สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องจ่ายสัญญาณภาพและเสียง

AUDIO VIDEO DISTRIBUTOR

โดย

นาย นริศ เชื้อพราหมณ์

นาย ไพศาล ด้วงเอียด

ปริญญานิพนธ์ นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บันฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....36953
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจ่ายสัญญาณภาพและเสียง

โดย	นายนริศ เชื้อพราหมณ์	40013296
	นายไพศาล ด้วงเอียด	40013300
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. อุทัย ศรีธีระวิโรจน์	
ปีการศึกษา	2542	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเครื่องจ่ายสัญญาณภาพและเสียง ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาของการลดทอน หรือความผิดเพี้ยนของสัญญาณภาพและเสียง ซึ่งปัญหาเหล่านี้มักจะพบมากในงานภาคสนาม โดยการต่อพ่วงโหลดหลาย ๆ ตัว เป็นเหตุทำให้สัญญาณเกิดการผิดเพี้ยน หรือเกิดการลดทอนของสัญญาณ ซึ่งจะส่งผลให้สัญญาณที่ได้ออกมาไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร แต่เมื่อเรานำเครื่องจ่ายสัญญาณภาพและเสียงมาต่อใช้ร่วมด้วยแล้วจะสามารถรักษาระดับของสัญญาณให้อยู่ในระดับที่น่าพอใจได้เลยทีเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUDIO VIDEO DISTRIBUTOR

BY MR. NARIT CHAUPRAM 40013296
MR. PAISAN DOUNGAED 40013300
ADVISOR UTHAI SRITHEERAVIROJANA

ABSTRACT

This thesis presents the audio video distributor, which is able to solve the problem of attenuation and error of audio video signal. In this problem found in operation by connects many loads. It causes to have not efficiency signal. Now we take the audio and video distributor connects together. It able to stabilize amplitude of signal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีในทุกๆ ด้าน ก็ด้วยความร่วมมือและคำชี้แนะพร้อมทั้งคำแนะนำต่างๆ จากคณะอาจารย์ทุกๆ ท่านในภาคเทคนิคอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์อุทัย ศรีธีระวิโรจน์ ซึ่งท่านเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาทางด้านโครงงานของคณะผู้จัดทำ ซึ่งอาจารย์ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในด้านต่างๆของโครงงานนี้เป็นอย่างดี และทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยเป็นห่วงและคอยให้คำแนะนำที่ดีแก่ทางคณะผู้จัดทำเป็นอย่างยิ่ง

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ทางการศึกษาและให้กำลังใจแก่ทางคณะผู้จัดทำด้วยดีตลอดมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

การนำสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงต่อเข้ากลับโหลด เอาต์พุต แบบเดี่ยว ๆ จำพวกการนำสัญญาณภาพ ป้อนเข้ามอนิเตอร์เพียงตัวเดียวและการป้อนสัญญาณเสียงเข้าชุดขยายเพียงชุดเดียว เราจะไม่ค่อยพบปัญหาของการผิดเพี้ยนของสัญญาณหรือเกิดสัญญาณลดทอนลงไป แต่ในทางกลับกันหากเรานำสัญญาณภาพป้อนเข้าให้กับมอนิเตอร์จำนวนหลายตัวโดยต่อพ่วงเข้าโดยตรงหรือป้อนสัญญาณเสียงให้กับชุดขยายหลายชุดในลักษณะเดียวกัน เราจะพบว่าสัญญาณส่วนหนึ่งจะถูกลดทอนลงไป สัญญาณที่ได้ออกมาจะมีประสิทธิภาพที่ไม่ค่อยดีนัก ซึ่งปัญหานี้เราสามารถแก้ไขได้โดยการใช้เครื่องจ่ายสัญญาณภาพและเสียง โดยการนำสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงป้อนเข้าเครื่องจ่ายสัญญาณภาพและเสียงก่อนแล้วจึงนำสัญญาณภาพแยกกระจายต่อเข้ากับมอนิเตอร์แต่ละตัวส่วนสัญญาณเสียงก็ทำในลักษณะเดียวกันคือแยกกระจายป้อนให้กับชุดขยายแต่ละชุด ซึ่งจะทำให้ปัญหาดังกล่าวหมดไป

คณะผู้จัดทำ
นายนริศ เชื้อพราหมณ์
นายไพศาล ด้วงเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
ABSTRACT	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทนำ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสัญญาณภาพ	1
สัญญาณภาพรวม	1
ก. สัญญาณภาพขาว-ดำ	1
ข. สัญญาณแบลงกิ้ง	2
ค. สัญญาณซิงโครไนซ์	3
ง. สัญญาณอีควอไลซิ่ง	4
บทที่ 2 กระบวนการขยายสัญญาณภาพ	6
ภาควิดีโอไอเอฟแอมปลิฟาย	6
ภาควิดีโอดีเทคเตอร์	7
ภาคขยายสัญญาณภาพ	8
ภาคขยายกำลังสัญญาณภาพ	9
ภาคควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติ	10
ภาคขจัดสัญญาณรบกวน	11
ภาคขยายสัญญาณซิงโครไนซ์	12
การขยายความถี่ปานกลาง	14
วงจรขยายสัญญาณภาพ	16
วิดีโอเอาต์พุต	17
การออกแบบวงจรวิดีโอเอาต์พุต	19
บทที่ 3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับออปแอมป์	27
คุณสมบัติของออปแอมป์	27
คุณสมบัติทั่วไป	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ลักษณะการทำงาน	31
คุณสมบัติและพารามิเตอร์บางชนิดของออปแอมป์	33
ค่าใช้งานต่าง ๆ ที่ควรเข้าใจ	40
ชนิดของออปแอมป์และตัวถังรูปแบบต่าง ๆ	44
บทที่ 4 การนำออปแอมป์ไปใช้ในกระบวนการขยายสัญญาณเสียง	50
วงจรขยายแรงดันสำหรับวงจรออดิโอ	50
วงจรปรับทุ้มแหลมชนิดแอคทีฟ	56
วงจรออดิโอมิกเซอร์	61
วงจรออดิโอชนิดอื่น ๆ	62
บทที่ 5 ลักษณะของอินพุตและเอาต์พุตแบบบาลานซ์	66
อินพุตและเอาต์พุตแบบบาลานซ์	66
ข้อแตกต่างของการบาลานซ์กับไม่บาลานซ์	66
บทที่ 6 การทดลอง	76
การทดลองเครื่องจ่ายสัญญาณภาพ	76
การทดลองเครื่องจ่ายสัญญาณเสียง	85
บทที่ 7 สรุปผลการทดลอง	96
หนังสืออ้างอิง	
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 1.1แสดงระดับสัญญาณขาวและดำโดยเกรย์สเกล	2
รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะของสัญญาณภาพรวมเบื้องต้น	4
รูปที่ 1.3 แสดงสัญญาณภาพรวมที่มีรายละเอียดทุกอย่าง	5
รูปที่ 1.4 แสดงระบบพัลซ์ในฟิลด์ของการซิงโครไนซ์ของระบบโทรทัศน์	5
รูปที่ 2.1 แสดงการแยกสัญญาณภาพออกจากคลื่นพาห์	7
รูปที่ 2.2 แสดงวิธีการของวิดีโอแอมปลิฟาย	8
รูปที่ 2.3 แสดงวิธีการของภาควิดีโอเอาต์พุต	9
รูปที่ 2.4 วิธีการบังคับอัตราขยายโดยเอจีซี	10
รูปที่ 2.5 ภาคขจัดสัญญาณรบกวน	11
รูปที่ 2.6 ภาคแยกสัญญาณซิงโครไนซ์	12
รูปที่ 2.7 ซิงค์แอมป์และการแยกเวอร์ติคัลและฮอริซอนตอล	13
รูปที่ 2.8 สเปคตรัมของแคร์เรียร์ภาพและเสียง	14
รูปที่ 2.9 ลักษณะของการตอบสนองความถี่ของวิดีโอไอเอฟ	15
รูปที่ 2.10 วงจรวิดีโอเอาต์พุต ซึ่งต้องตอบสนองความถี่ต่ำให้ได้ด้วย	18
รูปที่ 2.11 แสดงความถี่ตอบสนองทางด้านอินพุต	19
รูปที่ 2.12 คอนทราสต์เน็ทเวิร์ค	19
รูปที่ 2.13 ลูมิแนนซ์ ไดรเวอร์ หรือที่เรียกว่าวงจรไบรท์เนส	20
รูปที่ 2.14 วงจรขยายกำลังสัญญาณภาพ	21
รูปที่ 2.15 วงจรขยายกำลังสัญญาณภาพอีกแบบหนึ่ง	24
รูปที่ 3.1 แสดงบล็อคไดอะแกรมของวงจรภายในของออปแอมป์	28
รูปที่ 3.2 แสดงสัญลักษณ์ทั่วไปของออปแอมป์	28
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรภายในของออปแอมป์เบอร์ 741	30
รูปที่ 3.4 แสดงการต่อใช้ออปแอมป์ในลักษณะต่าง ๆ	32
รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ของขั้วต่าง ๆ	33
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรที่ใช้ตั้งค่าศูนย์ให้กับออปแอมป์	35
รูปที่ 3.7 การตอบสนองของอัตราสลูว์	37
รูปที่ 3.8 การตอบสนองต่อความถี่ของออปแอมป์	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.9 แสดงอัตราการลดสัญญาณแบบคอมมอนโหมด	40
รูปที่ 3.10 แสดงตัวอย่างของดาต้าชีทของออปแอมป์เบอร์ 741	42
รูปที่ 3.11แสดงรูปแบบและลักษณะต่าง ๆ ของไอซีออปแอมป์	45
รูปที่ 4.1 วงจรขยายชนิดกลับเฟส	50
รูปที่ 4.2 วงจรขยายชนิดกลับเฟสที่ใช้ Single Supply	51
รูปที่ 4.3 วงจรขยายชนิดไม่กลับเฟส	52
รูปที่ 4.4 วงจรขยายชนิดไม่กลับเฟสที่ใช้ Single Supply	53
รูปที่ 4.5 วงจรปรีแอมป์ที่มีอิมพีแดนซ์สูง	54
รูปที่ 4.6 วงจรปรีแอมป์ชนิดดิฟเฟอเรนเชียลที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ	54
รูปที่ 4.7 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส	55
รูปที่ 4.8 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟสที่ใช้ขับโหลดที่ดึงกระแสสูง ๆ	55
รูปที่ 4.9 วงจรปรับเสียงทุ้มชนิดพาสซีฟ	57
รูปที่ 4.10 วงจรปรับเสียงแหลม	58
รูปที่ 4.11 วงจรปรับเสียงทุ้มแหลมชนิดพาสซีฟแบบสมบูรณ์	59
รูปที่ 4.12 วงจรปรับเสียงทุ้มแหลมชนิดแอคทีฟ	59
รูปที่ 4.13 วงจรปรับเสียงทุ้มแหลมชนิดแอคทีฟแบบสามระดับ	60
รูปที่ 4.14 วงจรออดิโอมิกเซอร์	61
รูปที่ 4.15 วงจร Scratch filter	62
รูปที่ 4.16 วงจร Rumble filter	63
รูปที่ 4.17 วงจร Speech filter	64
รูปที่ 4.18 วงจร Active crossover	65
รูปที่ 5.1 ลักษณะสัญญาณที่ผ่านมาทางสายนำสัญญาณในระบบบาลานซ์	68
รูปที่ 5.2 การเดินทางของสัญญาณในระบบบาลานซ์	69
รูปที่ 5.3 บล็อคไดอะแกรมการทำงานและการต่อใช้งาน	71
รูปที่ 5.4 วงจรสมบูรณ์ของอินพุต/เอาต์พุตแบบบาลานซ์	75
รูปที่ 6.1 แสดงวงจรเครื่องจ่ายสัญญาณภาพ	77
รูปที่ 6.2 สัญญาณวิดีโออินพุต	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 6.3 เปรียบเทียบระหว่างสัญญาณอินพุตกับเอาต์พุต	78
รูปที่ 6.4 แสดงสัญญาณเมื่อปรับลดค่า VR1	79
รูปที่ 6.5 แสดงสัญญาณเมื่อปรับเพิ่มค่า VR1	80
รูปที่ 6.6 แสดงสัญญาณเมื่อปรับลดค่า VR2	80
รูปที่ 6.7 แสดงสัญญาณเมื่อปรับเพิ่มค่า VR2	81
รูปที่ 6.8 แสดงสัญญาณเมื่อทำการปรับ (C6) TRIMMER	82
รูปที่ 6.9 แสดงสัญญาณเอาต์พุตสองสัญญาณเปรียบเทียบกัน	83
รูปที่ 6.10 แสดงสัญญาณเอาต์พุตสามสัญญาณ	84
รูปที่ 6.11 บล็อคไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องจ่ายสัญญาณเสียง	85
รูปที่ 6.12 แสดงวงจรจ่ายสัญญาณเสียง	87
รูปที่ 6.13 แสดงสัญญาณอินพุตที่เข้ามาแบบบาลานซ์	88
รูปที่ 6.14 แสดงสัญญาณเอาต์พุตของวงจรอินพุตบาลานซ์เมื่อเทียบกับอินพุตหนึ่งสัญญาณเฟส	89
รูปที่ 6.15 แสดงสัญญาณแบบไม่บาลานซ์	90
รูปที่ 6.16 รูปสัญญาณที่ตรวจจับทางด้านเอาต์พุตของเอาต์พุตแบบบาลานซ์ที่ความถี่ 20 Hz	91
รูปที่ 6.17 รูปสัญญาณที่ตรวจจับทางด้านเอาต์พุตของเอาต์พุตแบบบาลานซ์ที่ความถี่ 100Hz	91
รูปที่ 6.18 แสดงสัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุตแบบบาลานซ์ที่ความถี่ 1KHz	92
รูปที่ 6.19 แสดงสัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุตแบบบาลานซ์ที่ความถี่ 10KHz	92
รูปที่ 6.20 แสดงสัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุตแบบบาลานซ์ที่ความถี่ 15KHz	93
รูปที่ 6.21 แสดงสัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุตแบบบาลานซ์ที่ความถี่ 20KHz	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 6.22 แสดงการปรับอัตราขยายสัญญาณของเอาต์พุตเมื่อเทียบกับอินพุตแบบไม่บาลานซ์	94
รูปที่ 6.23 แสดงการปรับอัตราขยายสัญญาณของวงจรแบบบาลานซ์เทียบกับอินพุต	94
รูปที่ 6.24 แสดงลักษณะของรูปคลื่นอินพุตกับเอาต์พุตเมื่อปรับอัตราขยายสูงเกิน	95
รูปที่ 6.25 แสดงสัญญาณเมื่อเปลี่ยนค่าแอมปลิจูดของสัญญาณสูงขึ้นจนเกินคุณสมบัติของออปแอมป์	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสัญญาณภาพ

สัญญาณภาพรวม

หากจะถามว่าเครื่องส่งทำการส่งสัญญาณอะไรมาให้เครื่องรับบ้าง หากตอบกันง่าย ๆ ก็ต้องตอบว่าส่งสัญญาณภาพรวม (Composite Video Signal) ซึ่งการที่เราจะทำให้เครื่องรับโทรทัศน์บรรลุวัตถุประสงค์ได้นั้นต้องให้สถานีโทรทัศน์ส่งสัญญาณต่าง ๆดังนี้

1. สัญญาณเสียง
2. สัญญาณภาพ
3. สัญญาณแบลงกิ้ง
4. สัญญาณซิงโครไนซ์
5. สัญญาณอีควอไลซิ่ง

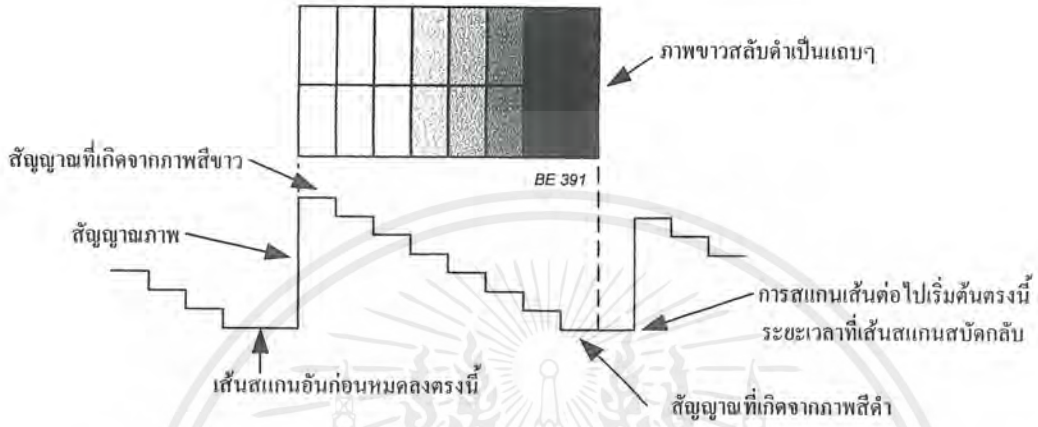
ในส่วนของระบบสัญญาณเสียงจะใช้คลื่นพาห์ (Carrier) เฉพาะ เพราะทราบกันเบื้องต้นแล้วว่าระบบเสียงในโทรทัศน์เป็นระบบ เอฟเอ็ม. ส่วนสัญญาณภาพและอื่น ๆ ที่เหลือนั้นเราจะส่งเป็นสัญญาณภาพรวมหรือคอมโพสิท วิดีโอ ซิกแนล (Composite Video Signal) แล้วใช้คลื่นพาห์ภาพส่งออกไป การที่เราต้องส่งสัญญาณทั้ง 5 ตัวออกอากาศแพร่คลื่นออกไปเพื่อวัตถุประสงค์ดังนี้

1. สัญญาณภาพและสัญญาณเสียง เป็นสัญญาณที่ส่งไปเพื่อให้เกิดภาพและเสียงขึ้นในเครื่องรับโทรทัศน์
2. สัญญาณแบลกิ้ง เป็นสัญญาณที่ส่งเพื่อให้ลบเส้นสะบัดกลับทั้งในแนวตั้งและแนวนอน
3. สัญญาณซิงโครไนซ์ เป็นสัญญาณที่ส่งมาเพื่อช่วยให้วงจรหักเหทางแนวตั้งและวงจรหักเหทางแนวนอน เพื่อให้เครื่องส่งกับเครื่องรับทำงานสอดคล้องตรงกัน
4. สัญญาณอีควอไลซิ่ง เป็นสัญญาณที่ช่วยให้สัญญาณซิงโครไนซ์ทั้งแนวตั้งและแนวนอนยังคงรูปเดิมอยู่ได้ แม้ว่าจะเป็นการสแกนแบบสลับเส้นก็ตาม

ก. สัญญาณภาพขาว – ดำ

สมมติว่าจะดูระดับสัญญาณขาว – ดำ กรณีเรากล่าวถึงสัญญาณขาว – ดำหรือสัญญาณโมโนโครมได้ดีที่สุดต้องกล่าวว่าภาพที่เป็นสีขาวคือภาพที่มีความสว่างมากที่สุด และภาพที่เป็นสีดำคือภาพที่ไม่มีความสว่างเลยภาพจำลองที่ดีที่สุดของกรณีก็คือแถบภาพที่มีความแตกต่างของระดับขาวดำทีละน้อย ซึ่งเราเรียกว่าระดับเกรย์สเกลนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 แสดงระดับสัญญาณขาวและดำ โดยเกรย์สเกล

จากภาพที่ 1.1 แสดงให้เห็นระดับของเกลย์สเกล ในกรณีที่ระดับสัญญาณภาพเป็นสัญญาณสีขาวเข้ามา นั่นหมายความว่าระดับความแรงของสัญญาณภาพมากที่สุดจึงให้ความส่องสว่างที่หน้าจอสว่างมากที่สุด และเมื่อระดับสัญญาณสีขาวลดลงเป็นสีมัว, เทา และดำ นั้น ระดับสัญญาณจะลดลงมาเรื่อย ๆ นั่นหมายความว่าเมื่อสัญญาณมีความแรงน้อยลงความส่องสว่างจะน้อยลงตามไปด้วย

อันที่จริงแล้วภาพแต่ละภาพเป็นสัญญาณความถี่ทางไฟฟ้าที่มีความถี่สูงต่ำไม่เท่ากัน โดยความถี่สูงสุดจะไม่เกิน 4 เมกะเฮิรตซ์ในระบบเอฟซีซี. และไม่เกิน 5 เมกะเฮิรตซ์ในระบบซีซีไออาร์. ภาพที่เกิดจากความถี่สูงย่อมมีความละเอียดกว่าความถี่ต่ำ (มีจำนวนจุดคำมากกว่า)

ข. สัญญาณแบลงกิ้ง

ทราบแล้วว่าเมื่อมีการสแกนลำอิเล็คตรอนที่กน้าจอจะเกิดเส้นรีเทรซ หรือเส้นสะบัดกลับ ซึ่งเป็นเส้นภาพที่เราไม่ต้องการ เครื่องส่งจึงต้องส่งสัญญาณแบลงกิ้ง (Blanking) เพื่อบังคับให้เครื่องรับสมารถลบเส้นสะบัดกลัลได้ สัญญาณแบลงกิ้งส่วนหนึ่งเครื่องรับจะต้องสร้างขึ้นเหมือนการสร้างสัญญาณซิงโครไนซ์แต่มันจะสัมพันธ์เครื่องส่งได้อย่างไร จึงต้องมีการส่งสัญญาณแบลงกิ้งมาจากเครื่องส่งเพื่อลบเส้นสะบัดกลับในเครื่องรับ สัญญาณแบลงกิ้งมีอยู่ 2 อย่างคือ เวอร์ติคอลแบลงกิ้ง กับฮอริซอนตอลแบลงกิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.สัญญาณซิงโครไนซ์

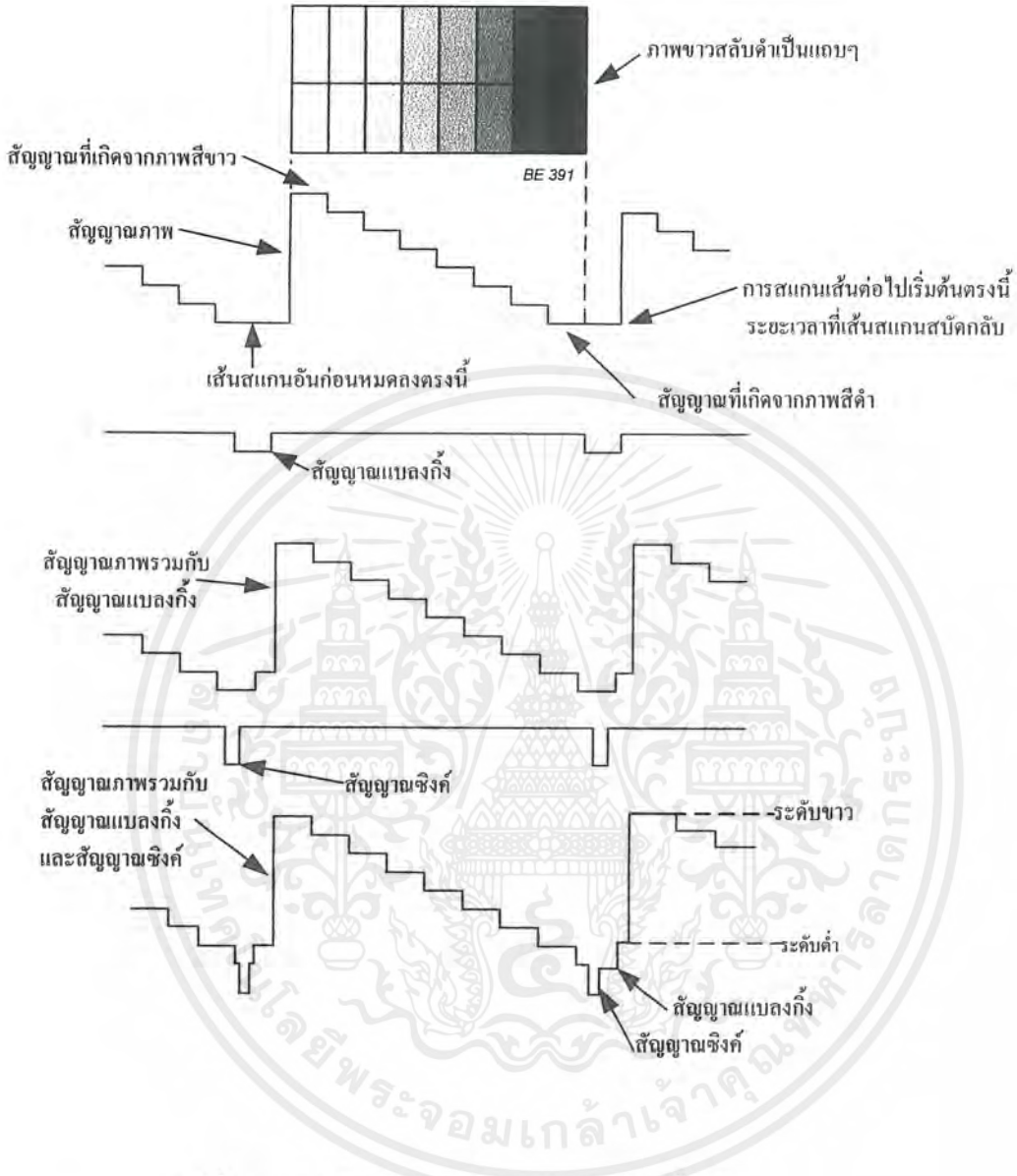
เป็นสัญญาณเพื่อให้การสแกนเป็นไปอย่างถูกต้อง ทั้งการสแกนแนวตั้งและแนวนอน โดยสัญญาณซิงโครไนซ์หรือสัญญาณซิงค์มีอยู่ 2 สัญญาณ คือ

ฮอริซอนตอล ซิงโครไนซ์ (Horizontal Synchronize) เป็นศสัญญาณซิงโครไนซ์ทางแนวนอน ซึ่งมีความถี่ 15,625 เฮิรตซ์ (ในระบบ CCIR) หรือ 15,750 เฮิรตซ์ (ในระบบ FCC) ถ้าไม่มีสัญญาณส่วนนี้ส่งมาจะทำให้ภาพเกิดการล้มได้

เวอร์ติคอล ซิงโครไนซ์ (Vertical Synchronize) เป็นสัญญาณซิงโครไนซ์ทางแนวตั้ง ซึ่งมีความถี่ 50 เฮิรตซ์ (ในระบบ CCIR) หรือ 60 เฮิรตซ์ (ในระบบ FCC) ถ้าไม่มีการส่งสัญญาณนี้มาจะทำให้ภาพเลื่อน

เนื่องจากสัญญาณซิงโครไนซ์กับสัญญาณแบลงกิ้งไม่ว่าจะเป็นแนวนอนหรือแนวตั้ง จะมีความถี่เท่ากัน เวลาส่งจึงต้องกำหนดตำแหน่งของการส่งให้ถูกต้อง มิฉะนั้นแล้วจะเกิดการกวนกันได้ ในทางปฏิบัติจึงให้สัญญาณไปด้วยกัน ให้แบลงกิ้งพัลซ์เป็นฐานของสัญญาณซิงค์พัลซ์ เมื่อมีการจัดระดับของสัญญาณส่วนนี้เทียบกับเกรย์สเกลระดับของแบลงกิ้งจะอยู่ที่ระระดับต่ำกว่าดำ ส่วนซิงค์จะเป็นระดับต่ำกว่าระดับดำมากกว่าลงไปอีก สัญญาณเหล่านี้จึงไม่มีการส่งผลต่อการมองเห็น (หรือไม่กวนสัญญาณภาพ) ดังรูปที่ 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

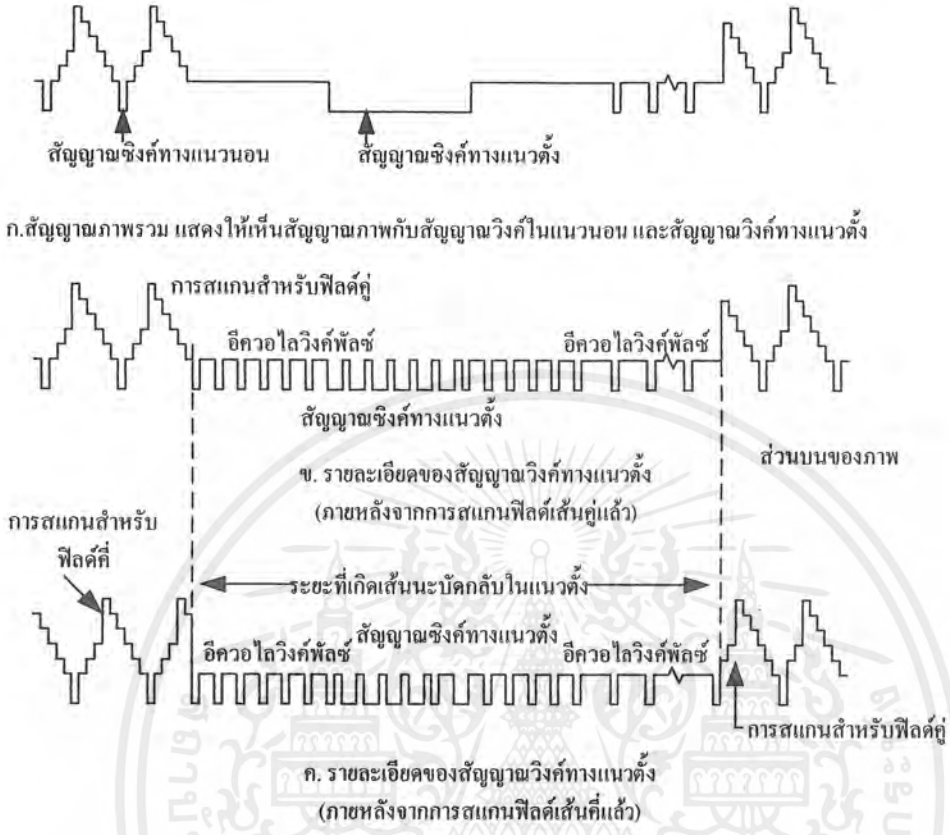


รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะของสัญญาณภาพรวมเบื้องต้น

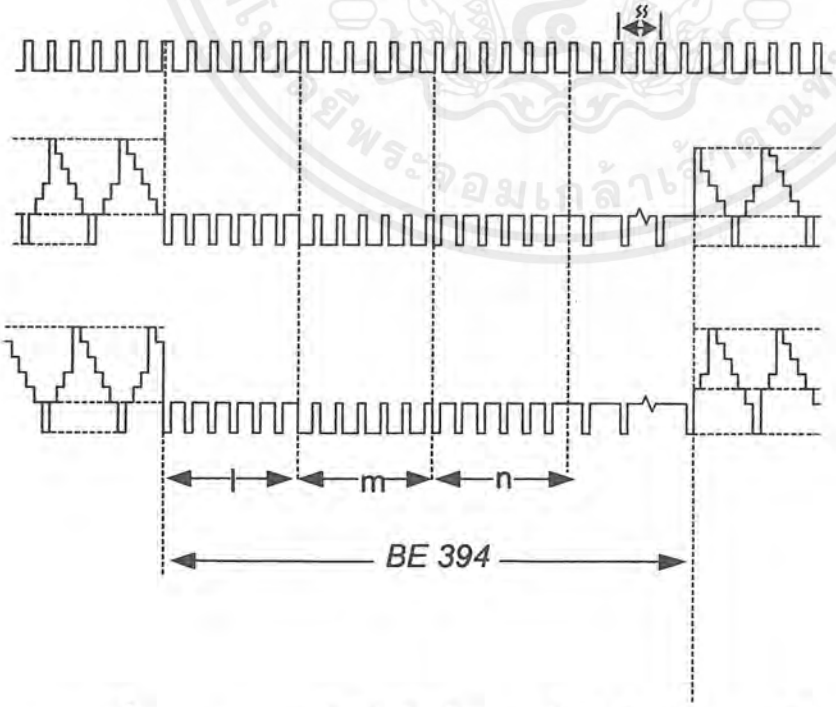
ง. สัญญาณอีควอไลซิ่ง

เป็นสัญญาณบังคับรูปร่างของสัญญาณซิงโครไนซ์ทางแนวตั้ง เพื่อให้สามารถคงรูปถูกต้อง แล้วยังช่วยให้การสแกนแบบสลับเป็นไปได้ถูกต้องด้วย สามารถขึ้นเส้นคู่เส้นคี่ในตำแหน่งที่ถูกต้องได้ ทั้งยังส่งผลทางอ้อมให้สัญญาณซิงโครไนซ์ททางแนวนอนไม่ขาดหายไปในระหว่างการส่งสัญญาณทางแนวตั้งด้วย สัญญาณตัวนี้จะมีขนาดของพัลซ์รวมเท่ากับเวอร์ติคอลซิงโครไนซ์ พัลซ์ สัญญาณส่วนนี้จะถูกแบ่งออกเป็น 6 ลูกเล็ก ๆ ในระบ 525 เส้น และถูกแบ่งเป็น 5 ลูก ในระบบ 625 เส้น ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3 แสดงสัญญาณภาพรวมที่มีรายละเอียดทุกอย่าง



รูปที่ 1.4 แสดงระบบพัลซ์ในฟิลด์ของการซิงโครไนซ์ของระบบโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

กระบวนการขยายสัญญาณภาพ

ภาควีดีโอ ไอเอฟ แอมปลิฟาย (Video IF Amplifier)

ภาควีดีโอ ไอเอฟ แอมปลิฟาย เป็นวงจรที่รับเอาสัญญาณโทรทัศน์ที่ถูกแปลงเป็นความถี่ไอเอฟ แล้วเข้ามาทำการขยายสัญญาณ สัญญาณในส่วนนี้ก็คือสัญญาณภาพรวม โดยวงจรขยายดังกล่าวเป็นวงจรขยายสัญญาณที่ถูกผสมมาแบบเวสติเจียล – ไซด์แบนด์ โดยมีลักษณะของวงจรคอมม่อน ไอเอฟ ตามลักษณะของอินเตอร์แครเรียร์ คือเป็นทั้ง ไอเอฟ แอมปลิฟาย ของทั้งภาพและเสียง โดยภาพมีความถี่ที่ 38.9 เมกะเฮิรตซ์ ในขณะที่เสียงมีความถี่ 33.4 เมกะเฮิรตซ์ (ไม่ว่าเราจะรับช่องใดเข้ามา) โดยความถี่คลื่นพาห์ภาพและเสียงห่างกันอยู่ 5.5 เมกะเฮิรตซ์ ในขณะที่ระบบ เอฟซีซี มีไอเอฟ ภาพเท่ากับ 45.75 เมกะเฮิรตซ์และ ไอเอฟเสียง 41.25 ห่างกันอยู่ 4.5 เมกะเฮิรตซ์ โดยความถี่ไอเอฟของสัญญาณภาพจะอยู่ที่ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์เพื่อจะลดแรงของสัญญาณทางด้านความถี่สูง ไม่ให้ไปรบกวนช่องข้างเคียง

ความถี่ไอเอฟ ทางด้านเสียงจะถูกขยายเพียงเล็กน้อย ประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ในขณะที่สัญญาณทางด้านภาพต้องการขยายมากๆ ซึ่งกล่าวได้ว่าวงจรไอเอฟ แอมปลิฟายเป็นวงจรที่มีการขยายมากที่สุดของวงจรเครื่องรับโทรทัศน์

สมมุติว่าเรากำลังศึกษาเกี่ยวกับเครื่องรับโทรทัศน์ขนาดจอ 15-21 นิ้ว หากสัญญาณเข้ามาที่ระบบสายอากาศเท่ากับ 50 ไมโครโวลท์ จากสเปคระบุว่าหลอดภาพต้องการสัญญาณถึง 80 โวลท์ หากวงจรเครื่องรับโทรทัศน์เครื่องนั้นต้องออกแบบให้ อาร์เอฟ แอมปลิฟายขยายเท่ากับ 30 เท่า วงจรดีเทคเตอร์ขยาย 0.6 เท่า และวงจรขยายสัญญาณภาพหรือวีดีโอแอมป์ขยาย 30 เท่า ดังนั้นเราสามารถที่จะหาค่าอัตราขยายของวงจร ไอเอฟ แอมปลิฟายได้ดังนี้

อัตราขยายรวมทั้งวงจร = สัญญาณที่หลอดภาพ / สัญญาณที่สายอากาศ

= 80V/50uV

= 1,600,000 เท่า

ดังนั้นการขยายที่วงจรไอเอฟแอมปลิฟลายจะต้องขยายหาได้จาก

อัตราขยายของไอเอฟแอมปลิฟลาย = อัตราขยายรวม / อัตราขยายของวงจรอื่น

= 1.6 X 1,000,000 / 30 X 0.6 X 30

= 3,000 เท่า

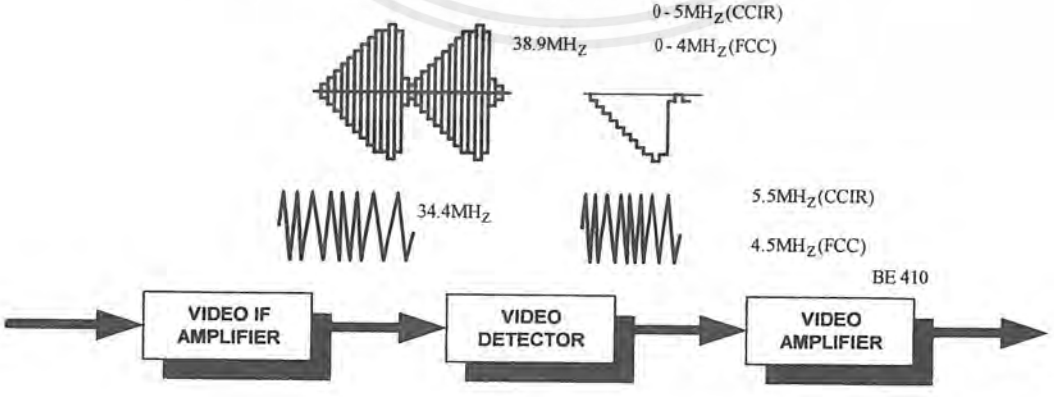
จะเล็งเห็นว่าวงจร วีดีโอ แอมปลิฟาย ต้องขยายให้มากที่สุด ซึ่งได้ประมาณ 70 เดซิเบล หากออกแบบวงจร ไอเอฟ แอมปลิฟาย มีเพียง 2 สเตจ จะต้องให้แต่ละสเตจมีเกนการขยายไม่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่า 35 เดซิเบล และหากจะใช้วงจรขยาย 3 สเตจจะต้องมีแกนไม่ต่ำกว่า 23 เดซิเบล อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงสภาพความเป็นจริงแล้ว ยังมีความถี่บางส่วนที่หดหายไปเพราะอุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน ดังนั้นโดยทั่วไปในปัจจุบันเราจะออกแบบให้วงจรขยายความถี่ ไอเอฟ มี 3 ภาค แต่ละภาคจะต้องมีเกนการขยายไม่ต่ำกว่า 30 เดซิเบล

ภาควีดีโอ ดีเทคเตอร์ (Video Detector)

ภาคแยกสัญญาณภาพ หรือวีดีโอดีเทคเตอร์ ทำหน้าที่รับเอาสัญญาณโทรทัศน์ความถี่ไอเอฟ ทั้งภาพและเสียง เข้ามาเพื่อทำการแยกสัญญาณภาพออกจากคลื่นพาห์ภาพ เพราะว่าสัญญาณภาพถูกส่งมาในระบบเอเอ็ม (AM) โดยวงจรนี้จะถูกจัดให้ดีเทคเตอร์สัญญาณภาพในระบบเอเอ็ม ส่วนสัญญาณเสียงนั้นถูกส่งมาในระบบเอฟเอ็ม (FM) ดังนั้นการดีเทคเตอร์หรือแยกสัญญาณในระบบแอมปิจูดจึงไม่ทำให้สัญญาณเสียงถูกดีเทคเตอร์ด้วยสัญญาณเสียงเสมือนอาศัยวงจรดีเทคเตอร์เป็นทางผ่าน ในขณะที่สัญญาณภาพถูกแยกเอาคลื่นพาห์ทิ้งได้ สัญญาณภาพอยู่ในย่านความถี่ 0-4 MHZ ในระบบเอเอฟซีซี (FCC) ตามหลักการของการส่งและรับเวสติเจียลไซด์แบนด์ ทิ้งให้อัปเปอร์ไซด์แบนด์มีแบนด์วิทธ์ (Band Width) กว้าง 4MHZ ในระบบนี้จึงทำให้ไอเอฟ ของเสียงในอินเตอร์แคร์เรียร์เท่ากับ 4.5MHZ ส่วนในระบบซีซีไออาร์ (CCIR) จะทำให้สัญญษณภาพอยู่ในช่วง 0-5 MHZ โดยสัญญาณภาพและเสียงจะถูกส่งให้อัปเปอร์ไซด์แบนด์กว้างถึง 5MHZ จึงมีผลให้ความถี่ไอเอฟ เสียงของระบบนี้เท่ากับ 5.5MHZ จากนั้นจะมีการนำเอาสัญญาณภาพที่ไม่มีคลื่นพาห์หรือผ่านการดีเทคเตอร์แล้ว พร้อมกับสัญญาณเสียงซึ่งยังไม่ได้ขจัดคลื่นพาหะส่งไปยังภาควีดีโอแอมปลิฟาย (Video Amplifier) ต่อไปดังกรรมวิธีที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงการแยกสัญญาณภาพออกจากคลื่นพาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพขยายสัญญาณภาพหรือวีดีโอแอมปลิฟาย (Video Amplifier)

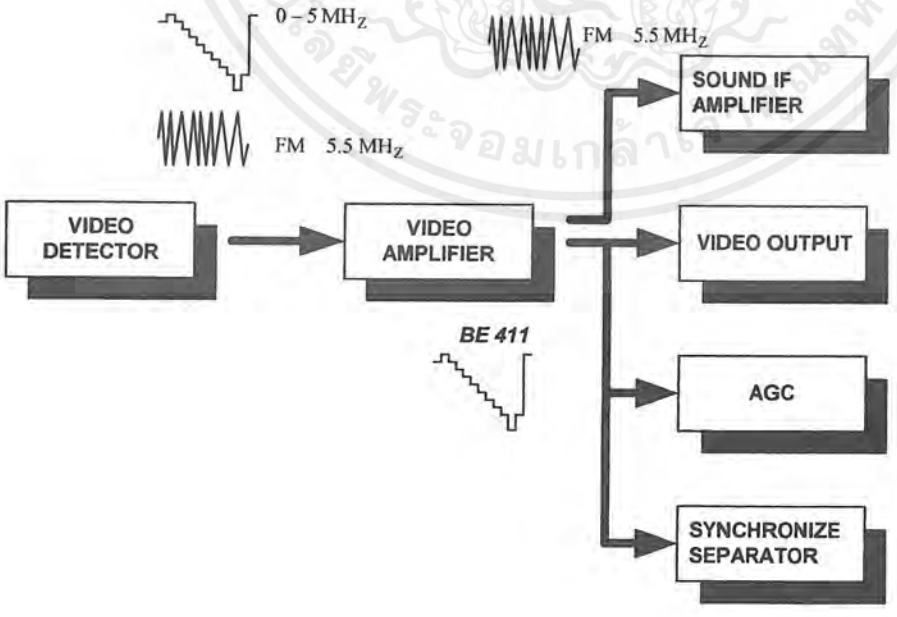
ภาคขยายสัญญาณภาพหรือวีดีโอแอมปลิฟาย ทำหน้าที่รับเอาสัญญาณภาพซึ่งผ่านการจัดคลื่นพาห์แล้วและสัญญาณเสียงซึ่งยังไม่ได้ผ่านการขจัดคลื่นพาห์ เข้ามาทำการขยายทั้งสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงเพื่อให้มีความแรงของสัญญาณมากยิ่งขึ้น แล้วจะนำเอาสัญญาณได้จากการขยายทั้งภาพและเสียงแยกส่งให้ภาคต่างๆ ดังนี้

- แยกเอาเฉพาะสัญญาณเสียง ซึ่งเป็นความถี่ไอเอฟ 5.5 MHZ ในระบบซีซีไออาร์ (CCIR) หรือ 4.5 ในระบบเอฟซีซี (FCC) ส่งให้แก่วงจรขยายความถี่ปานกลาง (IF) ของภาคเสียงต่อไป

- แยกออกเฉพาะสัญญาณภาพ ซึ่งมีความถี่อยู่ในช่วง 0-5 MHZ สำหรับระบบซีซีไออาร์ (CCIR) หรือ 0-4 MHZ สำหรับระบบเอฟซีซี (FCC) ส่งให้แก่ภาควีดีโอเอาต์พุต (Video Output) ทำการขยายเป็นครั้งสุดท้าย เพื่อที่จะนำออกสู่วงจรหลอดภาพ (CRT) ต่อไป

- แยกเอาเฉพาะสัญญาณภาพรวม ส่งให้วงจรเอจีซี (AGC) เอาผลพลอยได้จากสัญญาณซิงโครไนซ์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสัญญาณภาพรวม เป็นแรงดันไฟฟ้าเพื่อควบคุมอัตราขยายของวงจรส่วนหน้าๆ ต่อไป

- แยกเอาเฉพาะสัญญาณภาพ ส่งให้แก่วงจรแยกสัญญาณควบคุมซิงโครไนซ์ (Sync Separator) แยกเอาเฉพาะสัญญาณซิงโครไนซ์ (Synchronize) เพื่อนำไปควบคุมการสร้างความถี่สแกนภาพทั้งทางด้านแนวตั้ง (Vertical) แนวนอน (Horizontal)

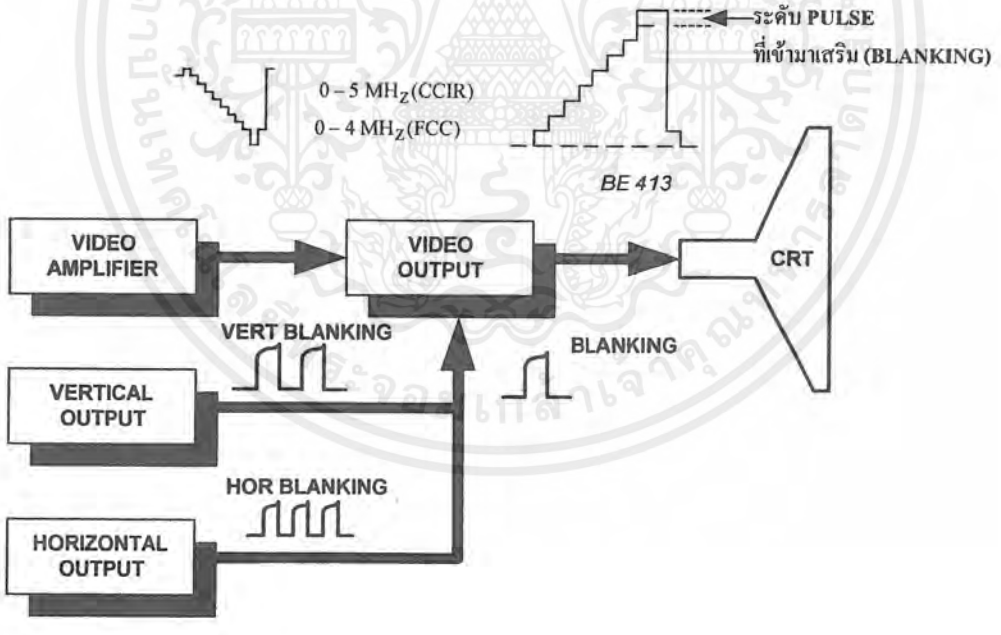


รูปที่ 2.2 แสดงวิธีการของวีดีโอแอมปลิฟาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคขยายกำลังสัญญาณภาพ (Video Output)

ภาคขยายกำลังสัญญาณภาพ หรือวีดีโอเอาต์พุต ทำหน้าที่รับเอาเฉพาะสัญญาณภาพซึ่งมีความถี่อยู่ในช่วง 0-5 MHZ ในระบบซีซีไออาร์ (CCIR) หรือ 0-4 MHZ ในระบบเอฟซีซี (FCC) เข้ามาทำการขยายให้มีความแรงของสัญญาณมากขึ้น และยังทำหน้าที่ควบคุมให้ระบบภาพมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น นั้นคือ นอกจากจะขยายสัญญาณภาพที่รับมาจากภาควีดีโอแอมปลิฟายแล้ว ยังทำหน้าที่รับเอาสัญญาณลบเส้นสะบัดกลับ หรือที่เรียกว่าสัญญาณแบลงกิ้ง ทั้งทางแนวตั้ง และทางแนวนอน เพื่อบังคับการทำงานของจอภาพให้สมบูรณ์แบบไม่มีการเกิดเส้นสะบัดกลับของการสแกนที่หน้าจอ นั้นหมายความว่าวงจรนี้จะต้องรวมกับภาคเวอร์ติคอลเอาต์พุต และฮอร์ซอนตอลเอาต์พุต แล้วสัญญาณทั้งหมดจะผ่านการขยายโดยวงจรขยายกำลัง เพื่อขับออกหน้าจอ หรือวงจรหลอดภาพต่อไป ปกติระดับสัญญาณในเครื่องรับโทรทัศน์จอขนาดกลางทั่วๆ ไป ต้องการความแรงสัญญาณภาพประมาณ 80 โวลท์

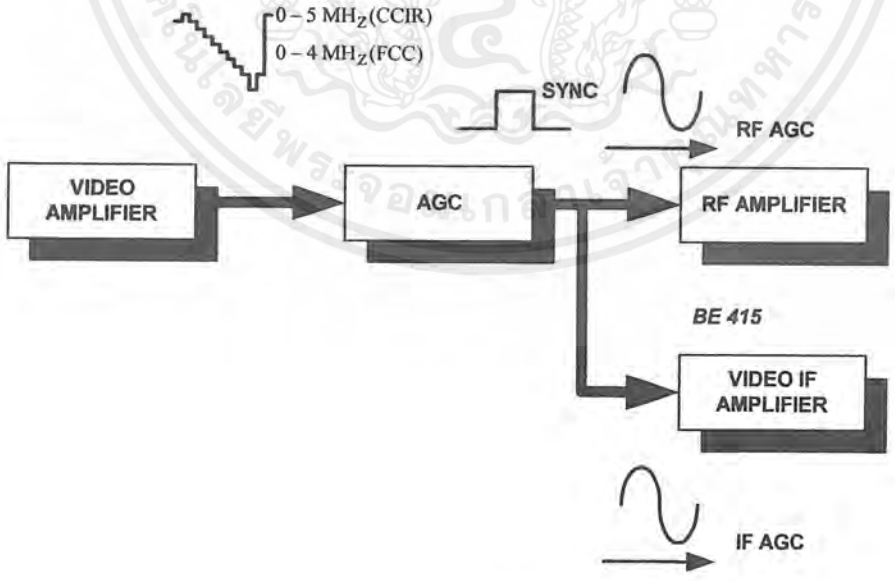


รูปที่ 2.3 แสดงวิธีการของภาควิดีโอเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติ (Automatic Gain Control)

ภาคควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติ หรือที่เราเรียกว่าเอจีซี (AGC) ทำหน้าที่รับเอาสัญญาณภาพรวม(Composite Video Signal) มาจากภาควีดีโอแอมปลิฟาย โดยวิธีการตัดเอาเฉพาะสัญญาณซิงโครไนซ์ (Synchronize) แล้วนำสัญญาณซิงโครไนซ์ที่ตัดได้เข้าสู่วงจรกรองแรงดันไฟเอจีซี (เปลี่ยนจากสัญญาณซิงโครไนซ์ให้เป็นแรงดันไฟเอจีซี) แล้วนำเอาแรงดันไฟเอจีซีที่ได้แยกออกเป็น 2 ส่วน คือแรงดันไฟฟ้าส่วนแรกส่งให้แก่ภาควีดีโอ ไอเอฟ แอมปลิฟาย เพื่อควบคุมอัตราการขยายของวงจรขยายความถี่ปานกลางสัญญาณภาพ เรียกว่าแรงดันไฟไอเอฟ เอจีซี และแรงดันไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่ง จะแยกส่งให้แก่ภาคขยายความถี่วิทยุหรืออาร์เอฟแอมปลิฟาย เพื่อควบคุมอัตราการขยายของวงจร อาร์เอฟ แอมปลิฟาย ซึ่งเราจะเรียกแรงดันไฟฟ้าส่วนที่ส่งไปนี้ว่าแรงดันไฟอาร์เอฟเอจีซี โดยแรงดันไฟเอจีซี ที่ส่งไปควบคุมอัตราการขยายนี้จะมีลักษณะพิเศษ คือถ้าแรงดันที่ส่งไปควบคุมอัตราการขยายมาก จะทำให้ภาคขยายสัญญาณต่างๆ เหล่านั้นขยายสัญญาณได้น้อยกว่าปกติ แต่ ถ้าแรงดันที่ส่งไปควบคุมอัตราการขยายนี้จะเป็นลักษณะพิเศษ คือถ้าแรงดันที่อาร์เอฟ เอจีซีโดยแรงดันไฟเอจีซี ที่ส่งไปควบคุมอัตราการขยายนี้จะมีลักษณะพิเศษ คือถ้าแรงดันที่ส่งไปควบคุมอัตราการขยายน้อย ก็จะทำให้ภาคขยายสัญญาณต่างๆ เหล่านั้นขยายสัญญาณได้มากกว่ากำหนด

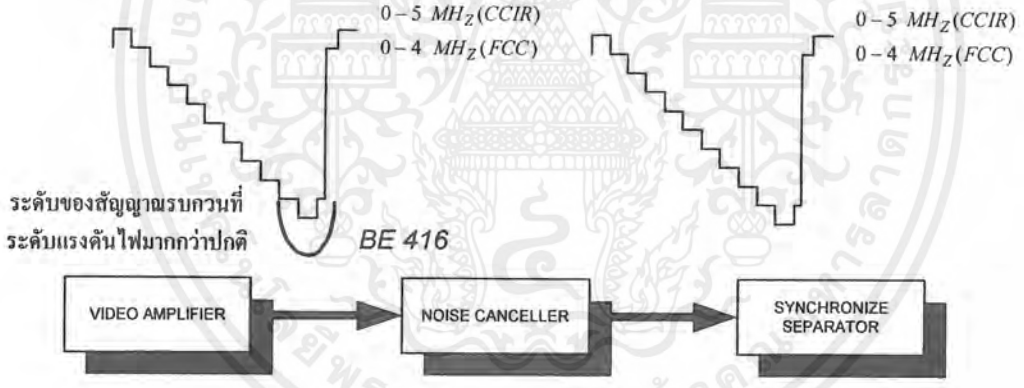


รูปที่ 2.4 วิธีการบังคับอัตราขยายโดย เอจีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคขจัดสัญญาณรบกวน (Noise Canceller)

สัญญาณรวม เป็นสัญญาณที่ถูกมอดูเลท (Moduale) มาในระบบเอเอ็ม วิธีการผสมคลื่นพาห์ โดยวิธีการที่จะเกิดสัญญาณภาพรวมได้มาก จุดอ่อนของสัญญาณโดยทั่วไปจะอยู่ที่ยอดคลื่น หรือกล่าวได้ว่าอยู่ทีระดับสูงสุดของแอมปลิจูด ในแง่ของสัญญาณโทรทัศน์แล้ว สัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า (noise) จะมีผลอย่างมากต่อระบบของการแสกนภาพหน้าจอหรือพูดง่ายๆ ว่ามีผลมากที่สุดกับระดับของสัญยาณซิงโครไนซ์ ดังนั้นก่อนที่จะส่งสัญญาณภาพรวมไปทำการแยกเอาสัญญาณซิงโครไนซ์ออกมา (Sync Separator) จึงต้องการขจัดสัญญาณรบกวนทิ้งเสียก่อน ซึ่งเราอาจเรียกทับศัพท์ว่า "น้อยส์แคนเซลเลอร์" (Noise Chancellor)

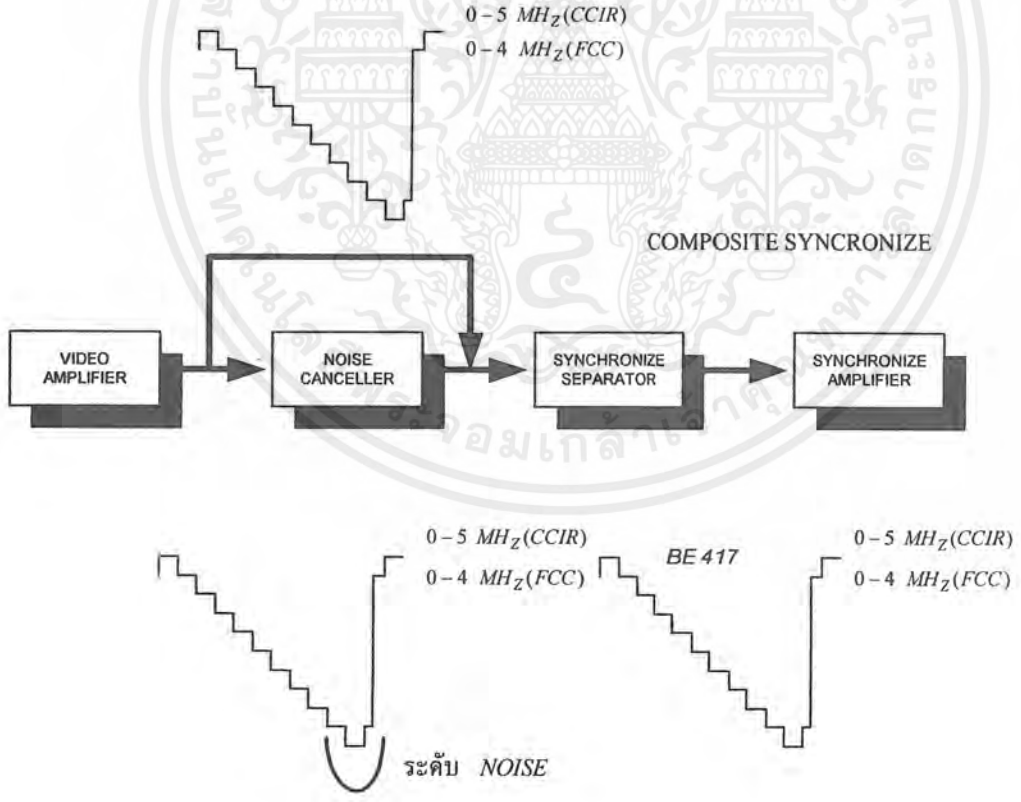


รูปที่ 2.5 ภาคขจัดสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคแยกสัญญาณซิงโครไนซ์ (Synchronize Separator)

ในการแสกนภาพหน้าจอ เราทราบแล้วว่าเครื่องส่งจะส่งสัญญาณควบคุมที่เรียกว่า ซิงโครไนซ์ (Synchronize) เพื่อควบคุมการสร้างภาพของเครื่องรับให้เหมือนกับเครื่องส่ง โดยการฝากสัญญาณซิงโครไนซ์มากับยอดสุดของระดับสัญญาณภาพรวม ตรงนี้เองที่ทำให้สัญญาณซิงโครไนซ์มีโอกาสถูกสัญญาณรบกวนในอากาศได้มากที่สุด จึงต้องมีการขจัดสัญญาณรบกวนแล้วส่งมาให้ภาคนี้ทำการแยกสัญญาณซิงโครไนซ์ ซึ่งเราจะเรียกต่อไปนี้ว่า ตัดแยกเอาสัญญาณซิงโครไนซ์รวม ออกมา ซึ่งสัญญาณซิงโครไนซ์รวมนี้ประกอบด้วยสัญญาณหลักย่อยอีกไม่ต่ำกว่า 2 สัญญาณ คือ ฮอริซอนตอล ซิงโครไนซ์ และเวอร์ติคอล ซิงโครไนซ์ แล้วส่งสัญญาณซิงโครไนซ์ไปยังวงจรขยายสัญญาณซิงโครไนซ์ต่อไป

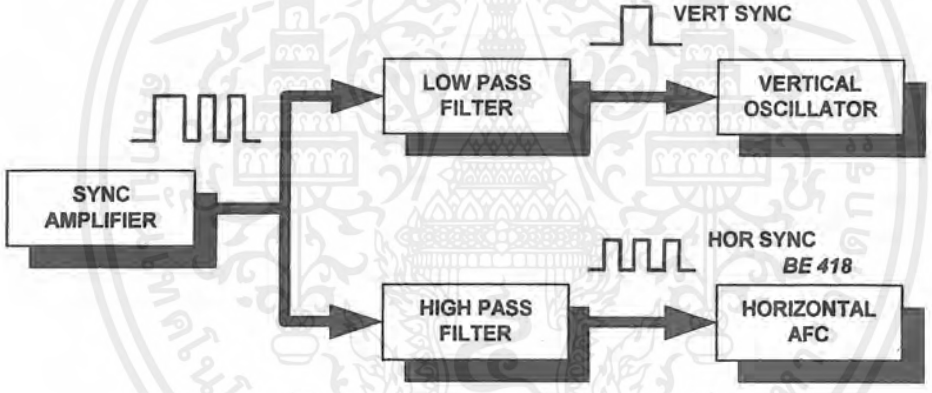


รูปที่ 2.6 ภาคแยกสัญญาณซิงโครไนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคขยายสัญญาณ ซิงโครไนซ์ (Synchronize Amplifier)

สัญญาณซิงโครไนซ์รวมเป็นสัญญาณที่เราฝากมากับสัญญาณภาพ ดังนั้นเมื่อเราแยกสัญญาณซิงโครไนซ์ออกแล้ว ความแรงของสัญญาณส่วนนี้ยังไม่พอ จึงต้องส่งเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณให้แรงขึ้น แล้วจะผ่านวงจรแยกเอาเวอร์ติคอลไปอีกทางหนึ่ง ฮอริซอนตอลไปอีกทางหนึ่ง เพื่อไปควบคุมการหักเหลำอิเล็กตรอนในจอภาพต่อไป เนื่องจากความถี่เวอร์ติคอลเท่ากับ 50 HZ หรือ 60 HZ ในขณะที่ความถี่ทางฮอริซอนตอลเท่ากับ 15,625 HZ หรือ 15,750 HZ ในทางเวอร์ติคอลจึงใช้วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low Pass Filter) แยกซิงค์ส่วนนี้ออกไป ในทางกลับกันเราก็เอาวงจรกรองความถี่สูง (High Pass Filter) สำหรับแยกฮอริซอนตอลไปใช้งาน

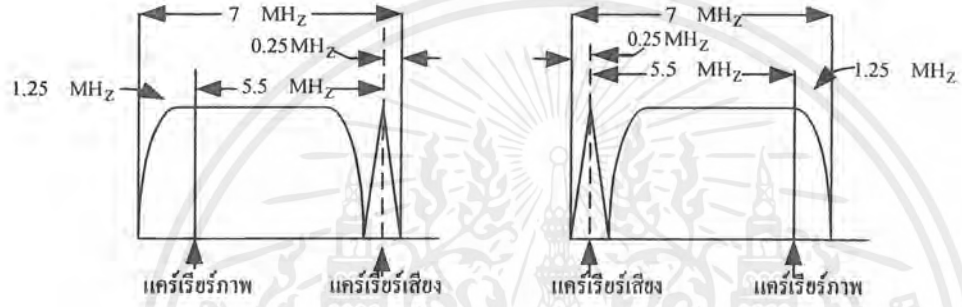


รูปที่ 2.7 ซิงค์แอมป์และการแยกเวอร์ติคอลและฮอริซอนตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขยายความถี่ปานกลาง

จากทฤษฎีเกี่ยวกับองค์ประกอบของเครื่องรับโทรทัศน์ จะพบว่าเมื่อเช็คสเปคตรัมของสัญญาณโทรทัศน์ที่ส่งมา จะได้สเปคตรัมตามรูปที่ 2.8 ก แต่เมื่อความถี่ส่วนนี้เข้าสู่วงจรจูนเนอร์หรือระบบคอนเวอร์เตรอ์แล้วจะได้เสเปคตรัมตามรูปที่ 2.8 ข



ก. สัญญาณโทรทัศน์ที่ส่งมาจากเครื่องส่ง ก. สัญญาณโทรทัศน์ที่ผ่านระบบคอนเวอร์เตอร์

รูปที่ 28 สเปคตรัมของแคร์เรียร์ภาพและเสียง

ในระบบ ซีซีไออาร์ เราจะพบว่าเมื่อเราจูนรับความถี่สถานีต่างๆ เข้ามาแล้ว เครื่องรับจะแปลงความถี่สัญญาณภาพและเสียงให้สัญญาณที่มีแคร์เรียร์ใหม่ตามหลักการซุปเปอร์เฮทเทอโรดายน์ โดยสัญญาณภาพจะเกิดแครเรียร์ของ ไอเอฟ ภาพเท่ากับ 38.9 เมกะเฮิรตซ์ ส่วนสัญญาณเสียงจะเกิดแคร์เรียร์ไอเอฟเสียงเท่ากับ33.4 เมกะเฮิรตซ์ โดยแครเรียร์ภาพและเสียงห่างกันอยู่ 5.5 เมกะเฮิตรซ์

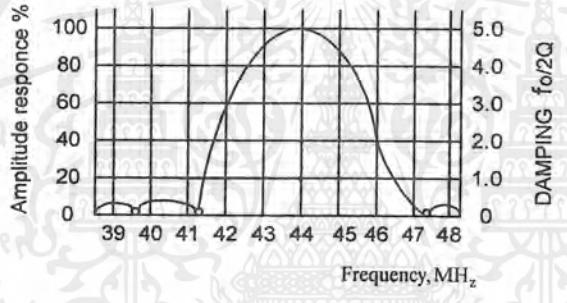
ส่วนในระบบ เอฟซีซี ความถี่แคร์เรียร์ภาพจะเท่ากับ 45.75 เมกะเฮิรตซ์ (สมัยก่อนใช้ความถี่ 25.75 เมกะเฮิรตซ์) ส่วนความถี่เสียงจะได้เท่ากับ 41.25 เมกะเฮิรตซ์ (สมัยก่อนใช้ความถี่ 21.25 เมกะเฮิรตซ์)

สเปคตรัมความถี่ที่ออกมาจะเห็นได้ว่าความถี่แคร์เรียร์เสียงออกมาต่ำกว่าความถี่แคร์เรียร์ภาพ ทั้งนี้เนื่องจากเราใช้ความถี่ออสซิลเลเตอร์เพียงความถี่เดียวในการบีทของระบบมิกเซอร์ เท่านั้นยังไม่เพียงพอสำหรับวิธีการของเครื่องรับอินเตอร์แคร์เรียร์ วงจรขยายความถี่ปานกลางหรือวีดีโอ ไอเอฟ จะต้องเป็นวงจรที่มีอัตราขยายสูงมากๆ อันจะทำให้วงจรมีความไวในการรับดีขึ้นด้วย อัตราขยายตั้งแต่ระบบจูนเนอร์เข้ามา ต้องมีความแรงประมาณ 90-100 เดซิเบล นอกจากนั้นแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรในลักษณะนี้ต้องขยายสัญญาณแคร์เรียร์ภาพให้มีช่วงกว้าง การตอบสนองประมาณ 4 เมกะเฮิรตซ์สำหรับระบบ เอฟซีซี หรือ 5 เมกะเฮิรตซ์ สำหรับระบบ ซีซีไออาร์

สิ่งที่เราต้องการอีกประการหนึ่งในระบบอินเตอร์แคร์เรียร์คือ เราจะขยายสัญญาณแคร์เรียร์เสียงไปพร้อมๆ กันกับแคร์เรียร์ภาพ แต่ในส่วนของแคร์เรียร์เสียงเราจะขยายไม่มากนัก ปกติเราจะทำการขยายประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ในส่วนของแคร์เรียร์ภาพจะลดความแรงสัญญาณแคร์เรียร์ภาพทางด้านสูงลงให้อยู่ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อมิให้แคร์เรียร์ภาพซึ่งมีความแรง เข้าไปกวนแคร์เรียร์ของช่องข้างเคียง



รูปที่ 2.9 ลักษณะของการตอบสนองความถี่ของวีดีโอไอเอฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรขยายสัญญาณภาพหรือวีดีโอแอมปลิฟาย

หลังจากการดีเทคเตอร์แล้วจะต้องได้รับความแรงสัญญาณภาพอยู่ในช่วง 1 ถึง 3 โวลท์ โดยการขยายของวงจรไอเอฟ แอมปลิฟาย เป็นตัวที่จะทำการขยายสัญญาณที่มีความแรงคงที่ตามการควบคุมการขยายด้วยวงจรเอจีซี (AGC) อย่างไรก็ดีเราทราบว่าวิธีการดีเทคเตอร์อย่างของเอนเวลโลป ดีเทคเตอร์นั้น จะต้องใช้วงจรจูนเป็นตัวคัปปลิ้ง รวมไปถึงอุปรณ์ที่มีส่วนต้านสัญญาณในระบบดีเทคเตอร์ต่างๆ อันอาจจะทำให้ความแรงสัญญาณเกิดการสูยหายไปประมาณ 6-20 เดซิเบล (หรือโดยทั่วไปหากออกแบบวงจรตามหลักการแล้วจะให้เกิดการลดทอนกำลังในส่วนนี้ไม่เกิน 10 เดซิเบล) หากเราใช้วิธีการดีเทคเตอร์แบบซิงโครนัส ดีมอดูแลเตอร์ อย่างที่จะแสดงกรรมวิธีไว้ในรูปที่ 6.18 นั่นเรามิต้องคำนึงถึงการเกิดการสูญเสีย ตรงส่วนนี้เองที่ทำให้สัญญาณที่ผ่านวงจร ดีเทคเตอร์ธรรมดาจำเป็นต้องมีวงจรขยายซ้ำทั้งสัญญาณภาพและเสียงอีกครั้งหนึ่ง วงจรนี้เราเรียกว่าวงจรขยายสัญญาณภาพหรือวีดีโอแอมปลิฟาย (หรือบางตำราเรียกว่าวงจรดีเทคเตอร์สเตจที่ 2)

จึงกล่าวได้ว่าสัญญาณที่ออกจากวงจรดีเทคเตอร์จริงๆ ก็คือสัญญาณที่ออกจากวงจรวีดีโอแอมปลิฟายซึ่งสัญญาณดังกล่าวจะส่งไปยังวงจรต่าง ๆ ดังนี้

1. เอาสัญญาณเสียงส่งไปยังวงจรภาคเสียง โดยในช่วงอินพุตของภาคเสียงจะมีซาวด์แทร็ป 5.5 เมกะเฮิรตซ์ (ระบบ ซีซีไออาร์.) หรือ 4.5 เมกะเฮิรตซ์ (ระบบเอฟซีซี) ทำการดักเอาเฉพาะแคร์เรียร์เสียงไปใช้งาน
2. เอาสัญญาณภาพที่ได้จากการดีเทคเตอร์ซึ่งมีความถี่อยู่ในช่วง 0 ถึง 5 เมกะเฮิรตซ์ (สำหรับระบบ ซีซีไออาร์.) หรือ 0 ถึง 4 เมกะเฮิรตซ์ (สำหรับระบบ เอฟซีซี) ส่งไปยังภาควีดีโอ เอาต์พุต เพื่อทำการขยายสู่หลอดภาพต่อไป
3. เอาสัญญาณภาพรวมส่งไปยังวงจรเอจีซี. เพื่อให้วงจรเอจีซี. เช็คระดับความแรงสัญญาณ เพื่อเปลี่ยนแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมไปควบคุมวงจรอาร์เอฟ. แอมปลิฟาย และไอเอฟ. แปลิฟาย เพื่อให้เกิดการขยายคงที่ในระดับที่เป็นมาตราฐาน
4. เอาสัญญาณภาพรวมส่งไปแยกสัญญาณซิงโครไนซ์ออกมา นำไปควบคุมการสร้างความถี่เพื่อการสแกนทั้งทางแนวตั้งและทางแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

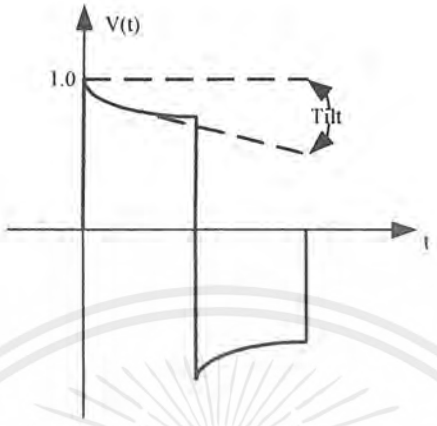
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

วีดีโอ เอาต์พุต

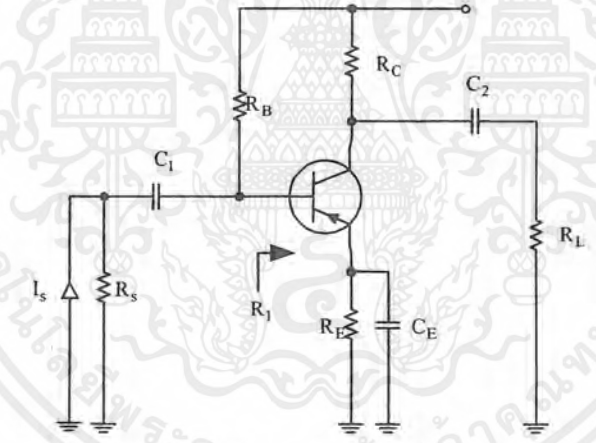
จากวงจรในภาควีดีโอ แอมปลิฟาย (Video Amplifer) สัญญาณภาพจะถูกส่งไปยังวงจรวีดีโอ เอาต์พุต (Video Output) เพื่อทำการขยายให้ได้ความแรงสัญญาณภาพหรือวงจรวีดีโอแอมปลิฟายนั้น มีทั้งสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงที่มีแคร์เรียร์เอฟเอ็ม. 5.5 เมกะเฮิรตซ์ (ในระบบ ซีซีไออาร์.) หรือ 4.5 เมกะเฮิรตซ์ (ในระบบ เอฟซีซี.)เราจะทำการดึงเอาแคร์เรียร์เสียงทิ้งไปโดยสัญญาณที่ส่งผ่านไปยังวงจรวีดีโอ เอาต์พุต จะเหลือเพียงสัญญาณภาพเท่านั้น ในส่วนของวงจรวีดีโอ เอาต์พุต มีลักษณะของวงจรที่ต้องเกี่ยวข้องกับระบบอื่น ๆ อีกอย่างเช่น

1. ระบบควบคุมสัญญาณภาพ (Picture Controls) เป็นลักษณะของวงจรขยายสัญญาณภาพที่ใช้ในการควบคุมคอนทราสต์ (Contrast Controls) หรือความแรงสัญญาณภาพก่อนที่ส่งออกไปยังหลอดภาพ, การควบคุมไบรท์เนส (Brightness Controls) หรือความสว่างของจอภาพ อันเป็นการควบคุมลำอิเล็กตรอน ที่ปล่อยออกไปจากคาโถดให้วิ่งไปยังจอภาพมากหรือน้อย ในโทรทัศน์สีเราเรียกว่าการปรับพื้นจอหรือปรับแบ็คกราวด์ (Background Controls)
2. ลักษณะของ เอซี. และ ดีซี. คัปปลิ้ง (AC and DC Coupling) สัญญาณภาพที่ส่งออกไปแคสดงผลที่จอภาพ จะสมบูรณ์แบบหรือไม่อยู่ที่การถอดรหัสสัญญาณขาวดำนั้นว่าเป็นไปอย่างสมบูรณ์แค่ไหนเพียงไรนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถในการตอบสนองความถี่ซึ่งมีย่านกว้างอยู่ประมาณ 4 - 5 เมกะเฮิรตซ์ วิธีการที่เป็นดีซีคัปปลิ้ง หรือไดเร็คคัปปลิ้ง ถูกนำมาใช้ทั้งในโทรทัศน์ขาวดำที่ต้องการคุณภาพและในโทรทัศน์สี ในโทรทัศน์สีหากเราใช้วิธการคัปปลิ้งแบบนี้สามารถให้สีถึงจุดอิ่มตัว (Saturate) หรือจัดจ้านได้มากที่สุด แต่สำหรับเครื่องราคาถูกอาจจะใช้วิธการเอซี. คัปปลิ้ง
3. ลักษณะทรานเซียนท์ Transient Response) การตอบสนองเฉียบพลันต่อความถี่ต่ำ (Low Frequency Transient) ในวงจรขยายสัญญาณภาพ ซึ่งทำให้สัญญาณภาพที่ออกมาเกิดความผิดเพี้ยนเหมือนอย่างสัญญาณแบลงกิ้งของระบบหักเห ทางแนวตั้ง (Vertical Blanking Pulse) ลักษณะเยี่ยงนี้เป็นสิ่งที่ค่อนข้างลำบากที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ตัวหนึ่ง ๆ ขยายได้ครบทุกความถี่ สัญญาณความผิดเพี้ยนนี้เราเรียกว่าเกิดการขยายลาดเอียง (Sag หรือ Tilt) ซึ่งความลาดเอียงต้องไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความลาดเอียงที่ต่ำกว่า 3 เดซิเบลจะถูกเรียกว่าเกิด "ทิลต์" (Tilt)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง 36953 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. เอาต์พุตที่เป็นสัญญาณสแควร์-เวฟ ที่แสดงการเกิดทิลต์



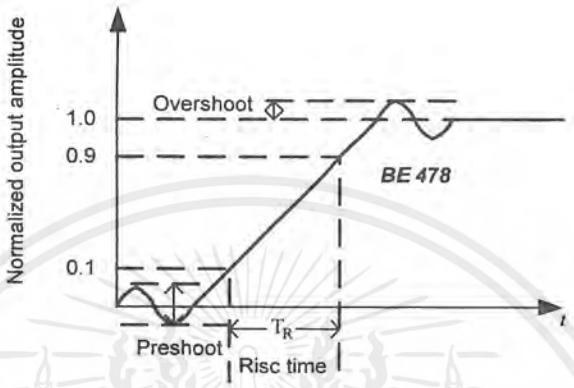
ข. ไทม์คอนสแตนท์ในวงจรคอมม่อนอีมิตเตอร์ ซึ่งมีผลต่อความถี่ต่ำ

รูปที่ 2.10 วงจรวีดีโอเอาต์พุท ซึ่งต้องตอบสนองความถี่ต่ำให้ได้ด้วย

ในส่วนของวงจรแทรกซ้อนทางความถี่ต่ำสามารถที่จะแทรกซ้อนเข้ามาในรูปของการออสซิลเลทที่เรียกว่า "มอเตอร์โบติ้ง" (Motorboating) อีกกรณีหนึ่งก็คือการเกิดการรบกวนเนื่องจากเครื่องบิน (Airplane Flutter) หรือ "ไลน์ บอป" (Line Bop) ลักษณะการกวนแบบกริยาเฉียบพลันอย่างนี้วงจรไบรท์เนส สามารถขจัดได้โดยการบายพาสสัญญาณลงกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

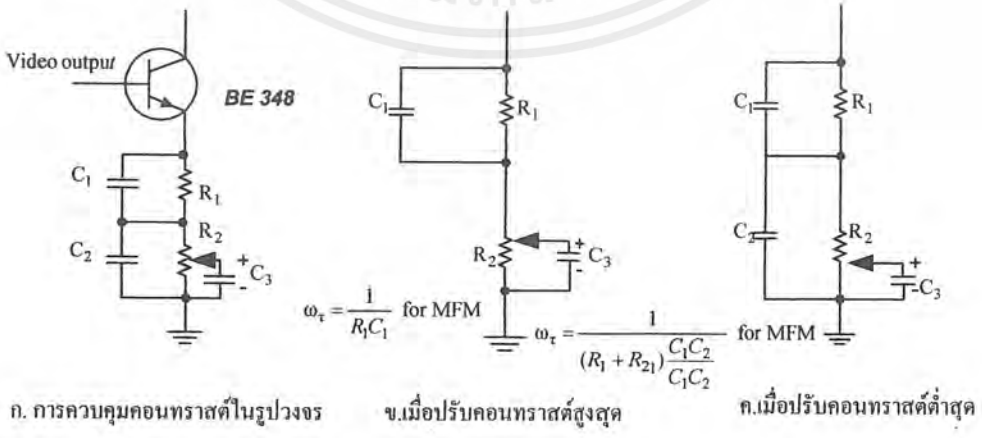
นอกจากการตอบสนองเฉียบพลันต่อความถี่ต่ำแล้ว ในวงจรส่วนนี้ยังอาจจะเกิดการตอบสนองเฉียบพลันต่อความถี่สูง (High Frequency Transient) อีกด้วย ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงความถี่ตอบสนองทางด้านอินพุต

การออกแบบวงจรวีดีโอ เอาต์พุต

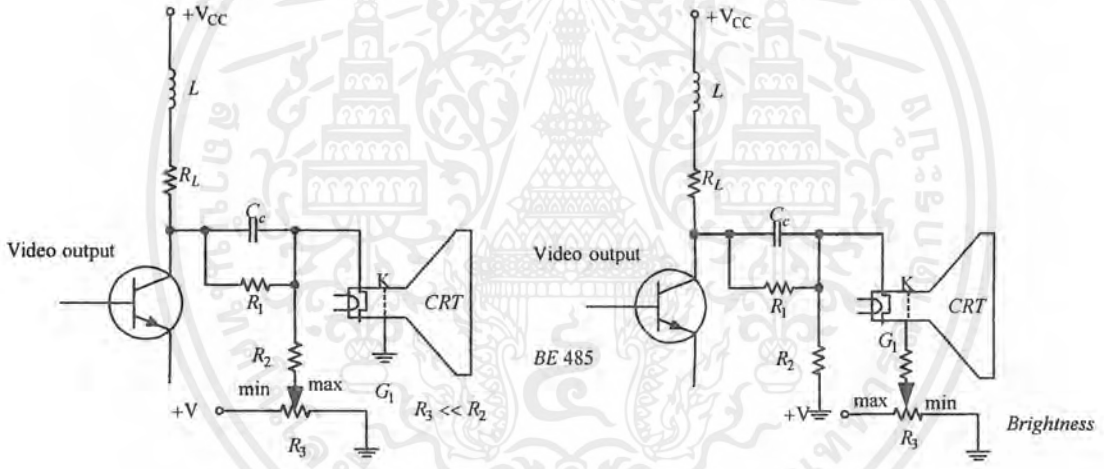
จากหลักการต่าง ๆ ที่กล่าวมาแต่ต้นเราสามารถที่จะสรุปผลเอามาใช้ในการออกแบบวงจรหรือศึกษาความเป็นไป ของวงจรที่วิศวกรท่านอื่นออกแบบมาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น อันดับแรกกระทำได้โดยการกำหนดค่าความต้านทานของโหลดทางด้านดอลเล็คเตอร์ ซึ่งเท่ากับค่าปฏิกิริยาความจุไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุต ซึ่งอยู่ ณ จุดสูงกว่าความถี่คัทออฟ



รูปที่ 2.12 คอนทราสต์เน็ทเวิร์ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมคอนทราสต์ (Contrast Control) การควบคุมสัญญาณภาพให้ภาพที่ส่งมามีความแรงมากหรือน้อย เพื่อให้เกิดรายละเอียดที่พอเหมาะสำหรับการรับชม เราสามารถทำได้โดยการใช้วงจรที่ง่าย ๆ เพียงวงจรเนทเวิร์คที่ปรับเปลี่ยนค่าความถี่ตอบสนองโดยการปรับโพเทนชิโอมิเตอร์ให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนไปเท่านั้น อัตราส่วนในการเปลี่ยนแปลง ณ จุดนี้เปลี่ยนแปลงเป็นอัตรา 4/1 หรือเปลี่ยนแปลงไป 2.5 เท่าของวงจรธรรมดา หากพิจารณาดูค่า C3 ก็คือ คาปาซิเตอร์บายพาสตัวหนึ่งนั่นเอง ส่วน C1 และ C2 นั้นทำหน้าที่ตอบสนองทรานเซียนท์ดังที่กล่าวไว้แล้ว



รูปที่ 2.13 ลูมิแนนซ์ ไดรเวอร์ หรือที่เรียกว่าวงจร ไบรท์เนส

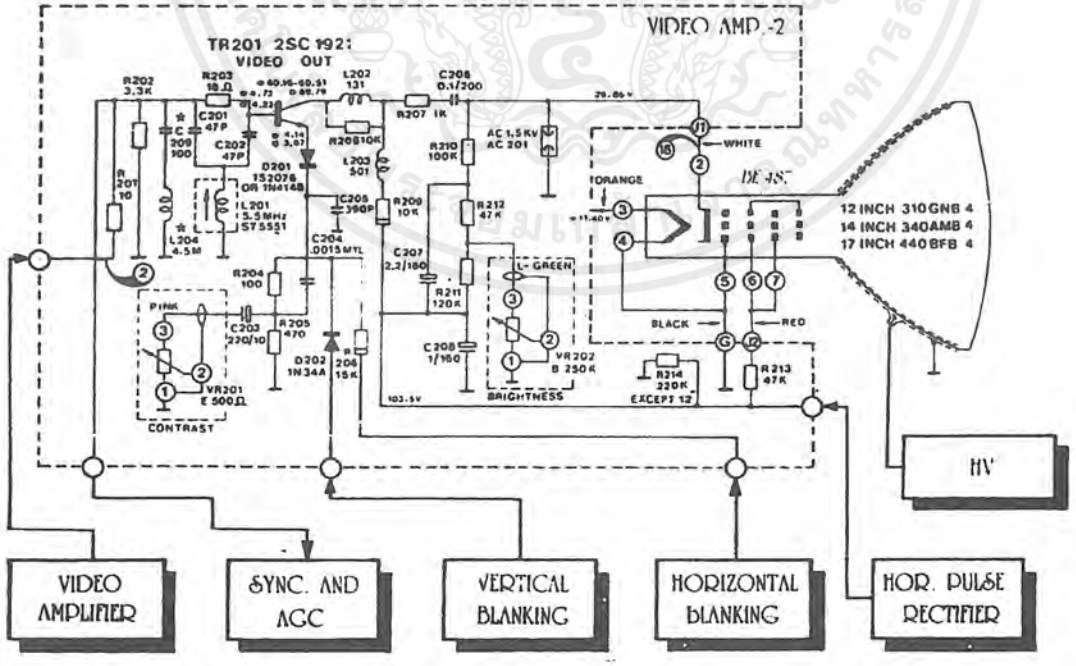
การควบคุมไบรท์เนส (Brightness Control) เป็นการควบคุมความสว่างที่หน้าจอของหลอดภาพ โดยการควบคุมมี 2 แบบใหญ่ ๆ แต่อย่างไรก็ตามทั้ง 2 แบบมีวิธีการที่เหมือนกันก็คือการตั้งไบอัสเพื่อบังคับลำอิเล็กตรอนในภาวะปกติให้พุ่งไปชนจอภาพมากหรือน้อย วิธีแรกเป็นการควบคุมด้วยคาโถด (รูปที่ 2.13 ก.) เป็นวิธีการทั่ว ๆ ไปของเครื่องรับโทรทัศน์โมโนโครมราคาถูก ๆ ลักษณะวงจรเป็นวงจรที่ควบคุมแบ็คกราวด์หรือระดับดำโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงไบอัสของหลอดภาพ โดยการเปลี่ยนแปลงค่าของโพเทนซิโอมิเตอร์ซึ่งต่ออยู่กับวงจรไบอัสคาโถดหลอดภาพ ในทางตรงข้ามกับรูปที่ 2.13 ข. เราปรับที่คอนโทรลกริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะไดเร็ค คัปปลิ้ง (Direct Coupling) วิธีการคัปปลิ้งที่ดีที่สุดคือไดเร็คคัปปลิ้ง ในส่วนประกอบย่อยของระบบ ดีซี.คัปปลิ้ง เราสามารถหาเปอร์เซ็นต์ของอัตราขยายสัญญาณเมื่อมีค่าความต้านทานของรีซิสเตอร์มาลดทอนได้ดังสูตรต่อไปนี้

DC coupling factor (%) = [R2/(R1+R2)] X 100

การควบคุมการสะบัดกลับ ในช่วงการสะบัดกลับเราจะต้องลบเส้นสะบัดกลับมิให้ปรากฏขึ้นที่หน้าจอทั้งการสะบัดกลับทางแนวตั้งและการสะบัดกลับทางแนวนอน วงจรขยายกำลังสัญญาณภาพ หรือวีดีโอ เอาต์พุตจึงต้องเข้ามาแบกรับภาระในการนี้ให้อีกส่วนด้วย ดังนั้นเราจึงพบว่าในวงจรส่วนนี้จะรับเอาสัญญาณแบลงกิ้ง (Blanking) เข้ามาลบเส้นสะบัดกลับในจังหวะและเวลาที่ต้องการ



รูปที่ 2.14 วงจรขยายกำลังสัญญาณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.14 เป็นลักษณะการจัดวงจรขยายกำลังสัญญาณภาพ แและวงจรหลอดภาพ (Cathode Ray Tube : CRT) แบบหนึ่งจะเห็นได้ว่าภาคขยายสัญญาณภาพ (Vidio Amp) ทำหน้าที่จ่ายทั้งสัญญาณและแรงดันไฟไบอัส (Bias) ให้ภาคขยายสัญญาณภาพ (Vidio Out Put) ในลักษณะการจัดวงจรแบบไดเร็ค คัปปลิ้ง (Direct Compling) และแรงดันไฟอีกส่วนหนึ่งจะได้จากการนำเอาสัญญาณฮอริซอนตอล พัลซ์ (Horizontal Pulse) มาทำการเรียงกระแส (Rectifier) ได้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current : DC) จ่ายเลี้ยงให้ขาคอลเล็คเตอร์ของภาคขยายกำลังสัญญาณภาพ (Vidio Output) ขาคาโถด (Cathde : K) ขาสกีนกริด (Screen Grid : G2) ขาโฟกัสกริด (Focus Grid : G3) ของหลอดภาพส่วนขาไส้หลอด (Heater : H) จะต้องรับแรงดันไฟคงที่ มิฉะนั้นแล้วอาจจะทำให้ไส้หลอดขาดได้ ซึ่งโดยมากขาไส้หลอดของโทรทัศน์ขาว – ดำ จะรับแรงดันไฟจากภาคเรกูเลเตอร์ (Regulator) อย่างเช่นในวงจรนี้ขาไส้หลอดก็รับแรงดันไฟจากภาคเรกูเลเตอร์ (Regulator) เช่นเดียวกัน

ทั้งสัญญาณภาพ (Vidio Signal) และสัญญาณเสียง (Sound I.F) จะถูกส่งออกจากภาคขยายสัญญาณภาพ (Vidio Amplifer) โดยสัญญาณภาพจะมีความถี่ในระบบ ซีซีไออาร์. (CCIR) อยู่ในช่วง 0-5 MHz และในระบบเอฟซีซี (FCC) อยู่ในช่วง 0-4 MHz ส่วนสัญญาณแคร์เรียร์เสียงจะมีความถี่ในระบบซีซีไออาร์. (CCIR) เท่ากับ 5.5 MHz และในระบบเอฟซีซี (FCC) เท่ากับ 4.5 MHz สัญญาณทั้งหมดที่ผ่านมาถูกส่งเข้าภาคขยายกำลังภาพสัญญาณ (Vidio Output) คือ TR 201แต่สัญญาณเสียงนั้นวงจรขยายกำลังสัญญาณภาพจะไม่ทำการขยาย สัญญาณเสียงจะถูกวงจรเรโซแนนซ์ดึงสัญญาณลงกราวด์ คือถ้าเป็นความถี่เสียงในระบบ เอฟซีซี จะถูก C209 และ L204 ดึงความถี่เสียง 4.5 MHz ทิ้งขาเบสของทรานซิสเตอร์ภาคขยายกำลังภาพสัญญาณจึงมีเฉพาะสัญญาณภาพความถี่ช่วง 0-4 MHzส่งไปทำการขยายต่อไป แต่ถ้าเป็นความถี่เสียงในระบบซีซีไออาร์. มันจะถูก C201 C202 และ L201ดึงความถี่เสียง 5.5 MHz ทิ้ง ขาเบสของทรานซิสเตอร์ภาคขยายกำลังภาพสัญญาณจึงมีเฉพาะสัญญาณภาพความถี่ช่วง 0-5 MHz เข้าขยายสัญญาณเดียวเช่นเดียวกัน จากนั้น TR201 ซึ่งเป็นภาคขยายกำลังสัญญาณภาพ (Vidio Output) ทำการขยายสัญญาณภาพ ในลักษณะของวงจรขยายคอมม่อนอีมิตเตอร์ สัญญาณส่งออกทางขาคอลเล็คเตอร์ของทรานซิสเตอร์ TR201 จะสังเกตได้ว่า, ขาอีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ TR201 ไม่ได้ต่อลงกราวด์ (Ground) โดยตรงแต่จะต่อขาอีมิตเตอร์ลงกราวด์ (Ground)โดยอาศัย Re ฉะนั้นในลักษณะเช่นนี้ทำให้แรงดันไฟขาอีมิตเตอร์เปลียนแปลงตามสัญญาณที่ส่งเข้ามา การจัดวงจรแบบนี้ทำให้อัตราการขยายสัญญาณภาพลดลง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวนี้จึงต้องใส่ C3 เพื่อบายพาสสัญญาณที่ตกคร่อม Rc ทิ้งซึ่งในวงจรนี้ Ce ตัวดังกล่าวคือ C203 โดยอาศัยการทำงานร่วมกับรีซิสเตอร์ควบคุมคอนทราสต์ (Contrast) ซึ่งได้แก่ VR201 ในรูปที่ 2.14 ถ้าเราให้รีซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับค่าคอนทราสต์ปรับขา 2 เข้าหาขา 3 รีซิสเตอร์ปรับค่าจะมีค่าความต้านทานน้อยลงก็จะทำให้ C203 สามารถบายพาสสัญญาณที่ตกคร่อม Re ลงกราวด์ (Ground) ได้มาก เป็นผลให้ภาคขยายกำลังสัญญาณภาพที่ ปรากฏบนจอภาพมีความเข้มมากขึ้น แต่ถ้าเราให้รีซิสเตอร์ปรับค่าคอนทราสต์ปรับขา 2 เข้าหาขา 1 รีซิสเตอร์ปรับค่าจะมีค่าความต้านทานสูงขึ้น ก็จะทำให้ C203 บายพาสสัญญาณที่ตกคร่อม Re ลงกราวด์ได้น้อย เป็นผลให้ภาคขยายสัญญาณภาพขยายสัญญาณได้น้อยลงหรือเรียกว่าอัตราการขยายมีน้อย การส่งสัญญาณภาพให้ขาคาโถดของหลอดภาพน้อยลงภาพที่เกิดขึ้นที่หน้าจอจะมีความจางมากขึ้น

ภาคขยายกำลังสัญญาณภาพ (Vidio Output) นั้นมิใช่จะขยายสัญญาณภาพเพียงอย่างเดียวแต่วงจรขยายกำลังสัญญาณภาพยังทำการขยายสัญญาณแบลงกิ้ง (Blanking) ด้วยในเวลาเดียวกัน โดยสัญญาณแบลงกิ้ง (Blanking) จะถูกส่งเข้ามาทางขา อีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Tr201 ซึ่งมีทั้งฮอริซอลตอลแบลงกิ้ง (Horizontal Blanding) ซึ่งส่งผ่าน R206 D201 เข้ามา อีมิเตอร์ ของ TR201 และสัญญาณเวอร์ติคอลแบลงกิ้ง (Vertical Blanding) ส่งผ่าน D202 D201 เข้ามา อีมิเตอร์ ของ TR201 โดยทรานซิสเตอร์ TR201 จะทำการขยายสัญญาณแบลงกิ้งทั้งสองในลักษณะของวงจรขยายเสมือนคอมม่อนเบส (Common Base) ขยายสัญญาณแบลงกิ้งออกทางขาคอลเล็คเตอร์เช่นเดียวกับสัญญาณภาพทั้งสัญญาณภาพ (Vidio Signal) และสัญญาณแบลงกิ้ง (Blanking) จะมีเฟสตรงกันหากวงจรทำการขับด้วยการควบ คุมที่ขาคาโถดของหลอดภาพ ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้กันโดยทั่วไปในปัจจุบัน เราจะส่งสัญญาณในช่วงของเฟสบวกโดยสัญญาณภาพจะเป็นช่วงเวลาของกวาดลำอิเล็กตรอนหรือเวลาของการเทรซ ส่วนสัญญาณแบลงกิ้งจะอยู่ในช่วงเวลาของการสบัดกลับในระบบของการกวาดลำอิเล็กตรอน

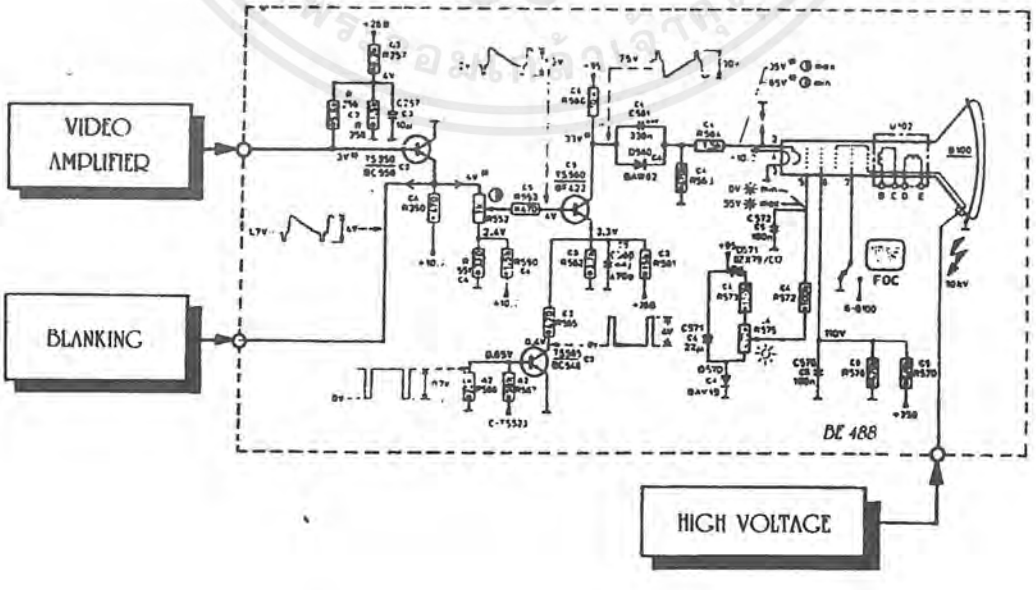
สัญญาณภาพ (Vidio Signal) และสัญญาณแบลงกิ้ง (Blanking) จะถูกส่งให้ขาคาโถด (Cathode : K) ของหลอดภาพในลักษณะของวงจรถ่ายทอดสัญญาณแบบ อาร์ – ซี คัปปลิ้ง (RC Copling) เพื่อให้ขาคาโถดทำหน้าที่บังคับการปล่อยลำอิเล็กตรอนมากหรือน้อยตามระดับความแรงของสัญญาณ ที่ขาคาโถดของวงจรนี้สังเกตได้ว่าจะมีการควบคุมระดับแรงดันไฟโดยอาศัยปุ่มปรับไบรท์เนส (Brightness) ถ้าเราปรับรีซิสเตอร์ VR202 ให้ขา 2 เคลื่อนเข้าหาขา 1 จะมีผลให้รีซิสเตอร์ปรับค่ามีความมากขึ้น แรงดันไฟบวกที่ส่งมาจากวงจรเรียงกระแสฮอริซอลตอล (Horizontal Pulse Rectifier) จะลงกราวด์ได้น้อย ทำให้แรงดันไฟบวกสูงส่งไปเลี้ยงขาคาโถดของหลอดภาพได้มากขึ้น เมื่อเทียบศักย์คาโถดกับคอลโทรลกริดแล้วมีผลทำให้คอนโทรลกริดเสมือนเป็นลบมากขึ้น มีผลทำให้การปล่อยลำอิเล็กตรอนเป็นไปได้น้อย ความสว่างหน้าจอจะมีน้อยกว่าปกติหรือหน้าจออาจจะไม่มีการเรืองแสงคือจอมืดไปเลยก็ได้แต่ถ้าปรับรีซิสเตอร์ปรับค่าไบรท์เนส ให้ขา 2 เคลื่อนเข้าหาขา 3 ก็จะทำให้ค่ารีซิสเตอร์ปรับค่ามีความต้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทานน้อยแรงดันไฟบวกจะถูกดึงลงกราวด์ได้มากขึ้นทำให้แรงดันไฟบวกที่ส่งไปให้ขาคาโถดของหลอดภาพมีน้อยลง หรือถ้าหากปรับค่าความต้านทานของ VR202 .ในรูปที่ 2.14 ให้เป็นศูนย์โอห์มก็จะทำให้แรงดันไฟบวกที่จะไปยังขาคาโถดไม่มีเลย ลักษณะเช่นนี้ทำให้ขาคาโถดสามารถปล่อยลำอิเล็กตรอนได้มาก ที่สุด ภาพที่หน้าจอจึงมีความสว่างมากกว่าภาวะปกติ นี่คือรูปแบบของการควบคุมไบรท์เนส

เราทราบจากหลักการเบื้องต้นแล้วว่าลักษณะพิเศษของวงจรที่เรียกทับศัพท์ว่า วีดีโอ เอาต์พุต มีข้อจำกัดในกรณีที่มันต้องพยายามขยายสัญญาณตั้งแต่ความถี่ต่ำ ๆ ไปจนครอบคลุมความถี่สูง ๆ ให้ได้ ในส่วนของการตอบสนองทรานเซียนท์ (Transient Response) จึงต้องมีการปรับปรุงยกระดับเพื่อให้ได้คุณสมบัติของวงจรตามอุดมคติ ดังนั้นวงจรในรูปที่ 2.15 จึงได้มีการจัดวงจรเพื่อตอบสนองความถี่ต่ำโดยการใช้คาปาซิเตอร์ C203 ทำหน้าที่ป้องกันรูปสัญญาณผิดเพี้ยนในกรณีความถี่ต่ำเข้ามา โดยตัวมันเองยังสามารถควบคุมคอนทราสต์ร่วมกับ VR201 อีกทางหนึ่งด้วย ซึ่งปกติค่าของคาปาซิเตอร์นี้จะต้องคำนวณจากสูตร Ce = 1/Re Wt โดยคาปาซิเตอร์ C204 จะทำหน้าที่ป้องกันทรานเซียนท์ เมื่อเวลาเราปรับ VR 201 มิให้เกิดอาการแทรกซ้อนขึ้นมา

ในส่วนของความถี่สูงจะพบว่าเรามีวงจรพีคกิ้งซึ่งประกอบด้วยขดลวดหลักคือ L202 กับรีซิสเตอร์ R208 ทำหน้าที่ชดเชยให้และทราบมาแล้วว่าภาคจ่ายไฟจะมีผลต่อวงจรเช่นเดียวกัน ในส่วนของการจ่ายไฟเลี้ยงวงจรเราจึงมีวงจรซีรี่พีคกิ้งซึ่งประกอบด้วย R209 และ L203 เพิ่มเสริมเข้ามาอีกชั้น



รูปที่ 2.15 วงจรขยายสัญญาณภาพอีกแบบหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.15 เป็นลักษณะของการจัดวงจรขยายกำลังสัญญาณภาพ (Vidio Output) และวงจรหลอดภาพ (Cathode Ray Tube : CRT) อีกแบบหนึ่ง โดยลักษณะการทำงานของวงจรนี้จะเริ่มจากการรับเอาสัญญาณภาพ (Vidio Signal) มาจากภาคขยายสัญญาณภาพ (Vidio Amplifier) ส่งผ่านรีซิสเตอร์ปรับค่า (R552) ซึ่งทำหน้าที่เป็นปุ่มปรับคอนทราสต์ (Contrast) โดยเราสามารถปรับปุ่มคอนทราสต์ให้มีความต้านทานมากหรือน้อย เพื่อจะให้สัญญาณภาพส่งเข้าสู่วงจรขยายกำลังสัญญาณภาพ (Td560) ได้มากหรือน้อยตามต้องการ ถ้าเราปรับรีซิสเตอร์ปรับค่าคอนทราสต์ให้มีความต้านทานน้อย จะทำให้สัญญาณภาพจากภาคขยายสัญญาณภาพ (Vidio Amplifier)เข้าสู่ภาคขยายกำลังสัญญาณภาพ (Vidio Output) ได้มาก เป็นผลให้สัญญาณภาพขยายแล้วส่งออกสู่ขาคาโถด (Cathode : K) ของหลอดภาพมากภาพที่ปรากฏที่หน้าจอเข้มกว่าปกติ แต่ถ้าปรับแล้วรีซิสเตอร์ปรับค่าคอนทราสต์มีความต้านทานมาก ทำให้สัญญาณจาก ภาคขยายสัญญาณภาพ (Vidio Amplifier)เข้าสู่ภาคขยายกำลังสัญญาณภาพ (Vidio Output) ได้น้อย เป็นผลให้สัญญาณภาพขยายแล้วส่งออกสู่ขาคาโถดของหลอดภาพน้อย จะทำให้ภาพที่ปรากฏที่หน้าจอจางกว่าปกติเช่นเดียวกัน

เมื่อสัญญาณภาพถูกส่งเข้าไปยังวงจรขยายกำลังสัญญาณภาพ (Vidio Output)ซึ่งทำงานโดยทรานซิสเตอร์ Td560 โดยสัญญาณส่งเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ Td560 เป็นสัญญาณภาพเฟสลบ ขยายออกขาคอลเล็คเตอร์กลับเฟสเป็นบวก ในขณะเดียวกันสัญญาณแบลงกิ้ง (Blanking) ทั้งฮอริซอนตอลแบลงกิ้ง (Horizontal Blanding) และเวอร์ติคอลแบลงกิ้ง (Vertical Blanding) จะถูกส่งเข้าสู่วงจรขยาย Td565 โดยสัญญาณแบลงกิ้งที่เข้าขาเบสของวงจรขยายเป็นสัญญาณแบลงกิ้งเฟสลบ ขยายในลักษณะคอมม่อน อีมิตเตอร์ (Common Emiter) สัญญาณออกทางขาคอลเล็คเตอร์ของ Td565 กลับเฟสเป็นบวกส่งให้วงจรขยายกำลังสัญญาณภาพ (Vidio Output) ที่ขาอีมิเตอร์ สัญญาณแบลงกิ้งที่ได้จะเข้าไปเสริมกับสัญญาณภาพในเวลาของการสบัดกลับ ส่วนช่วงของสัญญาณภาพนั้นยังคงอยู่ในคาบเวลาของการกวาดเส้นภาพเหมือนเดิมจากนั้นก็จะส่งสัญญาณทั้งสองให้แก่ขาคาโถดของหลอดภาพโดยทำการถ่ายทอดสัญญาณในลักษณะการถ่ายทอดตรง (Direct Coupling) ซึ่งในลักษณะนี้จะเห็นได้ว่าแรงดันไฟบวกที่จ่ายเลี้ยงขาคอลเล็คเตอร์ (ขา C) ของวงจรขยายกำลังสัญญาณภาพและขาคาโถดของหลอดภาพจะเชื่อมโยงถึงกัน ฉะนั้นในลักษณะนี้การปรับแรงดันไฟขาคาโถดเราจึงไม่สามารถกระทำได้ เพราะถ้าเราปรับให้แรงดันไฟขาคาโถดมีการเปลี่ยนแปลงแล้ว จะทำให้แรงดันไฟที่ขาคอลเล็คเตอร์ของวงจรขยายกำลังสัญญาณภาพหรือวงจรวีดีโอ เอาต์พุต เปลี่ยงแปลงไปด้วยอันอาจจะทำให้วงจรขยายกำลังสัญญาณภาพมีการขยายผิดปกติ ปุ่มปรับไบรท์เนสจึงไปอยู่ที่ขาคอลโทรล กริด (Control Grid : G1) แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับความผิด, ความสว่างของภาพในรูปที่ 2.15 จะอาศัยการปรับแรงดันไฟบวกเข้าเลี้ยงขาคอลโทรลกริด(Control Grid : G1) โดยการปรับแรงดันไฟตกคร่อมรีซิสเตอร์ปรับค่า R575 ถ้าปรับให้แรงดันไฟบวกเข้าเลียงขาคอลโทรล กริด มาก จะทำให้ลำอิเล็กตรอนที่ปล่อยจากขาคาโถด วิ่งไปชนหน้าจอได้น้อยลงจะทำให้ความสว่างของภาพที่หน้าจอมีน้อยลงหรือหน้าจอมืด แต่ถ้าปรับแล้วแรงไฟบวกเข้าเลียงขาคอลโทรล กริดน้อย จะทำให้ลำอิเล็กตรอนที่ปล่อยจากขาคาโถดวิ่งไปชนหน้าจอได้มากขึ้น ความสว่างของภาพที่หน้าจอมีมากหรือหน้าจอสว่างจ้า

ในแง่ของทรานเซียนท์วงจรในรูปที่ 2.15 ใช้วิธีการของวงจรดี – คัปปลิ้ง (De – coupling) ในภาคจ่ายไฟก่อนจ่ายมายังทรานซิสเตอร์ Td560 โดยมีไดโอด D560 ร่วมกับรีซิสเตอร์ R563 ทำหน้าที่เป็นวงจรดีซีเรสตอเรอร์ (DC . Restorer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับออปแอมป์

คุณสมบัติของออปแอมป์

ออปแอมป์ คือ อุปกรณ์ชนิดหนึ่งซึ่งถูกออกแบบมาให้สามารถทำงานได้หลายรูปแบบ และยังเน้นความสะดวกในการนำไปใช้งานอีกด้วย โดยสามารถประกอบเป็นวงจรได้โดยการต่อร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกเพียงไม่กี่ตัวเท่านั้น ในอดีตออปแอมป์จะประกอบขึ้นจากอุปกรณ์หลายตัวที่ถูกนำมาบรรจุไว้ในตัวถังชิ้นเดียวกัน ซึ่งนอกจากจะทำให้ออปแอมป์มีขนาดใหญ่แล้ว ยังอาจมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำด้วย แต่ปัจจุบัน เราสามารถซื้อออปแอมป์ในรูปแบบของวงจรรวม (IC) ได้ตามท้องตลาด และจากคุณสมบัติ IC ออปแอมป์ที่ได้พัฒนาขึ้นทำให้อุปกรณ์ชนิดนี้เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย

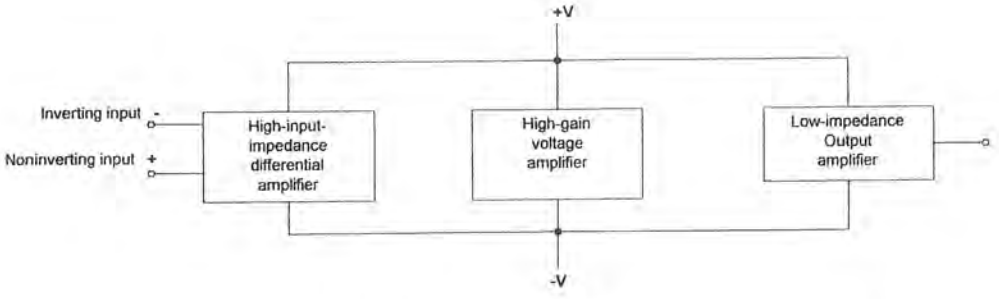
คุณสมบัติทั่วไป

โดยทั่วไปแล้ว เราสามารถกล่าวได้ว่า ไอซี ออปแอมป์ คือ อุปกรณ์โซลิดสเตท (SOLID STATE) ชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถตรวจวัดระดับสัญญาณไฟตรง และไฟสลับได้ และยังสามารถนำไปใช้ขยายสัญญาณได้อีกด้วย ไอซี ออปแอมป์พื้นฐานจะต้องประกอบด้วยวงจรภายในภาคต่างๆ ดังนี้ คือ :

1. ดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ หรือ วงจรขยายผลต่าง (DIFFERENTIAL AMPLIFIER) ที่มีอินพุตอิมพิแดนซ์สูงมาก
2. วงจรขยายแรงดันซึ่งมีอัตราขยายสูงมาก
3. วงจรขยายภาคเอาท์พุตที่มี เอาท์พุตอิมพิแดนซ์ต่ำมาก

รูปแสดงบล๊อกไดอะแกรมของวงจรภายในภาคต่างๆ ของออปแอมป์ดังกล่าว และจากรูปจะสังเกตว่า แรงดันไฟตรงที่จ่ายให้แก่ออปแอมป์มักประกอบด้วยไฟบวกและลบเพื่อให้เอาท์พุตสามารถสวิงได้ทั้งซีกบวกและลบเทียบกับกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงบล็อคไดอะแกรมของวงจรภายในของออปแอมป์

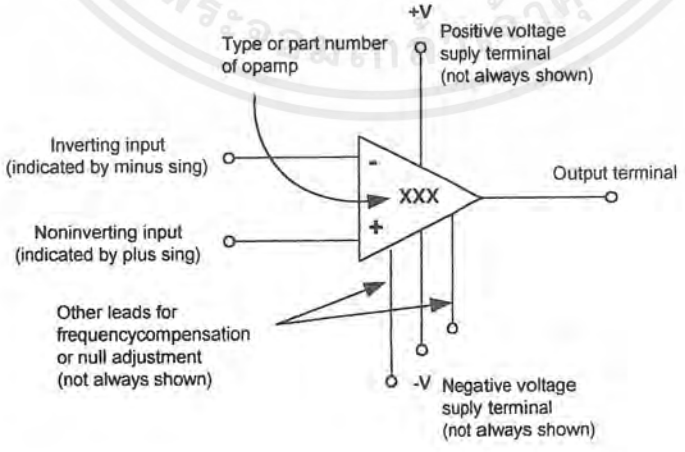
จากคุณสมบัติของออปแอมป์ที่กล่าวมา ทำให้เราสามารถสรุปคุณภาพสมบัติที่สำคัญบางประการของออปแอมป์ในอุดมคติ ดังนี้

1. เนื่องจากอินพุตอิมพิแดนซ์ของออปแอมป์มีค่าสูงเป็นอนันต์ กระแสเข้าที่อินพุตจะต่ำจนเกือบเท่าศูนย์ หรืออีกนัยหนึ่ง ไม่มีกระแสอินพุตเข้าสู่ออปแอมป์เลย

2. อัตรายายขณะเปิดลูป A (ขณะที่ยังไม่มีการป้อนกลับ) จะมีค่าสูงมาก ซึ่งหมายความว่าแรงดันระหว่างขั้วอินพุต ควรมีค่าใกล้ศูนย์ (เนื่องจาก Vout/A = Vin)

3. เอาท์พุตอิมพิแดนซ์มีค่าต่ำมากจนไม่ทำตัวเป็นโหลดต่อภาคเอาท์พุตของวงจรขยาย

สัญลักษณ์ทั่วไปของออปแอมป์ ซึ่งประกอบด้วยขั้วอินพุต 2 ขั้ว ขั้วสำหรับแหล่งจ่ายไฟ 2 ขั้ว ขั้วเอาท์พุต 1 ขั้ว และขั้วสำหรับปรับออฟเซ็ท หรือการชดเชยความถี่อีก 2 ขั้ว



รูปที่ 3.2 แสดงสัญลักษณ์ทั่วไปของออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้วอินพุตทั้งสองของออปแอมป์มีลักษณะต่างกันดังนี้ คือ สำหรับขั้วลบ เมื่อป้อนไฟตรงหรือไฟสลับเข้าไป ในขณะที่ขั้วบอกต่อกับจุดอ้างอิงจุดหนึ่ง สัญญาณที่ออกมาที่เอาท์พุตจะกลับเฟสกับอินพุต 180^0 ส่วนการป้อนสัญญาณที่ขั้วบวก เอาท์พุตจะมีเฟสตรงกับอินพุต ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า เครื่องหมายที่อินพุต คือ การแสดงเฟสของเอาท์พุตเทียบกับอินพุต ส่วนขั้วสำหรับปรับออฟเซ็ท หรือชดเชยความถี่นั้นโดยมากมักจะไม่ถูกแสดง ในวงจรทั่วไป

ในการนำออปแอมป์ไปใช้งานจริงนั้น เราอาจไม่จำเป็นต้องศึกษาให้ลึกซึ้งถึงวงจรภายใน แต่อย่างไรก็ตาม ผู้สนใจสามารถศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมจากสเป็ค หรือรายละเอียดของผู้ผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

November 1994

LM741 Operational Amplifier

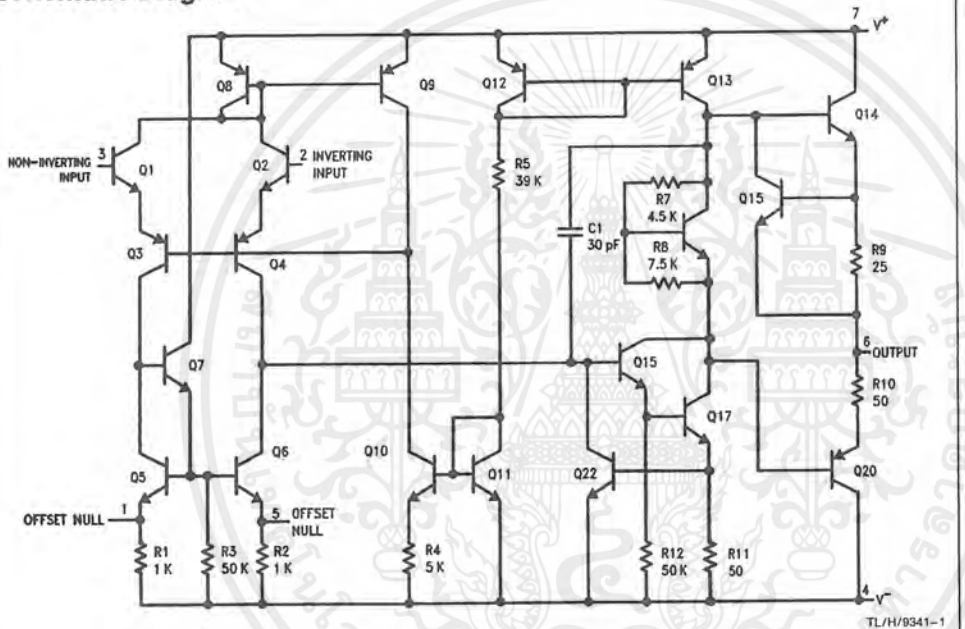
General Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications.

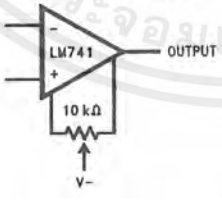
The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C/LM741E are identical to the LM741/LM741A except that the LM741C/LM741E have their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of −55°C to +125°C.

Schematic Diagram



Offset Nulling Circuit



TL/H/9341–7

©1995 National Semiconductor Corporation TL/H/9341

RRD-B30M115/Printed in U. S. A.

รูปที่ 3.3 แสดงวงจรภายในของออปแอมป์เบอร์ 741

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซีออปแอมป์จะประกอบด้วยทรานซิสเตอร์หลายตัว และมีตัวเก็บประจุน้อยมาก โดยมีเหตุผลที่ว่า ตัวเก็บประจุจะกินเนื้อที่ค่อนข้างมาก และยังกันไม่ให้สัญญาณไฟตรงผ่านได้ดีด้วย แต่ตับเก็บประจุ 30 pF ที่ต่อไว้ในวงจรนั้น มีหน้าที่ในการช่วยชดเชยความถี่เท่านั้น ซึ่งเราจะได้ศึกษาต่อไป

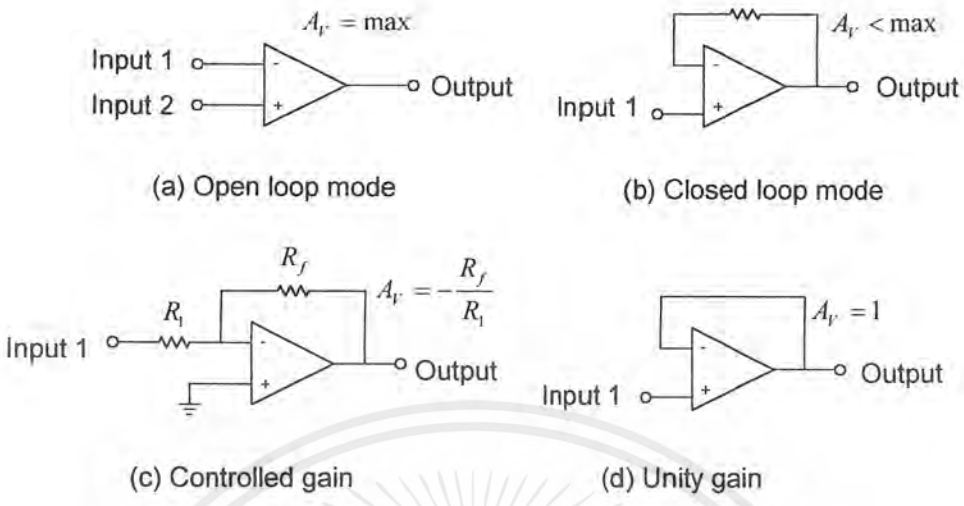
หากนำวงจรในรูปที่ 4.3 มาเปรียบเทียบกับรูปที่ 4.1 จะสามารถแยกวงจรออกเป็น 3 ภาคได้เช่นกัน โดยมีทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 ทำหน้าที่เป็นดิฟเฟอร์เรนเชียลแอมป์ ทรานซิสเตอร์ Q_{16} Q_{17} ซึ่งถูก่อแบบดาร์ลิงตันทำหน้าที่เป็นวงจรขยายแรงดันที่มีอัตราขยายสูงมาก ส่วนภาคเอาต์พุตจะประกอบด้วย Q_{14} และ Q_{20} ทรานซิสเตอร์ Q_{15} นั้นมีไว้สำหรับจำกัดกระแสและป้องกันออปแอมป์เสียหาย เมื่อเอาต์พุตถูกลัดวงจร ส่วนอุปกรณ์ตัวอื่นๆ จะมีหน้าที่ในการจัดไบอัส และช่วยในการขยายสัญญาณสำหรับออปแอมป์

ลักษณะการทำงาน

ออปแอมป์ในอุดมคติจะมีอัตราขยายเป็นอนันต์ แต่ในทางปฏิบัติ อัตราขยายอาจมีค่าสูงสุดเพียง 10000 หรือ 1000000 เท่านั้น ซึ่งเรียกว่า อัตราขยายขณะเปิดลูป (Av) ดังรูป ในขณะที่เกิดความแตกต่างของแรงดันเพียงเล็กน้อยระหว่างขั้วอินพุตทั้งสอง เอาต์พุตจะสามารถให้สัญญาณสูงขึ้นหลายเท่า (ตามค่าของอัตราขยาย Av) หากแต่จะถูกจำกัดด้วยขนาดของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงที่เราป้อนให้แก่ออปแอมป์ด้วย แต่ถึงเช่นนั้นก็ดี เอาต์พุตก็จะไม่สามารถมีค่าสูงสุดเท่ากับแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงได้จริง ทั้งนี้เพราะเกิดจากแรงดันที่ตกคร่อม Q_{14}, R_9 หรือ R_{10}, Q_{20} ทำให้แรงดันเอาต์พุต สูงสุดอาจมีค่าประมาณ 90% ของแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงเท่านั้น

จากคุณสมบัติข้างต้นเราสามารถนำออปแอมป์ในขณะเปิดลูปไปใช้งานเป็นคอมพาราเตอร์ (Comparator) หรือวงจรเปรียบเทียบแรงดันได้ โดยเอาต์พุตจะเปลี่ยนทันทีเมื่อมีความแตกต่างของแรงดันเกิดขึ้นระหว่างขั้วอินพุตของออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงการต่อใช้ออปแอมป์ในลักษณะต่าง ๆ

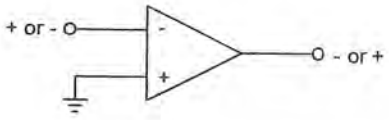
แต่ทว่า การทำงานของออปแอมป์ยังไม่สิ้นสุดเพียงเท่านั้น นอกจากนี้ จะพบว่าการใช้ออปแอมป์ในลักษณะของลูปปิด (มีการป้อนกลับ) จะทำให้ออปแอมป์มีประโยชน์สูงมากขึ้น การป้อนกลับในรูปใช้ตัวต้าน RF เพียงตัวเดียว ซึ่งมีผลให้วงจรมีเสถียรภาพสูงขึ้น และมีสัญญาณรบกวนน้อยลง ในขณะเดียวกัน อัตราการขยายแรงดันจะลดลงด้วย

วงจรแสดงการใช้ออปแอมป์โดยมีการป้อนสัญญาณเอาต์พุตกลับมายังอินพุต นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมอัตราขยายแรงดัน (ในขณะปิดลูป) ได้โดยอาศัยตัวต้านทาน 2 ตัวเท่านั้น ทำให้อัตราขยายแรงดัน A_v มีค่าดังสมการ :

$$A_v = -\frac{R_f}{R_i}$$

โดยที่เครื่องหมายลบแสดงถึงการกลับเฟสของเอาต์พุตเทียบกับอินพุต ส่วนวงจร 3.4 d แสดงการป้อนกลับในกรณีที่ $A_v = 1$ คุณสมบัติที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ คือ คุณสมบัติทั่วไปของออปแอมป์ที่จะนำไปใช้ในบทต่อๆ ไป และนอกจากนี้ คุณสมบัติอีกประการที่ควรศึกษาคือ เรื่องความสัมพันธ์ของขั้วต่างๆ ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของออปแอมป์ ซึ่งสรุปไว้แล้วในรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ของขั้วต่าง ๆ

1. ถ้าขั้ว – มีศักดาเป็นบวกสูงกว่าขั้ว + , เอาต์พุตเป็น -
2. ถ้าขั้ว – มีศักดาเป็นบวกต่ำกว่าขั้ว + , เอาต์พุตเป็น +

คุณสมบัติและพารามิเตอร์บางชนิดของออปแอมป์

1. อินพุตอิมพิแดนซ์

ในทางอุดมคติควรมีค่าเท่ากับอนันต์ แต่ในความเป็นจริง อินพุตอิมพิแดนซ์จะมีค่าประมาณ 1 เมกกะโอห์ม (1×10^6 โอห์ม) ค่าอินพุตอิมพิแดนซ์นี้ยิ่งมีค่ามากขึ้นเท่าใด ออปแอมป์ตัวนั้นก็จะทำงานได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ เมื่อนำออปแอมป์ไปใช้งานในย่านความถี่สูง ควรระวังผลจากอินพุตคาปาซีแตนซ์ของวงจรด้วย ซึ่งมักมีค่าประมาณ 2 พิโคฟารัด (2×10^{-12} ฟารัด) เมื่อขั้วอินพุตขั้วหนึ่งต่อกับกราวด์

2. เอาต์พุตอิมพิแดนซ์

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ออปแอมป์ในอุดมคตจะต้องมีเอาต์พุตอิมพิแดนซ์เป็นศูนย์ แต่ในความเป็นจริง ค่านี้อาจมีได้ตั้งแต่ 25 ถึงหลายพันโอห์มขึ้นไป แต่อย่างไรก็ตาม เรามักสมมติให้เอาต์พุตอิมพิแดนซ์ในวงจรมีค่าเป็นศูนย์ เพื่อง่ายต่อการคำนวณ และวิเคราะห์

จากคุณสมบัติของออปแอมป์ที่มีอินพุตอิมพิแดนซ์สูง และมีเอาต์พุตอิมพิแดนซ์ต่ำ ออปแอมป์จึงเปรียบเสมือนเป็นอุปกรณ์ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นอิมพิแดนซ์แมทชิ่ง (Impedance Matching) ที่ดีตัวหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กระแสไบอัสด้านอินพุต

เนื่องจากอินพุตอิมพิแดนซ์ของออปแอมป์ไม่เป็นอนันต์ ดังนั้น จึงมีกระแสค่าน้อยๆ (มีหน่วยเป็น นาโน (10^{-9}) ถึงไมโคร (10^{-6}) แอมแปร์) ไหลผ่านขั้วอินพุตทั้งสอง ซึ่งค่าเฉลี่ยของกระแสดังกล่าวถูกเรียกว่าเป็น "กระแสไบอัดด้านอินพุต" กระแสจะก่อให้เกิดความไม่สมดุลในวงจรภายใน ซึ่งจะเป็นผลกระทบต่อภาคเอาต์พุตด้วย ดังนั้น กระแสนี้ควรถูกจำกัดให้มีค่าต่ำสุด (อาจทำได้โดยการใช้ออปแอมป์ที่มีอินพุตเป็น Set)

4. แรงดันออฟเซ็ท (Offset) ที่เอาต์พุต

แรงดันออฟเซ็ทที่เอาต์พุตเกิดขึ้นจากกระแสไบอัสด้านอินพุต ซึ่งในทางอุดมคติ เมื่อแรงดันอินพุตระหว่างขั้วทั้งสองมีค่าเท่ากัน แรงดันที่เอาต์พุตควรเป็นศูนย์ แต่โดยทั่วไปมักไม่เป็นเช่นนั้น คือ มักมีแรงค่าหนึ่งปรากฏที่เอาต์พุตขณะที่อินพุตเป็นศูนย์ ซึ่งเราสามารถแก้ไขได้โดย การป้อนแรงดันหรือกระแสออฟเซ็ทที่อินพุต แล้วปรับจนได้ $V_{out} = 0$ โวลท์

5. กระแสออฟเซ็ทที่อินพุต

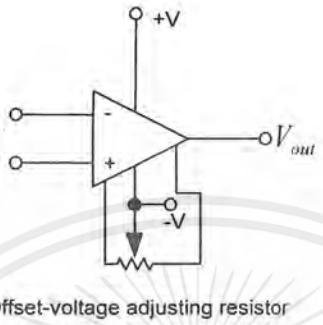
ในการปรับแรงดันออฟเซ็ทที่เอาต์พุตให้มีค่าเป็นศูนย์ กระแสอินพุตทั้งสองขั้วควรมีค่าเท่ากัน แต่ในทางปฏิบัติจะพบว่า เราต้องจ่ายกระแสให้แก่อินพุตขั้วหนึ่งมากกว่าอีกขั้วหนึ่งเสมอ เพื่อทำให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งกระแสออฟเซ็ทนี้อาจมีค่าประมาณ 20 มิลลิแอมป์

6. แรงดันออฟเซ็ทที่อินพุต

ในอุดมคติ แรงดันเอาต์พุตจะเท่ากับศูนย์ก็ต่อเมื่อแรงดันระหว่างขั้วอินพุตมีค่าเป็นศูนย์เช่นกัน แต่ในทางปฏิบัติ ความไม่สมดุลภายในวงจรมักทำให้เราต้องป้อนแรงดันค่าหนึ่งแก่อินพุตใดๆ เสมอ เพื่อทำให้แรงดันเอาต์พุตเป็นศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.การปรับออฟเซ็ทให้เป็นศูนย์ (Offset Nulling)



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรที่ใช้ตั้งค่าศูนย์ให้กับออปแอมป์

ในการปรับแรงดันเอาต์พุตให้เป็นศูนย์ หรือการปรับแรงดันออฟเซ็ทที่อินพุตให้เป็นศูนย์นั้น เราอาจใช้ขั้ว Offset Nulling ที่ผู้ผลิตได้เตรียมไว้ให้แล้ว โดยให้ศึกษาข้อมูลรายละเอียดของออปแอมป์เบอร์นั้นๆ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจสอบวงจรให้เรียบร้อยและเช็คอุปกรณ์ที่ต้องนำมาต่อ

2. ลดระดับสัญญาณอินพุตจนเหลือศูนย์ ถ้ามีตัวต้านทานต่ออนุกรมกับอินพุตอยู่ ให้ตรวจสอบดังนี้

ก) ถ้าตัวต้านทานนั้นมีค่าสูงกว่าอินพิแดนซ์ของแหล่งกำเนิดสัญญาณอินพุตตั้งแต่ 1% ขึ้นไป ปล่อยตัวต้านทานไว้เช่นเดิม

ข) หากตัวต้านทานดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากัน ให้นำแหล่งกำเนิดสัญญาณอินพุตนั้นออก แล้วต่อตัวต้านทานที่มีขนาดเท่ากับอินพุตอิมพิแดนซ์ของแหล่งกำเนิดอินพุตเข้าแทน

ค) ต่อโหลดเข้ายังขั้วเอาต์พุต

ง) ป้อนไฟตรงให้วงจร

จ) วัดแรงดันที่เอาต์พุตด้วย โวลท์มิเตอร์ หรือ ออสซิลโลสโคป (แรงดันเอาต์พุตอาจมีค่าต่ำเพียงไม่กี่มิลลิโวลต์ ดังนั้น ควรใช้อุปกรณ์สำหรับวัดที่เหมาะสม)

ฉ) ปรับตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้จน V_{out} มีค่าเป็นศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช) ถอดอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้าไป แล้วต่อวงจรดังเดิม แต่ห้ามแตะต้องตัวต้านทานปรับค่าได้

8. ผลของอุณหภูมิ

อุณหภูมิมีผลต่ออุปกรณ์โซลิดสเตททุกชนิด รวมทั้งออปแอมป์ ดังนั้น ผลกระทบจากอุณหภูมิจะทำให้กระแสและแรงดันออฟเซ็ทเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเราเรียกการเปลี่ยนแปลงอันเกิดขึ้นจากอุณหภูมิว่า "ดริฟท์" ดังนั้น ในขณะทำงาน ควรตรวจสอบด้วยว่าออปแอมป์จะมีเปอร์เซ็นต์การผิดพลาดมากน้อยเพียงใด หากอุณหภูมิเปลี่ยนไป

9. การชดเชยความถี่

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับออปแอมป์ที่ใช้ในย่านความถี่สูงก็คือ การออสซิลเลท (Oscillation) ซึ่งเกิดจากอัตราขยายที่มีค่าค่อนข้างสูงของออปแอมป์เอง และยังเกิดจากการเลื่อนเฟส (Phase shift) ณ จุดต่างๆ ภายในวงจร เป็นผลให้เราไม่สามารถควบคุมอัตราขยายของสัญญาณป้อนกลับได้ วิธีแก้ปัญหาก็คือ ต่อตัวเก็บประจุชดเชยให้แก่วงจร ซึ่งจะทำให้อัตราขยายของออปแอมป์มีขนาดลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น

10. อัตราสลูว์ (Slew Rate)

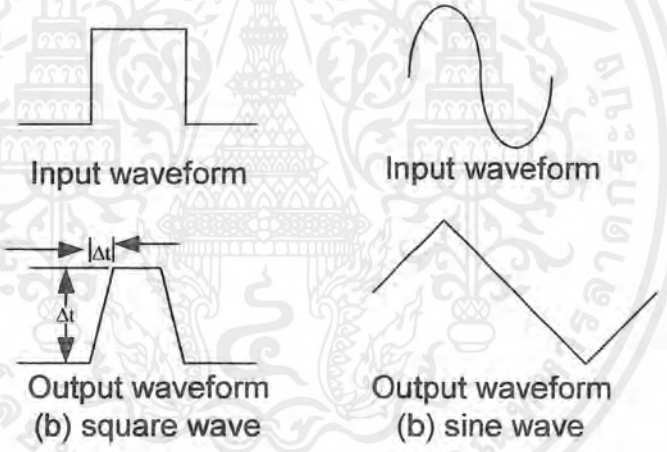
อัตราสลูว์ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของแรงดันเอาต์พุตเทียบกับเวลา ดังสมการ

$$\text{อัตราสลูว์} = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงสูงสุดของแรงดันเอาต์พุต}}{\text{การเปลี่ยนแปลงเวลา}}$$

$$= \frac{\Delta V_{out}(\max)}{\Delta t}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่น ออปแอมป์เบอร์ 741 ซึ่งมีอัตราสลูว์เท่ากับ 0.5 โวลท์/ไมโครวินาที แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของแรงดัน เอาต์พุตสำหรับออปแอมป์ตัวนี้มีค่า 0.5 โวลท์ ภายในช่วงเวลา 1×10^{-6} วินาที โดยมีค่าปาซิแตนซ์ของตัวเก็บประจุเป็นตัวจำกัดอัตราสลูว์ของออปแอมป์ (ตัวเก็บประจุที่ว่านี้อาจเป็นชนิดที่ต่อจากภายนอก หรือตัวเก็บประจุภายใน IC เองก็ได้) อัตราสลูว์ที่มีค่าต่ำจะเป็นผลให้แรงดันที่เอาต์พุตมีการตอบสนองเปลี่ยนแปลงช้าลง เมื่อเทียบกับอินพุต ดังแสดงในรูป เมื่อสัญญาณอินพุตมีความถี่สูงมากขึ้นเท่าใด อัตราสลูว์จะมีบทบาทต่อการตอบสนอง ณ เอาต์พุตอย่างเด่นชัดยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการเอาต์พุตที่เพี้ยนมากขึ้น หากอัตราสลูว์มีค่าน้อย หรืออีกนัยหนึ่ง ออปแอมป์ที่มีอัตรสลูว์สูงจะมีแบนด์วิตธ์กว้างกว่านั่นเอง



รูปที่ 3.7 การตอบสนองของอัตราสลูว์

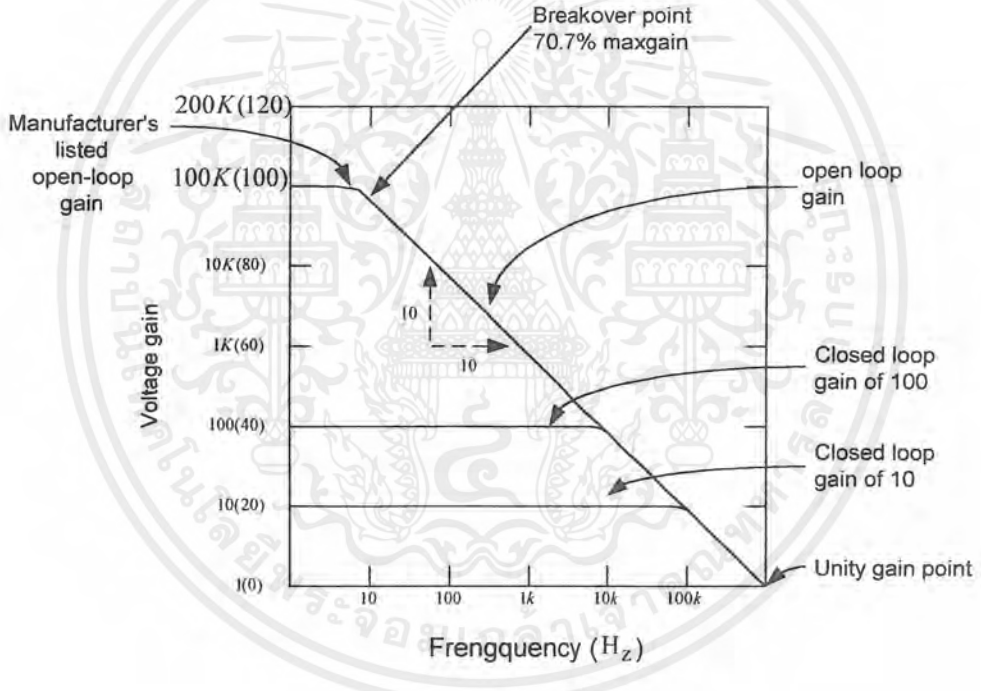
11. การตอบสนองต่อความถี่

อัตราขยายของออปแอมป์จะลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น จะพบว่า อัตราขยายที่ผู้ผลิตแสดงไว้ในดาต้าชีท (DATA SHEET) จะเป็นอัตราขยายที่ความถี่ 0 เฮิรท์ซ หรือไฟตรง (ซึ่งแสดงให้เห็นความถี่สูงสุดของออปแอมป์) ในการทำงานแบบลูปเปิด จะเห็นได้ว่า วงจรมีเสถียรภาพต่ำมาก นั่นคือ เมื่อความถี่เพิ่มขึ้นสิบเท่า อัตราขยายจะลดลง 10 เท่าทันที

โดยทั่วไป แบนด์วิธของวงจรจะหมายถึงช่วงความถี่ที่อัตราขยายมีค่า 70.7% ของอัตราขยายสูงสุด แบนด์วิธของออปแอมป์ขณะเปิดลูป จะมีค่าประมาณ 10 เฮิรท์ช ดังนั้น หากต้องการให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรที่ออกแบบขึ้นสามารถทำงานได้ที่ความถี่อินพุตสูงๆ จะต้องป้อนสัญญาณจากเอาต์พุตกลับมายังอินพุต (การป้อนกลับแบบลบ) ซึ่งจะทำให้อัตราขยายของลูปปิดลดลง แต่ในขณะเดียวกันความถี่ที่อัตราขยายเท่ากับ 70.7% ของอัตราขยายสูงสุดก็จะเพิ่มขึ้นด้วยอัตราเท่ากัน ส่วนจุดที่มีอัตราขยายเท่ากับหนึ่ง (Unity –Gain Point) จะแสดงความถี่สูงสุดของออปแอมป์เมื่ออัตราขยายมีค่าเป็นหนึ่ง



รูปที่ 3.8 การตอบสนองต่อความถี่ของออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. ผลคูณของอัตราขายและแบนด์วิธ

จากที่ได้อธิบายมาในหัวข้อที่แล้วว่า เมื่ออัตราขยายลดลงเท่าใด ความถี่ก็จะสูงขึ้นด้วยจำนวนเท่าของค่านั้นด้วย ซึ่งแสดงว่า ผลคูณระหว่างอัตราขยายและแบนด์วิธจะมีค่าคงที่เสมอไป และเราสามารถหาค่านั้นได้จากจุดซึ่งมีอัตราขยายเท่ากับหนึ่ง (ค่านี้จะหาได้จากดาต้าชีท) ผลคูณนี้มีประโยชน์อย่างมากในการประมาณค่าความถี่สูงสุดที่วงจรสามารถทำงานได้ ตัวอย่างเช่น หากเราพบว่า ความถี่ที่อัตราขยายมีค่าเท่ากับหนึ่ง (หาจาก Data Sheet) มีค่าเป็น 1 เมกกะเฮิรท์ซ และอัตราขยายของวงจรที่ออกแบบมีค่าเท่ากับ 100 ดังนั้น ความถี่สูงสุดที่เราประมาณไว้ควรมีค่าอยู่ในราวๆ

$$\text{BW (แบนด์วิธ)} = \frac{1{,}000{,}000}{100} = 10 \text{ กิโลเฮิรท์ซ}$$

13. อัตราการลดสัญญาณชนิดคอมมอนโหมด (CMRR)

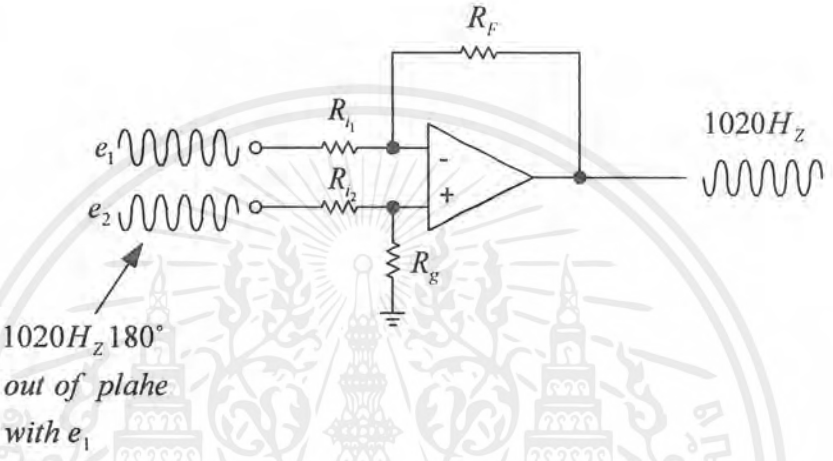
COMMON – MODE REJECTON RATIO เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของออปแอมป์ที่ได้มาจากภาคอินพุตที่เป็นดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ หมายความว่า หากสัญญาณที่เข้ามายังขั้วอินพุตทั้งสองมีเฟสตรงกัน และยังมีขนาดเท่ากัน (สัญญาณแบบนี้เรียกว่าอยู่ในคอมมอนโหมด) สัญญาณทั้งสองนี้ จะถูกกำจัดทิ้งไป ดังนั้น เอาต์พุตจะเป็นศูนย์ ส่วนสัญญาณที่มีขนาดต่างกันและมีเฟสต่างกันจะเรียกว่า อยู่ในดิฟเฟอเรนเชียลโหมด

ตัวอย่างเช่น วงจรในรูป สัญญาณในดิฟเฟอเรนเชียลโหมดสองตัวซึ่งมีความถี่ 1020 เฮิรท์ซ ถูกป้อนเข้าไปยังขั้วอินพุตของออปแอมป์ แต่ในขณะเดียวกัน สัญญาณทั้งสองจะเก็บสัญญาณรบกวน 60 เฮิรท์ซ ขึ้นมาในระหว่างเดินทาง ทำให้เกิดรูปคลื่นดังในภาพ ทว่า เมื่อป้อนสัญญาณเข้าไปแล้ว สัญญาณรบกวนความถี่ 60 เฮิรท์ซจะถูกกำจัดออกไป เนื่องจากเป็นสัญญาณชนิดคอมมอนโหมด ซึ่งความสามารถในการกำจัดสัญญาณคอมมอนโหมดนี้ เราเรียกย่อว่า CMRR หาได้จากสมการ

$$\text{CMRR} = \frac{A_D}{A_{cm}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย A_D คือ อัตราขยายสำหรับสัญญาณแบบดิฟเฟอเรนเชียล ส่วน A_{cm} คือ อัตราขยายสำหรับสัญญาณคอมมอนโหมด ดังนั้น ยิ่ง CMRR ของออปแอมป์มีค่าสูงเท่าไร หมายความว่าสัญญาณรบกวนจะถูกกำจัดลงมากขึ้นเท่านั้น



รูปที่ 3.9 แสดงอัตราการลดสัญญาณแบบคอมมอนโหมด

1.4 หน่วยเดซิเบล (dB)

การคำนวณอัตราขยายของวงจรใดๆ สามารถหาได้จากสมการ

$$A_X = \frac{X_{out}}{X_{in}}$$

โดยที่ X อาจเป็นแรงดัน หรือ กระแสก็ได้ และโดยทั่วไปนิยมหาอัตราขยายจากสมการ

$$dB = 20 \log A_v$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าใช้งานต่างๆ ที่ควรเข้าใจ

การนำไอซีออปแอมป์ไปใช้งาน ผู้ใช้ควรศึกษาดาต้าชีทของบริษัทผู้ผลิตให้ละเอียดเสียก่อน เพื่อป้องกันออปแอมป์ชำรุด หรือเสียหาย ค่าต่างๆ ที่ควรรู้ได้แก่

ก) แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง ± V (SUPPLY VOLTAGE)

ข) กำลังที่สูญเสียในตัวไอซี (POWER DISSIPATON) ซึ่งแสดงถึงกำลังสูงสุดที่อุปกรณ์สามารถปลดปล่อยออกมาโดยที่อุณหภูมิไม่สูง จนทำให้ไอซีพัง

ค) แรงดันสูงสุดระหว่างขั้วอินพุต (DIFFERENTAL INPUT VOLTAGE)

ง) แรงดันสูงสุดที่อินพุตแต่ละขั้ว (INPUT VOLTAGE)

จ) ความสามารถในการทนภาวะลัดวงจรที่เอาต์พุต (OUTPUT SHORT – CIRCUIT DURATION)

ฉ) อุณหภูมิที่ใช้งาน (OPERATING TEMPERATURE)

ช) อุณหภูมิที่ใช้เก็บอุปกรณ์ (STORAGE – TEMPERATURE)

ฌ) อุณหภูมิองขาอุปกรณ์ (LEAD TEMPERATURE) แสดงอุณหภูมิที่ไอซีสามารถทนได้ในขณะที่ถูกบัดกรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.
(Note 5)

	LM741A	LM741E	LM741	LM741C
Supply Voltage	±22V	±22V	±22V	±18V
Power Dissipation (Note 1)	500 mW	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	±30V	±30V	±30V	±30V
Input Voltage (Note 2)	±15V	±15V	±15V	±15V
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	−55°C to +125°C	0°C to +70°C	−55°C to +125°C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C	100°C	150°C	100°C
Soldering Information				
N-Package (10 seconds)	260°C	260°C	260°C	260°C
J- or H-Package (10 seconds)	300°C	300°C	300°C	300°C
M-Package				
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.				
ESD Tolerance (Note 6)	400V	400V	400V	400V

Electrical Characteristics (Note 3)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25°C$										
	$R_S \le 10\,k\Omega$					1.0	5.0		2.0	6.0	mV
	$R_S \le 50\Omega$		0.8	3.0							mV
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$										
	$R_S \le 50\Omega$			4.0							mV
	$R_S \le 10\,k\Omega$						6.0			7.5	mV
Average Input Offset Voltage Drift				15							μV/°C
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25°C$, $V_S = \pm 20V$	±10				±15			±15		mV
Input Offset Current	$T_A = 25°C$		3.0	30		20	200		20	200	nA
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$			70		85	500			300	nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							nA/°C
Input Bias Current	$T_A = 25°C$		30	80		80	500		80	500	nA
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$			0.210			1.5			0.8	μA
Input Resistance	$T_A = 25°C$, $V_S = \pm 20V$	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0		MΩ
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$, $V_S = \pm 20V$	0.5									MΩ
Input Voltage Range	$T_A = 25°C$							±12	±13		V
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$				±12	±13					V
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25°C$, $R_L \ge 2\,k\Omega$										
	$V_S = \pm 20V$, $V_O = \pm 15V$	50									V/mV
	$V_S = \pm 15V$, $V_O = \pm 10V$				50	200		20	200		V/mV
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$, $R_L \ge 2\,k\Omega$,										
	$V_S = \pm 20V$, $V_O = \pm 15V$	32									V/mV
	$V_S = \pm 15V$, $V_O = \pm 10V$				25			15			V/mV
	$V_S = \pm 5V$, $V_O = \pm 2V$	10									V/mV

2

รูปที่ 3.10 แสดงตัวอย่างของดาต้าชีทของ ของออปแอมป์เบอร์747

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Note 3) (Continued)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 20V$										
	$R_L \geq 10\ k\Omega$	±16									V
	$R_L \geq 2\ k\Omega$	±15									V
	$V_S = \pm 15V$										
	$R_L \geq 10\ k\Omega$				±12	±14		±12	±14		V
	$R_L \geq 2\ k\Omega$				±10	±13		±10	±13		V
Output Short Circuit Current	$T_A = 25°C$	10	25	35		25			25		mA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$	10		40							mA
Common-Mode Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$										
	$R_S \leq 10\ k\Omega$, $V_{CM} = \pm 12V$				70	90		70	90		dB
	$R_S \leq 50\Omega$, $V_{CM} = \pm 12V$	80	95								dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $V_S = \pm 20V$ to $V_S = \pm 5V$										
	$R_S \leq 50\Omega$	86	96								dB
	$R_S \leq 10\ k\Omega$				77	96		77	96		dB
Transient Response	$T_A = 25°C$, Unity Gain										
Rise Time			0.25	0.8		0.3			0.3		μs
Overshoot			6.0	20		5			5		%
Bandwidth (Note 4)	$T_A = 25°C$	0.437	1.5								MHz
Slew Rate	$T_A = 25°C$, Unity Gain	0.3	0.7			0.5			0.5		V/μs
Supply Current	$T_A = 25°C$					1.7	2.8		1.7	2.8	mA
Power Consumption	$T_A = 25°C$										
	$V_S = \pm 20V$		80	150							mW
	$V_S = \pm 15V$					50	85		50	85	mW
LM741A	$V_S = \pm 20V$										
	$T_A = T_{AMIN}$			165							mW
	$T_A = T_{AMAX}$			135							mW
LM741E	$V_S = \pm 20V$										
	$T_A = T_{AMIN}$			150							mW
	$T_A = T_{AMAX}$			150							mW
LM741	$V_S = \pm 15V$										
	$T_A = T_{AMIN}$					60	100				mW
	$T_A = T_{AMAX}$					45	75				mW

Note 1: For operation at elevated temperatures, these devices must be derated based on thermal resistance, and T_j max. (listed under "Absolute Maximum Ratings"). $T_j = T_A + (\theta_{jA} P_D)$.

Thermal Resistance	Cerdip (J)	DIP (N)	HO8 (H)	SO-8 (M)
θ_{jA} (Junction to Ambient)	100°C/W	100°C/W	170°C/W	195°C/W
θ_{jC} (Junction to Case)	N/A	N/A	25°C/W	N/A

Note 2: For supply voltages less than ±15V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

Note 3: Unless otherwise specified, these specifications apply for $V_S = \pm 15V$, $-55°C \leq T_A \leq +125°C$ (LM741/LM741A). For the LM741C/LM741E, these specifications are limited to $0°C \leq T_A \leq +70°C$.

Note 4: Calculated value from: BW (MHz) = 0.35/Rise Time(μs).

Note 5: For military specifications see RETS741X for LM741 and RETS741AX for LM741A.

Note 6: Human body model, 1.5 kΩ in series with 100 pF.

รูปที่ 3.10 (ต่อ) แสดงตัวอย่างของดาต้าชีทของ ของออปแอมป์เบอร์747

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของออปแอมป์และตัวถังรูปแบบต่างๆ

ออปแอมป์ได้ถูกค้นพบขึ้นเป็นเวลานานพอสมควรแล้ว แต่ทว่า การนำออปแอมป์ในรูปแบบของไอซี ซึ่งสามารถใช้งานได้ดีนั้นเพิ่งจะเริ่มต้นในปี ค.ศ. 1963 เท่านั้น นำโดยการเสนอออปแอมป์เบอร์ μA ของบริษัท FAIRCHILD SEMICONDUCTOR จนกระทั่งปัจจุบัน ออปแอมป์ได้ถูกพัฒนาขึ้นจนมีความสามารถสูงกว่าเดิมมาก แต่อย่างไรก็ตาม เราก็ยังสามารถแบ่งชนิดของออปแอมป์ได้เป็นกลุ่มหรือตระกูล

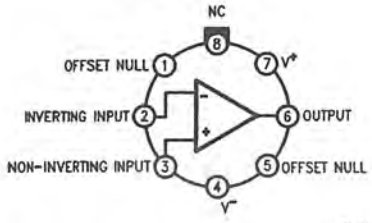
กลุ่ม	ลักษณะการใช้งาน	คุณสมบัติพิเศษ
1	ใช้กับงานทั่วไป	ใช้งานได้ในช่วงความถี่ DC จนถึง 1 เมกกะเฮิรซ์
2	ใช้กับสัญญาณ DC ได้ดี	มีค่าอินพุตอิมพิแดนซ์สูงมาก ทำให้กระแส ไบอัสมีค่าต่ำ
3	ใช้กับสัญญาณ AC ได้ดี	มีแบนด์วิธกว้างมาก และอัตราสลูว์มีค่าสูงๆ
4	ใช้กับแรงดันสูงและวงจรที่ต้องใช้กำลังมาก	สามารถใช้บังโหลดได้โดยตรง
5	ชนิดที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัว	เช่น ออปแอมป์ชนิดที่สามารถโปรแกรมได้ เป็นต้น

โดยทั่วไปตามท้องตลาด เราจะพบภาชนะในการบรรจุออปแอมป์ในลักษณะต่างๆดังรูป 3.11a คือ เป็นแบบภาชนะโลหะ ภาชนะแบบแบน, DIP (DUAL – IN – LINE PACKAGE) และ MINI – DIP ส่วนรูป 3.11b แสดงการต่อขาต่างๆ ออกจากภาชนะที่ใช้บรรจุออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagrams

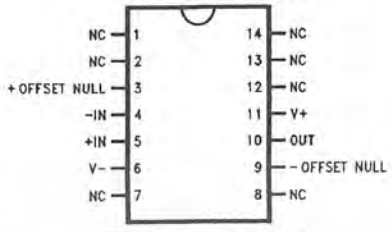
Metal Can Package



TL/H/9341-2

Order Number LM741H, LM741H/883*, LM741AH/883 or LM741CH
See NS Package Number H08C

Ceramic Dual-In-Line Package

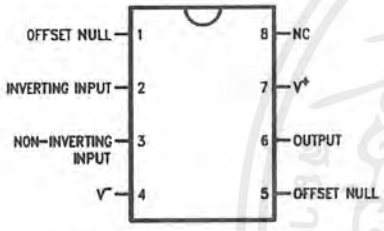


TL/H/9341-5

Order Number LM741J-14/883*, LM741AJ-14/883**
See NS Package Number J14A

*also available per JM38510/10101
**also available per JM38510/10102

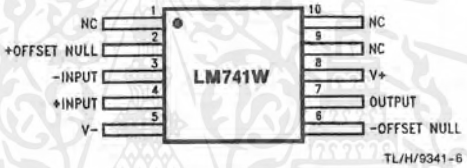
Dual-In-Line or S.O. Package



TL/H/9341-3

Order Number LM741J, LM741J/883, LM741CM, LM741CN or LM741EN
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

Ceramic Flatpak



TL/H/9341-6

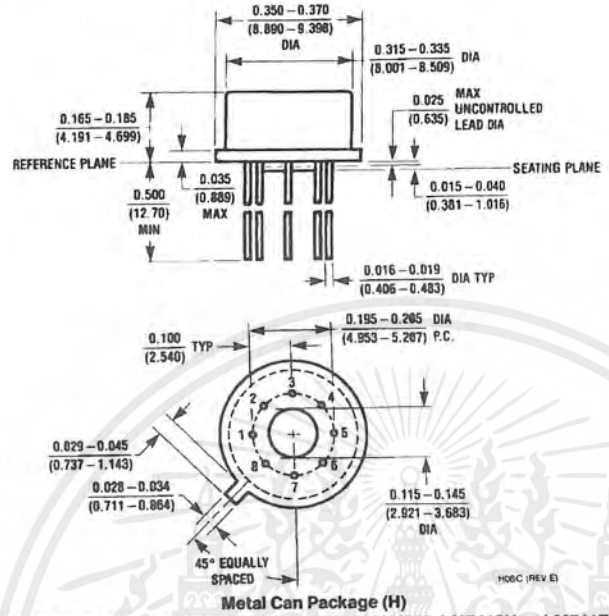
Order Number LM741W/883
See NS Package Number W10A

*LM741H is available per JM38510/10101

รูปที่ 3.11 แสดงรูปแบบและลักษณะต่างของไอซีออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters)



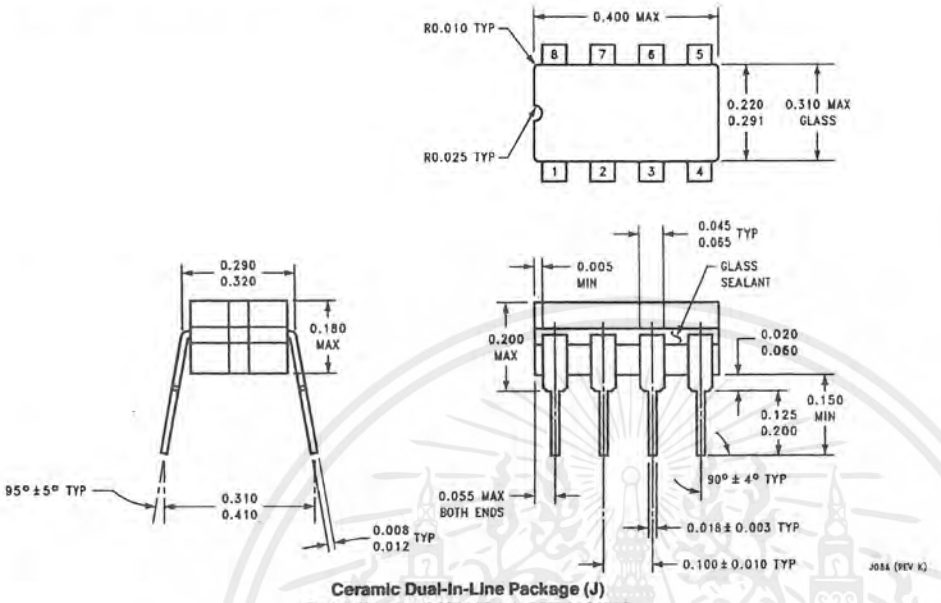
Metal Can Package (H)
Order Number LM741H, LM741H/883, LM741AH/883, LM741CH or LM741EH
NS Package Number H08C

5

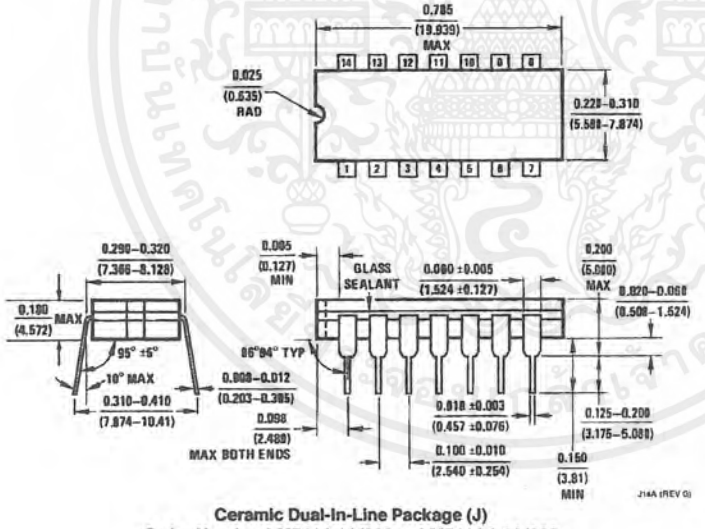
รูปที่ 3.11(ต่อ) แสดงรูปแบบและลักษณะต่างของไอซีออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number LM741CJ or LM741J/883
NS Package Number J08A



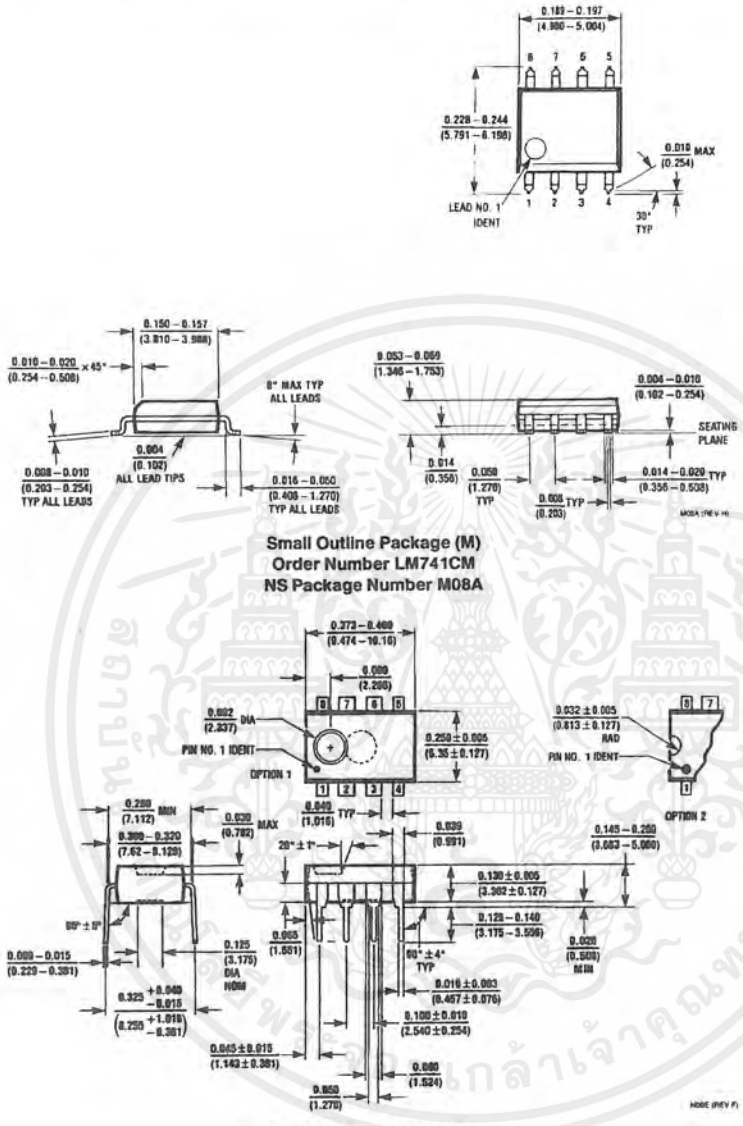
Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number LM741J-14/883 or LM741AJ-14/883
NS Package Number J14A

6

รูปที่ 3.11(ต่อ) แสดงรูปแบบและลักษณะต่างของไอซีออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



Small Outline Package (M)
Order Number LM741CM
NS Package Number M08A

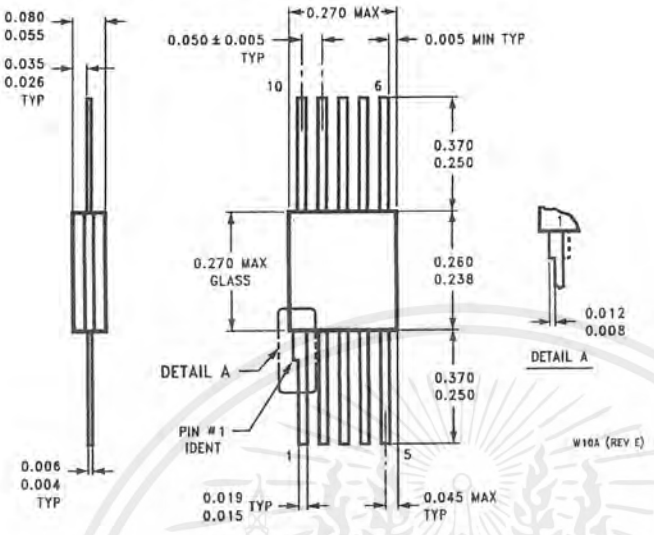
Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM741CN or LM741EN
NS Package Number N08E

7

รูปที่ 3.11(ต่อ) แสดงรูปแบบและลักษณะต่างของไอซีออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



10-Lead Ceramic Flatpak (W)
Order Number LM741W/883
NS Package Number W10A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
1111 West Bardin Road
Arlington, TX 76017
Tel: 1(800) 272-9959
Fax: 1(800) 737-7018

National Semiconductor Europe
Fax: (+49) 0-180-530 85 86
Email: cnjwge@tevm2.nsc.com
Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85
English Tel: (+49) 0-180-532 78 32
Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58
Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80

National Semiconductor Hong Kong Ltd.
13th Floor, Straight Block,
Ocean Centre, 5 Canton Rd.
Tsimshatsui, Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2737-1600
Fax: (852) 2736-9960

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-043-299-2309
Fax: 81-043-299-2408

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

รูปที่ 3.11(ต่อ) แสดงรูปแบบและลักษณะต่างของไอซีออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การนำออปแอมป์ไปใช้ในกระบวนการขยายสัญญาณเสียง

วงจรขยายแรงดันสำหรับวงจรออดิโอ

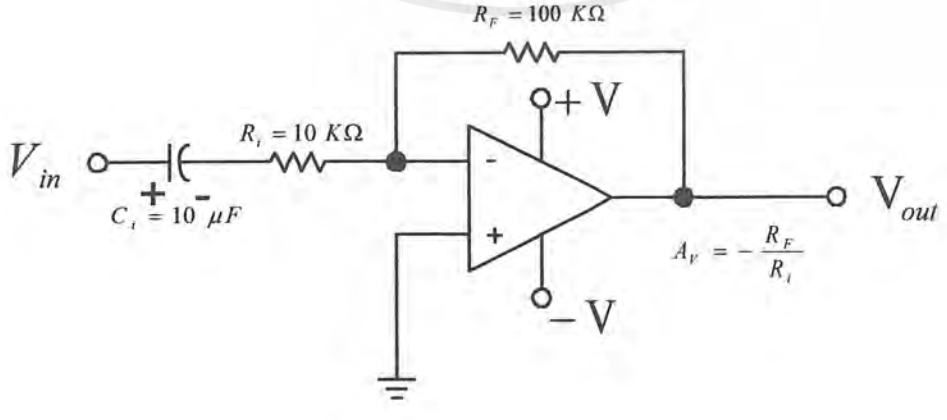
1. วงจรขยายชนิดกลับเฟส

วงจรขยายชนิดกลับเฟสซึ่งสามารถนำไปใช้ร่วมกับวงจรออดิโอ จะเห็นว่า มีโครงสร้างวงจรขยายของสัญญาณไฟตรง (DC) เพียงแต่มีตัวเก็บประจุ C_1 ที่อนุกรมกับขั้วอินพุตลบเพิ่มขึ้นมาเท่านั้นหน้าที่ของ C_1 มีดังนี้คือ :

ก) ป้องกันแรงดันไฟตรงจากภาคก่อนหน้านี้ไม่ให้ผ่านเข้าสู่วงจรขยายชุดนี้ได้ มิเช่นนั้นแรงดันไฟฟ้าตรงนี้จะถูกขยายและทำให้เอาต์พุตของวงจรขยายมีค่าเกิน $\pm V_{sat}$ (แรงดันอิ่มตัว) เป็นผลให้สัญญาณออดิโอ (ซึ่งเป็นสัญญาณไฟสลับ) ผิดจากความเป็นจริง

ข) ตัวเก็บประจุนี้จะช่วยป้องกันไม่ให้สัญญาณรบกวนความถี่ต่ำสามารถผ่านเข้าสู่ขั้วอินพุตของออปแอมป์ได้ โดยที่ความถี่คัทออฟ (f_c) จะมีค่าดังนี้

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_i C_i}$$

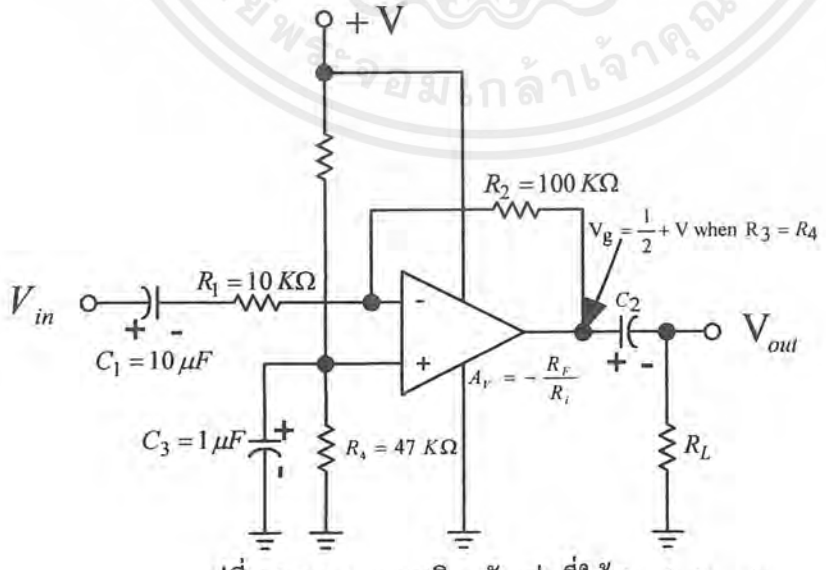


รูปที่ 4.1 วงจรขยายชนิดกลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราขยายแรงดันของวงจร (A_V) มีค่าเท่ากับ $-(R_F/R_i)$ และมีอินพุตรีซิสแตนท์เท่ากับ R_i

ออปแอมป์ที่ได้ศึกษามาแล้ว เป็นชนิดที่ต้องการไฟเลี้ยงชนิดบวกและลบ ในบางครั้ง เราอาจต้องการให้ออปแอมป์ทำงานโดยใช้ไฟเลี้ยงเพียงด้านเดียว (โดยที่อีกด้านต่อกับกราวด์) การต่อในลักษณะนี้ แรงดันเอาต์พุตของออปแอมป์ในขณะที่ไม่มีสัญญาณอินพุต (V_q) ควรมีระดับอยู่ที่ ½ (+V) เมื่อ $R_3 = R_4$ นั้นคือ เมื่อมีสัญญาณไฟสลับเข้ามาที่อินพุต สัญญาณเอาต์พุตจะสามารถสวิงได้สูงสุด (การต่อชนิดต่างกับชนิดที่ใช้ไฟเลี้ยง 2 ชุด ตรงที่เอาต์พุตจะสวิงจาก ½(V)ไปยัง +V หรือ ½(V)ไปยังกราวด์ แทนที่จะสวิงระหว่าง 0 โวลท์ ไป ±V โวล์เช่นวงจรที่ใช้ไฟเลี้ยง 2 ชุด) R_3 และ R_4 ที่ใช้อาจมีค่าตั้งแต่ 10 ถึง 100 กิโลโอห์ม ตัวเก็บประจุ C_3 จะช่วยกรองสัญญาณรบกวน (การดีคับปลิ้ง) ซึ่งเกิดจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง เพื่อป้องกันไม่ให้สัญญาณนี้ผ่านเข้าสู่ขั้วอินพุตบวกของออปแอมป์ ส่วน C_2 จะป้องกันไม่ให้แรงดันไฟตรงผ่านไปยังวงจรถัดไป (ตัวอย่างเช่น ในขณะที่แรงดันเอาต์พุตมีค่า ½ V + V_X โดยที่ Vเป็นแรงดันจากไฟเลี้ยง (DC) และ V_X เป็นขนาดของสัญญาณที่ถูกขยาย (AC) เฉพาะสัญญาณ V_X เท่านั้นที่สามารถผ่าน C_2 ออกไปยังวงจรถัดไปได้) ตัวเก็บประจุที่ใช้ควรเป็นชนิดอิเล็คโตรไลท์ (electrolytic) และควรตรวจขั้วของตัวเก็บประจุในขณะประกอบวงจรให้ดี



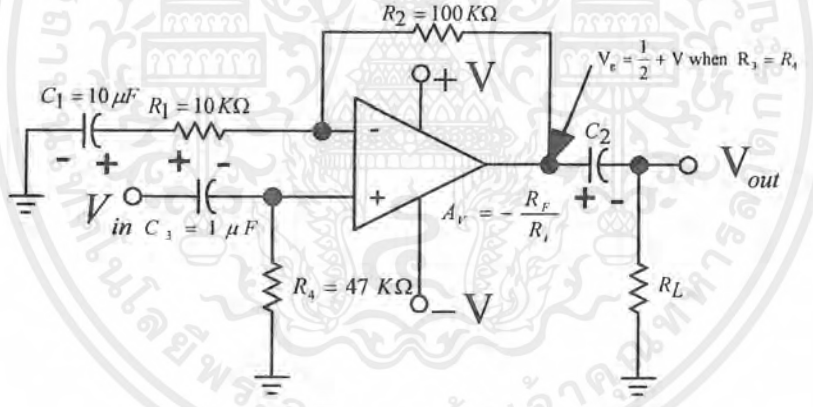
รูปที่ 4.2 วงจรขยายชนิดกลับเฟสที่ใช้ Single Supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.2 แสดงการใช้แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงซึ่งเป็นบวกเท่านั้น ในบางครั้งหากต้องการใช้ไฟเลี้ยงที่เป็นลบ เราก็สามารถทำได้เช่นเดียวกันเพียงแต่เปลี่ยน +V เป็นกราวด์และเปลี่ยนศักดาที่ต่อกับปลาย R_4 เป็น –V นอกจากนี้ ควรกลับขั้วของตัวเก็บประจุทุกตัวด้วย

2. วงจรขยายไม่กลับเฟส

การใช้ออปแอมป์ในวงจรขยายชนิดกลับเฟสที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น จะทำให้อินพุตอิมพิแดนซ์มีค่าเท่ากับ R_i ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ ทำให้การนำวงจรขยายชนิดนี้ไปต่อกับแหล่งกำเนิดสัญญาณที่มีอิมพิแดนซ์สูงได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้น ในหัวข้อนี้จะนำวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส มาใช้งานบ้าง



รูปที่ 4.3 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

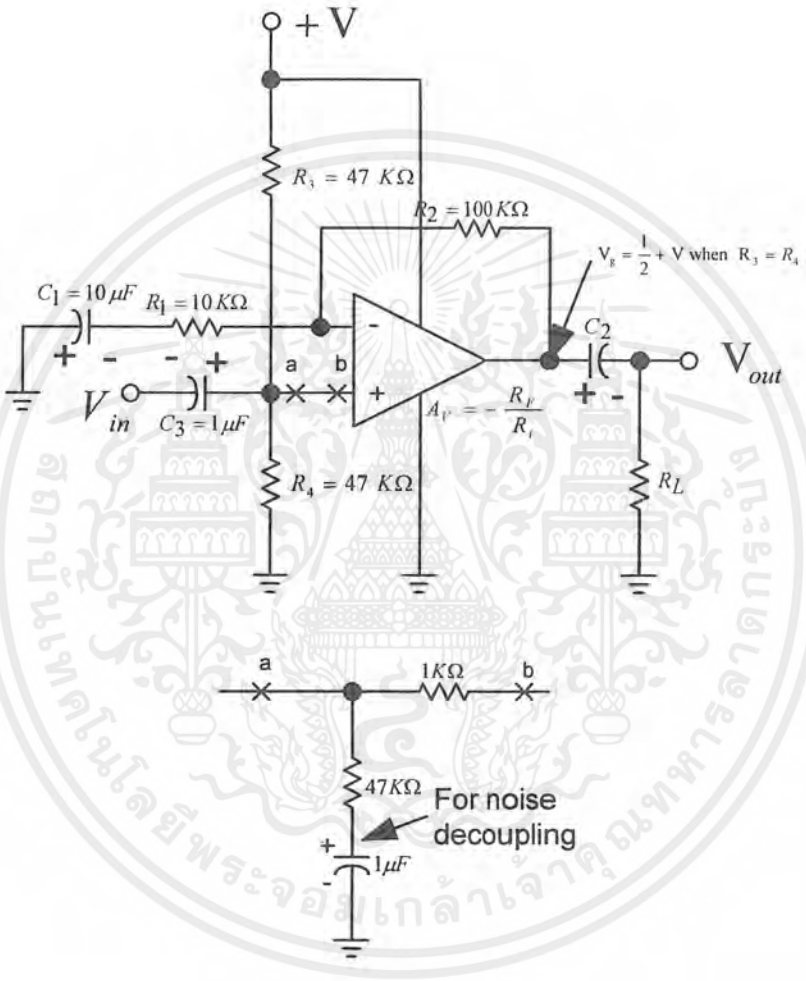
อุปกรณ์ C_i, R_i และ R_F จะทำงานในลักษณะเดียวกับในวงจร โดยที่ C_g และ R_g เป็นตัวกำหนดความถี่ของสัญญาณอินพุตที่สามารถผ่านเข้าสู่ขั้วอินพุตบวกได้

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_i C_i}$$ และมีอินพุตอิมพิแดนซ์ประมาณ R_g

รูปที่ 5.4 แสดงวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสที่ใช้แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงเพียงซีกเดียว และมีหลักการทำงานคล้ายวงจรในรูป 5.2 ต่างกันตรงที่ว่าไม่สามารถต่อตัวเก็บประจุสำหรับการดีคับปลิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คร่อมตัวต้านทาน R_4 ได้ มิเช่นนั้น สัญญาณไฟสลับทั้งหมดจะถูกชอร์ทลงสู่กราวด์ ดังนั้นจึงต้องปรับปรุงภาคดีคับปลิ้ง โดยต่อดังรูป 4.4b แล้วต่อที่จุดa, b ในรูป 4.4a

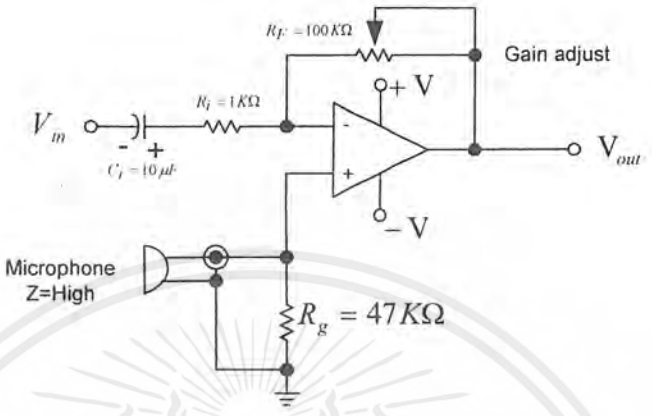


รูปที่ 4.4 วงจรขยายชนิดไม่กลับเฟสที่ใช้ Single Supply

การนำออดิโอแอมป์ไปประยุกต์ใช้งาน

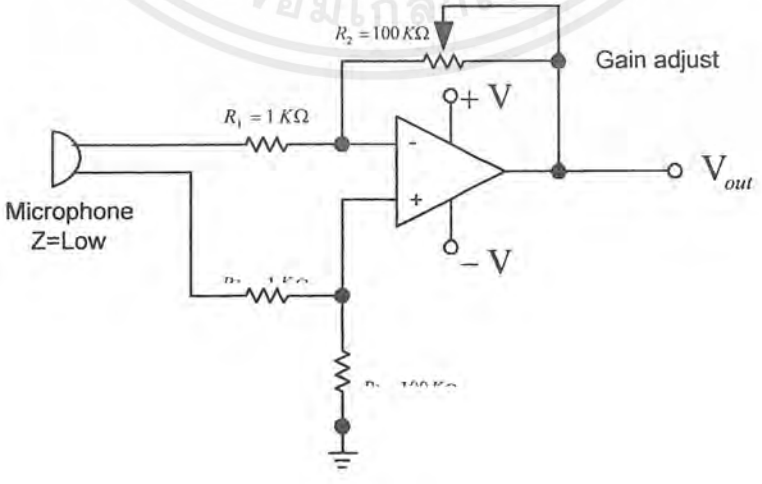
หลังจากที่ได้ศึกษาคุณสมบัติของวงจรขยายแรงดันสำหรับวงจรออดิโอแล้ว เราจะศึกษาการนำวงจรเหล่านี้ไปใช้งาน ซึ่งวงจรทั้งสี่ชนิดนี้นำมาใช้เป็นตัวอย่างล้วนแล้วมีอัตราขยายสูงถึง 100 (40 เดซิเบล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 วงจรปรีแอมป์ที่อิมพีแดนซ์สูง

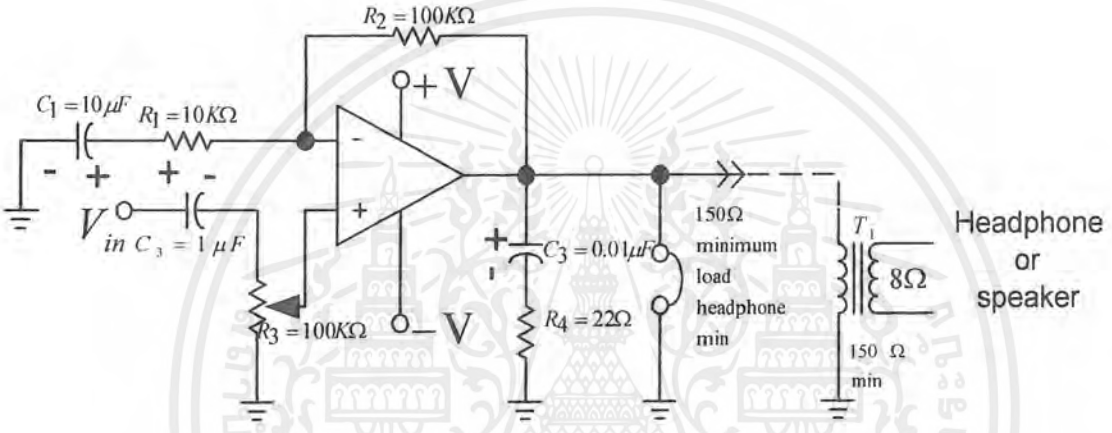
รูปที่ 4.5 แสดงวงจรปรีแอมป์ (pre – amplifier) สำหรับไมโครโฟนที่มีอิมพิแดนซ์สูง (ซึ่งถูกใช้เป็นอินพุต) วงจรนี้จะมีความถี่คัทออฟ (f_c) ประมาณ 1.5 เฮิรท์ซ การปรับ R_F จะทำให้อัตราขยายแรงดันเปลี่ยนไป ส่วน R_g ควรมีค่าเท่ากับอิมพิแดนซ์ของวงจร (ควรใช้ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ เพื่อให้เกิดการแมทชิ่ง (matching) และอิมพิแดนซ์ของไมโครโฟนควรมีขนาดตั้งแต่ 600 โอห์มขึ้นไป



รูปที่ 4.6วงจรปรีแอมป์ชนิดดิฟเฟอเรนเชียลที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 แสดงปรีแอมป์สำหรับไมโครโฟนชนิดดิฟเฟอเรนเชียลที่มีอิมพิแดนซ์ต่ำ การต่อไมโครโฟนในลักษณะนี้สามารถลดสัญญาณรบกวนแบบคอมมอนโหมดลงไปได้มาก และวงจรจะทำงานได้ดีที่สุดหากอิมพิแดนซ์ของไมโครโฟนมีขนาดต่ำกว่า 600 โอห์ม

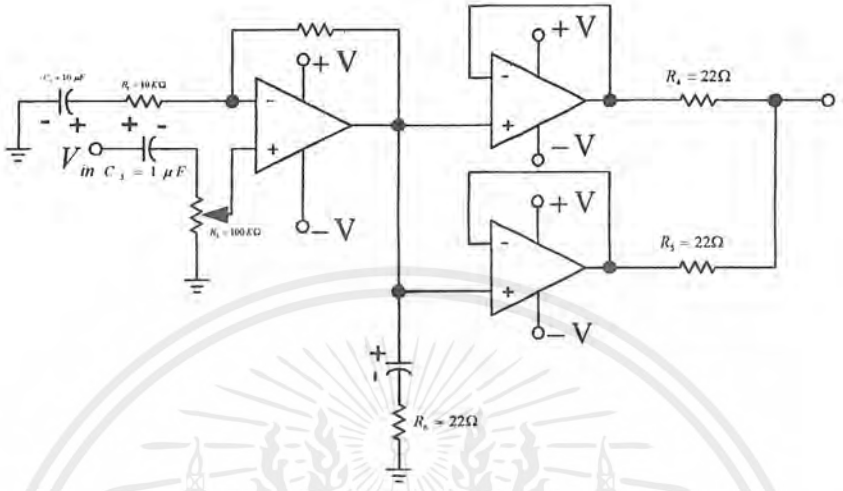


รูปที่ 4.7 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

รูปที่ 4.7 แสดงการนำออปแอมป์ไปใช้ในวงจรสำหรับขับสัญญาณเพื่อป้อนเข้าหูฟัง (head – phones) โดยที่อิมพิแดนซ์ของหูฟังไม่ควรมีค่าต่ำกว่า 150 โอห์ม (อาจใช้หูฟังมาต่อขนานมากกว่าหนึ่งชุดตราบใดที่อิมพิแดนซ์รวมยังมีค่าสูงกว่า 150 โอห์ม) นอกจากนี้ ยังสามารถนำไปใช้กับหูฟังหรือลำโพงที่มีอิมพิแดนซ์ต่ำได้ถ้ามีการต่อกับหม้อแปลง สำหรับแมทช์อิมพิแดนซ์ดังเส้นประในรูป ตัวต้านทาน R_3 เป็นตัวปรับความเข้มเสียง (โวลุ่ม) และมี C_3, R_4 ที่ช่วยในการบายพาสหรือผ่านสัญญาณรบกวนความถี่สูงลงกราวด์เพื่อให้คุณภาพของเสียงที่เอาต์พุตดีขึ้น

ในบางครั้ง เราอาจต้องการวงจรที่สามารถขับโหลดชนิดที่ดึงกระแสสูงๆ ตัวอย่างเช่น โหลดที่ต้องการกระแสเป็น 2 เท่าของโหลดในวงจรรูป 4.7 ในกรณีนี้จะสามารถเพิ่มกระแสได้โดยต่อวงจรดังรูป 4.8 โดยนำเอาต์พุตไปต่อกับวงจรตามแรงดัน 2 ชุด ซึ่งต่อขนานกัน ผลคือ กระแสเอาต์พุตจะมีขนาดเท่ากับผลรวมของวงจรตามแรงดันทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟสที่ใช้ขับโหลดที่ดึงกระแสสูง

วงจรปรับทุ้มแหลมชนิดแอคทีฟ

เราทราบอยู่แล้วว่าสิ่งสำคัญที่สุดในการบันทึกเสียงคือ ความเที่ยงตรงในการบันทึกและเสียงที่บันทึกนั้นคือ เสียงที่ถูกบันทึกจะต้องเหมือนกับเสียงต้นแบบทุกประการ แต่บางท่านอาจตั้งข้อสงสัยว่า เหตุใดจึงต้องมีการปรับแต่งเสียงดนตรี เช่น การใช้อีควอไลเซอร์ เป็นต้น ซึ่งสามารถให้เหตุผลหลักที่สามารถอธิบายได้ดังนี้

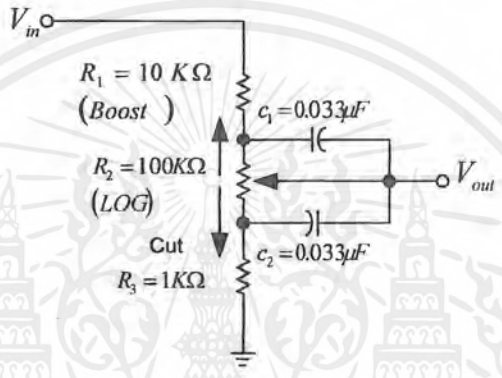
1. ในขณะที่เครื่องเล่นเทปกำลังทำงานอยู่นั้น สภาพต่างๆ ในห้อง เช่น การสะท้อนหรือคุณภาพของลำโพง อาจทำให้เสียงที่ผู้ฟังจะได้ยินผิดเพี้ยนไปจากที่บันทึกไว้ ดังนั้น ผู้ฟังดนตรีที่มีความละเอียดอ่อนจะทราบได้ทันทีว่า เสียงที่ความถี่บางครั้งถี่เพี้ยนไป ซึ่งแก้ไขโดยใช้วงจรปรับเสียงทุ้มแหลม

2. เหตุผลอีกข้อหนึ่งคือ รสนิยมของผู้ฟังแต่ละคนจะต่างกัน บางคนนิยมดนตรีเสียงทุ้ม (bassy) ในขณะที่บางคนอาจชอบดนตรีเสียงแหลม(treble)

ดังนั้น ในบทนี้เราจะแนะนำการใช้วงจรปรับทุ้มแหลมชนิดแอคทีฟ (มีอัตราขยาย) เพื่อปรับแต่งการตอบสนองต่อความถี่ของสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 แสดงวงจรปรับเสียงทุ้มชนิดพาสซีฟ (วงจรชนิดที่มีอัตราขยายต่ำกว่าหรือเท่ากับหนึ่ง) คำว่า "เบส" (bass) หมายถึง เสียงที่มีความถี่ต่ำหรือเสียงทุ้ม ดังนั้น วงจรนี้จึงมีหน้าที่ขยายและลดขนาดของสัญญาณเสียงที่มีความถี่ต่ำเท่านั้น

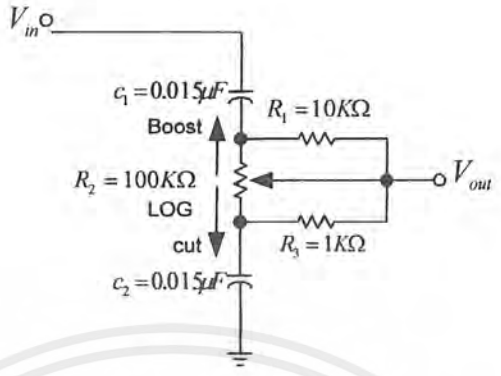


รูปที่ 4.9 วงจรปรับทุ้มชนิด พาสซีฟ

สังเกตให้ดีว่า ตัวต้านทาน R_2 ที่ใช้นั้นเป็นชนิด audio taper หรือที่เรียกว่า แบบล็อก กราริธมิค (ซึ่งเป็นคุณสมบัติของเสียงอยู่แล้ว) นั้นคือ เมื่อขาไวพ์เปอร์ (wiper) ภายในตัวต้านทานปรับค่าได้อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของการหมุนพอดี ความต้านทานขณะนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหนึ่งมีขนาดประมาณ 90% ของความต้านทานทั้งหมด และอีกส่วนหนึ่งมีขนาดประมาณ 10% ซึ่งต่างกับตัวต้านทานปรับค่าแบบธรรมดาที่ความต้านทานจะแบ่งออกเป็น 50% เท่ากันทั้งสองส่วน

ในขณะทำงานเมื่อ R_2 ถูกปรับไปจนสุดและชอร์ทกับขาของตัวเก็บประจุ C_1 สัญญาณที่เอาต์พุตจะมีค่าสูงสุดเรียกทิศทางการบิด R_2 ในด้านนี้ว่าการ "บูสท์" และเมื่อปรับ R_2 ในทิศทางตรงกัน V_{out} จะมีขนาดลดลงเนื่องจากการอิมพิแดนซ์ระหว่าง V_{out} และกราวด์มีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

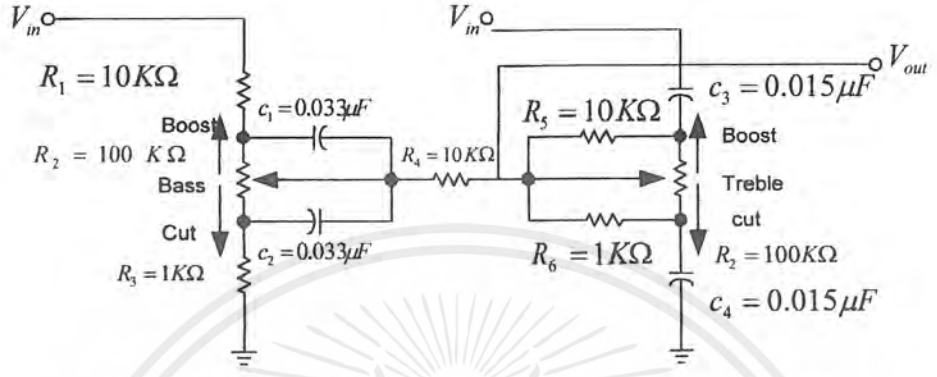


รูปที่ 4.10 วงจรปรับเสียงแหลม

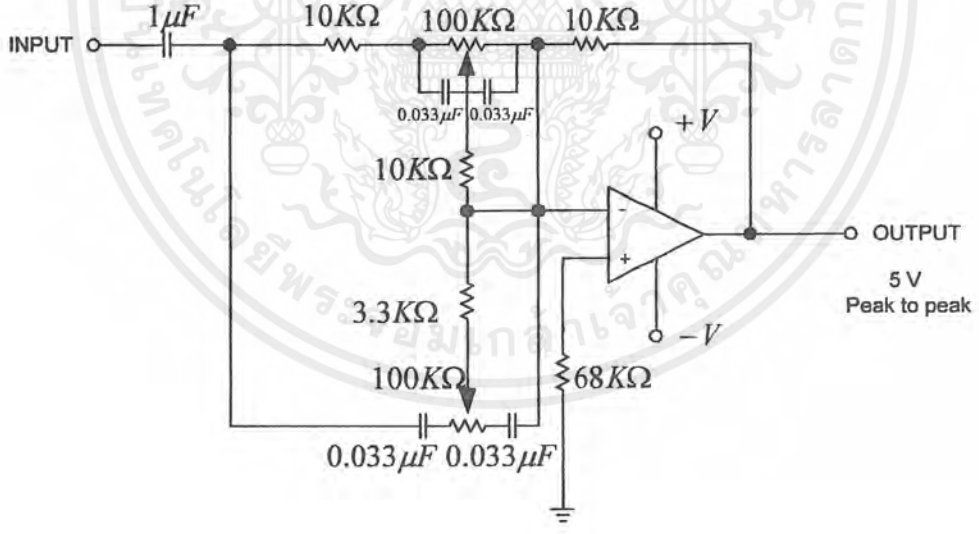
รูปที่ 4.10 แสดงวงจรปรับเสียงแหลม (treble) ซึ่ง treble นั้น หมายถึง สัญญาณความถี่สูง จะเห็นว่าลักษณะการต่อจะคล้ายกับวงจรในรูปที่ 4.9 เพียงแต่สลับตำแหน่งของ R และ C บางตัว และเปลี่ยนค่าอุปกรณ์บางตัวเพื่อใช้สำหรับความถี่สูง เมื่อปรับ R_2 ไปที่ตำแหน่งบูสท์ สัญญาณความถี่สูงจะออกสู่เอาต์พุตมากขึ้น แต่จะมีค่าต่ำลงเมื่อ R_2 อยู่ที่ตำแหน่ง "คัท"

เมื่อนำวงจรทั้งสองในรูปที่ 4.9 และ 4.10 มาต่อร่วมกันเราจะได้วงจรปรับเสียงทุ้มแหลมชนิดพาสซีฟที่สมบูณ์ โดยมีตัวต้านทาน R_4 ทำหน้าที่กั้นสัญญาณระหว่างวงจรทั้งสองชุดไม่ให้ปนกัน แต่เนื่องจากวงจรพาสซีฟจะทำให้ V_{out} มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับ V_{in} เราจึงนิยมใช้วงจรชนิดแอคทีฟ ซึ่งมีออปแอมป์สำหรับขยายสัญญาณอินพุตของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



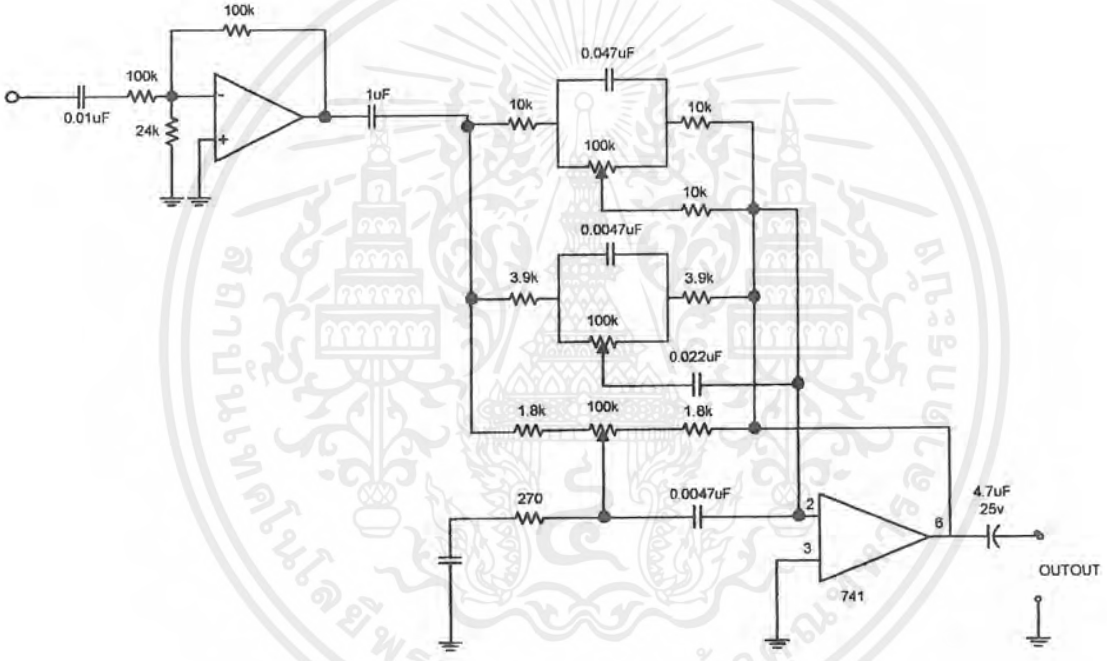
รูปที่ 4.11 วงจรปรับเสียงทุ้มแหลมชนิด พาสซีฟแบบสมบูรณ์



รูปที่ 4.12 วงจรปรับทุ้มแหลมแบบแอคทีฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากการแบ่งสัญญาณเสียงออกเป็นสองระดับแล้ว (ระดับ สูง หรือต่ำ) อาจแบ่งระดับเสียงให้ละเอียดยิ่งขึ้นเป็นสามระดับ คือ สูง กลาง และต่ำ ซึ่งทำให้สามารถควบคุมระดับเสียงในแต่ละช่วงของความถี่ได้ดีขึ้น รูปที่ 4.13 แสดงวงจรปรับทุ้มแหลมชนิดแอคทีฟแบบสามระดับ ซึ่งวงจรนี้จะใช้ได้สำหรับสเตอริโอแอมป์เพียงด้านเดียวเท่านั้น โดยมีอินพุต ออปแอมป์ที่เพิ่มขึ้นมาเป็นบัฟเฟอร์

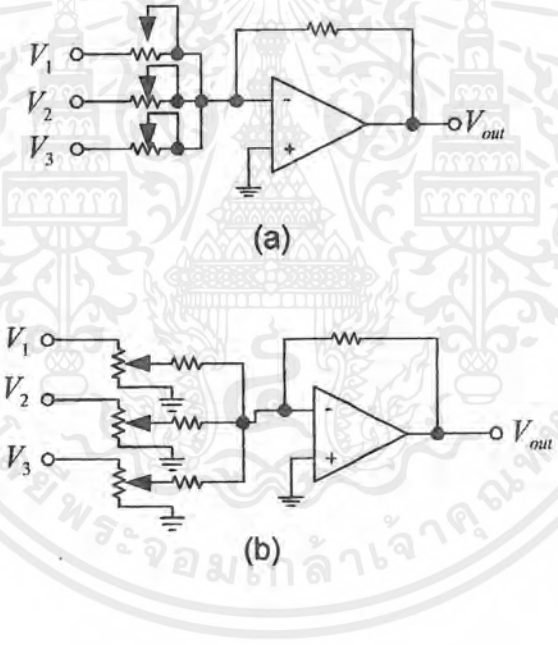


รูปที่ 4.13 วงจรปรับเสียงทุ้มแหลมชนิดแอคทีฟสามระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรออดิโอมิกเซอร์

รูปที่ 4.14 แสดงวงจรออดิโอมิกเซอร์ซึ่งใช้สำหรับผสมสัญญาณหลายๆ ตัว จะเห็นว่า วงจรมิกเซอร์ก็คือวงจรบวกแรงดันที่เราเคยศึกษามาก่อนแล้วนั่นเอง โดยวงจร 4.14a นั้นมีอินพุตอิมพิแดนซ์ที่จะแปรตามตัวต้านทาน R_1, R_2 และ R_3 ทำให้วงจรไม่ค่อยมีเสถียรภาพสูงเท่าที่ควร ดังนั้น จึงควรใช้วงจรในรูปที่ 4.14b ซึ่งจะให้วงจรมีเสถียรภาพดีขึ้น



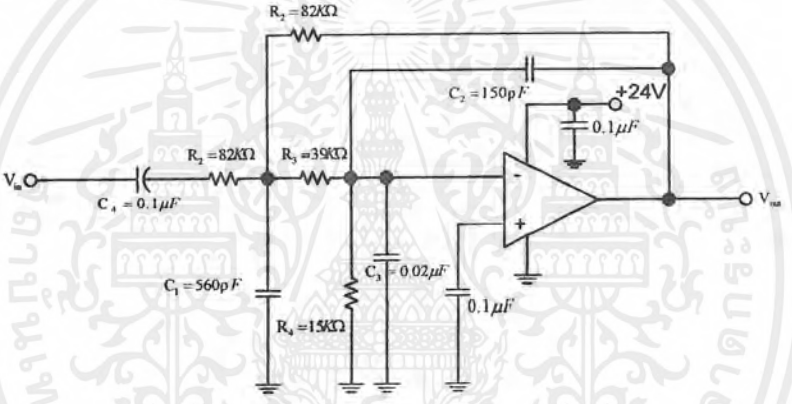
รูปที่ 4.14 วงจรออดิโอมิกเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรออดิโอชนิดอื่นๆ

1. วงจร Scratch filter

เป็นวงจรของความถี่ต่ำชนิดหนึ่งซึ่งจะกำจัดสัญญาณรบกวนในอุปกรณ์จำพวกเครื่องเสียง โดยเฉพาะวงจรในรูปที่ 4.15 มีความถี่คัทออฟประมาณ 10 กิโลเฮิรท์ซ และมีความชันเท่ากับ –12 dB/octave (หมายถึงว่า อัตราขยายจะลดลง 12 เดซิเบลเมื่อความถี่เปลี่ยนไปสองเท่า)

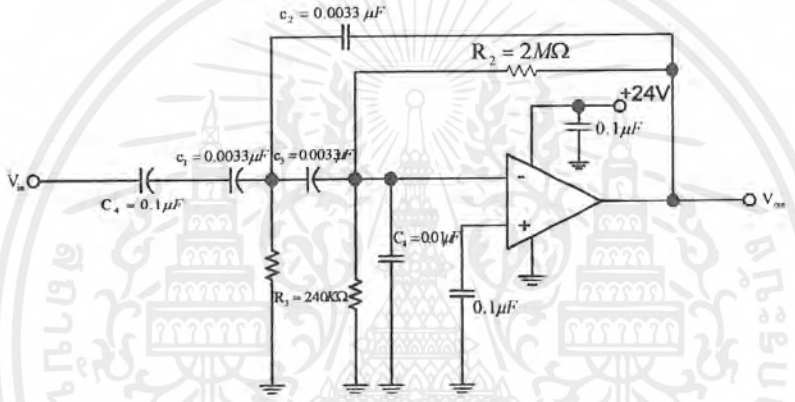


รูปที่ 4.15 วงจร Scratch filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจร Rumble filter

เป็นวงจรกรองความถี่สูงใช้สำหรับลดสัญญาณรบกวนความถี่ต่ำ (เป็นวงจรกรองความถี่สูง) วงจรในรูปที่ 4.16 นี้มีความถี่คัทออฟเท่ากับ 50 เฮิรท์ซ และมีความชันเท่ากับ –12 dB/octave

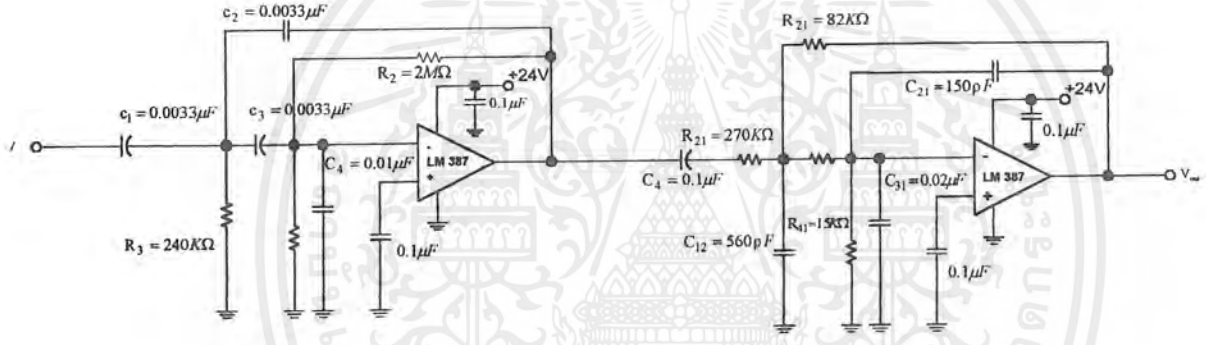


***รูปที่ 4.16 วงจร* Rumble filter**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วงจร Speech filter

ในวงจรออดิโอ เอาต์พุตที่เราต้องการคือ สัญญาณที่มีความถี่อยู่ในช่วงของความถี่เสียงซึ่งมีค่าตั้งแต่ 300 เฮิรท์ซ ถึง 3 กิโลเฮิรท์ซ ดังนั้น วงจรกรองเสียงนี้จึงเป็นวงจรที่สามารถกรองสัญญาณในช่วงนี้ออกมา ทำให้เสียงที่ได้มีความเพี้ยนน้อยมาก วงจรในรูป 4.17 เกิดจากการนำวงจรกรองความถี่สูงและวงจรกรองความถี่ต่ำมาต่อร่วมกัน ซึ่งจะมีความถี่คัทออฟล่าง (F_L) ที่ 300 เฮิรท์ซ และมีความถี่คัทออฟบน (f_H) ที่ 30 กิโลเฮิรท์ซ โดยมีค่าความชันทั้งสองด้านเท่ากับ –40 dB/decade

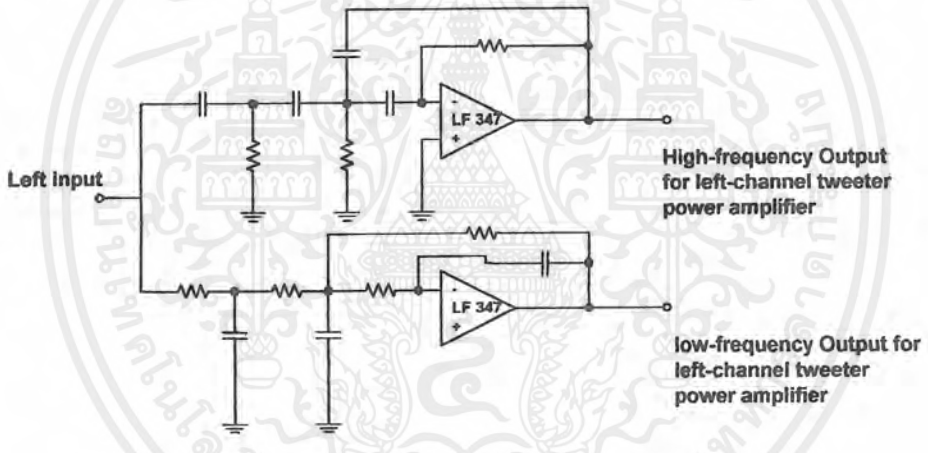


รูปที่ 4.17 วงจร Speech filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วงจร Active crossover

ในการใช้งานลำโพงของเครื่องเสียงให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและได้เสียงซึ่งใกล้เคียงความจริงที่สุด สัญญาณเสียงจะต้องถูกแบ่งออกเป็นสองระดับคือ ประเภทความถี่สูงและประเภทความถี่ต่ำ แล้วจึงส่งสัญญาณความถี่สูงออกทางลำโพงเสียงแหลมที่เรียกว่า "ทวีเตอร์" (tweeter) และส่งสัญญาณความถี่ต่ำผ่านลำโพงเสียงทุ้มที่เรียกว่า "วูฟเฟอร์" (woofer) วงจรที่ใช้ในการแยกสัญญาณเสียงออกเป็นสองระดับนี้เรียกว่า วงจร Active Crossover รูปที่ 4.18 แสดงวงจรชนิดนี้ภายในระบบสเตริโอ (เพียงด้านเดียวเท่านั้น)



รูปที่ 4.18 วงจร Active crossover

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ลักษณะของ อินพุต และ เอาต์พุต แบบ บาลานซ์

อินพุตและเอาต์พุตแบบบาลานซ์

ในการเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่างเครื่องเสียงชิ้นหนึ่งไปยังอินพุตหรือเอาต์พุตของอีกเครื่องหสึ่ง โดยปกติแล้วจะเป็นจุดต่อสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตแบบไม่บาลานซ์เสียส่วนใหญ่ ซึ่งมักจะพบเห็นในเครื่องเสียงที่ใช้อยู่ในบ้าน แต่สำหรับในระบบกลางแจ้งแล้วเป็นแบบบาลานซ์ เพื่อเป็นการลดปัญหาที่เกิดจากสัญญาณรบกวน เนื่องจากในระบบกลางแจ้งหรือพีเอนี้ จำเป็นต้องลากสายสัญญาณเป็นระยะทางไกลมาก (หลายสิบเมตร)

แต่ถ้าหากว่าเครื่องเสียงทั้งสองแบบ (ใช้ในบ้านและแบบกลางแจ้ง) ได้มีโอกาสที่จะต้องใช้งานร่วมกันแล้ว ปัญหาที่ตามมาคือการต่อใช้งานร่วมกันไม่ได้ เนื่องจากลักษณะสัญญาณและขั้วต่อทางอินพุต/เอาต์พุตไม่เหมือนกัน หรือหากว่าการต่อใช้งานในเครื่องเสียงในบ้าน จำเป็นต้องเดินสายสัญญาณที่ไกล (ยาว) มากๆ อาจเนื่องจากความต้องการความลงตัวของตำแหน่งที่วางของชุดเครื่องเสียง เมื่อพบปัญหาเหล่าข่อมเป็นการยากแน่ๆ หากต่อใช้งานแบบลูกทุ่ง (ต่อถูกต่อผิดขอให้ดังไว้ก่อน) จะต้องเป็นที่น่าเสียดายเงินทองที่เสียไปกับการลงทุนที่ไม่คุ้มค่ากับเสียงที่ได้แน่นอน

ข้อแตกต่างของการบาลานซ์กับไม่บาลานซ์

ในการต่อสัญญาณอินพุตเอาต์พุตแบบบาลานซ์และแบบไม่บาลานซ์นั้นมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันในหลายๆ ด้านด้วยกัน ซึ่งก็เหมาะกับการใช้งานในแต่ละลักษณะด้วยกัน แต่การที่จะนำเอาทั้งสองแบบนี้มาใช้งานร่วมกัน จำเป็นต้องทราบข้อดีและข้อเสียของแต่ละแบบก่อนว่าแตกต่างกันด้านใดบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของแบบบาลานซ์ (balance)

1. เป็นวงจรที่มีแบบแผนการขยายสัญญาณที่ดีมีความสมบูรณ์ของสัญญาณดีมาก

2. มีความเป็นไปได้มากที่จะทำให้ได้คุณภาพเสียงที่ดีที่สุด ทั้งทางปฏิบัติและความเหมาะสมทางอุดมคติ

3. การใช้วงจรบาลานซ์แบบแอกตีฟราคาไม่แพงเท่ากับการใช้วงจรแบบหม้อแปลงบาลานซ์ที่มีคุณภาพชั้นเลิศเลยทีเดียว และจะเป็นไปได้มากสำหรับการลดต้นทุนโดยใช้การบาลานซ์ทางอินพุตเท่านั้น

4. การออกแบบวงจรทางอินพุตของเครื่องมือหรือวงจรขยายสัญญาณต้องมีการวางแผนและการออกแบบวงจรที่ดีที่สุด เพื่อชดเชยกับความสามารถหรือการเสื่อมสภาพทางอายุการใช้งานของอุปกรณ์ โดยให้มีอัตราส่วนการป้องกันสัญญาณร่วมที่สูงสุด (common mode rejection ratios : CMRR)

5. ในขณะที่เอาต์พุตของวงจรมีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ (ประมาณ 60 โอห์ม) จึงเป็นการดีที่จะให้สามารถแก้ไขหรือควบคุมการรบกวนทางด้านการแพร่กระจายสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic interference : EMI) และยังเป็นการดีสำหรับการจ่ายแรงดันออกทางเอาต์พุตสำหรับขับผ่านสายนำสัญญาณที่ยาวๆ และมีการขนานเข้ากับอินพุตของวงจรส่วนหน้ามากๆ

6. ระหว่างการทำงานในแบบบาลานซ์นี้ ถ้าเกิดการที่สัญญาณมีเฟสเหมือนกันหรือมีเฟสต่างกัน ก็จะทำให้เกิดการตัดการนำสัญญาณหรือลัดสัญญาณลงกราวด์ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียของแบบบาลานซ์

1. ไม่สามารถแยกกราวด์ออกจากการเดินสายสัญญาณได้ และบางครั้งอาจเกิดอาการฮัมขึ้นมาได้มาก สำหรับในแบบแอกตีฟบาลานซ์จะฮัมมากกว่าแบบใช้หม้อแปลงบาลานซ์

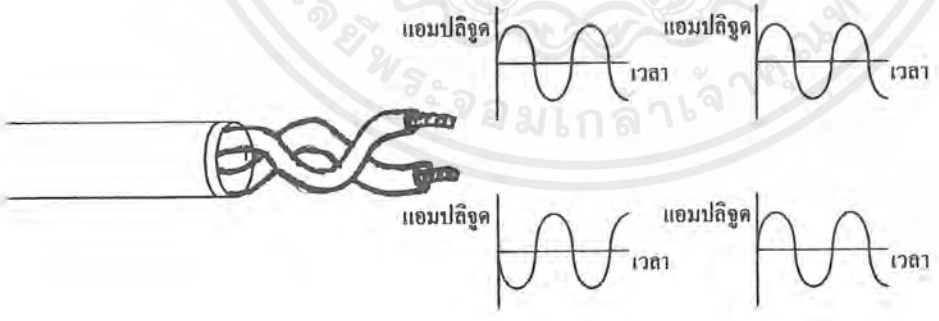
2. ขั้วต่อสัญญาณใหญ่เทอะทะไม่สะดวกต่อการออกแบบใช้งาน โดยเฉพาะถ้าเป็นระบบหม้อแปลงบาลานซ์จะยิ่งยุ่งยากมากกับการใช้งาน

3. การออกแบบให้วงจรทางอินพุตมีอัตราส่วน CMRR และป้องกันควบคุมการรบกวน EMI จำเป็นต้องออกแบบอย่างดี และวงจรค่อนข้างยุ่งยากและมีราคาแพง

4. การออกแบบวงจรทางเอาต์พุตให้มีการแพร่กระจายของสนามแม่เหล็ก เนื่องจากการเดินสายสัญญาณที่ยาวๆ เป็นไปได้ค่อนข้างลำบาก และยิ่งไปกว่านั้นมีปัญหามากกับการต่อใช้งานกับโหลดที่มีค่าความต้านทานต่ำ (ต่ำกว่า 100 โอห์ม) มีความสิ้นเปลืองมาก

5. สายนำสัญญาณทางไฟฟ้าของแบบบาลานซ์ และการขับสัญญาณทางเอาต์พุตจะมีผลกระทบกระเทือนย้อนกลับไปยังอินพุตด้วยทางด้าน CMRR

6. อินพุตของวงจรแอกตีฟบาลานซ์ไม่มีย่านการตอบสนองของหม้อแปลงร่วมอยู่ด้วย



รูปที่ 5.1 ลักษณะสัญญาณที่ผ่านมาทางสายนำสัญญาณในระบบบาลานซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของแบบไม่บาลานซ์ (unbalance)

1. การเชื่อมต่อสัญญาณส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูก

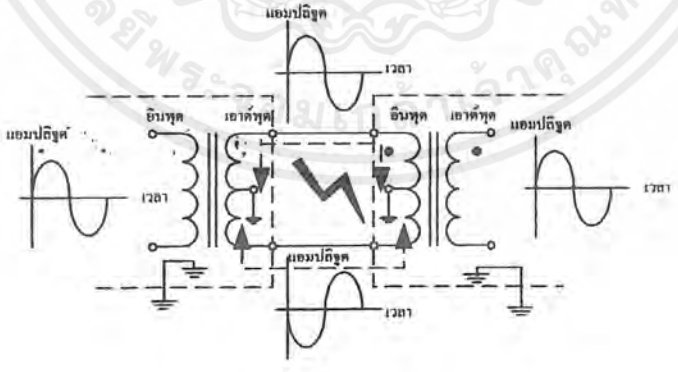
2. ถ้าหากไม่เกิดปัญหากับสัญญาณรบกวนที่ค่อนข้างสูง (โดยการเดินสายที่สั้นที่สุด) ก็สามารถให้คุณสมบัติและรายละเอียดทางเสียงได้ดีมากเลยทีเดียว

3. ในระบบไม่บาลานซ์จะไม่ประสบกับปัญหาของการกลับเฟสสัญญาณเนื่องจากสายสัญญาณหรือความบังเอิญได้

ข้อเสียของแบบไม่บาลานซ์

1. สามารถทำงานได้ในการควบคุมขนาดเล็ก และไม่น่าไว้ใจได้ในการต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์หลายๆ อย่าง โดยเฉพาะในพื้นที่มีการรบกวนทาง EMI สูงหรือการใช้งานในพื้นที่ที่ไม่ค่อยคงที่ (เคลื่อนย้ายบ่อย)

2. เกิดการกราวด์ลูปได้ง่าย แต่ก็ยังสามารถลดปัญหานี้ได้ โดยการออกแบบวงจรที่ดีและอาศัยเทคนิคพิเศษมาช่วย



รูปที่ 5.2 การเดินทางของสัญญาณในระบบบาลานซ์

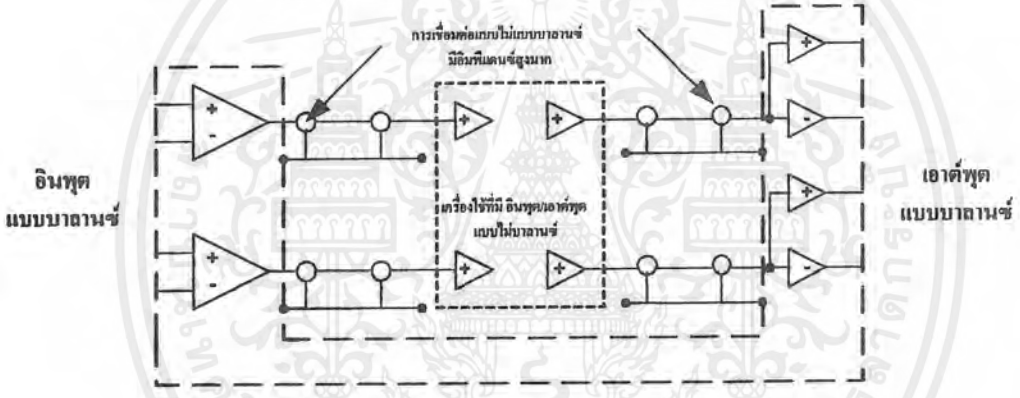
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวมาเป็นข้อเปรียบเทียบถึงข้อดีและข้อเสียของการต่อใช้งานทั้งสองแบบ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการพิจารณาการออกแบบวงจรให้ใช้งานได้จริง โดยคำนึงถึงเหตุผลต่างๆ ข้างต้น รวมทั้งปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ และพอจะสรุปเหตุผลของการสร้างโครงงานนี้ขึ้นมาได้หลายเหตุผล โดยเฉพาะการเดินสายสัญญาณที่มีระยะทางไกลๆ (ยาวประมาณ 5-6 เมตรขึ้นไป) การต่อแบบบาลานซ์ก็เหมาะสมกว่าแบบอื่น เพราะสามารถลดการฮัม (hum) และสัญญาณรบกวน (noise) ในระบบลงได้ ซึ่งฮัมนี้ก็อาจเกิดมาจากการเกิดกราวด์ลูปขึ้น เนื่องจากการเดินสายสัญญาณนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงาน

ก่อนที่จะเริ่มการทำงานขอกล่าวถึงลักษณะสัญญาณที่ใช้ในระบบบาลานซ์กันก่อน ซึ่งการต่อใช้งานของสัญญาณในแบบบาลานซ์นั้นจะมีทั้งสัญญาณที่มีเฟสตรง (in – phase) และสัญญาณที่มีเฟสตรงกันข้าม (out –of – phase) ดังนั้นในสายนำสัญญาณแบบบาลานซึ่งประกอบไปด้วยสัญญาณญาณสองสัญญาณหรือสองสายจัดอยู่ในการทำงานแบบ พุชพูล (push – pull) ดังแสดงลักษณะสัญญาณและสายสัญญาณในรูป 5.1



รูปที่ 5.3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานและการต่อใช้งาน

สัญญาณทั้งสองจะมีขนาดและระดับความแรงสัญญาณเท่ากัน แต่จะมีเฟสตรงข้ามกัน 180 องศา สายนำสัญญาณที่มีเฟสตรงสามารถเรียกชื่อว่า สัญญาณบวก (plus : +), สัญญาณร้อน (hot signal) หรือไลน์ (line) ส่วนสัญญาณที่มีเฟสตรงกันข้ามสามารถเรียกชื่อว่า สัญญาณลบ (minus : -) สัญญาณเย็น (cold signal), สัญญาณร่วม (common) หรือสัญญาณย้อนกลับ (return signal) สัญญาณที่กล่าวมานี้ไม่นับรวมกับสายกราวด์ (ground) ของวงจร รวมแล้วจะมีสายนำสัญญาณทั้งหมดสามเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการเดินทางของสัญญาณในการต่อสายสัญญาณแบบบาลานซ์ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงลักษณะการเดินทางของสัญญาณทางซีกบวก และสัญญาณซีกลบ ผ่านสายกราวด์ของวงจร ซึ่งใช้หม้อแปลงบาลานซ์เป็นตัวคับปลิ้งสัญญาณ ในรูปจะแสดงให้เห็นถึงกราวด์อ้างอิง สัญญาณซีกบวกจะเดินอยู่วงรอบเหนือกราวด์ แต่สัญญาณทั้งสองสัญญาณนี้จะต้องผ่านกราวด์เดียวกัน

บล็อกไดอะแกรมการทำงานและการต่อใช้งาน เป็นการต่อการใช้งานในลักษณะอินพุตแบบบาลานซ์ผ่านวงจรแบบไม่บาลานซ์ และเอาต์พุตออกเป็นมาแบบบาลานซ์ จะสังเกตเห็นว่าสายนำสัญญาณแบบไม่บาลานซ์นั้น จะเป็นสายสัญญาณชนิดค่าอิมพิแดนซ์สูง เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนและการเกิดการรบกวนทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) ซึ่งการต่อใช้งานแบบนี้เป็นการต่อใช้งานในระดับมืออาชีพใช้ต่อกันในการเดินระบบเสียง ดังนั้นโครงงานที่กำลังจะกล่าวถึงนี้จึงเหมาะสำหรับการต่อใช้งานระหว่างเครื่องเสียงที่มีอินพุตและเอาต์พุตที่ไม่เหมือนกันก็สามารถที่จะใช้งานร่วมกันได้ เป็นการง่ายต่อการใช้งานของอุปกรณ์ที่มีอินพุตไม่เหมือนกัน

จากที่กล่าวมาอย่างยืดเยื้อก็เพื่อให้ทราบว่าบาลานซ์และไม่บาลานซ์แตกต่างกันอย่างไรและจริงๆ แล้วยังใช้งานรวมกันโดยตรงไม่ได้ หรือถ้าต่อได้ต้องลดลงแน่นอนและคุณภาพเสียงที่ได้ต้องลดลงไปแน่ๆ จึงจำเป็นต้องกล่าวนำถึงความสำคัญของการบาลานซ์และไม่บาลานซ์ของระบบเครื่องเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุตบาลานซ์/เอาต์พุตไม่บาลานซ์

การทำงานของวงจร เริ่มจากส่วนของอินพุตทำหน้าที่ขยายสัญญาณ โดย $IC_{1/1}$ และ $IC_{1/2}$ ซึ่งไอซีนี้ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายความแตกต่างของสัญญาณ (differential amp) และเป็นวงจรขยายสัญญาณเอาต์พุต (single ended output)

สัญญาณทางอินพุตจะมีจุดต่อโดยใช้แจ็คแบบแคนนอน (CANON) 3 ขา หรือแจ็คแบบ XLR ผ่านเข้ามา โดยมีตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 เป็นตัวคับปลิ้งสัญญาณทางอินพุต มีตัวต้านทาน R_5 และR_6 กำหนดความแรงของสัญญาณทางอินพุตหรือการกำหนดค่าอินพุตอิมพิแดนซ์ของวงจร สัญญาณที่คับปลิ้งผ่าน C_1 จะไปเข้าที่ขานอนอินเวอร์ติ้งอินพุตขา 3 ของ $IC_{1/1}$ โดยมีเอาต์พุทออกไปทางขา 1 และป้อนกลับผ่าน R_2 และ R_2 มาเข้าขาอินเวอร์ติ้งอินพุตขา 2 ของไอซี ซึ่งค่าของ R_1 และ R_2 มีค่าเท่ากัน ดังนั้น อัตราการขยายสัญญาณของ $IC_{1/1}$ ถูกกำหนดไว้ให้มีอัตราการขยายเท่ากับ 2

$IC_{1/2}$ จะทำหน้าที่สองอย่างคือขยายสัญญาณที่มาจากเอาต์พุทขา 1 ของ $IC_{1/1}$ ซึ่งการขยายแบบกลับขั้วสัญญาณ เอาต์พุตจากขา 1 ของ $IC_{1/1}$ จะผ่าน R_3 มาเข้าขา 6 ของ IC_{12} อัตราการขยายสัญญาณที่ขา 6 นี้ จะมีอัตราการขยายเท่ากับหนึ่ง และจะถูกทำให้เกิดการขยายเกินขอบเขตเป็นอัตราการขยายเท่ากับ –2 ในขณะเดียวกันกับสัญญาณที่ถูกคับปลิ้งผ่าน C_2 มาเข้าที่นอนอินเวอร์ติ้งอินพุตขา 5 ของ $IC_{1/2}$ จะถูกทำการขยายสัญญาณโดยกำหนดอัตราการขยายไว้ที่ + 2 ดังนั้นเอาต์พุตของ $IC_{1/2}$ จะมีอัตราการขยายรวมเท่ากับ 2

สิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ชุดตัวต้านทานป้อนกลับและกำหนดอัตราการพอดี จะทำให้การรวมกันของสัญญาณทางเอาต์พุตขา 7 ของ $IC_{1/2}$ ระหว่างซีกบวกและซีกลบไม่สนิทกันพอดีทำให้สัญญาณที่ได้ออกมาไม่สวยนัก เป็นต้น เหตุของคุณภาพเสียงที่ไม่ดีมากๆ เลย ดังนั้นควรใช้ $R_1 - R_4$ ที่มีค่าเท่ากัน และค่าความผิดพลาด $\pm$ 1 เปอร์เซ็นต์หากเป็นไปตามนี้แล้วก็จะสามารถลดตัดสัญญาณรบกวนได้ รวมทั้งการเกิดฮัมด้วย โดยวงจรนี้สามารถป้องกันสัญญาณรบกวนได้ดีกว่า –80 เดซิเบล

ข้อสังเกตอีกอย่างหนึ่งคือ สัญญาณที่เข้ามาทางขา 2 ของแจ็ค แคนนอน J_1 นั้น จะเป็นสัญญาณที่มีเฟสตรงกันข้ามกับสัญญาณที่ขา 3 ของแจ็คแคนนอน ซึ่งจะต่างเฟสกัน 180 องศาโดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาที่ 3 ของแจ็คเป็นสัญญาณซีกบวก และขา 2 ของแจ็คเป็นสัญญาณซีกลบ เป็นมาตรฐานการต่อแจ็คทางอินพุตในระบบบาลานซ์

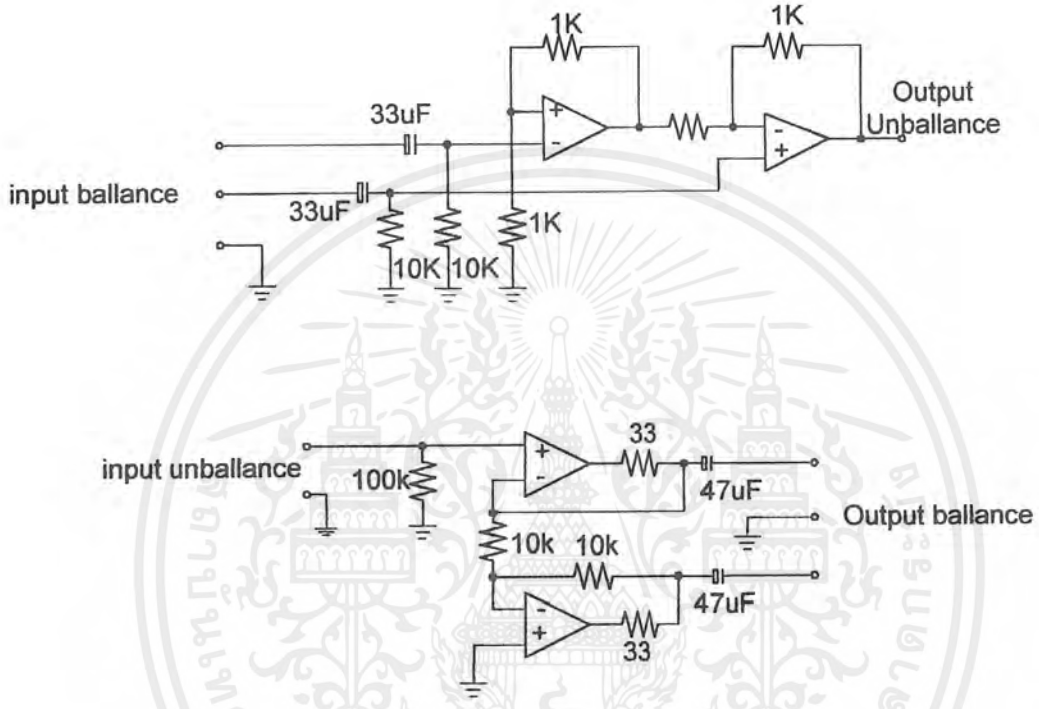
อินพุตไม่บาลานซ์/เอาต์พุตบาลานซ์

จากอินพุตแบบไม่บาลานซ์ไปเป็นเอาต์พุตแบบบาลานซ์ ก็เปรียบเสมือนการกลับขั้วสัญญาณทางเฟสให้ตรงข้ามกันเพื่อการลดทอนสัญญาณรบกวนที่จะเข้ามาทางสายนำสัญญาณ วงจรขยายสัญญาณด้วยออปแอมป์ อินพุตของวงจรจะถูกคับปลิ้งโดยตรงโดยไม่ผ่านอุปกรณ์คับปลิ้ง สัญญาณใดๆ เลย มีตัวต้านทาน R_7 กำหนดอินพุตอิมพิแดนซ์ และป้องกันสัญญาณอินพุตที่อาจจะมีระดับแรงดันสูงเกินไปมาเข้าที่ขา 5 นอน/อินเวอร์ติ้งอินพุตของ $IC_{2/1}$

สัญญาณที่ถูกขยายให้มีระดับแรงดันสัญญาณสูงขึ้นจะออกมาทางเอาต์พุตขา 7 ของ $IC_{2/1}$ ผ่านตัวต้านทาน R_{10} และเอาต์พุตคับปลิ้ง C_4 ออกไปเข้าขา 3 ของแจ็ค แคนนอน เอาต์พุตที่ขา 7 นี้จะถูกป้อนกลับสัญญาณแบบลบ (negative feedback) โดยตรงเข้าขา 6 อินเวอร์ติ้งเอาต์พุตที่ขา 3 ของแจ็คคอนนอน J_4 จะมีเฟสเหมือนกันกับสัญญาณอินพุต

จากการป้อนกลับสัญญาณแบบลบจากเอาต์พุตขา 7 ของ $IC_{2/1}$ จะผ่าน R_8 มาเข้าที่ขา 2 อินเวอร์ติ้งอินพุตของ $IC_{2/2}$ ซึ่งจะกลับขั้วสัญญาณให้ต่างเฟสกับสัญญาณที่ขา 7 ของ $IC_{2/1}$ เป็นมุม 180 องศา และเอาต์พุตขา 1 ของ $IC_{2/2}$ จะผ่าน R_{11} และป้อนกลับแบบลบผ่าน R_9 มาเข้าที่ขา 2 ทำให้วงจรถูกกำหนดอัตราการขยายไว้เท่ากับหนึ่ง สัญญาณเอาต์พุตจากขา 1 จะคับปลิ้งผ่าน C_5 ออกไปเข้าขา 2 ของแจ็คแคนนอน J_4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 วงจรสมบูรณ์ของอินพุต/เอาต์พุตแบบบาลานซ์

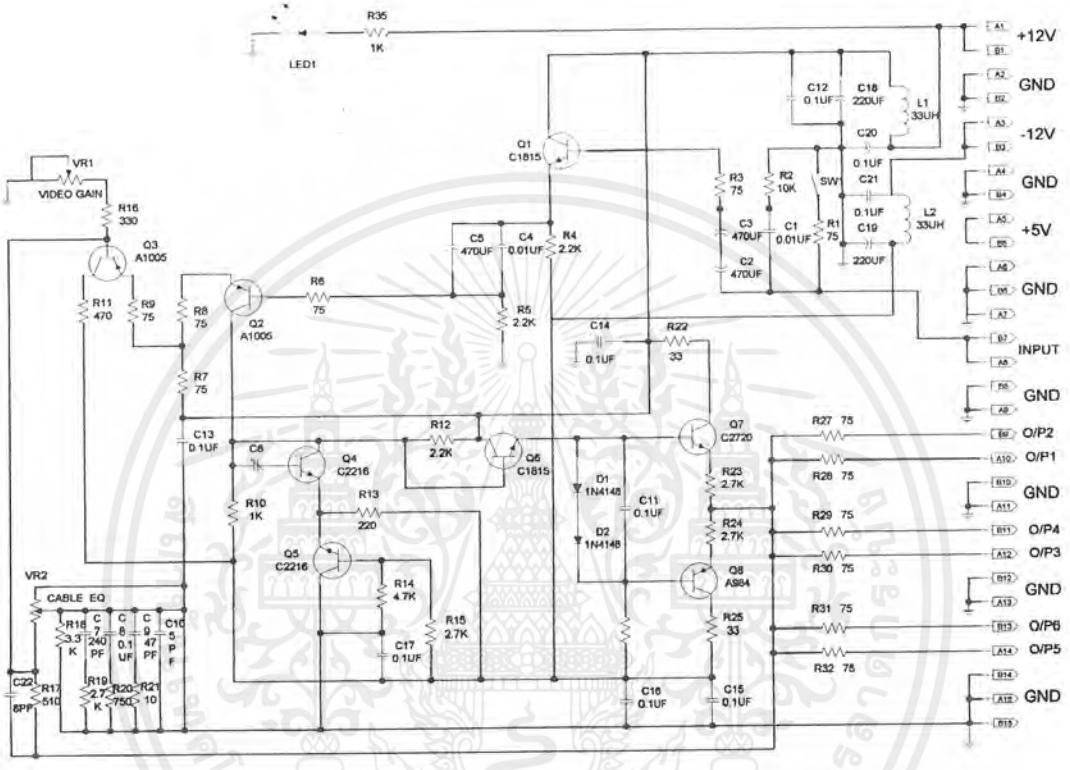
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การทดลองเครื่องจ่ายสัญญาณภาพ
VIDEO DISTRIBUTOR

การทำงานของวงจรจ่ายสัญญาณภาพ

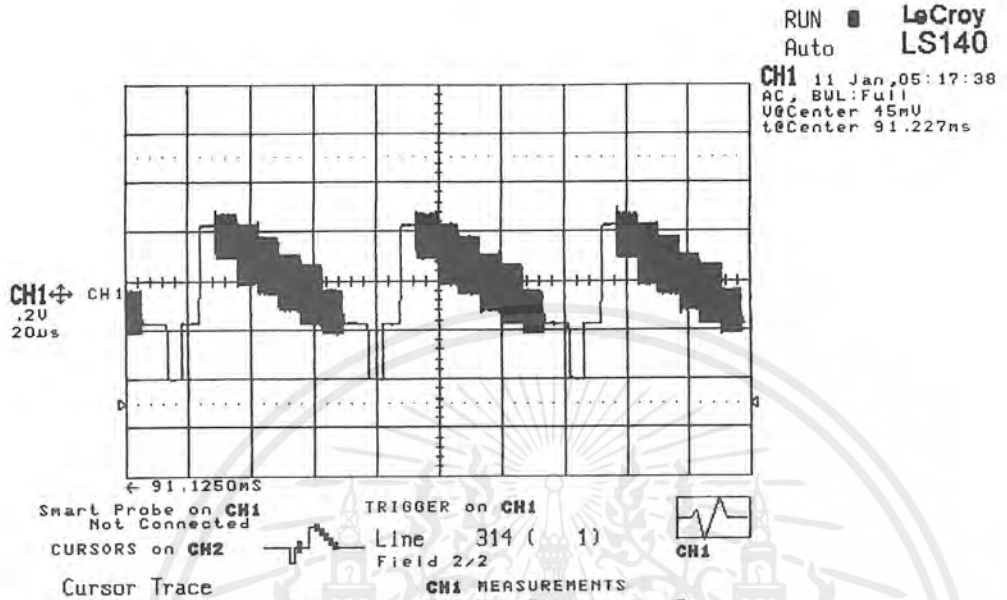
จากวงจรเมื่อป้อนสัญญาณวิดีโอเข้าที่อินพุต สัญญาณวิดีโอจะผ่านเข้าวงจร high-pass filter ซึ่งจะได้สัญญาณความถี่สูงเข้ามาเท่านั้น วงจรนี้จะป้องกันสัญญาณความถี่ต่ำ เข้ามา จากนั้นสัญญาณความถี่สูงที่ได้จะผ่านเข้า Q1 ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ จากนั้นสัญญาณจะผ่านเข้า Q2 และ Q3 ซึ่งทำหน้าที่ขยายสัญญาณ และสามารถปรับขนาดของสัญญาณโดย VR1 และ สามารถปรับอีควอไลซิ่งซึ่งเป็นสัญญาณบังคับรูปร่างของสัญญาณซิงโครไนซ์ทางแนวตั้งเพื่อให้สามารถคงรูปถูกต้องโดยการปรับ VR2 จากนั้นสัญญาณจะผ่านไปยัง Q4 ซึ่งสามารถปรับความถี่ของสัญญาณได้โดยการปรับ C6 ส่วน Q5 จะเป็นตัวชดเชยสัญญาณความถี่สูง และสัญญาณจะถูกขยายอีกครั้งโดย Q6 ก่อนที่จะถูกส่งไปยัง Q7 และ Q8 ซึ่งเป็นวงจรพุชพูลขยายสัญญาณออกมาและกระจายเอาต์พุตออกมา 6 เอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



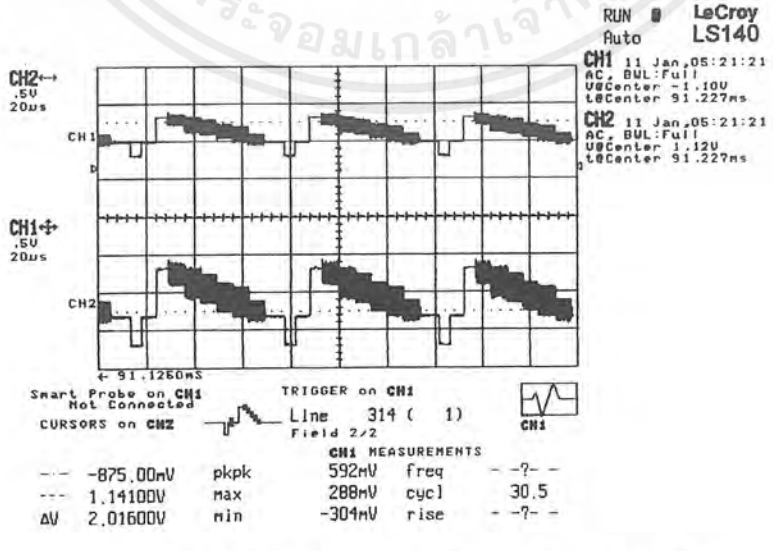
รูปที่ 6.1 แสดงวงจรเครื่องจ่ายสัญญาณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 สัญญาณวิดีโออินพุต

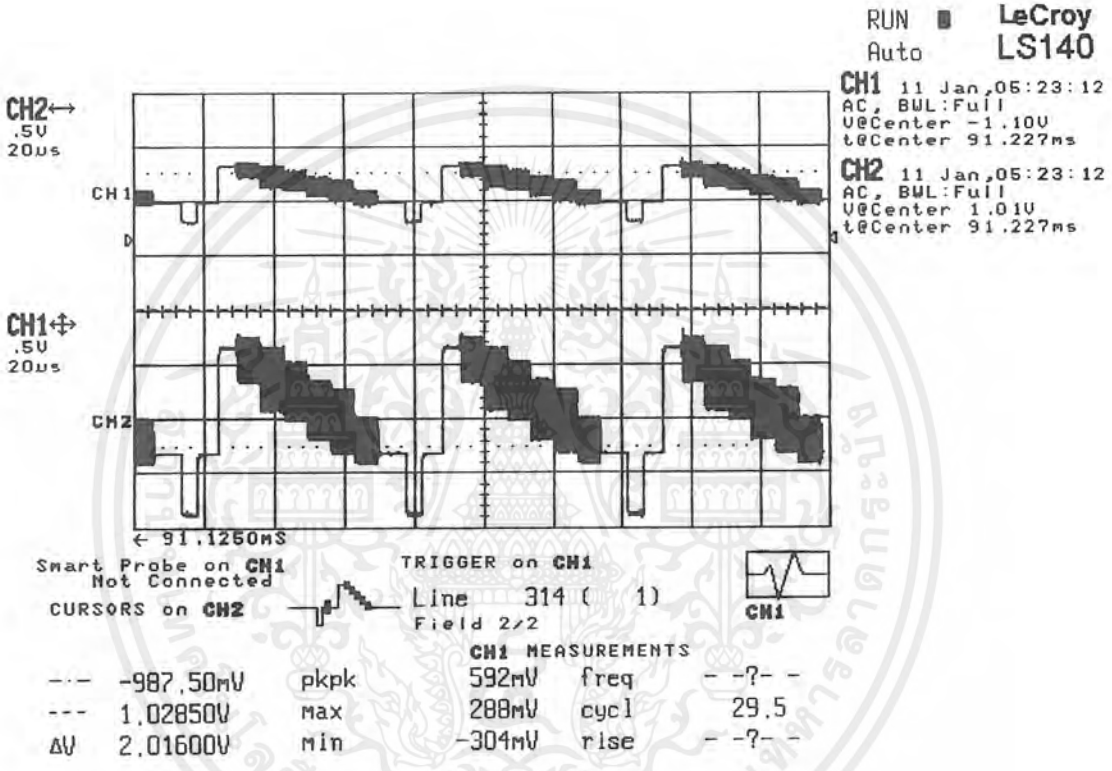
ทำการป้อนสัญญาณวิดีโออินพุตตามรูปที่ 6.2 เข้าเครื่องจ่ายสัญญาณภาพพร้อมวัดสัญญาณเปรียบเทียบกับเอาต์พุต



รูปที่ 6.3 เปรียบเทียบระหว่างสัญญาณอินพุตกับเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

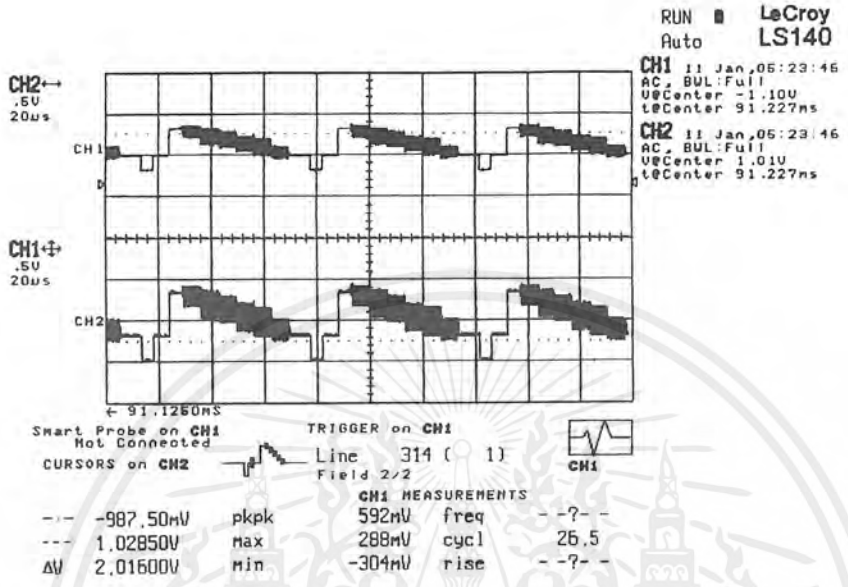
จากรูปที่ 6.3 ใน CH 1 จะเป็นสัญญาณอินพุต และใน CH 2 เป็นสัญญาณเอาต์พุต จะเห็นได้ว่าสัญญาณเอาต์พุตจะมีขนาดสูงกว่าสัญญาณอินพุต เป็นเพราะว่าวงจรจ่ายสัญญาณภาพมีการขยายสัญญาณอินพุตให้สูงขึ้น



รูปที่ 6.4 แสดงสัญญาณเมื่อปรับลดค่า VR1

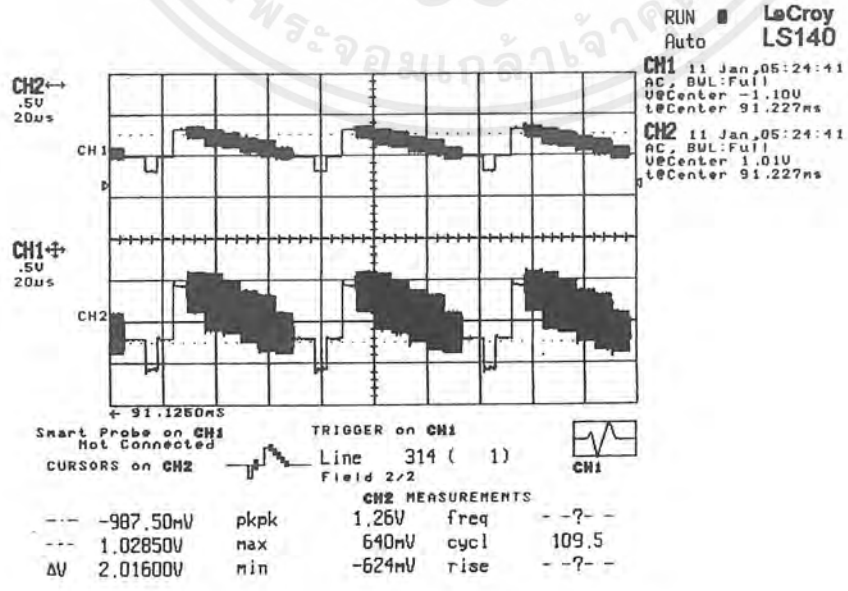
เมื่อเราทำการปรับลดค่าของ VR 1 เราจะสังเกตเห็นว่าขนาดของสัญญาณภาพจะเพิ่มขึ้นในขณะที่สัญญาณสียังเท่าเดิม ซึ่งสัญญาณภาพที่เอาต์พุตที่ได้ออกมาจะมีลักษณะของภาพที่ขยายโตขึ้นจนภาพล้นจอมอนิเตอร์ และจะทำให้ภาพมัวไปในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.5 แสดงสัญญาณเมื่อปรับเพิ่มค่า VR1

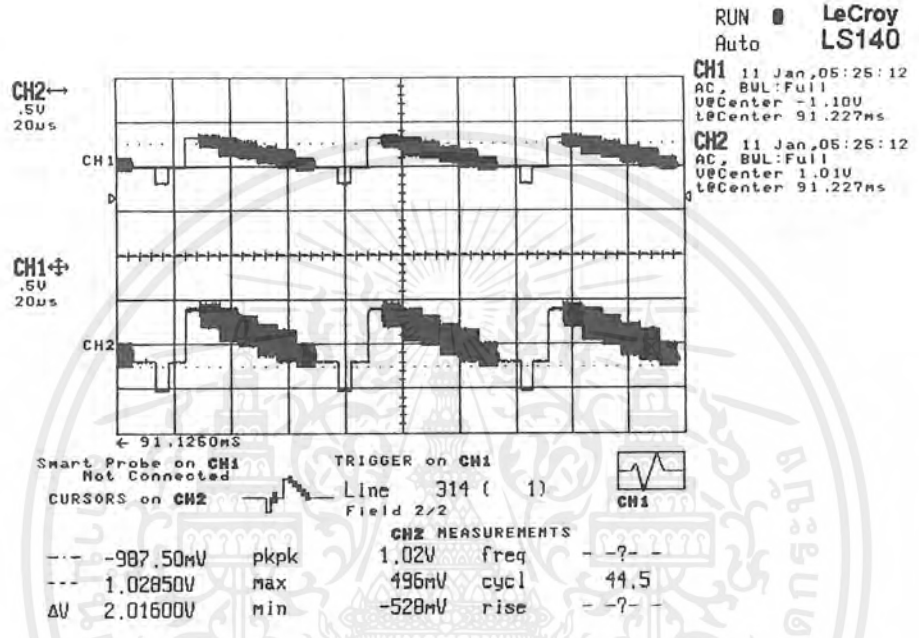
เมื่อเราทำการปรับเพิ่มค่าของ VR 1ให้มีค่าสูงขึ้นจะสังเกตเห็นว่าขนาดของสัญญาณภาพจะลดลงมา ตรงนี้จะเป็นผลให้สัญญาณภาพที่หน้าจอมอนิเตอร์มีขนาดเล็กลงไม่เต็มจอ



รูปที่ 6.6 แสดงสัญญาณเมื่อทำการปรับลดค่า VR2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

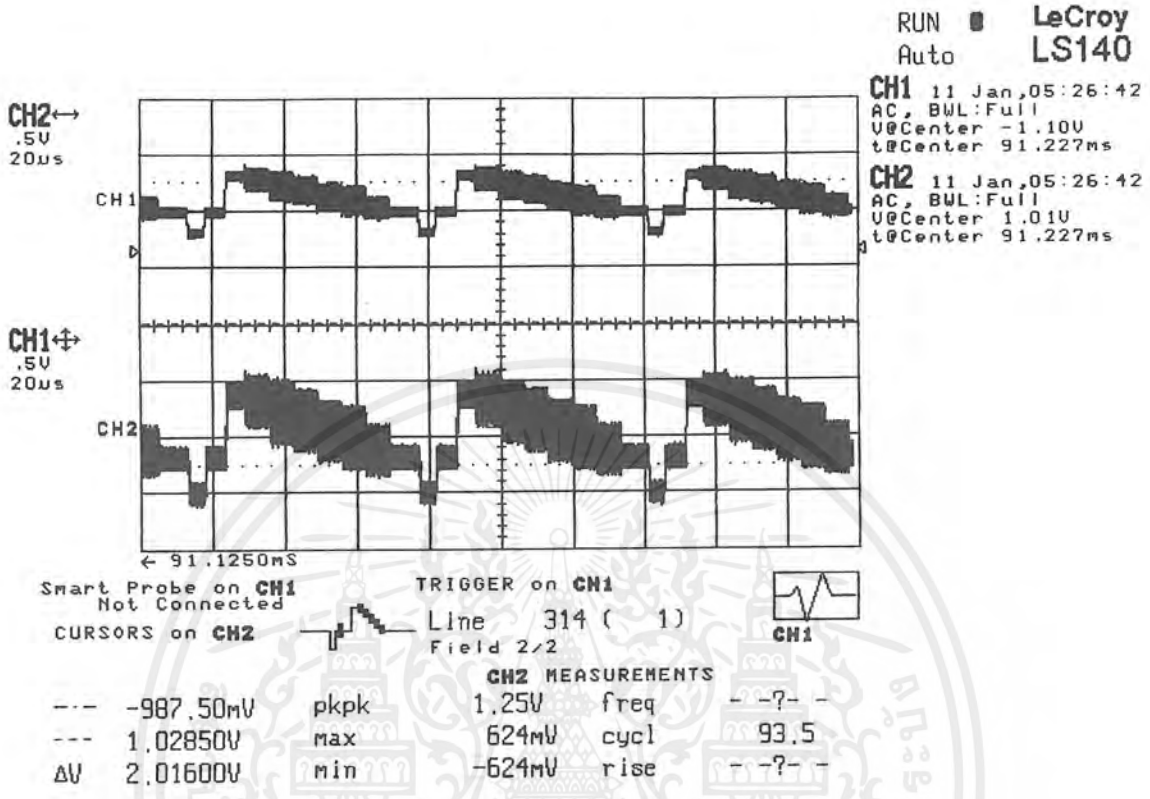
เมื่อทำการลดค่าของ VR2 ให้มีค่าน้อยลงจะทำให้สัญญาณอีควอไลซิ่งซึ่งเป็นสัญญาณบังคับรูปร่างของสัญญาณซิงโครไนซ์ทางแนวตั้ง มีขนาดเพิ่มสูงขึ้น



รูปที่ 6.7 แสดงสัญญาณเมื่อทำการปรับเพิ่มค่า VR2

เมื่อทำการปรับเพิ่มค่าของ VR2 ให้มีค่าสูงขึ้นจะทำให้สัญญาณอีควอไลซิ่งมีขนาดลดต่ำลง

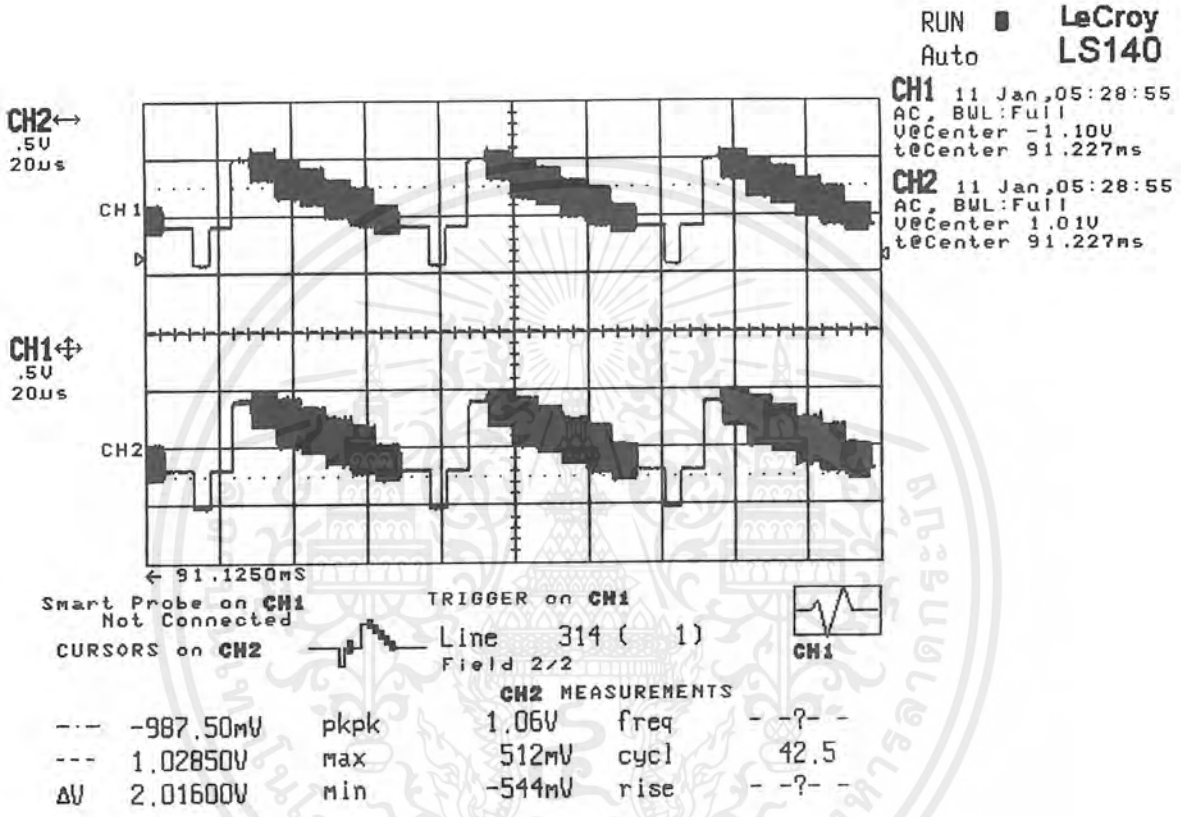
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.8 แสดงสัญญาณเมื่อทำการปรับ C6 (TRIMMER)

เมื่อทำการปรับ TRIMMER (C6) ตรงนี้จะเห็นว่าสัญญาณสีจะมีขนาดที่เพิ่มขึ้น และลดลง ซึ่งจะต้องปรับให้มีขนาดเท่ากับสัญญาณอินพุต มิฉะนั้นสีของภาพที่หน้าจอมอนิเตอร์จะผิดเพี้ยนไป

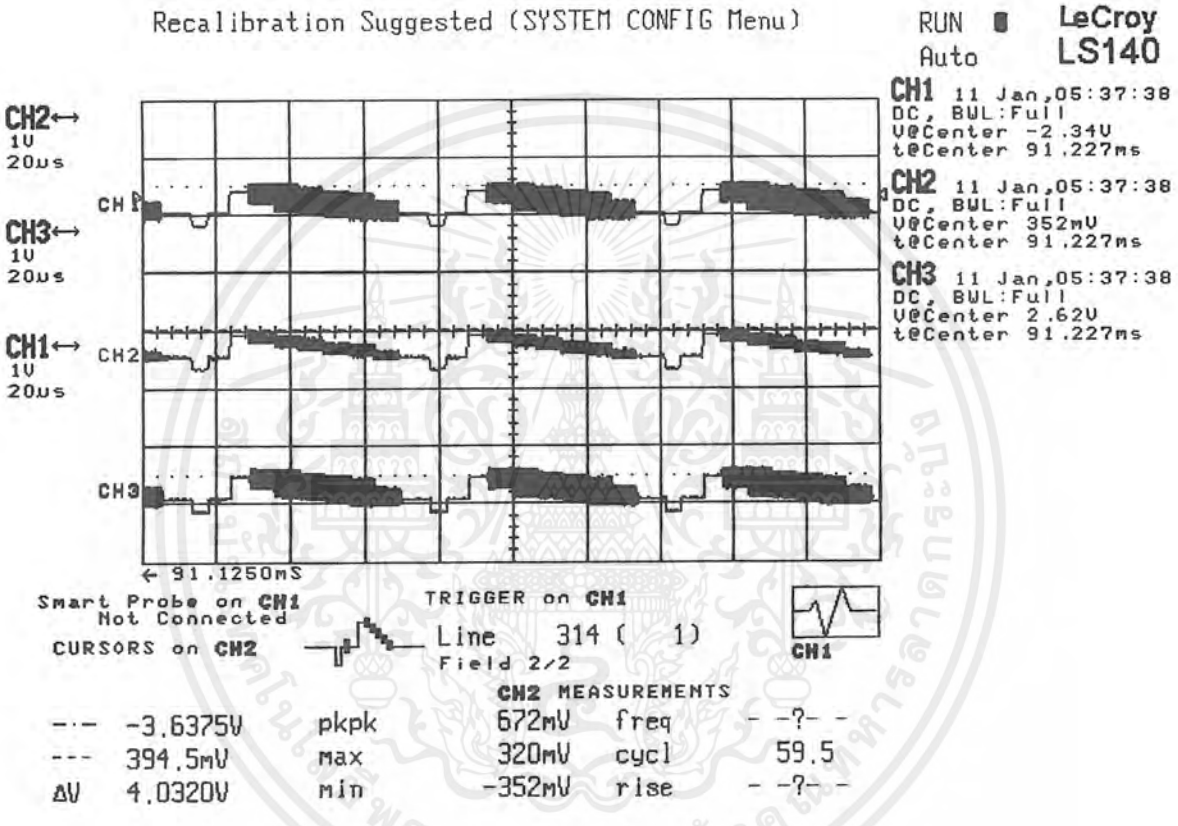
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.9 แสดงสัญญาณเอาต์พุต 2 สัญญาณเปรียบเทียบกัน

จะสังเกตเห็นได้ว่าสัญญาณเอาต์พุตทัง 2 มีขนาดที่เท่ากันทั้งสัญญาณภาพและสัญญาณสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



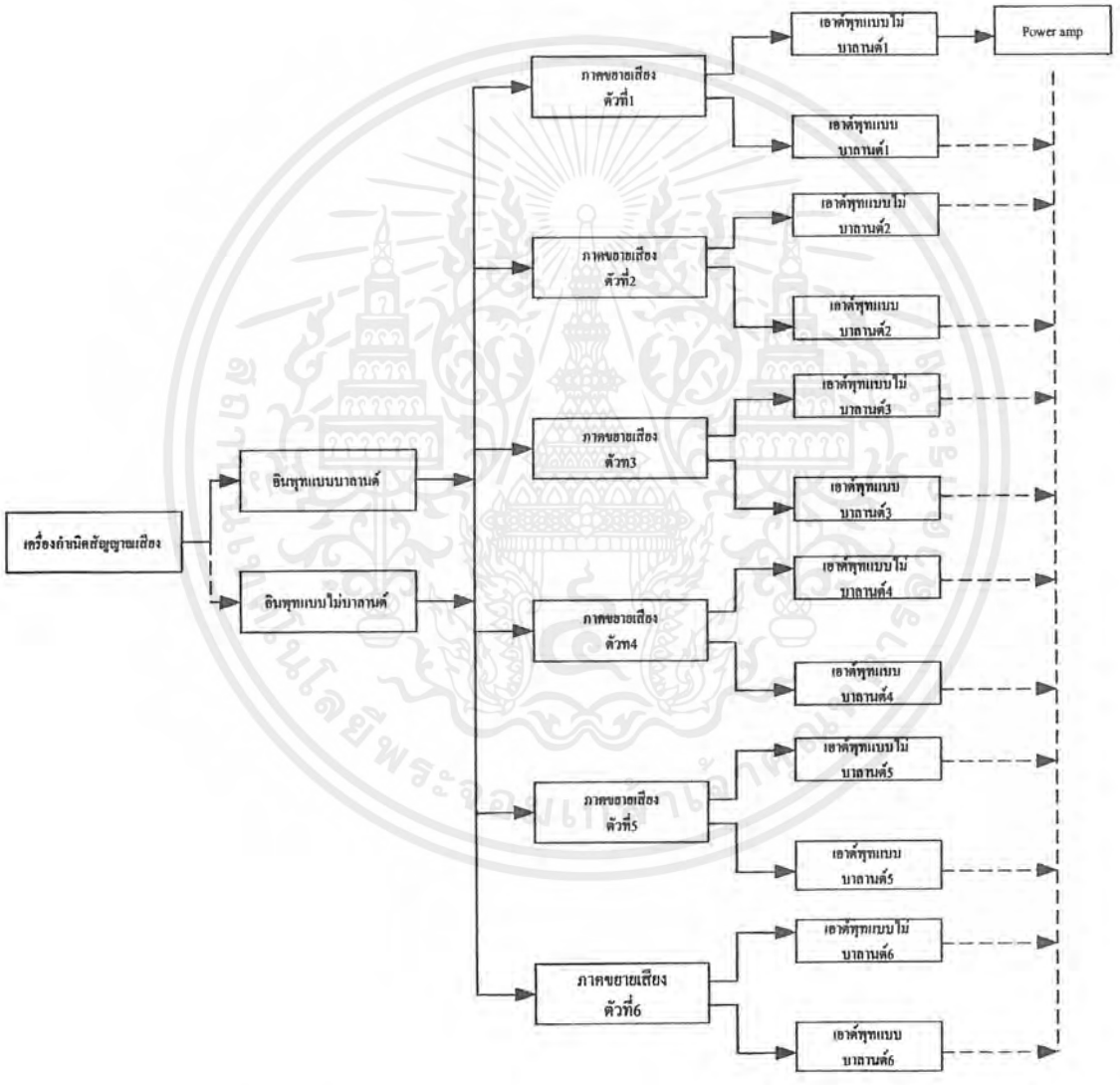
รูปที่ 6.10 แสดงสัญญาณเอาต์พุต 3 สัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองเครื่องจ่ายสัญญาณเสียง

AUDIO DISTRIBUTOR

การทำงานของเครื่อง กระจายสัญญาณเสียงสามารถจำลองเป็น Block Diagrame ได้ดังรูปที่5.11



รูปที่ 6.11 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องจ่ายสัญญาณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของเครื่องจ่ายสัญญาณเสียง

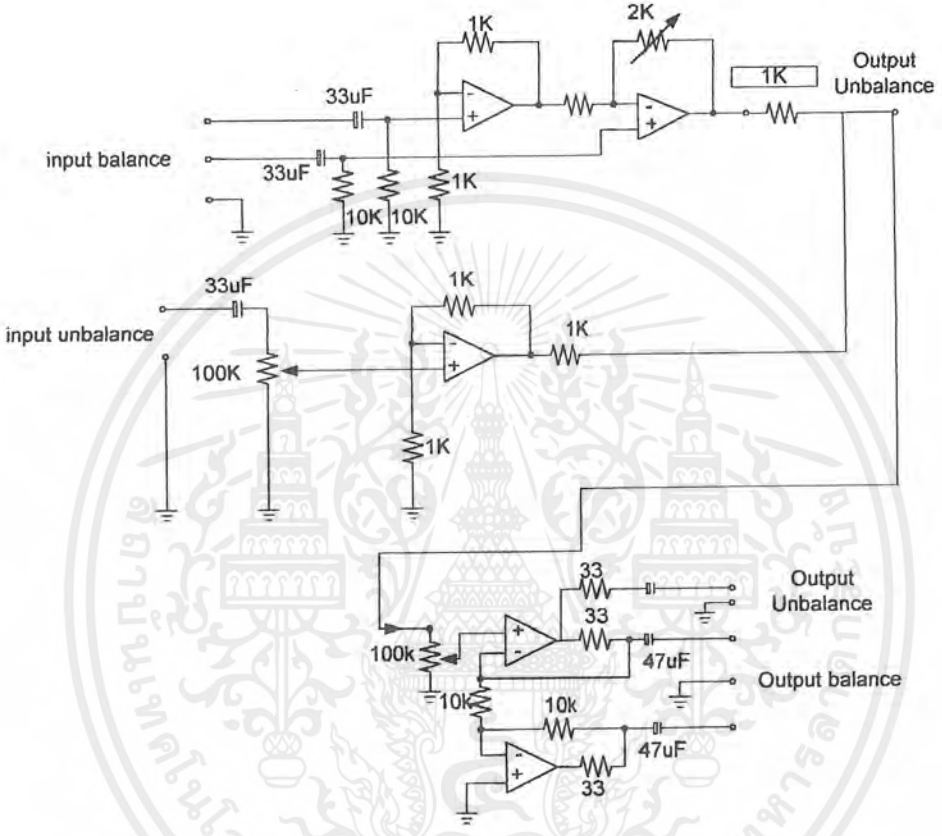
วงจรภาคอินพุต

ในส่วนของวงจรภาคอินพุตจะสามารถป้อนสัญญาณได้ทั้งแบบบาลานซ์และแบบไม่บาลานซ์ ถ้าป้อนสัญญาณเข้ามาแบบบาลานซ์สัญญาณลบจะผ่านเข้าวงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟสสัญญาณซึ่งมีอัตราขยายสัญญาณเท่ากับ 2 จากนั้นจะเข้าวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟสสัญญาณที่มีอัตราขยายสัญญาณเท่ากับ 1 เพื่อไปรวมกับสัญญาณบวกที่เข้าวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสสัญญาณ ซึ่งในวงจรส่วนนี้สามารปรับอัตราขยายสัญญาณได้ที่ VR 2K และถ้าป้อนสัญญาณเข้ามาแบบไม่บาลานซ์สัญญาณจะผ่านเข้าวงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟสสัญญาณและสามารถปรับอัตราของสัญญาณอินพุตได้ด้วยการปรับ VR 100K

วงจรภาคเอาต์พุต

ในส่วนของวงจรภาคเอาต์พุตเมื่อรับสัญญาณมาจากภาคอินพุตแล้วสัญญาณจะเข้าวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสซึ่งมีการป้อนกลับมาโดยตรงทำให้มีอัตราขยายเท่ากับ 1 ออกมาเป็นสัญญาณบวกแบบบาลานซ์ และในขณะเดียวกันสัญญาณที่ป้อนกลับจะเป็นอินพุตให้กับวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟสซึ่งมีอัตราขยายสัญญาณเท่ากับ1 เช่นกันและได้เอาต์พุตออกมาเป็นสัญญาณลบแบบบาลานซ์ และในส่วนของวงจรภาคเอาพุตนี้ก็มีเอาต์พุตออกมาทั้งสองแบบเช่นกันคือ ทั้งแบบบาลานซ์และแบบไม่บาลานซ์ และวงจรภาคเอาต์พุตจะมีด้วยกัน 6 ชุดด้วยกันมีลักษณะเช่นเดียวกันนี้ซึ่งรับเอาต์พุตมาจากจุดเดียวกันทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.12 แสดงวงจรจ่ายสัญญาณเสียงที่ใช้ในการทดลอง

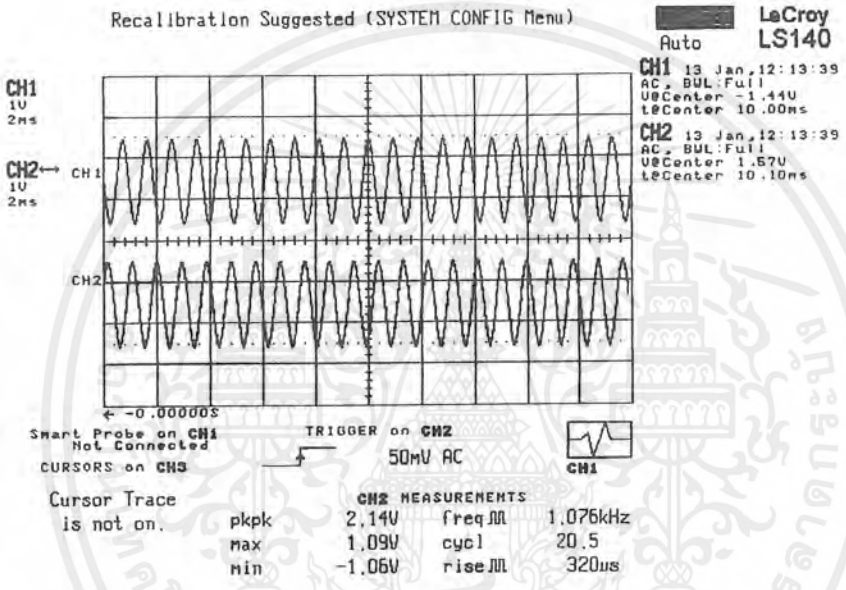
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของ INPUT BALANCE

จะมีการทำงานดังวงจรตามรูป

คือสัญญาณที่ออกมาจากเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียงจะมีเอาต์พุตออกมาเป็นสัญญาณลักษณะรูปคลื่น Sinwave

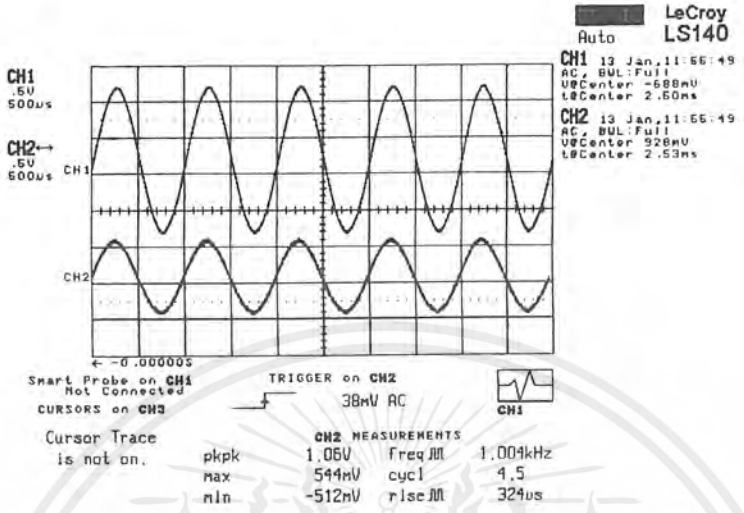
สองสัญญาณ โดยมีความแตกต่างของการเริ่มต้นสัญญาณ 180 องศาทางไฟฟ้าดังรูปที่ได้



รูปที่ 6.13 แสดงสัญญาณอินพุตที่เข้ามาแบบบาลานซ์

จากการทดลองเมื่อสัญญาณเข้ามาเป็นลักษณะดังรูปสัญญาณจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปสัญญาณสองสัญญาณมารวมกันตามลักษณะวงจรซึ่งจะได้รูปสัญญาณเป็น สองเท่าของสัญญาณอินพุตดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

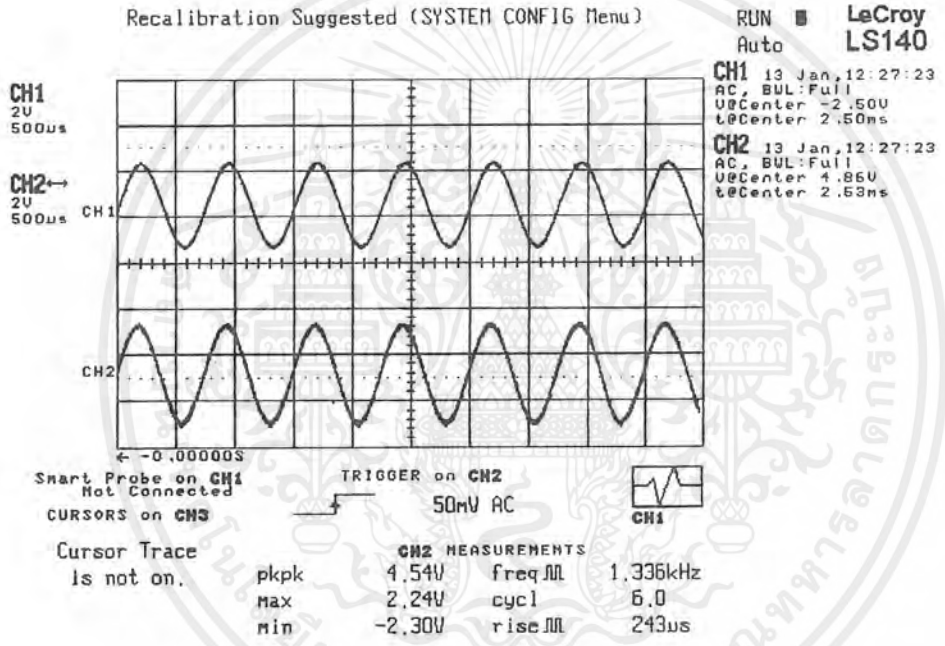


รูปที่ 6.14 แสดงสัญญาณเอาต์พุทของวงจรอินพุตบาลานซ์เมื่อเทียบกับอินพุตหนึ่งสัญญาณเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคอินพุตไม่บาลานซ์

อินพุตที่ได้รับจากเครื่องกำเนิดสัญญาณในลักษณะรูปสัญญาณ Sinwave เพียงสัญญาณเดียวเท่านั้นโดยสัญาณที่ได้เมื่อผ่านภาคอินพุตไม่บาลานซ์แล้วสัญญาณจะได้ลักษณะเดิมของสัญญาณแต่สามารถเพิ่ม GAIN อัตราขยายของสัญญาณได้ตามลักษณะการทำงานของวงจรซึ่งจะได้รูปสัญญาณเมื่อเทียบกับเอาต์พุทที่ได้จากภาคนี้จะได้สัญญาณลักษณะดังรูป



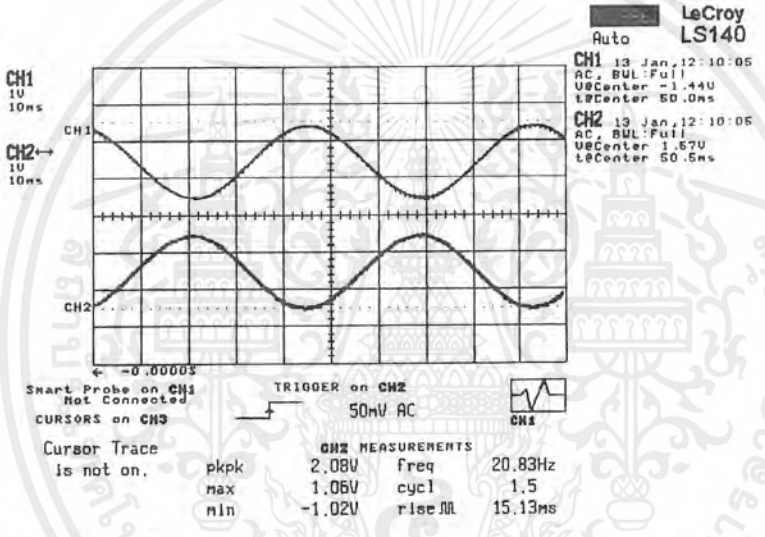
รูปที่6.15 แสดงสัญญาณแบบไม่บาลานซ์

ซึ่งจะเห็นว่าได้ตามสัญญาณที่เข้ามาทุกประการแต่สามารถเพิ่ม แอมปลิจูดได้มากกว่าสัญญาณอินพุตที่เข้ามาซึ่งสามารถกำหนดโดยการปรับGainการขยาย

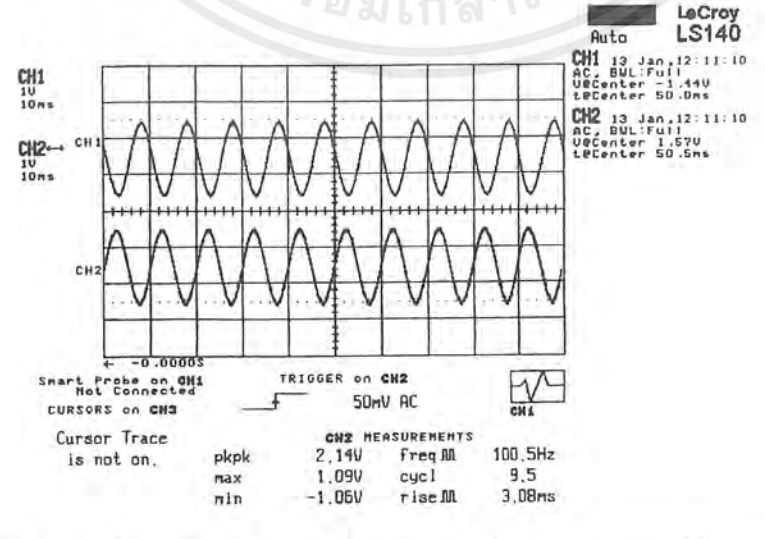
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคขยายสัญญาณเสียง

คือภาคที่นำสัญญาณที่ได้จากการผ่านภาคอินพุตบาลานซ์และเอ้าพุทไม่บาลานซ์มารวมสัญญาณกันแล้วนำไปผ่านภาคขยายสัญญาณเสียงเพื่อให้สามารถเพิ่ม Gain การขยายได้และประสิทธิภาพของสัญญาณเสียงดีซึ่งภาคขยายสัญญาณเสียงนี้สามารถให้ เอาต์พุทได้ทั้งแบบบาลานซ์และแบบไม่บาลานซ์สามารถนำไปใช้งานได้ทั้งสองแบบหรือแบบใดแบบหนึ่ง ซึ่งสัญญาณที่ได้จากการทดลองจะมีหลายรูปแบบเพราะการทำงานของอุปกรณ์ที่นำมาต่อใช้กับวงจร

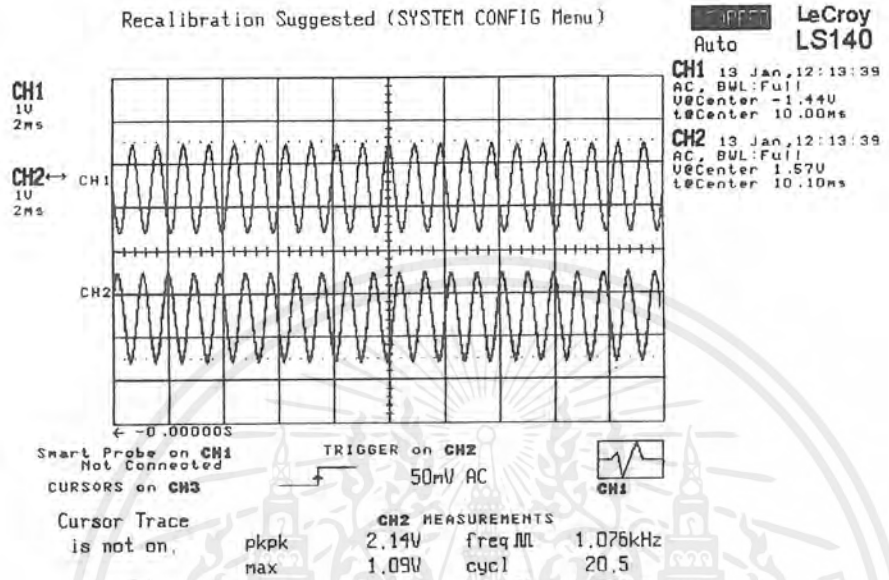


รูปที่ 6.16 รูปสัญญาณที่ตรวจจับทางด้านเอาต์พุทของเอาต์พุทแบบบาลานซ์ที่ความถี่ที่ 20HZ

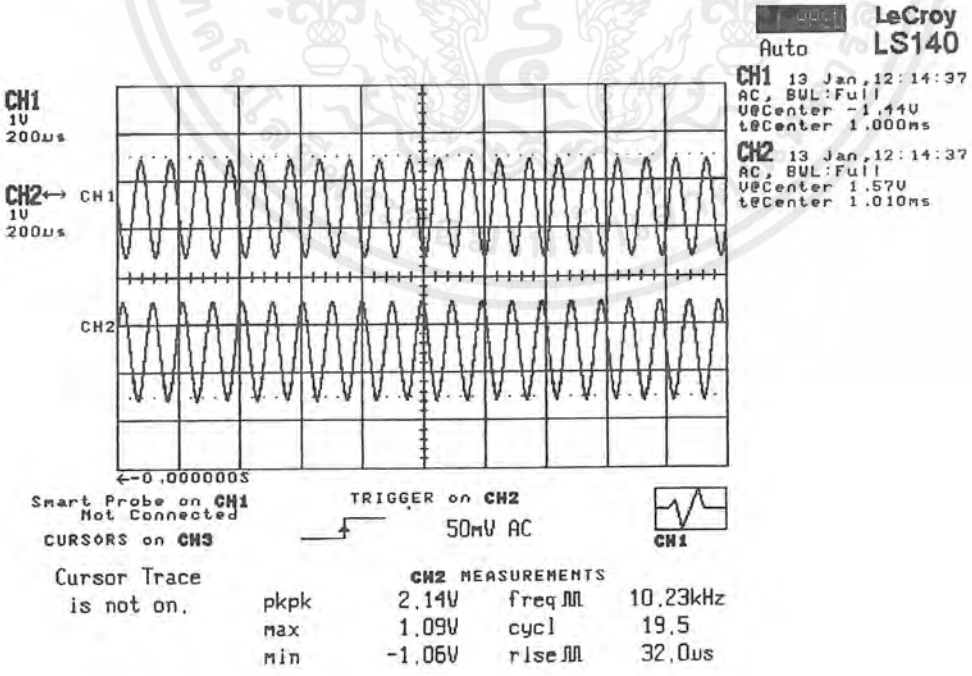


รูปที่ 6.17 รูปสัญญาณที่ตรวจจับทางด้านเอาต์พุทของเอาต์พุทแบบบาลานซ์ที่ความถี่ 100Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

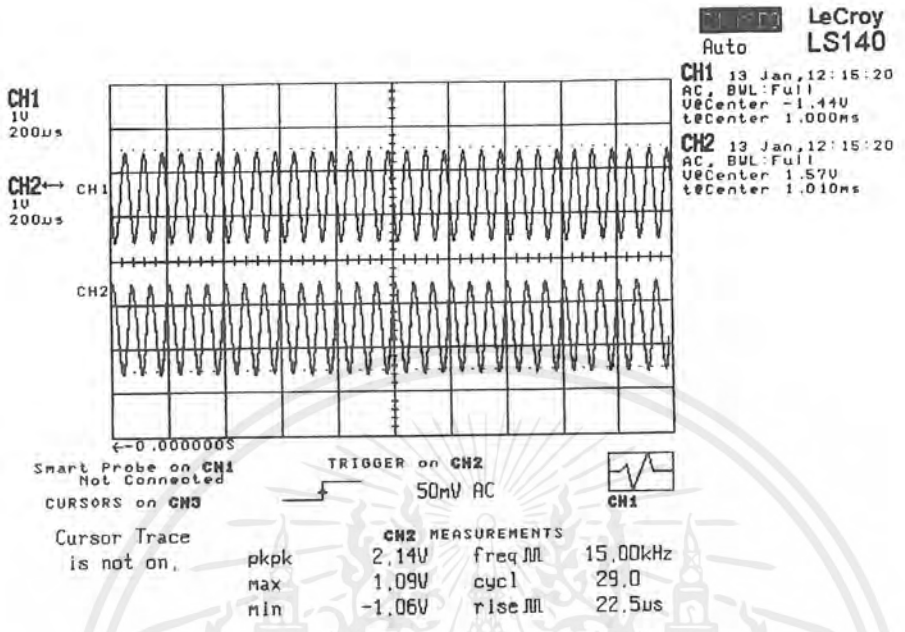


รูปที่ 6.18 แสดงสัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุตแบบบาลานซ์ที่ความถี่ 1 KHz

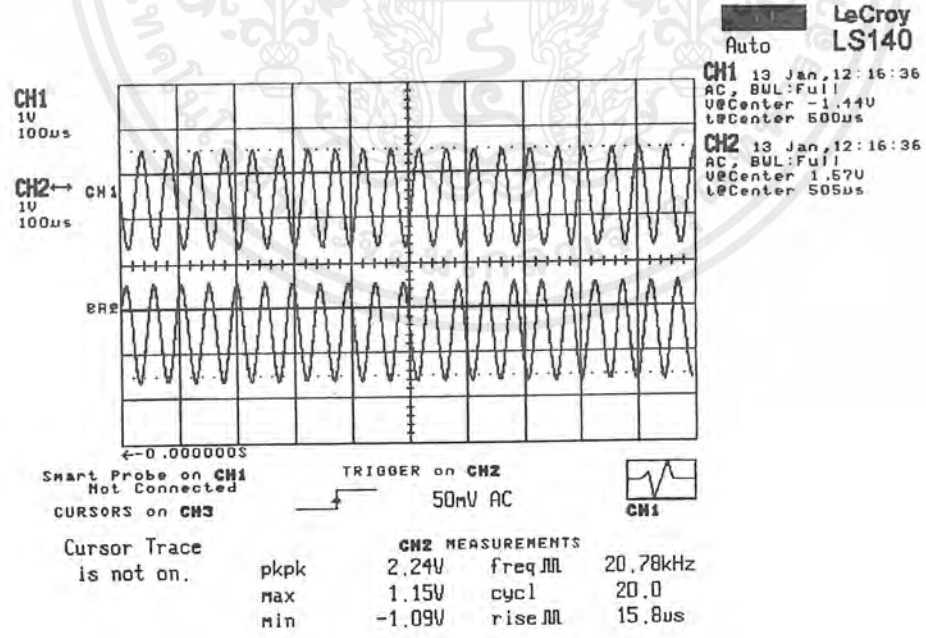


รูปที่ 6.19 แสดงสัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุตแบบบาลานซ์ที่ความถี่ 10 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

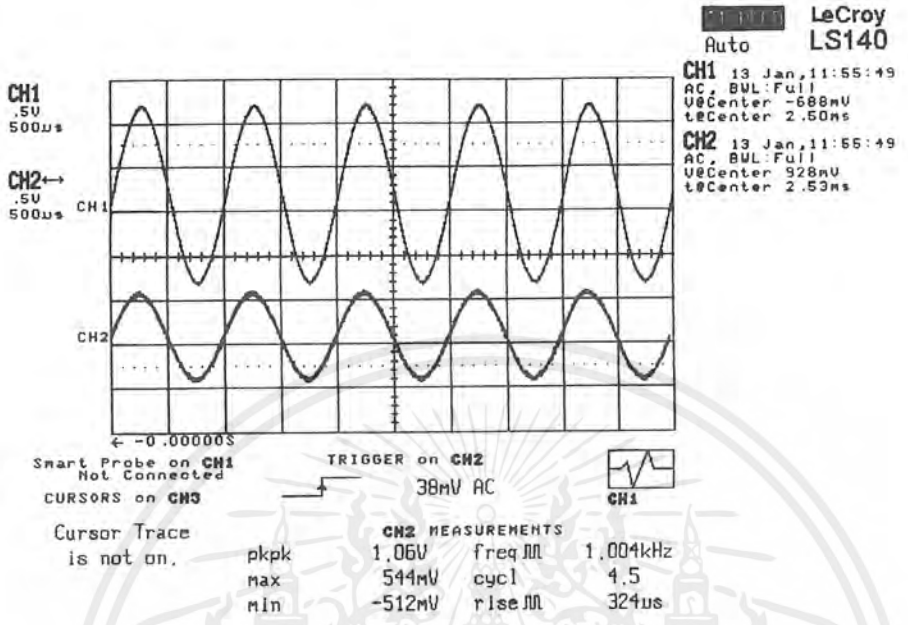


รูปที่ 6.20 แสดงสัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุตแบบบาลานซ์ที่ความถี่ 15 KHz

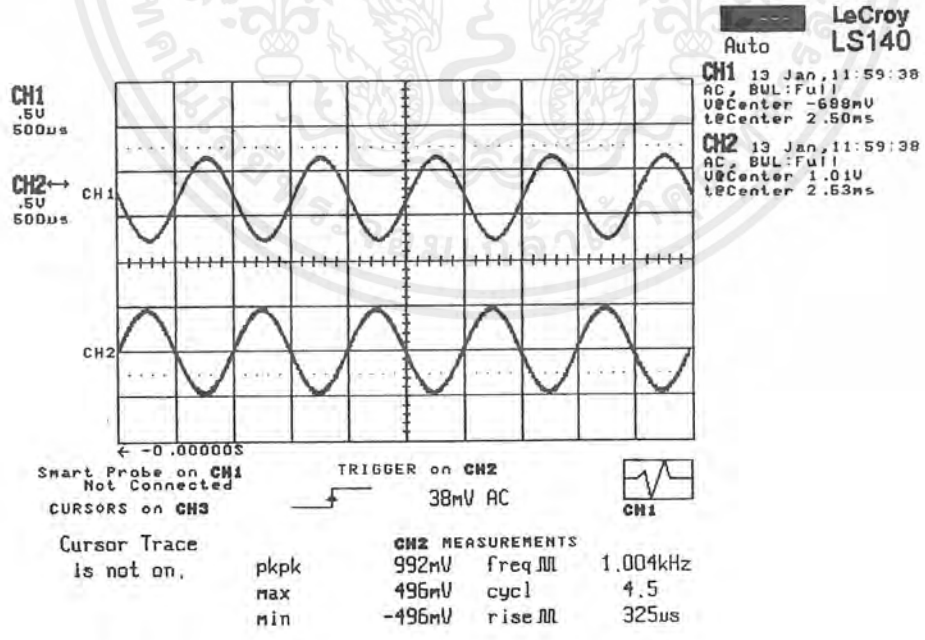


รูปที่ 6.21 แสดงสัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุตแบบบาลานซ์ที่ความถี่ 20 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

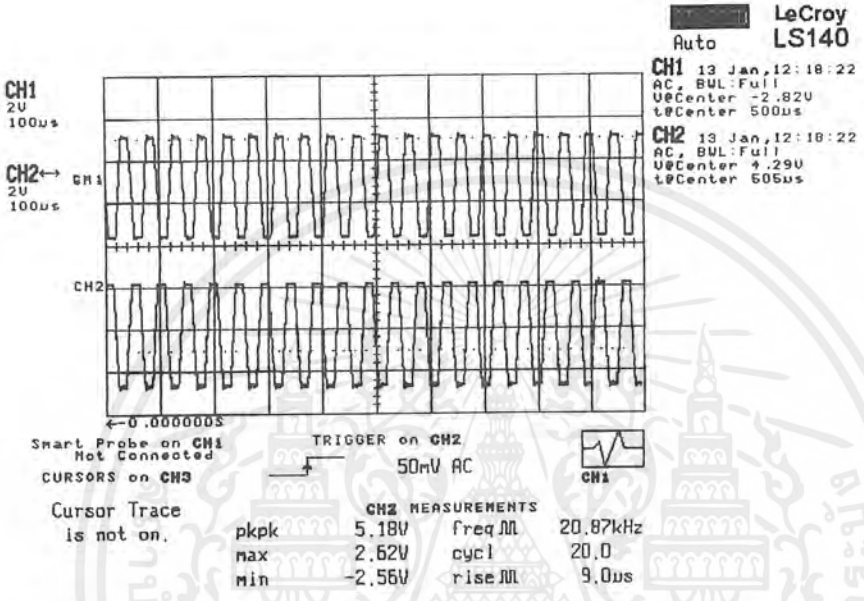


รูปที่ 6.22 แสดงการปรับอัตราการขยายสัญญาณของเอาต์พุทเมื่อเทียบกับอินพุตแบบไม่บาลานซ์

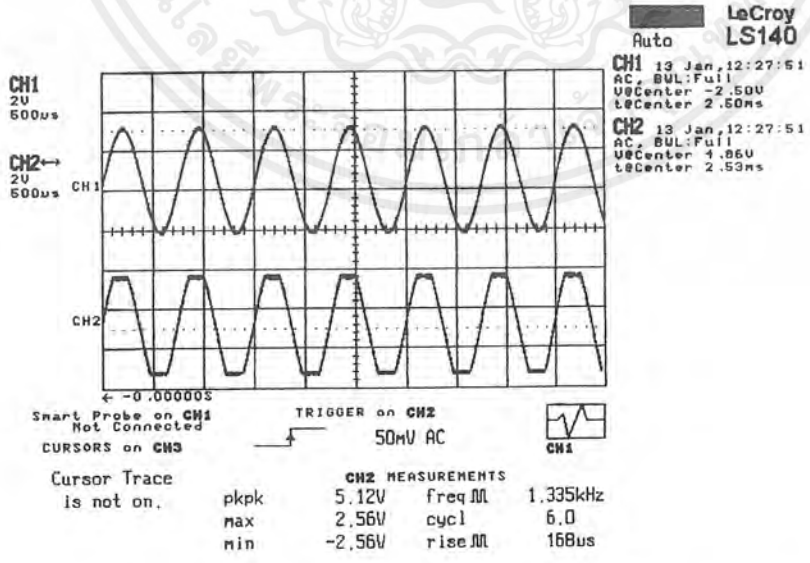


รูปที่ 6.23 แสดงการปรับอัตราการขยายสัญญาณของวงจรแบบบาลานซ์เทียบกับอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.24 แสดงลักษณะของรูปคลื่นอินพุตกับเอาต์พุตเมื่อปรับอัตราการขยายสูงเกิน



รูปที่ 6.25 แสดงสัญญาณเมื่อเปลี่ยนค่าแอมปริจูดของสัญญาณสูงขึ้นจนเกินคุณสมบัติของออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปผลการทดลอง

เครื่องจ่ายสัญญาณภาพ

จากการทดลองเราจะพบว่าในการจ่ายสัญญาณวิดีโอให้กับมอนิเตอร์แต่ละตัวสัญญาณที่ได้ออกมาที่หน้าจอมอนิเตอร์จะมีลักษณะที่เหมือนกันทุกตัวรวมถึงสัญญาณทางด้านอินพุตด้วย และในส่วนของวงจรเรายังสามารถปรับอัตราการขยายของสัญญาณได้อีกด้วยไม่ว่าจะเป็นขนาดของสัญญาณภาพซึ่งสามารถปรับโดย VR1 และขนาดของสัญญาณอีควอไลซิ่งซึ่งปรับโดย VR2 และยังสามารถปรับขนาดของสัญญาณสีโดยการปรับ C6 ซึ่งเป็น TRIMMER ได้อีกด้วย ดังนั้นเมื่อเรานำเครื่องจ่ายสัญญาณภาพไปใช้งานแล้วปัญหาของการลดทอนสัญญาณภาพก็จะหมดไป

เครื่องจ่ายสัญญาณเสียง

จากการทดลองจะพบว่าเมื่อเราป้อนสัญญาณเสียงไม่ว่าจะเป็นสัญญาณแบบบาลานซ์หรือแบบไม่บาลานซ์ก็ตามสัญญาณที่ได้ออกมาที่เอาต์พุตก็ยังคงเดิมไม่มีการผิดเพี้ยนหรือถูกลดทอนลงไปแต่ประการใด และยังสามารถปรับอัตราขยายสัญญาณได้อีกด้วยทั้งสองแบบ จากวงจรจะเห็นว่าเราสามารถนำเครื่องเสียงในบ้านซึ่งใช้สัญญาณแบบไม่บาลานซ์ไปต่อใช้งานร่วมกับเครื่องขยายเสียงภาคสนามซึ่งใช้สัญญาณแบบบาลานซ์ได้โดยการต่อผ่านเครื่องจ่ายสัญญาณเสียงตัวที่ว่านี้ได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. เจน สงสมพันธ์ , นิคม อนันต์ทิพย์ . เทคโนโลยีโทรทัศน์
2. ปราโมทย์ จามรวิเชียร . เทคโนโลยีโทรทัศน์
3. CNS GROUP . OP-AMP
4. เกรียงศักดิ์ ฐานิกเกษตร , ประวิทย์ โคมทองชูสกุล . 110 โครงงานไอซี
5. แผนกหนังสือพิเศษด้านอิเล็กทรอนิกส์ . รวมโครงงานอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

November 1994

LM741 Operational Amplifier

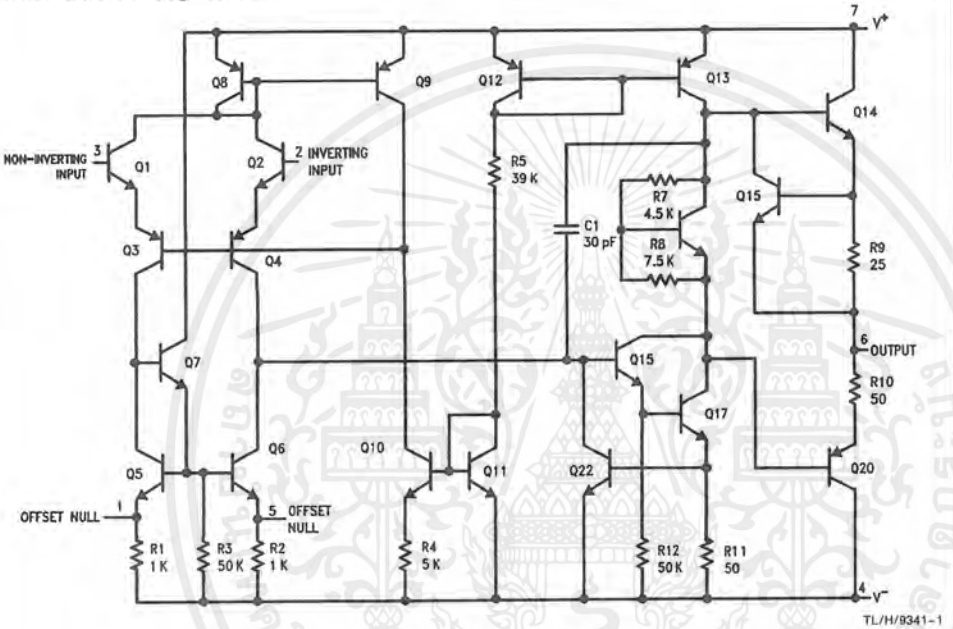
General Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications.

The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

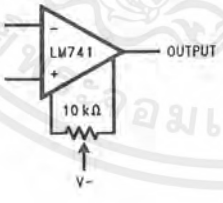
The LM741C/LM741E are identical to the LM741/LM741A except that the LM741C/LM741E have their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of −55°C to +125°C.

Schematic Diagram



TL/H/9341–1

Offset Nulling Circuit



TL/H/9341–7

© 1995 National Semiconductor Corporation

RRD-B30M115/Printed in U. S. A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

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

(Note 5)

	LM741A	LM741E	LM741	LM741C
Supply Voltage	±22V	±22V	±22V	±18V
Power Dissipation (Note 1)	500 mW	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	±30V	±30V	±30V	±30V
Input Voltage (Note 2)	±15V	±15V	±15V	±15V
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	−55°C to +125°C	0°C to +70°C	−55°C to +125°C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C	100°C	150°C	100°C
Soldering Information				
N-Package (10 seconds)	260°C	260°C	260°C	260°C
J- or H-Package (10 seconds)	300°C	300°C	300°C	300°C
M-Package				
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.				
ESD Tolerance (Note 6)	400V	400V	400V	400V

Electrical Characteristics (Note 3)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25°C$ $R_S \le 10\,k\Omega$ $R_S \le 50\Omega$		 0.8	 3.0		1.0	5.0		2.0	6.0	 mV mV
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$ $R_S \le 50\Omega$ $R_S \le 10\,k\Omega$			4.0			 6.0			 7.5	mV mV
Average Input Offset Voltage Drift				15							µV/°C
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25°C, V_S = \pm 20V$	±10				±15			±15		mV
Input Offset Current	$T_A = 25°C$		3.0	30		20	200		20	200	nA
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$			70		85	500			300	nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							nA/°C
Input Bias Current	$T_A = 25°C$		30	80		80	500		80	500	nA
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$			0.210			1.5			0.8	µA
Input Resistance	$T_A = 25°C, V_S = \pm 20V$	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0		MΩ
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$, $V_S = \pm 20V$	0.5									MΩ
Input Voltage Range	$T_A = 25°C$							±12	±13		V
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$				±12	±13					V
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25°C, R_L \ge 2\,k\Omega$ $V_S = \pm 20V, V_O = \pm 15V$ $V_S = \pm 15V, V_O = \pm 10V$	50			 50	 200		 20	 200		 V/mV V/mV
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$, $R_L \ge 2\,k\Omega$, $V_S = \pm 20V, V_O = \pm 15V$ $V_S = \pm 15V, V_O = \pm 10V$ $V_S = \pm 5V, V_O = \pm 2V$	 32 10			 25 			 15 			 V/mV V/mV V/mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Note 3) (Continued)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 20V$										
	$R_L \geq 10\ k\Omega$	±16									V
	$R_L \geq 2\ k\Omega$	±15									V
	$V_S = \pm 15V$										
	$R_L \geq 10\ k\Omega$				±12	±14		±12	±14		V
	$R_L \geq 2\ k\Omega$				±10	±13		±10	±13		V
Output Short Circuit Current	$T_A = 25°C$	10	25	35		25			25		mA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$	10		40							mA
Common-Mode Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$										
	$R_S \leq 10\ k\Omega$, $V_{CM} = \pm 12V$				70	90		70	90		dB
	$R_S \leq 50\Omega$, $V_{CM} = \pm 12V$	80	95								dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $V_S = \pm 20V$ to $V_S = \pm 5V$										
	$R_S \leq 50\Omega$	86	96								dB
	$R_S \leq 10\ k\Omega$				77	96		77	96		dB
Transient Response	$T_A = 25°C$, Unity Gain										
Rise Time			0.25	0.8		0.3			0.3		μs
Overshoot			6.0	20		5			5		%
Bandwidth (Note 4)	$T_A = 25°C$	0.437	1.5								MHz
Slew Rate	$T_A = 25°C$, Unity Gain	0.3	0.7			0.5			0.5		V/μs
Supply Current	$T_A = 25°C$					1.7	2.8		1.7	2.8	mA
Power Consumption	$T_A = 25°C$										
	$V_S = \pm 20V$		80	150							mW
	$V_S = \pm 15V$					50	85		50	85	mW
LM741A	$V_S = \pm 20V$										
	$T_A = T_{AMIN}$			165							mW
	$T_A = T_{AMAX}$			135							mW
LM741E	$V_S = \pm 20V$										
	$T_A = T_{AMIN}$			150							mW
	$T_A = T_{AMAX}$			150							mW
LM741	$V_S = \pm 15V$										
	$T_A = T_{AMIN}$					60	100				mW
	$T_A = T_{AMAX}$					45	75				mW

Note 1: For operation at elevated temperatures, these devices must be derated based on thermal resistance, and T_j max. (listed under "Absolute Maximum Ratings"). $T_j = T_A + (\theta_{jA} P_D)$.

Thermal Resistance	Cerdip (J)	DIP (N)	HO8 (H)	SO-8 (M)
θ_{jA} (Junction to Ambient)	100°C/W	100°C/W	170°C/W	195°C/W
θ_{jC} (Junction to Case)	N/A	N/A	25°C/W	N/A

Note 2: For supply voltages less than ±15V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

Note 3: Unless otherwise specified, these specifications apply for $V_S = \pm 15V$, $-55°C \leq T_A \leq +125°C$ (LM741/LM741A). For the LM741C/LM741E, these specifications are limited to $0°C \leq T_A \leq +70°C$.

Note 4: Calculated value from: BW (MHz) = 0.35/Rise Time(μs).

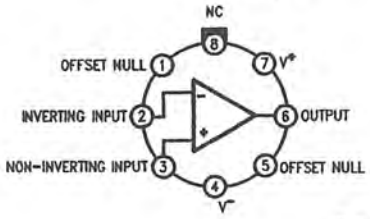
Note 5: For military specifications see RETS741X for LM741 and RETS741AX for LM741A.

Note 6: Human body model, 1.5 kΩ in series with 100 pF.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagrams

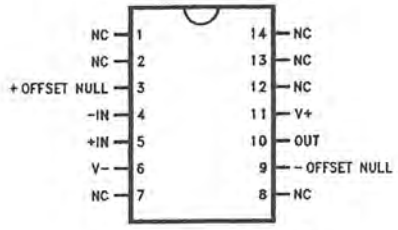
Metal Can Package



TL/H/9341–2

Order Number LM741H, LM741H/883*, LM741AH/883 or LM741CH
See NS Package Number H08C

Ceramic Dual-In-Line Package

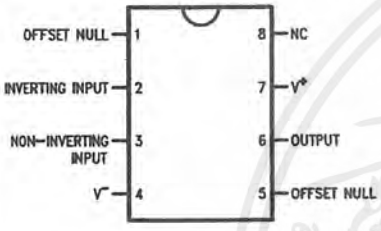


TL/H/9341–5

Order Number LM741J-14/883*, LM741AJ-14/883**
See NS Package Number J14A

*also available per JM38510/10101
**also available per JM38510/10102

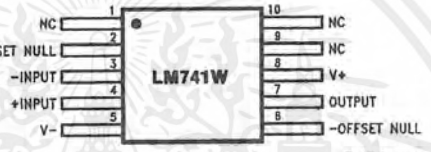
Dual-In-Line or S.O. Package



TL/H/9341–3

Order Number LM741J, LM741J/883, LM741CM, LM741CN or LM741EN
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

Ceramic Flatpak



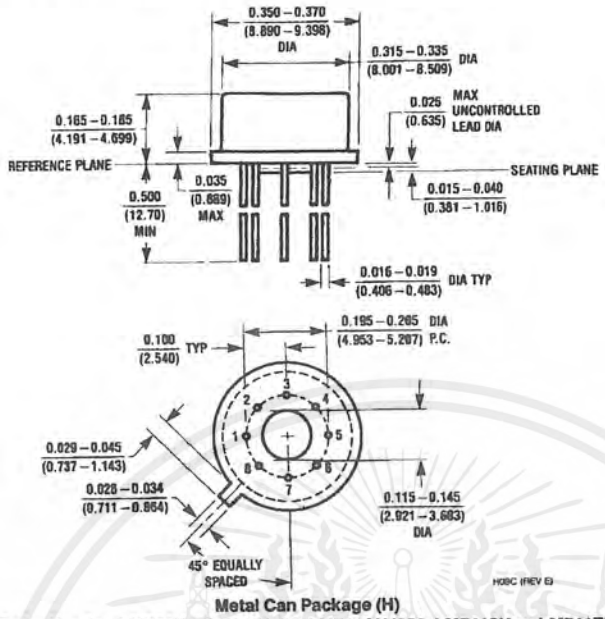
TL/H/9341–6

Order Number LM741W/883
See NS Package Number W10A

*LM741H is available per JM38510/10101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

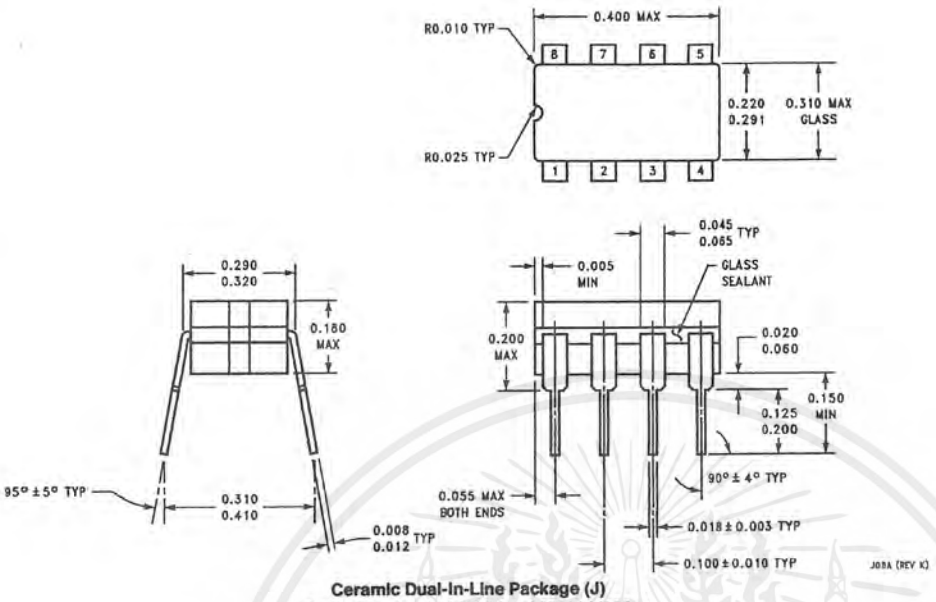
Physical Dimensions inches (millimeters)



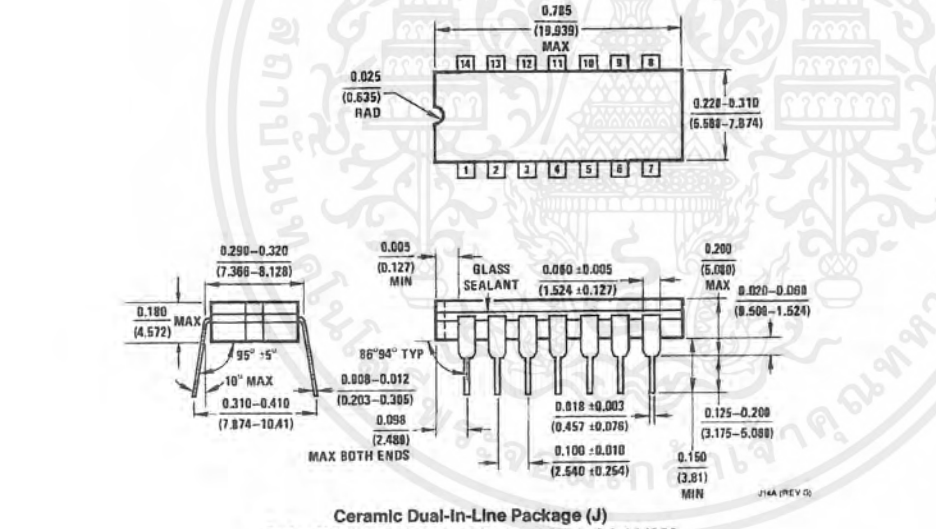
Metal Can Package (H)
Order Number LM741H, LM741H/883, LM741AH/883, LM741CH or LM741EH
NS Package Number H08C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



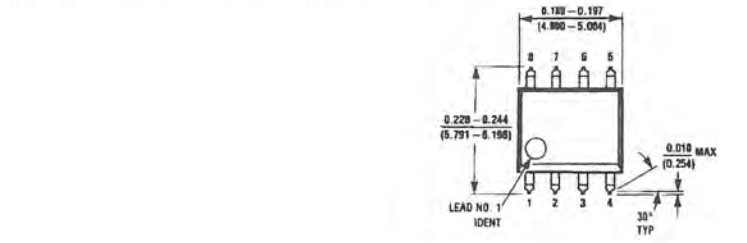
Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number LM741CJ or LM741J/883
NS Package Number J08A

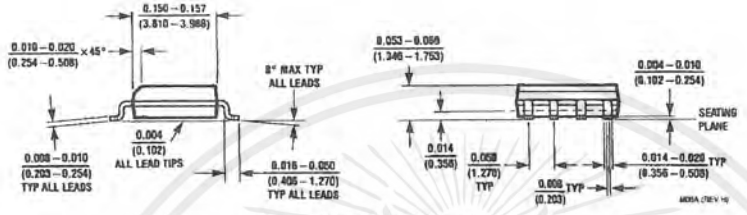


Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number LM741J-14/883 or LM741AJ-14/883
NS Package Number J14A

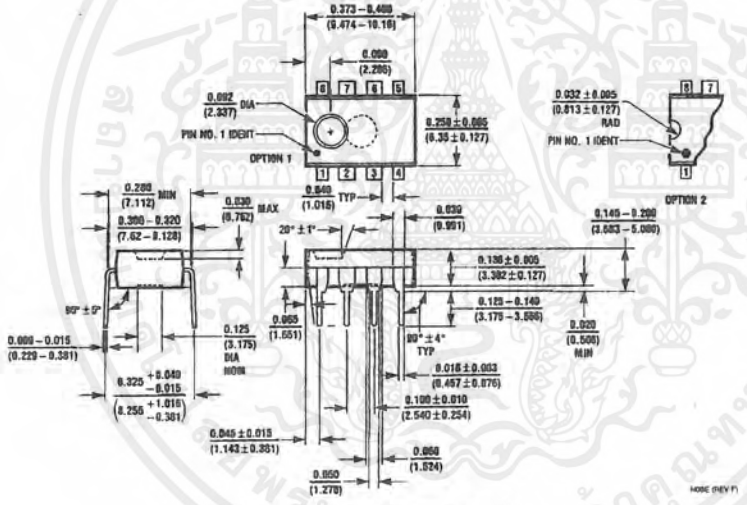
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)





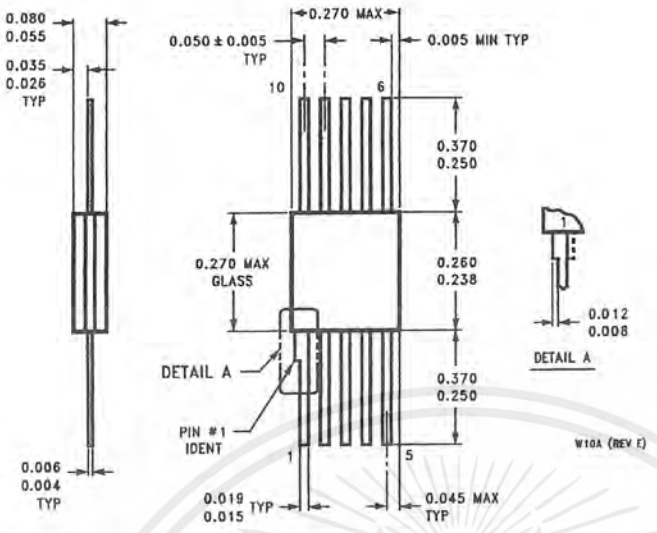
Small Outline Package (M)
Order Number LM741CM
NS Package Number M08A



Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM741CN or LM741EN
NS Package Number N08E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



10-Lead Ceramic Flatpak (W)
Order Number LM741W/883
NS Package Number W10A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
1111 West Bardin Road
Arlington, TX 76017
Tel: 1(800) 272-9959
Fax: 1(800) 737-7018

National Semiconductor Europe
Fax: (+49) 0-180-530 85 86
Email: cnjwge@tevm2.nsc.com
Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85
English Tel: (+49) 0-180-532 78 32
Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58
Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80

National Semiconductor Hong Kong Ltd.
13th Floor, Straight Block,
Ocean Centre, 5 Canton Rd.
Tsimshatsui, Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2737-1600
Fax: (852) 2736-9960

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-043-299-2309
Fax: 81-043-299-2408

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

August 1997

LM833
Dual Audio Operational Amplifier

General Description

The LM833 is a dual general purpose operational amplifier designed with particular emphasis on performance in audio systems.

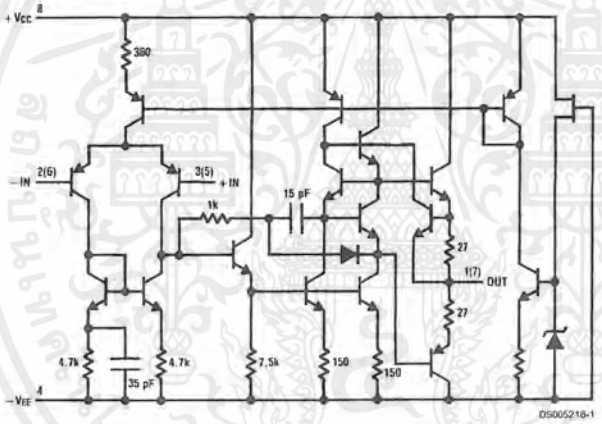
This dual amplifier IC utilizes new circuit and processing techniques to deliver low noise, high speed and wide bandwidth without increasing external components or decreasing stability. The LM833 is internally compensated for all closed loop gains and is therefore optimized for all preamp and high level stages in PCM and HiFi systems.

The LM833 is pin-for-pin compatible with industry standard dual operational amplifiers.

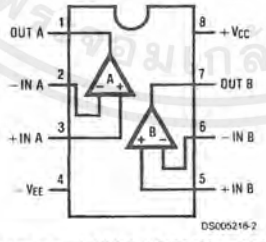
Features

- Wide dynamic range: 140dB
- Low input noise voltage: 4.5nV/√Hz
- High slew rate: 7 V/μs (typ); 5V/μs (min)
- High gain bandwidth: 15MHz (typ); 10MHz (min)
- Wide power bandwidth: 120KHz
- Low distortion: 0.002%
- Low offset voltage: 0.3mV
- Large phase margin: 60°
- Available in 8 pin MSOP package

Schematic Diagram (1/2 LM833)



Connection Diagram



Order Number LM833M, LM833N or LM833MM
See NS Package Number
M08A, N08E or MUA08A

© 1997 National Semiconductor Corporation DS005218

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

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

Supply Voltage $V_{CC}-V_{EE}$	36V
Differential Input Voltage (Note 3) V_I	±30V
Input Voltage Range (Note 3) V_{IC}	±15V
Power Dissipation (Note 4) P_D	500 mW
Operating Temperature Range T_{OPR}	−40 ~ 85˚C
Storage Temperature Range T_{STG}	−60 ~ 150˚C
Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 seconds)	260˚C
Small Outline Package (SOIC and MSOP)	
Vapor Phase (60 seconds)	215˚C
Infrared (15 seconds)	220˚C

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

ESD tolerance (Note 5) 1600V

DC Electrical Characteristics (Notes 1, 2)

(T_A = 25˚C, V_S = ±15V)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
V_{OS}	Input Offset Voltage	R_S = 10Ω		0.3	5	mV
I_{OS}	Input Offset Current			10	200	nA
I_B	Input Bias Current			500	1000	nA
A_V	Voltage Gain	R_L = 2 kΩ, V_O = ±10V	90	110		dB
V_{OM}	Output Voltage Swing	R_L = 10 kΩ	±12	±13.5		V
		R_L = 2 kΩ	±10	±13.4		V
V_{CM}	Input Common-Mode Range		±12	±14.0		V
CMRR	Common-Mode Rejection Ratio	V_{IN} = ±12V	80	100		dB
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	V_S = 15~5V, −15~−5V	80	100		dB
I_Q	Supply Current	V_O = 0V, Both Amps		5	8	mA

AC Electrical Characteristics

(T_A = 25˚C, V_S = ±15V, R_L = 2 kΩ)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
SR	Slew Rate	R_L = 2 kΩ	5	7		V/μs
GBW	Gain Bandwidth Product	f = 100 kHz	10	15		MHz

Design Electrical Characteristics

(T_A = 25˚C, V_S = ±15V)
The following parameters are not tested or guaranteed.

Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Units
$\Delta V_{OS}/\Delta T$	Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage		2	μV/˚C
THD	Distortion	R_L = 2 kΩ, f = 20~20 kHz V_{OUT} = 3 Vrms, A_V = 1	0.002	%
e_n	Input Referred Noise Voltage	R_S = 100Ω, f = 1 kHz	4.5	nV/$\sqrt{Hz}$
i_n	Input Referred Noise Current	f = 1 kHz	0.7	pA/$\sqrt{Hz}$
PBW	Power Bandwidth	V_O = 27 V_{pp}, R_L = 2 kΩ, THD ≤ 1%	120	kHz
f_U	Unity Gain Frequency	Open Loop	9	MHz
ϕ_M	Phase Margin	Open Loop	60	deg
	Input Referred Cross Talk	f = 20~20 kHz	−120	dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design Electrical Characteristics (Continued)

Note 1: All voltages are measured with respect to the ground pin, unless otherwise specified.

Note 2: *Absolute Maximum Ratings* indicate limits beyond which damage to the device may occur. *Operating Ratings* indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. *Electrical Characteristics* state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.

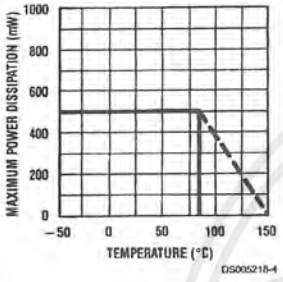
Note 3: If supply voltage is less than ±15V, it is equal to supply voltage.

Note 4: This is the permissible value at $T_A \leq 85°C$.

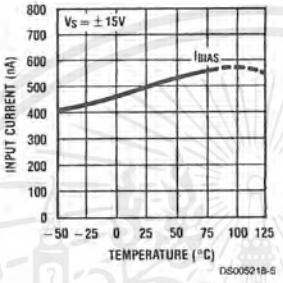
Note 5: Human body model, 1.5 kΩ in series with 100 pF.

Typical Performance Characteristics

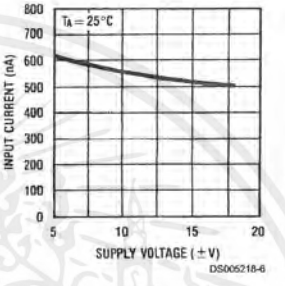
Maximum Power Dissipation vs Ambient Temperature



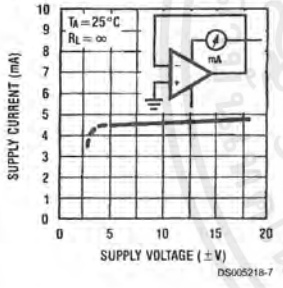
Input Bias Current vs Ambient Temperature



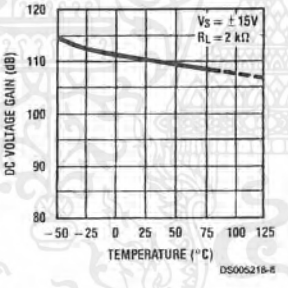
Input Bias Current vs Supply Voltage



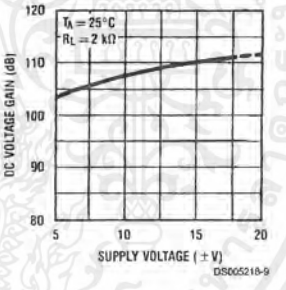
Supply Current vs Supply Voltage



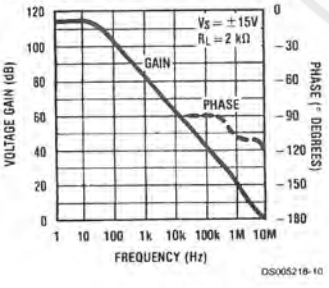
DC Voltage Gain vs Ambient Temperature



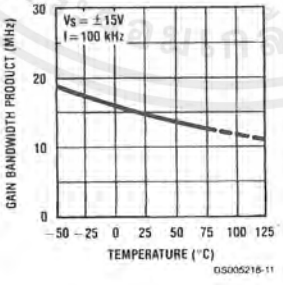
DC Voltage Gain vs Supply Voltage



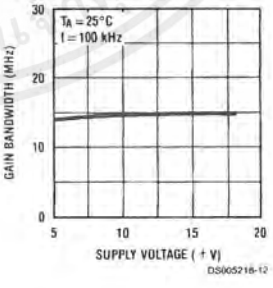
Voltage Gain & Phase vs Frequency



Gain Bandwidth Product vs Ambient Temperature



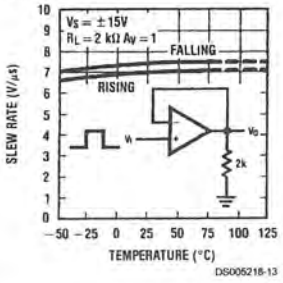
Gain Bandwidth vs Supply Voltage



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

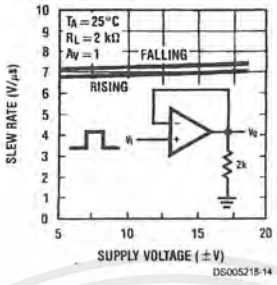
Typical Performance Characteristics (Continued)

Slew Rate vs Ambient Temperature



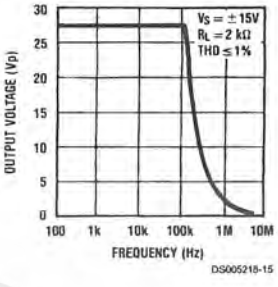
DS005218-13

Slew Rate vs Supply Voltage



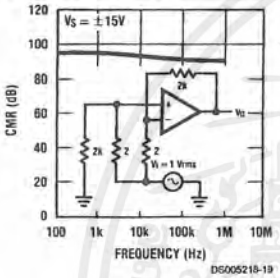
DS005218-14

Power Bandwidth



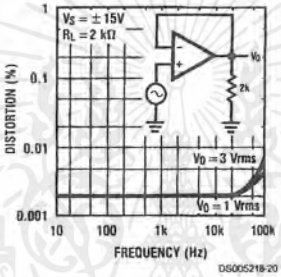
DS005218-15

CMR vs Frequency



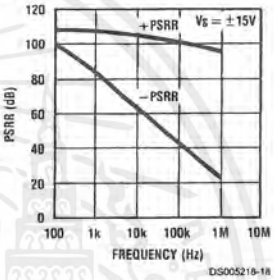
DS005218-19

Distortion vs Frequency



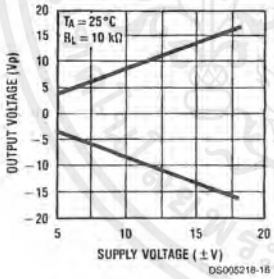
DS005218-20

PSRR vs Frequency



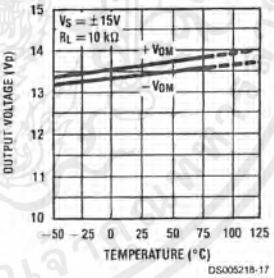
DS005218-18

Maximum Output Voltage vs Supply Voltage



DS005218-16

Maximum Output Voltage vs Ambient Temperature

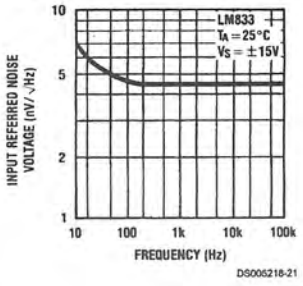


DS005218-17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

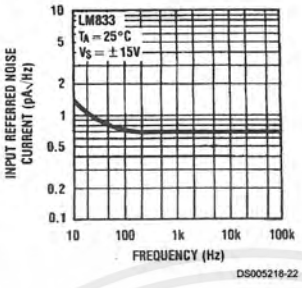
Typical Performance Characteristics (Continued)

Spot Noise Voltage vs Frequency



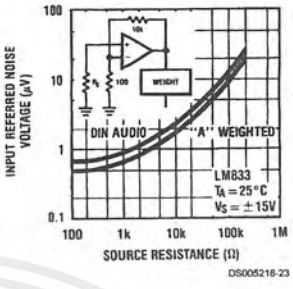
DS005218-21

Spot Noise Current vs Frequency



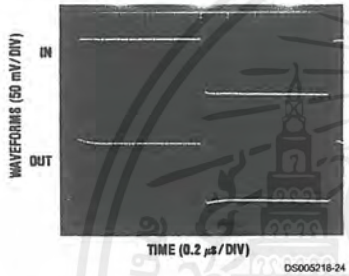
DS005218-22

Input Referred Noise Voltage vs Source Resistance



DS005218-23

Noninverting Amp



DS005218-24

Noninverting Amp

DS005218-25

Inverting Amp

DS005218-26

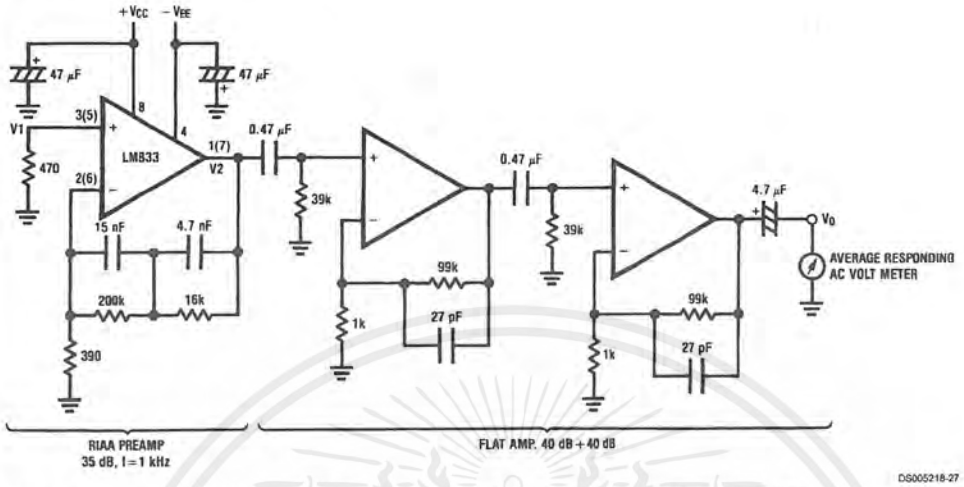
Application Hints

The LM833 is a high speed op amp with excellent phase margin and stability. Capacitive loads up to 50 pF will cause little change in the phase characteristics of the amplifiers and are therefore allowable.

Capacitive loads greater than 50 pF must be isolated from the output. The most straightforward way to do this is to put a resistor in series with the output. This resistor will also prevent excess power dissipation if the output is accidentally shorted.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Noise Measurement Circuit

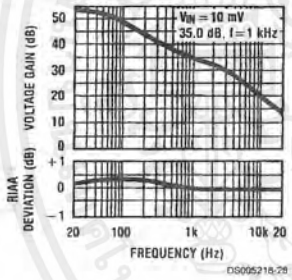


DS005218-27

Complete shielding is required to prevent induced pick up from external sources. Always check with oscilloscope for power line noise.

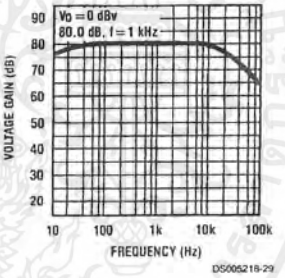
Total Gain: 115 dB @f = 1 kHz
Input Referred Noise Voltage: e_n = V0/560,000 (V)

RIAA Preamp Voltage Gain, RIAA Deviation vs Frequency



DS005218-28

Flat Amp Voltage Gain vs Frequency

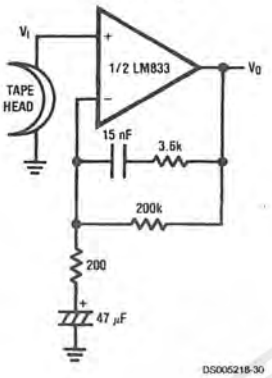


DS005218-29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications

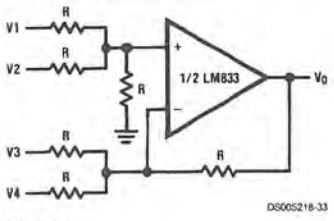
NAB Preamp



DS005218-30

A_V = 34.5
F = 1 kHz
E_n = 0.38 µV
A Weighted

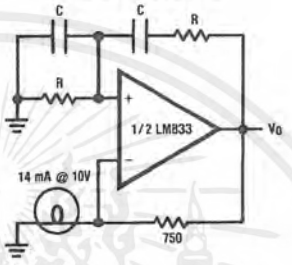
Adder/Subtracter



DS005218-33

$V_O = V1 + V2 - V3 - V4$

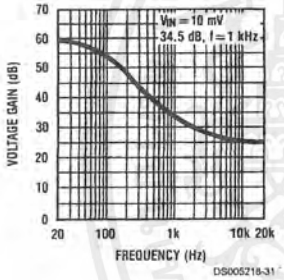
Sine Wave Oscillator



DS005218-34

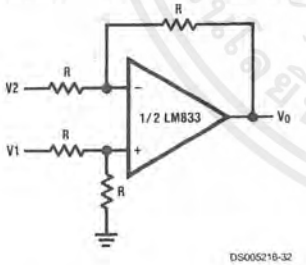
$$f_o = \frac{1}{2\pi RC}$$

NAB Preamp Voltage Gain vs Frequency



DS005218-31

Balanced to Single Ended Converter



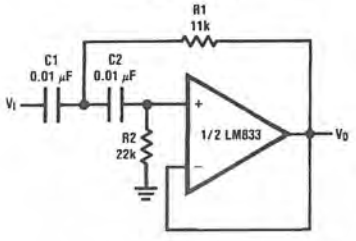
DS005218-32

$V_O = V1 - V2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

Second Order High Pass Filter
(Butterworth)



DS005218-35

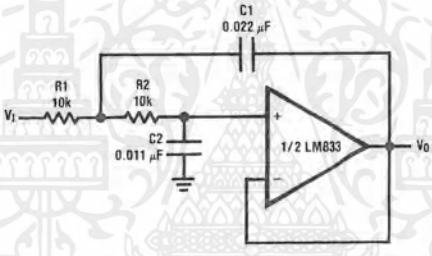
if C1 = C2 = C

$$R1 = \frac{\sqrt{2}}{2\omega_o C}$$

R2 = 2•R1

Illustration is f_0 = 1 kHz

Second Order Low Pass Filter
(Butterworth)



DS005218-36

if R1 = R2 = R

$$C1 = \frac{\sqrt{2}}{\omega_o R}$$

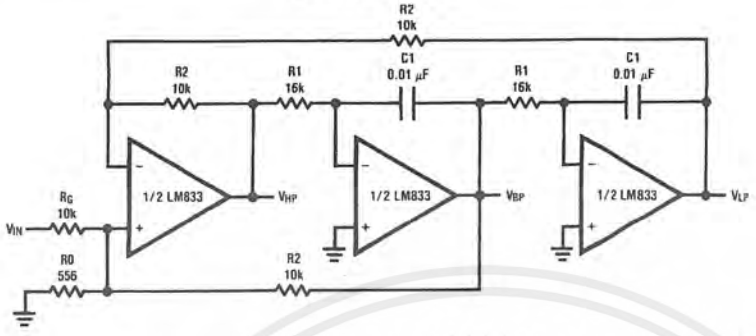
$$C2 = \frac{C1}{2}$$

Illustration is f_0 = 1 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

State Variable Filter

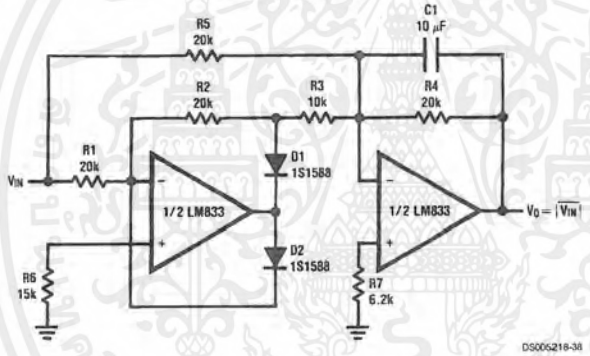


DS005218-37

$$f_0 = \frac{1}{2\pi C1R1}, Q = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{R2}{R0} + \frac{R2}{RG}\right), A_{BP} = QA_{LP} = QA_{LH} = \frac{R2}{RG}$$

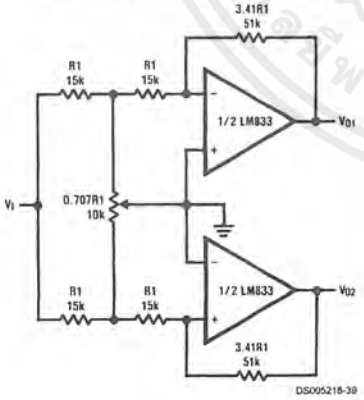
Illustration is f_0 = 1 kHz, Q = 10, A_{BP} = 1

AC/DC Converter



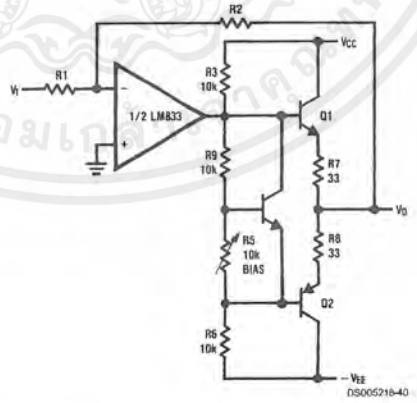
DS005218-38

2 Channel Panning Circuit (Pan Pot)



DS005218-39

Line Driver

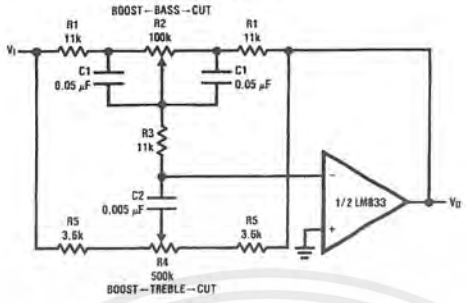


DS005218-40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

Tone Control



DS005218-41

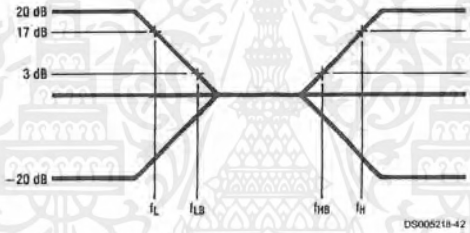
$$f_L = \frac{1}{2\pi R2C1},\ f_{LB} = \frac{1}{2\pi R1C1}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi R5C2},\ f_{HB} = \frac{1}{2\pi(R1 + R5 + 2R3)C2}$$

Illustration is:

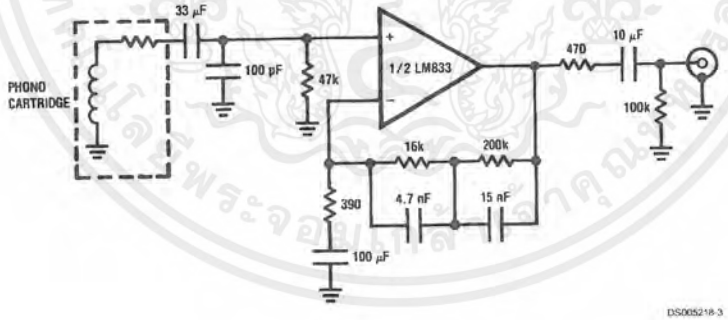
f_L = 32 Hz, f_{LB} = 320 Hz

f_H =11 kHz, f_{HB} = 1.1 kHz



DS005218-42

RIAA Preamp



DS005218-3

A_v = 35 dB

E_n = 0.33 µV

S/N = 90 dB

f = 1 kHz

A Weighted

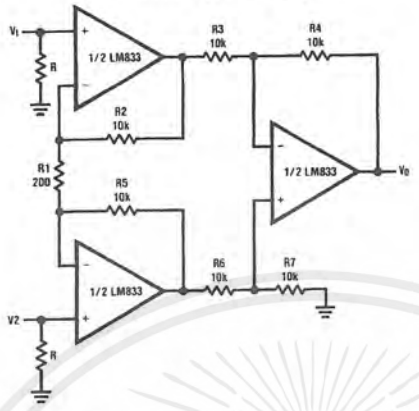
A Weighted, V_{IN} = 10 mV

@f = 1 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

Balanced Input Mic Amp



DS005218-43

If R2 = R5, R3 = R6, R4 = R7

$$V0 = \left(1 + \frac{2R2}{R1}\right)\frac{R4}{R3}(V2 - V1)$$

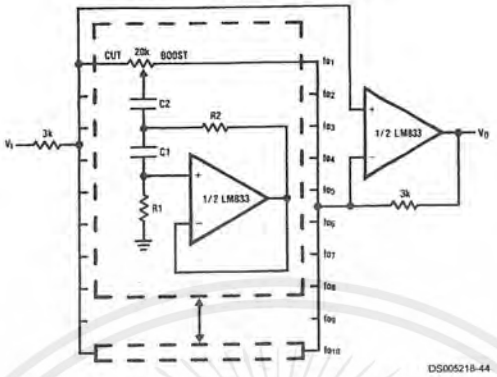
Illustration is:

V0 = 101(V2 − V1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

10 Band Graphic Equalizer



DS005218-44

fo(Hz)	C_1	C_2	R_1	R_2
32	0.12µF	4.7µF	75kΩ	500Ω
64	0.056µF	3.3µF	68kΩ	510Ω
125	0.033µF	1.5µF	62kΩ	510Ω
250	0.015µF	0.82µF	68kΩ	470Ω
500	8200pF	0.39µF	62kΩ	470Ω
1k	3900pF	0.22µF	68kΩ	470Ω
2k	2000pF	0.1µF	68kΩ	470Ω
4k	1100pF	0.056µF	62kΩ	470Ω
8k	510pF	0.022µF	68kΩ	510Ω
16k	330pF	0.012µF	51kΩ	510Ω

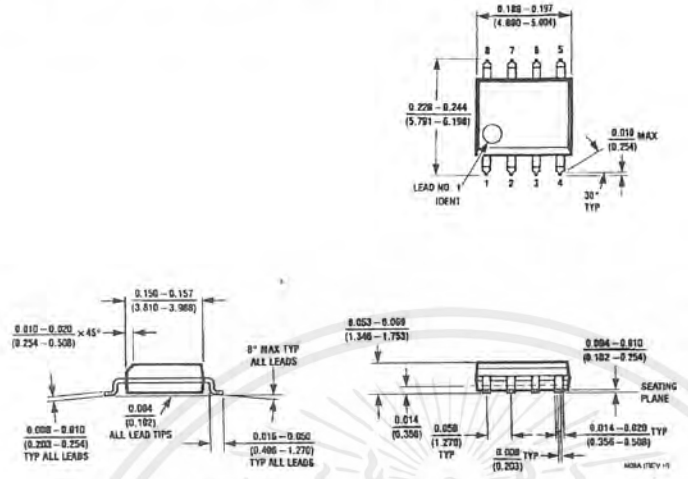
Note 6: At volume of change = ±12 dB

Q = 1.7

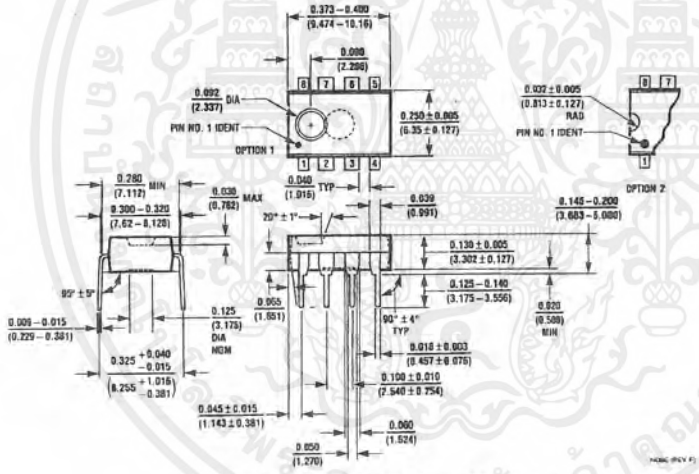
Reference: "AUDIO/RADIO HANDBOOK", National Semiconductor, 1980, Page 2–61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



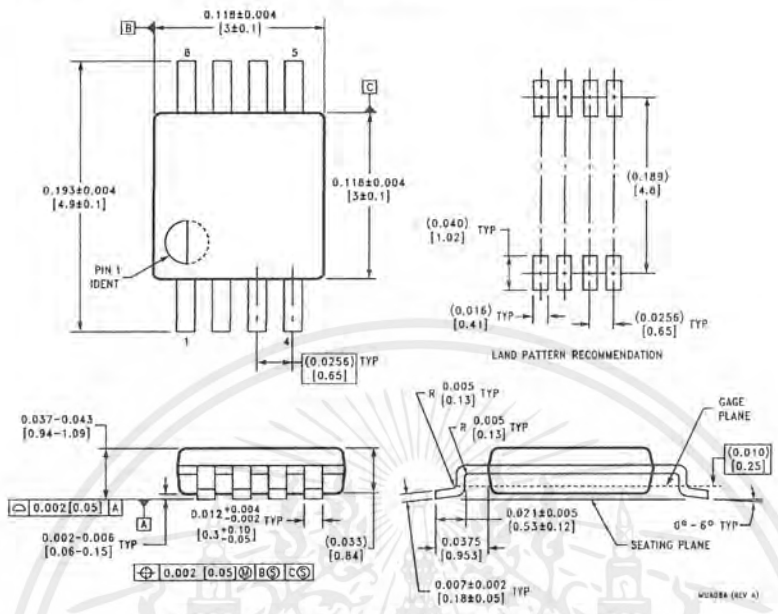
Molded Small Outline Package (M)
Order Number LM833M
NS Package Number M08A



Molded Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM833N
NS Package Number N08E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



8-Lead (0.118" Wide) Molded Mini Small Outline Package
Order Number LM833MM
NS Package Number MUA08A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com
www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

National Semiconductor Hong Kong Ltd.
13th Floor, Straight Block,
Ocean Centre, 5 Canton Rd.
Tsimshatsui, Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2737-1600
Fax: (852) 2736-9960

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5620-6175
Fax: 81-3-5620-6179

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้