ปริญญานิพนธ์

แผงสาธิตการทำงานเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านซีแบนด์

C-Band SATELLITE SIGNAL RECEIVER DEMONSTRATOR

1. นายจรัสพัฒน์ เจริญทอง
2. นายประชุม เอื้อชินกุล
3. นายปราโมทย์ ชื่นนิยม
4. นายสมพล วรวุฒิยานนท์

A021064

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 1296 021064
วัน เดือน ปี -3 พ.ค. 2538

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ แผงสาธิตการทำงานเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านซีแบนด์

C-Band SATELLITE SIGNAL RECEIVER DEMONSTRATOR

ชื่อนักศึกษา

1. นายจรัสพัฒน์ เจริญทอง **รหัสประจำตัว** 36031105
2. นายประชุม เอื้อชินกุล **รหัสประจำตัว** 36031122
3. นายปราโมทย์ ชื่นนิยม **รหัสประจำตัว** 36031124
4. นายสมพล วรวุฒิยานนท์ **รหัสประจำตัว** 36031132

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรม **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

1. อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
2. อาจารย์สมชาย หมื่นสายญาติ
3. อาจารย์สันติ ตันตระกูล

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม	
2. อาจารย์สมชาย หมื่นสายญาติ	
3. อาจารย์สันติ ตันตระกูล	
4. อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	
5. ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2538 **เวลา** 16.15 น.ถึงเวลา 17.15 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ลงนาม.....

(ผศ.ดร.ธีระพล ไพรหลดีประ ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ ๒๙ เดือน กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๓๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง แผงสาธิตการทำงานเครื่องรับสัญญาณย่านซีแบนด์

C-Band SATELLITE SIGNAL RECEIVER DEMONSTRATOR

ผู้จัดทำ

1.นายจรัสพัฒน์ เจริญทอง
2.นายประชุม เอื้อชินกุล
3.นายปราโมทย์ ชื่นนิยม
4.นายสมพล วรวุฒิยานนท์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม .....

(อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

ลงนาม .....

(อาจารย์สมชาย หมื่นสายญาติ)

ลงนาม .....

(อาจารย์สันติ ตันตระกูล)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ลงนาม.....

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง แผงสาธิตการทำงานเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านซีแบนด์

C-Band SATELLITE SIGNAL DEMONSTRATOR

จุดประสงค์

1. เพื่อจัดสร้างแผงสาธิตสำหรับใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน
2. เพื่อเพิ่มทักษะและความรู้ความเข้าใจในระบบการรับสัญญาณผ่านดาวเทียม
3. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการศึกษาระบบรับสัญญาณผ่านดาวเทียม
4. เพื่อแสดงให้เห็นถึงการทำงานของวงจรภาคต่างๆของเครื่องรับสัญญาณผ่านดาวเทียม
5. เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องรับสัญญาณผ่านดาวเทียมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาสื่อสารดาวเทียม
2. ทำให้มีทักษะและความรู้ความเข้าใจในระบบการรับสัญญาณผ่านดาวเทียมมากขึ้น
3. ทำให้การศึกษาระบบรับสัญญาณผ่านดาวเทียมมีประสิทธิภาพมากขึ้น
4. ทำให้เห็นการทำงานของวงจรภาคต่างๆของเครื่องรับสัญญาณผ่านดาวเทียมได้ง่าย
5. สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องรับสัญญาณผ่านดาวเทียมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผงสาธิตการทำงานเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมย่านซีแบนด์

นายจรัสพัฒน์ เจริญทอง
นายประชุม เอื้อชินกุล
นายปราโมทย์ ชื่นนิยม
นายสมพล วรวุฒิยานนท์

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
อาจารย์สมชาย หมื่นสาญาติ
อาจารย์สันติ ตันตระกูล

ปีการศึกษา 2537

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน การสื่อสารผ่านดาวเทียมถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างมากมากเช่น การสื่อสารโทรคมนาคมระหว่างประเทศและภายในประเทศ, การสื่อสารข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ และการศึกษาระยะไกล เป็นต้น ซึ่งความสามารถของการสื่อสารผ่านดาวเทียมในปัจจุบันได้รับการพัฒนา อยู่อย่างต่อเนื่องเพื่อให้การสื่อสารผ่านดาวเทียม สามารถใช้กับการสื่อสารระหว่างคนต่อบุคคล ทำให้มนุษย์สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ทั่วทุกมุมโลก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องรู้จัก เพื่อศึกษาถึงระบบการทำงาน ซึ่งในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการสร้างวงจรเครื่องรับสัญญาณผ่านดาวเทียมขึ้น และจัดให้อยู่ในรูปแบบของชุดสาธิต เพื่อใช้ในการศึกษาระบบ .

ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณผ่านดาวเทียมนี้ จะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณทุกขั้นตอน ตั้งแต่สัญญาณที่ได้จาก LNB ของจานรับสัญญาณผ่านดาวเทียม ผ่านวงจรกรองความถี่, ระบบขยายสัญญาณ จนได้เป็นสัญญาณภาพและเสียง พร้อมที่จะส่งออกสู่เครื่องรับโทรทัศน์ จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นชุดสาธิต เพื่อศึกษาระบบเครื่องรับสัญญาณผ่านดาวเทียม เป็นอย่างยิ่ง เพื่อที่จะให้ได้มีความรู้ความเข้าใจในการสื่อสารผ่านดาวเทียม และทราบถึงประโยชน์ของการสื่อสารผ่านดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C-Band SATELLITE SIGNALING RECEIVER DEMONSTRATOR

MR.CHARATPAT CHAROUENTHONG
MR.PRACHUM UAHCHINKUL
MR.PRAMOTE CHUENNIYOM
MR.SOMPHON VORRAVUTTHAYANON

ADVISOR
MR.WISUIT ATHIPHONTHAM
MR.SOMCHAI MOENSAIYAT
MR.SUNTI TUNTRAKOOL

1994

ABSTRACT

Nowadays, A communication by satellite and to take use very much, Telecommunication during of country and inside of country a communication. Is data by computer and that is study. The important satellite communication, nowadays has been receiver and developed is continuous. So that satellite communication can use a communication every world to with out boundary. That is neccessory and familiarization to study the operation in concept to satellite communication system. This thesis produce circuit of satellite receiver and show form satellite receiver to demonstrate for study satellite receiver system. This pactical set is satellite receiver demonstrate and show form of signal in every step of system. If show of signal from LNB at satellite disk,filters circuits,amplifier until output of system which it can supply to television. So that is suitable of this demonstrate for knowledge and unstand in satellite communication and know use satellite communication.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การที่โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงลงได้นั้นมิได้เกิดจากความสามารถของผู้จัดทำเพียงฝ่ายเดียว ยังมีบุคคลต่อไปนี้ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำผู้จัดทำอีกหลายท่านดังที่จะกราบขอบพระคุณดังต่อไปนี้ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ วิสุทธิ์ อธิพรธรรม เป็นอย่างยิ่ง รวมทั้งคณาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านที่ได้ช่วยให้ข้อแนะนำในการดำเนินงาน และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ปรีชา ประสิทธิ์ อาจารย์ประจำแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี และ อาจารย์ อรรถพร ฤทธิเกิด รวมทั้งเจ้าหน้าที่ ฝ่ายโสตทัศนศึกษาทั้งสองท่านที่ได้อำนวยความสะดวกตลอดจนสถานที่ในการทำโครงงาน นอกจากนี้ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ของสถานีดาวเทียมศรีราชา ที่ได้เอื้ออำนวยความสะดวกแก่คณะผู้จัดทำเข้าเยี่ยมชมการปฏิบัติการตลอดจนเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง จนทำให้เกิดความเข้าใจในเทคโนโลยีแขนงนี้ในประเทศไทย และแนวโน้มในอนาคตเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ของคณะผู้จัดทำ รวมทั้งคณาอาจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม และ บุคคลที่ได้ให้การช่วยเหลือที่ไม่ได้กล่าวมา ณ.ที่นี้ทุกท่านที่คอยให้กำลังใจและสละเวลาแก่คณะผู้จัดทำ จนการทำปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VIII
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม	4
2.1.1 ภาคอวกาศ	4
2.1.2 ภาคพื้นดิน	5
2.2 การโคจรของดาวเทียมที่ส่งขึ้นไปโคจรเหนือพื้นโลก	5
2.2.1 โคจรแบบ ตามยถากรรม	5
2.2.2 โคจรแบบ POLAR ORBIT	5
2.2.3 โคจรแบบ INCLINED ORBIT	6
2.2.4 โคจรแบบ EQUATORIAL ORBIT	6
2.3 จำนวนดาวเทียมบนวงโคจรค้างฟ้า	8
2.3.1 BR (RADIO COMMUNICATION BUREAD)	8
2.3.2 IFRB (INTERNATIONAL FREQUENCY REGISTRATION BOARD)	8
2.4 พารามิเตอร์ของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม	8
2.4.1 อัตราทวีกำลังของจานสายอากาศ	8
2.4.2 EIRP (EFFECTIVE ISOTROPIC RADIATION POWER)	9
2.4.3 การสูญเสียพลังงานในการส่งสัญญาณ (TRANSMISSION LOSS)	9
2.5 โครงสร้างสถานีดาวเทียม	10
2.6 สื่อในการนำข่าวสาร	11
2.6.1 ใช้ตัวกลางที่เป็นสายนำสัญญาณข่าวสาร (WIRED SYSTEM)	11
2.6.2 ระบบสื่อสารหลักการกระจายแบบไร้สาย (WIRELESS SYSTEM)	11
2.6.3 การส่งข่าวสารด้วยเครื่องมือหรืออุปกรณ์เก็บข่าวสาร (PACKAGE)	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

2.7 อุปกรณ์จานสายอากาศ (ATENNA SUBSYSTEM) 11
2.7.1 สายอากาศที่สถานีภาคพื้นดิน 12
2.7.2 ลักษณะทั่วไปของจานสายอากาศ 12
2.7.3 อุปกรณ์ลดการรบกวนจากด้านส่ง (TRANSMIT REJECT FILTER) 13
2.7.4 ประเภทของจานสายอากาศ 13
2.7.5 รูปแบบของจานสายอากาศ 17
2.7.6 ลักษณะการติดตั้งจานสายอากาศ 19
2.8 ภาคขยาย LNA (LOW NOISE AMPLIFIER) 19
2.8.1 ภาคขยาย LNA แบบ PARAMETRIC AMPLIFIER 21
2.9 ภาคขยายสัญญาณแบบ HPA (HIGH POWER AMPLIFIER) 24
2.10 ทรานส์ปอนเดอร์ (TRANSPONDER) 25
2.10.1 ความหมายของ TRANSPONDER 25
2.10.2 การทำงานของ TRANSPONDER 25
2.10.3 รูแแบบของ TRANSPONDER 27
2.11 เทคนิคการส่งในทรานส์ปอนเดอร์ 31
2.11.1 วิธี FREQUENCY REUSE 31
2.11.2 วิธี SPATIAL ISOLATION 33
2.12 ย่านความถี่หรือแบนด์ของดาวเทียม 33
2.12.1 ระบบ 6/4 และระบบ 14/12 34
2.12.2 ขอบเขตความสามารถใน 1 แบนด์ 34
2.13 ความแตกต่างระหว่างสถานีภาคพื้นดินและระบบซับซิสเต็ม 36
2.14 ระบบการสื่อสารด้วยดาวเทียมโดยตรง 40
2.15 คุณสมบัติการส่ง/รับ สัญญาณดาวเทียม 41
2.15.1 การรับสัญญาณจากดาวเทียมบนพื้นโลก 41
2.15.2 การใช้คลื่นวิทยุที่มีความถี่ในย่าน SHF (SUPER HIGH FREQUEMCY) 41
2.15.3 สัญญาณเสียงถูกส่งโดยระบบ PCM (PULSE CODE MODULATION) 41
2.16 จุดเริ่มต้นของการส่งกระจายเสียงด้วยระบบดาวเทียม 42
2.17 การส่งกระจายเสียงด้วยดาวเทียม และระบบ PCM 42
2.18 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
2.18.1 คุณภาพของสัญญาณดาวเทียม	43
2.18.2 เครื่องรับสัญญาณจากดาวเทียม TVRO	44
2.18.3 แนะนำอุปกรณ์	44
บทที่ 3 การออกแบบและการทำงาน	54
3.1 ภาคประมวลผลสัญญาณ (AUDIO PROCESSING)	64
3.1.1 วงจรบัฟเฟอร์ (BUFFER CIRCUIT)	65
3.1.2 วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ย่าน 5-8.5 MHz	65
3.1.3 วงจรขยายสัญญาณ (AMPLIFIER CIRCUIT)	66
3.1.4 วงจรมิกเซอร์ (MIXER CIRCUIT)	67
3.1.5 วงจรออสซิเลเตอร์ชนิดควบคุมด้วยแรงดัน	67
3.1.6 วงจรเฟสล็อคลูป (PHASE LOCK LOOP)	68
3.1.7 วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ย่าน 10.7 MHz	70
3.1.8 วงจรเอฟเอ็มดีเทคเตอร์ (FM-DETECTOR CIRCUIT)	70
3.1.9 วงจรดีเอ็มฟาซิส (DE-EMPHASIS CIRCUIT)	71
3.1.10 วงจรขยายสัญญาณเสียง (AUDIO-AMPLIFIER-CIRCUUIT)	72
3.2 ภาคควบคุม (CONTROL UNIT)	72
บทที่ 4 การทดลองและการทดลอง	74
4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	74
4.2 ขั้นตอนการทดลอง	74
4.2.1 ภาคจูนเนอร์	74
4.2.2 ภาควีดีโอ	77
4.2.3 ภาคออดิโอ	85
บทที่ 5 บทวิจารณ์ สรุป และแนวทางในการพัฒนา	97
5.1 บทสรุป	97
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	97
5.3 แนวทางการพัฒนา	97
บรรณานุกรม	98
ภาคผนวก ก โฟล์ชาร์ตของโปรแกรมควบคุม	99
ภาคผนวก ข โปรแกรมควบคุมการทำงาน	111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

ภาคผนวก ค วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์ 170
ภาคผนวก ง รายการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ 186
ภาคผนวก จ คู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ 197
ภาคผนวก ฉ เอกสารประกอบและอื่นๆ 210

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 (ก) วงโคจรแบบ POLAR ORBIT	7
รูปที่ 2.1 (ข) วงโคจรแบบ INCLINED ORBIT	7
รูปที่ 2.1 (ค) วงโคจรแบบ EQUATORIAL ORBIT	8
รูปที่ 2.2 (ก) จานสายอากาศแบบ PARABOLOID	15
รูปที่ 2.2 (ข) จานสายอากาศแบบ CASSEGRAIN	15
รูปที่ 2.2 (ค) โครงสร้างทั้งหมดของสายอากาศแบบ CASSEGRAIN	16
รูปที่ 2.3 ลักษณะภายนอกของระบบจานสายอากาศแบบ AXISSYMMETRIC DUAL REFLECTOR	18
รูปที่ 2.4 การติดตั้งจานสายอากาศขนาดใหญ่	18
รูปที่ 2.5 การติดตั้งจานสายอากาศโดยวิธีต่างๆ	20
รูปที่ 2.6 (ก) วงจรสมมูลย์ของ VARACTOR	22
รูปที่ 2.6 (ข) วงจรสมมูลย์ของ PARAMETRIC AMPLIFIER	22
รูปที่ 2.7 (ค) หลักการทำให้เย็นบนพื้นฐานของ FILTER EFFECT	22
รูปที่ 2.7 (ข) การจัดวางเซมิคอนดัคเตอร์แบบ N และ P	23
รูปที่ 2.7 (ค) การวางอุปกรณ์รูปปีรามิด	23
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างระบบ 30/20 GHz	26
รูปที่ 2.9การต่อระหว่างจานสายอากาศด้านส่ง-รับของทรานส์ปอนเดอร์	27
รูปที่ 2.10 เป็นเกนที่ต้องการอยู่ในรูปบล๊อก	27
รูปที่ 2.11 รูปแบบง่ายของ INPUT FILTER	28
รูปที่ 2.12 การแปลงความถี่	28
รูปที่ 2.13 ทรานส์ปอนเดอร์ที่มี DISTINCT FILTER 2 ตัว	29
รูปที่ 2.14 เกนที่ถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน ในแต่ละข้างของ MIXER	29
รูปที่ 2.15 ช่องขยาย และการแบ่ง HIGH POWER AMPLIFIER	30
รูปที่ 2.16 OUTPUT FILTER เบื้องต้น	31
รูปที่ 2.17 MULTICHANNEL TRANSPONDER	32
รูปที่ 2.18 แบนด์วิธของการรับส่งในย่าน C-Bnd	35
รูปที่ 2.19 บล๊อคไดอะแกรมเบื้องต้นของสถานีภาคพื้นดิน	38
รูปที่ 2.20 ฟีดฮอร์นความถี่ C-Band พร้อมกับ LNB	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 2.21 ส่วนหน้าของฟีดฮอร์น 48
รูปที่ 2.22 LNB ที่ใช้งานความถี่ย่าน C-Band 49
รูปที่ 2.23 ลักษณะของสัญญาณที่มีขั้วคลื่นแบบวงกลม (CIRCULAR POLARIZATION) 50
รูปที่ 2.24 ลักษณะการติดตั้ง LNB ให้อยู่ที่จุดโฟคัลโดยมีแกนยึดสายแกน 52
รูปที่ 2.25 ลักษณะสัญญาณที่มีขั้วคลื่นเชิงเส้นทั้งแนวตั้งและแนวนอน 53
รูปที่ 3.1 บล๊อคไดอะแกรมจูนเนอร์ 55
รูปที่ 3.2 วงจรเฟสล๊อคลูป 56
รูปที่ 3.3 สัญญาณควบคุมเฟสล๊อคลูปของภาค TUNNER 57
รูปที่ 3.4 ลักษณะความกว้างของแถบความถี่ 58
รูปที่ 3.5 บล๊อคไดอะแกรมภาครับ VIDEO 59
รูปที่ 3.6 วงจรดีเอ็มฟาซิส 60
รูปที่ 3.7 วงจรกรองความถี่ต่ำ 61
รูปที่ 3.8 วงจรขยายความแตกต่างของสัญญาณภาพ 62
รูปที่ 3.9 สัญญาณภาพมาตราฐานระบบ PAL 62
รูปที่ 3.10 วงจรแคลมป์ 63
รูปที่ 3.11 บล๊อคไดอะแกรมของภาคประมวลผลสัญญาณเสียง 64
รูปที่ 3.12 วงจรบัฟเฟอร์ 65
รูปที่ 3.13 วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ 66
รูปที่ 3.14 วงจรขยายสัญญาณ 66
รูปที่ 3.15 วงจรมิกเซอร์ 67
รูปที่ 3.16 วงจรออสซิลเลเตอร์ชนิดควบคุมด้วยแรงดัน 68
รูปที่ 3.17 วงจรเฟสล๊อคลูป 69
รูปที่ 3.18 สัญญาณที่ใช้ควบคุมเฟสล๊อคลูป 70
รูปที่ 3.19 วงจรเอฟเอ็มดีเท็คเตอร์ 71
รูปที่ 3.20 วงจรดีเอ็มฟาซิส 71
รูปที่ 3.21 วงจรขยายสัญญาณเสียง 72
รูปที่ 3.22 บล๊อคไดอะแกรมของภาคควบคุม 73
รูปที่ 4.1 สัญญาณเบสแบนด์ที่วัดด้วยเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์ 76
รูปที่ 4.2 สัญญาณเบสแบนด์ที่วัดด้วยเครื่องออสซิโลสโคป 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 4.3 สัญญาณเบสแบนด์ที่วัดด้วยเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์ 78
รูปที่ 4.4 สัญญาณเบสแบนด์ที่วัดด้วยเครื่องออสซิโลสโคป 79
รูปที่ 4.5 สัญญาณเบสแบนด์ที่ผ่านวงจรดีเอ็มฟาสซิสที่วัดด้วย
เครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์ 80
รูปที่ 4.6 สัญญาณเบสแบนด์ที่ผ่านวงจรดีเอ็มฟาซิสโดยวัดด้วย
เครื่องออสซิโลสโคป 81
รูปที่ 4.7 สัญญาณวีดีโอคอมโพสิตที่ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน
เครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์ 82
รูปที่ 4.8 สัญญาณวีดีโอคอมโพสิตที่ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน
เครื่องออสซิโลสโคป 83
รูปที่ 4.9 สัญญาณวีดีโอที่ผ่านวงจรขยายความแตกต่างโดยวัดด้วย
เครื่องออสซิโลสโคป 84
รูปที่ 4.10 สัญญาณวีดีโอที่ผ่านวงจรแคลมป์โดยวัดด้วยเครื่องออสซิโลสโคป 85
รูปที่ 4.11 สัญญาณซับแคร์เรียร์ของเสียงที่วัดด้วยเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์ 86
รูปที่ 4.12สัญญาณซับแคร์เรียร์ของเสียงที่วัดด้วยเครื่องออสซิโลสโคป 87
รูปที่ 4.13 สัญญาณความถี่ของ VCO ที่วัดด้วยเครื่องออสซิโลสโคป 88
รูปที่ 4.14 สัญญาณเอาท์พุทของวงจรมิกเซอร์ที่วัดด้วยเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์ 89
รูปที่ 4.15 สัญญาณความถี่เอาท์พุทของวงจรมิกเซอร์ที่วัดด้วยเครื่องออสซิโลสโคป 90
รูปที่ 4.16 สัญญาณไอเอฟความถี่ 10.7 MHz ที่วัดด้วยเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์ 91
รูปที่ 4.17 สัญญาณไอเอฟความถี่ 10.7 MHz ที่วัดด้วยเครื่องออสซิโลสโคป 92
รูปที่ 4.18 สัญญาณความถี่เสียงที่วัดด้วยเครื่องออสซิโลสโคป 93
รูปที่ 4.19 สัญญาณความถี่เสียงที่ผ่านการดีเอ็มฟาซิสโดยวัดด้วย
เครื่องออสซิโลสโคป 94
รูปที่ 4.20 สัญญาณความถี่เสียงที่ผ่านวงจรขยายความแตกต่าง 95
รูปที่ 4.21 สัญญาณคอมโพสิตของภาพและเสียง 96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาร่าง หน้า

ตารางที่ 3.1 ความถี่เอาท์พุทของออสซิเลเตอร์และข้อมูลเลขฐานสองจำนวน 24 บิท 57

ตารางที่ 3.2 ความถี่เอาท์พุทของออสซิเลเตอร์และข้อมูลเลขฐานสองจำนวน 24 บิท 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันการสื่อสารผ่านดาวเทียมเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการสื่อสารโทรคมนาคมเป็นอย่างมาก เช่น การสื่อสารระหว่างประเทศและภายในประเทศ การสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์ การถ่ายทอดสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ และการศึกษาทางไกล เป็นต้น อย่างไรก็ตามการศึกษาเรื่องการสื่อสารผ่านดาวเทียมยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับระบบของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ซึ่งทางคณะผู้จัดทำเห็นว่าควรจะมีสื่อช่วยในการเรียนการสอนโดยสร้างเป็นแผงสาธิตการทำงานเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมขึ้น เพื่อเปิดโลกทัศน์ในการศึกษาให้กว้างขวางขึ้น และ ทางคณะผู้จัดทำเล็งเห็นถึงความสำคัญในการนำมาใช้เป็นสื่อการเรียนภาคปฏิบัติ ในวิชาการสื่อสารดาวเทียม ซึ่งจะเสริมวิสัยทัศน์ในการเรียนมากยิ่งขึ้น ซึ่งจากที่คณะผู้จัดทำได้ประสบผ่านมาในการเรียนวิชาการสื่อสารดาวเทียม คณะผู้จัดมีโอกาศน้อยมากที่จะได้สัมผัสงานทางภาคปฏิบัติ เพราะวัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเรียนยังมีน้อยไม่เพียงพอต่อการเรียน ด้วยเหตุนี้ทางคณะผู้จัดทำจึงใช้โอกาสในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ จัดทำชุดสาธิตการทำงานของเครื่องรับสัญญาณผ่านดาวเทียม เพื่อนำมาประกอบการเรียนการสอน ในส่วนของภาครับสัญญาณผ่านดาวเทียม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม ในชุดสาธิตการทำงานเครื่องรับสัญญาณผ่านดาวเทียมเครื่องนี้จะมีคุณประโยชน์ในการช่วยให้นักศึกษาที่กำลังทำการศึกษาวิชาการสื่อสารดาวเทียม และผู้สนใจได้เข้าใจการทำงานและเทคโนโลยีการสื่อสารดาวเทียมมากยิ่งขึ้น และยังอำนวยประโยชน์ต่อนักศึกษาทางภาคปฏิบัติ ที่สามาถนำมาใช้ในการทดลองการทำงานของเครื่องรับ ซึ่งจะทำให้มีความเข้าใจมากขึ้นจากการใช้ชุดสาธิตและการใช้เครื่องมือวัดสัญญาณที่ใช้ประกอบควบคู่กันไป

ความหมายของดาวเทียม

คำว่าดาวเทียมเราแปลความจากภาษาอังกฤษมาจากคำว่า “Satellite” ในขณะที่รากศัพท์เดิมของคำว่าแซทเทลไลซ์หมายถึงวัตถุที่มีวงโคจรหรือหมุนรอบตัวเองอยู่ในจักรภพ ดวงดาวที่อยู่ในชั้นฟ้าเหล่านี้มีพลังงานแสง หรือพลังงานโซล่าตามธรรมชาติของตัวมันเอง เหมือนอย่างเช่น โลกและดาวนพเคราะห์อื่นๆที่โคจรอยู่ในระบบสุริยจักรวาลและมีดวงจันทน์เป็น “แซทเทลไลซ์” ของโลกโดยธรรมชาติจึงกล่าวได้ว่าคำว่า “Satellite” ตามความหมายของภาษาเดิมหมายถึงดาวบริวารนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติความเป็นมาของระบบสื่อสารดาวเทียม

การสื่อสารสัญญาณเสียงผ่านดาวเทียมเป็นที่ยอมรับครั้งแรกเมื่อปี 1958 กับดาวเทียมที่เรียกว่า SCORE ซึ่งการส่งสัญญาณเสียงไปยังดาวเทียมนั้น จะถูกเก็บไว้ในเทปบนสถานีภาคพื้นดินก่อนจะทำการส่งซ้ำครั้งต่อไป

ในปี 1960 BCHOI ถูกส่งเข้าสู่วงโคจร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นสะท้อนคลื่นแบบแพสซีพสำหรับทดสอบการเดินทางและเทคนิคการส่งคลื่นถึง 30 เมตร ดาวเทียมแบบแพสซีพนี้จะไม่นำมาใช้ในเชิงธุรกิจ เนื่องจากใช้กำลังส่งที่สูงมาก และมีความจุปริมาณข่าวสารการให้บริการได้น้อย

ในปี 1962 ดาวเทียมสื่อสารแบบแอคทีฟชื่อ TELSTAR ถูกส่งเข้าสู่วงโคจร และนั่นสามารถทำการรับสัญญาณที่ส่งในแถบความถี่ 6 GHz แล้วทำการแปลงความถี่ลงเหลือ 4 GHz เพื่อส่งกลับลงมาที่สถานีภาคพื้นดิน และต่อจากนั้นดาวเทียม SYNCOM I-II ก็ถูกส่งขึ้นเหนือมหาสมุทรแอตแลนติกในวงโคจร Geostationary และแล้วในปี 1964 องค์กรสื่อสารดาวเทียมสากล INTELSAT ได้ทำการส่งดาวเทียม INTELSAT I เข้าสู่วงโคจรและเปิดให้บริการถึง 240 วงจร และสามารถทำการส่งสัญญาณโทรทัศน์ได้ด้วย แล้วจากนั้นมาสหภาพโซเวียตก็ทำการส่งอนุกรมดาวเทียม MOLNYA ขณะเดียวกัน INTELSAT IV, IVA ก็ได้ทำการขยายวงจรโทรศัพท์จากเดิม 240 วงจร เพิ่มขึ้นเป็น 30,000 วงจร และสำหรับสัญญาณดิจิตอลขนาด 64 kbit/s และช่วงสัญญาณสำหรับโทรทัศน์เพิ่มขึ้นอีกหลายช่อง ซึ่งจากเดิม INTELSAT I มีเพียงช่องเดียว

ส่วนในทวีปยุโรปก็มีดาวเทียมชื่อ EUTELSAT, ARABSAT, PALAPA ในอินโดนีเซีย และ ANIK ในแคนนาดา และสุดท้ายนี้มีดาวเทียมที่ออกแบบมาเพื่อให้บริการสำหรับการสื่อสารเคลื่อนที่ทางน้ำและสามารถขยายการให้บริการทางอากาศ และการเคลื่อนที่ทางภาคพื้นดินได้อีกด้วย ซึ่งเรียกดาวเทียมดวงนี้ว่า MARECS ถูกพัฒนาและออกแบบโดย INMARSAT และในดาวเทียม INTELSAT V ก็มีบริการเหล่านี้อยู่ด้วย

ดังนั้นในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ แสดงให้เห็นถึงคุณประโยชน์ของชุดสาธิตการรับสัญญาณผ่านดาวเทียม ซึ่งสามารถที่จะนำไปใควบคู่กับการเรียนการสอนวิชาการสื่อสารดาวเทียมได้เป็นอย่างดี ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะประกอบไปด้วย

บทที่ 1 บทนำ ประวัติ ความเป็นมา เหตุผลในการทำปริญญานิพนธ์และคุณประโยชน์

บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการของระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม

บทที่ 3 การออกแบบวงจรเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลองของวงจรแต่ละภาคของเครื่องรับสัญญาณผ่านดาวเทียม

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง ปัญหา และแนวทางการพัฒนาขั้นสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

ในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้น ดาวเทียมจะทำหน้าที่เป็นสถานีทวนสัญญาณ (Repeator station) หรือเป็นเพียงสถานีดีเลย์สัญญาณ(Signaling delay station)จากสถานีภาคพื้นดินสถานีหนึ่ง เพื่อไปยังอีกสถานีหนึ่ง(Point-to-point) หรือหลายสถานีรับพร้อมกัน(Point-to-multipoint) ดาวเทียมเพียงดวงเดียวจะถือว่าเป็นทำหน้าที่เพียง

ซับซิสเต็มเท่านั้น หากจะเป็นซิสเต็มอย่างสมบูรณ์ จะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบใหญ่ๆคือ สถานีส่งสัญญาณ,ดาวเทียม และ สถานีรับสัญญาณ จึงจะมีการทำงานที่สมบูรณ์และหากศึกษาให้กว้างขึ้นในแต่ละซับซิสต็มยังมีส่วนประกอบที่สำคัญอีกมากมาย ในบทที่ 2 จะนำทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารดาวเทียมที่สำคัญมาประกอบการสื่อสารผ่านดาวเทียม และที่เกี่ยวข้องกับปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้

2.1 ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม แบ่งองค์ประกอบออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญ

2.1.1 ภาคอวกาศ (Space segment subsystem)

ตัวดาวเทียมซึ่งจะมี Solar cell ชนิดแร่ซิลิคอน(Silicon) โดยได้จากดวงอาทิตย์เป็นแหล่งจ่ายพลังงานโดยแผ่รังสีที่มีความเข้มของพลังงานี่รับได้ที่ตัวดาวเทียมประมาณ 1.39 KW/m แต่พลังงงานที่รับได้นี้จะสามารถแปรผันเป็นพลังงานไฟฟ้าได้เพียง 10-15% ของพลังงานทที่เข้ามาทั้งหมด ซึ่งดาวเทียมดวงใหม่ๆจะมีกำลังไฟฟ้าประมาณ700 วัตต์ และจะลดเหลือ 643 วัตต์ เมื่อหมดอายุใช้งาน ซึ่งพลังงานที่ได้รับนี้เป็นส่วนสร้างพลังงานและกำลังไฟฟ้าเพื่อใช้ในอุปกรณ์การสื่อสาร และระบบควบคุมบนดาวเทียม นอกจากนี้ยังรวมไปถึง ระบบควบคุมการทำงานของดาวเทียมภาคพื้นดินที่เรียกว่า TT & C (Telemety Tracking and Command Facility) และมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า Transponsder ซึ่งจะทำหน้าที่รับสัญญาณอัพลิงค์(Up-link) เข้ามายังดาวเทียม เพื่อทำการแปลงสัญญาณให้ลดลง และขยายกำลังสัญญาณที่อ่อนมาจากสถานีส่ง และส่งสัญญาณดาวล์ลิงค์(Down-link)ลงสู่สถานีรับบนพื้นโลก ทรานส์ปอนเดอร์จึงถูกติดตั้งบนห้องส่งในดาวเทียมที่เป็นเฮาส์คิปปิ้ง(Housekeeping) ซึ่งระบบนี้ต้องอาศัยการทำงานของภาคจ่ายไฟที่ได้จาก Solar cell และแบตเตอรี่สำรอง(Battery pack) ชนิด NiCd ซึ่งจ่ายกำลังงานได้ 13.5 Amp-hr ต่อแบตเตอรี่ 1 ลูก ในตัวดาวเทียม และในตัวดาวเทียมยังมีระบบสายอากาศ อีกระบบหนึ่งซึ่งมีความสำคัญต่อการรับส่งข่าวสาร ซึ่งจะเป็นตัวชี้นำการเดินทางของคลื่นสัญญาณ ซึ่งเป็นระบบที่แยกออกจากระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานส์ปอนเดอร์ในตัวดาวเทียมสื่อสาร ซึ่งระบบสายอากาศนั้น จะทำการรับสัญญาณรวมที่ส่งมาจากสถานีส่งจากพื้นโลก เข้ามาทำการขยายขนาดของสัญญาณ และทำการสร้างลำบีม(Beam) เพื่อกำหนดขอบเขตระยะทาง(Line coverage)ของพื้นที่การรับสัญญาณ ซึ่งระบบสายอากาศของตัวดาวเทียมสื่อสารมีเทคโนโลยีสูงมาก เพราะสามารถกำหนดขอบเขตการรับสัญญาณได้ชัดเจน โดยไม่ไปทำการรบกวนพื้นที่อื่นที่ไม่ต้องการได้ และจะเป็นการรักษาความลับของข้อมูลบางข้อความที่ต้องการทำการรับ-ส่ง เฉพาะกลุ่มเท่านั้น ระบบสายอากาศมีลักษณะอย่างไรบ้างจะไม่ขอกล่าวในที่นี้เพราะปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้จัดทำจะเน้นถึงการรับสัญญาณมากกว่าตัวดาวเทียมสื่อสาร

2.1.2 ภาคพื้นดิน (Ground segment subsystem)

จะมีส่วนของสถานีรับและสถานีส่งภาคพื้นดิน ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับดาวเทียม และผู้ใช้งานโดยทั่วไป ซึ่งในการส่งดาวเทียมขึ้นไปในวงโคจรนั้นทางสถานีภาคพื้นดินสามารถทำการส่งได้สองวิธีด้วยกันคือ ส่งโดยใช้จรวดหรือว่าส่งโดยใช้ยานขนส่งอวกาศ (Space Shuttle)

2.2 การโคจรของดาวเทียมที่ส่งขึ้นไปโคจรเหนือพื้นโลกแบ่งตามลักษณะการโคจรได้ 3 ประเภท

2.2.1 แบบโคจรตามยถากรรม

เป็นดาวเทียมรุ่นแรก ๆ บังคับวงโคจรและระดับความสูงไม่ได้ เป็นยุคต้นของการพัฒนาการส่งดาวเทียมขึ้นสู่อวกาศ ซึ่งเป็นเพียงการทดลองเท่านั้นยังไม่มีการส่งข่าวสารระหว่างกัน แต่จะเป็นการส่งความถี่รับ-ส่งเท่านั้น ซึ่งดาวเทียมในระแยกนี้ยังไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งไม่ทราบความสูงและการโคจรได้จะเหวี่ยงตัวมันเองตามสภาพวะการดึงดูงในการหมุนตัวของโลกและดวงจันทร์ จึงไม่อยู่ในระดับที่คงที่ และพิกัดที่ลอยอยู่ก็ไม่แน่นอน ไม่สามารถกำหนดละติจูดและลองติจูด ของตัวดาวเทียมได้ และเมื่อพลังงานในการขับเคลื่อนหมดตัวดาวเทียมก็จะล่องลอยออกจากวงโคจรรอบโลก ซึ่งจะกลายเป็นขยะอวกาศนั่นเอง ในปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตตัวดาวเทียมสูงมากขึ้นจึงไม่มีดาวเทียมประเภทนี้อีกแล้ว

2.2.2 Polar Orbit

วงโคจรจะมีลักษณะเป็นวงกลม โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในแนวขั้วโลก และอาจกล่าวได้ว่าเป็นวงโคจรลักษณะเดียวที่สามารถให้พื้นที่การบริการครอบคลุมได้ทั่วโลกจริง ๆ แต่ก็ไม่เป็นที่นิยมในการนำมาติดต่อสื่อสารระหว่างกัน เป็นเพราะผลจากหลายประการดังนี้ และรูปที่ 2.1 (ก) แสดงการโคจรของดาวเทียมสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1). บริเวณที่ตัวดาวเทียมสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านมีจำนวนประชากรอาศัยอยู่น้อย เพราะผลของสภาพภูมิศาสตร์ของขั้วโลกเหนือ และขั้วโลกใต้เป็นบริเวณเขตอากาศหนาวจัด

(2). เป็นเพราะขนาดของโลกไม่กลมอย่างที่เข้าใจ ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานขับเคลื่อนกว่าการโคจรขนานกับโลก ซึ่งการโคจรแบบ Polar orbit นี้เป็นการโคจรตั้งฉากกับพื้นโลกซึ่งมีรัศมีการโคจรกว้างกว่า

(3). แหล่งสะสมพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์มีจำนวนน้อย เพราะพื้นที่การรับแสงมีน้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของระบบจ่ายกำลังงานในตัวดาวดาวเทียม

(4). หากต้องการส่งดาวเทียมให้โคจรในแนวนี้นั้นตัวดาวเทียมจะต้องมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าดาวเทียมรุ่นอื่นๆเพราะต้องมีเนื้อที่สำหรับวางระบบพลังงานสำรองเอาไว้มากกว่าเดิม เพื่อให้ตัวดาวเทียมสามารถทำงานได้อย่างปกติ ซึ่งพิจารณาแล้วไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนที่จะนำมาใช้เป็นดาวเทียมสื่อสาร

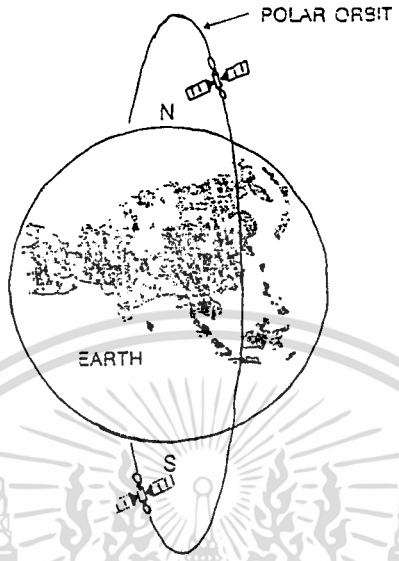
2.2.3 Inclined Orbit

วงโคจรลักษณะนี้มีอยู่ด้วยกันจำนวนมาก แตกต่างกันไปตามความเอียง (Incline) หรือมุมที่ทำกับระนาบศูนย์สูตร และความรีของวงโคจรว่ามีมากน้อยเพียงใด เช่น วงโคจร Molnya และวงโคจร Tundra ซึ่งนิยมใช้งานในด้านของการนำร่อง, อุตุนิยมวิทยา2. ดาวเทียมแบบเฟส เป็นระบบดาวเทียมที่บังคับเส้นทางการโคจรได้ เช่น ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร, ดาวเทียมทำโจรกรรม ซึ่งจะโคจรอยู่ในระดับความสูง 800 km. และรูปที่ 2.1 (ข) แสดงวงโคจรของดาวเทียม

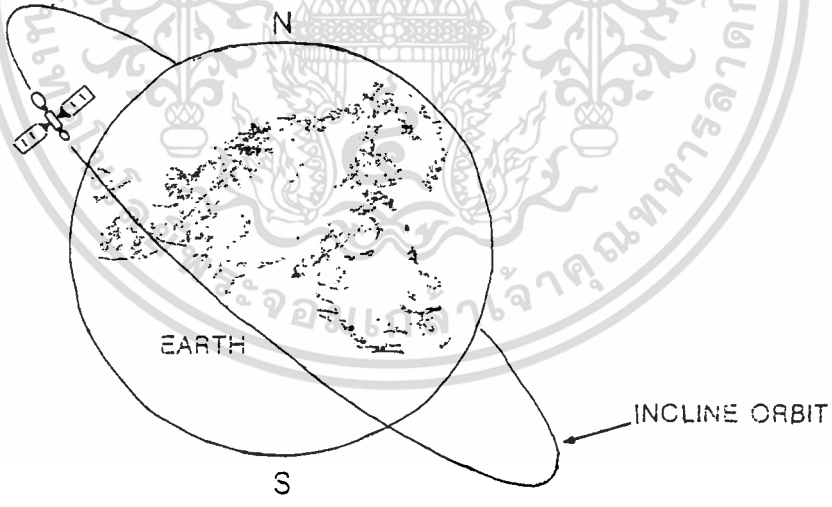
2.2.4 Equatorial Orbit or Geo-Stationary Satellite (GEO)

เป็นวงโคจรที่อยู่บนระนาบเดียวกับแนวเส้นศูนย์สูตรของโลกจะมีลักษณะการโคจรเป็นรูปวงกลม ตัวอย่างเช่น วงโคจรค้างฟ้า (Geostationary Orbit หรือ Geosynchronous Orbit). ดาวเทียมแบบโคจรอยู่กับที่ เป็นดาวเทียมที่ใช้เพื่อการติดต่อสื่อสาร โดยจะส่งขึ้นไปให้มีระดับความสูงประมาณ 35,860 km. โคจรตามแนวเส้นศูนย์สูตรไปทางทิศตะวันออก และให้โคจรรอบโลกในแนวเส้นศูนย์สูตรภายในเวลา 24 ชั่วโมง หรือกล่าวได้ว่า ดาวเทียมสื่อสารในวงโคจรนี้จะเสมือนเป็นสถานีอวกาศ(Space station) ซึ่งเสมือนดูแล้วจะลอยนิ่งเมื่อมองจากพื้นโลก และการวางตำแหน่งของ Space station เพียงสามจุดรอบโลก ในวงโคจรดังกล่าวตามรูปที่ 2.1 (ค)จะสามารถทำให้ติดต่อสื่อสารได้ทั่วโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

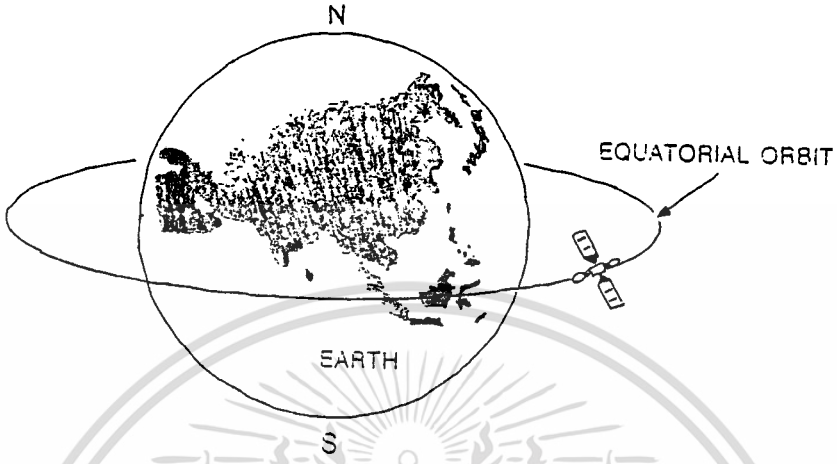


รูปที่ 2.1 (ก) วงโคจรแบบ Polar orbit



รูปที่ 2.1 (ข) วงโคจรแบบ Inclined orbit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 (ค) วงโคจรแบบ Equatorial orbit

2.3 จำนวนดาวเทียมบนวงโคจรค้างฟ้า

ตำแหน่งของดาวเทียมจะถูกควบคุมโดยสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศหรือที่เรียกกันว่า ITU (International Telecommunication Union) โดยมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.3.1. BR (Radio Communication Bureau) ทำหน้าที่ประสานงานในการจดทะเบียนระบบดาวเทียม, จองตำแหน่ง

2.3.2. IFRB (International Frequency Registration Board) ทำหน้าที่ควบคุมการใช้ความถี่

2.4 พารามิเตอร์ของระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่สำคัญ

2.4.1 อัตราขยายกำลังของจานสายอากาศ (Antenna Gain)

จานสายอากาศที่ใช้ในการสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้น จะไม่แพร่สัญญาณออกทุกทิศทุกทาง แต่จะถูกออกแบบให้รวมสัญญาณ (Focus) เป็นลำคลื่นเพื่อส่งขึ้นสู่ดาวเทียม ซึ่งจานสายอากาศที่มีพื้นที่ของจานสะท้อนขนาดใหญ่ จะสามารถรวมกำลังงานของสัญญาณไปยังเครื่องรับได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2. Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

ส่วนประกอบที่สำคัญในระบบการส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมก็คือ EIRP หมายถึงกำลังงานที่แพร่จากจานสายอากาศ ซึ่งเกิดจากกำลังส่งจริงของเครื่องส่งสัญญาณ และอัตราทวีกำลังของจานสายอากาศ

2.4.3. การสูญเสียพลังงานในการส่งสัญญาณ (Transmission Loss)

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

-Free Space Transmission การส่งสัญญาณไปในอวกาศนั้นจะเกิดการสูญเสียกำลังงานเนื่องจากการกระจายของสัญญาณในอวกาศ ซึ่งเกิดขึ้นทั้งด้านขาขึ้นและด้านขาลง การสูญเสียกำลังงานนี้เรียกว่า Free Space Loss ซึ่งเป็นส่วนที่สูญเสียกำลังมากส่วนหนึ่ง

-Feeder Loss หมายถึง การสูญเสียกำลังงานเนื่องจากการเชื่อมต่อของสายนำสัญญาณภายในสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน เช่น จาก Waveguide จาก Connector ต่าง ๆ เป็นต้น

-Antenna Pointing Loss หมายถึง การสูญเสียกำลังเนื่องมาจากการติดตั้งสายอากาศที่มีการปรับแต่งคลาดเคลื่อนที่เรียกว่า Off-Axis ซึ่งในการติดตั้งจานสายอากาศ จะต้องมีการปรับแต่งให้ตรงกับตำแหน่งของดาวเทียมมากที่สุด เพื่อให้สามารถรับกำลังงานได้สูงสุด

-Atmospheric Losses สถานีดาวเทียมที่ติดตั้งในสถานที่ต่าง ๆ นั้นจะมีระยะทางซึ่งห่างจากตัวดาวเทียมไม่เท่ากัน ซึ่งทำให้การเดินทางของคลื่นต้องผ่านชั้นบรรยากาศที่ไม่เท่ากันด้วย เราอาจจะอธิบายการสูญเสียกำลังงานของสถานีแต่ละสถานีที่แตกต่างกันได้จากมุมเงยของจานสายอากาศ ซึ่งเราสามารถบ่งบอกระยะทางที่คลื่นต้องเดินทางไปในบรรยากาศ ซึ่งจะส่งผลถึงการสูญเสียกำลังงานที่ไม่เท่ากันด้วยเช่นกัน นอกจากนั้นแล้วความถี่ที่ใช้ในการส่งคลื่นจะมีผลต่อการสูญเสียกำลังงานในการส่งสัญญาณไปในชั้นบรรยากาศอีกด้วย ซึ่งข้อมูลของการสูญเสียกำลังงานจากชั้นบรรยากาศนั้น จะเป็นข้อมูลทางสถิติที่ได้จากการเก็บข้อมูลเป็นระยะ ๆ การสูญเสียกำลังงานเนื่องจากการดูดซับกำลังงานของชั้นบรรยากาศนั้นมีสาเหตุเนื่องมาจาก โมเลกุลของออกซิเจนในชั้นบรรยากาศ, ไอน้ำในชั้นบรรยากาศ, ฝน, ปริมาณเมฆหมอก, หิมะ, และประจุอิเล็กตรอนอิสระในชั้นบรรยากาศ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณรบกวนของระบบ (System Noise)

สัญญาณการรบกวนของระบบหรือ System Noise ในที่นี้หมายถึงการรบกวนที่เกิดขึ้นภายในตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณเนื่องจากการเคลื่อนไหวของประจุไฟฟ้าลบอิเล็กตรอนภายในตัวอุปกรณ์นั้น ๆ ซึ่งการรบกวนนี้เรียกว่า Thermal Noise

ปริมาณกำลังงานของสัญญาณรบกวนดังกล่าวเรียกว่า Noise Temperature ที่มีหน่วยวัดเป็น องศาเคลวิลหรือใช้หน่วย Decibel dBK สัญญาณรบกวนของระบบที่สำคัญได้แก่

-Antenna Noise Temperature

-Amplifier Noise Temperature

Carrier To Noise Ratio (C/N)

การวัดประสิทธิภาพของวงจรสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้นสามารถวัดได้จากอัตราส่วนของกำลังงานของสัญญาณต่อกำลังงานของสัญญาณรบกวนที่รับได้ที่ Input ของภาครับของสถานีดาวเทียมคือค่า C/N

Figure Of Merit (G/T)

การรับส่งสัญญาณในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้น สัญญาณที่รับได้จากจานสายอากาศของสถานีภาคพื้นดินและสัญญาณที่จานสายอากาศของดาวเทียมจะมีกำลังงานที่อ่อนมาก ดังนั้น ในการออกแบบระบบเราจึงต้องคำนึงถึงการเลือกอุปกรณ์ที่จะใช้ ควรที่จะมีสัญญาณรบกวนต่ำ เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการสูญเสียกำลังงานไป พารามิเตอร์ที่สามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการทำงานของภาครับ สามารถบอกได้โดยใช้อัตราทวีกำลังของจานสายอากาศต่อ Noise Temperature

Energy Per Bit (Eb)

ดังที่ได้กล่าวไปในตอนต้นแล้วว่า อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนที่สถานีดาวเทียมภาครับ C/N เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญยิ่งต่อการทำงานของระบบ และเมื่อการนำระบบสื่อสารดาวเทียมมาใช้กับการส่งข้อมูลดิจิตอลด้วยเทคนิคการมอดูเลตทางดิจิตอล จึงทำให้เกิดความสัมพันธ์ของอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนกับ BER (Bit Error Rate)

2.5 โครงสร้างสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ

(1). อุปกรณ์จานสายอากาศ (Antenna System)

(2). อุปกรณ์เครื่องรับส่งความถี่วิทยุ (RF Subsystem)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3). อุปกรณ์แปลงสัญญาณคลื่นวิทยุ (RF/IF Subsystem)

(4). อุปกรณ์ MODEM (Modulator/Demodulator)

2.6 สื่อในการนำพาข่าวสาร จากจุดกำเนิดข่าวสารไปยังจุดหมายแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆ

2.6.1. ใช้ตัวกลางที่เป็นสายนำสัญญาณข่าวสาร (Wired System)

ข่าวสารได้ถูกแปลงให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า ก่อนที่จะทำการส่งไปยังจุดหมายด้วยสายไฟฟ้าเช่นเดียวกับออฟติดไฟเบอร์ที่เป็นตัวกลางในการนำพาข่าวสารที่ถูกแปลงให้อยู่ในรูปของแสงไปยังจุดหมายปลายทาง

2.6.2. ระบบการสื่อสารหรือการกระจายสัญญาณแบบไร้สาย (Wireless System)

ระบบนี้ข่าวสารหรือสัญญาณต่าง ๆ ถูกส่งออกไปโดยปราศจากตัวกลางนำพา เช่น การส่งสัญญาณโทรทัศน์ หรือวิทยุข่าวสารจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของคลื่นวิทยุ และถูกส่งออกไปในทุกทิศทุกทาง

2.6.3. การส่งข่าวสารด้วยเครื่องมือหรืออุปกรณ์เก็บข่าวสาร (Package)

เช่นการใช้แผ่นดิสก์เทป, คอมพิวเตอร์ดิสก์, สิ่งพิมพ์ หรืออื่น ๆ ทั้ง 3 ระบบได้แสดงให้เห็นถึงการนำไปใช้งานในทางปฏิบัติ

2.7 อุปกรณ์จานสายอากาศ (Antenna Subsystem)

จานสายอากาศซึ่งใช้สำหรับการสื่อสารผ่านดาวเทียมเป็นส่วนสำคัญสำหรับการรับส่งสัญญาณอย่างมาก เนื่องจากสัญญาณที่ส่งขึ้นดาวเทียมจะต้องถูกส่งขึ้นไปเป็นลำที่แคบตรงไปยังตำแหน่งตัวดาวเทียมได้อย่างถูกต้อง จานสายอากาศนี้จะต้องมีความสามารถในการรวมพลังงานไปในทิศทางที่ตรงกับตัวดาวเทียมด้วยเช่นกัน และในทำนองเดียวกันจานสายอากาศนั้นจะต้องมีความสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้พลังงานที่สูงพอสำหรับการใช้งานในภาครับด้วย จานสายอากาศนี้จะต้องถูกออกแบบให้มีสัญญาณรบกวนต่ำ และต้องมีสัญญาณที่แพร่ออกด้านข้างของจาน (Side Lobe) ต่ำเพื่อไม่ให้รบกวนดาวเทียมดวงที่อยู่ใกล้กัน สำหรับจานสายอากาศขนาดใหญ่ ควรจะมีเครื่องมือในการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม (Tracking System) เนื่องจากโดยปกติดาวเทียมจะมีการเคลื่อนที่ไปมาอยู่ตลอดเวลา ซึ่งถ้าจานสายอากาศขนาดใหญ่มีลำสัญญาณแคบและคมมาก ก็จะมีผลต่อการรับและส่งสัญญาณ แม้ว่าดาวเทียมจะเคลื่อนที่ไปเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 สายอากาศที่สถานีภาคพื้นดินต้องมีคุณสมบัติพื้นฐาน 3 ข้อคือ

(1). ต้องมีทิศทางสูง (Highly Directive Gain)คือมีบีมวิดท์ (Beamwidth) ที่แคบทั้งในการส่งและรับ นอกจากนั้นแล้วต้องมี Sidelobe น้อย เพื่อลดการรบกวนกันกับสัญญาณที่ไม่ต้องการ

(2). ต้องมีค่า Noise Temperature ต่ำ เพื่อสัญญาณที่รับเข้ามาจะได้ค่า S/N สูง

(3). ต้องมีความเที่ยงตรงสูงต่อสัญญาณที่ได้รับ คือใช้ระบบ Tracking System ซึ่งจะมีการควบคุมการเลื่อนสายอากาศไปตามตำแหน่งที่มีสัญญาณแรงที่สุด

2.7.2 ลักษณะทั่วไปของจานสายอากาศประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วนคือ

(1). แผ่นสะท้อนคลื่น (Reflector) มีลักษณะเป็น Parabola ซึ่งจะทำหน้าที่สะท้อนคลื่นที่รับได้รวมเข้าไว้ที่จุดโฟกัสในด้านรับ และทำหน้าที่สะท้อนคลื่นที่ส่งออกจากจุดโฟกัสเป็นลำออกไปยังดาวเทียม

(2). อุปกรณ์รับและป้อนสัญญาณ (Antenna Feed) เป็นอุปกรณ์ซึ่งติดตั้งที่ตำแหน่งจุดโฟกัสของจานสายอากาศ ซึ่งทำหน้าที่กระจายคลื่นที่มาจากเครื่องส่งไปยังแผ่นสะท้อนคลื่นและมาจากแผ่นสะท้อนเข้าภายในตัว Feed ซึ่งภายใน Feedhorn จะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า OMT (Orthogonal Mode Transducer)ซึ่งจะทำหน้าที่แยกคลื่นทางด้านรับและด้านส่งออกจากกัน เพื่อป้องกันมิให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณทางด้านส่งและสัญญาณทางด้านรับจะมี Polarlze ที่ต่างกัน เช่นในการส่งสัญญาณแบบ Liner Polarization สัญญาณจะถูกส่งขึ้นตัวดาวเทียมโดยใช้ Horizontal Polarization และรับสัญญาณจากดาวเทียมในลักษณะ Vertical Polarization สำหรับกรณีที่เราใช้งานช่องสัญญาณดาวเทียม (Transponder) แบบ Vertical Polarization

ชนิดของ Antenna Feed มีอยู่ 2 ชนิดคือ Linear Feed และ Circular Feed ซึ่งแบ่งตามวิธีการส่งสัญญาณตามชนิดของ Polarization ชนิดของจานสายอากาศที่ใช้งานสำหรับสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน ในปัจจุบันมีหลายแบบด้วยกัน ตัวอย่างเช่น จานสายอากาศทรงพาลาโบลาแบบ Prime Focus มีลักษณะของตัวสะท้อนสัญญาณ (Reflector) รูปทรงพาลาโบลาซึ่งจะมีจุดศูนย์รวมของสัญญาณที่ตำแหน่งติดตัวรับสัญญาณ (Feedhorn) ตัว Feedhorn จะต่อไปยังเครื่องขยายสัญญาณภาครับที่มีคลื่นรบกวนต่ำ (Low Noise Amplifier LNA) และเครื่องขยายกำลังสูงภาคส่ง (Highpower Amplifier หรือ HPA) โดยมีอุปกรณ์นำคลื่นความถี่สูงที่แยกระหว่างสัญญาณส่งและสัญญาณรับ Orthogonal Mode Transducer หรือ OMT ตัว OMT นี้จะทำให้สัญญาณในภาคส่งและภาครับไม่รบกวนซึ่งกันและกัน จานสายอากาศชนิดที่ติดตั้ง Feedhorn ที่จุดศูนย์กลางนี้นิยมนำมาใช้สำหรับจานสายอากาศชนิดรับสัญญาณด้านเดียว (Receive Only)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จานสายอากาศแบบ Cassegrain เป็นจานสายอากาศที่มีตัวสะท้อน 2 ส่วนประกอบด้วยตัวสะท้อนสัญญาณหลัก (Main Reflector) เป็นรูปทรงพาลาโบลิค และเป็นตัวสะท้อนสัญญาณอีกชิ้นหนึ่ง (Sub Reflector) ที่จุดศูนย์กลางของตัวสะท้อนสัญญาณหลัก ตัวสะท้อนสัญญาณตัวที่สองนี้จะสะท้อนสัญญาณ ซึ่งถูกสะท้อนมาจากตัวสะท้อนสัญญาณหลักอีกต่อหนึ่ง และส่งสัญญาณดังกล่าวไปยังตัวรับสัญญาณ (Feedhorn) ที่ติดอยู่กลางฐานของแผงสะท้อนสัญญาณหลัก การออกแบบจานสายอากาศลักษณะนี้ ใช้สำหรับจานสายอากาศขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้การติดตั้งอุปกรณ์ Feedhorn กับตัวจานทำได้ง่ายรวมไปถึงการบำรุงรักษาด้วย นอกจากนี้ยังสามารถรับสัญญาณที่ความแม่นยำสูงและให้อัตราการขยายสัญญาณในการรับส่งสูงกว่ามี Noise Temperature ต่ำและมีทิศทางของสัญญาณที่เที่ยงตรงกว่า เนื่องจากสามารถยึดตัว Feed กับฐานของจานได้แน่นหนากว่า

จานสายอากาศแบบ Offset เป็นจานสายอากาศที่มีตัวสะท้อนสัญญาณที่เป็นส่วนหนึ่งของพาลาโบลา มีการติดตั้งตัวรับสัญญาณ (Feedhorn) ที่ตำแหน่งจุดโฟกัสของตัวสะท้อนสัญญาณหลักรูปพาลาโบลาโดยที่ตัว Feed จะไม่มาบังบริเวณด้านหน้าของตัวสายอากาศ(Aperture)ที่หันรับสัญญาณจากดาวเทียมโดยตรงจานสายอากาศชนิดนี้จะนำมาใช้มากกับสถานีภาคพื้นดินขนาดเล็ก

2.7.3. อุปกรณ์ลดการรบกวนจากด้านส่ง (Transmit Reject Filter)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Bandpass Filter ซึ่งยอมให้สัญญาณคลื่นความถี่ด้านรับผ่านไปได้และกันสัญญาณที่มีความถี่ด้านส่งไม่ให้ย้อนเข้าไปยังภาครับสัญญาณ เพื่อป้องกันอุปกรณ์ด้านรับที่ทำงานกับสัญญาณที่มีกำลังต่ำ เกิดความเสียหายจากกำลังส่งสัญญาณจากอุปกรณ์เครื่องส่ง

2.7.4. ประเภทของจานสายอากาศ

สายอากาศที่เหมาะสมและเป็นที่นิยมมากที่สุดในระบบสถานีภาคพื้นดินก็คือ สายอากาศแบบพาลาโบลอยด์โดยมีการแบ่งตามลักษณะของการป้อนสัญญาณให้แก่แผ่นสะท้อน ได้เป็นสองแบบคือ แบบ Focal Point Feed และแบบ Cassegrain

(1). สายอากาศแบบพาลาโบลอยด์ที่มีการป้อนสัญญาณแบบ Focal point

สายอากาศแบบนี้ ประกอบด้วยจานสะท้อนซึ่งเป็นพื้นผิวโค้งรูปพาราโบลารอบแกน ทิศทางของการรับและ Feeder ซึ่งมีจุดศูนย์กลางเฟสที่จุดโฟกัสของตัวสะท้อนดังในรูป 2.2 (ก)

การที่เราเลือกจานสะท้อนเป็นแบบพาลาโบลอยด์นั้น เนื่องมาจากรูปแบบพาลาโบลานั้นมีข้อดีสำหรับสายอากาศระดับไมโครเวฟด้วยเหตุผล 2 ประการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก) ลำคลื่นใด ๆ จากจุดโฟกัสจะถูกสะท้อนที่แผ่นสะท้อนพาลาโบลอยด์ แล้วได้ทิศทางการสะท้อนออกมาขนานกับแกนของพาลาโบลา

ข) ระยะทางการเดินทางของคลื่นจากจุดโฟกัสไปยังแผ่นพาราโบลอยด์ และจากแผ่นพาลาโบลอยด์ไปยังระนาบตั้งฉากกับพาลาโบลานั้นไม่ขึ้นกับเส้นทาง (คือขึ้นอยู่กับ 2 จุดเท่านั้น) ดังนั้น แหล่งพลังงานแบบจุดที่อยู่ที่จุดโฟกัสจะถูกเปลี่ยนไปเป็นคลื่นระนาบที่มีเฟสเดียวกันในทิศทางที่ต้องการส่ง โดยใช้แผ่นสะท้อนพาลาโบลอยด์ ดังรูปที่ 2.2 (ข)

ขนาดของสายอากาศแบบนี้ แสดงได้โดยเส้นผ่านศูนย์กลาง D ของจานสะท้อน Feeder เชื่อมต่อกับภาคขยาย HPA และภาคขยาย LNA ผ่านตัว OMT (Orthogonal Mode Transducer) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ 3 พอร์ท โดยมีอัตราส่วนการแยกสัญญาณส่งและสัญญาณรับดีกว่า 40 dB ในส่วนของภาคส่งนั้น พลังงานของคลื่นพาห์ที่จะส่งจากภาคขยาย HPA จะกระจายไปเป็นเส้นแนวเดียวกับทิศทางการส่งที่ต้องการ โดยแพทเทอร์นของคลื่นจะมีบีมวิดท์ที่แคบ ในขณะที่ส่วนของภาครับนั้น จะดักจับสัญญาณในทิศทางที่ต้องการรับให้สัญญาณกระทบแผ่นสะท้อนแล้วสะท้อนมารวมกันที่จุดโฟกัสซึ่งจะส่งผ่านไปยังภาคขยาย LNA ผ่าน Feeder ต่อไป รูปร่างของบีมที่กระจายออกมาถูกกำหนดได้โดยการใช้บางส่วนของรูปพาลาโบลอยด์

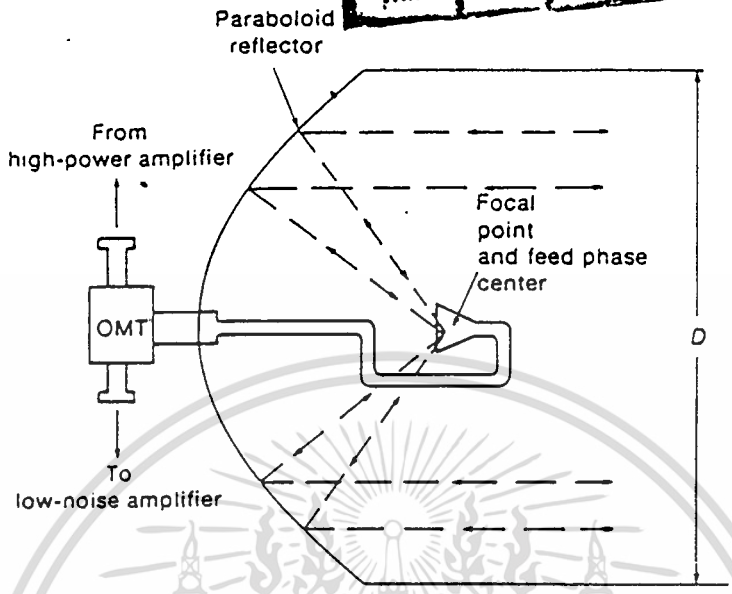
(2). สายอากาศแบบ Cassegrain

สายอากาศแบบนี้จะมีแผ่นสะท้อน 2 แผ่น คือ แผ่นสะท้อนหลักและแผ่นสะท้อนรอง โดยแผ่นสะท้อนหลักจะเป็นรูปพาราโบลา ส่วนแผ่นสะท้อนรองเป็นรูปไฮเปอร์โบลา จุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนหลักจะเป็นจุดเดียวกับจุดโฟกัสเสมือนของแผ่นสะท้อนรอง และจะมี Feeder ที่มีจุดศูนย์กลางเฟสอยู่ที่จุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนรอง ดังแสดงในรูปที่ 2.1. (ข) ในส่วนของภาคส่งนั้น สัญญาณจากภาคขยาย HPA จะแผ่กระจายมาที่จุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนรองโดย Feeder และจะกระทบแผ่นสะท้อนรองที่ด้านนอกของส่วนโค้ง หลังจากนั้นก็จะสะท้อนไปยังจุดโฟกัส ของแผ่นสะท้อนหลัก โดยเสมือนมีจุดศูนย์กลางเฟสอยู่ที่จุดโฟกัสเสมือน หรือจุดโฟกัสจริงของแผ่นสะท้อนหลัก ของแผ่นสะท้อนรอง ทำให้คลื่นที่สะท้อนออกมาจากแผ่นสะท้อนหลักมีหน้าคลื่นที่มีเฟสเดียวกัน และเป็นคลื่นระนาบที่มีทิศทาง ในแง่ของส่วนรับนั้น สัญญาณจากดาวเทียมจะตกกระทบกับแผ่นสะท้อนหลักและจะถูกสะท้อนให้ไปรวมกันที่จุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนหลัก ต่อ

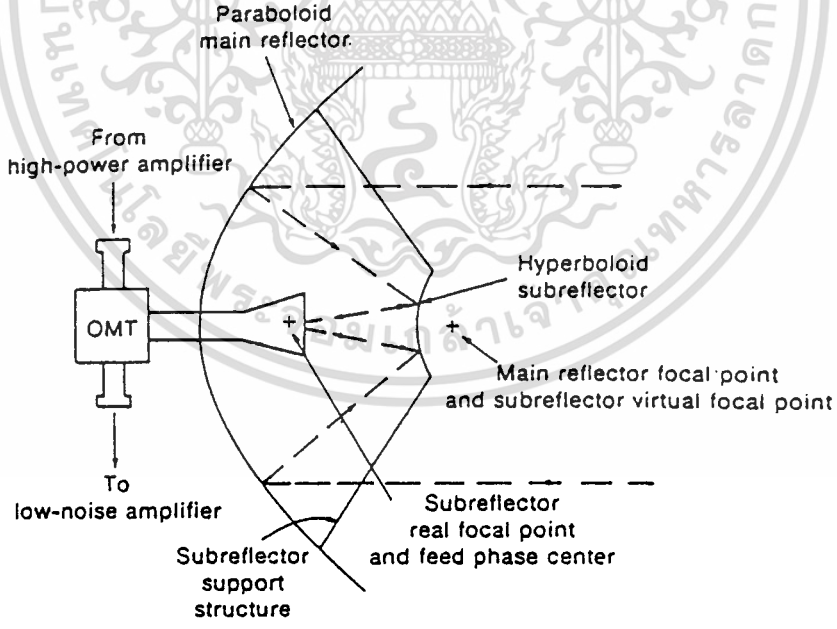
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มพ.
ค159 ผ 2537

ห้องสมุด
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

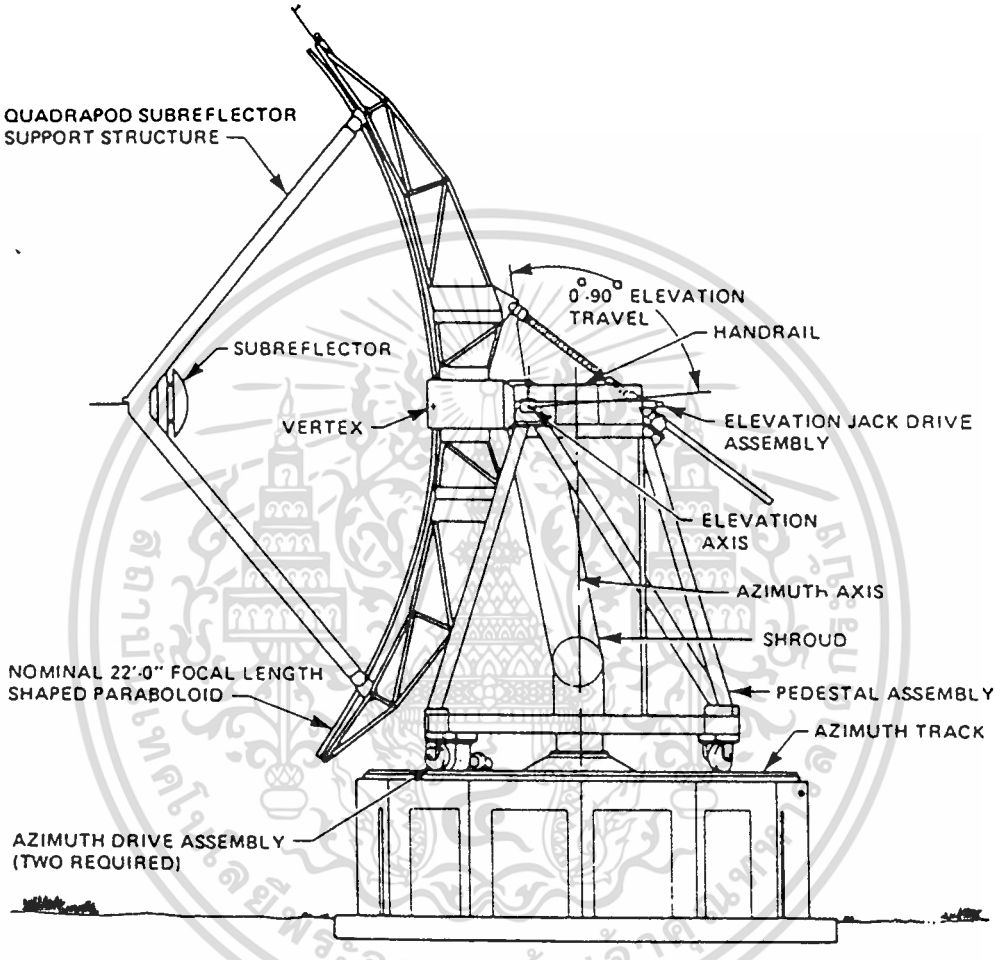


รูปที่ 2.2. (ก) จานสายอากาศแบบ Paraboloid



รูปที่ 2.2 (ข) จานสายอากาศแบบ Cassegrain

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
1296 021064



รูปที่ 2.2 (ค) โครงสร้างทั้งหมดของสายอากาศแบบ Casseggrain

มาจะถูกสะท้อนออกมาโดยแผ่นสะท้อนรอง และสัญญาณจะมารวมกันที่จุดศูนย์กลางเฟสของ Feeder จากนั้นก็จะส่งผ่านไปยังภาคขยาย LNA ต่อไปโดยมี OMT เป็นตัวแยกสัญญาณรับและส่ง

โดยทั่วไปแล้ว สายอากาศแบบ Cassegrain มีราคาแพงกว่าแบบพาลาโบลอยด์ธรรมดามาก เพราะว่ามีการเพิ่มส่วนของแผ่นสะท้อนรองขึ้นมา อย่างไรก็ตาม สายอากาศแบบ Cassegrain นั้นมีข้อดีกว่าแบบพาลาโบลอยด์ธรรมดาหลายประการ เช่น มีค่า Noise Temperature น้อยกว่า มีทิศทางที่เที่ยงตรงกว่า และมีความยืดหยุ่นในการออกแบบ Feeder มากกว่า เนื่องจากว่าพลังงานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลุดออกจาก Feeder นั้น ส่วนใหญ่จะหลุดไปยังอากาศซึ่งมีค่า Noise Temperature น้อยกว่า 30 องศาเคนวิล ดังนั้น ค่า S/N ของสัญญาณจึงมีค่ามากกว่าแบบพาลาโบลอยด์ธรรมดา เนื่องจาก Feeder อยู่ในตำแหน่งใกล้กับจุดยอดของส่วนโค้งของแผ่นสะท้อนหลัก ซึ่งจะทำให้เสถียรภาพทางกลดีกว่าแบบพาลาโบลอยด์ธรรมดาที่มีตัวป้อนลอยอยู่เหนือแผ่นสะท้อน จากการที่มีเสถียรภาพทางกลดีกว่านั้น ทำให้ความแน่นอนในทิศทางของสายอากาศชนิดนี้มีมากกว่า

เพื่อที่จะเป็นการลดการสูญเสียของสายนำสัญญาณที่เชื่อมระหว่างภาคขยาย HPA หรือ ภาคขยาย LNA กับ Feeder เราจึงใช้ระบบป้อนสัญญาณท่อนำคลื่นแบบบีม ดังรูปที่ 2.2 (ค)

2.7.5 รูปแบบของจานสายอากาศ

(1). Axisymmetric Antennas

เป็นสายอากาศที่มีรูปร่างง่ายที่สุด ข้อดีของสายอากาศแบบนี้ก็คือ มีลักษณะทางกลที่ไม่ซับซ้อน สามารถรวมอุปกรณ์หลาย ๆ อย่างเข้าด้วยกันได้ง่าย มีราคาที่ไม่แพง และส่วนการสะท้อนคลื่น (reflector) มีรูปร่างลักษณะเป็นวงกลมที่สมมาตรและมีความประหยัดค่าใช้จ่าย ในการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม ลักษณะรูปแบบแผ่นสะท้อนคลื่นเป็นโพลาลอยด์ ที่มีตำแหน่งฟีดฮอร์นเป็นจุดศูนย์กลางเฟสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจานสายอากาศใหญ่กว่า 3 เมตร สายอากาศแบบนี้มีลักษณะของแผ่นสะท้อนคลื่นย่อย 2 แบบด้วยกัน คือ

-Cassegrain แผ่นสะท้อนคลื่นย่อยเป็นส่วนของไฮเปอร์ลอยด์ ซึ่งตั้งอยู่ในตำแหน่งโฟกัสของแผ่นสะท้อนคลื่นพาราโบลอยด์หลัก

-Gregorian แผ่นสะท้อนคลื่นย่อยมีลักษณะเป็นบางส่วนของ Ellipsoid ซึ่งตั้งอยู่ด้านนอกจุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนคลื่นหลักแบบพาราโบลอยด์

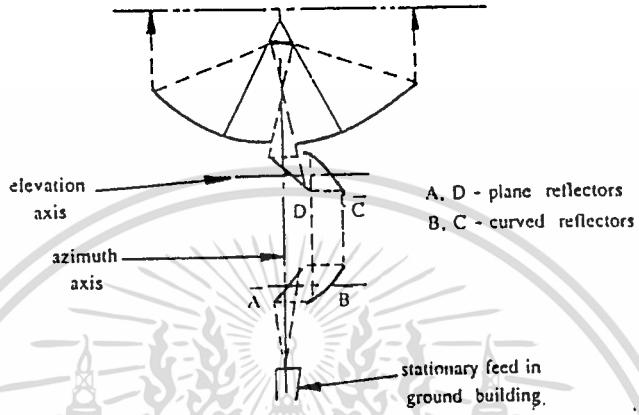
แบบแรกจะพบเห็นโดยทั่วไป ตามสถานีภาคพื้นดิน รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างจานสายอากาศแบบ Axisymmetric อีกอย่างหนึ่งที่ใช้เป็นสถานีภาคพื้นดินสำหรับใช้ ในการติดต่อสื่อสารผ่านดาวเทียมประสิทธิภาพในการทำงานของจานสายอากาศแบบนี้ประมาณ 65 %

(2). Asymmetric (Offset) Antennas

หลายปีมาแล้วสถานีภาคพื้นดินใช้งานสายอากาศแบบ Axisymmetrical Reflefctor เพราะว่ามีลักษณะทางกายภาพที่ตรง และทางกลที่มีรูปแบบง่าย อย่างไรก็ตามเมื่อการทำงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ประสิทธิภาพและโลบข้างของการแพร่กระจายคลื่นของตัวสายอากาศ ก็

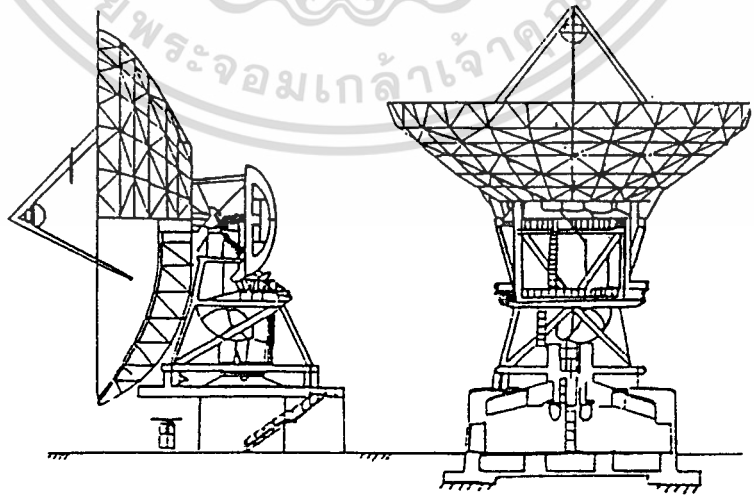
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการค่าที่ดีกว่าที่เป็นอยู่ จึงได้มีการใช้สายอากาศแบบ Offset ลักษณะของจานสาอากาศก็คล้าย ๆ กับแบบ Axisymmetric คือตัวสะท้อนคลื่นจะเป็นแบบออฟเซตแบบพาราโบลอยด์



รูปที่ 2.3. ลักษณะภายนอกของระบบจานสายอากาศแบบ Axisymmetric Dual Reflector

สามารถทำงานได้ทั้งที่เป็นแผ่นสะท้อนคลื่นเดียว หรือแบบ Dual Reflector โดยทั่วไปประสิทธิภาพน้อยกว่า 70 % ค่าโลบข้างที่ค่าประมาณ 29 - 25 log θ dBi ประสิทธิภาพของจานสายอากาศแบบนี้จะมีค่าสูงถึง 84 % ถ้าแผ่นสะท้อนคลื่นมีรูปร่างที่เหมาะสม



รูปที่ 2.4. การติดตั้งจานสายอากาศขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการติดตั้งสายอากาศของสถานีภาคพื้นดินขนาดใหญ่ แสดงในรูปที่ 2.4 ซึ่งเป็นจานที่ใช้งานในลักษณะของสถานีหลัก ในการติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีบนพื้นโลก(Earth station) กับตัวดาวเทียมสื่อสาร ซึ่งจะเป็นจานขนาด 52 ฟุต และขนาด 64 ฟุต มีกำลังการรับส่งสูงมาก ซึ่งจานประเภทนี้สามารถส่งและรับสัญญาณดาวเทียมอย่างมีประสิทธิภาพ และการติดตั้งจานขนาดเล็ก ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ส่วนการติดตั้งจานสายอากาศแบบ Offset (Dual Offset) ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ นิยมนำมาใช้ในระบบ VSAT แสดงในรูปที่ 2.6

2.7.6 ลักษณะการติดตั้งจานสายอากาศ

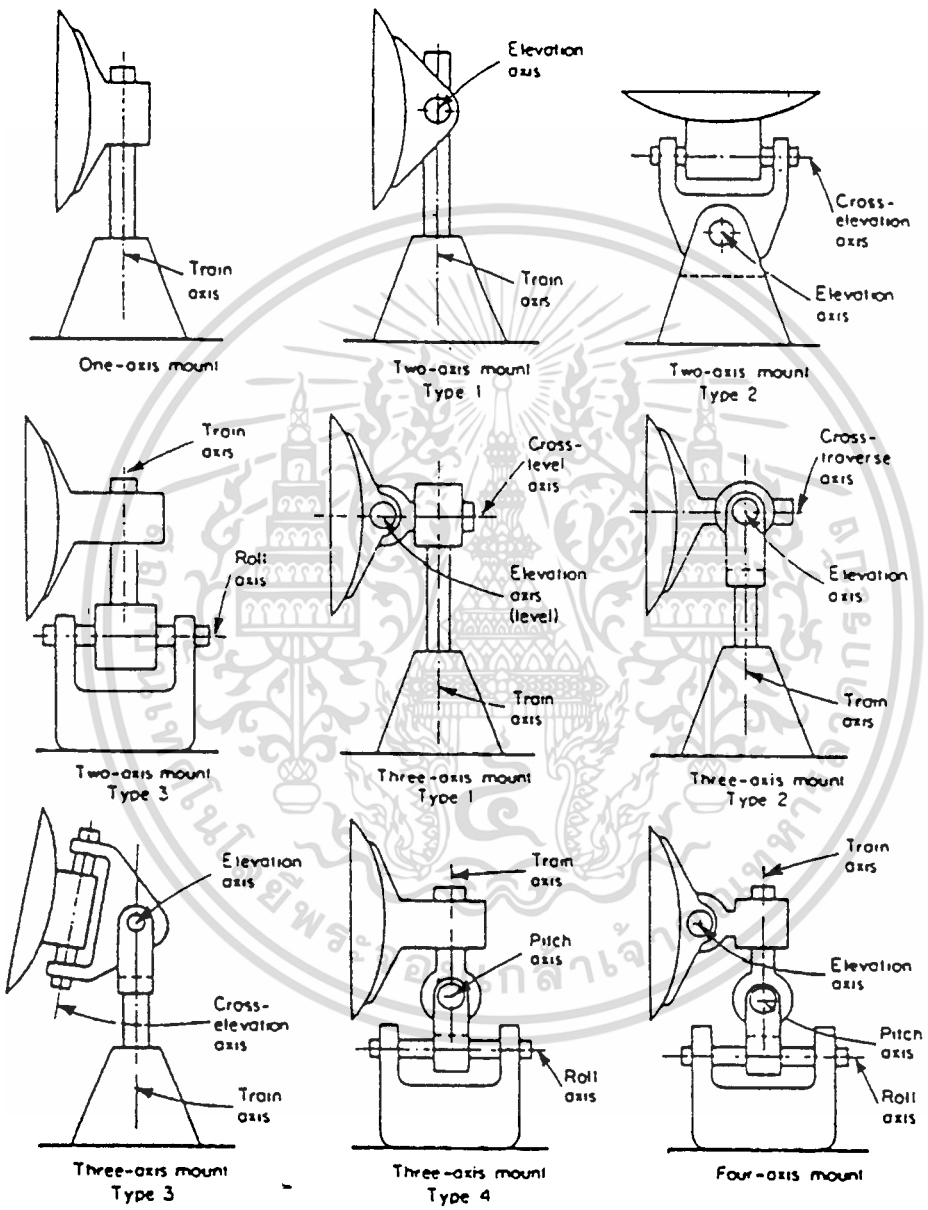
การติดตั้งจานสายอากาศที่มีวิธีต่าง ๆ ที่เป็นไปได้อยู่ 9 วิธีดังแสดงในรูปที่ 2.5 รูปที่ 2.5 (ก) แสดงการติดตั้งเป็นแกนเดี่ยวซึ่งเป็นแบบที่ง่ายที่สุด รูปที่ 2. 5(ข) แสดงการติดตั้งเป็นแกนคู่ หรือการติดตั้งแบบ Az-El ซึ่งจะทำให้บีมคงที่ บีมสามารถมีทิศทางไปยังจุดใด ๆ โดยใช้การรวมตัวอย่างเหมาะสมกับมุม Azimuth และมุม Elevation แต่ถ้าเป้าหมายอยู่สูงมาก การติดตั้งรูปที่ 2. 5 (ค) จะเหมาะสมกว่า ซึ่งเป็นการติดตั้งแบบ 2 แกนอีกแบบหนึ่ง ตั้งแต่รูปที่ 2.5 (ง) เป็นต้นไปนั้นจะเป็นวิธีการเฉพาะในการสื่อสารแบบ Radar รูปที่ 2.5 (ง) จะมีการติดตั้งแบบ 2 แกนซึ่งสามารถที่จะหมุนได้คล้ายกับรูปที่ 2.5 (จ) ที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ครึ่งวงกลมในการรับสัญญาณ Radar ในรูปที่ 2.5 (ฉ) ถูกออกแบบในงานที่ไม่ต้องการการยกขึ้นสูงจากจาน รูปที่ 2.5 (ช) นั้นจะมีแกนหมุนเพิ่มมาจากรูปที่ 2.5 (ฉ) เพื่อคอยติดตามเป้าหมายที่เคลื่อนที่ได้ เพื่อความสะดวกในการเร่งความเร็วในการติดตามของจาน ในรูปที่ 2.5 (ซ) นั้นแกนของมุม Azimuth จะมีเสถียรภาพในแนวดิ่ง และอาจรับคำสั่งให้เคลื่อนที่ ในแกนอื่น ๆ สัมพันธ์กันได้ด้วย ส่วนรูปที่ 2.5 (ฌ) ต้องการระบบ Servo 4 ระบบซึ่งทำให้มันมีน้ำหนักมากแต่การควบคุมตำแหน่งจะแม่นยำดียิ่งขึ้น

การเลือกติดตั้งในแต่ละแบบจะเหมาะสมกับงานบางอย่างเท่านั้น สำหรับงานในด้านการสื่อสารธรรมดาแล้วอาจใช้ 3 แบบแรกก็เพียงพอ แต่สำหรับงานด้าน Radar Systems อาจต้องมีวิธีอื่น ๆ ที่กล่าวมาด้วยจึงจะเกิดประสิทธิภาพในการติดต่อหรือติดตามสูงสุด

2.8 ภาคขยาย LNA (Low Noise Amplifier)

ที่นิยมใช้มากที่สุดในสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินคือ Parametric Amplifier และ GaAs FET Amplifier ภาคขยาย LNA แบบ Parametric Amplifier มีใช้ตั้งแต่ยุคแรกของการสื่อสารดาวเทียม ภาคขยาย LNA แบบนี้สามารถให้ค่า Noise Temperature ต่ำมากได้ อย่างไรก็ตาม ภาคขยาย LNA แบบ GaAs FET ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยมีค่า Noise Temperature ที่ต่ำเช่นเดียวกันและมีข้อได้เปรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5. การติดตั้งจานสายอากาศโดยวิธีต่าง ๆ

คือ มีเสถียรภาพความเชื่อถือได้ดีกว่า อีกทั้งยังมีราคาที่ถูกกว่า ภาคขยาย LNA แบบ GaAs FET จึงนิยมใช้ในสถานีแบบรับอย่างเดียวในปัจจุบันซึ่งมีขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 ภาคขยาย LNA แบบ Parametric Amplifier

ภาคขยาย LNA และ Parametric Amplifier เป็นเครื่องขยายที่ใช้ Reactive Parameter นั้น สามารถใช้เพื่อก่อให้เกิดการขยายสัญญาณขึ้นได้ การทำงานของเครื่องขยาย LNA แบบ Parametric Amplifier อย่างง่าย ๆ ก็คือว่า Varactor Diode ซึ่งปรากฏขึ้นเป็น Negative Reactance ต่อความถี่ของสัญญาณและเป็นผลให้เกิดการขยาย

วงจรสมมูลของ Varactor แสดงในรูปที่ 2.6 (ก)ค่าความต้านทานต่ออนุกรมในวงจร r_g จะมีค่าเป็นสัดส่วนกับ Thermal Noise ที่เกิดขึ้นมาเนื่องจากภาคขยาย LNA แบบ Parametric Amplifier ดังแสดงในรูปที่ 2.6.(ข) การที่จะลดสัญญาณรบกวนนั้นสามารถกระทำได้ เช่น การลดค่า r_g ซึ่งทำได้ดดยการระบายความร้อนให้แก่อุปกรณ์ แต่ในปัจจุบันนี้ได้มีการออกแบบใหม่และคิดค้นหาสารชนิดใหม่มาใช้ทำให้ได้คุณสมบัติเช่นเดียวกับการลดค่า r_g วิธีการแบบใหม่นี้จะช่วยลดความจำเป็นที่จะต้องระบายความร้อนให้แก่อุปกรณ์

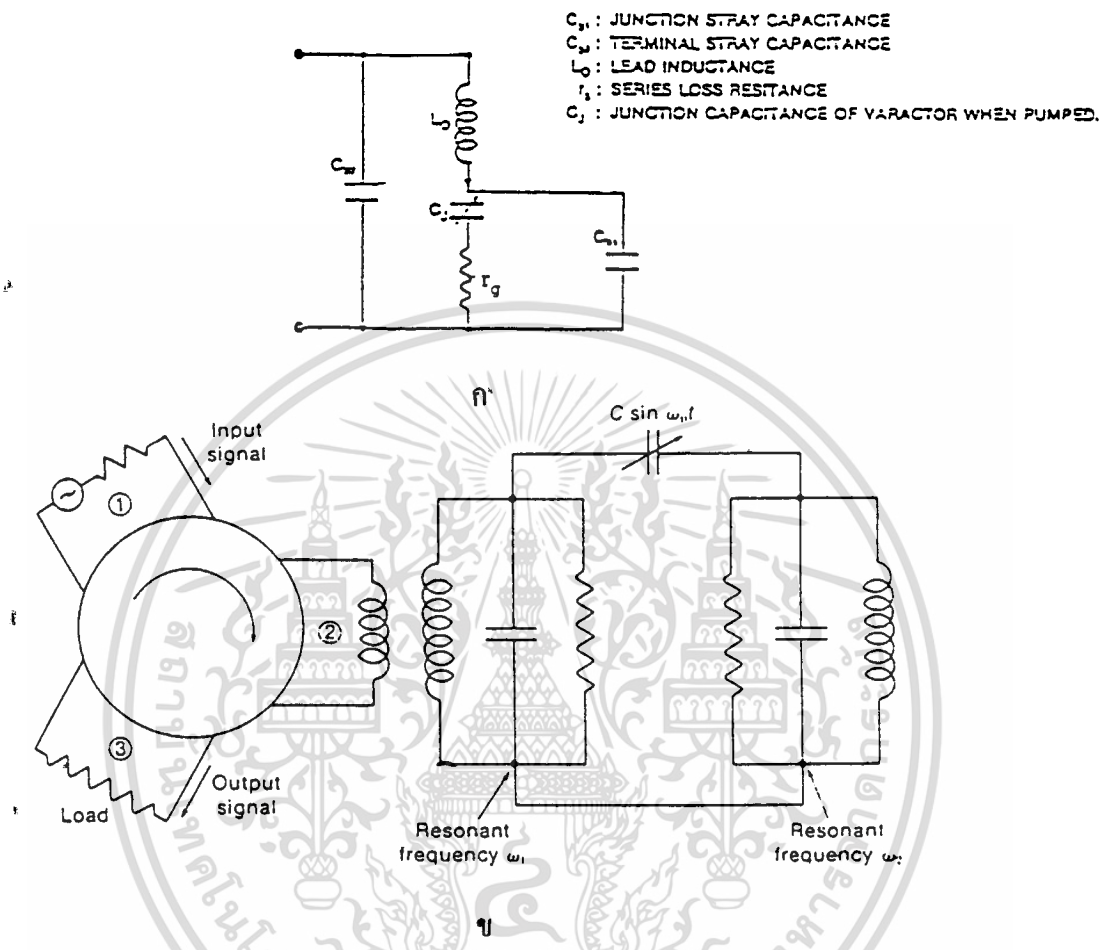
ระบบการให้ความเย็นแก่ภาคขยาย LNA แบบ Parametric Ampliflier

Noise Temperature ของภาคขยาย LNA แบบ Parametric Ampliflier จะขึ้นอยู่กับความต้านทานอนุกรมของ Varactor เป็นส่วนใหญ่ ส่วน Noise ของ FET Amplifier จะขึ้นกับ Thermal Noise เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่

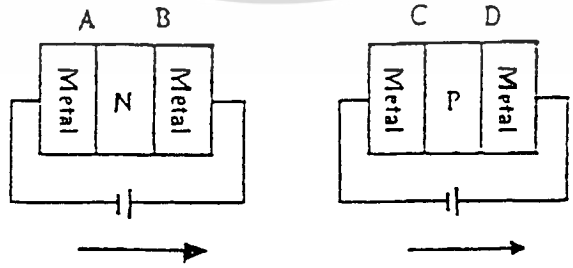
การทำให้ Noise Temperature ของเครื่องขยายมีค่าลดลง Varactor และอุปกรณ์อื่น ๆ ของภาคขยายมีค่าลดลง Varactor และอุปกรณ์อื่น ๆ ของภาคขยาย LNA แบบ Parametric Amplifier จะต้องได้รับการทำให้เย็นลง โดยตัวทำความเย็นแบบ Cryogenic ซึ่งใช้ก๊าซฮีเลียมเป็นตัวทำความเย็น ตัวทำความเย็นแบบ Gryogenic ที่สร้างขึ้นโดยการใช้ก๊าซฮีเลียมนี้ ได้มีวิธีการที่ทำเป็น Thermoelectronic Cooler บนพื้นฐานของ Peltier Effect ดังแสดงในรูปที่ 2.7 (ก) ตัวทำความเย็นแบบนี้มีคุณลักษณะที่สำคัญคือ มีความเชื่อถือสูง, ขนาดเล็ก, น้ำหนักเบา

หลักการของ Peltier Effect มีอยู่ระหว่างแผ่นโลหะและถูกป้อนผ่าน P-Type และ N-Type ของสารกึ่งตัวนำซึ่งแนบติดอยู่ติดกับแผ่นโลหะ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 (ก) ความร้อนถูกกลืนที่พื้นผิวรอยต่อ A และ B ขณะที่ความร้อนถูกสร้างขึ้นที่พื้นผิวรอยต่อ B และ C ปรากฏการณ์แบบนี้เรียกว่า Peltier Effect การถ่ายเทของพลังงานที่เกิดขึ้นเมื่อสารกึ่งตัวนำแบบ N-Type ถูกวางอยู่ระหว่างแผ่นโลหะและถูก Charged โดยแรงดัน จากรูปที่ 2.7 (ข) จะเห็นว่าอิเลคตรอนวิ่งจากขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

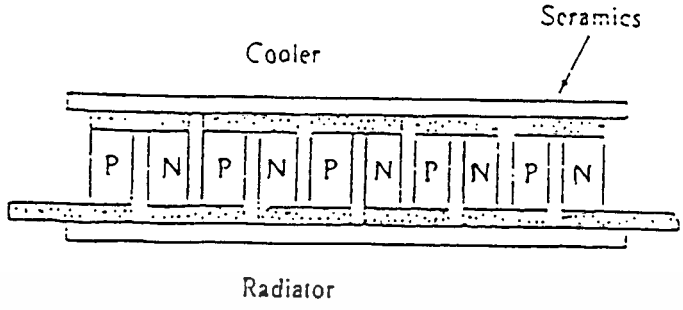


รูปที่ 2.6 (ก) วงจรสมมูลย์ของ Varactor (ข) วงจรสมมูลย์ของ Parametric Amplifier

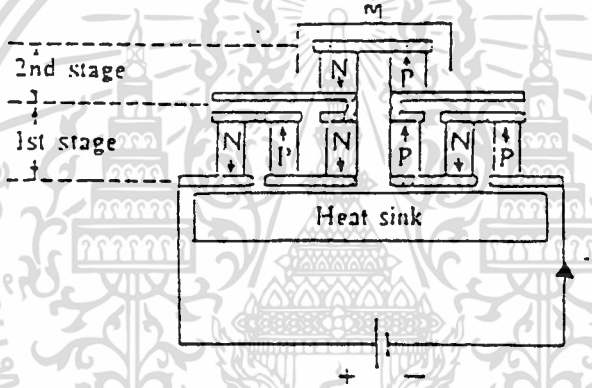


รูปที่ 2.7 (ค) หลักการทำให้เย็นบนพื้นฐานของ Filtier Effect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 (ข) การจัดวางเซมิคอนดัคเตอร์แบบ N และ P



รูปที่ 2.7 (ค) การวางอุปกรณ์รูปปิรามิด

ลบ เคลื่อนที่ข้าม Energy Gap ของสารกึ่งตัวนำแบบ N-Type ไปยังขั้วบวก ขณะเดียวกันนี้อิเลคตรอนเหล่านี้จะเปลี่ยนตำแหน่งไปยังระดับที่มีพลังงานที่สูงกว่าในขณะที่มีการรับพลังงานจากภายนอกที่พื้นผิว A ความเย็นที่เกิดขึ้นในขณะนี้เนื่องจากการดูดกลืนความร้อน ต่อจากนั้นที่พื้นผิว B การเกิดความร้อนจะถูกสร้างขึ้นโดยอิเลคตรอนคายพลังงานออกมาในขณะที่เปลี่ยนตำแหน่งมายังระดับพลังงานที่มีค่าต่ำกว่า

ถ้าเราพิจารณาการเคลื่อนที่ของพลังงานที่เกิดขึ้น เมื่อสารกึ่งตัวนำแบบ P-Type ถูกวางอยู่ระหว่างแผ่นโลหะและถูก Charge ด้วยแรงดัน ในกรณีของสารกึ่งตัวนำแบบ P-Type ซึ่ง Positive Holes จะเคลื่อนที่จากแผ่นโลหะบวกไปยังแผ่นโลหะลบที่พื้นผิว D พลังงานจะถูกดูดกลืนเป็นสาเหตุให้เกิดการเย็นตัว ขณะที่พื้นผิว C พลังงานถูกคายออกมาให้ความร้อน ซึ่งหลักการนี้เป็นหลักการที่ทำให้เกิดความเย็นขึ้นบนพื้นฐานของ Peltier Effect ถ้าสารกึ่งตัวนำแบบ P-Type และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N-Type วางอยู่ระหว่างแผ่นโลหะซึ่งต่อสลับกันอยู่อย่างอนุกรม ดังแสดงในรูปที่ 2.7 (ข) พื้นผิวที่ดูดกลืนความร้อนและพื้นผิวที่สร้างความร้อนของสารกึ่งตัวนำแบบ N-type และแบบ P-Type ถูกเชื่อมต่อโดยแผ่นโลหะซึ่งแทรกคั่นอยู่ระหว่างผิวทั้งสอง โดยวิธีการนี้จะได้ผิวที่ถูกทำให้เย็นและผิวที่สร้างความร้อน ซึ่งมีอัตราการถ่ายเทค่าความร้อนที่สูง

อีกวิธีหนึ่งที่จะลดอุณหภูมิให้ต่ำลงทำได้โดยการวางสารกึ่งตัวนำและอุปกรณ์ดูดกลืนความร้อนในแนวตั้งแบบปิรามิดดังแสดงในรูปที่ 2.7 (ค)

2.9 ภาคขยาย HPA(HIGH POWER AMPLIFIER)

ภาคขยาย HPA นั้นมีอยู่ 2 แบบคือ

(1). แบบที่ใช้หลอดไคลสตรอน

(2). แบบที่ใช้หลอดคลื่นจร (TWTA)

แบบที่นิยมใช้ในปัจจุบันที่สถานีภาคพื้นดินคือ แบบที่ใช้หลอดคลื่นจร (TWTA) ตัวหลอดคลื่นจรจะทำการมอดูเลตในเชิงความเร็วของคลื่น สัญญาณ RF ที่ต้องการขยายจะเดินทางไปในท่อรูปเกลียวที่มีช่วงระยะห่างของเกลียวเท่ากันอิเลคตรอนที่ส่งจาก Cathode ของหลอดจะถูกยิงเป็นบีมไปในทิศทางของแกนของเกลียวโดยการใช้แรงแม่เหล็ก และอิเลคตรอนจะถูกเก็บที่ Collector หลังจากที่มันถ่ายเทพลังงานให้แก่คลื่น RF ในระหว่างการเดินทางแล้ว ท่อเกลียวจะทำการหน่วงความเร็วของคลื่น RF ซึ่งมีความเร็วเกือบเท่าความเร็วแสง ให้มีค่าใกล้เคียงกับความเร็วของอิเลคตรอน เมื่อเทียบกับอิเลคตรอนซึ่งถูกควบคุมโดยแรงดันไฟตรงที่ Cathode กระบวนการนี้จะทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์กันระหว่างอิเลคตรอนกับสนามไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสัญญาณ RF ซึ่งจะทำให้อิเลคตรอนถ่ายเทพลังงานไปยังสัญญาณ RF สัญญาณ RF จึงมีกำลังงานสูงขึ้น คลื่นจรสามารถมีค่าแบนด์วิดธ์ของสัญญาณอยู่ในช่วง 10 % ของความถี่กลาง ดังนั้นมันจึงสามารถครอบคลุมช่วงความถี่ 500 MHz ซึ่งเป็นความถี่ของการสื่อสารดาวเทียมได้

ภาคขยาย HPA แบบต่อไปคือ Klystron Amplifier ซึ่งมีค่าอัตราขยายและมีประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องขยายแบบ TWT แต่จะให้แบนด์วิดธ์แคบกว่า เหมาะสำหรับงานที่ต้องการกำลังงานไม่สูงมากนัก เราสามารถใช้เครื่องขยายแบบ Impatt Diode Amplifier หรือ GaAs FET Amplifier ได้ ซึ่งเครื่องขยายเหล่านี้เป็นแบบ Solid-State Amplifier และมีประสิทธิภาพสูงกว่าสองแบบแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 ทรานสปอนเดอร์ (Transponder)

ทรานสปอนเดอร์เป็นระบบย่อยของการสื่อสารดาวเทียม ซึ่งทำการรับสัญญาณ และแปลงไปอยู่ในอีกรูปแบบหนึ่งเพื่อทำการส่งกลับอีกครั้ง เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่วางเรียงต่อกันอยู่เป็นลูกโซ่เพื่อตอบสนองการทำงานอยู่บนบอร์ดของดาวเทียมซึ่งเป็นทางผ่านของสัญญาณระหว่างสถานีภาคพื้นดินทั้งสอง มีอุปกรณ์ซึ่งต่อเข้าโดยตรงกับการทำงานของทรานสปอนเดอร์ โดยปกติแล้วเราจะพิจารณาบางส่วนของทรานสปอนเดอร์ เช่น Sola Arrays ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่มีไว้รองรับการทำงานของทรานสปอนเดอร์

2.10.1 ความหมายของทรานสปอนเดอร์

หมายถึง อุปกรณ์ขยายสัญญาณ หรืออุปกรณ์เปลี่ยนความถี่ Up Link เป็นความถี่ Down Link แต่ละทรานสปอนเดอร์มี Bandwidth กว้างมาก เช่น 36 MHz, 72 MHz, 77 MHz เป็นต้น ใช้ TWT หรือ SSPA (Solid State Power Amplifier) เป็นตัวขยายสัญญาณ

2.10.2 การทำงานของทรานสปอนเดอร์

ทรานสปอนเดอร์เป็นเหมือนส่วนของการติดต่อสื่อสารทางอากาศเส้นทางหนึ่งของระบบสื่อสารดาวเทียม เราเคยเห็นการส่งสัญญาณที่กำหนดโดย Up Link Budgets และ Down Link Budgets การทำงานที่สำคัญที่สุดคือ การขยายความถี่ และการแปลงความถี่ของสัญญาณ RF ทั้งสองอย่างคือ หน้าที่พื้นฐานที่สำคัญของทรานสปอนเดอร์บนตัวดาวเทียมจะมีดาวเทียมบางระบบที่เพิ่มการทำงานอื่น เช่น Satellite Switching และ On Board Processing

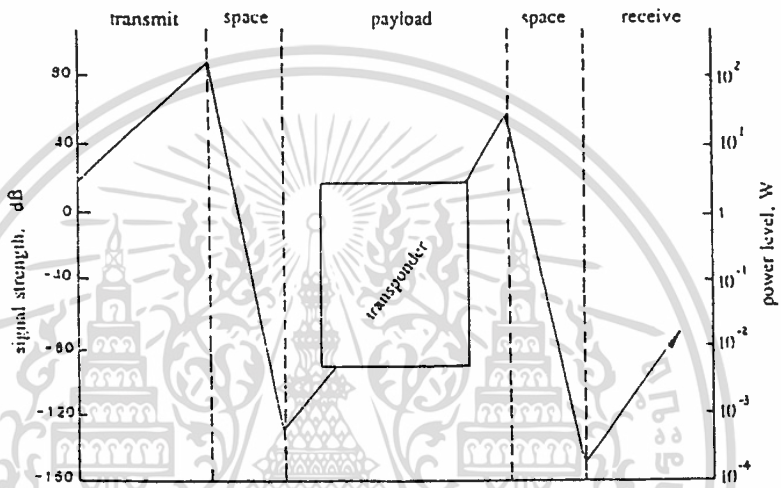
(1). การขยาย

พิจารณาการเชื่อมต่อเส้นทางสื่อสารสำหรับการเชื่อมต่อดาวเทียมแบบ end-to-end แสดงดังรูปที่ 2.8 แสดงถึงเส้นทางการเชื่อมต่อสากลในแนวตั้งซึ่งเป็นระดับกำลังของสัญญาณ (เปรียบเทียบกับไอโซโทรปิคโดยการประมาณ) ลักษณะของกราฟเป็นของระบบ hypothetical 20/30 GHz แต่รูปร่างจะเหมือนกันทั้งหมดสำหรับเส้นทางการเชื่อมต่อดาวเทียม

จะเห็นว่าการส่งเพาเวอร์ของสถานีภาคพื้นดินที่มี EIRP สูง จะลดลงโดยการสูญเสียเนื่องจากการเดินทางในเส้นทาง Up Link เกนของจานสายอากาศที่รับได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับสัญญาณค่าประมาณ -100 dBW ที่อินพุทไปที่รีพีทเตอร์ ส่วนการทำงานในการให้เอาท์พุทผ่านทาง Down Link Budget มีลักษณะคล้าย ๆ กัน ระดับของเพาเวอร์ที่เอาท์พุทของทรานสปอนเดอร์อาจจะมีค่าประมาณ +20 dBW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสูญเสียใน Down Link Path จะมีค่าขึ้นอยู่กับความถี่และความสูงของวงโคจรของดาวเทียม ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ นี้เราสามารถเลือกโดยการออกแบบ Payload ในทำนองเดียวกันขนาดของสถานีภาคพื้นดินและคุณสมบัติถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าในการออกแบบ Payload อาจจะสามารถตั้งค่าเกนของสายอากาศออกไปได้อีกแต่ก็จะมีทั้งจำกัดค่าโดยขนาดสูงสุดที่ดาวเทียมหรือการส่งที่สามารถทำได้ Transponder ต้องการที่จะเตรียมการขยายได้ประมาณค่า 110 ถึง 130 dB ในอนาคตการขยายเพาเวอร์ของทรานสปอนเดอร์จะทำให้เกิดระดับการลดทอนต่ำที่สุด



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างระบบ 30/20 GHz

(2). การแปลงความถี่

ข้อจำกัดในด้านขนาดของบัสดาวเทียมหมายถึงว่า จานสายอากาศที่ทำการส่งและรับอยู่ใกล้กันกับของจานสายอากาศอื่น ในความเป็นจริงแล้วอุปกรณ์ของระบบดาวเทียมปลาย ๆ ระบบมีขนาดของฮาร์ดแวร์ที่เหมือนกัน ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการคับปลิ้งของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างการส่งและการรับสัญญาณ เมื่อเปรียบเทียบกับไอโซโทรปิคมีค่าประมาณ 100 dB เราพูดได้ว่าทรานสปอนเดอร์จำเป็นต้องมีเกนอย่างน้อยเป็น 100 dB ดังนั้นการส่งด้วยเพาเวอร์ที่มีการสูญเสียจะส่งด้วยค่าสัญญาณ Up Link ที่มากกว่าที่ต้องการในการใช้ความถี่หลาย ๆ ค่าที่ต่างกัน ส่งและรับระดับสัญญาณส่งที่ไม่ต้องการสามารถทำให้ค่าลดลงได้โดยวงจรกรองความถี่ขณะที่จะออกมาเป็นสัญญาณที่ต้องการเพื่อส่งเป็นสัญญาณ Up Link ดังนั้นทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียมจำต้องทำการแปลงความถี่โดยการทำการขยายกันเป็นลูกโซ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.3 รูปแบบของทรานสปอนเดอร์

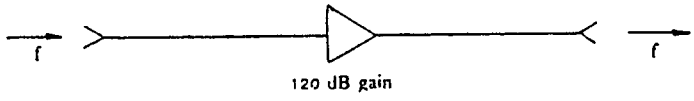
เราจะได้เห็นการทำงานทรานสปอนเดอร์และส่วนประกอบต่าง ๆ ในการออกแบบเพื่อที่จะให้ Transponder นั้นสามารถทำงานได้ ในรูป 2.9 แสดงกรณีเล็ก ๆ ซึ่งเราจะใช้การเริ่มต้นที่จุด โดยที่ Transponder จะเป็นการต่อถึงกันแบบง่าย ๆ ระหว่างสายอากาศทางด้านส่งและทางด้านรับ ตัวอย่างนี้จะไม่ได้เกนที่ต้องการของทรานสปอนเดอร์เลย คือมีค่าอยู่ระหว่าง 110 ถึง 130 dB

รูปที่ 2.9 การต่อระหว่างจานสายอากาศด้านส่งและด้านรับของทรานสปอนเดอร์

รูปที่ 2.10 เป็นตัวอย่างการต่อที่ต้องการบล๊อกของเกนที่ต้องการในการต่อ ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีสเปคตรัมแคบ ๆ ที่เข้ามาในวงจรขยายเพื่อที่จะให้ได้แถบความถี่ที่ต้องการ เราจำต้องทำการพิจารณาถึงการแปลงถึงความถี่ในรูปที่ 2.11

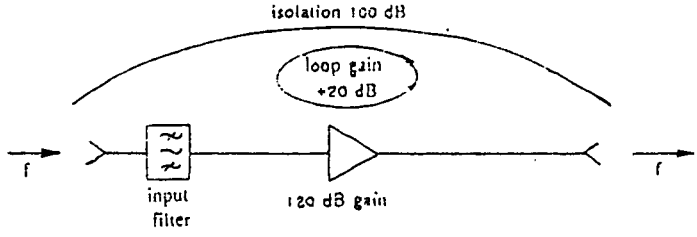
ด้วยว่าเกน (Forward Gain) ที่ต้องการ 120 dB และมี Feedback Isolation เพียง 100 dB นั่นคือ Loop Gain จะเป็น + 20 dB รูปแบบนี้จะไม่มีปัญหาเรื่องการออสซิเลท

รูปที่ 2.12 แนะนำการแปลงความถี่ (Freguency Translation) เกนที่ต้องการ 120 dB สำหรับการรับสัญญาณที่เป็น fu และการส่งสัญญาณที่เป็น fd การรั่วของการส่ง (Transmitter Leakage) ที่ fd อาจจะเข้าไปในจานที่เสาอากาศด้านรับ แต่จะถูกขจัดออกไปโดยวงจรกรองความถี่ ซึ่งทำการจูนให้ผ่านได้ เฉพาะสัญญาณที่ความถี่ fu

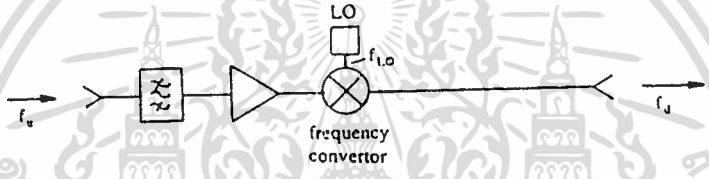


รูปที่ 2. 10 เป็นเกนที่ต้องการอยู่ในรูปบล๊อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 รูปแบบง่ายของ Input Filter



รูปที่ 2.12 การแปลงความถี่

การแปลงความถี่เป็นผลในการทำงานเพื่อที่จะให้ได้ความถี่ที่ต้องการ สำหรับป้อนให้กับ Microwave Mixer กับความถี่ Up Link และ On-Board จะสร้างสัญญาณ CW (ที่ความถี่ f_{to}) ซึ่งถูกจัดการโดยหน่วย Local Oscillator

ดังนั้นลักษณะของรูป 2.12 จึงมีการขยายเบื้องต้นในทรานสปอนเดอร์ และการแปลงความถี่ เราจะพิจารณาความถี่ที่ทำการแปลงและผ่านการกรองความถี่แล้ว เอาท์พุทของ Mixer จะประกอบด้วย $f_u + f_{to}$ และ $f_u - f_{to}$ มีเพียงสัญญาณเดียวเท่านั้นที่ต้องการ โดยที่ไปคือ $f_u - f_{to}$ เหมือนกับที่นิยมใช้ในดาวเทียม โดยส่วนมากจะเลือกความถี่พวก Down Conversion มากกว่าที่จะเป็น Upconversion ส่วนความถี่อื่น ๆ จะถูกกรองความถี่ออกหมด เรามีความถี่ Uplink, Downlink, Local Oscillator ที่สัมพันธ์กันในการแปลงความถี่ของทรานสปอนเดอร์ เราเขียนได้ในรูปแบบ

$$f_d = f_u - f_{to}$$

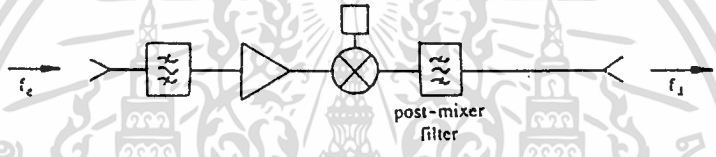
แต่ความถี่อื่นถูกกำจัดออก f_i (Exists Freguency) มีรูปแบบของความสัมพันธ์คือ

$$f_i = f_i + f_{to}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

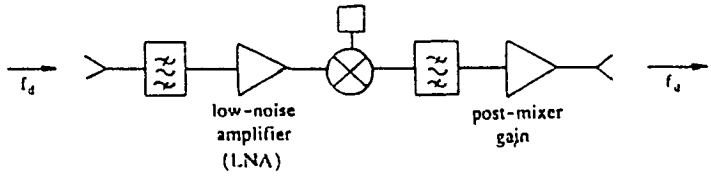
สัญญาณซึ่งเข้ามาในทรานสปอนเดอร์ที่มีความถี่ f_i เป็นสัญญาณรบกวน และสัญญาณไม่จริง (Spurious Signal) จะถูกแปลงความถี่ใน Mixer ได้ผลลัพธ์ คือ f_i+f_{to} และ f_i-f_{to} ความถี่แบบหลังนั้น (f_i-f_{to}) จะถูกกำจัดออกโดย Post-Mixer Filter

สำหรับรูปที่ 2.13 แสดงทรานสปอนเดอร์ที่มีวงจรกรองสองส่วนอย่างแรกเป็น Input Filter มีแถบความถี่ผ่านประมาณ f_u และขัดขวางความถี่อื่น ๆ นอกจากนี้ยังป้องกันอินพุทไม่ให้ขยายส่วนที่สองเป็น Post Mixer Filter มีแถบความถี่ผ่านประมาณ f_u ขัดขวางผลลัพธ์ของความถี่ผสมอื่น ๆ นอกจากนี้ยังเป็นตัวปรับแต่ง Group Delay ได้ด้วย



รูปที่ 2.13 ทรานสปอนเดอร์ที่มี Distinct Filter 2 ตัว

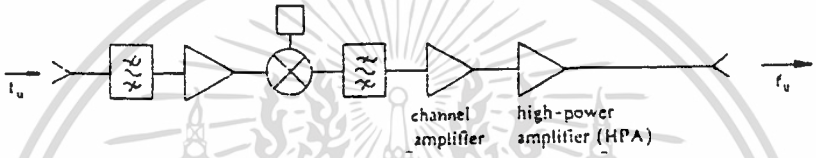
รูปที่ 2.14 แสดงผลลัพธ์ที่เป็นเกนที่แบ่งเป็นสองส่วนในแต่ละด้านของ Mixer รายละเอียดของการกระจายเกนระหว่างสองส่วนจะมีค่ามากจากดาวเทียมถึงดาวเทียมโดยทั่ว ๆ ไปเป็นเกนที่ความถี่สูงที่แตกต่างกับที่ได้รับที่ความถี่ต่ำ ค่าของการขยายหลังจากการ mixer จะอยู่ในรูปแบบของ $(f_u > f_d)$ มีเพียงประมาณ 30-40 dB ก่อนการ Mixer ใน Low Noise Amplifier (LNA) และที่ Post Mixer จำเป็นต้องมีเกนอย่างน้อยประมาณ 80 dB เพราะเป็นช่วงเพาเวอร์ที่กว้างมาก โดยปกติแล้วจะเป็น Channel Amplifer และ High Power Amplifier (HPA)



รูปที่ 2.14 เกนที่ถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน ในแต่ละข้างของ Mixer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.15 แสดงการแบ่ง HPA (High Power Amplifier) จะต้องเตรียมเพาเวอร์เอาท์พุทของทรานสปอนเดอร์เป็นไปตามที่ต้องการ โดยทั่วไปแล้วจะมีค่าเกนประมาณ 40 dB ส่วนปรากฏการณ์ Overriding มีความสำคัญมากซึ่งจะแสดงถึงประสิทธิภาพของ HPA หมายความว่าการทำงานอื่นจะไม่สามารถปฏิบัติการในอุปกรณ์นี้ได้ช่องขยายทำงานที่ระดับเพาเวอร์ต่ำและสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพต่ำในทำนองคล้ายกันช่องขยาย (Channel Amplifier) ไม่ต้องการ Low Noise Figure เหมือน Transponder Noise ที่ถูกกำหนดโดย LNA ดังนั้นอุปกรณ์นี้จึงใช้เตรียมการทำงานอื่นเช่นใช้ในการควบคุมเกน (Gain Control)



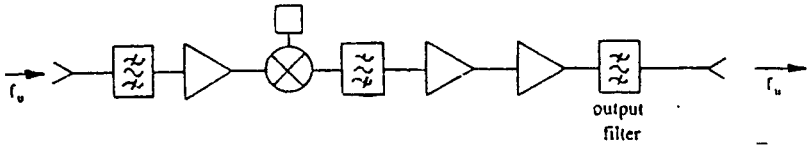
รูปที่ 2.15 ช่องขยาย และการแบ่ง High Power Amplifier

HPA ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดใกล้จุดอิ่มตัว โดยที่มีความเป็นเส้นตรงที่แย่มากสำหรับทรานสปอนเดอร์ทั้งหมดทำงานในโหมดนอน-ลิเนียร์ (Non Linear) ทำให้มีประสิทธิภาพในการกระจายแถบสเปคตรัม (แถบความถี่เอ้าท์พุทมีค่าใหญ่กว่าแถบความถี่สัญญาณอินพุท)

รูปที่ 2.16 แสดงการกรองสัญญาณเอ้าท์พุทของทรานสปอนเดอร์ ที่มีลักษณะแบบนี้เป็นรูปแบบหลักที่ต้องการในการจัดเตรียมสัญญาณคลื่นพาหะ การต่อผ่านดาวเทียมในทางปฏิบัติแล้วนั้นทรานสปอนเดอร์จำเป็นจะต้องปฏิบัติงานบนคลื่นพาหะจำนวนมากการลดทอนเนื่องมาจาก Intermodulation บ่อยครั้งที่แสดงให้เห็นมากกว่าคลื่นพาหะเดียวที่ต้องขยายในอุปกรณ์เพาเวอร์สูง อย่างไรก็ตามอุปกรณ์เพาเวอร์ต่ำ (Low Power Equipment) สามารถทำงานได้ในโหมดคลื่นพาหะหลายค่า ดังนั้นที่บางจุดของทรานสปอนเดอร์ช่วงของคลื่นพาหะจะถูกแบ่งโดยความถี่ในเส้นทางที่แตกต่างกัน การแบ่งนี้ถูกยอมรับโดยการแยกของวงจรกรอง รู้จักกันดีว่าการดีมัลติเพล็ก

ดีมัลติเพล็กเซอร์ นิยามว่าเป็นการแยกช่องแถบความถี่ และ Individual Demultiplexer Filter รู้จักกันบ่อยเหมือน Channel Filters ที่แต่ละช่อง (Channel) มีการแยกขยายเพื่อทำแยกอีกครั้งหลัง HPA ในการแยกอื่นรู้จักเหมือนเอาท์พุทของการมัลติเพล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 Output Filter เบื้องต้น

รูปที่ 2.17 แสดง Multichannel Transponder แต่ละส่วนของอุปกรณ์ในรูปที่ 2.17 คือจุดเดียวที่แยกออกไปจากกันเหมือนการทำงานหลาย ๆ จุดที่แสดงถึงช่องทรานสปอนเดอร์เนื่องจากการปฏิบัติงานซึ่งเป็นระบบที่ไม่ต้องการเท่าไหร่สำหรับต้องการปฏิบัติการในหลาย ๆ ปีโดยไม่มีการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบ

2.11 เทคนิคการส่งในทรานส์ปอนเดอร์

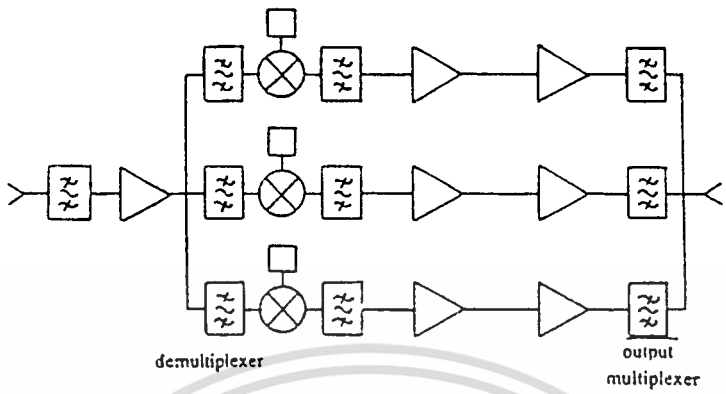
ในกรณีที่ทรานสปอนเดอร์มีไม่เพียงพอต่อความต้องการหรือเกิดโอเว่อร์โหลด เนื่องจากว่ามีการส่งข้อมูลในรูปแบบของการส่งข้อมูลดิจิตอลสปีดสูง HPD(Hight Speed Data)ย่อมทำให้การจราจรในทรานสปอนเดอร์ติดขัดได้ จึงได้มีผู้คิดค้นเทคนิคเพื่อการแก้ไขปัญหาดังกล่าวขึ้นมา 2 วิธีการด้วยกันคือ Frequency Reuse กับวิธี Spatial Isolation

2.11.1 วิธี FREQUENCY REUSE

เป็นกรรมวิธีทวีผลของแบบด์วิดธ์เป็น 2 เท่าจากทรานสปอนเดอร์ที่มีอยู่ 12 ทรานสปอนเดอร์ ในช่องเดียวกันนั้นสามารถแบ่งการส่งออกเป็น 2 ชุด ส่งด้วยความถี่เดียวกัน โดยที่ไม่มีความถี่ข้างเคียงรบกวนแต่อย่างใดทั้งสิ้น ซึ่งการที่จะรับระบบนี้ได้ตัวเครื่องรับในภาคพื้นดินจะต้องใช้จานรับหรือระบบสายอากาศพิเศษ จึงจะสามารถแยกสัญญาณออกจากกันได้

เนื่องจากสัญญาณความถี่ที่เป็นคลื่นวิทยุต้องมีองค์ประกอบ 2 อย่างคือส่วนของสนามไฟฟ้า กับส่วนของสนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กกับสนามนามไฟฟ้ามีความต่างเชิงมุมกันอยู่ 90 องศา สนามไฟฟ้า (Electric Field) ถูกเรียกว่าสัญญาณที่มีการเดินทางแบบมีทิศทางทะลวงหนือโพลาไรเซชั่น (Ploarization) หากการเคลื่อนที่ของสนามไฟฟ้าที่มีทิศทางเป็นแนวตั้งเมื่อเทียบกับพื้นผิวโลก จะเรียกสัญญาณนั้นว่าเป็นสัญญาณทีมีทิศทางในแนวตั้ง (Vertically Polarized) หากสนามไฟฟ้านั้นมีทิศทางขนานไปกับพื้นผิวโลก เรียกการเดินทางนี้ว่าสัญญาณในแนวนอน (Horizontally Polarized) การจะให้ส่งคลื่นสนามไฟฟ้าในแนวใดขึ้นอยู่กับการตั้งแนวของแผงสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17. Multichannel Transponder

อากาศว่าจะตั้งในแนวนอนหรือแนวตั้ง

ตามหลักทฤษฎีหากสัญญาณถูกส่งมาในแนวตั้ง (Vertical) แต่เครื่องรับจานสายอากาศรับในแนวนอน (Horizontal) จะไม่สามารถรับสัญญาณได้ เช่นเดียวกันหากเครื่องส่งส่งสัญญาณมาในแนวนอนหากเครื่องรับตั้งจานรับสัญญาณได้นั้นต้องปรับมุมการรับให้ถูกต้องตรงทิศทางของคลื่นสนามไฟฟ้า มีเหมือนกันที่ระบบจานรับหรือสายอากาศที่ออกแบบมาเป็นการรับแบบคลื่นวงกลม (Circular) แต่การออกแบบสายอากาศดังกล่าวจะไม่สามารถใช้ร่วมกับระบบอื่นได้

การใช้การส่งและการรับแบบโพลาไรซ์ในแนวตั้งและแนวนอนนี้ ใช้วิธีการหันสายอากาศเพื่อเบี่ยงทิศทางไปทางซ้ายมือหรือขวามือ เพื่อรับสัญญาณในแนวตั้งหรือแนวนอนตามลำดับ เครื่องจะสามารถแยกช่องในทรานสปอนเดอร์ที่มีความถี่เดียวกันได้อย่างอัตโนมัติ ในเครื่องรับสัญญาณจากดาวเทียมเราจึงพบว่าหากใช้แอลเอ็นบี. (LNB) เป็นชนิดที่ปรับโพลาไรซ์ได้ (ซึ่งก็คือแบบที่มีขายทั่วไป) หากปรับจากจุดเซ็นเตอร์ไปทางซ้ายมือจะเป็นโพลาไรซ์ในแนวตั้ว (Vertical) หากปรับเบี่ยงไปทางขวามือจะไปรับโพลาไรซ์ในแนวนอน (Horizontal) เมื่อปรับโพลาไรซ์ไปทางหนึ่งทางใดแล้วมันจะคัดเอาสัญญาณอีกโพลาไรซ์หนึ่ง ซึ่งเป็นความถี่เดียวกันทิ้งไปทันที จึงกล่าวได้ง่าย ๆ ว่าในความถี่เดียวมีทรานสปอนเดอร์ใน 2 ทรานสปอนเดอร์ จากเดิมในย่านความถี่ C Band ที่มีแบนด์วิดธ์ 500 MHz สามารถส่งได้รวม 12 ทรานสปอนเดอร์ เมื่อส่งแบบโพลาไรซ์จะสามารถส่งเพิ่มขึ้นได้อีกเท่าตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2 วิธี SPATIAL ISOLATION

เป็นกรรมวิธีการบีบแบนด์หรือย่านความถี่ให้แคบลง ด้วยกรรมวิธีแยกสัญญาณทางด้านอินพุตกับเอาต์พุตออกจากกันอย่างเด็ดขาด ก่อนจะส่งแบบบีบสัญญาณ (Beamwidth) เป็นจุดโฟกัสในส่วนของสัญญาณดาวลิ้งค์เพื่อมุ่งหมายพื้นที่เฉพาะดังนั้นระบบสายอากาศที่มีใช้จึงเป็นสายอากาศแบบสปอร์ตบีม (Spot-Beam Antenna) ซึ่งเป็นสายอากาศระบบเดียวกับสายอากาศในยานอวกาศ กรณีดังกล่าวนี้ทำให้สามารถตั้งสถานีภาคพื้นดินเพื่อรับสัญญาณต่างกันในพื้นที่ต่างกันแต่ในความถี่เดียวกันได้โดยที่ไม่มีการรบกวนกัน วิธีการดังกล่าวนี้สามารถบรรจุข้อมูลข่าวสารส่งไปได้อีกเท่าตัว นั่นหมายถึง ตอนนี้ทรานสปอนเดอร์สามารถเพิ่มเป็น 4 เท่านั่นเอง จากขีดความสามารถในการส่งขั้นต้น 12 ทรานสปอนเดอร์ จะกลายเป็น 48 ทรานสปอนเดอร์ทันทีเมื่อใช้เทคนิคสปอร์ตบีม

2.12 ย่านความถี่หรือแบนด์ของดาวเทียม

ย่านความถี่ของดาวเทียมเป็นการสื่อสารในย่านความถี่ไมโครเวฟ และอย่างไรก็ดีพบว่าในทางการทหารอาจมีการใช้ความถี่ในย่านอื่นที่ไม่ใช้ความถี่ย่านไมโครเวฟก็ได้ อย่างเช่นในกิจการทหารเราใช้การส่งข้อมูลผ่านดาวเทียมในย่านความถี่ UHF ช่วง 200-400 MHz หรือย่านความถี่ใกล้เคียงนี้ หรืออย่างในกิจการวิทยุสมัครเล่นที่มีการส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมออสการ์ (OSCAR) ก็ใช้ความถี่ในย่าน VHF-UHF ได้ในย่านความถี่ไมโคเวฟมีการแยกแบนด์ต่าง ๆ ออกเพื่อสะดวกในการให้บริการทางด้านเรดาร์และดาวเทียมซึ่งย่านความถี่ของดาวเทียมมีการแบ่งแยกแบนด์ต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.1 ระบบ 6/4 และระบบ 14/12

เมื่อกล่าวถึงดาวเทียมสื่อสารที่ประชาชนทั่วไปจะสามารถรับชมได้เลย เป็นดาวเทียมในย่าน C Band และ Ku Band ซึ่งจะศัพท์ที่อาจจะได้ยินว่าระบบ 6/4 กับระบบ 14/12 เราจะได้มาไขความกันว่าระบบใหญ่ทั้งสองระบบนี้มีที่มาอย่างไร

มิใช่ว่าการสื่อสารด้วยดาวเทียมสื่อสารทั่วไปที่เรารับชมรายการบันเทิงต่าง ๆ จะส่งเพียงย่าน C Band เท่านั้นในปี ค.ศ 1989 ได้มีการส่งความถี่สูงขึ้นเป็นย่าน Ku Band และได้ผลอย่างงดงาม ด้วยความถี่ที่สูงขึ้นนี้เองจึงทำให้จานรับสัญญาณจากดาวเทียมลดขนาดเหลือขนาดเล็กลงตามขนาดความยาวคลื่นที่ลดลงของความถี่สูง ความถี่อัพลิ้งค์ของ Ku Band จะอยู่ในช่วง 14.14.5 GHz และเมื่อส่งไปยังดาวเทียมทรานสปอนเดอร์จะเปลี่ยนความถี่ลดต่ำลงมาให้ความถี่อยู่ในย่าน 11.7-12.2 GHz จึงเรียกการแยกระบบนี้ว่าระบบ 14/12 GHz

แม้ว่าดาวเทียมทั่วไปจะใช้ความถี่ในย่าน C Band เมื่อมีการขยายย่านความถี่ ให้สูงกว่าย่าน C Band และมีดาวเทียมอยู่ในวงโคจรตอนนี้หลายดวงแล้ว อย่าวไรก็ดีเมื่อเราเลื่อนความถี่ให้เป็นความถี่สูงขึ้น ต้องมีการคำนึงถึงสัญญาณรบกวนที่จะเกิดตามขึ้นมา โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์เมื่อจะใช้กับความถี่สูง มักมีความสลับซับซ้อนมาก นั่นหมายถึงค่าใช้จ่ายในการนี้แพงกว่าระบบ C Band ไม่นั้นจะไม่สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนได้ ปัจจุบันความถี่สูงที่เรียกว่า Ku Band เราสามารถใช้ขนาดของจานสายอากาศช่วยเหลือในการเพิ่มเกนการขยาย ทำให้เกน (Gain) หรืออัตราการขยายสัญญาณของย่าน Ku Band สูงกว่าย่าน C Band ซึ่งสามารถช่วยได้อีกกรณีหนึ่ง

นอกจากนี้การส่งสัญญาณสื่อสารดาวเทียมที่น่าสนใจอีกกรณีหนึ่งคือการว่าในย่าน X Band และ L Band ในวงการทหารจะใช้ย่านความถี่ X Band สำหรับดาวเทียมและเรดาร์ ส่วน L Band ใช้สำหรับการสื่อสารระบบเรดาร์ในเรือดำน้ำและอากาศโยธิน ซึ่งย่านความถี่ดังกล่าวเป็นย่านความถี่ที่สั่งงานขีปนาวุธได้ด้วย นั่นหมายความว่าการทำสงครามในโอกาสต่อไปจะรบกันด้วยการกดปุ่มผ่านดาวเทียมดังตัวอย่างที่เห็นได้ในสงครามอ่าวเปอร์เซียร์

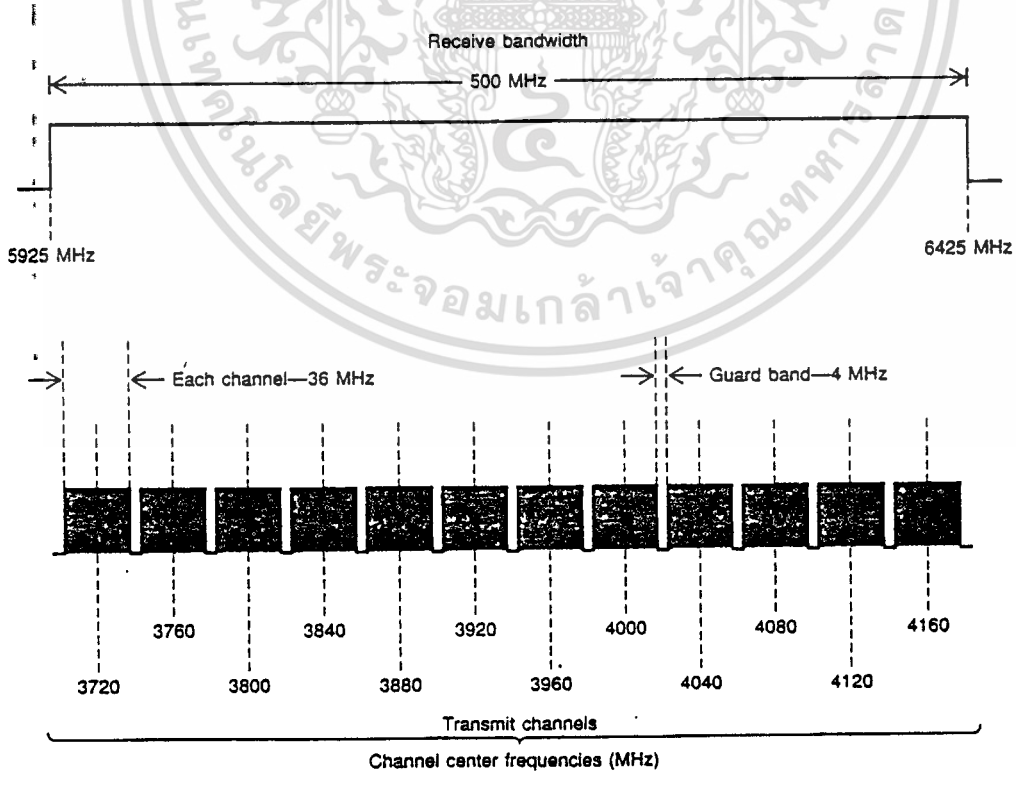
2.12.2 ขอบเขตความสามารถใน 1 แบนด์

ความถี่ในย่าน C Band เป็นความถี่อัพลิ้งค์อยู่ในช่วง 5925-6,425 MHz และดาวน์ลิ้งค์อยู่ในช่วง 3,700-4,200 MHz พบว่าแบนด์วิดธ์ (Bandwidth) หรือความกว้างของความถี่ในแบนด์เท่ากับ 500 MHz ซึ่งเป็นความถี่ที่คิดทั้งโลเวอร์และอัพเปอร์ เป็นความถี่ย่านกว้างมากทีเดียวสำหรับการบรรจุข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ในความเป็นจริงแล้วในความถี่ย่านกว้างถึง 500 MHz สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครอบคลุมความถี่วิทยุได้ตั้งแต่ ความถี่ย่าน VLF ถึง VHF การออกแบบระบบสื่อสารโดยดาวเทียมทุกดวงจะออกแบบให้มีการใช้งานอย่างเต็มแบนด์ (Full Bandwidth) เรียกว่าใช้ช่องทรานส์ปอนเดอร์อย่างเต็มที่

เมื่อเครื่องรับของทรานส์ปอนเดอร์มีแบนด์วิดธ์กว้างถึง 500 MHz จึงทำให้หน่วยอินพุตของทรานส์ปอนเดอร์สามารถเลือกความถี่ช่องได้มากช่อง นับจำนวนได้ไม่ต่ำกว่า 12 ช่อง เพราะการส่งสัญญาณแต่ละช่องมีความกว้างของความถี่ 36 MHz โดยมีการ์ดแบนด์เว้นว่างกันสัญญาณรบกวนไม่ต่ำกว่า 4 MHz จึงสามารถแบ่งช่องของสัญญาณได้ดังรูปที่ 2.18 โดยต้องไม่ลืมว่าความถี่ที่เป็นความถี่อัพลิ้งค์เมื่อไปถึงดาวเทียมแล้วจะถูกเปลี่ยนความถี่เซ็นเตอร์ของทรานส์ปอนเดอร์ที่ระบบดาวน์ลิ้งค์ ย่านการแพร่ภาพหรือการส่งข้อมูลของดาวเทียม จึงประกอบด้วยช่องสัญญาณได้ถึงดวงละ 12 ช่องแม้จะดูว่าความถี่กว้าง 36 MHz จะเป็นความถี่แคบ ๆ แต่หากเทียมการบรรจุคู่สายโทรศัพท์ สามารถบรรจุเลขหมายโทรศัพท์ไม่ต่ำกว่า 1000 หมายเลขหากเทียบกับการบรรจุข้อมูลของโทรทัศน์สีเต็มช่องแบบยุโรป ที่แบนด์กว้างกว่าของประเทศเรา (ซึ่งเป็นระบบเอชดีทีวี) สามารถบรรจุได้ 1 ช่อง แต่ละ ทรานสปอนเดอร์ สามารถส่งถ่ายทอดออกไปได้ด้วยข้อมูลดิจิตอลความเร็วสูง ความถี่มาตรฐาน 36 MHz ที่สามารถส่งออกไปเมื่อผสมคลื่น (Modulation) แล้วด้วยอัตราไม่ต่ำกว่า 60 เมกะบิตต่อวินาที



รูปที่ 2.18 แบนด์วิดธ์ของการรับส่งในย่าน C-Band

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 ความแตกต่างระหว่างสถานีภาคพื้นดินและระบบซับซิสเต็ม

สถานีภาคพื้นดินมีส่วนเหมือนและมีส่วนต่างออกไปจากระบบซับซิสเต็ม ระบบซับซิสเต็มเป็นระบบขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนที่ถูกควบคุมการทำงาน เพื่อตอบสนองแนวคิดการเป็นตัวถ่ายทอดข้อมูลสถานีภาคของพื้นดินจึงประกอบด้วยหน้าที่ใหญ่ ๆ อยู่ 5 ระบบ ระบบแรกคือระบบของสายอากาศ ระบบที่สองคือระบบของการรับสัญญาณ ส่วนต่อมาคือระบบของการส่งสัญญาณ ส่วนที่ 4 คือระบบของอุปกรณ์ควบคุมหรือระบบจีซีอี (Ground Communications Equipment Subsystem:GCE) และท้ายสุดคือระบบการจ่ายไฟสำหรับหลักการเบื้องต้นของสถานีภาคพื้นดินสามารถอ้างอิงได้ตามบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.19 โดยในบล็อกไดอะแกรมนี้ยังไม่มีวงจรสนับสนุนอื่น ๆ เช่นระบบเทเลเมตรี้ ระบบควบคุม และระบบเครื่องมือสนับสนุน

ระบบสายอากาศ ประกอบด้วยจานสายอากาศที่มีการสะท้อนสัญญาณแบบพาราโบลา สายอากาศแบบฮอร์น สายนำสัญญาณที่เรียกว่าเวฟไกด์ และตัวฐานยึดในส่วนของภาครับจะประกอบด้วยตัว LNB และฟิลเตอร์สถานีภาคพื้นดินหลายที่จะมีวงจรซ้อนขึ้นมา เพื่อสำรองระบบในเวลาที่เกิดปัญหาความขัดข้องของระบบจะมีสวิทช์อัตโนมัติเพื่อการเปลี่ยนถ่ายระบบสายอากาศในกรณีที่เครื่องมีปัญหา

ระบบการส่งสัญญาณประด้วยวงจร HPA และวงจรขับกำลังที่เป็นระบบฟิลเตอร์ ในขณะที่หน่วย GCE มีทั้งส่วนที่เป็นระบบการรับและระบบการส่ง หากเป็นวงจรที่เกี่ยวข้องกับการรับสัญญาณมีองค์ประกอบใหญ่คือวงจรดาวน์คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งคือวงจรที่ทำการแปลงความถี่จากความถี่สูงลงมาเป็นความถี่ต่ำ วงจรกรองความถี่, วงจรดีมอดูเลเตอร์ และวงจรที่เกี่ยวกับระบบดีมัลติเพล็กซ์เพื่อถอดรหัสสัญญาณที่เป็นสัญญาณมัลติเพล็กซ์ ในส่วนของวงจรที่เกี่ยวข้องกับการส่งสัญญาณหน่วย GCE ประกอบด้วยวงจรมัลติเพล็กซ์, วงจรมอดูเลเตอร์, วงจรอัพคอนเวอร์เตอร์ และวงจรฟิลเตอร์ นอกจากนั้นแล้ววงจรที่เป็นหน่วย GCE ยังเชื่อมโยงเข้ากับระบบโทรศัพท์ ระบบไมโครเวฟ เพื่อโยงข้อมูลเข้าด้วยกัน หรือเชื่อมโยงเข้ากับคอมพิวเตอร์นี่คือการทำงานโดยรวมของหน่วย GCE ซึ่งเป็นซับซิสเต็มภาคพื้นดินที่เป็นการเชื่อมโยงอุปกรณ์โทรคมนาคมเข้ากับดาวเทียม

ระบบการจ่ายกำลังหรือระบบการจ่ายไฟ เป็นองค์ประกอบสำคัญอันหนึ่งของสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน เพราะวงจรส่วนนี้คือวงจรที่จะจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์อื่น ๆ วงจรหลักของระบบนี้คือการรับแรงดันไฟกระแสสลับมาจากระบบไฟบ้าน หรือรับมาจากระบบเอซีไลน์แล้วส่งแรงดันไฟระดับต่าง ๆ ไปยังอุปกรณ์ส่วนอื่น ซับซิสเต็มที่เป็นภาคจ่ายไฟจะประกอบด้วย ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

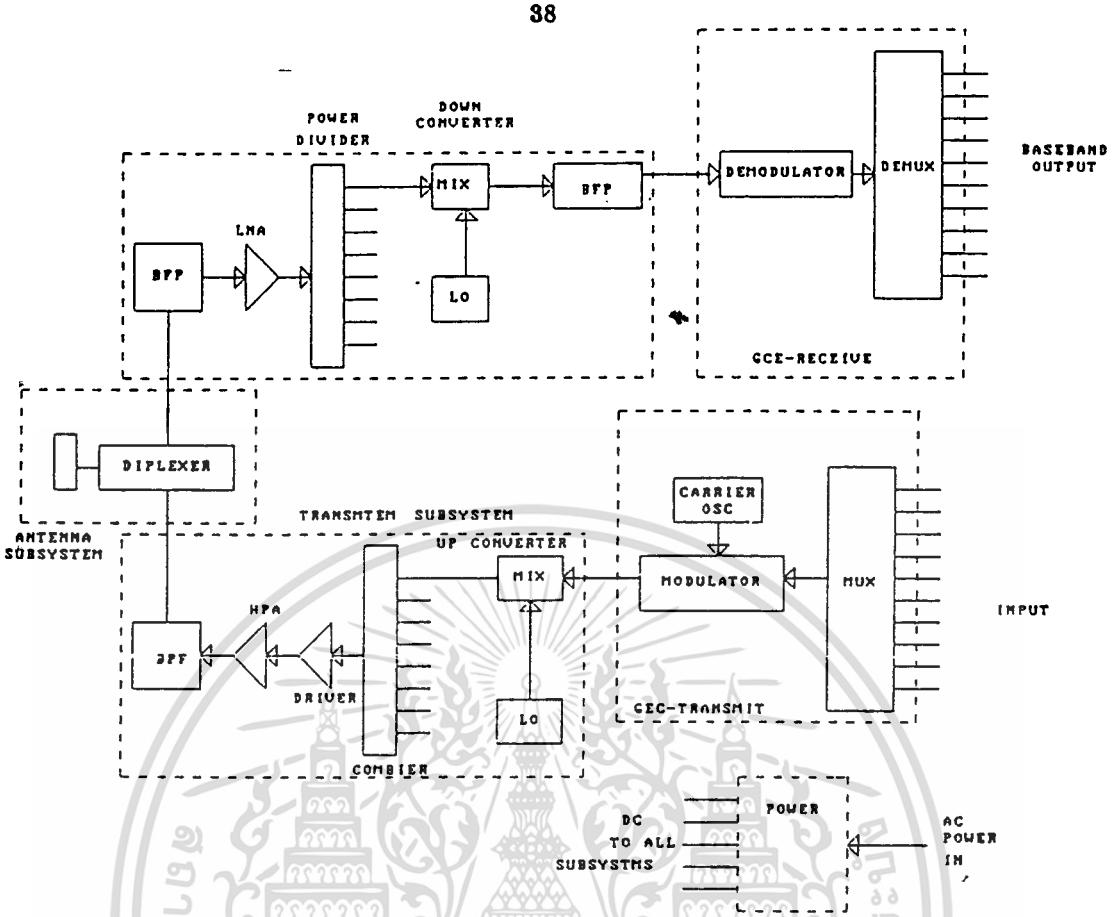
จ่ายไฟฉุกเฉินที่พร้อมจะเดินเครื่องเมื่อระบบจ่ายไฟจากเอซีไลน์บกพร่อง ระบบแบตเตอรี่สำรอง และระบบอินเวอร์เตอร์ ทั้งหมดนี้ต้องเตรียมพร้อมเผื่อระบบการจ่ายไฟเกิดขัดข้อง

เมื่อพิจารณาตามรูปที่ 2.19 ในส่วนของระบบสายอากาศ ระบบสายอากาศประกอบด้วยระบบการเชื่อมต่อวงจรทั้งระบบการรับและในระบบที่เป็นการส่ง วงจรที่เชื่อมต่อทั้ง 2 ระบบเข้าด้วยกันนี้เรียกว่าวงจรไดเพล็กเซอร์ (Diplexer) เพื่อให้ทั้งในส่วนของการรับสัญญาณและในส่วนของการส่งสัญญาณสามารถใช้สายนำสัญญาณเวฟไกด์และจานสายอากาศอันเดียวกันไม่ว่าจะเป็นกรณีของการรับสัญญาณหรือการส่งสัญญาณต่อกรณีของการรับสัญญาณ สัญญาณจากจานสายอากาศเมื่อส่งเข้าสู่วงจรไดเพล็กเซอร์แล้ว วงจรดังกล่าวจะนำเอาสัญญาณเข้าวงจรแบนด์พาส เพื่อเลือกเฟ้นเอาเฉพาะความถี่ที่ต้องการไปใช้งานกรองดักความถี่รบกวนหรือความถี่ที่เราไม่ต้องการออกไป เพราะเราออกแบบให้วงจรภาครับสัญญาณเป็นวงจรที่มีความไวในการรับสูง และนอกจากนั้นแล้ววงจรแบนด์พาสนี้ยังจะทำหน้าที่เป็นตัวกั้นสัญญาณของการส่งที่เป็นไฮเพาเวอร์มิให้เข้ามารบกวนวงจรทางภาครับ การรบกวนดังกล่าวเรียกว่า การรบกวนที่เป็นโอเว่อร์โหลดนั่นเอง

ทางออกของวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ จะส่งสัญญาณให้กับตัว LNB วงจร LNB จึงส่งสัญญาณต่อไปให้กับวงจรขับที่เป็นเพาเวอร์ดิไวเดอร์ แยกสัญญาณแต่ละทรานส์ปอนเดอร์ออกมา เอาสัญญาณที่ออกจากวงจรเพาเวอร์ดิไวเดอร์เข้าไปบีตเข้ากับความถี่โลคอลออสซิลเลเตอร์ เพื่อที่จะแปลงความถี่ที่รับเข้ามาได้ให้เป็นความถี่ที่ต่ำลงอันเป็นมาตรฐานทั่วไปของการรับสัญญาณ ซึ่งในระบบซุปเปอร์เฮตเทอโรดายน์จะแปลงความถี่ลงมาเป็นความถี่ไอเอฟซึ่งความถี่ในช่วงนี้โดยปกติจะอยู่ที่ความถี่ราว ๆ 70 MHz. และท้ายสุดของวงจรนี้คือการส่งสัญญาณผ่านวงจรกรองความถี่แบนด์พาสไปยังหน่วย GCE ต่อไป ความถี่ไอเอฟ ที่ได้จากดาวน์คอนเวอร์เตอร์ถูกส่งไปยังภาครับของ GCE วงจรส่วนนี้จะทำการดีมอดสัญญาณที่ส่งมาแล้ว จึงส่งสัญญาณดังกล่าวต่อไปยังวงจรดีมักซ์ อันเป็นขั้นสุดท้ายในกระบวนการนี้เอาต์พุตวงจรดีมักซ์ (Demux) โดยทั่วไปแล้วจะเป็นวงจรที่จ่ายสัญญาณความถี่ที่เรารู้จักกันในนามของความถี่เบสแบนด์ หรือจ่ายออกไปเป็นสัญญาณเดิมเลยก็ได้ ในทางปฏิบัติเราจะพบว่าระบบดีมักซ์หรือระบบรวมของดีมอดูเลชั่นกับดีมัลติเพล็กซ์จะมีการแยกออกไปหลายระดับ และทั้งนี้ย่อมแล้วแต่วัตถุประสงค์ของการใช้งานด้วย

หากมาพิจารณาดูส่วนของ GCE ที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องส่งสัญญาณเบสแบนด์อย่างเช่นสัญญาณจากโทรศัพท์ จะถูกส่งเข้าสู่วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ ก่อนจะแปลงความถี่ขึ้นไปเป็นความถี่แคร์เรียร์ในแต่ละช่องสัญญาณนั้นสัญญาณที่เป็นมัลติเพล็กเซอร์จะถูกส่งเข้าสู่วงจรมอดูเลเตอร์ให้ความถี่แปลงเป็นแคร์เรียร์ด้วยผลของการผสม เข้าสัญญาณความถี่โลคอลออสซิลเลเตอร์ เมื่อผ่านวงจรมอดูเลชั่นไปแล้วจะมีความถี่อยู่ในช่วง 70 เมกะเฮิรตซ์ มัลติเพล็กซิ่งและมอดูเลชั่นโดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 บล็อกไดอะแกรมเบื้องต้นของสถานีภาคพื้นดิน

แล้วมีหลายระดับ ทั้งนี้ย่อมแล้วแต่วัตถุประสงค์ของการประยุกต์ใช้ หรือแล้วแต่ลักษณะงาน ความถี่ไอเอฟนี้ถูกส่งเข้าสู่ซับซิสเต็มที่เป็นภาคส่ง ซึ่งความถี่ไอเอฟนี้จะถูกแปลงเป็นความถี่เอาต์พุตด้วยวงจรแปลงความถี่ให้อยู่ในช่วงความถี่ย่านดาวเทียม การทำงานของวงจรอั้พคอนเวอร์เตอร์ อั๊พคอนเวอร์เตอร์เป็นวงจรผสมความถี่สัญญาณเข้ากับโลคอลออสซิลเลเตอร์เพื่อก่อเกิดคลื่นพาห์ที่แปรเปลี่ยนไปตามช่องความถี่ของสัญญาณ สัญญาณของอั้พคอนเวอร์เตอร์ถูกส่งเข้าสู่ระบบกำลัง และสายนำสัญญาณที่เป็นเวฟไกด์เท่ากับเป็นหน่วยคอมไบน์สุดท้ายของระบบ RF ในส่วนของการส่ง ทั้งหมดนี้จะส่งเข้าสู่วงจรขับกำลัง และไฮพาสฟิลเตอร์ สุดท้ายจึงส่งไปยังวงจรจูนแบนด์เพื่อเลือกเฟ้นความถี่ที่ต้องการไปใช้งาน เอาเข้าสู่วงจรไดเพล็กเซอร์และจานสายอากาศเป็นอันสิ้นสุด

สถานีภาคพื้นดินทุกสถานีจะสังเกตได้อย่างหนึ่งในส่วนที่เกี่ยวข้องกับจานสายอากาศพบว่า จานพาราโบลิคจะใช้จานขนาดใหญ่ เพื่อการส่งและการรับสัญญาณจากดาวเทียมด้วยอัตราความแรงที่เพียงพอ เพราะทราบแล้วว่าจานสายอากาศที่มีขนาดใหญ่ย่อมมีอัตราขยายมากกว่าจาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีขนาดเล็ก อย่างไรก็ดีในปัจจุบันนี้มีดาวเทียมแบบโลว์เพาเวอร์ทรานสมิตเตอร์สัญญาณที่ส่งจากตัวดาวเทียมมายังสถานีภาคพื้นดินจะรับสัญญาณที่ขนาดความแรงไม่มากเหมือนระบบเก่า จานรับสัญญาณดาวเทียมจึงต้องใช้จานแบบที่มีเกนการขยายสูง ทั้งนี้เพื่อให้สัญญาณที่รับเข้ามามีความแรงเพียงพอต่อการใช้งานสถานีภาคพื้นดินจึงต้องสร้างจานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80-100 ฟุต หรือใหญ่กว่านี้ จานรับสัญญาณดังกล่าวนี้ยังคงยืนหยัดคู่กับสถานีภาคพื้นดินมาจนวันนี้ และนอกจากนั้นแล้วจานของสถานีภาคพื้นดินยังต้องสร้างให้จานที่มีความเว้าลึกกว่าจานรับโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมตามบ้านเรือน

หากว่าดาวเทียมที่ส่งขึ้นไปมีกำลังส่งแรงพอสถานีภาคพื้นดินไม่จำเป็นต้องสร้างจานรับที่มีขนาดใหญ่ก็ได้ วงจรที่จะเข้ามาประกอบเข้ากับจานก็ออกแบบง่าย สัญญาณรบกวนน้อย จานที่ใช้รับสัญญาณจึงเป็นจานขนาดสัก 2-3 ฟุตก็ได้

ปกติแล้ว จานสายอากาศของสถานีภาคพื้นดิน เป็นทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ทั้งการรับและการส่ง ตัวไดเพล็กเซอร์จึงเป็นตัวทำหน้าที่คัปปลิ้งชนิดพิเศษที่ทำงานด้วยระบบสัญญาณไมโครเวฟ โดยทั่วไปแล้วระบบจานสายอากาศจะเป็นจานร่วมกันระหว่าง การส่งและการรับที่เป็นระบบมัลติเปิ้ล แต่ก็มีระบบที่ใช้จานสายอากาศแยกออกจากกันระหว่างการรับและการส่ง

สถานีภาคพื้นดินต้องติดตั้งปรับแต่งมุมจานทั้งมุมอะซิมุธ และมุมอีลีเวชั่น โดยมุมอะซิมุธคือมุมที่เราปรับหน้าจานไปยังตำแหน่งดาวเทียมตามตำแหน่งเส้นรุ้งของโลก ส่วนมุมอีลีเวชั่นก็คือมุมก้มเงยของหน้าจานนอกจากนี้แล้ว สถานีภาคพื้นดินต้องมีระบบควบคุมที่เรียกว่าจีโอซิงโครนัส เพื่อติดตามการหมุนเบี่ยงของดาวเทียมให้บีบวงโคจรมาในตำแหน่งที่ถูกต้อง

ในส่วนของดาวเทียมที่มีวงโคจรที่ไม่แน่นอนหรือดาวเทียมที่ไม่ใช่ดาวเทียมค้างฟ้านั้น สถานีภาคพื้นดินจะต้องมีระบบสายอากาศที่เป็นระบบซิงโครนัสระบบใหญ่ ทั้งนี้เพื่อจะเป็นการปรับทั้งมุมอะซิมุธและมุมอีลีเวชั่นด้วยการทำงานของมอเตอร์เซอร์โวขนาดใหญ่ ระบบเซอร์โวของมอเตอร์จะรับสัญญาณซิงค์มาจากระบบนำร่อง เพื่อจะทำให้เซอร์โวมอเตอร์สามารถขับเฟืองและกลไกต่าง ๆ ตามจุดตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดาวเทียม จนกระทั่งระบบนี้ได้ถูกพัฒนามาเป็นการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์บันทึกข้อมูลในการควบคุมแทนระบบที่ใช้วงจรไทเมอร์ตั้งเวลา เพราะคอมพิวเตอร์เราสามารถนำเอาแคแร็คเตอร์ของวงโจรหรือข้อมูลของการโคจรมาบันทึกเข้าสู่หน่วยความจำ แล้วจะมีการนำเอาผลของการรับสัญญาณเข้ามาซิงค์กับข้อมูลที่มีรอยู่เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณดาวน์ลิงค์คือสัญญาณที่ดาวเทียมส่งกลับมายังเครื่องรับในภาคพื้นดินที่เป็นหน่วยซับซิสเต็มโดยสัญญาณถูกส่งเข้าสู่วงจรขยายที่มีสัญญาณรบกวน ขยายสัญญาณให้มีความแรงขึ้นเพียงพอต่อการรับทำการดีมอดสัญญาณเพื่อส่งเข้าสู่ระบบสื่อสารอื่น ๆ ต่อไป

วงจรในส่วนภาครับจะประกอบด้วย LNA, ดาวน์คอนเวอร์เตอร์และอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการถ่ายทอดสัญญาณ จุดประสงค์ของซับซิสเต็มที่ทำหน้าที่เป็นวงจรรับสัญญาณก็คือ การขยายสัญญาณจากระบบดาวน์ลิงค์ซึ่งส่งมาจากดาวเทียม แล้วมาเปลี่ยนเป็นความถี่ไอเอฟ จากจุดนี้เองที่ความถี่ไอเอฟ จะถูกถอดรหัสข้อมูลหรือดีมอดและดีมัลติเพล็กซ์ให้ความถี่ที่ได้เป็นความถี่ที่เรียกว่าเบสแบนด์ (Original Baseband Signal)

หากจะอ้างอิงตามรูปที่ 2.19. ในส่วนของบล็อกไดอะแกรมที่เป็นส่วนซับซิสเต็มของภาครับตรงเอาพุตของวงจรไดเพล็กหรือเซอร์กูเลเตอร์ของสายอากาศที่ส่งอาร์เอฟ.เข้าสู่วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์จุดประสงค์สำคัญของวงจรฟิลเตอร์คือ การส่งผ่านความถี่ของการรับไปยังวงจรหลังแยกรับเอาเฉพาะความถี่ที่ต้องการกั้นความถี่ที่มาจากภาคส่งออกไป วงจรฟิลเตอร์จึงมีระบบป้องกันตนเองพ่วงอยู่ด้วย

เอาพุตท์ของฟิลเตอร์ส่งไปยังตัว LNA ในวงจรส่วนนี้ประกอบไปด้วยวงจรขยายสัญญาณที่มาจากระบบดาวน์ลิ้งค์โดยปกติ วงงจรขยายดังกล่าวมีหลาย ๆ ภาคเพื่อขยายสัญญาณให้มีความแรงพอต่อการรับนั่นเอง ในขณะที่เอาพุตท์ของ LNA ส่งสัญญาณต่อไปยังดาวน์คอนเวอร์เตอร์ อันมีวงจรสำคัญที่ซ้อนอยู่ตรงนี้คือวงจรมิกเซอร์ (Mixer) และวงจรโลคอลออสซิลเลเตอร์ (LO) ดาวน์คอนเวอร์เตอร์ทำหน้าที่แปลงความถี่อาร์เอฟลงมาเป็นความถี่ไอเอฟ.เพื่อง่ายต่อการเข้าระบบความถี่ในภาคพื้นดิน

ส่วนต่อไปของสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินคือการนำเอาความถี่จากดาวน์คอนเวอร์เตอร์เปลี่ยนความถี่เป็นสัญญาณไมโครเวฟ ด้วยระบบไอเอฟ. ที่อาจมีมากกว่า 1 ก็ได้ สัญญาณไอเอฟ. นี้เป็นความถี่เบื้องต้นของสัญญาณที่เกิดจากมอด มันถูกส่งสู่วงจร GCE เพื่อทำการดีมอดและดีมัลติเพล็กซ์

2.14 ระบบการสื่อสารด้วยดาวเทียมโดยตรง

ระบบการสื่อสารด้วยดาวเทียมโดยตรงเป็นระบบการสื่อสารไร้สายระบบหนึ่งโดยจะส่งสัญญาณ จากดาวเทียมโดยตรงไปยังผู้ใช้หรืออาคารบ้านเรือนที่ต้องการรับชมโดยตรงหรือผ่านเครือข่ายการสื่อสาร (Communication Satellite,cs) ก็แล้วแต่การส่งสัญญาณด้วยดาวเทียมโดยตรง (DBS) เริ่มตั้งแต่สถานีส่งจะส่งสัญญาณคลื่นวิทยุจากสถานีภาคพื้นดินไปยังดาวเทียม จากนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดาวเทียมก็จะส่งสัญญาณกลับมายังโลกและครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการให้บริการแก่ผู้ใช้ในการรับชมสัญญาณโทรทัศน์ สัญญาณเสียงซึ่งอยู่ในรูปของ PCM (Pulse Code Modulation) สัญญาณภาพนิ่ง (Still Picture) สัญญาณเทเลเท็กซ์ (Teleca- Sting) แฟกซ์ (Facimile) หรือสัญญาณโทรทัศน์จอละเอียด (HDTV) ซึ่งการส่งสัญญาณด้วยระบบดาวเทียมโดยตรง (DBS) จะแตกต่างจากการส่งสัญญาณสื่อสารดาวเทียมโดยทั่วไป (CS) ที่ระบบ CS จะต้องมีสถานีจัดการสัญญาณที่ยุ่งยากมาก

-หัวใจของระบบการส่งสัญญาณด้วยดาวเทียมโดยตรง DBS

คลื่นวิทยุ (Radio Wave) หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีความถี่อยู่ในย่านเอสเอชเอฟ (SHF:Super High Frequency) มีความถี่ 3-30 GHz และความถี่ที่นำมาใช้กับดาวเทียมนั้นจะอยู่ในระดับ 12 GHz โดยสถานีส่งภาคพื้นดิน จะส่งสัญญาณคลื่นวิทยุดังกล่าวไปยังดาวเทียม ซึ่งถูกส่งไปวงโคจรที่ระดับความสูง 36,000 km. จากพื้นโลกเหนือเส้นศูนย์สูตร (ดาวเทียมที่ถูกส่งออกไปในระดับความสูงดังกล่าว จะเรียกดาวเทียม "ค้างฟ้า" คือมีความเร็วสัมพัทธ์เทียบกับโลกคงที่ ซึ่งเสมือนว่าดาวเทียมอยู่กับที่ถ้าเทียบกับจุดอ้างอิงบนโลก

เมื่อเปรียบเทียบกับการส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่ใช้ในแบบปกติ ซึ่งใช้ความถี่ในย่าน VHF (Very High Frequency :300 MHz-3 GHz) คลื่นวิทยุของดาวเทียมนับว่าสูงกว่ามาก ด้วยดาวเทียมถูกส่งไปในระดับไกลมาก ทำให้สัญญาณจากดาวเทียมส่งกลับมาครอบคลุมพื้นที่ขนาดกว้าง

2.15 คุณสมบัติของการส่ง/รับสัญญาณจากดาวเทียม

2.15.1 การรับสัญญาณจากดาวเทียมบนพื้นโลก จะมีขนาดของสัญญาณที่อ่อนมาก ทั้งนี้เพราะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถูกส่งมาในระยะทางไกลมากถึงอย่างไรก็ตามคลื่นวิทยุที่ใช้ถูกมอดดูเลทในระบบ FM จึงทำให้สามารถสร้างสัญญาณให้มีรูปแบบดังเดิมได้มากที่สุด

2.15.2 การใช้คลื่นวิทยุที่มีความถี่ในย่าน เอสเอชเอฟ (SHF) ทำให้สัญญาณปราศจากการรบกวน จากคลื่นวิทยุอื่น ๆ หรือเกิดเงาแทรกซ้อนแต่ผลของสายอากาศ หรือจานพาราโบลิค ถ้ามีการจับของหิมะหรือฝนตกก็จะมีผลต่อการรับสัญญาณเช่นเดียวกัน

2.15.3 สัญญาณเสียงถูกส่งด้วยระบบ PCM (Pulse Code Modulaation) ซึ่งเป็นระบบดิจิตอลจึงทำให้ได้เสียงที่มีคุณภาพสูง

สำหรับย่านความถี่ของคลื่นวิทยุที่ใช้ในการสื่อสารดาวเทียม ถูกกำหนดโดยการประชุมนานาชาติ อย่างในประเทศญี่ปุ่นถูกกำหนดให้ใช้ 8 ช่องสัญญาณในย่านความถี่ 12 GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 จุดเริ่มต้นของการส่งกระจายเสียงด้วยระบบดาวเทียม

จากปัญหาของผู้รับซึ่งอยู่ในสถานที่ที่ไม่อาจรับชมรายการจากสถานีโทรทัศน์ปกติได้ นับเป็นที่มาอันหนึ่งที่ทำให้เกิดระบบการสื่อสารย่านดาวเทียมท้องถิ่นขึ้นมาด้วยระบบเสียงที่แปลงให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอลและสัญญาณมีความกว้างของช่วงความถี่ 27 MHz ซึ่งมีความกว้างของความถี่ประมาณ 4 เท่าของการส่งกระจายเสียงของโทรทัศน์ในปัจจุบัน โดยแบนด์วิชดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้ในโทรทัศน์จอละเอียด (HDTV) ชื่อโทรทัศน์ประเภทนี้ถูกออกแบบและสร้างให้เห็นภาพมีจำนวนมากเป็น 2 เท่าของระบบเส้นภาพในปัจจุบันคือ 1,125 เส้น ด้วยการพัฒนาความละเอียดของเส้นภาพดังกล่าวทำให้โทรทัศน์มีภาพที่ละเอียดยิ่งขึ้นเกือบทัดเทียมกับภาพของภาพยนต์ร์ ในแง่ของจอภาพเพื่อให้เกิดความสัมพันธ์กับการดู (Aspect Ratio) ในเชิงธรรมชาติ โดยมีสัดส่วนความกว้างและความสูงของจอภาพเป็น 4:3, 5:3 ถึง 2:1 และด้วยสัดส่วนดังกล่าวสามารถที่จะแสดงภาพนิ่งได้อย่างบริสุทธิ์ ถ้าต้นกำเนิดสัญญาณมาจากวีดีโอดิสก์

เป็นที่แน่นอนแล้วว่าในการส่งระบบ HDTV สามารถที่จะส่งข่าวสารได้เป็นปริมาณ 5-6 เท่าของระบบโทรทัศน์แบบธรรมดาที่ใช้กันอยู่ จึงจำเป็นต้องเพิ่ม Band Width เป็น 27 MHz ของระบบการสื่อสารด้วยดาวเทียมเพื่อรองรับกับระบบ HDTV ดังกล่าว หรืออาจจะใช้ด้วยคุณสมบัติที่ตอบสนองต่อแบนด์วิดธ์กว้างมาก

ในการส่งสัญญาณเสียงในระบบดาวเทียมโดยธรรมชาติสัญญาณเสียงจะอยู่ในรูปของสัญญาณต่อเนื่อง สัญญาณดังกล่าวได้ถูกแปลงให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอล ในรูปของบิท “0” และ “1” ผ่านการมอดดูเลทแบบ Pluse Code Modulation = PCM จึงทำให้เสียงที่ได้มีความไพเราะและคุณภาพเช่นเดียวกับระบบไฮไฟที่ต้นกำเนิดสัญญาณมาจากแผ่นคอมแพคดิสก์

แต่ด้วยธรรมชาติของมนุษย์ ที่สามารถตอบสนองเสียง หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติในรูปของสัญญาณอะนาล็อก หรือสัญญาณต่อเนื่อง ดังนั้นสัญญาณดิจิตอลเป็นขบวนการของสัญญาณที่ใช้ในกรรมวิธีติดต่อกับดาวเทียม หรือส่งไปยังสถานที่ต่าง ๆ แต่ท้ายสุดหลังจากเข้าเครื่องรับโทรทัศน์แล้ว เครื่องรับก็จะแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปของสัญญาณต่อเนื่องดังเดิม ก่อนที่จะเข้าภาคขยายเสียง

2.17 การส่งกระจายเสียงด้วยดาวเทียมและระบบ PCM

ด้วยระบบการแพร่ภาพหรือการกระจายเสียงของโทรทัศน์และวิทยุ คลื่นเสียงถูกแปลงไปเป็นสัญญาณเสียงโดยไมโครโฟน สัญญาณเสียงในรูปของไฟฟ้าที่ได้จะถูกนำไปมอดดูเลทอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งออกอากาศไปในรูปของคลื่นวิทยุ การที่ส่งออกไปในรูปของสัญญาณต่อเนื่องเช่นนี้จะทำให้ถูกรบกวนโดยธรรมชาติได้ง่าย หรือเกิดการบั่นทอนได้ง่าย

ในระบบ PCM สัญญาณเสียงที่ได้จากไมโครโฟนจะถูกแปลงให้อยู่ในรูป ของสัญญาณดิจิตอลโดยจะถูกตัดแยกให้เป็นพัลส์แคบ ๆ ด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งความกว้างของพัลส์จะมีสัดส่วนของการผสมเชิงเลข เช่น 6.3 หรือ 1.8 หลังจากนั้นก็แปลงให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอล ซึ่งเป็นเลขฐานสองคือ "0" และ "1" และส่งออกไป ในกรณีของเครื่องรับก็จะทำการแปลงย้อนกลับเพื่อให้ได้สัญญาณเสียงแบบเดิมต่อไป ดังนั้นด้วยกรรมวิธีนี้การส่งกระจายเสียงด้วยวิธีนี้ จึงเป็นระบบไฮ-ไฟ ให้คุณภาพเสียงสูงกว่าระบบ FM ธรรมดามาก

2.18 เครื่องรับดาวเทียม

ดาวเทียมที่เราจะรับสัญญาณมาดูนั้นเป็นดาวเทียมที่ใช้ในกิจการโทรทัศน์ซึ่งเรียกว่าดาวเทียมค้างฟ้ากล่าวคือ ถ้าเราสามารถมองเห็นดาวเทียมด้วยตาเปล่าจะเห็นได้ว่าดาวเทียมลอยค้างอยู่บนฟ้า ณ ตำแหน่งเดิมตลอดเวลา จนกระทั่งหมดอายุใช้งาน ดาวเทียมค้างฟ้าจะอยู่ในแนวเส้นศูนย์สูตรเป็นผลให้สัญญาณ จากดาวเทียมสามารถครอบคลุมพื้นที่ ทั้งซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ทั้งนี้แล้วแต่แพทเทิร์น ของสายอากาศบนดาวเทียมด้วยว่า จะกำหนดบีม ของสัญญาณลงมาเฉพาะประเทศเจ้าของดาวเทียม หรือจะกำหนดบีมให้ครอบคลุมประเทศเพื่อนบ้าน ในการเลือกความถี่ใช้งานของดาวเทียม จะเลือกย่านความถี่ที่ถูกดูดกลืนเนื่องจากบรรยากาศให้น้อยที่สุด และผลกระทบเนื่องจากหิมะ, น้ำฝนให้มีน้อย อีกทั้งควรจะอยู่ในย่านไมโครเวฟ เพื่อง่ายแก่การรับ-ส่งสัญญาณเนื่องจากความถี่ในย่านนี้ เดินทางเป็นเส้นตรง ย่านความถี่ที่ถูกให้ความสนใจเป็นอันดับแรกคือย่าน C Band เพราะมีคุณสมบัติดังที่ได้กล่าวมาปัจจุบัน ย่าน C Band ได้รับความไว้วางในให้ใช้งานในหลายประเทศทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทย ส่วนความถี่ในย่าน Ku Band นั้นก็ได้รับความนิยมเช่นกัน แต่ก็อาจเกิดปัญหาได้ในบางภูมิภาคเช่น ภูมิภาคที่ฝนตกชุก จะมีผลทำให้สัญญาณลดทอนมากกว่า

2.18.1 คุณภาพของสัญญาณ ระดับความแรงของสัญญาณที่รับได้จากดาวเทียมจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ อย่างเช่น

(1) Foot Print

กรณีประเทศไทยอยู่ในอาณาเขต Foot Print ของดาวเทียมดวงใด ก็จะสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงนั้นได้ โดยเฉพาะถ้า Foot Print แบบ Spot-Beam ก็จะรับสัญญาณได้แรง อาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวได้ว่าแม้ใช้จานขนาดเล็กก็สามารถรับสัญญาณภาพได้ชัดเจน แต่ถ้าเป็นFoot Print แบบ Zone Beam หรือ Gobal Beam ก็จะรับสัญญาณขนาดเท่ากัน แต่ถ้าประเทศไทยไม่ได้เป็นเป้าหมายของดาวเทียมดวงนั้นๆ ก็ไม่อาจรับสัญญาณได้

(2) Power

ดาวเทียมรุ่นใหม่ ๆ มีระบบจ่ายกำลังงานที่ดีกว่าดาวเทียมรุ่นเก่าทำให้ดาวเทียมรุ่นใหม่มีอายุการใช้งานยาวนานอีกทั้งสัญญาณจากดาวเทียมจะมีความแรงมากกว่าทำให้เราสามารถใช้จานรับสัญญาณภาพจากดาวเทียมรุ่นใหม่ได้ชัดเจน ส่วนดาวเทียมรุ่นเก่านั้นเมื่อหมดอายุใช้งานก็จะถูกส่งให้หลุดจากวงโคจรไป

(3) ขนาดจานรับสัญญาณ

ในการรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงเดียวกันจานรับสัญญาณขนาดใหญ่จะได้เปรียบจานรับสัญญาณขนาดเล็ก เนื่องจากพื้นที่ในการสะท้อนคลื่นไปรวมตัวที่จุดโฟกัสมีมากกว่า ทำให้สัญญาณ ณ จุดโฟกัสแรงกว่าจานรับสัญญาณขนาดเล็ก จานรับสัญญาณไม่ว่าเล็กหรือใหญ่ก็มีความเหมาะสมในการใช้งานแตกต่างกันออกไป ให้พิจารณาตามประโยชน์ใช้สอย เช่น ถ้าต้องการรับสัญญาณมาดูเพื่อความบันเทิงก็ไม่จำเป็นต้องใช้จานขนาดใหญ่ ในปัจจุบันจานรับสัญญาณขนาด 6 ฟุตก็สามารถตอบสนองในด้านความบันเทิงได้เป็นอย่างดี

(4) LNB

ให้เลือกใช้ LNB ให้สัมพันธ์กับขนาดจานและย่านความถี่ใช้งาน (C Band หรือ Ku Band) กล่าวคือจานรับสัญญาณขนาดใหญ่สามารถเลือกใช้ LNB ที่มี NF (Noise Figure) ค่ามาก ๆ ได้ ส่วนจานรับสัญญาณขนาดเล็กต้องใช้กับ LNB ที่มี NF ต่ำหน่วยของ NF มีค่าเป็น องศาเคลวิน อย่างไรก็ตามขอแนะนำให้ใช้ LNB ที่มี NF ต่ำ ทั้งนี้เพื่อคุณภาพของสัญญาณภาพที่ดี

2.18.2 เครื่องรับสัญญาณจากดาวเทียม (TVRO)

ในปัจจุบันเครื่องรับ TVRO ในปัจจุบันส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศ เช่น อเมริกา, ฮ่องกง, ไต้หวัน แล้วแต่บริษัทผู้นำเข้าซึ่งเครื่องรับ TVRO ประเภทนี้ จะมีการทำงานที่ไม่ซับซ้อน เพราะอุปกรณ์ส่วนใหญ่ อยู่ในรูปของ Module เช่น LNB Tuner Modulator ทำให้ลดความยุ่งยากในการสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.18.3 แนะนำอุปกรณ์

(1). LNB (Low Noise Block Down Converter)

ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ ไม่โครเวฟ ย่านC Band ที่รับมาจากดาวเทียมให้มีกำลังแรงขึ้นอีก ทั้งได้ทำการ Convert สัญญาณที่มีความที่สูง ให้ความถี่ลดลงมาเป็นความถี่ IF (950-1,450 MHz) ด้วยเหตุว่าสายนำสัญญาณที่ต่อจาก LNB มายัง Receiver นั้น ถ้าต้องส่งผ่านความถี่สูงย่านไม่โครเวฟ จะเกิด Loss ในสายสูงมาก จำเป็นต้องใช้สายที่มีราคาแพงแต่ถ้าใช้เทคนิคดังกล่าว จะสามารถใช้สายนำสัญญาณ ที่มีอยู่แล้วได้อีกทั้งยังมีราคาถูก สามารถต่อสายได้ไกล โดยที่มี Loss ภายในสายน้อย

(2). Feedhorn

จะวางอยู่ที่จุดโฟกัสของจานซึ่งจะทำหน้าที่เป็น Matching สัญญาณไมโครเวฟ และนำสัญญาณให้เข้าไปยัง LNB รูปร่างทางกายภาพจะมีลักษณะแตกต่างกันบ้าง แต่โดยหน้าที่การทำงานแล้วก็ทำงานคล้ายกันคือ เป็นท่อนำสัญญาณจากจุด Focus ไปยังสายอากาศภายในตัว LNB Feed Morn บางรุ่นมี Servo ที่จะปรับ Polarize ได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน

(3). สายนำสัญญาณ

สายนำสัญญาณที่ใช้นำสัญญาณจาก LNB มายัง Receiver ควรมี Impedance 75 โอห์ม วัสดุที่ใช้ทำตัวนำมี Loss ต่ำและมีการ Shileld ที่ดี ทั้งนี้เพื่อคุณภาพของสัญญาณภาพ สายนำสัญญาณที่เลือกใช้ได้เช่น สาย RG 6 สาย SCF 8

(4). จานรับสัญญาณ

จะทำหน้าที่ในการรวมสัญญาณที่กระจัดกระจายจากดาวเทียม เมื่อมีสัญญาณตกลงมากระทบจานซึ่งมีลักษณะเป็นโค้งพาลาโบลาร์ สัญญาณจะรวมตัวที่จุดโฟกัสมีความแรงเพิ่มขึ้น ในระดับที่เพียงพอที่จะจ่ายให้แก่ LAB เพื่อทำการขยายสัญญาณต่อไป

(5). Receiver

มี Input อยู่ในย่าน 950-2,050 MHz ให้สัญญาณ Output เป็นสัญญาณ Audioและ Video รวมทั้งมี RF Modulator ซึ่งจะให้สัญญาณ RF สามารถใช้กับ TV ที่ไม่มี ช่อง AV ภายในตัว Receiver จะประกอบด้วย Tuner เพื่อใช้เลือกช่องสัญญาณระบบแยกสัญญาณภาพและสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียง ในรุ่นที่พิเศษ ก็จะเพิ่มระบบ Scan หาช่อง มีช่อง Memory มากมายสามารถรับระบบเสียงแบบ SCPC Panda Stero และควบคุมการทำงานด้วย CPU

-Tuner ทำหน้าที่เลือกช่องสัญญาณที่ต้องการจะรับ อินพุทของ Tuner อยู่ในช่วง 950-2,050 MHz มีเอาท์พุทเป็น Base Band คือประกอบด้วย สัญญาณคอมโพสิตวิดีโอของภาพ และ Sub Carrier ของเสียงอีกทั้งยังจะให้ Output ที่สามารถต่อระบบควบคุมได้อีกหลายๆอย่างเช่น AFC,AGC,Prescaler SW เลือก Bandwidth

-Buffer ทำให้สัญญาณ Base Band จาก Tuner มีความแรงมากพอที่จะส่งไปยังภาคอื่น ๆ 0-5 MHz Lowpass Filter สัญญาณ Base Band จะเป็นสัญญาณรวมทั้งภาพและเสียง แต่มีช่วงความถี่ต่างกัน โดยที่ช่วงของสัญญาณภาพ จะอยู่ในช่วงความถี่ 0-5 MHz และความถี่เสียงอยู่ในช่วง 5-8 MHz ในการขยายสัญญาณภาพในภาค Video Amp ถ้าปราศจากภาค Filter 0-5 MHz มีโอกาสที่สัญญาณเสียงจะเข้ามากวนสัญญาณภาพเพราะมีความถี่ใกล้เคียงกัน

-Video Amp สัญญาณคอมโพสิตวิดีโอ ช่วงความถี่ 0-5 MHz ถูกป้อนเข้ามายัง Video Amp เพื่อขยายให้มีกำลังแรงพอที่จะป้อนให้ TV และป้อนให้กับ RF Modulator ในที่นี้จะใช้ IC สำเร็จรูปที่หาได้ง่าย มีการปรับ Gain ของสัญญาณได้จาก POT ภายนอก 5-8 MHz Band Pass Filter ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าในช่วงของ Base Band 5-8 MHz จะเป็นช่วงของสัญญาณเสียงและในทำนองเดียวกัน เราต้องการลดการรบกวนจากสัญญาณภาพ จึงเลือกใช้ Band Pass Filter เข้าช่วยเพื่อเลือกเฉพาะช่วงที่เป็นสัญญาณเสียง ในวงจรใช้ระบบซุปเปอร์เฮดเทอร์โรดายน์ ช่วยในการ Detect สัญญาณเสียง กล่าวคือ Sub Carrier 5-8 MHz ถูกป้อนให้แก่ Mixer ซึ่ง Mixer จะทำหน้าที่บีท Sub Carrier กับสัญญาณ RF จาก OSC ซึ่งมีผลต่างของสัญญาณเท่ากับ 10.7 MHz ทำให้เราสามารถใช้ IC ประเภท FM Detector ที่ใช้ในวิทยุ FM ทั่วไป นำมา Detect สัญญาณเสียงได้

-Mixer ทำหน้าที่รวมหรือหักล้างสัญญาณความถี่เสียงที่ได้จากภาค 5-8 MHz Band Pass Filter กับความถี่จาก VCO เพื่อให้ได้ Output เป็นความถี่ IF 10.7 MHz

-VCO (Votage Control Oscillator) ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณวิทยุ (RF) ซึ่งความถี่ของ RF สามารถควบคุมได้จากระดับ DC Votage ที่ป้อนเข้ามาทาง Input

-FM Detector เราเลือกใช้ IC FM Detector ซึ่งเป็น IC ประเภทที่มีใช้โดยทั่วไปและมีราคาถูกสามารถใช้เบอร์อื่น ๆ แทนได้ หรือจะจัดวงจรใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับ IC เบอร์นั้น ๆ อีกทั้งง่ายแก่การซ่อมสร้างตัดปัญหาในการ Tune IF Tranformer หลาย ๆ Stage

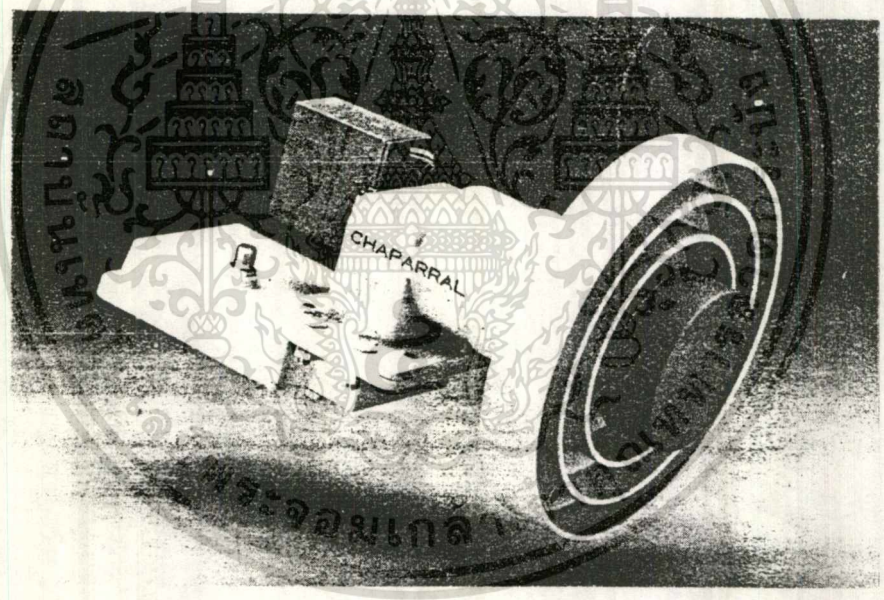
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟีดฮอร์น (Feedhorn)

ระบบเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมประจำบ้านส่วนใหญ่ ตัวจานรับสัญญาณจะใช้ Feedhorn ที่เป็นแบบสี่เหลี่ยมในการรวมสัญญาณจากจาน แต่ในทางปฏิบัติพบว่าถ้าใช้ Feedhorn แบบวงกลมจะได้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าโดยให้อัตราขยายเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 1 dB

Feedhorn ที่ใช้งานอยู่ขณะนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นแบบ Scalar Feed ซึ่งที่ปากกระบอกจะมีวงแหวนซ้อนกันอยู่หลายรอบ เพื่อป้องกันสัญญาณจากขอบภายนอกของจุดโฟกัสสะท้อนลงไปยังพื้น

ของจานอีกครั้ง สัญญาณทั้งหมดจะถูกขยายให้แรงขึ้นโดยการสะท้อนในอัตราประมาณ 70% ของผิวจานทั้งหมดพุ่งไปรวมกันที่ Feedhorn



รูปที่ 2.20 ฟีดฮอร์นความถี่ C-Band พร้อมกับ LNB

โดย Scalar Feedhorn จะถูกออกแบบให้สามารถมองลงมายังพื้นผิวของจานให้ได้มากที่สุดในขณะที่สัญญาณจะถูกลดทอนลงที่บริเวณพื้นผิวที่อยู่ใกล้ขอบจานประมาณ 10-15 dB และในปกติอิญของพื้นผิวโลกจะสร้างสัญญาณรบกวนหลายรูปแบบเข้ามาในย่านความถี่ 4 GHz เป็นจำนวนมาก และมีความแรงมากกว่าสัญญาณที่ส่งลงมาจากดาวเทียมหลายเท่าซึ่งการลดทอนที่เกิดขึ้นบริเวณผิวขอบนอกของจาน จะมีผลทำให้สามารถไปลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากพื้นผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โลก ซึ่งไปรวมกันอยู่บริเวณพื้นผิวที่อยู่ใกล้ขอบของจาน ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 30% ของพื้นผิวจานทั้งหมด พื้นผิวของจานที่อยู่บริเวณดังกล่าว จึงทำหน้าที่เสมือนกับชีลด์เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนที่จะเข้าไปยัง Feedhorn และการพิจารณาเลือกใช้งานให้ถูกต้องและได้ผลดีนั้น ในทางปฏิบัติคือ ตัว Feeder จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับชนิดของจานที่เลือกใช้ สำหรับจานสาอากาศรับสัญญาณที่มีท้องจานตื้น สามารถใช้งานได้ดีที่สุดกับ Standard Feeder ใดก็ได้ ขณะที่แบบที่มีท้องจานลึกอาจจะต้องใช้ Feeder แบบพิเศษ หรืออาจต้องมี Ring Adaptor ซึ่งมีลักษณะเป็นวงแหวนเข้ามาช่วย จะมีผลทำให้บริเวณช่องเปิดของ

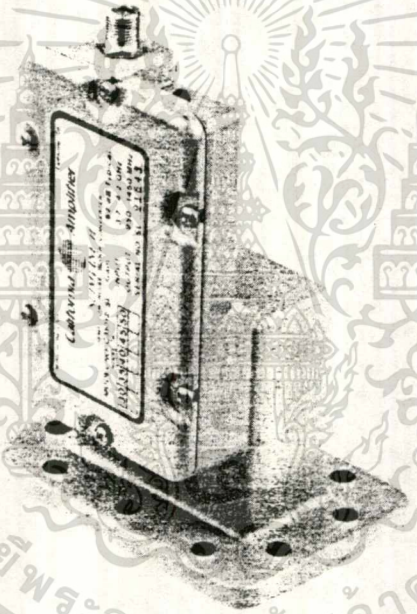
รูปที่ 2.21 ส่วนหน้าของฟีดฮอร์น

Feeder ยาวขึ้นเล็กน้อย ทำให้ความยาวที่แท้จริงของ Feeder สัมพันธ์กับค่าอัตราส่วน f/D ของสายอากาศ หรือของจานสายอากาศรับสัญญาณ และ Feeder ที่จะนำมาใช้งานให้ได้ผลดีขึ้น ควรที่จะสามารถปรับตำแหน่งของ Scalar Plate ได้ เพื่อให้สามารถทำการปรับแต่งผลของการรับสัญญาณให้ได้ประสิทธิภาพดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ฟีดฮอร์นแบบสองขั้ว (Dual Polarization Feedhorn)

เป็น Feedhorn ชนิดพิเศษอีกแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นแบบสองขั้วคลื่น (Dual Feed) ลักษณะของ Fededhorn แบบนี้จะสามารถติดตั้ง LNB ย่านความถี่ C-Band หรือ Ku-Band ย่านความถี่ใดความถี่หนึ่งได้พร้อมกันสองตัว ซึ่งภายใน Feedhorn จะมี LNB อยู่ด้วยกัน 2 ชุด โดยตัวหนึ่งรับสัญญาณที่มีขั้วคลื่นแบบวงกลม (Circular) อีกตัวหนึ่งรับสัญญาณแบบเชิงเส้น (Linear) โดยแยกการทำงานออกจากกันโดยอิสระ



รูปที่ 2.22 LNB ที่ใช้งานความถี่ย่าน C-Band

-ฟีดฮอร์นแบบไฮบริด (Hybrid Feedhorn)

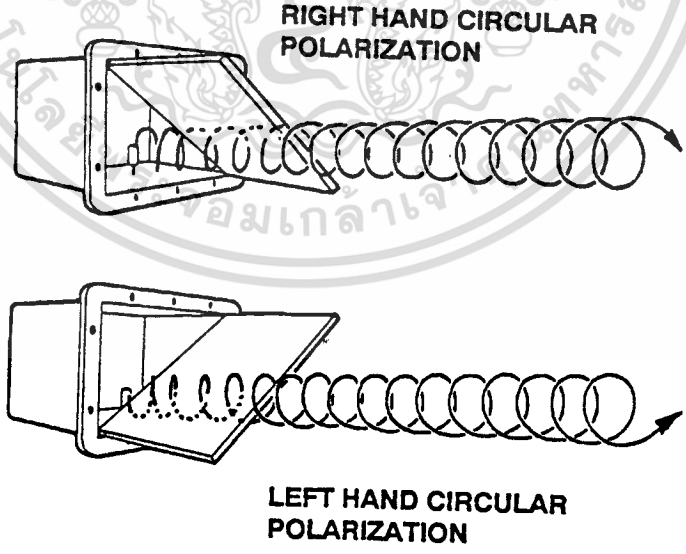
นอกจาก Dual horn ที่กล่าวไปแล้ว ยังมี Feedhorn อีกแบบหนึ่งซึ่งสามารถใช้ติดตั้งเข้ากับ LNB ได้ทั้งแบบความถี่ C-Band และ Ku-Band พร้อมกัน โดยจุดที่ติดตั้งของ Feedhorn จะอยู่ที่ตำแหน่งของจุดโฟกัสเดียวกันเรียกว่า Dual Band "Hybrid" Feeds ข้อเสียของการติดตั้งจานที่ใช้ Feeder แบบนี้คือ ต้องจัดตำแหน่งของจานให้สามารถรับสัญญาณให้ได้จำนวนมากที่สุด ทั้งสัญญาณที่อยู่ในย่าน C-Band และ Ku-Band จึงทำให้เกิดการสูญเสียของสัญญาณในย่าน C-Band

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงไปบ้าง ซึ่งแน่นอนย่อมจะทำให้เกิดผลกระทบกับการรับสัญญาณในส่วนที่เป็นช่องของความถี่ย่าน C-Band แต่ก็สามารถจะทำการชดเชยสัญญาณตรงส่วนนี้ได้บ้างโดยการเลือกใช้ LNB ในย่าน C-Band ให้มีค่า Noise Temperature ที่ต่ำลงมาก็ได้

ขั้วคลื่นแบบวงกลม (Circular Polarization Feedhorn)

ดาวเทียมระบบ DBS จะมีการจัดการเดินทางของคลื่นเป็นแบบวงกลมที่เรียกว่า Circular Polarization การรับสัญญาณแบบนี้ต้องใช้ Feedhorn ที่มีโครงสร้างของ Probe เป็นแบบ Circular ซึ่งมีลักษณะเป็นวงกลม (Helical) และมีลักษณะของรูปคลื่น (Pattern) หมุนเป็นเกลียว ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นสองแบบ คือ แบบที่คลื่นหมุนทางขวา (Right Hand Circular Polarization) และแบบคลื่นที่หมุนทางซ้าย (Left Hand Circular Polarization) ส่วนแบบ Linear Polarization แบ่งออกเป็น Horizontal Polarization และ Vertical Polarization ถึงแม้ว่า Feedhorn แบบ Linear ซึ่งเป็นแบบมาตราฐาน จะสามารถรับสัญญาณที่เป็น Circular ได้ก็ตาม แต่ครึ่งหนึ่งของสัญญาณที่รับได้จะสูญเสียไป ในปัจจุบันมีผู้ผลิตหลายแห่งที่พยายามจะผลิต Feedhorn แบบพิเศษที่ใช้งานในย่านความถี่ C-Band ซึ่งสามารถรับได้ทั้งขั้วของคลื่นแบบ Linear และแบบ Circular โดยใช้ชื่อว่า Dual Polarization Circular/Linear C-Band Feed



รูปที่ 2.23 ลักษณะของสัญญาณที่มีขั้วคลื่นแบบวงกลม (Circular Polarization)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ปรับขั้วคลื่นสัญญาณ

ดาวเทียมที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ส่วนใหญ่จะมีย่านความถี่ที่ใช้งานถูกจำกัดอย่างมาก ดังนั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่ ซึ่งออกแบบให้มีความถี่ใช้งานซ้อนกันภายในหนึ่ง ทรานส์ปอนเดอร์ เพื่อเพิ่มช่องสัญญาณการใช้งานให้ได้มากขึ้นโดยการใช้งานให้ได้มากขึ้นโดยการส่งสัญญาณให้มี Polarization ตรงกันข้ามทุก ๆ ทรานส์ปอนเดอร์ หรือว่าในหนึ่งทรานส์ปอนเดอร์จะมีการส่งสัญญาณเป็นสองช่อง โดยที่ช่องหนึ่งส่งแบบขั้วคลื่นแนวตั้ง (Vertical Polarization) และอีกช่องส่งแบบขั้วคลื่นแนวนอน (Horizaltal Polarization) แต่ใช้ความถี่เดียวกันในการส่ง เช่น Probe ของ Feedhorn ของเราถูกปรับให้อยู่ตำแหน่งแกนแนวนอน (Horizaltal Axis) ซึ่งตรงกับทรานส์ปอนเดอร์ของดาวเทียม ก็จะทำให้การรับสัญญาณดีที่สุดแต่เมื่อเปลี่ยตำแหน่งมาเป็น Vertical ก็จะรับจะรับภาพไม่ได้ ถ้าบังเอิญ Feedhorn ถูกปรับไปยังตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งระหว่าง Vertical และ Horizaltal Polarization โดยไม่ตั้งใจก็อาจก็อาจเป็นไปได้ที่จะสามารถดูสัญญาณภาพได้จากอีกทรานส์ปอนเดอร์หนึ่งในเวลาเดียวกัน ในการเลือก Polarization ให้ถูกต้องนั้น Feedhorn ส่วนใหญ่สามารถกระทำได้โดยบังคับให้ Probe หมุนไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งสามารถรับภาพได้ชัดที่สุด ตัว Probe จะถูกบังคับให้หมุนได้ด้วย Motor Servo ตัวเล็ก ๆ ซึ่งได้รับการจ่ายแรงดันไฟฟ้ามาจากเครื่องรับสัญญาณ หรือจากเครื่องควบคุมตำแหน่งของสายอากาศ โดยการตรวจสอบความแรงของสัญญาณที่เข้ามาเครื่องรับบางเครื่องสามารถจะควบคุมขั้วคลื่นให้ถูกต้องได้โดยอัตโนมัติการใช้ Microprocessor ภายในเป็นตัวควบคุมโดยใช้วิธีปรับด้วยมือในขั้นต้นแล้วบันทึกเอาไว้ในหน่วยความจำของเครื่องรับ ผู้ผลิตบางแห่งที่ใช้วิธีเปลี่ยน การควบคุมจากการใช้กลไกมาเป็นวิธีการอิเล็กทรอนิคส์ ซึ่งจะทำให้รวดเร็วและมีเสียงที่เงียบกว่าแบบใช้กลไก วงจรทางอิเล็กทรอนิคส์จะทำการสลับขั้วคลื่นตามสัญญาณความถี่ที่รับเข้ามาโดยอัตโนมัติ นั่นก็คือจะต้องมีการดึงเอาสัญญาณส่วนหนึ่งแบ่งเข้ามาทำการตรวจเช็ค มีผลทำให้สัญญาณสูญเสียลงไปประมาณ 0.1 dB-0.2 dB ซึ่งถือว่าน้อยมากจึงไม่ได้รับความสนใจมากนัก

หลังจากที่สัญญาณถูกส่งเข้าไปใน Feedhorn แล้ว จะถูกส่งต่อเข้าไปยังอุปกรณ์ขยายสัญญาณที่มีสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ LNB (Low Noise Block Downconvertor) หรือที่เรียกว่า Low Noise Amplifier โดยถือว่าเป็นขั้นตอนแรกที่มีการขยายสัญญาณเกิดขึ้นภายในเมาท์ของ LNB จะมี Probe โลหะชิ้นเล็ก ๆ ความยาวถึง 1 นิ้วอยู่อันหนึ่ง ซึ่งจริงๆแล้วเป็นสายอากาศที่ Resonance กับสัญญาณมาแล้วจะทำการส่งต่อโดยการ Coupling เข้าไปยังวงจรขยายทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสัญญาณรบกวนจะเกิดขึ้นภายในวงจรอิเล็กทรอนิกส์นี้ โดย LNB จะขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.24 ลักษณะการติดตั้ง LNB ให้อยู่ที่จุดโฟคัลโดยมีแกนยึดสามแกน

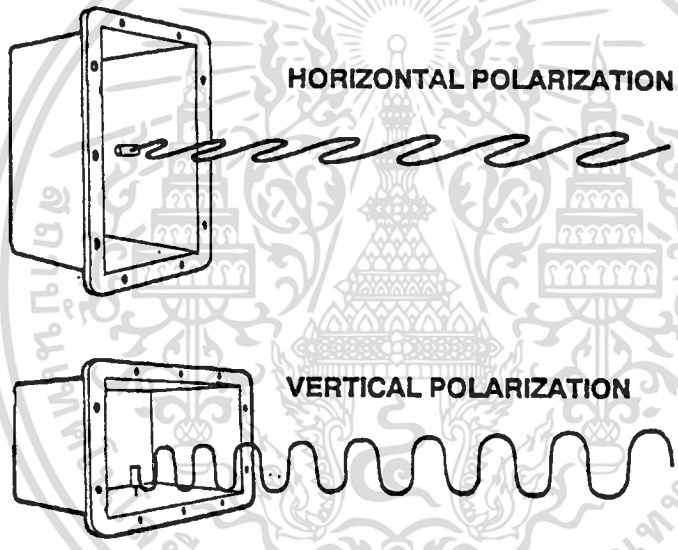
สัญญาณรบกวนนี้พร้อมกับสัญญาณที่ต้องการ แล้วส่งผ่านไปยังขั้นตอนต่อไป ซึ่งในขั้นตอนนี้ LNB จะต้องสามารถควบคุมระดับของสัญญาณรบกวนนี้ให้มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในระบบเก่า ๆ ระบบโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมต้องใช้จานที่มีขนาดใหญ่มาก ๆ เพื่อจะได้ทำการหักล้างกันระหว่างสัญญาณที่ต้องการรับจริงกับสัญญาณ รบกวนที่เกิดขึ้นใน Low Nois Amplifier เพื่อให้เหลือสัญญาณจริงมากที่สุดแต่ในปัจจุบันได้มีการนำเอา Technology สารกึ่งตัวนำประเภท Gallium Arsenide:GaAs และ High Electron Mobility Transistor มาใช้งานจึงมีผลทำให้สามารถลดสัญญาณรบกวน ที่เราเรียกว่า Noise Temperature ภายใน LNB ลงไปได้อย่างมาก และ ทำให้ราคาจำหน่ายของผลิตภัณฑ์ต่ำลงไปอย่างมากเช่นกัน

Noise Temperature ของ LNB จะบอกมาในหน่วยขององศาเคลวิน (Degree Kelvins:K) ซึ่งหาก Noise Temperature มีค่าต่ำเท่าไหร่ สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายใน LNB ก็จะน้อยลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในย่าน 50-60 K แต่ปัจจุบันได้มีการผลิตค่าที่ต่ำกว่านี้ออกมาจำหน่ายกันมากแล้ว คืออยู่ในช่วงประมาณ 30 K LNB สำหรับย่าน Ku-Band

LNB ที่ใช้งานในความถี่ย่าน Ku-Band จะแสดงอัตราการเกิดของสัญญาณรบกวนอยู่ในรูปของ Noise Figure ซึ่งมีหน่วยเป็น dB แทนค่า Noise Temperature ซึ่งเป็นหน่วยวัดสัญญาณรบกวนของ LNB สำหรับย่าน C-Band ซึ่งสามารถเปรียบเทียบค่า Noise Temperature ของอุปกรณ์



รูปที่ 2.25 ลักษณะสัญญาณที่มีขั้วคลื่นเชิงเส้น (Linear Polarization) ทั้งแนวตั้งและแนวนอน

ขยายสัญญาณได้ตามตาราง ซึ่งจะแสดงค่าสมมูลย์(Absolute value) ของ Noise Figure สำหรับย่านความถี่ Ku-Band ทั้งหมด

170	=	2.01 dB noise figure
150	=	1.82 dB noise figure
120	=	1.51 dB noise figure
100	=	1.29 dB noise figure

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

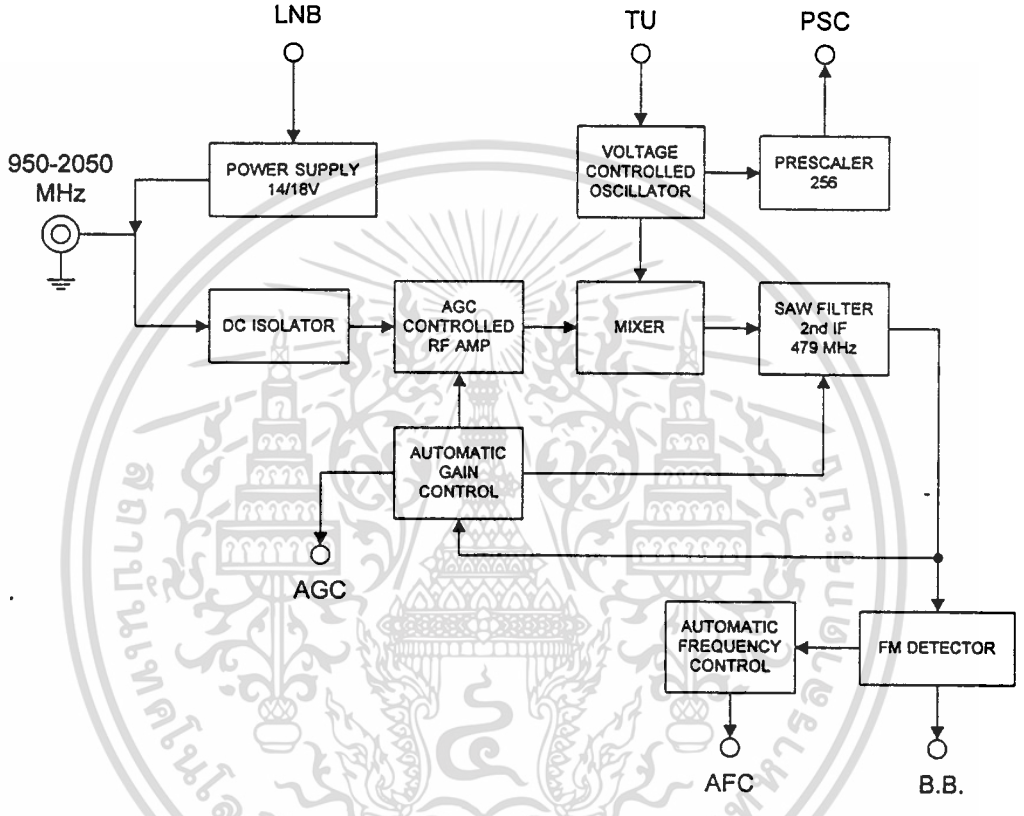
บทที่ 3

การออกแบบและการทำงาน

การทำงานเริ่มจากสัญญาณความถี่จากดาวเทียมที่ถูกส่งลงมากระทบผิวจานสายอากาศรับแล้วสะท้อนไปยังจุดโฟกัส 1 หรือ 2 ครั้งแล้วแต่ชนิดของจาน แต่ผลสุดท้ายสัญญาณจากจุดโฟกัสจะสะท้อนผ่านเข้าไปยังฟีดฮอร์นซึ่งภายในจะมีโพรบสายอากาศขนาดเล็กอยู่ ค่าของความถี่ที่เข้ามายังฟีดฮอร์นนี้ก็คือค่าความถี่ขาลงของดาวเทียม ในระบบการสื่อสารดาวเทียมเพื่อความบันเทิงจะใช้ย่านความถี่ไมโครเวฟในการสื่อสาร 2 ย่านหลักคือย่านความถี่ C Band และย่านความถี่ Ku Band ความถี่ขาลงของย่าน C Band จะมีค่าประมาณ 4 GHz และย่าน Ku Band จะมีค่าความถี่ขาลงประมาณ 12 GHz สัญญาณที่รับได้จากโพรบนั้นจะมีอยู่ 2 ประเภทโดยแบ่งตามโพลาไลซ์ของสัญญาณก็คือสัญญาณที่มีโพลาไลซ์แนวตั้งและสัญญาณที่มีโพลาไลซ์แนวนอน สัญญาณที่ได้จากโพรบจะถูกส่งผ่านไปยังวงจรขยายที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ (LNB) เพื่อทำให้สัญญาณมีขนาดแรงขึ้นแล้วจะส่งต่อไปยังวงจรผสมสัญญาณซึ่งจะนำเอาสัญญาณที่รับได้จากดาวเทียมมาผสมกับสัญญาณที่สร้างขึ้นมาเองจากวงจรกำเนิดความถี่แบบไดอิเล็กทริค เรโซแนนซ์ สัญญาณที่ได้จากวงจรผสมสัญญาณก็จะถูกนำไปผ่านวงจรกรองสัญญาณแบบแถบความถี่ผ่านซึ่งจะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ในช่วงความถี่ 950 MHz ถึง 1,750 MHz ผ่านไปได้ เราเรียกช่วงของความถี่ดังกล่าวว่าความถี่กลางอันดับที่หนึ่งสัญญาณความถี่กลางอันดับหนึ่งนี้จะถูกส่งออกมาตามสายโคแอกเชียลเคเบิ้ลมายังเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม สัญญาณที่มาตามสายโคแอกเชียลเคเบิ้ลเมื่อมาถึงเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมก็จะพบกับส่วนแรกคือภาคจูนเนอร์ ภาคจูนเนอร์นับว่าเป็นภาคที่มีความสำคัญมากเป็นอันดับแรกเพราะถ้าหากใช้จูนเนอร์ที่มีประสิทธิภาพต่ำแล้วก็จะส่งผลให้สัญญาณทั้งหมดของระบบมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีตามไปด้วย ลักษณะการทำงานของวงจรจูนเนอร์มีคร่าว ๆ ดังนี้ สัญญาณที่ป้อนมาตามสายเคเบิลเมื่อเข้ามายังจูนเนอร์จะพบกับภาค ไอโซเลเตอร์กระแสตรง แบบใช้ตัวเก็บประจุเป็นตัวไอโซเลเตอร์ เพื่อป้องกันแรงดันไฟตรงเข้าไปทำอัตรายต่อภาคที่อยู่ถัดไปได้ เนื่องจากการเลือกโพลาไลซ์ของสัญญาณนั้นจะใช้ระดับแรงดัน 2 ระดับในการเลือกโพลาไลซ์และทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้แก่อุปกรณ์ขยายสัญญาณรบกวนต่ำโดยใช้ระดับแรงดันไฟตรงขนาด 14 โวลท์ ในการเลือกโพลาไลซ์แนวตั้ง และแรงดันไฟตรงขนาด 18 โวลท์ในการเลือกโพลาไลซ์แนวนอน สัญญาณไฟตรงนี้จะถูกป้อนผ่านเข้าไปยังสายโคแอกเชียลเคเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

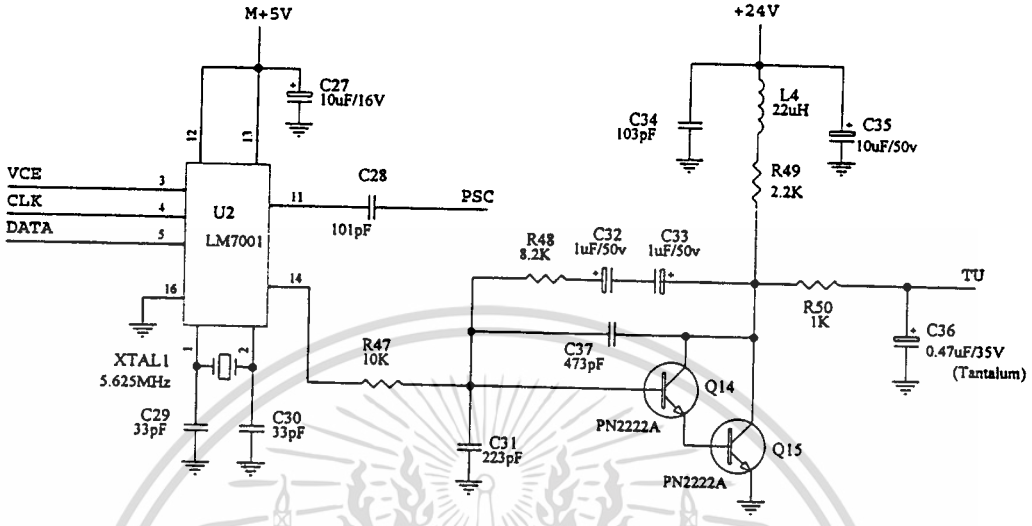
โดยตรงไปยังอุปกรณ์ขยายสัญญาณรบกวนต่ำ แต่ถ้าอุปกรณ์ขยายสัญญาณรบกวนต่ำใช้วิธีการเปลี่ยนโพลาไลซ์ด้วยเซอร์โวมอเตอร์ในการเปลี่ยนมุมของโพรบรับสัญญาณให้เปลี่ยนตำแหน่งไป 90 องศา ก็ไม่สามารถที่จะรับรู้ในแรงดันไฟตรงที่ส่งออกไปได้ ซึ่งฟังก์ชั่นนี้จะไม่สามารถที่จะใช้งานได้กับการเปลี่ยนโพลาไลซ์ด้วยเซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 3.1 บล็อคไดอะแกรมจูนเนอร์

การใช้ตัวเก็บประจุเป็นตัวไอโซเลเตอร์นอกจากจะกันแรงดันไฟตรงแล้วก็ยังทำหน้าที่ในการถ่ายทอดสัญญาณไปยังภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุที่มีการควบคุมอัตราการขยายแบบอัตโนมัติซึ่งอยู่ถัดไปได้ เนื่องจากสัญญาณที่ป้อนเข้ามายังจูนเนอร์มีช่วงความถี่อยู่ในช่วง 950 MHz ถึง 1,750 MHz ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการเลือกช่องสัญญาณที่ต้องการโดยใช้ระบบการเลือกช่องสัญญาณแบบสังเคราะห์ความถี่ที่มีการล๊อคลูปของความถี่ด้วย ซึ่งจะใช้ U2 เป็นวงจรรวมที่ทำหน้าที่เป็นวงจรเฟสล็อคลูปแบบเชิงเลขด้วยข้อมูลขนาด 24 บิทจากหน่วยประมวลผลกลาง

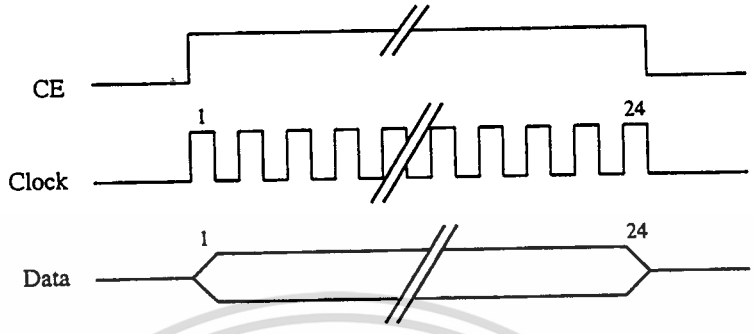
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงจรเฟสล็อคลูป

การทำงานของวงจรเฟสล็อคลูปจะนำเอาสัญญาณปรีสเกลเลอร์จากจูนเนอร์ซึ่งเป็นความถี่จากภาคกำเนิดความถี่แบบควบคุมด้วยแรงดันมาหารด้วย 256 ได้เป็นสัญญาณอินพุทที่ขา 11 ของวงจรเฟสล็อคลูป (U2) แล้วนำมาแปลงข้อมูลให้เป็นข้อมูลเชิงเลขจากนั้นจะทำการหารด้วยข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่วงจรเฟสล็อคลูป (U2) ซึ่งเป็นค่าของข้อมูลในการกำหนดค่าความถี่ที่ต้องการแล้วนำค่าของความถี่ผลหารนั้นมาเปรียบเทียบข้อมูลกับข้อมูลอ้างอิงที่ได้มาจาก XTAL1 โดยใช้วงจรเปรียบเทียบเฟสที่อยู่ภายใน (U2) ได้เป็นเอาท์พุทที่ขา 14 แล้วผ่านไปยัง R47, C31 ซึ่งทำหน้าที่กรองค่วามถี่ต่ำผ่าน สัญญาณที่ผ่านการกรองแล้วจะถูกป้อนให้ Q14, Q15, R48, C32, C33, C37 ทำหน้าที่เป็นวงจรรักษาระดับแรงดันให้คงที่ซึ่งจะมีหลายระดับขึ้นอยู่กับเอาท์พุทที่ออกมาจากวงจรเฟสล็อคลูป สัญญาณที่ได้ที่ขาคอลเลคเตอร์ของ Q14, Q15 จะเป็นระดับแรงดันไฟตรงอยู่ในช่วงประมาณ 0-22 โวลท์ ซึ่งจะป้อนให้กับขา TU ของจูนเนอร์ แรงดันไฟตรงที่ได้นี้จะไปทำให้วงจรกำเนิดความถี่ด้วยแรงดันผลิตความถี่ออกมาค่าหนึ่งเพื่อที่จะนำไปผสมกับสัญญาณความถี่กลางอันดับหนึ่งและที่ระดับแรงดันต่างๆกันก็จะได้ค่าความถี่ต่างกันออกไปด้วย ค่าของความถี่ที่ผลิตขึ้นมานี้จะมีค่าอยู่ในช่วง 1,429 MHz ถึง 2,529 MHz ลักษณะของข้อมูลที่สำคัญในการเปลี่ยนความถี่ของวงจรเฟสล็อคลูปจะมีโครงสร้างทางข้อมูลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 สัญญาณควบคุมเฟสล็อคลูปของภาค Tuner

ความถี่ (MHz)	ข้อมูลเลขฐานสอง
1429	1001 0001 0001 0100 0010 1001
1430	1001 0001 0001 0100 0011 0000
1431	1001 0001 0001 0100 0011 0001
...	...
2527	1001 0001 0010 0101 0010 0111
2528	1001 0001 0010 0101 0010 1000
2529	1001 0001 0010 0101 0010 1001

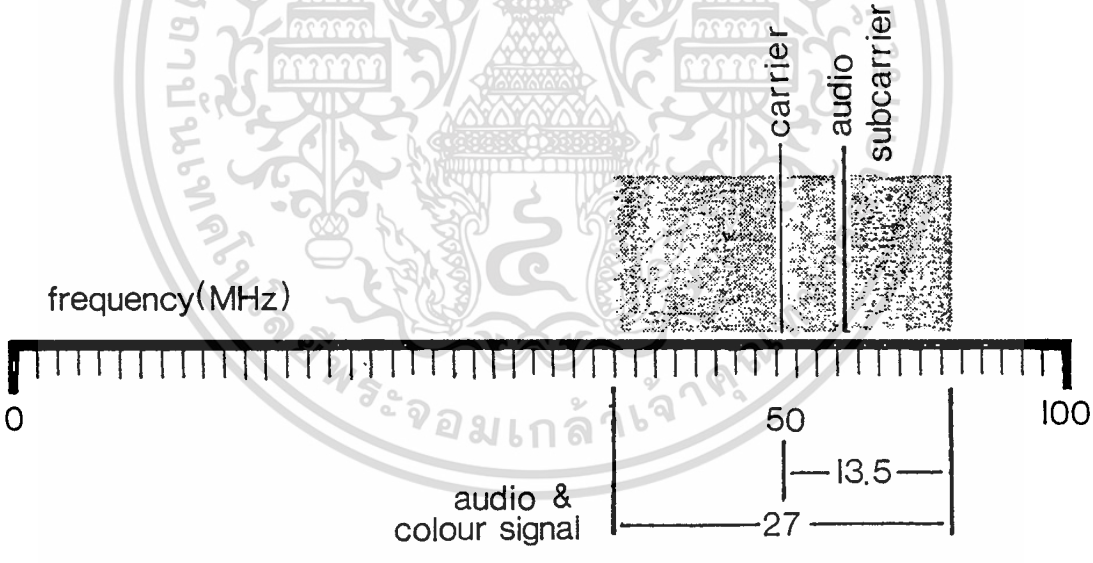
ตารางที่ 3.1 ความถี่เอาท์พุทของออสซิเลเตอร์และข้อมูลเลขฐานสองจำนวน 24 บิท

สำหรับลำดับขั้นของการเปลี่ยนความถี่นั้นจะใช้ขั้นละ 1 MHz โดยการกำหนดค่าความถี่อ้างอิง (R-Counter) และการกำหนดค่าที่จะป้อนให้เป็นข้อมูลของวงจรเฟสล็อกลูป (N-Counter) ซึ่งเป็นค่าที่จะทำให้ได้ความถี่ที่เราต้องการจะรับ โดยที่จะใช้ชุดข้อมูล 8 บิทแรก ซึ่งเป็นชุดที่มีบิตนัยสำคัญสูงสุดอยู่ด้วยนั้นเพื่อกำหนดค่าของความถี่อ้างอิง (R-Counter) และใช้ชุดข้อมูล 16 บิทที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหลือในการกำหนดค่าความถี่ที่ต้องการรับ (N-Counter) ซึ่งจะมีรายละเอียดดังตารางที่แสดงข้างบน

เมื่อนำความถี่ที่ได้จากภาคกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงดันไปผสมกับความถี่กลางอันดับหนึ่งโดยใช้วงจรผสมสัญญาณแล้วจะทำให้ได้เอาท์พุทที่เป็นสัญญาณผลรวมและสัญญาณผลต่างออกมา สัญญาณทั้งสองจะถูกนำไปผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน โดยจะกรองเอาเฉพาะสัญญาณผลต่างซึ่งจะมีค่าความถี่ประมาณ 479 MHz สัญญาณดังกล่าวนี้เรียกว่าสัญญาณความถี่กลางอันดับสอง และจะมีค่าของความกว้างของแถบความถี่ประมาณ 27 MHz สัญญาณความถี่กลางอันดับสองที่ยังไม่ได้ผ่านการขยาย ส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปยังภาคควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติ ซึ่งจะเป็นตัวควบคุมอัตราการขยายของภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุให้มีระดับที่คงที่ตลอดเวลา

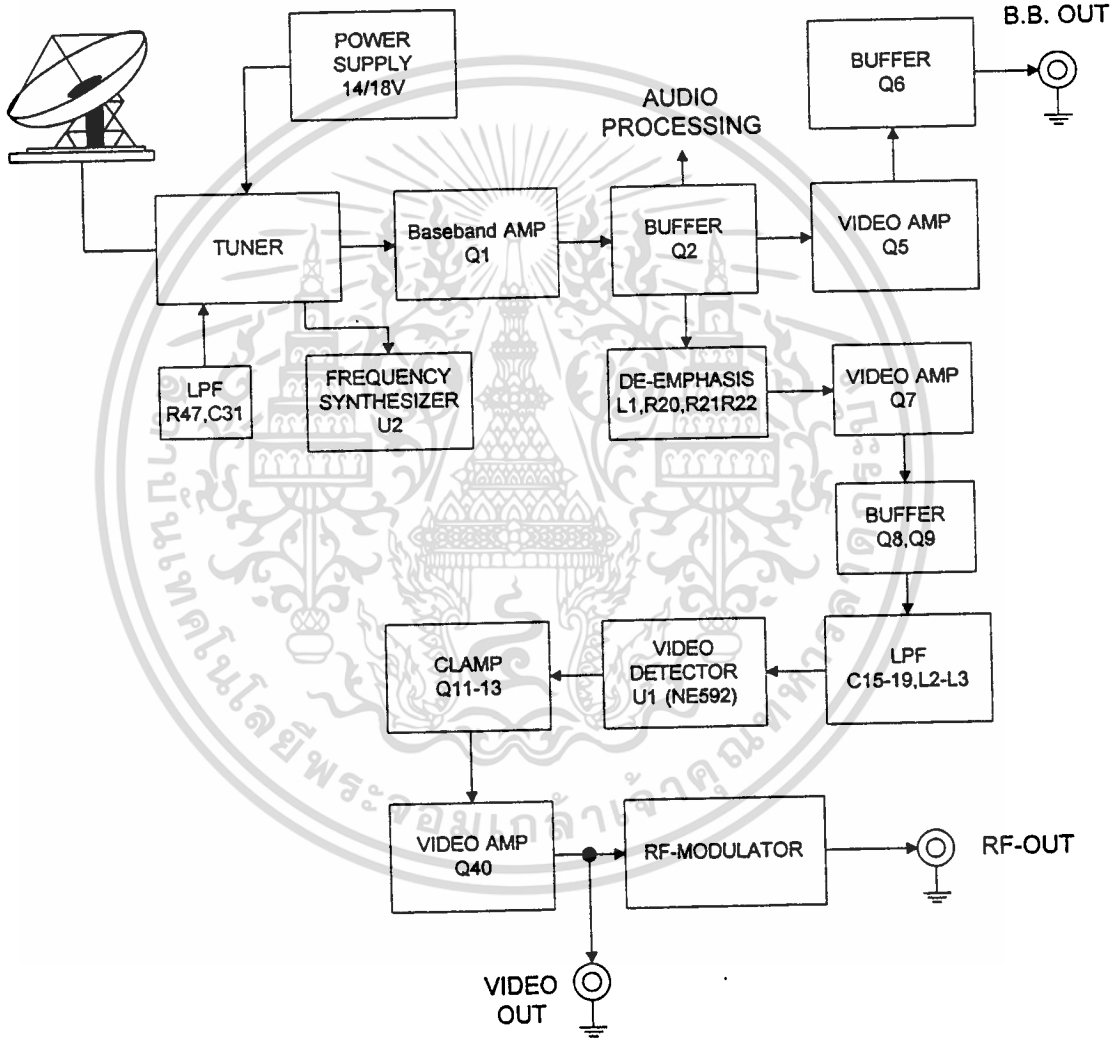


รูปที่ 3.4 ลักษณะความกว้างของแถบความถี่

แล้วนำไปผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่านแบบ SAWF เป็นวงจรกรองแบบโซลิดเสตทที่มีการตอบสนองทางความถี่ดีกว่าวงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบอื่นซึ่งมีใช้กันอย่างกว้างขวางในจูนเนอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

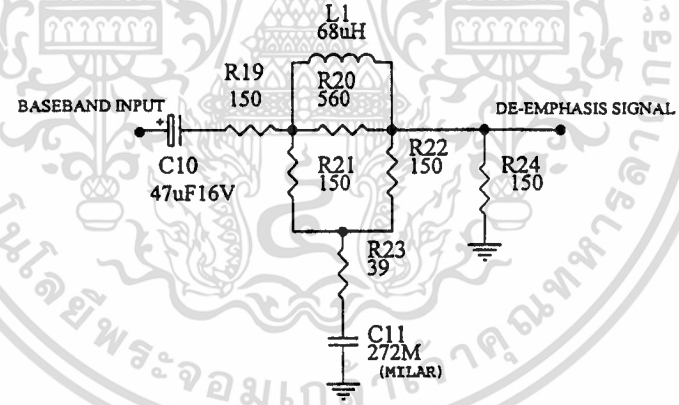
ของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมโดยทั่วไป สัญญาณความถี่ 479 MHz นี้จะถูกนำไปผ่านวงจรดีมอดูเลเตอร์แบบเอฟเอ็มทำให้สัญญาณความถี่ 479 MHz ถูกกำจัดทิ้งไปคงเหลือแต่สัญญาณเบสแบนด์ที่มีองค์ประกอบของพาหะสัญญาณภาพ,พาหะสัญญาณเสียงและสัญญาณควบคุมต่าง ๆ ที่จำเป็น



รูปที่ 3.5 บล๊อคไดอะแกรมภาครับ VIDEO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ได้จากจูนเนอร์จะผ่าน Q1, Q2 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรขยายและเป็นบัฟเฟอร์ตามลำดับ สัญญาณที่จุดนี้ก็คือสัญญาณเบสแบนด์ที่มีองค์ประกอบของสัญญาณพาหะภาพและพาหะของสัญญาณเสียง โดยปกติแล้วจะมีระดับแรงดันของสัญญาณประมาณ 250 มิลลิโวลท์ยอดถึงยอด และสัญญาณเบสแบนด์ส่วนหนึ่ง จะถูกขยายและต่อออกไปยังแจ็คเบสแบนด์ โดยผ่าน Q5,Q6 สัญญาณที่ขา อิมิเตอร์ของ Q2 นี้จะถูกนำไปแยกออกเป็นสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงตามลำดับ โดยจะอธิบายถึงกระบวนการในการถอดสัญญาณภาพก่อน เริ่มจากการนำเอาสัญญาณเบสแบนด์มาผ่านวงจร ดีเอ็มฟาซีส ที่ประกอบด้วย L1, R20, R21, R22, R23 และ C11 เนื่องมาจากในระบบการส่งสัญญาณภาพนั้นจะผ่านวงจร ปรีเอ็มฟาซีส เพื่อรักษาระดับของอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน ให้มีคุณภาพที่ดีโดยการกดระดับสัญญาณความถี่ที่ต่ำกว่าระดับสัญญาณที่ต้องการและยกระดับสัญญาณที่ต้องการให้มีระดับที่สูงขึ้น ดังนั้นในภาครับจึงต้องมีการดึงระดับสัญญาณให้กลับมาอยู่ในระดับปกติก็โดยการใช้วงจรดีเอ็มฟาซีสนั่นเอง



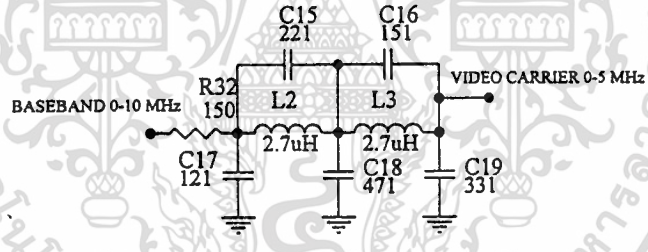
รูปที่ 3.6 วงจรดีเอ็มฟาซีส

วิธีการนี้ จะทำให้ค่าของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (S/N) มีค่าดีขึ้นประมาณ 2 เดซิเบล สัญญาณที่ผ่านการดีเอ็มฟาซีสแล้วก็จะถูกลดทอนลงไปบ้างจึงต้องมีการขยายสัญญาณให้มีระดับสูงขึ้นโดย Q7 และมี Q8, Q9 ทำหน้าที่เป็นวงจรบัฟเฟอร์สัญญาณ ในระบบการส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมนั้นช่วงของความถี่ที่เป็นพาหะของสัญญาณภาพจะเป็นช่วงของความถี่ต่ำโดยถ้าเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานของระบบ NTSC แล้วจะใช้ช่วงกว้างของสัญญาณภาพที่ 0-4.2 MHz และถ้าเป็นมาตรฐานของระบบ PAL-G ก็จะใช้ที่ช่วงความถี่ 0-5 MHz และช่วงความถี่ 0-5.5 MHzสำหรับ PAL-I ส่วนประเทศไทยก็ใช้ระบบ PAL เป็นมาตรฐานเช่นกัน

จะเห็นได้ว่าในความถี่เบสแบนด์ที่ได้เลือกมานั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือช่วง 0-5 MHz จะเป็นช่วงของสัญญาณพาหะภาพซึ่งจะมีความถี่พาหะย่อยของสัญญาณภาพที่ความถี่ 4.43 MHz ส่วนช่วงความถี่ที่สูงกว่า 5 MHz จนถึงประมาณ 10 MHz จะเป็นช่วงความถี่พาหะสัญญาณเสียง ซึ่งมีความถี่พาหะย่อยของสัญญาณเสียงอยู่ที่ 6.5 MHz สำหรับระบบโมโน และถ้าเป็นระบบสเตอริโอนั้นสัญญาณพาหะย่อยของเสียงจะมีความถี่อยู่หลายความช่องถี่ด้วยกันซึ่งในแต่ละช่องความถี่จะมีค่าความกว้างของความถี่ประมาณ 180 KHz ดังนั้นสัญญาณที่ผ่านการดีเอ็มฟาซีสแล้วจะต้องผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน คือกรองเอาสัญญาณพาหะภาพในช่วง 0-5 MHz ออกมา วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านนี้ประกอบด้วย C15, C16, L2, L3, C17, C18, และ C19



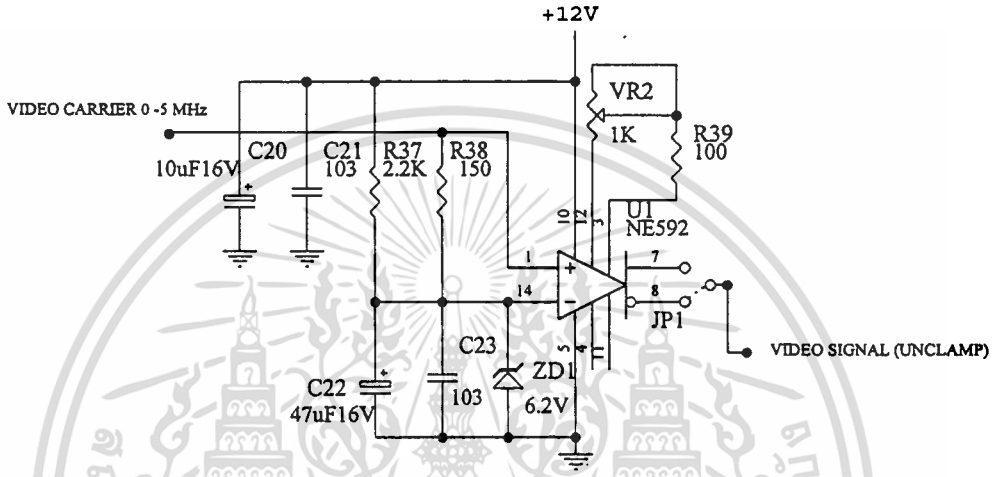
รูปที่ 3.7 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

ส่วนพาหะของสัญญาณเสียงจะไม่สามารถผ่านไปได้ สัญญาณพาหะภาพจะถูกทำการแยกเอาสัญญาณพาหะออกและขยายสัญญาณภาพโดย U1 NE592 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรขยายความแตกต่างของสัญญาณภาพ สัญญาณที่ได้ในขณะนี้จะเป็นสัญญาณรวมของภาพเท่านั้น

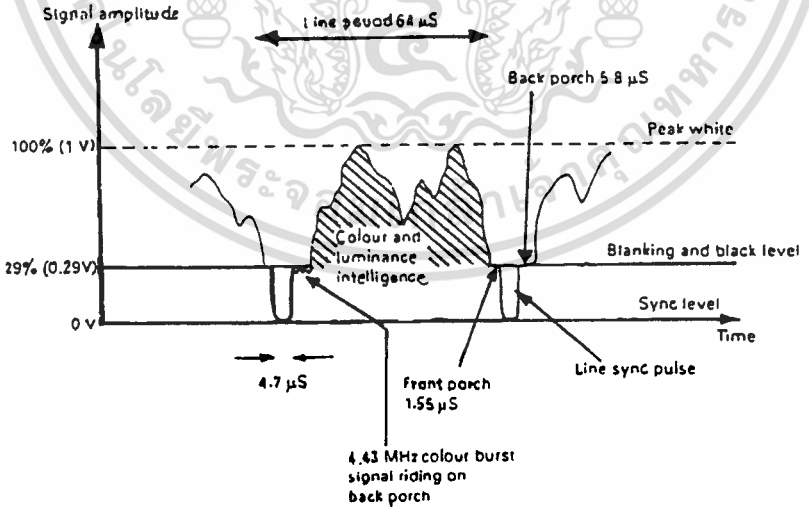
อัตราการขยายของสัญญาณภาพนั้นสามารถที่จะปรับได้ด้วยการปรับค่าความต้านทาน VR 2 ซึ่งเป็นตัวควบคุมอัตราการขยายของสัญญาณภาพ และส่วนเอาท์พุทที่เห็นว่ามีอยู่ 2 ขา คือ ขา 7 และ 8 นั้นก็จะเป็นเอาท์พุทที่มีลักษณะตรงกันข้ามกันและกันอันเนื่องมาจากการส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในย่านความถี่C Band จะใช้สัญญาณเอาท์พุทที่ขา 7 เป็นสัญญาณที่ไม่มีการกลับเฟส และถ้าเป็นความถี่ในย่าน Ku-Band จะใช้สัญญาณที่ขา 8 เป็นสัญญาณที่มีการกลับเฟสสัญญาณตรงกันข้ามกับขา 7 180 องศา เพื่อป้องกันการเกิดการรบกวนข้ามช่องกันระหว่างสัญญาณทั้งสองย่านความถี่



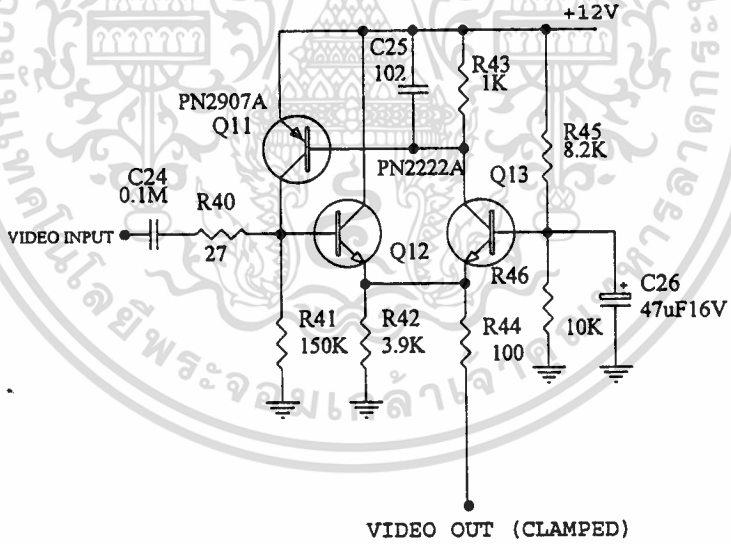
รูปที่ 3.8 วงจรขยายความแตกต่างของสัญญาณภาพ



รูปที่ 3.9 สัญญาณภาพมาตรฐานระบบ PAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขั้นตอนของกระบวนการส่งสัญญาณย่าน C Band นั้นได้มีการผสมสัญญาณความถี่ประมาณ 25 หรือ 30 Hz เป็นลักษณะของสัญญาณสามเหลี่ยม คือถ้าเป็นมาตรฐานของอเมริกาจะใช้ความถี่ 30 Hz มาตรฐานทางยุโรปจะใช้ความถี่ 25 Hz ในขณะที่ทางรัสเซียใช้ความถี่เพียง 2.5 Hz โดยผนวกเข้ากับสัญญาณภาพเพื่อป้องกันการรบกวนแทรกสอดอันเกิดจากระบบการสื่อสารบนพื้นโลก สัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยมนี้เรียกว่า สัญญาณการแพร่กระจายพลังงาน Dispersal Wave Form ดังนั้นสัญญาณภาพที่ได้ในตอนนี้จึงมีสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยมปนอยู่ และในทางด้านเครื่องรับนั้น จำเป็นที่จะต้องทำการกำจัดสัญญาณการแพร่กระจายพลังงานนี้ออกไปโดยใช้วงจรแคลมป์ที่ประกอบด้วย Q11, Q12 และ Q13 แต่จะมีผลทำให้ค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนมีค่าลดลงเล็กน้อย แต่ถ้าหากไม่มีการกำจัดสัญญาณการแพร่กระจายพลังงานนี้ออกไปแล้วจะทำให้สัญญาณภาพที่ได้จะปรากฏสัญญาณรบกวนเป็นจังหวะหรือเกิดกระตุกของสัญญาณภาพอย่างชัดเจน ค่าระดับสัญญาณที่ผ่านวงจรแคลมป์แล้วควรมีระดับแรงดันจากยอดถึงยอดประมาณ 1 โวลท์ ซึ่งเป็นค่ามาตรฐาน

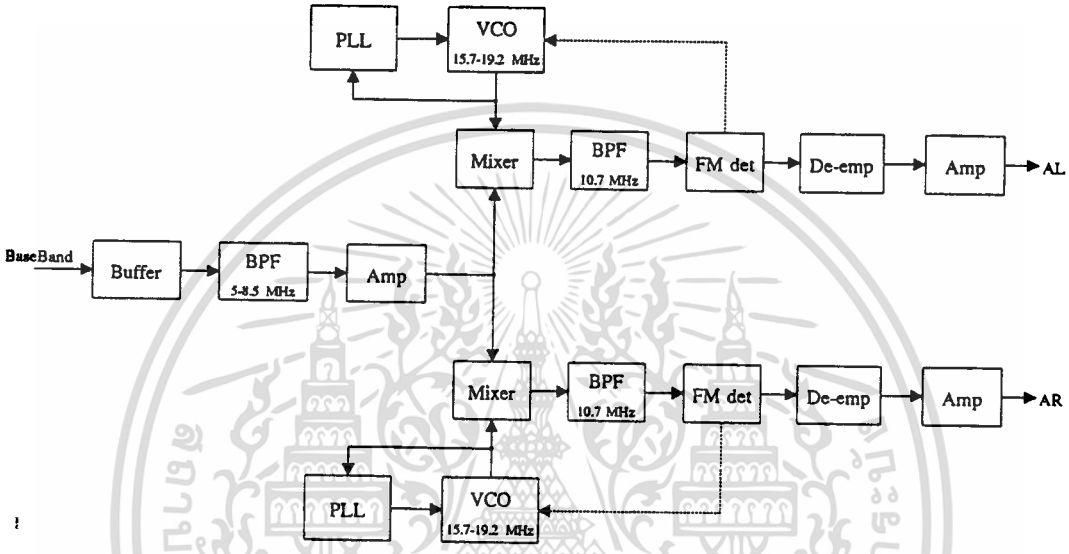


รูปที่ 3.10 วงจรแคลมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ภาคประมวลผลสัญญาณเสียง (Audio Processing)

ภาคประมวลสัญญาณเสียง ทำหน้าที่แยกสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณพาหะ ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญดังแสดงในรูปที่



รูปที่ 3.11 บล็อคไดอะแกรมของภาคประมวลผลสัญญาณเสียง

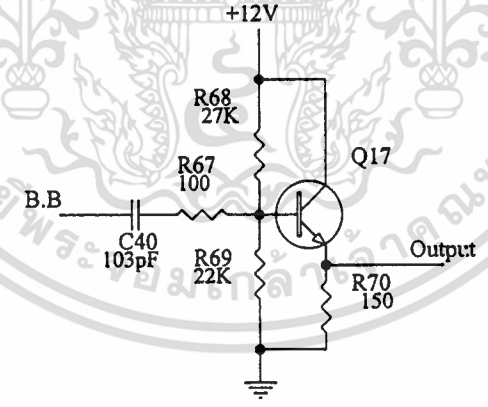
จากรูปที่ 3.11 สัญญาณเบสแบนด์ ซึ่งประกอบไปด้วยสัญญาณวิดีโอคอมโพสิตและซับแคร์เรียร์ของเสียง ถูกส่งมายังบัฟเฟอร์ (Buffer) ซึ่งทำหน้าที่รักษาขนาดของสัญญาณให้คงที่ จากนั้นก็ส่งสัญญาณผ่านไปยังแบนด์พาสฟิลเตอร์ (Band Pass Filter) ซึ่งยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ในช่วง 5.00-8.50 MHz ผ่านไปได้เท่านั้น ซึ่งความถี่ในช่วง 5.00-8.50 MHz เป็นซับแคร์เรียร์ของเสียง ซับแคร์เรียร์ของเสียงเมื่อผ่านการฟิลเตอร์แล้วขนาดของสัญญาณจะถูกลดทอนลง จึงจำเป็นต้องขยายกำลัง (Amplifier) ของสัญญาณให้แรงขึ้น จากนั้นซับแคร์เรียร์ของเสียงจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนเพราะเป็นระบบสเตอริโอสำหรับแชลแนลซ้ายและขวา ซึ่งการทำงานของแชลแนลซ้ายและขวามีลักษณะเหมือนกัน ซับแคร์เรียร์ของเสียงจะถูกส่งไปยังมิกเซอร์ (Mixer) ซึ่งทำหน้าที่รวมหรือหักล้างสัญญาณระหว่างซับแคร์เรียร์ของเสียงย่านความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.00-8.50 MHz กับความถี่ย่าน 15.7-19.2 MHz ที่ได้จากออสซิเลเตอร์ชนิดควบคุมด้วยแรงดัน (Voltage Controlled Oscillator) ได้เอาท์พุทเป็นความถี่ไอเอฟ 10.7 MHz ออสซิเลเตอร์นี้จะถูกควบคุมโดยเฟสล็อคลูป (Phase Lock Loop) ความถี่ไอเอฟจากเอาท์พุทของมิกเซอร์จะถูกส่งมายังแบนด์พาสฟิลเตอร์ย่าน 10.7 MHz ซึ่งยอมให้ความถี่ไอเอฟ 10.7 MHz ผ่านได้เท่านั้น จากนั้นความถี่ไอเอฟ 10.7 MHz นี้จะถูกส่งมายังภาคเอฟเอ็มดีเทกเตอร์ (FM Detector)ซึ่งทำหน้าที่แยกสัญญาณเสียงออกจากแคร์เรียร์ สัญญาณของภาคเอฟเอ็มดีเทกเตอร์ส่วนหนึ่งจะป้อนกลับไปยังภาคออสซิเลเตอร์เพื่อควบคุมเสถียรภาพของออสซิเลเตอร์ เอาท์พุทของเอฟเอ็มดีเทกเตอร์จะเป็นสัญญาณเสียงและถูกส่งมายังภาคดีเอ็มฟาซิส (De-Emphasis) เพื่อลดทอนสัญญาณเสียงในช่วงความถี่สูงให้มีลักษณะเหมือนเดิมก่อนการปรีเอ็มฟาซิส (Pre-Emphasis) จากนั้นก็ขยายสัญญาณเสียงให้มีกำลังมากขึ้น จากบล็อคไดอะแกรมสามารถสร้างเป็นวงจรได้ดังนี้

3.1.1 วงจรบัฟเฟอร์ (Buffer Circuit)

ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อเป็นวงจรคอลเลคเตอร์ร่วม ดังรูปที่ 3.12

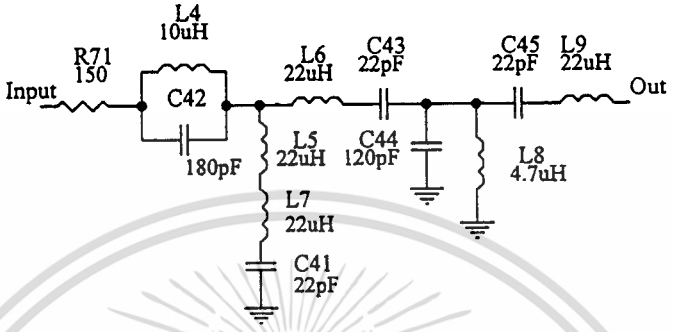


รูปที่ 3.12 วงจรบัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ย่าน 5.00-8.50 MHz (Band pass filter Circuit)

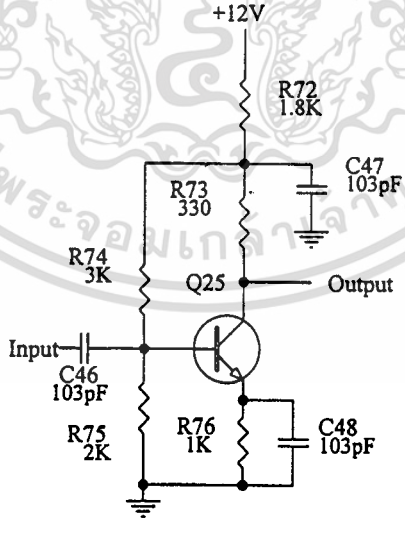
ใช้ฟิลเตอร์ชนิดพาสซีฟ ซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์

3.1.3 วงจรขยายสัญญาณ (Amplifier Circuit)

ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อเป็นวงจรอิมิตเตอร์ร่วม ดังรูปที่ 3.14

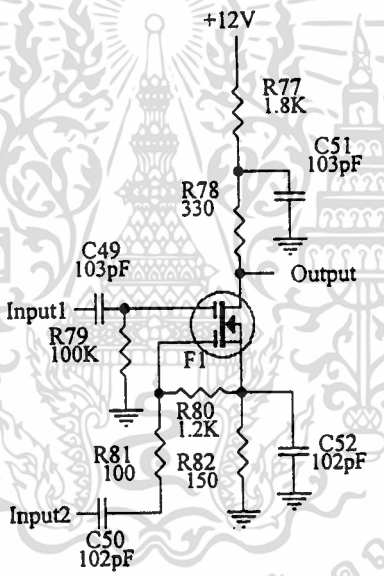


รูปที่ 3.14 วงจรขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 วงจรมิกเซอร์ (Mixer circuit)

ใช้มอสเฟทชนิดเกทคู่ต่อเป็นวงจรมิกเซอร์ โดยเกทอันที่หนึ่งจะรับเอาสัญญาณซับแคร์เรียร์ของเสียงย่าน 5.00-8.50 MHz และเกทอันที่สองจะรับความถี่ ของออสซิเลเตอร์ย่าน 15.7-19.2 MHz จากนั้นนำสัญญาณทั้งสองมาบีท (Beat) กันจะได้เอาท์พุทเป็นความถี่ไอเอฟ 10.7 MHz ดังรูปที่ 3.15 อย่างไรก็ตามหลักของการบีทที่ดีความถี่ออสซิเลเตอร์จะต้องสูงกว่าความถี่ซับแคร์เรียร์ของเสียงเพื่อป้องกันการรบกวนของความถี่ฮาร์โมนิคส์และความถี่ออสซิเลเตอร์ต้องมีแอมพลิจูดสูงกว่าซับแคร์เรียร์ของเสียง



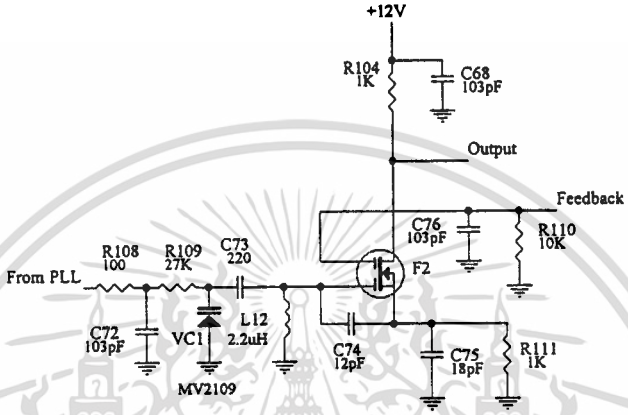
รูปที่ 3.15 วงจรมิกเซอร์

3.1.5 วงจรออสซิเลเตอร์ชนิดควบคุมด้วยแรงดัน (Voltage Controlled Oscillator)

ใช้มอสเฟทชนิดเกทคู่ โดยเกทอันที่หนึ่งจะต่อเป็นวงจรออสซิเลเตอร์ผลิตความถี่ย่าน 15.7-19.2 MHz ในการเปลี่ยนความถี่ของออสซิเลเตอร์สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแรงดันไบอัสที่วาริแคปไดโอดทำให้ค่าความจุของไดโอดเปลี่ยนแปลงเป็นผลทำให้ความถี่เรโซแนนซ์เปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลงตามด้วย และเกทอันที่สองจะเป็นการป้อนกลับจากภาคเอฟเอ็มดีเทกเตอร์ทำหน้าที่ควบคุมให้วงจรออสซิเลเตอร์ผลิตความถี่ได้อย่างถูกต้อง ชดเชยการเลื่อนความถี่และลดความไม่เที่ยงตรงในการจูนความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 3.16



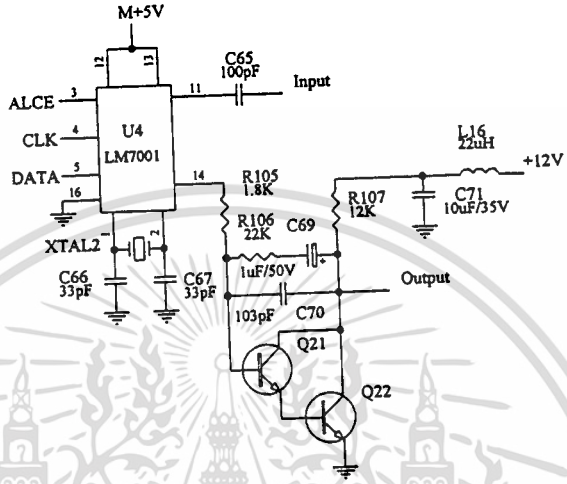
รูปที่ 3.16 วงจรออสซิเลเตอร์ชนิดควบคุมด้วยแรงดัน

3.1.6 วงจรเฟสล็อคลูป (Phase Lock Loop Circuit)

ใช้ไอซีเฟสล็อคลูปเบอร์ LM7001 ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์ (Synthesizing) และควบคุมความถี่ของออสซิเลเตอร์ วงจรเฟสล็อคลูปแสดงในรูปที่ 3.17

ในการเลือกความถี่ซับแคร์เรียร์ของเสียงที่ความถี่ 5.00 MHz เฟสล็อคลูปต้องควบคุมให้ออสซิเลเตอร์ผลิตความถี่ 15.7 MHz เมื่อนำความถี่ทั้งสองมาบีทกันที่วงจรมิกเซอร์จะได้ผลต่างของความถี่เป็น 15.7-5.00 = 10.7 MHz ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลที่ส่งให้เฟสล็อคลูปสำหรับเลือกความถี่ของออสซิเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



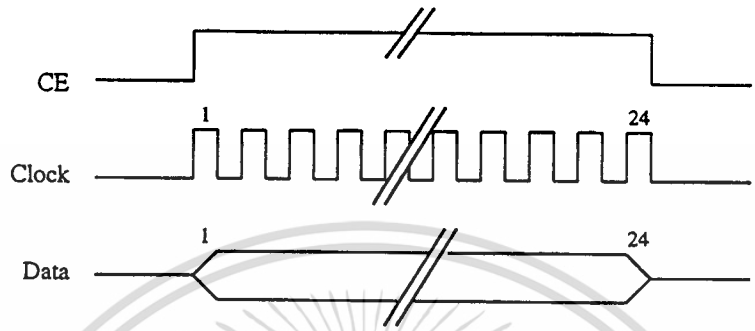
รูปที่ 3.17 วงจรเฟสล็อคลูป

ความถี่ (MHz)	ข้อมูลเลขฐานสอง
15.70	1001 0000 0000 0110 0010 0100
15.71	1001 0000 0000 0110 0010 0101
15.72	1001 0000 0000 0110 0010 0110
...	...
...	...
...	...
19.18	1001 0000 0000 0111 1000 0000
19.19	1001 0000 0000 0111 1000 0001
19.20	1001 0000 0000 0111 1000 0010

ตารางที่ 3.2 แสดงความถี่เอาท์พุทของออสซิเลเตอร์และข้อมูลเลขฐานสองจำนวน 24 บิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อมูลจำนวน 24 บิทให้กับเฟสล็อคลูปต้องส่งแบบอนุกรมโดยบิทแรกที่จะส่งต้องเป็นบิทที่มีความสำคัญต่ำที่สุดและบิทสุดท้ายเป็นบิทที่มีความสำคัญสูงที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 สัญญาณที่ใช้ควบคุมเฟสล็อคลูป

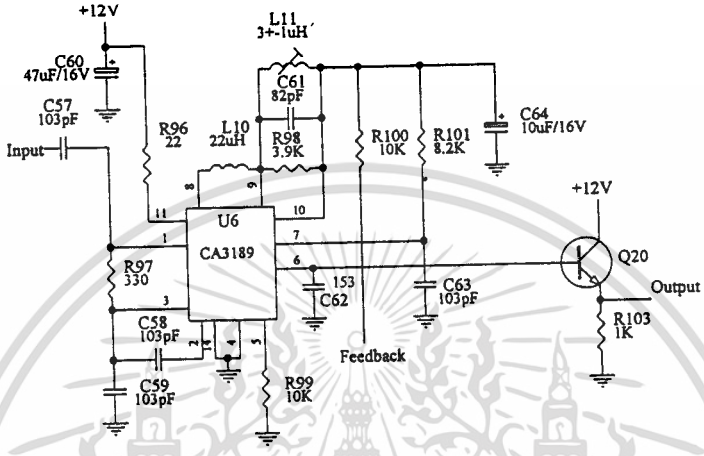
3.1.7 วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ย่าน 10.7 MHz (Band Pass Filter Circuit)

ใช้เซรามิกฟิลเตอร์เป็นตัวทำหน้าที่ให้สัญญาณที่มีความถี่ 10.7 MHz ผ่านไปได้เท่านั้น เซรามิกฟิลเตอร์มีให้เลือกใช้ทั้งแบนด์กว้าง (Wide Band) และแบนด์แคบ (Narrow Band)

3.1.8 วงจรเอฟเอ็มดีเทกเตอร์ (FM Detector Circuit)

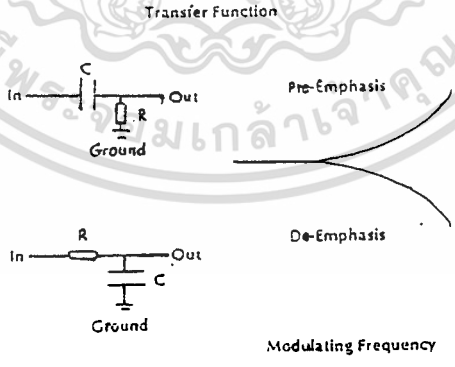
ใช้ไอซีเบอร์ CA3189 ซึ่งจะทำหน้าที่แยกสัญญาณเสียงออกจากแคร์เรียร์วงจรเอฟเอ็มดีเทกเตอร์แสดงในรูปที่ 3.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 วงจรเอฟเอ็มดีเทกเตอร์

3.1.9 วงจรดีเอ็มฟาซิส (De-emphasis Circuit)



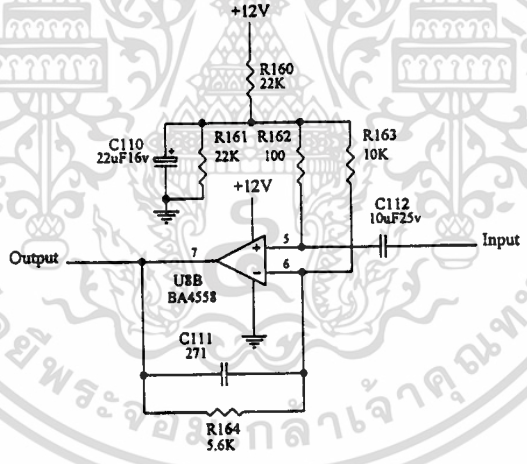
รูปที่ 3.20 วงจรดีเอ็มพาซิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบวิทยุเอฟเอ็มนั้น การปรีเอ็มฟาซิส (Pre-Emphasis) ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาของสัญญาณรบกวน (Noise) ที่มีผลต่อความถี่สูง วิธีของการปรีเอ็มฟาซิสก็คือการทำให้อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (S/N) มีค่ามากขึ้น โดยปกติสัญญาณเสียงที่มีความถี่ต่ำจะมีแอมพลิจูดสูงกว่าความถี่สูง ดังนั้นจึงต้องลดระดับของสัญญาณเสียงที่ความถี่ต่ำก่อนทำการส่ง ทำให้แอมพลิจูดของความถี่สูงและความถี่ต่ำมีขนาดใกล้เคียงกัน ดังนั้นสัญญาณรบกวนที่ถูกรวมเข้าไปในช่วงเวลาส่งจะมี แอมพลิจูดเล็กกว่าสัญญาณ ในส่วนของดีเอ็มฟาซิสจะทำหน้าที่ตรงกันข้ามกับปรีเอ็มฟาซิสคือลดแอมพลิจูดของสัญญาณเสียงที่ความถี่สูง ทำให้ได้สัญญาณกลับคืนเหมือนเดิม ดังแสดงในรูปที่ 3.20

3.1.10 วงจรขยายสัญญาณเสียง (Audio Amplifier Circuit)

ใช้ไอซีออปแอมป์เบอร์ BA4558 ต่อเป็นวงจรขยายสัญญาณดังรูปที่ 3.21



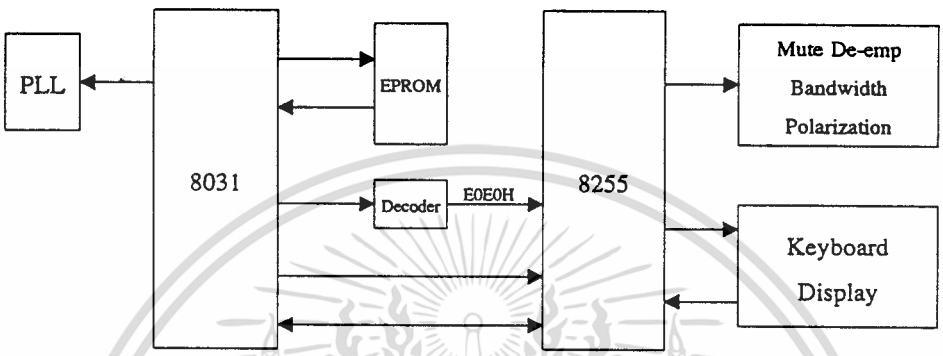
รูปที่ 3.21 วงจรขยายสัญญาณเสียง

3.2 ภาคควบคุม (Control Unit)

ในภาคควบคุมนี้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8031 ทำหน้าที่เลือกความถี่ของสัญญาณวิดีโอและความถี่ซับแคร์เรียร์ของเสียงพร้อมทั้งแสดงผลค่าความถี่ทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลอดจนทำหน้าที่ควบคุมตำแหน่งของขั้วคลื่น (Polarization) ควบคุมให้เสียงดังหรือเงียบ เลือกแบนด์ของความถี่เสียงให้เป็นแบนด์แคบหรือแบนด์กว้างและควบคุมการดีเอ็มฟาซิส รูปที่ 3.22 แสดงบล๊อคไดอะแกรมของภาคควบคุม



รูปที่ 3.22 บล๊อคไดอะแกรมของภาคควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

เมื่อนำวงจรมาประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องทำการทดลองว่าวงจรทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ ในขั้นตอนการทดลองนี้จะต้องอาศัยบล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับสัญญาณผ่านดาวเทียมอธิบายประกอบด้วย

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง
2. ออสซิลโลสโคป 100 MHz 1 เครื่อง
3. สเปคตรัมอนาไลเซอร์ 1 เครื่อง
4. เครื่องรับโทรทัศน์ 1 เครื่อง
5. เครื่องบังคับทิศทางจานสายอากาศ (ถ้ามี) 1 เครื่อง

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ภาคคือ

1. ภาคจูนเนอร์
2. ภาควีดีโอ
3. ภาคออดิโอ

4.2.1 ภาคจูนเนอร์

(1).ที่จุดเอาท์พุท LNB

นำมัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัด DC 50 V. แล้วนำมาทำการวัดจะได้แรงดันไปตรงขนาด 14 V. ซึ่งเป็นแรงดันที่ใช้ในการปรับขั้วคลื่นของฟีดฮอร์น ให้รับสัญญาณที่มีขั้วคลื่นในแนวตั้ง จากนั้นกดปุ่ม 14/18 แล้วอ่านค่าที่มิเตอร์อีกครั้งหนึ่งจะได้แรงดัน 18 V. ซึ่งเป็นแรงดันที่ใช้ในการปรับขั้วคลื่นของฟีดฮอร์นให้รับสัญญาณที่มีขั้วคลื่นในในแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2).ที่จุด AGC

ที่จุดนี้ใช้บอกความแรงของสัญญาณที่รับได้ซึ่งในจุดที่รับสัญญาณได้ดีที่สุดนั้นก็จะปรากฏแรงดันไฟตรงที่จุดนี้มากที่สุดด้วย สามารถวัดได้โดยใช้มัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัด 10 Vdc

(3).ที่จุด PSC

ของจุดที่ใช้สำหรับในการจูนความถี่ที่ต้องการรับโดยใช้วงจรเฟสล็อกลูบควบคุมความถี่ที่จุดPSC นี้จะนำความถี่ในย่าน 1,429-2,529 MHz จาก VCO มาหารด้วย 256 ซึ่งเป็นการแปลงความถี่ให้ต่ำลงเพื่อที่จะเฟสล็อกลูบทำงานได้ เนื่องจากเฟสล็อกลูบส่วนใหญ่จะทำงานที่ความถี่ค่อนข้างต่ำ จากการทดลองวัดด้วยออสซิลโลสโคบที่จุดนี้จะได้สัญญาณเป็นลักษณะไซน์เวฟแต่มีขนาดแรงดันต่ำมากไม่เหมาะแก่การนำมาทำเป็นจุดวัดทดสอบเพราะจะทำให้สัญญาณของระบบทั้งหมดผิดผลาดได้

(4).ที่จุด TU

ที่จุดนี้จะเป็นแรงดันไฟตรงที่ใช้ควบคุมความถี่ของ VCO ถ้าแรงดันที่จุด TU มีค่ามากจะทำให้ความถี่ที่จุด VCO มากตาม และถ้าแรงดันที่จุด TU มีค่าน้อยความถี่ของ VCO ก็จะมีค่าน้อยตาม ซึ่งทดลองได้โดยการนำมิเตอร์ตั้งย่าน 50 Vdc มาวัดที่จุด TU แล้วทำการปรับความถี่โดยการกดปุ่ม V.SCAN UP หรือ Douwn

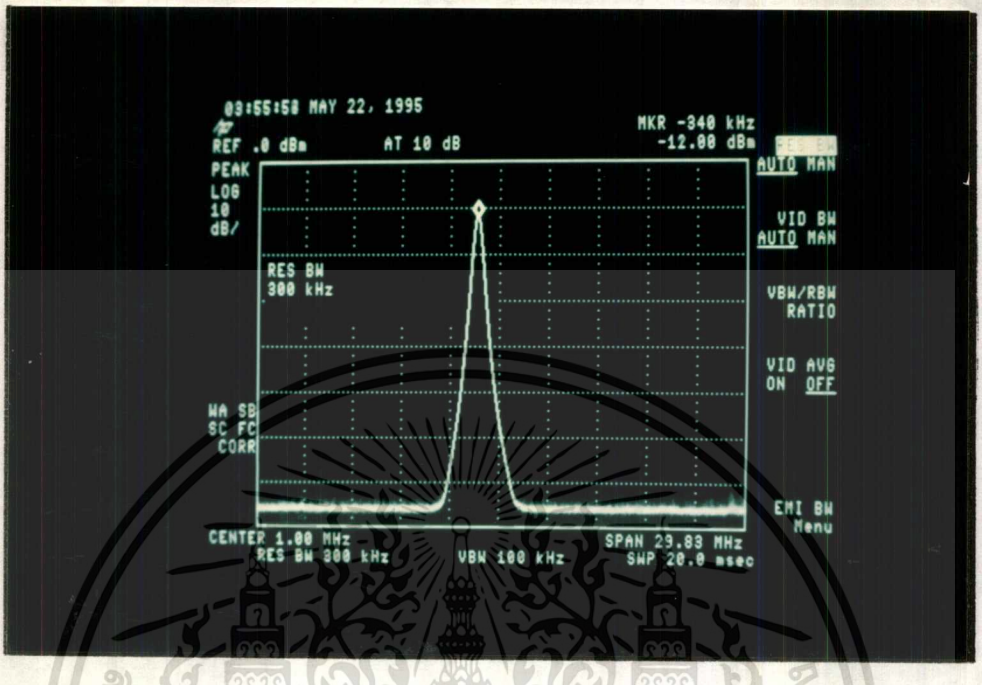
(5).ที่จุด AFT

เป็นจุดที่ใช้สำหรับปรับความถี่แบบอัตโนมัติ เมื่อเกิดการเลื่อนความถี่โดยมีเอาท์พุทเป็นแรงดันไฟตรง สามารถนำมัลติมิเตอร์มาวัดได้ โดยตั้งย่านวัด 10 Vdc

(6).ที่จุด Base Band

ที่จุดนี้ประกอบด้วยสัญญาณวิดีโอคอมโพสิตและซับแคเรียร์ของเสียงซึ่งมีความถี่อยู่ในช่วง 0-10 MHz จากนั้นนำสเปคตรัมอนาไลเซอร์มาทำการวัดสัญญาณที่จุด Baseband จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 สัญญาณเบสแบนด์ที่วัดด้วยเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์

และเมื่อนำมาออสซิลโลสโคปมาวัดที่จุดเดียวกันจะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.2 โดยการตั้งฟังก์ชันของออสซิลโลสโคปดังนี้

MODE ANALOG .

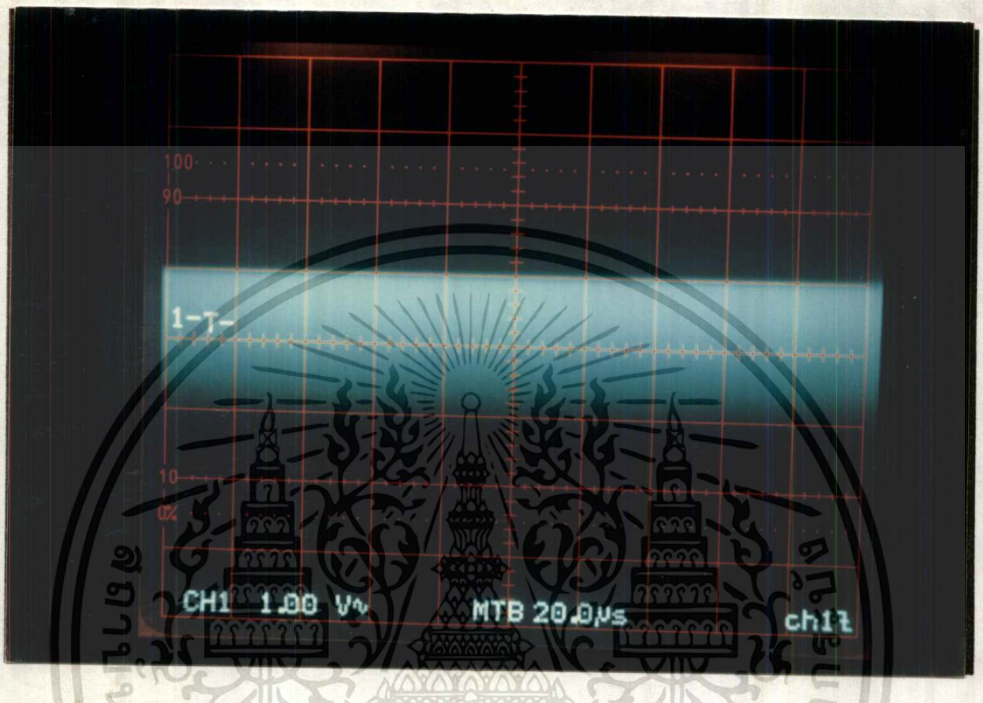
TIME/DIV 20 micro Second

VOLT/DIV 1 Volt

TRIGER SOURCE CH1 .

TRIGING AC POS or NEG .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



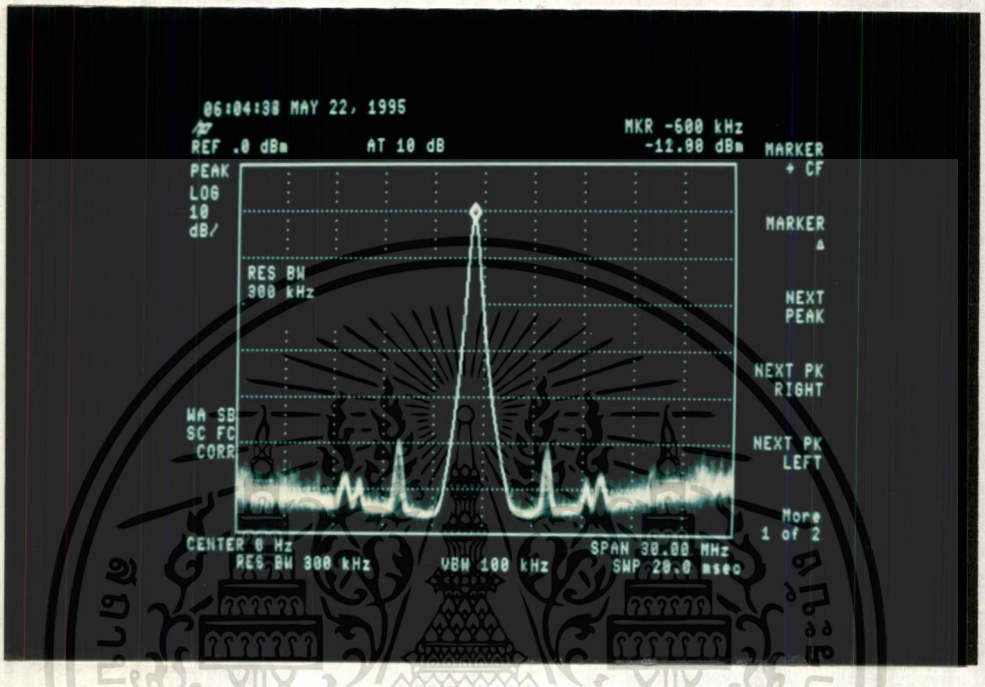
รูปที่ 4.2 สัญญาณเบสแบนด์ที่วัดด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป

4.2.2 ภาควีดิโอ

จุดวัดที่ 1.

สัญญาณเบสแบนด์ที่วัดได้จากจุด Tuner จะผ่านวงจรขยายและวงจรบัฟเฟอร์ และเมื่อนำสเปคตรัมอนาไลเซอร์มาวัดที่เอาท์พุทของบัฟเฟอร์จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 สัญญาณเบสแบนด์ที่วัดด้วยเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์

และเมื่อนำมาออสซิลโลสโคปมาวัดที่จุดเดียวกันจะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.4 โดยการตั้งฟังก์ชันของออสซิลโลสโคปดังนี้

MODE ANALOG .

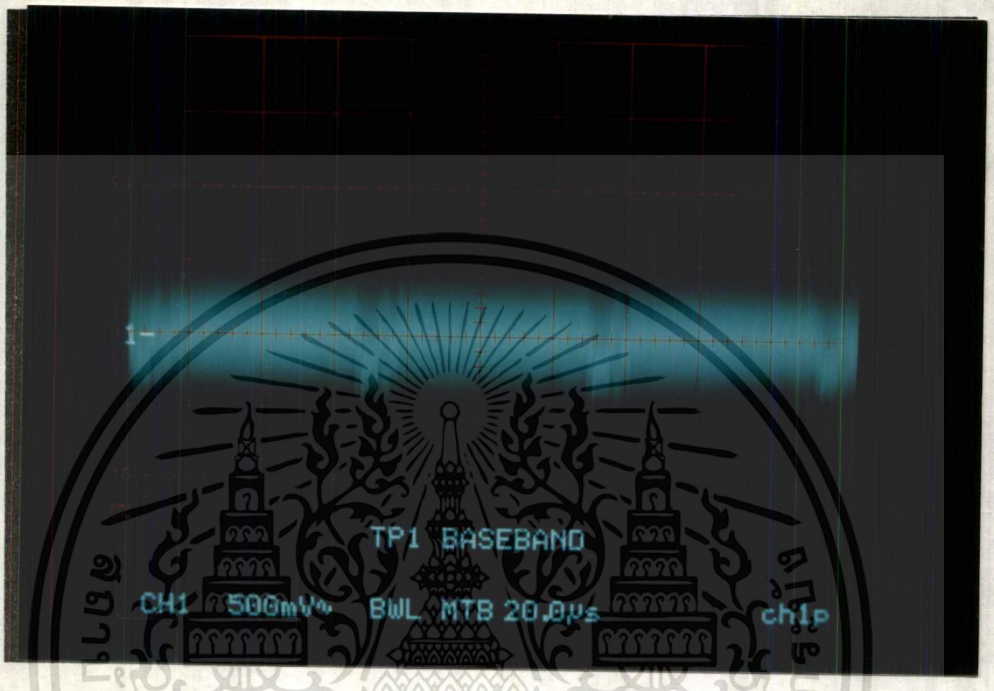
TIME/DIV 20 micro Second

VOLT/DIV 500 milli Volt

TRIGER SOURCE LINE .

TRIGING AC TV (PAL) POS .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 สัญญาณเบสแบนด์ที่วัดด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป

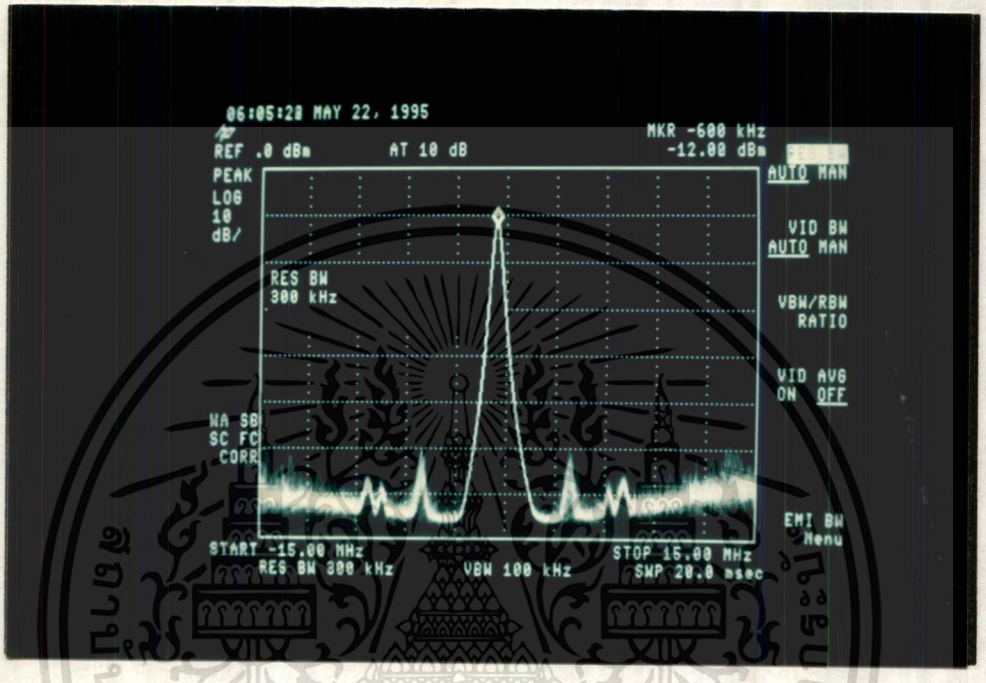
จุดวัดที่ 2.

เป็นสัญญาณเบสแบนด์เอาท์พุท ซึ่งมีลักษณะของสัญญาณเช่นเดียวกับจุดวัดที่ 1 สามารถนำออสซิลโลสโคปมาวัดสัญญาณได้ที่แจ็คเบสแบนด์เอาท์พุทบนหน้าปัทม์

จุดวัดที่ 3.

เป็นสัญญาณเบสแบนด์ที่ผ่านวงจรดีเอ็มฟาซิส ซึ่งสามารถนำเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์มาวัดสัญญาณที่จุดนี้จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 สัญญาณเบสแบนด์ที่ผ่านวงจรดีเอ็มฟาซิสโดยวัดด้วยเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์

และเมื่อนำมาออสซิลโลสโคปมาวัดที่จุดเดียวกันจะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.6 โดยการตั้งฟังก์ชันของออสซิลโลสโคปดังนี้

MODE ANALOG .

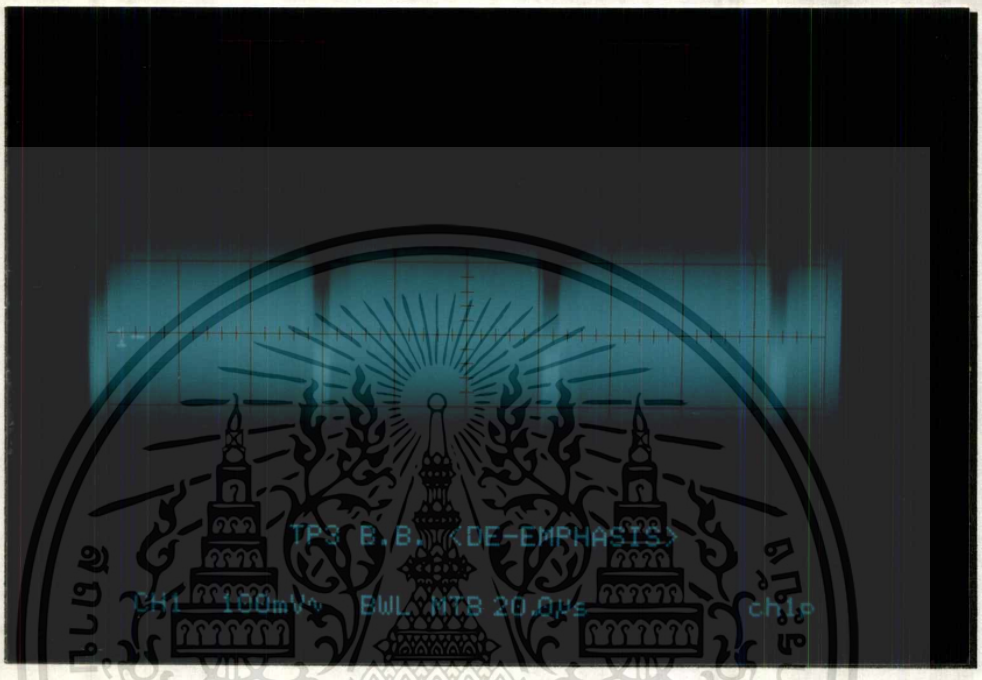
TIME/DIV 20 micro Second

VOLT/DIV 100 milli Volt

TRIGER SOURCE LINE .

TRIGING AC TV(PAL) POS .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

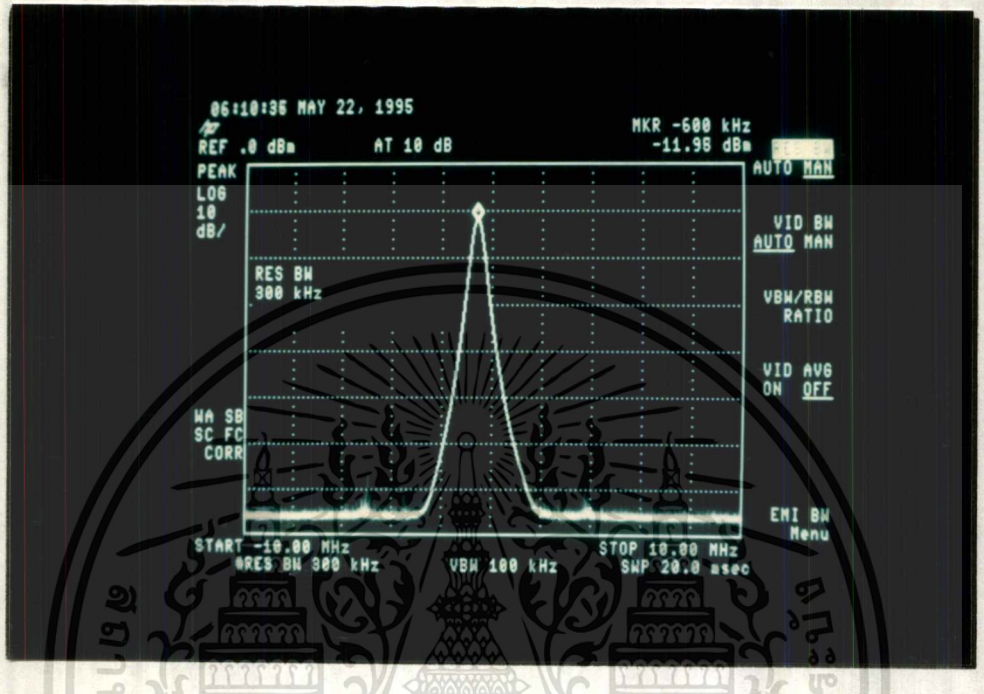


รูปที่ 4.6 สัญญาณเบสแบนด์ที่ผ่านวงจรดีเอ็มฟาซิสโดยวัดด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป

จุดวัดที่ 4.

เป็นสัญญาณเบสแบนด์ที่ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน โดยมีความถี่อยู่ในย่าน 0-5 MHz ซึ่งเรียกว่าสัญญาณวิดีโอคอมโพสิต โดยมีความถี่กลางของซับแคร์เรียร์ของสีอยู่ที่ 4.43 MHz (PAL B)สามารถนำเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์มาวัดสัญญาณที่จุดนี้ จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 สัญญาณวิดีโอคอมโพสิตที่ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

และเมื่อนำมาออสซิลโลสโคปมาวัดที่จุดเดียวกันจะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.8 โดยการตั้งฟังก์ชันของออสซิลโลสโคปดังนี้

MODE ANALOG .

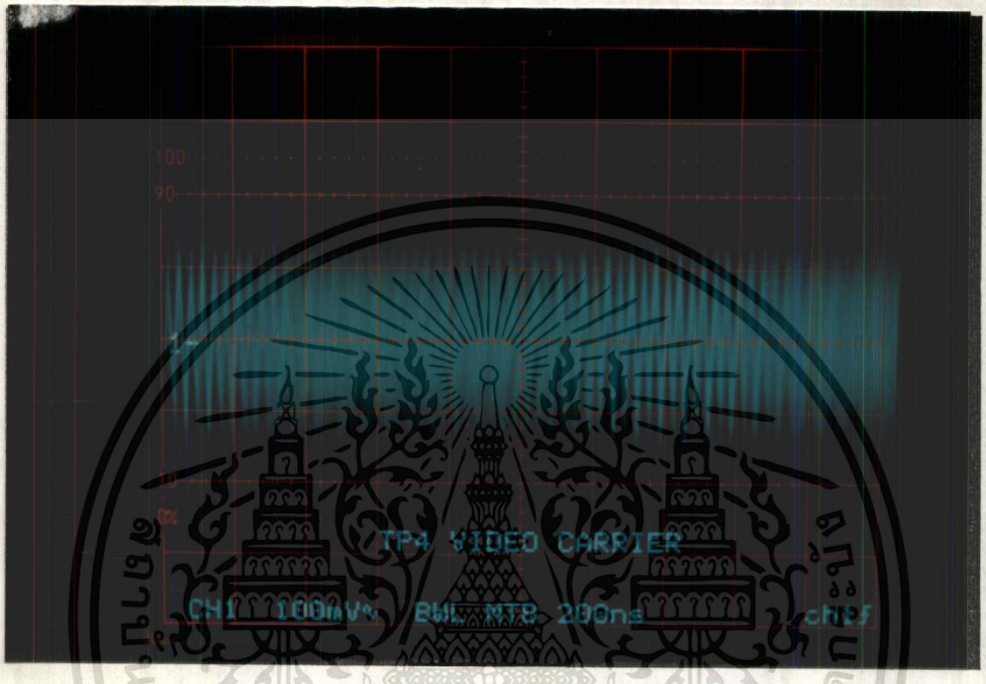
TIME/DIV 200 nano Second

VOLT/DIV 100 milli Volt

TRIGER SOURCE CH1 .

TRIGING AC POS .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 สัญญาณวิดีโอคอมโพสิตที่ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

จุดวัดที่ 5.

เป็นสัญญาณวิดดีโอที่ผ่านวงจรขยายความแตกต่าง ซึ่งสามารถนำเครื่องออสซิลโลสโคปมาวัดที่จุดนี้จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.9 โดยการตั้งฟังก์ชันของออสซิลโลสโคปดังนี้

MODE ANALOG .

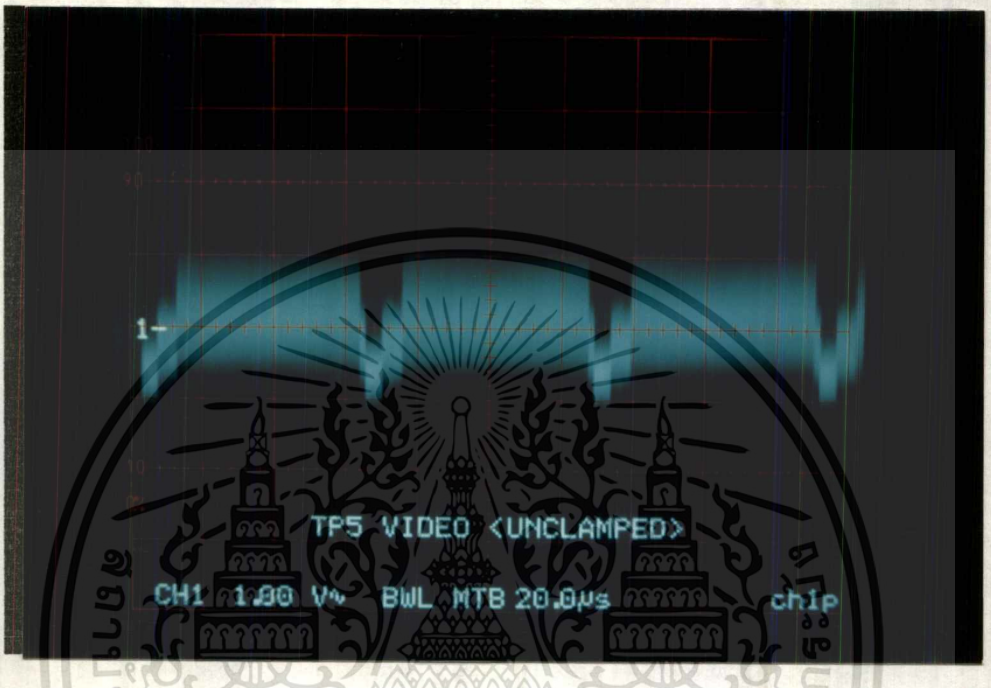
TIME/DIV 20 micro Second

VOLT/DIV 1.0 Volt

TRIGER SOURCE LINE .

TRIGING AC TV(PAL) POS .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 สัญญาณวิดีโอที่ผ่านวงจรขยายความแตกต่างโดยวัดด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป

จุดวัดที่ 6.

เป็นสัญญาณวิดีโอที่ผ่านวงจรแคลมป์ สามารถนำเครื่องออสซิลโลสโคปมาวัดสัญญาณที่จุดนี้จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.10 โดยการตั้งฟังก์ชันของออสซิลโลสโคปดังนี้

MODE ANALOG .

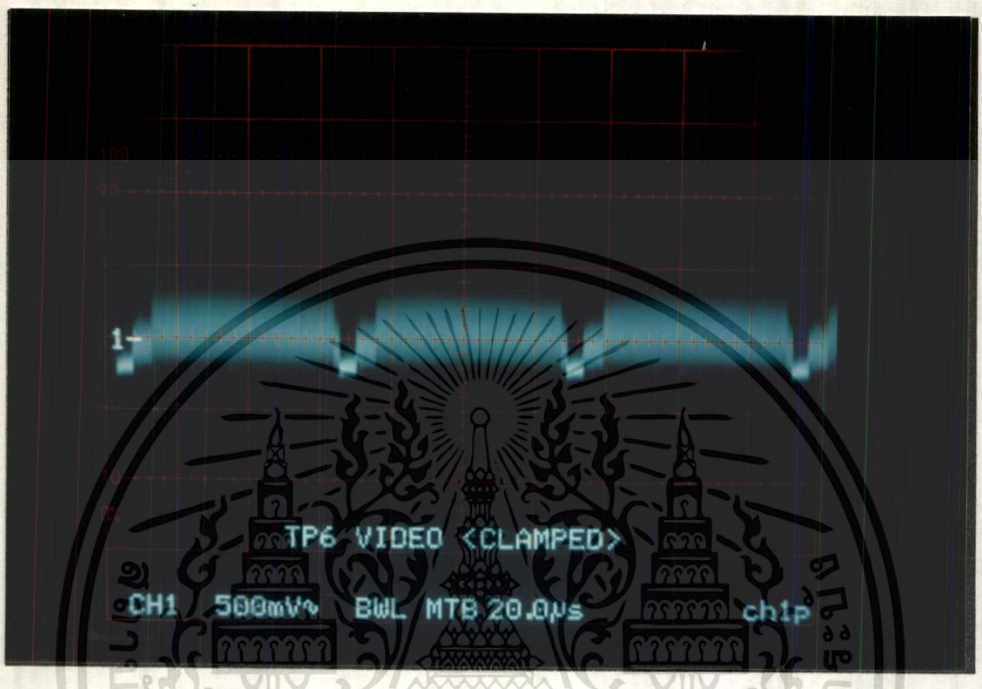
TIME/DIV 20 micro Second

VOLT/DIV 500 milli Volt

TRIGER SOURCE LINE .

TRIGING AC TV(PAL) POS .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



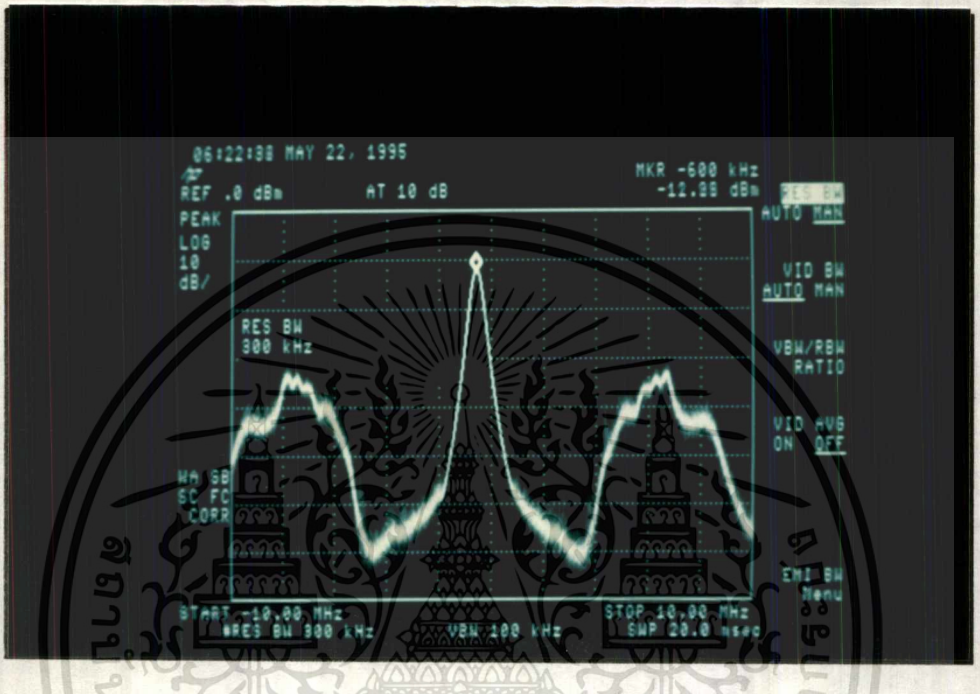
รูปที่ 4.10 สัญญาณวิดีโอที่ผ่านวงจรแคลมป์โดยวัดด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป

4.2.3 ภาคออดิโอ

จุดวัดที่ 7.

เป็นเบสแบนด์ที่ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน (BPF 5-8.5 MHz) จะได้เอาท์พุทเป็นสัญญาณ ซับแคร์เรียร์ของเสียง สามารถนำเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์มาวัดสัญญาณที่จุดนี้จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 สัญญาณซับแคร์เรียร์ของเสียงที่วัดด้วยเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์

และเมื่อนำมาออสซิลโลสโคปมาวัดที่จุดเดียวกันจะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.12โดยการตั้งฟังก์ชันของออสซิลโลสโคปดังนี้

MODE_____ANALOG_____.

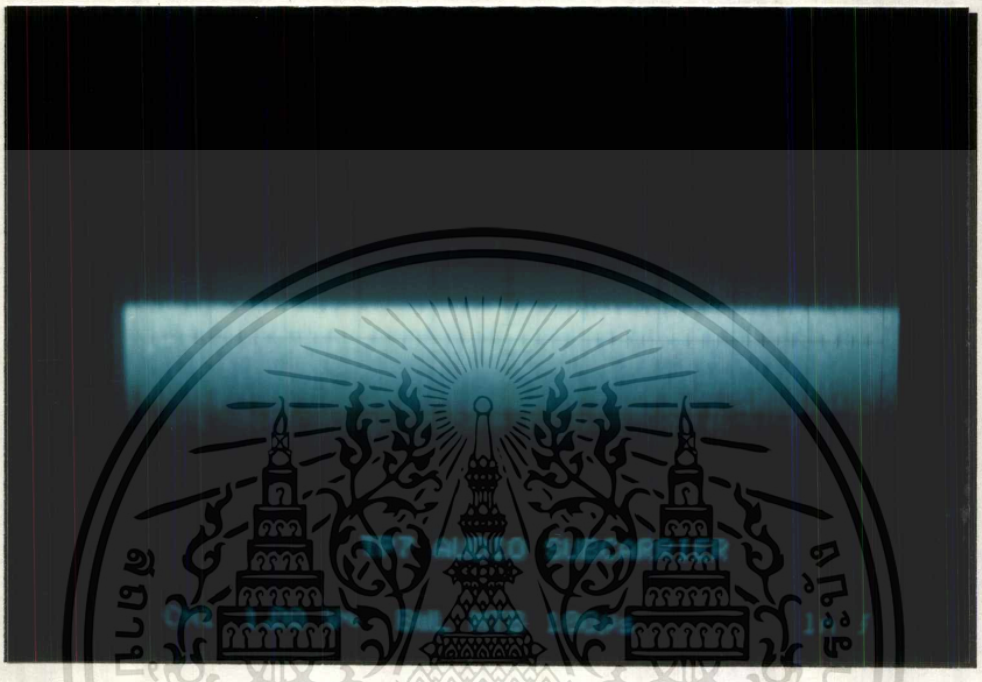
TIME/DIV__100 micro__Second

VOLT/DIV_____1.0_____Volt

TRIGER SOURCE___LINE___.

TRIGING_AC__POS__.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 สัญญาณซับแคร์เรียร์ของเสียงที่วัดด้วยเครื่องออสซิโลสโคป

จุดวัดที่ 8 (L) และ 14 (R)

เป็นแรงดันไฟตรงที่ใช้ควบคุมความถี่ของ VCO โดยจุดวัดที่ 8 เป็นของแชลแนลซ้ายส่วนจุดวัดที่ 14 เป็นของแชลแนลขวา ที่จุดนี้ถ้าแรงดันไฟตรงมีค่ามากจะทำให้ความถี่ที่จุด VCO มากตาม และถ้าแรงดันไฟตรงมีค่าน้อยความถี่ของ VCO ก็จะมีค่าน้อยตาม ซึ่งทดลองได้โดยการนำมิเตอร์ตั้งย่าน 50 Vdc มาวัดที่จุดนี้ แล้วทำการปรับความถี่โดยการกดปุ่ม AL หรือ AR Scan UP หรือ Douwn

จุดที่ 9 (L) และ 15 (R)

เป็นความถี่ของวงจร VCO ซึ่งมีความถี่อยู่ในช่วง 15.7 Mhz - 19.2 MHz สามารถนำเครื่องออสซิโลสโคปมาวัดสัญญาณที่จุดนี้จะได้ลักษณะสัญญาณดังรูปที่ 4.13 โดยการตั้งฟังก์ชันของออสซิลโลสโคปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

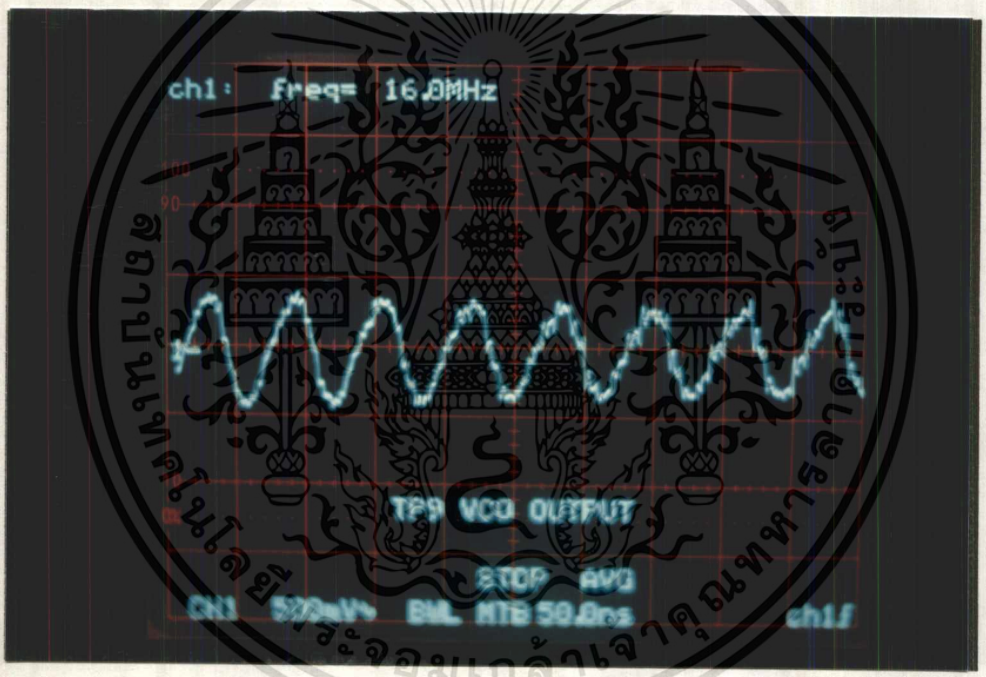
MODE DIGITAL .

TIME/DIV 50 nano Second

VOLT/DIV 500 milli Volt

TRIGER SOURCE CH1 .

TRIGING AC POS .

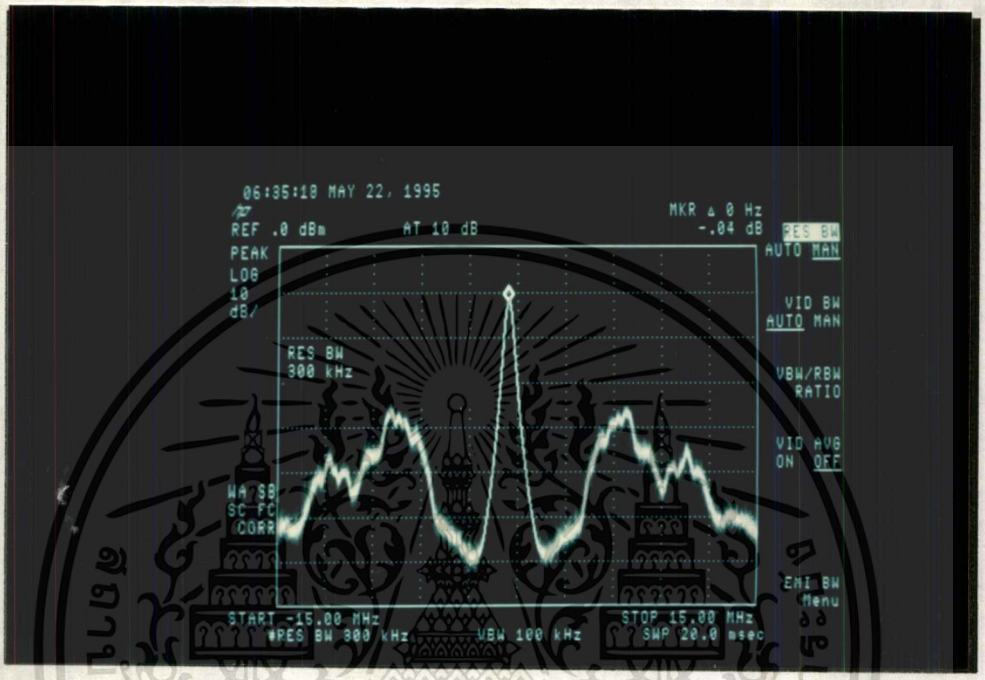


รูปที่ 4.13 สัญญาณความถี่ของ VCO ที่วัดด้วยเครื่องออสซิโลสโคป

จุดวัดที่ 10 (L) และ 16 (R)

เป็นสัญญาณเอาท์พุทของวงจรมิกเซอร์ซึ่งเป็นความถี่ผลรวมและผลต่างของความถี่ซับแคร์เรียร์ของเสียงและความถี่ของ VCO สามารถนำเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์มาวัดสัญญาณที่จุดนี้จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 สัญญาณเอาท์พุทของวงจรมิกเซอร์ที่วัดด้วยเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์

และเมื่อนำมาออสซิลโลสโคปมาวัดที่จุดเดียวกันจะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.15 โดยตั้งฟังก์ชันของออสซิลโลสโคปดังนี้

MODE ANALOG .

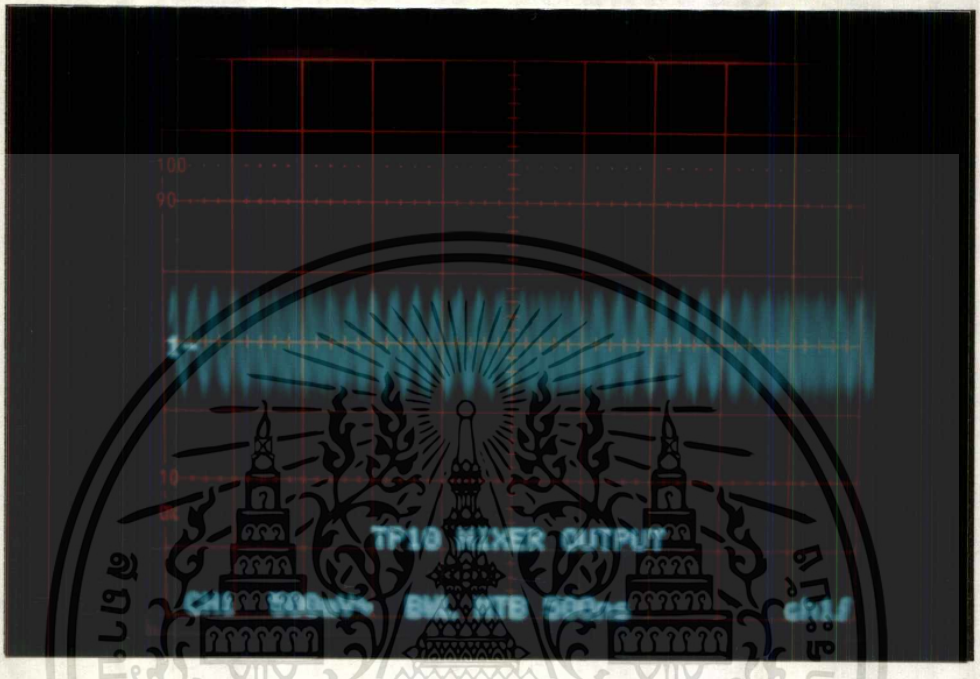
TIME/DIV 500 nano Second

VOLT/DIV 500 milli Volt

TRIGER SOURCE CH1 .

TRIGING AC POS .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

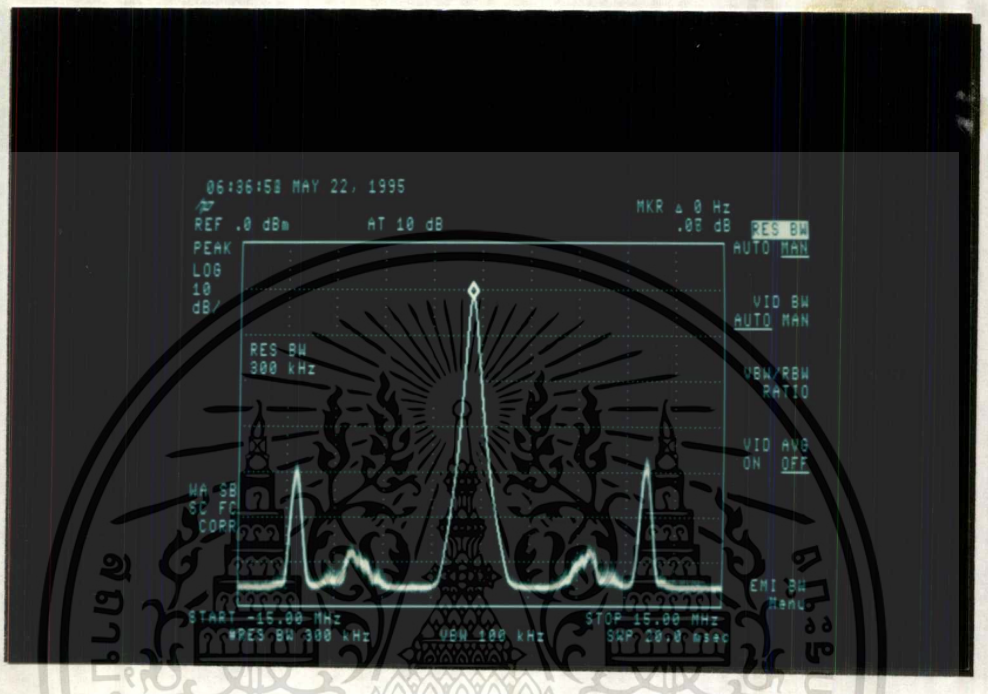


รูปที่ 4.15 สัญญาณความถี่เอาท์พุทของวงจรมิกเซอร์ที่วัดด้วยเครื่องออศซิลโลสโคป

จุดวัดที่ 11 (L) และ 17 (R)

ที่จุดนี้จะเป็นสัญญาณเอาท์พุทของวงจรมิกเซอร์ที่ผ่านเซรามิคฟิลเตอร์จะได้เอาท์พุทเป็นสัญญาณไอเอฟของเสียงความถี่ 10.7 MHz ซึ่งเป็นสัญญาณความถี่ผลต่างของความถี่ซับแคร์เรียร์ของเสียงและความถี่ของ VCO ที่ได้จากวงจรมิกเซอร์ สามารถนำเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์มาวัดสัญญาณที่จุดนี้จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 สัญญาณไอเอฟความถี่ 10.7 MHz ที่วัดด้วยเครื่องสเปคตรัมอนาไลเซอร์

และเมื่อนำมาออสซิลโลสโคปมาวัดที่จุดเดียวกันจะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.17 โดยตั้งฟังก์ชันของออสซิลโลสโคปดังนี้

MODE ANALOG .

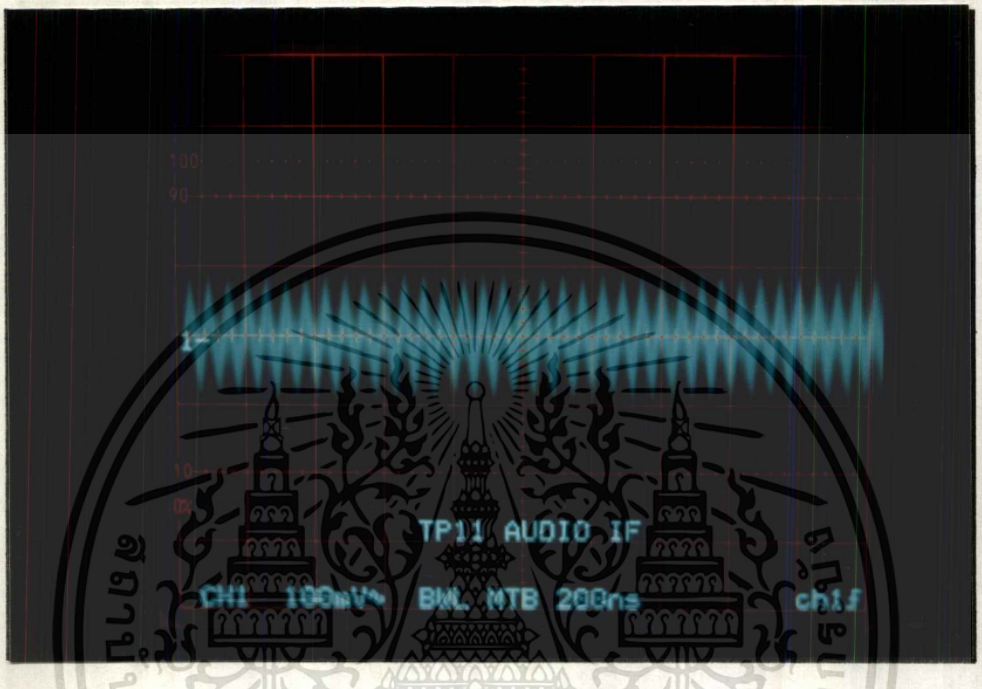
TIME/DIV 200 nano Second

VOLT/DIV 100 milli Volt

TRIGER SOURCE CH1 .

TRIGING AC POS .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 สัญญาณไอเอฟความถี่ 10.7 MHz ที่วัดด้วยออสซิลโลสโคป

จุดที่ 12 (L) และ 18 (R)

ที่จุดนี้คือเอาท์พุทของวงจรเอฟเอ็มดีเทกเตอร์จะเป็นสัญญาณความถี่เสียงสามารถนำเครื่องออสซิลโลสโคปมาวัดที่จุดนี้จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.18 โดยตั้งฟังก์ชันของออสซิลโลสโคปดังนี้

MODE ANALOG .

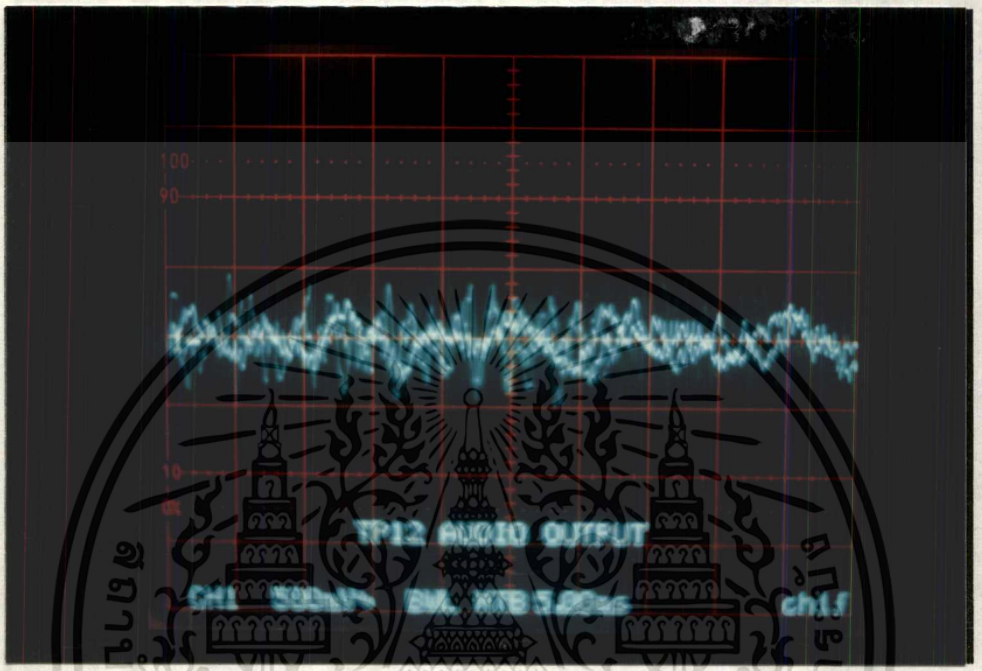
TIME/DIV 5 milli Second

VOLT/DIV 500 milli Volt

TRIGER SOURCE CH1 .

TRIGING AC POS .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 สัญญาณความถี่เสียงที่วัดด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป

จุดวัดที่ 13 (L) และ 19 (R)

เป็นสัญญาณความถี่เสียงที่ผ่านวงจรดีเอ็มฟาซิสและวงจรขยายสัญญาณ ซึ่งสามารถนำเครื่องออสซิลโลสโคปมาวัดสัญญาณที่จุดนี้จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.19 โดยตั้งฟังก์ชันของออสซิลโลสโคป ดังนี้

MODE ANALOG .

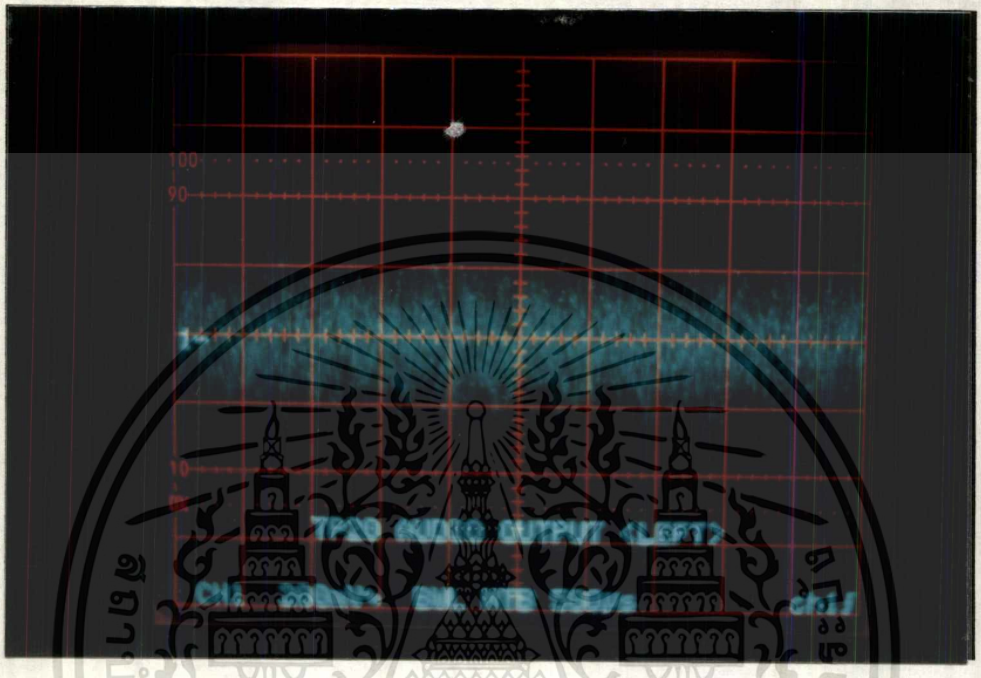
TIME/DIV 500 micro Second

VOLT/DIV 200 milli Volt

TRIGER SOURCE CH1 .

TRIGING AC POS .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 สัญญาณความถี่เสียงที่ผ่านการดีเอ็มฟาซิสโดยวัดด้วยเครื่องออสซิโลสโคป

จุดวัดที่ 20.

เป็นสัญญาณความถี่เสียงของแชลแนลซ้ายและขวาที่ผ่านวงจรขยายความแตกต่างจะได้สัญญาณเอาท์พุทเป็นสัญญาณความถี่เสียงระบบโมโน เมื่อนำเครื่องออสซิลโลสโคปมาวัดที่จุดเดียวกันจะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.20 โดยตั้งฟังก์ชันของออสซิลโลสโคปดังนี้

MODE ANALOG .

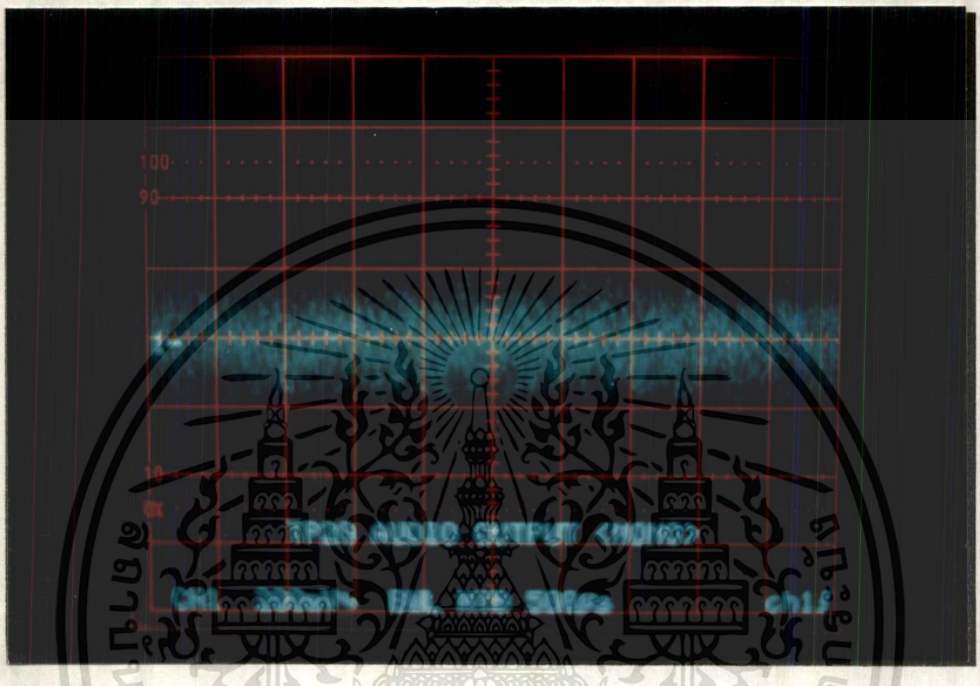
TIME/DIV 500 micro Second

VOLT/DIV 200 milli Volt

TRIGER SOURCE CH1 .

TRIGING AC POS .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 สัญญาณความถี่เสียงที่ผ่านวงจรขยายความแตกต่าง

จุดวัดที่ 21

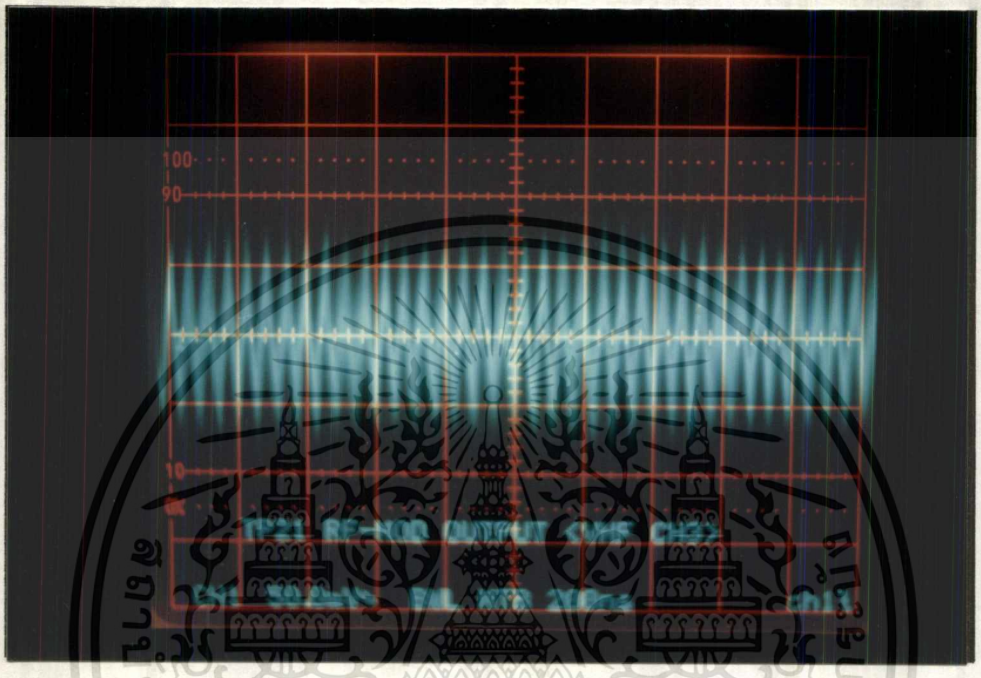
เป็นสัญญาณเอาพุทของวงจรอาร์เอฟมอดูเลทเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยสัญญาณคอมโพสิตของภาพและเสียง สามารถนำเครื่องออสซิลโลสโคปมาวัดที่จุดนี้จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.21 โดยตั้งฟังก์ชันของออสซิลโลสโคปดังนี้

MODE ANALOG . TIME/DIV 200 nano Second

VOLT/DIV 50 milli Volt TRIGER SOURCE CH1 .

TRIGING AC NEG .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 สัญญาณคอมโพสิตของภาพและเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป และแนวทางในการพัฒนา

5.1 บทสรุป

ชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณผ่านดาวเทียมเครื่องนี้สร้างขึ้นมาเพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาที่เกี่ยวกับระบบการส่งสัญญาณวิทยุและโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยเน้นให้เกิดความรู้ความเข้าใจถึงระบบการทำงานของเครื่องรับสัญญาณผ่านดาวเทียมโดยอาศัยบล็อคไดอะแกรมและวงจรที่ใช้งานจริงซึ่งจะก่อให้เกิดความเข้าใจทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติอย่างชัดเจน

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

จากการสร้างและทดลองชุดสาธิตเครื่องรับสัญญาณผ่านดาวเทียมนี้ ได้พบปัญหาและอุปสรรคต่างๆมากมายซึ่งสามารถที่สรุปได้ดังนี้

1.อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงจรบางประเภทหาซื้อไม่ได้ตามท้องตลาดโดยทั่วไปทำให้ต้องใช้อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันมาแทน ซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพและการทำงานของวงจรด้อยลงไปบ้าง แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถทำงานได้

2.วงจรรวมที่ทำหน้าที่เป็นวงจรเฟสล็อคลูปนั้นหาซื้อได้ยากทำให้เสียเวลาเป็นอย่างมากในการค้นคว้าและทดลอง อีกทั้งยังไม่สามารถหาคู่มือในการใช้งานวงจรเฟสล็อคลูปได้ ทำให้ไม่สามารถอธิบายการทำงานของวงจรส่วนนี้ได้อย่างละเอียด

3.ในส่วนของจุดวัดสัญญาณบางจุด เมื่อทำการวัดสัญญาณแล้วทำให้สัญญาณผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริง ทำให้ไม่สามารถนำมาเป็นจุดวัดสัญญาณได้

4.ตำราและเอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวกับระบบการส่งสัญญาณวิทยุและโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมมีจำนวนน้อย ทำให้เสียเวลาในการค้นคว้าและเรียบเรียง

5.3 แนวทางการพัฒนา

1.ออกแบบพัฒนาวงจรให้สามารถแสดงผลบนหน้าจอโทรทัศน์ (On screen display)

2.ออกแบบวงจรกรองความถี่ชนิดพาสซีฟฟิลเตอร์ (Passive filter) เป็นแอกทีฟฟิลเตอร์ (Active filter)

3.ออกแบบโปรแกรมควบคุมให้สามารถบันทึกข้อมูลที่ในการปรับความถี่ของภาพและเสียง รวมทั้งข้อมูลต่างๆที่ใช้แสดงผล โดยเก็บไว้ในหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] รองศาสตราจารย์ ณรงค์ เหมกรณ์; "การสื่อสารดาวเทียม" พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2534 ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กรุงเทพ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[2] ดร.ประสิทธิ์ ทีฆพุฒิ ; "การสื่อสารดาวเทียม" พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ.2536 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ กรุงเทพ:

[3] อาจารย์ รังสรรค์ วงศ์สรรค์ ; "โลกของการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม" พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2536 กรุงเทพ : สำนักพิมพ์นิตยสาร ซีคิว

[4] สำนักพิมพ์นิตยสาร ซีคิว ; "นิตรสารแซทเทลไลท์ ไทยแลนด์ ฉบับที่ 1 และ 2" พ.ศ.2536 กรุงเทพ : สำนักพิมพ์นิตยสาร ซีคิว

[5] FRANK , RICHARD , JOHN ; "WORLD SATELLITE TV & SCRAMBLINGMETHOD" 2nd Ed. 1991 : BAYIN PUBLICATION

[6] FRANK , BRENT , JOHN ;"Ku BAND SATELLITE TV" ,THEORY INSTALLATION & REPAIRING 4th Ed. 1991 : BAYIN PUBLICATION

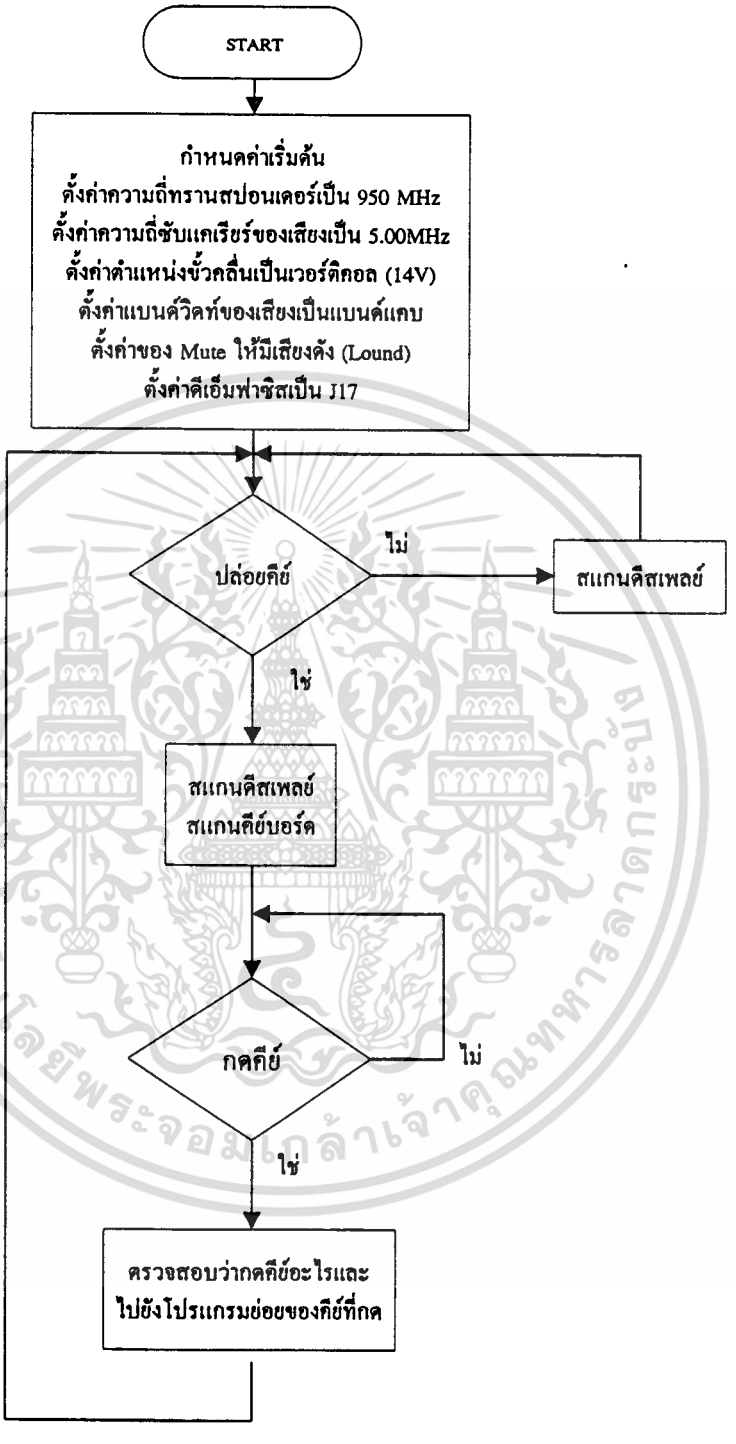
[7] D.J. STEPHENSON ; "NEWNES GUIDE TO SATELLITE TV" 2nd Ed. 1993 : B/H NEWNES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

โฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



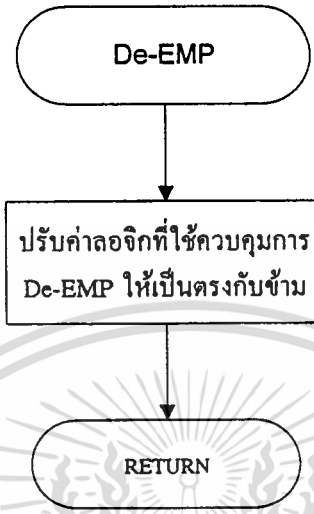
โฟลวชาร์ตของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟลวชาร์ตของโปรแกรมย่อย Mute

โฟลวชาร์ตของโปรแกรมย่อย Audio bandwidth

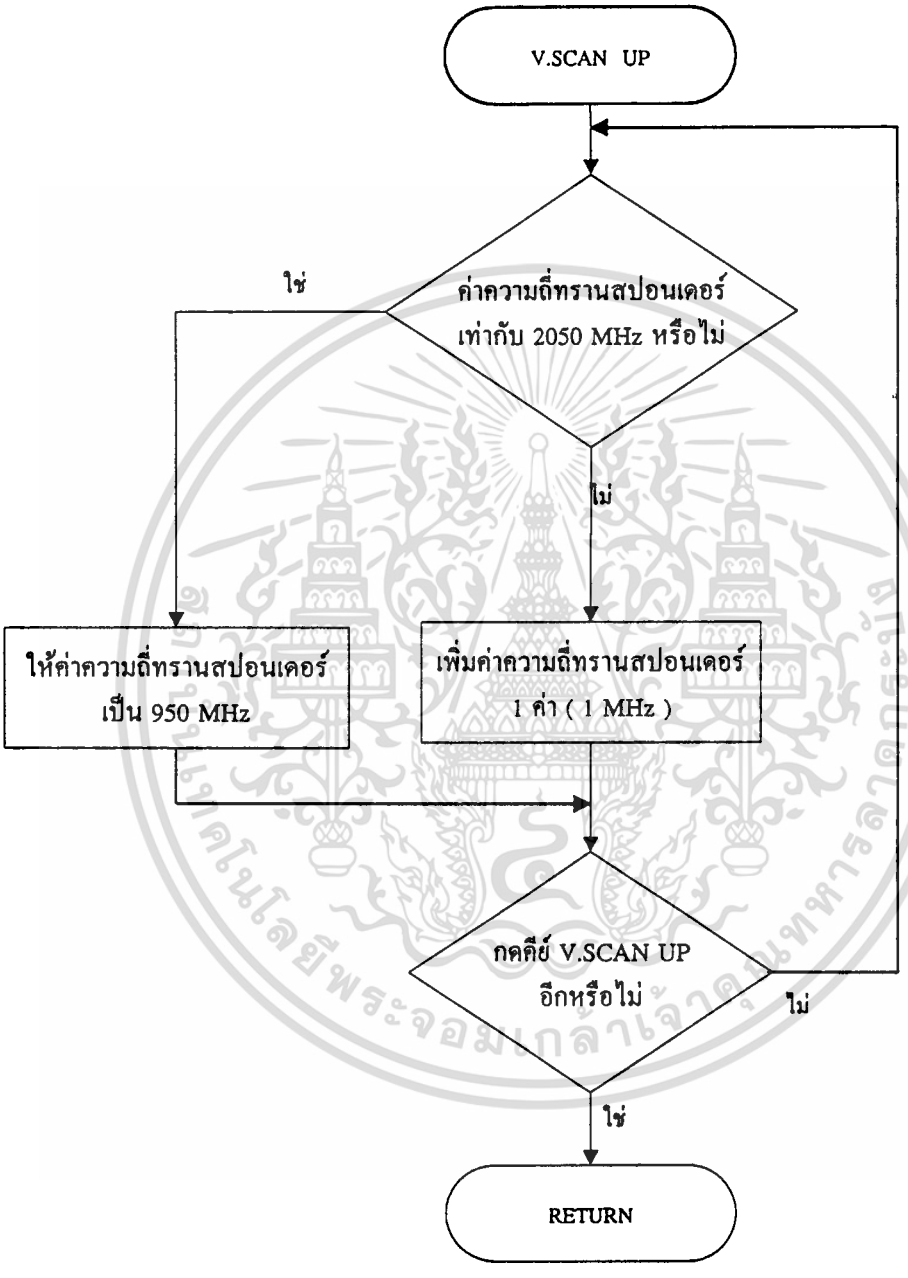
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โฟลวชาร์ตของโปรแกรมย่อย De-Emphasis

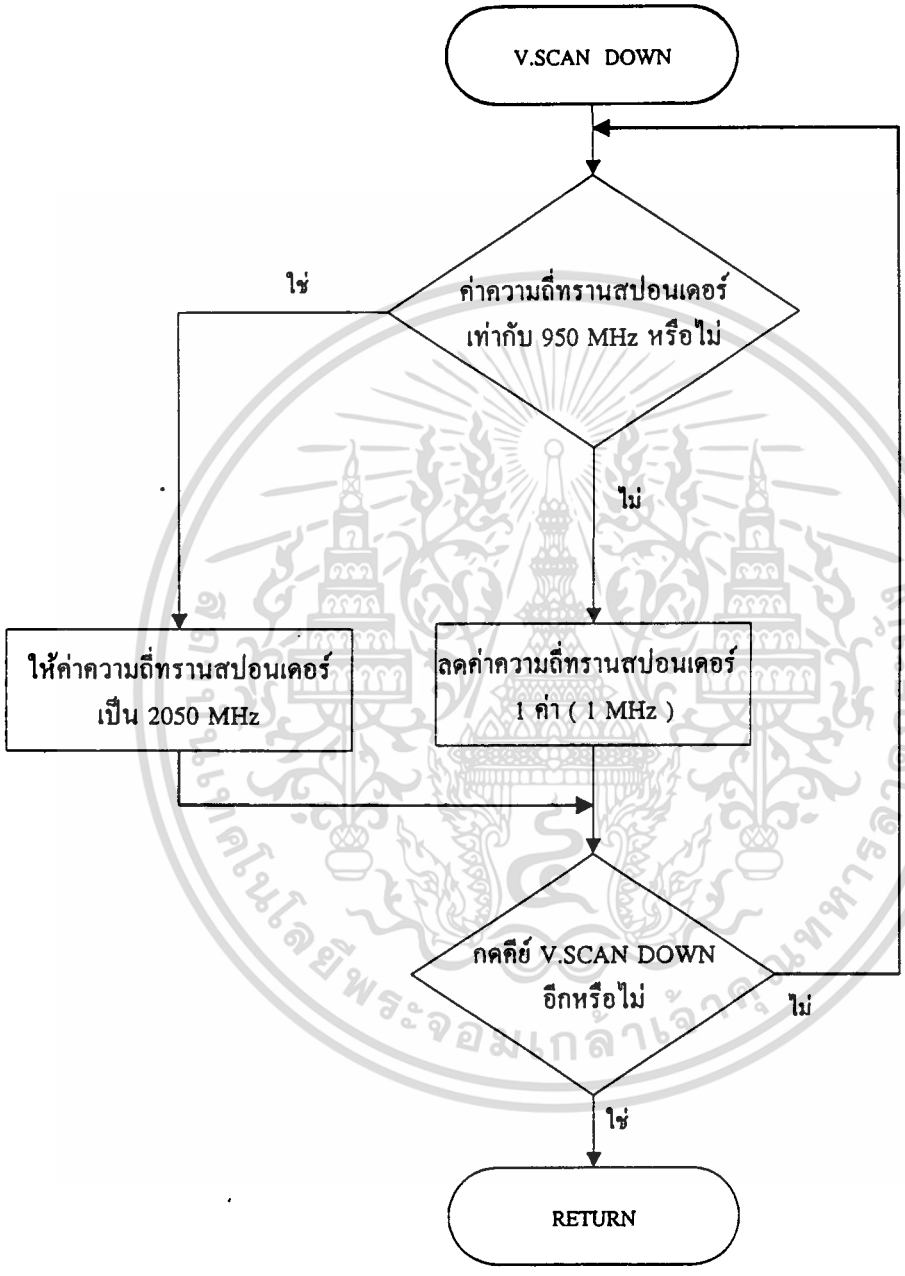
โฟลวชาร์ตของโปรแกรมย่อย 14/18V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



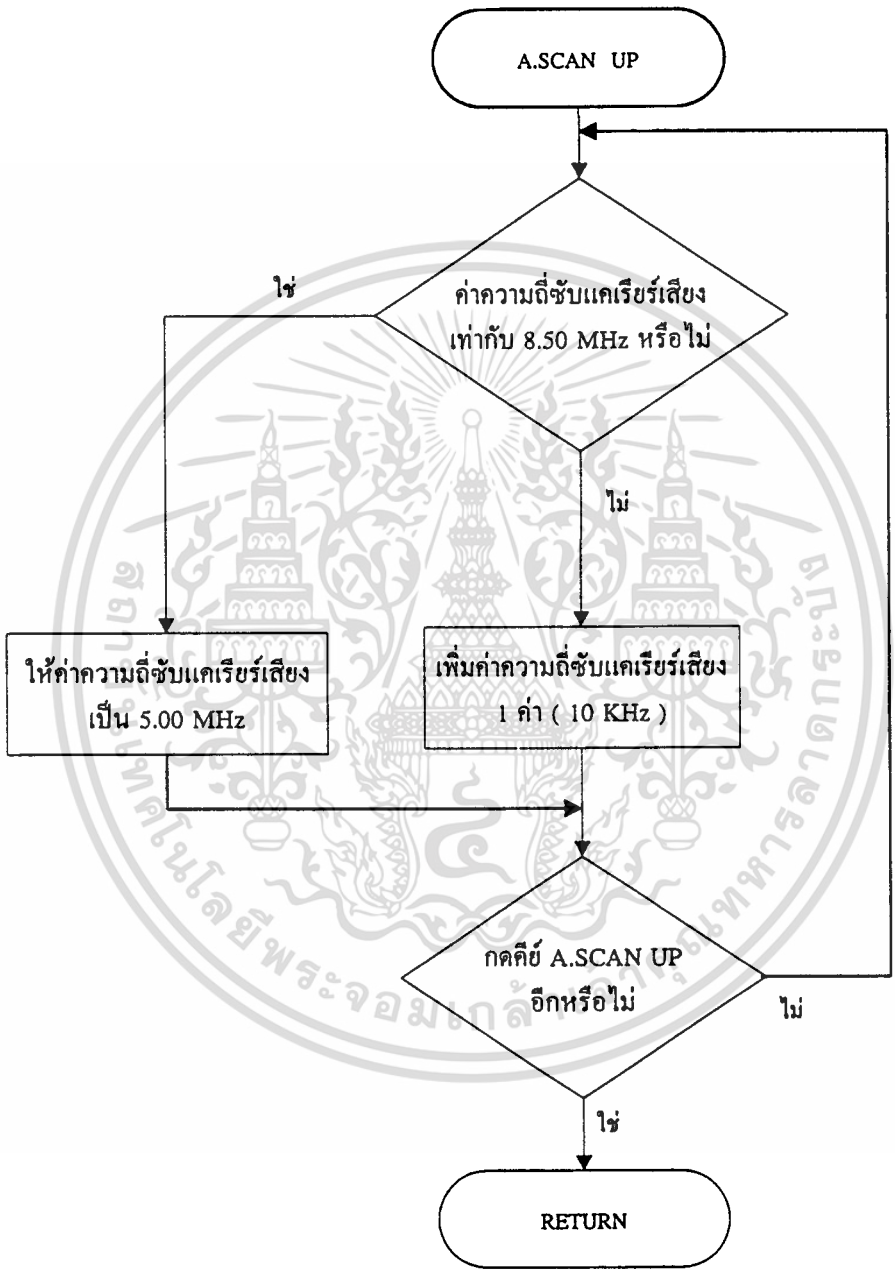
โฟลวชาร์ตของโปรแกรมย่อย Video scan up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



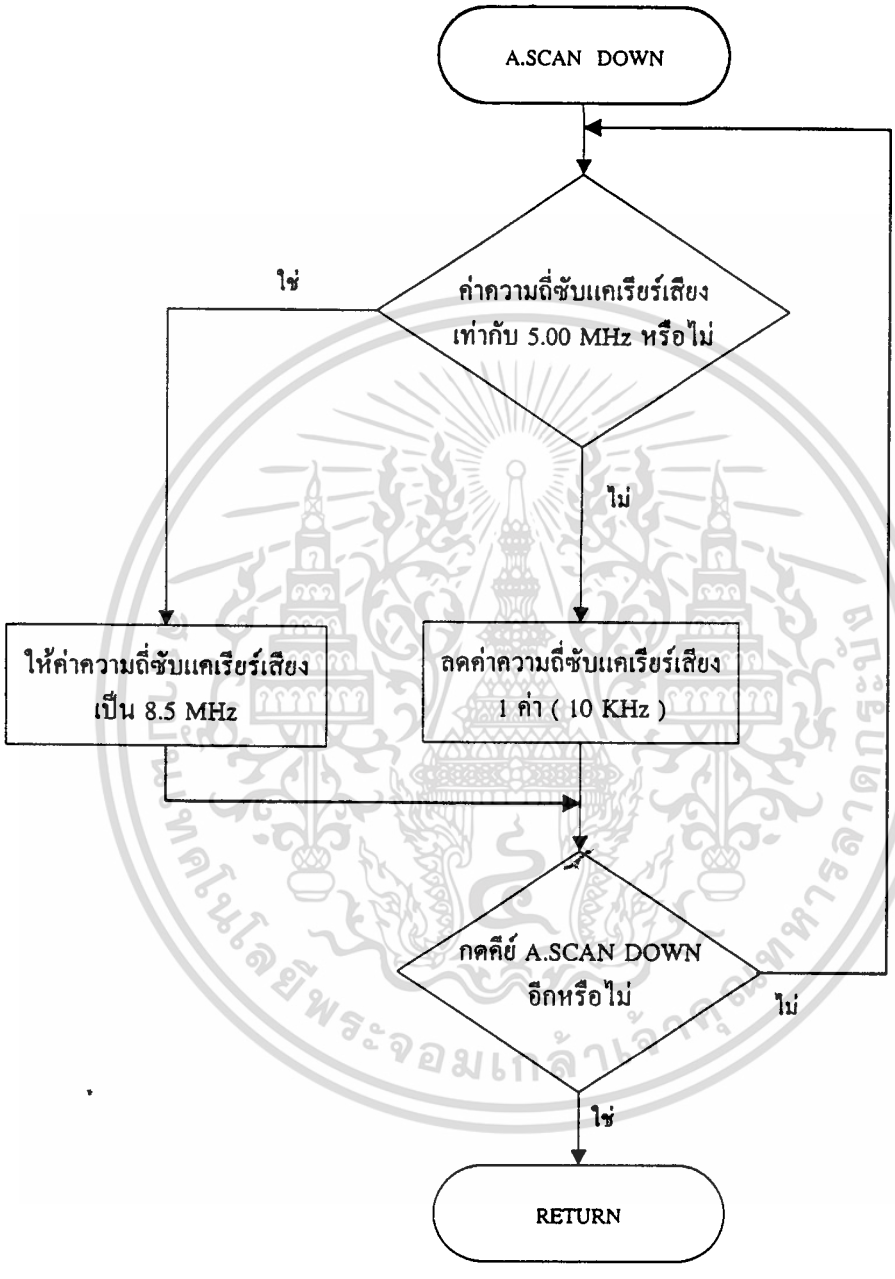
โฟลวชาร์ตของโปรแกรมย่อย Video scan down

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



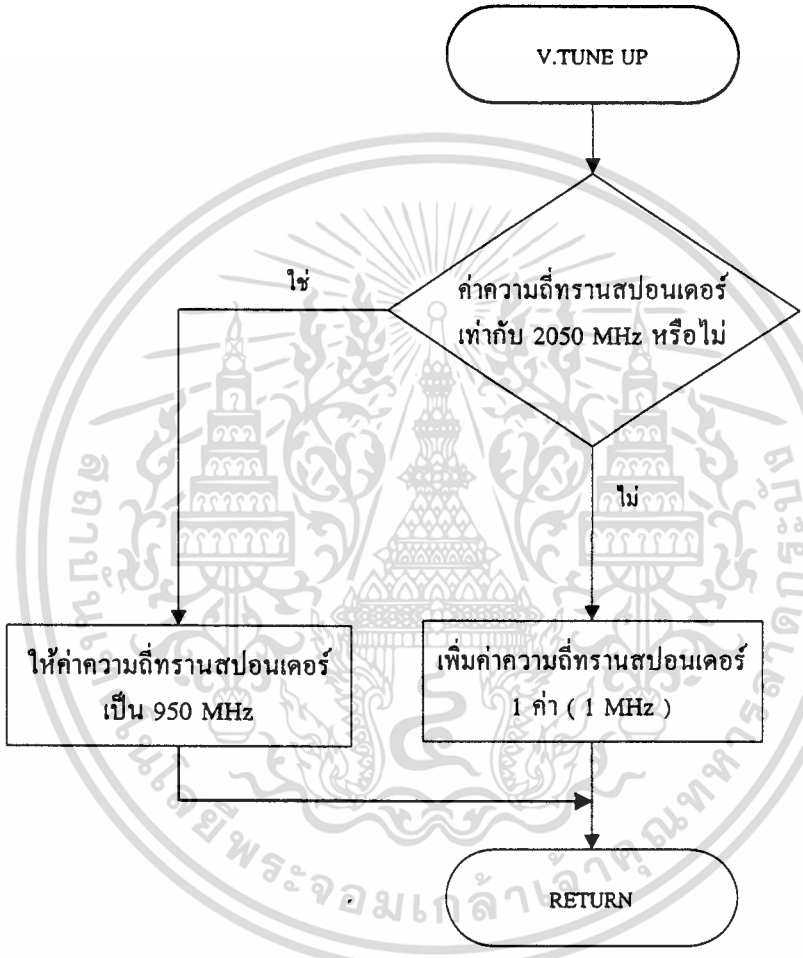
โฟลวชาร์ตของโปรแกรมย่อย Audio scan up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



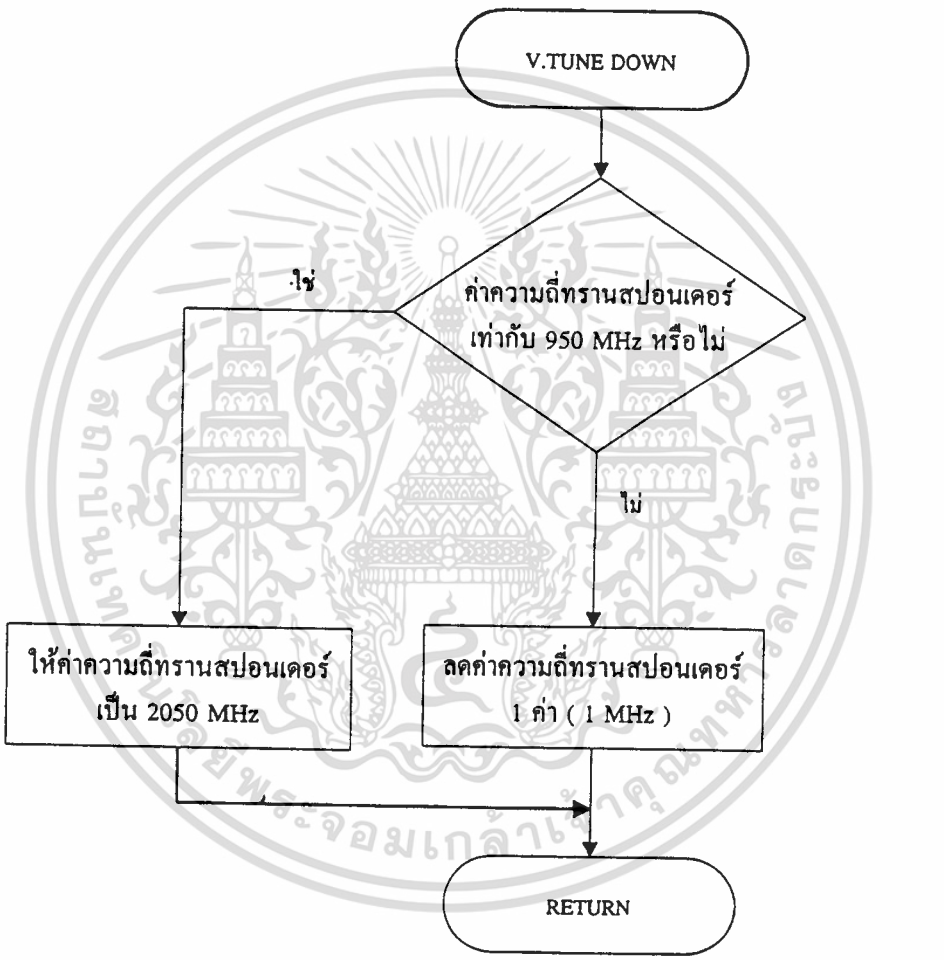
โฟลวชาร์ตของโปรแกรมย่อย Audio scan down

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



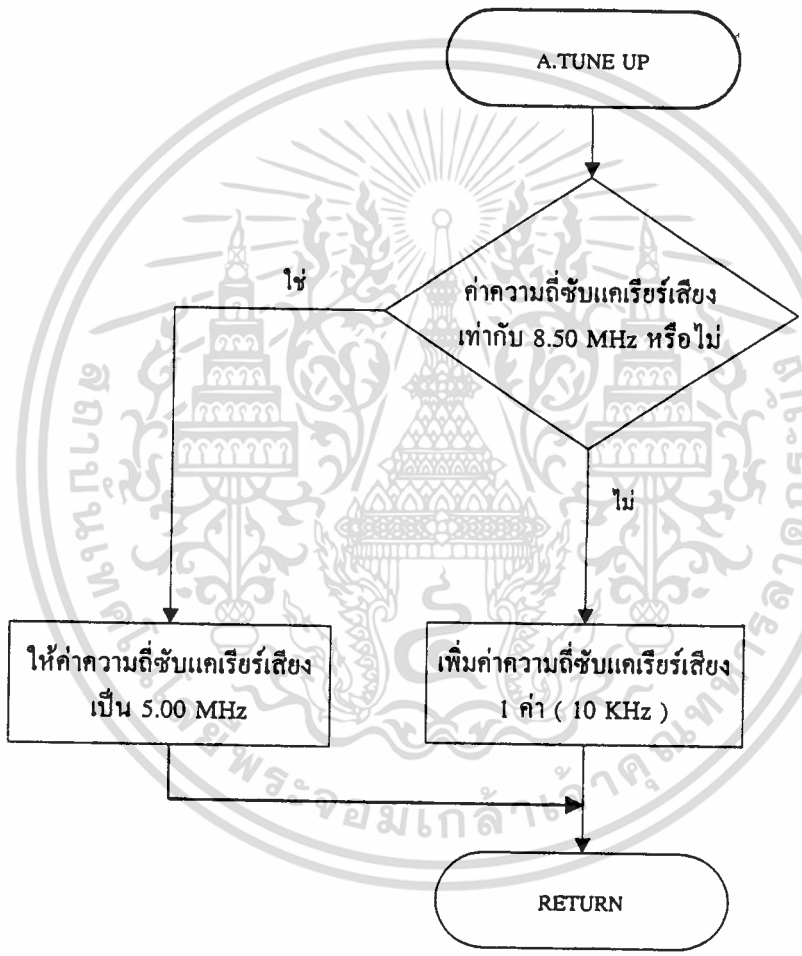
โฟลวชาร์ตของโปรแกรมย่อย Video tune up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โฟลวชาร์ตของโปรแกรมย่อย Video tune down

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โฟลวชาร์ตของโปรแกรมย่อย Audio tune up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โปรแกรมควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8051 Cross-Assembler (1.3) (C) 1987, 1989 Binary Technology

```
E0E3=          1     CTRL    EQU   0E0E3H
E0E0=          2     PORTA   EQU   0E0E0H
E0E1=          3     PORTB   EQU   0E0E1H
E0E2=          4     PORTC   EQU   0E0E2H
               5
0000           6             ORG   0H
               7
0000 7FFF      8             MOV   R7,#0FFH
0002 7EFF      9     WAIT:   MOV   R6,#0FFH
0004 00        10    WAIT2:  NOP
0005 00        11            NOP
0006 DEFC      12            DJNZ  R6,WAIT2
0008 DFF8      13            DJNZ  R7,WAIT
               14
000A 90E0E3    15            MOV   DPTR,#CTRL    ;INITIAL
000D 7481      16            MOV   A,#81H
000F F0        17            MOVX  @DPTR,A
               18
0010 753000    19            MOV   30H,#0H       ;Set Display
0013 753100    20            MOV   31H,#0H       ;Video 950
0016 753205    21            MOV   32H,#5H       ;AL 5.00
0019 753300    22            MOV   33H,#0H       ;AR 5.00
001C 753400    23            MOV   34H,#0H
001F 753505    24            MOV   35H,#5H
0022 753600    25            MOV   36H,#0H
0025 753705    26            MOV   37H,#5H
0028 753809    27            MOV   38H,#9H
002B 75390F    28            MOV   39H,#0FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                29
002E 759000     30              MOV     P1,#0H
0031 752000     31              MOV     20H,#0H
                32
0034 90E0E0     33              MOV     DPTR,#PORTA
0037 752A99     34              MOV     2AH,#99H
003A E52A       35              MOV     A,2AH
003C F0         36              MOVX    @DPTR,A
                37
003D 75D010     38              MOV     PSW,#10H        ;Use register BANK 2
0040 7B06       39              MOV     R3,#06H         ;data control PLL AL
0042 7A24       40              MOV     R2,#24H         ;Frequency 5.00 MHz
0044 120C76     41              LCALL   AL_PLL
0047 7D06       42              MOV     R5,#06H         ;data control PLL AR
0049 7C24       43              MOV     R4,#24H         ;Frequency 5.00 MHz
004B 120C30     44              LCALL   AR_PLL
004E 7905       45              MOV     R1,#05H         ;data control PLL Video
0050 7895       46              MOV     R0,#95H         ;Frequency 950 MHz
0052 120CBC     47              LCALL   V_PLL
                48
0055 019B       49              AJMP    MAIN
                50
                51              ; ************************
                52              ; Program test KEY open ?
                53              ; ************************
                54
0057 120364     55      TEST:   LCALL   SCAN1
005A 90E0E2     56              MOV     DPTR,#PORTC
005D E0         57              MOVX    A,@DPTR
005E 540F       58              ANL     A,#0FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0060 44F0    59              ORL   A,#0F0H
0062 F4      60              CPL   A          ;A = 0 IS KEY NOT
PRESS
0063 6003    61              JZ    TEST2      ;JUMP IF ACC = 0
0065 020057  62              LJMP  TEST
             63
0068 1204AC  64    TEST2:    LCALL SCAN2
006B 90E0E2  65              MOV   DPTR,#PORTC
006E E0      66              MOVX  A,@DPTR
006F 540F    67              ANL   A,#0FH
0071 44F0    68              ORL   A,#0F0H
0073 F4      69              CPL   A          ;A = 0 IS KEY NOT
PRESS
0074 6003    70              JZ    TEST3      ;JUMP IF ACC = 0
0076 020068  71              LJMP  TEST2
             72
0079 1205F4  73    TEST3:    LCALL SCAN3
007C 90E0E2  74              MOV   DPTR,#PORTC
007F E0      75              MOVX  A,@DPTR
0080 540F    76              ANL   A,#0FH
0082 44F0    77              ORL   A,#0F0H
0084 F4      78              CPL   A          ;A = 0 IS KEY NOT
PRESS
0085 6003    79              JZ    TEST4      ;JUMP IF ACC = 0
0087 020079  80              LJMP  TEST3
             81
008A 12073C  82    TEST4:    LCALL SCAN4
008D 90E0E2  83              MOV   DPTR,#PORTC
0090 E0      84              MOVX  A,@DPTR
0091 540F    85              ANL   A,#0FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0093 44F0    86              ORL   A,#0F0H
0095 F4      87              CPL   A          ;A = 0 IS KEY NOT
PRESS
0096 6003    88              JZ    MAIN       ;JUMP IF ACC = 0
0098 02008A  89              LJMP  TEST4
             90
             91
009B 75D000  92    MAIN:     MOV   PSW,#0H    ;Use register BANK 0
009E 90E0E1  93              MOV   DPTR,#PORTB ;Scan display digit 1
00A1 E530    94              MOV   A,30H      ;and scan keyboard
00A3 F0      95              MOVX  @DPTR,A
00A4 90E0E2  96              MOV   DPTR,#PORTC
00A7 532C0F  97              ANL   2CH,#0FH
00AA E52C    98              MOV   A,2CH
00AC F0      99              MOVX  @DPTR,A
00AD 120355  100             LCALL DELAY
             101
00B0 E0      102             MOVX  A,@DPTR
00B1 532CF0  103             ANL   2CH,#0F0H
00B4 452C    104             ORL   A,2CH
00B6 FA      105             MOV   R2,A
             106
00B7 540F    107             ANL   A,#0FH
00B9 44F0    108             ORL   A,#0F0H
00BB F4      109             CPL   A          ;A = 0 is key not press
00BC 6003    110             JZ    NEXT1      ;JUMP IF ACC = 0
00BE D3      111             SETB  C          ;INDICATE KEY PRESS
00BF EA      112             MOV   A,R2
00C0 FB      113             MOV   R3,A
             114
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
00C1 90E0E1  115  NEXT1:  MOV   DPTR,#PORTB    ;SCAN OFF
00C4 740F    116          MOV   A,#0FH
00C6 F0      117          MOVX  @DPTR,A
00C7 90E0E2  118          MOV   DPTR,#PORTC
00CA 74FF    119          MOV   A,#0FFH
00CC F0      120          MOVX  @DPTR,A
             121
00CD 90E0E1  122          MOV   DPTR,#PORTB    ;Scan display digit 2
00D0 E531    123          MOV   A,31H          ;and scan keyboard
00D2 F0      124          MOVX  @DPTR,A
00D3 90E0E2  125          MOV   DPTR,#PORTC
00D6 532C0F  126          ANL   2CH,#0FH
00D9 432C10  127          ORL   2CH,#10H
00DC E52C    128          MOV   A,2CH
00DE F0      129          MOVX  @DPTR,A
00DF 120355  130          LCALL DELAY
             131
00E2 E0      132          MOVX  A,@DPTR
00E3 532CF0  133          ANL   2CH,#0F0H
00E6 452C    134          ORL   A,2CH
00E8 FA      135          MOV   R2,A
             136
00E9 540F    137          ANL   A,#0FH
00EB 44F0    138          ORL   A,#0F0H
00ED F4      139          CPL   A
00EE 6003    140          JZ    NEXT2
00F0 D3      141          SETB  C
00F1 EA      142          MOV   A,R2
00F2 FB      143          MOV   R3,A
             144
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
00F3 90E0E1  145  NEXT2:  MOV   DPTR,#PORTB    ;SCAN OFF
00F6 740F    146          MOV   A,#0FH
00F8 F0      147          MOVX  @DPTR,A
00F9 90E0E2  148          MOV   DPTR,#PORTC
00FC 74FF    149          MOV   A,#0FFH
00FE F0      150          MOVX  @DPTR,A
             151
00FF 90E0E1  152          MOV   DPTR,#PORTB    ;Scan display digit 3
0102 E532    153          MOV   A,32H          ;and scan keyboard
0104 F0      154          MOVX  @DPTR,A
0105 90E0E2  155          MOV   DPTR,#PORTC
0108 532C0F  156          ANL   2CH,#0FH
010B 432C20  157          ORL   2CH,#20H
010E E52C    158          MOV   A,2CH
0110 F0      159          MOVX  @DPTR,A
0111 120355  160          LCALL DELAY
             161
0114 E0      162          MOVX  A,@DPTR
0115 532CF0  163          ANL   2CH,#0F0H
0118 452C    164          ORL   A,2CH
011A FA      165          MOV   R2,A
             166
011B 540F    167          ANL   A,#0FH
011D 44F0    168          ORL   A,#0F0H
011F F4      169          CPL   A
0120 6003    170          JZ    NEXT3
0122 D3      171          SETB  C
0123 EA      172          MOV   A,R2
0124 FB      173          MOV   R3,A
             174
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0125 90E0E1  175  NEXT3:  MOV   DPTR,#PORTB   ;SCAN OFF
0128 740F    176         MOV   A,#0FH
012A F0      177         MOVX  @DPTR,A
012B 90E0E2  178         MOV   DPTR,#PORTC
012E 74FF    179         MOV   A,#0FFH
0130 F0      180         MOVX  @DPTR,A
             181
0131 90E0E1  182         MOV   DPTR,#PORTB   ;Scan display digit 4
0134 E533    183         MOV   A,33H         ;and scan key board
0136 F0      184         MOVX  @DPTR,A
0137 90E0E2  185         MOV   DPTR,#PORTC
013A 532C0F  186         ANL   2CH,#0FH
013D 432C30  187         ORL   2CH,#30H
0140 E52C    188         MOV   A,2CH
0142 F0      189         MOVX  @DPTR,A
0143 120355  190         LCALL DELAY
             191
0146 E0      192         MOVX  A,@DPTR
0147 532CF0  193         ANL   2CH,#0F0H
014A 452C    194         ORL   A,2CH
014C FA      195         MOV   R2,A
             196
014D 540F    197         ANL   A,#0FH
014F 44F0    198         ORL   A,#0F0H
0151 F4      199         CPL   A
0152 6003    200         JZ    NEXT4
0154 D3      201         SETB  C
0155 EA      202         MOV   A,R2
0156 FB      203         MOV   R3,A
             204
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0157 90E0E1  205  NEXT4:  MOV   DPTR,#PORTB    ;SCAN OFF
015A 740F    206         MOV   A,#0FH
015C F0      207         MOVX  @DPTR,A
015D 90E0E2  208         MOV   DPTR,#PORTC
0160 74FF    209         MOV   A,#0FFH
0162 F0      210         MOVX  @DPTR,A
             211
0163 90E0E1  212         MOV   DPTR,#PORTB    ;Scan display digit 5
0166 E534    213         MOV   A,34H
0168 F0      214         MOVX  @DPTR,A
0169 90E0E2  215         MOV   DPTR,#PORTC
016C 532C0F  216         ANL   2CH,#0FH
016F 432C40  217         ORL   2CH,#40H
0172 E52C    218         MOV   A,2CH
0174 F0      219         MOVX  @DPTR,A
0175 120355  220         LCALL DELAY
             221
0178 90E0E1  222         MOV   DPTR,#PORTB    ;SCAN OFF
017B 740F    223         MOV   A,#0FH
017D F0      224         MOVX  @DPTR,A
017E 90E0E2  225         MOV   DPTR,#PORTC
0181 74FF    226         MOV   A,#0FFH
0183 F0      227         MOVX  @DPTR,A
             228
0184 90E0E1  229         MOV   DPTR,#PORTB    ;Scan display digit 6
0187 E535    230         MOV   A,35H
0189 F0      231         MOVX  @DPTR,A
018A 90E0E2  232         MOV   DPTR,#PORTC
018D 532C0F  233         ANL   2CH,#0FH
0190 432C50  234         ORL   2CH,#50H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0193 E52C   235          MOV   A,2CH
0195 F0     236          MOVX  @DPTR,A
0196 120355 237          LCALL DELAY
            238
0199 90E0E1 239          MOV   DPTR,#PORTB    ;SCAN OFF
019C 740F   240          MOV   A,#0FH
019E F0     241          MOVX  @DPTR,A
019F 90E0E2 242          MOV   DPTR,#PORTC
01A2 74FF   243          MOV   A,#0FFH
01A4 F0     244          MOVX  @DPTR,A
            245
01A5 90E0E1 246          MOV   DPTR,#PORTB    ;Scan display digit 7
01A8 E536   247          MOV   A,36H
01AA F0     248          MOVX  @DPTR,A
01AB 90E0E2 249          MOV   DPTR,#PORTC
01AE 532C0F 250          ANL   2CH,#0FH
01B1 432C60 251          ORL   2CH,#60H
01B4 E52C   252          MOV   A,2CH
01B6 F0     253          MOVX  @DPTR,A
01B7 120355 254          LCALL DELAY
            255
01BA 90E0E1 256          MOV   DPTR,#PORTB    ;SCAN OFF
01BD 740F   257          MOV   A,#0FH
01BF F0     258          MOVX  @DPTR,A
01C0 90E0E2 259          MOV   DPTR,#PORTC
01C3 74FF   260          MOV   A,#0FFH
01C5 F0     261          MOVX  @DPTR,A
            262
01C6 90E0E1 263          MOV   DPTR,#PORTB    ;Scan display digit 8
01C9 E537   264          MOV   A,37H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
01CB F0      265          MOVX  @DPTR,A
01CC 90E0E2  266          MOV   DPTR,#PORTC
01CF 532C0F  267          ANL   2CH,#0FH
01D2 432C70  268          ORL   2CH,#70H
01D5 E52C    269          MOV   A,2CH
01D7 F0      270          MOVX  @DPTR,A
01D8 120355  271          LCALL DELAY
             272
01DB 90E0E1  273          MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
01DE 740F    274          MOV   A,#0FH
01E0 F0      275          MOVX  @DPTR,A
01E1 90E0E2  276          MOV   DPTR,#PORTC
01E4 74FF    277          MOV   A,#0FFH
01E6 F0      278          MOVX  @DPTR,A
             279
01E7 90E0E1  280          MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 9
01EA E538    281          MOV   A,38H
01EC F0      282          MOVX  @DPTR,A
01ED 90E0E2  283          MOV   DPTR,#PORTC
01F0 532C0F  284          ANL   2CH,#0FH
01F3 432C80  285          ORL   2CH,#80H
01F6 E52C    286          MOV   A,2CH
01F8 F0      287          MOVX  @DPTR,A
01F9 120355  288          LCALL DELAY
             289
01FC 90E0E1  290          MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
01FF 740F    291          MOV   A,#0FH
0201 F0      292          MOVX  @DPTR,A
0202 90E0E2  293          MOV   DPTR,#PORTC
0205 74FF    294          MOV   A,#0FFH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0207 F0      295              MOVX  @DPTR,A
             296
0208 90E0E1  297              MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 10
020B E539    298              MOV   A,39H
020D F0      299              MOVX  @DPTR,A
020E 90E0E2  300              MOV   DPTR,#PORTC
0211 532C0F  301              ANL   2CH,#0FH
0214 432C90  302              ORL   2CH,#90H
0217 E52C    303              MOV   A,2CH
0219 F0      304              MOVX  @DPTR,A
021A 120355  305              LCALL DELAY
             306
021D 90E0E1  307              MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
0220 740F    308              MOV   A,#0FH
0222 F0      309              MOVX  @DPTR,A
0223 90E0E2  310              MOV   DPTR,#PORTC
0226 74FF    311              MOV   A,#0FFH
0228 F0      312              MOVX  @DPTR,A
             313
0229 10D768  314              JBC   PSW.7,PRESS     ;KEY PRESSED
022C 200011  315              JB    0H,VSC_UP
022F 20011C  316              JB    1H,LSC_UP
0232 200227  317              JB    2H,RSC_UP
0235 200332  318              JB    3H,VSC_DW
0238 20043D  319              JB    4H,LSC_DW
023B 200548  320              JB    5H,RSC_DW
             321
023E 019B    322              AJMP  MAIN
             323
0240 7D20    324   VSC_UP:    MOV   R5,#20H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0242 7C05     325   LOOP:     MOV    R4,#5H
0244 DCFE     326             DJNZ   R4,$
0246 120364   327             LCALL  SCAN1
0249 DDF7     328             DJNZ   R5,LOOP
024B 0208B8   329             LJMP   V_UP
              330
024E 7D20     331   LSC_UP:   MOV    R5,#20H
0250 7C05     332   LOOP2:    MOV    R4,#5H
0252 DCFE     333             DJNZ   R4,$
0254 120364   334             LCALL  SCAN1
0257 DDF7     335             DJNZ   R5,LOOP2
0259 020A08   336             LJMP   AL_UP
              337
025C 7D20     338   RSC_UP:   MOV    R5,#20H
025E 7C05     339   LOOP3:    MOV    R4,#5H
0260 DCFE     340             DJNZ   R4,$
0262 120364   341             LCALL  SCAN1
0265 DDF7     342             DJNZ   R5,LOOP3
0267 020B1C   343             LJMP   AR_UP
              344
026A 7D20     345   VSC_DW:   MOV    R5,#20H
026C 7C05     346   LOOP4:    MOV    R4,#5H
026E DCFE     347             DJNZ   R4,$
0270 120364   348             LCALL  SCAN1
0273 DDF7     349             DJNZ   R5,LOOP4
0275 020964   350             LJMP   V_DW
              351
0278 7D20     352   LSC_DW:   MOV    R5,#20H
027A 7C05     353   LOOP5:    MOV    R4,#5H
027C DCFE     354             DJNZ   R4,$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
027E 120364  355              LCALL  SCAN1
0281 DDF7    356      DJNZ    R5,LOOP5
0283 020A8F  357              LJMP   AL_DW
             358
0286 7D20    359      RSC_DW: MOV    R5,#20H
0288 7C05    360      LOOP6:  MOV    R4,#5H
028A DCFE    361              DJNZ   R4,$
028C 120364  362              LCALL  SCAN1
028F DDF7    363              DJNZ   R5,LOOP6
0291 020BA3  364              LJMP   AR_DW
             365
             366
0294 EB      367      PRESS:  MOV    A,R3
0295 B40E03  368              CJNE   A,#0EH,KEY2    ;KEY MUTE
0298 020884  369              LJMP   MUTE
029B B40D03  370      KEY2:   CJNE   A,#0DH,KEY3    ;KEY A_BW
029E 020891  371              LJMP   A_BW
02A1 B40B03  372      KEY3:   CJNE   A,#0BH,KEY4    ;KEY DE_EMP
02A4 02089E  373              LJMP   DE_EMP
02A7 B40703  374      KEY4:   CJNE   A,#7H,NX_KY1   ;KEY 14_18
02AA 0208AB  375              LJMP   V_H
             376
02AD 200002  377      NX_KY1: JB     0H,U_VSC2
02B0 8008    378              SJMP   NX_KY2
02B2 B41E46  379      U_VSC2: CJNE   A,#1EH,RE_MN
02B5 C200    380              CLR    0H
02B7 020057  381              LJMP   TEST
             382
02BA 200102  383      NX_KY2: JB     1H,U_LSC2
02BD 8008    384              SJMP   NX_KY3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
02BF B42E39 385   U_LSC2:  CJNE   A,#2EH,RE_MN
02C2 C201   386            CLR    1H
02C4 020057 387            LJMP   TEST
            388
02C7 200202 389   NX_KY3:  JB     2H,U_RSC2
02CA 8008   390            SJMP   NX_KY4
02CC B43E2C 391   U_RSC2:  CJNE   A,#3EH,RE_MN
02CF C202   392            CLR    2H
02D1 020057 393            LJMP   TEST
            394
02D4 200302 395   NX_KY4:  JB     3H,D_VSC2
02D7 8008   396            SJMP   NX_KY5
02D9 B41D1F 397   D_VSC2:  CJNE   A,#1DH,RE_MN
02DC C203   398            CLR    3H
02DE 020057 399            LJMP   TEST
            400
02E1 200402 401   NX_KY5:  JB     4H,D_LSC2
02E4 8008   402            SJMP   NX_KY6
02E6 B42D12 403   D_LSC2:  CJNE   A,#2DH,RE_MN
02E9 C204   404            CLR    4H
02EB 020057 405            LJMP   TEST
            406
02EE 200502 407   NX_KY6:  JB     5H,D_RSC2
02F1 800B   408            SJMP   KEY5
02F3 B43D05 409   D_RSC2:  CJNE   A,#3DH,RE_MN
02F6 C205   410            CLR    5H
02F8 020057 411            LJMP   TEST
            412
            413
02FB 02009B 414   RE_MN:   LJMP   MAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                415
02FE B41E05     416     KEY5:   CJNE    A,#1EH,KEY6     ;KEY V_SCAN_UP
0301 D200       417             SETB    0H
0303 020057     418             LJMP    TEST
0306 B42E05     419     KEY6:   CJNE    A,#2EH,KEY7     ;KEY AL_SCAN_UP
0309 D201       420             SETB    1H
030B 020057     421             LJMP    TEST
030E B43E05     422     KEY7:   CJNE    A,#3EH,KEY8     ;KEY AR_SCAN_UP
0311 D202       423             SETB    2H
0313 020057     424             LJMP    TEST
0316 B41D05     425     KEY8:   CJNE    A,#1DH,KEY9     ;KEY V_SCAN_DOWN
0319 D203       426             SETB    3H
031B 020057     427             LJMP    TEST
031E B42D05     428     KEY9:   CJNE    A,#2DH,KEY10    ;KEY AL_SCAN_DOWN
0321 D204       429             SETB    4H
0323 020057     430             LJMP    TEST
0326 B43D05     431     KEY10:  CJNE    A,#3DH,KEY11    ;KEY AR_SCAN_DOWN
0329 D205       432             SETB    5H
032B 020057     433             LJMP    TEST
032E B41B03     434     KEY11:  CJNE    A,#1BH,KEY12    ;KEY V_UP
0331 0208B8     435             LJMP    V_UP
0334 B41703     436     KEY12:  CJNE    A,#17H,KEY13    ;KEY V_DOWN
0337 020964     437             LJMP    V_DW
033A B42B03     438     KEY13:  CJNE    A,#2BH,KEY14    ;KEY AL_UP
033D 020A08     439             LJMP    AL_UP
0340 B42703     440     KEY14:  CJNE    A,#27H,KEY15    ;KEY AL_DOWN
0343 020A8F     441             LJMP    AL_DW
0346 B43B03     442     KEY15:  CJNE    A,#3BH,KEY16    ;KEY AR_UP
0349 020B1C     443             LJMP    AR_UP
034C B43703     444     KEY16:  CJNE    A,#37H,LAST     ;KEY AR_DOWN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
034F 020BA3  445            LJMP    AR_DW
0352 02009B  446  LAST:     LJMP    MAIN
             447
             448            ; *********************
             449            ; SUBROUTINE DELAY
             450            ; *********************
             451
0355 757E02  452  DELAY:    MOV     7EH,#2          ;SUBROUTINE DELAY
0358 757F0A  453  DELAY1:   MOV     7FH,#10
035B 00      454  DELAY2:   NOP
035C 00      455            NOP
035D D57FFB  456            DJNZ    7FH,DELAY2
0360 D57EF5  457            DJNZ    7EH,DELAY1
             458
0363 22      459            RET
             460
             461            ; ****************************************
             462            ; Subroutine wait by scan display until key open
             463            ; ****************************************
             464
0364 90E0E1  465  SCAN1:    MOV     DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
0367 740F    466            MOV     A,#0FH
0369 F0      467            MOVX    @DPTR,A
036A 90E0E2  468            MOV     DPTR,#PORTC
036D 74FF    469            MOV     A,#0FFH
036F F0      470            MOVX    @DPTR,A
             471
0370 90E0E1  472            MOV     DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 2
0373 E531    473            MOV     A,31H
0375 F0      474            MOVX    @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0376 90E0E2  475              MOV   DPTR,#PORTC
0379 532C0F  476              ANL   2CH,#0FH
037C 432C10  477              ORL   2CH,#10H
037F E52C    478              MOV   A,2CH
0381 F0      479              MOVX  @DPTR,A
0382 120355  480              LCALL DELAY
             481
0385 90E0E1  482              MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
0388 740F    483              MOV   A,#0FH
038A F0      484              MOVX  @DPTR,A
038B 90E0E2  485              MOV   DPTR,#PORTC
038E 74FF    486              MOV   A,#0FFH
0390 F0      487              MOVX  @DPTR,A
             488
0391 90E0E1  489              MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 3
0394 E532    490              MOV   A,32H
0396 F0      491              MOVX  @DPTR,A
0397 90E0E2  492              MOV   DPTR,#PORTC
039A 532C0F  493              ANL   2CH,#0FH
039D 432C20  494              ORL   2CH,#20H
03A0 E52C    495              MOV   A,2CH
03A2 F0      496              MOVX  @DPTR,A
03A3 120355  497              LCALL DELAY
             498
03A6 90E0E1  499              MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
03A9 740F    500              MOV   A,#0FH
03AB F0      501              MOVX  @DPTR,A
03AC 90E0E2  502              MOV   DPTR,#PORTC
03AF 74FF    503              MOV   A,#0FFH
03B1 F0      504              MOVX  @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                505
03B2 90E0E1     506         MOV     DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 4
03B5 E533       507         MOV     A,33H
03B7 F0         508         MOVX    @DPTR,A
03B8 90E0E2     509         MOV     DPTR,#PORTC
03BB 532C0F     510         ANL     2CH,#0FH
03BE 432C30     511         ORL     2CH,#30H
03C1 E52C       512         MOV     A,2CH
03C3 F0         513         MOVX    @DPTR,A
03C4 120355     514         LCALL   DELAY
                515
03C7 90E0E1     516         MOV     DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
03CA 740F       517         MOV     A,#0FH
03CC F0         518         MOVX    @DPTR,A
03CD 90E0E2     519         MOV     DPTR,#PORTC
03D0 74FF       520         MOV     A,#0FFH
03D2 F0         521         MOVX    @DPTR,A
                522
03D3 90E0E1     523         MOV     DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 5
03D6 E534       524         MOV     A,34H
03D8 F0         525         MOVX    @DPTR,A
03D9 90E0E2     526         MOV     DPTR,#PORTC
03DC 532C0F     527         ANL     2CH,#0FH
03DF 432C40     528         ORL     2CH,#40H
03E2 E52C       529         MOV     A,2CH
03E4 F0         530         MOVX    @DPTR,A
03E5 120355     531         LCALL   DELAY
                532
03E8 90E0E1     533         MOV     DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
03EB 740F       534         MOV     A,#0FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
03ED F0      535          MOVX  @DPTR,A
03EE 90E0E2  536          MOV   DPTR,#PORTC
03F1 74FF    537          MOV   A,#0FFH
03F3 F0      538          MOVX  @DPTR,A
             539
03F4 90E0E1  540          MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 6
03F7 E535    541          MOV   A,35H
03F9 F0      542          MOVX  @DPTR,A
03FA 90E0E2  543          MOV   DPTR,#PORTC
03FD 532C0F  544          ANL   2CH,#0FH
0400 432C50  545          ORL   2CH,#50H
0403 E52C    546          MOV   A,2CH
0405 F0      547          MOVX  @DPTR,A
0406 120355  548          LCALL DELAY
             549
0409 90E0E1  550          MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
040C 740F    551          MOV   A,#0FH
040E F0      552          MOVX  @DPTR,A
040F 90E0E2  553          MOV   DPTR,#PORTC
0412 74FF    554          MOV   A,#0FFH
0414 F0      555          MOVX  @DPTR,A
             556
0415 90E0E1  557          MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 7
0418 E536    558          MOV   A,36H
041A F0      559          MOVX  @DPTR,A
041B 90E0E2  560          MOV   DPTR,#PORTC
041E 532C0F  561          ANL   2CH,#0FH
0421 432C60  562          ORL   2CH,#60H
0424 E52C    563          MOV   A,2CH
0426 F0      564          MOVX  @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0427 120355   565              LCALL  DELAY
              566
042A 90E0E1   567              MOV    DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
042D 740F     568              MOV    A,#0FH
042F F0       569              MOVX   @DPTR,A
0430 90E0E2   570              MOV    DPTR,#PORTC
0433 74FF     571              MOV    A,#0FFH
0435 F0       572              MOVX   @DPTR,A
              573
0436 90E0E1   574              MOV    DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 8
0439 E537     575              MOV    A,37H
043B F0       576              MOVX   @DPTR,A
043C 90E0E2   577              MOV    DPTR,#PORTC
043F 532C0F   578              ANL    2CH,#0FH
0442 432C70   579              ORL    2CH,#70H
0445 E52C     580              MOV    A,2CH
0447 F0       581              MOVX   @DPTR,A
0448 120355   582              LCALL  DELAY
              583
044B 90E0E1   584              MOV    DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
044E 740F     585              MOV    A,#0FH
0450 F0       586              MOVX   @DPTR,A
0451 90E0E2   587              MOV    DPTR,#PORTC
0454 74FF     588              MOV    A,#0FFH
0456 F0       589              MOVX   @DPTR,A
              590
0457 90E0E1   591              MOV    DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 9
045A E538     592              MOV    A,38H
045C F0       593              MOVX   @DPTR,A
045D 90E0E2   594              MOV    DPTR,#PORTC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0460 532C0F  595          ANL   2CH,#0FH
0463 432C80  596          ORL   2CH,#80H
0466 E52C    597          MOV   A,2CH
0468 F0      598          MOVX  @DPTR,A
0469 120355  599          LCALL DELAY
             600
046C 90E0E1  601          MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
046F 740F    602          MOV   A,#0FH
0471 F0      603          MOVX  @DPTR,A
0472 90E0E2  604          MOV   DPTR,#PORTC
0475 74FF    605          MOV   A,#0FFH
0477 F0      606          MOVX  @DPTR,A
             607
0478 90E0E1  608          MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 10
047B E539    609          MOV   A,39H
047D F0      610          MOVX  @DPTR,A
047E 90E0E2  611          MOV   DPTR,#PORTC
0481 532C0F  612          ANL   2CH,#0FH
0484 432C90  613          ORL   2CH,#90H
0487 E52C    614          MOV   A,2CH
0489 F0      615          MOVX  @DPTR,A
048A 120355  616          LCALL DELAY
             617
048D 90E0E1  618          MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
0490 740F    619          MOV   A,#0FH
0492 F0      620          MOVX  @DPTR,A
0493 90E0E2  621          MOV   DPTR,#PORTC
0496 74FF    622          MOV   A,#0FFH
0498 F0      623          MOVX  @DPTR,A
             624
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0499 90E0E1  625          MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 1
049C E530    626          MOV   A,30H
049E F0      627          MOVX  @DPTR,A
049F 90E0E2  628          MOV   DPTR,#PORTC
04A2 532C0F  629          ANL   2CH,#0FH
04A5 E52C    630          MOV   A,2CH
04A7 F0      631          MOVX  @DPTR,A
04A8 120355  632          LCALL DELAY
             633
04AB 22      634          RET
             635
             636
04AC 90E0E1  637  SCAN2:  MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
04AF 740F    638          MOV   A,#0FH
04B1 F0      639          MOVX  @DPTR,A
04B2 90E0E2  640          MOV   DPTR,#PORTC
04B5 74FF    641          MOV   A,#0FFH
04B7 F0      642          MOVX  @DPTR,A
             643
04B8 90E0E1  644          MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 3
04BB E532    645          MOV   A,32H
04BD F0      646          MOVX  @DPTR,A
04BE 90E0E2  647          MOV   DPTR,#PORTC
04C1 532C0F  648          ANL   2CH,#0FH
04C4 432C20  649          ORL   2CH,#20H
04C7 E52C    650          MOV   A,2CH
04C9 F0      651          MOVX  @DPTR,A
04CA 120355  652          LCALL DELAY
             653
04CD 90E0E1  654          MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
04D0 740F    655          MOV   A,#0FH
04D2 F0      656          MOVX  @DPTR,A
04D3 90E0E2  657          MOV   DPTR,#PORTC
04D6 74FF    658          MOV   A,#0FFH
04D8 F0      659          MOVX  @DPTR,A
             660
04D9 90E0E1  661          MOV   DPTR,#PORTB    ;Scan display digit 4
04DC E533    662          MOV   A,33H
04DE F0      663          MOVX  @DPTR,A
04DF 90E0E2  664          MOV   DPTR,#PORTC
04E2 532C0F  665          ANL   2CH,#0FH
04E5 432C30  666          ORL   2CH,#30H
04E8 E52C    667          MOV   A,2CH
04EA F0      668          MOVX  @DPTR,A
04EB 120355  669          LCALL DELAY
             670
04EE 90E0E1  671          MOV   DPTR,#PORTB    ;SCAN OFF
04F1 740F    672          MOV   A,#0FH
04F3 F0      673          MOVX  @DPTR,A
04F4 90E0E2  674          MOV   DPTR,#PORTC
04F7 74FF    675          MOV   A,#0FFH
04F9 F0      676          MOVX  @DPTR,A
             677
04FA 90E0E1  678          MOV   DPTR,#PORTB    ;Scan display digit 5
04FD E534    679          MOV   A,34H
04FF F0      680          MOVX  @DPTR,A
0500 90E0E2  681          MOV   DPTR,#PORTC
0503 532C0F  682          ANL   2CH,#0FH
0506 432C40  683          ORL   2CH,#40H
0509 E52C    684          MOV   A,2CH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
050B F0       685              MOVX  @DPTR,A
050C 120355   686              LCALL DELAY
              687
050F 90E0E1   688              MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
0512 740F     689              MOV   A,#0FH
0514 F0       690              MOVX  @DPTR,A
0515 90E0E2   691              MOV   DPTR,#PORTC
0518 74FF     692              MOV   A,#0FFH
051A F0       693              MOVX  @DPTR,A
              694
051B 90E0E1   695              MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 6
051E E535     696              MOV   A,35H
0520 F0       697              MOVX  @DPTR,A
0521 90E0E2   698              MOV   DPTR,#PORTC
0524 532C0F   699              ANL   2CH,#0FH
0527 432C50   700              ORL   2CH,#50H
052A E52C     701              MOV   A,2CH
052C F0       702              MOVX  @DPTR,A
052D 120355   703              LCALL DELAY
              704
0530 90E0E1   705              MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
0533 740F     706              MOV   A,#0FH
0535 F0       707              MOVX  @DPTR,A
0536 90E0E2   708              MOV   DPTR,#PORTC
0539 74FF     709              MOV   A,#0FFH
053B F0       710              MOVX  @DPTR,A
              711
053C 90E0E1   712              MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 7
053F E536     713              MOV   A,36H
0541 F0       714              MOVX  @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0542 90E0E2  715              MOV   DPTR,#PORTC
0545 532C0F  716              ANL   2CH,#0FH
0548 432C60  717              ORL   2CH,#60H
054B E52C    718              MOV   A,2CH
054D F0      719              MOVX  @DPTR,A
054E 120355  720              LCALL DELAY
             721
0551 90E0E1  722              MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
0554 740F    723              MOV   A,#0FH
0556 F0      724              MOVX  @DPTR,A
0557 90E0E2  725              MOV   DPTR,#PORTC
055A 74FF    726              MOV   A,#0FFH
055C F0      727              MOVX  @DPTR,A
             728
055D 90E0E1  729              MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 8
0560 E537    730              MOV   A,37H
0562 F0      731              MOVX  @DPTR,A
0563 90E0E2  732              MOV   DPTR,#PORTC
0566 532C0F  733              ANL   2CH,#0FH
0569 432C70  734              ORL   2CH,#70H
056C E52C    735              MOV   A,2CH
056E F0      736              MOVX  @DPTR,A
056F 120355  737              LCALL DELAY
             738
0572 90E0E1  739              MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
0575 740F    740              MOV   A,#0FH
0577 F0      741              MOVX  @DPTR,A
0578 90E0E2  742              MOV   DPTR,#PORTC
057B 74FF    743              MOV   A,#0FFH
057D F0      744              MOVX  @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                745
057E 90E0E1     746             MOV     DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 9
0581 E538       747             MOV     A,38H
0583 F0         748             MOVX    @DPTR,A
0584 90E0E2     749             MOV     DPTR,#PORTC
0587 532C0F     750             ANL     2CH,#0FH
058A 432C80     751             ORL     2CH,#80H
058D E52C       752             MOV     A,2CH
058F F0         753             MOVX    @DPTR,A
0590 120355     754             LCALL   DELAY
                755
0593 90E0E1     756             MOV     DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
0596 740F       757             MOV     A,#0FH
0598 F0         758             MOVX    @DPTR,A
0599 90E0E2     759             MOV     DPTR,#PORTC
059C 74FF       760             MOV     A,#0FFH
059E F0         761             MOVX    @DPTR,A
                762
059F 90E0E1     763             MOV     DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 10
05A2 E539       764             MOV     A,39H
05A4 F0         765             MOVX    @DPTR,A
05A5 90E0E2     766             MOV     DPTR,#PORTC
05A8 532C0F     767             ANL     2CH,#0FH
05AB 432C90     768             ORL     2CH,#90H
05AE E52C       769             MOV     A,2CH
05B0 F0         770             MOVX    @DPTR,A
05B1 120355     771             LCALL   DELAY
                772
05B4 90E0E1     773             MOV     DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
05B7 740F       774             MOV     A,#0FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
05B9 F0     775          MOVX  @DPTR,A
05BA 90E0E2 776          MOV   DPTR,#PORTC
05BD 74FF   777          MOV   A,#0FFH
05BF F0     778          MOVX  @DPTR,A
            779
05C0 90E0E1 780          MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 1
05C3 E530   781          MOV   A,30H
05C5 F0     782          MOVX  @DPTR,A
05C6 90E0E2 783          MOV   DPTR,#PORTC
05C9 532C0F 784          ANL   2CH,#0FH
05CC E52C   785          MOV   A,2CH
05CE F0     786          MOVX  @DPTR,A
05CF 120355 787          LCALL DELAY
            788
05D2 90E0E1 789          MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
05D5 740F   790          MOV   A,#0FH
05D7 F0     791          MOVX  @DPTR,A
05D8 90E0E2 792          MOV   DPTR,#PORTC
05DB 74FF   793          MOV   A,#0FFH
05DD F0     794          MOVX  @DPTR,A
            795
05DE 90E0E1 796          MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 2
05E1 E531   797          MOV   A,31H
05E3 F0     798          MOVX  @DPTR,A
05E4 90E0E2 799          MOV   DPTR,#PORTC
05E7 532C0F 800          ANL   2CH,#0FH
05EA 432C10 801          ORL   2CH,#10H
05ED E52C   802          MOV   A,2CH
05EF F0     803          MOVX  @DPTR,A
05F0 120355 804          LCALL DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                805
05F3 22         806             RET
                807
05F4 90E0E1     808     SCAN3:  MOV     DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
05F7 740F       809             MOV     A,#0FH
05F9 F0         810             MOVX    @DPTR,A
05FA 90E0E2     811             MOV     DPTR,#PORTC
05FD 74FF       812             MOV     A,#0FFH
05FF F0         813             MOVX    @DPTR,A
                814
0600 90E0E1     815             MOV     DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 4
0603 E533       816             MOV     A,33H
0605 F0         817             MOVX    @DPTR,A
0606 90E0E2     818             MOV     DPTR,#PORTC
0609 532C0F     819             ANL     2CH,#0FH
060C 432C30     820             ORL     2CH,#30H
060F E52C       821             MOV     A,2CH
0611 F0         822             MOVX    @DPTR,A
0612 120355     823             LCALL   DELAY
                824
0615 90E0E1     825             MOV     DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
0618 740F       826             MOV     A,#0FH
061A F0         827             MOVX    @DPTR,A
061B 90E0E2     828             MOV     DPTR,#PORTC
061E 74FF       829             MOV     A,#0FFH
0620 F0         830             MOVX    @DPTR,A
                831
0621 90E0E1     832             MOV     DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 5
0624 E534       833             MOV     A,34H
0626 F0         834             MOVX    @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0627 90E0E2   835              MOV   DPTR,#PORTC
062A 532C0F   836              ANL   2CH,#0FH
062D 432C40   837              ORL   2CH,#40H
0630 E52C     838              MOV   A,2CH
0632 F0       839              MOVX  @DPTR,A
0633 120355   840              LCALL DELAY
              841
0636 90E0E1   842              MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
0639 740F     843              MOV   A,#0FH
063B F0       844              MOVX  @DPTR,A
063C 90E0E2   845              MOV   DPTR,#PORTC
063F 74FF     846              MOV   A,#0FFH
0641 F0       847              MOVX  @DPTR,A
              848
0642 90E0E1   849              MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 6
0645 E535     850              MOV   A,35H
0647 F0       851              MOVX  @DPTR,A
0648 90E0E2   852              MOV   DPTR,#PORTC
064B 532C0F   853              ANL   2CH,#0FH
064E 432C50   854              ORL   2CH,#50H
0651 E52C     855              MOV   A,2CH
0653 F0       856              MOVX  @DPTR,A
0654 120355   857              LCALL DELAY
              858
0657 90E0E1   859              MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
065A 740F     860              MOV   A,#0FH
065C F0       861              MOVX  @DPTR,A
065D 90E0E2   862              MOV   DPTR,#PORTC
0660 74FF     863              MOV   A,#0FFH
0662 F0       864              MOVX  @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                865
0663 90E0E1     866             MOV     DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 7
0666 E536       867             MOV     A,36H
0668 F0         868             MOVX    @DPTR,A
0669 90E0E2     869             MOV     DPTR,#PORTC
066C 532C0F     870             ANL     2CH,#0FH
066F 432C60     871             ORL     2CH,#60H
0672 E52C       872             MOV     A,2CH
0674 F0         873             MOVX    @DPTR,A
0675 120355     874             LCALL   DELAY
                875
0678 90E0E1     876             MOV     DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
067B 740F       877             MOV     A,#0FH
067D F0         878             MOVX    @DPTR,A
067E 90E0E2     879             MOV     DPTR,#PORTC
0681 74FF       880             MOV     A,#0FFH
0683 F0         881             MOVX    @DPTR,A
                882
0684 90E0E1     883             MOV     DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 8
0687 E537       884             MOV     A,37H
0689 F0         885             MOVX    @DPTR,A
068A 90E0E2     886             MOV     DPTR,#PORTC
068D 532C0F     887             ANL     2CH,#0FH
0690 432C70     888             ORL     2CH,#70H
0693 E52C       889             MOV     A,2CH
0695 F0         890             MOVX    @DPTR,A
0696 120355     891             LCALL   DELAY
                892
0699 90E0E1     893             MOV     DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
069C 740F       894             MOV     A,#0FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
069E F0       895           MOVX  @DPTR,A
069F 90E0E2   896           MOV   DPTR,#PORTC
06A2 74FF     897           MOV   A,#0FFH
06A4 F0       898           MOVX  @DPTR,A
              899
06A5 90E0E1   900           MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 9
06A8 E538     901           MOV   A,38H
06AA F0       902           MOVX  @DPTR,A
06AB 90E0E2   903           MOV   DPTR,#PORTC
06AE 532C0F   904           ANL   2CH,#0FH
06B1 432C80   905           ORL   2CH,#80H
06B4 E52C     906           MOV   A,2CH
06B6 F0       907           MOVX  @DPTR,A
06B7 120355   908           LCALL DELAY
              909
06BA 90E0E1   910           MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
06BD 740F     911           MOV   A,#0FH
06BF F0       912           MOVX  @DPTR,A
06C0 90E0E    913           MOV   DPTR,#PORTC
06C3 74FF     914           MOV   A,#0FFH
06C5 F0       915           MOVX  @DPTR,A
              916
06C6 90E0E    917           MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 10
06C9 E539     918           MOV   A,39H
06CB F0       919           MOVX  @DPTR,A
06CC 90E0E    920           MOV   DPTR,#PORTC
06CF 532C0    921           ANL   2CH,#0FH
06D2 432C9    922           ORL   2CH,#90H
06D5 E52C     923           MOV   A,2CH
06D7 F0       924           MOVX  @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0711 432C10   955              ORL   2CH,#10H
0714 E52C     956              MOV   A,2CH
0716 F0       957              MOVX  @DPTR,A
0717 120355   958              LCALL DELAY
              959
071A 90E0E1   960              MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
071D 740F     961              MOV   A,#0FH
071F F0       962              MOVX  @DPTR,A
0720 90E0E2   963              MOV   DPTR,#PORTC
0723 74FF     964              MOV   A,#0FFH
0725 F0       965              MOVX  @DPTR,A
              966
0726 90E0E1   967              MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 3
0729 E532     968              MOV   A,32H
072B F0       969              MOVX  @DPTR,A
072C 90E0E2   970              MOV   DPTR,#PORTC
072F 532C0F   971              ANL   2CH,#0FH
0732 432C20   972              ORL   2CH,#20H
0735 E52C     973              MOV   A,2CH
0737 F0       974              MOVX  @DPTR,A
0738 120355   975              LCALL DELAY
              976
073B 22       977              RET
              978
073C 90E0E1   979   SCAN4:     MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
073F 740F     980              MOV   A,#0FH
0741 F0       981              MOVX  @DPTR,A
0742 90E0E2   982              MOV   DPTR,#PORTC
0745 74FF     983              MOV   A,#0FFH
0747 F0       984              MOVX  @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                985
0748 90E0E1     986             MOV     DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 5
074B E534       987             MOV     A,34H
074D F0         988             MOVX    @DPTR,A
074E 90E0E2     989             MOV     DPTR,#PORTC
0751 532C0F     990             ANL     2CH,#0FH
0754 432C40     991             ORL     2CH,#40H
0757 E52C       992             MOV     A,2CH
0759 F0         993             MOVX    @DPTR,A
075A 120355     994             LCALL   DELAY
                995
075D 90E0E1     996             MOV     DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
0760 740F       997             MOV     A,#0FH
0762 F0         998             MOVX    @DPTR,A
0763 90E0E2     999             MOV     DPTR,#PORTC
0766 74FF       1000            MOV     A,#0FFH
0768 F0         1001            MOVX    @DPTR,A
                1002
0769 90E0E1     1003            MOV     DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 6
076C E535       1004            MOV     A,35H
076E F0         1005            MOVX    @DPTR,A
076F 90E0E2     1006            MOV     DPTR,#PORTC
0772 532C0F     1007            ANL     2CH,#0FH
0775 432C50     1008            ORL     2CH,#50H
0778 E52C       1009            MOV     A,2CH
077A F0         1010            MOVX    @DPTR,A
077B 120355     1011            LCALL   DELAY
                1012
077E 90E0E1     1013            MOV     DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
0781 740F       1014            MOV     A,#0FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0783 F0      1015          MOVX  @DPTR,A
0784 90E0E2  1016          MOV   DPTR,#PORTC
0787 74FF    1017          MOV   A,#0FFH
0789 F0      1018          MOVX  @DPTR,A
             1019
078A 90E0E1  1020          MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 7
078D E536    1021          MOV   A,36H
078F F0      1022          MOVX  @DPTR,A
0790 90E0E2  1023          MOV   DPTR,#PORTC
0793 532C0F  1024          ANL   2CH,#0FH
0796 432C60  1025          ORL   2CH,#60H
0799 E52C    1026          MOV   A,2CH
079B F0      1027          MOVX  @DPTR,A
079C 120355  1028          LCALL DELAY
             1029
079F 90E0E1  1030          MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
07A2 740F    1031          MOV   A,#0FH
07A4 F0      1032          MOVX  @DPTR,A
07A5 90E0E2  1033          MOV   DPTR,#PORTC
07A8 74FF    1034          MOV   A,#0FFH
07AA F0      1035          MOVX  @DPTR,A
             1036
07AB 90E0E1  1037          MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 8
07AE E537    1038          MOV   A,37H
07B0 F0      1039          MOVX  @DPTR,A
07B1 90E0E2  1040          MOV   DPTR,#PORTC
07B4 532C0F  1041          ANL   2CH,#0FH
07B7 432C70  1042          ORL   2CH,#70H
07BA E52C    1043          MOV   A,2CH
07BC F0      1044          MOVX  @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
07BD 120355  1045              LCALL  DELAY
             1046
07C0 90E0E1  1047              MOV    DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
07C3 740F    1048              MOV    A,#0FH
07C5 F0      1049              MOVX   @DPTR,A
07C6 90E0E2  1050              MOV    DPTR,#PORTC
07C9 74FF    1051              MOV    A,#0FFH
07CB F0      1052              MOVX   @DPTR,A
             1053
07CC 90E0E1  1054              MOV    DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 9
07CF E538    1055              MOV    A,38H
07D1 F0      1056              MOVX   @DPTR,A
07D2 90E0E2  1057              MOV    DPTR,#PORTC
07D5 532C0F  1058              ANL    2CH,#0FH
07D8 432C80  1059              ORL    2CH,#80H
07DB E52C    1060              MOV    A,2CH
07DD F0      1061              MOVX   @DPTR,A
07DE 120355  1062              LCALL  DELAY
             1063
07E1 90E0E1  1064              MOV    DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
07E4 740F    1065              MOV    A,#0FH
07E6 F0      1066              MOVX   @DPTR,A
07E7 90E0E2  1067              MOV    DPTR,#PORTC
07EA 74FF    1068              MOV    A,#0FFH
07EC F0      1069              MOVX   @DPTR,A
             1070
07ED 90E0E1  1071              MOV    DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 10
07F0 E539    1072              MOV    A,39H
07F2 F0      1073              MOVX   @DPTR,A
07F3 90E0E2  1074              MOV    DPTR,#PORTC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
07F6 532C0F 1075        ANL   2CH,#0FH
07F9 432C90 1076        ORL   2CH,#90H
07FC E52C   1077        MOV   A,2CH
07FE F0     1078        MOVX  @DPTR,A
07FF 120355 1079        LCALL DELAY
            1080
0802 90E0E1 1081        MOV   DPTR,#PORTB    ;SCAN OFF
0805 740F   1082        MOV   A,#0FH
0807 F0     1083        MOVX  @DPTR,A
0808 90E0E2 1084        MOV   DPTR,#PORTC
080B 74FF   1085        MOV   A,#0FFH
080D F0     1086        MOVX  @DPTR,A
            1087
080E 90E0E1 1088        MOV   DPTR,#PORTB    ;Scan display digit 1
0811 E530   1089        MOV   A,30H
0813 F0     1090        MOVX  @DPTR,A
0814 90E0E2 1091        MOV   DPTR,#PORTC
0817 532C0F 1092        ANL   2CH,#0FH
081A E52C   1093        MOV   A,2CH
081C F0     1094        MOVX  @DPTR,A
081D 120355 1095        LCALL DELAY
            1096
0820 90E0E1 1097        MOV   DPTR,#PORTB    ;SCAN OFF
0823 740F   1098        MOV   A,#0FH
0825 F0     1099        MOVX  @DPTR,A
0826 90E0E2 1100        MOV   DPTR,#PORTC
0829 74FF   1101        MOV   A,#0FFH
082B F0     1102        MOVX  @DPTR,A
            1103
082C 90E0E1 1104        MOV   DPTR,#PORTB    ;Scan display digit 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
082F E531   1105          MOV   A,31H
0831 F0     1106          MOVX  @DPTR,A
0832 90E0E2 1107          MOV   DPTR,#PORTC
0835 532C0F 1108          ANL   2CH,#0FH
0838 432C10 1109          ORL   2CH,#10H
083B E52C   1110          MOV   A,2CH
083D F0     1111          MOVX  @DPTR,A
083E 120355 1112          LCALL DELAY
            1113
0841 90E0E1 1114          MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
0844 740F   1115          MOV   A,#0FH
0846 F0     1116          MOVX  @DPTR,A
0847 90E0E2 1117          MOV   DPTR,#PORTC
084A 74FF   1118          MOV   A,#0FFH
084C F0     1119          MOVX  @DPTR,A
            1120
084D 90E0E1 1121          MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 3
0850 E532   1122          MOV   A,32H
0852 F0     1123          MOVX  @DPTR,A
0853 90E0E2 1124          MOV   DPTR,#PORTC
0856 532C0F 1125          ANL   2CH,#0FH
0859 432C20 1126          ORL   2CH,#20H
085C E52C   1127          MOV   A,2CH
085E F0     1128          MOVX  @DPTR,A
085F 120355 1129          LCALL DELAY
            1130
0862 90E0E1 1131          MOV   DPTR,#PORTB     ;SCAN OFF
0865 740F   1132          MOV   A,#0FH
0867 F0     1133          MOVX  @DPTR,A
0868 90E0E2 1134          MOV   DPTR,#PORTC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
086B 74FF   1135          MOV   A,#0FFH
086D F0     1136          MOVX  @DPTR,A
            1137
086E 90E0E1 1138          MOV   DPTR,#PORTB     ;Scan display digit 4
0871 E533   1139          MOV   A,33H
0873 F0     1140          MOVX  @DPTR,A
0874 90E0E2 1141          MOV   DPTR,#PORTC
0877 532C0F 1142          ANL   2CH,#0FH
087A 432C30 1143          ORL   2CH,#30H
087D E52C   1144          MOV   A,2CH
087F F0     1145          MOVX  @DPTR,A
0880 120355 1146          LCALL DELAY
            1147
0883 22     1148          RET
            1149
            1150          ; ********************
            1151          ; Program control MUTE
            1152          ; ********************
            1153
0884 90E0E0 1154  MUTE:   MOV   DPTR,#PORTA
0887 B250   1155          CPL   50H
0889 B251   1156          CPL   51H
088B E52A   1157          MOV   A,2A
088D F0     1158          MOVX  @DPTR,A
088E 020057 1159          LJMP  TEST
            1160
            1161          ; ******************************
            1162          ; Program control Audio Bandwidth
            1163          ; ******************************
            1164
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0891 90E0E0   1165  A_BW:    MOV    DPTR,#PORTA
0894 B252     1166           CPL    52H
0896 B253     1167           CPL    53H
0898 E52A     1168           MOV    A,2AH
089A F0       1169           MOVX   @DPTR,A
089B 020057   1170           LJMP   TEST
              1171
              1172           ; **********************
              1173           ; Program control DE-EMP
              1174           ; **********************
              1175
089E 90E0E0   1176  DE_EMP:  MOV    DPTR,#PORTA
08A1 B254     1177           CPL    54H
08A3 B255     1178           CPL    55H
08A5 E52A     1179           MOV    A,2AH
08A7 F0       1180           MOVX   @DPTR,A
08A8 020057   1181           LJMP   TEST
              1182
              1183           ; **********************
              1184           ; Program control 14V/18V
              1185           ; **********************
              1186
08AB 90E0E0   1187  V_H:     MOV    DPTR,#PORTA
08AE B256     1188           CPL    56H
08B0 B257     1189           CPL    57H
08B2 E52A     1190           MOV    A,2AH
08B4 F0       1191           MOVX   @DPTR,A
08B5 020057   1192           LJMP   TEST
              1193
              1194           ; **********************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
08FA 200003  1225          JB    0H,V_SC1
08FD 020057  1226          LJMP  TEST
0900 02009B  1227  V_SC1:  LJMP  MAIN
0903 E536    1228  N_UP5:  MOV   A,36H
0905 B40905  1229          CJNE  A,#9H,N_UP6
0908 753600  1230          MOV   36H,#0H
090B 2118    1231          AJMP  CK_UP2
090D 0536    1232  N_UP6:  INC   36H
090F 200003  1233          JB    0H,V_SC2
0912 020057  1234          LJMP  TEST
0915 02009B  1235  V_SC2:  LJMP  MAIN
0918 E537    1236  CK_UP2: MOV   A,37H
091A B40905  1237          CJNE  A,#9H,N_UP7
091D 753700  1238          MOV   37H,#0H
0920 212D    1239          AJMP  CK_UP3
0922 0537    1240  N_UP7:  INC   37H
0924 200003  1241          JB    0H,V_SC3
0927 020057  1242          LJMP  TEST
092A 02009B  1243  V_SC3:  LJMP  MAIN
092D E538    1244  CK_UP3: MOV   A,38H
092F B40905  1245          CJNE  A,#9H,N_UP8
0932 753800  1246          MOV   38H,#0H
0935 2142    1247          AJMP  CK_UP4
0937 0538    1248  N_UP8:  INC   38H
0939 200003  1249          JB    0H,V_SC4
093C 020057  1250          LJMP  TEST
093F 02009B  1251  V_SC4:  LJMP  MAIN
0942 E539    1252  CK_UP4: MOV   A,39H
0944 B40F0C  1253          CJNE  A,#0FH,CK_UP5
0947 753901  1254          MOV   39H,#1H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
094A 200003  1255             JB      0H,V_SC5
094D 020057  1256             LJMP    TEST
0950 02009B  1257  V_SC5:     LJMP    MAIN
0953 B40903  1258  CK_UP5:    CJNE    A,#9H,N_UP9
0956 75390F  1259             MOV     39H,#0FH
0959 0539    1260  N_UP9:     INC     39H
095B 200003  1261             JB      0H,V_SC6
095E 020057  1262             LJMP    TEST
0961 02009B  1263  V_SC6:     LJMP    MAIN
             1264
             1265             ; ************************
             1266             ; Program Video tune DOWN
             1267             ; ************************
             1268
0964 75D010  1269  V_DW:      MOV     PSW,#10H
0967 B9050C  1270             CJNE    R1,#5H,N_DW3    ; ***************
096A B89513  1271             CJNE    R0,#95H,N_DW4   ; Decremnet PLL
096D 7909    1272             MOV     R1,#9H          ; ***************
096F 78E1    1273             MOV     R0,#0E1H
0971 120CBC  1274             LCALL   V_PLL
0974 2184    1275             AJMP    DIS_DW
0976 B80007  1276  N_DW3:     CJNE    R0,#0H,N_DW4
0979 19      1277             DEC     R1
097A 18      1278             DEC     R0
097B 120CBC  1279             LCALL   V_PLL
097E 2184    1280             AJMP    DIS_DW
0980 18      1281  N_DW4:     DEC     R0
0981 120CBC  1282             LCALL   V_PLL
             1283
0984 E539    1284  DIS_DW:   MOV     A,39H           ; ***************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0986 B40F24  1285            CJNE   A,#0FH,N_DW5   ; Display DOWN
0989 E538    1286            MOV    A,38H          ; **************
098B B4091F  1287            CJNE   A,#9H,N_DW5
098E E537    1288            MOV    A,37H
0990 B4051A  1289            CJNE   A,#5H,N_DW5
0993 E536    1290            MOV    A,36H
0995 B40015  1291            CJNE   A,#0H,N_DW5
0998 753902  1292            MOV    39H,#2H
099B 753800  1293            MOV    38H,#0H
099E 753705  1294            MOV    37H,#5H
09A1 753600  1295            MOV    36H,#0H
09A4 200303  1296            JB     3H,N_VSC1
09A7 020057  1297            LJMP   TEST
09AA 02009B  1298  N_VSC1:   LJMP   MAIN
09AD E536    1299  N_DW5:    MOV    A,36H
09AF B40005  1300            CJNE   A,#0H,N_DW6
09B2 753609  1301            MOV    36H,#9H
09B5 21C2    1302            AJMP   CK_DW2
09B7 1536    1303  N_DW6:    DEC    36H
09B9 200303  1304            JB     3H,N_VSC2
09BC 020057  1305            LJMP   TEST
09BF 02009B  1306  N_VSC2:   LJMP   MAIN
09C2 E537    1307  CK_DW2:   MOV    A,37H
09C4 B40005  1308            CJNE   A,#0H,N_DW7
09C7 753709  1309            MOV    37H,#9H
09CA 21D7    1310            AJMP   CK_DW3
09CC 1537    1311  N_DW7:    DEC    37H
09CE 200303  1312            JB     3H,N_VSC3
09D1 020057  1313            LJMP   TEST
09D4 02009B  1314  N_VSC3:   LJMP   MAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
09D7 E538   1315  CK_DW3:  MOV   A,38H
09D9 B40005 1316          CJNE  A,#0H,N_DW8
09DC 753809 1317          MOV   38H,#9H
09DF 21EC   1318          AJMP  CK_DW4
09E1 1538   1319  N_DW8:  DEC   38H
09E3 200303 1320          JB    3H,N_VSC4
09E6 020057 1321          LJMP  TEST
09E9 02009B 1322  N_VSC4: LJMP  MAIN
09EC E539   1323  CK_DW4: MOV   A,39H
09EE B4010C 1324          CJNE  A,#1H,N_DW9
09F1 75390F 1325          MOV   39H,#0FH
09F4 200303 1326          JB    3H,N_VSC5
09F7 020057 1327          LJMP  TEST
09FA 02009B 1328  N_VSC5: LJMP  MAIN
09FD 1539   1329  N_DW9:  DEC   39H
09FF 200303 1330          JB    3H,N_VSC6
0A02 020057 1331          LJMP  TEST
0A05 02009B 1332  N_VSC6: LJMP  MAIN
            1333
            1334          ; ***************************
            1335          ; Program Audio Left tune UP
            1336          ; ***************************
            1337
0A08 75D010 1338  AL_UP:  MOV   PSW,#10H
0A0B BB070C 1339          CJNE  R3,#7H,NL_UP1   ; *************
0A0E BA8213 1340          CJNE  R2,#82H,NL_UP2  ; Increment PLL
0A11 7B06   1341          MOV   R3,#6H          ; *************
0A13 7A24   1342          MOV   R2,#24H
0A15 120C76 1343          LCALL AL_PLL
0A18 4128   1344          AJMP  D_L_UP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0A1A BAFF07 1345  NL_UP1:  CJNE   R2,#0FFH,NL_UP2
0A1D 0B     1346           INC    R3
0A1E 0A     1347           INC    R2
0A1F 120C76 1348           LCALL  AL_PLL
0A22 4128   1349           AJMP   D_L_UP
0A24 0A     1350  NL_UP2:  INC    R2
0A25 120C76 1351           LCALL  AL_PLL
            1352
0A28 E535   1353  D_L_UP:  MOV    A,35H          ; **********
0A2A B4081C 1354           CJNE   A,#8H,NL_UP3   ; Display UP
0A2D E534   1355           MOV    A,34H          ; **********
0A2F B40517 1356           CJNE   A,#5H,NL_UP3
0A32 E533   1357           MOV    A,33H
0A34 B40012 1358           CJNE   A,#0H,NL_UP3
0A37 753505 1359           MOV    35H,#5H
0A3A 753400 1360           MOV    34H,#0H
0A3D 753300 1361           MOV    33H,#0H
0A40 200103 1362           JB     1H,L_SC1
0A43 020057 1363           LJMP   TEST
0A46 02009B 1364  L_SC1:   LJMP   MAIN
0A49 E533   1365  NL_UP3:  MOV    A,33H
0A4B B40905 1366           CJNE   A,#9H,NL_UP4
0A4E 753300 1367           MOV    33H,#0H
0A51 415E   1368           AJMP   NL_UP5
0A53 0533   1369  NL_UP4:  INC    33H
0A55 200103 1370           JB     1H,L_SC2
0A58 020057 1371           LJMP   TEST
0A5B 02009B 1372  L_SC2:   LJMP   MAIN
0A5E E534   1373  NL_UP5:  MOV    A,34H
0A60 B40905 1374           CJNE   A,#9H,NL_UP6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0A63 753400  1375            MOV     34H,#0H
0A66 4173    1376            AJMP    NL_UP7
0A68 0534    1377  NL_UP6:   INC     34H
0A6A 200103  1378            JB      1H,L_SC3
0A6D 020057  1379            LJMP    TEST
0A70 02009B  1380  L_SC3:    LJMP    MAIN
0A73 E535    1381  NL_UP7:   MOV     A,35H
0A75 B4090C  1382            CJNE    A,#9H,NL_UP8
0A78 753505  1383            MOV     35H,#5H
0A7B 200103  1384            JB      1H,L_SC4
0A7E 020057  1385            LJMP    TEST
0A81 02009B  1386  L_SC4:    LJMP    MAIN
0A84 0535    1387  NL_UP8:   INC     35H
0A86 200103  1388            JB      1H,L_SC5
0A89 020057  1389  LJMP      TEST
0A8C 02009B  1390  L_SC5:    LJMP    MAIN
             1391
             1392            ; ****************************
             1393            ; Program Audio Left tune DOWN
             1394            ; ****************************
             1395
0A8F 75D010  1396  AL_DW:    MOV     PSW,#10H
0A92 BB060C  1397            CJNE    R3,#6H,NL_DW1   ; *************
0A95 BA2413  1398            CJNE    R2,#24H,NL_DW2  ; Decrement PLL
0A98 7B07    1399            MOV     R3,#7H          ; *************
0A9A 7A82    1400            MOV     R2,#82H
0A9C 120C76  1401            LCALL   AL_PLL
0A9F 41AF    1402            AJMP    D_L_DW
0AA1 BA0007  1403  NL_DW1:   CJNE    R2,#0H,NL_DW2
0AA4 1B      1404            DEC     R3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0AA5 1A       1405              DEC     R2
0AA6 120C76   1406              LCALL   AL_PLL
0AA9 41AF     1407              AJMP    D_L_DW
0AAB 1A       1408  NL_DW2:     DEC     R2
0AAC 120C76   1409              LCALL   AL_PLL
              1410
0AAF E535     1411  D_L_DW:     MOV     A,35H           ; **************
0AB1 B4051C   1412              CJNE    A,#5H,NL_DW3    ; Display DOWN
0AB4 E534     1413              MOV     A,34H           ; **************
0AB6 B40017   1414              CJNE    A,#0H,NL_DW3
0AB9 E533     1415              MOV     A,33H
0ABB B40012   1416  CJNE        A,#0H,NL_DW3
0ABE 753508   1417              MOV     35H,#8H
0AC1 753405   1418              MOV     34H,#5H
0AC4 753300   1419              MOV     33H,#0H
0AC7 200403   1420              JB      4H,N_LSC1
0ACA 020057   1421              LJMP    TEST
0ACD 02009B   1422  N_LSC1:     LJMP    MAIN
0AD0 E533     1423  NL_DW3:     MOV     A,33H
0AD2 B40005   1424              CJNE    A,#0H,NL_DW4
0AD5 753309   1425              MOV     33H,#9H
0AD8 41E5     1426              AJMP    NL_DW5
0ADA 1533     1427  NL_DW4:     DEC     33H
0ADC 200403   1428  JB          4H,N_LSC2
0ADF 020057   1429              LJMP    TEST
0AE2 02009B   1430  N_LSC2:     LJMP    MAIN
0AE5 E534     1431  NL_DW5:     MOV     A,34H
0AE7 B40005   1432              CJNE    A,#0H,NL_DW6
0AEA 753409   1433              MOV     34H,#9H
0AED 41FA     1434              AJMP    NL_DW7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0AEF 1534   1435  NL_DW6:  DEC   34H
0AF1 200403 1436          JB    4H,N_LSC3
0AF4 020057 1437          LJMP  TEST
0AF7 02009B 1438  N_LSC3: LJMP  MAIN
0AFA E535   1439  NL_DW7: MOV   A,35H
0AFC B40112 1440          CJNE  A,#1H,NL_DW8
0AFF 753508 1441          MOV   35H,#8H
0B02 753405 1442          MOV   34H,#5H
0B05 753300 1443          MOV   33H,#0H
0B08 200403 1444          JB    4H,N_LSC4
0B0B 020057 1445  LJMP    TEST
0B0E 02009B 1446  N_LSC4: LJMP  MAIN
0B11 1535   1447  NL_DW8: DEC   35H
0B13 200403 1448          JB    4H,N_LSC5
0B16 020057 1449          LJMP  TEST
0B19 02009B 1450  N_LSC5: LJMP  MAIN
            1451
            1452          ; **************************
            1453          ; Program Audio Right tune UP
            1454          ; **************************
            1455
0B1C 75D010 1456  AR_UP:  MOV   PSW,#10H
0B1F BD070C 1457          CJNE  R5,#7H,NR_UP1   ; **************
0B22 BC8213 1458          CJNE  R4,#82H,NR_UP2  ; Increment PLL
0B25 7D06   1459          MOV   R5,#6H          ; **************
0B27 7C24   1460          MOV   R4,#24H
0B29 120C30 1461          LCALL AR_PLL
0B2C 613C   1462          AJMP  D_R_UP
0B2E BCFF07 1463  NR_UP1: CJNE  R4,#0FFH,NR_UP2
0B31 0D     1464          INC   R5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0B32 0C      1465              INC     R4
0B33 120C30  1466              LCALL   AR_PLL
0B36 613C    1467              AJMP    D_R_UP
0B38 0C      1468  NR_UP2:     INC     R4
0B39 120C30  1469              LCALL   AR_PLL
             1470
0B3C E532    1471  D_R_UP:     MOV     A,32H       ; **********
0B3E B4081C  1472              CJNE    A,#8H,NR_UP3  ; Display UP
0B41 E531    1473              MOV     A,31H       ; **********
0B43 B40517  1474              CJNE    A,#5H,NR_UP3
0B46 E530    1475              MOV     A,30H
0B48 B40012  1476              CJNE    A,#0H,NR_UP3
0B4B 753205  1477              MOV     32H,#5H
0B4E 753100  1478              MOV     31H,#0H
0B51 753000  1479              MOV     30H,#0H
0B54 200203  1480              JB      2H,R_SC1
0B57 020057  1481              LJMP    TEST
0B5A 02009B  1482  R_SC1:      LJMP    MAIN
0B5D E530    1483  NR_UP3:     MOV     A,30H
0B5F B40905  1484              CJNE    A,#9H,NR_UP4
0B62 753000  1485              MOV     30H,#0H
0B65 6172    1486              AJMP    NR_UP5
0B67 0530    1487  NR_UP4:     INC     30H
0B69 200203  1488              JB      2H,R_SC2
0B6C 020057  1489              LJMP    TEST
0B6F 02009B  1490  R_SC2:      LJMP    MAIN
0B72 E531    1491  NR_UP5:     MOV     A,31H
0B74 B40905  1492              CJNE    A,#9H,NR_UP6
0B77 753100  1493              MOV     31H,#0H
0B7A 6187    1494              AJMP    NR_UP7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0B7C 0531   1495  NR_UP6:   INC    31H
0B7E 200203 1496           JB     2H,R_SC3
0B81 020057 1497           LJMP   TEST
0B84 02009B 1498  R_SC3:   LJMP   MAIN
0B87 E532   1499  NR_UP7:  MOV    A,32H
0B89 B4090C 1500           CJNE   A,#9H,NR_UP8
0B8C 753205 1501           MOV    32H,#5H
0B8F 200203 1502           JB     2H,R_SC4
0B92 020057 1503           LJMP   TEST
0B95 02009B 1504  R_SC4:   LJMP   MAIN
0B98 0532   1505  NR_UP8:  INC    32H
0B9A 200203 1506           JB     2H,R_SC5
0B9D 020057 1507           LJMP   TEST
0BA0 02009B 1508  R_SC5:   LJMP   MAIN
            1509
            1510  ; ********************************
            1511  ; Program Audio Right tune DOWN
            1512  ; ********************************
            1513
0BA3 75D010 1514  AR_DW:   MOV    PSW,#10H
0BA6 BD060C 1515           CJNE   R5,#6H,NR_DW1   ; *************
0BA9 BC2413 1516           CJNE   R4,#24H,NR_DW2  ; Decrement PLL
0BAC 7D07   1517           MOV    R5,#7H          ; *************
0BAE 7C82   1518           MOV    R4,#82H
0BB0 120C30 1519           LCALL  AR_PLL
0BB3 61C3   1520           AJMP   D_R_DW
0BB5 BC0007 1521  NR_DW1:  CJNE   R4,#0H,NR_DW2
0BB8 1D     1522           DEC    R5
0BB9 1C     1523           DEC    R4
0BBA 120C30 1524           LCALL  AR_PLL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0BBD 61C3   1525             AJMP   D_R_DW
0BBF 1C     1526  NR_DW2:    DEC    R4
0BC0 120C30 1527             LCALL  AR_PLL
            1528
0BC3 E532   1529  D_R_DW:    MOV    A,32H          ; **************
0BC5 B4051C 1530             CJNE   A,#5H,NR_DW3   ; Display DOWN
0BC8 E531   1531             MOV    A,31H          ; **************
0BCA B40017 1532             CJNE   A,#0H,NR_DW3
0BCD E530   1533             MOV    A,30H
0BCF B40012 1534             CJNE   A,#0H,NR_DW3
0BD2 753208 1535             MOV    32H,#8H
0BD5 753105 1536             MOV    31H,#5H
0BD8 753000 1537             MOV    30H,#0H
0BDB 200503 1538             JB     5H,N_RSC1
0BDE 020057 1539             LJMP   TEST
0BE1 02009B 1540  N_RSC1:    LJMP   MAIN
0BE4 E530   1541  NR_DW3:    MOV    A,30H
0BE6 B40005 1542             CJNE   A,#0H,NR_DW4
0BE9 753009 1543             MOV    30H,#9H
0BEC 61F9   1544             AJMP   NR_DW5
0BEE 1530   1545  NR_DW4:    DEC    30H
0BF0 200503 1546             JB     5H,N_RSC2
0BF3 020057 1547             LJMP   TEST
0BF6 02009B 1548  N_RSC2:    LJMP   MAIN
0BF9 E531   1549  NR_DW5:    MOV    A,31H
0BFB B40005 1550             CJNE   A,#0H,NR_DW6
0BFE 753109 1551             MOV    31H,#9H
0C01 810E   1552             AJMP   NR_DW7
0C03 1531   1553  NR_DW6:    DEC    31H
0C05 200503 1554             JB     5H,N_RSC3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0C42 D0E0   1585            POP   ACC
0C44 D290   1586            SETB  P1.0       ;Clock HIGH
0C46 DFF0   1587            DJNZ  R7,SHIFT7  ;Repeat for all bits
            1588
0C48 7F08   1589            MOV   R7,#8H     ;Give R7 is counter
0C4A ED     1590            MOV   A,R5       ;Get data to send from R5
0C4B 13     1591  SHIFT8:   RRC   A          ;Move LSB to carry flag
0C4C 9291   1592            MOV   P1.1,C     ;Move carry flag to data
0C4E C290   1593            CLR   P1.0       ;Clock LOW
0C50 C0E0   1594            PUSH  ACC
0C52 120364 1595            LCALL SCAN1
0C55 D0E0   1596            POP   ACC
0C57 D290   1597            SETB  P1.0       ;Clock HIGH
0C59 DFF0   1598            DJNZ  R7,SHIFT8  ;Repeat for all bits
            1599
0C5B 7F08   1600            MOV   R7,#8H     ;Give R7 is counter
0C5D 7490   1601            MOV   A,#90H     ;Get data to send
0C5F 13     1602  SHIFT9:   RRC   A          ;Move LSB to carry flag
0C60 9291   1603            MOV   P1.1,C     ;Move carry flag to data
0C62 C290   1604            CLR   P1.0       ;Clock LOW
0C64 C0E0   1605            PUSH  ACC
0C66 120364 1606            LCALL SCAN1
0C69 D0E0   1607            POP   ACC
0C6B D290   1608            SETB  P1.0       ;Clock HIGH
0C6D DFF0   1609            DJNZ  R7,SHIFT9  ;Repeat for all bits
            1610
0C6F C294   1611            CLR   P1.4       ;Disable PLL of AR
0C71 D295   1612            SETB  P1.5       ;Set Latch LED 24 Bits
0C73 C295   1613            CLR   P1.5
            1614
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0C75 22     1615  RET
            1616
            1617        ; ********************************
            1618        ; Subroutine control PLL of audio left
            1619        ; ********************************
            1620
0C76 75D010 1621  AL_PLL: MOV   PSW,#10H    ;Use register BANK 2
0C79 7F08   1622        MOV   R7,#8H      ;Give R7 is counter
0C7B EA     1623        MOV   A,R2        ;Get data to send from R2
            1624
0C7C D293   1625        SETB  P1.3        ;Enable PLL of Audio
Left
            1626
0C7E 13     1627  SHIFT4: RRC   A          ;Move LSB to carry flag
0C7F 9291   1628        MOV   P1.1,C      ;Move carry flag to data
0C81 C290   1629        CLR   P1.0        ;Clock LOW
0C83 C0E0   1630        PUSH  ACC
0C85 120364 1631        LCALL SCAN1
0C88 D0E0   1632        POP   ACC
0C8A D290   1633        SETB  P1.0        ;Clock HIGH
0C8C DFF0   1634        DJNZ  R7,SHIFT4   ;Repeat for all bits
            1635
0C8E 7F08   1636        MOV   R7,#8H      ;Give R7 is counter
0C90 EB     1637        MOV   A,R3        ;Get data to send from R3
0C91 13     1638  SHIFT5: RRC   A          ;Move LSB to carry flag
0C92 9291   1639        MOV   P1.1,C      ;Move carry flag to data
0C94 C290   1640        CLR   P1.0        ;Clock LOW
0C96 C0E0   1641        PUSH  ACC
0C98 120364 1642        LCALL SCAN1
0C9B D0E0   1643        POP   ACC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0C9D D290  1644            SETB   P1.0          ;Clock HIGH
0C9F DFF0  1645            DJNZ   R7,SHIFT5     ;Repeat for all bits
           1646
0CA1 7F08  1647            MOV    R7,#8H        ;Give R7 is counter
0CA3 7490  1648            MOV    A,#90H        ;Get data to send
0CA5 13    1649  SHIFT6:   RRC    A             ;Move LSB to carry flag
0CA6 9291  1650            MOV    P1.1,C        ;Move carry flag to data
0CA8 C290  1651            CLR    P1.0          ;Clock LOW
0CAA C0E0  1652            PUSH   ACC
0CAC 120364 1653           LCALL  SCAN1
0CAF D0E0  1654            POP    ACC
0CB1 D290  1655            SETB   P1.0          ;Clock HIGH
0CB3 DFF0  1656            DJNZ   R7,SHIFT6     ;Repeat for all bits
           1657
0CB5 C293  1658            CLR    P1.3          ;Disable PLL of AL
0CB7 D295  1659            SETB   P1.5          ;Set Latch LED 24 Bits
0CB9 C295  1660            CLR    P1.5
           1661
0CBB 22    1662            RET
           1663
           1664  ; ***************************
           1665  ; Subroutine control PLL of video
           1666  ; ***************************
           1667
0CBC 75D010 1668  V_PLL:   MOV    PSW,#10H      ;Use register BANK 2
0CBF 7F08  1669            MOV    R7,#8H        ;Give R7 is counter
0CC1 E8    1670            MOV    A,R0          ;Get data to send from R0
           1671
0CC2 D292  1672            SETB   P1.2          ;Enable PLL of Video
           1673
```

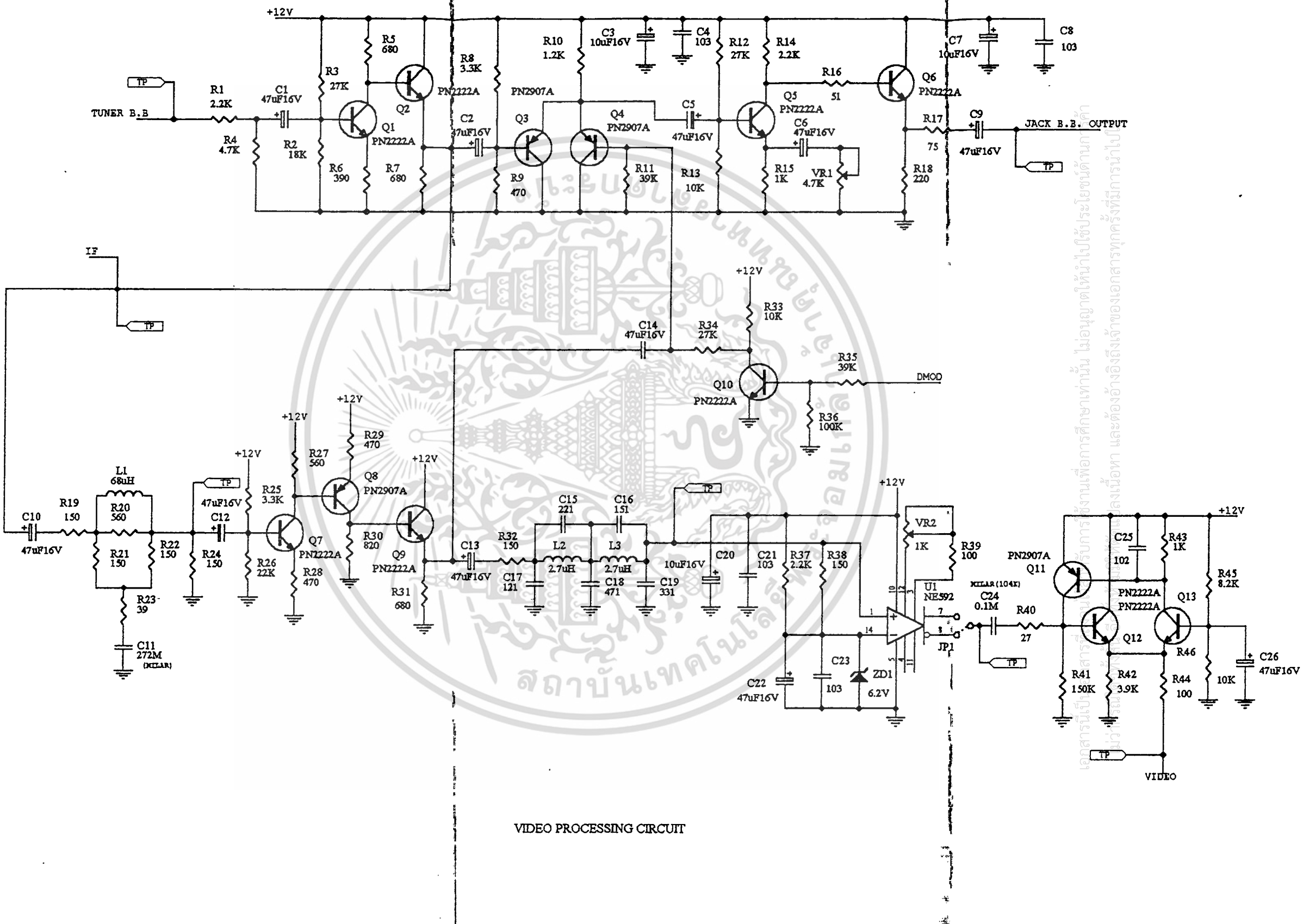
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0CC4 13      1674  SHIFT1:  RRC    A          ;Move LSB to carry flag
0CC5 9291    1675           MOV    P1.1,C     ;Move carry flag to data
0CC7 C290    1676           CLR    P1.0       ;Clock LOW
0CC9 C0E0    1677           PUSH   ACC
0CCB 120364  1678           LCALL  SCAN1
0CCE D0E0    1679           POP    ACC
0CD0 D290    1680           SETB   P1.0       ;Clock HIGH
0CD2 DFF0    1681           DJNZ   R7,SHIFT1  ;Repeat for all bits
             1682
0CD4 7F08    1683           MOV    R7,#8H     ;Give R7 is counter
0CD6 E9      1684           MOV    A,R1       ;Get data to send from R1
0CD7 13      1685  SHIFT2:  RRC    A          ;Move LSB to carry flag
0CD8 9291    1686           MOV    P1.1,C     ;Move carry flag to data
0CDA C290    1687           CLR    P1.0       ;Clock LOW
0CDC C0E0    1688           PUSH   ACC
0CDE 120364  1689           LCALL  SCAN1
0CE1 D0E0    1690           POP    ACC
0CE3 D290    1691           SETB   P1.0       ;Clock HIGH
0CE5 DFF0    1692           DJNZ   R7,SHIFT2  ;Repeat for all bits
             1693
0CE7 7F08    1694           MOV    R7,#8H     ;Give R7 is counter
0CE9 7491    1695           MOV    A,#91H     ;Get data to send
0CEB 13      1696  SHIFT3:  RRC    A          ;Move LSB to carry flag
0CEC 9291    1697           MOV    P1.1,C     ;Move carry flag to data
0CEE C290    1698           CLR    P1.0       ;Clock LOW
0CF0 C0E0    1699           PUSH   ACC
0CF2 120364  1700           LCALL  SCAN1
0CF5 D0E0    1701           POP    ACC
0CF7 D290    1702           SETB   P1.0       ;Clock HIGH
0CF9 DFF0    1703           DJNZ   R7,SHIFT3  ;Repeat for all bits
```

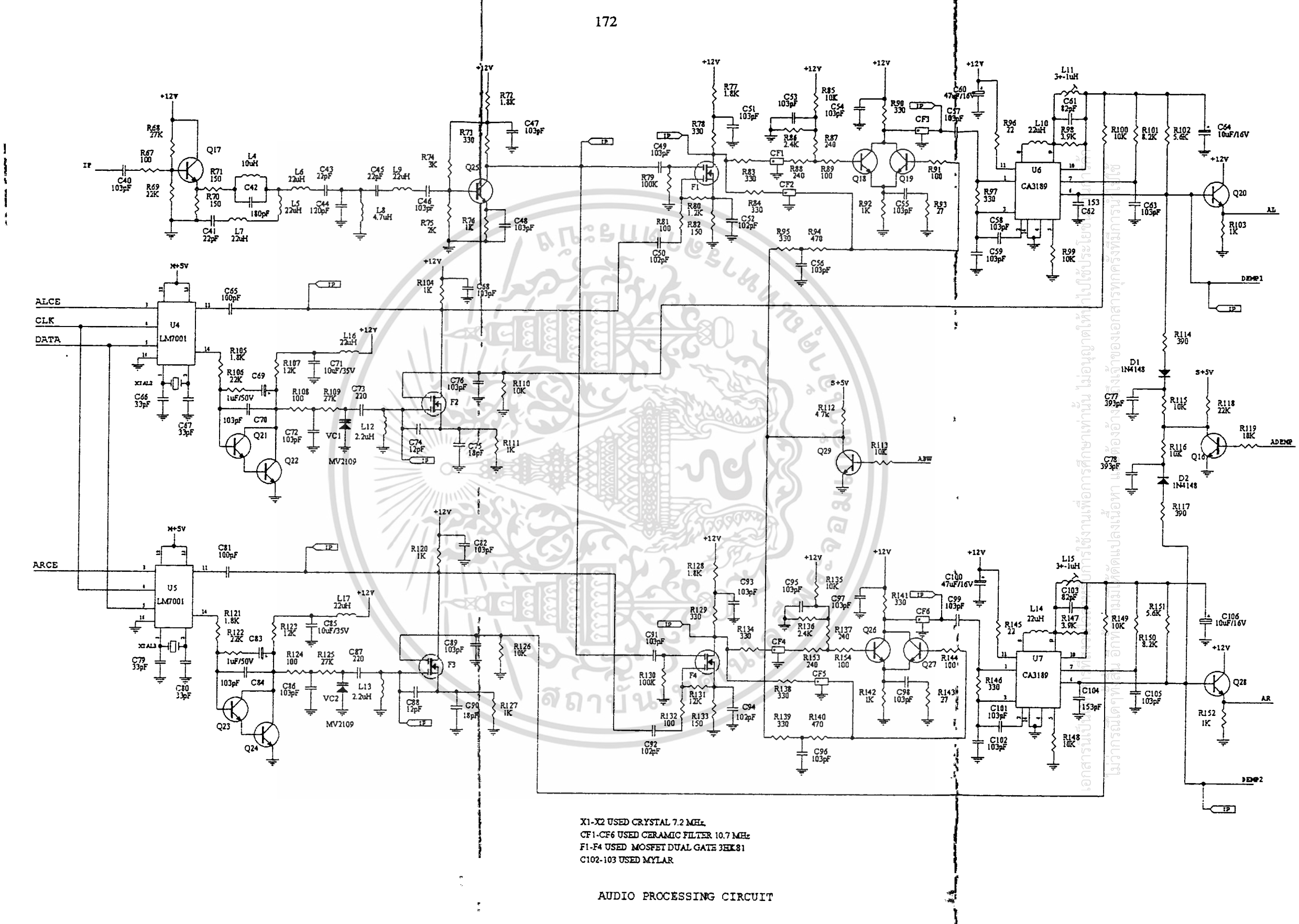
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                1704
0CFB C292       1705            CLR     P1.2        ;Disable PLL of Video
0CFD D295       1706            SETB    P1.5        ;Set Latch LED 24 Bits
0CFF C295       1707            CLR     P1.5
                1708
0D01 22         1709            RET
                1710
0000=           1711            END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

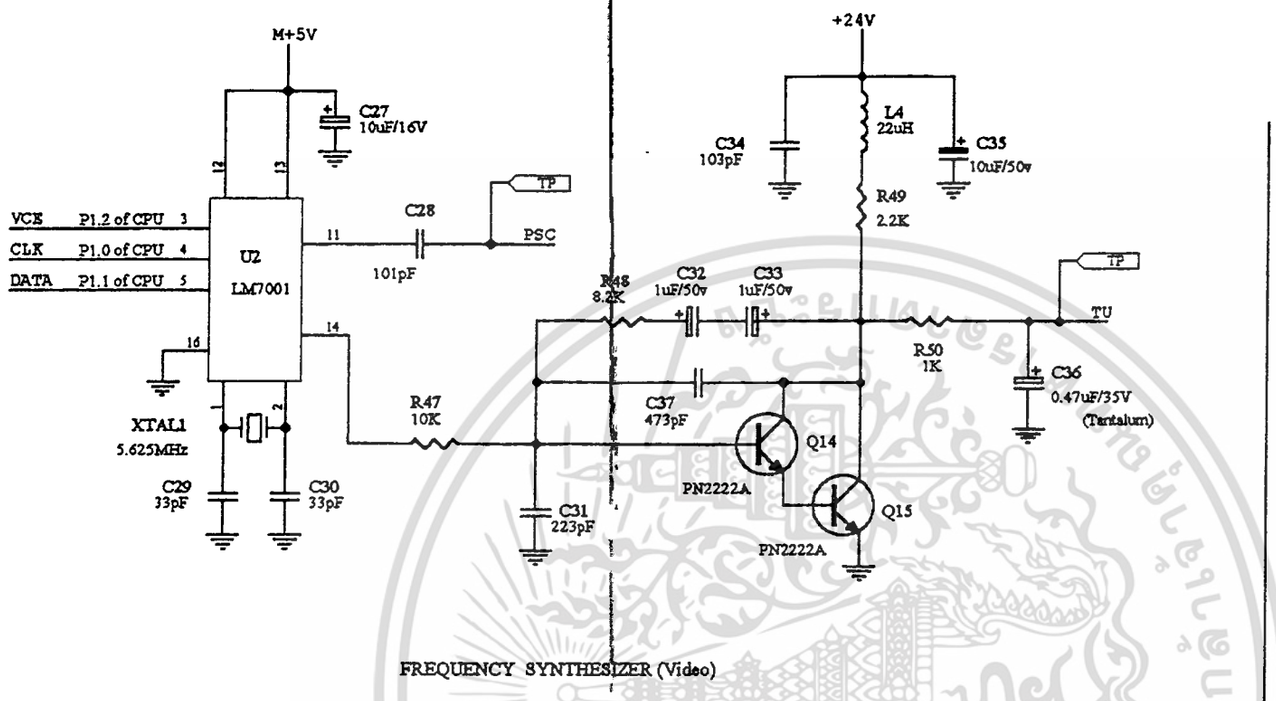


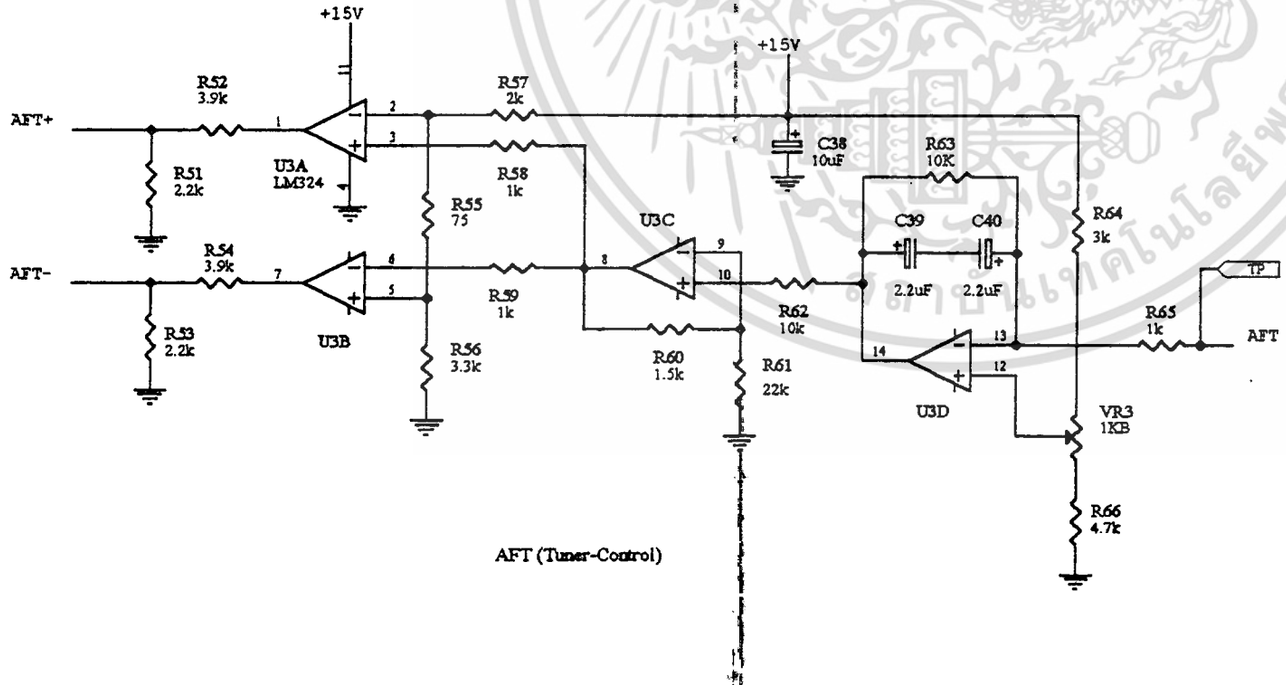
VIDEO PROCESSING CIRCUIT

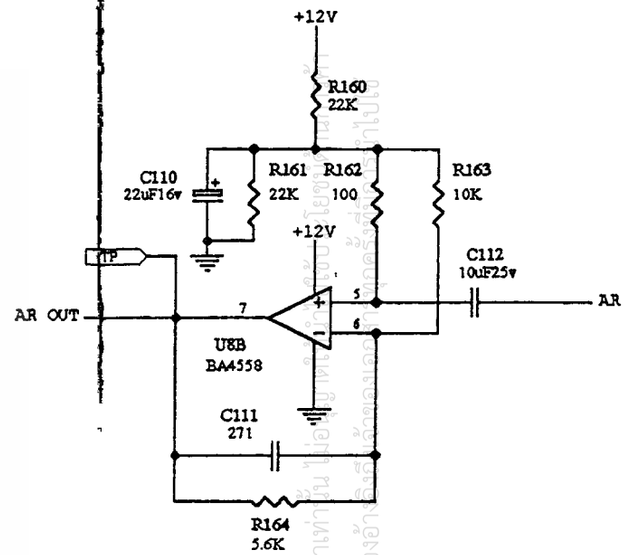


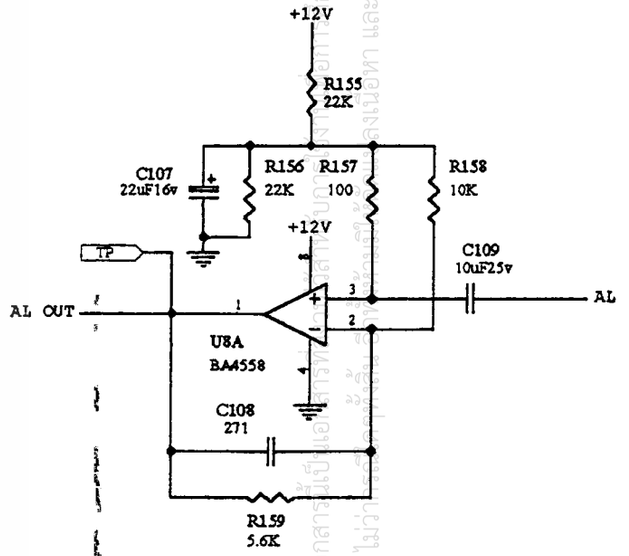
X1-X2 USED CRYSTAL 7.2 MHz.
CF1-CF6 USED CERAMIC FILTER 10.7 MHz
F1-F4 USED MOSFET DUAL GATE 3HK81
C102-103 USED MYLAR

AUDIO PROCESSING CIRCUIT

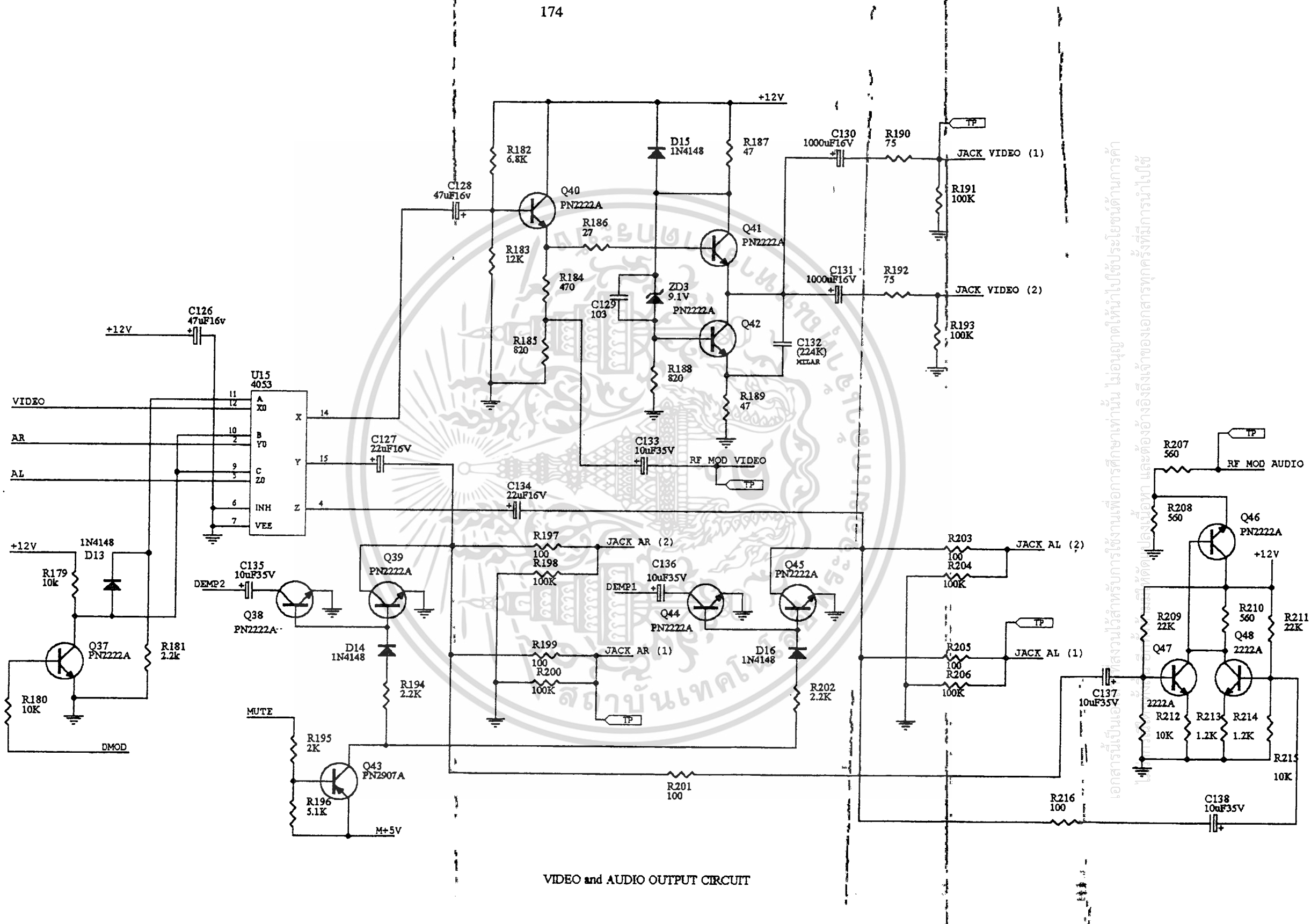






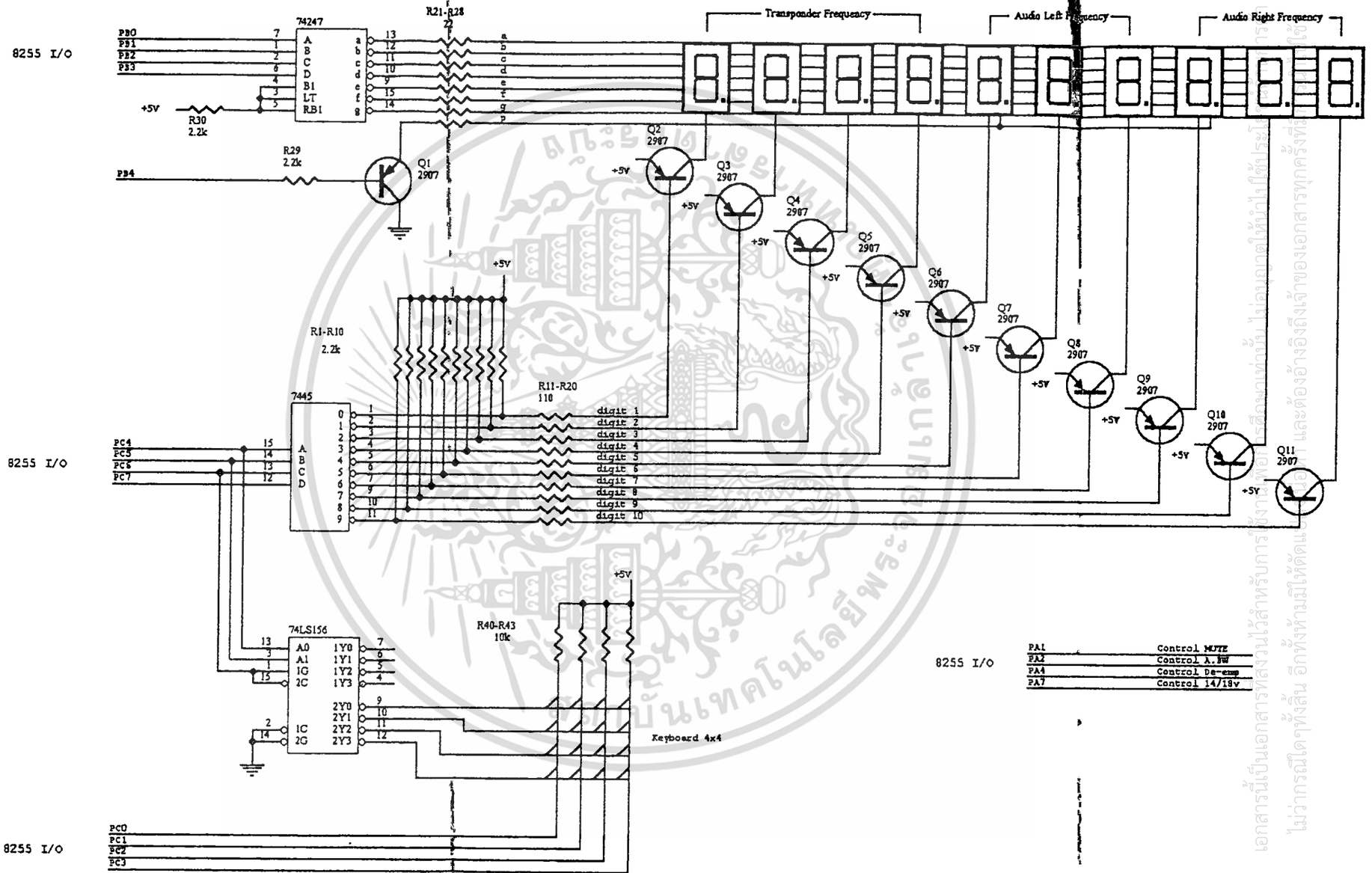


PreAMP (Audio)

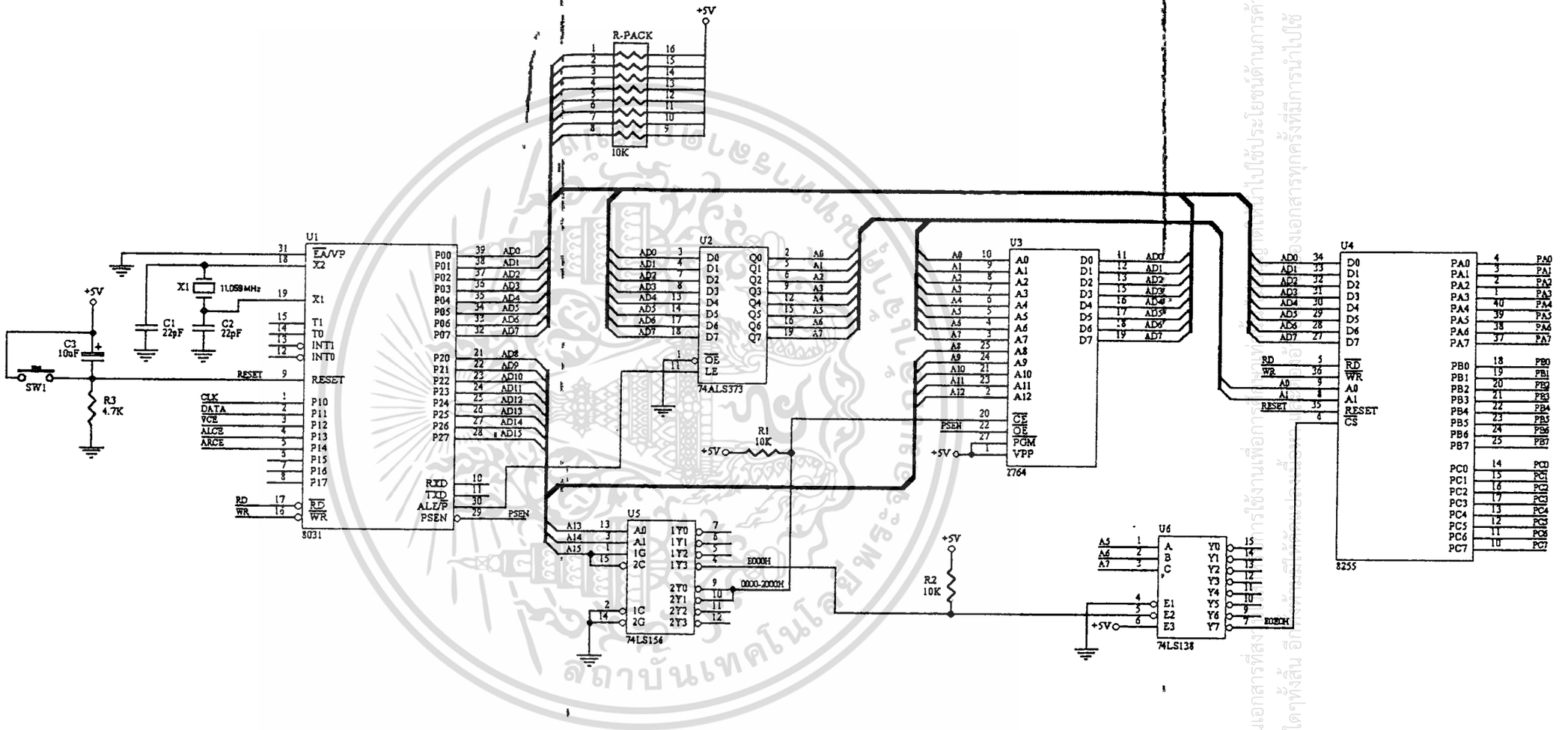


VIDEO and AUDIO OUTPUT CIRCUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

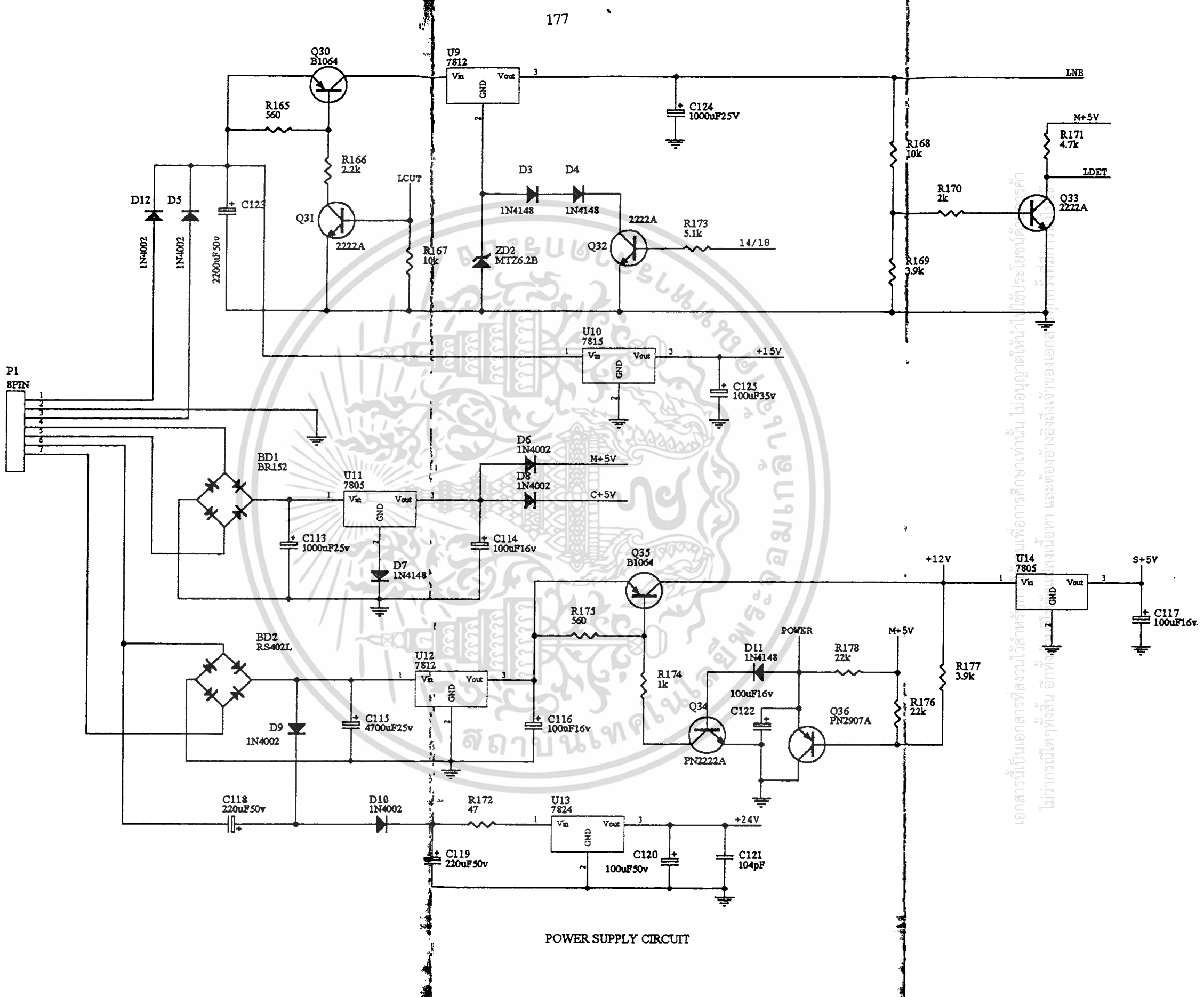


Keyboard and Display Circuit



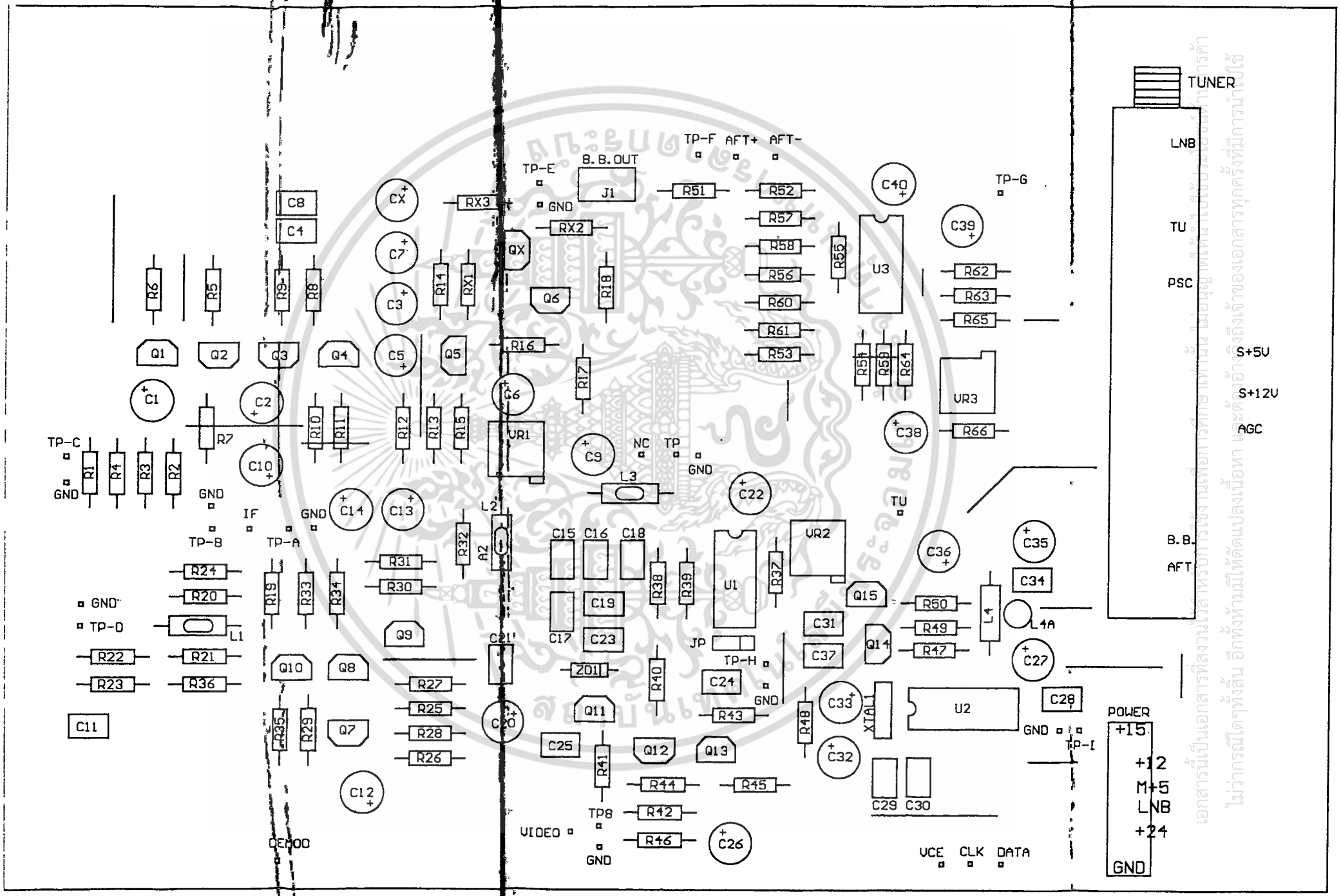
CONTROL CIRCUIT

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

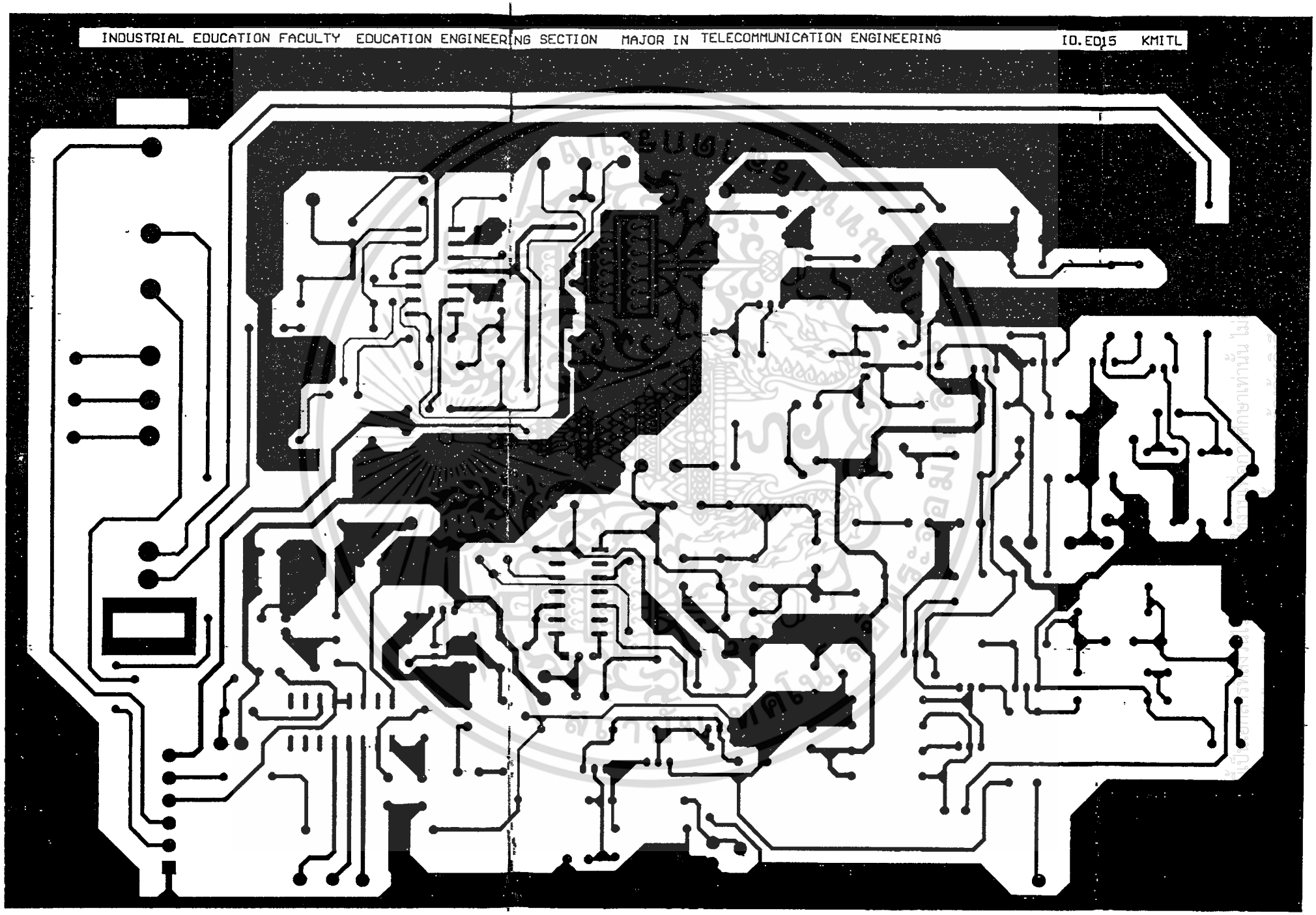


POWER SUPPLY CIRCUIT

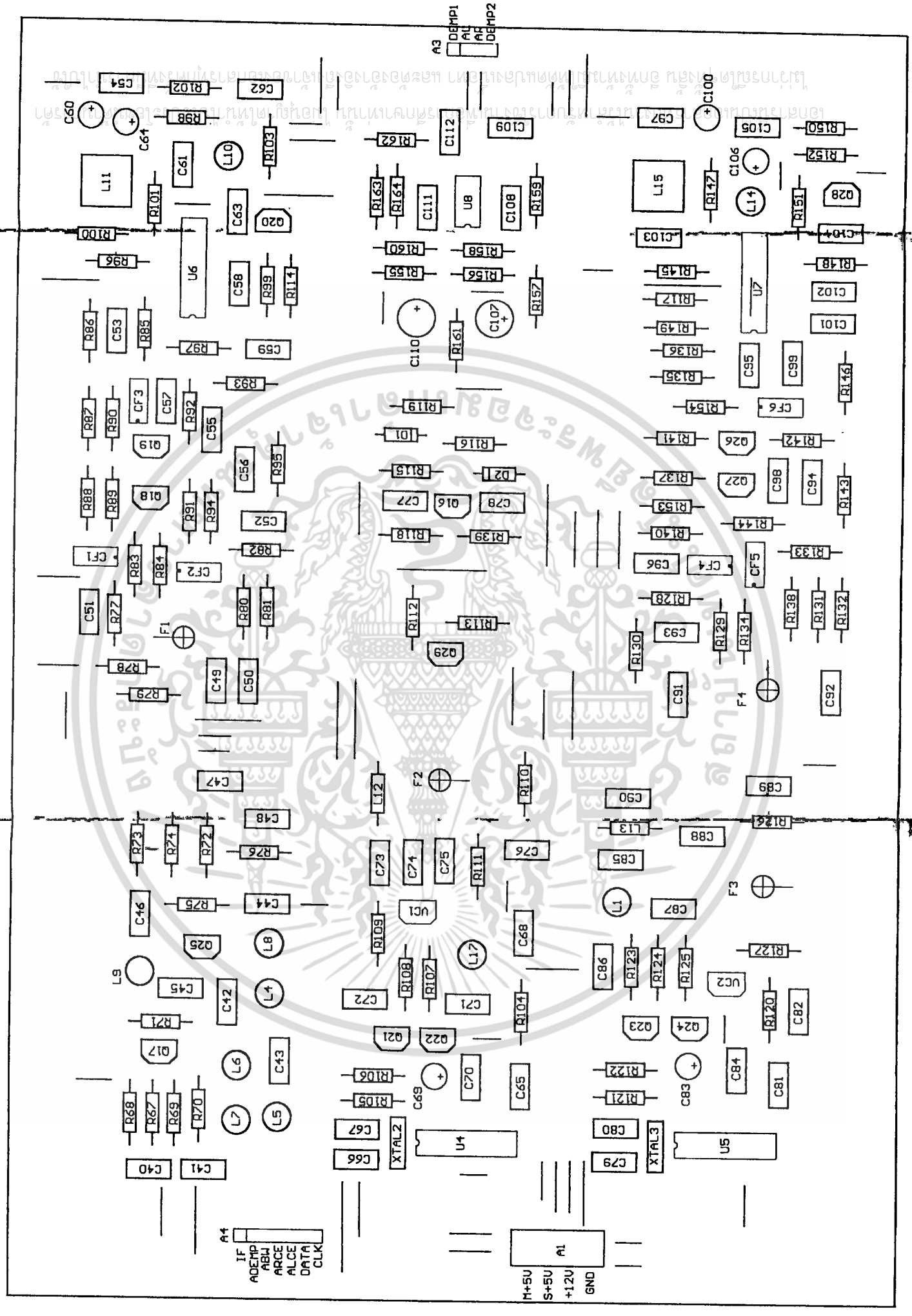
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง



การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ของภาค จูนเนอร์และวิดีโอ



ลายวงจรพิมพ์ของภาคจูนเนอร์และวิดิโอ



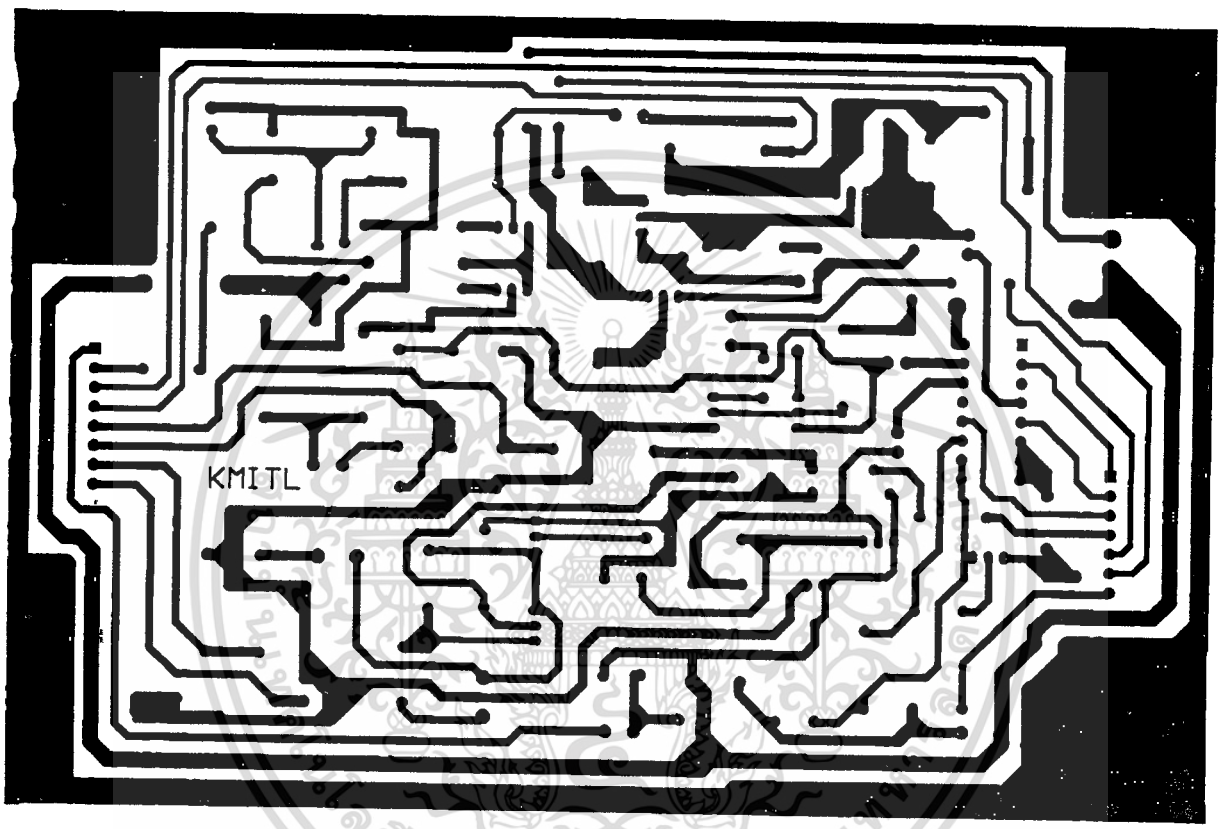
การติดตั้งอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ของภาค ออดิโอ

ลายวงจรพิมพ์ด้านอุปกรณ์ ขนาด 1:1

ภาคผนวก ค.

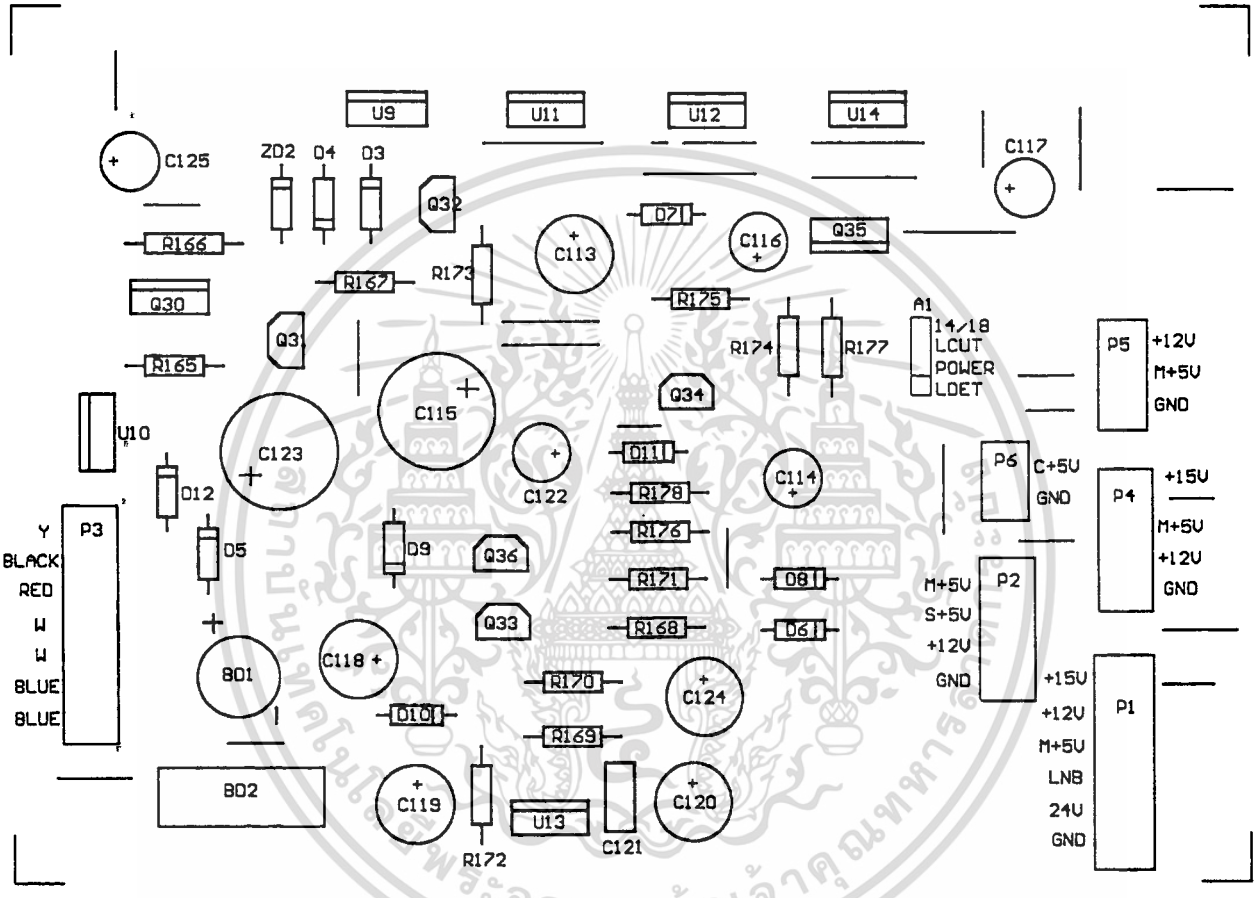
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



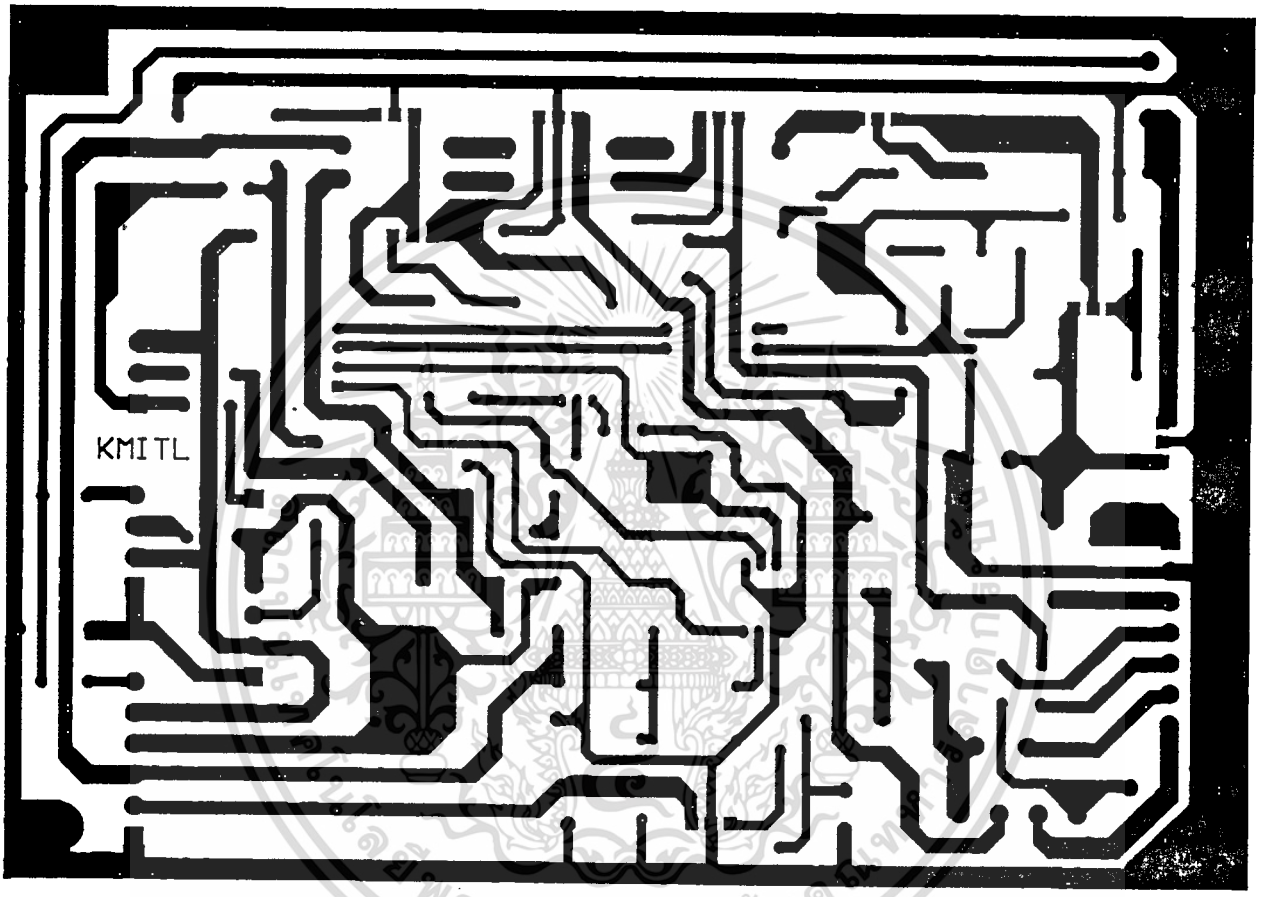
ลายวงจรพิมพ์ของภาค ดีมัลติเพล็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ของภาค เพาเวอร์ซัพพลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลายวงจรพิมพ์ของภาค เพาเวอร์ซัพพลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
รายการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ สำหรับวงจรภาค AUDIO PROCESSOR

อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำ

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
PN2222A	Q16 Q17 Q18 Q19 Q20 Q21 Q22 Q23 Q24 Q25 Q26 Q27 Q28 Q29	14	ทรานซิสเตอร์ ชนิดNPN
3SK81	F1 F2 F3 F4	4	เฟท-ทรานซิสเตอร์ ชนิดเกทคู่
CA3189	U6 U7	2	วงจรรวมดีมอดูเลเตอร์ แบบเอ็ฟเอ็ม
LM7001	U4 U5	2	วงจรรวมเฟสล็อคลูป แบบดิจิตอล
BA4558	U8	1	วงจรรวมขยายเสียง
1N4148	D1 D2	2	ไดโอด เยอรมาเนียม
MV2109	VC1 VC2	2	วาริแค๊ปไดโอด

รายการอุปกรณ์ประเภทตัวต้านทาน (ใช้ขนาด 0.25 วัตต์ และค่าความผิดพลาด 5 %)

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
22 Ω	R96 R145	2	
27 Ω	R93 R143	2	
100 Ω	R10 R67 R81 R89 R91 R124 R132 R144 R154 R162 R157	11	
150 Ω	R70 R71 R82 R133	4	
240 Ω	R88 R87 R137 R153	4	
330 Ω	R73 R78 R83 R84 R90 R95 R97 R129 R134 R138 R139 R141 R146	13	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ประเภทตัวเก็บประจุ (ชนิดเซอรามิค) ขนาด 50 โวลท์

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
12 pF	C74 C88	2	
18 pF	C75 C90	2	
22 pF	C41 C43 C45	3	
33 pF	C66 C67 C79 C80	4	
82 pF	C61 C103	2	
100 pF	C65 C81	2	
0.001 uF (102)	C50 C52 C92 C94	4	
0.01 uF (103)	C40 C46 C47 C48 C49 C51 C53 C54 C55 C56 C57 C58 C59 C63 C68 C70 C72 C76 C82 C84 C86 C89 C91 C93 C95 C96 C97 C98 C99 C101 C102 C105	32	
120 pF	C44	1	
0.015 uF (153)	C62 C104	2	
180 pF	C42	1	
220 pF	C73 C87	2	
0.039 uF (393)	C77 C78	2	
270 pF	C108 C111	2	ชนิดไมล่าร์

รายการอุปกรณ์ประเภทตัวเก็บประจุ (ชนิดอิเล็กทรอไลท์ติก)

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
1 uF/50V	C69 C83	2	
10 uF/16V	C64 C106	2	
10 uF/35V	C71 C85	2	
22 uF/16V	C110 C107	2	
47 uF/16V	C60 C100	2	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ประเภท ตัวเหนี่ยวนำ

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
2.2 uH	L12 L13	2	
4.7 uH	L8	1	
10 uH	L4	1	
22 uH	L5 L6 L7 L9 L10 L14 L16 L17	8	
3 + -1 uH	L15 L11	2	คอลย์ปรับค่าได้

รายการอุปกรณ์เบ็ดเตล็ด

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
CF (10.7 MHz)	CF1 CF2 CF3 CF4 CF5 CF6	6	เซอรามิคฟิลเตอร์ ความถี่ 10.7 MHz
7.2MHz	XTAL2 XTAL3	2	คริสตอล

รายการอุปกรณ์ สำหรับวงจรภาค DEMULTIPLEXER

อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำ

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
PN2222A	Q37 Q38 Q39 Q40 Q41 Q42 Q45 Q44 Q46 Q47 Q48	11	
PN2907A	Q43	1	
4053	U15	1	
1N4148	D13 D15 D14 D16	4	
9.1V	ZD3	1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ประเภทตัวต้านทาน (ใช้ขนาด 0.25 วัตต์ และค่าความผิดพลาด 5 %)

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
27 Ω	R186	1	
47 Ω	R187 R189	2	
75 Ω	R190 R192	2	
100 Ω	R197 R199 R201 R203 R205 R216	6	
470 Ω	R184	1	
560 Ω	R207 R208 R210	3	
820 Ω	R185 R188	2	
1.2 KΩ	R183 R213 R214	3	
2 KΩ	R195	1	
2.2 KΩ	R181 R194 R202	3	
5.1 KΩ	R196	1	
6.8 KΩ	R182	1	
10 KΩ	R179 R180 R212 R215	4	
22 KΩ	R209 R211	2	
100 KΩ	R191 R193 R198 R200 R206 R204	6	

รายการอุปกรณ์ประเภทตัวเก็บประจุ

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
0.01 uF (103)	C129	1	ชนิเซอรามิค
0.22 uF	C132	1	ชนิดไมลาร์
10 uF/35V	C133 C136 C135 C137 C138	5	ชนิดอิเล็กทรอไลท์
22 uF/16V	C127 C134	2	“ ---------- ”
47 uF/16V	C126 C128	2	“ ---------- ”
1000 uF/16V	C130 C131	2	“ ---------- ”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ สำหรับวงจรภาค POWER SUPPLY

อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำ

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
PN2222A	Q31 Q32 Q33 Q34	4	ทรานซิสเตอร์ NPN
PN2907A	Q36	1	ทรานซสิเตอร์ PNP
B1064	Q30 Q35	2	ทรานซสิเตอร์ PNP
7805	U11 U14	2	
7812	U9 U12	2	
7815	U10	1	
7824	U13	1	
1N4002	D5 D6 D8 D9 D10 D12	6	ไดโอด ซิลิกอน
1N4148	D3 D4 D7 D11	4	ไดโอด เยอรมาเนียม
MTZ6.2B	ZD2	1	ซีเนอร์ไดโอด
BR152	BD1	1	
RS402L	BD2	1	

รายการอุปกรณ์ประเภทตัวต้านทาน (ใช้ขนาด 0.25 วัตต์ และค่าความผิดพลาด 5 %)

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
47 Ω	R172	1	
560 Ω	R165 R175	2	
1 KΩ	R174	1	
2 KΩ	R170	1	
2.2 KΩ	R166	1	
3.9 KΩ	R169 R177	2	
4.7 KΩ	R171	1	
5.1 KΩ	R173	1	
10 KΩ	R167 R168	2	
22 KΩ	R178 R176	2	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ประเภทตัวเก็บประจุ

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
100 uF/16V	C114 C116 C117 C122	4	
100 uF/35V	C125	1	
100 uF/50V	C120	1	
220 uF/50V	C118 C119	2	
1000 uF/25V	C113 C124	2	
2200 uF/50V	C123	1	
4700 uF/25V	C115	1	
104 pF	C121	1	เซอรามิคส์ ขนาด 50V

รายการอุปกรณ์ สำหรับวงจรภาค VIDEO PROCESSOR

อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำ

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
NE592	U1	1	วงจรขยายความแตกต่างของสัญญาณภาพ
LM7001	U2	1	วงจรรวมเฟสล็อคลูป
LM324	U3	1	
PN2222A	Q1 Q2 Q5 Q6 Q7 Q9 Q10 Q12 Q13 Q14 Q15	11	ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN
PN2907A	Q3 Q4 Q8 Q11	4	ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP
6.2V	ZD1	1	ซีเนอร์ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ประเภทตัวต้านทาน (ใช้ขนาด 0.25 วัตต์ และค่าความผิดพลาด 5 %)

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
27 Ω	R40	1	
39 Ω	R23	1	
51 Ω	R16	1	
75 Ω	R17 R55	2	
100 Ω	R39 R44	2	
150 Ω	R19 R21 R22 R24 R32 R38	6	
390 Ω	R6	1	
470 Ω	R9 R28 R29	3	
220 Ω	R18	1	
560 Ω	R20 R27	2	
680 Ω	R5 R7 R31	3	
820 Ω	R30	1	
1 KΩ	R15 R43 R50 R58 R59 R65 VR2 VR3	6 + 2	VR2,3 เป็นแบบปรับค่าได้แบบเกือกม้าและแบบ B
1.2 KΩ	R10	1	
1.5 KΩ	R60	1	
2 KΩ	R57	1	
2.2 KΩ	R1 R14 R37 R49 R51 R53	6	
3 KΩ	R64	1	
3.3 KΩ	R8 R25 R56	3	
3.9 KΩ	R42 R52 R54	3	
4.7 KΩ	R4 R66 VR1	2 + 1	VR1 เป็นแบบเกือกม้า
8.2 KΩ	R45 R48	2	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
10 KΩ	R13 R33 R46 R47 R62 R63	6	
18 KΩ	R2	1	
22 KΩ	R26 R61	2	
27 KΩ	R3 R12 R34	3	
39 KΩ	R11 R35	2	
100 KΩ	R36	1	
150 KΩ	R41	1	

รายการอุปกรณ์ประเภทตัวเก็บประจุ

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
1 uF /50V	C33 C32	2	ชนิดอิเล็กทรอไลท์
2.2 uF /16V	C40 C39	2	"----------
10 uF /16V	C3 C7 C20 C27	4	"----------
10 uF/25V	C112 C109	2	"----------
10 uF/50V	C35 C38	2	"----------
47 uF16V	C1 C2 C5 C6 C9 C10 C12 C13 C14 C22 C26	11	"----------
0.47 uF/35V	C36	1	ชนิดแทนทาลั่ม
0.1 uF	C24	1	ชนิดไมลาร์
0.0027 uF (272)	C11	1	ชนิดไมลาร์
33 pF	C29 C30	2	ชนิดเซอรามิค
100 pF	C28	1	"----------
120 pF	C17	1	"----------
150 pF	C16	1	"----------
220 pF	C15	1	"----------
330 pF	C19	1	"----------
470 pF	C18	1	"----------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
0.001 uF (102)	C25	1	"----------"
0.22 uF (223)	C31	1	"----------"
0.047 uF (473)	C37	1	"----------"
0.01 uF (103)	C4 C8 C21 C23C34	5	"----------"

*** ชนิดไมลาร์และเซอรามิคใช้ขนาดทนแรงดัน 50 โวลท์

รายการอุปกรณ์ประเภท ตัวเหนี่ยวนำ

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
22 uH	L4	1	
68 uH	L1	1	

รายการอุปกรณ์เบ็ดเตล็ด

เบอร์อุปกรณ์	ชื่ออ้างอิงในวงจร	จำนวนตัวอุปกรณ์	หมายเหตุ
5.625 MHz	XTAL 1	1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

คู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor Corporation

LM592 Differential Video Amp

General Description

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

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

Features

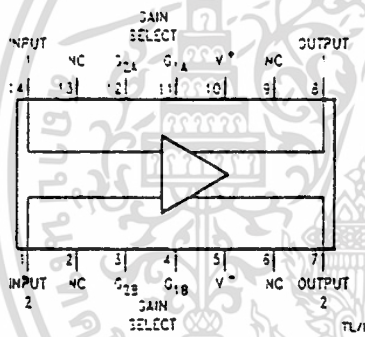
- 120 MHz bandwidth
- Adjustable gains from 0 to 400
- Adjustable pass band
- No frequency compensation required

Applications

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

Connection Diagram

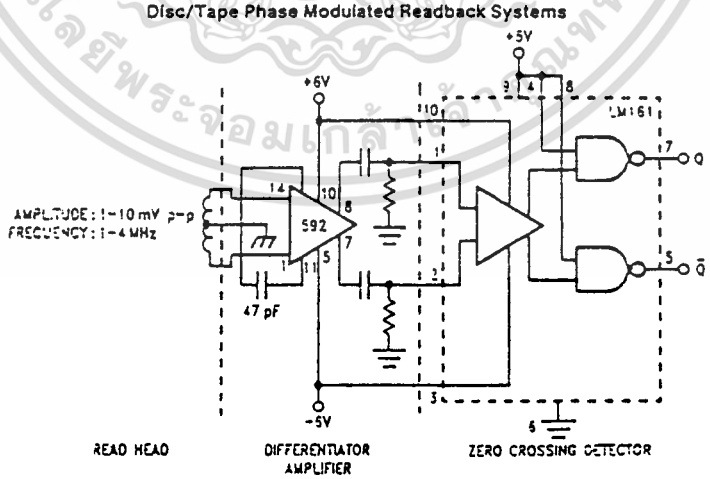
Dual-In-Line and Small Outline Package



Top View

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

Disc/Tape Phase Modulated Readback Systems



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.

Differential Input Voltage	±5V
Common Mode Input Voltage	±6V
V_{supply}	±8V
Output Current	10 mA
Power Dissipation (Note 1)	500 mW
Junction Temperature	+150°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Operating Temperature Range	0°C to +70°C
Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 seconds)	260°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

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

Electrical Characteristics T_A = 25°C, unless otherwise specified, see test circuits, V_S = ±6.0V (Note 5)

Characteristics	Test Circuit	Test Conditions	LM592 Typ	LM592 Tested Limit (Note 6)	LM592 Design Limit (Note 7)	Units (Limit)
Differential Voltage Gain						
Gain 1 (Note 2)		R_L = 2 kΩ, V_{OUT} = 3 V_{pp}	400	250	210	Min)
				600	620	Max)
Gain 2 (Note 3)			100	80	75	Min)
				120	120	(Max)
Bandwidth						
Gain 1			40			MHz
Gain 2	2		90			MHz
Rise Time						
Gain 1		V_{OUT} = 1 V_{pp}	10.5			ns
Gain 2	2		4.5		12	ns (Max)
Propagation Delay						
Gain 1		V_{OUT} = 1 V_{pp}	7.5			ns
Gain 2	2		5		10	ns (Max)
Input Resistance						
Gain 1			4			kΩ
Gain 2			23		10	kΩ (Min)
Input Capacitance		Gain 2	2			pF
Input Offset Current			0.4	5	6	μA (Max)
Input Bias Current			9	25	31	μA (Max)
Input Noise Voltage		BW = 1 kHz to 10 MHz	12			μV rms
Input Voltage Range	1			±1	±1	V (Min)
Common Mode Rejection Ratio						
Gain 2	1	V_{CM} = ±1V	86	60	50	dB (Min)
Gain 2		V_{CM} = ±1V, f = 5 mHz	60			dB
Supply Voltage Rejection Ratio						
Gain 2	1	ΔV_S = ±0.5V	70	50	50	dB (Min)
Output Offset Voltage						
Gain 1	1	R_L = ∞	0.35	0.75	0.75	V (Max)
Output Common Mode Voltage	1	R_L = ∞	2.9	2.4	2.4	V (Min)
(Note 4)				3.4	3.4	V (Max)
Output Voltage Swing	1	R_L = 2k	4	3	3	V (Min)
Output Sink Current			3.6	2.5	2.3	mA (Min)
Output Resistance			20			Ω
Power Supply Current	1	R_L = ∞	18	24	24	mA (Max)

Note 1: For operation at elevated temperatures, these devices must be derated based on a thermal resistance of θ_{jA} and $T_j$max, θ_{jA} = 90°C/W in the "N" package and 135°C/W in the "M" package, $T_j$max = 150°C.

Note 2: Pins G1A and G1B connected together.

Note 3: Pins G2A and G2B connected together.

Note 4: Gain select pins open. Output Common Mode Voltage = $(V_{01} + V_{02})/2$.

Note 5: Boldface numbers apply at temperature extremes.

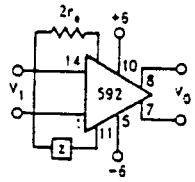
Note 6: Guaranteed and 100% production tested.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications

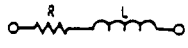
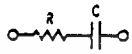
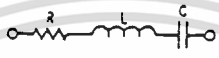
Filter Networks



TL/H/6701–3

$$\frac{V_O(S)}{V_I(S)} = \frac{1.4 \times 10^4}{Z(s) - 2r_e} = \frac{1.4 \times 10^4}{Z(s) - 32}$$

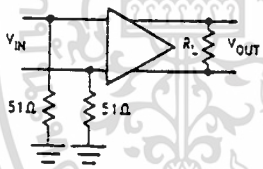
BASIC CONFIGURATION

Impedance Network	Desired Filter	$\frac{V_O(S)}{V_I(S)}$ Transfer Function
 TL/H/6701–10	Low Pass	$\frac{1.4 \times 10^4}{L}\left[\frac{1}{s - R/L}\right]$
 TL/H/6701–11	High Pass	$\frac{1.4 \times 10^4}{R}\left[\frac{1}{s + 1/RC}\right]$
 TL/H/6701–12	Band Pass	$\frac{1.4 \times 10^4}{L}\left[\frac{s}{s^2 - R/Ls - 1/LC}\right]$
TL/H/6701–13	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 32Ω.

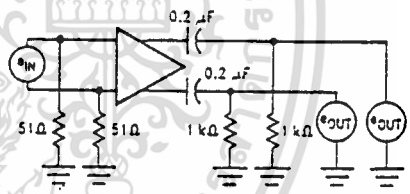
Test Circuits

Test Circuit 1



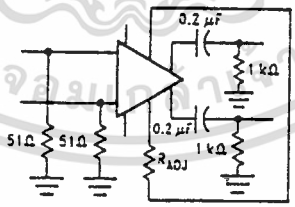
TL/H/6701–4

Test Circuit 2



TL/H/6701–5

Voltage Gain Adjust Circuit

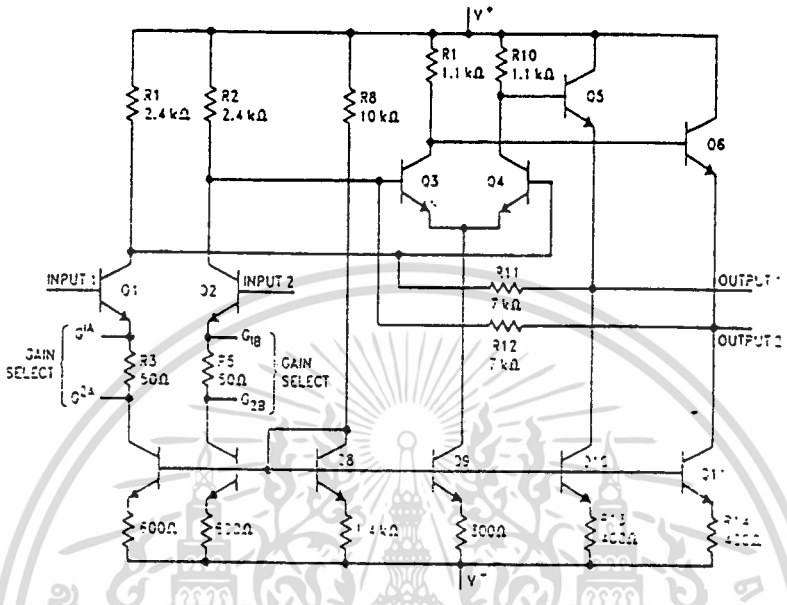


TL/H/6701–6

$V_S = \pm 5V$
$T_A = 25°C$

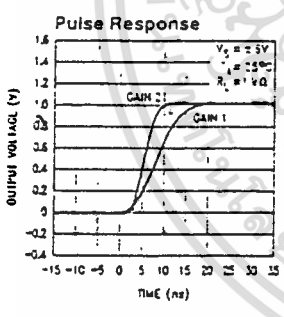
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

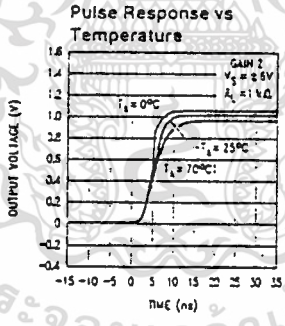
Schematic Diagram

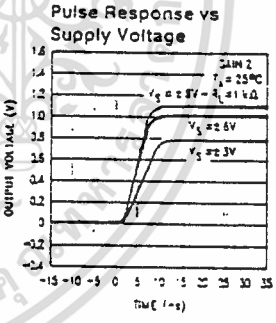


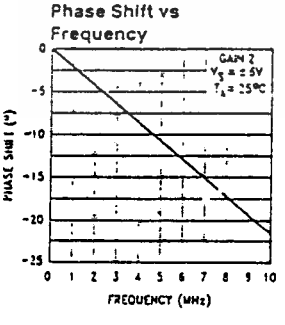
TL/H/6701–7

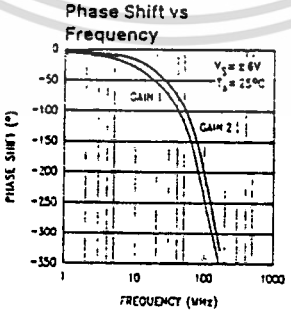
Typical Performance Characteristics

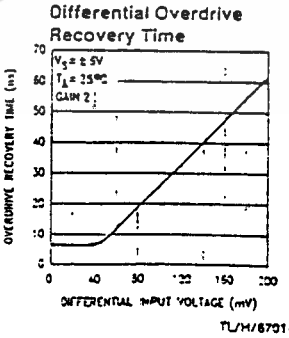










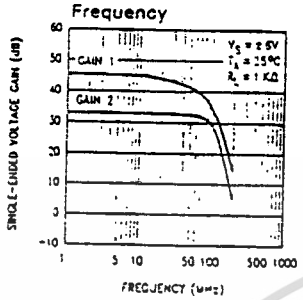


TL/H/6701–8

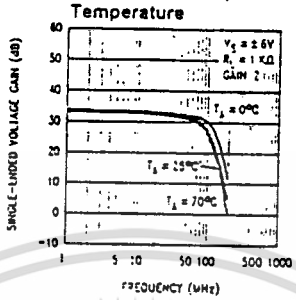
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (Continued)

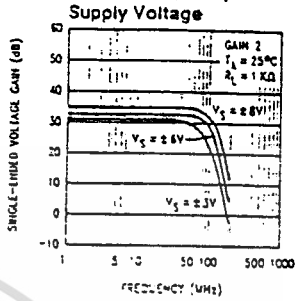
Voltage Gain vs Frequency



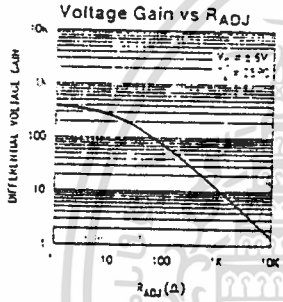
Gain vs Frequency Temperature



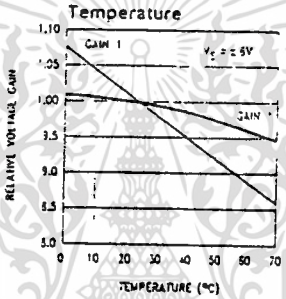
Gain vs Frequency vs Supply Voltage



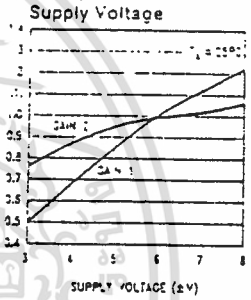
Voltage Gain vs R_{ADJ}



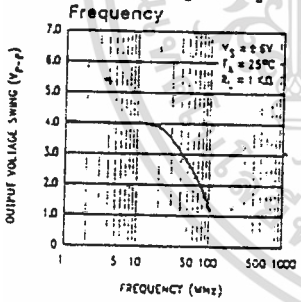
Voltage Gain vs Temperature



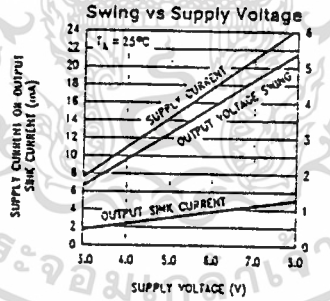
Voltage Gain vs Supply Voltage



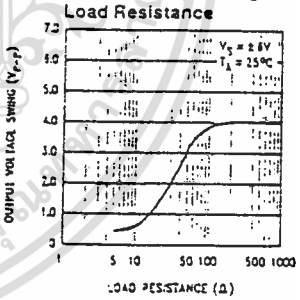
Output Voltage Swing vs Frequency



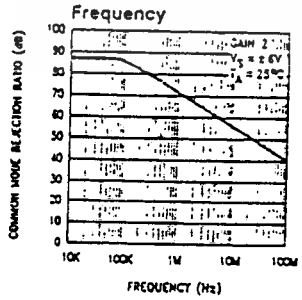
Supply Current, Output Voltage and Current Swing vs Supply Voltage



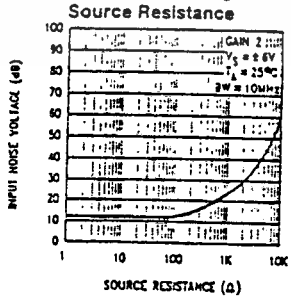
Output Voltage Swing vs Load Resistance



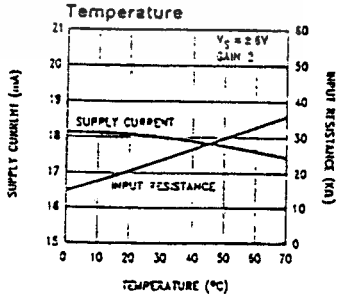
Common Mode Rejection Ratio vs Frequency



Input Noise Voltage vs Source Resistance



Supply Current and Input Resistance vs Temperature



TL/H/6701-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HARRIS SEMICONDUCTOR

CA3189

March 1993

FM IF System

Features

- Includes IF Amplifier, Quadrature Detector, AF Preamplifier, and Specific Circuits for AGC, AFC, Tuning Meter, Deviation-Noise Muting, and ON Channel Detector
- FM IF Amplifier Applications in High-Fidelity, Automotive, and Communications Receivers
- Exceptional Limiting Sensitivity -12μV (Typ.) at -3dB Point
- Low Distortion -0.1% (Typ.) (with Double-Tuned Coil)
- Single-Coil Tuning Capability
- Improved S + N/N Ratio
- Externally Programmable Recovered Audio Level
- Provides Specific Signal for Control of Interchannel Muting (Squelch)
- Provides Specific Signal for Direct Drive of a Tuning Meter
- On Channel Step for Search Control
- Provides Programmable AGC Voltage for RF Amplifier
- Provides a Specific Circuit for Flexible Audio Output
- Internal Supply Voltage Regulators
- Externally Programmable "On" Channel Step Width, and Deviation at Which Muting Occurs

Description

The Harris CA3189E* is a monolithic integrated circuit that provides all the functions of a comprehensive FM-IF system. The block diagram of the CA3189E includes a three-stage FM-IF amplifier/limiter configuration with level detectors for each stage, a doubly-balanced quadrature FM detector and an audio amplifier that features the optional use of a muting (squelch) circuit.

The advanced circuit design of the IF system includes desirable deluxe features such as programmable delayed AGC for the RF tuner, an AFC drive circuit, and an output signal to drive a tuning meter and/or provide stereo switching logic. In addition, internal power-supply regulators maintain a nearly constant current drain over the voltage supply range of +8.5V to +16V.

The CA3189E is ideal for high-fidelity operation. Distortion in a CA3189E FM-IF System is primarily a function of the phase linearity characteristic of the outboard detector coil. The CA3189E has all the features of the CA3089E plus additions. See CA3189E features compared to the CA3089E in Table 1.

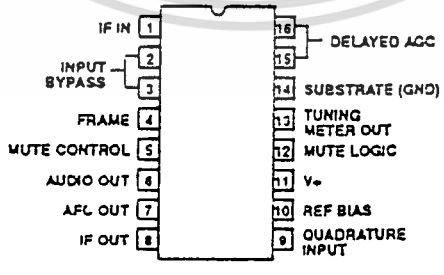
*Formerly Developmental Type No. TA10038.

Ordering Information

PART NUMBER	TEMPERATURE RANGE	PACKAGE
CA3189E	-40°C to +85°C	16 Lead Plastic DIP

Pinout

CA3189
(PDIP)
TOP VIEW



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specifications CA3189

Absolute Maximum Ratings T_A = +25°C

DC Supply Voltage
(Between Terminals 11 and 4) 16V
(Between Terminals 11 and 14) 16V
DC Current (Out of Terminal 15) 2mA
Power Dissipation:
Up to T_A = +85°C 640mW
Above T_A = +85°C..... Derate Linearly at 9.9mW/°C
Lead Temperature (Soldering 10 Sec.)..... +300°C

Operating Conditions

Operating Temperature Range .....-40°C to +85°C
Storage Temperature Range.....-65°C to +150°C

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

Electrical Specifications T_A = +25°C, V+ = 12V

PARAMETERS	SYMBOL	TEST CONDITIONS		CIRCUIT OR FIG. NO.	LIMITS MIN	LIMITS TYP	LIMITS MAX	UNITS
STATIC (DC) SPECIFICATIONS								
Quiescent Circuit Current	I_{11}	No Signal Input, Non Muted		1, 2	20	31	40	mA
DC Voltages		No Signal Input, Non Muted						
Terminal 1 (IF Input)	V_1			1, 2	1.2	1.9	2.4	V
Terminal 2 (AC Return to Input)	V_2			1, 2	1.2	1.9	2.4	V
Terminal 3 (DC Bias to Input)	V_3			1, 2	1.2	1.9	2.4	V
Terminal 15 (RF AGC)	V_{15}			1, 2	7.5	9.5	11	V
Terminal 10 (DC Reference)	V_{10}			1, 2	5	5.6	6	V
DYNAMIC SPECIFICATIONS								
Input Limiting Voltage (-3dB Point)	V_i(lim)		f_O = 10.7MHz, $f_{MOD.}$ = 400Hz, Deviation ±75kHz	1, 2	-	12	25	µV
AM Rejection (Terminal 6)	AMR	V_{IN} = 0.1V, AM Mod. = 30%		1, 2	45	55	-	dB
Recovered AF Voltage (Terminal 6)	V_O(AF)			1, 2	325	500	650	mV
Total Harmonic Distortion (Note 1)								
Single Tuned (Terminal 6)	THD	V_{IN} = 0.1V		1	-	0.5	1	%
Double Tuned (Terminal 6)	THD			2	-	0.1	-	%
Single Plus Noise-to Noise Ratio (Terminal 6)	S + N/N	V_{IN} = 0.1V		1, 2	65	72	-	dB
Deviation Mute Frequency	$f_{DEV.}$		$f_{MOD.}$ = 0	1, 4, 5	-	±40	-	kHz
RF AGC Threshold	V_{15}			1, 2	-	1.25	-	V
On Channel Step	V_{12}	V_{IN} = 0.1V	$f_{DEV.}$ < ±40kHz	1	-	0	-	V
			$f_{DEV.}$ > ±40kHz	1	-	5.6	-	V

NOTE:

1. THD characteristics are essentially a function of the phase characteristics of the network connected between terminals 8, 9, and 10.

TABLE 1. CA3189E FEATURES COMPARED TO CA3089E

FEATURES	CA3189E	CA3089E
Low Limiting Sensitivity (12µV Typ.)	Yes	Yes
Low Distortion	Yes	Yes
Single-Coil Tuning Capability	Yes	Yes
Programmable Audio Level	Yes	No
S/N Mute	Yes	Yes
Deviation Mute	Yes	No

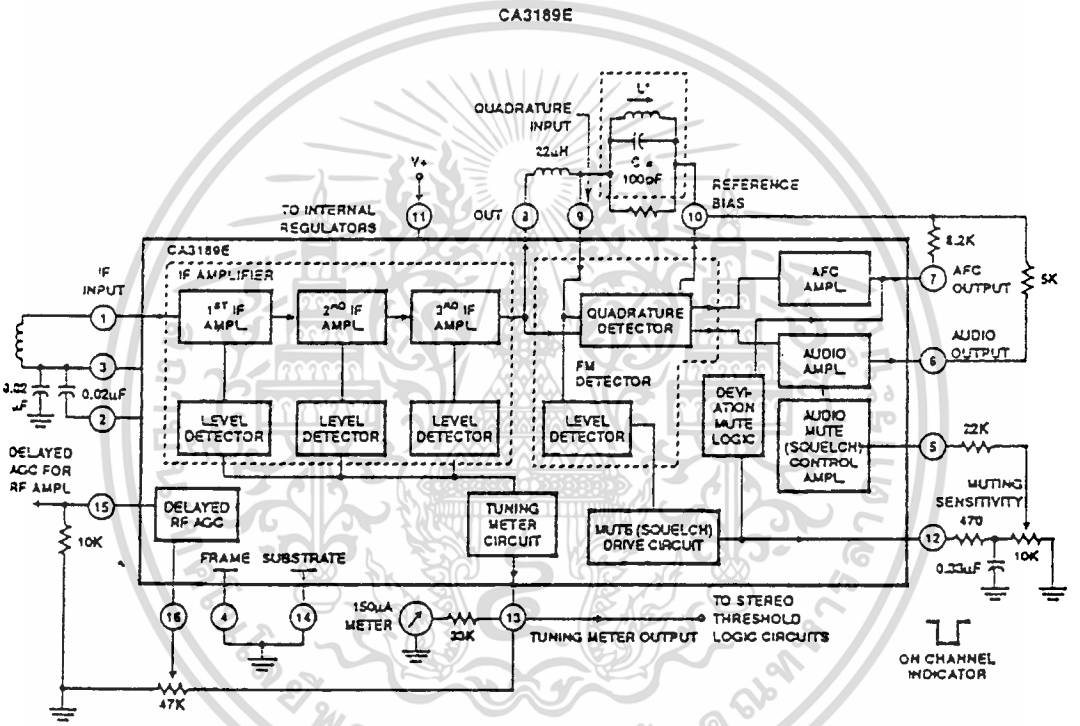
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specifications CA3189

TABLE 1. CA3189E FEATURES COMPARED TO CA3089E (Continued).

FEATURES	CA3189E	CA3089E
Flexible AFC	Yes	Yes
Programmable AGC Threshold and Voltage	Yes	No
Typical S + N/N > 70 dB	Yes	No
Meter Drive Voltage Depressed at Very Low Signal Levels	Yes	No
On-Channel Step Control Voltage	Yes	No

Block Diagram

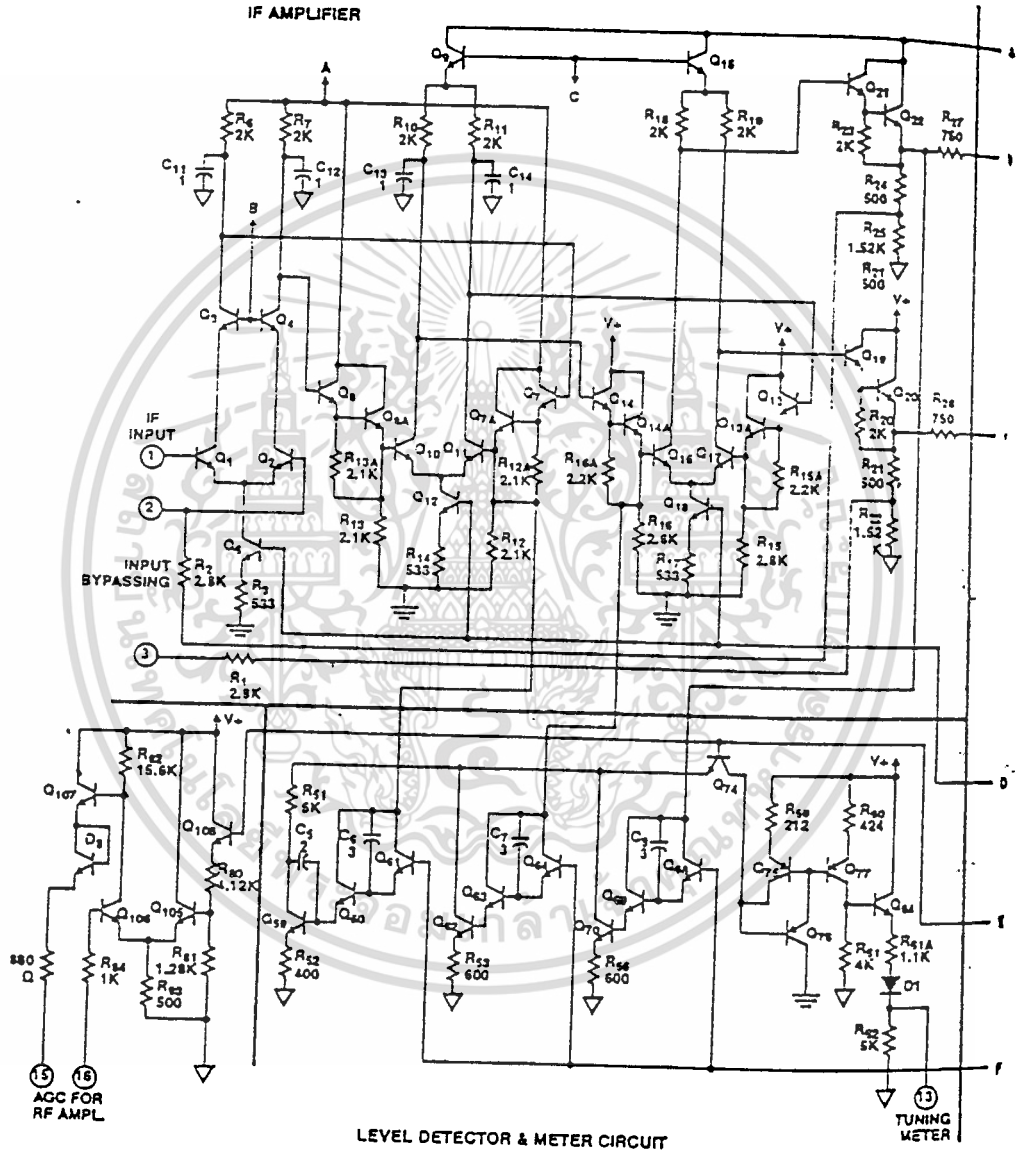


All resistance values are in Ω
*L Tunes with 100pF (C) at 10.7MHz
Q_O ≥ 75 (TOKO No. KACS K586HM or equivalent)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic Diagram

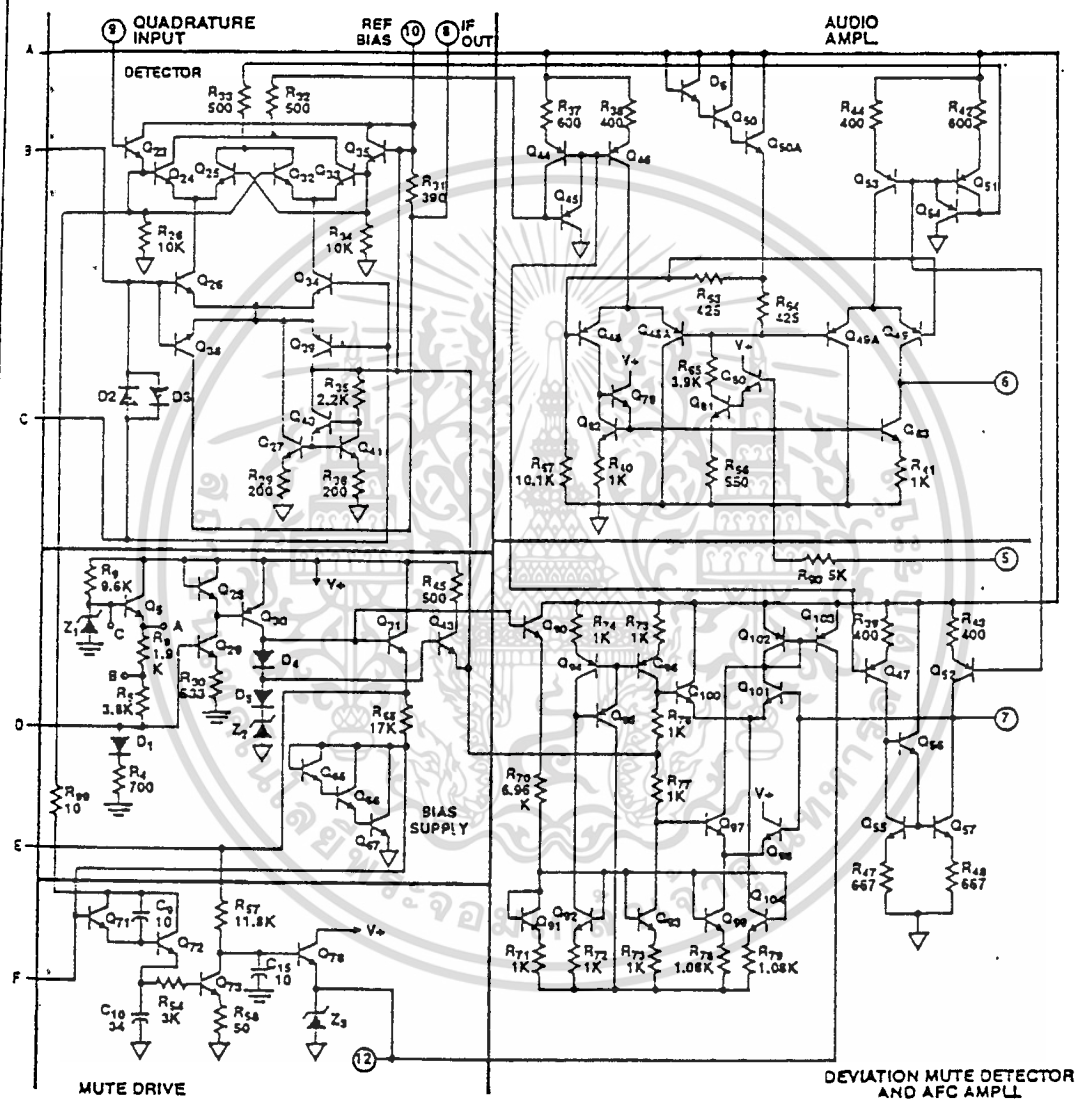
CA3189E



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

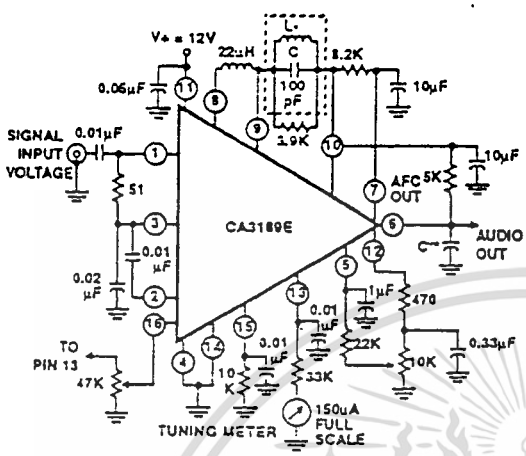
Schematic Diagram (Continued)

CA3189E



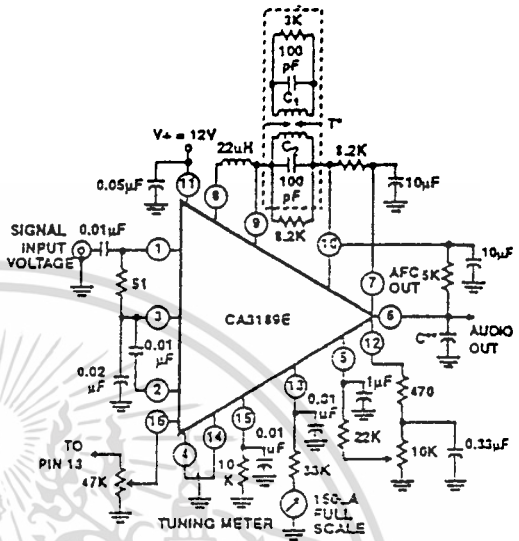
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuits



All resistance values are in Ω
* L tunes with 100pF (C) at 10.7MHz
Q_o (unloaded) ≥ 75 (TOKO No. KACS-A586HM or equivalent)
** C = 0.01µF for 50µs deemphasis (Europe)
= 0.015µF for 75µs deemphasis (USA)

FIGURE 1. TEST CIRCUIT FOR CA3189E USING A SINGLE-TUNED DETECTOR COIL



All resistance values are in Ω
* T: PRI. - Q_o (unloaded) ≥ 75 (tunes with 100pF (C_1) 20T of 34e on $^7/_{32}$" dia. form
SEC. - Q_o (unloaded) ≥ 75 (tunes with 100pF (C_2) 20T of 34e on $^7/_{32}$" dia. form
kQ (percent of critical coupling) ≥ 70%
(Adjusted for coil voltage V_C) = 150mV
Above values permit proper operation of mute (squelch) circuit "E" type slugs, spacing 4mm.
** C = 0.01µF for 50µs deemphasis (Europe)
= 0.015µF for 75µs deemphasis (USA)

FIGURE 2. TEST CIRCUIT FOR CA3189E USING A DOUBLE-TUNED DETECTOR COIL

Typical Performance Curves

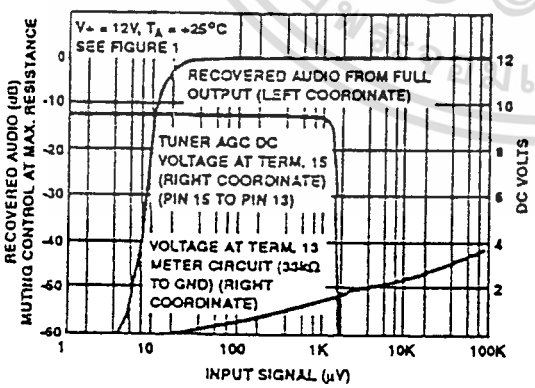


FIGURE 3. MUTING ACTION, TUNER AGC, AND TUNING METER OUTPUT AS A FUNCTION OF INPUT SIGNAL VOLTAGE

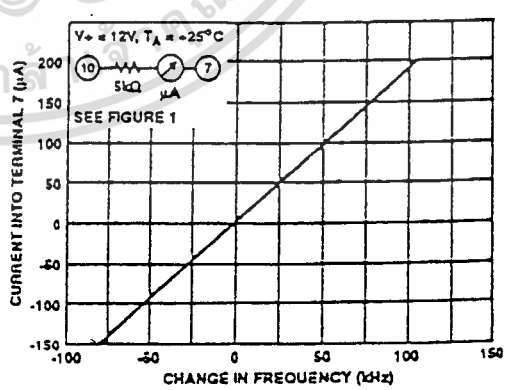


FIGURE 4. AFC CHARACTERISTICS (CURRENT AT TERMINAL 7 AS A FUNCTION OF CHANGE IN FREQUENCY)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Curves

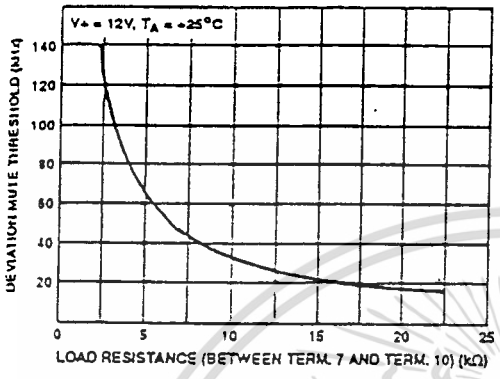


FIGURE 5. DEVIATION MUTE THRESHOLD AS A FUNCTION OF LOAD RESISTANCE (BETWEEN TERMINAL 7 AND TERMINAL 10)

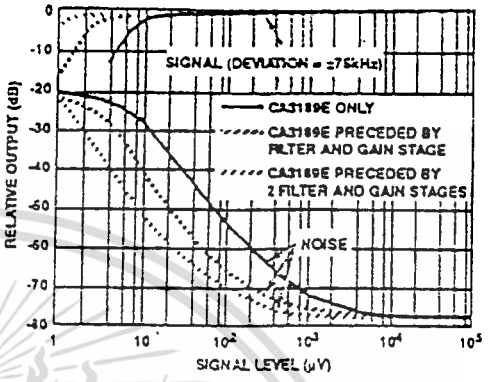
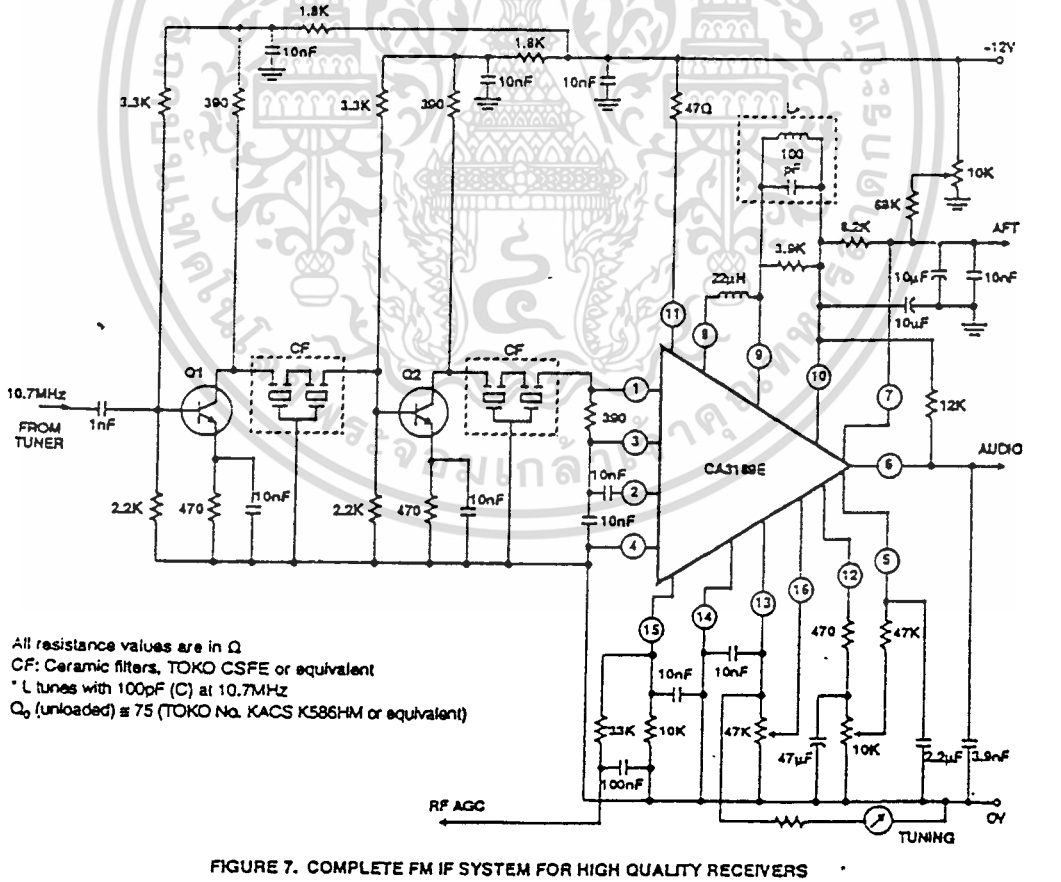


FIGURE 6. TYPICAL LIMITING AND NOISE CHARACTERISTICS



All resistance values are in Ω
CF: Ceramic filters, TOKO CSFE or equivalent
* L tunes with 100pF (C) at 10.7MHz
Q_0 (unloaded) ≅ 75 (TOKO No. KACS K586HM or equivalent)

FIGURE 7. COMPLETE FM IF SYSTEM FOR HIGH QUALITY RECEIVERS

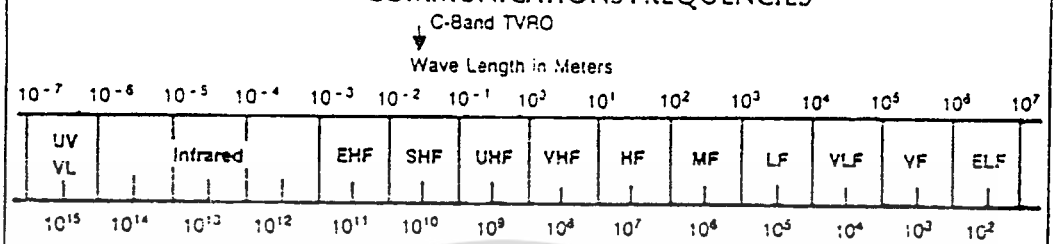
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

เอกสารประกอบและอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMMUNICATIONS FREQUENCIES



Band	λ Range	Freq. Range	Name of Range	Uses
ELF	10^7km-10^6km	30 Hz-300 Hz	Extremely Low Freq. (ELF)	High Fidelity Sound System
VF	10^6km-10^5km	300 Hz-3 kHz	Voice Freq. (VF)	High Fidelity Sound System
VLF	10^5km-10^4km	3 kHz-30 kHz	Very Low Freq. (VLF)	Maritime, Mobile Radio Navigation Long-Range Communications
LF	10^4km-10^3km	30 kHz-300 kHz	Low Freq. (LF)	Aero Radio and Navigation
MF	10^3km-100 m	0.3 MHz-3 MHz	Medium Freq. (MF)	AM Broadcasts
HF	100 m-10 m	3 MHz-30 MHz	High Freq. (HF)	Short Wave, Amateur, CB
VHF	10 m-1 m	30 MHz-300 MHz	Very High Freq. (VHF)	TV, FM, Commun. Navig.
UHF	1 m-0.1 m	0.3 GHz-3 GHz	Ultra High Freq. (UHF)	TV, Commun., Data, Radar, Sat.
SHF	100 mm-10 mm	3 GHz-30 GHz	Super High Freq. (SHF)	Radar, Commun.
EHF	10 mm-1 mm	30 GHz-300 GHz	Extremely High Freq. (EHF)	Radar, Satellite
IR	1 mm-0.001 mm	0.3 THz-30 THz	Infrared Region (IR)	Commun., Detection, Radar
VL/UV	1μ-0.1μ	30 THz-300 THz	Visible Light (VL) Ultraviolet (UV)	Electro-Optical

MICROWAVE FREQUENCY BANDS

Band Name	Bandwidth (GHz)
P-band	10.20 - 0.40
L-band	1.53 - 2.70
S-band	1.50 - 2.70
C-band	3.40 - 4.20
	4.40 - 4.70
	5.725 - 6.425
X-band	7.25 - 7.75
	7.90 - 8.40
Ku-band	10.95 - 14.50
Ka-band	17.7 - 21.2
K-band	27.5 - 31.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHARACTERISTICS OF COMMONLY USED COAX

Cable Type	Signal Loss (dB/10 metres) 100 MHz	1450 MHz	4 GHz	Impedance (ohms)
RG-59	1.115	3.609	N/A	75
RG-6A	0.89	2.854	N/A	75
RG-11	0.76	2.297	N/A	75
RG-8	0.62		7.55	50
RG-214	0.76		7.05	50
9913	N/A		3.61	50

LOSSES FOR RG-6 AND RG-11 COAX
(dB per 10 metres)

	Signal Frequency 100 MHz	270 MHz	500 MHz	770 MHz	950 MHz	1450 MHz
RG-6	0.89	1.18	0.95	2.13	2.46	2.79
RG-11	0.76	0.79	0.66	1.44	1.71	1.97

COAX LOSSES AND CONSTRUCTION DIFFERENCES
(Belden Coaxial Cables)

Cable Type	Model	Shield Type	Attenuation (dB per 10'm) 400 MHz	900 MHz
RG-6	8228	Foil & Wire	1.48	2.26
RG-6	9248	Foil & Copper Braid	1.48	2.26
RG-11	9230	Foil & Wire	1.05	1.71
RG-11	9292	Foil & Copper Braid	1.05	1.71
RG-59	8241	95% Copper	2.33	3.58
RG-59	9275	Foil & Wire	1.77	2.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Size in ft.	Size in m.	C-Band (3.7~4.2 GHz) Efficiency (%) 55%	70%	Ku-Band (11.7~12.2 GHz) Efficiency (%) 55%	70%
1	0.30	19.4†	20.5	29.0	30.1
2	0.61	25.4	26.5	35.1	36.1
3	0.91	29.0	30.0	38.6	39.6
4	1.22	31.5	32.5	40.7	42.1
5	1.52	33.4	34.4	43.0	44.1
7	2.13	35.0	36.0	44.6	45.6
8	2.43	37.5	38.5	47.1	48.1
9	2.74	38.5	39.5	48.1	49.2
10	3.05	39.4	40.5	49.0	50.1
11	3.35	40.2	41.3	49.9	50.9
12	3.65	41.0	42.0	50.6	51.7
13	3.96	41.7	42.7	51.3	52.4
16	4.87	43.5	44.5	53.1	54.1
20	6.09	45.4	46.5	55.1	56.1
25	7.62	47.4	48.4	57.0	58.0
33	10.05	49.8	50.8	59.4	60.4

† In dBi —gain in decibels referenced to an isotropic antenna.

การเปรียบเทียบอัตราขยายของจานรับสัญญาณในย่าน Ku-band และ C-band

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WORLDWIDE TELEVISION BROADCAST STANDARDS

Country	Broadcast Standard VHF	Broadcast Standard UHF	Colour System	Satellite Service	Line Voltage - Frequency Standard
Afghanistan	B		PAL		220-50
Albania	B	G			220-50
Algeria	B		PAL	PAL	127/220/380-50
Angola					220-50
Antigua	M		NTSC		110-50
Argentina	N	N	PAL	PAL	220-50
Australia	B		PAL	PAL	240/415-50
Austria	B	G	PAL		220/380-50
Azores	B		PAL		220-50
Bahamas	M		NTSC		110/220-60
Bahrain	B		PAL		230-50
Bangladesh	B		PAL		220/440-50
Barbados	M		NTSC		110/220-50
Barbuda	M		NTSC		110/220-50
Belgium	B	H	PAL		220-50
Benin	K				220/380-50
Bermuda	M		NTSC		115/230-60
Bolivia	M	N	NTSC		110/220-50
Brazil	M	M	PAL	PAL	110/127/220-50/60
Brunei	B		PAL		110/127/220-50/60
Bulgaria	D	K	SECAM	SECAM	220-50
Canada	M	M	NTSC	NTSC	115/230-60
Canary Islands	B		PAL		110/220-50
Chile	M		NTSC		220/380-50
China	D	K	PAL		220-50
Colombia	M		NTSC	NTSC	110/220-60
Congo	D				220-50
Costa Rica	M		NTSC		120/220-60
Cuba	M	M	NTSC	NTSC	115/220-60
Cyprus	B	G	PAL		240-50
Czechoslovakia	D	K	SECAM	SECAM	220-50
Denmark	B	G	PAL		220/380-50
Diego Garcia	M		NTSC		110/220-60
Djibouri	K		SECAM		220-50
Dominican Rep.	M	M	NTSC		110-60
Dubai (UAE)	B	G	PAL	PAL	220-50
East Germany	B	G	SECAM	SECAM	220/380-50
Ecuador	M		NTSC		110/220-60
Egypt	B		SECAM		220-50
El Salvador	M		NTSC		110/220-60
England	A	I	PAL	PAL	240/415-50
Ethiopia	B		PAL		127/220-50127/220-50
Faroe Islands	B		PAL		220-50
Finland	B	G	PAL		220/380-50
France	E	L	SECAM	SECAM	various-50
Gabon	K		SECAM		220-50
Ghana	G		PAL		230-50
Gibraltar	B		PAL		240-50
Greece	B	H	SECAM	SECAM	220-50
Greenland	B		PAL		220/380-50
Guadeloupe	K		SECAM		220-50
Guam	M		NTSC		110/220-60
Guatemala	M		NTSC		110/220/127-60

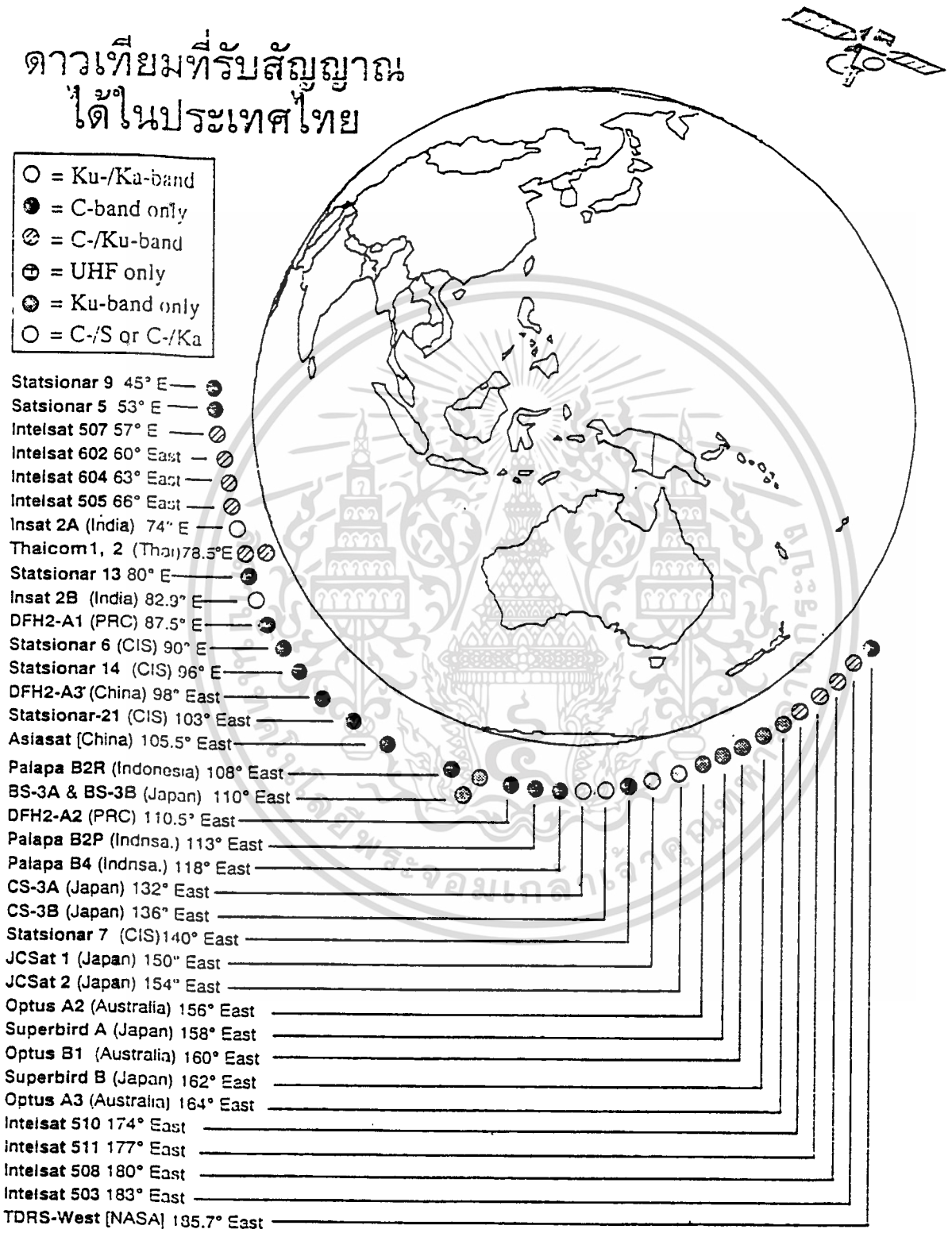
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Country	Broadcast Standard VHF	UHF	Colour System	Satellite Service	Line Voltage - Frequency Standard
Guyana	K		SECAM		127/220-50
Guinea Republic	K		SECAM		220/380-50
Guinea-Equatorial	B				220/380-50
Haiti	M		NTSC		110/220-50/60
Holland	B	G	PAL	PAL	220-50
Honduras	M		NTSC		110-60
Hong Kong	B	I	PAL		200-50
Hungary	D	K	SECAM	SECAM	220-50
Iceland	B	G	PAL		220-50
India	B		PAL	PAL	230/400-50
Indonesia	B		PAL	PAL	127/220-50
Iran	B	G	SECAM		220-50
Iraq	B		SECAM		220/380-50
Ireland	I/A		PAL		220/380-50
Israel	B	G	PAL		230/400-50
Italy	B	G	PAL	PAL	220/380-50
Ivory Coast	K		SECAM		220/380-50
Jamaica	M		NTSC		110/220-50
Japan	M		M	NTSC	110/220-50/60
Johnson Island	M		NTSC		110/220-60
Jordan	BG		PAL		220-50
Kenya	B		PAL		240-50
Korea (South)	M	M	NTSC		110/60
Korea (North)	D		PAL		220-50
Kuwait	B		PAL		240-50
Laos	M				127/220-50
Lebanon	B		SECAM		110/190-50
Liberia	B		PAL		120-60
Libya	B		SECAM		127/130-50
Luxembourg	C	G/L	PAL/SECAM		110/220-50
Madeira	B		PAL		220/380-50
Madagascar	K		SECAM		110/220-50
Malawi	B				230-50
Malaysia	B		PAL	PAL	230/400-50
Maldives	B		PAL		220-50
Malta	B	H	PAL		240-50
Martinique	K		SECAM		220-50
Mauritania	K		SECAM		220/380-50
Mauritius	B		SECAM		240-50
Mexico	M		NTSC	NTSC	110/220-60
Midway Islands	M		NTSC		110/220-60
Micronesia	M		NTSC		
Monaco	E	G/L	PAL/SECAM		127/220-50
Mongolia	D		SECAM		220-50
Morocco					
Mozambique	B		PAL		220-50
Namibia	PAL				220-50
Netherland Ant.	M		NTSC		127/220-50-60
Netherlands	B	G	PAL	PAL	220-50
New Caleconia	K		SECAM		220-50
New Zealand	B		PAL		230/400-50
Nicaragua	M		NTSC		120-60
Niger	K		SECAM	SECAM	220/380-50
Nigeria	B	G	PAL	PAL	230/400-50
N.Mariana Island	M		NTSC		110/220-60

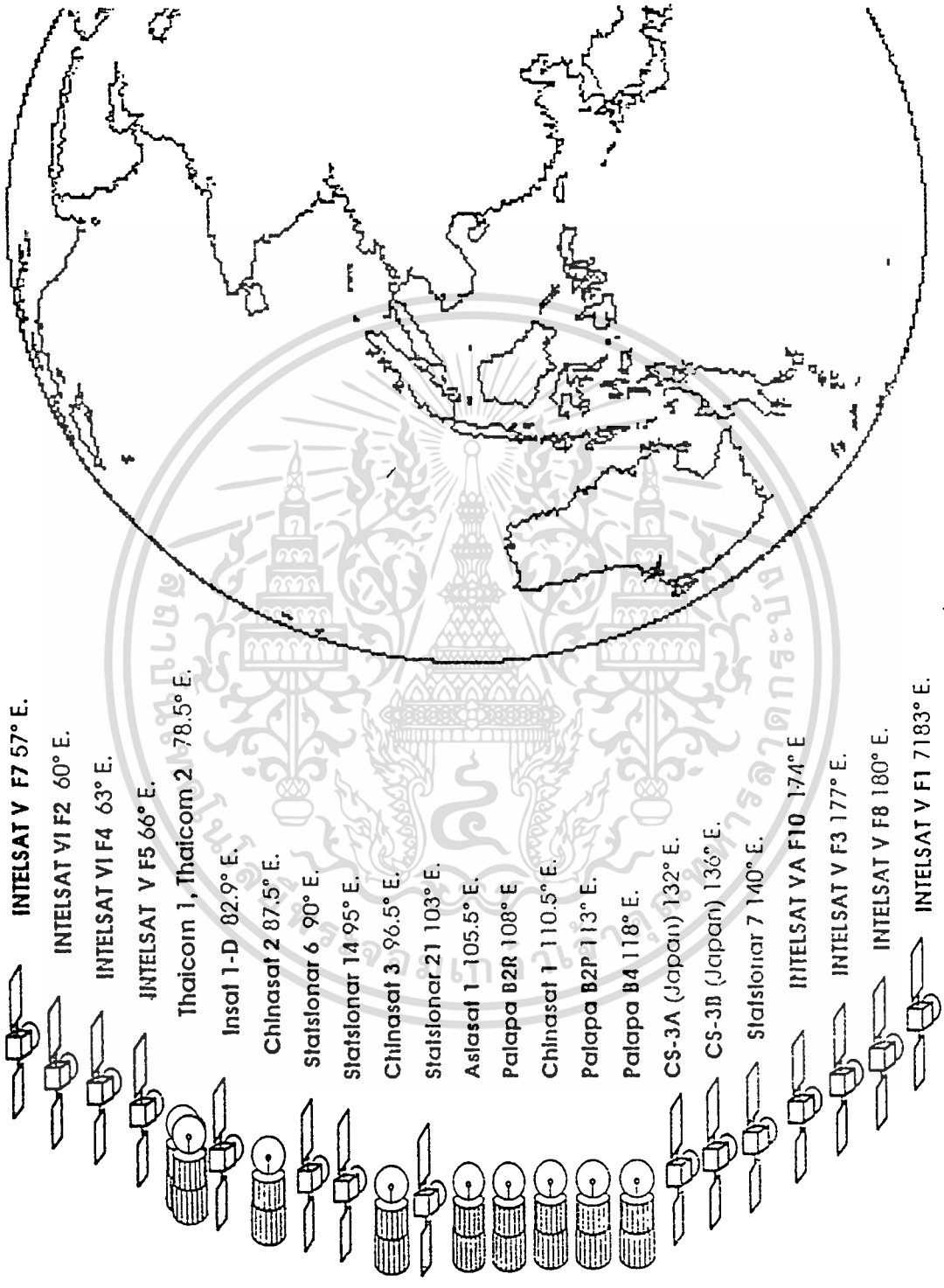
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Country	Broadcast Standard VHF	Broadcast Standard UHF	Colour System	Satellite Service	Line Voltage - Frequency Standard
Norway	B	G	PAL	PAL	230-50
Oman	B	G	PAL	PAL	220-50
Pakistan	B		PAL		230/400-50
Panama	M		NTSC		110/115/120/126-60
Paraguay	N		PAL		220-50
Peru	M		NTSC	NTSC	220-60
Philippines	M	M	NTSC	NTSC	110/220-60
Poland	D	K	SECAM	SECAM	220/380-50
Portugal	B	G	PAL	PAL	220/380-50
Puerto Rico	M	M	NTSC		120-60
Qatar	B		PAL		220-50
Reunion	K		SECAM		220-50
Romania	D		SECAM		220-50
Rwanda	K				220-50
Samoa-American	M		NTSC		230-50
Sarawak	B		PAL		220-50
Saudi Arabia	B	G	PAL/SECAM	SECAM	127/220/380-50/60
Senegal	K		SECAM		127/220-50
Seychelles	B		PAL		230-50
Sierra Leone	B		PAL		230-50
Singapore	B	G	PAL		230/400-50
Society Islands	K				240-50
South Africa	I	I	PAL	PAL	220/380-50
Spain	B	G	PAL	PAL	127/220/380-50
Sri Lanka	B		PAL		220-50
St. Kitts	M		NTSC		220/60
St. Pierre	K		SECAM		220-50
Sudan	B		PAL		240-50
Surinam	M		NTSC		110/115/127/220-60
Swaziland	B	G	PAL		230-50
Sweden	B	G	PAL		220/380-50
Switzerland	B	G	PAL		220/380-50
Syria	B		SECAM		115/200-50
Tahiti	K		SECAM		127-60
Taiwan	M		NTSC		110/200-60
Tanzania	B		PAL		230/440-50
Thailand	B	G	PAL	PAL	230/380-50
Trinidad/Tobago	M		NTSC		115/230-60
Togo	K		SECAM		127/220-50
Trust Territory	M		NTSC		110/220-60
Tunisia	B		SECAM		115/220/380-50
Turks-Caicosis.	M		NTSC		110/220/440-60
Turkey	B	G	PAL		220/380-50
Uganda	B		PAL		240/415-50
United Arab Em.	B	G	PAL		220-50
United Kingdom	A	I	PAL	PAL	240/415-50
U.S.A.	M	M	NTSC	NTSC	110/220-60
Upper Volta	K				220/380-50
Uruguay	N		PAL		220-50
U.S.S.R.	D	K	SECAM	SECAM	127/220-50
Venezuela	M		NTSC	NTSC	120/240-60
Vietnam	D		SECAM		120/127/230-50
Virgin Islands	M		NTSC		110-60
Wake Island	M		NTSC		110/220-60
West Germany	B	G	PAL	PAL	220/380-50

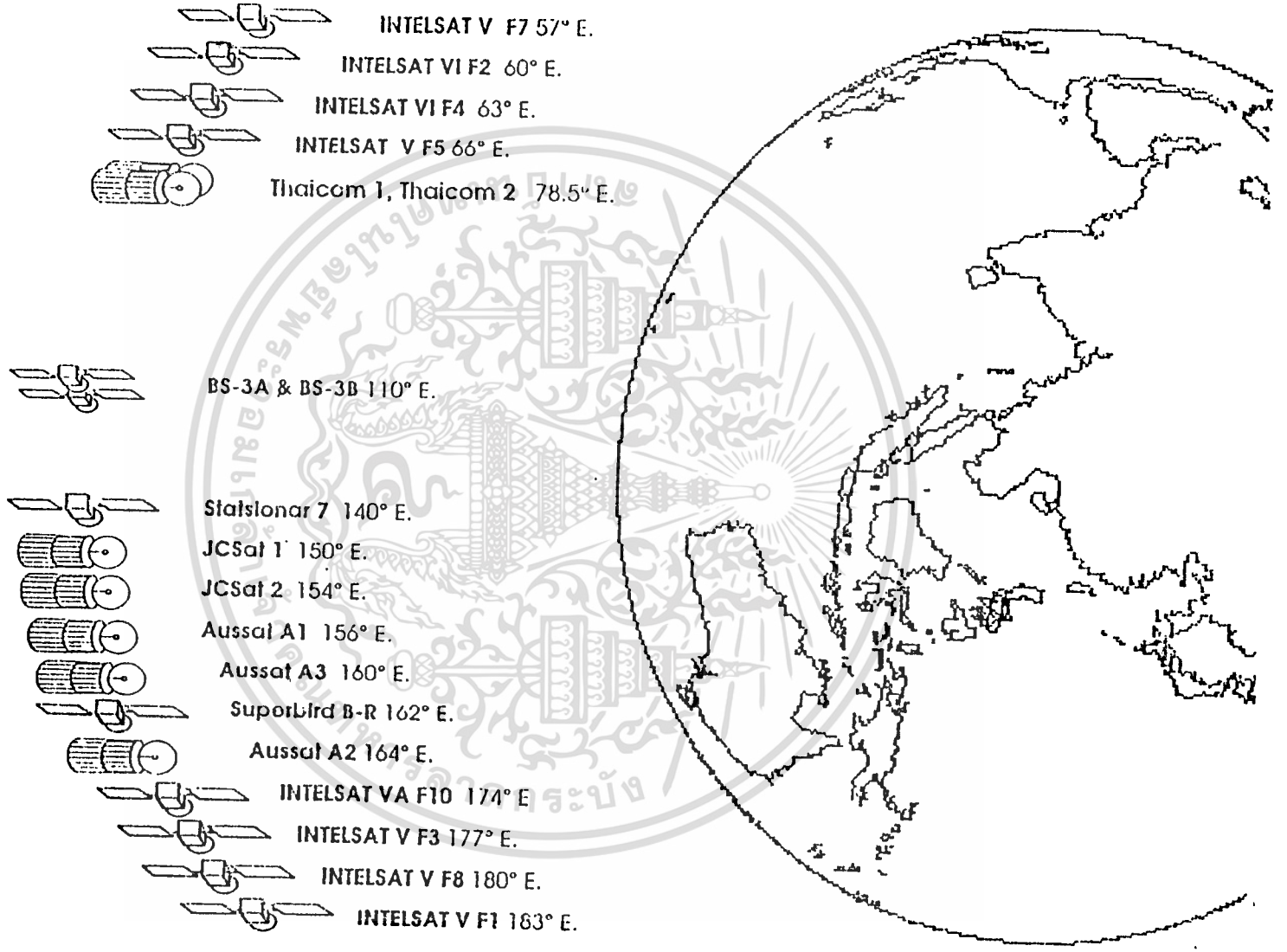
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


INTELSAT V F7 57° E.
INTELSAT VI F2 60° E.
INTELSAT VI F4 63° E.
INTELSAT V F5 66° E.
Thaicom 1, Thaicom 2 78.5° E.
BS-3A & BS-3B 110° E.
Statslonar 7 140° E.
JCSat 1 150° E.
JCSat 2 154° E.
Aussat A1 156° E.
Aussat A3 160° E.
SuporBird B-R 162° E.
Aussat A2 164° E.
INTELSAT VA F10 174° E
INTELSAT V F3 177° E.
INTELSAT V F8 180° E.
INTELSAT V F1 183° E.

ตารางการปรับมุมจานเพื่อรับสัญญาณผ่านดาวเทียมในประเทศไทย

INTELSAT V & VA SATELLITES AT 180°, 177°, & 174° EAST

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้