บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

วงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่ง (First-order all-pass filter) หรือวงจรเลื่อนเฟส (Phase shifting circuit) เป็นวงจรกรองความถี่ที่ยอมให้ทุกความถี่ผ่าน โดยขนาดของสัญญาณอินพุตกับเอาต์พุตจะมีขนาดเท่ากัน แต่สามารถที่จะเลื่อนเฟสให้สัญญาณเอาต์พุตกับอินพุตต่างกัน วงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งเป็นวงจรที่นำไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับวงจรอื่นๆ ในระบบไฟฟ้าสื่อสารและอิเล็กทรอนิกส์ๆ ได้มากมายในปัจจุบัน เช่น ใช้ในอุปกรณ์เครื่องมือวัดเฟสมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป ในวงจรมอดูเลตแบบต่าง ๆ [1] วงจรหน่วงเวลา [2] วงจรกำเนิดสัญญาณแบบควอเดรเจอร์และแบบหลายเฟส [3-4] วงจรกำจัดแถบความถี่ (Band reject filter) [5] เป็นต้น

ในทศวรรษที่ผ่านมา มีความต้องการที่จะลดแรงดันไฟเลี้ยงของระบบและวงจรอิเล็กทรอนิกส์เนื่องมาจากความนิยมในปัจจุบันที่มักออกแบบและผลิตให้ผลิตภัณฑ์ทางอิเล็กทรอนิกส์นั้น มีขนาดเล็กสามารถพกพาได้ โดยมีแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง จากเหตุผลที่มีความจำเป็นในการต้องการลดแรงดันไฟเลี้ยงลง เทคนิคการทำงานในโหมดกระแสเป็นเทคนิคหนึ่งที่ได้รับความนิยมเพราะเหมาะสมกับความต้องการดังกล่าว มากกว่าการทำงานในโหมดแรงดันแบบเดิม นอกจากนี้แล้ววงจรที่มีการทำงานในโหมดกระแสยังมีลักษณะเด่นกว่าโหมดแรงดันหลายประการ ยกตัวอย่างเช่น มีพิสัยพลวัตกว้างกว่า ตอบสนองต่อความถี่ในย่านกว้างกว่า มีความเป็นเชิงเส้นกว้างกว่า โครงสร้างของวงจรน้อยกว่าเมื่อเทียบกับหน้าที่ของวงจรเดียวกัน และบริโภคกำลังไฟฟ้าต่ำกว่า [6] ดังนั้นจึงพบเห็นได้ว่า มีการนำเสนอการออกแบบและสังเคราะห์วงจรที่มีการทำงานในโหมดกระแสอย่างมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งแล้ววงจรในโหมดกระแสที่มีความต้านทานที่เอาต์พุตมีค่าสูงจะสามารถต่อคาสเคด (Cascade) หรือต่อโหลดได้โดยตรงโดยไม่ต้องใช้วงจรตามกระแส (Current follower) เพิ่มเติม [7] รวมถึงวงจรที่ใช้ตัวเก็บประจุที่ต่อลงกราวนด์จะสามารถนำไปสร้างเป็นวงจรรวมได้ง่ายและขนาดของชิปจะมีขนาดเล็กกว่าตัวเก็บประจุแบบลอย [8]

เนื่องจากข้อดีของวงจรในโหมดกระแสดังที่ได้กล่าวมา จึงมีนักวิจัยได้นำเสนออุปกรณ์แอกทีฟเอนกประสงค์ (Active building block) ไว้มากมาย เมื่อไม่นานมานี้ได้มีผู้นำเสนออุปกรณ์

อิเล็กทรอนิกส์ที่มีชื่อว่า วงจรขยายความนำส่งผ่านกระแส (Current follower transconductance amplifier: CFTA) ที่เหมาะจะนำไปออกแบบวงจรประมวลสัญญาณแอนะลอกในโหมดกระแส [9] โดย CFTA สามารถควบคุมขนาดของกระแสเอาต์พุตได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ จึงเหมาะที่จะนำไปออกแบบวงจรประมวลผลสัญญาณในโหมดกระแส เช่น วงจรกรองความถี่ วงจรกำเนิดสัญญาณ เป็นต้น

จากการศึกษาพบว่าได้มีผู้นำเสนอวงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งโดยใช้อุปกรณ์แอกทีฟที่แตกต่างกันไป [5, 11-26] แต่วงจรเหล่านั้นยังมีข้อด้อยดังต่อไปนี้

- ใช้อุปกรณ์แอกทีฟและพาสซีฟจำนวนมากโดยเฉพาะตัวต้านทาน [11-14, 17-18, 26]
- ไม่สามารถควบคุมได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ [11-13, 15-18, 20, 23, 25-26]
- ใช้ตัวเก็บประจุแบบลอยซึ่งไม่เหมาะสมที่จะสร้างเป็นวงจรรวม [5, 14-15, 19, 21, 25-26]
- ความต้านทานที่เอาต์พุตมีค่าไม่สูงทำให้ไม่สามารถต่อคาสเคดหรือต่อโหลดได้โดยตรง [15-16, 19, 24]
- ไม่สามารถควบคุมขนาดของสัญญาณเอาต์พุตได้ ทำให้บางการประยุกต์ใช้งานต้องต่อวงจรขยายสัญญาณกระแสเพิ่มเติม [5, 12-13, 16-17, 19, 22, 25-26]
- ต้องการความแมตชิ่ง (Matching) กันของอุปกรณ์พาสซีฟ [16-19, 26]
- ใช้อุปกรณ์แอกทีฟหลายชนิดในการสังเคราะห์วงจร [12, 18]

จากปัญหาที่ได้นำเสนอหลักการข้างต้น ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและพัฒนาวงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งโหมดกระแสที่สามารถควบคุมการทำงานได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้วงจรขยายความนำถ่ายโอนผลต่างกระแสพร้อมวงจรประยุกต์ใช้งาน ได้แก่ วงจรกำเนิดสัญญาณแบบควอเดรเจอร์ วงจรกำเนิดสัญญาณแบบหลายเฟส วงจรกำจัดแถบความถี่ เป็นต้น โดยวงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งมีจุดเด่นเหนือกว่าวงจรที่ได้มีผู้นำเสนอมาแล้วดังนี้

- ใช้อุปกรณ์แอกทีฟร่วมกับตัวเก็บประจุที่ต่อลงกราวนด์อย่างละ 1 ตัว
- ควบคุมการทำงานได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์
- ความต้านทานที่เอาต์พุตมีค่าสูงทำให้สามารถต่อคาสเคดหรือต่อโหลดได้โดยตรง
- ไม่ต้องการความแมตชิ่งกันของอุปกรณ์พาสซีฟ

1.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อสังเคราะห์และออกแบบวงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งโหมดกระแส
- เพื่อสังเคราะห์และออกแบบวงจรประยุกต์ใช้งานวงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งในวงจรกำเนิดสัญญาณแบบควอเดรเจอร์ วงจรกำเนิดสัญญาณแบบหลายเฟสและวงจรกำจัดแถบความถี่
- เพื่อวิเคราะห์หาสมรรถนะของวงจรที่ได้พัฒนาขึ้น
- เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของวงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งและวงจรประยุกต์ใช้งานที่ได้ออกแบบไว้ในทางทฤษฎีกับการจำลองด้วยโปรแกรม PSPICE และการทดลองจริง

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

- วงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งโหมดกระแสสามารถควบคุมการทำงานได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์
- วงจรประยุกต์ใช้งานวงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งโหมดกระแสสามารถควบคุมการทำงานได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถนำวงจรที่ออกแบบไปผลิตในเชิงพานิชย์ได้
- นำผลงานวิจัยที่ได้ไปจดสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และสามารถอนุญาตให้หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนใช้สิทธิในเทคโนโลยี (Technology licensing) ได้
- นำผลงานวิจัยที่ได้ไปตีพิมพ์ใน การประชุมวิชาการหรือวารสารวิชาการทั้งระดับชาติและนานาชาติ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาวงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งโหมดกระแสโดยใช้ CFTA มีขอบเขตของการวิจัยดังนี้

- วงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งโหมดกระแสใช้ CFTA เป็นอุปกรณ์แอกทีฟต่อร่วมกับตัวเก็บประจุที่ต่อลงกราวนด์อีก 1 ตัว
- วงจรสามารถควบวงจรคุมความถี่โพลได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์
- วงจรสามารถทำงานได้ในย่านความถี่สูงถึงระดับเมกะเฮิร์ซ (MHz)
- วงจรประยุกต์ใช้งานวงจรกรองผ่านทุกความถี่ลำดับหนึ่งโหมดกระแสใช้อุปกรณ์แบบต่อลงกราวนด์ทั้งหมด