ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ ระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม

ชื่อนักศึกษา

1. นายเฉลิมพงศ์	วิวชรากูล	รหัสประจำตัว	37031104
2. นายวินัย	เถาสมบัติ	รหัสประจำตัว	37031125
3. นายสมโภช	แซ่ลิ่ม	รหัสประจำตัว	37031130
4. นายสุรชิต	สุวรรณนิภา	รหัสประจำตัว	37031138

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

1. อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
2. อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ
3. อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม	
2. อาจารย์กิติพงศ์ มะโน	
3. อาจารย์สุชิน อาจหาญ	
4. อาจารย์สันติ ตันตระกูล	
5. อาจารย์อำพล ทองระอา	

วันเดือนปีที่สอบ วันที่ 6 เมษายน 2539 **เวลา** 13.00 ถึง 14.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 11 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

ระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม

SATELLITE MASTER ANTENNA TELEVISION SYSTEM

นายเฉลิมพงศ์ วิวชรากูล

นายวินัย เถาสมบัติ

นายสมโภช แซ่ลิ่ม

นายสุรชิต สุวรรณนิภา

A021294

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 1525 021294

วัน เดือน ปี..... 29 ต.ค. 2539

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม
SATELLITE MASTER ANTENNA TELEVISION SYSTEM

ผู้จัดทำ

นายเฉลิมพงศ์ วิวชรากูล
นายวินัย เฉาสมบัติ
นายสมโภช แซ่ลิ่ม
นายสุรชิต สุวรรณนิภา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม.....
(อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

ลงนาม.....
(อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ)

ลงนาม.....
(อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ลงนาม.....
(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

ระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม

SATELLITE MASTER ANTENNA TELEVISION SYSTEM

นายเฉลิมพงศ์ วิวชรากูล

นายวินัย เถาสมบัติ

นายสมโภช แซ่ลิ่ม

นายสุรชิต สุวรรณนิภา

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม

SATELLITE MASTER ANTENNA TELEVISION SYSTEM

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม
2. เพื่อศึกษาถึงหลักการของระบบ SMATV
3. เพื่อสร้างวงจรภาครับสำหรับรับและแยกช่องสัญญาณของดาวเทียม
4. เพื่อทำการรวมสัญญาณด้วยภาคคอมไบเนอร์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้มีความรู้ ความเข้าใจ ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม
2. ทำให้มีความรู้ ความเข้าใจ หลักการของระบบ SMATV
3. ทำให้มีความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในระบบการรับสัญญาณดาวเทียมมากขึ้น
4. สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องแยกช่องสัญญาณดาวเทียมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม

นายเฉลิมพงศ์ วิวชรากูล
นายวินัย เถาสมบัติ
นายสมโภช แซ่ลิ่ม
นายสุรชิต สุวรรณนิภา

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ
อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ กล่าวถึงโครงงานเกี่ยวกับระบบการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม ตัวโครงงานประกอบด้วย เครื่องแยกสัญญาณดาวเทียมออกเป็น 3 ทาง, เครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมจำนวน 3 เครื่อง และเครื่องรวมสัญญาณโทรทัศน์ เครื่องแยกสัญญาณดาวเทียม ทำหน้าที่แยกสัญญาณที่รับได้จากจานสายอากาศออกเป็น 3 ทาง โดยมีความแรงของสัญญาณเท่าๆ กัน เครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม ทำหน้าที่รับสัญญาณดาวเทียมมาประมวลผล ให้ได้สัญญาณภาพรวม และสัญญาณเสียง เพื่อนำไปมอดูเลตกับความถี่วิทยุย่าน UHF ช่องต่างๆ เครื่องรวมสัญญาณโทรทัศน์ ทำหน้าที่รวมสัญญาณความถี่วิทยุย่าน UHF ที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมแต่ละช่องเข้าด้วยกัน เพื่อส่งไปในสายโคแอกเชียลเส้นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SATELLITE MASTER ANTENNA TELEVISION SYSTEM

MR.CHALERMPONG WIWACHARAGOON
MR.VINAI THOUSOMBUT
MR.SOMPOSH SAELIM
MR.SURACHIT SUWANNIPA

ADVISORS

MR.WISUIT ATIPORNTUM
MR.PRASERT KENPHUNKRO
MR.PEERAWUT SUWANJAN

1995

ABSTRACT

This thesis presents The Satellite Master Antenna Television System which consists of the three ways splitter, the three satellite receivers and the combiner. The function of three ways splitter is used to split the signal from satellite dish into three ways which have the same power. The function of satellite receiver is used to receive and process the signal from the satellite to the composite video signal and the audio signal then modulated with UHF radio frequency band in each channel.The function of combiner is used to combine the UHF radio frequency from three satellite receivers in each channel together and send them through the only one coaxial line.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือในการให้คำแนะนำ, ปรึกษา, ตลอดจนจัดหาวัสดุอุปกรณ์, เครื่องมือ, เครื่องใช้, และสถานที่ในการปฏิบัติงานจาก อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม, อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ, และอาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ ซึ่งเป็นผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์, ตลอดทั้งจากคณาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน, อาจารย์แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม, ห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, บริษัทสามารถคอร์ปอเรชั่นจำกัด (มหาชน), บริษัทไดนามิคแซทคอมจำกัด, รวมไปถึงเพื่อนๆ ทุกท่านที่ให้กำลังใจ และขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ซึ่งให้กำเนิด ซึ่งให้การสนับสนุนทางด้านกำลังใจและกำลังทรัพย์มาโดยตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ	4
2.1 กล่าวนำ	4
2.1.1 ความหมายของดาวเทียม	4
2.1.2 ประวัติความเป็นมาของระบบการสื่อสารดาวเทียม	4
2.2 ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม	5
2.2.1 ภาคอวกาศ	6
2.2.2 ภาคพื้นดิน	8
2.3 พารามิเตอร์ของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมที่สำคัญ	13
2.4 ระบบการสื่อสารด้วยดาวเทียมโดยตรง	16
2.4.1 หลักการของระบบการส่งสัญญาณด้วยดาวเทียมโดยตรง	16
2.4.2 คุณสมบัติของการรับส่งสัญญาณดาวเทียม	17
2.5 หลักการของระบบ SMATV	17
2.5.1 ความเป็นมาของระบบ SMATV	17
2.5.2 ส่วนประกอบของระบบ SMATV	21
2.5.3 ข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานออกแบบ SMATV	27
2.5.4 เทคนิคการออกแบบระบบ	27
2.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ SMATV	27
2.6.1 อุปกรณ์จานสายอากาศ	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ฟีดฮอร์น 36
2.6.3 ภาคขยายสัญญาณ LNB 40
2.6.4 สายนำสัญญาณ 41
2.6.5 อุปกรณ์แยกสัญญาณ 43
2.6.6 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม 45
2.6.7 เครื่องแปลงสัญญาณ 47
2.6.8 ฟิลเตอร์และคอมไบเนอร์ 50
2.6.9 ขั้วต่อสายเคเบิล 55
2.6.10 อุปกรณ์ขยายสัญญาณ 55
2.6.11 อุปกรณ์ลดทอนสัญญาณ 57
2.7 ปัญหาและการแก้ไขในระบบ SMATV 59
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน 61
3.1 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม 61
3.2 ภาคประมวลผลสัญญาณภาพ 66
3.2.1 วงจรจูนเนอร์ 66
3.2.2 วงจรเลือกช่องสถานี 68
3.2.2 วงจรขยายสัญญาณเบสแบนด์ 71
3.2.4 วงจรกันชนสัญญาณเบสแบนด์ 71
3.2.5 วงจรดีเอ็มฟาซีส 72
3.2.6 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน 73
3.2.7 วงจรวีดีโอแอมปลิฟายเออร์ 74
3.2.8 วงจรขยายสัญญาณด้วยทรานซีสเตอร์ 75
3.2.9 วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ 75
3.3 ภาคประมวลผลสัญญาณเสียง 76
3.3.1 วงจรกันชนสัญญาณเบสแบนด์ 76
3.3.2 วงจรกรองแถบความถี่ผ่านย่าน 5-8 MHz 77
3.3.3 วงจรขยายสัญญาณด้วยทรานซีสเตอร์ 77
3.3.4 วงจรผสมสัญญาณ 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 วงจรออสซิเลเตอร์ควบคุมด้วยแรงดัน 79
3.3.6 วงจรกรองแถบความถี่ผ่านย่าน 10.7 MHz 79
3.3.7 วงจรเอฟเอ็มดิเทคเตอร์ 80
3.3.8 วงจรปรับความถี่โดยอัตโนมัติ 82
3.3.9 วงจรกันชนสัญญาณเสียง 82
3.3.10 วงจรขยายสัญญาณเสียงแบบมีดีเอ็มฟาซีสในตัว 83
3.3.11 วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ 84
3.4 ภาคจ่ายไฟ 85
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง 87
4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 88
4.2 ขั้นตอนการทดลอง 88
4.2.1 ภาคจูนเนอร์ 88
4.2.2 ภาควีดีโอ 89
4.2.3 ภาคออดิโอ 91
4.2.4 ภาคอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ 92
4.2.5 คอมไบเนอร์อาร์เอฟมอดูเลเตอร์ 94
บทที่ 5 สรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา 95
5.1 บทสรุป 95
5.2 ปัญหา 95
5.3 แนวทางแก้ไข และพัฒนา 96
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งาน 97
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์ 100
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 106
ภาคผนวก ง คู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 114
ภาคผนวก จ เอกสารประกอบและอื่นๆ 125
บรรณานุกรม 137

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบสำคัญในการรับสัญญาณดาวเทียม	18
รูปที่ 2.2 การรับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากดาวเทียม	20
รูปที่ 2.3 การรับสัญญาณโทรทัศน์จากจานรับสัญญาณดาวเทียม	20
รูปที่ 2.4 จานรับสัญญาณดาวเทียมแบบทึบ	22
รูปที่ 2.5 จานรับสัญญาณดาวเทียมแบบโปร่ง	22
รูปที่ 2.6 Linear Polarization Pattern	23
รูปที่ 2.7 อุปกรณ์รวมสัญญาณ	24
รูปที่ 2.8 อุปกรณ์แอลเอ็นบี (LNB)	25
รูปที่ 2.9 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม	25
รูปที่ 2.10 มอดูเลเตอร์	26
รูปที่ 2.11 ผังการทำงานของระบบ SMATV	26
รูปที่ 2.12 จานสายอากาศแบบพาราโบลอยด์	28
รูปที่ 2.13 สายอากาศแบบ Cassegrain	29
รูปที่ 2.14 โครงสร้างทั้งหมดของสายอากาศแบบ Cassegrain	31
รูปที่ 2.15 ลักษณะภายนอกของจานสายอากาศแบบ Axisymmetrical Dual Reflector	32
รูปที่ 2.16 การติดตั้งสายอากาศขนาดใหญ่	33
รูปที่ 2.17 การติดตั้งจานสายอากาศขนาดเล็กด้วยมุมเอียงที่มากกว่ามุมอาซิมุธ	34
รูปที่ 2.18 การติดตั้งจานสายอากาศ Dual offset แบบเคลื่อนที่ไปได้	34
รูปที่ 2.19 การติดตั้งจานสายอากาศวิธีต่างๆ	35
รูปที่ 2.20 ฟีดฮอร์นที่ความถี่ใช้งานย่าน C-Band (4-6 GHz) พร้อมกับ LNB	37
รูปที่ 2.21 ลักษณะของสัญญาณที่มีขั้วคลื่นเป็นแบบวงกลม	39
รูปที่ 2.22 สายทวินลีด	42
รูปที่ 2.23 สายโคแอกเชียล	42
รูปที่ 2.24 สายโคแอกเชียลแบบต่างๆ	43
รูปที่ 2.25 การแยกสัญญาณของสปลิตเตอร์	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.26 หลักการทำงานของแชลแนลคอนเวอร์เตอร์ 48
รูปที่ 2.27 ลักษณะในการกรองความถี่ 51
รูปที่ 2.28 การใช้คอมไบเนอร์ 51
รูปที่ 2.29 วงจรฟิลเตอร์แบบต่างๆ 53
รูปที่ 2.30 วงจรเรโซแนนท์แบบโพรง 53
รูปที่ 2.31 วงจรเรโซแนนท์แบบลายปรินท์ 54
รูปที่ 2.32 หัวต่อแบบต่างๆ 55
รูปที่ 2.33 ตัวลดทอนกำลังที่ใช้ความต้านทานธรรมดา 58
รูปที่ 2.34 ตัวลดทอนสัญญาณแบบโคแอกเชียล 59
รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม 61
รูปที่ 3.2 ผังการทำงานของภาคจูนเนอร์ 62
รูปที่ 3.3 ผังการทำงานของวงจรจูนเนอร์ของบริษัท แฟร์ไชด์ 66
รูปที่ 3.4 วงจรเลือกช่องสถานี 70
รูปที่ 3.5 วงจรขยายสัญญาณเบสแบนด์ 71
รูปที่ 3.6 วงจรกันชนสัญญาณเบสแบนด์ 72
รูปที่ 3.7 วงจรดีเอ็มฟาซีส 72
รูปที่ 3.8 วงจรโลว์พาสฟิลเตอร์ 73
รูปที่ 3.9 วงจรวีดีโอแอมปลิฟายเออร์ 74
รูปที่ 3.10 วงจรขยายสัญญาณ 75
รูปที่ 3.11 วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ 76
รูปที่ 3.12 วงจรกันชนสัญญาณเบสแบนด์ 76
รูปที่ 3.13 วงจรกรองแถบความถี่ผ่านที่มีความถี่ย่าน 5-8 MHz 77
รูปที่ 3.14 วงจรขยายสัญญาณ 77
รูปที่ 3.15 วงจรผสมสัญญาณ 78
รูปที่ 3.16 วงจร VCO 79
รูปที่ 3.17 วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ 10.7 MHz 80
รูปที่ 3.18 วงจรเอฟเอ็มดิเทคเตอร์ 80
รูปที่ 3.19 วงจร AFT 82
รูปที่ 3.20 วงจรกันชน 83

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.21 วงจรขยายสัญญาณเสียง 84
รูปที่ 3.22 วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ 85
รูปที่ 3.23 วงจรภาคจ่ายไฟ 86
รูปที่ 4.1 การต่อระบบ SMATV 87
รูปที่ 4.2 สัญญาณเบสแบนด์ที่วัดด้วยเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม 89
รูปที่ 4.3 สัญญาณเบสแบนด์ที่วัดจากวงจรกันชน 90
รูปที่ 4.4 สัญญาณเบสแบนด์ที่ผ่านวงจรดีเอ็มฟาซีส 91
รูปที่ 4.5 สัญญาณซับแคเรียร์ของเสียง 92
รูปที่ 4.6 สัญญาณความถี่ไอเอฟ 10.7 MHz 93
รูปที่ 4.7 สัญญาณการมอดูเลตของอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ของเครื่องรับเครื่องที่ 1 94
รูปที่ 4.8 สัญญาณการมอดูเลตของอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ของเครื่องรับเครื่องที่ 2 95
รูปที่ 4.9 สัญญาณการมอดูเลตของอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ของเครื่องรับเครื่องที่ 3 96
รูปที่ 4.10 สัญญาณอาร์เอฟจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมทั้งสามเครื่องรวมกัน 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ย่านความถี่ของดาวเทียม	8
ตารางที 2.2 แสดงค่า Noise Figure	41
ตารางที่ 2.3 การแปลงช่องสัญญาณในย่าน 1 กับ ย่าน 3 และ ย่าน 3 กับ ย่าน 4	49
ตารางที่ 3.1 การทำงานของวงจรเลือกช่องสถานี	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบัน, วิวัฒนาการทางด้านการสื่อสารด้วยไฟฟ้า ได้เข้ามามีบทบาทในงานด้านต่างๆ มากมาย และยังเป็นที่ยอมรับกันว่า ระบบสื่อสารมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศเป็นอย่างยิ่ง โดยระบบการสื่อสารที่ดีจะช่วยให้การติดต่อสื่อสารมีความสะดวกรวดเร็ว และถูกต้อง ข้อมูลข่าวสารที่ถูกนำมาใช้ร่วมกับระบบสื่อสารมีด้วยกันมากมาย ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลที่เป็นตัวเลข, ตัวอักษร, เสียง, ภาพ หรือทั้งภาพทั้งเสียงพร้อมกัน ซึ่งวิวัฒนาการทางด้านระบบการสื่อสารก็พัฒนามาเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบัน มีระบบการสื่อสารอีกประเภทหนึ่งที่สามารถรองรับข้อมูลในลักษณะต่างๆ รวมทั้งให้บริการข่าวสารต่างๆ ได้อย่างครอบคลุม นั่นก็คือ การสื่อสารผ่านดาวเทียม (Satellite Communication)

ทางด้านการบริการส่งสัญญาณแพร่ภาพโทรทัศน์นั้น ในปัจจุบันก็มีการส่งสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม โดยสถานที่ใดมีเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมและจานสายอากาศพร้อมอุปกรณ์ประกอบก็จะสามารถรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมได้ ซึ่งในปัจจุบันก็มีหลายดวงด้วยกันที่ให้บริการทั้งข่าวสารและความบันเทิง ดังเช่น รายงานข่าวต่างประเทศ, สารคดีทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, รายการกีฬา, ดนตรี, ภาพยนตร์ และอื่นๆ ทำให้เกิดความนิยมอย่างกว้างขวางในการที่จะติดตั้งระบบเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม เนื่องจากว่าข่าวสารและความบันเทิงที่รับมามีความทันสมัยและทันต่อเหตุการณ์

ในปัจจุบัน, ในประเทศไทย มีผู้รับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมเป็นจำนวนมาก โดยดูได้จากจำนวนจานสายอากาศรับสัญญาณดาวเทียมที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก และรวมทั้งบนตึกสูงๆ ก็ปรากฏจานรับสัญญาณดาวเทียมเป็นจำนวนมากเช่นกัน ทำให้มองดูแล้วไม่สวยงาม เนื่องจากว่าในการรับชมรายการโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม 1 ดวงนั้น จะต้องมีสายอากาศและเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม 1 ชุด รวมทั้งถ้าเป็นการติดตั้งบนตึกที่เป็นบ้านพักอาศัย, คอนโดมิเนียม, โรงแรม หรือสถานที่ราชการที่มีจำนวนห้องมาก และแต่ละห้องต้องการที่จะติดตั้งเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม ก็ทำให้ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากขึ้น ดังนั้น ถ้าสามารถลดจำนวนจานสายอากาศให้น้อยลงได้ ก็จะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายลงอย่างมากอีกทั้งยังแก้ปัญหาเรื่องความไม่สวยงามได้อีกด้วย

ด้วยความสำคัญของการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม และปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้น ทางกลุ่มผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ จึงมีแนวความคิดที่จะทำชุดเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมขึ้นจำนวน 3 เครื่อง โดยสัญญาณที่รับได้จากเครื่องรับทั้ง 3 เครื่องนี้จะถูกนำมาผสมสัญญาณความถี่ทั้งภาพและเสียง โดยใช้จานรับสัญญาณดาวเทียมเพียงชุดเดียว และสามารถแยกสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมได้ 3 ช่องที่เครื่องรับโทรทัศน์ และเรียกปริญญานิพนธ์นี้ว่า ระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม (Satellite Master Antenna Television System : SMATV)

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้จัดทำขึ้นเพื่อจัดสร้างระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม โดยการจัดทำเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมจำนวน 3 เครื่อง ซึ่งรับสัญญาณจากจานสายอากาศจานเดียวกัน แล้วนำสัญญาณที่รับได้มาผ่านกระบวนการต่างๆ ทำให้ได้คลื่นพาหะย่อยของสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงออกมา แล้วนำเอาคลื่นพาหะย่อยของสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงผสมเข้ากับคลื่นพาหะหลักในย่านความถี่ UHF ในช่องสัญญาณความถี่โทรทัศน์ช่อง 30-39 โดยเครื่องรับแต่ละเครื่องจะผสมคลื่นพาหะย่อยสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงเข้ากับคลื่นพาหะหลักในช่องสัญญาณความถี่โทรทัศน์ช่องต่างๆ กัน จากนั้น จึงนำสัญญาณคลื่นพาหะที่ผ่านการผสมแล้วนั้นมารวมกันแล้วส่งไปในสายเคเบิลแกนร่วมเส้นเดียวกัน เพื่อส่งไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ ซึ่งเครื่องรับโทรทัศน์เครื่องหนึ่งๆ จะสามารถรับชมรายการโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมได้ 3 รายการ โดยการเลือกช่องโทรทัศน์ที่ได้ตั้งช่องไว้แล้ว

1.3 ขอบเขตของการทำปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ มีขอบเขตเพื่อที่จะศึกษาถึงระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วมขนาดย่อม ซึ่งมีวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้ในสถานที่ ที่มีห้องจำนวนน้อยๆ หรือมีผู้ใช้จำนวนไม่มากเท่านั้น หากต้องการนำไปใช้กับสถานที่ ที่มีจำนวนผู้ใช้มากขึ้น สามารถทำได้โดยการเพิ่มจำนวนของเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม และเพิ่มอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ เข้าไป เพื่อให้ระบบทำงานด้วยความสมบูรณ์ได้

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ เพื่อการค้า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการพัฒนาและปรับปรุงระบบการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม ซึ่งเครื่องรับโทรทัศน์ทั้ง 3 เครื่องจะแยกอิสระต่อกัน โดยใช้เครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมเป็นตัวแยกช่อง ทำให้ได้ระบบการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่มีความประหยัด, สะดวก และสวยงามในการติดตั้ง รวมทั้งทำให้มีความรู้ ความเข้าใจ และทักษะเพิ่มขึ้นในการศึกษา และสร้างระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม

1.5 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาโดยสังเขปของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 บทนำ บทนี้กล่าวถึงความเป็นมา, หลักการและเหตุผล, ความสำคัญ และเนื้อหาโดยสังเขปของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ บทนี้กล่าวถึงทฤษฎี และหลักการของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม และอุปกรณ์การรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม รวมทั้งหลักการของระบบ SMATV และอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ SMATV

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน บทนี้กล่าวถึงการออกแบบ,การสร้าง, วิธีการทำงานของเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมในแต่ละภาค และระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง บทนี้กล่าวถึงการทดลอง และผลการทดลองของชุดรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม และส่วนของการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และการพัฒนา บทนี้กล่าวสรุปถึงการทำงาน, ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม, และแนวทางการแก้ไขและพัฒนาชุดเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และหลักการ

2.1 กล่าวนำ

ในปัจจุบัน การสื่อสารผ่านดาวเทียมได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อระบบการสื่อสารโทรคมนาคมเป็นอย่างมาก ทั้งการสื่อสารระหว่างประเทศและภายในประเทศ เช่น การสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์ , การถ่ายทอดสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ และการศึกษาทางไกล เป็นต้น

2.1.1 ความหมายของดาวเทียม

คำว่า ดาวเทียม มาจากคำว่า แซทเทลไลซ์ (Satellite) ในขณะที่รากศัพท์เดิมของคำว่าแซทเทลไลซ์ หมายถึง วัตถุที่มีการโคจรหรือหมุนรอบตัวเองอยู่ในจักรวาล ดวงดาวที่อยู่ในชั้นฟ้าเหล่านี้มีพลังงานจากแสงอาทิตย์ หรือพลังงานโซล่าร์ตามธรรมชาติของตัวเอง เช่นเดียวกับโลกและดาวนพเคราะห์อื่นๆ ที่โคจรอยู่ในระบบสุริยจักรวาล และมีดวงจันทร์เปรียบเสมือนเป็นแซทเทลไลซ์ของโลกโดยธรรมชาติ ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าคำว่า แซทเทลไลซ์ ตามความหมายของภาษาเดิมหมายถึงดาวบริวารนั่นเอง

2.1.2 ประวัติความเป็นมาของระบบสื่อสารดาวเทียม

การสื่อสารสัญญาณเสียงผ่านดาวเทียม เป็นที่ยอมรับครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1958 กับดาวเทียมที่เรียกว่า SCORE ซึ่งการส่งสัญญาณเสียงไปยังดาวเทียมนั้น สัญญาณเสียงจะถูกเก็บไว้ในเทปบนสถานีภาคพื้นดินก่อนจะทำการส่งซ้ำครั้งต่อไป

ในปี ค.ศ. 1960 ดาวเทียม BCHOI ถูกส่งเข้าสู่วงโคจร โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นสะท้อนคลื่นแบบพาสซีพสำหรับทดสอบการเดินทางและเทคนิคการส่งคลื่นถึง 30 เมตร ดาวเทียมแบบพาสซีพนี้จะไม่นำมาใช้ในเชิงธุรกิจ เนื่องจากใช้กำลังส่งที่สูงมาก และมีความจุปริมาณข่าวสารการให้บริการได้น้อย

ในปี ค.ศ. 1962 ดาวเทียมสื่อสารแบบแอคทีฟชื่อ TELSTAR ถูกส่งเข้าสู่วงโคจร โดยดาวเทียมนี้ทำการรับสัญญาณที่ส่งมาในแถบความถี่ย่าน 6 GHz แล้วทำการแปลงความถี่ลงเหลือในย่าน 4 GHz เพื่อส่งกลับลงมาที่สถานีภาคพื้นดิน และหลังจากนั้นดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYNCOM I-III ก็ถูกส่งขึ้นเหนือมหาสมุทรแอตแลนติก ในวงโคจรค้างฟ้า (Clarke Orbit หรือ Geostionary Orbit) และในปี ค.ศ. 1964 องค์กรการสื่อสารดาวเทียมสากล (International Telecommunication Satellite Consortium : INTELSAT) ได้ทำการส่งดาวเทียม INTELSAT I เข้าสู่วงโคจร และเปิดให้บริการในปี ค.ศ. 1965 จำนวน 240 วงจร และสามารถทำการส่งสัญญาณโทรทัศน์ได้ด้วย จากนั้นสหภาพโซเวียตก็ทำการส่งดาวเทียมในชุดชื่อ MOLNYA ขณะเดียวกัน INTELSAT IV, IVA ก็มีวงจรโทรศัพท์จากเดิม 240 วงจร เพิ่มขึ้นเป็น 30,000 วงจร และสำหรับสัญญาณดิจิตอลขนาด 64 kb/s และช่องสัญญาณสำหรับโทรทัศน์เพิ่มขึ้นอีกหลายช่อง ซึ่งจากเดิม INTELSAT I มีเพียงช่องเดียว

ส่วนในทวีปยุโรปมีดาวเทียมชื่อ EUTELSAT, ARABSAT และมี ANIK ของแคนาดา และ PALAPA ของอินโดนีเซีย และมีดาวเทียมที่ออกแบบมาเพื่อการให้บริการสำหรับการสื่อสารเคลื่อนที่ทางน้ำ สามารถขยายการให้บริการทางอากาศ และการเคลื่อนที่ทางภาคพื้นดินได้อีกด้วย ซึ่งเรียกดาวเทียมดวงนี้ว่า MARECS ถูกพัฒนาและออกแบบโดย INMARSAT และในดาวเทียม INTELSAT V ก็มีบริการเหล่านี้อยู่ด้วย

2.2 ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม

การสื่อสารผ่านดาวเทียมเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อระบบการสื่อสารโทรคมนาคมเมื่อนักวิทยาศาสตร์ได้วิจัย ออกแบบ และสร้างดาวเทียม และสามารถส่งดาวเทียมเข้าสู่วงโคจรเพื่อทดลองใช้ในการสื่อสารเป็นผลสำเร็จในปี ค.ศ. 1958 หลังจาก Arther C. Clarke นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ เสนอแนวความคิดง่ายๆ ที่จะนำเอาสถานีถ่ายทอดสัญญาณวิทยุไปลอยอยู่ในท้องฟ้า และรับสัญญาณวิทยุจากสถานีภาคพื้นดิน ในปี ค.ศ. 1945 ซึ่งต่อมาแนวความคิดนี้ ได้นำไปสู่วงโคจรที่สำคัญต่อการสื่อสารผ่านดาวเทียมในปัจจุบันนั่นคือวงโคจรค้างฟ้า

การสื่อสารผ่านดาวเทียม แบ่งองค์ประกอบออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญ คือ

1. ภาคอวกาศ (Space Segment)
2. ภาคพื้นดิน (Ground Segment)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ภาคอวกาศ

ดาวเทียมที่ถูกส่งขึ้นไปอยู่บนวงโคจรในอวกาศตามตำแหน่งที่ต้องการ จะมีส่วนประกอบสำคัญในการติดต่อสื่อสารที่ทำหน้าที่รับส่งสัญญาณสื่อสารกับสถานีภาคพื้นดิน ได้แก่ ทรานสปอนเดอร์ (Transponder), แผงโซลาร์เซลล์ซึ่งเป็นส่วนที่สร้างพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้ในอุปกรณ์สื่อสารบนดาวเทียม และระบบการควบคุมให้ตัวดาวเทียมสามารถโคจรอยู่ในอวกาศในตำแหน่งที่ถูกต้องและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจนกว่าจะหมดอายุการใช้งาน นอกจากนี้ยังรวมไปถึงสถานีควบคุมการทำงานของดาวเทียมภาคพื้นดิน หรือที่เรียกว่า TT & C (Telemety Tracking And Command Facility) ด้วย

ดาวเทียมที่ส่งขึ้นไปโคจรเหนือผิวโลก แบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. ดาวเทียมแบบโคจรตามยถากรรม เป็นดาวเทียมรุ่นแรกๆ ที่มนุษย์ส่งขึ้นไปโคจรเหนือพื้นผิวโลก ดาวเทียมแบบนี้แต่ละดวงมีวงโคจรของตัวเองแตกต่างกันไป และมีระดับความสูงที่แตกต่างกันด้วย เป็นดาวเทียมที่บังคับวงโคจรและระดับความสูงไม่ได้

2. ดาวเทียมแบบเฟส เป็นดาวเทียมที่มีแนวทางโคจรแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ที่จะให้ดาวเทียมโคจรผ่านตำแหน่งไหน เช่น โคจรตามแนวเส้นศูนย์สูตร, โคจรเอียงเป็นมุม 30 องศากับเส้นศูนย์สูตร, โคจรผ่านขั้วโลก เป็นต้น ดาวเทียมแบบนี้เป็นระบบดาวเทียมที่บังคับเส้นทางการโคจรได้ ดังเช่น ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร, ดาวเทียมทำจารกรรม ซึ่งจะโคจรอยู่ในระดับความสูงประมาณ 800 กิโลเมตร

3. ดาวเทียมแบบโคจรอยู่กับที่ เป็นดาวเทียมที่ใช้เพื่อการติดต่อสื่อสาร โดยส่งขึ้นไปให้มีระดับความสูงประมาณ 35,860 กิโลเมตร โคจรตามแนวเส้นศูนย์สูตรไปทางทิศตะวันออก มีความเร็วในการโคจรรอบโลกครบหนึ่งรอบเท่ากับโลกหมุนรอบตัวเองหนึ่งรอบพอดี ดังนั้น เมื่อสังเกตดูดาวเทียมจากพื้นโลก ณ จุดใดจุดหนึ่ง จึงดูเสมือนว่าดาวเทียมลอยนิ่งอยู่กับที่

การโคจรของดาวเทียมแบ่งตามลักษณะการโคจรได้ 3 ประเภท คือ

1. วงโคจรในแนวขั้วโลก (Polar Orbit) วงโคจรจะมีลักษณะเป็นวงกลม โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในแนวขั้วโลก การใช้งานของดาวเทียมที่อยู่ในวงโคจรดังกล่าว ได้แก่ การสำรวจทรัพยากรธรณี, การอุตุนิยมวิทยา, การนำร่อง และระบบสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่สามารถติดต่อสื่อสารได้ทั่วโลก เป็นต้น และอาจกล่าวได้ว่า เป็นวงโคจรลักษณะเดียวที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถให้พื้นที่การบริการครอบคลุมได้ทั่วโลกจริงๆ โดยใช้กลุ่มดาวเทียมโคจรในวงโคจรในแนวขั้วโลกที่ตำแหน่งทางเวลาและทางมุมที่ผสานสอดคล้องกัน

2. วงโคจรในแนวเอียง (Inclined Orbit) วงโคจรลักษณะนี้มีอยู่ด้วยกันจำนวนมาก แตกต่างกันไปตามความเอียงหรือมุมที่ทำกับระนาบศูนย์สูตร และความรีของวงโคจรว่ามีมากน้อยเพียงใด ระยะของดาวเทียมจะอยู่ไกลสุดจากพื้นโลกประมาณ 35,600 กิโลเมตร และใกล้สุดจากพื้นโลกประมาณ 3,960 กิโลเมตร วงโคจรนี้มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่สามารถให้พื้นที่บริการที่บริเวณละติจูดสูงหรือต่ำมากๆ ได้ หรืออาจครอบคลุมพื้นที่ขั้วโลกได้ด้วย เช่น วงโคจร Molnya และวงโคจร Tundra ซึ่งนิยมใช้งานในด้านการนำร่อง, อุตุนิยมวิทยา, การสำรวจทรัพยากรธรณี, และการสื่อสารในแถบขั้วโลก เป็นต้น

3. วงโคจรในแนวเส้นศูนย์สูตร (Equatorial Orbit) เป็นวงโคจรที่อยู่บนระนาบเดียวกับแนวเส้นศูนย์สูตรของโลกจะมีลักษณะการโคจรเป็นรูปวงกลม เช่น วงโคจรค้างฟ้า ซึ่งมีความสูงประมาณ 35,860 กิโลเมตร จากพื้นโลก มีคาบการโคจร 24 ชั่วโมง ทำให้การโคจรของดาวเทียมบนวงโคจรนี้ มีความเร็วเชิงมุมเท่ากับการหมุนรอบตัวเองของโลกพอดี ผลที่เกิดขึ้นก็คือ เมื่อมองดาวเทียมบนวงโคจรนี้จากจุดใดจุดหนึ่งบนโลก จะพบว่าดาวเทียมเสมือนหนึ่งคงตำแหน่งอยู่กับที่ ประโยชน์ที่ได้รับจากวงโคจรนี้ก็คือ เมื่อเราหันจานสายอากาศรับส่งสัญญาณของสถานีภาคพื้นดินไปยังดาวเทียมค้างฟ้าที่ต้องการแล้ว ไม่จำเป็นต้องปรับแต่งมุมของจานสายอากาศอีกตลอดการใช้งาน นอกจากนี้ยังสามารถสร้างพื้นที่ครอบคลุมให้บริการขนาดใหญ่มาก โดยสามารถคลุมพื้นที่ได้กว่า 1 ใน 3 ของโลก ทำให้เราสามารถสร้างเครือข่ายสื่อสารทั่วโลก (Global Communications Network) ขึ้นได้

หน่วยงานกำหนดตำแหน่งและจำนวนดาวเทียมบนวงโคจรค้างฟ้า

ตำแหน่งของดาวเทียมจะถูกควบคุมโดยสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ หรือที่เรียกกันว่า ITU (International Telecommunication Union) โดยมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. BR (Radio Communication Bureau) ทำหน้าที่ประสานงานในการจดทะเบียนระบบดาวเทียม, จองตำแหน่งที่จะส่งดาวเทียมไปโคจร ณ วงโคจรค้างฟ้า

2. IFRB (International Frequency Registration Board) ทำหน้าที่ควบคุมการใช้ความถี่ในการรับส่งสัญญาณดาวเทียมของแต่ละประเทศ เพื่อป้องกันการรบกวนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่านความถี่หรือแบนด์ของดาวเทียม

ย่านความถี่ของดาวเทียมเป็นการสื่อสารในย่านความถี่ไมโครเวฟ คือ อยู่ในย่านความถี่ UHF ไปจนถึงย่าน EHF ย่านความถี่ของดาวเทียมมีการแบ่งแยกเป็นแบนด์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

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

ตารางที่ 2.1 ย่านความถี่ของดาวเทียม

2.2.2 ภาคพื้นดิน

จะมีส่วนของสถานีรับและส่งภาคพื้นดิน ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับดาวเทียม และผู้ใช้งานโดยทั่วไป ซึ่งในการส่งดาวเทียมขึ้นไปในวงโคจรนั้นทางสถานีภาคพื้นดินสามารถทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งได้สองวิธีด้วยกัน คือ ส่งโดยใช้จรวด (Rocket) หรือส่งโดยใช้ยานขนส่งอวกาศ (Space Shuttle)

สถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน

สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินในปัจจุบัน ได้รับการพัฒนาให้ใช้เทคโนโลยีทางด้านระบบดิจิตอล ทำให้มีความสามารถสูงขึ้น เช่น สามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูง ในขณะเดียวกันขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้ก็มีขนาดเล็กลง และสามารถทำงานในสภาพแวดล้อมทั่วไป

ส่วนประกอบของสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. อุปกรณ์จานสายอากาศ (Antenna System)
2. อุปกรณ์เครื่องรับส่งความถี่วิทยุ (RF Subsystem)
3. อุปกรณ์แปลงสัญญาณคลื่นวิทยุ (RF/IF Subsystem)
4. อุปกรณ์ MODEM (Modulator/Demodulator)

1. อุปกรณ์จานสายอากาศ

จานสายอากาศที่ใช้ในการสื่อสารผ่านดาวเทียมเป็นส่วนสำคัญต่อการรับส่งสัญญาณอย่างมาก เนื่องจากสัญญาณที่ส่งขึ้นดาวเทียมต้องส่งขึ้นไปเป็นลำที่แคบตรงไปยังตำแหน่งตัวดาวเทียมได้อย่างถูกต้อง จานสายอากาศต้องมีความสามารถในการรวมพลังงานไปในทิศทางที่ตรงกับตัวดาวเทียมด้วยเช่นกัน และในทำนองเดียวกัน จานสายอากาศต้องมีความสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้พลังงานที่สูงพอสำหรับการใช้งานในภาครับด้วย จานสายอากาศนี้จะต้องถูกออกแบบให้มีสัญญาณรบกวนต่ำ และต้องมีสัญญาณที่แพร่ออกด้านข้างของจาน (Side Lobe) ต่ำ เพื่อไม่ให้รบกวนดาวเทียมดวงที่อยู่ใกล้กัน

สำหรับจานสายอากาศขนาดใหญ่ควรจะมีเครื่องมือในการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม (Tracking System) เนื่องจากโดยปกติดาวเทียมจะมีการเคลื่อนที่ไปมาอยู่ตลอดเวลา ซึ่งถ้าจานสายอากาศขนาดใหญ่มีลำสัญญาณแคบและคมมาก จะมีผลต่อการรับส่งสัญญาณแม้ว่าดาวเทียมจะมีการเคลื่อนที่ไปเพียงเล็กน้อย

ลักษณะทั่วไปของจานสายอากาศ จะประกอบด้วยองค์ประกอบหลักๆ 3 ส่วน คือ

1.1 แผ่นสะท้อนคลื่น (Reflector) มีลักษณะเป็นรูปทรงพาราโบลา ซึ่งจะทำหน้าที่สะท้อนคลื่นที่รับได้รวมเข้าไว้ที่จุดโฟกัสในด้านรับ และทำหน้าที่สะท้อนคลื่นที่ส่งออกจากจุดโฟกัสเป็นลำออกไปยังดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 อุปกรณ์รับและป้อนสัญญาณ (Antenna Feed) เป็นอุปกรณ์ซึ่งติดตั้งที่ตำแหน่งจุดโฟกัสของจานสายอากาศ ซึ่งทำหน้าที่กระจายคลื่นที่มาจากเครื่องส่งไปยังแผ่นสะท้อนคลื่น และรับคลื่นที่สะท้อนมาจากแผ่นสะท้อนคลื่นเข้าภายในตัวฟีด ซึ่งภายในฟีดฮอร์นจะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า OMT (Orthogonal Mode Transducer) ทำหน้าที่แยกคลื่นด้านรับและด้านส่งออกจากกัน เพื่อป้องกันมิให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณในด้านส่งและด้านรับจะมีโพลาไรซ์ที่ต่างกัน

ชนิดของอุปกรณ์รับและป้อนสัญญาณ มีอยู่สองชนิดคือ Linear Feed และ Circular Feed ซึ่งแบ่งตามวิธีการส่งสัญญาณตามชนิดของโพลาไรเซชั่น

1.3 อุปกรณ์ลดการรบกวนจากด้านส่ง (Transmit Reject Filter) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นวงจรกรองแถบความถี่ (Bandpass Filter) ซึ่งจะยอมให้สัญญาณคลื่นความถี่ด้านรับผ่านไปได้ และกันสัญญาณที่มีความถี่ด้านส่งไม่ให้ย้อนเข้าไปยังภาครับสัญญาณ เพื่อป้องกันอุปกรณ์ด้านรับที่ทำงานกับสัญญาณที่มีกำลังต่ำเกิดความเสียหายจากกำลังส่งสัญญาณจากอุปกรณ์เครื่องส่ง

ชนิดของจานสายอากาศที่ใช้งานสำหรับสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินในปัจจุบันมีหลายแบบด้วยกัน ตัวอย่าง เช่น

จานสายอากาศแบบพาราโบลา (Prime Focus Paraboloidal Antenna) มีลักษณะของตัวสะท้อนสัญญาณรูปทรงพาราโบลาซึ่งมีจุดรวมสัญญาณที่ตำแหน่งติดตัวฟีดฮอร์น ตัวฟีดฮอร์นจะต่อไปยังเครื่องขยายสัญญาณภาครับที่มีคลื่นรบกวนต่ำ (Low Noise Amplifier : LNA) และเครื่องขยายกำลังสูงภาคส่ง (High Power Amplifier : HPA) โดยมีอุปกรณ์นำคลื่นความถี่สูงที่แยกระหว่างสัญญาณส่งและสัญญาณรับ หรือ OMT, ตัว OMT นี้จะทำให้สัญญาณในภาคส่งและภาครับไม่รบกวนซึ่งกันและกัน จานสายอากาศชนิดที่ติดตั้งฟีดฮอร์นที่จุดศูนย์กลางนี้นิยมนำมาใช้สำหรับจานสายอากาศชนิดรับสัญญาณด้านเดียว

จานสายอากาศแบบแคสเซ็กเกรน (Cassegrain Antenna) เป็นจานสายอากาศที่มีตัวสะท้อนสัญญาณสองส่วน ประกอบด้วยตัวสะท้อนสัญญาณหลัก (Main Reflector) เป็นรูปทรงพาราโบลิค และมีตัวสะท้อนสัญญาณรอง (Sub Reflector) อยู่ที่จุดศูนย์กลางของตัวสะท้อนสัญญาณหลัก ตัวสะท้อนสัญญาณส่วนที่สองนี้จะสะท้อนสัญญาณที่สะท้อนมาจากตัวสะท้อนสัญญาณหลักอีกต่อหนึ่ง แล้วส่งสัญญาณดังกล่าวไปยังตัวฟีดฮอร์นที่ติดอยู่กลางฐานของแผ่นสะท้อนหลัก การออกแบบจานสายอากาศลักษณะนี้ใช้สำหรับจานสายอากาศขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งทำให้การติดตั้งอุปกรณ์ฟีดฮอร์นกับตัวจานทำได้ง่าย รวมไปถึงการบำรุงรักษาด้วย นอกจากนี้ยังสามารถรับสัญญาณที่ความแม่นยำสูง, ให้อัตราการขยายสัญญาณในการรับส่งสูงกว่า, มีอุณหภูมิสัญญาณรบกวน (Noise Temperature) ต่ำ และมีทิศทางของสัญญาณที่เที่ยงตรงกว่า เนื่องจากสามารถยึดตัวฟีดกับฐานของจานได้แน่นหนากว่า

จานสายอากาศแบบออฟเซ็ท (Offset Antenna) เป็นจานสายอากาศที่มีตัวสะท้อนสัญญาณที่เป็นส่วนหนึ่งของพาราโบลา มีการติดตั้งตัวฟีดฮอร์นที่ตำแหน่งจุดโฟกัสของตัวสะท้อนสัญญาณหลักรูปพาราโบลา โดยที่ตัวฟีดจะไม่บังบริเวณด้านหน้าของจานสายอากาศ (Aperture) ที่หันรับสัญญาณจากดาวเทียมโดยตรง จานสายอากาศชนิดนี้จะนำมาใช้มากกับสถานีภาคพื้นดินขนาดเล็ก (Very Small Aperture Terminal : VSAT)

2. อุปกรณ์เครื่องรับส่งความถี่วิทยุ

การสื่อสารผ่านดาวเทียมทำงานได้โดยใช้คลื่นวิทยุในย่านความถี่ต่างๆ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ต้องสามารถใช้งานได้ในย่านความถี่ที่ใช้งานนั้นๆ ด้วย อุปกรณ์ในภาคนี้จะทำหน้าที่รับส่งสัญญาณความถี่วิทยุที่ใช้งานเป็นหลัก ซึ่งประกอบด้วย

2.1 อุปกรณ์ขยายสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ (Low Noise Amplifier : LNA) เป็นส่วนที่ใช้สำหรับขยายสัญญาณที่รับจากดาวเทียม ซึ่งสัญญาณดังกล่าวจะมีกำลังงานเมื่อรับได้ที่จานต่ำมาก ดังนั้นสัญญาณดังกล่าวต้องได้รับการขยายกำลังขึ้น เพื่อส่งต่อไปยังภาครับอื่นต่อไป เครื่องขยายในส่วนนี้ต้องมีสัญญาณรบกวนต่ำ สามารถขยายส่วนที่เป็นสัญญาณอย่างแท้จริงและตัดส่วนที่เป็นคลื่นรบกวนออกไปได้อย่างดี ชิ้นส่วนสำคัญที่ใช้สร้าง LNA ในปัจจุบัน คือ ทรานซิสเตอร์ชนิด GaAs FET ซึ่งสามารถขยายสัญญาณในย่านความถี่ C-Band 3.7-4.2 GHz หรือความถี่ย่าน Ku Band 14/11 GHz ได้อย่างมีประสิทธิภาพ LNA เป็นส่วนประกอบที่มีผลต่อคุณภาพของสัญญาณที่รับได้ที่สถานีภาคพื้นดิน โดยทั่วไป LNA จะมีอุณหภูมิสัญญาณรบกวนตั้งแต่ 70 องศาเคลวิน ซึ่ง LNA ที่มีอุณหภูมิสัญญาณรบกวนต่ำจะให้ประสิทธิภาพในการรับสัญญาณที่ดีกว่า

การพัฒนาประสิทธภาพของจานสายอากาศและเทคนิคของตัวป้อน ทำให้จานสายอากาศมีอัตราการขยายสัญญาณสูงขึ้น เป็นผลให้ LNA ไม่จำเป็นต้องมีค่าอุณหภูมิสัญญาณรบกวนที่ต่ำมาก ซึ่ง LNA ที่ทำจาก GaAs FET สามารถมีอุณหภูมิสัญญาณรบกวน 110 องศาเคลวิน ที่ย่านความถี่ 4 GHz โดยใช้เครื่องขยายแบบ Uncooled Parametic สามารถ ใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสภาวะแวดล้อมปกติ โดยไม่ต้องมีการให้ความเย็นแก่ตัวอุปกรณ์ LNA เป็นพิเศษใดๆ สำหรับสถานีภาคพื้นดิน โดยทั่วไปมักจะติดตั้ง LNA ที่ตัวฟีดโดยตรงบนจานสายอากาศ

2.2 เครื่องขยายสัญญาณกำลังสูงสำหรับสถานีภาคพื้นดิน (High Power Amplifier : HPA) เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ขยายสัญญาณวิทยุย่านความถี่ที่ดาวเทียมใช้งานเพื่อส่งขึ้นไปยังดาวเทียม เครื่องขยายสัญญาณชนิดนี้มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน ตัวอย่างเช่น

Travelling Wave Tube Amplifier (TWTA) ซึ่งใช้หลักการของการถ่ายเทพลังงานที่เกิดจากอิเล็กตรอนที่สร้างขึ้นภายในหลอดสูญญากาศชนิดพิเศษ (TWT) โดยสัญญาณที่ถูกขยายนั้นถูกส่งผ่านเข้าไปยังหลอด TWT โดยผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า Helix ชุดขยายสัญญาณชนิดนี้จะใช้งานกับสถานีภาคพื้นดินทั่วไปที่มีกำลังส่งระหว่าง 50-500 วัตต์

Klystron Amplifier เป็นเครื่องขยายกำลังสูง เช่นเดียวกับ TWTA แต่ให้กำลังอัตราขยายสูงกว่า และมีประสิทธิภาพสูงกว่า แต่ให้ความกว้างแถบคลื่นความถี่ได้แคบกว่า เหมาะสำหรับการใช้งานที่ไม่ต้องการความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงความถี่ เครื่องขยายชนิดนี้มีกำลังส่ง 1-3 กิโลวัตต์

Solid State Power Amplifier (SSPA) เป็นเครื่องขยายชนิดที่ใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด GaAs FET ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการขยายที่สูงกว่า TWTA มาก แต่มีข้อเสียที่ยังไม่สามารถสร้างให้มีกำลังสูงๆ ได้ นิยมนำมาใช้กับสถานีภาคพื้นดินขนาดเล็กอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

3. อุปกรณ์แปลงสัญญาณคลื่นวิทยุ

ประกอบด้วยอุปกรณ์สองส่วนคือ Up Converter และ Down Converter

3.1 UP Converter ทำหน้าที่แปลงความถี่ย่าน IF (70MHz/140MHz) ซึ่งรับจาก Satellite Modem ให้เป็นความถี่ย่านที่ใช้งานกับระบบดาวเทียมต่างๆ เช่น ให้เป็นความถี่ย่าน C-Band (5,925-6,425 MHz) สำหรับดาวเทียมย่าน C-Band จากนั้นสัญญาณที่ได้รับการแปลงความถี่แล้วจะถูกส่งต่อให้ภาคขยายสัญญาณย่านความถี่สูงเพื่อส่งสัญญาณไปยังตัวดาวเทียมต่อไป

3.2 Down Converter ทำหน้าที่แปลงความถี่ของสัญญาณที่รับได้จาก LNA ซึ่งเป็นย่านความถี่ของดาวเทียม เช่น ย่านความถี่ C-Band (3,700-4,200 MHz) ไปเป็นความถี่ย่าน IF 70 MHz หรือ 140 MHz เพื่อส่งต่อให้แก่ภาค Demodulator ของ Satellite Modem ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อุปกรณ์ MODEM

ส่วนประกอบของภาคโมเด็มของสถานีภาคพื้นดินนี้ ทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่ต้องการส่งผ่านระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมให้อยู่ในรูปของสัญญาณคลื่นวิทยุ (Modulation) เพื่อส่งสัญญาณดังกล่าวไปยังตัวดาวเทียม และในทางกลับกัน ก็ทำการแปลงสัญญาณคลื่นวิทยุที่มีข้อมูลผสมอยู่ให้ได้เป็นข้อมูลกลับคืนมา (Demodulation) เพื่อนำไปใช้งานต่อไป สำหรับสถานีดาวเทียมในปัจจุบันจะทำงานโดยรับข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอล ที่เราเรียกว่า สัญญาณเบสแบนด์ (Baseband) ข้อมูลข่าวสารที่ผู้ใช้ต้องการส่งผ่านสถานีดาวเทียมระบบดิจิตอลนี้จะถูกเปลี่ยนให้เป็นข้อมูลดิจิตอล เช่น สัญญาณเสียงจากระบบโทรศัพท์, หรือเสียงสำหรับสัญญาณวิทยุ, สัญญาณภาพ เป็นต้น

การที่จะนำสัญญาณเบสแบนด์ซึ่งอยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอลมาส่งในระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมจะต้องทำการผสมกับคลื่นพาห์ (Carrier) เพื่อให้อยู่ในรูปสัญญาณวิทยุอนาลอก (ความถี่ย่าน 70 MHz หรือย่าน 140 MHz) ก่อน จึงส่งผ่านไปในภาค UP/Down Converter และภาคขยายสัญญาณเพื่อส่งไปยังดาวเทียมต่อไป

ในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้นนิยมใช้วิธีการมอดูเลตแบบเฟสมอดูเลชั่น(Phase Modulation) หรือ เฟสชิพคีย์อิ้ง (Phase Shift Keying : PSK) สัญญาณที่ส่งเข้าเพื่อทำการมอดูเลตจะเป็นไบนารี่และเอาต์พุตจะมีการจำกัดจำนวนเฟสของสัญญาณด้วย

2.3 พารามิเตอร์ของระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่สำคัญ

พารามิเตอร์ของระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่สำคัญ มีดังต่อไปนี้

2.3.1 อัตราการขยายของจานสายอากาศ (Antenna Gain)

จานสายอากาศที่ใช้ในการสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้น จะไม่แพร่สัญญาณออกทุกทิศทุกทาง แต่จะถูกออกแบบให้รวมสัญญาณ (Focus) เป็นลำคลื่นเพื่อส่งขึ้นสู่ดาวเทียม ซึ่งจานสายอากาศที่มีพื้นที่ของจานสะท้อนขนาดใหญ่ จะสามารถรวมกำลังงานของสัญญาณไปยังเครื่องรับได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

ส่วนประกอบที่สำคัญในระบบการส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมก็คือ EIRP หมายถึงกำลังงานที่แพร่จากจานสายอากาศซึ่งเกิดจากกำลังส่งจริงของเครื่องส่งสัญญาณและอัตราการขยายของจานสายอากาศ

2.3.3 การสูญเสียพลังงานในการส่งสัญญาณ (Transmission Loss)

ค่า EIRP เปรียบเสมือนกำลังงานที่ป้อนให้แก่ระบบการส่งสัญญาณ ดังนั้น ในการหาปริมาณพลังงานที่รับได้ที่ปลายทางนั้นจะต้องเข้าใจถึงการสูญเสียกำลังงานที่เกิดขึ้นระหว่างการส่งสัญญาณดังกล่าว ซึ่งค่าความสูญเสียบางค่าจะคงที่ และบางส่วนจะได้มาจากข้อมูลทางสถิติ หรือบางอย่างจะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศด้วย เช่น ปริมาณของเมฆ, ฝน, ลม เป็นต้น ซึ่งการสูญเสียกำลังในการส่งสัญญาณมีดังต่อไปนี้

-Free Space Loss หมายถึง การสูญเสียกำลังงานเนื่องจากการกระจายของสัญญาณในอวกาศ ซึ่งเกิดขึ้นทั้งด้านขาขึ้นและด้านขาลง

-Feeder Loss หมายถึง การสูญเสียกำลังงานเนื่องจากการเชื่อมต่อของสายนำสัญญาณภายในสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน เช่น จากท่อนำคลื่น (Waveguide), จากตัวต่อสาย (Connector) ต่างๆ เป็นต้น

-Antenna Pointing Loss หมายถึง การสูญเสียกำลังเนื่องมาจากการติดตั้งสายอากาศที่มีการปรับแต่งคลาดเคลื่อนที่เรียกว่า Off-Axis ซึ่งในการติดตั้งจานสายอากาศจะต้องมีการปรับแต่งให้ตรงกับตำแหน่งของดาวเทียมมากที่สุด เพื่อให้สามารถรับกำลังงานได้สูงสุด

-Atmospheric Loss สถานีดาวเทียมที่ติดตั้งในสถานที่ต่างๆ นั้นจะมีระยะทางซึ่งห่างจากตัวดาวเทียมไม่เท่ากัน ทำให้การเดินทางของคลื่นต้องผ่านชั้นบรรยากาศที่ไม่เท่ากันด้วย เราอาจจะอธิบายการสูญเสียกำลังงานของสถานีแต่ละสถานีที่แตกต่างกันได้จากมุมเงยของจานสายอากาศ ซึ่งเราสามารถบ่งบอกระยะทางที่คลื่นต้องเดินทางไปในบรรยากาศ ซึ่งจะส่งผลถึงการสูญเสียกำลังงานที่ไม่เท่ากันด้วยเช่นกัน นอกจากนั้นแล้ว ความถี่ที่ใช้ในการส่งคลื่นจะมีผลต่อการสูญเสียกำลังงานในการส่งสัญญาณไปในชั้นบรรยากาศอีกด้วย ข้อมูลของการสูญเสียกำลังงานจากชั้นบรรยากาศนั้น จะเป็นข้อมูลทางสถิติที่ได้จากการเก็บข้อมูลเป็นระยะๆ การสูญเสียกำลังงานเนื่องจากการดูดซับกำลังงานของชั้นบรรยากาศนั้นมีสาเหตุเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มก.
ฉ419 ร 2538

ห้องสมุด
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

มาจาก โมเลกุลของออกซิเจนในชั้นบรรยากาศ, ไอน้ำในชั้นบรรยากาศ, ฝน, ปริมาณเมฆหมอก, หิมะ และประจุอิเล็กตรอนอิสระในชั้นบรรยากาศ เป็นต้น

2.3.4 สัญญาณรบกวนของระบบ (System Noise)

สัญญาณการรบกวนของระบบ หมายถึง การรบกวนที่เกิดขึ้นภายในตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณ เนื่องจากการเคลื่อนไหวของประจุไฟฟ้าลบหรืออิเล็กตรอนภายในตัวอุปกรณ์นั้นๆ ซึ่งการรบกวนนี้เรียกว่า Thermal Noise

ปริมาณกำลังงานของสัญญาณรบกวนดังกล่าวเรียกว่า Noise Temperature ที่มีหน่วยวัดเป็นองศาเคลวิล หรือใช้หน่วยเดซิเบล (dBK) สัญญาณรบกวนของระบบที่สำคัญได้แก่

-Antenna Noise Temperature

-Amplifier Noise Temperature

2.3.5 Carrier To Noise Ratio (C/N)

การวัดประสิทธิภาพของวงจรสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้น สามารถวัดได้จากอัตราส่วนของกำลังงานของสัญญาณต่อกำลังงานของสัญญาณรบกวนที่รับได้ที่อินพุตของภาครับของสถานีดาวเทียมคือค่า C/N

2.3.6 Figure Of Merit (G/T)

การรับส่งสัญญาณในระบบของการสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้น สัญญาณที่รับได้จากจานสายอากาศของสถานีภาคพื้นดินและสัญญาณที่จานสายอากาศของดาวเทียมจะมีกำลังงานที่อ่อนมาก ดังนั้นในการออกแบบระบบ เราจึงต้องคำนึงถึงการเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ ควรที่จะมีสัญญาณรบกวนต่ำ เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการสูญเสียกำลังงานไป พารามิเตอร์ที่สามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการทำงานของภาครับ สามารถบอกได้โดยใช้อัตราการขยายของจานสายอากาศต่อ Noise Temperature

2.3.7 Energy Per Bit (Eb)

ดังที่ได้กล่าวไปในตอนต้นแล้วว่า อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนที่สถานีดาวเทียมภาครับ C/N เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญยิ่งต่อการทำงานของระบบ และเมื่อมีการนำระบบสื่อสารดาวเทียมมาใช้กับการส่งข้อมูลดิจิตอลด้วยเทคนิคของการมอดูเลตสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1525

021294

ดิจิตอล จึงทำให้เกิดความสัมพันธ์ของอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนกับค่าอัตราการผิดพลาดของบิต (Bit Error Rate : BER)

2.4 ระบบการสื่อสารด้วยดาวเทียมโดยตรง (Direct Broacasting Satellite : DBS)

ระบบการสื่อสารด้วยดาวเทียมโดยตรง เป็นระบบการสื่อสารไร้สายระบบหนึ่ง โดยจะส่งสัญญาณจากดาวเทียมโดยตรงไปยังผู้ใช้หรืออาคารบ้านเรือนที่ต้องการรับชมโดยตรงหรือผ่านเครือข่ายการสื่อสาร (Communication Satellite : CS) ก็แล้วแต่ การส่งสัญญาณจากดาวเทียมโดยตรง (DBS) เริ่มตั้งแต่สถานีส่งจะส่งสัญญาณคลื่นวิทยุจากสถานีภาคพื้นดินไปยังดาวเทียม จากนั้นดาวเทียมก็จะส่งสัญญาณกลับมายังโลกและครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการให้บริการแก่ผู้ใช้ในการรับชมสัญญาณโทรทัศน์, สัญญาณเสียงซึ่งอยู่ในรูปของ PCM (Pulse Code Modulation), สัญญาณภาพนิ่ง (Still Picture), สัญญาณเทเลเท็กซ์ (Teletext), แฟกซ์ (Facsimile) หรือสัญญาณโทรทัศน์จอภาพละเอียด (High Definition Television : HDTV) ซึ่งการส่งสัญญาณด้วยระบบดาวเทียมโดยตรงจะแตกต่างจากการส่งสัญญาณสื่อสารดาวเทียมโดยทั่วไป (CS) ตรงที่ระบบ CS จะต้องมีสถานีจัดการสัญญาณที่ยุ่งยากมากขึ้น

2.4.1 หลักการของระบบการส่งสัญญาณด้วยดาวเทียมโดยตรง

คลื่นวิทยุหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีความถี่อยู่ในย่านเอสเอชเอฟ (Super High Frequency : SHF) มีความถี่อยู่ในช่วง 3-30 GHz และความถี่ที่นำมาใช้กับดาวเทียมนั้นจะอยู่ในระดับ 6 หรือ 12 GHz โดยสถานีส่งภาคพื้นดินจะส่งสัญญาณคลื่นวิทยุดังกล่าวไปยังดาวเทียมซึ่งถูกส่งไปวงโคจรที่ระดับความสูง 35,860 กิโลเมตร จากพื้นโลกเหนือเส้นศูนย์สูตร(ดาวเทียมที่ถูกส่งออกไปในระดับความสูงดังกล่าว จะเรียกว่า "ดาวเทียมค้างฟ้า" คือ มีความเร็วสัมพัทธ์เทียบกับโลกคงที่ ซึ่งเสมือนว่าดาวเทียมอยู่กับที่ถ้าเทียบกับจุดอ้างอิงบนโลก)

เมื่อเปรียบเทียบกับการส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่ใช้ในแบบปกติซึ่งใช้ความถี่ในย่าน VHF (Very High Frequency) มีความถี่อยู่ในช่วง 300 MHz-3 GHz คลื่นวิทยุของดาวเทียมนับว่าใช้ความถี่ที่สูงกว่ามาก เนื่องด้วยดาวเทียมถูกส่งไปในระดับไกลมากจึงทำให้สัญญาณที่ส่งจากดาวเทียมกลับมายังพื้นโลกครอบคลุมพื้นที่ขนาดกว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 คุณสมบัติของการส่งรับสัญญาณดาวเทียม

1. การรับสัญญาณจากดาวเทียมบนพื้นโลก จะมีขนาดของสัญญาณที่อ่อนมาก ทั้งนี้เพราะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกส่งมาในระยะทางไกลมาก ถึงอย่างไรก็ตาม คลื่นวิทยุที่ใช้ถูกมอดูเลตในระบบ FM จึงทำให้สามารถสร้างสัญญาณให้มีรูปแบบดังเดิมได้มากที่สุด

2. การใช้คลื่นวิทยุที่มีความถี่ในย่านเอสเอชเอฟ ทำให้สัญญาณปราศจากการรบกวนจากคลื่นวิทยุอื่นๆ หรือเกิดเงาแทรกซ้อน แต่ผลของสายอากาศพาราโบลิค ถ้ามีการจับของหิมะหรือฝนตกก็จะมีผลต่อการรับสัญญาณเช่นเดียวกัน

3. สัญญาณเสียงถูกส่งด้วยระบบ PCM ซึ่งเป็นระบบดิจิตอล จึงทำให้ได้เสียงที่มีคุณภาพสูง

สำหรับย่านความถี่ของคลื่นวิทยุที่ใช้ในการสื่อสารดาวเทียม ถูกกำหนดโดยผลจากการประชุมนานาชาติ อย่างในประเทศญี่ปุ่นถูกกำหนดให้ใช้ 8 ช่องสัญญาณในย่านความถี่ 12 GHz

2.5 หลักการของระบบการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม (Satellite Master Antenna Television System : SMATV)

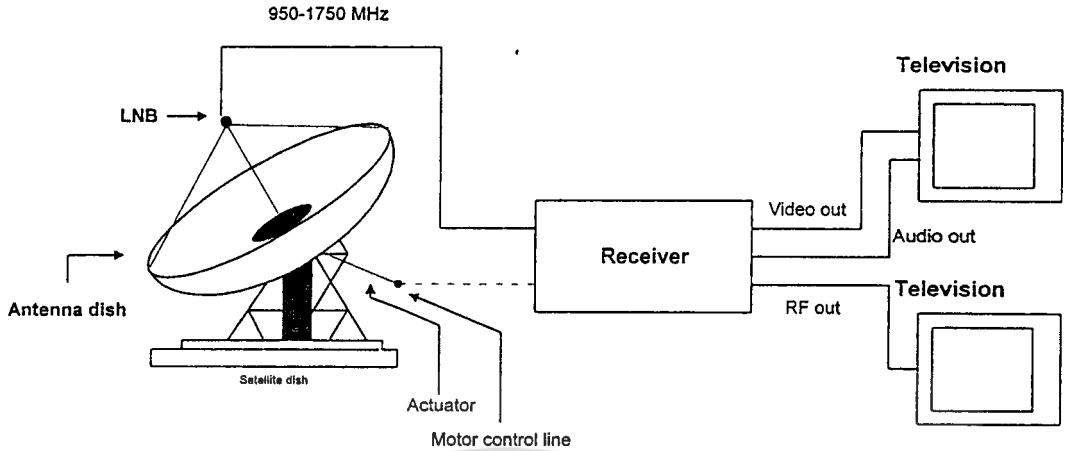
2.5.1 ความเป็นมาของระบบ SMATV

เป็นการนำเอาระบบสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียมรวมกับระบบทีวีรวม (Master Antenna Television System : MATV) เราจึงเรียกว่า Satellite Master Antenna Television System : SMATV)

ก่อนที่จะมาทำความรู้จักกับระบบ SMATV นั้นต้องมาศึกษาเกี่ยวกับระบบการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่ใช้กันตามบ้านพักอาศัยก่อนเพื่อเป็นพื้นฐาน โดยระบบการรับสัญญาณดาวเทียมตามบ้านพักอาศัย (Home Use) มี 2 แบบ คือ

1. แบบจานอยู่กับที่ (Fixed Dish)
2. แบบจานขับเคลื่อน (Movable Dish)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบสำคัญในการรับสัญญาณดาวเทียม

ส่วนประกอบที่สำคัญในการรับสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียมนั้นได้แสดงไว้แล้วดังรูปที่ 2.1 อันประกอบไปด้วยจานสายอากาศ (Antenna Dish) ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบจานอยู่กับที่ จะติดตั้งจานสายอากาศเพื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงเดียว เช่น อาจจะรับจากดาวเทียมเอเซียแซทดวงเดียว เป็นต้น ส่วนจานสายอากาศขับเคลื่อนจะมีอุปกรณ์เพิ่มขึ้นมาคือมอเตอร์ขับจาน (Actuator) ใช้ในการปรับมุมกวาด (Azimuth) ของจาน ทำให้สามารถเลือกรับสัญญาณจานดาวเทียมดวงอื่นได้ โดยการปรับมอเตอร์ขับจานไปยังมุมที่ดาวเทียมดวงนั้นอยู่ จากรูปที่ 2.1 จะเห็นว่ามีสายควบคุมมอเตอร์เขียนเป็นเส้นประไว้สำหรับกรณีที่ใช้จานแบบขับเคลื่อน

ในปัจจุบันจานรับแบบอยู่กับที่ ได้มีการปรับปรุงและพัฒนาให้สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ 2 และ 3 ดวง ที่เรียกว่า ดูโอ (Duo) และทรีโอ (Trio) ตามลำดับ สำหรับประเทศไทยในปัจจุบันก็สามารถรับสัญญาณจาก PALAPA-B2P และ ASIASAT กรณีที่ใช้จานแบบดูโอ ส่วนกรณีของทรีโอก็เพิ่ม PALAPA-B4 ขึ้นมาอีกดวง ด้วยวิธีการดังกล่าวทำให้ประหยัดราคาไปได้มากทีเดียวหากเราต้องการรับสัญญาณจากดาวเทียมเฉพาะเพียง 3 ดวงนี้ ที่ว่าประหยัดก็คือ ไม่ต้องใช้จานแบบขับเคลื่อนซึ่งมีชิ้นส่วนราคาแพงหลายตัว เช่น มอเตอร์ขับจาน, อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ (Positioner) อีกทั้งโครงสร้างก็ยุ่งยากและซับซ้อนกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของจานสายอากาศ นั้นก็คือ เป็นตัวดักรับคลื่นและสะท้อนคลื่นให้ไปรวมกันที่จุดโฟกัส หรือจุดโฟกัสของจาน ณ จุดนี้จะมีฟีดฮอร์นและ LNB ติดตั้งอยู่เพื่อรับสัญญาณที่สะท้อนมาจากจานสายอากาศ สัญญาณที่รับได้จะถูก LNB ขยายให้มีความแรงมากขึ้น ขณะเดียวกันก็ลดความถี่ลงมาให้อยู่ให้ช่วงความถี่ 950-2,050 MHz เหตุที่ต้องลดความถี่ลงมาก็เพื่อจะได้ส่งสัญญาณผ่านสายนำสัญญาณไปยังเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมในบ้าน โดยมีการสูญเสียของสัญญาณแต่น้อย เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจะถูกปรับไว้รับสัญญาณความถี่ที่ต้องการแล้วทำการถอดคลื่นพาห์ออก ให้เหลือแต่สัญญาณภาพและเสียง แล้วส่งไปให้เครื่องรับโทรทัศน์โดยผ่านทางสาย AV หรือทำการผสมคลื่นพาห์ใหม่ แล้วจึงค่อยส่งไปตามสาย RF คลื่นพาห์ที่ผสมขึ้นมาใหม่นี้มีด้วยกัน 2 ย่านคือ

- VHF-LOW BAND ช่อง 2-4
- UHF ช่อง 30-40

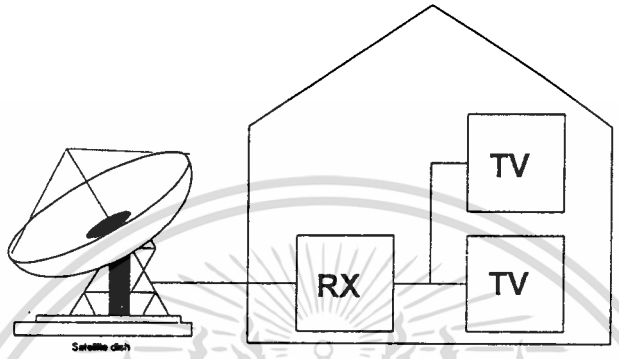
เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดปัจจุบัน โดยมากจะใช้ความถี่ย่าน UHF เป็นความถี่ขาออก

ประโยชน์ของการนำเอาระบบ SMATV ไปใช้จะสามารถมองในแง่ของความประหยัดและความสวยงาม โดยเฉพาะการรับสัญญาณดาวเทียมในอาคารใหญ่ๆ เช่น แฟลต คอนโดมิเนียม หรือแม้แต่โรงแรม ซึ่งรัฐบาลอนุญาตให้ประชาชนทั่วไปสามารถติดตั้งจานรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ ผู้อยู่ในอาคารที่พักอาศัยใหญ่ๆ ก็อยากจะรับชมสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียมบ้าง จึงเป็นปัญหาของเจ้าของอาคารขนาดใหญ่เหล่านั้นที่จะต้องหาวิธีที่จะทำให้ผู้พักอาศัยได้มีโอกาสรับชมสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียมอย่างทั่วถึงกัน ซึ่งอาจจะต้องติดตั้งจานสายอากาศจำนวนมาก และยังต้องคำนึงถึงพื้นที่ในการติดตั้งจานสายอากาศซึ่งจานสายอากาศแต่ละต้นก็มีราคาแพงและยังดูไม่สวยงาม ดังนั้นวิธีหนึ่งที่แก้ปัญหานี้คือนำเอาระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม (SMATV) มาใช้ ซึ่งในระบบ SMATV นี้จะขอกล่าวเป็น 2 ประเด็นคือ

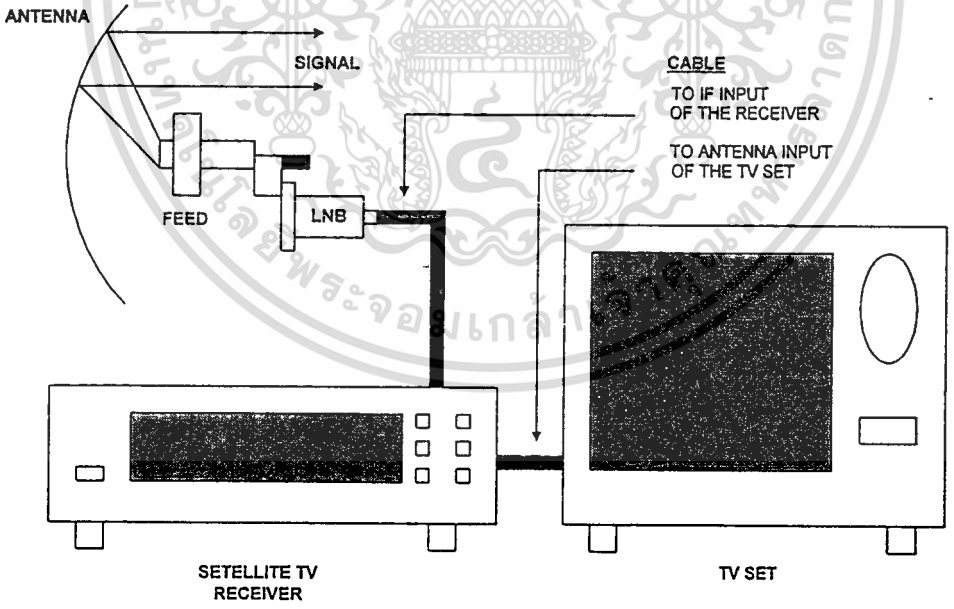
1. การรับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากดาวเทียม(Television Received Only :TVRO)
2. การรับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากดาวเทียมรวมกับระบบทีวีรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. TVRO เป็นการรับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศและเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเครื่องเดียวต่อเข้ากับเครื่องรับโทรทัศน์เพียง 1 เครื่อง หรือ 2 เครื่อง เท่านั้น ดังรูปที่ 2.2 และ รูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 การรับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากดาวเทียม



รูปที่ 2.3 การรับสัญญาณโทรทัศน์จากจานรับสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. SMATV เป็นการนำระบบการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมรวมกับระบบทีวีรวมและส่งสัญญาณทั้งสองนี้ไปในอาคารนั้น ทำให้อาคารนั้นสามารถรับชมรายการต่างๆ ทั้งรายการโทรทัศน์ภายในประเทศ และรายการโทรทัศน์จากต่างประเทศได้

2.5.2 ส่วนประกอบของระบบ SMATV

ระบบ SMATV นี้จะแยกรายละเอียดในส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ดาวเทียม
2. จานสายอากาศ
3. ฟีดฮอร์น
4. LNB
5. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม
6. มอดูเลเตอร์ (Modulator)

1. ดาวเทียม

เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่ถูกส่งขึ้นไปโคจรในระดับความสูงประมาณ 35,860 กิโลเมตร เหนือเส้นศูนย์สูตร ดาวเทียมจะหมุนหนึ่งรอบภายใน 24 ชม. ซึ่งเท่ากับความเร็ว ในการหมุนรอบตัวเองของโลกพอดี ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับโลกแล้วดาวเทียมดวงนี้จะเหมือนอยู่กับที่ ซึ่งจะทำให้การส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมสามารถทำได้สะดวก

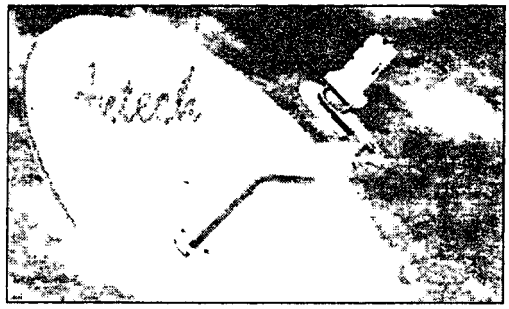
การที่เราจะรับสัญญาณจากดาวเทียมได้นั้นจะต้องมีลำบีมที่ครอบคลุมพื้นที่นั้นๆ ซึ่งเราเรียกว่า Footprints ดาวเทียมแต่ละดวงจะมี Footprints ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับย่านความถี่ของดาวเทียมดวงนั้นๆ โดยสัญญาณที่ส่งจะเข้มที่สุดตรงจุดศูนย์กลาง และจะค่อยๆ จางลงเมื่อออกห่างจากจุดศูนย์กลาง

2. จานสายอากาศ

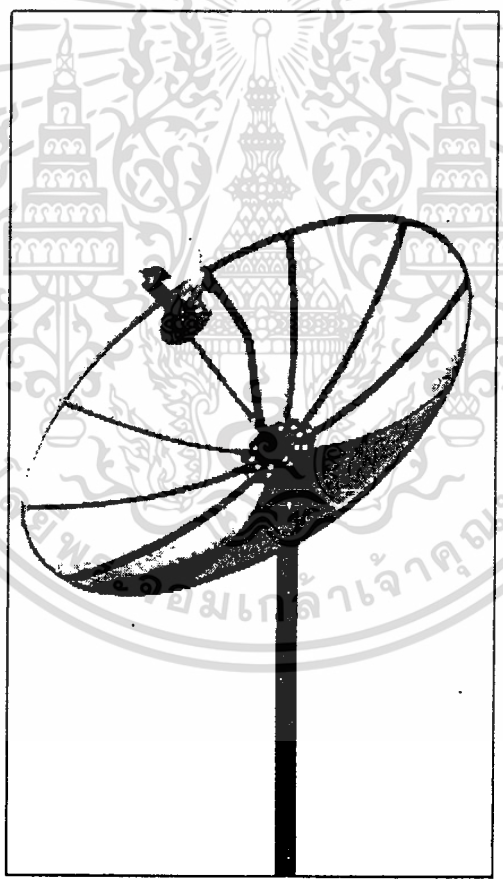
จานสายอากาศและอุปกรณ์จานสายอากาศรับสัญญาณดาวเทียม ทำหน้าที่รับสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียมโดยใช้หลักการสะท้อนที่พื้นผิวรูปโค้งพาราโบลิค แล้วรวมสัญญาณที่จุดรวมสัญญาณเพื่อจะส่งสัญญาณนี้ไปยังอุปกรณ์รวมสัญญาณ

จานรับสัญญาณดาวเทียมที่ใช้มี 2 แบบ คือแบบจานทึบ และ แบบจานโปร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 จานรับสัญญาณดาวเทียมแบบทึบ



รูปที่ 2.5 จานรับสัญญาณดาวเทียมแบบโปร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ฟีดฮอร์น

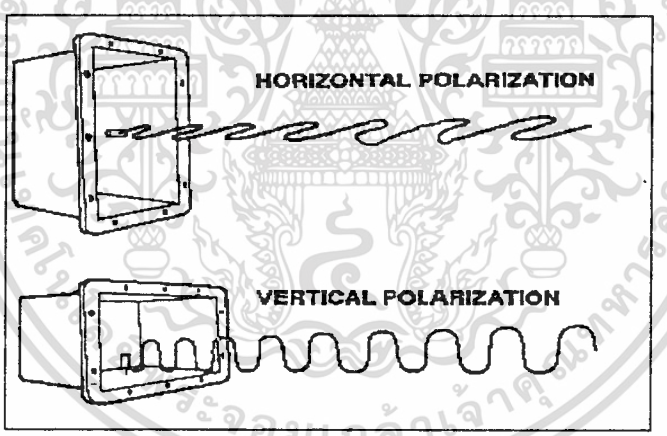
ฟีดฮอร์น คือ อุปกรณ์ที่ทำการรวมสัญญาณที่ได้รับมาจากการสะท้อนจากผิวจานสายอากาศ ดังนั้นตำแหน่งของฟีดฮอร์นจึงอยู่ที่จุดรวมสัญญาณ

ฟีดฮอร์นสามารถแบ่งตามชนิดของโพลาไรเซชั่น ได้ 2 แบบ คือ

-Linear Polarization

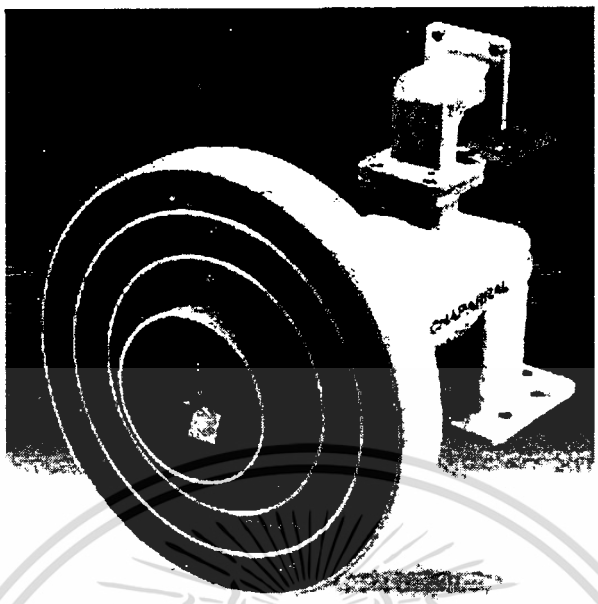
-Circular Polarization

โพลาไรเซชั่น คือเทคนิคในการส่งสัญญาณ ที่สามารถเพิ่มจำนวนช่องรายการให้มากขึ้นจากช่องความถี่ที่มีอยู่จำกัด โดยการกำหนดให้ความถี่ในแต่ละช่องของดาวเทียมคาบเกี่ยวกัน และกำหนดให้มีมุมโพลาไรซ์ที่แตกต่างกัน เพื่อป้องกันการรบกวนกันเองด้วยวิธีการดังกล่าวทำให้เราสามารถจัดสรรจำนวนช่องรายการได้มากขึ้น



รูปที่ 2.6 Linear Polarization Pattern

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



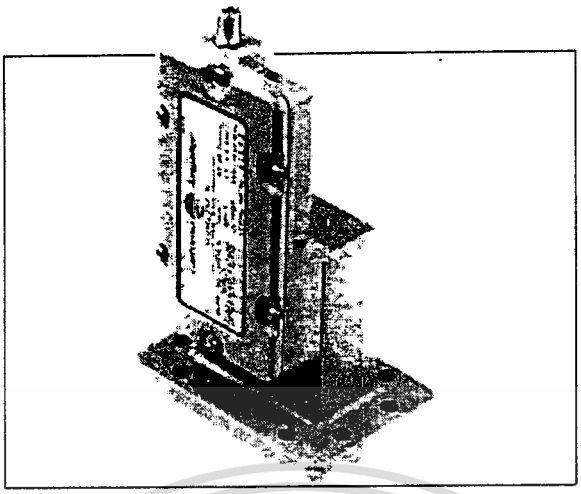
รูปที่ 2.7 อุปกรณ์รวมสัญญาณ

ฟีดฮอร์นแบบ Linear Polarization คือมุมโพลาไรซ์ที่เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง สามารถแบ่งออกเป็นโพลาไรซ์ในแนวตั้ง (Vertical) และ แนวนอน (Horizontal) การรับสัญญาณรายการที่เป็นแนวตั้ง มุมโพลาไรซ์ของฟีดฮอร์นต้องอยู่ในแนวตั้ง ส่วนรายการที่เป็นแนวนอน มุมโพลาไรซ์ของฟีดฮอร์นต้องอยู่ในแนวนอน ถ้าหากมีการปรับมุมโพลาไรซ์ผิดก็จะไม่สามารถรับสัญญาณได้

4. LNB (Low Noise Block Down Converter)

LNB เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณและแปลงสัญญาณความถี่ให้ต่ำลงจาก 4 GHz เหลือ 1 GHz (IF) ภายในตัว LNB จะประกอบด้วยวงจรขยาย, วงจรออสซิเลเตอร์ และวงจรมิกเซอร์ เมื่อ LNB ทำขบวนการอิเล็กทรอนิกส์สมบูรณ์ก็จะส่งสัญญาณนี้ไปยังเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

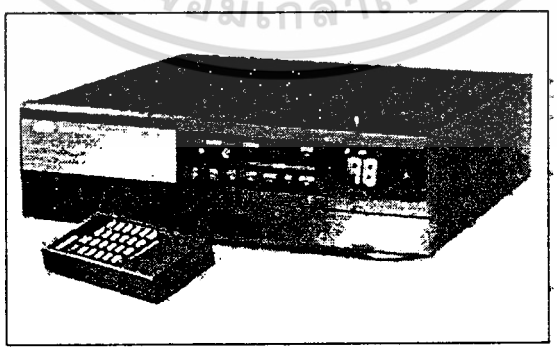
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 อุปกรณ์แอลเอ็นบี (LNB)

5. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณความถี่ IF ที่ผ่านมาจาก LNB ให้เป็น RF หรือสัญญาณภาพและเสียง เพื่อส่งสัญญาณนี้ไปยังอุปกรณ์แปลงช่องสัญญาณต่อไป หน้าที่อีกอย่างหนึ่งของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม คือ ทำการเลือกช่องสัญญาณที่ต้องการรับชมด้วย

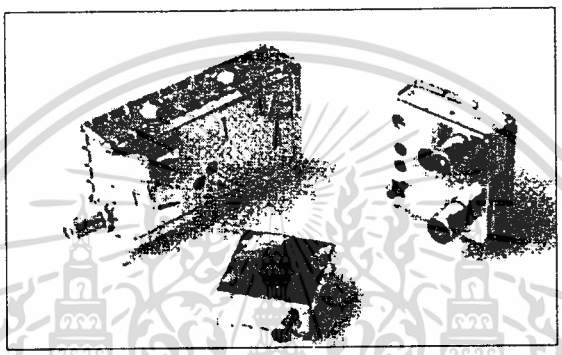


รูปที่ 2.9 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

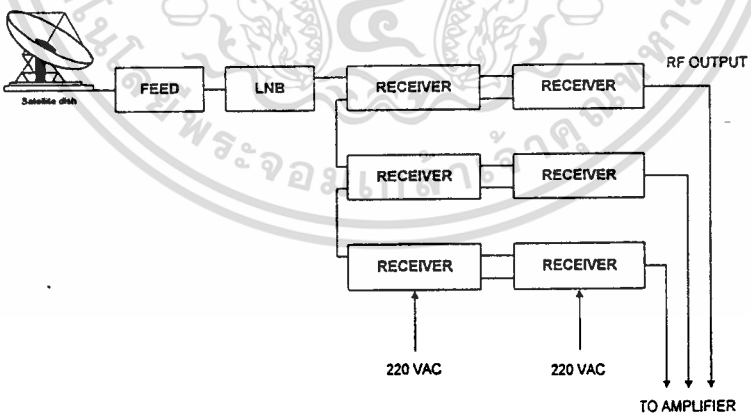
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. มอดูเลเตอร์(Modulator)

มอดูเลเตอร์ เป็นอุปกรณ์ผสมสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงที่รับมาจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ให้สัญญาณออกจากมอดูเลเตอร์นี้เป็นความถี่วิทยุ ดังแสดงในรูปที่ 2.10เพื่อส่งสัญญาณนี้ไปในระบบ SMATV ต่อไป ซึ่งผังการทำงานของระบบ SMATV แสดงได้ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.10 มอดูเลเตอร์



รูปที่ 2.11 ผังการทำงานของระบบ SMATV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบระบบ SMATV

การที่จะออกแบบระบบ SMATV ได้นั้น ต้องมีข้อมูลต่างๆ ที่ต้องทราบดังนี้

1. ทิศทางการรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงนั้นๆ, และพื้นที่ติดตั้งจานดาวเทียม

2. ต้องรู้ถึงรายการ, และระบบที่สถานีนั้นๆ ส่งว่าเป็นแบบใด

3. แนวทางการเดินสายนำสัญญาณ / สายนำสัญญาณเดิมที่โครงการใช้อยู่

4. ต้องรู้ถึงระบบเดิมของโครงการ ว่าสามารถรองรับย่านความถี่สูงได้หรือไม่ หากมีแนวโน้มว่าระบบไม่ดีก็ควรมีแนวทางการแก้ไขด้วย

5. ต้องทราบถึงตัวอุปกรณ์ที่โครงการใช้อยู่ เช่น บูสเตอร์, เครื่องขยาย, และประเภทอุปกรณ์ขยายสัญญาณ, สปลิตเตอร์, แท็ปออฟ เป็นต้น

6. ต้องทราบถึงรายการเดิมของโครงการเดิมที่มี

2.5.4 เทคนิคการออกแบบระบบ

1. ต้องประเมินถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในสถานที่ติดตั้งจริง

2. ต้องทราบจำนวนโหลดของระบบทั้งหมด

3. ต้องรู้ถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่จะใช้งาน และเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะกับงาน

4. ต้องรู้ถึงความชัดเจนในขอบเขตของงาน

2.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ SMATV

2.6.1 อุปกรณ์จานสายอากาศ (Antenna Subsystem)

คุณสมบัติพื้นฐานของสายอากาศ

สายอากาศที่ดีต้องมีคุณสมบัติพื้นฐาน 3 ข้อคือ

1. ต้องมีอัตราการขยายทิศทางสูง (Highly Directive Gain) คือ มีบีมวิดท์ (Beamwidth) ที่แคบทั้งในการส่งและรับ นอกจากนั้นแล้วต้องมีสัญญาณที่แพร่ออกด้านข้างของจานน้อย เพื่อลดการรบกวนกันกับสัญญาณที่ไม่ต้องการ

2. ต้องมีค่า Noise Temperature ต่ำ เพื่อสัญญาณที่รับเข้ามาจะได้ค่า S/N สูง

3. ต้องมีความเที่ยงตรงสูงต่อสัญญาณที่ได้รับ คือใช้ระบบการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม ซึ่งจะมีการควบคุมการเคลื่อนสายอากาศไปตามตำแหน่งที่มีสัญญาณแรงที่สุ ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทของจานสายอากาศ

สายอากาศที่เหมาะสมและเป็นที่นิยมมากที่สุดในระบบ SMATV ก็คือ สายอากาศแบบพาราโบลอยด์ โดยสามารถแบ่งตามลักษณะของการป้อนสัญญาณให้แก่แผ่นสะท้อนได้เป็นสองแบบ คือ แบบ Focal Point Feed และแบบ Cassegrain

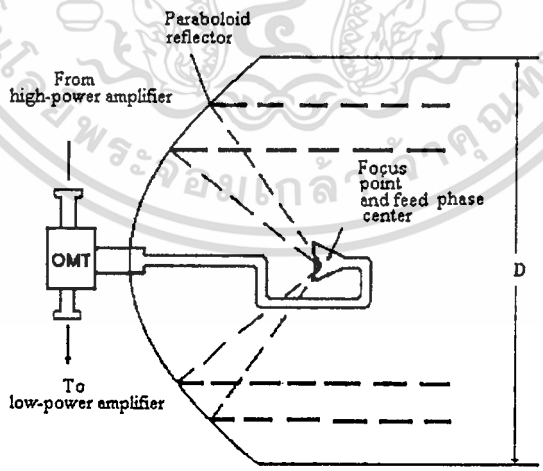
1. สายอากาศแบบพาราโบลอยด์ที่มีการป้อนสัญญาณแบบ Focal point

สายอากาศแบบนี้ ประกอบด้วยจานสะท้อนซึ่งเป็นพื้นผิวโค้งรูปพาราโบลารอบแกนทิศทางของการรับ และตัวฟีดเดอร์ ซึ่งมีจุดศูนย์กลางเฟสที่จุดโฟกัสของตัวสะท้อน

การที่เราเลือกจานสะท้อนเป็นแบบพาราโบลอยด์นั้น เนื่องมาจากรูปแบบพาราโบลานั้น มีข้อดีสำหรับสายอากาศระบบไมโครเวฟด้วยเหตุผล 2 ประการคือ

1) ลำคลื่นใดๆ จากจุดโฟกัสจะถูกสะท้อนที่แผ่นสะท้อนพาราโบลอยด์ จะได้ทิศทางการสะท้อนออกมาขนานกับแกนของพาราโบลา

2) ระยะทางการเดินทางของคลื่นจากจุดโฟกัสไปยังแผ่นพาราโบลอยด์ และจากแผ่นพาราโบลอยด์ไปยังระนาบตั้งฉากกับพาราโบลานั้นไม่ขึ้นกับเส้นทาง (คือขึ้นอยู่กับจุด 2 จุดเท่านั้น) ดังนั้นแหล่งพลังงานแบบจุดที่อยู่ที่จุดโฟกัสจะถูกเปลี่ยนไปเป็นคลื่นระนาบที่มีเฟสเดียวกันในทิศทางที่ต้องการส่ง โดยใช้แผ่นสะท้อนพาราโบลอยด์ ดังรูปที่ 2.12



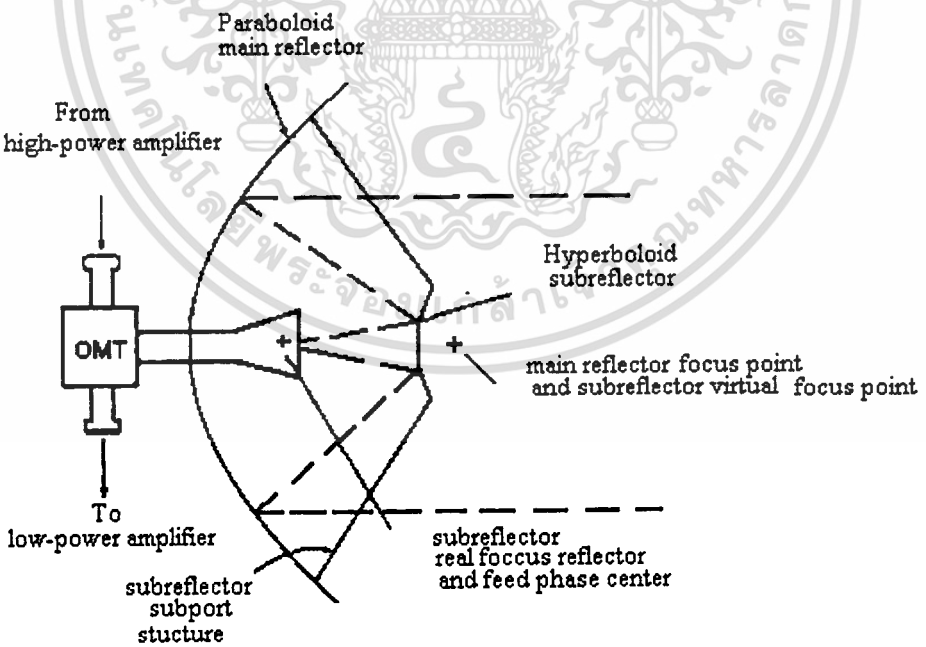
รูปที่ 2.12 จานสายอากาศแบบพาราโบลอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของสายอากาศแบบนี้ แสดงได้โดยเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ของจานสะท้อน ตัวฟีดเดอร์จะเชื่อมต่อกับภาคขยาย HPA และภาคขยาย LNA ผ่านตัว OMT ซึ่งเป็นอุปกรณ์ 3 พอร์ท โดยมีอัตราส่วนการแยกสัญญาณส่งและสัญญาณรับดีกว่า 40 dB ในส่วนของภาคส่งนั้น พลังงานของคลื่นพาห์ที่จะส่งจากภาคขยาย HPA จะกระจายไปเป็นเส้นแนวเดียวกับทิศทางการส่งที่ต้องการ โดยแพทเทอร์นของคลื่นจะมีบีมวิดท์ที่แคบ ในขณะที่ส่วนของภาครับนั้น จะดักจับสัญญาณในทิศทางที่ต้องการรับให้สัญญาณกระทบแผ่นสะท้อนแล้วสะท้อนมารวมกันที่จุดโฟกัส ซึ่งจะส่งผ่านไปยังภาคขยาย LNA ผ่านตัวฟีดเดอร์ต่อไป รูปร่างของบีมที่กระจายออกมาถูกกำหนดได้โดยการใช้บางส่วนของรูปพาราโบลอยด์

2. สายอากาศแบบ Cassegrain

สายอากาศแบบนี้จะมีแผ่นสะท้อน 2 แผ่น คือ แผ่นสะท้อนหลักและแผ่นสะท้อนรอง โดยแผ่นสะท้อนหลักจะเป็นรูปพาราโบลา ส่วนแผ่นสะท้อนรองเป็นรูปไฮเปอร์โบลา จุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนหลักจะเป็นจุดเดียวกับจุดโฟกัสเสมือนของแผ่นสะท้อนรอง และจะมีตัวฟีดเดอร์ที่มีจุดศูนย์กลางเฟสอยู่ที่จุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนรอง ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 สายอากาศแบบ Cassegrain

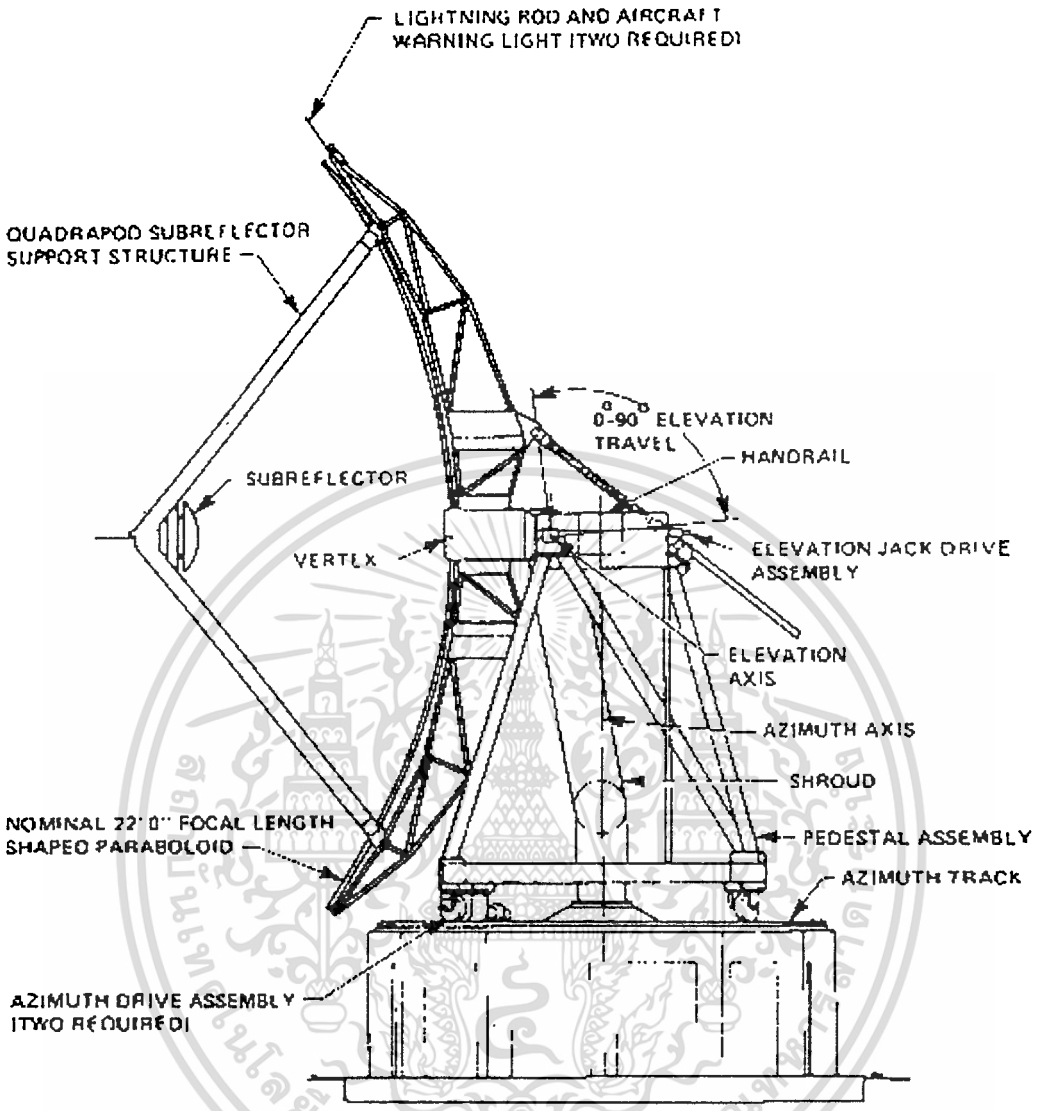
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของภาคส่งนั้น สัญญาณจากภาคขยาย HPA จะแพร่กระจายมาที่จุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนรองโดยตัวฟีดเดอร์ และจะกระทบแผ่นสะท้อนรองที่ด้านนอกของส่วนโค้ง หลังจากนั้น ก็จะสะท้อนไปยังจุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนหลัก โดยเสมือนมีจุดศูนย์กลางเฟสอยู่ที่จุดโฟกัสเสมือน (หรือจุดโฟกัสจริงของแผ่นสะท้อนหลัก) ของแผ่นสะท้อนรอง ทำให้คลื่นที่สะท้อนออกมาจากแผ่นสะท้อนหลักมีหน้าคลื่นที่มีเฟสเดียวกัน และเป็นคลื่นระนาบที่มีทิศทาง ในแง่ของทางด้านการรับนั้น สัญญาณจากดาวเทียมจะตกกระทบกับแผ่นสะท้อนหลักและจะถูกสะท้อนให้ไปรวมกันที่จุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนหลัก ต่อมาจะถูกสะท้อนออกมาโดยแผ่นสะท้อนรอง และสัญญาณจะมารวมกันที่จุดศูนย์กลางเฟสของตัวฟีดเดอร์ จากนั้นก็จะส่งผ่านไปยังภาคขยาย LNA ต่อไป โดยมี OMT เป็นตัวแยกสัญญาณรับและส่ง

โดยทั่วไปแล้ว สายอากาศแบบ Cassegrain มีราคาแพงกว่าแบบพาราโบลอยด์มาก เพราะว่ามีการเพิ่มส่วนของแผ่นสะท้อนรองขึ้นมา อย่างไรก็ตาม สายอากาศแบบ Cassegrain นั้น มีข้อดีกว่าแบบพาราโบลอยด์ธรรมดาหลายประการ เช่น มีค่า Noise Temperature น้อยกว่า มีทิศทางที่เที่ยงตรงกว่า และมีความยืดหยุ่นในการออกแบบตัวฟีดเดอร์มากกว่า เนื่องจากว่า พลังงานที่หลุดออกจากตัวฟีดเดอร์นั้น ส่วนใหญ่จะหลุดออกไปยังอากาศซึ่งมีค่า Noise Temperature น้อยกว่า 30 องศาเคลวิน ดังนั้น ค่า S/N ของสัญญาณจึงมีค่ามากกว่าแบบพาราโบลอยด์ธรรมดา เนื่องจากตัวฟีดเดอร์อยู่ในตำแหน่งใกล้กับจุดยอดของส่วนโค้งของแผ่นสะท้อนหลัก ซึ่งจะทำให้เสถียรภาพทางกลดีกว่าแบบพาลาโบลอยด์ธรรมดาที่มีตัวป้อนลอยอยู่เหนือแผ่นสะท้อน จากการที่มีเสถียรภาพทางกลดีกว่านั้น ทำให้ความแน่นอนในทิศทางของสายอากาศชนิดนี้มีมากกว่า

เพื่อที่จะเป็นการลดการสูญเสียของสายนำสัญญาณที่เชื่อมระหว่างภาคขยาย HPA หรือภาคขยาย LNA กับตัวฟีดเดอร์ เราจึงใช้ระบบป้อนสัญญาณด้วยท่อนำคลื่นแบบบิม ดังรูปที่2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 โครงสร้างทั้งหมดของสายอากาศแบบ Cassegrain

รูปแบบของจานสายอากาศ

1. Axisymmetric Antennas

เป็นสายอากาศที่มีรูปร่างง่ายที่สุด ข้อดีของสายอากาศแบบนี้ก็คือ มีลักษณะทางกลที่ไม่ซับซ้อน สามารถรวมอุปกรณ์หลายๆ อย่างเข้าด้วยกันได้ง่าย มีราคาที่ไม่แพง และส่วนการสะท้อนคลื่น (reflector) มีรูปร่างลักษณะเป็นวงกลมที่สมมาตร และมีความประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม ลักษณะรูปแบบแผ่นสะท้อนคลื่นเป็นแบบโพลาลอยด์ ที่มี

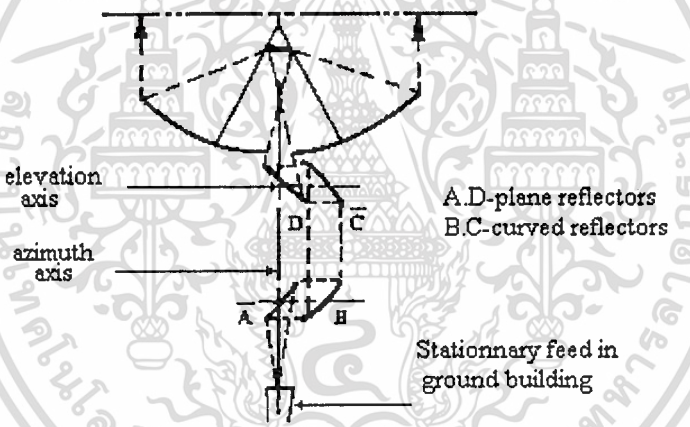
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งฟีดฮอร์นเป็นจุดศูนย์กลางเฟส เส้นผ่านศูนย์กลางของจานสายอากาศมีขนาดใหญ่กว่า 3 เมตร สายอากาศแบบนี้มีลักษณะของแผ่นสะท้อนคลื่นย่อย 2 แบบด้วยกัน คือ

-Cassegrain แผ่นสะท้อนคลื่นย่อยเป็นส่วนของไฮเปอร์ลอยด์ ซึ่งตั้งอยู่ในตำแหน่งโฟกัสของแผ่นสะท้อนคลื่นพาราโบลอยด์หลัก

-Gregorian แผ่นสะท้อนคลื่นย่อยมีลักษณะเป็นบางส่วนของ Ellipsoid ซึ่งตั้งอยู่ด้านนอกจุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนคลื่นหลักแบบพาราโบลอยด์

แบบแรกจะพบเห็นโดยทั่วไปตามสถานีภาคพื้นดิน รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างจานสายอากาศแบบ Axisymmetric อย่างหนึ่ง ที่ใช้เป็นสถานีภาคพื้นดินสำหรับใช้ในการติดต่อสื่อสารผ่านดาวเทียม ประสิทธิภาพในการทำงานของจานสายอากาศแบบนี้ประมาณ 65 %



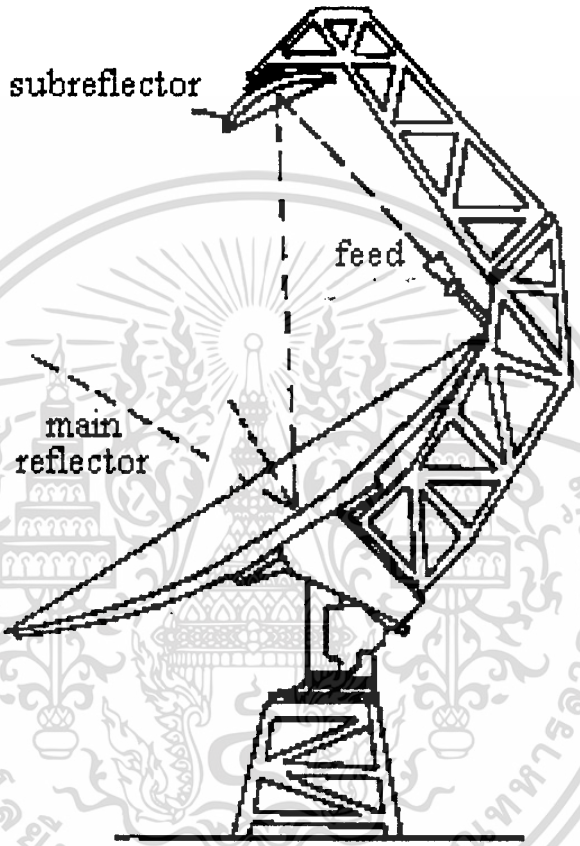
รูปที่ 2.15 ลักษณะภายนอกของจานสายอากาศแบบ Axisymmetric Dual Reflector

2. Asymmetric (Offset) Antennas

หลายปีมาแล้วสถานีภาคพื้นดินใช้สายอากาศแบบ Axisymmetrical Reflefctor เพราะว่ามีลักษณะทางกายภาพที่ตรง และทางกลที่มีรูปแบบง่าย อย่างไรก็ตามเมื่อการทำงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ประสิทธิภาพและด้านข้างของการแพร่กระจายคลื่นของตัวสายอากาศก็ต้องการค่าที่ดีกว่าที่เป็นอยู่ จึงได้มีการใช้สายอากาศแบบ Offset ลักษณะของจานสายอากาศก็คล้ายๆ กับแบบ Axisymmetric คือตัวสะท้อนคลื่นจะเป็นแบบ Offset แบบพาราโบลอยด์ สามารถทำงานได้ทั้งที่เป็นแผ่นสะท้อนคลื่นเดียว หรือแบบแผ่นสะท้อนคลื่นคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

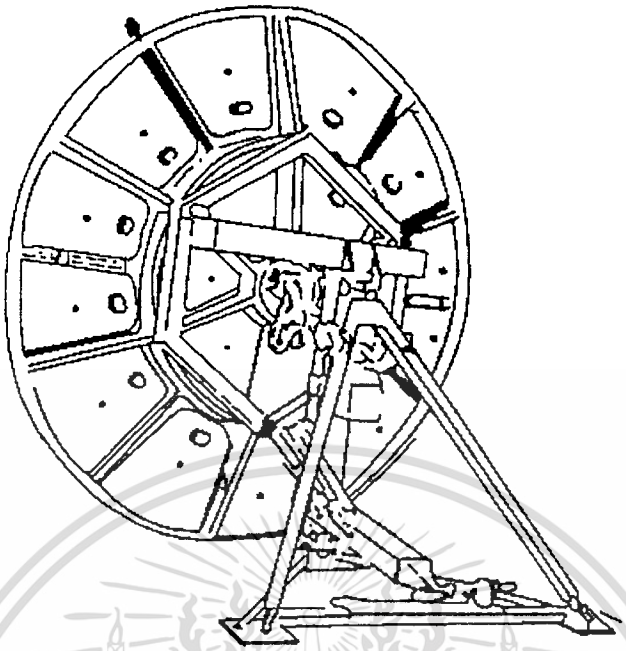
โดยทั่วไปประสิทธิภาพน้อยกว่า 70 % ค่าโลบข้างที่ค่าประมาณ 29 - 25 log θ dBi ประสิทธิภาพของจานสายอากาศแบบนี้จะมีค่าสูงถึง 84 % ถ้าแผ่นสะท้อนคลื่นมีรูปร่างที่เหมาะสม



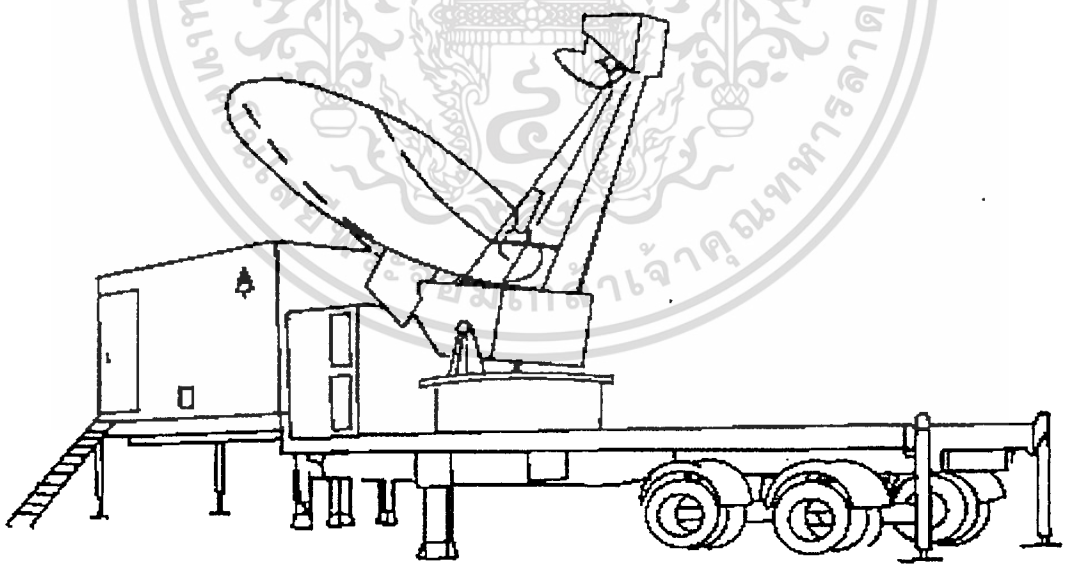
รูปที่ 2.16 การติดตั้งจานสายอากาศขนาดใหญ่

สำหรับการติดตั้งสายอากาศของสถานีภาคพื้นดินขนาดใหญ่ แสดงในรูปที่ 2.16 และขนาดเล็กดังแสดงในรูปที่ 2.17 ส่วนการติดตั้งจานสายอากาศแบบ Offset (Dual Offset) ที่สามารถเคลื่อนที่ได้แสดงในรูปที่ 2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 การติดตั้งจานสายอากาศขนาดเล็กด้วยมุมเอียงที่มากกว่ามุมอาซิมุธ

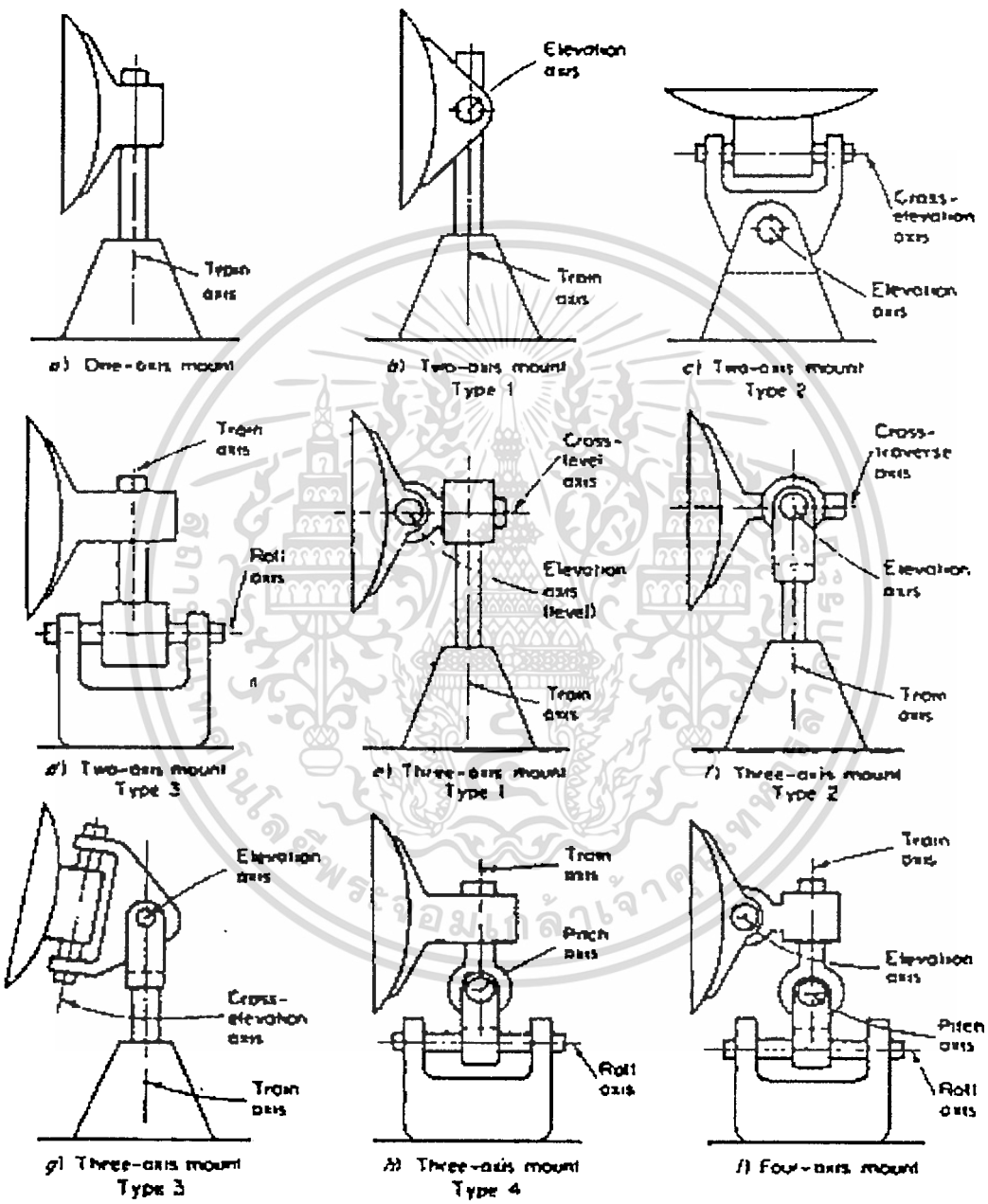


รูปที่ 2.18 การติดตั้งจานสายอากาศ Dual Offset แบบเคลื่อนที่ไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการติดตั้งจานสายอากาศ

การติดตั้งจานสายอากาศมีวิธีต่างๆ ที่ใช้โดยทั่วไปอยู่ 9 วิธี ดังแสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 การติดตั้งจานสายอากาศโดยวิธีต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.19 a) แสดงการติดตั้งเป็นแกนเดี่ยวซึ่งเป็นแบบที่ง่ายที่สุด รูปที่ 2.19 b) แสดงการติดตั้งเป็นแกนคู่หรือการติดตั้งแบบ Az-El ซึ่งจะทำให้บีมคงที่ บีมสามารถมีทิศทางไปยังจุดใดๆ โดยใช้การรวมตัวอย่างเหมาะสมกับมุม Azimuth และมุม Elevation แต่ถ้าเป้าหมายอยู่สูงมาก การติดตั้งรูปที่ 2.19 c) จะเหมาะสมกว่า ซึ่งเป็นการติดตั้งแบบ 2 แกน อีกแบบหนึ่งตั้งแต่รูปที่ 2.19 d) เป็นต้นไปนั้น จะเป็นวิธีการเฉพาะในการสื่อสารแบบเรดาร์ รูปที่ 2.19 d) จะมีการติดตั้งแบบ 2 แกนซึ่งสามารถที่จะหมุนได้คล้ายกับรูปที่ 2.19 e) ที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ครึ่งวงกลมในการรับสัญญาณเรดาร์ดังรูปที่ 2.19 f) ถูกออกแบบในงานที่ไม่ต้องการการยกขึ้นสูงจากจาน รูปที่ 2.19 g) นั้น จะมีแกนหมุนเพิ่มมาจากรูปที่ 2.19 f) เพื่อให้คอยติดตามเป้าหมายที่เคลื่อนที่ได้ เพื่อความสะดวกในการเร่งความเร็วในการติดตามของจาน ในรูปที่ 2.19 h) นั้นแกนของมุม Azimuth จะมีเสถียรภาพในแนวดิ่ง และอาจรับคำสั่งให้เคลื่อนที่ในแกนอื่นๆ สัมพันธ์กันได้ด้วยส่วนรูปที่ 2.19 i) ต้องการระบบเซอร์โว 4 ระบบ ซึ่งทำให้มีน้ำหนักมาก แต่การควบคุมตำแหน่งจะแม่นยำดียิ่งขึ้น

การเลือกติดตั้งในแต่ละแบบจะเหมาะสมกับงานบางอย่างเท่านั้น สำหรับงานในด้านการสื่อสารธรรมดาแล้วอาจใช้ 3 แบบแรกก็เพียงพอ แต่สำหรับงานด้านระบบเรดาร์อาจต้องมีวิธีอื่นๆ ที่กล่าวมาด้วย จึงจะเกิดประสิทธิภาพในการติดต่อหรือติดตามสูงสุด

2.6.2 ฟีดฮอร์น (Feedhorn)

ระบบเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมประจำบ้านส่วนใหญ่ ตัวจานรับสัญญาณจะใช้ฟีดฮอร์นที่เป็นแบบสี่เหลี่ยมในการรวมสัญญาณจากจาน แต่ในทางปฏิบัติพบว่าถ้าใช้ฟีดฮอร์น เป็นแบบวงกลม จะได้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า โดยให้อัตราขยายเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 1 dB

ฟีดฮอร์นที่ใช้งานอยู่ขณะนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นแบบ Scalar Feed ซึ่งที่ปากกระบอกจะมีวงแหวนซ้อนกันอยู่หลายรอบ เพื่อป้องกันสัญญาณจากขอบภายนอกของจุดโฟกัสสะท้อนลงไปยังพื้นผิวของจานอีกครั้ง สัญญาณทั้งหมดจะถูกขยายให้แรงขึ้นโดยการสะท้อนในอัตราประมาณ 70% ของผิวจานทั้งหมดพุ่งไปรวมกันที่ฟีดฮอร์น โดย Scalar Feedhorn จะถูกออกแบบให้สามารถมองลงมายังพื้นผิวของจานให้ได้มากที่สุด ในขณะที่สัญญาณจะถูกลดทอนลงที่บริเวณพื้นผิวที่อยู่ใกล้ขอบจานประมาณ 10-15 dB และปกติอุณของพื้นผิวโลกจะสร้างสัญญาณรบกวนหลายรูปแบบเข้ามาในย่านความถี่ 4 GHz เป็นจำนวนมาก และมีความแรงมากกว่าสัญญาณที่ส่งลงมาจากดาวเทียมหลายเท่า ซึ่งการลดทอนที่เกิดขึ้นบริเวณผิวขอบนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของจาน จะมีผลทำให้สามารถไปลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากพื้นผิวโลก ที่ไปรวมกันอยู่บริเวณพื้นผิวที่อยู่ใกล้ขอบของจาน ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 30 % ของพื้นผิวจานทั้งหมดพื้นผิวของจานที่อยู่บริเวณดังกล่าว จึงทำหน้าที่เสมือนกับชีลด์เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนที่จะเข้าไปยังฟีดฮอร์น

รูปที่ 2.20 ฟีดฮอร์นที่ความถี่ใช้งานย่าน C-Band (4-6 GHz) พร้อมกับ LNB

การพิจารณาเลือกใช้งานให้ถูกต้องและได้ผลดีนั้น ในทางปฏิบัติคือ ตัวฟีดเดอร์จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับชนิดของจานที่เลือกใช้ สำหรับจานสายอากาศรับสัญญาณที่มีท้องจานตื้นสามารถใช้งานได้ดีที่สุดกับตัวฟีดเดอร์มาตรฐานใดก็ได้ ขณะที่แบบที่มีท้องจานลึกอาจจะต้องใชตัวฟีดเดอร์แบบพิเศษ หรืออาจต้องมี Ring Adaptor ซึ่งมีลักษณะเป็นวงแหวนเข้ามาช่วย จะมีผลทำให้บริเวณช่องเปิดของตัวฟีดเดอร์ยาวขึ้นเล็กน้อย ทำให้ความยาวที่แท้จริงของตัวฟีดเดอร์สัมพันธ์กับค่าอัตราส่วน f/D ของจานสายอากาศรับสัญญาณ, และตัวฟีดเดอร์ที่จะนำมาใช้งานให้ได้ผลดีขึ้น ควรที่จะสามารถปรับตำแหน่งของ Scalar Plate ได้ เพื่อให้สามารถทำการปรับแต่งผลของการรับสัญญาณให้ได้ประสิทธิภาพดีที่สุด

-ฟีดฮอร์นแบบสองขั้ว (Dual Polarization Feedhorn)

เป็นฟีดฮอร์นชนิดพิเศษอีกแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นแบบสองขั้วคลื่น (Dual Feed) ลักษณะของฟีดฮอร์นแบบนี้จะสามารถติดตั้ง LNB ย่านความถี่ C-Band หรือ Ku-Band ย่านความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใดความถี่หนึ่งได้พร้อมกันสองตัว โดยตัวหนึ่งรับสัญญาณที่มีขั้วคลื่นแบบวงกลม (Circular) อีกตัวหนึ่งรับสัญญาณแบบเชิงเส้น (Linear) โดยแยกการทำงานออกจากกันโดยอิสระ

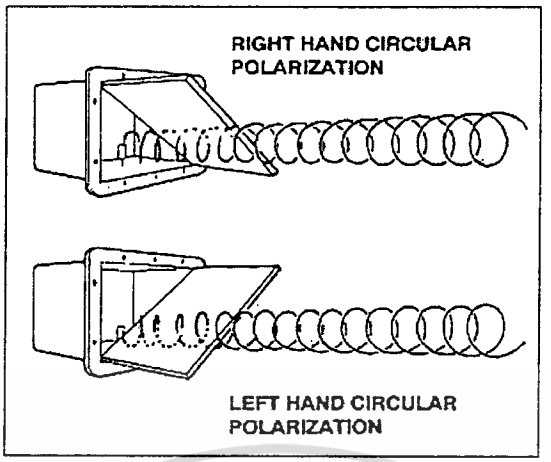
-ฟีดฮอร์นแบบไฮบริด (Hybrid Feedhorn)

นอกจาก Dual Feedhorn ที่กล่าวไปแล้ว ยังมีฟีดฮอร์นอีกแบบหนึ่ง ซึ่งสามารถใช้ติดตั้งเข้ากับ LNB ได้ทั้งแบบความถี่ C-Band และ Ku-Band พร้อมกัน โดยจุดที่ติดตั้งของฟีดฮอร์นจะอยู่ที่ตำแหน่งของจุดโฟกัสเดียวกันเรียกว่า Dual Band Hybrid Feeds ข้อเสียของการติดตั้งจานที่ใช้ตัวฟีดเดอร์แบบนี้คือ ต้องจัดตำแหน่งของจานให้สามารถรับสัญญาณให้ได้จำนวนมากที่สุด ทั้งสัญญาณที่อยู่ในย่าน C-Band และ Ku-Band จึงทำให้เกิดการสูญเสียของสัญญาณในย่าน C-Band ลงไปบ้าง ซึ่งแน่นอนย่อมจะทำให้เกิดผลกระทบกับการรับสัญญาณในส่วนที่เป็นช่องของความถี่ย่าน C-Band แต่ก็สามารถจะทำการชดเชยสัญญาณตรงส่วนนี้ได้บ้าง โดยการเลือกใช้ LNB ในย่าน C-Band ให้มีค่า Noise Temperature ที่ต่ำลงมาก็ได้

-ขั้วคลื่นแบบวงกลม

ดาวเทียมระบบ DBS จะมีการจัดการเดินทางของคลื่นเป็นแบบวงกลมที่เรียกว่า Circular Polarization การรับสัญญาณแบบนี้ต้องใช้ฟีดฮอร์นที่มีโครงสร้างของโพรบเป็นแบบ Circular ซึ่งมีลักษณะเป็นวงกลมแบบเกลียว (Helical) และมีลักษณะของรูปคลื่นหมุนเป็นเกลียว ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นสองแบบ คือ แบบที่คลื่นหมุนทางขวา (Right Hand Circular Polarization : RHCP) และแบบคลื่นที่หมุนทางซ้าย (Left Hand Circular Polarization : LHCP) ส่วนแบบ Linear Polarization แบ่งออกเป็น Horizontal Polarization และ Vertical Polarization ถึงแม้ว่าฟีดฮอร์นแบบ Linear ซึ่งเป็นแบบมาตราฐาน จะสามารถรับสัญญาณที่เป็น Circular ได้ก็ตาม แต่ครึ่งหนึ่งของสัญญาณที่รับได้จะสูญเสียไป ในปัจจุบันมีผู้ผลิตหลายแห่งที่พยายามจะผลิตฟีดฮอร์นแบบพิเศษที่ใช้งานในย่านความถี่ C-Band ซึ่งสามารถรับได้ทั้งขั้วของคลื่นแบบ Linear และแบบ Circular โดยใช้ชื่อว่า Dual Polarization Circular/Linear C-Band Feed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 ลักษณะของสัญญาณที่มีขั้วคลื่นเป็นแบบวงกลม

อุปกรณ์ปรับขั้วคลื่นสัญญาณ

ดาวเทียมที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ส่วนใหญ่จะมีย่านความถี่ที่ใช้งานถูกจำกัดอย่างมาก ดังนั้น เพื่อให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่ จึงออกแบบให้มีความถี่ใช้งานซ้อนกันภายในหนึ่งทรานส์ปอนเดอร์ เพื่อเพิ่มช่องสัญญาณการใช้งานให้ได้มากขึ้นโดยการส่งสัญญาณให้มีโพลาไรเซชั่นตรงกันข้ามทุกๆ ทรานส์ปอนเดอร์ หรือว่าในหนึ่งทรานส์ปอนเดอร์จะมีการส่งสัญญาณเป็นสองช่อง โดยที่ช่องหนึ่งส่งแบบขั้วคลื่นแนวตั้ง และอีกช่องส่งแบบขั้วคลื่นแนวนอน แต่ใช้ความถี่เดียวกันในการส่ง เช่น โพรบของฟีดฮอร์นของเราถูกปรับให้อยู่ตำแหน่งแกนแนวนอน ซึ่งตรงกับทรานส์ปอนเดอร์ของดาวเทียม ก็จะทำให้การรับสัญญาณดีที่สุด แต่เมื่อเปลี่ยนตำแหน่งมาเป็นแนวตั้งก็จะรับสัญญาณภาพไม่ได้ ถ้าบังเอิญฟีดฮอร์นถูกปรับไปยังตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งระหว่างโพลาไรเซชั่นแนวตั้ง และโพลาไรเซชั่นแนวนอนโดยไม่ตั้งใจ ก็อาจเป็นไปได้ที่จะสามารถดูสัญญาณภาพได้จากอีกทรานส์ปอนเดอร์หนึ่งในเวลาเดียวกัน ในการเลือกโพลาไรเซชั่นให้ถูกต้องนั้น ฟีดฮอร์นส่วนใหญ่สามารถกระทำได้ โดยบังคับให้โพรบหมุนไปเรื่อยๆ จนกระทั่งสามารถรับภาพได้ชัดที่สุด ตัวโพรบจะถูกบังคับให้หมุนได้ด้วยมอเตอร์เซอร์โวขนาดเล็ก ซึ่งได้รับการจ่ายแรงดันไฟฟ้ามาจากเครื่องรับสัญญาณ หรือจากเครื่องควบคุมตำแหน่งของสายอากาศ โดยการตรวจสอบความแรงของสัญญาณที่เข้ามา เครื่องรับบางเครื่องสามารถจะควบคุมขั้วคลื่นให้ถูกต้องได้โดยอัตโนมัติ การใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Microprocessor ภายในเป็นตัวควบคุม โดยใช้วิธีปรับด้วยมือในขั้นต้นแล้วบันทึกเอาไว้ในหน่วยความจำของเครื่องรับ

ผู้ผลิตบางแห่งใช้วิธีเปลี่ยนการควบคุมจากการใช้กลไกมาเป็นวิธีการอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะทำให้รวดเร็วและมีเสียงที่เงียบกว่าแบบใช้กลไก วงจรทางอิเล็กทรอนิคส์จะทำการสลับขั้วคลื่นตามสัญญาณความถี่ที่รับเข้ามาโดยอัตโนมัติ นั่นก็คือ จะต้องมีการดึงเอาสัญญาณส่วนหนึ่งแบ่งเข้ามาทำการตรวจสอบ มีผลทำให้สัญญาณสูญเสียลงไปประมาณ 0.1-0.2 dB ซึ่งถือว่าน้อยมาก ไม่มีผลกระทบอะไรมากนัก

2.6.3 ภาคขยายสัญญาณ LNB

หลังจากที่สัญญาณถูกส่งเข้าไปในฟีดฮอร์นแล้ว จะถูกส่งต่อเข้าไปยังอุปกรณ์ขยายสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ หรือที่เรียกว่า LNA โดยถือว่าเป็นขั้นตอนแรกที่มีการขยายสัญญาณเกิดขึ้น ภายในเมาท์ของ LNB จะมีโพรบโลหะชิ้นเล็กๆ ความยาวถึง 1 นิ้วอยู่อันหนึ่ง ซึ่งจริงๆ แล้ว เป็นสายอากาศที่เรโซเนนซ์กับสัญญาณที่มีความถี่ที่ส่งมาจากดาวเทียมนั่นเอง เมื่อรับสัญญาณมาแล้ว จะทำการส่งต่อโดยการคัปปลิ้งเข้าไปยังวงจรขยายทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งแน่นอนว่า สัญญาณรบกวนจะเกิดขึ้นภายในวงจรอิเล็กทรอนิกส์นี้ โดย LNB จะขยายสัญญาณรบกวนนี้พร้อมกับสัญญาณที่ต้องการ แล้วส่งผ่านไปยังขั้นตอนต่อไป ซึ่งในขั้นตอนนี้ LNB จะต้องสามารถควบคุมระดับของสัญญาณรบกวนนี้ให้ มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในระบบโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมระบบเก่าๆ ต้องใช้จานสายอากาศที่มีขนาดใหญ่มาก เพื่อจะได้ทำการหักล้างกันระหว่างสัญญาณที่ต้องการรับจริงกับสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นใน LNA เพื่อให้เหลือสัญญาณจริงมากที่สุดแต่ในปัจจุบันได้มีการนำเอาเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำประเภท Gallium Arsenide : GaAs และ High Electron Mobility Transistor มาใช้งานจึงมีผลทำให้สามารถลดสัญญาณรบกวน หรือ Noise Temperature ภายใน LNB ลงไปได้อย่างมาก และทำให้ราคาจำหน่ายของผลิตภัณฑ์ต่ำลงไปอย่างมากเช่นกัน

Noise Temperature ของ LNB จะบอกมาในหน่วยขององศาเคลวิน ซึ่งหาก Noise-Temperature มีค่าต่ำเท่าไหร่ สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายใน LNB ก็จะน้อยลงไปด้วย โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในย่าน 50-60 องศาเคลวิน แต่ปัจจุบันได้มีการผลิตค่าที่ต่ำกว่านี้ออกมาจำหน่ายกันมากแล้ว คืออยู่ในช่วงประมาณ 30 องศาเคลวิน สำหรับ LNB ในย่าน Ku-Band

LNB ที่ใช้งานในความถี่ย่าน Ku-Band จะแสดงอัตราการเกิดของสัญญาณรบกวนอยู่ในรูปของ Noise Figure ซึ่งมีหน่วยเป็น dB แทนค่า Noise Temperature ซึ่งเป็นหน่วยวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณรบกวนของ LNB สำหรับย่าน C-Band ซึ่งสามารถเปรียบเทียบค่า Noise Temperature ของอุปกรณ์ขยายสัญญาณได้ตามตารางที่ 2.2 ซึ่งจะแสดงค่าสมมูลย์ของ Noise Figure สำหรับย่านความถี่ Ku-Band ทั้งหมด

Noise temperature 170°K = 2.01 dB noise figure
Noise temperature 150°K = 1.82 dB noise figure
Noise temperature 120°K = 1.51 dB noise figure
Noise temperature 100°K = 1.29 dB noise figure
Noise temperature 80°K = 1.06 dB noise figure
Noise temperature 60°K = 0.82 dB noise figure

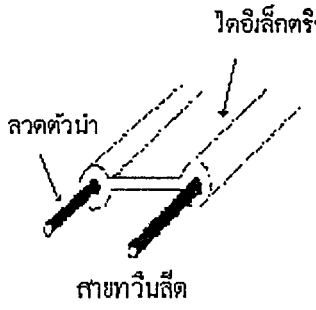
ตารางที่ 2.2 แสดงค่า Noise Figure

2.6.4 สายนำสัญญาณ

สายนำสัญญาณที่ใช้ในการรับสัญญาณโทรทัศน์นั้น ที่ใช้กันเป็นมาตรฐานโดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ แบบทวินลีด มีอิมพีแดนซ์ 300 Ω และแบบโคแอกเชียล มีอิมพีแดนซ์ 75 Ω ซึ่งมีโครงสร้างดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.22 สารไดอิเล็กตริกที่ใช้โดยทั่วไปเป็นโพลีเอทีลีน ซึ่งมีความยืดหยุ่น และมีอัตราการลดทอนสัญญาณต่ำ

สายนำสัญญาณแบบทวินลีด เป็นสายที่มีค่าการลดทอนสัญญาณต่ำ แต่ถ้ามีหยดน้ำหรือคราบเกลือมาจับ หรือสายอยู่ใกล้ๆ กับโลหะ จะทำให้สัญญาณที่ส่งผ่านถูกรบกวนได้มาก และการลดทอนสัญญาณก็จะสูงขึ้น นอกจากนั้นในกรณีที่มีคลื่นรบกวนจากแหล่งกำเนิดอื่นจะเข้ามารบกวนได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 สายทวินลีด

รูปที่ 2.23 สายโคแอกเชียล

สำหรับสายโคแอกเชียลมีโครงสร้างดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.23 กล่าวคือมีโลหะใน ซึ่งอยู่ที่แกนกลาง และมีโลหะนอกโอบอยู่โดยมีสารไดอิเล็กตริกคั่นอยู่ การส่งผ่านของคลื่นก็จะส่งผ่านไปในตัวนำแกนกลาง โดยที่โลหะนอกจะทำหน้าที่ชิลด์ คือ ไม่ให้คลื่นที่ส่งผ่านอยู่ภายในรั่วออกสู่ภายนอก ในขณะเดียวกัน ก็ป้องกันไม่ให้คลื่นรบกวนจากภายนอกเข้าสู่ระบบได้ สายโคแอกเชียลโดยทั่วไปจะมีอัตราการบั่นทอนสัญญาณสูงกว่าสายทวินลีด แต่ไม่ถูกรบกวนจากสภาพแวดล้อมได้โดยง่าย และมีความสะดวกในการเดินสาย คือสามารถเดินในท่อร้อยสายได้

สายโคแอกเชียลที่ใช้กันอยู่ปัจจุบัน เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างของโลหะนอกแล้วอาจแบ่งได้เป็น 4 ชนิด ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.24 คือ

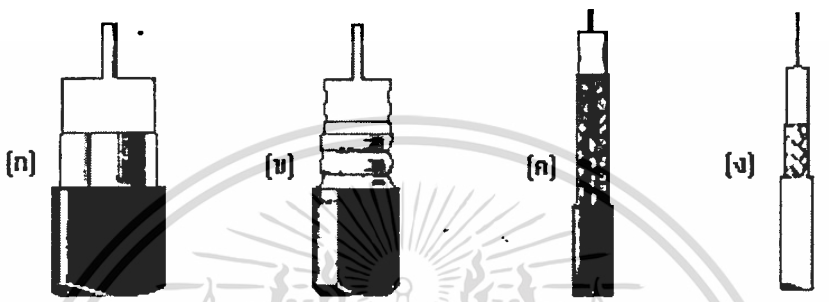
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. แบบท่ออะลูมิเนียม

ข. แบบท่อทองแดงหยัก (Corrrugatd Type)

ค. แบบอะลูมิเนียมแผ่นบางชีลด์ 2 ชั้น (Laminated Aluminium Type)

ง. แบบลวดทองแดงสาน



รูปที่ 2.24 สายโคแอกเชียลแบบต่างๆ

สายทั้ง 4 แบบนี้ สายแบบที่มีโลหะนอกเป็นท่ออะลูมิเนียมจะมีการสูญเสียต่ำ คุณสมบัติในการชิลด์คลื่นสูง และมีความแข็งแรงดีที่สุด

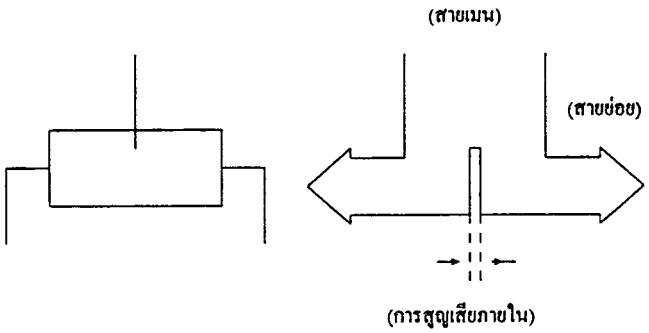
2.6.5 อุปกรณ์แยกสัญญาณ

อุปกรณ์แยกสัญญาณที่ใช้โดยทั่วไป เรียกว่า สปลิตเตอร์ (Splitter)

สปลิตเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่แยกสัญญาณขาเข้าออกเป็นสัญญาณที่มีขนาดเท่าๆ กัน เป็นจำนวนเท่าที่ออกแบบไว้ จำนวนขั้วขาออกอาจจะเป็น 2, 3, 4 ขั้ว หรือมากกว่านั้น แต่ที่ใช้กันทั่วไปจะเป็นแบบ 2 ขั้ว และ 4 ขั้ว ซึ่งเรียกว่า สปลิตเตอร์แบบ 2 ทาง และ 4 ทาง ตามลำดับ

ลักษณะการแยกสัญญาณของสปลิตเตอร์อาจจะเขียนได้ดังรูปที่ 2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 การแยกสัญญาณของสปลิตเตอร์

เนื่องจากสปลิตเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบไว้เพื่อแยกสัญญาณออกไปให้มีขนาดเท่าๆ กัน เพราะฉะนั้นในกรณีของสปลิตเตอร์แบบ 2 ทาง สัญญาณจะถูกแยกออกไปสองทางเท่าๆ กัน ดังนั้น ถ้าไม่มีการสูญเสียภายในตัวอุปกรณ์เอง กำลังสัญญาณที่ขั้วขาออกก็จะเป็นครึ่งหนึ่งของกำลังสัญญาณขาเข้า หรือเมื่อคิดเป็น dB แล้วจะต่ำกว่าสัญญาณขาเข้าอยู่ 3 dB (10 log 1/2 = -3 dB) ในทำนองเดียวกัน ถ้าเป็นสปลิตเตอร์แบบ 4 ทาง ระดับกำลังสัญญาณที่ขั้วขาออกก็จะเป็น 1/4 ของระดับสัญญาณขาเข้า หรือคิดเป็น dB แล้วจะต่ำกว่าสัญญาณขาเข้าอยู่ 6 dB (10 log 1/4 = -6 dB) แต่โดยทั่วไปแล้ว ในตัวสปลิตเตอร์เองจะลดทอนกำลังสัญญาณไปบางส่วน ทำให้ระดับสัญญาณที่ขั้วขาออกต่ำกว่าค่าที่กล่าวไว้ และเนื่องจากการตอบสนองเชิงความถี่ของวงจรในสปลิตเตอร์เปลี่ยนแปลงไปตามช่องความถี่ จึงทำให้ค่าการลดทอนสัญญาณของวงจรเปลี่ยนไปตามช่องความถี่ด้วย และถ้าเป็นสปลิตเตอร์ที่ออกแบบวงจรไว้ไม่ดี ค่าการเปลี่ยนแปลงนี้ก็จะยิ่งมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านความถี่สูง จะมีการลดทอนสัญญาณในวงจรเพิ่มมากขึ้น

ข้อกำหนดที่สำคัญอีกประการหนึ่งของสปลิตเตอร์คือ ค่าคัปปลิ้งระหว่างขั้วเอาต์พุต (mutual coupling between outputs) ซึ่งมีความหมายว่า ถ้ามีสัญญาณป้อนเข้าจากทางขั้วเอาต์พุตหนึ่ง สัญญาณนั้นจะไปปรากฏที่ขั้วเอาต์พุตอื่นเป็นระดับต่ำลงไปกี่ dB สัญญาณที่ย้อนมาเข้าที่ขั้วเอาต์พุตดังกล่าวนี้ เกิดขึ้นในกรณีที่เกิดการไม่แมทช์ (mismatch) ที่ปลายสายจากขั้วเอาต์พุตนั้น เช่น ปลายสายนั้นต่ออยู่กับขั้วต่อโทรทัศน์ที่ไม่เหมาะสม หรือต่อกับอุปกรณ์ที่มีค่า VSWR สูงที่อินพุต เป็นต้น ทั้งหมดนี้จะเป็นสาเหตุทำให้เกิดคลื่นสะท้อนกลับไปทางสปลิตเตอร์ เมื่อคลื่นสะท้อนนี้สามารถผ่านออกไปยังขั้วเอาต์พุตอื่น ก็จะไปเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ รบกวนในขั้วเอาต์พุตนั้น โดยเฉพาะถ้าสัญญาณสะท้อนมีขนาดใหญ่ ผลของการรบกวนก็จะมีมากขึ้น และถ้ามีการสะท้อนกลับจากหลายๆ ขั้วในระบบ ผลของการรบกวนจะมีมากขึ้นตามลำดับ จนในที่สุดอาจจะทำให้คุณภาพของภาพเลวลงอย่างมาก ทั้งๆ ที่ระดับสัญญาณสูงเพียงพอ

จากเหตุผลดังกล่าว ในการเลือกใช้สปลิตเตอร์จึงควรคำนึงถึงการลดทอนสัญญาณของสปลิตเตอร์และการคัปปลิ้งระหว่างขั้วเอาต์พุตของสปลิตเตอร์ โดยที่พยายามเลือกให้ค่าการลดทอนสัญญาณของสปลิตเตอร์ต่ำ คือ มีค่า dB ต่ำ และการคัปปลิ้งระหว่างขั้วเอาต์พุตสปลิตเตอร์น้อย คือ มีค่า dB สูง ในขณะเดียวกัน ก็ควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่ต่อกับสปลิตเตอร์ที่มีค่า VSWR ที่ใกล้เคียงกับ 1.0 เพื่อให้มีการสะท้อนกลับน้อยที่สุด

อนึ่ง สปลิตเตอร์โดยทั่วไป จะไม่สามารถป้อนกระแสดีซีจากแหล่งจ่ายไฟผ่านได้ แต่แบบพิเศษที่ออกแบบให้กระแสดีซีสามารถผ่านได้ เพื่อใช้ในกรณีที่จำเป็นต้องป้อนกระแสดีซีไปยังภาคขยายโดยต้องผ่านสปลิตเตอร์

2.6.6 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

ดาวเทียมที่เราจะรับสัญญาณนั้น เป็นดาวเทียมที่ใช้ ในกิจการโทรทัศน์ ซึ่งเรียกว่าดาวเทียมค้างฟ้า กล่าวคือ ถ้าเราสามารถมองเห็นดาวเทียมด้วยตาเปล่าจะเห็นได้ว่าดาวเทียมลอยค้างอยู่บนฟ้า ณ ตำแหน่งเดิมตลอดเวลา จนกระทั่งหมดอายุใช้งาน ดาวเทียมค้างฟ้าจะอยู่ในแนวเส้นศูนย์สูตร เป็นผลให้สัญญาณจากดาวเทียมสามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ ทั้งนี้แล้วแต่รูปแบบของสายอากาศบนดาวเทียมด้วยว่าจะกำหนดลำคลื่นของสัญญาณลงมาเฉพาะประเทศเจ้าของดาวเทียม หรือจะกำหนดลำคลื่นให้ครอบคลุมประเทศเพื่อนบ้านด้วย ในการเลือกความถี่ใช้งานของดาวเทียม จะเลือกย่านความถี่ที่ถูกดูดกลืนเนื่องจากบรรยากาศให้น้อยที่สุด และผลกระทบเนื่องจากหิมะ, น้ำฝนให้มีน้อย อีกทั้งควรจะอยู่ในย่านไมโครเวฟ เพื่อง่ายแก่การรับส่งสัญญาณ เนื่องจากความถี่ในย่านนี้เดินทางเป็นเส้นตรงย่านความถี่ที่น่าสนใจเป็นอันดับแรก คือ ย่าน C-Band เพราะมีคุณสมบัติดังที่ได้กล่าวมา ปัจจุบันย่านความถี่ C-Band ได้รับความไว้วางใจให้ใช้งานในหลายประเทศทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทย ส่วนความถี่ในย่าน Ku-Band นั้นก็ได้รับความนิยมเช่นกัน แต่ก็อาจเกิดปัญหาได้ในบางภูมิภาค เช่น ภูมิภาคที่ฝนตกชุก เป็นต้น

ในปัจจุบัน, เครื่องรับสัญญาณจากดาวเทียมโดยตรง (TVRO) ส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศ เช่น อเมริกา, ฮ่องกง, ไต้หวันแล้วแต่บริษัทผู้นำเข้าซึ่งเครื่องรับ TVRO ประเภทนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีการทำงานที่ไม่ซับซ้อน เพราะอุปกรณ์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของโมดูล เช่น LNB, Tuner, Modulator ทำให้ลดความยุ่งยากในการสร้าง

เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมมีความถี่อินพุตอยู่ในย่าน 950-2,050 MHz ให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นสัญญาณเสียง และสัญญาณภาพ รวมทั้งมี RF Modulator ซึ่งจะให้สัญญาณ RF สามารถใช้กับเครื่องรับโทรทัศน์ที่ไม่มีช่อง AV ภายในเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจะประกอบด้วยภาคจูนเนอร์ เพื่อใช้เลือกช่องสัญญาณระบบแยกสัญญาณภาพ และสัญญาณเสียง ในรุ่นที่พิเศษจะเพิ่มระบบหาช่องอัตโนมัติ มีช่องหน่วยความจำมากมาย สามารถรับระบบเสียงแบบ SCPC Panda Stero และควบคุมการทำงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

-ภาคจูนเนอร์ ทำหน้าที่เลือกช่องสัญญาณที่ต้องการจะรับ อินพุทของภาคจูนเนอร์อยู่ในช่วง 950-2,050 MHz มีเอาต์พุตเป็นสัญญาณเบสแบนด์ คือ ประกอบด้วยสัญญาณคอมโพสิตวิดีโอของภาพ และคลื่นพาหะย่อยของเสียง อีกทั้งยังจะให้เอาต์พุตที่สามารถต่อระบบควบคุมได้อีกหลายๆ อย่าง เช่น AFC, AGC, Prescaler, สวิทช์เลือกแบนด์วิดท์ เป็นต้น

-ภาคบัฟเฟอร์ ทำให้สัญญาณเบสแบนด์จากภาคจูนเนอร์ มีความแรงมากพอที่จะส่งไปยังวงจรภาคต่อไป

-ภาคกรองความถี่ต่ำ 0-5 MHz สัญญาณเบสแบนด์ จะเป็นสัญญาณรวมทั้งภาพและเสียงแต่มีช่วงความถี่ต่างกัน โดยที่ช่วงของสัญญาณภาพ จะอยู่ในช่วงความถี่ 0-5 MHz และความถี่เสียงอยู่ในช่วง 5-8 MHz ในการขยายสัญญาณภาพในภาคขยายสัญญาณภาพ ถ้าปราศจากภาคกรองความถี่ 0-5 MHz มีโอกาสที่สัญญาณเสียงจะเข้ามารบกวนสัญญาณภาพ เพราะมีความถี่ใกล้เคียงกัน

-ภาคขยายสัญญาณภาพ สัญญาณคอมโพสิตวิดีโอช่วงความถี่ 0-5 MHz ถูกป้อนเข้ามายังภาคขยายสัญญาณภาพ เพื่อขยายให้มีกำลังแรงพอที่จะป้อนให้เครื่องรับโทรทัศน์ และป้อนให้กับภาคผสมสัญญาณความถี่วิทยุ

-ภาคกรองแถบความถี่ผ่าน 5-8 MHz ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ในช่วงของสัญญาณความถี่เบสแบนด์ 5-8 MHz จะเป็นช่วงของสัญญาณเสียง และในทำนองเดียวกัน เราต้องการลดการรบกวนจากสัญญาณภาพ จึงเลือกใช้ภาคกรองแถบความถี่ผ่าน เข้าช่วย เพื่อเลือกเฉพาะช่วงที่เป็นสัญญาณเสียง ในวงจรใช้ระบบซุปเปอร์เฮดเทอร์โรดายน์ช่วยในการดิเทคสัญญาณเสียง กล่าวคือ คลื่นพาหะย่อย 5-8 MHz ถูกป้อนให้แก่มิกเซอร์ ซึ่งมิกเซอร์จะทำหน้าที่ผสมคลื่นพาหะย่อยกับสัญญาณความถี่วิทยุจากออสซิลเลเตอร์ ซึ่งมีผลต่างของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเท่ากับ 10.7 MHz ทำให้เราสามารถใช้ไอซีประเภท FM Detector ที่ใช้ในวิทยุ FM ทั่วไป นำมาดิเทคสัญญาณเสียงได้

-ภาคมิกเซอร์ ทำหน้าที่รวมหรือหักล้างสัญญาณความถี่เสียงที่ได้จากภาคกรองแถบความถี่ผ่าน 5-8 MHz กับความถี่จาก VCO เพื่อให้ได้เอาต์พุตเป็นความถี่ IF 10.7 MHz

-VCO ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ (RF) ซึ่งความถี่ของ RF สามารถควบคุมได้จากระดับแรงดันดีซีที่ป้อนเข้ามาทางอินพุต

-FM Detector เราเลือกใช้ไอซี FM Detector ซึ่งเป็นไอซีประเภทที่มีใช้โดยทั่วไป และมีราคาถูก สามารถใช้เบอร์อื่นๆ แทนได้ หรือจะจัดวงจรใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับไอซีเบอร์นั้น อีกทั้งง่ายแก่การซ่อมสร้าง, ตัดปัญหาในการปรับจูน IF Tranformer หลายๆ ภาค

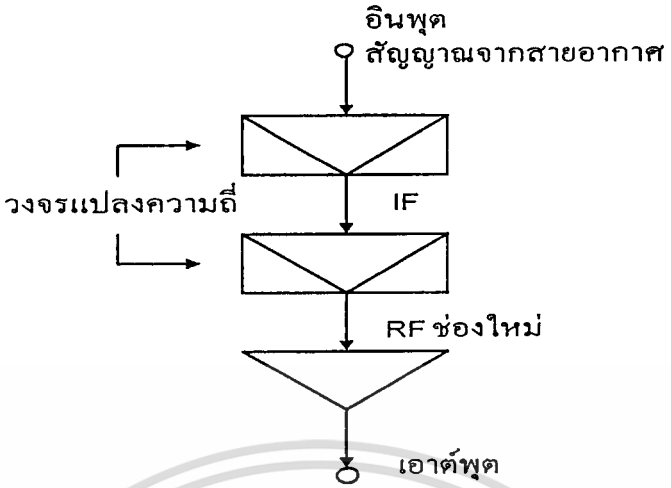
2.6.7 เครื่องแปลงสัญญาณ

1. แชลเนลคอนเวอร์เตอร์ (Channel Converter)

1.1 การทำงานของแชลเนลคอนเวอร์เตอร์

แชลเนลคอนเวอร์เตอร์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนช่องสัญญาณจากช่องหนึ่งไปยังอีกช่องหนึ่ง, อุปกรณ์นี้จะใช้ในกรณีที่การรบกวนของสัญญาณในช่องเดียวกันสูง ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในบริเวณที่เครื่องรับโทรทัศน์สามารถรับสัญญาณขนาดสูงจากสถานีได้โดยตรง หรืออาจจะเกิดในบริเวณที่สามารถรับสัญญาณจากสถานีต่างกันที่ส่งอยู่ในช่องเดียวกัน หรือช่องข้างเคียงกัน ซึ่งมีผลเข้ามารบกวนช่องที่อยากจะรับ หน้าที่ของแชลเนลคอนเวอร์เตอร์ คือ ทำการเปลี่ยนช่องสัญญาณที่ต้องการรับไปเป็นช่องสัญญาณใหม่ที่ไม่มีการรบกวน หลักการทำงานของแชลเนลคอนเวอร์เตอร์เป็นดังที่แสดงในรูปที่ 2.26 กล่าวคือ เมื่อสัญญาณความถี่วิทยุที่รับได้จากสายอากาศถูกป้อนเข้าทางอินพุตของแชลเนลคอนเวอร์เตอร์ สัญญาณนี้จะถูกแปลงความถี่ให้มีค่าต่ำลงเป็นความถี่ IF (38.9 MHz) หลังจากนั้น จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณในช่องใหม่ ในขณะเดียวกันจะถูกขยายให้มีระดับสัญญาณสูงพอที่จะป้อนเข้าระบบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

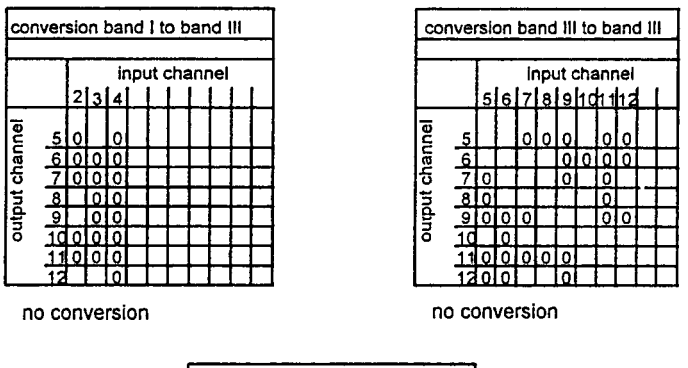


รูปที่ 2.26 หลักการทำงานของแซลแนลคอนเวอร์เตอร์

ในการแปลงสัญญาณจากช่องหนึ่งไปยังอีกช่องหนึ่งนั้น โดยทั่วไปจะไม่สามารถแปลงไปเป็นช่องใดๆ ได้ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากขั้นตอนของการแปลงแถบความถี่ของช่องสัญญาณจะมีสัญญาณที่มีแถบความถี่เฉพาะบางตัวเกิดขึ้น ดังนั้นช่องสัญญาณใหม่ที่ใช้จะต้องไม่ตรงกับแถบความถี่ที่มีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ การแปลงช่องสัญญาณของแซลเนลคอนเวอร์เตอร์ จึงมักเป็นการแปลงสัญญาณข้ามย่าน ยกตัวอย่างเช่นจากย่านความถี่ 1 ไปเป็นย่านความถี่ 3 หรือกลับกัน เป็นต้น

ตารางที่ 2.3 แสดงความสามารถในการแปลงช่องสัญญาณของแซลเนลคอนเวอร์เตอร์ของบริษัทผู้ผลิตแห่งหนึ่ง จากตารางจะเห็นได้ว่า การแปลงสัญญาณจากต่างแบนด์จะทำได้สะดวกกว่า คือ มีช่องสัญญาณต้องห้ามน้อยกว่าแต่ถ้าเป็นการแปลงช่องสัญญาณในแบนด์เดียวกัน เช่น แปลงช่องสัญญาณในแบนด์ 3 ให้เป็นช่องสัญญาณใหม่ในแบนด์ 3 จะเห็นได้ว่ามีช่องสัญญาณต้องห้ามค่อนข้างยากมาก และแน่นอนที่สุด การแปลงจากช่องสัญญาณช่องหนึ่งไปเป็นช่องสัญญาณที่อยู่ติดกัน เช่น แปลงจากช่อง 9 ไปเป็นช่อง 8 หรือช่อง 10 นั้น จะทำไม่ได้ เพราะสัญญาณรบกวนจะมีระดับสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ 2.3 ตารางการแปลงช่องสัญญาณในย่าน 1 กับ ย่าน 3 และ ย่าน 3 กับ ย่าน 4

1.2 การเลือกใช้แชลเนลคอนเวอร์เตอร์

ในการเลือกใช้แชลเนลคอนเวอร์เตอร์ จะต้องรู้ความต้องการที่แน่นอนเสียก่อน ยกตัวอย่างเช่น การรับภาพช่องไหนมีปัญหา และมีความจำเป็นต้องแปลงช่องสัญญาณกี่ช่อง เพราะว่าในบางกรณีการรบกวนอาจจะเกิดขึ้นที่เพียงช่องเดียว ซึ่งจะสามารถแก้ไขได้โดยการแปลงสัญญาณช่องนั้นเพียงช่องเดียวออกไปเป็นสัญญาณในช่องอื่น แต่ถ้าการรบกวนเกิดขึ้นที่หลายๆ ช่อง อาจจะมีความจำเป็นต้องแปลงช่องสัญญาณทั้งหมดออกไปเป็นช่องอื่นๆ ที่ไม่ซ้ำกัน และไม่ซ้ำกับช่องที่มีอยู่เดิม ยกตัวอย่างเช่น ในกรุงเทพฯ อาจจะต้องแปลงสัญญาณทั้งหมด 5 ช่อง ถ้าการรบกวนเกิดขึ้นมากกว่า 2 ช่องขึ้นไป ทั้งนี้เพื่อให้ช่องสัญญาณที่ป้อนเข้าระบบไม่มีช่องที่อยู่ติดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อรู้ความต้องการของระบบแล้ว ขั้นต่อไปต้องดูที่ตารางแปลงช่องสัญญาณของบริษัทผู้ผลิต แล้วกำหนดช่องสัญญาณที่จะทำการแปลง สำหรับตัวอุปกรณ์เองนั้น อาจจะเป็นหน่วยเดียวหรือเป็นสองหน่วยก็ได้ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต แบบหน่วยเดียว คือ แบบที่รวมวงจรที่ทำหน้าที่ทั้งหมดในรูปที่ 2.26 ไว้ในหน่วยเดียว ดังนั้น การสั่งซื้อจะต้องระบุให้ชัดเจนว่าต้องการแปลงสัญญาณช่องไหนไปเป็นสัญญาณช่องไหน สำหรับแบบที่แบ่งเป็นแบบสองหน่วยนั้น เป็นแบบที่แยกเอาวงจรที่แปลงสัญญาณโทรทัศน์เป็นสัญญาณ IF เป็นหน่วยหนึ่ง แล้ววงจรที่แปลงสัญญาณ IF เป็นสัญญาณ RF ช่องใหม่เป็นอีกหน่ วยหนึ่งแยกกัน แบบสองหน่วยนี้ให้ความยืดหยุ่นในการใช้งานขึ้นบ้าง ยกตัวอย่างเช่น เดิมทีวางแผนไว้ว่าจะแปลงช่อง 3 เป็นช่อง 8 แต่เมื่อพิจารณาดูแล้วจะมีปัญหา จึงต้องเปลี่ยนไปเป็นช่อง 12 ในกรณีนี้จะสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนหน่วยที่สอง คือ หน่วยที่แปลงสัญญาณ IF เป็นสัญญาณ RF จากช่อง 8 เป็นช่อง 12 โดยยูนิตที่หนึ่งซึ่งแปลงสัญญาณช่อง 3 เป็นสัญญาณ IF ยังคงใช้ได้อย่างไรก็ตาม การสั่งซื้อจะต้องระบุช่องให้ชัดเจนเช่นเดียวกัน เพราะอุปกรณ์นี้ส่วนใหญ่จะออกแบบให้ใช้ได้ดีในช่องที่ต้องการเท่านั้น

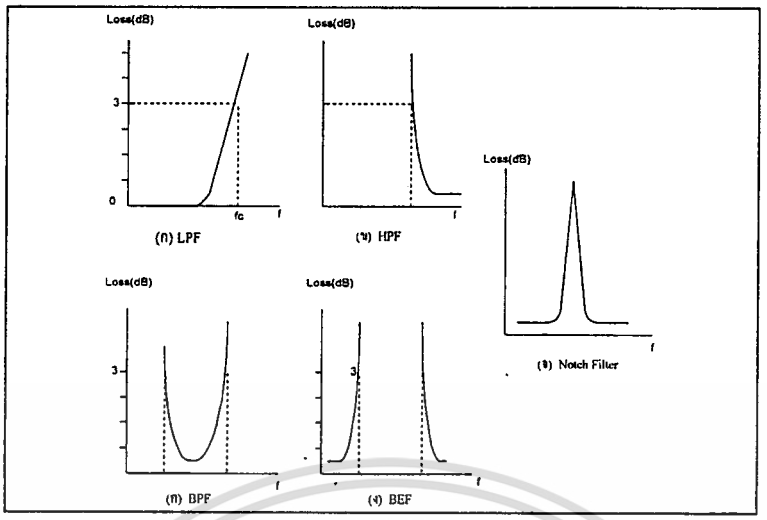
2.6.8 ฟิลเตอร์ และคอมไบเนอร์ (Filters and Combiners)

1. หน้าที่ของฟิลเตอร์และคอมไบเนอร์

ฟิลเตอร์ในทางวงจรไฟฟ้านั้น หมายถึง วงจรที่ใช้กรองความถี่ ซึ่งอาจจะมีคุณสมบัติในการกรองหลายๆ ลักษณะด้วยกัน ในงานทางด้าน RF วงจรฟิลเตอร์มักจะประกอบด้วยคอยล์และคอนเดนเซอร์ ลักษณะในการกรองสัญญาณของฟิลเตอร์นั้น โดยทั่วไปจะมี 5 รูปแบบด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.27

ในรูป (ก) แสดงลักษณะที่ความถี่ต่ำสามารถผ่านได้ดีในขณะที่ความถี่สูงกว่าค่า fc ขึ้นไปจะผ่านได้น้อยลงและจะน้อยลงเรื่อยๆ เมื่อความถี่เพิ่มสูงขึ้น ลักษณะการกรองความถี่ดังกล่าวนี้เรียกว่า ฟิลเตอร์แบบความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter ย่อว่า LPF) ในกรณีของรูปที่ 2.27 (ข) จะตรงข้ามกับรูป (ก) กล่าวคือ ความถี่สูงจะผ่านได้ดี จึงเรียกฟิลเตอร์ที่มีลักษณะการผ่านความถี่ในรูปนี้ว่าฟิลเตอร์แบบความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter ย่อว่า HPF) สำหรับฟิลเตอร์ที่มีลักษณะที่มีลักษณะการผ่านความถี่ดังรูป (ค) นั้น เรียกว่าฟิลเตอร์แบบเฉพาะแถบความถี่ (Band Pass Filter ย่อว่า BPF) ฟิลเตอร์นี้จะผ่านเฉพาะแถบความถี่ในช่วงหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นช่องสัญญาณโทรทัศน์หนึ่งช่อง เป็นต้น สำหรับฟิลเตอร์ที่มีลักษณะการผ่านความถี่ใน

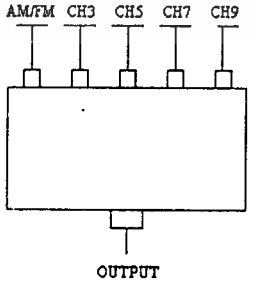
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 ลักษณะในการกรองความถี่

รูป (ง) นั้น เรียกว่าฟิลเตอร์ที่ตัดเฉพาะแถบความถี่ (Band Eliminated Filter ย่อว่า BEF) ฟิลเตอร์นี้จะทำการตัดเฉพาะความถี่ในช่วงหนึ่ง ส่วนความถี่อื่นๆ นั้น จะยอมให้ผ่านได้ตามปกติ สำหรับรูป (จ) นั้น เป็นฟิลเตอร์ที่ตัดเฉพาะช่วงความถี่แคบๆ เรียกว่า นอตช์ฟิลเตอร์ (Notch Filter)

ในงานด้าน MATV นั้น เรามักใช้ฟิลเตอร์ในลักษณะต่างๆ กัน เช่น ใช้ HPF ในการตัดสัญญาณรบกวนจากวิทยุเอเอ็มออก, ใช้ BEF หรือ นอตช์ฟิลเตอร์ในการตัดสัญญาณรบกวนช่วงแคบๆ ออก และใช้ BPF ในการผ่านสัญญาณเฉพาะช่วงที่ต้องการ เป็นต้น



รูปที่ 2.28 การใช้คอมไบเนอร์

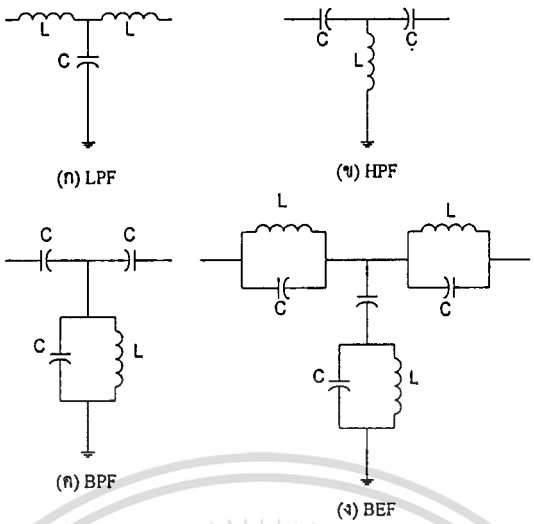
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมไบเนอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรวมช่องสัญญาณจากสายอากาศ ซึ่งมีมากกว่า 2 สัญญาณขึ้นไป เพื่อส่งออกเป็นเอาต์พุตเดียวในลักษณะที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.28 คอมไบเนอร์ตามการทำงานก็คือ การนำเอา BPF ของแต่ละช่องมารวมกันนั่นเอง เช่น คอมไบเนอร์ของสัญญาณช่อง 3, 5, 7 และ ช่อง 9 ก็คือการนำเอา BPF ของทั้ง 4 ช่องดังกล่าว มาประกอบไว้ในกล่องเดียวกัน โดยให้มีขั้วอินพุตแยกกัน และขั้วเอาต์พุตต่อร่วมกัน การใช้คอมไบเนอร์รวมสัญญาณ โดยทั่วไปจะให้ผลดีกว่าการรวมสัญญาณด้วยวิธีอื่น ในระบบ MATV ขนาดเล็กมักจะใช้คอมไบเนอร์ร่วมกับบูสเตอร์ หรือบรอดแบนด์แอมป์ เพื่อให้คุณภาพของการรวมสัญญาณดีขึ้น

2. การเลือกใช้ฟิลเตอร์และคอมไบเนอร์

ฟิลเตอร์และคอมไบเนอร์ที่ดีนั้น จะต้องมีคุณสมบัติ 2 ประการ คือ ในช่วงที่ยอมให้ความถี่ผ่านจะต้องมีค่าการบั่นทอนสัญญาณต่ำ และมีการเปลี่ยนแปลงของค่าการบั่นทอนจาก . ช่วงที่ให้ผ่านกับช่วงที่ไม่ให้ผ่านในอัตราที่สูง นั่นคือ ความชันของเส้นในแนวตะแคงในรูปที่ 2.29 จะต้องสูง การที่ในช่วงที่ให้ความถี่ผ่านมีการบั่นทอนของสัญญาณนั้น เป็นเพราะว่าชิ้นส่วนที่ใช้ประกอบเป็นฟิลเตอร์ ซึ่งเป็นคอยล์และคอนเดนเซอร์นั้นมีความต้านทานอยู่จึงทำให้สัญญาณที่ผ่านวงจรนี้จะต้องสูญเสียกำลังไปบางส่วน ถึงแม้จะเป็นความถี่ในช่วงที่ผ่านได้ดีค่าการบั่นทอนสัญญาณนี้ยิ่งต่ำยิ่งดี ไม่เช่นนั้นจะไปทำให้สัญญาณที่ต้องการมีขนาดลดต่ำลงด้วย สำหรับค่าการบั่นทอนสัญญาณในช่วงความถี่ที่ต้องการตัดออกนั้น มีค่ายิ่งสูงก็ยิ่งดี เพราะจะทำให้ระดับสัญญาณรบกวนลดต่ำลง อย่างไรก็ตาม วงจรฟิลเตอร์ที่มีคุณสมบัติครบถ้วนทั้ง 2 ประการนี้ จะมีวงจรค่อนข้างยุ่งยาก และชิ้นส่วนที่ใช้ต้องดีมาก ซึ่งทำให้มีราคาสูง โดยทั่วไปจึงมักจะยินยอมให้มีคุณสมบัติลดลงบ้าง ในงานด้าน MATV ฟิลเตอร์ที่ใช้ควรมีค่าการบั่นทอนสัญญาณในช่วงความถี่ที่ให้ผ่านน้อยกว่า 2 dB และค่าการบั่นทอนสัญญาณในช่วงความถี่ที่ต้องการกรองออกจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 20 dB

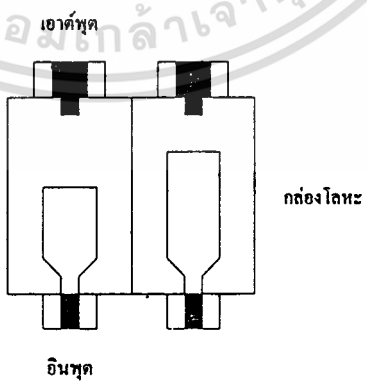
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 วงจรฟิลเตอร์แบบต่างๆ

รูปที่ 2.29 แสดงตัวอย่างวงจรฟิลเตอร์ที่ให้คุณสมบัติในการกรองคลื่น เป็นดังที่แสดงในรูปที่ 2.27 ชิ้นส่วนที่ใช้ในวงจรนั้นอาจจะแบ่งได้เป็น 3 แบบด้วยกัน คือ

(1) แบบที่ใช้คอยล์และคอนเดนเซอร์ธรรมดา ฟิลเตอร์แบบนี้จะสามารถออกแบบให้มีคุณสมบัติเป็นอย่างใดก็ได้ แต่ชิ้นส่วนจะมากขึ้น และมีข้อเสียที่คุณสมบัติของฟิลเตอร์จะเปลี่ยนแปลงไปตามอายุการใช้งานได้มาก



รูปที่ 2.30 วงจรเรโซแนนท์แบบโพรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) แบบที่ใช้วงจรเรโซแนนท์แบบโพรง (cavity resonator) วงจรเรโซแนนท์แบบโพรงมีโครงสร้างดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.30 วงจรนี้อาศัยหลักการเก็บสะสมพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในโพรงโลหะ ซึ่งต้องมีขนาดใหญ่ จึงทำให้ฟิลเตอร์ที่ใช้วงจรประเภทนี้มีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับแบบที่ (1) อย่างไรก็ตาม ฟิลเตอร์แบบนี้มีข้อดีที่การสูญเสียในช่วงที่ให้ความถี่ผ่านมีค่าต่ำ และการกรองความถี่ในช่วงที่ไม่ให้ผ่านได้ผลดี ขณะเดียวกันก็มีเสถียรภาพสูงคือ มีการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติตามเวลาน้อย

(3) แบบที่ใช้ลายปรินท์ วงจรแบบนี้เป็นการออกแบบลายปรินท์ให้มีค่าเป็น L และ C ตามต้องการ รูปที่ 2.31 แสดงตัวอย่างของลายปรินท์ดังกล่าวนี้ วงจรแบบนี้มีข้อดีที่มีขนาดเล็ก, มีความคงทนสูง และทำการผลิตได้ง่าย แต่ก็มีข้อเสียที่มีค่า Q ต่ำ จึงทำให้ไม่สามารถสร้างคุณสมบัติที่มีการกรองความถี่อย่างแหลมคมได้

รูปที่ 2.31 วงจรเรโซแนนท์แบบลายปรินท์

จากลักษณะเด่นและด้อยของวงจรแต่ละแบบข้างต้น ในการเลือกอุปกรณ์พวกฟิลเตอร์และคอมไบเนอร์จึงต้องคำนึงถึงความจำเป็นดังกล่าวมาเป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.9 ขั้วต่อสายเคเบิล

การต่อสายระหว่างสายนำสัญญาณกับขั้วสายของอุปกรณ์ต่างๆ โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 แบบ คือ การต่อปลายสายนำสัญญาณเข้ากับอุปกรณ์โดยตรง กับการต่อโดยใช้หัวต่อ การที่จะใช้การต่อแบบไหนนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของขั้วสายของอุปกรณ์ อุปกรณ์สปลิตเตอร์และแท็ปออฟจะมีขั้วสายทั้งสองแบบ ลักษณะพิเศษของการต่อทั้งสองแบบเป็นดังนี้ คือ การต่อโดยตรงจะทำงานสะดวกกว่า และไม่ต้องเปลืองหัวต่อ แต่จะมีข้อเสียตรงที่ ถ้าอุปกรณ์นั้นทำการป้องกันไว้ไม่ดี จะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนแก่ระบบได้ ส่วนการต่อแบบที่ใช้หัวต่อ จะมีลักษณะกลับกันกับการต่อโดยตรง

รูปที่ 2.32 แสดงหัวต่อแบบต่างๆ แบบ (ก) เป็นแบบเสียบ ซึ่งเป็นการเสียบหัวต่อที่เป็นปลั๊กเข้ากับหัวต่อที่เป็นซ็อกเกต แล้วอาศัยแรงเสียดทานในการยึด แบบนี้จะเป็นแบบที่ง่ายที่สุด และมีราคาถูกที่สุด สำหรับแบบ (ข) เป็นแบบเอฟ (F-type connector) ซึ่งใช้แกนของสายโคแอกเซียลเป็นปลั๊กเสียบ แล้วอาศัยการยึดด้วยการขันสกรู หัวต่อแบบเอฟนี้จะมีการยึดที่แข็งแรงและมีการป้องกันที่ดี แต่มีข้อเสียคือมีราคาแพง และการต่อสายเข้ากับหัวต่อทำได้ยากกว่า

รูปที่ 2.32 หัวต่อแบบต่างๆ

2.6.10 อุปกรณ์ขยายสัญญาณ

เครื่องขยายสัญญาณ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากสายอากาศ และขยายสัญญาณที่มีกำลังตกลงหลังจากป้อนเข้าไปจ่ายในระบบแล้ว แบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แชลแนลแอมปลิไฟเออร์ (channel amplifier)

แชลแนลแอมปลิไฟเออร์ หรือที่เรียกว่า แชลแนลแอมป์ เป็นเครื่องขยายสัญญาณเฉพาะช่อง โดยตัดความถี่ของช่องอื่นๆ ออก ลักษณะพิเศษของแชลแนลแอมป์ คือ ให้สัญญาณเอาต์พุตสูง โดยทั่วไปมักจะสูงถึง 120 dBμV หรือสูงกว่า จึงเหมาะสำหรับการป้อนระบบที่ค่อนข้างใหญ่ แชลแนลแอมป์จะมีแบบที่มีวงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติอยู่ภายในด้วย ซึ่งเหมาะสำหรับบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณมาก สำหรับค่า NF (noise figure) ของแชลแนลแอมป์นั้น โดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 7-8 dB

สำหรับเพาเวอร์ซัพพลายนั้น มักจะใช้ร่วมกัน โดยติดตั้งแชลแนลแอมปลิไฟเออร์ไว้ในกล่องเดียวกัน ขนาดของเพาเวอร์ซัพพลายจะเลือกจากค่าความต้องการกระแสไฟฟ้า, แรงดันไฟฟ้าของแชลแนลแอมป์ และจำนวนแชลแนลแอมป์ที่ต้องการใช้ในกรณีที่มีโครงการจะขยายจำนวนช่องในภายหลัง ก็ควรเลือกเพาเวอร์ซัพพลายที่สามารถจ่ายกระแสได้สูงกว่านั้นเป็นการสำรองไว้

สำหรับการดึงเอาสัญญาณเอาต์พุตที่ได้รับการขยายแล้วออกไปป้อนให้กับระบบนั้น แชนเนลแอมป์โดยทั่วไปจะออกแบบไว้ให้มี 2 เอาต์พุต ซึ่งเมื่อโยงเอาต์พุตด้านหนึ่งของแอมป์คนละเครื่องเข้าด้วยกันด้วยสายโคแอกเชียล 75Ω สัญญาณจากเอาต์พุตที่โยงกันจะสามารถส่งผ่านออกไปที่ขั้วเอาต์พุตที่เหลือไปได้ ดังนั้น เมื่อโยงเอาต์พุตของแชนเนลแอมป์ตัวข้างเคียงต่อกันไปจะได้ขั้วเอาต์พุตเหลือทางริมซ้ายและขวาด้านละ 1 ขั้ว ซึ่งสัญญาณของทุกๆ ช่องของแชนเนลแอมป์จะถูกส่งผ่านออกไปเหมือนกัน

2. มัลติแบนด์แอมปลิไฟเออร์ (Multiband amplifier)

มัลติแบนด์แอมปลิฟลายเออร์ เป็นเครื่องขยายสัญญาณหลายๆ แบนด์ในเครื่องเดียวกัน โดยทั่วไป จะมีขั้วอินพุตจำนวนเท่ากับจำนวนแบนด์ที่ขยายได้ ที่อินพุตของแต่ละแบนด์จะมีฟิลเตอร์กรองให้คลื่นเฉพาะแบนด์ผ่านเข้าไปได้ จึงเหมาะสำหรับเป็นเครื่องขยายสัญญาณที่รับได้จากสายอากาศ และเนื่องจากเอาต์พุตสูงสุดของแอมป์ชนิดนี้มีค่าประมาณ 110 dBμV โดยมีค่าอัตราขยายประมาณ 30 dB

มัลติแบนด์แอมป์มีแบบที่มีขั้วอินพุตเพียงขั้วเดียว มัลติแบนด์แอมป์ชนิดนี้นิยมเรียกเป็น ดิสตริบิวชั่นแอมปลิไฟเออร์ (Distribution amplifier) หรือ ซิสเต็มแอมปลิไฟเออร์ (System amplifier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปรีแอมปลิไฟเออร์ (Pre-amplifier)

ปรีแอมปลิไฟเออร์ หรือเรียกสั้นๆ ว่า ปรีแอมป์ เป็นเครื่องขยายสัญญาณที่ใช้ขยายสัญญาณจากสายอากาศที่มีกำลังอ่อนชั้นหนึ่งก่อน แล้วป้อนไปขยายที่แอมป์หลักต่อไป โดยเฉพาะสัญญาณที่รับจากสายอากาศมีขนาดต่ำกว่า 55 dBμV ปรีแอมป์ส่วนใหญ่จะมีอัตราการขยายประมาณ 20 dB และมีค่า NF ต่ำ ปรีแอมป์จะมีทั้งแบบขยายเฉพาะช่อง และแบบขยายเป็นแบนด์

สำหรับการป้อนกำลังให้แก่ปรีแอมป์นั้น ใช้วิธีป้อนผ่านสายโคแอกเซียล จากข้างล่างขึ้นไปยังปรีแอมป์ ซึ่งต้องติดตั้งอยู่บริเวณใกล้ๆ สายอากาศ คือเป็นการป้อนจากจุดที่อยู่ไกล (remote feed) ซึ่งตัวเพาเวอร์ซัพพลายก็จะต้องเป็นแบบที่ออกแบบให้ใช้ในลักษณะนี้ได้

2.6.11 อุปกรณ์ลดทอนสัญญาณ (Attenuator)

ตัวลดทอนสัญญาณ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการลดระดับของสัญญาณให้มีค่าน้อยลง ตัวลดทอนสัญญาณส่วนใหญ่จะมี 2 แบบด้วยกันคือ แบบที่มีการลดทอนคงที่ กับแบบที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าการลดทอนได้ แบบที่มีการลดทอนคงที่มักจะกำหนดค่าไว้ที่ 3 dB, 6 dB และ 10 dB ส่วนแบบที่ปรับค่าได้นั้นมักจะทำไว้ให้มีค่าอยู่ในช่วง 0.5-18 dB หรือ 0.5-20 dB โดยทำเป็นหัวสกรูยื่นออกมาให้หมุนปรับค่าได้อย่างต่อเนื่อง

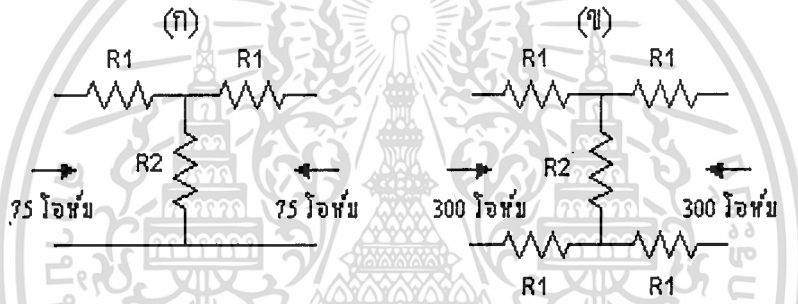
สำหรับโครงสร้างของตัวลดทอนสัญญาณนั้น เนื่องจากโดยหลักการแล้ว ตัวลดทอนสัญญาณ คือ การนำเอาความต้านทานไฟฟ้ามาคั่นในเส้นทางผ่านของสัญญาณ เพื่อให้ความต้านทานไฟฟ้านี้ดูดกลืนพลังงานของสัญญาณไปบางส่วน ดังนั้นชิ้นส่วนที่ใช้ทำตัวลดทอนสัญญาณจึงมีค่าความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งมีอยู่ 2 แบบด้วยกัน แบบที่หนึ่งคือ ตัวความต้านทานที่ใช้กันโดยทั่วไป แบบนี้จะมีวงจรดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.33 โดยที่รูป (ก) และรูป (ข) แสดงกรณีที่ใช้กับสายโคแอกเชียลและสายทวินลีด ตามลำดับ หลักการออกแบบที่สำคัญคือ นอกจากจะต้องออกแบบให้มีค่าการบั่นทอนตามต้องการแล้ว ยังต้องแมทซ์อิมพีแดนซ์ทั้งสองด้านให้ได้ นั่นคือ อินพุตอิมพีแดนซ์และเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ จะต้องมีค่าเท่ากับอิมพีแดนซ์ของสายนำสัญญาณคือ 75 โอห์ม สำหรับในรูป (ก) และ 300 โอห์ม สำหรับในรูป (ข) ตารางในรูปแสดงค่า R1 และ R2 ในกรณีที่มีค่าการบั่นทอนต่างๆ

สำหรับโครงสร้างของตัวลดทอนสัญญาณอีกแบบหนึ่ง เป็นแบบใช้วิธีฉาบสารคาร์บอนบนผนังของสายโคแอกเชียล เพื่อให้สารคาร์บอนนี้ดูดกลืนพลังงานคลื่นในขณะที่คลื่นที่ผ่านไป แบบนี้นอกจากจะออกแบบให้มีค่าการลดทอนคงที่ได้แล้ว ยังสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบให้มีค่าการลดทอนเปลี่ยนแปลงได้ วิธีการที่ใช้ก็คือ การสร้างเงื่อนไขที่ทำให้คลื่นที่เคลื่อนที่เข้ามามีการกระจัดกระจาย ซึ่งจะทำให้ค่าการลดทอนสัญญาณเพิ่มสูงขึ้นตามอัตราการกระจัดกระจายของคลื่น รูปที่ 2..34 แสดงตัวลดทอนสัญญาณแบบโคแอกเชียล

สำหรับการเลือกใช้ตัวลดทอนสัญญาณนั้น ประเด็นสำคัญอยู่ที่การเปลี่ยนแปลงของค่าการลดทอนสัญญาณตามความถี่ โดยทั่วไป ตัวลดทอนสัญญาณแบบที่ใช้ความต้านทานธรรมดาจะมีค่าการลดทอนเปลี่ยนแปลงได้มากกว่าแบบที่สอง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวความต้านทานที่ใช้ด้วย ดังนั้น จึงเหมาะกับระบบที่ต้องการให้มีค่าการลดทอนเท่ากันตลอดช่วงความถี่ที่ใช้งาน



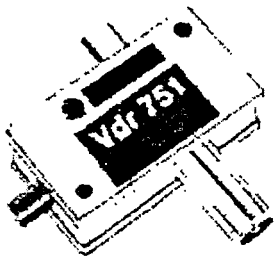
ค่าการลดทอน (dB)	R1 (Ω)	R2(Ω)
3	13	213
9	35	123
10	39	53
20	62	15

ค่าการลดทอน (dB)	R2(Ω)	R1(Ω)
3	24	910
9	47	390
10	82	220
20	120	68

รูปที่ 2.33 ตัวลดทอนกำลังที่ใช้ความต้านทานธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Adjustable Attenuator



Plug-in Attenuators

รูปที่ 2.34 ตัวลดทอนสัญญาณแบบโคแอกเชียล

2.7 ปัญหาและการแก้ปัญหาในระบบ SMATV

ในการติดตั้งระบบ SMATV นั้น ปัญหาที่จะต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก คือ จะรับสัญญาณจากดาวเทียมกี่ช่อง และจากดาวเทียมดวงใดบ้าง หากต้องการรับสัญญาณหลายๆช่องจากดาวเทียมดวงเดียว เช่น เอเซียแซท ก็ใช้จานรับสัญญาณจานเดียว แต่จูนเนอร์หรือเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมนั้น ขึ้นอยู่กับจำนวนของช่องที่ต้องการจะรับ ถ้าต้องการรับ 5 ช่องก็ใช้จูนเนอร์ 5 ตัว หากต้องการรับสัญญาณหลายๆ ช่องจากดาวเทียมหลายๆ ดวง ก็ต้องมีจานรับสัญญาณเท่ากับจำนวนดาวเทียมที่ต้องการรับ และจูนเนอร์เท่ากับจำนวนช่องที่ต้องการรับ เต่ก็จะมีแบบพิเศษต่างจากที่กล่าวข้างต้นคือ ถ้าหากต้องการรับสัญญาณจากดาวเทียมปาลาปา B2P พร้อมๆ กับรับสัญญาณจากดาวเทียมเอเซียแซทไปด้วย สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมทั้งสองได้ โดยใช้จานรับสัญญาณจานเดียวที่เรียกว่า จานแบบคู โอ หรือหากต้องการรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณจากดาวเทียมทั้งสองดวงดังกล่าวแล้ว พร้อมทั้งรับสัญญาณจากดาวเทียมปาลาปา B4 ด้วย รวมทั้งหมด 3 ดวง ก็สามารถรับโดยใช้จานๆ เดียว ที่เรียกว่าจานแบบทรีโอตอนนี้ก็มีอยู่สามดวงนี้ที่สามารถรับได้โดยใช้จานๆ เดียว ส่วนจำนวนจูนเนอร์ยังเหมือนเดิมคือ จะดูกี่ช่องก็ต้องมีจูนเนอร์เท่านั้นช่อง ส่วนสัญญาณที่ทำการมอดูเลตออกมาเพื่อส่งไปให้โทรทัศน์รับนั้น จะมีความถี่อยู่ในย่าน UHF ช่อง 30-40 และเนื่องจากเราต้องส่งสัญญาณทั้งหมดทุกช่องไปในสายเส้นเดียวกันการที่จะทำไม่ให้สัญญาณรบกวนกันความถี่จะต้องห่างกันอย่างน้อย 1 ช่อง นั่นคือ จะต้องส่งความถี่ช่อง 30, 32, 34, 36, 38 และ 40 รวมทั้งหมด 6 ช่อง

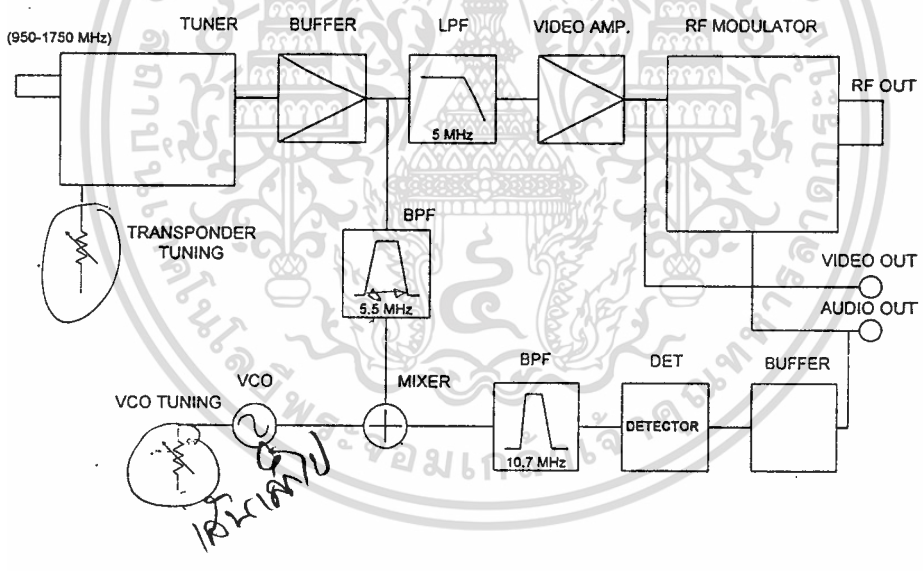
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม

การทำงานของระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม เริ่มจากสัญญาณความถี่สูงจากดาวเทียมที่ถูกส่งลงมากระทบผิวจานสายอากาศรับแล้วสะท้อนไปยังจุดโฟกัส 1 ครั้ง หรือ 2 ครั้ง แล้วแต่ชนิดของจานสายอากาศ แต่ผลสุดท้ายสัญญาณจากจุดโฟกัสจะสะท้อนเข้าไปยังฟีดฮอร์น ซึ่งภายในจะมีสายโพรบขนาดเล็กอยู่ ค่าของความถี่ที่เข้ามายังฟีดฮอร์นนี้คือค่าความถี่ขาลงของดาวเทียมนั่นเอง



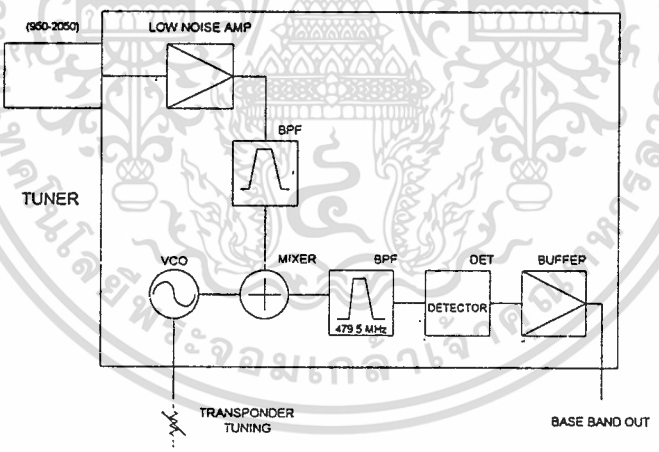
รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม

ในระบบการสื่อสารโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมเพื่อการรับชมโดยตรง จะใช้ย่านความถี่ไมโครเวฟ 2 ย่านหลัก คือ ย่านความถี่ C-Band และย่านความถี่ Ku-Band ความถี่ขาลงของย่าน C-Band จะมีค่าประมาณ 4 GHz และย่าน Ku-Band จะมีค่าความถี่ขาลงประมาณ 12 GHz สัญญาณที่ได้รับที่โพรบนั้นจะมีอยู่ 2 ประเภทตามการโพลาไรซ์ของสัญญาณคือ สัญญาณที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพลาไรซ์แนวตั้งและสัญญาณที่มีโพลาไรซ์แนวนอน สัญญาณที่ได้จากสายโพรบจะถูกส่งผ่านไปยังวงจรขยายที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ (LNA) เพื่อทำให้สัญญาณมีขนาดแรงขึ้น แล้วจะส่งต่อไปยังวงจรผสมสัญญาณ ซึ่งจะนำเอาสัญญาณที่ได้รับจากดาวเทียมมาผสมกับสัญญาณที่ถูกสร้างขึ้นจากวงจรกำเนิดความถี่แบบไดอิเล็กตริกเรโซแนนซ์ สัญญาณที่ได้จากวงจรผสมสัญญาณจะถูกนำไปผ่านวงจรกรองสัญญาณแบบแถบความถี่ผ่าน ซึ่งจะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ในช่วง 950 MHz ถึง 1,750 MHz ผ่านไปได้ เราเรียกช่วงของความถี่ดังกล่าวว่า ความถี่กลางอันดับหนึ่ง สัญญาณความถี่กลางอันดับหนึ่งนี้จะถูกส่งออกมาตามสายโคแอกเชียลเคเบิลมายังเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ซึ่งมีการทำงานตามผังการทำงานดังรูปที่ 3.1

สัญญาณที่มาตามสายโคแอกเชียลเคเบิลเมื่อมาถึงเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจะพบกับส่วนแรก คือ ภาคจูนเนอร์ ภาคจูนเนอร์นับว่าเป็นภาคที่มีความสำคัญมากเป็นอันดับแรก เพราะถ้าหากใช้จูนเนอร์ที่มีประสิทธิภาพต่ำแล้ว จะส่งผลให้สัญญาณทั้งหมดของระบบมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีตามไปด้วย



รูปที่ 3.2 ผังการทำงานของภาคจูนเนอร์

การทำงานของวงจรจูนเนอร์ดังผังการทำงานรูปที่ 3.2 มีดังนี้ คือ สัญญาณที่ป้อนมาตามสายโคแอกเชียลเคเบิล เมื่อเข้ามายังจูนเนอร์ จะพบกับภาคไอโซเลเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวเก็บประจุเป็นตัวไอโซเลเตอร์ เพื่อป้องกันแรงดันไฟตรงเข้าไปทำอันตรายต่อภาคที่อยู่ถัดไปได้ เนื่องจากการเลือกโพลาไรซ์ของสัญญาณนั้นจะใช้ระดับแรงดัน 2 ระดับในการเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพลาไรซ์และทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้แก่อุปกรณ์ขยายสัญญาณรบกวนต่ำ โดยใช้ระดับแรงดันไฟตรงขนาด 14 โวลต์ ในการเลือกโพลาไรซ์แนวนอน และแรงดันไฟตรงขนาด 18 โวลท์ ในการเลือกโพลาไรซ์แนวตั้ง สัญญาณไฟตรงนี้จะถูกป้อนผ่านเข้าไปยังสายโคแอกเชียลเคเบิลโดยตรงไปยังอุปกรณ์ขยายสัญญาณรบกวนต่ำ แต่ถ้าอุปกรณ์ขยายสัญญาณรบกวนต่ำใช้วิธีการเปลี่ยนโพลาไรซ์ด้วยเซอร์โวมอเตอร์ในการเปลี่ยนมุมของโพรบรับสัญญาณให้เปลี่ยนตำแหน่งไป 90 องศา ก็ไม่สามารถที่จะรู้ระดับในแรงดันไฟตรงที่ส่งออกไปได้ ดังนั้น การใช้ระดับแรงดันไฟตรงเพื่อการเปลี่ยนโพลาไรซ์นี้ ไม่สามารถที่จะใช้งานได้กับการเปลี่ยนโพลาไรซ์โดยการใช้เซอร์โวมอเตอร์

การใช้ตัวเก็บประจุเป็นตัวไอโซเลเตอร์ นอกจากจะทำหน้าที่กันแรงดันไฟตรงแล้ว ยังทำหน้าที่ในการถ่ายทอดสัญญาณไปยังภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุที่มีการควบคุมอัตราการขยายแบบอัตโนมัติซึ่งอยู่ถัดไปด้วย เนื่องจากสัญญาณที่ป้อนเข้ามายังภาคจูนเนอร์มีความถี่อยู่ในช่วง 950 MHz ถึง 1,750 MHz ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีการเลือกช่องสัญญาณที่ต้องการโดยใช้ทรานสปอนเดอร์จูนนิ่ง ซึ่งจะมีระดับแรงดันไฟตรงอยู่ในช่วงประมาณ 12 V ถูกป้อนให้กับขา VT ของจูนเนอร์ แรงดันไฟตรงที่ได้นี้จะไปทำให้วงจรกำเนิดความถี่ด้วยแรงดันผลิตความถี่ออกมาค่าหนึ่ง เพื่อที่จะนำไปผสมกับสัญญาณความถี่กลางอันดับหนึ่งและที่ระดับแรงดันต่างๆ กัน ก็จะได้ค่าความถี่ต่างกันออกไปด้วย ค่าของความถี่ที่ผลิตออกมานี้จะมีค่าอยู่ในช่วง 1,429 MHz ถึง 2,529 MHz

เมื่อนำความถี่ที่ได้จากภาคกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงดันไปผสมกับความถี่กลางอันดับหนึ่งโดยใช้วงจรผสมสัญญาณแล้ว จะทำให้ได้เอาต์พุตที่เป็นสัญญาณผลรวม และสัญญาณผลต่างออกมา สัญญาณทั้งสองจะถูกนำไปผ่านวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน โดยจะกรองเอาเฉพาะสัญญาณผลต่าง ซึ่งเป็นความถี่กลางอันดับสองออกมา มีค่าความกว้างของแถบความถี่ประมาณ 27 MHz สัญญาณความถี่กลางอันดับที่สองที่ยังไม่ได้ผ่านการขยายนี้ส่วนหนึ่งจะถูกส่งผ่านไปยังภาคควบคุมอัตราการขยายโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะเป็นการควบคุมอัตราการขยายของภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุให้มีระดับคงที่ตลอดเวลา แล้วนำไปผ่าน วงจรกรองความถี่แถบผ่านชนิด SAWF ซึ่งเป็นวงจรกรองแบบโซลิดสเตทที่มีการตอบสนองทางความถี่ดีกว่าวงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบอื่น ซึ่งมีใช้อย่างกว้างขวางในภาคจูนเนอร์ของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมโดยทั่วไป สัญญาณความถี่ 479.5 MHz นี้ จะถูกนำไปผ่าน วงจรดีมอดูเลเตอร์แบบเอฟเอ็ม ทำให้สัญญาณความถี่ 479.5 MHz ถูกกำจัดทิ้งไป คงเหลือแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเบสแบนด์ที่มีองค์ประกอบของพาหะสัญญาณภาพ, พาหะสัญญาณเสียง และสัญญาณควบคุมต่างๆ ทีจำเป็น

สัญญาณที่ได้จากจูนเนอร์จะผ่านบัฟเฟอร์ สัญญาณที่จุดนี้ก็คือ สัญญาณเบสแบนด์ที่มีองค์ประกอบของสัญญาณพาหะภาพและสัญญาณพาหะเสียง โดยปกติแล้วจะมีระดับแรงดันของสัญญาณประมาณ 250 มิลลิโวลต์จากยอดถึงยอด และสัญญาณเบสแบนด์ส่วนหนึ่งถูกขยายและต่อออกไปยังเอาต์พุตเบสแบนด์ กระบวนการในการถ่ายทอดสัญญาณภาพ จะเริ่มจากการนำเอาสัญญาณเบสแบนด์มาผ่านวงจรดีเอ็มฟาซีส เนื่องมาจากในระบบการส่งสัญญาณภาพนั้น จะผ่านวงจรปรีเอ็มฟาซีสเพื่อรักษาระดับของอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนให้มีคุณภาพที่ดี โดยการกดระดับสัญญาณความถี่ที่ต่ำกว่าระดับสัญญาณที่ต้องการและยกระดับสัญญาณที่ต้องการให้มีระดับที่สูงขึ้น ดังนั้น ในภาครับจึงต้องมีการดึงระดับสัญญาณให้กลับมาอยู่ในระดับปกติ โดยการใช้วงจรดีเอ็มฟาซีสนั่นเอง

วิธีการนี้จะทำให้ค่าของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนมีค่าดีขึ้นประมาณ 2 เดซิเบล สัญญาณที่ผ่านการดีเอ็มฟาซีสแล้ว จะถูกลดทอนลงไปบ้าง จึงต้องมีการขยายสัญญาณให้มีระดับสูงขึ้น ในระบบการส่งสัญญาณดาวเทียมนั้น ช่วงของความถี่ที่เป็นพาหะของสัญญาณภาพจะเป็นช่วงของความถี่ต่ำ โดยถ้าเป็นมาตรฐานของระบบ NTSC จะใช้ช่วงกว้างของสัญญาณภาพที่ 0-4.2 MHz ถ้าเป็นมาตรฐานของระบบ PAL-G จะใช้ที่ช่วงความถี่ของสัญญาณภาพที่ 0-5 MHz และระบบ PAL-I จะใช้ช่วงสัญญาณภาพที่ 0-5.5 MHz สำหรับในประเทศไทยนั้น ใช้ระบบ PAL เป็นมาตรฐานเช่นกัน โดยใช้มาตรฐานของระบบ PAL-B

จะเห็นได้ว่าความถี่เบสแบนด์ที่ได้เลือกมานั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงความถี่ 0-5 MHz จะเป็นช่วงของสัญญาณพาหะภาพ ซึ่งจะมีความถี่พาหะย่อยของสัญญาณภาพที่ความถี่ 4.43 MHz ส่วนช่วงความถี่ที่สูงกว่า 5 MHz จนถึงประมาณ 10 MHz จะเป็นช่วงความถี่พาหะสัญญาณเสียง ซึ่งมีความถี่พาหะย่อยของสัญญาณเสียงอยู่ที่ 6.5 MHz สำหรับระบบโมโน ส่วนถ้าเป็นระบบสเตอริโอ สัญญาณพาหะย่อยของเสียงจะมีความถี่อยู่หลายช่องความถี่ด้วยกัน ซึ่งในแต่ละช่องความถี่จะมีค่าของความถี่ประมาณ 180 kHz ดังนั้น สัญญาณที่ผ่านการดีเอ็มฟาซีสแล้ว จะต้องผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน คือ กรองเอาสัญญาณพาหะภาพในช่วง 0-5 MHz ออกมา ส่วนพาหะของสัญญาณเสียงจะไม่สามารถผ่านไปได้ สัญญาณพาหะภาพจะถูกทำการแยกเอาสัญญาณพาหะออก และขยายสัญญาณภาพโดยวงจรขยายความแตกต่างของสัญญาณภาพ สัญญาณที่ได้ในขณะนี้จะเป็นสัญญาณรวมของภาพเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขั้นตอนของกระบวนการส่งสัญญาณย่าน C-Band นั้น ได้มีการผสมสัญญาณความถี่ประมาณ 25 หรือ 30 Hz เป็นลักษณะของสัญญาณสามเหลี่ยม คือ ถ้าเป็นมาตรฐานของอเมริกาจะใช้ความถี่ 30 Hz มาตรฐานทางยุโรปจะใช้ความถี่ 25 Hz ในขณะที่ทางรัสเซียใช้ความถี่เพียง 2.5 Hz โดยผนวกเข้ากับสัญญาณภาพ เพื่อป้องกันการรบกวนแทรกสอดอันเกิดจากระบบการสื่อสารบนพื้นโลก สัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยมนี้เรียกว่า สัญญาณการแพร่กระจายพลังงาน (Dispersal Waveform) ดังนั้น สัญญาณภาพที่ได้ในตอนนี้ จึงมีสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยมปนอยู่ และในทางด้านเครื่องรับนั้น จำเป็นที่จะต้องทำการกำจัดสัญญาณการแพร่กระจายพลังงานนี้ออกไป โดยใช้วงจรแคลมป์ แต่จะมีผลทำให้ค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนมีค่าลดลงเล็กน้อย แต่ถ้าหากไม่มีการกำจัดสัญญาณการแพร่กระจายพลังงานนี้ออกไปแล้ว จะทำให้สัญญาณภาพที่ได้ปรากฏสัญญาณรบกวนเป็นจังหวะ หรือเกิดการกระตุกของสัญญาณภาพอย่างชัดเจน ค่าระดับสัญญาณที่ผ่านวงจรแคลมป์ แล้วควรมีระดับแรงดันจากยอดถึงยอดประมาณ 1 โวลต์ ซึ่งเป็นค่ามาตรฐาน

ส่วนกระบวนการในการถอดสัญญาณเสียง เริ่มจากสัญญาณเบสแบนด์ซึ่งประกอบไปด้วยสัญญาณวิดีโอคอมโพสิต และพาหะย่อยของเสียง ถูกส่งมายังภาคบัฟเฟอร์ ซึ่งทำหน้าที่รักษาขนาดของสัญญาณให้คงที่ จากนั้น จะส่งสัญญาณผ่านไปยังแบนด์พาสฟิลเตอร์ ซึ่งยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ในช่วง 5.00-8.50 MHz ผ่านไปได้เท่านั้น ซึ่งสัญญาณความถี่ในช่วง 5.00-8.50 MHz นี้ เป็นพาหะย่อยของเสียง เมื่อผ่านการฟิลเตอร์แล้ว ขนาดของสัญญาณจะถูกลดทอนลง จึงจำเป็นต้องขยายกำลังของสัญญาณให้แรงขึ้น พาหะย่อยของเสียงจะถูกส่งไปยังมิกเซอร์ ซึ่งทำหน้าที่รวมหรือหักล้างสัญญาณระหว่างพาหะย่อยของเสียงย่านความถี่ 5.00-8.50 MHz กับความถี่ย่าน 15.7-19.2 MHz ที่ได้จากออสซิลเลเตอร์ชนิดควบคุมแรงดัน (VCO) ได้เอาต์พุตเป็นความถี่ไอเอฟ 10.7 MHz ออสซิลเลเตอร์นี้จะถูกควบคุมด้วยวงจรปรับช่องสัญญาณดาวเทียม ความถี่ไอเอฟที่ได้จากเอาต์พุตของมิกเซอร์ จะถูกส่งมายังวงจรกรองแถบความถี่ผ่านย่าน 10.7 MHz ซึ่งยอมให้ความถี่ไอเอฟ 10.7 MHz ผ่านได้เท่านั้น จากนั้นความถี่ไอเอฟ 10.7 MHz นี้ จะถูกส่งมายังภาคเอฟเอ็มดิเทคเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่แยกสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณพาหะ สัญญาณของภาคเอฟเอ็มดิเทคเตอร์ส่วนหนึ่งจะถูกป้อนกลับไปยังภาคออสซิลเลเตอร์เพื่อควบคุมออสซิลเลเตอร์ให้ทำงานอย่างมีเสถียรภาพ เอาต์พุตของภาคเอฟเอ็มดิเทคเตอร์จะเป็นสัญญาณเสียง และถูกส่งมายังภาคดีเอ็มฟาซีส เพื่อลดทอนสัญญาณเสียงในช่วงความถี่สูงให้มีลักษณะเหมือนสัญญาณเดิมก่อนการปรีเอ็มฟาซีส จากนั้นจะขยายสัญญาณเสียงให้มีกำลังมากขึ้น

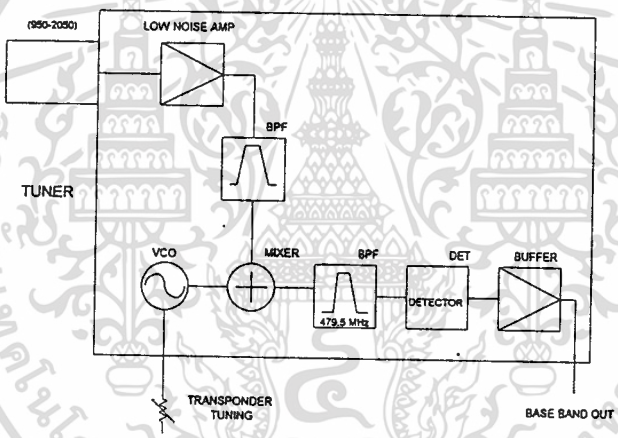
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณรวมของภาพ และสัญญาณเสียงที่ได้ จะถูกนำมามอดูเลตกับความถี่พาหะในย่าน VHF หรือ ย่าน UHF โดยใช้อาร์เอฟมอดูเลเตอร์ ก่อนที่จะถูกส่งผ่านสายโคแอกเชียลไปยังเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ต่อไป

3.2 ภาคประมวลผลสัญญาณภาพ

3.2.1 วงจรจูนเนอร์ (DBS Tuner)

ในส่วนของเครื่องรับที่ออกแบบ จะใช้จูนเนอร์ของบริษัท แฟร์ไชด์ ซึ่งสามารถรับได้ตั้งแต่ช่วงความถี่ 950-2,050 MHz คือสามารถรับสัญญาณได้ทั้งย่านความถี่ C-Band และ Ku-Band บล็อกไดอะแกรมของวงจรจูนเนอร์ แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ผังการทำงานของวงจรจูนเนอร์ของบริษัท แฟร์ไชด์

การทำงานของจูนเนอร์ตามผังการทำงานจะมีดังนี้ เริ่มจากสัญญาณความถี่อันดับหนึ่งจาก LNB ความถี่ช่วง 950-2,050 MHz เข้ามายังจูนเนอร์ สัญญาณดังกล่าวจะถูกส่งเข้าสู่วงจรขยายที่ให้สัญญาณรบกวนต่ำ (LNA), วงจรขยาย LNA จะทำหน้าที่เป็นวงจรขยายให้กับสัญญาณที่รับเข้ามาจากระบบ LNB ซึ่งส่งผ่านสายนำสัญญาณเข้ามา ถ้าหากสัญญาณที่ส่งผ่านสายนำสัญญาณเกิดการสูญเสีย หรือเกิดสัญญาณรบกวนขึ้นในระบบ วงจรขยาย LNA จะทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณให้ความแรงเพียงพอ และกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นนั้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อขยายสัญญาณเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงส่งผ่านวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์เพื่อจะให้ความถี่ในย่านความถี่ของระบบดาวเทียมส่งผ่านไป แบนด์พาสฟิลเตอร์หรือระบบเลือกย่านความถี่ คือ ระบบเลือกย่านความถี่ว่าจูนเนอร์ตัวนั้น จะเป็น C-Band หรือ Ku-Band ถ้าหากว่าจะให้รับได้ทั้งสองย่านความถี่ วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ก็จะส่งผ่านความถี่ได้ตั้งแต่ 950-2,050 MHz หรือส่งได้ตลอดย่านของการแพร่คลื่นสำหรับคลื่นเพื่อการรับชมโดยตรงความถี่กลางอันดับหนึ่งที่ออกจากแบนด์พาสฟิลเตอร์แล้ว จะถูกส่งเข้าสู่วงจรบีต (Beat) ความถี่เพื่อการรับเลือกสถานีหนึ่งๆ โดยวงจรกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน (VCO) จะทำการผลิตความถี่เข้ามาบีตกับความถี่ช่องต่างๆ ในระหว่าง 950-2,050 MHz เราจะพบว่า เมื่อมีการปรับแรงดันผ่านโพเทน-ชิโอมิเตอร์ เข้าไปยังวงจรดังกล่าวนี้จะผลิตความถี่สูงต่ำได้ตามค่าแรงดันไฟฟ้า ซึ่งความถี่ที่ผลิตจะอยู่ในช่วง 1,429.5-2,529.5 MHz ความถี่ที่ผลิตได้นี้จะถูกส่งไปบีตเข้ากับความถี่ที่มาจาก LNB เพื่อจะให้กำเนิดเป็นความถี่กลางอันดับสอง 479.5 MHz ออกมา ดังนั้น ไม่ว่าความถี่สถานีไหน หรือทรานสปอนเดอร์ใดส่งเข้ามา วงจรออสซิเลเตอร์จะผลิตความถี่ขึ้นมาสูงกว่าความถี่ของช่องสถานีที่รับเข้ามาอยู่ 479.5 MHz เพื่อส่งเข้าไปผสมสัญญาณในรูปของการบีตสัญญาณ เพื่อให้ความถี่ดังกล่าวนั้นกลายเป็นความถี่กลางอันดับสอง ซึ่งเท่ากับ 479.5 MHz ก่อนส่งผ่านวงจรซอว์ฟิลเตอร์ (Saw Filter) เพื่อกรองเอาเฉพาะความถี่กลางอันดับสองที่มีค่าของความกว้างแถบความถี่ประมาณ 27 MHz ไปใช้งาน สาเหตุที่ต้องใช้วงจรซอว์ฟิลเตอร์หรือวงจรคอมบ์ฟิลเตอร์ (Comb Filter) ก็เพื่อจะให้สัญญาณภาพและเสียงสามารถที่จะส่งออกไปได้เป็นภาพและเสียงที่มีความใส, เพื่อให้ภาพที่ออกมาเป็นภาพที่เร้าใจ, และเพื่อให้เสียงที่ส่งออกไปเป็นเสียงที่ใสชัดเจน นั่นคือ จะทำให้ระบบภาพและเสียงมีความสมบูรณ์แบบที่สุด สัญญาณไอเอฟที่ออกจากซอว์ฟิลเตอร์จะถูกขยายให้มีความแรงสูงขึ้น จากนั้นจะถูกส่งไปยังวงจรเอฟเอ็มดีมอดูเลเตอร์ เนื่องจากสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมนั้น ระบบการผสมสัญญาณภาพจะเป็นแบบเอฟเอ็ม ดังนั้น สัญญาณภาพที่ได้จึงมีความคมชัดสูง สัญญาณที่ได้จากวงจรเอฟเอ็มดีมอดูเลเตอร์นั้น จะมีทั้งสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงผสมกันอยู่ ซึ่งเราเรียกสัญญาณนี้ว่า สัญญาณเบสแบนด์ (Base Band Output :BB. OUT) ซึ่งอยู่ในช่วง 0-10MHz สัญญาณเบสแบนด์นี้จะถูกส่งออกจากตัวจูนเนอร์เพื่อป้อนไปยังวงจรภาคต่างๆ ต่อไปโดยปกติแล้ว สัญญาณเบสแบนด์นี้จะมีระดับแรงดันของสัญญาณประมาณ 250 มิลลิโวลต์ยอดถึงยอด วงจรภายในบล็อกไดอะแกรมที่กล่าวข้างต้น ถูกออกแบบให้รวมกันอยู่ในกระป๋องเหล็กเล็กๆ มีขายื่นออกมาเพียงไม่กี่ขาเท่านั้น ซึ่งทำให้สะดวกในการต่อใช้งานเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 วงจรเลือกช่องสถานี (Transponder Tuning)

การที่จะเลือกรับสัญญาณดาวเทียมทรานสปอนเดอร์ใดนั้น วิธีที่ง่ายที่สุด คือการใช้ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ ในการปรับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนไปบังคับการทำงานของ VCO ภายในจูนเนอร์ให้ผลิตความถี่สูงกว่าความถี่ที่รับเข้ามาอยู่เท่ากับความถี่กลางอันดับสอง (479.5 MHz) สำหรับวงจรที่ใช้ในโครงงานนี้ แสดงดังรูปที่ 3.4

หลักการทำงานของวงจรเลือกช่อง มีดังนี้ คือ ในการเลือกรับสัญญาณดาวเทียมทรานสปอนเดอร์ใดนั้น เราจะตั้ง VR1-VR8 ในการเลือกรับสัญญาณแต่ละทรานสปอนเดอร์ และใช้ IC7 เบอร์ 4051 ซึ่งเป็นไอซี Single 8 channel Analog Multiplexer/Demultiplexer ในการเลือกตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ตัวใดตัวหนึ่งที่ต้องการให้ทำงาน

การทำงานโดยละเอียด มีดังนี้ คือ เมื่อเปิดเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม VR8 จะถูกเลือกใช้งานเป็นอันดับแรก ซึ่งถูกกำหนดโดย IC9 และตัวแสดงผลจะแสดงเป็นเลข 8 ในการเลือกช่องอื่นๆ นั้น สามารถทำได้โดยการกดปุ่ม Up หรือปุ่ม Down ซึ่งจะสามารถเพิ่มหรือลดช่องสถานีได้ โดยถ้ากดแล้วปล่อยจะเพิ่มหรือลดช่องสถานีได้ครั้งละ 1 สถานี แต่ถ้าหากกดค้าง การเพิ่มหรือลดสถานีจะเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ จนกว่าจะหยุดการกดปุ่ม จากวงจรเมื่อกดปุ่ม Up แล้วก็จะเป็นการไบอัสตรงให้ทรานซิสเตอร์ Q1 เบอร์ BC458 นำกระแสเป็นการป้อนสัญญาณทริกเกอร์พัลส์แบบลบเข้าที่ขา 2 ของไอซีเบอร์ 555 ซึ่งถูกใช้งานเป็นวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ทำให้ได้พัลส์รูปสี่เหลี่ยมออกมาที่ขา 3 ของไอซี วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ นี้ถูกใช้เป็นวงจรที่ทำหน้าที่แก้การสัมผัสต่อกันหลายครั้งของสวิตซ์ในการกดสวิตซ์ 1 ครั้ง เอาต์พุตบวกที่ได้จากขา 3 ของไอซี 555 จะถูกกลับเฟสสัญญาณด้วยไอซีนอตเกต เบอร์ 7414 ให้ได้เอาต์พุตลบ ซึ่งสัญญาณเอาต์พุตลบนี้จะถูกนำมาบวกกับเอาต์พุตที่ได้จาก IC8 เบอร์ 555 ซึ่งถูกใช้งานเป็นวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ถ้าอินพุตของไอซีออเกต เบอร์ 7432 นั้นเป็นโลจิก "0" ทั้งคู่ ซึ่งก็คือมีการกดปุ่ม และเอาต์พุตของวงจรอะสเตเบิล ในขณะนี้มีค่าเป็นโลจิก "0" ภายหลังจากที่ อินพุตของไอซีออเกต ขาใดขาหนึ่งไปเป็นโลจิก "1" จะทำให้เกิดขอบขาขึ้นที่ขาเอาต์พุตของไอซีออเกต และเป็นการทริกขอบขาทำให้ไอซีเบอร์ 74193 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรนับขึ้น นับลง ทำการนับขึ้นหนึ่งครั้ง เป็นการควบคุมให้เปลี่ยนช่องไป 1 ช่องโดยเลื่อนขึ้น

ส่วนการเลื่อนช่องลงนั้นทำได้โดยการกดปุ่ม Down ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานได้คล้ายคลึงกัน เพียงแต่จะแตกต่างกันตรงที่ เอาต์พุตที่ออกจากออเกต จะทริกให้ไอซี เบอร์

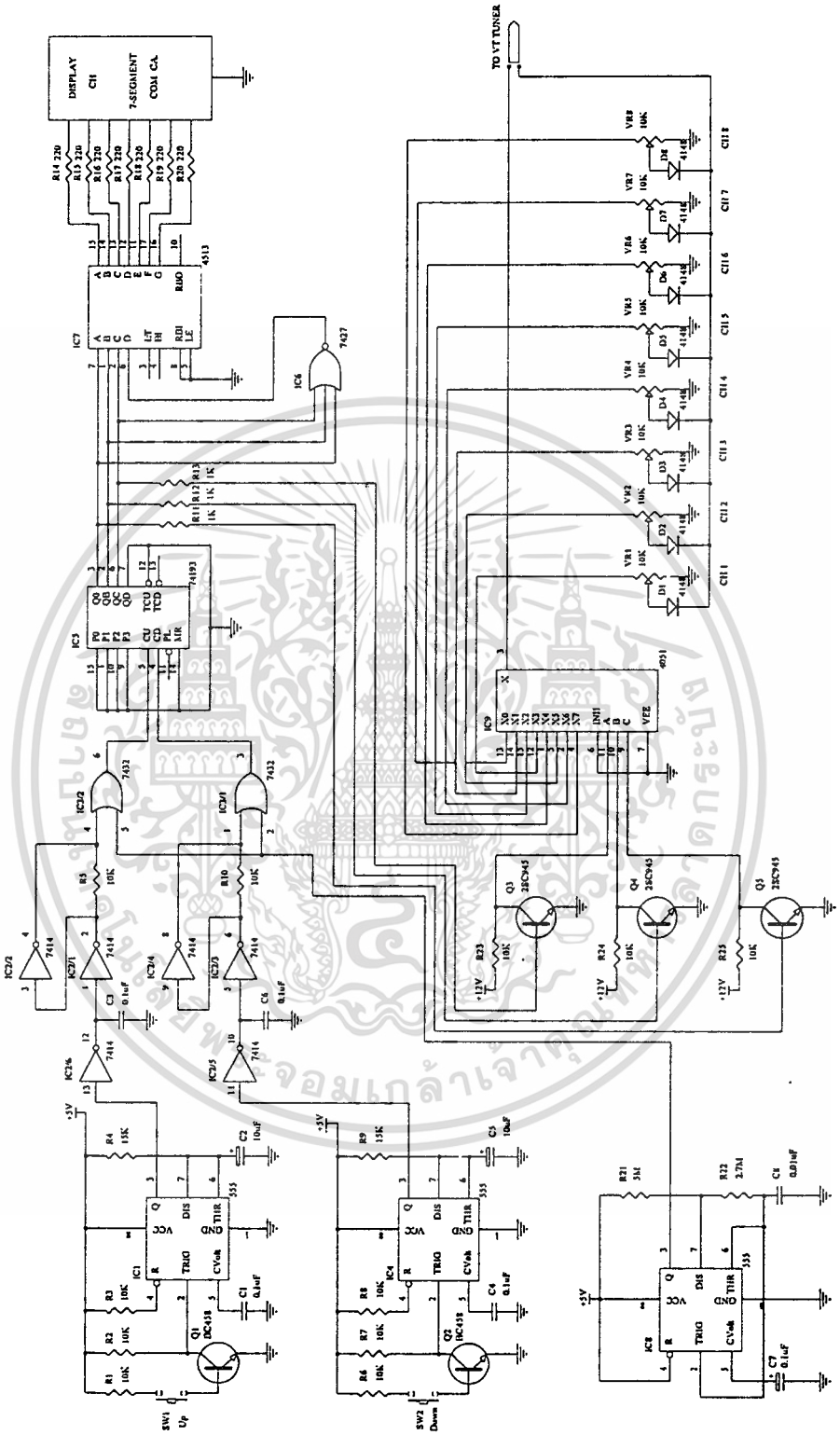
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

74193 ทำการนับลง 1 ครั้ง ซึ่งจะการเปลี่ยนช่องไป 1 ช่อง โดยจะเลื่อนลง IC4 เบอร์ 4513 ซึ่งเป็นไอซี BCD to 7 Segment Latch/Decoder/Driver ซึ่งทำหน้าที่ขับ LED 7-Segment ให้แสดงผลเป็นเลขต่างๆ อีกส่วนหนึ่งจะเป็นตัวขับให้ Q1, Q2 และ Q3 ทำงาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะโลจิกที่เข้ามา ซึ่งเอาต์พุตที่ได้จาก Q1, Q2 และ Q3 จะเป็นอินพุตให้กับขา 9, 10 และ 11 ของ IC7 เบอร์ 4051 เป็นไอซี Single 8 channel Analog Multiplexer/Demultiplexer ทำหน้าที่เลือกให้ VR1-VR8 ตัวใดตัวหนึ่งทำงาน ตารางการทำงานของวงจรจะแสดงตามตารางที่ 3.1

เอาต์พุตของไอซี 74193			อินพุตของไอซี 4051			เอาต์พุตของไอซี 4051	ตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ถูกติดต่อ
QC	QB	QA	C	B	A		
0	0	0	1	1	1	X7	VR8
0	0	1	0	1	1	X3	VR1
0	1	0	1	0	1	X5	VR2
0	1	1	0	0	1	X1	VR3
1	0	0	1	1	0	X6	VR4
1	0	1	0	1	0	X2	VR5
1	1	0	1	0	0	X4	VR6
1	1	1	0	0	0	X0	VR7

ตารางที่ 3.1 การทำงานของวงจรเลือกช่องสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

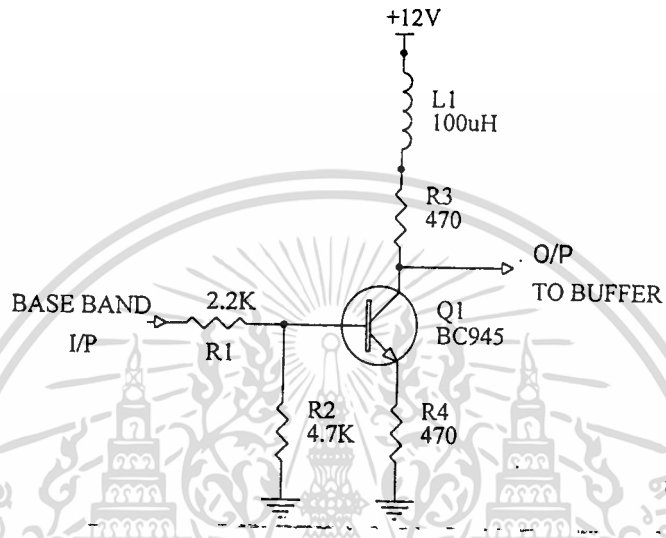


รูปที่ 3.4 วงจรเลือกช่องสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 วงจรขยายสัญญาณเบสแบนด์ (Baseband Amplifier)

วงจรนี้จะใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เบอร์ BC945 ต่อแบบคอมมอนอีมิเตอร์ ดังรูปที่ 3.5



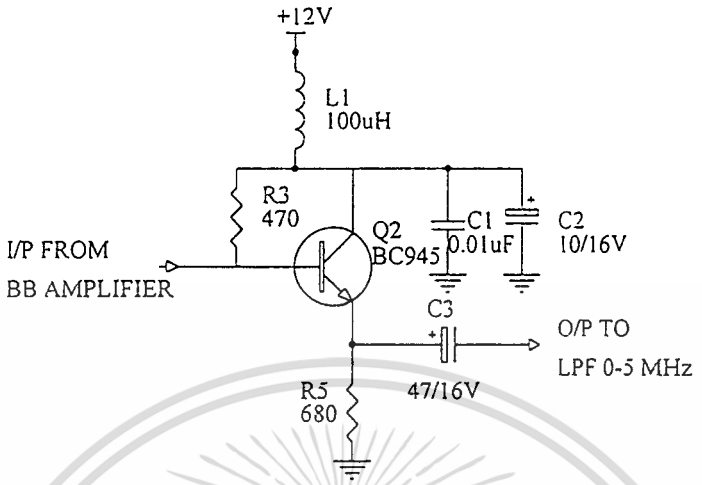
รูปที่ 3.5 วงจรขยายสัญญาณเบสแบนด์

สัญญาณเบสแบนด์ ประกอบด้วยสัญญาณวีดีโอคอมโพสิตและสัญญาณพาหะย่อยของเสียง ซึ่งได้มาจากจูนเนอร์ จะถูกขยายด้วยทรานซิสเตอร์เพื่อให้สัญญาณมีความแรงมากยิ่งขึ้น จากนั้นจะถูกส่งไปยังภาคบัฟเฟอร์ต่อไป

3.2.4 วงจรกันชนสัญญาณเบสแบนด์ (Baseband Buffer Circuit)

วงจรนี้จะใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เบอร์ BC945 ต่อเป็นวงจรคอลเลคเตอร์ร่วม ดังรูปที่ 3.6 วงจรบัฟเฟอร์ ทำหน้าที่รักษาขนาดของสัญญาณเบสแบนด์ให้คงที่ ก่อนส่งผ่านสัญญาณไปยังวงจรดีเอ็มฟาซีสต่อไป

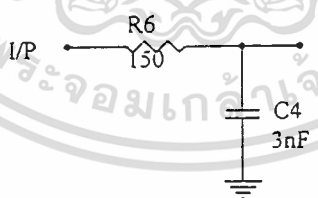
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า. ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจรกันชนสัญญาณเบสแบนด์

3.2.5 วงจรดีเอ็มฟาซีส (De-emphasis)

ใช้ R6 และ C4 ต่อเป็นวงจรดีเอ็มฟาซีส ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วงจรดีเอ็มฟาซีส

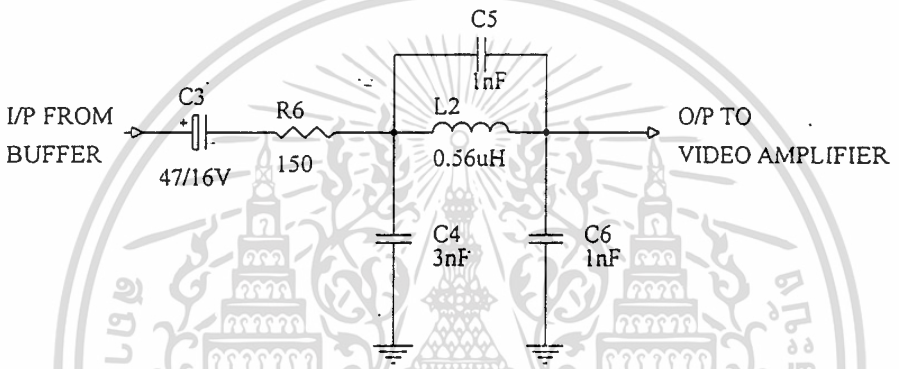
เนื่องมาจากในระบบการส่งสัญญาณภาพนั้นจะผ่านวงจรปรีเอ็มฟาซีส เพื่อรักษาระดับของอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนให้มีคุณภาพที่ดี ซึ่งทำได้โดยการกดระดับสัญญาณความถี่ที่ต่ำกว่าระดับสัญญาณที่ต้องการ และยกระดับสัญญาณที่ต้องการให้มีระดับที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงขึ้น ดังนั้น ในภาครับจึงต้องมีการดึงระดับสัญญาณให้กลับมาอยู่ในระดับปกติ โดยใช้วงจรดีเอ็มฟาซีส จากรูป สัญญาณที่คัปปลิ้งผ่าน C3 จะเข้าสู่วงจรดีเอ็มฟาซีสโดย R6 และC4 สัญญาณที่ผ่านการดีเอ็มฟาซีสแล้ว จะถูกส่งไปยังวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์ต่อไป

3.2.6 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter)

จากวงจรจะใช้ฟิลเตอร์เป็นชนิดพาซีส (Passive Filter) ซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ ดังรูปที่ 3.8



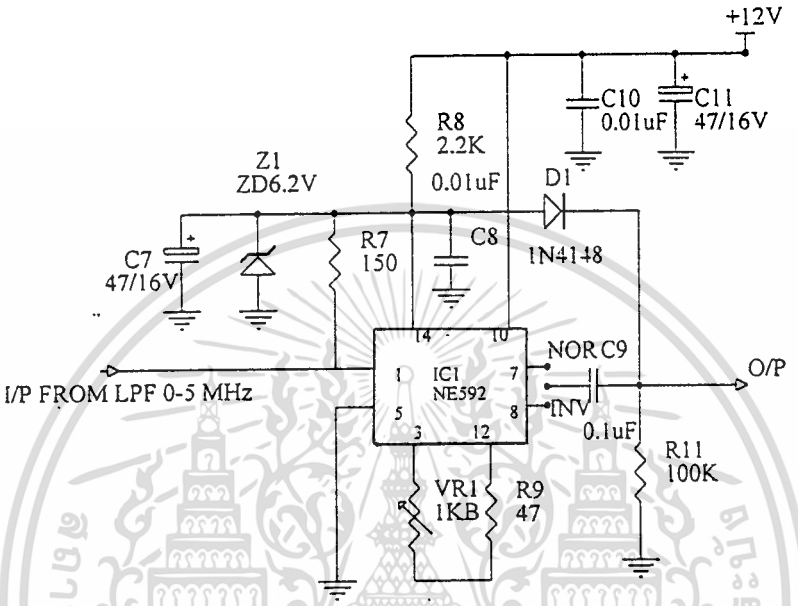
รูปที่ 3.8 วงจรโลว์พาสฟิลเตอร์

วงจรโลว์พาสฟิลเตอร์นี้จะกรองเอาเฉพาะความถี่ช่วง 0-5 MHz ผ่าน ซึ่งเป็นช่วงของสัญญาณพาหะภาพ ซึ่งจะมีความถี่พาหะย่อยของสัญญาณภาพที่ความถี่ 4.43 MHz ส่วนสัญญาณพาหะของเสียงซึ่งสูงกว่า 5 MHz จะไม่สามารถผ่านไปได้ จากรูป วงจรโลว์พาสฟิลเตอร์ประกอบด้วย C4 และ L2 โดยมี C5 ทำหน้าที่คัปปลิ้งสัญญาณความถี่สูงในช่วง 0-5 MHz และ C6 ทำหน้าที่บายพาสสัญญาณความถี่ที่สูงกว่า 5 MHz สัญญาณที่ออกมา คือ สัญญาณพาหะของภาพ ซึ่งถูกส่งเข้าไปยังวีดีโอแอมป์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 วงจรวีดีโอแอมปลิฟายเออร์ (Video Amplifier)

วงจรวีดีโอแอมปลิฟายเออร์ ในที่นี้ใช้ไอซีเบอร์ NE 592 ในการขยายสัญญาณ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 วงจรวีดีโอแอมปลิฟายเออร์

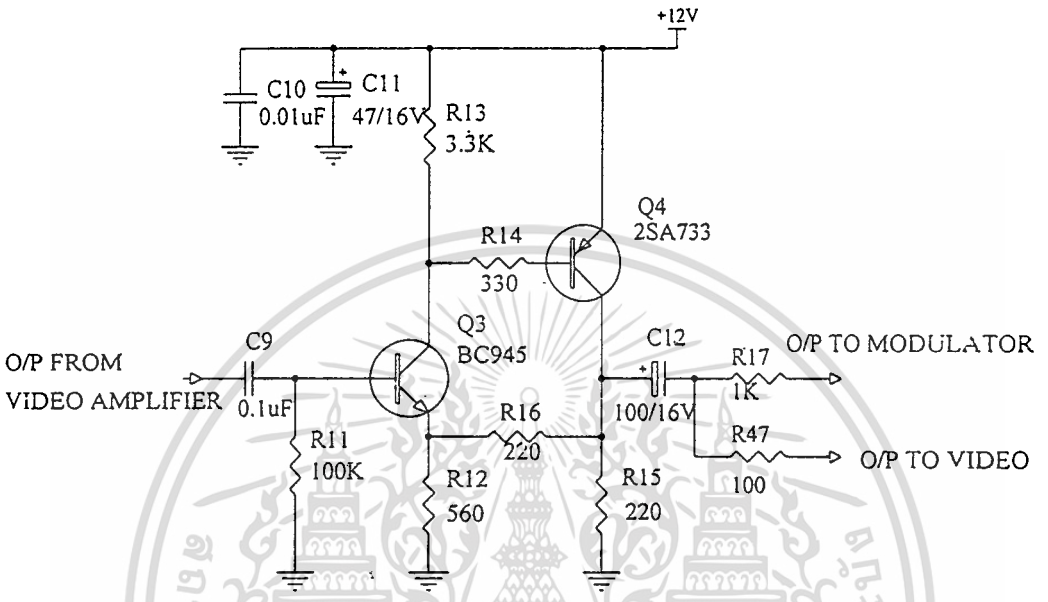
ไอซีเบอร์ NE 592 ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายความแตกต่างของสัญญาณภาพ สัญญาณที่ได้ในขณะนี้จะเป็นสัญญาณรวมของภาพเท่านั้น

อัตราการขยายของสัญญาณภาพนั้น สามารถที่จะสั่งได้ด้วยการปรับค่าความต้านทาน VR1 ซึ่งเป็นตัวควบคุมอัตราการขยายของสัญญาณภาพ และส่วนเอาต์พุตจะมีอยู่ 2 ขา คือขา 7 และขา 8 จะเป็นเอาต์พุตที่มีลักษณะตรงข้ามกัน อันเนื่องมาจากการส่งสัญญาณในย่านความถี่ C-Band จะใช้สัญญาณเอาต์พุตที่ขา 7 ซึ่งเป็นสัญญาณที่ไม่มีการกลับเฟส และถ้าเป็นความถี่ในย่าน Ku-Band จะใช้สัญญาณที่ขา 8 เป็นสัญญาณที่มีการกลับเฟสซึ่งเป็นสัญญาณที่ตรงกันข้ามกับขา 7 อยู่ 180 องศา เพื่อป้องกันการเกิดการรบกวนข้ามช่องกันระหว่างสัญญาณทั้งสองย่านความถี่ นั่นเอง สัญญาณที่ออกมาจากภาคขยายสัญญาณวีดิโอนี้จะถูกส่งไปยังวงจรขยายสัญญาณด้วยทรานซิสเตอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.8 วงจรขยายสัญญาณด้วยทรานซีสเตอร์ (Transister Video Amplifier)

ใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เบอร์ BC945 เป็นตัวขยายสัญญาณภาพ และใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP เบอร์ 2SA733 เป็นวงจรขยายอีกครั้งหนึ่ง ดังรูปที่ 3.10



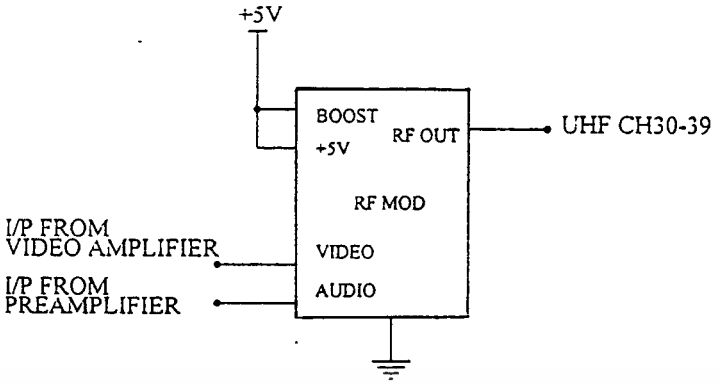
รูปที่ 3.10 วงจรขยายสัญญาณ

สัญญาณที่ออกมาจากขาอีมิตเตอร์ ของทรานซีสเตอร์เบอร์ 2SA733 จะถูกคัปปลิ้งผ่านคาปาซิเตอร์ค่า 100 μF ส่วนหนึ่งส่งผ่านตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม ไปยังอุปกรณ์ RF modulator อีกส่วนหนึ่งส่งผ่านตัวต้านทาน 100 โอห์ม ไปยังแจ็ค Video Output

3.2.9 วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ (RF Modulator)

อาร์เอฟมอดูเลเตอร์ ทำหน้าที่มอดูเลตสัญญาณพาหะย่อยของสัญญาณภาพความถี่ 4.43 MHz และคลื่นพาหะสัญญาณเสียง ซึ่งมีความถี่พาหะย่อยของสัญญาณภาพเสียงอยู่ที่ 6.5 MHz สำหรับระบบเสียงแบบโมโน และถ้าเป็นระบบเสียงแบบสเตอริโอนั้น สัญญาณพาหะย่อยของเสียงจะมีความถี่อยู่หลายช่องความถี่ด้วยกัน ซึ่งในแต่ละช่องความถี่จะมีค่าความกว้างของความถี่ประมาณ 180 kHz เข้ากับความถี่วิทยุในย่าน UHF ช่องที่ 30-39 ดังรูปที่ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

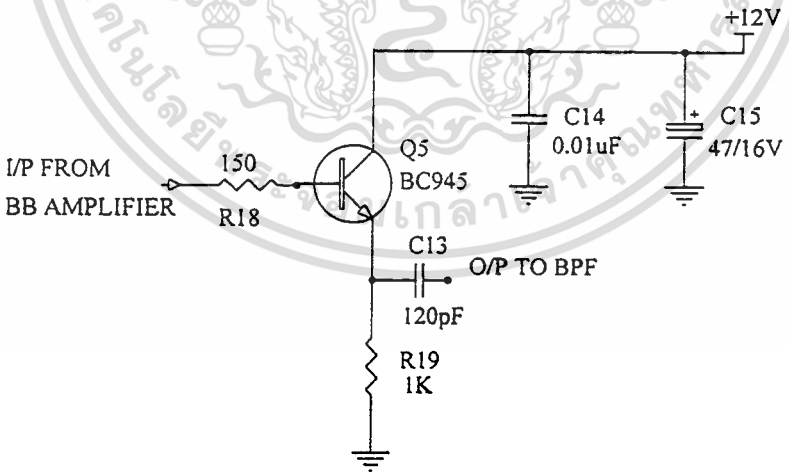


รูปที่ 3.11 วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์

3.3 ภาคประมวลผลสัญญาณเสียง

3.3.1 วงจรกันชนสัญญาณเบสแบนด์ (Baseband Buffer Circuit)

สัญญาณเบสแบนด์ ย่านความถี่ 0-10 MHz จะถูกส่งเข้าสู่ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เบอร์ BC945 ซึ่งต่อเป็นวงจรกันชน ดังรูปที่ 3.12

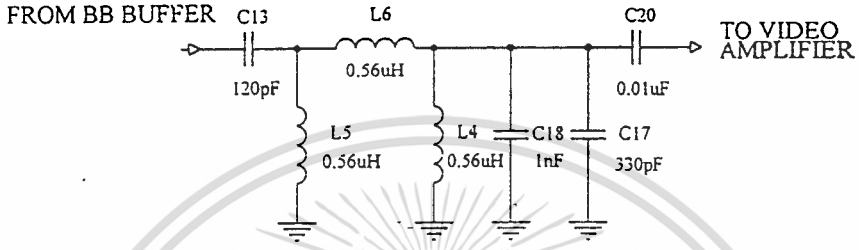


รูปที่ 3.12 วงจรกันชนสัญญาณเบสแบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 วงจรกรองแถบความถี่ผ่านย่าน 5-8 MHz (Band Pass Filter 5-8 MHz)

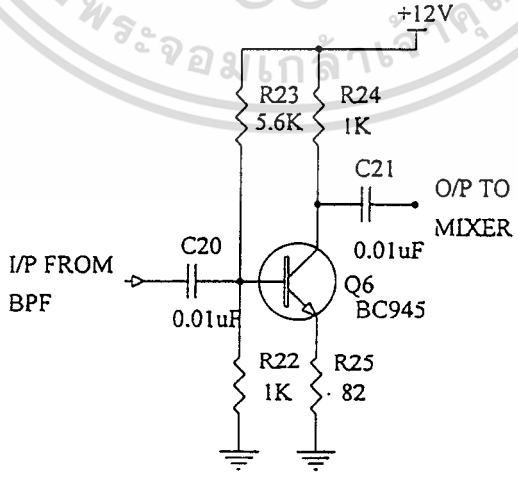
ใช้ C13, C17, C18, L, L4 และ L5 เป็นวงจรกรองสัญญาณที่มีความถี่ในช่วง 5-8 MHz ให้ผ่านไปได้ แต่จะขจัดสัญญาณที่มีความถี่ต่ำกว่า 5 MHz และสูงกว่า 8 MHz ไม่ให้ผ่านไปได้ ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 วงจรกรองแถบความถี่ผ่านที่มีความถี่ย่าน 5-8 MHz

สัญญาณที่ผ่านการกรองความถี่แล้วจะอยู่ในช่วง 5-8 MHz จะถูกส่งไปยังวงจรขยายสัญญาณต่อไป

3.3.3 วงจรขยายสัญญาณด้วยทรานซีสเตอร์ (Transister Video Amplifier)



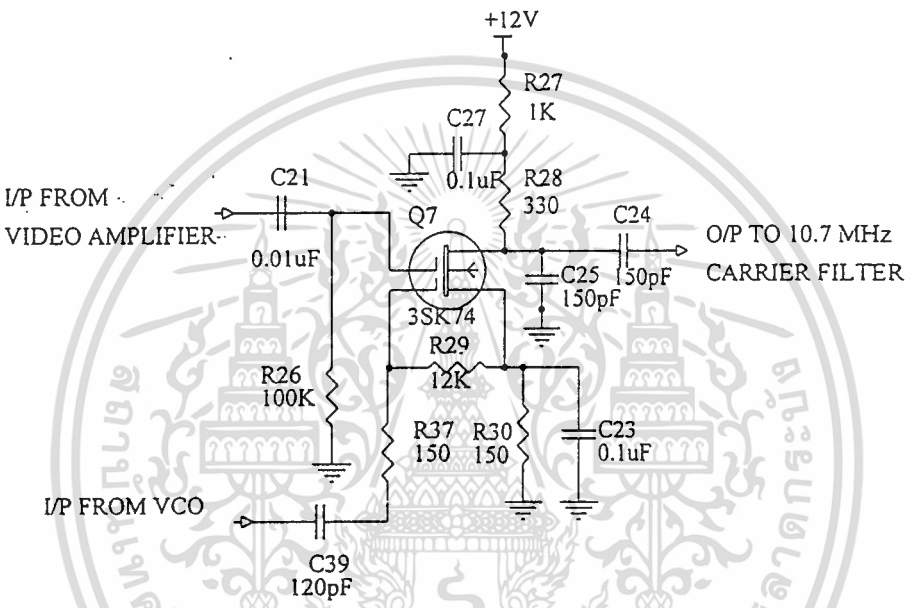
รูปที่ 3.14 วงจรขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เบอร์ BC 945 มาเป็นตัวขยายสัญญาณ ดังรูปที่ 3.14 สัญญาณที่ผ่านการขยายแล้ว จะถูกส่งไปเป็นอินพุตให้กับวงจรมิกเซอร์ต่อไป

3.3.4 วงจรผสมสัญญาณ (Mixer Circuit)

ใช้มอสเฟทเกทคู่ชนิด N Channel เบอร์ 3SK74 ต่อเป็นวงจรผสมสัญญาณ ดังรูปที่ 3.15



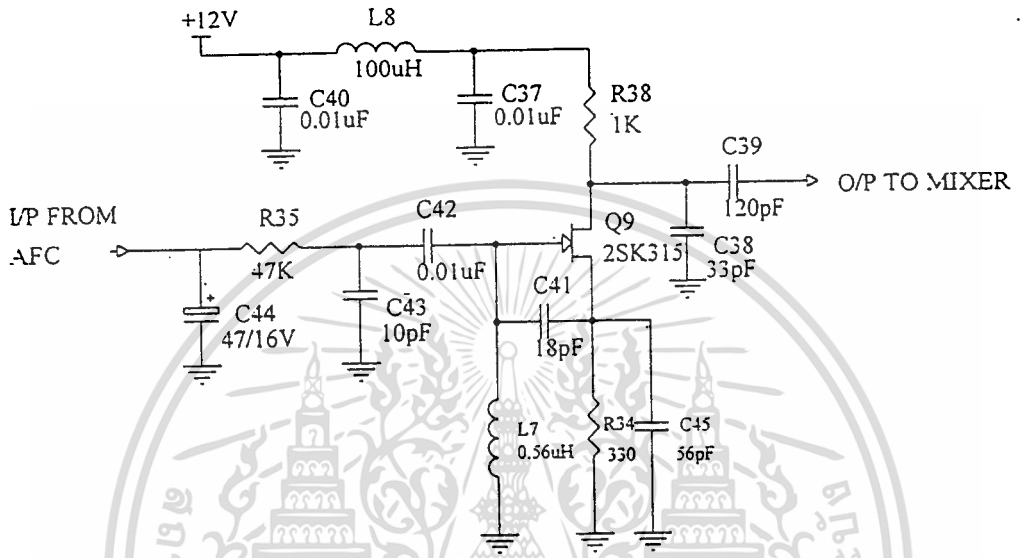
รูปที่ 3.15 วงจรผสมสัญญาณ

โดยเกทอันที่หนึ่งจะรับสัญญาณความถี่คลื่นพาหะย่อยของสัญญาณเสียงในย่าน 5.00-8.50 MHz และเกทอันที่สองจะรับความถี่ของออสซิลเลเตอร์ย่าน 15.7-19.2 MHz จากนั้นนำสัญญาณทั้งสองมารวมกัน จะได้เอาต์พุตเป็นความถี่กลาง 10.7 MHz อย่างไรก็ตามหลักของการรวมความถี่ที่ดี ความถี่ของออสซิลเลเตอร์จะต้องสูงกว่าความถี่พาหะย่อยของเสียง เพื่อป้องกันการรบกวนของความถี่ฮาร์โมนิกส์ และความถี่ของออสซิลเลเตอร์ต้องมีขนาดสูงกว่าความถี่คลื่นพาหะย่อยของเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 วงจรออสซิลเลเตอร์ชนิดควบคุมด้วยแรงดัน (Voltage Controlled Oscillator)

ใช้มอสเฟทชนิด N Channel เบอร์ 2SK315 ต่อเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ชนิดควบคุมด้วยแรงดัน ดังรูปที่ 3.16



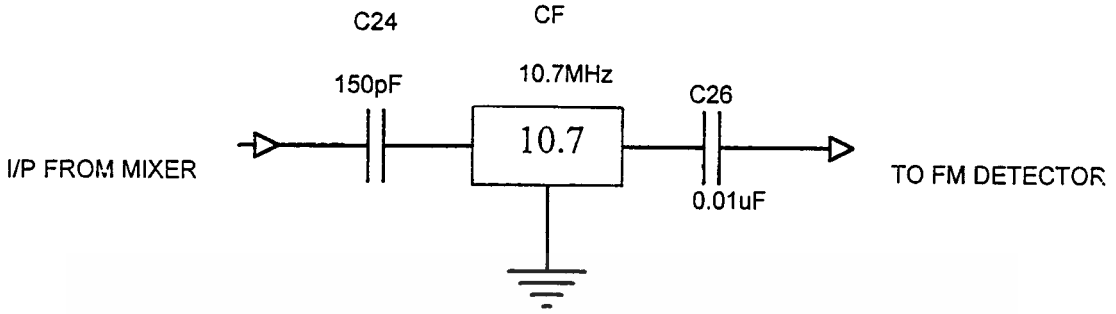
รูปที่ 3.16 วงจร VCO

โดยมี C42 และ L7 ทำหน้าที่กำหนดความถี่, D3 เป็นวาริแคปไดโอด ใช้ในการเปลี่ยนความถี่ โดยในการเปลี่ยนความถี่ของออสซิลเลเตอร์ สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแรงดันไบอัสที่ป้อนให้วาริแคปไดโอด ทำให้ค่าความจุของไดโอดเปลี่ยนแปลง เป็นผลทำให้ความถี่เรโซแนนซ์เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย และทางด้านอินพุตจะเป็นการป้อนกลับจากภาคเอฟเอ็ม-ดิเทคเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมให้วงจรออสซิลเลเตอร์ผลิตความถี่ได้อย่างถูกต้อง, ชดเชยการเลื่อนความถี่และลดความไม่เที่ยงตรงในการจูนความถี่

3.3.6 วงจรกรองแถบความถี่ผ่านย่าน 10.7 MHz (Band Pass Filter 10.7 MHz)

ใช้เซรามิคฟิลเตอร์เป็นตัวทำหน้าที่ให้สัญญาณที่มีความถี่ 10.7 MHz ผ่านไปได้ ดังรูปที่ 3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

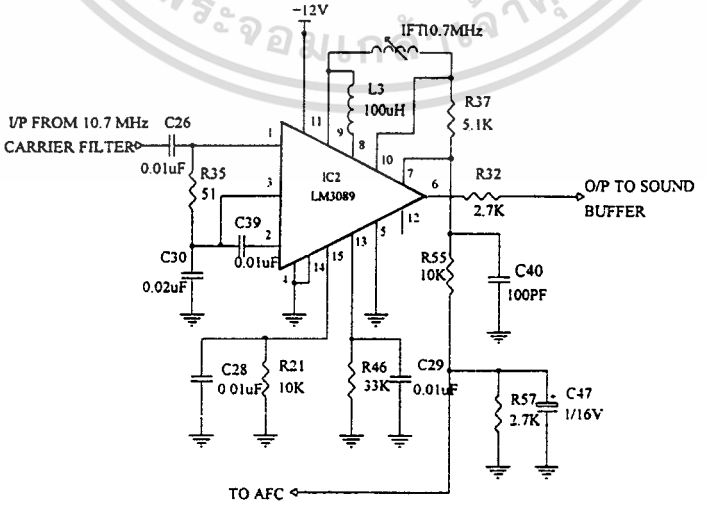


รูปที่ 3.17 วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ 10.7 MHz

เซรามิคฟิลเตอร์ที่ใช้มีให้เลือกทั้งแบบย่านกว้าง (Wide band) และแบบย่านแคบ (Nawrow band)

3.3.7 วงจรเอฟเอ็มดิเทคเตอร์ (FM Detector)

ใช้ไอซีเบอร์ LM 3089 ทำหน้าที่แยกสัญญาณเสียงออกจากคลื่นพาหะความถี่กลางย่าน 10.7 MHz วงจรเอฟเอ็มดิเทคเตอร์แสดงดังในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 วงจรเอฟเอ็มดิเทคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ไอเอฟของเสียงย่าน 10.7 MHz จะถูกส่งเข้าสู่อินพุตที่ขา 1 ของไอซี เพื่อทำการขยายสัญญาณไอเอฟให้มีความแรงมากขึ้น โดยใช้วงจรขยายไอเอฟ ซึ่งมีถึง 6 วงจรภายในตัวไอซี สัญญาณไอเอฟที่ได้จากวงจรขยายความถี่นั้นจะถูกส่งออกมา และแยกออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกจะส่งให้กับวงจรควอดเดรเจอร์ดิเทคเตอร์ภายในไอซี อีกส่วนจะส่งออกทาง ขา 8 เพื่อใช้ในการดิเท็คสัญญาณ และจะนำสัญญาณไอเอฟที่ได้จากขา 8 มาเลื่อนเฟสสัญญาณโดยอาศัยคอยล์ 100 μH เป็นตัวเลื่อนเฟสสัญญาณ ก่อนที่จะส่งกลับเข้าสู่ขา 9 ของ ไอซีอีกครั้ง ซึ่งเราจะสังเกตว่า สัญญาณในขณะนี้เป็นสัญญาณคลื่นไซน์ จะส่งเข้าสู่วงจร ควอดเดรเจอร์ดิเท็คเตอร์ ทำให้เกิดคลื่นรูปสี่เหลี่ยมเพื่อใช้ในการดิเท็ค ซึ่งสัญญาณดังกล่าวจะถูกส่งออกจากไอซีทางขา 10 เพื่อนำคลื่นรูปสี่เหลี่ยมไปเปรียบเทียบกับคลื่นไซน์ที่เข้ามาทางขา 9 เมื่อมีการนำเอาสัญญาณทั้งสองมาเปรียบเทียบกับแรงไฟอ้างอิงภายใน จะเกิดกระแสตามลักษณะผลต่างทางเฟสขึ้น

วิธีดังกล่าวมานี้เป็นวิธีการดิเท็คสัญญาณ เพื่อเปลี่ยนจากสัญญาณความถี่ไอเอฟ กลับมาเป็นสัญญาณความถี่เสียง ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า หากเมื่อความถี่ไอเอฟที่เข้ามามีความถี่ 10.7 MHz อย่างเดียว สัญญาณจะหักล้างกันหมด จึงทำให้ไม่เกิดสัญญาณทางเอาต์พุต แต่หากว่าสัญญาณความถี่ไอเอฟ 10.7 MHz สูงขึ้น เมื่อรูปสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมเปรียบเทียบกับคลื่นสัญญาณไซน์เวฟ ผ่านวงจรเลื่อนเฟส ผลตอบสนองของคอยล์ต่อสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมยังเท่ากับ 10.7 MHz เหมือนเดิม ทำให้ลักษณะการนำกระแสในวงจรควอดเดรเจอร์ภาคดิเท็คเตอร์ได้เป็นบวกขึ้นมา เช่นเดียวกัน หากว่าสัญญาณความถี่ไอเอฟ 10.7 MHz ต่ำลง ทำให้ลักษณะการนำกระแสในวงจรควอดเดรเจอร์ดิเท็คเตอร์ได้สัญญาณเป็นลบขึ้นนั่นเอง

สัญญาณเสียงที่ได้จากการดิเท็คเตอร์ด้วยควอดเดรเจอร์ดิเท็คเตอร์นั้น จะถูกขยายเป็นครั้งสุดท้ายที่วงจรขยายสัญญาณเสียง ส่งออกที่เอาต์พุตขา 6 ของไอซี แต่แท้จริงแล้วสัญญาณเสียงที่ได้นั้นยังมีลักษณะเป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยมอยู่ ฉะนั้นจึงต้องมีวงจรปรับคลื่นรูปสี่เหลี่ยมให้เป็นไซน์เวฟอย่างแท้จริง โดยจะใช้ตัวเก็บประจุกรองให้เป็นเสียงที่สมบูรณ์ส่งต่อไปยังภาคขยายเสียงอื่นๆ ต่อไป

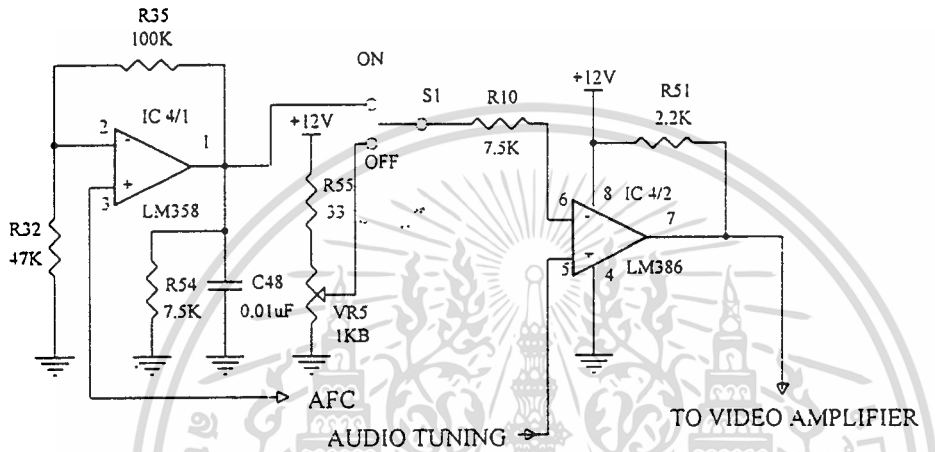
ในไอซีตัวนี้นั้นจะมีวงจรภายในอีกวงจรหนึ่ง คือ วงจรมิวติ้ง (muting) เป็นวงจรที่ทำหน้าที่บังคับเสียงให้หยุด เมื่อเสียงที่เข้ามาต่ำกว่าจุดที่กำหนด หรือสัญญาณช่วงที่ไม่มีการส่งสัญญาณวิทยุเข้ามานั่นเอง เพราะว่าสัญญาณในช่วงนี้เมื่อเข้ามาทำการขยายที่ภาคไอเอฟแล้วจะทำให้สัญญาณรบกวนความถี่สูงปรากฏอย่างชัดเจน เกิดเสียงซ่า ทำให้เป็นที่รำคาญแก่ผู้ที่กำลังรับฟังอยู่ ดังนั้น จึงต้องมีระบบนี้ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรมิวติ้งจะอาศัยการเปรียบเทียบเฟสสัญญาณที่ขา 9 ของไอซี และส่งผลที่ได้ให้วงจรถอดระดับสัญญาณ เพื่อขับออกสู่ขาที่ 12 โดยวงจร Mute Drive

3.3.8 วงจรปรับความถี่อัตโนมัติ (Automatic Frequency Tuning : AFT)

ใช้ไอซีออปแอมป์เบอร์ LM 358 ต่อเป็นวงจร AFC ดังรูปที่ 3.19



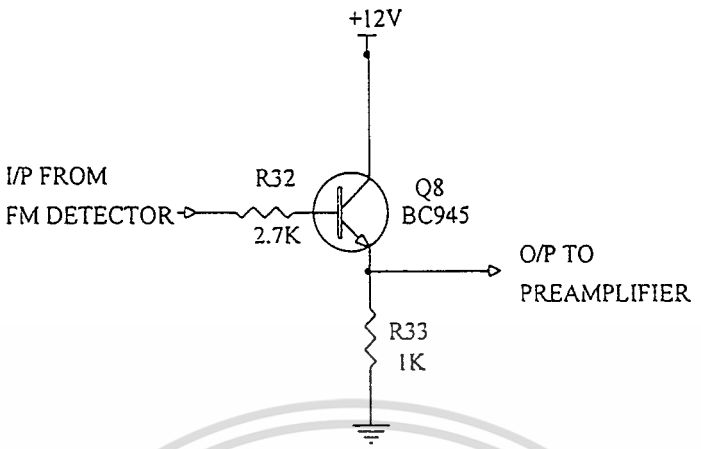
รูปที่ 3.19 วงจร AFT

สัญญาณที่ได้จากขา 7 ของไอซี LM 3089 ซึ่งเป็นเอาต์พุต AFC (Automatic Frequency Control) จะถูกส่งเข้าสู่ขา non inveting ของไอซีเบอร์ LM 358 ผ่านวงจรขยายไม่กลับเฟส (Non Inverting Amplifier) ได้เอาต์พุตเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ส่งไปป้อนเข้าที่ขา 6 ซึ่งเป็นขา inverting เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันอินพุตจากขา 5 ที่ได้มาจากตัวต้านทานเกือกม้า VR3 แรงดันที่ได้มาจากการเปรียบเทียบจะออกจากขา 7 ไปควบคุมวงจรออสซิลเลเตอร์ให้ผลิตความถี่ออกมาให้มีเสถียรภาพที่ดี เพื่อที่จะทำให้มิกเซอร์ผลิตความถี่ไอเอฟออกมาได้ถูกต้อง

3.3.9 วงจรกันชนสัญญาณเสียง (Audio Buffer Circuit)

ใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เบอร์ BC 945 ทำหน้าที่เป็นวงจรกันชน ดังรูปที่ 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 วงจรกันชน

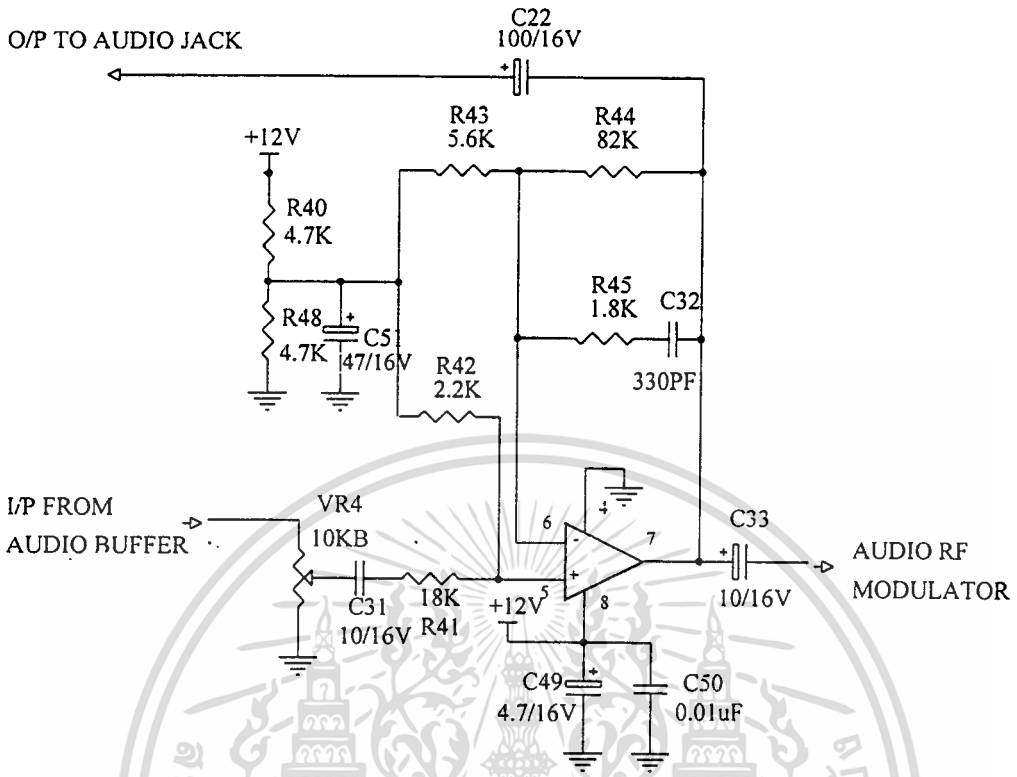
สัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากวงจรเอฟเอ็มดิเทคเตอร์ จะเข้าสู่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ซึ่งต่อแบบคอมมอนอีมิตเตอร์ จะส่งสัญญาณออกทางขาอีมิตเตอร์ เพื่อส่งสัญญาณเสียงออกไปยังวงจรขยายสัญญาณเสียงต่อไป

3.3.10 วงจรขยายสัญญาณเสียงแบบมีดีเอ็มฟาซีสในตัว (Pre-Amplifier)

ใช้ไอซีเบอร์ LM 358 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรขยายสัญญาณเสียงแบบมีดีเอ็มฟาซีสในตัว ดังรูปที่ 3.21

สัญญาณเสียงที่ได้จากวงจรกันชน จะเข้าสู่ตัวต้านแบบปรับค่า VR4 เพื่อปรับระดับความแรงของสัญญาณเสียง จากนั้นก็ถูกป้อนเข้าสู่ขา non inverting ในขณะเดียวกัน สัญญาณจะถูกยกระดับโดยวงจรดีเอ็มฟาซีส ผ่านการขยายโดยออปแอมป์ สัญญาณเอาต์พุตที่ถูกขยายแล้วจะออกจากขา 7 ของออปแอมป์ ส่วนหนึ่งจะถูกส่งผ่านตัวเก็บประจุ C22 เข้าสู่แจ็ค Audio Output อีกส่วนหนึ่งส่งผ่านตัวเก็บประจุ C33 ไปเป็นอินพุตให้กับวงจร RF Modulator ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

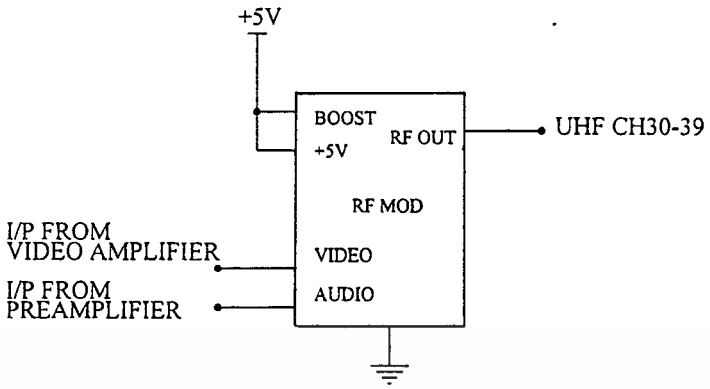


รูปที่ 3.21 วงจรขยายสัญญาณเสียง

3.3.11 วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ (RF Modulator)

อาร์เอฟมอดูเลเตอร์ ทำหน้าที่มอดูเลทสัญญาณพาหะย่อยของสัญญาณภาพความถี่ 4.43 MHz และคลื่นพาหะสัญญาณเสียง ซึ่งมีความถี่พาหะย่อยของสัญญาณภาพเสียงอยู่ที่ 5.5 MHz สำหรับระบบเสียงแบบโมโน และถ้าเป็นระบบเสียงแบบสเตอริโอนั้น สัญญาณพาหะย่อยของเสียงจะมีความถี่อยู่หลายช่องความถี่ด้วยกัน ซึ่งในแต่ละช่องความถี่จะมีค่าความกว้างของความถี่ประมาณ 180 kHz ข้ากับความถี่วิทยุในย่าน UHF ช่องที่ 30-39 ดังรูปที่ 3.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



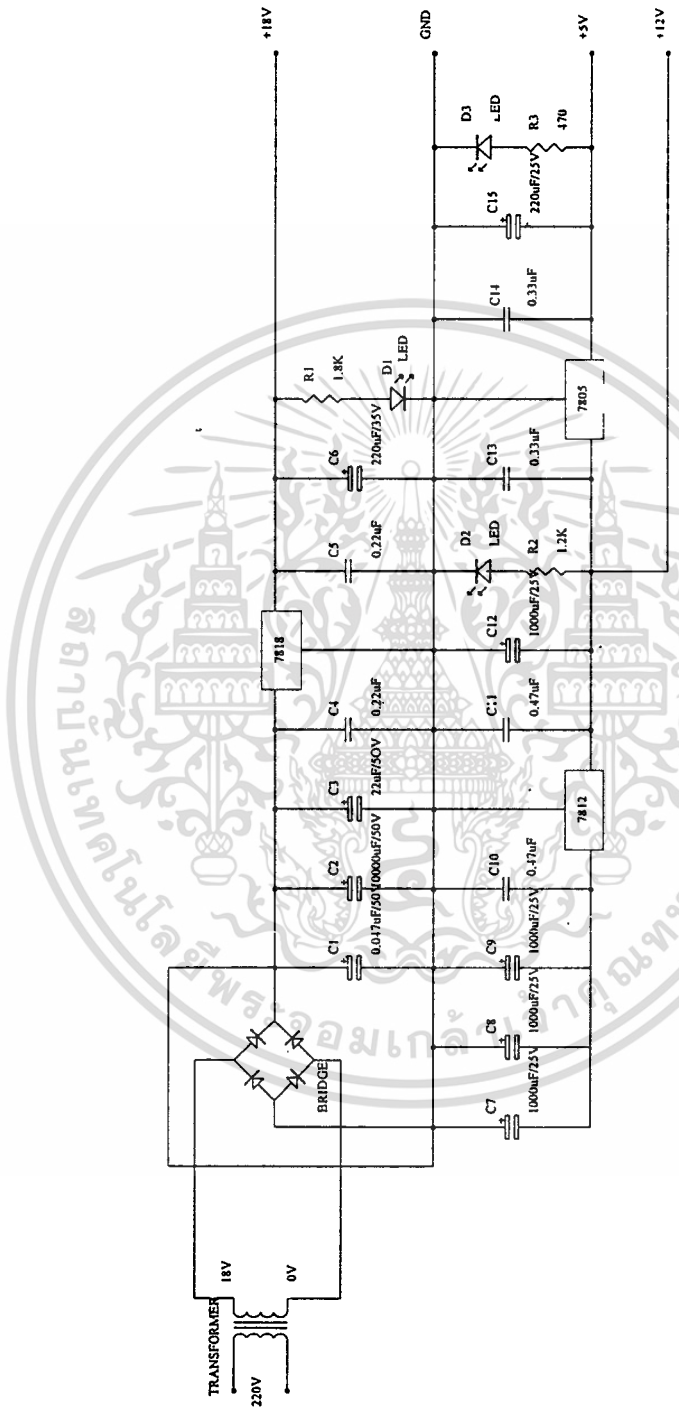
รูปที่ 3.22 วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์

3.4 ภาคจ่ายไฟ (Power Supply)

วงจรภาคจ่ายไฟที่ใช้ในชุดรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม จะเป็นชนิดแปลงไฟเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier) ซึ่งมีการควบคุมแรงดันโดยใช้ไอซีเรกูเรเตอร์ ที่มีจำหน่ายโดยทั่วไป ภายในตัวไอซีจะมีระบบป้องกันกระแสโอเวอร์โหลด โดยไอซีเรกูเรเตอร์ที่ใช้จะให้แรงดันเอาต์พุตคงที่โดยไม่ต้องต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติม และไอซีที่ใช้เป็นไอซีเบอร์ LM78xx ซึ่งในวงจรต้องการระดับแรงดันไฟเลี้ยงทั้งหมด 3 ชุด ได้แก่ 5 V, 12 V และ 18 V ซึ่งก็จะใช้ไอซีเบอร์ LM7805, LM7812 และ LM7818 เป็นตัวจ่ายแรงดันทั้ง 3 ชุดตามลำดับ

เนื่องจากการออกแบบภาคจ่ายไฟของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจะต้องคำนึงถึงอัตราการดึงกระแสของชุดรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม ซึ่งเครื่องรับแต่ละเครื่องจะกินกระแสประมาณเครื่องละ 2 แอมแปร์ ซึ่งเครื่องรับที่ใช้จะใช้ทั้งหมด 3 เครื่อง กระแสที่ใช้ในวงจรทั้งหมดจะใช้ประมาณ 7 แอมแปร์ เมื่อรวมวงจรในส่วนอื่นด้วย ลักษณะวงจรจะเป็นดังรูปที่ 3.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



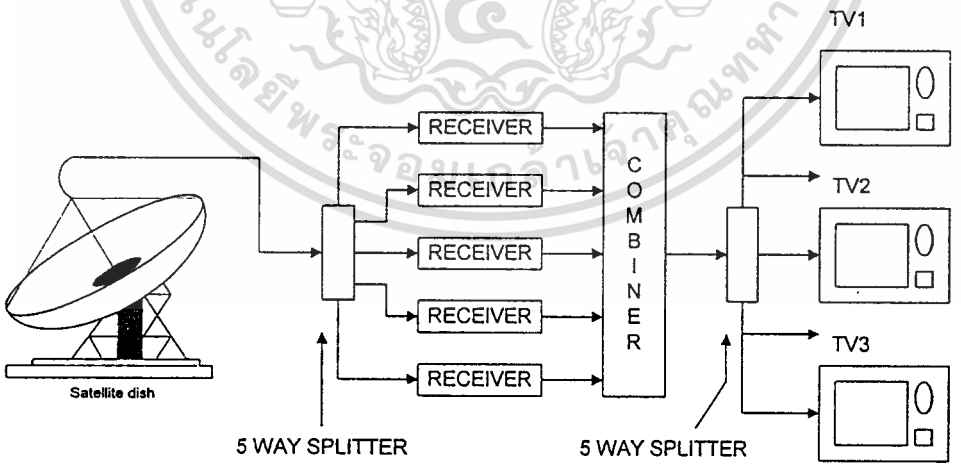
รูปที่ 3.23 วงจรภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

เมื่อประกอบวงจรเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมทั้ง 3 เครื่อง เรียบร้อยแล้ว จะต้องทำการทดลองว่า วงจรเครื่องรับแต่ละเครื่องทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ ในขั้นตอนการทดลองนี้ จะต้องอาศัยผังการทำงานของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมมาอธิบายประกอบด้วยจากนั้นจึงทำการต่อเครื่องรับสัญญาณทั้ง 3 เครื่อง เข้าด้วยกัน โดยมีลักษณะการต่อดังต่อไปนี้คือ สัญญาณจาก LNB จะส่งผ่านสายโคแอกเชียลเคเบิล และถูกแยกออกเป็น 3 ทาง โดยสปลิต-เตอร์ 3 ทาง ซึ่งสามารถส่งผ่านความถี่ได้ตลอดทั้งช่วงของย่านความถี่ดาวเทียม จากนั้นนำสายนำสัญญาณมาต่อที่เอาต์พุตของสปลิตเตอร์ นำไปต่อกับอินพุตของจูนเนอร์ภายในเครื่องรับ และนำสายนำสัญญาณมาต่อที่เอาต์พุตของอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ของเครื่องรับแต่ละตัว จากนั้นนำเอาปลายสายนำสัญญาณอีกด้านหนึ่งของเครื่องรับแต่ละตัวไปต่อกับตัวคอมไบเนอร์ และนำสายนำสัญญาณอีกเส้นหนึ่งมาต่อที่เอาต์พุตของคอมไบเนอร์ ซึ่งจะต่อไปยังเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ต่อไป ดังแสดงลักษณะการต่อระบบในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การต่อระบบ SMATV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. มัลติมิเตอร์	1 เครื่อง
2. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
3. เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม	1 เครื่อง
4. เครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์	1 เครื่อง
5. เครื่องบังคับทิศทางจานสายอากาศ	1 เครื่อง

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองแบ่งออกเป็น 5 ภาค คือ

1. ภาคจูนเนอร์
2. ภาควิดีโอ
3. ภาคออดิโอ
4. ภาคอาร์เอฟมอดูเลเตอร์
5. คอมไบเนอร์อาร์เอฟมอดูเลเตอร์

4.2.1 ภาคจูนเนอร์

(1.) ที่จุดเอาต์พุตของ LNB

ตั้งมัลติมิเตอร์ย่านวัด DC 50 V แล้วนำมาทำการวัด จะได้แรงดันไฟตรงขนาดประมาณ 18 V ซึ่งเป็นแรงดันที่ใช้ในการปรับขั้วคลื่นของฟีดฮอร์น ให้รับสัญญาณที่มีขั้วคลื่นในแนวตั้ง

(2.) ที่จุด AGC

ที่จุดนี้ใช้บอกความแรงของสัญญาณที่รับได้ ซึ่งในจุดที่รับสัญญาณได้ดีที่สุดนั้นจะปรากฏแรงดันไฟตรงที่จุดนี้มากที่สุดด้วย สามารถวัดได้โดยใช้มัลติมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3.) ที่จุด Baseband

ที่จุดนี้ประกอบด้วยสัญญาณคอมโพสิตวิดีโอและคลื่นพาหะย่อยของเสียง ซึ่งมีความถี่ที่อยู่ในช่วง 0-10 MHz จากนั้นนำเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมมาทำการวัดสัญญาณที่จุด Baseband จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.2

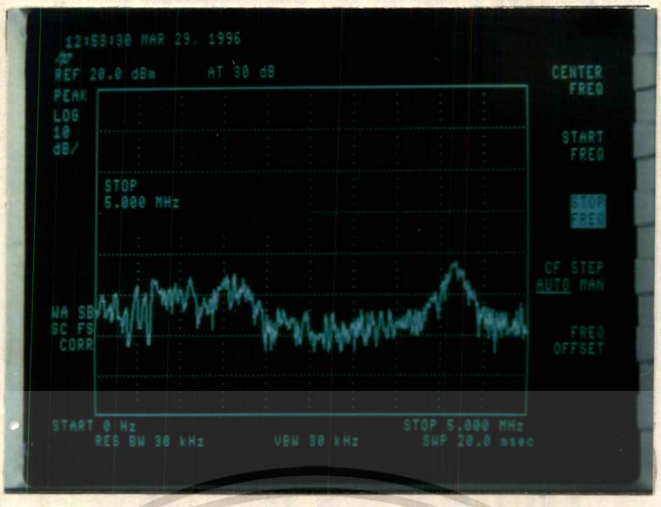
รูปที่ 4.2 สัญญาณเบสแบนด์ ที่วัดด้วยเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม

4.2.2 ภาควิดีโอ

(1) จุดวัดที่ 1.

สัญญาณเบสแบนด์ที่วัดได้จากจุด Tuner จะผ่านวงจรขยายและวงจรบัฟเฟอร์ และเมื่อนำเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม มาวัดที่เอาท์พุทของบัฟเฟอร์ จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



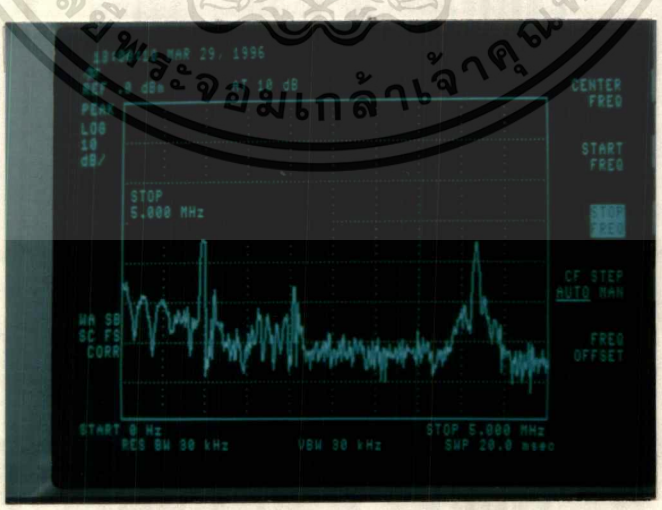
รูปที่ 4.3 สัญญาณเบสแบนด์ที่วัดด้วยเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม

(2) จุดวัดที่ 2.

เป็นสัญญาณเบสแบนด์เอาต์พุต ซึ่งมีลักษณะสัญญาณเช่นเดียวกับจุดวัดที่ 1

(3) จุดวัดที่ 3.

เป็นสัญญาณเบสแบนด์ที่ผ่านวงจรดีเอ็มฟาซีสแล้ว ซึ่งสามารถนำเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมมาวัดสัญญาณที่จุดนี้ จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 สัญญาณเบสแบนด์ที่ผ่านวงจรดีเอ็มฟาซีส โดยวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ภาคออดิโอ

(1) จุดวัดที่ 4

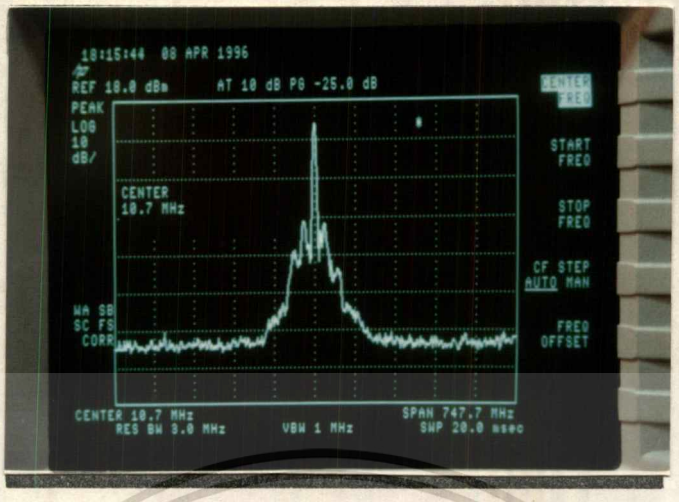
เป็นเบสแบนด์ที่ผ่านวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (BPF 5-8.5 MHz) จะได้เอาต์พุตเป็นสัญญาณคลื่นพาหะย่อยของเสียง สามารถนำเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมมาวัดสัญญาณที่จุดนี้ จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 สัญญาณซับแคเรียร์ของเสียงที่วัดด้วยเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม

(2) จุดวัดที่ 5.

ที่จุดนี้จะเป็นเอาต์พุตของวงจรมิกเซอร์ที่ผ่านจากเซรามิกฟิลเตอร์ จะได้เอาต์พุตเป็นสัญญาณไอเอฟของเสียงความถี่ 10.7 MHz ซึ่งเป็นสัญญาณความถี่ผลต่างของความถี่คลื่นพาหะย่อยของเสียงและความถี่ของ VCO ที่ได้จากวงจรมิกเซอร์ สามารถนำเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมมาวัดสัญญาณที่จุดนี้ จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

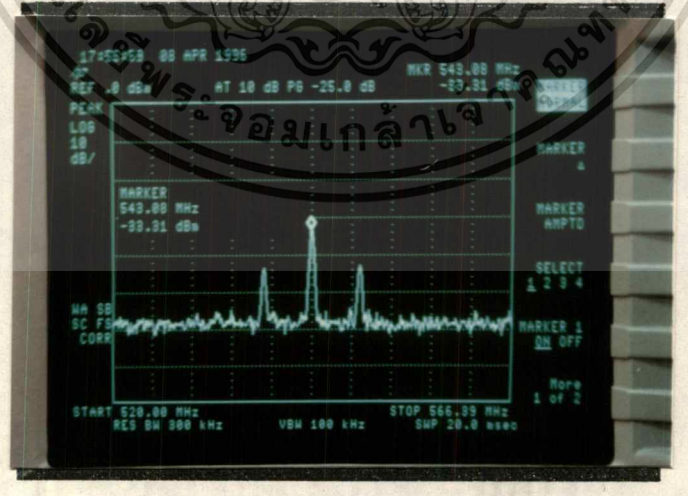


รูปที่ 4.6 สัญญาณไอเอฟความถี่ 10.7 MHz ที่วัดด้วยเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์

4.2.4 ภาคอาร์เอฟมอดูเลเตอร์

(1.) สัญญาณอาร์เอฟของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเครื่องที่ 1

สัญญาณอาร์เอฟที่ถูกมอดูเลท ของเครื่องรับเครื่องที่ 1 สามารถวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.7 โดยมีความถี่อาร์เอฟเท่ากับ 543.25 MHz อยู่ช่อง 30

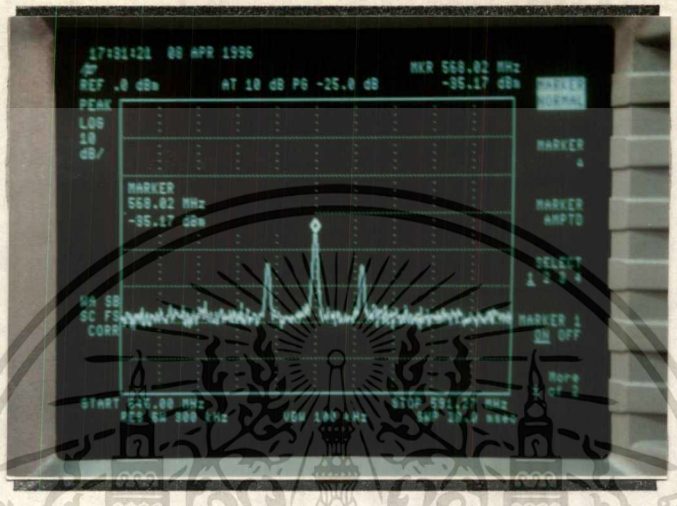


รูปที่ 4.7 สัญญาณจากการมอดูเลทของอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ของเครื่องรับเครื่องที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2.) สัญญาณอาร์เอฟของเครื่องรับเครื่องที่ 2

สัญญาณอาร์เอฟที่ถูกมอดูเลท ของเครื่องรับเครื่องที่ 2 สามารถวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.8 โดยมีความถี่อาร์เอฟเท่ากับ 567.25 MHz อยู่ช่อง 33

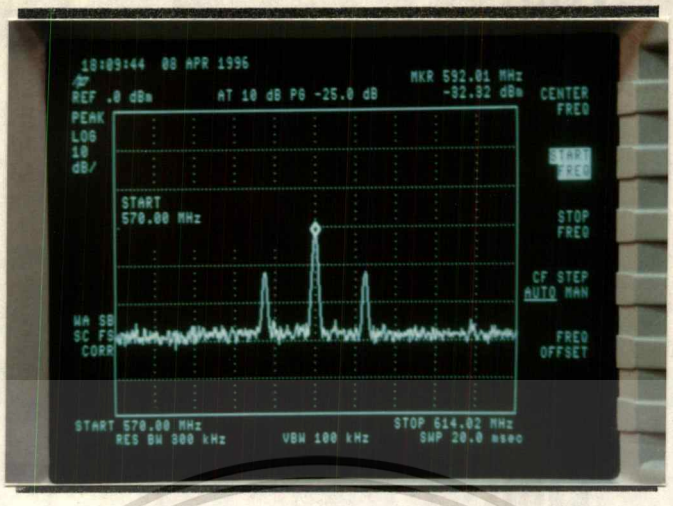


รูปที่ 4.8 สัญญาณจากการมอดูเลทของอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ของเครื่องรับเครื่องที่ 2

(3.) สัญญาณอาร์เอฟของเครื่องรับเครื่องที่ 3

สัญญาณอาร์เอฟที่ถูกมอดูเลทของเครื่องรับเครื่องที่ 3 สามารถวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.9 โดยมีความถี่อาร์เอฟเท่ากับ 591.25 MHz อยู่ช่อง 36

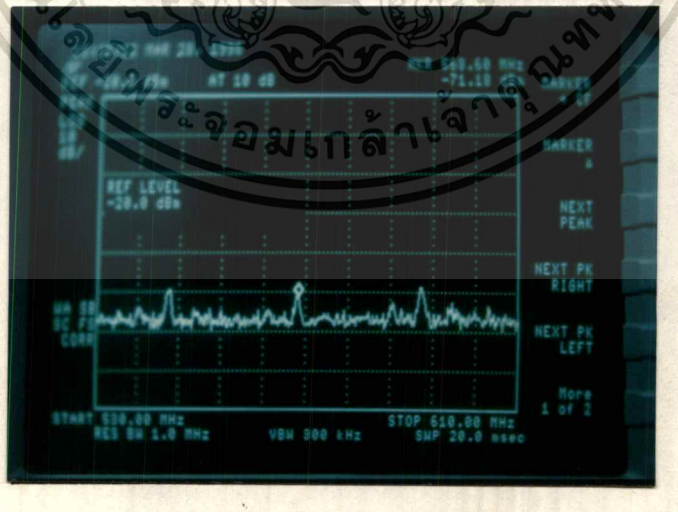
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 สัญญาณจากการมอดูเลทของอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ของเครื่องรับเครื่องที่ 3

4.2.5 คอมไบเนอร์อาร์เอฟมอดูเลเตอร์

จุดนี้ประกอบด้วยสัญญาณอาร์เอฟจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมทั้งสามตัวมารวมกัน ซึ่งความถี่จะอยู่ในช่อง 30-40 ย่านความถี่ UHF เมื่อนำเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมมาทำการวัดสัญญาณที่จุดคอมไบเนอร์ จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 สัญญาณอาร์เอฟจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมทั้งสามเครื่องรวมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และการพัฒนา

5.1 บทสรุป

จากการทดลองรับสัญญาณโทรทัศน์โดยใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเพียงเครื่องเดียวต่อเข้ากับเครื่องรับโทรทัศน์โดยตรง ผลที่ได้คือสัญญาณภาพ และสัญญาณเสียงที่รับได้มีความชัดเจนดี เมื่อเปรียบเทียบกับการต่อเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมสามเครื่องรวมกันโดยใช้จานสายอากาศร่วม โดยให้มีการรวมสัญญาณอาร์เอฟก่อน จากนั้นทำการแบ่งสัญญาณด้วยสปลิตเตอร์ ก่อนต่อเข้ากับเครื่องรับโทรทัศน์ ซึ่งสามารถรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมได้เช่นกัน แต่คุณภาพของสัญญาณที่รับได้นั้น ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมแต่ละตัว โดยเครื่องรับโทรทัศน์แต่ละเครื่องจะเป็นอิสระต่อกันในการเลือกที่จะรับสัญญาณผ่านดาวเทียมช่องไหน

5.2 ปัญหา

จากการสร้างชุดรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วมสามารถพิจารณาปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงจรบางส่วนหาซื้อไม่ได้ตามร้านขายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ทำให้ต้องใช้อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันมาใช้งานแทน ซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของวงจรด้อยลงไปบ้าง แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถทำงานได้

2. อุปกรณ์บางตัว เช่น อาร์เอฟมอดูเลเตอร์ ในร้านขายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปจะเป็นแบบปรับเลื่อนช่องไม่ได้ ทำให้ไม่เหมาะที่จะใช้ในโครงงาน ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการหาซื้ออุปกรณ์อาร์เอฟมอดูเลเตอร์ที่เป็นแบบปรับเลื่อนช่องได้ และอุปกรณ์อีกประเภทหนึ่งซึ่งถือเป็นหัวใจของโครงงาน คือ จูนเนอร์ของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมก็หาซื้อได้ยากเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางแก้ไข และการพัฒนา

โครงงานระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วมนี้ สามารถที่จะขยายขีดความสามารถได้อีกหลายด้าน เช่น

1. ออกแบบระบบรีโมทคอลโทรล เพื่อเป็นการควบคุมเปลี่ยนช่องในระยะไกล โดยติดตั้งที่เครื่องรับโทรทัศน์ที่เชื่อมต่อกับระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม

2. ออกแบบพัฒนาวงจรให้สามารถแสดงผลการทำงานบนหน้าจอโทรทัศน์ได้

3. ออกแบบระบบควบคุมโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์

4. เขียนโปรแกรมควบคุมให้สามารถบันทึกข้อมูลที่ใช้ในการปรับความถี่ของภาพและเสียง รวมทั้งข้อมูลต่างๆ ที่ใช้แสดงผล โดยเก็บไว้ในหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน

ทำการประกอบระบบ คือ ต่อสายนำสัญญาณจากจานสายอากาศเข้าเครื่องแยกสัญญาณ แล้วต่อเอาต์พุตของเครื่องแยกสัญญาณเข้าสู่จูนเนอร์ของเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมแต่ละตัว จากนั้นต่อสายนำสัญญาณจากอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมแต่ละตัวเข้าเครื่องรวมสัญญาณ และต่อสายนำสัญญาณจากเครื่องรวมสัญญาณเข้าสู่เครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์

ระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม มีลักษณะ และวิธีการใช้งานดังนี้

1. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมแต่ละเครื่องจะเป็นอิสระต่อกัน ถ้าต้องการรับชมรายการโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมเพียงเครื่องใดเครื่องหนึ่งก็สามารถที่จะทำได้

2. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมทั้งสามเครื่องสามารถทำงานได้พร้อมกัน และเป็นอิสระต่อกันในการรับชมรายการโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม

ลักษณะหน้าปัทม์ของระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม จะเป็นดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ่มที่ใช้ในการใช้งาน

1. MAIN POWER	เปิด/ปิด ระบบการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมทั้งระบบ
2. POWER	เปิด/ปิด เฉพาะเครื่องรับดาวเทียมแต่ละเครื่อง
3. UP	กดเปลี่ยนช่องขึ้น สำหรับการรับชมรายการโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม
4. DOWN	กดเปลี่ยนช่องลง สำหรับการรับชมรายการโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม
5. VOLUME	ปรับความคมชัดของเสียงขณะมีการเปลี่ยนช่อง
6. CHANNEL TUNING	จูนรายการโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม เพื่อตั้งช่องสถานีในการรับชมรายการนั้นๆ

วิธีการปรับจูนตั้งช่องสถานี

การปรับจูนตั้งช่องสถานีสำหรับรับชมรายการโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม สามารถปรับจูนได้ที่ตัวความต้านทานปรับเลือกช่องสถานี (Channel Tuning) มีวิธีการปรับจูนดังนี้

1. เปิดเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมที่ต้องการตั้งช่องสถานีเพื่อรับชมรายการโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม

2. ทำการปรับจูนตัวความต้านทานปรับเลือกช่องสถานี ซึ่งจะประกอบด้วยจำนวนช่องทั้งหมด 8 ช่อง คือ ช่อง 1 ถึง ช่อง 8

3. ถ้าต้องการตั้งช่อง 1 ให้สามารถรับชมรายการจากต่างประเทศ ก็จูนช่องหนึ่งไปจนเจอรายการที่ต้องการ จูนต่อไปจนรายการดังกล่าวมีความคมชัดทั้งภาพ และเสียงชัดเจนที่สุด จึงหยุดปรับจูน ตอนนี้รายการดังกล่าวก็จะถูกตั้งไว้ที่ช่อง 1 ตลอดเวลา จนกว่าจะมีการตั้งช่องรับชมรายการใหม่

4. ในการปรับจูนตั้งช่องสำหรับการรับชมรายการจากต่างประเทศ สามารถดูเลขช่องได้จากตัวแสดงผล (7-Segment) เมื่อกดปุ่ม Up หรือปุ่ม Down ตัวเลขของตัวแสดงผลก็จะเปลี่ยนไป

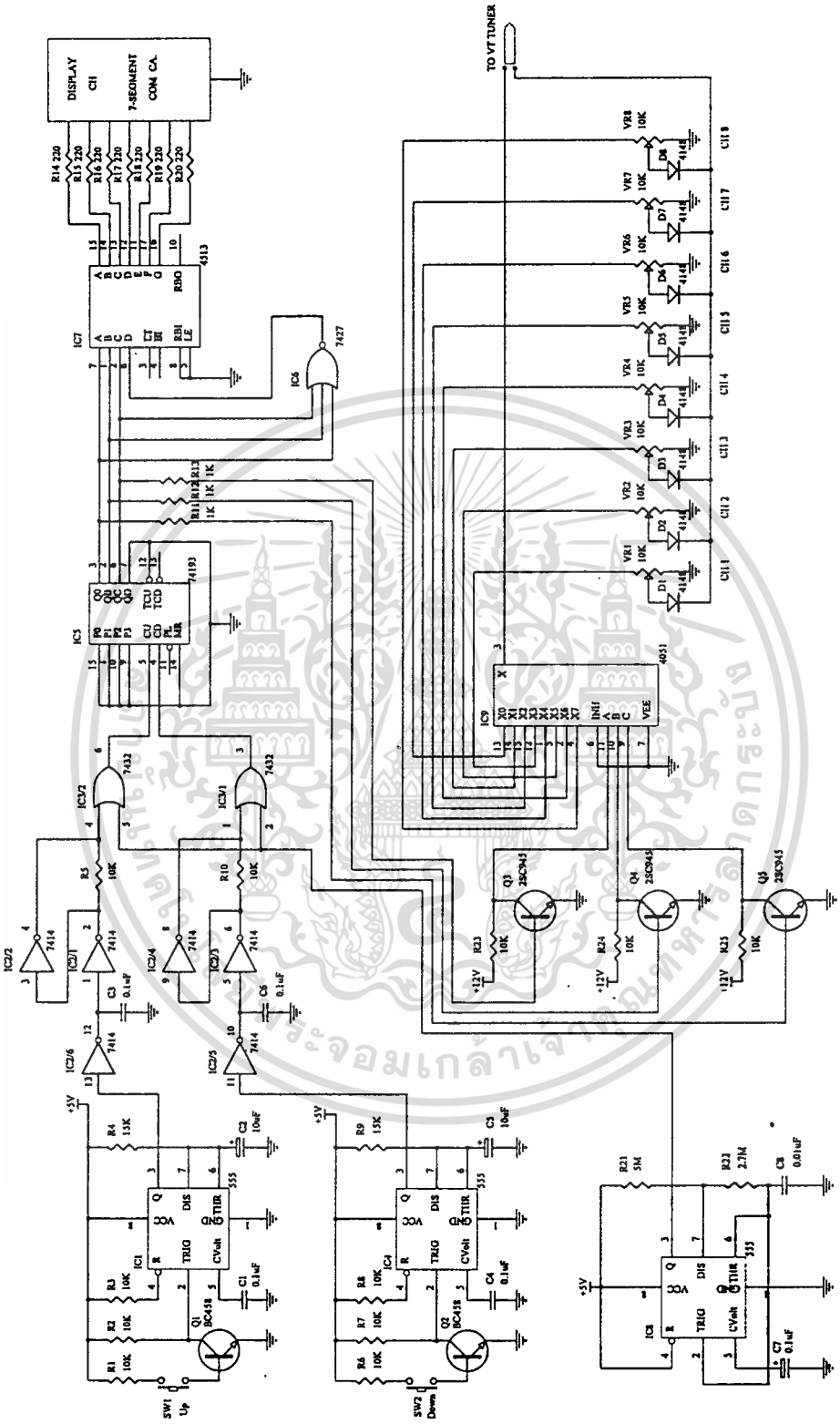
5. สำหรับเครื่องรับเครื่องอื่นๆ สามารถปรับจูนเลือกช่องในการรับชมรายการโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้วิธีการเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

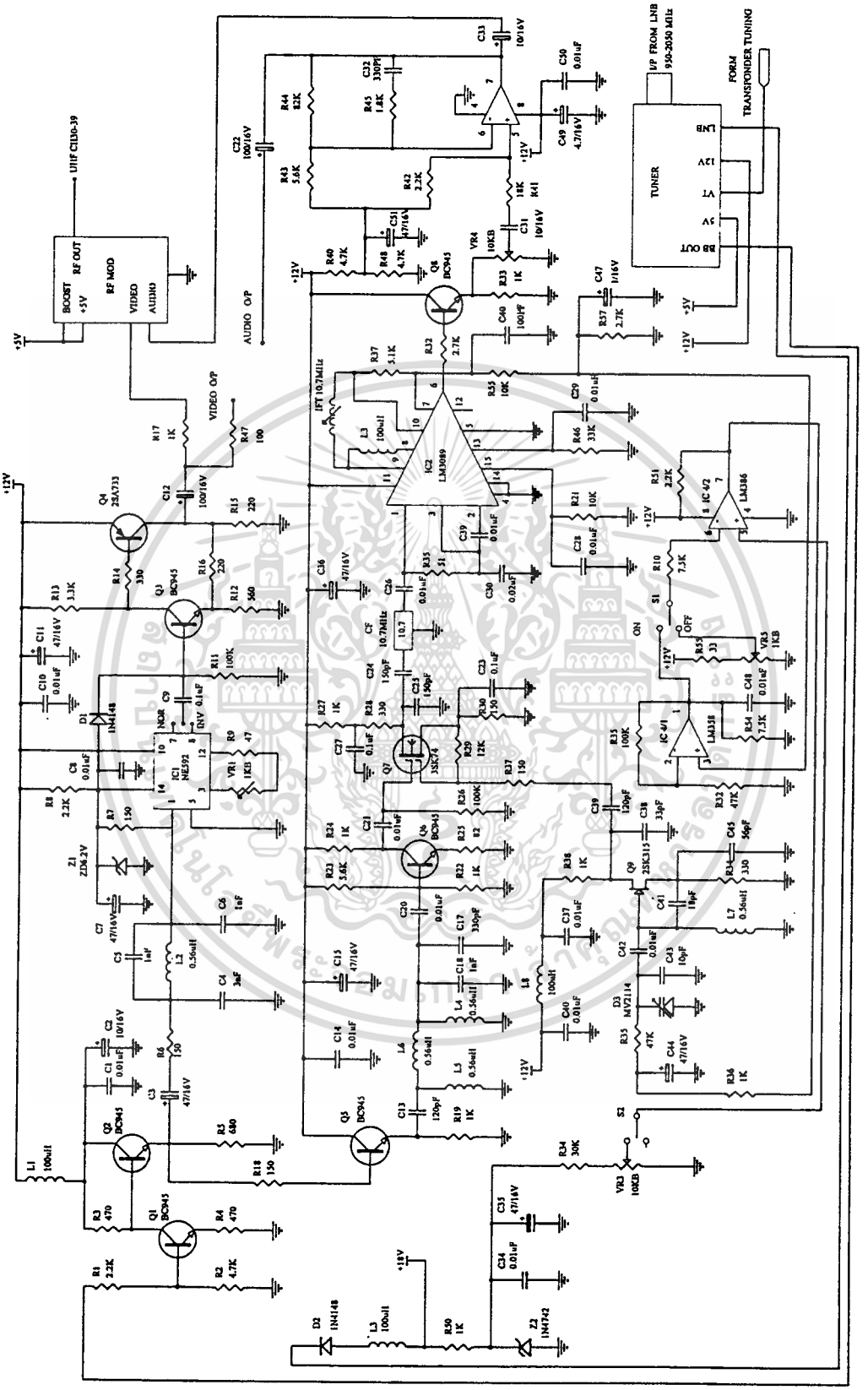
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



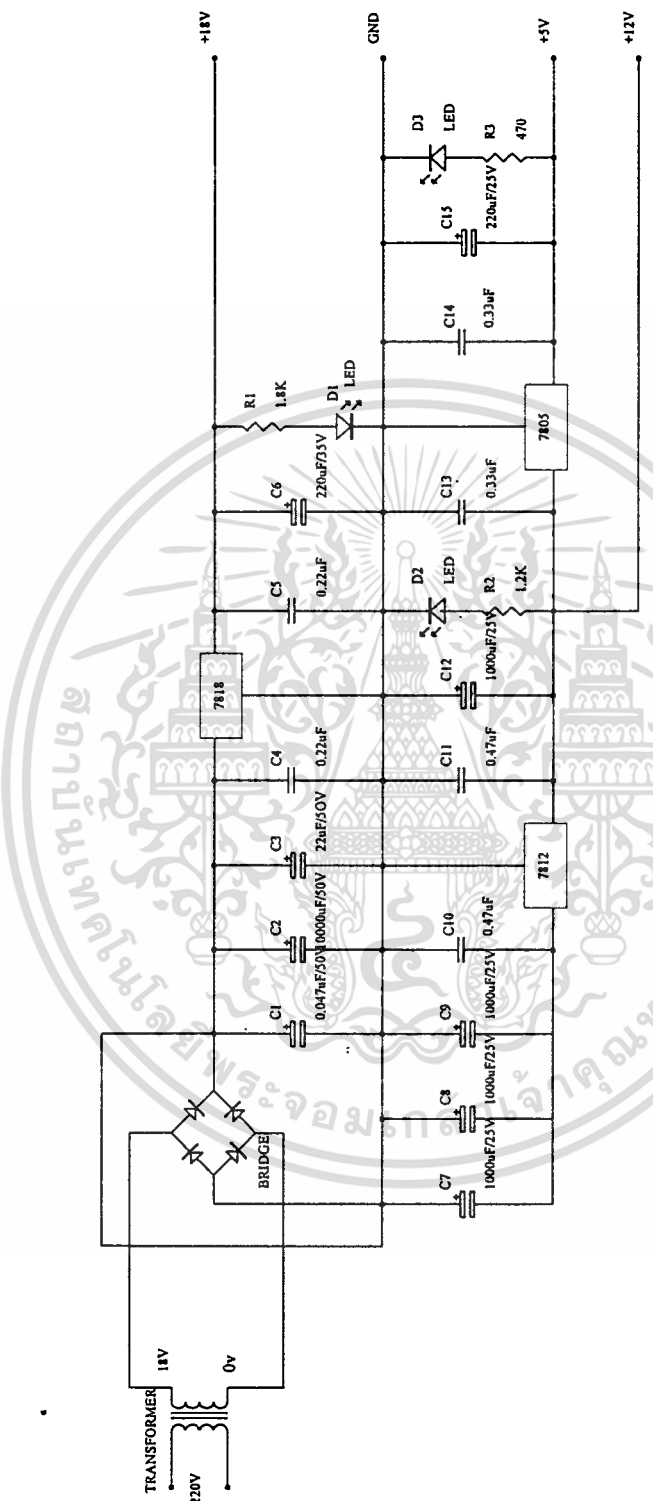
วงจรเลือกสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



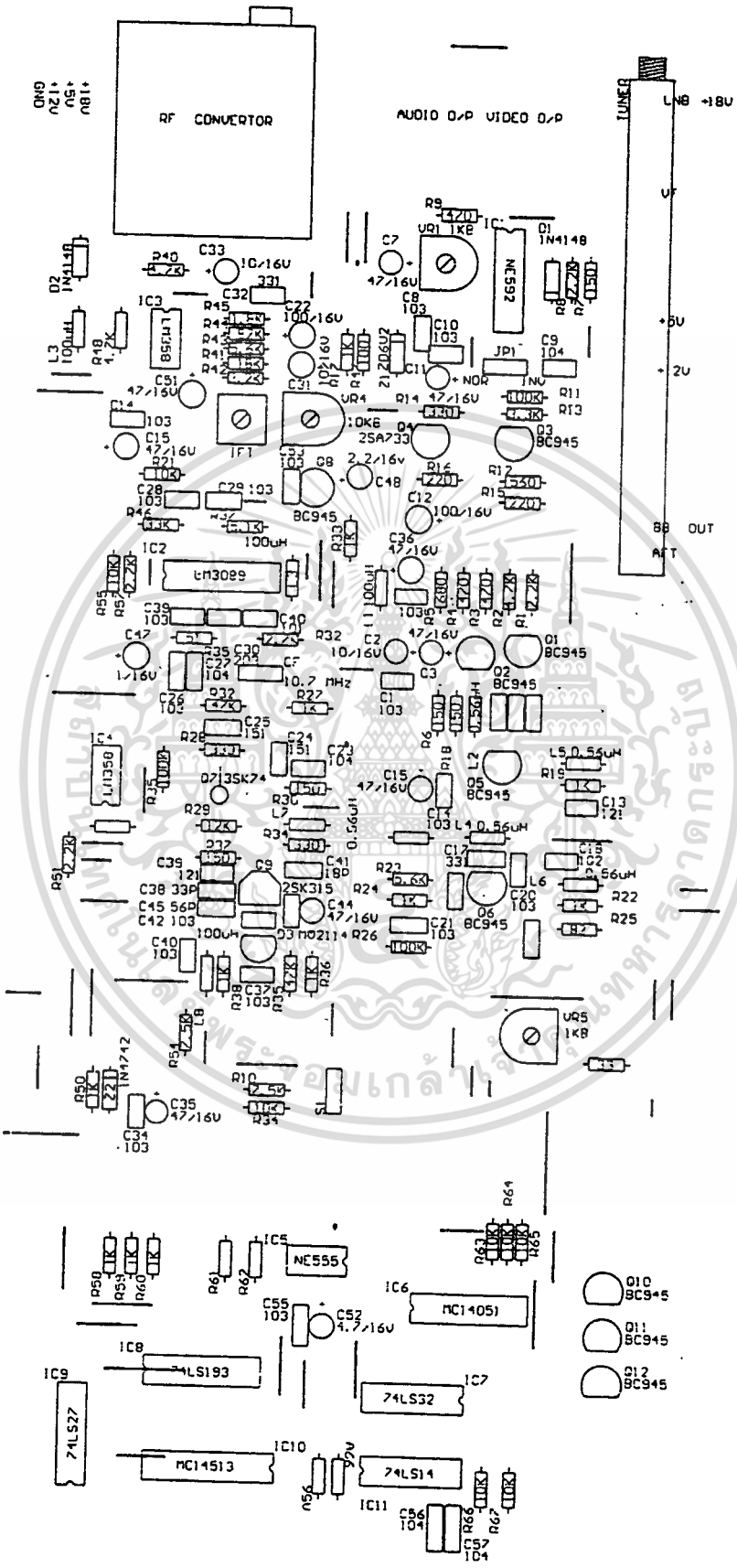
วงจรเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



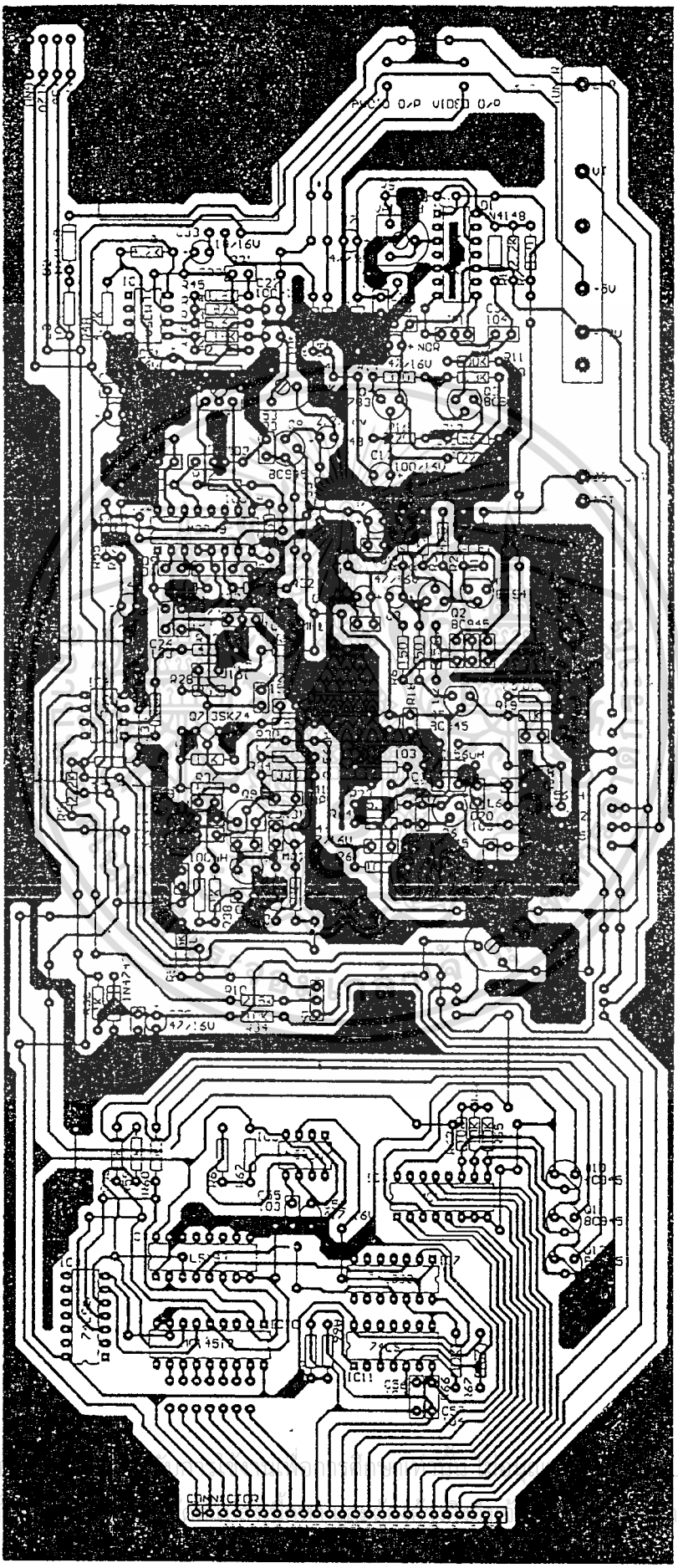
วงจรภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ด้านลายทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสาร ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้ง ครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ สำหรับเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำ

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
NE 592	IC1	1	วงจรขยายความแตกต่างของสัญญาณภาพ
LM3089	IC2	1	
LM358	IC3 IC4/1/2	3	
BC945	Q1 Q2 Q3 Q5 Q6 Q8	6	ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN
2SA733	Q4	1	ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP
3SK74	Q7	1	เฟสทรานซิสเตอร์
1N4148	D1 D2	2	ไดโอด เยอรมันเนียม
MV2114	D3	1	
ZD 6.2V	Z1	1	ซีเนอร์ไดโอด
1N4742 12 V	Z2	1	

อุปกรณ์ประเภทตัวต้านทาน (ใช้ขนาด 0.25 วัตต์ และค่าความผิดพลาด 5%)

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
33 Ω	R55	1	
47 Ω	R9	1	
51 Ω	R31 R56	2	
82 Ω	R25	1	
100 Ω	R47	1	
150 Ω	R6 R7 R30 R39 R18	5	
220 Ω	R15 R16	2	
330 Ω	R14 R28 R34 R37	4	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
470 Ω	R3 R4	2	
560 Ω	R12	1	
680 Ω	R5	1	
1 KΩ	R10 R17 R19 R22 R24 R27 R33 R36 R38 R46	10	
1.8 KΩ	R45	1	
2.2 KΩ	R1 R8 R42 R51	4	
2.7 KΩ	R32 R57	2	
3.3 KΩ	R13	1	
4.7 KΩ	R2 R40 R48	3	
5.6 KΩ	R23 R43	2	
7.5 KΩ	R50 R54	2	
10 KΩ	R21 R58	2	
12 KΩ	R29	1	
18 KΩ	R41	1	
30 KΩ	R49	1	
33 KΩ	R20	1	
47 KΩ	R35 R52	2	
82 KΩ	R44	1	
100 KΩ	R11 R26 R53	3	

อุปกรณ์ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
1 KΩ	VR1 VR4	2	ความต้านทานปรับค่าได้
10 KΩ	VR2 VR3	2	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ประเภทตัวเหนี่ยวนำ

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
0.56 µH	L2 L4 L5 L6	4	
100 µH	L1 L3 L7 L8	4	

อุปกรณ์ประเภทตัวเก็บประจุ (ชนิดเซรามิค)

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
10 pF	C43	1	
18 pF	C41	1	
33 pF	C38	1	
56 pF	C45	1	
100 pF	C19	1	
120 pF	C13 C39	2	
150 pF	C24 C25	2	
330 pF	C17 C32	2	
1 nF	C5 C6 C18	3	
3 nF	C4	1	
0.01 µF	C1 C8 C10 C14 C16 C20 C28 C29 C34 C37 C40 C42 C48 C50	15	
0.02 µF	C30	1	
0.1 µF	C9 C23 C27	3	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ประเภทตัวเก็บประจุ (ชนิดอิเล็กทรอไลท์ติก)

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
1 µF/16V	C47	1	
4.7 µF/16V	C49	1	
10 µF/16V	C2 C31 C33	3	
47 µF/16V	C3 C7 C11 C15 C35 C36 C44 C51	8	
100 µF/16V	C12 C22	2	

อุปกรณ์เบ็ดเตล็ด

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
CF (10.7 MHz)	CF1	1	เซรามิคฟิลเตอร์ ความถี่ 10.7 MHz
IFT (10.7 MHz)	IFT1	1	ไอเอฟ ทรานฟอร์เมอร์
DBS TUNER	TUNER	1	ย่าน UHF
RF MODULATOR 9711A	RF MODULATOR	1	ย่าน UHF

รายการอุปกรณ์ สำหรับส่วนรวมสัญญาณและแยกสัญญาณ

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
3-WAY SPLITTER 950-2050 MHz	SPLITTER	1	แยกสัญญาณ
3-WAY SPLITTER 40-860 MHz	COMBINER	1	รวมสัญญาณ

รายการอุปกรณ์ สำหรับภาคเลือกช่องสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำ

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
555	IC1 IC4 IC8	3	
7414	IC2	1	
เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
7432	IC3	1	
74193	IC5	1	
7427	IC6	1	
4513	IC7	1	
4051	IC9	1	
BC458	Q1 Q2 Q3 Q4 Q5	5	
4148	D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7 D8	8	ไดโอดเยอรมันเนียม

อุปกรณ์ประเภทตัวต้านทาน (ใช้ขนาด 0.25 วัตต์ และค่าความผิดพลาด 5%)

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
220 Ω	R14 R15 R16 R17 R18 R19 R20	6	
1 KΩ	R11 R12 R13	3	
10 KΩ	R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7 R8 R10 R23 R24 R25	11	
15 KΩ	R9	1	
2.7 MΩ	R22	1	
5 MΩ	R21	1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
10 KBΩ	VR1 VR2 VR3 VR4 VR5 VR6 VR7 VR8	8	

รายการอุปกรณ์ สำหรับวงจรภาคจ่ายไฟ

อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำ

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
7805	IC1	1	
7812	IC2	1	
7818	IC3	1	
CM1002	BD1	1	ไดโอดบริดจ์

อุปกรณ์ประเภทตัวต้านทาน (ใช้ขนาด 0.25 วัตต์ และค่าความผิดพลาด 5%)

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
470 Ω	R3	1	
1.2 KΩ	R2	1	
1.8 KΩ	R1	1	

อุปกรณ์ประเภทตัวเก็บประจุ (ชนิดเซรามิค)

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
0.22 μF	C4 C5	2	
0.33 μF	C13 C14	2	
0.47 μF	C10 C11	2	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ประเภทตัวเก็บประจุ (ชนิดอิเล็กทรอไลท์ติก)

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
0.047 µF/50V	C1	1	
22 µF/50V	C3	1	
220 µF/35V	C6 C15	2	
1000 µF/25V	C7 C8 C9 C12	4	
10000 µF/50V	C2	1	

อุปกรณ์เบ็ดเตล็ด

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
18 V	TRANSFORMER	1	
220 VAC	SW ON/OFF	1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
คู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM592

National Semiconductor Corporation

LM592 Differential Video Amp

General Description

The LM592 is a two stage differential input, differential output, wideband video amplifier. The use of internal series-shunt feedback gives wide bandwidth with low phase distortion and high gain stability. Emitter follower outputs provide low output impedances necessary to drive capacitive loads. This device offers fixed gains of 100 and 400 with no external components plus the flexibility of adjusting the gain from 0 to 400 with the addition of a single resistor. This flexibility also allows the device to be configured as a high pass, low pass, or band pass filter.

The LM592 is ideal for use in magnetic memory systems. The device is also very useful as a video and pulse amplifier in video recorders and other communications systems.

Features

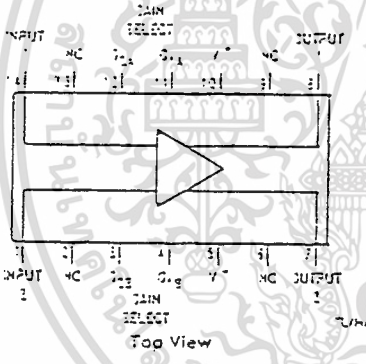
- 120 MHz bandwidth
- Adjustable gains from 0 to 400
- Adjustable pass band
- No frequency compensation required

Applications

- Disc file memories
- Magnetic tape systems
- Thin film or plated wire memories
- Wide band video amplifiers

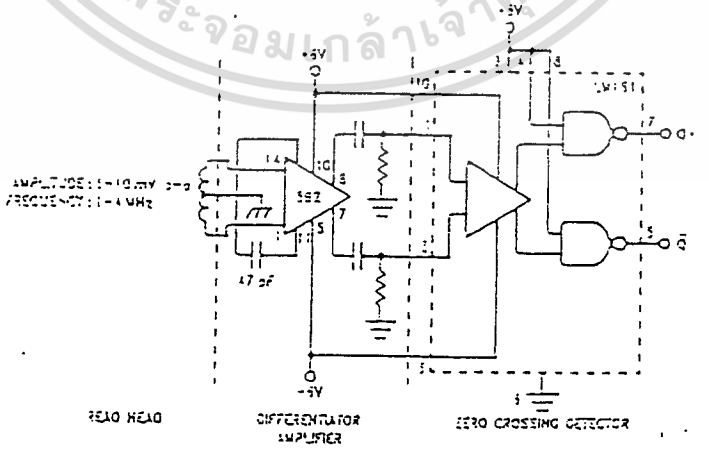
Connection Diagram

Dual-In-Line and Small Outline Package



Order Number LM592M or LM592N
See NS Package Number M14A or N14A

Disc/Tape Phase Modulated Readback Systems



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

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

Differential Input Voltage	±5V
Common Mode Input Voltage	±8V
V_{SUPPLY}	±8V
Output Current	10 mA
Power Dissipation (Note 1)	500 mW
Junction Temperature	+150°C
Storage Temperature Range	−55°C to +150°C
Operating Temperature Range	0°C to +70°C
Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 seconds)	260°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics T_A = 25°C, unless otherwise specified, see test circuits, V_S = ±6.0V (Note 8)

Characteristics	Test Circuit	Test Conditions	LM592 Typ	LM592 Tested Limit (Note 8)	LM592 Design Limit (Note 7)	Units (Limit)
Differential Voltage Gain						
Gain 1 (Note 2)		R_L = 2 kΩ, V_{OUT} = ±1 Vpp	100	80	2.0	V/mV (Min)
Gain 2 (Note 3)			80	60	5.0	V/mV (Min)
				50	7.5	V/mV (Min)
				40	12.0	V/mV (Max)
Bandwidth						
Gain 1	1		40			MHz
Gain 2			30			MHz
Rise Time						
Gain 1		V_{OUT} = 1 Vpp	10.5			ns
Gain 2	2		7.5		12	ns (Max)
Propagation Delay						
Gain 1		V_{OUT} = 1 Vpp	7.5			ns
Gain 2	2		5		10	ns (Max)
Input Resistance						
Gain 1			4			kΩ
Gain 2			23		10	kΩ (Min)
Input Capacitance		Gain 2	2			pF
Input Offset Current			0.4	3	6	μA (Max)
Input Bias Current			9	25	31	μA (Max)
Input Noise Voltage		BW = 1 kHz to 10 MHz	12			μV rms
Input Voltage Range	1			±1	±1	V (Min)
Common Mode Rejection Ratio						
Gain 2	1	V_{CM} = ±1V	86	80	50	dB (Min)
Gain 2		V_{CM} = ±1V, f = 5 mHz	60			dB
Supply Voltage Rejection Ratio						
Gain 2	1	ΔV_S = ±0.5V	70	60	50	dB (Min)
Output Offset Voltage						
Gain 1	1	R_L = ∞	0.35	0.75	0.75	V (Max)
Output Common Mode Voltage (Note 4)	1	R_L = ∞	2.9	2.4	2.4	V (Min)
				3.4	3.4	V (Max)
Output Voltage Swing	1	R_L = 2k	4	3	3	V (Min)
Output Sink Current			3.6	2.5	2.3	mA (Min)
Output Resistance			20			Ω
Power Supply Current	1	R_L = ∞	18	24	24	mA (Max)

Note 1: For operation at elevated temperatures, these devices must be derated based on a thermal resistance of θ_{JA} and T_{JMAX}. θ_{JA} = 80°C/W in the "N" package and 155°C/W in the "M" package. T_{JMAX} = 150°C.

Note 2: Pins G1A and G1B connected together.

Note 3: Pins G2A and G2B connected together.

Note 4: Gain select pins open. Output Common Mode Voltage = $(V_{O1} + V_{O2})/2$.

Note 5: Boldface numbers apply at temperature extremes.

Note 6: Guaranteed and 100% production tested.

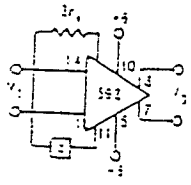
Note 7: Guaranteed (but not 100% production tested) over the operating temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM592

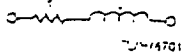
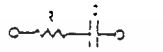
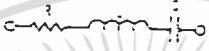
Typical Applications

Filter Networks



$$\frac{V_o(S)}{V_i(S)} = \frac{1.4 \times 10^4}{2(s1 - 2r_s)} = \frac{1.4 \times 10^4}{2(s1 - 32)}$$

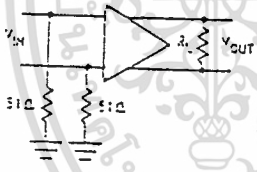
BASIC CONFIGURATION

Impedance Network	Desired Filter	$\frac{V_o(S)}{V_i(S)}$ Transfer Function
	Low Pass	$\frac{1.4 \times 10^4}{R}\left[\frac{\quad}{s - 1/RC}\right]$
	High Pass	$\frac{1.4 \times 10^4}{R}\left[\frac{s}{s - 1/RC}\right]$
	Band Pass	$\frac{1.4 \times 10^4}{R}\left[\frac{s}{s^2 - s/RC - 1/LC}\right]$
	Band Reject	$\frac{1.4 \times 10^4}{R}\left[\frac{s^2 - 1/LC}{s^2 - s/RC - 1/LC}\right]$

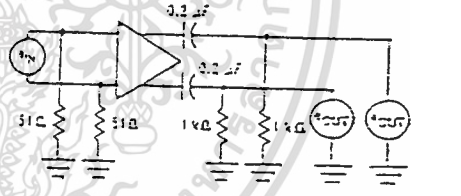
Note: In the networks #3 and #4, the R value used is assumed to produce $2r_s$ of approximately 32Ω.

Test Circuits

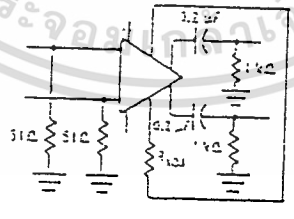
Test Circuit 1



Test Circuit 2



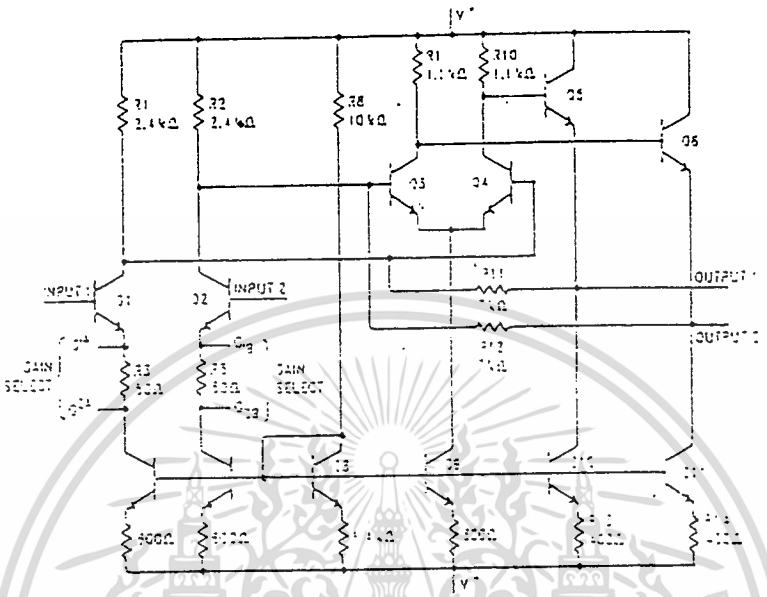
Voltage Gain Adjust Circuit



V_s = ±5V
T_A = 25°C

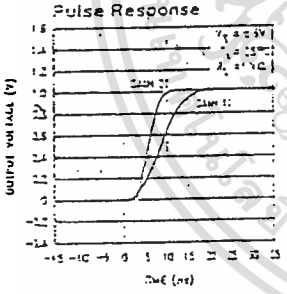
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic Diagram

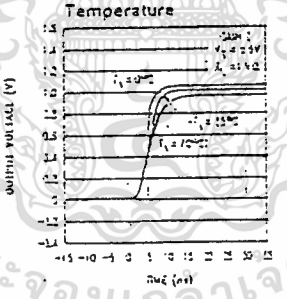


Typical Performance Characteristics

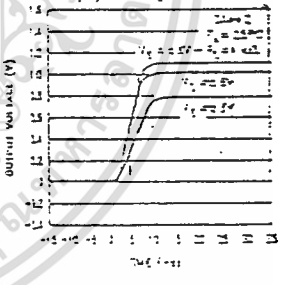
Pulse Response



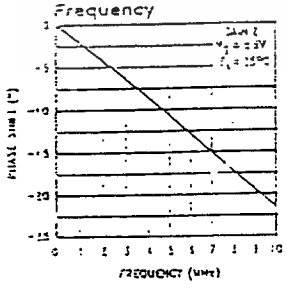
Pulse Response vs Temperature



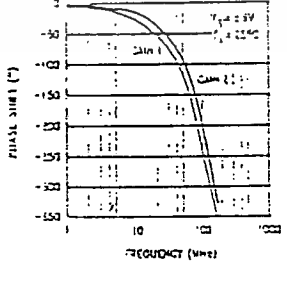
Pulse Response vs Supply Voltage



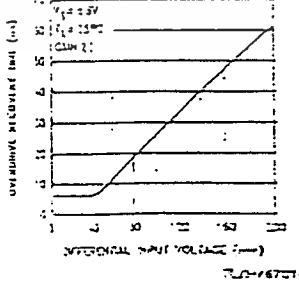
Phase Shift vs Frequency



Phase Shift vs Frequency



Differential Overdrive Recovery Time

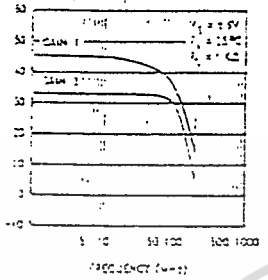


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

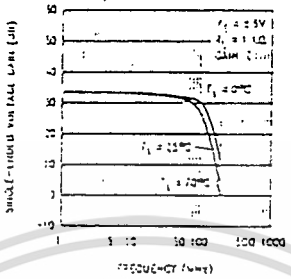
LM592

Typical Performance Characteristics (Continued)

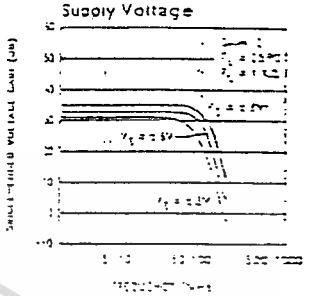
Voltage Gain vs Frequency



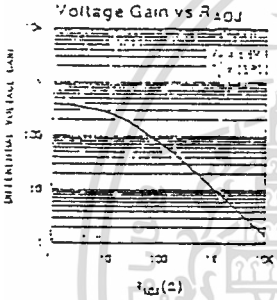
Gain vs Frequency Temperature



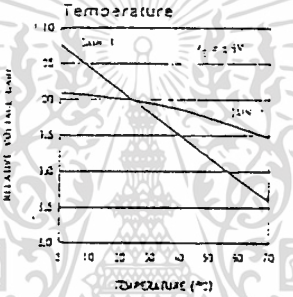
Gain vs Frequency vs Supply Voltage



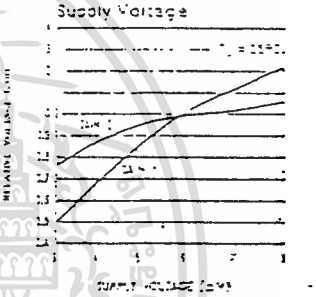
Voltage Gain vs R_{LOAD}



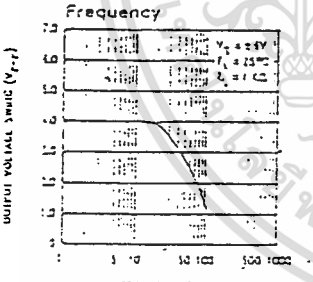
Voltage Gain vs Temperature



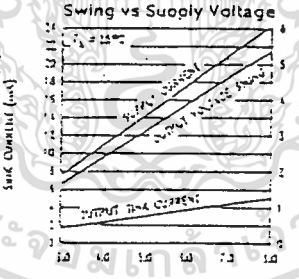
Voltage Gain vs Supply Voltage



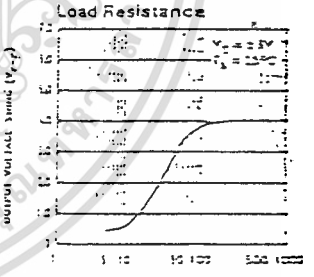
Output Voltage Swing vs Frequency



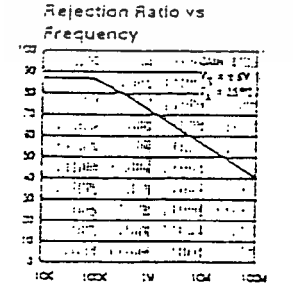
Supply Current, Output Voltage and Current Swing vs Supply Voltage



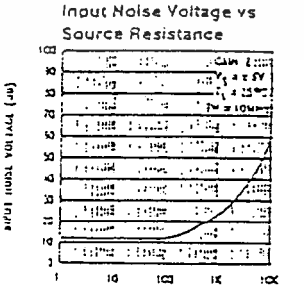
Output Voltage Swing vs Load Resistance



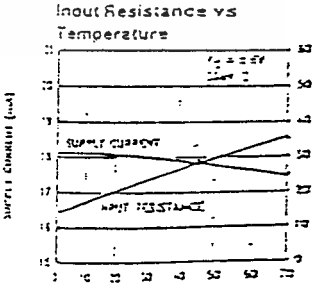
Common Mode Rejection Ratio vs Frequency



Input Noise Voltage vs Source Resistance



Supply Current and Input Resistance vs Temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5414/7414 Hex Schmitt-Trigger Inverter

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF
T.I.											SN54LS14		J		W	SN5414		J		W					
											SN74LS14		J	N		SN7414		J	N						
FAIRCHILD											74LS14/74HLS14		9DJ	P		74S14/74HS14		9DJ	P						
											74LS14/74S14		9DJ	P		74S14/74S14		9DJ	P						
MOTOROLA											SN74LS14		J	P		MC7414		J	P						
N. S. C.											DM54LS14		J		W	DM5414		J		W					
											DM74LS14		J	N		DM7414		J	N						
PHILIPS																									
											N74LS14		A	N		N7414		A	N						
SIGNETICS																N5414		F	1B						
											N74LS14		F	1B		N7414		F	1B						
SIEMENS																									
FUJITSU																									
											74LS14		M												
HITACHI																									
											HD74LS14		P			-D7414		P							
MITSUBISHI																									
											M74LS14		P			M53214		P							
NEC																									
TOSHIBA																									

Electrical Characteristics SN54LS14/SN74LS14

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

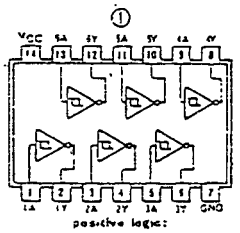
recommended operating conditions

	SN54LS14 MIN	NOM	MAX	SN74LS14 MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

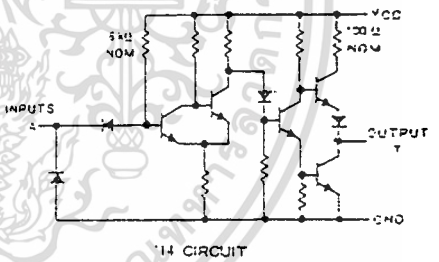
PARAMETER		TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{T+}	Positive-going threshold voltage	V_{CC} = 5V		1.4	1.6	1.9	V
V_{T-}	Negative-going threshold voltage	V_{CC} = 5V		0.5	0.8	1	V
	Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$)	V_{CC} = 5V		0.4	0.8		V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN,	I_I = −18mA			−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, I_{OH} = MAX	$V_I = V_{T-}$ max.	2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, I_{OL} = 4mA	$V_I = V_{T+}$ max.		0.25	0.4	V
I_{T-}	Input current at positive-going threshold	V_{CC} = 5V,	$V_I = V_{T+}$		−0.14		mA
I_{T-}	Input current at negative-going threshold	V_{CC} = 5V,	$V_I = V_{T-}$		−0.18		mA
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX,	V_I = 7V			0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC} = MAX,	V_I = 2.7V			20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX,	V_{IL} = 0.4V			−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*	V_{CC} = MAX		−20		−100	mA
I_{CC}	Supply current: Total, output high	V_{CC} = MAX			4.5	16	mA
	Total, output low				12	21	
	Average per gate	V_{CC} = 5V,	50% duty cycle		1.72		
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V_{CC} = 5V,	T_A = 25°C,		15	22	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output	C_L = 15PF,	R_L = 2kΩ		15	22	ns

Pin Assignment (Top View)

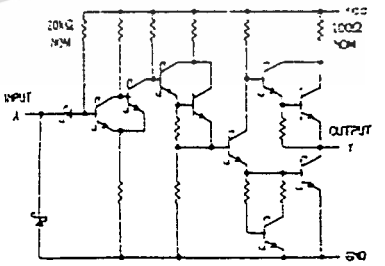


positive logic:
$Y = \overline{A}$

Schematics (each gate)



'14 CIRCUIT



'LS14 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
* Not more than one output should be shorted at a time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5427/7427 Triple 3-Input Positive-NOR Gate

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF
T. I.											SN54LS27	J ①			W ⑨	SN5427	J ②			J ⑭					
											SN74LS27	J ①	N ⑧			SN7427	J ②	N ⑧							
FAIRCHILD											54LS27/54HLS27	J ⑨			J ⑭	54S427/54H27	J ⑩								
											74LS27/74HLS27	J ⑨	P ⑨		J ⑭	74S427/74H27	J ⑩	P ⑩							
MOTOROLA																									
											SN74LS27		P ⑭			SN7427		P ⑭							
N. S. C.											DM54LS27		J ⑭			DM5427		J ⑭	N ⑧						
											DM74LS27		J ⑭			DM7427		J ⑭	N ⑧						
PHILIPS																									
											N74LS27		J ⑭			N7427		J ⑭							
SIGNETICS											N74LS27		J ⑭			N7427		J ⑭							
SIEMENS																FLH621		J ⑭							
FUJITSU																									
HITACHI																									
											HD74LS27		P ⑭			HD7427		P ⑭							
MITSUBISHI											M57LS27		P ⑭			M52227		P ⑭							
NEC																									
											74LS27		P ⑭												
TOSHIBA																									

Electrical Characteristics SN54LS27/SN74LS27

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C	to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C	to 70°C
Interemitter voltage	5.5V	Storage temperature range		−65°C	to 150°C

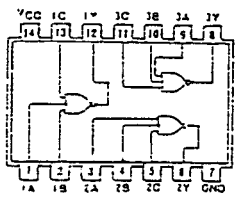
recommended operating conditions

	SN54LS27 MIN	NOM	MAX	SN74LS27 MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

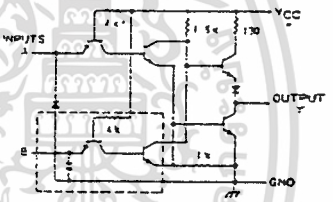
	PARAMETER		TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage				2			V
V_{IL}	Low-level input voltage						0.8	V
V_I	Input clamp voltage		V_{CC} = MIN, I_I = −18mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage		V_{CC} = MIN, V_{IL} = V_{IL} max, I_{OH} = MAX		2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage		V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, I_{OL} = 4mA			0.25	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage		V_{CC} = MAX, V_I = 7V				0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	Data inputs	V_{CC} = MAX, V_{IH} = 2.7V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	Data inputs	V_{CC} = MAX, V_{IL} = 0.4V				−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*		V_{CC} = MAX	54LS Family	−20		−100	mA
				74LS Family	−20		−100	
I_{CCH}	Supply current		V_{CC} = MAX	Total, outputs high		2.0	4	mA
I_{CCL}	Supply current			Total, outputs low		3.4	5.8	mA
I_{CC}	Supply current		V_{CC} = 5V	Average per gate (50% duty cycle)		0.9		mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output		V_{CC} = 5V, T_A = 25°C			10	15	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output		C_L = 15pF, R_L = 2kΩ,			10	15	ns

Pin Assignment (Top View)



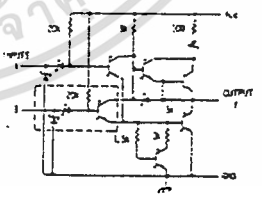
positive logic:
$Y = \overline{A + B + C}$

Schematics (each gate)



The portion of the schematic within the dashed lines is repeated for the C input of the '27.

'27 CIRCUIT



The portion of the schematic within the dashed lines is repeated for the C input of the 'LS27.

'LS27 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
* Not more than one output should be shorted at a time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5432/7432 Quadruple 2-Input Positive-OR Gate

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF
T.I.	SN54S32	J⑭		W⑭							SN54LS32	J⑭		W⑭		SN5432	J⑭		W⑭						
	SN74S32	J⑭	N⑭								SN74LS32	J⑭	N⑭			SN7432	J⑭	N⑭							
FAIRCHILD	FM54S32/FM74S32	X⑭			F⑭						FM54LS32/FM74LS32	X⑭			F⑭	FM5432/FM9N32	I⑭			F⑭					
	FC74S32/FC9S32	X⑭	P⑭		F⑭						FC74LS32/FC9LS32	X⑭	P⑭		F⑭	FC7432/FC3N32	I⑭	P⑭							
MOTOROLA																									
											SN74LS32		P⑭												
N.S.C.											DM74LS32		⑭			DM5432	J⑭	N⑭		W⑭	DM54L32				
											DM54LS32		⑭			DM7432	J⑭	N⑭			DM74L32				
PHILIPS																									
	N74S32		⑭								N74LS32		⑭			N7432		⑭							
SIGNETICS																5432	F⑭		W⑭						
											N74LS32		A⑭			9N32	F⑭		W⑭						
SIEMENS																									
																FLH631		⑭							
FUJITSU																									
											74LS32		N⑭												
HITACHI																									
											HD74LS32		P⑭			HD7432	⑭	P⑭							
MITSUBISHI																									
											M53LS32		P⑭												
NEC																									
											74LS32		C⑭												
TOSHIBA																									

Electrical Characteristics SN54LS32/SN74LS32

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range:	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

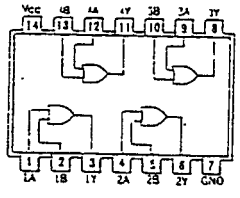
recommended operating conditions

	SN54LS32 MIN	NOM	MAX	SN74LS32 MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

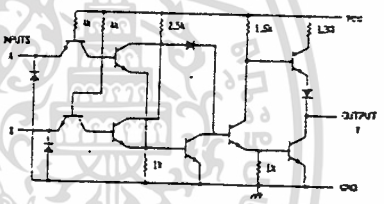
PARAMETER		TEST CONDITIONS †		MIN	TYP ‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN,	I_I = −18mA			−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, I_{OH} = MAX	V_{IH} = 2V,	2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, I_{OL} = 4mA	V_{IL} = V_{IL} max,		0.25	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX,	V_I = 7V			0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC} = MAX,	V_{IH} = 2.7V			20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX,	V_{IL} = 0.4V			−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current *	V_{CC} = MAX	54LS Family	−20		−100	mA
			74LS Family	−20		−100	
I_{CCH}	Supply current	V_{CC} = MAX	Total, outputs high		3.1	5.2	mA
I_{CCL}	Supply current		Total, outputs low		4.9	8.8	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC} = 5V	Average per gate (50% duty cycle)		1.0		mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V_{CC} = 5V, C_L = 15pF,	T_A = 25°C, R_L = 2kΩ		14	22	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output				14	22	ns

Pin Assignment (Top View)

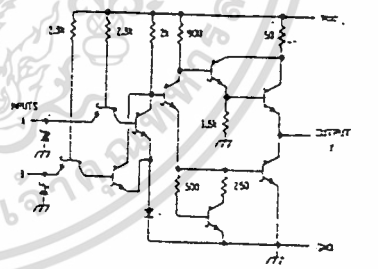


positive logic:
Y = A + B

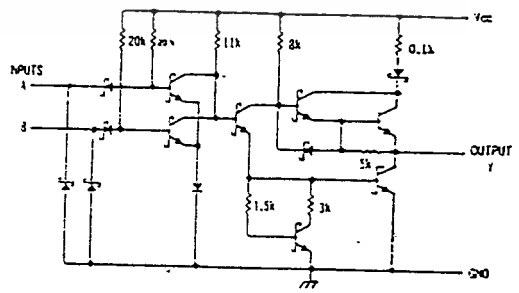
Schematics(each gate)



'32 CIRCUIT



'S32 CIRCUIT



'LS32 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
* Not more than one output should be shorted at a time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54193/74193 Synchronous 4-Bit Binary Up/Down Counter (Dual clock with clear)

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF
T. I.											SN54LS193	J ①			W①	SN54193	J ⑯			W①	SN54L193	J ⑯			
											SN74LS193	J ⑯	N⑯			SN74193	J ⑯	N⑯			SN74L193	J ⑯	N⑯		
FAIRCHILD											FJ54LS193/FJ74LS193	αD①			AD①	FJ54193/FJ74366	ID①								
											FC74LS193/FC74LS193	αD①			AD①	FC74193/FC3366	ID①P⑯								
MOTOROLA																									
											SN74LS193		P①			MC74193		P①							
N. S. C.											DM54LS193		J①								DM54L193		J⑯N⑯		F⑯
											DM74LS193		J①			DM74193		N⑯			DM74L193		J⑯N⑯		F⑯
PHILIPS											N74LS193		①			N74193		①							
SIGNETICS																S54193		F⑯8⑯		W①					
													A①			N74193		F⑯8⑯							
SIEMENS																									
FUJITSU																MB7451		①							
HITACHI											74LS193		M①												
											HD74LS193		P①			HD2542		P①							
MITSUBISHI																									
NEC											M74LS193		P①			M53393		P①							
TOSHIBA											74LS193		C①			μPB2193		C①							
																TD74193		P①							
AMD											Am54LS193														
											Am74LS193														

Electrical Characteristics SN54LS193/SN74LS193

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	5.5V		SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

recommended operating conditions

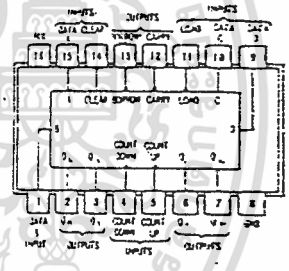
	SN54LS193			SN74LS193			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Count frequency, f_{count}	0		25	0		25	MHz
Width of any input pulse, t_w	20			20			ns
Data setup time, t_{setup}	20			20			ns
Data hold time, t_{hold}	0			0			ns
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER*		TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN, I_I = −18mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, V_{IL} = 0.8V, I_{OH} = −400μA		2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, V_{IL} = 0.8V, I_{OL} = 4mA			0.35	0.5	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX, V_I = 7V				0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 2.4V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 0.4V				0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*	V_{CC} = MAX	SN54LS	−20		100	mA
			SN74LS	−20		100	
I_{CC}	Supply current	V_{CC} = MAX, See Note 1	SN54LS		19	34	mA
			SN74LS		19	34	
f_{max}	maximum clock frequency	V_{CC} = 5V, T_A = 25°C, C_L = 15pF, R_L = 2kΩ		25	32		MHz
t_{PLH}	from Count-up to output Carry				17	25	ns
t_{PHL}					18	24	
t_{PLH}	from Count-down to output Borrow				16	24	ns
t_{PHL}					15	24	
t_{PLH}	from Either Count to output Q				27	38	ns
t_{PHL}					30	47	
t_{PLH}	from Load to output Q				24	40	ns
t_{PHL}					25	40	
t_{PHL}	from Clear to output Q				23	35	ns

NOTES: 1. I_{CC} is measured with all outputs open, clear and load inputs grounded, and all other inputs at 4.5V.
A. Clear overrides load, data, and count inputs.
B. When counting up, count-down input must be high; when counting down, count-up input must be high.

Pin Assignment (Top View)



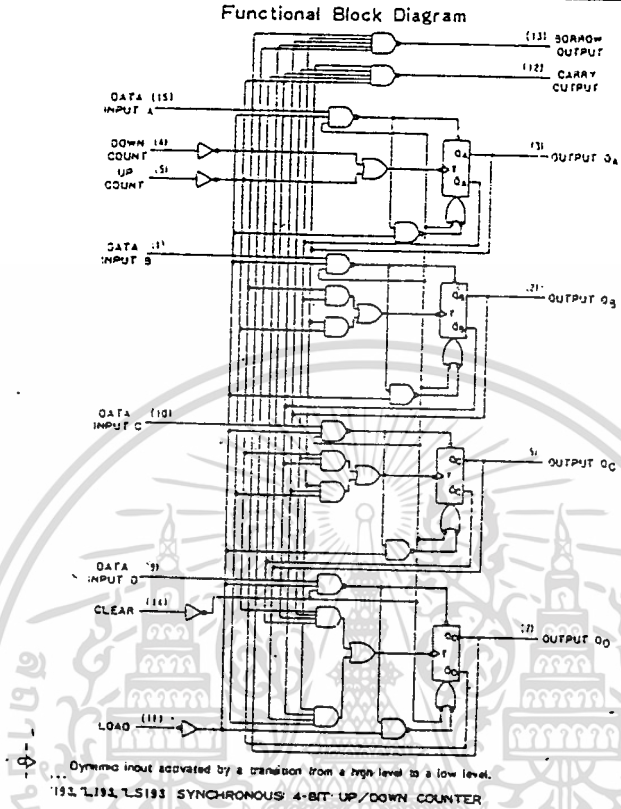
†For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the appropriate type.
‡All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
*Not more than one output should be shorted at a time.
•t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output
t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output

CONTINUED ON NEXT PAGE

เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54193/74193(CONTINUED)

Functional Block Diagram

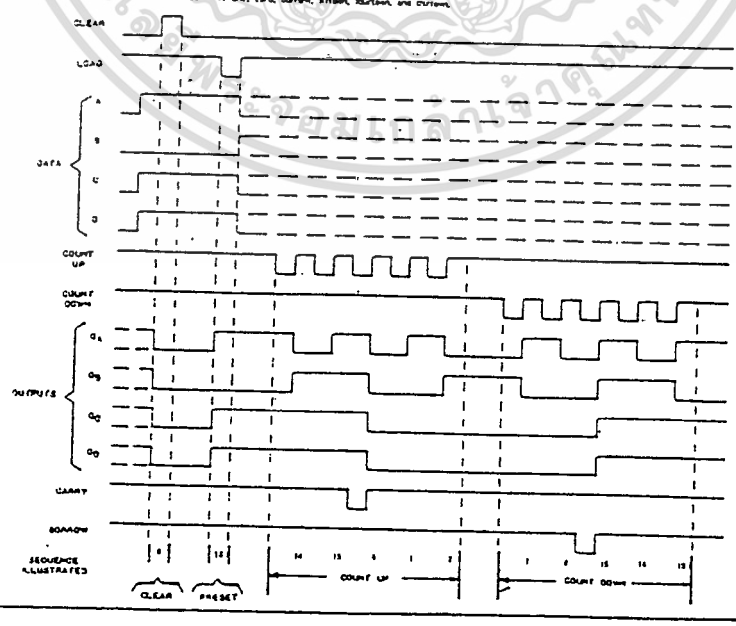


Dynamic input activated by a transition from a high level to a low level.

'193, 'LS193 SYNCHRONOUS 4-BIT UP/DOWN COUNTER

typical clear, load, and count sequences

(See Notes A and B)

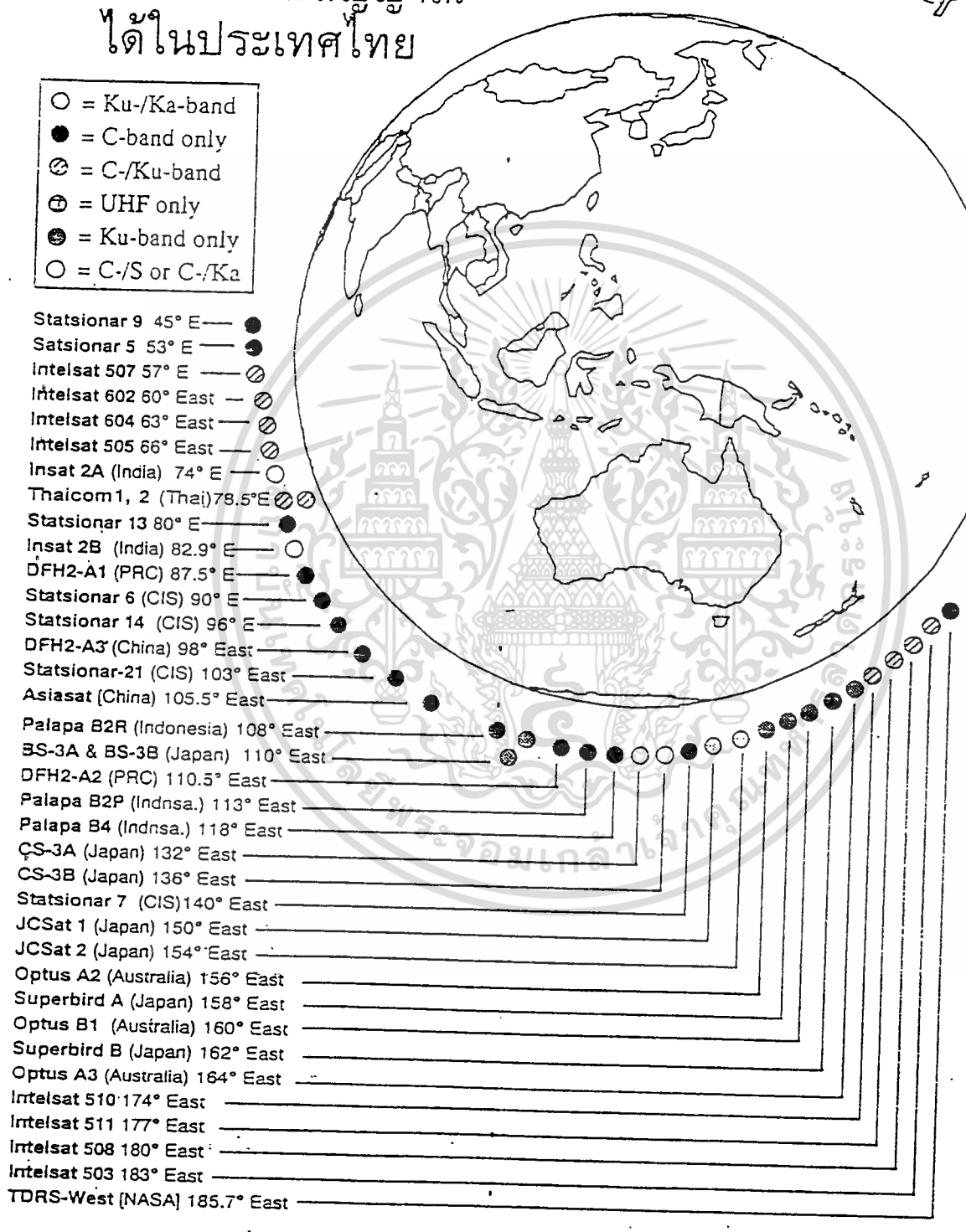


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
เอกสารประกอบและอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดาวเทียมที่รับสัญญาณได้ในประเทศไทย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง		ASIASAT 1 (105.5°E)		THAICOM 1, 2 (78.5°E)	
	รุ้ง LAT	แวง LONG	มุมกวาด Az	มุมเงย El	มุมกวาด Az	มุมเงย El
1. กรุงเทพมหานคร	13° 45'	100° 31'	159.9°	72.8°	239.6°	59.9°
2. กระบี่	8° 03'	98° 55'	140.5°	77.8°	249.4°	64.4°
3. กาญจนบุรี	14° 00'	99° 33'	156.7°	72.2	237.9°	60.7°
4. กาฬสินธุ์	16° 25'	103° 30'	173.0°	70.6°	238.8°	55.5°
5. กำแพงเพชร	16° 29'	99° 31'	159.8°	69.5°	233.6°	59.0°
6. ขอนแก่น	16° 26'	102° 50'	170.7°	70.5°	238.0°	56.1°
7. จันทบุรี	12° 36'	102° 06'	164.8°	74.7°	243.5°	59.0°
8. ฉะเชิงเทรา	13° 41'	101° 04'	161.9°	73.1°	240.4°	59.4°
9. ชลบุรี	13° 21'	100° 59'	161.1°	73.4°	240.8°	59.7°
10. ชัยนาท	15° 11'	100° 07'	160.2°	71.1°	236.6°	59.4°
11. ชัยภูมิ	15° 48'	103° 03'	171.1°	71.2°	239.2°	56.3°
12. ชุมพร	10° 29'	99° 10'	148.7°	75.6°	244.3°	63.0°
13. เชียงราย	19° 54'	99° 50'	163.8°	65.8°	229.0°	56.4°
14. เชียงใหม่	18° 47'	98° 59'	160.5°	66.7°	229.2°	57.9°
15. ตรัง	7° 33'	99° 36'	141.9°	78.7°	251.2°	63.8°
16. ตราด	12° 14'	102° 31'	166.2°	75.2°	244.6°	58.7°
17. ตาก	16° 52'	99° 07'	159.0°	68.9°	232.4°	59.2°
18. นครนายก	14° 12'	101° 12'	163.0°	72.6°	239.6°	59.0°
19. นครปฐม	13° 49'	100° 02'	158.2°	72.6°	238.8°	60.3°
20. นครพนม	17° 09'	104° 08'	175.4°	69.8°	238.4°	54.5°
21. นครราชสีมา	14° 58'	102° 06'	167.1°	72.0°	239.4°	57.7°
22. นครศรีธรรมราช	8° 25'	99° 58'	146.5°	78.2°	249.6°	63.1°
23. นครสวรรค์	15° 41'	100° 07'	160.8°	70.6°	235.7°	59.1°
24. นนทบุรี	13° 50'	100° 29'	159.9°	72.7°	239.4°	59.9°
25. นราธิวาส	6° 25'	101° 49'	150.2°	81.3°	255.5°	61.8°
26. น่าน	18° 46'	100° 46'	165.6°	67.3°	231.8°	56.4°
27. หนองคาย	17° 52'	102° 44'	171.1°	68.8°	235.7°	55.3°
28. บุรีรัมย์	14° 59'	103° 08'	170.8°	72.2°	240.6°	56.7°
29. ปทุมธานี	14° 01'	100° 31'	160.2°	72.5°	239.1°	59.7°
30. ประจวบคีรีขันธ์	11° 48'	99° 47'	154.0°	74.6°	242.3°	61.7°
31. ปราจีนบุรี	14° 02'	101° 22'	163.5°	72.8°	240.1°	58.9°
32. ปัตตานี	6° 51'	101° 15'	148.1°	80.5°	254.1°	62.3°
33. พระนครศรีอยุธยา	14° 20'	101° 33'	164.5°	72.5°	239.8°	58.6°
34. พะเยา	19° 10'	99° 54'	163.4°	66.6°	230.0°	56.8°
35. พังงา	8° 26'	98° 31'	140.2°	77.1°	248.1°	64.6°
36. พัทลุง	7° 36'	100° 04'	144.4°	79.0°	251.5°	63.3°
37. พิจิตร	16° 26'	100° 21'	162.3°	69.8°	234.8°	58.4°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวัด	ตำแหน่งที่ตั้ง		ASIASAT 1 (105.5°E)		THAICOM 1, 2 (78.5°E)	
	รุ้ง LAT	แวง LONG	มุมกวาด Az	มุมเงย El	มุมกวาด Az	มุมเงย El
38. พิษณุโลก	16° 49'	100° 15'	162.4°	69.4°	234.1°	58.2°
39. เพชรบุรี	13° 06'	99° 56'	156.8°	73.3°	240.0°	60.8°
40. เพชรบูรณ์	16° 25'	101° 09'	165.0°	70.1°	235.9°	57.6°
41. แพร่	18° 08'	100° 03'	163.0°	67.8°	231.8°	57.5°
42. ภูเก็ต	7° 53'	98° 24'	137.8°	77.5°	249.3°	65.0°
43. มหาสารคาม	16° 11'	103° 18'	172.2°	70.8°	238.9°	55.8°
44. แม่ฮ่องสอน	19° 17'	97° 58'	158.2°	65.8°	227.0°	58.3°
45. มุกดาหาร	16° 32'	104° 43'	177.3°	70.6°	239.9°	54.3°
46. ยะลา	6° 32'	101° 17'	147.1°	80.9°	254.8°	62.3°
47. ยโสธร	15° 47'	104° 08'	174.8°	71.4°	240.4°	55.2°
48. ร้อยเอ็ด	16° 03'	103° 39'	173.4°	71.0°	239.5°	55.5°
49. ระนอง	9° 58'	98° 38'	145.2°	75.8°	244.7°	63.8°
50. ระยอง	12° 40'	101° 16'	161.4°	74.3°	242.1°	59.7°
51. ราชบุรี	13° 32'	99° 49'	157.0°	72.8°	239.1°	60.7°
52. ลพบุรี	14° 47'	101° 39'	165.3°	72.1°	239.2°	58.2°
53. ลำปาง	18° 17'	99° 30'	161.5°	67.5°	230.7°	57.8°
54. ลำพูน	18° 34'	99° 00'	160.3°	67.0°	229.6°	58.0°
55. เลย	17° 29'	101° 43'	167.6°	69.0°	234.6°	56.7°
56. ศรีสะเกษ	15° 07'	104° 19'	175.5°	72.2°	241.7°	55.4°
57. สกลนคร	17° 09'	104° 08'	175.4°	69.8°	238.4°	54.5°
58. สงขลา	7° 12'	100° 36'	145.6°	79.8°	252.8°	62.9°
59. สตูล	6° 37'	100° 04'	140.5°	79.9°	253.7°	63.6°
60. สมุทรปราการ	13° 36'	100° 35'	160.0°	73.0°	239.9°	59.9°
61. สมุทรสาคร	13° 32'	100° 16'	158.7°	73.0°	239.6°	60.2°
62. สมุทรสงคราม	13° 24'	100° 00'	157.5°	73.0°	239.5°	60.6°
63. สระบุรี	14° 31'	100° 54'	162.3°	72.1°	238.7°	59.1°
64. สิงห์บุรี	14° 53'	100° 24'	160.9°	71.5°	237.4°	59.3°
65. สุโขทัย	17° 00'	99° 49'	161.3°	69.0°	233.2°	58.5°
66. สุพรรณบุรี	14° 28'	100° 07'	159.4°	71.9°	237.8°	59.8°
67. สุราษฎร์ธานี	9° 08'	99° 19'	145.7°	77.1°	247.3°	63.5°
68. สุรินทร์	14° 52'	103° 29'	172.2°	72.4°	241.1°	56.4°
69. อ่างทอง	14° 35'	100° 27'	160.7°	71.9°	238.0°	59.4°
70. อุดรธานี	17° 24'	102° 47'	171.0°	69.3°	236.5°	55.5°
71. อุตรดิตถ์	17° 37'	100° 05'	162.7°	68.4°	232.6°	57.8°
72. อุทัยธานี	15° 22'	100° 02'	160.2°	70.9°	236.1°	59.4°
73. อุบลราชธานี	15° 13'	104° 51'	177.6°	72.1°	242.1°	54.9°

Azimuth & Elevetion Angle for Asiasat & Thaicom

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sat.	Orbit	Tr.#	Beam	Pol/Freq	BW	Service/ Description	Audio Subcarrier	Beam Center EIRP
INTELSAT V & VA SATELLITES AT 180°, 177°, & 174° EAST								
I-508	180 E	11[1]	WH	RH-3.725	27	ESPN Int. – U.S. [Encrypted – B-MAC]	B-MAC	29 dBW
I-508	180 E	11[3]	WH	RH-3.765	36	LA to Network 10 Aust. & TV3 New Zealand Including CNBC & NHK's "Japan Today"	6.6 MHz	28 dBW
I-508	180 E	42[7]	LH	RH-3.840	36	Occasional Video K2 SKYLINK [KDD/Keystone]	6.65 MHz	29 dBW
I-508	180 E	12[7]	WH	RH-3.845	36	CNN International CNN Headline News	6.65 MHz 6.3 MHz	29 dBW
I-508	180 E	13[09]	WH	RH-3.876	20	NBC/CNBC to Net. 7 Aust. Vidiplex Frame A: NBC Vidiplex Frame B: CNBC	5.58 MHz 5.73 MHz	26 dBW
I-508	180 E	13[10]	WH	RH-3.897	20	Occasional Video CNBC, CNN, BBC, etc. to ABC Australia	5.76/6.6 MHz	26 dBW
I-508	180 E	13[12]	WH	RH-3.930	20	LA to Network 9 Aust. Vidiplex Frame A: ABC Vidiplex Frame B: CBS Radio Service: Auxiliary 1: Auxiliary 2:	6.65 MHz 6.12 MHz 6.30 MHz 5.6025 MHz 5.7375 MHz 5.4175 MHz	26 dBW
I-508	180 E	14[14]	WH	RH-3.975	27	Worldnet/CSPAN/ Deutsche Welle TV Voice of America VOA French & Spanish VOA Vietnam & Tibet VOA Laos, Korea VOA Chinese VOA English	6.65 MHz 6.65 MHz 7.02 MHz 7.20 MHz 7.35 MHz 7.45 MHz 7.53 MHz 7.60 MHz	29 dBW
I-508	180 E	44[13]	G	RH-4.015	22	NHK/TV Tokyo/ABC	6.6 MHz	25 dBW
I-508	180 E	35[18]	G	RH-4.045	22	RFO France TV		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sat.	Orbit	Tr.#	Beam	Pol/Freq	BW	Service/ Description	Audio Subcarrier	Beam Center EIRP
						(from Tahiti in SECAM)	6.65 MHz	29 dBW
I-508	180 E	37[22]	G	RH-4.135	20	Nine Network Aust. [PAL]	6.65 MHz	25 dBW
I-508	180 E	38[23]	G	RH-4.167	20	Occasional Video- TVNZ-1 News feeds	6.65 MHz	22 dBW
I-508	180 E	38[24]	G	RH-4.188	20	Occasional Video- TVNZ-2 News and Sports Feeds including BBC/Sky/ WTN News to the Pacific	6.65 MHz	22 dBW
I-511	177 E	37[22]	G	RH-4.135	27	AFRTS-Pacific [Encrypted – B-MAC] Auxiliary services: AFRTS Radio	B-MAC 7.4 MHz	25 dBW
I-511	177 E	38[23]	G	RH-4.166	20	Occasional Video Fuji TV, etc.	6.6 MHz	25 dBW
I-511	177 E	38[24]	G	RH-4.187	20	Occasional Video TTV Taiwan, etc.	6.65 MHz	25 dBW
I-510	174 E	38[23] 38[24]	G	RH-4.166 RH-4.187	20 20	Occasional Video- CCTV to NHK, SCOLA, etc.	6.65 MHz	23 dBW
STATSIONAR 7 (C.I.S.) - 140° EAST								
Stat. 7 [Russia]	140.0 E	6[-1]	S	RH-3.675	36	Orbita I Radio Mayak	7.0 MHz 7.5 MHz	44 dBW
Stat. 7 [Russia]	140.0 E	10[9]	G	RH-3.875	36	Dub'l 1 Radio Moscow	7.5MHz 7.0 MHz	29 dBW
Stat. 7	140.0 E	—	S	RH-11.526	36	Sakha TV (Service from Yakutsk)	7.0 MHz	
CHINASAT-5 (CHINA) - 115.5° EAST (Formerly Named Spacenet I)								
C5	115.5 E		S	H-3.803	36	CCTV-2 Xinjiang TV	6.6 MHz 6.6 MHz	36 dBW
C5	115.5 E		S	H-3.843	36	Xizang TV/ Sizhuang TV Chinese Radio Service Tibetan Radio Service	6.6 MHz 6.6 MHz 7.1 MHz 7.6 MHz	36 dBW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sat.	Orbit	Tr.#	Beam	Pol/Freq	BW	Service/ Description	Audio Subcarrier	Beam Center EIRP
C5	115.5 E		S	H-3.883	36	CCTV-1	6.6 MHz	36 MHz
C5	115.5 E		S	(Start 8/93)	36	CCTV-3	—	36 MHz
C5	115.5 E		S	(Start ?/94)	36	Chinese Sports Channel	—	36 MHz
C5	115.5 E		S	(Start ?/94)	36	Chinese Movie Channel	—	
	PALAPA B4, & B2P (INDONESIA) - 118° & 113° EAST							
P-B4	118 E	6[3V]	S	V-3810	20	TV Thailand-Ch. 7	6.6 MHz	30 dBW
P-B4	118 E	14[8V]	S	V-3.890	30	EM-TV (PNG)	5.9 MHz	36 dBW
P-B4	118 E	14[8V]	S	V-3.980	30	TV Thailand-Ch. 5	6.6 MHz	36 dBW
P-B2P	113 E	5[3H]	S	H-3.800	30	RCT1 Indonesia	6.6 MHz	34 dBW
P-B2P	113 E	6[3V]	S	V-3.820	30	TV3 (System Televisyan Malaysia)	6.6 MHz	34 dBW
P-B2P	113 E	9[5H]	S	H-3.880	36	ATVI Australia Stereo (Pandal) Radio Australia	6.8 MHz 6.3/6.48 MHz 7.20 MHz	36 dBW
P-B2P	113 E	10[5V]	S	V-3.900	30	TV1 Malaysia	6.80 MHz	36 dBW
P-B2P	113 E	11[6H]	S	H-3.920	30	Occ. Video - IBC Thai [Encrypted]	6.80 MHz	36 dBW
P-B2P	113 E	12[6V]	S	V-3.930	30	TV Thailand-Ch. 11	6.80 MHz	36 dBW
P-B2P	113 E	13[7H]	S	H-3.960	30	ABS/CBN [Philippines]	6.80 MHz	36 dBW
P-B2P	113 E	14[7V]	S	V-3.980	27	CNN International	6.8 MHz	36 dBW
P-B2P	113 E	15[8H]	S	H-4.000	27	HBO Asia [Encrypted — B-MAC]	B-MAC	36 dBW
P-B2P	113 E	16[8V]	S	V-4.020	36	AN-TEVE-Indonesia	6.8 MHz	36 dBW
P-B2P	113 E	17[9H]	S	H-4.030	18	GMA - Philippines	6.8 MHz	30 dBW
P-B2P	113 E	17[9H]	S	H-4.050	18	KBP People's Network - Philippines	6.8 MHz	30 dBW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sat.	Orbit	Tr.#	Beam	Pol/Freq	BW	Service/ Description	Audio Subcarrier	Beam Center EIRP
P-B2P	113 E	18[9V]	S	V-4.060	36	SCPC – Radio Thailand – 7 carriers		
				V-4.0566475		Channel 326	315 kHz BW	
				V-4.0566925		Channel 327	315 kHz BW	
				V-4.0567375		Channel 328	315 kHz BW	
				V-4.0567825		Channel 329	315 kHz BW	
				V-4.0568275		Channel 330	315 kHz BW	
				V-4.0568725		Channel 331	315 kHz BW	
				V-4.0569175		Channel 332	315 kHz BW	
P-B2P	113 E	19[10H]	S	H-4.080	36	TPI-Indonesia	6.8 MHz	36 dBW
P-B2P	113 E	20[10V]	S	V-4.100	27	ESPN International [Encrypted – B-MAC]	B-MAC	36 dBW
P-B2P	113 E	21[11H]	S	H-4.120	36	SCTV-Indonesia	6.6 MHz	36 dBW
P-B2P	113 E	22[11V]	S	V-4.140	36	Nine Network Australia	6.2/6.8 MHz	36 dBW
	DFH-2 A1 (CHINA) - 110.5° EAST							
DFH-1	110.5 E	7/8	S	H-3.848	30	CETV 1-China	6.6 MHz	31 dBW
DFH-1	110.5 E	24	S	H-4.178	30	CETV 2-China	6.6 MHz	31 dBW
	PALAPA B2R (INDONESIA) - 108° EAST							
P-B2R	108 E	15[8H]	S	H-4.000	30	TVRI-Indonesia	6.8 MHz	36 dBW
P-B2R	108 E	21[11V]	S	H-4.120	30	Occ. Video-Indonesia	6.8 MHz	36 dBW
	ASIASAT 1 (HONG KONG) - 105.5° EAST							
A1	105.5 E	2H[3]	NB	H-3.760	36	Mongolia Television Mongolia [SECAM]	6.6 MHz	37 dBW
A1	105.5 E	3H[5]	NB	H-3.800	36	Prime Sports [STAR TV - NTSC] Mandarin audio	5.58/5.76 MHz PANDA I stereo 5.94 MHz PANDA I mono	37 dBW
A1	105.5 E	4H[7]	NB	H-3.840	36	MTV Asia [NTSC-M] [STAR TV - NTSC] BBC World Service Radio (1)	5.58/5.76 MHz PANDA I stereo 5.94 MHz PANDA I mono	37 dBW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sat.	Orbit	Tr.#	Beam	Pol/Freq	BW	Service/ Description	Audio Subcarrier	Beam Center EIRP
A1	105.5 E	5H[9]	NB	H-3.880	36	BBC Asia [STAR TV - NTSC] Mandarin audio	5.58/5.76 MHz PANDA I stereo 5.94 MHz PANDA I mono	37 dBW
A1	105.5 E	6H[11]	NB	H-3.920	36	Chinese Channel [STAR TV - NTSC] Mandarin audio BBC World Service Radio (3)	5.58/5.76 MHz PANDA I stereo 6.20 MHz 5.94 MHz PANDA I mono	37 dBW
A1	105.5 E	7H[13]	NB	H-3.960	36	STAR Plus [STAR TV - NTSC] BBC World Service Radio (2)	5.58/5.76 MHz PANDA I stereo 5.94 MHz PANDA I mono	37 dBW
A1	105.5 E	9H[17]	NB	H-4.040	36	Chinese Prov. TV [Guizhou/Yunnan TV] Provincial Radio	6.6 MHz PAL-D 7.5 MHz	37 dBW
A1	105.5 E	11H[21]	NB	H-4.120	36	CCTV 4 [MRFTV—China]	6.2 MHz NTSC	37 dBW
A1	105.5 E	4V[8]	SB	V-3.860	36	Prime Sports [STAR TV - PAL] Mandarin audio	6.3/6.48 MHz PANDA I stereo 7.2 MHz Panda I mono	38 dBW
A1	105.5 E	5V[10]	SB	V-3.900	36	MTV Asia [STAR TV - PAL] BBC World Service Radio (1)	6.3/6.48 MHz PANDA I stereo 7.20 MHz PANDA I mono	38 dBW
A1	105.5 E	6V[12]	SB	V-3.940	36	BBC Asia [STAR TV - PAL] Mandarin audio (mono)	6.3/6.48 MHz PANDA I stereo 7.20 MHz PANDA I mono	38 dBW
A1	105.5 E	7V[14]	SB	V-3.980	36	Zee TV [STAR TV - PAL] Mandarin audio (mono) BBC World Service Radio (3)	6.3/6.48 MHz PANDA I stereo 6.80 MHz 7.20 MHz PANDA I mono	38 dBW
A1	105.5 E	8V[16]	SB	V-4.020	36	STAR Plus [STAR TV - PAL] BBC World Service Radio (2)	6.3/6.48 MHz PANDA I stereo 7.20 MHz PANDA I mono	38 dBW
A1	105.5 E	9V[18]	SB	V-4.060	36	STAR TV-Chinese Ch.	6.3/6.48 MHz	38 dBW
A1	105.5 E	10V[20]	SB	V-4.100	36	Pakistan TV	6.6 MHz	38 dBW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sat.	Orbit	Tr.#	Beam	Pol/Freq	BW	Service/ Description	Audio Subcarrier	Beam Center EIRP
A1	105.5 E	11V[22]	SB	V-4.140	36	Myanmar TV [Burma] [Burma]	6.6 MHz NTSC	38 dBW
STATSIONAR 21, 14, 6, & STATSIONAR T (C.I.S.) - 103°, 96°, 90°, & 99° EAST								
Stat. 21	103.0 E	6 [-1]	G	RH-3.675	36	Dub'l -IV Moscow Radio	7.0 MHz 7.5 MHz	36 dBW
Stat. 21	103.0 E	9[6]	G	RH-3.825	36	TV Azerbaidjan	7.3 MHz	29 dBW
Stat. 21	103.0 E	10[9]	G	RH-3.875	36	Asia TV Network Gold	7.5 MHz	29 dBW
Stat. T [Russia]	99.0 E	UHF	NH	RH-0.714	36	I Programma [Orbita 3]	7.5 MHz	55 dBW
Stat. 14 [Russia]	96.5 E	6[-1]	S	RH-3.675	36	Orbita-II Radio Mayak	7.0 MHz 7.5 MHz	31 dBW
Stat. 14 [Russia]	96.5 E	9[6]	NH	RH-3.825	36	CCTV-4 (China) [PAL - for Chinese abroad]	6.6 MHz	31 dBW
Stat. 14 [Russia]	96.5 E	10[9]	NH	RH-3.875	36	Asia TV Network 2 - Sun TV [Tamil service in PAL]	7.5 MHz	31 dBW
Stat. 6 [Russia]	90 E	6[-1]	S	RH-3.675	36	Dub'l -II Moscow Radio	7.0 MHz 7.5 MHz	31 dBW
Stat. 6 [Russia]	90 E	10[9]	NH	RH-3.875	36	Orbita-II Moscow Mayak	7.5 MHz 7.0 MHz	31 dBW
Stat. 6 [Russia]	90 E	11[11]	NH	RH-3.915	30	Dub'l-I Feed to Far East	7.5 MHz	26 dBW
Stat. 6 [Russia]	90 E	11[11]	NH	RH-3.915	30	Orbita-I Feed to Far East	7.0 MHz	26 dBW
DFH-A2 (CHINA) - 87.5° EAST								
DFH-2	87.5 E	7/8	S	H-3.848	30	CCTV 1- China	6.6 MHz	32 dBW
DFH-2	87.5 E	11/12	S	H-3.925	30	CCTV 2- China	6.6 MHz	32 dBW
				H-3.925	30	Xinjian TV (XTV)	6.6 MHz	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sat.	Orbit	Tr.#	Beam	Pol/Freq	BW	Service/ Description	Audio Subcarrier	Beam Center EIRP
STATSIONAR 3 (C.I.S.) - 85° EAST								
Stat-3	85 E	10[9]	NH	RH-3.876	36	Ahmadiyya Muslim TV [Friday & Saturday only]	7.0 MHz	31 dBW
						Audio in Arabic	7.4 MHz	
						Audio in English	7.5 MHz	
INSAT 2-B (INDIA) - 82.9° EAST								
Ins-1D	82.9 E	S1	S	V-2.575	36	Doordarshan India All		
				V-2.615	36	Community TV	5.5 MHz	42 dBW
Ins-1D	82.9 E	[15]	S	H-4.000	36	Occ. Video-India	5.5/6.6 MHz	36 dBW
Ins-1D	82.9 E	[24]	S	H-4.170	18	Doordarshan TV	5.5 MHz	30 dBW
				H-4.190	18	Doordarshan TV	5.5 MHz	30 dBW
STATSIONAR 13 (C.I.S.) - 80° EAST								
Stat. 13	80 E	6[-1]	S	RH-3.675	36	Dub'l-III	7.0 MHz	44 dBW
Stat. 13	80 E	10[9]	NH	RH-3.875	36	Intersputnik feeds	5.8 MHz	31 dBW
						Afghanistan TV, Eurovision, THVN, Cambodia, etc.		
INSAT 2-A (INDIA) - 74° EAST								
Ins-2A	74 E		S	H-4.115	36	Doordanshan TV	5.5 MHz	36 dBW
Ins-2A	74 E		S	H-4.150	18	Doordarshan TV	5.5 MHz	30 dBW
Ins-2A	74 E		S	H-4.190	18	Doordarshan TV	5.5 MHz	30 dBW
INTELSAT 505, 604, 602, & 507 - 66°, 63°, 60°, & 57° EAST								
I-505	66 E	15[06]	EH	RH-3.980	20	Canal France Int.	5.8 MHz	30 dBW
I-505	66 E	38[24]	G	RH-4.175	30	Worldnet [U.S. in PAL]	6.60 MHz	29 dBW
						Deutsche Welle [Germany in PAL]		
I-604	63 E	13[09]	Z	LH-3.880	20	NHK-Feeds to Japan	6.6 MHz	30 dBW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sat.	Orbit	Tr.#	Beam	Pol/Freq	BW	Service/ Description	Audio Subcarrier	Beam Center EIRP
I-604	63 E	38[23] 38[24]	G G	RH-4.168 RH-4.188	20 20	Occasional Video- News and sports feeds	6.6 or 6.65 MHz	Varies
I-602	60 E	38[23]	G	RH-4.168 RH-4.188	20	Occasional Video- News and sports feeds	6.6 or 6.65 MHz	Varies
I-604	57 E	51[2]	EZ	LH-3.735	30	Ch 3 Bangkok, Thail.	6.8 MHz	29 dBW
I-604	57 E	51[4]	EZ	LH-3.770	30	Ch 9 Bangkok, Thail.	6.8 MHz	29 dBW
I-604	57 E	53[10]	EZ	LH-3.900	30	BBC (to Hong Kong)	B-MAC	29 dBW
I-507	57 E	36[20]	G	RH-4.091	27	SIS (to Far East)	B-MAC	25 dBW
STATSIONAR 5 & 12 (C.I.S.) - 53° & 40° EAST								
Stat. 5 [Russia]	53 E	6[-1]	S	RH-3.675	36	I Programma [Orbita-IV Vostok] & ITV Afghanistan	7.0 MHz	44 dBW
Stat. 5 [Russia]	53 E	K1]	S	RH-11.525	36	Occasional Video	7.0 MHz	31 dBW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

วารุพงศ์ จีนาพันธ์."มาสร้างเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมกันดีกว่า."แซทเทลไลท์ ไทยแลนด์ ปีที่ 1,ฉบับที่ 1 (2536), หน้า 78-83.

ณรงค์ เหมกรณ์.การสื่อสารดาวเทียม.กรุงเทพมหานคร : ประสิทธิภัณฑ์แอนด์พริ้นติ้ง, 2533.

รังสรรค์ วงค์สรรค์.โลกของการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม.กรุงเทพมหานคร : ศูนย์การพิมพ์พลชัย, 2536.

รัชนัย อินทุใส.การสื่อสารดาวเทียม.กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2537.

บัณฑิต โรจน์อารยานนท์.คู่มือการออกแบบและติดตั้ง MATV&CATV.กรุงเทพมหานคร : ภาพพิมพ์, 2528.

ประสิทธิ์ ทีฆพุฒิ.การสื่อสารดาวเทียม.กรุงเทพมหานคร : ส.เอเชียเพรส, 2536.

สมพร ธีระโรจนพงษ์."SMATV."แซทเทลไลท์ ไทยแลนด์ ปีที่ 1, ฉบับที่ 2 (2537), หน้า 68-71.

สามารถคอร์ปอเรชั่น, บริษัทจำกัด.เปิดโลกทัศน์สู่การสื่อสารผ่านดาวเทียม เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร : ม.ป.ท., 2537.

Evans,B.G."**Satellite Communication System.**"2nd Edition Peter Peregrinus Ltd, England, 1993.

HA,Tri T."**Digital Satellite communication.**"2nd Edition.McGraw-Hill, 1990.

PRATT,T., and BOSTIAN,C.W."**Satellite Communication.**"Jonh Wiley & Sons, 1986.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้