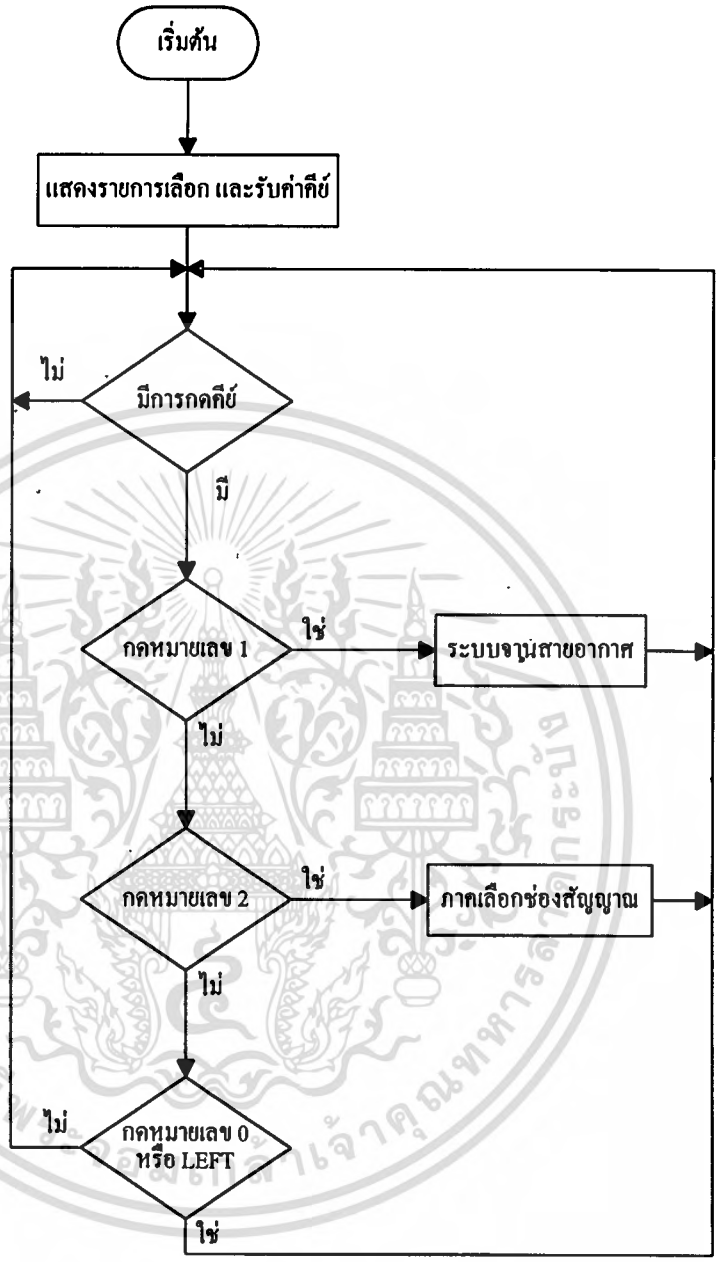
รูปที่ 2 ผังการทำงานของการควบคุมเครื่องรับขณะใช้งานปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



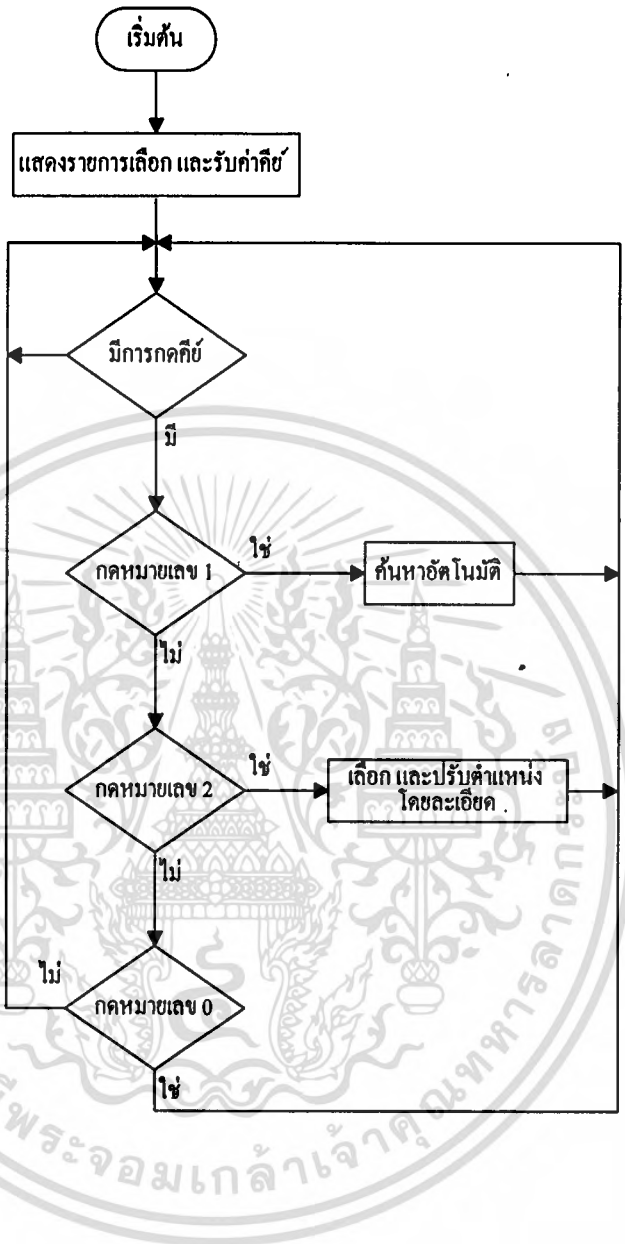
รูปที่ 3 ผังการทำงานของภาคการวัด และทดสอบสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



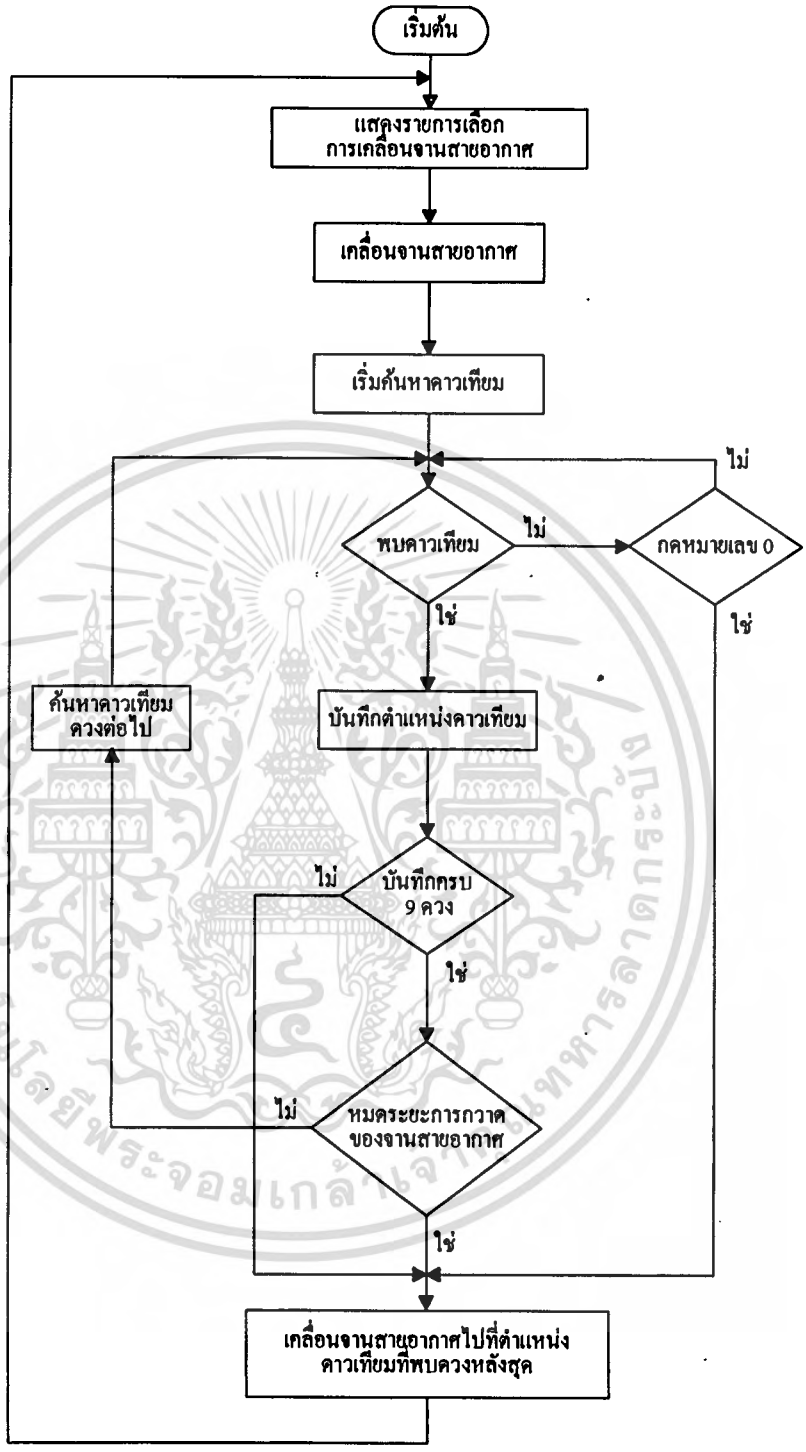
รูปที่ 4 ผังการทำงานของภาคควบคุมจานสายอากาศ และเลือกช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



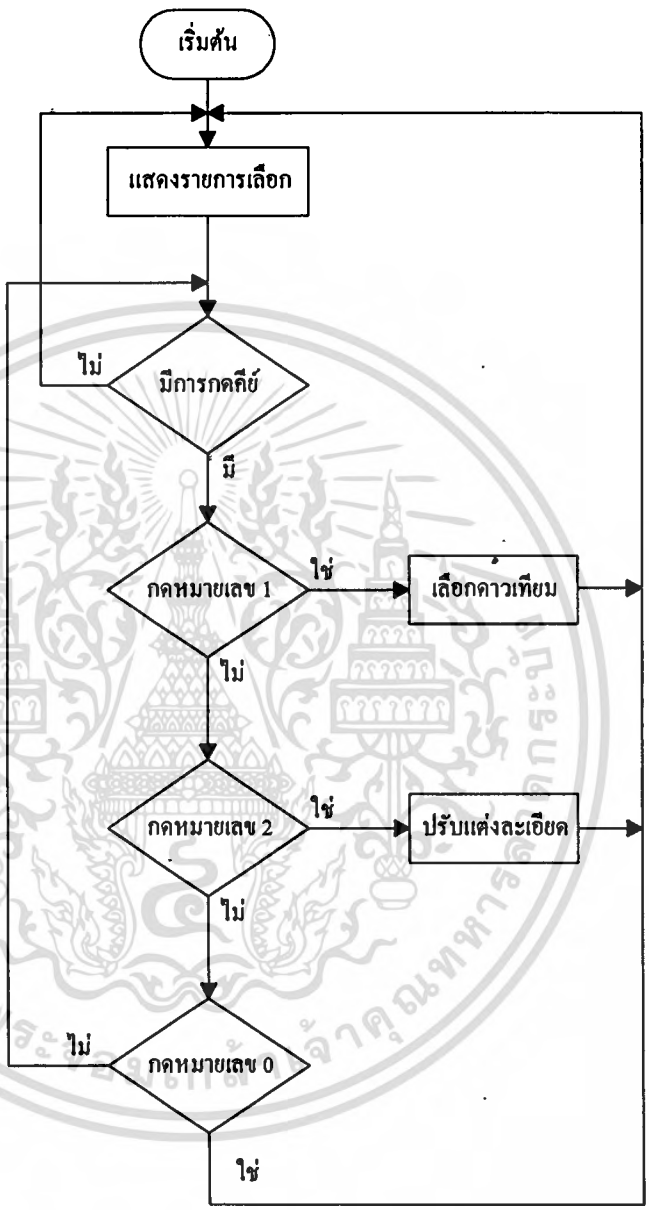
รูปที่ 5 ผังการทำงานของภาคควบคุมจานสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



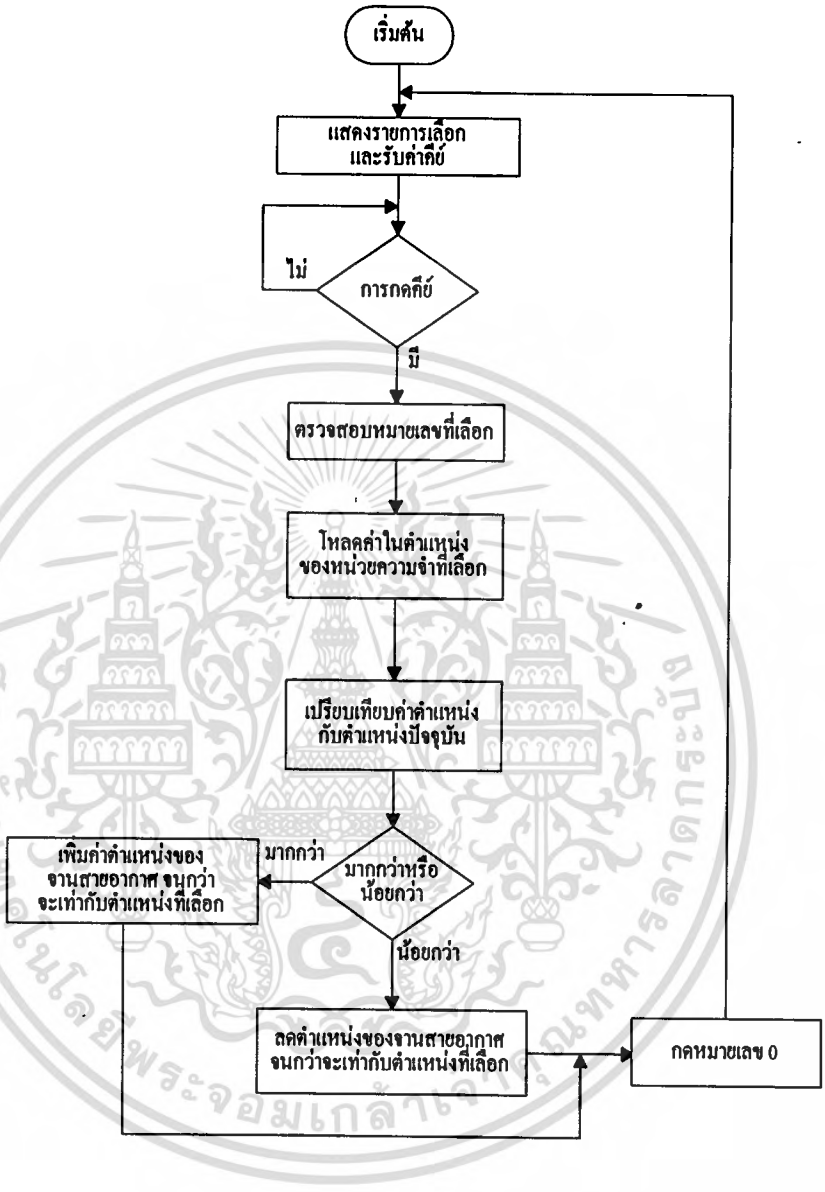
รูปที่ 6 ผังการทำงานของภาคควบคุมการค้นหาตำแหน่งดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



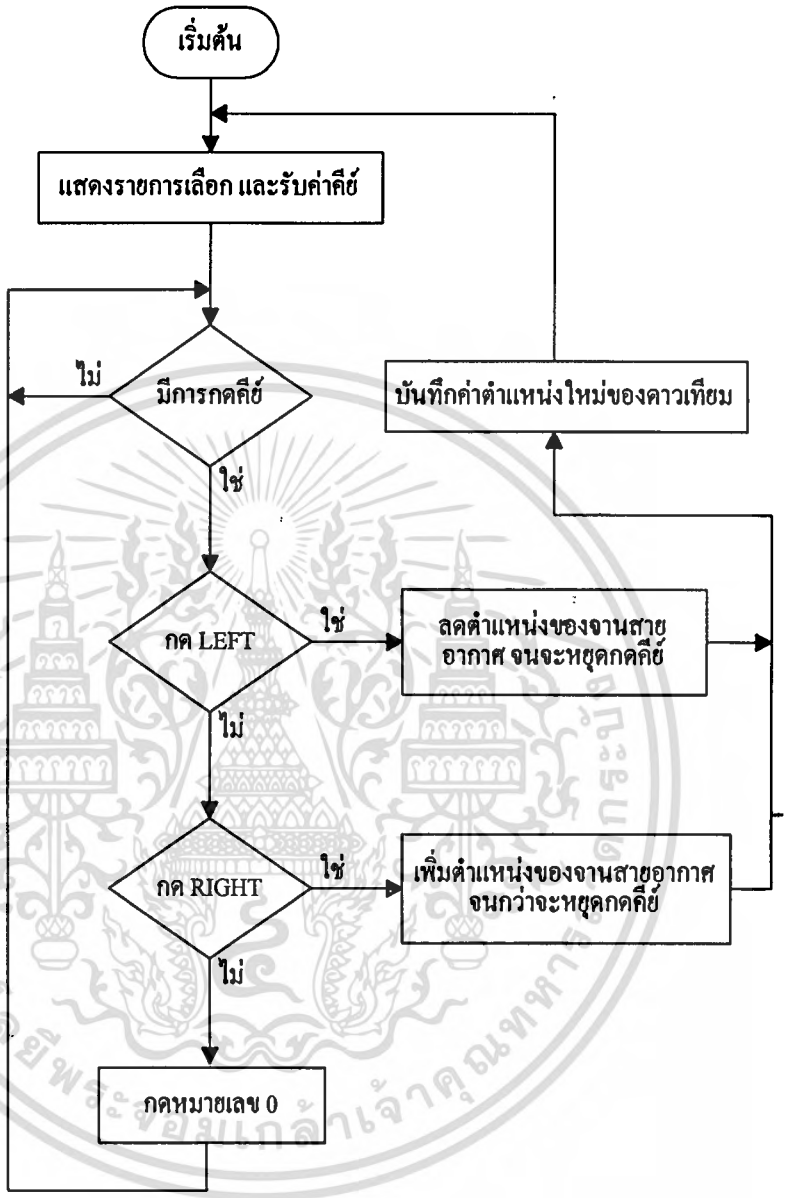
รูปที่ 7 ผังการทำงานของภาคเลือกดาวเทียม และปรับแต่งละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



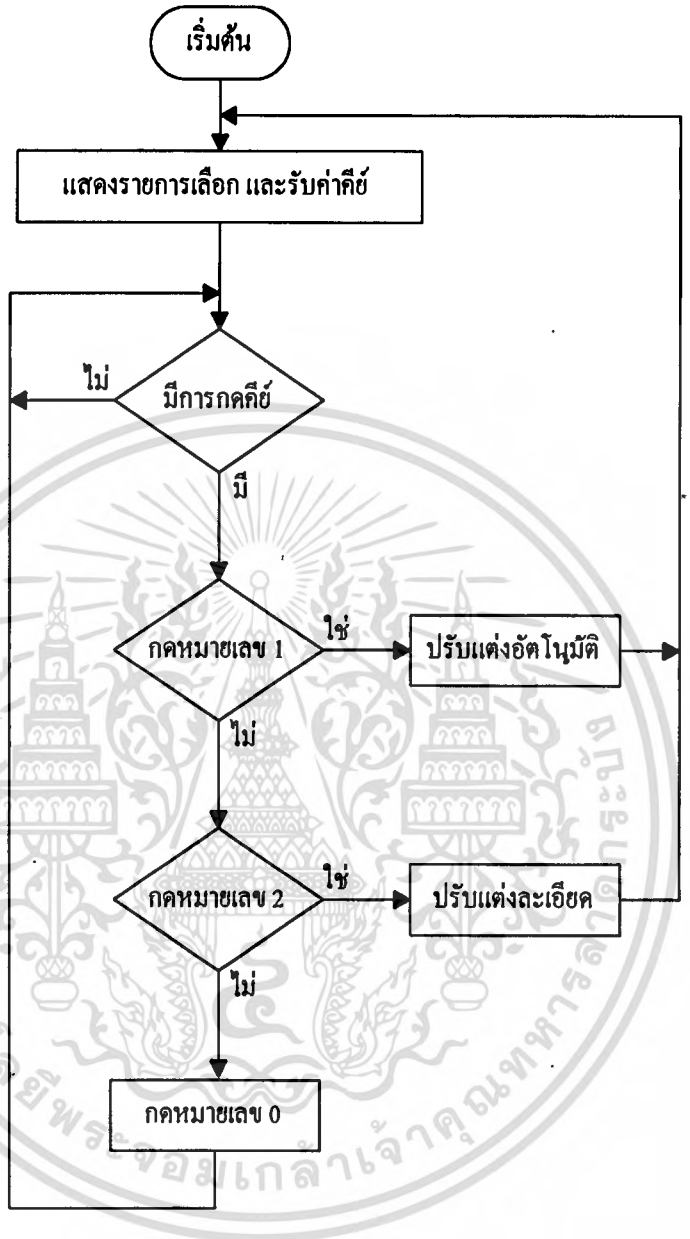
รูปที่ 8 ผังการทำงานของภาคเลือกดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



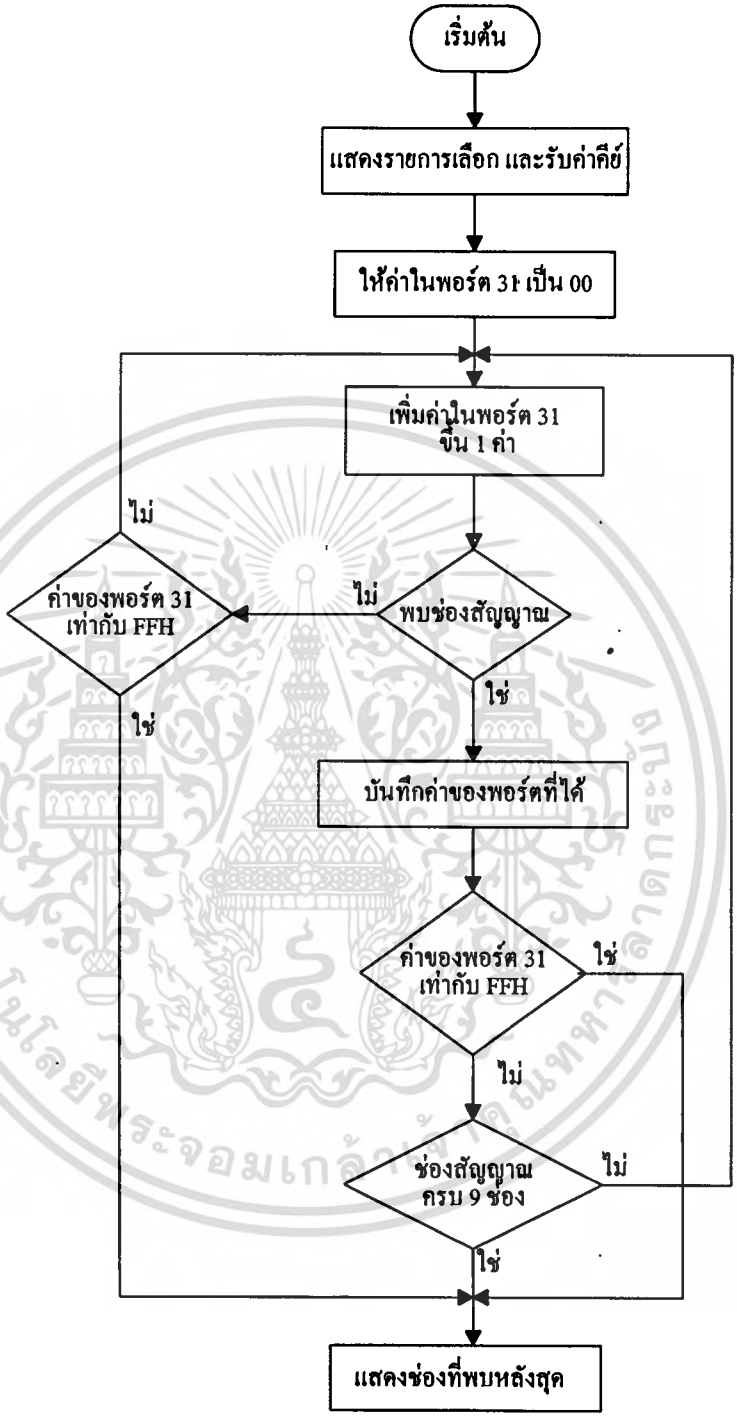
รูปที่ 9 ผังการทำงานของภาคปรับแต่งละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



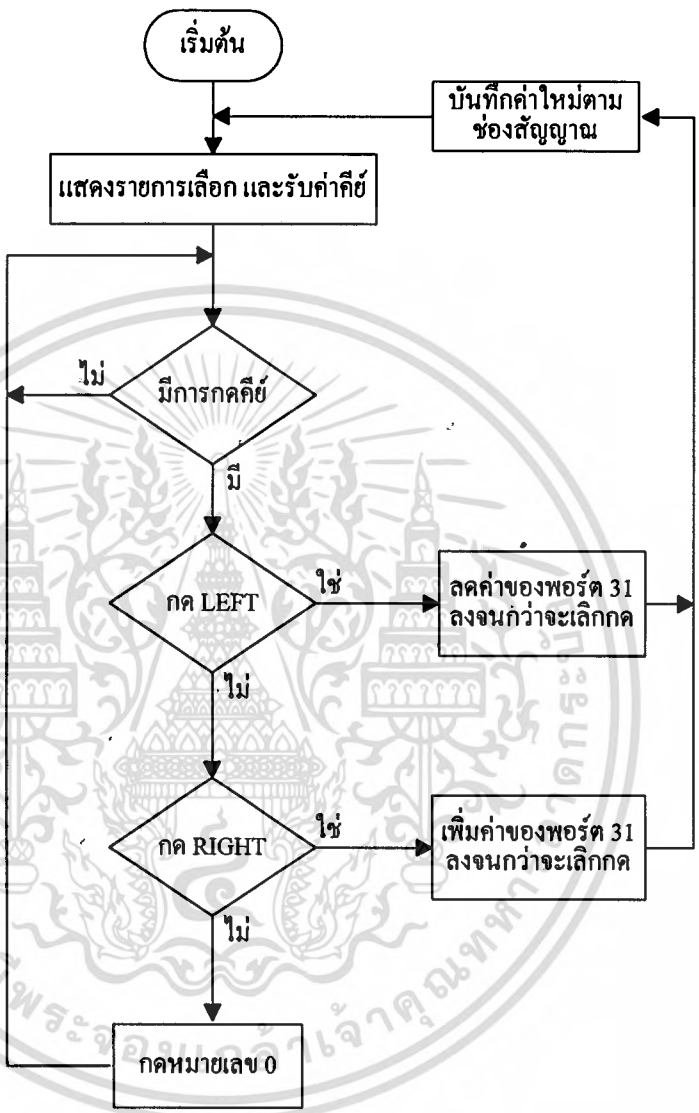
รูปที่ 10 ผังการทำงานของภาคค้นหาช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 ผังการทำงานของภาคค้นหาช่องสัญญาณอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 ผังการทำงานของภาคปรับช่องสัญญาณโดยละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
โปรแกรมควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี

```
;****MAIN PROGRAM****
    ORG   0000H
;FOR LCD
LCDCTRL1: EQU 60H
LCDCTRL2: EQU 61H
LCDDATA1: EQU 62H
LCDDATA2: EQU 63H
LCDREAD1: EQU 64H
LCDREAD2: EQU 65H
DISPON:  EQU 3FH
DISPOFF: EQU 3EH
STARTLN0: EQU 0C0H
LINE1:   EQU 0B8H
LINE2:   EQU 0B9H
LINE3:   EQU 0BAH
LINE4:   EQU 0BBH
LINE5:   EQU 0BCH
LINE6:   EQU 0BDH
LINE7:   EQU 0BEH
LINE8:   EQU 0BFH
STARTCL0: EQU 40H
SYSCAL:  EQU 10H
;******START PROGRAM******
START: CALL   DELAYCK
    CALL   SETPORT
    CALL   INITLCD
    CALL   CLRSCR
    CALL   SETBOX
    LD    A,91H
    OUT    (33H),A
    CALL   TITLE
    LD    A,81H
    OUT    (33H),A
ORGSTR: CALL   MNMAIN ;1.4
STRORG: IN    A,(42H)
    BIT   4,A
    JR    NZ,STRMM
    CALL   MNMANUL
    JR    ORGSTR
STRMM: CALL   RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    00H
    JR    Z,STRORG
STR01: CP    01H
    JR    NZ,STR02
    CALL   SUBREC
    JR    ORGSTR
STR02: CP    02H
    JR    NZ,STR03
    CALL   SUBTES
    JR    ORGSTR
STR03: CP    03H
    JR    NZ,STR04
    CALL   SUBSET
    JR    ORGSTR
STR04: CP    0DH
    JR    NZ,STRORG
    CALL   HELP
    JR    ORGSTR
    RST   08H
;*******SUB PROGRAM*****
;1.6*****SUB NORMAL*****
SUBREC: CALL   UNKEY
RECSTR: CALL   MNREC ;1.61
    CALL   PAGE2
    CALL   COL5
    CALL   LEG00
    LD    HL,CHEDIT
    LD    A,(HL)
    CALL   OUTLEG          ;HL = CHANNAL
    LD    A,(PRESCH)       ;VALUE OF
CHANNAL
    OUT    (31H),A
STRREC: IN    A,(42H)
    BIT   4,A
    JR    NZ,RECMM
    CALL   MNMANUL
    JR    RECSTR
RECMM: CALL   RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    00H
    JR    Z,STRREC
    CP    0CH
    JR    Z,STRREC
RECLEF: CP    0BH          ;KEY RETURN
    JR    NZ,REC01
    JR    RECRET
REC01: CP    0DH
    JR    NZ,REC00
    CALL   HELP
    JR    RECSTR
REC00: CP    0AH       ;KEY RETURN
    JR    NZ,RECPLY
    JR    RECRET
RECPLY: CALL   APPLY      ;APPLY
CHANNAL
    JR    STRREC
RECRET: CALL   UNKEY
    RET
;*********SUB APPLY CHANNAL**********
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    LD   A,(KDAT)
    LD   (HL),A
    CALL  OUTLEG
    LD   B,A
    LD   IY,CH1
APPY1: INC  IY        ;IY = SELECT CH.
    DJNZ  APPY1
    DEC  IY
    LD   A,(IY+0)
    LD   (PRESCH),A
    OUT  (31H),A     ;OUT PUT CH. = (IY)
APYRET: CALL  UNKEY
    RET
;1.7******SUB TEST******
SUBTES: CALL  UNKEY
    CALL  MNTEST     ;1.71
    LD   A,00H
    OUT  (30H),A
STRTES: IN   A,(42H)
    BIT  4,A
    JR   NZ,TESMM
    CALL  MNMANUL
    JR   SUBTES
TESMM: CALL  RKEY
    LD   A,(KDAT)
    CP   00H
    JR   Z,STRTES
TES01: CP   01H       ;TESTPOIN = 1
    JR   NZ,TES02
    LD   A,01H
    OUT  (30H),A
    CALL  TPGAF1
    JR   SUBTES
TES02: CP   02H       ;TESTPOIN = 2
    JR   NZ,TES03
    LD   A,02H
    OUT  (30H),A
    CALL  TPGAF2
    JR   SUBTES
TES03: CP   03H       ;TESTPOIN = 3
    JR   NZ,TES04
    LD   A,04H
    OUT  (30H),A
    CALL  TPGAF3
    JR   SUBTES
TES04: CP   04H       ;TESTPOIN = 4
    JR   NZ,TES05
    LD   A,08H
    OUT  (30H),A
    CALL  TPGAF4
    JR   SUBTES
TES05: CP   05H       ;TESTPOIN = 5
    JR   NZ,TES06
    LD   A,10H
    OUT  (30H),A
    CALL  TPGAF5
    JR   SUBTES
TES06: CP   06H       ;TESTPOIN = 6
    JR   NZ,TES07
    LD   A,20H
    OUT  (30H),A
    CALL  TPGAF6
    JP   SUBTES
TES07: CP   07H       ;TESTPOIN = 7
    JR   NZ,TES08
    LD   A,40H
    OUT  (30H),A
    CALL  TPGAF7
    JP   SUBTES
TES08: CP   08H       ;TESTPOIN = 8
    JR   NZ,TESTH
    LD   A,80H
    OUT  (30H),A
    CALL  TPGAF8
    JP   SUBTES
TESTH: CP   0DH
    JR   NZ,TES0B
    CALL  HELP
    JP   SUBTES
TES0B: CP   0BH
    JR   NZ,TES00
    JR   TESRET
TES00: CP   0AH
    JP   NZ,STRTES
TESRET: CALL  UNKEY
    RET
;1.8******SUB SET*********
SUBSET: CALL  UNKEY
SETSTR: CALL  MNSET      ;1.81
STRSET: IN   A,(42H)
    BIT  4,A
    JR   NZ,SETMM
    CALL  MNMANUL
    JR   SUBSET
SETMM: CALL  RKEY
    LD   A,(KDAT)
    CP   00H
    JR   Z,STRSET
SET01: CP   01H
    JR   NZ,SET02
    CALL  DISH       ;1.82
    JR   SETSTR
SET02: CP   02H
    JR   NZ,SETH
    CALL  TUNER      ;1.83
    JR   SETSTR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SETH:  CP    0DH
       JR    NZ,SET0B
       CALL  HELP
       JR    SUBSET
SET0B: CP    0BH
       JR    NZ,SET00
       JR    SETRET
SET00: CP    0AH
       JR    NZ,STRSET
SETRET: CALL  UNKEY
       RET
;1.82******SUBDISH********
DISH:  CALL  UNKEY
DISSTR: CALL  MNDISH      ;1.821
STRDIS: IN    A,(42H)
       BIT   4,A
       JR    NZ,DISMM
       CALL  MNMANUL
       JR    DISH
DISMM: CALL  RKEY
       LD    A,(KDAT)
       CP    00H
       JR    Z,STRDIS
DIS01: CP    01H
       JR    NZ,DIS02
       CALL  AUTODIS     ;1.822
       JR    DISSTR
DIS02: CP    02H
       JR    NZ,DIS0H
       CALL  FINEDIS     ;1.823
       JR    DISSTR
DIS0H: CP    0DH
       JR    NZ,DIS0B
       CALL  HELP
       JR    DISSTR
DIS0B: CP    0BH
       JR    NZ,DIS00
       JR    DISRET
DIS00: CP    0AH
       JR    NZ,DISSTR
DISRET: CALL  UNKEY
       RET
;1.822*****AUTO DISH******
AUTODIS: CALL  UNKEY
       CALL  AUSERC1     ;1.82211
STRAUD: IN    A,(42H)
       BIT   4,A
       JR    NZ,STAUTMM
       CALL  MNMANUL
       JR    AUTODIS
STAUTMM: CALL  RKEY
       LD    A,(KDAT)
       CP    00H
       JR    Z,STRAUD
       CP    0AH
       JR    NZ,ATDIS3
       JP    ATDIS4
ATDIS3: CALL  AUSERC2     ;1.82212
       CALL  CLSDISH     ;8X1
       CALL  AUSERC3     ;1.82213
ATDIS1: IN    A,(42H)
       BIT   4,A
       JR    NZ,ATD1MM
       CALL  MNMANUL
       JR    AUTODIS
ATD1MM: CALL  RKEY        ;KEY PRESSUR
       LD    A,(KDAT)
       CP    00H
       JR    Z,ATDIS1
       IN    A,(42H)
       SET   2,A
       RES   3,A
       OUT   (42H),A     ;START SCAN
       CALL  AUSERC4
       LD    IY,PRESSAT
       LD    B,09H
       CALL  PAGE2
       LD    HL,SATEDIT
       LD    IX,SAT1
ATDIS5: CALL  COL3        ;SHOW NUMBER
OF SAT.
       CALL  LEG00
       LD    A,B
       CALL  LEAT1
ATLDD: LD    D,0C5H
ATDIS6: IN    A,(42H)
       BIT   4,A
       JR    NZ,ATDI6MM
       CALL  MNMANUL
       JR    AUTODIS
ATDI6MM: INC  D
       INC   D
       JR    Z,ATLDD
       CALL  RKEY
       LD    A,(KDAT)
       CP    0AH
       JR    NZ,ATDIS8
       IN    A,(42H)
       RES   2,A
       RES   3,A
       OUT   (42H),A     ;STOP SCAN
       CALL  MNBDIS      ;8X2MENU BLEK
SEARCH
       CALL  UNKEY
ATDIS9: CALL  RKEY
       LD    A,(KDAT)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CP    00H
        JR    Z,ATDIS9
        CP    0AH
        JP    Z,ATDIS4
        CALL  UNKEY
        CALL  AUSERC4

        CALL  COL3
        CALL  LEG00
        LD    A,(HL)
        CALL  OUTLEG
        IN    A,(42H)
        SET   2,A
        RES   3,A
        OUT   (42H),A      ;START SCAN
ATDIS8: IN    A,(41H)
        CP    04H          ;CHECK MAXIMUM OF DISH
        JR    NC,ATDIS7
        CALL  COL5
        CALL  STATSAT
        LD    A,D
        OUT   (31H),A
        JR    ATDISYY
ATDISXX: JR   ATDIS5
ATDISYY: CALL DELAY3
        IN    A,(42H)
        BIT   6,A
        JR    NZ,ATDIS6
        INC   D
        INC   D
        LD    A,D
        OUT   (31H),A
        CALL  DELAY3
        IN    A,(42H)
        BIT   6,A
        JR    Z,ATDMEM
        JR    ATDIS6
ATDMEM: CALL  DELAY2
        IN    A,(40H)      ;MEMORY LOW STAGE
        LD    (IX+0),A
        LD    (IY+0),A
        IN    A,(41H)      ;MEMORY HIGHT STAGE
        LD    (IX+1),A
        LD    (IY+1),A
        INC   IX           ;NEXT MEMORY OF SAT.
        INC   IX
        CALL  DECOUNT      ;DELAY  FOR NEXT SAT.
        CALL  DECOUNT
        CALL  DECOUNT
        DJNZ  ATDISXX
ATDIS7: IN    A,(42H)
        RES   2,A
        RES   3,A
        OUT   (42H),A      ;STOP DISH
        CALL  DELAY
        CALL  UNKEY
        LD    IY,PRESSAT
        IN    A,(40H)
        LD    (IY+0),A
        IN    A,(41H)
        LD    (IY+1),A
ATDPUT: CALL  MNSTAT       ;MENU SHOW
STATE SAT.
        LD    HL,SATEDIT
        LD    A,(HL)
        SUB   01H
        LD    (HL),A
        LD    B,A
        LD    IX,SAT1
ATDIS0: INC   IX    ;IX = LAST SAT.
        INC   IX
        DJNZ  ATDIS0
        DEC   IX
        DEC   IX
        CALL  PAGE2
        CALL  COL5
        LD    A,(IY+I)
        CP    (IX+1)
        JP    C,INCDIS     ;IF NEW < OLD = INC
        JP    NZ,DECDIS    ;IF NEW > OLD = DEC
        LD    A,(IY+0)     ;IF NEW = OLD = CHECK
LOW STATE
        CP    (IX+0)
        JP    C,INCDIS
        JP    NZ,DECDIS
        JP    ATDRET
INCDIS: IN    A,(42H)
        RES   1,A
        OUT   (42H),A
        CALL  DELAYCK
        IN    A,(42H)
        SET   0,A
        OUT   (42H),A
        CALL  DELAYCK
        IN    A,(42H)
        SET   1,A
        CALL  DELAYCK
        IN    A,(42H)
        SET   2,A
        RES   3,A
        OUT   (42H),A
ATINCW: IN    A,(42H)
        BIT   4,A
        JR    NZ,CWATMM
        CALL  MNMANUL
        JP    AUTODIS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CWATMM: CALL   COL5
        CALL   RKEY
        LD     A,(KDAT)
        CP     0AH
        JR     Z,ATIRET
        CALL   STATSAT      ;SHOW  STATE SAT.
        IN     A,(41H)      ;INCREAT DISH
        LD     (IY+1),A
        CP     (IX+1)
        JR     C,ATINCW
        IN     A,(40H)
        LD     (IY+0),A
        CP     (IX+0)
        JR     C,ATINCW
        IN     A,(42H)
        RES    2,A
        RES    3,A
        OUT    (42H),A      ;STOP INCREAT DISH
ATIRET: JR     ATDRET
DECDIS: IN     A,(42H)
        RES    1,A
        OUT    (42H),A
        CALL   DELAYCK
        IN     A,(42H)
        RES    0,A
        OUT    (42H),A
        CALL   DELAYCK
        IN     A,(42H)
        SET    1,A
        OUT    (42H),A
        CALL   DELAYCK
        IN     A,(42H)
        SET    3,A
        RES    2,A
        OUT    (42H),A
ATDECW: IN     A,(42H)
        BIT    4,A
        JR     NZ,DWATMM
        CALL   MNMANUL
        JP     AUTODIS
DWATMM: CALL   COL5
        CALL   RKEY
        LD     A;(KDAT)
        CP     0AH
        JR     Z,ATDRET
        CALL   STATSAT      ;SHOW STATE SAT.
        IN     A,(40H)      ;DECREAT WAIT
        LD     (IY+0),A
        IN     A,(41H)
        LD     (IY+1),A
        LD     A,(IX+1)
        CP     (IY+1)
        JR     C,ATDECW
        LD     A,(IX+0)
        CP     (IY+0)
        JR     C,ATDECW
        IN     A,(42H)
        RES    2,A
        RES    3,A
        OUT    (42H),A      ;STOP DECREAT
ATDRET: CALL   AUSERC5
ATDIS2: CALL   RKEY
        LD     A,(KDAT)
        CP     0AH
        JR     NZ,ATDIS2
ATDIS4: CALL   UNKEY
        RET
;******SHOW  NUMBER OF SAT.*******
LEAT1:  CP     09H
        JR     NZ,LEAT2
        CALL   LEG01
        LD     HL,SATEDIT
        LD     (HL),01H
        JR     LEATRET
LEAT2:  CP     08H
        JR     NZ,LEAT3
        CALL   LEG02
        LD     HL,SATEDIT
        LD     (HL),02H
        JR     LEATRET
LEAT3:  CP     07H
        JR     NZ,LEAT4
        CALL   LEG03
        LD     HL,SATEDIT
        LD     (HL),03H
        JR     LEATRET
LEAT4:  CP     06H
        JR     NZ,LEAT5
        CALL   LEG04
        LD     HL,SATEDIT
        LD     (HL),04H
        JR     LEATRET
LEAT5:  CP     05H
        JR     NZ,LEAT6
        CALL   LEG05
        LD     HL,SATEDIT
        LD     (HL),05H
        JR     LEATRET
LEAT6:  CP     04H
        JR     NZ,LEAT7
        CALL   LEG06
        LD     HL,SATEDIT
        LD     (HL),06H
        JR     LEATRET
LEAT7:  CP     03H
        JR     NZ,LEAT8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL   LEG07
        LD     HL,SATEDIT
        LD     (HL),07H
        JR     LEATRET
LEAT8:  CP     02H
        JR     NZ,LEAT9
        CALL   LEG08
        LD     HL,SATEDIT
        LD     (HL),08H
        JR     LEATRET
LEAT9:  CP     01H
        JR     NZ,LEATRET
        LD     HL,SATEDIT
        LD     (HL),09H
        CALL   LEG09
LEATRET: RET
;8X1*****MOVE DISH TO WEAT*********
CLSDISH: CALL  AUSERC2
        CALL   PAGE2
        LD     A,80H        ;PORT40,41 = OUTPUT(CH=I,CL=O)
        OUT    (43H),A
        IN     A,(42H)
        RES    1,A
        OUT    (42H),A      ;RELOAD
        XOR    A            ;CLEAR COUNTER (0000B)
        OUT    (40H),A
        OUT    (41H),A
        CALL   DELAYCK
        CALL   CLOCK
        CALL   DELAYCK
        LD     A,9AH        ;PORT40,41 = INPUT(CH=I,CL=0)
        OUT    (43H),A
        IN     A,(42H)
        SET    0,A
        OUT    (42H),A      ;COUNT UP
        CALL   DELAYCK
        IN     A,(42H)
        SET    1,A
        OUT    (42H),A
        CALL   DELAYCK
        IN     A,(42H)
        SET    3,A
        RES    2,A
        OUT    (42H),A      ;START MOVE WEAT
        LD     IY,PRESSAT   ;COUNTER OLD
        LD     IX,NEWSAT    ;COUNTER NEW
MOWEAT: IN     A,(42H)
        BIT    4,A
        JR     NZ,MOWMM
        CALL   MNMANUL
        JR     CLSDISH
MOWMM:  CALL   RKEY
        LD     A,(KDAT)
        CP     0AH
        JP     Z,MWERET
        IN     A,(40H)
        LD     (IY+0),A
        IN     A,(41H)
        LD     (IY+1),A
        CALL   COL7
        CALL   STATSAT      ;SHOW STATE SAT.
        CALL   DELAY
        CALL   COL7
        CALL   STATSAT      ;SHOW STATE SAT.
        CALL   DELAY
        CALL   COL7
        CALL   STATSAT      ;SHOW STATE SAT.
        CALL   DELAY
        CALL   COL7
        CALL   STATSAT      ;SHOW STATE SAT.
        CALL   DELAY
        CALL   COL7
        CALL   STATSAT      ;SHOW STATE SAT.
        CALL   DELAY
        CALL   COL7
        CALL   STATSAT      ;SHOW STATE SAT.
        CALL   DELAY
        CALL   COL7
        CALL   STATSAT      ;SHOW STATE SAT.
        CALL   DELAY
        IN     A,(40H)
        LD     (IX+0),A
        IN     A,(41H)
        LD     (IX+1),A
        LD     A,(IY+1)
        CP     (IX+1)
        JR     C,MOWEAT     ;NEW(H) > OLD(H)
        LD     A,(IY+0)
        CP     (IX+0)
        JR     C,MOWEAT     ;NEW(L) > OLD(L)
MWERET: IN     A,(42H)
        RES    2,A
        RES    3,A
        OUT    (42H),A      ;STOP CLEAR
        LD     A,80H        ;PORT40,41 =
OUTPUT(CH=I,CL=O)
        OUT    (43H),A
        IN     A,(42H)
        RES    1,A
        OUT    (42H),A      ;RELOAD
        XOR    A            ;CLEAR COUNTER
(0000B)
        OUT    (40H),A
        OUT    (41H),A
        CALL   DELAYCK
        CALL   CLOCK
        CALL   DELAYCK
        LD     A,9AH        ;PORT40,41 =
INPUT(CH=I,CL=0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    OUT   (43H),A
    IN    A,(42H)
    SET   0,A
    OUT   (42H),A      ;COUNTUP
    CALL  DELAYCK
    IN    A,(42H)
    SET   I,A
    OUT   (42H),A
CLDSRET: CALL  UNKEY
    RET
;**********CLOCK OSC.**********
CLOCK: PUSH  AF
    IN    A,(42H)
    SET   7,A
    OUT   (42H),A
    CALL  DELAYCK
    RES   7,A
    OUT   (42H),A
    CALL  DELAYCK
    SET   7,A
    OUT   (42H),A
    CALL  DELAYCK
    RES   7,A
    OUT   (42H),A
    CALL  DELAYCK
    SET   7,A
    OUT   (42H),A
    CALL  DELAYCK
    POP   AF
    RET
;********DELAY FOR CLOCK OSC.*********
DELAYCK: PUSH  BC
    LD    B,0DFH
WAITCK: NOP
    DJNZ  WAITCK
    POP   BC
    RET
;1.823******SUB FINE DISH********
FINEDIS: CALL  UNKEY
SATSTR: CALL  MNFISAT ;1.8231
STRSAT: IN    A,(42H)
    BIT   4,A
    JR    NZ,FSATMM
    CALL  MNMANUL
    JR    FINEDIS
FSATMM: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    00H
    JR    Z,STRSAT
FSAT01: CP    01H
    JR    NZ,FSAT02
    CALL  SELSAT ;1.8232
    JR    SATSTR
FSAT02: CP    02H
    JR    NZ,FSATH
    CALL  SATFINE ;1.8233
    JR    SATSTR
FSATH: CP    0DH
    JR    NZ,FSAT0B
    CALL  HELP
    JR    SATSTR
FSAT0B: CP    0BH
    JR    NZ,FSAT00
    JR    FSATRET
FSAT00: CP    0AH
    JR    NZ,STRSAT
FSATRET: CALL  UNKEY
    RET
;1.8232*****SUB SELECT SAT.******
SELSAT: CALL  UNKEY
    CALL  MNSESAT      ;1.82321
    LD    HL,SATEDIT
    CALL  PAGE2
    CALL  COL5
    CALL  LEG00
    LD    A,(HL)
    CALL  OUTLEG
    LD    IY,PRESSAT
    LD    A,80H        ;SETPORT 40-42 =
OUTPUT
    OUT   (43H),A
    IN    A,(42H)
    RES   1,A
    OUT   (42H),A      ;RELOAD
    CALL  DELAYCK
    LD    A,(IY+0)
    OUT   (40H),A      ;COUNTER LOW
    LD    A,(IY+1)
    OUT   (41H),A      ;COUNTER HHIGHT
    CALL  DELAYCK
    CALL  CLOCK
    CALL  DELAYCK
    LD    A,9AH        ;PORT40,41 =
INPUT(CH=I,CL=0)
    OUT   (43H),A
    IN    A,(42H)
    SET   1,A
    OUT   (42H),A
STSESAT: IN    A,(42H)
    BIT   4,A
    JR    NZ,TSESMM
    CALL  MNMANUL
    JR    SELSAT
TSESMM: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    JR   Z,STSESAT
    CP   0CH
    JR   Z,STSESAT
TSES0B: CP   0BH
    JR   NZ,TSES00
    JP   TSESRET
TSES00: CP   0AH
    JR   NZ,TSAPY
    JP   TSESRET
TSAPY: CALL  COL5
    CALL  LEG00
    LD   A,(KDAT)
    CALL  OUTLEG
APYSAT: LD   A,(KDAT)
    LD   HL,SATEDIT
    LD   (HL),A
    LD   B;A
    LD   IX,SAT1
APSAT1: INC  IX   ;IX = SELECT SAT.
    INC  IX
    DJNZ  APSAT1
    DEC  IX
    DEC  IX
SATPUT: CALL  DELAY5
    CALL  MNSTAT     ;MENU SHOW STATE SAT.
    CALL  PAGE2
    CALL  COL5
    LD   (NEWSAT),IX   ;IX = NEW SAT.
    LD   A,(IY+1)
    CP   (IX+1)
    JP   C,INCSAT     ;IF NEW < OLD = INC
    JP   NZ,DECSAT     ;IF NEW > OLD = DEC
    LD   A,(IY+0)     ;IF NEW = OLD = CHECK LOW
STATE
    CP   (IX+0)
    JP   C,INCSAT
    JP   NZ,DECSAT
    JP   APSRET
INCSAT: IN   A,(42H)
    RES  1,A
    OUT  (42H),A
    CALL  DELAYCK
    IN   A,(42H)
    SET  0,A        ;COUNT UP
    OUT  (42H),A
    CALL  DELAYCK
    IN   A,(42H)
    SET  1,A
    OUT  (42H),A
    CALL  DELAYCK
    LD   IY,PRESSAT
    IN   A,(42H)
    SET  2,A
    RES  3,A
    OUT  (42H),A
INCWAIT: IN   A,(42H)
    BIT  4,A
    JR   NZ,INCWAMM
    CALL  MNMANUL
    JP   SELSAT
INCWAMM: CALL  COL5
    CALL  RKEY
    LD   A,(KDAT)
    CP   0AH
    JR   Z,RETINC
    CALL  STATSAT     ;SHOW STATE SAT.
    CALL  DELAY2
    IN   A,(41H)     ;INCREAT DISH
    LD   (IY+1),A
    CP   (IX+1)
    JR   C,INCWAIT
    IN   A,(40H)
    LD   (IY+0),A
    CP   (IX+0)
    JR   C,INCWAIT
    IN   A,(42H)
    RES  2,A
    RES  3,A
    OUT  (42H),A     ;STOP INCREAT DISH
RETINC: JR   APSRET
DECSAT: IN   A,(42H)
    RES  1,A
    OUT  (42H),A
    CALL  DELAYCK
    IN   A,(42H)
    RES  0,A        ;COUNT DOWN
    OUT  (42H),A
    CALL  DELAYCK
    IN   A,(42H)
    SET  1,A
    OUT  (42H),A
    CALL  DELAYCK
    LD   IY,PRESSAT
    IN   A,(42H)
    SET  3,A
    RES  2,A
    OUT  (42H),A
DECWAIT: IN   A,(42H)
    BIT  4,A
    JR   NZ,DECWAMM
    CALL  MNMANUL
    JP   SELSAT
DECWAMM: CALL  COL5
    CALL  RKEY
    LD   A,(KDAT)
    CP   0AH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JR   Z,APSRET
        CALL  STATSAT      ;SHOW STATE SAT.
        CALL  DELAY2
        IN   A,(40H)       ;DECREAT WAIT
        LD   (IY+0),A
        IN   A,(41H)
        LD   (IY+1),A
        LD   A,(IX+1)
        CP   (IY+1)
        JR   C,DECWAIT
        LD   A,(IX+0)
        CP   (IY+0)
        JR   C,DECWAIT
        IN   A,(42H)
        RES  2,A
        RES  3,A
        OUT  (42H),A       ;STOP DECREAT
APSRET: CALL  UNKEY
        JP   SELSAT
TSESRET: CALL  UNKEY
        RET
;1.8233******SUB FINE SCAN******
SATFINE: CALL  UNKEY
        CALL  MNFINE ;1.82331
        CALL  PAGE2
        CALL  COL3
        CALL  STATSAT
        LD   HL,SATEDIT
        LD   B,(HL)
        LD   IY,SAT1
STFLOOP: INC  IY
        INC  IY
        DJNZ  STFLOOP
        DEC  IY
        DEC  IY
STFISAT: IN   A,(42H)
        BIT  4,A
        JR   NZ,STFITMM
        CALL  MNMANUL
        JR   SATFINE
STFITMM: CALL  RKEY
        LD   A,(KDAT)
        CP   00H
        JR   Z,STFISAT
STFINR: CP   0CH
        JR   NZ,STFINL
FININC: IN   A,(42H)
        RES  1,A
        OUT  (42H),A       ;RELOAD
        CALL  DELAYCK
        IN   A,(42H)
        SET  0,A
        OUT  (42H),A
        CALL  DELAYCK
        IN   A,(42H)
        SET  1,A
        OUT  (42H),A
        CALL  DELAYCK
        IN   A,(42H)
        SET  2,A
        RES  3,A
        OUT  (42H),A
FICWAT: IN   A,(42H)
        BIT  4,A
        JR   NZ,FICWMM
        CALL  MNMANUL
        JR   SATFINE
FICWMM: CALL  COL3
        CALL  STATSAT      ;SHOW STATE SAT.
        CALL  RKEY
        LD   A,(KDAT)
        CP   0CH
        JR   Z,FICWAT
        RES  2,A
        RES  3,A
        OUT  (42H),A       ;STOP INCREAT DISH
        CALL  DELAY2
        IN   A,(40H)
        LD   (IY+0),A
        IN   A,(41H)
        LD   (IY+1),A
        IN   A,(42H)
        CALL  COL3
        CALL  STATSAT
        JR   STFISAT
STFINL: CP   0BH
        JR   NZ,SATCHAN
FINDEC: IN   A,(42H)
        RES  1,A
        OUT  (42H),A
        CALL  DELAYCK
        IN   A,(42H)
        RES  0,A
        OUT  (42H),A
        CALL  DELAYCK
        IN   A,(42H)
        SET  1,A
        OUT  (42H),A
        CALL  DELAYCK
        IN   A,(42H)
        SET  3,A
        RES  2,A
        OUT  (42H),A
FDEWAT: IN   A,(42H)
        BIT  4,A
        JR   NZ,FDEWMM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL   MNMANUL
        JP     SATFINE
FDEWMM: CALL   COL3
        CALL   STATSAT      ;SHOW STATE SAT.
        CALL   RKEY
        LD     A,(KDAT)
        CP     0BH
        JR     Z,FDEWAT
        IN     A,(42H)
        RES    2,A
        RES    3,A
        OUT    (42H),A      ;STOP INCREAT DISH
        CALL   DELAY2
        IN     A,(40H)
        LD     (IY+0),A
        IN     A,(41H)
        LD     (IY+1),A
        CALL   COL3
        CALL   STATSAT
        JP     STFISAT
SATCHAN: CP    0AH
        JR     Z,FINSRET
        JP     STFISAT
FINSRET: CALL  UNKEY
        LD     IY,PRESSAT
        IN     A,(40H)
        LD     (IY+0),A
        IN     A,(41H)
        LD     (IY+1),A
        RET
;*******SHOW STATE SAT.********
STATSAT: IN    A,(41H)
        AND    0F0H
        RRC    A
        RRC    A
        RRC    A
        RRC    A
        CALL   OUTLEG
        IN     A,(41H)
        AND    0FH
        CALL   OUTLEG
        IN     A,(40H)
        AND    0F0H
        RRC    A
        RRC    A
        RRC    A
        RRC    A
        CALL   OUTLEG
        IN     A,(40H)
        AND    0FH
        CALL   OUTLEG
        RET
;******DISPLAY CALACTOR 0-9******
OUTLEG: AND    0FH
        CP     00H
        JR     NZ,OUT10
        LD     HL,ZERO  ;0
        CALL   DISCHA
        JR     OUTRET
OUT10:  CP     01H
        JR     NZ,OUT20
        LD     HL,ONE   ;1
        CALL   DISCHA
        JR     OUTRET
OUT20:  CP     02H
        JR     NZ,OUT30
        LD     HL,TWO   ;2
        CALL   DISCHA
        JR     OUTRET
OUT30:  CP     03H
        JR     NZ,OUT40
        LD     HL,THREE ;3
        CALL   DISCHA
        JR     OUTRET
OUT40:  CP     04H
        JR     NZ,OUT50
        LD     HL,FOUR  ;4
        CALL   DISCHA
        JR     OUTRET
OUT50:  CP     05H
        JR     NZ,OUT60
        LD     HL,FIVE  ;5
        CALL   DISCHA
        JR     OUTRET
OUT60:  CP     06H
        JR     NZ,OUT70
        LD     HL,SIX   ;6
        CALL   DISCHA
        JR     OUTRET
OUT70:  CP     07H
        JR     NZ,OUT80
        LD     HL,SEVEN ;7
        CALL   DISCHA
        JR     OUTRET
OUT80:  CP     08H
        JR     NZ,OUT90
        LD     HL,EIGHT ;8
        CALL   DISCHA
        JR     OUTRET
OUT90:  CP     09H
        JR     NZ,OUTRET
        LD     HL,NINE  ;9
        CALL   DISCHA
OUTRET: RET
;1.83******TUNER*******
TUNER:  CALL   UNKEY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TUNSTR: CALL   MNTUNE ;1.831
STRTUN: IN     A,(42H)
        BIT    4,A
        JR     NZ,STTUMM
        CALL   MNMANUL
        JR     TUNER
STTUMM: CALL   RKEY
        LD     A,(KDAT)
        CP     00H
        JR     Z,STRTUN
TUNE01: CP     01H
        JR     NZ,TUNE02
        CALL   TUNAUTO ;1.832
        JR     TUNSTR
TUNE02: CP     02H
        JR     NZ,TUNEH
        CALL   TUNFIN ;1.833
        JR     TUNSTR
TUNEH:  CP     0DH
        JR     NZ,TUNE0B
        CALL   HELP
        JR     TUNSTR
TUNE0B: CP     0BH
        JR     NZ,TUNE00
        JR     TUNERET
TUNE00: CP     0AH
        JR     NZ,STRTUN
TUNERET: CALL  UNKEY
        RET
;1.832******AUTO  TUNER*********
TUNAUTO: CALL  UNKEY
        CALL   MNAUTUN ;1.8321
        CALL   PAGE2
        LD     B,09H
        LD     E,01H        ;NUMBER CHANNAL
        LD     IY,CH1
        LD     D,0FCH
TUNAUT1: IN    A,(42H)
        BIT    4,A
        JR     NZ,TUNAMM
        CALL   MNMANUL
        JR     TUNAUTO
TUNAMM: CALL   COL3
        CALL   LEG00
        LD     A,E
        CALL   OUTLEG
TUNAUT2: IN    A,(42H)
        BIT    4,A
        JR     NZ,TUNA2MM
        CALL   MNMANUL
        JR     TUNAUTO
TUNA2MM: LD    A,D
        CP     01H
        JP     Z,NOP2
        DEC    D
        JR     Z,NOP2
        LD     A,D
        OUT    (31H),A
        CALL   RKEY
        LD     A,(KDAT)
        CP     0AH
        JP     Z,TAUNRET
        CALL   DELAY2
        IN     A,(42H)
        BIT    6,A
        JR     NZ,TUNAUT2
        DEC    D
        JR     Z,NOP2
        LD     A,D
        OUT    (31H),A
        CALL   DELAY2
        IN     A,(42H)
        BIT    6,A
        JR     NZ,TUNAUT2
        LD     A,D
        LD     (IY+0),A
        LD     (PRESCH),A
        OUT    (31H),A
        LD     A,E
        LD     (CHEDIT),A
        INC    IY
        INC    E
        JR     TUNAUT4
TUNAUT3: JR    TUNAUT1
TUNAUT4: DEC   D
        JR     Z,NOP2
        LD     A,D
        OUT    (31H),A
        CALL   DELAY2
        IN     A,(42H)
        BIT    6,A
        JR     Z,TUNAUT4
        DEC    D
        JR     Z,NOP2
        DEC    D
        JR     Z,NOP2
        DJNZ   TUNAUT3
NOP2:   LD     A,(PRESCH)
        OUT    (31H),A
        CALL   PAGE1
        CALL   COL5         ;COMPL
        CALL   WAK3
        CALL   CCHA
        CALL   OCHA
        CALL   MCHA
        CALL   PCHA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CALL  LCHA
    CALL  PAGE2
    CALL  COL5      ;ETE
    CALL  ECHA
    CALL  TCHA
    CALL  ECHA
    CALL  DCHA
    CALL  SUBTURN
STAUTUN: IN  A,(42H)
    BIT  4,A
    JR  NZ,STREMM
    CALL  MNMANUL
    JR  TAUNRET
STREMM: CALL  RKEY
    LD  A,(KDAT)
    CP  00H
    JR  Z,STAUTUN
TAUN0B: CP  0BH
    JR  NZ,TAUN00
    JR  TAUNRET
TAUN00: CP  0AH
    JR  NZ,STAUTUN
TAUNRET: CALL  UNKEY
    RET
;1.833******SUB FINE TURN*******
TUNFIN: CALL  UNKEY      ;START FOR FINE TUNER
    CALL  MNFITUN
    CALL  PAGE2
    CALL  COL5
    CALL  LEG00
    LD  HL,CHEDIT
    LD  A,(HL)
    LD  B,A
    CALL  OUTLEG
    LD  IY,CHI
TUNFI3: INC  IY      ;OUT PUT CH. = KEY SELECT
    DJNZ  TUNFI3
    DEC  IY
    LD  A,(IY+0)
    OUT  (31H),A
STTUFIN: IN  A,(42H)
    BIT  4,A
    JR  NZ,TUFINMM
    CALL  MNMANUL
    JR  TUNFIN
TUFINMM: CALL  RKEY
    LD  A,(KDAT)
    CP  00H
    JR  Z,STTUFIN
    CP  0AH
    JP  Z,TUFRET
    CP  0CH
    JR  Z,TUFINL
    CP  0BH
    JR  Z,TUFINR
    CALL  COL5
    CALL  LEG00
    LD  A,(KDAT)
    LD  (HL),A
    CALL  OUTLEG
TUFINL: CP  0CH      ;DECREAT LEVEL
TUNER
    JR  NZ,TUFINR
    LD  A,(IY+0)
EEEE:  INC  A
    OUT  (31H),A
    LD  (PRESCH),A
    CALL  DELAY2
    CALL  DELAY3
    CALL  RKEY
    LD  A,(KDAT)
    CP  00H
    LD  A,(PRESCH)
    JR  NZ,EEEE
    LD  (PRESCH),A
    LD  (IY+0),A      ;MEMORY NEW VALUE
    CALL  UNKEY
    JP  STTUFIN
TUFINR: CP  0BH      ;INCREAT LEVEL
TUNER
    JR  NZ,TUNFI0
    LD  A,(IY+0)
RRRR:  DEC  A
    OUT  (31H),A
    LD  (PRESCH),A
    CALL  DELAY2
    CALL  DELAY3
    CALL  RKEY
    LD  A,(KDAT)
    CP  00H
    LD  A,(PRESCH)
    JR  NZ,RRRR
    LD  (PRESCH),A
    LD  (IY+0),A      ;MEMORY NEW VALUE
    CALL  UNKEY
    JP  STTUFIN
TUNFI0: LD  A,(KDAT)
    LD  B,A
    LD  (HL),A
    LD  IY,CH1
TUNFI1: INC  IY      ;OUT PUT CH. = KEY
SELECT
    DJNZ  TUNFI1
    DEC  IY
    LD  A,(IY+0)
    LD  (PRESCH),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    OUT   (31H),A
    JP    STTUFIN
TUFRET: CALL   UNKEY
    RET
;********MENU APPLY SAT.*********
MNSTAT: CALL   UNKEY
    CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL3        ;PREAS
    CALL  WAK3
    CALL  PCHA
    CALL  RCHA
    CALL  ECHA
    CALL  ACHA
    CALL  SCHA
    CALL  COL5        ;ST.<
    CALL  WAK3
    CALL  WAK
    CALL  SCHA
    CALL  TCHA
    CALL  JOOD
    CALL  NAYGVA
    CALL  PAGE2
    CALL  COL3        ;E WAIT
    CALL  ECHA
    CALL  WAK
    CALL  WCHA
    CALL  ACHA
    CALL  ICHA
    CALL  TCHA
    CALL  COL5        ; >
    CALL  WAK3
    CALL  WAK
    CALL  MAGGVA
    RET
;***********END**********
;1.1*********MAIN MENU**********
MNMAIN: CALL   CLRSCR
    CALL  PAGE1  ;PAGE 1
    CALL  COL1   ;COLLUM 1 = MAIN
    CALL  WAK3
    CALL  MCHA
    CALL  ACHA
    CALL  ICHA
    CALL  NCHA
    CALL  COL3   ;COLLUM 3 = 1. NOMA
    CALL  WAK
    CALL  LEG01
    CALL  JOOD
    CALL  NCHA
    CALL  OCHA
    CALL  RCHA
    CALL  MCHA
    CALL  ACHA
    CALL  COL5   ;COLLUM 5 = 2. TEST
    CALL  WAK
    CALL  LEG02
    CALL  JOOD
    CALL  TCHA
    CALL  ECHA
    CALL  SCHA
    CALL  TCHA
    CALL  COL7   ;COLLUM 7 = 3. SET D
    CALL  WAK
    CALL  LEG03
    CALL  JOOD
    CALL  SCHA
    CALL  ECHA
    CALL  TCHA
    CALL  WAK
    CALL  DCHA
    CALL  PAGE2  ;PAGE 1
    CALL  COL1   ;COLLUM 1 = MENU
    CALL  WAK
    CALL  MCHA
    CALL  ECHA
    CALL  NCHA
    CALL  UCHA
    CALL  COL3
    CALL  LCHA
    CALL  COL5
    CALL  SCHA
    CALL  ICHA
    CALL  GCHA
    CALL  NCHA
    CALL  ACHA
    CALL  LCHA
    CALL  COL5   ;COLLUM 5 = SIGNAL
    CALL  SCHA
    CALL  ICHA
    CALL  GCHA
    CALL  NCHA
    CALL  ACHA
    CALL  LCHA
    CALL  COL7   ;COLLUM 7 = ISH,TUNE
    CALL  ICHA
    CALL  SCHA
    CALL  HCHA
    CALL  NAMLAG
    CALL  TUNE
    RET
;1.61********MENU RECEIVER**********
MNREC:  CALL   CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1   ;COLLUM 1 = RECE
    CALL  WAK3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CALL  WAK
    CALL  RCHA
    CALL  ECHA
    CALL  CCHA
    CALL  ECHA
    CALL  COL3   ;1-9 SEL
    CALL  WAK
    CALL  LEG01
    CALL  LOB
    CALL  LEG09
    CALL  WAK
    CALL  SCHA
    CALL  ECHA
    CALL  LCHA
    CALL  COL5   ;COLLUM 5 = CH.<
    CALL  WAK3
    CALL  WAK
    CALL  CCHA
    CALL  HCHA
    CALL  JOOD
    CALL  NAYGVA
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1   ;IVER
    CALL  ICHA
    CALL  VCHA
    CALL  ECHA
    CALL  RCHA
    CALL  COL3
    CALL  ECHA
    CALL  CCHA
    CALL  TCHA
    CALL  WAK
    CALL  CCHA
    CALL  HCHA
    CALL  JOOD
    CALL  COL5   ;COLLUM 5 = >
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  MAGGVA
    CALL  SUBRET
    RET
;***********SUB RETURN**********
;****DISPLAY "0 RETURN MENU"*****
SUBRET: CALL  PAGE1
    CALL  COL7   ;0 RETU
    CALL  WAK
    CALL  LEG00
    CALL  JOOD
    CALL  MCHA
    CALL  ACHA
    CALL  ICHA
    CALL  NCHA
    CALL  PAGE2
    CALL  COL7   ;RN MENU
    CALL  MCHA
    CALL  ECHA
    CALL  NCHA
    CALL  UCHA
    RET
;***********SUB RETURN******
;****DISPLAY "0 RETURN" ****
SUBTURN: CALL  PAGE1
    CALL  COL7   ;0 RET
    CALL  WAK3
    CALL  LEG00
    CALL  JOOD
    CALL  RCHA
    CALL  ECHA
    CALL  TCHA
    CALL  PAGE2
    CALL  COL7   ;URN
    CALL  UCHA
    CALL  RCHA
    CALL  NCHA
    RET
;********3 SPACE CHARACTER********
WAK3:  CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    RET
;**********CHARACTER "TUNE"********
TUNE:  CALL  TCHA
    CALL  UCHA
    CALL  NCHA
    CALL  ECHA
    RET
;1.71********MENU TEST SIGNAL*********
MNTEST: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1   ;TEST
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  TCHA
    CALL  ECHA
    CALL  SCHA
    CALL  TCHA
    CALL  COL3   ;1-9 SEL
    CALL  WAK
    CALL  LEG01
    CALL  LOB
    CALL  LEG08
    CALL  WAK
    CALL  SCHA
    CALL  ECHA
    CALL  LCHA
    CALL  PAGE2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CALL  COL1  ;SIGNAL
    CALL  SCHA
    CALL  ICHA
    CALL  GCHA
    CALL  NCHA
    CALL  ACHA
    CALL  LCHA
    CALL  COL3  ;ECT TP.
    CALL  ECHA
    CALL  CCHA
    CALL  TCHA
    CALL  WAK
    CALL  TCHA
    CALL  PCHA
    CALL  JOOD
    CALL  SUBRET
    RET
;1.81********MENU SET DISH,TUNE*********
MNSET: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1  ;SET DIS
    CALL  WAK
    CALL  SCHA
    CALL  ECHA
    CALL  TCHA
    CALL  WAK
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  SCHA
    CALL  COL3  ;1.DISH
    CALL  WAK
    CALL  LEG01
    CALL  JOOD
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  SCHA
    CALL  HCHA
    CALL  COL5  ;2.TUNER
    CALL  WAK
    CALL  LEG02
    CALL  JOOD
    CALL  TUNE
    CALL  RCHA
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1  ;H,TUNER
    CALL  HCHA
    CALL  NAMLAG
    CALL  TCHA
    CALL  UCHA
    CALL  NCHA
    CALL  ECHA
    CALL  RCHA
    CALL  SUBRET
    RET
;1.821*********MENU SET DISH**********
MNDISH: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1  ;DI
    CALL  WAK3
    CALL  WAK3
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  COL3  ;1.AUTO
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  LEG01
    CALL  JOOD
    CALL  ACHA
    CALL  UCHA
    CALL  TCHA
    CALL  OCHA
    CALL  COL5  ;2.FINE
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  LEG02
    CALL  JOOD
    CALL  FCHA
    CALL  ICHA
    CALL  NCHA
    CALL  ECHA
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1  ;SH
    CALL  SCHA
    CALL  HCHA
    CALL  COL3  ;SEARCH
    CALL  WAK
    CALL  SCHA
    CALL  ECHA
    CALL  ACHA
    CALL  RCHA
    CALL  CCHA
    CALL  HCHA
    CALL  COL5  ;SCAN
    CALL  WAK
    CALL  SCHA
    CALL  CCHA
    CALL  ACHA
    CALL  NCHA
    CALL  SUBTURN
    RET
;1.82211********MENU AUTO SEARCH
1*********
AUSERC1: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1  ;AUTO
    CALL  WAK3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CALL  ACHA
    CALL  UCHA
    CALL  TCHA
    CALL  OCHA
    CALL  COL3      ;PRESS
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  PCHA
    CALL  RCHA
    CALL  ECHA
    CALL  SCHA
    CALL  SCHA
    CALL  COL5      ;TO CON
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  TCHA
    CALL  OCHA
    CALL  WAK
    CALL  CCHA
    CALL  OCHA
    CALL  NCHA
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1      ;SEARCH
    CALL  SCHA
    CALL  ECHA
    CALL  ACHA
    CALL  RCHA
    CALL  CCHA
    CALL  HCHA
    CALL  COL3      ;ANY KEY
    CALL  ACHA
    CALL  NCHA
    CALL  YCHA
    CALL  WAK
    CALL  KCHA
    CALL  ECHA
    CALL  YCHA
    CALL  COL5      ;TINUE
    CALL  TCHA
    CALL  ICHA
    CALL  NCHA
    CALL  UCHA
    CALL  ECHA
    CALL   SUBTURN
    RET
;1.82212********MENU AUTO SEARCH 2**********
AUSERC2: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1  ;PLEASE
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  PCHA
    CALL  LCHA
    CALL  ECHA
    CALL  ACHA
    CALL  SCHA
    CALL  ECHA
    CALL  COL3  ;FOR RE
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  FCHA
    CALL  OCHA
    CALL  RCHA
    CALL  WAK
    CALL  RCHA
    CALL  ECHA
    CALL  COL5  ;POSITI
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  PCHA
    CALL  OCHA
    CALL  SCHA
    CALL  ICHA
    CALL  TCHA
    CALL  ICHA
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1  ;WAIT
    CALL  WAK
    CALL  WCHA
    CALL  ACHA
    CALL  ICHA
    CALL  TCHA
    CALL  COL3  ;SET
    CALL  SCHA
    CALL  ECHA
    CALL  TCHA
    CALL  COL5
    CALL  OCHA
    CALL  NCHA
    RET
;1.82213*****MENU AUTO SEARCH ******
AUSERC3: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1  ;RESET
    CALL  WAK
    CALL  RCHA
    CALL  ECHA
    CALL  SCHA
    CALL  ECHA
    CALL  TCHA
    CALL  WAK
    CALL  CCHA
    CALL  COL3  ;PRESS
    CALL  WAK
    CALL  PCHA
    CALL  RCHA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CALL  ECHA
    CALL  SCHA
    CALL  SCHA
    CALL  COL5  ;TO CONT
    CALL  WAK
    CALL  TCHA
    CALL  OCHA
    CALL  WAK
    CALL  CCHA
    CALL  OCHA
    CALL  NCHA
    CALL  TCHA
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1  ;COMPLETE
    CALL  OCHA
    CALL  MCHA
    CALL  PCHA
    CALL  LCHA
    CALL  ECHA
    CALL  TCHA
    CALL  ECHA
    CALL  DCHA
    CALL  COL3  ;ANY KEY
    CALL  ACHA
    CALL  NCHA
    CALL  YCHA
    CALL  WAK
    CALL  KCHA
    CALL  ECHA
    CALL  YCHA
    CALL  COL5  ;INUE
    CALL  ICHA
    CALL  NCHA
    CALL  UCHA
    CALL  ECHA
    RET
;I.82214********MENU AUTO SEARCH 4**********
AUSERC4: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1  ;AUTO
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  ACHA
    CALL  UCHA
    CALL  TCHA
    CALL  OCHA
    CALL  COL3  ;SAT.<
    CALL  WAK3
    CALL  SCHA
    CALL  ACHA
    CALL  TCHA
    CALL  JOOD
    CALL  NAYGVA
    CALL  COL5  ;ST.<
    CALL  WAK
    CALL  WAK3
    CALL  SCHA
    CALL  TCHA
    CALL  JOOD
    CALL  NAYGVA
    CALL  COL7  ;0 CA
    CALL  WAK3
    CALL  WAK
    CALL  LEG00
    CALL  WAK
    CALL  CCHA
    CALL  ACHA
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1  ;SEARCH
    CALL  SCHA
    CALL  ECHA
    CALL  ACHA
    CALL  RCHA
    CALL  CCHA
    CALL  HCHA
    CALL  COL3  ;>
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  MAGGVA
    CALL  COL5  ; >
    CALL  WAK
    CALL  WAK3
    CALL  MAGGVA
    CALL  COL7  ;NCEL
    CALL  NCHA
    CALL  CCHA
    CALL  ECHA
    CALL  LCHA
    RET
;I.82215****MENU AUTO SEARCH *******
AUSERC5: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1  ;AUTO
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  ACHA
    CALL  UCHA
    CALL  TCHA
    CALL  OCHA
    CALL  COL3  ;COMPL
    CALL  WAK3
    CALL  CCHA
    CALL  OCHA
    CALL  MCHA
    CALL  PCHA
    CALL  LCHA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL   PAGE2
        CALL   COL1   ;SEARCH
        CALL   SCHA
        CALL   ECHA
        CALL   ACHA
        CALL   RCHA
        CALL   CCHA
        CALL   HCHA
        CALL   COL3   ;ETED
        CALL   ECHA
        CALL   TCHA
        CALL   ECHA
        CALL   DCHA
        CALL   SUBTURN
        RET
;8X2*****MENU BLEK FOR SEACH SAT.*******
MNBDIS: CALL   CLRSCR
        CALL   PAGE1
        CALL   COL1        ;AUTO SE
        CALL   WAK
        CALL   ACHA
        CALL   UCHA
        CALL   TCHA
        CALL   OCHA
        CALL   WAK
        CALL   SCHA
        CALL   ECHA
        CALL   COL3        ;UNSUCCE
        CALL   WAK
        CALL   UCHA
        CALL   NCHA
        CALL   SCHA
        CALL   UCHA
        CALL   CCHA
        CALL   CCHA
        CALL   ECHA
        CALL   COL5        ;ANY KEY
        CALL   WAK
        CALL   ACHA
        CALL   NCHA
        CALL   YCHA
        CALL   WAK
        CALL   KCHA
        CALL   ECHA
        CALL   YCHA
        CALL   COL7        ;0 CANCE
        CALL   WAK
        CALL   LEG00
        CALL   WAK
        CALL   CCHA
        CALL   ACHA
        CALL   NCHA
        CALL   CCHA
        CALL   ECHA
        CALL   PAGE2
        CALL   COL1        ;ARCH IS
        CALL   ACHA
        CALL   RCHA
        CALL   CCHA
        CALL   HCHA
        CALL   WAK
        CALL   ICHA
        CALL   SCHA
        CALL   COL3        ;SSFUL
        CALL   SCHA
        CALL   SCHA
        CALL   FCHA
        CALL   UCHA
        CALL   LCHA
        CALL   COL5        ;TO NEXT
        CALL   WAK
        CALL   TCHA
        CALL   OCHA
        CALL   WAK
        CALL   NCHA
        CALL   ECHA
        CALL   XCHA
        CALL   TCHA
        CALL   COL7
        CALL   LCHA
        RET
;1.8231********MENU FINE SAT*********
MNFISAT: CALL   CLRSCR
        CALL   PAGE1
        CALL   COL1   ;FINE
        CALL   WAK3
        CALL   WAK
        CALL   FCHA
        CALL   ICHA
        CALL   NCHA
        CALL   ECHA
        CALL   COL3   ;1.SELE
        CALL   WAK
        CALL   WAK
        CALL   LEG01
        CALL   JOOD
        CALL   SCHA
        CALL   ECHA
        CALL   LCHA
        CALL   ECHA
        CALL   COL5   ;2.FINE
        CALL   WAK
        CALL   WAK
        CALL   LEG02
        CALL   JOOD
        CALL   FCHA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL  ICHA
        CALL  NCHA
        CALL  ECHA
        CALL  PAGE2
        CALL  COL1  ;SAT.
        CALL  WAK
        CALL  SCHA
        CALL  ACHA
        CALL  TCHA
        CALL  JOOD
        CALL  COL3  ;CT SAT.
        CALL  CCHA
        CALL  TCHA
        CALL  WAK
        CALL  SCHA
        CALL  ACHA
        CALL  TCHA
        CALL  JOOD
        CALL  COL5  ;SCAN
        CALL  WAK
        CALL  SCHA
        CALL  CCHA
        CALL  ACHA
        CALL  NCHA
        CALL  SUBTURN
        RET
;1.82321********MENU SELECT SAT*********
MNSESAT: CALL  CLRSCR
        CALL  PAGE1
        CALL  COL1  ;SELEC
        CALL  WAK3
        CALL  SCHA
        CALL  ECHA
        CALL  LCHA
        CALL  ECHA
        CALL  CCHA
        CALL  COL3  ;1-9 SE
        CALL  WAK
        CALL  LEG01
        CALL  LOB
        CALL  LEG09
        CALL  WAK
        CALL  SCHA
        CALL  ECHA
        CALL  LCHA
        CALL  COL5  ;SAT.<
        CALL  WAK3
        CALL  SCHA
        CALL  ACHA
        CALL  TCHA
        CALL  JOOD
        CALL  NAYGVA
        CALL  PAGE2
        CALL  COL1  ;T SAT
        CALL  TCHA
        CALL  WAK
        CALL  SCHA
        CALL  ACHA
        CALL  TCHA
        CALL  JOOD
        CALL  COL3  ;LECT SAT.
        CALL  ECHA
        CALL  CCHA
        CALL  TCHA
        CALL  WAK
        CALL  SCHA
        CALL  ACHA
        CALL  TCHA
        CALL  JOOD
        CALL  COL5  ; >
        CALL  WAK
        CALL  WAK
        CALL  MAGGVA
        CALL  SUBTURN
        RET
;1.82331*****MENU FINE SCAN*********
MNFINE: CALL  CLRSCR
        CALL  PAGE1
        CALL  COL1  ;FINE
        CALL  WAK3
        CALL  WAK
        CALL  FCHA
        CALL  ICHA
        CALL  NCHA
        CALL  ECHA
        CALL  COL3  ;ST.<
        CALL  WAK3
        CALL  WAK
        CALL  SCHA
        CALL  TCHA
        CALL  JOOD
        CALL  NAYGVA
        CALL  COL5  ;<= WEST
        CALL  WAK
        CALL  CLEFT
        CALL  WAK
        CALL  WCHA
        CALL  ECHA
        CALL  ACHA
        CALL  TCHA
        CALL  PAGE2
        CALL  COL1  ; SCAN
        CALL  WAK
        CALL  SCHA
        CALL  CCHA
        CALL  ACHA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL  NCHA
        CALL  COL3  ; >
        CALL  WAK3
        CALL  WAK
        CALL  MAGGVA
        CALL  COL5  ; EAST =>
        CALL  WAK
        CALL  ECHA
        CALL  ACHA
        CALL  SCHA
        CALL  TCHA
        CALL  WAK
        CALL  CRIGHT
        CALL  SUBTURN
        RET
;1.831********MENU TURN*********
MNTUNE: CALL  CLRSCR
        CALL  PAGE1
        CALL  COL1  ;TUN
        CALL  WAK3
        CALL  WAK
        CALL  WAK
        CALL  TCHA
        CALL  UCHA
        CALL  NCHA
        CALL  COL3  ;1.AUTO
        CALL  WAK
        CALL  WAK
        CALL  LEG01
        CALL  JOOD
        CALL  ACHA
        CALL  UCHA
        CALL  TCHA
        CALL  OCHA
        CALL  COL5  ;2.FINE
        CALL  WAK
        CALL  WAK
        CALL  LEG02
        CALL  JOOD
        CALL  FCHA
        CALL  ICHA
        CALL  NCHA
        CALL  ECHA
        CALL  PAGE2
        CALL  COL1  ;ER
        CALL  ECHA
        CALL  RCHA
        CALL  COL3  ;TUNER
        CALL  WAK
        CALL  TCHA
        CALL  UCHA
        CALL  NCHA
        CALL  ECHA
        CALL  COL5  ;TUNER
        CALL  WAK
        CALL  TCHA
        CALL  UCHA
        CALL  NCHA
        CALL  ECHA
        CALL  SUBTURN
        RET
;1.8321*****MENU AUTO TUNER*******
MNAUTUN: CALL  CLRSCR
        CALL  PAGE1
        CALL  COL1  ;AUTO
        CALL  WAK3
        CALL  ACHA
        CALL  UCHA
        CALL  TCHA
        CALL  OCHA
        CALL  COL3  ;CH.<
        CALL  WAK3
        CALL  WAK
        CALL  CCHA
        CALL  HCHA
        CALL  JOOD
        CALL  NAYGVA
        CALL  PAGE2
        CALL  COL1  ;TUNER
        CALL  TCHA
        CALL  UCHA
        CALL  NCHA
        CALL  ICHA
        CALL  NCHA
        CALL  GCHA
        CALL  COL3  ;>
        CALL  WAK
        CALL  WAK
        CALL  MAGGVA
        RET
;1.8331******MENU FINE TUNER*******
MNFITUN: CALL  CLRSCR
        CALL  PAGE1
        CALL  COL1  ;FINE
        CALL  WAK3
        CALL  FCHA
        CALL  ICHA
        CALL  NCHA
        CALL  ECHA
        CALL  COL3  ;1-9 SE
        CALL  WAK
        CALL  WAK
        CALL  LEG01
        CALL  LOB
        CALL  LEG09
        CALL  WAK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL   SCHA
        CALL   ECHA
        CALL   COL5   ;<=DEC CH.
        CALL   CLEFT
        CALL   DCHA
        CALL   ECHA
        CALL   CCHA
        CALL   WAK
        CALL   CCHA
        CALL   HCHA
        CALL   JOOD
        CALL   PAGE2
        CALL   COL1   ;TUNER
        CALL   TCHA
        CALL   UCHA
        CALL   NCHA
        CALL   ICHA
        CALL   NCHA
        CALL   GCHA
        CALL   COL3   ;LECT CH.
        CALL   LCHA
        CALL   ECHA
        CALL   CCHA
        CALL   TCHA
        CALL   WAK
        CALL   CCHA
        CALL   HCHA
        CALL   JOOD
        CALL   COL5   ; INC>
        CALL   WAK3
        CALL   WAK
        CALL   ICHA
        CALL   NCHA
        CALL   CCHA
        CALL   CRIGHT
        CALL   SUBTURN
        RET
;********TITLE & VERSION******
TITLE: CALL   CLRSCR
        CALL   PAGE1
        CALL   COL1
        CALL   WAK
        CALL   WAK3
        CALL   WAK
        CALL   CCHA
        CALL   LOB
        CALL   BCHA
        CALL   COL3
        CALL   WAK3
        CALL   SCHA
        CALL   ACHA
        CALL   TCHA
        CALL   ECHA
        CALL   LCHA
        CALL   COL5
        CALL   WAK3
        CALL   WAK
        CALL   RCHA
        CALL   ECHA
        CALL   CCHA
        CALL   ECHA
        CALL   COL7
        CALL   WAK
        CALL   DCHA
        CALL   ECHA
        CALL   MCHA
        CALL   OCHA
        CALL   NCHA
        CALL   SCHA
        CALL   TCHA
        CALL   PAGE2
        CALL   COL1
        CALL   ACHA
        CALL   NCHA
        CALL   DCHA
        CALL   COL3
        CALL   LCHA
        CALL   ICHA
        CALL   TCHA
        CALL   ECHA
        CALL   COL5
        CALL   ICHA
        CALL   VCHA
        CALL   ECHA
        CALL   RCHA
        CALL   COL7
        CALL   RCHA
        CALL   ACHA
        CALL   TCHA
        CALL   ECHA
        CALL   WAK
        CALL   SCHA
        CALL   ECHA
        CALL   TCHA
        CALL   DELAY5
        CALL   DELAY5
        CALL   DELAY5
        CALL   DELAY5
        CALL   CLRSCR
        CALL   PAGE1
        CALL   COL1
        CALL   WAK3
        CALL   WAK
        CALL   TCHA
        CALL   ECHA
        CALL   LCHA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CALL  ECHA
CALL  COL3
CALL  WAK
CALL  WAK
CALL  ECHA
CALL  NCHA
CALL  GCHA
CALL  ICHA
CALL  NCHA
CALL  ECHA
CALL  COL5
CALL  WAK3
CALL  ICHA
CALL  DCHA
CALL  JOOD
CALL  ECHA
CALL  DCHA
CALL  COL7
CALL  WAK3
CALL  WAK
CALL  WAK
CALL  KCHA
CALL  MCHA
CALL  ICHA
CALL  PAGE2
CALL  COL1
CALL  CCHA
CALL  OCHA
CALL  MCHA
CALL  COL3
CALL  ECHA
CALL  RCHA
CALL  ICHA
CALL  NCHA
CALL  GCHA
CALL  COL5
CALL  JOOD
CALL  WAK
CALL  LEG01
CALL  LEG08
CALL  COL7
CALL  TCHA
CALL  NAMBON
CALL  LCHA
CALL  DELAY5
CALL  DELAY5
CALL  DELAY5
CALL  CLRSCR
CALL  PAGE1
CALL  COL1
CALL  WAK3
CALL  WAK
CALL  TCHA
CALL  JOOD
CALL  WAK
CALL  ACHA
CALL  COL3
CALL  WAK3
CALL  WAK
CALL  PCHA
CALL  JOOD
CALL  WAK
CALL  KCHA
CALL  COL5
CALL  WAK3
CALL  CCHA
CALL  HCHA
CALL  JOOD
CALL  WAK
CALL  ACHA
CALL  COL7
CALL  WAK
CALL  CCHA
CALL  HCHA
CALL  JOOD
CALL  WAK
CALL  ACHA
CALL  MCHA
CALL  OCHA
CALL  PAGE2
CALL  COL1
CALL  NCHA
CALL  ECHA
CALL  KCHA
CALL  COL3
CALL  ACHA
CALL  SCHA
CALL  ECHA
CALL  TCHA
CALL  COL5
CALL  UCHA
CALL  TCHA
CALL  HCHA
CALL  ACHA
CALL  NCHA
CALL  ECHA
CALL  COL7
CALL  RCHA
CALL  NCHA
CALL  CCHA
CALL  HCHA
CALL  ACHA
CALL  ICHA
CALL  DELAY5
CALL  DELAY5
CALL  DELAY5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    RET
;**DATA HELP FOR USER GUIDE***
HELP:  LD    A,91H
    OUT   (33H),A
    CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL4
    CALL  WAK3
    CALL  HCHA
    CALL  ECHA
    CALL  LCHA
    CALL  PCHA
    CALL  PAGE2
    CALL  COL4
    CALL  GCHA
    CALL  UCHA
    CALL  ICHA
    CALL  DCHA
    CALL  ECHA
    CALL  DELAY5
    CALL  DELAY5
HELPST: CALL  UNKEY
    CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1
    CALL  WAK
    CALL  SCHA
    CALL  ECHA
    CALL  LCHA
    CALL  ECHA
    CALL  CCHA
    CALL  TCHA
    CALL  COL3
    CALL  WAK
    CALL  LEG01
    CALL  JOOD
    CALL  NCHA
    CALL  OCHA
    CALL  RCHA
    CALL  MCHA
    CALL  ACHA
    CALL  COL5
    CALL  WAK
    CALL  LEG02
    CALL  JOOD
    CALL  TCHA
    CALL  ECHA
    CALL  SCHA
    CALL  TCHA
    CALL  COL7
    CALL  WAK
    CALL  LEG03
    CALL  JOOD
    CALL  SCHA
    CALL  ECHA
    CALL  TCHA
    CALL  WAK
    CALL  DCHA
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1
    CALL  TCHA
    CALL  OCHA
    CALL  PCHA
    CALL  ICHA
    CALL  CCHA
    CALL  SCHA
    CALL  COL3
    CALL  LCHA
    CALL  COL5
    CALL  SCHA
    CALL  ICHA
    CALL  GCHA
    CALL  NCHA
    CALL  ACHA
    CALL  LCHA
    CALL  COL7
    CALL  ICHA
    CALL  SCHA
    CALL  HCHA
    CALL  NAMLAG
    CALL  TCHA
    CALL  UCHA
    CALL  NCHA
    CALL  ECHA
    CALL  UNKEY
HELP0: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    00H
    JR    Z,HELP0
    CP    01H
    JR    Z,HELP1
    CP    02H
    JP    Z,HELP2
    CP    03H
    JP    Z,HELP3
    CP    0AH
    JP    Z,HELPRET
    JR    HELP0
;*********************
HELP1: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1
    CALL  WAK3
    CALL  WAK
    CALL  LEG01
    CALL  JOOD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL   NCHA
        CALL   OCHA
        CALL   COL3
        CALL   PCHA
        CALL   RCHA
        CALL   ECHA
        CALL   SCHA
        CALL   SCHA
        CALL   ECHA
        CALL   DCHA
        CALL   COL5
        CALL   TCHA
        CALL   OCHA
        CALL   WAK
        CALL   SCHA
        CALL   ECHA
        CALL   LCHA
        CALL   ECHA
        CALL   CCHA
        CALL   COL7
        CALL   CCHA
        CALL   HCHA
        CALL   ACHA
        CALL   NCHA
        CALL   NCHA
        CALL   ECHA
        CALL   LCHA
        CALL   COL8
        CALL   CLEFT
        CALL   PAGE2
        CALL   COL1
        CALL   RCHA
        CALL   MCHA
        CALL   ACHA
        CALL   LCHA
        CALL   COL3
        CALL   KCHA
        CALL   ECHA
        CALL   YCHA
        CALL   WAK
        CALL   LEG01
        CALL   LOB
        CALL   LEG09
        CALL   COL5
        CALL   TCHA
        CALL   UNKEY
HELP11: CALL   RKEY
        LD     A,(KDAT)
        CP     00H
        JR     Z,HELP11
        CP     0BH
        JP     Z,HELPST
        CP     0AH
        JP     HELPRET
        JR     HELP11
;************************
HELP2:  CALL   CLRSCR
        CALL   PAGE1
        CALL   COL1
        CALL   WAK
        CALL   LEG02
        CALL   JOOD
        CALL   TCHA
        CALL   ECHA
        CALL   SCHA
        CALL   TCHA
        CALL   COL3
        CALL   PCHA
        CALL   RCHA
        CALL   ECHA
        CALL   SCHA
        CALL   SCHA
        CALL   ECHA
        CALL   DCHA
        CALL   COL5
        CALL   TCHA
        CALL   OCHA
        CALL   WAK
        CALL   SCHA
        CALL   ECHA
        CALL   LCHA
        CALL   ECHA
        CALL   CCHA
        CALL   COL7
        CALL   PCHA
        CALL   OCHA
        CALL   ICHA
        CALL   NCHA
        CALL   TCHA
        CALL   COL8
        CALL   CLEFT
        CALL   PAGE2
        CALL   COL1
        CALL   SCHA
        CALL   ICHA
        CALL   GCHA
        CALL   NCHA
        CALL   ACHA
        CALL   LCHA
        CALL   COL3
        CALL   KCHA
        CALL   ECHA
        CALL   YCHA
        CALL   WAK
        CALL   LEG01
        CALL   LOB
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CALL  LEG08
    CALL  COL5
    CALL  TCHA
    CALL  WAK
    CALL  TCHA
    CALL  ECHA
    CALL  SCHA
    CALL  TCHA
    CALL  UNKEY
HELP21: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    00H
    JR    Z,HELP21
    CP    0BH
    JP    Z,HELPST
    CP    0AH
    JP    HELPRET
    JR    HELP21
;************************
HELP3: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1
    CALL  WAK
    CALL  LEG03
    CALL  JOOD
    CALL  SCHA
    CALL  ECHA
    CALL  TCHA
    CALL  WAK
    CALL  DCHA
    CALL  COL3
    CALL  HCHA
    CALL  ACHA
    CALL  SCHA
    CALL  WAK
    CALL  TCHA
    CALL  WCHA
    CALL  OCHA
    CALL  COL5
    CALL  WAK3
    CALL  LEG01
    CALL  JOOD
    CALL  SCHA
    CALL  ECHA
    CALL  TCHA
    CALL  COL7
    CALL  WAK3
    CALL  LEG02
    CALL  JOOD
    CALL  TCHA
    CALL  UCHA
    CALL  NCHA
    CALL  COL8
    CALL  CLEFT
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1
    CALL  ICHA
    CALL  SCHA
    CALL  HCHA
    CALL  NAMLAG
    CALL  TCHA
    CALL  UCHA
    CALL  NCHA
    CALL  ECHA
    CALL  COL3
    CALL  FCHA
    CALL  UCHA
    CALL  NCHA
    CALL  CCHA
    CALL  TCHA
    CALL  ICHA
    CALL  OCHA
    CALL  NCHA
    CALL  COL5
    CALL  WAK
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  SCHA
    CALL  HCHA
    CALL  COL7
    CALL  ECHA
    CALL  RCHA
    CALL  COL8
    CALL  WAK3
    CALL  WAK3
    CALL  WAK
    CALL  CRIGHT
    CALL  UNKEY
HELP31: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    00H
    JR    Z,HELP31
    CP    0CH
    JR    Z,HELP32
    CP    0BH
    JP    Z,HELPST
    CP    0AH
    JP    Z,HELPRET
    JP    HELP31
;************************
HELP32: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  LEG03
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CALL  JOOD
CALL  LEG01
CALL  WAK
CALL  SCHA
CALL  ECHA
CALL  COL3
CALL  HCHA
CALL  ACHA
CALL  SCHA
CALL  WAK
CALL  TCHA
CALL  WCHA
CALL  OCHA
CALL  COL5
CALL  WAK
CALL  LEG01
CALL  JOOD
CALL  ACHA
CALL  UCHA
CALL  TCHA
CALL  OCHA
CALL  COL7
CALL  ACHA
CALL  UCHA
CALL  TCHA
CALL  OCHA
CALL  MCHA
CALL  ACHA
CALL  TCHA
CALL  ICHA
CALL  COL8
CALL  CLEFT
CALL  PAGE2
CALL  COL1
CALL  TCHA
CALL  WAK
CALL  DCHA
CALL  ICHA
CALL  SCHA
CALL  HCHA
CALL  COL3
CALL  FCHA
CALL  UCHA
CALL  NCHA
CALL  CCHA
CALL  TCHA
CALL  ICHA
CALL  OCHA
CALL  NCHA
CALL  COL5
CALL  SCHA
CALL  ECHA
CALL  ACHA
CALL  RCHA
CALL  CCHA
CALL  HCHA
CALL  COL7
CALL  CCHA
CALL  WAK
CALL  SCHA
CALL  ECHA
CALL  ACHA
CALL  RCHA
CALL  CCHA
CALL  HCHA
CALL  COL8
CALL  WAK3
CALL  WAK3
CALL  WAK
CALL  CRIGHT
CALL  UNKEY
HELP32A: CALL  RKEY
  LD    A,(KDAT)
  CP    00H
  JR    Z,HELP32A
  CP    0CH
  JR    Z,HELP33
  CP    0BH
  JP    Z,HELP3
  CP    0AH
  JP    Z,HELPRET
  JP    HELP32A
;**********************
HELP33: CALL  CLRSCR
  CALL  PAGE1
  CALL  COL1
  CALL  PCHA
  CALL  OCHA
  CALL  SCHA
  CALL  ICHA
  CALL  TCHA
  CALL  ICHA
  CALL  OCHA
  CALL  NCHA
  CALL  COL3
  CALL  SCHA
  CALL  ACHA
  CALL  TCHA
  CALL  ECHA
  CALL  LCHA
  CALL  LCHA
  CALL  ICHA
  CALL  TCHA
  CALL  COL5
  CALL  RCHA
  CALL  ECHA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL   CCHA
        CALL   OCHA
        CALL   RCHA
        CALL   DCHA
        CALL   WAK
        CALL   SCHA
        CALL   COL8
        CALL   CLEFT
        CALL   PAGE2
        CALL   COL1
        CALL   WAK
        CALL   OCHA
        CALL   FCHA
        CALL   COL3
        CALL   ECHA
        CALL   WAK
        CALL   ACHA
        CALL   NCHA
        CALL   DCHA
        CALL   COL5
        CALL   TCHA
        CALL   ACHA
        CALL   TCHA
        CALL   ICHA
        CALL   OCHA
        CALL   NCHA
        CALL   COL8
        CALL   WAK3
        CALL   WAK3
        CALL   WAK
        CALL   CRIGHT
        CALL   UNKEY
HELP33A: CALL  RKEY
        LD     A,(KDAT)
        CP     00H
        JR     Z,HELP33A
        CP     0CH
        JR     Z,HELP34
        CP     0BH
        JP     Z,HELP32
        CP     0AH
        JP     Z,HELPRET
        JP     HELP33A
;*****************************
HELP34: CALL   CLRSCR
        CALL   PAGE1
        CALL   COL1
        CALL   WAK
        CALL   WAK
        CALL   LOB
        CALL   FCHA
        CALL   ICHA
        CALL   NCHA
        CALL   ECHA
        CALL   COL3
        CALL   HCHA
        CALL   ACHA
        CALL   SCHA
        CALL   WAK
        CALL   TCHA
        CALL   WCHA
        CALL   OCHA
        CALL   COL5
        CALL   WAK
        CALL   WAK
        CALL   LEG01
        CALL   JOOD
        CALL   SCHA
        CALL   ECHA
        CALL   LCHA
        CALL   ECHA
        CALL   COL7
        CALL   ACHA
        CALL   FCHA
        CALL   TCHA
        CALL   ECHA
        CALL   RCHA
        CALL   WAK
        CALL   YCHA
        CALL   OCHA
        CALL   COL8
        CALL   CLEFT
        CALL   PAGE2
        CALL   COL1
        CALL   SCHA
        CALL   CCHA
        CALL   ACHA
        CALL   NCHA
        CALL   LOB
        CALL   COL3
        CALL   FCHA
        CALL   UCHA
        CALL   NCHA
        CALL   CCHA
        CALL   TCHA
        CALL   ICHA
        CALL   OCHA
        CALL   NCHA
        CALL   COL5
        CALL   CCHA
        CALL   TCHA
        CALL   WAK
        CALL   SCHA
        CALL   ACHA
        CALL   TCHA
        CALL   COL7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CALL   UCHA
    CALL   WAK
    CALL   RCHA
    CALL   UCHA
    CALL   NCHA
    CALL   COL8
    CALL   WAK
    CALL   WAK3
    CALL   WAK3
    CALL   CRIGHT
    CALL   UNKEY
HELP34A: CALL  RKEY
    LD     A,(KDAT)
    CP     00H
    JR     Z,HELP34A
    CP     0CH
    JR     Z,HELP35
    CP     0BH
    JP     Z,HELP33
    CP     0AH
    JP     Z,HELPRET
    JP     HELP34A
;*************************
HELP35: CALL   CLRSCR
    CALL   PAGE1
    CALL   COL1
    CALL   ACHA
    CALL   UCHA
    CALL   TCHA
    CALL   OCHA
    CALL   WAK
    CALL   SCHA
    CALL   ECHA
    CALL   ACHA
    CALL   COL3
    CALL   CCHA
    CALL   ACHA
    CALL   NCHA
    CALL   WAK
    CALL   SCHA
    CALL   ECHA
    CALL   LCHA
    CALL   ECHA
    CALL   COL5
    CALL   SCHA
    CALL   ACHA
    CALL   TCHA
    CALL   ECHA
    CALL   LCHA
    CALL   LCHA
    CALL   ICHA
    CALL   TCHA
    CALL   COL7
    CALL   RCHA
    CALL   ECHA
    CALL   CCHA
    CALL   ECHA
    CALL   ICHA
    CALL   VCHA
    CALL   ECHA
    CALL   COL8
    CALL   CLEFT
    CALL   PAGE2
    CALL   COL1
    CALL   RCHA
    CALL   CCHA
    CALL   HCHA
    CALL   WAK
    CALL   YCHA
    CALL   OCHA
    CALL   UCHA
    CALL   COL3
    CALL   CCHA
    CALL   TCHA
    CALL   COL5
    CALL   ECHA
    CALL   WAK
    CALL   TCHA
    CALL   OCHA
    CALL   COL7
    CALL   BCHA
    CALL   YCHA
    CALL   COL8
    CALL   WAK3
    CALL   WAK3
    CALL   WAK
    CALL   CRIGHT
    CALL   UNKEY
HELP35A: CALL  RKEY
    LD     A,(KDAT)
    CP     00H
    JR     Z,HELP35A
    CP     0CH
    JR     Z,HELP36
    CP     0BH
    JP     Z,HELP34
    CP     0AH
    JP     Z,HELPRET
    JP     HELP35A
;*************************
HELP36: CALL   CLRSCR
    CALL   PAGE1
    CALL   COL1
    CALL   PCHA
    CALL   RCHA
    CALL   ECHA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CALL  SCHA
CALL  SCHA
CALL  ECHA
CALL  DCHA
CALL  COL3
CALL  WAK
CALL  WAK
CALL  LEG02
CALL  JOOD
CALL  FCHA
CALL  ICHA
CALL  NCHA
CALL  ECHA
CALL  COL5
CALL  SCHA
CALL  ECHA
CALL  TCHA
CALL  WAK
CALL  DCHA
CALL  ICHA
CALL  SCHA
CALL  HCHA
CALL  COL7
CALL  SCHA
CALL  ACHA
CALL  TCHA
CALL  ECHA
CALL  LCHA
CALL  LCHA
CALL  ICHA
CALL  TCHA
CALL  COL8
CALL  CLEFT
CALL  PAGE2
CALL  COL1
CALL  KCHA
CALL  ECHA
CALL  YCHA
CALL  WAK
CALL  LEG01
CALL  LOB
CALL  LEG09
CALL  COL3
CALL  WAK
CALL  SCHA
CALL  CCHA
CALL  ACHA
CALL  NCHA
CALL  COL5
CALL  WAK
CALL  TCHA
CALL  OCHA
CALL  WAK
CALL  FCHA
CALL  ICHA
CALL  NCHA
CALL  ECHA
CALL  COL7
CALL  ECHA
CALL  WAK
CALL  ICHA
CALL  NCHA
CALL  COL8
CALL  WAK3
CALL  WAK3
CALL  WAK
CALL  CRIGHT
CALL  UNKEY
HELP36A: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    00H
    JR    Z,HELP36A
    CP    0CH
    JR    Z,HELP37
    CP    0BH
    JP    Z,HELP35
    CP    0AH
    JP    Z,HELPRET
    JP    HELP36A
;**********************
HELP37: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1
    CALL  WCHA
    CALL  ECHA
    CALL  SCHA
    CALL  TCHA
    CALL  WAK
    CALL  OCHA
    CALL  RCHA
    CALL  COL3
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  RCHA
    CALL  ECHA
    CALL  CCHA
    CALL  TCHA
    CALL  ICHA
    CALL  OCHA
    CALL  COL5
    CALL  PCHA
    CALL  RCHA
    CALL  ECHA
    CALL  SCHA
    CALL  SCHA
    CALL  ECHA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CALL  DCHA
    CALL  COL7
    CALL  RCHA
    CALL  ICHA
    CALL  GCHA
    CALL  HCHA
    CALL  TCHA
    CALL  WAK
    CALL  ACHA
    CALL  RCHA
    CALL  COL8
    CALL  CLEFT
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1
    CALL  ECHA
    CALL  ACHA
    CALL  SCHA
    CALL  TCHA
    CALL  COL3
    CALL  NCHA
    CALL  WAK
    CALL  BCHA
    CALL  YCHA
    CALL  COL5
    CALL  LCHA
    CALL  ECHA
    CALL  FCHA
    CALL  TCHA
    CALL  WAK
    CALL  ACHA
    CALL  NCHA
    CALL  DCHA
    CALL  COL7
    CALL  RCHA
    CALL  OCHA
    CALL  WCHA
    CALL  WAK
    CALL  KCHA
    CALL  ECHA
    CALL  YCHA
    CALL  COL8
    CALL  WAK3
    CALL  WAK3
    CALL  WAK
    CALL  CRIGHT
    CALL  UNKEY
HELP37A: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    00H
    JR    Z,HELP37A
    CP    0CH
    JR    Z,HELP38
    CP    0BH
    JP    Z,HELP36
    CP    0AH
    JP    Z,HELPRET
    JP    HELP37A
;************************
HELP38: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1
    CALL  WAK3
    CALL  LEG03
    CALL  JOOD
    CALL  LEG02
    CALL  WAK
    CALL  TCHA
    CALL  COL3
    CALL  HCHA
    CALL  ACHA
    CALL  SCHA
    CALL  WAK
    CALL  TCHA
    CALL  WCHA
    CALL  OCHA
    CALL  COL5
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  LOB
    CALL  ACHA
    CALL  UCHA
    CALL  TCHA
    CALL  OCHA
    CALL  COL7
    CALL  ACHA
    CALL  UCHA
    CALL  TCHA
    CALL  OCHA
    CALL  MCHA
    CALL  ACHA
    CALL  TCHA
    CALL  ICHA
    CALL  COL8
    CALL  CLEFT
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1
    CALL  UCHA
    CALL  NCHA
    CALL  ECHA
    CALL  RCHA
    CALL  COL3
    CALL  FCHA
    CALL  UCHA
    CALL  NCHA
    CALL  CCHA
    CALL  TCHA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CALL  ICHA
    CALL  OCHA
    CALL  NCHA
    CALL  COL5
    CALL  TCHA
    CALL  UCHA
    CALL  NCHA
    CALL  ECHA
    CALL  RCHA
    CALL  LOB
    CALL  COL7
    CALL  CCHA
    CALL  WAK
    CALL  TCHA
    CALL  UCHA
    CALL  NCHA
    CALL  ECHA
    CALL  COL8
    CALL  WAK3
    CALL  WAK3
    CALL  WAK
    CALL  CRIGHT
    CALL  UNKEY
HELP38A: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    00H
    JR    Z,HELP38A
    CP    0CH
    JR    Z,HELP39
    CP    0BH
    JP    Z,HELP37
    CP    0AH
    JP    Z,HELPRET
    JP    HELP38A
;************************
HELP39: CALL   CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1
    CALL  CCHA
    CALL  HCHA
    CALL  ACHA
    CALL  NCHA
    CALL  NCHA
    CALL  ECHA
    CALL  LCHA
    CALL  COL3
    CALL  RCHA
    CALL  ECHA
    CALL  CCHA
    CALL  OCHA
    CALL  RCHA
    CALL  DCHA
    CALL  WAK
    CALL  NAYGVA
    CALL  COL5
    CALL  CCHA
    CALL  HCHA
    CALL  ACHA
    CALL  NCHA
    CALL  NCHA
    CALL  ECHA
    CALL  LCHA
    CALL  COL8
    CALL  CLEFT
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1
    CALL  ACHA
    CALL  NCHA
    CALL  DCHA
    CALL  COL3
    CALL  FCHA
    CALL  UCHA
    CALL  LCHA
    CALL  LCHA
    CALL  WAK
    CALL  LEG09
    CALL  MAGGVA
    CALL  COL8
    CALL  WAK3
    CALL  WAK3
    CALL  WAK
    CALL  CRIGHT
    CALL  UNKEY
HELP39A: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    00H
    JR    Z,HELP39A
    CP    0CH
    JR    Z,HELP3A
    CP    0BH
    JP    Z,HELP38
    CP    0AH
    JP    Z,HELPRET
    JP    HELP39A
;************************
HELP3A: CALL   CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  LOB
    CALL  FCHA
    CALL  ICHA
    CALL  NCHA
    CALL  ECHA
    CALL  COL3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CALL  ACHA
CALL  FCHA
CALL  TCHA
CALL  ECHA
CALL  RCHA
CALL  WAK
CALL  YCHA
CALL  OCHA
CALL  COL5
CALL  ACHA
CALL  UCHA
CALL  TCHA
CALL  OCHA
CALL  WAK
CALL  TCHA
CALL  UCHA
CALL  NCHA
CALL  COL7
CALL  CCHA
CALL  ACHA
CALL  NCHA
CALL  WAK
CALL  SCHA
CALL  ECHA
CALL  LCHA
CALL  ECHA
CALL  COL8
CALL  CLEFT
CALL  PAGE2
CALL  COL1
CALL  TCHA
CALL  UCHA
CALL  NCHA
CALL  ECHA
CALL  RCHA
CALL  LOB
CALL  COL3
CALL  UCHA
CALL  WAK
CALL  RCHA
CALL  UCHA
CALL  NCHA
CALL  COL5
CALL  ECHA
CALL  WAK
CALL  YCHA
CALL  OCHA
CALL  UCHA
CALL  COL7
CALL  CCHA
CALL  TCHA
CALL  COL8
CALL  WAK3
      CALL  WAK3
      CALL  WAK
      CALL  CRIGHT
      CALL  UNKEY
HELP3AA: CALL  RKEY
      LD    A,(KDAT)
      CP    00H
      JR    Z,HELP3AA
      CP    0CH
      JR    Z,HELP3B
      CP    0BH
      JP    Z,HELP39
      CP    0AH
      JP    Z,HELPRET
      JP    HELP3AA
;**********************
HELP3B: CALL  CLRSCR
      CALL  PAGE1
      CALL  COL1
      CALL  CCHA
      CALL  HCHA
      CALL  ACHA
      CALL  NCHA
      CALL  NCHA
      CALL  ECHA
      CALL  LCHA
      CALL  COL3
      CALL  PCHA
      CALL  RCHA
      CALL  ECHA
      CALL  SCHA
      CALL  SCHA
      CALL  ECHA
      CALL  DCHA
      CALL  COL5
      CALL  ACHA
      CALL  NCHA
      CALL  DCHA
      CALL  WAK
      CALL  FCHA
      CALL  ICHA
      CALL  NCHA
      CALL  ECHA
      CALL  COL7
      CALL  PCHA
      CALL  RCHA
      CALL  ECHA
      CALL  SCHA
      CALL  SCHA
      CALL  ECHA
      CALL  DCHA
      CALL  COL8
      CALL  CLEFT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CALL   PAGE2
    CALL   COL1
    CALL   BCHA
    CALL   YCHA
    CALL   COL3
    CALL   KCHA
    CALL   ECHA
    CALL   YCHA
    CALL   WAK
    CALL   LEG01
    CALL   LOB
    CALL   LEG09
    CALL   COL5
    CALL   WAK
    CALL   TCHA
    CALL   UCHA
    CALL   NCHA
    CALL   ECHA
    CALL   WAK
    CALL   BCHA
    CALL   YCHA
    CALL   COL7
    CALL   LCHA
    CALL   ECHA
    CALL   FCHA
    CALL   TCHA
    CALL   WAK
    CALL   OCHA
    CALL   RCHA
    CALL   COL8
    CALL   WAK3
    CALL   WAK3
    CALL   WAK
    CALL   CRIGHT
    CALL   UNKEY
HELP3BA: CALL  RKEY
    LD     A,(KDAT)
    CP     00H
    JR     Z,HELP3BA
    CP     0CH
    JR     Z,HELP3C
    CP     0BH
    JP     Z,HELP3A
    CP     0AH
    JP     Z,HELPRET
    JP     HELP3BA
;************************
HELP3C: CALL   CLRSCR
    CALL   PAGE1
    CALL   COL1
    CALL   RCHA
    CALL   ICHA
    CALL   GCHA
    CALL   HCHA
    CALL   TCHA
    CALL   WAK
    CALL   ACHA
    CALL   RCHA
    CALL   COL8
    CALL   CLEFT
    CALL   PAGE2
    CALL   COL1
    CALL   RCHA
    CALL   OCHA
    CALL   WCHA
    CALL   WAK
    CALL   KCHA
    CALL   ECHA
    CALL   YCHA
    CALL   COL7
    CALL   LOB
    CALL   ECHA
    CALL   NCHA
    CALL   DCHA
    CALL   LOB
    CALL   UNKEY
HELP3CA: CALL  RKEY
    LD     A,(KDAT)
    CP     00H
    JR     Z,HELP3CA
    CP     0BH
    JP     Z,HELP3B
    CP     0AH
    JP     Z,HELPRET
    JP     HELP3CA
HELPRET: LD    A,81H
    OUT    (33H),A
    CALL   UNKEY
    RET
;********MENU  TESPOINT*********
;**********SET PORT*************
SETPORT: LD    A,81H
    OUT    (33H),A
    LD     A,9AH
    OUT    (43H),A
    LD     A,00H
    OUT    (30H),A
    OUT    (31H),A
    OUT    (32H),A
    OUT    (40H),A
    OUT    (41H),A
    OUT    (42H),A
    RET
;***SET EVERYTHING FOR FIRST TIME***
SETBOX: LD     IY,PRESSAT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    LD    A,80H       ;PORT40,41 = OUTPUT(CH=I,CL=O)
    OUT   (43H),A
    IN    A,(42H)
    RES   1,A
    OUT   (42H),A     ;RELOAD
    LD    A,(IY+0)    ;SET COUNTER LOW
    OUT   (40H),A
    LD    A,(IY+1)    ;SET COUNTER HIGHT
    OUT   (41H),A
    CALL  DELAYCK
    CALL  CLOCK
    CALL  DELAYCK
    LD    A,9AH       ;PORT40,41 = INPUT(CH=I,CL=0)
    OUT   (43H),A
    IN    A,(42H)
    SET   1,A
    OUT   (42H),A
    CALL  DELAYCK
    LD    A,(PRESCH)  ;FOR FIRST CHANNAL
    OUT   (31H),A
    RET
;*******DELAY 5*****************
DELAY5: CALL  DELAY
    CALL  DELAY
    CALL  DELAY
    CALL  DELAY
    RET
;*******DELAY FOR COUNTER******
DECOUNT:CALL  COL5
    CALL  STATSAT
    CALL  DELAY
    CALL  COL5
    CALL  STATSAT
    CALL  DELAY
    CALL  COL5
    CALL  STATSAT
    CALL  DELAY
    CALL  COL5
    CALL  STATSAT
    CALL  DELAY
    CALL  COL5
    CALL  STATSAT
    CALL  DELAY
    CALL  COL5
    CALL  STATSAT
    RET
;**********UNPRESS KEY**********
UNKEY: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    00H
    JR    NZ,UNKEY
    CALL  DELAY
    RET
;*******DELAY TIME**************
DELAY: PUSH  BC
    LD    B,0FFH
WAIT: LD    C,0FFH
DECC: DEC   C
    JR    NZ,DECC
    DJNZ  WAIT
    POP   BC
    RET
;*******DELAY TIME(00)**********
DELAY2: PUSH  BC
    LD    B,8FH
.WAIT2: LD    C,0FFH
DECC2: DEC   C
    JR    NZ,DECC2
    DJNZ  WAIT2
    POP   BC
    RET
;*******DELAY TIME(0T)**********
DELAY3: PUSH  BC
    LD    B,12H
WAIT3: LD    C,0FFH
DECC3: DEC   C
    JR    NZ,DECC3
    DJNZ  WAIT3
    POP   BC
    RET
;***********SCAN KEYS************
;*********DATA = KEYDAT***********
RKEY:  LD    A,00H
    LD    (KDAT),A
    LD    A,0E0H      ;ROW FIRST
    OUT   (32H),A
    IN    A,(32H)
    CP    0EEH        ;KEY LEFT
    JP    Z,KLEFT
    CP    0EDH        ;KEY ZERO
    JP    Z,KZERO
    CP    0EBH        ;KEY RIGHT
    JP    Z,KRIGHT
    LD    A,0D0H      ;ROW SECOUND
    OUT   (32H),A
    IN    A,(32H)
    CP    0DEH        ;KEY SEVEN
    JP    Z,KSEVEN
    CP    0DDH        ;KEY EIGHT
    JP    Z,KEIGHT
    CP    0DBH        ;KEY NINE
    JP    Z,KNINE
    LD    A,0B0H      ;ROW THUDE
    OUT   (32H),A
    IN    A,(32H)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CP   0BFH
    JR   Z,KRFOUR
    CALL  DELAY
    CALL  DELAY
    CP   0BCH
    JP   Z,KDUAL
    CP   0BEH       ;KEY FOUR
    JP   Z,KFOUR
    CP   0BDH       ;KEY FIVE
    JP   Z,KFIVE
    CP   0BBH       ;KEY SIX
    JP   Z,KSIX
KRFOUR: LD   A,70H      ;ROW FOURT
    OUT  (32H),A
    IN   A,(32H)
    CP   7EH        ;KEY ONE
    JP   Z,KONE
    CP   7DH        ;KEY TWO
    JP   Z,KTWO
    CP   7BH        ;KEY THREE
    JP   Z,KTHREE
    JP   KEYRET
KLEFT: LD   A,0BH
    LD   (KDAT),A
    JP   KEYRET
KZERO: LD   A,0AH
    LD   (KDAT),A
    JP   KEYRET
KRIGHT: LD   A,0CH
    LD   (KDAT),A
    JP   KEYRET
KONE:  LD   A,01H
    LD   (KDAT),A
    JP   KEYRET
KTWO:  LD   A,02H
    LD   (KDAT),A
    JP   KEYRET
KTHREE: LD   A,03H
    LD   (KDAT),A
    JP   KEYRET
KFOUR: LD   A,04H
    LD   (KDAT),A
    JP   KEYRET
KFIVE: LD   A,05H
    LD   (KDAT),A
    JP   KEYRET
KSIX:  LD   A,06H
    LD   (KDAT),A
    JP   KEYRET
KSEVEN: LD   A,07H
    LD   (KDAT),A
    JP   KEYRET
KEIGHT: LD   A,08H
    LD   (KDAT),A
    JP   KEYRET
KNINE: LD   A,09H
    LD   (KDAT),A
    JP   KEYRET
KDUAL: LD   A,0DH
    LD   (KDAT),A
KEYRET: RET
;******GRAP FOR TESTPOINT 1*******
;***********INPUT = HL**************
TPGAF1: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1  ;TP1
    CALL  WAK3
    CALL  TCHA
    CALL  PCHA
    CALL  LEG01
    CALL  COL3
    LD   HL,GAF1C1 ;
################################
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL4    ; #             #
    LD   HL,GAF1C2 ; #             #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL5    ; #             #
    LD   HL,GAF1C3 ; #             #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL6    ; #             #
    LD   HL,GAF1C4 ; #             #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL7    ; #             #
    LD   HL,GAF1C5 ; #             #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL8    ;
################################
    LD   HL,GAF1C6
    CALL  SHOGAF
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1  ;V/DIV
    CALL  WAK
    CALL  VCHA
    CALL  TUB
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  VCHA
    CALL  COL3  ;= V.
    CALL  WAK
    CALL  TAOGUB
    CALL  WAK
    CALL  LEG05
    CALL  WAK
    CALL  MLEG
    CALL  VCHA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CALL  JOOD
    CALL  COL5  ;T/DIV
    CALL  WAK
    CALL  TCHA
    CALL  TUB
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  VCHA
    CALL  COL7  ;= S.
    CALL  WAK
    CALL  TAOGUB
    CALL  LEG02
    CALL  LEG05
    CALL  LEG00
    CALL  NLEG
    CALL  SCHA
    CALL  JOOD
TPGA1: IN   A,(42H)
    BIT   4,A
    JR    NZ,TPGA1MM
    CALL  MNMANUL
    JR    TPGA1RET
TPGA1MM: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    0BH
    JR    Z,TPGA1RET
    CP    0AH
    JR    NZ,TPGA1
TPGA1RET: CALL  UNKEY
    RET
;******GRAP FOR TESTPOINT 2*******
;***********INPUT = HL**************
TPGAF2: CALL   CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1  ;TP2
    CALL  WAK3
    CALL  TCHA
    CALL  PCHA
    CALL  LEG02
    CALL  COL3
    LD    HL,GAF2C1 ;
################################
    CALL  SHOGAF  ; #            #
    CALL  COL4    ; #           #
    LD    HL,GAF2C2 ; #          #
    CALL  SHOGAF  ; #            #
    CALL  COL5    ; #           #
    LD    HL,GAF2C3 ; #          #
    CALL  SHOGAF  ; #            #
    CALL  COL6    ; #           #
    LD    HL,GAF2C4 ; #          #
    CALL  SHOGAF  ; #            #
    CALL  COL7    ; #           #
    LD    HL,GAF2C5 ; #          #
    CALL  SHOGAF  ; #            #
    CALL  COL8    ;
################################
    LD    HL,GAF2C6
    CALL  SHOGAF
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1  ;V/DIV
    CALL  WAK
    CALL  VCHA
    CALL  TUB
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  VCHA
    CALL  COL3  ;= V.
    CALL  WAK
    CALL  TAOGUB
    CALL  LEG01
    CALL  LEG00
    CALL  WAK
    CALL  MLEG
    CALL  VCHA
    CALL  JOOD
    CALL  COL5  ;T/DIV
    CALL  WAK
    CALL  TCHA
    CALL  TUB
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  VCHA
    CALL  COL7  ;= S.
    CALL  WAK
    CALL  TAOGUB
    CALL  LEG01
    CALL  LEG00
    CALL  LEG00
    CALL  NLEG
    CALL  SCHA
    CALL  JOOD
TPGA2: IN   A,(42H)
    BIT   4,A
    JR    NZ,TPGA2MM
    CALL  MNMANUL
    JR    TPGA2RET
TPGA2MM: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    0BH
    JR    Z,TPGA2RET
    CP    0AH
    JR    NZ,TPGA2
TPGA2RET: CALL UNKEY
    RET
;******GRAP FOR TESTPOINT 3*******
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;***********INPUT = HL**************
TPGAF3: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1  ;TP3
    CALL  WAK3
    CALL  TCHA
    CALL  PCHA
    CALL  LEG03
    CALL  COL3
    LD    HL,GAF3C1 ;
################################
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL4    ; #             #
    LD    HL,GAF3C2 ; #            #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL5    ; #             #
    LD    HL,GAF3C3 ; #            #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL6    ; #             #
    LD    HL,GAF3C4 ; #            #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL7    ; #             #
    LD    HL,GAF3C5 ; #            #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL8    ;
################################
    LD    HL,GAF3C6
    CALL  SHOGAF
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1  ;V/DIV
    CALL  WAK
    CALL  VCHA
    CALL  TUB
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  VCHA
    CALL  COL3  ;= V.
    CALL  WAK
    CALL  TAOGUB
    CALL  LEG00
    CALL  JOOD
    CALL  LEG02
    CALL  WAK
    CALL  VCHA
    CALL  JOOD
    CALL  COL5  ;T/DIV
    CALL  WAK
    CALL  TCHA
    CALL  TUB
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  VCHA
    CALL  COL7  ;= S.
    CALL  WAK
    CALL  TAOGUB
    CALL  LEG02
    CALL  LEG00
    CALL  WAK
    CALL  ULEG
    CALL  SCHA
    CALL  JOOD
TPGA3: IN    A,(42H)
    BIT   4,A
    JR    NZ,TPGA3MM
    CALL  MNMANUL
    JR    TPGA3RET
TPGA3MM: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    0BH
    JR    Z,TPGA3RET
    CP    0AH
    JR    NZ,TPGA3
TPGA3RET: CALL  UNKEY
    RET
;******GRAP FOR TESTPOINT 4*******
;***********INPUT = HL**************
TPGAF4: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1  ;TP4
    CALL  WAK3
    CALL  TCHA
    CALL  PCHA
    CALL  LEG04
    CALL  COL3
    LD    HL,GAF4C1 ;
################################
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL4    ; #             #
    LD    HL,GAF4C2 ; #            #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL5    ; #             #
    LD    HL,GAF4C3 ; #            #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL6    ; #             #
    LD    HL,GAF4C4 ; #            #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL7    ; #             #
    LD    HL,GAF4C5 ; #            #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL8    ;
################################
    LD    HL,GAF4C6
    CALL  SHOGAF
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1  ;V/DIV
    CALL  WAK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CALL  VCHA
    CALL  TUB
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  VCHA
    CALL  COL3  ;= V.
    CALL  WAK
    CALL  TAOGUB
    CALL  LEG05
    CALL  LEG00
    CALL  WAK
    CALL  MLEG
    CALL  VCHA
    CALL  JOOD
    CALL  COL5  ;T/DIV
    CALL  WAK
    CALL  TCHA
    CALL  TUB
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  VCHA
    CALL  COL7  ;= S.
    CALL  WAK
    CALL  TAOGUB
    CALL  WAK
    CALL  LEG01
    CALL  WAK
    CALL  ULEG
    CALL  SCHA
    CALL  JOOD
TPGA4: IN   A,(42H)
    BIT   4,A
    JR    NZ,TPGA4MM
    CALL  MNMANUL
    JR    TPGA4RET
TPGA4MM: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    0BH
    JR    Z,TPGA4RET
    CP    0AH
    JR    NZ,TPGA4
TPGA4RET: CALL  UNKEY
    RET
;******GRAP FOR TESTPOINT 5*******
;***********INPUT = HL**************
TPGAF5: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1  ;TP5
    CALL  WAK3
    CALL  TCHA
    CALL  PCHA
    CALL  LEG05
    CALL  COL3
    LD    HL,GAF5C1 ;
################################
    CALL  SHOGAF  ; #             #
    CALL  COL4    ; #           #
    LD    HL,GAF5C2 ; #           #
    CALL  SHOGAF  ; #           #
    CALL  COL5    ; #           #
    LD    HL,GAF5C3 ; #           #
    CALL  SHOGAF  ; #           #
    CALL  COL6    ; #           #
    LD    HL,GAF5C4 ; #           #
    CALL  SHOGAF  ; #           #
    CALL  COL7    ; #           #
    LD    HL,GAF5C5 ; #           #
    CALL  SHOGAF  ; #           #
    CALL  COL8    ;
################################
    LD    HL,GAF5C6
    CALL  SHOGAF
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1  ;V/DIV
    CALL  WAK
    CALL  VCHA
    CALL  TUB
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  VCHA
    CALL  COL3  ;= V.
    CALL  WAK
    CALL  TAOGUB
    CALL  LEG00
    CALL  JOOD
    CALL  LEG05
    CALL  WAK
    CALL  VCHA
    CALL  JOOD
    CALL  COL5  ;T/DIV
    CALL  WAK
    CALL  TCHA
    CALL  TUB
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  VCHA
    CALL  COL7  ;= S.
    CALL  WAK
    CALL  TAOGUB
    CALL  WAK
    CALL  LEG05
    CALL  LEG00
    CALL  WAK
    CALL  SCHA
    CALL  JOOD
TPGA5: IN   A,(42H)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    BIT   4,A
    JR    NZ,TPGA5MM
    CALL  MNMANUL
    JR    TPGA5RET
TPGA5MM: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    0BH
    JR    Z,TPGA5RET
    CP    0AH
    JR    NZ,TPGA5
TPGA5RET: CALL  UNKEY
    RET
;******GRAP FOR TESTPOINT 6*******
;***********INPUT = HL**************
TPGAF6: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1  ;TP6
    CALL  WAK3
    CALL  TCHA
    CALL  PCHA
    CALL  LEG06
    CALL  COL3
    LD    HL,GAF6C1 ;
################################
    CALL  SHOGAF  ; #          #
    CALL  COL4    ; #         #
    LD    HL,GAF6C2 ; #        #
    CALL  SHOGAF  ; #          #
    CALL  COL5    ; #         #
    LD    HL,GAF6C3 ; #        #
    CALL  SHOGAF  ; #          #
    CALL  COL6    ; #         #
    LD    HL,GAF6C4 ; #        #
    CALL  SHOGAF  ; #          #
    CALL  COL7    ; #         #
    LD    HL,GAF6C5 ; #        #
    CALL  SHOGAF  ; #          #
    CALL  COL8    ;
################################
    LD    HL,GAF6C6
    CALL  SHOGAF
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1  ;V/DIV
    CALL  WAK
    CALL  VCHA
    CALL  TUB
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  VCHA
    CALL  COL3  ;= V.
    CALL  WAK
    CALL  TAOGUB
    CALL  LEG00
    CALL  JOOD
    CALL  LEG02
    CALL  WAK
    CALL  VCHA
    CALL  JOOD
    CALL  COL5  ;T/DIV
    CALL  WAK
    CALL  TCHA
    CALL  TUB
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  VCHA
    CALL  COL7  ;= S.
    CALL  WAK
    CALL  TAOGUB
    CALL  LEG01
    CALL  LEG00
    CALL  LEG00
    CALL  NLEG
    CALL  SCHA
    CALL  JOOD
TPGA6: IN   A,(42H)
    BIT   4,A
    JR    NZ,TPGA6MM
    CALL  MNMANUL
    JR    TPGA6RET
TPGA6MM: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    0BH
    JR    Z,TPGA6RET
    CP    0AH
    JR    NZ,TPGA6
TPGA6RET: CALL  UNKEY
    RET
;******GRAP FOR TESTPOINT 8*******
;***********INPUT = HL**************
TPGAF7: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1  ;TP7
    CALL  WAK3
    CALL  TCHA
    CALL  PCHA
    CALL  LEG07
    CALL  COL3
    LD    HL,GAF7C1 ;
################################
    CALL  SHOGAF  ; #          #
    CALL  COL4    ; #         #
    LD    HL,GAF7C2 ; #        #
    CALL  SHOGAF  ; #          #
    CALL  COL5    ; #         #
    LD    HL,GAF7C3 ; #        #
    CALL  SHOGAF  ; #          #
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CALL  COL6   ; #              #
    LD    HL,GAF7C4 ; #            #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL7   ; #              #
    LD    HL,GAF7C5 ; #            #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL8   ;
################################
    LD    HL,GAF7C6
    CALL  SHOGAF
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1   ;V/DIV
    CALL  WAK
    CALL  VCHA
    CALL  TUB
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  VCHA
    CALL  COL3   ;= V.
    CALL  WAK
    CALL  TAOGUB
    CALL  LEG05
    CALL  LEG00
    CALL  WAK
    CALL  MLEG
    CALL  VCHA
    CALL  JOOD
    CALL  COL5   ;T/DIV
    CALL  WAK
    CALL  TCHA
    CALL  TUB
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  VCHA
    CALL  COL7   ;= S.
    CALL  WAK
    CALL  TAOGUB
    CALL  LEG05
    CALL  LEG00
    CALL  WAK
    CALL  NLEG
    CALL  SCHA
    CALL  JOOD
TPGA7: IN    A,(42H)
    BIT   4,A
    JR    NZ,TPGA7MM
    CALL  MNMANUL
    JR    TPGA7RET
TPGA7MM: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    0BH
    JR    Z,TPGA7RET
    CP    0AH
    JR    NZ,TPGA7
TPGA7RET: CALL  UNKEY
    RET
;******GRAP FOR TESTPOINT 8*******
;***********INPUT = HL**************
TPGAF8: CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL1   ;TP8
    CALL  WAK3
    CALL  TCHA
    CALL  PCHA
    CALL  LEG08
    CALL  COL3
    LD    HL,GAF8C1 ;
################################
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL4   ; #              #
    LD    HL,GAF8C2 ; #            #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL5   ; #              #
    LD    HL,GAF8C3 ; #            #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL6   ; #              #
    LD    HL,GAF8C4 ; #            #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL7   ; #              #
    LD    HL,GAF8C5 ; #            #
    CALL  SHOGAF  ; #              #
    CALL  COL8   ;
################################
    LD    HL,GAF8C6
    CALL  SHOGAF
    CALL  PAGE2
    CALL  COL1   ;V/DIV
    CALL  WAK
    CALL  VCHA
    CALL  TUB
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  VCHA
    CALL  COL3   ;= V.
    CALL  WAK
    CALL  TAOGUB
    CALL  WAK
    CALL  LEG01
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  VCHA
    CALL  JOOD
    CALL  COL5   ;T/DIV
    CALL  WAK
    CALL  TCHA
    CALL  TUB
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CALL  DCHA
    CALL  ICHA
    CALL  VCHA
    CALL  COL7  ;= S.
    CALL  WAK
    CALL  TAOGUB
    CALL  WAK
    CALL  LEG02
    CALL  WAK
    CALL  MLEG
    CALL  SCHA
    CALL  JOOD
TPGA8: IN   A,(42H)
    BIT   4,A
    JR    NZ,TPGA8MM
    CALL  MNMANUL
    JR    TPGA8RET
TPGA8MM: CALL  RKEY
    LD    A,(KDAT)
    CP    0BH
    JR    Z,TPGA8RET
    CP    0AH
    JR    NZ,TPGA8
TPGA8RET: CALL  UNKEY
    RET
;**********MENU MANUAL***********
MNMANUL: LD   A,91H
    OUT   (33H),A
    XOR   A
    OUT   (30H),A
    IN    A,(42H)
    RES   2,A
    RES   3,A
    OUT   (42H),A
    CALL  CLRSCR
    CALL  PAGE1
    CALL  COL4
    CALL  WAK
    CALL  WAK
    CALL  MCHA
    CALL  ACHA
    CALL  NCHA
    CALL  UCHA
    CALL  ACHA
    CALL  LCHA
    CALL  PAGE2
    CALL  COL4
    CALL  WAK
    CALL  MCHA
    CALL  OCHA
    CALL  DCHA
    CALL  ECHA
MANUL1: IN    A,(42H)
    BIT   4,A
    JR    Z,MANUL1
    LD    A,81H
    OUT   (33H),A
    RET
;*******DISPLAY CHARACTOR*************
WAK:  PUSH  HL
    LD    HL,BLANK
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
NAMBON: PUSH  HL
    LD    HL,APOS ;'
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
NAMLAG: PUSH  HL
    LD    HL,COMMA ;,
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
JOOD:  PUSH  HL
    LD    HL,STOP  ;.
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
LOB:  PUSH  HL
    LD    HL,MINUS ;-
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
TUB:  PUSH  HL
    LD    HL,SLASH ;/
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
LEG00: PUSH  HL
    LD    HL,ZERO  ;0
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
LEG01: PUSH  HL
    LD    HL,ONE   ;1
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
LEG02: PUSH  HL
    LD    HL,TWO   ;2
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
LEG03: PUSH  HL
    LD    HL,THREE ;3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
LEG04:  PUSH   HL
        LD     HL,FOUR  ;4
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
LEG05:  PUSH   HL
        LD     HL,FIVE  ;5
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
LEG06:  PUSH   HL
        LD     HL,SIX   ;6
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
LEG07:  PUSH   HL
        LD     HL,SEVEN ;7
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
LEG08:  PUSH   HL
        LD     HL,EIGHT ;8
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
LEG09:  PUSH   HL
        LD     HL,NINE  ;9
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
NAYGVA: PUSH   HL
        LD     HL,LESS  ;<
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
TAOGUB: PUSH   HL
        LD     HL,EQUAL ;=
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
MAGGVA: PUSH   HL
        LD     HL,MORE  ;>
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
CLEFT:  PUSH   HL
        LD     HL,LEFT  ;<=
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
CRIGHT: PUSH   HL
        LD     HL,RIGHT ;=>
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
ACHA:   PUSH   HL
        LD     HL,ATAB  ;A
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
BCHA:   PUSH   HL
        LD     HL,BTAB  ;B
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
CCHA:   PUSH   HL
        LD     HL,CTAB  ;C
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
DCHA:   PUSH   HL
        LD     HL,DTAB  ;D
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
ECHA:   PUSH   HL
        LD     HL,ETAB  ;E
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
FCHA:   PUSH   HL
        LD     HL,FTAB  ;F
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
GCHA:   PUSH   HL
        LD     HL,GTAB  ;G
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
HCHA:   PUSH   HL
        LD     HL,HTAB  ;H
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
ICHA:   PUSH   HL
        LD     HL,ITAB  ;I
        CALL   DISCHA
        POP    HL
        RET
KCHA:   PUSH   HL
        LD     HL,KTAB  ;K
        CALL   DISCHA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    POP   HL
    RET
LCHA: PUSH  HL
    LD    HL,LTAB  ;L
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
MCHA: PUSH  HL
    LD    HL,MTAB  ;M
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
NCHA: PUSH  HL
    LD    HL,NTAB  ;N
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
OCHA: PUSH  HL
    LD    HL,OTAB  ;O
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
PCHA: PUSH  HL
    LD    HL,PTAB  ;P
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
RCHA: PUSH  HL
    LD    HL,RTAB  ;R
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
SCHA: PUSH  HL
    LD    HL,STAB  ;S
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
TCHA: PUSH  HL
    LD    HL,TTAB  ;T
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
UCHA: PUSH  HL
    LD    HL,UTAB  ;U
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
VCHA: PUSH  HL
    LD    HL,VTAB  ;V
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
WCHA: PUSH  HL
    LD    HL,WTAB  ;W
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
XCHA: PUSH  HL
    LD    HL,XTAB  ;X
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
YCHA: PUSH  HL
    LD    HL,YTAB  ;Y
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
ZCHA: PUSH  HL
    LD    HL,ZTAB  ;Z
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
ULEG: PUSH  HL
    LD    HL,LABU  ;u
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
MLEG: PUSH  HL
    LD    HL,LABM  ;m
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
NLEG: PUSH  HL
    LD    HL,LABN  ;n
    CALL  DISCHA
    POP   HL
    RET
;******DISPLAY 1 CARACTOR**********
;******INPUT = HL
COL1: LD    A,LINE1
    CALL  GOTOLINE
    RET
COL2: LD    A,LINE2
    CALL  GOTOLINE
    RET
COL3: LD    A,LINE3
    CALL  GOTOLINE
    RET
COL4: LD    A,LINE4
    CALL  GOTOLINE
    RET
COL5: LD    A,LINE5
    CALL  GOTOLINE
    RET
COL6: LD    A,LINE6
    CALL  GOTOLINE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        RET
COL7:   LD    A,LINE7
        CALL  GOTOLINE
        RET
COL8:   LD    A,LINE8
        CALL  GOTOLINE
        RET
DISCHA: LD  (STBMAP),HL
        CALL  DISPLAY
        RET
SHOGAF: LD  (STBGAF),HL
        CALL  DISGAF
        RET
;********** GOTO LINE# COL 1 ***********
;  SET LINE #
;  INPUT LINE REG (A)
GOTOLINE: PUSH AF
        LD  A,(CPORT)
        LD  C,A
        POP  AF
        OUT  (C),A
        CALL WBF
        LD  A,STARTCL0
        OUT  (C),A
        RET
;
;*********** SET PAGE USER 1 ******
;PAGE1:  PUSH AF
        LD  A,LCDCTRL1
        LD  (CPORT),A
        LD  A,LCDDATA1
        LD  (DPORT),A
        LD  A,LCDREAD1
        LD  (RPORT),A
        POP  AF
        RET
;*********** SET PAGE USER 2 ******
PAGE2:  PUSH AF
        LD  A,LCDCTRL2
        LD  (CPORT),A
        LD  A,LCDDATA2
        LD  (DPORT),A
        LD  A,LCDREAD2
        LD  (RPORT),A
        POP  AF
        RET

; ******* CLEAR SCREEN **************
;  CLEAR SCREEN PAGE1,PAGE2
CLRSCR:  PUSH AF
        CALL PAGE1
        LD  A,STARTLN0
        CALL GOTOLINE
        CALL CLEAR
        CALL PAGE2
        LD  A,STARTLN0
        CALL GOTOLINE
        CALL CLEAR
        POP AF
        RET
; ******* CLEAR SCREEN************
; SUB PROGRAM CLRSCR
CLEAR:  PUSH DE
        PUSH BC
        PUSH AF
        LD E,LINE1
        LD D,08H
ANOTHER; LD A,(CPORT)
        LD C,A
        LD A,E
        CALL WBF
        OUT (C),A
        LD  B,48H.
        LD  A,(DPORT)
        LD  C,A
LLC:    LD  A,00H
        OUT (C),A
        CALL WBF
        DJNZ LLC
        INC E
        DEC D
        LD  A,00H
        CP  D
        JR  NZ,ANOTHER
        POP  AF
        POP  BC
        POP  DE
        RET
; *********** INIT  LCD ***********
INITLCD: CALL PAGE1
        LD  A,(CPORT)
        LD  C,A
        LD  A,DISPON
        OUT (C),A
        CALL WBF
        LD  A,STARTLN0
        OUT (C),A
        CALL WBF
        CALL PAGE2
        LD  A,(CPORT)
        LD  C,A
        LD  A,DISPON
        OUT (C),A
        CALL WBF
        LD  A,STARTLN0
        OUT (C),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL WBF
        RET
;*********** CHECK BUSY FLAG LCD *********
WBF:    NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        RET
;************* DISPLAY LCD ONE CHAR ***********
;  DISPLAY ONE CHAR = 8 BYTE
;  INPUT DATA  = (STBMAP)
DISPLAY: PUSH AF
        PUSH BC
        PUSH IX
        LD  IX,(STBMAP)
        LD  B,08H
        LD  A,(DPORT)
        LD  C,A
OUTDAT: LD  A,(IX+0)
        OUT  (C),A
        CALL WBF
        INC  IX
        DJNZ OUTDAT
        POP  IX
        POP  BC
        POP  AF
        RET
;************* DISPLAY LCD ONE GRAPHIC ***********
;  DISPLAY ONE CHAR = 64 BYTE
;  INPUT DATA  = (STBGAF)
DISGAF:  PUSH AF
        PUSH BC
        PUSH IX
        LD  IX,(STBGAF)
        LD  B,40H
        LD  A,(DPORT)
        LD  C,A
OUTGAF: LD  A,(IX+0)
        OUT  (C),A
        CALL WBF
        INC  IX
        DJNZ OUTGAF
        POP  IX
        POP  BC
        POP  AF
        RET
;***** DATA CHARACTERS GER **********
BLANK:      DB 00H,00H,00H,00H  ; BLANK
            DB 00H,00H,00H,00H
APOS:       DB 00H,00H,00H,05H  ; '
            DB 03H,00H,00H,00H
COMMA:      DB 00H,00H,00H,0A0H ;,
            DB 60H,00H,00H,00H
STOP:       DB 00H,00H,00H,0C0H  ; .
            DB 0C0H,00H,00H,00H
MINUS:      DB 00H,08H,08H,08H ; -
            DB 08H,08H,08H,00H
SLASH:      DB 00H,0C0H,30H,18H ;/
            DB 0CH,03H,00H,00H,
ZERO:       DB 00H,7CH,0A2H,0B2H ; 0
            DB 9AH,8AH,7CH,00H
ONE:        DB 00H,00H,82H,0FFH  ; 1
            DB 80H,00H,00H,00H
TWO:        DB 00H,86H,0C1H,0A1H ; 2
            DB 91H,89H,86H,00H
THREE:      DB 00H,42H,81H,89H  ; 3
            DB 89H,89H,76H,00H
FOUR:       DB 60H,50H,48H,44H  ; 4
            DB 42H,0FFH,40H,00H
FIVE:       DB 5FH,85H,85H,85H  ; 5
            DB 85H,49H,30H,00H
SIX:        DB 00H,7CH,92H,89H  ; 6
            DB 89H,89H,70H,00H
SEVEN:      DB 00H,03H,01H,0C1H  ; 7
            DB 31H,0DH,03H,00H
EIGHT:      DB 00H,76H,89H,89H  ; 8
            DB 89H,89H,76H,00H
NINE:       DB 00H,0EH,91H,91H  ; 9
            DB 91H,49H,3EH,00H
LESS:       DB 00H,00H,18H,24H  ; <
            DB 42H,81H,00H,00H
EQUAL:      DB 00H,24H,24H,24H  ; =
            DB 24H,24H,00H,00H
MORE:       DB 00H,00H,81H,42H  ; >
            DB 24H,18H,00H,00H
LEFT:       DB 18H,3CH,7EH,0FFH  ; <=
            DB 7EH,7EH,7EH,00H
RIGHT:      DB 7EH,7EH,7EH,0FFH  ; =>
            DB 7EH,3CH,18H,00H
ATAB:       DB 0F8H,14H,12H,11H ; A
            DB 12H,14H,0F8H,00H
BTAB:       DB 81H,0FFH,89H,89H ; B
            DB 89H,89H,76H,00H
CTAB:       DB 00H,3CH,42H,81H  ; C
            DB 81H,81H,42H,00H
DTAB:       DB 81H,0FFH,81H,81H ; D
            DB 81H,42H,3CH,00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ETAB:     DB 81H,0FFH,89H,89H ; E
          DB 9DH,81H,0E3H,00H
FTAB:     DB 81H,0FFH,89H,09H ; F
          DB 1DH,01H,03H,00H
GTAB:     DB 00H,7EH,81H,81H  ; G
          DB 91H,51H,0F6H,00H
HTAB:     DB 00H,0FFH,08H,08H ; H
          DB 08H,08H,0FFH,00H
ITAB:     DB 00H,00H,81H,0FFH ; I
          DB 81H,00H,00H,00H
KTAB:     DB 81H,0FFH,89H,14H ; K
          DB 22H,0C1H,81H,80H
LTAB:     DB 00H,81H,0FFH,81H ; L
          DB 80H,80H,0C0H,00H
MTAB:     DB 0FFH,02H,04H,18H ; M
          DB 04H,02H,0FFH,00H
NTAB:     DB 81H,0FFH,83H,0CH ; N
          DB 18H,61H,0FFH,01H
OTAB:     DB 00H, 7EH,81H,81H ; O
          DB 81H,81H,7EH,00H
PTAB:     DB 00H,81H,0FEH,91H ; P
          DB 11H,11H,0EH,00H
RTAB:     DB 81H,0FFH,89H,19H ; R
          DB 29H,0C9H,86H,80H
STAB:     DB 00H,0E6H,49H,89H ; S
          DB 91H,92H,67H,00H
TTAB:     DB 03H,01H,81H,0FFH ; T
          DB 81H,01H,03H,00H
UTAB:     DB 01H,7FH,81H,80H  ; U
          DB 80H,81H,7FH,01H
VTAB:     DB 07H,18H,60H,80H  ; V
          DB 60H,18H,0FH,00H
WTAB:     DB 3FH,0C0H,20H,10H ; W
          DB 20H,0C0H,3FH,00H
XTAB:     DB 0C3H,27H,18H,18H ; X
          DB 18H,27H,0C3H,00H
YTAB:     DB 01H,03H,84H,0F8H ; Y
          DB 84H,03H,01H,00H
ZTAB:     DB 0C3H,0A1H,91H,89H ; Z
          DB 85H,83H,0C1H,00H
LABU:     DB 80H,7CH,40H,40H  ; u
          DB 40H,7CH,00H,00H
LABM:     DB 00H,08H,0F8H,04H ; m
          DB 0F8H,04H,0F8H,00H
LABN:     DB 08H,0FCH,10H,08H ; n
          DB 04H,04H,0F8H,00H
;***********GRAPHIC**************
;*****DATA FILE FOR GRAP 1******
GAF1C1:   DB 0FFH,01H,01H,01H  ;|--------| COLLUM
2
          DB 01H,01H,01H,01H
          DB 03H,01H,01H,01H   ;2
          DB 01H,01H,01H,01H
          DB 03H,01H,01H,01H   ;3
          DB 01H,01H,01H,01H
          DB 03H,01H,01H,01H   ;4
          DB 01H,01H,01H,01H
          DB 0FFH,01H,01H,01H  ;5
          DB 01H,01H,01H,01H
          DB 03H,01H,01H,01H   ;6
          DB 01H,01H,01H,01H
          DB 03H,01H,01H,01H   ;7
          DB 01H,01H,01H,01H
          DB 03H,01H,01H,01H   ;8
          DB 01H,01H,01H,0FFH
GAF1C2:   DB 0FFH,01H,80H,00H  ;1
          DB 0C0H,00H,0E0H,00H  ;|      |
COLLUM 3
          DB 80H,00H,0F8H,00H  ;2
          DB 00H,00H,0C0H,00H
          DB 0FCH,00H,0C0H,00H ;3
          DB 0C0H,00H,00H,00H
          DB 0F0H,00H,00H,00H  ;4
          DB 00H,00H,00H,00H
          DB 0FFH,00H,00H,00H  ;5
          DB 00H,00H,0C0H,00H
          DB 80H,00H,0E0H,00H  ;6
          DB 0E0H,00H,80H,00H
          DB 0C0H,00H,0F8H,00H ;7
          DB 80H,00H,00H,00H
          DB 0C0H,00H,00H,00H  ;8
          DB 00H,00H,01H,0FFH
GAF1C3:   DB 0FFH,81H,0FFH,80H  ;1
          DB 0FFH,80H,0FFH,80H  ;|      |
COLLUM 4
          DB 0FFH,80H,0FFH,80H  ;2
          DB 0FFH,80H,0FFH,80H
          DB 0FFH,80H,0FFH,80H  ;3
          DB 0FFH,80H,0FCH,80H
          DB 0FFH,80H,0FCH,80H  ;4
          DB 0F0H,80H,0FEH,80H
          DB 0FFH,80H,0FCH,80H  ;5
          DB 0FFH,80H,0FFH,80H
          DB 0FFH,80H,0FFH,80H  ;6
          DB 0FFH,80H,0FFH,80H
          DB 0FFH,80H,0FFH,80H  ;7
          DB 0FFH,80H,0FEH,80H
          DB 0FFH,80H,0FEH,80H  ;8
          DB 0FCH,80H,0FFH,0FFH
GAF1C4:   DB 0FFH,0FFH,00H,0FFH  ;1
          DB 00H,0FFH,00H,0FFH  ;|      |
COLLUM 5
          DB 00H,0FFH,00H,7FH  ;2
          DB 00H,0FFH,00H,0FFH
          DB 00H,0FFH,00H,0FFH  ;3
          DB 00H,0FFH,00H,0FFH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารของสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB 00H,3FH,00H,0FFH   ;4
        DB 00H,7FH,00H,0FFH
        DB 0FFH,0FFH,00H,0FFH ;5
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH  ;6
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH  ;7
        DB 00H,0FFH,00H,7FH
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH  ;8
        DB 00H,7FH,01H,0FFH
GAF1C5:  DB 0FFH,1FH,00H,3FH  ;1
        DB 00H,7FH,00H,0FFH   ;|      | COLLUM 6
        DB 00H,3FH,00H,00H    ;2
        DB 00H,1FH,00H,3FH
        DB 00H,7FH,00H,1FH    ;3
        DB 00H,0FH,00H,07H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;4
        DB 00H,00H,00H,03H
        DB 0FFH,03H,00H,0FH   ;5
        DB 00H,1FH,00H,3FH
        DB 00H,0FH,00H,1FH    ;6
        DB 00H,07H,00H,03H
        DB 00H,3FH,00H,7FH    ;7
        DB 00H,1FH,00H,00H
        DB 00H,0FH,00H,1FH    ;8
        DB 00H,00H,01H,0FFH
GAF1C6:    DB 0FFH,81H,80H,80H   ;1
        DB 80H,80H,80H,80H    ;|__________| COLLUM
7
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;2
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;3
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;4
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0FFH,80H,80H,80H   ;5
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;6
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;7
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;8
        DB 80H,80H,81H,0FFH
;*****DATA FILE  FOR GRAP 2*******
GAF2C1:    DB 0FFH,01H,01H,01H   ;|---------| COLLUM
2
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;2
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;3
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;4
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 0FFH,01H,01H,01H   ;5
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;6
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;7
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;8
        DB 01H,01H,01H,0FFH
GAF2C2:    DB 0FFH,01H,0F0H,00H  ;1
        DB 0F0H,00H,00H,00H   ;|      |
COLLUM 3
        DB 0F0H,00H,00H,00H   ;2
        DB 0F0H,00H,00H,00H
        DB 0F0H,00H,00H,00H   ;3
        DB 0F0H,00H,00H,00H
        DB 0F0H,00H,00H,00H   ;4
        DB 0F0H,00H,00H,00H
        DB 0FFH,00H,00H,00H   ;5
        DB 0F0H,00H,00H,00H
        DB 0F0H,00H,00H,00H   ;6
        DB 0F0H,00H,00H,00H
        DB 0F0H,00H,00H,00H   ;7
        DB 0F0H,00H,00H,00H
        DB 0F0H,00H,00H,00H   ;8
        DB 0F0H,00H,01H,0FFH
GAF2C3:    DB 0FFH,0FFH,80H,0FFH ;1
        DB 80H,0FFH,80H,0FFH  ;|      |
COLLUM 4
        DB 80H,0FFH,80H,0FFH  ;2
        DB 80H,0FFH,80H,0FFH
        DB 80H,0FFH,80H,0FFH  ;3
        DB 80H,0FFH,80H,0FFH
        DB 80H,0FFH,80H,0FFH  ;4
        DB 80H,0FFH,80H,0FFH
        DB 0FFH,0FFH,80H,0FFH ;5
        DB 80H,0FFH,80H,0FFH
        DB 80H,0FFH,80H,0FFH  ;6
        DB 80H,0FFH,80H,0FFH
        DB 80H,0FFH,80H,0FFH  ;7
        DB 80H,0FFH,80H,0FFH
        DB 80H,0FFH,80H,0FFH  ;8
        DB 80H,0FFH,80H,0FFH
GAF2C4:    DB 0FFH,0FFH,80H,0FFH ;1
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH  ;|      |
COLLUM 5
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH  ;2
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH  ;3
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH  ;4
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH
        DB 0FFH,0FFH,00H,0FFH ;5
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH  ;6
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH  ;7
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH  ;8
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH
GAF2C5:     DB 0FFH,01H,0FH,00H  ;1
        DB 00H,00H,0FH,00H    ;|      | COLLUM 6
        DB 00H,00H,0FH,00H    ;2
        DB 00H,00H,0FH,00H
        DB 00H,00H,0FH,00H    ;3
        DB 00H,00H,0FH,00H
        DB 00H,00H,0FH,00H    ;4
        DB 00H,00H,0FH,00H
        DB 0FFH,00H,0FH,00H   ;5
        DB 00H,00H,0FH,00H
        DB 00H,00H,0FH,00H    ;6
        DB 00H,00H,0FH,00H
        DB 00H,00H,0FH,00H    ;7
        DB 00H,00H,0FH,00H
        DB 00H,00H,0FH,00H    ;8
        DB 00H,00H,0FH,0FFH
GAF2C6:     DB 0FFH,81H,80H,80H  ;1
        DB 80H,80H,80H,80H    ;|_________| COLLUM
7
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;2
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;3
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;4
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0FFH,80H,80H,80H   ;5
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;6
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;7
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;8
        DB 80H,80H,81H,0FFH
;*****DATA FILE  FOR GRAP 3*****
GAF3C1:     DB 0FFH,01H,01H,01H   ;|--------| COLLUM
2
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;2
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;3
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;4
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 0FFH,01H,01H,01H   ;5
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;6
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;7
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;8
        DB 01H,01H,01H,0FFH
GAF3C2:     DB 0FFH,07H,07H,3CH   ;1
        DB 1FH,1EH,0FH,30H    ;|      |
COLLUM 3
        DB 3FH,3CH,0F8H,07H   ;2
        DB 1CH,1CH,1EH,1CH
        DB 0CH,1FH,0CH,0FEH   ;3
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,0FEH,1CH,3FH   ;4
        DB 3CH,1CH,0CH,08H
        DB 0FFH,06H,1EH,1FH   ;5
        DB 3CH,06H,0FH,3EH
        DB 1FH,0FH,3CH,0CH    ;6
        DB 0CH,0FFH,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,0FEH   ;7
        DB 1CH,1EH,03H,0FFH
        DB 07H,07H,03H,0FH    ;8
        DB 0EH,3CH,07H,0FFH
GAF3C3:     DB 0FFH,81H,80H,80H   ;1
        DB 80H,80H,80H,80H    ;|      |
COLLUM 4
        DB 80H,80H,80H,80H    ;2
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 80H,80H,80H,0FFH   ;3
        DB 80H,80H,0F8H,0C0H
        DB 0C0H,0FFH,80H,80H  ;4
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0FFH,80H,80H,80H   ;5
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 80H,80H,80H,80H    ;6
        DB 80H,0FFH,80H,80H
        DB 0F0H,0C0H,0C0H,0FFH ;7
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 80H,80H,80H,80H    ;8
        DB 80H,80H,81H,0FFH
GAF3C4:     DB 0FFH,01H,00H,00H   ;1
        DB 00H,00H,00H,00H    ;|      |
COLLUM 5
        DB 00H,00H,00H,00H    ;2
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;3
        DB 3FH,0C0H,3FH,01H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;4
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 0FFH,00H,00H,00H   ;5
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;6
        DB 00H,03H,3FH,04H
        DB 07H,01H,01H,00H    ;7
        DB 00H,00H,00H,00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB 00H,00H,00H,00H    ;8
        DB 00H,00H,01H,0FFH
GAF3C5:     DB 0FFH,01H,00H,00H   ;1
        DB 00H,00H,00H,00H    ;|      | COLLUM 6
        DB 00H,00H,00H,00H    ;2
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;3
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;4
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 0FFH,00H,00H,00H   ;5
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;6
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;7
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;8
        DB 00H,00H,01H,0FFH
GAF3C6:     DB 0FFH,81H,80H,80H   ;1
        DB 80H,80H,80H,80H    ;|_________| COLLUM
7
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;2
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;3
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;4
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0FFH,80H,80H,80H   ;5
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;6
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;7
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;8
        DB 80H,80H,81H,0FFH
;*****DATA FILE  FOR GRAP 4******
GAF4C1:     DB 0FFH,01H,01H,01H   ;|--------| COLLUM
2
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;2
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;3
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;4
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 0FFH,01H,01H,01H    ;5
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;6
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;7
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;8
        DB 01H,01H,01H,0FFH
GAF4C2:     DB 0FFH,0FEH,00H,0FCH  ;1
        DB 00H,0F0H,00H,0F0H  ;|      |
COLLUM 3
        DB 00H,0FCH,00H,0FEH  ;2
        DB 00H,0FEH,00H,0FEH
        DB 00H,0FCH,00H,0F0H  ;3
        DB 00H,0F0H,00H,0FCH
        DB 00H,0FEH,00H,0FEH  ;4
        DB 00H,0FCH,00H,0FFH
        DB 0FFH,0F0H,00H,0FEH  ;5
        DB 00H,0FEH,00H,0FCH
        DB 00H,0F0H,00H,0FEH  ;6
        DB 00H,0F8H,00H,0FEH
        DB 00H,0F0H,00H,0FEH  ;7
        DB 00H,0FCH,00H,0F0H
        DB 00H,0F8H,00H,0FCH  ;8
        DB 00H,0F0H,01H,0FFH
GAF4C3:     DB 0FFH,81H,0FFH,80H  ;1
        DB 0FFH,80H,0FFH,80H  ;|      |
COLLUM 4
        DB 0FFH,80H,0FFH,80H  ;2
        DB 0FFH,80H,0FFH,80H
        DB 0FFH,80H,0FFH,80H  ;3
        DB 0FFH,80H,0FFH,80H
        DB 0FFH,80H,0FFH,80H  ;4
        DB 0FFH,80H,0FFH,80H
        DB 0FFH,80H,0FFH,80H  ;5
        DB 0FFH,80H,0FFH,80H
        DB 0FFH,80H,0FFH,80H  ;6
        DB 0FFH,80H,0FFH,80H
        DB 0FFH,80H,0FFH,80H  ;7
        DB 0FFH,80H,0FFH,80H
        DB 0FFH,80H,0FFH,80H  ;8
        DB 0FFH,80H,0FFH,0FFH
GAF4C4:     DB 0FFH,00H,0FFH,00H  ;1
        DB 0FFH,00H,0FFH,00H  ;|      |
COLLUM 5
        DB 0FFH,00H,0FFH,00H  ;2
        DB 0FFH,00H,0FFH,00H
        DB 0FFH,00H,0FFH,00H  ;3
        DB 0FFH,00H,0FFH,00H
        DB 0FFH,00H,0FFH,00H  ;4
        DB 0FFH,00H,0FFH,00H
        DB 0FFH,00H,0FFH,00H  ;5
        DB 0FFH,00H,0FFH,00H
        DB 0FFH,00H,3FH,00H   ;6
        DB 0FFH,00H,0FFH,00H
        DB 0FFH,00H,0FFH,00H  ;7
        DB 0FFH,00H,0FFH,00H
        DB 0FFH,00H,0FFH,00H  ;8
        DB 0FFH,00H,0FFH,0FFH
GAF4C5:     DB 0FFH,00H,0FH,38H   ;1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB 07H,00H,07H,0FH    ;|      | COLLUM 6
        DB 00H,07H,00H,7FH    ;2
        DB 00H,0FH,00H,0FH
        DB 00H,7FH,00H,07H    ;3
        DB 00H,00H,00H,07H
        DB 00H,7FH,00H,0FH    ;4
        DB 00H,0FH,00H,00H
        DB 0FFH,07H,00H,00H   ;5
        DB 00H,00H,0FH,00H
        DB 07H,00H,00H,00H    ;6
        DB 0FFH,00H,0FH,00H
        DB 03H,00H,07H,00H    ;7
        DB 1FH,00H,0FH,00H
        DB 07H,00H,0FH,00H    ;8
        DB 3FH,00H,1FH,0FFH
GAF4C6:     DB 0FFH,81H,80H,80H   ;1
        DB 80H,80H,80H,80H    ;|_________| COLLUM
7
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;2
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;3
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;4
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0FFH,80H,80H,80H   ;5
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;6
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;7
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;8
        DB 80H,80H,81H,0FFH
;*****DATA FILE FOR GRAP 5*****
GAF5C1:     DB 0FFH,01H,01H,01H   ;|--------| COLLUM
2
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;2
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;3
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;4
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 0FFH,01H,01H,01H   ;5
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;6
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;7
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;8
        DB 01H,01H,01H,0FFH
GAF5C2:     DB 0FFH,01H,00H,0F8H  ;1
        DB 04H,18H,0E0H,00H   ;|      | COLLUM 3
        DB 00H,00H,00H,00H    ;2
        DB 00H,0F8H,04H,18H
        DB 0E0H,00H,00H,00H   ;3
        DB 00H,00H,00H,0F8H
        DB 04H,18H,0E0H,00H   ;4
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 0FFH,0F8H,04H,18H  ;5
        DB 0E0H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,0F8H   ;6
        DB 04H,18H,0E0H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;7
        DB 00H,0F8H,04H,18H
        DB 0E0H,00H,00H,00H   ;8
        DB 00H,00H,01H,0FFH
GAF5C3:     DB 0FFH,90H,0A0H,09FH ;1
        DB 80H,80H,8FH,0F0H   ;|      |
COLLUM 4
        DB 80H,80H,0F8H,90H   ;2
        DB 0A0H,09FH,80H,80H
        DB 8FH,0F0H,80H,80H   ;3
        DB 0F8H,90H,0A0H,09FH
        DB 80H,80H,8FH,0F0H   ;4
        DB 80H,80H,0F8H,90H
        DB 0FFH,09FH,80H,80H  ;5
        DB 8FH,0F0H,80H,80H
        DB 0F8H,90H,0A0H,09FH ;6
        DB 80H,80H,8FH,0F0H
        DB 80H,80H,0F8H,90H   ;7
        DB 0A0H,09FH,80H,80H
        DB 8FH,0F0H,80H,80H   ;8
        DB 0F8H,90H,0A0H,0FFH
GAF5C4:     DB 0FFH,01H,00H,00H   ;1
        DB 00H,00H,00H,0FFH   ;|      |
COLLUM 5
        DB 00H,0FFH,00H,00H   ;2
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH  ;3
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,0FFH   ;4
        DB 00H,0FFH,00H,00H
        DB 0FFH,00H,00H,00H   ;5
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH
        DB 00H,00H,00H,00H    ;6
        DB 00H,00H,00H,0FFH
        DB 00H,0FFH,00H,00H   ;7
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH  ;8
        DB 00H,00H,000H,0FFH
GAF5C5:     DB 0FFH,01H,00H,00H   ;1
        DB 00H,00H,00H,00H    ;|      |
COLLUM 6
        DB 03H,00H,00H,00H    ;2
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,03H,00H    ;3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;4
        DB 03H,00H,00H,00H
        DB 0FFH,00H,00H,00H   ;5
        DB 00H,00H,03H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;6
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 03H,00H,00H,00H    ;7
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,03H,00H    ;8
        DB 00H,00H,00H,0FFH
GAF5C6:     DB 0FFH,81H,80H,80H   ;1
        DB 80H,80H,80H,80H    ;|_________| COLLUM
7
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;2
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;3
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;4
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0FFH,80H,80H,80H   ;5
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;6
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;7
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;8
        DB 80H,80H,81H,0FFH
;*****DATA FILE  FOR GRAP 6*****
GAF6C1:     DB 0FFH,01H,01H,01H   ;|--------| COLLUM
2
        DB 01H,01H,01H,81H
        DB 73H,31H,0C1H,0FDH  ;2
        DB 81H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;3
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;4
        DB 01H,01H,01H,81H
        DB 0FFH,31H,0C1H,0FDH ;5
        DB 81H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;6
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;7
        DB 01H,01H,01H,81H
        DB 83H,31H,0C1H,0FDH  ;8
        DB 81H,01H,01H,0FFH
GAF6C2:     DB 0FFH,00H,00H,00H   ;1
        DB 0E0H,3FH,0F0H,0FFH ;|       |COLLUM 3
        DB 00H,00H,00H,03H    ;2
        DB 7FH,0FCH,0C0H,0FFH
        DB 0F0H,00H,00H,00H   ;3
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;4
        DB 0E0H,3FH,0F0H,13H
        DB 0FFH,00H,00H,03H   ;5
        DB 6FH,0FCH,0C0H,0FFH
        DB 0F0H,00H,00H,00H   ;6
        DB 00,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;7
        DB 0E0H,3FH,0F0H,1FH
        DB 00H,00H,00H,03H    ;8
        DB 0FH,0FCH,0C0H,0FFH
GAF6C3:     DB 0FFH,09CH,0F0H,8FH ;1
        DB 83H,80H,83H,80H    ;|       |
COLLUM 4
        DB 80H,80H,80H,80H    ;2
        DB 80H,0FFH,8FH,0FFH
        DB 83H,0FEH,0C0H,80H  ;3
        DB 80H,0E0H,0F8H,9EH
        DB 09EH,09CH,0F0H,8FH ;4
        DB 83H,80H,83H,80H
        DB 0FFH,80H,80H,80H   ;5
        DB 80H,0FFH,8FH,0FFH
        DB 83H,0FEH,0C0H,80H  ;6
        DB 80H,0E0H,0F8H,09EH
        DB 09EH,09CH,0F0H,8FH ;7
        DB 83H,80H,83H,80H
        DB 80H,80H,80H,80H    ;8
        DB 80H,0FFH,8FH,0FFH
GAF6C4:     DB 0FFH,00H,03H,00H   ;1
        DB 00H,00H,00H,00H    ;|       |
COLLUM 5
        DB 00H,00H,00H,00H    ;2
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH
        DB 00H,01H,03H,0FCH   ;3
        DB 07H,00H,07H,00H
        DB 00H,00H,03H,00H    ;4
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 0FFH,00H,00H,00H   ;5
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH
        DB 00H,01H,03H,0FCH   ;6
        DB 07H,00H,07H,00H
        DB 00H,00H,03H,00H    ;7
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;8
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH
GAF6C5:     DB 0FFH,01H,00H,00H   ;1
        DB 00H,00H,00H,00H    ;|       |
COLLUM 6
        DB 00H,00H,00H,00H    ;2
        DB 00H,3FH,00H,03H
        DB 00H,00H,00H,01H    ;3
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;4
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 0FFH,00H,00H,00H   ;5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB 00H,3FH,00H,03H
        DB 00H,00H,00H,01H    ;6
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;7
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;8
        DB 00H,3FH,00H,0FFH
GAF6C6:     DB 0FFH,81H,80H,80H   ;1
        DB 80H,80H,80H,80H    ;|_____________| COLLUM
7
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;2
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;3
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;4
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0FFH,80H,80H,80H   ;5
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;6
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;7
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;8
        DB 80H,80H,81H,0FFH
;*****DATA FILE  FOR GRAP 7*****
GAF7C1:     DB 0FFH,01H,01H,01H   ;|--------| COLLUM
2
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;2
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;3
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;4
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 0FFH,01H,01H,01H   ;5
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;6
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;7
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;8
        DB 01H,01H,01H,0FFH
GAF7C2:     DB 0FFH,01H,00H,00H   ;1
        DB 00H,00H,00H,00H    ;|       | COLLUM 3
        DB 00H,00H,0E0H,00H   ;2
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 80H,0F0H,80H,00H   ;3
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,0C0H   ;4
        DB 0F0H,0C0H,00H,00H
        DB 0FFH,00H,00H,0F0H  ;5
        DB 0E0H,80H,0C0H,0E0H
        DB 80H,00H,00H,00H    ;6
        DB 00H,0C0H,0E0H,0C0H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;7
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,0C0H,0C0H,00H  ;8
        DB 00H,00H,01H,0FFH
GAF7C3:     DB 0FFH,0F1H,0E0H,80H ;1
        DB 80H,80H,0C0H,0F0H  ;|       |
COLLUM 4
        DB 0F8H,0FEH,0BFH,0F8H ;2
        DB 0E0H,80H,80H,0F0H
        DB 0FFH,0BFH,0FFH,0FCH ;3
        DB 0F8H,0F0H,0C0H,80H
        DB 80H,0C0H,0FCH,0BFH ;4
        DB 8FH,0BFH,0FFH,0C0H
        DB 0FFH,0C0H,0F8H,0FFH ;5
        DB 0FFH,0FFH,0FFH,0FFH
        DB 0FFH,0F0H,80H,80H  ;6
        DB 0F0H,0FFH,8FH,8FH
        DB 0FFH,0FCH,0C0H,0E0H ;7
        DB 0E0H,0E0H,0F8H,0FCH
        DB 0BEH,0BFH,0FFH,0FFH ;8
        DB 0C0H,80H,81H,0FFH
GAF7C4:     DB 0FFH,01H,1FH,7EH   ;1
        DB 0F8H,0FCH,3FH,1FH  ;|       |
COLLUM 5
        DB 07H,01H,00H,07H    ;2
        DB 3FH,0FFH,0FEH,0FFH
        DB 0FFH,00H,03H,7FH   ;3
        DB 0FFH,0FFH,3FH,1FH
        DB 0FFH,0FFH,0FFH,00H ;4
        DB 00H,00H,3FH,0FFH
        DB 0FEH,7FH,3FH,0FH   ;5
        DB 03H,00H,01H,03H
        DB 1FH,3FH,0FCH,0FCH  ;6
        DB 0FFH,1FH,00H,07H
        DB 0FH,3FH,0FFH,1FH   ;7
        DB 0FH,07FH,1FH,07H
        DB 00H,00H,03H,07H    ;8
        DB 01FH,0FFH,0FFH,0FFH
GAF7C5:     DB 0FFH,01H,00H,00H   ;1
        DB 00H,00H,00H,00H    ;|       |
COLLUM 6
        DB 00H,00H,00H,00H    ;2
        DB 00H,00H,01H,03H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;3
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,01H,00H,00H    ;4
        DB 00H,00H,00H,01H
        DB 0FFH,00H,00H,00H   ;5
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,07H,07H    ;6
        DB 01,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;8
        DB 00H,00H,03H,0FFH
GAF7C6:  DB 0FFH,81H,80H,80H   ;1
        DB 80H,80H,80H,80H    ;|_____|COLLUM
7
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;2
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;3
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;4
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0FFH,80H,80H,80H   ;5
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;6
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;7
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;8
        DB 80H,80H,81H,0FFH
;*****DATA FILE FOR GRAP 8
GAF8C1:    DB 0FFH,01H,0FDH,01H  ;1|--------|
COLLUM 2
        DB 01H,01H,81H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;2
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;3
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;4
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 0FFH,01H,01H,01H   ;5
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,81H,01H    ;6
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,01H,01H,01H    ;7
        DB 01H,01H,01H,01H
        DB 03H,0C1H,31H,0C1H  ;8
        DB 01H,00H,01H,0FFH
GAF8C2:    DB 0FFH,0FFH,03H,0FEH  ;1
        DB 00H,00H,0FFH,3CH   ;|      | COLLUM 3
        DB 0E0H,80H,00H,00H   ;2
        DB 80H,0F0H,80H,00H
        DB 00H,0F0H,0C0H,80H  ;3
        DB 00H,0C0H,00H,00H
        DB 00H,00H,0FFH,0CH   ;4
        DB 0FCH,80H,00H,0FFH
        DB 0FFH,0FCH,00H,00H  ;5
        DB 0FEH,03H,0FEH,00H
        DB 00H,0FFH,03H,0FEH  ;6
        DB 00H,00H,0FFH,0CH
        DB 0F8H,00H,00H,0C0H  ;7
        DB 20H,0C0H,80H,00H
        DB 00H,0FFH,00H,0FFH  ;8
        DB 00H,0FCH,07H,0FFH
GAF8C3:    DB 0FFH,81H,80H,87H   ;1
        DB 0F8H,80H,0FFH,80H  ;|      |
COLLUM 4
        DB 83H,0FFH,80H,80H   ;2
        DB 0FFH,81H,0FFH,80H
        DB 00H,0FFH,80H,0FFH  ;3
        DB 80H,0FFH,83H,8EH
        DB 0F0H,80H,0FFH,80H  ;4
        DB 80H,0FFH,80H,0FFH
        DB 0FFH,87H,0FCH,80H  ;5
        DB 0FFH,80H,0FFH,80H
        DB 80H,0FFH,80H,81H   ;6
        DB 0FFH,80H,0FFH,80H
        DB 81H,0FFH,80H,0FFH  ;7
        DB 80H,80H,0FFH,80H
        DB 80H,0FFH,80H,0FFH  ;8
        DB 80H,0FFH,80H,0FFH
GAF8C4:    DB 0FFH,01H,00H,00H   ;1
        DB 03H,0FCH,0FFH,00H  ;|      |
COLLUM 5
        DB 00H,03H,0EH,0F8H   ;2
        DB 1FH,00H,01H,7FH
        DB 0C0H,7FH,00H,00H   ;3
        DB 1FH,07H,00H,00H
        DB 00H,0FH,01H,00H    ;4
        DB 00H,03H,07CH,1FH
        DB 0FFH,00H,3FH,0E0H  ;5
        DB 3FH,00H,00H,03FH
        DB 0E0H,3FH,00H,00H   ;6
        DB 07H,0CH,07H,00H
        DB 00H,00H,03H,01H    ;7
        DB 00H,00H,00H,03H
        DB 01H,01H,00H,0FH    ;8
        DB 38H,0EH,01H,0FFH
GAF8C5:    DB 0FFH,01H,00H,00H   ;1
        DB 00H,01H,07H,00H    ;|      |
COLLUM 6
        DB 00H,00H,00H,00H    ;2
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;3
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;4
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 0FFH,00H,00H,00H   ;5
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;6
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;7
        DB 00H,00H,00H,00H
        DB 00H,00H,00H,00H    ;8
        DB 00H,00H,01H,0FFH
GAF8C6:    DB 0FFH,81H,80H,80H   ;1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

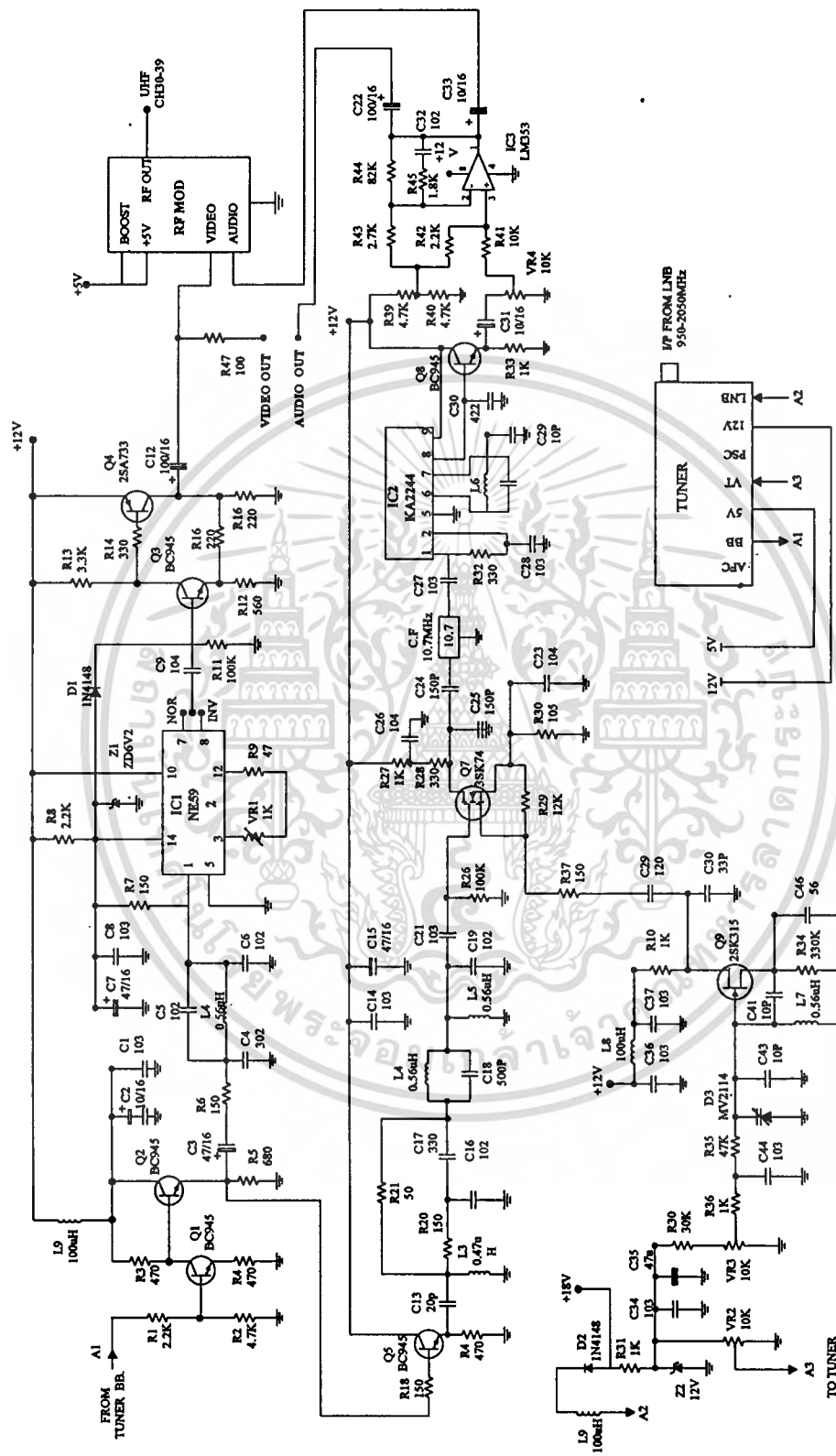
```
        DB 80H,80H,80H,80H    ;|_____|  COLLUM
7
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;2
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;3
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;4
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0FFH,80H,80H,80H   ;5
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;6
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;7
        DB 80H,80H,80H,80H
        DB 0C0H,80H,80H,80H   ;8
        DB 80H,80H,81H,0FFH
;******** RAM AREA ***********
     ORG  9000H
CPORT:  DS  1H
DPORT:  DS  1H
RPORT:  DS  1H
STBMAP: DS  2H
STBGAF: DS  2H
KDAT:   DS  1H
CH1:    DS  1H
CH2:    DS  1H
CH3:    DS  1H
CH4:    DS  1H
CH5:    DS  1H
CH6:    DS  1H
CH7:    DS  1H
CH8:    DS  1H
CH9:    DS  1H
SAT1:   DS  2H
SAT2:   DS  2H
SAT3:   DS  2H
SAT4:   DS  2H
SAT5:   DS  2H
SAT6:   DS  2H
SAT7:   DS  2H
SAT8:   DS  2H
SAT9:   DS  2H
PRESCH: DS  1H
PRESSAT: DS  2H
NEWSAT: DS  2H
SATEDIT: DS  1H
CHEDIT: DS  1H
     END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

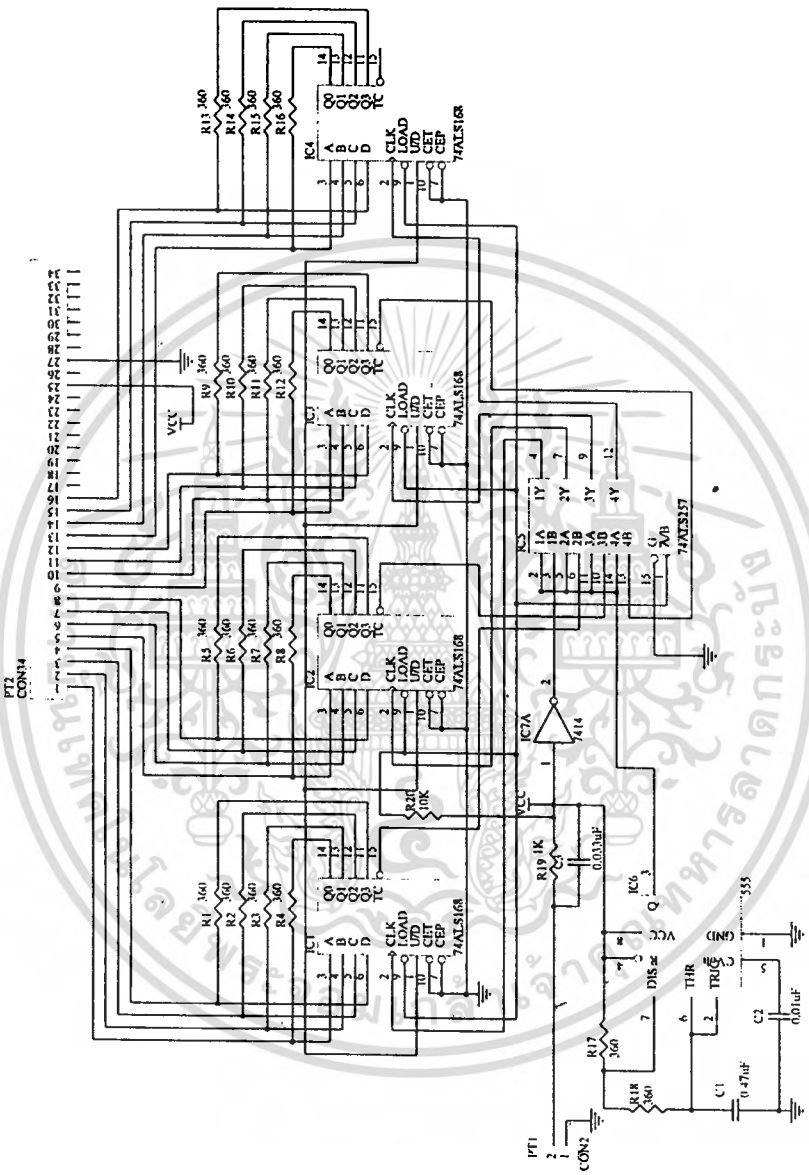
วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



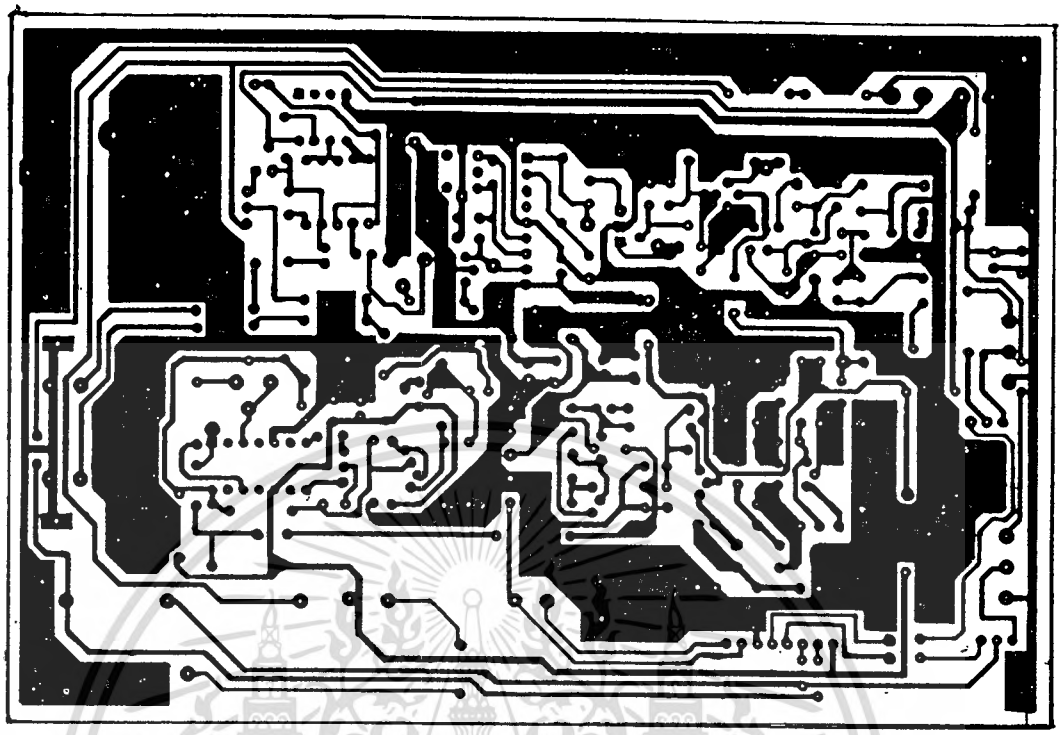
รูปที่ 1 วงจรเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

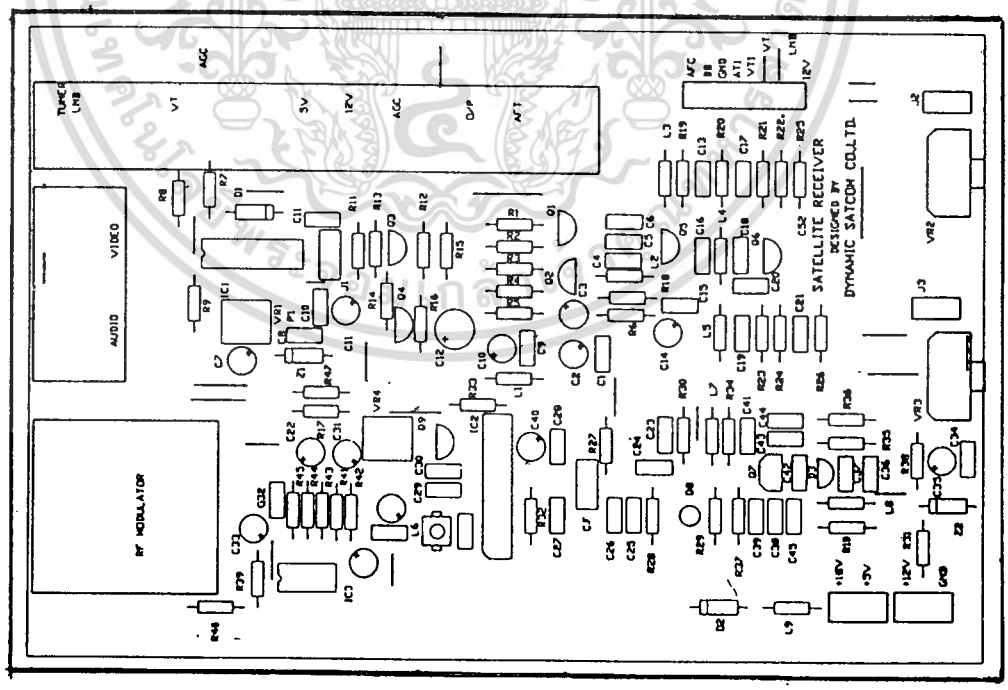


รูปที่ 2 วงจรนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

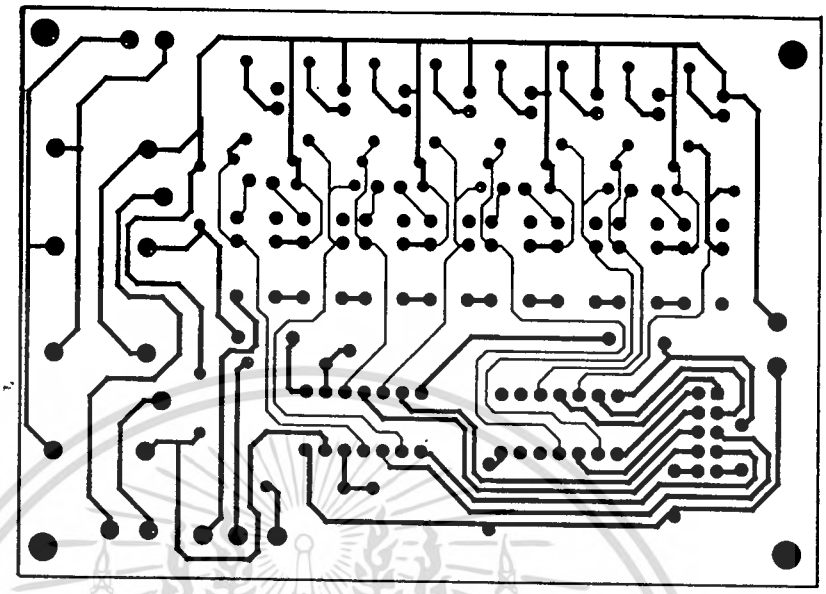


รูปที่ 3 ลายวงจรพิมพ์ของภาคเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

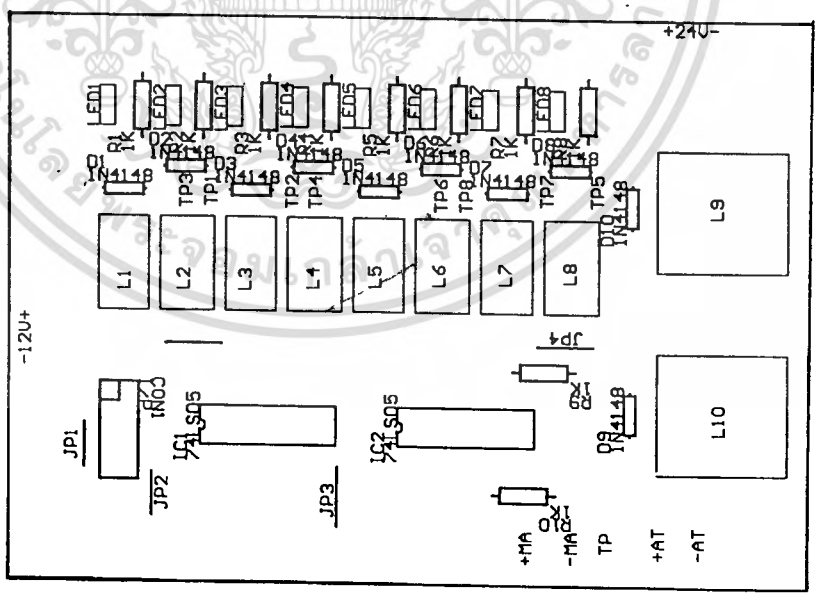


รูปที่ 4 การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ภาคเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

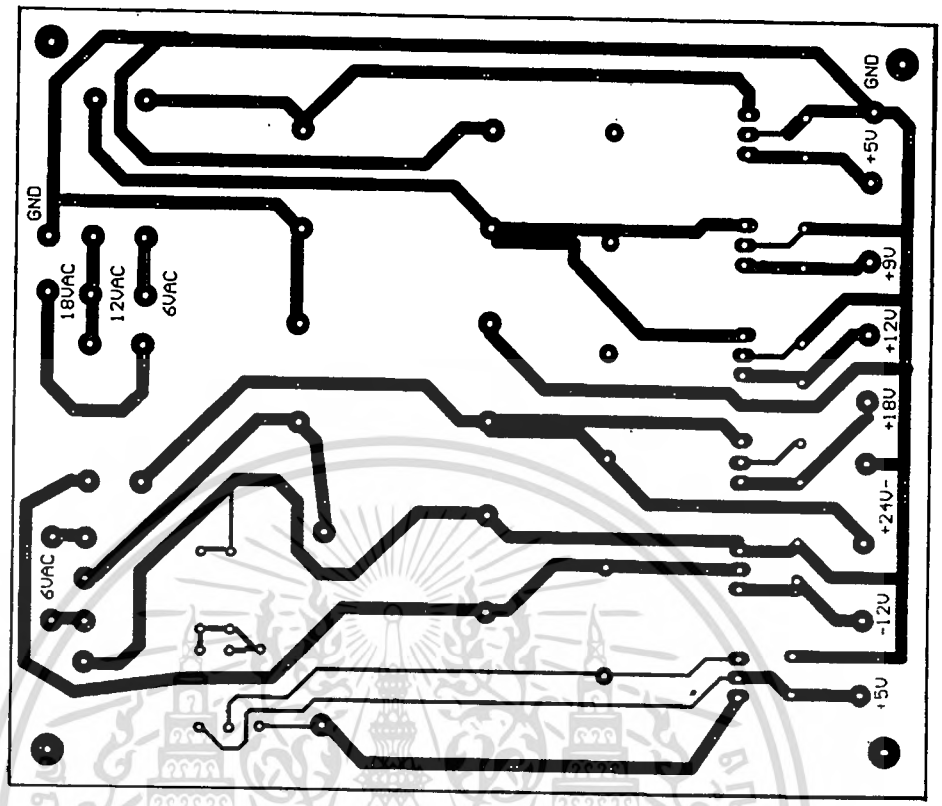


รูปที่ 5 ลายวงจรพิมพ์ของภาคควบคุมการตัดต่อจุดวัดทดสอบสัญญาณ

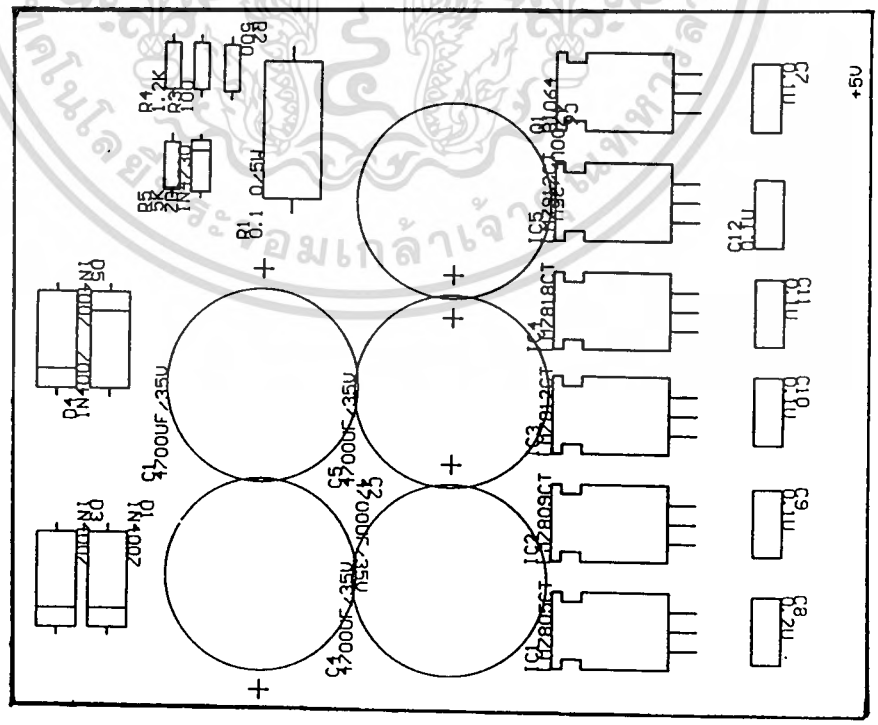


รูปที่ 6 การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรควบคุมการตัดต่อจุดวัดทดสอบสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

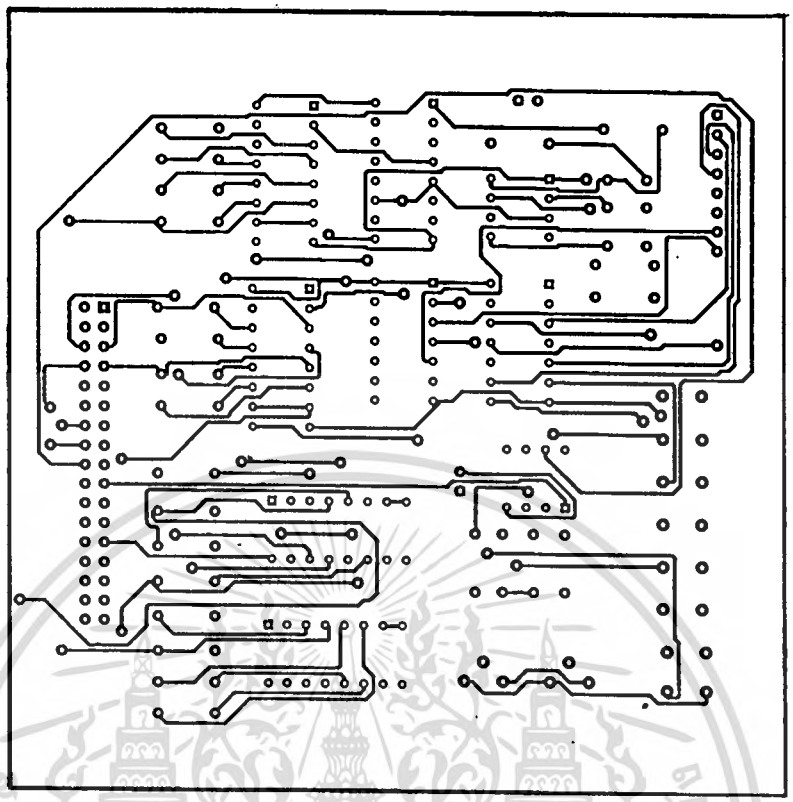


รูปที่ 7 ลายวงจรพิมพ์ของภาคแหล่งจ่ายไฟฟ้า

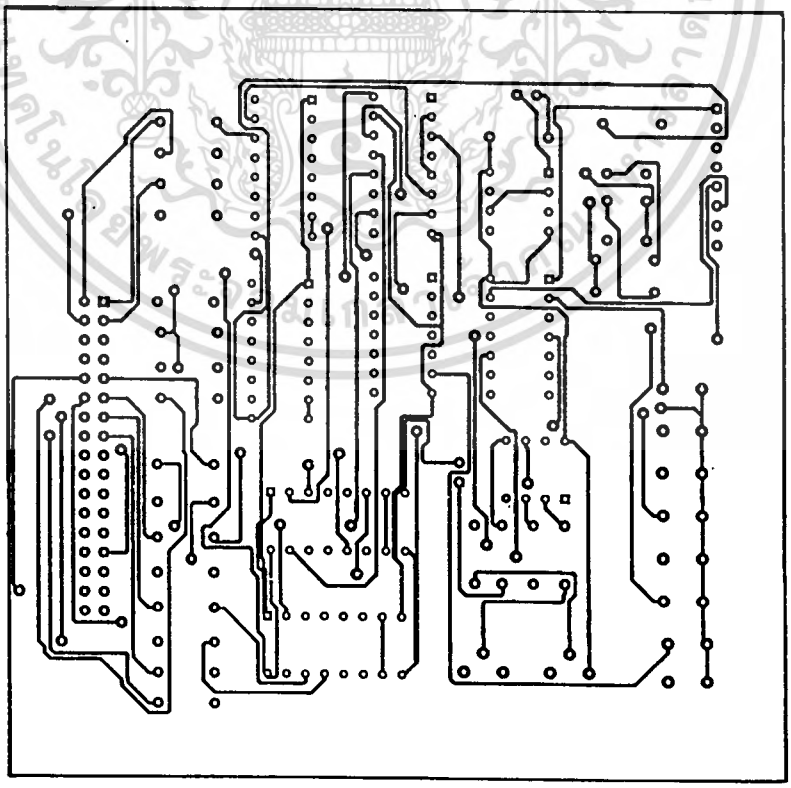


รูปที่ 8 การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ของภาคแหล่งจ่ายไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

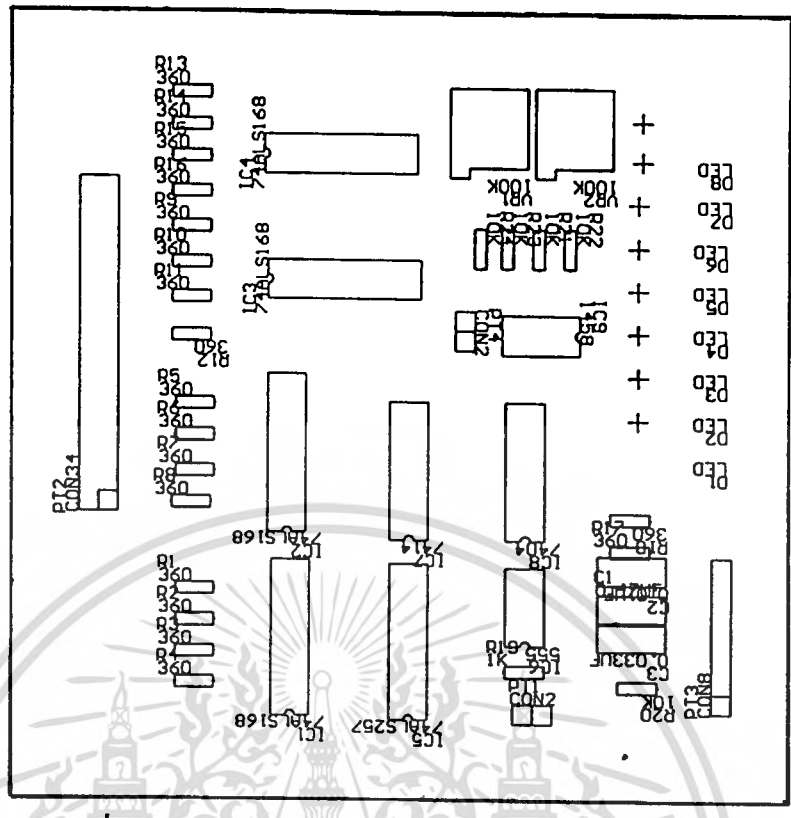


รูปที่ 9 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนของวงจรนับ

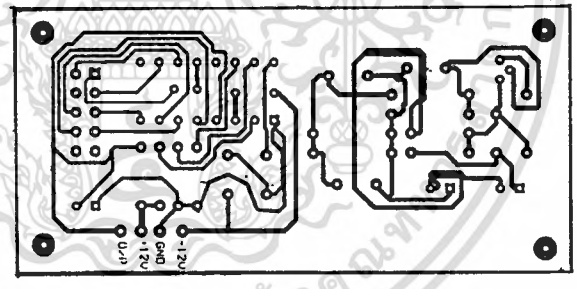


รูปที่ 10 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างของวงจรนับ

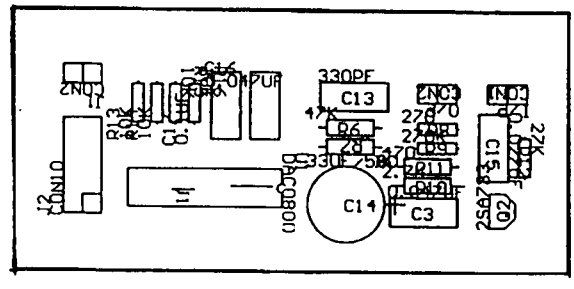
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรนับ



รูปที่ 12 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก และวงจรแยกสัญญาณซิงค์



รูปที่ 13 การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอล เป็นแอนะลอก และวงจรแยกสัญญาณซิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์

1. วงจรเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

1.1 ตัวต้านทาน ¼ วัตต์ ± 5%

รายการอุปกรณ์	ค่าอุปกรณ์	จำนวน
R1 ,R8 ,R42	2.2kΩ	3 ตัว
R2, R39, R40	4.7kΩ	3 ตัว
R3, R4	470kΩ	2 ตัว
R5	680kΩ	1 ตัว
R6, R7, R18, R20, R37,R47	150Ω	5 ตัว
R9	47Ω	1 ตัว
R10, R17, R19,R22, R24,R45	1kΩ	9 ตัว
R27, R31, R33, R36, R11, R26	100kΩ	2 ตัว
R12	560Ω	1 ตัว
R13	3.3kΩ	1 ตัว
R14, R28, R32, R34	330Ω	4 ตัว
R15, R16	220Ω	2 ตัว
R21,	50Ω	1 ตัว
R23	6.2kΩ	1 ตัว
R25	82Ω	1 ตัว
R29	12kΩ	1 ตัว
R30	150Ω	1 ตัว
R35	47kΩ	1 ตัว
R36	30kΩ	1 ตัว
R41	10kΩ	1 ตัว
R43	2.7kΩ	1 ตัว
R44	82kΩ	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ตัวเก็บประจุแบบเซรามิค

รายการอุปกรณ์	ค่าอุปกรณ์	จำนวน
C1, C8, C10, C13, C14, C20, C21, C27, C28, C34, C36, C37, C39, C42, C44	0.01μF	15 ตัว
C4	180pF	1 ตัว
C5, C6, C16, C19, C32	0.001μF	3 ตัว
C9, C23, C26	0.1μF	3 ตัว
C17	330pF	1 ตัว
C18	500pF	1 ตัว
C24, C25	150pF	2 ตัว
C29, C43	10pF	2 ตัว
C30	0.0047μF	1 ตัว
C38	33pF	1 ตัว
C41	18pF	1 ตัว
C45	56pF	1 ตัว

1.3 ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโทรไลต์ ขนาด 25 โวลต์

รายการอุปกรณ์	ค่าอุปกรณ์	จำนวน
C2, C31, C33	10μF	3 ตัว
C3, C11, C15, C35, C40	47μF	5 ตัว
C12, C22	100μF	2 ตัว

1.4 ตัวเหนี่ยวนำ

รายการอุปกรณ์	ค่าอุปกรณ์	จำนวน
L1, L8, L9	100μH	3 ตัว
L2, L4, L5, L7	0.56μH	4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์	ค่าอุปกรณ์	จำนวน
L3	0.47μH	1 ตัว
L6	IFT 10.7 MHz	1 ตัว

1.5 สารกึ่งตัวนำ

รายการอุปกรณ์	เบอร์	จำนวน
D1, D2	1N4148	2 ตัว
D3	MB2114	1 ตัว
ZD1	1N4734	1 ตัว
ZD2	1N4742	1 ตัว
Q1, Q2, Q3, Q5, Q6, Q8	2SC945	6 ตัว
Q4	2SA733	1 ตัว
Q7	3SK47	1 ตัว
Q9	2SK315	1 ตัว
IC1	NE592	1 ตัว
IC2	KA2244	1 ตัว
IC3	LM358	1 ตัว

1.6 อื่นๆ

รายการอุปกรณ์	ค่าอุปกรณ์	จำนวน
VR1 (เกือกม้า)	1kΩ	1 ตัว
VR2, VR3	1kΩ	2 ตัว
VR4 (เกือกม้า)	10kΩ	1 ตัว
Ceramic Filter	10.7 MHz	1 ตัว
RF Modulator	-	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรออสซิลเลเตอร์

2.1 ตัวต้านทาน ¼ วัตต์ ± 5%

รายการอุปกรณ์	ค่าอุปกรณ์	จำนวน
R1	33kΩ	1 ตัว
R2	10kΩ	1 ตัว
R3	330kΩ	1 ตัว
R4	100Ω	1 ตัว
R5	2.2kΩ	1 ตัว
R6	10Ω	1 ตัว
R7	100Ω	1 ตัว
R8	470kΩ	1 ตัว
R9	33Ω	1 ตัว

2.2 ตัวเก็บประจุแบบเซรามิค 50 โวลต์

รายการอุปกรณ์	ค่าอุปกรณ์	จำนวน
C1, C7	56pF	2 ตัว
C2	39pF	1 ตัว
C3	2.2pF	1 ตัว
C4	18pF	1 ตัว
C5	0.1pF	1 ตัว
C6	33pF	1 ตัว
C8	470pF	1 ตัว
C9, C11,C13,C14	10pF	4 ตัว
C10,C15	1pF	2 ตัว
C12	2-18pF	1 ตัว
C16	100pF	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ตัวเหนี่ยวนำ

รายการอุปกรณ์	ค่าอุปกรณ์	จำนวน
L1	125-300nH	1 ตัว
L2, L3	50-100nH	1 ตัว
L4	30nH	1 ตัว
L5	39nH	1 ตัว
L6	5nH	1 ตัว
L7	10nH	1 ตัว

2.4 สารกึ่งตัวนำ

รายการอุปกรณ์	เบอร์	จำนวน
Q1	2N3563	1 ตัว
Q2, Q3	MPS3866	2 ตัว
X-TAL	54.90MHz	1 ตัว

3. วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า

3.1 ตัวเก็บประจุขนาด 50 โวลต์

รายการอุปกรณ์	ค่าอุปกรณ์	จำนวน
C1, C2, C3, C4 (Electrolyte)	4700μF/50V	4 ตัว
C5, C6, C7, C8 (Ceramic)	0.1μF	4 ตัว

3.2 สารกึ่งตัวนำ

รายการอุปกรณ์	เบอร์	จำนวน
D1 (Bridge Rectifier)	6A 200V	1 ตัว
D2, D3, D4	1N5406	3 ตัว
IC1	7805	2 ตัว
IC2	7818	1 ตัว
IC3	7812	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์	เบอร์	จำนวน
IC4	7912	1 ตัว
IC5	7809	1 ตัว
Q	H1061	1 ตัว

3.3 อื่นๆ

รายการอุปกรณ์	เบอร์	จำนวน
T1 (Teriod Transformer)	0-12-18-24 5A	1 ตัว

4. วงจรแยกสัญญาณซิงค์

รายการอุปกรณ์	ค่าอุปกรณ์	จำนวน
Q1 (PNP)	A733	1 ตัว
R1	4.7kΩ	1 ตัว
R2	470kΩ	1 ตัว
R3	330kΩ	1ตัว
R4	270Ω	1 ตัว
R5	2.7kΩ	1 ตัว
R6	560Ω	1 ตัว
R7	15kΩ	1 ตัว
C1	0.01uF	1 ตัว
C2	200nF	1 ตัว
C3	3uF	1 ตัว

5. วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก

รายการอุปกรณ์	เบอร์	จำนวน
IC1	DAC0800	1 ตัว
R (1/4W , 5%)	10kΩ	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์	เบอร์	จำนวน
R (1/4W , 5%)	5kΩ	2 ตัว
Zener Diode	7.5V	2 ตัว
C (Ceramic)	0.1μF	2 ตัว

6. วงจรควบคุมการตัดต่อจุดทดสอบสัญญาณ

รายการอุปกรณ์	เบอร์	จำนวน
IC1, IC2	74LS05P	2 ตัว
L1 - L8 Relay (1 Contact)	12V/1A	8 ตัว
L9 - L10 Relay (1 Contact)	12V/3A	2 ตัว
D1-D8	1N4148	8 ตัว
D9-D16 (LED)	2 mm	8 ตัว

7. วงจรนับ

รายการอุปกรณ์	เบอร์	จำนวน
IC1- IC5	74LS168	5 ตัว
IC6	74LS257	1 ตัว
IC7	LM555	1 ตัว
IC8	74LS245	1 ตัว
R (1/4W , 0.5%)	10kΩ	17 ตัว

8. วงจรควบคุม

8.1 ตัวต้านทาน 1/8 วัตต์ ± 5%

รายการอุปกรณ์	ค่าอุปกรณ์	จำนวน
R1	330Ω	1 ตัว
R2, R4, R7	560Ω	3 ตัว
R3, R8	1kΩ	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์	ค่าอุปกรณ์	จำนวน
R5	4.7kΩ	1 ตัว
R6, R9, R10, R13, R15	10Ω	5 ตัว
R11, R14	100Ω	1 ตัว
R12	100kΩ	2 ตัว

8.2 ตัวเก็บประจุแบบเซรามิค

รายการอุปกรณ์	ค่าอุปกรณ์	จำนวน
C1-C13	0.1μF	13 ตัว
C14	0.01μF	1 ตัว
C15	10pF	1 ตัว

8.3 ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโทรไลต์ ขนาด 16 โวลต์

รายการอุปกรณ์	ค่าอุปกรณ์	จำนวน
C16	10μF	4 ตัว
C17	33μF	2 ตัว
C18	100μF	1 ตัว

8.4 สารกึ่งตัวนำ

รายการอุปกรณ์	เบอร์	จำนวน
D1, D2	1N4148	3 ตัว
ZD1	1N4001	1 ตัว
Zener Diode	5.6 V 1W	1 ตัว
IC1	Z84C0006	1 ตัว
IC2	74LS32	1 ตัว
IC3	74LS138	1 ตัว
IC4	74LS04	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์	เบอร์	จำนวน
IC5	74HCT00	1 ตัว
IC6	LM555C	1 ตัว
IC7	TL7705	1 ตัว
IC8	6264	1 ตัว
IC9	Z80 CTC	1 ตัว
IC10, IC11	8255	2 ตัว
Q	BC 547	1 ตัว

8.5 อื่นๆ

รายการอุปกรณ์	ค่าอุปกรณ์	จำนวน
LED 3 mm.	สีเขียว	1 ตัว
LED 3 mm.	สีแดง	2 ตัว
VR	10kΩ	1 ตัว
R-Pack 5 ขา	10kΩ	5 ตัว
R-Pack 9 ขา	10kΩ	1 ตัว
X-TAL	4MHz	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี

(C-Band Satellite Receiver Demonstrative Set)

การทดลองที่ 1

เรื่อง การติดตั้งจานสายอากาศดาวเทียม

1.วัตถุประสงค์

1.1 อธิบายถึงขั้นตอนของการประกอบจานสายอากาศได้

1.2 ปรับโพลาไรเซชันของการเลือกรับสัญญาณได้

1.3 ติดตั้งจานสายอากาศแบบอยู่กับที่ (Fixed) รับสัญญาณจากดาวเทียมดวงต่างๆ ได้

1.4 ติดตั้งจานสายอากาศแบบเคลื่อนที่ (Moved)ได้

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2.1 เครื่องรับโทรทัศน์	1 เครื่อง
2.2 จานสายอากาศดาวเทียม	1 ชุด
2.3 เข็มทิศ	1 อัน
2.4 เครื่องมือวัดมุม	1 เครื่อง
2.5 สเตร็งค์มิเตอร์	1 เครื่อง

3. หลักการ และทฤษฎี

3.1 การประกอบชุดจานสายอากาศ

จานสายอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะเป็นชนิดที่เรียกว่า DIY (Do It Yourself) หรือชนิดประกอบเอง แทนที่จะเป็นจานสายอากาศประกอบสำเร็จ จานสายอากาศชนิดแยกชิ้นส่วนนี้สะดวกต่อการขนส่งมากกว่าชนิดที่ประกอบสำเร็จมาจากโรงงาน การประกอบจานสายอากาศต้องพิจารณาดูว่าจานสายอากาศเหล่านั้นแยกชิ้นส่วนมาแบบใด บางแบบทำโครงมาให้ประกอบโครงก่อนแล้วนำเอาตะแกรง (จานสายอากาศโปร่ง) สอดเข้าไป หรืออาจจะทำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิ้นส่วนสามเหลี่ยมจำนวน 4 ชิ้น ให้ประกอบชิ้นส่วนทั้ง 4 เข้าไปก็จะได้เป็นจานสายอากาศขึ้นมา ขั้นตอนการประกอบจานสายอากาศสามารถสรุปขั้นตอนได้ดังนี้

1. ประกอบจานสายอากาศทีละชิ้นในจำนวน 4 ชิ้น โดยการคว่ำจานสายอากาศลงบนวัสดุอ่อน เพื่อป้องกันหน้าจานสายอากาศเป็นรอย

2. ร้อยน็อตของตัวโครงจานาสายอากาศเข้ากับแป้นรับ ซึ่งจะเป็นจุดศูนย์กลางของตัวจานสายอากาศ และขอบจานสายอากาศก่อน แล้วจึงร้อยน็อตยึดโครงภายหลัง การร้อยน็อตเพื่อสะดวกในการแก้ไขปัญหาส่วนโค้งของจานสายอากาศบิดเบี้ยว เวลาที่ร้อยน็อตหากเป็นไปได้ ควรจะร้อยน็อต และสกรูในทิศทางเดียวกัน

3. ระวังในการประกอบอย่าให้จานสายอากาศเกิดการบิดผิดรูป และเมื่อประกอบขึ้นรูปเป็นตัวจานสายอากาศได้แล้ว ต้องยึดน็อตสกรูให้แน่น

เมื่อประกอบตัวจานสายอากาศเสร็จสิ้นแล้วขั้นตอนต่อมาคือการประกอบขาตั้งจานสายอากาศซึ่งขาตั้งจาน และฐานต้องติดตั้งเข้าด้วยกัน ฐานต้องสามารถหมุนไปมาได้ ก้มหรือเงยได้ การวางฐานจานสายอากาศควรวางในตำแหน่งจริง แต่ยังไม่ต้องยึดฐานเพราะยังต้องปรับมุมเงยของดาวเทียมแต่ละดวง ซึ่งมีตำแหน่งแตกต่างกันออกไป

ยกตัวจานสายอากาศประกอบเข้ากับฐาน โดยหันหน้าจานสายอากาศไปทางทิศใต้ เนื่องด้วยประเทศไทยอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรจึงต้องหันหน้าจานสายอากาศไปทางทิศใต้ ด้วยลักษณะของวงโคจรของดาวเทียมนั้นต้องสัมพันธ์กับแรงดึงดูดของใจกลางโลกที่เรียกว่า “จีโอเซ็นเตอร์”

3.2 การประกอบ Feed Horn และ LNB

จากหลักการของจานสายอากาศรับสัญญาณดาวเทียม การที่จานสายอากาศรับสัญญาณได้นั้นอาศัยผลการสะท้อนคลื่นที่ผิวจาน เพื่อเอาคลื่นสัญญาณที่ส่งเข้ามานั้นสะท้อนเข้าสู่จุดรวมของสัญญาณที่เรียกว่า ฟีดฮอร์น (Feed Horn) ตัวฟีดฮอร์นต่อเข้ากับวงจรขยายสัญญาณที่เรียกว่า แอลเอ็นบี (LNB) ซึ่งเป็นวงจรอันประกอบด้วยวงจรขยายแบบ LNA ผนวกเข้ากับบล็อคดาวว์คอนเวอร์เตอร์ หากระยะของฟีดฮอร์น ไม่ถูกต้องย่อมมีผลต่อการรับสัญญาณ มีผลทำให้สัญญาณอ่อน หรืออาจจะรับสัญญาณไม่ได้เลย จึงจำเป็นต้องมีเครื่องหมายให้ตั้งระยะโฟกัสของฟีดฮอร์นที่มีโพลาไรซ์กับที่ไม่มีโพลาไรซ์ ซึ่งอาจจะไม่เหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำสายสัญญาณ RG 6/U หรือ 5C-FB ต่อเข้ากับแจ็คเสียบแบบตัวเอฟ F - Connecter แล้วนำไปต่อเข้ากับตัวแอลเอ็นบี (LNB) และต่อสายเข้าโพลาไรซ์ในกรณีที่ฟีดฮอร์นนั้นมีโพลาไรซ์

3.3 การหาตำแหน่งดาวเทียม

เมื่อติดตั้งจานสายอากาศ และประกอบฟีดฮอร์นเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ทำการตั้งหน้าจานสายอากาศหาทิศทาง หรือตำแหน่งของดาวเทียมดาวต่างๆ ซึ่งเป็นดาวเทียมที่สามารถรับได้ในประเทศไทย

1.ค่ามุมอะซิมุธ (Azimuth) คือ มุมที่คิดจากตำแหน่งของดาวเทียมเทียบความสัมพันธ์กับพื้นที่ตามภูมิภาคต่างๆ ของโลก โดยตำแหน่งของดาวเทียมสากลคิดจากมุมอ้างอิงเมืองกรีนิช ประเทศอังกฤษ

2. ค่ามุมเงย มักจะถูกเรียกว่ามุมอีลีเวชัน (Elevation) หรือมุม EL มุมนี้หากหันจานสายอากาศไปทางทิศที่เป็นตำแหน่งของดาวเทียม แล้วตั้งให้กระโดงของฟีดฮอร์นขนานกับพื้นโลกหรือจุดโฟกัส เมื่อมองจากก้นจานสายอากาศก้านกระโดงไปขนานกับพื้นผิวโลกนั่นถือว่าเป็นมุม 0 องศา ถ้าหากเงยหน้าจานสายอากาศจนตั้งขึ้นสูงสุด นั่นคือมุมอีลีเวชันเป็น 90 องศา

3.4 การปรับโพลาไรซ์

เนื่องจากทิศทางของสนามแม่เหล็กที่ใช้เพื่อการส่งสัญญาณสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีรูปแบบ และทิศทางแตกต่างกันออกไปตามสภาวะของการส่งที่เรียกว่า โพลาไรซ์ มีอยู่ 4 แบบคือ

1. โพลาไรซ์แบบแนวนอน (Horizontal Polarization) หรือแบบ H
2. โพลาไรซ์แบบแนวตั้ง (Vertical Polarization) หรือแบบ V
3. โพลาไรซ์แบบวงกลมหมุนขวามือ (Right Hand Circular Polarization)
4. โพลาไรซ์แบบวงกลมหมุนซ้ายมือ (Left Hand Circular Polarization)

สองแบบแรกเรียกว่าแบบลิเนียร์ สองแบบหลังเรียกว่าแบบเซอร์คูลาร์นั้นใช้อยู่ในอเมริกา โพลาไรซ์ที่ใช้ในแถบที่รับได้ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นแบบ Vertical

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงตำแหน่งดาวเทียม ค่ามุมอะซิมุธ และมุมเงย

ดาวเทียม	ตำแหน่ง	มุมอะซิมุธ (AZ)	มุมเงย (EL)	90 - EL
Gorizont 140	140 °E	106.07	42.13	47.84
Thaicom 3	120 °E	123.84	62.28	27.72
Palapa B4	118 °E	126.98	64.11	25.89
Palapa B2P	113 °E	136.96	68.32	21.68
Chainasat DFHL-A2	110 °E	144.82	70.46	19.45
Palapa B2R	108 °E	150.99	71.67	18.33
Asiasat	105.5 °E	159.77	72.85	17.15
Thaicom 1-2	**78.5 °E**	**239.60**	**59.90**	**30.10**
Insat	93.5 °E	207.35	71.94	18.06
Gorizont 2	90 °E	217.98	69.79	20.21
Chainasat DFH2-A1	87.5 °E	224.20	67.93	22.07
Gorizont 3	80 °E	273.59	61.34	28.66
Intelsat 66	66 °E	250.94	47.31	42.69
Intelsat VA-F11	63 °E	252.81	44.21	45.79
Gorizont A3	53 °E	257.73	33.82	56.18
Gorizont 5	40 °E	262.35	20.45	69.55

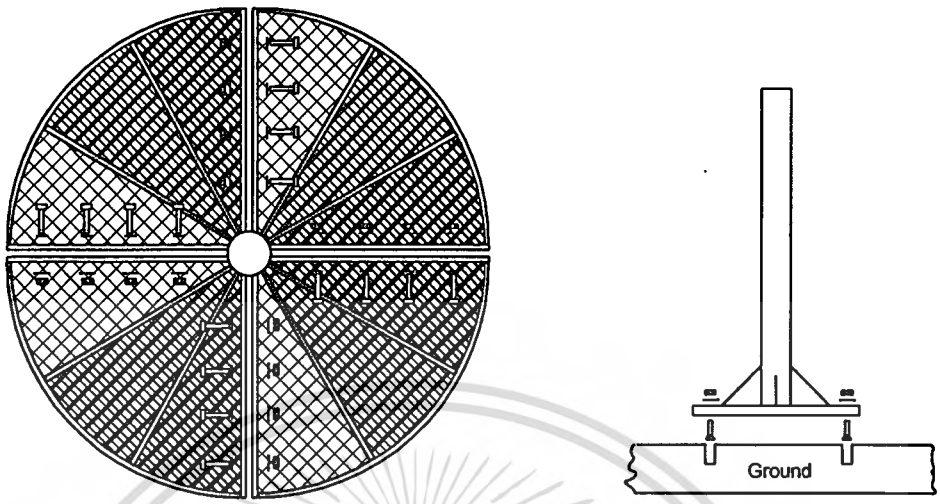
4. การประกอบ และการติดตั้งจานสายอากาศ

1. ประกอบชิ้นส่วนจานสายอากาศทั้ง 4 ส่วนเข้าด้วยกัน

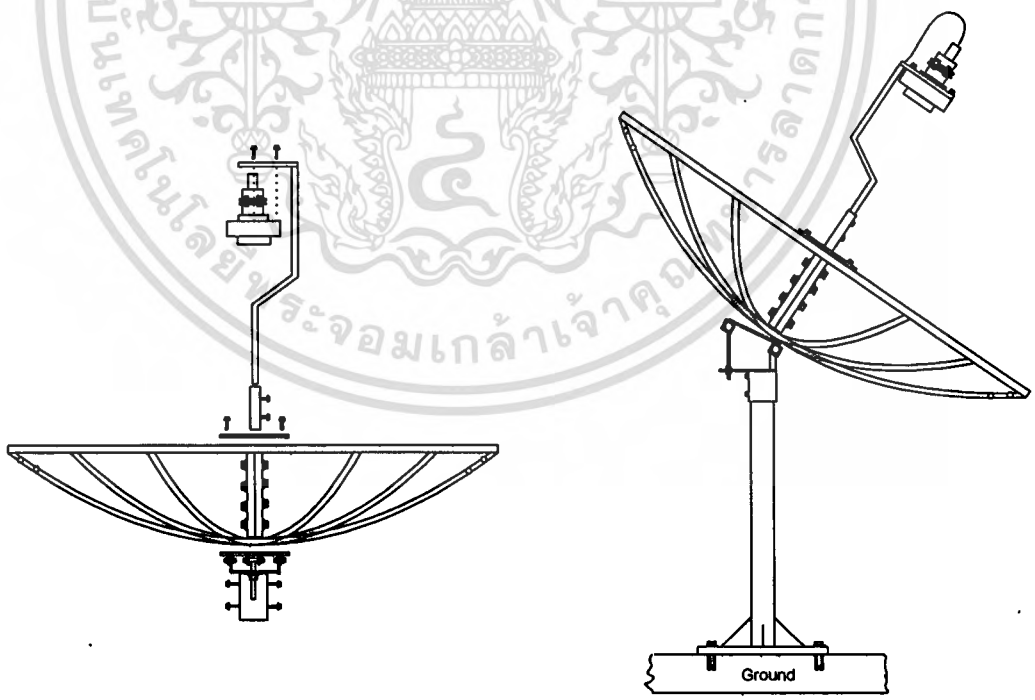
2. ประกอบจานสายอากาศเข้ากับฐานรับจาน

3. ยึด Feed Horn เข้ากับก้านรับโดยให้ได้ระยะห่างระหว่าง Feed Horn กับจุดศูนย์กลางของจานสายอากาศ เป็น 68 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

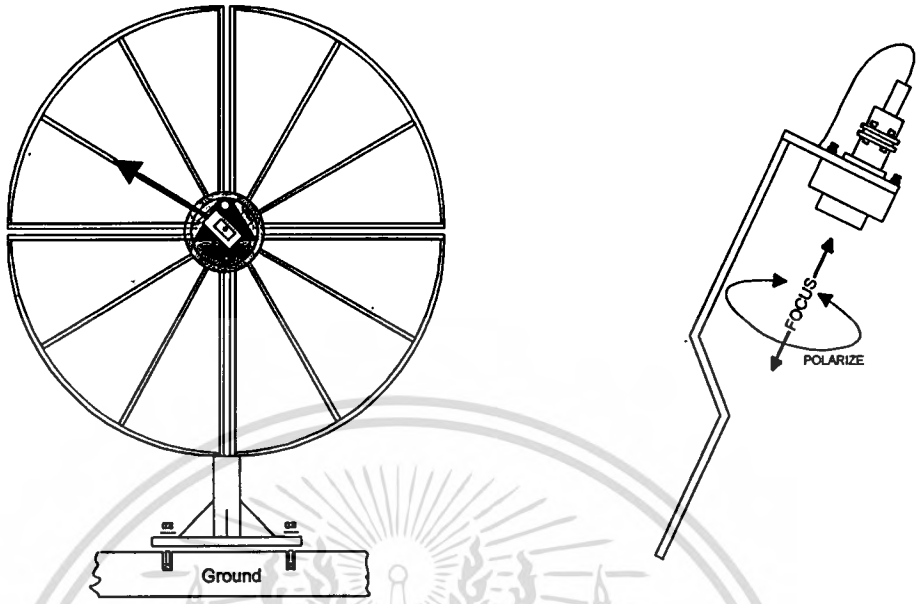


รูปที่ 1 การประกอบชิ้นส่วนจานสายอากาศทั้ง 4 ส่วนเข้าด้วยกัน และการติดตั้งเสา

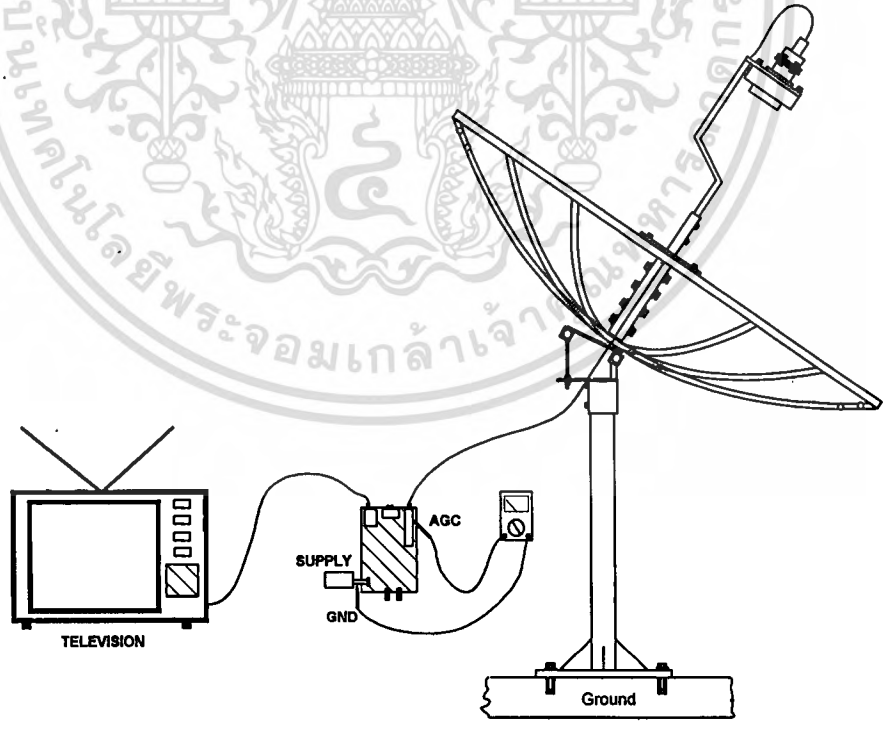


รูปที่ 2 การติดตั้งจานสายอากาศเข้ากับฐานรับ และยึดฟีดฮอร์นเข้ากับก้านรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 การปรับโพลาไรซ์และระยะโฟกัสของฟีดฮอร์น



รูปที่ 4 การต่อเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเพื่อวัดค่า AGC ในการเลือกรับสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ลำดับขั้นการทดลอง

5.1 การติดตั้งจานสายอากาศแบบคงที่ (Fixed)

1. กำหนดดาวเทียมที่จะทำการรับสัญญาณคือ ไทยคม รับสัญญาณที่ กรุงเทพฯ โดยดูค่ามุมจากตารางที่.1 จะได้ มุมอะซิมุธ 239.6 °E และ มุมเงย 59.9 °E

2. วางหน้าจานสายอากาศไปทางทิศใต้ วัดมุมด้วยเข็มทิศให้ได้ 180 °E

3. หมุนหน้าจานสายอากาศตามทิศทางตามเข็มนาฬิกาหรือไปทางทิศตะวันตกจนเข็มทิศอ่านค่ามุมได้ 239.6 °E

4. เงยหน้าจานสายอากาศขึ้นมาประมาณ 59.9 °E

5. ปรับโพลาไรซ์ในแนว H (Horizontal Polarization)

6. ต่อเครื่องรับโทรทัศน์เข้ากับเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมให้สามารถรับรายการโทรทัศน์ได้

7. ถ้าหากสัญญาณที่รับได้ไม่ชัดเจนให้ทำการปรับแต่งมุมอะซิมุธ และมุมเงยเล็กน้อย

8. ลองปรับฟีดฮอร์นในแนว V (Vertical Polarization) สังเกตการเปลี่ยนแปลง และบันทึกผล

9. ปรับระยะห่างของฟีดฮอร์น ในทิศทางขึ้นลง สังเกตการเปลี่ยนแปลง และบันทึกผล

5.2 การติดตั้งจานสายอากาศแบบเคลื่อนที่ (Moved)

1. ปรับหน้าจานสายอากาศไปทางทิศใต้ วัดมุมด้วยเข็มทิศให้ได้ 180 °E

2. ปรับมุมเงยประมาณ 73° - 75°

3. ปรับโพลาไรซ์ในแนว H (Horizontal Polarization)

4. จากนั้นต่อเครื่องรับดาวเทียมเข้ากับเครื่องรับโทรทัศน์ แล้วทำการควบคุมเครื่องขับจานสายอากาศ โดยทำการป้อนไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 - 36 โวลต์ โดยให้เริ่มทำการกวาดตั้งแต่ทางทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตก

5. เมื่อขับเคลื่อนจานสายอากาศไปจนสุดทางทิศตะวันตก ให้กลับขั้วแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้กับเครื่องขับจานสายอากาศ (Actuator) ทำการทดลองซ้ำ เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ .2 บันทึกผลการทดลอง

ดาวเทียม	รายการที่รับได้	คุณภาพสัญญาณ	
		ภาพ (ชัดเจน/ไม่ชัดเจน)	เสียง (ชัดเจน/ไม่ชัดเจน)
1.....	1.....	.....	.....
	2.....	.....	.....
	3.....	.....	.....
	4.....	.....	.....
	5.....	.....	.....
2.....	1.....	.....	.....
	2.....	.....	.....
	3.....	.....	.....
	4.....	.....	.....
	5.....	.....	.....
3.....	1.....	.....	.....
	2.....	.....	.....
	3.....	.....	.....
	4.....	.....	.....
	5.....	.....	.....
4.....	1.....	.....	.....
	2.....	.....	.....
	3.....	.....	.....
	4.....	.....	.....
	5.....	.....	.....
5.....	1.....	.....	.....
	2.....	.....	.....
	3.....	.....	.....
	4.....	.....	.....
	5.....	.....	.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายขั้นตอนวิธีการปรับโพลาไรซ์ในการเลือกรับสัญญาณในแนว H และ V มาโดยละเอียด?

2. เมื่อทำการติดตั้งจานสายอากาศแบบคงที่เสร็จแล้ว ซึ่งอยู่ในตำแหน่งของการรับสัญญาณ แต่ไม่สามารถรับสัญญาณโทรทัศน์ได้ นักศึกษาจะทำการตรวจเช็ค และแก้ไขอย่างไร จงอธิบาย?

3. จากตารางที่.1 จงบอกขั้นตอนวิธีการติดตั้งจานสายอากาศดาวเทียมแบบคงที่ (Fixed) เพื่อที่จะทำให้การรับสัญญาณดาวเทียมจากดาวเทียม Palapa B2P

7. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี

(C-Band Satellite Receiver Demonstrative Set)

การทดลองที่ 2

เรื่อง การค้นหาตำแหน่งดาวเทียมแบบอัตโนมัติ

1.วัตถุประสงค์

1.1 ประกอบ และติดตั้งชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเข้ากับต่างๆ ในการรับสัญญาณดาวเทียมได้

1.2 สาธิตการค้นหาตำแหน่งของดาวเทียมแบบธรรมดา และแบบอัตโนมัติได้

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2.1 ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี	1	ชุด
2.2 มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
2.3 เครื่องรับโทรทัศน์	1	เครื่อง
2.4 จานสายอากาศดาวเทียมแบบเคลื่อนที่ (Moved)	1	ชุด

3. การประกอบ และการติดตั้ง

ประกอบ และติดตั้งอุปกรณ์ตามรูปที่.1

4. ลำดับขั้นการทดลอง

การควบคุมจานสายอากาศ จะใช้คำสั่งควบคุมในโหมดของ SET DISH, TUNE ซึ่งก่อนการใช้งานชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซีนี้ ควรศึกษา และทำความเข้าใจการใช้งานจากคู่มือของเครื่องอย่างละเอียดเสียก่อน โดยขั้นตอนของการค้นหาตำแหน่งของดาวเทียมมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1 การประกอบ และการติดตั้งใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ประกอบ และติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ดังรูปที่ 1

2. เปิดสวิตซ์ (Power) ของชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี รอจนกว่าการทำงานจะเข้าสู่โหมด MAIN MENU

3. เลื่อนสวิตซ์ MODE ไปที่ AUTO

4. กดหมายเลข 3 เข้าสู่โหมดการทำงาน SET DISH, TUNE

5. กดหมายเลข 1 เข้าสู่โหมด DISH เพื่อใช้ในการควบคุมจานสายอากาศ ซึ่งในโหมดนี้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมดย่อยคือ

1. AUTO SCAN

2. FINE SCAN

6. กดหมายเลข 1 เข้าสู่โหมดการทำงาน AUTO SCAN เพื่อทำการค้นหาตำแหน่งดาวเทียมแบบอัตโนมัติ

7. กดปุ่มใดๆ ก็ได้ เพื่อสั่งให้ทำการ Clear Dish ของตำแหน่งจานสายอากาศ สังเกตการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งจานสายอากาศบนจอแสดงผล และการเปลี่ยนแปลงของจานสายอากาศ บันทึกผลการทดลอง

8. เมื่อทำการ Clear Dish เสร็จสิ้น จะแสดงข้อความดังนี้คือ

RESET COMPLETED
PRESS ANY KEY
CONTINUE

9. กดปุ่มใดๆ เพื่อเข้าสู่โหมด AUTO SEARCH เป็นการค้นหาตำแหน่งดาวเทียมอัตโนมัติ สังเกตการเปลี่ยนแปลงของลำดับ และตำแหน่งของดาวเทียม บนจอแสดงผล พร้อมทั้งการเปลี่ยนแปลงของสายอากาศดาวเทียม บันทึกผลการทดลอง

10. เมื่อจานสายอากาศเคลื่อนที่ไปจนสุดอีกด้านหนึ่ง บนจอแสดงผลเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง บันทึกผลการทดลอง

เมื่อทำการค้นหาตำแหน่งดาวเทียมเสร็จสิ้น จะเข้าสู่ขั้นตอนของการเลือกรับสัญญาณจากดาวเทียมที่ได้จากการค้นหาตำแหน่งดังนี้

11. เลื่อนสวิตซ์ MODE ไปที่ MANUAL

12. กดหมายเลข 1 เพื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงที่ 1 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งดาวเทียมบนจอแสดงผล บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 3

เอกสารนี้ ... ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. กดหมายเลข 2 เพื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงที่ 2 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งดาวเทียมบนจอแสดงผล บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 1

14. ทำการทดลองจนครบทั้ง 9 ดวง บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 บันทึกผลการทดลอง

ลำดับที่	ดาวเทียม	ตำแหน่งดาวเทียมที่อ่านค่าจากจอแสดงผล (ST.)	การเปลี่ยนแปลงของจอแสดงผลและจานสายอากาศ หลังการกดหมายเลขลำดับของดาวเทียม
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

<u>หมายเหตุ</u> จำนวนดาวเทียมที่รับได้ในประเทศไทย ในบางพื้นที่อาจจะไม่ถึง 9 ดวง

ในกรณีที่รับสัญญาณได้ไม่ชัดเจน สามารถใช้การทำงานในโหมด FINE SCAN เพื่อทำการปรับตำแหน่งของดาวเทียมให้ละเอียดมากยิ่งขึ้น

5. คำถามท้ายการทดลอง

1.จงอธิบายขั้นตอนของการใช้ชุดสาธิตในการค้นหาตำแหน่งดาวเทียมเพื่อรับสัญญาณดาวเทียมมาพอเข้าใจ

2.ให้นักศึกษาทำการทดลองในโหมดของ NORMAL (หลังจากที่ได้ทำการค้นหาตำแหน่งดาวเทียมเสร็จสิ้นแล้ว) เลือกช่องสัญญาณ ช่องใดช่องหนึ่ง โดยการกดหมายเลข 1-9

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นเข้าสู่โหมด FINE SCAN อีกครั้งหนึ่ง แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณจากเครื่องรับโทรทัศน์

6. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี

(C-Band Satellite Receiver Demonstrative Set)

๑๑๑

การทดลองที่ 3

เรื่อง การค้นหาช่องสัญญาณแบบอัตโนมัติ

1.วัตถุประสงค์

1.1 สาธิตวิธีการค้นหาช่องสัญญาณดาวเทียมแบบอัตโนมัติได้ได้

1.2 อธิบายระบบการปรับช่องสัญญาณแบบธรรมดา และแบบอัตโนมัติได้

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2.1 ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี	1	ชุด
2.2 มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
2.3 เครื่องรับโทรทัศน์	1	เครื่อง
2.4 จานสายอากาศดาวเทียม	1	ชุด

3. การประกอบ และการติดตั้ง

ประกอบ และการติดตั้งเครื่องตามรูปที่.1 ก่อนทำการปรับช่องสัญญาณ ต้องทำการตรวจสอบจานสายอากาศว่าอยู่ในตำแหน่งที่สามารถรับสัญญาณดาวเทียมหรือไม่ เมื่อรับสัญญาณได้แล้ว สัญญาณที่ได้ต้องมีความชัดเจนที่สุด

4. ลำดับขั้นการทดลอง

กำหนดให้รับสัญญาณผ่านดาวเทียม จากดาวเทียม Palapa-B2P

1. ทำการเตรียมชุดจานสายอากาศให้สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมที่กำหนดมาให้

2. ประกอบ และติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ดังรูปที่ 1.

3. เปิดสวิตซ์ (Power) ของชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี รอจนกว่าการทำงานจะเข้าสู่โหมด MAIN MENU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1 การประกอบและการติดตั้งใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เลื่อนสวิตซ์ MODE ไปที่ AUTO

5. กดหมายเลข 3 เข้าสู่โหมดการทำงาน SET DISH, TUNE

6. กดหมายเลข 2 เข้าสู่โหมด TUNE เพื่อใช้ในการควบคุมการปรับสัญญาณภาพ ซึ่งในโหมดนี้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมดย่อยคือ

1. AUTO TUNE

2. FINE TUNE

7. กดหมายเลข 1 เข้าสู่โหมดการทำงาน AUTO TUNE เป็นการค้นหาช่องสัญญาณดาวเทียมแบบอัตโนมัติ และจะทำการบันทึกค่าของแต่ละช่องสัญญาณเก็บไว้ในหน่วยความจำ

8. สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนจอแสดงผล เปรียบเทียบกับสัญญาณที่รับได้จากเครื่องรับโทรทัศน์ บันทึกผลการทดลอง

เมื่อทำการค้นหาช่องสัญญาณเสร็จสิ้น เครื่องจะบันทึกช่องสัญญาณแต่ละช่องเอาไว้จนครบทั้ง 9 ช่อง (ดาวเทียมบางดวงอาจมีรายการไม่ถึง 9 รายการ)

9. กดหมายเลข 1 สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนจอแสดงผล และสัญญาณที่รับได้จากเครื่องรับโทรทัศน์ บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่.1

10. ทำการทดลองจนครบทั้ง 9 หมายเลข บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ .1

ตารางที่.1 บันทึกผลการทดลอง

หมายเลข	รายการที่รับได้	คุณภาพสัญญาณ	
		ภาพ (ชัดเจน/ไม่ชัดเจน)	เสียง (ชัดเจน/ไม่ชัดเจน)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อบันทึกผลการทดลองเสร็จสิ้น การทดลองขั้นตอนต่อไปคือ การทำงานในโหมด FINE TUNE ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

11. กดหมายเลข 0 RETURN กลับไปยังโหมด TUNER

12. กดหมายเลข 2 เข้าสู่โหมด FINE TUNE

13. เลือกช่องสัญญาณ หมายเลข 1- 9 เปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 1. บันทึกผลการทดลอง

14. กดคีย์ลูกศร ◀ และ ▶ สังเกตการเปลี่ยนแปลง และบันทึกผลการทดลอง

15. กดหมายเลข 0 RETURN จำนวน 3 ครั้ง เพื่อกลับมาทำงานในโหมด MAIN MENU

16. กดหมายเลข 1 เพื่อเพื่อเข้าสู่โหมด NORMAL

17. ทำการทดลองกดหมายเลข 1- 9 บันทึกผลการทดลอง

5. คำถามท้ายการทดลอง

1. ผลการทดลองจากการจูนช่องสัญญาณในโหมด AUTO TUNE กับการปรับช่องสัญญาณในโหมด FINE TUNE แตกต่างกันอย่างไร จงอธิบาย?

2. ช่วงของการทำงานในโหมด FINE TUNE ถ้ากดคีย์ INC (▶) หรือคีย์ DEC (◀) ค้างเป็นระยะเวลาประมาณ 2 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลง และบันทึกผลการทดลอง?

6. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี

(C-Band Satellite Receiver Demonstrative Set)

การทดลองที่ 4

เรื่อง การวัดทดสอบสัญญาณ

1.วัตถุประสงค์

1.1 อธิบายการทำงานของภาคต่างๆ ของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมได้

1.2 เปรียบเทียบสัญญาณที่ได้ในแต่ภาคของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมได้

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2.1 ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี	1	ชุด
2.2 มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
2.3 เครื่องรับโทรทัศน์	1	เครื่อง
2.4 จานสายอากาศดาวเทียม	1	ชุด

3. การประกอบ และการติดตั้ง

การประกอบ และการติดตั้งอุปกรณ์ ดูตามรูปที่ 1

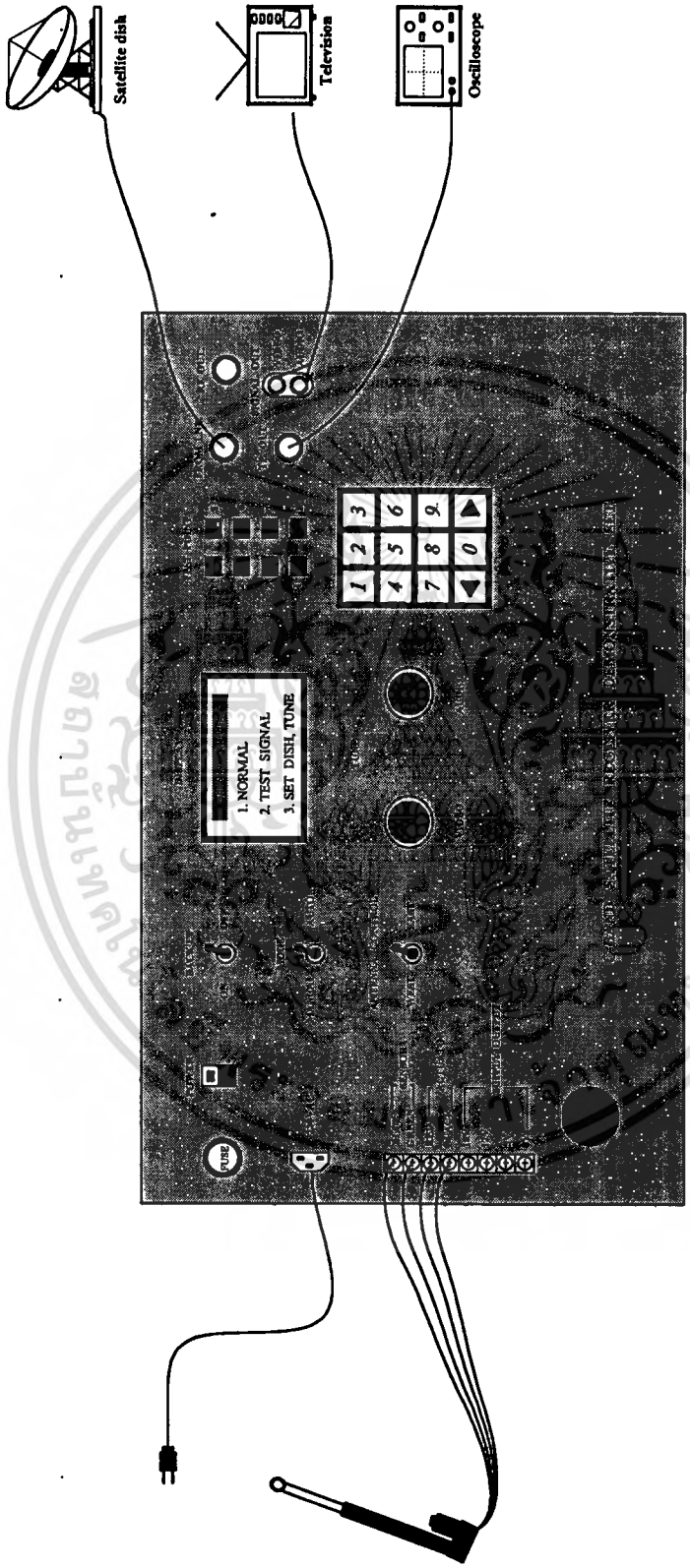
4. ลำดับขั้นการทดลอง

ก่อนทำการทดลองในการวัดสัญญาณที่จุดทดสอบของชุดสาธิต จะต้องทำการตั้งค่าตำแหน่งดาวเทียมให้ตรงก่อน และสามารถรับช่องสัญญาณได้ชัดเจนเพื่อที่จะได้สัญญาณจากการวัดด้วยออสซิลโลสโคปที่ชัดเจนไม่ผิดเพี้ยน

1. ประกอบ และติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ดังรูปที่ 1

2. เปิดสวิตช์ (Power) ของชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี รอจนกว่าการทำงานจะเข้าสู่โหมด MAIN MENU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 การประกอบและการติดตั้งใช้งาน

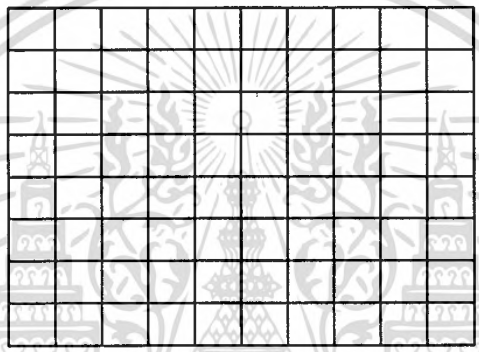
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เลื่อนสวิตซ์ Mode ไปที่ตำแหน่ง Manual

4. กดหมายเลข 2 เพื่อเข้าสู่โหมด Test Signal

5. กดหมายเลข 1 เพื่อทำการวัดสัญญาณจากจุด Test Point ที่ 1 โดยใช้ออสซิลโลสโคป วัดสัญญาณจากจุด Test Point Output บันทึกสัญญาณ และค่าที่วัดได้ลงในตารางที่ 1 กำหนดให้

ตารางที่ 1



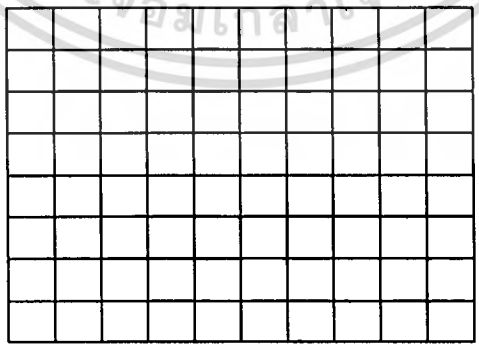
TP.1

TIME/DIV = ____ V

VOLT/DIV = ____ S

6. กดหมายเลข 2 ใช้ออสซิลโลสโคป วัดสัญญาณบันทึกค่าลงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2



TP.1

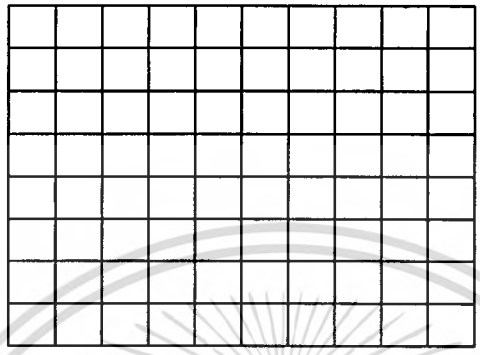
TIME/DIV = ____ V

VOLT/DIV = ____ S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. กดหมายเลข 3 ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณ และบันทึกสัญญาณลงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3



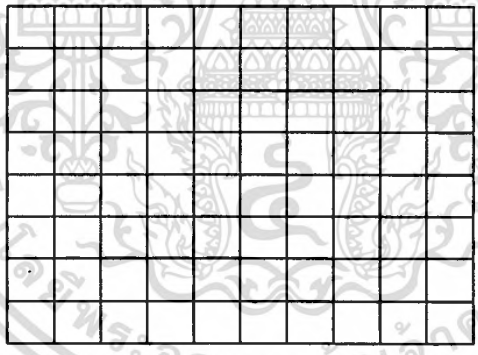
TP.1

TIME/DIV = _____ V

VOLT/DIV = _____ S

8. กดหมายเลข 4 ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณ และบันทึกสัญญาณลงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4



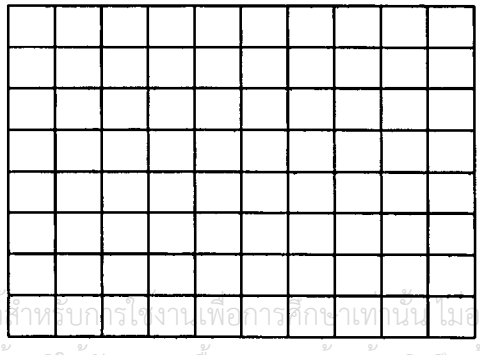
TP.1

TIME/DIV = _____ V

VOLT/DIV = _____ S

9. กดหมายเลข 5 ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณ และบันทึกสัญญาณลงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5



TP.1

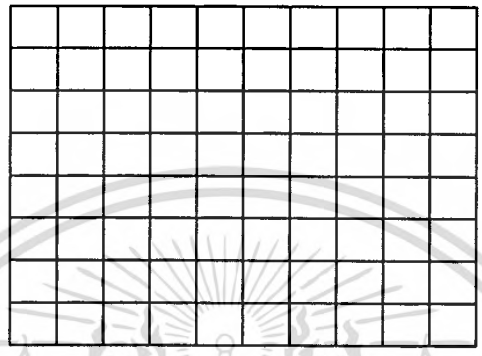
TIME/DIV = _____ V

VOLT/DIV = _____ S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. กดหมายเลข 6 ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณ และบันทึกสัญญาณลงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6



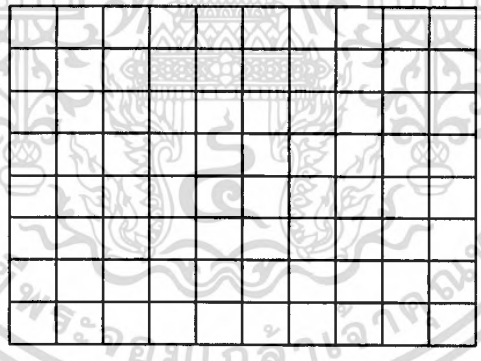
TP.1

TIME/DIV = ____ V

VOLT/DIV = ____ S

11.กดหมายเลข 7 ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณ และบันทึกสัญญาณลงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7



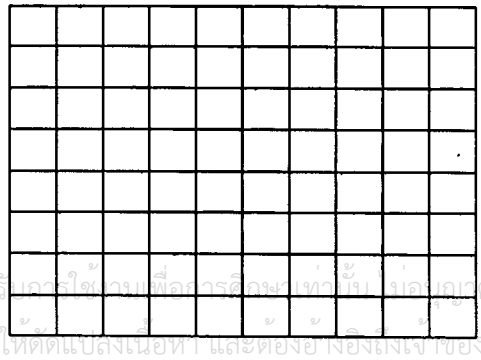
TP.1

TIME/DIV = ____ V

VOLT/DIV = ____ S

12. กดหมายเลข 8 ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณ และบันทึกสัญญาณลงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8



TP.1

TIME/DIV = ____ V

VOLT/DIV = ____ S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. กดแป้นพิมพ์หมายเลข 0 เพื่อกลับมายังโหมดรายการเลือกหลัก

14. เลื่อนสวิตซ์โหมดไปที่ตำแหน่ง Auto

15. กดหมายเลข 2 เข้าสู่โหมด Test Signal อีกครั้งหนึ่ง

16. กดหมายเลข 1 - 8 เพื่อทำการเลือกสัญญาณจากเครื่องรับดาวเทียมเปรียบเทียบสัญญาณ ที่ได้จากจอแสดงผลกับสัญญาณที่วัดได้จากออสซิลโลสโคป บันทึกผลการทดลอง

5. คำถามท้ายการทดลอง

1. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมประกอบไปด้วยภาคการทำงานที่สำคัญอะไรบ้าง

2. จงเปรียบเทียบสัญญาณที่วัดด้วยออสซิลโลสโคป กับสัญญาณที่อ่านบนจอแสดงผล

6. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

คู่มือประกอบการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือประกอบการใช้งาน
ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี

1. บทนำ

ชุดรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซีชุดนี้ สร้างโดยการนำอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีใช้โดยทั่วไป และแพร่หลาย ดังนั้นวงจรภายในส่วนใหญ่จะเป็นวงจรพื้นฐานเหมาะแก่การศึกษาและทดสอบ ซึ่งจุดประสงค์ของชุดรับชุดนี้ จึงใช้ในการศึกษาสัญญาณของเครื่องรับสัญญาณของเครื่องรับดาวเทียมที่ได้ในแต่ละภาคหลักๆ ตามความเหมาะสม และยังมีคุณสมบัติอื่นๆ ดังนี้ คือ

1. รับสัญญาณถ่ายทอดผ่านดาวเทียมย่านความถี่ซี
2. ควบคุมการทำงานได้ 2 โหมดคือแบบธรรมดา และแบบอัตโนมัติ
3. เลือกช่องสัญญาณดาวเทียมได้ ทั้งแบบธรรมดา และแบบอัตโนมัติ
4. เลือกตำแหน่งของจุดวัดสัญญาณ ทั้งแบบธรรมดา และแบบอัตโนมัติ
5. แสดงตำแหน่งของจุดวัดสัญญาณ ที่จอแสดงผล และ LED บนแผนผังการทำงานของภาคต่างๆ
6. ค้นหาตำแหน่งของดาวเทียมโดยอัตโนมัติได้

2. ส่วนประกอบ และอุปกรณ์

- ชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี	1	ชุด
- สาย AC	1	เส้น
- สาย Test Point	1	เส้น
- สาย AV	1	เส้น
- สาย RF (RG-6/U)	1	เส้น
- F-Connector	2	ตัว
- Feed Horn & LNB	1	ชุด
- จานสายอากาศแบบเคลื่อนที่ (Moved)	1	ชุด
- ตัวขับเคลื่อนจานสายอากาศ	1	ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หน้าที่การทำงานพิเศษ

1. 8-Channel Output Terminal ทำหน้าที่เป็นจุดต่อสำหรับจ่ายสัญญาณ และกระแสไฟฟ้า ให้กับอุปกรณ์ที่ต่างๆ ที่ใช้งานร่วมกับเครื่อง

2. Test Point Select Switch ทำหน้าที่เป็นตัวเลือกที่จะนำเอาสัญญาณจากจุดทดสอบซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 8 จุด เพียงจุดเดียวไปแสดงผลที่จอแสดงผลของเครื่อง และจอภาพของออสซิลโลสโคป หากมีการเชื่อมต่อออสซิลโลสโคปอยู่ด้วย

3. Auto/Manual Switch ทำหน้าที่เป็นตัวเลือกโหมดการทำงานของเครื่องว่าต้องการให้เครื่องทำงานที่โหมด Auto หรือโหมด Manual

-โหมด Auto การควบคุมการทำงานเครื่องจะถูกควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์

-โหมด Manual การควบคุมการทำงานของเครื่องจะถูกควบคุมด้วยอุปกรณ์ทางไฟฟ้า โดยผู้ใช้เครื่อง

4. Back Up Switch ทำหน้าที่เลือกที่จะนำเอาสัญญาณที่ถูกเก็บเอาไว้มาแสดงผลในขณะที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้

5. Antenna Control Switch ทำหน้าที่ควบคุมตำแหน่งจานสายอากาศของดาวเทียม

6. Video Tuning ทำหน้าที่ปรับแต่งสัญญาณภาพที่รับได้ให้เกิดความคมชัดที่สุด

7. Audio Tuning ทำหน้าที่ปรับแต่งสัญญาณเสียงที่รับได้ให้ชัดเจนที่สุด

8. Output Terminal ทำหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณภาพ และสัญญาณเสียงไปยังจุด Video Input และ Audio Input ของเครื่องรับโทรทัศน์

9. Test Point Output Terminal ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับออสซิลโลสโคป เพื่อนำเอาสัญญาณจากจุดทดสอบแต่ละจุดไปแสดงผลที่จอภาพของออสซิลโลสโคป

10. LNB Terminal ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับ LNB เพื่อนำสัญญาณจาก LNB เข้ามาใช้งาน

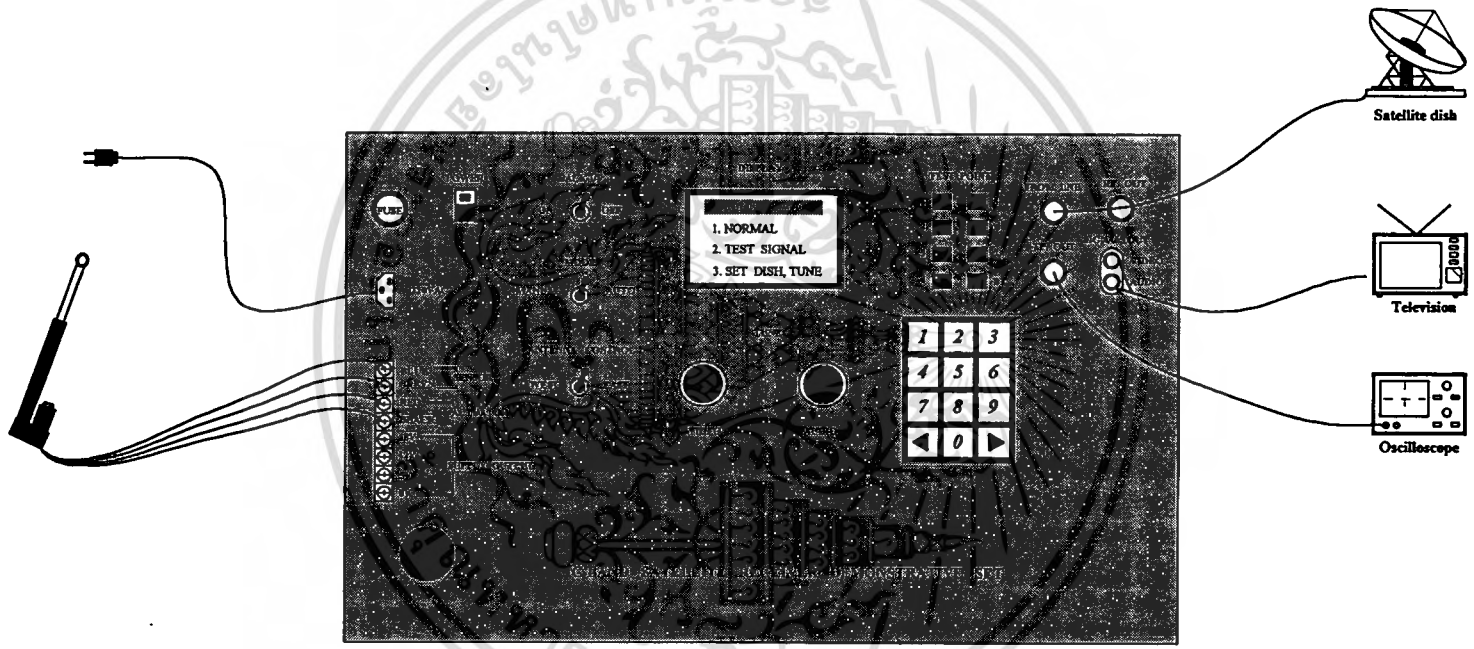
11. LCD Display ทำหน้าที่แสดงผลการทำงาน และสภาวะการทำงานต่างๆ ของเครื่อง

12. Keyboard ทำหน้าที่ป้อนคำสั่งต่างๆ เพื่อใช้ควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่อง

13. LED ทำหน้าที่แสดงให้ทราบว่าขณะนี้ผู้ใช้กำลังใช้งานจุดทดสอบจุดอยู่

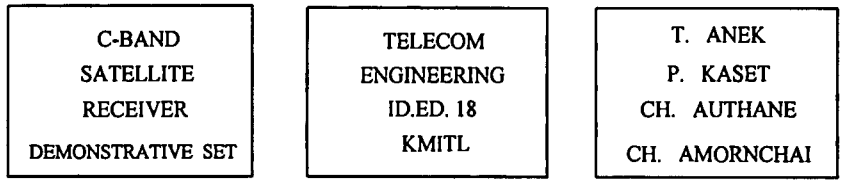
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การใช้งาน

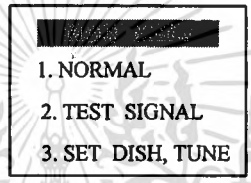


รูปที่ 1.การประกอบ และการติดตั้งใช้งาน

2. เปิดสวิตช์ Power หน้าจอจะแสดงข้อความดังต่อไปนี้

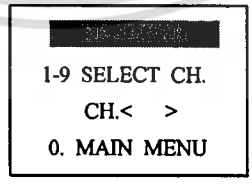


รูปที่ 2 ข้อความที่แสดงหลังการเปิดเครื่อง



รูปที่ 3 ข้อความที่หน้าจอของรายการเลือกหลัก

1.Normal เป็นรายการเลือกสำหรับการใช้เครื่องรับสัญญาณ รับชมสัญญาณถ่ายทอดผ่านดาวเทียมปกติ โดยการกดคีย์หมายเลย 1 ที่รายการเลือกหลัก ภายในรายการเลือกจะแสดงข้อความ ดังรูปที่ 4 เพื่อให้ใส่เลขช่องที่ต้องการ ในกรณีนี้จะต้องทำขั้นตอนของการ Fine Dish และการ Fine Tune เรียบร้อยแล้วจึงจะบันทึกช่องสัญญาณไว้ที่ Mode Normal เพื่อรับชมรายการโทรทัศน์ตามปกติ



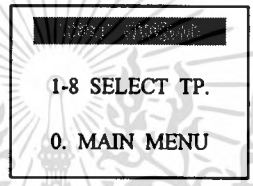
รูปที่ 4 ข้อความที่หน้าจอรายการเลือก NORMAL

2.Test Signal เป็นรายการเลือกสำหรับการใช้ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านความถี่ซี โดยการกดคีย์หมายเลข 2 ในรายการเลือกหลักสำหรับการวัด และทดสอบสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

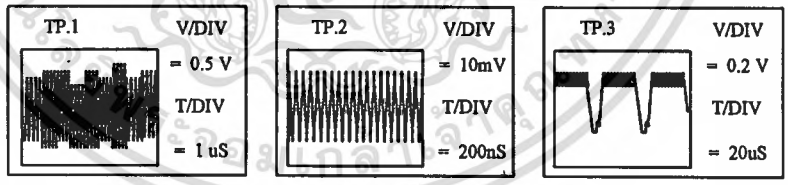
ซึ่งมีด้วยกัน 8 จุดหลักๆ ดังตัวอย่างในรูปที่ 5 และรูปที่ 6 เมื่อทำการเลือกโดยการกดคีย์ใดๆ เครื่องก็จะต่อ Test Point ในจุดที่ได้เลือก และส่งสัญญาณที่เลือกนั้นไปยังเอาต์พุตเพียงจุดเดียวเท่านั้น ในโหมดของ Test Point ใช้สำหรับการวัด และการทดสอบโดยจะมีรายละเอียดดังนี้

2.1. จุดทดสอบสัญญาณจะมีทั้งหมด 8 จุด ซึ่งเลือกมาเฉพาะภาคที่มีการทำงานสำคัญๆ โดยเมื่อทำการวัดสัญญาณที่จุดทดสอบใดก็จะมีการแสดงผลบนจอผลึกเหลว และยังตัดต่อสัญญาณนั้นออกทางจุด TP Output เพื่อทำการวัดสัญญาณจริงโดยใช้ออสซิลโลสโคป อีกทั้งยังมีไฟแสดงจุด และสถานะการวัดสัญญาณขึ้นที่บล็อคไดอะแกรมของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ช่วยให้เข้าใจง่ายยิ่งขึ้น



รูปที่ 5 แสดงหน้าจอของรายการเลือก Test Signal

2.2. ในส่วนของการแสดงผลสัญญาณบนจอแสดงผล จะแสดงค่า Time/Div, Volt/Div และตำแหน่งจุดทดสอบที่ทำการวัดอยู่



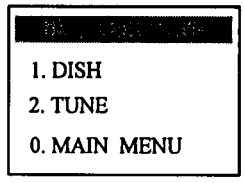
รูปที่ 6 ตัวอย่างสัญญาณที่ได้จากจุดทดสอบ

3. Set Dish, Tuner ในโหมดนี้จะใช้สำหรับควบคุมตำแหน่งการรับสัญญาณของจานสายอากาศดาวเทียม และการปรับรับสัญญาณในการรับชมให้ตรงช่องรายการโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. จากรายการเลือกหลัก เลือกกดหมายเลข 3 จะเข้าสู่โหมด Set Dish, Tune
2. กดหมายเลข 1 เพื่อทำการควบคุมจานสายอากาศ

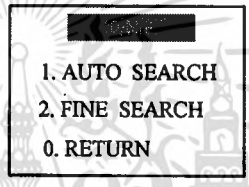
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่การใช้งานตามที่แสดงในรายการเลือกในรูปที่ 7 ดังนี้



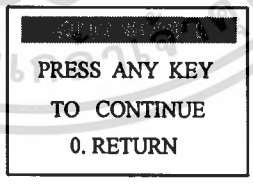
รูปที่ 7 แสดงรายการเลือกการตั้งค่าจานสายอากาศ และช่องสัญญาณ

3.1 Dish การตั้งจานสายอากาศยังแบ่งออกได้เป็นรายการเลือกย่อยๆ ได้ 2 ส่วน ดังรูปที่ 8 คือ

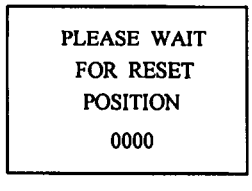


รูปที่ 8 แสดงรายการเลือกการควบคุมติดตั้งจานสายอากาศ

3.1.1 Auto Scan เป็นโหมดการค้นหาตำแหน่งดาวเทียมอัตโนมัติจะมีการทำงานเป็นลำดับขั้นตามที่แสดงการทำงานที่หน้าจอ คือแสดงข้อความทบทวนเพื่อให้ตัดสินใจที่จะเข้าสู่การทำงานในหาค้นหาตำแหน่งดาวเทียมอัตโนมัติดังรูปที่ 9 และเริ่มต้นตำแหน่งจานสายอากาศดาวเทียมที่ตำแหน่งเริ่มต้นเพื่อเริ่มทำการค้นหาดังรูปที่ 10 และรูปที่ 11

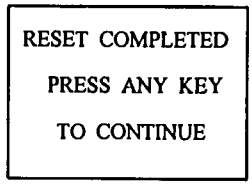


รูปที่ 9 แสดงข้อความย้ำการค้นหาตำแหน่งอัตโนมัติ



รูปที่ 10 แสดงข้อความเพื่อให้รอจุดเริ่มต้นตำแหน่งจานสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

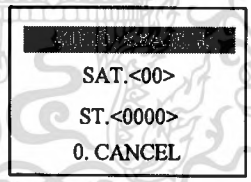


รูปที่ 11 แสดงข้อความแจ้งการสิ้นสุดการหาตำแหน่งเริ่มต้น

การเริ่มต้นการค้นหาตำแหน่งดาวเทียมดวงที่รับได้ชัดเจนภายในพื้นที่ โดยจะแจ้งจำนวนที่ค้นพบในขณะนั้น และเมื่อสิ้นสุดการค้นหาเครื่องก็แจ้งข่าวสารยืนยันให้ทราบ และจะทำการเลือกตำแหน่งดาวเทียมตำแหน่งรองสุดท้ายให้เป็นตำแหน่งปัจจุบันของเครื่อง

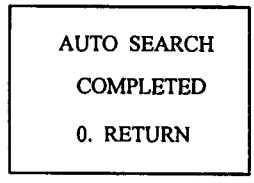
เมื่อเข้าสู่โหมด Auto Search กดปุ่มใดๆ ก็ได้เพื่อทำการยกเลิกตำแหน่งของจานสายอากาศดาวเทียมให้มาอยู่ที่ตำแหน่ง (0000) โดยจานสายอากาศดาวเทียมจะอยู่ในจุดเริ่มต้น ทางด้านทิศตะวันตก

เมื่อทำคำสั่งยกเลิกตำแหน่งจานสายอากาศเสร็จสิ้น จะมีการแสดงข้อความบอกว่าทำการ ยกเลิกตำแหน่งจานสายอากาศเป็นที่เรียบร้อย



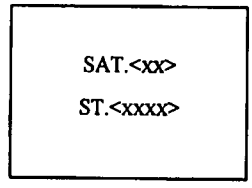
รูปที่ 12 แสดงตำแหน่งของจานสายอากาศดาวเทียม และจำนวนของดาวเทียมที่ค้นพบ

โดยจะบอกลำดับของดาวเทียมที่ทำการค้นหา โดยเริ่มจากดวงแรกจะทำการบันทึกตำแหน่งไว้ จากนั้นจะทำเช่นนี้ไปจน เครื่องขับเคลื่อนจานสายอากาศจะทำงานไปสุดทางด้านทิศตะวันออก (อีกด้านหนึ่ง) ก็จะแสดงข้อความเสร็จสิ้น การค้นหาอัตโนมัติดังรูป



รูปที่ 13 แสดงข้อความสิ้นสุดการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



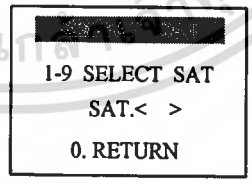
รูปที่ 14 แสดงตำแหน่งปัจจุบันของจานสายอากาศ

เมื่อทำการค้นหาอัตโนมัติเสร็จสิ้น ก็จะแสดงตำแหน่งของดาวเทียมดวงสุดท้ายที่ค้นหาได้ เพื่อทำการตรวจสอบว่าตรงกับดาวเทียมหรือไม่ โดยการเลื่อนสวิตซ์โหมดไปที่ Manual จากนั้นหมุน ตัวปรับการรับช่องสัญญาณรายการต่างๆ

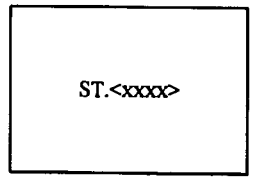
เมื่อต้องการรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงอื่นๆ ทำได้โดยการกดหมายเลข 1-9 ได้เครื่องก็จะทำการขับเคลื่อนจานไปยังตำแหน่งของดาวเทียมที่บันทึกไว้ตามหมายเลขช่อง 1-9

3.1.2 Fine Scan แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนย่อย คือ

- Select Sat ใช้สำหรับการเลือกตำแหน่งของดาวเทียม ที่ได้ค่าจากการค้นหาตำแหน่งดาวเทียมอัตโนมัติ แล้วได้ทำการบันทึกค่าเอาไว้ การเลือกตำแหน่งดาวเทียมที่ต้องการโดยการกดหมายเลข 1-9 ชุดสาธิตจะทำการควบคุมเครื่องขับจานสายอากาศดาวเทียม (Actuator) ไปยังตำแหน่งของดาวเทียมดังกล่าวดังรูปที่ 15 และตำแหน่งของจานสายอากาศในรูปที่ 16



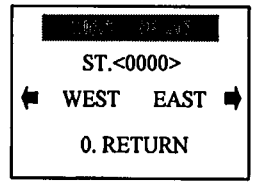
รูปที่ 15 แสดงข้อความเพื่อรับค่าดาวเทียมดวงที่เลือก



รูปที่ 16 แสดงตำแหน่งของจานสายอากาศปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Fine Dish ใช้สำหรับปรับตำแหน่งของจานสายอากาศโดยละเอียด การควบคุมให้จานสายอากาศเคลื่อนที่ได้โดยการกดคีย์ลูกศร ในทิศทางตะวันออก-ตะวันตก



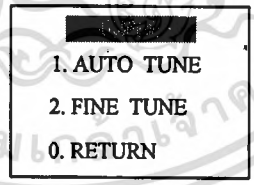
รูปที่ 17 แสดงการปรับตำแหน่งจานสายอากาศโดยละเอียด

3.2.Tune โหมดนี้แยกออกได้เป็นรายการเลือกสำหรับการค้นหาช่องสัญญาณอัตโนมัติ และปรับช่องสัญญาณโดยละเอียดดังรูปที่ 18

การเข้าสู่ Menu Tune สามารถทำได้โดย

- จาก Main Menu กดหมายเลข 3 จะเข้าสู่โหมด Set Dish, Tune
- กดหมายเลข 2 เข้าสู่โหมด Tuner โดยโหมดนี้จะแบ่งออกเป็น 2 โหมดย่อยดังนี้

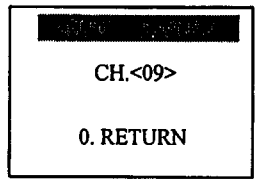
3.2.1 Auto Tuner การใช้คำสั่ง Auto Tune ก่อนทำการค้นหาช่องสัญญาณอัตโนมัติ ต้องตรวจสอบดูก่อนว่าได้ทำการค้นหาตำแหน่งของดาวเทียมตรงดาวเทียมหรือไม่ ถ้ายังไม่ตรงให้ใช้โหมดการทำงาน Fine Dish ช่วยในการปรับหาตำแหน่งของจานสายอากาศ



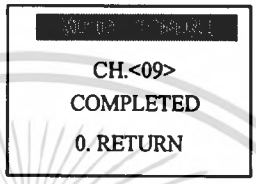
รูปที่ 18 แสดงรายการเลือกการตั้งช่องสัญญาณ

- กดหมายเลข 1 เพื่อทำการ Auto Tune โดยเครื่องจะทำการค้นหาช่องสัญญาณ เมื่อค้นพบช่องที่มีสัญญาณภาพ ก็จะทำการบันทึกตำแหน่งเอาไว้ จนครบ 9 ช่องสัญญาณ ก็จะสิ้นสุดการค้นหาช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

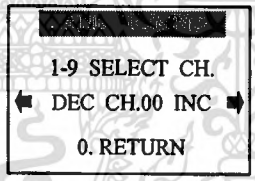


รูปที่ 19 แสดงจำนวนช่องที่ค้นพบ



รูปที่ 20 แสดงข้อความสิ้นสุดการค้นหา

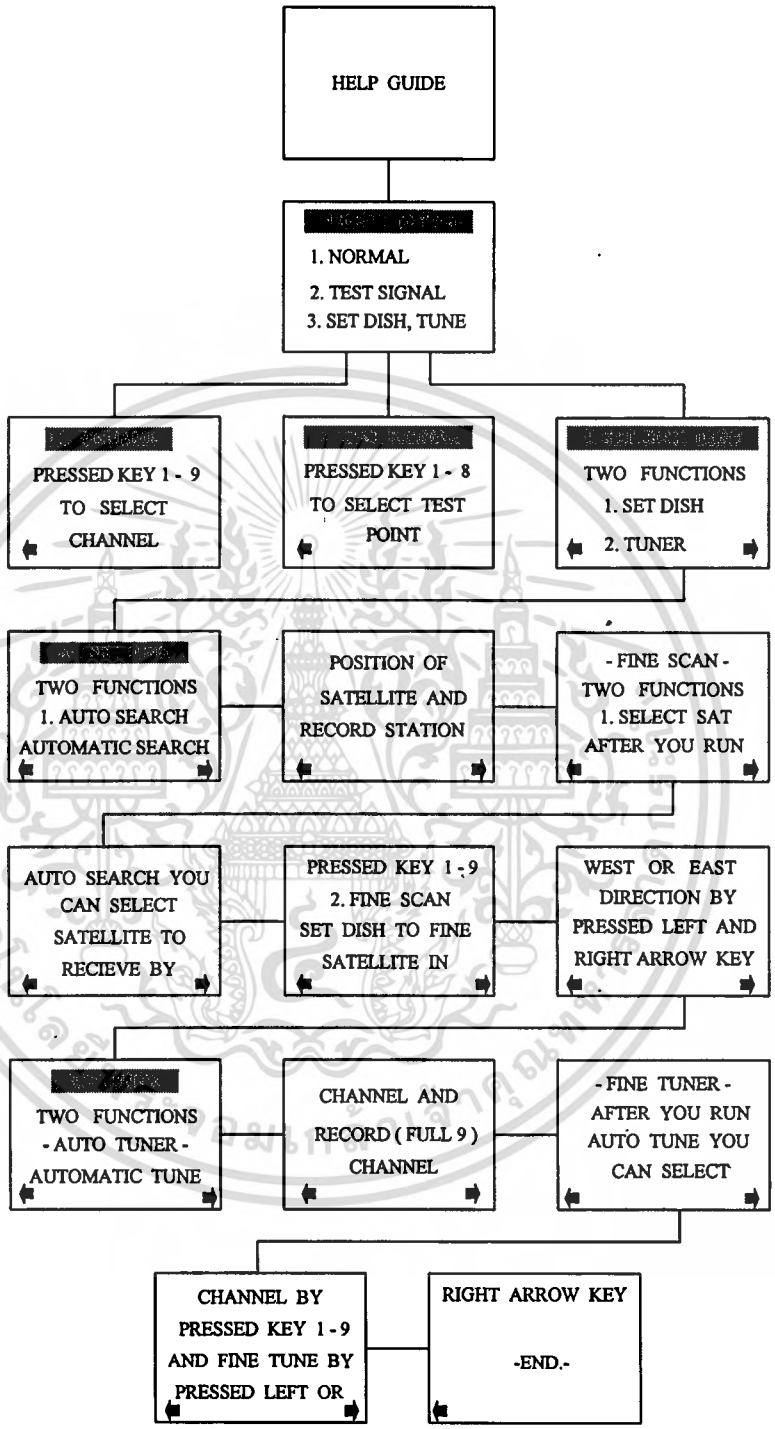
3.2.2 Fine Tuner ใช้สำหรับการปรับช่องการรับช่องญาณโดยละเอียดดังแสดงในรูปที่ 21



รูปที่ 21 แสดงการปรับช่องสัญญาณโดยละเอียด

เมื่อทำการค้นหาช่องสัญญาณอัตโนมัติเสร็จสิ้นแล้ว กดหมายเลข 1-9 เพื่อรับชมรายการอาจต้องปรับแต่งช่องสัญญาณโดยละเอียด ในโหมดของ Fine Tune โดยการกดหมายเลขช่องแล้วกดคีย์ลูกศร เพื่อเพิ่ม และลดค่าในการปรับละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 22 รายการเลือกแนะนำวิธีการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการเลือกแนะนำวิธีการใช้

ส่วนนี้เป็นส่วนที่จะให้คำแนะนำในการใช้ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ย่านความถี่ซีแก่ผู้ใช้ในส่วนที่ไม่เข้าใจการใช้งานของเครื่อง โดยผู้ใช้ต้องทำการกดแป้นพิมพ์หมายเลข 4 และ 5 พร้อมกัน หน้าจอก็จะปรากฏหัวข้อของโหมดการใช้งาน ซึ่งจะมีข้อความอธิบายเกี่ยวกับการใช้เครื่องซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อใหญ่ๆ ให้เลือกดังแสดงตามลำดับต่อไปนี้

1. Normal ในโหมดนี้จะอธิบายการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับการรับชมรายการตามปกติ โดยสามารถทำการกดแป้นพิมพ์ 1-9 เลือกช่องสัญญาณที่ได้ทำการบันทึกเอาไว้ ตั้งแต่ขั้นตอนของการค้นหาช่องสัญญาณอัตโนมัติ

2. Test Signal เป็นโหมดที่อธิบายถึงการเลือกหมายเลขจากแป้นพิมพ์ หรือจากสวิตช์เลือก เพื่อทำการวัดสัญญาณที่จุดทดสอบสัญญาณ

3. Set Dish, Tune ในโหมดนี้จะอธิบายถึงขั้นตอนในการควบการค้นหาตำแหน่งของดาวเทียม การค้นหาช่องสัญญาณดาวเทียมทั้งแบบธรรมดา และแบบอัตโนมัติ

การตรวจซ่อม และแก้ไข

แนวทางการแก้ไขนี้เป็นเพียงการแก้ไขเบื้องต้น เมื่อมีปัญหานอกเหนือคู่มือนี้ให้ติดต่อช่างผู้ชำนาญเท่านั้น ไม่ควรแก้ไขเองเด็ดขาด

1. เมื่อเปิดสวิตช์ไฟฟ้าของเครื่อง ไม่มีอะไรเกิดขึ้น หลอดไฟสัญญาณไม่ติด

การแก้ไข

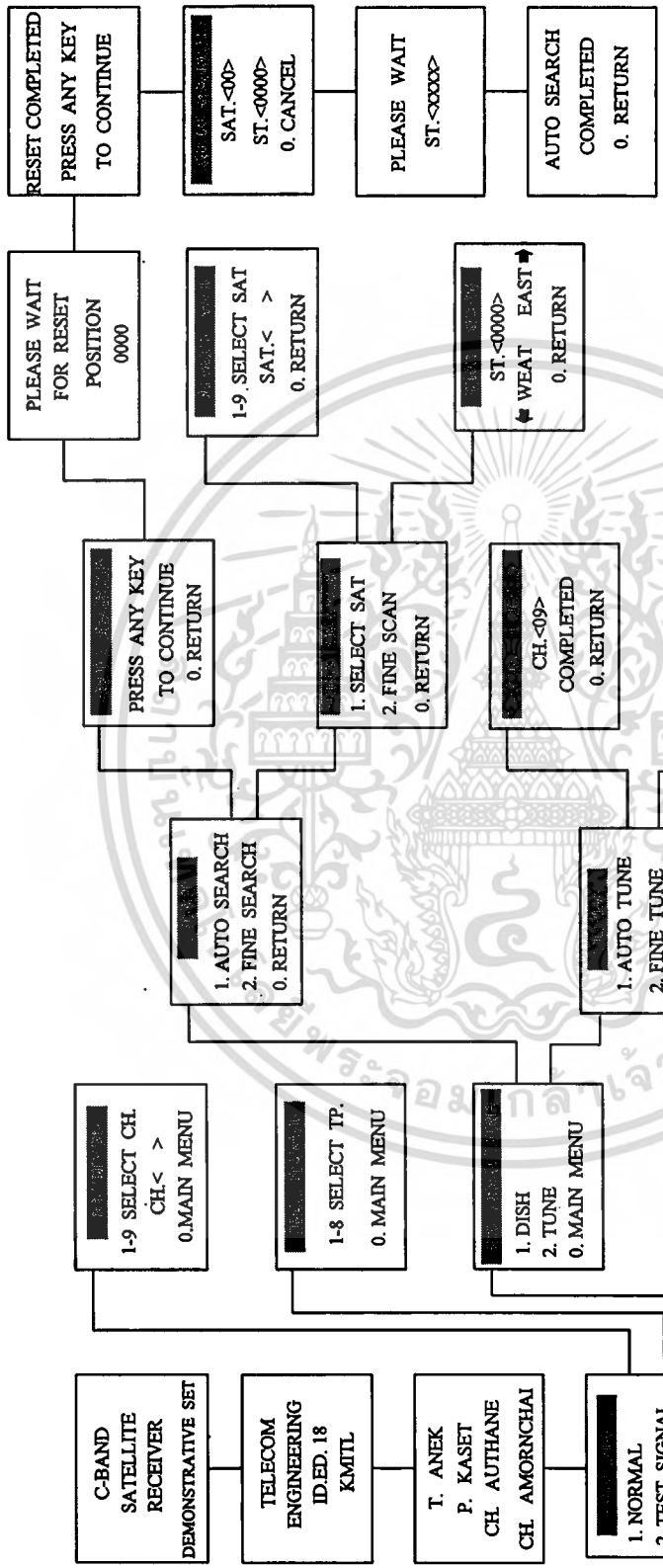
- ตรวจสอบว่ามีไฟฟ้ามาปกติหรือไม่
- ตรวจสอบปลั๊กไฟอยู่ในสภาพสมบูรณ์ และเสียบเข้าที่ถูกต้องหรือไม่
- ตรวจสอบฟิวส์

2. เปิดสวิตช์ไฟฟ้าของเครื่อง ไฟสัญญาณติดแต่ไม่มีการทำงานใดๆ เกิดขึ้น

การแก้ไข

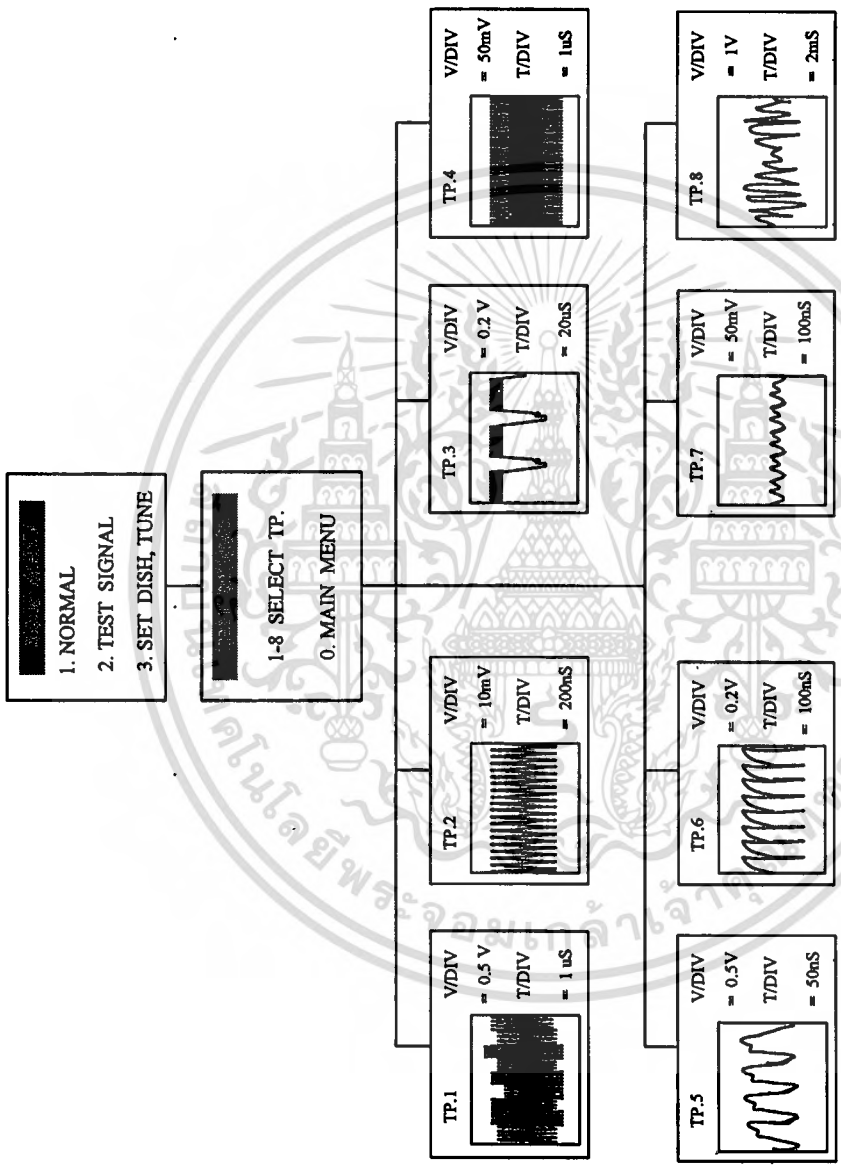
- ตรวจสอบแรงดันจากแหล่งจ่ายของเครื่องที่จุดต่อสายสำหรับใช้งานภายนอกบริเวณที่หน้าปัทม์ของเครื่อง
- ตรวจสอบความหนาแน่นของจุดเชื่อมโยงภายในจุดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 23 แผนผังการควบคุมการทำงานทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 24 แผนผังการวัดสัญญาณจากจุดทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

January 1995

DAC0800/DAC0801/DAC0802 8-Bit Digital-to-Analog Converters

General Description

The DAC0800 series are monolithic 8-bit high-speed current-output digital-to-analog converters (DAC) featuring typical settling times of 100 ns. When used as a multiplying DAC, monotonic performance over a 40 to 1 reference current range is possible. The DAC0800 series also features high compliance complementary current outputs to allow differential output voltages of 20 Vp-p with simple resistor loads as shown in *Figure 1*. The reference-to-full-scale current matching of better than ±1 LSB eliminates the need for full-scale trims in most applications while the nonlinearities of better than ±0.1% over temperature minimizes system error accumulations.

The noise immune inputs of the DAC0800 series will accept TTL levels with the logic threshold pin, V_{LC}, grounded. Changing the V_{LC} potential will allow direct interface to other logic families. The performance and characteristics of the device are essentially unchanged over the full ±4.5V to ±18V power supply range; power dissipation is only 33 mW with ±5V supplies and is independent of the logic input states.

The DAC0800, DAC0802, DAC0800C, DAC0801C and DAC0802C are a direct replacement for the DAC-08, DAC-08A, DAC-08C, DAC-08E and DAC-08H, respectively.

Features

- Fast settling output current — 100 ns
- Full scale error — ±1 LSB
- Nonlinearity over temperature — ±0.1%
- Full scale current drift — ±10 ppm/°C
- High output compliance — −10V to +18V
- Complementary current outputs
- Interface directly with TTL, CMOS, PMOS and others
- 2 quadrant wide range multiplying capability
- Wide power supply range — ±4.5V to ±18V
- Low power consumption — 33 mW at ±5V
- Low cost

Typical Applications

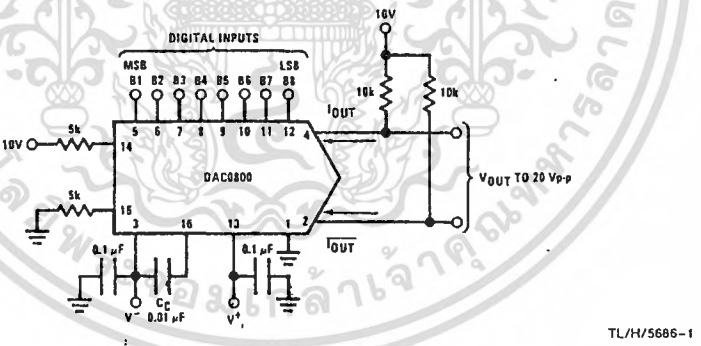


FIGURE 1. ±20 V_{p-p} Output Digital-to-Analog Converter (Note 4)

Ordering Information

Non-Linearity	Temperature Range	Order Numbers				
		J Package (J16A)*		N Package (N16A)*		SO Package (M16A)
±0.1% FS	0°C ≤ T_A ≤ +70°C	DAC0802LCJ	DAC-08HQ	DAC0802LCN	DAC-08HP	DAC0802LCM
±0.19% FS	−55°C ≤ T_A ≤ +125°C	DAC0800LJ	DAC-08Q			
±0.19% FS	0°C ≤ T_A ≤ +70°C	DAC0800LCJ	DAC-08EQ	DAC0800LCN	DAC-08EP	DAC0800LCM
±0.39% FS	0°C ≤ T_A ≤ +70°C			DAC0801LCN	DAC-08CP	DAC0801LCM

*Devices may be ordered by using either order number.

©1995 National Semiconductor Corporation TL/H/5686

RRD-B30M115/Printed in U. S. A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage ($V^+ - V^-$)	±18V or 36V
Power Dissipation (Note 2)	500 mW
Reference Input Differential Voltage (V14 to V15)	V^- to V^+
Reference Input Common-Mode Range (V14, V15)	V^- to V^+
Reference Input Current	5 mA
Logic Inputs	V^- to V^- plus 36V
Analog Current Outputs ($V_S^- = -15V$)	4.25 mA
ESD Susceptibility (Note 3)	TBD V
Storage Temperature	−65°C to +150°C
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Surface Mount Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

Operating Conditions (Note 1)

	Min	Max	Units
Temperature (T_A)			
DAC0800L	−55	+125	°C
DAC0800LC	0	+70	°C
DAC0801LC	0	+70	°C
DAC0802LC	0	+70	°C

Electrical Characteristics

The following specifications apply for $V_S = \pm 15V$, $I_{REF} = 2$ mA and $T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$ unless otherwise specified. Output characteristics refer to both I_{OUT} and $\overline{I_{OUT}}$.

Symbol	Parameter	Conditions	DAC0802LC			DAC0800L/ DAC0800LC			DAC0801LC			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
	Resolution Monotonicity Nonlinearity		8 8	8 8	8 8 ±0.1	8 8	8 8	8 8 ±0.19	8 8	8 8	8 8 ±0.39	Bits Bits %FS
t_s	Settling Time	To ±½ LSB, All Bits Switched "ON" or "OFF", $T_A = 25°C$ DAC0800L DAC0800LC		100	135		 100 100	 135 150		100	150	ns ns ns
tPLH, tPHL	Propagation Delay Each Bit All Bits Switched	$T_A = 25°C$		35 35	60 60		35 35	60 60		35 35	60 60	ns ns
TCI_{FS}	Full Scale Tempco			±10	±50		±10	±50		±10	±80	ppm/°C
V_{OC}	Output Voltage Compliance	Full Scale Current Change <½ LSB, $R_{OUT} > 20$ MΩ Typ	−10		18	−10		18	−10		18	V
I_{FS4}	Full Scale Current	$V_{REF} = 10.000V$, R14 = 5.000 kΩ R15 = 5.000 kΩ, $T_A = 25°C$	1.984	1.992	2.000	1.94	1.99	2.04	1.94	1.99	2.04	mA
I_{FSS}	Full Scale Symmetry	$I_{FS4} - I_{FS2}$		±0.5	±4.0		±1	±8.0		±2	±16	μA
I_{ZS}	Zero Scale Current			0.1	1.0		0.2	2.0		0.2	4.0	μA
I_{FSR}	Output Current Range	$V^- = -5V$ $V^- = -8V$ to $-18V$	0 0	2.0 2.0	2.1 4.2	0 0	2.0 2.0	2.1 4.2	0 0	2.0 2.0	2.1 4.2	mA mA
V_{IL} V_{IH}	Logic Input Levels Logic "0" Logic "1"	$V_{LC} = 0V$	 2.0		0.8	 2.0		0.8	 2.0		0.8	V V
I_{IL} I_{IH}	Logic Input Current Logic "0" Logic "1"	$V_{LC} = 0V$ $-10V \le V_{IN} \le +0.8V$ $2V \le V_{IN} \le +18V$		−2.0 0.002	−10 10		−2.0 0.002	−10 10		−2.0 0.002	−10 10	μA μA
V_{IS}	Logic Input Swing	$V^- = -15V$	−10		18	−10		18	−10		18	V
V_{THR}	Logic Threshold Range	$V_S = \pm 15V$	−10		13.5	−10		13.5	−10		13.5	V
I_{15}	Reference Bias Current			−1.0	−3.0		−1.0	−3.0		−1.0	−3.0	μA
dI/dt	Reference Input Slew Rate	*(Figure 12)*	4.0	8.0		4.0	8.0		4.0	8.0		mA/μs
$PSSI_{FS+}$	Power Supply Sensitivity	$4.5V \le V+ \le 18V$		0.0001	0.01		0.0001	0.01		0.0001	0.01	%/%
$PSSI_{FS-}$		$-4.5V \le V^- \le 18V$ $I_{REF} = 1$mA		0.0001	0.01		0.0001	0.01		0.0001	0.01	%/%
I+ I−	Power Supply Current	$V_S = \pm 5V$, $I_{REF} = 1$ mA		2.3 −4.3	3.8 −5.8		2.3 −4.3	3.8 −5.8		2.3 −4.3	3.8 −5.8	mA mA
I+ I−		$V_S = 5V, -15V$, $I_{REF} = 2$ mA		2.4 −6.4	3.8 −7.8		2.4 −6.4	3.8 −7.8		2.4 −6.4	3.8 −7.8	mA mA
I+ I−		$V_S = \pm 15V$, $I_{REF} = 2$ mA		2.5 −6.5	3.8 −7.8		2.5 −6.5	3.8 −7.8		2.5 −6.5	3.8 −7.8	mA mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

The following specifications apply for $V_S = \pm 15V$, $I_{REF} = 2$ mA and $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ unless otherwise specified. Output characteristics refer to both I_{OUT} and $\overline{I_{OUT}}$.

Symbol	Parameter	Conditions	DAC0802LC			DAC0800L/ DAC0800LC			DAC0801LC			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
P_D	Power Dissipation	$\pm 5V$, $I_{REF} = 1$ mA		33	48		33	48		33	48	mW
		$5V, -15V$, $I_{REF} = 2$ mA		108	136		108	136		108	136	mW
		$\pm 15V$, $I_{REF} = 2$ mA		135	174		135	174		135	174	mW

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

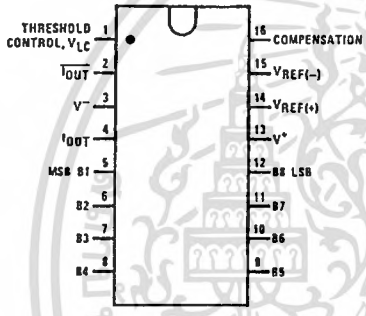
Note 2: The maximum junction temperature of the DAC0800, DAC0801 and DAC0802 is 125°C. For operating at elevated temperatures, devices in the Dual-In-Line J package must be derated based on a thermal resistance of 100°C/W, junction-to-ambient, 175°C/W for the molded Dual-In-Line N package and 100°C/W for the Small Outline M package.

Note 3: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

Note 4: Pin-out numbers for the DAC080X represent the Dual-In-Line package. The Small Outline package pin-out differs from the Dual-In-Line package.

Connection Diagrams

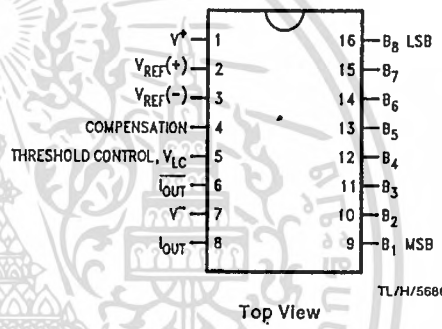
Dual-In-Line Package



Top View

TL/H/5686-13

Small Outline Package

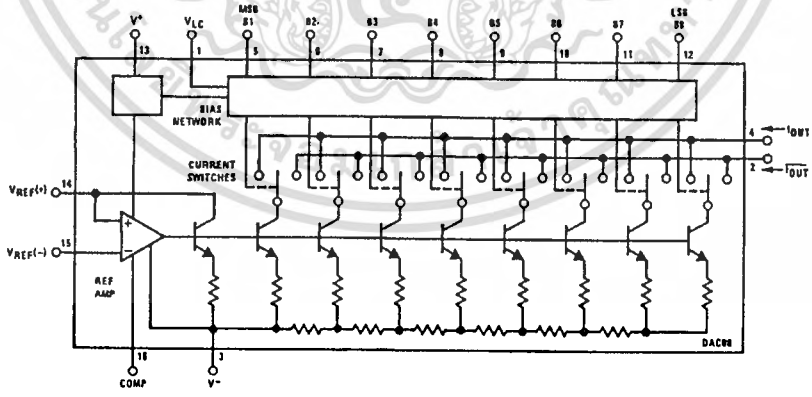


TL/H/5686-14

Top View

See Ordering Information

Block Diagram (Note 4)

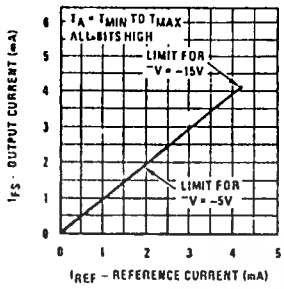


TL/H/5686-2

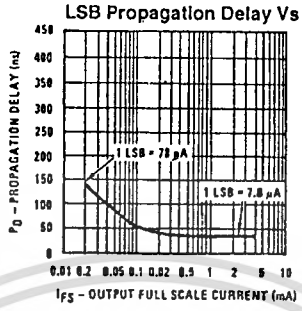
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

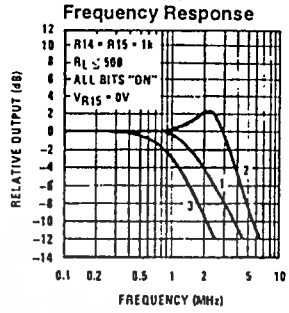
Full Scale Current vs Reference Current



LSB Propagation Delay Vs I_{FS}

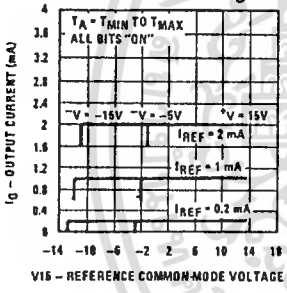


Reference Input Frequency Response



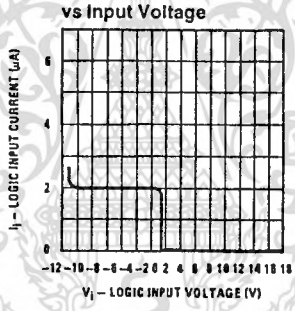
Curve 1: C_C = 15 pF, V_{IN} = 2 Vp-p centered at 1V.
Curve 2: C_C = 15 pF, V_{IN} = 50 mVp-p centered at 200 mV.
Curve 3: C_C = 0 pF, V_{IN} = 100 mVp-p at 0V and applied through 50 Ω connected to pin 14.2V applied to R14.

Reference Amp Common-Mode Range

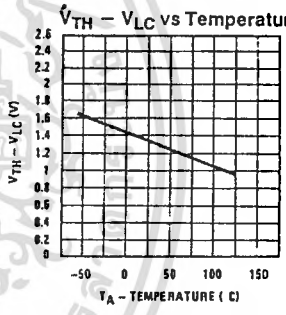


Note. Positive common-mode range is always (V+) − 1.5V

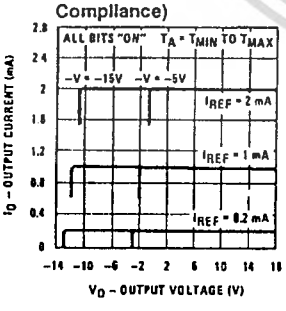
Logic Input Current vs Input Voltage



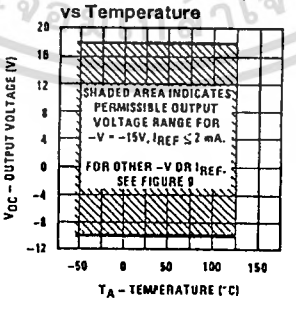
$V_{TH} - V_{LC}$ vs Temperature



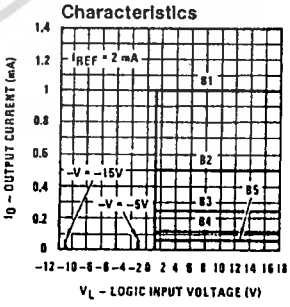
Output Current vs Output Voltage (Output Voltage Compliance)



Output Voltage Compliance vs Temperature



Bit Transfer Characteristics



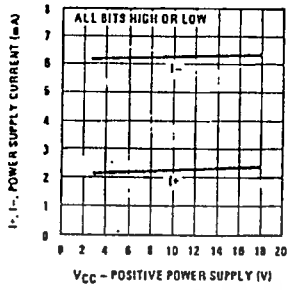
TL/H/5686–3

Note. B1–B8 have identical transfer characteristics. Bits are fully switched with less than ½ LSB error, at less than ± 100 mV from actual threshold. These switching points are guaranteed to lie between 0.8 and 2V over the operating temperature range (V_{LC} = 0V).

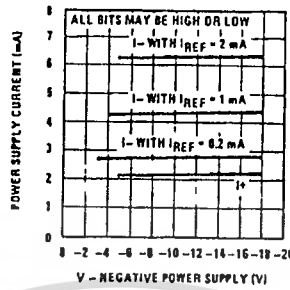
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (Continued)

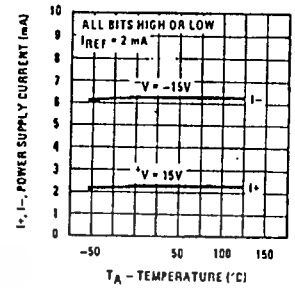
Power Supply Current vs $+V$



Power Supply Current vs $-V$

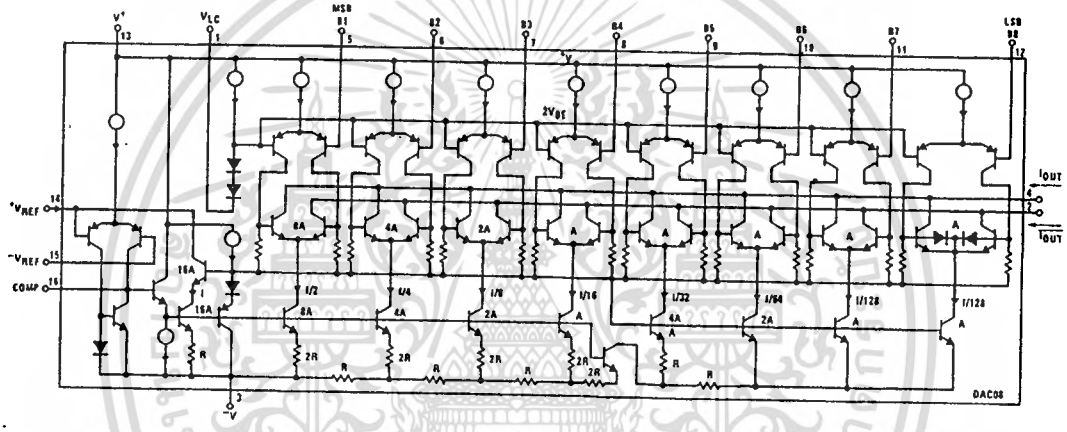


Power Supply Current vs Temperature



TL/H/5686–4

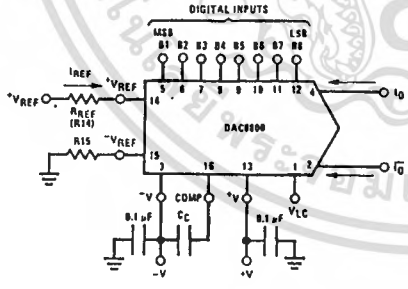
Equivalent Circuit



TL/H/5686–15

FIGURE 2

Typical Applications (Continued)



$$I_{FS} \approx \frac{+V_{REF}}{R_{REF}} \times \frac{255}{256}$$

$I_O + \overline{I_O} = I_{FS}$ for all logic states

For fixed reference, TTL operation, typical values are:

$V_{REF} = 10.000V$

$R_{REF} = 5.000k$

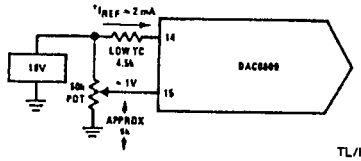
$R15 \approx R_{REF}$

$C_C = 0.01\ \mu F$

$V_{LC} = 0V$ (Ground)

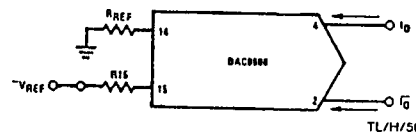
TL/H/5686–5

FIGURE 3. Basic Positive Reference Operation (Note 4)



TL/H/5686–21

FIGURE 4. Recommended Full Scale Adjustment Circuit (Note 4)



TL/H/5686–16

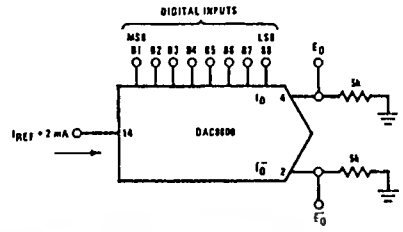
$$I_{FS} \approx \frac{-V_{REF}}{R_{REF}} \times \frac{255}{256}$$

Note. R_{REF} sets I_{FS}; R15 is for bias current cancellation

FIGURE 5. Basic Negative Reference Operation (Note 4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)



TL/H/5686–17

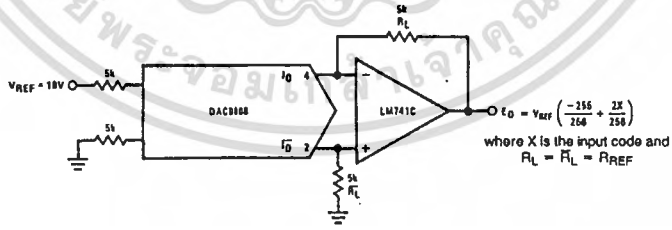
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	I_O mA	$\overline{I_O}$ mA	E_O	$\overline{E_O}$
Full Scale	1	1	1	1	1	1	1	1	1.992	0.000	−9.960	0.000
Full Scale − LSB	1	1	1	1	1	1	1	0	1.984	0.008	−9.920	−0.040
Half Scale + LSB	1	0	0	0	0	0	0	1	1.008	0.984	−5.040	−4.920
Half Scale	1	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0.992	−5.000	−4.960
Half Scale − LSB	0	1	1	1	1	1	1	1	0.992	1.000	−4.960	−5.000
Zero Scale + LSB	0	0	0	0	0	0	0	1	0.008	1.984	−0.040	−9.920
Zero Scale	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	1.992	0.000	−9.960

FIGURE 6. Basic Unipolar Negative Operation (Note 4)

TL/H/5686–6

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	E_O	$\overline{E_O}$
Pos. Full Scale	1	1	1	1	1	1	1	1	−9.920	+10.000
Pos. Full Scale − LSB	1	1	1	1	1	1	1	0	−9.840	+9.920
Zero Scale + LSB	1	0	0	0	0	0	0	1	−0.080	+0.160
Zero Scale	1	0	0	0	0	0	0	0	0.000	+0.080
Zero Scale − LSB	0	1	1	1	1	1	1	1	+0.080	0.000
Neg. Full Scale + LSB	0	0	0	0	0	0	0	1	+9.920	−9.840
Neg. Full Scale	0	0	0	0	0	0	0	0	+10.000	−9.920

FIGURE 7. Basic Bipolar Output Operation (Note 4)



TL/H/5686–18

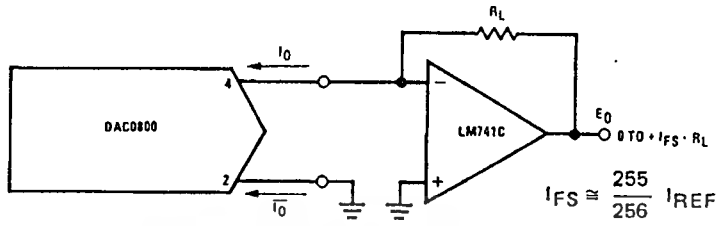
If $R_L = \overline{R_L}$ within ±0.05%, output is symmetrical about ground

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	E_O
Pos. Full Scale	1	1	1	1	1	1	1	1	+9.960
Pos. Full Scale − LSB	1	1	1	1	1	1	1	0	+9.880
(+)Zero Scale	1	0	0	0	0	0	0	0	+0.040
(−)Zero Scale	0	1	1	1	1	1	1	1	−0.040
Neg. Full Scale + LSB	0	0	0	0	0	0	0	1	−9.880
Neg. Full Scale	0	0	0	0	0	0	0	0	−9.960

FIGURE 8. Symmetrical Offset Binary Operation (Note 4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

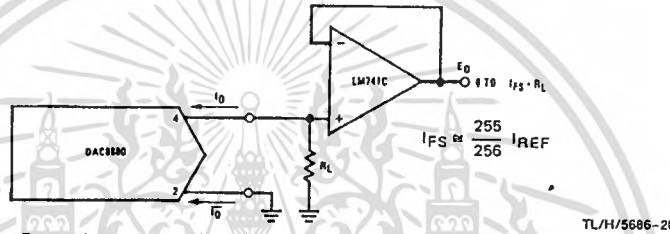
Typical Applications (Continued)



TL/H/5686–19

For complementary output (operation as negative logic DAC), connect inverting input of op amp to $\overline{I_O}$ (pin 2), connect I_O (pin 4) to ground.

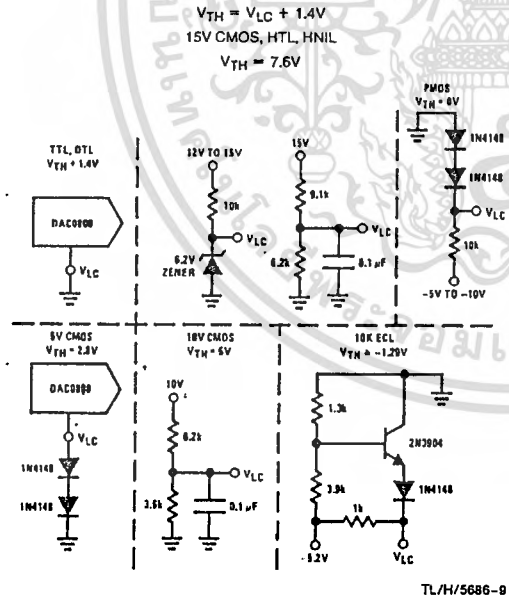
FIGURE 9. Positive Low Impedance Output Operation (Note 4)



TL/H/5686–20

For complementary output (operation as a negative logic DAC) connect non-inverting input of op amp to $\overline{I_O}$ (pin 2); connect I_O (pin 4) to ground.

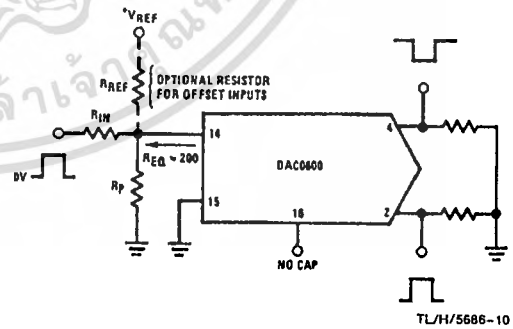
FIGURE 10. Negative Low Impedance Output Operation (Note 4)



TL/H/5686–9

Note. Do not exceed negative logic input range of DAC.

FIGURE 11. Interfacing with Various Logic Families



TL/H/5686–10

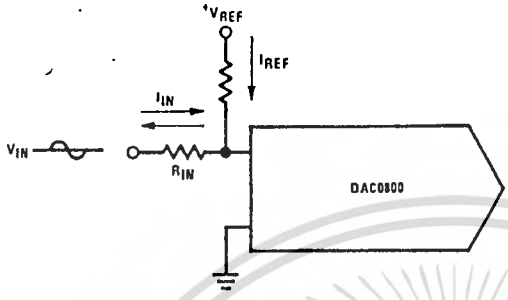
Typical values: $R_{IN} = 5k$, $+V_{IN} = 10V$

FIGURE 12. Pulsed Reference Operation (Note 4)

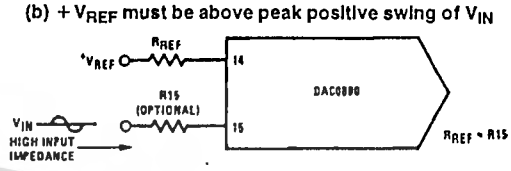
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

(a) $I_{REF} \geq$ peak negative swing of I_{IN}



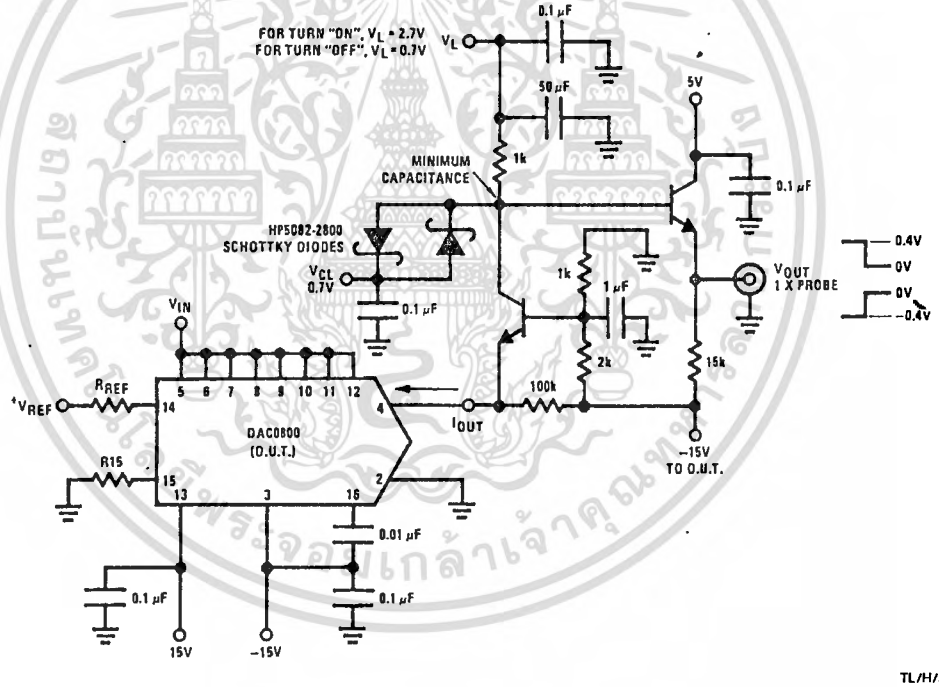
(b) $+V_{REF}$ must be above peak positive swing of V_{IN}



TL/H/5686–12

TL/H/5686–11

FIGURE 13. Accommodating Bipolar References (Note 4)

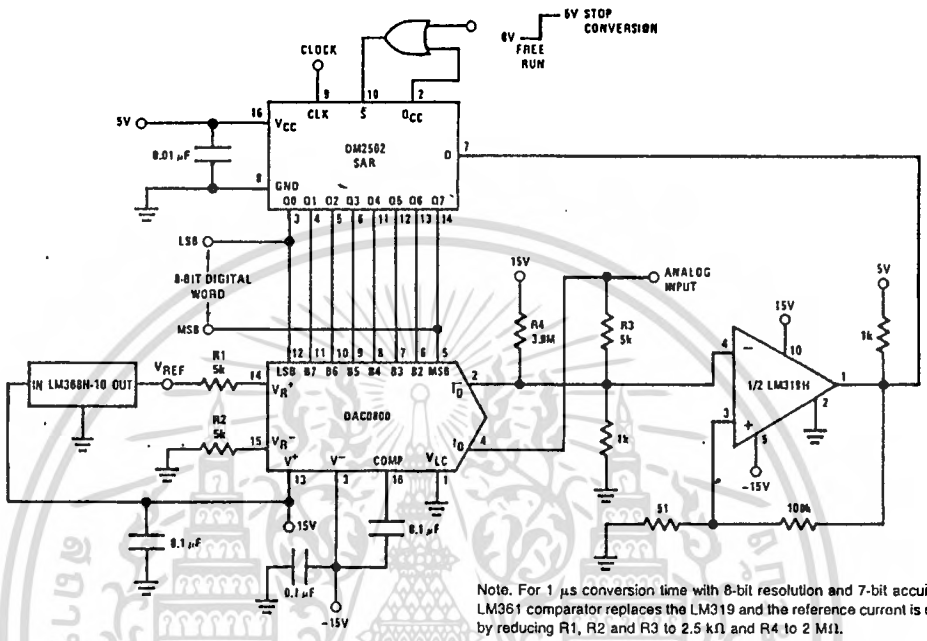


TL/H/5686–7

FIGURE 14. Settling Time Measurement (Note 4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

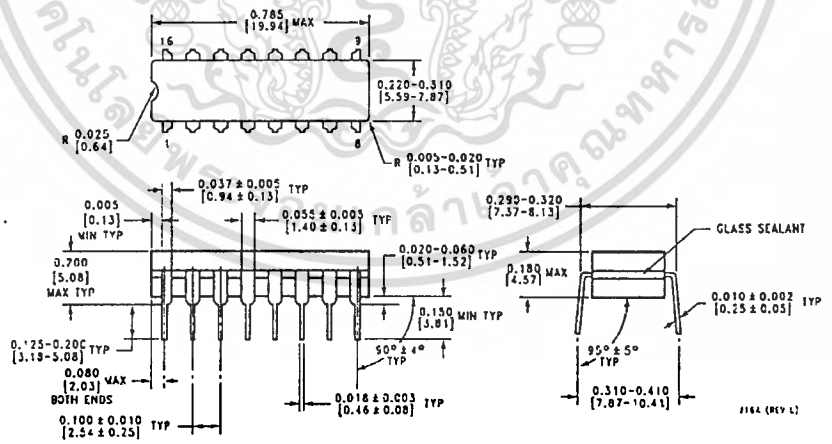


Note. For 1 μs conversion time with 8-bit resolution and 7-bit accuracy, an LM361 comparator replaces the LM319 and the reference current is doubled by reducing R1, R2 and R3 to 2.5 kΩ and R4 to 2 MΩ.

TL/H/5686–8

FIGURE 15. A Complete 2 μs Conversion Time, 8-Bit A/D Converter (Note 4)

Physical Dimensions inches (millimeters)

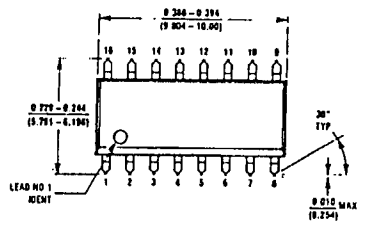


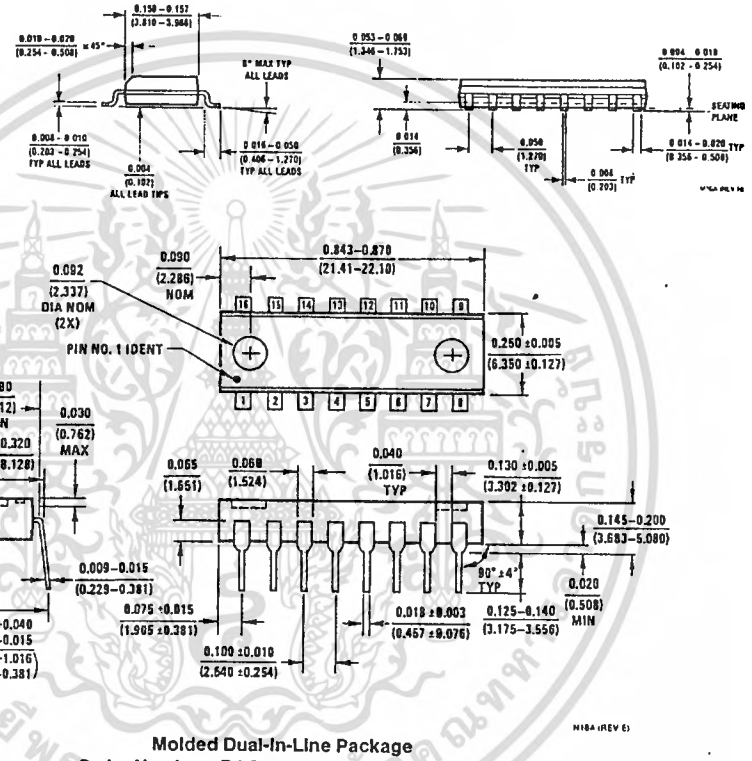
Molded Dual-In-Line Package
Order Numbers DAC0800 or DAC0802
NS Package Number J16A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)

Molded Small Outline Package (SO)
Order Numbers DAC0800LCM,
DAC0801LCM or DAC0802LCM
NS Package Number M16A





Molded Dual-In-Line Package
Order Numbers DAC0800, DAC0801, DAC0802
NS Package Number N16A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
1111 West Bardin Road
Arlington, TX 76017
Tel: 1(800) 272-9959
Fax: 1(800) 737-7018

National Semiconductor Europe
Fax: (+49) 0-180-530 85 86
Email: cnjwge@tevm2.nsc.com
Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85
English Tel: (+49) 0-180-532 78 32
Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58
Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80

National Semiconductor Hong Kong Ltd.
13th Floor, Straight Block,
Ocean Centre, 5 Canton Rd.
Tsimshatsui, Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2737-1600
Fax: (852) 2736-9960

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-043-299-2309
Fax: 81-043-299-2408

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DUAL EQUALIZER AMPLIFIER WITH ALC

The KA2224 is a monolithic integrated circuit consisting of a dual equalizer amplifier with ALC, and it is suitable for stereo radio cassettes.

FEATURES

- Dual equalizer amplifier with a built-in ALC circuit.
- Recording amp available because of high gain characteristic (Variable monitor possible).
- Good channel separation (CS = 50dB Typ).
- Quick stabilization after power on.
- Capable of direct meter driving and ALC transistor.
- Good ALC response balance between channels.
- Wide operating supply voltage range: V_{CC} = 4V ~ 13V

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Operating Temperature
KA2224	14 DIP	−20°C ~ +70°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BLOCK DIAGRAM

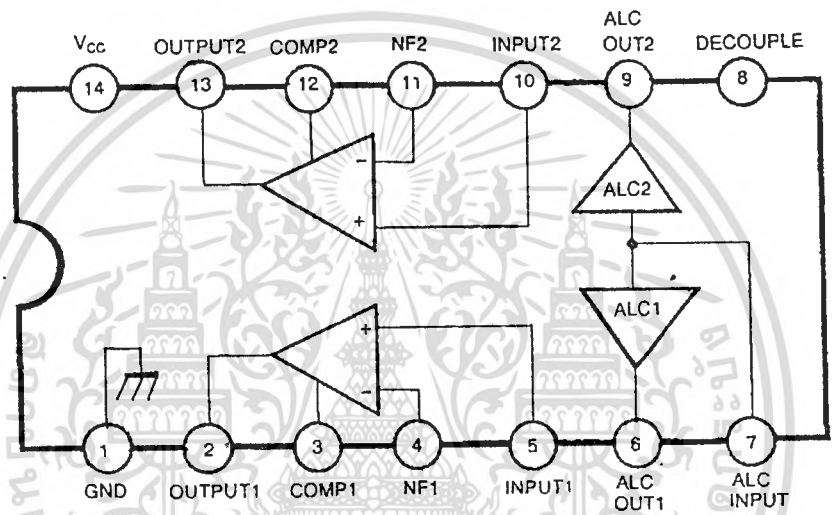


Fig. 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T_a = 25°C)

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V_{CC}	14	V
Power Dissipation	P_D	600	mW
Operating Temperature	T_{OPR}	−20 ~ +70	°C
Storage Temperature	T_{STG}	−40 ~ +125	°C
ALC TR Maximum Current		3.5	mA

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(T_a = 25°C, V_{CC} = 5V, R_L = 10KΩ, f = 1KHz: play, R_L = 680Ω: Recording)

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Quiescent Circuit Current	I_{CCQ}	V_I = 0		4.5	10	mA
Open Loop Voltage Gain	G_{VO}			85		dB
Closed Loop Voltage Gain	G_{VC1}	Play		40		dB
	G_{VC2}	Record		58		dB
Output Voltage	V_O	THD = 1%, Play	0.9	1.2		V
Total Harmonic Distortion	THD	V_O = 0.5V, Play		0.1	1.0	%
Input Resistance	R_I		21	30		KΩ
Equivalent Input Noise Voltage	V_{NI}	BW (−3dB) = 20Hz ~ 20KHz		1.0	2.0	μV
Cross Talk	CT	R_G = 2.2KΩ	40	50		dB
ALC Range	ΔV_{ALC}	V_I = −60dBm, Record	35	45		dB
ALC Balance	CB_{ALC}	V_I = −20dBm, Record		0	2.0	dB
ALC Distortion	THD_{ALC}	V_I = −20dBm, Record		0.5	2.0	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEST CIRCUIT

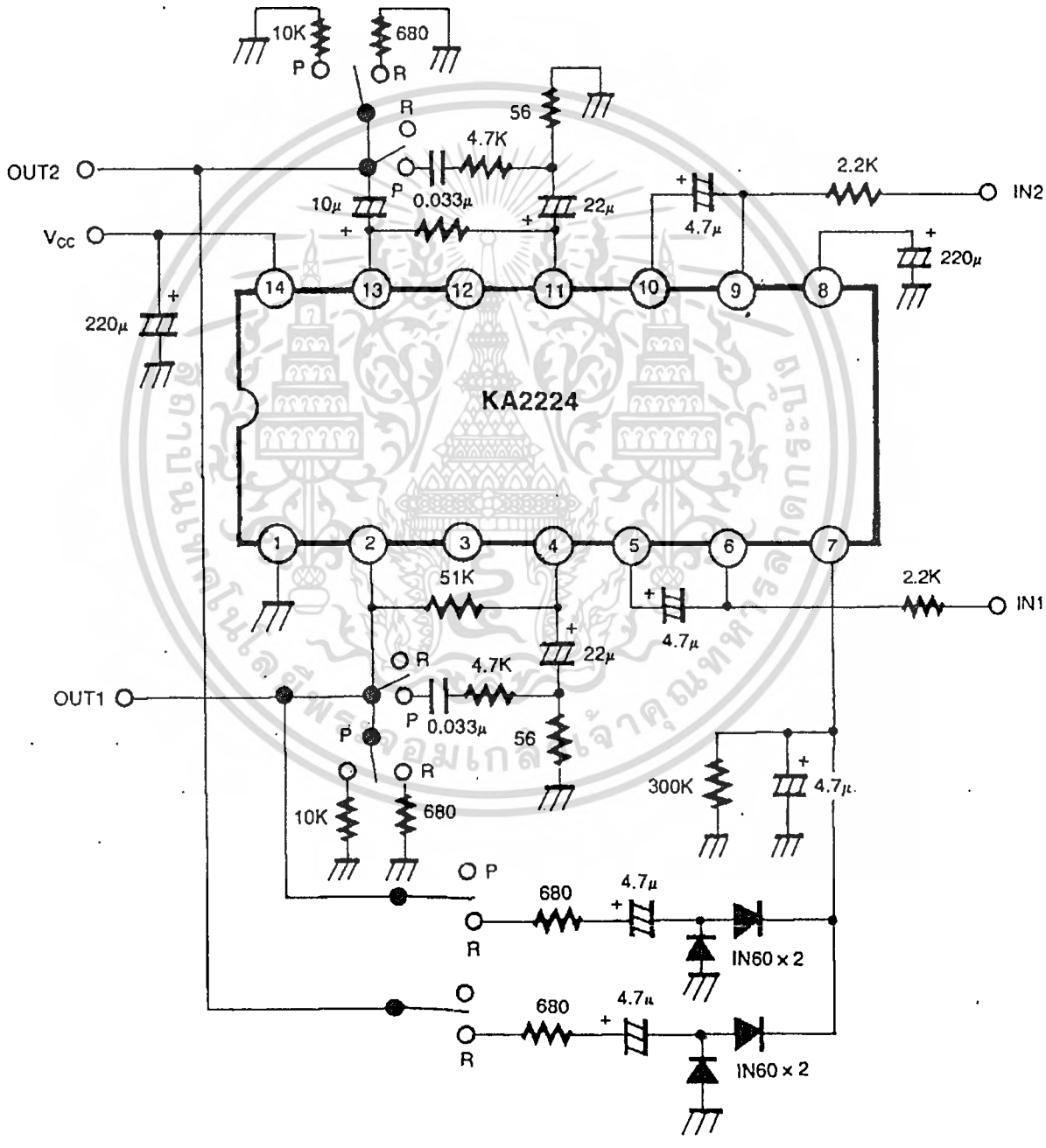


Fig. 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

1. Closed Loop Voltage Gain

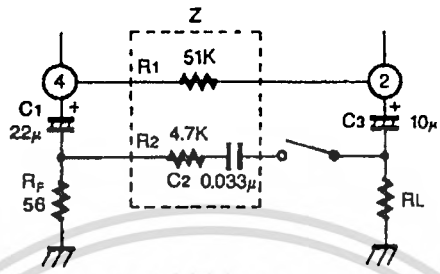


Fig. 4

SW on: play
off: record

A. Playback amplifier

$$G_V = 20 \log \frac{Z}{R_F} \text{ (dB) at } f = 1KHz,\ G_V = 42dB \text{ (Typ)}\quad Z \doteq R_1 // (R_2 + \frac{1}{2\pi f \cdot C_2})$$

B. Recording amplifier

$$G_V = 20 \log \frac{R_1}{R_F} \text{ (dB) at } f = 1KHz,\ G_V = 58dB \text{ (Typ)}$$

2. ALC Circuit

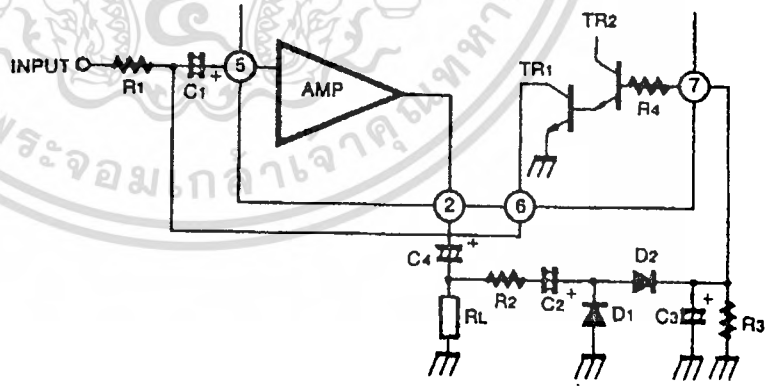


Fig. 5

The ALC circuit is consist of TR_1, TR_2 and some external components. The output level of the amplifier is rec
fied by external circuits. Since this DC level is applied to the ALC input terminal (Pin 7), the impedance betwee
the collector and emitter of TR1 can change its value, therefore the pre-amplifier input level can be controlle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

September 1992

LM3089 FM Receiver IF System

General Description

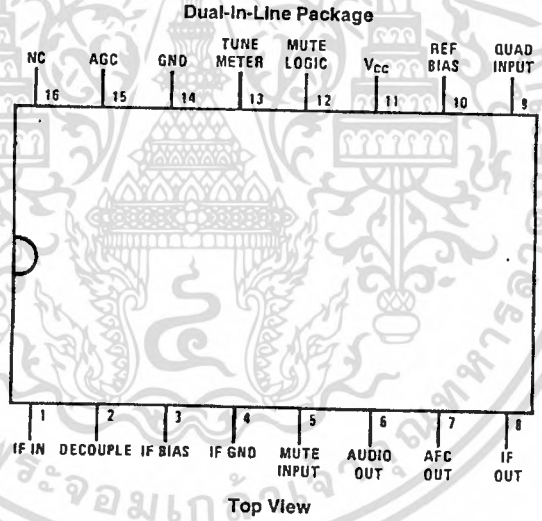
The LM3089 has been designed to provide all the major functions required for modern FM IF designs of automotive, high-fidelity and communications receivers.

Features

- Three stage IF amplifier/limiter provides 12 μV (typ) −3 dB limiting sensitivity
- Balanced product detector and audio amplifier provide 400 mV (typ) of recovered audio with distortion as low as 0.1% with proper external coil designs.
- Four internal carrier level detectors provide delayed AGC signal to tuner, IF level meter drive current and interchannel mute control
- AFC amplifier provides AFC current for tuner and/or center tuning meters
- Improved operating and temperature performance, especially when using high Q quadrature coils in narrow band FM communications receivers
- No mute circuit latchup problems
- A direct replacement for CA3089E

Connection Diagram

Dual-In-Line Package



TL/H/7149–2

Top View

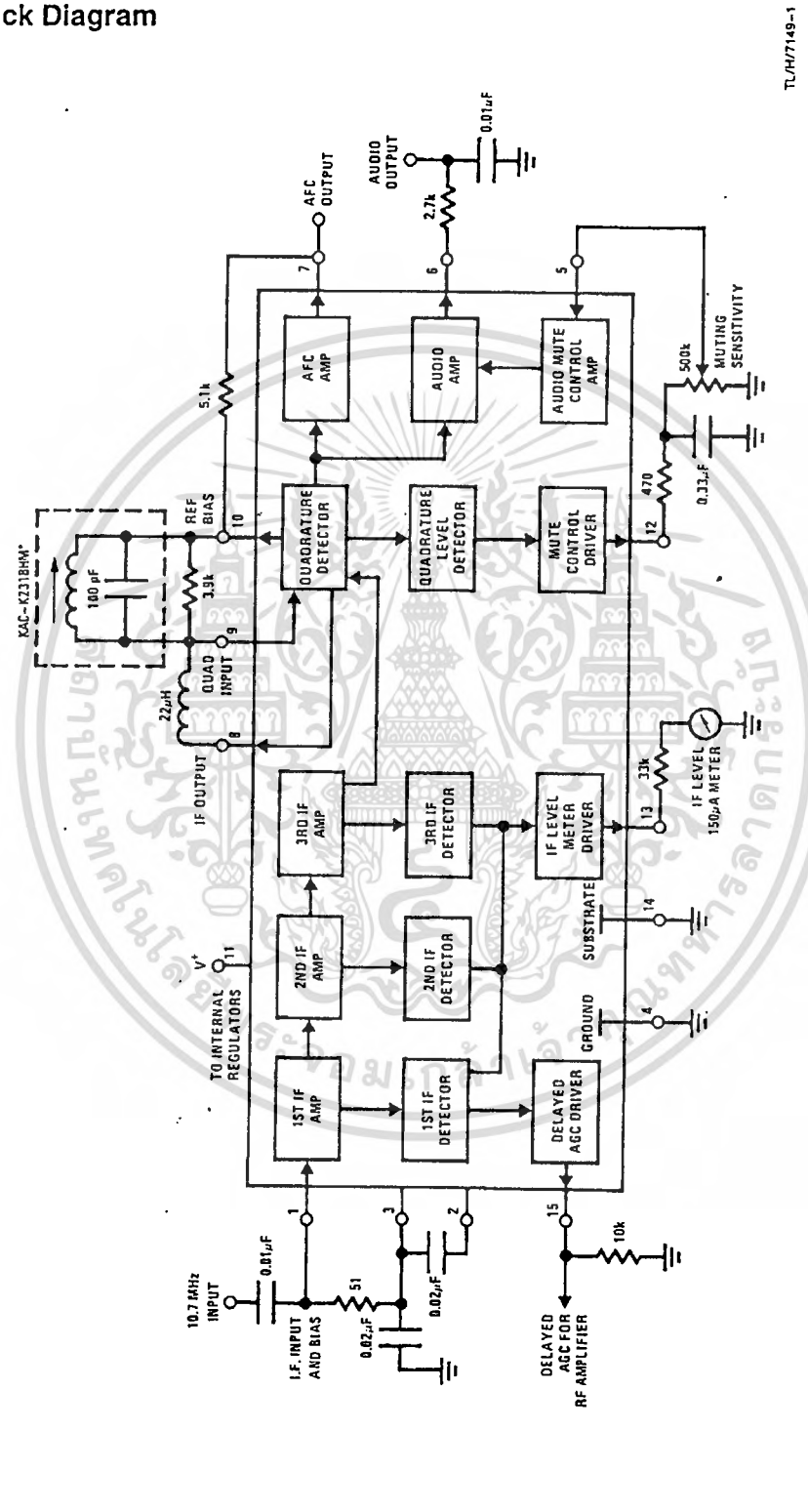
Order Number LM3089N
See NS Package Number N16E

© 1995 National Semiconductor Corporation TL/H/7149

RRD-B30M115/Printed in U. S. A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage Between Pin 11 and Pins 4, 14	+16V
DC Current Out of Pin 12	5 mA
DC Current Out of Pin 13	5 mA
DC Current Out of Pin 15	2 mA
Power Dissipation (Note 2)	1500 mW
Operating Temperature Range	−40°C to +85°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	260°C

Electrical Characteristics (T_A = 25°C, V_{CC} = +12V, see Test Circuit)

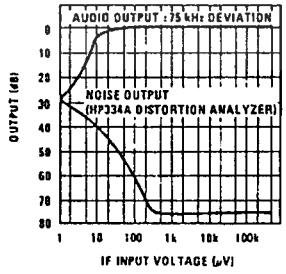
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
DC CHARACTERISTICS (V_{IN} = 0, NOT MUTED)						
I_{11}	Supply Current		16	23	30	mA
V1, 2, 3	IF Input and Bias		1.2	1.9	2.4	V
V6	Audio Output		5.0	5.6	6.0	V
V7	AFC Output		5.0	5.6	6.0	V
V10	Reference Bias		5.0	5.6	6.0	V
V12	Mute Control		5.0	5.4	6.0	V
V13	IF Level			0	0.5	V
V15	Delayed AGC		4.2	4.7	5.3	V
DYNAMIC CHARACTERISTICS f_o = 10.7 MHZ, Δf = ±75 kHz @ 400 Hz						
V_{IN}(LIM)	Input Limiting −3 dB			12	25	μV
AMR	AM Rejection	V_{IN} = 100 mV, AM: 30%	45	55		−dB
V_O(AF)	Recovered Audio	V_{IN} = 10 mV	300	400	500	mVrms
THD	Total Harmonic Distortion					
	Single Tuned (Note 1)	V_{IN} = 100 mV		0.5	1.0	%
	Double Tuned (Note 1)	V_{IN} = 100 mV		0.1	0.3	%
S+N/N	Signal to Noise Ratio	V_{IN} = 100 mV	60	70		dB
V12	Mute Control	V_{IN} = 100 mV		0	0.5	V
V13	IF Level	V_{IN} = 100 mV	4.0	5.0	6.0	V
V13	IF Level	V_{IN} = 500 μV	1.0	1.5	2.0	V
V15	Delayed AGC	V_{IN} = 100 mV		0.1	0.5	V
V15	Delayed AGC	V_{IN} = 30 mV		2.5		V
V_O(AF)	Audio Muted	V_{IN} = 100 mV, V5 = +2.5V		60		−dB

Note 1: Distortion is a function of quadrature coil used.

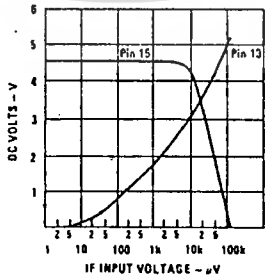
Note 2: For operation in ambient temperatures above 25°C, the device must be derated based on a 150°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 80°C/W junction to ambient.

Typical Performance Characteristics

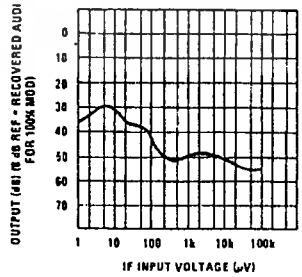
Typical S + N/N and IF Limiting Sensitivity vs IF Input Signal



Typical AGC (Pin 15) and Meter Output (Pin 13) vs IF Input Signal



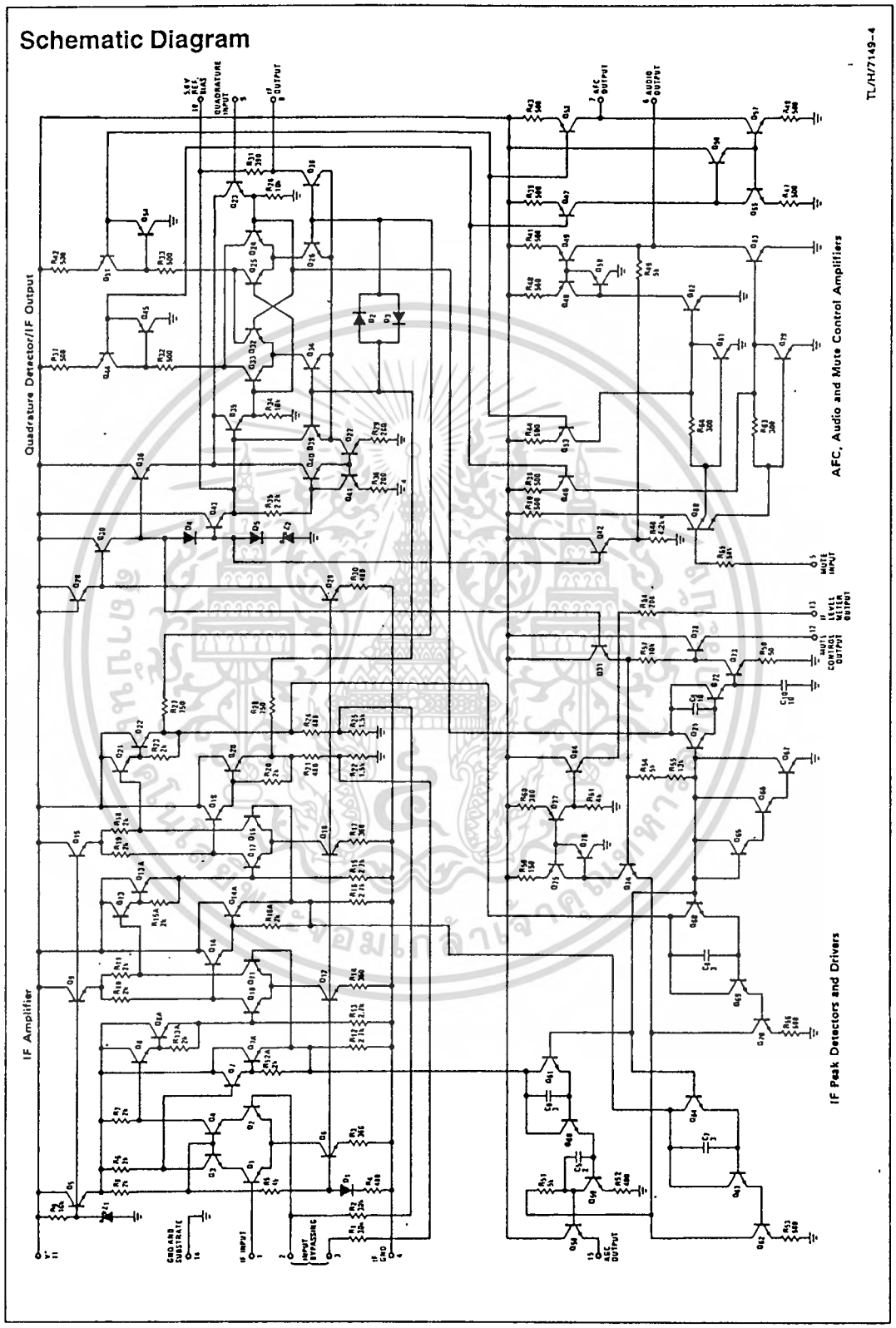
AM Rejection (30% Mod) vs IF Input Signal



TL/H/7149-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

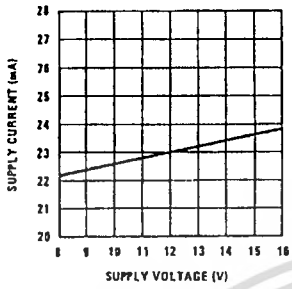
Schematic Diagram



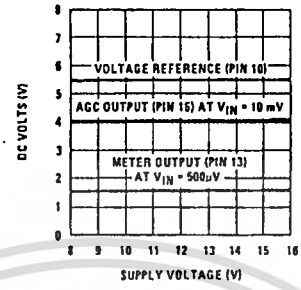
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

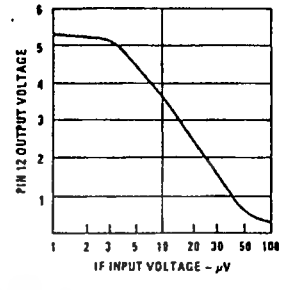
Supply Current (I_{11}) vs Supply Voltage (V11)



Reference Voltage, AGC and Meter Output vs Supply Voltage

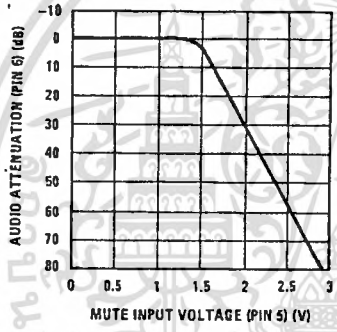


Mute Control Output (Pin 12) vs IF Input Signal



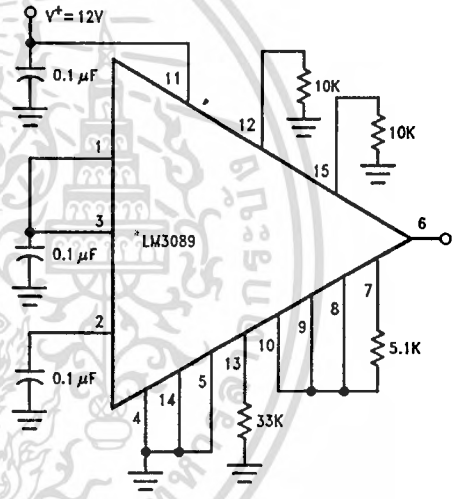
TL/H/7149–5

Typical Audio Attenuation (Pin 6) vs Mute Input Voltage (Pin 5)



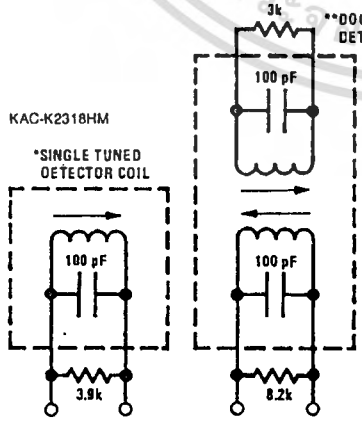
TL/H/7149–6

DC Test Circuit



TL/H/7149–7

AC Test Circuit



TL/H/7149–8

*For single tuned dectector coil:
L_O tunes with 100 pF at 10.7 MHz
Q_{UL} (unloaded) ≃ 75
Q_L (loaded) ≃ 13 for V9 ≃ 150 mVrms

**For double tuned detector coil:
Q_{ULPRI} – Q_{ULSEC} ≃ 75
kQ ≃ 0.7 for V9 ≃ 150 mVrms

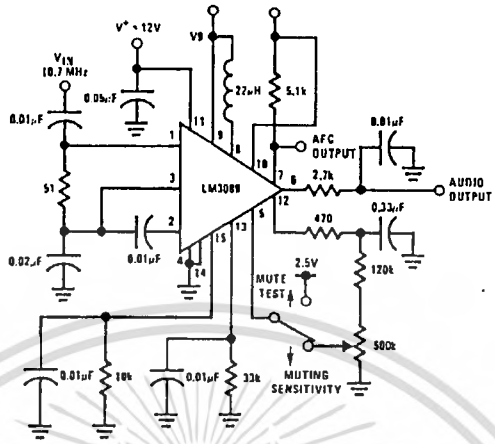
Note:

The recovered audio output voltage will be approximately 0.5 dB less when using the double tuned detector coil.

For proper operation of the mute circuit, the RF voltage at pin 9 should be 150 mVrms ±30 mV.

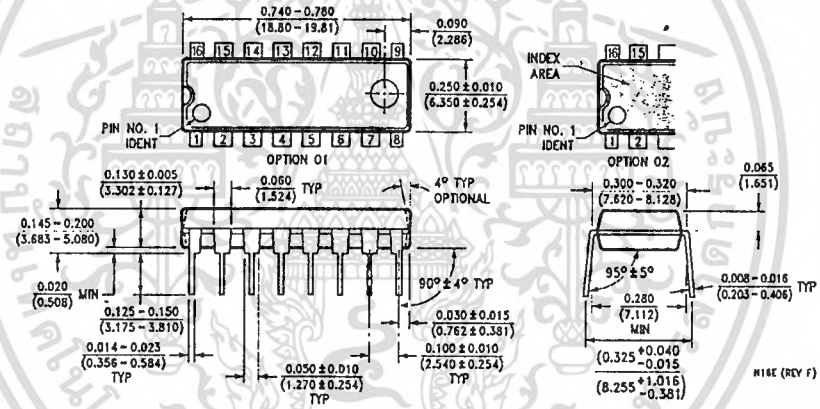
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Test Circuit (Continued)



TL/H/7149–9

Physical Dimensions inches (millimeters)



Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM3089N
See NS Package Number N16E

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
1111 West Bardin Road
Arlington, TX 76017
Tel: 1(800) 272-9959
Fax: 1(800) 737-7018

National Semiconductor Europe
Fax: (+49) 0-180-530 85 86
Email: cnjwge@tevm2.nsc.com
Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85
English Tel: (+49) 0-180-532 78 32
Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58
Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80

National Semiconductor Hong Kong Ltd.
13th Floor, Straight Block,
Ocean Centre, 5 Canton Rd.
Tsimshatsui, Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2737-1600
Fax: (852) 2736-9960

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-043-299-2309
Fax: 81-043-299-2408

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Low power dual operational amplifiers

NE/SA/SE532/ LM158/258/358/A/2904

DESCRIPTION

The 532/358/LM2904 consists of two independent, high gain, internally frequency-compensated operational amplifiers internally frequency-compensated operational amplifiers designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from dual power supplies is also possible, and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

UNIQUE FEATURES

In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage. The unity gain cross frequency is temperature-compensated. The input bias current is also temperature-compensated.

FEATURES

- Internally frequency-compensated for unity gain
- Large DC voltage gain—100dB
- Wide bandwidth (unity gain)—1MHz (temperature-compensated)

PIN CONFIGURATIONS

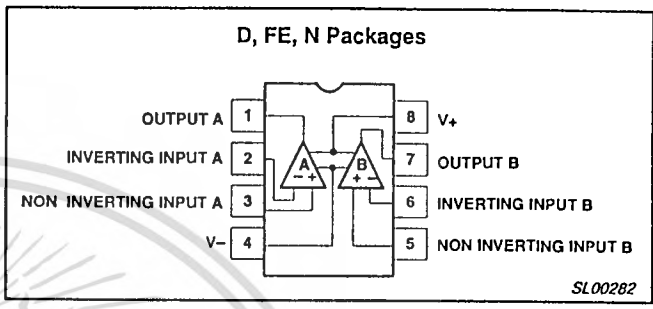


Figure 1. Pin Configuration

- Wide power supply range single supply—$3V_{DC}$ to $30V_{DC}$ or dual supplies—$\pm1.5V_{DC}$ to $\pm15V_{DC}$
- Very low supply current drain (400µA)—essentially independent of supply voltage (1mW/op amp at $+5V_{DC}$)
- Low input biasing current—$45nA_{DC}$ temperature-compensated
- Low input offset voltage—$2mV_{DC}$ and offset current—$5nA_{DC}$
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage—$0V_{DC}$ to V+ $1.5V_{DC}$ swing

EQUIVALENT CIRCUIT

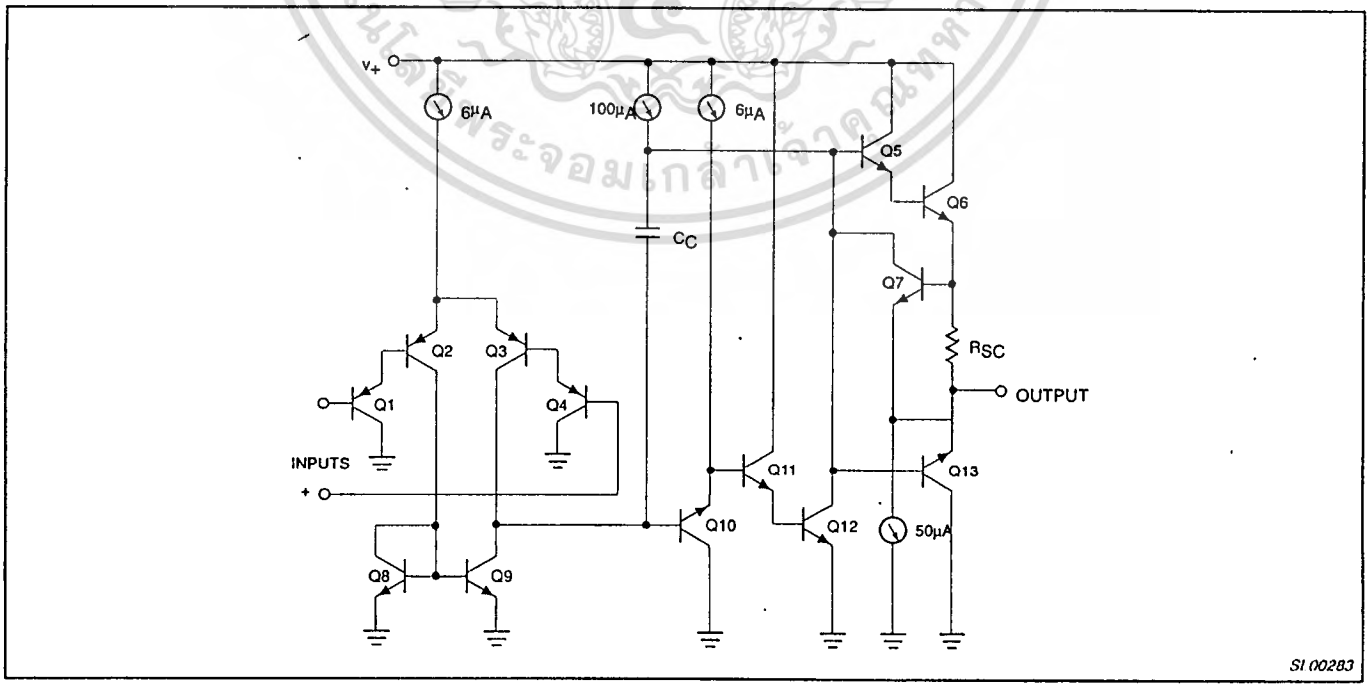


Figure 2. Equivalent Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 to +70°C	NE532D	SOT96-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70°C	NE532N	SOT97-1
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40°C to +85°C	SA532D	SOT96-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40°C to +85°C	SA532N	SOT97-1
8-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-40°C to +85°C	SA532FE	0580A
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40°C to +125°C	LM2904D	SOT96-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40°C to +125°C	LM2904N	SOT97-1
8-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	LM158FE	0580A
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-25°C to +125°C	LM258N	SOT97-1
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-25°C to +125°C	LM258D	SOT96-1
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 to +70°C	LM358D	SOT96-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70°C	LM358N	SOT97-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70°C	LM358AN	SOT97-1
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 to +70°C	LM358AD	SOT96-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55°C to +125°C	SE532N	SOT97-1
8-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	SE532FE	0580A

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V_S	Supply voltage, V+	32 or ±16	V_{DC}
	Differential input voltage	32	V_{DC}
V_{IN}	Input voltage	-0.3 to +32	V_{DC}
P_D	Maximum power dissipation T_A=25°C (Still air)[1] FE package N package D package	 780 1160 780	 mW mW mW
	Output short-circuit to GND[5] V+<15 V_{DC} and T_A=25°C	 Continuous	
T_A	Operating ambient temperature range NE532/LM358/LM358A LM258 LM2904 SA532 SE532/LM158	 0 to +70 -25 to +85 -40 to +125 -40 to +85 -55 to +125	 °C °C °C °C °C
T_{STG}	Storage temperature range	-65 to +150	°C
T_{SOLD}	Lead soldering temperature (10sec max)	300	°C

NOTES:
1. Derate above 25°C, at the following rates:
   FE package at 6.2mW/°C
   N package at 9.3mW/°C
   D package at 6.2mW/°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

T_A = 25°C, V+=+5V, unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE532, LM158/258			NE/SA532/ LM358/LM2904			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_{OS}	Offset voltage[1]	R_S=0Ω R_S=0Ω, over temp.		±2	±5 ±7		±2	±7 ±9	mV mV
V_{OS}	Drift	R_S=0Ω, over temp.		7			7		µV/°C
I_{OS}	Offset current	I_{IN} (+)-I_{IN} (-) Over temp.		±3	±30 ±100		±5	±50 ±150	nA nA
I_{OS}	Drift	Over temp.		10			10		pA/°C
I_{BIAS}	Input current[2]	I_{IN} (+) or I_{IN} (-) Over temp., I_{IN} (+) or I_{IN} (-)		45 40	150 300		45 40	250 500	nA nA
I_B	Drift	Over temp.		50			50		pA/°C
V_{CM}	Common-mode voltage range[3]	V+=30V Over temp., V+=30V	0 0		V+-1.5 V+-2.0	0 0		V+-1.5 V+-2.0	V V
CMRR	Common-mode rejection ratio	V+=30V	70	85		65	70		dB
V_{OH}	Output voltage swing	R_L≥2kΩ, V+=30V, over temp. R_L≥10kΩ, V+=30V, over temp.	26 27	28		26 27	28		V V
V_{OL}	Output voltage swing	R_L≥10kΩ, over temp.		5	20		5	20	mV
I_{CC}	Supply current	R_L=∞, V+=30V R_L=∞ on all amplifiers, over temp., V+ =30V		0.5 0.6	1.0 1.2		0.5 0.6	1.0 1.2	mA mA
A_{VOL}	Large-signal voltage gain	R_L≥2kΩ, V_{OUT} ±10V, V+=15V (for large V_O swing) over temp.	50 25	100		25 15	100		V/mV V/mV
PSRR	Supply voltage rejection ratio	R_S=0Ω	65	100		65	100		dB
	Amplifier-to-amplifier coupling[4]	f=1kHz to 20kHz (input referred)		-120			-120		dB
I_{OUT}	Output current Source	V_{IN+}=+1V_{DC}, V_{IN-}=0V_{DC}, V+=15V_{DC}	20	40		20	40		mA
		V_{IN+}=+1V_{DC}, V_{IN-}=0V_{DC}, V+=15V_{DC}, over temp.	10	20		10	20		mA
	Sink	V_{IN-}=+1V_{DC}, V_{IN+}=0V_{DC}, V+=15V_{DC}	10	20		10	20		mA
		V_{IN-}=+1V_{DC}, V_{IN+}=0V_{DC}, V+=15V_{DC}, over temp.	5	8		5	8		mA
		V_{IN+}=0V, V_{IN-}=+1V_{DC}, V_O=200mV	12	50		12	50		µA
I_{SC}	Short circuit current[5]			40	60		40	60	mA
	Differential input voltage[6]				V+			V+	V
GBW	Unity gain bandwidth	T_A=25°C		1			1		MHz
SR	Slew rate	T_A=25°C		0.3			0.3		V/µs
V_{NOISE}	Input noise voltage	T_A=25°C, f=1kHz		40			40		nV/√Hz

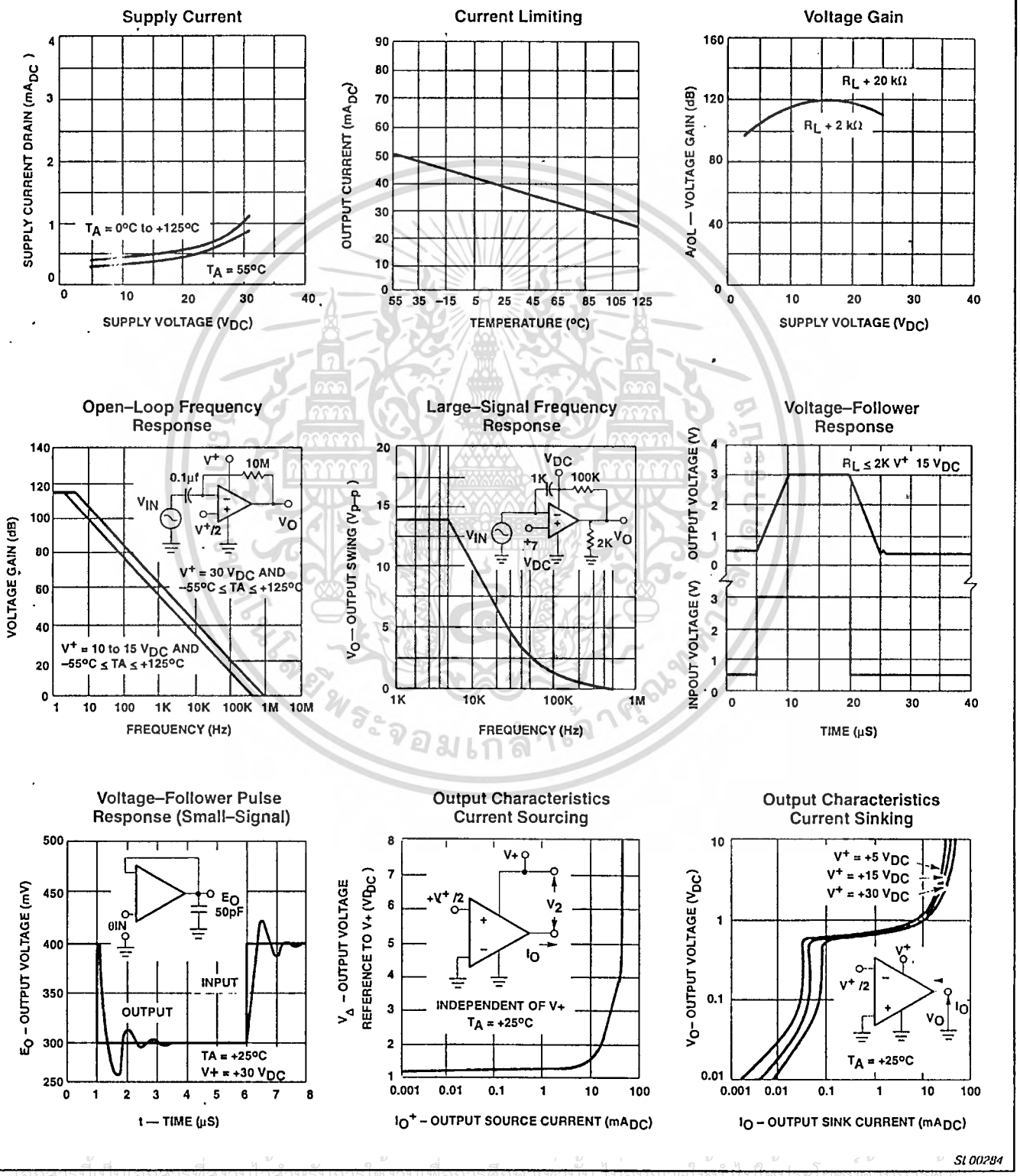
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS T_A=25°C, V+=+5V, unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM358A			UNIT
			Min	Typ	Max	
V_{OS}	Offset voltage[1]	R_S=0Ω R_S=0Ω, over temp.		±2	±3 ±5	mV mV
V_{OS}	Drift	R_S=0Ω, over temp.		7	20	µV/°C
I_{OS}	Offset current	I_{IN} (+)-I_{IN} (-) Over temp.		5	±30 ±75	nA nA
I_{OS}	Drift	Over temp.		10	300	pA/°C
I_{BIAS}	Input current[2]	I_{IN} (+) or I_{IN} (-) Over temp., I_{IN} (+) or I_{IN} (-)		45 40	100 200	nA nA
I_B	Drift	Over temp.		50		pA/°C
V_{CM}	Common-mode voltage range[3]	V+=30V Over temp., V+=30V	0 0		V+-1.5 V+-2.0	V V
CMRR	Common-mode rejection ratio	V+=30V	65	85		dB
V_{OH}	Output voltage swing	R_L≥2kΩ, V+=30V, over temp. R_L≥10kΩ, V+=30V, over temp.	26 27	28		V V
V_{OL}	Output voltage swing	R_L≥10kΩ, over temp.		5	20	mV
I_{CC}	Supply current	R_L=∞, V+=30V R_L=∞ on all amplifiers, over temp., V+ =30V		0.5 0.6	1.0 1.2	mA mA
A_{VOL}	Large-signal voltage gain	R_L≥2kΩ, V_{OUT} ±10V, V+=15V (for large V_O swing) over temp.	25 15	100		V/mV V/mV
PSRR	Supply voltage rejection ratio	R_S=0Ω	65	100		dB
	Amplifier-to-amplifier coupling[4]	f=1kHz to 20kHz (input referred)		-120		dB
I_{OUT}	Output current Source	V_{IN+}=+1V_{DC}, V_{IN-}=0V_{DC}, V+=15V_{DC}	20	40		mA
		V_{IN+}=+1V_{DC}, V_{IN-}=0V_{DC}, V+=15V_{DC}, over temp.	10	20		mA
	Sink	V_{IN-}=+1V_{DC}, V_{IN+}=0V_{DC}, V+=15V_{DC}	10	20		mA
		V_{IN-}=+1V_{DC}, V_{IN+}=0V_{DC}, V+=15V_{DC}, over temp.	5	8		mA
		V_{IN+}=0V, V_{IN-}=+1V_{DC}, V_O=200mV	12	50		µA
I_{SC}	Short circuit current[5]			40	60	mA
	Differential input voltage[6]				V+	V
GBW	Unity gain bandwidth	T_A=25°C		1		MHz
SR	Slew rate	T_A=25°C		0.3		V/µs
V_{NOISE}	Input noise voltage	T_A=25°C, f=1kHz		40		nV/√Hz

NOTES:
1. V_O ≈ 1.4V, R_S=0Ω with V+ from 5V to 30V; and over the full input common-mode range (0V to V+ -1.5V).
2. The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.
3. The input common-mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is V+ -1.5V, but either or both inputs can go to +32V without damage.
4. Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance coupling increases at higher frequencies.
5. Short-circuits from the output to V+ can cause excessive heating and eventual destruction. The maximum output current is approximately 40mA independent of the magnitude of V+. At values of supply voltage in excess of +15V_{DC}, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction.
6. The input common-mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is V+ -1.5V, but either or both inputs can go to +32V_{DC} without damage.

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



St 00284

Figure 3. Typical Performance Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Video amplifier NE592

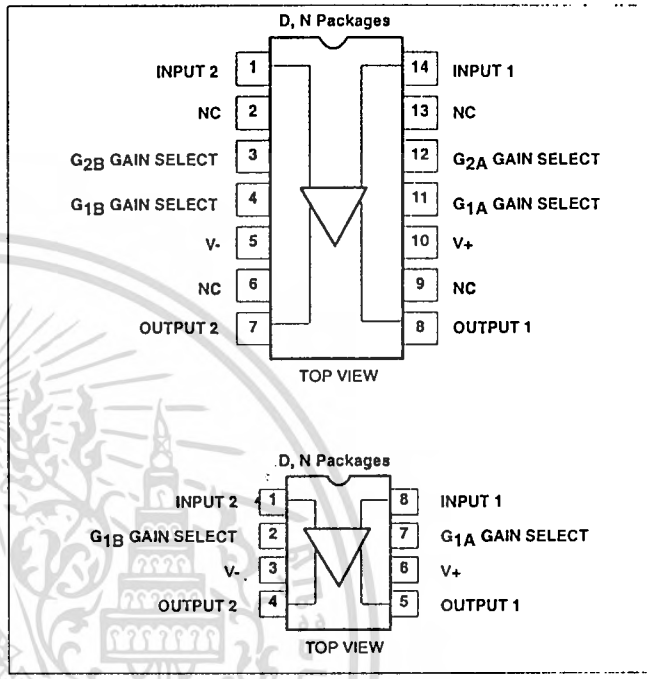
DESCRIPTION

The NE592 is a monolithic, two-stage, differential output, wideband video amplifier. It offers fixed gains of 100 and 400 without external components and adjustable gains from 400 to 0 with one external resistor. The input stage has been designed so that with the addition of a few external reactive elements between the gain select terminals, the circuit can function as a high-pass, low-pass, or band-pass filter. This feature makes the circuit ideal for use as a video or pulse amplifier in communications, magnetic memories, display, video recorder systems, and floppy disk head amplifiers. Now available in an 8-pin version with fixed gain of 400 without external components and adjustable gain from 400 to 0 with one external resistor.

FEATURES

- 120MHz unity gain bandwidth
- Adjustable gains from 0 to 400
- Adjustable pass band
- No frequency compensation required
- Wave shaping with minimal external components
- MIL-STD processing available

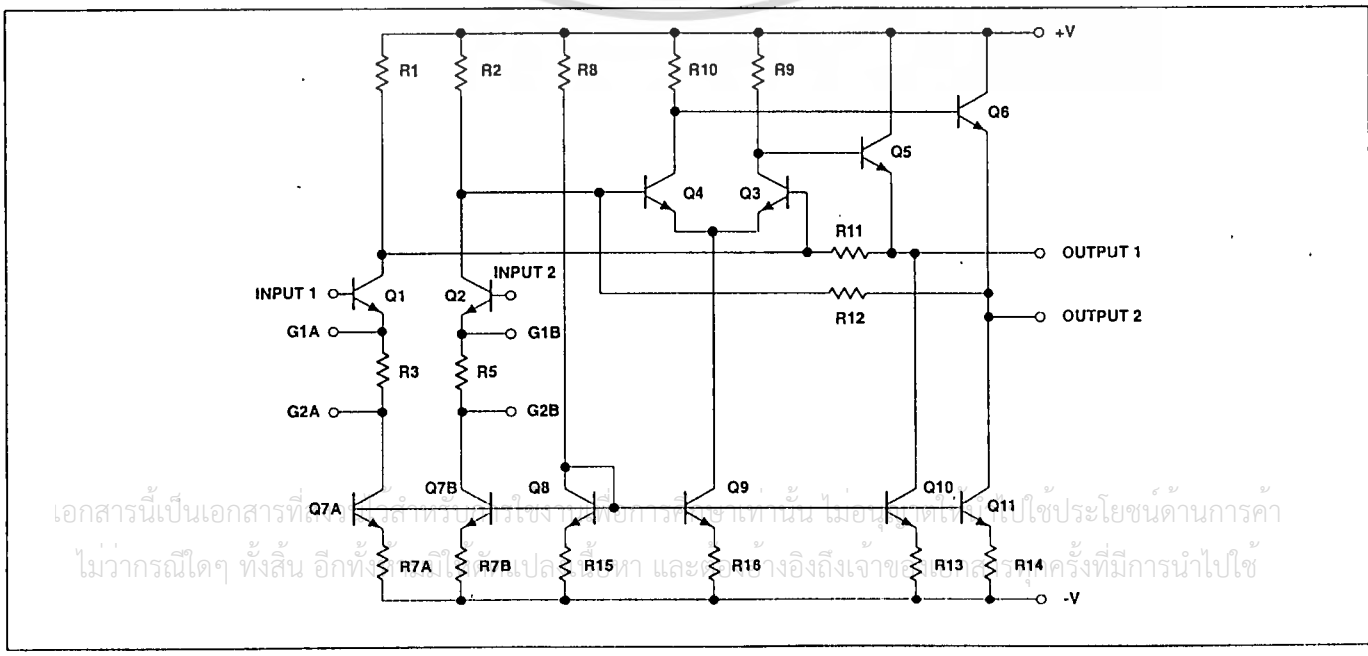
PIN CONFIGURATIONS



APPLICATIONS

- Floppy disk head amplifier
- Video amplifier
- Pulse amplifier in communications
- Magnetic memory
- Video recorder systems

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70°C	NE592N14	0405B
14-Pin Small Outline (SO) package	0 to +70°C	NE592D14	0175D
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70°C	NE592N8	0404B
8-Pin Small Outline (SO) package	0 to +70°C	NE592D8	0174C

NOTES:
N8, N14, D8 and D14 package parts also available in "High" gain version by adding "H" before package designation, i.e., NE592HDB

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

T_A=+25°C, unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	±8	V
V_{IN}	Differential input voltage	±5	V
V_{CM}	Common-mode input voltage	±6	V
I_{OUT}	Output current	10	mA
T_A	Operating ambient temperature range	0 to +70	°C
T_{STG}	Storage temperature range	-65 to +150	°C
$P_{D\ MAX}$	Maximum power dissipation, T_A=25°C (still air)[1]		
	D-14 package	0.98	W
	D-8 package	0.79	W
	N-14 package	1.44	W
	N-8 package	1.17	W

NOTES:
1. Derate above 25°C at the following rates:
   D-14 package at 7.8mW/°C
   D-8 package at 6.3mW/°C
   N-14 package at 11.5mW/°C
   N-8 package at 9.3mW/°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

T_A=+25°C V_{SS}=±6V, V_{CM}=0, unless otherwise specified. Recommended operating supply voltages V_S=±6.0V. All specifications apply to both standard and high gain parts unless noted differently.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	NE592			UNIT
			Min	Typ	Max	
A_{VOL}	Differential voltage gain, standard part					
	Gain 1[1]	R_L=2kΩ, V_{OUT}=3V_{P-P}	250	400	600	V/V
	Gain 2[2, 4]		80	100	120	V/V
R_{IN}	Input resistance					
	Gain 1[1]			4.0		kΩ
	Gain 2[2, 4]		10	30		kΩ
C_{IN}	Input capacitance[2]	Gain 2[4]		2.0		pF
I_{OS}	Input offset current			0.4	5.0	µA
I_{BIAS}	Input bias current			9.0	30	µA
V_{NOISE}	Input noise voltage	BW 1kHz to 10MHz		12		μV_{RMS}
V_{IN}	Input voltage range		±1.0			V
CMRR	Common-mode rejection ratio					
	Gain 2[4]	V_{CM}±1V, f<100kHz	60	86		dB
	Gain 2[4]	V_{CM}±1V, f=5MHz		60		dB
PSRR	Supply voltage rejection ratio					
	Gain 2[4]	ΔV_S=±0.5V	50	70		dB
V_{OS}	Output offset voltage					
	Gain 1	R_L=∞			1.5	V
	Gain 2[4]	R_L=∞			1.5	V
	Gain 3[3]	R_L=∞		0.35	0.75	V
V_{CM}	Output common-mode voltage	R_L=∞	2.4	2.9	3.4	V
V_{OUT}	Output voltage swing differential	R_L=2kΩ	3.0	4.0		V
R_{OUT}	Output resistance			20		Ω
I_{CC}	Power supply current	R_L=∞		18	24	mA

NOTES:
1. Gain select Pins G_{1A} and G_{1B} connected together.
2. Gain select Pins G_{2A} and G_{2B} connected together.
3. All gain select pins open.
4. Applies to 14-pin version only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

DC Electrical Characteristics V_{SS}=±6V, V_{CM}=0, 0°C ≤T_A≤70°C, unless otherwise specified. Recommended operating supply voltages V_S=±6.0V. All specifications apply to both standard and high gain parts unless noted differently.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	NE592			UNIT
			Min	Typ	Max	
A_{VOL}	Differential voltage gain, standard part					
	Gain 1[1]	R_L=2kΩ, V_{OUT}=3V_{P-P}	250		600	V/V
	Gain 2[2, 4]		80		120	V/V
R_{IN}	Input resistance					
	Gain 2[2, 4]		8.0			kΩ
I_{OS}	Input offset current				6.0	µA
I_{BIAS}	Input bias current				40	µA
V_{IN}	Input voltage range		±1.0			V
CMRR	Common-mode rejection ratio					
	Gain 2[4]	V_{CM}±1V, f<100kHz	50			dB
PSRR	Supply voltage rejection ratio					
	Gain 2[4]	ΔV_S=±0.5V	50			dB
V_{OS}	Output offset voltage					
	Gain 1	R_L=∞			1.5	V
	Gain 2[4]				1.5	
	Gain 3[3]				1.0	
V_{OUT}	Output voltage swing differential	R_L=2kΩ	2.8			V
I_{CC}	Power supply current	R_L=∞			27	mA

NOTES:
1. Gain select Pins G_{1A} and G_{1B} connected together.
2. Gain select Pins G_{2A} and G_{2B} connected together.
3. All gain select pins open.
4. Applies to 14-pin versions only.

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

T_A=+25°C V_{SS}=±6V, V_{CM}=0, unless otherwise specified. Recommended operating supply voltages V_S=±6.0V. All specifications apply to both standard and high gain parts unless noted differently.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	NE/SA592			UNIT
			Min	Typ	Max	
BW	Bandwidth					
	Gain 1[1]			40		MHz
	Gain 2[2, 4]			90		MHz
t_R	Rise time					
	Gain 1[1]	V_{OUT}=1V_{P-P}		10.5	12	ns
	Gain 2[2, 4]			4.5		ns
t_{PD}	Propagation delay					
	Gain 1[1]	V_{OUT}=1V_{P-P}		7.5	10	ns
	Gain 2[2, 4]			6.0		ns

NOTES:
1. Gain select Pins G_{1A} and G_{1B} connected together.
2. Gain select Pins G_{2A} and G_{2B} connected together.
3. All gain select pins open.
4. Applies to 14-pin versions only.

เอกสารนี้จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA

SN54/74LS168
SN54/74LS169

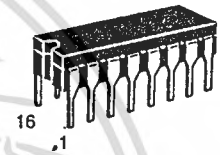
BCD DECADE/MODULO 16 BINARY SYNCHRONOUS BI-DIRECTIONAL COUNTERS

The SN54/74LS168 and SN54/74LS169 are fully synchronous 4-stage up/down counters featuring a preset capability for programmable operation, carry lookahead for easy cascading and a U/D input to control the direction of counting. The SN54/74LS168 counts in a BCD decade (8, 4, 2, 1) sequence, while the SN54/74LS169 operates in a Modulo 16 binary sequence. All state changes, whether in counting or parallel loading, are initiated by the LOW-to-HIGH transition of the clock.

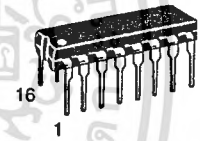
- Low Power Dissipation 100 mW Typical
- High-Speed Count Frequency 30 MHz Typical
- Fully Synchronous Operation
- Full Carry Lookahead for Easy Cascading
- Single Up/Down Control Input
- Positive Edge-Trigger Operation
- Input Clamp Diodes Limit High-Speed Termination Effects

BCD DECADE/MODULO 16 BINARY SYNCHRONOUS BI-DIRECTIONAL COUNTERS

LOW POWER SCHOTTKY



J SUFFIX
CERAMIC
CASE 620-09



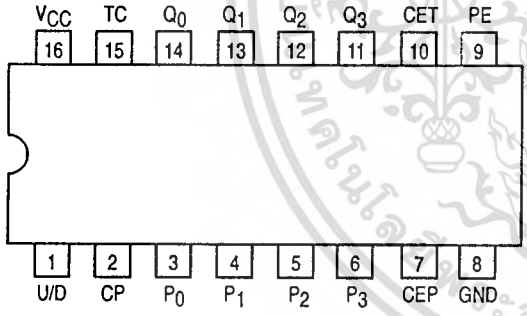
N SUFFIX
PLASTIC
CASE 648-08

D SUFFIX
SOIC
CASE 751B-03

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXXJ	Ceramic
SN74LSXXXN	Plastic
SN74LSXXXD	SOIC

CONNECTION DIAGRAM DIP (TOP VIEW)



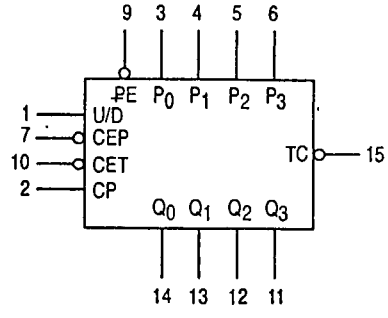
NOTE:
The Flatpak version has the same pinouts (Connection Diagram) as the Dual In-Line Package.

PIN NAMES

		LOADING (Note a) HIGH	LOW
$\overline{CEP}$	Count Enable Parallel (Active LOW) Input	0.5 U.L.	0.25 U.L.
CET	Count Enable Trickle (Active LOW) Input	1.0 U.L.	0.5 U.L.
$\overline{CP}$	Clock Pulse (Active positive going edge) Input	0.5 U.L.	0.25 U.L.
$\overline{PE}$	Parallel Enable (Active LOW) Input	0.5 U.L.	0.25 U.L.
U/D	Up-Down Count Control Input	0.5 U.L.	0.25 U.L.
P_0–P_3	Parallel Data Inputs	0.5 U.L.	0.25 U.L.
Q_0–Q_3	Flip-Flop Outputs	10 U.L.	5 (2.5) U.L.
TC	Terminal Count (Active LOW) Output	10 U.L.	5 (2.5) U.L.

NOTES:
a. 1 TTL Unit Load (U.L.) = 40 µA HIGH/1.6 mA LOW.
b. The Output LOW drive factor is 2.5 U.L. for Military (54) and 5 U.L. for Commercial (74) Temperature Ranges.

LOGIC SYMBOL



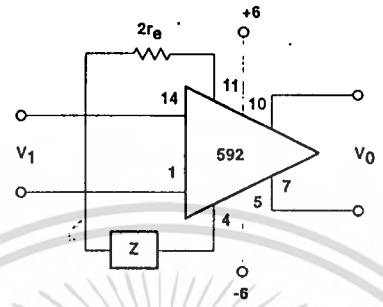
V_{CC} = PIN 16
GND = PIN 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

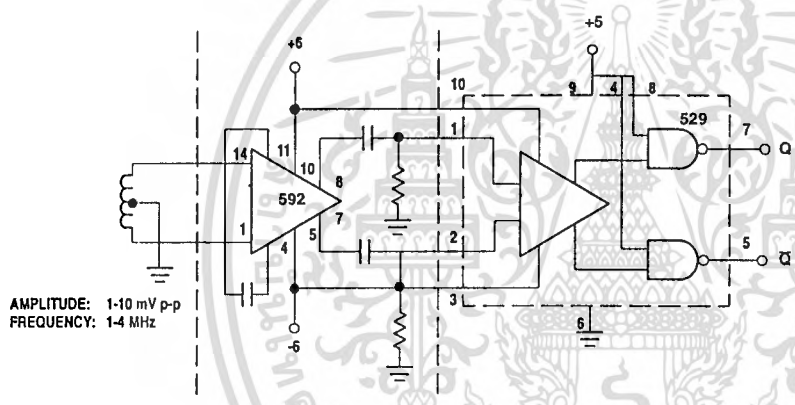
TYPICAL APPLICATIONS

NOTE:

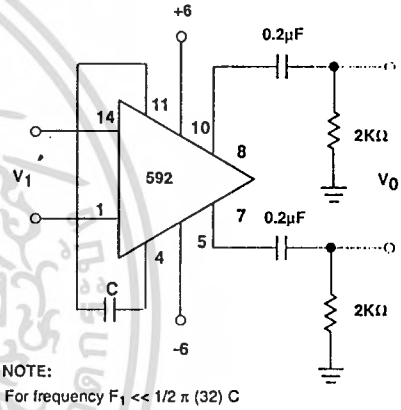
$$\frac{V_0(s)}{v_1(s)} \simeq \frac{1.4 \cdot 10^4}{Z(S) + 2r_e} \simeq \frac{1.4 \cdot 10^4}{Z(S) + 32}$$



Basic Configuration



Disc/Tape Phase-Modulated Readback Systems

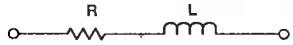
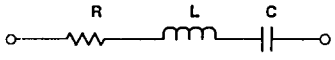
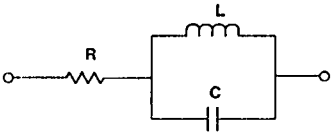


NOTE:
For frequency $F_1 << 1/2\pi(32)C$

$$V_O \simeq 1.4 \times 10^4 C \frac{dVi}{dT}$$

Differentiation with High Common-Mode Noise Rejection

FILTER NETWORKS

Z NETWORK	FILTER TYPE	V_0 (s) TRANSFER V_1 (s) FUNCTION
	LOW PASS	$\frac{1.4 \times 10^4}{L} \left[\frac{1}{s + R/L}\right]$
	HIGH PASS	$\frac{1.4 \times 10^4}{R} \left[\frac{s}{s + 1/RC}\right]$
	BAND PASS	$\frac{1.4 \times 10^4}{L} \left[\frac{s}{s^2 + R/Ls + 1/LC}\right]$
	BAND REJECT	$\frac{1.4 \times 10^4}{R} \left[\frac{s^2 + 1/LC}{s^2 + 1/LC + s/RC}\right]$

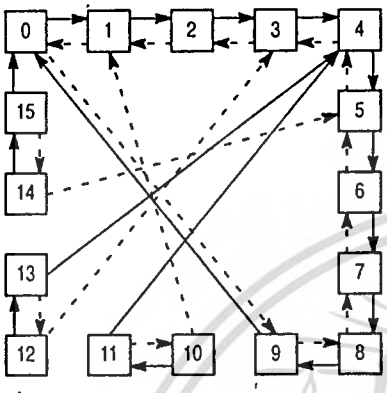
NOTES:
In the networks above, the R value used is assumed to include $2r_e$, or approximately 32Ω.
$S = j\omega$
$\omega = 2\pi f$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54/74LS168 • SN54/74LS169

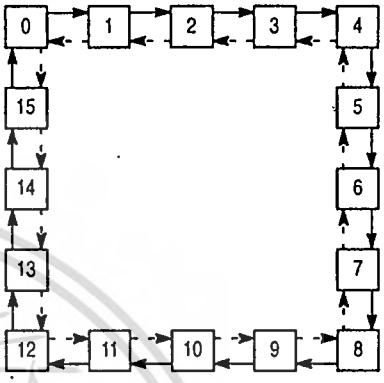
STATE DIAGRAMS

SN54/74LS168
UP/DOWN DECADE COUNTER



Count Up
Count Down

SN54/74LS169

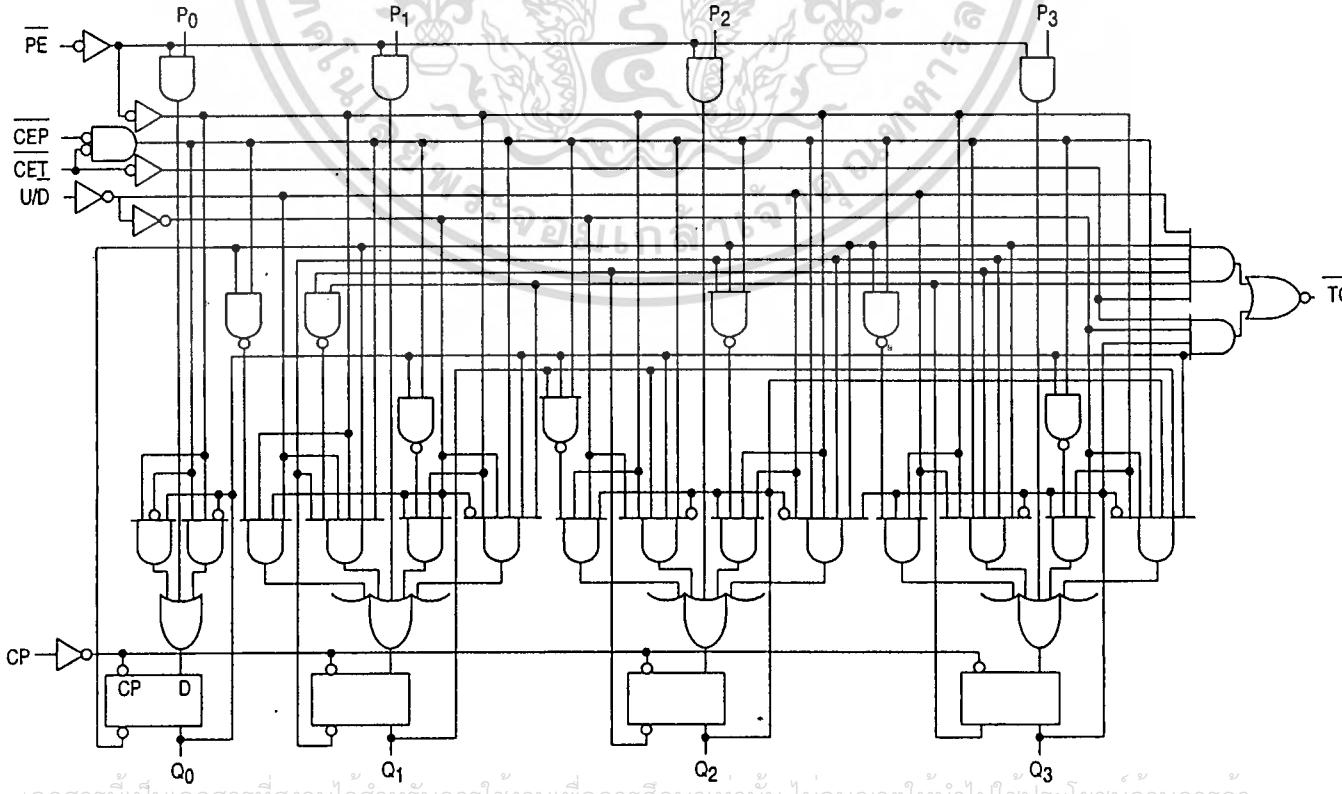


SN54/74LS168
UP: $TC = \overline{Q_0} \cdot \overline{Q_3} \cdot (U/\overline{D})$
DOWN: $TC = \overline{Q_0} \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_2} \cdot \overline{Q_3} \cdot \overline{(U/D)}$

SN54/74LS169
UP: $TC = \overline{Q_0} \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_2} \cdot \overline{Q_3} \cdot (U/\overline{D})$
DOWN: $TC = \overline{Q_0} \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_2} \cdot \overline{Q_3} \cdot (U/D)$

LOGIC DIAGRAMS

SN54/74LS168

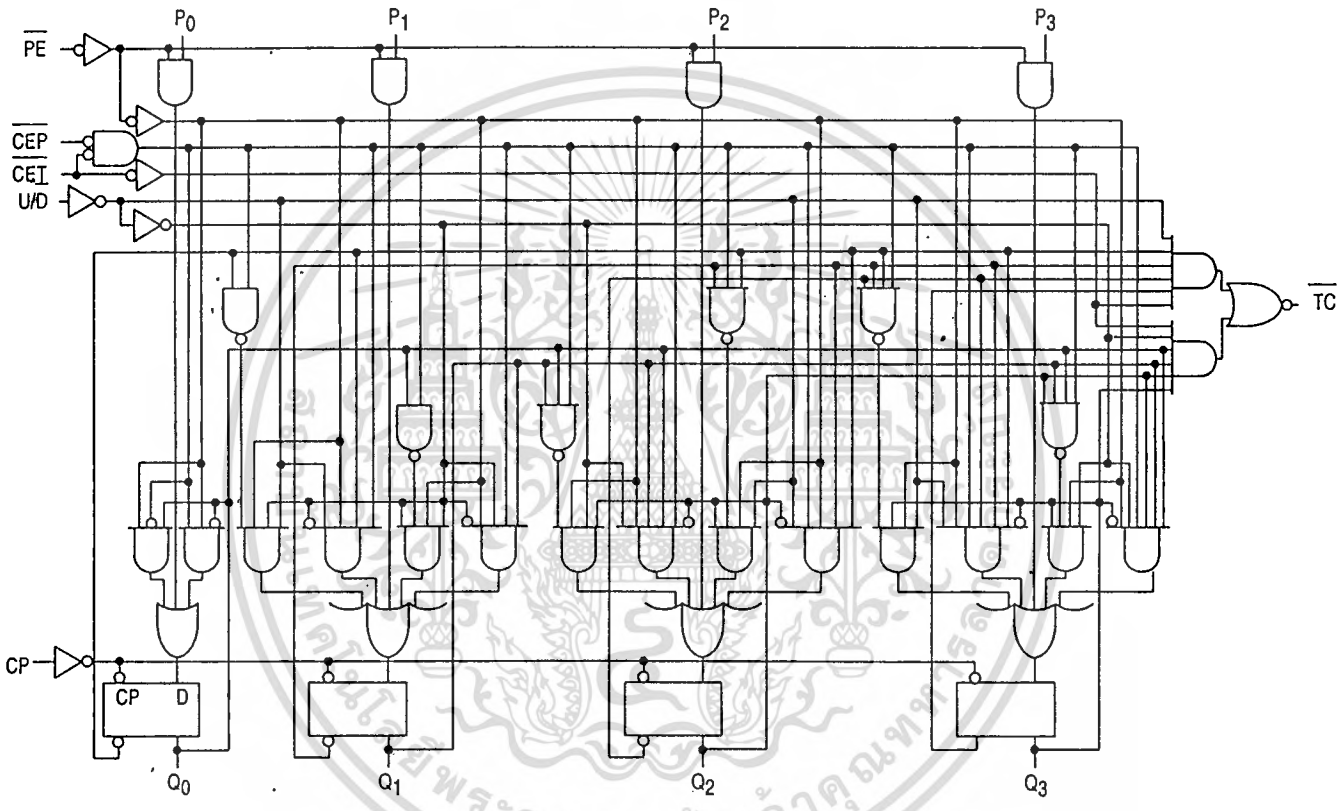


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54/74LS168 • SN54/74LS169

LOGIC DIAGRAMS (continued)

SN54/74LS169



GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V_{CC}	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.0	5.5 5.25	V
T_A	Operating Ambient Temperature Range	54 74	−55 0	25 25	125 70	°C
I_{OH}	Output Current — High	54, 74			−0.4	mA
I_{OL}	Output Current — Low	54 74			4.0 8.0	mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54/74LS168 • SN54/74LS169

AC CHARACTERISTICS (T_A = 25°C, V_{CC} = 5.0 V)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
f_{MAX}	Maximum Clock Frequency	25	32		MHz	V_{CC} = 5.0 V C_L = 15 pF
t_{PLH} t_{PHL}	Propagation Delay, Clock to TC		23 23	35 35	ns	
t_{PLH} t_{PHL}	Propagation Delay, Clock to any Q		13 15	20 23	ns	
t_{PLH} t_{PHL}	Propagation Delay, CET to TC		15 15	20 20	ns	
t_{PLH} t_{PHL}	Propagation Delay, U/D to TC		17 19	25 29	ns	

AC SETUP REQUIREMENTS (T_A = 25°C)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
t_W	Clock Pulse Width	25			ns	V_{CC} = 5.0 V
t_s	Setup Time, Data or Enable	20			ns	
t_s	Setup Time PE	25			ns	
t_s	Setup Time U/D	30			ns	
t_h	Hold Time Any Input	0			ns	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC WAVEFORMS

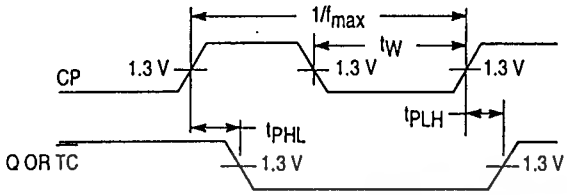


Figure 1. Clock to Output Delays, Count Frequency, and Clock Pulse Width

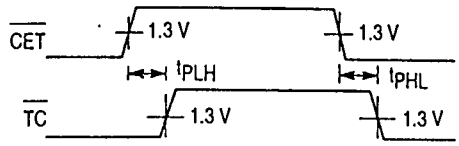


Figure 2. Count Enable Trickle Input To Terminal Count Output Delays

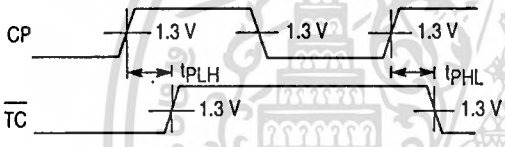


Figure 3. Clock to Terminal Delays

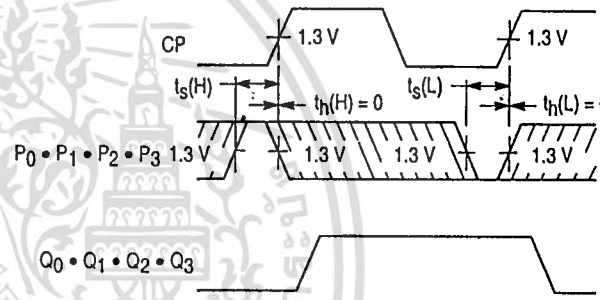
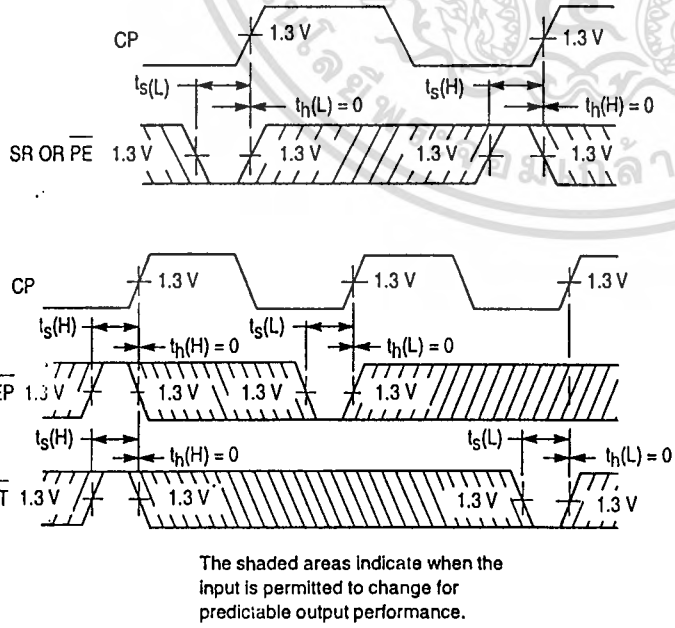


Figure 4. Setup Time (t_s) and Hold (t_h) for Parallel Data Inputs



The shaded areas indicate when the input is permitted to change for predictable output performance.

Figure 5. Setup Time and Hold Time for Count Enable and Parallel Enable Inputs, and Up-Down Control Inputs

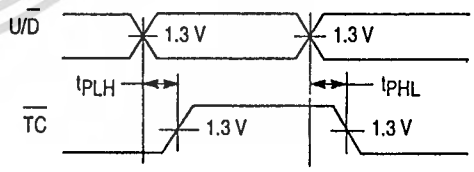


Figure 6. Up-Down Input to Terminal Count Output Delays

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54/74LS168 • SN54/74LS169

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter		Limits Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions	
V_{IH}	Input HIGH Voltage		2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs	
V_{IL}	Input LOW Voltage	54			0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs	
		74			0.8			
V_{IK}	Input Clamp Diode Voltage			−0.65	−1.5	V	V_{CC} = MIN, I_{IN} = −18 mA	
V_{OH}	Output HIGH Voltage	54	2.5	3.5		V	V_{CC} = MIN, I_{OH} = MAX, V_{IN} = V_{IH} or V_{IL} per Truth Table	
		74	2.7	3.5		V		
V_{OL}	Output LOW Voltage	54, 74		0.25	0.4	V	I_{OL} = 4.0 mA	V_{CC} = V_{CC} MIN, V_{IN} = V_{IL} or V_{IH} per Truth Table
		74		0.35	0.5	V	I_{OL} = 8.0 mA	
I_{IH}	Input HIGH Current Other Inputs CET Input				20 40	μA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 2.7 V	
	Other Input CET Input				0.1 0.2	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 7.0 V	
I_{IL}	Input LOW Current Other Input CET Input				−0.4 −0.8	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 0.4 V	
I_{OS}	Short Circuit Current (Note 1)		−20		−100	mA	V_{CC} = MAX	
I_{CC}	Power Supply Current				34	mA	V_{CC} = MAX	

Note 1: Not more than one output should be shorted at one time, nor for more than 1 second.

FUNCTIONAL DESCRIPTION

The SN54/74LS168 and SN54/74LS169 use edge-triggered D-type flip-flops that have no constraints on changing the control or data input signals in either state of the Clock. The only requirement is that the various inputs attain the desired state at least a set-up time before the rising edge of the clock and remain valid for the recommended hold time thereafter.

The parallel load operation takes precedence over the other operations, as indicated in the Mode Select Table. When PE is LOW, the data on the P_0–P_3 inputs enters the flip-flops on the next rising edge of the Clock. In order for counting to occur, both CEP and CET must be LOW and PE must be HIGH. The U/D input then determines the direction of counting.

The Terminal Count ($\overline{TC}$) output is normally HIGH and goes LOW, provided that CET is LOW, when a counter reaches zero in the COUNT DOWN mode or reaches 15 (9 for the SN54/74LS168) in the COUNT UP mode. The TC output state is not a function of the Count Enable Parallel (CEP) input level. The TC output of the SN54/74LS168 decade counter can also be LOW in the illegal states 11, 13 and 15, which can occur when power is turned on or via parallel loading. If illegal state occurs, the SN54/74LS168 will return to the legitimate sequence within two counts. Since the TC signal is derived by decoding the flip-flop states, there exists the possibility of decoding spikes on TC. For this reason the use of TC as a clock signal is not recommended.

MODE SELECT TABLE

PE	CEP	CET	U/D	Action on Rising Clock Edge
L	X	X	X	Load (Pn → Qn)
H	L	L	H	Count Up (increment)
H	L	L	L	Count Down (decrement)
H	H	X	X	No Change (Hold)
H	X	H	X	No Change (Hold)

H = HIGH Voltage Level
L = LOW Voltage Level
X = Immaterial

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จารุพงศ์ จีนาพันธ์ . "โทรคมนาคมยุคดาวเทียม". กรุงเทพ: สถาบันอิเล็กทรอนิกส์กรุงเทพรังสิต. พิมพ์ครั้งที่ 1, 2538

ประสิทธิ์ ทีฆพุฒิ . การสื่อสารดาวเทียม .กรุงเทพ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. พิมพ์ครั้งที่ 1, 2536

รังสรรค์ วงศ์สรรค์ . "โลกของการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม". กรุงเทพ : สำนักพิมพ์นิตยสารซีคิว. พิมพ์ครั้งที่ 1, 2536

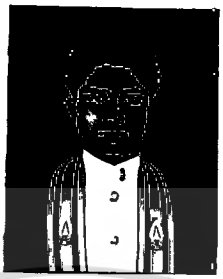
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายอมรชัย ชัยชนะ
วันเดือนปีเกิด	16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2518
สถานที่เกิด	จังหวัดชุมพร
ภูมิลำเนาเดิม	36 ม.9 ต. บางหมาก อ.เมือง จ.ชุมพร
ที่อยู่ปัจจุบัน	36 ม.9 ต. บางหมาก อ.เมือง จ.ชุมพร
โทรศัพท์	-
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านคอเตี้ย
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนศรียาภัย
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคชุมพร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคชุมพร
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	วางรากฐานที่มั่นคงของชีวิต ด้วยการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



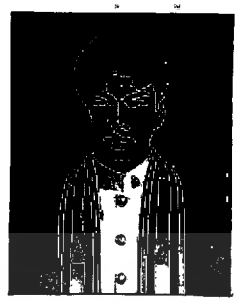
ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายอุเทน โชติเชื้อ
วันเดือนปีเกิด	20 สิงหาคม พ.ศ. 2518
สถานที่เกิด	จังหวัดปราจีนบุรี
ภูมิลำเนาเดิม	3 ม. 2 ต. ไผ่ชะเลือด อ.ศรีมโหสถ จ. ปราจีนบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	116/28-30 ม.5 ต. หนองไผ่แก้ว อ.บ้านบึง จ. ชลบุรี 20220
โทรศัพท์	-

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านหนองไผ่แก้ว
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบ้านบึง"มนูญวิทยาคาร"
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ธรรมชาติเป็นได้ทั้งมิตร และศัตรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายเอนก ทุยดอย
วันเดือนปีเกิด	16 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2518
สถานที่เกิด	จังหวัดนครนายก
ภูมิลำเนาเดิม	23 ม. 8 ต. หินตั้ง อ. เมือง จ. นครนายก
ที่อยู่ปัจจุบัน	23 ม. 8 ต. หินตั้ง อ. เมือง จ. นครนายก
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดคีรีวัน
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนนครนายกวิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคนครนายก
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคนครนายก
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ทำทุกอย่างเพื่อตัวเอง แต่ไม่เห็นแก่ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายเกษตร พินิจการ
วันเดือนปีเกิด	4 สิงหาคม พ.ศ. 2519
สถานที่เกิด	จังหวัดสุพรรณบุรี
ภูมิลำเนาเดิม	11 ม. 5 ถ.ลาดบัวหลวง - สองพี่น้อง ต. บางเลน อ. สองพี่น้อง จ. สุพรรณบุรี 72110
ที่อยู่ปัจจุบัน	300/53 ม.รุ่งอรุณ 1 ถ. ฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพ ฯ 10520
โทรศัพท์	7374452 - 3 ต่อ 103
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนแม่พระประจักษ์
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบรรหารแจ่มใสวิทยา 5
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	โรงเรียนเซนต์จอห์นโปลีเทคนิค
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	เกิดมาทั้งที ต้องเอาดีให้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้