

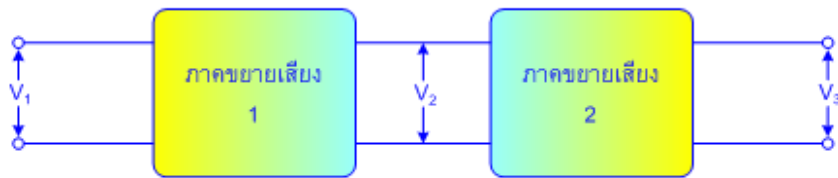
หน่วยที่ 7

การเชื่อมต่อโดยตรง ลิมิตเตอร์ และการป้อนกลับ

7.1 การต่อแบบคาสเคด

การต่อคาสเคด (Cascade) หรือการต่อเรียงกันไป เป็นการนำวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการทำงานแต่ละวงจรมาต่อเชื่อมวงจรเข้าด้วยกัน โดยวงจรที่ต่อเชื่อมเข้าด้วยกันแต่ละวงจรจะต้องสามารถทำงานร่วมกันได้ และทำงานสัมพันธ์กัน ถูกนำไปใช้งานได้หลายลักษณะ หลายหน้าที่ เกิดประโยชน์ต่อการนำไปใช้งาน เช่น ต่อเชื่อมวงจรขยายสัญญาณแต่ละภาคเข้าด้วยกัน ช่วยทำให้อัตราขยายสัญญาณของวงจรเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ ต่อเชื่อมวงจรถูกกำเนิดสัญญาณเข้ากับวงจรขยายสัญญาณ ทำให้สัญญาณที่กำเนิดขึ้นมีความแรงเพิ่มขึ้นเพียงพอต่อการทำงาน หรือต่อเชื่อมวงจรรับสัญญาณเข้ากับวงจรขยายสัญญาณ ทำให้สัญญาณที่รับได้มีความแรงเพิ่มมากขึ้น เป็นต้น

ลักษณะการต่อคาสเคด โดยการนำวงจรมาต่อเข้าด้วยกันตั้งแต่ 2 ภาคขึ้นไป สามารถต่อวงจรรวมกันได้หลายภาค วงจรต่อถึงกันทั้งหมดสามารถทำงานร่วมกันได้ เสริมค่าซึ่งกันและกัน ทำให้ค่าสัญญาณไฟฟ้าทั้งในรูปแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าสามารถส่งผ่านวงจรไปได้โดยตลอด ช่วยเพิ่มอัตราขยายของสัญญาณที่ส่งผ่านเข้ามา เกิดการทำงานอย่างต่อเนื่อง การเพิ่มอัตราขยายสัญญาณเสียงในวงจรขยายเสียงก็สามารถต่อเพิ่มภาคขยายเสียงเข้าด้วยกันได้หลายภาคเช่นเดียวกัน เรียกว่าเครื่องขยายหลายภาค (Multistage Amplifier) การต่อวงจรเครื่องขยายเข้าด้วยกันหลายภาค แสดงดังรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 การต่อวงจรเครื่องขยายเข้าด้วยกันหลายภาค

7.2 การเชื่อมต่อโดยตรง

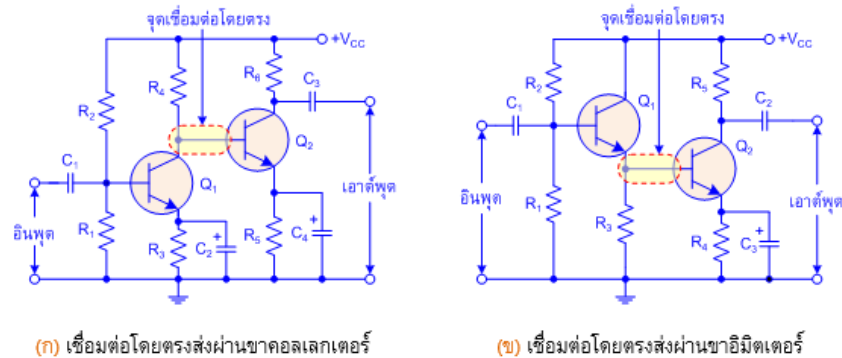
การเชื่อมต่อโดยตรง เป็นวิธีการต่อเชื่อมวงจรขยายเสียงตั้งแต่ 2 วงจรขึ้นไปเข้าด้วยกัน โดยการต่อเชื่อมถึงกันโดยตรง ไม่มีอุปกรณ์ใดๆ มากีดขวางการเชื่อมต่อ ด้วยการนำเอาต์พุตของวงจรขยายเสียงที่ 1 ต่อเข้าอินพุตของวงจรขยายเสียงที่ 2 โดยตรง ทำให้สัญญาณเสียงทุกความถี่สามารถส่งผ่านไปได้ทั้งหมด โดยไม่เกิดการลดทอนใดๆ ขณะส่งผ่านไป

ข้อดี ของการเชื่อมต่อโดยตรง คือให้การตอบสนองต่อความถี่เสียงได้ดีทุกความถี่ ไม่มีส่วนประกอบใดๆ มากีดขวางทางเดินสัญญาณ

ข้อเสีย ของการเชื่อมต่อโดยตรง คือจุดเชื่อมต่ออาจไม่มีความเหมาะสมกัน (Miss Match) เป็นสาเหตุของการสูญเสียสัญญาณในการส่งผ่านได้ง่าย จุดเชื่อมต่อไม่มีเสถียรภาพที่เกิดขึ้นจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป

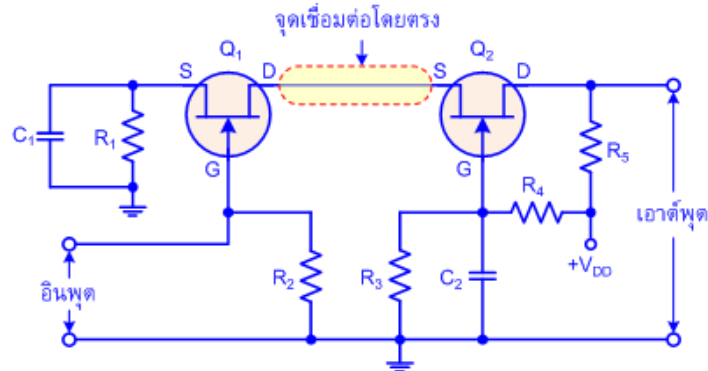
การเชื่อมต่อโดยตรง สามารถจัดรูปแบบของวงจรทำงานได้หลายรูปแบบแตกต่างกันไป รวมถึงสามารถนำวงจรที่ใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำหลายชนิดมาใช้งานในการเชื่อมต่อโดยตรงได้ เช่น ทรานซิสเตอร์ เฟต และ IC ออปแอมป์ เป็นต้น

1. การเชื่อมต่อโดยตรงใช้วงจรทรานซิสเตอร์ การนำวงจรทรานซิสเตอร์ที่ใช้ขยายสัญญาณมาต่อเชื่อมโดยตรงทำได้หลายลักษณะ แสดงดังรูปที่ 7.2



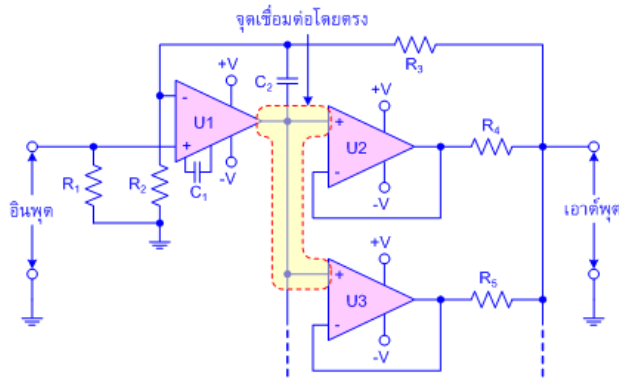
รูปที่ 7.2 การเชื่อมต่อโดยตรงใช้วงจรทรานซิสเตอร์

2. การเชื่อมต่อโดยตรงใช้วงจรเฟต โดยการนำวงจรเฟตที่ใช้ขยายสัญญาณของแต่ละวงจรมาต่อเชื่อมเข้าด้วยกันโดยตรง สามารถเชื่อมต่อเข้าด้วยกันไม่ว่าจะเป็นขอสรร่วม เดรนร่วม หรือเกตร่วม การเชื่อมต่อโดยตรงใช้วงจรเฟต แสดงดังรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.3 การเชื่อมต่อโดยตรงใช้วงจรเฟต

3. การเชื่อมต่อโดยตรงใช้วงจร IC ออปแอมป์ โดยการนำวงจร IC ออปแอมป์ที่ใช้ขยายสัญญาณของแต่ละวงจรมาต่อเชื่อมเข้าด้วยกันโดยตรง สามารถเชื่อมต่อกันได้ในแบบกลับเฟสสัญญาณ และไม่กลับเฟสสัญญาณ การเชื่อมต่อโดยตรงใช้ IC ออปแอมป์ แสดงดังรูปที่ 7.4



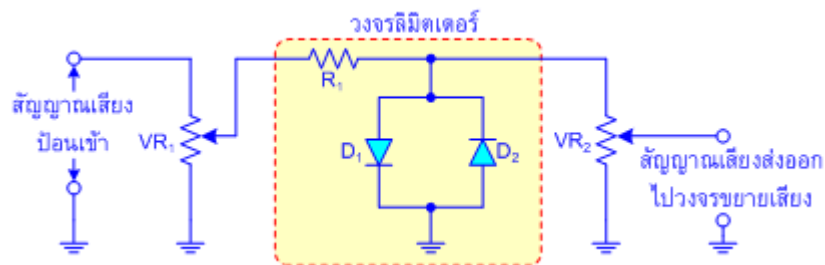
รูปที่ 7.4 การเชื่อมต่อโดยตรงใช้วงจร IC ออปแอมป์

7.3 ลิ้มิตเตอร์

ลิ้มิตเตอร์ (Limiter) เป็นตัวจำกัดความแรงของสัญญาณ ถูกสร้างออกมาในรูปวงจรจำกัดสัญญาณ (Limiter Circuit) หรือวงจรขริบสัญญาณ (Clipper Circuit) โดยเป็นตัวกำหนดขนาดความแรงของสัญญาณที่ส่งเข้ามา ให้มีขนาดความแรงไม่เกินค่าตามที่กำหนดส่งออกเอาต์พุต ช่วยทำหน้าที่ป้องกันสัญญาณขนาดใหญ่ชั่วขณะถูกป้อนเข้ามา อาจมีผลต่อการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์หรือวงจรทำงานในส่วนต่างๆ

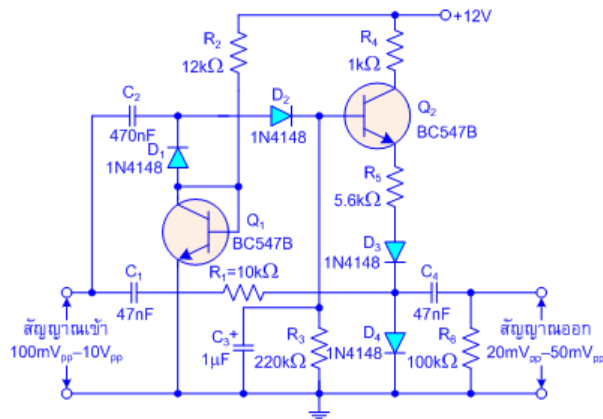
วงจรจำกัดสัญญาณ สามารถประกอบขึ้นจากอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำหลายชนิด เช่น ไดโอด ทรานซิสเตอร์ เฟต และ IC เป็นต้น สร้างขึ้นมาใช้งานได้หลายลักษณะวงจรทำงาน แตกต่างกันไปตามความต้องการใช้งาน

1. วงจรจำกัดสัญญาณเสียงด้วยไดโอด หรือวงจรลิ้มิตเตอร์สัญญาณเสียงด้วยไดโอด ทำหน้าที่ขริบสัญญาณเสียงที่มีความแรงแบบเกินออกไป โดยกำหนดระดับความแรงของสัญญาณ เสียงที่ส่งเข้ามา ควบคุมให้มีขนาดพอเหมาะก่อนส่งไปใช้งาน ตัวไดโอดที่ต่อเข้าวงจรใช้ทำหน้าที่จำกัดความแรงของสัญญาณเสียง ให้มีขนาดความแรงแบบตามที่ตัวไดโอดทำงาน สัญญาณเสียงส่วนเกินจะถูกตัดทิ้งไป การกำหนดความแรงสัญญาณเสียงส่งออกขึ้นอยู่กับจำนวนตัวไดโอดที่ต่อในวงจร ลักษณะวงจรจำกัดสัญญาณเสียงด้วยไดโอด แสดงดังรูปที่ 7.5



รูปที่ 7.5 วงจรจำกัดสัญญาณเสียงด้วยไดโอด

2. วงจรจำกัดสัญญาณเสียงด้วยไดโอดและทรานซิสเตอร์ หรือวงจรลิมิตเตอร์สัญญาณเสียงด้วยไดโอดและทรานซิสเตอร์ เรียกได้อีกชื่อว่าวงจรคอมเพรสเซอร์เสียง (Audio Compressor Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณเสียงที่จะส่งออกให้มีความแรงคงที่ โดยกำหนดระดับความแรงของสัญญาณเสียงที่ส่งเข้ามา ควบคุมให้มีความแรงตามกำหนดก่อนส่งไปใช้งาน วงจรทำงานด้วยไดโอด ทรานซิสเตอร์ และอุปกรณ์ RC ประกอบพร้อมวงจร ลักษณะวงจรจำกัดสัญญาณเสียงด้วยไดโอดและทรานซิสเตอร์ แสดงดังรูปที่ 7.6

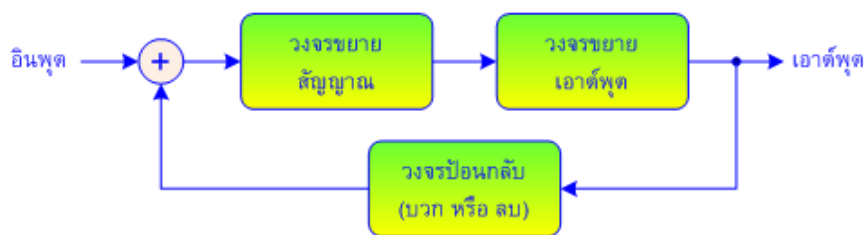


รูปที่ 7.6 วงจรจำกัดสัญญาณเสียงด้วยไดโอดและทรานซิสเตอร์

6.4 การป้อนกลับ

ในระบบการทำงานแบบอัตโนมัติ เป็นการทำงานที่ต้องใช้ระบบการควบคุมอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ เพื่อให้เกิดคุณภาพของสัญญาณที่ได้ออกมา มีขนาดพอเหมาะคงที่ถูกต้องสมบูรณ์ ส่วนที่มีหน้าที่ทำให้เกิดผลดังกล่าวนี้ คือการป้อนกลับ (Feedback) สัญญาณบางส่วนจากเอาต์พุตกลับมาเข้าอินพุต โดยจัดวงจรทำงานอยู่ในรูปวงจรป้อนกลับ (Feedback Circuit) สัญญาณที่ถูกป้อนกลับมาเข้าอินพุต จะถูกผสมกับสัญญาณอินพุตที่จ่ายเข้ามา ส่งผลต่อระบบการทำงานของวงจรเกิดการเปลี่ยนแปลงไป ช่วยเสริมหรือหักล้างสัญญาณก่อนส่งไปควบคุมให้เกิดการทำงานที่ถูกต้องเหมาะสม

การทำงานที่มีการป้อนกลับเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ จะเกิดประโยชน์อย่างมากต่อระบบการทำงานต่างๆ การป้อนกลับสัญญาณจากเอาต์พุตมายังอินพุตทำได้ 2 แบบ คือ การป้อนกลับแบบบวก (Positive Feedback) และการป้อนกลับแบบลบ (Negative Feedback) หลักการทำงานของวงจรที่มีการป้อนกลับ แสดงดังรูปที่ 7.7



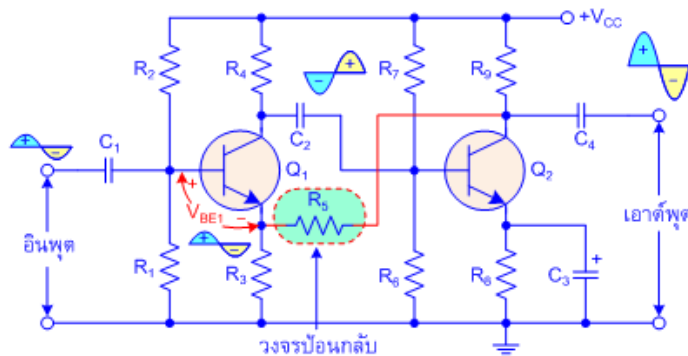
รูปที่ 7.7 หลักการทำงานของวงจรที่มีการป้อนกลับ

7.5 การป้อนกลับแบบลบ

การป้อนกลับแบบลบ หรือการป้อนกลับแบบหักล้าง คือการนำสัญญาณเอาต์พุตบางส่วนป้อนกลับมาเข้าอินพุต ในลักษณะสัญญาณที่มีเฟสตรงข้ามกับสัญญาณอินพุต นำไปรวมเข้ากับสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามา ทำให้เกิดการหักล้างกันได้สัญญาณออกเอาต์พุตมีระดับความแรงลดลง มีผลต่ออัตราขยายสัญญาณทั้งหมดของวงจรขยายลดลงตามไปด้วย เป็นการช่วยลดทอนอัตราขยายสัญญาณของวงจรให้ต่ำลง วงจรขยายทำงานมีความคงที่สม่ำเสมอ ได้สัญญาณถูกขยายออกมามีค่าคงที่ตลอดเวลา

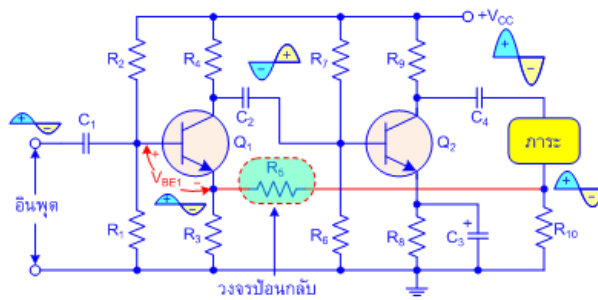
ประโยชน์ในการทำงานของวงจรขยายสัญญาณมีการป้อนกลับแบบลบ คือ ให้อัตราขยายแรงดันไฟฟ้าที่คงที่ ส่งผลให้วงจรมีการตอบสนองต่อความถี่ได้ดีขึ้น ช่วยลดทอนความผิดเพี้ยนของสัญญาณที่ป้อนเข้ามา ลดทอนค่าสัญญาณรบกวนที่ปะปนเข้ามา ช่วยเพิ่มแถบความกว้าง (Bandwidth) ในการขยายสัญญาณของวงจรขยาย และวงจรมีการทำงานที่เป็นเชิงเส้นมากขึ้น การป้อนกลับแบบลบจะได้สัญญาณทางเอาต์พุตมีเฟสต่างไปจากสัญญาณอินพุตเป็นมุม 180° การต่อวงจรป้อนกลับแบบลบพื้นฐานต่อวงจรได้ 4 ชนิด ได้แก่

1. **ป้อนกลับแบบลบชนิดป้อนกลับแรงดันไฟฟ้าแบบอนุกรม** คือการป้อนกลับที่เกิดจากการจ่ายแรงดันไฟฟ้าของวงจรขยายภาคเอาต์พุต กลับมายังวงจรขยายภาคอินพุต ซึ่งมีผลทำให้อิมพีแดนซ์ทางเอาต์พุตของวงจรขยายลดลง และช่วยเพิ่มอิมพีแดนซ์ทางอินพุตให้สูงขึ้น การป้อนกลับแบบนี้แรงดันไฟฟ้าทั้งสองค่าทางอินพุตต่ออนุกรมกัน แต่มีเฟสตรงข้ามกันจึงเกิดการหักล้างกัน วงจรป้อนกลับแบบลบชนิดป้อนกลับแรงดันไฟฟ้าแบบอนุกรม แสดงดังรูปที่ 7.8



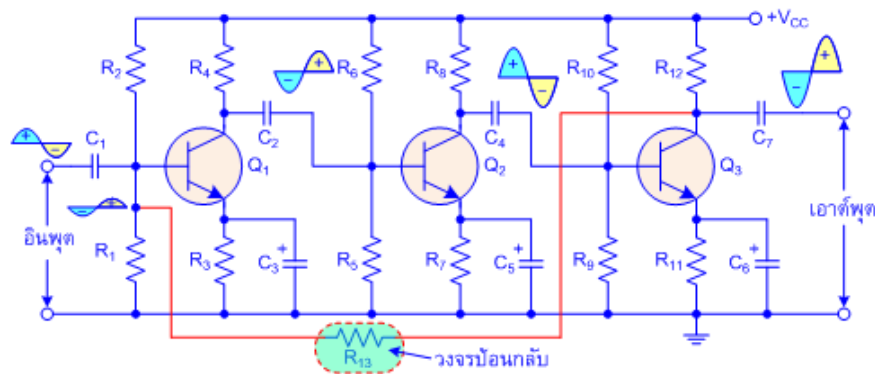
รูปที่ 7.8 วงจรป้อนกลับแบบลบชนิดป้อนกลับแรงดันไฟฟ้าแบบอนุกรม

2. **ป้อนกลับแบบลบชนิดป้อนกลับกระแสไฟฟ้าแบบอนุกรม** คือการป้อนกลับที่เกิดจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากภาระไปทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมอยู่กับภาระกลับมายังอินพุตของวงจรขยาย ด้วยการควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าและแก้ไขเฟสสัญญาณให้ถูกต้องทางอินพุต ค่าความต้านทานที่มีค่าสูงในส่วนนี้ เป็นการช่วยเพิ่มอิมพีแดนซ์ทางเอาต์พุตให้สูงขึ้นด้วย วงจรป้อนกลับแบบลบชนิดป้อนกลับกระแสไฟฟ้าแบบอนุกรม แสดงดังรูปที่ 7.9



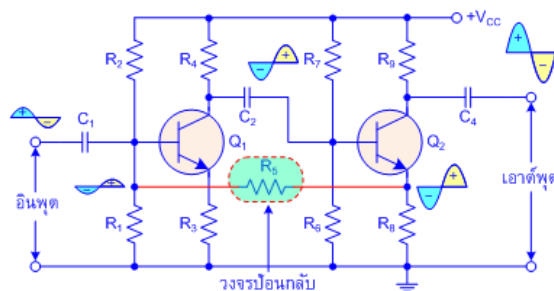
รูปที่ 7.9 วงจรป้อนกลับแบบลบบชนิดป้อนกลับกระแสไฟฟ้าแบบอนุกรม

3. ป้อนกลับแบบลบบชนิดป้อนกลับแรงดันไฟฟ้าแบบขนาน คือการป้อนกลับที่เกิดจากการจ่ายแรงดันไฟฟ้าของวงจรขยายภาคเอาต์พุต กลับมายังวงจรขยายภาคอินพุต ซึ่งมีผลทำให้อิมพีแดนซ์ทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรขยายลดลง การป้อนกลับแบบนี้แรงดันไฟฟ้าทั้งสองค่าทางอินพุตต่อขนานกัน แต่มีเฟสตรงข้ามกันจึงเกิดการหักล้างกัน วงจรป้อนกลับแบบลบบชนิดป้อนกลับแรงดันไฟฟ้าแบบขนาน แสดงดังรูปที่ 7.10



รูปที่ 7.10 วงจรป้อนกลับแบบลบบชนิดป้อนกลับแรงดันไฟฟ้าแบบขนาน

4. ป้อนกลับแบบลบบชนิดป้อนกลับกระแสไฟฟ้าแบบขนาน คือการป้อนกลับที่เกิดจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากเอาต์พุต ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมอยู่กับวงจรขยายเอาต์พุตกลับมายังวงจรขยายอินพุต ด้วยการควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าและแก้ไขเฟสสัญญาณให้ถูกต้องทางอินพุต ส่งผลต่ออิมพีแดนซ์ทางอินพุตต่ำลง และเพิ่มอิมพีแดนซ์ทางเอาต์พุตให้มากขึ้น วงจรป้อนกลับแบบลบบชนิดป้อนกลับกระแสไฟฟ้าแบบขนาน แสดงดังรูปที่ 7.11



รูปที่ 7.11 วงจรป้อนกลับแบบลบบชนิดป้อนกลับกระแสไฟฟ้าแบบขนาน

