ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ ระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วม

SATELLITE MASTER ANTENNA TELEVISION BROADCASTING SYSTEM

ชื่อนักศึกษา	1. นายขวัญชัย	พรมมา	รหัสประจำตัว	38031202
	2. นายฐานันดร์	ราชเล็ก	รหัสประจำตัว	38031210
	3. นายพิศิษฐ	เพิ่มประเสริฐ	รหัสประจำตัว	38031219
	4. นายศิลวัตร	ครูศานติ	รหัสประจำตัว	38031229

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

1. อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
2. อาจารย์โกศล ตราชู
3. อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์วิสุทธิ์	อธิพรธรรม	.....
2. อาจารย์ประเสริฐ	เคนพันค้อ	.....
3. อาจารย์พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	.....
4. อาจารย์ปิยะ	จิตธรรมมาภิรมย์	.....
5. อาจารย์พงษ์เกียรติ	เชษฐพิทักษ์สกุล	.....

วันเดือนปีที่สอบ วันที่ 24 เมษายน 2540 **เวลา** 19.00 น. ถึง 20.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.301 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงชื่อ .....

(รองศาสตราจารย์ ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

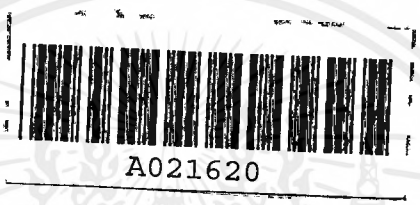
วันที่ 8 เดือน พ.ค. พ.ศ. 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

ระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วม

SATELLITE MASTER ANTENNA TELEVISION BROADCASTING SYSTEM



นายขวัญชัย พรมมา
นายฐานันดร์ ราชเล็ก
นายพิศิษฐ เพิ่มประเสริฐ
นายศิลวัตร ครุศานติ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 1051
วัน เดือน ปี 23 พค 2540
021620

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ระบบการแพรกระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วม
SATELLITE MASTER ANTENNA TELEVISION BORDCASTING SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นายขวัญชัย พรมมา
2. นายฐานันดร์ ราชเล็ก
3. นายพิศิษฐ เพิ่มประเสริฐ
4. นายศิลวัตร ครุศานติ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม.....
(อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

ลงนาม.....
(อาจารย์โกศล ตราชู)

ลงนาม.....
(อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

ระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วม

SATELLITE MASTER ANTENNA TELEVISION BROADCASTING SYSTEM

นายขวัญชัย พรมมา

นายฐานันดร์ ราชเล็ก

นายพิศิษฐ เพิ่มประเสริฐ

นายศิลวัตร ครุฑานติ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ระบบการแพร่สัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วม
SATELLITE MASTER ANTENNA TELEVISION BOARDCASTING SYSTEM

วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม
2. เพื่อศึกษาถึงหลักการของระบบแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์แบบ SMATV
3. เพื่อสร้างวงจรภาคส่งสำหรับส่งคลื่นสัญญาณ และแยกช่องสัญญาณของดาวเทียม
4. เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเที่ยม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้มีความรู้ความเข้าใจระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม
2. ทำให้มีความรู้ ความเข้าใจหลักการทำงานของระบบแพร่กระจายสัญญาณ โทรทัศน์แบบ SMATV BROADCASTING SYSTEM
3. ให้มีความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในระบบการแพร่สัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมมากยิ่งขึ้น
4. สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องแพร่สัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วม

นายขวัญชัย พรมมา
นายฐานันดร์ ราชเล็ก
นายพิศิษฐ เพิ่มประเสริฐ
นายศิลวัตร ครุศานติ

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
อาจารย์โกศล ตราชู
อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ
ปีการศึกษา 2539

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ กล่าวถึงโครงงานเกี่ยวกับระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วม ตัวโครงงานประกอบด้วย เครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมจำนวน 3 เครื่อง และเครื่องแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์จำนวน 3 เครื่อง เครื่องรับสัญญาณโทรทัศนผ่านดาวเทียมทำหน้าที่รับสัญญาณดาวเทียม ทำหน้าที่แพร่กระจายสัญญาณที่รับมาจากเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม โดยแบ่งออกเป็นจำนวน 3 ช่อง ในความถี่วิทยุย่าน UHF โดยแพร่กระจายสัญญาณไปได้พร้อมกันทั้ง 3 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SATELLITE MASTER ANTENNA TELEVISION BROADCASTING SYSTEM

MR.KWANCHAI PROMMA
MR.THANUN RACHALEG
MR.PISIT PERMPRASERT
MR.SILLAWAT KARUSANTI

ADVISORS

MR.WISUIT ATIPORNTUM
MR.KOSON TRACHU
MR.PRASERT KENPUNKHO

1996

ABSTRACT

This thesis presents the Satellite Master Antenna Television Broadcasting System. It consists of three satellite receivers and three UHF signal transmitters. The function of satellite signal receiver is used to receive and process the signal from the satellite to the composite video signal. Each transmitter is used to broadcast composite video signal in UHF band.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำ, ปรึกษา, ตลอดจนจัดหาวัสดุ เครื่องมือ เครื่องใช้ และสถานที่ในการปฏิบัติงานจากอาจารย์ วิสุทธิ์ อธิพรธรรม, อาจารย์โกศล ตราชู, และอาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ ซึ่งเป็นผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ ตลอดทั้งคณาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน ห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นักศึกษาภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม รุ่นที่ 16 รวมไปถึงเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ และขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ซึ่งให้กำเนิด สนับสนุนทางกำลังใจ และกำลังทรัพย์ตลอดมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญ และที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.1.1 ความหมายของดาวเทียม	3
2.1.2 ประวัติความเป็นมาของการสื่อสารดาวเทียม	3
2.2 ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม	4
2.2.1 ภาคอวกาศ	5
2.2.2 ภาคพื้นดิน	7
2.3 ตัวแปรของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมที่สำคัญ	12
2.4 การสื่อสารผ่านดาวเทียมโดยตรง	14
2.4.1 หลักการของระบบการส่งสัญญาณด้วยดาวเทียมโดยตรง	14
2.4.2 คุณสมบัติของการส่งสัญญาณดาวเทียม	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 หลักการของระบบการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม 15
2.5.1 ความเป็นมาของระบบ SMATV 15
2.5.2 ส่วนประกอบของระบบ SMATV 19
2.5.3 ข้อมูลพื้นฐานของการออกแบบระบบ SMATV 23
2.5.4 เทคนิคการออกแบบ 23
2.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ SMATV 24
2.6.1 อุปกรณ์จานสายอากาศ 24
2.7 ปัญหา และการแก้ไขของระบบ SMATV 27
2.8 หลักการทำงานของเครื่องส่ง 27
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน 31
3.1 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม 31
3.2 ภาคประมวลผลสัญญาณภาพ 36
3.2.1 วงจรจูนเนอร์ 36
3.2.2 วงจรเลือกสถานี 38
3.2.3 วงจรขยายสัญญาณเบสแบนด์ 41
3.2.4 วงจรกันชนสัญญาณเบสแบนด์ 42
3.2.5 วงจรดีเอ็มฟาซีส 42
3.2.6 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน 43
3.2.7 วงจรวิดีโอแอมปลิฟายเออร์ 44
3.2.8 วงจรขยายสัญญาณด้วยทรานซิสเตอร์ 45
3.2.9 วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ 46
3.3 ภาคประมวลผลสัญญาณเสียง 46
3.3.1 วงจรกันชนสัญญาณเบสแบนด์ 46
3.3.2 วงจรกรองแถบความถี่ผ่านย่าน 5-8 เมกะเฮิรตซ์ 47
3.3.3 วงจรขยายสัญญาณด้วยทรานซิสเตอร์ 48
3.3.4 วงจรผสมสัญญาณ 48
3.3.5 วงจรออสซิสเลเตอร์ควบคุมด้วยแรงดัน 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.3.6 วงจรกรองความถี่ผ่านย่าน 10.7 เมกะเฮิรตซ์	50
3.3.7 วงจรเอฟเอ็มดีเทคเตอร์	51
3.3.8 วงจรปรับความถี่โดยอัตโนมัติ	52
3.3.9 วงจรกันชนสัญญาณเสียง	53
3.3.10 วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์	54
3.3.11 วงจรขยายสัญญาณแบบมีดีเอ็มฟาซีสในตัว	55
3.4 ภาคจ่ายไฟ	56
3.5 การทำงานของเครื่องส่ง	57
3.6 การสร้าง	59
บทที่ 4 การทดลอง ทดสอบ และผลการทดสอบ	61
4.1 กล่าวนำ	61
4.2 ทดสอบ	61
4.2.1 วงจรผลิตความถี่คลื่นพาห์	61
4.2.2 วรจรขยายสัญญาณคลื่นพาห์	64
4.2.3 วงจรผลิตความถี่แบบ VCO และวงจรมอดูเลทแบบเอฟเอ็ม	67
4.2.4 วงจรขยายกำลัง และวงจรมอดูเลทแบบเอฟเอ็ม	70
4.2.5 กำลังของสัญญาณ และระยะทางในการส่ง	73
4.2.6 การรบกวนของสัญญาณ	74
4.3 สรุปผลการทดสอบ	74
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา	75
5.1 บทสรุป	75
5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากการโครงการ	75
5.3 ปัญหา และแนวทางการแก้ไข	76
5.4 แนวทางพัฒนาโครงงาน	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานและรูปต้นแบบ	78
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นพิมพ์	83
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	87
ภาคผนวก ง เอกสารประกอบและอื่นๆ	90
ประวัติผู้แต่ง	95
บรรณานุกรม	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ย่านความถี่ของดาวเทียม	7
ตารางที่ 3.1 การทำงานของวงจรเลือกช่องสถานี	39
ตารางที่ 4.1 ความแรงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขณะส่งสัญญาณ	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบสำคัญในการรับสัญญาณดาวเทียม	16
รูปที่ 2.2 การรับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากดาวเทียม	18
รูปที่ 2.3 การรับสัญญาณโทรทัศน์จากจานรับสัญญาณดาวเทียม	18
รูปที่ 2.4 จานรับสัญญาณดาวเทียมแบบทึบ	20
รูปที่ 2.5 อุปกรณ์รวมสัญญาณ	21
รูปที่ 2.6 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม	22
รูปที่ 2.7 ผังการทำงานของระบบ SMATV	23
รูปที่ 2.8 จานสายอากาศแบบพาราโบลอยล์	25
รูปที่ 2.9 จานสายอากาศแบบ Cassegain	26
รูปที่ 2.10 แผนผังการทำงานของเครื่องส่ง	28
รูปที่ 2.11 คุณสมบัติทางด้านสัญญาณออก และรูปคลื่นของสัญญาณที่ใช้งาน	29
รูปที่ 2.12 คุณสมบัติทางด้านสัญญาณออก และรูปคลื่นของสัญญาณที่ใช้งาน	29
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม	31
รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของภาคจูนเนอร์	33
รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของวงจรจูนเนอร์ของบริษัทแฟร์ไชด์	37
รูปที่ 3.4 วงจรเลือกช่องสถานี	40
รูปที่ 3.5 วงจรขยายสัญญาณเบสแบนด์	41
รูปที่ 3.6 วงจรกันชนสัญญาณเบสแบนด์	42
รูปที่ 3.7 วงจรดีเอ็มฟาซีส	43
รูปที่ 3.8 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน	43
รูปที่ 3.9 วงจรขยายภาพและเสียง	44
รูปที่ 3.10 วงจรขยายสัญญาณ	45
รูปที่ 3.11 วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์	46
รูปที่ 3.12 วงจรกันชนสัญญาณเบสแบนด์	47
รูปที่ 3.13 วงจรกรองแถบความถี่ผ่านที่มีความถี่ย่าน 5-8 เมกะเฮิรตซ์	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 3.14 วงจรขยายสัญญาณ	48
รูปที่ 3.15 วงจรผสมสัญญาณ	49
รูปที่ 3.16 วงจร VCO	50
รูปที่ 3.17 วงจรกรองแถบความถี่ 10.7 เมกะเฮิรตซ์ผ่าน	50
รูปที่ 3.18 วงจรเอฟเอ็มดีเท็คเตอร์	51
รูปที่ 3.19 วงจรเอเอฟที	53
รูปที่ 3.20 วงจรกันชน	54
รูปที่ 3.21 วงจรขยายสัญญาณเสียง	54
รูปที่ 3.22 วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์	55
รูปที่ 3.23 วงจรภาคจ่ายไฟ	56
รูปที่ 3.24 วงจรสมบูรณ์ของเครื่องส่ง	58
รูปที่ 4.1 วงจรผลิตความถี่คลื่นพาห์ของสัญญาณโทรทัศน์	61
รูปที่ 4.2 จุดวัดสัญญาณผลิตความถี่คลื่นพาห์ของสัญญาณโทรทัศน์	62
รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรผลิตความถี่คลื่นพาห์ของสัญญาณโทรทัศน์วงจรที่ 1	63
รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรผลิตความถี่คลื่นพาห์ของสัญญาณโทรทัศน์วงจรที่ 2	63
รูปที่ 4.5 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรผลิตความถี่คลื่นพาห์ของสัญญาณโทรทัศน์วงจรที่ 3	64
รูปที่ 4.6 วงจรขยายสัญญาณคลื่นพาห์	64
รูปที่ 4.7 จุดวัดสัญญาณเอาต์พุตของวงจรขยายสัญญาณคลื่นพาห์	65
รูปที่ 4.8 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรขยายคลื่นพาห์ของสัญญาณโทรทัศน์วงจรที่ 1	66
รูปที่ 4.9 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรขยายคลื่นพาห์ของสัญญาณโทรทัศน์วงจรที่ 2	66
รูปที่ 4.10 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรขยายคลื่นพาห์ของสัญญาณโทรทัศน์วงจรที่ 3	67
รูปที่ 4.11 วงจรผลิตความถี่แบบ VCO และวงจรมอดูเลตแบบเอฟเอ็ม	67
รูปที่ 4.12 จุดวัดสัญญาณวงจรผลิตความถี่แบบ VCO และวงจรมอดูเลตแบบเอฟเอ็ม	68
รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุตที่ Time/Div 0.5 uS	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุตที่ Time/Div 1 mS	69
รูปที่ 4.15 วงจรขยายกำลังและวงจรมอดูเลตแบบเอเอ็ม	70
รูปที่ 4.16 จุดวัดสัญญาณวงจรขยายกำลังและวงจรมอดูเลตแบบเอเอ็ม	71
รูปที่ 4.17 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรขยายกำลังและวงจรมอดูเลตแบบเอเอ็มวงจรที่ 1	71
รูปที่ 4.18 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรขยายกำลังและวงจรมอดูเลตแบบเอเอ็มวงจรที่ 2	72
รูปที่ 4.19 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรขยายกำลังและวงจรมอดูเลตแบบเอเอ็มวงจรที่ 3	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันนี้เครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่มีขายอยู่ตามท้องตลาด ซึ่งแต่ละเครื่องจะสามารถรับชมได้เพียงครั้งละ 1 ช่องสัญญาณ เท่านั้น และมีผู้รับชมได้เป็นจำนวนจำกัด เพราะต้องเดินสายเคเบิ้ลระหว่างจานรับสัญญานไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ของผู้ชม ซึ่งจุดมุ่งหมายของปริญญานิพนธ์นี้จึงต้องการให้ผู้ที่ต้องการรับชมรายการโทรทัศน์สามารถรับชมรายการนั้นได้ โดยไม่ต้องเดินสายเคเบิ้ลไปยังเครื่องรับของตนเอง โดยเพียงแต่ปรับหาคลื่นความถี่ให้ตรงความถี่ของเครื่องส่งก็สามารถรับชมรายการได้โดยใช้สายอากาศของเครื่องรับโทรทัศน์รับสัญญาณ

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์จัดทำขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม
2. เพื่อศึกษาถึงหลักการของระบบแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ SMATV
3. เพื่อสร้างวงจรภาคส่งสำหรับส่งคลื่นสัญญาณและแยกช่องสัญญาณของดาวเทียม
4. เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม

1.3 ขีดความสามารถของโครงงาน

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ศึกษาระบบการรับและการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วม ซึ่งมีขีดความสามารถดังนี้

1. สามารถแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมได้ 3 ช่องสัญญาณ
2. ไม่จำกัดจำนวนของเครื่องรับโทรทัศน์ที่จะรับสัญญาณที่แพร่กระจายออกไป
3. ระยะการแพร่กระจายคาดว่าภายในรัศมีประมาณ 50 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการปรับปรุงและพัฒนา ระบบการรับและการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วม ซึ่งคาดว่าจะได้รับประโยชน์ดังนี้

1. ทำให้มีความรู้ความเข้าใจ ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม
2. ทำให้มีความรู้ ความเข้าใจ หลักการทำงานของระบบ SMATV BROADCASTING SYSTEM
3. ให้มีความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในระบบการแพร่สัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมมากยิ่งขึ้น
4. สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องแพร่สัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมได้

1.5 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาโดยสังเขปของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม หลักการของระบบ SMATV และอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในระบบ หลักการส่งสัญญาณ

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน กล่าวถึงการออกแบบ การสร้าง หลักการทำงานของเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ในแต่ละภาค และการทำงานของเครื่องส่งโทรทัศน์

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง กล่าวถึงการทดลอง และผลการทดลองของชุดการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วม

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา กล่าวสรุปผลการทดลองการทำงาน ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วม และแนวทางแก้ไข ตลอดจนการพัฒนาระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่าน ดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และหลักการ

2.1 กล่าวนำ

ในปัจจุบัน การสื่อสารผ่านดาวเทียมได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อระบบการสื่อสารโทรคมนาคมเป็นอย่างมาก ทั้งการสื่อสารระหว่างประเทศ และภายในประเทศ เช่น การสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์, การถ่ายทอดสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ และระบบการศึกษาทางไกล เป็นต้น

2.1.1 ความหมายของดาวเทียม

คำว่า “ดาวเทียม” มาจากคำว่า “แซทเทลไลซ์ (Satellite)” ในขณะที่รากศัพท์เดิม ของคำว่า "แซทเทลไลซ์" หมายถึง วัตถุที่มีการโคจร หรือหมุนรอบตัวเองอยู่ใน จักรวาลดวงดาวที่อยู่ใน ชั้นฟ้าเหล่านี้มีพลังงานจากแสงอาทิตย์ หรือพลังงานโซล่าร์ตามธรรมชาติของตัวเอง เช่นเดียวกับโลก และดาวนพเคราะห์อื่นๆที่โคจรอยู่ในระบบ สุริยจักรวาล และมีดวงจันทร์เปรียบเสมือนเป็นแซทเทิลไลซ์ของโลกโดยธรรมชาติ ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าคำว่า “ดาวเทียม” ตามความหมายของภาษาเดิม หมายถึงดาวบริวารนั่นเอง

2.1.2 ประวัติความเป็นมาของระบบสื่อสารดาวเทียม

การสื่อสารสัญญาณเสียงผ่านดาวเทียม เป็นที่ยอมรับครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1958 กับดาวเทียมที่เรียกว่า SCORE ซึ่งการส่งสัญญาณเสียงไปยังดาวเทียมนั้น สัญญาณเสียงจะถูกเก็บไว้ในเทปบนสถานีภาคพื้นดินก่อนจะทำการส่งซ้ำครั้งต่อไป

ในปี ค.ศ. 1960 ดาวเทียม BCHOI ถูกส่งเข้าสู่วงโคจร โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์ กลางของแผ่นสะท้อนคลื่นแบบมีพาสซีพ (PASSIVE) สำหรับทดสอบการเดินทางและเทคนิคการส่งคลื่นถึง 30 เมตร ดาวเทียมแบบมีพาสซีพนี้ จะไม่นำมาใช้ ในเชิงธุรกิจ เนื่องจากใช้กำลังส่งที่สูงมาก และมีความจุปริมาณข่าวสารการให้บริการได้น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี ค.ศ. 1962 ดาวเทียมสื่อสารแบบแอคทีฟ (ACTIVE) ชื่อ TELSTAR ถูกส่ง เข้าสู่วงโคจร โดยดาวเทียมนี้ทำการรับสัญญาณที่ส่งมาในแถบความถี่ย่าน 6 กิกะเฮิรตซ์แล้วทำการแปลงความถี่ลงในย่าน 4 กิกะเฮิรตซ์ เพื่อส่งกลับลงมาที่สถานีภาคพื้นดิน และหลังจากนั้นดาวเทียม SYNCOM-III ถูกส่งขึ้นเหนือมหาสมุทรแอตแลนติก 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 และสามารถทำการส่งสัญญาณโทรทัศน์ได้ด้วยจากนั้น สหภาพโซเวียตทำการส่งดาวเทียมในชุดชื่อ MOLNYA ขณะเดียวกัน INTELSAT IV,IVA ได้เพิ่มวงจรโทรศัพท์จากเดิม 240 วงจร เพิ่มขึ้นเป็น 30,000 วงจรรองรับสัญญาณ ดิจิตอลขนาด 64 กิโลบิตต่อวินาที และช่องสัญญาณสำหรับโทรทัศน์เพิ่มขึ้นอีกหลายช่อง ซึ่งจากเดิม INTELSAT I มีเพียงช่องเดียว

ส่วนในทวีปยุโรปมีดาวเทียมชื่อ EUTELSAT, ARABSAT และมี ANIK ของ แคนาดา และ PALAPA ของอินโดนีเซีย และมีดาวเทียมที่ออกแบบมาเพื่อการให้บริการ สำหรับการสื่อสารเคลื่อนที่ทางน้ำ สามารถขยายการให้บริการทางอากาศ และการเคลื่อนที่ ทางภาคพื้นดินได้อีกด้วย ซึ่งเรียกดาวเทียมดวงนี้ว่า MARECS ถูกพัฒนาและออกแบบโดย INMARSAT และในดาวเทียม INTELSAT V ก็มีบริการเหล่านี้อยู่ด้วย

2.2 ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม

การสื่อสารผ่านดาวเทียมเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อระบบการสื่อสารโทรคมนาคมเมื่อนักวิทยาศาสตร์ได้วิจัย ออกแบบสร้างดาวเทียม และสามารถส่งดาวเทียมเข้าสู่ วงโคจรเพื่อทดลองใช้ในการสื่อสารโดยเป็นผลสำเร็จในปี ค.ศ. 1958 หลังจาก Arther C.Clarke นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ เสนอแนวความคิดง่ายๆ ที่จะนำเอาสถานีถ่ายทอดสัญญาณวิทยุไปลอยอยู่ในท้องฟ้า และรับสัญญาณวิทยุจากสถานีภาคพื้นดิน ในปี ค.ศ. 1945ซึ่งต่อมาแนวความคิดนี้ ได้นำไปสู่วงโคจรที่สำคัญต่อการสื่อสารผ่านดาวเทียมในปัจจุบันนั่ น คือวงโคจรค้างฟ้า

การสื่อสารผ่านดาวเทียม แบ่งองค์ประกอบออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ภาคอวกาศ
2. ภาคพื้นดิน

2.2.1 ภาคอวกาศ

ดาวเทียมที่ถูกส่งขึ้นไปอยู่บนวงโคจรในอวกาศตามตำแหน่งที่ต้องการ จะมีส่วนประกอบสำคัญในการติดต่อสื่อสารที่ทำหน้าที่รับส่งสัญญาณสื่อสารกับสถานีภาคพื้นดิน ได้แก่ ทรานสปอนเดอร์ (Transponder) แผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งเป็นส่วนที่ สร้างพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในอุปกรณ์สื่อสารบน ดาวเทียม และระบบการควบคุมให้ตัวดาวเทียมสามารถโคจรอยู่ในอวกาศในตำแหน่งที่ถูกต้อง และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจนกว่าจะหมดอายุการใช้งาน นอกจากนี้รวมไปถึงสถานีควบคุมการทำงานของดาวเทียมภาคพื้นดิน หรือที่เรียกว่า TT & C (Telemetry Tracking and Command) ด้วย ดาวเทียมที่ส่งขึ้นไปโคจรเหนือผิวโลก แบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. ดาวเทียมแบบโคจรตามยถากรรม เป็นดาวเทียมรุ่นแรกๆ ที่มนุษย์ส่งขึ้นไปโคจรเหนือพื้นผิวโลก ดาวเทียมแบบนี้แต่ละดวงมีวงโคจรของตัวเองแตกต่างกันไป และมีระดับความสูงที่แตกต่างกันด้วย เป็นดาวเทียมที่บังคับวงโคจร และระดับความสูงไม่ได้

2. ดาวเทียมแบบเฟส เป็นดาวเทียมที่มีแนวทางโคจรแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ที่จะให้ดาวเทียมโคจรผ่านตำแหน่งไหน เช่น โคจรตามแนวเส้นศูนย์สูตร, โคจรเอียงเป็นมุม 30 องศากับเส้นศูนย์สูตรและโคจรผ่านขั้วโลก เป็นต้น ดาวเทียมแบบนี้เป็นระบบดาวเทียมที่บังคับเส้นทางการโคจรได้ ดังเช่น ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร และดาวเทียมทำการจารกรรมซึ่งจะโคจรอยู่ในระดับความสูงประมาณ 800 กิโลเมตร

3. ดาวเทียมแบบโคจรอยู่กับที่ เป็นดาวเทียมที่ใช้เพื่อการติดต่อสื่อสาร โดยส่งขึ้นไปให้มีระดับความสูงประมาณ 35,860 กิโลเมตร โคจรตามแนวเส้นศูนย์สูตรไปทางทิศ ตะวันออก มีความเร็วในการโคจรรอบโลกครบหนึ่งรอบเท่ากับโลกหมุนรอบตัวเองหนึ่งรอบพอดี ดังนั้น เมื่อสังเกตดาวเทียมจากพื้นโลก ณ จุดใดจุดหนึ่ง จึงเสมือนว่าดาวเทียมลอยนิ่ง อยู่กับที่

การโคจรของดาวเทียมแบ่งตามลักษณะการโคจรได้ 3 ประเภท คือ

1. วงโคจรในแนวขั้วโลก (Polar Orbit) วงโคจรจะมีลักษณะเป็นวงกลม โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในแนวขั้วโลก การใช้งานของดาวเทียมที่อยู่ในวงจรดังกล่าว ได้แก่ การสำรวจทรัพยากรธรณี, การอุตุนิยมวิทยา, การนำร่อง และระบบสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถติดต่อสื่อสารได้ทั่วโลก เป็นต้น และอาจกล่าวได้ว่าเป็นวงโคจรลักษณะเดียวที่สามารถให้พื้นที่การบริการครอบคลุมได้ทั่วโลกจริงๆ โดยใช้กลุ่ม ดาวเทียมโคจรในวงโคจรในแนวขั้วโลกที่ตำแหน่งทางเวลา และทางมุมที่ผสานสอดคล้องกัน

2. วงโคจรในแนวเอียง (Inclined Orbit) วงโคจรลักษณะนี้มีอยู่ด้วยกันจำนวนมาก แตกต่างกันไปตามความเอียง หรือมุมที่ทำกับระนาบศูนย์สูตร และความรีของวงโคจรว่า มีมากน้อยเพียงใด ระยะของดาวเทียมจะอยู่ไกลสุดจากพื้นโลกประมาณ 35,600 กิโลเมตร และใกล้สุดจากพื้นโลกประมาณ 3,960 กิโลเมตร วงโคจรนี้มีคุณสมบัติเฉพาะตัว ที่สามารถให้พื้นที่บริการที่บริเวณละติจูดสูง หรือต่ำมากๆ ได้ หรืออาจครอบคลุมพื้นที่ ขั้วโลกได้ด้วย เช่น วงโคจร Molnya และวงโคจร Tundra ซึ่งนิยมใช้งานในด้านการนำร่อง, อุตุนิยมวิทยา, การสำรวจทรัพยากรธรณี และการสื่อสารในแถบขั้วโลก เป็นต้น

3. วงโคจรในแนวเส้นศูนย์สูตร (Equatorial Orbit) เป็นวงโคจรที่อยู่บนระนาบเดียวกับแนวเส้นศูนย์สูตรของโลก จะมีลักษณะการโคจรเป็นรูปวงกลม ดังเช่น วงโคจรค้างฟ้าซึ่งมีความสูงประมาณ 35,860 กิโลเมตร จากพื้นโลก มีคาบการโคจร 24 ชั่วโมง ทำให้การโคจรของดาวเทียมบนวงโคจรนี้ มีความเร็วเชิงมุมเท่ากับการหมุนรอบตัวเองของโลกพอดีผลที่เกิดขึ้น คือ เมื่อมองดาวเทียมบนวงโคจรนี้จากจุดใดจุดหนึ่งบนโลก จะพบว่าดาวเทียมเสมือนหนึ่งคงตำแหน่งอยู่กับที่ ประโยชน์ที่ได้รับจากวงโคจรนี้คือ เมื่อเราหันจานสายอากาศรับส่งสัญญาณของสถานีภาคพื้นดินไปยังดาวเทียมค้างฟ้าที่ต้องการแล้ว ไม่จำเป็นต้องปรับแต่งมุมของ จานสายอากาศอีกตลอดการใช้งาน นอกจากนี้ ยังสามารถสร้างพื้นที่ ครอบคลุมให้บริการขนาดใหญ่มาก โดยสามารถคลุมพื้นที่ได้กว่า 1 ใน 3 ของโลก ทำให้ เราสามารถสร้างเครือข่ายสื่อสารทั่วโลกขึ้นได้

ตำแหน่งของดาวเทียมจะถูกควบคุมโดยสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ ITU (International Telecommunication Union) โดยมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. BR (Radio Communication Bureau) ทำหน้าที่ประสานงานในการจดทะเบียนระบบดาวเทียมและจองตำแหน่งที่จะส่งดาวเทียมไปโคจร ณ วงโคจรค้างฟ้า

2. IFRB (International Frequency Registration Board) ทำหน้าที่ควบคุมการใช้ ความถี่ในการรับส่งสัญญาณดาวเทียมของแต่ละประเทศ เพื่อป้องกันการรบกวนกัน ย่านความถี่ของดาวเทียม

การสื่อสารดาวเทียมเป็นการสื่อสารในย่านความถี่ไมโครเวฟ คือ อยู่ในย่านความถี่ UHF ไปจนถึงย่าน EHF ย่านความถี่ของดาวเทียมมีการแบ่งแยกเป็นย่านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ย่านความถี่ของดาวเทียม

ความถี่	ย่าน
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

2.2.2 ภาคพื้นดิน

จะมีส่วนของสถานีรับ และส่งที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับดาวเทียม และผู้ใช้งานโดยทั่วไป ซึ่งในการส่งดาวเทียมขึ้นไปในวงโคจรนั้น ทางสถานีภาคพื้นดินสามารถทำการส่งได้สองวิธีด้วยกัน คือ ส่งโดยใช้จรวด (Rocket) หรือส่งโดยใช้ ยานขนส่งอวกาศ (Space Shuttle)

สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินในปัจจุบัน ได้รับการพัฒนาให้ใช้เทคโนโลยีทางด้านระบบดิจิตอล ทำให้มีความสามารถสูงขึ้น เช่น สามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูง ในขณะเดียวกันขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้ก็มีขนาดเล็กลง และสามารถทำงานในสภาพแวดล้อมทั่วไปเช่นกัน

ส่วนประกอบของสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. อุปกรณ์จานสายอากาศ (Antenna System)
2. อุปกรณ์เครื่องรับส่งความถี่วิทยุ (RF Subsystem)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุปกรณ์แปลงสัญญาณคลื่นวิทยุ (RF/IF Subsystem)

4. อุปกรณ์ MODEM (Modulator/Demodulator)

1. อุปกรณ์จานสายอากาศ

จานสายอากาศที่ใช้ในการสื่อสารผ่านดาวเทียมเป็นส่วนสำคัญต่อการรับส่งสัญญาณอย่างมาก เนื่องจากสัญญาณที่ส่งขึ้นดาวเทียมต้องส่งขึ้นไปเป็นลำที่แคบตรงไปยังตำแหน่งตัวดาวเทียมได้อย่างถูกต้อง จานสายอากาศต้องมีความสามารถในการรวมพลังงานไปในทิศทางที่ตรงกับตัวดาวเทียมด้วยเช่นกัน และในทำนองเดียวกัน จานสายอากาศต้องมีความสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้พลังงานที่สูงพอสำหรับการใช้งานในภาครับด้วยจานสายอากาศจะต้องออกแบบให้มีสัญญาณรบกวนต่ำ และต้องมีสัญญาณที่แพร่ออกด้านข้างของจาน (Side Lobe) ต่ำ เพื่อไม่ให้รบกวนดาวเทียมดวงที่อยู่ใกล้กัน

สำหรับจานสายอากาศขนาดใหญ่ควรจะมีอุปกรณ์ช่วยในการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม (Tracking System) เนื่องจากโดยปกติ ดาวเทียมจะมีการเคลื่อนที่ไปมาอยู่ ตลอดเวลา ซึ่งถ้าจานสายอากาศขนาดใหญ่มีลำสัญญาณแคบ และคมมาก จะมีผลต่อ การรับส่งสัญญาณแม้ว่าดาวเทียมจะมีการเคลื่อนที่ไปเพียงเล็กน้อย จานสายอากาศทั่วไปจะประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ๆ 3 ส่วน คือ

1 แผ่นสะท้อนคลื่น (Reflector) มีลักษณะเป็นรูปทรงพาราโบลา ซึ่งทำหน้าที่สะท้อนคลื่นที่รับได้รวมเข้าไว้ที่จุดโฟกัสในด้านรับ และทำหน้าที่สะท้อนคลื่นที่ส่งออกจากจุดโฟกัสเป็นลำออกไปยังดาวเทียม

2 อุปกรณ์รับ และป้อนสัญญาณ (Antenna Feed) เป็นอุปกรณ์ซึ่งติดตั้งที่ตำแหน่งจุดโฟกัสของจานสายอากาศ ซึ่งทำหน้าที่กระจายคลื่นที่มาจากเครื่องส่งไปยังแผ่นสะท้อนคลื่น และรับคลื่นที่สะท้อนมาจากแผ่นสะท้อนคลื่นเข้าภายในตัวรวมสัญญาณซึ่งภายในฟีดฮอร์นจะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า OMT (Orthoganol Mode Transducer) ทำหน้าที่ แยกคลื่นด้านรับและด้านส่งออกจากกัน เพื่อป้องกันมิให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณในด้านส่งและด้านรับจะมีโพลาไรซ์ที่ต่างกัน

ชนิดของอุปกรณ์รับ และป้อนสัญญาณ มีอยู่สองชนิดคือ Linear Feed และ Circular Feed ซึ่งแบ่งตามวิธีการส่งสัญญาณ ชนิดของโพลาไรเซชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ชนิดของจานสายอากาศที่ใช้งานสำหรับสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินในปัจจุบันมีหลายแบบด้วยกัน ตัวอย่างเช่น

จานสายอากาศแบบพาราโบลา (Prime Focus Parabolodial Antenna) มีลักษณะ ของตัวสะท้อนสัญญาณรูปทรงพาราโบลา ซึ่งมีจุดรวมสัญญาณที่ตำแหน่งติดตัวฟีดฮอร์น ตัวฟีดฮอร์นจะต่อไปยังเครื่องขยายสัญญาณภาครับที่มีคลื่นรบกวนต่ำ (Low Noise Amplifier : LNA) และเครื่องขยายกำลังสูงภาคส่ง และสัญญาณรับ หรือ OMT ตัว OMT ทำให้สัญญาณในภาคส่งและภาครับไม่รบกวนซึ่งกันและกัน จานสายอากาศชนิดที่ติดตั้ง ฟีดฮอร์นที่จุดศูนย์กลางนี้นิยมนำมาใช้สำหรับจานสายอากาศชนิดรับสัญญาณด้านเดียว

จานสายอากาศแบบแคสเซ็กเกรน (Cassegrain Antenna) เป็นจานสานอากาศที่มีตัวสะท้อนสัญญาณสองส่วน ประกอบด้วยตัวสะท้อนสัญญาณหลัก (Main Reflector) เป็นรูปทรงพาราโบลิค และมีตัวสะท้อนสัญญาณรอง (Sub Reflector) อยู่ที่จุดศูนย์กลางของตัวสะท้อนสัญญาณหลัก ตัวสะท้อนสัญญาณส่วนที่สองนี้จะสะท้อนสัญญาณที่สะท้อน มาจากตัวสะท้อนสัญญาณหลักอีกต่อหนึ่ง แล้วส่งสัญญาณดังกล่าวไปยัง ตัวฟีดฮอร์นที่ติดอยู่กลางฐานของแผ่นสะท้อนหลัก การออกแบบจานสายอากาศลักษณะนี้ ใช้สำหรับจานสายอากาศขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้การติดตั้งอุปกรณ์ฟีดฮอร์นกับตัวจานทำได้ง่าย และการบำรุงรักษา นอกจากนี้ยังสามารถรับสัญญาณที่ความแม่นยำสูง ให้อัตราการขยายสัญญาณในการรับส่งสูงกว่า มีอุณหภูมิสัญญาณรบกวน (Noise Temperature) ต่ำ และมีทิศทางของสัญญาณเที่ยงตรงกว่าเนื่องจากสามารถยึดตัวรวมสัญญาณกับฐานของจานได้แน่นหนากว่า

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อุปกรณ์เครื่องรับส่งความถี่วิทยุ

การสื่อสารผ่านดาวเทียมทำงานได้โดยใช้คลื่นวิทยุในย่านความถี่ต่างๆ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ต้องสามารถใช้งานได้ในย่านความถี่ที่ใช้งานนั้นๆ ด้วย อุปกรณ์ในภาคนี้จะทำหน้าที่รับส่งสัญญาณความถี่วิทยุที่ใช้งานเป็นหลัก ซึ่งประกอบด้วย

1. อุปกรณ์ขยายสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ (Low Noise Amplifier : LNA) เป็นส่วนที่ใช้สำหรับขยายสัญญาณที่รับจากดาวเทียม ซึ่งสัญญาณดังกล่าวจะมีกำลังงานเมื่อรับได้ที่จานสายอากาศต่ำมาก ดังนั้น สัญญาณดังกล่าวต้องได้รับการขยายกำลังขึ้น เพื่อส่งต่อไปยังภาครับอื่นต่อไป เครื่องขยายในส่วนนี้ต้องมีสัญญาณรบกวนต่ำ สามารถขยายส่วนที่เป็นสัญญาณอย่าง แท้จริงและตัดส่วนที่เป็นคลื่นรบกวนออกไปได้อย่างดี ชิ้นส่วนสำคัญที่ใช้สร้าง LNA ในปัจจุบัน คือ ทรานซิสเตอร์ชนิด GaAs FET ซึ่งสามารถขยายสัญญาณในย่านความถี่ C-Band 3.7- 4.2 กิกะเฮิรตซ์ หรือความถี่ย่าน Ku Band 11/14 กิกะเฮิรตซ์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ LNA เป็นส่วนประกอบที่มีผลต่อคุณภาพของสัญญาณที่รับได้รับได้ที่สถานีภาคพื้นดิน โดยทั่วไป LNA จะมีอุณหภูมิสัญญาณรบกวนตั้งแต่ 70 องศาเคลวิน ซึ่ง LNA ที่มีอุณหภูมิสัญญาณรบกวนต่ำ จะให้ประสิทธิภาพในการรับสัญญาณที่ดีกว่า

การพัฒนาประสิทธิภาพของจานสายอากาศ และเทคนิคของตัวป้อน ทำให้จานสายอากาศมีอัตราการขยายสัญญาณสูงขึ้น เป็นผลให้ LNA ไม่จำเป็นต้องมีค่าอุณหภูมิสัญญาณรบกวนที่ต่ำมาก ซึ่ง LNA ที่ทำจาก GaAs FET สามารถมีอุณหภูมิสัญญาณรบกวนองศาเคลวินที่ย่านความถี่ 4 กิกะเฮิรตซ์ โดยใช้เครื่องขยาย แบบ Uncooled Parametic สามารถใช้งานได้ในสภาวะแวดล้อมปกติ โดยไม่ต้องมีการให้ความเย็นแก่ตัวอุปกรณ์ LNA เป็นพิเศษใด ๆ สำหรับสถานีภาคพื้นดิน โดยทั่วไป มักติดตั้ง LNA ที่ตัวรวมสัญญาณโดยตรงบนจานสายอากาศ

2. เครื่องขยายสัญญาณกำลังสูงสำหรับสถานีภาคพื้นดิน (High Power Amplifier : HPA) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณวิทยุย่านความถี่ที่ดาวเทียมใช้งาน เพื่อส่งขึ้น ไปยังดาวเทียมเครื่องขยายสัญญาณชนิดนี้มีอยู่หลายชนิด ด้วยกัน ตัวอย่างเช่น

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Klystron Amplifier เป็นเครื่องขยายกำลังสูงเช่นเดียวกับ TWTA แต่ให้อัตราขยายและมีประสิทธิภาพสูงกว่า แต่ความกว้างแถบคลื่นความถี่แคบกว่า เหมาะสำหรับการใช้งานที่ไม่ต้องการความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงความถี่ เครื่องขยายชนิดนี้มีกำลังส่ง 1-3 กิโลวัตต์

Solid State Power Amplifier (SSPA) เป็นเครื่องขยายชนิดที่ใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด GaAs FET ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการขยายที่สูงกว่า TWTA มาก แต่มีข้อเสียที่ไม่สามารถสร้างให้มีกำลังมากได้ นิยมนำมาใช้กับสถานีภาคพื้นดินขนาดเล็กในปัจจุบัน

3. อุปกรณ์แปลงสัญญาณคลื่นวิทยุ

ประกอบด้วยอุปกรณ์สองส่วนคือ Up Converter และ Down Converter

1.UP Converter ทำหน้าที่แปลงความถี่ย่าน IF (70 เมกะเฮิรตซ์/140 เมกะเฮิรตซ์) ซึ่งรับจาก แซทเทลไลซ์โมเดม ให้เป็นความถี่ย่านที่ใช้งานกับระบบดาวเทียมต่างๆ เช่น ให้เป็นความถี่ย่าน C-Band (5,925-6,425 เมกะเฮิรตซ์) สำหรับดาวเทียมย่าน C-Band จากนั้น สัญญาณที่ได้รับการแปลงความถี่แล้วจะถูกส่งต่อให้ภาคขยายสัญญาณย่านความถี่สูง เพื่อส่งสัญญาณไปยังตัวดาวเทียมต่อไป

2.Down Converter ทำหน้าที่แปลงความถี่ของสัญญาณที่รับได้จาก LNA ซึ่งเป็น ย่านความถี่ของดาวเทียม เช่น ย่านความถี่ C-Band (3,700-4,200 เมกะเฮิรตซ์) ไปเป็นความถี่ย่าน IF 70 เมกะเฮิรตซ์ หรือ 140 เมกะเฮิรตซ์ เพื่อส่งให้แก่ภาคดีมอดูเลเตอร์ของแซทเทลไลซ์โมเดม ต่อไป

4. อุปกรณ์โมเด็ม ภาคโมเด็มของสถานีภาคพื้นดิน ทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่ต้องการส่งผ่านระบบ สื่อสารผ่านดาวเทียมให้อยู่ในรูปของสัญญาณคลื่นวิทยุเพื่อส่งสัญญาณดังกล่าวไปยังตัวดาวเทียม และ ในทางกลับกัน ทำการแปลงสัญญาณคลื่นวิทยุที่มีข้อมูลผสมอยู่ให้ได้เป็นข้อมูลกลับคืนมา เพื่อนำไปใช้งานต่อไป สำหรับสถานีดาวเทียมในปัจจุบันทำงานโดยรับข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอล ที่เรียกว่า สัญญาณเบสแบนด์ (Baseband) ข้อมูลข่าวสารที่ผู้ใช้ต้องการส่งผ่านสถานีดาวเทียมระบบดิจิตอลนี้จะถูกเปลี่ยนให้เป็นข้อมูลดิจิตอล เช่น สัญญาณจากระบบโทรศัพท์เสียงสำหรับสัญญาณวิทยุหรือ สัญญาณภาพ เป็นต้น การนำสัญญาณเบสแบนด์ซึ่งอยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอลมาส่งในระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมจะต้องทำการผสมกับคลื่นพาห์ (Carrier) เพื่อให้อยู่ในรูปสัญญาณวิทยุแอนะลอกก่อนแล้วจึงส่งผ่านไปในภาค UP/Down Converter และภาคขยายสัญญาณเพื่อส่งไปยังดาวเทียมต่อไป ในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมนิยมใช้วิธีการมอดูเลตแบบเฟสมอดูเลชั่น (Phase Modulation) หรือ เฟสชิพคีย์อิ้ง (Phase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Shift Keying : PSK) สัญญาณที่ส่งเข้าเพื่อทำการมอดูเลตจะเป็นไบนารี่ และเอาต์พุตจะมีการจำกัดจำนวนเฟสของสัญญาณด้วย

2.3 ตัวแปรของระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่สำคัญ

ตัวแปรของระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่สำคัญ มีดังต่อไปนี้

2.3.1 อัตราการขยายของจานสายอากาศ (Antenna Gain)

จานสายอากาศที่ใช้ในการสื่อสารผ่านดาวเทียม จะไม่แพร่สัญญาณออกทุกทิศทุกทาง แต่จะถูกออกแบบให้รวมสัญญาณเป็นลำคลื่น เพื่อส่งขึ้นสู่ ดาวเทียม ซึ่งจานสายอากาศที่มี พื้นที่ของจานสะท้อนขนาดใหญ่ จะสามารถรวมกำลังงานของสัญญาณไปยังเครื่องรับได้ดีกว่า

2.3.2 Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

ส่วนประกอบที่สำคัญในระบบการส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมคือ EIRP หมายถึง กำลังงานที่แพร่จากจานสายอากาศ ซึ่งเกิดจากกำลังส่งจริงของเครื่องส่งสัญญาณ และอัตราการขยายของจานสายอากาศ

2.3.3 การสูญเสียพลังงานในการส่งสัญญาณ (Transmission Loss)

ค่า EIRP เปรียบเสมือนกำลังงานที่ป้อนให้แก่ระบบการส่งสัญญาณ ดังนั้นในการหาปริมาณพลังงานที่รับได้ที่ปลายทางจะต้องเข้าใจถึงการสูญเสียกำลังงานที่เกิดขึ้นระหว่างการส่งสัญญาณดังกล่าว ซึ่งค่าความสูญเสียบางค่าจะคงที่ บางส่วนจะได้มาจากข้อมูลทางสถิติ หรือบางอย่างจะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศด้วย เช่น ปริมาณของเมฆฝนและลม เป็นต้น ซึ่งการสูญเสียกำลังในการส่งสัญญาณมีดังต่อไปนี้

- Free Space Loss หมายถึง การสูญเสียกำลังงานเนื่องจากการกระจายของสัญญาณในอวกาศ ซึ่งเกิดขึ้นทั้งด้านขาขึ้น และด้านขาลง
- Feeder Loss หมายถึง การสูญเสียกำลังงานเนื่องจากการเชื่อมต่อของสายนำสัญญาณ ภายในสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน เช่น จากท่อนำคลื่น (Waveguide)หรือจากตัวต่อสาย (Connector) ต่างๆ เป็นต้น
- Antenna Pointing Loss หมายถึง การสูญเสียกำลังเนื่องมาจากการติดตั้งสายอากาศที่มีการปรับแต่งคลาดเคลื่อนที่เรียกว่า Off-Axis ซึ่งในการติดตั้งจานสายอากาศจะต้องมีการปรับแต่งให้ตรงกับตำแหน่งของดาวเทียมมากที่สุด เพื่อให้สามารถรับกำลังงานได้สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Atmospheric Loss สถานีดาวเทียมที่ติดตั้งในสถานที่ต่างๆ นั้นจะมีระยะทางซึ่งห่างจากตัวดาวเทียมไม่เท่ากัน ทำให้การเดินทางของคลื่นต้องผ่านชั้นบรรยากาศที่ไม่เท่ากันด้วยอาจอธิบายการสูญเสียกำลังงานของสถานีแต่ละสถานีที่แตกต่างกันได้จากมุมเงยของจานสายอากาศซึ่งสามารถบ่งบอกระยะทางที่คลื่นต้องเดินทางไปในบรรยากาศซึ่งจะส่งผลถึงการสูญเสียกำลังงานที่ไม่เท่ากันด้วยเช่นกัน นอกจากนั้นแล้ว ความถี่ที่ใช้ในการส่งคลื่นจะมีผลต่อการสูญเสียกำลังงานในการส่งสัญญาณไปในชั้นบรรยากาศอีกด้วย ข้อมูลของการสูญเสียกำลังงานจากชั้นบรรยากาศนั้น จะเป็นข้อมูลทางสถิติที่ได้จากการเก็บข้อมูลเป็นระยะๆ การสูญเสียกำลังงานเนื่องจากการดูดซับกำลังงานของชั้นบรรยากาศมีสาเหตุเนื่องมาจากโมเลกุลของออกซิเจนในชั้นบรรยากาศ, ไอน้ำในชั้นบรรยากาศ, ฝน,ปริมาณเมฆหมอก, หิมะ และประจุอิเล็กตรอนอิสระในชั้นบรรยากาศ เป็นต้น

2.3.4 สัญญาณรบกวนของระบบ (System Noise)

สัญญาณการรบกวนของระบบ หมายถึง การรบกวนที่เกิดขึ้นภายในตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณ เนื่องจากการเคลื่อนไหวของประจุไฟฟ้า หรืออิเล็กตรอนภายในตัวอุปกรณ์นั้น ๆ ซึ่งการรบกวนนี้เรียกว่า Thermal Noise

ปริมาณกำลังงานของสัญญาณรบกวนดังกล่าวเรียกว่า Noise Temperature มีหน่วยวัดเป็นองศาเคลวิล หรือใช้หน่วยเดซิเบล dBK สัญญาณรบกวนของระบบที่สำคัญ ได้แก่

- Antenna Noise Temperature
- Amplifier Noise Temperature

2.3.5 Carrier To Noise Ratio (C/N)

การวัดประสิทธิภาพของวงจรสื่อสารผ่านดาวเทียม สามารถวัดได้จากอัตราส่วนของกำลังงานของสัญญาณต่อกำลังงานของสัญญาณรบกวนที่รับได้ที่อินพุตของภาครับของสถานีดาวเทียม คือ ค่า C/N

2.3.6 Figure Of Merit (G/T)

การรับส่งสัญญาณในระบบของการสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้น สัญญาณที่รับได้จากจานสายอากาศของสถานีภาคพื้นดิน และสัญญาณที่จานสายอากาศของดาวเทียมจะมีกำลังงานที่อ่อนมาก ดังนั้น ในการออกแบบระบบ จึงต้องคำนึงถึงการเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ควรที่จะมีสัญญาณรบกวนต่ำ เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการสูญเสียกำลังงานไปตัวแปรที่สามารถบ่งบอกถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพการทำงานของภาครับ สามารถบอกได้โดยใช้อัตราการขยายของจานสายอากาศต่อ Noise Temperature

2.3.7 Energy Per Bit (Eb)

ดังที่ได้กล่าวไปในตอนต้นแล้วว่า อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนที่สถานีดาวเทียมภาครับ C/N เป็นตัวแปรที่สำคัญยิ่งต่อการทำงานของระบบ และเมื่อมีการนำระบบสื่อสารดาวเทียมมาใช้กับการส่งข้อมูลดิจิตอลด้วยเทคนิคของการมอดูเลตสัญญาณดิจิตอล จึงทำให้เกิดความสัมพันธ์ของอัตราส่วนสัญญาณรบกวนกับค่าอัตราการผิดพลาดของบิต (Bit Error Rate :BER)

2.4 ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมโดยตรง (Direct Broadcasting Satellite)

ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมโดยตรง เป็นระบบการสื่อสารไร้สายระบบหนึ่ง โดยจะส่งสัญญาณจากดาวเทียมโดยตรงไปยังผู้ใช้ หรืออาคารบ้านเรือนที่ต้องการรับชมโดยตรงหรือผ่านเครือข่ายการสื่อสาร (Communication Satellite :CS) ก็แล้วแต่ การส่งสัญญาณจากดาวเทียมโดยตรง (DBS) เริ่มตั้งแต่สถานีส่งจะส่งสัญญาณคลื่นวิทยุจากสถานีภาคพื้นดินไปยังดาวเทียม จากนั้นดาวเทียมจะส่งสัญญาณกลับมายังโลก และครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการให้บริการแก่ผู้ใช้ในการรับชมสัญญาณโทรทัศน์สัญญาณเสียงซึ่งอยู่ในรูปของ PCM (Pulse Code Modulation), สัญญาณภาพนิ่ง (Still Picture), สัญญาณเทเลเท็กซ์ (Teletext),แฟกซ์ (Facsimile) หรือสัญญาณโทรทัศน์จอภาพละเอียด (High Definition Television : HDTV) ซึ่งการส่งสัญญาณด้วยระบบดาวเทียมโดยตรงจะแตกต่างจากการส่งสัญญาณสื่อสารดาวเทียม CS โดยทั่วไป CS โดยที่ระบบ CS จะต้องมีสถานีจัดการสัญญาณที่ยุ่งยากมากขึ้น

2.4.1 หลักการของระบบการส่งสัญญาณด้วยดาวเทียมโดยตรง

คลื่นวิทยุหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีความถี่อยู่ในย่านเอสเอชเอฟ(Super-High Frequency : SHF) ที่ความถี่ในช่วง 3-30 กิกะเฮิรตซ์ และความถี่ที่นำมาใช้กับ ดาวเทียมจะอยู่ในระดับ 6 หรือ 12 กิกะเฮิรตซ์ โดยสถานีส่งภาคพื้นดินจะส่งสัญญาณคลื่นวิทยุดังกล่าวไปยังดาวเทียมซึ่งถูกส่งไปอยู่วงโคจรที่ระดับ ความสูง 35,860 กิโลเมตร จากพื้นโลกเหนือเส้นศูนย์สูตร (ดาวเทียมที่ถูกส่งออกไปในระดับความสูงดังกล่าว เรียกว่า “ดาวเทียมค้างฟ้า” คือ มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุด
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
วพ.
ว 262 ร
2539

ความเร็วสัมพันธ์เทียบกับโลกคงที่ ซึ่งเสมือนว่าดาวเทียมอยู่กับที่ ถ้าเทียบกับจุดอ้างอิงบนโลก) เมื่อเปรียบเทียบกับการส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่ใช้ในแบบปกติ ซึ่งใช้ความถี่ใน ย่าน VHF (Very High Frequency) มีความถี่อยู่ในช่วง 300 เมกะเฮิรตซ์-3 กิกะเฮิรตซ์ คลื่นวิทยุของ ดาวเทียมนับว่าใช้ ความถี่ที่สูงกว่ามาก เนื่องจากดาวเทียมถูกส่งไปในระดับไกลมาก จึงทำให้สัญญาณที่ส่งจากดาวเทียมกลับมายังพื้นโลกครอบคลุมพื้นที่ขนาดกว้าง

2.4.2 คุณสมบัติของการส่งรับสัญญาณดาวเทียม

1. การรับสัญญาณจากดาวเทียมบนพื้นโลก จะมีขนาดของสัญญาณที่อ่อนมาก ทั้งนี้เพราะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกส่งมาในระยะทางไกลมาก แต่อย่างไรก็ตาม คลื่นวิทยุที่ใช้ถูกมอดูเลตในระบบ FM จึงทำให้สามารถสร้างสัญญาณให้มีรูปแบบดังเดิมได้มาก

2. การใช้คลื่นวิทยุที่มีความถี่ในย่านเอสเอชเอฟ ทำให้สัญญาณปราศจากการรบกวนจากคลื่นวิทยุอื่น ๆ หรือเกิดเงาแทรกซ้อน แต่ผลของสายอากาศพาราโบลิค ถ้ามีการจับของหิมะ หรือฝนตกจะมีผลต่อการรับสัญญาณเช่นเดียวกัน

3. สัญญาณเสียงถูกส่งด้วยระบบ PCM ซึ่งเป็นระบบดิจิตอล จึงทำให้ได้เสียงที่มีคุณภาพสูง

สำหรับย่านความถี่ของคลื่นวิทยุที่ใช้ในการสื่อสารดาวเทียม ถูกกำหนดโดยผลจากการประชุมนานาชาติ เช่นประเทศญี่ปุ่นกำหนดให้ใช้ 8 ช่องสัญญาณในย่านความถี่ 12 กิกะเฮิรตซ์

2.5 หลักการของระบบการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม (Satellite Master Antenna Television System : SMATV)

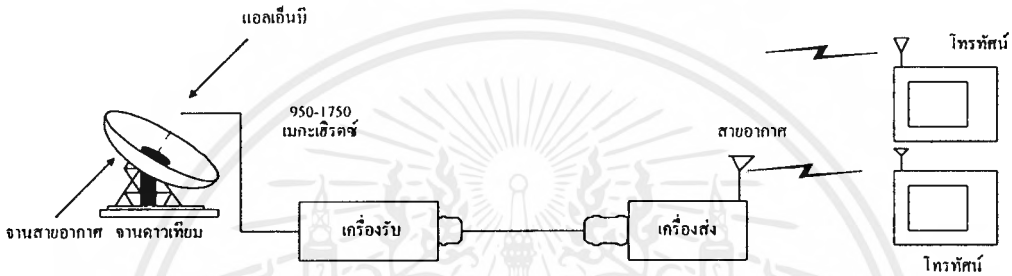
2.5.1 ความเป็นมาของระบบ SMATV

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
1851

ก่อนที่จะมาทำความรู้จักกับระบบ SMATV นั้น ต้องมาศึกษาเกี่ยวกับระบบการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่ใช้กันตามบ้านพักอาศัยก่อนเพื่อเป็นพื้นฐาน โดยระบบการรับสัญญาณดาวเทียมตามบ้านพักอาศัย (Home Use) มี 2 แบบ คือ

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



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบสำคัญในการรับสัญญาณดาวเทียม

ส่วนประกอบที่สำคัญในการรับสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียมได้แสดงดังรูปที่ 2.1 อันประกอบไปด้วยจานสายอากาศ ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบจานอยู่กับที่ จะติดตั้งจาน สายอากาศเพื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงเดียว เช่น อาจจะรับจากดาวเทียมเอเชียแซท ดวงเดียว เป็นต้น ส่วนจานสายอากาศขับเคลื่อนจะมีอุปกรณ์เพิ่มขึ้นมา คือ มอเตอร์ขับจาน (Actuator) ใช้ในการปรับมุมกวาด (Azimuth) ของจานสายอากาศ ทำให้สามารถเลือกรับสัญญาณจานดาวเทียมดวงอื่นได้ โดยการปรับมอเตอร์ขับจานไปยังมุมที่ ดาวเทียมดวงนั้นอยู่จากรูปที่ 2.1 จะเห็นว่ามีสายควบคุมมอเตอร์เขียนเป็นเส้นประไว้ สำหรับกรณีที่ใช้จาน แบบขับเคลื่อน

ในปัจจุบันจานรับแบบอยู่กับที่ ได้มีการปรับปรุง และพัฒนาให้สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ 2 และ 3 ดวง ที่เรียกว่า ดูโอ (Duo) และทรีโอ (Trio) ตามลำดับ สำหรับประเทศไทยในปัจจุบันสามารถรับสัญญาณจาก PALAPA-B2P และ ASIASAT กรณีที่ใช้จานแบบดูโอ ส่วนกรณีของทรีโอเพิ่ม PALAPA-B4 ขึ้นมาอีกดวง ด้วยวิธีการดังกล่าวทำให้ประหยัดราคาไปได้มากทีเดียว หากต้องการรับสัญญาณจากดาวเทียมเฉพาะเพียง 3 ดวงนี้ที่ว่าประหยัดคือ ไม่ต้องใช้จานแบบขับเคลื่อนซึ่งมีชิ้นส่วนราคาแพงหลายตัว เช่น มอเตอร์ขับจาน, อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ (Positioner) อีกทั้งโครงสร้างยุ่งยาก และซับซ้อนกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของจานสายอากาศ คือ เป็นตัวดักรับคลื่น และสะท้อนคลื่นให้ไปรวมกันที่ จุดโฟกัส หรือจุดโฟกัสของจาน ณ จุดนี้จะมีฟีดฮอร์น และ LNB ติดตั้งอยู่ เพื่อรับ สัญญาณที่สะท้อนมาจากจานสายอากาศ สัญญาณที่รับได้จะถูก LNB ขยายให้มีความแรง มากขึ้น ขณะเดียวกันจะลดความถี่ลงมาให้อยู่ในช่วงความถี่ 950-2,050 เมกะเฮิรตซ์ เหตุ ที่ต้องลดความถี่ลงมาเพื่อจะได้ส่งสัญญาณผ่านสายนำสัญญาณไปยังเครื่องรับสัญญาณ ดาวเทียมในบ้าน โดยมีการสูญเสียของสัญญาณน้อยที่สุด เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจะถูกปรับไว้รับสัญญาณความถี่ที่ต้องการแล้วทำการถอดคลื่นพาห์ออก ให้เหลือแต่สัญญาณภาพและเสียง แล้วส่งไปให้เครื่องรับโทรทัศน์โดยผ่านทางสาย AV หรือทำการผสมคลื่นพาห์ใหม่ แล้วจึงค่อยส่งไปตามสาย RF คลื่นพาห์ที่ผสมขึ้นมาใหม่นี้ มีด้วยกัน 2 ย่าน คือ

- VHF-LOW ช่อง 2-4
- UHF ช่อง 30-40

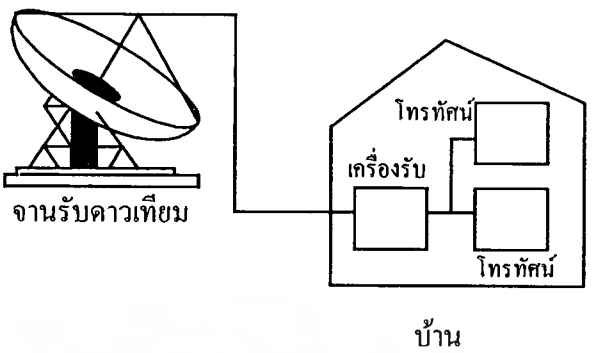
เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยมากจะใช้ความถี่ย่าน UHF เป็นความถี่ขาออก

ประโยชน์ของการนำเอาระบบ SMATV ไปใช้สามารถมองในแง่ของความประหยัดและความสวยงาม โดยเฉพาะการรับสัญญาณดาวเทียมในอาคารใหญ่ๆ เช่น แฟลต คอนโดมิเนียม หรือโรงแรม ซึ่งรัฐบาลอนุญาตให้ประชาชนทั่วไปสามารถติดตั้งจานสายอากาศรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ ผู้อยู่ในอาคารที่พักอาศัยใหญ่ๆอยากจะรับชมสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียมบ้าง จึงเป็นปัญหาของเจ้าของอาคารขนาดใหญ่เหล่านั้นที่จะต้องหาวิธีที่จะทำให้ผู้พัคอาศัยได้มีโอกาสรับชมสัญญาณ โทรทัศน์จากดาวเทียมอย่างทั่วถึงกันซึ่งอาจจะต้องติดตั้งจานสายอากาศจำนวนมาก และยังต้องคำนึงถึงพื้นที่ในการติดตั้งจานสายอากาศ ซึ่งจานสายอากาศแต่ละต้นมีราคาแพง และยังต้องคำนึงถึงพื้นที่ในการติดตั้งจานสายอากาศ ซึ่งทำให้ดูไม่สวยงาม ดังนั้นวิธีหนึ่งที่แก้ปัญหาคือนำเอาระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม (SMATV) มาใช้ ซึ่งในระบบ SMATV นี้จะมี 2 ประเด็น คือ

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

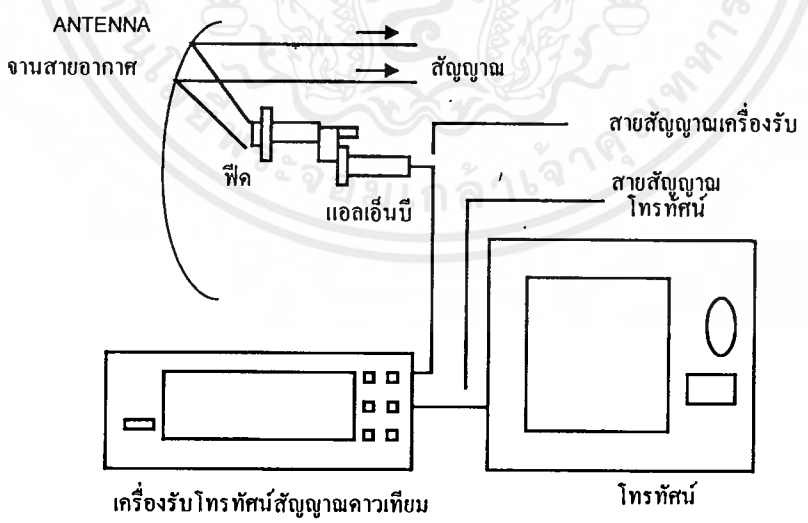
1. TVRO เป็นการรับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศและเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเครื่องเดียวต่อเข้ากับเครื่องรับโทรทัศน์เพียง 1 เครื่องหรือ 2 เครื่องเท่านั้น ดังรูปที่ 2.2 และรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การรับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากดาวเทียม

2.: SMATV เป็นการนำระบบการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมรวมกับระบบทีวีรวมและส่งสัญญาณทั้งสองนี้ไปในอาคารนั้น ทำให้อาคารนั้นสามารถรับชมรายการต่าง ๆ ทั้งรายการโทรทัศน์ภายในประเทศ และรายการโทรทัศน์จากต่างประเทศได้



รูปที่ 2.3 การรับสัญญาณโทรทัศน์จากจานรับสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ส่วนประกอบของระบบ SMATV

ระบบ SMATV ต้องมีส่วนประกอบ ดังนี้

1. ดาวเทียม
2. จานสายอากาศ
3. ฟีดฮอร์น
4. แอลเอ็นบี
5. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม
6. มอดูเลเตอร์

1. ดาวเทียม

เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่ถูกส่งขึ้นไปโคจรในระดับความสูงประมาณ 35,860 กิโลเมตร เหนือเส้นศูนย์สูตร ดาวเทียมจะหมุนหนึ่งรอบภายใน 24 ชั่วโมง ซึ่งเท่ากับความเร็วในการหมุนรอบตัวเองของโลกพอดี ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับโลกแล้ว ดาวเทียมดวงนั้นจะเหมือนอยู่กับที่ ซึ่งจะทำให้การส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมสามารถทำได้สะดวก

การที่เราจะรับสัญญาณจากดาวเทียมได้นั้นจะต้องมีลำคลื่นสัญญาณที่ครอบคลุมพื้นที่นั้นๆ ซึ่งเรียกว่า Footprints ดาวเทียมแต่ละดวงจะมี Footprints ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับย่านความถี่ของดาวเทียมดวงนั้น ๆ โดยสัญญาณที่ส่งจะเข้มที่สุดตรงจุดศูนย์กลาง และจะค่อยๆ จางลงเมื่อออกห่างจากจุดศูนย์กลาง

2. จานสายอากาศ

จานสายอากาศ และอุปกรณ์จานสายอากาศรับสัญญาณดาวเทียม ทำหน้าที่ รับสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียมโดยใช้หลักการสะท้อนที่พื้นผิวรูปโค้งพาราโบลิค แล้วรวมสัญญาณที่จุดรวมสัญญาณ เพื่อจะส่งสัญญาณนี้ไปยังอุปกรณ์รวมสัญญาณ จานรับสัญญาณดาวเทียมที่ใช้มี 2 แบบ คือ แบบจานทึบ และแบบจานโปร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 จานรับสัญญาณดาวเทียมแบบทึบ

3. ฟีดฮอร์น

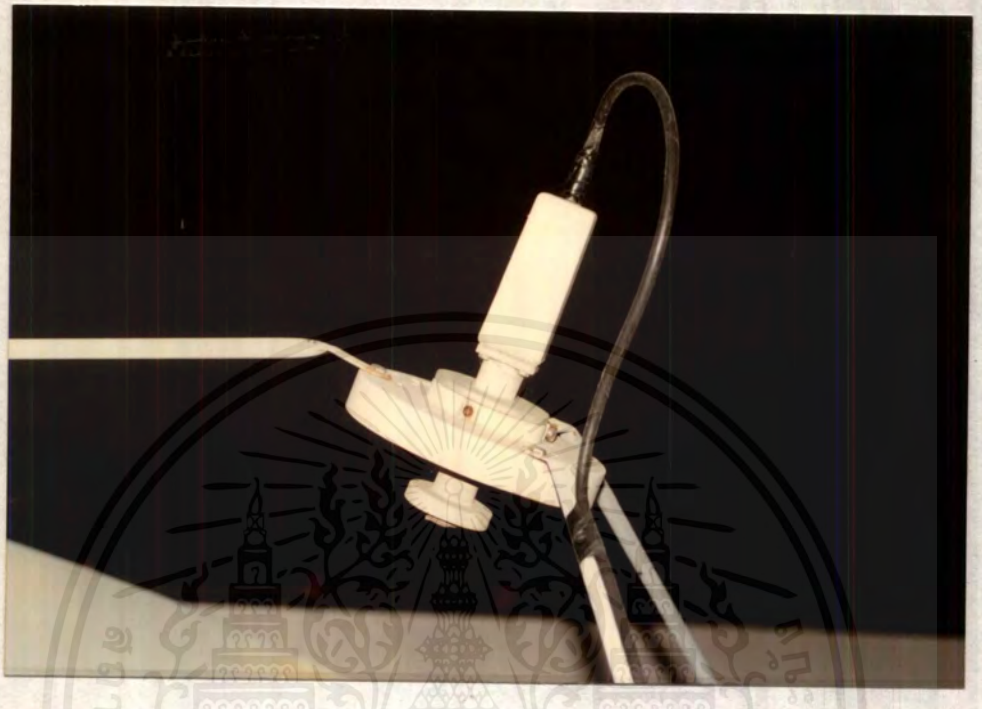
ฟีดฮอร์น คือ อุปกรณ์ที่ทำการรวมสัญญาณที่ได้รับมาจากการสะท้อนจากผิวจาน สายอากาศ ดังนั้น ตำแหน่งของฟีดฮอร์นจึงอยู่ที่จุดรวมสัญญาณ

ฟีดฮอร์นสามารถแบ่งตามชนิดของโพลาไรเซชั่น ได้ 2 แบบ คือ

- โพลาไรเซชั่นแบบเชิงเส้น (Linear Polarization)
- โพลาไรเซชั่นแบบวงกลม (Circular Polarization)

โพลาไรเซชั่น คือ เทคนิคในการส่งสัญญาณ ที่สามารถเพิ่มจำนวนช่องรายการให้ มากขึ้นจากช่องความถี่ที่มีอยู่จำกัด โดยการกำหนดให้ความถี่ในแต่ละช่องของดาวเทียมคาบเกี่ยวกัน และกำหนดให้มีมุมโพลาไรซ์ที่แตกต่างกัน เพื่อป้องกันการรบกวนกันเอง ด้วยวิธี การดังกล่าว ทำให้สามารถจัดสรรจำนวนช่องรายการได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 อุปกรณ์รวมสัญญาณ

ฟีดฮอร์นแบบ โพลาไรซ์เซชั่นต่อเนื่อง คือ มุมโพลาไรซ์ที่เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง สามารถแบ่งออกเป็นโพลาไรซ์ในแนวตั้ง (Vertical) และแนวนอน (Horizontal) การรับสัญญาณที่เป็นแนวตั้ง มุมโพลาไรซ์ของฟีดฮอร์นต้องอยู่ในแนวตั้ง ส่วนที่เป็นแนวนอน มุมโพลาไรซ์ของฟีดฮอร์นต้องอยู่ในแนวนอน ถ้าหากมีการปรับมุมโพลาไรซ์ผิดจะไม่ สามารถรับสัญญาณได้

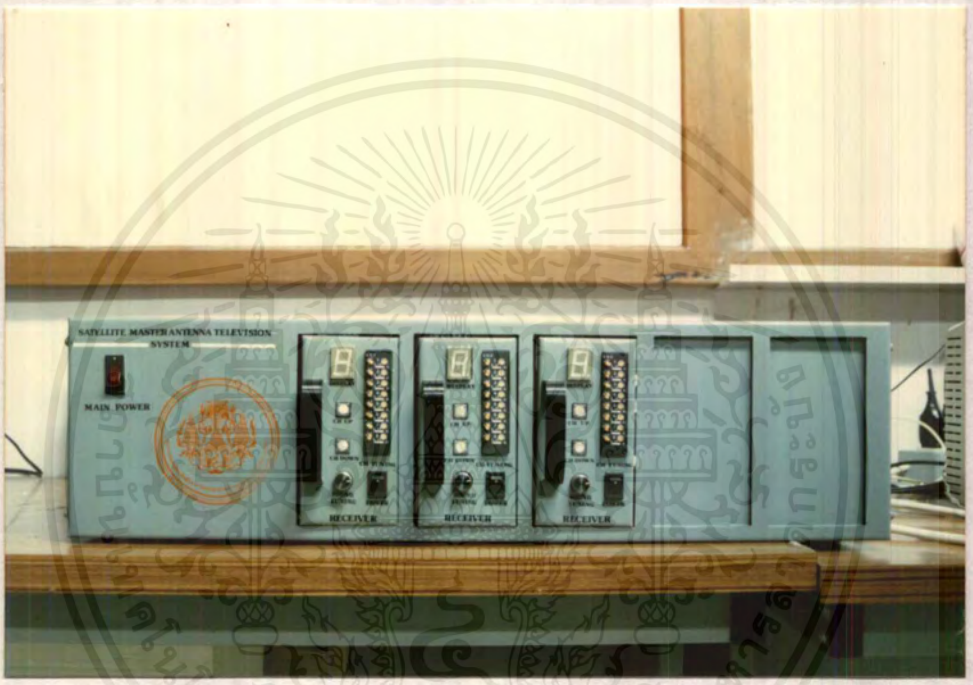
4. แอลเอ็นบี (Low Noise Black Down Converter)

แอลเอ็นบี เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณ และแปลงสัญญาณความถี่ ให้ต่ำลงจาก 4 กิกะเฮิรตซ์ เหลือ 1 กิกะเฮิรตซ์ (IF) ภายในตัว LNB จะประกอบด้วย วงจรขยาย, วงจรออสซิเลเตอร์ และวงจรมิกเซอร์ เมื่อ LNB ทำขบวนการอิเล็กทรอนิกส์สมบูรณ์จะส่งสัญญาณนี้ไปยังเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณความถี่ IF ที่ผ่านมาจากLNB ให้เป็น RF หรือสัญญาณภาพ และเสียง เพื่อส่งสัญญาณนี้ไปยังอุปกรณ์แปลง ช่องสัญญาณต่อไป หน้าที่อีกอย่างหนึ่งของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม คือ ทำการเลือก ช่องสัญญาณที่ต้องการรับชมด้วย

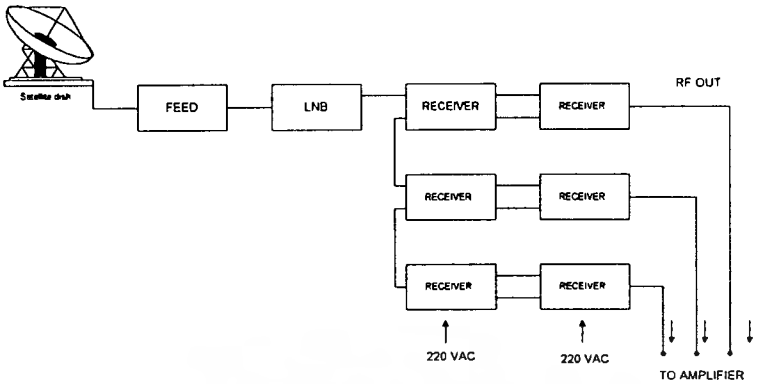


รูปที่ 2.6 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

6. มอดูเลเตอร์

อุปกรณ์มอดูเลเตอร์ เป็นอุปกรณ์ผสมสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงที่รับมาจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ให้สัญญาณออกจากมอดูเลเตอร์นี้เป็นความถี่วิทยุ เพื่อส่งสัญญาณนี้ไปในระบบ SMATV ต่อไป ซึ่งแผนผังการทำงานของระบบ SMATV แสดงได้ดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ผังการทำงานของระบบ SMATV

2.5.3 ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบระบบ SMATV

การที่จะออกแบบระบบ SMATV ต้องมีข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

1. ทิศทางการรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงนั้น ๆ และพื้นที่ติดตั้งจานดาวเทียม

2. ต้องรู้ถึงรายการ และระบบที่สถานีนั้นๆ ส่งว่าเป็นแบบใด

3. แนวทางการเดินสายนำสัญญาณ และสายนำสัญญาณเดิมที่โครงการใช้อยู่

4. ต้องรู้ถึงระบบเดิมของโครงการ ว่าสามารถรองรับย่านความถี่สูงได้หรือไม่ หากมีแนวโน้มว่าระบบไม่ดีควรมีแนวทางแก้ไขด้วย

5. ต้องทราบถึงตัวอุปกรณ์ที่โครงการใช้อยู่ เช่น บูสเตอร์, เครื่องขยาย, อุปกรณ์ ขยายสัญญาณ, สปลิตเตอร์และแท็ปออฟ เป็นต้น

6. ต้องทราบถึงรายการเดิมของโครงการเดิมที่มี

2.5.4 เทคนิคการออกแบบระบบ

1. ต้องประเมินถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในสถานที่ติดตั้งจริง

2. ต้องทราบจำนวนตัวภาระของระบบทั้งหมด

3. ต้องรู้ถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่จะใช้งาน และเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะกับงาน

4. ต้องรู้ถึงความชัดเจนในขอบเขตของงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ SMATV

2.6.1 อุปกรณ์จานสายอากาศ

คุณสมบัติพื้นฐานของสายอากาศ

สายอากาศที่ดีต้องมีคุณสมบัติพื้นฐาน 3 ข้อ คือ

1. ต้องมีอัตราการขยายทิศทางสูง (Highly Direction Gain) คือ มีบีมวิดท์(Beamwidth) ที่ทั้งแคบทั้งในการส่งและรับ นอกจากนั้นแล้วต้องมีสัญญาณที่แพร่ออก ด้านข้างของจานน้อยเพื่อลดการรบกวนกันกับสัญญาณที่ไม่ต้องการ

2. ต้องมีค่า Noise Temperature ต่ำ เพื่อสัญญาณที่รับเข้ามาจะได้ค่า S/N สูง

3. ต้องมีความเที่ยงตรงสูงต่อสัญญาณที่ได้รับ คือ ใช้ระบบการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม ซึ่งจะมีการควบคุมการเคลื่อนสายอากาศไปตามตำแหน่งที่มีสัญญาณแรงที่สุด

สายอากาศที่เหมาะสม และเป็นที่นิยมมากที่สุดในระบบ SMATV คือ สายอากาศ แบบพาราโบลอยด์ โดยสามารถแบ่งตามลักษณะของการป้อนสัญญาณให้แก่แผ่นสะท้อนได้เป็น 2 แบบ คือ แบบ Focal Point Feed และแบบ Cassegrain

1. สายอากาศแบบพาราโบลอยด์ที่มีการป้อนสัญญาณแบบ Focal point

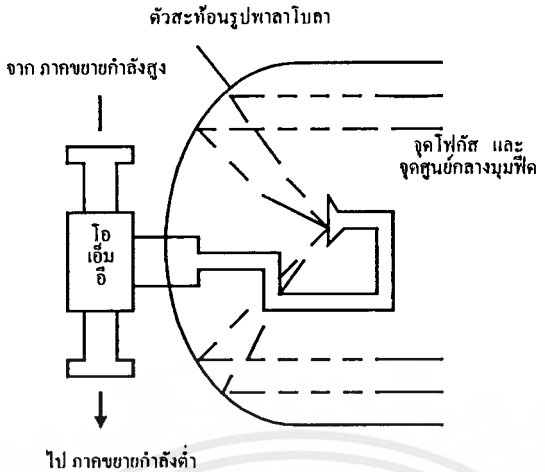
สายอากาศแบบนี้ ประกอบด้วยจานสะท้อนซึ่งเป็นพื้นผิวโค้งรูปพาราโบลารอบแกนทิศทางของการรับ และตัวฟีดเดอร์ ซึ่งมีจุดศูนย์กลางเฟสที่จุดโฟกัสของตัวสะท้อน

การที่เราเลือกจานสะท้อนเป็นแบบพาราโบลานั้น เนื่องมาจากรูปแบบพาราโบลานั้นมีข้อดีสำหรับสายอากาศระบบไมโครเวฟด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ

1. ลำคลื่นใดๆ จากจุดโฟกัสจะถูกสะท้อนที่แผ่นสะท้อนพาราโบลอยด์ จะได้ทิศทางการสะท้อนออกมาขนานกันกับแกนของพาราโบลา

2. ระยะทางการเดินทางของคลื่นจากจุดโฟกัสไปยังแผ่นพาราโบลอยด์ และจากแผ่นพาราโบลอยด์ไปยังระนาบตั้งฉากกับพาราโบลาไม่ขึ้นกับเส้นทาง (คือ ขึ้นอยู่กับจุด 2 จุดเท่านั้น) ดังนั้น แหล่งพลังงานแบบจุดที่อยู่ที่จุดโฟกัสจะถูกเปลี่ยนไปเป็นคลื่นระนาบที่มีเฟสเดียวกันในทิศทางที่ต้องการส่ง โดยใช้แผ่นสะท้อนพาราโบลอยด์ ดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



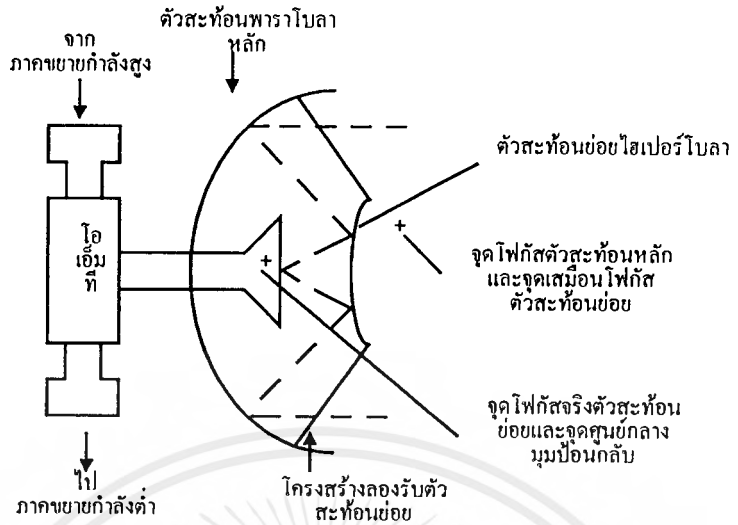
รูปที่ 2.8 จานสายอากาศแบบพาราโบลอยด์

ขนาดของสายอากาศแบบนี้ แสดงได้โดยเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ของ จานสะท้อนตัวฟีดเดอร์ จะเชื่อมต่อกับภาคขยาย HPA และภาคขยาย LNA ผ่านตัว OMT ซึ่งเป็นอุปกรณ์ 3 ทาง โดยมีอัตราส่วนการแยกสัญญาณส่ง และสัญญาณรับดีกว่า 40 dB ในส่วนของภาคส่งนั้น พลังงานของคลื่นพาห์ที่จะส่งจากภาคขยาย HPA จะกระจายไปเป็น เส้นแนวเดียวกับทิศทางการส่งที่ต้องการ โดยรูปแบบของคลื่นจะมีลำคลื่นที่แคบ ในขณะที่ส่วนของภาครับนั้น จะดักจับสัญญาณในทิศทางที่ต้องการให้รับสัญญาณกระทบแผ่นสะท้อนแล้วสะท้อนมารวมกันที่จุดโฟกัส ซึ่งจะส่งผ่านไปยังภาคขยาย LNA ผ่านตัวฟีดเดอร์ต่อไป รูปร่างของลำคลื่นที่กระจายออกมาถูกกำหนดได้โดยการใช้บางส่วนของรูปพาราโบลอยด์

2. สายอากาศแบบ Cassegrain

สายอากาศแบบนี้จะมีแผ่นสะท้อน 2 แผ่น คือ แผ่นสะท้อนหลัก และแผ่นสะท้อนรอง โดยแผ่นสะท้อนหลักจะเป็นรูปพาราโบลา ส่วนแผ่นสะท้อนรองเป็นรูปไฮเปอร์โบลา จุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนหลักจะเป็นจุดเดียวกับจุดโฟกัสเสมือนของแผ่นสะท้อนรอง และจะมีตัวฟีดเดอร์ที่มีจุดศูนย์กลางเฟสอยู่ที่จุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนรอง ดังแสดงในรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 สายอากาศแบบ Cassegrain

ในส่วนของภาคส่ง สัญญาณจากภาคขยาย HPA จะแพร่กระจายมาที่จุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนรองโดยตัวฟีดเดอร์ และจะกระทบแผ่นสะท้อนที่ด้านนอกของส่วนโค้ง หลังจากนั้นจะสะท้อนไปยังจุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนหลัก โดยเสมือนมีจุดศูนย์กลางเฟสอยู่ที่ จุดโฟกัสเสมือน (หรือจุดโฟกัสจริงของแผ่นสะท้อนหลัก) ของแผ่นสะท้อนรอง ทำให้คลื่น ที่สะท้อนออกมาจากแผ่นสะท้อนหลักมีหน้าคลื่นที่มีเฟสเดียวกัน และเป็นคลื่นระนาบที่มี ทิศทาง ในแง่ของด้านการรับนั้น สัญญาณจากดาวเทียมจะตกกระทบกับแผ่นสะท้อนหลัก และจะสะท้อนให้ไปรวมกันที่จุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนหลัก และมาจะถูกสะท้อนออกมาโดยแผ่นสะท้อนรอง และสัญญาณจะมารวมกันที่จุดศูนย์กลางเฟสของตัวฟีดเดอร์ จากนั้นจะส่งผ่านไปยังภาคขยาย LNA ต่อไป โดยมี OMT เป็นตัวแยกสัญญาณรับ และส่ง

โดยทั่วไปแล้ว สายอากาศแบบ Cassegrain มีราคาแพงกว่าแบบพาราโบลอยด์มาก เพราะว่ามีการเพิ่มส่วนของแผ่นสะท้อนรองขึ้นมา อย่างไรก็ตาม สายอากาศแบบ Cassegrain นั้น มีข้อดีกว่าแบบพาราโบลอยด์ธรรมดาหลายประการ เช่น มีค่า Noise Temperature น้อยกว่า มีทิศทางที่เที่ยงตรงกว่า และมีความยืดหยุ่นในการออกแบบ ตัวฟีดเดอร์มากกว่า เนื่องจากว่าพลังงานที่หลุดออกจากตัวฟีดเดอร์นั้น ส่วนใหญ่จะหลุดออกไปยังอากาศ ซึ่งมีค่า Noise Temperature น้อยกว่า 30 องศาเคลวิน ดังนั้น ค่า S/N ของสัญญาณจึงมีค่ามากกว่าแบบพาราโบลาธรรมดา เนื่องจาก ตัวฟีดเดอร์อยู่ในตำแหน่งใกล้กับจุดยอดของส่วนโค้งของแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะท้อนหลัก ซึ่งจะทำให้เสถียรภาพทางกลดีกว่านั้น ทำให้ความแน่นอนในทิศทางของสายอากาศชนิดนี้มีมากกว่า

เพื่อที่จะเป็นการลดการสูญเสียของสายนำสัญญาณที่เชื่อมระหว่างภาคขยาย HPA หรือภาคขยาย LNA กับตัวฟีดเดอร์ จึงใช้ระบบป้อนสัญญาณด้วยท่อนำคลื่นแบบบีม

2.7 ปัญหาและการแก้ปัญหาในระบบ SMATV

ในการติดตั้งระบบ SMATV นั้น ปัญหาที่จะต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก คือ จะรับสัญญาณจากดาวเทียมกี่ช่อง และจากดาวเทียมดวงใดบ้าง หากต้องการรับสัญญาณหลายๆ ช่องจากดาวเทียมดวงเดียว เช่น เอเซียแซท ก็ใช้จานรับสัญญาณจานเดียว แต่จูนเนอร์หรือเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมนั้น ขึ้นอยู่กับจำนวนของช่องที่ต้องการจะรับ ถ้าต้องการรับ 5 ช่องก็ใช้จูนเนอร์ 5 ตัว หากต้องการรับสัญญาณหลายๆ ช่องจากดาวเทียมหลายๆ ดวง ก็ต้องมีจานรับสัญญาณเท่ากับจำนวนดาวเทียมที่ต้องการรับ และจูนเนอร์เท่ากับจำนวนช่องที่ต้องการรับ แต่ก็จะมีแบบพิเศษต่างจากที่กล่าวข้างต้นคือ ถ้าหากต้องการรับสัญญาณจาก ดาวเทียมปาลาปา B2P พร้อมๆ กับรับสัญญาณจากดาวเทียม เอเซียแซทไปด้วย สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมทั้งสองได้ โดยใช้จานรับสัญญาณจานเดียวที่เรียกว่า จานแบบดู โอ หรือหากต้องการรับสัญญาณจากดาวเทียมทั้งสองดวงดังกล่าวแล้ว พร้อมทั้งรับสัญญาณจากดาวเทียมปาลาปา B4 ด้วย รวมทั้งหมด 3 ดวง ก็สามารถรับโดยใช้จานๆ เดียว ที่เรียกว่า จานแบบทรีโอตอนนี้ก็มีอยู่สามดวงนี้ที่สามารถรับได้โดยใช้จานๆ เดียว ส่วนจำนวนจูนเนอร์ยังเหมือนเดิมคือ จะดูกี่ช่องก็ต้องมีจูนเนอร์เท่านั้นช่อง ส่วนสัญญาณที่ทำการมอดูเลตออกมาเพื่อส่งไปให้โทรทัศน์รับนั้นจะมีความถี่อยู่ในย่าน UHF ช่อง 30-40 และเนื่องจากเราต้องส่งสัญญาณทั้งหมดทุกช่องไปในสายเส้นเดียวกันการที่จะทำไม่ให้สัญญาณรบกวนกันความถี่จะต้องห่างกันอย่างน้อย 1 ช่อง นั่นคือ จะต้องส่งความถี่ช่อง 30, 32, 34, 36, 38 และ 40 รวมทั้งหมด 6 ช่อง

2.8 หลักการทำงานของเครื่อง

จากรูปเป็นแผนผังการทำงานของเครื่องส่งวีดีโอ ประกอบด้วย

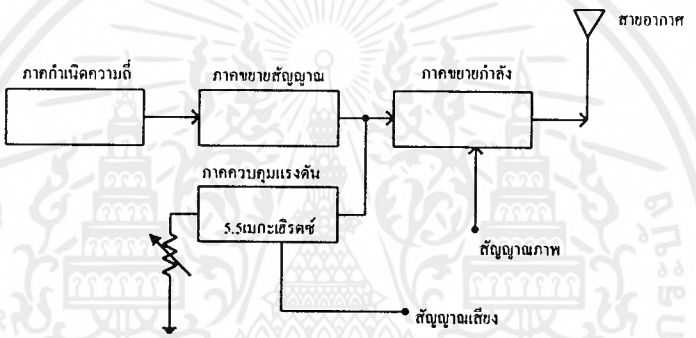
1. วงจรกำเนิดความถี่ ทำหน้าที่ผลิตความถี่ที่ใช้เป็นความถี่คลื่นพาห์ของสัญญาณ ภาพโทรทัศน์ และถือว่าเป็นความถี่หลักของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรขยายสัญญาณ ขยายสัญญาณที่มาจากวงจรกำเนิดความถี่ให้มีความแรงขึ้น มาพอที่นำไปขับวงจรขยายกำลังได้

3. วงจรกำเนิดความถี่แบบ VCO ทำหน้าที่กำเนิดความถี่กลาง 5.5 เมกะเฮิรตซ์ โดเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณเสียงทางอินพุทำให้เกิดการมอดูเลตแบบ FM ตามระบบการส่งสัญญาณโทรทัศน์

4. วงจรขยายกำลัง วงจรนี้นอกจากจะขยายสัญญาณให้มีกำลังสูงขึ้นเป็นครั้งสุดท้ายก่อนส่งออกอากาศแล้วยังทำหน้าที่เป็นตัวมอดูเลตสัญญาณภาพ และเสียง (ที่ผ่านการมอดูเลตแบบ FM แล้ว) เข้ากับความถี่คลื่นพาห์ของสัญญาณภาพในแบบ AM อีกด้วย



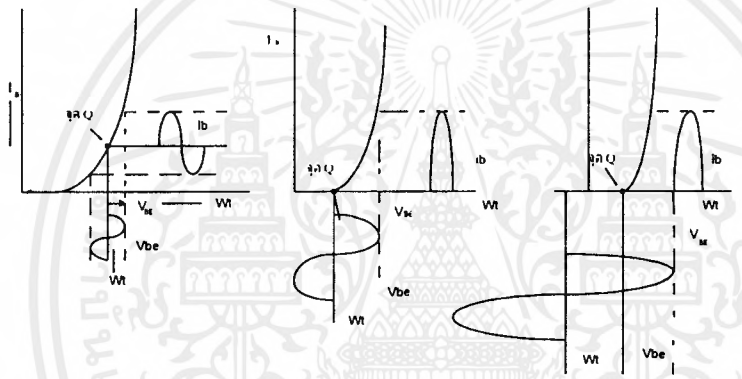
รูปที่ 2.10 แผนผังการทำงานของเครื่องส่ง

เนื่องจากวงจรขยายกำลังต้องการกระแสสูง ดังนั้น องค์ประกอบต่างๆ ออกด้านสัญญาณ ระดับต่ำ (h_{fe}และ h_{ie} เป็นต้น) ที่นำมาเขียนเป็นวงจรจะไม่ถูกต้อง วงจรขยายกำลังจึงศึกและออกแบบจากกราฟที่ได้จากคุณสมบัติที่แสดงเป็นกราฟอีกทีหนึ่ง คุณสมบัติทางด้านสัญญาณเข้าของคลาส เอ คลาส บี และคลาส ซี จะเป็นดังรูปที่ 2.11 และคุณสมบัติ ทางด้านสัญญาณออกจะเป็นดังรูปที่ 2.12

การทำงานในลักษณะคลาส เอ จะมีจุดปฏิบัติงานออกแบบไว้ที่ประมาณจุดกึ่งกลางของเส้นแสดงสภาวะของโหลดด้านไฟสลับ เมื่อป้อนสัญญาณเข้าไปดังรูป จะได้สัญญาณออกมาเหมือนกับด้านสัญญาณเข้า โดยมีการผิดเพี้ยนน้อยที่สุด มุมของการปฏิบัติงานจะเป็น 360 องศา ของรูปคลื่นซายน์ วงจรในคลาส เอ นี้ จะใช้กำลังงานจากแหล่งจ่ายไฟไป ส่วนหนึ่งอยู่ตลอดเวลา แม้ว่าจะไม่มีการขับสัญญาณไปยังตัวภาระก็ตาม

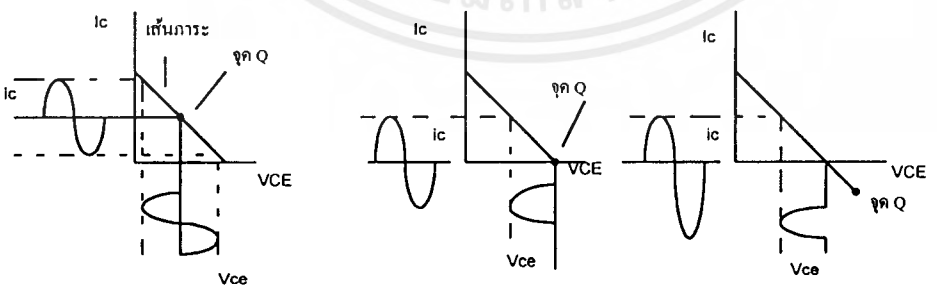
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานในลักษณะคลาส บี การไบอัสที่เบสจะเป็นศูนย์ มุมปฏิบัติงานของ กระแสขาคอลเลคเตอร์จะเป็น 20_B หรือ 180 องศา กระแสคอลเลคเตอร์จะไหลเฉพาะช่วง ครึ่งบวกหรือลบของสัญญาณซายน์เต็มรูปคลื่น เป็นเหตุให้สัญญาณที่ได้ที่จุดสัญญาณออกมีลักษณะเป็นคลื่นเป็นคลื่นที่ได้จากการกรองแบบครึ่งคลื่น (Half-wave rectifier) ของสัญญาณที่ป้อนเข้าด้านสัญญาณเข้า ด้วยเหตุนี้จะใช้กับสัญญาณเสียงโดยตรงไม่ได้ แต่ต้องใช้ทรานซิสเตอร์ที่ทำงานในคลาส บี สองตัวร่วมกันทำงานโดยผลักกันทำตัวละครึ่งช่วงของสัญญาณผลที่ได้จึงจะเป็นสัญญาณเต็มรูปคลื่น การทำในลักษณะนี้เรียกว่า การทำงาน แบบพุช-พูล ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพการขยายกำลังดีมาก



ก) การทำงานในคลาส เอ ข) การทำงานในคลาสบี ค) การทำงานในคลาส ซี.

รูปที่ 2.11 คุณสมบัติทางด้านสัญญาณออกและรูปคลื่นของสัญญาณที่ใช้งาน



ก) การทำงานคลาส เอ. ข) การทำงานคลาส บี. ค) การทำงานคลาส ซี.

รูปที่ 2.11 คุณสมบัติทางด้านสัญญาณออกและรูปคลื่นของสัญญาณที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานในลักษณะคลาส ซี เป็นการไบอัสแบบกลับทางได้แก่วงจร โดยมีมุมปฏิบัติงาน 20_C ซึ่งน้อยกว่า 180 องศา ด้วยเหตุนี้เองแม้ว่าจะนำวงจรคลาส ซี มาต่อกัน เพื่อให้ทำงานในลักษณะผลัดกันทีละครึ่งช่วงแบบพุช-พูล ยังเกิดการผิดเพี้ยนของสัญญาณอยู่ จึงไม่สามารถนำมาใช้กับสัญญาณเสียงได้ วงจรในคลาส ซี มักจะถูกใช้ทำวงจรขยายกำลัง ในช่วงความถี่สูง โดยการเลือกใช้โหมดให้เหมาะสม

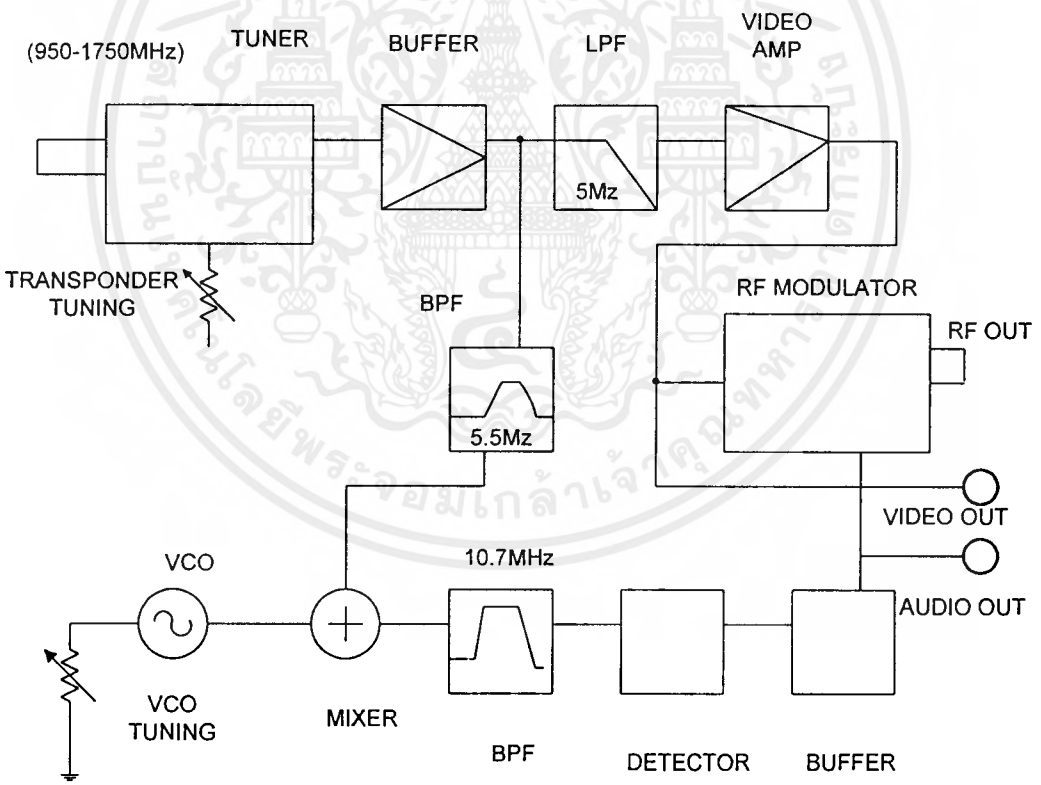
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม

การทำงานของระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม เริ่มจากสัญญาณความถี่สูงจากดาวเทียมที่ถูกส่งลงมากระทบผิวจานสายอากาศรับแล้วสะท้อนไปยังจุดโฟกัส 1 ครั้ง หรือ 2 ครั้ง แล้วแต่ชนิดของจานสายอากาศ แต่ผลสุดท้ายจากจุดโฟกัสจะเข้าไปยังฟีดฮอร์น ซึ่งภายในจะมีสายโพรบขนาดเล็กอยู่ ค่าของความถี่ที่เข้ามายังฟีดฮอร์นค่าความถี่ขาลงของดาวเทียมนั่นเอง



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม

ในระบบการสื่อสารโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมเพื่อการรับชมโดยตรง จะใช้ย่านความถี่ไมโครเวฟ 2 ย่านหลัก คือ ย่านความถี่ C-Band และย่านความถี่ Ku-Band ความถี่ขาลงของย่าน

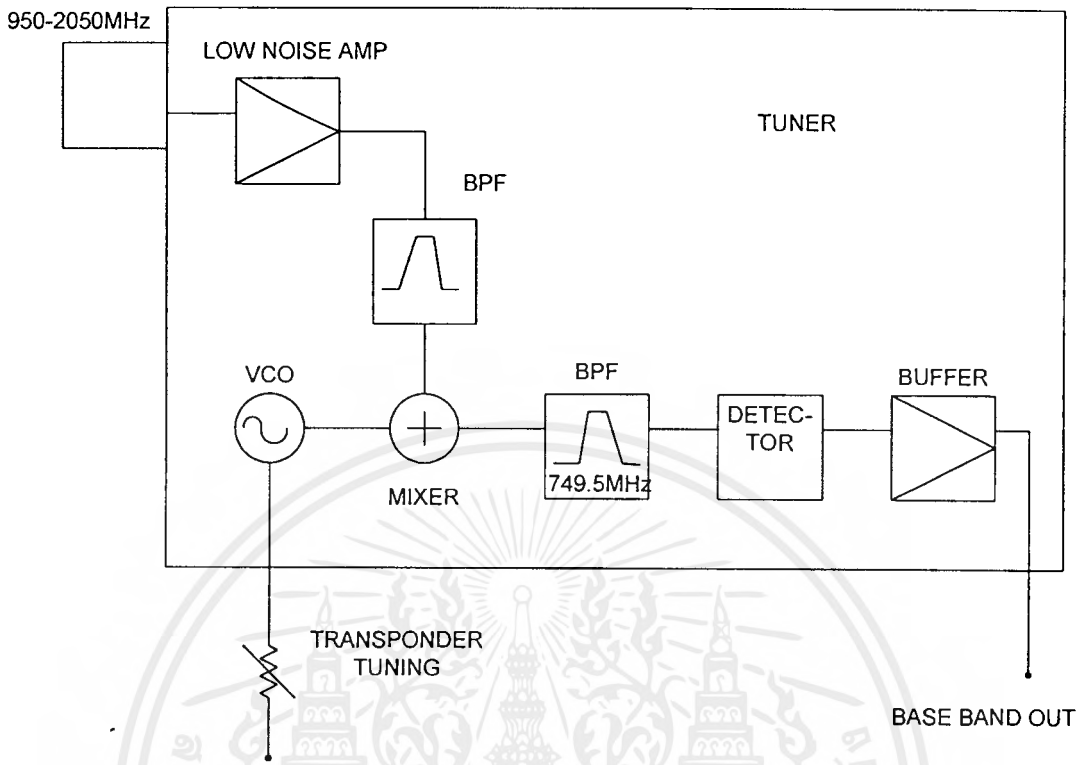
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C-Band จะมีค่าประมาณ 4 กิกะเฮิรตซ์ และย่าน Ku-Band จะมีค่าความถี่ขาลงประมาณ 12 กิกะเฮิรตซ์ สัญญาณที่ได้รับที่โพรบนั้นจะมีอยู่ 2 ประเภทตามการโพลาไรซ์ของสัญญาณ คือ สัญญาณที่มีโพลาไรซ์แนวตั้ง และสัญญาณที่มีโพลาไรซ์แนวนอน สัญญาณที่ได้จากสายโพรบจะถูกส่งผ่านไปยังวงจรขยายที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ (LNA) เพื่อทำให้สัญญาณมีขนาดแรงขึ้น และจะส่งต่อไปยังวงจรผสมสัญญาณ ซึ่งจะนำเอาสัญญาณที่ได้รับจากดาวเทียมมาผสมกับสัญญาณที่ถูกสร้างขึ้นจากวงจรกำเนิดความถี่แบบไดอิเล็กตริกเรโซแนนซ์ สัญญาณที่ได้จากวงจรผสมสัญญาณจะถูกนำไปผ่านวงจรกรองสัญญาณแบบแถบความถี่ผ่าน ซึ่งจะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ในช่วง 950 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 1,750 เมกะเฮิรตซ์ ผ่านไปได้ เรียกช่วงของความถี่ดังกล่าวว่า ความถี่กลางอันดับหนึ่ง สัญญาณความถี่กลางอันดับหนึ่งนี้จะถูกส่งออกมาตามสาย โคแอกเชียลเคเบิลมายังเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ซึ่งมีการทำงานตามแผนผังการทำงานดังรูปที่ 3.1

สัญญาณที่มาตามสายโคแอกเชียลเคเบิลเมื่อมาถึงเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจะพบกับส่วนแรก คือ ภาคจูนเนอร์ ภาคจูนเนอร์นับว่าเป็นภาคที่มีความสำคัญมากเป็นอันดับแรก เพราะถ้าหากใช้จูนเนอร์ที่มีประสิทธิภาพต่ำแล้ว จะส่งผลให้สัญญาณทั้งหมดของระบบมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีตามไปด้วย

การทำงานของวงจรจูนเนอร์ดังแผนผังการทำงานรูปที่ 3.2 มีดังนี้ คือ สัญญาณที่ป้อนมาตามสายโคแอกเชียลเคเบิล เมื่อเข้ามายังจูนเนอร์ จะพบกับภาคไอโซเลเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวเก็บประจุเป็นตัวไอโซเลเตอร์ เพื่อป้องกันแรงดันไฟตรงเข้าไปทำอันตรายต่อภาคที่อยู่ถัดไปได้ เนื่องจากการเลือกโพลาไรซ์ของสัญญาณนั้นจะใช้ระดับแรงดัน 2 ระดับในการเลือกโพลาไรซ์และทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้แก่อุปกรณ์ขยายสัญญาณรบกวนต่ำ โดยใช้ระดับแรงดันไฟตรงขนาด 14 โวลต์ ในการเลือกโพลาไรซ์แนวนอน และแรงดันไฟตรงขนาด 18 โวลต์ ในการเลือกโพลาไรซ์แนวตั้ง สัญญาณไฟตรงนี้จะถูกป้อนผ่านเข้าไปยังสายโคแอกเชียลเคเบิลโดยตรงไปยังอุปกรณ์ขยายสัญญาณรบกวนต่ำ แต่ถ้าอุปกรณ์ขยายสัญญาณรบกวนต่ำที่ใช้วิธีการเปลี่ยนโพลาไรซ์ด้วยเซอร์โวมอเตอร์ในการเปลี่ยนมุมของโพรบรับสัญญาณให้เปลี่ยนตำแหน่งไป 90 องศา ไม่สามารถที่จะรู้ระดับในแรงดันไฟตรงที่ส่งออกไปได้ ดังนั้น การใช้ระดับแรงดันไฟตรงเพื่อการเปลี่ยนโพลาไรซ์ ไม่สามารถที่จะใช้งานได้กับการเปลี่ยนโพลาไรซ์โดยการใช้เซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของภาคจูนเนอร์

การใช้ตัวเก็บประจุเป็นตัวไอโซเลเตอร์ นอกจากจะทำหน้าที่กันแรงดันไฟตรงแล้ว ยังทำหน้าที่ในการถ่ายทอดสัญญาณไปยังภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุที่มีการควบคุมอัตราการขยายแบบอัตโนมัติซึ่งอยู่ถัดไปด้วย เนื่องจากสัญญาณที่ป้อนเข้ามายังภาคจูนเนอร์มีความถี่อยู่ในช่วง 950 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 1,750 เมกะเฮิรซ์ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีการเลือกช่องสัญญาณที่ต้องการโดยใช้ทรานสปอนเดอร์จูนนิ่ง ซึ่งจะมีระดับแรงดันไฟตรงอยู่ในช่วงประมาณ 12 โวลต์ ถูกป้อนให้กับขา VT ของจูนเนอร์ แรงดันไฟตรงที่ได้นี้จะไปทำให้วงจรกำเนิดความถี่ด้วยแรงดันผลิตความถี่ออกมาค่าหนึ่ง เพื่อที่จะนำไปผสมกับสัญญาณความถี่กลางอันดับหนึ่งและที่ระดับแรงดันต่างๆ กัน จะได้ค่าความถี่ต่างกันออกไปด้วย ค่าของความถี่ที่ผลิตออกมานี้จะมีค่าอยู่ในช่วง 1,429 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 2,529 เมกะเฮิรตซ์

เมื่อนำความถี่ที่ได้จากภาคกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงดันไปผสมกับความถี่กลางอันดับหนึ่งโดยใช้วงจรผสมสัญญาณแล้ว จะทำให้ได้เอาต์พุตที่เป็นสัญญาณผลรวม และสัญญาณผลต่างออกมา สัญญาณทั้งสองจะถูกนำไปผ่านวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน โดยจะกรองเอาเฉพาะสัญญาณผลต่าง ซึ่งเป็นความถี่กลางอันดับสองออกมา มีค่าความกว้างของแถบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ประมาณ 27 เมกะเฮิรตซ์ สัญญาณความถี่กลางอันดับที่สองที่ยังไม่ได้ผ่านการขยายนี้ ส่วนหนึ่งจะถูกส่งผ่านไปยังภาคควบคุมอัตราการขยายโดยอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการควบคุมอัตราการขยายของภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุให้มีระดับคงที่ตลอดเวลา แล้วนำไปผ่านวงจรกรอง ความถี่แถบผ่านชนิด SAWF ซึ่งเป็นวงจรกรองแบบโซลิดสเตทที่มีการตอบสนองทางความถี่ดีกว่าวงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบอื่น ซึ่งมีใช้อย่างกว้างขวางในภาคจูนเนอร์ของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมโดยทั่วไป สัญญาณความถี่ 479.5 เมกะเฮิรตซ์ นี้จะถูกนำไปผ่าน วงจรดีมอดูเลเตอร์แบบเอฟเอ็ม ทำให้สัญญาณความถี่ 479.5 เมกะเฮิรตซ์ ถูกกำจัดทิ้งไป คงเหลือแต่สัญญาณเบสแบนด์ที่มีองค์ประกอบของพาหะสัญญาณภาพ, พาหะสัญญาณเสียง และสัญญาณควบคุมต่างๆ ที่จำเป็น

สัญญาณที่ได้จากจูนเนอร์จะผ่านบัฟเฟอร์ สัญญาณที่จุดนี้คือ สัญญาณเบสแบนด์ที่มีองค์ประกอบของสัญญาณพาหะภาพ และสัญญาณพาหะเสียง โดยปกติแล้วจะมีระดับแรงดันของสัญญาณประมาณ 250 มิลลิโวลต์จากยอดถึงยอด และสัญญาณเบสแบนด์ส่วนหนึ่งถูกขยายและต่อออกไปยังเอาต์พุตเบสแบนด์ กระบวนการในการถ่ายทอดสัญญาณภาพ จะเริ่มจากการนำเอาสัญญาณเบสแบนด์มาผ่านวงจรดีเอ็มฟาซีส เนื่องมาจาก ในระบบการส่งสัญญาณภาพนั้น จะผ่านวงจรปรีเอ็มฟาซีส เพื่อรักษาระดับของอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนให้มีคุณภาพที่ดี โดยการกดระดับสัญญาณความถี่ที่ต่ำกว่าระดับสัญญาณที่ต้องการ และยกระดับสัญญาณที่ต้องการให้มีระดับที่สูงขึ้น ดังนั้น ในภาครับจึงต้องมีการดึงระดับสัญญาณให้กลับมาอยู่ในระดับปกติ โดยการใช้วงจรดีเอ็มฟาซีสนั่นเอง

วิธีการนี้จะทำให้ค่าของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนมีค่าดีขึ้นประมาณ 2 เดซิเบล สัญญาณที่ผ่านการดีเอ็มฟาซีสแล้วจะถูกลดทอนลงไปบ้าง จึงต้องมีการขยายสัญญาณให้มีระดับสูงขึ้น ในระบบการส่งสัญญาณดาวเทียมนั้น ช่วงของความถี่ที่เป็นพาหะของสัญญาณภาพจะเป็นช่วงของความถี่ต่ำ โดยถ้าเป็นมาตรฐานของระบบ NTSC จะใช้ช่วงกว้างของสัญญาณภาพที่ 0-4.2 เมกะเฮิรตซ์ ถ้าเป็นมาตรฐานของระบบ PAL-G จะใช้ที่ช่วงความถี่ของสัญญาณภาพที่ 0-5 เมกะเฮิรตซ์ และระบบ PAL-I จะใช้ช่วงสัญญาณภาพที่ 0-5.5 เมกะเฮิรตซ์ สำหรับในประเทศไทยนั้น ใช้ระบบ PAL เป็นมาตรฐานเช่นกัน โดยใช้มาตรฐานของระบบ PAL-B จะเห็นได้ว่าความถี่เบสแบนด์ที่ได้เลือกมานั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงความถี่ 0-5 เมกะเฮิรตซ์ จะเป็นช่วงของสัญญาณพาหะภาพ ซึ่งจะมีความถี่พาหะย่อยของสัญญาณภาพที่ความถี่ 4.43 เมกะเฮิรตซ์ส่วนช่วงความถี่สูงกว่า 5 เมกะเฮิรตซ์ จนถึงประมาณ 10 เมกะเฮิรตซ์ จะเป็นช่วงความถี่พาหะสัญญาณเสียง ซึ่งมีความถี่พาหะย่อยของสัญญาณเสียงอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 6.5 เมกะเฮิรตซ์ สำหรับระบบโมโน ส่วนถ้าเป็นระบบสเตอริโอ สัญญาณพาหะย่อยของเสียงจะมีความถี่อยู่หลายช่องความถี่ด้วยกัน ซึ่งในแต่ละช่องความถี่จะมีค่าของความถี่ประมาณ 180 กิโลเฮิรตซ์ ดังนั้น สัญญาณที่ผ่านการดีเอ็มฟาซีสแล้ว จะต้องผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน คือ กรองเอาสัญญาณพาหะภาพในช่วง 0-5 เมกะเฮิรตซ์ ออกมา ส่วนพาหะของสัญญาณเสียงจะไม่สามารถผ่านไปได้ สัญญาณพาหะภาพจะถูกแยกเอาสัญญาณพาหะออกและขยายสัญญาณภาพโดยวงจรขยายความแตกต่างของสัญญาณภาพ สัญญาณที่ได้ในขณะนี้จะเป็นสัญญาณรวมของภาพเท่านั้น

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

ส่วนกระบวนการในการถอดสัญญาณเสียง เริ่มจากสัญญาณเบสแบนด์ซึ่งประกอบไปด้วยสัญญาณวิดีโอคอมโพสิต และพาหะย่อยของเสียงถูกส่งมายังภาคบัฟเฟอร์ ซึ่งทำหน้าที่รักษาขนาดของสัญญาณให้คงที่ จากนั้น จะส่งสัญญาณผ่านไปยังแบนด์พาสฟิลเตอร์ ซึ่งยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ในช่วง 5.00-8.50 เมกะเฮิรตซ์ ผ่านไปได้เท่านั้น ซึ่งสัญญาณความถี่ในช่วง 5.00-8.50 เมกะเฮิรตซ์ นี้ เป็นพาหะย่อยของเสียง เมื่อผ่านการฟิลเตอร์แล้ว ขนาดของสัญญาณจะถูกลดทอนลง จึงจำเป็นต้องขยายกำลังของสัญญาณให้แรงขึ้น พาหะย่อยของเสียงจะถูกส่งไปยังมิกเซอร์ ซึ่งทำหน้าที่รวมหรือหักล้างสัญญาณระหว่างพาหะย่อยของเสียงย่านความถี่ 5.00-8.50 เมกะเฮิรตซ์ กับความถี่ย่าน 15.7-19.2 เมกะเฮิรตซ์ ที่ได้จากออสซิลเลเตอร์ชนิดควบคุมแรงดัน (VCO) ได้เอาต์พุตเป็นความถี่ไอเอฟ 10.7 เมกะเฮิรตซ์ ออสซิลเลเตอร์นี้จะถูกควบคุมด้วย วงจรปรับช่องสัญญาณดาวเทียม ความถี่ไอเอฟที่ได้จากเอาต์พุตของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิกเซอร์ จะถูกส่งมายังวงจรกรองแถบความถี่ผ่านย่าน 10.7 เมกะฮิรตซ์ ซึ่งยอมให้ความถี่ไอเอฟ 10.7 เมกะเฮิรตซ์ ผ่านได้เท่านั้น จากนั้นความถี่ไอเอฟ 10.7 เมกะเฮิรตซ์ นี้ จะถูกส่งมายังภาคเอฟเอ็มดิเทคเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่แยกสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณพาหะ สัญญาณของภาคเอฟเอ็มดิเทคเตอร์ส่วนหนึ่งจะถูกป้อนกลับไปยังภาคออสซิลเลเตอร์เพื่อควบคุมออสซิลเลเตอร์ให้ทำงานอย่างมีเสถียรภาพ เอาต์พุตของภาคเอฟเอ็มดิเทคเตอร์จะเป็นสัญญาณเสียงและถูกส่งมายังภาคดีเอ็มฟาซีสเพื่อลดทอนสัญญาเสียงในช่วงความถี่สูงให้มีลักษณะเหมือนสัญญาณเดิมก่อนการปรีเอ็มฟาซีส จากนั้นจะขยายสัญญาณเสียงให้มีกำลังมากขึ้น

สัญญาณรวมของภาพ และสัญญาณเสียงที่ได้ จะถูกนำมามอดูเลตกับความถี่พาหะในย่าน VHF หรือ ย่าน UHF โดยใช้อาร์เอฟมอดูเลเตอร์ ก่อนที่จะถูกส่งผ่านสายโคแอกเชียลไปยังเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ต่อไป

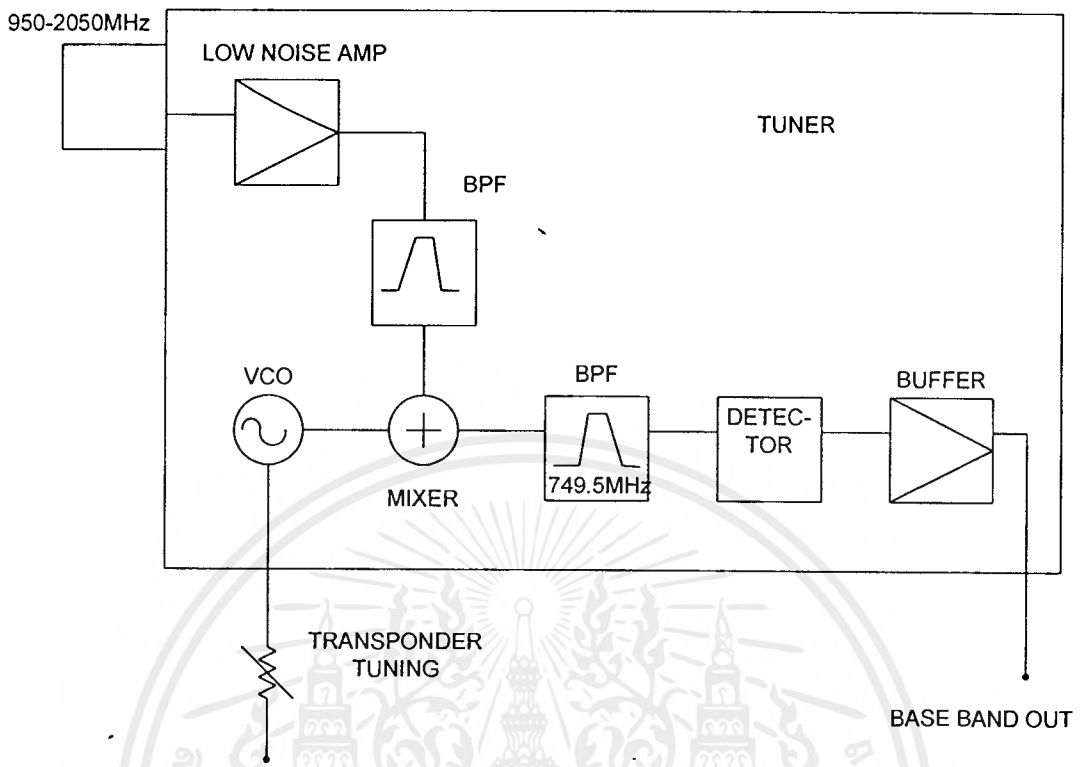
3.2 ภาคประมวลผลสัญญาณภาพ

3.2.1 วงจรจูนเนอร์ (DBS Tuner)

ในส่วนของเครื่องรับที่ออกแบบ จะใช้จูนเนอร์ของบริษัท แฟร์ไชด์ ซึ่งสามารถรับได้ตั้งแต่ช่วงความถี่ 950-2,050 MHz คือ สามารถรับสัญญาณได้ทั้งย่านความถี่ C-Band และ Ku-Band แผนผังการทำงานของวงจรจูนเนอร์ แสดงดังรูปที่ 3.3

การทำงานของจูนเนอร์ตามแผนผังการทำงานจะมีดังนี้ เริ่มจากสัญญาณความถี่อันดับหนึ่งจาก LNB ความถี่ช่วง 950-2,050 เมกะเฮิรตซ์ เข้ามายังจูนเนอร์ สัญญาณดังกล่าวจะถูกส่งเข้าสู่วงจรขยายที่ให้สัญญาณรบกวนต่ำ (LNA) วงจรขยาย LNA จะทำหน้าที่เป็นวงจรขยายให้กับสัญญาณที่รับเข้ามาจากระบบ LNB ซึ่งส่งผ่านสายนำสัญญาณเข้ามา ถ้าหากสัญญาณที่ส่งผ่านสายนำสัญญาณเกิดการสูญเสีย หรือเกิดสัญญาณรบกวนขึ้นในระบบ วงจรขยาย LNA จะทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณให้ความแรงเพียงพอ และกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นนั้นด้วยเมื่อขยายสัญญาณเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงส่งผ่านวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ เพื่อจะให้ความถี่ในย่านความถี่ของระบบดาวเทียมส่งผ่านไป แบนด์พาสฟิลเตอร์หรือระบบเลือกย่านความถี่ คือ ระบบเลือกย่านความถี่ว่าจูนเนอร์ตัวนั้น จะเป็น C-Band หรือ Ku-Band

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของวงจรจูนเนอร์ของบริษัท แฟร์ไชด์

ถ้าหากว่าจะให้รับได้ทั้ง 2 ย่านความถี่ วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์จะส่งผ่านความถี่ได้ตั้งแต่ 950-2,050 เฮิรตซ์ หรือส่งได้ตลอดย่านของการแพร่คลื่นสำหรับคลื่นเพื่อการรับชมโดยตรงความถี่กลางอันดับหนึ่งที่ออกจากแบนด์พาสฟิลเตอร์แล้วจะถูกส่งเข้าสู่วงจรบีต (Beat) ความถี่เพื่อการรับเลือกสถานีหนึ่งๆ โดยวงจรกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน จะทำการผลิตความถี่เข้ามาบีตกับความถี่ช่องต่างๆ ในระหว่าง 950-2,050 เมกะเฮิรตซ์จะพบว่าเมื่อมีการปรับแรงดันผ่าน โพเทนชิโอมิเตอร์เข้าไปยังวงจรดังกล่าวนี้ จะผลิตความถี่สูงต่ำได้ตามค่าแรงดันไฟฟ้า ซึ่งความถี่ที่ผลิตจะอยู่ในช่วง 1,429-2,529.5 เมกะเฮิรตซ์ ความถี่ที่ผลิตได้นี้จะถูกส่งไปบีตเข้ากับความถี่ที่มาจาก LNB เพื่อจะให้กำเนิดเป็นความถี่กลางอันดับสอง 479.5 เมกะเฮิรตซ์ ออกมดังนั้นไม่ว่าความถี่สถานีไหนหรือทรานสปอนเดอร์ได้ส่งเข้ามาวงจรออสซิลเลเตอร์จะผลิตความถี่ขึ้นมาสูงกว่าความถี่ของช่องสถานีที่รับเข้ามาอยู่ 479.5 เมกะเฮิรตซ์ เพื่อส่งเข้าไปผสมสัญญาณในรูปของการบีตสัญญาณ เพื่อให้ความถี่ดังกล่าวนั้นกลายเป็นความถี่กลางอันดับสอง ซึ่งเท่ากับ 479.5 เมกะเฮิรตซ์ ก่อนส่งผ่านวงจรกรองความถี่แบบซอว์(Saw Filter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อกรองเอาเฉพาะความถี่กลางอันดับสองที่มีค่าของความกว้างแถบความถี่ประมาณ 27 เมกะเฮิรตซ์ไปใช้งานสาเหตุที่ต้องใช้วงจรกรองความถี่แบบซอว์หรือวงจรคอมบ์ฟิลเตอร์ (Comb Filter) เพื่อจะให้สัญญาณภาพ และเสียงสามารถที่จะส่งออกไปได้เป็นภาพ และเสียงที่มีความใส เพื่อให้ภาพที่ออกมาเป็นภาพที่เร้าใจ และเพื่อให้เสียงที่ส่งออกไปเป็นเสียงที่ใสชัดเจนนั่นคือจะทำให้ระบบภาพและเสียงมีความสมบูรณ์แบบที่สุด สัญญาณไอเอฟที่ออกจากวงจรกรองความถี่แบบซอว์จะถูกขยายให้มีความแรงสูงขึ้น จากนั้นจะถูกส่งไปยังวงจรเอฟเอ็มดีมอดูเลเตอร์ เนื่องจากสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมนั้น ระบบการผสมสัญญาณภาพจะเป็นแบบเอฟเอ็ม ดังนั้น สัญญาณภาพที่ได้จึงมีความคมชัดสูง สัญญาณที่ได้จากวงจรเอฟเอ็มดีมอดูเลเตอร์จะมีทั้งสัญญาณภาพ และสัญญาณเสียงผสมกันอยู่ ซึ่งเราเรียกสัญญาณนี้ว่าสัญญาณเบสแบนด์ (Base Band Output : BB. OUT) ซึ่งอยู่ในช่วง 0-10 เมกะเฮิรตซ์ สัญญาณเบสแบนด์นี้จะถูกส่งออกจากตัวจูนเนอร์เพื่อป้อนไปยังวงจรภาคต่างๆ ต่อไปโดยปกติแล้วสัญญาณเบสแบนด์จะมีระดับแรงดันของสัญญาณประมาณ 250 มิลลิโวลต์ยอดถึงยอด วงจรภายในแผนผังการทำงานที่กล่าวข้างต้น ถูกออกแบบให้รวมกันอยู่ในกระป๋องเหล็กเล็กๆ มีขายื่นออกมาเพียงไม่กี่ขาเท่านั้น ซึ่งทำให้สะดวกในการต่อใช้งานเป็นอย่างมาก

3.2.2 วงจรเลือกช่องสถานี (Transponder Tuning)

การเลือกรับสัญญาณดาวเทียมทรานสปอนเดอร์ใดนั้น วิธีที่ง่ายที่สุด คือ การใช้ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ ในการปรับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนไปบังคับการทำงานของ VCO ภายในจูนเนอร์ให้ผลิตความถี่สูงกว่าความถี่ที่รับเข้ามาอยู่เท่ากับความถี่กลางอันดับสอง 479.5 เมกะเฮิรตซ์ สำหรับวงจรที่ใช้ในโครงงานนี้ แสดงดังรูปที่ 3.4

หลักการทำงานของวงจรเลือกช่องมีดังนี้คือในการเลือกรับสัญญาณดาวเทียมทรานสปอนเดอร์ใดนั้น จะตั้ง VR_1-VR_8 ในการเลือกรับสัญญาณแต่ละทรานสปอนเดอร์ และใช้ IC_7 เบอร์ 4051 ซึ่งเป็นไอซี Single 8 channel Analog Multiplexer/Demultiplexer ในการเลือกตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ตัวใดตัวหนึ่งที่ต้องการให้ทำงาน

การทำงานโดยละเอียด มีดังนี้ คือ เมื่อเปิดเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมVR_8 จะถูกเลือกใช้งานเป็นอันดับแรก ซึ่งถูกกำหนดโดย IC_9 และตัวแสดงผลจะแสดงเป็นเลข8 ในการเลือกช่องอื่นๆ นั้น สามารถทำได้โดยการกดปุ่ม Up หรือปุ่ม Down ซึ่งจะสามารเพิ่มหรือลดช่องสถานีได้โดยถ้ากดแล้วปล่อยจะเพิ่มหรือลดช่องสถานีได้ครั้งละ 1 สถานีแต่ถ้าหาก

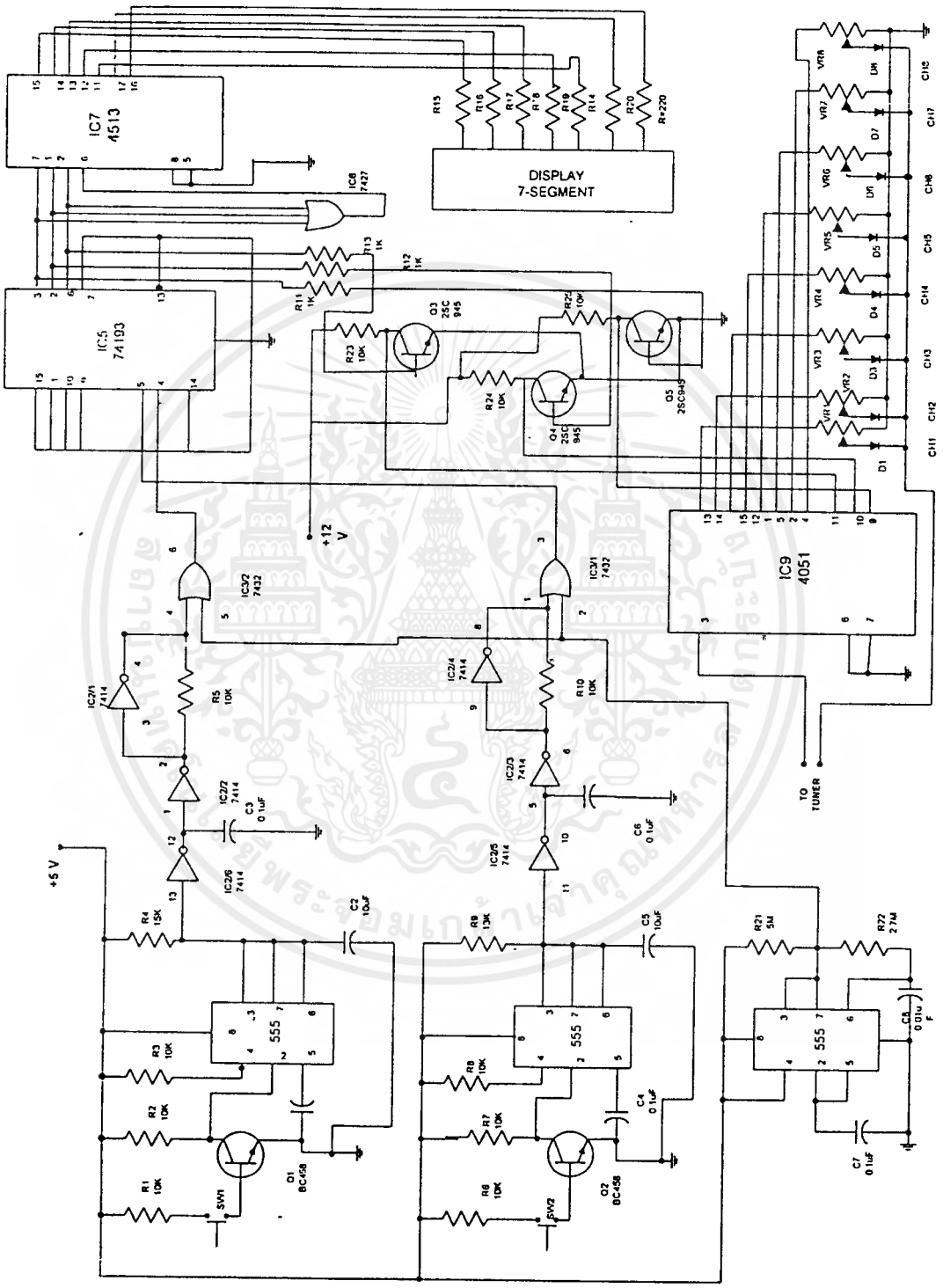
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 การทำงานของวงจรเลือกช่องสถานี

เอาต์พุตของไอซี 74193			อินพุตของไอซี 4051			เอาต์พุตของไอซี 4051	ตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ถูกติดต่อ
QC	QB	QA	C	B	A		
0	0	0	1	1	1	X7	VR_8
0	0	1	0	1	1	X3	VR_1
0	1	0	1	0	1	X5	VR_2
0	1	1	0	0	1	X1	VR_3
1	0	0	1	1	0	X6	VR_4
1	0	1	0	1	0	X2	VR_5
1	1	0	1	0	0	X4	VR_6
1	1	1	0	0	0	X0	VR_7

กดค้าง การเพิ่ม หรือลดสถานีจะเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ จนกว่าจะหยุดการกดปุ่ม จากวงจรเมื่อกดปุ่ม Up แล้วก็จะเป็นการไบอัสตรงให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 เบอร์ BC458 นำกระแส เป็นการป้อนสัญญาณทริกเกอร์พัลส์แบบลบเข้าที่ขา 2 ของไอซีเบอร์ 555 ซึ่งถูกใช้งานเป็น วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ทำให้ได้พัลส์รูปสี่เหลี่ยมออกมาที่ขา 3 ของไอซี วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ นี้ถูกใช้เป็นวงจรที่ทำหน้าที่แก้การสัมผัสต่อกันหลายครั้งของสวิตซ์ในการกดสวิตซ์ 1 ครั้งเอาต์พุตบวกที่ได้จากขา 3 ของไอซี 555 จะถูกกลับเฟสสัญญาณด้วยไอซีนอตเกต เบอร์ 7414 ให้ได้เอาต์พุตลบ ซึ่งสัญญาณเอาต์พุตลบนี้จะถูกนำมาบวกกับเอาต์พุตที่ได้จาก IC_8 เบอร์ 555 ซึ่งถูกใช้งานเป็นวงจรอะสเตเบิลมัลติไว-เบรเตอร์ ถ้าอินพุตของไอซีออเกต เบอร์ 7432 นั้นเป็นโลจิก 0 ทั้งคู่ ซึ่งคือ มีการกดปุ่ม และเอาต์พุตของวงจรอะสเตเบิล ในขณะนี้มีค่าเป็นโลจิก 0 ภายหลังจากที่อินพุตของไอซีออเกตขาใดขาหนึ่งไปเป็นโลจิก 1 จะทำให้เกิดขอบขาขึ้นที่ขาเอาต์พุต ของไอซีออเกต และเป็นการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



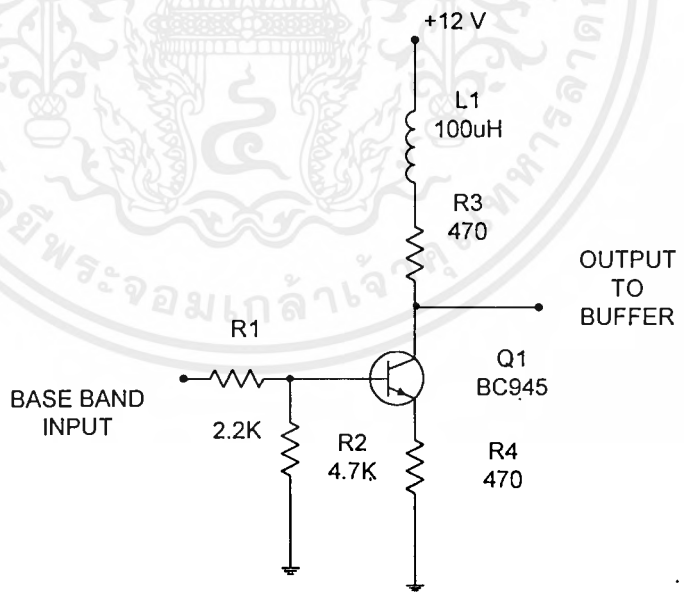
รูปที่ 3.4 วงจรเลือกช่องสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทริกขอบขาทำให้ไอซีเบอร์ 74193 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรนับขึ้น นับลง ทำการนับขึ้นหนึ่งครั้ง เป็นการควบคุมให้เปลี่ยนช่องไป 1 ช่องโดยเลื่อนขึ้นส่วนการเลื่อนช่องลงนั้นทำได้โดยการกดปุ่ม Down ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานได้คล้ายคลึงกันเพียงแต่จะแตกต่างกันตรงที่เอาต์พุตที่ออกจากออเกต จะทริกให้ไอซี เบอร์ 74193 ทำการนับลง 1 ครั้ง ซึ่งจะทำการเปลี่ยนช่องไป 1 ช่อง โดยจะเลื่อนลง IC_4 เบอร์ 4512 ซึ่งเป็นไอซี BCD to 7 Segment Latch/Decoder/Driver ซึ่งทำหน้าที่ขับ LED 7-Segment ให้แสดงผลเป็นเลขต่างๆ อีกส่วนหนึ่งจะเป็นตัวขับให้ Q_1, Q_2 และ Q_3 ทำงาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ สภาวะโลจิกที่เข้ามา ซึ่งเอาต์พุตที่ได้จาก Q_1, Q_2 และ Q_3 จะเป็นอินพุตให้กับขา 9, 10 และ 11 ของ IC7 เบอร์ 4051 เป็นไอซี Single 8 channel Analog Multiplexer/Demultiplexer ทำหน้าที่เลือกให้ VR_1ถึงVR_8 ตัวใดตัวหนึ่งทำงาน ตารางการทำงานของวงจรจะแสดงตามตามรางที่ 3.1

3.2.3 วงจรขยายสัญญาณเบสแบนด์ (Baseband Amplifier)

วงจรนี้จะใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เบอร์ BC945 ต่อแบบคอมมอนอีมิเตอร์ ดังรูปที่ 3.5



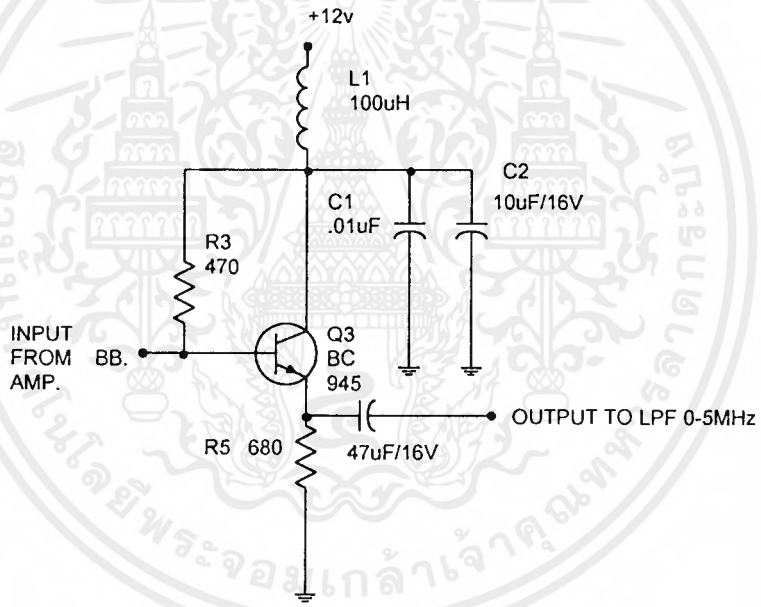
รูปที่ 3.5 วงจรขยายสัญญาณเบสแบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเบสแบนด์ ประกอบด้วยสัญญาณวิดีโอคอมโพสิต และสัญญาณพาหะย่อยของเสียง ซึ่งได้มาจากจูนเนอร์ จะถูกขยายด้วยทรานซิสเตอร์ เพื่อให้สัญญาณมีความแรงมากยิ่งขึ้น จากนั้นจะถูกส่งไปยังภาคบัฟเฟอร์ต่อไป

3.2.4 วงจรกันชนสัญญาณเบสแบนด์

วงจรนี้จะใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เบอร์ BC945 ต่อเป็นวงจรคอลเลคเตอร์ร่วม ดังรูปที่ 3.6 วงจรบัฟเฟอร์ ทำหน้าที่รักษาขนาดของสัญญาณเบสแบนด์ให้คงที่ ก่อนส่งผ่านสัญญาณไปยังวงจรดีเอ็มฟาซีสต่อไป

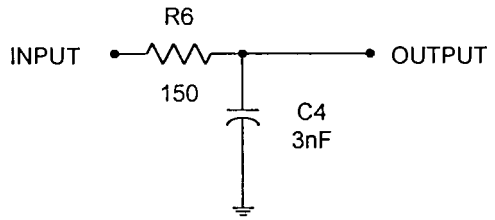


รูปที่ 3.6 วงจรกันชนสัญญาณเบสแบนด์

3.2.5 วงจรดีเอ็มฟาซีส (De-emphasis)

ใช้ R6 และ C4 ต่อเป็นวงจรดีเอ็มฟาซีส ดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

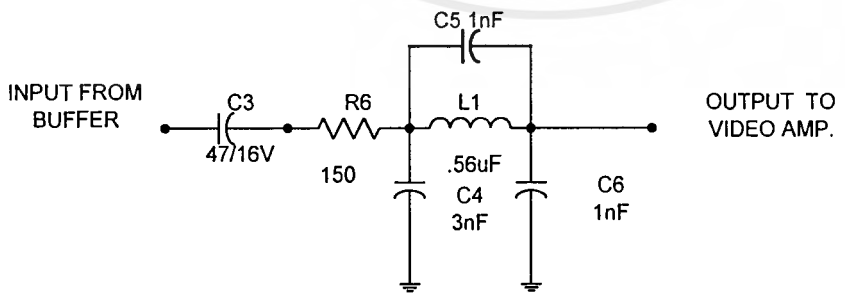


รูปที่ 3.7 วงจรดีเอ็มฟาซีส

เนื่องมาจากในระบบการส่งสัญญาณภาพนั้นจะผ่านวงจรปรีเอ็มฟาซีส เพื่อรักษาระดับของอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนให้มีคุณภาพที่ดี ซึ่งทำได้โดยการกดระดับสัญญาณความถี่ที่ต่ำกว่าระดับสัญญาณที่ต้องการ และยกระดับสัญญาณที่ต้องการให้มีระดับที่สูงขึ้น ดังนั้น ในภาครับจึงต้องมีการดึงระดับสัญญาณให้กลับมาอยู่ในระดับปกติ โดยใช้วงจรดีเอ็มฟาซีส จากรูป สัญญาณที่คัปปลิ้งผ่าน C3 จะเข้าสู่วงจรดีเอ็มฟาซีส โดย R6 และ C4 สัญญาณที่ผ่านการดีเอ็มฟาซีสแล้วจะถูกส่งไปยังวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์ต่อไป

3.2.6 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน

จากวงจรจะใช้ฟิลเตอร์เป็นชนิดพาซีส (Passive Filter) ซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ ดังรูปที่ 3.8



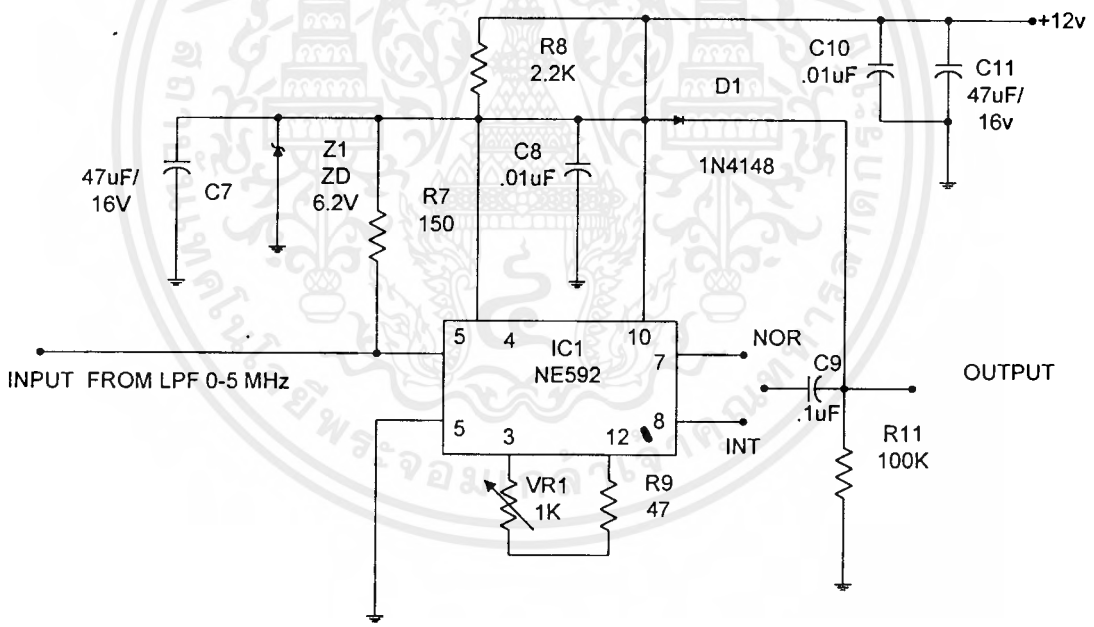
รูปที่ 3.8 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านนี้จะกรองเอาเฉพาะความถี่ช่วง 0-5 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นช่วงของสัญญาณภาพพาหะภาพ ซึ่งจะมีความถี่พาหะย่อยของสัญญาณภาพที่ความถี่ 4.43 เมกะเฮิรตซ์ ส่วนสัญญาณพาหะของเสียงซึ่งสูงกว่า 5 เมกะเฮิรตซ์ จะไม่สามารถผ่านไปได้ จากรูป วงจรจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านประกอบด้วย C4 และ L5 โดยมี C5 ทำหน้าที่คัปปลิ้งสัญญาณความถี่สูงในช่วง 0-5 เมกะเฮิรตซ์ และ C6 ทำหน้าที่บายพาสสัญญาณความถี่ที่สูงกว่า 5 เมกะเฮิรตซ์ สัญญาณที่ออกมา คือ สัญญาณพาหะของภาพ ซึ่งถูกส่งเข้าไปยังวิดีโอแอมป์ต่อไป

3.2.7 วงจรขยายภาพและเสียง(Video Amplifier)

วงจรขยายภาพและเสียง ในที่นี้ใช้ไอซีเบอร์ NE 592 ในการขยายสัญญาณ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 วงจรขยายภาพและเสียง

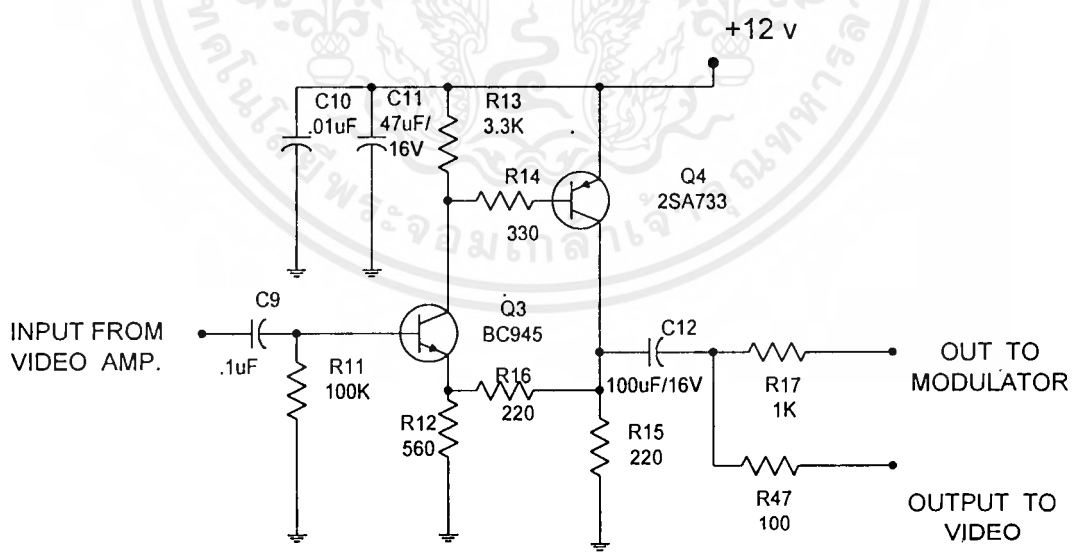
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซีเบอร์ NE 592 ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายความแตกต่างของสัญญาณภาพ สัญญาณที่ได้ในขณะนี้จะเป็นสัญญาณรวมของภาพเท่านั้น

อัตราการขยายของสัญญาณภาพนั้น สามารถที่จะกำหนดได้ด้วยการปรับค่าความต้านทาน VR1 ซึ่งเป็นตัวควบคุมอัตราการขยายของสัญญาณภาพ และส่วนเอาต์พุตจะมีอยู่ 2 ขา คือขา 7 และขา 8 จะเป็นเอาต์พุตที่มีลักษณะตรงข้ามกัน อันเนื่องมาจากการส่งสัญญาณในย่านความถี่ C-Band จะใช้สัญญาณเอาต์พุตที่ขา 7 ซึ่งเป็นสัญญาณที่ไม่มีการกลับเฟส และถ้าเป็นความถี่ในย่าน Ku-Band จะใช้สัญญาณที่ขา 8 เป็นสัญญาณที่มีการกลับเฟส ซึ่งเป็นสัญญาณที่ตรงกันข้ามกับขา 7 อยู่ 180 องศา เพื่อป้องกันการเกิดการรบกวนข้ามช่องกันระหว่างสัญญาณทั้งสองย่านความถี่นั่นเอง สัญญาณที่ออกมาจากภาคขยายสัญญาณวิดีโอนี้จะถูกส่งไปยังวงจรขยายสัญญาณด้วยทรานซิสเตอร์ต่อไป

3.2.8 วงจรขยายสัญญาณด้วยทรานซิสเตอร์ (Transister Video Amplifier)

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



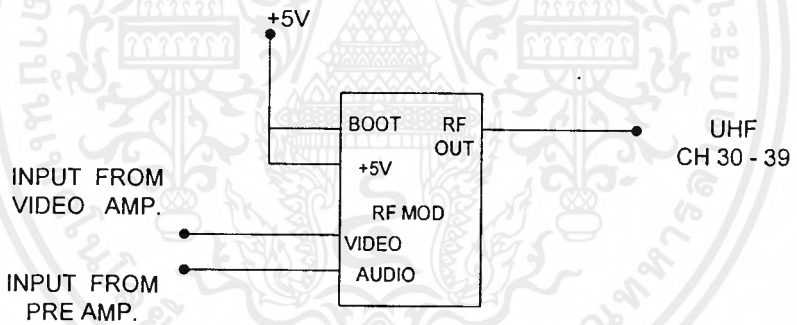
รูปที่ 3.10 วงจรขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

3.2.9 วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ (RF Modulator)

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



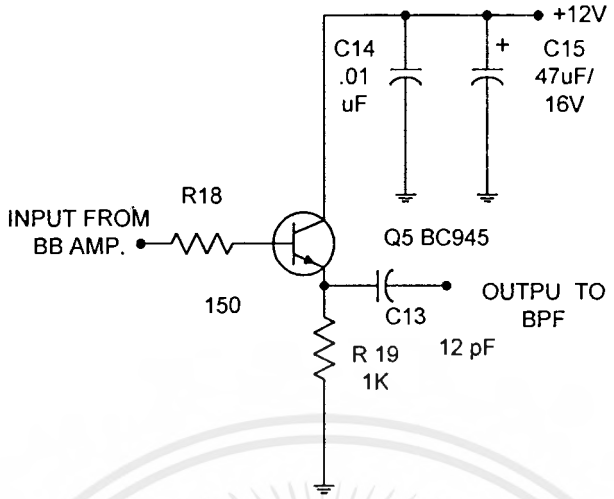
รูปที่ 3.11 วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์

3.3 ภาคประมวลผลสัญญาณเสียง

3.3.1 วงจรกันชนสัญญาณเบสแบนด์ (Baseband Buffer Circuit)

สัญญาณเบสแบนด์ ย่านความถี่ 0-10 เมกะเฮิรตซ์ จะถูกส่งเข้าสู่ทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN เบอร์ BC945 ซึ่งต่อเป็นวงจรกันชน ดังรูปที่ 3.12

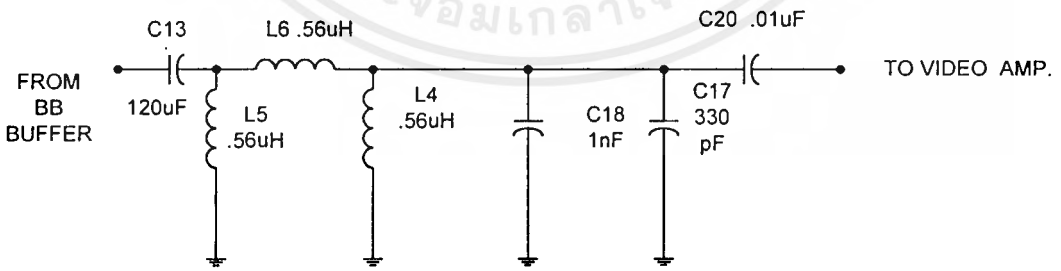
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 วงจรกันชนสัญญาณเบสแบนด์

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

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

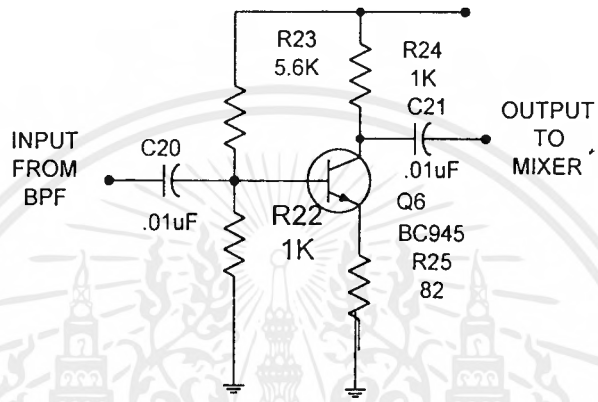


รูปที่ 3.13 วงจรกรองแถบความถี่ผ่านที่มีความถี่ย่าน 5-8 เมกะเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ผ่านการกรองความถี่แล้วจะอยู่ในช่วง 5-8 เมกะเฮิรตซ์ จะถูกส่งไปยังวงจรขยายสัญญาณต่อไป

3.3.3 วงจรขยายสัญญาณด้วยทรานซีสเตอร์ (Transister Video Amplifier)



รูปที่ 3.14 วงจรขยายสัญญาณ

ใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เบอร์ BC945 มาเป็นตัวขยายสัญญาณ ดังรูปที่ 3.14 สัญญาณที่ผ่านการขยายแล้ว จะถูกส่งไปเป็นอินพุตให้กับวงจรมิกเซอร์ต่อไป

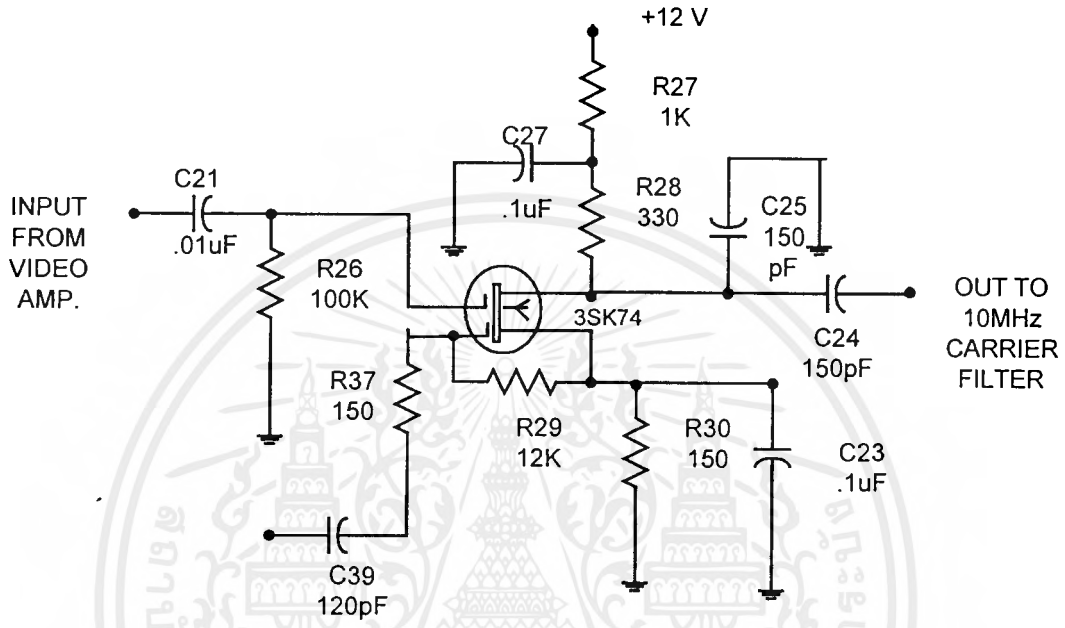
3.3.4 วงจรผสมสัญญาณ (Mixer Circuit)

ใช้มอสเฟทเกทคู่ชนิด N Channel เบอร์ 3SK74 ต่อเป็นวงจรผสมสัญญาณ ดังรูปที่ 3.15

โดยเกทอันที่หนึ่งจะรับสัญญาณความถี่คลื่นพาหะย่อยของสัญญาณเสียงในย่าน 5.00-8.50 เมกะเฮิรตซ์ และเกทอันที่สองจะรับความถี่ของออสซิลเลเตอร์ย่าน 15.7-19.2 เมกะเฮิรตซ์ จากนั้นนำสัญญาณทั้งสองมารวมกัน จะได้เอาต์พุตเป็นความถี่กลาง 10.7 เมกะเฮิรตซ์ อย่างไรก็ตาม หลักการของการรวมความถี่ที่ดี ความถี่ของออสซิลเลเตอร์จะต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงกว่าความถี่พาหะย่อยของเสียง เพื่อป้องกันการรบกวนของความถี่ฮาร์โมนิกส์ และความถี่ของออสซิลเลเตอร์ต้องมีขนาดสูงกว่าความถี่คลื่นพาหะย่อยของเสียง



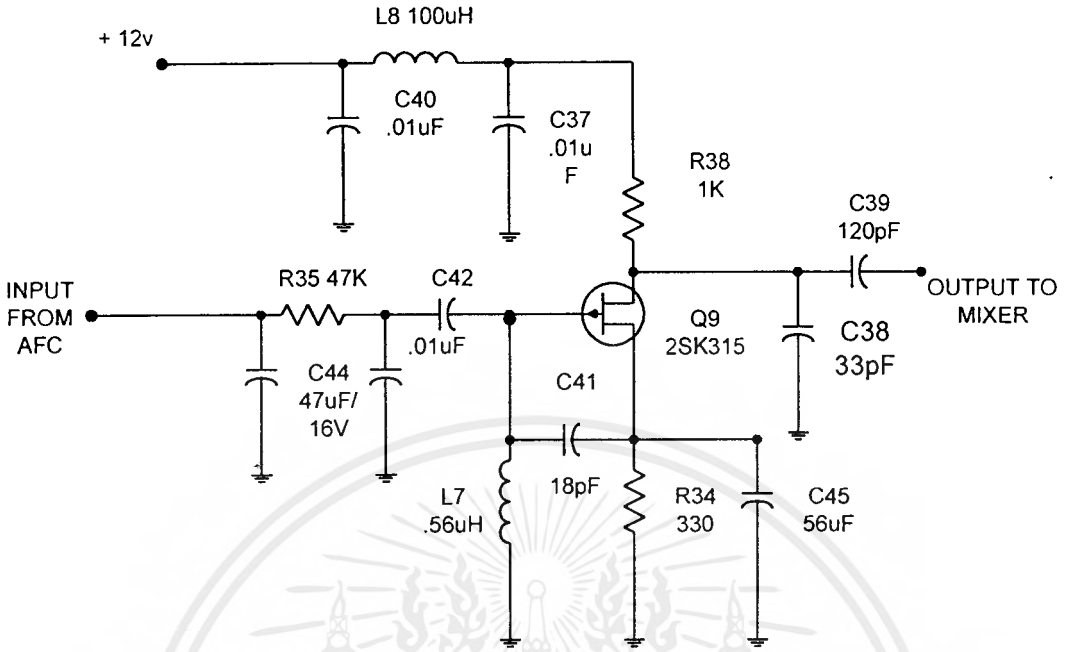
รูปที่ 3.15 วงจรผสมสัญญาณ

3.3.5 วงจรออสซิลเลเตอร์ชนิดควบคุมด้วยแรงดัน (Voltage Controlled Oscillator)

ใช้มอสเฟทชนิด N Channel เบอร์ 2SK315 ต่อเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ ชนิดควบคุมด้วยแรงดันดังรูปที่3.16

โดยมี C42 และ L7 ทำหน้าที่กำหนดความถี่, D3 เป็นวาริแคปไดโอด ใช้ในการเปลี่ยนความถี่ โดยการเปลี่ยนความถี่ของออสซิลเลเตอร์ สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแรงดันไบอัสที่ป้อนให้วาริแคปไดโอด ทำให้ค่าความจุของไดโอดเปลี่ยนแปลง เป็นผลทำให้ความถี่เรโซแนนท์เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย และทางด้านอินพุตจะเป็นการป้อนกลับจากภาคเอฟเอ็มดิเทคเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมให้วงจรออสซิลเลเตอร์ผลิตความถี่ได้อย่างถูกต้อง, ชดเชยการเลื่อนความถี่ และลดความไม่เที่ยงตรงในการจูนความถี่

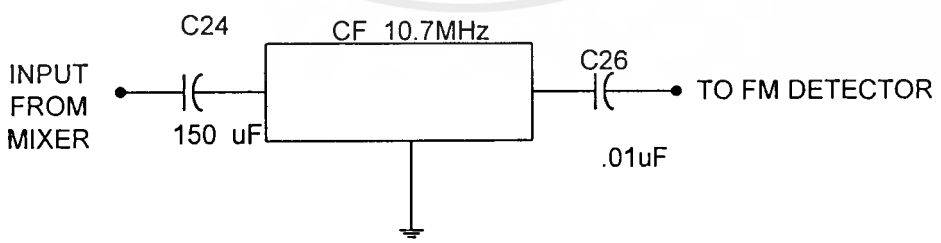
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 วงจร VCO

3.3.6 วงจรกรองแถบความถี่ย่าน 10.7 เมกะเฮิรตซ์ ผ่าน (Band Pass Filter 10.7 MHz)

ใช้เซรามิคฟิลเตอร์เป็นตัวทำหน้าที่ให้สัญญาณที่มีความถี่ 10.7 เมกะเฮิรตซ์ผ่านไปได้ ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 วงจรกรองแถบความถี่ 10.7 MHz ผ่าน

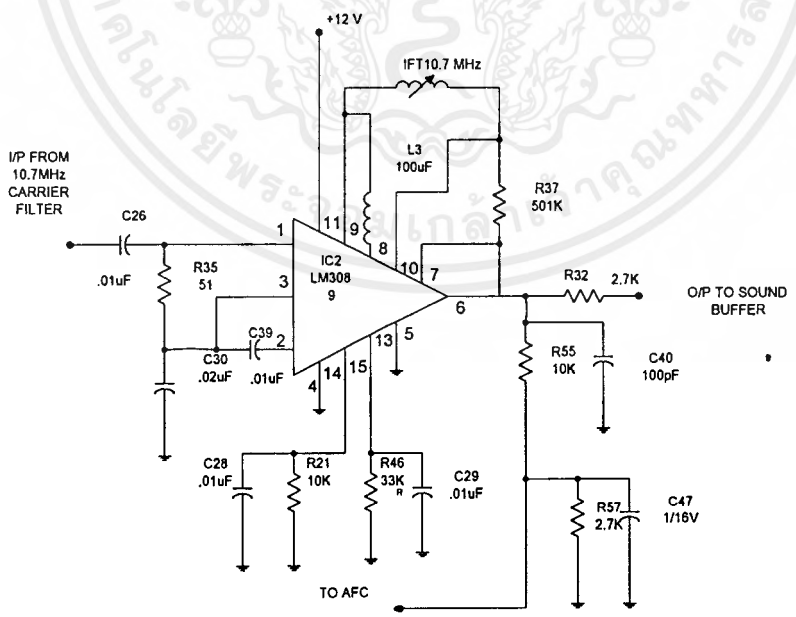
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซรามิคฟิลเตอร์ที่ใช้มีให้เลือกทั้งแบบย่านกว้าง และแบบย่านแคบ

3.3.7 วงจรเอฟเอ็มดิเทคเตอร์ (FM Detector)

ใช้ไอซีเบอร์ LM 3089 ทำหน้าที่แยกสัญญาณเสียงออกจากคลื่นพาหะความถี่กลาง ความถี่ 10.7 เมกะเฮิรตซ์ วงจรเอฟเอ็มดิเทคเตอร์แสดงดังในรูปที่ 3.18

ความถี่ไอเอฟของเสียงย่าน 10.7 เมกะเฮิรตซ์ จะถูกส่งเข้าสู่อินพุตที่ขา 1 ของไอซี เพื่อทำการขยายสัญญาณไอเอฟให้มีความแรงมากขึ้น โดยใช้วงจรขยายไอเอฟ ซึ่งมีถึง 6 วงจรภายในตัวไอซี สัญญาณไอเอฟที่ได้จากวงจรขยายความถี่นั้นจะถูกส่งออกมา และแยกออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกจะส่งให้กับวงจรควอดเดรเจอร์ดีเทคเตอร์ภายในไอซี อีกส่วนจะส่งออกทางขา 8 เพื่อใช้ในการดิเท็คสัญญาณ และจะนำสัญญาณไอเอฟที่ได้จากขา 8 มาเลื่อนเฟสสัญญาณโดยอาศัยขดลวดขนาด 100 ไมโครเฮนรี เป็นตัวเลื่อนเฟสสัญญาณ ก่อนที่จะส่งกลับเข้าสู่ขา 9 ของไอซีอีกครั้ง ซึ่งจะสังเกตว่าสัญญาณในขณะนี้เป็นสัญญาณคลื่นไซน์จะส่งเข้าสู่วงจรควอดเดรเจอร์ดีเท็คเตอร์ ทำให้เกิดคลื่นรูปสี่เหลี่ยมเพื่อใช้ในการตรวจสอบ ซึ่งสัญญาณดังกล่าว



รูปที่ 3.18 วงจรเอฟเอ็มดีเท็คเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกส่งออกจากไอซีทางขา 10 เพื่อนำเคลื่อนรูปสี่เหลี่ยมไปเปรียบเทียบกับคลื่นไซน์ที่เข้ามาทางขา 9 เมื่อมีการนำเอาสัญญาณทั้งสองมาเปรียบเทียบกับแรงไฟอ้างอิงภายใน จะเกิดกระแสตามลักษณะผลต่างทางเฟสขึ้น

วิธีดังกล่าวนี้เป็นวิธีการดิเท็คสัญญาณ เพื่อเปลี่ยนจากสัญญาณความถี่ไอเอฟกลับมาเป็นสัญญาณความถี่เสียง ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า หากเมื่อความถี่ไอเอฟที่เข้ามามีความถี่ 10.7 เมกะเฮิรตซ์อย่างเดียว สัญญาณจะหักล้างกันหมด จึงทำให้ไม่เกิดสัญญาณทางเอาต์พุต แต่หากว่าสัญญาณความถี่ไอเอฟ 10.7 เมกะเฮิรตซ์ สูงขึ้น เมื่อรูปสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมเปรียบเทียบกับคลื่นสัญญาณไซน์เวฟผ่านวงจรเลื่อนเฟส ผลตอบสนองของขดลวดต่อสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมยังเท่ากับ 10.7 เมกะเฮิรตซ์ เหมือนเดิม ทำให้ลักษณะการนำกระแสในวงจรควอดเดรเจอร์ ภาคดิเท็คเตอร์ได้เป็นบวกขึ้นมาเช่นเดียวกัน หากว่าสัญญาณความถี่ไอเอฟ 10.7 เมกะเฮิรตซ์ ต่ำลง ทำให้ลักษณะการนำกระแสในวงจรควอดเดรเจอร์ดิเท็คเตอร์ได้สัญญาณเป็นนั่นเอง

สัญญาณเสียงที่ได้จากการดิเท็คเตอร์ด้วยควอดเดรเจอร์ดิเท็คเตอร์นั้น จะถูกขยายเป็นครั้งสุดท้ายที่วงจรขยายสัญญาณเสียงส่งออกที่เอาต์พุตขา 6 ของไอซี แต่แท้จริงแล้วสัญญาณเสียงที่ได้นั้นยังมีลักษณะเป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยมอยู่ ดังนั้นจึงต้องมีวงจรปรับคลื่นรูปสี่เหลี่ยมให้เป็นคลื่นไซน์อย่างแท้จริง โดยจะใช้ตัวเก็บประจุกรองให้เป็นเสียงที่สมบูรณ์ส่งต่อไปยังภาคขยายเสียงอื่นๆ ต่อไป

ในไอซีตัวนี้จะมีวงจรภายในอีกวงจรหนึ่ง คือ วงจรมิวติ้ง (muting) เป็นวงจรที่ทำหน้าที่บังคับเสียงให้หยุด เมื่อเสียงที่เข้ามาต่ำกว่าจุดที่กำหนด หรือสัญญาณช่วงที่ไม่มีการส่งสัญญาณวิทยุเข้ามานั่นเอง เพราะว่าสัญญาณในช่วงนี้เมื่อเข้ามาทำการขยายที่ภาคไอเอฟแล้ว ทำให้สัญญาณรบกวนความถี่สูงปรากฏอย่างชัดเจน เกิดเสียงซ่า ทำให้เป็นที่รำคาญแก่ผู้ที่กำลังรับฟังอยู่ ดังนั้น จึงต้องมีระบบนี้ขึ้น

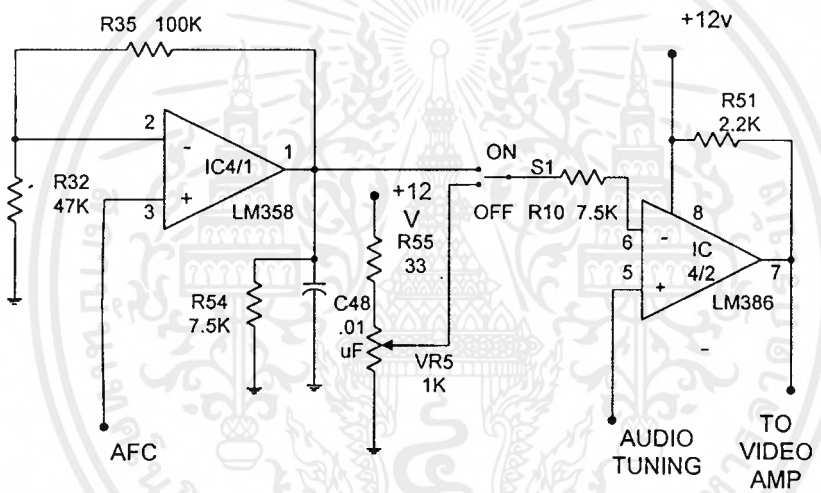
การทำงานของวงจรมิวติ้งจะอาศัยการเปรียบเทียบเฟสสัญญาณที่ขา 9 ของไอซี และส่งผลที่ได้ให้วงจรถอดระดับสัญญาณ เพื่อขับออกสู่ขาที่ 12 โดยวงจร Mute Drive

3.3.8 วงจรปรับความถี่อัตโนมัติ (Automatic Frequency Tuning : AFT)

ใช้ไอซีออปแอมป์เบอร์ LM 358 ต่อเป็นวงจร AFC ดังรูปที่ 3.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



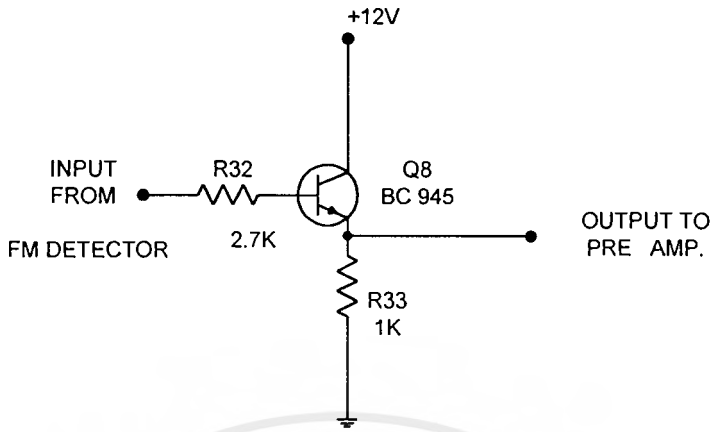
รูปที่ 3.19 วงจร AFT

3.3.9 วงจรกันชนสัญญาณเสียง

ใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN BC 945 ทำหน้าที่เป็นวงจรกันชน ดังรูปที่ 3.20

สัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากวงจรเอฟเอ็มดิเท็คเตอร์ จะเข้าสู่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ซึ่งต่อแบบคอมมอนอีมิตเตอร์ จะส่งสัญญาณออกทางขาอีมิตเตอร์ เพื่อส่งสัญญาณเสียงออกไปยังวงจรขยายสัญญาณเสียงต่อไป

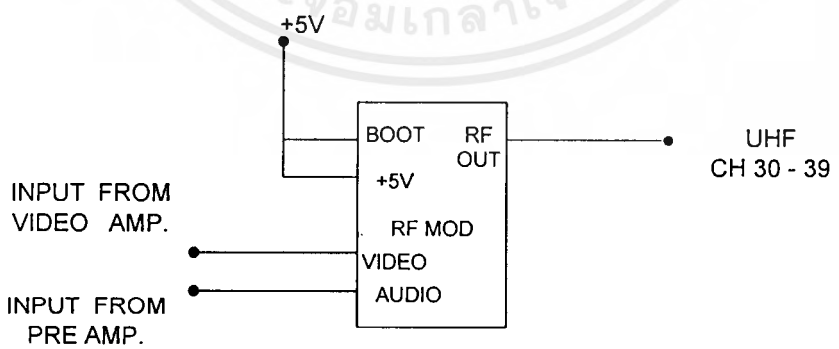
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 วงจรกันชน

3.3.10 วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ (RF Modulator)

อาร์เอฟมอดูเลเตอร์ ทำหน้าที่มอดูเลทสัญญาณพาหะย่อยของสัญญาณภาพความถี่ 4.43 เมกะเฮิรตซ์และคลื่นพาหะสัญญาณเสียง ซึ่งมีความถี่พาหะย่อยของสัญญาณภาพเสียงอยู่ที่ 5.5 เมกะเฮิรตซ์ สำหรับระบบเสียงแบบโมโน และถ้าเป็นระบบเสียงแบบสเตอริโอนั้น สัญญาณพาหะย่อยของเสียงจะมีความถี่อยู่หลายช่องความถี่ด้วยกัน ซึ่งในแต่ละช่องความถี่จะมีค่าความกว้างของความถี่ประมาณ 180 กิโลเฮิรตซ์ เข้ากับความถี่วิทยุในย่าน UHF ช่องที่ 30-39 ดังรูปที่ 3.21

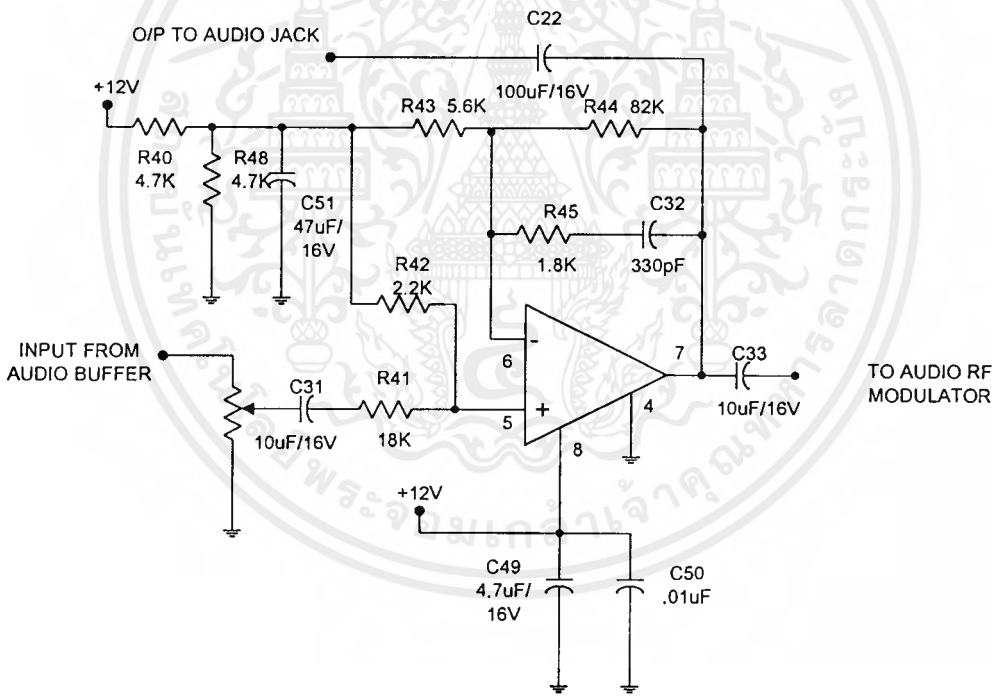


รูปที่ 3.21 วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.11 วงจรขยายสัญญาณเสียงแบบมีดีเอ็มฟาซีสในตัว

ใช้ไอซีเบอร์ LM 358 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรขยายสัญญาณเสียงแบบมีดีเอ็มฟาซีสในตัว ดังรูปที่ 3.22 สัญญาณเสียงที่ได้จากวงจรกันชน จะเข้าสู่ตัวต้านทานแบบปรับค่า VR4 เพื่อปรับระดับความแรงของสัญญาณเสียง จากนั้นถูกป้อนเข้าสู่ขา non inverting ในขณะเดียวกันสัญญาณจะถูกยกระดับโดยวงจรดีเอ็มฟาซีส ผ่านการขยายโดยออปแอมป์ สัญญาณเอาต์พุตที่ถูกขยายแล้วจะออกจากขา 7 ของออปแอมป์ ส่วนหนึ่งจะถูกส่งผ่านตัวเก็บประจุ C22 เข้าสู่ช่องเสี่ยบทางออกสัญญาณเสียง อีกส่วนหนึ่งส่งผ่านตัวเก็บประจุ C33 ไปเป็นอินพุตให้กับวงจรมอดูเลตอาร์เอฟ ต่อไป

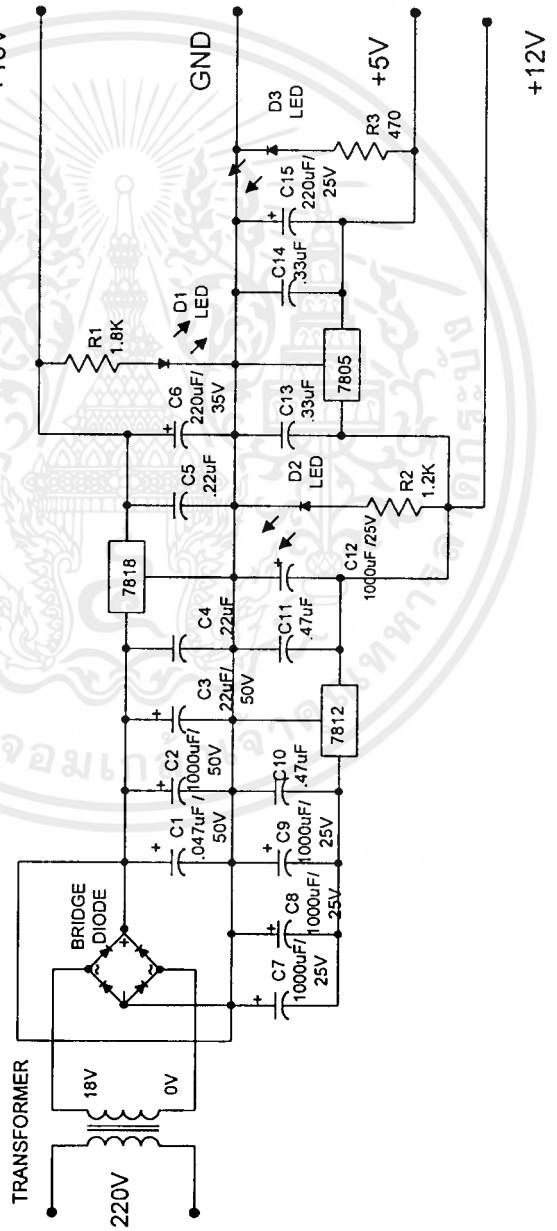


รูปที่ 3.22 วงจรขยายสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ภาคจ่ายกำลังไฟ (Power Supply)

วงจรภาคจ่ายกำลังไฟเป็นชนิดแปลงไฟเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier) ซึ่งมีการควบคุมแรงดันโดยใช้ไอซีเรกูเรเตอร์ภายในตัวไอซีจะมีระบบป้องกันกระแสเกินภาระ โดยไอซีเรกูเรเตอร์ที่ใช้จะให้แรงดันเอาต์พุตคงที่ ซึ่งในวงจรต้องการระดับแรงดันที่ป้อนทั้งหมด 3 ชุด ได้แก่ 5 โวลต์, 12 โวลต์ และ 18 โวลต์ ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 วงจรภาคจ่ายไฟ

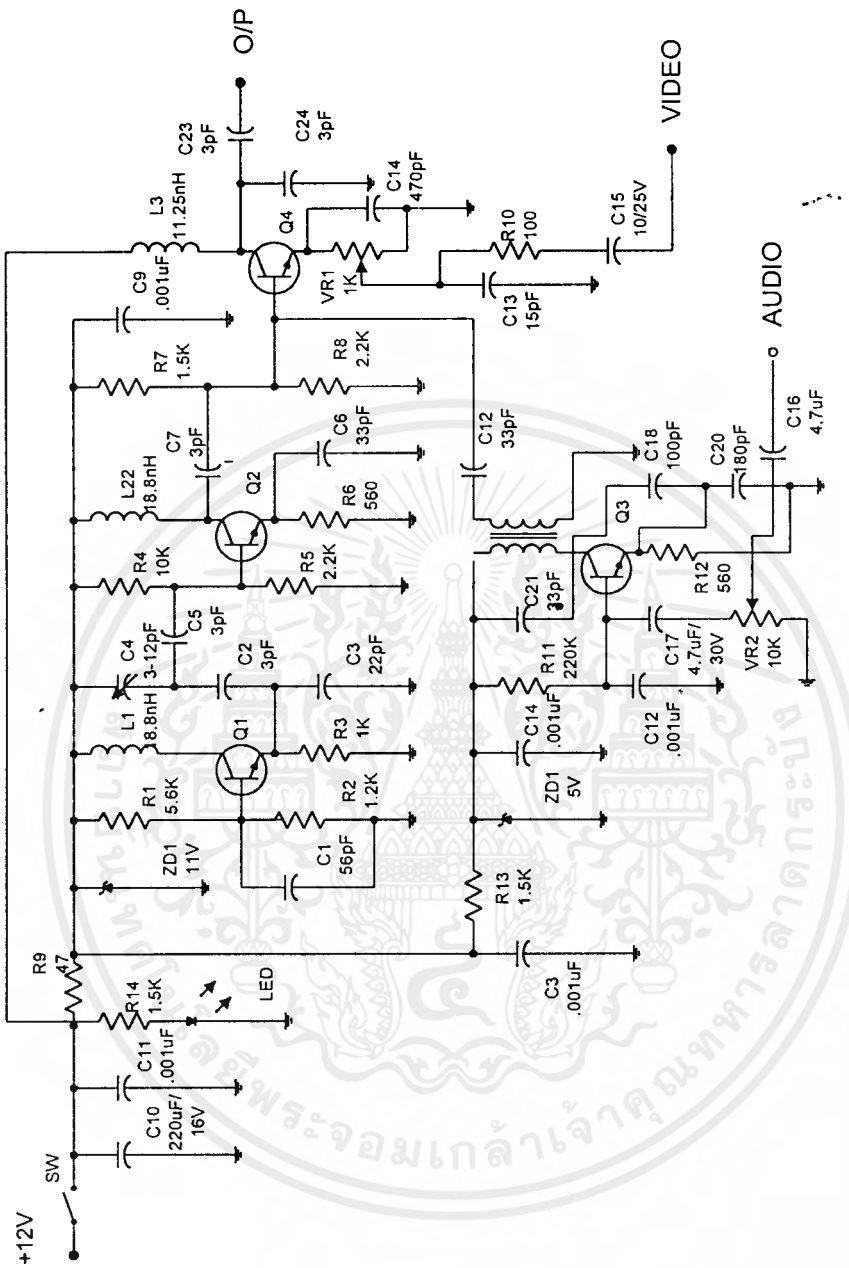
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การทำงานของเครื่องส่ง

วงจรสมบูรณ์ของเครื่องส่งวีดีโอแสดงในรูปที่ 3.24 ทำหน้าที่ในส่วนของความถี่แบบ LC ชนิดกราวด์-เบสคอลฟิตส์ โดยมี L_1 กับทริมเมอร์ C_4 ประกอบกันเป็นวงจรจูนทางเอาต์พุต สำหรับปรับความถี่คลื่นพาห์ภาพให้ได้ตามต้องการในช่วง 450เมกะเฮิรตซ์ - 550 เมกะเฮิรตซ์ R_1,R_2 และR_3 จำเป็นวงจรไบอัสให้กับ Q_1 โดยมี C_1 ทำหน้าที่ตัดความถี่สูงที่ขาเบส C_2 กับ C_3 ต่อเป็นวงจรแบ่งแรงดัน กำหนดอัตราส่วนของสัญญาณที่จะทำการป้อนกลับจากคอลดคเล็กเตอร์มายังอิมิเตอร์ C_3 จึงไม่ใช่เป็นตัวเก็บประจุบายพาสสัญญาณดังเช่นกรณีทั่วๆไป

ความถี่ที่กำเนิดได้นี้จะถูกส่งไปขยายให้มีความแข็งแรงขึ้นโดยผ่านตัวเก็บประจุคับปลิ้ง C_5 ไปยัง Q_2 ซึ่งต่อเป็นจงวรขยายสัญญาณ R_4,R_5 และ R_6 เป็นวงจรจัดไบอัสให้ กับ Q_6 และ C_6 เป็นตัวเก็บประจุกรองความถี่ลงกราวด์ เพื่อมิให้เกิดการสูญเสียกำลังงานที่ R_6 สำหรับ L_2 จะเป็นตัวส่งผ่านกระแสไฟฟ้าตรงเลี้ยงวงจรให้กับ Q_2 ในขณะเดียวกันทำหน้าที่เป็นอาร์เอฟโช๊คป้องกันไม่ให้ความถี่เคลื่อนพาห์ภาพออกไปยังแหล่งจ่ายไฟได้ด้วย เนื่องจากต้องการให้วงจรภาคกำเนิดความถี่ และภาค VCO นี้ มีเสถียรภาพทางความถี่มากกว่าความต้องการทางกำลังงานจึงทำการเรกูเลตแหล่งจ่ายไปที่ป้อนให้กับวงจรทั้ง 23 ภาคนี้ด้วยซีเนอร์ไดโอด Z_1 โดยมีค่า R_9 เป็นตัวกำจัดกระแส และกรองให้เรียบขึ้นด้วยตัวเก็บประจุC_8 กับ C_9 สัญญาณที่ผ่านการขยายแล้วจะถูกคับปลิ้งผ่านตัวเก็บประจุC_7 ไปยัง Q_4 ที่ต่อเป็นวงจรขยายกำลัง และเป็นวงจรมอดูเลตแบบเอเอ็มด้วยความต้านทาน R_8 เพื่อให้มีขนาดเหมาะสมกับสัญญาณเสียงที่ผ่านเข้ามายังขาเบสของ Q_4 ที่ต่อเป็นวงจรขยายกำลัง และเป็นวงจรมอดูเลตแบบเอเอ็มด้วยในขณะเดียวกันโดยจะถูกลดทอนความแรงด้วยความต้านทาน R_8 เพื่อให้มีขนาดเหมาะสมกับสัญญาณเสียงที่ผ่านเข้ามายังขาเบสของ Q_4 เช่นเดียวกัน R_7 และ R_8 เป็นตัวต้านทานไบอัสให้กับ Q_4 , L_3 ทำหน้าที่เช่นเดียวกับ L_2 และเนื่องจากภาคนี้เราต้องการกำลังงานที่สูงกว่าภาคอื่นๆ แหล่งจ่ายไฟที่ป้อนให้กับภาคนี้ จึงมาจากแหล่งจ่ายไฟหลักโดยตรง โดยมี C_{10}, ,C_{11} และ C_{23} เป็นตัวกรองกระแส สำหรับสัญญาณภาคที่เข้าทำการมอดูเลตกับคลื่นพาห์ภาพพร้อมกับสัญญาณเสียงแบบเอเอ็มนั้น จะถูกคับปลิ้ง และปรับขนาดความแรงของสัญญาณให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 วงจรสมบูรณ์ของเครื่องส่ง

ด้วย C_{13}, C_{14}, C_{15} และ R_{10} โดยมีVR1 เป็นตัวปรับเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต ส่วนสัญญาณเสียงจะคับปลิ้งผ่าน C_{14} และ C_{17} ไปยัง Q_3 โยมี VR2 เป็นตัวปรับช่วงความถี่ R_{11} และR_{12} เป็นตัวต้านทานไบอัส C_{18} ทำหน้าที่ตัดความถี่สูงที่ขาเบส C_{19} และ C_{20} เป็นตัวเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประจุแบ่งแรงดัน เช่นเดียวกับ C_2 และC_3 ต่อเป็นวงจรกำเนิดความถี่แบบ LC กราวด์เบส และคอลฟิตส์ เช่นเดียวกันกับ Q_1 แต่จัดวงจรให้เป็นแบบ VCO(Voltage Control Oscillator) เพื่อทำการมอดูเลตสัญญาณเสียงที่เข้ามาทางอินพุตแบบเอฟเอ็ม โดยมีความถี่กลางที่ 5.5 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ผลต่างระหว่างความถี่คลื่นพาห์สัญญาณภาพกับเสียงคลื่นพาห์สัญญาณภาพกับเสียงคลื่นพาห์สัญญาณ โดยกำหนดขึ้นจากค่าของ T_1 กับ C_{21}

สัญญาณเสียงที่ผ่านการมอดูเลตแบบเอฟเอ็ม แล้วจะถูกคับปลิ้งผ่าน T_1 และ C_{12} ไปยังขาเบสของ Q_4 แหล่งจ่ายกำลังไฟที่ป้อนให้กับวงจรภาคนี้จะถูกเรกูเลตให้เป็น 5 โวลต์ โดยซีเนอร์ไดโอด Z_2 มี R_3 เป็นตัวจำกัดกระแส และกรองให้เรียบไม่ให้มีสัญญาณความถี่สูงปะปนด้วย C_{22} สัญญาณโทรทัศน์ที่สมบูรณ์จากเอาต์พุต Q_4 จะถูกส่งแพร่กระจายออกอากาศโดยมีตัวเก็บประจุ C_{24} และ C_{25} ทำหน้าที่เป็นวงจรปรับสมดุลย์ (matching) สำหรับสถานะการทำงานของเครื่องจะแสดงด้วย LED1 โดยมี R_{14} เป็นกำจัดกระแส

3.6 การสร้าง

เริ่มแรกก็ต้องจัดหาแผ่นวงจรพิมพ์เสียก่อน ควรจะเป็นแบบอีป๊อกซี่ เพื่อลดทอนของสัญญาณเนื่องจากใช้ในฐานความถี่สูง การลงอุปกรณ์ให้ลงตั้งแต่ตัวเตี้ยสุดไปจนถึงสูงสุด เช่น ตัวเก็บประจุ และอื่นๆตามลำดับ ในการลงอุปกรณ์ ต่างๆเหล่านี้ควรลงให้เป็นระเบียบเรียบร้อย เพื่อง่ายต่อการตรวจสอบภายหลัง

สำหรับหม้อแปลง T_1 เราจะต้องทำการพันเอง โดยการนำเอาขดลวดแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร แบบที่มีฝาครอบชั้นในเป็นเฟอร์ไรท์ และฝาครอบชั้นนอกเป็นกระป๋องโลหะ ดังเช่นกระป๋อง IF ของเครื่องรับ สามารถใชกระป๋อง IF เครื่องรับเอฟเอ็มทั่วไป ซึ่งสามารถใช้กระป๋อง IF ของเครื่องรับเอฟเอ็ม แทนได้ โดยให้สำรวจดูที่ใต้กระป๋องว่ามี ตัวเก็บประจุ ลักษณะเป็นแท่งยาวๆ ต่อรวมอยู่หรือไม่ ถ้ามีให้บัดกรีออกไปแล้วจึงถอดคอล์ยฟอร์มด้านในมาเป็น เริ่มแรกให้เป็นด้านที่มีขาบัดกรี 2 ขาก่อน โดยใช้ลวดอาบน้ำยาเบอรี 42 พันในร่องที่ 2 นับจากล่างขึ้นมาแบบทวนเข็มนาฬิกาเป็นจำนวน 7 รอบ หลังจากนั้นก็พันลวดใหม่บนอีกด้านหนึ่งที่เหลือในช่องถัดไปแบบทวนเข็มนาฬิกาเช่นเดิมเป็นจำนวน 30 รอบ โดยแบ่งพันเป็น 10 รอบในแต่ละร่อง หลังจากนั้นก็ทำการประกอบคอล์ยฟอร์ม เข้าเหมือนเดิม ส่วน L_1 และ L_2 ให้ใช้ลวดอาบน้ำยาเบอร์ 23 พันลงบนแกนอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตรแบบเรียงชิดติดกันเป็นจำนวน 3 รอบ สำหรับ L_3 ให้พัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 รอบ โดยเราบัดกรีสายอากาศเข้ากับวงจรพิมพ์เลยสำหรับสายอากาศนั้นให้ใช้สายอากาศยาว ประมาณ 17 นิ้ว

สูตรการคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำ

$$L = (N^2 r^2)/245(0.9r+1)$$

L= ค่าความเหนี่ยวนำ

N= จำนวนรอบของขดลวด(รอบ

r = รัศมีของแกน (มิลลิเมตร)

l = ความยาวของแกน (มิลลิเมตร)

การคำนวณหาค่า L_1 และ L_2

N= 3 รอบ , r = 2 มิลลิเมตร และ l = 6 มิลลิเมตร

แทนค่าในสูตร

$$L = (3)^2(9)^2/\ 2459(0.9*2 +6)$$

= 18.8 นาโนเฮนรี

การคำนวณค่า L_3

N =2 รอบ , r = 2มิลลิเมตร , l = 4 มิลลิเมตร

$$L = (2)^2(2)^2 / 245(.9*2 +4)$$

= 11.25 นาโนเฮนรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบ และผลการทดสอบ

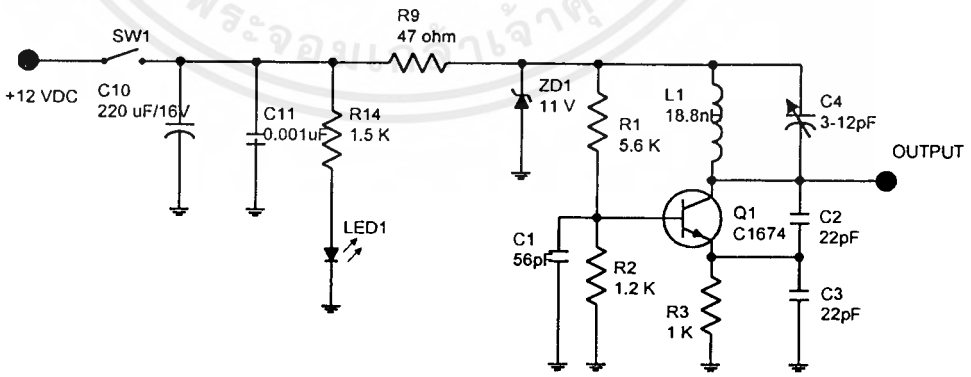
4.1 กล่าวนำ

ในเป็นการกล่าวถึงการทดสอบ และผลของการทดสอบ ของปริญญานิพนธ์บทนี้จะนี้ โดยจะเป็นการทดสอบในส่วนต่างๆ ของวงจรว่าได้ทำงานตามที่เราออกแบบไว้ได้หรือไม่โดยการใช้เครื่องมือในการทดสอบ และตรวจผลของการทดลองโดยตรวจสอบการทำงานในแต่ละส่วนของวงจรที่ได้สร้างขึ้น และการตรวจสอบผลการทำงานของเครื่องแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วม มีดังนี้

4.2การทดสอบ

การทดสอบการทำงานของเครื่องแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วม แบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

4.2.1 วงจรผลิตความถี่คลื่นพาห์ ของสัญญาณโทรทัศน์



รูปที่ 4.1 วงจรผลิตความถี่คลื่นพาห์ของสัญญาณโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดสอบ

1) ปลดขา C5 ออกจากวงจร เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนทางความถี่จากวงจรอื่น

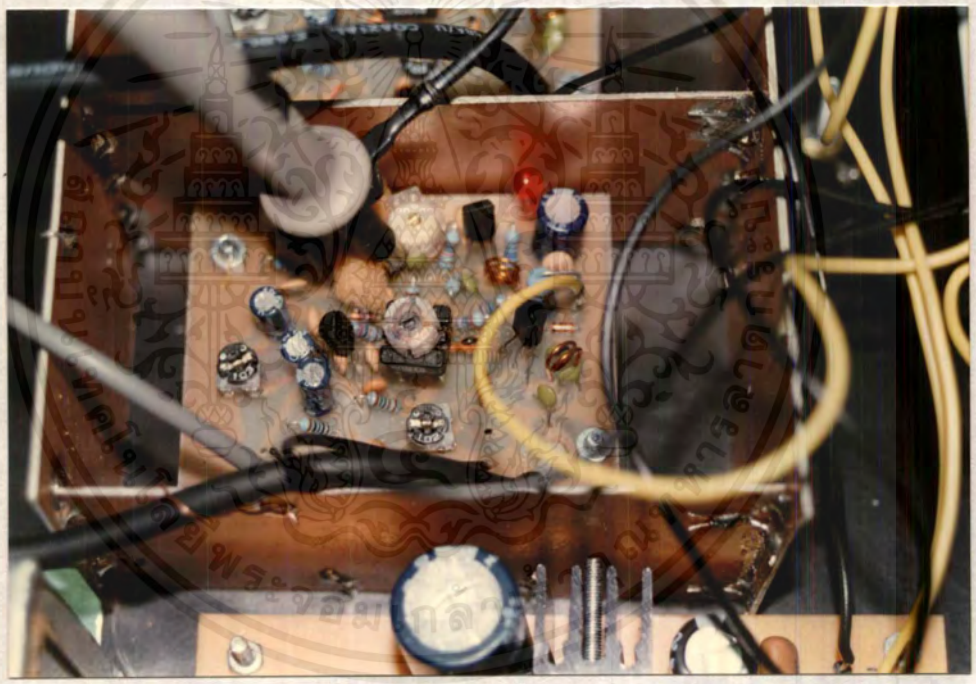
2) ป้อนแรงดัน +12 โวลท์ ให้ในวงจร

3) ใช้เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม (Spectrum Analyzer) วัดที่จุดเอาท์พุตของวงจร

4) ปรับค่าของทริมเมอร์ C4 และขดลวด C1 เพื่อเลือกความถี่ให้ได้ตามต้องการ

5) ต่อขา C5 เข้าอย่างเดิม

6) ทำให้ครบทั้ง 3 ตัว



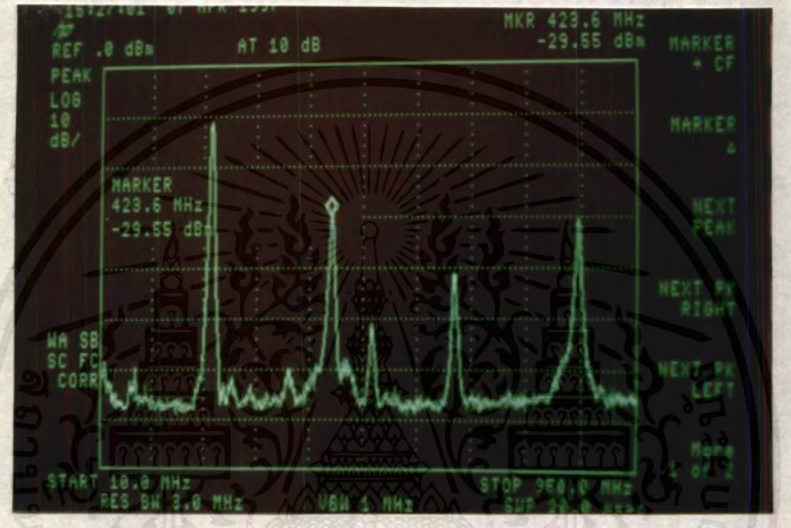
รูปที่ 4.2 จุดวัดสัญญาณวงจรผลิตความถี่คลื่นพาห์ของสัญญาณโทรทัศน์

ผลการทดสอบ

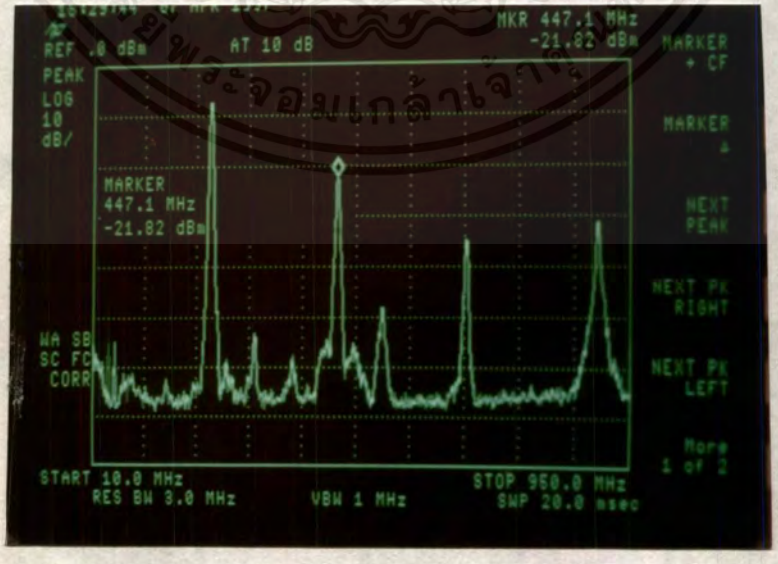
จากการทดสอบวงจรผลิตความถี่คลื่นพาห์ ปรากฏสเปกตรัมของสัญญาณที่ถูกผลิตออกมามีอยู่หลายความถี่ซึ่งในวงจรที่ 1 มีความถี่ที่มีขนาดของสัญญาณสูงสุดคือ 245.7 เมกะเฮิรตซ์ ความถี่ฮาร์โมนิคที่ 2 คือ 423.6 เมกะเฮิรตซ์ และฮาร์โมนิคที่ 3 คือ 637.2 เมกะเฮิรตซ์ โดยจะมีความแรงลดลงมาตามลำดับในวงจรที่ 2 มีความถี่ที่มีขนาดของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงสุดคือ 254.2 เมกะฮิรตซ์ ความถี่ฮาร์โมนิคที่ 2 คือ 447.1 เมกะเฮิรตซ์ และฮาร์โมนิคที่ 3 คือ 656.4 เมกะเฮิรตซ์ โดยจะมีความแรงลดลงมาตามลำดับและในวงจรที่ 3 มีความถี่ที่มีขนาดของสัญญาณสูงสุดคือ 261.3 เมกะเฮิรตซ์ ความถี่ฮาร์โมนิคที่ 2 คือ 512.9 เมกะเฮิรตซ์ และฮาร์โมนิคที่ 3 คือ 767.8 เมกะเฮิรตซ์ โดยจะมีความแรงลดลงตามลำดับสำหรับเครื่องส่ง A/V ย่าน UHF ในวงจรทั้ง 3 วงจรจะเลือกใช้ความถี่ฮาร์โมนิคที่ 2 ของทุกวงจร

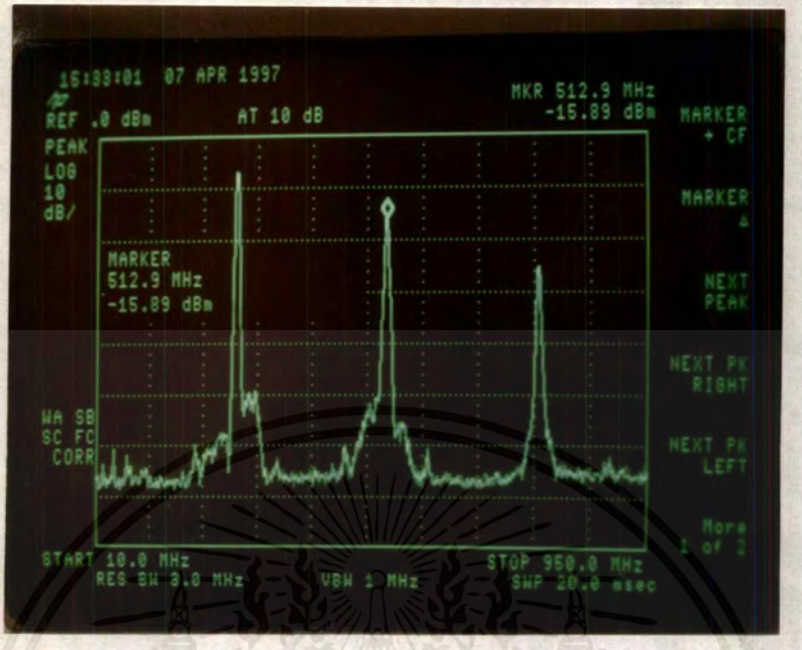


รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาท์พุตของวงจรผลิตความถี่คลื่นพาห์ของสัญญาณโทรทัศน์วงจรที่ 1



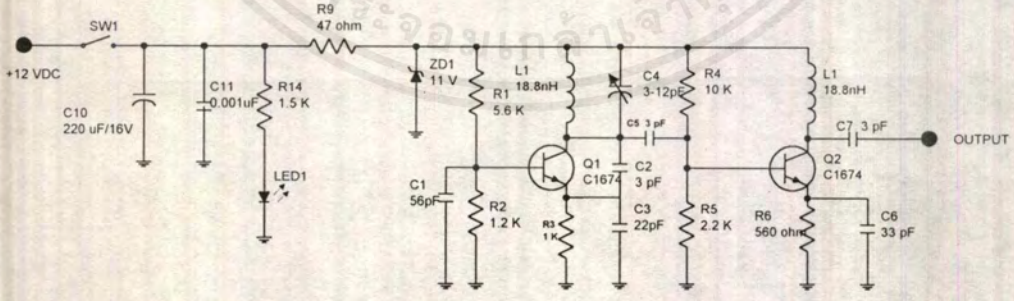
รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาท์พุตของวงจรผลิตความถี่คลื่นพาห์ของสัญญาณโทรทัศน์วงจรที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 สัญญาณเอาท์พุตของวงจรผลิตความถี่คลื่นพาห์ของสัญญาณโทรทัศน์วงจรที่ 3

4.2.2 วงจรขยายสัญญาณคลื่นพาห์



รูปที่ 4.6 วงจรขยายสัญญาณคลื่นพาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดสอบ

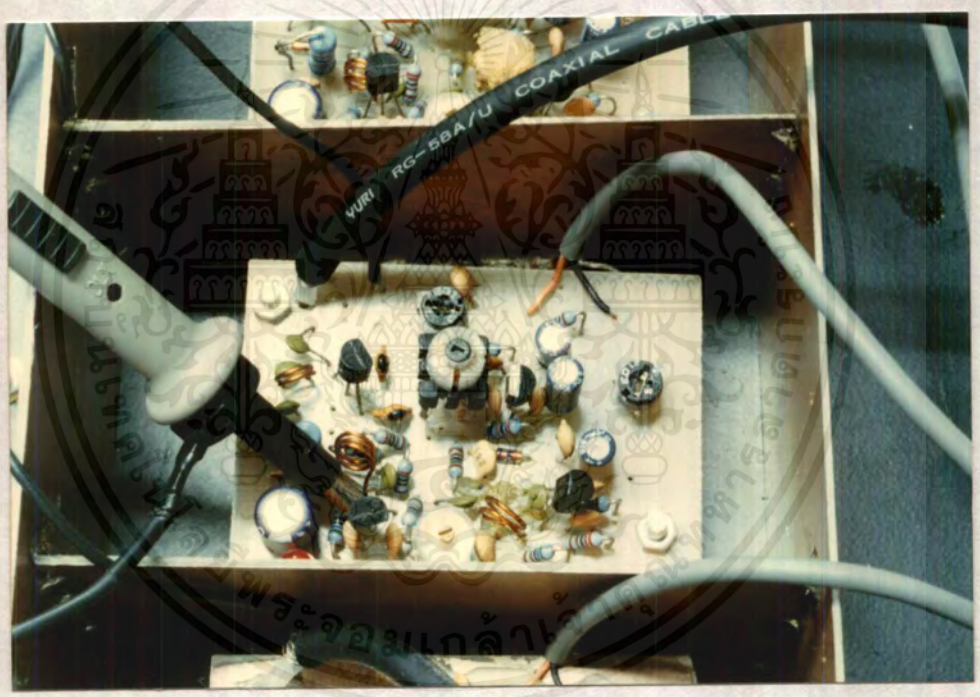
1) ปลดขา C7 ออกเพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนทางความถี่

2) ป้อนแรงดัน +12 โวลท์ให้ในวงจร

3) ใช้วิเคราะห์สเปคตรัมวัดสัญญาณที่จุดเอาท์พุตจะได้รูปของสัญญาณตรงกับความถี่ที่ใช้งาน

4) ทำการต่อ C7 เข้าตำแหน่งเดิม

5) ทำให้ครบทั้ง 3 ตัว



รูปที่ 4.7 จุดวัดสัญญาณเอาท์พุตของวงจรขยายสัญญาณคลื่นพาห์

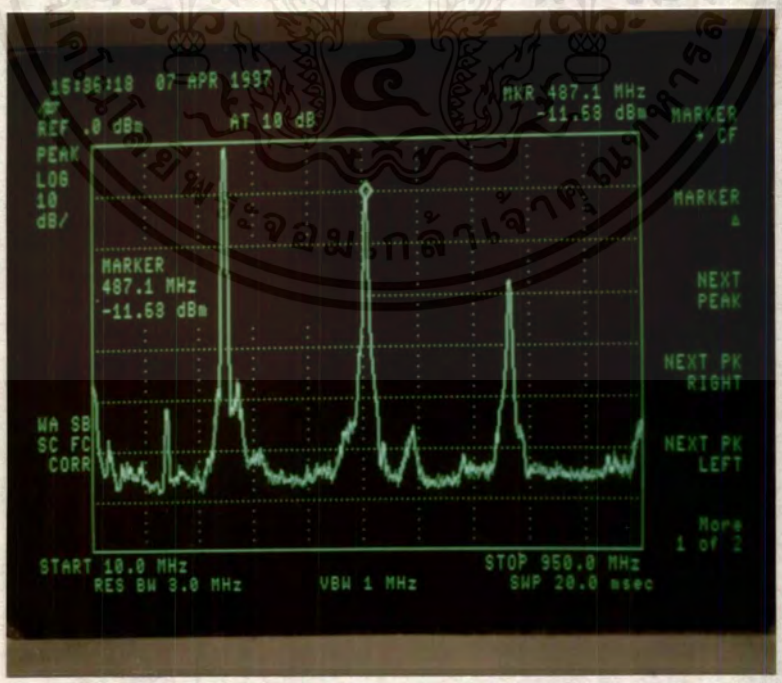
ผลการทดสอบ

จากการทดสอบวงจรที่ 1 สัญญาณที่ความถี่ฮาร์โมนิคที่ 2 เป็นความถี่ที่เรียกใช้โดยจะเปลี่ยนค่าความถี่ไปเป็นค่า 458.9 เมกะเฮิรตซ์ และมีความแรงของสัญญาณเพิ่มขึ้นบ้างในวงจรที่ 2 สัญญาณที่ความถี่ฮาร์โมนิคที่ 2 เป็นความถี่ที่เรียกใช้โดยจะเปลี่ยนค่าความถี่เป็น 487.1 เมกะเฮิรตซ์ และมีความแรงของสัญญาณเพิ่มขึ้นบ้างในวงจรที่ 3 สัญญาณที่ความถี่ฮาร์โมนิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

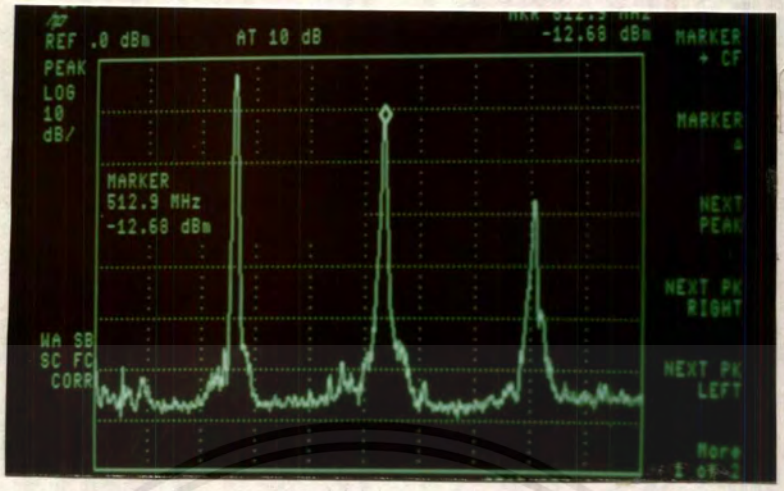
ที่ 3 เป็นความถี่ที่เลือกใช้โดยจะเปลี่ยนค่าความถี่ไปเป็นค่า 512.9 เมกะเฮิรตซ์ และมีความแรงของสัญญาณเพิ่มขึ้น

รูปที่ 4.8 สัญญาณเอาท์พุตของวงจรขยายคลื่นพาห์ของสัญญาณโทรทัศน์วงจรที่ 1



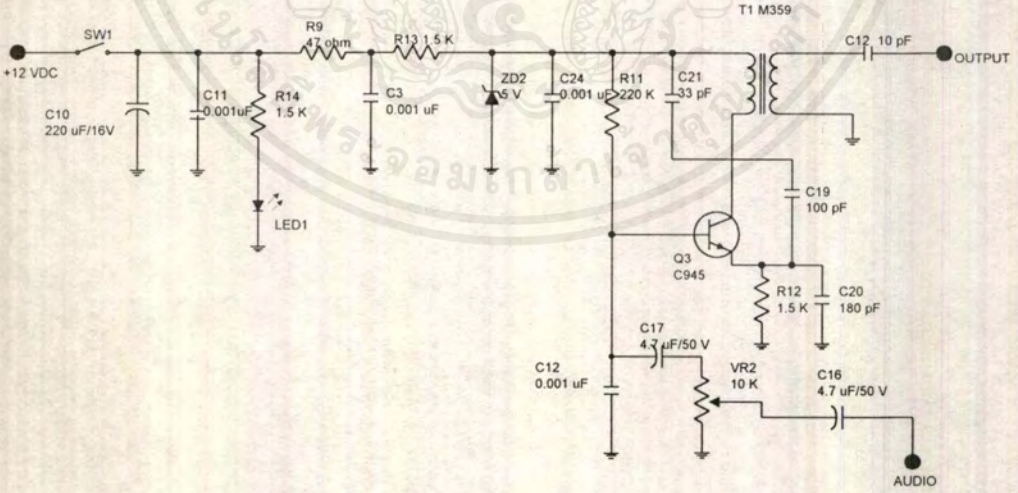
รูปที่ 4.9 สัญญาณเอาท์พุตของวงจรขยายคลื่นพาห์ของสัญญาณโทรทัศน์วงจรที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 สัญญาณเอาท์พุตของวงจรขยายคลื่นพาห์ของสัญญาณโทรทัศน์วงจรที่ 3

4.2.3 วงจรผลิตความถี่แบบ VCO และวงจรมอดูเลทแบบเอฟเอ็ม



รูปที่ 4.11 วงจรผลิตความถี่แบบ VCO และวงจรมอดูเลทแบบเอฟเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดสอบ

1) ปลดขา C12 ออกเพื่อไม่ให้ความถี่คลื่นพาห์เข้ามารบกวนสัญญาณเสียงในวงจร

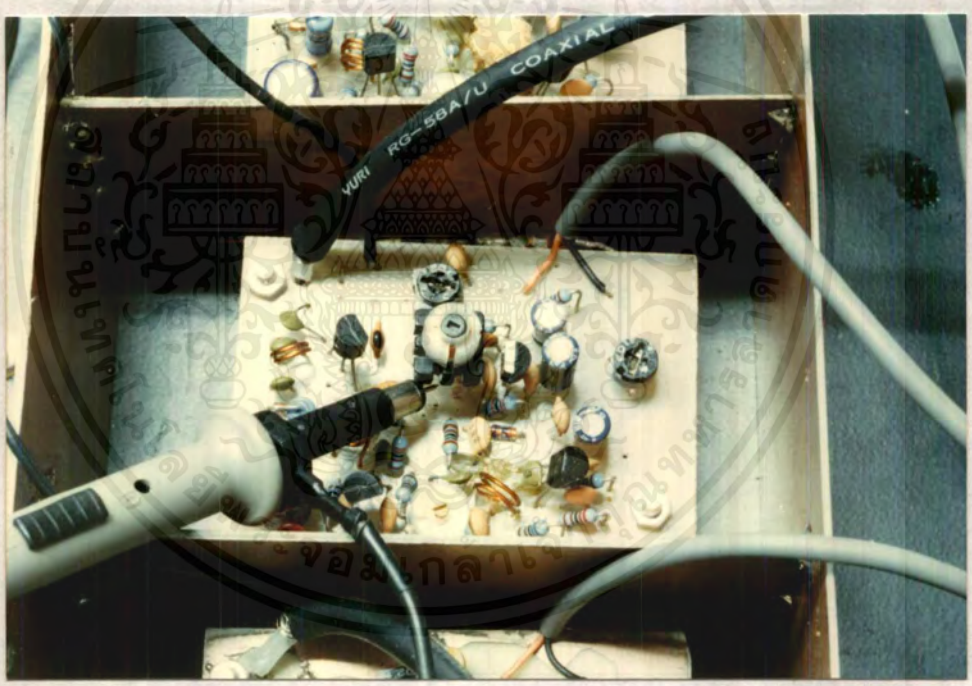
2) ใช้ตัวกำเนิดความถี่ ป้อนความถี่ 2 กิโลเฮิรตซ์ เข้าที่จุดสัญญาณเสียง

3) ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่จุดเอาท์พุต

4) ปรับ T1 ให้ได้สัญญาณเป็นสัญญาณแบบความถี่วิทยุแบบเอฟเอ็มคือ 5.5 เมกะเฮิรตซ์ ออกที่เอาท์พุต

5) ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่จุดเอาท์พุตเทียบกับจุดสัญญาณเสียงที่ป้อนเข้าไปในวงจร

6) ต่อขา C12 เข้าตำแหน่งเดิม

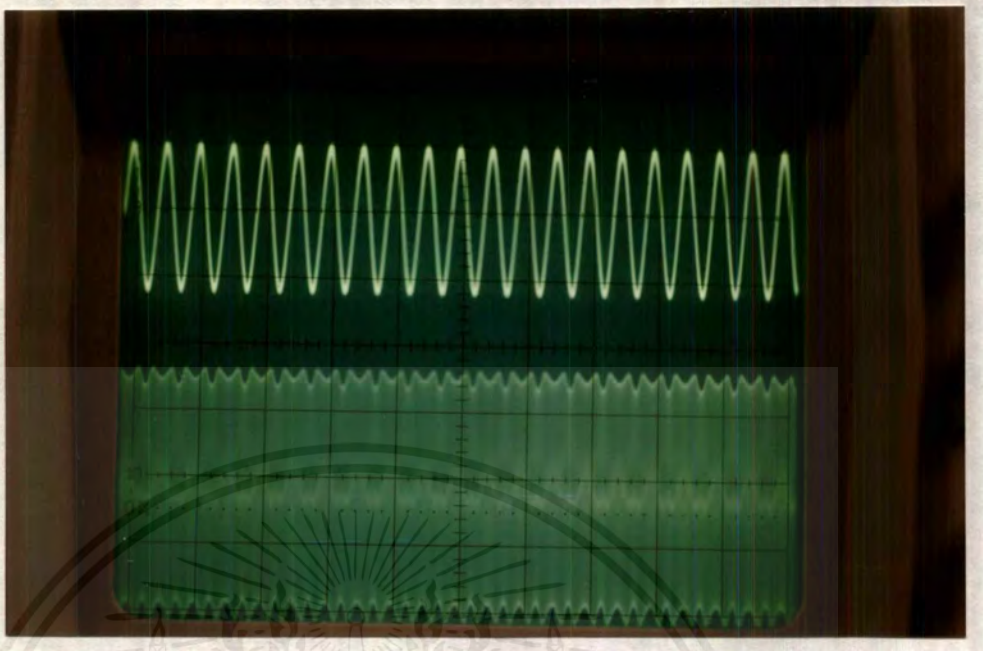


รูปที่ 4.12 จุดวัดสัญญาณวงจรผลิตความถี่แบบ VCO และวงจรมอดูเลทแบบเอฟเอ็ม

ผลการทดสอบ

จากการทดสอบวงจรผลิตความถี่แบบ VCO และในวงจรมอดูเลทแบบเอฟเอ็มของวงจรที่ 1 ,วงจรที่ 2 และวงจรที่ 3 จะได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14 ซึ่งวงจรผลิตความถี่แบบ VCO จะผลิตคลื่นพาห์ 5.5 เมกะเฮิรตซ์ ทั้ง 3 วงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CH1. สัญญาณเอาท์พุต Volts/Div =0.5V CH2 . สัญญาณอินพุต Volts/Div =0.5 V

รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุทกับสัญญาณเอาท์พุทที่ Time/Div 0.5 uS

CH1. สัญญาณเอาท์พุต Volts/Div =0.5V CH2 . สัญญาณอินพุต Volts/Div =0.5 V

รูปที่ 4.14 เปรียบสัญญาณอินพุทกับสัญญาณเอาท์พุทที่ Time/Div 1 mS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 วงจรขยายกำลังและวงจรมอดูเลทแบบเอเอ็ม

ขั้นตอนการทดสอบ

1) ป้อนสัญญาณที่จุดอินพุตของภาพและป้อนสัญญาณเสียงเข้าที่จุดอินพุตเสียง

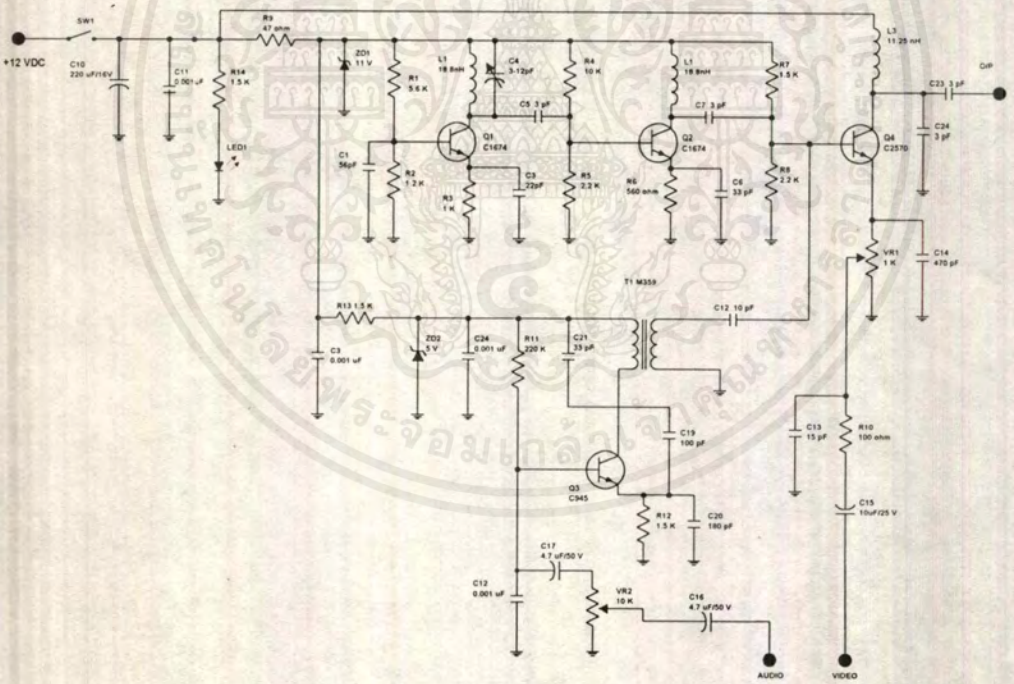
2) ป้อนแรงดัน +12 โวลท์ให้ในวงจร

3) ปรับค่า VR1 และ VR2 ให้ได้สัญญาณภาพและเสียงที่ชัดที่สุด

4) ปรับจูนค่า T1 ให้ได้สัญญาณภาพและเสียงที่ชัดที่สุด

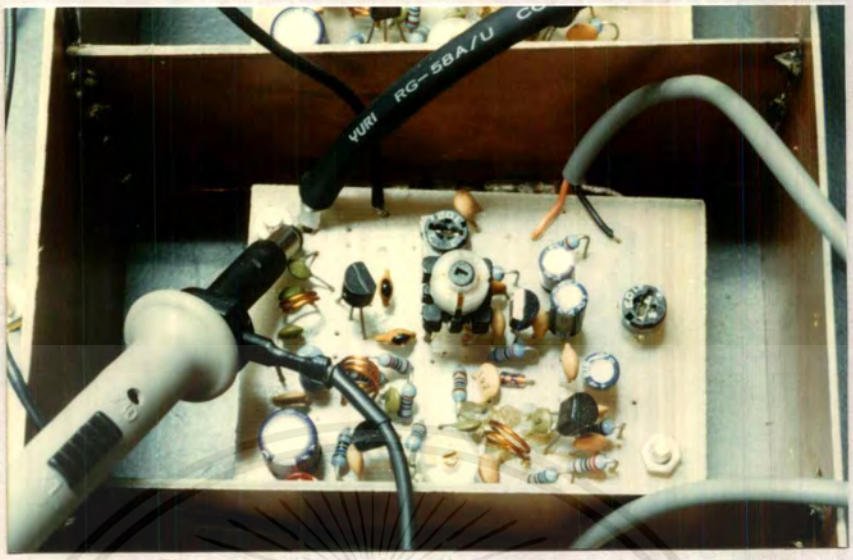
5) ใช้เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมวัดสัญญาณที่จุดเอาท์พุตก่อนส่งออกสายอากาศจะได้สัญญาณที่แรงที่สุด และเป็นความถี่ที่ใช้งานซึ่งอยู่ในย่าน UHF

6) ทำให้ครบทั้ง 3 วงจร



รูปที่ 4.15 วงจรขยายกำลังและวงจรมอดูเลทแบบเอเอ็ม

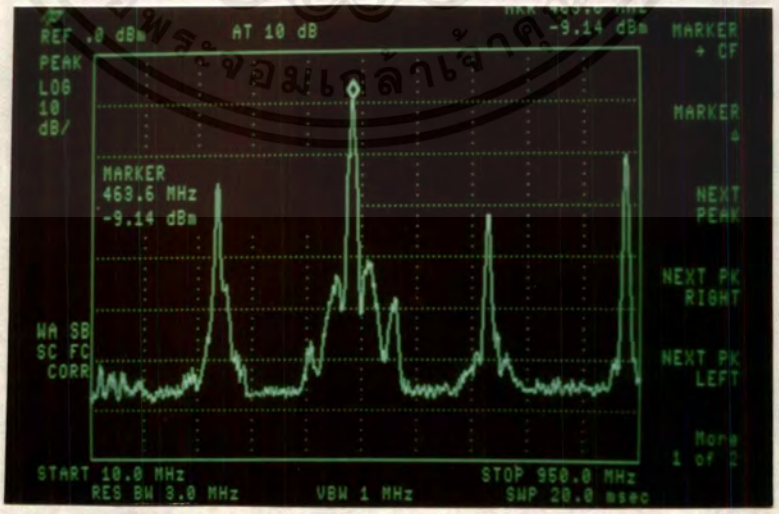
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 จุดวัดสัญญาณวงจรขยายกำลังและวงจรมอดูเลทแบบเอเอ็ม

ผลการทดสอบ

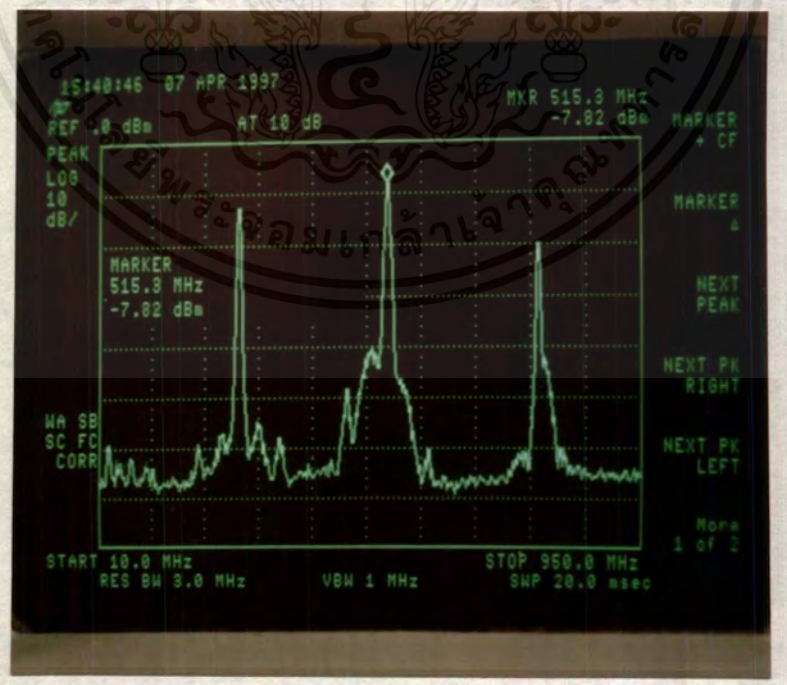
จากการทดสอบวัดความแรงของสัญญาณคลื่นพาห์ที่ความถี่ 463.6 เมกะเฮิรตซ์ ,487.1 เมกะเฮิรตซ์ และ 515.3 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งถูกขยายให้มีความแรงมากขึ้นเป็น -9.14 dBm ,-1.36 dBm และ -7.82 dBm ตามลำดับ โดยความถี่ข้างเคียงก็ถูกขยายด้วย แต่มีความแรงน้อยกว่า ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 สัญญาณเอาท์พุตของวงจรขยายกำลัง และวงจรมอดูเลตแบบเอเอ็ม วงจรที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.18 สัญญาณเอาท์พุตของวงจรขยายกำลัง และวงจรมอดูเลตแบบเอเอ็ม วงจรที่ 2



รูปที่ 4.19 สัญญาณเอาท์พุตของวงจรขยายกำลัง และวงจรมอดูเลตแบบเอเอ็ม วงจรที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 กำลังของสัญญาณ และระยะทางในการส่ง

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.1 ความแรงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขณะส่งสัญญาณ

	ความถี่วงจรที่ 1 (463.6 MHz)		ความถี่วงจรที่ 2 (487.1 MHz)		ความถี่วงจรที่ 3 (515.3 MHz)	
ระยะทาง (เมตร)	ความแรงของสัญญาณ (dB)	การลดทอนกำลัง (dB)	ความแรงของสัญญาณ (dB)	การลดทอนกำลัง (dB)	ความแรงของสัญญาณ (dB)	การลดทอนกำลัง (dB)
0	48	40	30	40	45	40
5	37	20	40	20	40	20
10	31	20	30	20	32	20
15	28	20	42	20	42	0
20	33	0	35	0	33	0
25	30	20	27	20	29	20
30	31	0	40	0	41	0
35	37	0	42	0	45	0
40	33	0	31	0	38	0
45	36	0	33	0	32	0
50	37	0	34	0	32	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 การรบกวนของสัญญาณ

ในการทดสอบการรบกวนของสัญญาณ ขณะใช้งานเกิดขึ้นดังนี้

1. เมื่อมีคนเดินผ่านเครื่องส่ง จะทำให้ภาพที่รับไม่ชัดเจน หรือภาพล้ม
2. สัญญาณรบกวนภายนอกมีผลต่อความถี่ เช่น สัญญาณรบกวนจากเครื่องใช้ไฟฟ้า
3. การสะท้อนของสัญญาณภายในห้อง

4.3 สรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบ ระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วมสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยสามารถแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วมได้ แต่อาจเกิดสัญญาณรบกวนจากบุคคลที่เดินไปมา และเครื่องใช้ไฟฟ้า ตลอดจนการสะท้อนของสัญญาณภายในห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทสรุป

ปริญญานิพนธ์นี้เสนอระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม ซึ่งเป็นการนำสัญญาณภาพ และเสียงจากเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วมมาทำการมอดูเลทกับสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ UHF แล้วส่งแพร่กระจายออกไปยังเครื่องรับโทรทัศน์

ส่วนที่สำคัญของระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม ได้แก่ เครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสวยอากาศร่วม และเครื่องส่งสัญญาณ A/V ย่าน UHF ซึ่งประกอบไปด้วย วงจรผลิตความถี่ และวงจรขยายกำลัง กล่าวคือ วงจรผลิตความถี่จะต้องมีเสถียรภาพสูง เพื่อให้ผลิตความถี่ที่มีค่าคงที่ส่วนวงจรขยายกำลังจะต้องสามารถขยายกำลังสูง เพราะวงจรนี้มีผลต่อระยะทางในการส่งสัญญาณ

จากการทำงานของวงจรต่างๆ เหล่านี้ทำให้สามารถใช้ความถี่วิทยุย่าน UHF สัญญาณภาพ และเสียงที่รับมาจากเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วมแทนการเดินสายโคแอกเชียลได้ โดยที่เครื่องรับโทรทัศน์สามารถรับทั้งสัญญาณภาพ และเสียงได้อย่างชัดเจนในรัศมี 20 เมตร (กรณีไม่มีสิ่งกีดขวาง)

5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงาน

1. ทำให้ได้รู้ความรู้ ความเข้าใจ การทำงานของระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม
2. ได้ผังการทำงานของระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยจานสายอากาศร่วม
3. ได้เครื่องต้นแบบระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วมไปใช้งานจริงได้
5. มีความสะดวกในการติดตั้งและใช้งาน
6. เครื่องส่งมีกำลังพอ ในกรณีที่มีเครื่องรับหลายเครื่อง
7. ทำให้เกิดทักษะทางด้านการทำงาน ทั้งทางด้านทฤษฎี และปฏิบัติ
8. ทำให้สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้า และเกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ในการทำงาน
9. ทำให้ได้รับประสบการณ์ในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม
10. เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สนใจศึกษา และพัฒนาระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.3 ปัญหา และแนวทางแก้ไข

จากผลการทดลองการทำงานของระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม ผลปรากฏว่าสามารถทำงานได้ตามที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์ แต่จากการทดลองทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นซึ่งสรุปได้เป็นข้อๆ ดังนี้

1. ไม่มีออสซิโลสโคปวัดสัญญาณความถี่ย่าน UHF จึงไม่สามารถตรวจสอบสัญญาณได้

การแก้ไขปัญหา ใช้เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมวัดสัญญาณความถี่ย่าน UHF แทน

2. ย่านความถี่ที่ใช้ในการส่งสัญญาณอยู่ในช่วง 450 ถึง 550 เมกกะเฮิร์ตซ์ ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่กว้างมากจึงเกิดสัญญาณรบกวนง่าย ส่งผลให้กำลังในการส่งสัญญาณลดน้อยลงไป

การแก้ไขปัญหา จำกัดย่านความถี่ให้อยู่ในย่านที่แคบที่สุดโดยการออกแบบวงจรผลิตความถี่คลื่นพาหะให้มีย่านความถี่แคบๆ เพื่อป้องกันการรบกวนของสัญญาณ

3. กำลังของสัญญาณลดลงเมื่อใช้สายนำสัญญาณที่มีความยาวมากๆ ต่อไปยังสายอากาศ

การแก้ไขปัญหา ใช้สานนำสัญญาณที่มีความยาวสั้นที่สุดต่อจุดเอาท์พุทไปยังเสาอากาศของเครื่องส่งสัญญาณ A/V ย่าน UHF

4. เกิดการรบกวนของสัญญาณ โดยเฉพาะวงจรผลิตความถี่จะมีการรบกวนกันระหว่างช่องสัญญาณของวงจรเครื่องส่งสัญญาณ A/V ย่าง UHF แต่ละวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ไขปัญหา ปรับความถี่ของวงจรผลิตความถี่แต่ละวงจรให้มีความห่างกันจนไม่มีการรบกวนกันของสัญญาณ

5. กำลังของสัญญาณลดลงเมื่อส่งระยะทางไกลๆ เนื่องจากวงจรขยายมีกำลังส่งไม่พอ

การแก้ไขปัญหา เพิ่มกำลังขยายสัญญาณให้สูงขึ้น โดยเปลี่ยนทรานซิสเตอร์ขยายสัญญาณ

5.4 แนวทางการพัฒนาโครงการ

โครงงานที่สร้างขึ้นนี้สามารถทำงานได้ตามขีดความสามารถที่กำหนดไว้ แต่สามารถที่จะพัฒนาระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วมได้อีก ดังต่อไปนี้

1. พัฒนาโดยการเพิ่มกำลังส่งของสัญญาณให้มากขึ้น จะทำให้ได้ระยะทางในการส่งไกลมากขึ้น เป็นผลให้สามารถนำระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่าน ดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วมนี้ไปใช้งานในพื้นที่กว้างๆ ได้

2. พัฒนาวงจรให้มีจำนวนช่องสัญญาณมากขึ้น เพื่อให้มีความจุของช่องสัญญาณเพิ่มขึ้น ทำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. พัฒนาให้ระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วมให้ใช้เสาอากาศสูงเพียงต้นเดียว

4. พัฒนาระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วมโดยการเข้ารหัส และถอดรหัสได้

5. พัฒนาให้ระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ย่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วมสามารถใช้งานร่วมกับเครื่องเล่นวีดีโอ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากแนวความคิดที่กลุ่มผู้จัดนำเสนอให้พิจารณานี้ หากผู้ใดสนใจ และต้องการศึกษาระบบการทำงานของโครงงานต่อไป กลุ่มผู้จัดทำแจ้งว่าโครงงานชิ้นนี้คงเป็นชิ้นงานที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไปหากได้รับการพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
คู่มือการใช้งานและรูปต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้ระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วม

อุปกรณ์ที่ต้องการ

1. เครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วมพร้อมสายนำสัญญาณ
2. เครื่องส่งสัญญาณ A/V ย่าน UHF จำนวน 3 ช่องสัญญาณ
3. เครื่องรับโทรทัศน์ระบบ Multi system แบบจูนเคลื่นความถี่ได้

สิ่งที่ควรรู้เกี่ยวกับระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม

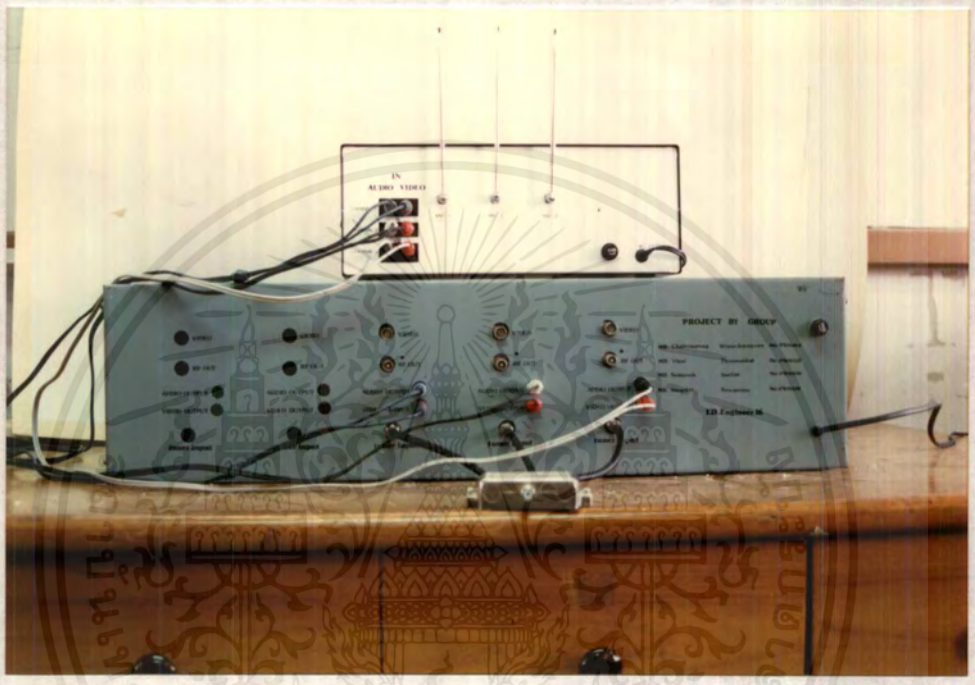
1. ระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วมใช้แพร่กระจายสัญญาณในระยะ 20 เมตร
2. ไม่ควรใช้ระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วมในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวน หรือสิ่งกีดขวางมาก เนื่องจากความถี่ย่าน UHF มีการแพร่กระจายระดับสายตาจะทำให้รับสัญญาณได้ไม่ชัดเจน
3. ระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วมสามารถนำไปใช้งานร่วมกับเครื่องเล่นวีดีโอ และเครื่องเล่นวีดีโอเกมส์ได้ (มีขั้วต่อ A/V)

ขั้นตอนการใช้งานระบบการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วม

1. ต่อสายนำสัญญาณ A/V ของเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วมเข้ากับเครื่องส่งสัญญาณ A/V ย่าน UHF ทั้ง 3 ช่องสัญญาณ
2. เปิดสวิทช์เครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยใช้จานสายอากาศร่วมและเครื่องส่งสัญญาณ A/V ย่าน UHF ทั้ง 3 ช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

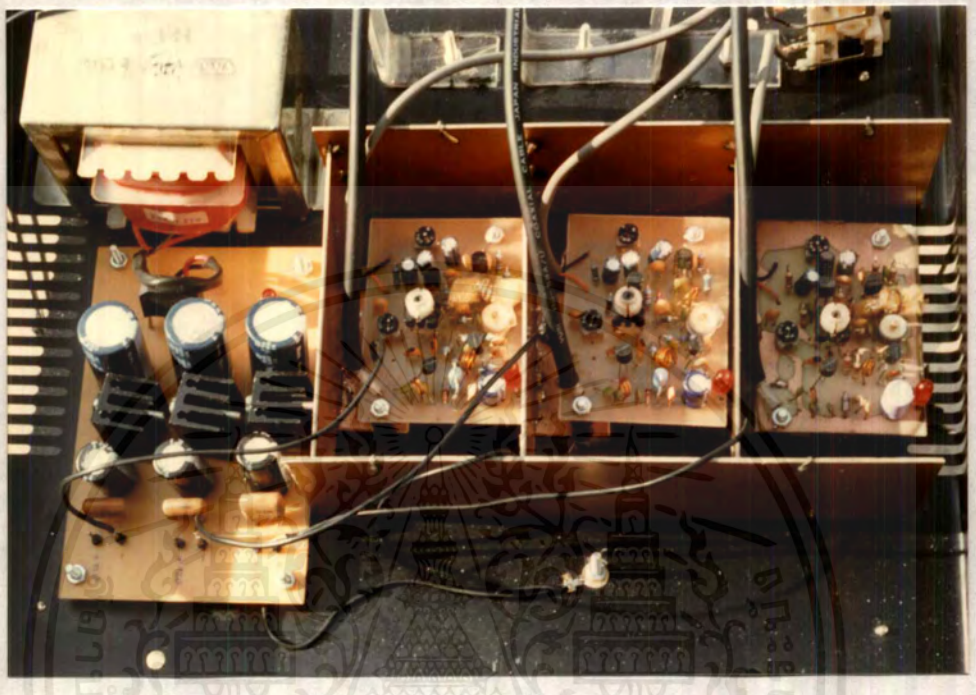
3. เปิดสวิทช์เครื่องรับโทรทัศน์จูนความถี่ ให้ตรงกับช่องที่รับสัญญาณได้ทั้ง 3 ช่องสัญญาณ
4. เริ่มใช้งาน



รูปที่ 1 การเชื่อมต่อกับเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปต้นแบบของระบบแพร่สัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมที่รับจากจานสายอากาศร่วม



รูปที่ 2 การจัดวางอุปกรณ์ภายใน

รูปที่ 3 ด้านหน้าของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

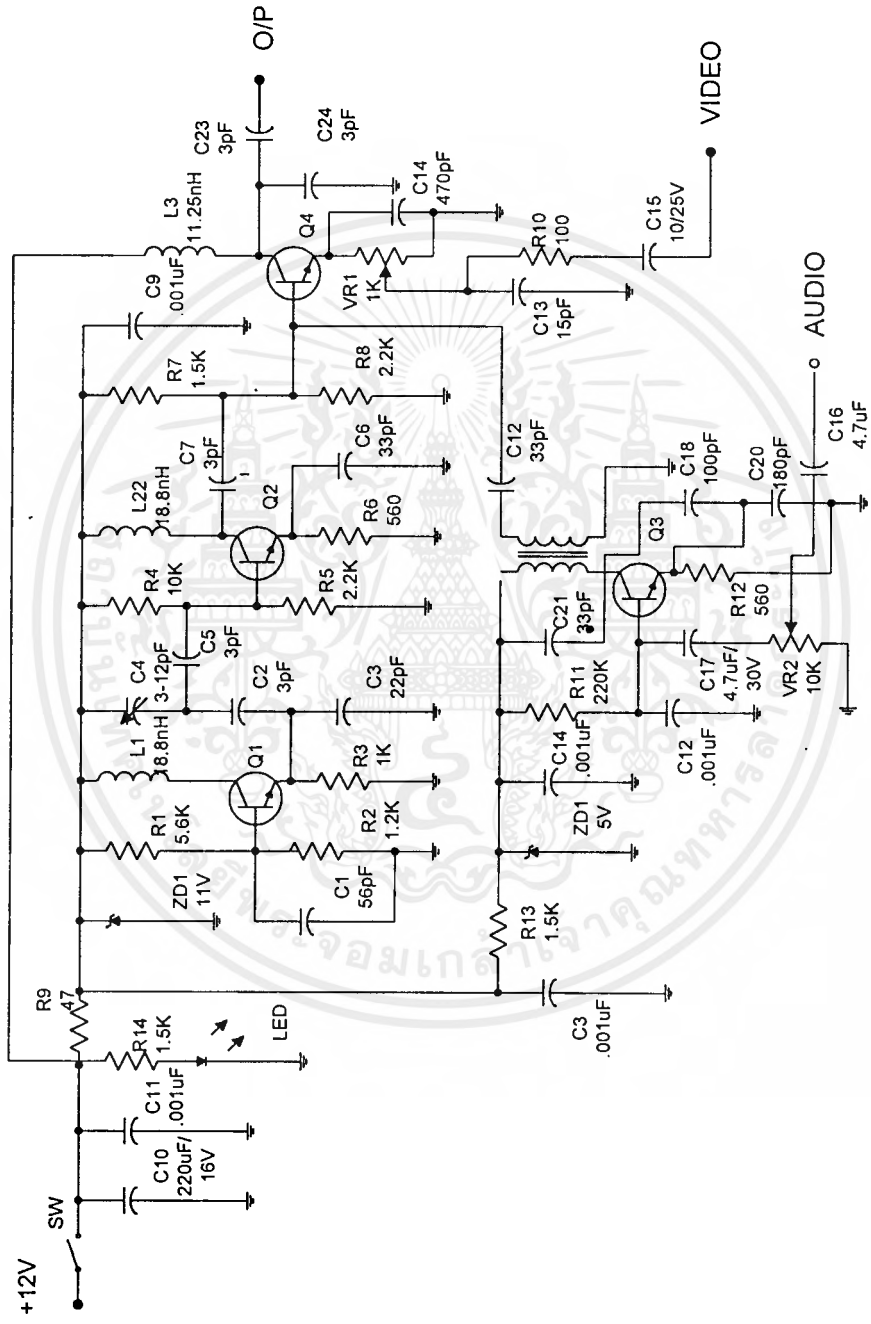
รูปที่ 4 ด้านหลังของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

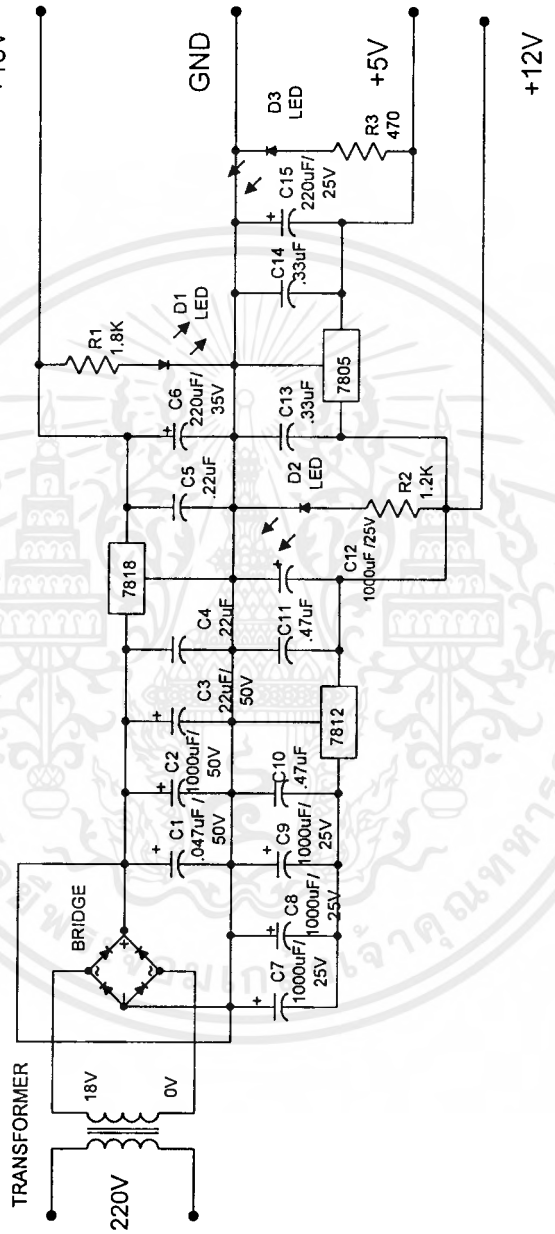
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



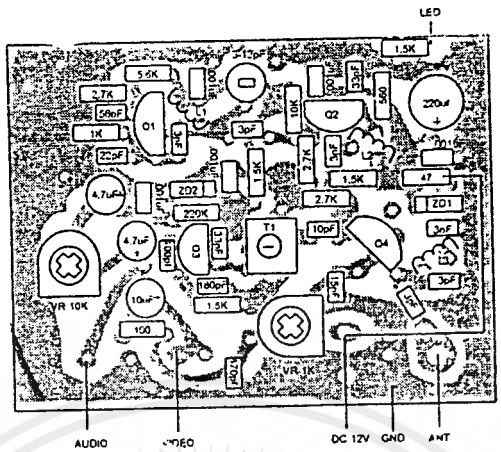
รูปที่ 5 วงจรเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

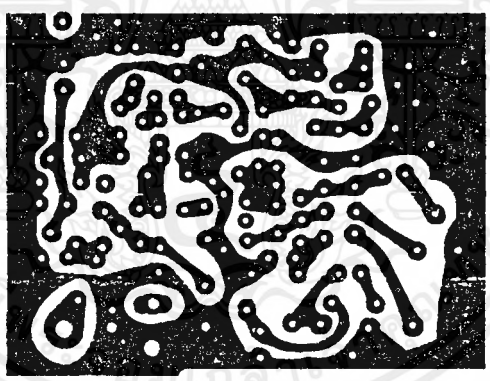


รูปที่ 6 วงจรจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 การวางอุปกรณ์



รูปที่ 8 แผ่นวงจรแผ่นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์เครื่องส่งสัญญาณ A/V ย่าน UHF

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/หรือเบอร์	จำนวน
R1		5.6 k 1/8 W ± 5 %	1 ตัว
R2		1.2 k 1/8 W ± 5 %	1 ตัว
R3		1 k 1/8 W ± 5 %	1 ตัว
R4		10 k 1/8 W ± 5 %	1 ตัว
R5,R8		2.7 k 1/8 W ± 5 %	2 ตัว
R6		560 1/8 W ± 5 %	1 ตัว
R7,R12,R13,R14		1.5 k 1/8 W ± 5 %	4 ตัว
R9		47 1/8 W ± 5 %	1 ตัว
R10		100 1/8 W ± 5 %	1 ตัว
R11		270 1/8 W ± 5 %	1 ตัว
VR1		1 k	1 ตัว
VR2		10 k	1 ตัว
C1	เซรามิก	56 pF	1 ตัว
C2,C5,C7,C21,C23,C24	เซรามิก	3 pF	6 ตัว
C3	เซรามิก	22 pF	1 ตัว
C4	ทริมเมอร์	3-12 pF	1 ตัว
C6	เซรามิก	33 pF	1 ตัว
C8,C9,C11,C18,C22	เซรามิก	0.001 uF	5 ตัว
C10	อิเล็กทรอไลต์	220 uF 16v	1 ตัว
C12	เซรามิก	10 pF	1 ตัว
C13	เซรามิก	15 pF	1 ตัว
C14	เซรามิก	470 pF	1 ตัว
C15	อิเล็กทรอไลต์	10 uF 25v	1 ตัว
C16,C17	อิเล็กทรอไลต์	4.7 uF 50v	2 ตัว
C19	เซรามิก	100 pF	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/หรือเบอร์	จำนวน
C20	เซรามิก	180 pF	1 ตัว
Q1,Q2		C535	2 ตัว
Q3		C945	1 ตัว
Q4		C2570	1 ตัว
ZD1		11V	1 ตัว
ZD2		5V	1 ตัว
LED1			1 ตัว
SW1,SW2			2 ตัว
สายอากาศ			1 ตัว
แจ็ค RCA			1 คู่
แจ็คอะแดปเตอร์			1 ตัว

อุปกรณ์อื่นๆ

T1	คอล์ยฟอร์ม 6 mm แบบกระป๋อง FM	1 ตัว
L1,L2,L3	ลวดอาบน้ำยาเบอร์ 23	3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
เอกสารประกอบและอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบโทรทัศน์

ระบบโทรทัศน์สำคัญๆ ที่ใช้กันอยู่ทั่วโลกขณะนี้มีอยู่ 3 ระบบ คือ ระบบ NTSC ระบบ SECAM และระบบ PAL ซึ่งแม้ว่าประเทศต่างๆ จะรับระบบนี้ไว้เป็นมาตราฐานในกิจการโทรทัศน์ของประเทศตน แต่รายละเอียดอื่นๆ ของระบบอาจมีความแตกต่างกันออกไปได้อีก โดยทั่วไป ประเทศที่ใช้ระบบไฟฟ้าจ่ายตามบ้านแบบ 50 เฮิรตซ์ จะใช้อัตราความถี่กวาดแนวดิ่งเท่ากับ 50 เฮิรตซ์ ซึ่งจำนวนเฟรม (Frame) ต่อวินาทีจะเป็น 25 เฟรม และ 30 เฟรมต่อวินาที

ประเทศไทยใช้ระบบ PAL ซึ่งเป็นระบบที่ใช้แพร่หลายในประเทศภาคพื้นยุโรป คือ 625 เส้นต่อ 1 เฟรม และ 25 เฟรมต่อวินาที

มีข้อสังเกตุว่า ทุกระบบจะใช้วิธี odd-line interlacing (คือ 2 ภาพย่อย ประกอบเป็น 1 เฟรม) ค่า aspect ratio เท่ากับ 4 ต่อ 3 และการมอดูเลตของสัญญาณภาพเป็นแบบ AM โดยมัลติเพล็กซ์สัญญาณสีด้วยพาหะรอง

ตารางที่ 1 มาตราฐานระบบโทรทัศน์ของประเทศต่างๆ

มาตราฐาน	ประเทศในแถบอเมริกาเหนือ อเมริกาใต้ สหรัฐอเมริกา แคนาดา เม็กซิโก และญี่ปุ่น	ประเทศในแถบยุโรป ตะวันตก เยอรมัน อิตาลี และสเปน	อังกฤษ	ฝรั่งเศส	รัสเซีย
เส้นต่อเฟรม	525	625	625	625	625
เฟรมต่อวินาที	30	25	25	25	25
ความถี่ภาพย่อย (Hz)	60	50	50	50	50
ความถี่เส้น (Hz)	15,750	15,625	15,625	15,625	15,625
ความกว้างภาพ (MHz)	4.2	5 หรือ 6	5.5	6	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตราฐาน	ประเทศในแถบอเมริกาเหนือ อเมริกาใต้ สหรัฐอเมริกา แคนาดา เม็กซิโก และญี่ปุ่น	ประเทศในแถบยุโรป ตะวันตก เยอรมัน อิตาลี และสเปน	อังกฤษ	ฝรั่งเศส	รัสเซีย
ความกว้างช่อง (MHz)	6	7 หรือ 8	8	8	8
มอดูเลตภาพ	-	-	-	+	-
สัญญาณเสียง	FM	FM	FM	FM	FM
ระบบโทรทัศน์สี	NTSC	PAL	PAL	SECAM	SECAM
คลื่นพาหะรองสี (MHz)	3.58	4.43	4.43	4.43	4.43

ตารางที่ 2 ความถี่มาตรฐานของช่องสัญญาณโทรทัศน์ (ระบบอเมริกัน : FCC)

ย่านความถี่	ช่อง	พาหะภาพ (MHz)	พาหะเสียง (MHz)	ย่านความถี่	ช่อง	พาหะภาพ (MHz)	พาหะเสียง (MHz)
VHF	A2	55.25	59.75	UHF	A43	645.25	649.75
	A3	61.25	65.75		A44	651.25	655.75
	A4	67.25	71.75		A45	657.25	661.75
	A5	77.25	81.75		A46	663.25	667.75
	A6	83.25	87.75		A47	669.25	673.75
	A7	175.25	179.75		A48	675.25	679.75
	A8	181.25	185.75		A49	681.25	685.75
	A9	187.25	191.75		A50	687.25	691.75
	A10	193.25	197.75		A51	693.25	697.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่านความถี่	ช่อง	พาหะภาพ (MHz)	พาหะเสียง (MHz)
	A11	199.25	203.75
	A12	205.25	209.75
	A13	211.25	215.75
UHF	A14	471.25	475.75
	A15	477.25	481.75
	A16	483.25	487.75
	A17	489.25	893.75
	A18	495.25	899.75
	A19	501.25	505.75
	A20	507.25	511.75
	A21	513.25	517.75
	A22	519.25	523.75
	A23	525.25	529.75
	A24	531.25	535.75
	A25	537.25	541.75
	A26	543.25	547.75
	A27	549.25	553.75
	A28	555.25	559.75
	A29	561.25	565.75
	A30	569.25	571.75
	A31	573.25	577.75
	A32	579.25	583.75
	A33	585.25	589.75
	A34	591.25	595.75
	A35	597.25	601.75

ย่านความถี่	ช่อง	พาหะภาพ (MHz)	พาหะเสียง (MHz)
	A52	699.25	703.75
	A53	705.25	709.75
	A54	713.25	715.75
	A55	717.25	721.75
	A56	723.25	727.75
	A57	729.25	733.75
	A58	739.25	739.75
	A59	741.25	745.75
	A60	747.25	751.75
	A61	753.25	757.75
	A62	759.25	763.75
	A63	765.25	769.75
	A64	771.25	775.75
	A65	777.25	781.75
	A66	783.25	787.75
	A67	789.25	793.75
	A68	795.25	799.75
	A69	801.25	805.75
	A70	807.25	811.75
	A71	813.25	817.75
	A72	819.25	823.75
	A73	825.25	829.75
	A74	831.25	835.75
	A75	837.25	841.75
	A76	843.25	847.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่านความถี่	ช่อง	พาหะภาพ (MHz)	พาหะเสียง (MHz)
	A36	603.25	607.75
	A37	609.25	613.75
	A38	615.25	619.75
	A39	621.25	625.75
	A40	627.25	631.75
	A41	633.25	637.75
	A42	639.25	643.75

ย่านความถี่	ช่อง	พาหะภาพ (MHz)	พาหะเสียง (MHz)
	A77	849.25	853.75
	A78	855.25	859.75
	A79	861.25	865.75
	A80	867.25	871.75
	A81	873.25	877.75
	A82	879.25	883.75
	A83	885.25	889.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายขวัญชัย พรมมา
วันเดือนปีเกิด	10 พฤษภาคม 2519
สถานที่เกิด	จังหวัดนครสวรรค์
ภูมิลำเนาเดิม	จังหวัดนครสวรรค์
ที่อยู่ปัจจุบัน	2842/3 ถนนมิตรภาพ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
เบอร์โทรศัพท์	044-213569,01-9666368
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนรุ่งอรุณวิทยา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช)	โรงเรียนช่างกลพณิชยการ นครราชสีมา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส)	วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คติพจน์	ตนเป็นที่พึ่งแห่งตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายฐานันดร์ ราชเล็ก
วันเดือนปีเกิด	8 สิงหาคม 2518
สถานที่เกิด	จังหวัดพัทลุง
ภูมิลำเนาเดิม	จังหวัดพัทลุง
ที่อยู่ปัจจุบัน	2842/3 ถนนราเมศ ตำบลท่ามีหรำ อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง
เบอร์โทรศัพท์	074-612899
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนอนุบาลพัทลุง
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนพัทลุง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช)	วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส)	วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คติพจน์	อย่าหยุดยั้ง ชีวิตยังมีหวังเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายพิศิษฐ เพิ่มประเสริฐ
วันเดือนปีเกิด	5 ตุลาคม 2514
สถานที่เกิด	จังหวัดราชบุรี
ภูมิลำเนาเดิม	จังหวัดราชบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	10/18 หมู่ 8 แขวงหลักสอง เขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร
เบอร์โทรศัพท์	02-4216567
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนไกรประชานุกูล
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสายธรรมจันทร์
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนสายธรรมจันทร์
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส)	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายศิลวัตร ครุศานติ
วันเดือนปีเกิด	10 พฤษภาคม 2518
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ภูมิลำเนาเดิม	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ปัจจุบัน	13/284 หมู่ 5 ถนนสุขาภิบาล 1 แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร 10240
เบอร์โทรศัพท์	02-3771657
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนโสมาภา 2
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเทพลีลา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช)	วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส)	วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คติพจน์	อย่าสิ้นหวังในพระเจ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. จารุพงษ์ จีนาพันธ์ มาสร้างเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม. แซทเทลไลท์ ไทยแลนด์ ปีที่ 1 , ฉบับที่ 1 (2536) หน้า 78-83
2. ณรงค์ เหมกรณ์. การสื่อสารดาวเทียม กรุงเทพมหานคร : ประสิทภัณฑ์แอนพริ้นติ้ง, 2533
3. รัชนัย อินทุใส การสื่อสารดาวเทียม. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2537
4. บรรเจิด ตันติกัลยาภรณ์ "เครื่องรับส่ง เล่ม 2"
5. ประสิทธิ์ ทีฆพฒิ การสื่อสารดาวเทียม. กรุงเทพมหานคร: ส.เอเซียเพรส,2536
6. สมพร ธีระโรจนพงษ์. "SMATV " แซทเทลไลท์ ไทยแลนด์ ปีที่ 1, ฉบับที่ 2 (2537), หน้า 68-71
7. สิทธิชัย โภไคยอุดม ทฤษฎีและการคำนวณวงจรอิเล็กทรอนิกส์. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด 2531
8. เสงี่ยม เผ่าทองสุข "คู่มือวิทยุสมัคเล่น" , บริษัท อิเลคทรอนิคส์เวิลด์ จำกัด ,พิมพ์ครั้งที่ 1 กรกฎาคม 2526

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้