เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมควบคุมการเปลี่ยนแชนแนลด้วยรีโมทคอนโทรล
SATELLITE RECEIVER CONTROL CHANNEL BY REMOTE CONTROL

โดย

นายกิตติศักดิ์ ล่าดี

นายจตุพล ทานาฤทัย

นายพงศกร ตันยะกุล

นายเอกสิทธิ์ ติงสรัตน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมควบคุมการเปลี่ยนแชนแนลด้วยรีโมทคอนโทรล
SATELLITE RECEIVER CONTROL CHANNEL BY REMOTE CONTROL

โดย

นายกิตติศักดิ์	ล่ำดี	34101023
นายจตุพล	ทานาฤทัย	34101049
นายพงศกร	ต้นยะกุล	34104224
นายเอกสิทธิ์	ติงสรัตน์	34109525

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ณรงค์ เหมกรณ์

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2537
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมควบคุมการเปลี่ยนแชนแนลด้วยรีโมทคอนโทรล

ผู้จัดทำ

1. นายกิตติศักดิ์ ล่ำดี 34101023
2. นายจตุพล ทานาฤทัย 34101049
3. นายพงศกร ตันยะกุล 34104224
4. นายเอกสิทธิ์ ติงสรัตน์ 34109525

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ณรงค์ เหมกรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... A

บทที่ 1 บทนำ..... 1

บทที่ 2 หลักการเบื้องต้นของระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม..... 2

2.1 ตัวดาวเทียม..... 8

2.2 ระบบ TVRO..... 10

2.3 จานสายอากาศ..... 15

2.4 LNB หรือ LOW NOISE BLOCK DOWN CONVERTER..... 22

2.5 เครื่องรับ TVRO..... 23

2.6 เครื่องผสมสัญญาณโทรทัศน์หรือมอดูเลเตอร์..... 26

บทที่ 3 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม..... 27

3.1 จูนเนอร์ (TUNER)..... 27

3.2 บัฟเฟอร์ (BUFFER)..... 29

3.3 วงจรแยกสัญญาณภาพและสัญญาณเสียง..... 29

3.4 วงจรขยายสัญญาณภาพหรือวงจรวีดิโอแอมปลิฟายเออร์.....30

3.5 RF MODULATOR..... 30

3.6 วงจรผสมสัญญาณ (MIXER)..... 30

3.7 FM DETECTOR..... 30

3.8 วงจรส่วน AFC (การควบคุมความถี่อัตโนมัติ)..... 31

บทที่ 4 การนำรีโมทคอนโทรลมาประยุกต์ใช้กับเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม..... 42

4.1 แนวคิดในการออกแบบ..... 42

4.2 ส่วนประกอบของรีโมทคอนโทรล..... 42

4.3 การทำงานของวงจรโดยรวม..... 57

4.4 การปรับแต่ง..... 58

4.5 วงจรเชื่อมต่อระหว่างเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมกับรีโมทคอนโทรล...59

4.6 การนำไปใช้งาน..... 64

บทที่ 5 วิธีการทดลอง ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง.....65

5.1 วิธีการทดลอง..... 65

5.2 ผลการทดลอง..... 68

5.3 สรุปผลการทดลอง..... 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

กิติกรรมประกาศ

บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมควบคุมการเปลี่ยนแชนแนลด้วยรีโมทคอนโทรล
SATELLITE RECEIVER CONTROL CHANNEL BY REMOTE CONTROL

โดย 1. นายกิตติศักดิ์ ล่าดี
2. นายจตุพล ทานาฤทัย
3. นายพงศกร ตันยะกุล
4. นายเอกสิทธิ์ ติงสรัตน์

อาจารย์ที่ปรึกษา .....
(รศ. ณรงค์ เหมกรณ์)

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับระบบการรับสัญญาณผ่านดาวเทียม Television Recive Only หรือ (TVRO) กล่าวถึงการสร้างเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมและกล่าวถึงการออกแบบและการสร้างรีโมทคอนโทรลเพื่อนำมาใช้ในการจูนความถี่ช่องสัญญาณเสียงและช่องสัญญาณภาพของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมแทนแบบเดิมที่ใช้การหมุน Volume ซึ่งจะทำให้การใช้งานเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมมีความสะดวกขึ้น

ABSTRACT

This thesis was presented under the main topic as Television Recive Only or TVRO. We talk about how to making the Satellite Receiver and we will discuss about designing and making Remote Control. This part was use for tunnig the frequency of audio signal channel and video signal channel of Satellite Receiver, instead of using tunning by manually turning volume which make we more comfortable for tunnig video signal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันนี้ การสื่อสารผ่านดาวเทียมกำลังมีบทบาทอย่างมากในหลาย ๆด้านไม่ว่าจะเป็นในด้านการติดต่อสื่อสารภายในประเทศและระหว่างประเทศ การสำรวจทรัพยากรธรณี การสำรวจภูมิประเทศ งานด้านการทหาร งานด้านบรอดคาส (BROADCAST) และนอกจากนี้สาเหตุที่ทำให้ดาวเทียม ได้รับการนำมาใช้มากขึ้น ก็เพราะว่า ในปัจจุบันนี้ การจัดสรรความถี่ (ALLOCATION FREQUENCY) ทั้งในด้านความถี่ HF (High Frequency) จนถึงย่านความถี่ UHF หรือย่านความถี่ไมโครเวฟเริ่มเต็ม จึงทำให้ต้องหันมาใช้การสื่อสารผ่านดาวเทียมมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานทางด้านบรอดคาส เช่น งานทางด้านการถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์ ได้มีการใช้ดาวเทียมในการถ่ายทอดสัญญาณ ซึ่งในปัจจุบันนี้ ประเทศไทยมีดาวเทียมใช้เป็นของตนเองแล้ว คือ ดาวเทียมไทยคม ซึ่งการออกอากาศสัญญาณโทรทัศน์ก็จะใช้ดาวเทียมไทยคมนี้ด้วย

การรับสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียมโดยตรงนี้ เรียกว่า TVRO (Television Receive Only) หรือที่เราเรียกกันว่าระบบ DTH (Direct To Home) นั่นเอง ดังนั้นถ้าเรามีอุปกรณ์ระบบ TVRO ซึ่งประกอบด้วย จานสายอากาศ, ฟีดฮอร์น, LNB (Low Noise Block down converter), เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม, เครื่องผสมสัญญาณโทรทัศน์ และเครื่องรับโทรทัศน์ครบทั้งหมดแล้ว เราก็จะสามารถรับสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียมโดยตรง ซึ่งดาวเทียมที่ประเทศไทยสามารถรับสัญญาณโทรทัศน์ได้ก็เช่น ดาวเทียมไทยคม ซึ่งรับได้ทั้งย่าน C-BAND และ KU-BAND, ดาวเทียมอินเทลแซท (INTELSAT), ดาวเทียมปาลาปา (PALAPA), ดาวเทียมเอเชียแซท (ASIASAT) เป็นต้น ซึ่งในโครงงานนี้ก็จะได้พูดถึงการสร้างอุปกรณ์เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ซึ่งสามารถใช้รับสัญญาณจากดาวเทียมได้ ทั้งในย่าน C-BAND และ KU-BAND และยังได้พูดถึงการนำเอา อินฟราเรดรีโมทคอนโทรล มาประยุกต์ใช้ กับเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ในการจูนความถี่ช่องสัญญาณเสียง และช่องสัญญาณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการเบื้องต้นของระบบการสื่อสาร ผ่านดาวเทียม

ก่อนที่จะไปรู้จักกับระบบ TVRO หรือโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมมาทำความเข้าใจเบื้องต้น พอสังเขปเกี่ยวกับหลักการของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม เพื่อเป็นแนวทางทำความเข้าใจกับโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมต่อไป ดาวเทียมที่มีการใช้งานในปัจจุบันมีด้วยกัน 2 ชนิด จำแนกตามวงโคจรที่มันมีอยู่

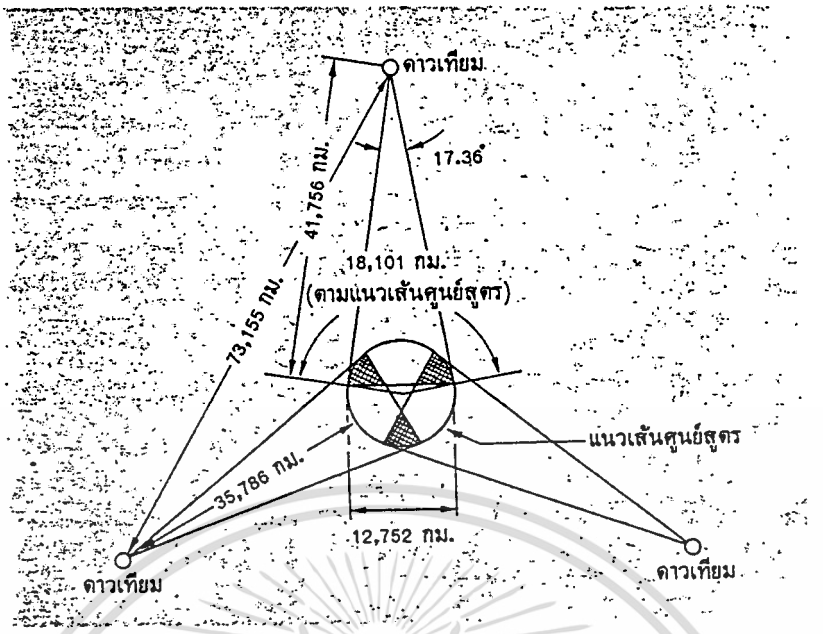
ชนิดแรกคือวงโคจรดาวเทียมที่อยู่ในวงโคจรทั่วไปซึ่งมักเป็นวงโคจรรูปวงรีมีระนาบไม่แน่นอนตำแหน่งของมันเมื่อเทียบกับโลกก็ไม่แน่นอน มักใช้งานด้านการสำรวจภูมิอากาศภูมิประเทศแหล่งทรัพยากรธรณีรวมกระทั่งงานจารกรรมทางด้านทหาร

ชนิดที่สองเป็นดาวเทียมที่อยู่กับที่ซึ่งอยู่กับที่เมื่อเทียบกับโลกเรียกว่าดาวเทียมค้างฟ้า (geostationary satellite) มีวงโคจรอยู่ในระนาบเดียวกับเส้นศูนย์สูตร อยู่สูงจากผิวโลกประมาณ 35,786 กิโลเมตร วงจรพิเศษนี้อาจเรียกว่า วงจรค้างฟ้าหรือวงจรคล้าก เพื่อเป็นเกียรติกับ Arthur C.Clark ผู้ค้นพบวงโคจรนี้ ดาวเทียมค้างฟ้าส่วนมากมีไว้ใช้ในการสื่อสารระหว่างประเทศ และภายในประเทศตัวอย่างเช่น ดาวเทียมอนุกรมอินเทลแซท ดาวเทียมปาลาปาของอินโดนีเซีย ปัจจุบันมีดาวเทียมค้างฟ้าเป็นร้อยๆ ดวงที่ปรากฏอยู่บนวงโคจรคล้าก

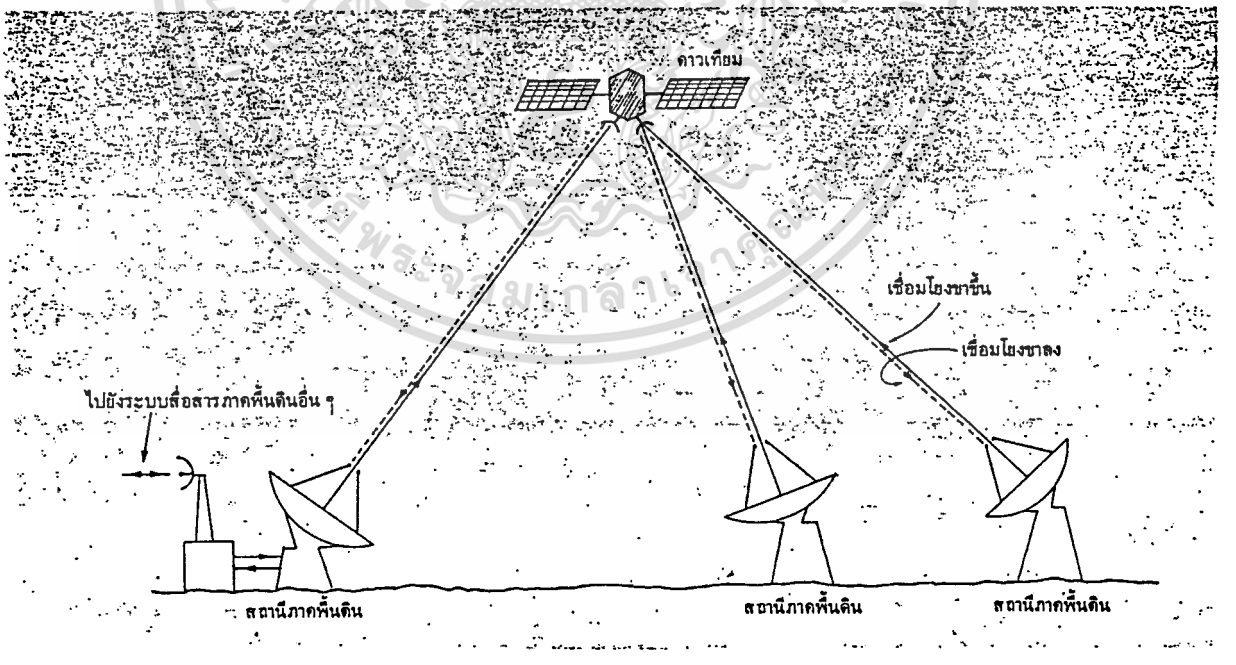
วงโคจรคล้ากเป็นวงโคจรในระนาบเส้นศูนย์สูตร ที่มีความสูงเป็นระยะที่ทำให้ดาวเทียมเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากับการหมุนของโลกแล้วทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางมีค่าเท่ากับแรงดึงดูดของโลกพอดี เป็นผลให้ดาวเทียมดูเหมือนอยู่คงที่ ณ ระดับความสูงนี้

ในงานระหว่างประเทศซึ่งต้องการให้ระบบครอบคลุมพื้นโลกจะต้องจัดตำแหน่งของดาวเทียม 3 ดวงที่มุมห่างกัน 120 องศา บนวงโคจรในรูปที่ 2.1 เหตุมาจากลักษณะที่เป็นวงกลมของโลก ซึ่งต้องการให้พื้นที่บนโลกทุกแห่งสามารถมองเห็นดาวเทียมได้อย่างน้อย 1 ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การจัดวางตำแหน่งของดาวเทียมซึ่งในระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม
ระหว่างประเทศเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่บนผิวโลกได้ทั่วทุกบริเวณ



รูปที่ 2.2 โครงสร้างพื้นฐานของการสื่อสารผ่านดาวเทียมซึ่งใช้ตัวดาวเทียม
เป็นเสมือนสถานีถ่ายทอดสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณพื้นที่ซึ่งสามารถมองเห็นดาวเทียมได้ 2 ดวง ข้อได้เปรียบของบริเวณนี้ ก็คือ สามารถมองเห็นดาวเทียมได้ 2 ดวง (เช่นประเทศไทย) ส่วนประเทศที่เห็นดาวเทียมได้ดวงเดียว ถ้าต้องการติดต่อดาวเทียมถึงอีกซีกโลกหนึ่ง จะต้องอาศัยบนพื้นที่แรเงา เป็นส่วนเชื่อมต่อสัญญาณดาวเทียมอีกทอดหนึ่ง สำหรับดาวเทียมภายในจะใช้ในงานสื่อสารภายในประเทศทุกชนิด (หรือภายในประเทศ) ไม่ว่าจะเป็น โทรศัพท์ โทรเลข เทเล็กซ์ การสื่อสารข้อมูล โดยเฉพาะภายในประเทศ ซึ่งมีพื้นที่กว้างใหญ่นับเป็นการเอื้ออำนวยความสะดวกอย่างมากเช่น สหรัฐอเมริกา ส่งดาวเทียมเพื่องานสื่อสารภายในประเทศ มีทั้งภาครัฐบาลและเอกชนหลาย 10 ดวงครอบคลุมพื้นที่ได้ทั่วประเทศ

รูปที่ 2.2 แสดงระบบพื้นฐานของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม ซึ่งอาศัยดาวเทียมเป็นตัวถ่ายทอดสัญญาณการส่งสัญญาณขาขึ้นเราเรียกว่า การเชื่อมโยงขาขึ้น (uplink) โดยความถี่ของคลื่นไมโครเวฟขาขึ้นจะแตกต่างจากขาลง ซึ่งเป็นคุณสมบัติของการถ่ายทอดสัญญาณโดยทั่วไป และความถี่ของขาขึ้นจะมากกว่าขาลงเสมอ ปัญหาคือความถี่ด้านใดที่จะเหมาะสมกับระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม

พิจารณาจากชั้นบรรยากาศของโลกก่อน เรารู้แล้วว่าโลกมีชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ ซึ่งสามารถสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีนั่นคือย่านความถี่ HF และ VHF ดังนั้นความถี่ย่านดังกล่าวเป็นอันว่าใช้ไม่ได้

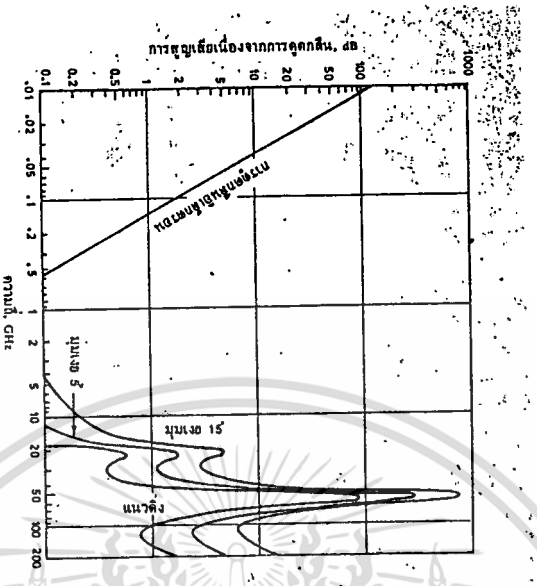
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ได้ดีก็คือย่านความถี่ไมโครเวฟมีอยู่หลายช่วงตามตารางที่ 1 ปัจจัยต่าง ๆ ที่ต้องพิจารณามากมายไม่ว่าจะเป็นการดูดกลืนของบรรยากาศ การลดทอนกำลังสัญญาณเนื่องจากระยะทางเป็นต้น แต่ปัจจัยหลักที่พิจารณาก็คือ การดูดกลืนคลื่นเนื่องมาจาก อิเล็กตรอนโมเลกุลของออกซิเจนหรือ ไอน้ำในบรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 การแบ่งช่วงความถี่ย่านไมโครเวฟ

ชื่อแบนด์	ความถี่ (GHz)
UHF	0.30 - 1.12
L	1.12 - 1.70
Ls	1.70 - 2.60
S	2.60 - 3.95
C	3.95 - 5.85
Xc	5.85 - 8.20
X	8.20 - 12.4
Ku	12.4 - 18.0
K	18.0 - 26.5
Ka	26.5 - 40.0
Q	33.0 - 50.0
U	40.0 - 60.0
M	50.0 - 75.0
E	60.0 - 90.0
F	90.0 - 140.0
G	140.0 - 220.0
R	220.0 - 325.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

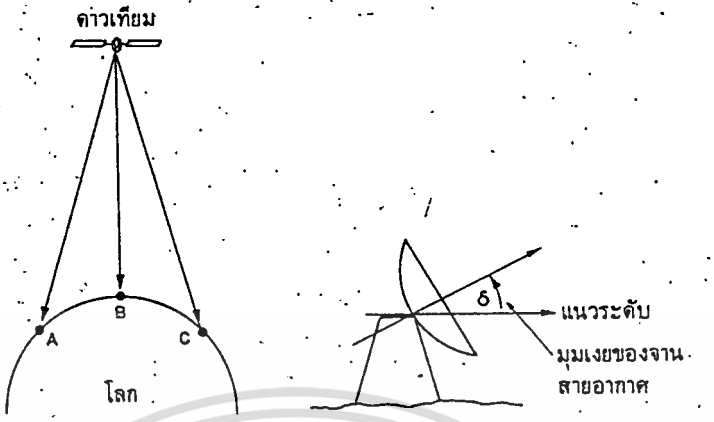


รูปที่ 2.3 กราฟแสดงการดูดกลืนคลื่นของชั้นบรรยากาศแอตโมสเฟียร์
ซึ่งเป็นผลมาจากอนุภาคอิเล็กตรอน โมเลกุลไอน้ำ ออกซิเจน ฯล ฯ
โดยแสดงที่มุมเงยจานสายอากาศแตกต่างกันไป

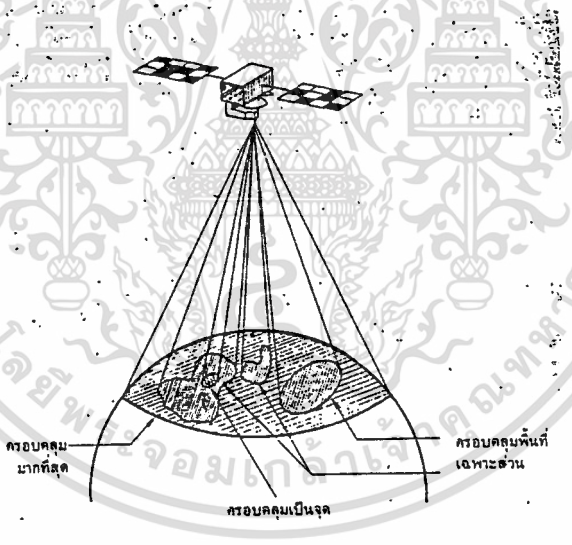
จากรูปที่ 2.3 ในกราฟนั้น คำว่า อีเลเวชัน (elevation) คือ มุมเงยของสายอากาศเทียบกับแนวระดับ จะมีค่าแตกต่างกันตามตำแหน่งต่างบนโลกปกติจะมีค่าต่ำสุดที่ 5 องศา และมากที่สุดที่ 90 องศา ถ้ามุมเงยมีค่าน้อย แสดงว่าสถานีภาคพื้นดินแห่งนั้นอยู่ห่างจากดาวเทียมมากตามรูปที่ 2.4 ซึ่งมีมุมเงย 5 องศา สถานีฯ อยู่ห่างจากดาวเทียมประมาณ 41,000 กิโลเมตร ที่ 90 องศา อยู่ห่างประมาณ 35,700 กิโลเมตร

พิจารณากราฟในรูปที่ 2.3 จะเห็นว่าการดูดกลืนคลื่นในช่วงต่ำสุดในช่วง 500 MHz ถึง 10 GHz เมื่อพิจารณาร่วมกับปัจจัยอื่น ๆ แล้วช่วงความถี่แบนด์ C ถูกเลือกมาใช้กับระบบการสื่อสารดาวเทียมตั้งแต่เริ่มต้น โดยจัดความถี่เชื่อมโยงขาขึ้นเท่ากับ 6 GHz และความถี่เชื่อมโยงขาขึ้นเท่ากับ 4 GHz เรียกเป็นชุดความถี่ 6/4 GHz การที่ต้องพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ มากมายก็เพราะว่าระยะทางที่ไกลหลายหมื่นกิโลเมตร กำลังสัญญาณทั้งขาขึ้นและขาลง ถูกลดทอนจากระยะทางก็มากอยู่แล้ว จึงจำเป็นที่เลือกความถี่ ที่ถูกลดทอน โดยบรรยากาศน้อยที่สุด ในปัจจุบันการนำความถี่แบนด์อื่น ๆ มาใช้งานด้วย เช่น 14/11 GHz,30/20 GHz ทั้งนี้เพื่อชดเชยความต้องการใช้งานในระบบนี้ให้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 มุมเงยจานสายอากาศที่ตำแหน่งต่าง ๆบนผิวโลกมีค่าไม่เท่ากัน ที่จุด B มีค่ามุมเงยมากที่สุด (90 องศา) ค่ามุมเงยยิ่งเล็กลงเท่าใด ค่าการดูดกลืนของชั้นบรรยากาศก็จะมากตามไปด้วย



รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศของจานสายอากาศที่ถูกออกแบบครอบคลุมพื้นที่โลกในหลายลักษณะ ครอบคลุมเป็นจุด ครอบคลุมมากที่สุด และครอบคลุมเป็นพื้นที่

จานสายอากาศบนดาวเทียมมีรูปแบบการแพร่กระจายแตกต่างกัน เพื่อจุดประสงค์ในการครอบคลุมพื้นที่ของผิวโลกในลักษณะแตกต่างกัน เช่น แบบครอบคลุมมากที่สุด แบบครอบคลุมพื้นที่เฉพาะส่วน และแบบครอบคลุมเป็นจุด ดังแสดงในรูปที่ 2.5 คลื่นไมโครเวฟจากดาวเทียมเมื่อผ่านจานสายอากาศของสถานีภาคพื้นดินก็จะผ่านขบวนการต่างเพื่อนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณชั้นต้นอันได้แก่สัญญาณโทรศัพท์ โทรทัศน์ โทรเลข หรือข่าวสารข้อมูล กลับมา แล้วจึงส่งต่อไปข่ายการสื่อสารภาคพื้นดินต่อไป

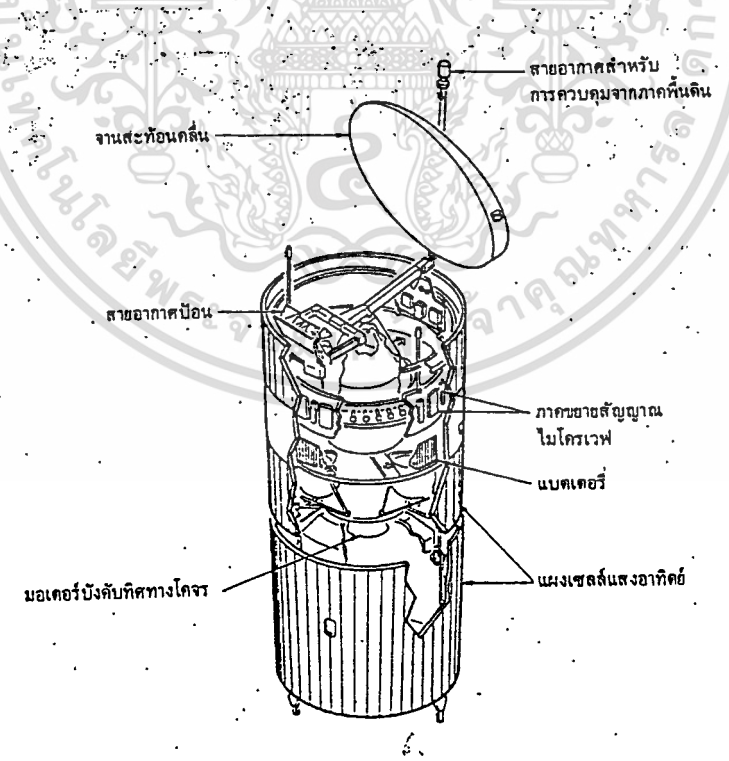
2.1 ตัวดาวเทียม

โครงสร้างของตัวดาวเทียมมีมากมายหลายรูปแบบ ตามลักษณะการใช้งาน แต่สำหรับโครงสร้างของดาวเทียมที่ใช้งานกิจการสื่อสารพอสรุปได้เป็นแผนผังดังรูปที่ 2.7 ซึ่งไม่รวมระบบควบคุมการโคจรและตำแหน่ง โครงสร้างแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ สายอากาศ อุปกรณ์หลักในการถ่ายทอดสัญญาณ หรือทรานสปอนเดอร์ และแหล่งจ่ายพลังงาน

รูปที่ 2.6 เป็นดาวเทียมปาลาปารุ่นที่ 2 (PALAPA B2) ที่ส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อปี พ.ศ. 2526 มีอายุการใช้งาน 2.7 ปีโดยประมาณ แสดงไว้เป็นตัวอย่างของลักษณะภายนอกของดาวเทียมค้างฟ้าที่ใช้ในกิจการสื่อสารภายใน จะเห็นว่ามีอุปกรณ์และส่วนทำงานต่าง ๆ มากมาย ส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วน มีรายละเอียดดังนี้ คือ

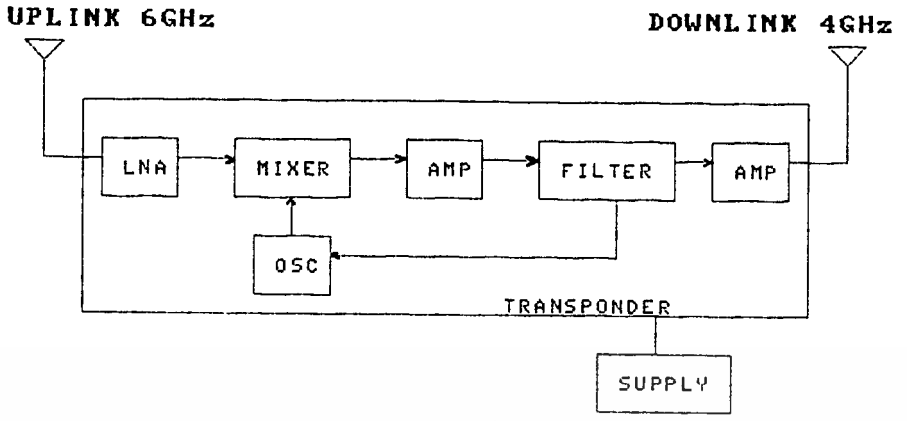
2.1.1 สายอากาศ

สายอากาศของดาวเทียมมีหลายรูปแบบตามจุดประสงค์การใช้งาน ในการครอบคลุมพื้นที่การใช้งานบนโลกอาจเป็นไปได้ทั้ง แบบจานพาราโบลิก เป็นกลุ่มของสายอากาศฮอร์นหรือพวกสายอากาศแบบสล็อตเวฟไกด์



รูปที่ 2.6 เป็นดาวเทียม PALAPA-B ซึ่งเป็นดาวเทียมในอนุกรมปาลาปาของอินโดนีเซียถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อปี พ.ศ. 2526 เป็นดาวเทียมซึ่งใช้ในกิจการ DOMSAT อายุใช้งาน 7 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

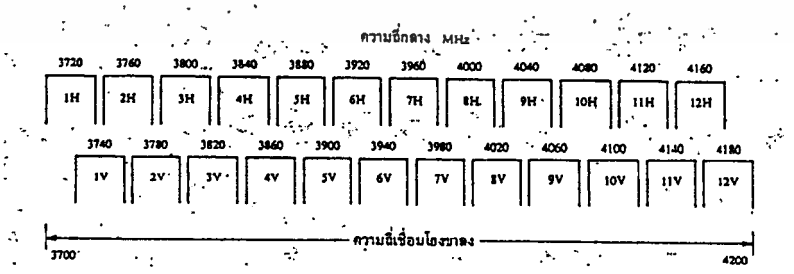


รูปที่ 2.7 แผนผังโครงสร้างภายในของทรานสปอนเดอร์

2.1.2 ทรานสปอนเดอร์

รูปที่ 2.7 แสดงไดอะแกรมภายในของทรานสปอนเดอร์ คือชุดอุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่ในการถ่ายทอดสัญญาณที่รับได้กลับมายังภาคพื้นดินเริ่มจากการขยายสัญญาณที่รับจากสายอากาศ จากนั้นแปลงความถี่ให้ต่ำลงในภาคมิกเซอร์ แล้วจึงขยายสัญญาณให้มีขนาดสูงขึ้น แล้วส่งมายังโลกซึ่งขั้นตอนการทำงานอยู่ในย่านไมโครเวฟทั้งสิ้น ตามปกติทรานสปอนเดอร์บนดาวเทียมมีอยู่ด้วยกัน 12 ชุด แยกกันตามแถบความถี่ที่ใช้งาน ซึ่งแต่ละชุดจะครอบคลุมความถี่ 36 MHz รวมทั้ง 12 ชุด จะครอบคลุมความถี่ทั้งแบนด์เท่ากับ 500 MHz ของระบบสื่อสารดาวเทียม

หนึ่งทรานสปอนเดอร์จะใช้งานกับช่องสัญญาณเสียง (300-3,400 Hz) หรือที่เรียกว่าช่องสัญญาณโทรศัพท์ ได้ประมาณ 400 ช่อง หรือถ้าใช้กับสัญญาณภาพได้ 1 ถึง 2 ช่อง แล้วแต่เทคนิคแต่ละช่องในการจัดช่องสัญญาณ



รูปที่ 2.8 แผนผังแสดงแถบความถี่ของทรานสปอนเดอร์ทั้ง 12 ชุด ของดาวเทียม PALAPA-B โดยแยกเป็นโพลาไรซ์แนวนอนและแนวตั้ง จัดความถี่กลางให้เหลื่อมกันอยู่ เพื่อลดการรบกวนสอดแทรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

034839

2.1.3 แหล่งจ่ายพลังงาน

แหล่งจ่ายพลังงานที่เหมาะสมที่สุดก็คือ แผงเซลแสงอาทิตย์ ใช้งานร่วมกับแบตเตอรี่แบบนิเกิลแคดเมี่ยม ซึ่งแหล่งจ่ายพลังงานเป็นตัวกำหนดอายุการใช้งานของดาวเทียมเพราะมีการเสื่อมสภาพการใช้งานเซลแสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่ตามระยะเวลาที่ใช้งาน อายุการใช้งานโดยเฉลี่ยของดาวเทียมปัจจุบันมีค่าประมาณ 7 ปี ต่อไปในอนาคตความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการสร้างเซลแสงอาทิตย์ คงสามารถยืดอายุการใช้งานของดาวเทียมให้มากขึ้นไปอีกนั่นเอง จึงทำให้ลดต้นทุนในการส่งดาวเทียมขึ้นไปเปลี่ยนดาวเทียมที่หมดอายุลง

เนื่องจากแถบความถี่ทางธรรมชาติมีจำกัด จึงมีการคิดค้นเทคนิคที่จะทำให้ความถี่เกิดขึ้นสูงสุดเทคนิคนี้เรียกว่า เทคนิคการนำความถี่กลับมาใช้งาน (frequency reuse technique) เทคนิคที่ใช้ในระบบดาวเทียมมีด้วยกัน 2 ลักษณะ

ลักษณะแรก อาศัยคุณสมบัติทางโพลาไรเซชั่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแยกแนวการส่งเป็นโพลาไรซ์แนวดิ่งและโพลาไรซ์แนวนอนทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ความถี่โดยเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณได้ถึงเท่าตัว รูปที่ 2.8 เป็นแผนผังแสดงแถบความถี่ของทรานสปอนเดอร์ทั้ง12 ชุด ของดาวเทียมปาลาปา-บี โดยแยกเป็นแนวดิ่งและแนวนอนจะเห็นว่าแถบความถี่เหลื่อมกันอยู่ทั้งนี้เพื่อลดการรบกวนแบบสอดแทรกที่อาจเกิดขึ้นได้ เทคนิคแบบแรกนี้เป็นเทคนิคที่ใช้กับระบบส่งคลื่นแบบโพลาไลซ์แบบเชิงเส้น

ส่วนเทคนิคแบบที่ 2 เป็นเทคนิคแบบการส่งคลื่นแบบโพลาไลซ์แบบวงกลม โดยแยกโพลาร์ไลซ์เป็นการหมุนซ้ายและการหมุนขวา เทคนิคแบบหลังนี้ให้ผลดีกว่าในด้านคุณภาพสัญญาณแต่ในด้านการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณยังมีคุณสมบัติเท่ากัน

สำหรับโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดจะเป็นโพลาร์ไลซ์แบบเชิงเส้นส่วนโพลาร์ไลซ์แบบวงกลมใช้ในการสื่อสารระหว่างประเทศ

2.2 ระบบ TVRO

คำว่า TVRO มาจากคำเต็มว่า 'television receive only' อาจนับรวมให้เป็นสถานีภาคพื้นดินแบบหนึ่งที่สามารถรับสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียมได้เพียงอย่างเดียว ไม่มีระบบส่งสัญญาณขาขึ้นซึ่งแต่เดิมทีเดียวนั้น TVRO เป็นส่วนหนึ่งในสถานีภาคพื้นดินขนาดใหญ่

แต่ในปัจจุบันเมื่อกล่าวถึง TVRO จะหมายถึง ระบบรับสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียมที่ประชาชนทั่วไปมีไว้ใช้งานโดยส่วนตัวได้อาจเป็นระบบขนาดเล็กซึ่งมีอุปกรณ์เพียงไม่กี่ชิ้น จากที่ได้กล่าวถึงวิวัฒนาการของระบบโครงข่ายสื่อสารโทรทัศน์แล้วในตอนต้น ความต้องการในการรับข่าวสารโทรทัศน์มีเพิ่มมากขึ้นตลอดเวลา ซึ่งแน่นอนว่าเทคโนโลยีย่อมถูกบีบบังคับไปในทิศทางของตลาดและความต้องการของประชาชนทำให้ระบบ TVRO ซึ่งเดิมอยู่ในมือของรัฐหรือบริษัทเอกชนขนาดใหญ่ได้ถูกแบ่งปันลงมายังประชาชนทั่วไปในรูปสิ่งอำนวยความ สะดวกอย่างหนึ่งภายในบ้าน เช่นเดียวกับ โทรทัศน์ วิทยุ หรือเครื่องใช้อื่นๆ

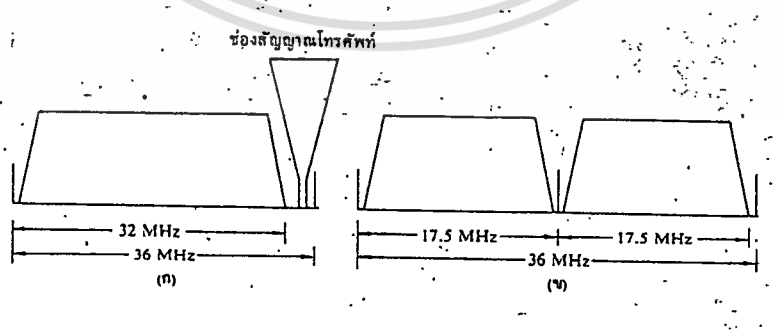
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ TVRO ที่ใช้งานในบ้านเครื่องแรกถูกผลิตขึ้นในปี พ.ศ. 2522 โดยบริษัท ไซแอนทิฟิค แอตแลนต้า ในครั้งนั้นระบบ TVRO ดังกล่าวไม่ได้รับการต้อนรับจากตลาด เนื่องจากมีราคาสูงมากเกือบ 2 แสนบาทที่เดียว

ระบบดังกล่าวประกอบไปด้วยจานสายอากาศขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 เมตร LNA หรือภาคขยายชนิดสัญญาณรบกวนต่ำหนึ่งคู่ สำหรับแต่ละโพลาไรซ์ สามารถรับสัญญาณในเวลาเดียวกันได้ 4 ช่องโทรทัศน์ ต่อมาในปีเดียวกันนั้นเองก็มีผู้ผลิตรายอื่นได้แก่ บริษัท AVCOM เล็งเห็นถึงจุดบอดทางด้านราคาจึงได้ผลิตระบบ TVRO ที่มีราคาถูกลงมาที่ราคาประมาณ 8 หมื่นบาท ในขณะที่ขีดความสามารถเท่าๆกัน ทำให้ตลาดของ TVROเริ่มมีความเป็นไปได้มากขึ้น

ปีถัดมาคือ พ.ศ. 2523 การแข่งขันทางการค้าของระบบ TVRO จึงเริ่มขึ้นอย่างจริงจังมีจำนวนผู้ผลิตมากขึ้น แข่งขันกันพัฒนาขีดความสามารถให้สูงขึ้นขณะที่ราคาถูกลง จนในปัจจุบันเราสามารถซื้อระบบ TVRO ได้ในราคาต่ำที่สุดประมาณ 8,000 บาท ในขณะที่ขีดความสามารถดีกว่าระบบแรกเริ่มเสียอีก และโดยที่ TVRO มีวิวัฒนาการที่ไม่จำกัดรูปแบบเนื่องจากเป็นของใหม่ที่ยังไม่มีมาตราฐานควบคุม จึงทำให้มี TVRO ที่มีรูปแบบมากมายเกิดขึ้นตามแนวความคิดของผู้ผลิตแต่ละรายไม่ว่าจะเป็นความถี่ IF ฟังก์ชันอำนวย ความสะดวกต่างๆ และรวมไปถึงความถี่ RF ซึ่งรับจากดาวเทียมด้วย

ก่อนที่จะไปรู้จักอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบ TVRO ขอกล่าวถึงการจัดสรรช่องสัญญาณโทรทัศน์ของดาวเทียมก่อน ดาวเทียมในปัจจุบันมีทรานสปอนเดอร์ 12 ชุด เมื่อใช้เทคนิคการนำความถี่กลับมาใช้งานทำให้เสมือนมี 24 ทรานสปอนเดอร์ แต่ละทรานสปอนเดอร์คลุมแถบความถี่ 36 MHz การจัดสรรช่องสัญญาณโทรทัศน์ทำได้ 2 ลักษณะคือ 1 ช่องสัญญาณภาพต่อ 1 ทรานสปอนเดอร์และ 2 ช่องสัญญาณภาพต่อ 1 ทรานสปอนเดอร์ในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การจัดสรรช่องสัญญาณโทรทัศน์ของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมมี 2 ลักษณะคือ
(ก) แบบเต็มทรานสปอนเดอร์และ
(ข) แบบครึ่งทรานสปอนเดอร์ ที่นิยมใช้กับระบบ TV เป็นแบบเต็มทรานสปอนเดอร์เนื่องจากให้คุณภาพสัญญาณดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

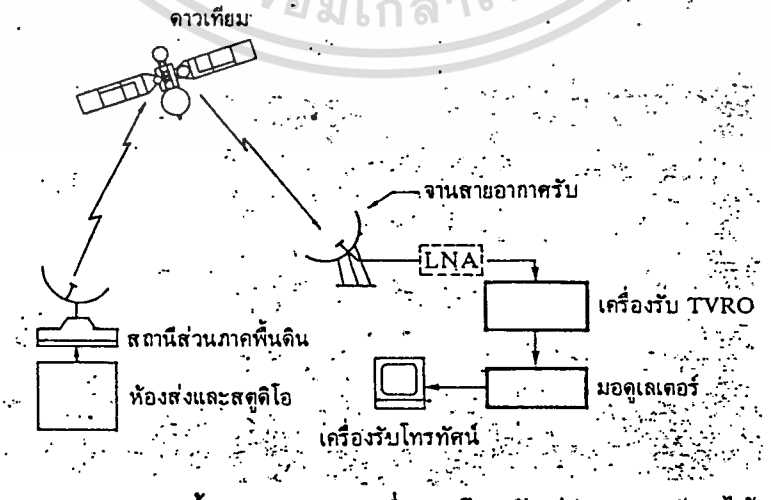
อาจเกิดข้อสงสัยว่าขณะที่แถบความถี่ของสัญญาณโทรทัศน์มีค่าเพียง 6 MHz ทำไมต้องใช้ถึงหนึ่งทรานสปอนเดอร์ ทั้งนี้ก็เพราะระบบมอดูเลชั่นที่ใช้เป็นแบบ FM ซึ่งเมื่อยิ่งใช้แถบความถี่กว้างขึ้นก็จะให้คุณภาพสัญญาณดียิ่งขึ้นนี่เองเป็นเหตุผลที่ว่า การส่งสัญญาณภาพแบบเต็มทรานสปอนเดอร์จึงดีกว่าแบบครึ่งทรานสปอนเดอร์

ในการจัดสรรช่องสัญญาณโทรทัศน์บนดาวเทียมนั้นจะแยกช่องสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงออกจากกันดังแผนผังในรูปที่ 2.9 ก ซึ่งเป็นแบบเต็มทรานสปอนเดอร์สัญญาณภาพจะครอบคลุมแถบความถี่ของทรานสปอนเดอร์ไปประมาณ 30 MHz ส่วนสัญญาณพาหะของเสียงใช้แถบความถี่กว้างประมาณ 2.5 MHz

สำหรับที่เหลือเป็นช่องสัญญาณโทรทัศน์สำหรับใช้ติดต่อระหว่างสถานีแต่บางที่แถบความถี่ ที่เหลือจากสัญญาณภาพอาจใช้ไปกับระบบเสียงสเตอริโอไปทั้งหมดก็ได้ (แบบครึ่งทรานสปอนเดอร์นั้นจะมีไว้ใช้ในระบบสื่อสารดาวเทียมระหว่างประเทศ โดยแต่ละช่องสัญญาณภาพใช้แถบความถี่กว้างถึง 17.5 MHz ทำให้ต้องส่งสัญญาณเสียงไปกับทรานสปอนเดอร์อื่น)

ระบบสื่อสารโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม มีองค์ประกอบพื้นฐานด้วยกัน 5 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นสถานีหลักอันเป็นต้นข่ายของระบบประกอบไปด้วยห้องส่งและสตูดิโอต่าง ๆ ซึ่งเป็นเจ้าของรายการต่าง ๆที่จะส่งออกแพร่ภาพ ส่วนถัดมาคือ สถานีภาคพื้นดินของระบบดาวเทียมช่าวสารรายการต่าง ๆ จะถูกมอดูเลตกับสัญญาณไมโครเวฟส่งขึ้นไปยังดาวเทียม ซึ่งเป็นส่วนที่สาม โดยดาวเทียมทำหน้าที่ถ่ายทอดสัญญาณลงมาครอบคลุมพื้นที่ให้บริการ

ระบบ TVRO เป็นส่วนที่ 4 ทำหน้าที่รับสัญญาณไมโครเวฟขาลงนี้ มาผ่านขบวนการนำสัญญาณภาพและเสียงกลับมาแล้วทำการมอดูเลตให้เป็นสัญญาณปกติของการแพร่ภาพโทรทัศน์ส่งต่อให้กับ เครื่องรับโทรทัศน์ซึ่งเป็นส่วนที่ 5 แสดงไว้ในรูปที่ 2.10



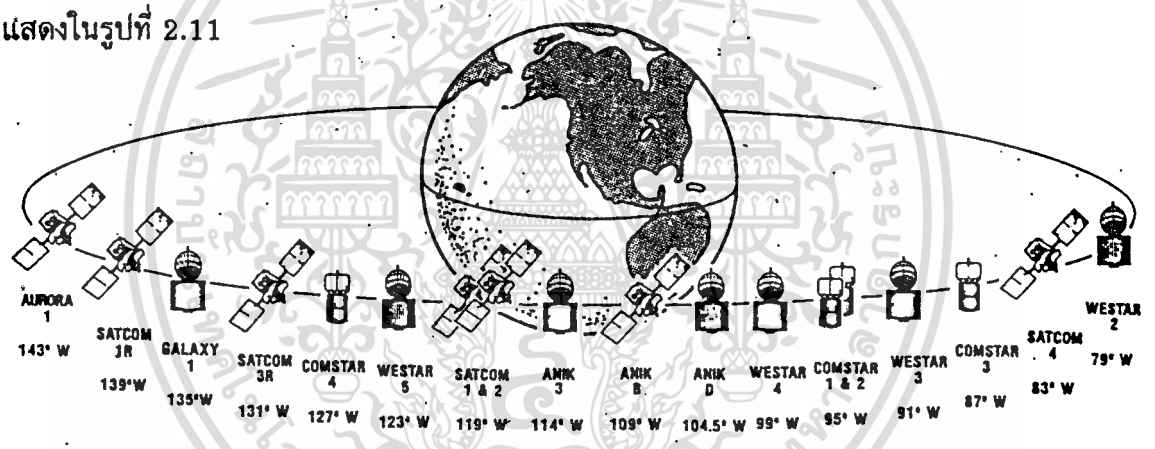
รูปที่ 2.10 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบสื่อสารโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมได้แก่ ห้องส่ง สถานีภาคพื้นดินส่ง ดาวเทียม ระบบ TVRO และเครื่องรับโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

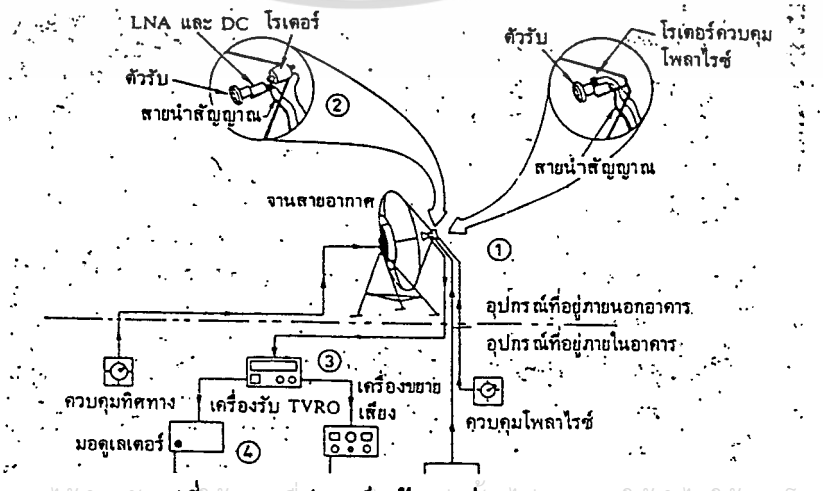
ปัจจุบันสองส่วนแรกคือ ห้องส่งและสถานีภาคพื้นดิน มักจะรวมกันเป็นหน่วยเดียวกัน หรือบางทีก็ติดตั้งร่วมกันบนรถเทรเลอร์ สามารถเคลื่อนย้ายเพื่องานถ่ายทอดสด (ประเทศไทยมีที่ช่อง 7 สี) ได้สะดวก บนรถจะมีจานสายอากาศขนาดเล็กสำหรับส่งและรับพร้อมกับสตูดิโอ และส่วนควบคุมการตัดต่อภาพ

สถานีหลักเหล่านี้ สามารถจัดเป็นโครงข่ายเพื่อระบบสื่อสารที่ครอบคลุมพื้นที่กว้าง ๆ ได้อย่างเช่น ในสหรัฐอเมริกามีสถานีหลักนี้กว่า 10 สถานีต่อหนึ่งโครงข่าย กระจายอยู่ทั่วประเทศใช้งานดาวเทียมดวงเดียวกัน โดยแบ่งสรรทรานสปอนเดอร์กันไป

ดาวเทียมซึ่งใช้งานกับ ระบบ TVRO ในสหรัฐอเมริกาปัจจุบันนี้มีหลายสิบดวงมีบริษัทเอกชนผู้เป็นเจ้าของมากมายอย่างเช่น RCA, Western Union, COMSAT, AT&T, Telsat Canada, Intelsat, GTE, Hughes ฯลฯ ซึ่งดาวเทียมเหล่านี้อยู่บนวงโคจรคล้ากเรียกกันอยู่ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ กัน ตามแนวลองติจูดของระนาบศูนย์สูตรเหนือท้องฟ้าอเมริกา ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ดาวเทียมค้างฟ้าซึ่งใช้งานกับระบบ TVRO ของสหรัฐอเมริกาและแคนาดาวางเรียงตัวอยู่บนวงโคจรคล้ากตามแนวลองติจูดของระนาบศูนย์สูตรที่ระยะประมาณ 35,000 กิโลเมตร จากผิวโลก



รูปที่ 2.12 อุปกรณ์หลัก 5 ส่วนของระบบ TVRO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ TVRO ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 5 ส่วน ด้วยกัน

ดังแสดงในรูปที่ 2.12 ได้แก่

1. จานสายอากาศรับ

2.เครื่องขยายชนิดสัญญาณรบกวนต่ำหรือ LNA (low noise amplifier) และเครื่องแปลง ความถี่ให้ต่ำลงหรือ DC (downconverter)

3. เครื่องรับ TVRO

4. เครื่องผสมสัญญาณโทรทัศน์ หรือ มอดูเลเตอร์

5. เครื่องรับโทรทัศน์

อุปกรณ์ส่วนอื่นนอกเหนือจากนี้เป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวก ซึ่งก็แล้วแต่บริษัทผู้ผลิตระบบ TVRO แต่ละรายมีรายละเอียดฟังก์ชันการทำงานอย่างไรบ้าง เช่น ระบบหาทิศทางดาวเทียมโดยอัตโนมัติ ซึ่งอาศัยการควบคุมมอเตอร์หมุนแกนต่างๆ ของตัวยึดจานสายอากาศ, ระบบควบคุมระยะไกลหรือรีโมตคอนโทรล ฯลฯ

การทำงานของระบบ TVRO เริ่มจากสัญญาณไมโครเวฟขาลง จานสายอากาศจะหันตรงไปยังดาวเทียมที่ต้องการรับสัญญาณขาลงที่ได้รับได้นี้กำลังงานต่ำมาก (อยู่ในอันดับของ 10 วัตต์) เนื่องจากระยะทางที่ไกลมาก และขนาดจำกัดของแหล่งจ่ายพลังงานบนดาวเทียมที่ให้เอาต์พุตแต่ละทรานสปอนเดอร์ได้เพียงประมาณ 5 วัตต์

ประกอบกับการสูญเสียเนื่องจากระยะทางมีค่าสูงถึง 196-200 dB จานสายอากาศของ TVRO จึงจำเป็นต้องใช้แบบที่มีอัตราขยายสูงซึ่งได้แก่จานสายอากาศแบบพาราโบลิคหรือแบบส่วนของทรงกลมจานสายอากาศทำหน้าที่สะท้อนคลื่นไปยังจุดโฟกัส ซึ่งมีตัวรับสัญญาณอยู่คลื่นจะผ่านต่อไปยัง เครื่องขยาย LNA และเครื่องแปลงความถี่ ทำการแปลงความถี่ต่ำลงมาเป็นย่าน UHF หรือ VHF สัญญาณนี้ถือเป็นสัญญาณ IF ซึ่งจะผ่านสายเคเบิ้ลเข้าไปยังเครื่องรับ TVRO ทำการดีมอดูเลตนำสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงกลับมา

สัญญาณภาพและสัญญาณเสียงจะส่งต่อให้มอดูเลเตอร์ทำการมอดูเลตแบบ AM ให้เป็นสัญญาณ RPM สำหรับเครื่องรับโทรทัศน์ สัญญาณ RF นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับสัญญาณพาหะที่ใช้ในการแพร่ภาพโทรทัศน์ปกติซึ่งจะเป็นระบบ PAL, NTSC หรือ SECAM ก็แล้วแต่มาตรฐานซึ่งใช้ในแต่ละประเทศสัญญาณ RF ซึ่งได้จากมอดูเลเตอร์ของ TVRO จะอยู่ในย่าน VHF ที่ช่อง 3 หรือ ช่อง 4

การทำงานของระบบ TVRO ที่กล่าวถึงนี้ เป็นระบบที่มีใช้งานอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน จะแตกต่างจากนี้บ้างก็ในรายละเอียดปลีกย่อย เช่น ส่วนใดอยู่ภายนอก ส่วนใดอยู่ในอาคาร ความถี่ IF หรือฟังก์ชันอำนวยความสะดวกต่างๆต่อไปจะได้กล่าวโดยละเอียดถึงอุปกรณ์ประกอบของ TVRO แต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

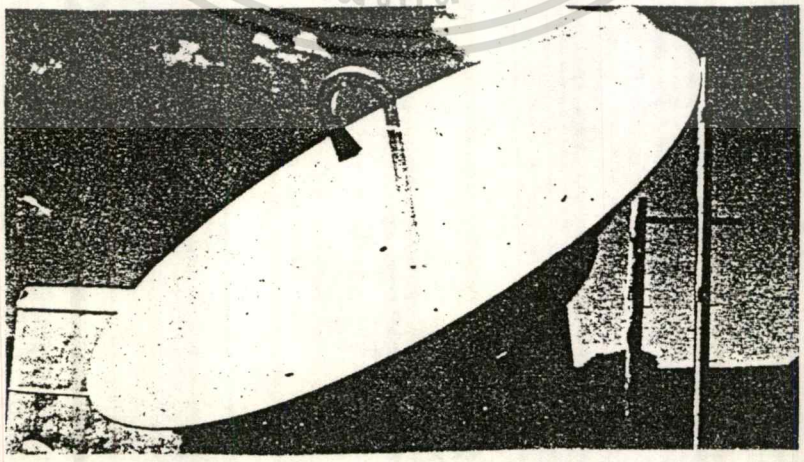
2.3 จานสายอากาศ

ในระบบ TVRO จานสายอากาศนับว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดต้องการพื้นที่ติดตั้งมากที่สุด ทั้งการติดตั้งก็ต้องการความพิถีพิถันมากด้วย จานสายอากาศที่ใช้กับระบบ TVRO ก็เป็นเช่นเดียวกับ จานสายอากาศซึ่งใช้ในระบบสื่อสารไมโครเวฟ จะแตกต่างก็ที่ขนาดค่อนข้างใหญ่กว่า (ในระบบไมโครเวฟจะมีขนาดจานสายอากาศประมาณ 0.2-0.5 เมตร) รูปลักษณ์ของจานที่ใช้กับระบบ TVRO ที่นิยมใช้มีด้วยกัน 2 ลักษณะคือ *แบบจานพาราโบลิค และแบบส่วนของทรงกลม*

จานสายอากาศพาราโบลิคเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดประมาณ 95% ของระบบ TVRO ที่ใช้งานในสหรัฐอเมริกาและแคนาดา เป็นจานพาราโบลิค ขนาดจานพาราโบลิคที่ใช้งาน อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1.0 เมตร ถึง 4.5 เมตร โครงสร้างทำจากไฟเบอร์กลาสเคลือบโลหะหรืออะลูมิเนียมหล่อ น้ำหนักเบา โครงสร้างที่นิยมใช้มี 3 แบบ คือ แบบ อะลูมิเนียมหล่อชิ้นเดียว แบบตาข่ายโลหะหรืออะลูมิเนียม และแบบขึ้นรูปด้วยไฟเบอร์กลาส ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ก, ข, ค

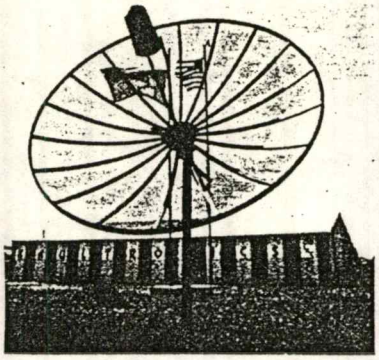
นอกจาก 3 แบบนี้แล้ว ที่น่าสนใจก็ยังมี แบบร่มของลูลี ดังแสดงในรูปที่ 2.14 ซึ่งโครงสร้างทำจากไมลาร์ชนิดพิเศษ ย้อมผิวด้วยเงิน มีลักษณะคล้ายร่ม สามารถหุบได้กางออกได้ สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายมีน้ำหนักเบาเพียง 10-20 กิโลกรัม สามารถติดตั้งได้ภายในเวลาไม่กี่นาที

สำหรับแบบส่วนของทรงกลมโครงสร้างจะทำจากตาข่ายอะลูมิเนียมมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.15 ข้อได้เปรียบของจานสายอากาศแบบส่วนของทรงกลมก็คือ สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมหลายดวงได้ในเวลาเดียวกันเพราะมีรูปแบบการรับคลื่นที่กว้างแต่มีข้อเสียเปรียบทางด้านอัตราขยายที่ต่ำกว่าจานพาราโบลิคที่มีขนาดเดียวกันอีกทั้งแบบส่วนของทรงกลมยังถูกจำกัดให้รับสัญญาณจากดาวเทียมเป็นกลุ่มคงที่

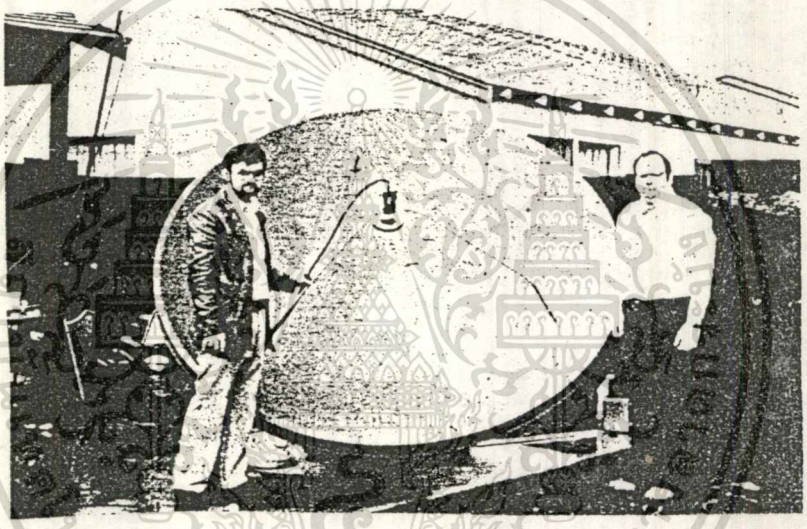


รูปที่ 2.13 ก โครงสร้างจานสายอากาศพาราโบลิคแบบอะลูมิเนียมหล่อชิ้นเดียวเป็นแบบที่มีความแข็งแรงแต่น้ำหนักมาก

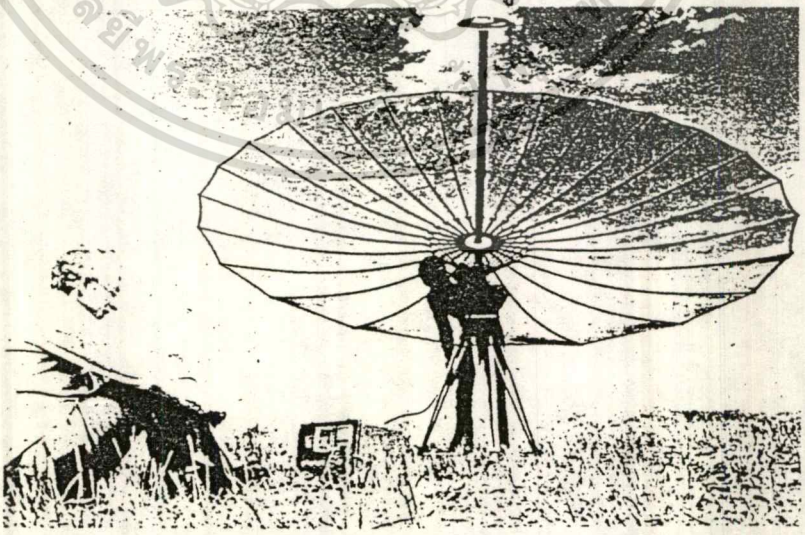
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ข โครงสร้างจานพาราโบลิคแบบตาข่ายอะลูมิเนียม
มีคุณสมบัติลดแรงต้านลมได้เป็นอย่างดี

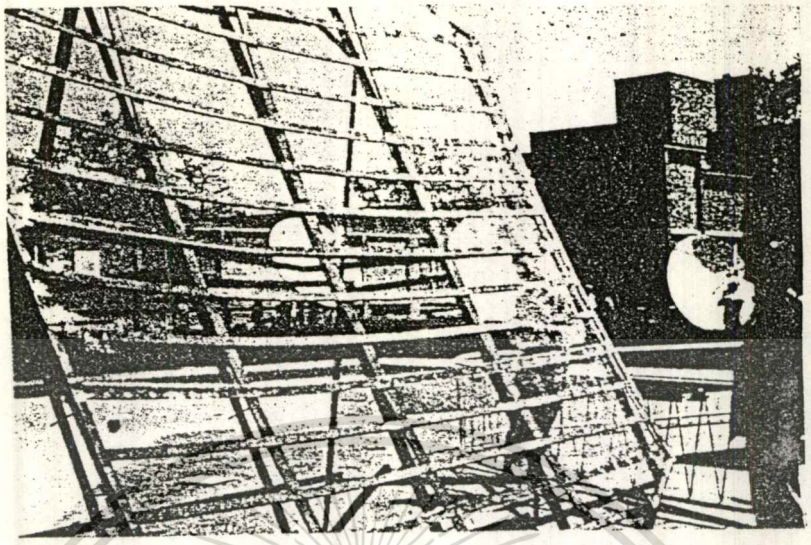


รูปที่ 2.13 ค โครงสร้างจานพาราโบลิคแบบขึ้นรูปด้วยไฟเบอร์กลาส



รูปที่ 2.14 โครงสร้างจานสายอากาศพาราโบลิคแบบร่มของลูลี (luly umbrella type)
โครงสร้างทำด้วยไมล่าร์ชนิดพิเศษย้อมผิวด้วยเงินหรือโลหะอื่น สามารถหุบเข้า
และกางออกได้คล้ายร่ม มีน้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 สายอากาศแบบส่วนของทรงกลม

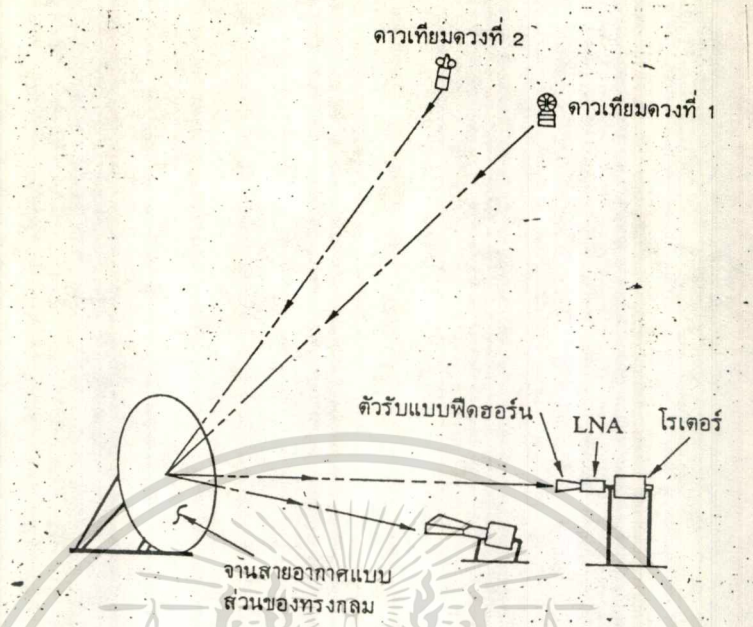
เนื่องจากไม่มีระบบหมุนแกนเคลื่อนที่ทั้งนี้ก็เพราะขนาดค่อนข้างใหญ่ของมันแตกต่างจากจานพาราโบลิคซึ่งรูปแบบการรับของมันจะพุ่งตรงไปยังดาวเทียมดวงเดียวในขณะเวลาหนึ่ง ๆ อัตราการขยายจึงมีค่าสูงกว่าและสภาพการรับดีกว่า

สายอากาศแบบส่วนของทรงกลมสามารถมีจุดรวมสัญญาณได้หลายจุดแล้วแต่ว่ามันใช้งานในการรับดาวเทียมกี่ดวง (ปกติไม่เกิน 5-6 ดวง) ที่จุดโฟกัสแต่ละจุดจะมีตัวรับสัญญาณสำหรับดาวเทียมแต่ละดวงแล้วจึงนำมารวมกันภายหลังดังแสดงในรูปที่ 2.16 การทำงานลักษณะนี้จะทำให้ระบบ TVRO สามารถรับช่องสัญญาณโทรทัศน์ได้กว่า 100 ช่อง ในเวลาเดียวกัน TVRO ซึ่งใช้สายอากาศแบบส่วนของทรงกลมจึงมักใช้กับสถานที่ซึ่งมีผู้ใช้ระบบร่วมกันจำนวนมาก เช่น อพาร์ตเม้นต์,แฟลต หรืออาคารขนาดใหญ่ ๆ

กลับมาดูจานสายอากาศแบบพาราโบลิค เนื่องจากต้องหันไปยังดาวเทียมดวงเดียวในขณะหนึ่ง จึงทำให้สามารถรับช่องสัญญาณโทรทัศน์ได้สูงที่สุด 24 ช่องจาก 12 ทรานสปอนเดอร์ การที่มันจะหันชี้ไปหาดาวเทียมดวงอื่นได้ ก็ต้องอาศัยตัวยึดจานสายอากาศซึ่งสามารถหมุนเคลื่อนที่ได้หรือไม่ถ้าได้ก็หมายความว่ารายการโทรทัศน์หลากหลายจากแต่ละ 24 ช่องของดาวเทียมแต่ละดวงซึ่งมีจำนวนกว่า 20 ดวงเหนือท้องฟ้าอเมริกา ก็จะมีมาให้ผู้เป็นเจ้าของระบบ TVRO ได้ชมกัน ตัวยึดจานมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ

1. ตัวยึดแบบที่มีทิศทางคงที่เปลี่ยนไม่ได้
2. ตัวยึดแบบหมุนเปลี่ยนทิศทางได้ในแนวอะซิมุธและอีลีเวชั่น หรือ Az/Ei
3. ตัวยึดแบบหมุนเปลี่ยนทิศทางในแนวโพลาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 การทำงานของสายอากาศทรงกลมซึ่งมีจุดโฟกัสหลายจุด สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้พร้อมกันหลายดวงในเวลาเดียวกัน

2.3.1 ตัวยึดแบบติดอยู่กับที่

เป็นแบบที่ง่ายที่สุดมีราคาถูกที่สุด จานสายอากาศจะหันไปยังดาวเทียมดวงเดียวหรือกลุ่มเดียว ไม่สามารถเปลี่ยนไปรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงอื่นได้ ตามปกติระบบนี้จะใช้กับสายอากาศแบบส่วนของทรงกลม หรือไม่ก็เป็นจานพาราโบลิค ซึ่งใช้กับระบบ TVRO ราคาถูกไม่ต้องการระบบหันทิศทาง

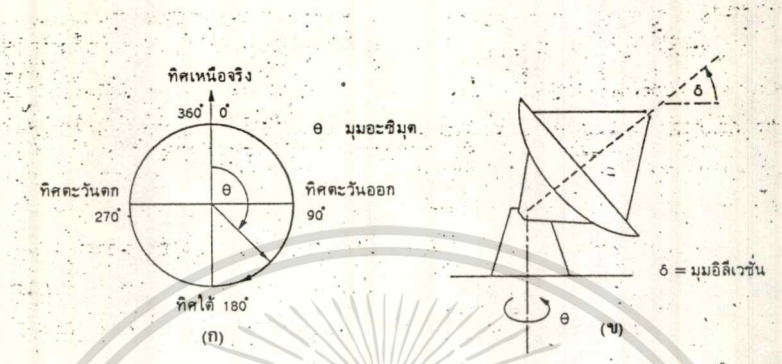
2.3.2 ตัวยึดแบบ Az/Ei

มุมอิลีเวชั่นก็ได้อธิบายไว้แล้วตอนต้นว่าเป็นมุมเงยของจาน สำหรับมุมอะซิมุธนั้นก็คือมุมหันซึ่งอยู่ในระนาบระดับโดยใช้ทิศเหนือจริงของโลกเป็นจุดอ้างอิงโดยเมื่อพิจารณาหมุนตามเข็มนาฬิกาไปตามรูปที่ 2.17 จะได้ทิศตะวันออกคือมุมอะซิมุธ 90° ทิศใต้ 180° และทิศตะวันตกคือ 270° ส่วนทิศเหนือคือ 360° การทำงานของตัวยึดแบบนี้ก็มีลักษณะเดียวกับขาตั้งกล้องถ่ายรูปนั่นเอง ตำแหน่งของดาวเทียมเป็นเสมือนตำแหน่งพิกัดของจุดหนึ่งโดยมีมุมเงยและมุมหันเป็น θ และ δ สามารถเข้าถึงทุกจุดบนครึ่งทรงกลมท้องฟ้าได้โดยการเปลี่ยนค่า θ และ δ ซึ่งเราสามารถคำนวณหาค่า θ และ δ ได้ ถ้าเราทราบตำแหน่งที่ตั้งจานว่าอยู่ที่ละติจูดและลองติจูดเท่าใด และดาวเทียมที่ต้องการหันไปหาที่ลองติจูดเท่าใดในวงจรคล้าก

ตัวยึดแบบ Az/Ei นี้ เป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน สามารถเพิ่มสิ่งอำนวยความสะดวกได้ง่าย อย่างเช่น ระบบตามดาวเทียมหมุนได้อัตโนมัติ ซึ่งใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ขับเคลื่อนจานทั้งสองแกน โดยเรากำหนดค่า θ และ δ ให้กับไมโครโปรเซสเซอร์ซึ่งอยู่ในเครื่องรับ TVRO จานสายอากาศจะหันทิศทางตามที่เรากำหนด

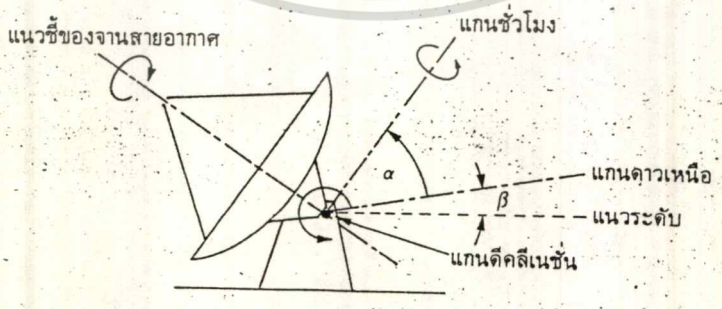


รูปที่ 2.17 (ก) แสดงมุมอะซิมุธ (ข) แสดงตัวยึดจานสายอากาศ

2.3.3 ตัวยึดหมุนได้แบบโพลาร์

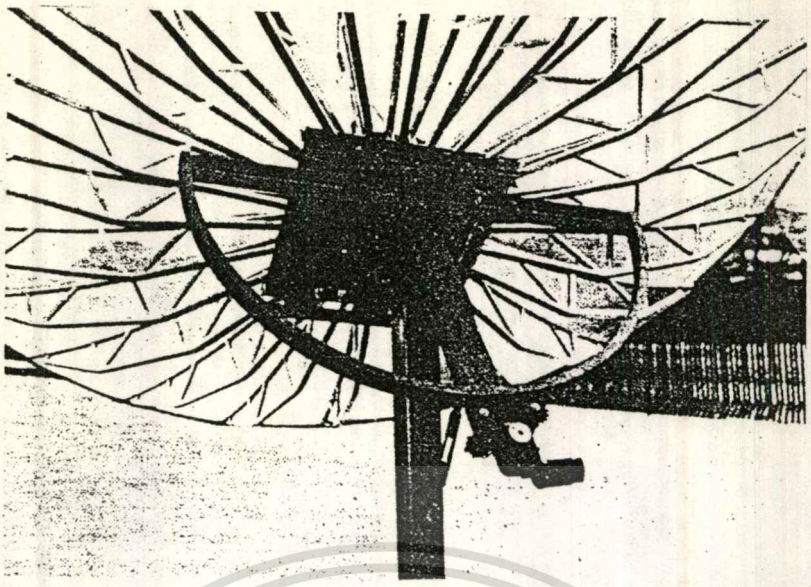
ได้แนวความคิดมาจากระบบฐานของกล้องดูดาวมีแกนเคลื่อนที่ดังรูปที่ 2.18 สามารถเข้าถึงจุดทุกจุดบนครึ่งทรงกลมท้องฟ้าได้ เช่นเดียวกับ Az/Ei โดยอาศัยแนวแกนที่ชี้ไปยังดาวเหนือเป็นแกนอ้างอิง ซึ่งแกนนี้จะชี้ไปยังดาวเหนือตลอดเวลา

สำหรับซีกโลกภาคเหนือนั้น แกนดาวเหนือจะยกสูงกว่าแนวระดับ แต่สำหรับซีกโลกภาคใต้จะต่ำลงกว่าแนวระดับ ค่าของมุม β ซึ่งยกจากแนวระดับ (หรือต่ำกว่า)นี้ จะมีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละจุดบนผิวโลก จุดที่ใกล้ขั้วโลกเหนือจะมีค่า β โต ส่วนที่ใกล้ศูนย์สูตรจะมีค่าเล็กลง (ประเทศไทยมีค่า ประมาณ +14 ถึง +15)



รูปที่ 2.18 (ก) ตัวยึดหมุนได้แบบโพลาร์ ประกอบไปด้วยแกน 2 แกนคือแกนดาวเหนือซึ่งจะชี้ไปยังดาวเหนือตลอดเวลา และแกนชั่วโมง ซึ่งสามารถกวาดตามแนวตะวันออกตะวันตกหรือซ้ายขวา แกนชั่วโมงจะหมุนกวาดมุมดีคลีเนชั่น α รอบแกนดีคลีเนชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 (ข) รูปร่างภายนอกของตัวยึดหมุนได้แบบโพลาร์ซึ่งประกอบขึ้นเองจะเห็นส่วนที่คล้ายวงแหวนครึ่งซีก ทำหน้าที่ในการกวาดรอบแกนชั่วโมงนั่นเอง

นอกจากนี้ยังมีแกนดีคลีเนชั่น ซึ่งจะเป็นแกนให้แกนชั่วโมงหมุนรอบดังรูปแกนชั่วโมงนี้จะตั้งฉากกับทิศทางของจานสายอากาศ มุมซึ่งแกนชั่วโมงทำกับแกนชี้ดาวเหนือเขาเรียกว่า *มุมดีคลีเนชั่น* หรือมุมจานสายอากาศสามารถกวาดซ้ายขวารอบแกนชั่วโมงได้ถ้าเราเปลี่ยนค่า α ไปเรื่อยๆ ก็สามารถเข้าถึงทุกจุดของครึ่งทรงกลมท้องฟ้าได้

จากรูปที่ 2.19 ซึ่งแสดงคุณสมบัติบางประการของการกวาดรอบแกนชั่วโมงของจานสายอากาศสมมุติว่าจานสายอากาศชี้ไปยังดาวเทียม A บนวงโคจรคล้ากโดยการคงค่า α ไว้ เมื่อกวาดจานสายอากาศรอบแกนชั่วโมง ส่วนโค้งการกวาดจะไม่อยู่ในแนวเดียวกับส่วนโค้งของวงโคจรคล้ากตลอด แต่จะมีจุดตัดกับวงโคจรคล้าก 2 จุดคือ จุด A และจุด C การที่จะเข้าถึงดาวเทียม B และ D ต้องเปลี่ยนค่ามุม α ไปเล็กน้อย แต่ถ้าที่ตั้งจานสายอากาศอยู่ที่เส้นศูนย์สูตรส่วนโค้งการกวาดของจานสายอากาศจะสอดคล้องกับวงโคจรคล้ากพอดี

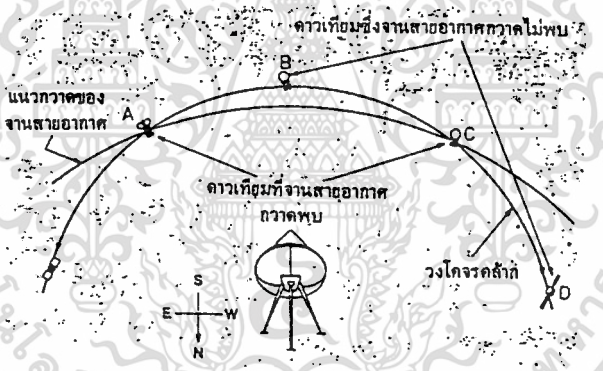
การทำงานของตัวยึดหมุนได้แบบโพลาร์ข้อดีกว่าแบบ Az/Ei ตรงที่มันสามารถเข้าถึงดาวเทียมในวงโคจรคล้ากได้เร็วกว่าเนื่องจากระบบนี้สามารถกวาดส่วนโค้งท้องฟ้าตามแนวลองติจูดได้อย่างรวดเร็วแล้วจึงปรับค่า อีกเล็กน้อยก็ถึงดาวเทียมที่ต้องการได้ในขณะที่แบบ Az/EI ต้องปรับมุม δ เป็นมุมกว้างกว่า

ในปัจจุบันตัวยึดหมุนได้แบบโพลาร์ยังไม่เป็นที่นิยมใช้เนื่องจากการทำงานค่อนข้างซับซ้อน การติดตั้งทำได้ยากต้องการความแม่นยำสูงตัวยึดระบบนี้จะมีใช้บ้างในงานภาครัฐบาลที่ต้องการความเร็วในการหันทิศทางแต่สำหรับระบบ TVRO ทางการค้ายังคงเป็นแบบ Az/Ei เป็นส่วนใหญ่กล่าวถึงระบบตัวยึดจานสายอากาศไปแล้วก็มาถึงฐานรากสำหรับวางระบบจานสายอากาศ จานสายอากาศของ TVRO สามารถติดตั้งได้ ทั้งบนสนามหญ้าบนลานคอนกรีตหรือแม้แต่บนหลังคา ขาที่ใช้ยึดกับพื้นมีทั้งประเภทสามขาและขาเดียว การพิจารณาเลือกใช้ก็ต้องพิจารณาว่า ขนาดน้ำหนักของระบบสายอากาศเป็นเช่นใด ขายึดกับพื้นแบบขา

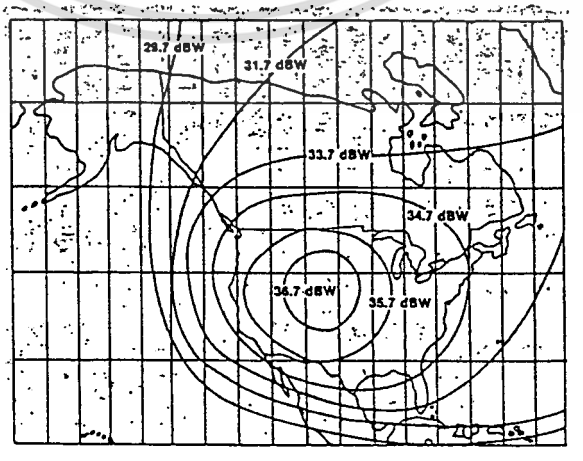
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวจะต้องยึดบนพื้นคอนกรีตขนาดใหญ่ผืนเดียวกัน ส่วนแบบสามขาสามารถยึดบนคอนกรีตทั่วไปได้

จานสายอากาศเป็นหัวใจสำคัญของระบบแม้ว่าเครื่องรับหรือส่วนอื่นจะดีเพียงใด แต่ถ้าจานสายอากาศไม่ดี หรือเลือกใช้ไม่เหมาะสมก็เป็นอันหมดความหมาย การเลือกขนาดของจานสายอากาศต้องพิจารณาความต้องการของระบบว่าต้องการอัตราขยายของสายอากาศเท่าใดพื้นที่ที่ติดตั้งระบบ TVRO มี *ฟุตปริ้นต์* ซึ่งเป็นแผนที่แสดงระดับสัญญาณจากดาวเทียมที่ปรากฏบนผิวโลกที่ตำแหน่งต่างๆ เป็นเช่นใด โดยจะบอกเป็นค่ากำลังงาน EIRP (effective isotropically radiated power) ถ้าอยู่ในบริเวณที่มีค่า EIRP สูง ก็ใช้จานสายอากาศขนาดเล็กลงได้ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาตัวดาวเทียมด้วยเพราะกำลังส่งของดาวเทียมเป็นตัวกำหนดลักษณะของฟุตปริ้นต์ ข้อควรคำนึงถึงอีกอย่างหนึ่งก็คือ การเลือกวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างของจานสายอากาศว่าเหมาะสมต่อสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศที่จะนำไปติดตั้งหรือไม่ ภูมิประเทศที่มีลมแรง หิมะตกหรือฝนตกหนักก็ควรเลือกโครงสร้างที่แข็งแรง อย่างแบบอะลูมิเนียมชั้นเดียว



รูปที่ 2.19 คุณสมบัติของตัวยึดหมุนได้แบบโพลาร์ แสดงลักษณะการกวาดรอบแกนชั่วโมงเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนโค้งของวงโคจรค้างฟ้า



รูปที่ 2.20 ตัวอย่างของแผนที่ฟุตปริ้นต์ของดาวเทียม Satcom 3 ค่าต่างๆที่แสดงคือค่า EIRP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

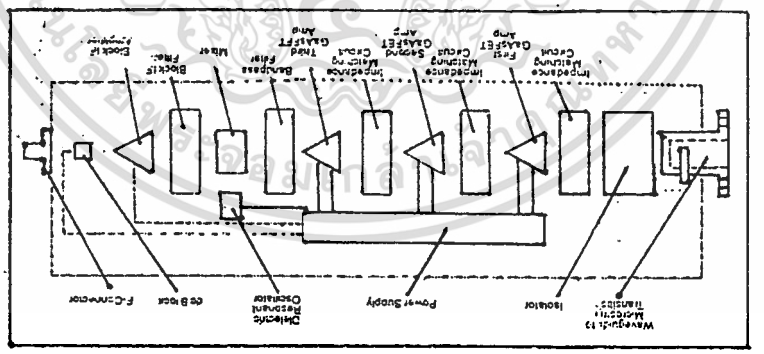
2.4 LNB หรือ LOW NOISE BLOCK DOWN CONVERTER

เป็นอุปกรณ์สำคัญในระบบจานรับสัญญาณดาวเทียม และเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มีส่วนช่วยให้ราคาชุดรับสัญญาณดาวเทียนถูกลงได้จนผู้คนสามารถมีใช้กันได้ทั่วไป LNB มีหน้าที่ขยายสัญญาณจากดาวเทียม ที่ถูกส่งมาไกลถึงสามหมื่นกว่ากิโลเมตร ให้มีกำลังสูงขึ้นโดยมีการจำกัดสัญญาณรบกวนต่าง ๆ (LOW NOISE AMPLIFIER) นอกจากนั้นยังลดความถี่ที่ส่งลงมาจากดาวเทียม(DOWNLINK)ด้วยความถี่ 4 GHz ในระบบ C-BAND และ 12 GHz ในระบบ KU-BAND ลดลงเหลือ ประมาณ 1 GHz เพื่อส่งต่อไปยังเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม(SATELLITE RECEIVER) LNB นี้เป็นเพื่อนยากกับจานรับสัญญาณเพราะทั้งคู่มีหน้าที่รับสัญญาณจากดาวเทียมโดยต้องทนแดดทนฝนในทุกสภาวะเพื่อป้อนสัญญาณให้ผู้ชม นับเป็นภารกิจที่หนักมากไม่นานมานี้เอง LNB หรือ LNA เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูงมาก โดยอาจมีราคาสูงกว่าปัจจุบันนี้ถึงสิบเท่าเพราะต้องใช้วงจรขยายสัญญาณและกรองคลื่นรบกวนที่มีเทคโนโลยีสูงมากในระดับไมโครเวฟเป็นเหตุหนึ่งที่ทำให้ราคาชุดรับสัญญาณดาวเทียมในอดีตมีราคาสูงมากแต่ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ขึ้น รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตจำนวนมากมาใช้ เพื่อลดต้นทุนการผลิต LNB จนในปัจจุบัน LNB มีราคาถูกมาก และมีจำหน่ายกันมากมายหลายยี่ห้อ,หลายคุณภาพ มีผู้ผลิตรายใหม่ ๆ เกิดขึ้นโดยแยกตัวออกมาจากบริษัทใหญ่ ๆ เดิม เพื่อพัฒนาธุรกิจนี้ ตลอดจนการแข่งขันกันในด้านราคาอย่างมาก ดังนั้น จึงควรทำความรู้จักกับเจ้าตัว LNB นี้ โดยต้องเข้าใจว่า หน้าที่ของมันมีหน้าที่อะไร มีส่วนประกอบอย่างไร และมีข้อพิจารณาอย่างไรในการคัดเลือก LNB มาใช้ โดยไม่คำนึงถึงราคาอย่างเดียว เพราะความสำคัญของ LNB ในการรับสัญญาณจากดาวเทียมนั้นมีสูงมากและหน้าที่ของมันก็มีมาก หากไม่ได้รับการออกแบบและผลิตขึ้นโดยถูกวิธีแล้ว ก็จะนำมาแต่เรื่องปวดหัวมาให้ผู้ใช้ ในตอนแรกนี้จะกล่าวถึง หน้าที่ของ LNB

LNB ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ LNA (LOW NOISE AMPLIFIER) และ BLOCK DOWN CONVERTER LNA มีหน้าที่ขยาย สัญญาณที่รวบรวมจาก FEEDHORN ซึ่งเป็นสัญญาณไมโครเวฟด้วยเสาอากาศเล็ก ๆ ซึ่งเห็นได้หากเรามองเข้าไปในช่องสัญญาณของ LNB ส่วนใหญ่จะเป็น PROBE เล็ก ๆ สีทอง หรือ ขาว ซึ่งแต่ละบริษัทผู้ผลิตจะมีแบบของตนเอง ที่ได้พัฒนาขึ้นจากประสบการณ์ โดย LNA จะรับสัญญาณคลื่นไมโครเวฟ และแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ต่อไปจะต้องขยายสัญญาณไฟฟ้านี้ขึ้นอย่างมากถึงหนึ่งแสนเท่า (100,000) หรือตามศัพท์ของผู้ชำนาญ 50 dB จากนั้น LNB จะต้องแปลงความถี่สูงในย่านไมโครเวฟนี้เป็นความถี่ต่ำ ประมาณ 1,000 MHzเพื่อสามารถส่งต่อสัญญาณไปไกลขึ้นโดยไม่ต้องใช้สายพิเศษราคาแพง กำลังของสัญญาณที่ LNB ได้รับจาก FEEDHORN นั้นเป็นกำลังที่ต่ำมาก และขึ้นอยู่กับความสามารถของ FEEDHORN และจานรับสัญญาณดาวเทียม ที่จะรวบรวมสัญญาณให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนี้ผู้ขายจึงพยายามจัดอุปกรณ์ทีมีจานขนาดใหญ่ที่สุดที่เหมาะสมในการรับสัญญาณมากที่สุด สัญญาณเมื่อส่งถึง

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LNB นี้มีความเข้มเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ถ้าจะเทียบเป็นหน่วยของวัตต์ (WATT) แล้วจะมีไม่ถึงหนึ่งในพันล้านของหนึ่งวัตต์ ด้วยซ้ำดังนั้น LNB จึงมีหน้าที่สำบากยิ่งในการรับสัญญาณนี้ให้ได้แปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าและขยายสัญญาณนี้อีกจำนวนมากโดยไม่สร้างคลื่นรบกวนด้วย (NOISE) หลังจากการขยายสัญญาณแล้ว LNB จะนำมา MIX รวมเข้ากับตัวสร้างความถี่ภายใน (LOCAL OSCILLATOR) ซึ่งเป็น DIELECTRIC RESONANT OSCILLATOR (DRO) เพื่อแปลงความถี่จากดาวเทียมลงมาเป็นความถี่ในย่านประมาณ 1 MHz (L-BAND) โดยตัวแปลงความถี่ให้ต่ำลงหรือ DC (down converter) DC ทำหน้าที่แปลงความถี่จากย่านไมโครเวฟ (C-BAND หรือ KU-BAND) ลงมาเป็นความถี่ IF ในย่าน VHF หรือ UHF เพื่อส่งต่อทางสายไปยังเครื่องรับต่อไป ในขั้นนี้เราจะเห็นได้ว่าจุดสำคัญของ LNB ที่จะมีผลต่อประสิทธิภาพการรับน่าจะเป็นความเงียบของมัน (LOW NOISE) โดยไม่สร้างสัญญาณ NOISE ขึ้นในขณะที่ต้องการขยายสัญญาณเป็นจำนวนมหาศาลและประสิทธิภาพของLOCAL OSCILLATOR ในการควบคุมความถี่ หลังจากที่แปลงให้ต่ำลงแล้ว เพราะหากไม่สามารถควบคุมความถี่ได้ดี สัญญาณจะมีการแปรผันมากจนมีปัญหากับคุณภาพในการรับ โดยเฉพาะในอนาคตที่มีการบีบอัดสัญญาณ ซึ่งต้องการคุณสมบัติของ LOCAL OSCILLATOR ที่ดีมาก เพื่อจำกัดปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นจากคลื่นรบกวน หรือ NOISE ต่าง ๆ

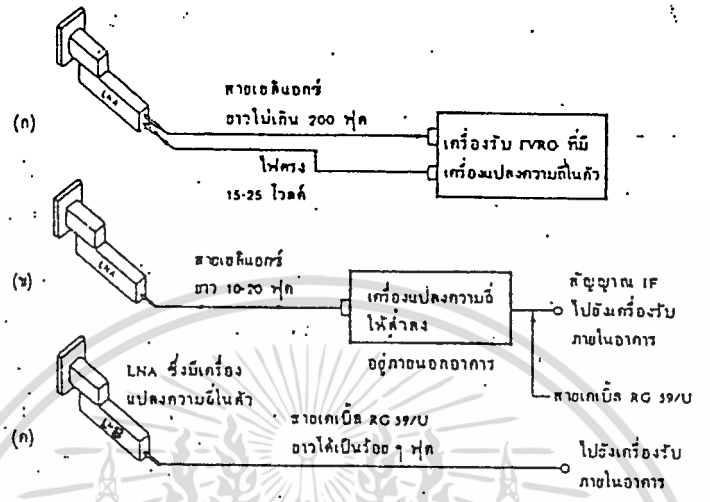


รูปที่ 2.21 ส่วนประกอบของ LNB

2.5 เครื่องรับ TVRO

เครื่องรับ TVRO ทำหน้าที่โดยตรง ในการดีมอดูเลชั่นสัญญาณภาพ และสัญญาณเสียงกลับมา และการจูนเลือกช่องสัญญาณจากแต่ละทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียมรูปแบบของเครื่องรับ TVRO ในปัจจุบันมีมากหน้าหลายตา แต่จุดประสงค์การทำหน้าที่ของมันก็ยังเป็นเช่นเดิม

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

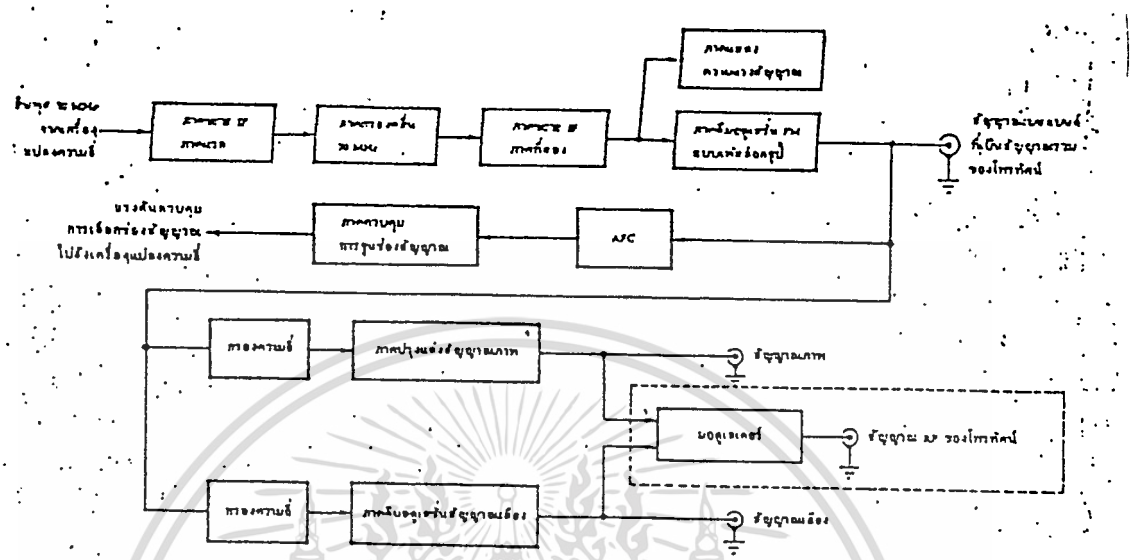


รูปที่ 2.22 วิวัฒนาการของระบบ TVRO ซึ่งเปลี่ยนตำแหน่งติดตั้งตัวแปลงความถี่ให้ต่ำลงหรือ DC (down converter) จากรูป
(ก) อยู่รวมกับเครื่องรับ TVRO จำเป็นต้องใช้สายเฮลิแอกซ์ระยะยาวราคาแพง
(ข) แยก DC มาไว้ภายนอกอาคาร
(ค) รวม LNA และ DC เป็น LNB (low noise block down converter) ทำให้ประหยัดราคาสายเคเบิ้ลลง เพราะสาย RG 59/U ราคาถูกกว่ามาก

จากรูปที่ 2.22 แสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการของเครื่องรับ TVRO ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งติดตั้ง DC รูป 2.22 ก คือระบบดั้งเดิมซึ่ง DC รวมอยู่กับเครื่องรับภายในอาคารต้องใช้สายเคเบิ้ลเฮลิแอกซ์ยาวมากเพื่อเชื่อมต่อจาก LNA เข้ามาภายในอาคารต่อมาก็ขยับขยายเอา DC ไปไว้ใกล้กับ LNA มากขึ้น ดังรูปที่ 2.22 ข และในรูปที่ 2.22 ค เป็นระบบสุดท้ายซึ่งเอา LNA และ DC รวมกันเป็น LNB ติดตั้งที่จุดโฟกัสของจานสายอากาศแล้วต่อเชื่อมด้วยสายโคแอกเชียลราคาถูกเข้ามายังเครื่องรับภายในอาคาร

นอกจากหน้าที่ในการดีมอดูเลชั่น และการจูนแล้ว เครื่องรับ TVRO ยังมีหน้าที่อื่น ๆ อีกเช่นควบคุมการหมุนเปลี่ยนทิศทางของจานสายอากาศในการชี้ดาวเทียม การเปลี่ยนโพลาไรเซชั่น ฯลฯ ในที่นี้จะกล่าวถึงหน้าที่โดยตรงสองประการของมันเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 แผนผังแสดงส่วนทำงานของเครื่องรับ TVRO ส่วนที่เส้นประล้อมอยู่นั้นคือ มอดูเลเตอร์หรือภาคผสมสัญญาณโทรทัศน์ ซึ่งอาจรวมอยู่ในเครื่องรับ หรือแยกต่างหากก็ได้

จากรูปที่ 2.23 เป็นแผนผังการทำงานคร่าว ๆ ของเครื่องรับ TVRO ซึ่งอาจใช้ความถี่ IF เท่ากับ 70 MHz จาก DC (อาจเป็นแบบ single converter คือแปลงจาก 4 GHz ลงเป็น 70 MHz หรือแบบ dual converter คือแปลงจาก 4 GHz เป็น 1.1 GHz แล้วแปลงต่อเป็น 70 MHz อีกที) เป็นอินพุท RF ที่เครื่องรับ

หลังจากภาคขยาย IF ทำการขยายความถี่ขึ้นก่อนแล้วก็ผ่านภาคกรองความถี่ 70 MHz แล้วขยายสัญญาณในภาคขยาย IF ชุดที่สองอีกทีหนึ่ง เอาต์พุตของภาคนี้จะนำไปยังภาคแสดงความแรงสัญญาณและภาคดีมอดูเลชั่นแบบ FM ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบบเฟสล็อกลูป

เอาต์พุตของภาคดีมอดูเลชั่นจะเป็นสัญญาณเบสแบนด์หรือสัญญาณรวมของโทรทัศน์ซึ่งประกอบด้วยสัญญาณภาพและคลื่นพาห์ของเสียงความถี่ 5.5 - 7.5 MHz สัญญาณเบสแบนด์จะป้อนกลับเข้า AFC (automatic frequency control) เพื่อควบคุมเสถียรภาพทางความถี่ให้การรับชัดเจนที่สุด เอาต์พุตของ AFC ก็จะควบคุมการทำงานของภาคควบคุมการจูนช่องสัญญาณอีกทีหนึ่ง

ภาคควบคุมการจูนเลือกหาช่องสัญญาณทำหน้าที่ในการเลือกช่องสัญญาณทั้ง 24 ช่อง จากทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียม ซึ่งมันจะควบคุมการเปลี่ยนโพลาไรเซชั่นด้วย สัญญาณเบสแบนด์จะแยกป้อนให้ภาคปรุงแต่งสัญญาณภาพและภาคดีมอดูเลชั่นเสียง สัญญาณภาพที่ส่งมานั้นจะผ่านการปรับแต่งเพื่อคุณภาพในการส่ง/รับดังนั้นจึงต้องมาทำการ

เอกสารนี้เผยแพร่เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชดเชยสัญญาณเสียใหม่เพื่อให้ได้สัญญาณภาพดั้งเดิมส่วนภาคดีมอดูเลชั่นเสียงเป็นแบบ FM เพื่อนำสัญญาณเสียงกลับมา

2.6 เครื่องผสมสัญญาณโทรทัศน์หรือมอดูเลเตอร์

มอดูเลเตอร์คือส่วนที่ทำหน้าที่นำสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงที่ได้จากเอาต์พุตของเครื่องรับ TVRO มามอดูเลต แบบ AM กับความถี่ย่าน VHF (ช่อง 2, 3, 4) สัญญาณ RF ที่ได้จากเอาต์พุตของมอดูเลเตอร์จะมีลักษณะเช่นเดียวกับสัญญาณ RF ของระบบสื่อสารโทรทัศน์ปกติ สามารถนำเข้าที่ช่องสายอากาศของเครื่องรับโทรทัศน์ได้ทันที

ระบบ TVRO ได้วิวัฒนาการไปตลอดเวลาพร้อมกับระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมอื่น ๆ ทั้งยังมีการประยุกต์ใช้ในลักษณะการอย่างอื่น เช่น การประชุมทางไกล โดยผู้ประชุมอยู่กันคนละแห่งเป็นต้น ทิศทางการวิวัฒนาการขณะนี้ เป็นไปเพื่อลดขนาดและราคาของระบบลง เพิ่มสิ่งอำนวยความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้

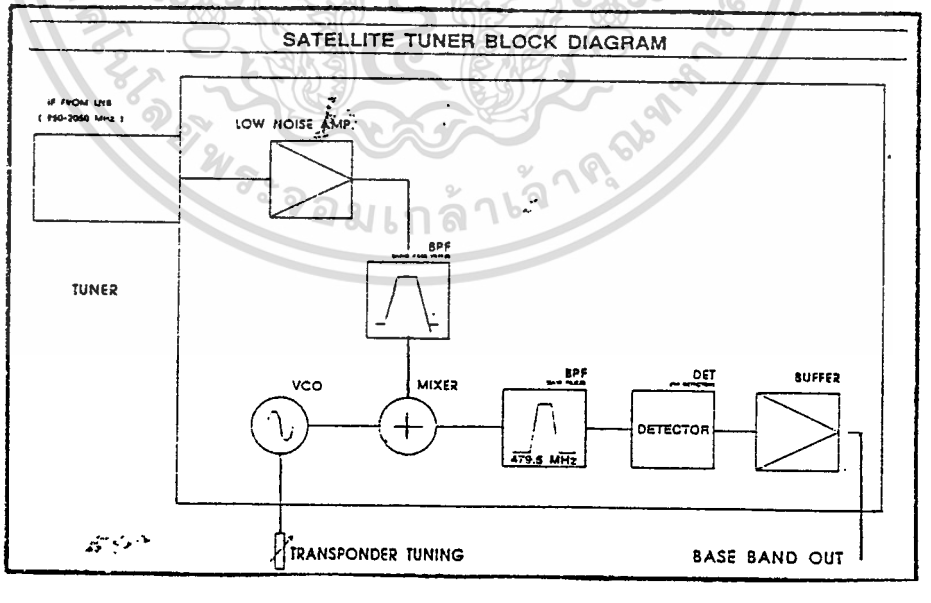
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

เราจะเริ่มทำการศึกษาเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมโดยจะเริ่มพิจารณาศึกษา การทำงานตาม BLOCK DIAGRAM รูปที่ 3.2 ซึ่งจะอธิบายการทำงานของแต่ละ BLOCK ดังนี้

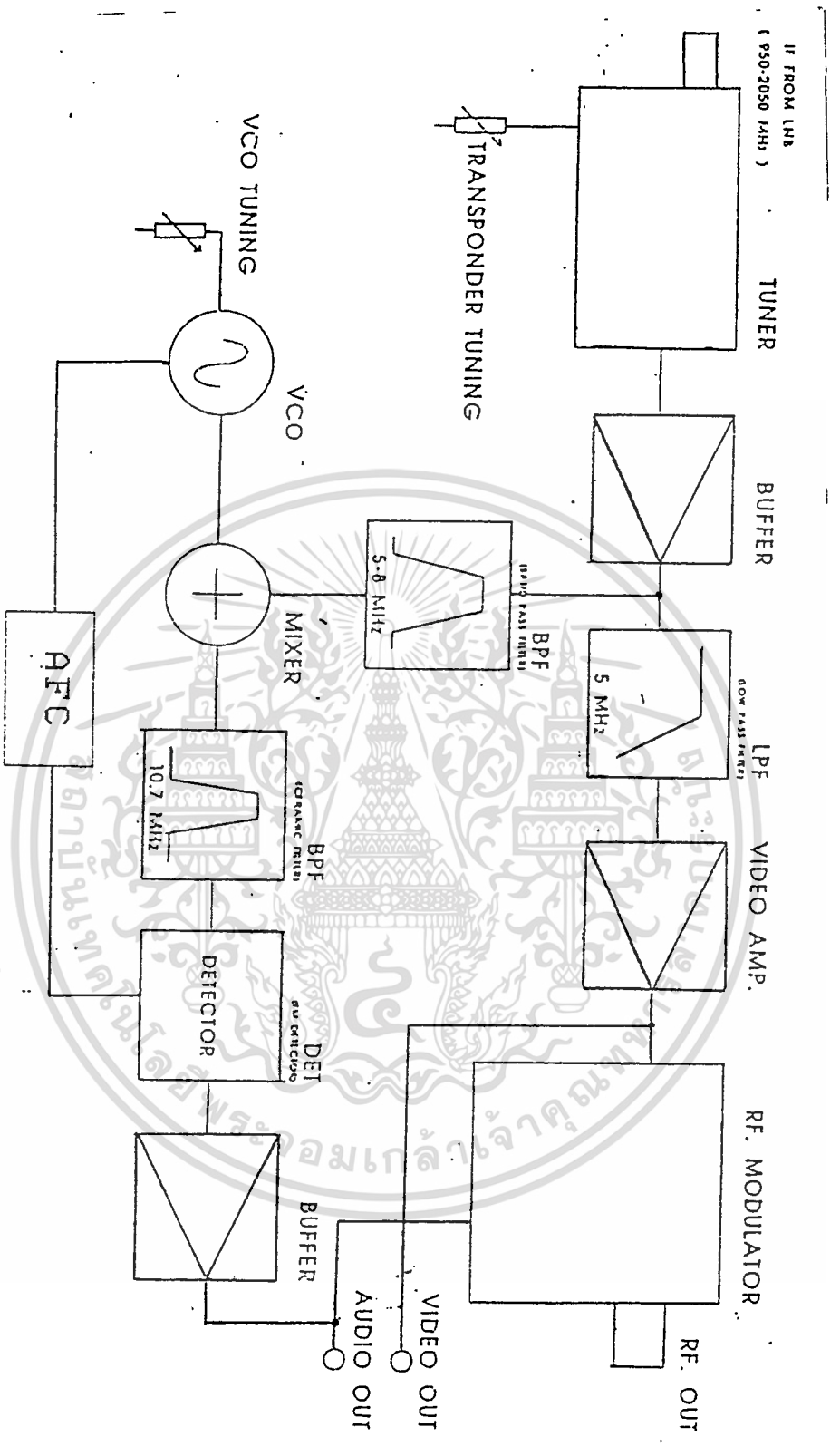
3.1 จูนเนอร์ (TUNER)

จะทำหน้าที่รับสัญญาณ IF มาจาก LNB โดย TUNER ที่ใช้นี้จะรับสัญญาณได้ตั้งแต่ช่วงความถี่ IF 950 - 2,050 MHz ซึ่งหมายความว่า TUNER ที่ใช้นี้จะรับสัญญาณได้จาก LNB ทั้งย่าน C และ KU -BAND (LNB ย่าน C - BAND จะมีความถี่ IF OUTPUT ที่ 950 - 1,450 MHz ส่วน LNB ย่าน KU- BAND จะมีความถี่ IF OUTPUT ที่ 950 - 2,050 MHz)



รูปที่ 3.1 SATELLITE TUNER BLOCK DIAGRAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 บล็อคไดอะแกรมของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก TUNER BLOCK DIAGRAM ในรูปที่ 3.1 สัญญาณที่รับเข้ามาจาก LNB จะถูกขยายให้มีความแรงขึ้นโดย LNA ภายในจูนเนอร์ จากนั้นจะถูกนำไปผสมกับสัญญาณที่ถูกสร้างขึ้นจากวงจร VCO (VOLTAGE CONTROL OSCILLATOR) นี้คือวงจรกำเนิดความถี่ที่ควบคุมได้ด้วยแรงดันนั่นเอง สัญญาณที่ได้จากวงจรผสมสัญญาณนี้ จะถูกส่งไปยังตัว SAW FILTER จะถูกขยายให้มีความแรงสูงขึ้น จากนั้นจึงถูกส่งไปยังวงจร FM DEMODULATOR (เนื่องจากสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมนั้น ระบบการผสมสัญญาณภาพจะเป็นแบบ FM เช่นเดียวกันกับเครื่องเล่น LASER DISC ดังนั้นสัญญาณภาพที่ได้จึงความคมชัดสูงซึ่งแตกต่างจากการรับสัญญาณโทรทัศน์ตามปกติ ที่มีการผสมสัญญาณแบบ AM จึงถูกรบกวนได้ง่าย) สัญญาณที่ได้จากวงจร FM DEMODULATOR นั้น จะมีทั้งสัญญาณภาพและเสียงผสมกันอยู่ ซึ่งเราเรียกสัญญาณนี้ว่า B.B.OUT หรือ BASE BAND OUTPUT สัญญาณ B.B.OUT จะถูกส่งออกจากตัว TUNER เพื่อป้อนไปยังวงจรภาค BUFFER ต่อไป

3.2 BUFFER

ทำหน้าที่ส่งสัญญาณจากจูนเนอร์ไปยังวงจรทางด้านระบบภาพและระบบเสียง เนื่องจากหากไม่มีวงจรส่วนนี้เมื่อมีการแยกสัญญาณออกไปหลายๆ ทางจะมีผลต่อความแรงของสัญญาณ คือความแรงของสัญญาณจะลดลงจึงต้องใช้วงจร BUFFER ช่วยขยายสัญญาณให้มีความแรงมากพอที่จะส่งไปยังวงจรภาคอื่นๆ คือจะแยกสัญญาณออกไปเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกไประบบภาพ ส่วนต่อมา ไประบบเสียง

3.3 วงจรแยกสัญญาณภาพและสัญญาณเสียง

ซึ่งสัญญาณเป็นสัญญาณที่อยู่ในช่วงความถี่ 0 - 5 MHz เราจึงใช้วงจรโลว์พาสฟิลเตอร์ 5 MHz (LPF : LOW PASS FILTER 5 MHz) ทำหน้าที่เป็นวงจรแยกสัญญาณภาพ ซึ่งวงจร LPF 5 MHz นี้จะยอมให้ความถี่ตั้งแต่ 0 Hz จนถึง 5 MHz ผ่านไปได้อย่างสะดวก แต่จะขจัดสัญญาณที่มีความถี่สูงกว่า 5 MHz ไม่ให้ผ่านไปได้ ซึ่งสัญญาณที่มีความถี่สูงกว่า 5 MHz นี้จะเป็นความถี่ย่อยของเสียง (SUB-CARRIER) ถ้าหากเราออกแบบวงจร LPF ในส่วนนี้ไม่ดีแล้วก็จะเกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมา เช่น ถ้าวงจร LPF ไม่สามารถขจัดสัญญาณที่มีความถี่สูงกว่า 5 MHz ได้ดีพอ (ควรขจัดสัญญาณที่มีความถี่สูงกว่า 5 MHz ได้มากกว่า 20 dB) ก็จะเกิดปัญหาคือ ภาพที่ได้จะดูหยาบมาก (GRAIN ของสีจะแตก) และหากออกแบบวงจร LPF โดยใช้อุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม เช่น ใช้ค่า CAPACITOR หรือ INDUCTOR ที่มีค่ามากเกินไป ถึงแม้ว่าจะขจัดสัญญาณที่มีความถี่สูงกว่า 5 MHz ได้ดีมาก แต่ก็จะเกิดปัญหาแทรกซ้อนคือค่าหน่วงเวลา หรือ Group Delay ของสัญญาณสูงเกินไป (Group Delay ไม่ควรเกิน 200 ns) ภาพที่ได้จะมีลักษณะเป็นเงายาว หรือในบางครั้งจะมีลักษณะ ภาพไม่ใสคล้ายมีหมอกลง ส่วนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณที่อยู่ในช่วงความถี่ 5 - 8 MHz (BPF : BAND PASS FILTER 5 - 8 MHz) ทำหน้าที่แยกสัญญาณเสียงไปใช้งาน ซึ่งวงจร BPF 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 8 MHz นี้จะทำหน้าที่กรองสัญญาณที่มีความถี่ในช่วง 5 - 8 MHzให้ผ่านไปได้โดยสะดวก แต่จะชจัดสัญญาณที่มีความถี่ต่ำกว่า 5 MHz และสูงกว่า 8 MHz ไม่ให้ผ่านไปได้ และหากวงจร BPF ไม่มีประสิทธิภาพดีพอแล้ว ก็จะเกิดปัญหาคือ สัญญาณภาพจะเข้ามารบกวนสัญญาณเสียงได้ โดยจะทำให้เกิดเสียงกวนดังฮัม ชณะที่ภาพมีความสว่างมาก หรือมีสีจัดๆ

3.4 วงจรขยายสัญญาณภาพหรือวงจรวีดีโอแอมปลิฟายเออร์

ซึ่งเป็นวงจรที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณภาพให้มีความแรงเพียงพอสำหรับการนำไปใช้งาน สำหรับโทรทัศน์ที่มีช่อง AV IN ก็สามารถนำสัญญาณ VIDEO OUT ไปใช้งานได้เลย โดยเสียบเข้าที่จุดที่เขียนว่า VIDEO IN ของเครื่องรับโทรทัศน์แต่สำหรับโทรทัศน์ที่ไม่มีช่อง AV IN สัญญาณ VIDEO OUT ที่ได้มาจาก VIDEO Amplifier จะต้องนำไปส่งเข้าวงจร RF MODULATOR ก่อน

3.5 RF MODULATOR

ทำหน้าที่เอาสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงมามอดดูเลต กับความถี่ RF (ย่านUHF ช่อง 36) เพื่อป้อนให้กับเครื่องรับโทรทัศน์ทางช่องเสียบสายอากาศต่อไป

3.6 วงจรผสมสัญญาณ (MIXER)

โดยสัญญาณ 5 - 8 MHz ที่ออกจากวงจร BPF จะถูกส่งมายัง Mixer เพื่อทำการผสมกับสัญญาณ ที่ออกมาจากวงจร VCO (Voltage Control Oscillator) โดยสัญญาณที่ได้มาจากวงจร VCO นั้นจะมีความถี่สูงกว่า แคร์เรียร์เสียงอยู่ 10.7 MHz ซึ่งผลจากการผสมสัญญาณระหว่างแคร์เรียร์เสียงช่วงความถี่ 5 - 8 MHz กับสัญญาณที่ได้มาจากวงจร VCO ที่วงจร Mixer ความถี่ IF ที่เราต้องการคือ 10.7 MHz ซึ่งเกิดจากผลต่างของความถี่ของสัญญาณจากวงจร VCO กับสัญญาณแคร์เรียร์ของเสียงจาก BPF 5 - 8 MHz ซึ่งเราจะใช้เซรามิคฟิลเตอร์ (CERAMIC FILTER) 10.7 MHz ในการกรองความถี่ IF 10.7 MHz ออกไปใช้งาน

3.7 เอฟเอ็มดีเท็คเตอร์ (FM DETECTOR)

จะทำหน้าที่ดีเท็คสัญญาณเสียงในระบบ FM (สัญญาณ IF 10.7 MHz จาก CERAMIC FILTER) ให้เป็นสัญญาณเสียงตัวเดิม คือจะทำการแยกแคร์เรียร์เสียงกับสัญญาณเสียงออกจากกันโดยเอาแคร์เรียร์ทิ้งไป เอาสัญญาณเสียงไปใช้งาน โดยนำสัญญาณเสียงที่ดีเท็คได้ไปผ่าน BUFFER เพื่อทำให้สัญญาณมีความแรงมากพอที่จะส่งไปให้วงจรภาคต่อไป โดยเราจะเอาสัญญาณเสียงที่ได้ส่งออกไปยังเอาท์พุต ที่เป็นออดิโอเอาท์พุต (Audio Output) เพื่อต่อเข้ากับจุดต่อวีดีโออินพุต (VIDEO INPUT) ของเครื่องรับโทรทัศน์ระบบเอวี (AV) หรือถ้าหากเครื่องรับโทรทัศน์เครื่องนั้นเป็นระบบธรรมดาไม่มีจุดต่อ AV เราจะต้องนำสัญญาณเสียงนี้ไปเข้า RF MODULATOR เพื่อทำการผสมสัญญาณภาพและสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียงเข้ากับความถี่ RF (ย่าน UHF ช่อง 36) เพื่อป้อนให้กับเครื่องรับโทรทัศน์ทางช่องเสียงสายอากาศต่อไป

ทั้งนี้เนื่องจากช่องสัญญาณความถี่เสียงของระบบโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมนั้น สามารถส่งได้มากกว่า 1 ช่อง และมีระบบการผสมสัญญาณแบบ FM ดังนั้น ในส่วนของวงจรภาคเสียงก็จะมีหลักการทำงานคล้ายกับเครื่องรับวิทยุ FM ทั่วไป จะแตกต่างก็เพียงย่านความถี่ที่ใช้ เช่น วิทยุ FM ทั่วไปจะรับสัญญาณได้ในช่วง 88 - 108 MHz แต่สำหรับวงจรภาคเสียงของเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมจะสามารถรับสัญญาณได้ในช่วง 5 - 8 MHz เท่านั้น สำหรับการจูนหาช่องสัญญาณเสียงเราสามารถทำได้ โดยการปรับค่าแรงดันที่ป้อนให้กับวงจร VCO ซึ่งจะมีผลทำให้ความถี่ที่ออกจากวงจร VCO มีค่าความถี่ที่เปลี่ยนไปด้วย

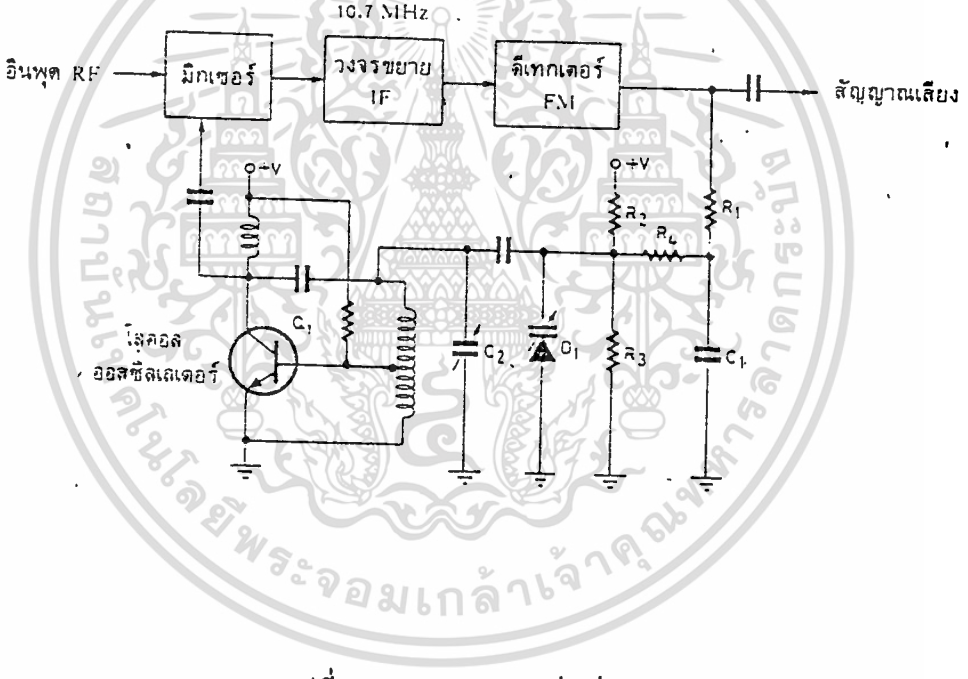
3.8 วงจรส่วน AFC (การควบคุมความถี่อัตโนมัติ)

ความถี่ของวงจรโลคอลออสซิลเลเตอร์จะต้องมีเสถียรภาพสูง มิฉะนั้นจะเกิดความเพี้ยนในตอนดีมอด เช่นสมมติว่าเครื่องรับทำงานที่ 100 เมกะเฮิรตซ์ ความถี่เกิดเปลี่ยนไป (drift) 0.1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ความถี่ IF เปลี่ยนไป 100 กิโลเฮิรตซ์ สัญญาณ FM จะตกเลยนอกแบนด์วิดท์ไปเลย สำหรับการควบคุมให้ความถี่ของโลคอลออสซิลเลเตอร์ของเครื่องรับ FM ให้มีเสถียรภาพ เราต้องใช้วิธีพิเศษเพื่อให้ออสซิลเลเตอร์ล็อกกับความถี่ของสัญญาณอินพุต วิธีการนี้เรียกว่า การควบคุมความถี่อัตโนมัติ (automatic frequency control หรือ AFC) หลักการของ AFC ก็คือใช้วาแรกเตอร์เป็นส่วนหนึ่งในวงจรแทงค์ของโลคอลออสซิลเลเตอร์ค่าความจุของวาแรกเตอร์จะควบคุมโดยการไบแอสจากแรงดันคลาดเคลื่อน เนื่องจากการที่ออสซิลเลเตอร์มีความถี่เลื่อนไปแรงดันคลาดเคลื่อนนี้ต่อเอามาจากเอาต์พุตของวงจรดิสคริมิเนเตอร์(หรือวงจรเรโชดีเทกเตอร์) เมื่อออสซิลเลเตอร์มีความถี่ถูกต้องเอาต์พุตจากดิสคริมิเนเตอร์จะเป็นศูนย์ เมื่อความถี่ของออสซิลเลเตอร์เลื่อนสูงขึ้นหรือต่ำลง แรงดันคลาดเคลื่อนจะมีค่าเป็นบวกหรือลบ การเป็นบวกหรือลบนี้จะแสดงความคลาดเคลื่อนทางความถี่ของออสซิลเลเตอร์ว่ามากหรือน้อย อย่างไรก็ตามเอาต์พุตจากวงจรดิสคริมิเนเตอร์จะมีสัญญาณเสียงปนอยู่ด้วย ดังนั้นก่อนที่จะป้อนมาให้ออสซิลเลเตอร์ เราจะต้องเอาส่วนสัญญาณเสียงออกไปเสียก่อน สัญญาณเสียงนี้เรากรองทิ้งไปโดยใช้ฟิลเตอร์ชนิดโลพาส เพื่อให้เฉพาะแรงดัน DC และความถี่ต่ำๆ ใกล้ๆ กับ DC มาป้อนให้วาแรกเตอร์

ดูตัวอย่างวงจร AFC ในรูปที่ 3.3 Q_1 เป็นโลคอลออสซิลเลเตอร์ C_2 เป็นวงจรจูนซึ่งมี D_1 เป็นวาแรกเตอร์ต่อขนานเป็นส่วนหนึ่งของวงจรจูนด้วย เอาต์พุตจากวงจรดีมอด FM ป้อนสัญญาณไปให้วงจรของเสียง และป้อนให้วงจร AFC ด้วย สัญญาณเสียงจะถูกกรองด้วยฟิลเตอร์ R_1C_1 เหลือแต่เฉพาะแรงดันคลาดเคลื่อนที่มีความถี่ต่ำมากๆ มาเสริมหรือลดกับแรงดันไบแอสให้แก่วาแรกเตอร์ วงจรที่ไบแอสให้แก่วาแรกเตอร์ประกอบด้วย R_2R_3 สำหรับ R_4 ทำหน้าที่กั้นระหว่างวงจรฟิลเตอร์กับวงจรออสซิลเลเตอร์ เมื่อวาแรกเตอร์มีความจุเปลี่ยน ความถี่ของออสซิลเลเตอร์จะเปลี่ยนด้วย

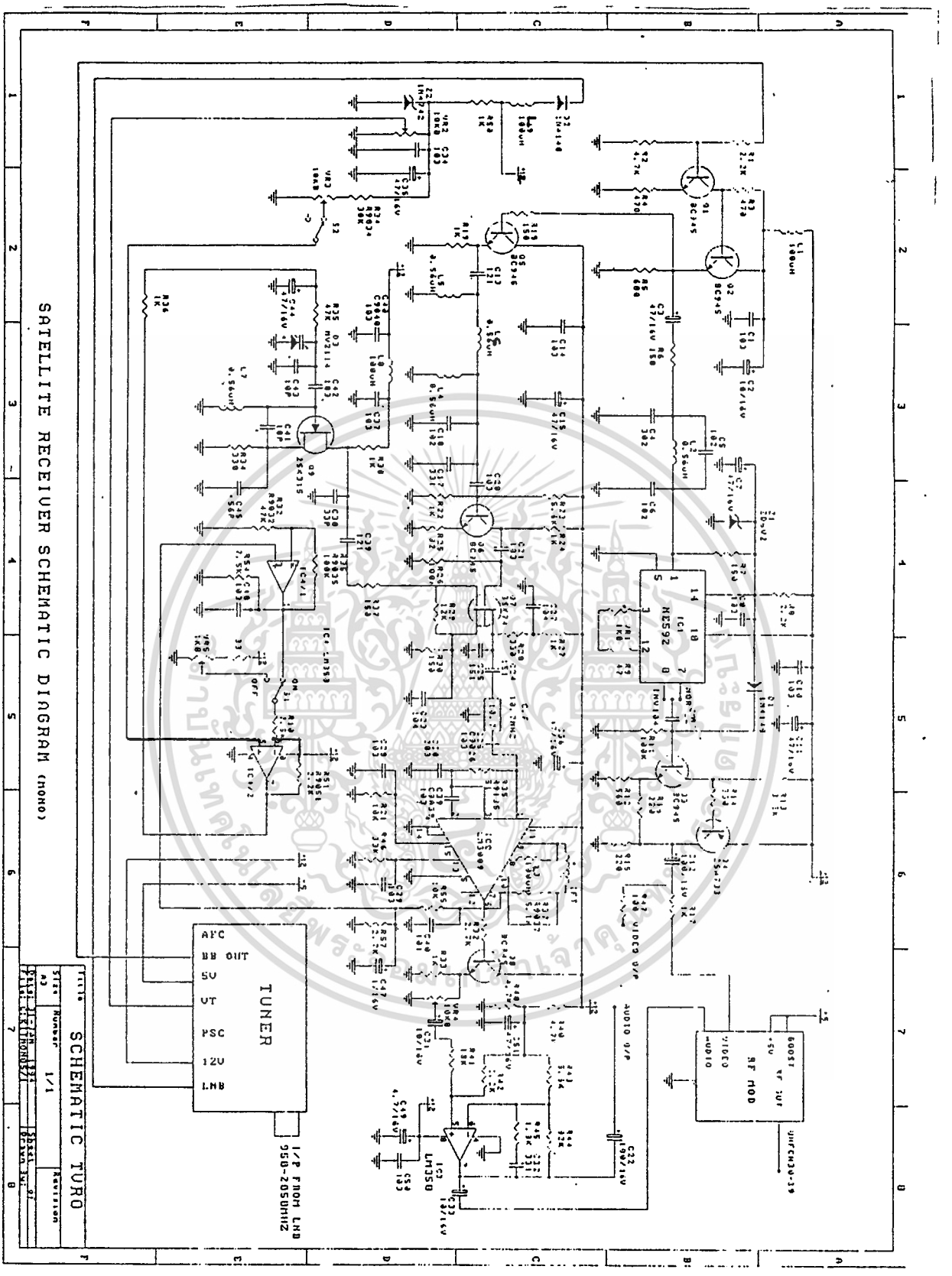
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเกตว่าการทำงานของวงจรในรูปที่ 3.3 นี้ก็เหมือนกับวงจรเฟสล็อกลูปนั่นเอง แต่ในกรณีนี้วงจรดีมอด FM ทำหน้าที่เป็นเฟสดีเทกเตอร์ R_1C_1 ทำหน้าที่เป็นลูปฟิลเตอร์ ส่วน Q_1 กับ D_1 เป็น VCO และวงจรมิกเซอร์ทำหน้าที่แปลงและลดทอนความถี่ RF กับออสซิลเลเตอร์ให้มีความถี่ต่ำลงเป็น 10.7 เมกะเฮิรตซ์



รูปที่ 3.3 วงจร AFC อย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาจากวงจรรูป 3.4 เริ่มจากจูนเนอร์ทำหน้าที่รับสัญญาณความถี่จาก LNB ในย่าน 950 - 2050 MHz เพื่อทำการจูนรับสถานีต่าง ๆ ทั้งย่าน C-BAND และ KU-BAND เอาความถี่ดังกล่าวเข้าสู่ระบบดีเทคเตอร์ในระบบเดียวกับระบบดีเทคเตอร์ในวงจรทีวีทั่วไป เพื่อให้ได้สัญญาณภาพออกมา ด้วยระบบภาพที่เป็นระบบฟรีเควนซี่มอดูเลชั่น และเสียงเป็นระบบฟรีเควนซี่มอดูเลชั่นเมื่อทำการแยกสัญญาณภาพออกมาด้วยระบบ ซิงโครนัสดีเทคเตอร์ ทำให้เกิดสัญญาณเบสแบนด์ทั้งภาพและเสียงออกมาโดยสัญญาณภาพที่ส่งออกมาทางขาเบสแบนด์เอาท์พุต คือ สัญญาณรวม (Composite Video Signal) ในขณะที่เสียงถูกเปลี่ยนให้มีแคร์เรียร์เสียงความถี่ใหม่

จากวงจรเมื่อได้สัญญาณเบสแบนด์ออกมาจากวงจรจูนเนอร์แล้วเราจะส่งความถี่ดังกล่าวไปยังทรานซิสเตอร์ Q_2 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรบัฟเฟอร์ คือรับสัญญาณเข้าที่ขาเบสส่งสัญญาณออกมาทางขาอีมิตเตอร์ สัญญาณดังกล่าวจะถูกแยกออก 2 ทาง ทางแรกส่งผ่าน C_3, R_6 เพื่อเข้าสู่วงจรโลว์พาสฟิลเตอร์ ทำการแยกสัญญาณออกมาจากแคร์เรียร์เสียงที่ส่งรวมกันมา อีกทางหนึ่งส่งผ่าน R_{18} เพื่อส่งให้กับทรานซิสเตอร์ Q_6 ซับเข้าสู่วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์แยกแคร์เรียร์เสียงออกไปใช้งาน

วงจรทางด้านระบบภาพ

สัญญาณเบสแบนด์รวม ถูกส่งผ่านเข้าสู่ L_2, C_4, C_5, C_6 ซึ่งเป็นวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์ 5 MHz แยกเอาสัญญาณภาพ (Video Signal) ออกมาใช้งาน ส่งสัญญาณภาพไปให้วงจรวิดีโอแอมปลิฟาย (Video Amplifier) โดยมี IC_1 ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายสัญญาณภาพ ซึ่งได้แก่ IC เบอร์ NE592

IC_1 เป็นวงจรขยายสัญญาณภาพที่มีมาตรฐาน เพื่อการขยายที่ให้แบนด์วิดธ์กว้างถึง 120 MHz โดยสัญญาณภาพที่ส่งผ่านโลว์พาสฟิลเตอร์เข้ามา จะส่งเข้ามาทางอินพุตขาที่ 1 ของ IC_1 ก็คือเบสของ Q_1, (อยู่ใน IC_1) ดังนั้นในวงจรใช้งานจริงขานี้จึงต้องใช้ R_7 เพื่อรับแรงดันไฟเข้ามาไบอัสให้กับ Q_1, ของระบบภายในสัญญาณภาพจึงถูกทำการขยายออกไปยังด้านคอลเลคเตอร์ส่งต่อไปให้ทรานซิสเตอร์ Q_2, และ Q_3, (อยู่ใน IC_1)ขยายสัญญาณครั้งสุดท้ายส่งออกไปยังขาที่ 7 สัญญาณอีกส่วนหนึ่งจากจุดเอาต์พุตถูกส่งกลับไปกำหนดอัตราการขยายเพื่อให้เกิดความลิเนียร์ ด้วยรีซิสเตอร์ R_{12} ซึ่งอยู่ภายในของ IC_1 นอกจากนั้นแล้ววงจรนี้ยังสามารถกำหนดอัตราการขยายได้ด้วยค่ารีซิสเตอร์ภายนอก IC_1 ระหว่างขา 3 กับขา 12 ซึ่งเราสามารถกำหนดอัตราการขยายได้สูงสุดถึง 400 เท่าเลยทีเดียว

จากนั้นส่งสัญญาณดังกล่าวเข้าสู่วงจรบัฟเฟอร์และระบบชดเชยสัญญาณซึ่งประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ Q_3, Q_4 เพื่อป้อนให้กับวงจร RF MODULATOR และเพื่อส่งไปยังขั้ว VIDEO OUTPUT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรทางด้านระบบเสียง

เมื่อทรานซิสเตอร์บัฟเฟอร์ Q_2 ทำหน้าที่จ่ายสัญญาณภาพและแคร์เรียร์เสียงออกมาทางขาอีมิตเตอร์ซึ่งทางหนึ่งส่งออกไปทางระบบภาพ อีกส่วนหนึ่งส่งผ่าน R_{18} เพื่อส่งเข้าขาเบสของ Q_5 ให้ทรานซิสเตอร์ดังกล่าวส่งสัญญาณไปยังวงจร 5 - 8 BAND PASS ให้วงจรดังกล่าวทำหน้าที่แยกเอาแคร์เรียร์ออกมาใช้งาน โดยมีอุปกรณ์ในส่วนนี้ ได้แก่ C_{17},C_{18} กับ L_4,L_5,L_6 หน้าที่ของวงจรดังกล่าวจะทำหน้าที่คัดเอาความถี่ตั้งแต่ 5 MHz ขึ้นไปจนถึงความถี่ 8 MHz ส่วนความถี่นอกเหนือจากนั้นให้ตัดทิ้งไป

จากนั้นเอาความถี่แคร์เรียร์เสียงที่ได้นี้ส่งให้ทรานซิสเตอร์ Q_6 ทำการขยายสัญญาณอีกครั้ง เนื่องจากวงจรจูนหรือ ระบบฟิลเตอร์ที่มีแบนด์กว้าง มีปัญหาอยู่ประการหนึ่งคือระดับความแรงสัญญาณจะอ่อน ทรานซิสเตอร์ดังกล่าวจึงถูกออกแบบมาเพื่อช่วยให้ความแรงสัญญาณมีระดับความแรงเพียงพอที่จะส่งให้กับวงจรต่อไป

จากสัญญาณที่ได้จะต้องผ่านวงจรมิกเซอร์ (MIXER) ทำการบีทความถี่โดยใช้ FET เบอร์ 3SK74 ซึ่งเป็นฟิลด์เอฟเฟ็คท์ทรานซิสเตอร์แบบดูอัลเกต (DUAL GATE) โดยให้เกตอันแรก (G_1) ทำหน้าที่รับสัญญาณแคร์เรียร์เสียงเข้ามา ให้เกตอันที่สอง (G_2) ทำหน้าที่รับเอาความถี่ออสซิลเลเตอร์เข้ามาบีท (BEAT) โดยวัตถุประสงค์เพื่อบีทความถี่ให้ได้เป็นความถี่ IF เท่ากับ 10.7 MHz

อย่างไรก็ดีการบีทที่ดีควรประกอบด้วยหลักการดังต่อไปนี้

1. ความถี่ที่เป็นออสซิลเลเตอร์ต้องมีความถี่สูงกว่าสัญญาณที่ส่งเข้ามา ทั้งนี้เพื่อป้องกันความถี่รบกวนอันเป็นผลมาจาก ฮาร์โมนิคส์
2. ความถี่ที่เป็นออสซิลเลเตอร์ ต้องมีความแรงมากกว่าสัญญาณที่เข้ามา จึงจะเกิดการผสมความถี่ ที่เรียกว่า บีทชิ้น

หน่วยออสซิลเลเตอร์ เราพิจารณาการทำงานวงจรในส่วนของ Q_9 ซึ่งเป็น เจเฟตพบว่าวงจรกำเนิดความถี่นี้ ประกอบด้วยส่วนของระบบเรโซแนนซ์ คือ L_7 ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดค่า X_L และ C_{41}, C_{43} ,C_{45} เป็นตัวกำหนดค่า X_C โดยการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของไดโอดวาริแคป D_3

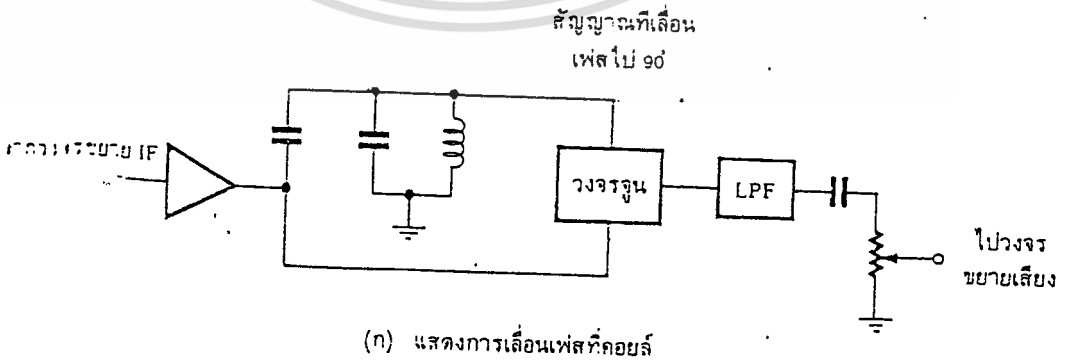
ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนแปลงความถี่ของหน่วยออสซิลเลเตอร์สามารถทำได้โดยการปรับค่าแรงดันไฟซึ่งส่งมาจากวงจรภาคจ่ายไฟที่เป็นเรกูเรเตอร์ 12 โวลท์ ซึ่งใช้ค่า R ปรับได้ (VR_2) เป็นตัวปรับแต่งค่าแรงดันไฟเพื่อเปลี่ยนแปลง ค่าความจุไดโอดวาริแคปอันจะทำให้ค่าความถี่เรโซแนนซ์เปลี่ยนแปลงไป

อย่างไรก็ดีการกำหนดค่าความถี่ด้วยระบบเรโซแนนซ์ดังกล่าวไม่อาจถือว่าเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ด้วยหลักการที่ว่า วงจรออสซิลเลเตอร์ คือวงจรที่ผลิตความถี่ได้อย่างแม่นยำและมีความแรงสัญญาณคงที่เพื่อให้เข้าหลักเกณฑ์ดังกล่าวจึงได้มีการนำเอา เจเฟต Q_9 มาใช้เพื่อนำความถี่ดังกล่าวไปทำการขยาย ในแบบของวงจรป้อนกลับทางบวก (Positive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Feedback) โดยวงจรเฟตดังกล่าว จะรับเอาความถี่เรโซแนนซ์ที่ได้จากค่า X_L และ X_C ดังกล่าวมาส่งเข้าสู่เกตของเฟต เพื่อขยายสัญญาณออก 2 ทาง ทางแรกส่งออกทางขาเดรน เพื่อเอาไปใช้บีทกับสัญญาณเสียงที่เป็นแคร์เรียร์ในระบบ FM อีกทางหนึ่งขยายออกทางซอร์สเพื่อส่งป้อนกลับแบบบวกด้วยผลการขยายเข้าทางขาเกตออกทางขาซอร์สเป็นการขยายไม่กลับเฟส ดังนั้นเมื่อเราเอาสัญญาณดังกล่าวป้อนกลับโดยการส่งผ่านของคาปาซิเตอร์ C_{41} ส่งจากซอร์สเพื่อส่งกลับ สำหรับให้ Q_9 ทำการขยายสัญญาณเสริมให้แอมปลิจูดสูงขึ้นจนถึงระดับอิ่มตัวของสัญญาณ ตอนนี้ความถี่ออสซิลเลเตอร์จึงมีระดับความแรงคงที่ พร้อมที่จะบีทสัญญาณได้โดยความถี่ของแต่ละข้างต้องบีทแล้วก่อให้เกิดความถี่ผลต่างเท่ากับ 10.7 MHz จากนั้นจะถูกส่งไป CERAMIC FILLER ซึ่งจะกรองให้ความถี่ IF 10.7 MHz ผ่านไปได้โดยสะดวก จากนั้นเข้าสู่ IC เบอร์ LM3089 ซึ่งเป็นวงจรดีเทคเตอร์ ก็จะทำการ DEMODULATE สัญญาณหรือแปลงสัญญาณ IF ให้เป็นสัญญาณเสียงนั่นเอง ซึ่งระบบดีเทคเตอร์ตัวนี้เป็นการดีเทคเตอร์แบบควอดเดรเจอร์ดีเทคเตอร์

วงจรดีเทกเตอร์ชนิดนี้อาศัยหลักการคูณสัญญาณ FM กับสัญญาณ FM ตัวเดิมแต่เลื่อนเฟสไป 90 องศา ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นสัญญาณมอดูเลต (สัญญาณเสียง) ดูรูปที่ 3.5 (ก) กระแสที่ไหลในคอยล์ก็จะมีเฟสต่างจากแรงดันคร่อมคอยล์อยู่ 90 องศา กระแสนี้จะป้อนไปให้วงจรเรโซแนนซ์ขนาน Z ซึ่งจูนความถี่ไว้ที่ความถี่กลางของสัญญาณ FM แรงดันคร่อมวงจรเรโซแนนซ์จะมีเฟสเลื่อนไปตามความถี่ที่พาหะเบี่ยงเบนไป สัญญาณ FM ที่ผ่านวงจรเรโซแนนซ์จะกลายเป็นสัญญาณ PM หลังจากที่สัญญาณ FM และสัญญาณ FM คูณกัน (ทำงานในช่วงนอนลิเนียร์) ดูรูปที่ 3.5 (ข) ผลลัพธ์จากการคูณจะเป็นสัญญาณความถี่สูงกับสัญญาณความถี่ต่ำ (คือสัญญาณมอดูเลต) สัญญาณแรกจะถูกกรองทิ้งไปโดยฟิลเตอร์ชนิดโลพาส เอาต์พุตจึงเป็นสัญญาณเสียงตามต้องการ



(ก) แสดงการเลื่อนเฟสที่คอยล์

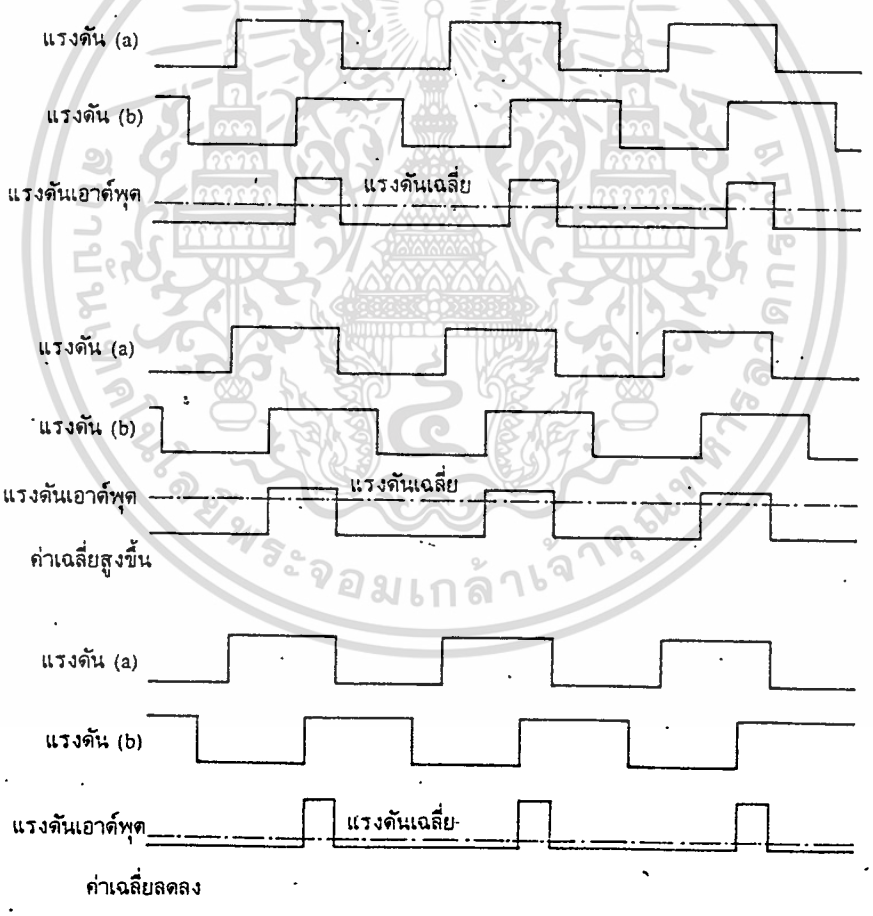
(ก) แสดงการเลื่อนเฟสที่คอยล์

รูปที่ 3.5 วงจรควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

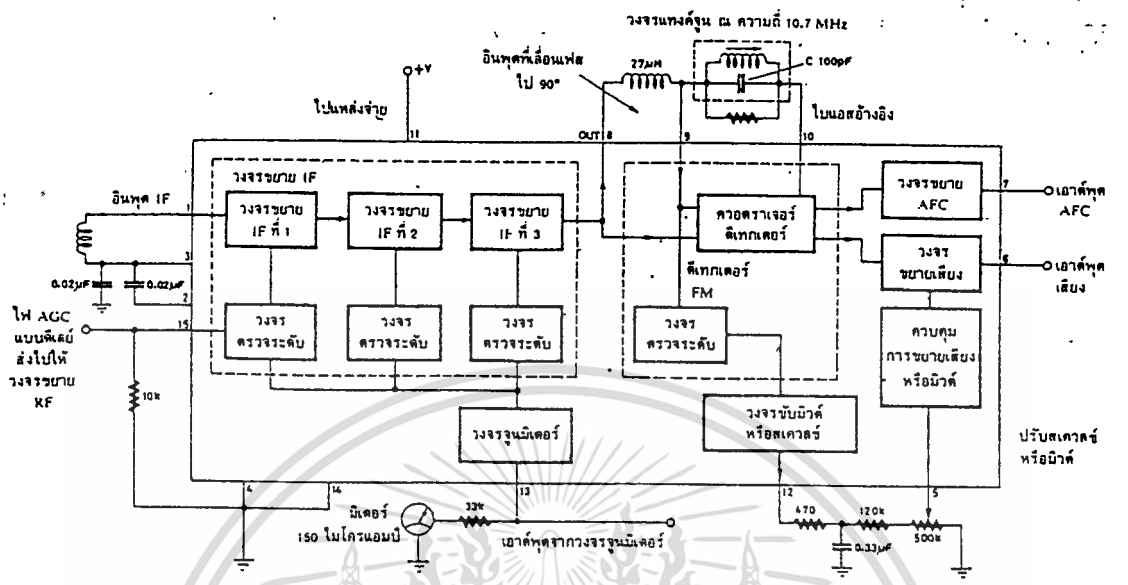
ความจริงแล้ววงจรควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์ทำหน้าที่เสมือนวงจรเทียบเฟสของสัญญาณ FM สองสัญญาณซึ่งมีเฟสต่างกัน 90 องศา ดูรูปที่ 3.5 (ข) ในที่นี้เราเขียนเป็นพัลส์เพื่อความสะดวก สัญญาณความถี่สูงจะถูกกรองทิ้งไป คงเหลือแต่สัญญาณความถี่ต่ำ (เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในรูปคลื่น 1,2,3) ซึ่งเป็นสัญญาณเสียง สังเกตว่าค่าเฉลี่ยจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่เบี่ยงเบนของพาหะ (เพราะเมื่อสัญญาณ FM มีความถี่ต่ำลง พัลส์เอาต์พุตจะแคบลง ค่าเฉลี่ยจะน้อยลง) นั่นคือค่าเฉลี่ยจะเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณเสียง

โดยทั่วไปวงจรควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์มักจะทำเป็นไอซี ซึ่งจะรวมวงจรขยาย IF วงจรขยายลิมิตเตอร์ และอื่น ๆไว้ด้วยในไอซีตัวเดียว โดยต่อคอยล์ซึ่งเลื่อนเฟสไว้ภายนอก



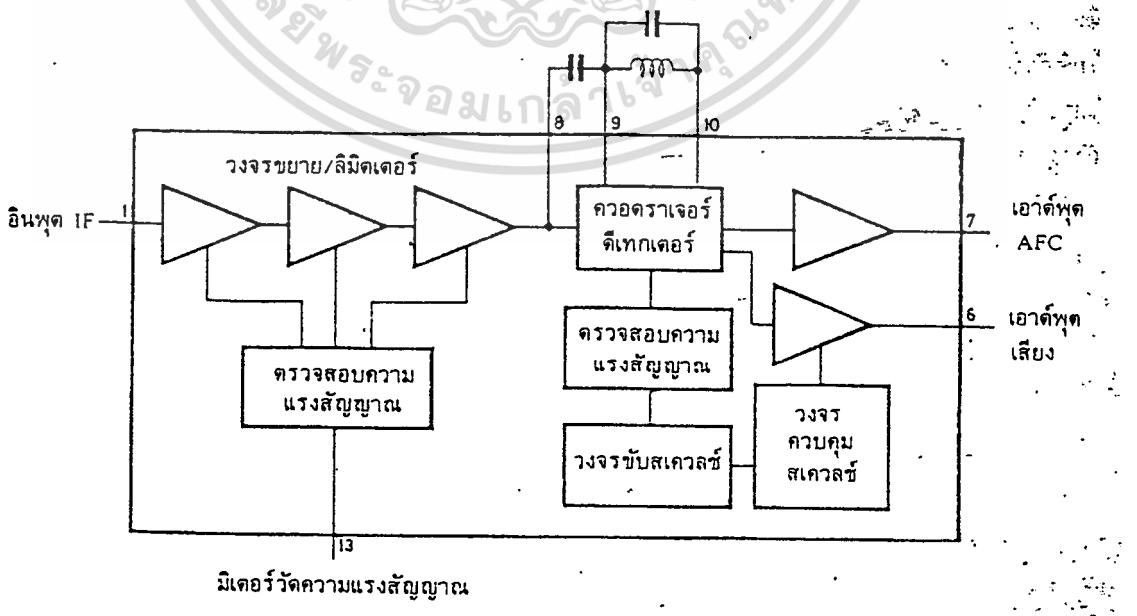
(ข) การเทียบเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค) ไอซีเบอร์ LM3089

ไอซี LM3089 ได้ออกแบบสำหรับระบบซิงเกิลคอนเวอร์ชั่นซึ่งมี IF เท่ากับ 10.7 Mhz อินพุต IF ป้อนเข้าวงจรขยาย/ลิมิตเตอร์ 3 เสตจแล้วออกไปยังควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์ วงจรลิมิตเตอร์แต่ละวงจรผ่านสัญญาณออกไปตรวจระดับสัญญาณที่วงจรดีเทกระดับ (level detector) ซึ่งมีประโยชน์ในขบวนการ AGC หรือป้อนให้ S-meter เพื่อวัดความแรงสัญญาณ



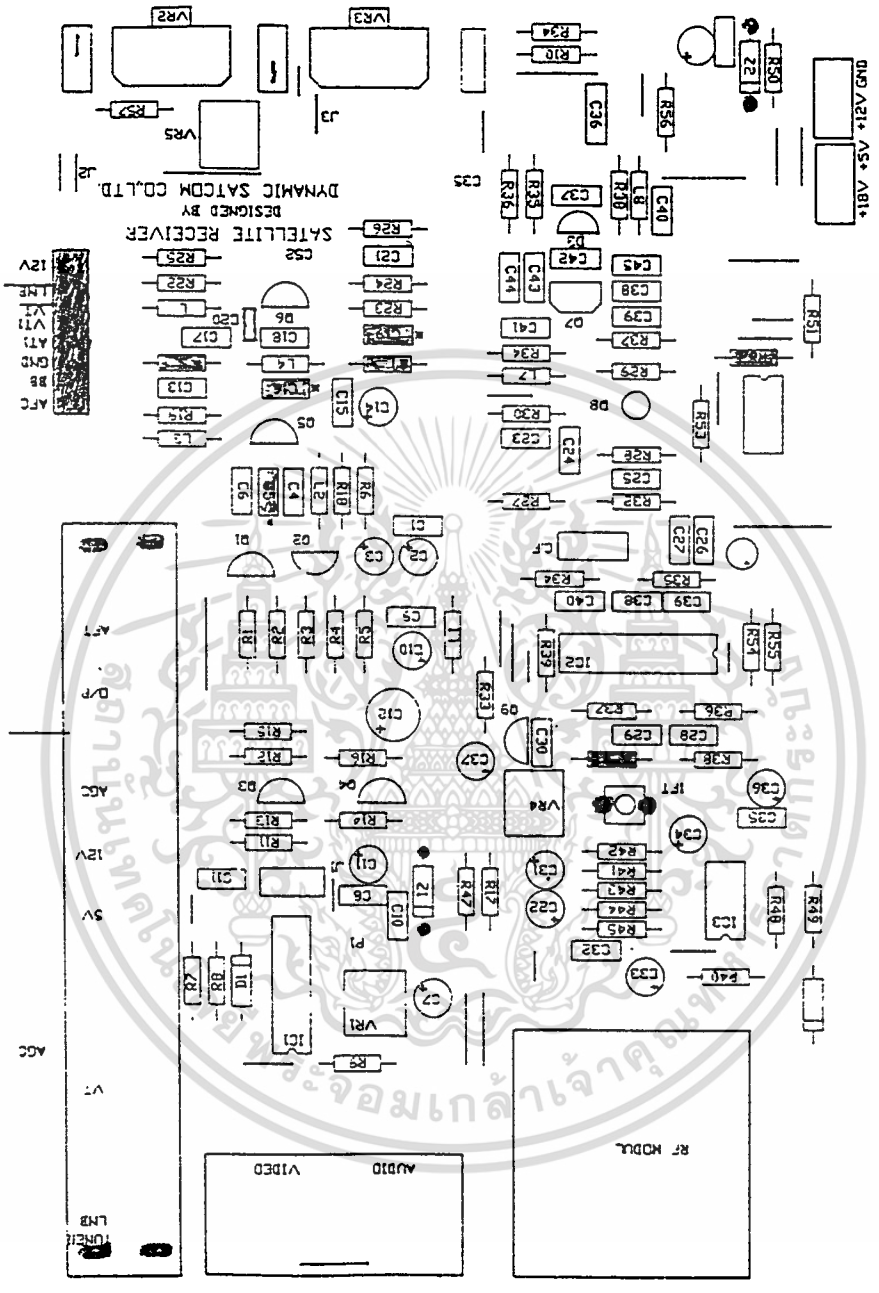
รูปที่ 3.6 แผนผังของ IC เบอร์ LM3089

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำ... ...ตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์สำคัญสำหรับระบบนี้คือขดลวด (L_6) ดักความถี่ระบบที่ทำการดักความถี่ 10.7 MHz ซึ่งได้ทำการเลื่อนเฟสให้ต่างไปจากสัญญาณแคร์เรียร์อยู่ประมาณ 90 องศา เพื่อส่งความถี่ทั้งสองส่วนนี้เข้าสู่ระบบเฟสดีเทคเตอร์ (Phase Detector) เฉลี่ยผลออกมาเป็นแรงดันไฟส่งออกไปยังวงจรบัฟเฟอร์ (Q_8) เพื่อขยายสัญญาณ ผ่านไปยังส่วน IC3 LM358 จะทำหน้าที่ขดเชยความถี่เสียง และขจัดสัญญาณรบกวนที่ติดออกมากับสัญญาณเสียง เพื่อให้คุณภาพของเสียงที่ได้มีความคมชัดสมบูรณ์

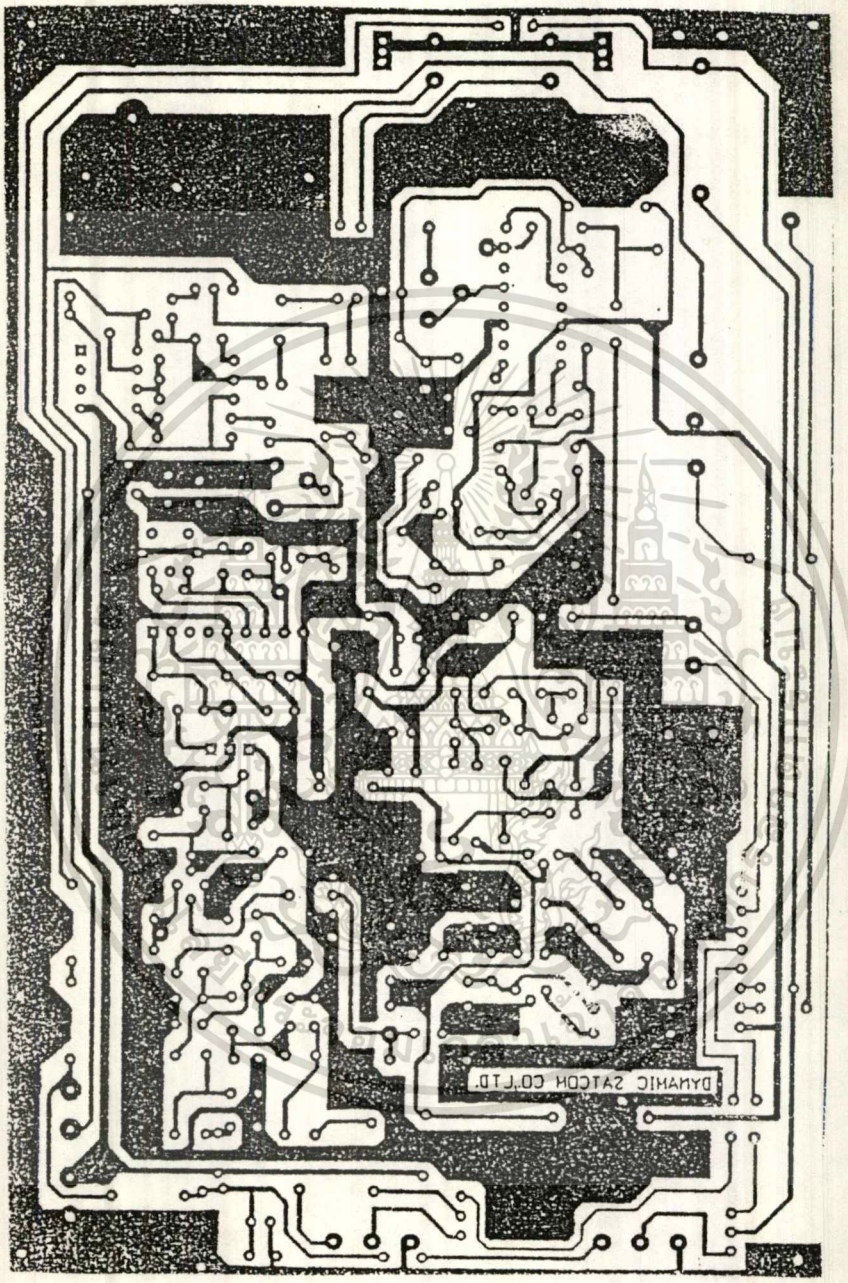
สัญญาณที่ขา 7 ของ IC LM3089 ซึ่งเป็นสัญญาณ AFC จะถูกส่งย้อนกลับมายังภาคออสซิลเลเตอร์โดยผ่าน IC4 LM358 เพื่อควบคุมความถี่ของออสซิลเลเตอร์ เมื่อความถี่ออสซิลเลเตอร์มีค่าถูกต้องแรงดัน AFC จะเท่ากับศูนย์เมื่อความถี่ออสซิลเลเตอร์เลื่อนสูงหรือต่ำลง แรงดัน AFC จะมีค่าเป็นบวกหรือลบ การเป็นบวกหรือลบนี้จะแสดงความคลาดเคลื่อนทางความถี่ของออสซิลเลเตอร์นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ลายวงจรขนาดเท่าแบบมองจากด้านอุปกรณ์ ก่อนทำแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
อินฟราเรดรีโมทคอนโทรล

4.1 แนวคิดในการออกแบบ

จากที่ได้สร้างเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมขึ้นมานั้นในการเปลี่ยนช่องสัญญาณนั้นเราต้องใช้มือหมุนลูกบิดซึ่งเป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ (VR) ซึ่งถ้าจะจูนหาภาพก็จะหมุน VR_2 และถ้าจะจูนเสียงก็จะหมุน VR_3 ซึ่งการปรับ VR นี้จะทำให้แรงดันที่ไปตกคร่อมไดโอดที่อยู่ที่ภาคออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนไปทำให้ความถี่ที่ออสซิลเลเตอร์ในภาคจูนเนอร์และออสซิลเลเตอร์ที่ใช้จูนเสียงสร้างออกมาเปลี่ยนไปจึงทำให้สามารถจูนหาสัญญาณภาพ และเสียงได้ ซึ่งไม่สะดวกในการเปลี่ยนช่องเท่าที่ควร ดังนั้นจึงมีความคิดที่จะนำเอารีโมทคอนโทรลมาใช้ในการ เปลี่ยนช่อง ซึ่งมีหลักการว่าถ้าเราทำการกำหนดแรงดันที่มาป้อนให้กับไดโอดเอาไว้ล่วงหน้าใหม่ค่าตรงกับค่าแรงดันที่ต้องการสำหรับการจูนภาพและเสียงของแต่ละช่อง เมื่อเรากดปุ่มที่ตัวรีโมทเพื่อเปลี่ยนช่อง ก็จะทำให้ค่าแรงดันที่ป้อนให้ไดโอดเปลี่ยนไปเป็นค่าที่ต้องการสำหรับช่องที่เรากด ซึ่งทำให้มีความสะดวกมากขึ้น

4.2 ส่วนประกอบของรีโมทคอนโทรล

รีโมทคอนโทรลนั้นแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

- ภาคส่งสัญญาณ
- ภาครับสัญญาณ
- ภาคเอาท์พุต

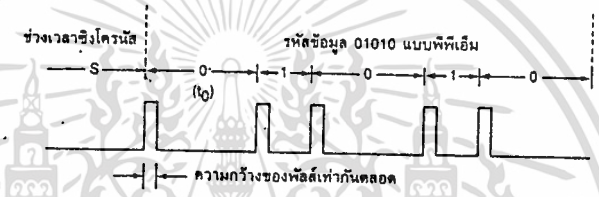
รูปที่ 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของรีโมทคอนโทรล

สำหรับรีโมทคอนโทรลที่จะนำมาใช้กับเครื่องรับนั้นเป็นรีโมทแบบอินฟราเรด สามารถใช้ควบคุมการเปลี่ยนช่องได้สูงสุด 15 ช่อง ซึ่งจะใช้แสงอินฟราเรดในการส่งสัญญาณจากเครื่องส่งไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับ สัญญาณที่ส่งไปนั้นเป็นสัญญาณแบบ พัลส์โพสิชั่นมอดูเลชั่น (Pulse Position Modulation : PPM)

สัญญาณแบบ PPM เกิดจากการมอดูเลตสัญญาณในลักษณะของตำแหน่งพัลส์ กล่าวคือ ขนาดความกว้างของสัญญาณพัลส์จะมีค่าเท่ากันตลอดและไม่มีความสำคัญในการบ่งบอกชนิดของข้อมูลเลย แต่จะใช้คาบเวลาหรือพีเรียด (period) ของพัลส์แต่ละลูกเป็นตัวกำหนดชนิดของข้อมูล เช่น ข้อมูลที่เป็น "1" แทนด้วยพัลส์ที่มีคาบเวลาคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งแตกต่างจากคาบเวลาของพัลส์ที่แสดงข้อมูลเป็น "0" ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 รูปแบบของสัญญาณพีพีเอ็ม

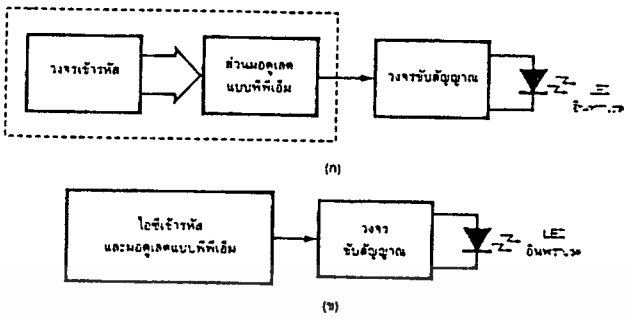
โดยหลักการแล้ว การมอดูเลตสัญญาณแบบพีพีเอ็มจะใช้การแบ่งช่วงสัญญาณด้วยคาบเวลาที่เท่ากัน แต่จุดเวลาที่แสดงสัญญาณพัลส์ต่างกัน เช่น หากสัญญาณเป็นศูนย์ สัญญาณพัลส์จะปรากฏ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของคาบเวลาที่กำหนด ถ้าหากสัญญาณมีแอมปลิจูดเป็นบวก สัญญาณพัลส์จะปรากฏในตำแหน่งที่ล้ำไปทางขวาของจุดกึ่งกลางคาบเวลา โดยมีระยะห่างขึ้นกับค่าของแอมปลิจูดในลักษณะเป็นสัดส่วนกัน

ในทำนองกลับกัน หากสัญญาณมีแอมปลิจูดเป็นลบ สัญญาณพัลส์จะปรากฏอยู่ในครึ่งช่วงแรกของคาบเวลา ดังนั้นการมอดูเลตแบบพีพีเอ็มจึงสามารถใช้ได้ทั้งสัญญาณที่เป็นอนาล็อกและดิจิตอล เพียงแต่ในสัญญาณแบบดิจิตอลเราจะเห็นระยะห่างของพัลส์ได้แน่นอนกว่า เพราะมีขนาดสัญญาณเพียงสองระดับ จึงดูเหมือนว่าคาบเวลาของพัลส์เป็นตัวกำหนดชนิดของข้อมูล

4.2.1 ภาคส่งสัญญาณ

รูปที่ 4.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรในภาคส่งสัญญาณควบคุมที่ใช้แสงซึ่งประกอบด้วย วงจรเข้ารหัสทำหน้าที่จัดรูปแบบของรหัสควบคุมตามที่กำหนด จากนั้นทำการมอดูเลตให้เป็นสัญญาณพีพีเอ็มก่อนส่งไปยังวงจรขับสัญญาณ เพื่อแปลงให้เป็นแสงสำหรับส่งออกไป ในทางปฏิบัติเราสามารถใช้ไอซีสำเร็จรูปซึ่งทำหน้าที่เข้ารหัสและมอดูเลตแบบพีพีเอ็มไปพร้อมกันได้เลย เช่น ไอซีเบอร์ SL490 ซึ่งจะช่วยให้วงจรมีขนาดเล็กลง และลดความยุ่งยากซับซ้อนของวงจรลงได้

เอกสารนี้มีไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



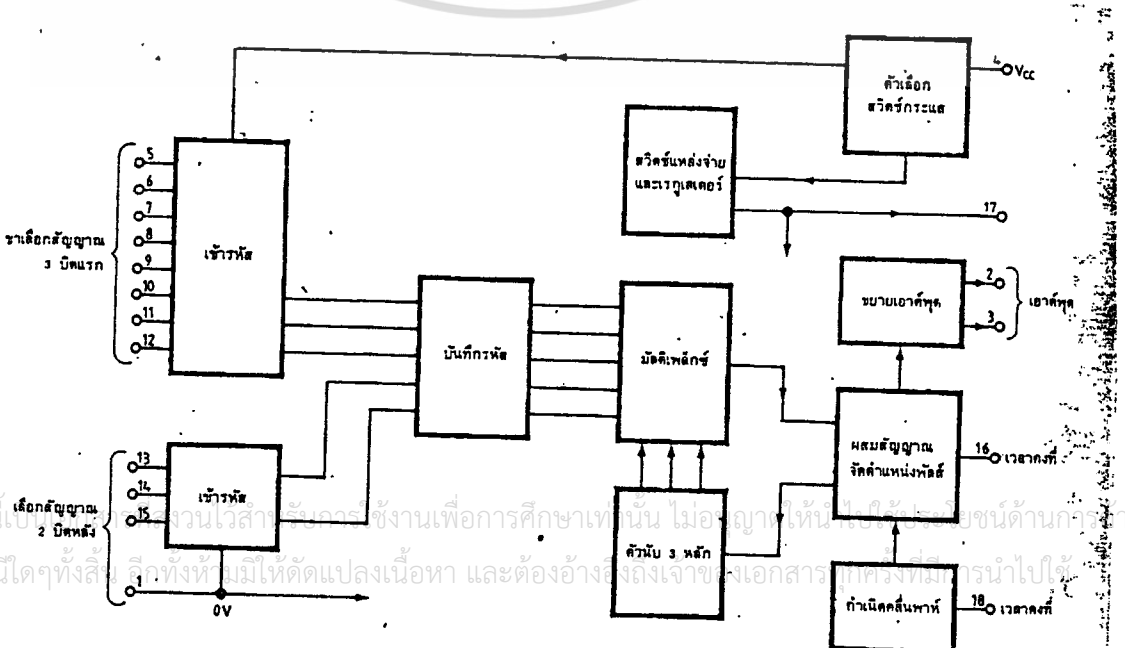
รูปที่ 4.3 บล็อกไดอะแกรมของภาคส่ง

(ก) ไดอะแกรมละเอียดของภาคส่ง

(ข) ไดอะแกรมของภาคส่ง เมื่อทำการรวมวงจรเข้ารหัสและส่วนมอดูเลตเข้าด้วยกัน โดยใช้ไอซี

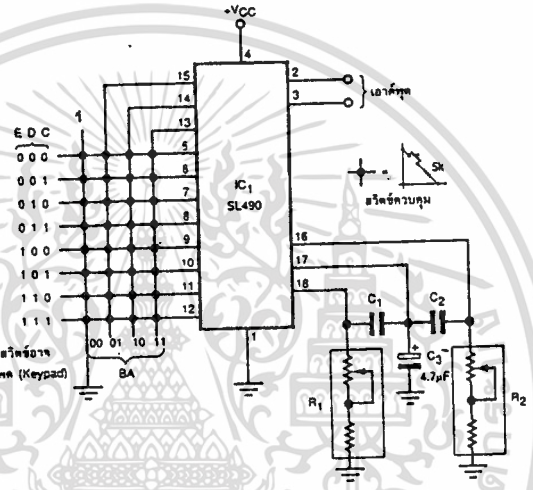
ไอซี SL490 เป็นไอซีที่ถูกออกแบบมาสำหรับระบบรีโมทคอนโทรลโดยเฉพาะ โดยกินกระแสไฟเพียง 6 ไมโครแอมป์ ในขณะที่ไม่มีการส่งสัญญาณ ลักษณะของสัญญาณพีพีเอ็มที่ได้สามารถใช้ส่งออกไปได้เลย หรืออาจรวมกับคลื่นพาห์ในแบบของสัญญาณโทนเบิรสต์ก็ได้

ภาคส่งสัญญาณนี้ใช้ ไอซี เบอร์ SL490B ซึ่งเป็นไอซีสำหรับเข้ารหัสเมื่อกดคีย์ โดยส่งออกไปเป็นลักษณะของพัลส์โพซิชั่น มอดูเลชั่น สัญญาณพีพีเอ็มนี้จะมีลักษณะเปลี่ยนไปตามโค้ดที่ได้จากโค้ดรีจิสเตอร์ถ้าเป็นการส่งย่านอัลตร้าโซนิกจะใช้อัลตร้าโซนิกทรานสดิวเซอร์เป็นตัวปล่อยพัลส์ แต่ถ้าใช้แสงอินฟราเรดในการส่งจะใช้ LED แทน โครงสร้างภายในของ SL490B แสดงดังรูปที่ 4.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรใช้งานของไอซี SL490B แสดงดังรูปที่ 4.5 การเข้ารหัสของไอซี SL490B สามารถทำได้สูงสุดถึง 32 รูปแบบ โดยการต่อสวิตช์เชื่อมกันในลักษณะเมตริกแบบ 8 * 4 จากกลุ่มขาชุดแรก คือขา 5 - 12 กับกลุ่มขาอีกชุดคือขา 1,13,14,15 รหัสข้อมูลที่กำหนดมีอยู่ 5 บิตเรียงกันแบบ EDCBA โดยบิต EDC กำหนดจากขาชุดแรก และบิต BA กำหนดจากขาชุดหลัง ตัวอย่างเช่น หากกดสวิตช์เชื่อมระหว่างขา 7 กับ ขา 14 จะได้รหัสควบคุมออกมาเป็น 01010 เป็นต้น ในการออกแบบเราอาจเลือกใช้สวิตช์บางตัวก็ได้



รูปที่ 4.5 วงจรใช้งานของ SL 490B

การส่งสัญญาณควบคุมแบบโทนเบิรสต์ สามารถทำได้จากวงจรใช้งานในรูปที่ 4.5 โดยการกำหนดค่าของ R_1 และ C_1 จากสมการ

$$f = 1/C_1R_1$$

เมื่อ f เป็นความถี่ในหน่วยของเฮิรตซ์ C_1 และ R_1 มีหน่วยเป็นฟารัดและโอห์มตามลำดับ ตัวต้านทาน R_1 ควรเลือกค่าระหว่าง 20 - 80 กิโลโอห์ม และความถี่ที่ออกแบบไม่ควรสูงกว่า 200 กิโลเฮิรตซ์ ในกรณีที่ต้องการส่งสัญญาณควบคุมโดดๆ ไม่มีคลื่นพาห์ร่วมไปด้วย ให้ถอด C_1 ออก แล้วเลือกใช้ตัวต้านทานขนาด 2.2 กิโลโอห์ม ต่อแทน R_1

คาบเวลาที่ใช้สำหรับส่งข้อมูลที่เป็น "0" หรือ t_0 กำหนดด้วยค่าของ C_2 และ R_2 จากสมการ

$$t_0 = 1.4C_2R_2$$

เมื่อ t_0 มีหน่วยเป็นวินาที C_2 และ R_2 มีหน่วยเป็นฟารัดและโอห์มตามลำดับ

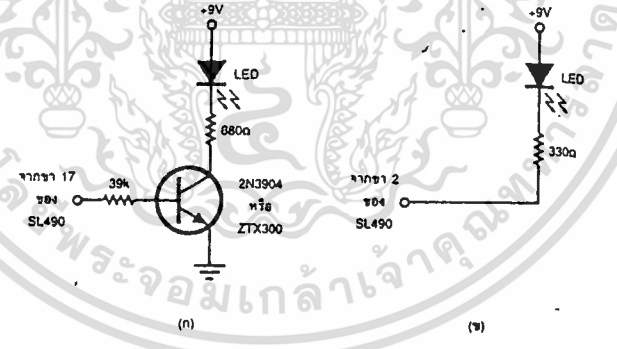
สำหรับคาบเวลาของข้อมูลที่เป็น "1" จะถูกกำหนดอย่างอัตโนมัติให้มีค่าประมาณ 2 ใน 3 ของเวลา t_0 และในกรณีที่ชุดข้อมูลถูกส่งออกมาติดๆ กัน (ซึ่งอาจเกิดจากการกดสวิตช์ค้างนาน

เอกสารนี้เป็นของ ... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกินไป) จะมีการสร้างช่วงเวลาชิงโครนัส (S) กั้นไว้ระหว่างชุดรหัสข้อมูล โดยคาบเวลาชิงโครนัสนี้จะมีค่าเป็น 2 เท่าของ t_0 โดยปกติค่าของ t_0 ควรออกแบบให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 มิลลิวินาที ถึง 1 วินาที และค่าของตัวต้านทาน R_2 ควรอยู่ระหว่าง 15 - 100 กิโลโอห์ม

ข้อดีประการหนึ่งของไอซีเบอร์ SL490B ก็คือขณะทำการกดสวิตช์ส่งสัญญาณ ชุดข้อมูลจะถูกสร้างขึ้นตามรหัสไบนารี EDCBA แล้วส่งออก หากส่งออกไปหมดแล้วแต่สวิตช์ยังคงถูกกดค้างอยู่ข้อมูลชุดเดิมจะถูกสร้างขึ้นมาใหม่แล้วส่งออกต่อไปเรื่อยๆ โดยมีช่วงเวลาชิงโครนัส S เป็นตัวแยกชุดข้อมูลไว้ และหากมีการปล่อยสวิตช์ ข้อมูลในบิตที่เหลือก็ยังคงถูกส่งออกไปจนหมดแล้วจึงหยุด สัญญาณเอาท์พุตที่เป็นสัญญาณพีพีเอ็มจะถูกส่งออกมาทางขา 2

ส่วนขา 3 เป็นเอาท์พุตของไอซีที่มีสถานภาพทางเฟสตรงกันข้ามกับสัญญาณพีพีเอ็มที่ได้จากขา 2 สัญญาณเอาท์พุตอีกอันหนึ่งเป็นสัญญาณที่ได้จากขา 17 โดยปกติขณะไม่มีการส่งสัญญาณ เอาท์พุตที่ขา 17 จะอยู่ในสภาวะต่ำ และเมื่อมีการกดสวิตช์ส่งสัญญาณ เอาท์พุตนี้จะอยู่ในสภาวะสูง ทั้งสัญญาณที่ได้จากขา 2 และขา 17 สามารถนำมาใช้เป็นตัวบอกสภาวะชั่วขณะที่ทำการกดสวิตช์ส่งข้อมูลได้ โดยการต่อวงจรเพิ่มเติมดังรูปที่ 4.6



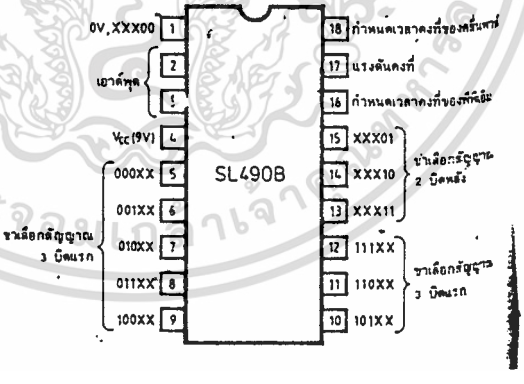
รูปที่ 4.6 การต่อ LED เพื่อแสดงสภาวะการส่งสัญญาณควบคุม

สัญญาณเอาท์พุตที่ขา 2 , 3 ได้มาจากการผสมสัญญาณระหว่างความถี่ของคลื่นพาห์กับสัญญาณมัลติเพล็กซ์ได้เป็นสัญญาณพีพีเอ็มออกมาดังรูปที่ 4.7 โดย t_1 แสดงสภาวะ “1” ซึ่งแคบกว่า t_0 ที่แสดงสภาวะ “0” , ส่วน t_g จะแบ่งแยกสัญญาณพีพีเอ็มแต่ละชุดออกจากกัน รูปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสัญญาณพีพีเอ็ม สัญญาณเลข 22 ของฐานสิบ เพราะไอซีตัวนี้สามารถผลิตสัญญาณเลขฐานสองได้ 5 บิต คือ 32 ช่องสัญญาณ รูปที่ 4.8 แสดงขาใช้งานแต่ละขา

รูปที่ 4.7 สัญญาณพีพีเอ็มที่ส่งออกมา



รูปที่ 4.8 แสดงการใช้งานแต่ละขาของ SL 490B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

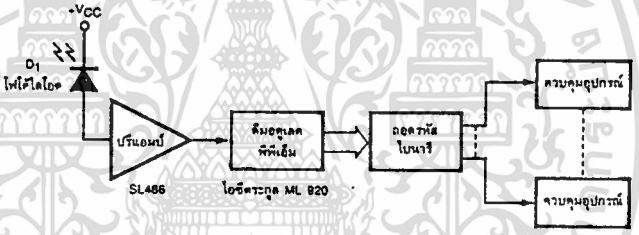
<u>วงจรชับสัญญาณ</u>

สัญญาณเอาท์พุตที่ขา 2 และ ขา 3 ของไอซี SL490B จะจ่ายกระแสออกมาไม่เกิน 5 มิลลิแอมป์ ซึ่งไม่พอเพียงกับการชับ LED อินฟราเรด จึงจำเป็นต้องมีวงจรชับสัญญาณที่ใช้ทรานซิสเตอร์เพิ่มเข้าไป

4.2.2 <u>ภาครับสัญญาณ</u>

ภาครับสัญญาณนี้แบ่งเป็น 3 ส่วนได้แก่

1. ส่วนรับสัญญาณจากโฟโต้ได้โอดและขยายสัญญาณ
2. ส่วนที่ทำหน้าที่ดีมอดูเลต
3. ส่วนทำการถอดรหัส



รูปที่ 4.9 บล็อกไดอะแกรมของภาครับ

4.2.2.1 <u>ส่วนรับสัญญาณจากโฟโต้ไดโอดและปรีแอมป์</u>

เริ่มจากโฟโต้ไดโอด D_1 ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า แล้วทำการขยายสัญญาณด้วยวงจรปรีแอมป์ ก่อนถูกดีมอดูเลตออกเป็นรหัสทางไบนารี จากนั้นทำการถอดรหัสสำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ต่อไป

ส่วนของวงจรปรีแอมป์สามารถใช้ไอซีสำเร็จรูปเบอร์ SL486 ซึ่งออกแบบมาใช้กับสัญญาณอินฟราเรดที่เป็นการส่งข้อมูลแบบดิจิตอลโดยเฉพาะ วงจรภายใน SL486 ประกอบด้วยวงจรพื้นฐาน 2 ส่วนคือ วงจรกำหนดสัญญาณเอาท์พุต และวงจรควบคุมแรงดัน SL486 จะรับสัญญาณเข้ามาโดยผ่านทางโฟโต้ไดโอดรับคลื่น สัญญาณไฟฟ้าจากโฟโต้ไดโอดที่มีค่าในช่วงของนาโนแอมป์และไมโครแอมป์จะถูกขยายส่งออกทางขา 9 ของไอซี SL486 ด้วยค่ากระแสที่อาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากถึง 5 มิลลิแอมป์ ข้อดีของการใช้ไอซีตัวนี้ ก็คือสามารถตัดปัญหาสัญญาณรบกวนจากภายนอกที่ไม่เกี่ยวข้องได้เป็นอย่างดี

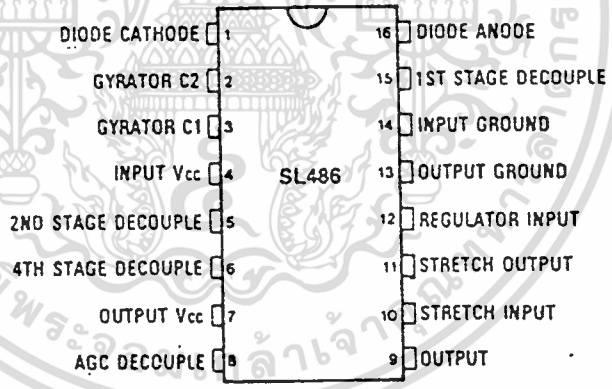
<u>คุณสมบัติของไอซี SL486</u>

1.มีอัตราการปรับสัญญาณอัตโนมัติที่รวดเร็วแม้ในสภาวะแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวน

2.แยกความแตกต่างระหว่างอินพุตและลดสัญญาณรบกวนเพื่อให้มีความเที่ยงตรงสูง

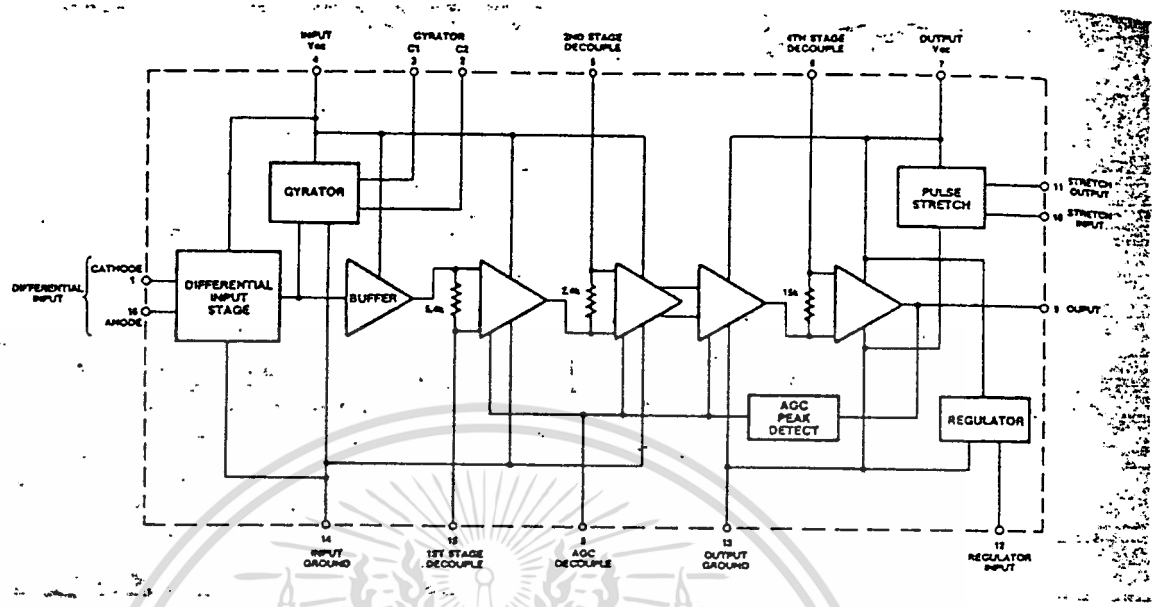
3.รักษาระดับการทำงานของวงจรต่อสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงของแสง

4.สัญญาณรบกวนทางด้านเอาท์พุตต่ำ



รูปที่ 4.10 ลักษณะการจัดขาของ SL486

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

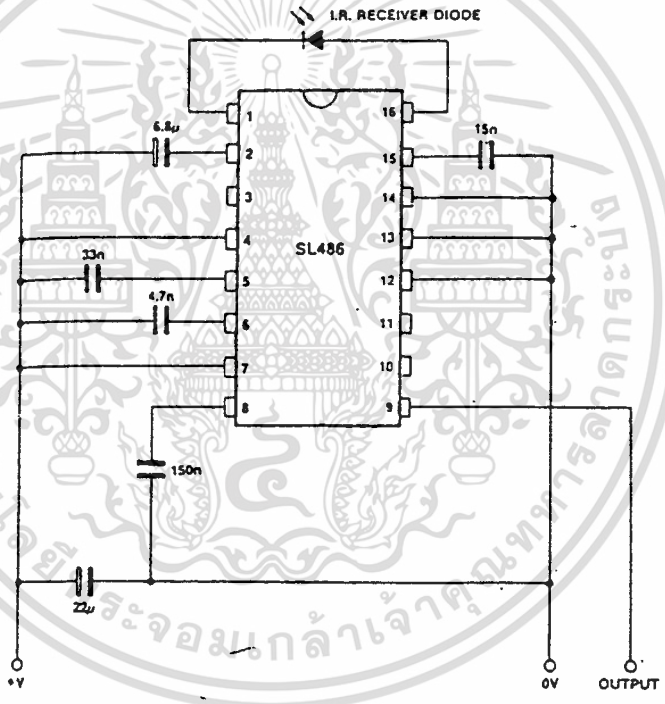


รูปที่ 4.11 โครงสร้างภายในของ SL486

<u>ลักษณะการทำงาน</u>

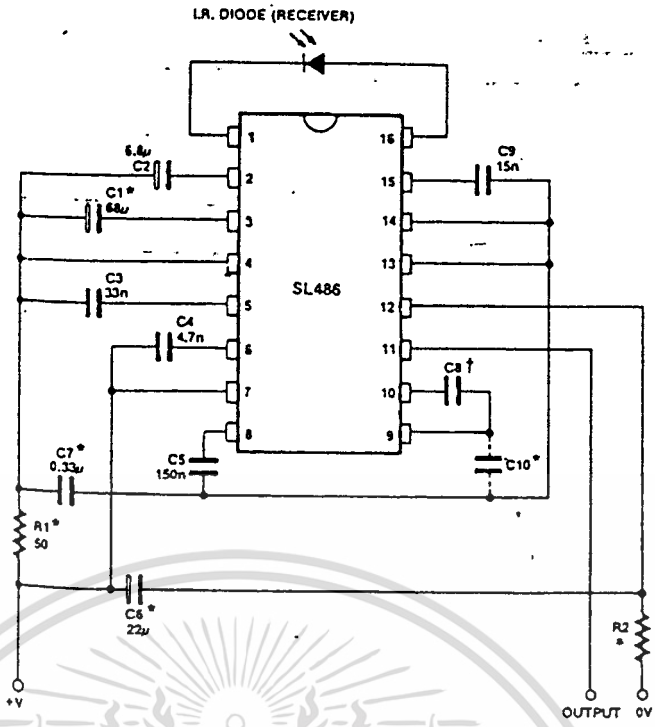
ดูจากรูปที่ 4.12 และ 4.13 ไจเรเตอร์ C_1 (ที่ขา 3) ที่สภาพแวดล้อมต่อการทำงานของ SL486 จะมีการจำกัดแสงจากภายนอก ซึ่งมีผลต่อไดโอดที่กระแสสูงสุด 200 ไมโครฟารัด แสดงในรูปที่ 4 สาเหตุที่ขา 3 ไม่ต่อกับวงจรเพราะเป็นผลในการนำไปใช้งาน เมื่อคุณลักษณะของอุปกรณ์มีการลดลงต่อสภาพแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 การนำไปประยุกต์ของ SL 486 ด้วยอุปกรณ์น้อยชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 การนำไปใช้งานของ SL486 อย่างเต็มประสิทธิภาพ

ตัวเก็บประจุ 68 ไมโครฟารัด สามารถสลับเปลี่ยนที่ โดยใช้ตัวต้านทานแทนได้ จะเป็นลักษณะของการลดลงของอัตราการขยายในสภาวะแสงในระดับ 200 ไมโครแอมป์ ค่าในการเลือกตัวต้านทานประมาณ 10 กิโลโอห์ม และ 200 กิโลโอห์ม

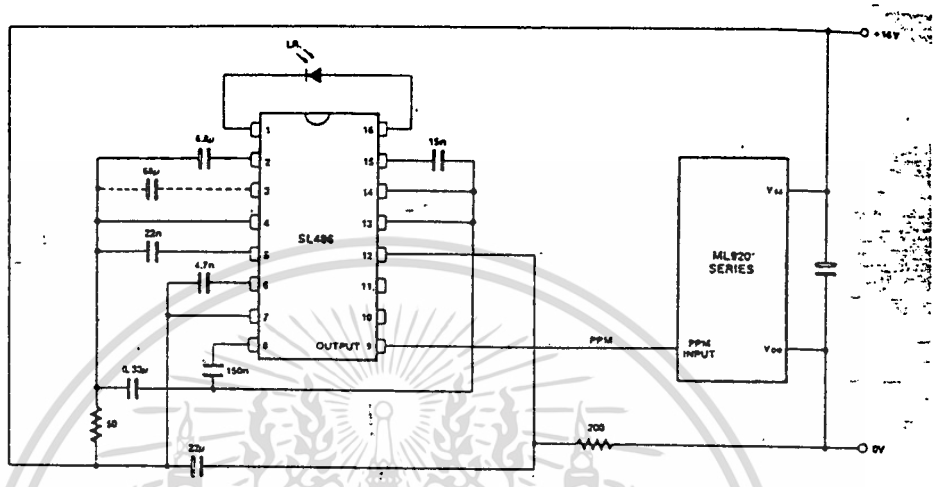
ความทนทานต่อการรบกวน สัญญาณเอาท์พุตที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบภาครับ ตลอดจนวัตถุประสงค์ที่จะกำหนดค่าของสัญญาณเอาท์พุต รวมถึง C_8 (ในรูปที่ 4.13) สาเหตุที่สัญญาณพัลส์จากขา 9 นำไปใช้รวมกับอินพุต เพราะว่ามีสัญญาณรบกวนรวมมากับพัลส์ จากขา 9 มีสัญญาณต่ำจึงไม่สามารถเห็นได้เมื่อเอาท์พุตที่ออกที่ขา 11 ลักษณะการพัฒนาให้สามารถใช้การช่วยเหลือด้านอินพุตโดยรวมถึงฟิลเตอร์ทางด้านของเอาท์พุต (C_{10} ในรูปที่ 4.13) ค่าที่สามารถปรับ (100 พิโกฟารัด) เพื่อลดสัญญาณรบกวนพัลส์

สกรีนนิ่ง ใช้สำหรับสกรีนอุปกรณ์เพื่อกำหนดความทนทานต่อสัญญาณรบกวนภายนอก ระบบสกรีนนิ่งใช้วิธีป้องกันความไวในวงจรส่วนหน้าของอุปกรณ์ โดยกำหนดให้ไดโอดที่ขา 1 และ 16 , C_2 (ขา 2) เป็นขั้นตอนแรกในการดีคัปเปิ้ล (ขา 15) การสกรีนนิ่งอาจจะพบในการนำไปใช้งาน ในส่วนที่เหลือของวงจรไม่มีการป้องกัน ในการนำไปประยุกต์ใช้งานเมื่อมีสัญญาณรบกวนในระดับปกติที่จะมีการสกรีนน้อยที่ขา 1 และ 16 ซึ่งมีไดโอดต่ออยู่ ซึ่งในบางกรณีสกรีนไม่มีความจำเป็นขึ้นอยู่กับสัญญาณรบกวน ซึ่งการดีคัปปลิ้งและการฟิลเตอร์มีความจำเป็นต่อการถอดรหัส

ดีคัปปลิ้ง การปรับแต่งดีคัปปลิ้งสำหรับใช้งานโดยปราศจากเรกูเลต ดังในรูปที่ 4.13 และ 4.12 ลักษณะการนำเรกูเลเตอร์มาใช้งานในความถี่สูง แหล่งจ่ายประกอบด้วย R_2 โดยการเลือกค่าที่ขา 12 ของ R_2 โดยใช้ -9.0 ถึง -18 โวลต์ ตัวอย่างเช่น การนำไปใช้รวมกับ ML920

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SERIES ดังแสดงในรูปที่ 4.14 โดยการนำค่า R_2 ประมาณ 200 โอห์ม ในการเรกูเลตจะมีจุดที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำระหว่างขา 12 และ 13 และ C_7 มีค่าเป็น low อิมพีแดนซ์ระหว่างขา 4 และ 12 ที่ความถี่สูง



รูปที่ 4.14 การนำ SL486 ไปใช้งานร่วมกับ ML920 Series

การนำไปใช้งาน

ดูตัวอย่างจากรูปที่ 4.13 ไดโอดที่ต่อระหว่างขา 1 และ 16 เป็นตัวรับแสงอินฟราเรดอยู่ในส่วนอินพุตของวงจร ซึ่งสัญญาณจากขาทั้ง 2 จะถูกเปรียบเทียบกันทำให้อุปกรณ์มีความเที่ยงตรงมากขึ้นเป็นจุดสำคัญในการลดความไวต่อสภาวะแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวน

ไจเรเตอร์ C_2 และ C_1 ที่ต่อระหว่างขา 2 และ 3 จะเป็นตัวดีคัปปลิ้งสัญญาณซึ่งไจเรเตอร์จะกำเนิดสัญญาณในช่วงโรลส์-ออฟ และมีการฟีดแบ็คกันในลูป เพื่อให้เกิดความสมดุลกับสัญญาณจากไดโอดอินฟราเรด ค่าของ C_2 และ C_1 ถูกเลือกให้ผลิตความถี่ในช่วงที่ต่ำกว่าความถี่คัตออฟ (Cut-Off) คือ 2 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งวงจรไจเรเตอร์นี้มีอัตราการลดสัญญาณที่มีความถี่ 100 เฮิรตซ์ลงได้ถึง 20 dB นอกจากนี้ไจเรเตอร์จะสร้างสัญญาณฟีดแบ็คให้การทำงานใน 2 ส่วน คือ ส่วนแรกจะทำหน้าที่เมื่อไดโอดมีกระแสต่ำกว่า 200 ไมโครแอมป์ และจะดีคัปปลิ้งโดย C_2 สำหรับกระแสของไดโอดจะอยู่ระหว่าง 200 ไมโครแอมป์ และ 1.5 มิลลิแอมป์ ในส่วนที่ 2 จะเป็นตัวควบคุมการทำงานของลูปและดีคัปปลิ้งโดย C_1

การดีคัปปลิ้งในชั้นที่ 1, 2 และ 4 ของตัวอย่างในรูปที่ 4.13 จะต่อตัวเก็บประจุค่า 15, 33 และ 4.7 นาโนฟารัด ที่ขา 15, 5 และ 6 ตามลำดับ ซึ่งจะทำหน้าที่ดีคัปปลิ้งสัญญาณที่ขานอนอินเวอร์ติ้ง เป็นการขยายความแตกต่างของสัญญาณ โดยการกำหนดค่าของตัวเก็บประจุในแต่ละชั้นนี้จะเลือกผลิตความถี่ ที่ 2 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ที่ต่ำกว่าช่วงโรลส์-ออฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาท์พุตจากวงจรขยายความแตกต่างขั้นที่ 4 จะถูกส่งเข้าไปยังวงจร AGC เพื่อตรวจสอบยอดระดับแรงดันและควบคุมอัตราขยายให้คงที่ก่อนส่งออกและป้อนกลับไปยังวงจรภาคต้น ๆ ซึ่งในส่วนนี้จะเหมือนเป็นแหล่งจ่ายกระแสคงที่ที่จำกัดเพียง 10 มิลลิแอมป์ บริเวณขา 8 จะต้องต่อตัวเก็บประจุดีคัปปลิ้ง (C_5) ค่าประมาณ 150 นาโนฟารัดให้ด้วย

วงจร AGC นี้มีอัตราการทำงานที่รวดเร็วมาก เมื่อภาคอินพุตสามารถตรวจจับพัลส์อินฟราเรดได้ อัตราการขยายของวงจรจะลดลงโดยทันที ทำให้สัญญาณรบกวนระดับต่ำที่ปะปนมาถูกจำกัดออกไปและไม่ไปปรากฏทางด้านเอาท์พุต คงเหลือไว้แต่สัญญาณอินฟราเรดที่เป็นข้อมูลเท่านั้น แต่หากจำเป็นต้องไปใช้ในสถานที่ที่มีการรบกวนสูงจริง ๆ วงจร AGC ก็ยังมีการหน่วงเวลาและกำจัดสัญญาณรบกวนออกไปก่อนที่จะส่งออกไปยังเอาท์พุต หรือวงจรภาคอื่น ๆ ต่อไป

สัญญาณอินฟราเรดจากอินพุตจะทำให้ระดับแรงดันเอาท์พุต (ขา 9) ของไอซีมีระดับต่ำลง โดยที่อินพุตที่รับเข้ามาจะถูกขยายอย่างเป็นเชิงเส้นและให้เอาท์พุตที่มีค่าแรงดันสวิงได้ตั้งแต่ระดับกราวด์จนถึง Vcc

ปกติการส่งสัญญาณอินฟราเรดในระบบ พีพีเอ็ม นี้จะมีคาบเวลาของพัลส์แคบมาก อยู่ในช่วง 15 ไมโครวินาที ซึ่งหากจะวิเคราะห์ถอดรหัสกันจริง ๆ คงต้องอาศัยระบบไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามาช่วยยืดคาบเวลาดังกล่าว แต่โดยตัวไอซีเองแล้วก็สามารถกระทำการยืดคาบเวลาของพัลส์อินพุตดังกล่าวได้ โดยการต่อตัวเก็บประจุเข้าระหว่างขา 9 และ 10 และเปลี่ยนเอาท์พุตจากขา 9 ไปเป็นขา 11 แทน

ความกว้างของพัลส์กำหนดได้โดยค่าของตัวเก็บประจุที่คัปปลิ้ง (C_8 ในรูปที่ 4.12) หาได้โดยใช้สูตร

$$Tp = -R_x C_8 \ln\{1.5/(V_4 - V_{13})\}$$

เมื่อให้

Tp = ความกว้างของพัลส์มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

R_x = 200 กิโลโอห์ม

C_8 = ตัวเก็บประจุคัปปลิ้ง

$(V_4 - V_{13})$ = แรงดันระหว่างขา 13 และ 4

ไอซีตัวนี้สามารถทำงานได้สบาย ๆ ในช่วงแรงดันตั้งแต่ 4.5 - 9 โวลต์ โดยจะต่อระหว่างขา 13, 14 ซึ่งเป็นกราวด์ และ ขา 4, 7 ซึ่งเป็น Vcc ดังรูปที่ 4.12 สำหรับการใช้งานในระดับแรงดันที่เกินกว่า 9 โวลต์ (ไม่เกิน 18 โวลต์) ก็สามารถทำได้โดยอาศัยชิพเรกูเลเตอร์ภายใน โดยจะต้องต่อขา 7 เข้ากับขา 12 ซึ่งจะทำให้ขาเอาท์พุต กราวด์ (ขา 13) มีระดับแรงดันคงที่ประมาณ 6.4 โวลต์ และชิพเรกูเลเตอร์ภายในนี้จะทำงานได้ผลก็ต่อเมื่อมีระดับแรงดันไปเลี้ยงที่เกินกว่า 9 โวลต์เท่านั้น และหากไม่จำเป็นต้องใช้ชิพเรกูเรเตอร์ภายในก็ควรลัดวงจรขา 12 เข้ากับขา 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 ส่วนวงจรดีมอดูเลต

การดีมอดูเลตสัญญาณพีพีเอ็มที่ได้จากขาเอาท์พุตของไอซี SL486 สามารถทำได้ด้วยไอซีสำเร็จรูปในตระกูล ML920 เช่น ML920, ML922, ML926 และ ML927 เป็นต้น ในกรณีที่ต้องการใช้ฟังก์ชั่นควบคุมครบ 32 ช่องสัญญาณ จากวงจรส่งสามารถใช้ไอซี เบอร์ ML922 ได้เพียงตัวเดียว หรือจะใช้ไอซี ML926 ร่วมกับ ML927 ซึ่งไอซีแต่ละตัวจะดีมอดูเลตสัญญาณออกมาได้ 16 ช่องสัญญาณเท่านั้น โดย ML926 จะทำงานเมื่อบิต E เป็น 0 และ ML927 ทำงานเมื่อบิต E เป็น 1

การทำงานของไอซี ML926 จากวงจรในรูปที่ 4.15 (ข) ถูกกำหนดด้วยสัญญาณนาฬิกาภายในที่มีค่าความถี่ที่หาได้จากสมการต่อไปนี้

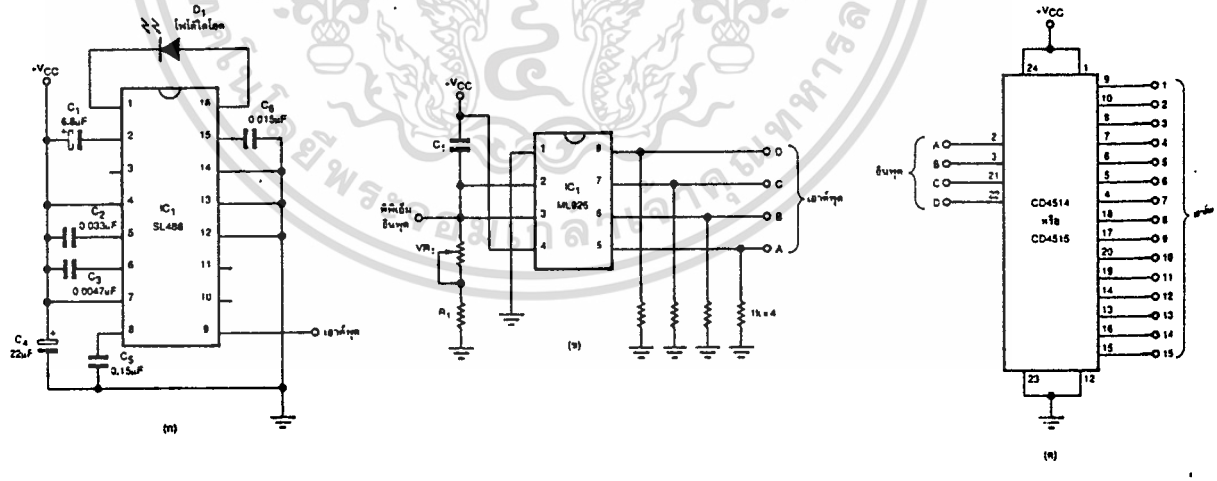
$$f = 1/\{ 0.15\ C_1(VR_1 + R_1)\}$$

เมื่อค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุมีหน่วยเป็นโอห์มและฟารัดตามลำดับและค่าของความต้านทาน VR_1 รวมกับ R_1 ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 2 - 200 กิโลโอห์ม

ค่าความถี่ f ของวงจรรับนี้ ต้องมีความสัมพันธ์กับความถี่ในวงจรส่ง โดยกำหนดจาก

$$f = 40/t_0$$

เมื่อ t_0 เป็นคาบเวลาของข้อมูลบิตที่เป็น "0" ในสัญญาณพีพีเอ็มจากภาคส่งดังได้กล่าวมาแล้ว



รูปที่ 4.15 ส่วนของวงจรภาครับสำหรับรับสัญญาณควบคุม 4 บิต

(ก) ส่วนรับสัญญาณแสง

(ข) ส่วนดีมอดูเลต

(ค) ส่วนถอดรหัสไบนารี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

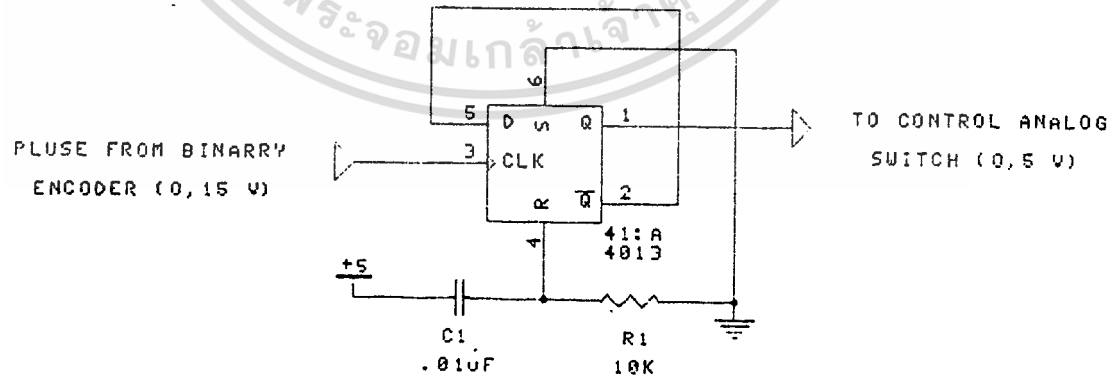
จากวงจรตัวอย่างที่ออกแบบสำหรับรหัสควบคุม 4 บิต สัญญาณไบนารีที่ถูกดีมอดูเลตแล้วจะถูกส่งออกมาที่ขา 8, 7, 6, 5 เป็นบิต DCBA ตามลำดับ ข้อสังเกตในการออกแบบวงจรภาคส่งเพื่อใช้กับ ML926 ที่ภาครับ ก็คือต้องกำหนดให้บิต E เป็น "0" เท่านั้น ซึ่งเหมาะกับการควบคุมที่มีจำนวนช่องสัญญาณสูงสุดไม่เกิน 16 ช่อง

4.2.2.3 วงจรถอดรหัส

รหัสสัญญาณไบนารี DCBA จากขาเอาท์พุตของไอซี ML926 จะถูกนำไปถอดรหัสด้วยไอซีซีมอสเบอร์ CD4514 หรือ CD4515 ดังรูปที่ 4.15 (ค) เพื่อให้ได้สัญญาณเอาท์พุตเป็น "1" ในช่องสัญญาณที่ถูกเลือก ในขณะที่ช่องสัญญาณอื่นเป็น "0" และไอซี CD4515 จะทำงานกลับกัน คือช่องที่ถูกเลือกจะให้สัญญาณเอาท์พุตเป็น "0" ในขณะที่ช่องสัญญาณที่เหลือเป็น "1" สัญญาณควบคุมที่ได้จะถูกป้อนไปยังวงจรที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งอาจเป็นวงจรรีเลย์ก็ได้

4.2.3 ภาคเอาท์พุต

สัญญาณที่ได้จากไอซี ML926 ทางขา 1 - 15 นั้นจะถูกส่งไปยังส่วนภาคเอาท์พุทซึ่งใช้ไอซี เบอร์ CD4013 ซึ่งเป็น D-FlipFlop ดังรูปที่ 5.16 ทำหน้าที่คงค่าสัญญาณที่ถูกส่งมาจากไอซี ML926 ไว้ เพราะถ้าไม่มี D-FlipFlop นี้เมื่อเราปล่อยมือจากปุ่มที่กดที่ตัวเครื่องส่งสัญญาณที่ออกมาจากขาเอาท์พุตของไอซี ML926 ก็จะหายไปด้วย



รูปที่ 4.16 แสดงวงจรภาคเอาท์พุต

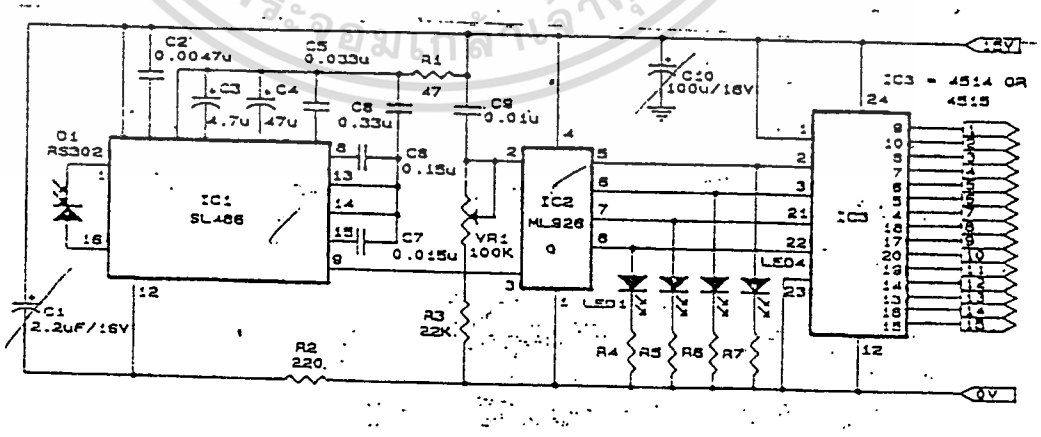
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ ไอซี CD4013 1 ตัวสามารถต่ออินพุตได้ 2 ช่อง สัญญาณที่ออกจาก D-FlipFlop นี้จะเปลี่ยนแปลงเป็นสถานะตรงกันข้ามกับของเดิมเมื่อสัญญาณทางอินพุตเปลี่ยนแปลง เพราะฉะนั้น สมมติว่า เดิมสถานะที่ขาเอาท์พุตทุกขาของ D-FlipFlop ตัวที่ 1 เป็น "0" (ในตอนที่ยังไม่ได้กดปุ่มที่ตัวเครื่องส่ง) เมื่อเรากดช่อง 1 ที่เครื่องส่ง ขาเอาท์พุตที่ 1 ของ D-FlipFlop จะเปลี่ยนเป็น "1" และจะคงค่านี้ไปตลอดจนกว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่ขาอินพุตของ D-FlipFlop และเมื่อเราต้องการเปลี่ยนช่องเป็นช่อง 2 เราต้องกดปุ่มช่อง 1 อีกครั้งเพื่อทำให้ขาเอาท์พุตที่ 1 ของ D-FlipFlop เปลี่ยนเป็น "0" จากนั้นก็กดช่อง 2 ที่เครื่องส่ง ขาเอาท์พุตที่ 2 ของ D-FlipFlop จะเปลี่ยนจาก "0" เป็น "1"

4.3 การทำงานของวงจรโดยรวม

วงจรภาคส่งใช้ไฟ 9 โวลต์ ป้อนเข้าขา 4 ของ SL490B และเป็นไฟเลี้ยงให้ Q1, Q2 เมื่อขา 2 ให้สัญญาณเอาท์พุตเป็นไบแอสสำหรับ Q_1 เพื่อชับ Q_2 ให้ทำงาน LED_1, LED_2 จะส่งพัลส์อินฟราเรดออกมา โดยมี R_1, R_2, C_1, C_2 เป็นตัวกำหนดความถี่คลื่นพาห์

วงจรภาครับในรูปที่ 4.17 ใช้แหล่งจ่ายไฟ 15 โวลต์ เลี้ยง SL486, ML926 และ CD 4514 มีไดโอด RS302 เป็นตัวรับแสงอินฟราเรด ซึ่งต่อเข้ากับ ขา 1, 16 ของ SL486 ซึ่งจะดีโค้ดและขยายสัญญาณพีพีเอ็ม แล้วส่งเข้าอินพุต ขา 3 ของ ML926



รูปที่ 4.17 แสดงวงจรภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VR_1 100 กิโลโอห์ม ปรับค่าได้ใช้สำหรับปรับความถี่ออสซิลเลเตอร์ของ IC_2 ให้ตรงกับอินพุตที่รับเข้ามา ส่วนขา 5, 6, 7, 8 ของ IC_2 เป็นเอาท์พุตสัญญาณเลขฐานสอง ซึ่งจะแสดงผลผ่าน LED_1 - LED_4 สำหรับ IC_3 CD4514 (หรือ CD4515) รับสัญญาณเข้ามาถอดรหัสให้ได้เอาท์พุต 15 ช่อง ในกรณีของ CD4514 เมื่อยังไม่มีการทำงานเอาท์พุตทั้งหมดจะเป็น "0" เวลากดสวิตช์ช่องใดช่องหนึ่ง ช่องนั้นจะมีเอาท์พุตเป็น "1" ส่วน CD4515 จะตรงกันข้าม แต่ผลลัพท์ในการควบคุมเหมือนกัน

ตรงอินพุตของ IC_3 นี้ จะมีสภาวะเป็น "0" หมดทั้ง 4 อินพุต เมื่อยังไม่กดสวิตช์เลือกช่อง ถ้าสมมติว่าเรามีสวิตช์สำหรับเลือกช่องโดยให้สัญญาณเลขฐานสองเป็น "0000" จะมีสัญญาณพีพีเอ็มมาจากเครื่องส่ง ผ่านภาครับภาคขยาย พอออกจาก ML926 เอาท์พุตที่ได้จะเป็นสภาวะ "0000" ซึ่งเป็นสภาพปกติของอินพุตของ IC_3 อยู่แล้ว ดังนั้นจึงไม่มีอะไรเกิดขึ้นทำให้เราไม่สามารถใช้งาน ช่อง 0 เป็นสัญญาณควบคุมได้

วงจรเอาท์พุตใช้ CD4013 ซึ่งเป็นไอซีฟลิปฟลอป ช่องสัญญาณ 15 ช่อง ใช้ CD4013 ทั้งหมด 8 ตัว เมื่อสัญญาณอินพุตช่อง 1 ถูกส่งเข้ามา (ขา 3 ของ CD4013) สัญญาณเอาท์พุตของช่องที่ 1 (ขา 1 ของ CD4013) ก็จะมีแรงดันออกมา เพื่อส่งต่อไปภาคเชื่อมต่อระหว่างรีโมทกับเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมต่อไป

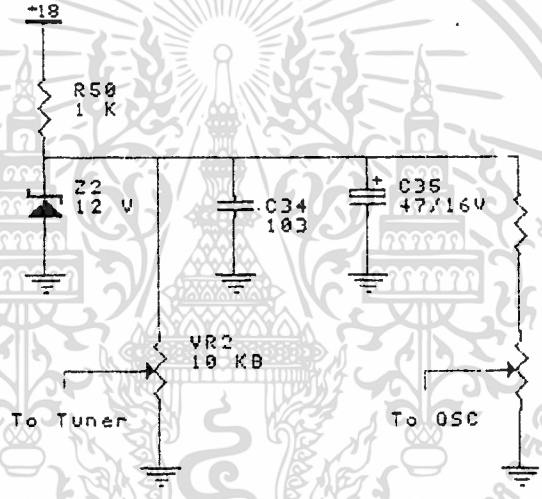
4.4 การปรับแต่ง

วงจรนี้ปรับแต่งที่ VR_1 เพียงจุดเดียว โดยให้กดสวิตช์ของภาคส่งปุ่มใดก็ได้ แล้วปรับ VR_1 จนกระทั่ง LED ติดสว่างอยู่นิ่งไม่กระพริบ เป็นอันว่าใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 วงจรเชื่อมต่อระหว่างเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมกับรีโมทคอนโทรล

ในการที่เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเพื่อให้สามารถรับสัญญาณภาพและเสียงได้นั้น จะต้องปรับที่ VR_2 กับ VR_3 โดยที่ VR_2 เป็นการปรับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนไปยังภาคจูนเนอร์ของภาพเพื่อปรับหาภาพ และ VR_3 เป็นการปรับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนไปยังภาคออสซิลเลเตอร์ของภาคเสียงสำหรับปรับหาเสียง ดังรูป



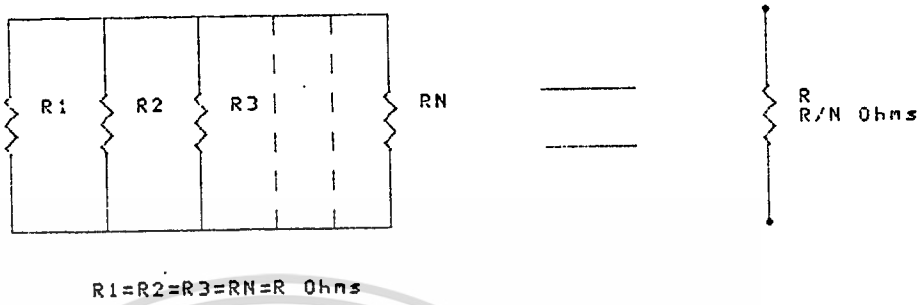
รูปที่ 4.18 วงจรส่วนปรับหาสัญญาณภาพและเสียง

เมื่อเราปรับค่า VR จะทำให้ได้รับสัญญาณภาพและเสียงตามแชนแนลต่าง ๆของสัญญาณจากที่ส่งมาจากดาวเทียม ดังนั้นส่วนวงจรที่เชื่อมกับวงจรรีโมทเพื่อให้สามารถเปลี่ยนแชนแนลของสัญญาณได้ ต้องมี VR_2กับ VR_3 หลาย ๆตัวและปรับค่าให้คงที่แน่นอนเพื่อกำหนดแรงดันไปยังภาคจูนเนอร์และออสซิลเลเตอร์ แล้วสามารถทำให้รับสัญญาณภาพและเสียงได้ตามแชนแนลต่าง ๆ จากนั้นทำการเลือกว่าจะใช้แรงดันจาก VR_2 และ VR_3 ของตัวไหน

ในการออกแบบเรากำหนดไว้ให้จูนได้ 10 แชนแนล เพราะฉะนั้นต้องปรับค่า VR_2 และ VR_3 ที่ต่างกันเพื่อให้สามารถรับสัญญาณภาพและเสียงต่างกัน 10 แชนแนล ดังนั้นเราต้องนำ VR_2 มาต่อขนานกัน 10 ตัว และ VR_3 มาต่อขนานกันอีก 10 ตัว ในวงจรเครื่องรับใช้ค่า VR

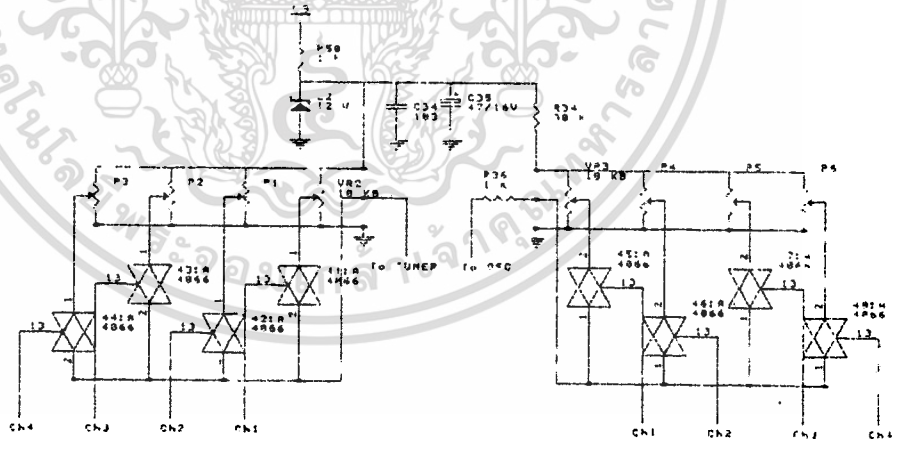
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 10 กิโลโอห์ม การนำ VR มาขนานกัน 10 ตัว และให้ค่าอิมพีแดนซ์เท่าเดิมคือ 10 กิโลโอห์ม เราต้องใช้ VR ที่แต่ละตัวมีค่าเท่ากับ 100 กิโลโอห์ม



รูปที่ 4.19 แสดงค่าอิมพีแดนซ์ของ R ที่ต่อขนานกัน n ตัว

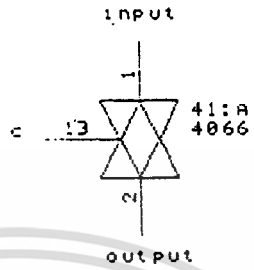
และเพื่อที่จะเลือกว่าจะนำแรงดันจาก VR_2 กับ VR_3 ตัวไหนมาใช้ เราต้องนำอนาล็อกสวิตช์(Analog Switch) มาต่อระหว่างส่วนที่จะส่งไปยังจูนเนอร์กับ VR_2 และ ระหว่างส่วนที่จะส่งไปยังออสซิลเลเตอร์กับ VR_3 ทุกตัว ดังรูป



รูปที่ 4.20 วงจรแสดงการต่อ VR กับ อนาล็อกสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนาล็อกสวิตช์ทำหน้าที่ เปิด-ปิด เส้นทางเดินของสัญญาณจาก VR_2 กับจูนเนอร์ และ VR_3 กับออสซิลเลเตอร์ ดังนั้นเราต้องควบคุมอนาล็อกสวิตช์ว่าจะให้ตัวไหนเปิด หรือ ตัวไหนปิด โดยควบคุมมาจากภาคเอาท์พุตของส่วนรีโมท

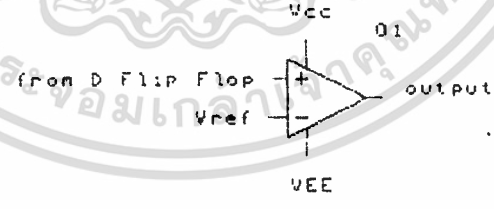


รูปที่ 4.21 อนาล็อกสวิตช์

แรงดันที่ขา C = "1" อนาล็อกสวิตช์จะปิด

แรงดันที่ขา C = "0" อนาล็อกสวิตช์จะเปิด

แรงดันไฟที่ป้อนเข้าขา C เพื่อควบคุมอนาล็อกสวิตช์นี้ เราต้องต่อมาจากขาเอาท์พุตของออป-แอมป์ (Op-Amp) ที่เราใช้ออป-แอมป์นี้เพื่อ เป็นการเปรียบเทียบสัญญาณจากดี-ฟลิปฟลอบ (D-Filp Flop) ของภาคเอาท์พุตของส่วนรีโมท ดังรูป



รูปที่ 4.22 แสดงขาต่างๆของ ออป-แอมป์

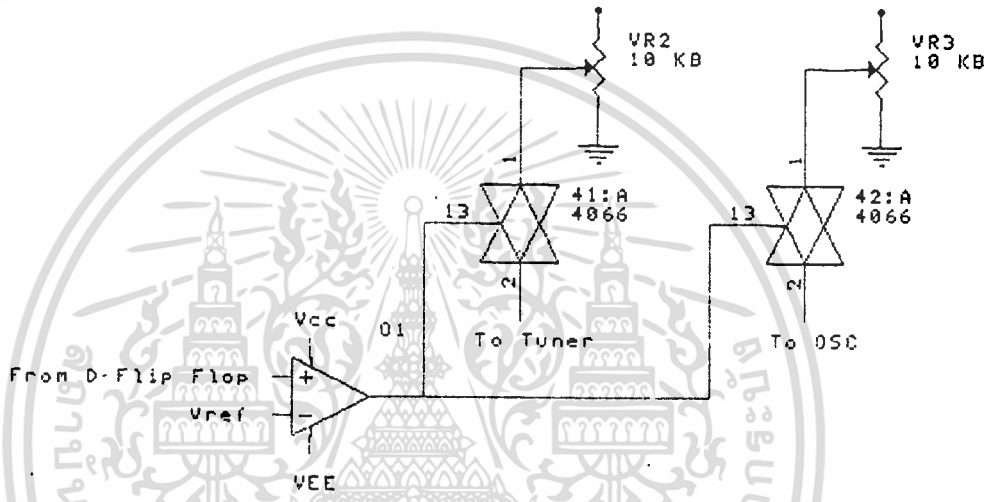
ถ้าสัญญาณจากดี-ฟลิปฟลอป มีค่า มากกว่า Vref เอาท์พุตจะเท่ากับ Vcc

ถ้าสัญญาณจากดี-ฟลิปฟลอป มีค่าน้อยกว่า Vref เอาท์พุตจะเท่ากับ Vee

เอาท์พุตของออป-แอมป์ที่ต่อกับขา C ของอนาล็อกสวิตช์ ต้องต่อที่ทาง VR_2 และ VR_3 ในแชนแนลเดียวกัน เช่น อินพุตของออปแอมป์เป็นแรงดันจากดี-ฟลิปฟลอปของแชนแนล 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

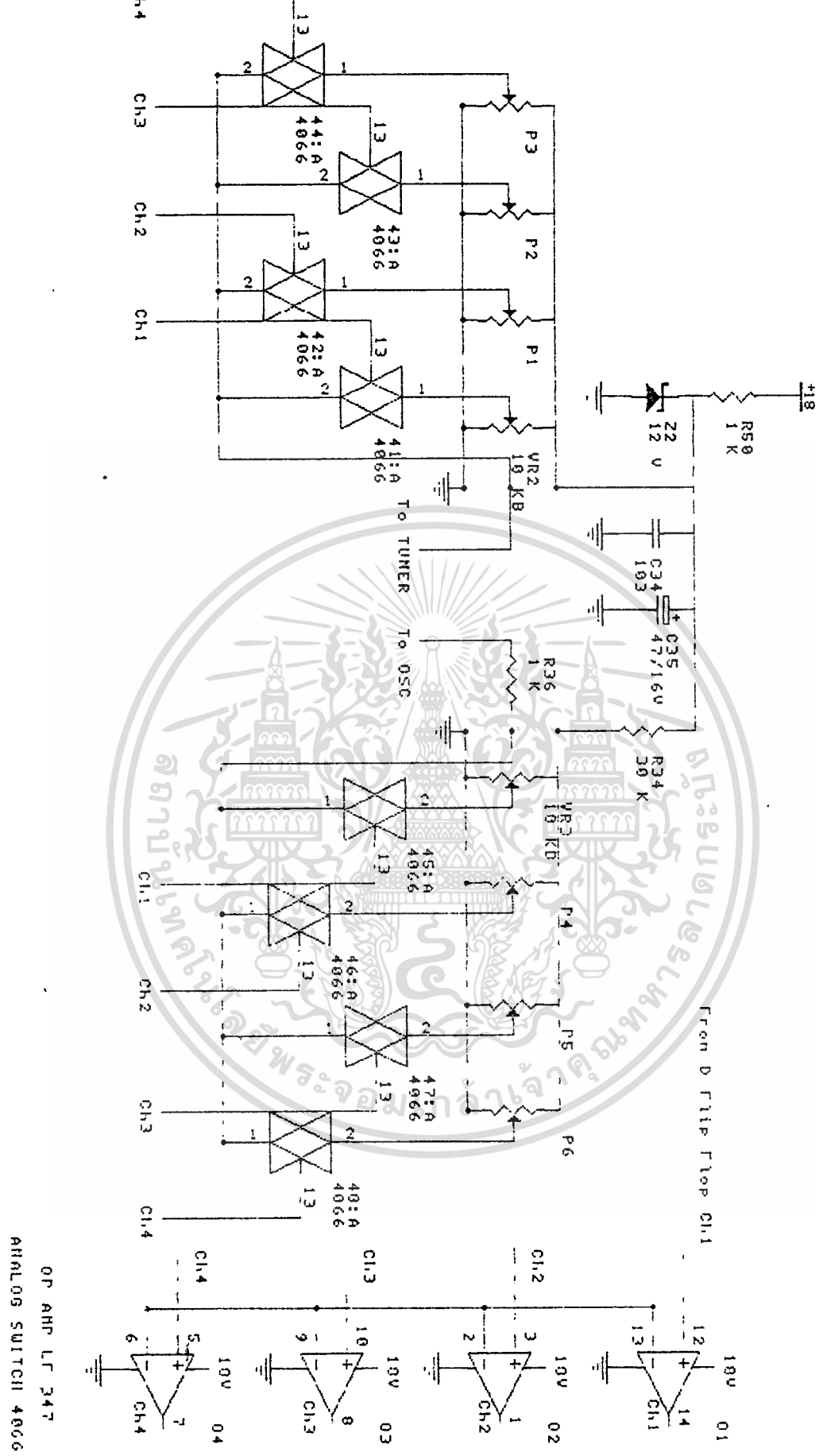
เอาท์พุตของออป-แอมป์ต้องต่อกับขา C ของอนาล็อกสวิตช์ทาง VR_2 ของแชนแนล 1 และอนาล็อกสวิตช์ทาง VR_3 ของแชนแนล 1 ด้วย



รูปที่ 4.23 แสดงการต่อออป-แอมป์ กับ อนาล็อกสวิตช์

สำหรับวงจรที่ใช้งานจริง เราใช้ ไอซี เบอร์ LF347 ซึ่งเป็น ออป-แอมป์ ไอซีหนึ่งตัวจะมีออป-แอมป์อยู่ 4 ตัว และ ไอซี เบอร์ 4066 ซึ่งเป็นอนาล็อกสวิตช์ ไอซีหนึ่งตัวจะมีอนาล็อกสวิตช์อยู่ 4 ตัว ในการออกแบบ เรากำหนดไว้ 10 แชนแนล ดังนั้น ต้องใช้ไอซี LF 347 3 ตัว และ ไอซี 4066 5 ตัว รูปต่อไปนี้จะแสดงวงจรที่ต่ออยู่ 4 แชนแนล ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 แสดงวงจรเชื่อมต่อระหว่างเครื่องรับกับส่วนเอาท์พุตของรีโมท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวงจรนี้ แรงดันที่มาจากดี-ฟลิปฟลอป มีค่าเท่ากับ 0 V และ 5 V เพื่อเป็นการเปรียบเทียบแรงดัน ดังนั้น Vref = 2.5 V และไฟเลี้ยงออป-แอมป์ กำหนด Vcc เท่ากับ 12 V และ Vee เท่ากับ -2.5 V

ถ้า แรงดันจาก ดี-ฟลิปฟลอป เท่ากับ 5 V เอาท์พุตของออป-แอมป์จะเท่ากับ 12 V

ถ้า แรงดันจาก ดี-ฟลิปฟลอป เท่ากับ 0 V เอาท์พุตของออปแอมป์จะเท่ากับ -2.5 V

ส่วนไฟเลี้ยงที่ ไอซี 4066 ซึ่งเป็นอนาล็อกสวิตช์ กำหนด Vdd = 12 V และ Vss = 0 V

ถ้า แรงดันที่ขา C เท่ากับ 12 V อนาล็อกสวิตช์จะ ปิด

ถ้า แรงดันที่ขา C เท่ากับ 0 V อนาล็อกสวิตช์จะ เปิด

ดังนั้น ถ้าแรงดันจากดี-ฟลิปฟลอปเท่ากับ 0 V ทำให้แรงดันที่ขา C ของอนาล็อกสวิตช์เท่ากับ -2.5 V อนาล็อกสวิตช์จะปิด เป็นการตัดเส้นทางทางเดินระหว่างอินพุตกับเอาท์พุตของอนาล็อกสวิตช์ จึงเหมือนกับไม่ได้เลือกใช้แรงดันจาก VR_2 และ VR_3 ของแชนแนลนี้

ถ้าแรงดันจากดี-ฟลิปฟลอป เท่ากับ 5 V ทำให้แรงดันที่ขา C ของอนาล็อก สวิตช์เท่ากับ 12 V อนาล็อกสวิตช์จะปิด จึงเหมือนกับเลือกใช้แรงดันของ VR_2 และ VR_3 ของแชนแนลนี้ แล้วเราทำการปรับ VR_2 และ VR_3 เพื่อให้ได้สัญญาณภาพและเสียงตามต้องการ

4.6 การนำไปใช้งาน

การนำไปใช้งานจะเป็นดังนี้ คือ ถ้าเราต้องการเลือกแชนแนลไหน เราก็กดแชนแนลนั้น ที่ภาคส่งของรีโมทคอนโทรลดี-ฟลิปฟลอปของแชนแนลนั้นก็จะมีแรงดัน 5 V ทำให้ที่ขา C ของอนาล็อกสวิตช์มีแรงดัน 12 V ซึ่งอนาล็อกสวิตช์อยู่ในสภาวะปิด มีผลทำให้แรงดันจาก VR_2 ของแชนแนลนั้นไปควบคุมภาคจูนเนอร์ และแรงดันจาก VR_3 ของแชนแนลนั้นไปควบคุมภาคออสซิลเลเตอร์ ทำให้สามารถรับสัญญาณภาพและเสียงของแชนแนลนั้นได้

เมื่อต้องการเปลี่ยนช่องก็ให้กดแชนแนลนั้นอีกครั้งเพื่อให้ ดี-ฟลิปฟลอปของแชนแนลนั้นมีแรงดันเท่ากับ 0 V แล้วทำให้ขา C ของอนาล็อกสวิตช์มีแรงดันเท่ากับ -2.5 V ซึ่งอนาล็อกสวิตช์จะอยู่ในสภาวะเปิด เป็นการตัดทางเดินระหว่าง VR ของแชนแนลนั้น กับภาคจูนเนอร์ และ VR_2 ของแชนแนลนี้นกับภาคออสซิลเลเตอร์ จากนั้นก็กดแชนแนลที่ต้องการเปลี่ยนช่องต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิธีการทดลองและผลการทดลอง

5.1 วิธีการทดลอง

ได้ทำการทดลองที่ห้องธุรการภาคโดยรับสัญญาณมาจากดาวเทียม ASIASAT (105.5°E) จานสายอากาศทำมุม AZ = 159.9°เทียบกับทิศเหนือ, EL = 68.3°

1. จัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังรูป 5.1
2. ต่อไฟเลี้ยงเข้าวงจรต่าง ๆ ดังนี้
   - 2.1 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ใช้ไฟ 5 V, 12 V, 18 V
   - 2.2 เครื่องส่งรีโมท ใช้ไฟ 9 V
   - 2.3 เครื่องรับรีโมท ใช้ไฟ 15 V
   - 2.4 ส่วนเอาท์พุตของรีโมท ใช้ไฟ 5 V
   - 2.5 ส่วนวงจรเชื่อมต่อกับรีโมทคอนโทรล
3. นำสายที่มาจาก LNB ต่อเข้าที่ จูนเนอร์ ของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม
4. จั๊มสาย VDO,Audio Out ของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเข้า VDO, Audio In ของโทรทัศน์
5. เปิดสวิทช์ Power Supply ป้อนไฟค่าความดันต่าง ๆ เข้าสู่วงจร

5.1.1 ทดสอบส่วนรีโมทคอนโทรล

ทดสอบว่ากดสวิตช์ที่เครื่องส่งของรีโมทคอนโทรลแล้วดูว่าที่ภาครับของรีโมทมีความสว่างขึ้นที่ โฟโต้ไดโอด ถูกแชนแนลหรือไม่ โดยที่โฟโต้ไดโอดจะส่วางเป็นเลขไบนารีของแชนแนลที่กด

เช่น ถ้ากดแชนแนล 1 โฟโต้ไดโอดสว่างเป็น 0001
ถ้ากดแชนแนล 2 โฟโต้ไดโอดสว่างเป็น 0010

1. ทดลองกดแชนแนล 1 แล้ววัดที่ขา 9 ของ ไอซี 4515 ทางด้านภาครับว่ามีแรงดัน 15 โวลท์ขึ้นหรือไม่
2. ทำเหมือนข้อ 2 แต่ลองเปลี่ยนแชนแนล และวัดที่ขาต่าง ๆ ของไอซี 4515 ดังนี้

แชนแนล	2	วัดที่ขา	10
แชนแนล	3	วัดที่ขา	8
แชนแนล	4	วัดที่ขา	7
แชนแนล	5	วัดที่ขา	6
แชนแนล	6	วัดที่ขา	5
แชนแนล	7	วัดที่ขา	4
แชนแนล	8	วัดที่ขา	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แชนแนล	9	วัดที่ขา	18
แชนแนล	10	วัดที่ขา	20

3. ทดลองกดแชนแนล 1 ของรีโมทคอนโทรล และวัดแรงดันที่ขา Q ของ ดี-ฟลิปฟลอป (ขา 1 ของ ไอซี CD 4013 ตัวที่ 1) ที่มีสัญญาณจากขา 9 ของไอซี 4515 เข้าสู่ขา CLOCK ของ ดี-ฟลิปฟลอป
4. ทดลองกดแชนแนล 1 ของรีโมทคอนโทรลอีกครั้ง แล้ววัดแรงดันอีกทีหนึ่ง สังเกตว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่
5. ทำการทดลองเหมือนข้อ 4, 5 แต่เปลี่ยนเป็น แชนแนลต่างๆ ทำการวัดที่ขา Q ของ ดี-ฟลิปฟลอป แต่ละแชนแนล

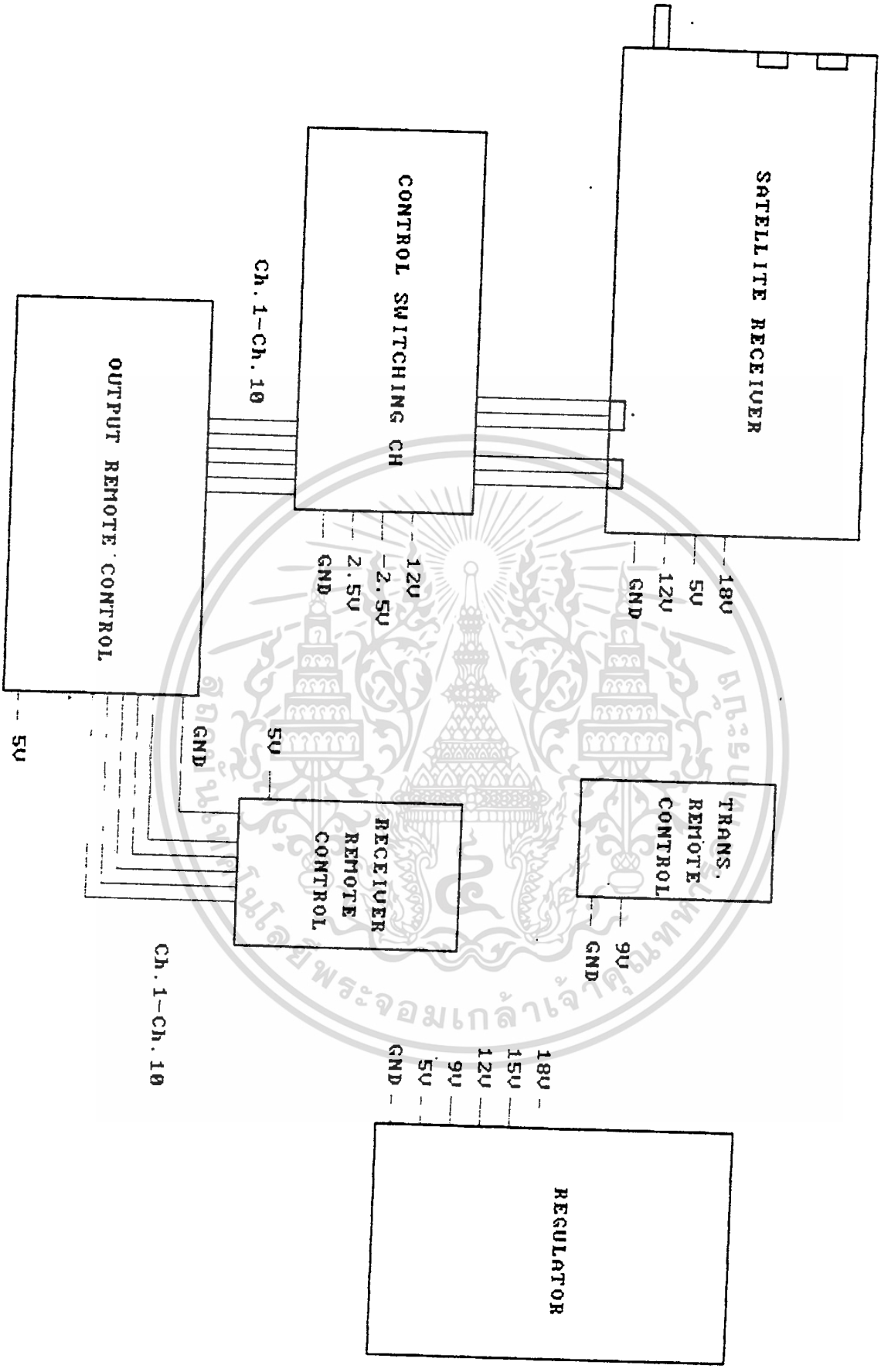
5.1.2 ทดสอบส่วนวงจรเชื่อมต่อระหว่างเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมกับรีโมท

1. ทดลองกดแชนแนล 1 และวัดที่ขาเอาท์พุต ของ ออป-แอมป์ ที่มีอินพุต ของ ออป-แอมป์ ต่อมาจากขา Q ของ ดี-ฟลิปฟลอป แชนแนล 1
2. ทำการทดลองเหมือน ข้อ 1 แต่เปลี่ยนแชนแนล
3. ทำการเซตขา Q ของ ดี-ฟลิปฟลอป ทุกตัวให้มีค่าเป็น " 0 " ให้หมด โดยตรวจจับที่ขา Q ถ้าแชนแนลไหนไม่เป็น " 0 " ให้สวิตช์ แชนแนลนั้นที่ภาคส่งของรีโมทคอนโทรล
4. กดสวิตช์รีโมทแชนแนล 1 และวัดแรงดันที่ขาเอาท์พุตของไอซี 4066 ที่ส่งไปยังภาคจูนเนอร์ ขณะที่หมุน VR_2 ของแชนแนล 1 และลองหมุน VR_2 ของแชนแนลอื่น แล้วดูว่าแรงดันมีค่าเปลี่ยนแปลงหรือไม่
5. วัดแรงดันที่ขาเอาท์พุตของไอซี 4066 ที่ส่งไปยังภาคออสซิลเลเตอร์ ขณะที่หมุน VR_3 ของแชนแนล 1 และลองหมุน VR_3 ของแชนแนลอื่น ดูด้วยว่าแรงดันเปลี่ยนหรือไม่
   กดสวิตช์รีโมทแชนแนล 1 อีกทีหนึ่งทำเหมือนข้อ 4, 5, 6 แต่เปลี่ยนเป็นแชนแนลอื่น

5.1.3 ทดสอบส่วนเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

1. ทำการเซตขา Q ของ ดี-ฟลิปฟลอป ทุกตัวเท่ากับ " 0 "
2. กดแชนแนล 1 แล้วปรับค่า VR_2 ของแชนแนล 1 เพื่อจูนหาภาพและปรับค่า VR_3 ของแชนแนล 1 เพื่อจูนหาเสียง
3. กดแชนแนล 1 อีกครั้งและทำเหมือนข้อ 2 ที่ แชนแนลต่าง ๆ
4. ทำการวัดค่าสัญญาณต่างๆ เช่น สัญญาณ วีดีโอ, ออดิโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แสดงการวางอุปกรณ์ของวงจรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลการทดลอง

5.2.1 ส่วนรีโมทคอนโทรล

เมื่อกดสวิตช์ที่แชนแนลใด จะมีผลทำให้ขา Q ของ ดี-ฟลิปฟลอป แชนแนลนั้นเปลี่ยน คือ จากค่า 0 V เป็น 5 V หรือ 5 V เป็น 0 V สลับกัน เนื่องจากจะมี Pulse ซึ่งมาจาก ไอซี 4515 มาที่ขา CLOCK ของ ดี-ฟลิปฟลอป แต่ละแชนแนล Pulse นี้มีค่า 0 V และ 15 V เมื่อกดสวิตช์ Pulse จะมีค่า 15 V ถ้าไม่กด Pulse มีค่า 0 V

5.2.1.1 ส่วนวงจรเชื่อมต่อระหว่างเครื่องรับกับรีโมทคอนโทรล

เมื่อขา Q ของ ดี-ฟลิปฟลอป แชนแนลใดมีค่าเท่ากับ 5 V จะทำให้ อนาล็อกสวิตช์แชนแนลนั้นปิด ทำให้เมื่อหมุน VR ของแชนแนลนั้น แรงดันขาเอาท์พุตของไอซี 4066 ที่ส่งไปยังภาคจูนเนอร์ และออสซิลเลเตอร์ เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ถ้าหมุน VR ของแชนแนลอื่น แรงดันจะไม่เปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ที่ขา Q ของ ดี-ฟลิปฟลอป แชนแนลอื่นๆ ต้องมีค่าเท่ากับ 0 โวลต์

5.2.2 ส่วนเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

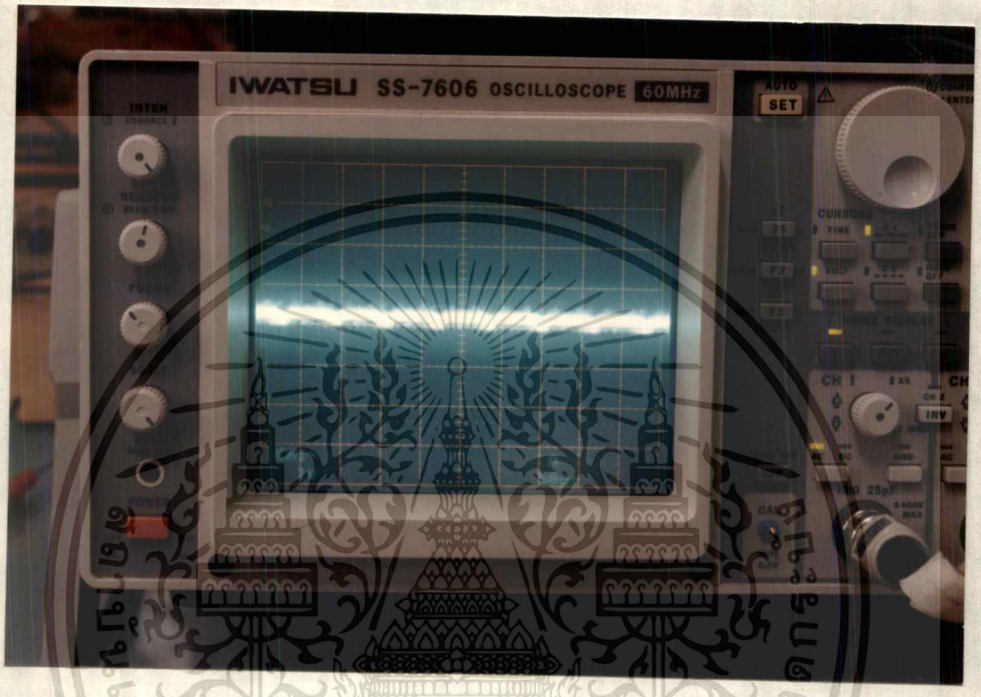
ตอนแรกต้องตั้งให้ขา Q ของ ดี-ฟลิปฟลอป ทุกแชนแนลมีค่าเท่ากับ 0 V เมื่อกดปุ่มสวิตช์แชนแนลใด ของรีโมทคอนโทรล แล้วปรับค่า VR_2 ของแชนแนลนั้น สัญญาณภาพจะเกิดการเปลี่ยนแปลงและสามารถรับภาพได้ จากนั้น ปรับค่า VR_3 ของแชนแนลนั้น สัญญาณเสียงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงและสามารถรับฟังเสียงได้ แต่มีเสียงซ่า เข้ามาแทรกด้วย จากนั้นถ้าต้องการเปลี่ยนช่องให้กดปุ่มสวิตช์แชนแนลนี้อีกที่ เพื่อเซตขา Q ของ ดี-ฟลิปฟลอป แชนแนลนั้นเท่ากับ 0 V แล้วทำการกดปุ่มสวิตช์ แชนแนลนั้นต่อไป แต่บางที่กดปุ่มสวิตช์ช่องหนึ่งขา Q ของ ดี-ฟลิปฟลอป อีกช่องหนึ่ง ก็มีค่าเท่ากับ +5 V ด้วย

ระยะที่ส่งรีโมทคอนโทรลสามารถส่งได้ไกล 8.5 เมตร เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมมีค่า Sensitivity = 2.63 μV สามารถรับสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงได้ 6 แชนแนล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

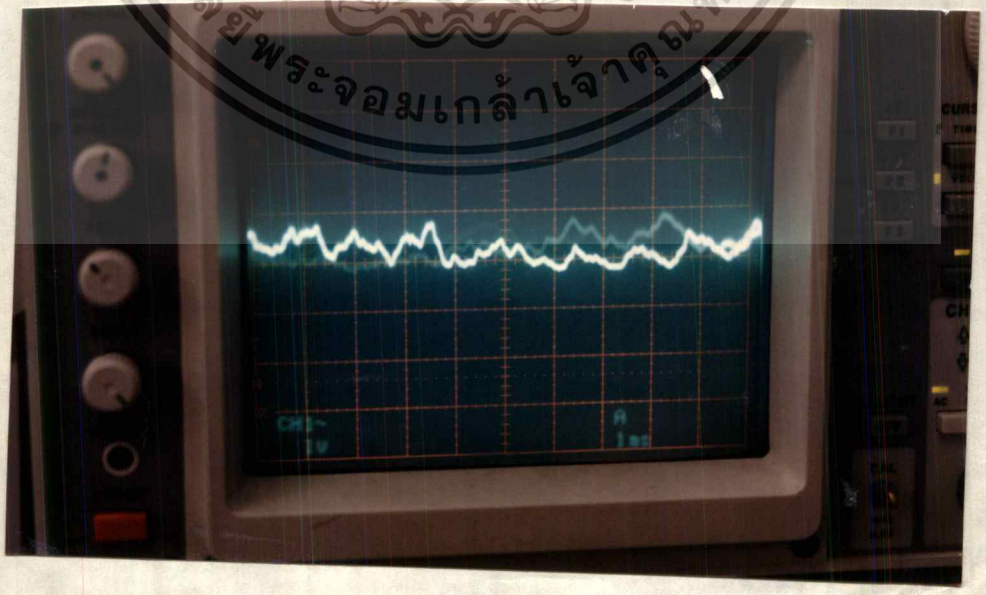
แชนแนล	รายการ	ระบบ	ภาษา
1	PRIME SPORTS	PAL	อังกฤษ
2	MTV	PAL	อังกฤษ
3	BBC	PAL	อังกฤษ
4	ZEE TV	PAL	อินเดีย
5	CHINESE CH	PAL	จีน
6	MYANMAR TV	NTSC	พม่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะสัญญาณภาพสามารถดูได้บางช่องชัดเจน แต่บางช่องภาพจะล้ม ส่วนลักษณะของสัญญาณเสียง จะมีเสียงรบกวนอยู่เกือบตลอดเวลาเป็นเสียงซ่า แต่ก็สามารถรับฟังได้ทดลองใช้ออสซิลโลสโคปจับที่สัญญาณวีดีโอและออดิโอได้ดังนี้



รูปที่ 5.2 สัญญาณภาพที่วัดได้จากออสซิลโลสโคป

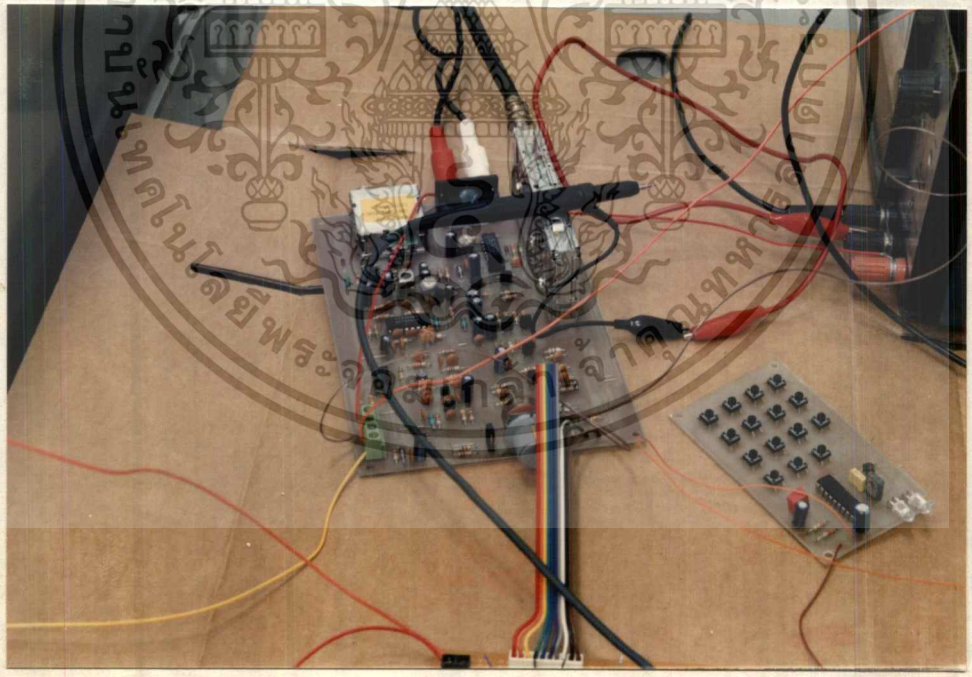


รูปที่ 5.3 สัญญาณเสียงที่วัดได้จากออสซิลโลสโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

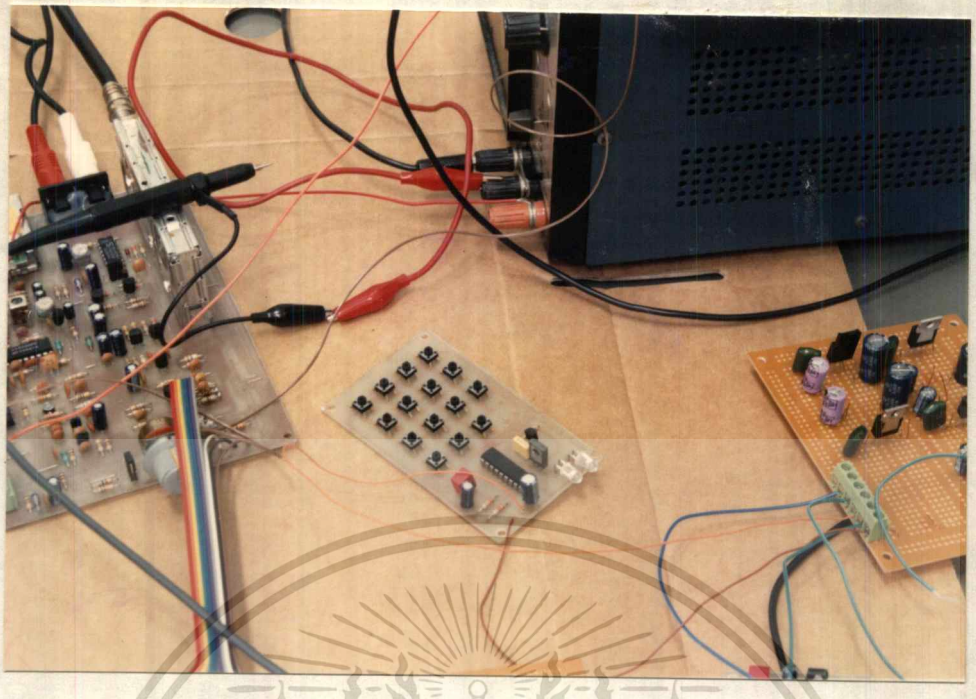
5.3 สรุปผลการทดลอง

การที่เรากดปุ่มสวิตช์แชนแนลต่างๆ ของรีโมทคอนโทรลก็เพื่อ เป็นการเลือกว่าจะใช้แรงดันจาก VR_2 ของแชนแนลไหนไปใช้ เพื่อส่งไปยังภาคจูนเนอร์ และแรงดันจาก VR_3 ของแชนแนลไหนไปใช้เพื่อส่งไปยังยังภาค ออสซิลเลเตอร์ ทั้งนี้ทั้งนั้นขา Q ของ ดี-ฟลิปฟลอป แชนแนลนั้นต้องมีค่าเท่ากับ 5 V เพียงแชนแนลเดียว ส่วนขา Q ของ ดี-ฟลิปฟลอป แชนแนลอื่นๆ ต้องมีค่าเท่ากับ 0 V มิฉะนั้นแล้วจะทำให้ไม่สามารถรับภาพและเสียงได้ หรือรับได้สัญญาณภาพที่ผิดแชนแนลไป เนื่องจากแรงดันที่ส่งไปยังภาคจูนเนอร์ และออสซิลเลเตอร์ มีค่าคลาดเคลื่อนไปจากเดิม ดังนั้นถ้าเราต้องการเปลี่ยนแชนแนลใหม่ ต้องกดสวิตช์ที่แชนแนลเก่าก่อน แล้วค่อยสวิตช์ที่แชนแนลใหม่ต่อไป

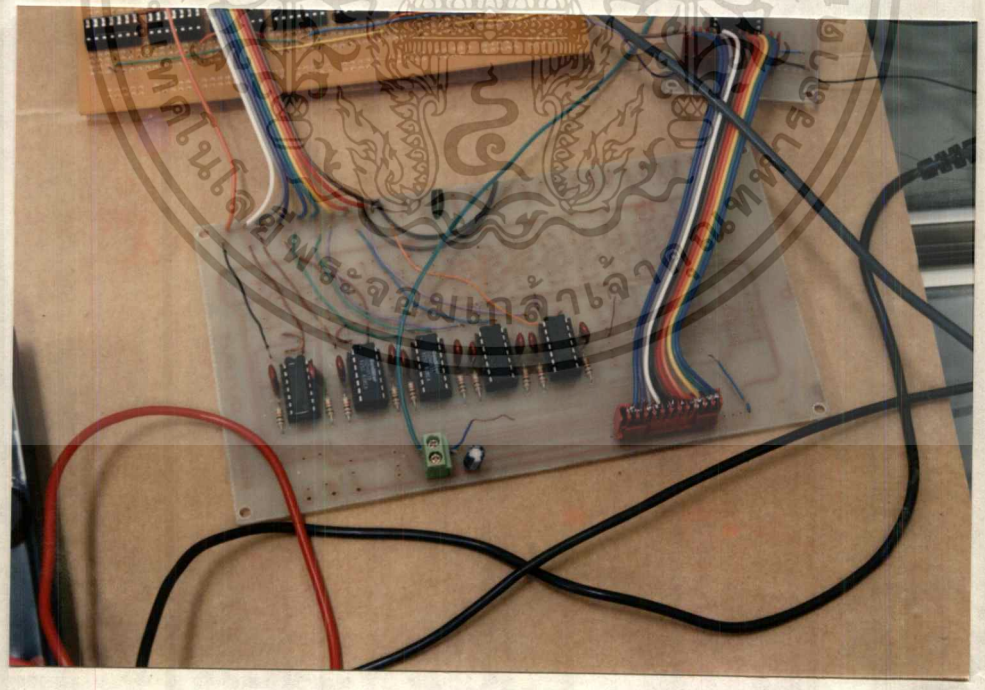


รูปที่ 5.4 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

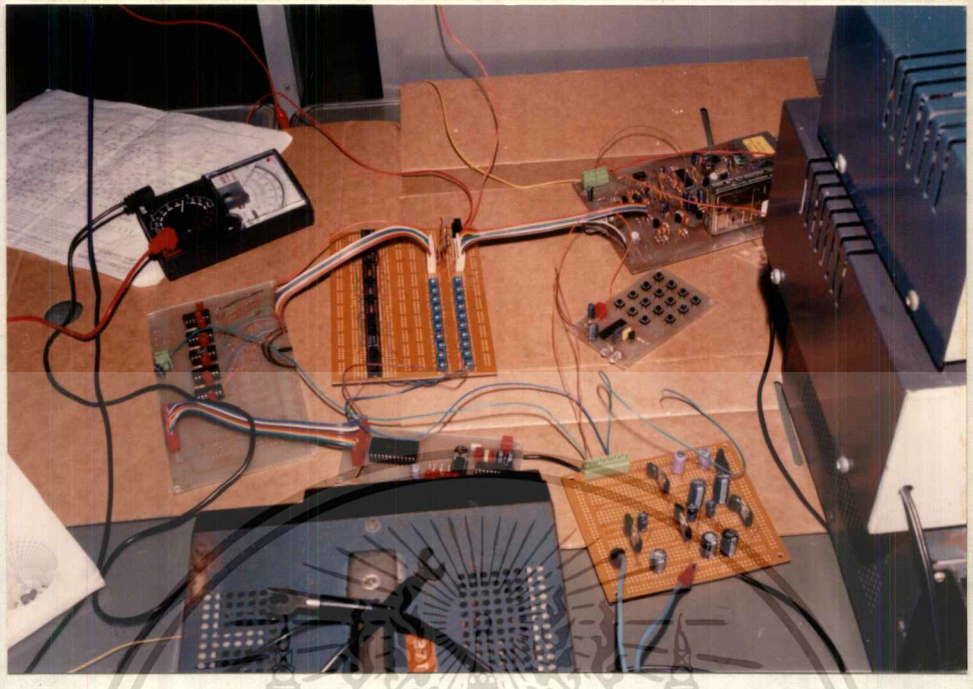


รูปที่ 5.5 ภาคส่งของรีโมทคอนโทรล

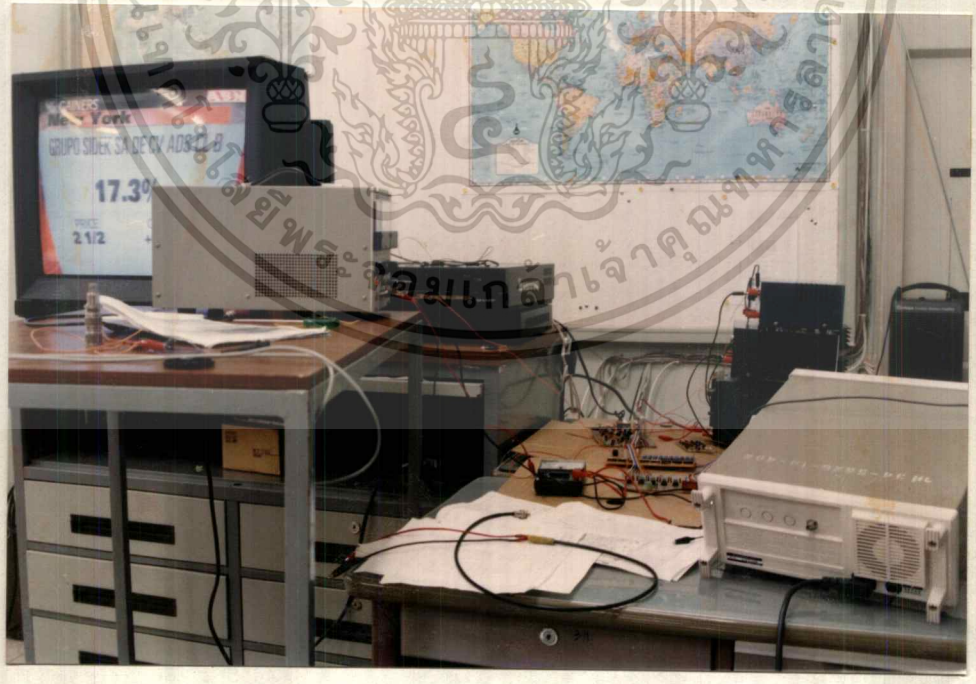


รูปที่ 5.6 ภาคเอาท์พุตของรีโมทคอนโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

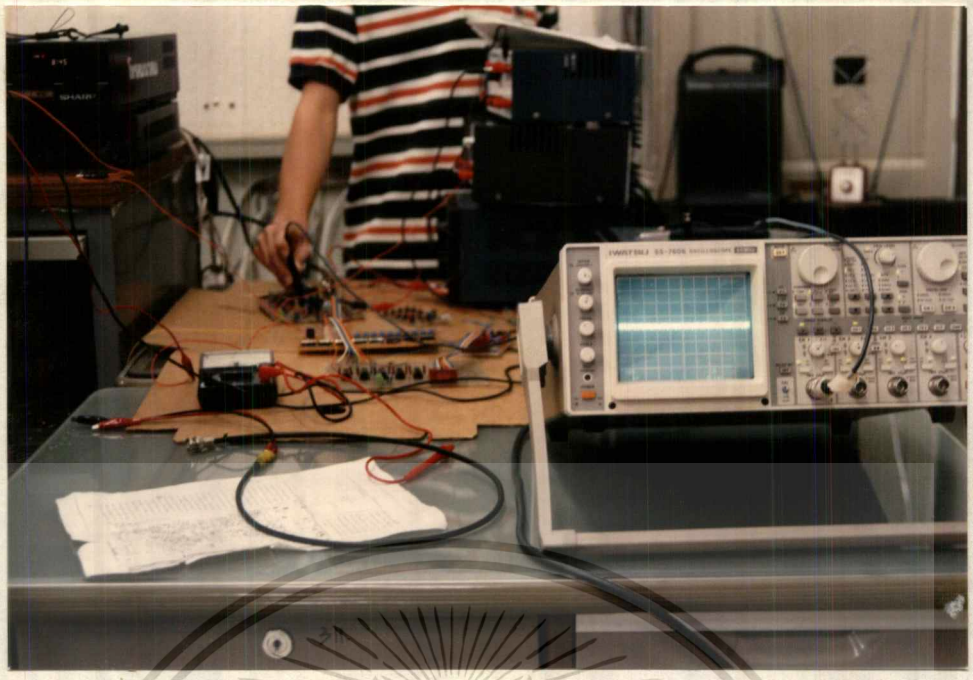


รูปที่ 5.7 แสดงการวางอุปกรณ์ของวงจรต่างๆ ในขณะทำการทดลอง



รูปที่ 5.8 ทดลองรับสัญญาณภาพ

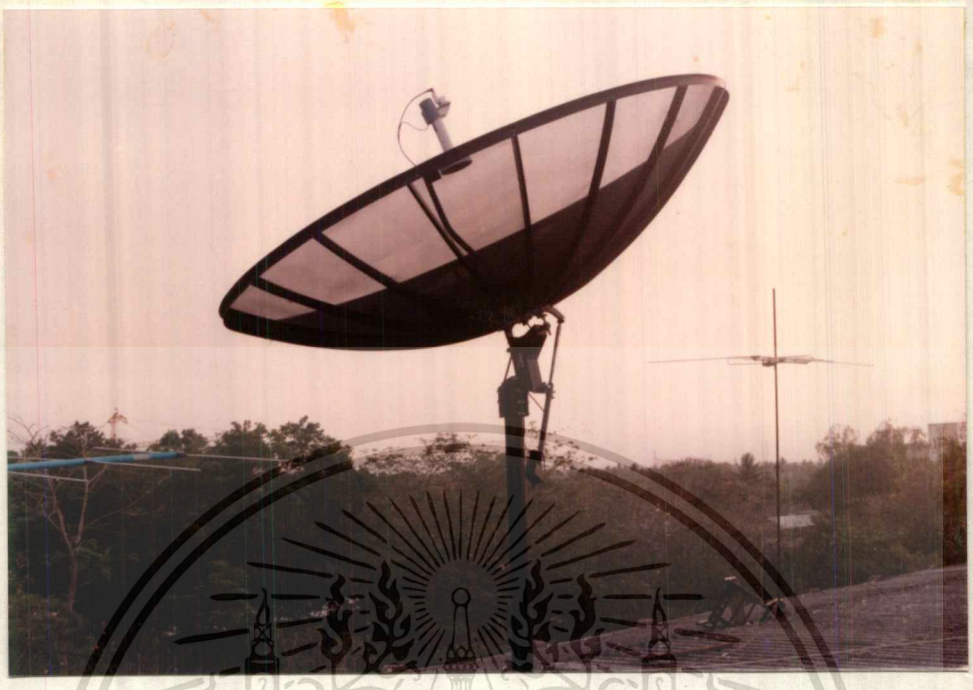
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



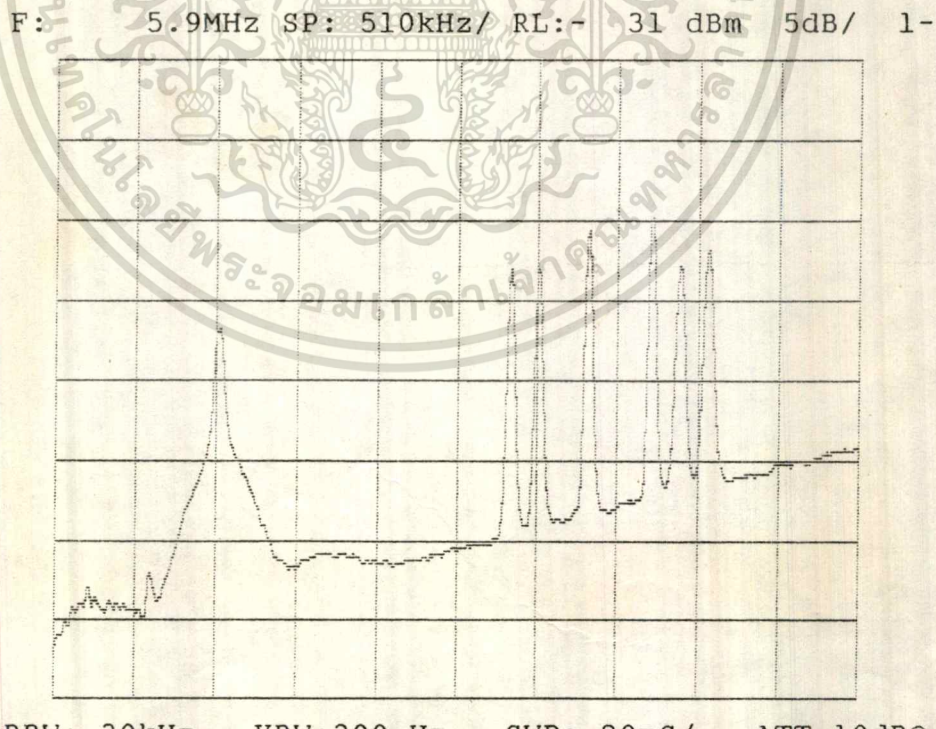
รูปที่ 5.9 ทดลองวัดค่าสัญญาณจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

รูปที่ 5.10 ภาพที่รับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

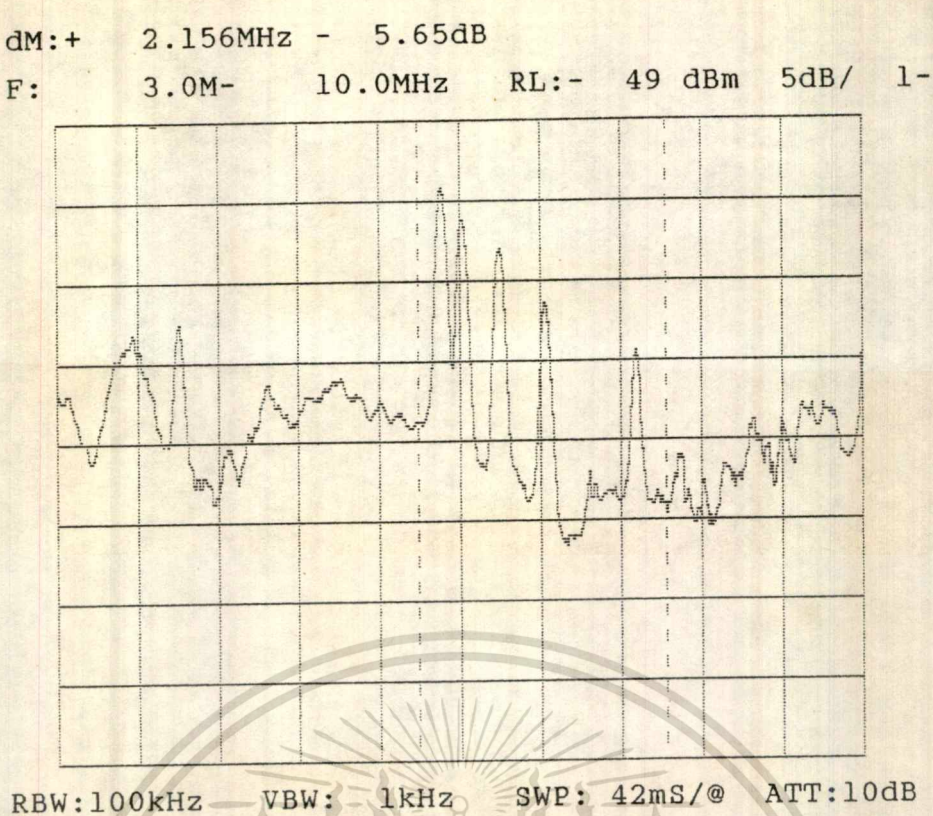


รูปที่ 5.11 จานสายอากาศที่รับสัญญาณจากดาวเทียม

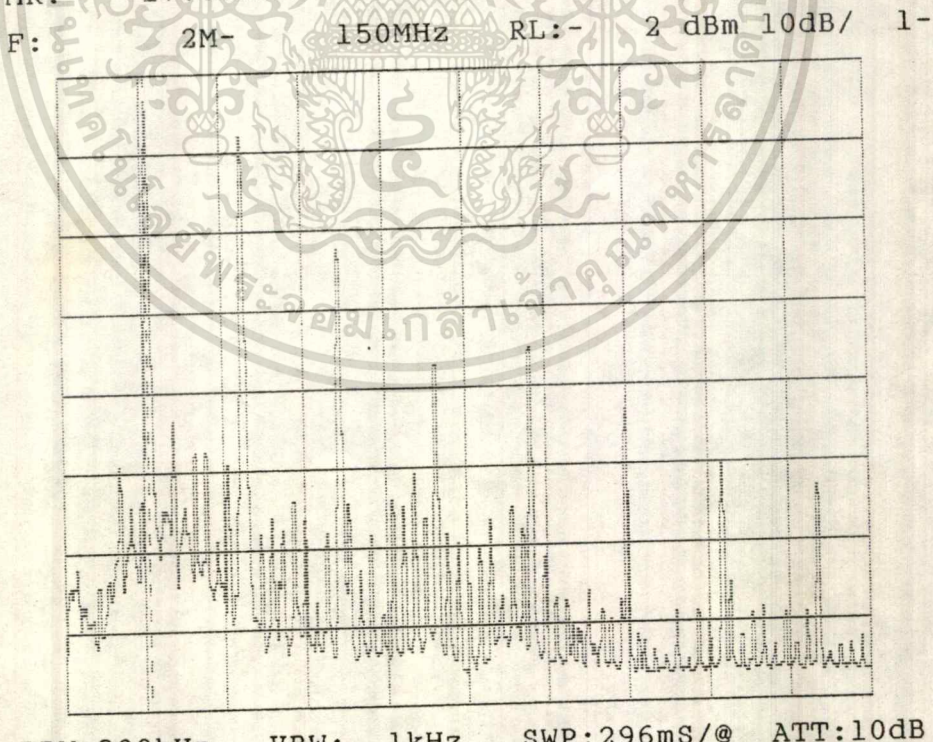


5.12 สัญญาณ RF ที่ออกจาก TUNER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

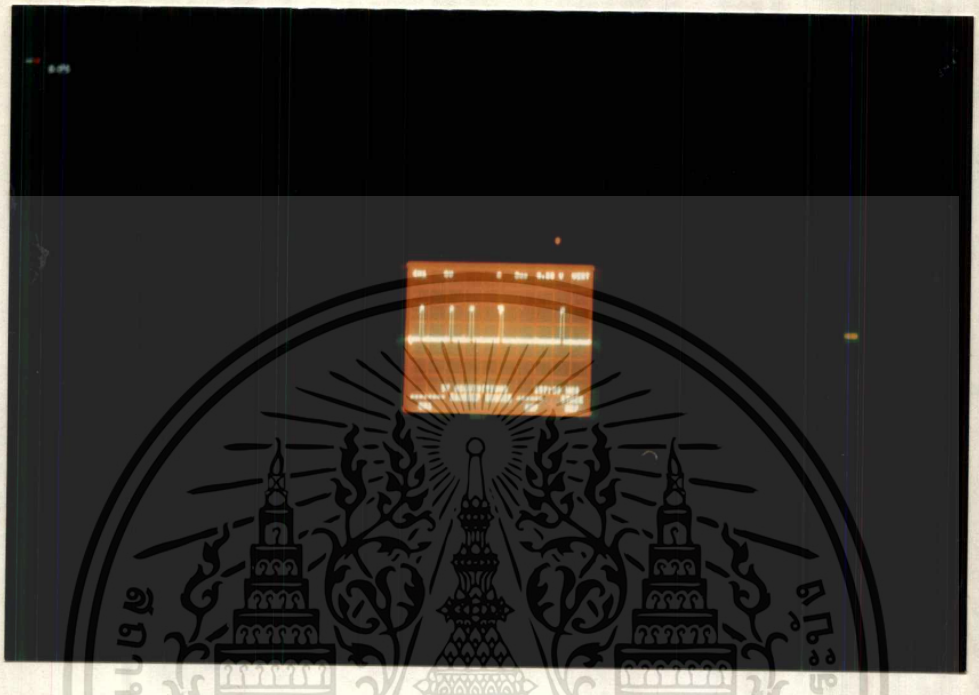


5.13 สัญญาณ RF หลังออกจากภาค BPF (0-5 MHz)



5.14 สัญญาณจากออสซิลเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5.15 สัญญาณ PPM ที่ส่งจากรีโมทคอนโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

APPENDIX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor Corporation

LM3089 FM Receiver IF System

General Description

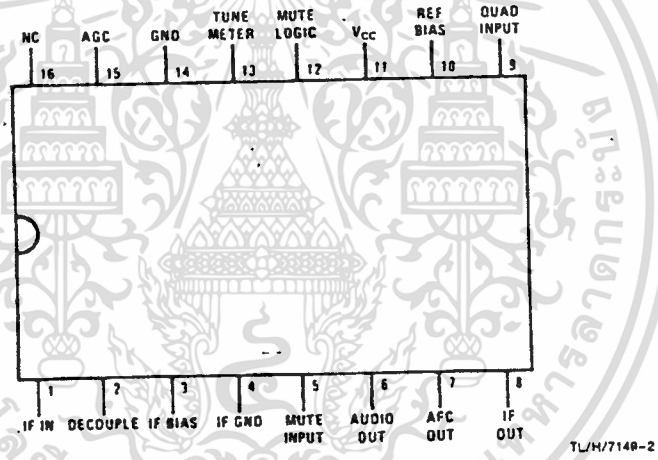
The LM3089 has been designed to provide all the major functions required for modern FM IF designs of automotive, high-fidelity and communications receivers.

Features

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

Connection Diagram

Dual-In-Line Package

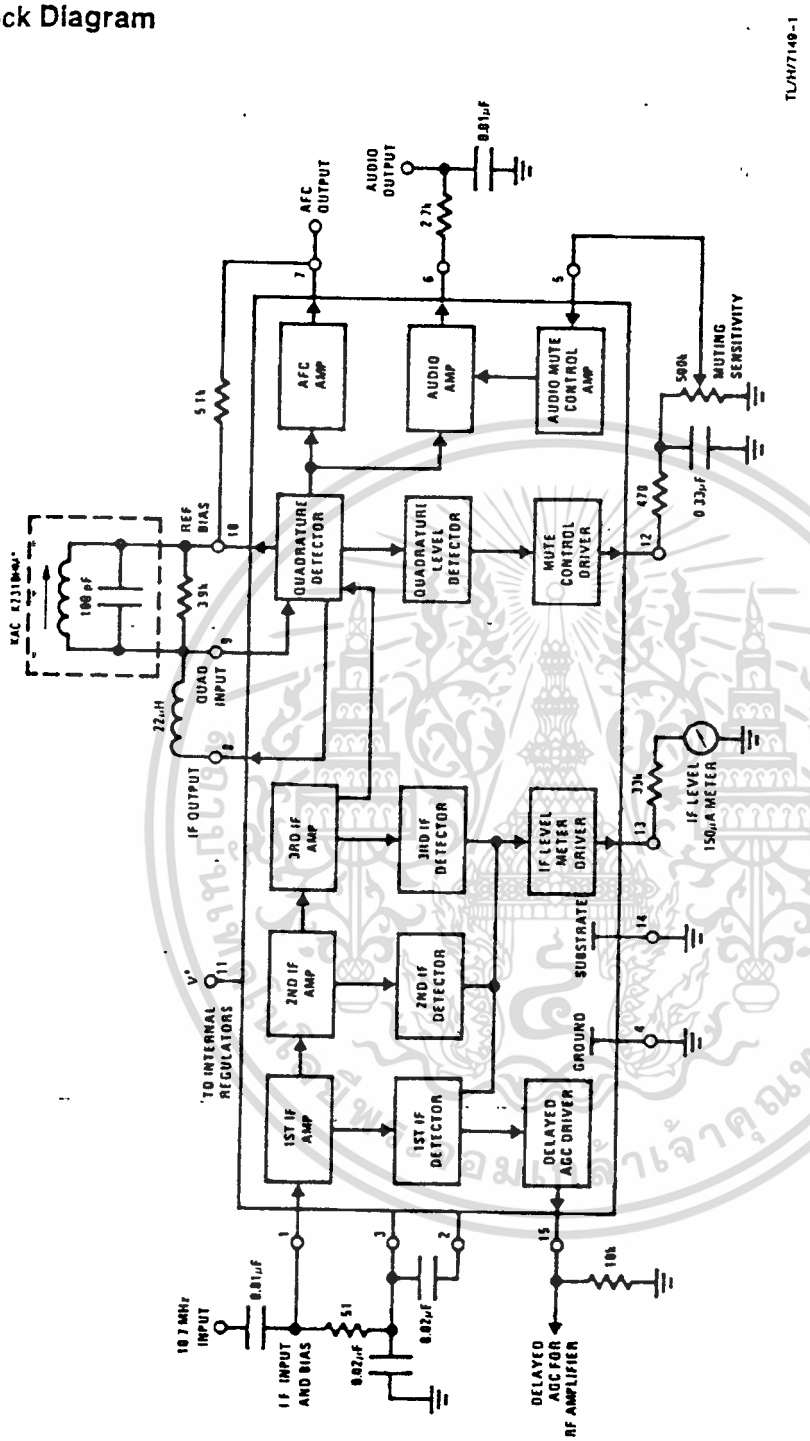


Top View

Order Number LM3089N
See NS Package Number N16E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

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

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

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

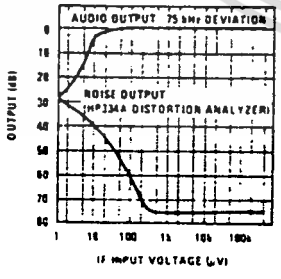
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
DC CHARACTERISTICS (V_{IN} = 0, NOT MUTED)						
I_{11}	Supply Current		16	23	30	mA
V1, 2, 3	IF Input and Bias		1.2	1.9	2.4	V
V6	Audio Output		5.0	5.6	6.0	V
V7	AFC Output		5.0	5.6	6.0	V
V10	Reference Bias		5.0	5.6	6.0	V
V12	Mute Control		5.0	5.4	6.0	V
V13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

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

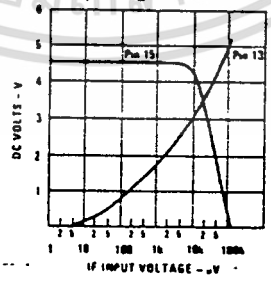
Note 2: For operation in ambient temperatures above 25°C, the device must be derated based on a 150°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 80°C/W junction to ambient.

Typical Performance Characteristics

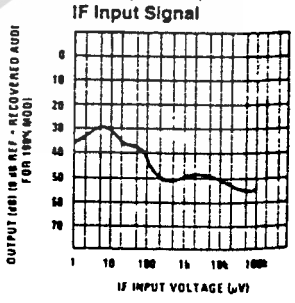
Typical S + N/N and IF Limiting Sensitivity vs IF Input Signal



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



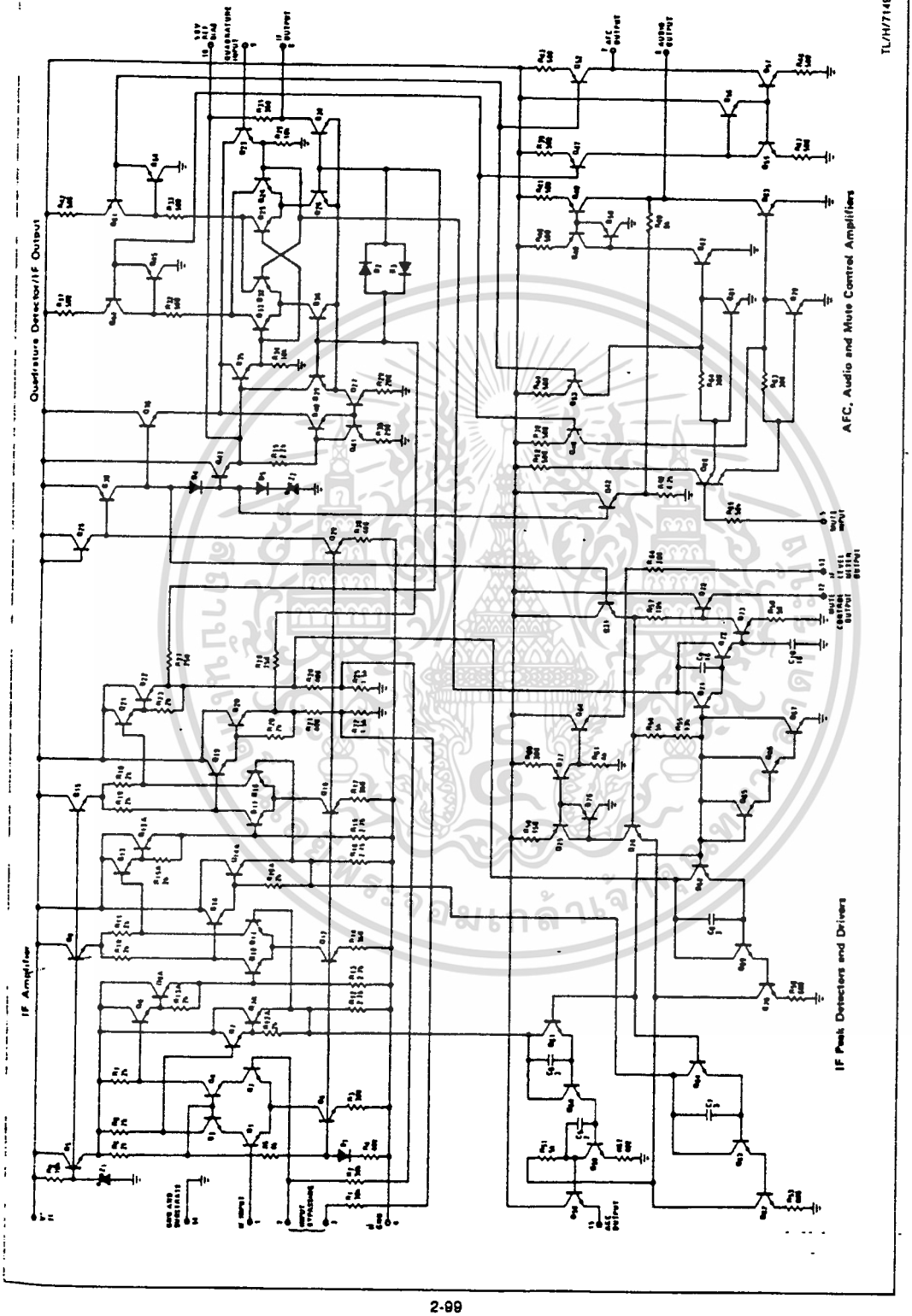
AM Rejection (30% Mod) vs IF Input Signal



TL/H/7148–4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic Diagram

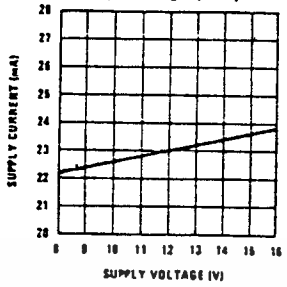


TL/H/7149–4

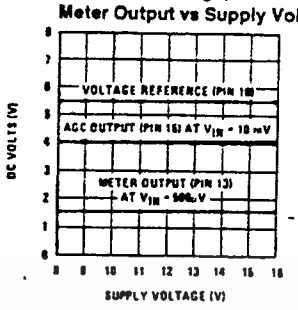
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

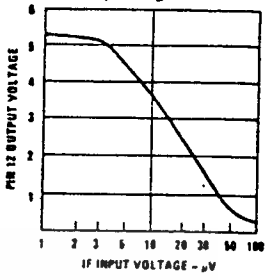
Supply Current (I_{11}) vs Supply Voltage (V11)



Reference Voltage, AGC and Meter Output vs Supply Voltage

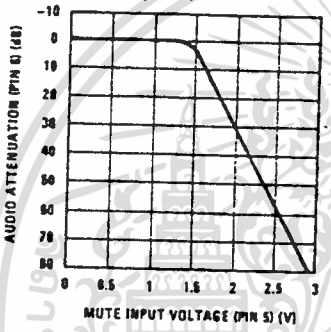


Mute Control Output (Pin 12) vs IF Input Signal



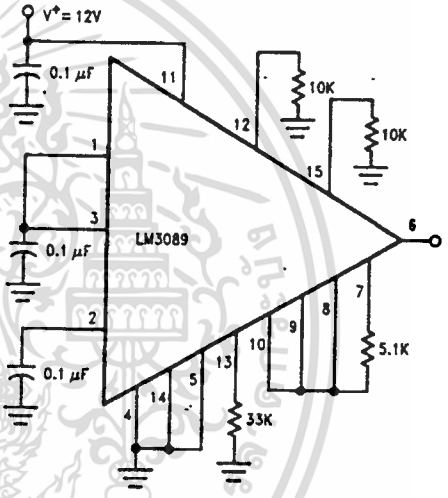
TL/H/7149-5

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



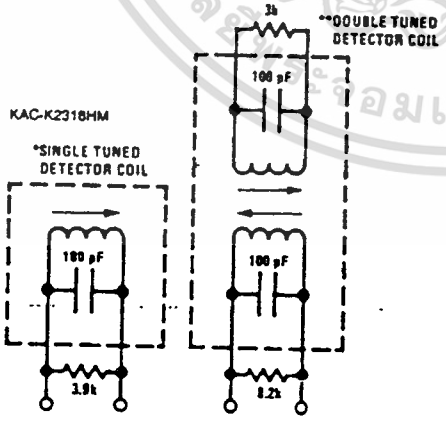
TL/H/7149-6

DC Test Circuit



TL/H/7149-7

AC Test Circuit



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

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

Note:

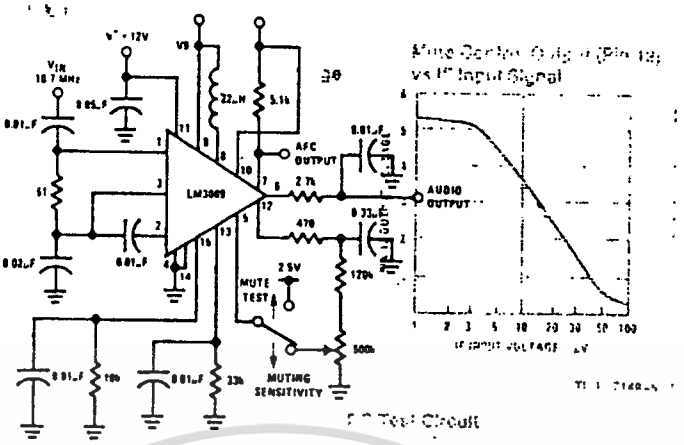
The recovered audio output voltage will be approximately 0.5 dB less when using the double tuned detector coil.

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

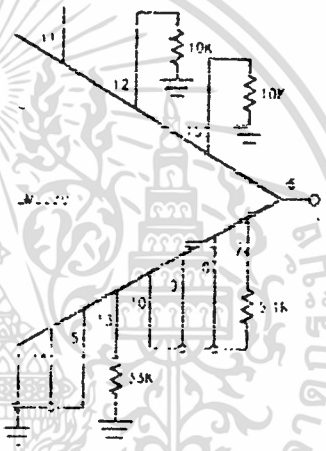
TL/H/7149-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Test Circuit (Continued)



TL/H/7149-9



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

Device	Temperature Range	Package
NE592D	0 to 70°C	SO-14
NE592N	0 to 70°C	Plastic DIP
NE592H	0 to 70°C	Metal Can
NE592F*	0 to 70°C	Ceramic DIP
SE592H	−55 to +125°C	Metal Can
SE592F	−55 to +125°C	Ceramic DIP

NE592
SE592

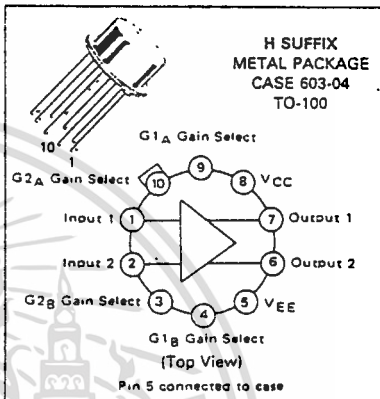
VIDEO AMPLIFIER

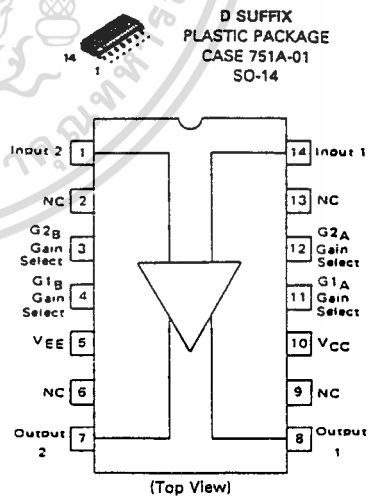
SILICON MONOLITHIC
INTEGRATED CIRCUIT

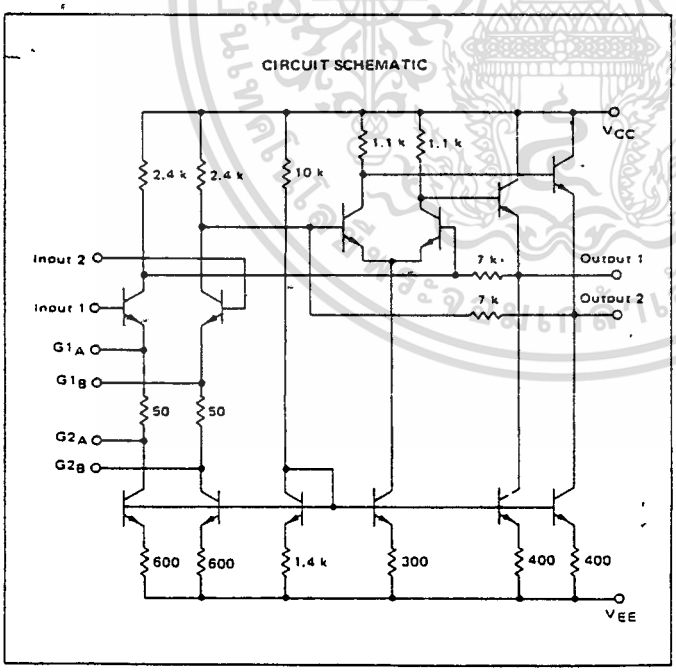
DIFFERENTIAL TWO-STAGE VIDEO AMPLIFIER

The SE/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 and video recorder systems. The 592 is a pin-for-pin replacement for the MC1733.

- 90 MHz Bandwidth
- Adjustable Gains From 0 to 400
- Adjustable Pass Band
- No Frequency Compensation Required







เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIMUM RATINGS (T_A = +25°C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC} V_{EE}	+8.0 −8.0	Volts
Differential Input Voltages	V_{ID}	±5.0	Volts
Common-Mode Input Voltage	V_{IC}	±6.0	Volts
Output Current	I_o	10	mA
Operating Ambient Temperature Range SE592 NE592	T_A	 -55 to +125 0 to +70	°C
Operating Junction Temperature Range Metal and Ceramic Packages Plastic Package	T_J	 175 150	°C
Storage Temperature Range Metal and Ceramic Packagee Plastic Package	T_{stg}	 -65 to +150 -55 to +125	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS T_A = 25°C unless otherwise noted. (V_{CC} = +6.0 V, V_{EE} = -6.0 V, V_{CM} = 0)

Characteristic	Symbol	SE592			NE592			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Differential Voltage Gain — Figure 3 (R_L = 2 kΩ, e_{out} = 3 Vp-p) (Gain 1, Note 1) (Gain 2, Note 2)	A_{vd}	 300 90	 400 100	 500 110	 250 80	 400 100	 600 120	V/V
Bandwidth — Figure 3 (Gain 1, Note 1) (Gain 1, Note 2)	BW	 – –	 40 90	 – –	 – –	 40 90	 – –	MHz
Rise Time — Figure 3 (Gain 1, e_{out} = 1 Vp-p, Note 1) (Gain 2, e_{out} = 1 Vp-p, Note 2)	t_{TLH} t_{THL}	 – –	 10.5 4.5	 – 10	 – –	 10.5 4.5	 – 12	ns
Propagation Delay — Figure 3 (Gain 1, e_{out} = 1 Vp-p, Note 1) (Gain 2, e_{out} = 1 Vp-p, Note 2)	t_{PLH} t_{PHL}	 – –	 7.5 6.0	 – 10	 – –	 7.5 6.0	 – 10	ns
Input Resistance (Gain 1, Note 1) (Gain 2, Note 2)	R_{in}	 – 20	 4.0 30	 – –	 – 10	 4.0 30	 – –	kΩ
Input Capacitance (Gain 2, Note 2)	C_{in}	–	2.0	–	–	2.0	–	pF
Input Offset Current (Gain 3, Note 3) — Fig. 2	I_{IO}	–	0.4	3.0	–	0.4	5.0	μA
Input Bias Current (Gain 3, Note 3) — Fig. 2	I_{IB}	–	9.0	20	–	9.0	30	μA
Input Noise Voltage (Gain 1 and Gain 2) (BW = 1 kHz to 10 MHz) — Figure 1	V_n	–	12	–	–	12	–	μV(rms)
Input Voltage Range (Gain 2, Note 2) — Fig. 3	V_{in}	±1.0	–	–	±1.0	–	–	V
Common-Mode Rejection Ratio — Figure 3 (Gain 2, V_{CM} = ±1 V, f ≤ 100 kHz) (Gain 2, V_{CM} = ±1 V, f = 5 MHz)	CMRR	 60 –	 86 60	 – –	 60 –	 86 60	 – –	dB
Supply Voltage Rejection Ratio — Figure 2 (Gain 2, Δ V_s = ±0.5 V)	PSRR	50	70	–	50	70	–	dB
Output Offset Voltage — Figure 2 (Gain 3, R_L = ∞, Note 3)	V_{OO}	–	0.35	0.75	–	0.35	0.75	V
Output Common-Mode Voltage — Figure 2 (R_L = ∞, Gain 3, Note 3)	V_{CMO}	2.4	2.9	3.4	2.4	2.9	3.4	V
Output Voltage Swing — Figure 3 (R_L = 2k, Gain 2, Note 2)	V_O	3.0	4.0	–	3.0	4.0	–	Vp-p
Output Resistance	r_o	–	20	–	–	20	–	Ω
Power Supply Current — Figure 2 (R_L = ∞, Gain 2, Note 2)	I_D	–	18	24	–	18	24	mA

Note 1. Gain select pins $G1_A$ and $G1_B$ connected together.

Note 2. Gain select pins $G2_A$ and $G2_B$ connected together.

Note 3. All gain select pins open.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS $T_A = T_{high}$ to T_{low} unless otherwise noted.* (V_{CC} = +6.0 Vdc, V_{EE} = -6.0 Vdc, V_{CM} = 0)

Characteristic	Symbol	SE592 Min	SE592 Typ	SE592 Max	NE592 Min	NE592 Typ	NE592 Max	Units
Differential Voltage Gain — Figure 3 (R_L = 2 kΩ, e_{out} = 3 Vp-p)	A_{vd}							V/V
(Gain 1, Note 1)		200	–	600	250	–	600	
(Gain 2, Note 2)		80	–	120	80	–	120	
Input Resistance (Gain 2)	R_{in}	8.0	–	–	8.0	–	–	kΩ
Input Offset Current (Gain 3) — Figure 2	$\lvert I_{IO} \rvert$	–	–	5.0	–	–	6.0	μA
Input Bias Current (Gain 3) — Figure 2	I_{IB}	–	–	40	–	–	40	μA
Input Voltage Range (Gain 2) — Figure 3	V_{in}	±1.0	–	–	±1.0	–	–	V
Common-Mode Rejection Ratio — Figure 3 (Gain 2, V_{CM} = ±1 V, f ≤ 100 kHz)	CMRR	50	–	–	50	–	–	dB
Supply Voltage Rejection Ratio — Figure 2 (Gain 2, Δ V_s = ±0.5 V)	PSRR	50	–	–	50	–	–	dB
Output Offset Voltage (Gain 3) — Figure 2	V_{OO}	–	–	1.2	–	–	1.5	V
Output Voltage Swing (Gain 2) — Figure 3	V_O	2.5	–	–	2.5	–	–	Vp-p
Power Supply Current (Gain 2) — Figure 2	I_D	–	–	27	–	–	27	mA

*T_{low} = 0°C for NE592, -55°C for SE592
T_{high} = +70°C for NE592, +125°C for SE592

GENERAL TEST CIRCUITS

FIGURE 1

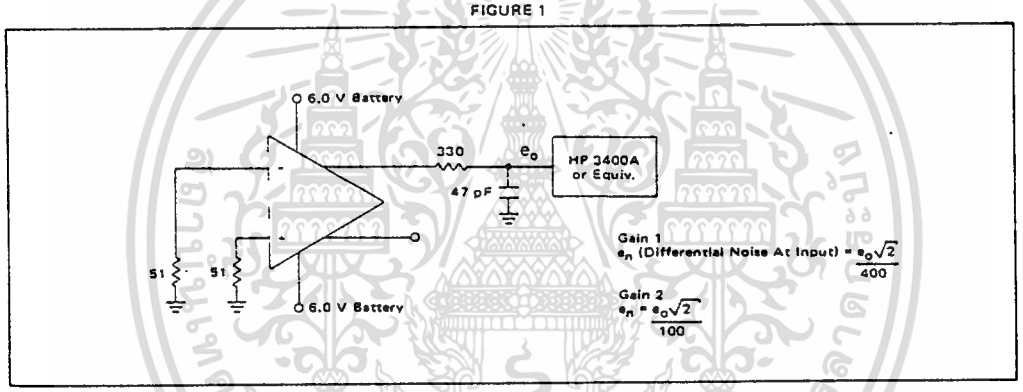


FIGURE 2

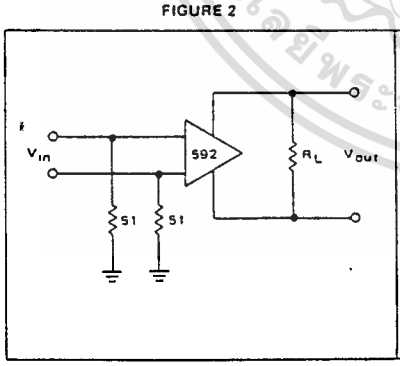
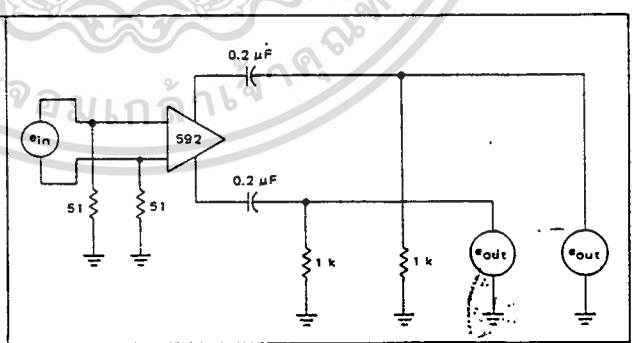


FIGURE 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 4 – GAIN 1 versus FREQUENCY

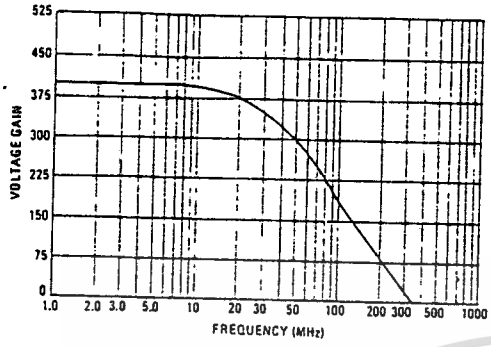


FIGURE 5 – GAIN 2 versus FREQUENCY

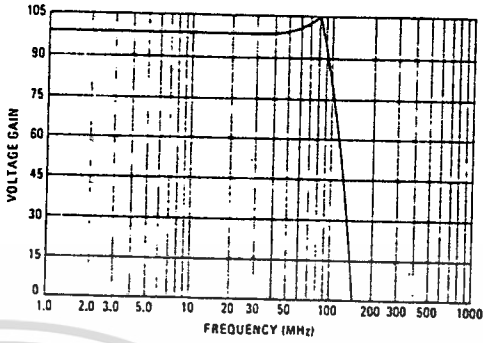


FIGURE 6 – OUTPUT VOLTAGE SWING AS A FUNCTION OF FREQUENCY

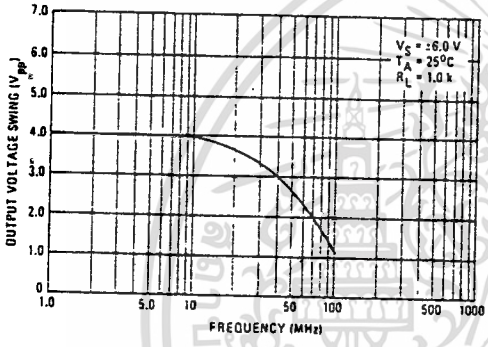


FIGURE 7 – OUTPUT VOLTAGE SWING AS A FUNCTION OF LOAD RESISTANCE

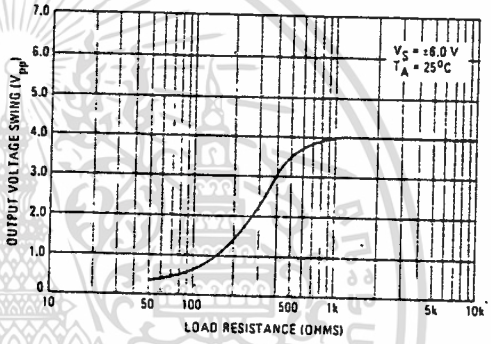
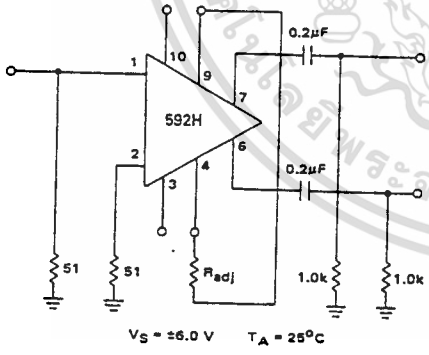
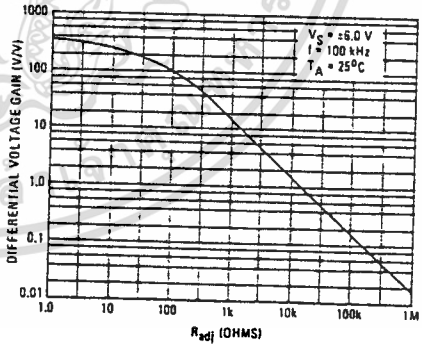


FIGURE 8 – VOLTAGE GAIN AS A FUNCTION OF R_{adj} RESISTANCE





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 9 – DISK/TAPE PHASE MODULATED READBACK SYSTEMS

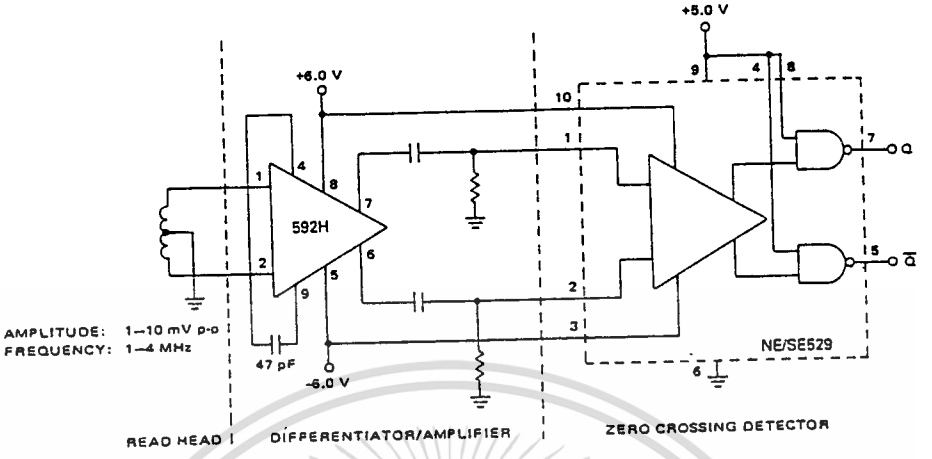
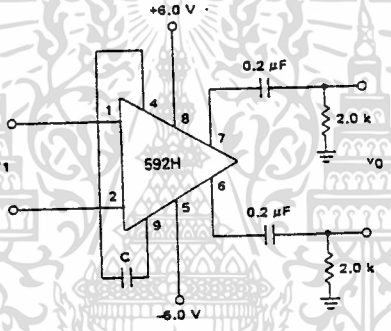


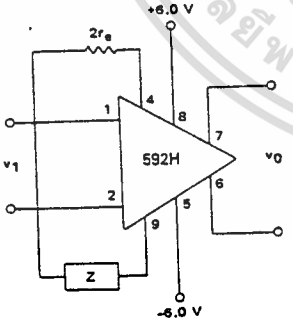
FIGURE 10 – DIFFERENTIATION WITH HIGH COMMON MODE NOISE REJECTION



FOR FREQUENCY $f_1 << 1/2\pi(32)C$

$$v_O \cong 1.4 \times 10^4 C \frac{dv_1}{dt}$$

FIGURE 11 – FILTER NETWORKS



$$\frac{v_O(s)}{v_1(s)} \cong \frac{1.4 \times 10^4}{Z(s) + 2r_e}$$

$$\cong \frac{1.4 \times 10^4}{Z(s) + 32}$$

BASIC CONFIGURATION

Z NETWORK	FILTER TYPE	$v_o(s)$ TRANSFER $v_1(s)$ FUNCTION
R, L	Low Pass	$\frac{1.4 \times 10^4}{L}\left[\frac{1}{s + R/L}\right]$
R, C	High Pass	$\frac{1.4 \times 10^4}{R}\left[\frac{1}{s + 1/RC}\right]$
R, L, C	Band Pass	$\frac{1.4 \times 10^4}{L}\left[\frac{s}{s^2 + R/L\,s + 1/LC}\right]$
R, L, C	Band Reject	$\frac{1.4 \times 10^4}{R}\left[\frac{s^2 + 1/LC}{s^2 + 1/LC + s/RC}\right]$

NOTE:
In the networks above, the R value used is assumed to include $2r_e$ or approximately 30 Ohms.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA

LM158, LM258, LM358, LM2904

Specifications and Applications Information

DUAL LOW POWER OPERATIONAL AMPLIFIERS

Utilizing the circuit designs perfected for recently introduced Quad Operational Amplifiers, these dual operational amplifiers feature 1) low power drain, 2) a common mode input voltage range extending to ground/V_{EE}, 3) Single Supply or Split Supply operation and 4) pin outs compatible with the popular MC1558 dual operational amplifier. The LM158 Series is equivalent to one-half of an LM124.

These amplifiers have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. They can operate at supply voltages as low as 3.0 Volts or as high as 32 Volts with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

- Short Circuit Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 to 32 Volts
- Low Input Bias Currents
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Single and Split Supply Operation
- Similar Performance to the Popular MC1558

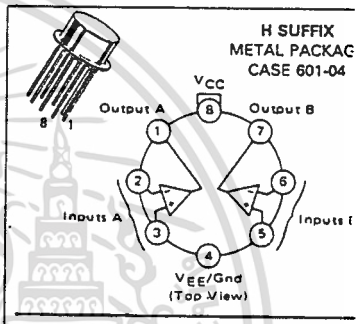
MAXIMUM RATINGS (T_A = +25°C unless otherwise noted)

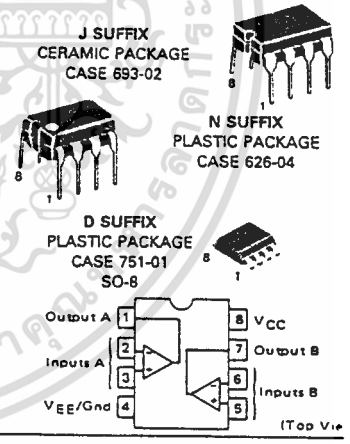
Rating	Symbol	LM158 LM258 LM358	LM2904	Unit
Power Supply Voltages Single Supply Split Supplies	V_{CC} V_{CC}, V_{EE}	32 ±16	26 ±13	Vdc
Input Differential Voltage Range (1)	V_{IDR}	±32	±26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range (2)	V_{ICR}	-0.3 to 32	-0.3 to 26	Vdc
Input Forward Current (3) (V_I < -0.3 V)	I_{IF}	50	–	mA
Output Short Circuit Duration	t_S	Continuous		
Junction Temperature Ceramic and Metal Packages Plastic Package	T_J	175 150		°C
Storage Temperature Range Ceramic and Metal Packages Plastic Package	T_{stg}	−65 to +150 −55 to +125		°C
Operating Ambient Temperature Range LM158 LM258 LM358 LM2904	T_A	−55 to +125 −25 to +85 0 to +70 –	– – – −40 to +85	°C

(1) Split Power Supplies.
(2) For Supply Voltages less than 32 V for the LM158/258/358 and 26 V for the LM2904, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.
(3) This input current will only exist when the voltage is negative at any of the input leads. Normal output states will reestablish when the input voltage returns to a voltage greater than -0.3 V.

DUAL DIFFERENTIAL INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SILICON MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUIT





ORDERING INFORMATION

Device	Temperature Range	Package
LM158H	−55 to +125°C	Metal Car
LM158J		Ceramic D
LM2904D	−40 to +85°C	SO-8
LM2904H		Metal Car
LM2904J		Ceramic DI
LM2904N		Plastic DIF
LM258D	−25 to +85°C	SO-8
LM258H		Metal Car
LM258J		Ceramic DI
LM258N		Plastic DIF
LM358D LM358H	0 to +70°C	SO-8 Metal Can
LM358J		Ceramic D
LM358N		Plastic DIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5.0 V, V_{EE} = Gnd, T_A = 25°C unless otherwise noted)

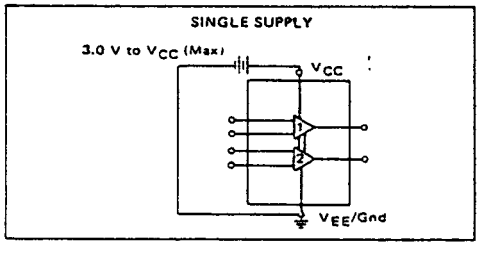
Characteristic	Symbol	LM158/LM258			LM358			LM2904			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage V_{CC} = 5.0 V to 30 V (26 V for LM2904), V_{IC} = 0 V to V_{CC} − 1.7 V, $V_O \simeq$ 1.4 V, R_S = 0 Ω T_A = 25°C T_A = T_{high} to T_{low} (Note 1)	V_{IO}	 – –	 2.0 –	 5.0 7.0	 – –	 2.0 –	 7.0 9.0	 – –	 2.0 –	 7.0 10	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage T_A = T_{high} to T_{low} (Note 1)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	–	7.0	–	–	7.0	–	–	7.0	–	μV/°C
Input Offset Current T_A = T_{high} to T_{low} (Note 1)	I_{IO}	– –	3.0 –	30 100	– –	5.0 –	50 150	– –	5.0 45	50 200	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current T_A = T_{high} to T_{low} (Note 1)	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	–	10	–	–	10	–	–	10	–	pA/°C
Input Bias Current T_A = T_{high} to T_{low} (Note 1)	I_{IB}	– –	-45 -50	-150 -300	– –	-45 -50	-250 -500	– –	-45 -50	-250 -500	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 2) V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904) V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904), T_A = T_{high} to T_{low}	V_{ICR}	 0 0	 – –	 28.3 28	 0 0	 – –	 28.3 28	 0 0	 – –	 24.3 24	V
Differential Input Voltage Range	V_{IDR}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	V
Large Signal Open-Loop Voltage Gain R_L = 2.0 kΩ, V_{CC} = 15 V, For Large V_O Swing, T_A = T_{high} to T_{low} (Note 1)	A_{VOL}	 50 25	 100 –	 – –	 25 15	 100 –	 – –	 – –	 100 –	 – –	V/mV
Channel Separation 1.0 kHz ≤ f ≤ 20 kHz, Input Referenced	–	–	-120	–	–	-120	–	–	-120	–	dB
Common-Mode Rejection Ratio R_S ≤ 10 kΩ	CMRR	70	85	–	65	70	–	50	70	–	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	65	100	–	65	100	–	50	100	–	dB
Output Voltage Range R_L = 2 kΩ (R_L > 10 kΩ for LM2904)	V_{OR}	0	–	3.3	0	–	3.3	0	–	3.3	V
Output Voltage−High Limit (T_A = T_{high} to T_{low}) (Note 1) V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904), R_L = 2 kΩ V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904), R_L = 10 kΩ	V_{OH}	 26 27	 – 28	 – –	 26 27	 – 28	 – –	 22 23	 – 24	 – –	V
Output Voltage−Low Limit V_{CC} = 5.0 V, R_L = 10 kΩ, T_A = T_{high} to T_{low} (Note 1)	V_{OL}	–	5.0	20	–	5.0	20	–	5.0	20	mV
Output Source Current V_{ID} = +1.0 V, V_{CC} = 15 V	I_{O+}	20	40	–	20	40	–	20	40	–	mA
Output Sink Current V_{ID} = -1.0 V, V_{CC} = 15 V V_{ID} = -1.0 V, V_O = 200 mV	I_{O-}	 10 12	 20 50	 – –	 10 12	 20 50	 – –	 10 –	 20 –	 – –	mA μA
Output Short Circuit to Ground (Note 3)	I_{os}	–	40	60	–	40	60	–	40	60	mA
Power Supply Current (T_A = T_{high} to T_{low}) (Note 1) V_{CC} = 30 V (26 V for LM2904), V_O = 0 V, R_L = ∞ V_{CC} = 5 V, V_O = 0 V, R_L = ∞	I_{CC}	 – –	 1.5 0.7	 3.0 1.2	 – –	 1.5 0.7	 3.0 1.2	 – –	 1.5 0.7	 3.0 1.2	mA

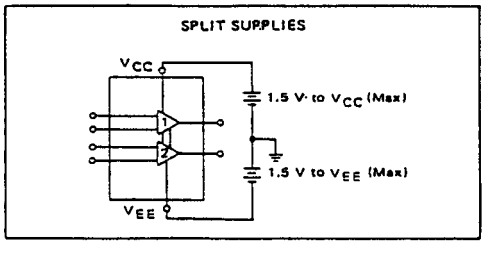
NOTES:

(1) T_{low} = -55°C for LM158, -40°C for LM2904, -25°C for LM258, 0°C for LM358
T_{high} = +125°C for LM158, +85°C for LM2904 and LM258, +70°C for LM358

(2) The input common-mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common-mode voltage range is V_{CC} - 1.7 V, but either or both inputs can go to +32 V without damage (+26 V for LM2904).

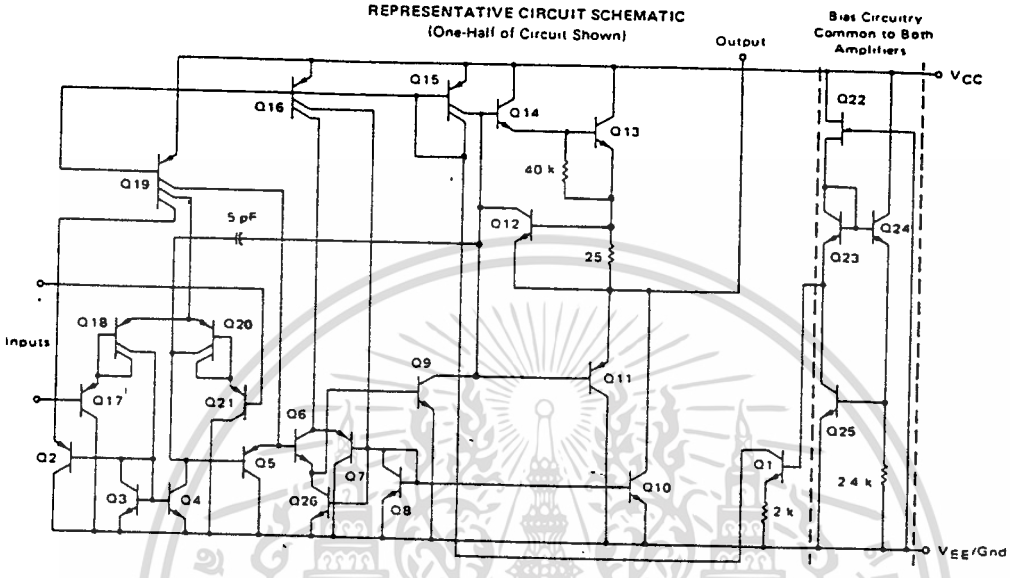
(3) Short circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.



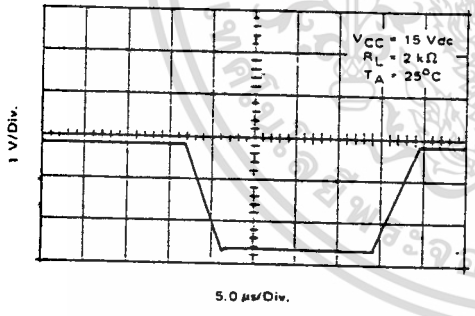


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REPRESENTATIVE CIRCUIT SCHEMATIC
(One-Half of Circuit Shown)



LARGE SIGNAL VOLTAGE FOLLOWER RESPONSE



CIRCUIT DESCRIPTION

The LM158 Series is made using two internally compensated, two-stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance a smaller compensation capacitor (only 5 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common-mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single-ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

Each amplifier is biased from an internal-voltage regulator which has a low temperature coefficient thus giving each amplifier good temperature characteristics as well as excellent power supply rejection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CURVES

FIGURE 1 – INPUT VOLTAGE RANGE

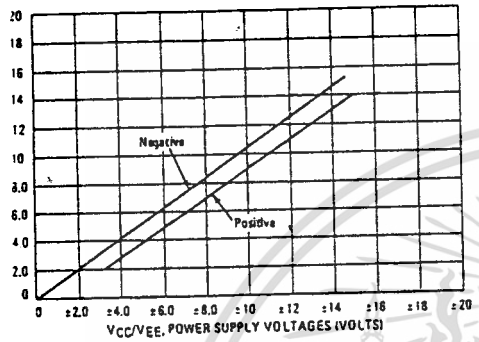


FIGURE 2 – OPEN LOOP FREQUENCY

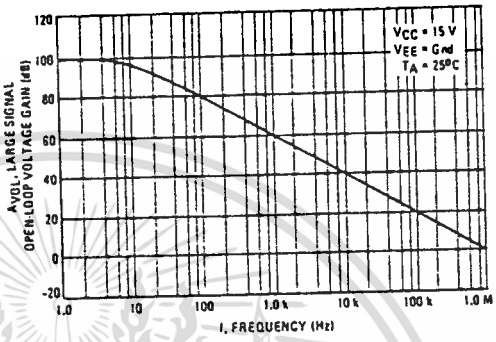


FIGURE 3 – LARGE-SIGNAL FREQUENCY RESPONSE

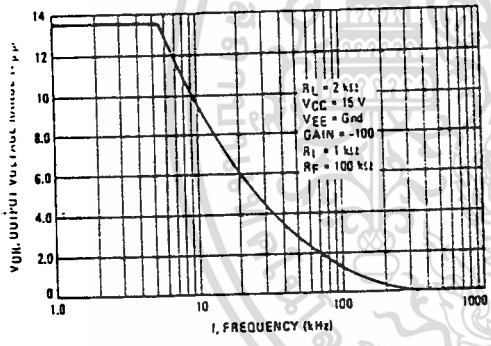


FIGURE 4 – SMALL-SIGNAL VOLTAGE FOLLOWER PULSE RESPONSE (Non-Inverting)

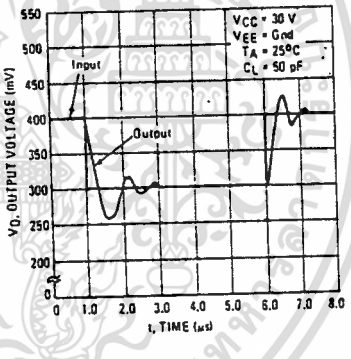


FIGURE 5 – POWER SUPPLY CURRENT versus POWER SUPPLY VOLTAGE

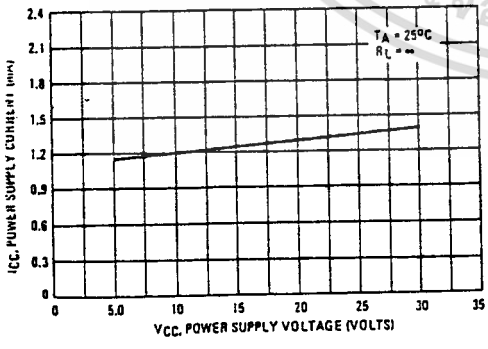
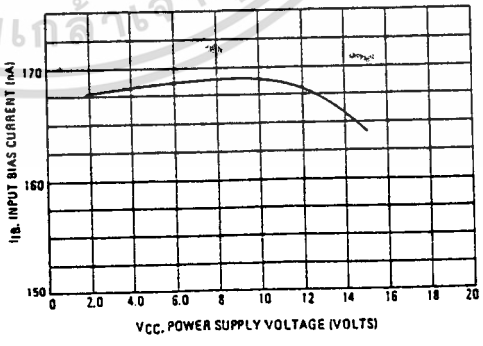


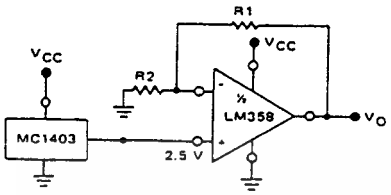
FIGURE 6 – INPUT BIAS CURRENT versus SUPPLY VOLTAGE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

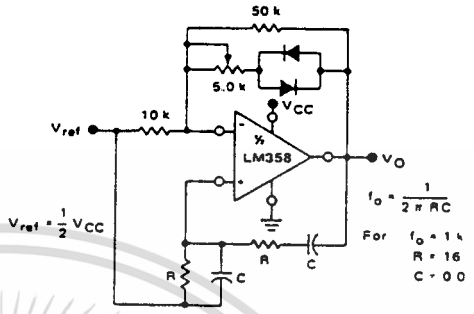
APPLICATIONS INFORMATION

FIGURE 7 – VOLTAGE REFERENCE



$$V_O = 2.5\ V\left(1 + \frac{R1}{R2}\right)$$

FIGURE 8 – WIEN BRIDGE OSCILLATOR

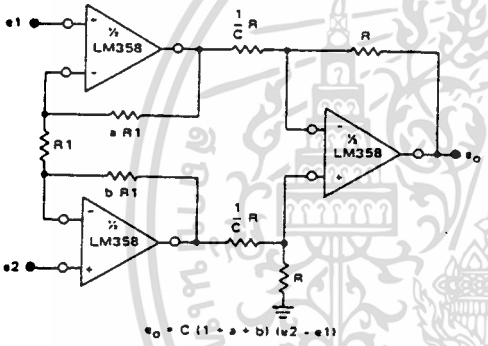


$$V_{ref} = \frac{1}{2} V_{CC}$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC}$$

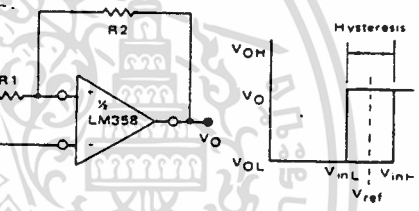
For f_o = 1 k
R = 16
C = 0.0

FIGURE 9 – HIGH IMPEDANCE DIFFERENTIAL AMPLIFIER



$$e_o = C\,(1 + a + b)\,(e2 - e1)$$

FIGURE 10 – COMPARATOR WITH HYSTERESIS

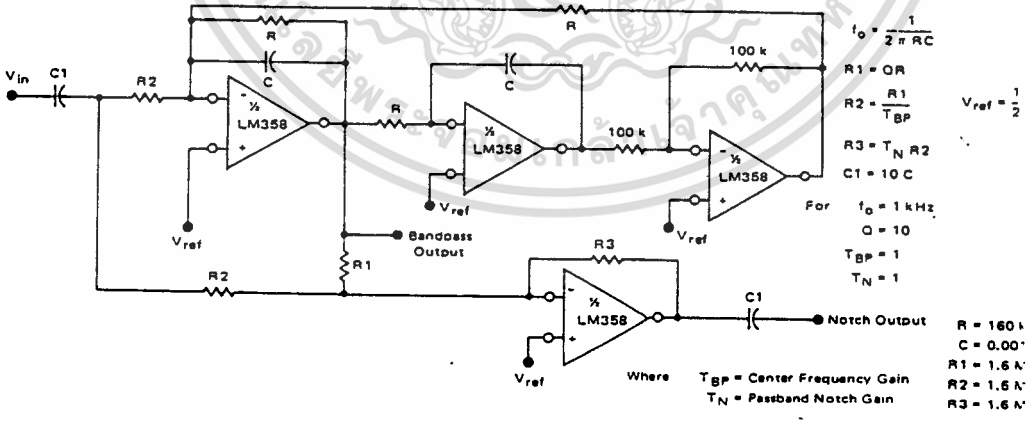


$$V_{inL} = \frac{R1}{R1 + R2}\,(V_{OL} - V_{ref}) + V_{ref}$$

$$V_{inH} = \frac{R1}{R1 + R2}\,(V_{OH} - V_{ref}) + V_{ref}$$

$$H = \frac{R1}{R1 + R2}\,(V_{OH} - V_{OL})$$

FIGURE 11 – BI-QUAD FILTER



$$f_o = \frac{1}{2\pi RC}$$

R1 = QR

$$R2 = \frac{R1}{T_{BP}}$$

$$V_{ref} = \frac{1}{2}$$

R3 = T_N R2

C1 = 10 C

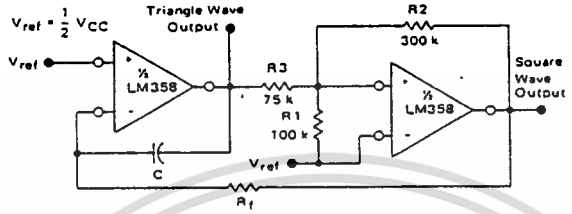
For f_o = 1 kHz
Q = 10
T_{BP} = 1
T_N = 1

R = 160 k
C = 0.00
R1 = 1.6 M
R2 = 1.6 M
R3 = 1.6 M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

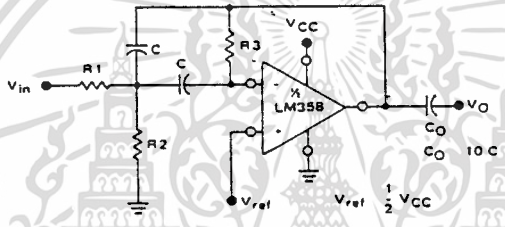
APPLICATIONS INFORMATION (continued)

FIGURE 12 – FUNCTION GENERATOR



$$f = \frac{R1 \cdot R_f}{4CR_f R1} \quad \text{if} \quad R3 = \frac{R2 \cdot R1}{R2 + R1}$$

FIGURE 13 – MULTIPLE FEEDBACK BANDPASS FILTER



Given f_o = Center Frequency

$A(f_o)$ = Gain at Center Frequency

Choose Value f_o, C

Then

$$R3 = \frac{Q}{\pi f_o C}$$

$$R1 = \frac{R3}{2A(f_o)}$$

$$R2 = \frac{R1\,R3}{4Q^2 R1 - R3}$$

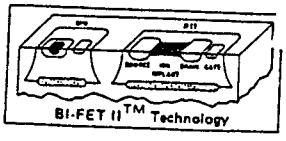
For less than 10% error from operational amplifier

$\frac{Q_o f_o}{BW} < 0.1$ Where f_o and BW are expressed in Hz.

If source impedance varies, filter may be preceded with voltage follower buffer to stabilize filter parameters.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor



LF147/LF347/LF347B Wide Bandwidth Quad JFET Input Operational Amplifiers

General Description

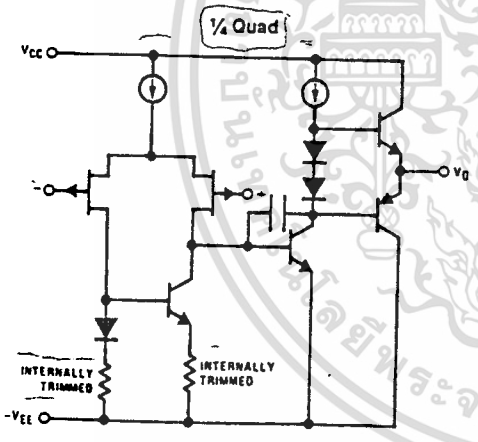
The LF147 is a low cost, high speed quad JFET input operational amplifier with an internally trimmed input offset voltage (BI-FET II™ technology). The device requires a low supply current and yet maintains a large gain bandwidth product and a fast slew rate. In addition, well matched high voltage JFET input devices provide very low input bias and offset currents. The LF147 is pin compatible with the standard LM148. This feature allows designers to immediately upgrade the overall performance of existing LF148 and LM124 designs.

The LF147 may be used in applications such as high speed integrators, fast D/A converters, sample-and-hold circuits and many other circuits requiring low input offset voltage, low input bias current, high input impedance, high slew rate and wide bandwidth. The device has low noise and offset voltage drift.

Features

■ Internally trimmed offset voltage	5 mV max
■ Low input bias current	50 pA
■ Low input noise current	0.01 pA/√Hz
■ Wide gain bandwidth	4 MHz
■ High slew rate	13 V/μs
■ Low supply current	7.2 mA
■ High input impedance	$10^{12}\Omega$
■ Low total harmonic distortion $A_V = 10$, $R_L = 10k$, $V_O = 20$ Vp-p, BW = 20 Hz–20 kHz	<0.02%
■ Low 1/f noise corner	50 Hz
■ Fast settling time to 0.01%	2 μs

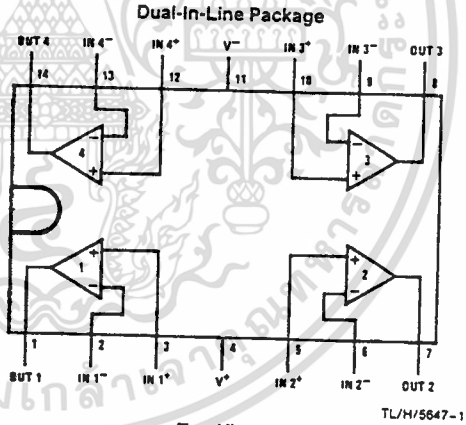
Simplified Schematic



TL/H/5647–13

Connection Diagram

Dual-In-Line Package



TL/H/5647–1

Top View

Order Number LF147D, LF347D, LF147J, LF347BJ, LF347J, LF347M, LF347WM, LF347BN or LF347N
See NS Package Number D14E, J14A, M14A, M14B or N14A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

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

	LF147	LF347B/LF347
Supply Voltage	±22V	±18V
Differential Input Voltage	±38V	±30V
Input Voltage Range (Note 1)	±19V	±15V
Output Short Circuit Duration (Note 2)	Continuous	Continuous
Power Dissipation (Notes 3 and 9)	900 mW	1000 mW
T_j max	150°C	150°C
θ_{jA}		
Cavity DIP (D) Package		80°C/W
Ceramic DIP (J) Package		70°C/W
Plastic DIP (N) Package		75°C/W
Surface Mount Narrow (M)		100°C/W
Surface Mount Wide (WM)		85°C/W

	LF147 (Note 4)	LF347B/LF347 (Note 4)
Operating Temperature Range		
Storage Temperature Range	$-65°C \le T_A \le 150°C$	
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)	260°C	260°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)		260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)		215°C
Infrared (15 seconds)		220°C

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

ESD rating to be determined.

DC Electrical Characteristics (Note 5)

Symbol	Parameter	Conditions	LF147			LF347B			LF347			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_{OS}	Input Offset Voltage	$R_S = 10\ k\Omega$, $T_A = 25°C$ Over Temperature		1	5 8		3	5 7		5	10 13	mV mV
$\Delta V_{OS}/\Delta T$	Average TC of Input Offset Voltage	$R_S = 10\ k\Omega$		10			10			10		µV/°C
I_{OS}	Input Offset Current	$T_j = 25°C$, (Notes 5, 6) Over Temperature		25	100 25		25	100 4		25	100 4	pA nA
I_B	Input Bias Current	$T_j = 25°C$, (Notes 5, 6) Over Temperature		50	200 50		50	200 8		50	200 8	pA nA
R_{IN}	Input Resistance	$T_j = 25°C$		10^{12}			10^{12}			10^{12}		Ω
A_{VOL}	Large Signal Voltage Gain	$V_S = \pm 15V$, $T_A = 25°C$ $V_O = \pm 10V$, $R_L = 2\ k\Omega$ Over Temperature	50 25	100		50 25	100		25 15	100		V/mV V/mV
V_O	Output Voltage Swing	$V_S = \pm 15V$, $R_L = 10\ k\Omega$	±12	±13.5		±12	±13.5		±12	±13.5		V
V_{CM}	Input Common-Mode Voltage Range	$V_S = \pm 15V$	±11	+15 −12		±11	+15 −12		±11	+15 −12		V V
CMRR	Common-Mode Rejection Ratio	$R_S \le 10\ k\Omega$	80	100		80	100		70	100		dB
PSRR	Supply Voltage Rejection Ratio	(Note 7)	80	100		80	100		70	100		dB
I_S	Supply Current			7.2	11		7.2	11		7.2	11	mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics (Note 5)

Symbol	Parameter	Conditions	LF147			LF347B			LF347			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
	Amplifier to Amplifier Coupling	$T_A = 25°C$, f = 1 Hz–20 kHz (Input Referred)		−120			−120			−120		dB
SR	Slew Rate	$V_S = \pm 15V$, $T_A = 25°C$	8	13		8	13		8	13		V/μs
GBW	Gain-Bandwidth Product	$V_S = \pm 15V$, $T_A = 25°C$	2.2	4		2.2	4		2.2	4		MHz
e_n	Equivalent Input Noise Voltage	$T_A = 25°C$, $R_S = 100\Omega$, f = 1000 Hz		20			20			20		$nV/\sqrt{Hz}$
i_n	Equivalent Input Noise Current	$T_j = 25°C$, f = 1000 Hz		0.01			0.01			0.01		$pA/\sqrt{Hz}$

Note 1: Unless otherwise specified the absolute maximum negative input voltage is equal to the negative power supply voltage.

Note 2: Any of the amplifier outputs can be shorted to ground indefinitely, however, more than one should not be simultaneously shorted as the maximum junction temperature will be exceeded.

Note 3: For operating at elevated temperature, these devices must be derated based on a thermal resistance of θ_{jA}.

Note 4: The LF147 is available in the military temperature range $-55°C \le T_A \le 125°C$, while the LF347B and the LF347 are available in the commercial temperature range $0°C \le T_A \le 70°C$. Junction temperature can rise to T_j max = 150°C.

Note 5: Unless otherwise specified the specifications apply over the full temperature range and for $V_S = \pm 20V$ for the LF147 and for $V_S = \pm 15V$ for the LF347B/LF347. V_{OS}, I_B, and I_{OS} are measured at $V_{CM} = 0$.

Note 6: The input bias currents are junction leakage currents which approximately double for every 10°C increase in the junction temperature, T_j. Due to limited production test time, the input bias currents measured are correlated to junction temperature. In normal operation the junction temperature rises above the ambient temperature as a result of internal power dissipation, P_D. $T_j = T_A + \theta_{jA} P_D$ where θ_{jA} is the thermal resistance from junction to ambient. Use of a heat sink is recommended if input bias current is to be kept to a minimum.

Note 7: Supply voltage rejection ratio is measured for both supply magnitudes increasing or decreasing simultaneously in accordance with common practice from $V_S = \pm 5V$ to $\pm 15V$ for the LF347 and LF347B and from $V_S = \pm 20V$ to $\pm 5V$ for the LF147.

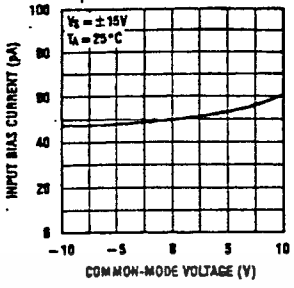
Note 8: Refer to RETS147X for LF147D and LF147J military specifications.

Note 9: Max. Power Dissipation is defined by the package characteristics. Operating the part near the Max. Power Dissipation may cause the part to operate outside guaranteed limits.

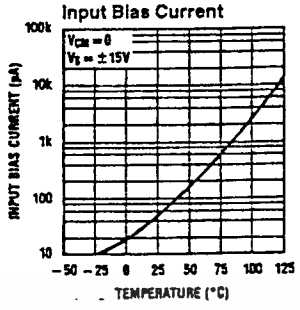
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

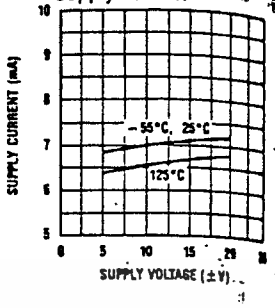
Input Bias Current



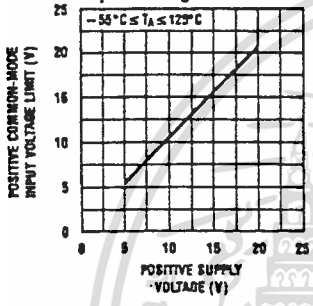
Input Bias Current



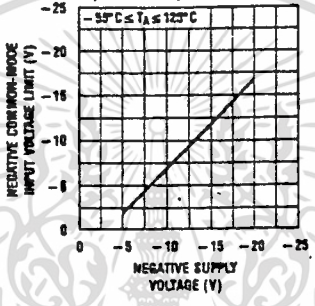
Supply Current



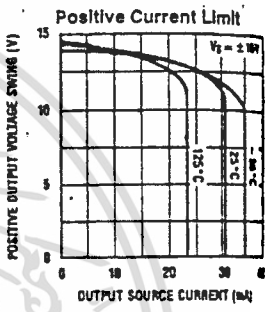
Positive Common-Mode Input Voltage Limit



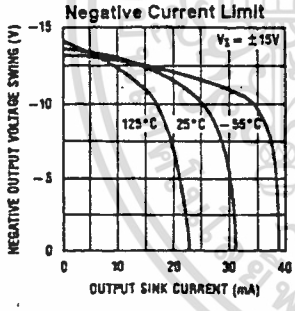
Negative Common-Mode Input Voltage Limit



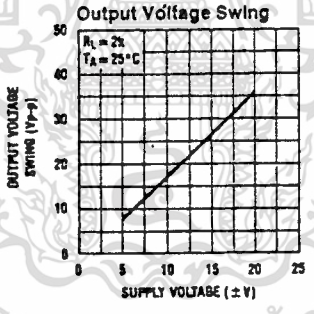
Positive Current Limit



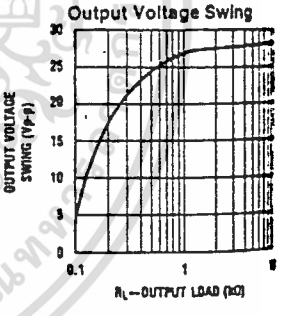
Negative Current Limit



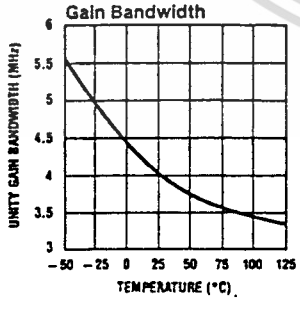
Output Voltage Swing



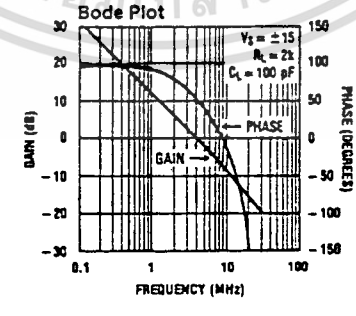
Output Voltage Swing



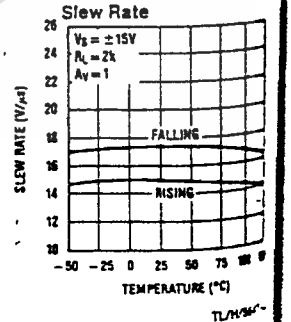
Gain Bandwidth



Bode Plot



Slew Rate

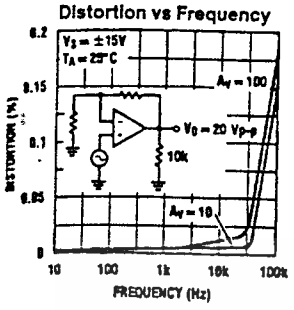


TL/H/5847-

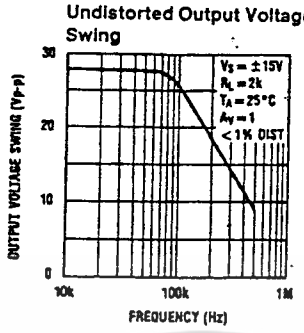
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (Continued)

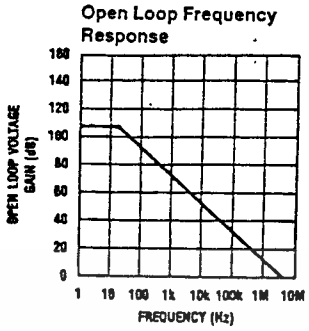
Distortion vs Frequency



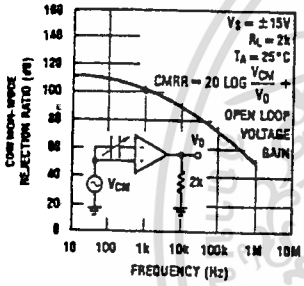
Undistorted Output Voltage Swing



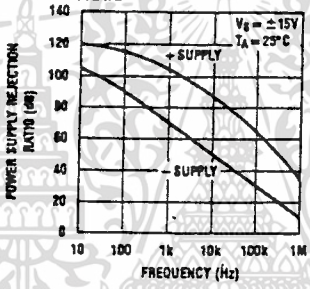
Open Loop Frequency Response



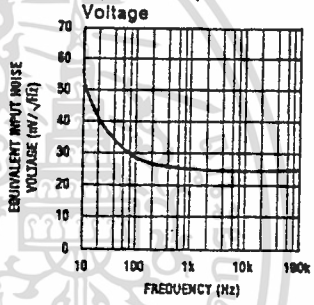
Common-Mode Rejection Ratio



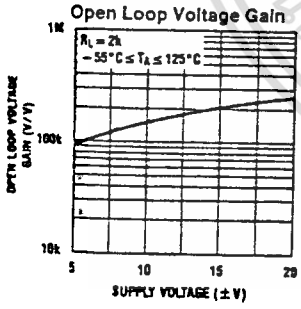
Power Supply Rejection Ratio



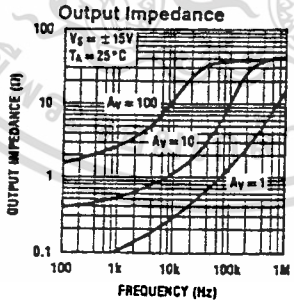
Equivalent Input Noise Voltage



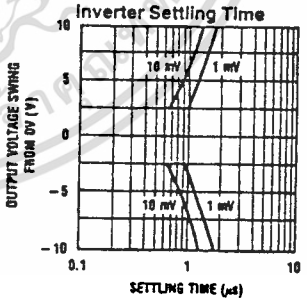
Open Loop Voltage Gain



Output Impedance



Inverter Settling Time

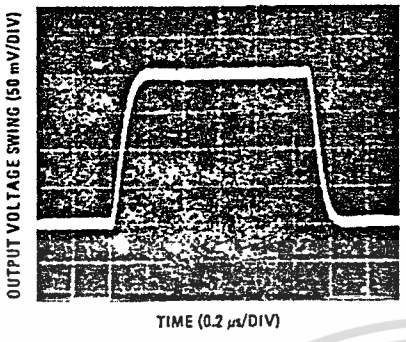


TL/H/5647–3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

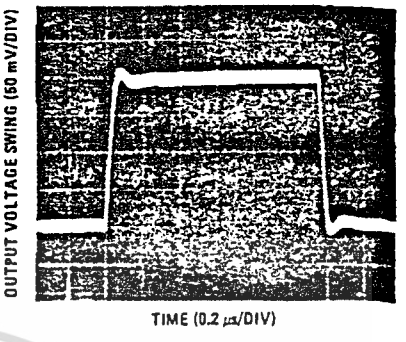
Pulse Response $R_L = 2\,k\Omega$, $C_L = 10\,pF$

Small Signal Inverting



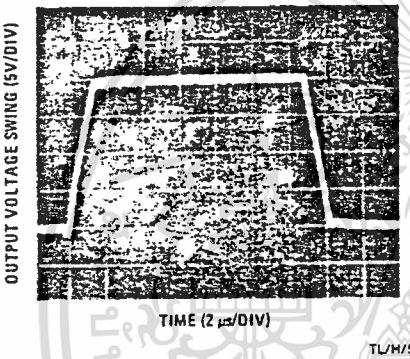
TL/H/5647–4

Small Signal Non-Inverting



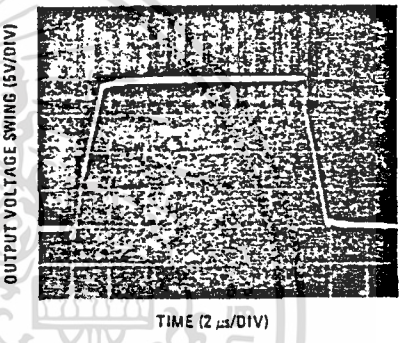
TL/H/5647–5

Large Signal Inverting



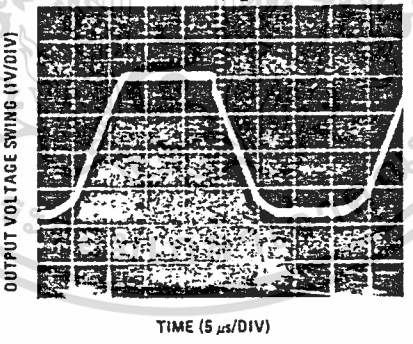
TL/H/5647–6

Large Signal Non-Inverting



TL/H/5647–7

Current Limit ($R_L = 100\Omega$)



TL/H/5647–8

Application Hints

The LF147 is an op amp with an internally trimmed input offset voltage and JFET input devices (BI-FET II™). These JFETs have large reverse breakdown voltages from gate to source and drain eliminating the need for clamps across the inputs. Therefore, large differential input voltages can easily be accommodated without a large increase in input current. The maximum differential input voltage is independent of the supply voltages. However, neither of the input voltages should be allowed to exceed the negative supply as this will cause large currents to flow which can result in a destroyed unit.

Exceeding the negative common-mode limit on either input will force the output to a high state, potentially causing a reversal of phase to the output. Exceeding the negative common-mode limit on both inputs will force the amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints (Continued)

output to a high state. In neither case does a latch occur since raising the input back within the common-mode range again puts the input stage and thus the amplifier in a normal operating mode.

Exceeding the positive common-mode limit on a single input will not change the phase of the output; however, if both inputs exceed the limit, the output of the amplifier will be forced to a high state.

The amplifiers will operate with a common-mode input voltage equal to the positive supply; however, the gain bandwidth and slew rate may be decreased in this condition. When the negative common-mode voltage swings to within 3V of the negative supply, an increase in input offset voltage may occur.

Each amplifier is individually biased by a zener reference which allows normal circuit operation on ±4.5V power supplies. Supply voltages less than these may result in lower gain bandwidth and slew rate.

The LF147 will drive a 2 kΩ load resistance to ±10V over the full temperature range. If the amplifier is forced to drive heavier load currents, however, an increase in input offset voltage may occur on the negative voltage swing and finally reach an active current limit on both positive and negative swings.

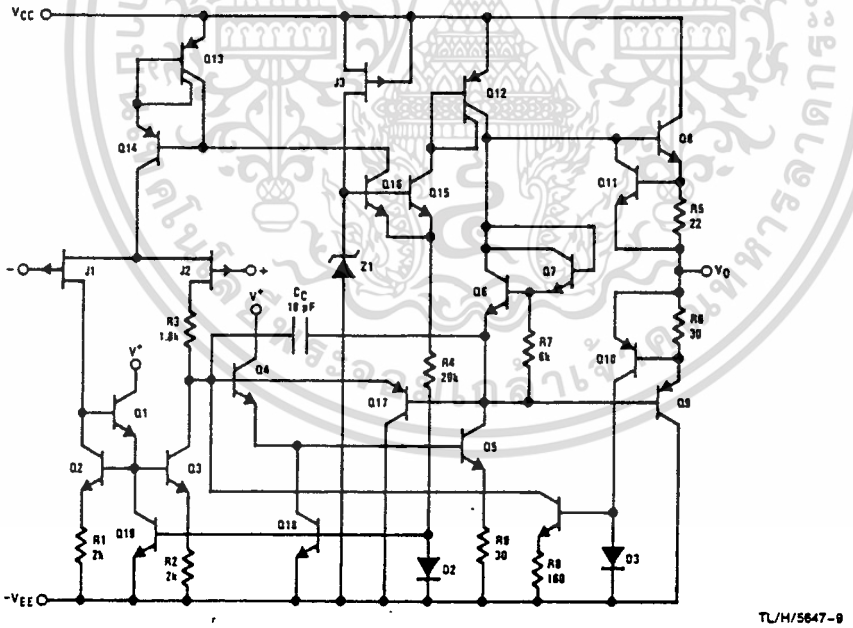
Precautions should be taken to ensure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

Because these amplifiers are JFET rather than MOSFET input op amps they do not require special handling.

As with most amplifiers, care should be taken with lead dress, component placement and supply decoupling in order to ensure stability. For example, resistors from the output to an input should be placed with the body close to the input to minimize "pick-up" and maximize the frequency of the feedback pole by minimizing the capacitance from the input to ground.

A feedback pole is created when the feedback around any amplifier is resistive. The parallel resistance and capacitance from the input of the device (usually the inverting input) to AC ground set the frequency of the pole. In many instances the frequency of this pole is much greater than the expected 3 dB frequency of the closed loop gain and consequently there is negligible effect on stability margin. However, if the feedback pole is less than approximately 6 times the expected 3 dB frequency a lead capacitor should be placed from the output to the input of the op amp. The value of the added capacitor should be such that the RC time constant of this capacitor and the resistance it parallels is greater than or equal to the original feedback pole time constant.

Detailed Schematic

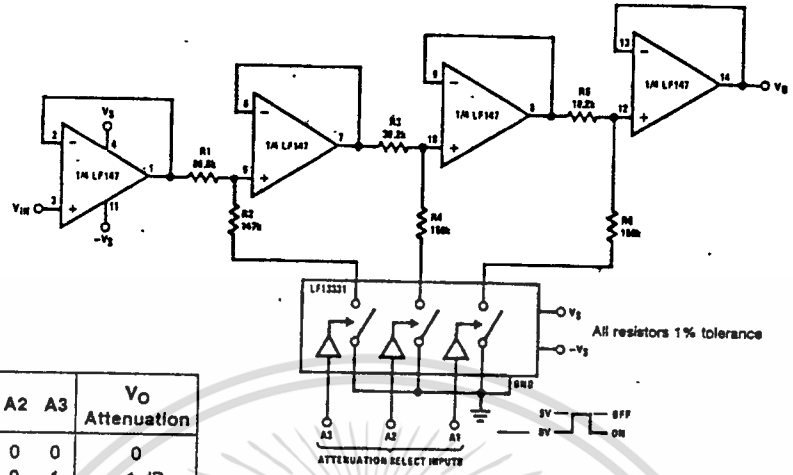


TL/H/5647-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications

Digitally Selectable Precision Attenuator

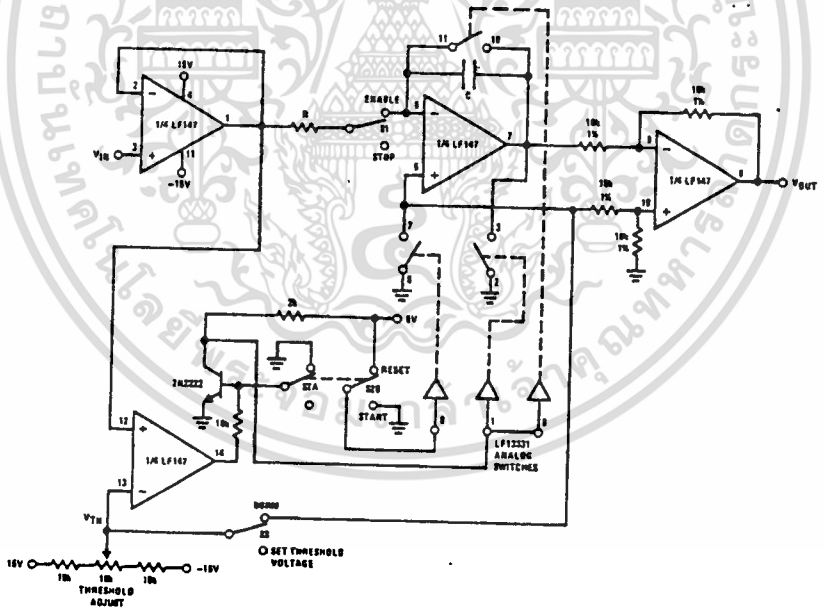


TL/H/5647–10

A1	A2	A3	V_O Attenuation
0	0	0	0
0	0	1	−1 dB
0	1	0	−2 dB
0	1	1	−3 dB
1	0	0	−4 dB
1	0	1	−5 dB
1	1	0	−6 dB
1	1	1	−7 dB

- Accuracy of better than 0.4% with standard 1% value resistors
- No offset adjustment necessary
- Expandable to any number of stages
- Very high input impedance

Long Time Integrator with Reset, Hold and Starting Threshold Adjustment



TL/H/5647–11

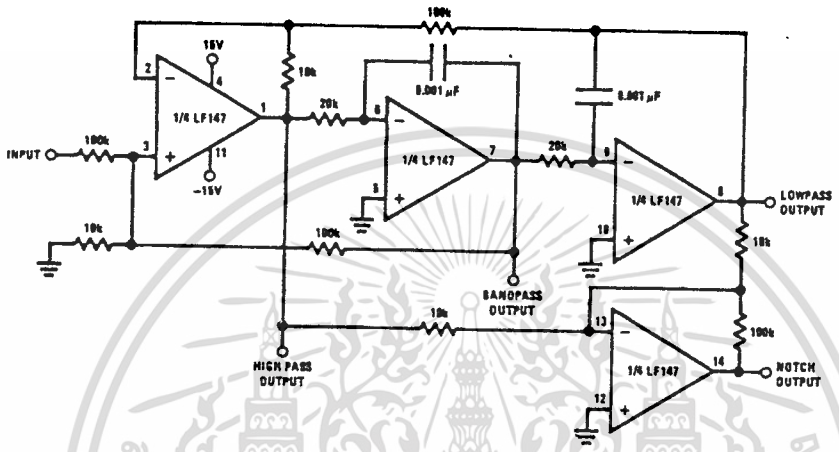
- V_{OUT} starts from zero and is equal to the integral of the input voltage with respect to the threshold voltage:

$$V_{OUT} = \frac{1}{RC}\int_0^t (V_{IN} - V_{TH})dt$$

- Output starts when $V_{IN} \geq V_{TH}$
- Switch S1 permits stopping and holding any output value
- Switch S2 resets system to zero

Typical Applications (Continued)

Universal State Variable Filter



TL/H/5647–12

For circuit shown:
$f_0 = 3$ kHz, $f_{NOTCH} = 9.5$ kHz
$Q = 3.4$
Passband gain:
Highpass—0.1
Bandpass—1
Lowpass—1
Notch—10

- $f_0 \times Q \leq 200$ kHz
- 10V peak sinusoidal output swing without slew limiting to 200 kHz
- See LM148 data sheet for design equations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

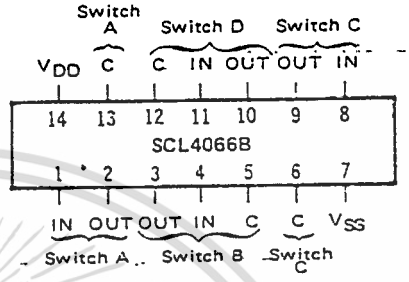
SCL4066B

CMOS QUAD ANALOG SWITCH

FEATURES

- Transmission or Multiplexing of Analog or Digital Signals
- 80Ω Typical ON-Resistance for 15-Volt operation
- Switch ON-Resistance Matched to within 5Ω over 15-Volt Signal-Input Range
- ON-Resistance Flat over Full Peak-to-Peak Signal Range
- High Degree of Linearity:
  ≤0.5% Distortion (typ) @ f_{is} = 1kHz, $V_{is} = 5V_{p-p}$, V_{DD}-$V_{SS} \geq 10V$, $R_L = 10k\Omega$
- Extremely Low OFF switch Leakage Resulting in very Low Offset Current and High Effective OFF-Resistance:
  10pA (typ) @ V_{DD}-V_{SS} = 10V, $T_A = 25°C$
- Extremely High Control Input Impedance (Control Circuit Isolated from Signal Circuit):
  $10^{12}\Omega$ (typ)
- Low Crosstalk between Switches:
  -50dB (typ) @ f_{is} = 0.9MHz, $R_L = 1k\Omega$
- Matched Control-Input to Signal-Output Capacitance Reduces Output Signal Transients
- Frequency Response, Switch ON = 40MHz (typ)

CONNECTION DIAGRAM
(all packages)



Add suffix for package:

C	14-pin Cerdip	F	14-pin Flat
D	14-pin Ceramic	H	Chip
E	14-pin Epoxy		

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

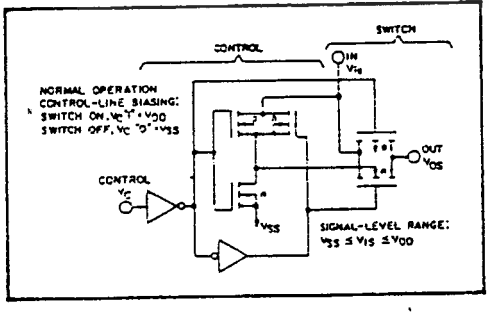
DC Supply Voltage	V_{DD} - V_{SS}	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A		
C, D, F, H Device		-55 to +125	°C
E Device		-40 to +85	°C

DESCRIPTION

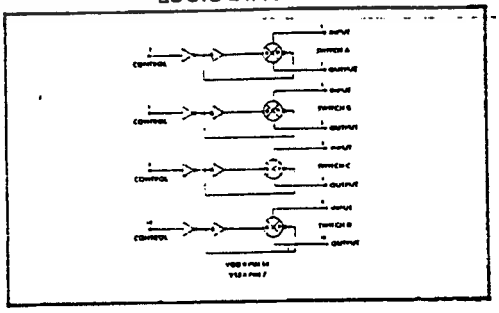
The SCL4066B is a Quad Bilateral Switch intended for the transmission or multiplexing of analog or digital signals. It is pin-for-pin compatible with the SCL4016B, but exhibits a much lower ON-resistance. In addition, the ON-resistance is relatively constant over the full input signal range. The SCL4066 consists of four independent bilateral switches. A single control signal is required per switch. Both the P and the N device in a given switch are biased ON or OFF simultaneously by the control signal. As shown below, the well of the N-channel device on each switch is either tied to the input when the switch is ON or to V_{SS} when the switch is OFF. This configuration minimizes the variation of the switch-transistor threshold voltage with input-signal, and thus keeps the ON-resistance low over the full operating range.

The advantages over single-channel switches include peak input-signal voltage swings equal to the full supply voltage, and more constant ON-impedance over the input-signal range. For sample-and-hold applications, however, the SCL4016 is recommended.

SCHEMATIC DIAGRAM (one of four switches)



LOGIC DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS [1,3]

PARAMETER		CONDITIONS	V_{SS} (Vdc)	V_{DD} (Vdc)	T_{LOW}[2] Min.	T_{LOW}[2] Max.	25°C Min.	25°C Typ.	25°C Max.	T_{HIGH}[2] Min.	T_{HIGH}[2] Max.	Units
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I_{DD}	$V_{IN} = V_{SS}$ or V_{DD}	0	5	–	0.05	–	0.0005	0.05	–	1.5	μAdc
		All valid input	0	10	–	0.1	–	0.001	0.1	–	3.0	
		combinations	0	15	–	0.2	–	0.002	0.2	–	6.0	
MINIMUM INPUT HIGH VOLTAGE (Control Input)	V_{IH}	$V_{IS} = V_{SS}$	0	5	–	4.0	–	2.75	4.0	–	4.0	Vdc
		$V_{OS} = V_{DD}$	0	10	–	8.0	–	5.5	8.0	–	8.0	
		$I_{OS} = 10\mu A$	0	15	–	12.0	–	8.25	12.0	–	12.0	
MAXIMUM INPUT LOW VOLTAGE (Control Input)	V_{IL}	$V_{IS} = V_{SS}$	0	5	1.0	–	1.0	2.25	–	1.0	–	Vdc
		$V_{OS} = V_{DD}$	0	10	2.0	–	2.0	4.5	–	2.0	–	
		$I_{OS} = 10\mu A$	0	15	3.0	–	3.0	6.75	–	3.0	–	
SWITCH INPUT/OUTPUT LEAKAGE	I_{OFF}	$V_C = V_{SS}$	-7.5	+7.5	–	±100	–	±0.01	±100	–	±200	nAdc
		$V_{IS} = \pm 7.5$Vdc										
ON-RESISTANCE C,D,F,H device	R_{ON}	$V_C = V_{DD}$	-7.5	+7.5	–	220	–	80	280	–	320	Ω
		$V_{SS} \leq V_{IS} \leq V_{DD}$	0	+15								
		$R_L = 10k\Omega$	-5	+5	–	310	–	120	400	–	550	Ω
			0	-10								
			-2.5	+2.5	–	2000	–	270	2500	–	3500	Ω
			0	+5								
E device	R_{ON}	$V_C = V_{DD}$	-7.5	+7.5	–	250	–	80	280	–	300	Ω
		$V_{SS} \leq V_{IS} \leq V_{DD}$	0	+15								
		$R_L = 10k\Omega$	-5	+5	–	330	–	120	400	–	520	Ω
			0	+10								
			-2.5	+2.5	–	2100	–	270	2500	–	3200	Ω
			0	+5								
ON-RESISTANCE MATCH (Same package)	ΔR_{ON}	$V_C = V_{DD}$	-7.5	+7.5	–	–	–	5	–	–	–	Ω
		$V_{SS} \leq V_{IS} \leq V_{DD}$	0	+15								
		$R_L = 10k\Omega$	-5	+5	–	–	–	10	–	–		Ω
			0	+10								
			-2.5	+2.5	–	–	–	10	–	–		Ω
			0	+5								

NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications"

[2] T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.
= -40°C for E device.
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.

[3] This device has been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

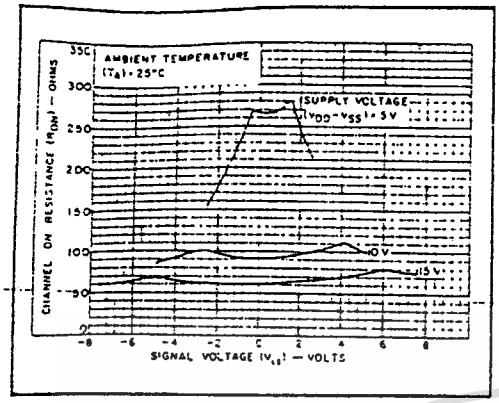
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

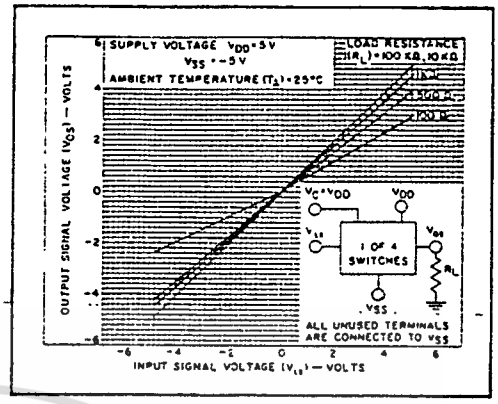
DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

PARAMETER		CONDITIONS	V_{SS} (Vdc)	V_{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
SIGNAL INPUTS (V_{is}) AND OUTPUTS (V_{os})								
PROPAGATION DELAY TIME Signal Input to Signal Output	t_{PLH}, t_{PHL}	V_c=V_{DD} V_{is}=Square Wave R_L = 10kΩ	0 0 0	5 10 15	– – –	20 10 7.5	40 20 15	ns
BANDWIDTH (-3dB) (Sine Wave)	BW	V_c=V_{DD} R_L V_{is}=5V_{p-p} 1kΩ centered 10kΩ @ 0.0Vdc 100kΩ 1MΩ	-5	+5	– – – –	54 40 38 37	– – – –	MHz
INSERTION LOSS $(=20\ \log_{10}\frac{V_{os}}{V_{is}})$		V_c=V_{DD} R_L V_{is}=5V_{p-p} 1kΩ centered 10kΩ @ 0.0Vdc 100kΩ 1MΩ	-5	+5	– – – –	2.3 0.2 0.1 0.05	– – – –	dB
SIGNAL DISTORTION (Sine Wave)		V_c=V_{DD} V_{is}=5V_{p-p} centered @ 0.0Vdc f_{is}=1.0kHz R_L = 10kΩ	-5	+5	–	0.16	–	%
FEEDTHROUGH (-50dB)		V_c=V_{SS} R_L V_{is}=5V_{p-p} 1kΩ centered 10kΩ @0.0Vdc 100kΩ 1MΩ	-5	+5	– – – –	1250 140 18 2	– – – –	kHz
CROSSTALK (-50dB) Between two switches		V_c(A)=V_{DD} V_c(B)=V_{SS} V_{is}(A)=5V_{p-p} centered @0.0Vdc R_L = 10kΩ	-5	+5	–	0.9	–	MHz
CAPACITANCE Input Output Feedthrough	C_{is} C_{os} C_{ios}	V_C = V_{SS}	-5	+5	– – –	8 8 0.5	– – –	pF pF pF
CONTROL INPUT (V_C)								
PROPAGATION DELAY TIME Turn on	t_{PC}	V_{SS}≤V_{is}≤V_{DD} R_L = 10kΩ	0 0 0	5 10 15	– – –	50 25 20	100 50 40	ns
MAXIMUM INPUT FREQUENCY	f_c	V_{SS}≤V_{is}≤V_{DD} R_L = 1.0kΩ	0 0 0	5 10 15	– – –	5 10 12	– – –	MHz
CROSSTALK (To signal port)		V_c=Square Wave R_L = 10kΩ R_{in} = 1.0kΩ	0 0 0	5 10 15	– – –	30 50 100	– – –	mV

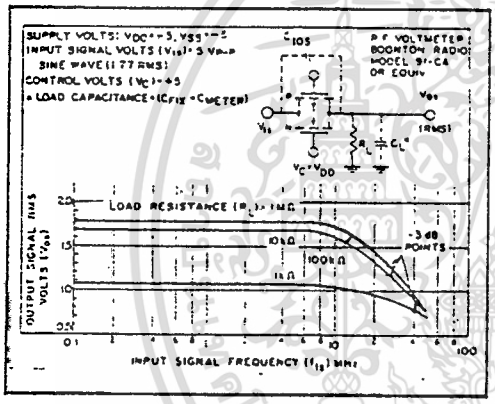
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



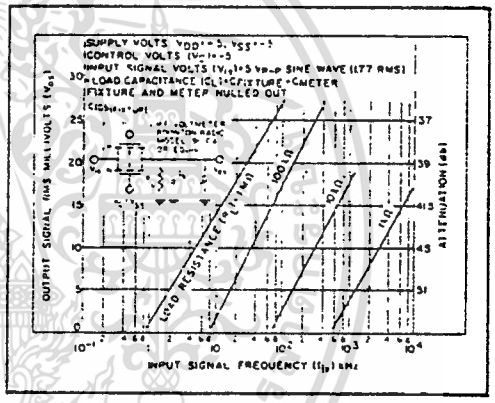
Typical channel ON resistance vs. signal voltage for three values of supply voltage (V_{DD}-V_{SS})



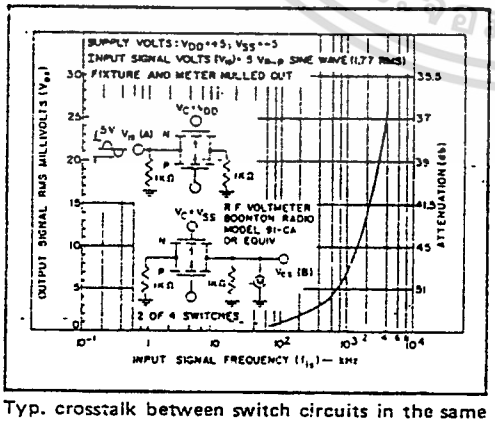
Typical ON characteristics for 1 of 4 channels.



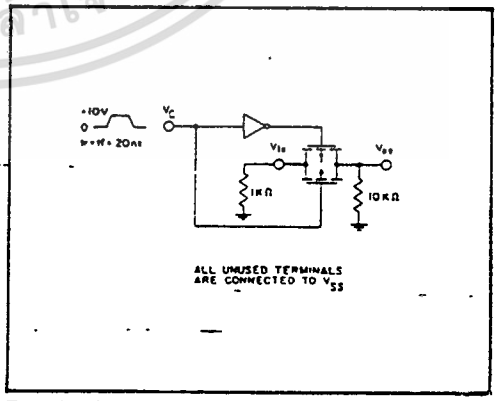
Typ. switch frequency response - switch "ON"



Typ. feedthru vs. freq. — switch "OFF"



Typ. crosstalk between switch circuits in the same package



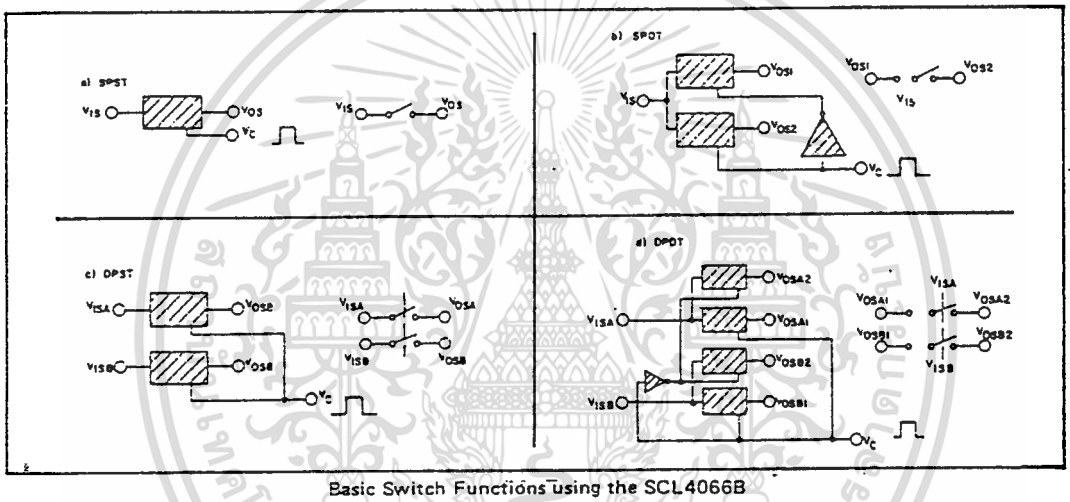
Test circuit, crosstalk-control input to signal output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

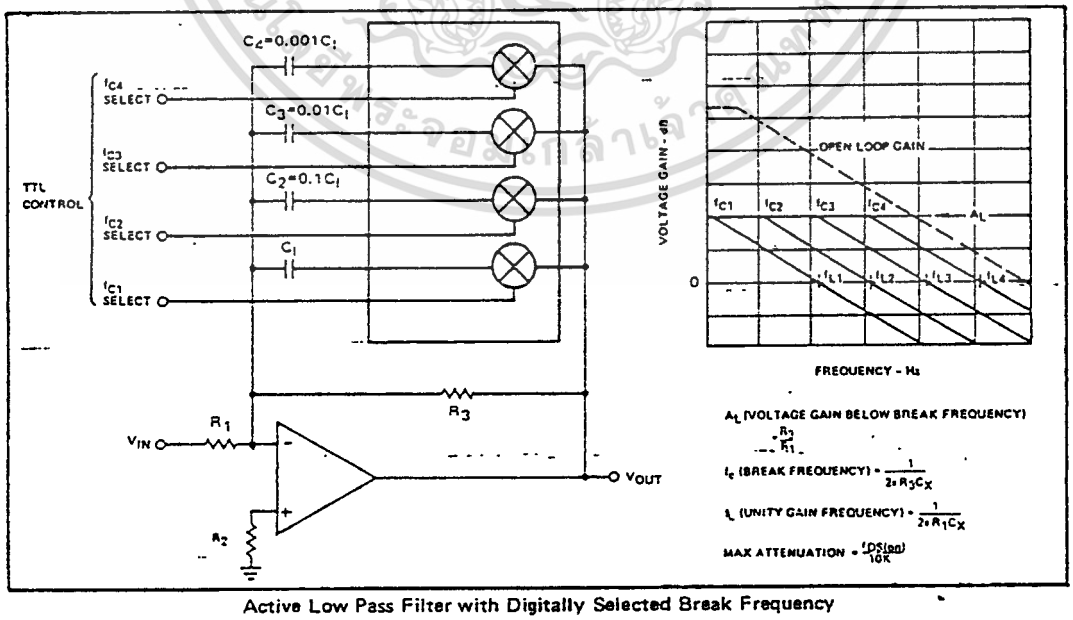
SPECIAL CONSIDERATIONS – SCL4066B

1. In applications where separate power sources are used to drive V_{DD} and the signal inputs, the V_{DD} current capability should exceed V_{DD}/R_L (R_L = effective external load of the 4 SCL4066B bilateral switches). This provision avoids any permanent current flow or clamp action on the V_{DD} supply when power is applied or removed from SCL4066B.
2. In certain applications, the external load-resistor current may include both V_{DD} and signal-line components. To avoid drawing V_{DD} current when switch current flows into terminals 1, 4, 8, or 11, the voltage drop across the bidirectional switch must not exceed 0.8 volt (calculated from R_{ON} values shown). No V_{DD} current will flow through R_L if the switch current flows into terminals 2, 3, 9, or 10. Failure to observe this condition may result in distortion of the signal.

APPLICATIONS INFORMATION



Basic Switch Functions using the SCL4066B



Active Low Pass Filter with Digitally Selected Break Frequency

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

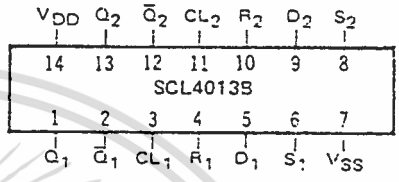
SCL4013B

CMOS DUAL D-TYPE FLIP-FLOP

FEATURES

- Independent Set and Reset Controls
- Static Operation
- Logic Edge-Clocked Design
- 16MHz Toggle Rate @ 10Vdc
- Balanced Output Drive Current Specifications

CONNECTION DIAGRAM
(all packages)



Add suffix for package:

C	14-pin Cerdip
D	14-pin Ceramic
E	14-pin Epoxy
F	14-pin Flat
H	Chip

DESCRIPTION

The SCL4013B consists of two identical, independent D-type Flip-Flops. These devices can be used for shift register applications, and, by connecting the $\overline{Q}$ output to the Data input, for counter and toggle applications. The logic level present at the D input is transferred to the Q output during the positive-going transition of the Clock pulse. Setting or resetting is independent of the Clock and is accomplished by a high level on the Set or Reset line, respectively.

TRUTH TABLE

CL	D	R	S	Q	Q̄	
▲	0	0	0	0	1	
▲	1	0	0	1	0	
▼	x	0	0	Q	Q̄	NO CHANGE
x	x	1	0	0	1	
x	x	0	1	1	0	
x	x	1	1	1	1	

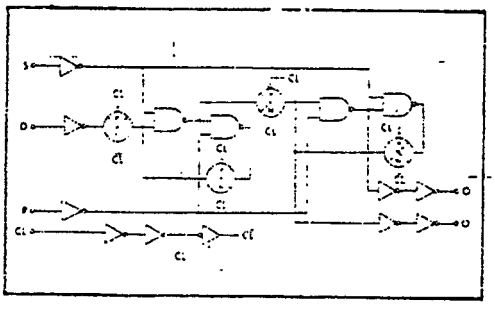
▲ = Level Change
x = Don't Care

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

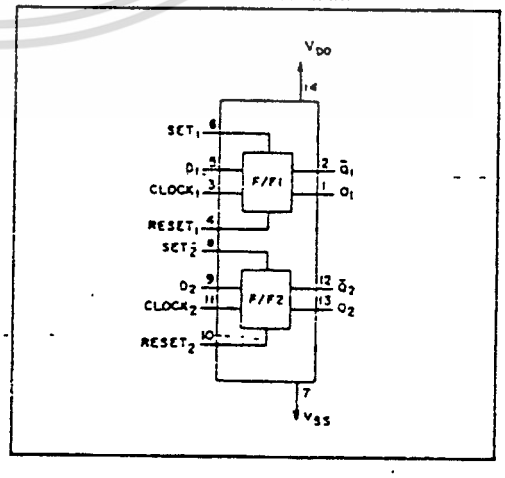
For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A		
C, D, F, H Device		-55 to +125	°C
E Device		-40 to +85	°C

LOGIC DIAGRAM



BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS [1] [3]

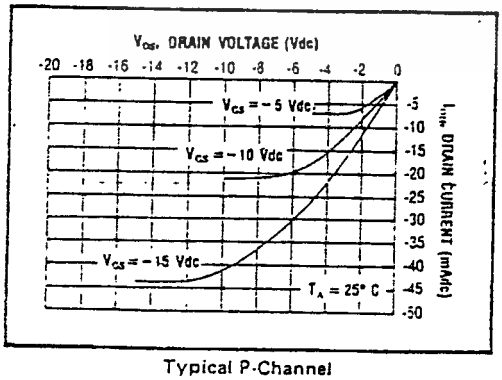
PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T_{LOW} [2] Min.	T_{LOW} [2] Max.	+25°C Min.	+25°C Typ.	+25°C Max.	T_{HIGH} [2] Min.	T_{HIGH} [2] Max.	Units
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I_{DD}	5	$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}	–	1.0	–	0.005	1.0	–	30	µAdc
		10	All valid input	–	2.0	–	0.01	2.0	–	60	
		15	combinations	–	4.0	–	0.02	4.0	–	120	

NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".
[2] T_{LOW} = −55°C for C, D, F, H device.
= −40°C for E device.
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.
[3] This device has been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

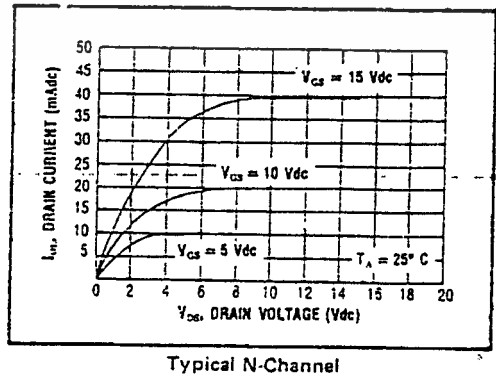
DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
CLOCKED OPERATION						
PROPAGATION DELAY TIME	t_{PLH}, t_{PHL}	5	–	125	250	ns
		10	–	65	130	
		15	–	45	90	
OUTPUT TRANSITION TIME	t_{TLH}, t_{THL}	5	–	100	200	ns
		10	–	50	100	
		15	–	40	80	
MINIMUM CLOCK PULSE WIDTH	PW_{CL}	5	–	70	140	ns
		10	–	30	60	
		15	–	20	40	
MAXIMUM CLOCK FREQUENCY	f_{CL}	5	3.5	7.0	–	MHz
		10	8.0	16	–	
		15	12.5	25	–	
MAXIMUM CLOCK RISE AND FALL TIME[1]	t_{rCL}, t_{fCL}	5	15	–	–	µs
		10	10	–	–	
		15	5	–	–	
MINIMUM SETUP TIME	t_{setup}	5	–	25	50	ns
		10	–	10	20	
		15	–	7.5	15	
MINIMUM HOLD TIME	t_{hold}	5	–	-25	0	ns
		10	–	-10	0	
		15	–	-5	0	
SET AND RESET OPERATIONS						
PROPAGATION DELAY TIME S to Q, R to Q	t_{PLH}	5	–	125	250	ns
		10	–	65	130	
		15	–	45	90	
MINIMUM SET AND RESET PULSE WIDTH	PW_S, PW_R	5	–	65	130	ns
		10	–	30	60	
		15	–	25	50	
SET AND RESET REMOVAL TIME	t_{rem}	5	–	0	25	ns
		10	–	0	10	
		15	–	0	5	

[1] When units are cascaded, the maximum rise and fall times of the clock input should be equal to or less than the transition times of the data outputs driving data inputs, plus the propagation delay of the output driving stage for the output capacitive load.



Typical P-Channel
Source Current Characteristics



Typical N-Channel
Sink Current Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS [1] [3]

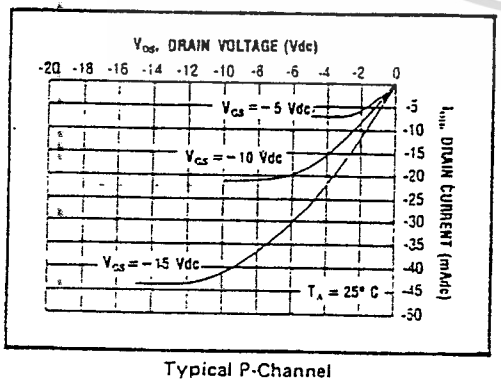
PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T_{LOW} [2]		+25°C			T_{HIGH} [2]		Units
				Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I_{DD}	5	$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD} All valid input combinations	–	1.0	–	0.005	1.0	–	30	μAdc
		10		–	2.0	–	0.01	2.0	–	60	
		15		–	4.0	–	0.02	4.0	–	120	

NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".
[2] T_{LOW} = −55°C for C, D, F, H device.
= −40°C for E device.
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.
[3] This device has been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

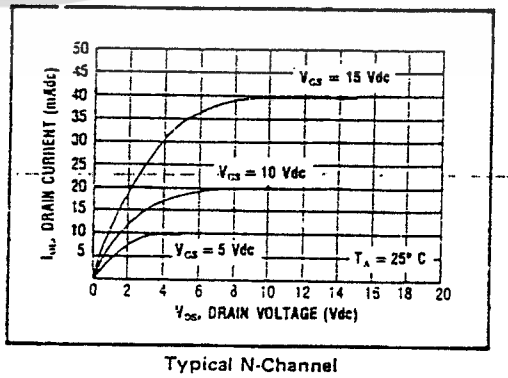
DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
CLOCKED OPERATION						
PROPAGATION DELAY TIME	t_{PLH}, t_{PHL}	5	–	125	250	ns
		10	–	65	130	
		15	–	45	90	
OUTPUT TRANSITION TIME	t_{TLH}, t_{THL}	5	–	100	200	ns
		10	–	50	100	
		15	–	40	80	
MINIMUM CLOCK PULSE WIDTH	PW_{CL}	5	–	70	140	ns
		10	–	30	60	
		15	–	20	40	
MAXIMUM CLOCK FREQUENCY	f_{CL}	5	3.5	7.0	–	MHz
		10	8.0	16	–	
		15	12.5	25	–	
MAXIMUM CLOCK RISE AND FALL TIME[1]	t_{rCL}, t_{fCL}	5	15	–	–	μs
		10	10	–	–	
		15	5	–	–	
MINIMUM SETUP TIME	t_{su}	5	–	25	50	ns
		10	–	10	20	
		15	–	7.5	15	
MINIMUM HOLD TIME	t_{h}	5	–	-25	0	ns
		10	–	-10	0	
		15	–	-5	0	
SET AND RESET OPERATIONS						
PROPAGATION DELAY TIME S to Q, R to Q̄	t_{PLH}	5	–	125	250	ns
		10	–	65	130	
		15	–	45	90	
MINIMUM SET AND RESET PULSE WIDTH	PW_S, PW_R	5	–	65	130	ns
		10	–	30	60	
		15	–	25	50	
SET AND RESET REMOVAL TIME	t_{rem}	5	–	0	25	ns
		10	–	0	10	
		15	–	0	5	

[1] When units are cascaded, the maximum rise and fall times of the clock input should be equal to or less than the transition times of the data outputs driving data inputs, plus the propagation delay of the output driving stage for the output capacitive load.



Typical P-Channel
Source Current Characteristics



Typical N-Channel
Sink Current Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4514B
SCL4515B

CMOS 4-TO-16 LINE DECODERS WITH LATCH

FEATURES

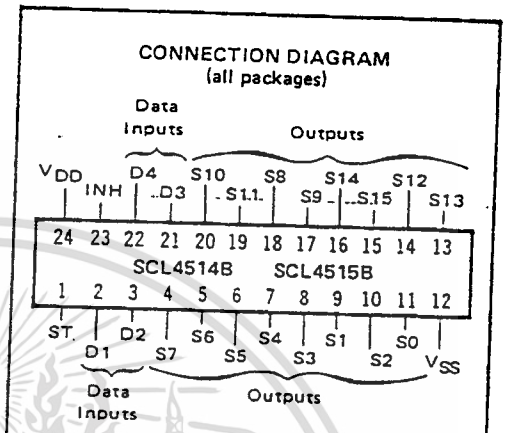
- Strobed Input Latch
- Inhibit Control
- Selected Output Active High (SCL4514B) or Active Low (SCL4515B)

DESCRIPTION

The SCL4514B and SCL4515B are two output options of a 4-to-16 Line Decoder with Latched Inputs. The SCL4514B presents a logic "1" at the selected output, and the SCL4515B presents a logic "0" at the selected output. The latches hold the last input data presented prior to the Strobe transition from "1" to "0". Inhibit allows all outputs to be placed at "0" (SCL4514B), or "1" (SCL4515B), regardless of the state of the Data or Strobe inputs.

Applications include code conversion, address decoding, memory selection control, demultiplexing, and readout decoding.

CONNECTION DIAGRAM
(all packages)



Add suffix for package:

D 24-pin Ceramic
E 24-pin Epoxy
H Chip

TRUTH TABLE (Strobe = 1)

Inhibit	Data Inputs D	C	B	A	Selected Output SCL4514B = Logic "1" SCL4515B = Logic "0"
0	0	0	0	0	S0
0	0	0	0	1	S1
0	0	0	1	0	S2
0	0	0	1	1	S3
0	0	1	0	0	S4
0	0	1	0	1	S5
0	0	1	1	0	S6
0	0	1	1	1	S7
0	1	0	0	0	S8
0	1	0	0	1	S9
0	1	0	1	0	S10
0	1	0	1	1	S11
0	1	1	0	0	S12
0	1	1	0	1	S13
0	1	1	1	0	S14
0	1	1	1	1	S15
1	X	X	X	X	All Outputs = "0", SCL4514B All Outputs = "1", SCL4515B

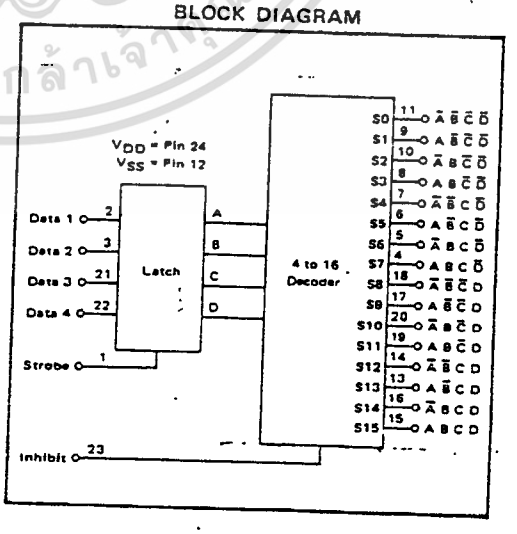
X = Don't Care

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A		
D, H Device		-55 to +125	°C
E Device		-40 to +85	°C

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

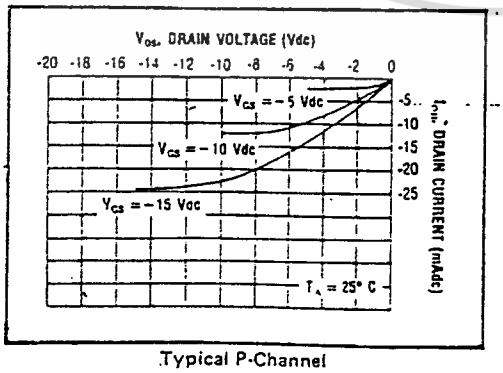
STATIC CHARACTERISTICS[1]

PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T_{LOW}[2] Min.	T_{LOW}[2] Max.	+25°C Min.	+25°C Typ.	+25°C Max.	T_{HIGH}[2] Min.	T_{HIGH}[2] Max.	Units
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I_{DD}	5	$V_{IN} = V_{SS}$ or V_{DD}	–	5	–	0.05	5	–	150	μAdc
		10	All valid input	–	10	–	0.1	10	–	300	
		15	combinations	–	20	–	0.2	20	–	600	

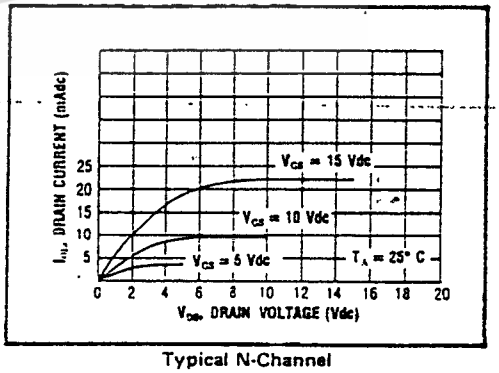
NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".
[2] T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.
= -40°C for E device.
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
PROPAGATION DELAY TIME From Data Inputs	t_{PLH}, t_{PHL}	5	–	550	1100	ns
		10	–	225	450	
		15	–	150	300	
From Inhibit Input		5	–	400	800	ns
		10	–	150	300	
		15	–	100	200	
OUTPUT TRANSITION TIME	t_{TLH}, t_{THL}	5	–	130	260	ns
		10	–	65	130	
		15	–	50	100	
MINIMUM DATA INPUT SETUP TIME	t_{setup}	5	–	125	250	ns
		10	–	50	100	
		15	–	40	80	
MINIMUM STROBE PULSE WIDTH	PW_{ST}	5	–	175	350	ns
		10	–	50	100	
		15	–	40	80	



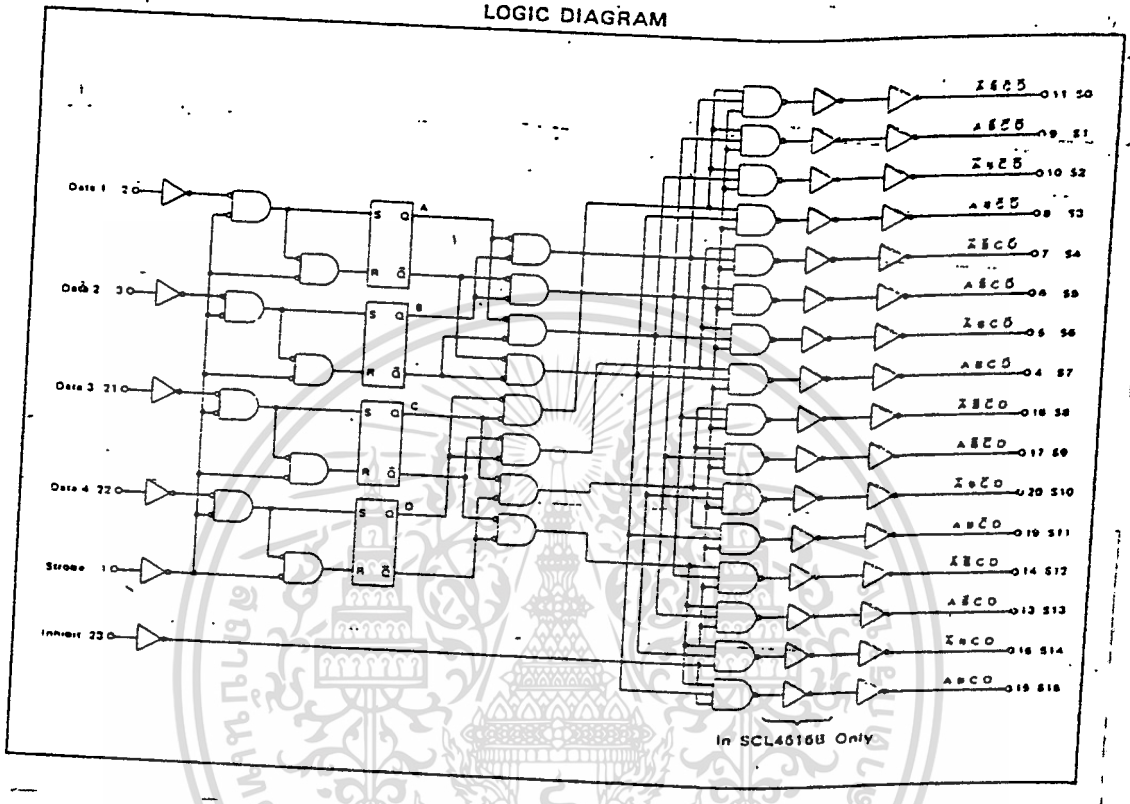
Typical P-Channel
Source Current Characteristics



Typical N-Channel
Sink Current Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOGIC DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ก็เพราะได้คำแนะนำและความช่วยเหลือจากบุคคลต่อไปนี้

1. รศ.ดร. กอบชัย เดชหาญ	หัวหน้าภาควิชาโทรคมนาคม
2. รศ. ณรงค์ เหมกรณ์	อาจารย์ที่ปรึกษา
3. ผศ. นิภา ลีลารุจิ	อาจารย์ประจำภาควิชาโทรคมนาคม
4. ผศ. สมยศ จุณณะปิยะ	อาจารย์ประจำภาควิชาโทรคมนาคม
5. นายสุรพล บุญจันทร์	เจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคนิคประจำห้องธุรการภาควิชาโทรคมนาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] แซทเทลไลท์ ไทยแลนด์ (Satellite Thailand) "มาสร้างเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมใช้เองกันดีกว่า" , สำนักพิมพ์นิตยสาร "ซีคิว" ปีที่ 1 ฉบับที่ 1

[2] เซมิคอนดักเตอร์ อิเลคโทรนิคส์ "โทรทัศน์ผ่านดาวเทียม" ,สำนักพิมพ์ บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , ฉบับที่ 77-79 , 2530

[3] เซมิคอนดักเตอร์ อิเลคโทรนิคส์ "รีโมทอินฟราเรด สมรรถนะสูง 15 ช่องจุใจ" สำนักพิมพ์บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , ฉบับที่ 116, 2535

[4] เซมิคอนดักเตอร์ อิเลคโทรนิคส์ "แนวการออกแบบรีโมตคอนโทรล" สำนักพิมพ์บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , ฉบับที่ 134 , 2536

[5] ณรงค์ เหมกรณ์ "การสื่อสารดาวเทียม" , สำนักพิมพ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[6] สุชาติ กังวารจิตต์ "หลักการทำงานเครื่องรับส่งวิทยุ และระบบวิทยุสื่อสาร" , สำนักพิมพ์ บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , 2532

[7] "MOTOROLA LINEAR / INTERFACE IC DEVICE DATA VOLUME I" ,SIXTH EDITION SECOND PRINTING, MOTOROLA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้