สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โครงการวิจัย

เครื่องส่งและขยายความถี่ในย่าน วี-เฮช-เอฟ

Broadcast Transmitters in the VHF frequency range

สุรพล บุญจันทร์
ชูชาติ พูตระกูล

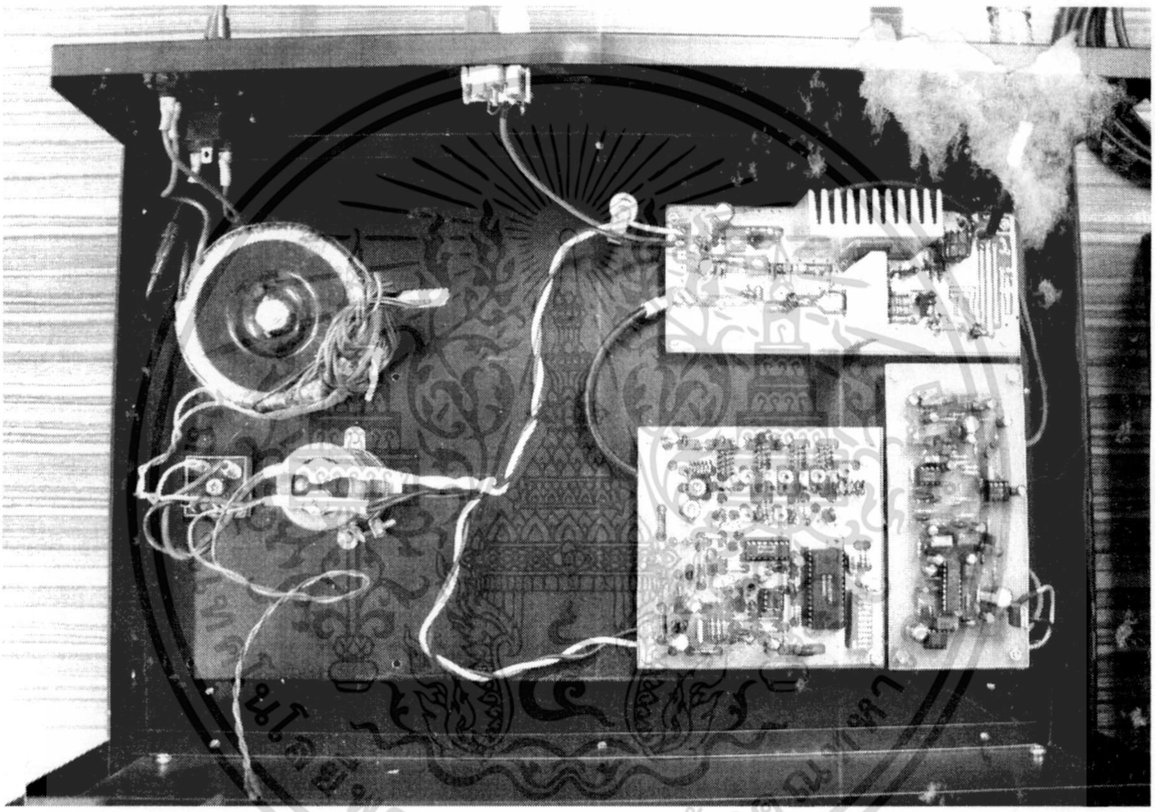
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
TK
6561
ส852ค

เลขหมู่.........
เลขทะเบียน 84509
วัน,เดือน,ปี 13 ต.ค. 2551

11๘๙3๔๘๙

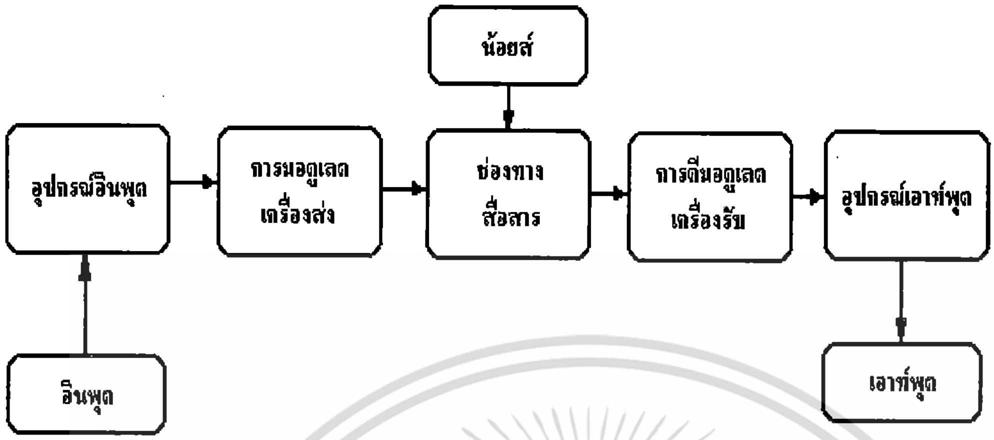
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสื่อสาร

ในระบบสื่อสารไม่ว่าจะเป็นระบบใดก็ตามแผนผังพื้นฐานมักเหมือนกับรูปที่ 1 ซึ่งระบบสื่อสารโดยพื้นฐานประกอบด้วยอุปกรณ์อินพุต (input device) เครื่องส่งช่องทางสื่อสาร (communication channel) หรือแชนแนลซึ่งมักจะมีนอยส์มารบกวนเครื่องรับ และอุปกรณ์เอาต์พุต (output device)



รูปที่ 1 ระบบสื่อสารพื้นฐาน

1. อุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต

ความจริงอุปกรณ์อินพุตก็คืออุปกรณ์ที่แปลงข่าวสารเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่วนอุปกรณ์เอาต์พุตก็คืออุปกรณ์ที่แปลงสัญญาณไฟฟ้ากลับมาเป็นข่าวสารนั่นเอง มีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปแล้วแต่การใช้งานเช่นในระบวิทยุกระจายเสียงอุปกรณ์อินพุตอาจเป็นไมโครโฟน และ อุปกรณ์เอาต์พุตจะเป็นลำโพงสำหรับไมโครโฟนทำหน้าที่แปลงคลื่นเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้าและส่วนลำโพงทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้ากลับเป็นคลื่นเสียง

ในทำนองเดียวกันในระบบแพร่ภาพทางโทรทัศน์อุปกรณ์อินพุต ก็คือกล้องถ่ายโทรทัศน์ ซึ่งเปลี่ยนพลังงานแสง(จากภาพ)ไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าและอุปกรณ์เอาต์พุต ก็คือหลอดภาพโทรทัศน์ซึ่งเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้ากลับคืนเป็นพลังงานแสง

อุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตของระบบสื่อสารยังมีอีกมากมายเช่น คันเคาะโทรเครื่องโทรพิมพ์ เครื่องโทรสาร เครื่องโทรสาร เครื่องโทรมาตร(telemetry)ฯลฯ อุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตจะต่อเข้ากับเครื่องส่งและเครื่องรับเสมอ

ข่าวสารที่รับหรือส่งระหว่างกันแบ่งออกเป็น3พวกใหญ่คือ

1. *เสียงหรือออดิโอ (audio)* ได้แก่ เสียงพูดในระบบโทรศัพท์ เสียงพูด เสียงเพลง หรือเสียงดนตรี ซึ่งต้องการคุณภาพเสียงดีในระบบวิทยุกระจายเสียง

2. *ภาพ (picture)* ได้แก่ ภาพนิ่งในระบบโทรสาร (facsimile) และระบบส่งภาพระยะไกล (telephoto) ภาพยนต์ในระบบโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. *ข้อมูล (data)* ส่วนใหญ่ส่งมาเป็นรหัสให้แก่เครื่องยนต์ เครื่องจักร เครื่องคอมพิวเตอร์ ฯลฯ ได้แก่ ข้อมูลและคำสั่งในระบบโทรมาตร ตัวอักษรในระบบโทรพิมพ์ หรือโทรเลข ข้อมูลคอมพิวเตอร์ในระบบสื่อสารคอมพิวเตอร์

2. เครื่องส่ง

เครื่องส่งทำหน้าที่รับสัญญาณไฟฟ้าจากอุปกรณ์อินพุตแล้วทำการมอดูเลตลงบนคลื่นพาหะความถี่สูง เครื่องส่งประกอบด้วยแหล่งกำเนิดสัญญาณความถี่สูง (เรียกว่าออสซิลเลเตอร์) กับมอดูเลต เครื่องส่งส่วนใหญ่มักมีภาคขยายอีกเพื่อให้สัญญาณที่ส่งออกอากาศมีกำลังแรงทำให้สื่อสารกันได้ไกลขึ้น

3.ช่องทางสื่อสาร

ช่องทางสื่อสารในที่นี้ได้แก่บรรยากาศ อวกาศว่าง (free space) หรือสาย ฯลฯ แต่ในที่นี้เราจะกล่าวถึงเฉพาะระบบวิทยุเท่านั้นช่องทางสื่อสารของระบบวิทยุ อาศัยการแผ่คลื่นวิทยุออกไปโดยผ่านบรรยากาศซึ่งเป็นตัวกลาง (medium)ซึ่งคลื่นเดินทางจากเครื่องส่งผ่านไปยังเครื่องรับ

4.ความถี่และความยาวคลื่น

เรานิยมแบ่งคลื่นวิทยุออกเป็นย่านความถี่ต่างๆโดยมีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hertz) ในประวัติศาสตร์การวิทยุเราแบ่งคลื่นวิทยุตามความยาวคลื่น(Wavelengh)ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และความยาวคลื่นเป็นไปตามสูตรดังนี้ ในที่นี้ 1 คือความยาวคลื่นมีหน่วยเป็นเมตร

V คือ ความเร็วของคลื่นวิทยุในอากาศเท่ากับความเร็วของแสง = $3 * 10^8$ เมตรต่อวินาที

f คือ ความถี่มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hz)

ตารางที่ 1 แสดงย่านความถี่ ความถี่ และความยาวคลื่น

ย่านความถี่	ความถี่	ความยาวคลื่น
Very Low Frequency (VLF)	ต่ำกว่า 30 kHz	ยาวกว่า 10 km
Low Frequency(LF)	30-300 kHz	10-1 km
Medium Frequency(MF)	300-3000 kHz	1000-100 m
High Frequency (HF)	3-30 MHz	100-10 m
Very High Frequency (VHF)	30-300 MHz	10-1 m
Ultra High Frequency (UHF)	300-3000 MHz	100-10 cm
Super High Frequency (SHF)	3-30 GHz	10-1 cm
Extremely High Frequency (EHF)	30-300 GHz	10-1 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นอยส์(noise)

เป็นสัญญาณที่เข้ามาแทรกแซงหรือรบกวน(interfere) นอยส์ที่รับเข้ามาได้ แบ่งออกได้4 ประเภทคือ

1.นอยส์บรรยากาศ (atmospheric noise)

เกิดขึ้นจากความแปรปรวนของบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกเช่น ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า ก่อให้เกิดคลื่นวิทยุแผ่กระจายออกไปรอบโลก นอยส์บรรยากาศเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา แม้จะไม่มีพายุฝนฟ้าคะนองก็ตาม

2.นอยส์จากอวกาศ (space noise)

เกิดจากดวงอาทิตย์และดวงดาวนับล้านๆดวงในจักรวาล ดวงอาทิตย์เป็นวัตถุที่มีขนาดมหึมาและมีความร้อนสูงถึง 6,000 องศาเซลเซียสที่ผิวดวงอาทิตย์ฉะนั้น ดวงอาทิตย์จะแผ่พลังงานออกมามีสเปกตรัมความถี่กว้างมากมากพลังงานนี้ปรากฏออกเป็นนอยส์คงที่ อย่างไรก็ตามที่ผิวดวงอาทิตย์ยังมีความแปรปรวนอื่น ๆ อีก เช่น จุดบนดวงอาทิตย์ (sun spot) การลุกโชติช่วง (solar flare) ซึ่งก่อให้เกิดนอยส์เพิ่มขึ้นอีก นอกจากนี้ดวงอาทิตย์บางดวงที่ไกลออกไปจากระบบสุริยจักรวาลก็มีคุณสมบัติเหมือนดวงอาทิตย์ คือ มีความร้อนสูงและสามารถกำเนิดนอยส์มายังโลกได้

3.นอยส์ที่เกิดขึ้นจากสิ่งประดิษฐ์ที่มนุษย์สร้างขึ้น (man-made noise)

ได้แก่ นอยส์จากมอเตอร์ไฟฟ้าเช่น พัดลม ที่เป่าผม เครื่องดูดฝุ่น นอกจากนี้ก็ยังมีนอยส์ จากระบบจุดระเบิดของรถยนต์ การรั่วของสายไฟแรงสูง หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ฯลฯ

4.นอยส์ภายในตัวอุปกรณ์ในเครื่องรับ (internal noise)

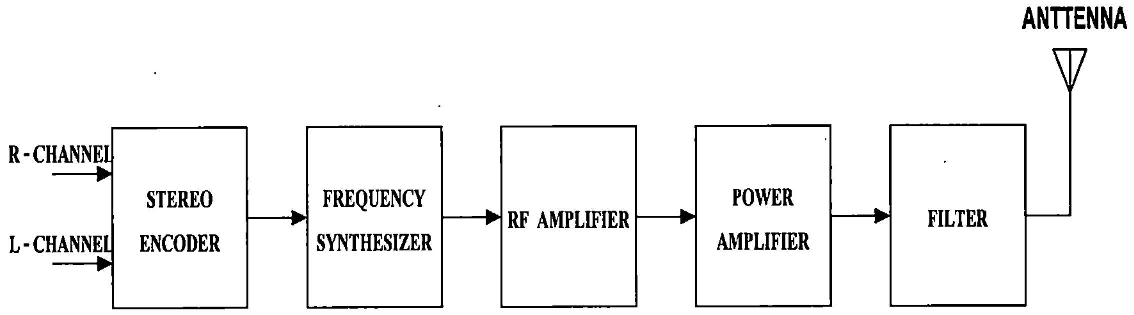
แยกเป็น 2 ประเภทคือนอยส์อุณหภูมิ (thermal noise) และช็อตนอยส์(shot noise) นอยส์อุณหภูมิเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในตัวอุปกรณ์ บางครั้งเรียกว่า จอห์นสันนอยส์ (Johnson noise) ส่วนช็อตนอยส์เกิดขึ้นในอุปกรณ์แอกตีฟ (active device) ทุกชนิด เนื่องจากการรวมตัวของอิเล็กตรอนกับโฮล (hole) เช่น ในทรานซิสเตอร์ซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

6.เครื่องรับ

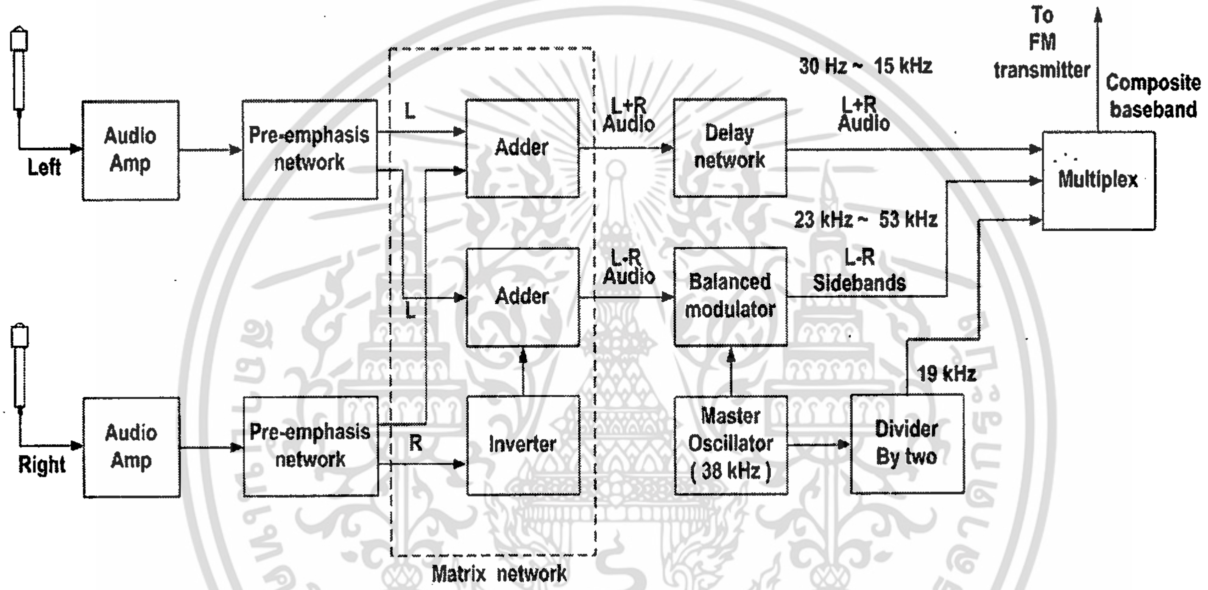
เมื่อรับสัญญาณจากเครื่องรับสัญญาณจะมีกำลังอ่อนลงและยังมีนอยส์เข้ามาแทรกแซงสัญญาณที่ต้องการจะรับอีกด้วย ดังนั้นการรับสัญญาณอ่อน ๆ เช่นนี้ เครื่องรับจึงต้องมีความสามารถพิเศษในการ เลือกรับและขยายเอาเฉพาะสัญญาณความถี่ที่ต้องการพร้อมทั้งต้องมีกรรมวิธีในการกำจัดนอยส์ หรือต่อสู้เอาชนะนอยส์ที่รบกวนสัญญาณที่รับได้จะผ่านการดีมอดเพื่อแปลงสัญญาณข่าวสารที่ เข้ามอดูเลตกลับมากรรมวิธีนี้ค่อนข้างสลับซับซ้อนพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

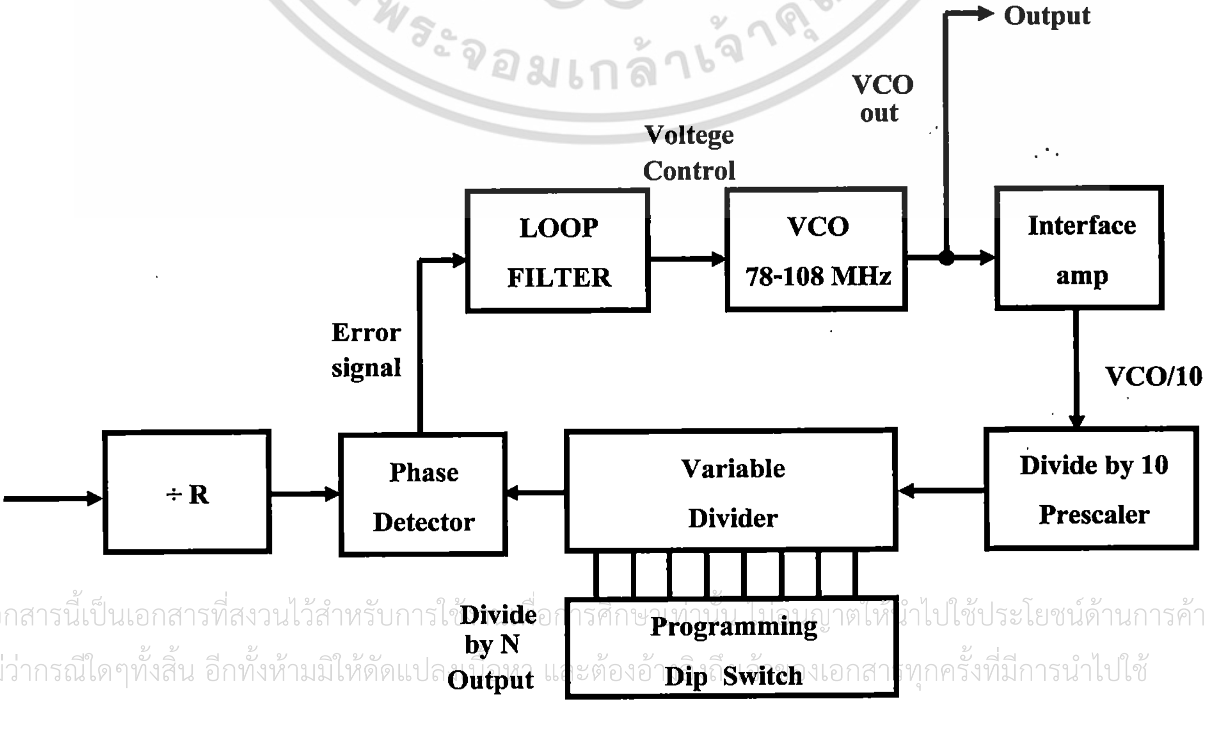
บล็อกไดอะแกรมเครื่องส่งเอฟเอ็ม



บล็อกไดอะแกรมภาคสเตอริโอเอ็นโค๊ดเดอร์



บล็อกไดอะแกรมภาคสังเคราะห์ความถี่

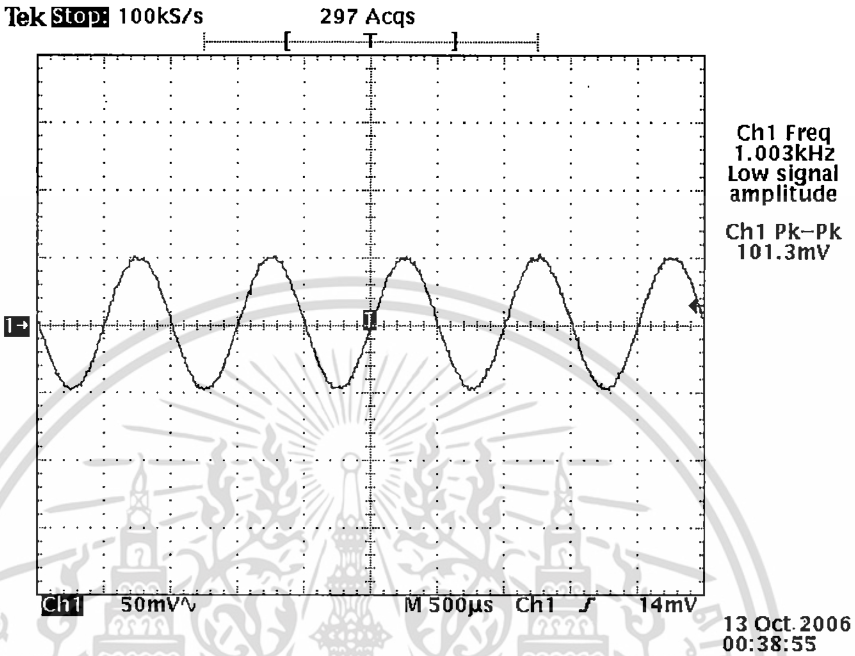


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคสเตอริโอเอ็นโค๊ดเดอร์ (Stereo Encoder)

วงจรขยายสัญญาณเสียง ทำหน้าที่ขยายสัญญาณความถี่เสียง ที่ได้รับมาจากแหล่งต้นกำเนิดเช่นไมโครโฟน หรือแหล่งจ่ายต่างๆเพื่อให้เอาต์พุตของสัญญาณมีแอมพลิจูดสูงขึ้นเพื่อส่งต่อให้ภาคมอดูเลเตอร์ทำการมอดูเลตกับสัญญาณความถี่วิทยุต่อไป

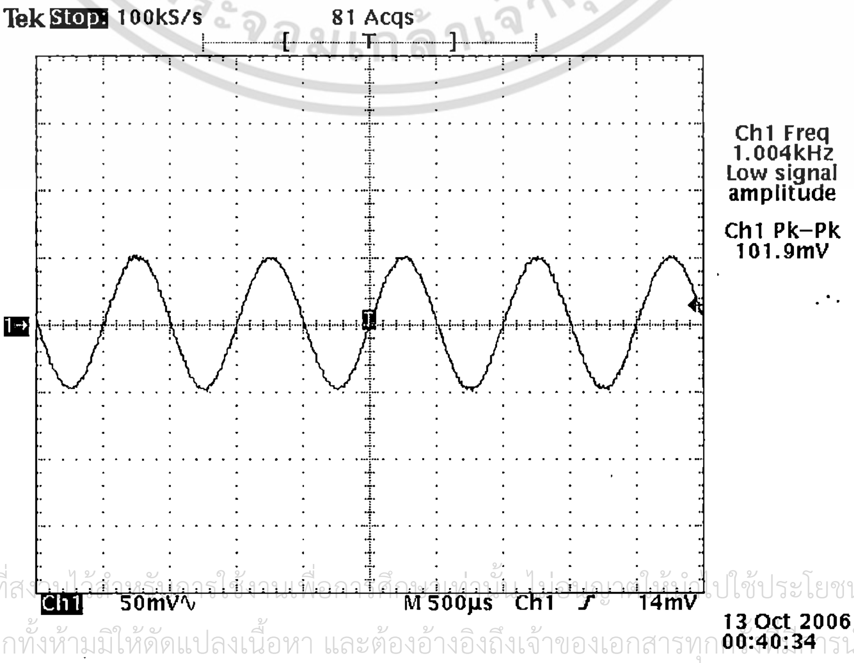
ป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ที่ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ 100 mV_{p-p} ที่อินพุต และ วัดสัญญาณเอาต์พุตที่แชนเนลซ้าย (L)



แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุตแชนเนลซ้าย (L)

จากรูปแสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุตแชนเนลซ้าย (L) เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์โดยใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณ (Signal Generator) ที่ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ 100 mV_{p-p} ที่อินพุต และ วัดสัญญาณเอาต์พุตที่แชนเนลซ้าย (L)

ป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ที่ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ 100 mV_{p-p} ที่อินพุต และ วัดสัญญาณเอาต์พุตที่แชนเนลขวา (R)

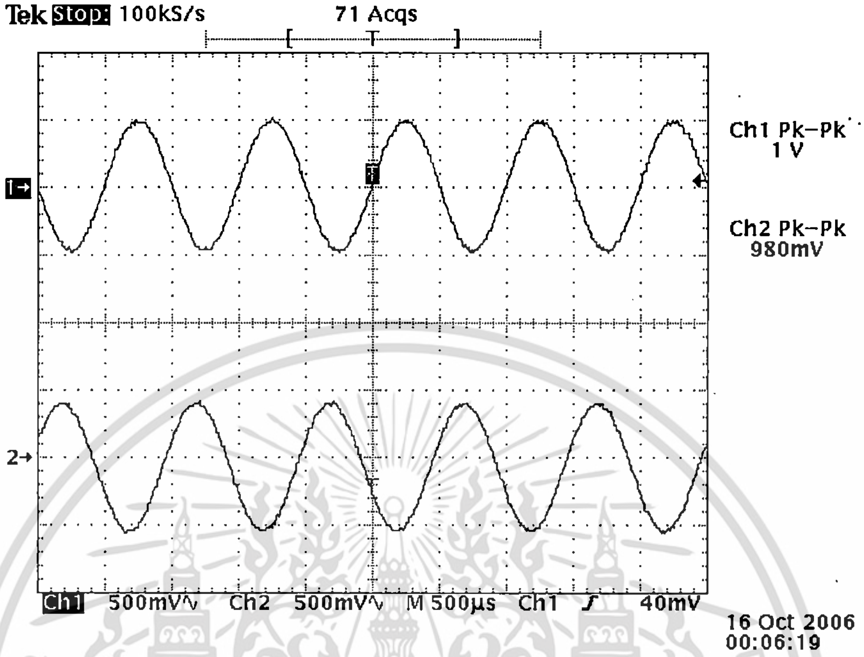


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุตแชนเนลขวา (R)

จากรูปแสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุตแชนเนลขวา (R) เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์โดยใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณ (Signal Generator) ที่ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ 100 $mV_{p\text{-}p}$ ที่อินพุต และ วัดสัญญาณเอาต์พุตที่แชนเนลขวา (R)

แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตเมื่อจ่ายสัญญาณอินพุตแชนเนลซ้ายและขวา (L),(R) เข้าวงจรขยายสัญญาณเสียง (Audio Amplifier)



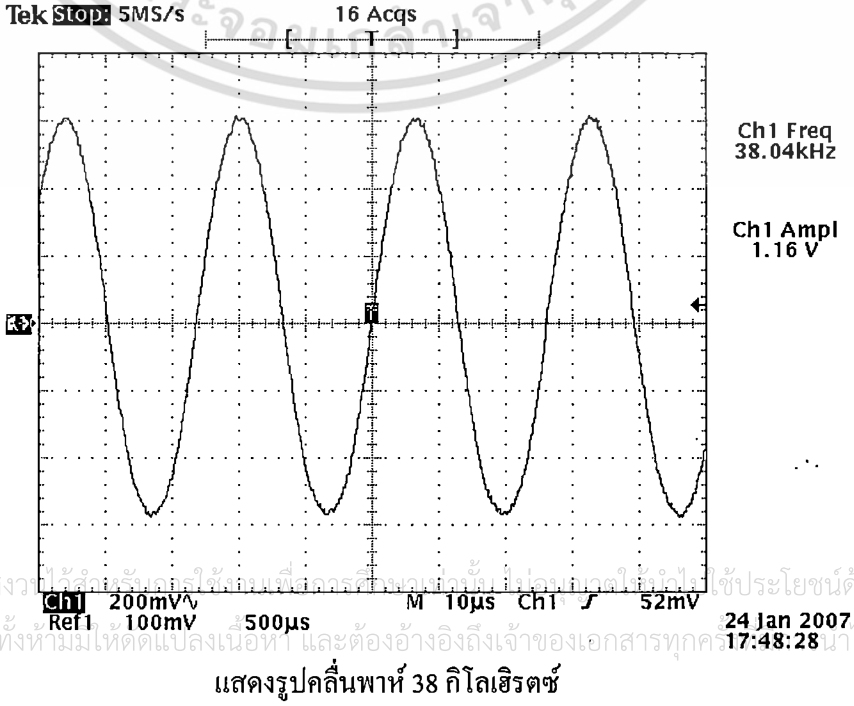
แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตเมื่อผ่านวงจรขยายสัญญาณเสียง (Audio Amplifier)

จากรูปเมื่อป้อนสัญญาณอินพุตแชนเนลซ้ายและขวา (L) และ (R) เข้าวงจรขยายสัญญาณเสียง (Audio Amplifier) ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ (LM 386 ซึ่ง เป็นไอซี Low voltage audio power amplifier) จะทำการขยายสัญญาณอินพุตที่เข้ามาดังรูป

Ch1: สัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากไอซี 1 (LM 386)

Ch2: สัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากไอซี 2 (LM 386)

แสดงรูปคลื่นพาห์ 38 กิโลเฮิรตซ์



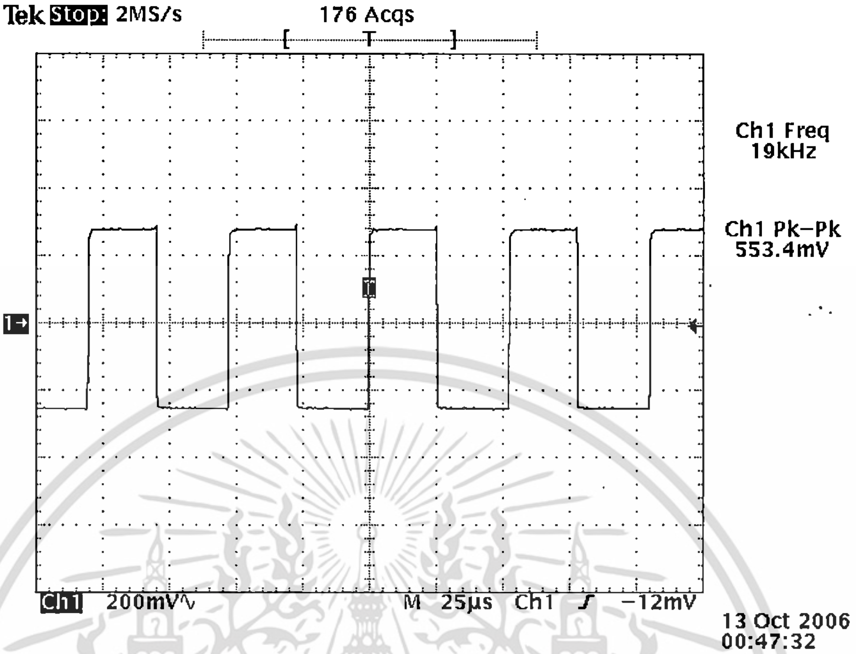
แสดงรูปคลื่นพาห์ 38 กิโลเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จากรูปเป็นสัญญาณคลื่นพาห์ 38 กิโลเฮิรตซ์ โดยใช้ตัวคริสตอลเป็นตัวสร้างความถี่จากภายนอก เพื่อใช้คลื่นพาห์ไปทำการมอดูเลตแบบเอเอ็มกับสัญญาณเสียงย่อย (L-R) ต่อไป และนำไปสร้างสัญญาณไพล็อต 19 กิโลเฮิรตซ์

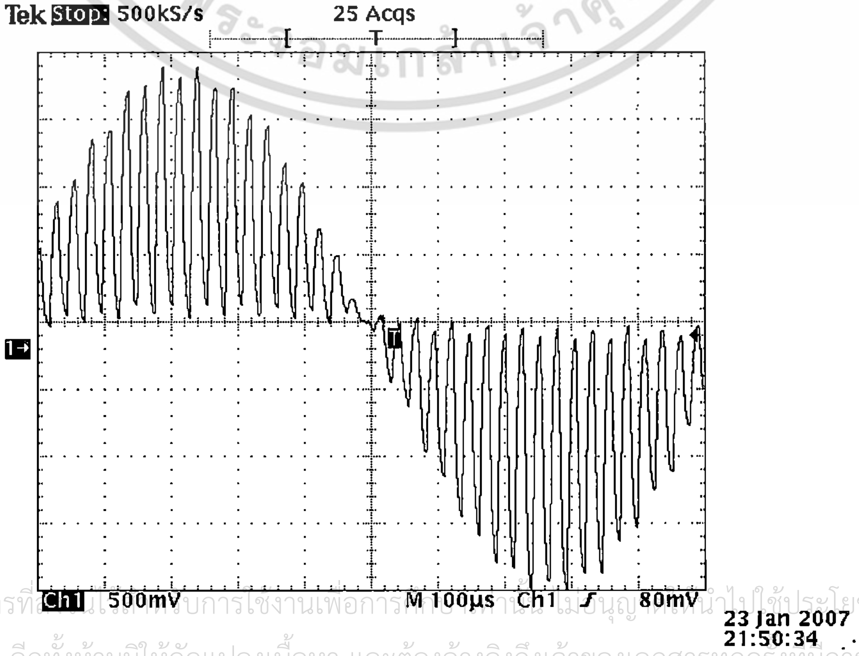
แสดงรูปสัญญาณไพล็อต 19 กิโลเฮิรตซ์



แสดงรูปสัญญาณไพล็อต 19 กิโลเฮิรตซ์

จากรูปเป็นสัญญาณไพล็อต 19 กิโลเฮิรตซ์ ที่ได้จากไอซีเบอร์ BA 1404 โดยใช้ตัวคริสตอล 38 กิโลเฮิรตซ์ เป็นตัวสร้างความถี่จากภายนอกจ่ายเข้ามายังขา 5 และ 6 ของไอซี ผ่านวงจรหารความถี่ (÷2) ลดลงเหลือเป็นความถี่19 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นสัญญาณไพล็อต 19 กิโลเฮิรตซ์ โดยมีเฟสเดียวกันแต่มีการดีเลย์ไป ½ รูปคลื่นสัญญาณ

แสดงสัญญาญคอมโพสิต



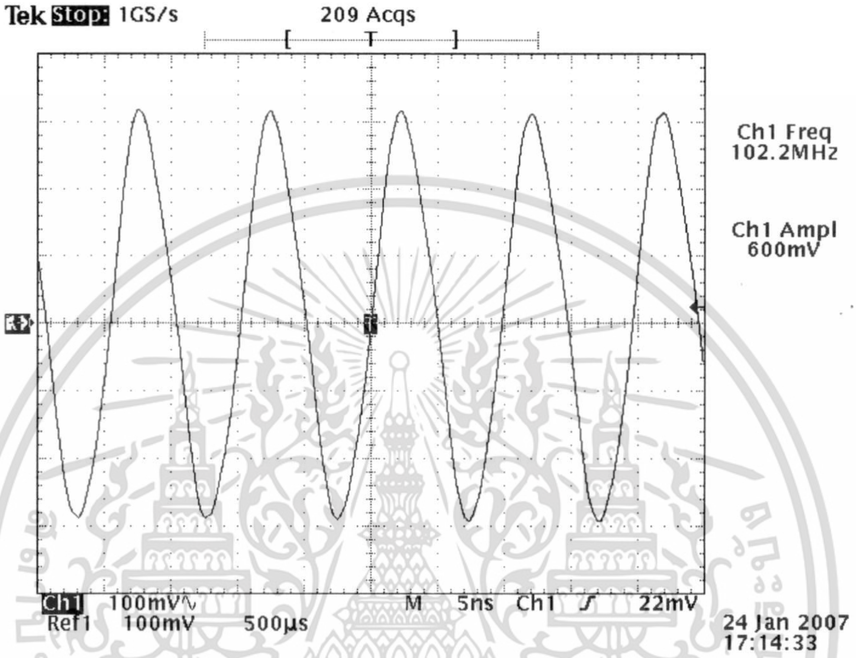
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงรูปสัญญาณคอมโพสิต

84509

จากรูปแสดงรูปสัญญาณคอมโพสิตโดยนำสัญญาณ (L + R)และ (L-R)DSB และ สัญญาณไพล็อต 19 กิโลเฮิรตซ์ นำสัญญาณทั้ง 3 มาเข้าวงจรบวกซึ่งอยู่ภายในของไอซีเบอร์ BA1404 จะทำให้ได้เป็นสัญญาณคอมโพสิต (Composite signal) ที่จะนำไปทำการมอดูเลตกับความถี่วิทยุ หลักอีกครั้งหนึ่งเพื่อส่งออกอากาศต่อไปเมื่อจ่ายสัญญาณอินพุตทางด้านซ้าย 1 กิโลเฮิรตซ์และสัญญาณอินพุตทางด้านขวา 1 กิโลเฮิรตซ์

ความถี่หลักที่ใช้ในการวัดสัญญาณ



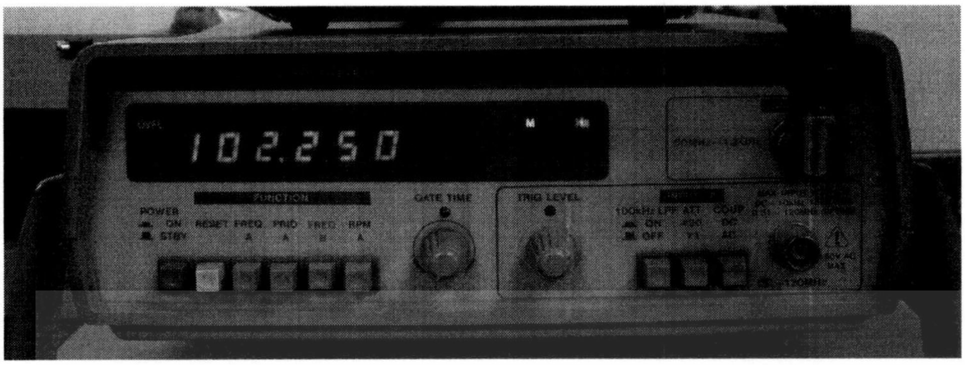
แสดงสัญญาณความถี่จาก VCO 102 .25 เมกะเฮิรตซ์

จากรูปแสดงสัญญาณความถี่จาก VCO 102.25 เมกะเฮิรตซ์ ใช้เป็นสัญญาณพาหะวัดสัญญาณที่ได้จากเอาต์พุตของวงจร VCO จะได้ สัญญาณออกมาเป็นรูปของสัญญาณคลื่นไซน์ที่มีความถี่ 102.25 เมกะเฮิรตซ์

วัดสัญญาณเอาต์พุตจากภาคสังเคราะห์ความถี่

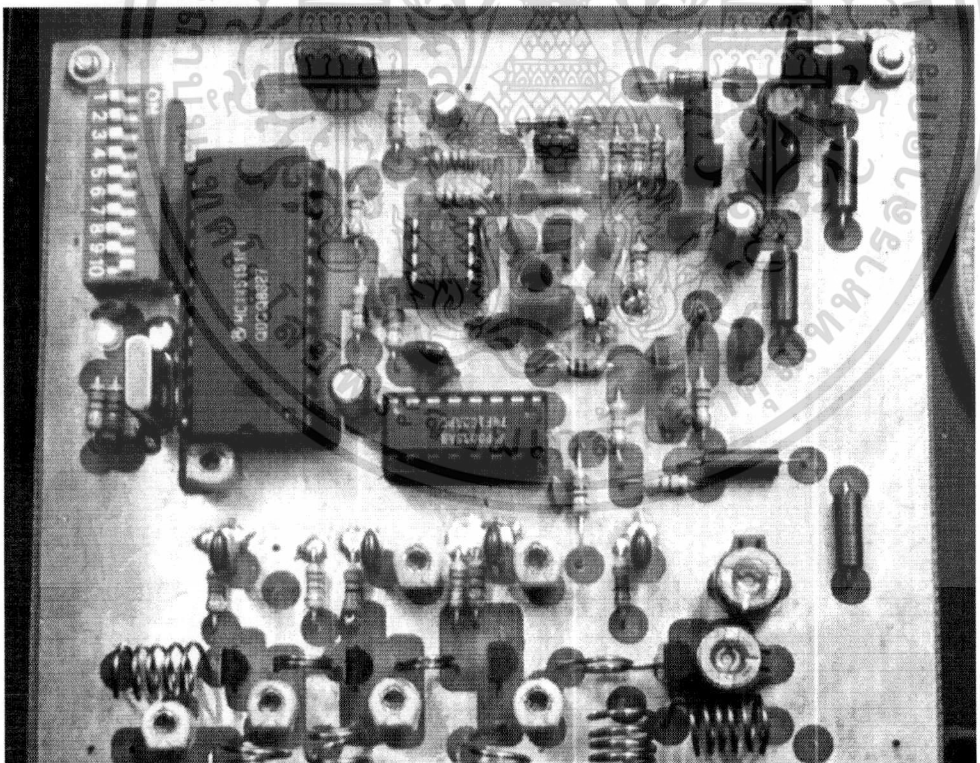
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แสดงผลจากเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็ม
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปเมื่อเราทำการวัดสัญญาณเอาต์พุตจากภาคสังเคราะห์ความถี่โดยใช้เครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มรุ่น (TWAG T-R460 AM/FM Stereo Tuner) เป็นการแสดงให้เห็นว่าเราได้สร้างความถี่ไว้ที่ 102.25 เมกะเฮิรตซ์ และมีสัญญาณสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ออกมาจากภาคสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ก่อนหน้านี้



แสดงความถี่ที่ใช้ในการทดลอง

จากรูปเป็นการวัดความถี่ที่ใช้ในการทดลองจากภาคสังเคราะห์ความถี่โดยใช้เครื่องวัดความถี่รุ่น(GW: INTELLIGENT COUNTER) เพื่อทำการวัดความถี่จากรูปจะวัดความถี่ได้เท่ากับ 102.25 เมกะเฮิรตซ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองของภาคขยายกำลังความถี่วิทยุ (RF Amplifier)

เมื่อได้ความถี่วิทยุที่ผลิตจากภาคสังเคราะห์ความถี่ แล้วก็จะนำสัญญาณดังกล่าวมาต่อเข้ากับภาคขยายความถี่วิทยุ (RF Amplifier) เพื่อทำการขยายสัญญาณความถี่ต่อไปโดยมีผลการทดลองและการวัดสัญญาณต่างๆดังนี้

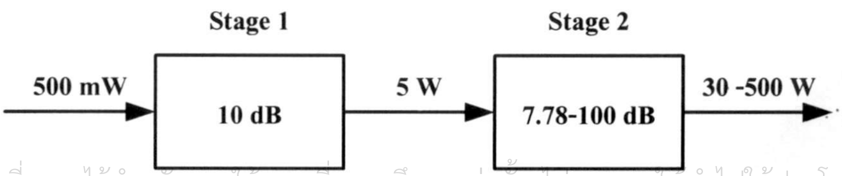
วัดกำลังวัตต์ที่เอาต์พุตของภาคขยายกำลังความถี่วิทยุ (RF Amplifier)

แสดงกำลังวัตต์ที่วัดได้จากเอาต์พุตของภาคขยายกำลังความถี่วิทยุ

จากรูปเมื่อเราทำการวัดสัญญาณกำลังวัตต์ ของภาคขยายความถี่วิทยุ โดยได้ต่อสายนำสัญญาณจากเอาต์พุตมายังเครื่องวัดกำลังส่ง (SWR&POWER METER) รุ่น CN-801 ซึ่งมีความสามารถในการวัดค่ากำลังส่งในย่านของความถี่ตั้งแต่ 1.8 เมกะเฮิรต์ถึง 200 เมกะเฮิรต์ โดยตั้งค่าวัด (RANGE) ไว้ที่ 20 วัตต์ แล้วอ่านค่าได้ 500 มิลลิวัตต์ เพื่อที่จะนำสัญญาณนี้ไปขยายต่ออีกครั้งในภาคขยายกำลังส่งต่อไป

ผลการทดลองของวงจรขยายกำลัง (Power Amplifier)

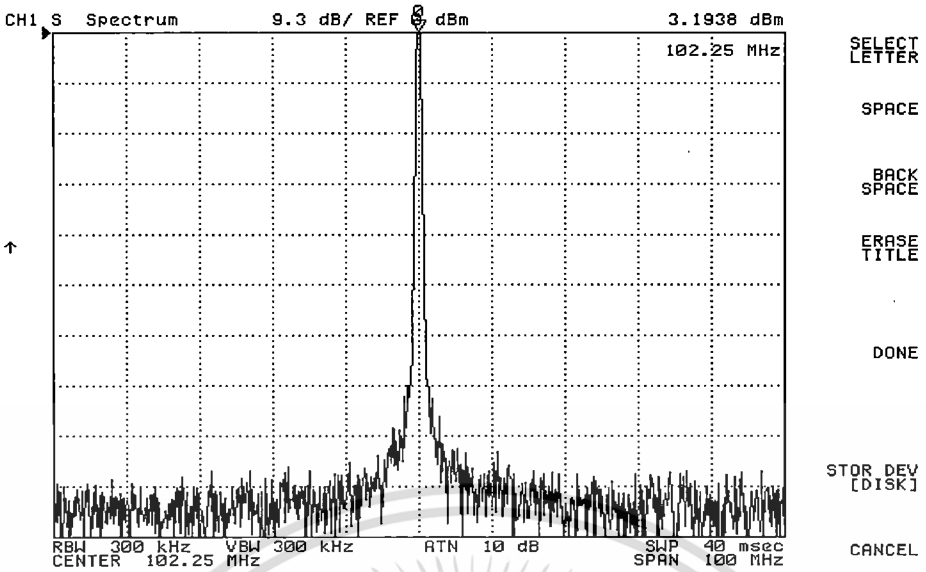
เนื่องจากสัญญาณที่ผ่านวงจรขยายกำลังความถี่วิทยุมีกำลังส่ง 500 มิลลิวัตต์ แต่เนื่องจากการส่งสัญญาณระยะทางที่ไกลๆ ต้องมีกำลังส่งที่สูง ดังนั้นต้องนำสัญญาณนี้ไปผ่านวงจรขยายกำลังเพื่อขับให้สัญญาณมีกำลังส่งมากขึ้นก่อนส่งผ่านสายอากาศต่อไปโดยมีผลการทดลองและการวัดค่าต่างๆดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงบล็อกไดอะแกรมการขยายกำลังส่ง

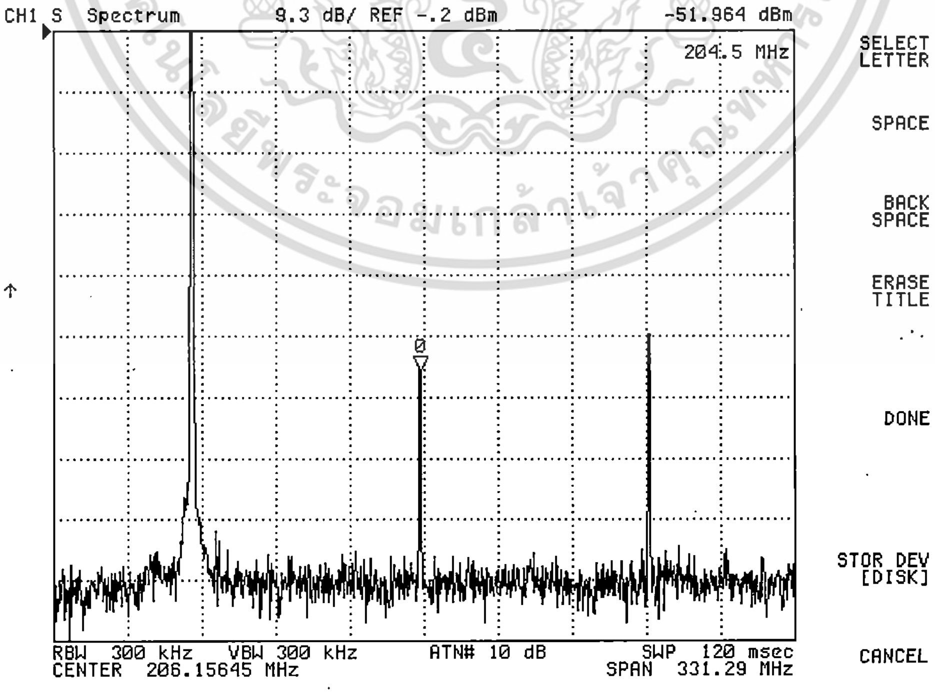
วัดสัญญาณสเปกตรัมคลื่นหลัก 102.25 เมกะเฮิรตซ์



แสดงสเปกตรัมคลื่นหลักของสัญญาณความถี่ 102.25 เมกะเฮิรตซ์

จากรูปแสดงสเปกตรัมคลื่นหลักของสัญญาณความถี่ 102.25 เมกะเฮิรตซ์ หลังจาก ล็อกความถี่แล้ว ได้ผลเมื่อวัดด้วยสเปกตรัมอนาไลเซอร์ซึ่งเป็นคลื่นหลักที่ใช้ในการส่งออกอากาศจริง

วัดสัญญาณฮาร์โมนิกที่ 2 และ 3

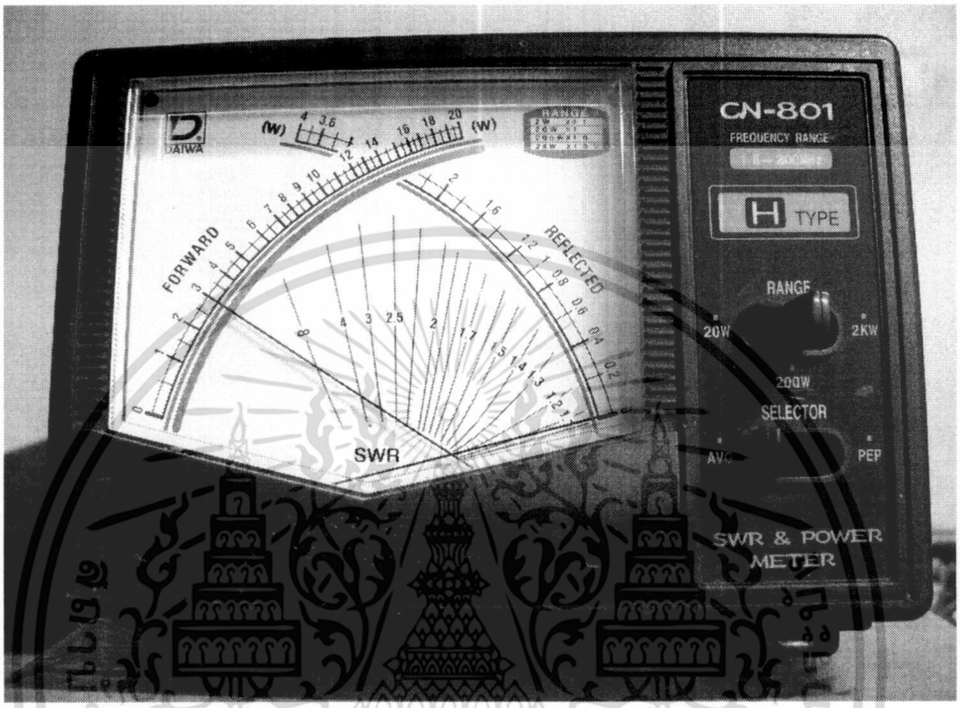


แสดงสเปกตรัมฮาร์โมนิกที่ 2 และ 3 ของสัญญาณเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแสดงสเปกตรัมฮาร์โมนิกที่ 2 และ 3 ของสัญญาณเอาต์พุตหลังจากที่ล็อกความถี่หลักแล้ว คือ 102.25 เมกะเฮิรตซ์จากรูป คลื่นหลักความถี่ 102.25 เมกะเฮิรตซ์ ฮาร์โมนิกที่ 2 ความถี่ 204.5 เมกะเฮิรตซ์ และฮาร์โมนิกที่ 3 ความถี่ 306.75 เมกะเฮิรตซ์

วัดกำลังส่งของเครื่องส่งเอฟเอ็ม

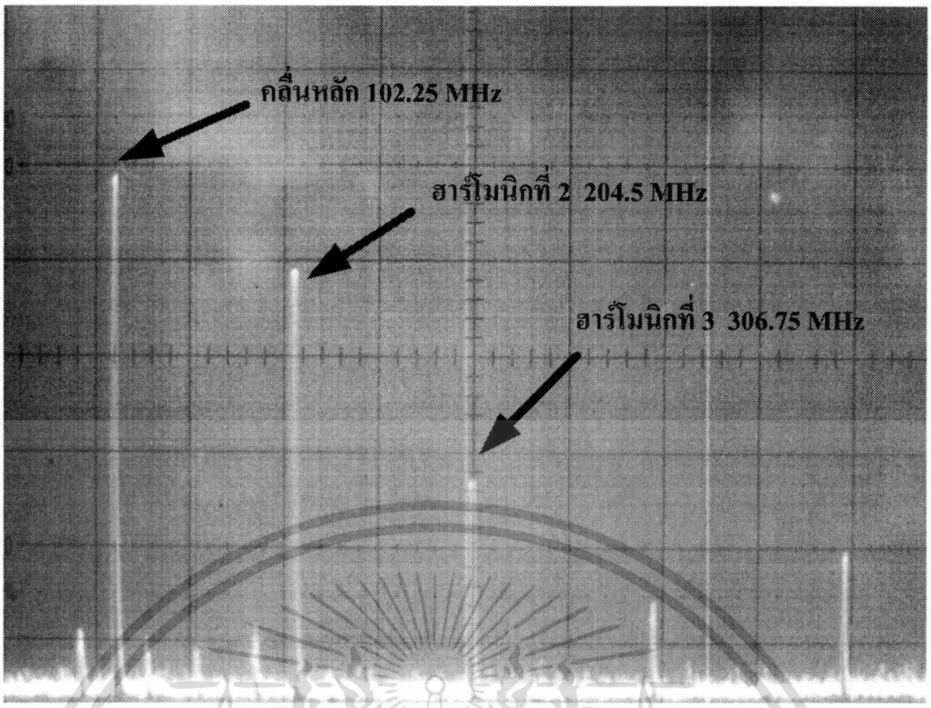


แสดงกำลังส่งที่ใช้ในการส่งสัญญาณคลื่นวิทยุ

จากรูปเมื่อประกอบเครื่องเสร็จเป็นที่เรียบร้อยแล้วได้ต่อสายนำสัญญาณจากเอาต์พุตมายังเครื่องวัดกำลังส่ง (SWR&POWER METER) รุ่น CN-801 ซึ่งมีความสามารถในการวัดค่ากำลังส่งในย่านของความถี่ตั้งแต่ 1.8 เมกะเฮิรต์ถึง 200 เมกะเฮิรต์ โดยตั้งค่าวัด (RANGE) ไว้ที่ 2000 วัตต์ แล้วอ่านค่าได้ 300 วัตต์ ส่วนค่ากำลังของสัญญาณสะท้อนกลับ (REFLECTED) มีค่าเท่ากับ 0 เนื่องจากเครื่องส่งไม่ได้ต่อกับสายอากาศภายนอกซึ่งต่อด้วยดัมมี่โหลด (Dummy Load) ซึ่งมีความต้านทานภายในเท่ากับ 50 โอห์มซึ่งเท่ากับอิมพีแดนซ์ภายในของเครื่องส่งพอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเอาต์พุตก่อนที่จะผ่านวงจรฟิลเตอร์

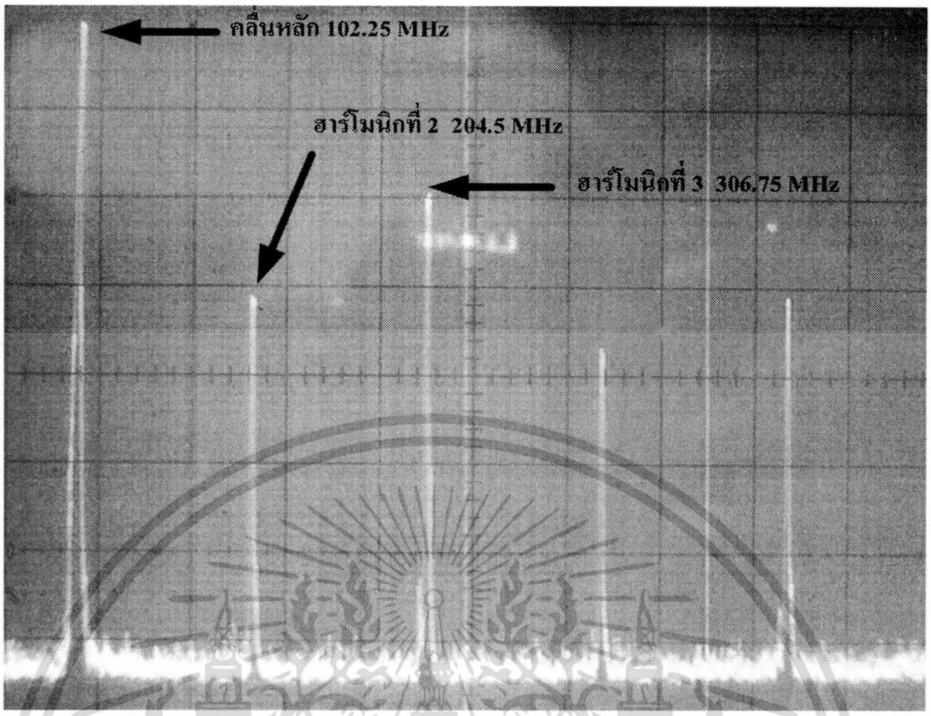


แสดงสเปกตรัมของสัญญาณเอาต์พุตก่อนที่จะผ่านวงจรฟิลเตอร์

จากรูปเป็นการวัดสัญญาณสเปกตรัมก่อนที่จะผ่านวงจรฟิลเตอร์โดยใช้เครื่องวัดสเปกตรัมรุ่น(ATTEN Instruments 500 MHz SPECTRUM ANALYZER AT 5005) จากรูปจะเห็นได้ว่าฮาร์โมนิกที่ 2 จะมีค่าสูงกว่าฮาร์โมนิกที่ 3 อยู่ดังนั้นจึงนำสัญญาณดังกล่าวไปผ่านวงจรฟิลเตอร์เพื่อลดฮาร์โมนิกที่ 2 ให้ต่ำลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเอาต์พุตเมื่อผ่านวงจรฟิลเตอร์แล้ว



แสดงสเปกตรัมของสัญญาณเอาต์พุตเมื่อผ่านวงจรฟิลเตอร์แล้ว

จากรูปเป็นการวัดสัญญาณสเปกตรัมเมื่อผ่านวงจรฟิลเตอร์แล้วโดยใช้เครื่องวัดสเปกตรัมรุ่น(ATTEN Instruments 500 MHz SPECTRUM ANALYZER AT 5005) จากรูปจะเห็นได้ว่าฮาร์โมนิกที่ 2 จะมีค่าต่ำลงดังรูปดังนั้นเป็นการแสดงให้เห็นว่าวงจรฟิลเตอร์ได้กรองฮาร์โมนิกที่ 2 ให้มีค่าต่ำลงเพื่อที่จะได้ไม่ไปกวนกับความถี่อื่นๆ

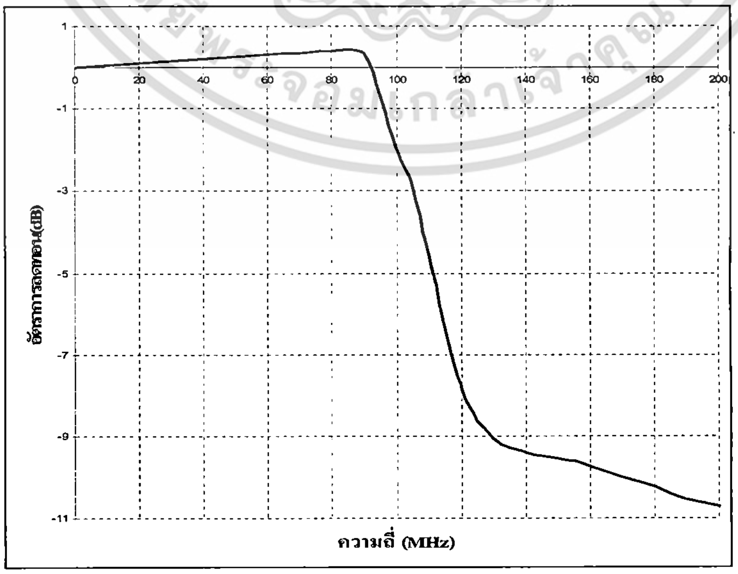
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบบัตเทอร์เวิร์ทชนิดพาสทีฟอันดับที่ 9

ผลการทดลองของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบบัตเทอร์เวิร์ทชนิดพาสทีฟอันดับที่9โดยความถี่คัทออฟที่ 102.25 เมกะเฮิรตซ์ ผลตอบสนองของวงจรกรองความถี่แสดงได้ดังตารางที่และรูป

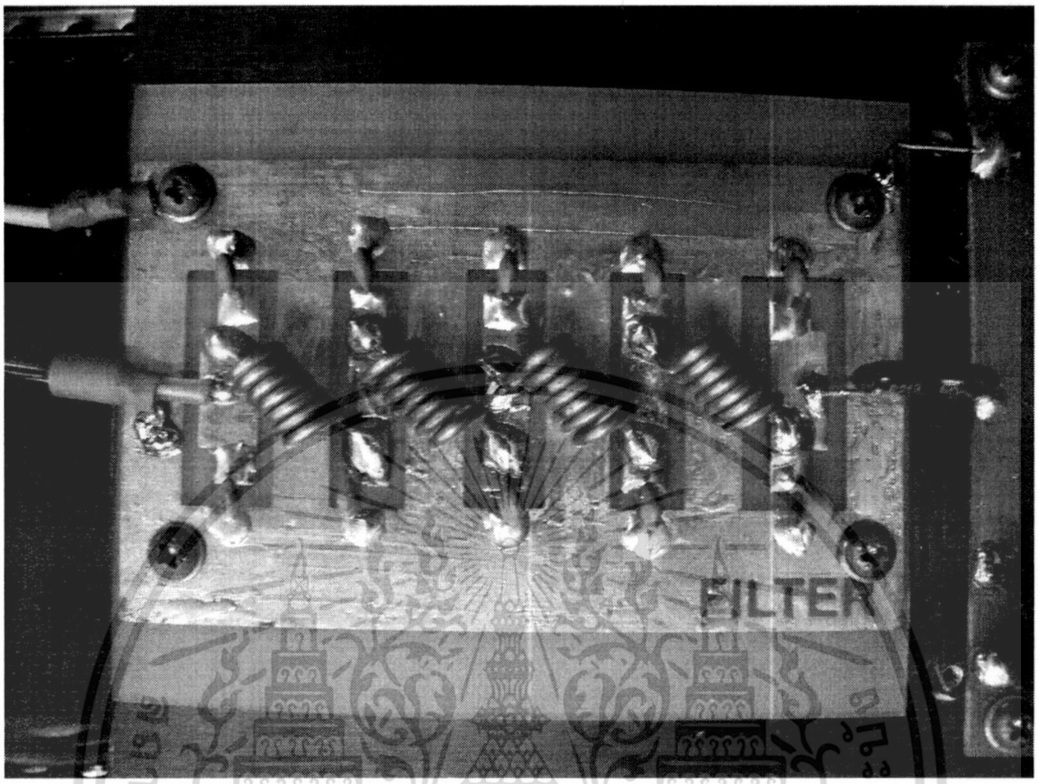
ความถี่ (MHz)	**อัตราการลดทอน (dB)**
0	0
80	0.41
90	0.33
100	-1.938
105	-2.907
110	-4.559
120	-7.86
130	-9.06
140	-9.4
150	-9.546
160	-9.665
170	-10.01
180	-10.22
190	-10.555
200	-10.7

ตารางผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน



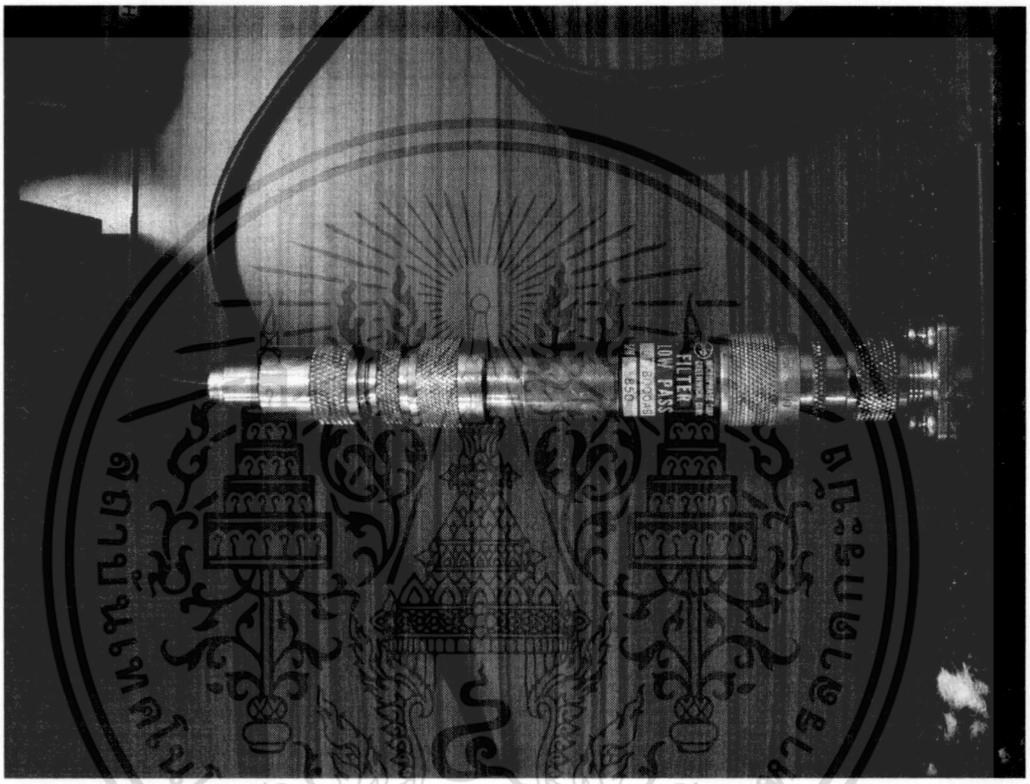
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงกราฟผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบพาสซีฟ



ฟิลเตอร์ที่ใช้ต่อกับเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การต่อฟิลเตอร์จากภาคสังเคราะห์ความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์และการนำไปใช้งาน

1. นำไปใช้งานในกิจการสถานีวิทยุชุมชน
2. ติดตั้งใช้งานง่าย
3. ต้นทุนราคาถูกเมื่อเทียบกับของนำเข้าจากต่างประเทศ
4. การดูแลรักษาง่ายและสะดวกไม่ต้องใช้ความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มากนัก

ประสิทธิภาพของเครื่อง

1. ไม่รบกวนสถานีข้างเคียงเพราะแบนด์วิดท์แคบ
2. ฮาร์โมนิกที่ 2 มีค่าต่ำมากจึงไม่ไปรบกวนสถานีอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้