ปีการศึกษา 2533

วงจรป้องกันการดักฟัง แบบสลับความถี่

(frequency inversion scrambler)

โดย

นาย จักรี	ทีฆภาคย์วิศิษฏ์	ET3L 313404
นาย ประเสริฐ	จุ่งรุ่งเรือง	ET3L 313411
นาย คักดิ์ชฎา	ยิ้มทรง	ET3L 313427

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ กฤดากร กล่อมการ

027904

ก.ล. 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2533
ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง วงจรป้องกันการดักฟัง แบบสลับความถี่
(frequency inversion scrambler)

ผู้จัดทำ

นาย จักรี	ทีฆภาคย์วิศิษฏ์	ET3L 313404
นาย ประเสริฐ	จ่งรุ่งเรือง	ET3L 313411
นาย ศักดิ์ชฎา	ยิ้มทรง	ET3L 313427

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ กฤดากร กล่อมการ)

..... กรรมการ
(.....)

..... กรรมการ
(.....)

เลขหมู่ T 330711 ล 2
เลขทะเบียน 017904
วัน, เดือน, ปี 12 ก.ค. 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

017904

วงจรป้องกันการดักฟัง แบบสลับความถี่
(frequency inversion scrambler)

นาย จักรี ทีฆภาคย์วิศิษฏ์ ET3L 313404
นาย ประเสริฐ จุ่งรุ่งเรือง ET3L 313411
นาย ศักดิ์ชฎา ยิ้มทรง ET3L 313427
อาจารย์ กฤดากร กล่อมการ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2533

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์หรือโครงงานที่ทำการค้นคว้านี้ จะเป็นเรื่องที่ศึกษาการทำงานของวงจรป้องกันการดักฟังแบบสลับความถี่ (Frequency Inversion) โดยใช้ไอซี FX 224J ซึ่งอาศัยหลักการของ Balance Modulation สร้างสัญญาณซิงเกิลไซด์แบนด์กำจัดความถี่พาหะไม่ให้ส่งออกหรือ SSSC(Single Sideband Suppress Carrier) แล้วนำสัญญาณ SSSC ที่ได้ไปสลับความถี่ โดยวงจรที่ศึกษานี้จะใช้ย่านความถี่เสียงระหว่าง 0 ~ 3.4 KHz ในการศึกษาเท่านั้น

ABSTRACT

This thesis or project which had been researched was studying the operation electronic circuit use for human voice protection from line monitoring by spilt out the audio frequency with Integrated Circuit FX 224J. This I.C. was functional with Balance Modulation technique by generating Single Sideband Suppress Carrier(SSSC) and then this SSSC signal will spilt out frequency.

This electronic circuit will be operated in Audio Frequency band between 0 ~ 3.4 KHz only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1	
บทนำ	1
บทที่ 2 หลักการโดยทั่วไปของการสลับความถี่	2
2.1 การรวมความถี่	2
2.2 การมอดูเลทสัญญาณ	4
2.3 การมอดูเลทสัญญาณทางแอมปลิจูด	5
2.4 การดีมอดูเลทสัญญาณทางแอมปลิจูด	9
2.5 การสื่อสารระบบแถบข้างเดียว	10
2.6 ข้อกำหนดของการป้องกันการดักฟัง	13
2.7 ระบบการสลับเสียงพูด	13
2.8 การประยุกต์ SSB ในการสลับความถี่	13
บทที่ 3 การออกแบบวงจร	16
3.1 ชิฟไอซี เบอร์ FX 224	16
3.2 Block Function	17
3.3 Rolling Code	17
3.4 การควบคุมคุณภาพ	18
3.5 รายละเอียดของขาของไอซี FX 224J	18
3.6 แพ็คทริคคอล เซอร์กิต	22
บทที่ 4 การทดลองและสรุปผล	30
4.1 Components	30
4.2 การทดลอง	31
4.3 สรุปผลการทดลอง	32
หนังสืออ้างอิง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ในปัจจุบันนี้เป็นยุคของการสื่อสารข้อมล ดังนั้นโอกาสของการสญเสียข้อมูลโดยการถูกดังฟังย่อมเกิดขึ้นได้ และเราจะมีวิธีใดบ้างที่จะป้องกันไม่ให้ถูกดักฟัง ดังนั้นจากแนวความคิดนี้ ทางผู้จัดทำจึงนำมาสร้างเป็นวงจรป้องกันการดักฟัง โดยใช้หลักการของการเปลี่ยนความถี่(Frequency Inversion) ซึ่งวงจรที่ออกแบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการสื่อสารได้หลายๆรูปแบบ ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน

การ Scramble ความถี่วิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันคือ การกลับความถี่ โดยความถี่สูงจะถูกแปลงเป็นความถี่ต่ำ ส่วนความถี่ต่ำก็ถูกแปลงพลิกเป็นความถี่สูงแทน นั่นคือ สเปคตรัมของความถี่จะถูกพลิกกลับซ้าย-ขวา ทำให้เสียงที่ออกมาฟังเพี้ยนจนไม่ได้ศัพท์ การจะฟังให้รู้เรื่องก็ต้องจับสเปคตรัมพลิกกลับอีกทีหนึ่งก็จะได้ลักษณะเดิม เครื่องป้องกันการดักฟังที่ใช้หลักการกลับความถี่มีใช้โดยทั่วไปกับวิทยุที่ต้องการรักษาความลับของข้อความติดต่อ และใช้กับการติดต่อทางโทรศัพท์ สำหรับที่ที่ไม่ต้องการให้ข่าวสารรั่วไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

วงจรป้องกันการดักฟังเป็นวงจรที่ป้องกันการลอบดักฟังในการติดต่อสื่อสาร ซึ่งเป็นความลับ อาจจะเป็นความลับของทางบริษัทกับลูกค้า หรือความลับทางทหาร (หน่วยงานของราชการ) หรืออาจจะเป็นความลับระหว่างบุคคลก็ได้ ซึ่งปัจจุบันนี้การป้องกันการดักฟังเริ่มเป็นที่ต้องการของหน่วยงานต่างๆ ซึ่งวงจรป้องกันการดักฟังก็มีหลักการโดยทั่วๆไปคือ ทำอย่างไรที่จะทำให้เสียงพูดที่เกิดจากผู้พูดผ่านเครื่องส่ง มีสัญญาณรบกวนจนไม่สามารถเข้าใจได้ แต่เมื่อถึงเครื่องรับฝ่ายรับก็สามารถฟังได้เข้าใจ ซึ่งจากหลักการนี้ก็ทำให้มีการคิดสร้างวงจรป้องกันการดักฟังขึ้นหลายรูปแบบ ซึ่งที่รู้จักกันดีในขณะนี้ก็มี 4 แบบ คือ

1. แบบสลับลำดับ ทางพีชคณิตอย่างง่าย (Simple permutation)
2. แบบสลับลำดับทางพีชคณิตแบบเป็นกลุ่ม (Block permutation)
3. แบบสลับความถี่ (Frequency inversion)
4. แบบสลับลำดับทางพีชคณิตแบบกลุ่มและสลับความถี่ (B.F.)

สำหรับวิธีการป้องกันการดักฟังทั้ง 4 แบบ ก็มีข้อดี ข้อเสียต่างกันแต่สำหรับในโครงงานนี้จะแสดงถึงการป้องกันการดักฟังแบบสลับความถี่อย่างเดียวเท่านั้น. โดยอาศัยหลักการ ระบบการสื่อสารแบบไซด์แบนด์ด้านเดียว (Single side band communication) systems) ซึ่งอาศัยการผสมสัญญาณ (modulation) การผสมแบบไม่ส่งคลื่นพาห์ (carrier suppressed mudulation) และการแยกสัญญาณก็อาศัยหลักการเดียวกัน ซึ่งในโครงงานนี้ เราสามารถเลือกให้วงจรทำการกลับความถี่ทั้งหมดได้ถึง 32 รูปแบบ ซึ่งหมายความว่าเราสามารถเลือกความถี่ของคลื่นพาห์ในการที่จะผสมสัญญาณกับความถี่เสียง ทำให้การป้องกันการดักฟังมีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น เพราะยากต่อการแยกสัญญาณกลับมาฟังให้เข้าใจได้ ถ้าเลือกความถี่ของคลื่นพาห์ไม่ตรงกัน.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

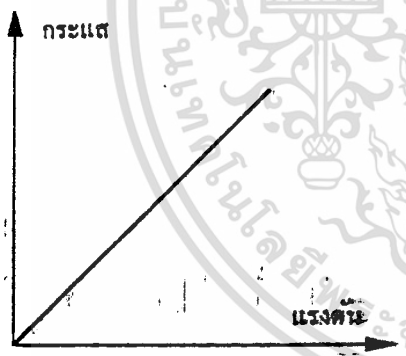
บทที่ 2
หลักการโดยทั่วไปของการสลับความถี่

2.1 การรวมความถี่ (mixing frequency)

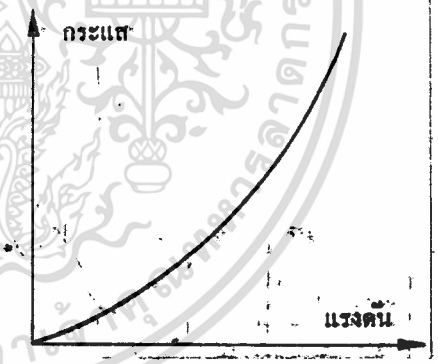
ในปัจจุบันเราพบว่า สัญญาณทางอิเลคทรอนิคส์สามารถใช้งานการส่งข้อมูลหรือข่าวสารได้อย่างกว้างขวาง และสัญญาณนี้ยังใช้กับอุปกรณ์อื่นๆ อีกหลายอย่าง

ในการศึกษาวงจรอิเลคทรอนิคส์จะพบว่าความถี่ของสัญญาณที่แตกต่างกันสามารถรวมกันได้หลายแบบเพื่อให้เกิดสัญญาณใหม่ ผลของสัญญาณใหม่ที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของการรวมนั้นเป็นแบบเชิงเส้น (linear) หรือไม่เชิงเส้น (nonlinear) ในวงจรอิเลคทรอนิคส์นั้นสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นเชิงเส้นได้แก่พวกตัวต้านทาน ทั้งนี้เพราะเมื่อเราให้แรงดันกับสิ่งประดิษฐ์กระแสที่เกิดขึ้นจะมีค่าเป็นสัดส่วนที่แน่นอน เช่นจำนวนกระแสที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเปลี่ยนแรงดันจาก 2 โวลท์ ไปเป็น 4 โวลท์ จะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแรงดันจาก 102 โวลท์ เป็น 104 โวลท์ ส่วนค่าของตัวต้านทานจะต้องมีค่าคงที่ตลอดทุกค่าแรงดัน

ส่วนสิ่งประดิษฐ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น ค่าความต้านทานหรืออิมพิแดนซ์จะเปลี่ยนแปลงไปหรือเป็นตัวแปรของค่ากระแสและแรงดัน เช่นเมื่อเพิ่มแรงดันจาก 2 ไปเป็น 4 โวลท์ จะทำให้กระแสเปลี่ยนแปลงไป 1 แอมแปร์ แต่ถ้าเพิ่มแรงดันจากเดิมไปอีก 2 โวลท์ที่ที่ช่วงแรงดันต่างกัน เช่นจาก 100 โวลท์ เป็น 102 โวลท์ กระแสจะเปลี่ยนแปลงไป 2 แอมแปร์ เป็นต้น



รูปที่ 2.1 สิ่งประดิษฐ์เชิงเส้น

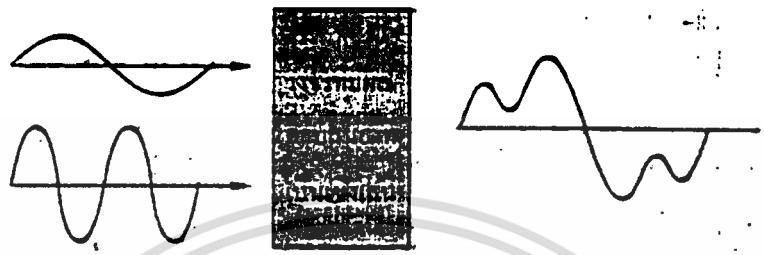


รูปที่ 2.2 สิ่งประดิษฐ์ไม่เป็นเชิงเส้น

เมื่อป้อนสัญญาณไฟฟ้าสองสัญญาณให้กับวงจรที่มีสิ่งประดิษฐ์เชิงเส้น สัญญาณทั้งสองจะเกิดการรวมกันเป็นสัญญาณรูปใหม่ ซึ่งสัญญาณใหม่ที่เกิดขึ้นจะไม่เหมือนสัญญาณสองสัญญาณเดิม และจะมีความถี่พื้นฐานของทั้งสองสัญญาณอยู่ในสัญญาณใหม่ ดังตัวอย่างเช่นนำสัญญาณความถี่ 100 Hz รวมกับสัญญาณความถี่ 200 เฮริทซ์ได้สัญญาณรูปใหม่เกิดขึ้น แต่ถ้านำเอาสัญญาณที่เกิดขึ้นไปวิเคราะห์ก็จะพบว่าประกอบด้วยสัญญาณรูปซายน์ที่มีความถี่ 100 Hzและ 200 Hz นั้น

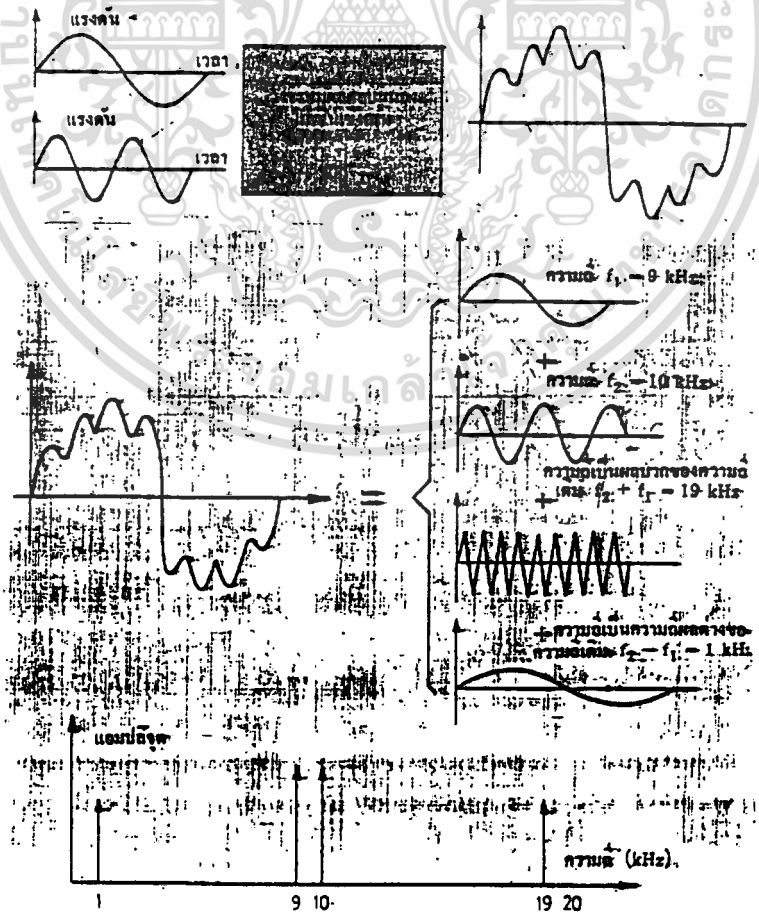
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีสัญญาณสองสัญญาณที่มีความถี่ต่างกันมารวมกันอย่างไม่เป็นเชิงเส้น ผลที่ได้รับจะได้ความถี่ผสมของสัญญาณที่เกิดขึ้นใหม่แตกต่างไปจากการรวมสัญญาณแบบเชิงเส้น นั่นคือ การรวมสัญญาณแบบเชิงเส้นจะได้สัญญาณที่มีความถี่เหมือนกับความถี่ของสัญญาณเดิม แต่การรวมสัญญาณแบบไม่เป็นเชิงเส้นจะได้สัญญาณใหม่ที่มีความถี่ย่อยเพิ่มมากขึ้นอีกโดยจะมีความถี่ย่อย



รูปที่ 2.3 แสดงการรวมสัญญาณสองสัญญาณแบบเชิงเส้น

ที่เหมือนกับความถี่เดิม และความถี่เป็นผลบวกหนึ่งความถี่ ความถี่ที่เป็นผลลบอีกหนึ่งความถี่เป็นความถี่ย่อยทั้งหมดสี่ความถี่ เช่นสัญญาณที่มีความถี่ 9 กิโลเฮิรทซ์ รวมกับสัญญาณที่มีความถี่ 10 กิโลเฮิรทซ์ รวมกันแบบไม่เป็นเชิงเส้นจะได้สัญญาณใหม่ที่มีความถี่ย่อย 9, 10, 19, และ 1 กิโลเฮิรทซ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การมอดูเลทสัญญาณ

เราคงอยากจะทราบว่าสัญญาณความถี่ที่กล่าวมาแล้วนี้จะสามารถนำเอาไปใช้ประโยชน์ในการนำข่าวสารหรือข้อมูลได้อย่างไร วิธีเบื้องต้นได้กล่าวไว้แล้วในตอนต้นเกี่ยวกับการส่งสัญญาณแบบโทรเลขโดยใช้รหัสของมอร์ส ถึงแม้ว่าการส่งสัญญาณแบบนี้ยังมีที่ใช้อยู่บ้าง แต่ก็นับได้ว่าเป็นวิธีที่มีข้อยุ่งยากในการถอดแปลรหัสและไม่สะดวกต่อการใช้งานเช่นไม่สามารถส่งออกในรูปของสัญญาณเสียงได้ แต่ในปัจจุบันเราคงจะได้ยินได้ฟังเสียงจากวิทยุโทรทัศน์ ซึ่งเห็นได้ว่าการส่งข่าวสารข้อมูลด้วยผลลัพธ์ให้เป็นเสียงนั้นไม่ใช่วิธีที่ยุ่งยากเลย วิธีที่จะทำการส่งสัญญาณเสียงหรือดนตรีออกไปให้ได้ไกลๆ ก็ต้องอาศัยสัญญาณหรือคลื่นไฟฟ้าเป็นตัวพาหนะนำสัญญาณเสียงนั้น วิธีการที่ใช้อาศัยหลักการผสมคลื่นสัญญาณไฟฟ้าที่ความถี่สูงกับคลื่นไฟฟ้าที่เป็นสัญญาณเสียงแล้วส่งสัญญาณออกไปดังที่เราเรียกว่า การมอดูเลท (modulation)

รูปที่ 2.5 สัญญาณและผลของการมอดูเลทสัญญาณ

โดยปกติคลื่นเสียงมีความถี่ต่ำ ดังนั้นการส่งสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยตรงย่อมไม่ได้ผล ทั้งนี้เพราะคลื่นสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำไม่สามารถเดินทางไกลๆ ได้ การมอดูเลทจึงมีความจำเป็นโดยการนำคลื่นสัญญาณความถี่สูง หรือที่เรียกว่าคลื่นพาหะเป็นตัวนำสัญญาณคลื่นความถี่เสียงเพื่อที่จะได้สามารถส่งคลื่นสัญญาณออกไปได้ในระยะทางไกลๆ คลื่นสัญญาณพาหะที่ใช้จึงเรียกว่า *คลื่นสัญญาณความถี่วิทยุ*

วิธีการมอดูเลทที่พบมากและนิยมใช้กันมากมีสองแบบคือ แบบแรกเป็นการรวมคลื่นสัญญาณความถี่เสียงกับสัญญาณพาหะแล้วเป็นผลทำให้เกิดสัญญาณใหม่ที่มีความถี่เท่าความถี่พาหะ แต่แอมปลิจูดของสัญญาณใหม่นี้จะเปลี่ยนแปลงไปกับแอมปลิจูดของสัญญาณความถี่เสียง

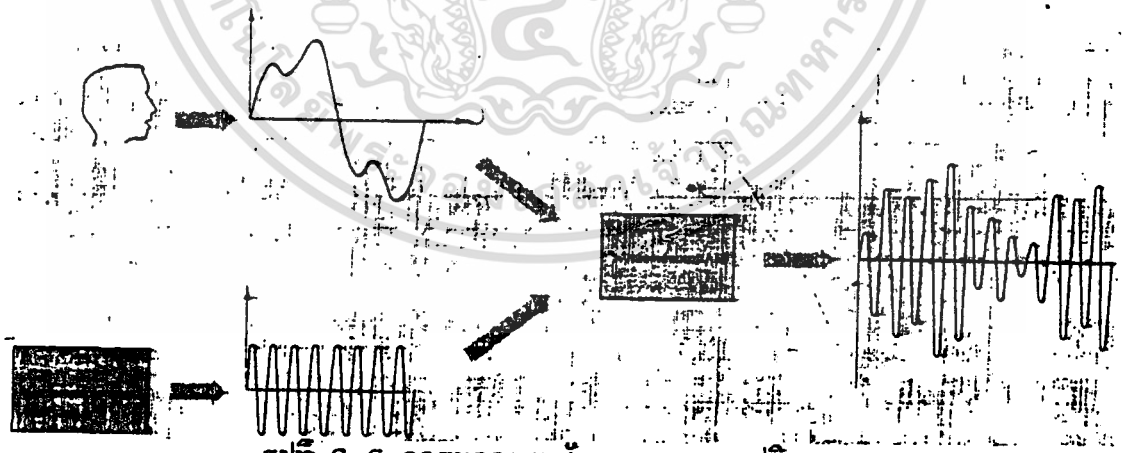
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมอดูเลทแบบนี้เรียกว่า *การมอดูเลททางแอมปลิจูด (amplitude modulation)* อีกแบบหนึ่งเป็นการมอดูเลทโดยการรวมสัญญาณทั้งสองเข้าด้วยกันเกิดสัญญาณใหม่ที่มีความถี่ของสัญญาณเปลี่ยนแปลงไปกับค่าแอมปลิจูดของสัญญาณความถี่เสียง การมอดูเลทเช่นนี้เรียกว่า *การมอดูเลททางความถี่ (FM-frequency modulation)*

เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนและเสียงเป็นสื่อทำความเข้าใจทางภาษาดังนั้นสัญญาณอิเลคทรอนิคส์ที่เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณเสียงจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการสื่อสาร เราอาจลงสัยว่าการเปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าและเปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้าให้เป็นเสียงนั้นทำได้อย่างไร ไมโครโฟนเป็นสิ่งหนึ่งที่ได้พบเห็นและรู้จักและจากหลักการง่ายๆ เราคงพอจะทราบแล้วว่า เสียงทำให้แผ่นไดอะแฟรมสั่นสะเทือนมีผลต่อการเปลี่ยนค่าทางไฟฟ้าให้สัญญาณไฟฟ้าออกมาและในทำนองเดียวกันลำโพงก็เป็นตัวเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณเสียง

2.3 การมอดูเลททางแอมปลิจูด (Amplitude Modulation-AM)

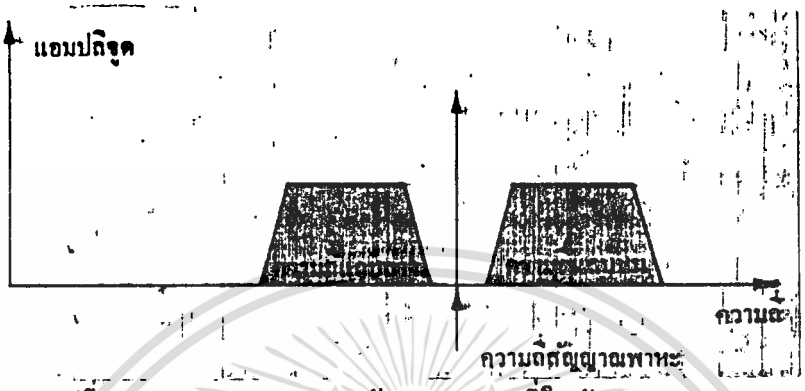
ในการมอดูเลทแบบ AM นั้นเริ่มต้นเมื่อมีคนพูดใส่ไมโครโฟน ไมโครโฟนจะเป็นตัวเปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้ามีความถี่อยู่ในย่านความถี่เสียง สัญญาณความถี่เสียงนี้จะรวมกับสัญญาณความถี่พาหะในวงจร AM มอดูเลชั่นได้สัญญาณ AM เมื่อสังเกตที่ขอบด้านบนและด้านล่างของสัญญาณ AM จะพบว่าที่ขอบทั้งสองด้านนี้มีลักษณะสมมาตรกันและเหมือนกับสัญญาณความถี่เสียง แต่เมื่อเพิ่มขนาดของสัญญาณความถี่เสียงขึ้นทั้งทางด้านจุดสูงสุดและต่ำสุดสัญญาณ AM จะเกิดการเปลี่ยนแปลงตาม โดยส่วนต่ำสุดของขอบบนและส่วนสูงสุดของขอบล่างจะบีบเข้าหากัน ส่วนสูงของขอบบนและส่วนต่ำสุดของขอบล่างจะยิ่งออกห่างจากกัน แต่ถ้าเพิ่มสัญญาณเสียงมากขึ้นส่วนที่บีบเข้าหากันจะชิดกัน และถ้าเพิ่มมากกว่านี้ส่วนนี้จะกลายเป็นแถบเส้นตรงตามแนวแกน



รูปที่ 2.6 การมอดูเลทสัญญาณทางแอมปลิจูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยกความถี่ดูจะพบว่า สัญญาณ AM ประกอบด้วยสัญญาณที่ความถี่ 1 กิโลเฮิรทซ์ 99 กิโลเฮิรทซ์ 100 กิโลเฮิรทซ์และ 101 กิโลเฮิรทซ์ ความถี่ 99 และ 101 กิโลเฮิรทซ์ เรียกว่าความถี่แถบข้าง ถ้าสมมติว่าสัญญาณความถี่เสียงจะเปลี่ยนแปลงจาก 20 เฮิรทซ์ ถึง 20000 เฮิรทซ์ ความถี่แถบข้างสามารถเขียนสเปคตรัมได้ดังนี้

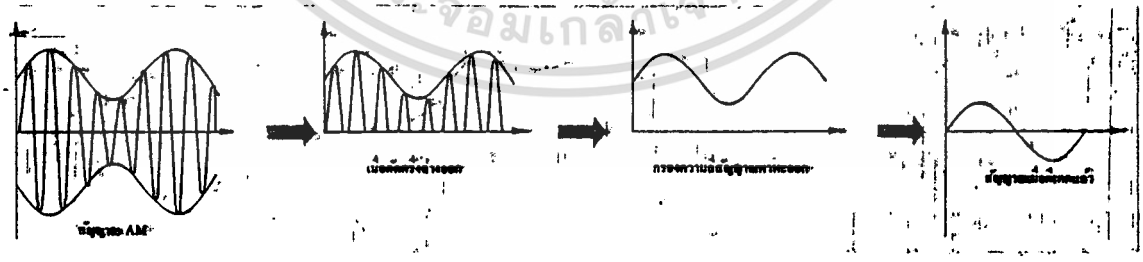


รูปที่ 2.12 แสดงสเปคตรัมแถบความถี่ในสัญญาณ AM

2.4 การดีมอดูเลทสัญญาณ AM

การดีมอดูเลทสัญญาณ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า *การดีเทคชั่น (detection)* คือวิธีการแยกเอาสัญญาณเสียงหรือสัญญาณข้อมูลข่าวสารกลับคืนมาจากสัญญาณ AM ตามที่ทราบแล้วว่าสัญญาณ AM จะยังมีสัญญาณความถี่เสียงประกอบอยู่ และถ้าพิจารณาดูที่รูปของสัญญาณAM เราจะเห็นว่าส่วนเปลี่ยนแปลงทางด้านแอมปลิจูดหรือที่ขอบของสัญญาณนั้นจะเหมือนกับรูปร่างลักษณะสัญญาณเสียงมาก

การดีเทคชั่น ก็คือการนำเอาสัญญาณ AM ผ่านวงจรที่ทำหน้าที่แยกสัญญาณเสียงหรือสัญญาณข่าวสารออก วิธีการดีเทคชั่นที่ใช้กันทั่วไปคือการตัดสัญญาณเพียงครึ่งใดครึ่งหนึ่งแล้วนำมาผ่านวงจรกรองความถี่เอาความถี่พาหะหรือความถี่ที่สูงมากออกซึ่งก็จะปรากฏเป็นสัญญาณที่เหมือนกับสัญญาณที่ขอบของสัญญาณ AM



รูปที่ 2.13 การดีเทคสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
027904

ข้อเสียของการมอดูเลทและการดีเทคแบบสัญญาณ AM คือสัญญาณ AM ถูกรบกวนได้ง่ายจากสิ่งต่างๆ เช่น ฟ้าร้อง ฟ้าผ่าในเวลาเกิดพายุฝน คลื่นสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่คล้ายคลึงกันจะถูกสอดแทรกได้โดยง่าย แม้แต่จากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น มอเตอร์ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยสิ่งเหล่านี้จะเกิดขึ้นแบบเดียวกับการมอดูเลทและจะกลายเป็นส่วนหนึ่งของสัญญาณ AM และผ่านการดีเทคสัญญาณไปพร้อมกับคลื่น AM หลังจากที่ผ่านการดีเทคไปแล้วก็จะเกิดปรากฏออกมาในรูปเสียงหรือคลื่นที่ผิดรูปไป ซึ่งถ้ามีความแรงพอมันจะคลอบคลุมสัญญาข่าวสารที่ต้องการเสียหมด ทำให้สัญญาณที่ต้องการจากการดีเทคไม่เกิดขึ้น วิธีที่จะกำจัดการรบกวนหรือการสอดแทรก คือหาวิธีอื่นแทนวิธีการมอดูเลททางวิธีที่มีคุณสมบัติป้องกันกา.สอดแทรกได้ดีวิธีหนึ่ง คือ *การมอดูเลททางความถี่*

2.5 <u>การสื่อสารระบบแถบข้างเดียวหรือซิงเกิ้ลไซด์แบนด์ (SSB)</u>

ในปัจจุบันการสื่อสารระบบแถบข้างเดียวใช้กันอย่างแพร่หลายมาก โดยทางกรมไปรษณีย์ได้กำหนดความถี่ในช่วง 3-30 MUz ให้บริษัท หรือ หน่วยงานต่างๆ ใช้ซึ่งถือว่าแบบความถี่นี้เป็น แถบความถี่ทางการค้า (commercial band for SSB) และมีผู้ขออนุญาตจากกรมไปรษณีย์ใช้กันมาก

นอกจากนี้ในวงการวิทยุสมัครเล่นก็ได้ใช้ระบบการสื่อสารข้างเดียว เป็นที่นิยมใช้กันมากกว่าเครื่องส่งชนิดอื่น

สาเหตุสำคัญที่ทำให้การสื่อสาร SSB มีผู้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ

1. การใช้งานมีความเชื่อถือสูง (reliability)
2. ช่วยลดความยุ่งยากในเรื่องความถี่
3. มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา
4. ประสิทธิภาพการส่งสูง (ส่งได้ไกลโดยใช้กำลังงานต่ำ อาจส่งข้ามทวีปได้ด้วยกำลังเพียงไม่กี่วัตต์)
5. ปราศจากคลื่นรบกวนที่มาจากสัญญาณ AM
6. มีแถบความถี่ที่ใช้งานได้มาก (สามารถส่งได้เพียงไซด์แบนด์เดียว)
7. ใช้กำลังงานน้อย เพราะขณะไม่มีการส่งสัญญาณความถี่เสียงจะไม่มีสัญญาณใดๆ ออกจากเครื่องส่งและขณะส่งความถี่พาหะไม่ปรากฏออกไปเช่นกัน

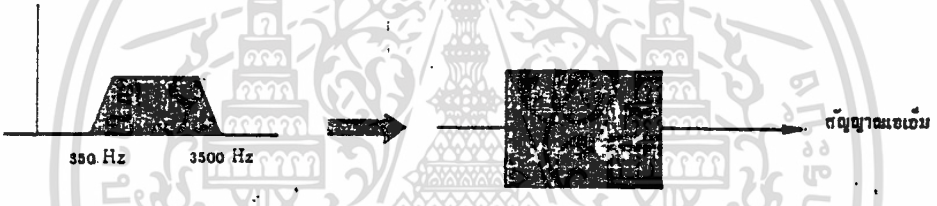
ลักษณะสำคัญของสัญญาณแถบข้างเดียว ระบบการสื่อสารระบบแถบข้างเดียวมีผู้ใช้กันมากและมีผู้เข้าใจว่า ระบบการสื่อสารระบบแถบข้างเดียว ที่ใช้เป็นสัญญาณเพียงแถบใดแถบหนึ่งที่อยู่ข้างเคียงกับความถี่พาหะของสัญญาณ AM ดังนั้นถ้าปรับปรุงเครื่องรับ AM ให้รับแต่สัญญาณแถบข้างก็จะเป็นเครื่องรับ ซิงเกิลไซด์แบนด์ได้ ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องนัก ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

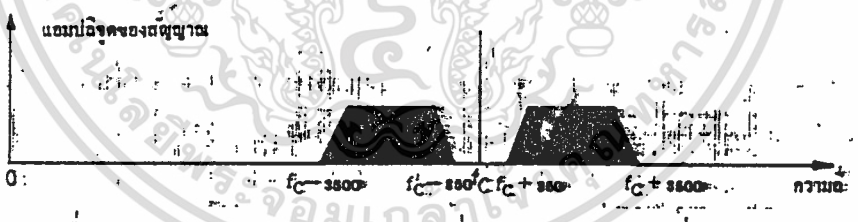
ถูกต้องความหมายของซิงเกิลไซด์แบนด์ ในทางสื่อสารจะต้องเฉพาะเจาะจงในเรื่องการกำจัดแบนด์สัญญาณพาหะด้วย ดังนั้นเราอาจเรียก สัญญาณซิงเกิลไซด์แบนด์หรือ สัญญาณแถบข้างเดียวให้เต็มว่า "สัญญาณซิงเกิลไซด์แบนด์ที่กำจัดความถี่พาหะไม่ให้ส่งออก" หรือใช้อักษรย่อว่า SSSC (single side band suppress carrier)

สัญญาณ SSSC เป็นสัญญาณที่มีแถบความกว้างทางความถี่เท่ากับสัญญาณความถี่เสียง โดยทั่วไปแถบความถี่ที่ใช้จะมีค่าประมาณ 3000 Hz และแถบความถี่นี้จะอยู่ข้างเคียงกับสเปคตรัมความถี่ของสัญญาณพาหะ

ก่อนอื่นขอให้ทำความเข้าใจในเรื่องลักษณะของสัญญาณ AM ก่อน เมื่อดูจากรูปที่ 2.14 (ก) สัญญาณเสียงที่ความถี่ 350-3500 Hz ผ่านเข้ามายังตัวทำให้เกิดสัญญาณ AM โดยมีความถี่พาหะเท่ากับ f_c แถบความถี่ของสัญญาณที่เกิดขึ้นที่เอาท์พุทของเครื่องส่ง AM จะเห็นดังรูปที่ 2.14 (ข) แถบความถี่ทั้งหมดจะถูกส่งออกจากสายอากาศความกว้างของแถบสเปคตรัมของ AM จะมีค่าถึง 2 เท่าของสัญญาณความถี่สูงสุดของสัญญาณเสียงและการส่งจะมีสัญญาณความถี่พาหะ f_c ล้วนๆส่งออกไปด้วย



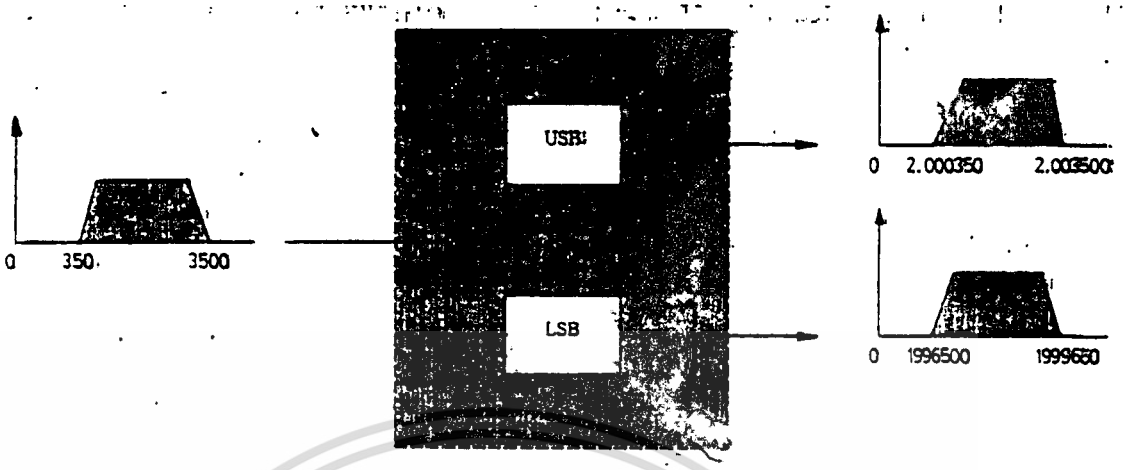
รูปที่ 2.14 (ก) แสดงการส่งด้วยสัญญาณ AM



รูปที่ 2.14 (ข) แสดงแถบความถี่ของสัญญาณ AM ที่ส่งออกอากาศ

ส่วนระบบของ SSSC (single sideband suppress carrier) เครื่องส่ง SSSC เปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณความถี่วิทยุ (radio frequency) และส่งออกอากาศไป ซึ่งสามารถส่งได้ทั้งสัญญาณในแถบบนหรือแถบล่าง (ดูรูป) แถบความถี่ที่ใช้ในการส่งแบบนี้จะแคบกว่าระบบ AM มาก จำนวนความถี่ที่ใช้งานจึงสามารถส่งพร้อมกันได้หลายเครื่อง หรืออาจดัดแปลงให้สัญญาณเสียงที่จะส่งใน USB และ LSB ไม่เหมือนกันก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

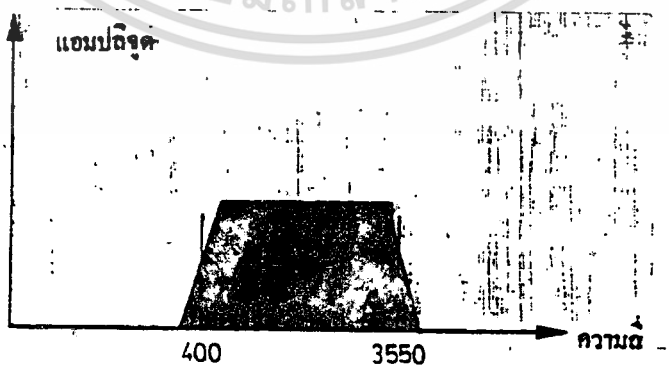


รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะและความถี่ที่ส่งด้วยเครื่องส่ง SSSC

ส่วนเครื่องรับจะต้องจูนความถี่ที่รับให้ตรงกับความถี่ของเครื่องส่ง แต่สำหรับ SSSC ความที่ส่งจะส่งมาเป็นแถบกว้าง และจะส่งมาเพียงแถบใดแถบหนึ่งของ USB หรือ LSB เท่านั้น เครื่องรับจะมีตัวสร้างความถี่เพื่อทำการ *มิกซ์* เช่นเดียวกับเครื่องรับ AM ดูรูปที่ 2.16 แต่ในเรื่องการดีเทคสัญญาณเสียงจะมีวิธีการที่แตกต่างกันดังจะได้กล่าวถึงต่อไป

เครื่องรับจะต้องคำนึงถึงเสถียรภาพทางความถี่ด้วย ทั้งนี้ (จากรูป) เมื่อความถี่จากออสซิลเลเตอร์ 250 kHz มีค่าผิดพลาดไป โดยสมมติว่าผิดไป + 50 Hz ผลของการดีเทคจะทำให้ความถี่ที่ออกมาเป็นไปตามรูปที่ 2.17

การผิดพลาดของการดีเทคจะเป็นผลอย่างมากต่อสัญญาณออกที่เอาท์พุท และถ้าทั้งเครื่องส่งและเครื่องรับประกอบด้วยวงจรสร้างความถี่หรือโลคัลออสซิลเลเตอร์ที่ให้ความถี่ที่ไม่แน่นอน อาจทำให้การรับหรือการติดต่อสื่อสารเป็นไปไม่ได้เลย โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าความถี่ของการออสซิลเลทผิดไปเกินกว่า 100 Hz จะทำให้สัญญาณเสียงฟังไม่รู้เรื่อง ดังนั้นเสถียรภาพทางความถี่ของออสซิลเลเตอร์จึงสำคัญมาก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ข้อกำหนดของการป้องกันการดักฟัง

การสร้างสัญญาณรบกวนสัญญาณเสียง (Scrambling Voice Signal) สามารถทำได้หลายๆวิธี แต่ที่สำคัญก็คือ เงื่อนไขของระบบป้องกันการดักฟัง จะต้องประกอบด้วย

1. สัญญาณที่ถูกใส่รหัส (encode) หรือสลับความถี่ (Frequency Inversion) จะต้องเพี้ยนไปจากเดิม เพราะว่า สมองของมนุษย์ มีความสามารถในการคาดคะเนข้อความเดิมจากเสียงที่ได้ยินไม่ชัด

2. สัญญาณที่ถูกถอดรหัส (Decode) หรือ สลับความถี่ กลับจะต้องเหมือนหรือใกล้เคียงกับของเดิมมากที่สุด เพื่อไม่ให้ผู้ฟังเกิดการรำคาญ

3. สัญญาณที่ถูกถอดรหัส หรือ สลับความถี่ จะต้องมีแบนด์วิช (Band width) ที่มีขนาดใกล้เคียงกับของเดิม และสามารถผ่านช่องสัญญาณเสียง ที่มีแบนด์วิช ไม่เกิน 4 kHz

2.7 ระบบการสลับเสียงพูด (SPEECH INVERSION SYSTEM)

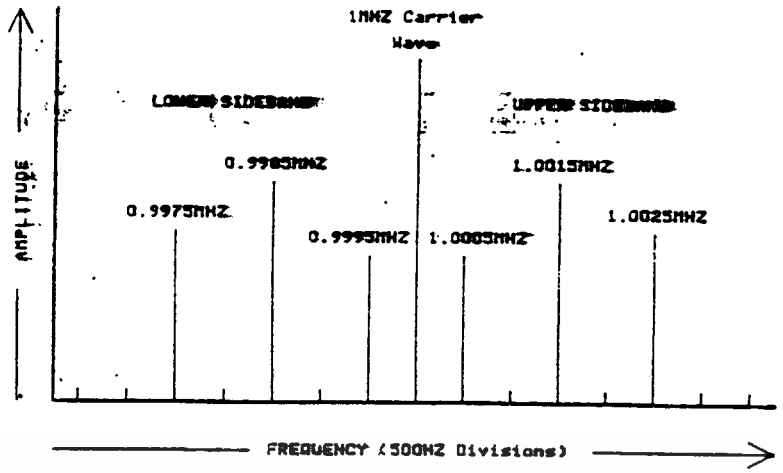
ระบบที่เราจะกล่าวถึงต่อไปนี้ สามารถทำตามเงื่อนไขทั้ง 3 ข้อของระบบได้ ซึ่งเราเรียกระบบนี้ว่า ระบบการสลับเสียงพูด และเป็นต้นแบบที่นำไปสู่การรบกวนเสียงพูด (Voice Scramble) ที่มีหลักการสำคัญคือการกลับความถี่ โดยความถี่สูงจะกลับเป็นความถี่ต่ำ ส่วนความถี่ต่ำจะถูกแปลงเป็นความถี่สูงแทน และความถี่ช่วงกลางมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก นั่นก็คือ Spectrum ของความถี่จะถูกพลิกกลับซ้าย-ขวาสลับกัน เสียงที่ได้ออกมาจึงเพี้ยนฟังไม่รู้เรื่อง วิธีที่จะฟังให้รู้เรื่องก็คือการพลิก Spectrum ของความถี่กลับไปตามเดิม

2.8 การประยุกต์ SSB ในการสลับความถี่

ดูเหมือนว่าหลักการของ Frequency Inversion จะไม่ยุ่งยากนัก สามารถทำได้โดยวิธี Heterodyne ธรรมดา แต่ในทางปฏิบัติจริงๆแล้วมีความยุ่งยากแฝงอยู่เช่นกัน เราสามารถทำ Voice Scramble โดยอาศัยพื้นฐานของการส่งแบบ Single Side Band(SSB) ซึ่งการรับส่งแบบนี้แยกออกเป็นสอง Side Band ประกอบกันคือ Upper Side Band (USB) และ Lower Side Band (LSB) ถ้าเราตั้งเครื่องรับไว้ที่ LSB เพื่อรับสัญญาณที่ส่งมาด้วย USB แล้ว เสียงที่ออกมาจะจับใจความไม่ได้

การส่งแบบ SSB เป็นแบบหนึ่งของ Amplitude Modulation โดยที่มีข้อแตกต่างจากแบบมาตรฐานคือ Carrier และ Side Band หนึ่งจะถูกตัดทิ้งไป เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น ให้ดูรูปที่ 2.18 ซึ่งแสดง Spectrum ที่เกิดจากการ Modulate Carrier 1MHZ ด้วยสัญญาณ Audio Input 500Hz , 1.5KHz และ 2.5KHz จะเห็นว่าตรงกลางคือความถี่ Carrier 1MHz แล้ว Side Band ทั้งสองข้างจะ Symmetrical กัน โดยที่แต่ละ Input จะให้สัญญาณออกมาสอง Side Band เช่น Input 1.5KHz จะให้สัญญาณที่ USB 1.0015MHz และ LSB 0.9985MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 Ordinary A.M. signal, USB, LSB and carrier

การสร้างสัญญาณ SSB สามารถกระทำได้หลายวิธีด้วยกัน แต่วิธีที่จะกล่าวถึงคือแบบใช้ Filter เพราะเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด โดยที่ความเที่ยงตรงขึ้นอยู่กับคุณภาพของ Crystal,Ceramic หรือ Filter ที่ใช้ตัด Side Band ที่ไม่ต้องการออก แต่แบบนี้จะลดระดับ Carrier ได้ไม่มาก ซึ่งก็สามารถแก้โดยได้ใช้วิธี Balance Modulator ซึ่งสร้าง Double Side Band แต่จะขจัด Carrier ให้เรียบร้อย

การ Demodulation สัญญาณ SSB โดยทั่วไปใช้วิธี Balance Mixer โดยที่สัญญาณ SSB จะถูกป้อนเข้าที่ Input หนึ่ง ในขณะที่ Output ของ Carrier Insertion Oscillator จะถูกป้อนเข้าที่อีก Input หนึ่ง ความถี่ output ที่ได้ก็คือผลรวมและผลต่างของ input Signal และที่เราต้องการก็คือความถี่ของผลต่าง ส่วนความถี่ผลรวมที่ไม่ต้องการก็สามารถจะตัดทิ้งโดยใช้ Lowpass Filter

การที่เราสลับความถี่ที่เราต้องการนั้น เมื่อเราตัด Carrier เดิมทิ้งไปแล้ว ก็ใส่ Carrier ใหม่ซึ่งมีความถี่ Shift ไปอีกซีกหนึ่งของ SSB เข้าไปแทน เพื่อความเข้าใจให้ดูรูปที่ 2.18 ประกอบกับรูปที่ 2.19 ที่ความถี่ 500 Hz ,1.5KHz และ 2.5KHz ถูก Mod ด้วย Carrier 1MHz แล้วเลือกเอา USB เมื่อเราทำการตัด Carrier เดิมออกแล้วใส่ Carrier ใหม่เข้าไปแทนที่จะได้ผลดังรูปที่ 2 เมื่อทำการคำนวนจะได้ความถี่ Output ดังต่อไปนี้

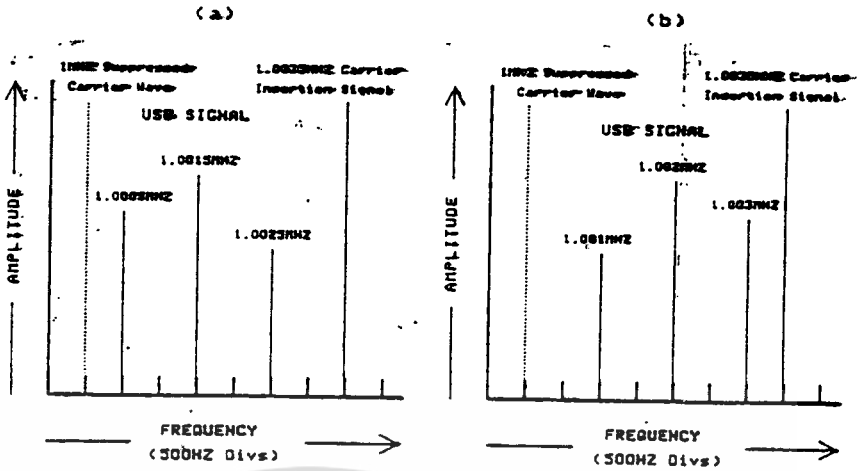
1.0035MHz - 1.0005MHz = 3KHz

1.0035MHz - 1.0015MHz = 2KHz

1.0035MHz - 1.0025MHz = 1KHZ

จะเห็นได้ว่าความถี่เดิมคือ 500Hz, 1.5KHz และ 2.5KHz จะถูกเปลี่ยนไปเป็น 3KHz ,2KHz และ 1KHz ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 (a) Inversion (b) Reinversion to restore original

สำหรับทางด้าน Reinversion ความถี่ Spectrum ที่ได้รับเป็น USB Suppresed Crarrier เมื่อป้อน Insert Carrier ที่มีความถี่เท่ากับด้านส่งเข้าไปจะได้ความถี่ Spectrum ดังรูปที่ 3 ทำให้ผลต่างความถี่ออกมาเป็น 500Hz, 1.5KHz และ 2.5KHz ตามลำดับ ซึ่งเหมือนกับสัญญาณเดิมทุกประการ

อาศัยหลักการดังกล่าวมาแล้วจึงมีหลายๆบริษัทที่ผลิต Scrambling Chip ออกมาจำหน่ายเมื่อไม่นานมานี้เอง เป็นผลให้ง่ายต่อการศึกษาเรื่อง Voice Scrambler ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบวงจร

จากหลักการต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว จึงมีการสร้าง ชิฟ ไอ ซี (chip I.C) ขึ้นมา เพื่อใช้สำหรับการสลับความถี่ของสัญญาณเสียง เพื่อนำไปใช้สำหรับสร้างเป็นวงจรป้องกันการดักฟัง ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

3.1 ชิฟ ไอ ซี เบอร์ FX 224J

ชิฟ (Chip) เบอร์นี้เป็นหนึ่งในตระกูลของอุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นมา 3 รุ่น คือ รุ่น FX 214 , FX 224 และ FX 234 จุดที่น่าสนใจที่สุดของ Chip เหล่านี้ คือ จะใช้เทคนิคในการ Inversion ความถี่เพื่อไป รบกวน (Scramble) สัญญาณต่างๆ ซึ่งความถี่เหล่านี้จะมีความถี่พาหะ 32 ความถี่ ซึ่งทำให้สามารถสลับความถี่พาหะได้ถึง 32 ความถี่ เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของการรักษาความปลอดภัย (Security) ในการส่งข้อมูลผ่านข่ายการสื่อสาร

อีกจุดหนึ่งที่น่าสนใจก็คือ วงจรการใช้งานอื่นๆ รวมทั้งวงจร Continuous Tone Controlled Squelch System (CTCSS) High Pass Filter , การควบคุมคุณภาพของการเปลี่ยนกลับของสัญญาณเสียง (Audio signal) การ Switching แบบ H Duplex รวมถึงวงจรควบคุมการประหยัดพลังงาน ซึ่งวงจรเหล่านี้สามารถใช้ได้ทั้งแบบ Fixed หรือ Rolling Code ก็ได้ และง่ายต่อการติดตั้งทั้งแบบ DIL หรือ Surface Mounted (SMD) ส่วน Load จะใช้กับ ชิฟ ได้ทั้งแบบ Serial และ Parallel โดยการเลือก ชิฟ ตามเบอร์ต่อไปนี้

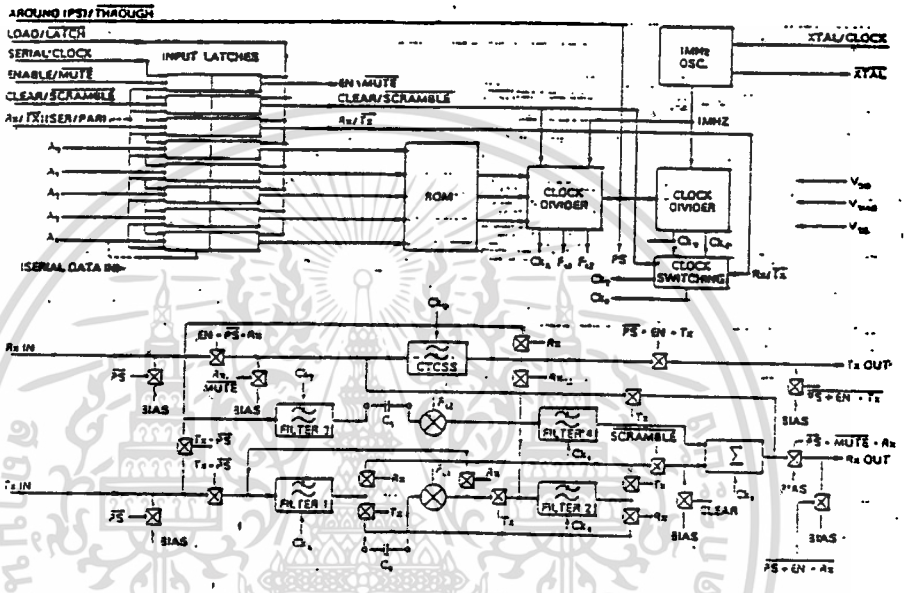
สำหรับชนิดต่างๆของ ชิฟ ก็มีดังนี้

FX 214J	เป็น	ชิฟ	แบบ	22	Pin	dil serial load
FX 214LG	เป็น	ชิฟ	แบบ	24	Pin	SMD serial load
FX 224J	เป็น	ชิฟ	แบบ	24	Pin	dil parallel load
FX 224LG	เป็น	ชิฟ	แบบ	24	Pin	SMD parallel load
FX 234LH	เป็น	ชิฟ	แบบ	24	Pin	SMD serial & parallel load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 บล๊อค ฟังก์ชั่น (BLOCK FUNCTION)

สำหรับ Block Diagram ของการทำงานของ Chip แสดงดังรูปที่ 3.1 Chip ตัวนี้เป็นอุปกรณ์ชนิด LSI แบบ CMOS Low Power โดย Receive (RX) Path จะแยกออกจากกันกับ Transmit(TX) Path โดยจะผลัดกันการทำงานแบบ Half Duplex (คือใช้ Switch เป็นตัวสลับด้านส่งและด้านรับ) และเพื่อเป็นการป้องกันการรบกวนของ Harmonic จาก Sub-audio การผลิต Chip ตัวนี้จึงมี Continuous Tone Control Squelch System (CTCSS) High Pass Filter ซึ่งจะเป็นตัวเลือกเส้นทางของ TX หรือ RXโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 3.1 Function Block Diagram

3.3 โรลลิ่ง โค๊ด (ROLLING CODE)

เนื่องจากเป็น Chip TTL ซึ่งสามารถใช้แทนกันได้ การทำงานของสวิทช์ทั้ง 5 Bit ก็สามารถนำไปต่อ Coupling เข้ากับ Computer แล้วเพื่อนำสัญญาณของ Computer มาใช้แทนสวิทช์ ซึ่งวิธีการนี้สามารถเลือกใช้ Code ได้ถึง 32 แบบ มีข้อดี คือ เป็นการป้องกันในกรณีที่ฝ่ายตรงข้ามมีอุปกรณ์เหมือนกับเราแล้วสามารถดักฟังได้ วิธีการนี้รู้จักกันดีในชื่อการทำงานแบบ Rolling Code ซึ่งสัญญาณ Synchronisation จะถูกส่งออกไปและวงจรเครื่องรับก็จะใช้สัญญาณนี้ในการควบคุมโปรแกรมควบคุมการทำงานของสวิทช์

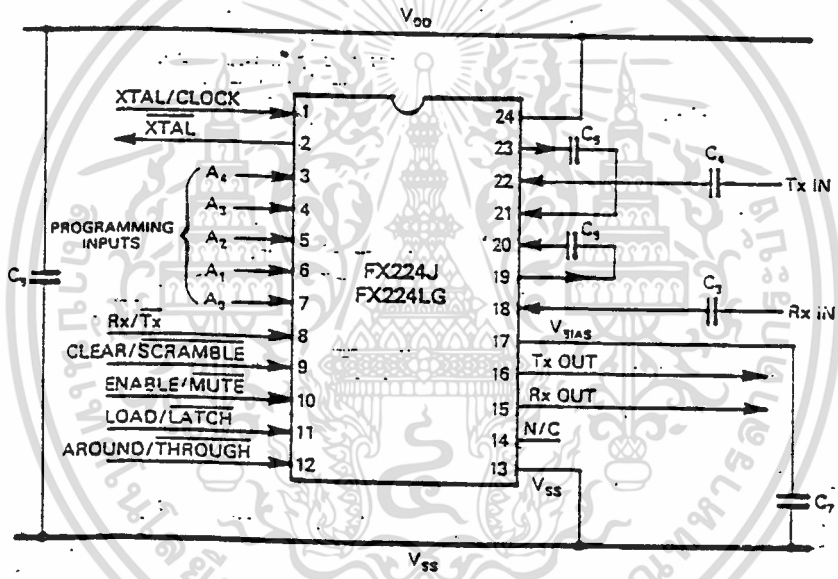
นอกจากนี้ยังมีสวิทช์ที่สามารถเลือกการทำงานได้จาก Chip เช่น sync-speech mute, power save , clear & audio bypass ซึ่งเป็นข้อมูลที่เพียงพอที่จะให้ผู้ที่สนใจได้ทดลอง ซึ่งแต่ละ Function Pin จะมีความต้านทาน 1 M ต่ออยู่เป็น Pull Up Resistor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การควบคุมคุณภาพ (QUALITY CONTROL)

ความเที่ยงตรงของการกรองความถี่แบบ Capacitor Switched และ สัญญาณ Modulation ต้องการใช้ Clock Generator ที่คงที่ ซึ่งสามารถรับมาจาก Source ภายนอก หรืออาจจะนำมาจาก Oscillator 1 MHz ที่อยู่ใน Chip โดยใช้ร่วมกับ Crytal 1 MHz ก็ได้

สำหรับคุณภาพของเสียงที่ได้จากการแปลสัญญาณเสียงพูด ไม่ได้ขึ้นอยู่กับมาตรฐานของ Hi-Fi เนื่องจากอุปกรณ์ทั้งหมดถูกออกแบบให้ใช้กับช่วงความถี่ระหว่าง 300 ~ 3.4 KHz ซึ่งความถี่ในช่วงนี้จะมีคุณภาพเสียงดีมาก ส่วนรูปขาต่างๆของ FX 224 แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 Pin Out Function

3.5 รายละเอียดของขาต่างๆ ของ ไอ ซี FX 224J

PROGRAMMING INPUT (ขา 3 ถึง ขา 7)

A_0 ~ A_4 เป็น Input ของ Coding Switches หรือ Computer Input ซึ่งจะมีสถานะ High หรือ Low ซึ่งตามปกติมี 5 Pin สามารถเลือกได้ 32 แบบจาก Binary Codes 00000 ถึง 11111 ซึ่ง Frequency Parameter แสดงดังตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROM Address A_4 A_3 A_2 A_1 A_0	Split Point Hz	Low Band Carrier Hz f_{c1}	High Band Carrier Hz f_{c2}
0 0 0 0 0	2800	3105	6172
0 0 0 0 1	2625	2923	6024
0 0 0 1 0	2470	2777	5813
0 0 0 1 1	2333	2631	5681
0 0 1 0 0	2210	2512	5555
0 0 1 0 1	2100	2403	5494
0 0 1 1 0	2000	2304	5376
0 0 1 1 1	1909	2212	5263
0 1 0 0 0	1826	2127	5208
0 1 0 0 1	1750	2049	5102
0 1 0 1 0	1680	1984	5050
0 1 0 1 1	1555	1858	4950
0 1 1 0 0	1448	1748	4807
0 1 1 0 1	1354	1655	4716
0 1 1 1 0	1272	1572	4629
0 1 1 1 1	1200	1501	4587

ROM Address A_4 A_3 A_2 A_1 A_0	Split Point Hz	Low Band Carrier Hz f_{c1}	High Band Carrier Hz f_{c2}
1 0 0 0 0	1135	1436	4504
1 0 0 0 1	1050	1351	4424
1 0 0 1 0	976	1278	4347
1 0 0 1 1	913	1213	4310
1 0 1 0 0	857	1157	4273
1 0 1 0 1	792	1094	4166
1 0 1 1 0	736	1037	4132
1 0 1 1 1	688	988	4065
1 1 0 0 0	636	936	4032
1 1 0 0 1	591	891	3968
1 1 0 1 0	552	853	3937
1 1 0 1 1	512	813	3906
1 1 1 0 0	471	772	3846
1 1 1 0 1	428	728	3816
1 1 1 1 0	388	688	3787
1 1 1 1 1	350	650	3731

ตารางที่ 1 ROM address programming table

RECEIVE - TRANSMIT (ขา 8)

โดยการใช้ขา 8 เป็นตัวเลือก Mode การทำงานเป็น RX หรือ TX โดยใช้สภาพ High หรือ Low ตามลำดับ ซึ่งจะให้ Bandwidth ของ Upper และ Lower Band Filter โดยอัตโนมัติ และตั้ง CTCSS High Pass Filters ในสัญญาณที่ถูกต้อง รูปที่ 3.3 และ3.4 แสดง Block Diagram ของการเลือกทิศทาง และตาราง 2 แสดง Function

Effect of Chosen Function on Inputs and Outputs	CHOSEN FUNCTION Rx = "1"	Tx = "0"	Mute = "0"	Around (Powersave) = "1"
Rx Input Path	Enabled	Disconnect	Disconnect	High Impedance
Rx Input Level	Bias	Bias	Bias	
Rx Output Path	Enabled	Disconnected	Disconnect	High Impedance
Rx Output Level	Bias	Bias	Bias	
Tx Input Path	Disconnected	Enabled	Enabled	High Impedance
Tx Input Level	Bias	Bias	Bias	
Tx Output Path	Disconnected	Enabled	Disconnected	High Impedance
Tx Output Level	Bias	Bias	Bias	

ตารางที่ 2 Function influencing signal paths

CLEAR - SCRAMBLE (ขา 9)

เมื่อ Pin นี้อยู่ในสภาวะ High จะเป็นการส่งข้อมูลแบบไม่มีการ Scrambling ใน Mode Clear นี้ ความถี่ Carrier จะ Turn Off และ Balance Modulation จะถูก Bypass ภายในวงจร และสัญญาณช่วงต่ำก็จะไม่นำมารวมกับ Output Signal และเมื่อ Pin นี้อยู่ในสภาวะ Low การ Scramble ก็จะเกิดขึ้น ซึ่งใน Mode นี้ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

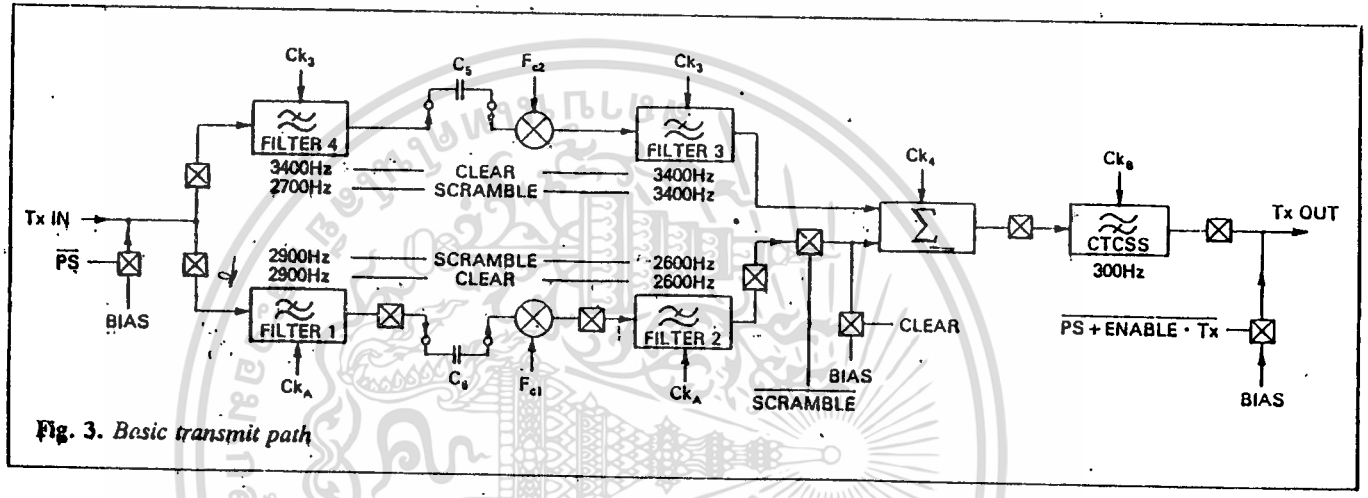


Fig. 3. *Basic transmit path*

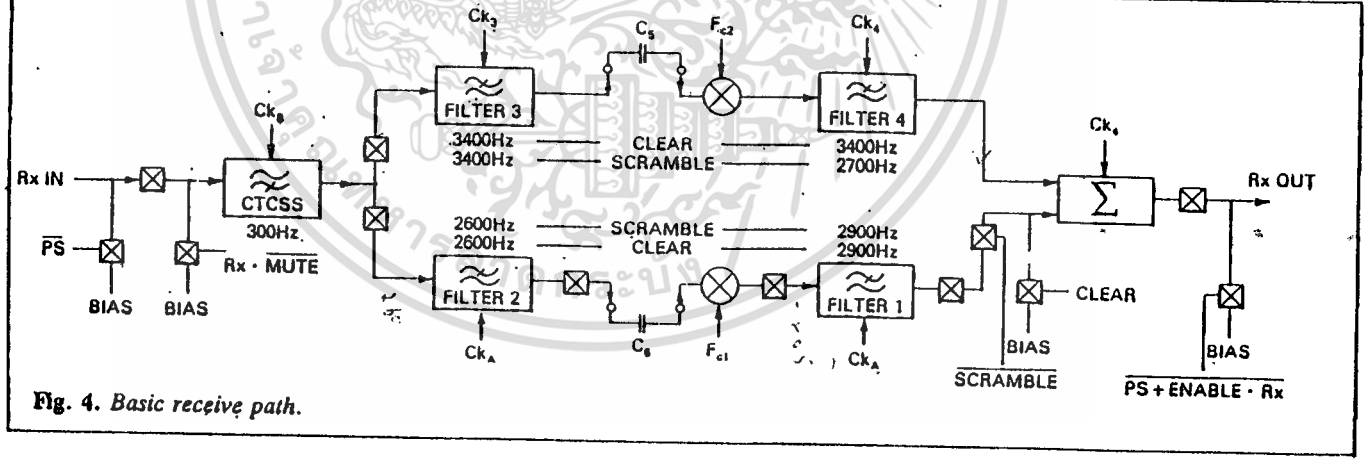


Fig. 4. *Basic receive path.*

รูปที่ 3.3 และ 3.4

ของ Carrier Frequency จะขึ้นอยู่กับ Address ของ Split Point โดย Pin A_0 ถึง A_4

ENABLE - MUTE (ขา 10)

ถ้าป้อน Logic Low ให้ Pin นี้ จะทำให้เกิดการ Disable ทางเดินสัญญาณทั้ง TX และ RX ในขณะที่ Rolling code จะสามารถส่งในขณะที่รักษาค่า Internal Bias ไว้ ใน Mode นี้สัญญาณรับของ Audio Output จะถูกตัดออก และให้ Speech Signal เงียบลง ส่วน Logic High จะรักษาสถานะของวงจรให้ Active ระหว่างที่ไม่มีสัญญาณ Sync.

LOAD - LATCH (ขา 11)

สำหรับ Pin นี้ใช้ควบคุมการ Loading ของ Input 8 Function คือ Enable, Clear, RX-TX และ A_5 ~ A_7 ถ้า Pin นี้อยู่ในช่วง Logic High Input จะ Clear และ Data ใหม่ก็จะเข้ามาโดยตรง ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงค่า Parameter โดยอัตโนมัติแล้วที่ Pin ต้องป้อน Logic Low ในขณะที่ Function ใหม่ถูก Load เข้ามาแล้วก็เปลี่ยนกลับมาเป็น High ตามด้วย Low Level ถ้าไม่ต้องการการเปลี่ยนแปลงของ Data Pin นี้จะกลับมาเป็น High

POWER SAVE (ขา 12)

สำหรับ Pin 12 จะยอมให้มีการสูญเสียกระแสน้อยที่สุด ถ้า Signal อยู่ใน Bypass Mode ไม่ว่าเป็น Mode Clear หรือ Scramble แต่ถ้าสัญญาณกำลังอยู่ใน Clear หรือ Scramble Mode ขานี้จะต้องเป็น Logic Low ถ้าสัญญาณกำลัง Bypass Chip Logic 1 ถูกป้อนให้กับขานี้ เพื่อให้อยู่ในสภาวะประหยัดพลังงาน ซึ่งจะทำให้หยุดการทำงานทุกระบบยกเว้นวงจร Oscillator ในสภาวะประหยัดพลังงานวงจรสัญญาณเข้าออกจะ Open หมด และจะไม่มีการ Bias ใดๆ ในตารางที่ 2 จะรวมถึงรายละเอียดของ Logic Data นี้ด้วย

TRANSMIT - INPUT (ขา 22)

Pin 22 เป็นขา Input ที่ต่อกับสัญญาณเสียงพูด ซึ่งจะถูกรักษาสภาวะที่ระดับแรงดัน DC ด้วยความต้านทานภายใน 300 K และขานี้จะต้องต่อแบบ Capacitive Coupling กับ Signal Source ใน Mode ด้านส่ง Input จะถูกต่อไปยัง Upper และ Lower Band Filter สำหรับทางเดินของสัญญาณ และค่า Bias นี้จะให้ไว้แล้วในรูปที่ 3.3 และตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRANSMIT - OUTPUT (ขา 16)

จากขาที่ 16 ก็ต่อมายังสัญญาณเสียง ไม่ว่าจะเป็น Mode Clear หรือ Scramble ขานี้จะถูกรักษาสภาวะที่ระดับ DC Bias โดยความต้านทานภายใน 100 K

RECEIVE - INPUT (ขา 18)

ขาที่ 18 จะเป็น Input ที่ CTCSS รับสัญญาณที่ถูก Scrambled แล้วเข้ามา และป้อนต่อไปเพื่อทำการ Decode ซึ่งจะต้องผ่าน CTCSS HPF ใน Mode รับ เพื่อที่จะตัดความถี่เสียงที่ไม่ต้องการออกจาก Voice Band วงจรภายในจะทำการเปลี่ยนสัญญาณที่ถูก Inverse จากทางด้านส่งกลับมาเช่นเดิม ซึ่งขึ้นอยู่กับ Code ที่เลือกจาก A_0 ~ A_7

สิ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ควรจำไว้คือ การถอดรหัสจะถูกต้องก็ต่อเมื่อเครื่องส่งและเครื่องรับมี Code เดียวกัน ถ้าความถี่ของการเข้ารหัสและการถอดรหัสไม่ถูกต้อง สัญญาณเสียงทาง Output ก็จะยังแยก Scramble ไม่ออก แต่ในทางปฏิบัติ เราจะพบว่าถึงแม้ว่าความถี่ไม่ตรงกับที่ส่งมาหรือว่าส่งใกล้เคียงกันแล้ว สัญญาณ Output อาจจับคำพูดได้ในบางตอน สำหรับ DC Bias ที่ขานี้ถูกจ่ายโดยความต้านทาน 300 K ส่วนสัญญาณที่ต้องการก็จะถูกส่งต่อไป

RECEIVE - OUTPUT (ขา 15)

สัญญาณที่ได้รับและถูกถอดรหัสแล้วจะรับมาจากขา 15 และพร้อมที่จะป้อนให้วงจรขยายเสียงโดยต่อผ่าน Capacitor เพื่อจะได้ดึงเอา DC Bias ออก โดยมีความต้านทานภายใน 100 K

VOLTAGE - BIAS (ขา 17)

สิ่งที่ขา 17 ต้องการก็คือการต่อกับ Capacitor ภายนอก เพื่อที่จะรักษาระดับแรงดัน Bias ที่จุด Half Power Line Level

MODULATOR - INPUT (ขา 21-22)

ขาที่ 20 และ 21 จะป้อนไปที่ High และ Low Band Filter Modulator ตามลำดับ และต้องผ่าน Capacitor เพื่อให้ได้ Filter Outputs

FILTER - OUTPUT (ขา 19-23)

Output ของ High และ Low Band Filter มาจากขา 19 และ 23 จากรูปที่ 3.3 และ 3.4 เราจะเห็นว่ามีสองวงจร Filter ทำงานสัมพันธ์กับ Lowpass Function และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

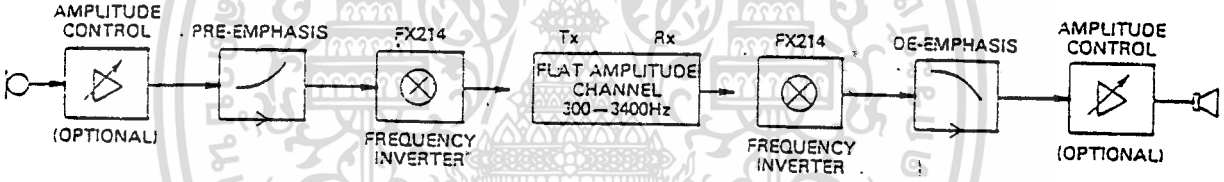
วงจรที่เหมาะสมจะถูกเลือกโดยสถานะทาง Input Logic ของ RX-TX ซึ่ง Logic นี้จะ set High Band Filter ที่ความถี่ 3.4 KHz หรือ 2.7KHz ตามลำดับ และ Filter Output ทั้งสองต้องไปต่อกับ Modulator Input ตามลำดับโดยผ่าน Capacitor

POWER SUPPLY (ขา 24)

Chip นี้ต้องการกำลังป้อนที่ +5 Volts คงที่ สูญเสียกระแสประมาณ 8 mA.ในการใช้งานปกติ และ 1.2 mA ในกรณี Power Save จำไว้ว่าขา 14 ควรจะปล่อยทิ้งไว้ไม่ต่อกับอะไร

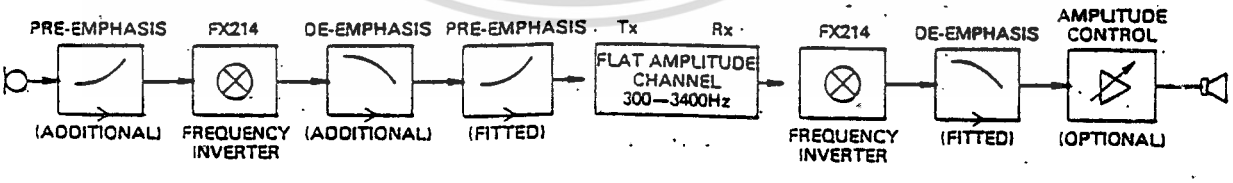
3.6 แพ็คทริคคอล เซอร์กิต (PRACTICAL CIRCUIT)

รูปที่ 3.5 แสดง Block Diagram เบื้องต้นของระบบ audio Scrambler โดยเพิ่มวงจร Pre และ De-Emphasis เพื่อให้ได้คุณภาพเสียงดีขึ้น ใน TX Mode วงจร Pre-Emphasis จะไม่ขึ้นอยู่กับ Output ของ Scrambler แต่ใน RX Mode วงจร De-Emphasis จะขึ้นอยู่กับสัญญาณ Scramble



รูปที่ 3.5 Recommended bias communications audio system layout

แต่ถ้าในระบบถูกใช้กับเครื่องส่งวิทยุที่มีวงจร Pre-Emphasis อยู่แล้ว จะเป็นการดีถ้าจะเพิ่มวงจร De-Emphasis หลัง Scrambler ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 Recommended bias communications audio system layout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดระดับของ Signal จะเป็นการดีและเหมาะสมสำหรับวงจรของ chip เบื้องต้นสามารถใช้ได้เลยโดยไม่ต้องเพิ่มเติมวงจรอะไรเข้าไป เพื่อต้องการให้มีการยืดหยุ่นเล็กน้อยของ Signal รูปที่ 3.7 จะแสดงวงจรง่ายๆ ที่ให้เงื่อนไขที่ง่ายและสะดวกของ Input และ Output Signal

3.7 ทรานซ์สมิทชั่น (TRANSMISSION)

Signal ที่จะส่งจะถูกนำเข้าไปที่วงจร ICIa และจะถูก Pre-Emphasis ด้าน Upper Frequency โดยการทำงานของ C_2 กับ R_1 และ R_2 และชดเชยข้อจำกัดบางประการของ Upper Frequency โดยการ Filter ภายในและหลัง Scramble แต่ถ้าคิดว่าไม่จำเป็นก็ตัด C_2 ทิ้งไป

VR_1 จะเป็นตัวปรับ Input Gain จาก 1 ~ 100 เท่า สำหรับหลายๆ Signal Level และจะเป็นการดีถ้ามีการขยายสัญญาณพูดก่อนสมมุติว่าประมาณ 750 mV_{RMS} ICId จะเป็น Output Buffer ง่ายๆซึ่งจะถูก De-Emphasis โดยการทำงานของ C19 แต่ถ้าเห็นว่าไม่จำเป็นที่จะใช้ Capacitor นี้ก็ตัดทิ้งได้ หรือเปลี่ยนค่าที่เหมาะสมตามที่ต้องการ

3.8 รีซีฟชั่น (RECEPTION)

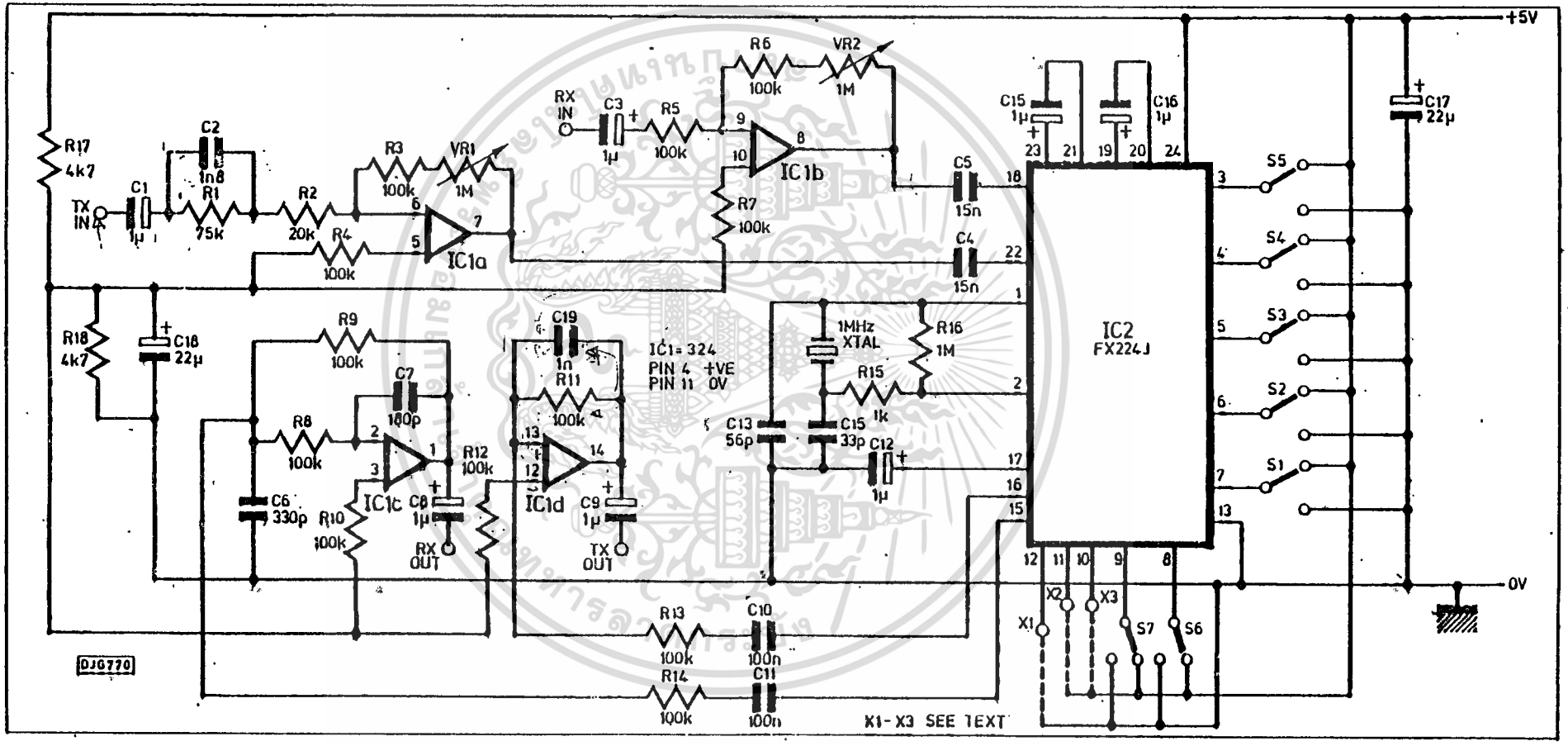
สัญญาณด้านรับจะมาจาก ICIb ซึ่งจุดนี้จะถูกขยายโดย VR_2 โดยมีขนาด Gain ตั้งแต่ 1~100 เท่า สัญญาณรับนี้ถูก Buffer โดย ICIc และอาจจะป้อนให้กับ Audio AMP ธรรมดา ดังนั้น Scrambler Chip ก็จะผลิต Blackground Noise จำนวนหนึ่งออกมาตามการทำงานของสัญญาณ Clock ภายใน และถูก Filterโดย C6 และ C7 Chip FX 224 ทั้งสองชนิดจะผลิต Blackground Noise ประมาณ 10 mV_{P-P} ตลอดที่สัญญาณรับพอเหมาะกับค่านี้ และผ่านการ Filter โดย ICIc

Function ที่เหมาะสมของ FX224 ถูกเตรียมไว้ 7 อย่างในแผ่น PCBเป็น Filter Address Code Input 5 อัน Scrambler-Clear Input และ Switch ของ TX-RX Control และถ้าเราต้องการให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ก็สามารถเพิ่มได้โดยการตัดรอย Printed ที่จุด X1 ถึง X3 ใน PCB

3.9 ออสซิเลเตอร์ (OSCILLATOR)

Oscillator ความถี่ 1MHz ถูก Control โดย Crytal R15,R16,C13 และC14 และจากการทดลองจาก TX และ RX Units หลายครั้ง พบว่าการตั้งความถี่ไม่จำเป็นต้องเที่ยงตรงนัก และการปรับแต่งความถี่ก็ยังไม่มีการออกแบบใช้ ซึ่ง Effect นี้อาจจะมาจากคุณสมบัติของ Slope ของ Filter ภายใน ซึ่งขอบเขตของ Filter นี้จะแข็งมากมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

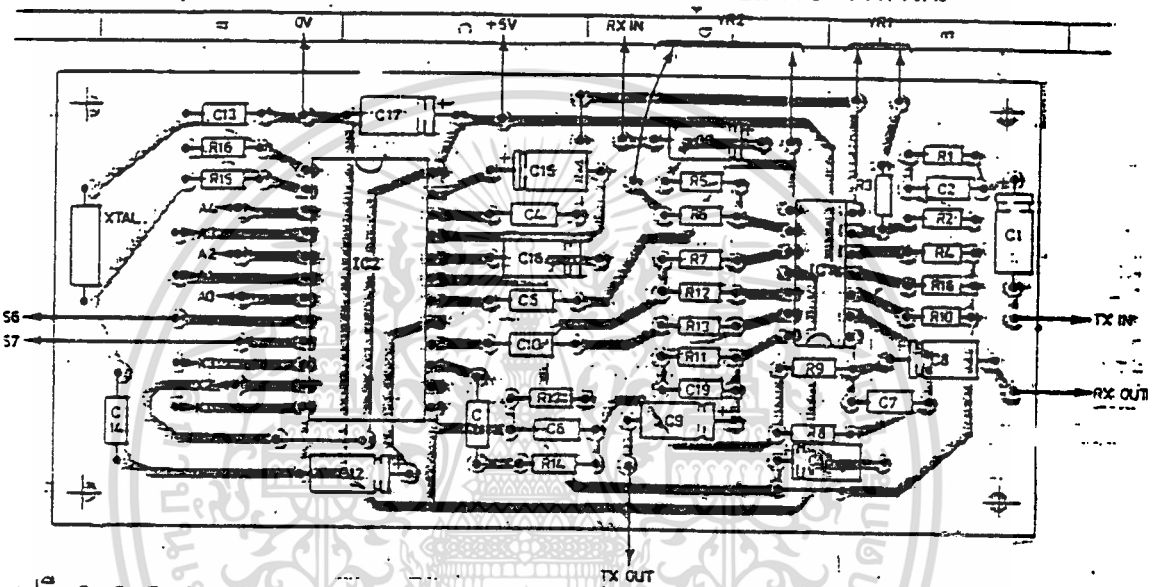


รูปที่ 3.7 วงจรรวมทั้งหมด

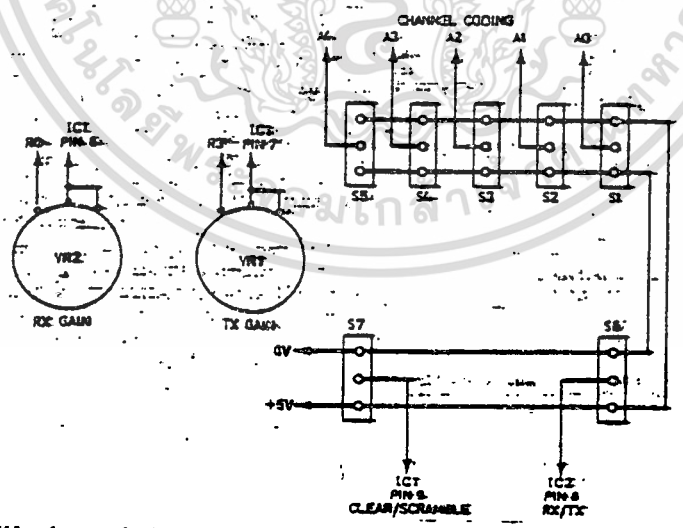
แต่ Band ที่อยู่ข้างเดียวกันจะไม่แยกกันโดยเด็ดขาด อย่างไรก็ตามการแยกนี้มีประสิทธิภาพพอให้เราเลือกเข้ารหัสได้ 32 แบบ

3.10 ASSEMBLY

รูปที่ 3.8 แสดงการออกแบบลาย Printed PCB ของ Scramble Module พร้อมทั้งการเดินสายตามรูปที่ 3.9 เนื่องจาก Chip นี้เป็น CMOS ดังนั้นก่อนที่จะติดตั้ง FX224 ควรจะทำการคลายประจุจากตัวคนเสียก่อน และไม่ต้องทำการปรับแต่งอะไรทั้งสิ้น



รูปที่ 3.8 Printed circuit board details for the scrambler module



รูปที่ 3.9 Wiring details for the voice scrambler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการตรวจสอบการทำงานเราทำได้ 2 วิธี คือ ถ้าเรามีเพียง Unitเดียว ให้เสียบ TX Output เข้าไปที่ Cassette หรือ เครื่องเล่นเทป และบันทึกข้อความลงบนตลับเทป โดยเปลี่ยน Code ไปที่ตำแหน่งต่างๆกัน แล้วเล่นเทปที่บันทึกกลับอีกเที่ยวผ่านวงจรรับ โดยเปลี่ยน Code Switch ไปที่ตำแหน่งต่างๆที่ได้ตั้งไว้เป็นการยืนยันประสิทธิภาพของการใส่รหัสและการถอดรหัส

แต่ถ้ามี 2 Module ก็ตั้งอันหนึ่งเป็น TX และอีกอันหนึ่งเป็น RX ตรวจดู Switching Function แล้วลองสลับการทำงานของ Units ทั้งสองดู แล้วตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง

3.11 การประยุกต์ (APPLICATION)

ในทางทฤษฎี Scramble สามารถใช้งานในทุกสภาวะที่ต้องการส่งและรับสัญญาณแบบเป็นความลับ แต่อย่างไรก็ตาม ในประเทศอังกฤษเองก็มีกฎข้อห้ามหลายข้อในการใช้ Scramble ต่อใช้ร่วมกับสายโทรศัพท์ ในตอนแรกก็ไม่อนุญาตให้ใช้ Scramble กับการส่งของ CB Radio แต่ต่อมาก็อนุญาตให้ใช้ได้รวมทั้งอนุญาตให้เจ้าของวิทยุรถยนต์ หรือ วิทยุในเครือข่ายใช้ได้ (ซึ่งก็เป็นจุดประสงค์ของผู้ผลิต Chip ตัวนี้ขึ้นมา)

3.12 การใช้ร่วมกับโทรศัพท์ (TELEPHONE USE)

การใช้ร่วมกับโทรศัพท์ ในหลายๆประเทศต่างก็มีกฎระเบียบที่แตกต่างกันไป เช่น ในประเทศอังกฤษ บริษัท British Telecom ได้พยายามอย่างมากที่จะให้สามารถใช้ Scramble กับข่ายสารของโทรศัพท์ เพราะมีกฎหมายห้ามไว้ได้ผลสรุปดังนี้

ประการแรก คิดว่าไม่มีเหตุผลอันควรที่จะห้ามส่งคำพูดเป็น Code ลงไปในสายโทรศัพท์ เพราะถ้าผิดกฎหมายแล้วการต่อ Scramble พ่วงเข้าไปก็เหมือนกับการต่อโทรศัพท์พ่วงเข้าไปนั่นเอง ซึ่งมันจะเป็นการเตือนให้ทุกคนมีการเคารพสิทธิของตน

ประการที่สอง เราทราบดีอยู่แล้วว่าสายโทรศัพท์ถูกใช้ส่งข้อมูลในรูปของ Code ดังนั้นก็ดูเหมือนว่าคำพูดของเราก็ควรจะส่งเป็น Code ได้เหมือนกัน

ข้อห้ามที่สำคัญในการใช้ Scramble กับสายโทรศัพท์จะไม่เกิดขึ้นถ้าใช้แต่เฉพาะการ Scramble เท่านั้น แต่บางคนเอาไปใช้กับเครื่องมืออื่นๆที่ไม่อนุญาต และไม่เข้าใจหลักการที่ว่าการสื่อสารจะไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องมือทางไฟฟ้าต่อพ่วงกับสายโทรศัพท์ เพราะจะทำให้การทำงานของระบบผิดพลาด หรือทำให้ได้รับผลเสียหายกับระบบได้ ซึ่งตอนนี้กำลังหามาตรฐานในการอนุมัติในหลักการนั้นมีอะไรบ้าง ดังนั้นการพยายามที่จะต่อ Scramble เข้ากับสายโทรศัพท์ก็คงจะผิดกฎหมาย ฉะนั้นจึงขอแนะนำให้ต่อโดยใช้การดัดแปลงใหม่โดยต่อกับ Handset ซึ่ง units เหล่านี้จะยอมให้เสียงออกที่ลำโพง และไมโครโฟนก็จะรับสัญญาณที่ปากพูด ซึ่งคิดว่าจะไม่มีปัญหากับสายโทรศัพท์ที่ต่อพ่วงเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.13 การใช้งานอื่นๆ (OTHER USES)

การใช้ Scramble ไม่ได้เจาะจงเฉพาะสายโทรศัพท์ หรือการส่งของวิทยุเท่านั้น แต่เราสามารถใช้เล่นได้กับการบันทึกเทป โดยเราบันทึกเสียงผ่าน Scrambler ลงในเทป แล้วเราสามารถนำเทปนั้นไปเล่นโดยผ่าน Scrambler ซึ่งจะต้องร้อยู่แล้วว่า Code ที่ใช้นั้นคือ Code อะไร นอกจากนี้นักดนตรียังสามารถเพิ่มเสียงเพลงให้แปลกและสนุกขึ้นได้โดยการเล่นผ่าน Single Scramble ซึ่งจะทำให้เสียงเปลี่ยนไปโดยใช้หลักการเปลี่ยนความถี่

3.14 OPERATION

การนำ chip นี้มาใช้งาน ให้พิจารณารูปที่ 3.5 จะพบว่าประกอบด้วย amplitude control ซึ่งเป็นตัวควบคุมขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้ Chip FX224 แต่จะต้องป้อนผ่านวงจร Pre-emphasis เพื่อยกระดับสัญญาณช่วงความถี่สูงขึ้น หลังจากนั้นก็จะป้อนเข้าไปแปลงความถี่ที่ FX224 แล้วส่งออกไปยังปลายทางซึ่งจะมี FX224 อีกตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นตัวแปลงสัญญาณที่ได้รับกลับไปเป็นสัญญาณเดิมก่อนส่ง แล้วส่งออกไปยังวงจร De-emphasis ซึ่งต่อออกไปยัง Amplitude Control เพื่อทำการขยายสัญญาณแล้วป้อนเข้าลำโพงต่อไป

จาก Block Diagram ดังกล่าวเรานำมาสร้างเป็นวงจรดังรูปที่ 3.7 ซึ่งเป็นวงจรรวมทั้งหมดที่สามารถใช้เป็นวงจรรับและวงจรส่งได้โดยเลือก Function ที่ถูกต้อง เพราะ Chip ตัวนี้มีการทำงานแบบ Half duplex

พิจารณาส่วนแรกของวงจร เมื่อปรับ Function RX-TX ไปที่ TX และเลือก Address A_0~A_4 แล้วป้อนสัญญาณเข้าที่ TX-in สัญญาณนี้จะถูก Pre-emphasis แล้วป้อนเข้าวงจร Amplitude Controller โดยมี IC1a ทำหน้าที่นี้ โดยเป็น OP-AMP ขยายสัญญาณเสียง และเราสามารถปรับ Gain ได้ตั้งแต่ 1~100 เท่าโดยปรับ VR1 หลังจากนั้นสัญญาณจะถูกส่งต่อไปเข้าที่ขา 22 ของ FX224J โดยผ่าน C4 เข้าไปทำการ Scramble ที่ FX224 แล้วส่งออกมายังขา 16 ของ Chip แล้วผ่าน C10 และ R13 เข้าขา 13 ของ IC1d ซึ่งทำหน้าที่เป็น Buffer และมีส่วนของวงจร De-emphasis คือ C19 ทำการกดสัญญาณที่ได้ลงให้เท่ากับตอนก่อนที่จะ Pre-emphasis แล้วส่งออกมายัง TX-out

เรามาพิจารณาต่อไปเมื่อให้วงจรอยู่ใน Mode RX โดยรับสัญญาณจาก TX-out จากชุด Scramble ตัวส่งมาเข้าที่จุด RX-in โดยผ่าน C3 เพื่อ Block DC Bias ผ่าน R5 เข้า IC1b เพื่อขยายสัญญาณที่ได้รับแล้วป้อนเข้าขา 18 ของ Chip FX224 โดยผ่าน C15 เพื่อเข้าไปแปลงสัญญาณกลับให้เหมือนกับสัญญาณก่อนส่ง แล้วป้อนผ่าน C11 และ R14 ทางขา 15 เข้าไปยัง IC1c ซึ่งเป็น Buffer แล้วส่งสัญญาณออกไปที่ RX-out โดยผ่าน C8 แล้วต่อเข้าไปที่ Amplifier ขยายสัญญาณแล้วออกลำโพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปนี้เราจะมาพิจารณาการทำงานของ Chip FX224 ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้ พิจารณา Block Diagram ที่ 1 เราพบว่าการทำงานของ Chip นี้ สามารถทำงานได้ทั้งเป็นตัวส่งและตัวรับ โดยการเลือกที่จะป้อน Logic Low และ High ให้กับขาที่ 8 ของ Chip ถ้าเป็น Logic Low จะทำหน้าที่เป็นตัวส่ง และถ้าเป็น Logic High จะทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูล

สิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือการปรับ Code ของ Address A_0~A_4 เพื่อเลือกความถี่ในการ Split ความถี่ของสัญญาณเสียง และเลือก Lowerband Carrier และ Upperband Carrier เพื่อจะนำไป Modulation กับความถี่เสียงที่ต้องการส่งในด้านส่ง และ Demodulation สัญญาณเสียงที่เราส่งไปแล้วที่ทางด้านรับ แต่ก่อนที่เราจะส่งหรือรับสัญญาณจะต้องปรับสวิทช์ Function CLEAR/SCRAMBLER เพื่อเลือกว่าสัญญาณเสียงมีการ Scramble หรือไม่

เมื่อเราเข้าใจ Function ต่างๆเรียบร้อยแล้ว ก็จะพิจารณาการทำงานดังนี้ ถ้าเลือกใช้ Chip เป็นตัวส่งสัญญาณต้องเลือกสัญญาณ TX และเลือกให้มีการ Scramble พิจารณารูปที่ 5 เมื่อเราป้อนสัญญาณที่ต้องการส่งเข้าไปที่ขา TX-input และเลือก Address เพื่อเลือกความถี่ Split, Lowerband และ Upperband สัญญาณที่ต้องการส่งที่จะผ่านไปยัง Filter 1 ซึ่งเป็น Lowerpass Filter และจะยอมให้ความถี่น้อยกว่า 2900 Hz ผ่าน และผ่าน Filter 4 ซึ่งเป็น Lowerpass Filter และจะยอมให้ความถี่มากกว่า 2700Hz ผ่าน และสัญญาณที่ออกจาก Filter 1 จะไป Modulate กับความถี่ Fc_1 (lowband Carrier Frequency) ที่ถูกเลือกโดยการให้ Address A_0~A_4 และจะทำให้เกิดการสลับความถี่จาก High ไปเป็น Low และจาก Low ไปเป็น High สำหรับสัญญาณที่ออกจาก Filter 4 จะไป Modulate กับ Fc_2 (Highband Carrier Frequency) และจะเป็นการกลับความถี่จาก High ไปเป็น Low และจาก Low ไปเป็น High ซึ่งเราสามารถที่จะแสดงทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

สมมุติสัญญาณที่ต้องการส่งมีช่วงความถี่จาก 500Hz ถึง 4300Hz

เลือก Address A_0~A_4 เป็น 00000

จะได้ Split Point Frequency 2800Hz
Lowband Carrier Frequency (Fc_1) 3105Hz
Highband Carrier Frequency (Fc_2) 6172Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา Fc_1 Modulate กับ ความถี่ที่ออกจาก Filter 1

Filter 1 ให้ Output ตั้งแต่ 500 ~2900 Hz แต่เนื่องจากการ Split เกิดขึ้นที่ความถี่ 2800 Hz ดังนั้นจะเริ่มทำการสลับความถี่ตั้งแต่ 500 ~ 2800 Hz ซึ่งจะได้ดังนี้

3105 - 500 = 2605 Hz

3105 - 2800 = 305 Hz

จะพบว่าความถี่สูงคือ 2800 Hz จะเปลี่ยนเป็นความถี่ต่ำคือ 305 Hz
และความถี่ต่ำคือ 500 Hz จะเปลี่ยนเป็นความถี่สูงคือ 2605Hz

พิจารณา Fc_2 Modulate กับ ความถี่ที่ออกจาก Filter 4

Filter 4 ให้ Output ตั้งแต่ 2700 Hz ถึง 3400 Hz แต่เนื่องจาก Split ที่ความถี่ 2800 Hz ดังนั้นจะเริ่มทำการสลับความถี่ตั้งแต่ 2800 Hz ~ 3400 Hz ซึ่งจะได้ดังนี้

6172 - 2800 = 3372 Hz

6172 - 3400 = 2772 Hz

จะพบว่ามีช่วงความถี่อยู่ช่วงหนึ่งที่ไม่มีการสลับความถี่ คือช่วงตั้งแต่ 2700 Hz ถึง 2800 Hz และช่วง 2800 Hz ถึง 2900 Hz ดังนั้นช่วงความถี่ทั้งหมดก็คือ 2700 Hz ถึง 2900 Hz

หลังจากนั้นสัญญาณที่ผ่านการ Modulated จะถูกส่งต่อไปที่ Filter 2 และ Filter 3 โดย Filter 2 จะยอมให้ความถี่ตั้งแต่ 2600 Hz ลงมาผ่านได้ และ Filter 3 จะยอมให้ความถี่ตั้งแต่ 3400 Hz ลงมาผ่านได้ แล้วจะไปรวมกันที่จุดรวมแล้วออกเป็น Output มาเข้า CTCSS เพื่อเป็นการกำจัด Sub-audio Harmonic แล้วส่งออกเป็น TX-out ออกไป

ในกรณีที่ Switch Clear/Scramble อยู่ใน Clear Mode การสลับความถี่จะไม่เกิดขึ้น สัญญาณจาก Filter 2 จะไม่ไปรวมกับสัญญาณจาก Filter 3

เมื่อส่งสัญญาณที่ Scramble แล้วออกมาที่ TX-out ก็จะต้องมีตัวรับสัญญาณไปรับสัญญาณที่ส่งออกมา แต่การที่จะรับฟังสัญญาณที่ส่งออกมาให้เข้าใจจำเป็นต้อง Switch ไปที่ Mode Scramble , Mode RX และ Address A_0 ~ A_3 ให้ถูกต้องเสียก่อน

เมื่อได้รับสัญญาณเข้ามาที่ RX-in ก็จะผ่านไปที่ CTCSS HPF ซึ่งในกรณีนี้จะเป็นตัวกำจัด Sub-audio Harmonic จากสัญญาณภายนอก หลังจากนั้นก็จะไปที่ Filter 2 และ Filter 3 ซึ่ง Filter 2 จะยอมให้ความถี่ตั้งแต่ 2600 Hz ลงมาผ่านได้ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ที่ออกมาก็จะไป Modulated กับ Fc_1 และจะถูกสลับความถี่กับเป็นความถี่ต้นกำเนิด ในทำนองเดียวกัน Filter 3 ซึ่งยอมให้ความถี่ตั้งแต่ 3400 Hz ลงมาผ่านได้ ความถี่ที่ได้ก็จะถูก Modulated กับ Fc_2 และจะถูกสลับความถี่กลับเป็นความถี่ต้นกำเนิดเช่นเดียวกัน ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

ความถี่จาก Filter 2 MOD กับ FC_1

3105 - 2605 = 500 Hz

3105 - 305 = 2800 Hz

ความถี่จาก Filter 3 MOD กับ Fc_2

6172 - 3372 = 2800 Hz

6172 - 2772 = 3400 Hz

จากนั้นความถี่ที่สลับกลับเรียบร้อยแล้วจะถูกส่งไปที่ Filter 1 และ Filter 4 ตามลำดับ แล้ว Output ของ Filter ก็จะรวมกันและออกไปที่ RX-out ไปเข้า Amplifier ออกไปสู่ลำโพงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและสรุปผล

4.1 COMPONENTS

ประกอบชุด Scrambler ตามรูปที่ 3.7 ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

รายการ	ค่าที่ใช้	จำนวน
Resister	75K	1
Resister	20K	1
Resister	100K	12
Resister	1M	1
Resister	4K7	2
Capacitor	1uF	7
Capacitor	1n8	1
Capacitor	15n	2
Capacitor	330p	1
Capacitor	100n	2
Capacitor	180p	1
Capacitor	56p	1
Capacitor	33p	1
Capacitor	22p	2
Capacitor	1n	1
IC1	#324	1
IC2	#FX224	1
IC3	#AN7805	1
VR1,VR2	1M log rotary	2
PCB		1
Socket DIL	24 Pin	1
Socket DIL	14 Pin	1
Crystal	1.000 MHz	1
Toggle SW	Miniature	2
Dip SW	6 Pos	1
Terminal	6 Pin	1
Plastic Case	4x8x12 Cm.	1

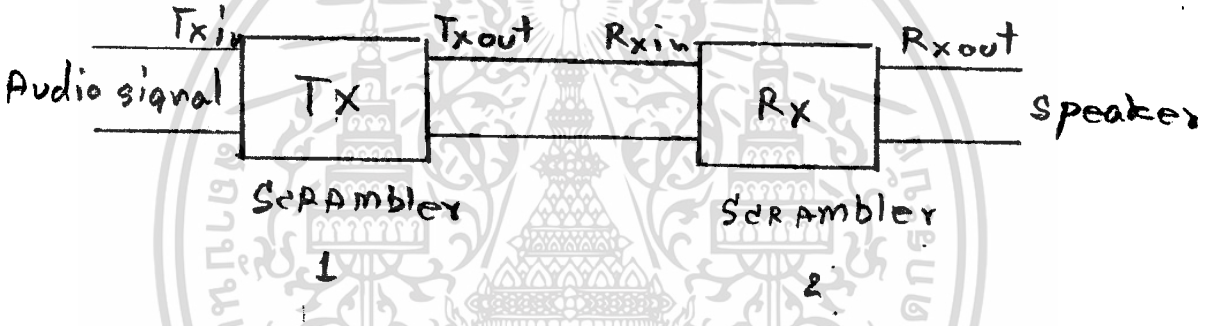
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลอง (EXPERIMENTALS)

อุปกรณ์การทดลอง

1.Scrambler	2 Unit
2.Power Supply 5 V	1 "
3.Oscilloscope	1 "
4.Tape Recorder	1 "
5.Amplifier 5 w	1 "
6.ลำโพง	1 "

ขั้นตอนการทดลอง



รูปที่ 4.1 บล๊อคไดอะแกรม การทดลอง

1.ต่อวงจรการทดลองตาม Block Diagram ดังรูปที่ 4.1
2.ป้อน Power Supply +5 V. เข้าที่ชุด Scrambler ทั้งสอง
3.Set Switch A_0 ~ A_4 เป็น 00000 ทั้งสองเครื่อง
4.Set Mode SW ของตัวส่งไปที่ TX
5.Set Mode SW ของตัวรับไปที่ RX
6.Set Function SW ของทั้งสองเครื่องไปที่ Clear
7.Operate Tape Recorder แล้ว Monitor ที่ RX-out ของเครื่องรับ จะปรากฏว่า Audio Output ที่ออกมาเหมือนต้นกำเนิด
8.เปลี่ยน Function SW ของเครื่องส่งไปที่ Scramble จะปรากฏว่า Audio Output จะเพี้ยนไปจากต้นกำเนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เปลี่ยน Function SW ของเครื่องรับไปที่ Scramble จะปรากฏว่า Audio Output จะกลับมาเหมือนต้นกำเนิดอีกครั้งหนึ่ง

10. Set Switch A_0 ~ A_4 ของเครื่องส่งเป็น 10000 จะปรากฏว่า Audio Output จะเพี้ยนไปจากต้นกำเนิด

11. ย้ายจุด Monitor จาก RX-out ไปที่ RX-in จะปรากฏว่า Audio Output ก็ยังคงเพี้ยนไปจากต้นกำเนิด

12. ทำการทดลองต่อโดยการ Set SW A_0 ~ A_4 ของทั้งสองเครื่องตามตารางที่ 1

4.4 <u>สรุปผลการทดลอง</u>

1. ถ้าตั้ง Function SW ของทั้งสองเครื่องที่ตำแหน่ง Clear แล้ว Audio Output จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ

2. ถ้าตั้ง Function SW ของทั้งสองเครื่องที่ตำแหน่งสลับกันแล้ว Audio Output ที่ได้จะเพี้ยนไปจากต้นกำเนิด

3. ถ้าตั้ง Function SW ของทั้งสองเครื่องที่ตำแหน่ง Scramble แล้ว
   3.1 เมื่อ SW A_0~A_4 ของทั้งสองเครื่องเหมือนกัน Audio Output จะคงเดิม
   3.2 เมื่อ SW A_0~A_4 ของทั้งสองเครื่องต่างกัน Audio Output จะไม่คงเดิม

4. จากการทดลองหลายๆครั้ง ได้ผลลัพธ์ออกมาใกล้เคียงกันคือ
   4.1 ทุกครั้งที่ตำแหน่งของ SW A_0 ~ A_4 เปลี่ยนไป Audio Output ของเครื่องส่งจะเพี้ยนไปจากต้นกำเนิด
   4.2 ในกรณีที่ SW A_0 ~ A_4 ของทั้งสองเครื่องอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกันแล้ว Audio Output ที่ RX-out พอที่จับใจความได้

5. อย่างไรก็ตามเราสามารถสรุปได้ว่า ชุด Scrambler นี้ทำงานได้ผลเป็นที่น่าพอใจ เพราะสำหรับบุคคลภายนอกที่ไม่มีชุด Scrambler นี้ก็จะไม่สามารถดักฟังการสนทนาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REFERENCE

1. N.S Jayant, B.J Mc. Dermott, S.w Christemsen and A.M Quinn " A comparison of four methods for anlog speech privacy", IEEE - transactions on communications, Vol.com-29,No.1,JAN 1981.

2. The Prof.,"A shift of frequency", Practical Electronics, DEC.1986.

3. The Prof.;"Scrambling for privacy", Practical Electronics, JAN 1987.

4. Malcolm Harvey,"32-channel voice scrambler",Practical Electronics, June 1988.

5. สมชาย สุขพันธ์, " Scrambler เครื่องป้องกันดักฟัง ", เซมิคอนดัคเตอร์อีเลคทรอนิคส์, ฉบับที่ 87

6. ยืน ภู่วรวรรณ, "หลักการสื่อสารด้วยวิทยุ", ทฤษฎีและการใช้งานอีเลคทรอนิคส์, หน้า 72-83 พ.ศ. 2511

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Publication D/214/2 November 1987
Provisional Issue

FX214
FX224
FX234

Features/Applications

- *Variable Split-Band Frequency Inversion Voice Scrambler
- 32 Programmable Split Frequencies
- CTCSS HP Filter
- High Recovered Audio Quality
- Low-Power 5 Volt CMOS
- Half-Duplex Switching
- Powersave Facility
- Mobile or Cellular Radio Applications
- Fixed or Rolling Code Applications
- Serial/Parallel Load Options: FX214 (Serial), FX224 (Parallel), FX234 (Serial and Parallel)
- DIL and SMD Package Options

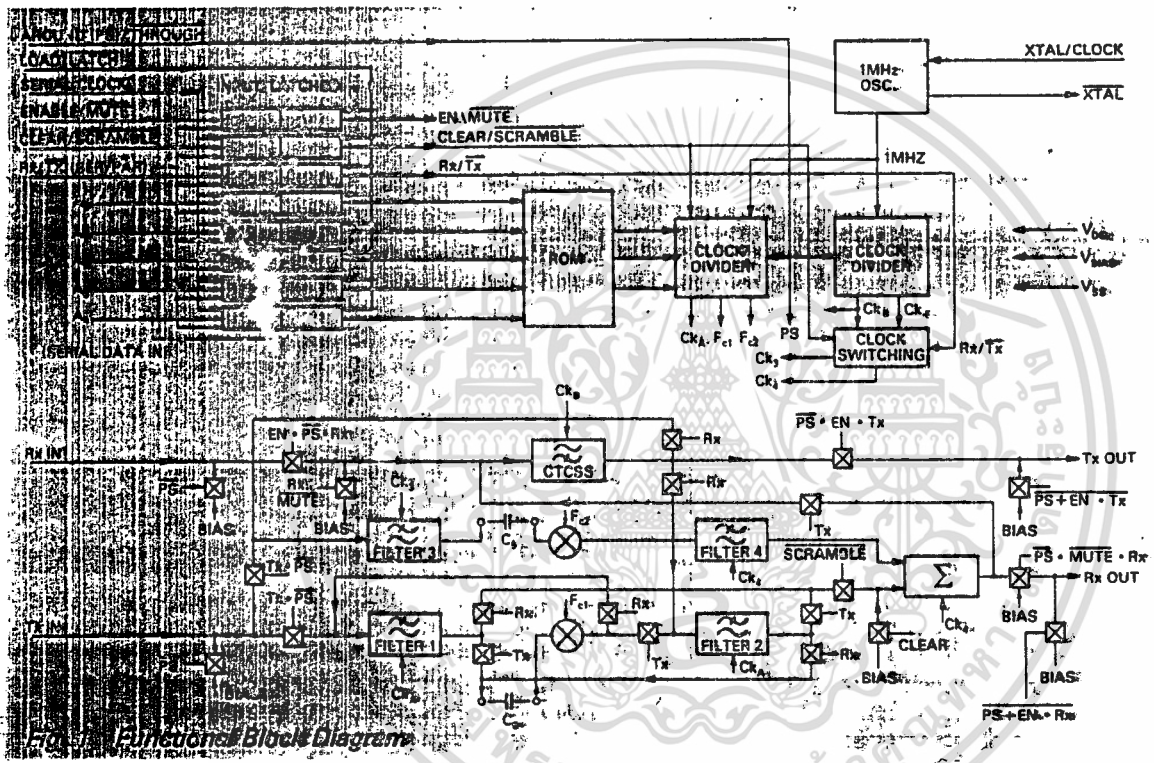


Fig. 1 Functional Block Diagram

Brief Description

The FX214, 224 and 234 are a family of Low-Power CMOS LSI devices designed as Variable Split-Band (VSB) Voice Scramblers.

The device uses separate Rx and Tx paths which are switched for Half-Duplex operation. To prevent interference from sub-audio products, an on-chip Continuous Tone Controlled Squelch System (CTCSS) Highpass Filter is automatically switched to the input in Rx, and to the output in Tx.

Scrambling is achieved by splitting the input voice frequencies into upper and lower frequency bands using switched capacitor filters, modulating each band with selected carrier frequencies to 'frequency invert' the bands, then summing the output.
A total of 32 different split-point and carrier frequency combinations are externally programmable using a 5-bit code; this code can be either fixed or varying (Rolling), for greater security.

'Sync/Speech Mute', 'Powersave', 'Clear' and 'Audio Bypass' facilities are controlled via external commands.

Timing and filter clocks are derived internally from an on-chip 1MHz oscillator requiring only an external 1MHz Xtal or clock pulse input.

This device demonstrates high baseband and carrier frequency rejection with good 'recovered audio' quality. Serial or Parallel command loading functions are available in both DIL and SMD packages with a 'Dual' load device in a 28-lead plastic leaded chip carrier.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Number					Function
FX 214J	FX 214LG	FX 224J	FX 224LG	FX 234LH	
7	1	1	1	1	**Xtal/Clock:** Input to the clock oscillator inverter. A 1MHz Xtal input or externally derived 1MHz clock is injected here. *See Figure 2.*
8	2	2	2	2	**$\overline{\text{Xtal}}$:** Output of the clock oscillator inverter.
9	3			3	**Serial Data Input:** This pin is used, on devices wired in the serial loading mode, to input an 8-bit word representing the digital control functions. This word is loaded using the serial data clock and is input in the following sequence:— ENABLE; CLEAR; Rx/$\overline{\text{Tx}}$; A_0; A_1; A_2; A_3; A_4, with the Load/$\overline{\text{Latch}}$ being operated on completion. *See Timing Diagram Figure 7.*
		3	3	4	A_4 A_3 A_2 A_1 A_0 **Programming Inputs:** In parallel mode, these are the 5 digital inputs whose code defines the split point frequency and the High and Low band carrier frequencies. Each of the 5 input pins have a 1MΩ internal pullup resistor. Table 2 contains programming information.
		4	4	5	
		5	5	6	
		6	6	7	
		7	7	8	
		8	8	9	**Rx/$\overline{\text{Tx}}$:** This digital input selects the Receive or Transmit paths and configures Upperband and Lowerband filter bandwidths whilst setting the CTCSS High Pass Filter position in the signal path. *See Table 1 and Figures 5 and 6.* 1MΩ internal pullup resistor (Rx).
13	8			10	**Parallel/$\overline{\text{Serial}}$:** This pin defines the loading mode of the digital function inputs. In the FX224J and FX224LG parallel load devices this pin has no external connections. For FX214J and FX214LG serial load devices this pin must be externally connected to V_{SS}. For the FX234LH, the dual loading device, this pin must be externally connected to V_{SS} for the serial mode. This pin, on all devices has a 1MΩ internal pullup resistor (Parallel). *See Figure 2(a), (b), (c).*
		9	9	11	**Clear/$\overline{\text{Scramble}}$:** This digital input puts the device into 'Clear' or 'Frequency Inversion' mode by controlling the application of carrier frequency to the Upper and Lower band Balanced Modulators. In 'Scramble' the Balanced Modulator carrier frequency values are selected by the split point address A_0—A_4 (Table 2). In 'Clear' carriers are turned off and the Balanced Modulators are bypassed internally, the Lower band signal is not added to to the output signal. 1MΩ internal pullup resistor (Clear).
		10	10	12	**Enable/Mute:** This digital function is used to disable Receive or Transmit signal paths for rolling code synchronization whilst maintaining bias conditions. To allow synchronizing information to be transmitted, or receiver audio output to be removed during sync periods, a logic '1' will enable, a logic '0' will disable the selected (Rx/$\overline{\text{Tx}}$) audio path. *See Table 1.* 1MΩ internal pullup resistor (Enable).
14	10			13	**Serial Clock Input:** This is the externally applied data clock frequency used to shift input data along on devices wired in the Serial loading mode. One full data clock cycle is required to shift one data bit completely into the register. *See Timing Diagram Figure 7.* This pin has a 1MΩ internal pullup resistor.
15	11	11	11	14	**Load/$\overline{\text{Latch}}$:** This pin controls the loading of the 8 digital function inputs; ENABLE; CLEAR; Rx/$\overline{\text{Tx}}$; A_0—A_4 into the internal register. When this pin is at logic '1' all 8 inputs are transparent and new data acts directly. For controlled changing of parameters in the parallel mode Load/$\overline{\text{Latch}}$ must be kept at logic '0' whilst a new function is loaded, then Load/$\overline{\text{Latch}}$ strobed 0-1-0 to latch the inputs in. For serial loading the serial data should be loaded with Load/$\overline{\text{Latch}}$ at logic '0' and then Load/$\overline{\text{Latch}}$ strobed 0-1-0 on completion of data loading. 1MΩ internal pullup resistor (Load). *See Figure 7.* NOTE: Serial and/or parallel loading functions are dependant upon device type *(see pages 9 and 10).*
16	12	12	12	15	**Around (Powersave)/$\overline{\text{Through}}$:** This digital input is used, when at logic '1' to put the device into the Powersave condition where all parts of the device except the 1MHz oscillator circuits are shut down, and signal input and output lines made open circuit, free of all bias. This allows signal paths to be routed externally around the device, whilst reducing current consumption. A logic '0' at this input enables the device to work normally as shown in Table 1. 1MΩ internal pullup resistor (Around).

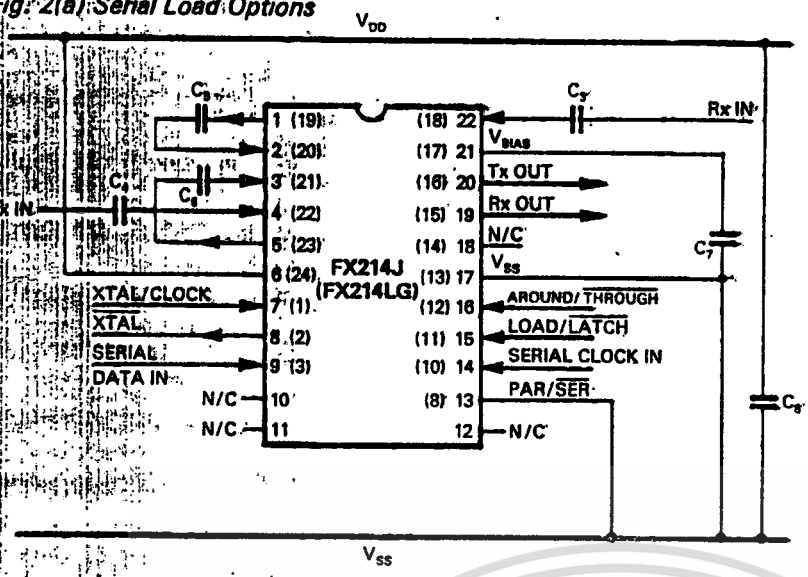
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Number					Function
FX 214J	FX 214LG	FX 224J	FX 224LG	FX 234LH	
17	13	13	13	16	V_{SS}: Negative Supply (GND).
18	14	14	14	17	**Internal Connection:** This pin is internally connected, leave open circuit.
19	15	15	15	18	**Rx Output:** This is the processed received audio signal output. This pin is held at a D.C. 'bias' voltage for all functions except Powersave. This buffered output is driven by the Summer circuit in the Rx mode. Signal paths and bias levels are detailed in Table 1 and Figure 6.
20	16	16	16	19	**Tx Output:** This is the processed audio output for the transmission channel. This pin is held at a D.C. 'bias' for all functions except Powersave. This summed and buffered signal is passed through the CTCSS High Pass Filter to the output pin in the Tx mode. Signal paths and bias levels are detailed in Table 1 and Figure 5.
21	17	17	17	20	V_{BIAS}: Normally at $V_{DD}/2$ this pin requires an external decoupling capacitor C_7, to V_{SS}.
22	18	18	18	21	**Rx Input:** This is the analogue received audio signal input. This pin is held at a D.C. 'bias' voltage by a 300kΩ on-chip bias resistor which is selected for all functions except Powersave, and therefore requires to be connected to external circuitry by a capacitor, C_3. *See Figure 2.* This input is routed through the CTCSS High Pass Filter in Rx mode to remove sub audio frequencies from the voice band. Signal paths and bias levels are detailed in Table 1 and Figure 6.
1	19	19	19	22	**Highband Filter Output:** The output of the Input Filter of the Upperband arm. The Rx/$\overline{Tx}$ function sets the lowpass filter at 3400Hz or 2700Hz respectively. This output must be connected to the Highband Balanced Modulator input via capacitor C_5. *See Figure 2.*
2	20	20	20	24	**Highband Balanced Modulator Input:** The input to the Balanced Modulator of the Upperband arm. This input must be connected to the Highband Filter Output via capacitor C_5.
3	21	21	21	25	**Lowband Balanced Modulator Input:** The input to the Balanced Modulator of the Lowerband arm. This input must be connected to the Lowband Filter Output with capacitor C_6. *See Figure 2.*
4	22	22	22	26	**Tx Input:** This is the analogue 'Clear' audio input for the VSB scrambler. This pin is held at a D.C. 'bias' voltage by a 300kΩ on-chip bias resistor which is selected for all functions except Powersave, and therefore requires to be connected to external circuitry by a capacitor, C_4. *See Figure 2.* This input, in the Tx mode, is connected to Upper and Lowerband input filters, signal paths and bias levels are detailed in Table 1 and Figure 5.
5	23	23	23	27	**Lowband Filter Output:** The output of the Input Filter of the Lowerband arm, the Rx/$\overline{Tx}$ function determines which filter is used (Filter 1 or 2). *See Figures 5 and 6.* This output must be connected to the Lowband Balanced Modulator Input via capacitor C_6. *See Figure 2.*
6	24	24	24	28	V_{DD}: A single +5V supply is required.
10, 11, 12	4, 5, 6, 7, 9			23	**Not Connected**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Component Connections

Fig. 2(a) Serial Load Options

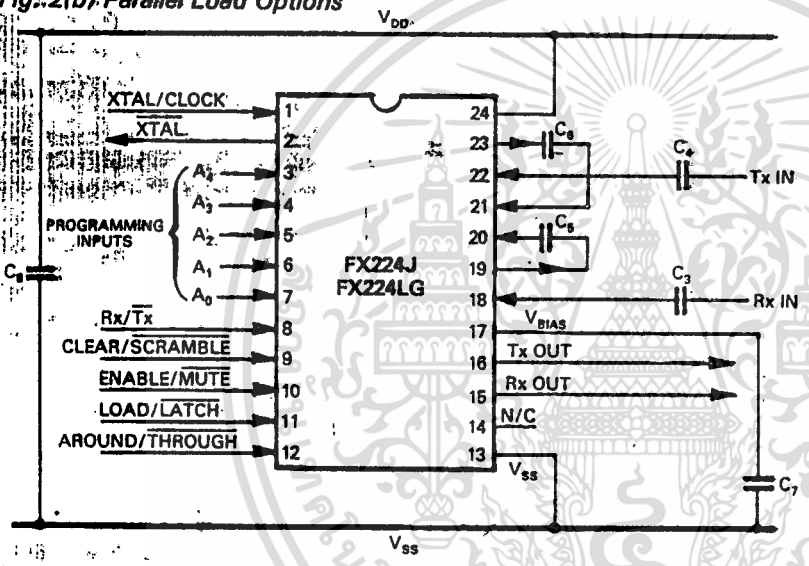


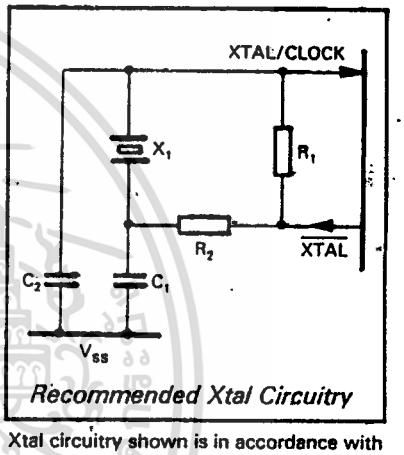
Not Connected

FX214J	10, 11, 12, 18*
FX214LG	4, 5, 6, 7, 9, 14*
FX224J	14*
FX224LG	14*
FX234LH	17*, 23*

*Internally connected, do not connect to.

Fig. 2(b) Parallel Load Options

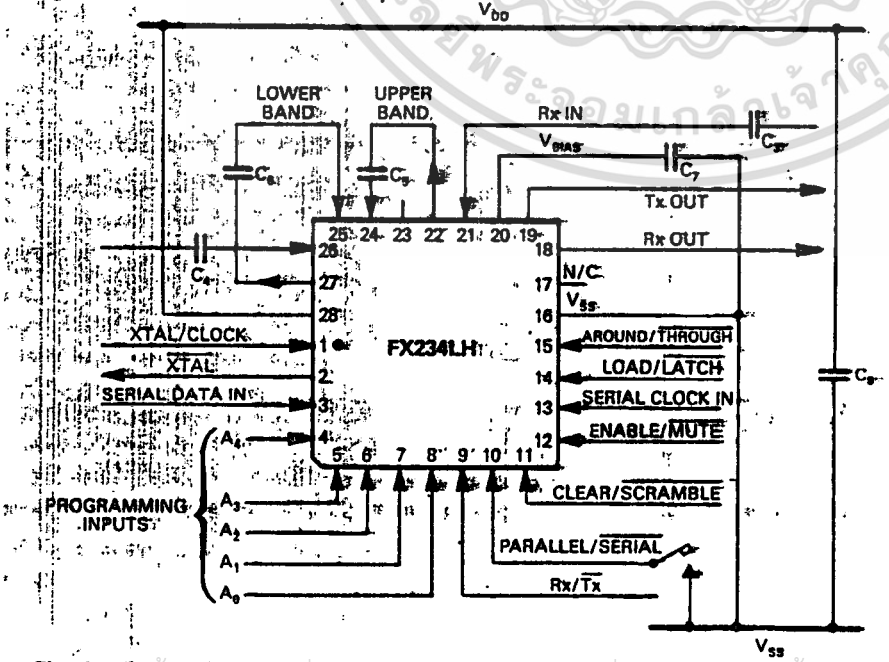




Recommended Xtal Circuitry

Xtal circuitry shown is in accordance with CML Application Note D/XT/1 April '86.

Fig. 2(c) Parallel/Serial Load Option



Component References	
Component	Unit Value
R_1	1M*
R_2	Selectable
C_1	33p
C_2	68p
C_3	15n
C_4	15n
C_5	1.0µ
C_6	1.0µ
C_7	1.0µ
C_8	1.0µ
X_1	1MHz

Tolerance Resistors ± 10%
Capacitors ± 20%
C_5 and C_6 are coupling capacitors between filter outputs and balanced modulator inputs.

Fig. 2 External Component Connections

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Information

This device can be used in 'Scramble' (frequency inversion) or 'Clear' speech modes. The inversion frequencies, when selected are controlled by the ROM address code (table 2). Keeping the code in one state (fixed) is the simplest form of operation. A more secure method is to continually change the ROM address code (rolling code) therefore changing split-point and carrier frequencies. This method requires some external form of code change generation with synchronization between transmit and receive stations. Many variations of code sequence are possible.

The recommended external component connections are shown in figure 2. In the Scramble mode, Split-point and Low and High band carrier frequencies (F_c1, F_c2) are selected and set in accordance with the ROM address code present at the inputs A_0 to A_4, *See Table 2.*

During the Clear speech function both Lower and Upperband filter arms are selected (figures 5 or 6), the carrier frequencies are turned off and the balanced modulators are bypassed internally. The Low band audio is removed from the output signal prior to summation.

Enable/$\overline{\text{Mute}}$

To enable code synchronization to be transmitted the speech output can be interrupted with the Enable/$\overline{\text{Mute}}$ function. A logic '0' will isolate the whole device whilst leaving the audio input and output pins at bias level. *See Table 1.*

Powersave

When the Around/$\overline{\text{Through}}$ function is at a logic '1' the device is in the powersave condition. Audio signals may be hardwired around the device normally as the input and output pins are open circuit. *See Table 1.*

Effect of Chosen Function on Inputs and Outputs		CHOSEN FUNCTION			
		Rx = '1'	$\overline{\text{Tx}}$ = '0'	$\overline{\text{Mute}}$ = '0'	Around (Powersave) = '1'
Rx Input	Path	Enabled	Disconnect	Disconnect	High Impedance
	Level	Bias	Bias	Bias	
Rx Output	Path	Enabled	Disconnected	Disconnect	High Impedance
	Level	Bias	Bias	Bias	
Tx Input	Path	Disconnected	Enabled	Enabled	High Impedance
	Level	Bias	Bias	Bias	
Tx Output	Path	Disconnected	Enabled	Disconnected	High Impedance
	Level	Bias	Bias	Bias	

Table 1 Functions Influencing Signal Paths

ROM Address A_4–A_0	Split Point Hz	Low Band Carrier, Hz f_{c1}	High Band Carrier, Hz f_{c2}	ROM Address A_4–A_0	Split Point Hz	Low Band Carrier, Hz f_{c1}	High Band Carrier, Hz f_{c2}
00000	2800	3105	6172	10000	1135	1436	4504
00001	2625	2923	6024	10001	1050	1351	4424
00010	2470	2777	5813	10010	976	1278	4347
00011	2333	2631	5681	10011	913	1213	4310
00100	2210	2512	5555	10100	857	1157	4273
00101	2100	2403	5494	10101	792	1094	4166
00110	2000	2304	5376	10110	736	1037	4132
00111	1909	2212	5263	10111	688	988	4065
01000	1826	2127	5208	11000	636	936	4032
01001	1750	2049	5102	11001	591	891	3968
01010	1680	1984	5050	11010	552	853	3937
01011	1555	1858	4950	11011	512	813	3906
01100	1448	1748	4807	11100	471	772	3846
01101	1354	1655	4716	11101	428	728	3816
01110	1272	1572	4629	11110	388	688	3787
01111	1200	1501	4587	11111	350	650	3731

Table 2 ROM Address Programming Table

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Information

For the following descriptions the term 'FX214' can be taken to mean FX214, FX224 and FX234.

Audio Quality

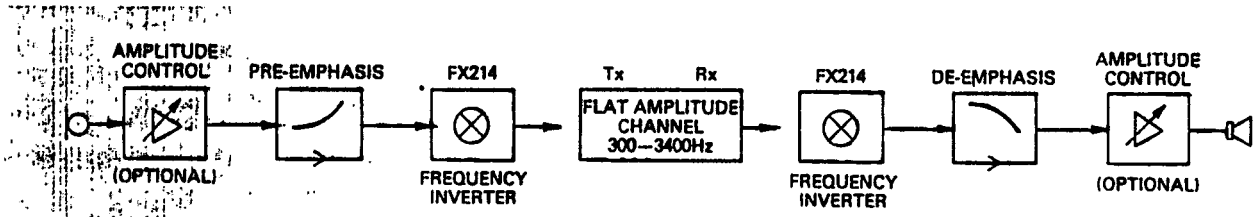


Fig. 3 Recommended Basic Communication Audio System Layout

Figure 3 shows the recommended basic audio system layout using added pre- and de-emphasis circuitry to maintain good recovered speech quality. In the Transmit mode *Do Not* pre-emphasise the audio output of the FX214. In the Receive mode de-emphasis should be used after the FX214.

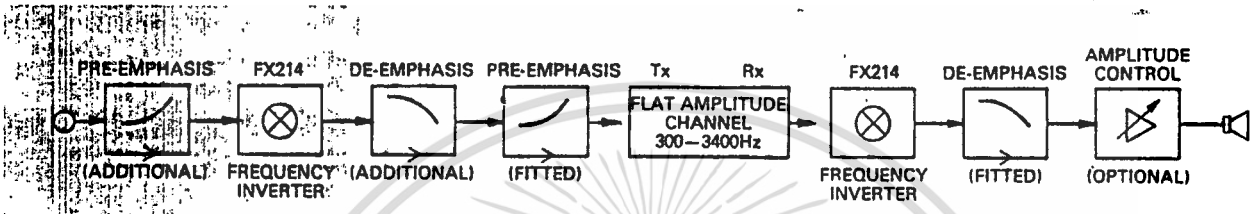


Fig. 4 Recommended Basic Radio Communication Audio System Layout

Figure 4 shows the recommended basic audio system layout if it is necessary to install the FX214 within a radio having pre- and de-emphasis circuitry as a standard. This is where post-emphasis access is not possible in the transmitter.

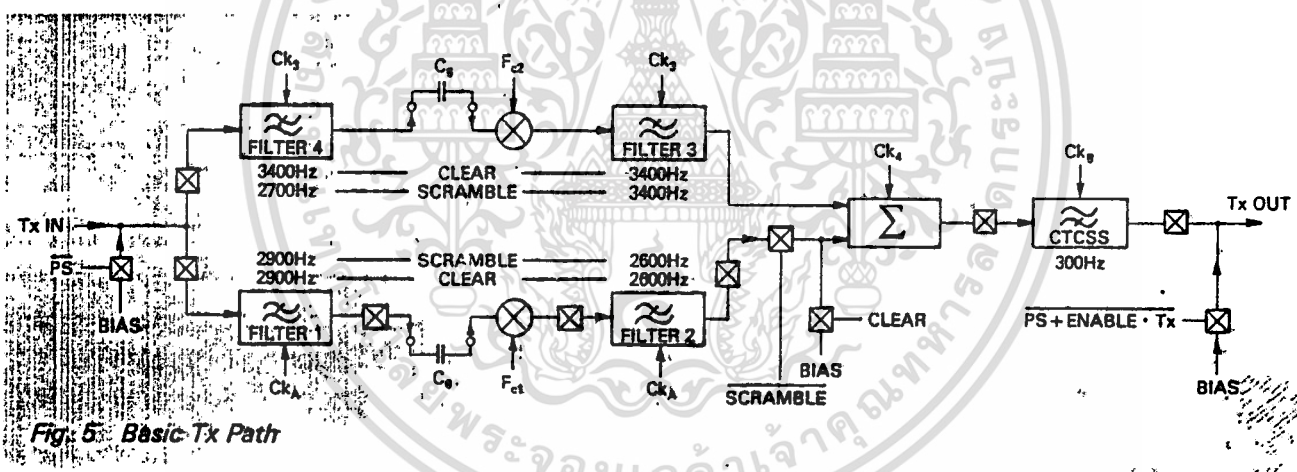


Fig. 5 Basic Tx Path

During the Transmit function the Low Pass and CTCSS filters are configured automatically as shown in Figure 5, with cut-off frequencies (-3dB) indicated.

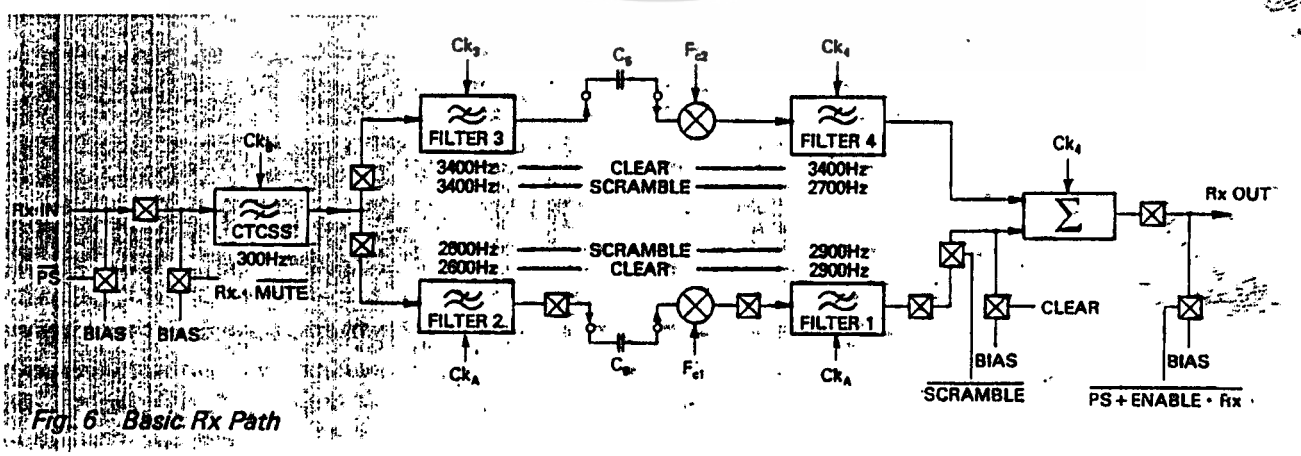


Fig. 6 Basic Rx Path

During the Receive function the Low Pass and CTCSS filters are configured automatically as shown in Figure 6, with cut-off frequencies (-3dB) indicated.

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้