

ชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียม
Satellite Signal Receiving Demonstrator



โดย

นาย ภูวดล ศรีธธาพิทย์

นาย อากม อินทรจร

นาย กฤษดา จงย้อยกลาง

เลขที่.....

เลขทะเบียน.....42154

วัน, เดือน, ปี.....14 พ.ค. 2545

.b.....

.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

ชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียม
Satellite Signal Receiving Demonstrator

โดย

นาย ภูวดล ศรีทราทิพย์ 41013024

นาย อาคม อินทรจร 41013039

นาย กฤษดา จงย่อกกลาง 41013044

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ณรงค์ เหมกรณ์

รศ. นิภา ลีลาธุจิ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

14/05/2004

ชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียม

Satellite Signal Receiving Demonstrator

โดย นาย ภูวดล ศรัทธาทิพย์ 41013024

นาย อาคม อินทรจร 41013039

นาย กฤษดา จงย่อกกลาง 41013044

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ณรงค์ เหมกรณ์

รศ. นิภา ลีลาธิ

บทคัดย่อ

การจัดทำโครงงานปริญญานิพนธ์นี้ จะใช้ในการศึกษาการทำงานของระบบรับสัญญาณดาวเทียม โดยการสร้างจะเน้นให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกในการใช้งานมากที่สุด และส่วนประกอบภายในชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมนี้ยังแบ่งการทำงานออกเป็นภาค โดยบนแผงชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียม ยังจะประกอบไปด้วยจุดทดสอบ เพื่อใช้ในการวัดลักษณะของสัญญาณของวงจรในแต่ละภาค ซึ่งจะนำมาทำการเปรียบเทียบกับหลักการทำงาน นอกจากนี้แล้วยังสามารถที่จะทำการปรับเปลี่ยนช่องของสัญญาณภาพ สัญญาณเสียงที่ส่งมาจาก ดาวเทียมได้เพียงทำการใช้สวิตช์เลือก

ABSTRACT

Project will be used to study about satellite receiver system and make it convenience to used by made it into block. It also consist of test point in order to used it to reference signal. This satellite receiver can select channels of video, audio and of the signal too.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียม

Satellite Signal Receiving Demonstrator

ผู้จัดทำ

1. นาย ภูวดล ศรีทาทิพย์ 41013024
2. นาย อาคม อินทรจร 41013039
3. นาย กฤษดา จงย้อยกลาง 41013044


(รศ. ณรงค์ เหมกรรณ์)

อาจารย์ที่ปรึกษา


(รศ. นิภา สีลารุจิ)

อาจารย์ที่ปรึกษา



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	21
บทที่ 4 ผลการทดลอง	39
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	49
ภาคผนวก	
บรรณานุกรม	



สารบัญรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการต่อเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเข้ากับระบบ TVRO	5
2.2 โครงสร้างของจานสายอากาศพาราโบลิคแบบอคูมิเนียมหล่อขึ้นเดียว	6
2.3 โครงสร้างจานพาราโบลิคแบบค้ำยอคูมิเนียม	6
2.4 โครงสร้างจานพาราโบลิคแบบขึ้นด้วยไฟเบอร์กลาส	7
2.5 การโพลารไรซ์แบบเชิงเส้นและการโพลารไรซ์แบบวงกลม	9
2.6 อุปกรณ์ขยายและจัดสัญญาณรบกวน	10
2.7 การเดินทางของสัญญาณผ่านส่วนต่างๆภายในระบบรับสัญญาณดาวเทียม	11
2.8 ความกว้างของแถบความถี่	12
2.9 บล็อกไดอะแกรมของจูนเนอร์	13
2.10 วงจรกรองความถี่คั่นระหว่างแหล่งกำเนิดความถี่และ โพลด	14
2.11 รูปแบบของสัญญาณในทางอุดมคติ	15
2.12 วงจรกรองแบบผ่านต่ำโดยใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ	15
2.13 วงจรกรองผ่านสูงโดยใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ	16
2.14 วงจรกรองผ่านแถบโดยใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ	17
2.15 วงจรกรองแบบผ่านต่ำโดยใช้ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ	17
2.16 วงจรกรองผ่านสูงโดยใช้ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ	18
2.17 วงจรผสมสัญญาณแบบสมดุลย์	19
2.18 วงจรผสมสัญญาณแบบไม่สมดุลย์	19
2.19 บล็อกไดอะแกรมของระบบครอเดอเรจอร์ดีเทคชั่น	21
2.20 รูปร่างของสัญญาณที่ได้จากการคูณสัญญาณด้วยระบบครอเดอเรจอร์ดีเทคชั่น	22
2.21 วงจรจำกัดค่าจะจัดสัญญาณรบกวนและการเปลี่ยนแปลงทางขนาดของสัญญาณรบกวนในระบบ FM	22
2.22 ลักษณะของคลื่นเมื่อผ่านวงจรจำกัดค่า	23
2.23 แผนผังของวงจรเฟสล็อก	23
3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของชุดสาริตการรับสัญญาณดาวเทียม	26
3.2 แสดงลักษณะของวงจรกรองแบบผ่านต่ำ	28
3.3 แสดงโครงสร้างภายในของไอซีขยายสัญญาณภาพ	29
3.4 แสดงลักษณะของวงจรกรองผ่านสูง	30
3.5 แสดงลักษณะของลักษณะของวงจรกรองแบบผ่านต่ำโดยใช้ตัวต้านทานต่อร่วมกับตัวเก็บประจุ	31

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 แสดงลักษณะของลักษณะของวงจรกรองแบบผ่านต่ำโดยใช้ตัวเก็บประจุต่อร่วมกับตัวเหนี่ยวนำ	31
3.7 แสดงวงจรผลิตความถี่ควบคุมด้วยแรงดันโดยใช้เฟทเบอร์ 2SK315	32
3.8 แสดงวงจรผสมสัญญาณโดยใช้มอสเฟทเบอร์ 3SK74	32
3.9 แสดงการต่อใช้งานไอซีเบอร์ KIA6003	33
3.10 แสดงวงจรบัฟเฟอร์ที่ต่อจากขา BB OUT ของจูนเนอร์	34
3.11 แสดงวงจรบัฟเฟอร์ที่จุดก่อนเข้าวงจรกรองผ่านแถบ	35
3.12 แสดงวงจรบัฟเฟอร์ที่ต่อหลังการคิมอดูเลต โดยใช้ทรานซิสเตอร์คู่ร่วมกับออปแอมป์	35
3.13 แสดงการต่อวงจรขยายสัญญาณแบบใช้ทรานซิสเตอร์แบบ NPN คู่ร่วมกับทรานซิสเตอร์แบบ PNP	36
3.14 แสดงการต่อวงจรขยายสัญญาณแบบ Voltage Divider	36
3.15 แสดงวงจรการทำงานภายในชุดสาริตการรับสัญญาณดาวเทียม	38
3.16 แสดงการใช้สวิตช์และตัวต้านทานปรับค่าได้ในการเลือกช่องสัญญาณ	39
3.17 แสดงการใช้สวิตช์ 2 ทางและตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ในการเลือกสัญญาณเสียง	39
3.18 แสดงลักษณะของวงจรภาคจ่ายไฟ	40
4.1 แสดงการเตรียมชุดสาริตการรับสัญญาณดาวเทียม	41
4.2 แสดงจุดทดสอบของวงจร	42
4.3 แสดงการวัดที่จุด TP1 ในเชิงความถี่ของสัญญาณภาพช่อง CNBC ของดาวเทียม PALAPA	43
4.4 แสดงการวัดที่จุด TP1 ในเชิงความถี่ของสัญญาณเสียง ช่อง CNBC ของดาวเทียม PALAPA	43
4.5 เปรียบเทียบสัญญาณเชิงความถี่กับสัญญาณทางเวลาของจุด TP1	44
4.6 แสดงการวัดที่จุด TP2 ช่อง CNBC ของดาวเทียม PALAPA	44
4.7 แสดงการวัดสัญญาณที่จุด TP3 ช่อง CNBC ของดาวเทียม PALAPA	45
4.8 แสดงการวัดสัญญาณที่จุด TP4 ช่อง CNBC ของดาวเทียม PALAPA	45
4.9 แสดงการวัดสัญญาณที่จุด TP5 ช่อง CNBC ของดาวเทียม PALAPA	46
4.10 แสดงการวัดที่จุด TP5 ในเชิงความถี่ของสัญญาณภาพช่อง CNBC ของดาวเทียม PALAPA	46
4.11 แสดงการวัดที่จุด TP5 ในเชิงความถี่ของสัญญาณภาพช่อง CNBC ของดาวเทียม PALAPA	47

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12 แสดงการวัดสัญญาณที่จุด TP6 ช่อง MTV ของดาวเทียม PALAPA	47
4.13 แสดงความแตกต่างในการวัดสัญญาณที่จุด TP5 และ TP6 ช่อง CNBC ของดาวเทียม PALAPA	48
4.14 แสดงการวัดสัญญาณที่จุด TP7 ช่อง CNBC ของดาวเทียม PALAPA ที่รับสัญญาณความถี่ 6.60 MHz	48
4.15 แสดงการวัดสัญญาณที่จุด TP8 ช่อง CNBC ของดาวเทียม PALAPA	49
4.16 แสดงการวัดสัญญาณที่จุด TP9 ช่อง CNBC ของดาวเทียม PALAPA	49
4.17 แสดงการวัดสัญญาณที่จุด TP10 ช่อง CNBC ของดาวเทียม PALAPA	50





1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญานิพนธ์

ปัจจุบันการติดต่อสื่อสาร โดยวิธีการใช้ดาวเทียมเป็นที่นิยมนักหนึ่ง เนื่องจากเป็นระบบการติดต่อสื่อสารที่สะดวก เพราะสามารถจะรับได้ทุกสถานที่แม้กระทั่งในหุบเขาก็ดำรง ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบกับการติดต่อระบบไมโครเวฟจะเห็นได้ว่าในระบบไมโครเวฟนั้นจะประสบกับปัญหาทางด้านการบดบังของคลื่นทำให้ไม่สามารถจะทำการติดต่อได้

การติดต่อสื่อสาร โดยใช้ดาวเทียมนี้ที่ตัวดาวเทียมจะมีลักษณะเปรียบเสมือนเป็นเครื่อง ทวนสัญญาณ ซึ่งจะทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่รับจากสถานีส่งภาคพื้นดินหนึ่งด้วยควมถี่ขาขึ้น (Up-Link) และเมื่อทำการขยายสัญญาณให้แรงขึ้นแล้วจะทำการเปลี่ยนความถี่ลดต่ำลงมาอีก ความถี่หนึ่งส่งกลับมายังสถานีภาคพื้นดิน เรียกว่า ความถี่ขาลง (Down-Link)

สำหรับประเทศไทยการส่งสัญญาณดาวเทียมจะใช้ใน 2 ย่านความถี่คือ

1. ย่านความถี่ C-Band มีความถี่อยู่ในช่วง 3.7 - 4.2 GHz
2. ย่านความถี่ Ku-Band มีความถี่อยู่ในช่วง 11.7 - 12.75 GHz

ชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Signal Receiving Demonstrator) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องรับสัญญาณที่เข้ามาแล้วแปลงให้เป็นสัญญาณภาพและสัญญาณเสียง เพื่อส่งต่อไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ ซึ่งชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียมนี้เป็นเพียงส่วนประกอบส่วนหนึ่งของชุดรับสัญญาณดาวเทียม โดยการที่จะนำสัญญาณจากดาวเทียมเพื่อชมรายการต่างๆ จำเป็นต้องมีอุปกรณ์อื่นๆ ประกอบอีก รวมเรียกระบบรับสัญญาณดาวเทียมนี้ว่า ระบบรับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากดาวเทียม (Television Receiving Only)

ระบบรับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากดาวเทียม ซึ่งจะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักที่สำคัญ 4 อย่าง คือ

1. จานดาวเทียม (SATELLITE DISH)
2. อุปกรณ์รวมสัญญาณ (FEEDHORN)
3. อุปกรณ์ขยายและขจัดสัญญาณรบกวน (LNB : Low Noise Block Down Converter)
4. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (SATELLITE RECEIVER)

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

- 1.2.1 เพื่อเรียนรู้ระบบและการทำงานของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม
- 1.2.2 เพื่อเรียนรู้ลักษณะของรูปคลื่นสัญญาณและการวัดตรวจสอบสัญญาณในแต่ละภาค
- 1.2.3 เพื่อสร้างชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียม และสามารถปรับเปลี่ยนช่องสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงได้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1.3.1 สร้างชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Signal Receiving Demonstrator) ประกอบด้วยชุดแสดงผลและวัดเปรียบเทียบกับสัญญาณดังนี้ คือ

- 1.3.1.1 เอาต์พุตของจูนเนอร์
- 1.3.1.2 เอาต์พุตของวงจร LOW PASS FILTER
- 1.3.1.3 เอาต์พุตออกจากวงจร VIDEO AMP
- 1.3.1.4 เอาต์พุตที่จุด VIDEO OUT
- 1.3.1.5 เอาต์พุตของวงจร BAND PASS FILTER
- 1.3.1.6 อินพุตและเอาต์พุตของ MOSFET
- 1.3.1.7 เอาต์พุตออกจากวงจร DEMODULATOR
- 1.3.1.8 เอาต์พุตที่จุด AUDIO OUT
- 1.3.2 ใช้รับสัญญาณกับจานรับดาวเทียมขนาดไม่น้อยกว่า 6 ฟุต
- 1.3.3 ใช้รับสัญญาณย่านความถี่ย่าน C-BAND (3.7-4.2 GHz)
- 1.3.4 สามารถเปลี่ยนช่องของสัญญาณโดยการใช้สวิตช์เลือกช่องสัญญาณ
- 1.3.5 ใช้รับสัญญาณจากดาวเทียม 12 ช่องความถี่
- 1.3.6 แผงสาธิตมีความยาว 45 เซนติเมตร ความกว้าง 55 เซนติเมตร

1.4 ประโยชน์ที่ได้จากปริญญานิพนธ์

- 1.4.1 สามารถนำความรู้ในเรื่องคลื่นและสัญญาณดาวเทียมเพื่อใช้ในการเรียนการสอน
- 1.4.2 สามารถนำชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียม ไปใช้ประกอบในการเรียนการสอนเรื่องการรับสัญญาณดาวเทียม
- 1.4.3 สามารถนำชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียมไปใช้เพื่อความบันเทิง
- 1.4.4 สามารถนำหลักการการทำงาน ไปศึกษาและพัฒนาการทำงานให้ดีขึ้นได้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ย่านความถี่ในการส่งสัญญาณ

ดาวเทียมที่ใช้ในการสื่อสารจะมีอุปกรณ์การรับ-ส่งคลื่นวิทยุภายในตัวดาวเทียมและอาศัยดาวเทียมทำหน้าที่ถ่ายทอดทวนสัญญาณ (Repeater) ไปยังสถานีภาคพื้นดินที่ทำการส่งสัญญาณและรับสัญญาณ การส่งสัญญาณความถี่คลื่นไมโครเวฟจากสถานีส่งภาคพื้นดินที่ส่งสัญญาณขาขึ้นเรียกว่า “การเชื่อมโยงขาขึ้น” ซึ่งงานรับสัญญาณบนตัวดาวเทียมจะรับสัญญาณคลื่นข้อมูลภาพ และเสียงด้วยระบบคอมพิวเตอร์ไว้แล้วนำไปขยายให้มีความแรงของสัญญาณมากขึ้นแล้วจึงส่งมายังสถานีภาคพื้นดินที่เรียกว่า “การเชื่อมโยงขาลง” โดยความถี่คลื่นไมโครเวฟขาขึ้นจะ แตกต่างกับความถี่ขาลง ซึ่งเป็นไปตามหลักของระบบถ่ายทอดความถี่และหลีกเลี่ยงการรบกวนของสัญญาณ โดยความถี่ขาขึ้นจะสูงกว่าความถี่ขาลงจากดาวเทียมเสมอ ดังนั้นในการส่งสัญญาณจะยากกว่า การรับสัญญาณ

2.2 ช่องสัญญาณของดาวเทียม

ดาวเทียมทุกดวงที่ใช้อยู่จะมีช่องสัญญาณซึ่งเรียกว่าทรานส์พอนเดอร์ (Transponder) ซึ่งมีหลายรูปแบบเพื่อใช้ในลักษณะการสื่อสารแบบต่างๆกัน ดาวเทียมดวงหนึ่งๆสามารถมีจำนวน ทรานส์พอนเดอร์ได้มากถึง 24 ช่อง หรืออาจมากกว่าเพื่อใช้ในงานต่างๆได้อย่างครบถ้วน โดยแต่ละช่องสามารถใช้ถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์ได้หนึ่งสัญญาณหรือสามารถรับส่งสัญญาณ โทรศัพท์พูดติดต่อกันได้ในจำนวนหลายพันคู่สาย ส่วนทรานส์พอนเดอร์อื่นๆ อาจใช้ในการส่งสัญญาณวิทยุให้กับเครือข่ายหรือสัญญาณข่าวสารที่เรียกว่า เทเลเท็กซ์ (Teletext) หรือข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ (Data Communication)

สัญญาณความถี่ในทุกๆทรานส์พอนเดอร์จะมีการจัดการโพลาไรซ์ (Polarization) ไว้ให้ ซึ่งจะมีทั้งการโพลาไรซ์ทางแนวตั้ง (Vertical) และการโพลาไรซ์ทางแนวนอน (Horizontal) เพื่อให้เหมือนกับข่ายช่องสัญญาณจากย่านความถี่ที่มีจำนวนจำกัดให้ได้ช่องสัญญาณมากขึ้น ในการรับสัญญาณภาคพื้นดินสามารถแยกรับได้ว่าจะรับทางแนวตั้งหรือแนวนอน ซึ่งดาวเทียมส่วนใหญ่มีทรานส์พอนเดอร์ที่รับ-ส่งสัญญาณทางแนวตั้งและแนวนอนอย่างละ 120 ทรานส์พอนเดอร์ และมีความถี่ซ้อนกันอยู่แต่จะไม่เกิดการแทรกสอด (Interference)

ทรานส์พอนเดอร์ของดาวเทียมจะทำงานที่ความถี่สูงกว่าความถี่ที่ใช้ในสถานีโทรทัศน์ ภาคพื้นดิน เนื่องจากความถี่ที่ใช้อยู่อยู่ในย่าน SHF (Super High Frequency) จึงมีผลกระทบต่อสภาพของอากาศ หรือการเกิดซันสปอต (Sunspot) ไม่มากทำให้การสื่อสารด้วยดาวเทียมนี้มีความเชื่อถือได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยความถี่ส่วนใหญ่ใช้ในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมเพื่อส่งตรงไปยังที่พิกอาศัยใน

เขตเอเชียใช้ความถี่ตั้งแต่ 3.7-4.2 GHz หรือมักเรียกว่า “ย่านความถี่ C-Band” ส่วนในประเทศญี่ปุ่น และออสเตรเลียใช้ความถี่ที่สูงกว่าคือ 11.7-12.75 GHz จะเรียกว่า “ย่านความถี่ Ku-Band”

ระบบการส่งสัญญาณครอบคลุมพื้นที่ของดาวเทียม มี 2 แบบ

1. แบบย่านความถี่ C-Band จะส่งคลื่นความถี่กลับมายังโลกอยู่ในช่วงความถี่ 3.7- 4.2 GHz แบบนี้ จะมีฟุตพริ้นกว้างสามารถส่งสัญญาณครอบคลุมพื้นที่ได้หลายประเทศ

ข้อดี : การใช้งานดาวเทียมขนาดนี้เหมาะสำหรับประเทศใหญ่ๆ เพราะส่งดาวเทียมดวงเดียวก็สามารถ ครอบคลุมพื้นที่ได้ทั่วประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา รัสเซีย จีน และ อินโดนีเซีย

ข้อเสีย : เนื่องจากส่งครอบคลุมพื้นที่กว้างๆ ความเข้มของสัญญาณจะต่ำจึงต้องใช้จาน 4-12 ฟุต ซึ่งเป็นจานขนาดใหญ่รับภาพจึงจะชัด

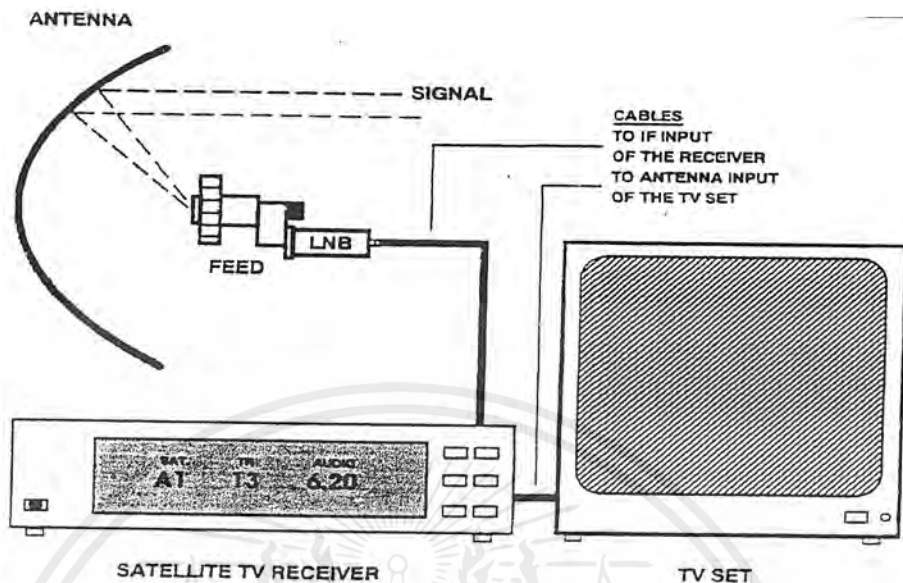
2. แบบย่านความถี่ Ku-Band จะส่งคลื่นความถี่กลับมายังโลกในช่วงความถี่ 11.7- 12.75 GHz ซึ่งสูงกว่าย่านความถี่ C-Band สัญญาณที่ส่งจะครอบคลุมพื้นที่ได้น้อยจึงเหมาะสำหรับการส่งสัญญาณ เฉพาะ ภายในประเทศเป็นที่นิยมใช้ในสหรัฐอเมริกา ยุโรปและญี่ปุ่น

ข้อดี : ความเข้มของสัญญาณสูงมากใช้งานสายอากาศขนาดเล็กๆ 40-60 เซนติเมตร ก็สามารถรับ สัญญาณได้แล้วเหมาะสำหรับส่งสัญญาณเฉพาะภายในประเทศ เช่น สัญญาณเคเบิลทีวีผ่านดาวเทียม (Direct Broadcas Satellite) ความถี่ 11.7-12.75 GHz ในระบบ Digital Compression ของประเทศ สหรัฐอเมริกา

ข้อเสีย : ฟุตพริ้นของระบบย่านความถี่ Ku-Band จะแคบส่งเฉพาะจุดที่ต้องการเท่านั้น การครอบ คลุมพื้นที่ได้น้อยจึงทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูง

เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นภาครับสัญญาณที่รับเข้ามาแล้วแปลงให้เป็น สัญญาณภาพและเสียงเพื่อส่งต่อไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ ซึ่งเครื่องรับสัญญาณ ดาวเทียมนี้เป็นเพียงส่วน ประกอบส่วนหนึ่งของชุดรับสัญญาณดาวเทียม ซึ่งการรับชมสัญญาณจากดาวเทียมเพื่อจะชมรายการต่างๆ ได้จำเป็นต้องมีอุปกรณ์อื่นๆ ประกอบรวม เรียกว่าระบบ รับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากดาวเทียม (Television Receiver Only) ซึ่งจะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักที่สำคัญ 4 อย่างคือ

1. จานดาวเทียม (SATELLITE DISH)
2. อุปกรณ์รวมสัญญาณ (FEEDHORN)
3. อุปกรณ์ขยายและขจัดสัญญาณรบกวน (LNB : Low Noise Block Down Converter)
4. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (SATELLITE RECEIVER)



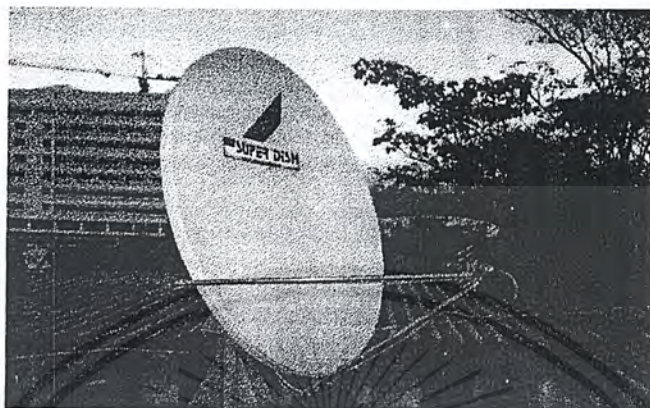
รูปที่ 2.1 แสดงการต่อเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเข้ากับระบบ TVRO

2.3 งานรับสัญญาณดาวเทียม

โดยทั่วไปดาวเทียมที่ใช้ในการส่งสัญญาณโทรทัศน์จะทำงานที่ความถี่ 3.7-4.2 GHz และส่งด้วยกำลังส่งประมาณ 8-16 วัตต์ เท่านั้น หลังจากที่ได้เดินทางมาเป็นระยะทาง 35,786 กิโลเมตร และแผ่กระจายครอบคลุมพื้นที่ของโลกเป็นบริเวณกว้าง จึงทำให้สัญญาณที่ส่งมาถึงบริเวณที่รับสัญญาณอ่อนกำลังลดลงไปมากจนเกือบจะหมดไป สาเหตุที่ดาวเทียมประเภทนี้ใช้กำลังส่งค่อนข้างต่ำ เพราะว่ามันพื้นโลกนั้นมีการใช้ความถี่ใกล้เคียงกับที่ดาวเทียมใช้ในการติดต่อสื่อสารบนภาคพื้นดิน หากดาวเทียมใช้กำลังในการส่งสูงแล้วจะทำให้เกิดการรบกวนหรือที่เรียกว่า การแทรกสอดสัญญาณของสถานีโทรทัศน์ภาคพื้นดินที่มีอยู่เดิม

ในระบบรับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากดาวเทียมงานสายอากาศนับว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดต้องการพื้นที่ติดตั้งมากที่สุด และการติดตั้งก็ต้องการความพิถีพิถันมากด้วย งานสายอากาศที่ต้องใช้กับระบบรับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากดาวเทียมก็เป็นเช่นเดียวกับ งานสายอากาศที่ใช้ในระบบสื่อสารไมโครเวฟจะแตกต่างที่ขนาดค่อนข้างใหญ่ (ในระบบไมโครเวฟจะมีสายอากาศประมาณ 0.2-0.5 เมตร) รูปลักษณะของงานสายอากาศที่ต้องใช้กับระบบรับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากดาวเทียมที่นิยมใช้มีด้วยกัน 2 ลักษณะ คือ งานพาราโบลิก และแบบทรงกลมงานสายอากาศพาราโบลิกเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดประมาณ 95% ของระบบรับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากดาวเทียมที่ใช้งานในสหรัฐอเมริกาและแคนาดา โดยขนาดของงานพาราโบลิกที่ใช้งานอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1.0 เมตร ถึง 4.5 เมตร โครงสร้างที่ใช้ทำจากไฟเบอร์กลาสเคลือบโลหะหรืออลูมิเนียมหล่อหน้าหนักเบา โครงสร้างที่นิยมใช้มี 3 แบบ คือ แบบ

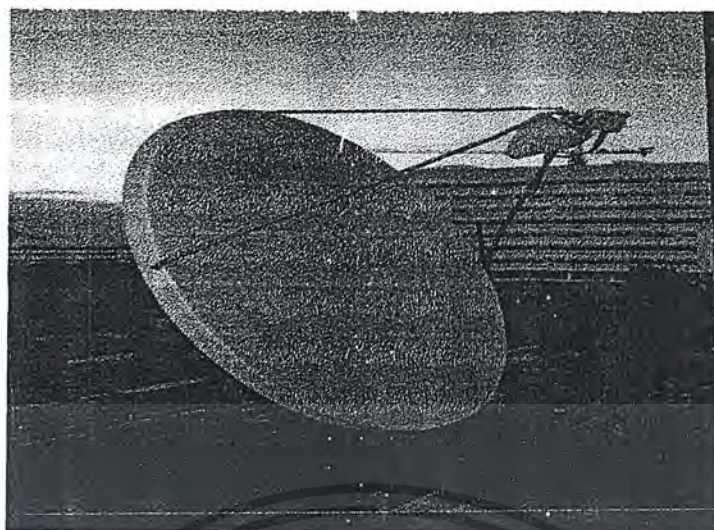
อลูมิเนียมหล่อขึ้นเดียวแบบดาข่ายโลหะหรือแบบอลูมิเนียมและขึ้นรูปด้วยไฟเบอร์กลาสดังแสดงในรูปที่ 2.2 2.3 และ 2.4



รูปที่ 2.2 โครงสร้างงานสายอากาศพาราโบลาแบบอลูมิเนียมหล่อขึ้นเดียวแบบที่มีความแข็งแรงแต่น้ำหนักมาก



รูปที่ 2.3 โครงสร้างงานพาราโบลาแบบดาข่ายอลูมิเนียมมีคุณสมบัติลดแรงต้านลม



รูปที่ 2.4 โครงสร้างจานพาราโบลิคแบบขึ้นรูปด้วยไฟเบอร์กลาส

ในปัจจุบันได้พัฒนาความถี่ให้สามารถใช้กำลังส่งจากดาวเทียมขนาดปานกลางเปลี่ยนมาใช้ย่านความถี่ Ku-Band แทนย่านความถี่ C-Band ที่ใช้งานอยู่ หากใช้ความถี่ในย่านนี้ทำการส่งสัญญาณโทรทัศน์ก็จะสามารถใช้จานสายอากาศขนาดเล็กประมาณ 2-3 ฟุต มารับสัญญาณได้อย่างดี เนื่องจากสัญญาณส่งมาด้วยกำลังส่งปานกลาง ประมาณ 20-50 วัตต์ งานรับสัญญาณจึงไม่จำเป็นต้องมีอัตราขยายมากนัก

อัตราการขยายของจานสายอากาศคือ การวัดความสามารถของจานสายอากาศที่รับหรือส่งพลังงานออกไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง สิ่งที่จะกล่าวต่อไปนี้มีผลกระทบต่้อัตราการขยายของจานรับสัญญาณซึ่งถือว่าเป็นสายอากาศทั้งสิ้น ได้แก่

1. พื้นที่หน้าตัดของจานรับสัญญาณ
2. ช่องเปิดของอุปกรณ์ขยายและขจัดสัญญาณรบกวนหรือขนาดของการหักเหของบรรยากาศที่น้อยกว่าการหักเหแบบมาตรฐาน
3. ผิวของจานสายอากาศที่ใช้รับสัญญาณจากดาวเทียม
4. ตัวสะท้อนที่ทำให้เปลี่ยนทิศทางของลำคลื่น (Reflector) ย่อยไม่อยู่ในตำแหน่งโฟกัสที่ดีที่สุด
5. ความโค้งงอของผิวจานสายอากาศที่ไม่เป็นไปตามลักษณะพาราโบลิค

หากเกิดสิ่งผิดปกติหรือข้อผิดพลาดจากปัจจัยทั้ง 5 นี้จะเป็นสาเหตุทำให้อัตราขยายลดลง ในการออกแบบจานรับสัญญาณแบบพาราโบลิคนั้น ผู้ออกแบบสามารถคำนวณอัตราขยายกำลังของจานรับสัญญาณแบบนี้ได้ โดยใช้สูตร

Size In ft.	Size In m.	C-Band (3.7-4.2 GHz)		Ku-Band(11.7-12.75 GHz)	
		Efficiency(%)		Efficiency(%)	
		55%	70%	55%	70%
1	0.30	19.4	20.5	29.0	30.1
2	0.61	25.4	26.5	35.1	36.1
3	0.91	29.0	30.0	38.6	39.6
4	1.22	31.5	32.5	40.7	42.1
5	1.52	33.4	34.4	43.0	44.1
7	2.13	35.0	36.0	44.1	45.6
8	2.43	37.5	38.5	47.1	48.1
9	2.74	38.5	39.5	48.1	49.2
10	3.05	39.4	40.5	49.0	50.1
11	3.35	40.2	41.3	49.9	50.9
12	3.65	41.0	42.0	50.6	51.7
13	3.96	41.7	42.7	51.3	52.4
16	4.87	43.5	44.5	53.1	54.1
20	6.09	45.4	46.5	55.1	56.1

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบอัตราขยายของจานสายอากาศ

$$G = 10 \log \left(\eta \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \right)$$

ขณะที่ D = เส้นผ่าศูนย์กลางของจานรับสัญญาณ หน่วยเป็นเมตร

λ = ความยาวคลื่น หน่วยเป็นเมตร

η = ค่าสัมประสิทธิ์ ของประสิทธิภาพ (ประมาณ 60%-75% สำหรับจานสายอากาศแบบพาราโบลิก)

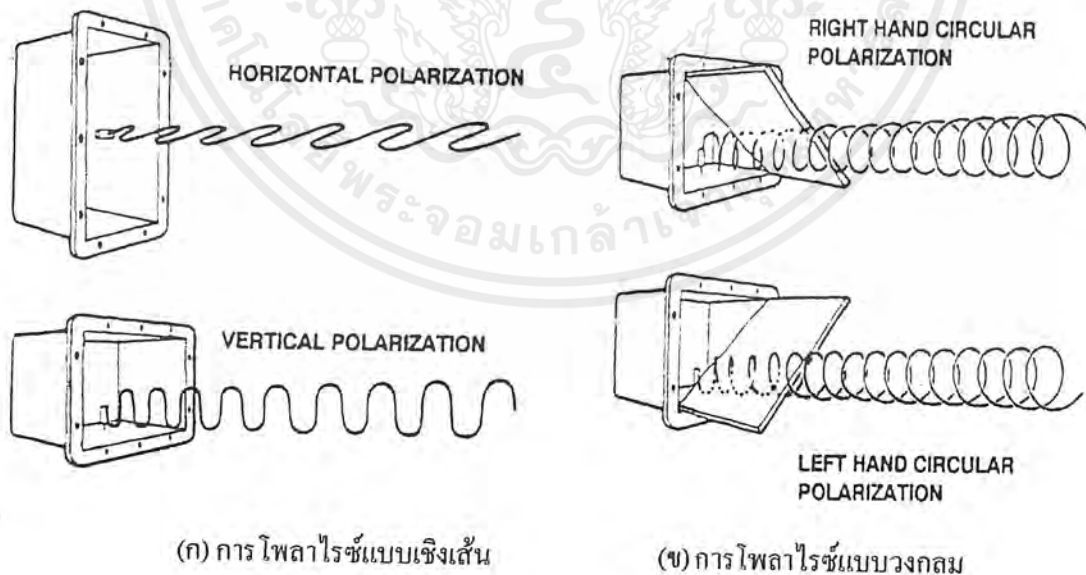
จานที่ใช้รับสัญญาณความถี่ส่วนมากจะเป็นแบบพาราโบลิกเกือบทั้งสิ้น ซึ่งจะต่างกันตรงวัสดุที่ใช้ในการผลิต ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุ เช่น จานอลูมิเนียมแบบทึบจานแบบไฟเบอร์กลาส และจานแบบตาข่าย เป็นต้น

2.4 อุปกรณ์รวมสัญญาณ

ทำหน้าที่รวมสัญญาณที่สะท้อนจากงานสายอากาศเพื่อส่งต่อไปให้อุปกรณ์ขยายและจัดสัญญาณรบกวนทางท่อนำคลื่น (Wave Guide) ซึ่งอุปกรณ์รวมสัญญาณชนิดนี้จะมีอยู่หลายแบบด้วยกันขึ้นอยู่กับรูปแบบของสัญญาณที่รับเข้ามา เนื่องจากสัญญาณที่ส่งลงมาจาก ดาวเทียมนั้นจะมีการแพร่กระจายคลื่นอยู่หลายแบบ เพื่อเป็นการจัดสรรความถี่ที่มีอยู่ให้ใช้ประโยชน์ได้สูงสุด โดยไม่เกิดการรบกวนกันลักษณะของการแพร่กระจายคลื่น

การโพลาไรซ์ทางแนวนอน (Horizontal Polarization) และการโพลาไรซ์ทางแนวตั้ง (Vertical Polarization) ทั้งสองแบบเรียกโดยรวมว่า การโพลาไรซ์เชิงเส้น (Linear Polarization) และการโพลาไรซ์แบบวงกลม (Circular Polarization) ซึ่งแบ่งออกเป็นสองแบบ คือการโพลาไรซ์แบบวงกลมวนขวา (Right Hand Circular Polarization) และการโพลาไรซ์แบบวงกลมวนซ้าย (Left Hand Circular Polarization) ดังนั้นหากต้องการรับสัญญาณดาวเทียมให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดแล้วจะต้องให้อุปกรณ์รวมสัญญาณที่มีโครงสร้างของโพรบตามแบบของการโพลาไรซ์ที่ส่งลงมาจากดาวเทียม

การแพร่กระจายสัญญาณในแต่ละแบบจะทำให้สามารถเพิ่มทรานส์พอนเดอร์กันเป็นสองเท่า แต่ในทางปฏิบัติแล้วไม่สามารถแยกการแพร่กระจายคลื่นได้อย่างเด็ดขาด จึงทำให้เกิดการรบกวนของสัญญาณ ดังนั้นได้มีการกำหนดค่าความสามารถของวงจรที่มีมากกว่า 1 อินพุตเพื่อสัญญาณอินพุตไม่ถูกรบกวนโดยสัญญาณอื่น ซึ่งก็คือช่วงการรบกวนของสัญญาณที่ยอมรับได้

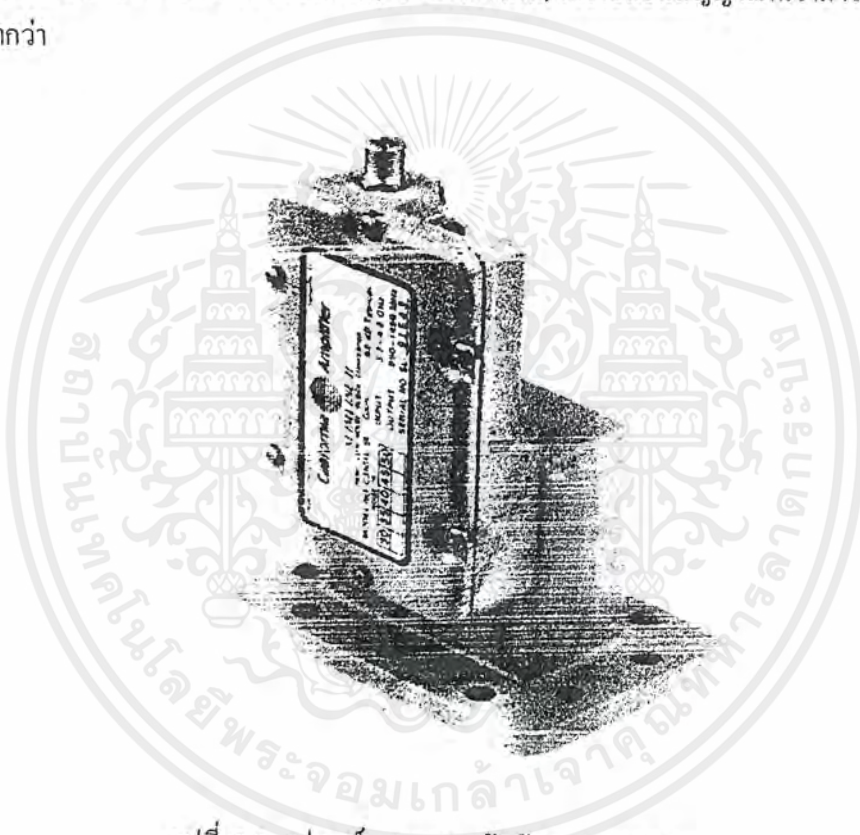


รูปที่ 2.5 การโพลาไรซ์แบบเชิงเส้นและการโพลาไรซ์แบบวงกลม

2.5 อุปกรณ์ขยายและจัดสัญญาณรบกวน

อุปกรณ์ขยายและจัดสัญญาณรบกวน มีลักษณะเป็นกล่องโลหะด้านหน้าเป็นช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยม ภายในของช่องเปิดมีโพรมแท่งรับสัญญาณเล็กๆทำหน้าที่เป็นสายอากาศและสามารถขยายสัญญาณที่รับมาจากการสะท้อนของงานสายอากาศแล้วส่งไปให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ ภายในอุปกรณ์ขยายและจัดสัญญาณรบกวน

ภายในอุปกรณ์ขยายและจัดสัญญาณรบกวนจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นวงจรขยายสัญญาณ ไมโครเวฟให้มีความแรงของสัญญาณที่รับมาเพิ่มขึ้นจากเดิมหลายล้านเท่า จากนั้นจะส่งไปยังส่วนที่สองซึ่งเรียกว่า ความถี่คอนเวอร์เตอร์ (Downconverter) เพื่อเปลี่ยนสัญญาณที่เข้ามาให้อยู่ในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า



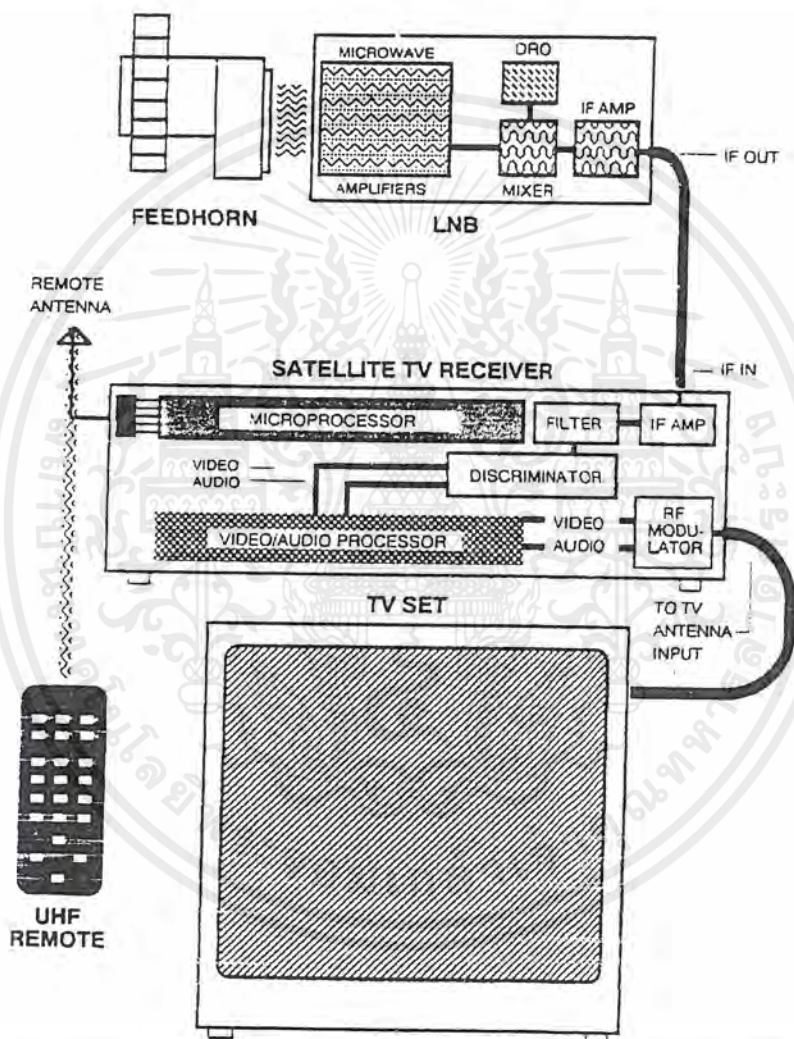
รูปที่ 2.6 อุปกรณ์ขยายและจัดสัญญาณรบกวน

ค่าสัญญาณรบกวนของอุปกรณ์ขยายและจัดสัญญาณรบกวนที่ใช้งานในย่านความถี่ C-Band จะแสดงอุณหภูมิสัญญาณรบกวน (Noise Temperature) มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน (Degree Kelvins : K) ซึ่งหากอัตราของความร้อนของระบบต่อหน่วยแถบความถี่มีค่าต่ำสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์ขยายและจัดสัญญาณรบกวนก็จะน้อยลงไปด้วย ส่วนอุปกรณ์ขยายและจัดสัญญาณรบกวนที่ใช้งานในย่านความถี่ Ku-Band จะแสดงอัตรากำลังของเสียงทั้งหมดต่อแถบต่อความถี่หนึ่งหน่วยที่เอาต์พุตเป็นตัวเลขสัญญาณรบกวน (Noise Figure) ซึ่งมีหน่วยเป็นเดซิเบล

ภายในชุดความถี่คอนเวอร์เตอร์นี้จะมีวงจรผลิตความถี่ (Dielectric Resonant Oscillator) ของอุปกรณ์ขยายและจัดสัญญาณรบกวนทำหน้าที่ผสมสัญญาณระหว่างสัญญาณที่รับเข้ามากับสัญญาณที่

สร้างขึ้นมาเอง วงจรผลิตความถี่จะมีตัวไดโอดเล็กทรอนิกส์ที่มีลักษณะเหมือนกับเทฟลอนหรือเซรามิก และมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่สามารถผลิตความถี่ออกมาได้

วงจรผลิตความถี่จะทำหน้าที่เหมือนกับอุปกรณ์ผลิตความถี่ในวงจรเครื่องรับวิทยุระบบ เฮเทอโรคาายน์ โดยจะเข้าไปทำการบีบอัดสัญญาณความถี่วิทยุความถี่สูงที่รับเข้ามาให้กลายเป็นสัญญาณความถี่ไอเอฟที่มีความถี่ต่ำและอยู่ในย่าน 950-1450 MHz จากนั้นจึงทำการกรองสัญญาณให้เหลือเฉพาะสัญญาณความถี่ไอเอฟผ่านออกไปเท่านั้น



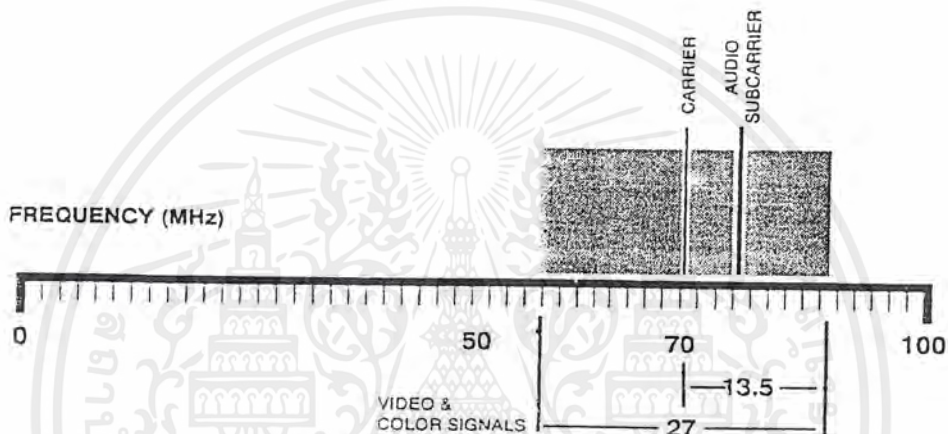
รูปที่ 2.7 การเดินทางของสัญญาณผ่านส่วนต่างๆภายในระบบรับสัญญาณดาวเทียม

2.6 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

ภายในเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจะมีวงจรผสมสัญญาณอีกชุดหนึ่ง ซึ่งควบคุมโดยใช้สวิตช์เลือกช่องสัญญาณเพื่อให้กำเนิดสัญญาณความถี่ไอเอฟที่สอง ซึ่งจะหมายถึงความถี่ที่อยู่ตรงกลางของย่านความถี่ที่ใช้งานแล้ว แต่บางโรงงานจะใช้ความถี่ 70 MHz เป็นความถี่ไอเอฟ ที่สองขณะที่โรงงานอื่นอาจ

จะใช้ที่ความถี่ 130 140 หรืออาจสูงถึง 510 MHz ก็ได้และจะมีวงจรฟิลเตอร์อีกชั้นหนึ่ง เพื่อกรองเอาสัญญาณแทรกสอดเข้ามาจากภาคพื้นดินทิ้งไป

สัญญาณความถี่ไอเอฟที่สองต้องการความกว้างของแถบความถี่ประมาณ 27 MHz ซึ่งสัญญาณรบกวนที่มีความถี่สูงกว่า หรือต่ำกว่าแถบความถี่ที่กำหนดไว้นี้จะถูกกำจัดทิ้งออกไป หลังจากผ่านวงจรกรองสัญญาณแล้วสัญญาณความถี่ไอเอฟจะถูกส่งต่อไปยังวงจรที่มีขนาดและสภาพขั้วของแรงดันเอาต์พุตขึ้นอยู่กับความแตกต่างสัญญาณอินพุต เพื่อแยกเอาสัญญาณภาพและเสียงที่มีอยู่ในสัญญาณความถี่ไอเอฟที่สองออกมา ซึ่งสัญญาณที่ได้จะเหมือนกับที่ส่งฝากมาด้วยความถี่เดิมในย่านความถี่ C-Band และ Ku-Band จากนั้นสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงจะถูกแยกออกไปยังวงจรอื่น เพื่อดำเนินตามขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 2.8 ความกว้างของแถบความถี่

การทำงานของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

การทำงานของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจะประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

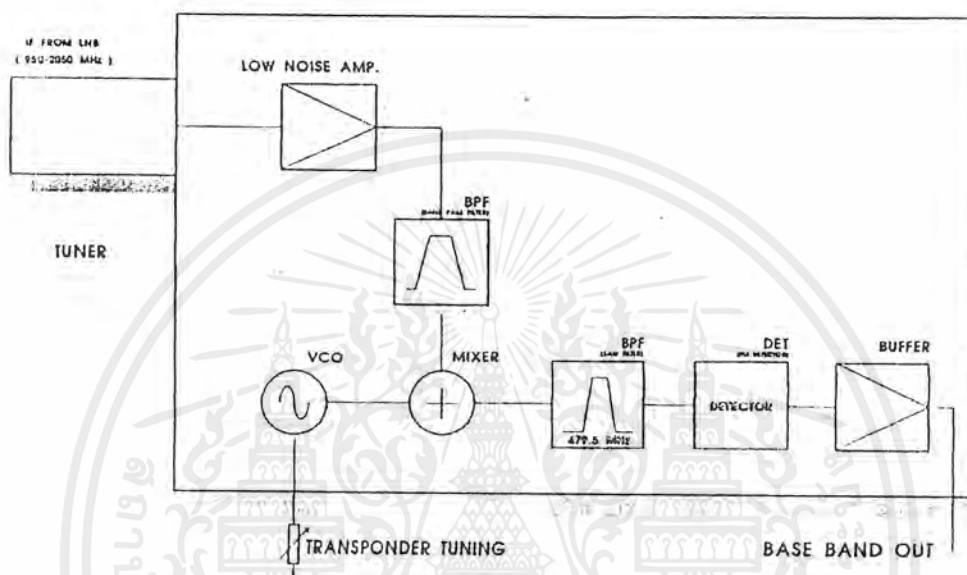
2.6.1 จูนเนอร์ ทำหน้าที่รับสัญญาณไอเอฟมาจากวงจรบล็อกไดนามิกคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งตอนนี้วงจรดังกล่าวได้ทำการคัดแปลงความถี่จากย่านความถี่ดาวเทียมให้เป็นความถี่ต่ำลง ด้วยวัตถุประสงค์เพื่อลดการรบกวนประการหนึ่ง ต่อมาแปลงความถี่นั้นต่ำลงมาโดยสามารถที่จะใช้สายโคแอกเชียลยาวๆได้ ตอนนี้ความถี่จะส่งมาอยู่ในช่วง 950-1450 MHz จูนเนอร์จะทำการเลือกรับแต่ละทรานส์พอนเดอร์ด้วยวงจรจูนความถี่ที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์จูนเนอร์หน่วยสังเคราะห์แรงไฟ (VST) จะทำการสังเคราะห์แรงไฟออกไปยังจูนเนอร์อย่างอัตโนมัติ หรือถ้าเป็นระบบเมนวลก็สามารถทำได้ โดยในการจะใช้ปรับจูนแรงดันไฟให้กับจูนเนอร์ดังแสดงไว้ในวงจรที่เรียกว่า ทรานส์พอนเดอร์จูนนิ่ง

เมื่อได้รับความถี่สถานีต่างๆ และความถี่ในส่วนนี้จะถูกแปลงความถี่ใหม่อีกครั้งหนึ่ง ด้วยระบบการแปลงความถี่วีดีโอ ไอเอฟ เพื่อให้เกิดสัญญาณความถี่ไอเอฟของสัญญาณภาพ และเพื่อเปลี่ยนแคร์เรียร์ของสัญญาณเสียงเสียใหม่ ความถี่วีดีโอ ไอเอฟไปทำการดีเทคเตอร์ด้วยระบบ ซิงโครไนส์ดีเทคเตอร์ได้สัญญาณภาพออกมาเหมือนระบบโทรทัศน์ทั่วไป โดยความถี่ภาพจะอยู่ ในช่วง 0-5 MHz

ผลของระบบวีดีโอดีเทคเตอร์จะก่อให้เกิดการตัดของสัญญาณความถี่ไอเอฟมาเป็น ออสซิลเลเตอร์เพื่อใช้ในหน่วยอินเตอร์แคร์เรียบีต (Intercarrier Beat) เอาความถี่วีดีโอ ไอเอฟ ที่ตัดยอดด้วยวงจรจำกัดค่า

ภายใต้ระบบจึงโครนัสดีเทคเตอร์กับบิตเข้ากับแคร์เรียเสียงเกิดเป็นสัญญาณความถี่ไอเอฟของสัญญาณเสียงขึ้น

เนื่องจากเสียงที่ส่งมาเป็นเสียงสเตอริโอหรือระบบเสียง 2 ภาษาดังนั้นเมื่อทำการบิต แล้วจะทำให้เกิดสัญญาณความถี่ไอเอฟเสียงขึ้นเท่ากับ 5.50 MHz และ 5.74 MHz เป็น เมนแคร์เรียและซับแคร์เรีย โดยมีสัญญาณขึ้นของระบบสเตอริโอความถี่ 117.5 Hz และระบบ 2 ภาษาความถี่ 274.5 Hz



รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมของจูนเนอร์

จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.9 แสดงการทำงานของจูนเนอร์ ซึ่งจะทำให้การรับสัญญาณความถี่ไอเอฟมาจากอุปกรณ์ขยายและซัดสัญญาณรบกวน โดยจูนเนอร์ที่ใช้รับที่ช่องความถี่ 950-1450 MHz จะใช้งานในย่านความถี่ C-Band และในช่องความถี่ 1450-2050 MHz จะใช้งานอยู่ในย่านความถี่ Ku-Band ซึ่งหากต้องใช้ความถี่ทั้งย่านความถี่ C-Band และ Ku-Band โดยจะใช้จูนเนอร์ที่รับได้ตั้งแต่ช่องความถี่ 950-2050 MHz ภายในของจูนเนอร์ จะเริ่มที่สัญญาณรับเข้ามาจะถูกขยายให้มีความแรงขึ้น จากนั้นจะเอาไปผสมกับสัญญาณที่ถูกสร้างขึ้นด้วยวงจรกำเนิดความถี่และควบคุมแรงดัน (Voltage Control Oscillator) ซึ่งอยู่ภายในจูนเนอร์ สัญญาณที่ได้จากวงจรผสมสัญญาณจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ Saw Filter จะถูกขยายให้มีความแรงสูงขึ้น จากนั้นจะถูกส่งไปยังวงจร FM Demodulator (เนื่องจากสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมเป็นระบบการผสมสัญญาณภาพจะเป็นแบบเอเอ็มเช่นเดียวกับเครื่องเล่นเลเซอร์ดีสค์ ดังนั้นสัญญาณภาพที่ได้จึงมีความคมชัดสูงซึ่งแตกต่างจากการรับสัญญาณตามปกติที่มีการผสม จะมีทั้งสัญญาณภาพและเสียง สัญญาณแบบเอเอ็มจึงถูกรบกวนได้ง่าย) สัญญาณที่ได้จากวงจร FM Demodulator ผสมกันอยู่ซึ่งเรียกสัญญาณนี้ว่า B.B.OUT จะถูกส่งออกจากตัวจูนเนอร์ เพื่อป้อนไปยังวงจรภาคต่างๆ

2.6.2 วงจรบัฟเฟอร์ ทำหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณจากจูนเนอร์ไปยังวงจรทางด้านระบบภาพและระบบเสียง เนื่องจากหากไม่มีวงจรส่วนนี้เมื่อมีการแยกสัญญาณออกไปหลายๆทางมีผลต่อความแรงสัญญาณโดยตรง ซึ่งวงจรบัฟเฟอร์มีวัตถุประสงค์ของการใช้งานอยู่ 2 รูปแบบ รูปแบบแรกคือ การแมทซ์อิมพีแดนซ์ให้กับวงจรรูปแบบที่ 2 ก็คือทำหน้าที่รักษาระดับความแรงของสัญญาณเนื่องจากสัญญาณมีการส่งออกไปหลายที่ เช่น จะแยกสัญญาณนี้ออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกไปที่ระบบภาพส่วนระบบต่อมาไประบบเสียง

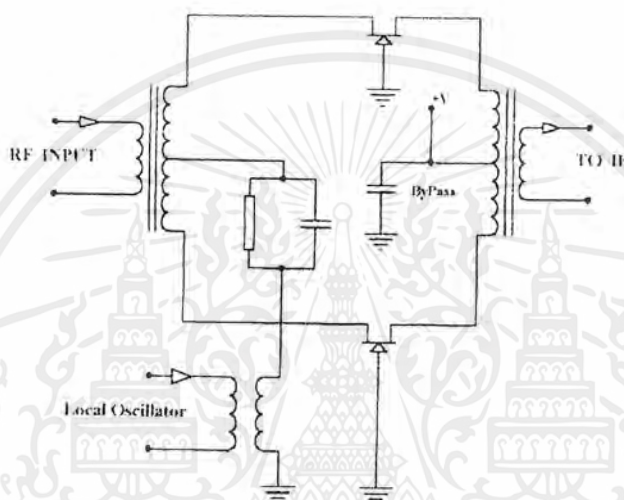
2.6.3 วงจรแยกสัญญาณภาพและสัญญาณเสียง สัญญาณภาพเป็นสัญญาณที่อยู่ในช่วงความถี่ 0-5 MHz และสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณเสียงในระบบเอฟเอ็ม. ความถี่ 5.5 MHz ต้องนำไปดีเทคในระบบเอฟเอ็ม. ให้เป็นสัญญาณเสียงตัวเดิม การแยกสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงออกจากกันทำได้ โดยใช้คอมพิลเตอร์หรือจูนแยกความถี่โดยใช้วงจรกรองแบบผ่านต่ำ 5 MHz (LPF: Low Pass Filter 5 MHz) ทำหน้าที่เป็นวงจรแยกสัญญาณภาพและวงจรกรองผ่านแถบ 5-8 MHz (BPF: Band Pass Filter 5-8 MHz) ซึ่งจะทำหน้าที่ในการแยกสัญญาณเสียงออกไปใช้งาน

2.6.4 วงจรขยายสัญญาณภาพ หรือวงจรวิดีโอแอมพลิฟายเออร์ (Video Amplifier) ซึ่งเป็นวงจรที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณภาพที่ผ่านการดีเทคคลื่นพาห่ออกไปเนื่องจากสัญญาณภาพ มีช่วงความกว้างของแถบความถี่ที่กว้างมากทั้งยังทำหน้าที่ชดเชยสัญญาณที่หล่นหายอีก ซึ่งหากมีการส่งในย่านความถี่ Ku-Band กว้างขวางขึ้นระบบที่เป็นดิจิทัลจำเป็นต้องแยกข้อมูลภาพเพื่อสำรวจเส้นภาพว่าเป็นระบบเอชดีทีวี. หรือระบบธรรมดาส่งข้อมูลดังกล่าวออกไปใช้งานทางจุดเอาต์พุตที่เป็นวิดีโอเอาต์พุต ซึ่งจุดต่อดังกล่าวจะต้องเสียบเข้ากับเครื่องรับโทรทัศน์ที่มีช่องสัญญาณเอวีโดยเสียบเข้าจุดที่เขียนว่า VIDEO IN ของโทรทัศน์หากเป็นระบบธรรมดาก็ต้องส่งเข้าวงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ หรืออาร์เอฟคอนเวอร์เตอร์ (RF.Convertor) ซึ่งทำหน้าที่เอาสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงรวมเป็นความถี่ของสถานีโทรทัศน์ส่งออกเป็นสัญญาณความถี่วิทยุ (Radio Frequency Signal) เพื่อเข้าไปจุดต่อของสายอากาศโทรทัศน์ ซึ่งต่อไปยังระบบเสียงของเครื่องรับโทรทัศน์อยู่แล้วจึงสามารถทดแทนกันได้

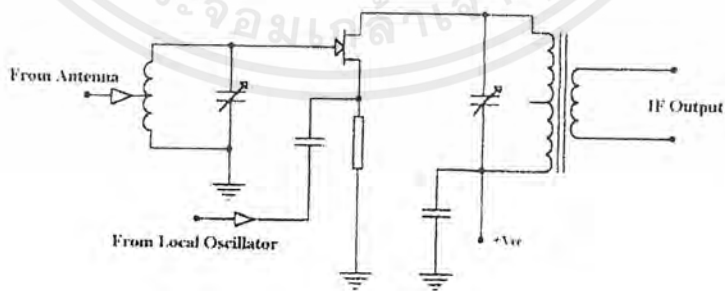
2.6.5 วงจรผสมสัญญาณ (Mixer) ทำหน้าที่ผสมสัญญาณเข้าด้วยกัน ซึ่งจะทำได้สัญญาณใหม่ออกมาสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทแอคทีฟ (Active) ใช้อุปกรณ์ที่มีการขยาย หรือประเภทพาสซีฟ (Passive) ที่ใช้อุปกรณ์ที่ไม่มีการขยาย นอกจากนี้ยังแบ่งวงจรผสมสัญญาณได้เป็น 2 ประเภทคือ แบบสมมูลย์และแบบไม่สมมูลย์

วงจรผสมสัญญาณแบบสมมูลย์ อินพุตหรือเอาต์พุตของวงจรผสมสัญญาณจะไม่เกิดปฏิกิริยาซึ่งกันและกัน(สัญญาณไม่เล็ดลอดระหว่างขั้ว)คุณสมบัตินี้เรียกว่าการแยกโคเดเคียว(Isolation) โดยอินพุตของวงจรผสมสัญญาณมี 2 ทาง คือ สัญญาณความถี่วิทยุกับสัญญาณออสซิลเลเตอร์และมีเอาต์พุตออก 1 ทาง คือ สัญญาณไอเอฟ ดังรูปที่ 2.10 ในกรณีของภาคเครื่องรับการแยกสัญญาณความถี่วิทยุและสัญญาณออสซิลเลเตอร์ช่วยมิให้สัญญาณออสซิลเลเตอร์ย้อนกลับออกสู่สายอากาศหรือแพร่กระจายคลื่นออกไปได้ และการแยกสัญญาณความถี่วิทยุกับสัญญาณไอเอฟจะช่วยให้อัตราการบิดเบือนที่ความถี่พอดิตรงกับความถี่ไอเอฟเล็ดลอดเข้าไปสู่วงจรขยายสัญญาณไอเอฟ ส่วนในกรณีของภาคส่งจะใช้ในทำนองเดียวกันในรูปที่ 2.10 แสดงวงจรผสมสัญญาณแบบสมมูลย์ที่ให้อัตราขยายในการผสมคลื่น ส่วนในวงจรผสมสัญญาณ

แบบไม่สมดุลย์ในรูปที่ 2.11 (ก) เป็นแบบที่ใช้เจฟเฟทโดยจะป้อนสัญญาณออสซิลเลเตอร์เข้าทางซอส และ สัญญาณความถี่วิทยุเข้าทางเกตซึ่งมีคุณสมบัติแยกระหว่างสัญญาณความถี่วิทยุกับสัญญาณออสซิลเลเตอร์ นั้นไม่ค่อยดี รูปที่ 2.11 (ข) ซึ่งใช้มอสเฟทที่มีคุณสมบัติของวงจรก็จะมีการแยกระหว่างสัญญาณออสซิลเลเตอร์กับสายอากาศค่อนข้างดี แต่ระหว่างสัญญาณความถี่วิทยุกับความถี่ไอเอฟนั้นไม่ค่อยดีจึงจำเป็นต้องใช้วงจรฟิลเตอร์เข้าช่วยกรองความถี่เพื่อจำกัดสัญญาณความถี่วิทยุไม่ให้เล็ดลอดเข้าออกไปสู่เอาต์พุต ของสัญญาณความถี่วิทยุ

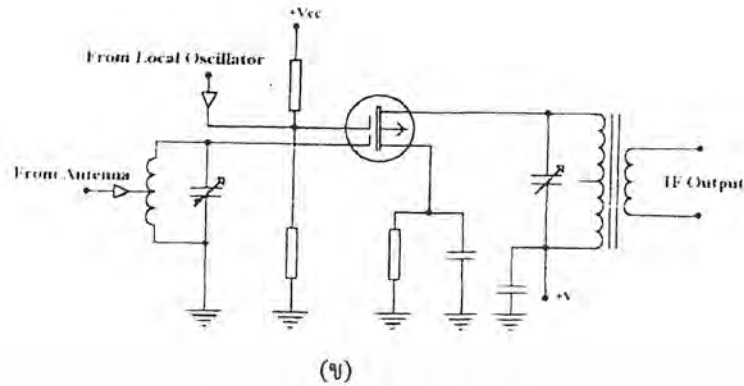


รูปที่ 2.10 วงจรผสมสัญญาณแบบสมดุลย์



(ก)

รูปที่ 2.11 วงจรผสมสัญญาณแบบไม่สมดุลย์



รูปที่ 2.11 วงจรผสมสัญญาณแบบไม่สมดุลย์

2.6.6.1 วงจรควอแดรเจอร์ดีเทคชั่น

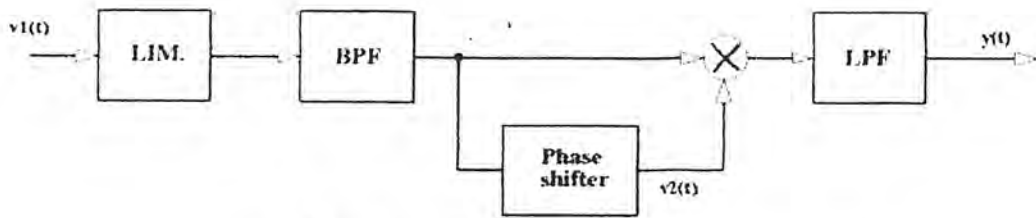
การคีมอดูเลตสัญญาณเอฟเอ็มแบบควอแดรเจอร์ดีเทคชั่นเป็นการใช้วงจรแยกแยะเฟสในการดึงสัญญาณรวมออกมาจากสัญญาณเอฟเอ็ม ดังนั้นจึงต้องกล่าวถึงหลักการของวงจรแยกแยะเฟสเสียก่อนดังต่อไปนี้ วงจรแยกแยะเฟสอาศัยหลักการพื้นฐานของการดิฟเฟอเรนเชียล กล่าวคือแสดงการดิฟเฟอเรนเชียลให้อยู่ในรูปของการประมาณค่าดังนี้

$$\frac{d(t)}{dt} = \frac{1}{\tau} (\theta(t) - \theta(t - \tau))$$

ในกรณีของสัญญาณเอฟเอ็มเนื่องจาก

$$\theta(t) - \theta(t - \tau) = \frac{\tau d(t)}{dt} = km(t)$$

นั่นคือถ้าสามารถสร้าง $\theta(t - \tau)$ และสร้างวงจรที่สามารถให้ผลต่างระหว่าง $\theta(t)$ และ $\theta(t - \tau)$ สัญญาณออกที่ได้ก็จะแปรตรงกับสัญญาณรวม $m(t)$ ในการสร้างสัญญาณ $\theta(t - \tau)$ จากสัญญาณเอฟเอ็มทำได้ โดยใช้วงจรหน่วงเวลาหรือวงจรเฟสชิฟเตอร์แบบเชิงเส้นสำหรับการสร้างสัญญาณ $\theta(t) - \theta(t - \tau)$ นั้นสามารถทำได้โดยนำสัญญาณเอฟเอ็มเดิมกับสัญญาณเอฟเอ็มที่ถูกหน่วงเวลามาเข้าวงจรคูณแล้วกรองด้วยวงจรกรองแบบผ่านต่ำ และจากรูปที่ 2.12 แสดง บล็อกไดอะแกรมของกระบวนการที่กล่าวมาแล้ว วงจรจำกัดค่าและวงจรกรองผ่านแถบมีไว้จัดการกับระดับสัญญาณที่อาจเปลี่ยนแปลงตามเวลาและจะให้สัญญาณผ่านเฉพาะความถี่ที่เกี่ยวข้อง ตามลำดับ



รูปที่ 2.12 บล็อกไดอะแกรมของระบบครอเคอร์ดีเทคชั่น

ควอเคอร์ดีเทคชั่นนั้นมีชื่อเรียกระบบคิเทคชั่นเบื้องต้นที่ต้องการหน่วยของเวลาให้มี ค่า τ ที่ทำให้ $\omega C = \pi/2$ ดังนั้นถ้าให้สัญญาณเอมที่เข้ามาเขียนเป็น $V1(t) = \cos(\omega C(t) + \theta(t))$ สัญญาณที่ผ่านหน่วยเวลาจะเขียนได้เป็น

$$V2(t) = (\omega C(t - \tau) + \theta(t - \tau))$$

เมื่อคูณสัญญาณ $v1(t)$ และ $v2(t)$ ด้วยวงจรคูณแล้วผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผลที่ได้ก็ออกมาจะเขียนได้เป็น

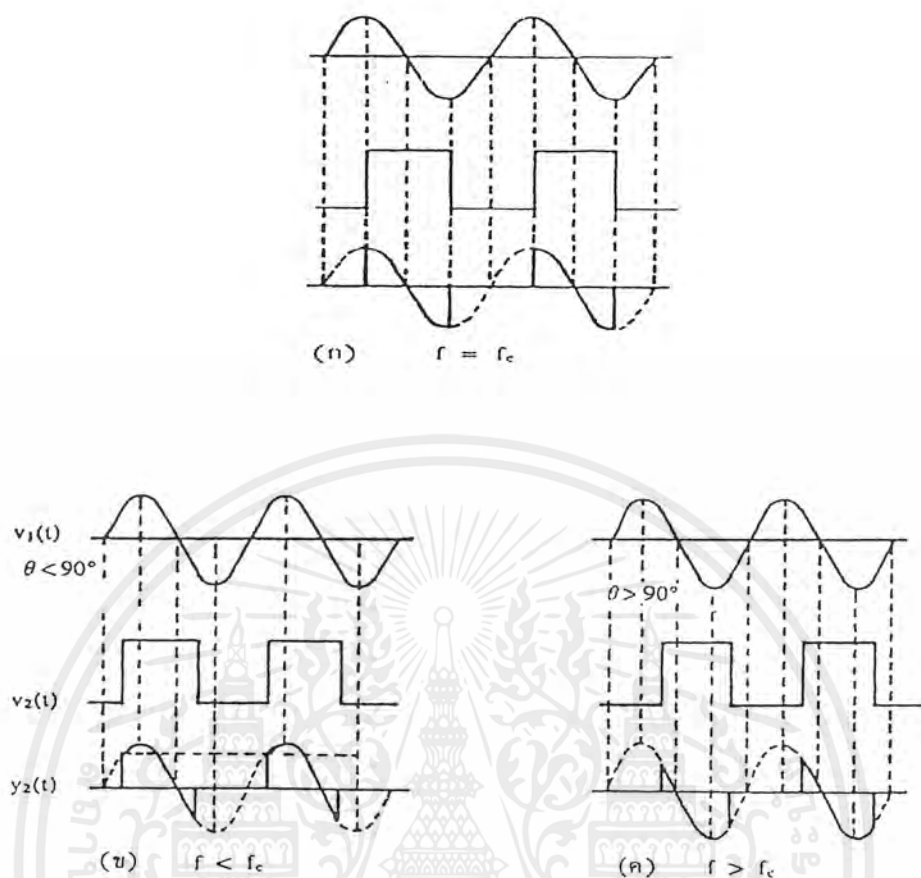
$$Y(t) = \sin(\omega C(t) + \theta(t - \tau))$$

และเนื่องจากมีค่าเล็กมากทำให้ $(\theta(t) + \theta(t - \tau)) \ll \pi$ จึงสามารถประมาณค่าสมการ ดังนี้

$$Y(t) = \theta(t) + \theta(t - \tau) = km(t)$$

เพื่อให้ภาพของการทำงานนี้ง่ายขึ้นรูปที่ 2.13 แสดงการคูณของสัญญาณเอมกับสัญญาณที่ถูกหน่วยเวลาออกไป โดยที่แสดงสัญญาณที่ถูกหน่วยออกไปในรูปของสัญญาณคลื่นรูปคลื่นจัตุรัสในระบบของควอเคอร์ดีเทคชั่นในสภาพที่สัญญาณความถี่อ้างอิง f_c เข้าเฟสของสัญญาณที่ถูกหน่วยเวลาจะช้ากว่าสัญญาณเดิม $\pi/2$ ซึ่งทำให้ผลคูณหรือครอสคอร์รีเลชั่นระหว่างสัญญาณทั้งสองมีค่าเป็นศูนย์ดังแสดงในรูปที่ 2.13 (ก) ในกรณีที่ความถี่ช่วงค่าหรือสูงกว่าค่า f_c ครอสคอร์รีเลชั่นก็จะไม่เป็นศูนย์และมีค่าความถี่เบี่ยงเบนที่เกิดขึ้น ซึ่งค่าเฉลี่ยของ $y2(t)$ ก็จะมีสัญญาณแปลตามสัญญาณรวม (Base Band)

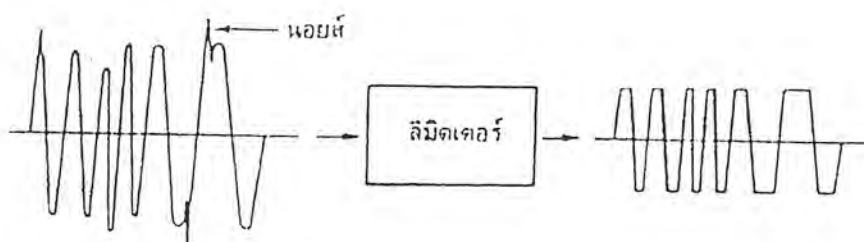
อนึ่งวงจรแยกแยะเฟสนี้ถึงแม้จะมีการประมาณค่าสมการ แต่ในทางปฏิบัติมักพบว่าในช่วงความถี่ที่เป็นเชิงเส้นกว้างกว่าวงจรแยกแยะความถี่



รูปที่ 2.13 รูปร่างของสัญญาณที่ได้จากการลู่สัญญาณด้วยระบบควอดเฟสล็อกเทคชั่น

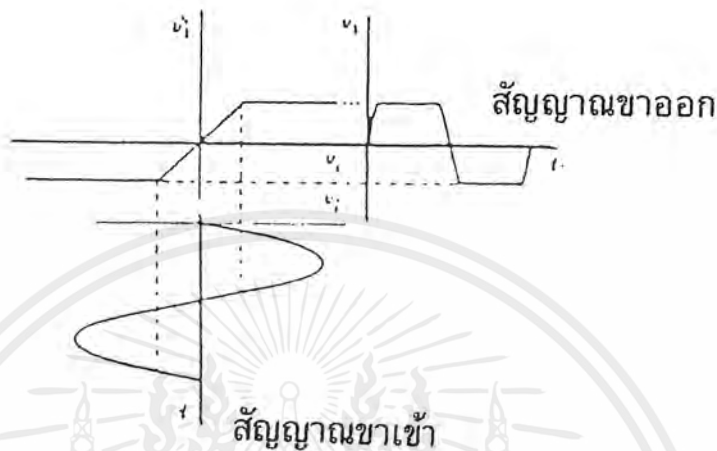
2.6.6.2 วงจรจำกัดค่า

ในระบบเอฟเอ็ม ความถี่ของตัวคลื่นพาห้จะเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณรวม ส่วนขนาดของสัญญาณจะมีค่าคงที่ แต่อย่างไรก็ตาม สัญญาณรบกวนที่ย่อมจะเข้ามารบกวนทางด้านขนาดของสัญญาณที่ได้แสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 วงจรจำกัดค่าจะขจัดสัญญาณรบกวนและเปลี่ยนแปลงทางขนาดของสัญญาณ รบกวนในระบบ FM

ฉะนั้นการผันแปรของขนาดของตัวคลื่นพาห์ ย่อมเกิดจากสัญญาณรบกวนเพียงอย่างเดียว วงจรจำกัดสัญญาณจึงเป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการจำกัดค่าการผันแปรของขนาดที่เกิดจากสัญญาณรบกวนได้ วงจรจำกัดสัญญาณนี้ประกอบด้วยไดโอดหรือทรานซิสเตอร์ที่ออกแบบให้ แรงดันขาออกสัมพันธ์กับแรงดันขาเข้าดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ลักษณะของคลื่นเมื่อผ่านวงจรจำกัดค่า

ถ้าสัญญาณเข้ามีระดับต่ำกว่าระดับจำกัด (Limiting Level) ของวงจรจำกัดสัญญาณ สัญญาณขาออกจะแปรตามสัญญาณขาเข้าทุกประการ แต่อย่างไรก็ตามตามปกติขนาดของคลื่นพาห์มีค่ามากกว่าระดับจำกัดของวงจรจำกัดค่า ผลของการผ่านวงจรจำกัดสัญญาณจะได้รูปคลื่นขาออกเป็นคลื่นจัตุรัส (Square Wave) เมื่อคลื่นจัตุรัสผ่านวงจรกรองผ่านแถบ (Band pass Filter) ที่ยอมให้ความถี่พื้นฐานของคลื่นจัตุรัสผ่านได้เท่านั้นจะได้สัญญาณขาออกของวงจร กรองความถี่ออกมาเป็นคลื่นสัญญาณรูปคลื่นไซน์ ในวงจรใช้งานจริงวงจรจำกัดค่าและวงจรกรองผ่านแถบจะประกอบกันเป็นอุปกรณ์ชิ้นเดียวกัน จึงไม่สามารถเห็นเป็นรูปคลื่นจัตุรัส

2.6.6.3 วงจรเฟสล็อกกลูป

วงจรเฟสล็อกกลูปเป็นระบบป้อนกลับที่บังคับให้วงจรออสซิลเลเตอร์มีความถี่และเฟสเปลี่ยนแปลงไปตามความถี่หรือเฟสอ้างอิงภายนอก วงจรเฟสล็อกกลูปจะประกอบด้วยภาคสำคัญ 3 ภาค คือ ภาคเปรียบเทียบเฟส (Phase Detector) ภาคลูปฟิลเตอร์ (Loop Filter) และ ภาคผลิตความถี่ควบคุมด้วยแรงไฟ (VCO) ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แผนผังวงจรเฟสล็อกกลูป

สมมุติให้สัญญาณอ้างอิงภายนอกเป็นสัญญาณรายคาบ (Periodic) เข้ามาที่อินพุตภาคเทียบเฟสทำ
หน้าที่เปรียบเทียบกับเฟสระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณจากวงจรผลิตความถี่ควบคุมด้วยแรงไฟ เอาต์
พุตที่ได้จากภาคเฟสดีเทคเตอร์จะเป็นแรงดันที่มีแอมพลิจูดเป็นสัดส่วนกับผลต่างในเฟสของสัญญาณทั้ง
สองที่ทำการเปรียบเทียบแรงดันผลต่างนี้ป้อนให้กับวงจรรูปฟิลเตอร์ซึ่งเป็นวงจรกรองความถี่ชนิดกรอง
เอาเฉพาะความถี่ต่างๆที่ต้องการเพื่อส่งไป ควบคุมการออสซิลเลตของวงจรผลิตความถี่ควบคุมด้วยแรง
ไฟต่อไป

เมื่อลูปอยู่ในสถานะล็อก(lock) ความถี่ของวงจรผลิตความถี่ควบคุมด้วยแรงไฟจะเท่ากับความถี่ของ
สัญญาณอินพุตพอดีอาจจะมีเฟสต่างกันไป แต่ค่าเฟสที่ต่างกันั้นจะมีค่าคงที่ในกรณี ที่มีเฟสไม่ตรงกัน
ภาคเฟสดีเทคเตอร์จะจ่ายแรงดันคลาดเคลื่อน (Error Voltage) ควบคุมการทำงานของวงจรผลิตความถี่
ควบคุมด้วยแรงไฟ เพื่อมิให้เฟสเกิดการคลาดเคลื่อนจนกว่าจะเข้าสู่สถานะล็อกเอาต์พุตของวงจรผลิต
ความถี่ควบคุมด้วยแรงไฟจึงมีแอมพลิจูดคงที่เสมอ แต่ความถี่เฟสจะเปลี่ยนแปลงตามความถี่ของสัญญาณ
อินพุต

การที่จะนำวงจรเฟสล็อกกลับไปทำการสังเคราะห์ความถี่ที่มีความเที่ยงตรงและเสถียรภาพเท่า
สัญญาณอ้างอิงได้วงจรนี้เรียกว่าวงจรสังเคราะห์ความถี่ระบบสังเคราะห์ความถี่จะช่วยทำให้สามารถ
สังเคราะห์สัญญาณเอาต์พุตให้มีความถี่ตามต้องการหลายความถี่ โดยมีความเที่ยงตรงและเสถียรภาพสูง
เทียบเท่าคริสตัลออสซิลเลเตอร์

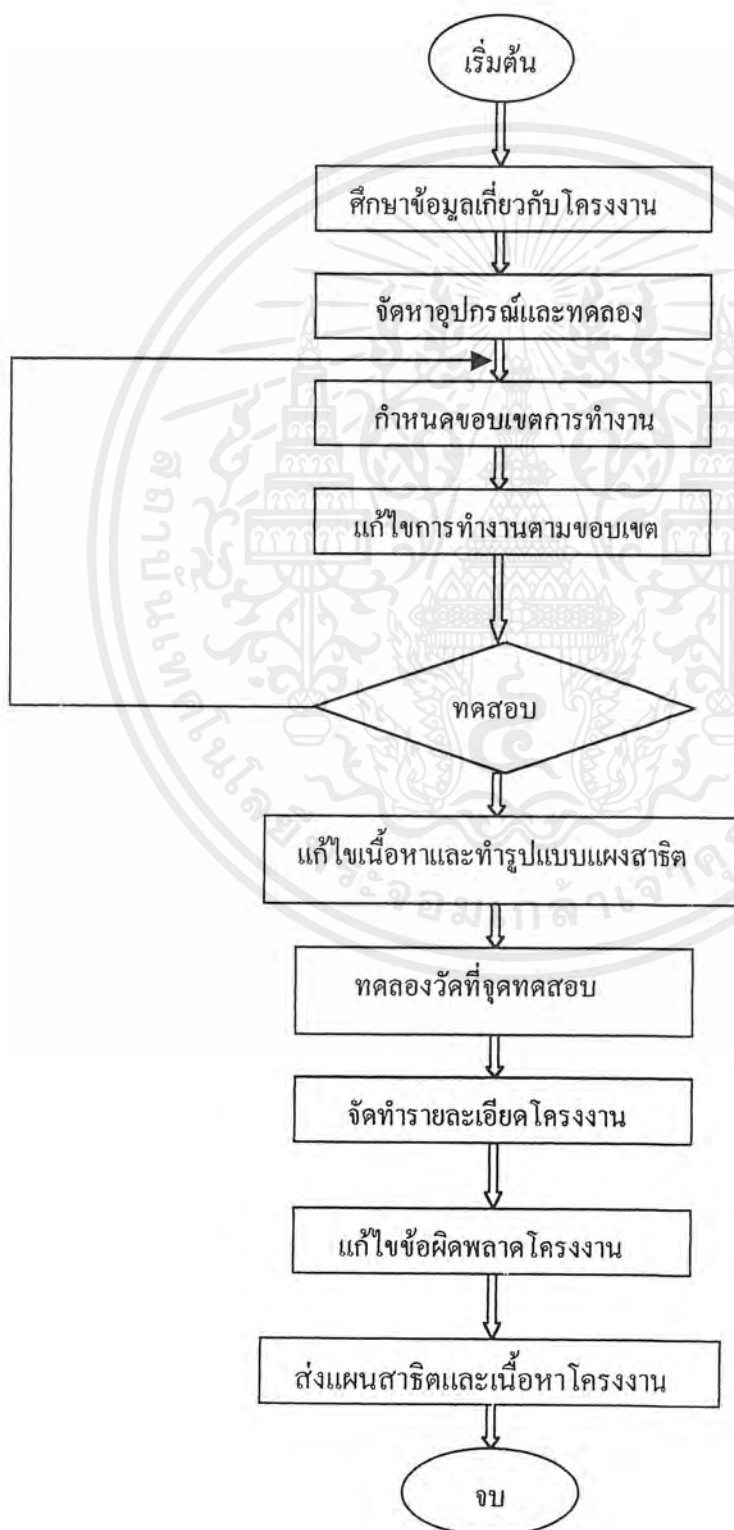
2.6.7 อุปกรณ์มอดูเลตสัญญาณความถี่วิทยุ (RF MODULATOR)

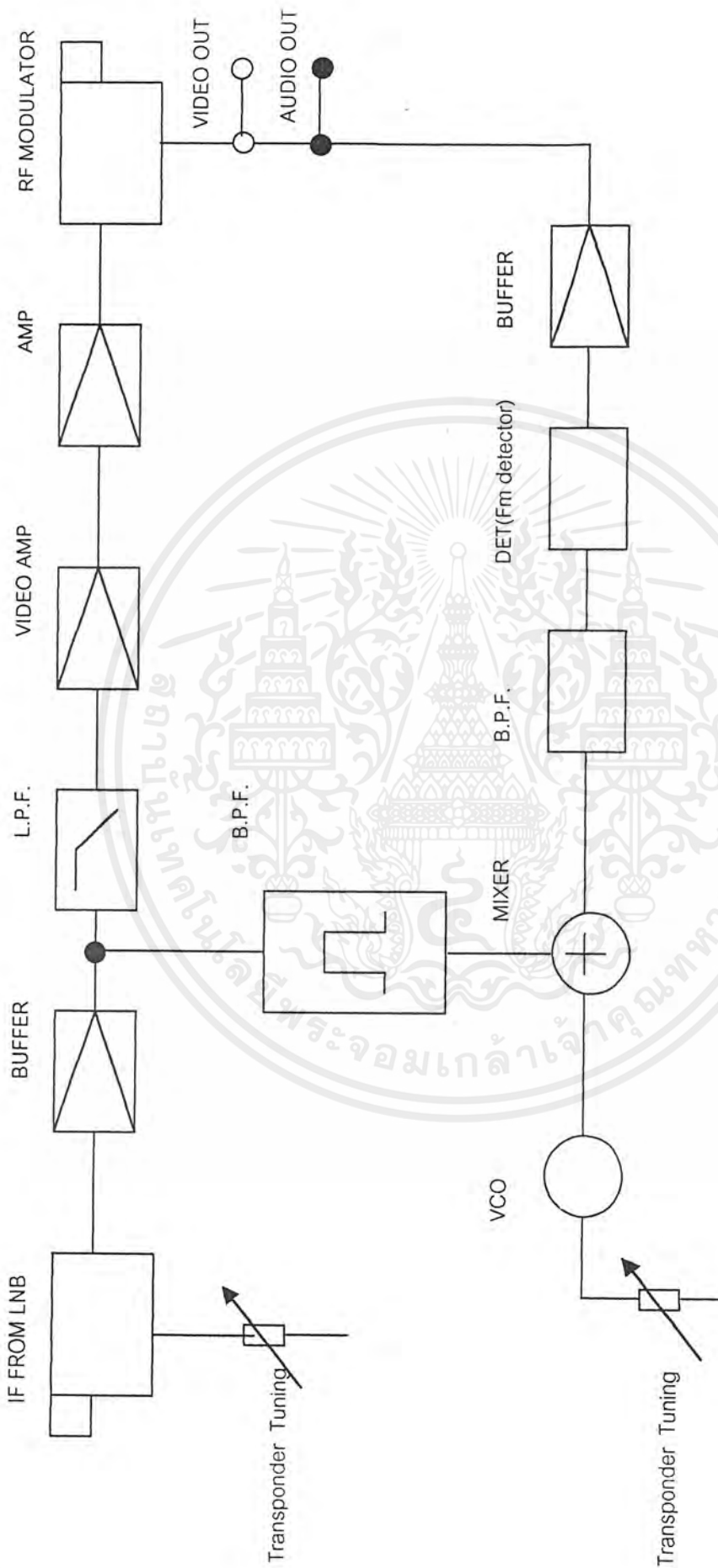
ในส่วนนี้จะทำหน้าที่ผสมสัญญาณภาพและเสียงเข้ากับสัญญาณความถี่วิทยุ เพื่อป้อนให้กับเครื่องรับ
โทรทัศน์ทางช่องเสียบสายอากาศ โดยเอาต์พุตจากมอดูเลเตอร์จะมีความถี่อยู่ในย่าน UHF ช่อง 20-35
และความแรงสัญญาณภาพประมาณ 73 dB +/- 4dB

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

3.1 แผนภูมิขั้นตอนการทำโครงการปริณານพนธ์





รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของชุดสาริตการรับสัญญาณดาวเทียม

3.2 หลักการทำงาน

จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.1 จะเริ่มจากจูนเนอร์จะทำการรับสัญญาณมาจากอุปกรณ์ขยายและจัดสัญญาณรบกวน โดยจูนเนอร์จะรับได้ตั้งแต่ช่วงความถี่ 950-2050 MHz หมายความว่า จูนเนอร์จะรับสัญญาณทั้งความถี่ย่าน C-Band และความถี่ย่าน Ku-Band โดย ภายในตัวจูนเนอร์จะมีขาเอาต์พุต คือ ขา B.B OUT ซึ่งนำไปเป็นสัญญาณทางเข้าของวงจร และสัญญาณที่รับเข้ามาจะถูกขยายให้แรงขึ้น โดยใช้บัฟเฟอร์ขยายให้มีความแรงพอส่งภาคต่อไป

การทำงานเริ่มจากวงจรกรองแบบผ่านต่ำ โดยสัญญาณหลังจากผ่านวงจรกรองแบบผ่านต่ำ จะถูกใช้เป็นสัญญาณภาพ ซึ่งโดยคุณสมบัติของวงจรกรองแบบผ่านต่ำจะยอมให้ความถี่ 0-5 MHz ผ่านได้และจะจัดสัญญาณความถี่ที่สูงกว่า 5 MHz ไม่ให้ผ่านไปได้ ซึ่งความถี่ที่สูงกว่า 5 MHz เป็นความถี่ย่อยของเสียงของช่องเสียงนั้น ดังนั้นจึงต้องออกแบบวงจรกรองแบบผ่านต่ำให้ดีเพื่อที่จะสามารถจัดสัญญาณนี้ทิ้งไปเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาต่างๆ สัญญาณเมื่อผ่านวงจรกรองแบบผ่านต่ำแล้วจะส่งต่อไปให้กับวงจรขยายสัญญาณ เพื่อทำการขยายสัญญาณภาพให้ แรงขึ้นและจะทำให้เห็นภาพชัดขึ้นแล้วอาจจะทำการขยายอีกครั้งโดยใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวขยายอีกทีหนึ่ง ถ้าหากเครื่องรับโทรทัศน์มีช่องเอวี.สามารถนำสัญญาณไปใช้งานได้เลย แต่ถ้าเครื่องรับโทรทัศน์ไม่มีช่องเอวี.จะใช้สัญญาณที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณภาพส่วนหนึ่งถูกส่งไปยังตัวอุปกรณ์มอดูเลตสัญญาณความถี่วิทยุ ซึ่งทำหน้าที่ผสมสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงเข้ากับความถี่วิทยุ (ย่าน UHF ช่อง 36) เพื่อป้อนให้กับเครื่องรับโทรทัศน์ทางช่องเสียบเสาอากาศ

วงจรในส่วนของเสียงเริ่มจากสัญญาณ B.B.OUT ที่ออกมาจากตัวจูนเนอร์ถูกส่งไปยังวงจรบัฟเฟอร์เพื่อทำการขยายสัญญาณให้มีความแรงเพียงพอจะส่งไปยังวงจรกรองแบบผ่านต่ำในส่วนของภาพแล้วสัญญาณอีกส่วนหนึ่งก็ถูกส่งมายังวงจรกรองผ่านแถบ ส่วนของเสียงซึ่งวงจร กรองผ่านแถบจะทำหน้าที่กรองสัญญาณที่มีความถี่ในช่วง 5-8 MHz และสูงกว่า 8 MHz ไม่ให้ผ่านไปได้ เนื่องจากความถี่ย่อยของเสียงหรือคลื่นพาห์ของช่องเสียงมีความถี่อยู่ในช่วง 5-8 MHz และหากวงจรกรองผ่านแถบไม่มีประสิทธิภาพดีพอแล้วจะเกิดปัญหาคือสัญญาณภาพจะเข้ามารบกวนสัญญาณเสียงได้ ซึ่งจะมีอาการคือจะมีเสียงรบกวนดังฮัมขณะที่ภาพมีความสว่างมากหรือมีสีจืดๆ

สัญญาณที่ออกจากวงจรกรองผ่านแถบจะถูกส่งไปยังวงจรผสมสัญญาณเพื่อการผสมกับสัญญาณที่ออกมาจากวงจรผลิตความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน ทั้งนี้เนื่องจากช่องสัญญาณความถี่เสียงของระบบโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมนั้นจะสามารถส่งได้มากกว่า 1 ช่อง และมีระบบการผสมสัญญาณแบบเอฟเอ็ม ดังนั้นวงจรภาคเสียงก็จะมีหลักการทำงานคล้ายเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็ม โดยทั่วไปจะรับความถี่ในช่วง 88-108 MHz แต่สำหรับเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจะมีความถี่อยู่ในช่วง 5-8 MHz สำหรับการจูนหาเสียงจะสามารถปรับค่าแรงดันที่วงจรผลิตความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน ซึ่งจะมีผลให้ความถี่ที่ออกจากวงจรผลิตความถี่ควบคุมด้วยแรงดันมีความถี่ที่เปลี่ยนไป หลังจากที่ได้รับสัญญาณจากวงจรกรองความถี่ผ่านแถบ

ความถี่จะถูกผสมกับความถี่ของวงจรผลิตความถี่ควบคุมด้วยแรงดันที่วงจรผสมสัญญาณแล้วจะถูกส่งไปยังวงจร CERAMIC FILTER เพื่อกรองความถี่สัญญาณไอเอฟ 10.7 MHz ลงกราวด์ แล้วป้อนให้กับวงจรเอฟเอ็มคิมมอดูเลเตอร์ เพื่อแปลงสัญญาณไอเอฟให้เป็นสัญญาณเสียงและจะถูกขยายให้มีความแรงพอโดยวงจรบัฟเฟอร์เข้าที่ช่องเอวี. หรือจะส่งไปที่อุปกรณ์มอดูเลตสัญญาณความถี่วิทยุต่อไป

3.3 ส่วนประกอบของวงจรภาคภาพ

3.3.1 วงจรกรองแบบผ่านต่ำ

สัญญาณภาพที่ถูกส่งรวมมานั้นจะอยู่ในรูปของความถี่ต่ำ (0-5 MHz) ของสัญญาณ เบสแบนด์ ดังนั้นจึงต้องมีการใช้วงจรกรองแบบผ่านต่ำเพื่อแยกเอาสัญญาณภาพนี้ออกมาเพื่อให้เหลือเฉพาะสัญญาณภาพที่จะนำไปทำการขยายสัญญาณให้แรงขึ้น โดยภายในโครงงานนี้จะมี การใช้วงจรกรองความถี่แบบ M-Derive π -Section ซึ่งจะเป็นการนำเอาตัวเก็บประจุ และ ตัวเหนี่ยวนำมาต่อกันดังรูปที่ 3.2

กำหนดให้ $R_o = 15\Omega$ $f_c = 5\text{Mhz}$

จาก

$$c1 = c3 = \frac{0.6}{2\pi f_c R_o}$$

เพราะฉะนั้นจะได้

$$c1 = c3 = 0.00127 \mu F$$

จาก

$$c2 = \frac{0.266}{\pi f_c R_o}$$

เพราะฉะนั้นจะได้

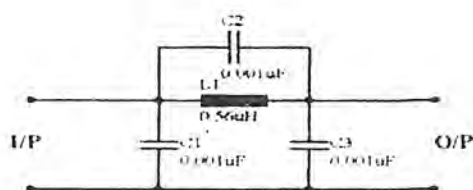
$$c2 = 0.00113 \mu F$$

จาก

$$L1 = \frac{0.6 R_o}{\pi f_c}$$

เพราะฉะนั้นจะได้

$$L1 = 0.573 \mu H$$

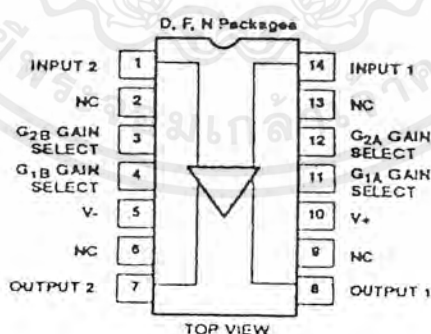


รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะวงจรกรองแบบผ่านต่ำ

3.3.2 วงจรขยายสัญญาณภาพ

วงจรขยายสัญญาณภาพเป็นวงจรที่ทำการขยายสัญญาณภาพที่ดีเพื่อกลั่นพลาห์ออกไป เนื่องจากสัญญาณภาพมีช่วงความถี่กว้างมาก วงจรขยายสัญญาณจึงเป็นวงจรขยายแบบ Wide Band Amplifier ซึ่งต่างจากวงจรขยายทั่วไป คือสัญญาณภาพจำเป็นต้องมีคุณสมบัติในการตอบสนองความถี่ได้ตลอดย่านความถี่ที่ใช้ส่งสัญญาณ นั่นคือสามารถขยายสัญญาณในช่วงกว้าง ซึ่งในโครงงานนี้ได้ใช้ไอซีเบอร์ NE 592 เป็นไอซีแบบ Differential two stage amplifier โดยจะเป็นไอซีสำเร็จรูปที่ใช้ในการขยายสัญญาณภาพทั่วไปโดยมีการทำงานในลักษณะแถบกว้าง (Wide Band) มีแบนด์วิดท์กว้าง 90 MHz ซึ่งจะเพียงพอสำหรับสัญญาณภาพที่รับมาจากดาวเทียม และยังสามารถปรับแต่งอัตราขยายได้ตั้งแต่ 0-400 เท่า

ภายในไอซี NE 592 จะมีการควบคุมความคมชัดของสัญญาณภาพหรือความสว่างของภาพโดยขา 3 และขา 12 ซึ่งจะเป็นการปรับอัตราขยายของสัญญาณ โดยจะใช้ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้เป็นตัวจำกัดแรงดันที่จะเข้าในไอซี NE 592 ส่วนสัญญาณทางออกที่เอาต์พุตจะออกที่ขา 7 และขา 8 ซึ่งตรงจุดนี้สามารถที่จะเลือกลักษณะของสัญญาณภาพได้ 2 แบบ คือ แบบ NORMAL หรือ INVERT เนื่องจากลักษณะการส่งสัญญาณภาพย่านความถี่ C-Band และ Ku-BAND จะมีขั้วกลับกัน โดยจะมีการแสดงโครงสร้างภายในและตำแหน่งของขาต่างๆดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างภายในของไอซีขยายสัญญาณภาพ (NE 592)

3.4 ส่วนประกอบของวงจรทางภาคเสียง(ภาค AUDIO)

3.4.1 วงจรกรองผ่านแถบ

ในด้านระบบเสียงจะอยู่ในย่านความถี่ 6-8 MHz ซึ่งอยู่ในสัญญาณรวมอีกส่วนหนึ่งดังนั้นจึงต้องทำการแยกสัญญาณเสียงออกโดยการใช่วงจรกรองผ่านแถบเพื่อแยกสัญญาณเสียงออกมา โดยวงจรกรองความถี่ที่ใช้นี้จะเอาวงจรเรโซแนนซ์แบบคัปปลิงด้วยตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งสามารถให้ผลตอบสนองความถี่ในช่วงแคบที่ต้องการทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้สัญญาณอื่นๆรวมทั้งสัญญาณภาพเข้ามารบกวนได้

เนื่องจากวงจรกรองผ่านแถบจะทำงานโดยนำวงจรกรองผ่านสูงและวงจรกรองแบบผ่านต่ำมาทำการต่อร่วมกันวงจรกรองผ่านสูงใช้แบบ 2 ชั้น โดยใช้ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ ส่วนวงจรกรองแบบผ่านต่ำจะใช้อยู่ 2 วงจร คือ แบบใช้ตัวต้านทานต่อร่วมกับตัวเก็บประจุ และแบบใช้ตัวเก็บประจุต่อร่วมกับตัวเหนี่ยวนำ

วงจรกรองผ่านสูง

กำหนดให้ $R_o = 28\Omega$ $f_h = 5\text{MHz}$

จาก

$$L = \frac{R_o}{2\pi f_h}$$

$$L = \frac{28}{2\pi \cdot 8}$$

เพราะฉะนั้น

$$L = 0.577 \mu\text{H}$$

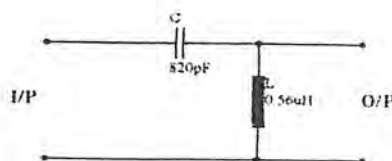
จาก

$$C = \frac{1}{2\pi R_o f_h}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot 28 \cdot 8\text{MHz}}$$

เพราะฉะนั้น

$$C = 710 \text{ pF}$$



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของวงจรกรองผ่านสูง

วงจรกรองแบบผ่านต่ำแบบใช้ตัวต้านทานต่อร่วมกับตัวเก็บประจุ

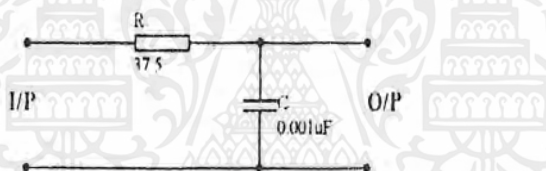
กำหนดให้ $R_o = 37.5\Omega$ $f = 5MHz$

จาก
$$C = \frac{1}{2\pi R_o f}$$

$$C = \frac{1}{2\pi 37.5 \cdot 5MHz}$$

เพราะฉะนั้น

$$C = 0.00085 \mu F$$



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะวงจรกรองแบบผ่านต่ำโดยใช้ตัวต้านทานต่อร่วมกับตัวเก็บประจุ

วงจรกรองแบบผ่านต่ำแบบใช้ตัวเก็บประจุต่อร่วมกับตัวเหนี่ยวนำ

กำหนดให้ $R_o = 18\Omega$ $f = 5MHz$

จาก
$$L = \frac{R_o}{2\pi f}$$

$$L = \frac{18}{2\pi \cdot 5MHz}$$

เพราะฉะนั้น

$$L = 0.573 \mu F$$

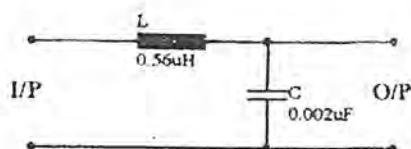
จาก

$$C = \frac{1}{2\pi R_o f}$$

$$C = \frac{1}{2\pi 18 \cdot 5MHz}$$

เพราะฉะนั้น

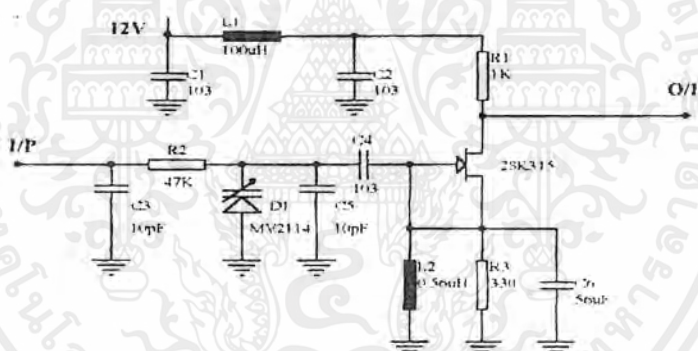
$$C = 0.0017 \mu F$$



รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะวงจรกรองแบบผ่านต่ำโดยใช้ตัวเก็บประจู่ต่อร่วมกับตัวเหนี่ยวนำ

3.4.2 วงจรผลิตความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน

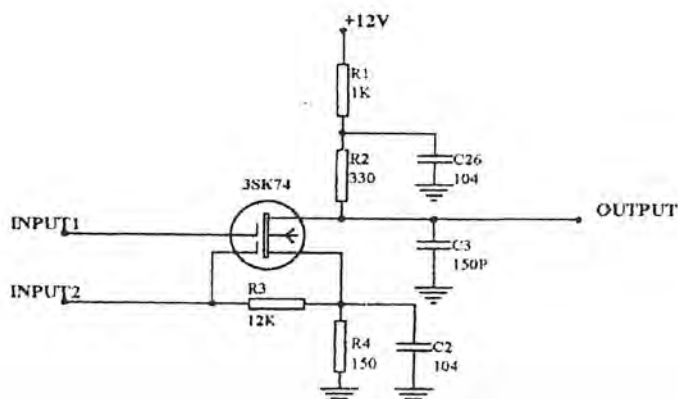
วงจรผลิตความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน คือวงจรกำเนิดความถี่ที่จะนำไปใช้พร้อมกับสัญญาณความถี่ที่ได้จากวงจรกรองผ่านแถบ ซึ่งวงจรผลิตความถี่ควบคุมด้วยแรงดันสามารถควบคุมความถี่โดยใช้แรงดันที่ได้จากวงจรกรองแบบผ่านต่ำที่ส่งมาควบคุมการทำงาน นอกจากนี้แล้วยังมีคุณสมบัติที่ต้องคำนึงคือ สัญญาณรบกวนที่จะเกิดขึ้นในตัววาริแคปไดโอด ดังนั้นวงจรผลิตความถี่ควบคุมด้วยแรงดันจึงใช้เฟท เนื่องจากมีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์สูง โดยวงจรผลิตความถี่ ควบคุมด้วยแรงดัน จะมีลักษณะวงจรดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรผลิตความถี่ควบคุมด้วยแรงดันโดยใช้เฟทเบอร์ 2SK315

3.4.3 วงจรผสมสัญญาณ

วงจรผสมสัญญาณสามารถแบ่งออกได้ 2 รูปแบบคือ แบบสมมูลย์และแบบไม่สมมูลย์ ซึ่งในโครงงานนี้ใช้วงจรผสมสัญญาณแบบไม่สมมูลย์ ซึ่งใช้มอสเฟทแบบ DUAL GATE (ซึ่งมี ขาเกต 2 ขา) เนื่องจากออกแบบง่ายและสะดวกในการปรับแต่ง ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งจะแสดงวงจรผสมสัญญาณที่ใช้จะมีสัญญาณอินพุตเข้ามาจากวงจรกรองผ่านแถบและวงจรผลิตความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน โดยสัญญาณทั้งสองจะต้องถูกนำมาบีทก่อนที่จะถูกกรองด้วย CERAMIC FILTER ที่ความถี่ 10.7 MHz



รูปที่ 3.8 แสดงวงจรผสมสัญญาณโดยใช้มอสเฟตเบอร์ 3SK74

3.4.4 วงจรคิมอดูละชั้น

สัญญาณหลังจากผ่าน CERAMIC FILTER แล้วจะถูกนำมาทำการคิมอดูละชั้น ซึ่งจะใช้อิซี เบอร์ KIA 6003 โดยภายในอิซีนีจะทำการแปลงสัญญาณไอเอฟให้เป็นสัญญาณเสียง ซึ่งจะมีการกรองความถี่ 10.7 MHz ออกโดยวงจร TANK ซึ่งจะอยู่ภายในกระป๋องไอเอฟแล้วจะมีการขยายสัญญาณให้แรงขึ้นก่อนที่จะส่งออกไปยังจุด AUDIO OUT

$$f_o = \text{center frequency} = 10.7 \text{ MHz}$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C1 + C2/2)}}$$

$$10.7 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(24 \text{ pF} + 0.01 \mu\text{F} / 2)}}$$

$$\sqrt{L(24 \text{ pF} + 0.01 \mu\text{F} / 2)} = \frac{1}{2\pi(10.7 \text{ MHz})} = 14.88 \cdot 10^{-9}$$

$$L = 0.044 \mu\text{H}$$

$$f_L = \text{lower peak frequency}$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C1 + C2)}}$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.044\mu H(24pF + 0.01\mu F)}}$$

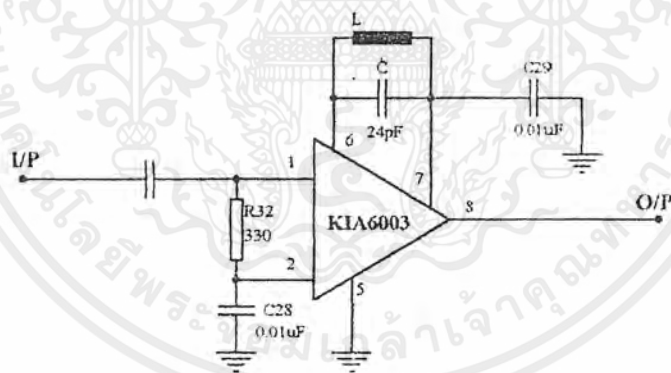
$$f_L = 7.58MHz$$

f_h = Upperfrequency

$$f_h = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$$

$$f_h = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.44\mu H \cdot 24pF}}$$

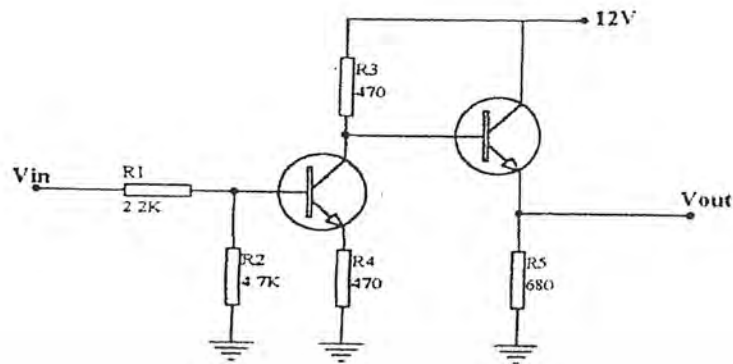
$$f_h = 15.4MHz$$



รูปที่ 3.9 แสดงการต่อใช้งานของไอซีเบอร์ KIA 6003

3.5 ลักษณะของวงจรบัฟเฟอร์

เนื่องจากภายในวงจรได้มีการขยายสัญญาณด้วยกันหลายจุดโดยใช้วงจรบัฟเฟอร์ ซึ่งภายในโครงงานนี้ จะมีการต่อวงจรบัฟเฟอร์ด้วยกันอยู่ 3 แบบคือ



รูปที่ 3.10 วงจรบัฟเฟอร์ที่ต่อจากขา BB OUT ของจูนเนอร์

จากวงจรในรูปที่ 3.10 สามารถหาค่าของแรงดันที่จุดต่างๆ ดังนี้
กำหนดให้

$$I_E = 9.75 \text{ mA} \quad V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

$$I_C = I_E = 9.75 \text{ mA}$$

$$V_{E1} = I_{E1} \cdot R_2$$

$$V_{E1} = 9.75 \cdot 470 = 4.58 \text{ V}$$

$$V_{R2} = V_{E1} + V_{BE}$$

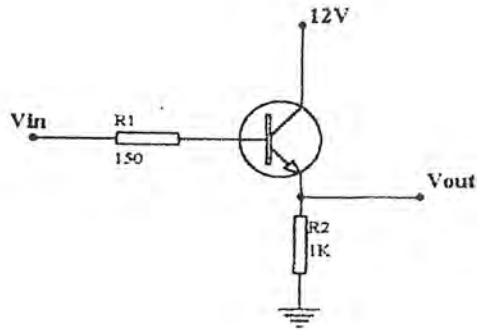
$$V_{R2} = 4.58 + 0.7 = 5.28$$

$$V_{C1} = V_{CC} - I_C \cdot R_3$$

$$V_{C1} = 12 - 9.75 \cdot 470 = 7.42 \text{ V}$$

$$V_{OUT} = V_{C1} - V_{BE}$$

$$V_{OUT} = 7.42 - 0.7 = 6.72 \text{ V}$$



รูปที่ 3.11 วงจร บัฟเฟอร์ค้อที่จุดก่อนเข้าวงจรกรองผ่านแถบ

จากรูปที่ 3.11 เป็นวงจรบัฟเฟอร์ที่มีลักษณะการต่อใช้งานที่ง่ายที่สุด โดยการใช้ทรานซิสเตอร์เพียงตัวเดียวทำการขยายสัญญาณ โดยมีตัวต้านทานที่ขาเบสเป็นตัวจำกัดแรงดัน และมีการขยายสัญญาณให้มีความแรงขึ้นแล้วส่งออกที่เอาต์พุตของขาอีมิเตอร์ โดยสามารถ หาค่าของแรงดันที่จุดต่างๆ ดังนี้

กำหนดให้ $I_E = 6mA$

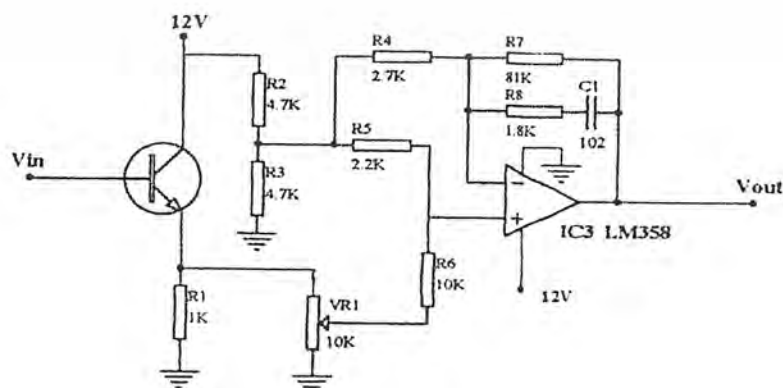
$$V_E = I_E \cdot R_E$$

$$V_E = 6mA \cdot 1K\Omega = 6V$$

$$V_B = V_E + V_{BE}$$

$$V_B = 6 + 0.7 = 6.7V$$

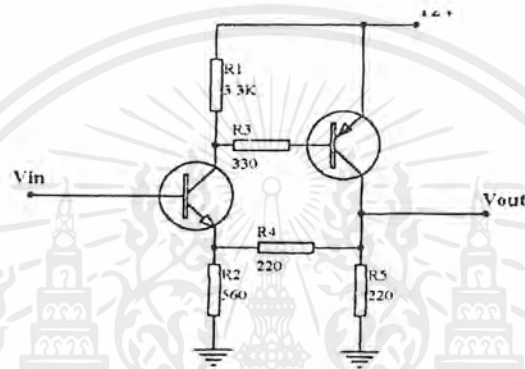
$$V_{OUT} = V_E = 6V$$



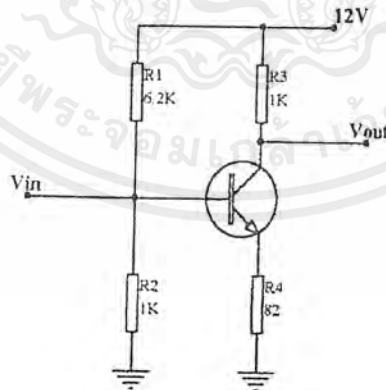
รูปที่ 3.12 วงจรบัฟเฟอร์ที่ต่อหลังการดีมอดูเลตโดยใช้ทรานซิสเตอร์ร่วมออปแอมป์

3.6 ลักษณะของวงจรขยายสัญญาณ

วงจรขยายสัญญาณที่ใช้งานจะมีการต่อใช้งานอยู่ 2 แบบ คือ แบบใช้ทรานซิสเตอร์ NPN คู่ร่วมกับทรานซิสเตอร์ PNP และอีกแบบเป็นการต่อแบบ Voltage-Divider ซึ่งวงจรทั้งสองจะทำหน้าที่ขยายกระแสให้เพียงพอกับการใช้งานดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงการต่อวงจรขยายสัญญาณแบบใช้ทรานซิสเตอร์แบบ NPN คู่ร่วมกับทรานซิสเตอร์แบบ PNP



รูปที่ 3.14 แสดงการต่อวงจรขยายสัญญาณแบบ Voltage-Divider

จากรูปที่ 3.14 สามารถที่จะหาค่าแรงดันที่จุดต่างๆ ดังนี้

$$V_B = \frac{R_1 \cdot V_{CC}}{R_1 + R_2}$$

$$V_B = \frac{1K\Omega \cdot 12}{6.7K\Omega + 1K\Omega} = 1.56V$$

$$R_B = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

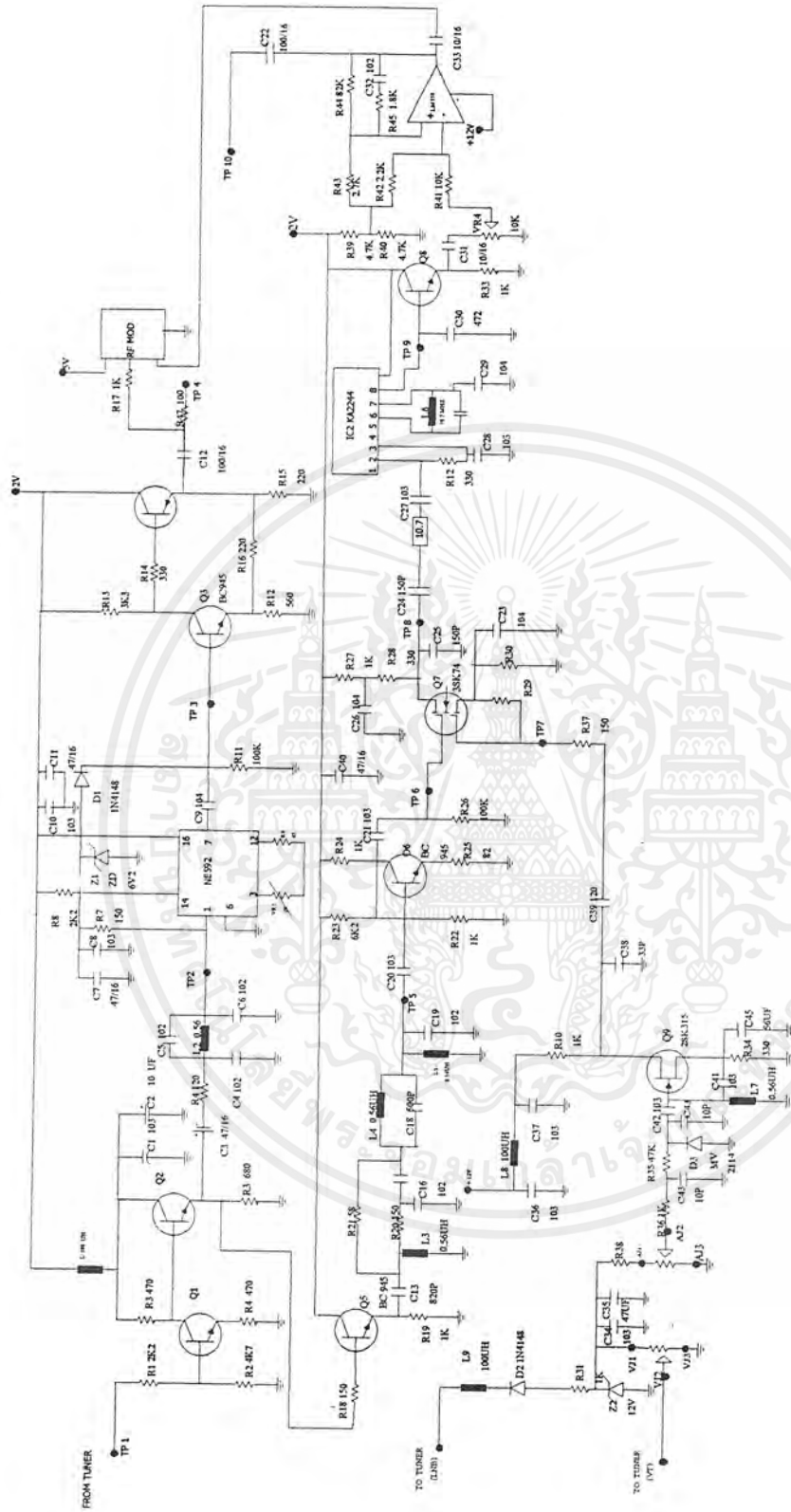
$$R_B = \frac{6.7K\Omega \cdot 1K\Omega}{6.7K\Omega + 1K\Omega} = 870\Omega$$

$$I_E = \frac{V_B - V_{BE}}{R_E}$$

$$I_E = \frac{1.56 - 0.7}{82} = 10.5mA$$

$$V_{OUT} = V_{CC} - I_E R_3$$

$$V_{OUT} = 12 - (10.5mA \cdot 1K\Omega) = 1.5V$$



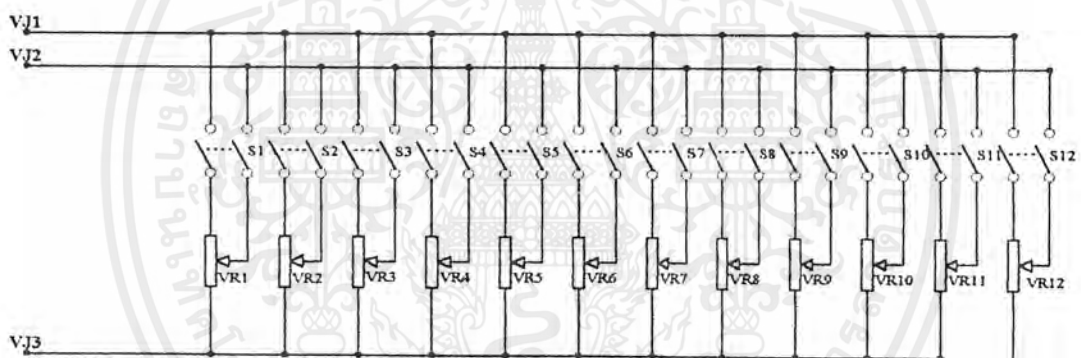
รูปที่ 3.15 วงจรชุดสถิติการรับสัญญาณดาวเทียม

3.7 การเปลี่ยนการโพลาริซ์ของสัญญาณ

เนื่องจากการเปลี่ยนการโพลาริซ์ของสัญญาณของระบบดาวเทียมมีด้วยกัน 3 แบบ คือ แบบใช้มอเตอร์ แบบใช้แรงไฟ และแบบใช้ความถี่ ซึ่งในปริญญานิพนธ์นี้การเปลี่ยนการโพลาริซ์สัญญาณของอุปกรณ์ขยายและจัดสัญญาณรบกวนจะใช้แรงไฟ 12 V และ 18 V ดังนั้นในการเปลี่ยนการโพลาริซ์ของสัญญาณ สามารถทำได้โดยการใช้เพียงสวิตช์เพื่อทำการตัดต่อแรงไฟ

3.8 การปรับเปลี่ยนช่องของสัญญาณภาพ

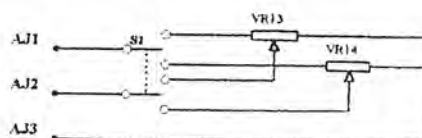
การเปลี่ยนช่องของสัญญาณภาพสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนค่าความต้านทานของบล็อกลำโพงแอมป์ของ VR 2 ซึ่งในโครงการได้มีการใช้สวิตช์ต่อร่วมกับตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (วอลุ่มแบบเกือกม้า) ในการเลือกการทำงานใช้ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้แต่ละตัวจะใช้สวิตช์ที่มีการเลือกการทำงานเพียงช่องเดียวในการตัดต่อ ดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 แสดงการใช้สวิตช์และความต้านทานปรับค่าได้ในการเลือกช่องสัญญาณ

3.9 การปรับเปลี่ยนช่องของสัญญาณเสียง

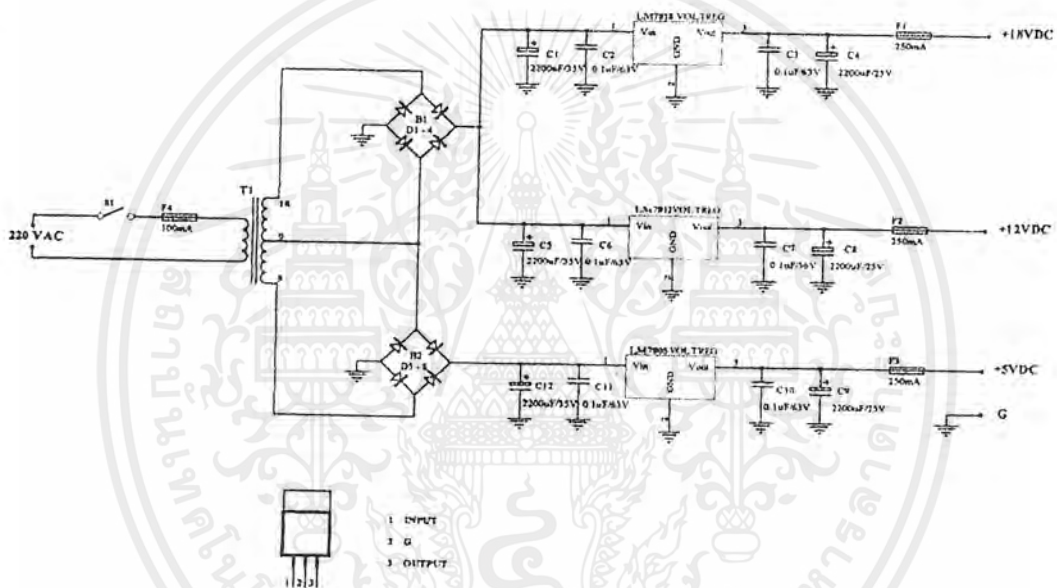
เนื่องด้วยสัญญาณเสียงส่วนใหญ่ในระบบการสื่อสารดาวเทียมได้มีการใช้อยู่ที่ความถี่ 6.60 MHz และ 6.80 MHz ดังนั้นในการออกแบบจะใช้ความต้านทานปรับค่าเพียงสองตัวต่อร่วมกับสวิตช์สองทางในการเลือกเอาความถี่ของสัญญาณเสียงดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 แสดงการใช้สวิตช์และตัวความต้านทานชนิดปรับค่าได้ในการเลือกสัญญาณเสียง

3.10 วงจรภาคจ่ายไฟ

วงจรภาคจ่ายไฟจะใช้หม้อแปลงอย่างง่ายแบบ 2 แทบ ซึ่งจะแปลงค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากค่าแรงดัน 220 โวลต์ ให้มาเป็น 9 โวลต์ และ 18 โวลต์ จากนั้นจะผ่านเข้าไดโอดเรกติฟายเพื่อเปลี่ยนค่าของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หลังจากนั้นจะถูกส่งเข้าไอซีเบอร์ LM 7805 LM7812 LM7818 เพื่อให้แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตามที่ต้องการซึ่งไอซีจะมีอยู่ 3 ขาคือ ขาอินพุต ขากราวด์ และขาเอาต์พุต โดยที่ขาเอาต์พุตของไอซีทั้ง 3 ตัวจะมีแรงดันออก 3 ค่าตามลำดับ คือ 5 โวลต์ 12 โวลต์ และ 18 โวลต์ โดยและยังมีตัวเก็บประจุ ทำการกรองสัญญาณไฟให้เรียบ ซึ่งจะมีลักษณะของวงจรภาคจ่ายไฟดังรูปที่ 3.12



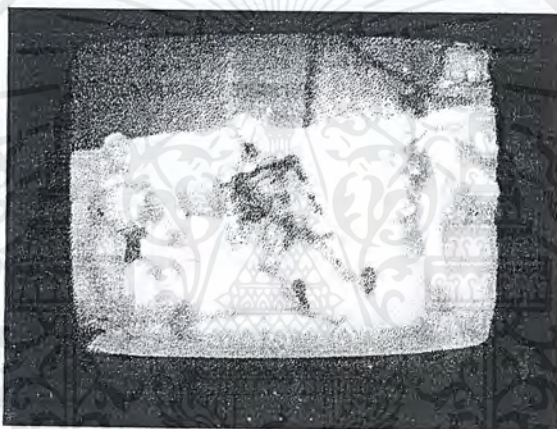
รูปที่ 3.18 แสดงลักษณะของวงจรภาคจ่ายไฟ

3.11 การทดสอบการทำงาน

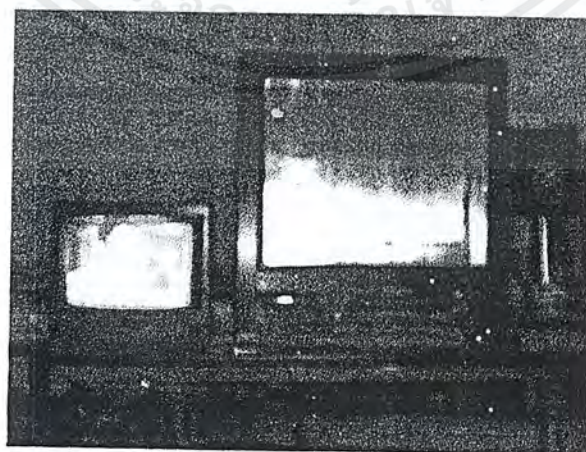
ในการทดสอบการทำงานของชุดสาริตการรับสัญญาณดาวเทียมจะเริ่มค้นได้โดยการให้ จานติดตั้งตรงตำแหน่งที่จะรับสัญญาณจากช่องสัญญาณดาวเทียม หลังจากนั้นทำการต่อวงจรต่างๆเข้าด้วยกัน โดยจะต้องตรวจสอบที่ภาคจ่ายไฟก่อนจึงนำมาต่อกับวงจรของชุดรับสัญญาณดาวเทียม จากนั้นต่อสายสัญญาณเข้าช่องเอวี่ของเครื่องรับโทรทัศน์ พร้อมต่อสัญญาณจากอุปกรณ์ขยายและขจัดสัญญาณรบกวนเข้าที่จูนเนอร์ และวัดที่ขา AGC จะต้องมียะต้องมียะแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นทำการเปิดเครื่องรับโทรทัศน์แล้วทำการกดสวิทช์เลือกทำการตั้งช่องของสัญญาณภาพและสัญญาณเสียง และทำการเปลี่ยนช่องแล้วทำการช่องของสัญญาณ หลังจากตั้งช่อง เรียบร้อยแล้วทำการทดสอบเปลี่ยนการ โพลารไรซ์และทำการตั้งช่องอีกครั้ง



รูปที่ 3.19 แสดงสัญญาณภาพที่รับได้จากช่อง CNBC ของดาวเทียม PALAPA



รูปที่ 3.20 แสดงสัญญาณภาพที่รับได้จากช่อง MTV ของดาวเทียม PALAPA



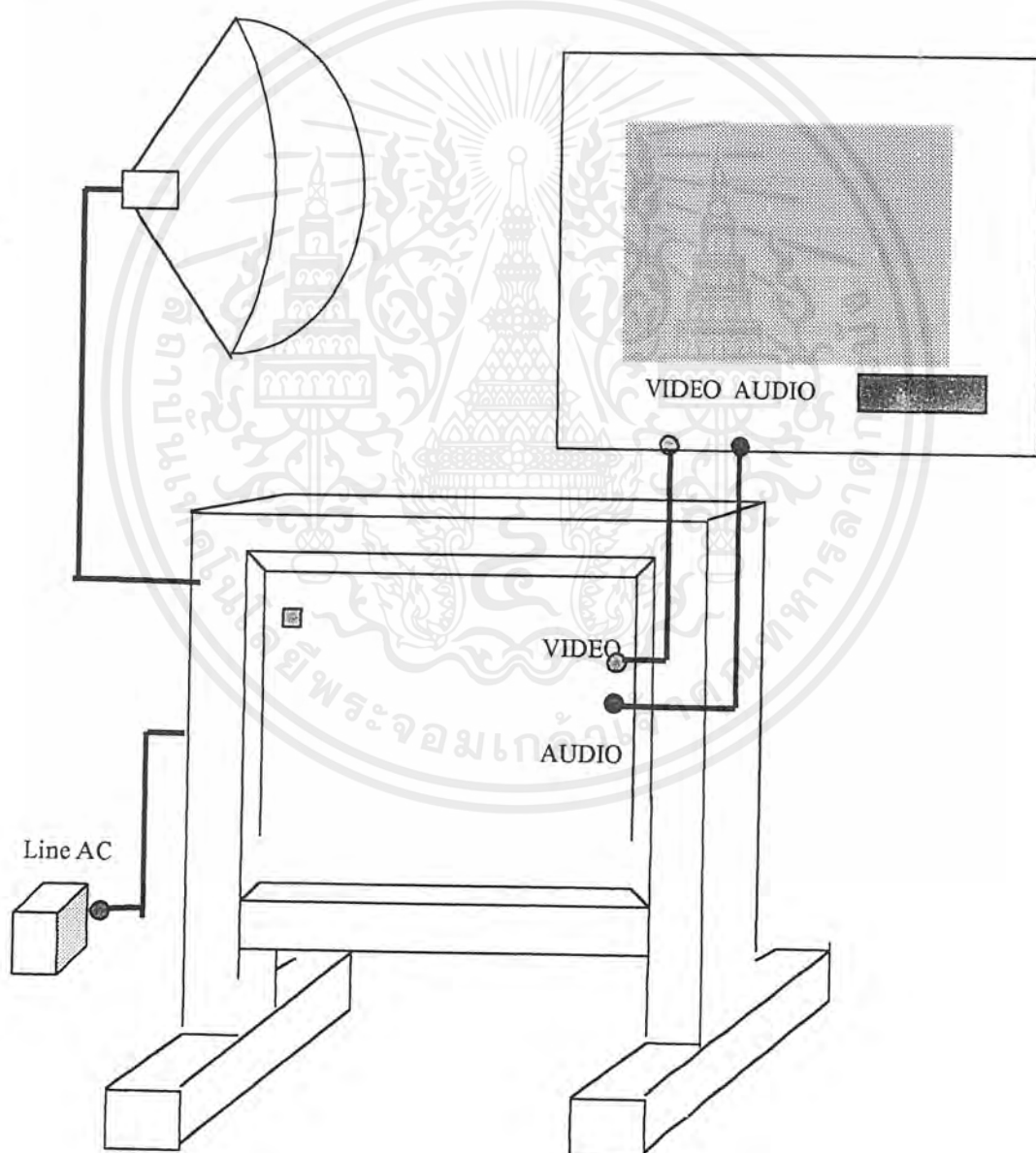
รูปที่ 3.21 แสดงลักษณะการต่อใช้งานชุดสาริตการรับสัญญาณดาวเทียม

บทที่ 4

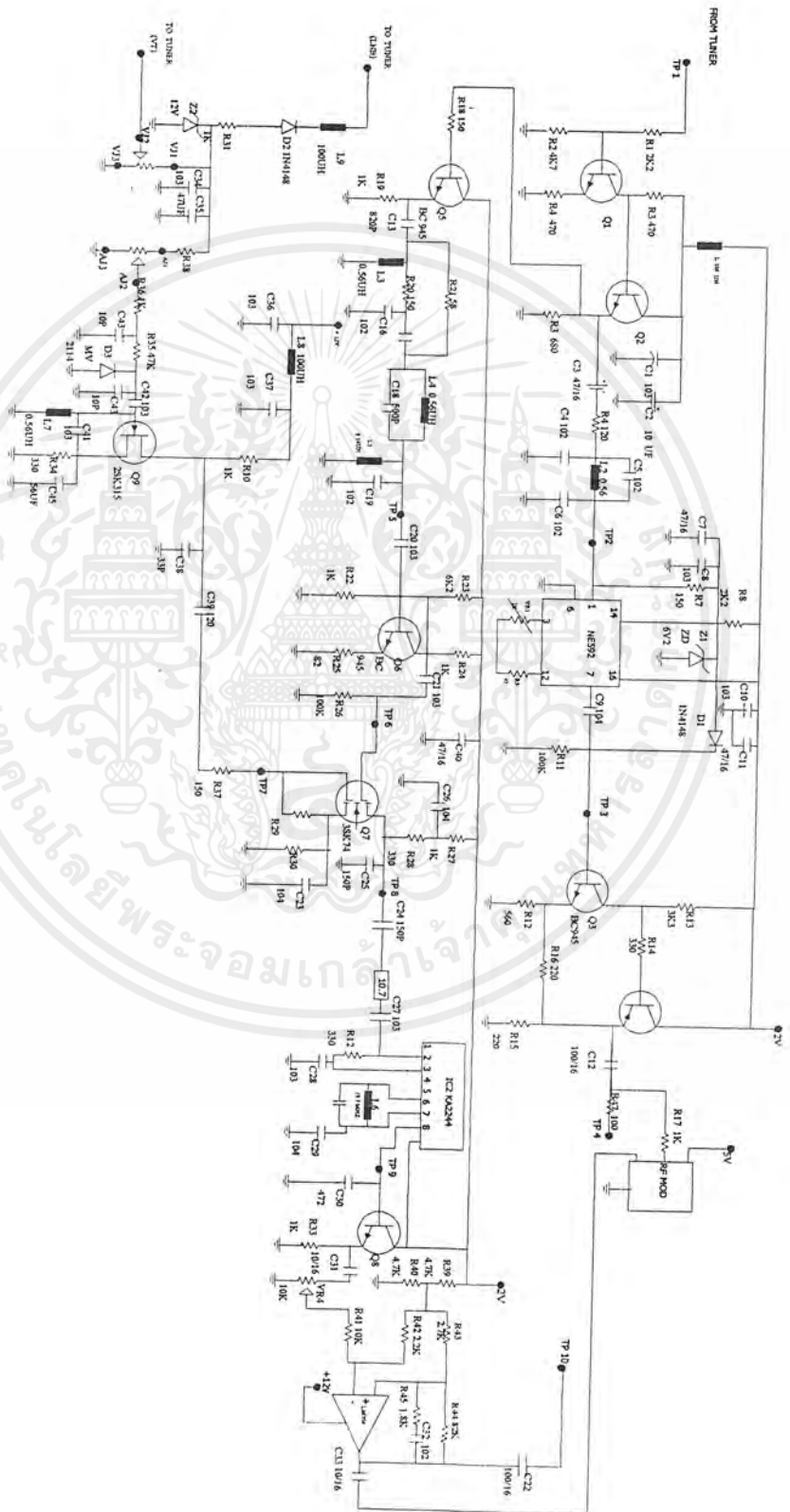
ผลการทดลอง

4.1 การเตรียมชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียม

หลังจากที่ได้ทำการติดตั้งงานรับสัญญาณดาวเทียมให้ตรงกับตำแหน่งของดาวเทียม PALAPA แล้ว ก่อนการทดลองการวัดสัญญาณที่จุดทดสอบจะต้องทำการติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ให้เรียบร้อย ก่อน ดังรูปที่ 4.1



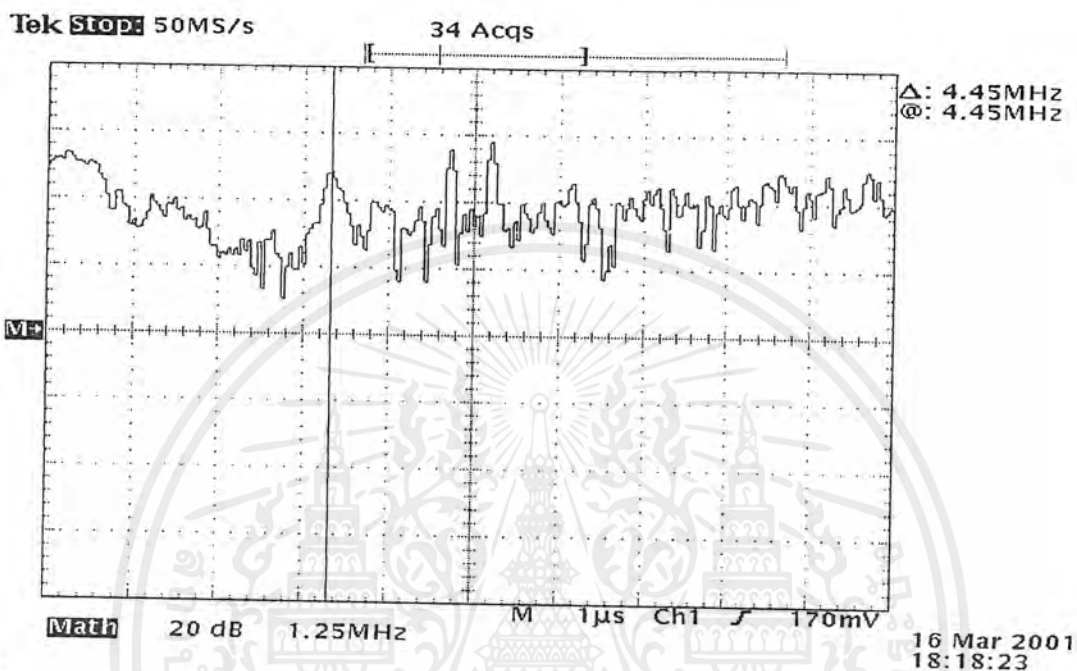
รูปที่ 4.1 แสดงการเตรียมชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียม



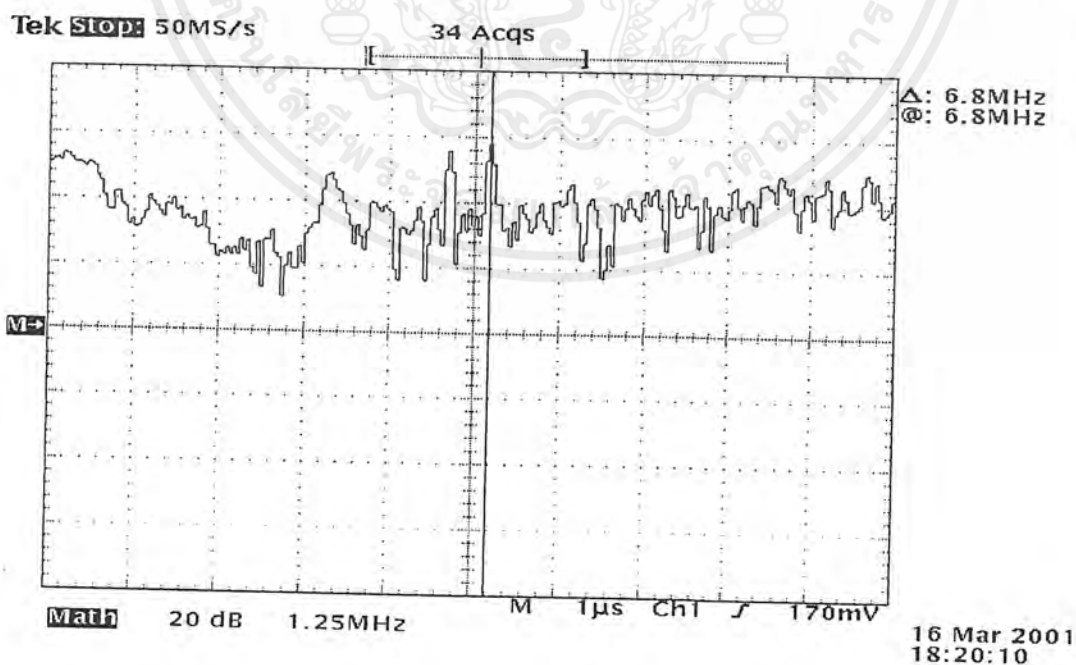
รูปที่ 4.2 แสดงชุดทดสอบชุดอิเล็กทรอนิกส์รับสัญญาณดาวเทียม

4.2 การวัดจุดทดสอบของสัญญาณ

ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมนี้ประกอบไปด้วยจุดทดสอบสัญญาณทั้งหมด 10 จุด ซึ่งแต่ละจุดจะมีรูปร่างและระดับของสัญญาณความถี่ที่แตกต่างกันออกไปตามหน้าที่การทำงาน โดยจะสามารถแสดงผลของการวัดสัญญาณที่จุดต่างๆดังต่อไปนี้

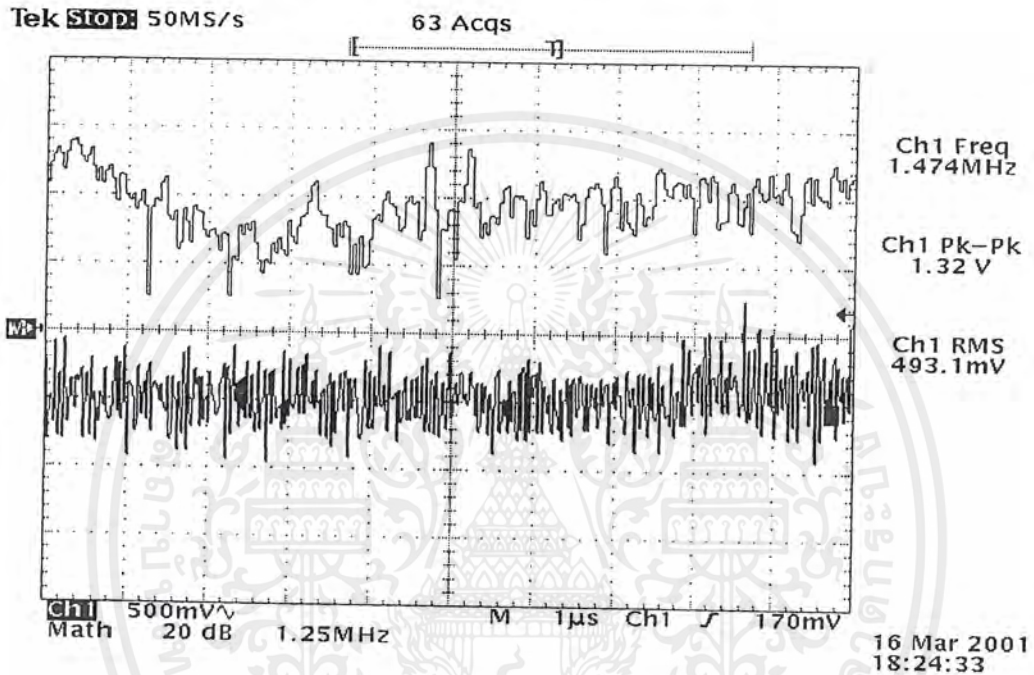


รูปที่ 4.3 แสดงการวัดสเปกตรัมภาพและเสียงที่มาจากจูนเนอร์ช่องCNBC ของดาวเทียม PALAPA

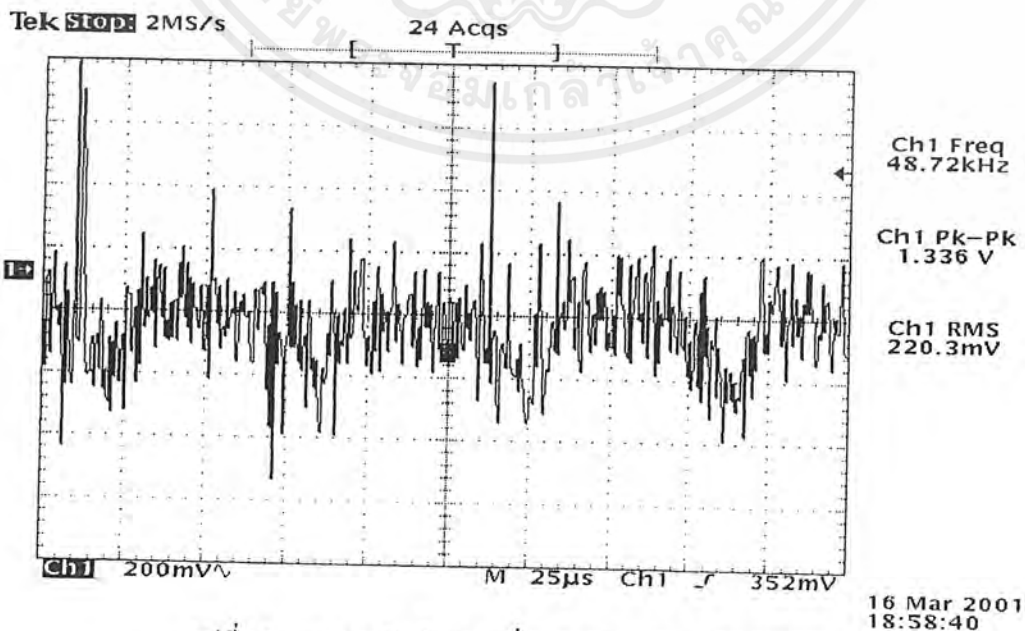


รูปที่ 4.4 แสดงการวัดสเปกตรัมภาพและเสียงที่มาจากจูนเนอร์ช่องCNBC ของดาวเทียม PALAPA

จากรูปที่ 4.3 และ 4.4 เป็นลักษณะของสัญญาณรวมระหว่างสัญญาณภาพกับสัญญาณเสียง ซึ่งเป็นสัญญาณที่ได้รับมาจากขา B.B OUT จากตัวจูนเนอร์และจะมีค่าของความถี่และขนาดของสัญญาณเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยจะเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณที่ถูกส่งมาจากดาวเทียมความถี่ของสัญญาณภาพมีค่า 4.43 MHz และความถี่ของสัญญาณเสียงมีค่า 6.6 MHz และ 6.8 MHz

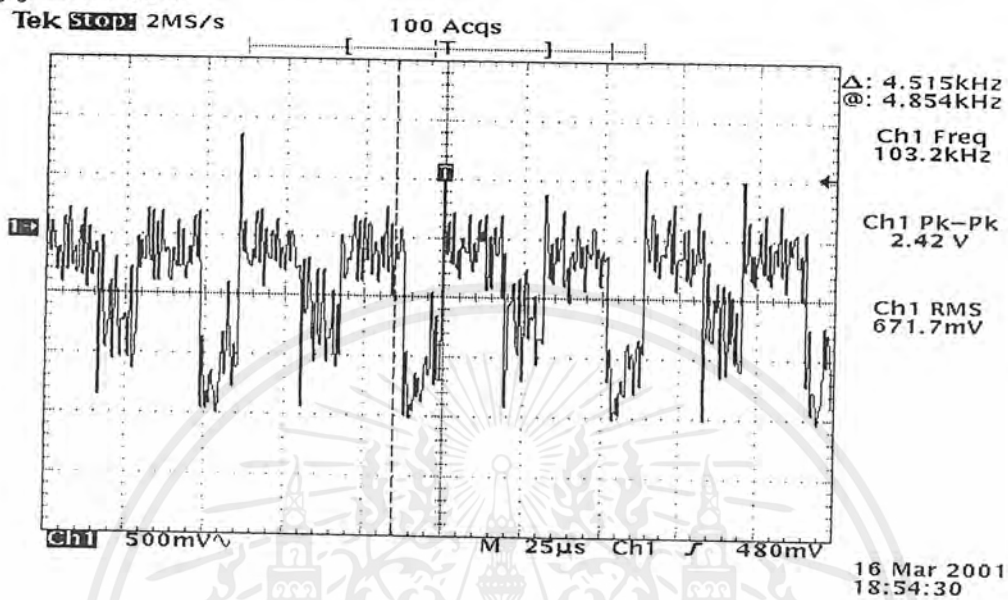


รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบสเปกตรัม กับสัญญาณทางเวลาที่มาจากจูนเนอร์



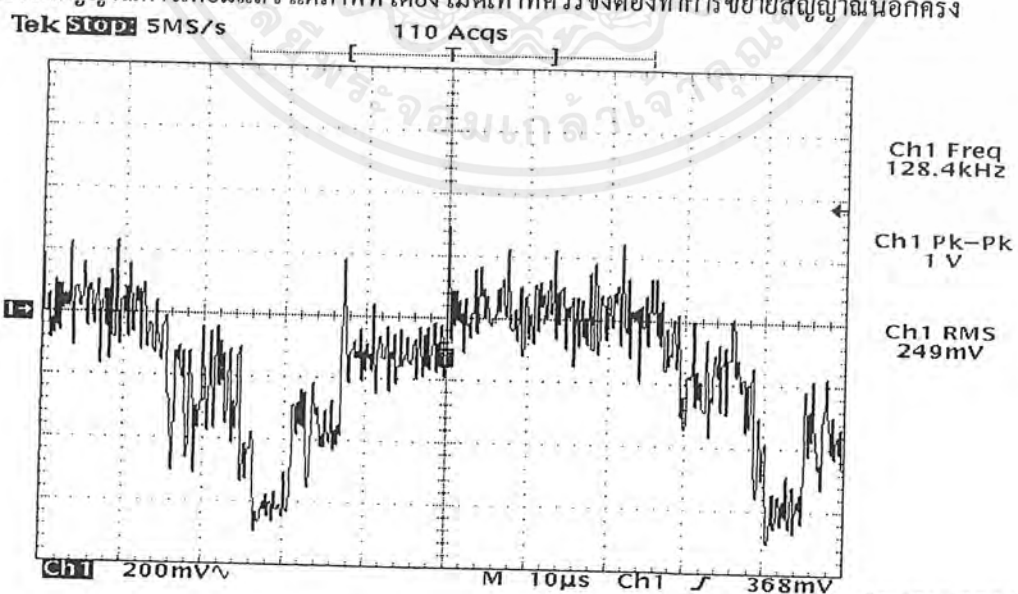
รูปที่ 4.6 แสดงการวัดสัญญาณที่ออกจาก LOW PASS FILTER

จากรูปที่ 4.6 เป็นลักษณะของสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองแบบผ่านต่ำ (0-5 MHz) จึงทำให้ได้สัญญาณภาพเพียงอย่างเดียวและค่าของความถี่และขนาดของสัญญาณจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณภาพที่รับได้



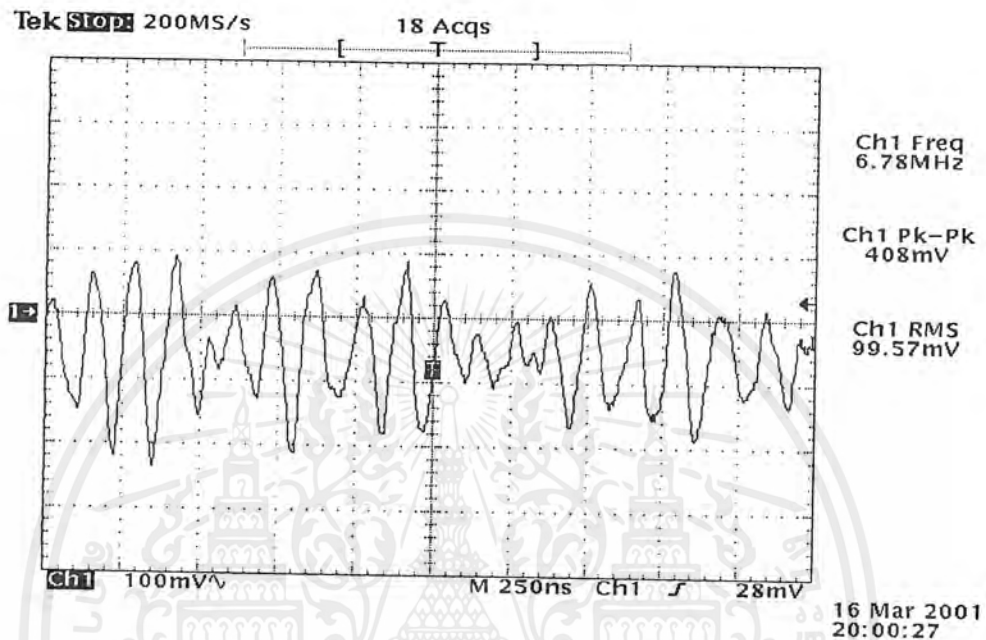
รูปที่ 4.7 แสดงการวัดสัญญาณที่ผ่านการขยายสัญญาณ

จากรูปที่ 4.7 เป็นลักษณะของสัญญาณหลังจากที่ผ่านการขยายสัญญาณให้มีความแรงขึ้น โดยใช้ไอซีเบอร์ NE 592 ซึ่งจะขยายให้มีความแรงของสัญญาณสูงขึ้นมากหลายเท่าและยังสามารถที่จะทำการปรับความคมชัดของภาพที่แสดงทางหน้าจอโดยการปรับค่าความต้านทานชนิดปรับค่าได้ที่ขา 3 ของไอซีที่จุด TP3 หากนำสายสัญญาณภาพของเครื่องรับโทรทัศน์มาต่อ ณ.จุดนี้ก็สามารถจะเห็นภาพของชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียมแล้ว แต่ภาพที่ได้ยังไม่ดีเท่าที่ควรจึงต้องทำการขยายสัญญาณนี้อีกครั้ง



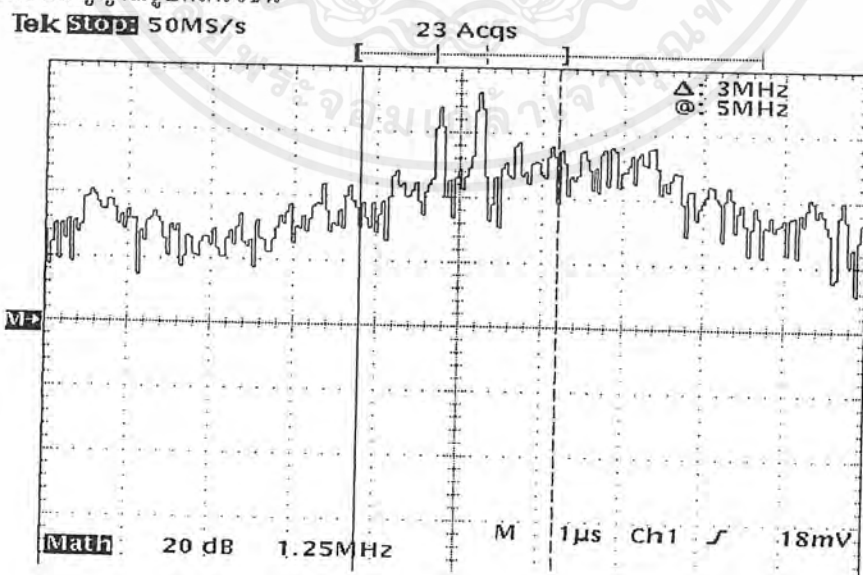
รูปที่ 4.8 แสดงการวัดสัญญาณภาพที่ผ่านการขยายชุดสุดท้าย

จากรูปที่ 4.8 เป็นลักษณะของสัญญาณภาพหลังจากผ่านการวางจรรยาบรรณสุดท้ายของทางภาคภาพ ซึ่งลักษณะของสัญญาณภาพที่ได้จะไม่มีการแกว่งของสัญญาณมากและที่จุด TP4 นี้จะถูกนำไปต่อกับสายสัญญาณภาพของเครื่องรับโทรทัศน์อีกด้วยและหากเครื่องรับโทรทัศน์ไม่มีช่อง AV ก็ให้นำสัญญาณที่จุดนี้ไปผ่านอุปกรณ์ RF Modulator ไปต่อกับช่องสายอากาศของเครื่อง

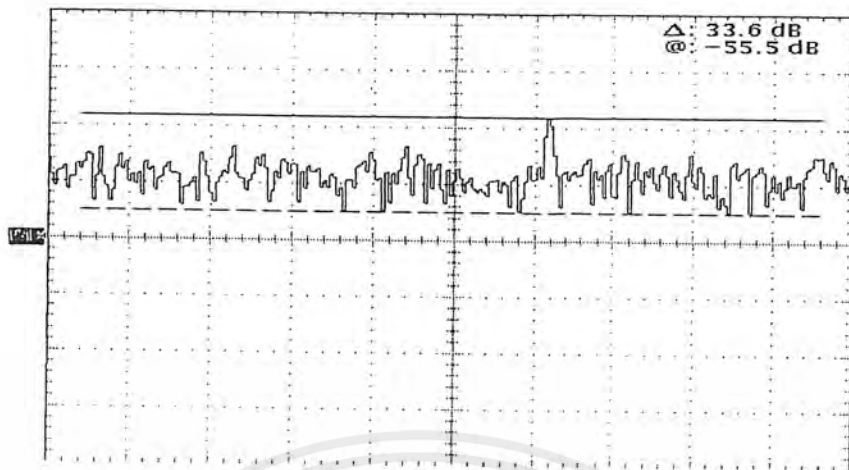


รูปที่ 4.9 แสดงการวัดสัญญาณหลังจากผ่านวงจรกรองผ่านแถบ

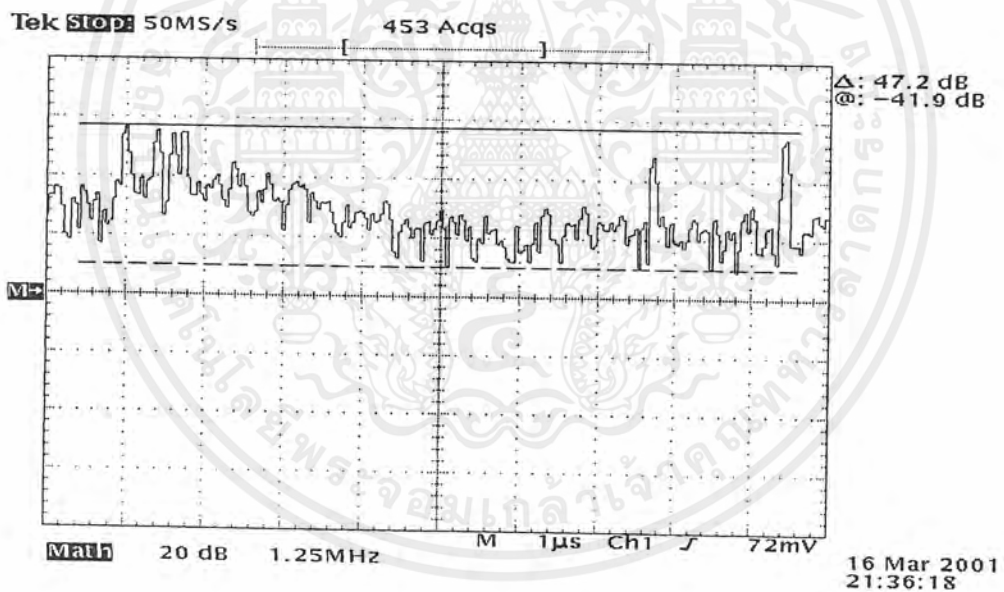
จากรูปที่ 4.9 เป็นลักษณะของสัญญาณหลังจากผ่านวงจรกรองผ่านแถบ (5-8 MHz) ซึ่งสัญญาณที่ถูกมอดูเลตเป็นสัญญาณรูปคลื่นไซน์



รูปที่ 4.10 แสดงการวัดสเปกตรัมหลังจากผ่านวงจรกรองผ่านแถบ

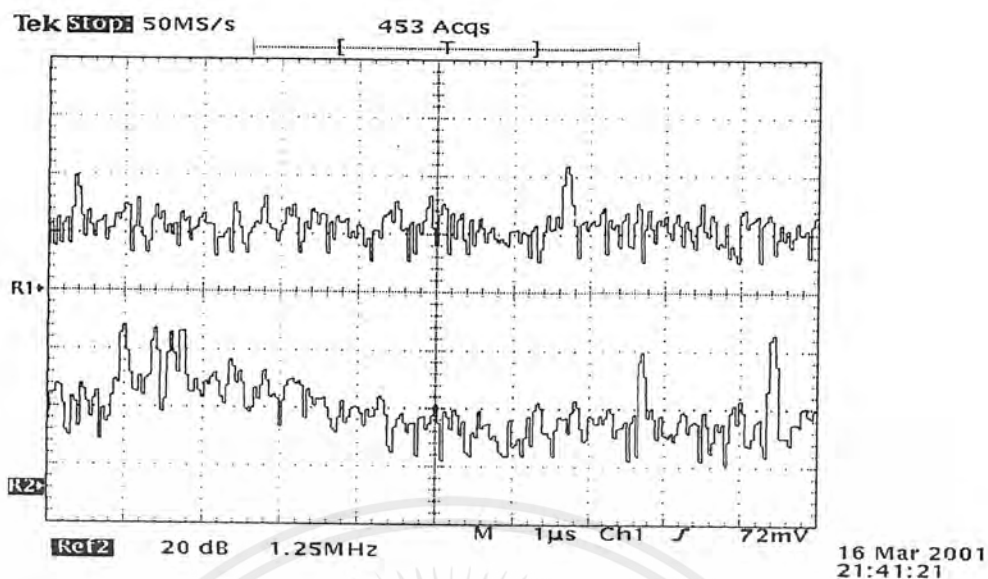


รูปที่ 4.11 แสดงการวัดสเปกตรัมหลังจากผ่านวงจรกรองผ่านแถบ



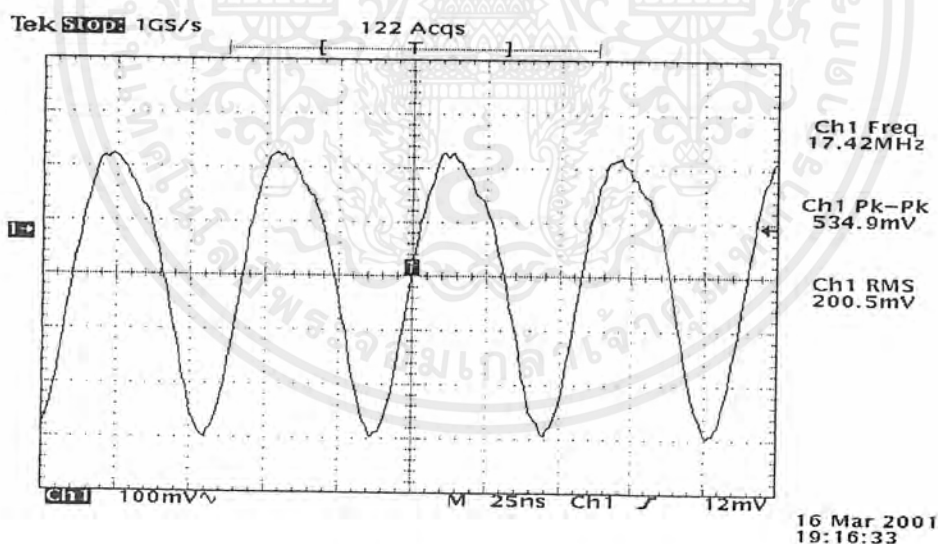
รูปที่ 4.12 แสดงการวัดสเปกตรัมหลังจากผ่านวงจรขยายแบบ Voltage Divider

จากรูปที่ 4.12 เป็นลักษณะของสัญญาณหลังจากผ่านวงจรขยายแบบ Voltage Divider ซึ่งจะทำให้สเปกตรัมมีลักษณะคล้ายกับวงจรกรองผ่านแถบ



รูปที่ 4.13 แสดงความแตกต่างในการวัดสเปกตรัมของวงจรกรองผ่านแถบกับวงจรขยาย

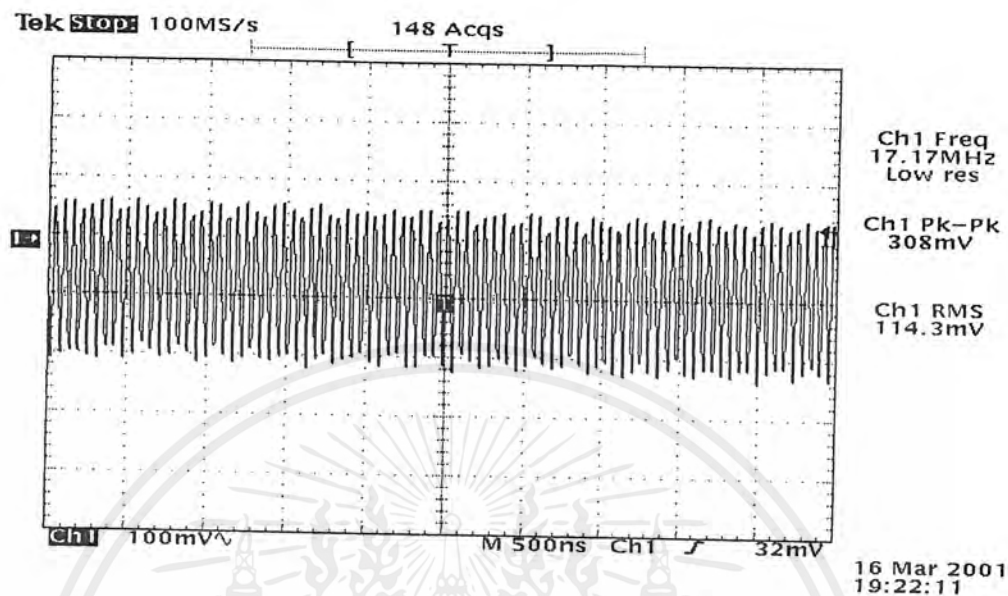
รูปที่ 4.13 แสดงความแตกต่างในการวัดสเปกตรัมของวงจรกรองผ่านแถบกับวงจรขยาย ซึ่งจะมี ความแตกต่างทางระดับแรงดันน้อยมาก เนื่องจากวงจรจะขยายจะทำการขยายทางด้านกระแส แต่ไม่ได้ ขยายด้านแรงดัน



รูปที่ 4.14 แสดงการวัดสัญญาณที่ วงจรกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน ที่ใช้รับสัญญาณความถี่ 6.80 MHz

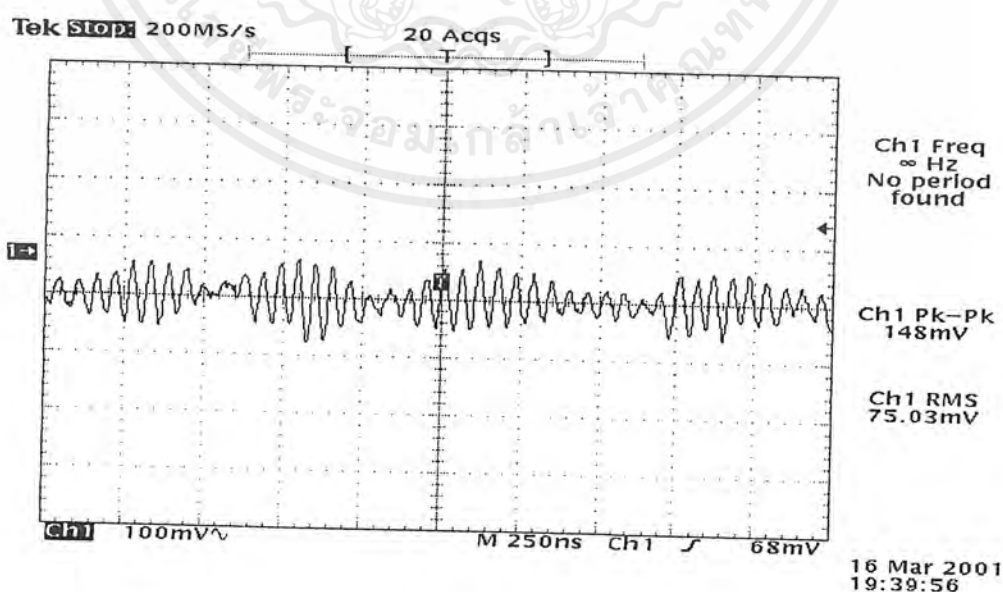
จากรูปที่ 4.14 เป็นลักษณะของสัญญาณความถี่ที่ใช้รับสัญญาณความถี่เสียง 6.80 MHz ซึ่งได้จาก วงจรกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน โดยรูปสัญญาณจะมีระดับแรงดันและความถี่ที่สามารถเปลี่ยน

แปลงได้ขึ้นอยู่กับแรงดันที่ป้อนเข้ามา โดยสามารถควบคุมโดยตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ของภาคเสียง ซึ่งจะมีค่าของความถี่ที่ผลิตได้คือ 17.42 MHz



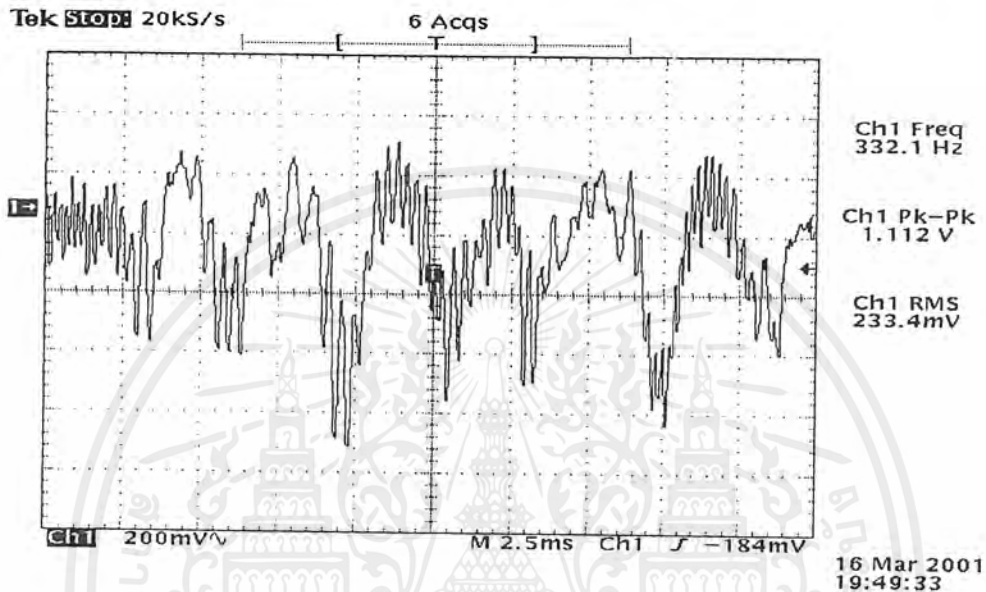
รูปที่ 4.15 แสดงการวัดสัญญาณหลังจากผ่านการรวมสัญญาณระหว่างสัญญาณหลังจากผ่านวงจรกรองผ่านแถบกับวงจรกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน

จากรูปที่ 4.15 เป็นลักษณะของสัญญาณหลังจากผ่านการรวมสัญญาณระหว่างสัญญาณหลังจากผ่านวงจรกรองผ่านแถบกับวงจรกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงดันซึ่งเป็นการมอดูเลตแบบทางความถี่



รูปที่ 4.16 แสดงการวัดสัญญาณความถี่เสียงหลังจากการ Demodulate

จากรูปที่ 4.16 เป็นลักษณะของสัญญาณความถี่เสียงหลังจากการ Demodulate จากไอซีเบอร์ KIA 6003 ซึ่งสัญญาณที่ได้จะเป็นสัญญาณเสียงที่จะมีการเปลี่ยนแปลงของรูปสัญญาณ แรงดันและความถี่ของสัญญาณตามความถี่ของเสียงที่ส่งมาจากดาวเทียม นอกจากนี้ยังสามารถที่จะปรับความแรงของสัญญาณได้โดยใช้ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ที่ต่อเป็นสัญญาณอินพุตให้กับ ออปแอมป์เบอร์ LM 358



รูปที่ 4.17 แสดงการวัดสัญญาณภาคสุดท้ายของเสียง

จากรูปที่ 4.17 เป็นลักษณะของสัญญาณทางภาคสุดท้ายของเสียงซึ่งสัญญาณที่ออกจะเป็นสัญญาณเสียงเพียงอย่างเดียว โดยสัญญาณที่จุดนี้จะมีความคมชัดและความแรงมากกว่าจุด TP 9 และขนาด รูปร่าง และความถี่ของสัญญาณจะเปลี่ยนแปลงตามความถี่เสียงที่รับได้จากดาวเทียม ซึ่งที่จุด TP4 นี้จะถูกนำไปต่อกับสายสัญญาณเสียงของเครื่องรับโทรทัศน์อีกด้วย และหาก เครื่องรับโทรทัศน์ไม่มีช่อง AV ก็ให้นำสัญญาณที่จุดนี้ไปผ่านอุปกรณ์ RF Modulator ไปต่อกับช่องสายอากาศต่อไป

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุป

ชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียมที่ได้สร้างขึ้นนี้สามารถที่จะรับสัญญาณจากดาวเทียม PALAPA และ ASIA SAT ได้ตามตำแหน่งของจานสายอากาศ โดยจะแบ่งสัญญาณที่รับได้เป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นสัญญาณภาพและส่วนที่เป็นสัญญาณเสียง ซึ่งสามารถเปลี่ยนช่องของสัญญาณภาพเพียงการกดสวิทช์เลือกช่องที่ต้องการซึ่งได้ผ่านการตั้งช่องแล้ว ส่วนสัญญาณเสียงจะใช้การโยกสวิทช์เลือกเอาความถี่ของเสียงที่ต้องการ โดยจะมีการใช้สัญญาณเสียงที่ 6.60 MHz และ 6.80 MHz ซึ่งเป็นความถี่ส่วนใหญ่ที่นิยมใช้กัน นอกจากนี้ยังสามารถที่จะทำการเปลี่ยน การไหลาไรซ์ของคลื่นเพียงทำการโยกสวิทช์เลือกกว่าจะใช้แรงดัน 12 V หรือ 18 V ป้อนให้กับอุปกรณ์ขยายและขจัดสัญญาณรบกวน

การวัดสัญญาณที่จุดทดสอบนั้นสามารถที่จะวัดสัญญาณได้ออกมาตามรูปของสัญญาณที่อยู่บนแผงชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียม โดยลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากดาวเทียมจะมีขนาดและความถี่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงที่ส่งมาจากดาวเทียม ดังนั้นในการวัดสัญญาณที่จุดทดสอบตามจุดต่างๆทั้ง 10 จุดจะมีผลของสัญญาณดังนี้คือ

ที่จุด TP1 เป็นจุดที่จะวัดจากขา B.B.OUT ของตัวจูนเนอร์ซึ่งสัญญาณที่ได้จะเป็นสัญญาณรวมของสัญญาณภาพและเสียง และหากเอาสัญญาณของที่จุดนี้มาทำการต่อที่ช่อง VIDEO IN ของช่องเอวีจะทำให้เห็นภาพเป็นแบบลึ้มไม่สามารถมองออกว่าเป็นภาพอะไร

ที่จุด TP2 เป็นจุดที่วัดหลังจากสัญญาณได้ผ่านวงจรกรองแบบผ่านต่ำแล้ว ซึ่งสัญญาณนี้จะอยู่ในช่วงความถี่ 0-5 MHz สัญญาณที่วัดได้โดยออสซิลโลสโคปจะมีลักษณะของสัญญาณเป็นสัญญาณขั้นบันไดซึ่งเป็นสัญญาณภาพ และ ณ. จุดนี้หากนำไปต่อเข้ากับที่ช่อง VIDEO IN ของช่องเอวีก็สามารถมองเห็นภาพได้แต่ยังมีการลันไหวของภาพ

ที่จุด TP3 เป็นจุดทดสอบหลังจากผ่านวงจรขยายสัญญาณภาพแล้ว ซึ่งสัญญาณที่ผ่าน การขยายของสัญญาณจะมีความคมชัดของรูปคลื่นของสัญญาณสูงขึ้นซึ่งสัญญาณที่จุดนี้จะสามารถที่จะทำการปรับค่าอัตราขยายได้ 0-400 เท่า โดยจะสามารถปรับได้ที่ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ที่ต่ออยู่ระหว่างขา 3 และขา 12 และ ณ. จุดนี้หากนำไปต่อเข้ากับที่ช่อง VIDEO IN ของช่องเอวี จะได้สัญญาณภาพที่ชัดเจนหากจานสายอากาศตั้งอยู่ที่ตำแหน่งของดาวเทียม

ที่จุด TP4 เป็นจุดทดสอบที่จะต่อเข้ากับช่อง VIDEO IN ของช่องเอวี ที่จุดนี้จะเป็นจุด เอาท์พุทของสัญญาณภาพซึ่ง ณ. จุดนี้รูปสัญญาณที่ได้จะมีมีความคมชัดที่สุดเนื่องจากได้ผ่านการขยายในภาคสุดท้ายแล้ว โดยที่จุดนี้สัญญาณจะถูกต่อเข้ากับอุปกรณ์มอดูเลตสัญญาณความถี่วิทยุหากเครื่องรับ โทรทัศน์ไม่มีช่องสัญญาณเอวีและหลังจากได้ต่อสัญญาณเข้าแล้วจะต้องทำการปรับจูนหากคลื่นเพื่อรับสัญญาณ

ที่จุด TP5 สัญญาณที่วัดได้คือสัญญาณหลังจากผ่านวงจรกรองความถี่ผ่านแถบความถี่ โดยจะมีช่วงของความถี่อยู่ที่ 5-8 MHz สัญญาณที่ได้จะเป็นสัญญาณรูปไซน์และมีความถี่รบกวนเล็กน้อยที่รบกวนอยู่ที่ขอบของสัญญาณและในจุดนี้จะเป็นจุดที่บอกถึงคุณภาพของสัญญาณเสียงว่าจะมีคุณภาพดีมากน้อยเพียงใด

ที่จุด TP6 สัญญาณที่วัดได้จะเป็นสัญญาณที่ได้ผ่านวงจรขยายแบบ Voltage Divider เนื่องจากวงจรจะทำการขยายทางด้านกระแสสัญญาณที่ได้จึงมีลักษณะของรูปสัญญาณเหมือนกับกับจุด TP5

ที่จุด TP7 เป็นสัญญาณที่เป็นเอาต์พุตของวงจรผลิตความถี่ที่ควบคุมด้วยแรงไฟ โดยใช้แรงดันที่ไบอัสจากเกทเป็นตัวควบคุมความถี่ที่เอาต์พุต และสัญญาณที่วัดได้จะมีความเสถียรภาพมาก ดังนั้นรูปสัญญาณจึงมีแรงดันและค่าความถี่ที่สูง

ที่จุด TP8 จะเป็นสัญญาณหลังจากผ่านวงจรรวมสัญญาณระหว่างสัญญาณความถี่เสียง และสัญญาณความถี่ของวงจรวงจรผลิตความถี่ที่ควบคุมด้วยแรงไฟ สัญญาณความถี่ที่ได้จะเป็นสัญญาณไซน์ที่ได้จากการบีบของสัญญาณทั้งสอง

ที่จุด TP9 สัญญาณที่วัดได้จะเป็นสัญญาณที่ผ่านการคิมอดูเลตแล้ว โดยสัญญาณที่ได้จะมีการกระเพื่อมขึ้นลงตามความถี่ของสัญญาณเสียงที่เข้ามาและจะมีการรบกวนที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากสัญญาณยังไม่ผ่านการขยายในภาคสุดท้าย

ที่จุด TP10 สัญญาณที่ได้จะเป็นเอาต์พุตของวงจรทางด้านเสียงโดยสัญญาณที่จุดนี้จะนำไปต่อเข้ากับสัญญาณที่ช่อง AUDIO IN ที่ช่องเอวีของเครื่องรับโทรทัศน์และจะต่อกับอุปกรณ์ มอดูเลตสัญญาณความถี่วิทยุหากในกรณีเครื่องรับโทรทัศน์ไม่มีช่องเอวี และหากทำการวัดสัญญาณที่ได้จะมีลักษณะเป็นสัญญาณเสียง

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

การสร้างชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียมจะเกิดปัญหาดังต่อไปนี้

- เนื้อเรื่องตลอดจนเอกสารประกอบบางอย่างไม่สามารถหาได้หรือหาได้ยากมาก
- ค่าของอุปกรณ์ต่างๆจากการคำนวณอุปกรณ์ของวงจรในแต่ละภาคบางจุดอาจต้องมีการปรับเปลี่ยนให้ได้คุณภาพตามที่ต้องการหรือเพิ่มมากขึ้น
- อุปกรณ์ภายในวงจรบางอย่างเช่น ไอซี เฟท และมอสเฟทหาซื้อได้ยาก หรือจะซื้อได้เฉพาะที่ทางบริษัทไดนามิกเซ็คคอมเท่านั้น
- สัญญาณรบกวนจากภายในอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการสร้างชุดสาธิตการรับสัญญาณ ดาวเทียมสามารถที่จะทำให้เกิดการรบกวนขึ้นได้ เช่น ตัวจูนเนอร์ ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ ดังนั้นจึงต้องทำการป้องกันโดยการวางอุปกรณ์ให้ห่างกัน
- สัญญาณรบกวนจากภายนอก เนื่องจากชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียมอยู่ในย่านความถี่สูงจึงทำให้เกิดการรบกวนจากความถี่วิทยุต่างๆทางพื้นดินเข้าไปกวนทางด้านระบบเสียง ดังนั้นจึงต้องทำ

การป้องกันด้วยการเก็บแผนวงจรและอุปกรณ์บรรจุไว้ในกล่องที่สัญญาณรบกวนจากภายนอกไม่สามารถรบกวนได้

- ในการปรับปรุงสัญญาณของแต่ละช่องต้องใช้เวลาพอสมควรเนื่องจากสัญญาณแต่ละช่องมีความถี่ที่ใกล้เคียงกัน

- สัญญาณที่ได้จากชุดทดสอบ เนื่องจากสัญญาณที่วัดได้จะมีสัญญาณรบกวนปนมาจึงทำให้รูปของสัญญาณมีสัญญาณรบกวนติดมาด้วย

- การสร้างแผงค่าน้ำของชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียมเนื่องจากบนแผงต้องมีการนำวงจรและสัญญาณพิมพ์ลงบนแผงดังนั้นในการพิมพ์จึงต้องทำการวางบล็อกให้ตรง และการเจาะรูใส่อุปกรณ์ก็จะต้องระมัดระวังไม่ให้เสียหาย

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อไป

ชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียมจะใช้ในการศึกษาวิธีการปรับปรุงให้สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียม และสามารถวิเคราะห์ลักษณะของรูปสัญญาณ นอกจากนี้ยังสามารถที่จะทำการรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงอื่นเพียงปรับตำแหน่งของงานให้ตรงกับตำแหน่งของดาวเทียมที่ต้องการพร้อมทำการปรับค่าความต้านทานที่ตัวปรับของสัญญาณแต่ละช่อง

ชุดสาธิตการรับสัญญาณดาวเทียมสามารถที่จะนำไปทำการพัฒนาต่อไปได้ โดยการใช้อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลทางการเปลี่ยนช่องสัญญาณและให้มีการสั่งงานโดยระบบการประมวลผลทางไมโครโปรเซสเซอร์ หรืออาจจะใช้ชุดรีโมทคอนโทรลที่มีขายอยู่ตามท้องตลาด โดยจะทำการเลือกแบบที่มีช่องการควบคุมอยู่หลายช่องเพื่อใช้แทนการใช้สวิทช์เลือก

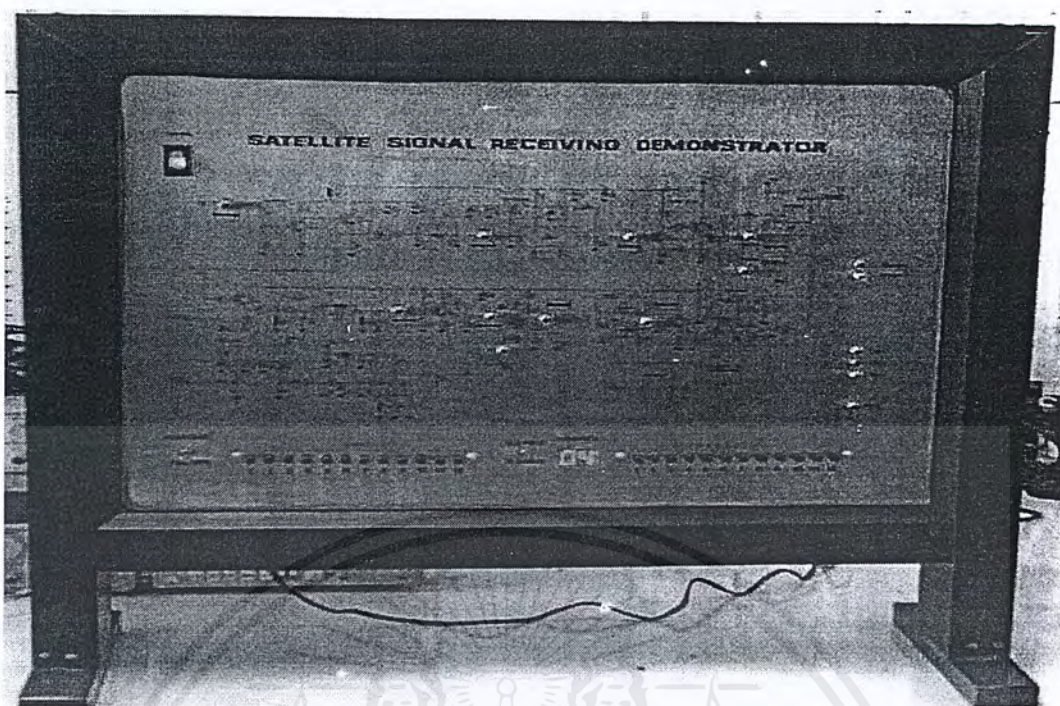
บรรณานุกรม

1. เจน สงสมพันธุ์. โทรคมนาคมยุคดาวเทียม : สำนักพิมพ์ หจก. เม็ดทรายฯ . พฤษภาคม 2538
2. รังสรรค์ วงศ์สรรค์. โลกของการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ นิตยสารซีทีวี. 2536.
3. สุชาติ กังวารจิตต์. เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร : สำนักพิมพ์ บริษัท เอช.เอ็น. กรุป จำกัด. 2536.

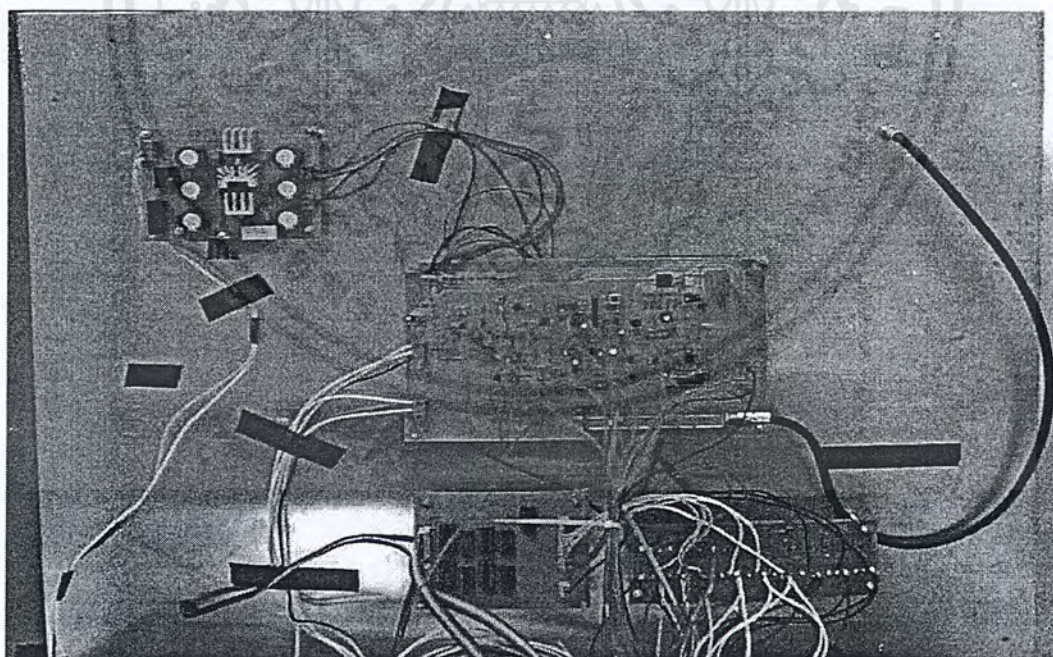


ภาคผนวก

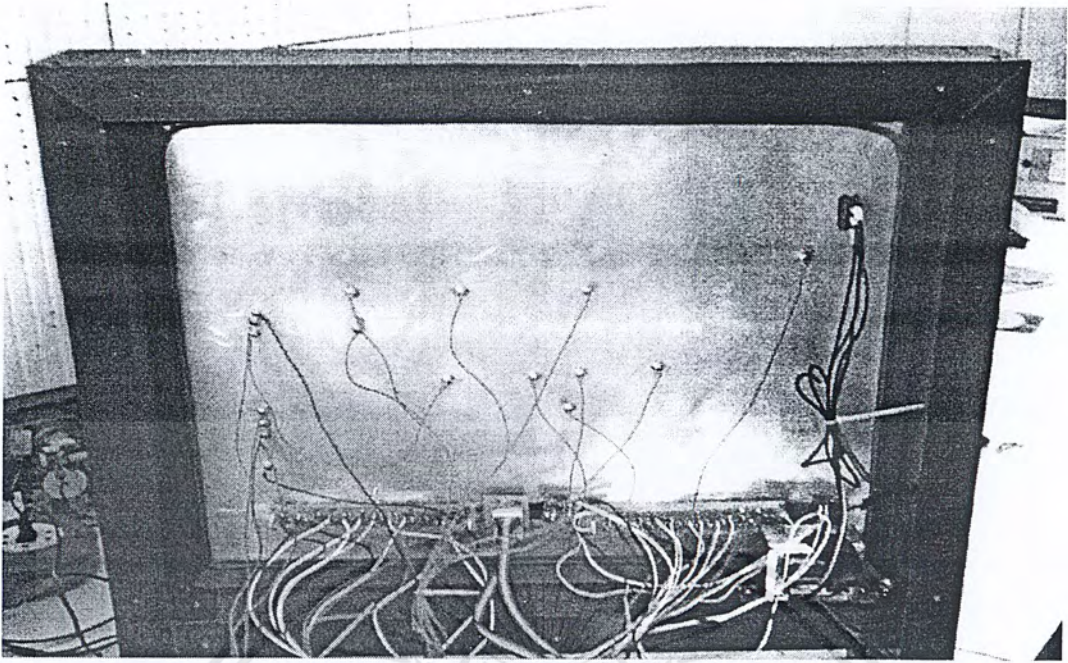




รูปแสดงชุดรับสัญญาณดาวเทียม



รูปแสดงวงจรภายในชุดรับสัญญาณดาวเทียม



รูปแสดงการเชื่อมต่อไปยังจุดทดสอบสัญญาณต่างๆ



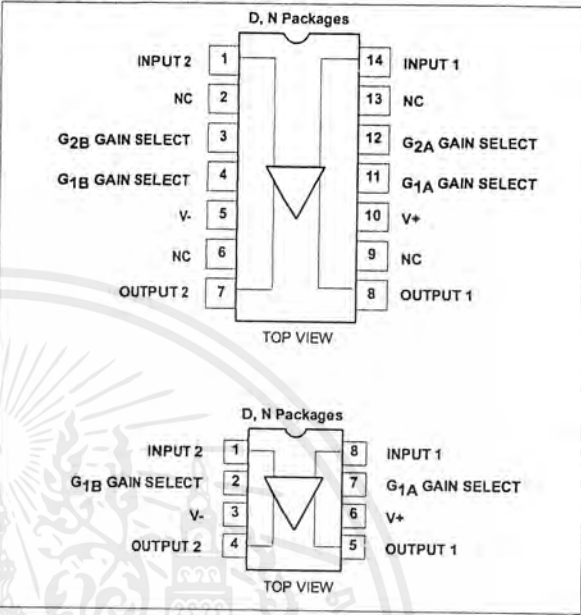
Video amplifier

NE592

DESCRIPTION

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

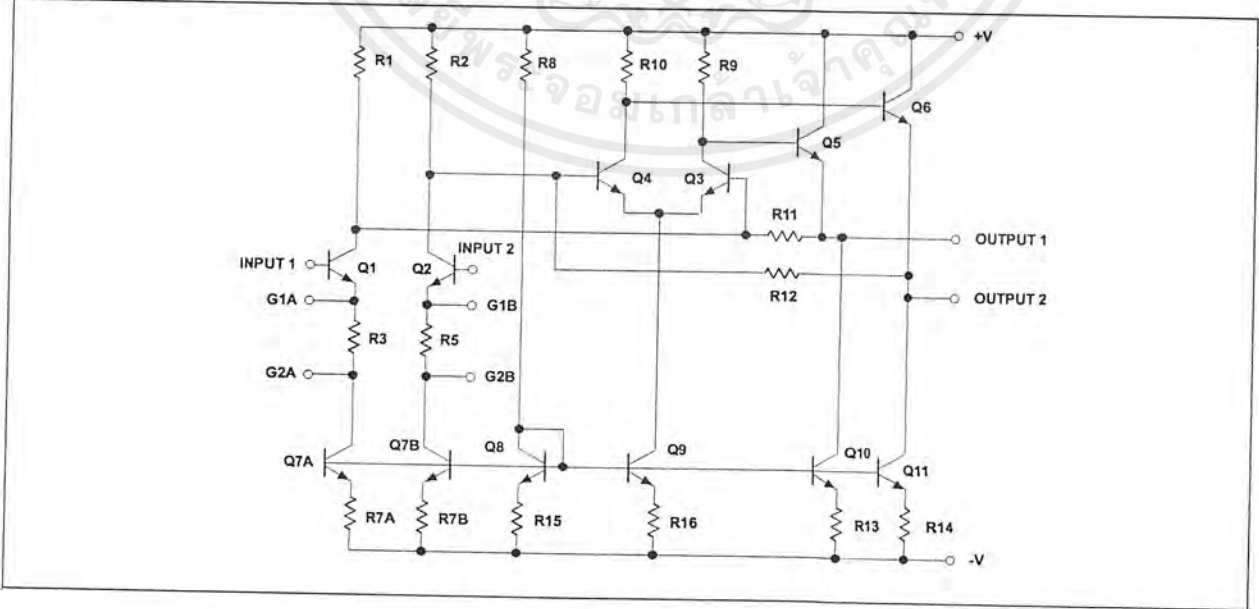
PIN CONFIGURATIONS



APPLICATIONS

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

BLOCK DIAGRAM



Video amplifier

NE592

ORDERING INFORMATION

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

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

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

T_A=+25°C, unless otherwise specified.

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

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

Video amplifier

NE592

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

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

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

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

Video amplifier

NE592

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

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

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

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

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

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

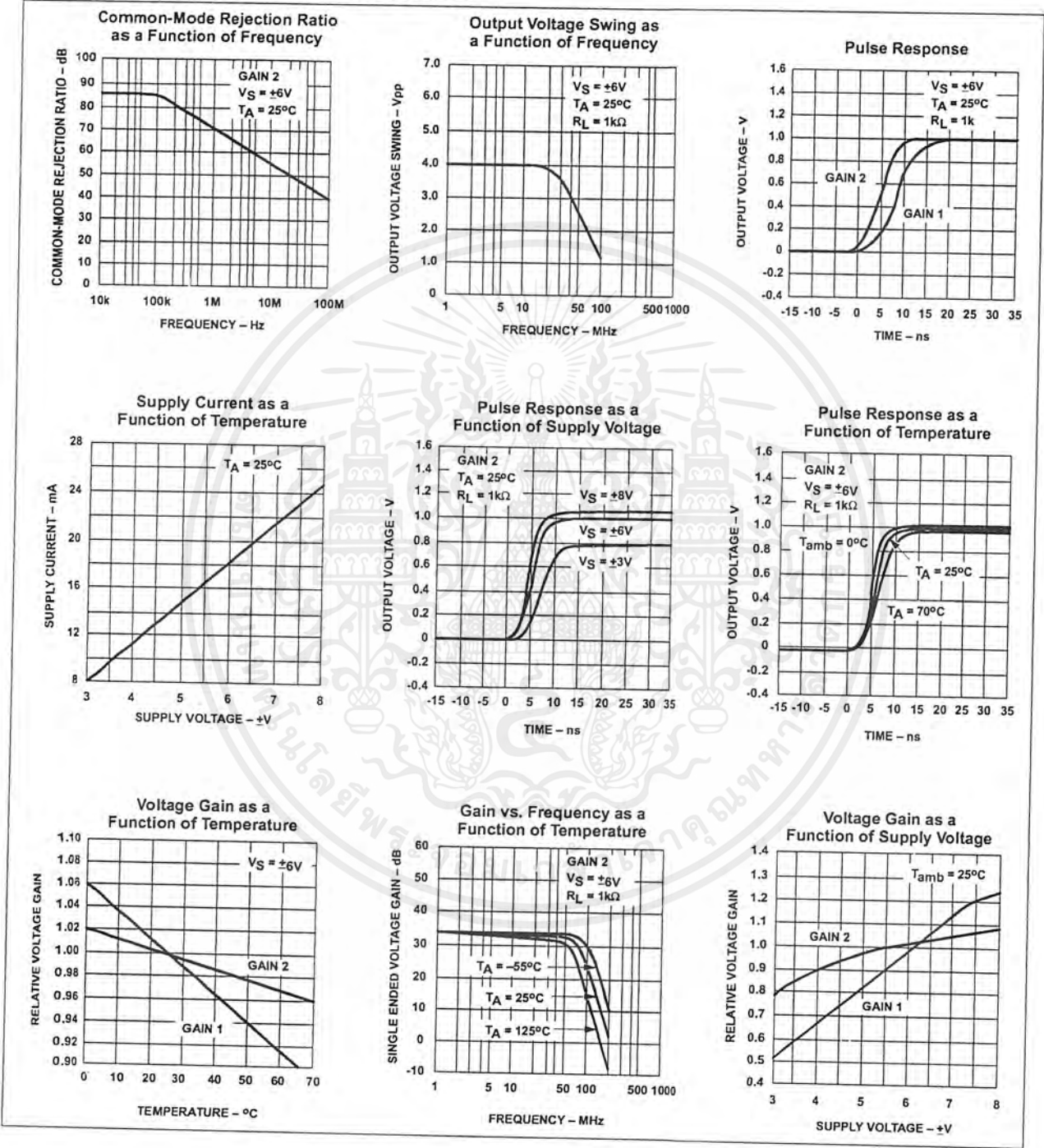
SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	NE/SA592			UNIT
			Min	Typ	Max	
BW	Bandwidth					
	Gain 1 ¹ Gain 2 ^{2,4}			40 90		MHz MHz
t_R	Rise time Gain 1 ¹ Gain 2 ^{2,4}	$V_{OUT}=1V_{P-P}$		10.5 4.5	12	ns ns
t_{PD}	Propagation delay Gain 1 ¹ Gain 2 ^{2,4}	$V_{OUT}=1V_{P-P}$		7.5 6.0	10	ns ns

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

Video amplifier

NE592

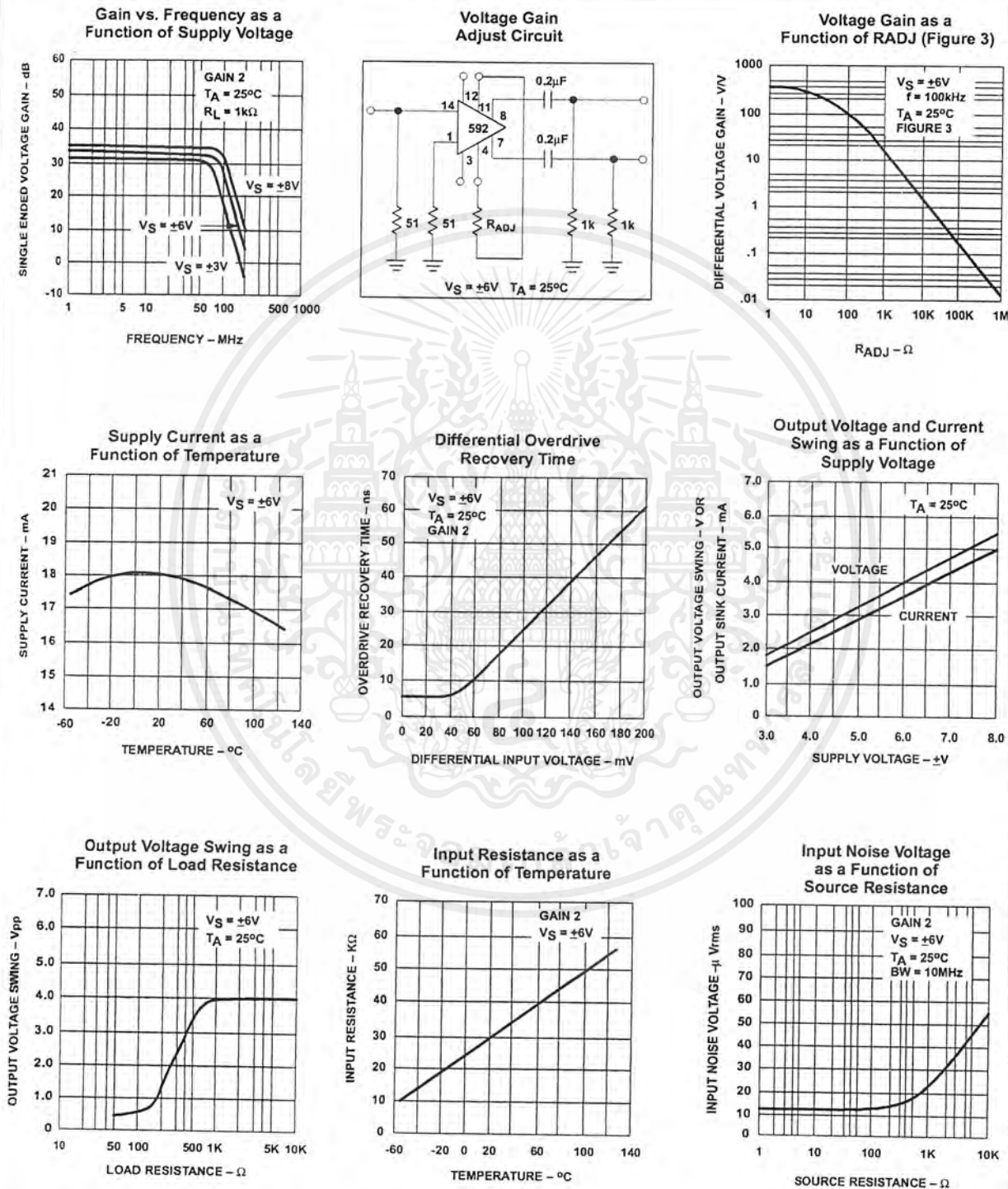
TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



Video amplifier

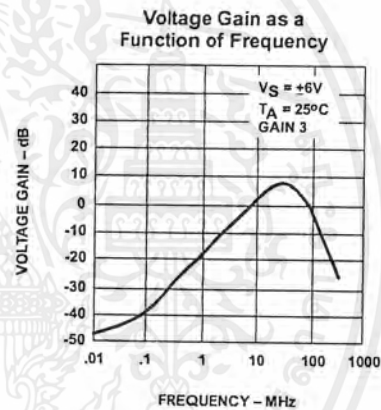
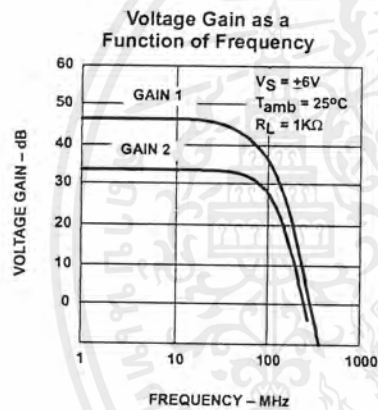
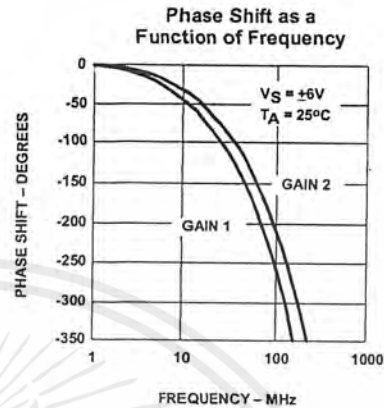
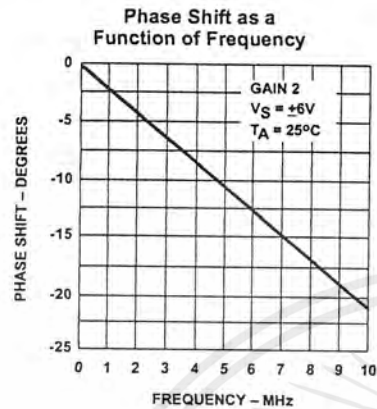
NE592

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Continued)

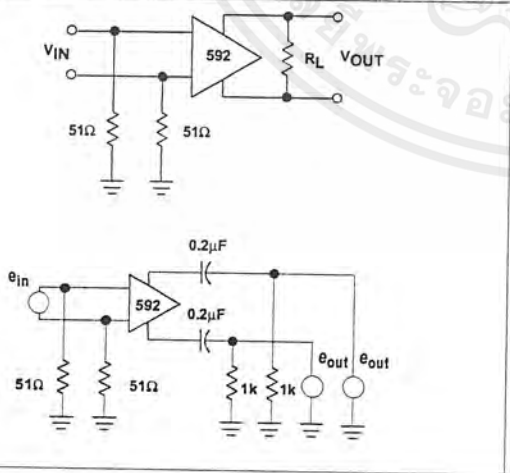


Video amplifier

NE592



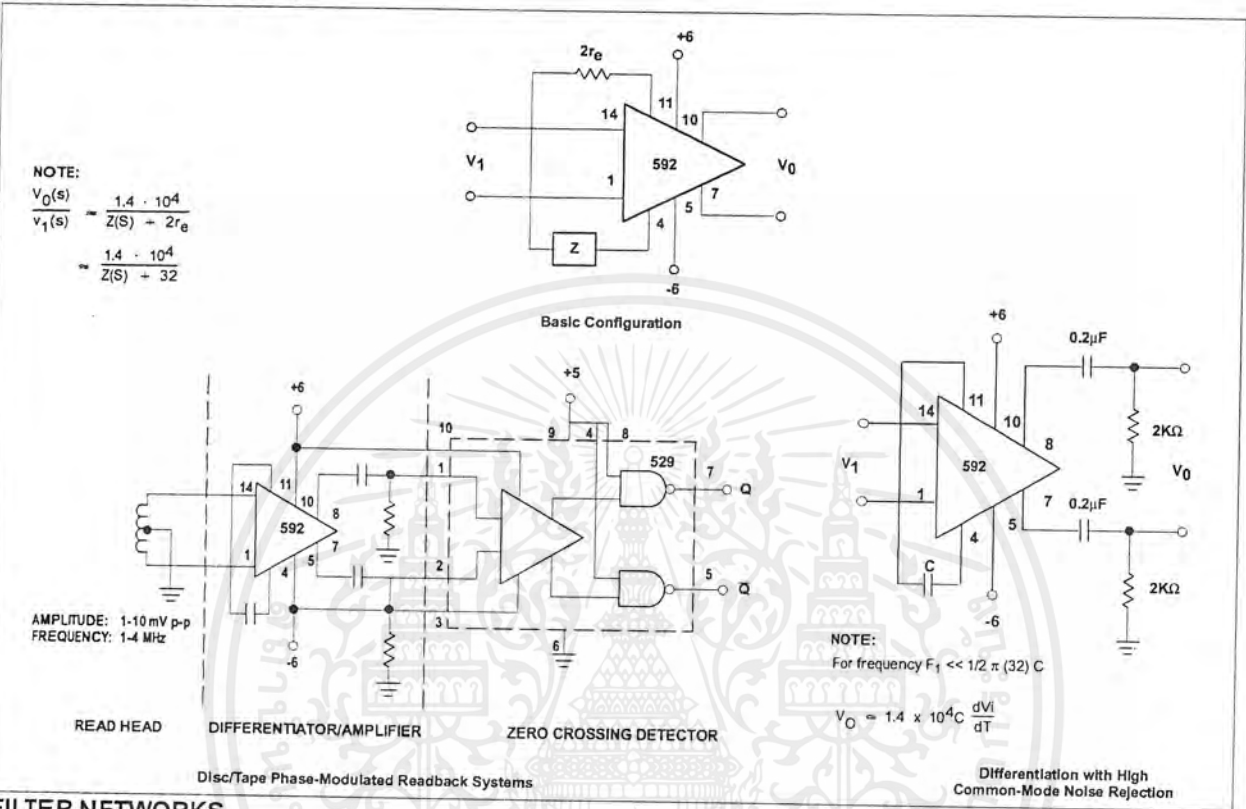
TEST CIRCUITS $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise specified.



Video amplifier

NE592

TYPICAL APPLICATIONS



FILTER NETWORKS

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

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

Low power dual operational amplifiers

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

DESCRIPTION

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

UNIQUE FEATURES

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

FEATURES

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

PIN CONFIGURATIONS

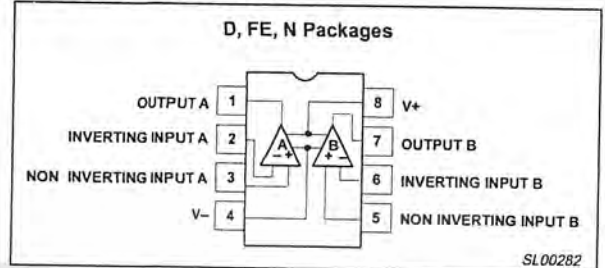


Figure 1. Pin Configuration

- Wide power supply range single supply— $3V_{DC}$ to $30V_{DC}$ or dual supplies— $\pm 1.5V_{DC}$ to $\pm 15V_{DC}$
- Very low supply current drain ($400\mu A$)—essentially independent of supply voltage ($1mW/op\ amp\ at\ +5V_{DC}$)
- Low input biasing current— $45nA_{DC}$ temperature-compensated
- Low input offset voltage— $2mV_{DC}$ and offset current— $5nA_{DC}$
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage— $0V_{DC}$ to $V+ 1.5V_{DC}$ swing

EQUIVALENT CIRCUIT

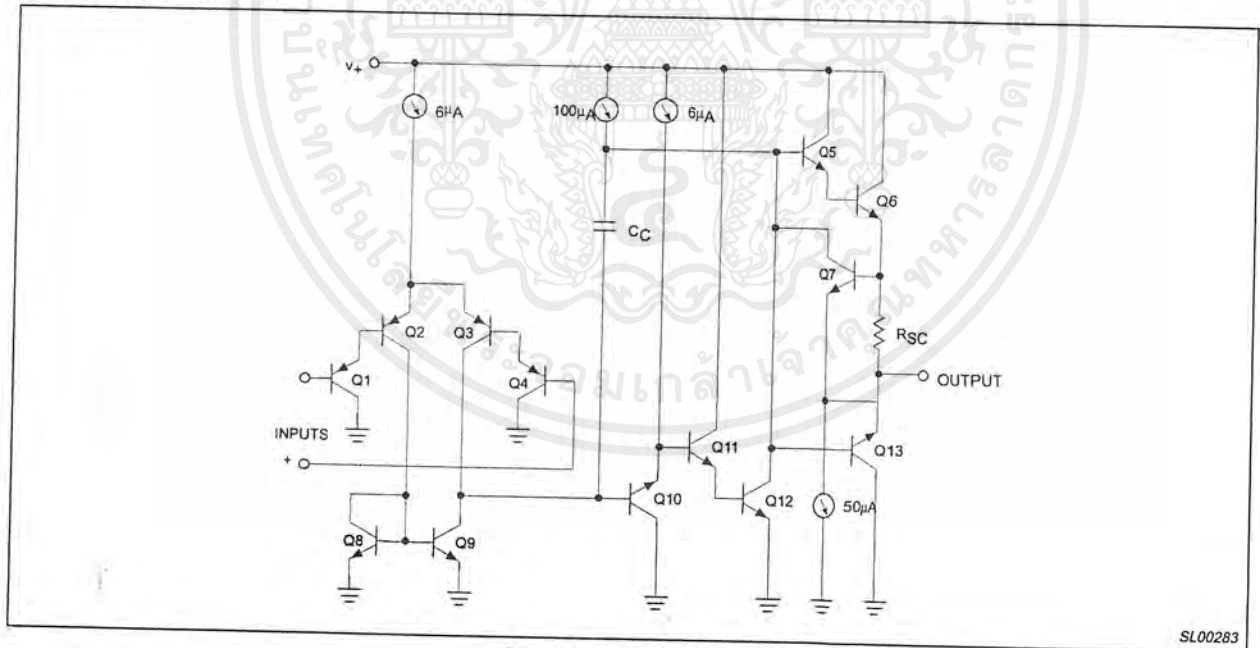


Figure 2. Equivalent Circuit

Low power dual operational amplifiers

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

ORDERING INFORMATION

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

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

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

NOTES:

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

Low power dual operational amplifiers

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

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_+ = +5\text{V}$, unless otherwise specified.

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

Low power dual operational amplifiers

NE/SA/SE532/
LM158/258/358/A/2904DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS $T_A=25^\circ\text{C}$, $V_+=+5\text{V}$, unless otherwise specified.

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

NOTES:

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

Low power dual operational amplifiers

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

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

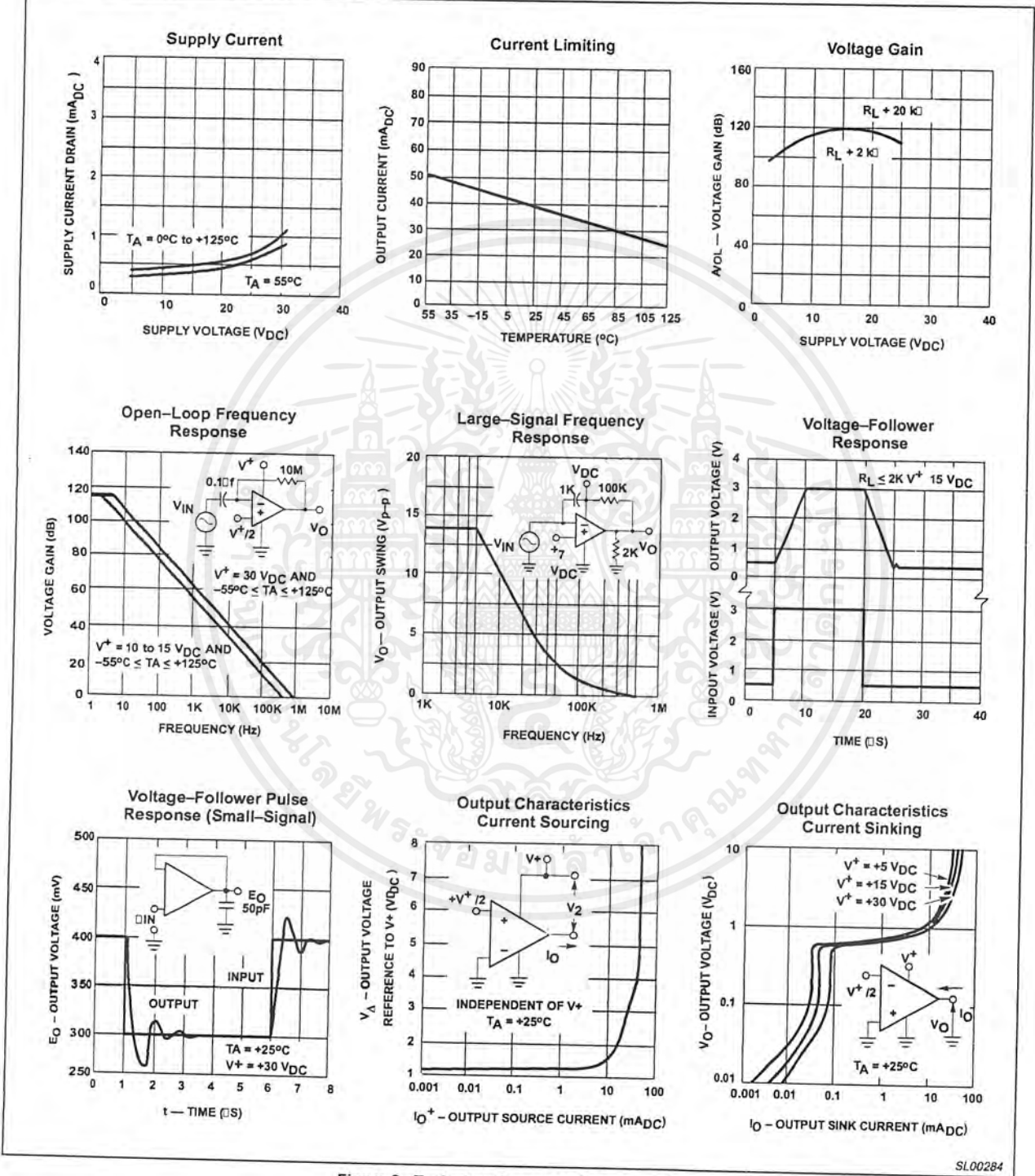


Figure 3. Typical Performance Characteristics

SL00284