เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์

TELEVISION TRANSMITTER

โดย

นางสาวจุไรรัตน์ ถ่อนกิ่ง
นางสาวปิยะวดี สิงขรอาสน์
นางสาวศิริธร น้อยบุ่งค้า

วัน เดือน ปี 14 ส.ค. 2540
เลขทะเบียน 037933
เลขเรียกหนังสือ โ 38315 ค 153 ค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์

TELEVISION TRANSMITTER

โดย

นางสาวจุไรรัตน์	ถ่อนกิ่ง	เลขประจำตัว	35104076
นางสาวปิยะวดี	สิงชรอาสน์	เลขประจำตัว	35104270
นางสาวศิริธร	น้อยบุ่งค้า	เลขประจำตัว	35104417

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. นิภา ลีลารุจิ

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2538

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์

TELEVISION TRANSMITTER

ผู้จัดทำ

1. นางสาวจุไรรัตน์ ถ่อนกิ่ง เลขประจำตัว 35104076
2. นางสาวปิยะวดี สิงขรอาสน์ เลขประจำตัว 35104270
3. นางสาวศิริธร น้อยบุ่งค้า เลขประจำตัว 35104417

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. นิภา ลีลารุจิ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
บทที่ 3 วงจรและการทำงานของวงจร	21
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ	26
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป	35
ภาคผนวก	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์

Television Transmitter

โดย นางสาวจุไรรัตน์ ถ่อนกิ่ง
นางสาวปิยะวดี สิงขรอาสน์
นางสาวศิริธร น้อยบุ่งค้า
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.นิภา ลีลารุจิ

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการจัดทำเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ จุดประสงค์เพื่อที่จะศึกษาถึงทฤษฎีและหลักการส่งสัญญาณโทรทัศน์ ตลอดจนการนำไปใช้ประโยชน์ในทางด้านการสื่อสารต่างๆ เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่จัดทำขึ้นประกอบด้วย ภาคออสซิลเลเตอร์ ภาคทวีคูณความถี่ ภาคมอดูเลเตอร์แบบเอฟ-เอ็ม และภาคมอดูเลเตอร์แบบเอเอ็ม โดยในภาคออสซิลเลเตอร์นั้นเป็นวงจรคอลพิทท์ออสซิลเลเตอร์ ซึ่งจะให้ค่าความถี่ประมาณ 225 เมกกะเฮิร์ทซ์ เมื่อผ่านภาคทวีคูณความถี่ จะได้ความถี่ที่ใช้ในการส่งออกอากาศประมาณ 473 เมกกะเฮิร์ทซ์ เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์นี้ ใช้ระบบการส่งแบบ พี.เอ.แอล (PAL:Phase Alteration Line) ซึ่งสามารถส่งได้ทั้งสัญญาณภาพสีและขาว-ดำ รวมทั้งสัญญาณเสียงออกอากาศด้วย

ABSTRACT

This project concerns with the construction of the television transmitter. The main objective is to study the operation of each part of the television transmitter technique. Its structure consists of four parts; oscillator,frequency doubler, frequency modulator and amplitude modulator. The oscillator is Colpit type and oscillates a 225 MHz frequency. This frequency will be doubled by using frequency doubler circuit. The output frequency is about 473 MHz. The television transmitter transmits audio and video signal in color or black/white. This television transmitter uses PAL system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันนี้เป็นยุคของเทคโนโลยีสารสนเทศ เทคโนโลยีต่างๆได้เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นทางด้านวิทยุ โทรทัศน์ โทรศัพท์ ไมโครเวฟ หรือระบบดาวเทียม และระบบการสื่อสารอื่นๆ อีกมาก เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ (Television Transmitter) มีวัตถุประสงค์ในการจัดทำ คือ เพื่อศึกษาถึงความรู้เบื้องต้นในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ สัญญาณภาพและมาตรฐานต่างๆของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ การกระจายคลื่นของสัญญาณโทรทัศน์ รวมทั้งศึกษาถึงเครื่องรับโทรทัศน์ในบางส่วนเพื่อนำมาประกอบในการสร้างเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์นี้ สามารถใช้ในการส่งสัญญาณภาพที่มีสีหรือสัญญาณภาพขาวดำและสัญญาณเสียงไปพร้อมกัน โดยใช้สายอากาศส่งเดียวกันได้ คลื่นพาห์ที่ใช้อยู่ในย่านความถี่ UHF (Ultra High Frequency) มีความถี่อยู่ระหว่าง 420-500 เมกกะเฮิร์ทซ์ (MHz) ซึ่งเป็นย่านความถี่ในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่มีความถี่สูงกว่าย่านความถี่ในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ย่านความถี่ VHF (Very High Frequency)เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์นี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับสิ่งต่างๆดังนี้

1. การส่งสัญญาณโทรทัศน์สมัครเล่น
2. การส่งสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงออกอากาศ
3. การส่งสัญญาณผ่านสายเคเบิ้ล
4. การชมภาพอย่างต่อเนื่องของเครื่องรับโทรทัศน์
5. สามารถใช้กับกล้องโทรทัศน์ เครื่องรับโทรทัศน์ หรือเครื่องเล่นวีดีโอเทป

สัญญาณภาพสีหรือสัญญาณภาพขาวดำและสัญญาณเสียง สามารถต่อโดยตรงจากเครื่องเล่นวิดีโอเทป สัญญาณภาพจากกล้องโทรทัศน์ และสัญญาณเสียงจากไมโครโฟน โดยเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ใช้กับไฟเลี้ยง 12 โวลท์ดีซี (V_{DC})

ในส่วนของวงจรเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ คลื่นพาห์สามารถผลิตได้โดยวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) ความถี่ระหว่าง 210-250 เมกกะเฮิร์ทซ์ และทำให้มีความถี่สูงขึ้นไปในย่านความถี่ UHF โดยใช้วงจรทวีคูณความถี่เป็น 2 เท่า (Frequency Doubler) สัญญาณภาพและสัญญาณเสียงที่ป้อนเข้ามาจะถูกนำไปมอดูเลท (Modulation) ด้วยวิธีที่เหมาะสม ในการมอดูเลทสัญญาณภาพในเครื่องสัญญาณโทรทัศน์นั้น จะใช้การมอดูเลทแบบ AM (Amplitude Modulation) สำหรับสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำ ส่วนสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีจะใช้การมอดูเลทแบบ AM เช่นกันส่วนการมอดูเลทสัญญาณเสียงจะใช้การมอดูเลทแบบ FM (Frequency Modulation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการส่งโทรทัศน์ที่ใช้ในการจัดทำเป็นระบบการส่งสัญญาณโทรทัศน์ในระบบ PAL (Phase Alteration Line) ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในประเทศแถบยุโรป รวมทั้งประเทศไทย คลื่นพาห์ย่อยของสัญญาณเสียง (Sound Subcarrier) ของระบบนี้ คือ 5.5 เมกกะเฮิร์ทซ์

การสร้างวงจรนี้จำต้องมีความละเอียดในการลงอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ การเดินสายไฟควรให้สั้นที่สุดเพื่อให้เกิดการสูญเสียของสัญญาณน้อยที่สุด ขาของอุปกรณ์ต้องสั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่จัดทำขึ้นนี้ มีกำลังในการส่งออกอากาศต่ำ เนราะฉะนั้นแนวทางในการพัฒนาของโครงงานนี้ คือสามารถทำการเพิ่มกำลังส่งให้สูงขึ้น เพื่อที่จะส่งได้ในระยะทางไกลขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 การส่งและการรับสัญญาณโทรทัศน์

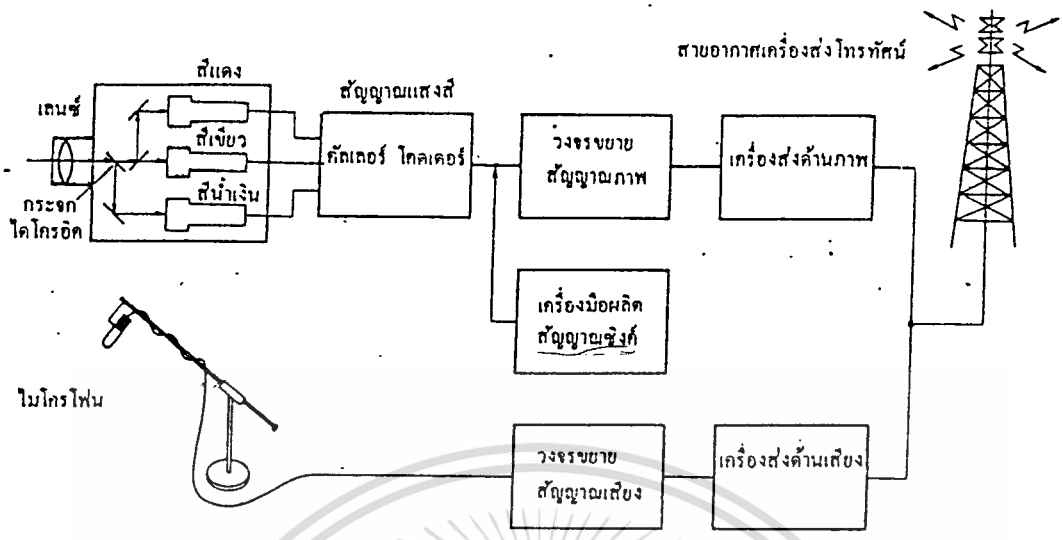
โทรทัศน์สีระบบต่าง ๆ มีหลักการส่งและหลักการรับโทรทัศน์คล้ายคลึงกับหลักการส่งและหลักการรับโทรทัศน์ขาวดำ กล่าวคือ แทนที่เครื่องส่งโทรทัศน์จะส่งสัญญาณภาพขาวดำไปให้เครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องส่งโทรทัศน์สี ก็จะส่งสัญญาณภาพสีไปแทน ภาพสีของเครื่องส่งโทรทัศน์สี ประกอบด้วยภาพจากสัญญาณของแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน เมื่อเครื่องรับโทรทัศน์สีได้รับสัญญาณภาพสีนี้แล้วก็จะทำให้มีภาพสีปรากฏบนจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สีขึ้น ภาพที่มองเห็นนี้ จะละเอียดหรือหยาบ ขึ้นอยู่กับสิ่งที่เกี่ยวข้องหลายอย่าง สิ่งสำคัญก็คือ จำนวนจุดดำหรือจุดสีเล็ก ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของภาพ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า picture element ภาพเหล่านี้จะประกอบขึ้นด้วยจุดดำหรือจุดสีเล็กๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีทั้งส่วนที่ดำสนิทและส่วนที่ดำจาง หรือส่วนที่มีสีเข้มกับส่วนที่มีสีจาง ขนาดของจุดดำหรือจุดสีในภาพที่มืดสนิทหรือมีสีเข้ม จะมองเห็นใหญ่กว่าขนาดของจุดดำหรือจุดสีในส่วนของภาพสีจาง จำนวนของจุดดำหรือจุดสีที่มีมากหรือน้อยนี้ จะมีผลทำให้ภาพมองดูละเอียดชัดเจนหรือหยาบแตกต่างกัน ในการนี้ ระยะทางที่มองดูภาพก็เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องอยู่ไม่น้อย ภาพที่หยาบ แต่ถ้ามองดูในระยะทางที่ไกลเกินกว่าระยะทางที่ใช้มองดูภาพละเอียด ก็จะรู้สึกว่า พอจะมองดูได้เหมือนกัน จุดเล็กๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของภาพนี้จะมีวิธีการทางไฟฟ้าทำให้เกิดเป็นสัญญาณภาพ ซึ่งเครื่องส่งโทรทัศน์จะนำออกอากาศ และทำให้เกิดภาพบนจอหลอดภาพในเครื่องรับโทรทัศน์

สำหรับการส่งและการรับโทรทัศน์สีในทางปฏิบัติ เครื่องส่งโทรทัศน์สีและเครื่องรับโทรทัศน์สีจะต้องมีวงจรนิเศษเพื่อทำการส่งสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง(luminance signal) ปะปนไปกับสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal) ดังรูปที่ 2.1 แผนผังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.1(a) เป็นแผนผังในด้านของการส่งโทรทัศน์โดยกล้องโทรทัศน์สีที่ใช้ในห้องส่งโทรทัศน์ จะมีเลนซ์และกระจกไดโครอิก (dicroic) ทำการแยกภาพสีให้ปรากฏออกมาในรูปของสัญญาณ แสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน แสงสีทั้งสามนี้ จะส่งผ่าน คัลเลอร์โค้ดเดอร์ (color coder)ซึ่งจะช่วยทำให้เกิดสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี ปะปนไปกับสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำ หรือสัญญาณส่องสว่าง เป็นสัญญาณภาพรวม ตามแต่ระบบของโทรทัศน์สีที่ใช้เมื่อได้เติมสัญญาณซิ้งค์เพื่อส่งสัญญาณภาพสีไปในจังหวะของสัญญาณที่เหมาะสมแล้ว สัญญาณภาพรวมก็จะส่งผ่านวงจรขยายกำลังสัญญาณภาพ (video amplifier) และผ่านวงจรต่าง ๆ ในเครื่องส่งโทรทัศน์ด้านภาพ ซึ่งเมื่อได้นำมารวมกับสัญญาณเสียงที่ผ่านเครื่องส่งโทรทัศน์ด้านเสียงแล้ว ก็จะกลายเป็นสัญญาณโทรทัศน์สี ซึ่งพร้อมที่จะนำออกอากาศ สายอากาศของเครื่องรับโทรทัศน์

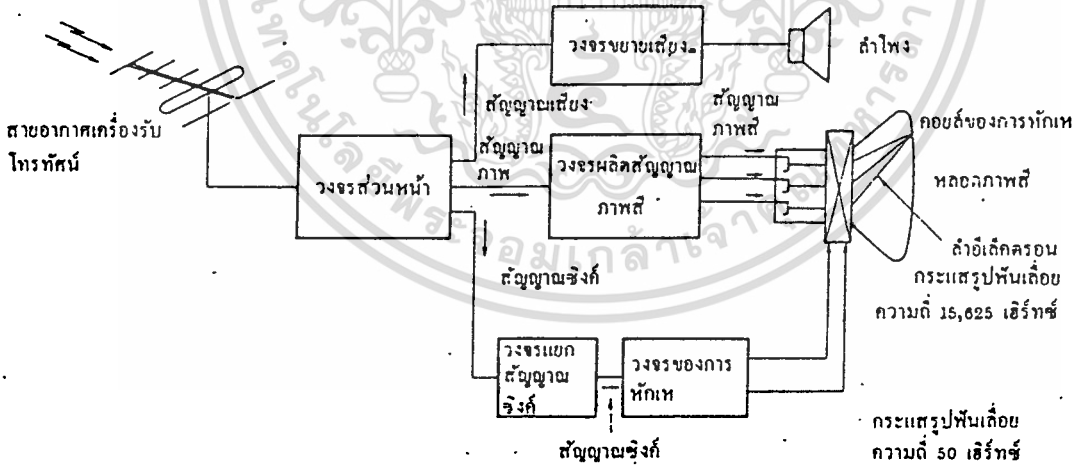
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สี ก็จะรับเอาสัญญาณโทรทัศน์สีที่ส่งมานี้มาทำให้เกิดเสียงและภาพสีทางเครื่องรับโทรทัศน์สีต่อไป แผนผังในรูปที่ 2.1(b) เป็นแผนผังในด้านของการรับโทรทัศน์สี สัญญาณโทรทัศน์สีที่สายอากาศโทรทัศน์สีรับได้ก็จะผ่านวงจรส่วนหน้า (tuner or front end) ซึ่งจะแยกสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณภาพรวม เพื่อทำให้เกิดเสียงที่ลำโพงเครื่องรับโทรทัศน์สี สำหรับสัญญาณภาพรวมก็จะแยกเป็นส่วนของสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง และสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีสัญญาณโทรทัศน์ส่วนที่ให้ภาพสีจะผ่านวงจรผลิตสัญญาณภาพสี(color regenerating circuit) เพื่อแยกออกเป็นสัญญาณแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน เพื่อส่งต่อไปให้แคโถดของหลอดภาพโทรทัศน์สี ส่วนสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่างนั้นก็จะผ่านวงจรต่างๆ ส่วนประกอบต่างๆของวงจรเครื่องรับโทรทัศน์สีเหล่านี้ จะช่วยทำให้เกิดเป็นภาพสีขึ้น ที่จอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สีตามต้องการ การส่งภาพสีนั้นก็มีวิธีการเช่นเดียวกับการส่งภาพขาวดำ กล่าวคือ กล้องในห้องส่งโทรทัศน์ จะต้องมีการสะแกนภาพที่ต้องการส่งไปทีละเส้นทีละภาพ โดยจะต้องใช้สัญญาณซิ้งค์เพื่อทำให้การสะแกนทางกล้องโทรทัศน์ในห้องส่งกับการสะแกนทางจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สีเป็นไปในจังหวะเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) แผนผังด้านการส่งโทรทัศน์



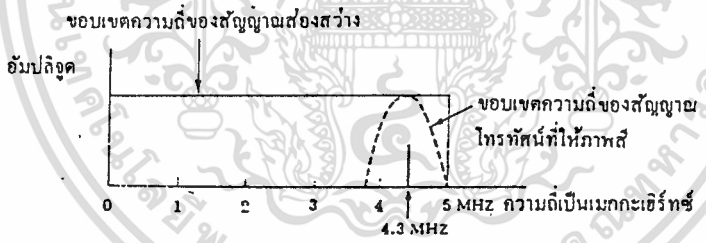
(b) แผนผังด้านการรับโทรทัศน์

รูปที่ 2.1 แสดงระบบการส่งและการรับโทรทัศน์สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

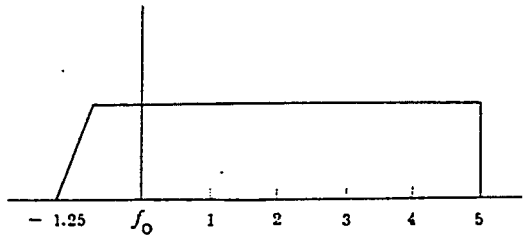
2.2 การส่งสัญญาณโทรทัศน์ด้านภาพ

สัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง (Luminance Signal) กับสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (Chrominace Signal) ที่เครื่องส่งโทรทัศน์สีนำออกอากาศ นิยมใช้ระบบ AM สำหรับสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำและระบบ AM-AM สำหรับสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี โดยปกติการส่งโทรทัศน์ในระบบนี้สัญญาณที่ออกอากาศอาจเลือกให้อยู่ในลักษณะไซด์แบนด์เดียว (Single Sideband) หรือไซด์แบนด์สองข้าง (Double Sideband) แต่เนื่องจากสัญญาณโทรทัศน์มีขอบเขตความถี่ของสัญญาณภาพกว้างมากตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.2 การส่งในลักษณะของไซด์แบนด์เดียวจึงไม่เหมาะ และการส่งในลักษณะไซด์แบนด์สองข้าง ก็จะต้องใช้ความถี่มากและทำให้ความกว้างของช่องโทรทัศน์มีมากเกินไป ในทางปฏิบัติ จึงนิยมส่งกันในระบบการส่งแบบเวสติเจียลไซด์แบนด์ ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.3 ซึ่งได้อธิบายลักษณะวิธีการส่งสัญญาณโทรทัศน์ไว้ในรูปด้วยแล้ว

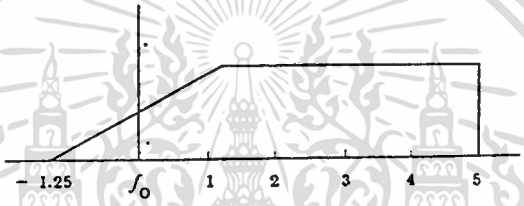


รูปที่ 2.2 แสดงขอบเขตความถี่ของสัญญาณส่องสว่างและของสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี

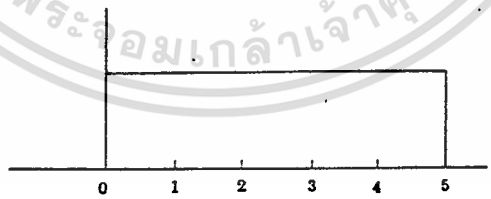
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) แสดงลักษณะความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพที่ใช้ทางด้านเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ จะเห็นว่า เครื่องส่งจะส่งไซด์แบนด์ด้านสูง (Upper Sideband) เต็มที่ แต่จะส่งไซด์แบนด์ด้านต่ำ (Lower Sideband) เพียงบางส่วนไม่เกิน 1.25 เมกกะเฮิร์ทซ์เท่านั้น



(b) แสดงลักษณะของความถี่ กับขนาดของสัญญาณภาพที่ใช้ทางด้านเครื่องรับโทรทัศน์ จะเห็นว่า ระหว่าง $\pm$ 1.25 เมกกะเฮิร์ทซ์ จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงเริ่มจากศูนย์ไปหาค่าสูงสุด และหลังจากนั้นจะมีค่าคงที่



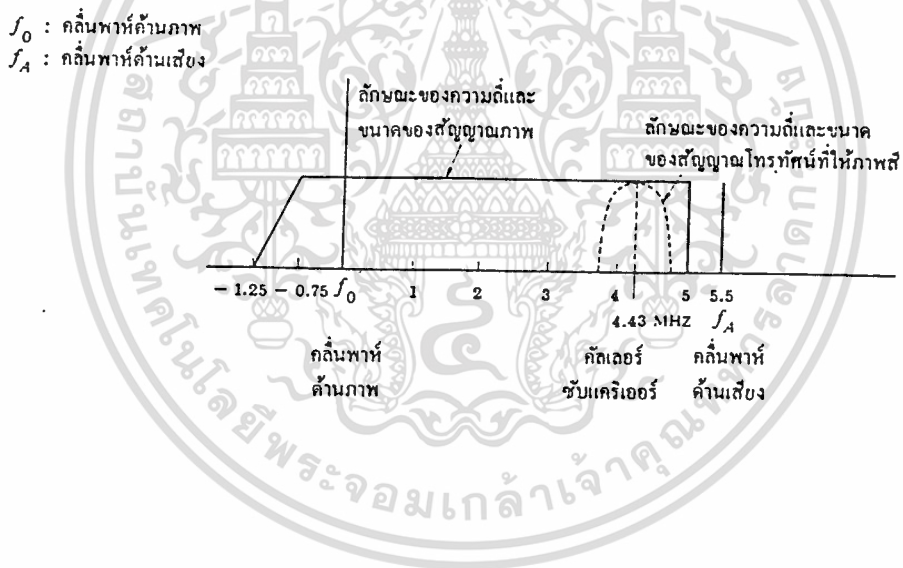
(c) แสดงลักษณะของความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพที่ต้องการ โดยเป็นผลจากการใช้ลักษณะของความถี่ กับขนาดของสัญญาณภาพทางด้านเครื่องส่งและทางด้านเครื่องรับโทรทัศน์ ที่แสดงไว้ในรูป (a) และ (b)

รูปที่ 2.3 แสดงหลักการที่ใช้ในเครื่องส่งและเครื่องรับโทรทัศน์ ในระบบการส่งแบบเวสติเจียลไซด์แบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

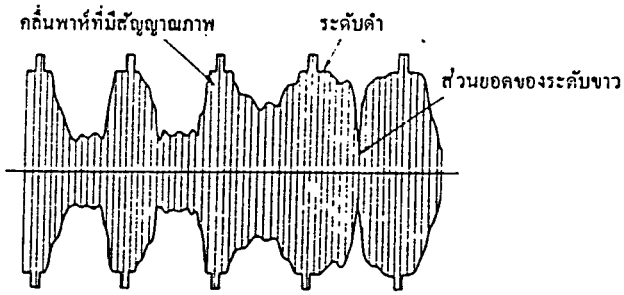
ส่วนในรูปที่ 2.4 เป็นรูปที่แสดงถึงลักษณะความถี่กับขนาดของสัญญาณ (Frequency-Amplitude Characteristics) ในโทรทัศน์สีระบบ PAL ซึ่งความถี่ของคลื่นพาห์ด้านภาพ (f_o) จะอยู่ห่างจากความถี่ของคลื่นพาห์ด้านเสียง (f_A) ประมาณ 5.5 เมกกะเฮิร์ทซ์ คลื่นพาห์ด้านเสียงจะอยู่ต่ำกว่าขอบบนสุดของช่องโทรทัศน์ 0.25 เมกกะเฮิร์ทซ์ รวมความกว้างของช่องโทรทัศน์ระบบนี้จะมีประมาณ 7 เมกกะเฮิร์ทซ์

สัญญาณที่ทำให้เกิดภาพซึ่งเครื่องส่งโทรทัศน์สีนำออกอากาศ จะอยู่ในลักษณะของเน็กกะทีฟแอมปลิจูดมอดูเลชั่น (Negative Amplitude Modulation) กล่าวคือ ขนาดของสัญญาณที่ทำให้เกิดภาพซึ่งมีค่าสูง จะทำให้เกิดภาพสีเข้มหรือดำมืดที่จดหลอดภาพและขนาดของสัญญาณที่ทำให้เกิดภาพซึ่งมีค่าน้อย จะทำให้เกิดภาพขาว ดังแสดงไว้ตามรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพ สำหรับโทรทัศน์สีระบบ PAL ซึ่งมีความถี่คลื่นพาห์ของสัญญาณคัลเลอร์ซับแคริเออร์ ประมาณ 4.3 เมกกะเฮิร์ทซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



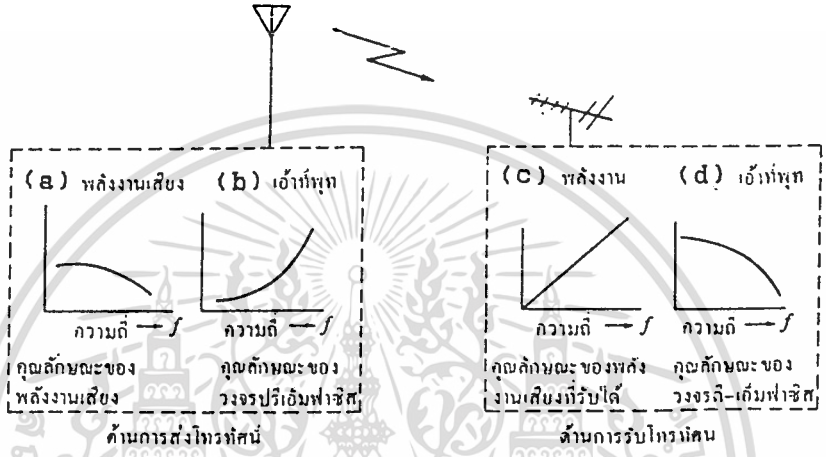
รูปที่ 2.5 แสดงรูปร่างของสัญญาณภาพ ที่อยู่ในลักษณะไซด์แบนด์ของสัญญาณแบบเน็กกะทีฟแอมปลิจูดมอดุเลชั่น โดยขนาดของสัญญาณที่มีค่าสูง จะทำให้เกิดภาพมืดและขนาดของสัญญาณที่มีค่าน้อย จะทำให้เกิดภาพสว่าง

2.3 การส่งสัญญาณโทรทัศน์ด้านเสียง

สัญญาณเสียงของโทรทัศน์สีที่นำออกอากาศ จะใช้ระบบฟรีเควนซี่มอดุเลชั่น โดยกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ได้สูงสุด (Maximum frequency deviation) เพียง 50 กิโลเฮิร์ทซ์ และมีค่าคงตัวของเวลา (Time constant) ในวงจรปรี-เอ็มฟาซิส (Pre-emphasis) หรือวงจรดี-เอ็มฟาซิส (De-emphasis) เพียง 50 ไมโครวินาที การใช้วงจรปรี-เอ็มฟาซิส ทางด้านการส่ง และวงจรดี-เอ็มฟาซิส ทางด้านการรับจะช่วยทำให้คุณลักษณะของเสียงที่เครื่องรับโทรทัศน์รับได้รับฟังได้ดี ตามที่แสดงไว้ดังรูปที่ 2.6 โดยรูปที่ 2.6 (a) เป็นคุณลักษณะของพลังงานเสียงที่ส่งไปให้เครื่องรับกับความถี่ของเสียง รูปที่ 2.6 (b) เป็นคุณลักษณะของวงจรปรี-เอ็มฟาซิส ทางด้านเครื่องส่งโทรทัศน์ ซึ่งจะช่วยยกระดับพลังงานเสียงที่ความถี่สูงๆ รูปที่ 2.6 (c) เป็นพลังงานเสียงที่เครื่องรับโทรทัศน์รับได้ ซึ่งจะมีการยกระดับพลังงานเสียงที่มีความถี่สูงขึ้นไปเรื่อยๆ อันไม่เป็นตามธรรมชาติ จึงจำเป็นต้องใช้วงจรดี-เอ็มฟาซิส ซึ่งมีคุณลักษณะตามรูปที่ 2.6 (d) ให้ช่วยกดระดับพลังงานเสียที่ความถี่สูง เพื่อให้เสียงที่เครื่องรับโทรทัศน์รับได้มีลักษณะปกติ การใช้วงจรปรี-เอ็มฟาซิส ทางด้านเครื่องส่ง และวงจรดี-เอ็มฟาซิส ทางด้านเครื่องรับโทรทัศน์นี้จะช่วยลดการรบกวนสัญญาณเสียงจากนอยส์ (Noise) ได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 เป็นรูปที่แสดงถึงลักษณะความถี่กับขนาดของสัญญาณในโทรทัศน์สีใน ระบบ พี.เอ. แอล. ซึ่งความถี่คลื่นพาห์ของภาพ (f_o) จะอยู่ห่างจากคลื่นพาห์ของเสียง (f_A) ประมาณ 5.5 เมกกะเฮิร์ทซ์ โดยมีความกว้างของช่องโทรทัศน์ประมาณ 7 เมกกะเฮิร์ทซ์ สำหรับในระบบ เอ็น.ที.เอส.ซี. ความถี่คลื่นพาห์ของภาพ จะอยู่ห่างจากคลื่นพาห์ของเสียง ประมาณ 4.5 เมกกะเฮิร์ทซ์ และมีความกว้างของช่องโทรทัศน์เพียง 6 เมกกะเฮิร์ทซ์



รูปที่ 2.6 แสดงการส่งสัญญาณโทรทัศน์ด้านเสียงใช้วงจรปรี-เอ็มฟาซิสทางด้านการส่ง และวงจรดี-เอ็มฟาซิส ทางด้านการรับโทรทัศน์ ซึ่งจะช่วยลดเสียงรบกวน และการรบกวนจากสัญญาณอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โทรทัศน์สีระบบ พี.เอ.แอล.(PAL color TV system)

โทรทัศน์สีระบบ พี.เอ.แอล เป็นโทรทัศน์สีที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับโทรทัศน์สีระบบ เอ็น.ที.เอส.ซี.แต่ได้รับการเสริมแต่งแก้ไขให้มีความแตกต่างกันอยู่หลายอย่าง เรื่องที่สำคัญก็คือ ได้รับการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดจากความผิดเพี้ยนทางเฟสและอัมปลิจูด(phase and amplitude distortion) โดยปกติการส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่มีความถี่และอัมปลิจูดแตกต่างกัน ผ่านวงจรขยายสัญญาณหรือวงจรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง จะทำให้ต้องใช้เวลานานมากน้อยและมีการขยายมากน้อยแตกต่างกันออกไปตามแต่ความถี่และอัมปลิจูดของสัญญาณโทรทัศน์ ซึ่งจะมีผลต่อสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี และสัญญาณคัลเลอร์ซับแคริเออร์มากความผิดเพี้ยนเหล่านี้ จะทำให้ภาพสีของเครื่องรับโทรทัศน์สีมีสีสันผิดเพี้ยนไปจากภาพสีของเครื่องส่งโทรทัศน์สี ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องแก้ไข โทรทัศน์สีระบบ พี.เอ.แอล. มีวิธีการปรับปรุงแก้ไขปัญหาในเรื่องนี้โดยวิธีการส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีให้มีเฟสแตกต่างกัน 180 องศา สลับกันไปในแต่ละช่วงเวลาที่มีการสะแกนทางแนวนอน หลักการของโทรทัศน์สีระบบ พี.เอ.แอล นี้ ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.7 โดยกล้องโทรทัศน์สีจะทำให้เกิดสัญญาณทางไฟฟ้าจาก แสงสีแดง - แสงสีเขียว - แสงสีน้ำเงิน โดยมีขนาด E_R, E_G, E_B ตามลำดับ สัญญาณแสงสีทั้งสามสี จะผสมกันในวงจรแมททริกซ์ (matrix circuit)ซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำ หรือสัญญาณส่องสว่าง E_Y กับสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี สองสัญญาณคือ E_U กับ E_V ซึ่งเป็นผลต่างของสัญญาณแสงสีแดงกับสัญญาณส่องสว่าง และสัญญาณแสงสีน้ำเงินกับสัญญาณส่องสว่าง ดังต่อไปนี้

สัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง (luminance signal)

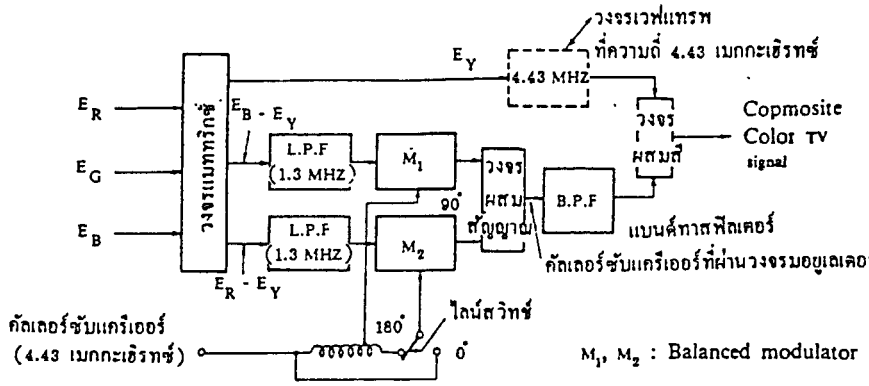
$$E_Y = 0.299E_R + 0.587E_G + 0.114E_B$$

สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal)

$$E_U = 0.493(E_B - E_Y)$$

$$E_V = 0.877(E_R - E_Y)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 คัลเลอร์โคดเดอร์ (color coder) ของโทรทัศน์สี ระบบพี.เอ.แอล.(PAL)

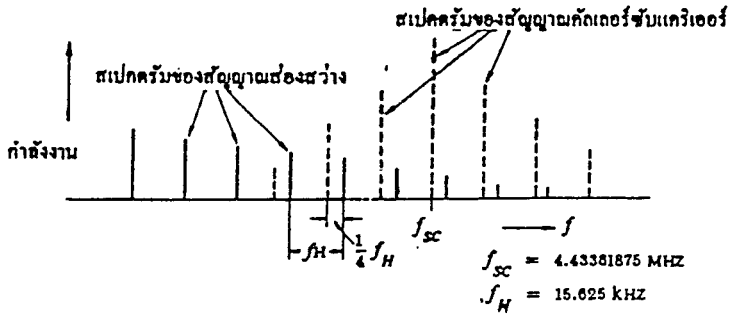
การส่งโทรทัศน์สีระบบ พี.เอ.แอล. ก็มีหลักการโดยใช้วิธีการของ double modulation AM-AM สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี E_U กับ E_V จะผ่านเข้าไปยังเอ็นโคดเดอร์(encoder) ซึ่งมี balance modulator อยู่สองชุด แต่ละชุดจะใช้คัลเลอร์ซับแคริเออร์ (color subcarrier) ซึ่งมีความถี่เดียวกัน แต่มีเฟสต่างกันอยู่ 90 องศา รวมทั้งคลื่นพาห์คัลเลอร์ซับแคริเออร์ชุดหนึ่งจะต้องผ่าน 0 องศา/180 องศา พี.เอ.แอล สวิทช์ (PAL switch) เพื่อทำหน้าที่ปิด-เปิดสลับเฟสของคัลเลอร์ซับแคริเออร์ ในทุกๆการสะแกนเส้นคี่หรือการสะแกนเส้นคู่แล้วแต่กรณีผลลัพธ์ที่ได้จากมอดูเลเตอร์เหล่านี้ ก็คือสัญญาณทางไฟฟ้าสองชุด ซึ่งแต่ละชุดจะอยู่ในรูปร่างของ amplitude-modulated suppressed carrier double sidebands และสัญญาณทางไฟฟ้าทางมอดูเลเตอร์ตัวหนึ่ง จะมีค่าเฟสของคัลเลอร์ซับแคริเออร์สลับกันไปมา ระหว่าง 0 องศา กับ 180 องศา ในแต่ละการสะแกนเส้นคู่หรือการสะแกนเส้นคี่แล้วแต่กรณี สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีเหล่านี้จะนำไปรวมกับสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง และสัญญาณอื่นๆเสียก่อน แล้วจึงจะใช้คลื่นพาห์ในเครื่องส่งโทรทัศน์นำออกอากาศในวิธีการของ amplitude modulation สัญญาณที่เกิดขึ้นจึงอยู่ในรูปร่างของ amplitude-modulated double sideband ซึ่งมีขนาดกว้างประมาณ 5 เมกกะเฮิร์ทซ์ หลังจากสัญญาณเหล่านี้ผ่านวงจร vestigial sideband filer จะช่วยลดไซด์แบนด์ด้านต่ำ (lower sideband)ลงบ้าง และจะส่งไซด์แบนด์ด้านสูง (upper sideband) ออกไป ซึ่งจะทำให้มีค่าแบนด์วิดธ์ทั้งสิ้นประมาณ 7 เมกกะเฮิร์ทซ์ ซึ่งเท่ากันกับแบนด์วิดธ์ของช่องโทรทัศน์ขาวดำในระบบยุโรบอดี สำหรับแบนด์วิดธ์ของสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี ซึ่งเกิดจาก E_U กับ E_V นั้น สามารถกำหนดให้มีค่าประมาณ 1.3 เมกกะเฮิร์ทซ์ ถึง 1.5 เมกกะเฮิร์ทซ์ เท่ากันทั้งสองสัญญาณได้

การเลือกใช้ความถี่ของคัลเลอร์ซับแคริเออร์ของโทรทัศน์สีระบบพี.เอ.แอล. มีปัญหายุ่งยากมาก เคยมีการทดลองเลือกใช้ความถี่ฮาร์โมนิกที่ 567 ของสัญญาณที่มีค่าความถี่ครึ่งหนึ่งของความถี่ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

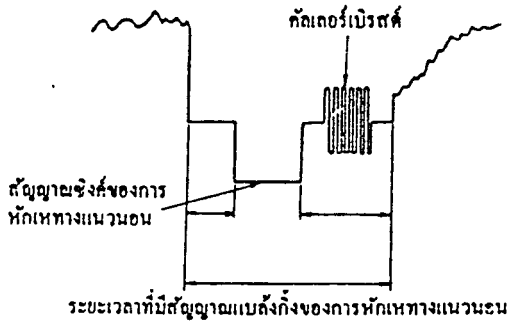
ในการสะแกนทางแนวนอน มาเป็นความถี่ของคัลเลอร์ซับแคริเออร์ ดังที่แสดงในรูปที่ 2.8 โดยหากใช้ความถี่ของการสะแกนทางแนวนอนเป็น 15,625 เฮิร์ทซ์ ความถี่ของคัลเลอร์ซับแคริเออร์ก็จะมีค่า 4.4296875 เมกกะเฮิร์ทซ์ อย่างไรก็ดี ภาพที่รับได้ทางเครื่องรับโทรทัศน์สี ยังคงมีปัญหาในเรื่องการรบกวนกันกับสัญญาณอื่น เพราะเฟสของสัญญาณแสงสี ($E_R - E_Y$) ต้องเปลี่ยนเป็นค่าบวก-ลบ สลับกันไปมาในทุกๆช่วงเวลาที่มีการสะแกนเส้นคี่ หรือช่วงเวลาที่มีการสะแกนเส้นคู่ ผลของการทดลองเลือกใช้ความถี่ของคัลเลอร์ซับแคริเออร์ ได้พบว่า อาการรบกวนจะไม่มีเลย เมื่อใช้คัลเลอร์ซับแคริเออร์ที่มีความถี่ (284-1) (f_H) + (f_H/625) เฮิร์ทซ์ หรือหากความถี่ของการสะแกนทางแนวนอน(f_H)มีค่า 15,625 เฮิร์ทซ์ จะพบว่าความถี่ของสัญญาณคัลเลอร์ซับแคริเออร์จะมีค่า 4.43361875 เมกกะเฮิร์ทซ์ ความถี่ของคัลเลอร์ซับแคริเออร์ จะอยู่ห่างจากฮาร์โมนิกที่ 284 ของความถี่ในการสะแกนทางแนวนอนประมาณ (f_H/4) ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.9 ระบบการใช้คัลเลอร์ซับแคริเออร์โดยวิธีการนี้ เรียกว่า quarter line offset system ค่าของ (f_H/625) หรือ 25 เฮิร์ทซ์ ที่นำมาเพิ่มให้ความถี่ของคัลเลอร์ซับแคริเออร์ เป็นการลดอาการรบกวนที่เกิดจากจุดเล็กๆของภาพสีในจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สี

รูปที่ 2.8 ฮาร์โมนิกที่เกิดขึ้นในสัญญาณส่องสว่าง



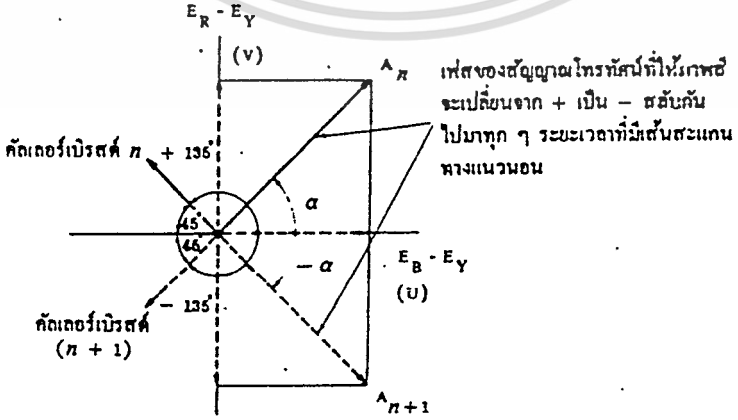
รูปที่ 2.9 ฮาร์โมนิกที่เกิดขึ้นในสัญญาณส่องสว่าง และสัญญาณคัลเลอร์ซับแคริเออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



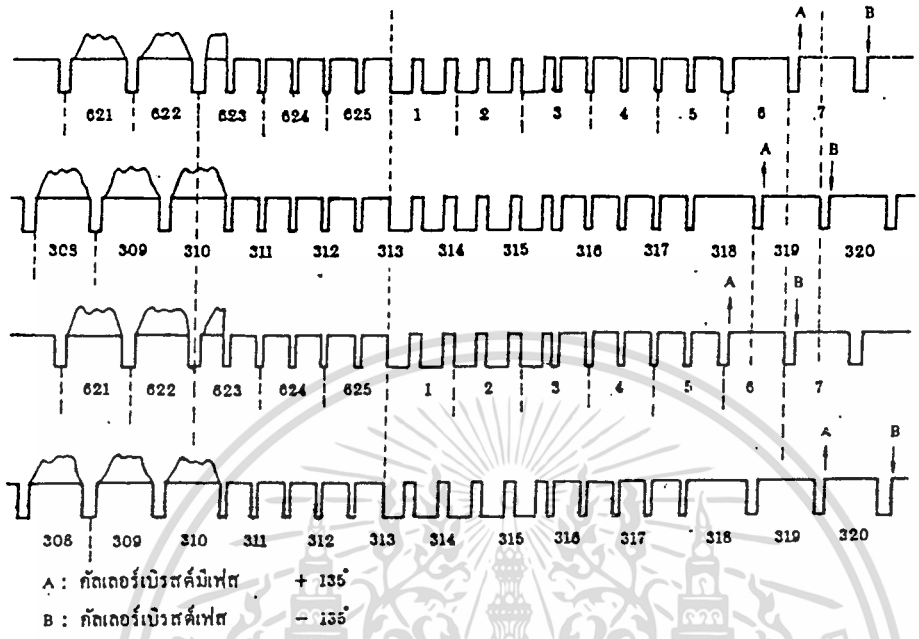
รูปที่ 2.10 คัลเลอร์เบิรสต์

เนื่องจากสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีปรากฏอยู่ในรูปร่างของ amplitude - modulated suppressed-carrier double-sidebends จึงจำเป็นต้องส่งสัญญาณชิงค์ของภาพสี หรือเรียกว่า คัลเลอร์เบิร์สต์ (color burst) ไปในช่วงเวลา back porch ของชิงค์พัลซ์ทางแนวนอน ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.10 สัญญาณชิงค์ของภาพสีนี้ จะทำให้วงจรผลิตคัลเลอร์ซับแคริเออร์ที่ความถี่ 4.43 เมกกะเฮิร์ทซ์ ในเครื่องรับโทรทัศน์สีทำงานได้ถูกต้อง เฟสของสัญญาณของคัลเลอร์เบิร์สต์จะอยู่ล้ำหน้าสัญญาณแสงสี $(E_B - E_Y)$ อยู่ประมาณ +135 องศา ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.11 ฉะนั้นในการส่งสัญญาณชิงค์ของภาพสี จึงจำเป็นต้องเลือกทำให้เฟสของสัญญาณคัลเลอร์เบิร์สต์ มีค่า +135 องศา และ -135 องศา เมื่อเทียบกับสัญญาณ $(E_B - E_Y)$ ในระยะเวลาของการสะแกนฟิลด์แรกและฟิลด์ต่อๆไป ตามที่แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.11 แผนผังเวคเตอร์ของสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงเฟสของคัลเลอร์เบิรสต์

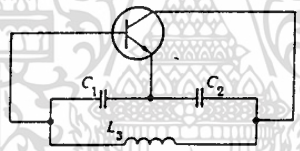
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator circuit)

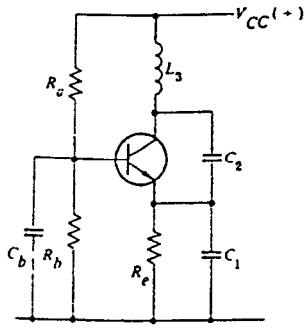
วงจรออสซิลเลเตอร์เป็นวงจรชนิดหนึ่ง ที่ใช้ทรานซิสเตอร์ในการกำเนิดสัญญาณไฟสลับขึ้นที่เอาต์พุท จริงๆแล้ววงจรออสซิลเลเตอร์เป็นวงจรขยายสัญญาณนั่นเอง แต่ต่างกันที่วงจรออสซิลเลเตอร์ประกอบด้วยวงจรป้อนกลับสัญญาณจากเอาต์พุทไปยังอินพุท ซึ่งสามารถกำเนิดสัญญาณเอาต์พุทออกมาได้โดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณป้อนเข้ามาที่อินพุท วงจรออสซิลเลเตอร์ที่นิยมใช้กันมากได้แก่ วงจร RF ออสซิลเลเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย อินดัคเตอร์ L และ คาปาซิเตอร์ C ในการผลิตสัญญาณรูปซายน์ที่ความถี่เรโซแนนท์ออกที่เอาต์พุท วงจรออสซิลเลเตอร์จะให้กำเนิดสัญญาณต่อเนื่องแบบเดียวกันซ้ำๆกัน เช่น คลื่นรูปซายน์ ที่มีการแปรผันของแอมปลิจูดซึ่งจะใช้วงจร LC เมื่อมีการป้อนกระแสไฟเข้าไปในวงจร

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบเชื่อมต่อกันสามจุดของทรานซิสเตอร์

วงจรออสซิลเลเตอร์ที่มีวงจรป้อนกลับประกอบด้วยอุปกรณ์สามตัว โดยทั่วไปจะเรียกว่า วงจรออสซิลเลเตอร์แบบเชื่อมต่อกันสามจุด ยกตัวอย่างเช่น วงจรแบบคอลพิทท์ (Colpitts)



รูปที่ 2.13 แสดงวงจรเบื้องต้นของคอลพิทท์ของทรานซิสเตอร์



รูปที่ 2.14 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์แบบคอลพิทท์แบบเบสร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ที่ออสซิลเลท f ของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบคอลพิทท์ จะหาได้โดยอาศัยสมการดังนี้

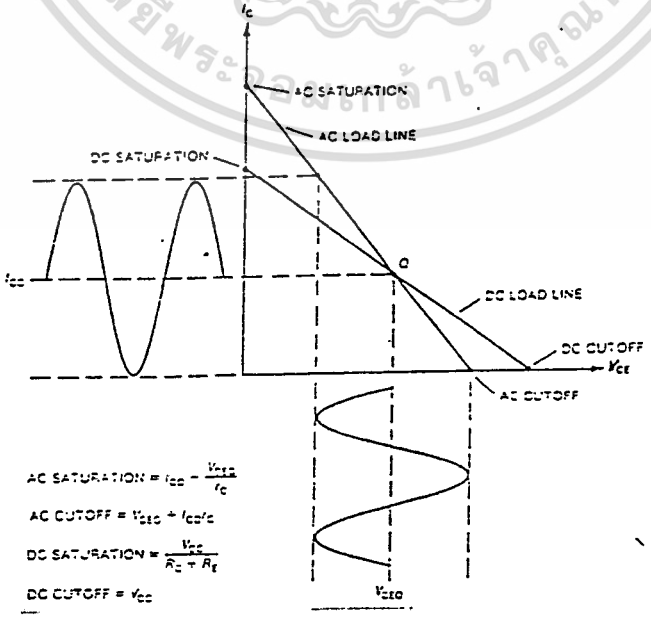
$$\frac{1}{jwC_1} + \frac{1}{jwC_2} + jwL_3 = 0$$

จะได้ความถี่ $f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L_3 \dfrac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}}$

2.6 วงจรขยายสัญญาณ

2.6.1วงจรขยายคลาส A

การทำงานของวงจรขยายคลาส A ทำงานในย่าน active region ตลอดเวลา ดังรูปที่ 2.15 เมื่อมี ac input ป้อนให้วงจร กระแส I_c ไหลเต็ม 360 องศา จึงมีความผิดเพี้ยนต่ำมาก เป็นวงจรขยายเบื้องต้น ที่มีไบแอสคงที่ดีมากวงจรหนึ่ง แต่ประสิทธิภาพไม่สูงนัก ในทางทฤษฎีถือว่าเป็นวงจรขยายชนิด Power Amplifier (PA) มีประสิทธิภาพ 50 % แต่ในทางปฏิบัติทำได้เพียง 25 % วงจรขยายคลาส A นิยมใช้เป็นวงจรขยายเสียง (audio voltage amplifier)



รูปที่ 2.15 แสดงการทำงานในลักษณะคลาส เอ (class A)

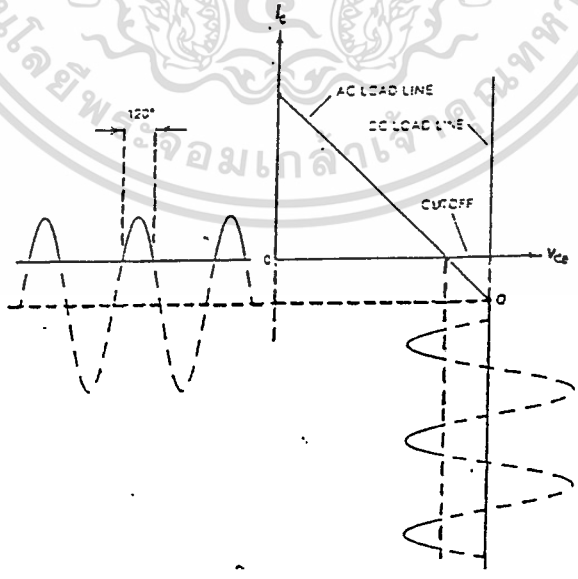
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2วงจรขยายคลาส C

สำหรับวงจรขยายคลาส C กระแสจะไหลต่ำกว่า 180 องศา ในแต่ละไซเคิล ไบแอสของวงจรจึงอยู่ต่ำกว่าจุดคัทออฟดังแสดงในรูปที่ 2.16 กระแสจะไม่เป็นคลื่น sinusoidal wave หรือ sine wave แต่จะเป็นพัลส์ จึงต้องมีวงจรรีโซแนนท์แบบขนานที่มีค่า Q (Quality Factor)สูง มาต่อที่เอาต์พุทของวงจร จึงจะได้คลื่น sinusoidal wave เต็มรูปคลื่น หรือเต็มไซเคิล

เนื่องจากการใช้ L และ C ของวงจรจูน ถ้าใช้กับความถี่ต่ำจะต้องใช้ค่า L และC ค่ามากๆ จึงนิยมใช้วงจรขยายคลาส C ในงานขยายความถี่วิทยุ RF หรือความถี่สูงกว่า 15 kHz วงจรขยายคลาส C จัดได้ว่าเป็นวงจรขยายที่มีประสิทธิสูงสุดวงจรหนึ่ง แต่จะมีประโยชน์มากขึ้นถ้าใช้ขยายสัญญาณวิทยุชนิดแบนด์แคบ (Narrow band RF) คุณสมบัติอีกอย่างของวงจรขยายคลาส C คือ ใช้เป็นวงจรออสซิสเตอร์ ซึ่งสามารถให้เอาต์พุท sine wave ได้โดยไม่ต้องมี ac input นอกจากนี้วงจรขยายคลาส C แบบที่มีวงจรจูนยังใช้เป็น วงจรทวีคูณความถี่ (Frequency multiplier)ได้อีกด้วย โดยการจูนความถี่ของวงจรจูนไปยังฮาร์โมนิกต่างๆ หรือทวีคูณความถี่อินพุทนั่นเอง แต่มีข้อเสียตรงที่ว่าถ้าจูนไปที่ความถี่ฮาร์โมนิกสูงๆ เพาเวอร์เอาต์พุทจะลดลง ด้วยเหตุผลดังกล่าววงจรทวีคูณความถี่คลาส C จึงใช้ทวีคูณฮาร์โมนิกต่ำๆ เช่น 2 หรือ 3 ซึ่งก็คือ x2 , x3 นั่นเอง

วงจรขยายคลาส C มีประสิทธิภาพสูงสุดประมาณ 95 % ถ้าออกแบบดีๆอาจได้มากกว่านี้ โดยทั่วไปจะให้ค่าประสิทธิภาพประมาณ 85 %



รูปที่ 2.16 แสดงการทำงานในลักษณะคลาส C (Class C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การมอดูเลทแบบ FM

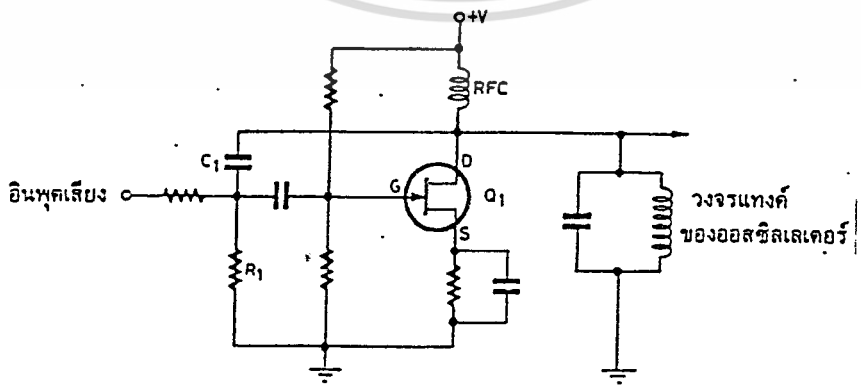
รีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์

หลักการของวงจรรีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์ก็คือ ไบแอส FET หรือทรานซิสเตอร์ เป็นตัวที่ทำหน้าที่เป็นรีแอกแตนซ์ (ความจุหรือความเหนี่ยวนำ) ในวงจรแทงค์ของออสซิลเลเตอร์ ฉะนั้นเมื่อป้อนสัญญาณเสียงมามอดูเลต ค่ารีแอกแตนซ์จะแปรเปลี่ยนไป ทำให้ความถี่ของออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนแปลง

วงจรรีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์ ในรูปที่ 2.17 ใช้ C1 และ R1 ต่อคร่อมวงจรแทงค์ของออสซิลเลเตอร์ ค่ารีแอกแตนซ์ของ C1 มีค่าประมาณ 6 เท่าของ R1 ฉะนั้นเมื่อมองการต่อ R1 กับ C1 จึงเสมือนเป็นความจุล้วนๆ ฉะนั้นสัญญาณที่ป้อนแก่เกตของ Q1 จะมีเฟสนำหน้า 90 องศาเทียบกับแรงดันออสซิลเลเตอร์ด้วยเช่นกัน ดังนั้นวงจรโดยรวมจึงปรากฏเป็นความจุต่อขนานวงจรแทงค์ของออสซิลเลเตอร์

เนื่องจากวงจร FET ทำหน้าที่เสมือนตัวเก็บประจุ จึงสามารถควบคุมความถี่ออสซิลเลเตอร์ได้ ถ้าสัญญาณเสียงเป็นศูนย์ ค่าความจุจะอยู่ความถี่กลาง ถ้าสัญญาณเสียงเป็นบวก กระแสเดรนจะเพิ่มและค่าความจุเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ความถี่ออสซิลเลเตอร์ต่ำลง ในทำนองเดียวกันเมื่อสัญญาณเสียงเป็นลบ กระแส FET จะลดและความจุจะลดลงตามด้วย ความถี่ของออสซิลเลเตอร์จึงเพิ่มขึ้น

เราสามารถใช้ทรานซิสเตอร์หรือหลอดสูญญากาศแทน FET เป็นวงจรรีแอกแตนซ์ได้ นอกจากนี้ เราสามารถไบแอสให้วงจรโดยรวมเสมือนเป็นความเหนี่ยวนำได้โดยการสลับตำแหน่ง R1C1



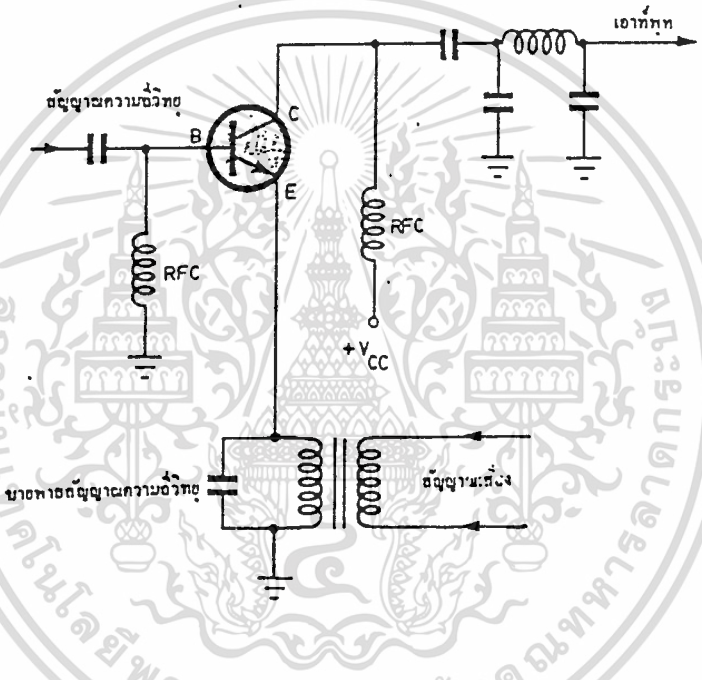
รูปที่ 2.17 แสดงวงจรรีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง
037222

2.8 การมอดูเลทแบบ AM

วงจรอิมิตเตอร์มอดูเลชั่น

วงจรอิมิเตอร์มอดูเลชั่น การมอดูเลทสัญญาณจะเกิดขึ้นที่อิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ดังวงจรรูปที่ 2.18 จากรูปจะเห็นได้ว่าสัญญาณอินพุทที่เป็นสัญญาณความถี่วิทยุจะป้อนเข้ามาที่เบส ดังนั้นกระแสอิมิตเตอร์จึงเปลี่ยนแปลงเป็นสัญญาณความถี่วิทยุ แต่ครั้นเราป้อนสัญญาณความถี่เสียงเข้าทางด้านอิมิตเตอร์ ส่วนของสัญญาณเสียงที่อิมิตเตอร์จะเป็นตัวจำกัดค่าสูงสุดของกระแสอิมิตเตอร์นั่นเอง



รูปที่ 2.18 วงจรอิมิตเตอร์มอดูเลชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วงจรและการทำงานของวงจร

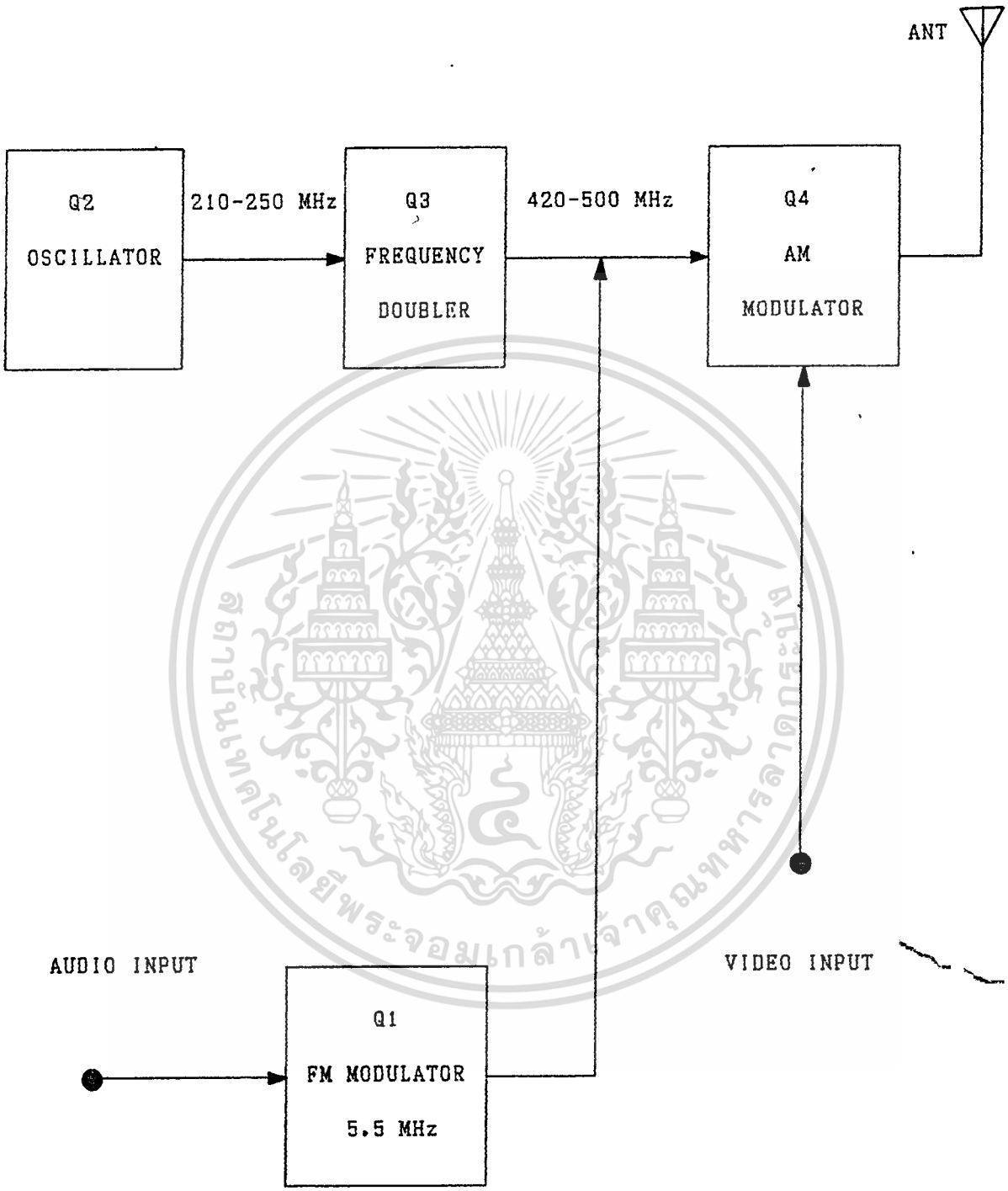
3.1 การทำงานของบล็อกไดอะแกรม

ตามรูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ ทรานซิสเตอร์ Q2 และวงจรร่วม จะทำหน้าที่เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบคอลพิทท์ชนิดเบสร่วม(Colpitt Oscillator) ซึ่งจะกำเนิดความถี่อยู่ระหว่าง 210- 250 เมกกะเฮิร์ทซ์ หลังจากนั้นถูกทวีคูณความถี่เป็น 2 เท่า ด้วยวงจรทวีคูณความถี่ (Frequency Doubler) แล้วจะได้ความถี่อยู่ระหว่าง 420-500 เมกกะเฮิร์ทซ์ ซึ่งเป็นความถี่คลื่นพาห์หลักของวงจร (Main carrier)

สัญญาณเสียงจะถูกป้อนเข้าทาง Audio Input ซึ่งจะยอมรับระดับแรงดันที่มีย่านกว้าง ตั้งแต่ 10 มิลลิโวลท์ - 1 โวลท์ แล้วจะนำมามอดูเลทกับคลื่นพาห์ย่อยของเสียง(Sound Subcarrier) ซึ่งมีความถี่ 5.5 เมกกะเฮิร์ทซ์ การมอดูเลทของสัญญาณเสียงนี้เป็นการมอดูเลทแบบ เอฟเอ็ม

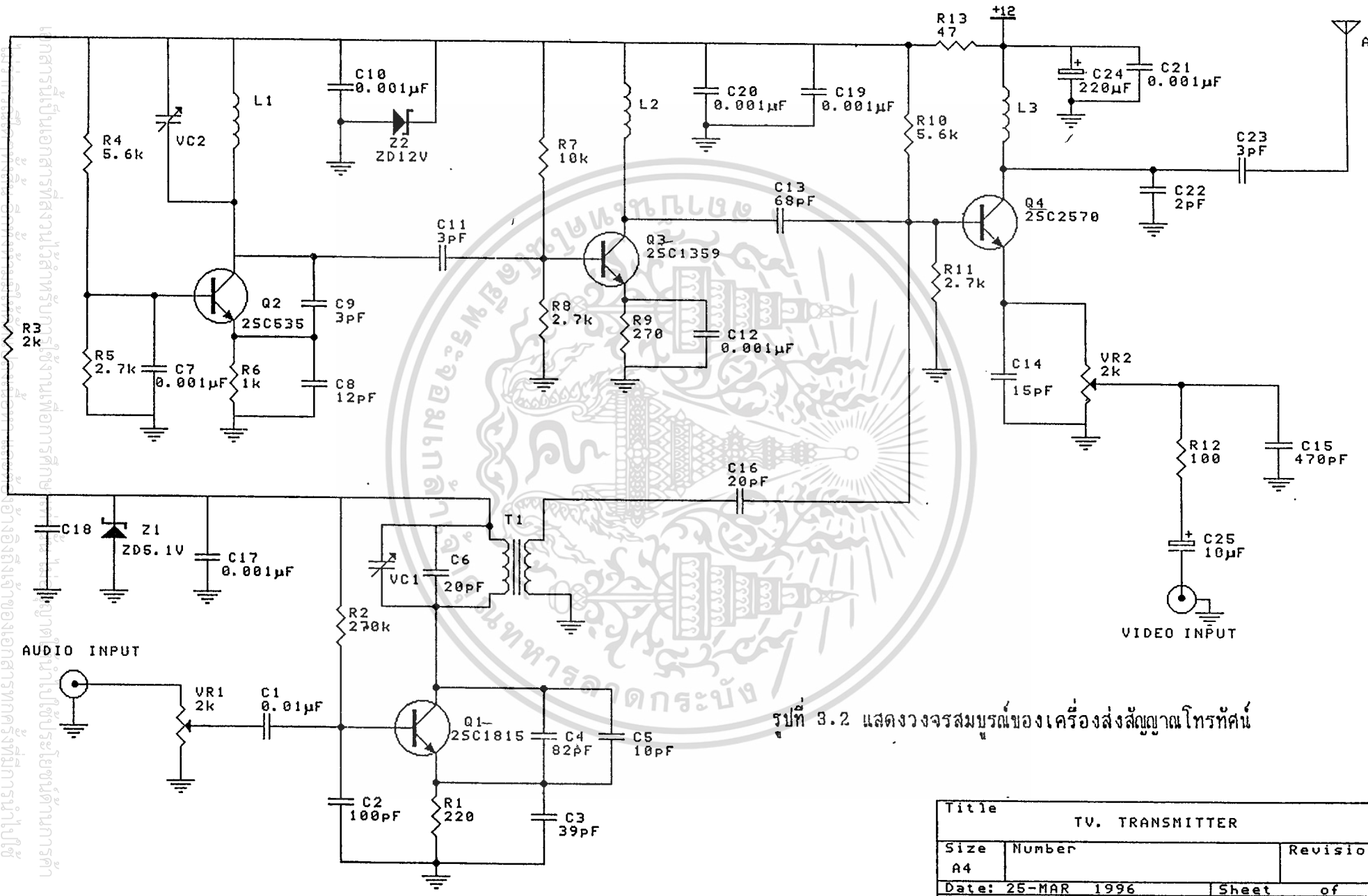
สัญญาณภาพจะถูกป้อนเข้ามาทาง Video Input ซึ่งมีระดับแรงดันระหว่าง 0.5-1.5 โวลท์ พีคทูพีค แบบเน็กกะทีฟซิงค์ (Negative Synce) โดยนำมามอดูเลทแบบ เอเอ็ม กับคลื่นพาห์หลักที่ทรานซิสเตอร์ Q4 ซึ่งเป็นการมอดูเลทที่ขาอิมิตเตอร์ ในขณะเดียวกันสัญญาณเสียงที่ผ่านการมอดูเลทมาแล้วจะถูกป้อนเป็นอินพุทของทรานซิสเตอร์ Q4 มารวมกับสัญญาณภาพ เพื่อส่งออกอากาศไปทางสายอากาศออกไปยังเครื่องรับต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรสมบูรณ์ของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์

Title: TV. TRANSMITTER		
Size: A4	Number	Revision
Date: 25-MAR 1996		Sheet of
File: A:\TV/1		Drawn By:SIRITHORN

3.2 การทำงานของวงจร

วงจรเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่สมบูรณ์ดังแสดงในรูปที่ 3.2 การทำงานก็จะจัดเรียงส่วนประกอบของวงจรดังลักษณะการจัดแบ่งตามบล็อกไดอะแกรม เริ่มจากทรานซิสเตอร์ Q2 ถูกจัดวงจรในลักษณะเบสร่วม (Common Base) เพื่อทำหน้าที่เป็นวงจรกำเนิดความถี่ออสซิลเลเตอร์ร่วมกับตัวเก็บประจุ C8,C9 ตัวเก็บประจุปรับค่าได้ VC2 และตัวเหนี่ยวนำ L1 ประกอบเป็นวงจรจูน เพื่อผลิตความถี่ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 210-250 เมกกะเฮิร์ทซ์ โดยมีตัวต้านทาน R4,R5 และ R6 เป็นตัวต้านทานไบแอสให้กับทรานซิสเตอร์ Q2 ซึ่งการจัดวงจรออสซิลเลเตอร์ในลักษณะนี้เรียกว่าวงจรคอลพิทท์ออสซิลเลเตอร์ ความสามารถที่จะทำการขยายความถี่ออสซิลเลเตอร์ให้มีประสิทธิภาพพอนั้น อาศัยอัตราส่วนการขยายแรงดันระหว่างตัวเก็บประจุ C8 กับ C9 ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการขยายของทรานซิสเตอร์ Q2 ทางขาคอลเล็คเตอร์มีมากกว่าหนึ่ง

ตัวเก็บประจุ C11 จะทำหน้าที่คัปปลิ้ง (Coupling) สัญญาณความถี่จากขาคอลเล็คเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2 ส่วนทรานซิสเตอร์ Q3 ทำหน้าที่เป็นวงจรทวีคูณความถี่เป็นสองเท่า โดยอาศัยการทำงานแบบวงจรขยายสัญญาณเกินขอบเขต (Overdrive Amplifier) ทำให้การขยายสัญญาณทางเอาท์พุทออกมามีความเพี้ยนเกิดขึ้น และนั่นก็คือการทำให้เกิดเป็นความถี่ฮาร์โมนิกของสัญญาณอินพุทอย่างมากมาย แต่สำหรับในส่วนนี้ต้องการเพียงความถี่ฮาร์โมนิกที่สองของสัญญาณอินพุทเท่านั้น ซึ่งจะมีความถี่เป็นสองเท่าของความถี่ออสซิลเลเตอร์

ตัวเหนี่ยวนำ L2 และตัวเก็บประจุ C18 ทำหน้าที่เป็นวงจรจูน (Tuned Circuit) เพื่อจูนให้ความถี่ที่ออกมาทางขาคอลเล็คเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q3 มีค่าความถี่อยู่ระหว่าง 420-500 เมกกะเฮิร์ทซ์ ตัวเก็บประจุ C13 ยังทำหน้าที่คัปปลิ้งสัญญาณความถี่จากขาคอลเล็คเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q3

ตัวเก็บประจุ C19 และ C20 ทำหน้าที่กรองความถี่ฮาร์โมนิกที่ไม่ต้องการออกไป

สัญญาณเสียงที่เป็นอินพุทจะถูกป้อนเข้าที่ ออดิโอ อินพุท มีตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ VR1 เป็นตัวปรับแรงดันของสัญญาณอินพุท สัญญาณจะถูกคัปปลิ้งผ่านตัวเก็บประจุ C1 และผ่านไปยังภาคมอดูเลทสัญญาณเสียง

การมอดูเลทสัญญาณเสียงทำงานโดยทรานซิสเตอร์ Q1 ต่อวงจรร่วมกับตัวเก็บประจุ C3,C4, C5,C6 ตัวเก็บประจุปรับค่าได้ VC1 และ ทรานสฟอร์มเมอร์ T1 เป็นวงจรคอลพิทท์ออสซิลเลเตอร์ ซึ่งผลิตคลื่นพาห์ของเสียงความถี่ 5.5 เมกกะเฮิร์ทซ์ ชุดตัวเก็บประจุจูนความถี่ C6 และ VC1 ใช้ปรับความถี่ออสซิลเลเตอร์ให้ได้ค่าที่แน่นอน การมอดูเลทสัญญาณเสียงจะเป็นการมอดูเลทแบบ FM สัญญาณ FM จะถูกคัปปลิ้งโดยตัวเก็บประจุ C16 ไปยังภาคมอดูเลทสัญญาณภาพ

ส่วนการมอดูเลทสัญญาณภาพ มีทรานซิสเตอร์ Q4 ทำหน้าที่เป็นตัวมอดูเลเตอร์ของสัญญาณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ

โดยสัญญาณภาพจะถูกป้อนเข้าที่ วิดีโอ อินพุท จะถูกคัปปลิ้งโดยตัวเก็บประจุอิเล็คโตรไลซ์ C25 และตัวต้านทาน R12 มีตัวต้านทานปรับค่าได้ VR2 เป็นตัวปรับแรงดันของสัญญาณภาพ แล้วผ่านไปยังขาอีมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q4 เพื่อทำการมอดูเลตสัญญาณภาพเข้ากับคลื่นพาห์หลัก คือความถี่ 420-500 เมกกะเฮิร์ทซ์ สัญญาณภาพและสัญญาณเสียงที่ถูกมอดูเลทแล้วจะถูกส่งกระจายคลื่นออกสู่สายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบ

ภาคออสซิลเลเตอร์

ทำการวัดความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2 (เบอร์ 2SC535) โดยใช้สเปคตรัมอนาไลเซอร์ หลังจากทำการปรับ VC2 จนได้ความถี่ที่ต้องการ แล้วจะได้สเปคตรัมของความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 4.1

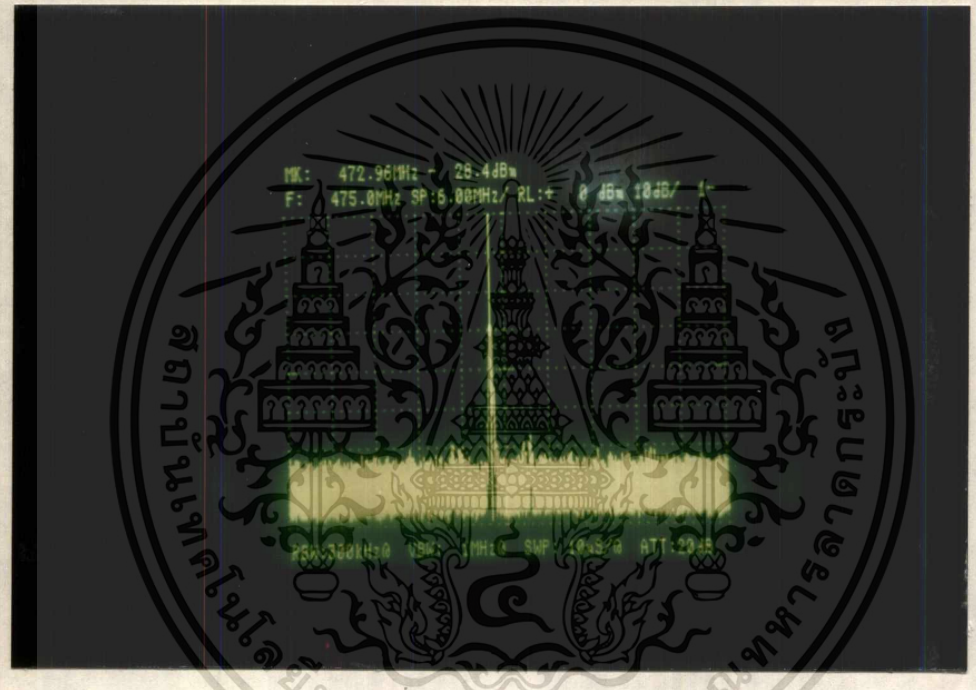
รูปที่ 4.1 แสดงสเปคตรัมของความถี่ที่ออสซิลเลทออกมาได้จากวงจรคอลพิทท์ออสซิลเลเตอร์

จากรูป	ค่าความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ได้มีค่าประมาณ	225	เมกกะเฮิร์ทซ์
	ระดับกำลังของสัญญาณมีค่าประมาณ	-18	dBm
	ระดับกำลังของสัญญาณรบกวนมีค่าประมาณ	-50	dBm
	วัดที่ระดับการลดทอน (Attenuation)	30	dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคทวีคูณความถี่

ทำการวัดความถี่ที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q3 (เบอร์ 2SC1359) ซึ่งความถี่ที่วัดได้ ณ จุดนี้ ในทางทฤษฎีจะต้องมีความถี่เป็น 2 เท่าของความถี่ที่ออสซิลเลทออกมาได้ และผลจากการวัดจะได้ค่าความถี่ประมาณ 473 เมกกะเฮิร์ทซ์ ซึ่งก็เป็นค่าความถี่ที่อยู่ในช่วงที่ต้องการ สามารถนำไปใช้งานในการเป็นคลื่นพาห์หลักของวงจร สเปคตรัมของคลื่นพาห์หลัก ดังแสดงในรูปที่ 4.2



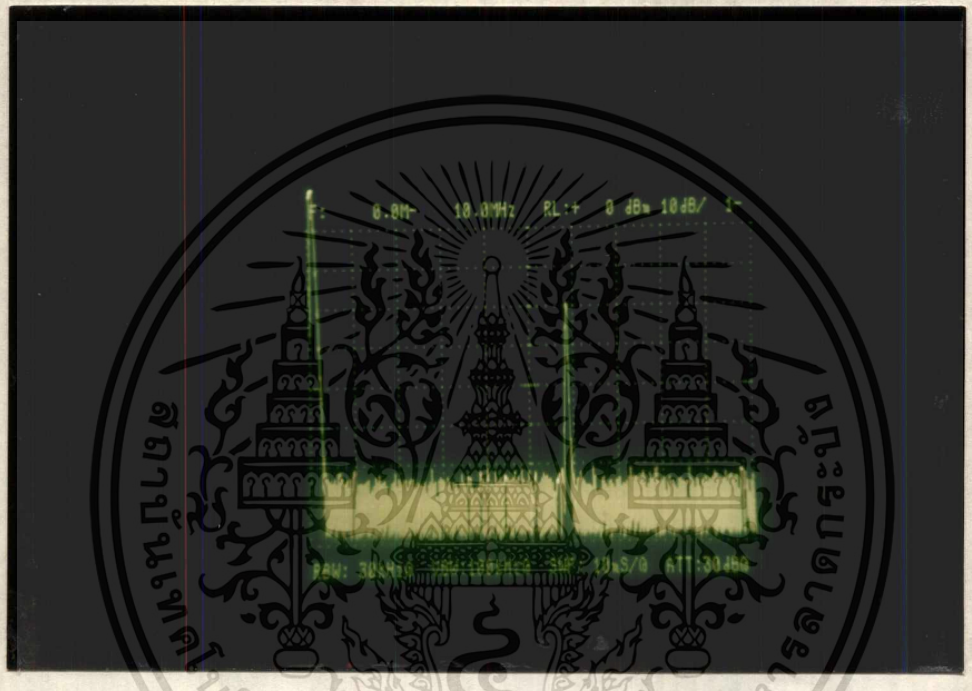
รูปที่ 4.2 แสดงสเปคตรัมของคลื่นพาห์หลักของวงจร

จากรูป	ค่าความถี่ที่วัดได้มีค่าประมาณ	473	เมกกะเฮิร์ทซ์
	ระดับกำลังของสัญญาณมีค่าประมาณ	-28.4	dBm
	ระดับกำลังของสัญญาณรบกวนมีค่าประมาณ	-60	dBm
	วัดที่ระดับการลดทอน (Attenuation)	20	dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคมอดูเลทสัญญาณเสียง

ทำการวัดความถี่ที่ขดลวดด้านทุติยภูมิของทรานสฟอร์มเมอร์ T1 ในขณะที่ยังมิได้มีการป้อนสัญญาณเสียงเข้ามาที่ Audio Input ความถี่ที่วัดได้มีค่าประมาณ 5.5 เมกกะเฮิร์ทซ์ ซึ่งก็คือความถี่คลื่นพาห์ของเสียง ดังแสดงในรูปที่ 4.3



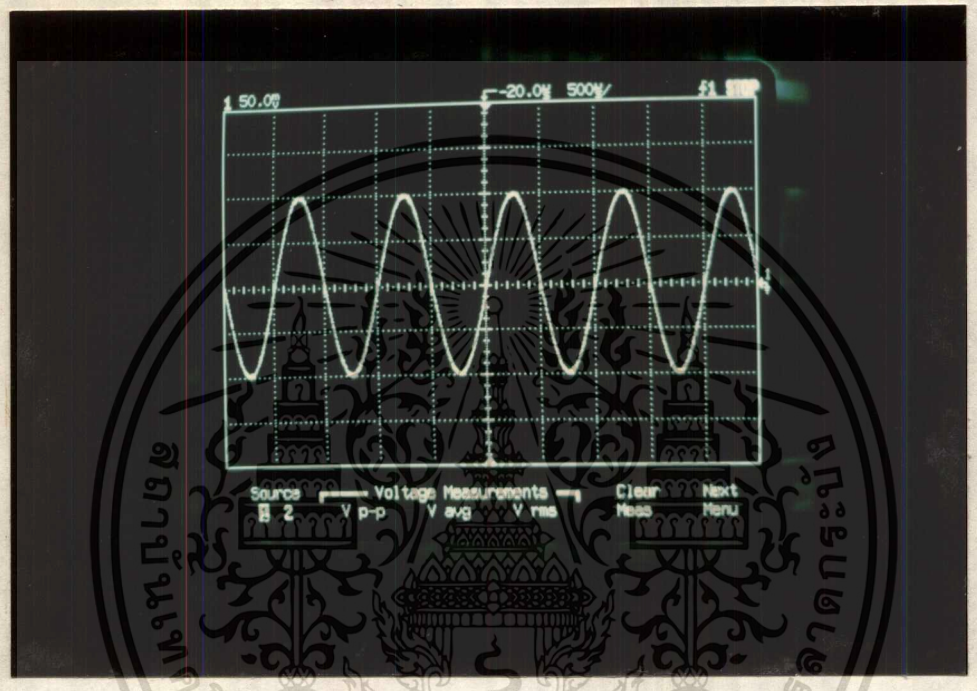
รูปที่ 4.3 แสดงสเปคตรัมของคลื่นพาห์ของเสียง

จากรูป สัญญาณที่ปรากฏที่ขอบจอด้านซ้ายมือของสเปคตรัมอนาไลเซอร์ เป็นสัญญาณอ้างอิง

ค่าความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ได้มีค่าประมาณ	5.5	เมกกะเฮิร์ทซ์
ระดับกำลังของสัญญาณมีค่าประมาณ	-20	dBm
ระดับกำลังของสัญญาณรบกวนมีค่าประมาณ	-60	dBm
วัดที่ระดับการลดทอน (Attenuation)	30	dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

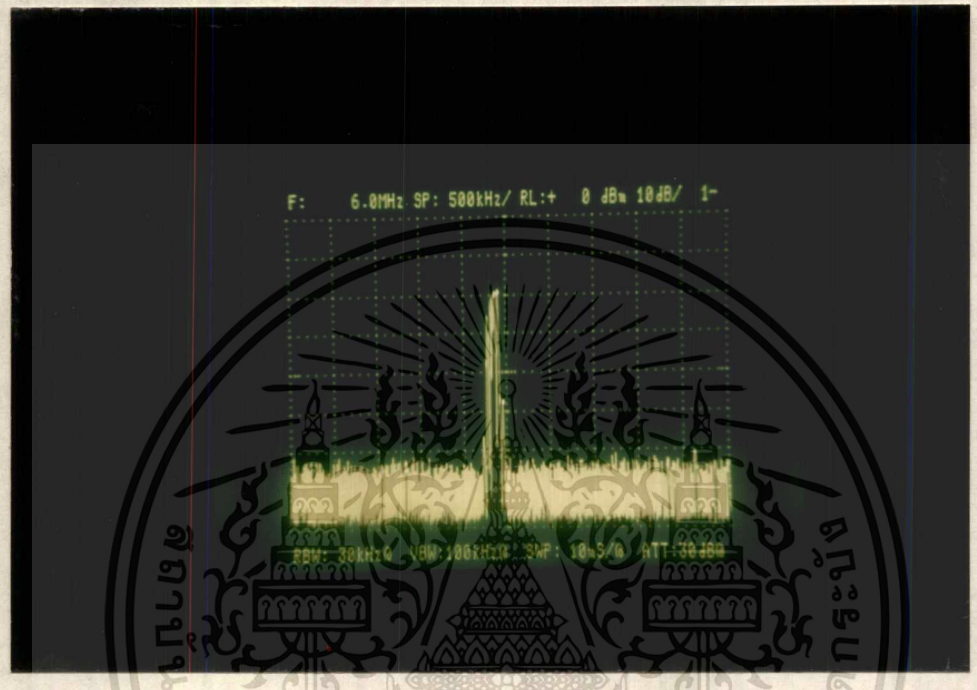
ป้อนสัญญาณเสียงรูปคลื่นไซน์ ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ทซ์ ระดับของสัญญาณ 200 มิลลิโวลท์พีคทูพีค เข้าที่ Audio Input ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงรูปคลื่นของสัญญาณเสียงความถี่ 1 กิโลเฮิร์ทซ์ ระดับสัญญาณ 200 มิลลิโวลท์พีคทูพีค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการวัดความถี่ที่ขดลวดทุติยภูมิของทรานสฟอร์มเมอร์ T1 เมื่อได้ป้อนสัญญาณเสียงที่มีค่าดังรูปที่ 4.4 เนื่อดูสเปคตรัมของรูปคลื่นสัญญาณเสียงที่ผ่านการมอดูเลทแบบ FM โดยมีคลื่นพาห์ 5.5 เมกกะเฮิร์ทซ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.5



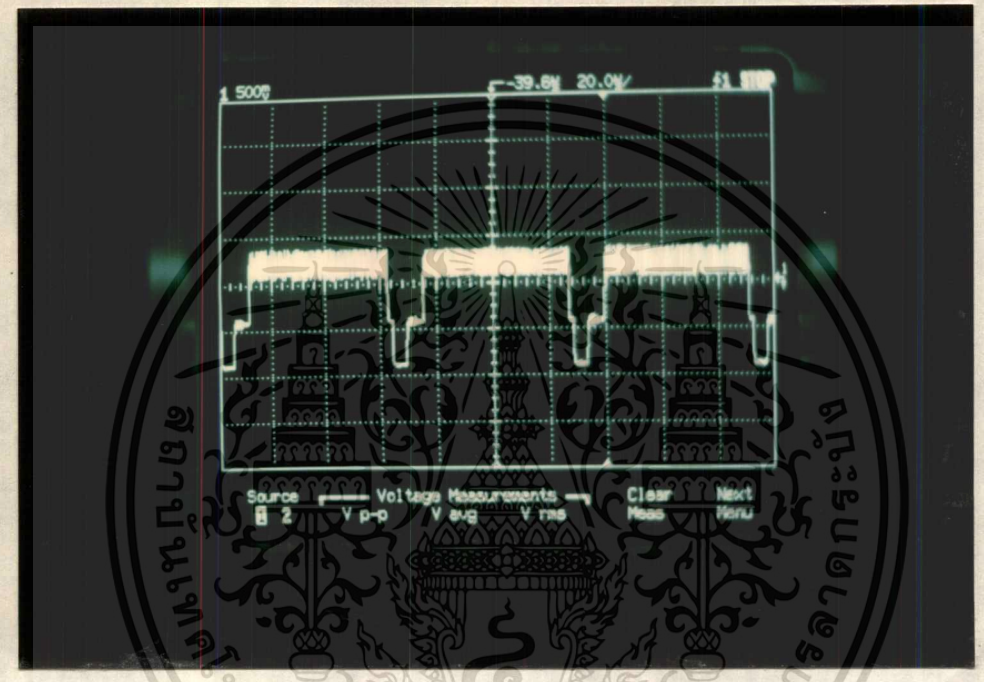
รูปที่ 4.5 แสดงสเปคตรัมของรูปคลื่นสัญญาณเสียงที่ผ่านการมอดูเลทแบบ FM แล้ว

จากรูปที่ 4.5 นี้ เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 4.3 จะเห็นความแตกต่างของสเปคตรัมระหว่างคลื่นพาห์ที่ยังไม่ได้ผ่านการมอดูเลทกับคลื่นพาห์ที่ผ่านการมอดูเลทด้วยสัญญาณเสียงแล้ว จะพบว่ามีไซด์แบนด์เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคสัญญาณภาพ

ป้อนสัญญาณภาพสีซึ่งมีระดับแรงดันประมาณ 1 โวลท์พีคทูพีค เข้าที่ Video Input ซึ่งสัญญาณภาพที่ป้อนเข้ามานี้จะนำไปทำการมอดูเลทแบบ AM ที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q4 (เบอร์ 2SC2570) ดังแสดงในรูปที่ 4.6



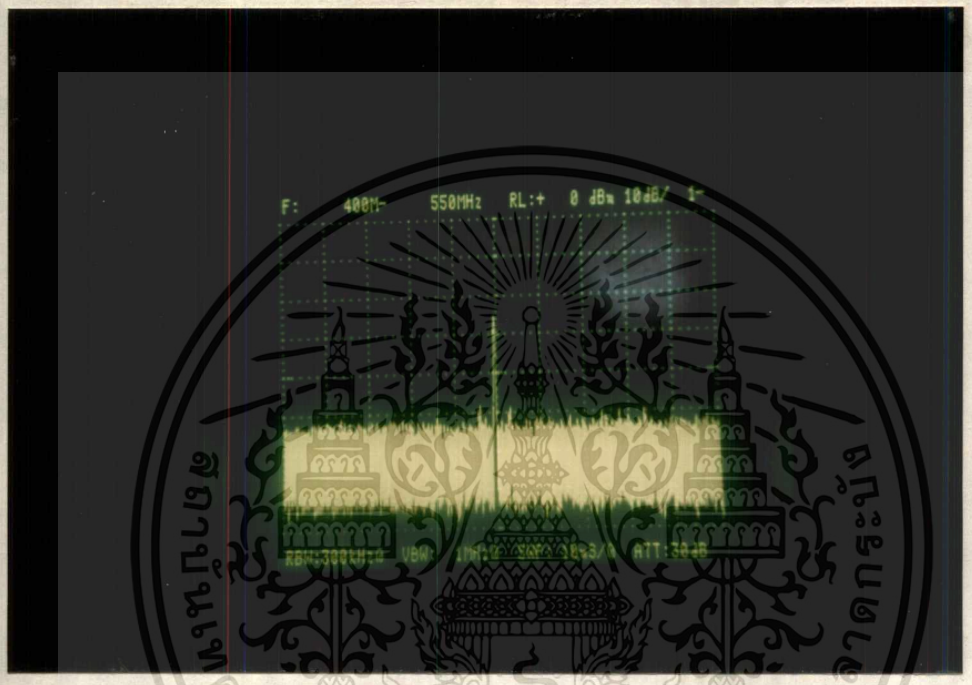
รูปที่ 4.6 แสดงรูปคลื่นของสัญญาณภาพสี

จากรูป เป็นตัวอย่างรูปคลื่นของสัญญาณภาพสี ที่ใช้ป้อนเข้าที่ Video Input เมื่อนำเอารูปที่ 4.6 ไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.10 จะสามารถพิจารณาได้ว่ารูปคลื่นของสัญญาณภาพสีนี้ ประกอบไปด้วย สัญญาณภาพสี สัญญาณซิ้งค์ของภาพสี (Color Burst) สัญญาณซิ้งค์ของการหักเหทางแนวนอนและสัญญาณแบล้งกิ้งของการหักเหทางแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคมอดูเลทแบบ AM

ทำการวัดความถี่ที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q4 ในขณะที่ยังมิได้มีการป้อนสัญญาณภาพและสัญญาณเสียง จะได้สเปคตรัมของคลื่นพาห์หลักที่ส่งออกอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 4.7



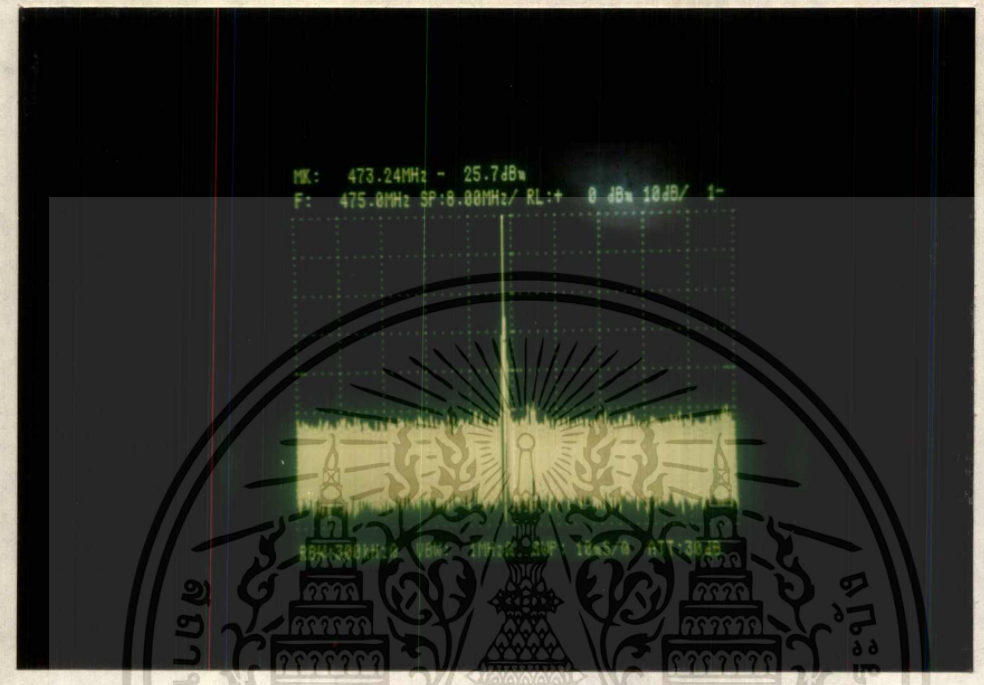
รูปที่ 4.7 แสดงสเปคตรัมของคลื่นพาห์หลักที่ใช้ส่งออกอากาศ

จากรูป	ค่าความถี่ที่ส่งออกอากาศมีค่าประมาณ	473	เมกกะเฮิร์ทซ์
	ระดับกำลังของสัญญาณมีค่าประมาณ	-25	dBm
	ระดับกำลังของสัญญาณรบกวนมีค่าประมาณ	-50	dBm
	วัดที่ระดับการลดทอน (Attenuation)	30	dB

เมื่อเปรียบเทียบระดับกำลังของคลื่นพาห์หลัก ระหว่างรูปนี้กับรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าระดับกำลังของคลื่นพาห์ในรูปนี้มีค่ามากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายหลังจากการป้อนสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงเข้าไปที่อินพุท แล้วทำการวัดที่เอาท์พุทของวงจร จะได้สเปคตรัมของคลื่นสัญญาณที่ส่งออกอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 4.8

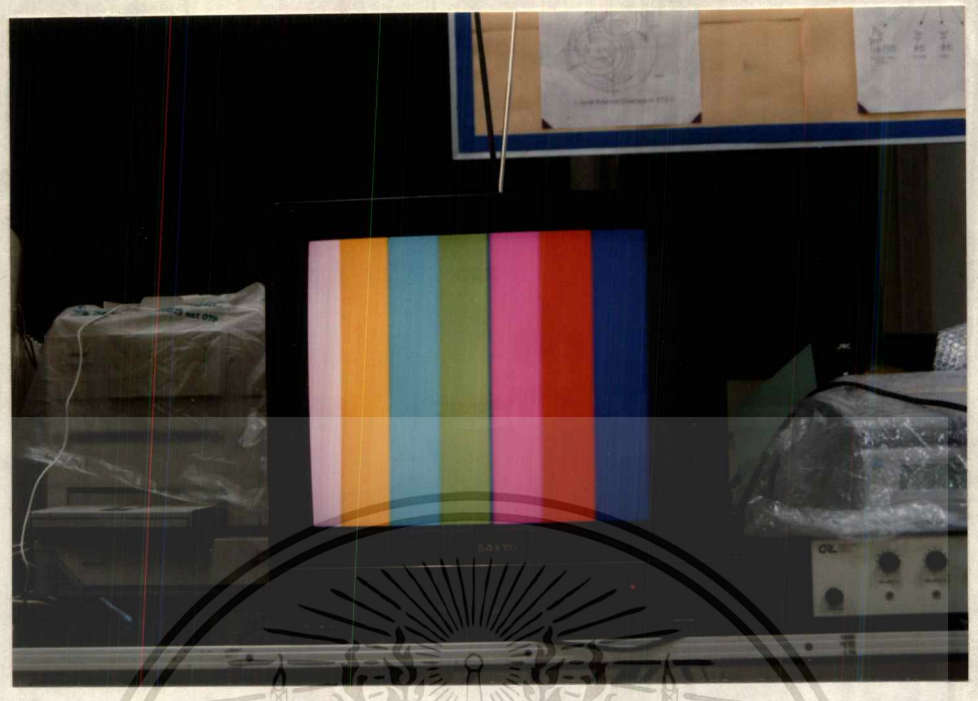


รูปที่ 4.8 แสดงสเปคตรัมของคลื่นสัญญาณที่ส่งออกอากาศ

จากรูป สเปคตรัมของคลื่นสัญญาณที่ส่งออกอากาศ ประกอบไปด้วย คลื่นสัญญาณเสียงที่ผ่านการมอดูเลทแบบ FM แล้ว มารวมกับสัญญาณภาพที่ผ่านการมอดูเลทแบบ AM กับคลื่นพาห์หลักของวงจร

จะเห็นได้ว่า ระดับกำลังของคลื่นสัญญาณมีค่าประมาณ -25.7 dBm หรือ มีกำลังในการส่งออกอากาศประมาณ 2.7×10^{-3} มิลลิวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงภาพที่รับได้ที่เครื่องรับโทรทัศน์ เมื่อทำการป้อนสัญญาณภาพที่เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ โดยสัญญาณภาพที่ป้อนนั้นเป็นสัญญาณภาพคัลเลอร์บาร์ (Color Bar)

รูปที่ 4.10 แสดงภาพที่รับได้ที่เครื่องรับโทรทัศน์ เมื่อทำการป้อนสัญญาณภาพที่เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ โดยสัญญาณที่ป้อนนั้นเป็นสัญญาณภาพตารางหมากฮอส (Checker Board)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อันเกิดจากการใช้ประโยชน์และการอ้างอิง

บทที่ 5

บทวิจารณ์และบทสรุป

จากผลการทดสอบ เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์สามารถทำการส่งสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงออกอากาศได้จริง ทั้งนี้สามารถรับชมสัญญาณภาพและรับฟังสัญญาณเสียงที่ส่งออกอากาศไป ทางเครื่องรับโทรทัศน์ คุณภาพของสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงที่รับได้ทางเครื่องรับโทรทัศน์ นับว่าดีพอสมควร ซึ่งในการทดสอบนี้ ได้ทำการจูนสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงให้รับได้ชัดที่ช่อง 10 สัญญาณภาพและสัญญาณเสียงจะชัดหรือไม่ขึ้นอยู่กับการปรับเสาอากาศที่เครื่องรับโทรทัศน์ด้วย ระบบที่ใช้ในการส่งสัญญาณโทรทัศน์เป็นระบบ PAL ซึ่งมีความถี่คลื่นพาห์ของเสียง 5.5 เมกกะเฮิร์ทซ์ และความถี่คลื่นพาห์หลักในการส่งออกอากาศประมาณ 473 เมกกะเฮิร์ทซ์ ซึ่งเป็นความถี่ที่อยู่ในย่าน UHF เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์นี้มีกำลังในการส่งออกอากาศประมาณ 2.7×10^{-3} มิลลิวัตต์ ทั้งนี้ระยะทางในการส่งออกอากาศขึ้นอยู่กับกำลังของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ เพราะฉะนั้นถ้าต้องการให้ได้ระยะทางในการส่งที่ไกลมากขึ้นสามารถทำได้โดยเพิ่มภาคขยายกำลัง แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงว่า การเพิ่มกำลังในการส่งออกอากาศนั้นจะมีผลต่อประสิทธิภาพของสัญญาณภาพและสัญญาณเสียง ตลอดจนการผิดเพี้ยนของสัญญาณว่ามากน้อยเพียงใด

เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่จัดทำขึ้น เป็นวงจรที่ไม่ยุ่งยาก สามารถทำการสร้างและนำไปใช้งานได้สะดวก เหมาะสำหรับการส่งออกอากาศในรัศมีครอบคลุมบริเวณหนึ่ง เนื่องจากย่านความถี่ที่ใช้ในการส่งออกอากาศอยู่ในย่านความถี่ UHF ซึ่งจัดว่าเป็นความถี่ที่สูงมาก ความถี่สูงอำนาจในการทะลุทะลวงจะต่ำ ประกอบกับกำลังในการส่งออกอากาศก็ต่ำ จึงทำให้เมื่อมีวัตถุหรือสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่มาบังคลื่นสัญญาณที่แพร่กระจาย จะมีผลทำให้การรับสัญญาณภาพที่เครื่องรับโทรทัศน์ไม่ชัด ภาพจะล้ม แต่จะมีผลน้อยสำหรับสัญญาณเสียง เมื่อวัตถุหรือสิ่งกีดขวางนั้นเคลื่อนออกไปจากแนวการแพร่กระจายของคลื่นสัญญาณที่ได้ส่งออกอากาศ สัญญาณภาพและสัญญาณเสียงที่รับได้ที่เครื่องรับโทรทัศน์ก็จะชัดดังเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

รายการอุปกรณ์

ตัวต้านทานขนาด 1/4 วัตต์ 5 %

R1	220	โอห์ม
R2	270	กิโลโอห์ม
R3	2	กิโลโอห์ม
R4,R10	5.6	กิโลโอห์ม
R5,R8,R11	2.7	กิโลโอห์ม
R6	1	กิโลโอห์ม
R7	10	กิโลโอห์ม
R9	270	โอห์ม
R12	100	โอห์ม
R13	47	โอห์ม
VR1,VR2 (เกือกม้า แบบนอน)	2	กิโลโอห์ม

คาปาซิเตอร์

C1	0.01	ไมโครฟารัด
C2	100	พิโคฟารัด
C3	39	พิโคฟารัด
C4	82	พิโคฟารัด
C5	10	พิโคฟารัด
C6,C16	20	พิโคฟารัด
C7,C10,C12,C17,C19,C20,C21	0.001	ไมโครฟารัด
C8	12	พิโคฟารัด
C9,C11,C23	3	พิโคฟารัด
C13	68	พิโคฟารัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C14	15	พิโคฟารัด
C15	470	พิโคฟารัด
C18 (ไมลาร์)	0.0022	ไมโครฟารัด
C22	2	พิโคฟารัด
C24 (16 โวลท์ อิเลคโตรไลซ์)	220	ไมโครฟารัด
C25 (16 โวลท์ อิเลคโตรไลซ์)	10	ไมโครฟารัด
VC1,VC2 (ทริมเมอร์)	0-20	พิโคฟารัด

ทรานซิสเตอร์

Q1	2SC1815
Q2	2SC535
Q3	2SC1359
Q4	2SC2570

ไดโอด

Z1 (ZD 12 โวลท์)	1N5242B
Z2 (ZD 5.1 โวลท์)	1N5231

คอยล์

L1,L2 (ลวดทองแดงเบอร์ 18 หรือ 20 พันจำนวน 3 รอบ)

L3 (ลวดทองแดงเบอร์ 18 หรือ 20 พันจำนวน 2 รอบ)

T1 ทรานสฟอร์มเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

ธวัช เมฆสวรรค์ และ โยชิคะซึ ชาวามุระ "Textbook of Television Engineering" กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ดวงกมล 2528.

วิชัย สุรพัฒน์ "วิศวกรรมโทรทัศน์" กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2535.

เจน สงสมพันธุ์ "อิเล็คทรอนิกส์แอนด์บุ๊ค" กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัดเม็ดทรายฯ 2538.

Rudolf F. Graf and William Sheets "Experimenters Handbook" Fort Myers : Crystek Corporation 1984.

Joseph J. Carr "Secrets of RF Circuit Design" U.S.A: TAB Books 1991.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้