บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ระบบอิเล็กทรอนิกส์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างมากในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบัน ส่งผลให้อุตสาหกรรมด้านอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะทางด้านการออกแบบวงจรได้มีการพัฒนาให้เจริญก้าวหน้าไปอย่างมากมาย เมื่อเทียบกับในอดีต โดยเริ่มจากการออกแบบวงจรโดยใช้หลอดสูญญากาศ มาเป็นสารกึ่งตัวนำที่มีลักษณะเป็นดิสครีต (Discrete) จนมาเป็นรูปแบบ วงจรรวม (Integrated circuit) หรือที่เรียกว่าไอซี (IC) ในขณะที่ได้มีผู้วิจัยคิดค้นการออกแบบวงจรโดยใช้หลักการใหม่ๆ ขึ้นมา โดยมีวัตถุประสงค์คือ เพื่อให้สามารถนำวงจรไปใช้ได้โดยง่าย หรือออกแบบวงจรที่มีใช้งานกันอยู่แล้ว ให้มีคุณสมบัติโดดเด่นกว่าวงจรเดิม กล่าวคือ ทำให้มีคุณสมบัติและประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้น อาทิเช่น ทำให้ค่าความละเอียดแม่นยำในการทำงานดียิ่งขึ้น มีผลตอบสนองต่อความถี่ในการปฏิบัติงานสูง อีกทั้งให้วงจรใช้จำนวนอุปกรณ์ที่ออกแบบขึ้นให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ทำให้วงจรบริโภคกำลังไฟฟ้าน้อยลง สามารถทำงานได้ที่แรงดันไฟเลี้ยงต่ำลง [1] รวมถึงทำให้วงจรที่ออกแบบขึ้นนั้นทำงานโดยอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ระดับแรงดันไฟเลี้ยง สัญญาณรบกวน ส่งผลน้อยที่สุด เป็นต้น

อดีตที่ผ่านมาการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์มักอยู่ในโหมดแรงดันซึ่งอุปกรณ์แอกทีฟสำเร็จรูป (Active building block) ที่ได้รับความนิยมได้แก่ ออปแอมป์ ซึ่งวงจรในโหมดแรงดันนั้นจะมีขนาดใหญ่และบริโภคกำลังงานไฟฟ้าสูง แต่ในทศวรรษที่ผ่านมา มีความพยายามที่จะลดแรงดันไฟเลี้ยง ในวงจรและระบบอิเล็กทรอนิกส์เนื่องมาจากความต้องการ ที่จะนำมาใช้กับอุปกรณ์แบบพกพาหรืออุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย ที่ต้องใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายกำลังงาน ดังนั้นจึงมีการใช้เทคนิคการทำงานในโหมดกระแส (current-mode) ซึ่งมีข้อดีหลายประการ เมื่อเทียบกับเทคนิคการทำงานในโหมดแรงดัน ได้แก่ มีช่วงพิสัยพลวัติกว้าง (larger dynamic range) มีแบนด์วิธกว้าง และบริโภคกำลังงานต่ำ [2] นอกจากนี้วงจรในโหมดกระแสจะมีความซับซ้อนน้อยกว่า อีกทั้งสามารถที่จะนำสัญญาณมารวมกันได้เลยโดยไม่ต้องการวงจรรวมสัญญาณ โดยเฉพาะอย่างวงจรที่ไม่ต้องใช้ตัวต้านทานในการ

ออกแบบวงจร จะทำให้วงจรมีอัตราการบริโภคกำลังงานต่ำและเมื่อนำไปสร้างเป็นวงจรรวมจะทำให้ชิปมีขนาดเล็ก

ในงานด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วงจรกำเนิดสัญญาณเป็นวงจรที่สำคัญและมีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง ตัวอย่างการใช้งาน ได้แก่ ระบบสื่อสาร ระบบเครื่องมือวัด ระบบเครื่องมือแพทย์ ในห้องทดลองอิเล็กทรอนิกส์และระบบประมวลผลสัญญาณ เป็นต้น ลักษณะเด่นของวงจรกำเนิดสัญญาณนิยมพัฒนาให้สามารถกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นซายน์ได้สองสัญญาณที่มีเฟสต่างกัน 90° หรือที่เรียกว่าสัญญาณควอเดรเจอร์ ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้ในระบบสื่อสาร เช่น ในการมอดูเลตสัญญาณ SSB เป็นต้น [3]

จากการศึกษาพบว่าได้มีผู้นำเสนอวงจรกำเนิดสัญญาณโดยใช้อุปกรณ์แอกทีฟที่แตกต่างกันไป เช่น วงจรขยายความนำถ่ายโอน [4-5] วงจรสายพานกระแส [6] Four-terminal floating nullors (FTFN) [7-8] วงจรตามกระแส [9-10] Current controlled current differencing buffered amplifiers (CCCDBAs) [11] และ differencing voltage current conveyor (DVCCs) [12] เป็นต้น แต่วงจรเหล่านั้นยังมีข้อด้อยดังต่อไปนี้

- ใช้อุปกรณ์แอกทีฟและพาสซีฟจำนวนมากโดยเฉพาะตัวต้านทาน
- ไม่สามารถควบคุมได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์
- ใช้ตัวเก็บประจุแบบลอยซึ่งไม่เหมาะสมที่จะสร้างเป็นวงจรรวม
- ไม่สามารถควบคุมเงื่อนไขและความถี่การกำเนิดสัญญาณได้อย่างอิสระจากกัน

วงจรสายพานกระแสยุคที่สองที่ควบคุมได้ด้วยกระแส (Current controlled current conveyor: CCCII) [13] เป็นอุปกรณ์ที่ได้รับความนิยมอย่างมากในการนำมาสังเคราะห์วงจรในโหมดกระแส ซึ่งจะพบได้จากงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการจำนวนมากที่ใช้ CCCII มาออกแบบวงจร เนื่องจาก CCCII สามารถทำงานได้ ทั้งโหมดแรงดันและโหมดกระแส นอกจากนี้ยังมีข้อดีอีกหลายประการเช่น อัตราสรูว์สูง แบนด์วิธกว้าง โครงสร้างวงจรที่ออกแบบโดย CCCII ไม่ซับซ้อนและสามารถควบคุมการทำงานได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นการควบคุมที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน

จากปัญหาที่ได้นำเสนอหลักการข้างต้น ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อสังเคราะห์และออกแบบโครงข่ายกำเนิดสัญญาณซายน์ควอเดรเจอร์โหมดกระแสที่สามารถควบคุมการทำงานได้ด้วย

วิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ CCCII เป็นอุปกรณ์หลัก โดยวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์ควอเดรเจอร์โหมดกระแสที่จะสังเคราะห์และออกแบบมีจุดเด่นเหนือกว่าวงจรที่ได้มีผู้นำเสนอมาแล้วดังนี้

- ใช้ตัวเก็บประจุที่ต่อลงกราวนด์ทำให้วงจรที่สังเคราะห์และออกแบบเหมาะที่จะนำไปสร้างเป็นวงจรรวมเพื่อนำไปใช้ในระบบอิเล็กทรอนิกส์มีมีแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่าย
- ควบคุมการทำงานได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์
- ความต้านทานที่เอาต์พุตมีค่าสูงทำให้สามารถต่อคาสเคดหรือต่อโหลดได้โดยตรง
- สามารถควบคุมความถี่และเงื่อนไขในการกำเนิดสัญญาณได้อย่างอิสระจากกัน

1.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อสังเคราะห์และออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์แบบควอเดรเจอร์โหมดกระแสที่สามารถปรับความถี่ได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์
- เพื่อวิเคราะห์หาสมรรถนะของวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์ที่ได้สังเคราะห์และออกแบบ
- เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์ที่ได้สังเคราะห์และออกแบบไว้ในทางทฤษฎีกับการจำลอง

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

- วงจรกำเนิดสัญญาณซายน์แบบควอเดรเจอร์โหมดกระแสสามารถปรับความถี่ได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

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

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การสังเคราะห์และออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์แบบควอเดรเจอร์โหมดกระแสโดยใช้ CCCII มีขอบเขตของการวิจัยดังนี้

- วงจรกำเนิดสัญญาณแบบควอเดรเจอร์ที่ออกแบบโดยใช้ CCCII เป็นอุปกรณ์แอกทีฟจำนวนไม่เกิน 4 ตัว
- ความถี่และเงื่อนไขในการกำเนิดสัญญาณสามารถควบคุมได้อย่างอิสระจากกันด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์
- วงจรสามารถทำงานได้ในย่านความถี่สูงถึงระดับเมกะเฮิร์ซ (MHz)
- วงจรที่สร้างขึ้นใช้ตัวเก็บประจุต่อลงกราวนด์ทั้งหมด